الأكاديمية العربية الدولية

الأكاديمية العربية الدولية

المقررات الجامعية

www.aiacademy.info | care@aiacademy.info

الجمهورية اليمنية
وزارة التعليم الفني والتدريب المهني
قطاع المناهج والتعليم المستمر
الإدارة العامة للمناهج والوسائل التعليمية

أساسيات
محركات الإحتراق الداخلي

للمعاهد التقنية الصناعية
تخصص صيانة سيارات
السنة الأولى

جميع الحقوق محفوظة لوزارة التعليم الفني والتدريب المهني
الطبعة الأولى - 1432هـ / 2011م

الجمهورية اليمنية
وزارة التعليم الفني والتدريب المهني
قطاع المناهج والتعليم المستمر
الإدارة العامة للمناهج والوسائل التعليمية

أساسيات محركات الإحتراق الداخلي

للمعاهد التقنية الصناعية
تخصص صيانة سيارات
السنة الأولى

إعداد

م/ أحمد سعد هادي حاتم
م/ صالح أحمد عبد الرحمن

بجنة المراجعة

أ/ محمد علي علي السريحي	مراجعاً منهجياً
م/ محمد سلطان المقرمي	مراجعاً فنياً
م/ شاهر عبد الرقيب العامري	مراجعاً فنياً
أ/ خالد عبد الله عامر	مراجعاً لغوياً

جميع الحقوق محفوظة لوزارة التعليم الفني والتدريب المهني
الطبعة الأولى - 1432هـ / 2011م

أعضاء لجنة ضبط الجودة

د/ عبد القادر محمد العلبي	وكيل الوزارة لقطاع المناهج والتعليم المستمر
م/ عبد السلام محمد الزبيدي	الوكيل المساعد لقطاع المناهج والتعليم المستمر
م / علي حمود طاهر	مدير عام المناهج والوسائل التعليمية
م/ توفيق صالح العزاني	مراجعاً منهجياً
م/ حمود أحمد عبد الله	مراجعاً فنياً
أ/ محمود عقلان البذيجي	مراجعاً لغوياً

أعضاء اللجنة العليا للمناهج

أ.د / إبراهيم عمر حُجري	وزير التعليم الفني والتدريب المهني
م / علوي عبد القادر بافقيه	نائب وزير التعليم الفني والتدريب المهني
د/ عبد القادر محمد العلبي	وكيل الوزارة لقطاع المناهج والتعليم المستمر
أ/محمد عوض بن ربيعة	وكيل الوزارة لقطاع التخطيط والمشاريع
م /هادي علي أبو لحوم	وكيل قطاع علاقات سوق العمل والقطاع الخاص
د/ إبتهاج عبد القادر الكمال	وكيل الوزارة لقطاع المعايير والجودة
أ/ لمياء يحيى الإرياني	وكيل الوزارة لقطاع تعليم وتدريب الفتاة
م / علي علي زهرة	الوكيل المساعد لقطاع علاقات سوق العمل
م/ عبد السلام محمد الزبيدي	الوكيل المساعد لقطاع المناهج والتعليم المستمر
أ. د/ سيلان العبيدي	الأمين العام للمجلس الأعلى لتخطيط التعليم
أ / عبد الوهاب ثابت	نائب رئيس مجلس إدارة جمعية الصناعيين اليمنيين
أ/ وليد محمد العمري	مدير عام الشؤون المالية
م / علي حمود طاهر	مدير عام المناهج والوسائل التعليمية
م/ لبيب عمر سالم حُجري	مدير عام مكتب الوزير

تنسيق وإخراج: مجيب علي عبدالمجيد بشر

المحتويات

الموضـــوع	الصفحة
تقديم	5
مقدمة	7
الوحدة الأولى: محركات الاحتراق الداخلي	9
1- مبادئ محركات الاحتراق الداخلي من حيث الوظيفة والاحتراق والتصنيف	11
1-1 مبدأ عمل محركات الاحتراق الداخلي	11
1-2 مفهوم الاحتراق في محركات الاحتراق الداخلي	14
1-3 أسس تصنيفات محركات الاحتراق	17
1-4 قواعد الأمن والسلامة عند العمل في ورشة المحركات	29
▪ تقويم الوحدة	39
الوحدة الثانية: الأجزاء الميكانيكية لمحرك الاحتراق الداخلي ووظائفها	41
2- الأجزاء الميكانيكية الرئيسية لمحرك الاحتراق الداخلي ووظائفها	43
2-1 الأجزاء الرئيسية لأسفل المحرك	43
2-2 الأجزاء الرئيسية المتحركة في جسم أو كتلة المحرك	49
2-3 الأجزاء الرئيسية لرأس المحرك ووظائفها	59
2-4 الأجزاء الرئيسية لمقدمة المحرك ووظائفها	72
▪ تقويم الوحدة	79
الوحدة الثالثة: أداء المحـــرك	85
3- أداء المحرك	87
3-1 المفاهيم الرئيسية المتعلقة بأداء المحرك	87
3-2 عناصر قياس أداء المحرك	91
3-3 دورة عمل المحرك	102
3-4 منحنيات أداء المحركات	110
▪ تقويم الوحدة	112

الموضـــوع	الصفحة
الوحدة الرابعة: أساسيات الاحتراق في محركات الاحتراق الداخلي	117
4- أساسيات الاحتراق في محركات الاحتراق الداخلي	119
4-1 الاحتراق في محركات البنزين	119
4-2 مكونات وخصائص وقود البنزين	125
4-3 النسبة النظرية لاختلاط الوقود والهواء	128
4-4 جدول أنواع الغازات الناتجة عن احتراق وقود البنزين	129
4-5 جدول مقارنة بين محركات البنزين ومحركات الديزل	130
4-6 الاحتراق في محركات الديزل ومراحله	131
4-7 مكونات وخصائص وقود الديزل	135
4-8 نسبة خلط الديزل والهواء	139
4-9 أنواع غازات الاحتراق لمحركات الديزل	139
▪ تقويم الوحدة	141
الوحدة الخامسة: المحركـات البديلـة	145
5- المحركـات البديلـة	147
5-1 المحـرك الـدوار	147
5-2 استخدام الغاز كوقود لمحركات الاحتراق الداخلي	155
5-3 السيارات الكهربائية (المحرك الكهربائي بطارية + خلايا الوقود)	170
5-4 محركات السيارة الهجينة	180
▪ تقويم الوحدة	185
▪ الملحقات	189
قائمة المصطلحات	196
قائمة المراجع والمصادر	204

بسم الله الرحمن الرحيم

تقديم :

الحمد لله الذي تتم بنعمته الصالحات والصلاة والسلام على رسول الإنسانية ومعلمها وهاديها إلى صراط السواء.. وبعد:

يتعاظم الدور المناط بوزارة التعليم الفني والتدريب المهني نحو تنمية وتطوير العنصر البشري اليمني، الذي يعتبر حجر الأساس في البناء والتنمية والتطوير لمجتمعنا ولدولتنا الحبيبة التي لا تألوا جهداً في سبيل تسخير الإمكانيات لتوفير متطلبات هذا المشروع الحضاري، الذي من شأنه أن يجعل الإنسان متسلحاً بالعلم والخبرة ليكون عنصراً فاعلاً في المجتمع، يقود مجتمعه في كافة مسالك الحياة عن وعي وبصيرة وثقة بالنفس تجعل منه نبراساً يقتدى به.

وانطلاقاً من هذا الدور الكبير فإن الوزارة تضع نصب عينيها الأهمية التي تنطوي عليها عملية التحديث والتطوير المستمرين لمناهجها الدراسية – التي تمثل الأساس في تنمية العنصر البشري – لتكون مواكبة للمستجدات والمتغيرات في كافة المجالات، خاصة وأن العالم يتطور بشكل متسارع بسبب ما يمتلكه من وسائل وتقنيات تكنولوجية حديثة ومتطورة بصورة يصبح من الصعوبة بمكان التوقف عن هذا التطور ولو للحظة واحدة، لذا فإن الغاية التي تسعى إليها الوزارة من وراء هذا التحديث هي بناء وتكامل شخصية الطالب بصورة متوازنة قادرة على الإسهام في البناء والتطوير في مختلف مجالات التنمية ليس بإكساب الطالب المعارف النظرية والمهارات الأدائية فحسب، بل وبتشكل اتجاهاته بصورة إيجابية نحو العلم والعمل والثقافة والمجتمع والبيئة والعالم من حوله، وذلك تجسيداً لما تؤكده التوجهات التربوية العالمية المعاصرة ويفرضه نهج التحديث والتطوير الشامل الذي تسير عليه بلادنا وحكومتنا، وفي إطاره تأتي عملية تطوير المناهج الدراسية للمستوى التقني الصناعي.

وإذا كان الكتاب الدراسي يمثل مصدراً هاماً من مصادر التعليم والتعلم فإن هذا الكتاب الذي نصدره ضمن سلسلة كتب المواد الدراسية التخصصية يجسد هذه الحقيقة، وهو حصيلة جهود كبيرة بذلها عدد كبير من الاختصاصيين والباحثين وأصحاب الخبرة في هذا المجال إضافة إلى الجانب التربوي والمسلكي، وسيكون من شأنه الإسهام بنجاح في بناء شخصية الطالب في المستوى التقني الصناعي.

وإذ أقدم هذا الكتاب لأبنائي وبناتي طلاب وطالبات تخصص فني صيانة سيارات بالمعاهد التقنية لا يسعني إلا أن أدعو الله لهم بالتوفيق في الاستفادة من خلاصة الجهود المبذولة فيه، كما لا يفوتني هنا أن أقدم الشكر الجزيل لكل من ساهم في إعداده وإخراجه.

والله ولي الهداية والتوفيق،،،

أ.د/ إبراهيم عمر حجري

وزير التعليم الفني والمهني

بسم الله الرحمن الرحيم

مُقدّمة:

يمثل هذا الكتاب المدخل الأساسي والرئيس لمعرفة محركات الاحتراق الداخلي التي تعد أهم مكونات السيارة والمصدر الرئيسي لإنتاج الطاقة لأجل تشغيلها وتحريكها، فهي بمثابة القلب عند الإنسان، إن توقف عن العمل توقفت السيارة أيضاً، لذلك يقدم هذا الكتاب دراسة تفصيلية لمبادئ الاحتراق الداخلي من حيث تصنيفات المحركات وطريقة عملها والأجزاء الرئيسية للمحركات، مع دراسة نظرية لأداء المحرك، واحتراق الوقود في هذه المحركات سواءً كانت بنزين أو ديزل، فهذه المعرفة تساعد فني السيارات على فهم المحركات بطريقة صحيحة وعميقة وبالتالي تسهل لديه طرق تشخيص وصيانة وإصلاح هذه المحركات، كما يحوي المقرر على شرح أهم أنواع المحركات البديلة التي تستخدم كبدائل لمحركات السيارات والتوجهات الحالية لاستحداث بدائل للوقود المستخدم حالياً كالغاز والكهرباء.

وقد تم تقسيم الكتاب الدراسي إلى خمس وحدات رئيسية كما يلي:

- **الوحدة الأولى**: تقدم شرحاً للمبادئ الأساسية في محركات الاحتراق الداخلي والتي تشتمل على أساسيات التشغيل، ومبادئ عمل المحركات، وطرق تصنيف المحركات للتعرف على الاختلافات بين تلك المحركات، باستخدام العوامل المتعلقة بالتصميم أو بخصائص التشغيل.
- **الوحدة الثانية**: في هذه الوحدة سيتم شرح الأجزاء المحرك الأساسية حيث قسم لأربع أقسام، الأول أسفل المحرك ويشمل كتلة الأسطوانات وكتلة المرفق، والثاني الأجزاء المتحركة أسفل المحرك كعمود المرفق والمكابس وأذرع التوصيل والحدافة، والثالث رأس الأسطوانات بما يحتويه من مجموعة الصمامات وعمود الكامات، والرابع مقدمة المحرك التي يشمل تروس التوقيت وماص الصدات وبكرة المرفق وغيرها.
- **الوحدة الثالثة**: سيتم التعرف في هذه الوحدة على الأبعاد الرئيسية للمحرك، وعناصر قياس أداء المحرك كالقدرة، والعزم والكفاءة والاستهلاك النوعي للوقود، وطرق قياسها أو حسابها، ثم مبادئ دورة التشغيل الرباعية للمحركات البنزين (دورة أوتو) والديزل (دورة ديزل) وستوضح فيها الأشواط الأربعة للمحركات الرباعية الأشواط السحب، والضغط، والعمل(القدرة)، والعادم..
- **الوحدة الرابعة**: وستتعرف فيها على نظرية الاحتراق، وخصائص ومكونات الوقود البنزين والديزل، كمعرفة رقم الأوكتان لمحرك البنزين، ورقم السيتان لمحرك الديزل، وعمليات الاحتراق وكل ما يختص بداخل هذه المحركات لكلا النوعين مع مقارنة فنية بينهما، فهما أكثر أنواع محركات السيارات المستخدمة في الوقت الراهن.
- **الوحدة الخامسة**: تلقي الضوء على أشهر أنواع المحركات البديلة المستخدمة بالسيارات مثل المحرك الدوار، ومحرك الغاز، والمحرك الكهربائي، وتقدم الوحدة شرحاً وافياً لمبادئ ومكونات وطريقة عمل هذه المحركات وخصائص كل نوع، مع إلقاء الضوء على السيارة الكهربائية التي تستخدم خلايا الوقود وفكرة السيارات الهجينة التي بدأت بالظهور في الآونة الأخيرة بالأسواق العالمية .

في نهاية الحقيبة تم وضع جدول لأهم المصطلحات الفنية المستخدمة في محركات الاحتراق الداخلي حتى تساعد الطالب على مسميات الأجزاء باللغتين العربية والإنجليزية مما يسهل فهماً واستيعاباً عند التعامل مع أجهزة وكاتلوجات التشخيص والصيانة.

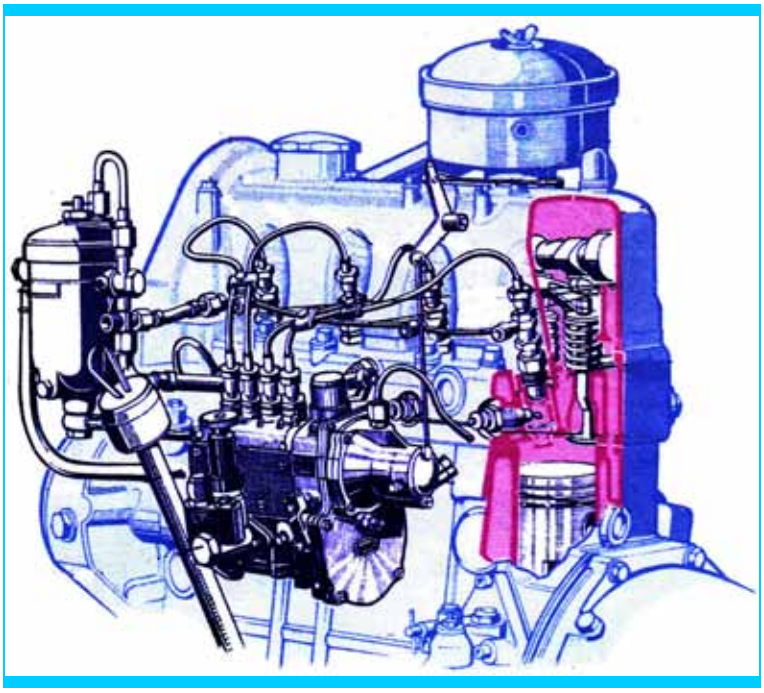
والله من وراء القصد،،،

المعدون

الوحـــدة

1

محركات الاحتراق الداخلي



الأهـــداف:

يتوقع من الطالب بعد الانتهاء من دراسة هذه الوحدة أن يصبح قادراً على أن:

1- يتعرف مبدأ عمل محركات الاحتراق الداخلي.

2- يتعرف مفهوم الاحتراق في محركات الاحتراق الداخلي.

3- يتعرف أسس تصنيفات محركات الاحتراق.

4- يتبع قواعد الأمن والسلامة المهنية.

1- مبادئ محركات الاحتراق الداخلي من حيث الوظيفة والاحتراق والتصنيف:

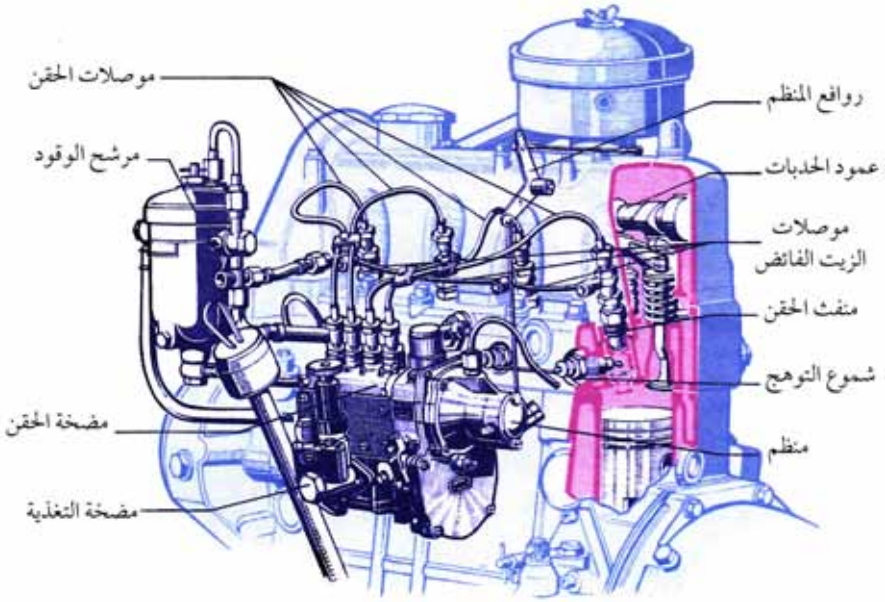
1-1 مبدأ عمل محركات الاحتراق الداخلي:

- **المحركات الحرارية :** Heat engines

يقـوم المحـرك الحـراري بـتحويل الطاقة الكيميائية للوقود، إلى طاقةٍ حراريةٍ تستخدم لإنتاج شغل (حركة ميكانيكية). شكل (1-1).

شكل (1-1)

مراحل تحويل الطاقة الحرارية للوقود إلى طاقةٍ ميكانيكيةٍ



شكل (1-2)

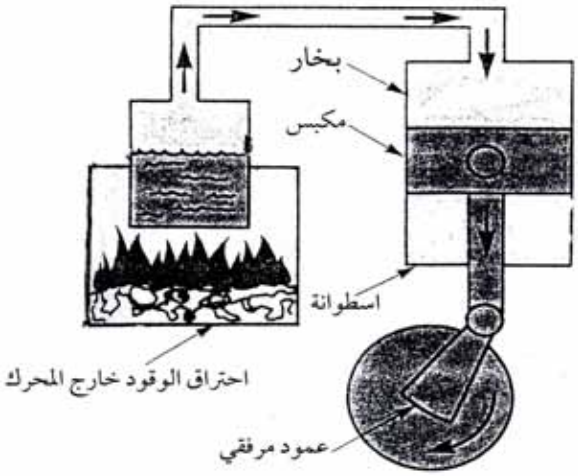
محرك احتراق داخلي (ديزل)

تنقسم محركات الاحتراق إلى نوعين من المحركات (الآلات):

أ- محركات الاحتراق الخارجي: External combustion engines

وهي المحركات (الآلات) التي يحدث فيها الاحتراق، وتوليد الطاقة الحرارية، بعيداً أو خارجاً عنها، مثل ما يحدث في التوربينات البخارية Steam turbines، والغازية، والآلات البخارية steam engines.

وتتم عملية الاحتراق، وتوليد الحرارة في خزانات، أو غلايات (boiler)؛ لتوليد البخار*، والاستفادة منه في الحصول على الشغل الميكانيكي المطلوب من المحرك. شكل (1-3).

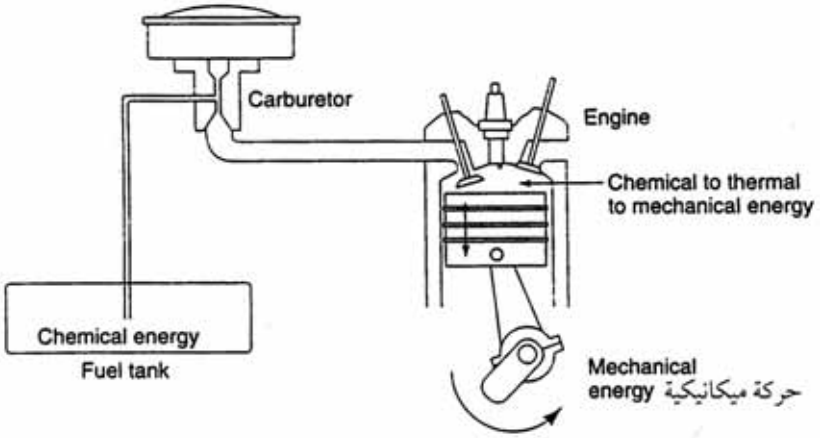


شكل (1-3)

محرك الاحتراق الخارجي

ب- محركات الاحتراق الداخلي: internal combustion engines

يتم احتراق الوقود داخل المحرك نفسه، أي في غرف الاحتراق التي تكون جزءاً من المحرك نفسه. شكل (1-4).



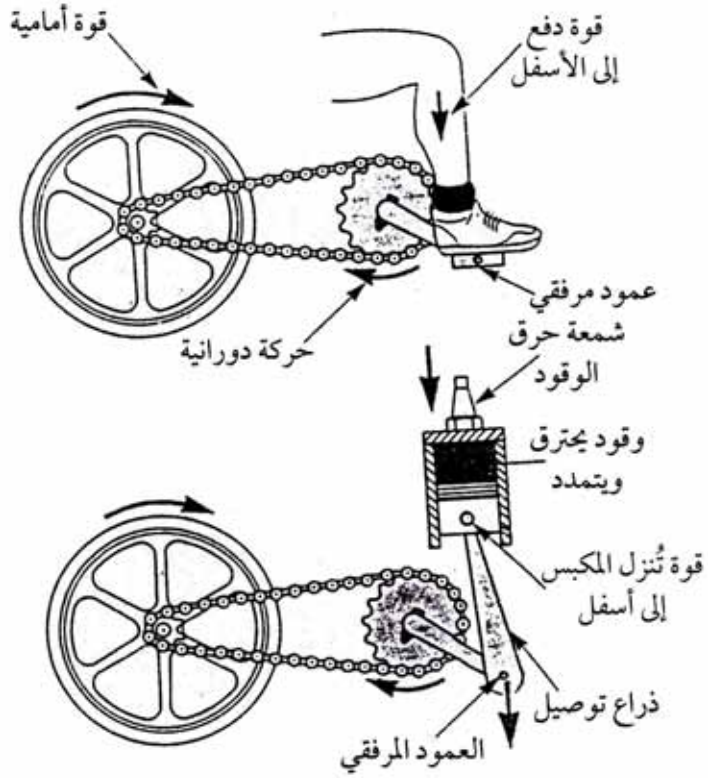
شكل (1-4)

محرك الاحتراق الداخلي

* استعملت المحركات البخارية بصناعة الأجيال الأولى للسيارات. حيث يقوم (بخار الماء) المتبخر خارج المحرك بتحريك مكابس المحرك البخارية. ولا تستخدم حالياً لانخفاض كفاءتها Low efficiency.

1-1-1 وظيفة محركات الاحتراق الداخلي:

حيث يتم فيها تحويل الطاقة الكيميائية chemical energy المختزنة في الوقود (بترول- ديزل- غاز) عند احتراقه مباشرةً في أسطوانات المحرك إلى طاقةٍ حراريةٍ thermal energy، ثم تحويل الطاقة الحرارية إلى طاقةٍ ميكانيكيةٍ، أو حركةٍ ميكانيكيةٍ mechanical، تظهر بالحركة الدورانية للعمود المرفقي للمحرك. شكل (1-5).



شكل (1-5)

مبدأ عمل محرك الاحتراق الداخلي

- **منظومة عمل محركات الاحتراق الداخلي تعتمد على:**
  - الاحتراق، أو الإشعال المصاحب للحرارة.
  - زيادة الضغط في أسطوانات المحرك الناتج عن ارتفاع درجة الحرارة بعد احتراق الوقود ثم الحصول على الحركة الميكانيكية لمحرك الاحتراق الداخلي.

إن مصدر الطاقة لمعظم محركات الاحتراق الداخلي هو: الوقود (بنزين – ديزل - غاز)، الذي يحترق داخل غرف الاحتراق في المحرك. ونتيجةً للحرارة العالية من الاحتراق؛ تتمدد غازات الوقود في المحرك expansion (أي يزداد حجمها)، فينتج ضغط كبير يؤثر على رأس المكبس، فذراع التوصيل، ثم العمود المرفقي (تسمى هذه بالمجموعة المرفقية)، فتعمل على تحويل هذا الضغط إلى حركة motion؛ لتحريك/ تشغيل المركبة، وتشغيل أنظمتها المختلفة (كتروسٍ، أو سلاسل التوقيت، و.....).

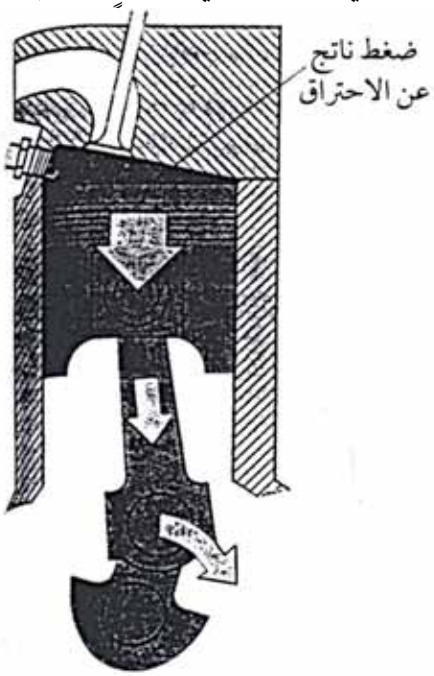
2-1 مفهوم الاحتراق في محركات الاحتراق الداخلي:

مبادئ إشعال الوقود داخل المحرك:

1-2-1 الاحتراق: combustion

هـو تفاعل كيميائي – (يحدث ذاتياً، أو بواسطة شرارة كهربائية)– بين الوقود والهواء في خليطٍ داخل غرف الاحتراق، في محركات الاحتراق الداخلي، تحت ظروفٍ معينةٍ من الانضغاط، وينتج من خلاله حرارة وضغط، يستمد منه المحرك طاقته الحركية في شوط القدرة (شوط الاحتراق). شكل (1-6).

وبتعبير آخر، يمكن تعريف الاحتراق، بعملية اتحاد كيماوي سريع نسبياً بين الهيدروجين، والكربون الموجود في الوقود مع الأكسجين الموجود في الهواء الجوي؛ بنسبٍ معينةٍ، وتتحرر طاقة حرارية نتيجةً لذلك.



شكل (1-6)

2-2-1 العناصر الضرورية للاحتراق:

أ- وجود مخلوط قابل للاحتراق (خليط جيد).

ب- وسيلة لبدء عملية الاحتراق (شرارة جيدة).

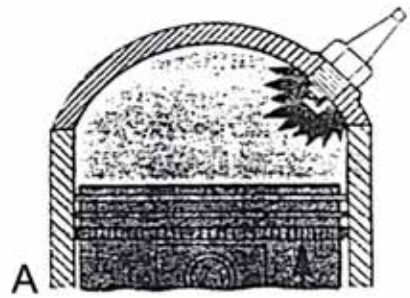
ج- استقرار اللهب في غرف الاحتراق (ضغط جيد).

وشروط عملية الاحتراق هي: وجود الهواء الكافي للاحتراق الكامل للوقود، وعملية المزج، والتجانس بين الوقود والهواء، ودرجة الحرارة والضغط. فالوقود إما أن يشتعل ذاتياً، أو من مصدرٍ خارجي، كأن تكون شرارةً كهربائيةً، والاحتراق يولد حرارةً تتسبب بتمدد الغازات، فيكبر حجمها مسببةً الضغط على المكبس إلى الأسفل في شوط القدرة.

3-2-1 طريقة إشعال البنزين:

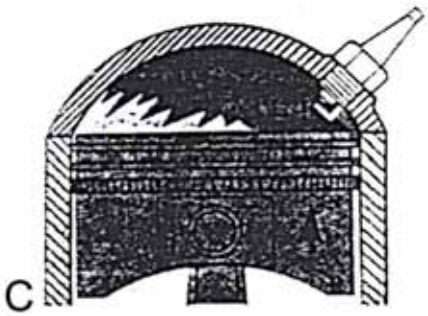
يعمـل محـرك البنزين على دورة أوتو الحرارية، حيث يدخل خليط (شحنة البنزين والهواء) بنسبة محددة عبر صـمام الدخـول (السحب) intake valve ؛ أثناء شوط السحب،فيتم انضغاط الشحنة (الخليط) عند صعود المكـبس إلى الـنقطة الميـتة العليا TDC (شوط الضغط / الانضغاط)، وبنسبة ضغط محدودة لمحركات البنزين وقـبل وصـول المكـبس إلى الـنقطة الميـتة العليا (TDC) بقليل وفي شوط الانضغاط تنطلق الشرارة من شمعة الإشعال الموجودة في كل أسطوانة، والتي هي جزء من دائرة الإشعال. شكل (1-7).

لذا يتم (حرق/ إشعال) وقود البنزين بوسيلةٍ خارجيةٍ (شمعة الإشعال).

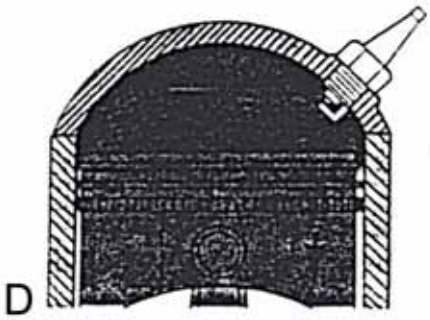


تقوم شمعة الإشعال بإشعال الخليط (بنزين/ هواء) قبل وصول المكبس إلى TDC.

ينتشر اللهب في الخليط عندما يكون المكبس قريباً من TDC.



يصل المكبس هنا إلى TDC فيكون اللهب قد انتشرت في معظم الخليط ليتم حرقه.



عند نزول المكبس إلى أسفل (بقليل) بدرجاتٍ قليلةٍ عن TDC هنا يبلغ ضغط الاحتراق قيمته.

شكل (1-7)

عملية الإشعال في شوط الانضغاط لمحرك البنزين

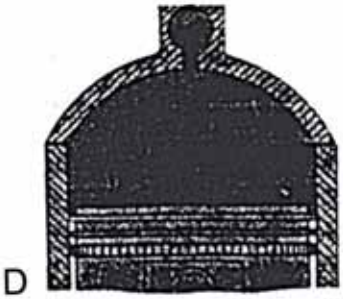
4-2-1 طريقة إشعال الديزل:

يحدث الاحتراق في وقود الديزل؛ نتيجة لانضغاط الهواء، وارتفاع درجة حرارته. وعند حقن وقود الديزل على شكل رذاذ بضغط عالٍ* إلى غرفة الاحتراق للمحرك في نهاية شوط الانضغاط؛ يصل الوقود إلى درجة الإشعال الذاتي self ignition ففكرة المحرك هنا هي زيادة نسبة الانضغاط ratio.comp لدرجة تمكن وقود الديزل من الاشتعال ذاتياً. شكل (1-8).

يُسخن الهواء بالانضغاط.

يحدث حقن الوقود عند نهاية شوط الانضغاط.

عند بدء نزول المكبس للأسفل قليلاً بشوط القدرة تزداد كمية الوقود المحقونة.



يحترق الوقود كاملاً، ويُشكل الضغط أثناء استمرار نزول المكبس.

شكل (1-8)

طريقة اشتعال الديزل ذاتياً

5-2-1 طريقة اشتعال الغاز:

يستخدم المحرك العامل بالغاز خليطاً من الغاز والهواء، اللذين يضغطان سوياً (شوط الانضغاط)، بعد خلطهما جيداً، وبعد حدوث الشرارة من شمعة الاحتراق؛ ينتشر اللهب داخل الخليط، وتتم عملية الاحتراق مشابهةً لعملية احتراق وقود البنزين.

* بواسطة مضخة حقن وقود الديزل Fuel pump.

3-1 أسس تصنيفات محركات الاحتراق:

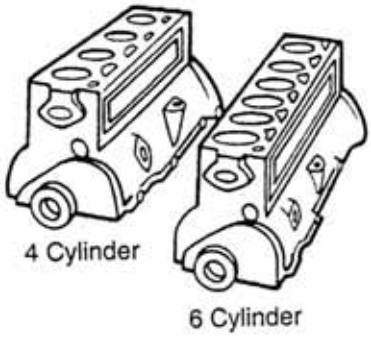
يُمكن تصنيف محركات الاحتراق الداخلي E classification.C.I استناداً إلى أسسٍ كثيرةٍ منها:

1-3-1 ترتيب الأسطوانات cylinder arrangement:

تصنف معظم المحركات رباعية الأشواط من حيث شكل وتصميم وترتيب الأسطوانات إلى:

أ- المحركات المستقيمة in line engines:

شكل (1- 9). ترتب فيه الأسطوانات بشكل خطي. وتعد المحركات المستقيمة من الأنواع الأكثر انتشاراً لسهولة صناعتها وخدمتها أيضاً، ومن عيوبها كبر طولها وخاصة عند تصميم محركات بـ 6 أسطوانات وما فوق فيؤثر على تصميم مقدمة السيارات *aerodynamic وكذا زيادة اهتزاز المحرك.

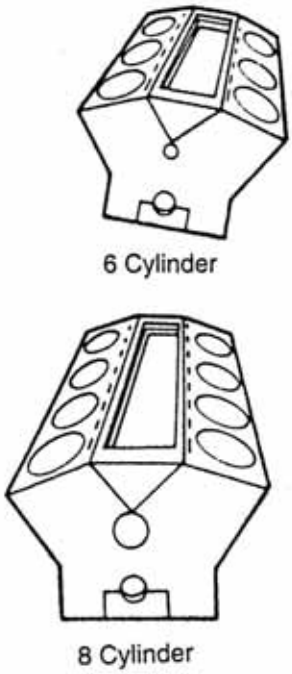


شكل (1-9)
للمحركات المستقيمة عمود مرفقي ورأس أسطوانات واحد

ب- محركات على هيئة حرف (v) v- type engine:

يتم ترتيب الأسطوانات في صفين على العمود المرفقي بحيث يتساوى عدد الأسطوانات على جانبي العمود شكل (1- 10) تكون الزاوية بين جانبي الأسطوانات 60° للمحركات ذات 6 cylinders و 90° للمحركات ذات 8 cylinders للحصول على أقصى اتزانٍ ممكنٍ للمحرك خلال تشغيله في الظروف العادية.

وللمحركات على هيئة حرف (v)، عمود مرفقي واحد، ورأس أسطوانات واحد فوق كل صف. وأهم إيجابيات المحرك من هذا النوع، أنه لا يكون طويلاً مثل المحركات المستقيمة. لهذا أمكن من تحسين تصميم مقدمة السيارات بشكل انسيابي، وكذا خفض الاهتزازات الالتوائية للمحرك ذي الست الأسطوانات (6 cylinders) وما فوق. وينتشر هذا التصميم في المركبات الكبيرة التي يلزمها محرك متعدد الأسطوانات في حيزٍ ضيقٍ.

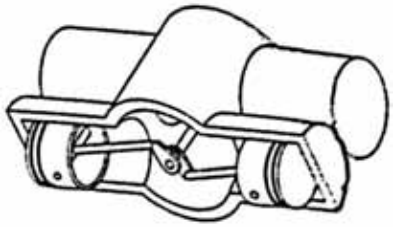


شكل (1-10)
محركات على هيئة حرف V

* aerodynamic هو تحسين شكل السيارة (مقدمتها)، حتى لا تتأثر بالقوى الخارجية عند سيرها، مثل الرياح، وكذا الاضطراب الناشئ عن مرور سيارات أخرى بجانبها (تحسين الشكل الانسيابي للسيارة).

جـ- المحركات المتضادة/ المتعاكسة الأسطوانات opposed cylinder:

يعرف باسم محرك متضاد الأسطوانات، ويتكون من مجموعتين من الأسطوانات، بينها زاوية مقدارها (180°). شكل (1-11). ويمتاز هذا النوع، باتزانه، وقصر طوله، ويستخدم في بعض السيارات الصغيرة ذات التبريد الهوائي.

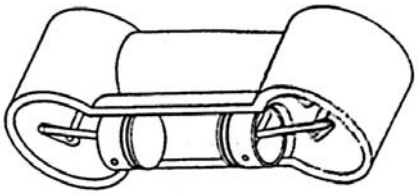


شكل (1-11)

محرك الأسطوانات المتضادة بعمودٍ مرفقي واحد

د- محركات متقابلة المكبس:

تحتوي الأسطوانة في هذا النوع من المحركات على مكبسين، كل منهما يحرك عموداً مرفقياً منفصلاً عن الآخر شكل (1-12). ويمتاز هذا النوع من المحركات باتزانه، وسرعته العالية، وخفة وزنه.

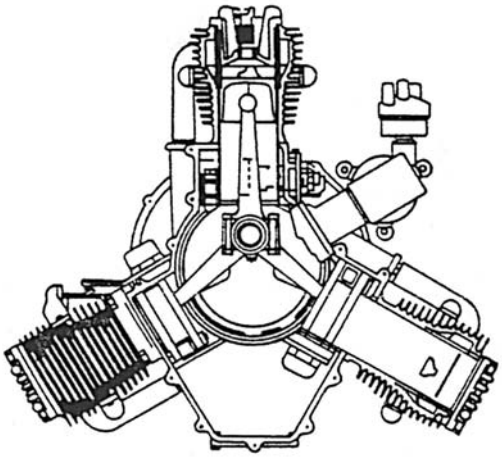


شكل (1-12)

محرك المكابس المتقابلة

هـ- المحرك القطري radial engines:

يحتوي هذا النوع من المحركات على أكثر من اسطوانتين في صف واحد؛ مزروعة بصورةٍ منتظمةٍ حول العمود المرفقي شكل (1-13). وفي هذا النوع تكون كتل المحرك فيما بينها دائرة ويعرف كذلك بالمحرك الدائري. ويستخدم هذا النوع من المحركات، في صناعة الطائرات المبردة بالهواء.



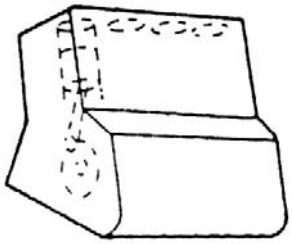
شكل (1-13)

محرك قطري ثلاثي الأسطوانات

و- المحركات ذات الأسطوانات المائلة slont cylinder engines:

تُعد من أنواع تصاميم المحركات المستقيمة، باستثناء أن كتلة محركها تكون مائلةً شكل (1-14)؛ وذلك لخفض ارتفاع المحرك (المسافة بين قمة المحرك وقاعه)، وهذا التصميم يجعل المركبات أكثر انسيابيةً more a aerodynamically.

وتوجد تصاميم أخرى لترتيب الأسطوانات أكثر تعقيداً في محركات الاحتراق الداخلي.



شكل (1-14)

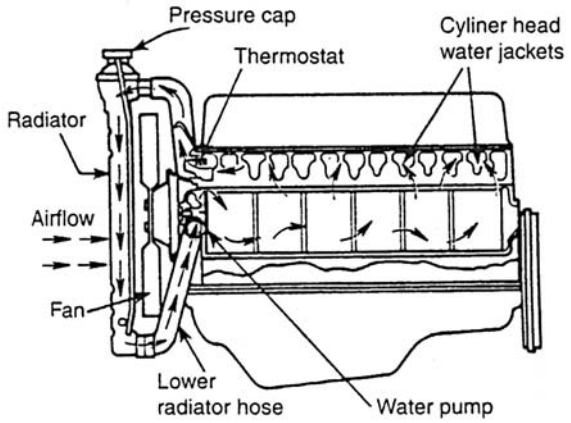
المحرك المائل

2-3-1 نظام التبريد cooling system:

تُصنف محركات الاحتراق الداخلي بحسب طريقة التبريد إلى:

أ- محركات التبريد بالماء liquid coded engines:

وهي محركات يتم تبريدها بالماء، إذ توجد جيوب، أو ممرات مائية في جدران الأسطوانات ورأسها، وفيها يتم سحب الحرارة من المحرك، والتخلص منها بطريقةٍ غير مباشرةٍ، عن طريق دورة تبريد باستخدام سائل غالباً (ماء) شكل (1-15). وهذا التبريد، يستخدم في معظم محركات الاحتراق الداخلي ذات القدرة العالية.

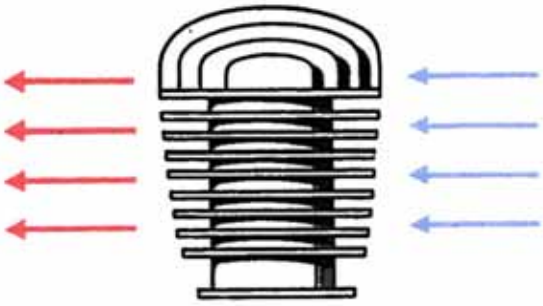


شكل (1-15)

دورة ماء التبريد خلال محرك التبريد بالماء

ب- محركات التبريد بالهواء Air coded engines:

وفيها يمكن تبريد المحرك بواسطة مرور، أو تدفق تيارٍ من الهواء مباشرةً على أسطوانات المحرك، إذ توجد زعانف (fins) حول جدار الأسطوانات ورؤسها؛ لزيادة المساحة المعرضة للهواء، وتحسين الانتقال الحراري شكل (1-16). وتستخدم هذه الطريقة - غالباً - مع المحركات ذات القدرة المنخفضة، كمحركات الدراجات.



شكل (1-16)

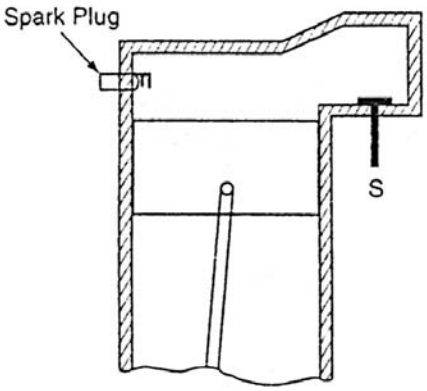
أسطوانة محرك مبرد بالهواء، تقع الزعانف في اتجاه تدفق الهواء

3-3-1 وضع الصمامات: valve location

يمكـن تـصنيف المحركات طبقاً لوضع وترتيب صمامات السحب والعادم؛ الذي يعتمد على وضع الصمام في كتلة المحرك، أو الأسطوانات إلى.

أ- محركات ذات الرأس (L):

شـكل (1- 17)، وفـيها تكـون غـرفة الاحـتراق والأسـطوانة شـكلاً يـشبه الحرف L وتكون صمامات الـسحب والعـادم جنـبا إلى جـنب، وتكـون جمـيع صـمامات المحـرك في صف واحد ويسمح هذا الوضع باستعمال عمود كامات (حدبات) واحد لتشغيل جميع الصمامات وتكون مجموعة تحريك الصمامات في جسم الأسـطوانة. ويعيب هذا النوع أنه لا يمكن استخدامه في المحركات ذات نسبة الضغط العالي.

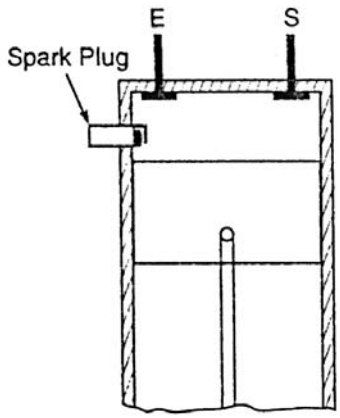


L-head Combustion Chamber

شكل (1-17)

ب- محركات ذات الرأس (I):

شـــكل (1- 18)، تـــركب الـــصمامات في رأس الأسـطوانة في المحـركات ذات الرأس (I) ويطلق على هـذه الـصمامات "الصمامات العلوية" وفي المحركات الخطية in line تكون الصمامات في صف واحد لذلك يلـزم عمـود كامـات (حـدبات) واحـد لتشغيل جميع الـصمامات، وقـد انتشر استعمال الصمامات العلوية في الـسنوات الأخـيرة لارتفـاع نـسبة الانـضغاط في هذا النوع من المحركات.

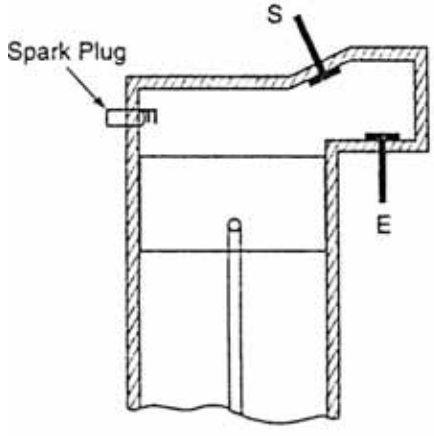


I-head Combustion Chamber

شكل (1-18)

جـ- المحركات ذات الرأس (F):

شـكل (1- 19)، يمكـن اعتـبار هـذا الـنوع مـن المحـركات أنـه جمـع بـين محـركات ذات الـرأس (L) والـــرأس (I) وتكـــون صـــمامات الـــسحب في رأس الأسـطوانات في حين توجد صمامات العادم في الكتلة وتأخذ مجموعة صمامات السحب والعادم حركتها من عمود كامات واحد.

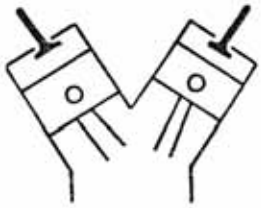


F-head Combustion Chamber

شكل (1-19)

د- المحركات ذات الرأس (H):

شكل (1-20)، وتكون كل الصمامات فوق الأسطوانات خصوصا في المحركات على هيئة حرف (v) ويستعمل عادة ذراع متأرجحة واحدة لتشغيل الصمامات.

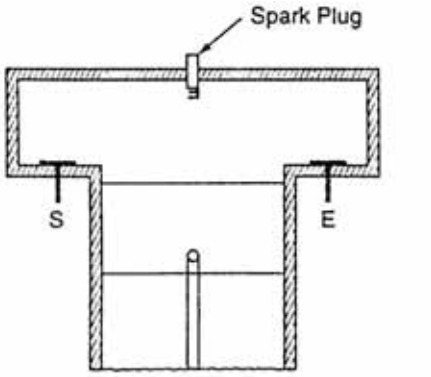


H - HEAD

شكل (1-20)

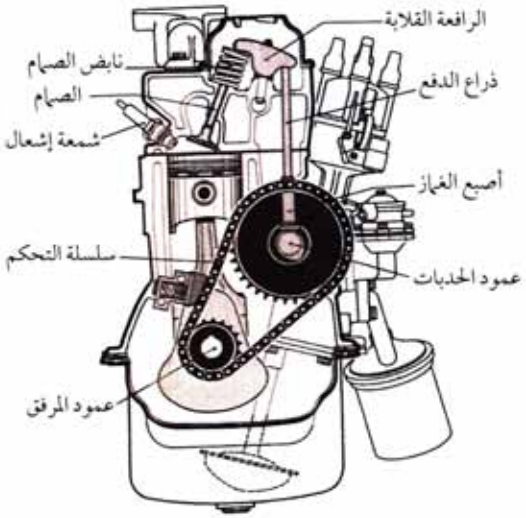
هـ- المحركات ذات الرأس (T):

شكل (1-21-أ)، وتكون صمامات السحب في جانب وصمامات العادم في الجانب الآخر لذلك فإنه يلزم عمودا كامات (حدبات) (عمود لكل جانب) لتشغيل الصمامات، ويمكن تصنيف المحركات حسب وضع الصمامات إلى نوعين فقط، كما هو موضح في الشكل (1-21-ب)

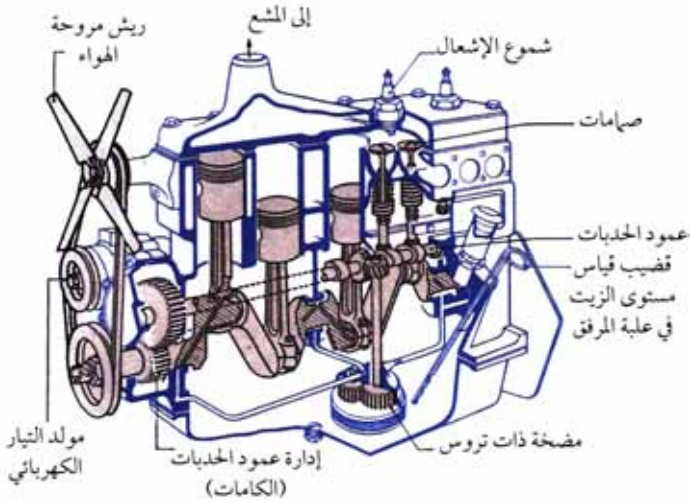


T-head Combustion Chamber

شكل (1-21-أ)



صمامات ذات تحكم علوي، تقع الصمامات أعلى المستوى المار بالنقطة الميتة العليا، وذلك عند النظر من جهة عمود المرفق، ولا يلعب عمود الحدبات (الكامات) أي دورٍ في تحديد نوع التحكم.

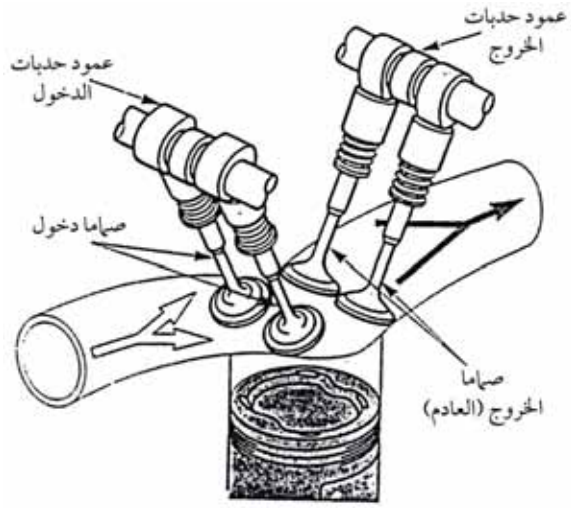


صمامات ذات تحكم سفلي، تقع الصمامات أسفل المستوى المار بالنقطة الميتة العليا، وذلك عند النظر من جهة عمود المرفق.

شكل (1-21-ب)

4-3-1 عدد الصمامات Valves number:

يُمكن تصنيف / تقسيم محركات الاحتراق الداخلي بحسب عدد الصمامات لكل أسطوانة. بعض المحركات لديها ثلاثة، أربعة، خمسة، أو ستة صمامات بكل أسطوانة شكل (1-22) إن الغرض أو الهدف للصمامات الإضافية (الأكثر من صمامين لكل أسطوانة) هو السماح لكمية كافية من خليط الهواء والوقود بالدخول إلى غرف احتراق المحرك وخروج الغازات المحترقة/ العادم بكل حرية وهذا يؤدي إلى تحسين الكفاءة الحجمية* للمحرك فيتمكن المحرك من إنتاج طاقة (قدرة) أكبر.



شكل (1-22)

محرك ذو أربعة صمامات لكل أسطوانة، أو محرك متعدد الصمامات، ومعظم موديلات السيارات الأخيرة من نوع متعدد الصمامات

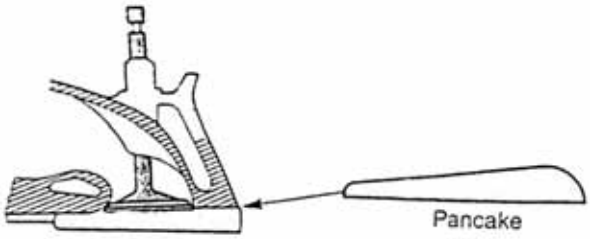
5-3-1 تصميم غُرف الاحتراق Combustion chamber shape:

إن شكل غرف الاحتراق لمحركات الاحتراق الداخلي، واختلاف تصميمها، وأشكالها، أوجد طريقةً لتصنيف المحركات.

هناك ثلاث تشكيلات مختلفة لغرف الاحتراق في محركات البنزين التي تشكل في رأس أسطواناتها:

أ- غرفة "حوض الاستحمام" Pancake combustion chamber or bath tub chamber:

تحتوي على صمامات علوية متوازية أعلى المكبس وتشكل غرفة الاحتراق كجيب أو تجويف صغير في رأس الاسطونات فوق رأس المكبس. شكل (1-23).



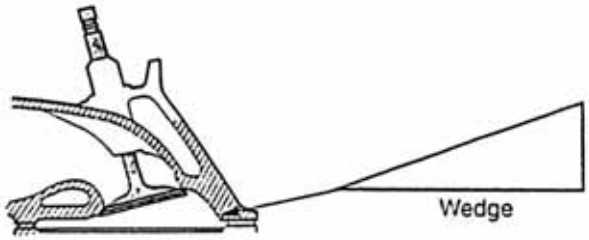
شكل (1-23)

غرفة حوض الاستحمام

* النسبة بين حجم الشحنة الفعلية المسحوبة من هواء الخليط داخل الأسطوانة في الظروف الجوية وبين إزاحة المكبس (أي حجم الشحنة المفروض سحبها نظرياً وفقاً لسعة الأسطوانة).

ب- غرفة إسفنجية الشكل Wedge- shaped chamber or wedge head:

غـرفة ذات شكل مستدق (مسلوب) أو ذات شـكل مثلثـي شـكل (1-24) تحـتوي عـلى صمامات علوية بصف واحد مع شمعة الاحتراق جنـبا إلى جـنب تمـتاز بمقاومـتها لظاهرة الصفع أو (الخبط).

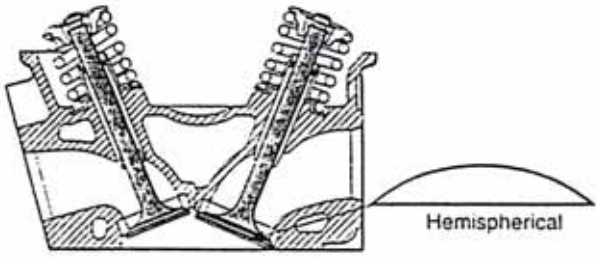


شكل (1-24)

غرفة حوض الاستحمام

ج- غرفة الاحتراق ذات الشكل النصف كروي A hemispherical combustion chamber:

عـبارة عـن غـرف احتراق ذات شكل نصف كـروي (أو قبـية الشكل) شكل (1-25) تحوي صـمامات مائلـة على جانبي الغرفة،تركب شمعة الاحـتراق في مركـز الغـرفة (منتـصفها) وهـي الأكثـر اسـتعمالاً لكفاءتهـا مقارنـة بالنوعـين الـسابقين فهـي لا تحـوي عـلى تجاويـف فـراغية للاحتراق غير الكامل للوقود.



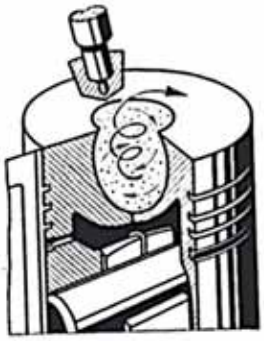
شكل (1-25)

غرفة احتراق نصف كروية

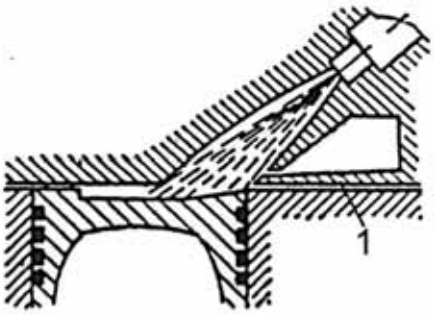
كـذلك فـإن صـغر مساحة سطحها يؤدي إلى خفض كمية الحرارة الضائعة (المفقودة) من الحجرة وكذلك فـإن وضـع شـمعة الاحتراق في وسط الغرفة (الحجرة) يزيد من وصول اللهب إلى الخليط* كذلك فإن ميلان صماماتها تزيد إمكانية تنفس المحرك.

* لقهر المسافة بين شمعة الاحتراق المتمركزة في وسط الغرفة مع الخليط (بنزين + هواء).

- وتـوجد عـدة أشـكال، وتـصاميم لغـرف الاحتراق، في محركات الديزل. حيث يُشكل بعضها على رأس المكبس، ورأس الأسطوانات. شكل (1-26).

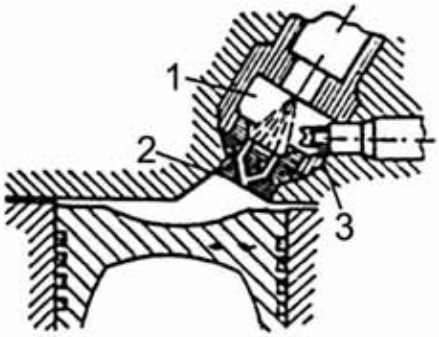


غرفة الاحتراق الكروية المركزية، حيث تشكل في منتصف سطح قمة المكبس، وتأخذ قنوات دخول الهواء شكلاً خاصاً، يجبر الهواء على الاندفاع إلى الغرفة، في حركةٍ دورانيةٍ.



غرفة الخلية الهوائية

1- خلية هوائية/ ابتدائية

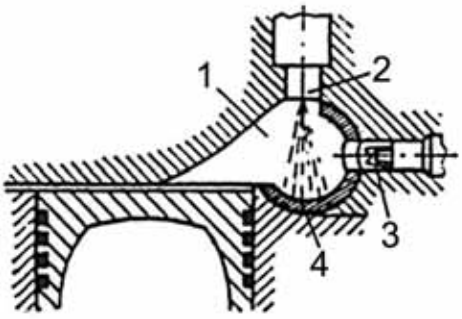


الحقن في غرفة احتراق متقدم

1- غرفة الاحتراق المتقدم.

2- فتحة التصريف.

3- شمعة متوهجة (حماية).



الحقن في غرفة دوامية

1- الغرفة الدوامية.

2- فوهة ذات محور ارتكاز رأسي.

3- شمعة متوهجة.

4- قشرة متوهجة.

شكل (1-26)

تصاميم مختلفة لغرف الاحتراق في محركات الديزل

6-3-1 دورة عمل المحرك:

أ- يمكن تقسيم محركات الاحتراق الداخلي وفقاً لنوع الدورة الحرارية* التي تعمل بها وذلك على النحو الآتي:

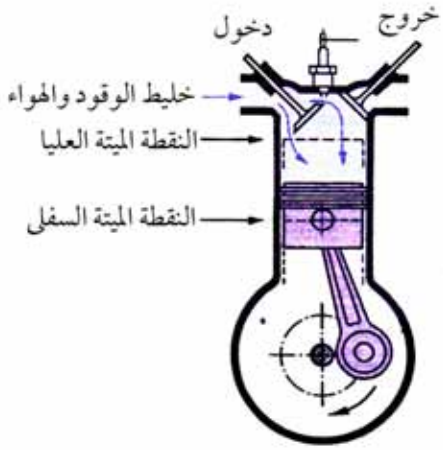
- محركات تعمل بدورة أوتو Otto –cycle، وذلك في محركات البنزين.
- محركات تعمل بدورة ديزل Diesel – cycle، وذلك في محركات الديزل.
- محركات ثنائية الدورة Dual cycle، تعمل بنظام البنزين والغاز.

ب- من حيث عدد الأشواط في الدورة الواحدة: By the number of strokes in one complete cycle

تقسم محركات الاحتراق الداخلي من حيث عدد الأشواط في الدورة الحرارية إلى:

- محركات رباعية الأشواط:

يتم فيها إتمام الدورة الحرارية في أربعة أشواط متتابعة، وتحتاج إلى لفتين (دورتين) للعمود المرفقي (عمود الكرنك)، وتكون الأشواط على النحو الآتي: شكل (1-27-أ).



شوط المص (السحب)

شوط الانضغاط

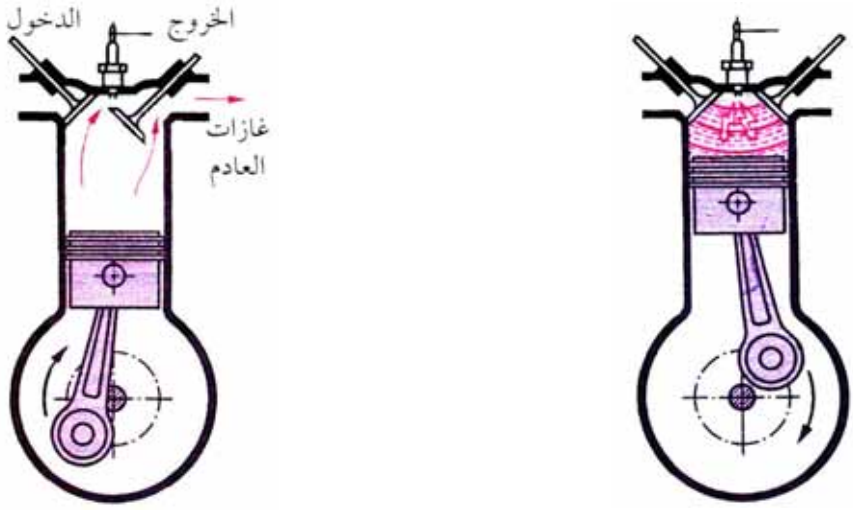
(1-27-أ)

∴ مجموع الشوطين = $\frac{1}{2}$ لفة + $\frac{1}{2}$ لفة (دورة)

بالدرجات 180 + 180 = 360°

* الدورة الحرارية: هي دخول الخليط واحتراقه، ثم خروجه من المحرك.

وبـذلك تـتم لفـتان كاملـتان لمحـركات رباعية الأشواط، بزاويةٍ مرفقيه تساوي (720 = 360 ° × 2) شكل (1-27-ب).

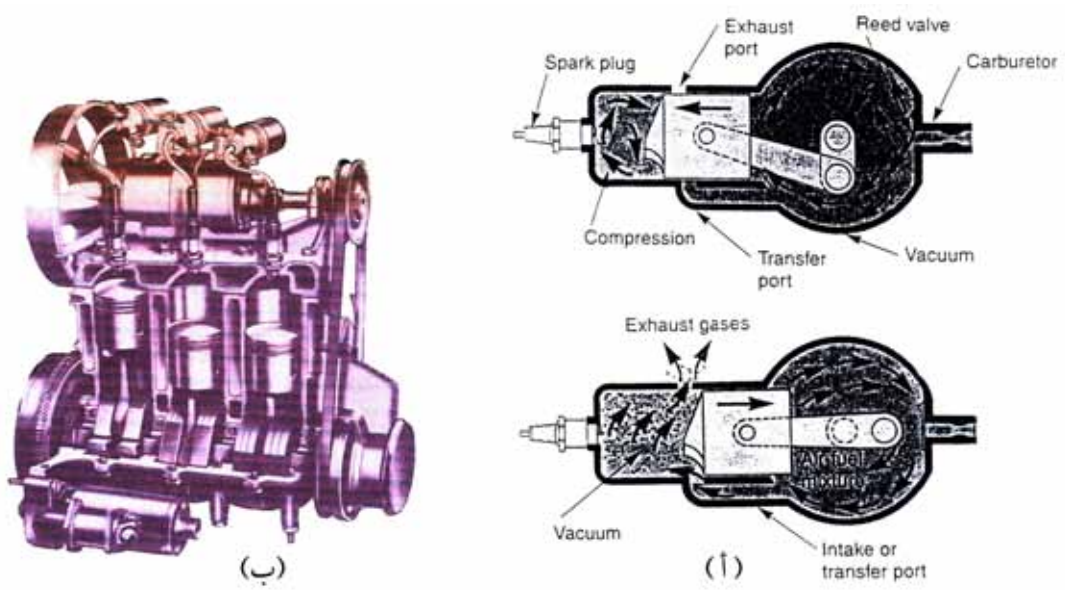


شكل (1-27-ب)

ويتم شوط القدرة وشوط العادم بزاوية قدرها 360 °

- محركات ثنائية الأشواط: Two stroke engines

يـتم فيها إتمام الدورة الحرارية في شوطين، وتحتاج إلى دورةٍ واحدةٍ من العمود المرفقي، وهي شوط إلى أسـفل (أي نصف دورة = 180 °)، وآخر إلى الأعلى (نصف دورة = 180 °). وبذلك تتم لفة كاملة (زاوية مرفقية) للعمود المرفقي قدرها 360 ° = 360 ° × 1. شكل (1-28).



شكل (1-28)

أ- يكمل المحرك ثنائي الأشواط دورته الحرارية في شوطين.

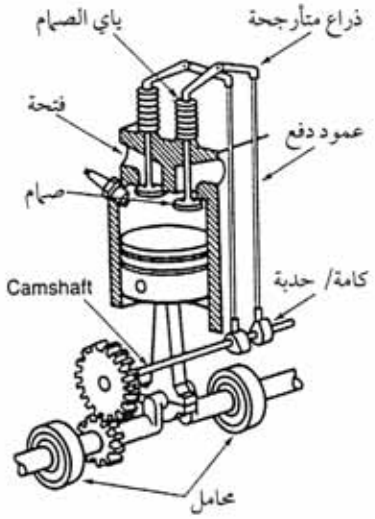
ب- قطاع لمحرك ثنائي الأشواط ذو ثلاث أسطوانات.

7-3-1 وضع الكامات:

تُصنف محركات الاحتراق الداخلي حسب وضع ومكان عمود الحدبات (الكامات) منها:

أ- عمود الكامات (الحدبات) في كتلة المحرك (in block):

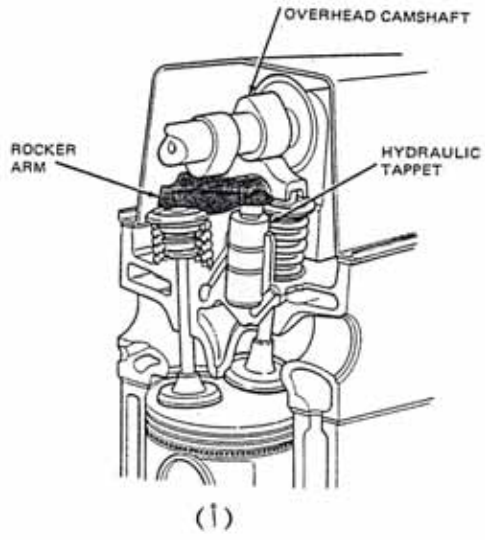
كان هذا التصميم يستخدم في معظم المحركات القديمة. حيث يستمد عمود الحدبات حركته من العمود المرفقي بواسطة ترس/ مسننةٍ، وكذلك يستعمل قضيب دفع push rod؛ لنقل حركة عمود الحدبات إلى الذراع المتأرجحة Rokerarm، المتصلة بالصمامات مباشرة. شكل (1-29).



شكل (1-29)

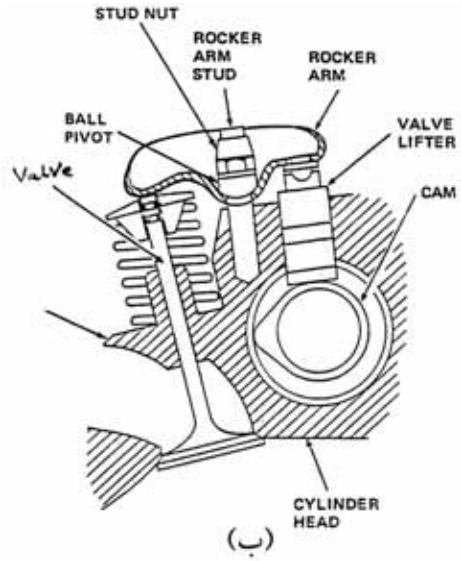
ب- عمود الكامات على رأس أسطوانات المحرك overhead cam (OHC): تعرف بمحركات ذات عمود الحدبات الرأسي، وهو أكثر استخداماً في معظم السيارات الحديثة. ومن إيجابيات هذا النوع خفة وزن آلية تشغيل الصمامات؛ لعدم الحاجة إلى قضيب الدفع في تشغيلها. وينقسم هذا النوع من التصميم إلى نوعين:

- عمود كامات علوي مفرد single over head cam (SOHC): تحتوي المحركات في هذا النوع على عمود كامات علوي واحد بذراع متأرجحةٍ. شكل (1-30- أ، ب، جـ).



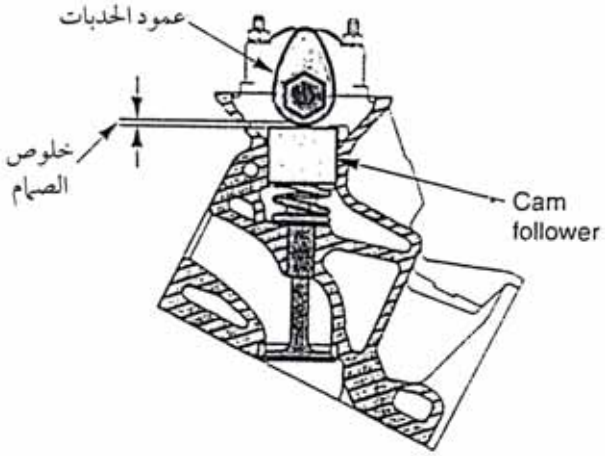
(أ)

تحتوي آلية تشغيل الصمامات على ذراع متأرجحةٍ عائمةٍ (تتحرك بين ساق الصمام وأصبع الغماز الهيدروليكي، وتؤثر الحدبة الدوارة مباشرةً على أعلى الذراع المتأرجحة.



(ب)

تحتوي آلية تشغيل الصمامات Valve، في محركات ذات عمود كامات رأسي (مفرد) على ذراع متأرجحةٍ، يتم ضبط آلية التشغيل هذه بتدوير صامولة تركب على الذراع.



(ج)

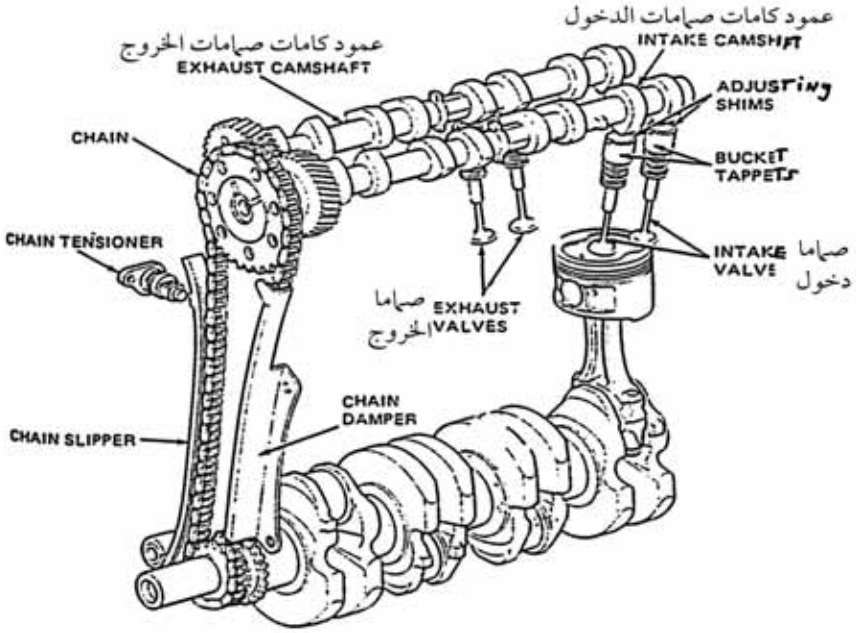
لا يحتوي هذا التصميم من المحركات ذات عمود كامات علوي مفرد على الذراع المتأرجحة، حيث تؤثر الكامة (الحدبة) مباشرةً على ساق الصمام بواسطة تابع الكامة الاسطوانية الشكل

شكل (1-30 – أ، ب، ج)

أشكال وتصاميم المحركات بعمود حدبات رأسي (مفرد)

- محركات ثنائية عمود الكامات:- A dual over head cam: حيث يوجد في هذا التصميم عمودا حدبات (كامات) في رأس أسطوانات المحرك، أحدهما: لتشغيل صمامات الدخول (السحب) للمحرك، والآخر لتشغيل صمامات الخروج (العادم).

معظم السيارات الحديثة، تستخدم عمود الكامات الثنائي – وبخاصة – المحركات ذات الأربعة صمامات لكل أسطوانة. شكل (1-31).



شكل (1-31)

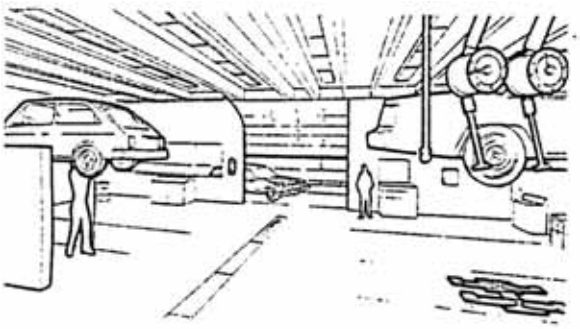
محركات بعمود حدبات ثنائي رأسي

4-1 قواعد الأمن والسلامة عند العمل في ورشة المحركات:

إن الهدف من قواعد الأمن والسلامة المهنية، هو العمل بها؛ لحماية نفسك وغيرك من أخطار وأضرار الحوادث المتوقع حدوثها في ورشتك؛ لذلك يجب علينا اتباع هذه القواعد، واعتبارها وظيفةً أساسية لنا، إلى جانب مهامنا الأخرى في الورشة. ومن هذه القواعد ما يأتي:

1-4-1 تخطيط الورشة SHOP LAYOUT:

يعني مفهوم تخطيط الورشة، تعيين وتقسيم الورشة إلى أقسام ومواقع، كموقع العمل والإصلاح، وموقع لطاولات العمل، وموقع لأجهزة وعدد الورشة، وكذا رسم خطوطٍ في أرضية الورشة؛ لتحديد الأماكن الخطرة (أماكن العمل)، وتذكر العامل بحفظ عُدده ضمن حدود هذه الخطوط. شكل (1-32).



شكل (1-32)
تخطيط مساحة الورشة

- **الإشارات التحذيرية SIGNS:**

عبارة عن ملصقات تحذيرية، تلصق على جدران الورشة، أو على الآلات والأجهزة الخطرة تذكر بقواعد الأمن والسلامة المهنية. شكل (1-33).

شكل (1-33)
الملصقات التحذيرية

2-4-1 أنواع الحوادث Types of Accident:

هناك أنواع مختلفة للحوادث المتوقع حدوثها في الورشة، ويجب عليك أن تكون مدركاً لها ولمسبباتها؛ لتتجنب حدوثها قدر المستطاع، وكذا لكيفية التعامل معها عند حدوثها. ومن أنواع الحوادث المتوقع حدوثها في الورشة ما يأتي:

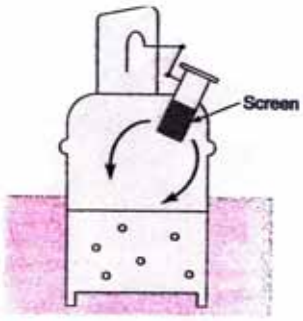
أ- الحرائق "Fires":

الحرائق من الحوادث الخطرة المسببة أضراراً بشريةً ومادية كبيرةً. لذا يجب عليك الانتباه؛ لمنع حدوثها، ومعرفة دورك حين حدوثها.

• **قواعد الأمن والسلامة المهنية لتجنب حدوث الحرائق Fire safety:**

يعد البنزين من أخطر المواد سريعة الاحتراق في الورشة، والمسبب الرئيس للحرائق، لذلك عليك الالتزام بالقواعد الآتية:

- حفظ البنزين في أوعيةٍ مناسبةٍ، ومحكمةٍ من التسرب. شكل (1-34).
- لا تملأ أوعية حفظ البنزين كاملاً، بل يجب ترك مستوى فارغ من أعلى الوعاء لا يقل عن (1inch)؛ ليسمح بتبخر البنزين عند درجات الحرارة العالية.
- لا تحفظ الوقود لفترةٍ زمنيةٍ طويلةٍ؛ لتجنب احتراق أبخرة الوقود*.
- انقل أوعية حفظ البنزين بطريقةٍ آمنةٍ وسليمةٍ.
- لا تستعمل البنزين كمادةٍ، أو محلول تنظيف.
- تُعد خرق التنظيف* Oily rag من أسباب بدء الحريق. لذا يجب أن تجمع هذه الخرق في أوعيةٍ مناسبةٍ ومحكمة الإغلاق. شكل (1-35)، كما يجب أن يتم تصريفها.
- حفظ المواد سريعة الاحتراق كالطلاء والتينر Thinner... في أماكن مناسبةٍ كدواليب مميزة بلون أحمر Fire carbine. شكل (1-36).



شكل (1-34)

أوعية حفظ البنزين

شكل (1-35)

أوعية حفظ المواد السريعة الاحتراق كخرق التنظيف

شكل (1-36)

خزان حفظ المواد السريعة الاشتعال

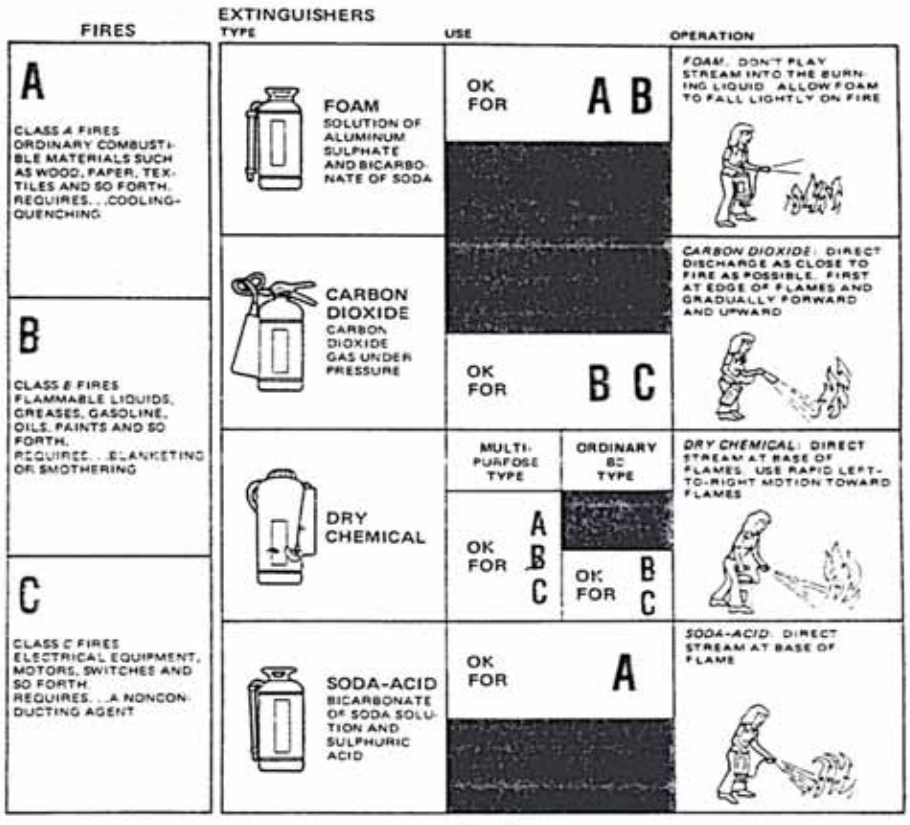
- مسح، وتنظيف الوقود المتساقط على أرضية الورشة (مباشرةً) بتلك اللحظة.
- إبعاد مصادر الحرارة (كالفرن الحراري)، أو الآلات المصدرة للشرر، كآلة اللحام، وآلة الجلخ عن المواد سريعة الاشتعال.

* قد تحترق أبخرة الوقود ذاتياً؛ عند ارتفاع درجة حرارتها، أو لتعرضها للضغط.

* خرق التنظيف oily rag، تسمى بالخرق الزيتية، تستخدم لتنظيف الشحوم، والوقود والزيوت أثناء العمل، وبعد استعمالها تتصلب، وتصبح سريعة الاشتعال.

(أ)

- عدم التدخين أثناء العمل.
- يجب أن تعرف مواقع طفايات الحريق في ورشتك، وكذا معرفة أنواع الحرائق، وأنواع المواد الكيميائية المناسبة لإطفائها، وكيفية استخدام طفايات الحريق. شكل (1-37- أ ، ب).
- لا تحاول إطفاء حرائق البنزين بصب الماء، فهذا يؤدي إلى انتشار الحريق.
- عدم فتح الأبواب والنوافذ، عند حدوث الحريق، فهذا يؤدي إلى انتشاره.
- يجب أن تكون الممرات الرئيسة للخروج والدخول إلى الورشة فارغةً.



(ب)

شكل (1-37)

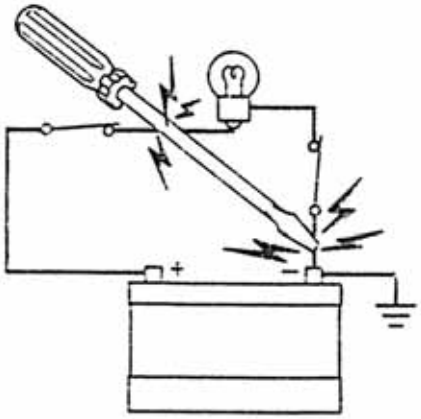
أ- أنواع مختلفة لمواد طفايات الحريق.

ب- كيفية استخدام طفايات الحريق، وأنواع الحرائق، وما يناسبها من أنواع طفايات الحريق، وكيفية استخدامها.

ب- الحرائق الكهربائية electrical fires:

تحـدث الحرائق الكهربائية، عندما يحدث اتصال (تلامـس غير مرغوب فيه)، بين السلك الكهربائي الحامـل للتـيار "hotwire" بـالأرضي ground (كهـيكل السيارة مثلاً) شكل (1-38)، فيؤدي إلى ارتفاع حرارة السلك، وإذابة مادته العازلة، ومن ثم حدوث الحريق.

لمـنع الحـرائق الكهـربائية، أفصل البطارية* عند العمل بالنظام الكهربائي للمركبة.



شكل (1-38)

أنموذج للحريق الكهربائي

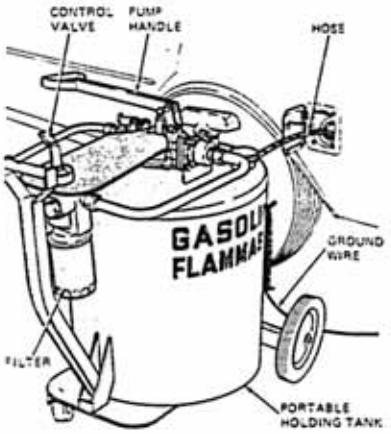
ج- الانفجار "Explosions":

هو احتراق سريع جداً، مصحوب بدويٍّ هائل، وموجةٍ مندفعةٍ بسرعةٍ بالغةٍ.

ومن أنواع الانفجارات الممكن حدوثها في الورشة:

- **خزانات الوقود:**

تحوي وقوداً يبقى عالقاً في الخزان كمادةٍ صمغية يـسمى وقـــود صمغي Fuel gum، وهي مـــادة سريعة الانفجار؛ عند تعرضها لدرجة حرارة، مثل القـيام بعمليـة لحام الخزان. لذا يجب عليك تفريغ خـــزان الوقـــود جـــيداً قـــبل أي صـــيانةٍ لـــه. شكل (1- 39).



شكل (1-39)

مضخة سحب الوقود من خزان السيارة

- **أسطوانات غاز البروبان:**

يجـب نقـل أسـطوانات الغـاز بطـريقةٍ آمـنةٍ وسـليمةٍ، ووضـع هـذه الأسـطوانات في أماكن آمنةٍ، وفي وضعيةٍ ثابتةٍ.

- **الصمامات المحتوية على الصوديوم:**

وهـي صـمامات مـستعملة في المحـركات ذات الأداء العـالي، وتتميز بسرعة تبديدها، ولكنها تعد قابلةً للانفجار عند تعرضها للحرارة.

* ارجع إلى كتاب الصيانة للمركبة، فقد يؤدي فصل البطارية مباشرةً إلى إيقاف التيار المغذي لذاكرة الكمبيوتر، فيؤدي إلى مسحها.

- غاز الهيدروجين الصادر عن البطاريات:

فهو سريع الانفجار، عند تعرضه لأبسط شرارة؛ مسبباً انفجار البطارية. يجب عليك ارتداء واقٍ للوجه والعينين، عند العمل على البطارية. شكل (1- 40).

شكل (1-40)
واقي الوجه والعينين

د- الاختناق Asphyxiation:

تحدث حوادث الاختناق؛ بسبب تنفس الغازات السامة. فأبسط حالات الاختناق يُسبب الغثيان، الصداع، والقيء، وأخطرها يسبب الوفاة.

معظم أسباب الاختناق ناتجة عن استنشاق الغازات السامة لعوادم السيارات.

• قواعد الأمن والسلامة المهنية لحالات الاختناق:

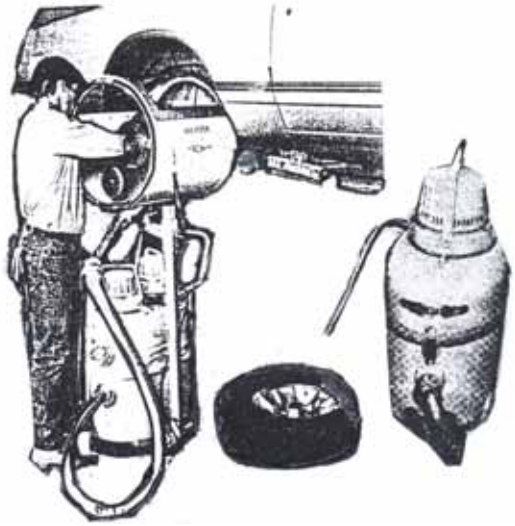
- ارتداء ملابس عمل آمنة، مع ضرورة ارتداء الكمامات Respirator شكل(1-41) عند العمل في أجواءٍ مليئةٍ بغازات العادم، أو استخدام مواد ومحاليل تنتقل بالجو، (أو الشوائب المتطايرة) air born imparities، والتي يمكن استنشاقها، مثل بعض المنظفات الكيماوية كالطلاء paint spary.

شكل (1-41)
ملابس العامل الواقية من حالات الاختناق

- تشغيل نظام التهوية في الورشة. وعند غازات عوادم السيارات، استخدم جهاز تصريف غازات العادم؛ عند العمل بمساحةٍ ذات تهويةٍ غير كافية شكل (1-42)، بحيث تطلب الأمر منك تشغيل محركها.

شكل (1-42)
عملية التخلص المباشر من غازات السيارة العاملة إلى الخارج

- التخلص من بقايا وشوائب المواد التي تشكل خطراً على الإنسان، وتُعرف باسم المواد المسرطنة المسببة لمرض السرطان، وهي مادة الاسبستوس Asbestos، كمخلفات، أو حطام قماشات الفرامل، أو صحن القابض المصنوع منها، وذلك بالتخلص منها بواسطة مضخة شفط مناسبةٍ قبل بدء عملية الصيانة. كما يجب تصريف هذه المواد الضارة بطريقةٍ سليمةٍ. شكل (1-43).



شكل (1-43)
جهاز سحب/ شفط الأتربة والمخلفات الضارة

هـ- الحروق الكيماوية chemical Burn:

عبارة عن حروقٍ مختلفة التأثير تصيب الجلد عند ملامسته بعض المواد الكيماوية الموجودة في الورشة، كالكتوليث البطاريات (حمض الكبريتيك) battery acid، وبعض المحاليل، ومواد التنظيف.

- **قواعد الأمن والسلامة المهنية لتجنب حدوث الحروق الكيماوية:**

- يجب حفظ المواد والمحاليل الكيماوية في أوعيةٍ خاصةٍ متينةٍ، ومحكمةٍ من التسرب (مانعة للتسرب) شكل (1-44)، وحفظ هذه الأوعية في دولابٍ خاص.
- التعامل بمسئولية وحذر أثناء استخدام هذه المواد الكيماوية المحرقة للجلد، ومنها محلول تنظيف المغذي من نوع decaboning Types، فهو محلول خطر يسبب حروقاً مؤثرةً على الجلد مباشرةً.

شكل (1-44)
خزانة حفظ المواد الكيماوية في أوانٍ محكمة من التسرب

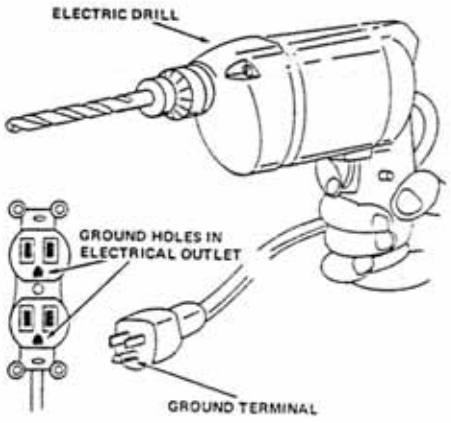
- يجب عليك قراءة التعليمات على كل منتج كيماوي؛ فهي تحوي قواعد الأمن والسلامة المهنية للمنتج، وتاريخ انتهاء المنتج، وكيفية التعامل معه.
- ارتداء قفازات مطاطيةٍ مناسبةٍ؛ لحماية جلدك عند استخدام هذه المواد.

و- الصدمة الكهربائية Electric shock:

ناتجة عن مرور تيار كهربائي خلال أجزاء من جسمك مسبباً أضراراً خطيرة منها الوفاة.

- **قواعد الأمن والسلامة المهنية لتجنب الصدمة الكهربائية:**

- يجب أن تكون جميع الأجهزة والعُدد الكهربائية مزودةً باتصالٍ أرضي (أرت ground connection)، وهو سلك ثالث غالباً بلون أخضر*، وذات مأخذ دائري يميزه. شكل (1- 45).
- لا تستعمل الأجهزة الكهربائية في أرضية مبتلة.
- يجب إصلاح، أو استبدال أي تلف، أو اهتراء، أو تمزق للأسلاك الكهربائية ومآخذها فوراً دون تأخير.



شكل (1-45)

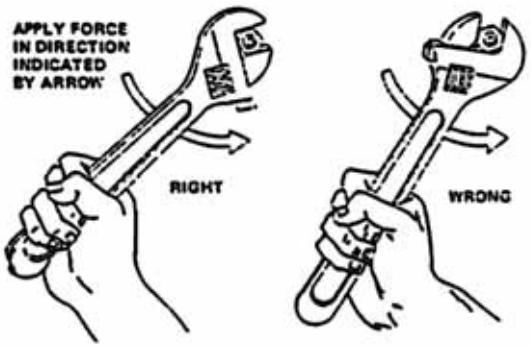
مثقاب كهربائي ذو ثلاثة أسلاك كهربائية (قابس)
السلك الثالث ذو المأخذ الدائري الشكل (بالقابس)
هو الأرضي (الأرت)

ز- الأضرار الفيزيائية physical injury:

هي أضرار طبيعية، تحدث بكثرةٍ كالجروح، أو الكسور بأنواعها، أو آلام الظهر. وقد تحدث في الورشة، أو في خارجها.

- **قواعد الأمن والسلامة المهنية للحد من الأضرار الفيزيائية:**

- يجب تقييم أي عملية إصلاح تقييماً تقنياً، ثم بعد ذلك قُمْ باتخاذ القرار، والمتمثل بطريقة الإصلاح المناسبة والأسهل. وهذا لا يتسنى لك إلا بعد الإحاطة بكل جوانب المشكلة، وأوقات حدوثها. ويعد اختيار أداة العمل المناسبة أهم نقاط القرار شكل (1-46)، وكذا استخدامها بالطريقة المناسبة*.

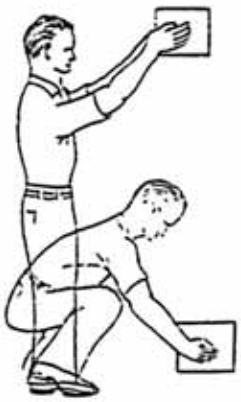


شكل (1-46)

الطريقة المناسبة لاستعمال العُدد

* أو يتميز الأرت بلونين أخضر/ أبيض أو أزرق.
* اختيار أداة عمل مناسبة، كاختيار مفك براغي كبير، يكون ذا قوةٍ ذراعيةٍ أكبر من المفك الصغير.

- لتجنب الإصابة بآلام الظهر البسيطة، وكذا الخطيرة كالانزلاق الغضروفي. قُمْ برفع الأثقال معتمداً على قوة وثبات قدميك إلى أعلى ظهرك، فلا تحنِ ظهرك، واحرص على استقامته عند رفع هذه الأثقال. شكل (1-47)، واستعمل آلات الرفع المناسبة لرفع الأشياء ذات الأوزان الكبيرة.



شكل (1-47)
عملية رفع الأثقال الصحيحة

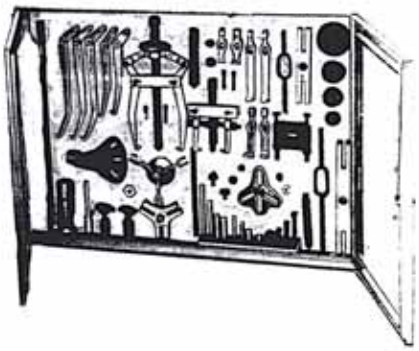
3-4-1 القوانين العامة للأمن والسلامة المهنية في الورش:

- ارتداء ملابس الأمن والسلامة المهنية النظيفة. شكل (1-48).
- كثرة المزاح في الورشة أثناء العمل يعرضك للحوادث.
- تجنب لبس الأشياء الملحقة للضرر كالأكمام الطويلة، وساعة اليد، والخاتم. فقد تضرك لو اتصلت بأجزاء المحرك الدوارة كالمروحة.

شكل (1-48)
ملابس الأمن والسلامة المهنية في الورش

- التهوية الجيدة، والإضاءة المناسبة شرط من شروط الورشة، وكذا العمل الناتج والمتقن والسريع.
- قُمْ بتنظيف عدة وأدوات العمل بعد الانتهاء من العمل، وحفظها في أماكن مناسبة.
- لا بد من توافر حقيبة الإسعافات الأولية في الورشة، ويجب تفقدها دائماً (أي ملؤها في حالة فراغها، وتفقد تاريخ الانتهاء).
- ارتداء واقٍ للعينين عند العمل في آلات الورش المصدرة للرايش.
- تخلص من المواد الضارة كالمواد الكيماوية (حمض البطاريات) في أوعيةٍ مناسبةٍ ومحكمةٍ بطريقةٍ آمنةٍ وسليمة.
- احرص على وضع مساند تثبيت السيارة بالوضع السليم. وعند العمل تحت السيارة تأكد من تثبيت أكثر من مسند (دعائم) للسيارة (لا تثبت مسنداً فقط على الإطلاق).

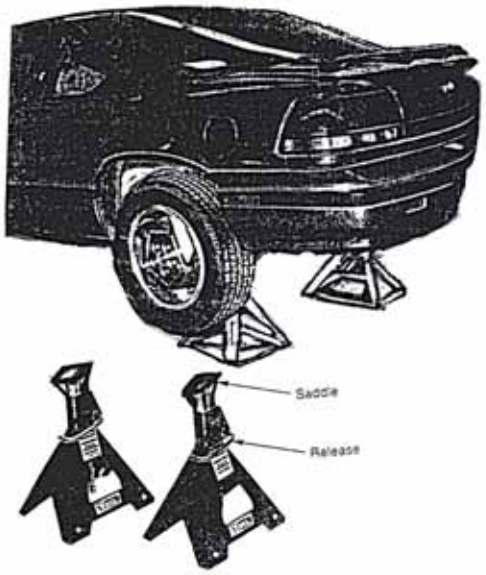
- تعامل بحرص مع آلات الورش، واتبع قواعد الأمن والسلامة المهنية أثناء تشغيلها، واحرص على تنفيذ أوامر التشغيل وخطواتها بدقة، واتبع قواعد الأمن والسلامة المهنية المنصوص عليها في كتالوجات الشركات المصنعة لهذه الآلات.
- احرص على وضع الحاجز (الواقي) على الأجزاء الدوارة في الآلات وعُدد الورشة. وأخذ الحيطة والحذر من الأجزاء الدوارة (كمروحة تبريد المحرك).
- اتبع تعليمات الأمن والسلامة المهنية، التي تُوصي بها الشركات الصانعة.



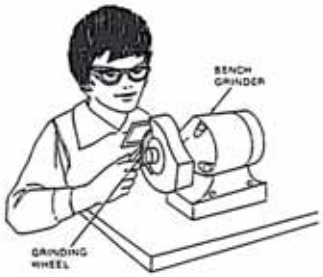
- قُمْ بتنظيف عدة وأدوات العمل بعد الانتهاء من العمل وحفظها في أماكن مناسبة.

- تخلص من المواد الضارة كالمواد الكيميائية (حمض البطاريات) في أوعيةٍ مناسبةٍ ومحكمةٍ بطريقةٍ آمنةٍ وسليمة.

- لا بد من توافر حقيبة الإسعافات الأولية في الورشة. ويجب تفقدها دائماً (أي ملؤها في حالة فراغها، وتفقد تاريخ الانتهاء).



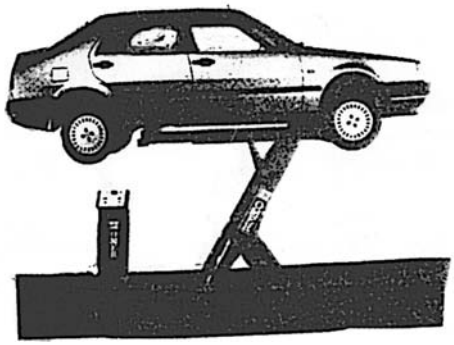
- احرص على وضع مساند تثبيت السيارة بالوضع السليم، وعند العمل تحت السيارة، وتأكد من تثبيت أكثر من مسند (دعائم) للسيارة (لا تثبت مسنداً فقط على الإطلاق).



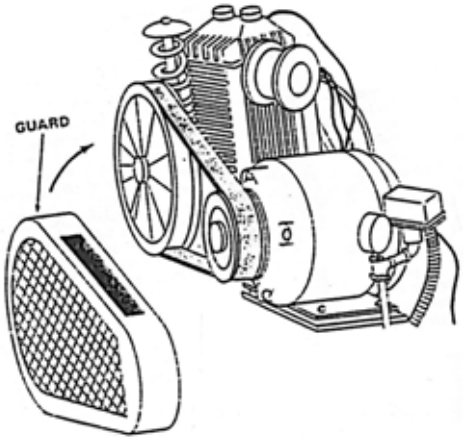
- ارتداء واقٍ للعينين عند العمل في آلات الورش المصدرة للرايش.

شكل (1-49)

قوانين الأمن والسلامة المهنية العامة

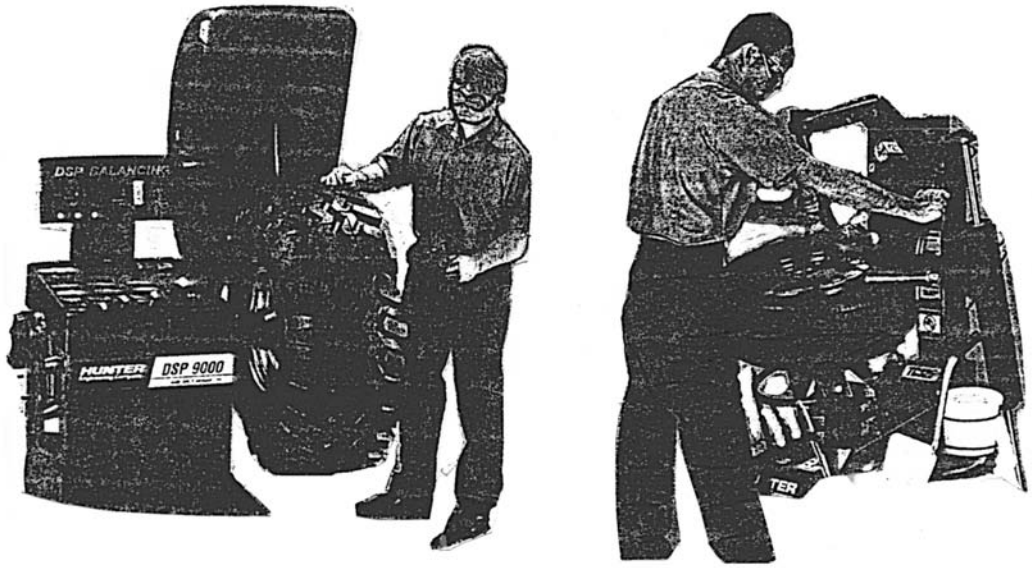


- تعامـل بحـرص مع آلات الورش، واتبع قواعد الأمـن والـسلامة المهنية أثناء تشغيلها، واحرص عـلى تنفـيذ أوامر التشغيل وخطواتها بدقة، واتبع قـواعد الأمـن والسلامة المهنية المنصوص عليها في كتلوجات الشركة المصنعة لهذه الآلات.



- احرص على وضع الحاجز (الواقي) على الأجزاء الـدوارة في الآلات، وعُـدد الورشـة، وعلى أخذ الحـيطة والحـذر مـن الأجـزاء الدوارة كمروحة تبريد المحرك.

- اتبع تعليمات الأمن والسلامة المهنية التي توصي بها الشركات المصنعة.

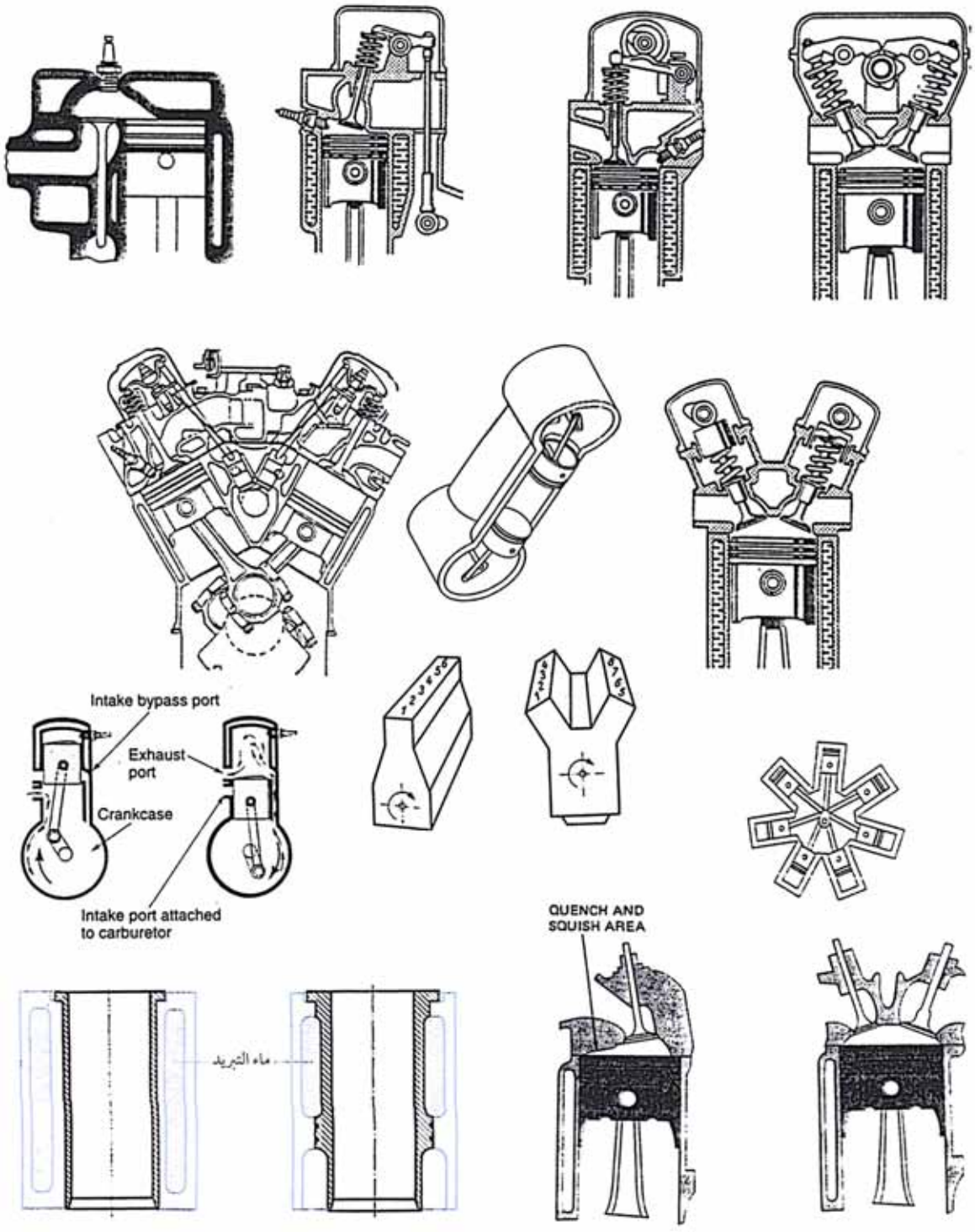


شكل (1-50)

الأمن والسلامة المهنية لآلات الورش

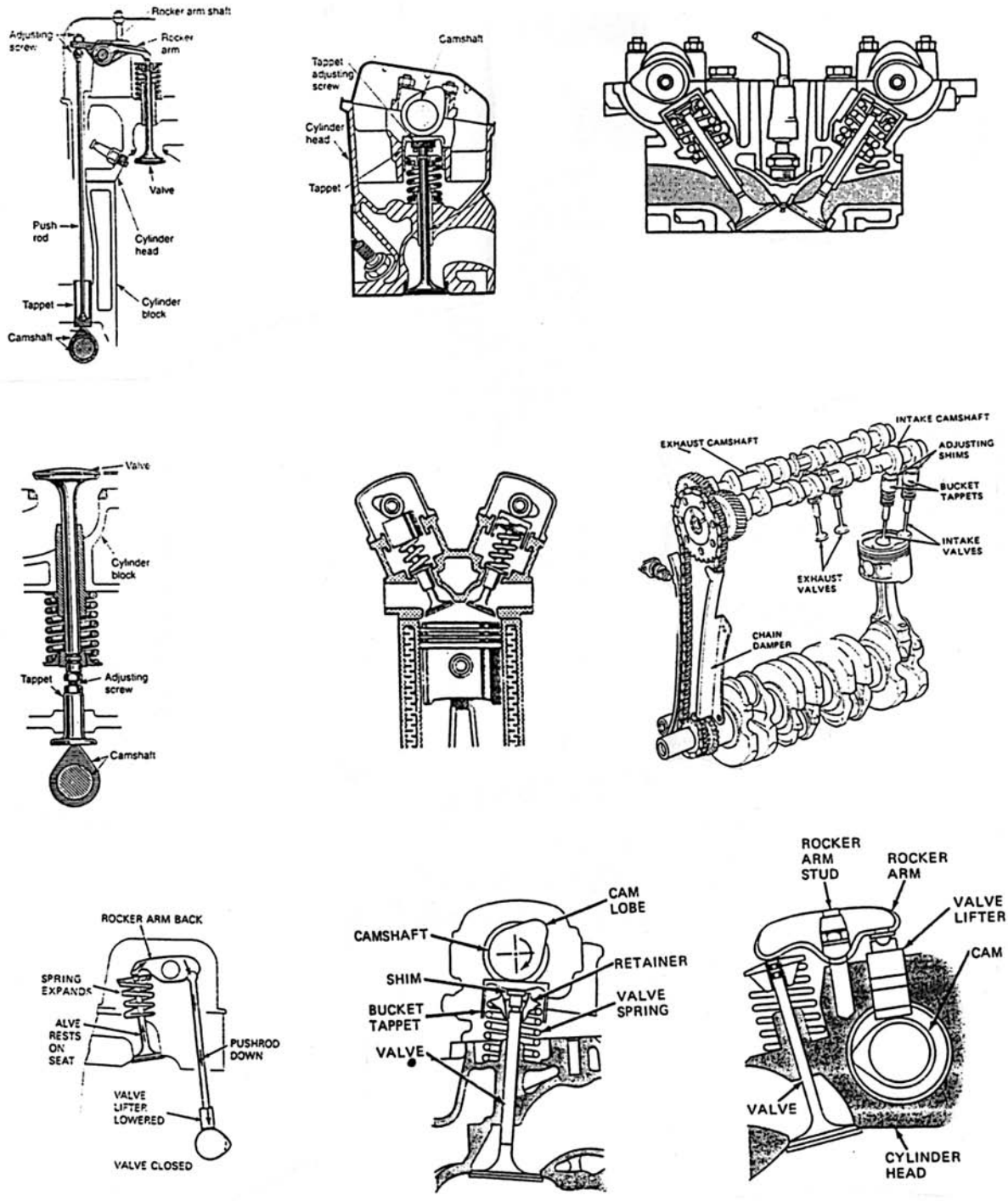
تقـــــويم الوحـــــدة

س1- قُمْ بتصنيف/ تقسيم محركات الاحتراق الداخلي من خلال الرسومات التوضيحية، شكل (1-51):



شكل (1-51)

س2- قُمْ بتصنيف/ تقسيم محركات الاحتراق الداخلي من خلال الرسومات التوضيحية، شكل (1-52):



شكل (1-52)

س3- ماذا يُقصد بالمحركات الحرارية؟ وما أنواعها؟

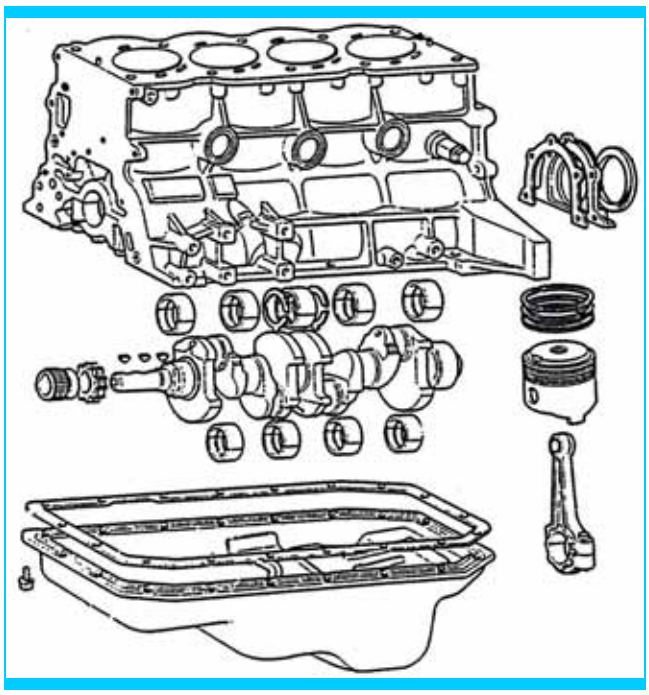
س4- صنف محركات الاحتراق الداخلي حسب كل من:

(ترتيب الأسطوانات، عدد الصمامات، دورة عمل المحرك، وضع عمود الكامات).

الوحـــدة

2

الأجـزاء الميكانيكيـة لمحرك الاحتراق الداخلي ووظائفها



الأهـــداف:

يتوقع من الطالب بعد الانتهاء من دراسة هذه الوحدة أن يصبح قادراً على أن:

1- يتعرف الأجزاء الرئيسية لجسم المحرك ووظائفها.

2- يتعرف الأجزاء الرئيسية المتحركة في جسم المحرك.

3- يتعرف الأجزاء الرئيسية لرأس المحرك ووظائفها.

4- يتعرف الأجزاء الرئيسية لمقدمة المحرك ووظائفها.

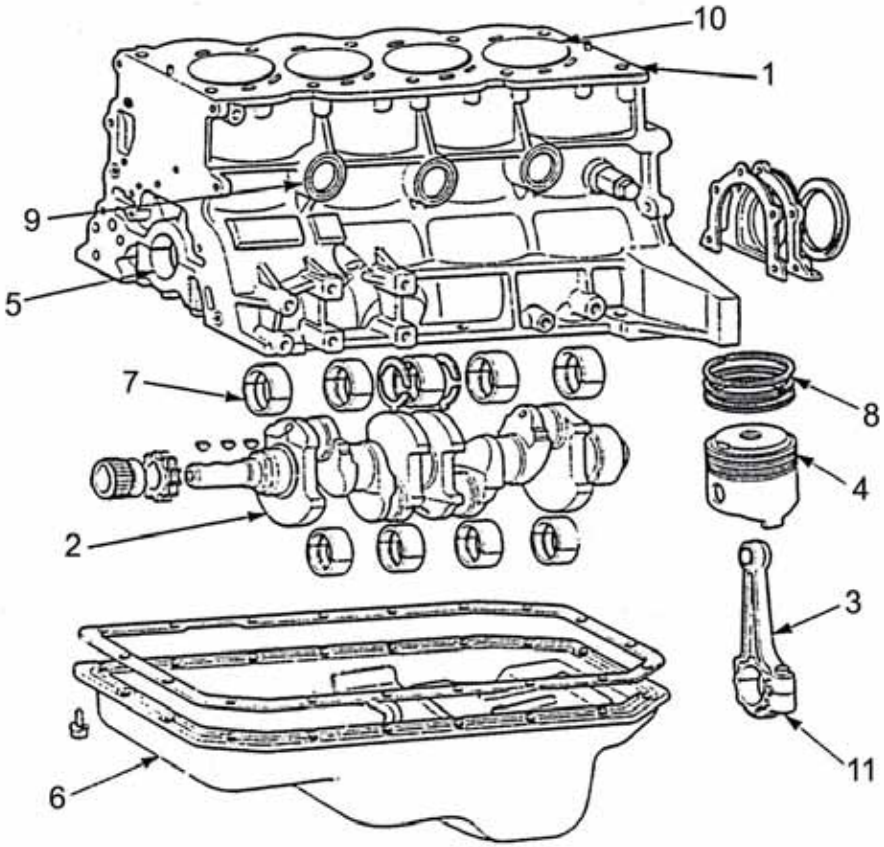
2- الأجزاء الميكانيكية الرئيسية لمحرك الاحتراق الداخلي ووظائفها:

1-2 الأجزاء الرئيسية لأسفل المحرك: Engine Bottom End

يرجع مفهوم الأجزاء الرئيسية لأسفل المحرك إلى الأجزاء الآتية:

- كتلة المحرك أو كتلة الأسطوانات engine block or cylinder block.
- العمود المرفقي crankshaft rod.
- أذرع التوصيل connecting rods.
- المكابس pistons.

والأجزاء المتصلة بهذه الأجزاء الرئيسية related components شكل (2-1).



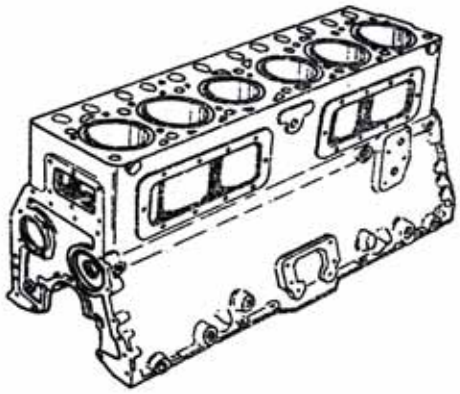
1- كتلة الأسطوانات
2- العمود المرفقي
3- أذرع التوصيل
4- المكبس
5- الكراسي الرئيسية للكتلة
6- علبة المرفق
7- المحامل الرئيسية
8- شنابر المكبس
9- حشوة سد (البيسة)
10- الأسطوانات
11- غطاء النهاية الكبرى لذراع التوصيل

شكل (2-1)

الأجزاء الرئيسية لأسفل المحرك

1-1-2 كتلة المحرك block engine (كتلة الأسطوانات):

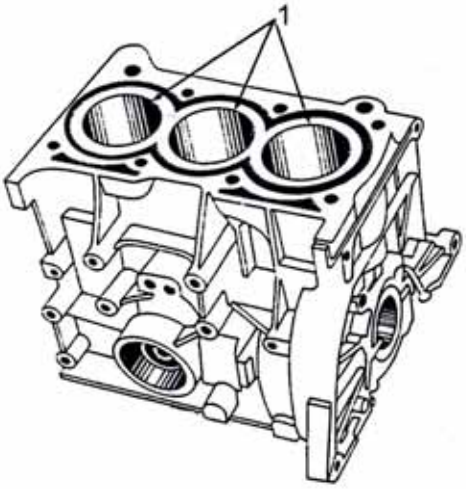
يوضح الشكل (2-2) أنموذجاً لكتلة الأسطوانات يصنع جسم الاسطونات بعملية الصب* (casting)، من معادن ذات مقاومة لإجهاد الضغط، وتتحمل الحرارة التي تتعرض لها الكتلة مثل: معدن حديد الزهر، ومعدن الحديد + خليط من النيكل والكرسيوم، ومعدن الألمنيوم ذات التبريد الحراري الجيد، والأوزان الخفيفة. وتتكون كتلة الأسطوانات من الأجزاء الآتية:



شكل (2-2)
كتلة الأسطوانة

أ- الأسطوانات cylinders:

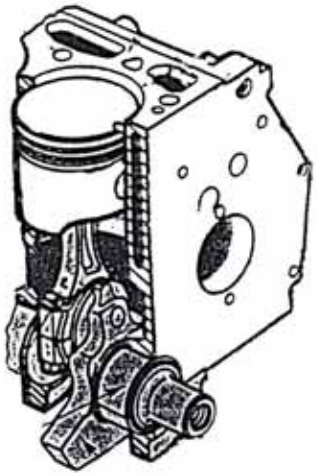
تمثل جيوباً أسطوانية ناعمة الملمس، تامة الصقل شكل (2-3). وهي عبارة عن أنبوبة مجوفة، تقوم بتوجيه المكبس الذي ينزلق فيها، ليؤدي حركته الترددية وتشكل معه غرف الاحتراق الداخلية للمحرك. وهناك ثلاثة أنواع للأسطوانات من حيث صناعتها:



شكل (2-3)
1- الأسطوانة

- أسطوانة مصبوبة مع الكتلة أو الجسم:

حيث تُشكَّل أثناء عملية صب كتلة الأسطوانات لتشكل معها كتلة واحدة، ثم تجري عملية صقل هذه الأسطوانات، شكل (2-4). عند تعرض هذا النوع من الأسطوانات للبلى أو التآكل، فإنه يتم خراطتها بقطر أكبر، ثم يتم تغيير مكابس المحرك الأصلية بمكابس ذات أقطار أكبر تتوافق مع تجويف الأسطوانة المجلخة.

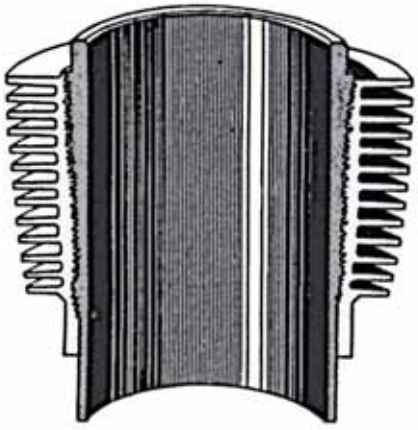


شكل (2-4)
الأسطوانة المصبوبة كوحدة واحدة

* هي عملية تشكيل المعادن Casting. حيث تسخن، ثم تحول إلى سائل، لتُصب في قوالب مشكلة، وتسمى أحياناً بعملية السباكة.

- أسطوانات فردية (منفصلة الصب):

يتم صب الأسطوانات بشكل منفصل. حيث إن معظم الأسطوانات المبردة بالهواء من هذا النوع شكل (2-5). ويتميز هذا النوع من صناعة الأسطوانات بإمكانية صناعة محرك بأي عدد من الأسطوانات، واستبدال رأس الأسطوانات بمفردة في حالة حدوث أي عطب له.



شكل (2-5)

مقطع من أسطوانة تصب مع زعانف تبريدها (Fin) كوحدة واحدة

- الجلب/ البطائن القابلة للاستبدال (sleeve):

بعد عملية صب كتلة الأسطوانات لفترة قصيرة* تحفر ثقوب في أجسامها، ثم تصقل ليدخل إليها قمصان أو بطانات بالضغط الشديد، شكل (2-6). لتشكل سطح تآكل للأسطوانة، أو جدار الأسطوانة الفعلي حيث يتحرك المكبس حركته الترددية داخل هذه البطائن / الجلب شكل (2-6). وتصنع هذه القمصان من حديد الزهر الرمادي، أو من الألمونيوم اللذين يتحملان الحرارة العالية، والضغط أكثر من معدن كتلة الأسطوانة نفسها.

شكل (2-6)

البطانة القابلة للاستبدال (بواسطة الضغط)

يتميز هذا النوع من صناعة الأسطوانات بأنه عند الحاجة إلى استبدال قميص الأسطوانة فإننا لا نغير المكابس الأصلية للمحرك ونعيد استعمالها.

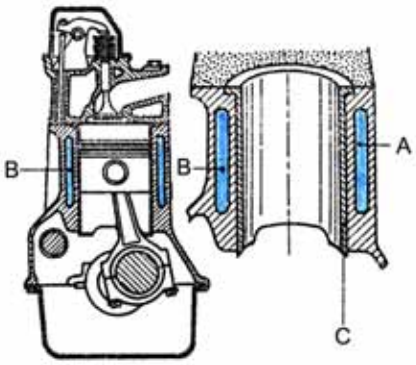
إن أكثر كتل الأسطوانات المصنوعة من الألمونيوم، تستخدم هذا النوع من البطائن أو الأسطوانات. مع إمكانية استخدامها أيضاً في المحركات ذات كتلة الأسطوانة المصنوعة من حديد الزهر المعدة لهذه الأسطوانات مسبقاً.

* حتى لا تتصلب كتلة الأسطوانات، فيصعُب ثقبه (أي قبل أن يبرد معدنها).

وهناك نوعان من هذه الجلب – البطائن:

- البطائن/ الجلبة الجافة dry sleeve: يلامس السطح الخارجي للقميص جدار الأسطوانة، ما يؤدي إلى الإحكام الجيد بينهما، ولا يتعرض القميص الجاف لسائل تبريد المحرك. شكل (2-7).

- القمصان المبردة بالماء wet sleeve: تكون أسمك من الجلبة الجافة، ولها (حاشية/ شفة) flange في أعلاها؛ لتعمل حشوة رأس الأسطوانات على كبسها، ومنع تسرب ماء تبريد المحرك من الأعلى. وتحتوي كذلك البطانة في أسفلها حلقة مطاطية، أو نحاسية؛ لمنع تسرب الماء إلى عمود المرفق شكل (2-8). ونلاحظ أن للجلبة المبتلة وظيفة أخرى غير الوظيفة الأساسية للجلبات، وهي تشكيل سطح تآكل، أو احتكاكي للأسطوانات. وهذه الوظيفة تشكل جيوباً مائية في الأسطوانة. وسميت بالمبتلة لتعرضها لماء تبريد المحرك، ويوضح الشكل (2-9) قميصاً أو جلبة مبتلة للمحرك.

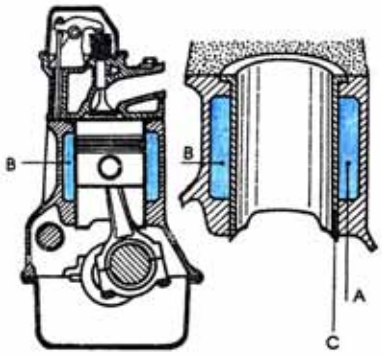


A-B– قمصان مائية

C– بطانة جافة لا تلامس الماء

شكل (2-7)

قميص الأسطوانة الجاف

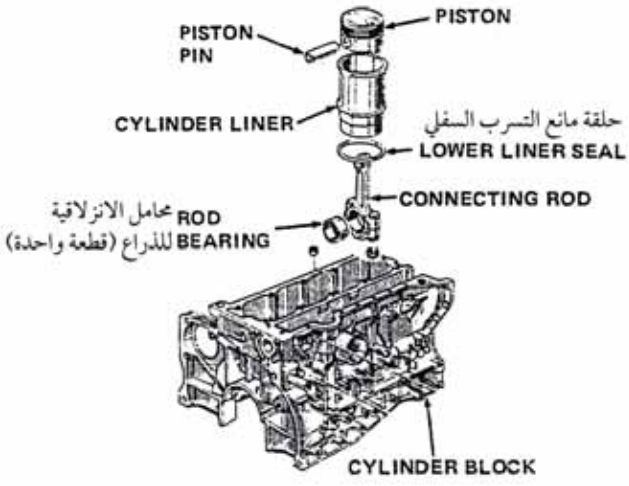


A-B– قمصان مائية

C– بطانة مبتلة تشكل القمصان المائية وتلامسها

شكل (2-8)

قميص الأسطوانة المبتل



شكل (2-9)

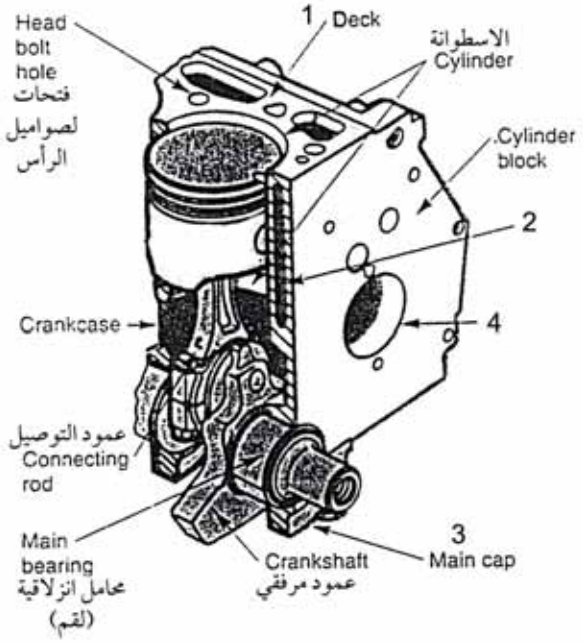
Cylinder liner =

جلبة أو بطانة للأسطوانة

ب- السطح العلوي لكتلة الأسطوانات deck or deck surface:

المساحة العلوية المحيطة بالأسطوانات من أعلى. وهي مساحة مستوية ومجلخة بدرجة عالية من الدقة شكل (2-10). حيث يثبت رأس الأسطوانات إلى هذا السطح من كتلة الأسطوانات*.

يحوي هذا السطح على ممرات أو تجاويف يمر فيها زيت ومياه المحرك لتبريد وتزييت الرأس وأجزائه.



1- السطح العلوي للكتلة 3- غطاء الكراسي الرئيسية

2- ممرات مائية 4- تجويف عمود الحدبات

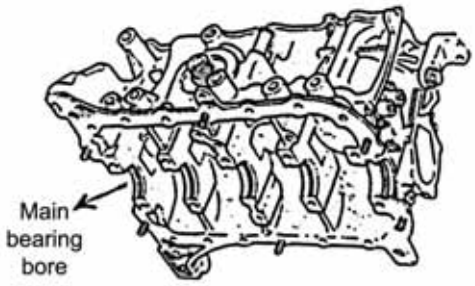
شكل (2-10)

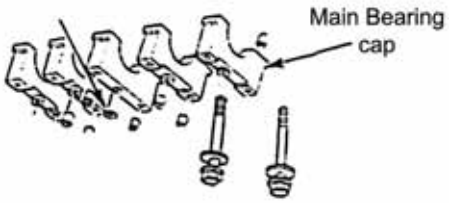
ج- الجيوب المائية water jeket:

فراغ يشكل بين قطر الأسطوانة الداخلي، والجدار الخارجي لكتلة الأسطوانات شكل (2-10)، ويمر وسيط التبريد (الماء) خلال هذا الفراغ لتبريد الأسطوانات.

د- الكراسي الرئيسية main bearing bore:

تشكل كتلة الأسطوانات من أسفل على شكل تجويف نصف دائري؛ ليرتكز عليها العمود المرفقي شكل(2-11) وتكتمل دائرة تجويف الكراسي الرئيسية main bearing cap من أسفل الكتلة بواسطة مسامير ملاحظ. شكل (2-11).





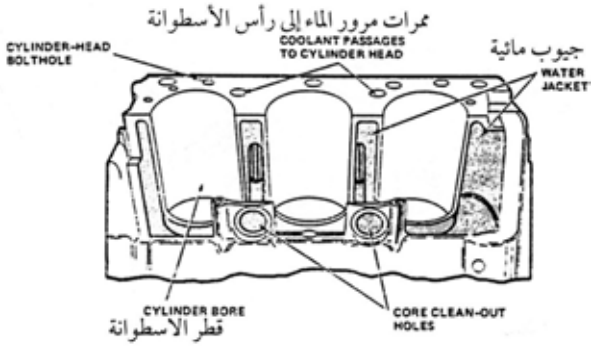
شكل (2-11)

تجويف الكراسي الرئيسية الذي يرتكز عليها العمود المرفقي

* توضع حشوة رأس الأسطوانات بينهما لإحكام ربط الرأس بالكتلة ومنع التسرب.

هـ- الحشوة الانسدادية،حشوة منع تسرب ماء التبريد core plug or freez plug:

لتشكيل الممرات المائية بين الأسطوانات في كتلتها تعمل cores، وهي عبارة عن رمل sand يشكل على شكل الجيوب المائية وثبت في قوالب التشكيل، ويتم بعد ذلك صب معدن الكتلة في القالب، حول هذه التشكيلة الرملية. وبعد أن يبرد المعدن، ويتصلب، يتم تكسير حشوة تشكيل الجيوب المائية الرملية وإخراجها من كتلة الأسطوانات عبر ثقوب، وبعد ذلك يجب سد وإحكام هذه الثقوب فتسد بواسطة معدن أخف من معدن رأس الأسطوانات شكل (2-13)، وهي عبارة عن قطع معدنية مستديرة الشكل تركب بالضغط.



شكل (2-13)

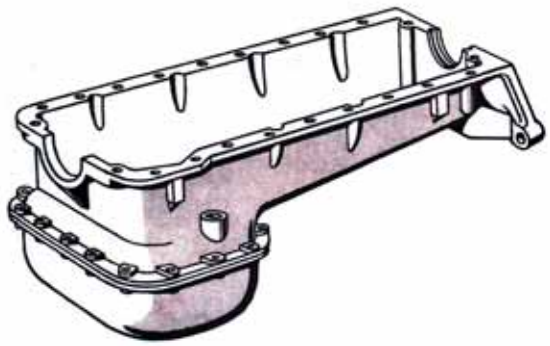
سدات منع تسرب الماء (البيسة)

ومن وظائف هذه الحشوات:

- منع وسيط تبريد المحرك (الماء) من التسرب.
- التقليل من تشقق جدار كتلة الأسطوانات.
- عند تجمد سائل التبريد، لا يؤدي تمدده إلى إتلاف المحرك. حيث يكون الأثر والتمدد على هذه الحشوات ذات المعدن الأخف والقابلة للاستبدال.
- بعض المحركات لا توجد بها هذه الحشوات (البيسات)؛ لتطور عملية الصب.

و- علبة المرفق crank case:

تثبت علبة المرفق في الجانب السفلي لكتلة الأسطوانات، وتصنع من حديد الصلب steel، وتحتوي على زيت تزييت المحرك. شكل (2-14).



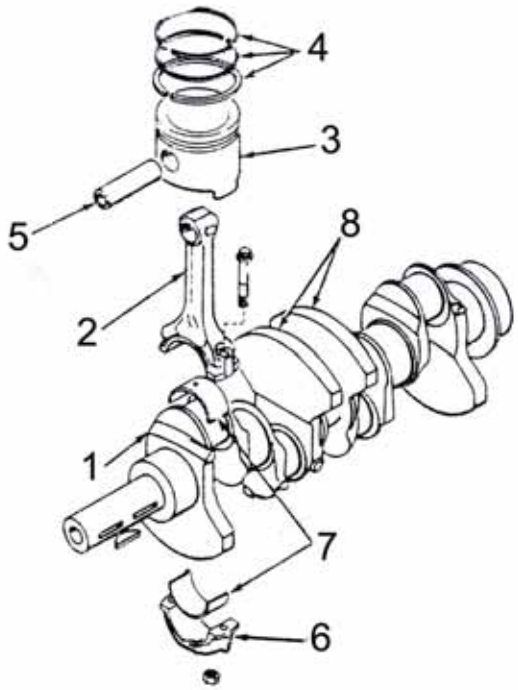
شكل (2-14)

العلبة المرفقية

ويوجد في الجزء السفلي من العلبة فتحة؛ لتصريف (تغيير) الزيت، كما توجد فتحة في جدار العلبة للتهوية؛ تتصل بفلتر الهواء بواسطة أنبوب؛ لتجنب زيادة الضغط داخل العلبة ومنع الغازات المحترقة، التي تسربت إلى علبة المرفق من الوصول إلى الجو الخارجي فيدور العمود المرفقي في علبة المرفق (الجزء الأعلى منها).

2-2 الأجزاء الرئيسية المتحركة في جسم أو كتلة المحرك:

تتكون هذه الأجزاء من:



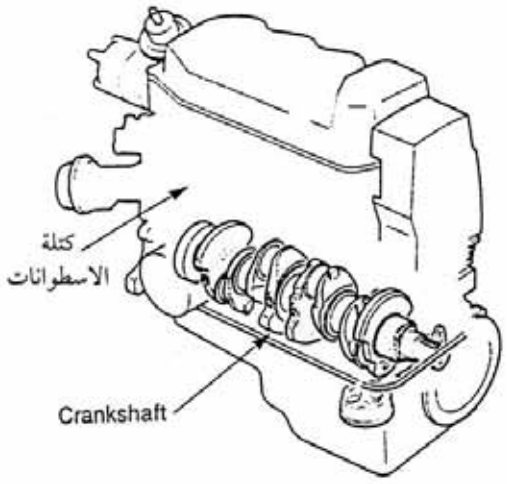
1- العمود المرفقي
2- ذراع التوصيل
3- المكبس
4- شنابر المكبس
5- بنر المكبس
6- غطاء النهاية الكبرى لذراع التوصيل
7- محامل ذراع التوصيل
8- ثقالات العمود المرفقي

شكل (2-15)

المجموعة المرفقية المتحركة لكتلة الأسطوانة

2-2-1 العمود المرفقي crank shaft:

عبارة عن عمود معقوف (مثني) بزاوية في أكثر من موضع يقع في أسفل كتلة الأسطوانات شكل (2-16)، يتصل العمود المرفقي بأذرع التوصيل؛ لتحويل حركة المكبس الترددية (إلى أعلى وإلى أسفل) إلى حركة دورانية، وكذا نقل القوى الناشئة من الاحتراق في اتجاه محور المكبس إليه (أي العمود المرفقي)، على هيئة عزم دوران. ويصنع العمود المرفقي بواسطة عملية الصب، أو الحدادة، كوحدة واحدة من حديد الزهر، أو من الصلب steel، للتغلب على الإجهادات المؤثرة عليه.



شكل (2-16)

موضع العمود المرفقي في المحرك

يبين الشكل (2-17-أ) الأجزاء الرئيسية للعمود المرفقي وهي:

- المحامـــل الانزلاقية للعمود المرفقي main journals: تشكل مع العمود المرفقي؛ لترتكز على الكراسي الرئيسية لكتلة الأسطوانات، وهي سطوح مصقولة بدقة، وتعرف بمقعدة العمود المرفقي.

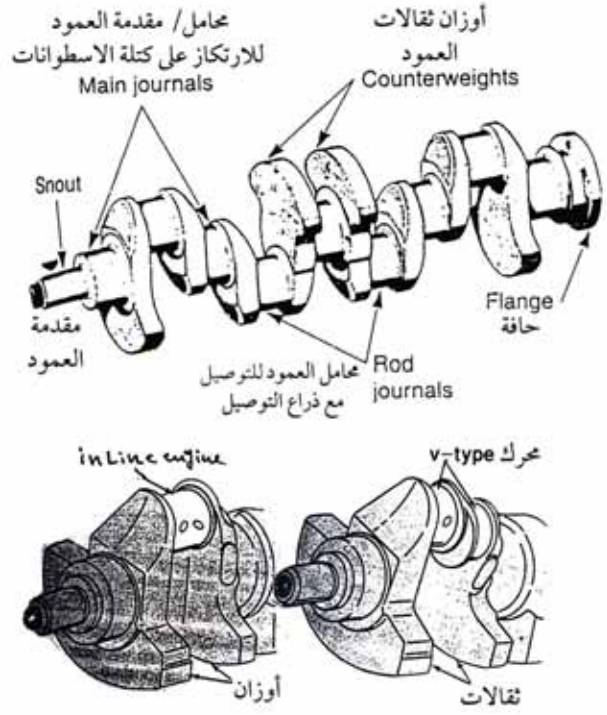
- المحامـــل الانـــزلاقية لأذرع التوصـــيل rod journals وتعـــرف بالمسمار المرفقي للعمـود crankpin: وهي الأسطح المصقولة، التـي يثـبت علـيها الـنهاية الكـبرى لـذراع التوصـيل، وتخـتلف تـصاميمها عـلى حـسب نوعية المحرك. شكل (2-17-ب).

- أثقـــال مـــوازنة العمـــود المرفقـــي counterweights: عـبارة عـن كتل معدنية، ذات شـكل معـين، تـشكل في العمـود المرفقي تقابـل محـور الـنهاية الكبرى لذراع التوصيل، وتـساوي وزن المكـبس، وذراع التوصـيل، والمحامـل الانـزلاقية للـذراع؛ لمـوازنة تأثـير القـوى المـتولدة عـلى العمود المرفقي في شوط القدرة؛ ليكون دوران المحرك سلساً.

- تثـبت في مقدمـة العمـود المرفقـي الممـتدة إلى مقدمة المحرك شكل (2-18) الأجزاء الآتية:

  - العجلـة المـسننة/ الـترس لتـشغيل/ إدارة عمود الحدبات.
  - عجلـــــة مـــــص الاهتـــــزازات vibration damper :

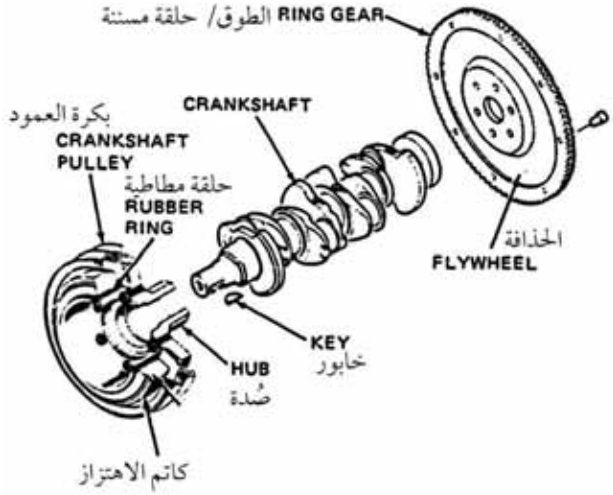
بكـــرة إدارة ســـير المـــروحة، الديـــنمو، ويحـتوي الجانـب الآخـر للعمـود (الـداخل) شـفةً، لتثبيت الحذافة، أو القرص المدير لناقل الحركة الأتوماتيكي.



شكل (2-17)

أ- أجزاء العمود المرفقي

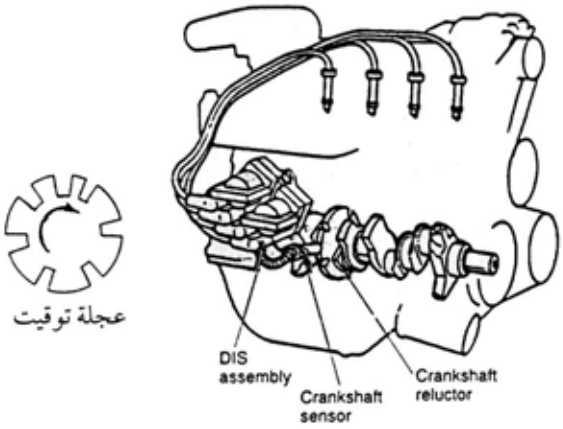
ب- تصاميم محامل ذراع التوصيل



شكل (2-18)

موضع العمود المرفقي في المحرك

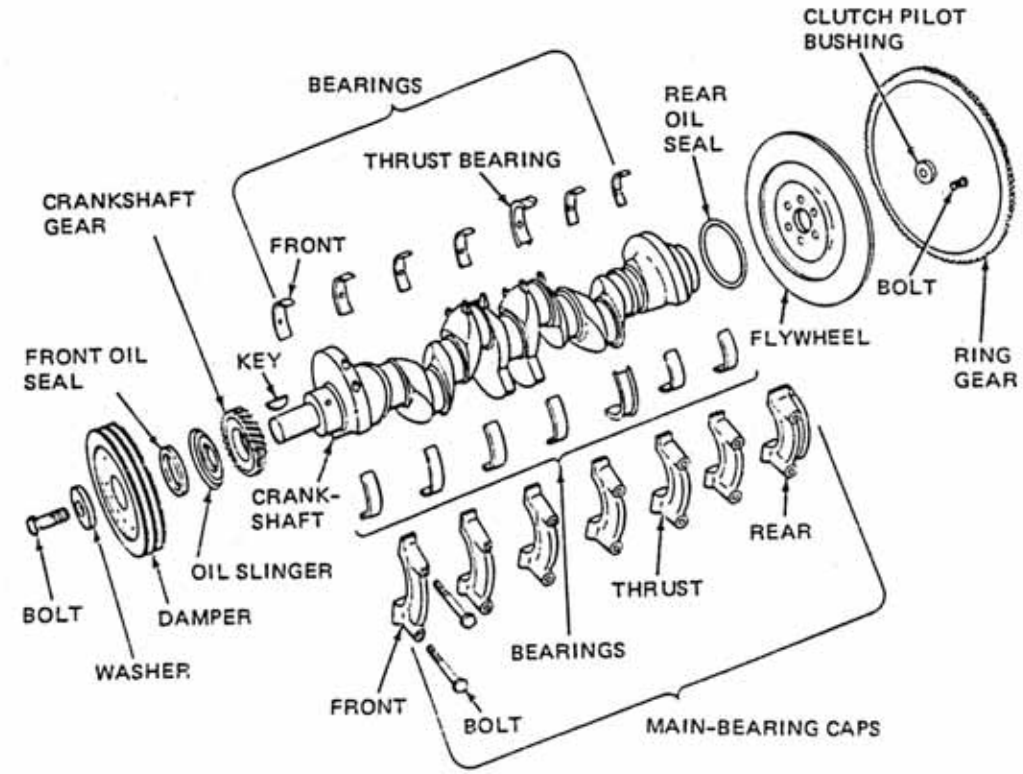
- عجلة مثلمة (ذات أسنان محيطيه غير متساوية التوزيع)، تثبت على العمود المرفقي للسيارات الحديثة التي تعمل بنظام الإشعال بدون موزع (الإشعال الإلكتروني الساكن)، ليعمل حساس العمود المرفقي بإرسال إشارات كهربائية (بناءً على سرعة دوران العجلة) إلى وحدة التحكم الإلكتروني؛ لتحديد سرعة المحرك، وتوقيت الإشعال. وكذا معرفة توقيت الإشعال* في الأسطوانة رقم واحد كنقطة مرجعية لاستمرار الإشعال. شكل (2-19).



شكل (2-19)

عجلة توقيت الإشعال على العمود المرفقي في السيارة ذات الحقن الإلكتروني الساكن

- المحامل الانزلاقية القابلة للاستبدال removable insert.

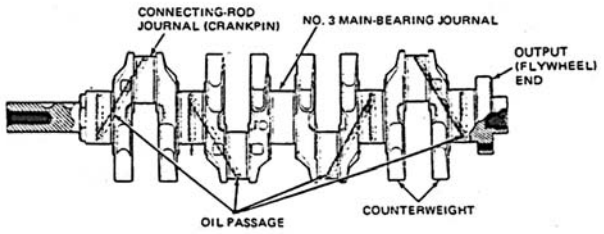


شكل (2-20)

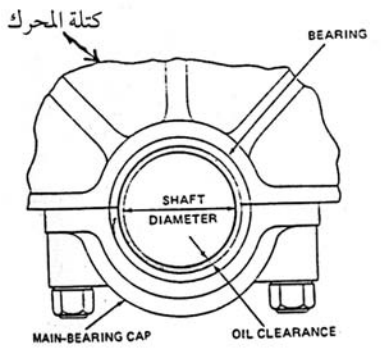
المحامل الانزلاقية الاستبدالية للعمود

* عندما يكون المكبس في شوط الانضغاط بحوالي (20° – 10) من النقطة الميتة العليا، ويعرف بتوقيت الإشعال الساكن، أي بدون أجزاء متحركة. أي بدون موزع.

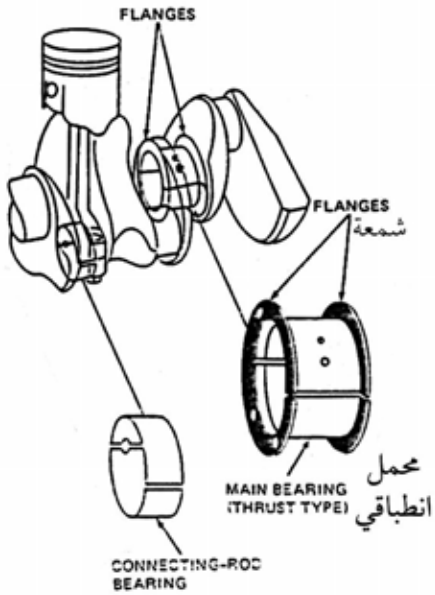
- لتقليل الاحتكاك بين مقعدة العمود المرفقي، والكراسي الثابتة لكتلة الأسطوانات، تركب محامل انزلاقية قابلة للاستبدال، تعرف بلقم الكراسي، تصنع من معدن ذي مقاومة احتكاكية قليلة، وتتحمل الضغوط الكبيرة، والحرارة المرتفعة، كمعادن البرونز الفسفوري، أو السبيكة البيضاء، كما في الشكل (2-20)، (2-21).



تشكل في جسم العمود المرفقي ممرات زيت Oil Passages؛ ليمر زيت التزييت إلى المحامل الرئيسية للعمود (الكراسي المتحركة).



تشكل طبقة من الزيت حول مقعدة العمود المرفقي؛ لمنع الاتصال بين المعدنين. حيث يمر الزيت من تجاويف، وفتحات تشكل في لقم الكراسي أثناء الدوران.



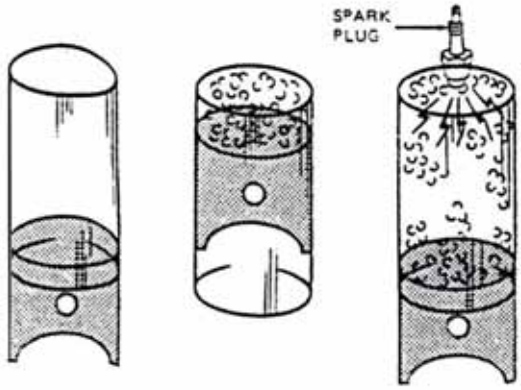
يوجد على الأقل محمل قابل للاستبدال (لقم) ذات شفة تثبيت بين كرسي كتلة الأسطوانات (محمل دفعي)، والغطاء الرئيسي؛ لمنع العمود المرفقي من الحركة غير المرغوب فيها (حركة إلى الأمام وإلى الخلف) أثناء الدوران.

شكل (2-21)

2-2-2 المكبس piston:

عبارة عن كتلة أسطوانية تتحرك حركة ترددية داخل حيز أو جدار محيطي الشكل (أسطوانة) شكل (2-22). حيث يستمد حركته من احتراق الوقود، وتمدد غازاته في محركات الاحتراق الداخلي.

يصنع المكبس من حديد الزهر، أو من سبائك الألمونيوم، بطريقة الصب، أو الحدادة*.حيث صار استخدام سبائك الألمونيوم لصناعة المكابس هي المفضلة، لخفة وزنها، ولتبديدها السريع للحرارة، ما يساعد على رفع سرعة المحرك وزيادة قدرته.



شكل (2-22)
المكبس

وتتكون سبيكة الألمونيوم من:

الألمونيوم	%94	Aluminum
النحاس	%3	copper
النيكل	%1	nickel

أ- وظائف المكبس:

- يعمل المكبس وشنابره كمانع تسرب لغازات الاحتراق إلى العلبة المرفقية.
- أثناء نزول المكبس إلى أسفل في شوط السحب، تحدث خلخلة vaccume تعمل على سحب الهواء (في محركات الديزل)، أو الخليط (بنزين+هواء) في محركات البنزين.
- يعمل على ضغط الخليط، وخصوصاً ضغط الهواء في محركات الديزل؛ لرفع درجة حرارته (في شوط الانضغاط)؛ ليتم الإشعال في محركات الديزل بحقن الديزل بضغط.
- طرد غازات العادم من الأسطوانة خلال شوط العادم.

* عملية الحدادة تنتج مكابس ذات مقاومة عالية للاجهادات، والضغط، والحرارة العالية، فتستخدم لصنع مكابس محركات الديزل، ومحركات ذات القدرة العالية.

ب- أجزاء المكبس:

يبين الشكل (2-23) الأجزاء الرئيسية للمكبس وهي:

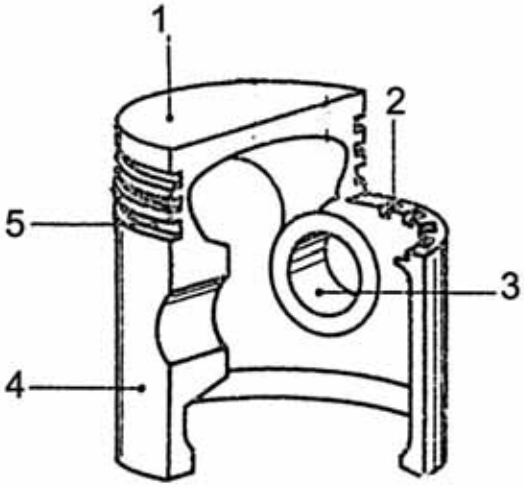
1- رأس المكبس: الجزء العلوي من المكبس، وهو أسمك جزء فيه، ويكون جانباً (موجهاً) لغرف الاحتراق، ويتعرض لحرارة عالية.

2- فتحات التزييت: يمر من خلالها زيت تزيت المحرك عائداً إلى العلبة المرفقية.

3- فتحة بنز المكبس/ صرة بنز المكبس: هي الجزء المقوي في جذع المكبس، والذي يحمل البنز (المسمار).

4- جذع المكبس: يحافظ على استقامة المكبس، ويكون عادةً أكبر من قطر رأس المكبس (نتيجةً لتعرض الرأس لدرجة حرارة عالية)، ويُطلى الجذع بطبقة رقيقة من القصدير، أو الجرانيت؛ لنعومة السطح، ووقاية الأسطوانة من الخدش.

5- مجرى الشنابر: *مجاري الحلقات: هي مجارٍ مقطوعة في المكبس، في الجزء الأعلى منه. حيث توضع الحلقات في هذه المجاري ويتكون المكبس من ضلوع داخلية، تعمل على تقويته، ونقل الحرارة من الرأس.



1- رأس المكبس　　4- جذع المكبس

2- فتحات/ ثقوب مرور الزيت إلى العلبة المرفقية

3- صرة المكبس　　5- مجرى الحلقات

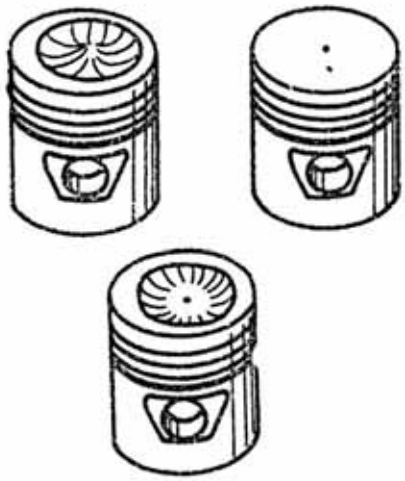
شكل (2-23)

الأجزاء الأساسية للمكبس

* لبعض المكابس مجاري حلقات قرب النهاية السفلى لها.

ج- أشكال رؤوس المكبس:

يتوقف شكل مكابس الاحتراق الداخلي على نوع الدورة الحرارية، التي تعمل بها هذه المحركات. فمثلاً في محركات الديزل، نجد عادةً تجاويف في رؤوس المكابس، لتشغيل جزءٍ من غرفة الاحتراق، وكذلك لتعمل على سرعة خلط الهواء مع الوقود ويبين الشكل (2-24) بعض أشكال رؤوس المكبس. حيث يؤثر شكل الرأس على زيادة، أو نقصان ضغط الانضغاط للمحرك، وكذلك عملية الحركة الدرامية swirling في محركات الديزل.



1- رأس مسلحة
2- رأس غير منتظمة الشكل
3- رأس مقعرة

شكل (2-24)

يبين شكل (2-24) بعض الأنواع من تصميمات المكابس.

مكبس بجذع كامل (لا توجد به شقوق) وبرأس مقعرة يناسب المحركات ذات الإجهادات الميكانيكية والحرارة العالية كمحركات الديزل.

مكبس بحلقة شنابر سفلية يستخدم في المحركات الحديثة.

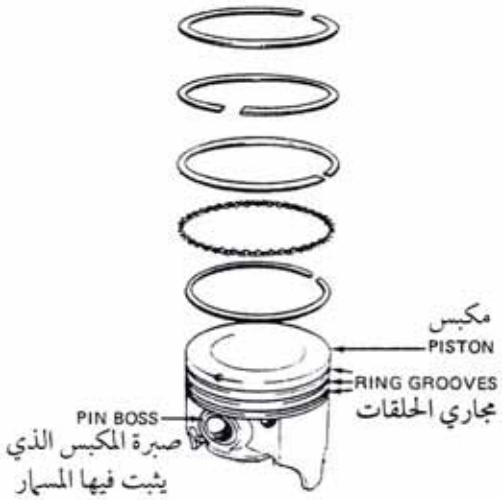
مكبس مرن ذو جذع رقيق الجدار

شكل (2-24)
بعض أنواع الشنابر

3-2-2 شنابر/ حلقات المكبس:

هي حلقات دائرية، غير مكتملة شكل (2-25)، تركب في مجاري المكبس؛ لتعمل على:

- تشكيل أداة منع وإحكام للغازات بين المكبس والأسطوانة.
- نقل الحرارة الناتجة من عملية الاحتراق المؤثرة على رأس المكبس إلى الأسطوانة، فتعمل على منع احتراق المكبس.
- التحكم في زيت التزييت بين المكبس وجدار الأسطوانة ومنعه من الوصول إلى غرف الاحتراق.



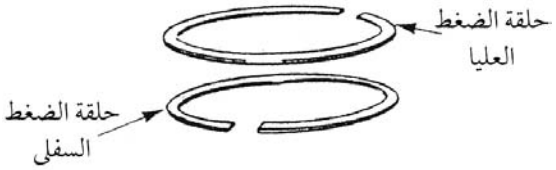
شكل (2-25)
حلقات المكبس

- تُصنع من مواد رطبة قابلة للتآكل عند حدوث أي عيب في الأسطوانة، فتمنع الاحتكاك بين المكبس والأسطوانة، والذي يؤدي إلى نتائج خطيرة (تآكل المكبس واسطوانته).

أ- أنواع الحلقات types of ring:

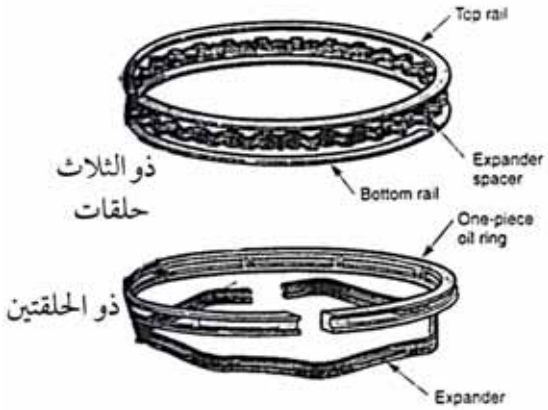
تنقسم حلقات المكبس إلى نوعين:

أ- حلقات إحكام الضغط compression rings: يتميز هذا النوع، والذي يركب في المجرى الأول والثاني للمكبس؛ بمعالجة حرارية عالية. حيث يضاف إليه النيكل والكروم*، وتركب عادة في المكبس حلقتا ضغط. شكل (2-26).



شكل (2-26)
حلقتا الضغط

ب- حلقات التزييت oil ring: تقوم بكسح زيت التزييت والزائد من على جدران الأسطوانات، وإعادته إلى علبة المرفق، من خلال ثقوب المكبس. والنوع الأكثر استعمالاً من حلقات كسح الزيت، هو ذات الثلاث حلقات شكل (2-27). وكذا ذات الحلقتين المصنوعة من حديد الزهر حيث تعمل الثقوب في الحلقة على التدفق خلال الفتحات الموجودة في المكبس، والعودة إلى علبة المرفق.

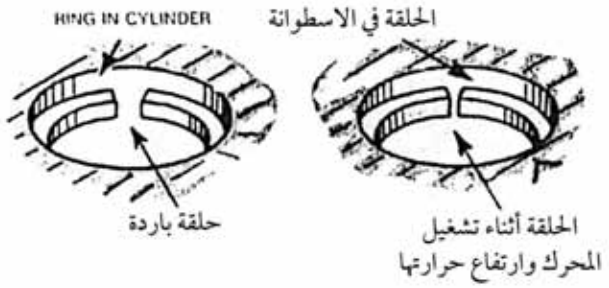


شكل (2-27)
أنواع حلقات كشط الزيت

* من خصائص النيكل والكروم تحملها الحرارة العالية.

ب- ثغر الشنبر:

هـي المسافة عند طرفي الحلقة / الشنبر، وتسمح للحلقـة بالتمدد أثناء تشغيل المحرك وارتفاع درجة حـرارتها، كـما يـسمح هذا الفراغ بين طرفي الحلقة، بسهولة تركيبها في مجرى المكبس. شكل (2-28).

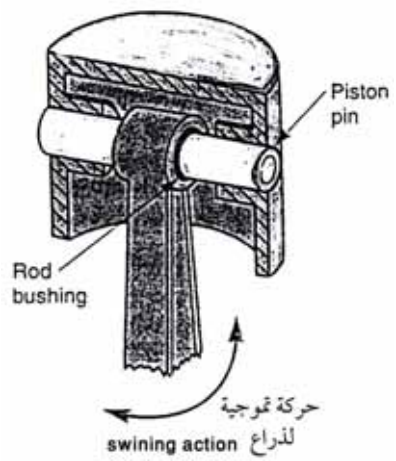


شكل (2-28)

ثغـــر الشنـــبر

4-2-2 بنز المكبس piston pin:

هو عبارة عن مسمار خاص، يصل المكبس بالنهاية الـصغرى لـذراع التوصـيل، فتـنقل الحـركة بيـنها، ويـسمح مـسمار المكـبس لـذراع التوصـيل بالحـركة التموجـية في المكـبس شـكل (2-29)، وهـذا يسهل حـركة العمـود المرفقـي، والـنهاية الكـبرى لـذراع التوصيل.



شكل (2-29)

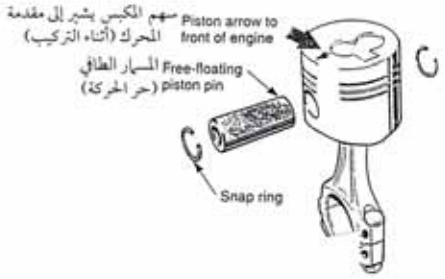
مسمار المكبس

تصاميم مختلفة لمسمار/ بنز المكبس:

1- تثبيت المكبس في موضعه بغطاء معدني

2- التثبيت بحلقة زنق

3- التثبيت بحلقة إطباق



يستخدم في معظم التصميمات الحديثة البنز/ المسمار المعروف باسم (البنز الطافي)، الذي يدور دوارناً حراً في كل من الصرتين والنهاية الصغرى

شكل (2-30)

تصاميم وطرق تثبيت مختلفة لمسمار المكبس

5-2-2 ذراع التوصيل connecting rod:

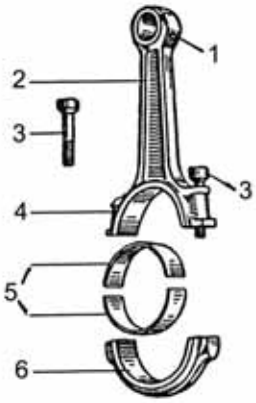
هـو قضيب يصل بين المكبس، والعمود المرفقي، محولاً الحـركة الـترددية للمكـبس إلى حـركة دورانـية للعمـود المرفقـي (أو العكـس عـند بدء حركة المحرك السلف)، له نهايـات، توصل الصغرى منها بالمكبس، على حين توصل الكـبرى بالعمـود المرفقـي شـكل (2-31)، وتثبت جلبة انـزلاقية / جلـبة وهـي عـبارة عـن جزء اسطواني قصير الطـول، يـوُلج داخـل تجويـف/ ثقـب الـنهاية الصغرى لعمود/ قضيب التوصيل.

بيـنما تثـبت المحامـل الانـزلاقية القابلـة للاسـتبدال (اللقـم) وهـو عبارة عن نصفين، يصنعان من البرونز، أو الـسبيكة البيـضاء، ويعمـل العمـود المرفقـي على توصيل الزيت عبر ممرات زيتية داخله إلى هذه المحامل الانزلاقية؛ ليمنع احتكاك المعدن بالمعدن؛ أثناء التشغيل.

6-2-2 الحذافة fly weel:

تتـصل الحذافـة بالعمـود المرفقـي (الكـرين) شكل (2-32) وتؤدي الوظائف الآتية:

- تخـزين الطاقـة مـن الـشوط الفعـال (القـدرة) إلى الأشـواط غـير الفعالـة التـي تلـيه (العادم، السحب الانـضغاط)، وبـذلك يـتحقق هدوء دوران المحرك، وبخاصة في المحركات الأحادية الأسطوانة.
- يحدد عليها علامات ضبط توقيت الصمامات.
- تـنقل القـدرة إلى القـابض، أو إلى معـدات مثبـتة مع المحرك، عن طريق البكرة، أو السيور.
- يثـبت فـيها الـترس الحلقـي الخـاص بـبادئ تـشغيل المحـرك (الـسلف) شكل (2-33)، وتصنع الحذافة من الفولاذ، أو من حديد الزهر الرمادي الخاص.

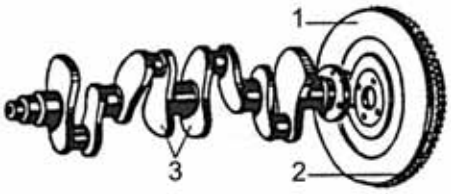


1- ثقب النهاية الصغرى 4- النهاية الكبرى للذراع
2- ساعد 5- نصفا سبيكة المحمل
3- مسمار صامولة 6- غطاء (رأس) الذراع

يشكل في ساعد الذراع ثقب لإيصال الزيت إلى المكبس في بعض التصاميم

شكل (2-31)

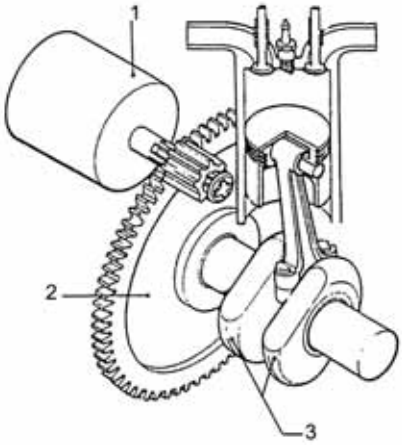
ذراع التوصيل مفككاً



1- الحذافة 3- ثقل موازنة
2- ترس الحذافة الحلقي

شكل (2-32)

العمود المرفقي وفي نهايته الحذافة



1- موتور بدء الحركة (السلف) 2- الحذافة
3- أثقال موازنة لخفض الاهتزاز

شكل (2-33)

موقع الحذافة بين موتور بدء الحركة والعمود

3-2 الأجزاء الرئيسية لرأس المحرك ووظائفها Engine Top End:

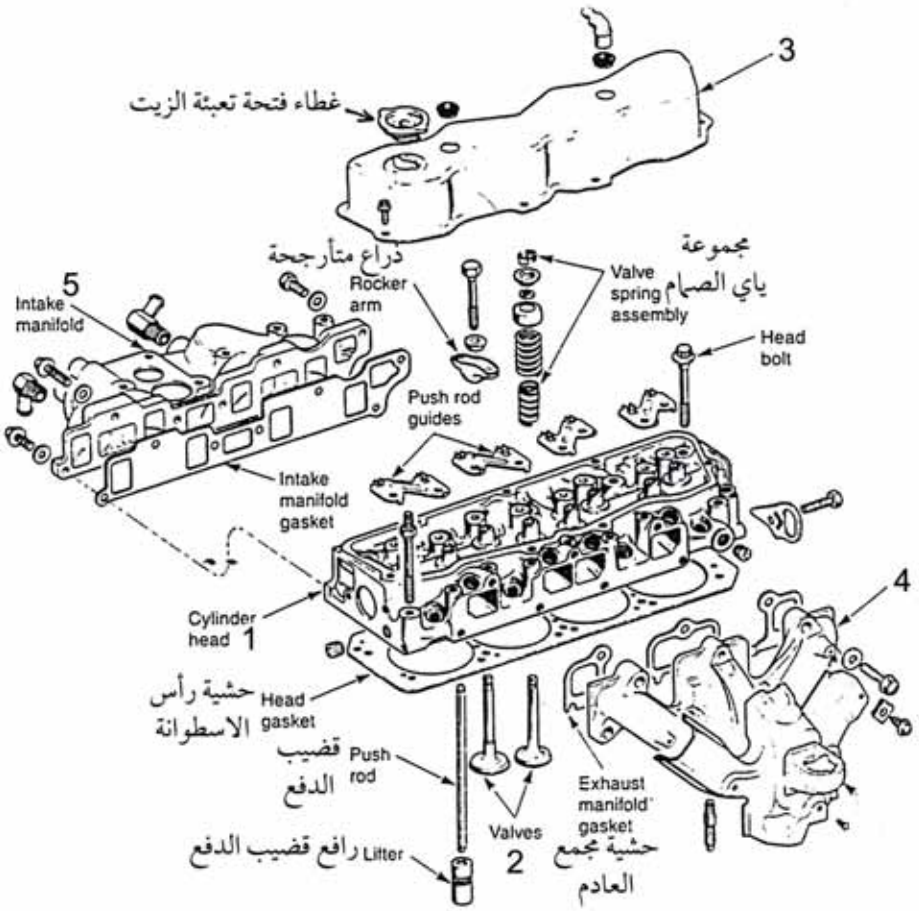
تعمـل الأجـزاء الرئيـسية لـرأس المحرك مع بعضها البعض، للتحكم بتدفق الهواء والوقود إلى أسطوانات المحـرك، وكـذلك الـتحكم بـتدفق الغـازات المحـترقة (العادمـة) إلى خـارج المحرك. وتتضمن هذه الأجزاء شكل (2-34) الآتي:

1- رأس المحرك cylinder heads

2- أجزاء آلية تشغيل الصمامات valve train (مجموعة أجزاء تشغيل الصمام)

3- غطاء الصمامات valve cover

4- مجمع السحب والعادم intake and exhaust manifolds



1- رأس الأسطوانة

2- الصمامات والأجزاء المشغلة لها

3- غطاء الصمامات/ غطاء الأسطوانات

4- مجمع العادم

5- مجمع السحب

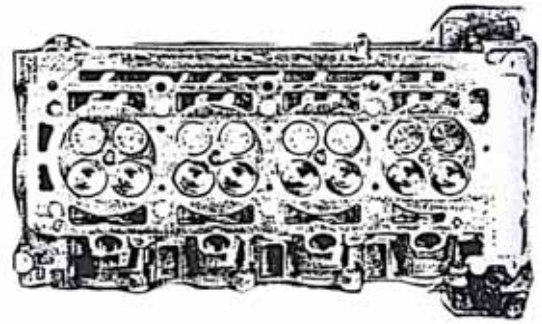
شكل (2-34)

الأجزاء الرئيسية لرأس المحرك (رأس الأسطوانات)

(عمود الحدبات في جسم الأسطوانات)

1-3-2 رأس الأسطوانات cylinder head:

هو الجزء العلوي - الرأسي للمحرك، يثبت إلى السطح العلوي لكتلة الأسطوانات (deck) بصواميل؛ لإحكام ربط رأس الأسطوانات بكتلتها شكل (2-35)، ويشكل رأس الأسطوانات سطح غلق للأسطوانات من أعلاها، ويحتوي رأس الأسطوانات شكل (2-36) على:

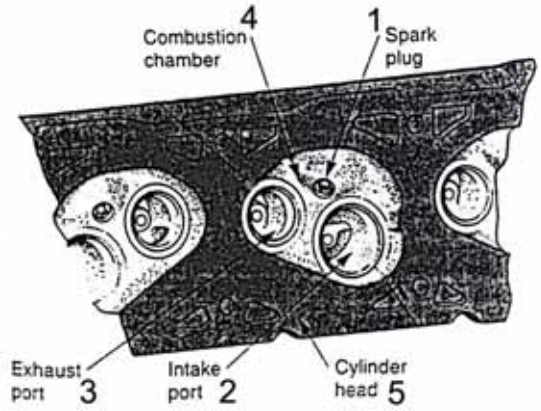


شكل (2-35)

رأس محرك مصنوع من الألمونيوم يحوي أربعة صمامات/ أربع فتحات/ 2 دخول/ 2 خروج

أ- ثقوب ملولبة:

لتنفذ من خلالها شمعات الاحتراق (في محرك البنزين) أو الحواقن في (محرك الديزل) على غرف الاحتراق في رأس الأسطوانة.



1- ثقب تثبيت شمعة الإشعال
2- فتحة الدخول/ الشحنة
3- فتحة الخروج/ العادم
4- غرفة الاحتراق
5- رأس الأسطوانات

شكل (2-36)

أجزاء رأس الأسطوانة

ب- فتحات (port) مصبوبة* في رأس الأسطوانة وهي:

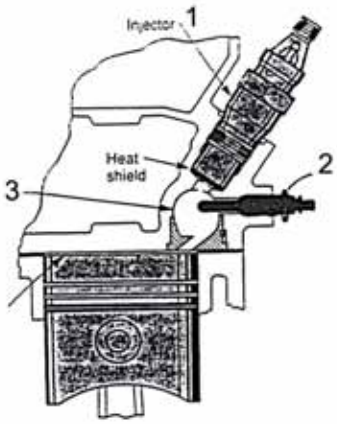
- فتحة الدخول / السحب intake port: وهي فتحة/ ثقب يشكل في رأس الأسطوانة، لمرور الهواء (في محرك الديزل)، والخليط (هواء + بنزين) في (محركات البنزين) إلى غرف الاحتراق في الرأس.
- فتحة الخروج/ العادم exhaust ports: وهي فتحة خروج الغازات المحترقة (غازات العادم) إلى خارج المحرك، وتتصل هذه الفتحات بأنابيب (مجمع) السحب والعادم.

وقد توجد أكثر من فتحة للدخول، أو الخروج في بعض المحركات الحديثة.

* مصبوبة أو مسبوكة: مصطلح يطلق على القطعة المنتجة بالسباكة أي الصب بقوالب.

ج- غرف الاحتراق combustion chamber:

وهي جيوب/ تجويف صغير، يشكل في رأس الأسطوانات، فوق رأس المكبس مباشرةً. حيث يحدث الاحتراق في هذه المساحات الصغيرة من الرأس، وتحتوي رؤوس أسطوانات محركات الديزل على ثقوب/ فتحات؛ لتثبت الحواقن كما أشرنا، كما يحتوي بعضها على فتحات تثبت غرف الاحتراق الابتدائية، وشمعات التسخين. شكل (2-37).

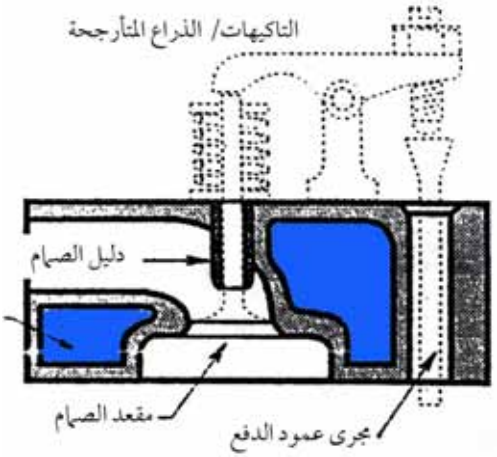


1- حاقن 3- غرفة إشعال ابتدائية
2- شمعة توهج/ تسخين

شكل (2-37)

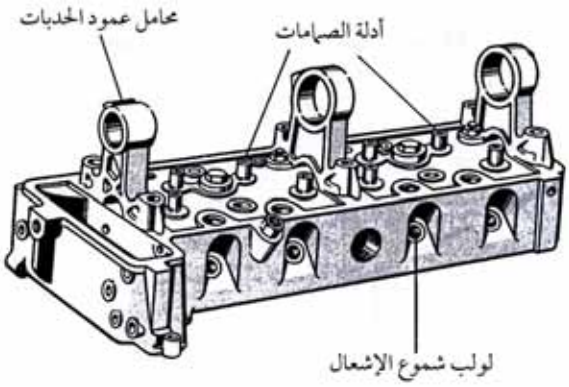
د- ممرَّات مائية:

وهي تجاويف مائية تشكل في رأس الأسطوانات؛ ليمر ماء تبريد المحرك من خلالها ليعمل على تبريد غرف الاحتراق، وأدلة الصمام في الرأس. شكل (2-38).



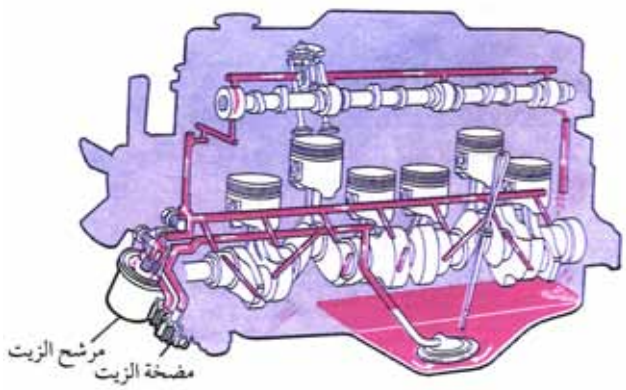
شكل (2-38)

الممرات المائية



شكل (2-39)

يحتوي رأس الأسطوانات على محامل ارتكاز؛ لحمل الأذرع المتأرجحة، وكذلك عمود الحدبات الرأسي في أكثر تصاميم المحركات الحديثة ذات عمود الحدبات (الكامات) الرأسي



شكل (2-40)

يحتوي رأس الأسطوانات على ثقوب/ ممرات زيتية؛ ليمر خلالها زيت التزييت إلى الأجزاء العلوية للرأس

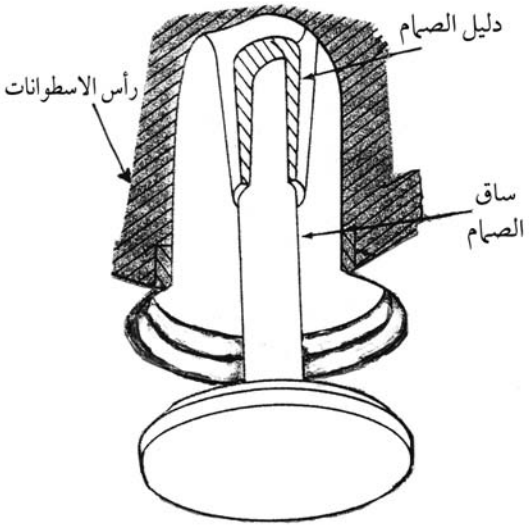
هـ- أدلة الصمامات valve guides:

عبارة عن ثقوب، أو فتحات*، تحيط بساق الصمام في رأس الأسطوانة. شكل (2-41).

وظيفة أدلة الصمامات، وهي:-

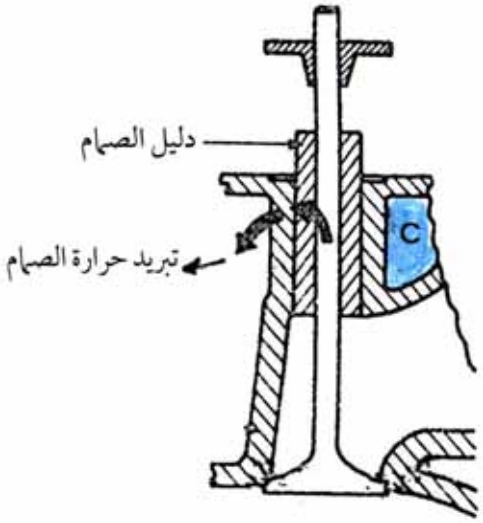
- ثبات الصمام في وضع رأس (محوري)، مع محور الفتحة للصمام في رأس الأسطوانات.
- توجيه الصمام، بحيث ينزلق ساق الصمام في دليله بحركة ترددية.
- منع التسرب الزائد لزيت المحرك إلى غرف الاحتراق، وبخاصة عند ملء حلقات منع تسرب الزيت في الصمام.
- تعمل أدلة الصمامات - وخاصة - دليل صمام العادم* على تبريد الصمام، وذلك ينقل الحرارة من ساق الصمام إلى الجيوب المائية في الرأس شكل (2-42). ولهذا من الضروري الاهتمام بصفةٍ خاصة بمقدار الخلوص بين ساق الصمام ودليله. حيث يبلغ الخلوص عادةً ما بين (0,0gmm – 0,04mm)*. فإذا زاد الخلوص عن هذه القيمة، أدى إلى ارتفاع درجة حرارة المحرك، ويقل ضبط توجيه الصمام، فتقل كفاءة مانع التسرب للصمام (حلقة مطاطية في نهاية ساق الصمام o-ring)، فيحدث تسرب للغازات.

وإنْ قلَّ/ نقص مقدار هذا الخلوص، أدى إلى التصاق ساق الصمام بدليله، وصعوبة حركة الصمام بحرية.



شكل (2-41)

دليل الصمام



شكل (2-42)

تبريد الصمامات بواسطة أدلتها

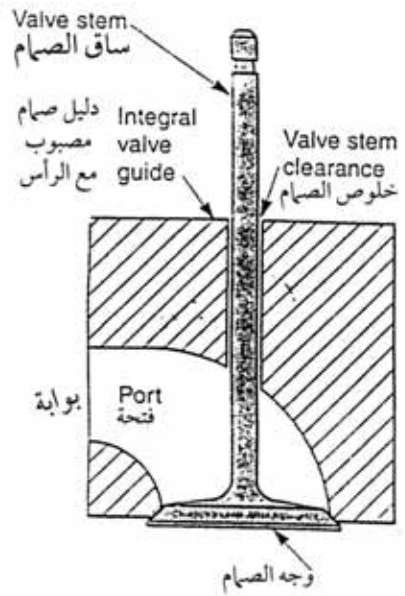
* تشكل بعملية الصب لرأس الأسطوانات.
* لتعويض دليل صمام العادم للحرارة العالية أثناء خروج غازات العادم.
* يرجع إلى كتلوج صيانة المحرك.

• **أنواع أدلة الصمامات:**

يُصنع الدليل من حديد الزهر الرمادي الخاص أو من سبائك النحاس والقصدير والألمونيوم ومعدن البرونز، وتنقسم إلى نوعين:

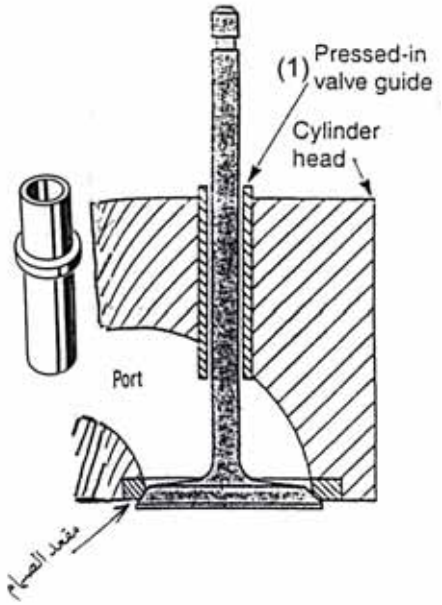
- أدلة تصب مع رأس الأسطوانات integral valve guides: حيث تشكل أثناء عملية الصب لرأس الأسطوانات كوحدة واحدة، ثم يتم صقل هذه الأدلة وتصليدها*، لتكتسب مقاومة عالية للبلى شكل (2-43). وتشكل - كذلك - بعملية ثقب رأس الأسطوانات قبل أن يبرد معدن الأسطوانة المصبوب. وعند تعرض هذا النوع من الأدلة للبلى، يتم توسيع الدليل (عملية الثقب)، ويصقل، ثم يستبدل صمام ذو ساق أكبر يناسب دليله.

- الأدلة القابلة للاستبدال reliable valve guide or a pressed in valve guide: وهي عبارة عن حلقة معدنية أنبوبية الشكل شكل (2-44)، وتتميز بسرعة وسهولة تركيبها عند الحاجة. ومعظم المحركات ذات رأس الأسطوانات المصنوع من الألمونيوم، يستخدم الأدلة القابلة للتغيير، مع إمكانية استخدامها لرؤوس الأسطوانات المصنوعة من حديد الزهر، في المحركات الحديثة. حيث يتم تركيب دليل قابل للاستبدال، عند بدء صناعتها، ليستبدل فيما بعد عند تلفه.



شكل (2-43)

دليل صمام مع رأس الأسطوانة كقطعة واحدة



شكل (2-44)

دليل صمام قابل للاستبدال يثبت بعملية الضغط ويسمى pressed in valve guide

* خلال عملية صناعة رأس الأسطوانة تسخن مقاعدها كهربائياً، ثم تبرد بسرعة؛ لكسبها صلادة ومقاومة، وتسمى الطريقة الكهربائية هذه بالحث التصليدي induction hardening.

و- مقعد الصمامات valve seal:

وهي عبارة عن حلقة دائرية الشكل، تشكل في رأس الأسطوانات شكل (2-45). حيث إنه يجب أن يكون هناك تلامس جيد (تام) بين وجه الصمام (أي مساحة الارتكاز لقرص الصمام عندما يكون مغلقاً)، وبين حلقة مقعد الصمام valve seal لغرف الاحتراق في رأس الأسطوانات حيث تميل حواف/ حاشية مقعد الصمام بزاوية ($30-45^{\circ}$)، لإحكام التلامس بين وجه الصمام، ومقعده في رأس الأسطوانات (عند غلق الصمام).

- **وظائف مقعد الصمام هي:**

- منع تسرب الغازات من غرف احتراق رأس الأسطوانات، في شوطي الانضغاط والقدرة عندما تكون الصمامات مغلقةً.
- تبريد الصمام بنقل حرارة وجه الصمام إلى الجيوب المائية في رأس الأسطوانات شكل (2-46).

ومثل أدلة الصمامات هناك نوعان من مقاعد الصمامات في رأس الأسطوانات*.

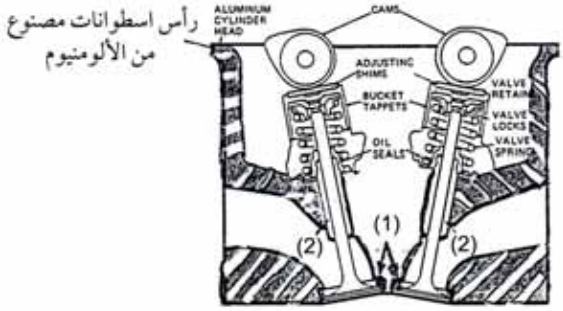
يتعرض مقعد صمام العادم للغازات المحترقة ذات درجات الحرارة العالية؛ ولهذا السبب يصنع المقعد من نوع خاص من الصلب المقاوم لدرجات الحرارة ويصنع على شكل حلقة توضع في مكانها بالضغط الشديد، في النوع القابل للاستبدال، والمنتشر في معظم رؤوس المحركات المصنوعة من الألمونيوم. شكل (2-47).

شكل (2-45)

مقعد الصمام في رأس الأسطوانة

شكل (2-46)

يعمل مقعد الصمام على تبريد الصمام



1- مقاعد الصمامات القابلة للاستبدال

2- دليل الصمام القابل للاستبدال

شكل (2-47)

أدلة الصمام ومقاعده إلى استبداله لرأس محرك مصنوع من الألومنيوم

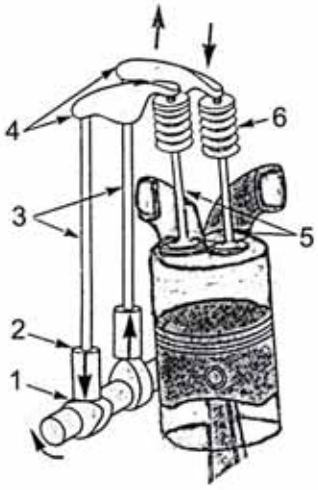
* يسمى مقعد الصمام القابل للاستبدال (وليجة مقعد الصمام) reliable valve or valve set or pressed.

2-3-2 مجموعة توقيت حركة (عمل) الصمامات valve train:

وظيفة مجموعة توقيت حركة الصمامات هي السماح لشحنة الوقود أو الخليط بالدخول إلى الأسطوانات، وكذلك السماح لغازات العادم بالخروج منها في التوقيت الصحيح. وتشتمل مجموعة توقيت حركة الصمامات الأجزاء الآتية:شكل (2-48).

- عمود الكامات camshaft.
- روافع قضيب الدفع lifters.
- قضيب الدفع pushrod.
- الأذرع المتأرجحة rokerarm.
- الصمامات valve.
- مجموعة ياءات الصمام valve spring assemblies:

وتمثل وظيفة مجموعة توقيت الصمامات في التحكم بفتحات (port) رأس الأسطوانات وإغلاقها بواسطة الصمامات



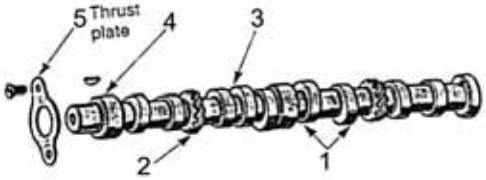
1- الكامات 4- الأذرع المتأرجحة
2- الروافع 5- الصمامات
3- قضيب دفع 6- مجموعة ياي الصمامات

شكل (2-48)

مجموعة توقيت حركة الصمامات

أ- عمود الحدبات (الكامات) camshaft:

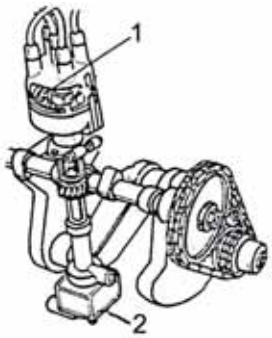
شكل (2-49) يتم فتح وغلق صمامات السحب والعادم بواسطة كامات (حدباب) ذات شكل بيضاوي، تشكل على العمود شكل (2-49). حيث يوضع على عمود الكامات كامة لكل صمام (أي أن هناك كامتين لكل أسطوانة) ويحتوي عمود الحدبات - أحياناً - على ترس إدارة الموزع ومضخة الزيت drive gear شكل (2-50)، تشكل في عمود الحدبات حدبة (كامة)؛ لإدارة المضخة الميكانيكية للوقود في المحركات القديمة، وبعض محركات الديزل، وهي تشابه حدبات عمود الحدبات، ولكنها أكثر استدارة منها. ولمنع عمود الحدبات من الحركة إلى الأمام وإلى الخلف غير المرغوب فيها، يثبت عمود الحدبات بحلقة دفعية thrust plate.



1- حدبات العمود 4- محمل العمود
2- ترس إدارة 5- صفيحة دفعية
3- حدبة إدارة المضخة الميكانيكية

شكل (2-49)

عمود الحدبات

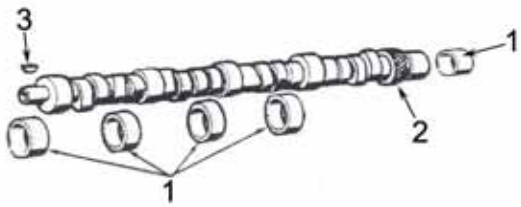


1- موزع 2- مضخة تزييت ميكانيكية

شكل (2-50)

عمل قوس عمود الحدبات

يحوي عمود الحدبات كذلك كراسي رئيسية؛ ليرتكز عليها العمود شكل (2-51)، وتركب محامل انزلاقية بين العمود وكراسي الارتكاز، تعمل على تشكيل طبقة من الزيت بين حمل العمود وكراسيه؛ لمنع الاحتكاك بين المعدن والمعدن، أثناء الدوران. وتصنع أعمدة الحدبات بالصب، أو الحدادة بالمطرقة من حديد الزهر الرمادي.



1- محامل انزلاقية (قطعة واحدة)
2- ترس إدارة الموزع 3- خابور

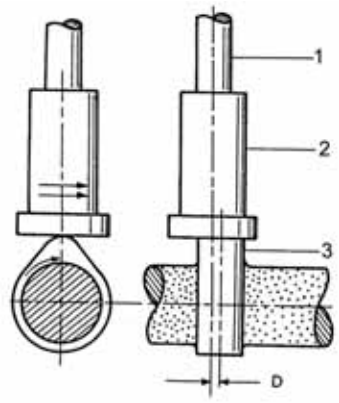
شكل (2-51)

محامل العمود وكراسية الرئيسية

ب- غماز الصمام/ رافع الصمام valve lifter or tappet:

غماز الصمام: عبارة عن برميل أسطواني الشكل، شكل (2-52)، يستمد حركته من عمود الكامات؛ لينقلها إلى أجزاء مجموعة التوقيت الأخرى؛ ليفتح الصمام في التوقيت المناسب.

ويركب غماز الصمام - عادة - فوق حدبة العمود مباشرةً* في كتلة الأسطوانات/ أو رأسها، حيث يثبت في تجاويف تشكل في كتلة الأسطوانات، أو رأسها.



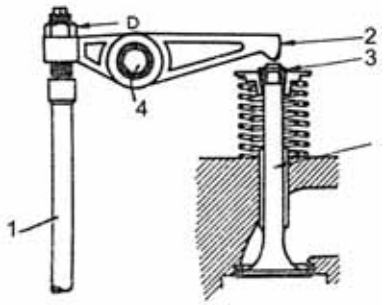
1- قضيب الدفع 3- حدبة عمود الحدبات
2- رافع الصمام
D- المسافة بين محوري الرافع والكامة (مسافة صغيرة)

شكل (2-52)

غمـــاز الصمـــام

ج- قضيب الدفع والأذرع المتأرجحة:

- قضيب الدفع push rod: عبارة عن قضيب معدني (ليخف وزنه) من الداخل، ينقل الحركة بين غماز الصمام / رافع الصمام إلى الذراع المتأرجحة rokerarm شكل (2-53)، ويستعمل قضيب الدفع بمجموعة توقيت الصمام، عندما يكون عمود الحدبات داخل كتلة الأسطوانات، ولا يستعمل في المحركات ذات الحدبات الرأسية.



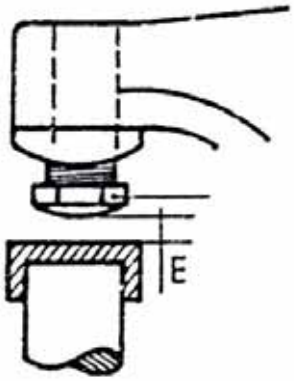
1- قضيب الدفع 3- رأس الصمام
2- الذراع المتأرجحة 4- محور ارتكاز Pivot
D- صامولة ضبط الخلوص بين طرفي الذراع المتأرجحة ورأس الصمام

شكل (2-53)

قضيب الدفع والذراع المتأرجحة

* بحيث يختلف محور الحدبة مع محور غماز الصمام؛ حتى يكون تأثير الحدبة على الغماز بشكل محيطي، ولا يكون التأثير على مركز الغماز.

- الـذراع المتأرجحة rokerarm : تثبت في رأس الأسـطوانات، فيعمل محوراً ارتكازياً (pivot) ميكانيكـياً ليـسمح للـذراع بالحـركة المتأرجحة (إلى الأمـام والخلـف)؛ ليفتح أو يغلق الصمام ، شـكل (2-51). وتـستمد الـذراع المـتأرجحة الحـركة، من قضيب الدفع في أحد طرفيها، على أن تؤثر بطرفها الآخر على ساق الصمام.
- خلـوص الـصمام: هـي المـسافة الـصغيرة، المحـصورة بـين طرف الذراع المتأرجحة ورأس الـصمام، شـكل (2-54). حـيث تضغط وفقاً للمواصـفات ونـوع المحـرك (ديـزل/ بترول)؛ للحـصول على التوقيت المناسب، فتح وإغلاق الصمامات.



E= خلوص الصمام

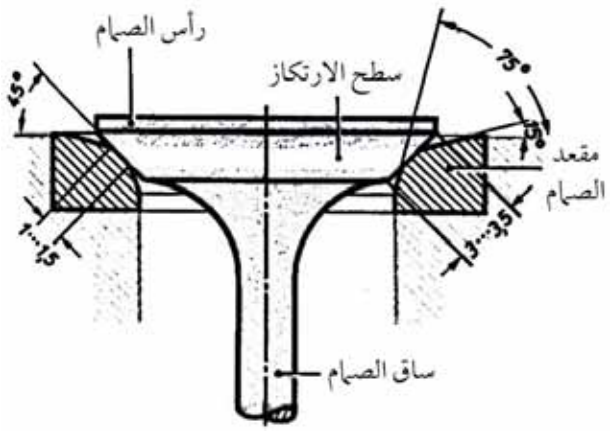
شكل (2-54)

د- الصمامات valves:

الـصمام: عبارة عن جسم يتكون من ساق ينتهي بقرص سطحه المحيطي (الجانبي) مخروطي الشكل، مجلـخ ومحـصن بدرجـة عالـية مـن الدقـة؛ لكفـاءة إحكامـه، ومـنع التـسرب مـن خلاله، عند جلوسه على مقعده في رأس الأسطوانات، شكل (2-55). وهـناك نـوعان مـن الصمامات يستعملان في معظم السيارات، شكل (2-56) وهما:

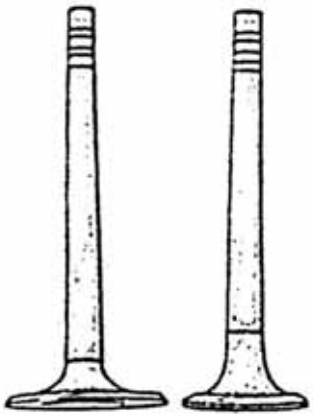
- **الصمام القفاز** popet valve:

هو صمام يتكون من ساق يعلوها قرص مستدير، يجلـس بإحكـام على مقعده، ويتحرك الصمام حركة ترددية تجعله يفتح ويغلق متقدماً.



شكل (2-55)

الصمـــام



شكل (2-56)

الصمامات المستخدمة في المحركات

- **صمام عش الغراب** mushroom valve:

هـو صمام ذو ساق رفيعة، وقرص غليظ، بحيث يشبه في شكله نبات عش الغراب، شكل (2-56). وتـصنع الـصمامات من سبيكة الفولاذ المضاف إليه كـروم وسـيليكون للمـساعدة عـلى تبريدها وإطالة عمـرها. ويـتكون الـصمام مـن الأجـزاء الآتـية: شكل (2-57).

- رأس الصمام valve head:

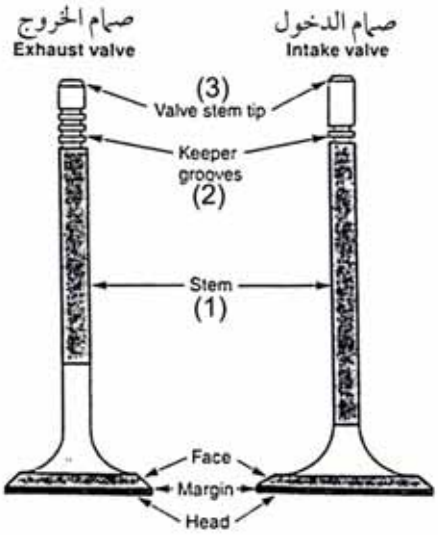
الجـزء الأسـمك مـن الـصمام، ذو شكل دائري يقابـل غـرف الاحتراق، يحدد قطره الخارجي أبعاد الصمام siege of the valve.

- وجه الصمام valve face:

هـو الـسطح المُشكل عـلى ظهـر رأس الصمام، بحيث يلامس مقعده في رأس الأسطوانات.

- حافية/ حاشية الصمام valve margine:

هـو الـسطح المـستوي عـلى الطـرف الخارجـي (الحافـة) مـن رأس الـصمام، يقع بين رأس الصمام. ووجـه وسـمك هـذه الحاشـية يمـنع الـصمام مـن الاحتراق.



1- ساق الصمام 3- طرف ساق الصمام

2- تجويف لمسك حوافظ الصمام

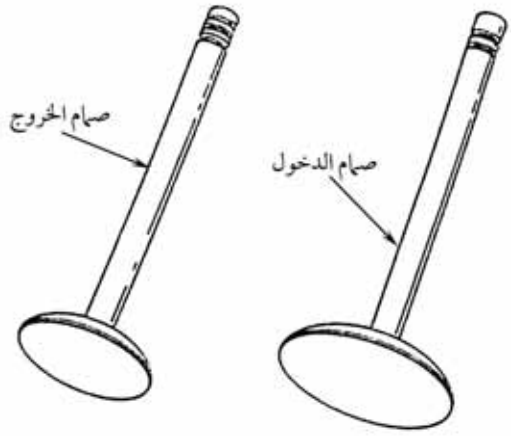
شكل (2-57)

أجـزاء الصمـام

- ساق الصمام valve stem:

سـاق طـويلة تتـصل بمركـز رأس الـصمام وتـصقل الـساق جيداً، لتنزلق في دليلها برأس الأسطوانات بحرية. ويحوي الساق تجاويف (حزوز)؛ لتثبت حاجز ياي الصمام.

ويؤثر على طرف الصمام الذراع المتأرجحة أو الحدبة مباشرةً (تابع الحدبة) (cam flower).



شكل (2-58)
أنواع الصمامات

• تنقسم صمامات المحرك إلى نوعين شكل (2-58)، وهما:

أ- صمام الدخول intake valve:

وهو الصمام الذي يتحكم بتدفق الخليط (بنزين+ هواء) لمحرك البنزين، أو الهواء لمحرك الديزل.

ويتموضع صمام الدخول في الفتحة من رأس الأسطوانات المتصلة بمجمع الدخول، ويكون صمام الدخول (السحب) أكبر من صمام العادم لضمان كمية الشحنة الكافية، التي تدخل إلى الأسطوانة.

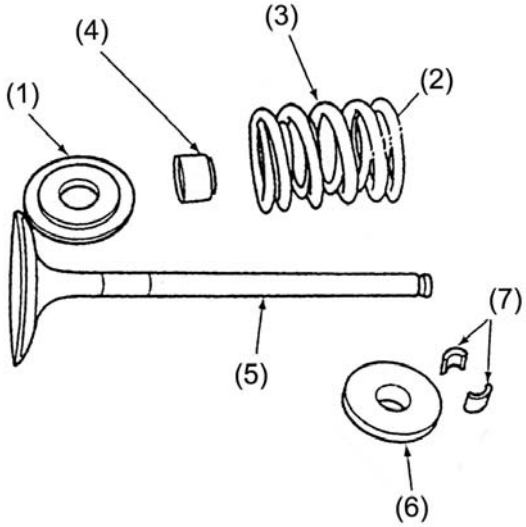
ب- صمام الخروج Exhaust valve:

يتحكم بخروج الغازات المتحركة (العادم) إلى خارج الأسطوانات (المحرك). حيث يوضع في فتحات الأسطوانة المتصلة بمجمع العادم، وهو أصغر من صمام الدخول*.

هـ- مجموعة/ أجزاء ياي الصمام valve spring:

شكل (2-59). تعمل يايات الصمامات على غلق الصمامات بسرعة، بعد زوال تأثير حدبة العمود، وكذا المحافظة على الصمامات مغلقة لحين فتحها مرةً أخرى.

تثبت أقفال أو حلقة احتجاز في مجاري ساق الصمام؛ للحفاظ على ياي الصمام في وضع محوري مع صحن الصمام؛ لتمنع زيت تزييت المحرك من الدخول إلى غرف الاحتراق، من خلال الخلوص بين ساق الصمام ودليله، بواسطة مانع تسرب الزيت valve seals، وهي عبارة عن حلقة مطاطية بشكل oRing، شكل (2-59).

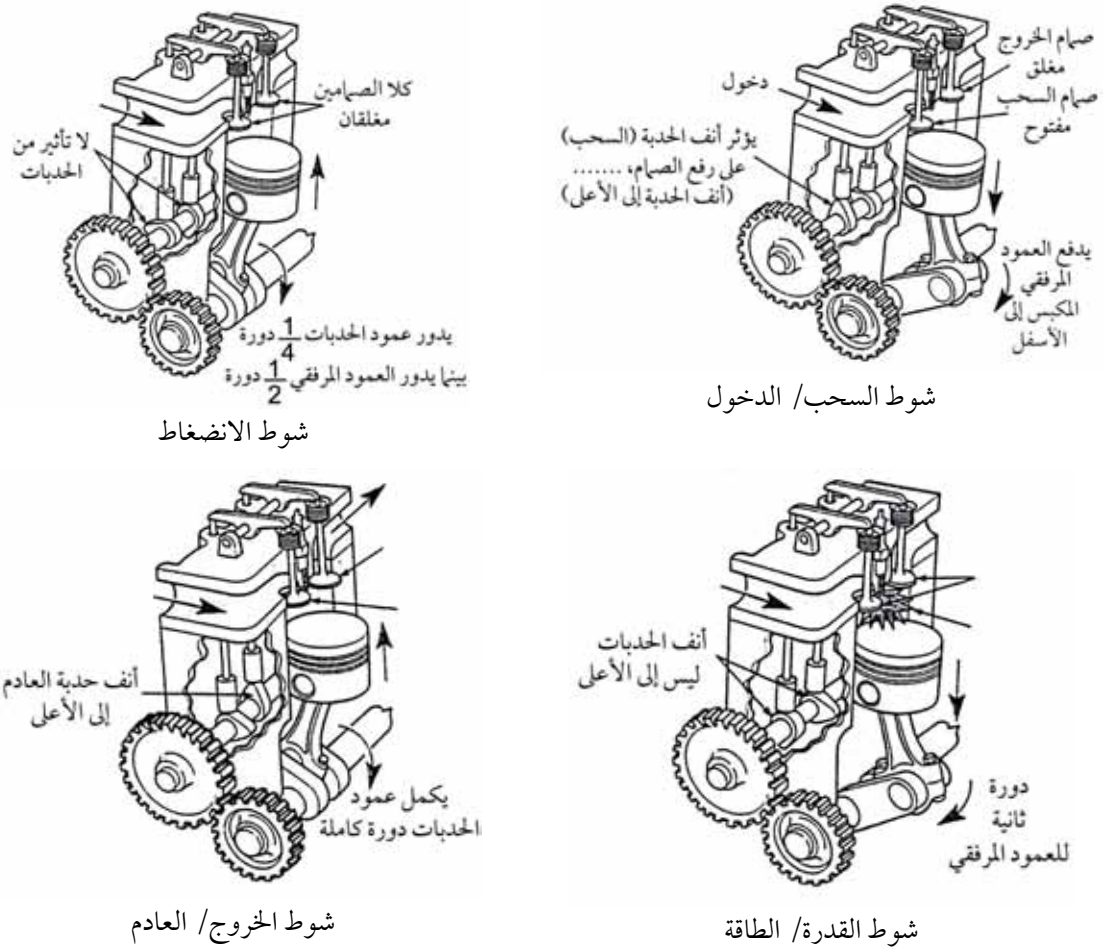


1- حاجز الياي السفلي
2- ياي الصمام الداخلي
3- ياي الصمام الخارجي
4- مانع التسرب للصمام
5- الصمام
6- حاجز الياي العلوي
7- أقفال الصمام

شكل (2-59)

* حيث تخرج الغازات لخارج المحرك بتأثير طلوع المكبس بشوط العادم.

يبين الشكل (2-60)، أجزاء تشغيل الصمامات. وهي: روافع الصمام، وقضيب الدفع، اللذان يُشغلان بعمود الحدبات (حدبات) في محركات ذات التصميم الذي يكون فيه عمود الحدبات في كتلة الأسطوانات (in block).

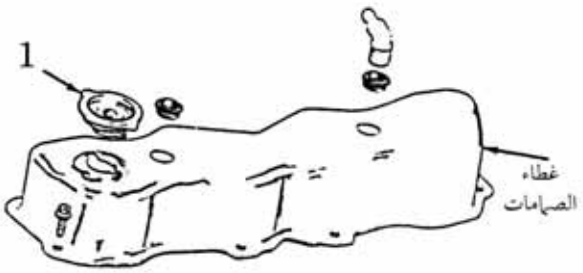


شكل (2-60)

تشغيل الصمامات بواسطة قضيب الدفع في محركات عمود الحدبات داخل كتلة الأسطوانة

3-3-2 غطاء الصمامات valve cover / غطاء أعلى المحرك:

ويسمى بغطاء رأس الأسطوانة، ويعمل على حماية الرأس من الأوساخ والأتربة، ومنع زيت التزييت من التسرب. ويحتوي الغطاء على فتحة في أعلاه؛ لملء زيت تزيت المحرك، شكل (2-61).



1- غطاء فتحة تعبئة زيت التزييت

شكل (2-61)

غطاء الصمامات/ غطاء رأس الأسطوانات

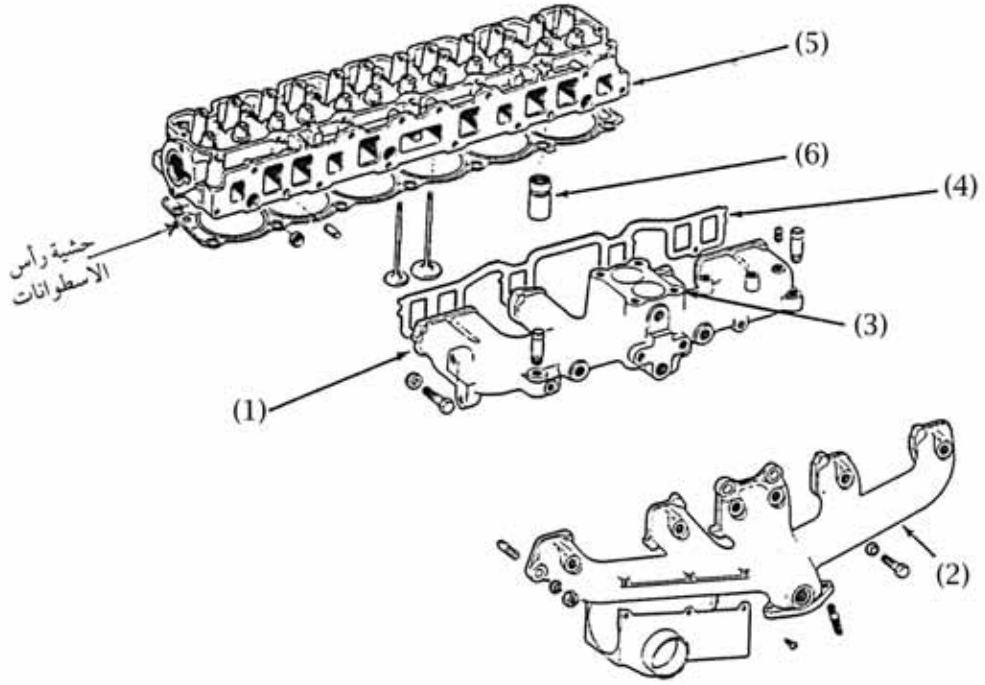
4-3-2 مجمع/ مشعب السحب والعادم intake manifold: شكل (2-62)

أ- مجمع / مشعب السحب:

عبارة عن كتلة متعددة المسالك والممرات، تستخدم لتوصيل وتوزيع الهواء وخليط الوقود والهواء إلى الأسطوانات عن طريق صمامات أو فتحات السحب. ويصنع مجمع السحب - عادةً - من حديد الزهر، أو الألمونيوم، أو من البلاستيك المقوى في السيارات الحديثة.

ب- مجمع العادم exhaust manifold:

كتلة متعددة المسالك والممرات، تستخدم لتجميع الغازات المحترقة (غازات العادم)، وتصريفها إلى خارج المحرك عن طريق نظام العادم (أي أنبوب العادم،خافض الصوت، الحفاز). ويصنع مجمع العادم من حديد الزهر؛ لتعرضه لحرارة مرتفعة ناتجة عن مرور الغازات المحترقة/ العادم.



1- مجمع السحب intake manifold
2- مجمع العادم Exhaust manifold
3- موضع تثبيت الكاربيتر (المغذي)
4- حشية مجمع الدخول
5- رأس الأسطوانات
6- الأصبع الغماز

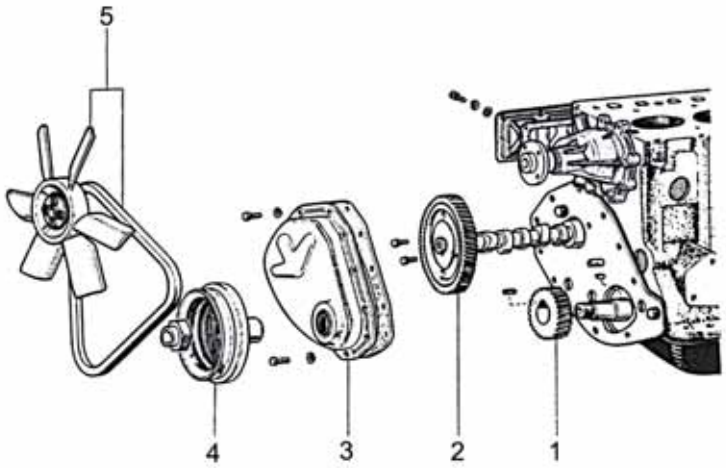
شكل (2-62)

مجمع السحب والعادم في رأس الأسطوانات

4-2 الأجزاء الرئيسية لمقدمة المحرك ووظائفها Engine front end:

هي الأجزاء المتصلة بمقدمة المحرك، شكل (2-63). وتتكون من الأجزاء الرئيسية الآتية:

- آلية إدارة (تشغيل) عمود الحدبات camshaft drive mechanism.
- غطاء المحرك الأمامي front engine cover.
- مضائل الاهتزازات – ماص الاهتزازات vibration damper.



1- ترس العمود المرفقي
2- ترس عمود الحدبات
3- الغطاء الأمامي للمحرك
4- بكرة العمود المرفقي
5- مروحة تبريد وسير نقل الحركة (سيرادات)

شكل (2-63)

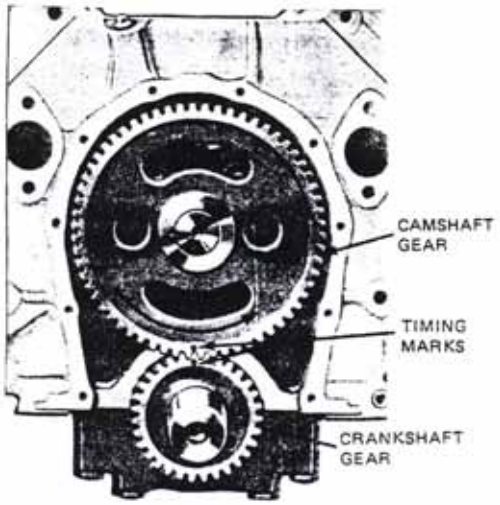
أجزاء المحرك الأمامية

1-4-2 إدارة عمود الحدبات camshaft drive:

هناك ثلاث طرق رئيسية لإدارة عمود الحدبات هي:

أ- الإدارة بالتروس "gears":

تستعمل هذه الطريقة لإدارة عمود الحدبات في المعدات الثقيلة؛ لوثوقيتها، ولعمرها التشغيلي الطويل، رغم ضجيجها أثناء العمل*. وتستخدم هذه الطريقة، لإدارة عمود الحدبات الذي يكون في جسم/ كتلة الأسطوانات. حيث يقرب العمود المرفقي من عمود الحدبات، وتلامس أسنان ترس العمود المرفقي أسنان ترس عمود الحدبات لنقل حركة العمود المرفقي الدورانية إلى عمود الحدبات، شكل (2-64).



شكل (2-64)

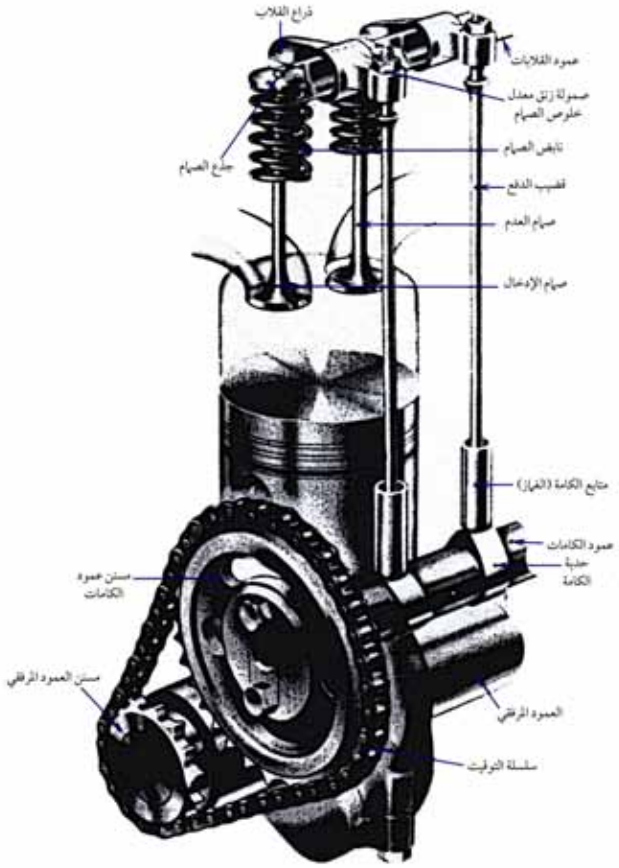
ترسي إدارة عمود الحدبات

* تستخدم تروس بأسنان مائلة لتخفيض الضجيج ولنعومة التشغيل.

ب- الإدارة بعجلة مسننة وسلسلة (جنزير) timing chain and sprocket:

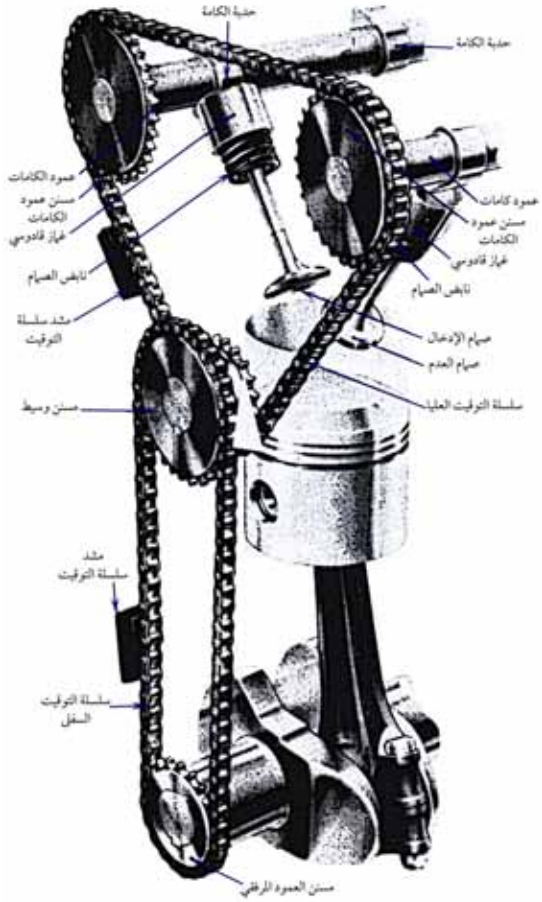
حيث يتم نقل حركة العمود المرفقي، إلى عمود الحدبات، بواسطة سلسلة (جنزير) أحادية تُشد بين عجلتي عمود المرفق وعمود الحدبات، شكل (2-65-أ) أو بواسطة سلسلة مزدوجة، شكل (2-65-ب) وتستخدم هذه الطريقة لإدارة عمود الحدبات المصمم داخل جسم/ كتلة الأسطوانات، مع إمكانية استخدامها في المحركات ذات عمود الحدبات العلوي/ الرأسي (O-H-C) over head camshaft.

وتصنع العجلة المسننة (محيطها مسنن) من حديد الزهر أو الألمونيوم، بحيث تعشق أسنانها في السلسلة (chain)؛ لنقل الحركة إليها مباشرةً.



(أ)

الإدارة بسلسلة مفردة ويكون عمود الحدبات في كتلة المحرك



(ب)

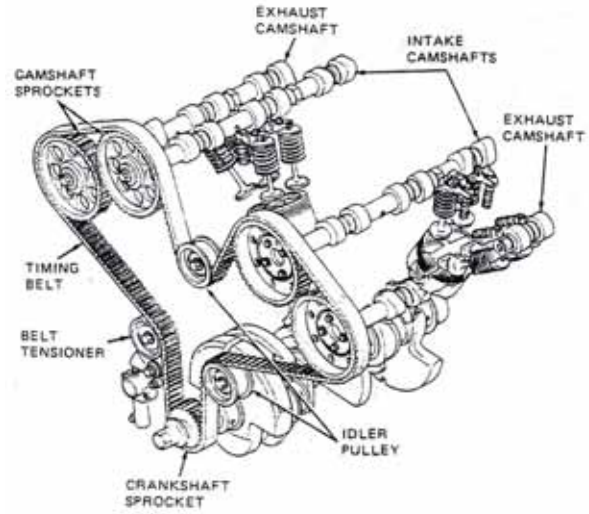
يكون فيها عمود الحدبات (عمود الدخول وعمود الخروج) على رأس الأسطوانات

شكل (2-65)

جـ- الإدارة بالسيور المسننة timing belt and sprocket:

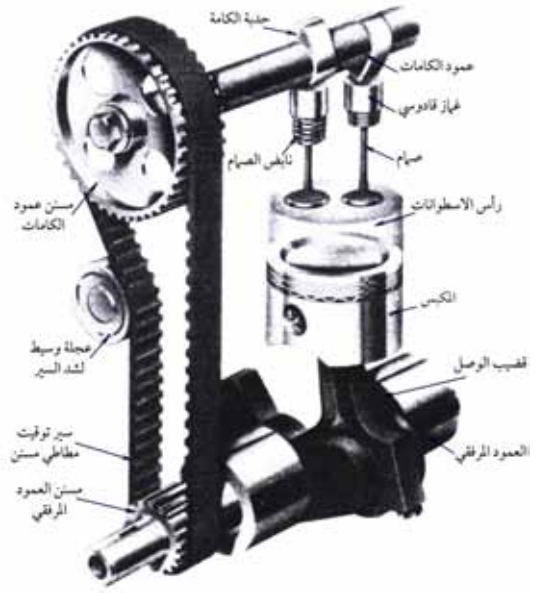
الإدارة بالسيور أو بالسير والعجل المسننة، هي: نفس الطريقة السابقة (الإدارة بالسلاسل) غير أنه في هذه الطريقة يستعمل سير مطاطي؛ لنقل حركة العمود المرفقي إلى عمود الحدبات* شكل (2-66).

تستعمل هذه الطريقة في معظم المحركات ذات عمود الحدبات الرأسي (OHE)، وكذلك في المحركات الحديثة ذات الأربعة الصمامات وعمودي حدبات (عمود حدبات الإدخال، وعمود حدبات الإخراج). شكل (2-66-ب). يصنع السير المسنن من الفيبر جلاس المقوى fiberglass- rein freed، ومن المطاط الطبيعي nitril rubber ؛ لرفع شدة السير، ومقاومة الارتخاء (slack).



(ب)

إدارة السيارات الحديثة ذات عمودي حدبات رأسية (لتشغيل 4 صمامات) بالسير المسنن

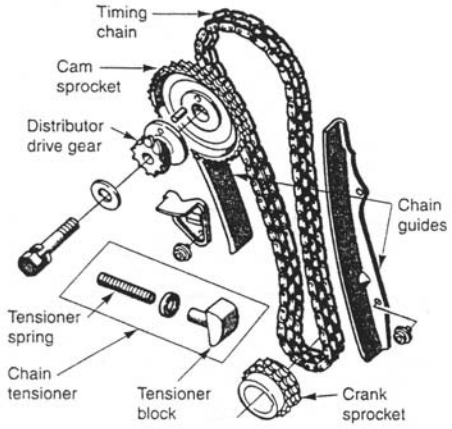


(أ)

إدارة محركات ذات عمود حدبات رأسي بالسير المسنن

شكل (2-66)

- تركب على نظام/ طريقة إدارة عمود الحدبات بالسلسلة، وبالسير المسنن شكل (2-67) آلية شد للسير والسلسلة tensioner لمنع الارتخاء، وكذلك هناك حاجز توجيه guide، يعمل على عدم خروج السلسلة، أو السير من مكانها.



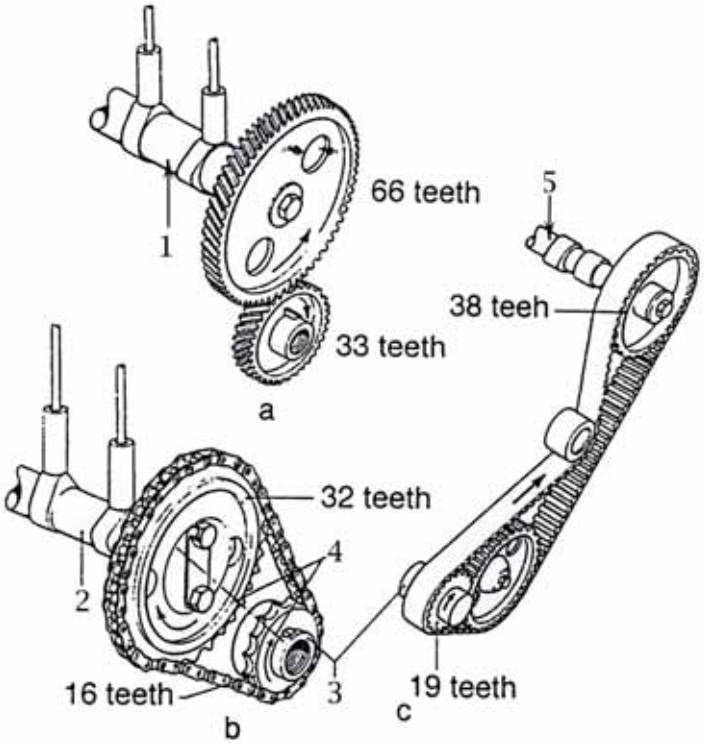
شكل (2-67)

آلية الحفاظ على اشتداد (شدة) وتوجيه السلسلة

* تتميز الإدارة بالسيور بدقة ضبط عالية، وسهلة الصيانة.

2-4-2 كيفية عمل/ إدارة عمود الحدبات camshaft operation:

يجب أن تكون سرعة دوران عمود الحدبات نصف سرعة المحرك (العمود المرفقي)، بحيث يفتح كل صمام مـرةً واحدةً فقط لكل دورتين لعمود المرفق. كما أنه يجب ضبط عملية التوقيت، بحيث يفتح صمام الدخول في شـوط الـسحب فقـط لهـذا يـدور عمود الحدبات نصف دوران العمود المرفقي، بحيث لو دار العمود المرفقي مـرتين، يـدور عمود الحدبات مرةً واحدةً. لذلك يكون مسنن أو العجلة المسننة لعمود الحدبات، ضعف قطر المسنن، أو العجلة المسننة للعمود المرفقي شكل (2-68)، أي بنسبة تخفض (2:1).



a- الإدارة عن طريق ترس مباشر

1- عمود الكامات يدور بنصف سرعة العمود المرفقي

b- الإدارة بواسطة سلسلة (كاتينة)

2- عمود الكامات

3- العمود المرفقي

4- علامتان لضبط التوقيت

c- الإدارة بواسطة سير

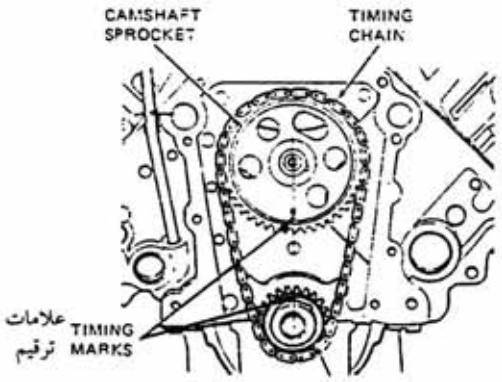
5- عمود الكامات (عُلوي)

شكل (2-68)

إدارة عمود الكامات من العمود المرفقي بالتوقيت المناسب/ الصحيح

3-4-2 علامات الترقيم timing mark:

عبارة عن علامات على شكل خطوطٍ أو دوائرٍ، أو أسهم توضع على كلٍّ من الترسين، ترس عمود الحدبات وترس عمود المرفق. شكل (2-69).

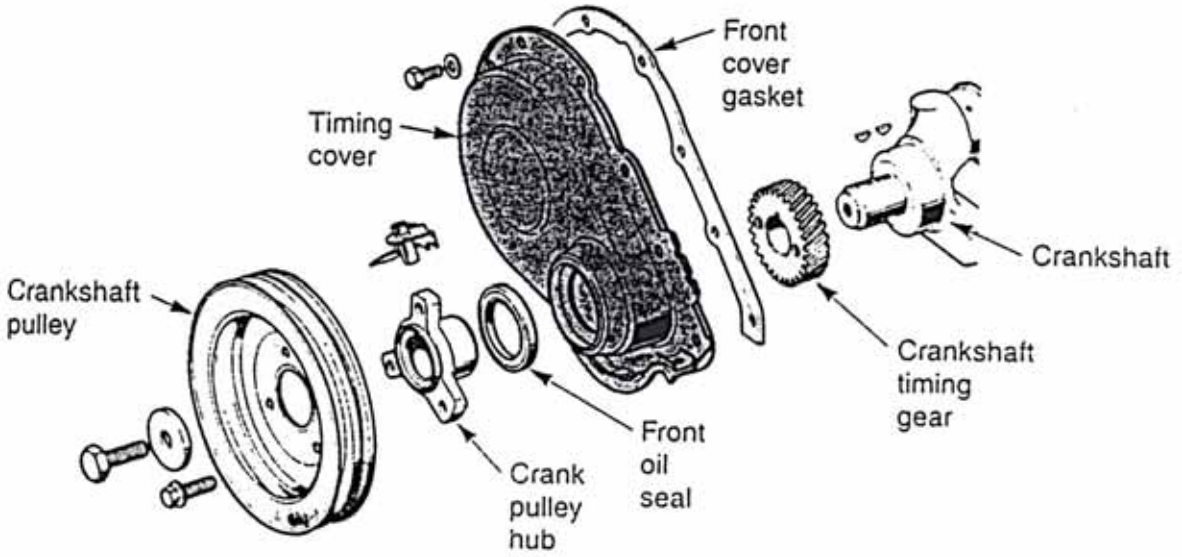


شكل (2-69)
علامات الترقيم

4-4-2 بكرة العمود المرفقي crank shaft pulley:

تعمل على نقل الحركة من العمود المرفقي إلى مروحة التبريد*، المولد الكهربائي (الدينمو)، ضاغط التبريد compressor، بواسطة سيور مطاطية (ذات حرف v *)، يثبت على المحيط الخارجي (ذي الحرف v) للبكرة.

تركب البكرة ببساطة على العمود المرفقي. شكل (2-70).



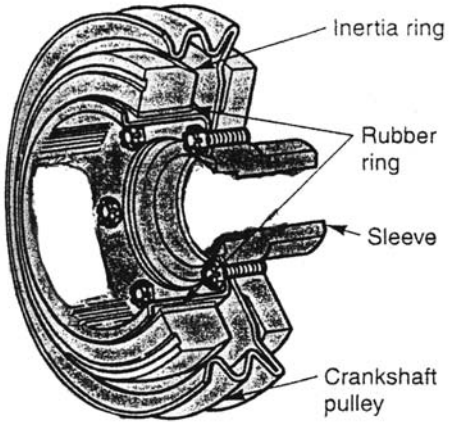
شكل (2-70)
بكرة العمود المرفقي

* تستعمل معظم المحركات الحديثة مروحة تبريد كهربائية.
* تستعمل كذلك سيور بمقاطع هندسية مضلعة.

5-4-2 ماص الاهتزازات vibration damper:

كـاتم الاهتـزازات يؤثـر أشـواط القـدرة عـلى العمـود المرفقـي. فكـل شـوط قـدرة يـسلط قـوة قـد تتجـــاوز (4000 pounds) (4000 رطـــلٍ) تساوي (18000 N) على المسمار المرفقي للعمـــود، فينتج نتـيجةً لذلك قوى التوائية اهتزازيـــة torsion vibration، قد تعمل على كسر العمود، وخصوصاً في سيارة الموديلات الأخيرة ذات السرعة والقدرة العالية.

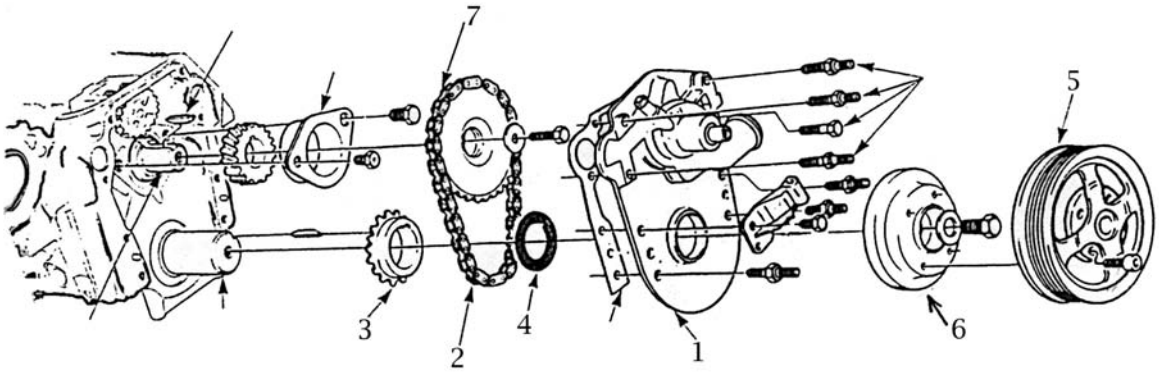
يحـتوي ماص الاهتزازات على حلقة أولية وحلقة مطاطية أسفل الحلقة الأولية، شكل (2-71). حيث إن ماص الاهتزازات يثبت في مقدمة العمود المرفقي. فأثـناء دوران المـاص يعمـل عـلى خفـض/ تـضاؤل القوى الالتوائية المؤثرة على العمود بعملية الاحتكاك الميكانيكي بين حلقات الماص المطاطية. وفي السيارات الحديـثة تـشكل بكـرة العمـود المرفقـي مـع مـاص الاهتزازات كوحدةٍ واحدةٍ.



شكل (2-71)
ماص الاهتزازات الذي تركب عليه بكرة العمود

6-4-2 غطاء المحرك الأمامي engine front cover:

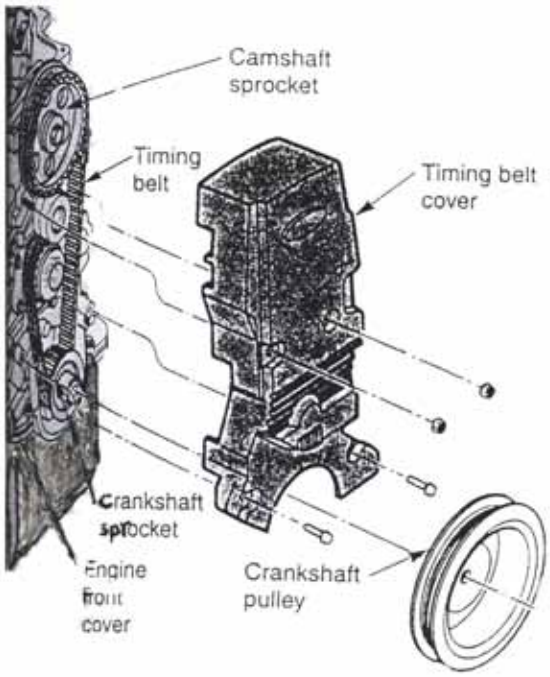
يـسمى غطـاء المحرك الأمامي، المستخدم بإدارة عمود الحدبات بالتروس والسلاسل، بغطاء آلية التوقيت. حيث يصنع من المعادن الخفيفة ويحوي الآتي: شكل (2-72).



1- غطاء المحرك الأمامي
2- سلسلة إدارة عمود الحدبات
3- الحلقة المسننة للعمود المرفقي
4- حلقة مانع تسرب زيت المحرك
5- بكرة العمود المرفقي
6- ماص الاهتزازات
7- العجلة المسننة لعمود الحدبات

شكل (2-72)
غطاء مقدمة المحرك

- حلقات معدنية/ مطاطية (مانعة التسرب) لمنع تسرب زيت المحرك بين العمود المرفقي والغطاء.
- يوجد على الغطاء في بعض التصاميم مبيت تثبت فيه مضخة الماء وآخر لمضخة الزيت.
- يحوي الغطاء علامات التوقيت، لذلك سُمي بغطاء آلية التوقيت.
- حماية الأجزاء الأمامية للمحرك من الماء والأتربة.
- أما الغطاء الأمامي لطريقة إدارة عمود الحدبات بالسير؛ فيعمل على حماية السير من العطل، بمنع حطام الطريق من الوصول إليه، وكذا حماية الإنسان من خطر دوران السير. شكل (2-73).
- يصنع الغطاء الأمامي من معدنٍ خفيفٍ، أو من البلاستيك.

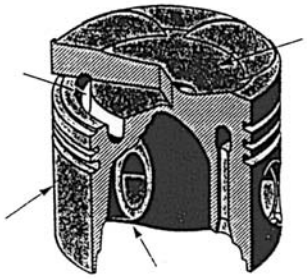


شكل (2-73)

غطاء طريقة عمل عمود الحدبات بالسير

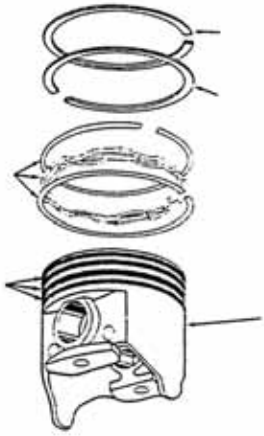
تقـــويم الوحـــدة

س1: سمِّ الأجزاء المشار إليها بالأسهم. واذكر وظيفة المكبس، شكل (2-74).



شكل (2-74)

س2- ما هي وظيفة حلقات/ شنابر المكبس؟ ثم قم بتسمية الأجزاء المشار إليها بالأسهم شكل (2-75):



شكل (2-75)

س3- علل الآتي:

1- ترك فراغ صغير في نهاية حلقات / شنابر المكبس.

2- قطر الجذع أكبر بقليل من قطر الرأس في المكبس.

3- إدخال اللقم (المحامل الانزلاقية القابلة للاستبدال في مقعد العمود المرفقي).

4- استخدام مكابس ذات رأس مقعرة (تجويف داخلي في الرأس) في محركات الديزل.

5- تثبيت ماص الاهتزازات بمقدمة العمود المرفقي.

6- وجود ممرات زيتية لمرور زيت تزييت المحرك في العمود المرفقي.

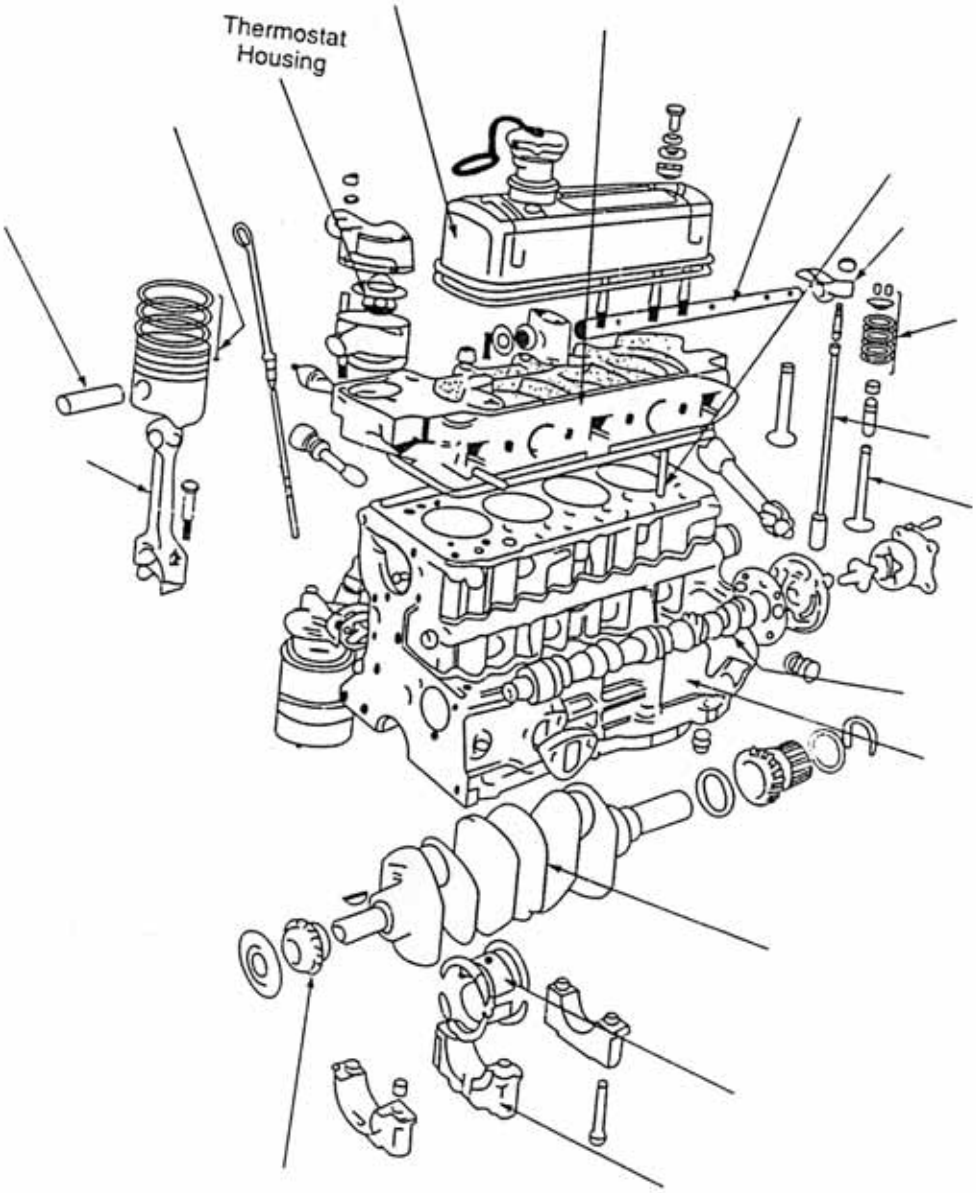
7- وجود على الأقل محمل دفعي واحد للعمود المرفقي.

8- تركيب حشوة بين رأس الأسطوانات وكتلتها تسمى حشوة رأس الأسطوانات.

9- تركيب محامل انزلاقية بين مقعد العمود الدوار وكراسي ارتكازه.

10- تركيب مانع زيت الصمام o-ring في كرفه.

س4- سمِّ الأجزاء المشار إليها بالأسهم، شكل (2-76):

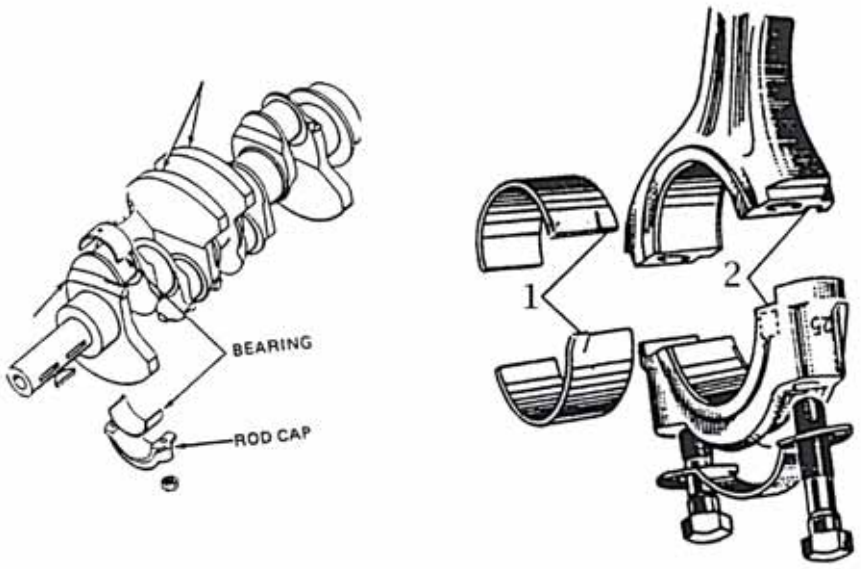


شكل (2-76)

س5- ما هي وظائف الأجزاء الآتية:

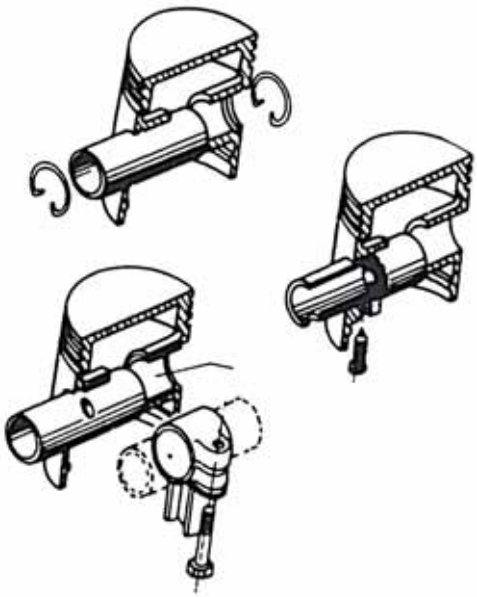
- ذراع التوصيل.
- الحذافة.
- العمود المرفقي.

س6- سمِّ الأجزاء الموضحة بالشكل (2-77)، مع ذكر وظائفها باختصار.



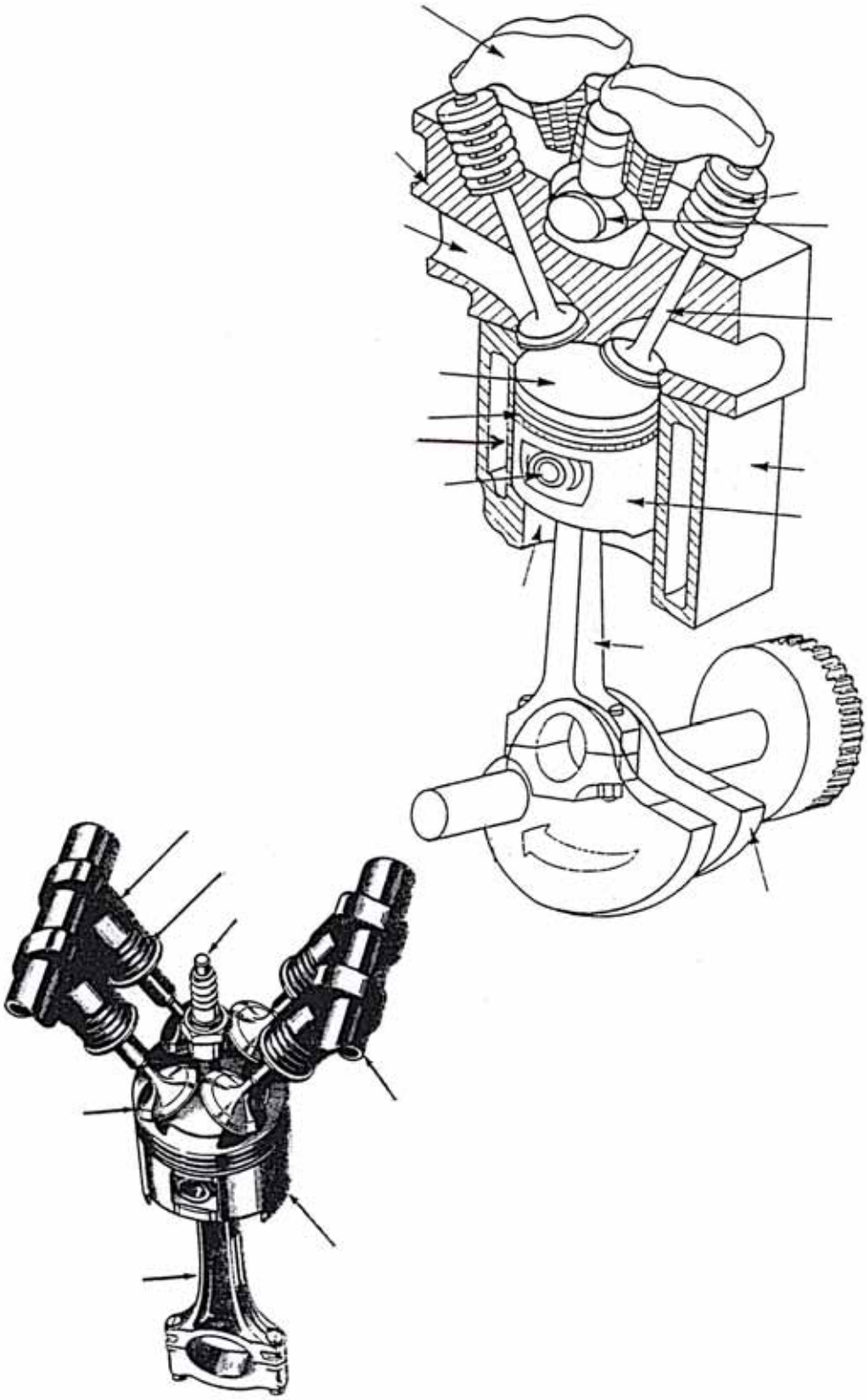
شكل (2-77)

س7- سمِّ الأجزاء الموضحة بالشكل (2-78):



شكل (2-78)

س8- سمِّ الأجزاء المشار إليها بالأسهم شكل (2-79). واشرح وظائفها باختصار.



شكل (2-79)

س9- اذكر أجزاء رأس المحرك. وما هي وظيفة هذه الأجزاء مجتمعة؟

س10- ما هي وظيفة الأجزاء الآتية من رأس المحرك:

أ- أدلة الصمام.

ب- الصمامات.

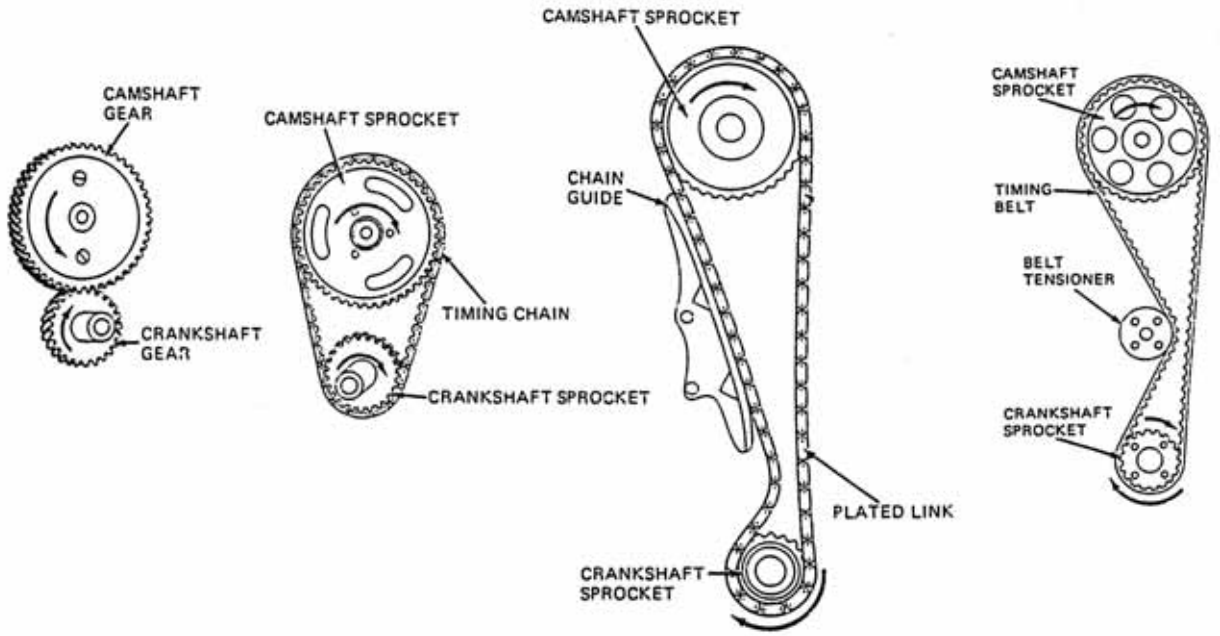
جـ- أجزاء آلية تشغيل الصمامات.

د- غطاء الصمامات/ غطاء الأسطوانات.

هـ- عمود الحدبات.

و- العمود المرفقي.

س11- حدد طريقة تشغيل الحدبات من خلال الرسومات شكل (2-80):



شكل (2-80)

س12- املأ الفراغات الآتية:

- تنقسم طرق إدارة عمود الحدبات إلى .....
- تتضمن الأجزاء الرئيسية لمقدمة المحرك .....
- وظيفة ماص الاهتزازات هي .....
- تستعمل طريقة إدارة عمود الحدبات بالتروس في .....
- تتصل البكرة بالعمود لتعمل على .....

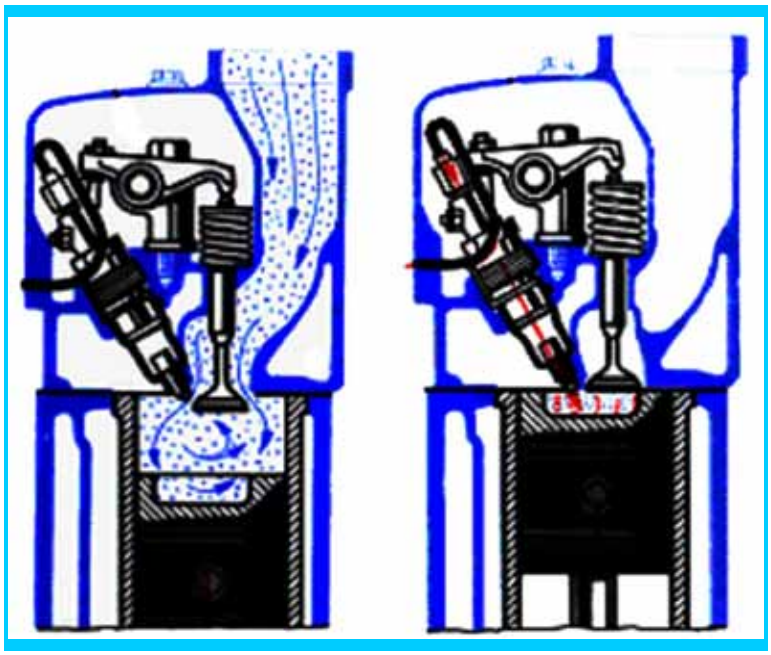
س14- اذكر أجزاء مقدمة المحرك الرئيسية. واشرح وظيفة كل منهما باختصار.

س15- اشرح كيفية إدارة عمود الحدبات بالتوقيت المناسب.

الوحـــدة

3

أداء المحـــرك



الأهـــداف:

يتوقع من الطالب بعد الانتهاء من دراسة هذه الوحدة أن يصبح قادراً على أن:

1- يتعرف المفاهيم الرئيسية المتعلقة بأداء المحرك.

2- يتعرف عناصر قياس أداء المحرك.

3- يتعرف دورة عمل المحرك.

4- يتعرف منحنيات أداء المحركات.

3- أداء المحـــرك:

3-1 المفاهيم الرئيسية المتعلقة بأداء المحرك:

مقدمـة :

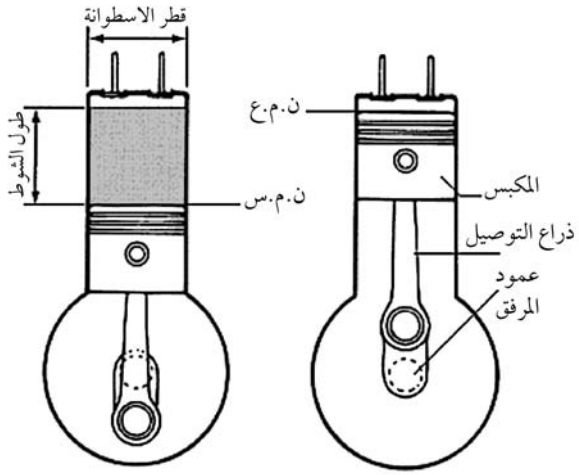
عزيـزي الطالـب: بعـد أن درسـت في الـوحدات الـسابقة، مكـونات محـركات الاحـتراق الـداخلي، ومـن تلـك المكـونات، نذكـرك بأسـطوانة المحـرك والمكـبس وغـرفة الاحـتراق. و لدراسـة أداء المحـرك، ينبغـي أولاً معـرفة مكـونات و مواصـفات أسـطوانة المحـرك، و التي لها علاقـة كبيرة بالمفاهيم المتعلقة بأداء المحرك، وعلى النحو الآتي:

3-1-1 أبعاد أسطوانة المحرك:

أ- الـنقطة الميـتة العلـيا (T.D.C) (ن.م.ع) هـي: أعلـى نقطـة يـصل إلـيها المكبس أثنـاء صـعـوده إلى الأعلـى في حـركـة المكـبس الـترددية مـن الأسـفل إلى الأعـلى داخـل أسطوانة المحرك.شكل (3-1).

ب- الـنقطة الميـتة الـسفلى (B.D.C) (ن.م.س) وهـي: أدنـى نقطـة يـصل إلـيها المكـبس أثنـاء نـزولـه إلى الأسفل، في حركة المكبس الترددية مـن الأعلى إلى الأسفل داخل أسطوانة المحرك. شكل (3-1).

جـ- شـوط المكبس (S) هي: المسافة المحصورة بـين الـنقطة الميـتة العلـيا (ن.م.ع)، والـنقطـة الميـتـة الـسفلـى (ن.م.س). ويـتحدد مقـدار الـشوط بحـسب تـصميم عمـود المرفق، حيث يعـادل طـول شوط المكبس ضعف نصف قطر دوران عمود المرفق. شكل (3-1).

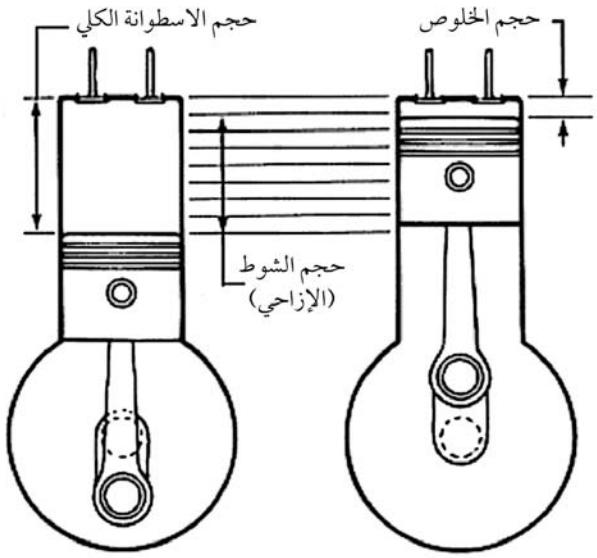


شكل (3-1)
أبعاد أسطوانات المحرك

2-1-3 حجم الشوط (إزاحة المكبس): Stroke Volume

المقصود بحجم الشوط، أو الحجم الإزاحي، أو إزاحة المكبس، هو حجم الأسطوانة عندما يُزاح المكبس من النقطة الميتة العليا إلى النقطة الميتة السفلى. شكل (3-2). ويمكن حساب إزاحة المكبس كما يأتي:

$$Vcy = \frac{\pi d^2}{4} \times s$$



شكل (3-2)
إزاحة المكبس

حيث إن:

d = قطر الأسطوانة بوحدة (Cm).

A = مساحة مقطع الأسطوانة بوحدة (Cm^2).

s = طول الشوط بوحدة (Cm).

Vcy = حيز الشوط للأسطوانة بوحدة (Cm^3).

Z = عدد أسطوانات المحرك.

Vs = حجم المحرك (سعة المحرك) بوحدة (Cm^3).

$$Vcy = A \times s$$

$$Vcy = \frac{\pi d^2}{4} \times s$$

$$Vs = Vcy \times Z$$

مثال:

إذا كانت:

$d = 84\,mm$
$s = 80\,mm$
$Z = 6$ أسطوانات

أوجد كلاً من حيز الشوط للأسطوانة Vcy.

حجم المحرك Vs بوحدة (Cm^3).

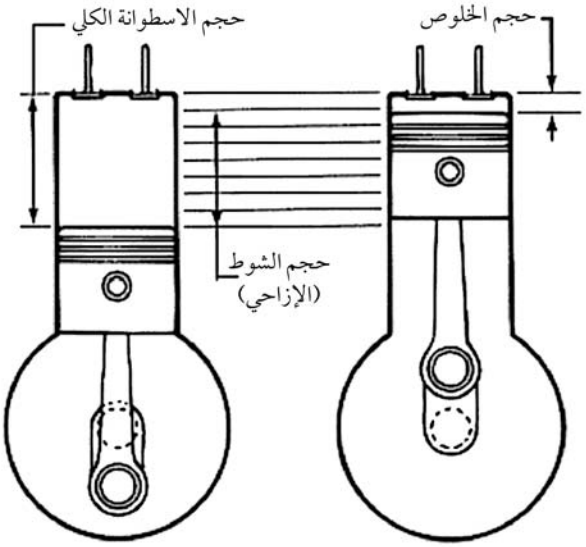
الحل:

$$Vcy = A \times s =$$

$$Vcy = \frac{\pi \times 8{,}4^2}{4} \times 8 = 443{,}4\,cm^3$$

$$Vs = Vcy \times Z = 443{,}4 \times 6 = 2660\,cm^3$$

3-1-3 نسبة الانضغاط (ε) Compression Ratio:



شكل (3-3)

ε حرف أبجدي لاتيني، يُسمى إبسلون Epsilon وتُعبِّر نسبة الانضغاط في المحرك عن مقدار ضغط خليط الوقود والهواء داخل الأسطوانة أثناء شوط الضغط. حيث يساعد ضغط الخليط على خلط الوقود والهواء بطريقةٍ أفضل، وذلك لتحسين عملية الاحتراق لذلك يزيد من قدرة المحرك. وتعرف نسبة الانضغاط بأنها النسبة بين حجم الأسطوانة فوق المكبس، عندما يكون في النقطة الميتة السفلى، إلى حجم الأسطوانة فوق المكبس عند النقطة الميتة العليا، شكل (3-3).

ونسبة الانضغاط، لها علاقة كبيرة بقدرة المحرك. حيث إنه بزيادة هذه النسبة، فإن الخليط ينضغط بشكل أكبر، ما يرفع درجة حرارة الخليط في نهاية شوط الضغط، ويكون لذلك تأثير يتمثل في زيادة دفع الغازات المحترقة على سطح المكبس أثناء شوط الاحتراق (القدرة)، وتحدد أقصى قيمة لنسبة الانضغاط في محركات البنزين (12:1). وإذا زادت نسبة الانضغاط، قد تسبب حدوث صفعٍ (دق، طرق). أما نسبة الانضغاط في محركات الديزل، فهي أعلى من ذلك بكثير، قد تصل إلى (25:1). ويمكن حساب نسبة الانضغاط باستخدام المعادلة الآتية:

$$\varepsilon = \frac{Vcy + Vc}{Vc}$$

$$Vc = \frac{Vcy}{\varepsilon - 1}$$

حيث إن:

ε = نسبة الانضغاط.

Vc = حيز الانضغاط بوحدة (Cm^3).

Vcy= حيز الشوط للأسطوانة.

مثال:

احسب نسبة الانضغاط (ε) إذا علمت أن:

$$Vc = 47.5\,cm^3 \quad ، \quad Vcy = 366\ cm^3$$

الحـل:

$$\varepsilon = \frac{Vcy + Vc}{Vc} \quad \frac{366 + 47{,}5}{47{,}5} = 8{,}7$$

مثال:

احسب حيز الانضغاط (Vc) بوحدة (Cm^3) إذا علمت أن:

$$Vcy = 49\,(Cm^3)$$
$$\varepsilon = 6{,}5$$

الحـل:

$$Vc = \frac{Vcy}{\varepsilon - 1} = \frac{49}{6{,}5 - 1} = 8{,}9\ cm^3$$

أمـا حيـز الخلوص، أو حيز الانضغاط؛ فهو الخلوص المحصور بين رأس المكبس عند النقطة الميتة العليا، وسـطح رأس الأسـطوانة، حـيث يـتم تعيـين حيـز الانضغاط - في معظم الأحيان - بمعايرة سعته باللتر لسائل ما؛ نظراً لصعوبة حساب حجمه نظرياً وذلك بسبب شكله المعقد.

2-3 عناصر قياس أداء المحرك:

- **مفاهيم عناصر قياس أداء المحرك:**

يُحـدد أداء المحرك، بقياس المفاهيم الآتية: (القدرة ، العزم ، الكفاءة، استهلاك الوقود)، وذلك عند أحمال، وسرعاتٍ مختلفة لعمود المرفق:

1-2-3 قدرة المحرك: Engine

القدرة، هي قياس للشغل المبذول في وحدة الزمن (معدل بذل الشغل) ، القدرة = الشغل/ الزمن، ويعرف الشغل بمقدار القوة اللازمة لتحريك جسم ما، مسافة محددة.

- **أنواع القدرة في المحرك:**

يوجد ثلاث أنواع للقدرة في محركات السيارات:

1- القدرة البيانية. 2- القدرة الفرملية. 3- القدرة الاحتكاكية.

- القدرة البيانية Indicated power:

القـدرة البيانـية للمحـرك هي: القدرة النظرية المتولدة داخل أسطوانة المحرك، وتحسب بواسطة مصنعي السيارات.

وتمـثل القـدرة البيانـية، أقصى قدرة متاحة من المحرك، عند ظروف مثالية للتشغيل، وتحسب عن طريق معـرفة حجـم المحـرك وسرعة التشغيل والضغط المتولد نظرياً داخل الأسطوانة. والقدرة البيانية دائماً أكبر مـن القـدرة الفـرملية للمحـرك الـذي يفقـد عـندها المحرك القدرة في الاحتكاك بين الأجزاء المتحركة في المحرك. والفرق بين القدرة البيانية (Pi)، والقدرة الفرملية (Peff)، يسمى بالقدرة الاحتكاكية (Pf).

$$Pin = \frac{Vs \times Pi \times n}{1200}$$

$$Pin = \frac{Fi \times vm \times Z}{4000}$$

حيث إن:

Pin = القدرة البيانية بوحدة (Kw).

Pi = متوسط الضغط البياني للمكبس بوحدة (bar).

n = سرعة دوران المحرك بوحدة (r.p.m).

Vs = حجم الشوط الكلي (حجم المحرك) بوحدة (L) اللتر*.

Fi = قوة الضغط البياني للمكبس بوحدة (N).

Vm = السرعة المتوسطة للمكبس بوحدة (m/s).

مثال:

محرك أوتو رباعي الأشواط.

d قطر الأسطوانة = 69,5 mm

S طول الشوط = 72 mm

Z عدد أسطوانات المحرك = 4

n سرعة دوران المحرك = 6000 r.p.m

Pi متوسط الضغط البياني للمكبس = 7,7 bar

احسب كلاً من:

- حجم الأسطوانة الكلي (Vs) بوحدة اللتر.
- القدرة البيانية (Pi) بوحدة Kw.

الحـل:

$$Vcy = \frac{\pi \times d^2 \times s}{4} = \frac{\pi \times 6.95^2\ Cm^2 \times 7{,}2cm}{4} =$$

$$= 37{,}94\,cm^2 \times 7{,}2\,cm = 273{,}17\,cm^3$$

$$Vs = Vcy \times z = 273{,}17\,cm^3 \times 4$$

$$\approx 1093\,cm3 \quad \approx 1{,}0931$$

$$\underline{Pi} = \frac{Vs \times pi \times n}{1200} = \frac{1{,}093 \times 7{,}7 \times 6000}{1200} = 42\ Kw$$

* [$1\ m^3 = 1000L$].

- القدرة الفرملية Brake power:

هـي: القـدرة الفعالـة المنـتفع بها، والتي تُقاس عند نهاية عمود المرفق للمحرك، وتحت ظروف التشغيل العاديـة. وسميت بالقدرة الفرملية؛ لأنها تقاس عن طريق فرملة عمود المرفق، باستخدام جهاز اختبار أداء المحرك (ديناموميتر)، ويجب ألا نخلط بين القدرة والعزم.

فالعزم هو: القدرة على الإدارة، أما القدرة فهي: مبذول الشغل. ويمكن حساب القدرة الفرملية بواسطة القانون الآتي:

$$Peff = \frac{M.n}{9550}$$

حيث إن:

Peff = القدرة الفرملية بوحدة (Kw).

M = عزم دوران المحرك بوحدة (N.m).

n = سرعة دوران المحرك بوحدة (r.p.m).

مثال:

احسب القدرة الفرملية (Peff) بوحدة (Kw) إذا علمت أن:

$M = 200\,N.m$

$n = 3310\,r.p.m$

الحـل:

$$Peff = \frac{M.n}{9550}$$

$$= \frac{200 \times 3310}{9550} = 69.32\ kw$$

- القدرة الاحتكاكية Frictional power:

تُعرف القدرة الاحتكاكية على أنها القدرة المستخدمة للتغلب على الاحتكاك الداخلي بالمحرك (قدرة منفردة في الاحتكاك)، وتلعب القدرة الضائعة في الاحتكاك دوراً كبيراً في تحديد أداء المحرك، ويمكن القول إن الفارق بين محركٍ رديءٍ ومحركٍ جيدٍ يُكمن في الفارق الموجود بينهما، في القدرة الاحتكاكية التي تتولد داخل أي محرك.

أما مصادر الاحتكاك في المحركات، فتشمل المحامل، انزلاق المكبس على جدار الأسطوانات، مشوار الانضغاط، المولد، المروحة، مضخة مياه التبريد، وغيرها.

وتقليل القدرة المفقودة في الاحتكاك، يعني زيادة القدرة الفرملية للمحرك، ما يؤدي إلى حفظ قيمة الاستهلاك النوعي للوقود (الاستهلاك لكل وحدة قدرة متولدة من المحرك)، وزيادة للمعرفة، فإن الفرق بين القدرة البيانية، والقدرة الفرملية، هو القدرة الضائعة في الاحتكاك. وتحسب القدرة الاحتكاكية بواسطة القانون الآتي:

$$Pf = Pin - Peff$$

حيث إن:

Pf = القدرة الاحتكاكية بوحدة (Kw).

Pin = القدرة البيانية بوحدة (Kw).

Pff = القدرة الفرملية (Kw).

مثال:

إذا كانت:

Peff = 37 Kw

Pin = 42 Kw

فأوجد قيمة Pf بوحدة Kw

الحل:

$$Pf = Pin - Peff =$$
$$= 42\ Kw - 37\ Kw$$
$$= 5\ Kw$$

2-2-3 عزم المحرك Engine Torque:

هـو قـياس الـشغل، ويعـرف عـلى أنه القوة الالتوائية (الدَّوارة)، وينتج العزم في المحرك عند عمود المرفق نتـيجة قـوى ضـغط الاحـتراق المؤثـر على المكبس وذراع التوصيل التي تؤدي إلى دوران عمود المرفق، أي أن الـشغل الـذي ينـتجه المحرك يقاس كعزم دوران عند النهاية الخلفية لعمود المرفق وعزم الدوران، فيقاس على جهـاز اختـبار أداء المحـرك. ويـستخدم لـذلك جهاز الاختبار حيث تستخدم فرملة مائية أو كهربائية، وذلك لكبح المحرك، ومن ثم قياس العزم المبذول، ويمكن حساب عزم دوران المحرك (الشغل) بالقوانين الآتية:

1- $M = \frac{Peff \times 9550}{n}$

2- $M = F \times L$

حيث إن:

Peff = القدرة المستفادة (الفرملية) بوحدة (Kw).

M = عزم دوران المحرك بوحدة (Nm).

n = سرعة دوران المحرك بوحدة (r.p.m).

F = القوة المؤثرة بوحدة (N).

L = طول ذراع القوة بوحدة (m).

مثال: (1)

احسب عزم دوران المحرك (M) بوحدة (N.m).

إذا علمت أن:

$F = 130\,N$

$L = 0.955\,m$

الحـل:

$$M = F \times L = 130 \times 0.955$$
$$= 124.15\ N.m$$

مثال: (2)

احسب عزم دوران المحرك (M).

إذا علمت أن:

$$n = 3750 \text{ r.p.m}$$
$$Peff = 75 \text{ kw}$$

الحـل:

$$M = \frac{Peff \times 9550}{n}$$
$$= \frac{75 \times 9550}{3750} = 191 \text{ N.m}$$

3-2-3 كفاءة المحرك Engines Efficiency:

الكفاءة بصفة عامة، تعبر عن جودة عمل محرك ما. كما يمكن القول إن كفاءة المحرك هي النسبة بين القدرة المستفادة من المحرك، والقدرة المبذولة، للحصول على هذا الخرج.

ويمكن تقسيم كفاءة المحرك إلى:

1- كفاءة ميكانيكية. 2- كفاءة حرارية. 3- كفاءة حجمية.

أ- الكفاءة الميكانيكية Mechanic Efficiency:

الكفـاءة الميكانيكـية للمحـرك، هي: النسبة بين القدرة الفرملية، إلى القدرة البيانية النظرية المتولدة داخل المحـرك. والكفـاءة الميكانيكية، تدل على مقدار القدرة التي تفقد في الاحتكاك في المحرك. فإذا كانت الكفاءة الميكانيكـية تـساوي 90%، دلَّ ذلـك عـلى أن المحـرك يفقـد ما قيمته 10% من القدرة البيانية في الاحتكاك الداخلي.

ويمكن إيجاد الكفاءة الميكانيكية من المعادلة الآتية:

$$\text{الكفاءة الميكانيكية } \eta_{mt} = \frac{\text{القدرة الفرمليـة } Peff}{\text{القدرة البيانية } Pin}$$

$$\eta_{mt} = \frac{Peff}{Pin}$$

وإذا أمكـن تخفـيض القـدرة الاحتكاكـية في المحـرك، فإن الكفاءة الميكانيكية تزداد؛ لأن القدرة الفرملية ستزداد، والعكس صحيح.

حيث إن:

η_{mt} = الكفاءة الميكانيكية الكلية.

Peff = القدرة الفرملية بوحدة (Kw).

Pin = القدرة البيانية بوحدة (Kw).

ب- الكفاءة الحرارية Thermal Efficiency:

إن محـرك الـسيارة، لا يـستطيع تحويل كل الطاقة الحرارية في الوقود إلى شغل، وقدرة مستفادة. حيث إن ثُلُـث الطاقـة الحرارية المنطلقة في الوقود، هو الذي يتحول إلى طاقة مستفادة. بينما الثلثان الآخران يفقدان في غازات العادم، ومياه التبريد، والإشعاع الحراري إلى الخارج.

وتكون نسب الفقد في الطاقة الحرارية لمحركات البنزين* كالآتي:

- تفقد عن طريق غازات العادم ما نسبته 35%.
- تفقد عن طريق دورة التبريد ما نسبته 34%.
- تفقد عن طريق الاحتكاك ما نسبته 4%.
- تفقد عن طريق الإشعاع ما نسبته 2%.

وبهذا تكون نسبة الطاقة الحرارية المستفادة 25 % فقط.

بينما قد تختلف نسب الفقد في الطاقة الحرارية لمحركات الديزل* كالآتي:

- تفقد عن طريق غازات العادم ما نسبته 28%.
- تفقد عن طريق دورة التبريد ما نسبته 27%.
- تفقد عن طريق الاحتكاك ما نسبته 9%.
- تفقد عن طريق الإشعاع ما نسبته 3%.

وبهذا تكون نسبة الطاقة الحرارية المستفادة 33% فقط.

* ملحوظة : تتفاوت نسب الطاقة الحرارية المستفادة في محركات البنزين بين 22%-30%، وفي محركات الديزل بين 32%-40%.

وعلى ذلك تكون معادلة حساب الكفاءة الحرارية كما يأتي:

$$\text{الكفاءة الحرارية } \eta_{eff} = \frac{\text{القدرة المستفادة Peff}}{\text{الطاقة الحرارية المولدة في الثانية}}$$

$$\eta_{in} = \frac{3600 \times Pin}{B \times Hu}$$

$$\eta_{eff} = \frac{3600 \times Peff}{B \times Hu}$$

$$B = \frac{beff \times Peff}{1000}$$

حيث إن:

η_{in} = الكفاءة الحرارية البيانية.

η_{eff} = الكفاءة الحرارية الفرملية (المستفادة).

B = معدل استهلاك الوقود في الساعة بوحدة (Kg/hr).

Hu = القيمة الحرارية بوحدة (Kj/Kg).

beff = معدل الاستهلاك النوعي للوقود بوحدة (g/Kwh).

مثال:

إذا كانت:

beff = 325 g / Kwh

Peff = 40 Kw

Hu = 43000 Kj /Kg

احسب الكفاءة الحرارية الفرملية (η_{eff}).

الحـل:

$$B = \frac{beff \times Peff}{1000} = \frac{325g/Kwh \times 40\ Kw}{1000g/kg}$$

$$= 13kg/h$$

$$\eta_{eff} = \frac{3600 \times Pefff}{B \times Hu} = \frac{3600g/Kwh \times 40Kw}{13Kg/h \times 43000Kj/Kg} = 0,26$$

جـ- الكفاءة الحجمية Volumetric Efficiency :

تُعـبر الكفـاءة الحجمـية للمحرك عن مدى سهولة دخول الهواء (أو شحنة الوقود والهواء)، إلى أسطوانة المحـرك، أو درجـة امـتلاء الأسطوانة بالشحنة خلال شوط السحب. ومع زيادة سرعة دوران المحرك، فإن صـمام الـسحب لا يُـتاح لـه الـوقت الكـافي للـبقاء مفـتوحاً لتعبـئة الأسطوانة بالشحنة. والكفاءة الحجمية تستخدم لقياس هذا الوضع، ويعبر عن الكفاءة الحجمية للمحرك بالمعادلة الآتية:

$$\text{الكفاءة الحجمية } (\lambda_1) = \frac{\text{حجم الهواء الفعلي المسحوب إلى الأسطوانة}}{\text{حجم الازاحة (حجم الهواء الذي يمكن أن يملأ الأسطوانة في الظروف الطبيعية)}}$$

ويلاحـظ أنـه في المحركات ذات الشحن العادي، كتلة الهواء التي تملأ الأسطوانة خلال شوط السحب، تكون أقل مما لو مُلئت الأسطوانة بالهواء عند الضغط، ودرجة الحرارة العاديتين، وذلك للأسباب الآتية:

- مقاومة صمام السحب، وبقية أجزاء مجمع السحب.
- مقاومة صمام العادم، وبقية أجزاء طرد العادم.
- تسخين الشحنة الداخلة إلى الأسطوانة بواسطة الجدران الساخنة للأسطوانة.

وعـلى ذلـك تكـون الكفـاءة الحجمـية للمحرك أقل من الواحد الصحيح، فيما عدا المحركات المشحونة جـبرياً. وتـصل الكفاءة الحجمية في المحركات ذات الشحن العادي إلى حوالي من 80 إلى 90 %، وقد تصل إلى أكبر من 100% في المحركات المشحونة جبرياً. وزيادة الكفاءة الحجمية تؤدي إلى زيادة قدرة المحرك لأن كمية الوقود، والهواء الزائدة سيتم اشتعالها في غرفة الاحتراق، وهذا يعني زيادة في قدرة المحرك.

- **العوامل التي تؤثر على درجة امتلاء الأسطوانة بالشحنة خلال شوط السحب:**

1- الزمن المتاح لدخول الشحنة ويتوقف على سرعة المحرك، وعدد درجات فتح صمام السحب.

2- كثافة الشحنة عند الدخول. وتتوقف على درجة حرارة الشحنة.

3- رواسب الكربون في الأسطوانة والصمامات.

4- المقاومات بمسار دخول الشحنة في الفلتر، ومجمع السحب.

ويمكن حساب الكفاءة الحجمية (λ_1) كما يأتي:

$$\lambda_1 = \frac{m_a}{mthi}$$

$$ma = Va \times \rho_a$$

$$mthi = Vcy \times \rho_a$$

حيث إن:

λ_1 = الكفاءة الحجمية.

mthi = وزن الامتلاء النظري (التام) للأسطوانة بالهواء الحر، أو بمخلوط الوقود والهواء بوحدة (Kg).

ma = وزن الهواء الحر (الفعلي)، أو مخلوط الوقود والهواء في الأسطوانة قبل الاشتعال بوحدة (Kg).

Va = الشحنة الحرة للأسطوانة بوحدة (m^3).

Vcy = حيز الشوط للأسطوانة بوحدة (m^3).

ρ_a = كثافة الغازات المسحوبة بوحدة (Kg/m^3).

4-2-3 استهلاك الوقود Fuel consumption:

بمعرفة كمية الوقود المستهلكة في محرك ما، في وقت ما، يمكن الحكم على جودة هذا المحرك. ويدخل استهلاك الوقود كعامل أداء للمقارنة بين المحركات المختلفة، وكمية الوقود المستهلكة في فترة زمنية محدودة لمدة ساعة واحدة لكل كيلو وات في القدرة المولدة، وتعرف على أنها الاستهلاك النوعي للوقود، وهو مبني على معرفة القدرة البيانية، أو القدرة الفرملية ويحسب في المعادلة الآتية:

$$\text{الاستهلاك النوعي للوقود} = \frac{\text{الوقود المستهلك في الساعة}}{\text{القدرة المستفادة (Kw)}}$$

$$beff = \frac{3600 \times v \times \rho}{t \times Peff}$$

$$beff = \frac{1000 \times B}{Peff}$$

$$B = \frac{3600 \times v \times \rho}{1000 \times t}$$

حيث إن:

B = معدل استهلاك الوقود بوحدة (Kg/h).

beff = معدل الاستهلاك النوعي للوقود بوحدة (g/Kwh).

V = الحجم بوحدة (Cm^3) (الحجم المقاس للوقود) حجم الوقود للأسطوانة الواحدة.

ρ = كثافة الوقود بوحدة (g/cm^3).

t = الزمن بوحدة (s) (الزمن المقاس لتدفق الوقود).

Peff = القدرة المستفادة بوحدة (Kw).

مثال:

أوجد قيمة كُلّ من: استهلاك الوقود (B) بوحدة (Kg/h)، ومعدل الاستهلاك النوعي للوقود (beff)

علماً أن:

$$Peff = 33\ Kw.\ v = 100\ cm^3.\ T = 25\ s$$

$$\rho = 0{,}74\ g/cm^3$$

الحـل:

$$B = \frac{3600 \times v \times \rho}{1000 \times t} = \frac{3600 \times 100 cm^3 \times 0{,}74}{1000 \times 25}$$

$$= 10{,}66\ Kg/h$$

$$beff = \frac{1000 \times B}{Peff} = \frac{1000 \times 10{,}66}{33}$$

$$= 323\ g/Kwh$$

3-3 دورة عمل المحرك:

3-3-1 دورة أوتو:

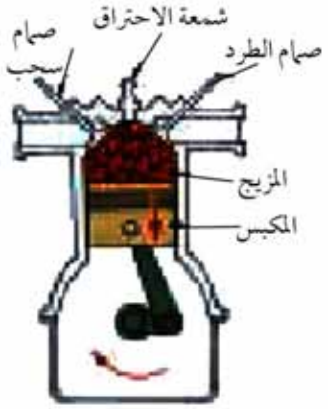
- يسحب خليط الهواء والوقود، بعد أن تم تذريره في المغذي، أو في مجمع السحب، ويكون الخليط في هذه الحالة قابلاً للاشتعال.
- بمجرد اشتعال الخليط داخل أسطوانة المحرك، ينشأ عن ذلك ضغط عالٍ يتحول إلى طاقةٍ حركيةٍ.
- قبل اشتعال الخليط، يكون الضغط مرتفعاً في نهاية شوط الضغط، وينتج عن ذلك ارتفاع حرارة الخليط، ويكون بهذا مهيأً للاشتعال.
- بواسطة الشرر الصادر من شمعة الاشتعال، يحدث الانفجار، والتمدد للغازات المحترقة.
- الانفجار والتمدد للخليط يسبب ضغطاً مرتفعاً على المكبس، ما يدفعه بسرعةٍ إلى النقطة الميتة السفلى (قدرة المحرك).

- الأشواط الرئيسية لمحرك البنزين:

شوط السحب، شوط الضغط، شوط العمل، شوط العادم.

الـــشوط		السحب	
وضـــــــــع الصمامات	I-V صمام السحب	مفتوح من 0 إلى 45 قبل T.D.C والغلق في حوالي 35 بعد B.D.C	
	E-V صمام العادم	مغلق	
العمليات داخل الأسطوانة. – غرفة الاحتراق.		- يكبر حجم الغرفة أثناء هبوط المكبس وينشأ تبعاً لذلك انخفاض الضغط داخل الأسطوانة، ما يجعل تدفق الخليط المكون من الوقود والهواء (شكل غازي) سهلاً بسبب الفرق الحاصل في الضغط داخل الأسطوانة وخارجها داخل الأسطوانة (تخلخل انعدام الضغط). - يستمر سحب الخليط الغازي إلى أن يصل المكبس إلى النقطة الميتة السفلى (B.D.C) تقريباً، حيث يبدأ صمام السحب في الانغلاق. - يحدث تبريد داخلي للأسطوانة بسبب تدفق الخليط. شكل (3-4).	شكل (3-4)
الضغط في الأسطوانة		ضغط منخفض = 0.1 إلى 0.2 بار تقريباً	
الحرارة في الأسطوانة		من 50 إلى 120c°	

الـــشوط		الضغط	
وضع الصمامات	I-V	مغلق	
	E-V	مغلق	
العمليـــــات داخـــــل الأســـــطوانة – غـــــرفة الاحتراق.		- يستمر عمود المرفق في الدوران، برفع انغلاق صمامي السحب والعادم، ووجود الخليط المكون من الوقود والهواء محصور داخل الأسطوانة بشكل محكم بتحرك المكبس من النقطة الميتة السفلى (B.D.C) إلى النقطة الميتة العليا (T.D.C)، دافعاً أمامه الخليط. أثناءها يرتفع الضغط داخل الأسطوانة وترتفع درجة حرارة الخليط. وعند اكتمال شوط الضغط – تقريباً – تصبح درجة حرارة الخليط مرتفعة جداً ولكن ليس إلى درجة الاشتعال الذاتي، إضافةً إلى تحسين مستوى مزج جزيئات الخليط المكون من الوقود والهواء. شكل (3-5).	 شكل (3-5) شوط الضغط
الضغط في الأسطوانة		ضغط مرتفع من 10 إلى 20 بار	
الحرارة في الأسطوانة		من 400 إلى 500c° درجة مئوية	

الـــشوط		الاحتراق – العمل (القدرة)	
وضع الصمامات	I-V	مغلق	
	E-V	مغلق حتى قبل وصول المكبس إلى النقطة الميتة السفلى بعدة درجات.	
العمليـــات داخـــل الأســـطوانة – غـــرفة الاحتراق.		- قـبل وصـول المكـبس إلى الـنقطة الميـتة العلـيا بـ 10 إلى 20 درجـة؛ يحـدث الانفجار، وذلك بفعل قفز الشرر بين قطبي شمعة الاشتعال. - في هـذا الشوط، يتم تحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة حرارية ومن ثم إلى طاقة حركية (قدرة). - يتحـرك المكبس من النقطة الميتة العليا إلى النقطة الميـتة الـسفلى بفعـل ضـغط الخلـيط المحـترق وتمـدده. حـيث تبلغ سرعة المكبس من 10m/s إلى 25m/s تقريباً. - في هـذا الـشوط يتم الحصول على قدرة – شغل ميكانيكـي، بيـنما تـستهلك الأشـواط الـثلاثة الباقية، الشغل الميكانيكي. - الضغط في بداية الاحتراق مرتفع جداً، يتلاشى مـــع وصـــول المكـــبس إلى الـــنقطة الميـــتة الـسفلى (T.D.C)، بفعـل انفـتاح صمام العادم قبل النقطة الميتة السفلى. شكل (3-6).	 شكل (3-6) شوط الاحتراق
الضغط في الأسطوانة		ضغط عالٍ من 30 إلى 60 بار	
الحرارة في الأسطوانة		حرارة عالية جداً من 2000 إلى 2500c° درجة مئوية	

الـــشوط		العادم	
وضع الصمامات	I-V	مغلق	
	E-V	مفتوح	
العمليـــــات داخـــــل الأســـــطوانة – غـــــرفة الاحتراق.		- بمجـرد انفـتاح صـمام العـادم قـبل نهاية شوط العمـل (الاحـتراق)، تخـرج الغـازات المحترقة بـسرعة كبـيرة مـن خلال فتحة صمام العادم إلى ماسـورة العـادم، ويكـون ضغط هذه الغازات أعـلى مـن الضغط الجوي. وأثناء حركة المكبس إلى الأعـلى، يبقـى صـمام العـادم مفتوحاً لطرد الغازات المحترقة، حتى بعد وصول المكبس إلى النقطة الميتة العليا. - يحـدث في نهايـة هـذا الـشوط حالـة تـراكب الـصمامات، وهو نهاية فتح صمام العادم، وبداية فـتح صـمام الـسحب. وهـذه الحالة تُساعد على تدفـق الخليط مع بداية شوط السحب. وسرعة طـرد غـازات العـادم المتبقـية، دون اخـتلاط الخليط مع الغازات المحترقة. شكل (3-7).	 شكل (3-7) شوط العادم
الضغط في الأسطوانة		من 4 إلى 6 بار	
الحرارة في الأسطوانة		عند المسير الفارغ 300 إلى 500c°، وعند الحمل الكامل 700 إلى 1000c°	

2-3-3 دورة الديزل:

تسمى هذه الدورة، بدورة الضغط الثابت. وفي شوط السحب يسحب الهواء النقي فقط، عند تحرك المكبس من النقطة الميتة العليا إلى النقطة الميتة السفلى صمام السحب مفتوح فقط بعد ذلك ينضغط الهواء حتى ترتفع درجة حرارته، وقبل وصول المكبس إلى النقط الميتة العليا يتم البدء بحقن الوقود، ثم عند انتهاء الحقن يحدث الاحتراق (الانفجار) قبل وصول المكبس إلى النقطة الميتة العليا، ومع الاحتراق تتمدد الغازات لتولد القدرة التي تضغط على المكبس وتدفعه إلى الأسفل (النقطة الميتة السفلى).

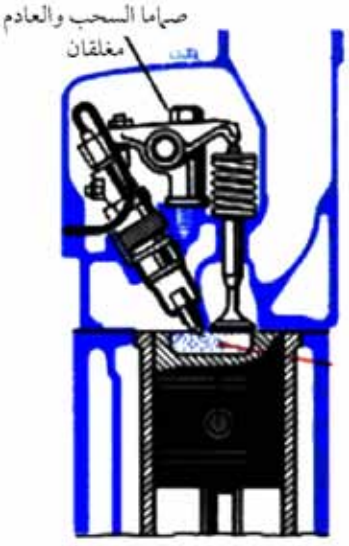
- **الأشواط الرئيسية:**

شوط السحب، شوط الضغط، شوط الاحتراق، شوط العادم.

شوط السحب:

الشوط		السحب	
وضع الصمامات	I-V	مفتوح	شكل (3-8) شوط السحب
	E-V	مغلق	
العمليات داخل الأسطوانة – غرفة الاحتراق.		- يكبر حجم الغرفة أثناء هبوط المكبس، وينشأ تبعاً لذلك انخفاض الضغط داخل الأسطوانة؛ ما يجعل تدفق الهواء النقي جيداً، وذلك بسبب الفرق الحاصل في الضغط داخل الأسطوانة، وخارجها. - يستمر سحب الهواء إلى أن يصل المكبس إلى النقطة الميتة السفلى تقريباً، حيث يبدأ صمام السحب بالانغلاق. - يحدث تبريد داخل الأسطوانة بفعل تدفق الهواء النقي إلى داخلها. شكل (3-8).	
الضغط في الأسطوانة		ضغط منخفض من 0.9 إلى 0.8 بار	
الحرارة في الأسطوانة		من 50 إلى 120c°	

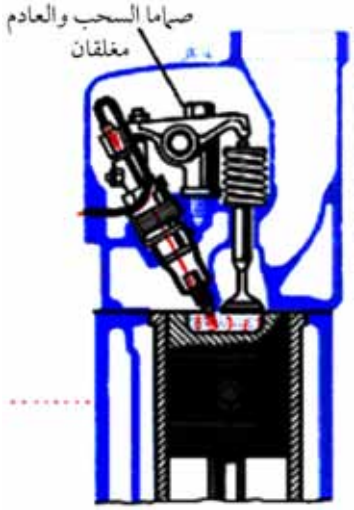
شوط الضغط:

الشوط		الضغط	
وضع الصمامات	I-V	مغلق	صمام السحب والعادم مغلقان  شكل (3-9) شوط الضغط
	E-V	مغلق	
العمليات داخل الأسطوانة – غرفة الاحتراق.		- يستمر عمود المرفق في الدوران، وينغلق صماما السحب والعادم. ووجود الهواء النقي محصور داخل الأسطوانة بشكل محكم، وبتحرك المكبس من النقطة الميتة السفلى (B.D.C)، إلى النقطة الميتة العليا (T.D.C)، دافعاً أمامه الهواء، أثناءها يرتفع الضغط داخل الأسطوانة وترتفع درجة حرارة الهواء، وعند اكتمال شوط الضغط تقريباً. - تصبح درجة حرارة الهواء مرتفعةً جداً، وقبل وصول المكبس إلى النقطة الميتة العليا بدرجات معينةٍ، يبدأ حقن وقود الديزل، ثم انتهاء الحقن. حيث يبدأ قبل ذلك الاشتعال قبل وصول المكبس النقطة الميتة العليا. شكل (3-9).	
الضغط في الأسطوانة		ضغط مرتفع من 30 إلى 55 بار	
الحرارة في الأسطوانة		من 600 إلى 900c°	

I = صمام السحب. E= صمام العادم.

شوط الاحتراق – العمل (القدرة):

الـــشوط		الاحتراق – العمل	
وضع الصمامات	I-V	مغلق	
	E-V	مغلق	
العمليات داخل الأسطوانة – غرفة الاحتراق.		- يبدأ هذا الشوط قبل وصول المكبس إلى النقطة الميتة العليا، قبل نهاية شوط الضغط يبدأ الحقن، و يمتزج الهواء بالوقود المحقون. ونتيجةً لارتفاع درجة الحرارة، يتم الاحتراق، ثم تبدأ الشحنة المحترقة بالتمدُّد (تتحول الطاقة الكيميائية إلى طاقة حرارية ينتج عنها طاقة ميكانيكية) تمدد الشحنة تضغط على سطح المكبس، فيتحرك حتى يصل إلى النقطة الميتة السفلى. - قبلها يبدأ صمام العادم بالفتح؛ ما يسبب في انهيار الضغط داخل الأسطوانة، وخروج الغازات المحترقة بسرعة كبيرة. شكل (3-10).	
الضغط في الأسطوانة		ضغط عالي من 60 إلى 90 بار	
الحرارة في الأسطوانة		حرارة عالية جداً من 2000 إلى 2500c° درجة مئوية	



شكل (3-10)
شوط الاحتراق

شوط العادم:

الـــشوط		العادم	
وضع الصمامات	I-V	مغلق	صمام العادم مفتوح شكل (3-11) شوط العادم
	E-V	مفتوح	
العمليات داخل الأسطوانة – غرفة الاحتراق.		- قبل وصول المكبس إلى النقطة الميتة السفلى في شوط الاحتراق، يبدأ صمام العادم في الفتح، ومسبباً انهياراً شديداً لضغط الغازات المحترقة داخل الأسطوانة، وخروج تلك الغازات بسرعة كبيرة. حينها يبدأ المكبس حركته من النقطة الميتة السفلى إلى النقطة الميتة العليا، ضاغطاً أمامه الغازات المحترقة. وقبل وصول المكبس إلى النقطة الميتة العليا، يحدث ما يسمى بحالة التراكب، وهي بداية انغلاق صمام العادم، وفتح صمام السحب، ما يتيح دخول الهواء النقي مبكراً. حيث يعمل على طرد الغازات المحترقة، إضافةً إلى التبريد الجبري للأسطوانة.شكل (3-11).	
الضغط في الأسطوانة		ضغط من 2 إلى 6 بار	
الحرارة في الأسطوانة		من 500 إلى 600c° درجة مئوية وبحسب سرعة دوران المحرك	

I = صمام السحب. E= صمام العادم.

4-3 مُنحنيات أداء المحركات:

تمثل منحنيات أداء المحركات، العلاقة بين القدرة والعزم، واستهلاك الوقود، مع سرعة دوران عمود المرفق. وتختلف المحركات – سواء كانت بنزين أو ديزل – في قيم القدرة والعزم، واستهلاك الوقود، عند سرعاتٍ مختلفةٍ لعمود المرفق. وباستخدام منصات المحرك (الديناموميتر)، يمكن الحصول على منحنيات أداء المحرك.

حيث تُمثل سرعة المحرك على المحور الأفقي باللفة / دقيقة (r.p.m)، وعلى المحور الرأسي الأيسر القدرة الفرملية بوحدة (Kw)، والمحور الرأسي الأيسر عزم دوران المحرك بوحدة (Nm)، ويضاف في أسفل المحور الأيسر مقياس؛ لمعرفة الاستهلاك النوعي للوقود بوحدة (g/Kwh).

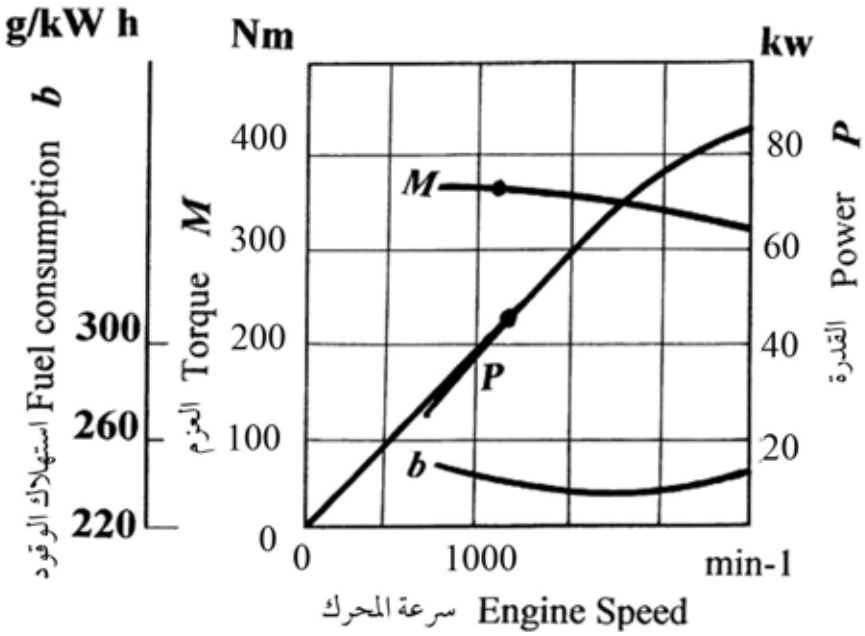
وبهذا يمكن قياس القدرة وعزم دوران المحرك، والاستهلاك النوعي للوقود، عند تغير الأحمال، وسرعات المحرك. ويمكننا قراءة خصائص محددة للمحرك مثل:

1- أقصى عزم دوران، والسرعة المناظرة.

2- أقصى قدرة، والسرعة المناظرة.

3- أقل استهلاك نوعي للوقود، والسرعة المناظرة.

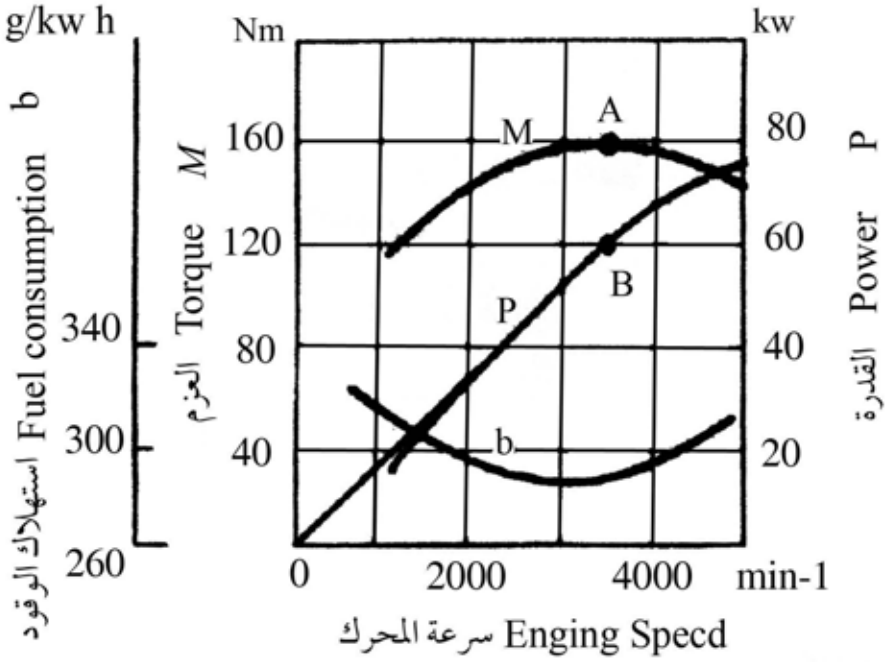
1-4-3 مُنحنيات الأداء لمحرك ديزل: شكل (3-12).



شكل (3-12)

مُنحنى الأداء لمحرك ديزل عند حملٍ ثابتٍ

2-4-3 مُنحنيات الأداء لمحرك بنزين: شكل (3-13).



شكل (3-13)

منحنى الأداء لمحرك بنزين عند حملٍ ثابتٍ

تقـــويم الوحـــدة

س1- عرِّف ما يلي:

النقطة الميتة العليا - النقطة الميتة السفلى - شوط المكبس - نسبة الانضغاط.

س2- أكمل ما يأتي:

- تحسب نسبة الانضغاط بقسمة حجم الأسطوانة والمكبس عند ..... على حجم ..... والمكبس عند..... .
- حجم الأسطوانة هو..... الواقع بين ..... و ..... .
- معادلة حجم الأسطوانة $Vcy = ...\times s =$
- معادلة نسبة الانضغاط $\varepsilon = \frac{+Vc}{Vc}$
- كلما زادت نسبة الانضغاط يرتفع ضغط الانضغاط داخل ..... ، فترتفع درجة حرارة..... ما يزيد من..... المحرك أو يحدث ..... ذاتي.

س3- زيادة نسبة الانضغاط هي:

أ - زيادة طول شوط المكبس.

ب - تكبير حيز الاحتراق.

جـ - تصغير قطر الأسطوانة.

س4- قدرة المحرك هي:

أ - الطاقة المولدة من عزم المحرك.

ب - الطاقة الناتجة عن الغازات المحترقة الخارجة من أسطوانة المحرك.

جـ - الطاقة المولدة من ضغط الغازات المحترقة من أسطوانة المحرك.

س5- معادلة القدرة البيانية للمحرك:

أ - $Vs = \frac{pi \times n}{1200}$

ب - $Fi = \frac{vs \times vm \times z}{1200}$

جـ - $Pin = \frac{vs \times Pi \times n}{1200}$

س6- قدرة المحرك يمكن تصنيفها إلى:

أ - قدرة بيانية.

ب - قدرة فائقة.

جـ - قدرة حرارية.

د - قدرة فرملية.

س7- رتب الصيغ المناسبة في العمود (ب) مع ما يناسبها من الرموز في العمود (أ)، والخاصة بمعطيات القدرة البيانية:

(أ) الرمز	(ب) الصيغة	الوحدة
Pin	مساحة سطح المكبس	Kw
S	القدرة المستفادة	m
d	عدد الأسطوانات	Cm
peff	طول شوط المكبس	Kw
A	القدرة البيانية	Cm^2
Z	قطر المكبس	——

س8- تعرف كمية الوقود المستهلكة في الساعة لكل كيلو وات من القدرة المولدة بـ.....

أ- الكفاءة الحرارية.

ب- الكفاءة الحجمية.

ج- الإستهلاك النوعي للوقود.

د- القدرة البيانية.

س9- ما العلاقة بين استهلاك الوقود وقدرة المحرك؟

س10- كفاءة المحرك يمكن تصنيفها إلى:

أ - كفاءة المحرك الميكانيكية.

ب - كفاءة المحرك النوعية.

جـ - كفاءة المحرك الحرارية.

د - كفاءة المحرك العالية.

س11 - حدِّد نسبة الحرارة المستفادة والمفقودة أمام كل عنصر من العناصر الآتية:

- تبلغ نسبة الطاقة الحرارية المتحولة إلى مشغل ميكانيكي ٪ من الحرارة المعطاة.
- تبلغ نسبة الطاقة الحرارية المفقودة من طريقة الإشعاع ٪ من الحرارة المعطاة.
- تبلغ نسبة الطاقة الحرارية المفقودة عن طريقة الاحتكاك ٪ من الحرارة المعطاة.
- تبلغ نسبة الطاقة الحرارية المفقودة عن طريقة غاز العادم ٪ من الحرارة المعطاة.
- تبلغ نسبة الطاقة الحرارية المفقودة خلال دورة التبريد ٪ من الحرارة المعطاة.

س12- عرِّف الكفاءة الحرارية.

س13- كيف تكتب معادلة الكفاءة المستفادة مستخدماً الرموز التي درستها؟

س14- الكفاءة..... = الشغل المستفاد / الشغل.....

س15- اذكر الأشواط الأربعة لمحرك أوتو (بنزين) بالترتيب.

س16- وضِّح ما يأتي:

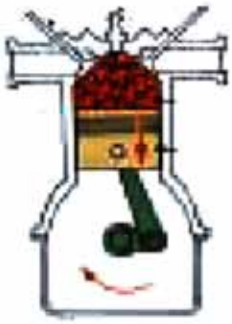
أ - حركة المكبس في شوط السحب.

ب- صمامي السحب والعادم في شوط الاحتراق.

جـ - الضغط داخل الأسطوانة في شوط الضغط.

د- درجة الحرارة في الأسطوانة في شوط العادم.

س17- سمِّ الشوط في الرسومات شكل (3-14) مع تسمية الأجزاء:



شكل (3-14)

س18- محرك رباعي الأشواط، ذو أربع أسطوانات $Z = 4$، عند سرعة دوران $n = 2550\,r.p.m$، وكان الضغط المتوسط البياني $Pi = 9.5\ bar$، والقوة المؤثرة $F = 170\,N$، ويبلغ قطر اسطوانته $d = 85\,mm$، وطول الشوط $S = 120\,mm$، ويبلغ طول ذراع الرافعة $L = 0.955\,m$

احسب ما يلي:

1- عزم الدوران M بوحدة (N.m).

2- القدرة الفرملية Peff بوحدة (kw).

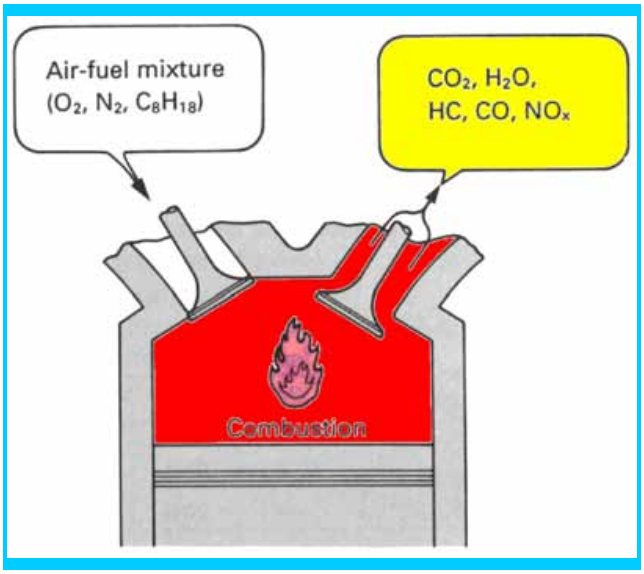
3- القدرة البيانية Pin بوحدة (kw).

4- الكفاءة الميكانيكية للمحرك η_{mt}.

الوحـــدة

4

أساسيات الاحتراق في محركات الاحتـراق الداخلـي



الأهـــداف:

يتوقع من الطالب بعد الانتهاء من دراسة هذه الوحدة أن يصبح قادراً على أن:

1- يتعرف الاحتراق في محركات البنزين.
2- يتعرف مكونات وخصائص وقود البنزين.
3- يتعرف النسبة النظرية لاختلاط الوقود والهواء.
4- يتعرف أنواع غازات احتراق وقود البنزين.
5- يقارن بين محركات البنزين و الديزل.
6- يتعرف الاحتراق في محركات الديزل ومراحله.
7- يتعرف مكونات وخصائص وقود الديزل.
8- يتعرف نسبة خلط الديزل والهواء.
9- يتعرف أنواع غازات الاحتراق لمحركات الديزل.

4- أساسيات الاحتراق في محركات الاحتراق الداخلي:

4-1 الاحتراق في محركات البنزين:

4-1-1 المعنى العلمي للاحتراق:

هو تحويل الطاقة الكيميائية المختزنة في الوقود، داخل محرك الاحتراق الداخلي، إلى طاقة حرارية بعد تشغيل المحرك. ومن حيث تتم تحويلها إلى طاقةٍ ميكانيكيةٍ.

الاحتراق: هو تفاعل كيميائي، يحدث عندما تنفصل ذرات الكربون والهيدروجين، وتتحد مع ذرات الأكسجين.

4-1-2 كيفية الاحتراق:

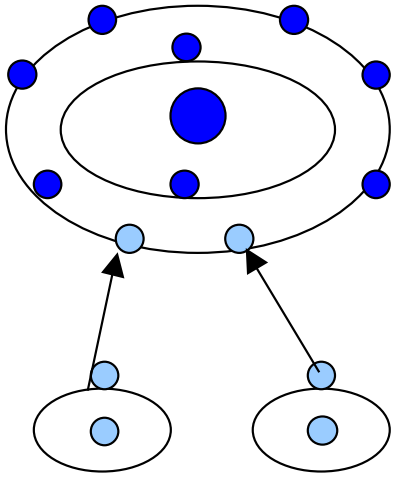
يتكون الوقود في الأساس، من هيدروجين، وكربون ولذلك، يطلق عليه (هيدروكربون)، ويكون التفاعل الكيميائي أثناء الاحتراق بين العناصر الثلاثة: الأكسجين، والهيدروجين والكربون.

الكربون = C
الهيدروجين = H_2
الأكسجين = O_2
$C + H_2 + O_2$

أولاً- اتحاد ذرات الأكسجين مع ذرات الهيدروجين:

تحتوي ذرة الأكسجين، على ثمانية نيترونات، وثمانية إلكترونات، تدور الثمانية الإلكترونات حول نواة الذرة في مدارين اثنين إلكترونان في مدارٍ داخلي، وستة إلكترونات في مدارٍ خارجي.

- المدار الخارجي، يستطيع استيعاب ثمانية إلكترونات، بدلاً من ستة. أي إنه يستطيع الاتحاد مع إلكترونين إضافيين.
- أما ذرة الهيدروجين، فتحتوي على إلكترونٍ واحدٍ. وبهذا بإمكان ذرة الأكسجين الاتحاد مع ذرتين من الهيدروجين، فتتحد إلكترونات الهيدروجين مع إلكترونات الأكسجين، فيصبح في المدار الخارجي لذرة الأكسجين ثمانية إلكترونات. وهذه العملية تعطي ذرة الأكسجين شحنتين مختلفتين، و هما اللتان فقدتهما ذرات الهيدروجين. ونتيجةً لقوة الجذب بين الشحنات المختلفة الإشارة (+) مع (-)، تلتصق ذرات الهيدروجين، مع ذرات الأكسجين، مكونة جزيئات ما يسمى ببخار الماء، ويرمز له بـ H_2o2.



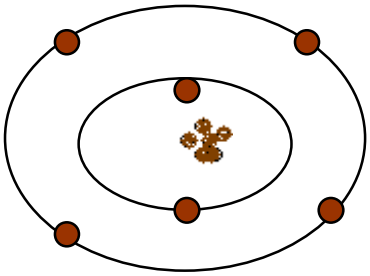
ذرة هيدروجين ذرة هيدروجين

شكل (4-1)

ثانياً- اتحاد ذرة الأكسجين بذرة الكربون:

- تحتوي نواة ذرة الكربون على ستة بروتونات، وستة نيترونات، ويدور حولها ستة إلكترونات، اثنان منها في المدار الداخلي، وأربعة في المدار الخارجي.

شكل (4-2).



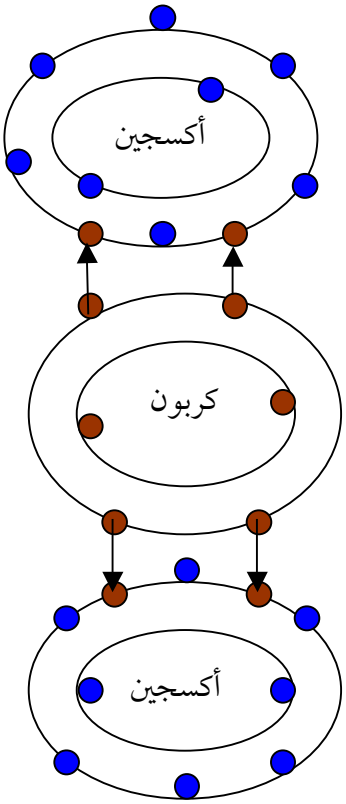
شكل (4-2)

ذرة كربـــون

- أثناء عملية الاحتراق تتحد الأربعة الإلكترونات الخارجية، مع ذرتين من الأكسجين، وذلك يعطي لكل ذرة من ذرات الأكسجين، شحنتين سالبتين، وكل ذرة من ذرات الكربون، أربع شحنات موجبة. ونتيجة لوجود شحنات مختلفة (+) مع (-)، فإن الذرات تلتصق ببعضها، مكونة جزيئات من غاز ثاني أكسيد الكربون، ورمزه (Co_2).

شكل (4-3)

وخلاصة القول، إن عملية الاحتراق، عبارة عن اتحاد الأكسجين الموجود في الهواء، مع الهيدروجين، والكربون، المكونين الأساسيين للوقود.



الشكل (4-3)

اتحاد ذرتي الأكسجين مع ذرة واحدة من الكربون لتكوين جزيئي ثاني أكسيد الكربون Co_2

3-1-4 حالات الاحتراق:

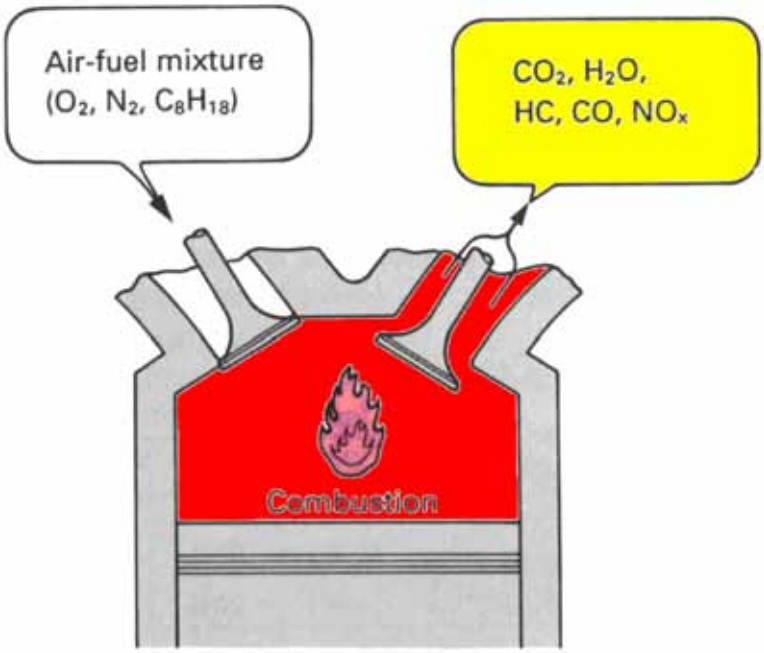
مـن خـلال معـرفتنا لحالات اتحاد ذرة الأكسجين، مع ذرتين للهيدروجين، وكذلك ذرتين للأكسجين، مع ذرة واحدة للكربون، وما ينتج عن تلكما الحالتين من نواتج احتراق، تمثل الأولى بخار الماء ($2H_2O$)، والثانية ثاني أكسيد الكربون (CO_2). وبهذا يمكن القول إن هناك حالتين فقط للاحتراق هما:

- **الحالـة الأولى**: ويمكـن تـسميتها بالحالـة المثالـية، وهـي تعـبر عـن الاحـتراق الكامل. وهو اتحاد ذرات الأكسجين، بذرات الهيدروجين وذرات الكربون، وتعبر عنها المعادلتان الآتيتان:

حالة الاحتراق المثالية
$1)\ C + O_2 = CO_2 +$ حرارة
$2)\ 2H_2 + O_2 = 2H_2O +$ حرارة

- **الحالـة الثانـية**: وهـي تعبر عن الاحتراق غير الكامل، وهو اتحاد ذرتين للكربون، مع ذرتين للأكسجين. حيث يعتبر المخلوط في هذه الحالة بما يسمى مخلوط غني. ومن ناتج الاحتراق في هذه الحالة، هو غاز أول أكسيد الكربون السام، ويعبر عن ذلك بالمعادلة الآتية:

الاحتراق غير الكامل (مخلوط غني)
$2C + O_2 = CO +$ حرارة



شكل (4-4)

حالات الاحتراق ومجموعة الغازات الداخلة والخارجة من المحرك

4-1-4 متطلبات احتراق الوقود:

كما تم توضيحه سابقاً، فالبنزين، عبارة عن عددٍ من المواد الهيدروكربونية المختلفة ٪15 هيدروجين، ٪85 كربون.

الهواء خليط يتكون من أكثر من ٪21 أكسجين، ٪78 نيتروجين و ٪1 من الغازات الأخرى.

إذاً فقط الأكسجين هو المطلوب لحرق البنزين. و لكي تصل عملية الاحتراق إلى الاحتراق الكامل، لابد أن تتوافر المتطلبات الآتية:

- **قابلية التطاير**: البنزين: يجب أن تكون له قابلية تطاير عالية – وبخاصة – عند درجات الحرارة المنخفضة؛ حتى يمكن بدء تشغيل المحرك بسهولة.
- **درجة الغليان**: بما أن درجة غليان البنزين منخفضة لذلك يجب ألاَّ تصل حرارته إلى درجة الغليان داخل المغذي، ومجمع السحب، حتى لا يعوق حركة الوقود بما يسمى ظاهرة الانسداد البخاري.
- **مقاومة عالية للطرق**: الطرق: هو الصوت الناتج من احتراقٍ سريعٍ جداً، وغير طبيعي تم التحكم فيه، عن طريق رقم الأوكتان. فالبنزين ذو القيمة 91 أوكتان، يكون مقاوماً لصفع أكثر من البنزين ذي القيمة 87 أوكتان.
- **درجة نظافة عالية**: إضافات الوقود، تلعب دوراً حيوياً في تحديد نظافة، ونوعية الوقود. فوجود الماء مع الوقود، يؤدي إلى تآكل أجزاء المحرك.
- **الاستقرار، وعدم تغير حالته وبخاصة عند التخزين**: يتم الوصول إلى استقرار حالة الوقود، – وبخاصة – في الخزانات، من خلال الإضافات؛ لمنع أكسدة الوقود بالأوكسجين الجوي. ومن هذه الإضافات مواد كيميائية عديدة.

5-1-4 الاحتراق غير الطبيعي في محركات البنزين:

يحدث الاحتراق غير الطبيعي في المحركات، عندما لا تنتشر جبهة اللهب بتدرج ونعومة إلى جميع أرجاء غرفة الاحتراق (الأسطوانة)، وخليط الوقود الفقير، ودرجات حرارة المحرك العالية، و انخفاض جودة البنزين (انخفاض رقم الأوكتان)، جميعها عوامل تؤدي إلى حدوث الاحتراق غير الطبيعي. ومن أهم ظواهر الاحتراق غير الطبيعي في محركات البنزين ما يأتي:

• **ظاهرة الصفع (الطرق) Detonation:**

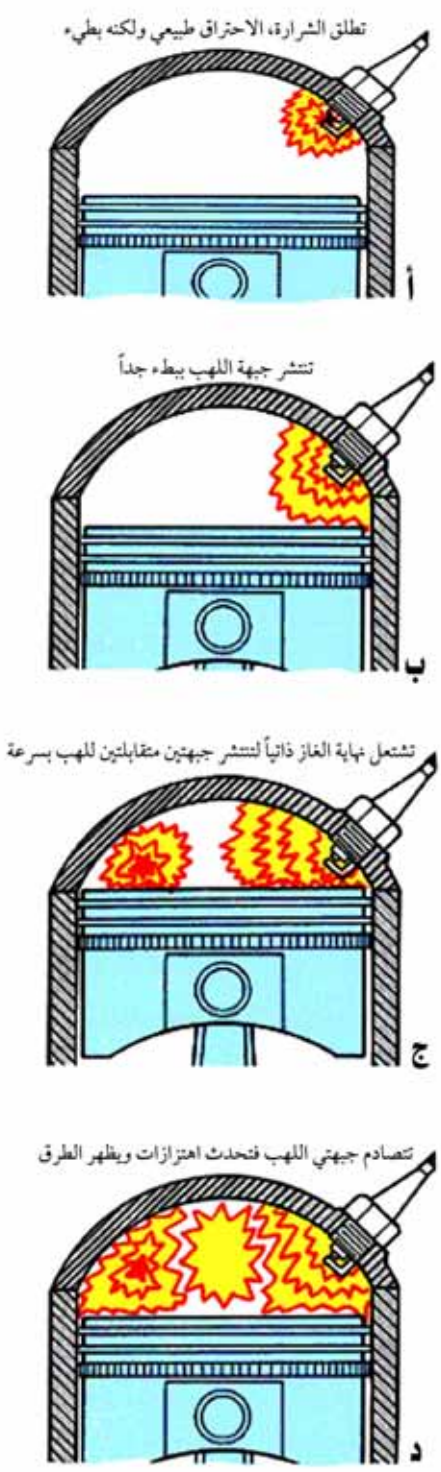
يحدث الصفع عندما ينفجر أو يحترق جزء من الخليط داخل الأسطوانة، وغرفة الاحتراق بعنفٍ، وهو أقسى أنواع الاحتراق غير الطبيعي، الذي يؤدي إلى حدوث أضرار بالغة في المحركات، ويرتفع الضغط بسرعة غير عادية داخل الأسطوانة لدرجة حدوث اهتزازات لأجزاء المحرك تسمع أصوات تشبه الدق، أو الطرق، شكل (4-5).

ويبين الشكل ماذا يحدث أثناء الصفع، كما تبين من الشكل (أ)، ينطلق الشرر ويبدأ الاحتراق طبيعياً، ولكنه بطيئاً، وجبهة اللهب لا تنتشر بالسرعة اللازمة.

في الشكل (ب)، يستمر الاحتراق ببطءٍ شديدٍ، وذلك نتيجة مشاكل في خلط الوقود والهواء، أو نقص في إثارة الخليط.

في الشكل (جـ)، ارتفاع الضغط داخل الأسطوانة ما أدى إلى ارتفاع درجة حرارة الخليط الذي يحدث انفجاراً مقابلاً للانفجار الصادر في شمعة الاشتعال.

في الشكل (د)، يحدث لجبهتي اللهب تصادم، ونتيجة لذلك، تحدث الاهتزازات، ويظهر الصفع بوضوح. حيث يمكن للصفع أن يزيد من مقدار الضغط، والحرارة داخل غرفة الاحتراق، ما يؤدي إلى حدوث شرخٍ في رأس الأسطوانة، وكسرٍ للمكبس وغيره.



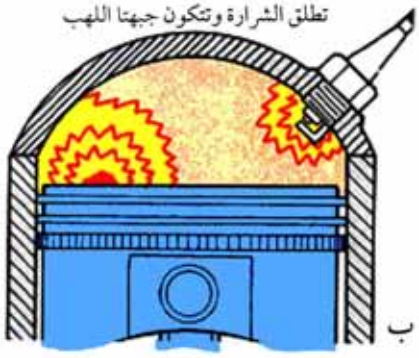
شكل (4-5)

• **ظاهرة سبق الاشتعال Preignition:**

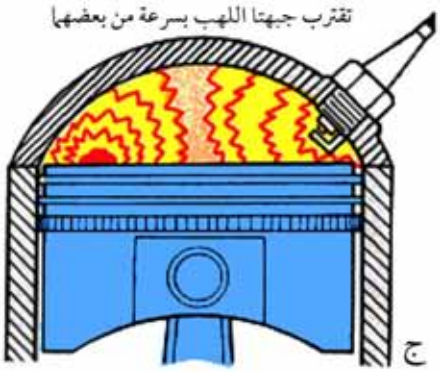
ينشأ الاشتعال المتقدم عندما تقوم بقعة ساخنة في غرفة الاحتراق، أو في الأسطوانة (قطعة ساخنة في رواسب الكربون، أو شحنة زائدة في صمام العادم، وهكذا)..

بإشعال الخليط، مثل إطلاق شررٍ من شمعة الاشتعال، حيث يصدر صوت طرقٍ خفيفٍ، يمكن سماعه نتيجة لسبق الاشتعال، وهذا الصوت لا يشبه صوت طرق الصفع، ولا يسبب أضراراً بالقدر الذي يسببه الصفع، كما في الشكل (4-6) الذي يوضح مراحل حدوث سبق الاشتعال كالآتي:

الشكل (أ)، يوضح وجود بقاع كربونية، تعمل على إشعال الخليط قبل صدور الشرر في شمعة الاشتعال.



الشكل (ب)، تطلق شمعة الاشتعال الشرر، وتتكون جبهتا لهبٍ داخل الأسطوانة.



الشكل (جـ)، تتسع جبهتا اللهب، وتقرب من بعضها. كل ذلك يحدث في جزءٍ من الثانية.

الشكل (د)، بمجرد اقتراب جبهتي اللهب من بعضهما ونتيجةً لاتساعهما، يحدث تصادم للجبهتين، مسبباً ضغطاً عالياً، وحرارة عالية، وصوت طرق.

شكل (4-6)

2-4 مكونات وخصائص وقود البنزين:

1-2-4 مكونات البنزين والهواء:

يـتم إنتاج وقود محركات البنزين، من مشتقات البترول، وهو عبارة عن مركبٍ هيدروكربوني، ويتم إنتاجه من خلال عملية تكرير الزيت الخام. ويمكن تقسيم طرق الإنتاج إلى ثلاثة أقسام هي:

1- فصل مكونات البترول المختلفة بواسطة التقطير.

2- تحويل البترول إلى هيدروكربونات أخرى، بواسطة التكسير، أو إعادة تشكيل، أو بوسائل أخرى.

3- التكرير للتخلص من المكونات غير المرغوب فيها، مثل: الكبريت على سبيل المثال.

ويتم الحصول على الوقود في صورته النهائية بعد إجراء بعض العمليات:

1- الخلط: عن طريق خلط مكونات مختلفة.

2- الإضافات: حيث يتم ضبط الوقود للوصول إلى الخصائص المطلوبة.

- النتـيجة النهائـية، هي أن وقود محركات البنزين، يتكون من خليط من هيدروكربونات مختلفة، يوجد فيها إضافات معينة.
- هناك إضافات ضد الصفع في صورة مركبات الرصاص (تترايثيل الرصاص، وتراميثيل الرصاص).
- تـستخدم مركبات الأوكسجين العضوية مثل: الكحول (ميثانول أو ايثانول)، أو بعض أنواع الإيثير، بزيادة رقم الأوكتان للوقود الخالي من الرصاص unleaded fuels.
- هـناك إضـافات أخـرى تـستخدم للـتخلص مـن، أو مـنع تكـون رواسـب في غـرفة الاحـتراق، مـثل: مـساعدات الأكـسدة، أو موانـع الـتآكل لضمان نقاء مجمع السحب. كما أن هناك إضافات لمنع تكون الثلج في مجمع السحب.

- **مكونات الهواء الجوي (الغلاف الجوي):**

يـتكون الهـواء الجـوي بـشكل أسـاسي، من الأكسجين والنيتروجين بالنسب الآتية، والباقية تكون من الغازات الأخرى المختلفة.

أ) النسبة الحجمية:

O_2 أوكسجين	%21	N_2 نيتروجين	%78

ب) النسبة الوزنية:

O_2 أوكسجين	%23,3	N_2 نيتروجين	%76,7

2-2-4 رقم الأوكتان:

يـؤدي الارتفاع في الضغط داخل غرفة الاحتراق، إلى احـتراق جيد. أما إذا احترق الوقود بسرعة عالية، فـإن الـضغط في هـذه الحالـة، يـزداد بشكل مفاجئ، وبـسرعة عالـية، محدثاً حملاً كبيراً مفاجئاً على المكبس، مـا يـؤدي إلى حـدوث طـرقٍ مـسموعٍ داخـل غـرفة الاحـتراق. في هذه الحالة يكون الطرق الحادث مضراً بحالـة المحـرك. ويمكن قياس قابلية البنزين للطرق، من خلال رقم الأوكتان. انظر الشكل (4-7).

شكل (4-7)
الطرق داخل الأسطوانة على المكبس

ويُعـبر رقـم الأوكتان، عن خاصية مقاومة الوقود للصفع. فالوقود ذو رقم الأوكتان العالي ذو مناعة كبيرة ضد الطرق. أما الرقم المنخفض فيسهل حدوث عملية الطرق. ويستخدم وقود أيزو – أوكتان ذو رقم أوكتان الـذي يـساوي 100 ذو مـناعة ضـد الطـرق مـع الهبتان العادي ذي رقم الأوكتان الذي يساوي صفراً (عديم المقاومـة للـدق)، كوقـود قياسي لتحديد رقم الأوكتان. وبصفة عامة، فإن البنزين ذا رقم أوكتان في حدود 90 يـسمى بالبنـزين العـادي، بيـنما البنـزين ذو رقـم أوكـتان أكـبر من 90 يسمى بالبنزين الممتاز (عالي الجودة). فالمحـركات التـي لهـا نـسبة ضـغطٍ عـالٍ تتطلب وقود بنزين عالي الجودة (أي ذا رقم أوكتان عالٍ) كي يعمل المحرك بسهولةٍ، ويكون خالياً من الأصوات.

3-2-4 نقطة الوميض:

وتعرف بأنها درجة الحرارة، التي يبدأ عندها الوقود في التبخر بكمية قابلة للاحتراق، بحيث يشتعل الوقود ذاتياً على صورة وميض عند اقتراب مصدر للحرارة منه.

ويحـدد لكـل نـوع من أنواع الوقود درجة، نقطة وميض خاصة به لتجنب الحرائق عند النقل، أو التخزين. فالوقود ذو درجة الوميض المنخفضة يكون أكثر خطراً عند نقله، أو تخزينه.

درجة الوميض في وقود البنزين $25\,c^{\circ}$، أما وقود الديزل أعلى من $55\,c^{\circ}$.

4-2-4 نقطة الاشتعال:

هـي أقـل درجة حرارة للوقود، وتتكون عندها أبخرة الوقود بكميات كافية وقابلة للاشتعال فور تعرضها لأي لهـبٍ. ويلاحـظ أن الوقـود ذا درجـة اشـتعال منخفـضة، يكـون خطراً عند تجزئته، ونقله، مع الأخذ في الاعتبار، أن نقطة الاشتعال هذه ليست درجة اشتعال الوقود الذاتي.

5-2-4 الوقود الخالي من الرصاص:

يـتم الوصـول إلى رقـم الأوكتان المطلوب للوقود، بإضافة مكونات الرصاص في المحركات التي تستخدم المحـولات الحفـازة، ويلزم استخدام وقودٍ خالٍ من الرصاص لذلك فإن رقم الأوكتان لهذا النوع من الوقود، يـتراوح بـين 95 إلى 96، بدلاً من رقم الأوكتان للوقود العادي، والذي يتراوح بين 82,7 إلى 91. لذلك يلزم إجراء تعديلات على المحرك في حالة تشغيله مثل:

1- خفض نسبة الانضغاط:

يؤدي إلى زيادة استهلاك الوقود، نظراً لانخفاض الكفاءة الحرارية للمحرك.

2- تعديل توقيت الإشعال.

3- منع زيادة تآكل أجزاء المحرك.

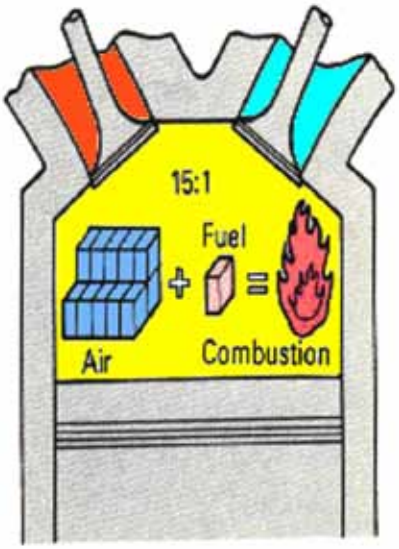
حـيث إن إضـافة مكـونات الرصـاص، تعمـل عـلى تـزييت قـواعد صـمامات الـسحب والعـادم، وتخلق طـبقة Coating عـلى الأسـطح. حيث يؤدي ذلك إلى تقليل التآكل. لهذا السبب فإن المحركات التي تستخدم وقوداً خالياً من الرصاص، يتم تصنيع أجزائها مثل: (الصمامات وقواعدها)، من المعادن التي تتحمل التآكل.

3-4 النسبة النظرية لاختلاط الوقود والهواء:

1-3-4 نسبة اختلاط الوقود والهواء:

هي نسبة وزن الهواء في خليط الهواء / الوقود، إلى وزن الوقود. فالبنزين هو خليط من عدَّة هيدروكربونات. ومعظم المادة السائدة هي: الأوكتين. فإذا احترقت كمية معينة من الأوكتين بالكامل، فسوف تتحد مع الأوكسجين في الهواء.

والنسبة النظرية لخليط الهواء: الوقود هي النسبة النظرية للهواء – الوقود، المطلوبة للاحتراق الكامل للوقود. ففي حالة الأوكتان الصافي هي 15 إلى 1، (وتكتب 1:15)، أو 15 جزءاً من الهواء، وجزءاً واحداً من الوقود، على أن كل البنزين المستعمل في معظم السيارات، ليس أوكتيناً صافياً، ولكن خليطاً من الأوكتين، وهيدروكاربونات أخرى. لهذا السبب، النسبة النظرية لخليط الهواء والوقود للبنزين – عادة – أقل قليلاً من 15 اسمياً بين 14.4 و 15 (عادةً إذا كان الجزء الثاني النسبة هو 1 فإنه لا يذكر)، لذلك نسبة (1:15). انظر الشكل (4-8).

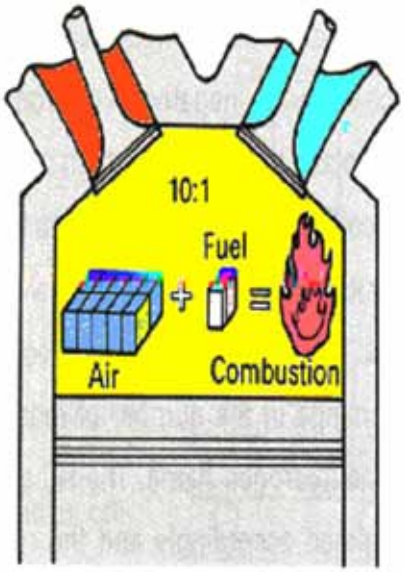


شكل (4-8)

النسبة النظرية لخليط الهواء إلى الوقود

2-3-4 الخليط الغني:

تلعب النسبة النظرية لخليط الهواء – الوقود دوراً مهماً في فهمنا لكيفية احتراق خليط الهواء – الوقود. فإذا كانت نسبة الهواء والوقود في خليطٍ معينٍ، نسبة الهواء أقل: الوقود النظرية للبنزين (مثلاً إذا كان 1:10)، فسيكون الخليط غنياً جداً، وسوف لن يكون هناك أوكسجين كافٍ في الخليط لإتمام احتراق الوقود. انظر الشكل (4-9).

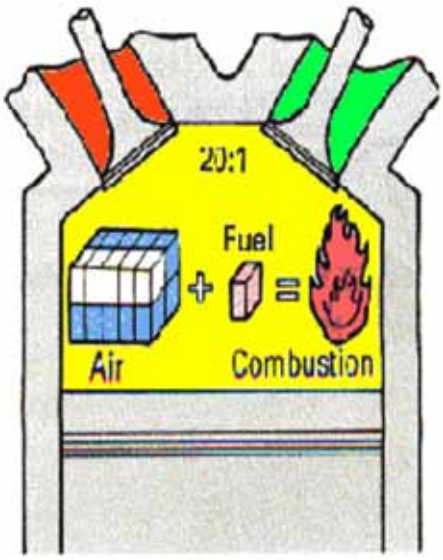


شكل (4-9)

خليط الهواء إلى الوقود الغني

3-3-4 الخليط الفقير:

من ناحيةٍ أخرى، إذا كانت نسبة الهواء – الوقود أعلى من النسبة النظرية للهواء – الوقود للبنزين مثلاً (1:20)، فسيكون الخليط فقيراً جداً، وسيكون هناك أوكسجين كثير، لإتمام الحريق. وفي محرك البنزين بسبب عدم ضبط نسبة الوقود للهواء في الوضع الصحيح تماماً لضمان احتراق جيد في الأسطوانات، فلا يمكن للمحرك أن يعمل بكفاءة إذا كانت كمية الهواء كثيرة جداً. حيث تسمى هذه النسبة بالخليط الفقير. فكمية الهواء بالنسبة لكمية الوقود، تعرف بنسبة الهواء – الوقود. وهذه النسبة مهمة جداً بسبب أن نسبة الهواء – الوقود الصحيحة مطلوبة في كل أحوال المحرك. إضافةً إلى أنه يتم التحكم في قوة أداء المحرك، بواسطة كمية خليط الهواء – الوقود المسحوب داخل الأسطوانات. انظر الشكل (4-10).



شكل (4-10)
خليط الهواء إلى الوقود الفقير

4-4 جدول أنواع الغازات الناتجة عن احتراق وقود البنزين:

جدول (4-1)

أنواع الغازات الناتجة عن احتراق وقود البنزين

النسبة الحجمية لمكونات غاز العادم لمحركات البنزين	المحرك عند سرعة لاحمل	المحرك عند الحمل الكامل	
		سرعة دوران منخفضة	سرعة دوران عالية
ثاني أكسيد الكربون Co_2	6,5~8	7~11	12~13
بخار الماء H_2o	7~10	9~11	10~11
أكسجين O_2	1~15	0,5~2	0,1~0,4
أول أكسيد الكربون Co	أقل من 4,5	4	1~3
هيدروجين H_2	0,5~4	0,2~1	0,1~0,2
نيتروجين N_2	~ 71	~74	~76
عند دوران المحرك بسرعة اللاحمل يعمل محرك أوتو بنقص في الهواء، ويؤدي الاحتراق غير الكامل إلى خروج غازات عادمة، تحتوي على كمية كبيرة من أول أكسيد الكربون Co.			

5-4 جدول مقارنة بين محركات البنزين ومحركات الديزل:

جدول (4-2)

وجه المقارنة	محركات البنزين	محركات الديزل
المخترع	نيقولا أوتو 1876	رودولف ديزل 1982 (براءة اختراع)
الاستهلاك النوعي للوقود	من 290 g/kwh إلى 390 g/kwh	من 200 g/kwh إلى 270 g/kwh
الكفاية	24 %	32 %
نسبة الانضغاط	من 1 : 6 إلى 1 : 12	من 1 : 14 إلى 1 : 24
ضغط نهاية الانضغاط	من 8 bar إلى 18 bar	من 30 bar إلى 55 bar
درجة حرارة نهاية الانضغاط	من 400° c إلى 600° c	من 700° c إلى 900° c
أكبر ضغط احتراق	من 30 bar إلى 60 bar	من 60 bar إلى 90 bar
درجة حرارة غازات العادم	من 700° c إلى 1000° c	من 500° c إلى 600° c
سرعة الدوران	من 3500 r.p.m إلى 7000 r.p.m	من 2000 r.p.m إلى 3500 r.p.m
تكوين الخليط	خارج الأسطوانة (خليط خارجي)	داخل الأسطوانة (خليط داخلي)
نوع السحب	خليط وقود وهواء	هواء
الإشعال	بمساعدة إشعال خارجي	إشعال ذاتي
نوع الوقود	بنزين	ديزل
نسبة أول أكسيد الكربون	من 2% إلى 4.5% (سرعة اللاحمل)	حتى 0.045% (سرعة اللاحمل)
خطر الحريق	كبير	قليل

6-4 الاحتراق في محركات الديزل ومراحله:

1-6-4 خطوات الاحتراق لوقود الديزل داخل المحرك:

يعتمد الاحتراق داخل غرفة محرك الديزل على توافر الشروط الآتية:

1- ارتفاع السرعة النسبية بين قطرات الوقود، وجزيئات الهواء.

2- ارتفاع درجة الحرارة إلى الحد اللازم لإشعال الخليط في موعده.

3- الخليط الجيد لقطرات الوقود، وجزيئات الأكسجين.

4- دقة التذرير.

وللاحتراق خطوات يجب أن تتم على التوالي:

- **حقن الوقود:**

يـتم حقن الوقود داخل غرفة الاحتراق في محرك الديزل، بواسطة مضخة الحقن، وعن طريق الرشاشات. حيث تتوقف جودة التذرية على:

- عدد ثقوب الرشاشات.
- نوعية وخصائص الوقود المستخدم.
- موقع الرشاش داخل غرفة الاحتراق.
- الحالة الفنية للأجزاء (الرشاشات – مضخة الحقن – مضخة التحضير – المرشحات).

- **حركة الهواء:**

لخلط الهواء بالوقود خلطاً جيداً، يجب تحريك الهواء في غرفة الاحتراق أثناء حقن الوقود. ويحدث في غرفة الاحتراق إثارة للهواء، وذلك لسهولة خلطه بالوقود المحتوي، وبحسب نوع غرفة الاحتراق.

- **درجة الحرارة:**

تتحكم نسبة الانضغاط في المحرك، وأبعاده، في رفع درجة حرارة الخليط، إلى الحد اللازم لإشعاله.

- **تبخر الوقود:**

نعنـي بتبخـر الوقـود، هـو تحول الوقود إلى الحالة الغازية، أي تبخره، ويساعد الهواء المضغوط، والمرتفعة درجة حرارته لإتمام تبخر الوقود، ويبدأ تبخر الوقود بعد تذريره بواسطة الرشاش (حقنه)، وذلك للحصول عـلى أكـبر سطح يتعرض للحرارة، ومن ثم يختلط بالهواء جيداً، ويبدأ بعضه في الاشتعال الذاتي الذي يسبب مـزيداً مـن الحـرارة، فتساعد بدورها على إشعال بقية الوقود المتبخر حيث تتم هذه العملية في جزءٍ صغير من الثانية.

- **اشتعال الوقود:**

يشتعل الوقود المتبخر بمجرد تكون الخليط، وعلى ذلك يبدأ الاحتراق في السطح الخارجي لقطرة الوقود، ثـم يـتدرج الاحتراق إلى بقية الخليط، ويحدث ذلك بسرعة عالية جداً. حيث تتحد الغازات المتكونة منها بعد تبخـرها مـع جـزيئات الهـواء القـريبة منها (أي أن خطوات الحقن، ثم التبخر والخلط، ثم الاشتعال) تحدث بسرعة عالية.

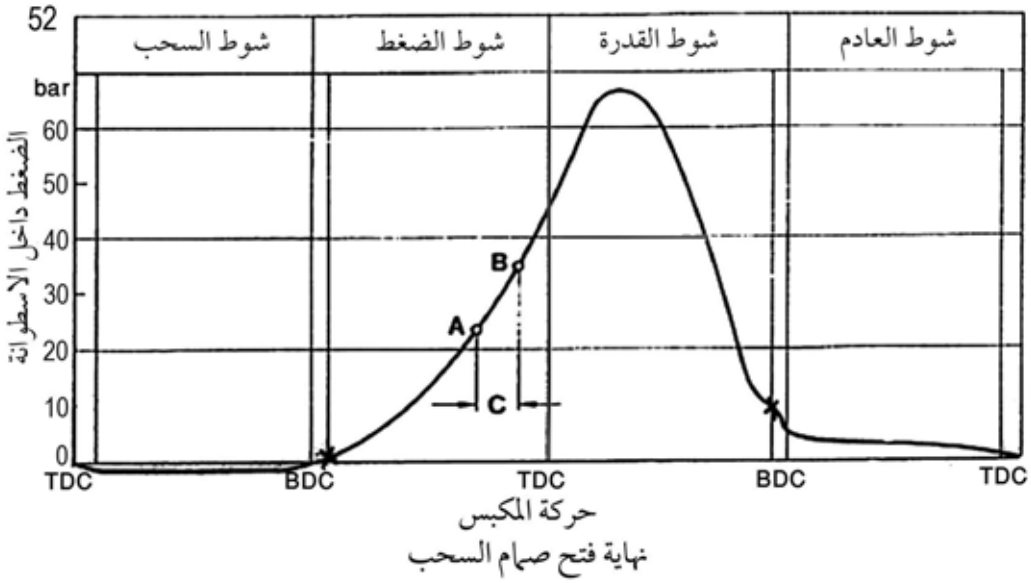
- **البحث عن الأوكسجين:**

يـستمر الاحتراق، ويزيد كلما قابلت ذرات الوقود ذرات الأوكسجين النقي في طريقها، وينتج عن اندفاع ذرات الوقـود في سـيرها تخلـف الغـازات المحترقة، ويتعرض سطح جديد للقطرة إلى مزيدٍ من الأوكسجين فيحـترق، وهكـذا حتـى اسـتهلاك ذرات الوقـود كلهـا. غـير أن كمـية الأوكسجين الموجودة في الأسطوانة محـدودة، فبتتابع اندفاع ذرات الوقود تجد كل ذرةٍ منها ذرات أوكسجين أقل من سابقتها. ونتيجةً لذلك، تجد الـذرات الواصـلة في آخـر فـترة الحقن صعوبةً في إيجاد ذرات الأوكسجين اللازمة للاتحاد معها، والاحتراق الكامل السريع، ما يسبب بطء عملية الاحتراق عند مراحلها الأخيرة.

2-6-4 مراحل عملية الاحتراق في محركات الديزل:

- **مرحلة تأخير الاحتراق:**

وهي الفترة الزمنية، بين بداية الحقن، وبداية الاحتراق الذاتي. حيث تقدر هذه الفترة بحوالي 0,001 ثانيه، أو مـن 10 إلى 30 درجـةً من زوايا دوران عمود المرفق. حيث يمثل هذا الوقت تحول الوقود بعد حقنه داخل غرفة الاحتراق، إلى الحالة الغازية، ومن ثم خلطه بالهواء. انظر الشكل (4-11).



A / بداية تأخير الاحتراق (بداية فترة الحقن). B/ بداية مرحلة الاحتراق السريع. C/ فترة تأخير الحقن

شكل (4-11)

- **العوامل التي تطيل فترة تأخير الاحتراق:**

1- انخفاض درجة حرارة المحرك:

تتغير فترة تأخير الاحتراق، مع تغير درجة الحرارة المتواجدة في نهاية شوط الضغط. ونلاحظ أنه بازدياد درجة الحرارة، تقل فترة الاحتراق. حيث يزيد معدل انفصال جزيئات الهيدروجين في الوقود وترتفع كفاءة التفاعل الكيميائي.

2- نسبة الانضغاط:

مع ازدياد الضغط تزيد كثافة الهواء، ونتيجةً لذلك يزيد التوصيل الحراري بين الجزيئات، وتزيد عملية انتقال الحرارة لغازات الاحتراق، فتقل تبعاً لذلك فترة التأخير في الاحتراق.

3- توقيت الحقن:

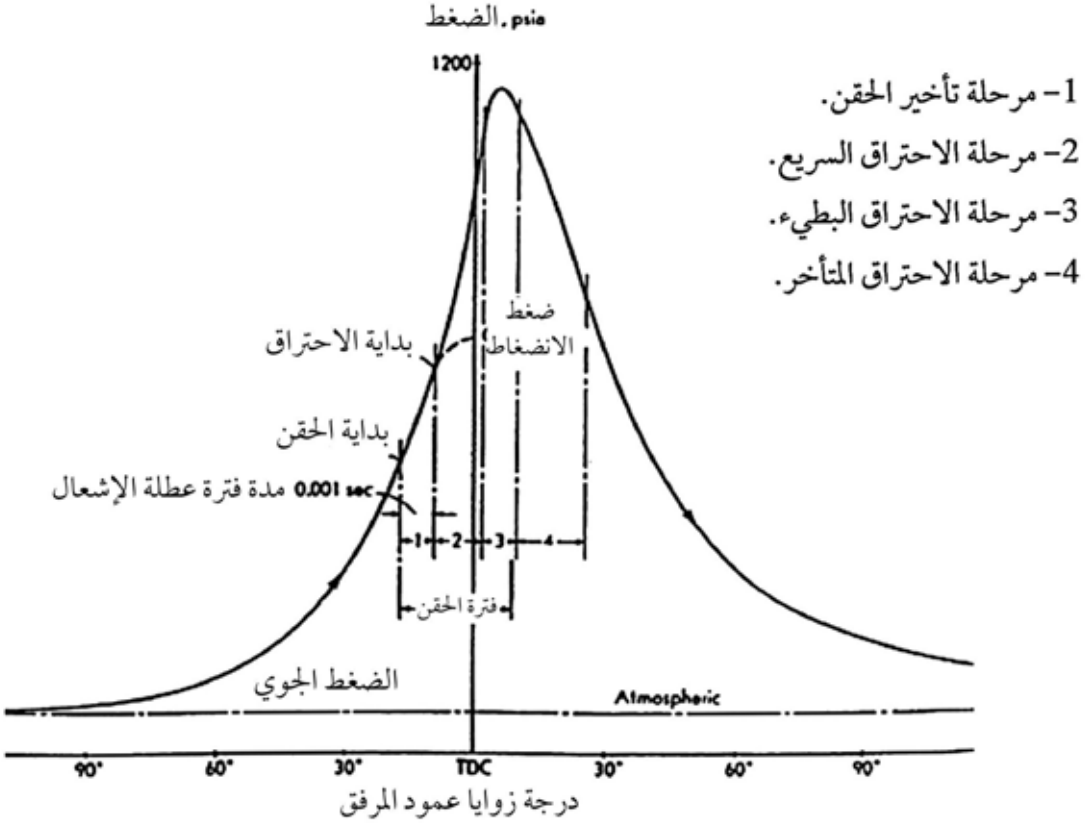
تتأثر فترة تأخير الاحتراق بتوقيت الحقنة المبكرة، أو المتأخرة. فإذا كان مبكراً، يدخل الوقود الأسطوانة عندما يكون الضغط، ودرجة الحرارة أقل مما يجب، فتزيد بذلك فترة التأخير، والعكس يحدث في حالة الحقنة المتأخرة، حيث تقل فترة التأخير.

- **مرحلة الاحتراق السريع:**

وهنا يتم الاحتراق الذاتي للوقود، ويصحبه ارتفاع في الضغط، ودرجة الحرارة (يحدث التفاعل الكيميائي بين بخار الوقود و الأكسجين)، وهذه المرحلة قصيرة، ولكن يتولد فيها من 30 إلى 70٪ من الحرارة. ومعدل ارتفاع الضغط خلال هذه المرحلة، يعتمد على نوعية احتراق الوقود، ونسبة الانضغاط، وطريقة تجهيز مخلوط الهواء والوقود في المرحلة السابقة.

- **مرحلة الاحتراق المقيد (البطيء):**

وفيها يكاد يكون الضغط ثابتاً، و غالباً ما تنتهي الحقنة بانتهاء هذه المرحلة. ونظرياً تكون الحقنة، والاحتراق، بمعدل معين للحفاظ على ثبوت الضغط. ويتولد من هذه المرحلة 35 إلى 65 ٪من حرارة الاحتراق، وتصل درجة الحرارة إلى أقصى ما يمكن. وتلي هذه المرحلة، مرحلة أخرى. وتحدث أثناء نزول المكبس إلى النقطة الميتة السفلى. حيث تختلط بعض جزيئات الوقود وتخلط مع الأكسجين وتحرقه، ويجب إتمام ذلك، قبل فتح صمام العادم، وإلاَّ سيؤدي إلى ظهور دخان العادم.



شكل (4-12)

مراحل الاحتراق لمحرك الديزل خلال شوط الضغط

7-4 مكونات وخصائص وقود الديزل:

1-7-4 المكونـــات:

يـتكون وقود محركات الديزل من مركبات كيميائية من الهيدروجين والكربون، بنسب مختلفة يتوقف عليها الشكل الكيميائي للمركب، والذي يأتي على شكل سلاسل متفرعة، وتكون الجزئيات ذات السلاسل الطويلة سـهلة الاشـتعال، فـيما تكون مقاومتها للدق صغيرة، وهي لهذا تصلح كوقود لمحركات الديزل. فالجزيء من المـركب الهيدروكربوني المسمى إيثان (رمزه الكيميائي $C_2\ H_6$)، يتكون من اتحاد ذرتين من الكربون مع ست ذرات من الهيدروجين، ويكون الشكل النهائي لأغلب أنواع وقود الديزل على النحو الآتي:

87% كربون، 11% هيدروجين، 1% أكسجين، 1% كبريت.

ولـما للكـبريت من آثارٍ ضارةٍ على المحرك في تكوُّن حامض الكبريتيك خلال دوران المحرك البارد ما يزيد من تآكل الأسطوانات. لذا يجب أن تكون نسبة الكبريت أقل ما يمكن.

2-7-4 خصائص وقود الديزل:

تؤثـر خـصـائص الوقـود وبدرجـة ملحـوظـة على أداء المحـرك، وتقاس هذه الخصائص عادةً بواسطة تجارب معملية وهي كالآتي:

أ- الوزن النوعي:

عبارة عن نسبة وزن حجم معين من الوقود، إلى وزن حجم مساوٍ له من الماء المقطر.

وقـد تتـساوى بعـض أنـواع الوقـود في أوزانهـا النوعـية إلا أنها تختلف اختلافاً كبيراً في درجة اللزوجة، وخاصـية ونوعـية الاشـتعال، وهمـا الخاصـيتان الأهـم مـن خصائص وقود الديزل. ويرتبط الوزن النوعي للوقـود، مـع قـيمة الحـرارة ارتباطاً وثيقاً. ويمكن قياس الوزن النوعي للوقود، بواسطة جهاز خاص يسمى الهيدرومتر.

ب- القيمة الحرارية:

تُعـد القـيمة الحـرارية للوقـود، مـن خصائصه المهمة. حيث يمكن بها تحديد كمية الطاقة الحرارية المعطاة للمحـرك، وبهـذا يمكن معرفة قدرة المحرك على تحويل الطاقـة الحرارية إلى شغل مستفاد منه. وتقاس القيمة الحرارية بعدة اختبارات باهظة التكاليف، وبما أن القيمة الحرارية لوقود ما تتناسب إلى حد ما مع وزنه النوعي لذلك شاع استعمـال الوزن النوعي لوقود ما للاستدلال على قيمته الحرارية.

جـ- درجة (نقطة) التدفق:

هـي درجة الحرارة التي يبدأ عندها الوقود في الـتجمد، كما تدل على ملاءمته للاشتعال في المحركات التي تعمـل في أجـواءٍ بـاردةٍ جـداً. فالوقود ذو نقطة التدفق العالية لا يصلح عادةً للاستعمال في هذه الأجواء لأنه لـيس سـهل الـسريان في مجمـوعة الحقـن، كما أنه لا يعطي تذرية جيدة عند خروجه من فوهة الرشاشات إلى داخل غرفة الاحتراق.

د- درجة (نقطة الوميض):

هـي درجـة الحـرارة التـي يـبدأ عـندها الوقـود في التبخر بكمية قابلة للاحتراق، بحيث تحترق فجأة على صـورة ومـيض، إذا قرب لهب فيها. وهذه النقطة في الواقع مقياس لمدى خطورة تخزين، ونقل الوقود ويجب ألاَّ تقل عن ($65c^{\circ}$).

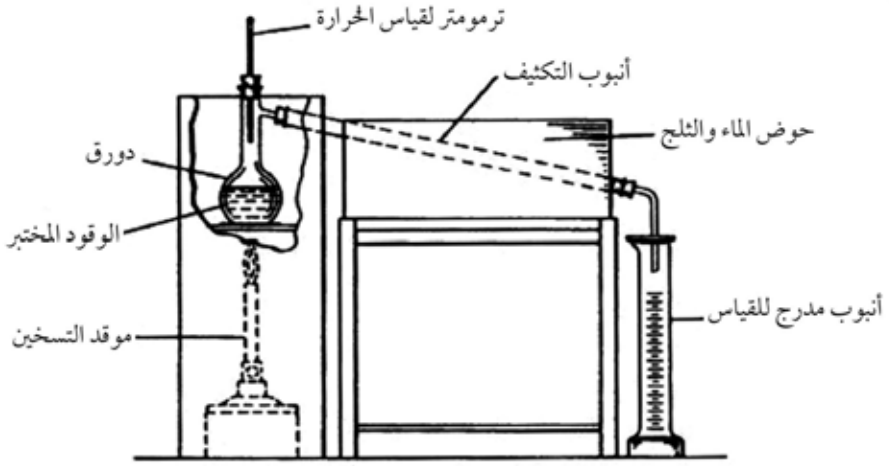
هـ- مقدار الكبريت:

تواجد الكبريت في الوقود غير مرغوب فيه، لما له من آثار ضارة على المعادن.

إذا اتحـدت الغـازات الناتجة عن احتراق الكبريت مع بخار الماء المكثف الناتج عن احتراق الوقود، تكوِّن بـذلك أحماض الكبريتيك الضارة، والتي تسبب تآكل الأجزاء. وتزداد هذه الظاهرة عندما يعمل المحرك على الحمل الجزئي، وتنخفض درجة الحرارة.

و- التطاير:

وهـو مدى استعداد السائل للتحول إلى بخار، ويقاس بالنسبة لوقود محركات الديزل بدرجة الحرارة التي يـتم عـندها تقطـير 90 ٪ مـن مقدار معين لهذا الوقود، وبذلك يكون الوقود أكثر تطايراً كلما انخفضت هذه الدرجـة من الحرارة. ويجب أن يكون وقود محركات الديزل الصغيرة أكثر تطايراً من وقود المحركات الكبيرة. ليقل استهلاك الوقود، وتنخفض درجة حرارة العادم، وظهور الدخان. انظر الشكل (4-13).



شكل (4-13)

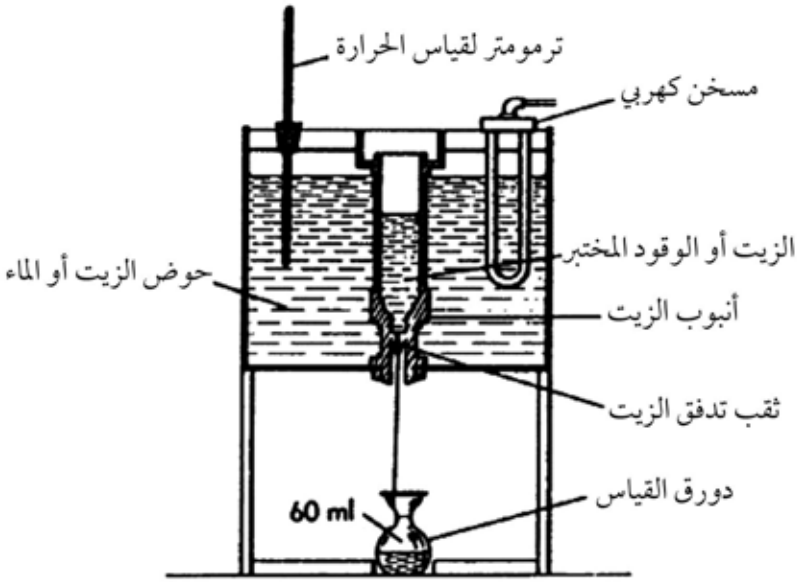
جهاز اختبار تقطير الوقود

ز- اللزوجة:

وهي تُعبر عن مقدار الاحتكاك الداخلي في سائل ما أو مقدار مقاومته للسريان. ويمكن تعيين لزوجة سائلٍ ما:

أ- بدرجة إنجلر وهي= (النسبة بين الزمن اللازم لسريان كمية معينة من الوقود) / (الزمن اللازم لسريان كمية مساوية له من الماء النقي) ← باستعمال جهاز إنجلر.

ب- بعدد الثواني اللازمة لسريان كمية معينة من الوقود خلال ثقب صغير باستخدام جهاز سايبولت لاختبار اللزوجة انظر الشكل (4-14)، وتقل اللزوجة بارتفاع درجة الحرارة. لذا يلزم تسخين أنواع الوقود إلى درجةٍ معينةٍ، بحيث نحصل على اللزوجة المناسبة للاحتراق.



شكل (4-14)

جهاز سايبولت لاختبار لزوجة الوقود

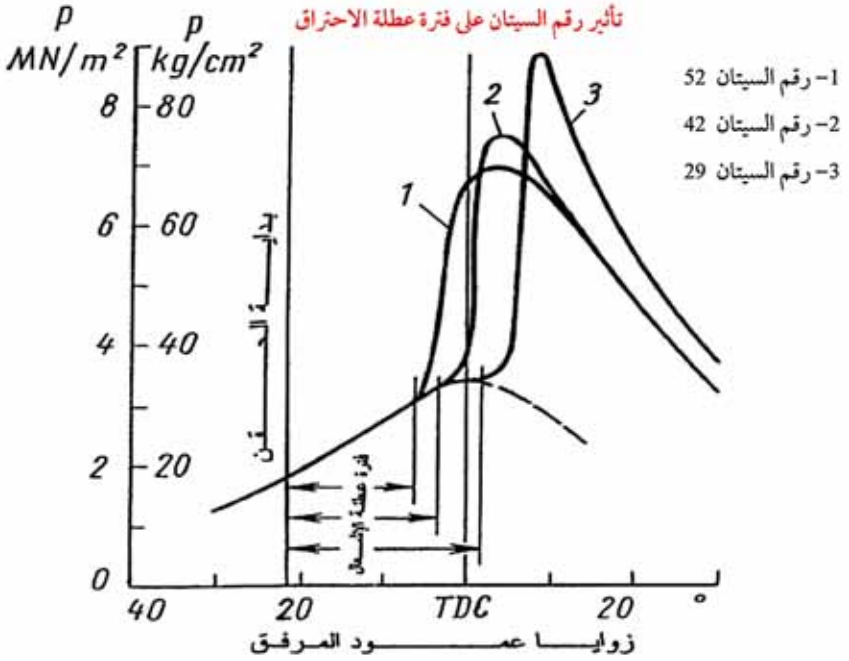
ح- نوعية الاشتعال:

هو تعبير عن مدى قابلية الوقود للاشتعال الذاتي داخل الأسطوانة. فالوقود الجيد في نوعية الاشتعال ذاتياً عند درجات الحرارة المنخفضة نسبياً يحسن أداء المحرك، ولا يحدث الدق. وتعد هذه الخاصية من أهم خصائص زيوت محركات الديزل، وبالأخص تلك المحركات ذات السرعات العالية. ويصنف وقود الديزل إلى عدة أنواع حسب رقم معين يسمى رقم السيتات، وهو يماثل رقم الأوكتان المستعمل لبيان خاصية نوع اشتعال وقود محركات البنزين.

ط- رقم السيتان Cetan.No (قابلية الاشتعال):

يُعد العدد السيتيني مقياساً لقابلية الاشتعال لوقود الديزل. ويتم تعيينه في محرك ديزل بمقارنة الوقود بمزيج مكون من وقود السيتان (Ca N = 100) (له خاصية أقصر فترة إشعال)، مع مركب نفثالين الميثيل (Ca N = 0) (له أطول فترة إشعال). ويعبر العدد السيتني (Ca N) لوقود الديزل عن النسبة الحجمية للسيتني المزدوج مع نفثا لين الميثيل، وله نفس قابلية الاشتعال للوقود المتبخر.

ويمكن زيادة قابلية الاشتعال بإضافة منشطات الاشتعال، مثل (نتريد الأمثلين)، أو بالمزج مع وقود ذي قابلية للاشتعال. وعندما نقول إن الرقم السيتني لوقود الديزل (45)، لا نعني بذلك أن هذا الوقود مكوناً من 45٪ سيتان، و55٪ ألفا نفثا لين بل إنه يناظر في خواص الاشتعال، وقوداً مكوناً من هذه النسبة. وكلما كان رقم السيتان مرتفعاً، كانت خاصية نوع الاشتعال للوقود أفضل؛ أي فترة عطلة اشتعال قصيرة. شكل (4-15).



شكل (4-15)

يبين العلاقة بين رقم السيتان ومنحنى الضغط وزاوية عمود المرفق، فكلما ارتفع رقم السيتان، قصرت فترة عطلة الاشتعال

ي- الصفع (الدق في محركات الديزل):

يبدأ حدوث الدق عند عدم اشتعال الوقود المحقون بسرعة كافية، وتجمعه أولاً ثم احتراقه بصورة سريعة (دق الديزل). ويبدأ الدق، إذا زاد التأخير في الاحتراق، ويحدث الدق عند بداية الاحتراق. ومن أسباب الدق: نوع الوقود، والعدد السيتني، أو ظروف التشغيل غير الملائمة، مثل تسرب الوقود من الرشاش على هيئة قطرات وغيره.

8-4 نسبة خلط الديزل والهواء:

- **نسبة خلط الديزل والهواء والوقود في محركات الديزل:**

تُعد النسبة الكلية للخليط في محركات الديزل، هي (كمية الهواء المسحوب في الأسطوانة مقابل كمية الوقود المحقونة) لذلك نجد أن نسبة خلط الوقود بالهواء تبلغ 14,5:1 للوقود التجاري.

وبمعرفة النسبة النظرية لخلط الهواء بالوقود، يمكن تحديد وزن أقل كمية من الهواء يلزم دخولها إلى أسطوانة المحرك لحرق كمية معينة من الوقود.

إلا أن هذه الكمية من الهواء لا تكفي لإحراق الوقود إحراقاً كاملاً في محرك الديزل نظراً لبعض الصعوبات الفنية التي تمنع بعضاً من أوكسجين هذا الهواء من المساعدة في عملية الاحتراق. ومن أهم هذه الصعوبات:

1- مشكلة خلط الهواء بالوقود خلطاً كاملاً قبل بدء الاحتراق. ومنشأ هذه المشكلة هو ضخامة كمية الهواء بالنسبة للوقود. حيث كل قطرة من الوقود تدخل غرفة الاحتراق، يجب أن يتم خلطها بكمية من الهواء يبلغ حجمها تقريباً 900 مرة حجم تلك القطرة.

2- يجب أن يتم الخلط في زمن قصير جداً، يبلغ جزءاً من الثانية تقريباً.

3- وجود بعض غازات العادم المتخلفة في غرفة الاحتراق، ما يعطل احتراق الوقود المجاور لها.

يتضح مما سبق أنه، لضمان احتراق الوقود احتراقاً كاملاً، ينبغي تزويد محرك الديزل بكمية من الهواء تزيد عن تلك التي تحددها النسبة النظرية للخلط بحوالي 20٪ إلى 30٪ تقريباً، وتسمى النسبة الجديدة للخلط بالنسبة الفعلية لخلط الهواء بالوقود، وهي تتغير عادة تبعاً لدرجة حمل المحرك.

9-4 أنواع غازات الاحتراق لمحركات الديزل:

- **أنواع الغازات الناتجة عن احتراق وقود الديزل:**

نتيجة لزيادة الاهتمام بمصادر الطاقة وكذلك مشاكل البيئة ازداد الاهتمام بدراسة عملية الاحتراق بمحركات الديزل، وكذلك الملوثات الناتجة منها، واقتصاديات تشغيلها. حيث إن محرك الديزل يعد من أفضل الوحدات الاقتصادية الحرارية لتوليد القدرة. ولهذا اكتسب انتشاراً واسعاً في تطبيقات عديدة تشمل المركبات المتوسطة والثقيلة.

وبدأ الاهتمام - أخيراً - باستبدال محركات البنزين بمحركات تعمل بالديزل في بعض مركبات النقل الخفيف، والسيارات الصغيرة.

ينبعث من معظم محركات الديزل أول أكسيد الكربون، وكذلك هيدروكربونات غير محترقة أقل من محركات البنزين. ولكن هناك بعض الملوثات التي تعد من خصائص الاحتراق غير المتجانس في عملية الاحتراق لمحركات الديزل، التي لا تنتجها محركات البنزين مثل:

1- المكونات ذات الروائح غير المستحبة (Odor Constituents).

2- الدخان المرئي (Visible Smoke).

3- الضوضاء (Noise).

تنتج هذه الملوثات نتيجة لعملية الاحتراق. حيث يحدث الإشعال الذاتي عند مواقع متعددة داخل غرفة الاحتراق التي يوجد فيها خليط قابل للاشتعال. بينما في أماكن أخرى، يمكن أن يوجد الوقود في صورة سائل.

جدول (4-3)

أنواع الغازات الناتجة عن احتراق محركات الديزل

النسبة الحجمية لمكونات غاز العادم في محركات الديزل	المحرك عند سرعة لاحمل	المحرك عند الحمل الكامل	
		سرعة دوران منخفضة	سرعة دوران عالية
ثاني أكسيد الكربون Co_2	3,5	5,5	7
بخار الماء H_2o	3,5	5	5
أكسجين O_2	16	12	10
أول أكسيد الكربون Co	حتى 0,05	0,1	حتى 0,3
هيدروجين H_2	——	0,1	——
نيتروجين N_2	~77	~77	~77
	ابتداءً من حالة اللاحمل وحتى الوصول إلى الحمل الكامل، يعمل محرك الديزل بفائض في الهواء. يؤدي إلى احتراق يكاد يكون كاملاً، ولذا يحتوي العادم على كميات ضئيلة من أول أكسيد الكربون Co.		

تقـــــويم الوحـــــدة

س1- اشرح أساسيات الاحتراق.

س2- اكتب معادلة الاحتراق.

س3- ما هي نتائج الاحتراق في الخليط الفقير، والخليط الغني للهواء والوقود؟

س4- ضع علامة (✓) أمام العبارات الصحيحة، وعلامة (x) أمام العبارات الخاطئة فيما يأتي:

1- يعمل نظام الوقود في محركات البنزين على خلط وقود البنزين والهواء وإيصاله إلى غرفة الاحتراق ( )

2- من أمثلة الوقود والبنزين $C_2 H_6$ حيث يوجد به 5 ذرات من الكربون، و6 ذرات من الهيدروجين في كل جزيء ( )

3- الصفع: هو زيادة رقم الأوكتان في وقود البنزين ( )

س5- جميع ما يأتي يمكن أن يسبب سبق الاشتعال فيما عدا:

أ- رواسب كربونية متوهجة.

ب- زيادة سخونة شمعة الاشتعال.

جـ- صمام محترق.

د- قطعة معدنية ممتدة داخل غرفة الاحتراق.

س6- في محركات البنزين نوع الشحنة المسحوبة إلى الأسطوانة في شوط السحب هي:

أ- بنزين.

ب- هواء.

جـ- خليط بنزين وهواء.

د- ماء حار.

س7- في محركات الديزل نوع الشحنة المسحوبة إلى الأسطوانة في شوط السحب هي:

أ- هواء.

ب- خليط من الديزل والهواء.

جـ- ديزل.

د- زيت.

س8- المحرك يقوم بتحويل الحرارة إلى:

أ- غازات عادم.

ب- ضوضاء.

جـ- طاقة ميكانيكية.

د- جميع الإجابات السابقة.

س9- لكي يتم احتراق البنزين يجب أن يختلط مع:

أ- أوكسجين.

ب- هيدروجين.

جـ- كربون.

د- نيتروجين.

س10- البنزين هو خليط من جزيئات الهيدروجين والكربون ويطلق عليه:

أ- وقود الكربون.

ب- وقود الهيدروجين.

جـ- وقود الهيدروكربون.

د- وقود الكفاءة.

س11- الجدول الآتي يبين مقارنة بين محركات البنزين ومحركات الديزل (أكمل الجدول):

وجه المقارنة	محركات البنزين	محركات الديزل

س12- أجب بـــ (✓) أو (x):

أ- انبعاث Co ينتج عن الاحتراق الجزئي للوقود ( )

ب- زيادة درجات حرارة الاحتراق القصوى تساعد على تقليل انبعاث NOx ( )

س13- من نتائج احتراق المخلوط الغني:

أ- Co.

ب- NOx.

جـ- Ho.

د- O_2.

س14- يستخدم رقم السيتان في وقود الديزل:

أ- لزيادة لزوجة الوقود.

ب- لرفع نقطة الوميض.

جـ- لمنع اشتعال الوقود.

د- لمنع الطرق في محركات الديزل.

س15- من خصائص وقود الديزل:

أ- التطاير.

ب- درجة تدفق منخفضة.

جـ- رقم الأوكتان عالٍ.

د- درجة الاشتعال عالية.

س16- أكمل الآتي:

أ- أخطر انبعاثات غاز العادم هو غاز..... ويعد..... وضرراً للبيئة.

ب- مراحل عملية الاحتراق بمحركات الديزل هي: مرحلة تأخير الاشتعال، مرحلة.....، مرحلة.....

جـ- خطوات الاحتراق بمحركات الديزل هي: حقن الوقود ،.....،.....،.....، ..... ،

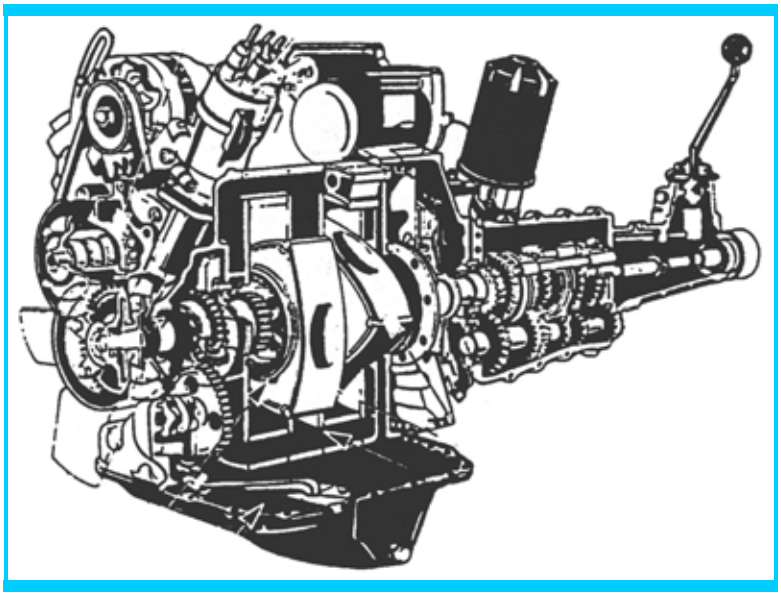
البحث عن.....

د- الاحتراق هو تحويل..... إلى طاقة..... ثم إلى.....

الوحـــدة

5

المحركـــات البديلـــة



الأهـــداف:

يتوقع من الطالب بعد الانتهاء من دراسة هذه الوحدة أن يصبح قادراً على أن:

1- يتعرف المحرك الدوار (فانكل).

2- يتعرف كيفية استخدام الغاز كوقود لمحركات الاحتراق الداخلي.

3- يتعرف المحرك الكهربائي (بطارية + خلايا الوقود).

4- يتعرف محركات السيارات الهجينة.

5- المحركـات البديلـة:

5-1 المحـــرك الـــدوار:

مقدمـــة :

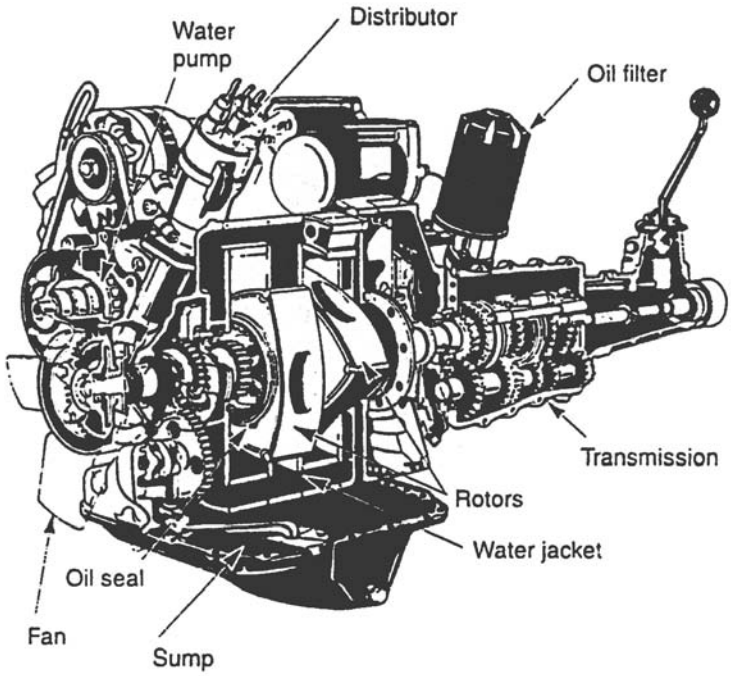
لا تـزال محـركات الاحتراق الداخلي على اختلاف أشكالها وأنواعها تشكل المصدر الرئيسي للطاقة، ضمن مجمـوعة الآلات المنـتجة للقدرة. وتتمثل آلية عملها – كما هو معلوم – بتحويل الحركة الترددية للمكبس، إلى حركة دورانية يستفاد منها في إنجاز الشغل المطلوب.

ومـن أبـرز مـشاكل هـذه الآلية هي: كثرة الأجزاء المتحركة فيها، وكذا الاهتزازات الناتجة عن وجود هذه الأجـزاء، والكـتل التـي تتحـرك بـشكل تـرددي أثـناء عمل الآلة*، والتي تخلق صعوباتٍ كثيرةً أثناء موازنة المحرك.

وفي الآونـة الأخـيرة حظـي محـرك دوراني مكبـسي مـن نوع جديد، بانتباه الباحثين في الشركات الصناعية الكبرى العاملة في مجال المواصلات، وبرزت أهميته بأنه يلغي الآلية السابقة ومصاعبها.

هـذا المحـرك هو المعروف باسم مخترعه فانكل شكل (5-1)، والذي يتم تطويره بمساعدة الدكتور فرويد في شركة Nsu الألمانية.

ويسمى محرك فانكل بالمحرك الدوار Rotary engine؛ لاختلافه عن تصميم المحركات الترددية السابقة. فهو يحوي عضواً دواراً (مكبس دوراني rotor)، يتحرك حركةً دورانيةً.



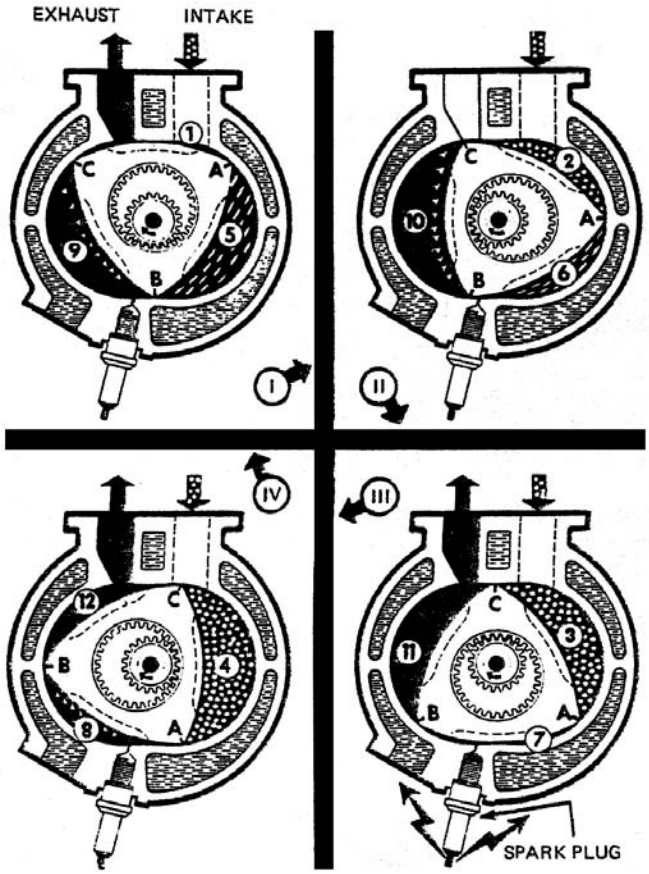
شكل (5-1)

محركـات فانكـل

* كحركة المجموعة المرفقية، وكذا آلية عمل الصمامات لمحركات الاحتراق الداخلي.

1-1-5 طريقة عمله:

تعتمد نظرية تشغيل محرك فانكل الدوار wonkle engine على تغيير الحجم المحصور* بين أضلاع العضو الدوار (المكبس- rotor)، والسطح الداخلي للأسطوانة أثناء دوران المكبس. شكل (5-2).



شكل (5-2)
تغيير الحجم بين أضلاع المكبس والسطح الداخلي للأسطوانة
خلال دورةٍ كاملةٍ للمكبس

فهذا الحجم يبدأ بالزيادة أمام فتحة دخول الشحنة (هواء/ وقود) ليتم سحبها بفعل قوة السحب، وبعد ذلك يتناقص الحجم بفعل دوران المكبس (rotor)، مسبباً ضغط الشحنة إلى أقصى قيمةٍ لها أمام شمعة (أو شمعتين إشعال) مثبتة على الأسطوانة، التي تبدأ بإشعال/ إحراق الوقود كهربائياً، فينتج من عملية احتراق الشحنة غازات متمددة (بكبر حجمها)، فتدفع المكبس إلى الدوران، ثم دوران العمود المرفقي للمحرك. وباستمرار دوران المكبس (rotor) تواجه غرفة الاحتراق فتحة الخروج/ العادم؛ لتخرج الغازات المحترقة من المحرك؛ لتبدأ دوراناً آخر وهكذا.

* تتغير/ تختلف الحجرة (غرفة الاحتراق) التي تحتضن الشحنة بالزيادة والنقصان نتيجةً لحركة المكبس الدورانية.

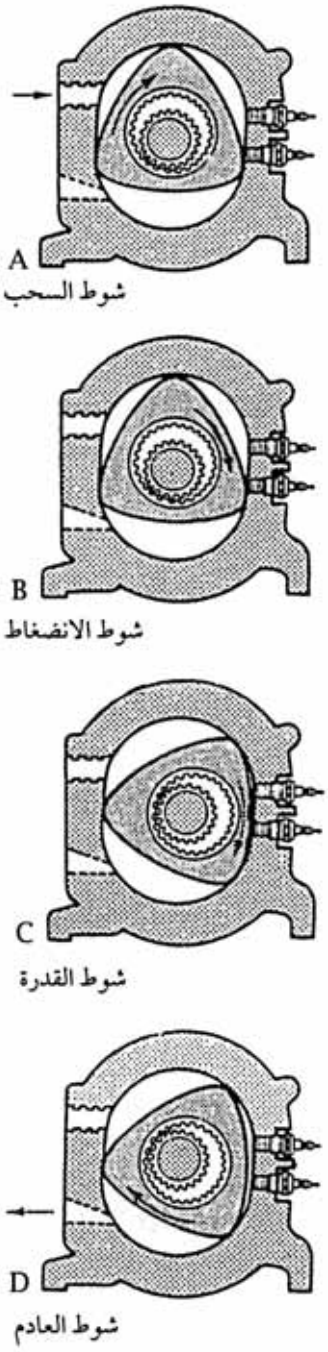
مما سبق، يتضح لنا أن طريقة عمل المحرك ذي المكبس الدوار، ودورته الحرارية، تتكون من أربعة أشواطٍ حقيقيةٍ*، ينفصل أطوارها عن بعضها البعض. وهذه الأشواط هي: شكل (5-3).

أ- عندما يكون المكبس في الوضع (A)؛ تنكشف فتحة دخول الشحنة (أي يتصل حوض الأسطوانة بالوسط الخارجي عن طريقة فتحة الشحنة "الامتصاص"). وبزيادة حجم هذه الغرفة، مع دوران المكبس باتجاه عقارب الساعة، تحدث خلخلة* "vaccum"، تتسبب في سحب الخليط (هواء / وقود). ويعرف هذا الشوط بشوط السحب suction stroke.

ب- عند حركة المكبس إلى الوضع (B)، حيث ينتهي الاتصال بين الحجرة، وقناة أو فتحة السحب (الامتصاص)، وينحصر الخليط في حيز معين تتناقص قيمته باستمرار دوران المكبس، فيزداد ضغط الشحنة؛ ليحدث شوط الانضغاط compression stroke.

ج- عندما يصبح المكبس في الوضع (C)، ويمثل أقصى انضغاط للشحنة، تنطلق الشرارة الكهربائية بين قضيب شمعتي الإشعال واحدةً تلو الأخرى؛ ليحترق الخليط مبدئه لشوط القدرة power stroke. وهنا يقع المكبس تحت تأثير قوة (تمدد الغازات) تعمل على تدويره.

د- في الوضع (D)، تنكشف فتحة الخروج على الأسطوانة للغازات المحترقة، حيث يتضاءل حجم الغرفة باستمرار دوران المكبس، فيؤدي إلى دفع نواتج الاحتراق، وطردها من المحرك عبر قناة الخروج (التصريف)، إلى الوسط الخارجي، ثم يزداد حجم الغرفة (الحجرة) لتبدأ دورةً جديدةً أمام فتحة الدخول (الشحنة)، وهكذا.



شكل (5-3)

طريقة عمل المحرك الدوار

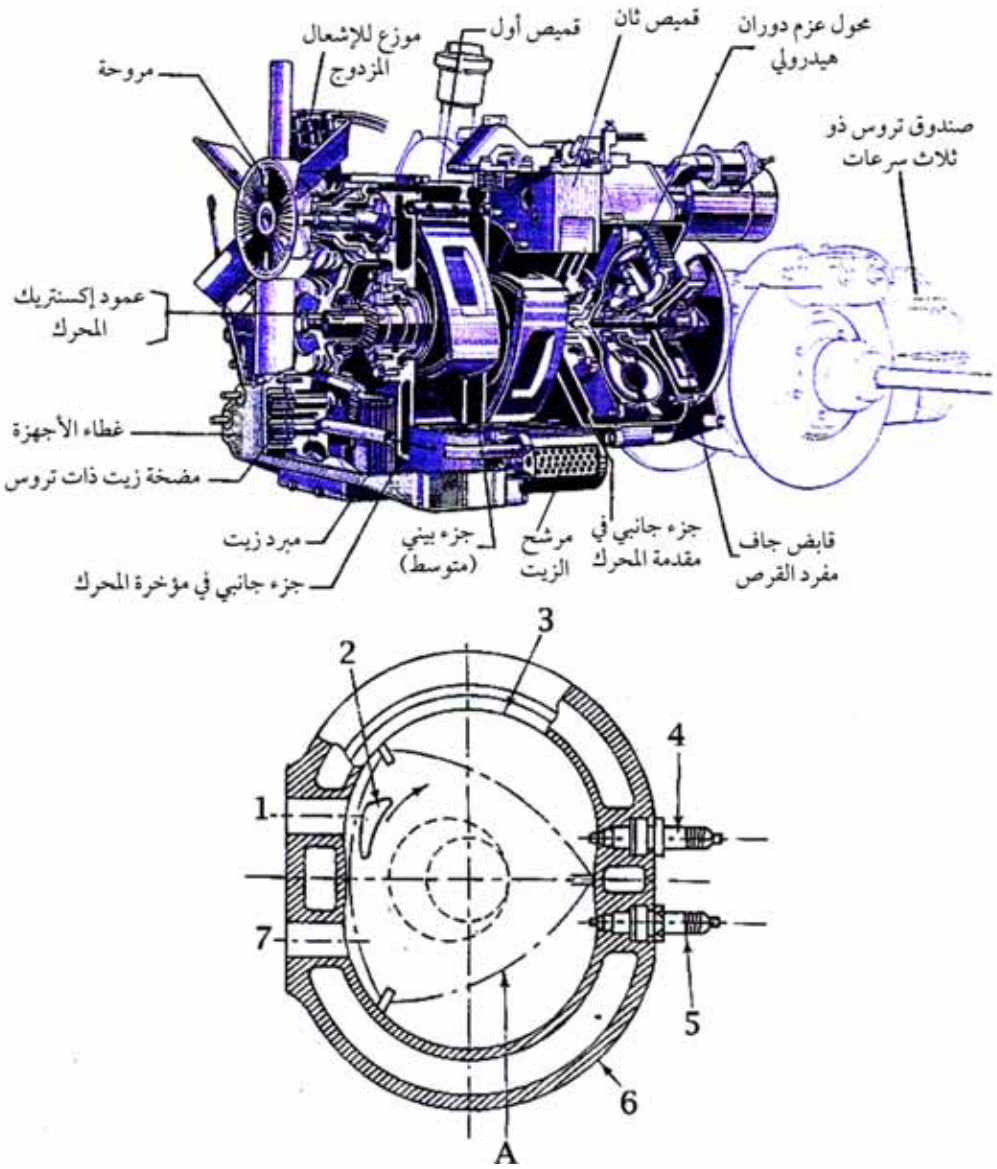
ولاحظ اتجاه حركة السهم في الشكل

* أي أربعة أشواط مشابهة لأشواط محركات الاحتراق الداخلي.

* أي ضغط أقل من الضغط الجوي.

نلاحظ أنه نظراً لوجود ثلاث غرف احتراق مستقلة، كل واحدة تمام الاستقلال عن الأخرى. فمن البديهي أن هناك ثلاثة أشواط تعمل بشكلٍ واضحٍ في كل دورة للمكبس "ROTOR"، وهي شوط السحب، وشوط الانضغاط، وشوط العادم (الخروج)، وشوط فعال واحد، وهو شوط القدرة.

2-1-5 تركيب المحرك الدوار: شكل (5-4).



رسم تخطيطي للعضو الدوار وغرفة التشغيل في محرك فانكل (المحرك الدوار)

A- العضو الدوار
1- منفذ دخول
2- منفذ جانبي
3- السطح الداخلي لغرفة التشغيل
4- شمعة شرر خلفية
5- شمعة شرر متقدمة
6- مبيت العضو الدوار
7- منفذ العادم

شكل (5-4)

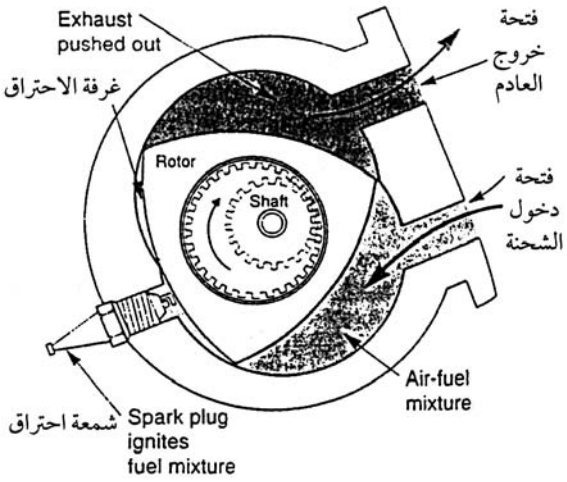
أجزاء المحرك الدوار

يتكون المحرك الدوار من الأجزاء الرئيسة الآتية:

أ- علبة (الأسطوانة) الثانية (المبيت casing):

وهي عبارة عن فراغٍ بيضاوي الشكل شكل (5-5)، وتحوي فتحةً لدخول الشحنة (الهواء- البنزين)، وفتحةً لخروج الغازات المحترقة (غاز العادم).

تركب شمعة احتراق واحدة، أو اثنتين (على حسب التصميم) في الطرف المقابل للأسطوانة يحوي المبيت على جيوب مائية للتبريد.

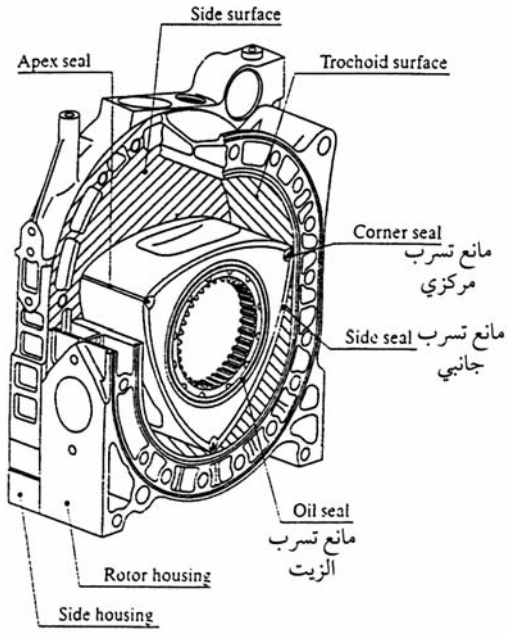


شكل (5-5)

ب- المكبس الدوار rotor:

ذو شكل مُثلثي، كل ضلع فيه على شكل قوس دائرة كبيرة، تشكل على سطحه تجاويف غرف الاحتراق ليعمل السطح الخارجي للأسطوانة على إغلاق هذه التجاويف، كعمل رأس الأسطوانة في المحركات الترددية. شكل (5-6).

يتموضع المكبس المثلثي داخل الأسطوانة البيضاوية الشكل، مقسماً بذلك الفراغ الداخلي لها إلى ثلاث حجرات، تشكل بين جدران الأسطوانة الداخلية والأضلاع المحدبة للمكبس المثلثي لتشكل غرف الاحتراق.



شكل (5-6)

يتدحرج المكبس المسنن من الداخل، حول ترسٍ صغيرٍ مُثبتٍ على عمود المرفق. حيث يعمل كل من الترس الداخلي للمكبس والترس الصغير المعشق معه (المتصل به) على ضبط مراحل حركة المكبس بالنسبة لدوران العمود اللامركزي* (عمود المرفق)، وعلى دوران المكبس العجلي (أي الدوران الذي يحدث فيه ازدياد وتضاءل غرف الاحتراق).

* تنتقل الحركة من المكبس الدوار Rotor إلى عمود المرفق من خلال الأسنان الداخلية للمكبس، والمعشقة مع ترسٍ صغيرٍ مُثبتٍ على عمود المرفق.

تجهـز الـرؤوس المـستدقة الموجـودة في زوايـا المكـبس المثلثـي بمواقـع إحكـام خاصـة شكل (5-7)، تبقى ملامسةً بصورةٍ دائمةٍ للسطح الـداخلي للأسـطوانة، وتمـنع بذلك نفوذ الغازات، وتـسربها مـن إحـدى الحجـرات إلى الأخـرى في الأسطوانة.

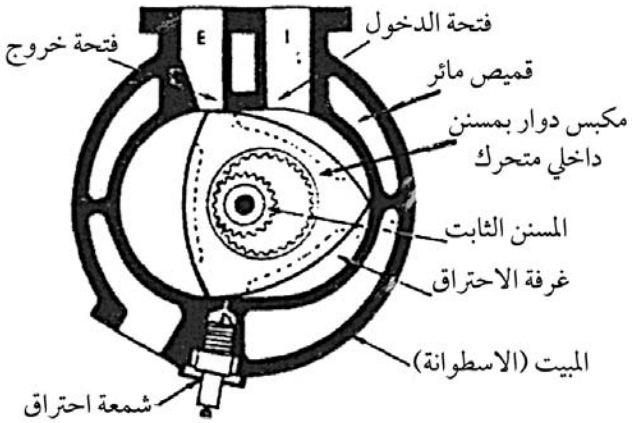
شكل (5-7)

ج- العمود المرفقي: crankshaft

حـيث يتعـشق مـع القطـر الـداخلي للمكـبس الـدوار بواسـطة زوجٍ مـن المـسننات اللا متمركزة شـكل (5-8)، (الترس الداخلي للمكبس، وترس صـغير يتـصل بالعمـود المرفقـي، ومعـشق للترس الداخلي للمكبس)، ويكون المسنن/ الترس الصغير المتـصل بالعمـود المرفقـي ثابـتاً، والمـسنن الداخلي للمكـبس (المـسنن الكبـير) هـو المتحـرك بحـركة المكبس، التي تتأثر بشوط القدرة. شكل (5-9).

شكل (5-8)

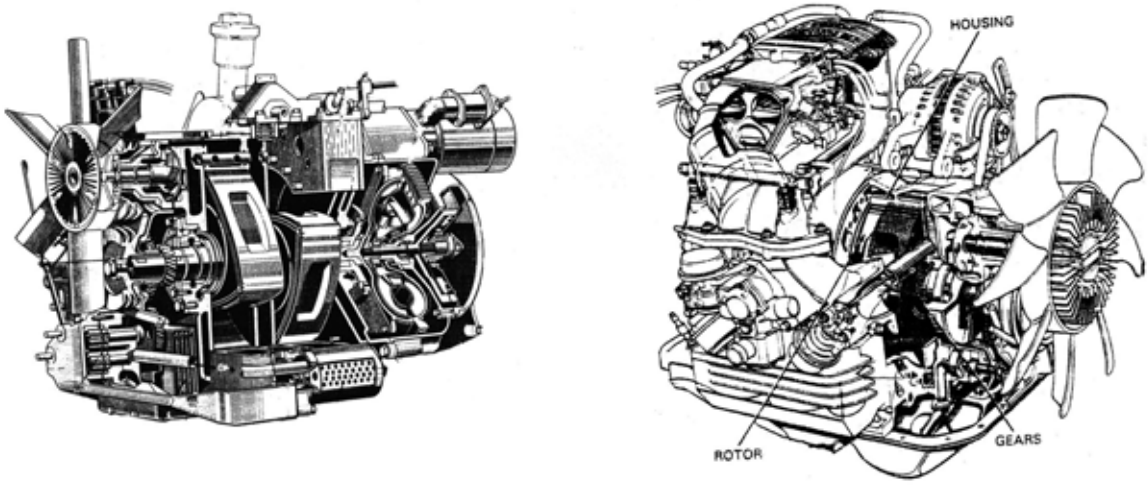
العمود المرفقي متصل بالمكبس بواسطة زوج من المسننات اللا متمركزة



شكل (5-9)

3-1-5 مميزات استخدام المحركات الدوارة:

- تتميز المحركات الدوارة بقدرةٍ عاليةٍ أكبر من المحركات الترددية، التي لها نفس الحجم. حيث يكمل المحرك دورته الحرارية بـ 360°، مثل محركات ثنائية/ الأشواط، ويساوي محرك فانكل أحادى المكبس محركاً ترددياً ثلاثي الأسطوانات من حيث القدرة، ويساوي محرك فانكل ثنائي المكبس محركاً ترددياً سداسي الأسطوانات، وهكذا. شكل (5-10).



شكل (5-10)

المحرك المكبس الدوار ذو المكبسين

- للمحركات الدوارة كفاءة حجمية عالية. حيث يكون صمام (فتحة) الدخول، وصمام العادم (الخروج) يقعان في نفس المكان والاتجاه على الأسطوانة.
- لعدم وجود الحركة الترددية في المحركات الدوارة، فهذا يحررها من الاهتزاز، وكذا انخفاض الضوضاء، إضافةً إلى أن المحركات الدوارة تحتاج إلى حيز صغيرٍ يصغر أبعاده.
- لا يحتوي المحرك الدوار على أجزاءٍ معقدةٍ، للتحكم في آلية تشغيل الصمامات، وكذا لا تلزم هنا صمامات للتحكم في دخول الشحنة، وخروج الغازات.
- سرعة دوران العضو الدوار (المكبس) أكبر بكثيرٍ من سرعة العمود المرفقي. حيث إن نسبة التعشيق بين العضو الدوار rotor، والعمود المرفقي، تؤدي إلى تخفيض السرعة، وزيادة العزم للمحرك.
- يتميز المحرك الدوار بخفة وزنه مقارنةً بمحرك ترددي بنفس القدرة. كذلك تعد نسبة الوزن إلى الطاقة المتولدة في المحركات الدورانية قليلةً جداً.

- تستعمل المحركات الدوارة في كلٍّ من ألمانيا وبعض الدول. وتستخدم في القوارب، والسيارات الصغيرة، وبعض الأغراض الصناعية الأخرى. كما تستخدم المحركات الدوارة في الصناعة الحربية كصناعة الدبابات، والمدرعات (محركات دوارة تستعمل وقود الديزل).
- إمكانية تصميم محركات دوارة تعتمد على نظام الديزل.
- انخفاض تكاليف إنتاج، وتصنيع المحركات الدوارة مقارنةً بالمحركات الترددية.

4-1-5 عيوب المحركات الدوارة:

- ارتفاع تكاليف صيانة المحركات الدوارة وبخاصة حلقات الإحكام المانعة للتسرب في أطراف المكبس rotor، والملامسة للسطح الداخلي للأسطوانة الثابتة (المبيت)*.
- ما زال استخدام المحركات الدوارة wonkle engine قليلاً على مستوى العالم بسبب بعض المشاكل التسويقية والاقتصادية.
- ما يزال نظام تصريف الغازات محتاجاً إلى نظام ذي كفاءة، ولا يؤثر في البيئة.
- انعدام الثقة عند الزبائن بفكرة عمل المحرك.

الخلاصة:

يتوقع في الأعوام القادمة أن تشهد زيادة في انتشار هذا المحرك على المستوى التجاري في العالم، وبخاصة بعد حل مشكلة موانع التسرب، بصناعة حلقاتٍ مكسية بمعادن ذات مرونةٍ، ومقاومة للتآكل، وقابلة للاستبدال.

* تآكل الأطراف في العضو الدوار يسبب الاحتكاك بين المكبس وجدران الأسطوانة الداخلي، فيؤدي هذا التآكل إلى تسرب الغازات بين الفراغات الموجودة بين أسطح المكبس وجدران الأسطوانة.

2-5 استخدام الغاز كوقود لمحركات الاحتراق الداخلي:

هناك قسم من محركات الاحتراق الداخلي تستخدم الغاز كوقود، ويطلق عليه لقب الغاز النظيف لأنه لا يسبب تلوثاً كبيراً مقارنةً بمحركات البنزين والديزل.

1-2-5 نوع الغاز المستخدم:

يُعد غاز البروبان propane، ثالث أكبر الوقود استعمالاً للمركبات، بعد البنزين والديزل. ولغاز البروبان الخصائص الآتية:

لغاز البروبان رقم أوكتيني أكبر* من وقود البنزين، وينتج إصدارات أقل ضرراً بالبيئة، وهذه الإصدارات تقلُّ بنحو:

60% less co

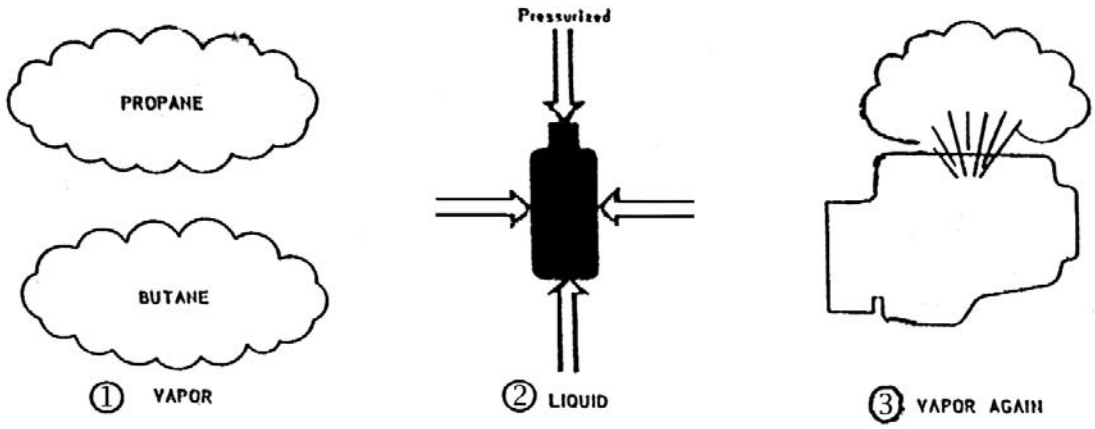
30% less Hc

20% less Nox عن وقود البنزين المشابه كيميائياً للغاز، وأحد أجزاء البترول.

يمكن حفظ غاز البروبان في درجة الحرارية العادية، وضغطٍ أكبر بقليل من الضغط الجوي كسائل. وقد دلت الأبحاث الحديثة أنه يمكن خلط غاز البروبان مع البيوتان ذي الرقم الأوكتاني الأقل (92 ≈)، والأكبر من الرقم الأوكتاني؛ للبنزين للحصول على خليط propane – butane mixture، يستخدم كوقود غازي للمركبات وتكون نسبة الخلط عادةً:

$$20\%\ \text{butane} - 80\%\ \text{propane}\ \frac{30}{70}\ \&\ \frac{50}{50}$$

ويحتوي الغاز على طاقةٍ كبيرةٍ بالنسبة لحجمه عندما يحفظ كسائلٍ شكل (5-11)، ما أدى إلى زيادة نطاق السيارات العاملة بالغاز في محركات الإشعال بالشرر (محركات البنزين).



شكل (5-11)

عملية إسالة الغاز واستخدامه كوقود

* رقم الأوكتان لغاز البروبان (100<).

2-2-5 خـــصائص الغـــاز المـــسال كوقـــود لمحـــركات الاشـــتعال بالشرر (شمعات الاحتراق): Liquefied petroleum gas (L.P.G)

- يتكون بشكل رئيسي من غازي البروبان والبيوتان.
- ناتج عرض من عملية تصنيع (تصفية) البنزين، فهو يُشابهه كيميائياً.
- يمكن الحصول عليه من الغاز الطبيعي.
- في درجة حرارة الغرفة والضغط الاعتيادي يكون مجاله غازياً.
- يمكـن تحويله إلى سائل بواسطة الضغط، ثم التبريد فعدة جالونات بخار يمكن تحويلها إلى جالون واحد سائل. لذا يسهل نقله وتخزينه في حالته السائلة.
- يتحول إلى بخارٍ عند تسخينه، فهو سريع التبخر.

ويبين الجدول الآتي مقارنةً بين وقود البنزين والغاز المستخدمين كوقود لمحركات البنزين.

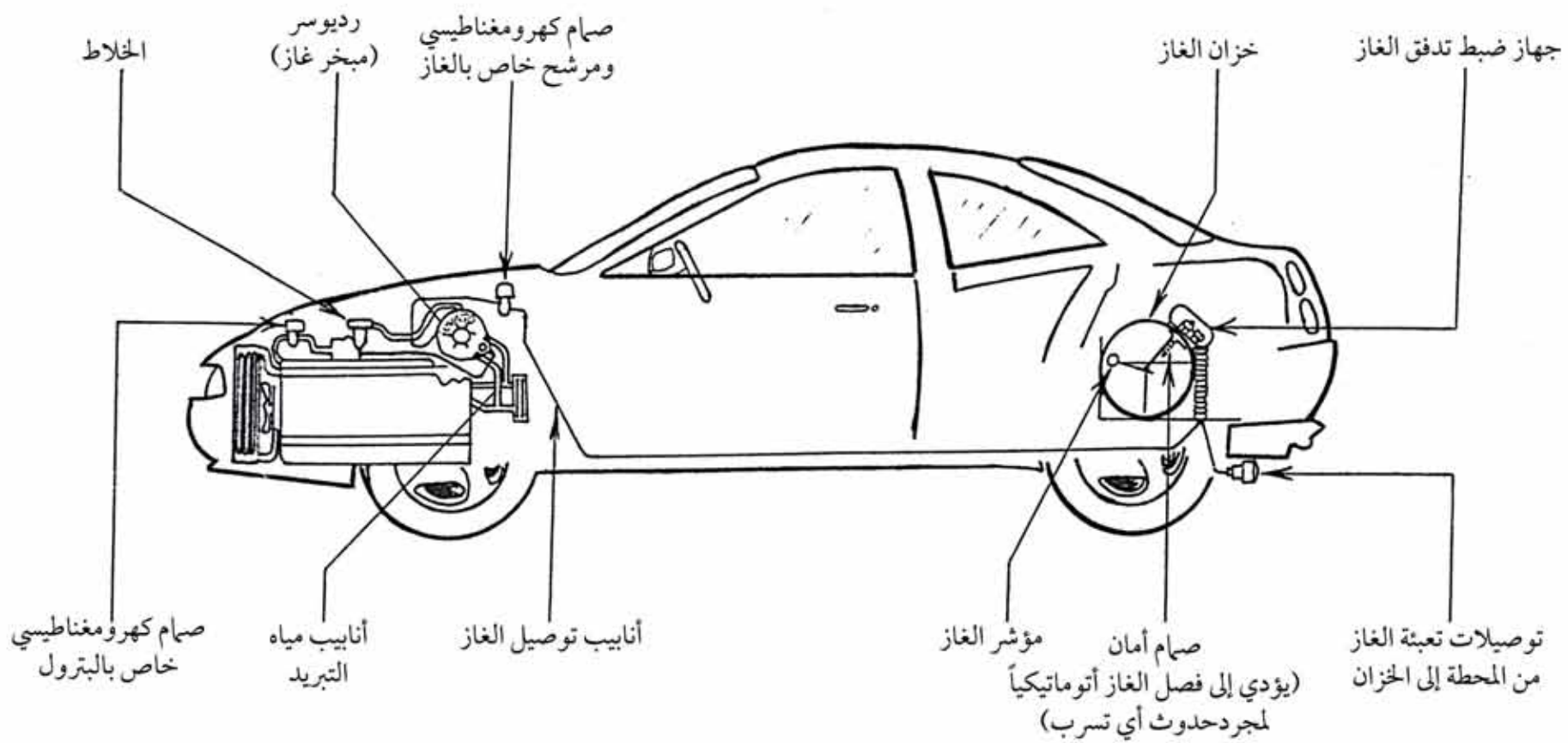
جدول (5-1)

الغاز المسال liquefied petroleum gas	وقود البنزين gasoline fuel
- يـزداد اسـتهلاك الغـاز المـسال lpg بنسبة 15٪ مقارنةً بالبنزين.	- اسـتهلاك الوقـود أقـل مقارنـة ب l.p.g الغـاز المسال.
- لا رائحة، ولا لون للغاز، ولا يرى.	- له رائحة، ولون.
- سير سلس عند السرعات البطيئة.	- غير سلس مقارنةً بمحرك الغاز.
- خـالٍ مـن الرصاص ما يجعله أكثر نظافةً وإطالةً لعمر المحرك.	- يحـتوي وقـود البنزين على مادة الرصاص المسببة لإشـعال غـازاتٍ ضـارةٍ، وزيادةً من بلى (تآكل) أجزاء المحرك، فيقصر عمره.
- لا تتواجد ظاهرة الصفع/ الطرق في الغاز المسال لكبر رقمه الأوكتاني.	- يتعـرض محـرك البنـزين لظاهـرة الـصفع عـند ظروف تشغيل خاصة.
- أثـناء تـسرب الغـاز المسال، لا يؤثر على خواص زيـت تـزييت المحـرك، فهـو يكون بحالة بخار، فيؤدي هذا إلى إطالة عُمرِ المحرك.	- عند تسرب وقود البنزين* إلى علبة المرفق تسبب تخفـيفاً لـزيت تـزييت المحرك dulation وتتغير خـواص الـزيت. وهـذا يـؤدي إلى قـصر عمـر المحرك.

* عند السير على البارد أو لتلف شنابر المكبس.

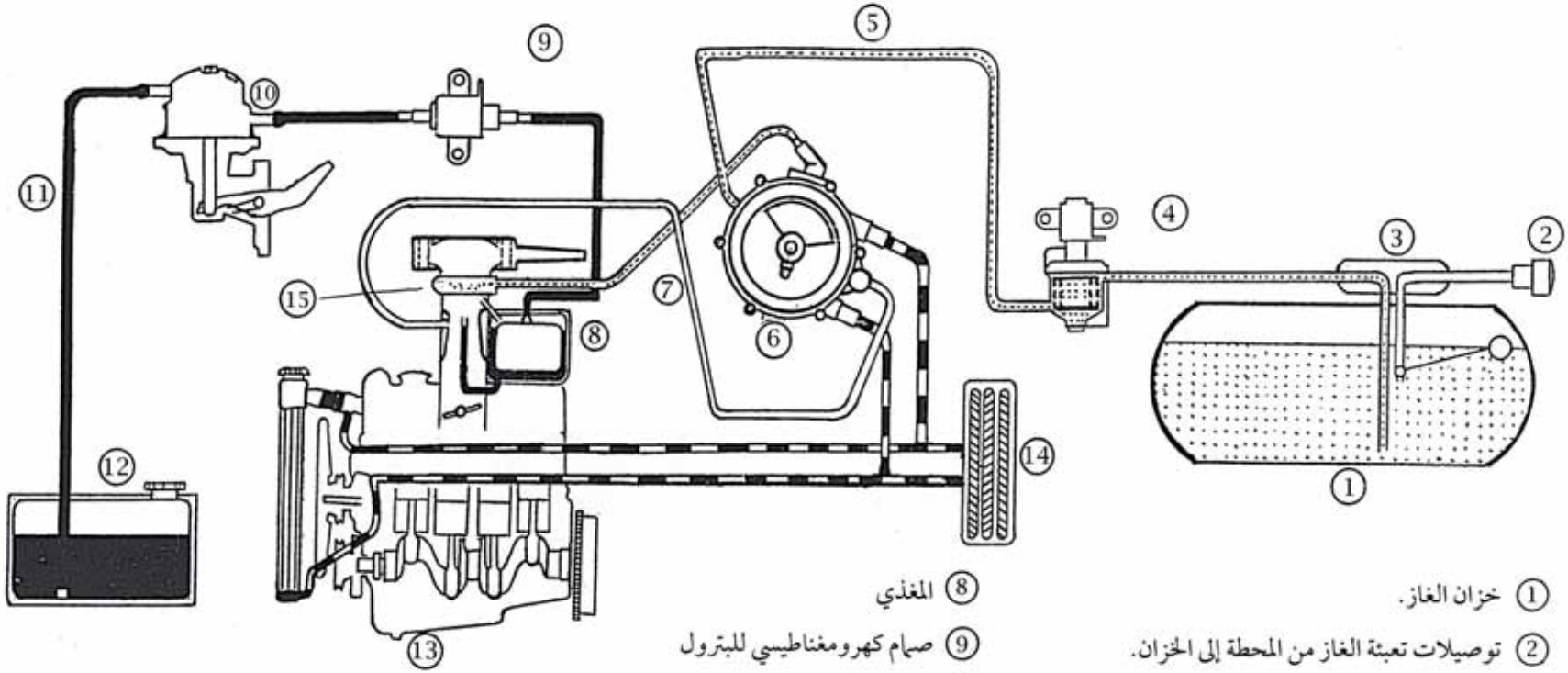
مخطط توضيحي لمواضع أجهزة الغاز على السيارة:

ملحوظة: مع وجود هذه الأجهزة يمكن تشغيل السيارة بالنظام الثنائي (غاز أو بنزين) حسب رغبة صاحب السيارة.



شكل (5-12)

رسم توضيحي لربط أجزاء منظومة الغاز والبنزين على المحرك:



① خزان الغاز.
② توصيلات تعبئة الغاز من المحطة إلى الخزان.
③ جهاز ضبط تدفق الغاز.
④ صمام كهرومغناطيسي ومرشح للغاز.
⑤ أنبوب توصيل الغاز.
⑥ جهاز التبخير.
⑦ أنبوب خلخلة.
⑧ المغذي
⑨ صمام كهرومغناطيسي للبترول
⑩ مضخة الوقود
⑪ أنبوب توصيل البترول
⑫ خزان الوقود
⑬ المحرك
⑭ مبخر خاص بالتكييف (الهواء الساخن)
⑮ الخلاط mixture

أنابيب بنزين
أنابيب غاز
أنبوب خلخلة
أنابيب مياه

شكل (5-13)

3-2-5 الإضافات اللازمة لعمل المحرك بالغاز:

يتكون المحرك العامل بالغاز من الأجزاء الآتية:

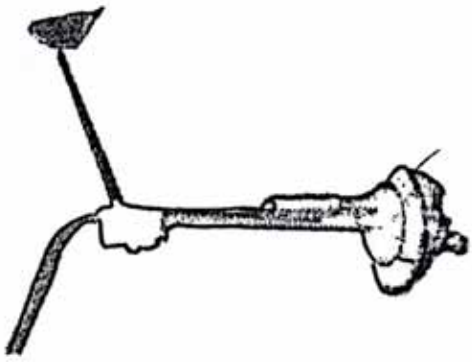
أ- خزان وقود الغاز:

عبارة عن أسطوانة من الفولاذ الصلب المتين ليتحمل الضغط والحرارة، والصدمات. شكل (5-14). وظيفة الخزان حفظ الغاز- المسال عند ضغطٍ معينٍ ويركب في مؤخرة السيارة، أو في أي مكان مناسب وآمن على حسب نوعية السيارة. ويحتوي خزان وقود الغاز على الآتي:

شكل (5-14)
خزان الوقود

- **مؤشر كمية وقود الغاز:**

يحدد كمية الغاز المسال في الخزان. شكل (5-15).



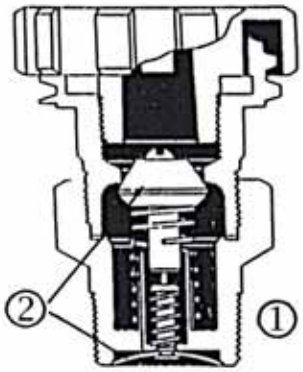
شكل (5-15)
مؤشر كمية الوقود (العوامة)

- **صمام الأمان:**

يوجد على غطاء الخزان، ووظيفته تنفس الغاز إلى الهواء الخارجي. حيث يعمل هذا الصمام على فصل الغاز أتوماتيكياً لمجرد حدوث أي تسرب في المنظومة.

- **توصيلات تعبئة الغاز من المحطة إلى الخزان:**

وهي عبارة عن توصيلات من صمام التعبئة شكل (5-16)، إلى خرطوم تعبئة الغاز المسال من المحطة، ويتكون صمام التعبئة من صمامي سيطرة، والتي تمنع الغاز المسال من الخروج من الخزان عند فصل خرطوم التعبئة.



1- صمام التعبئة 2- صمام السيطرة

شكل (5-16)

- **جهاز ضبط تدفق التدفق:**

يقوم بضبط كمية الغاز المسال إلى المحرك "انظر شكل (5-13)" لتمر كمية محددة من وقود الغاز - المسال عبر أنابيب معدنية مقاومة للضغط تتصل بالمحرك (الكاربيتر).

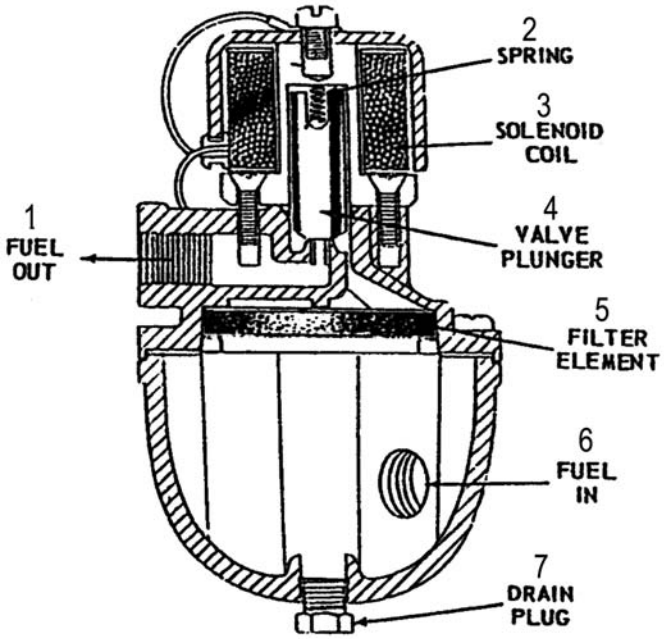
ب- مصفي وصمام قطع الغاز المسال: شكل (5-17).

يركب بين خزان الغاز وجهاز التبخير. ولمصفي وصمام قطع الغاز وظيفتان هما:

- تصفية وتنظيف الغاز المسال.
- غلق نظام وقود الغاز المسال عندما لا تعمل المنظومة.

- **طريقة عمل صمام قطع الغاز المسال:**

عند اختيار تشغيل المركبة على نظام الغاز*، يمر تيار كهربائي إلى الملف اللولبي للصمام فيتكون مجال مغناطيسي، يعمل على رفع مكبس الصمام متغلباً على قوة شدة النابض (الياي)؛ ليفتح مجرى المرور للغاز المسال. وعند قطع التيار عن الصمام يتلاشى المجال المغناطيسي للملف فتعمل قوة ضغط (الياي) على إرجاع مكبس الصمام إلى موضعه السابق، مغلقاً مجرى مرور الغاز.



1- مخرج وقود الغاز
2- النابض
3- الملف اللولبي
4- صمام المكبس
5- مرشح التعبئة
6- مدخل وقود الغاز
7- سدادة تصريف

شكل (5-17)

مصفى وصمام قطع وقود الغاز - المسال

* بضغط المفتاح الاختياري للتشغيل على GAS من السائق.

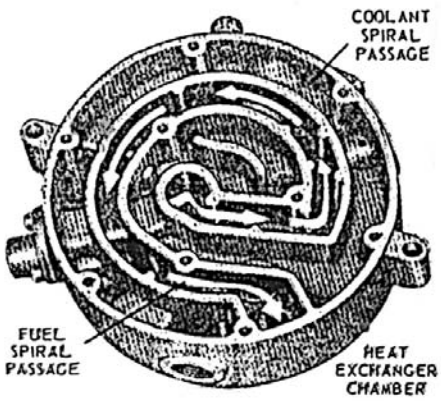
ج- جهاز التبخير vaporizer:

يجب تحويل وقود الغاز المسال إلى بخار قبل استخدامه في المحرك ويجب كذلك تقليل ضغطه حتى يتمكن الكاربيتر (الخلاط) من مزجه مع الهواء بصورةٍ أفضل. وهذا ما يقوم به جهاز التبخير، ومن وظائفه.

يتكون جهاز التبخير من غرفتين منفصلتين بواسطة غشاء مرن هما:

- غرفة المبادل الحراري heat exchanger chamber:

يدخل الغاز المسال تحت ضغط إلى جهاز التبخير عبر صمام الضغط العالي شكل (5-18)، فيمر في ممراتٍ جانبيةٍ حلزونية الشكل يمر بها وسيط تبريد المحرك (الماء). وبسبب عملية التبادل الحراري* بين الغاز المسال، وحرارة الماء، يتحول الغاز السائل إلى بخار بسرعة بفعل وسيط التبريد، الذي يمنع المبخر (جهاز التبخير) من التجمد.

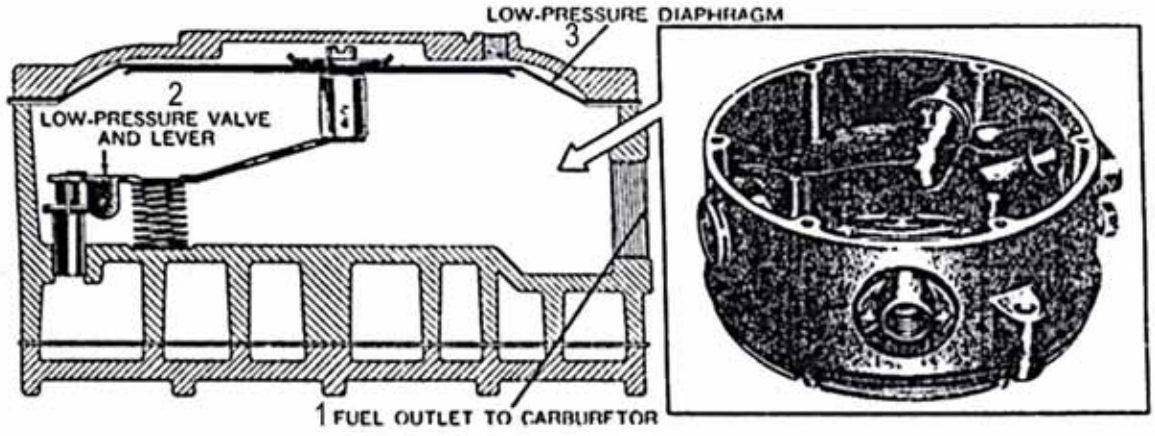


شكل (5-18)

مصفى وصمام قطع وقود الغاز – المسال

- غرفة الضغط الواطي:

تتصل بغرفة المبادل الحراري بواسطة صمام الضغط الواطي شكل (5-19)، وهذا الصمام يبقى مغلقاً؛ حتى يفتح بواسطة رافعةٍ (عتلة) lever تتحرك بتأثير الغشاء اللين الكبير.



1- مخرج بخار الغاز إلى الكاربيتر 3- غشاء الضغط الواطي

2- العتلة وصمام الضغط الواطي

شكل (5-19)

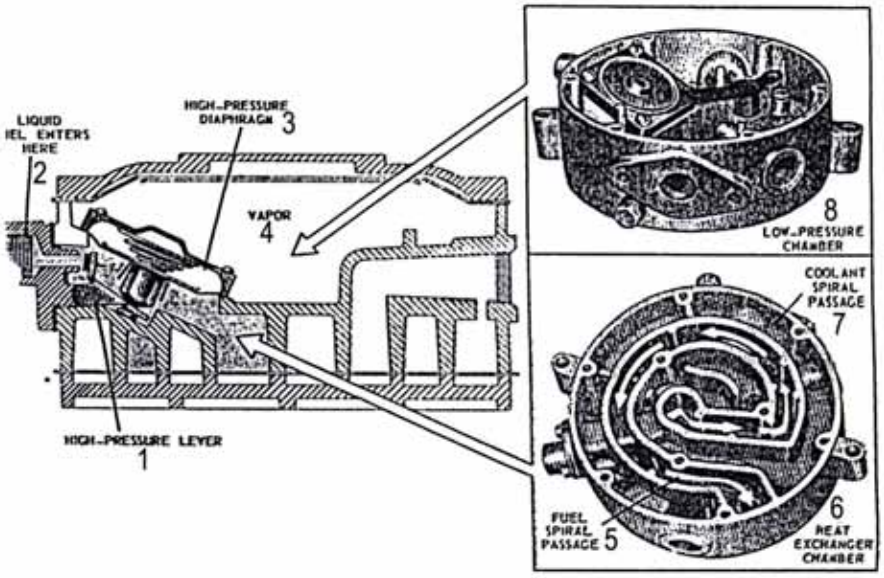
غرفة الضغط – الواطي في جهاز التبخير (المحولة)

* هو انتقال الحرارة بين ماء التبريد ذي الحرارة المرتفعة على الغاز المسال ذي الحرارة المنخفضة فيتحول إلى بخار.

- طريقة عمل جهاز التبخير:

عـندما يكـون مكـبس المحـرك في شوط السحب (intake stroke)، يمتـص الغاز (بحالة بخار)، من خـلال الكاربيـتر مـن غـرفة الـضغط المـنخفض مـسبباً انخفـاض الـضغط الموجـود تحت الغشاء الكبير شـكل (5-20)، بأقـل مـن الـضغط الجوي. حيث إن الجانب الآخر من الغشاء متصل بالضغط الجوي، فيـندفع الغـشاء إلى أسـفل مؤثـراً عـلى العـتلة/ ذراع (lever) صـمام الـضغط المـنخفض، فيفتح الصمام سـمحاً للغـاز (بخـار) بالمـرور إلى الكاربيـتر، ثـم إلى أسـطوانة المحـرك، وعـندما يغلـق صـمام الـسحـب (intake valve) للمحـرك، تـتوقف عندها الحاجة إلى بخار الغاز، فينقطع إمداد بخار الغاز للحظات التعادل* الضغط على جانبي الغشاء، ويغلق لولب (ياي) صمام الضغط الواطي مرةً أخرى.

في حين أن بعض كمية البخار المسحوب من غرفة المبادل الحراري؛ يؤدي إلى انخفاض الضغط في الغرفة سـمحاً لـياي صـمام الـضغط العـالي، بدفـع غشاء الضغط العالي إلى أسفل؛ ليفتح صمام الضغط العالي مرةً أخـرى؛ ليـتدفق الغـاز المـسال إلى داخـل غـرفة المـبادل الحراري موضع تبخره، فيتجمع الضغط، ويغلق الصمام، وهكذا تستمر العملية.



1- عتلة وصمام الضغط العالي
2- مدخل وقود الغاز المسال
3- غشاء الضغط العالي
4- بخار الغاز
5- ممر الغاز الحلزوني
6- غرفة المتبادل الحراري
7- ممر ماء التبريد الحلزوني
8- غرفة الضغط الواطي

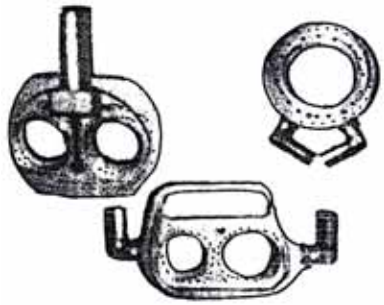
شكل (5-20)

جهاز تبخير الغاز المسال

* أي إن الضغط تحت الغشاء، يساوي الضغط الجوي (1.4 bar)، بسبب غلق صمام سحب المحرك intake valve.

د- الخلاط (mixer):

عبارة عن كتلة تصنع من الألمونيوم بداخلها ممرات تنتهي بثقوب صغيرة، وظيفة الخلاط خلط بخار الغاز مع الهواء وذلك بتذرية بخار الغاز بشكلٍ جيدٍ يركب الخلاط على الكاربيتر ثم يركب فلتر الهواء على الخلاط شكل (5-21).



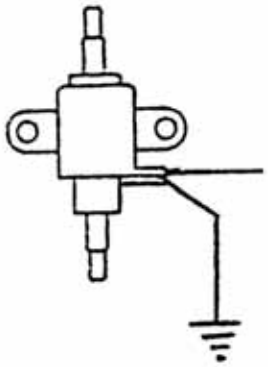
تختلف أشكال الخلاط ليتناسب مع نوعية كاربيتر البنزين

شكل (5-21)

الخـــــــلاط

- **صمام قطع البترول:-** شكل (5-22)

عبارة عن صمام كهر ومغناطيسي، متصل كهربائياً مع وحدة التحكم الكهربائية (المفتاح الاختياري –petrol –)، يتحكم في فتح وإغلاق مجرى مرور البترول. ويركب هذا الصمام في الأنبوب الواصل بين مضخة الوقود والكاربيتر.

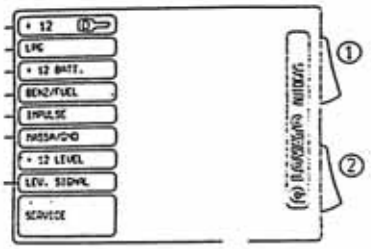


شكل (5-22)

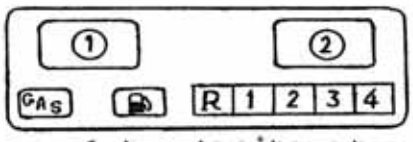
صمام قطع البترول

هـ- وحدة التحكم الكهربائية: شكل (5-23).

عبارة عن وحدة كهربائية مستطيلة الشكل، يوجد في سطحها العلوي مفتاحان أحدهما مفتاح اختياري (petrol - gas)، والآخر مفتاح ضغط، وظيفته تعبئة غرفة العوامة في كاربيتر البنزين بالبنزين* دون الحاجة إلى تعبئتها ببادئ الحركة (السلف).



وحدة التحكم



الواجهة الأمامية لوحدة التحكم

① مفتاح اختياري (غاز - بنزين)

② مفتاح تعبئة غرفة العوامة

GAS لمبة بيان عمل المنظومة بالغاز

لمبة بيان عمل المنظومة بالبترول

R لمبة تحذير من انتهاء الغاز

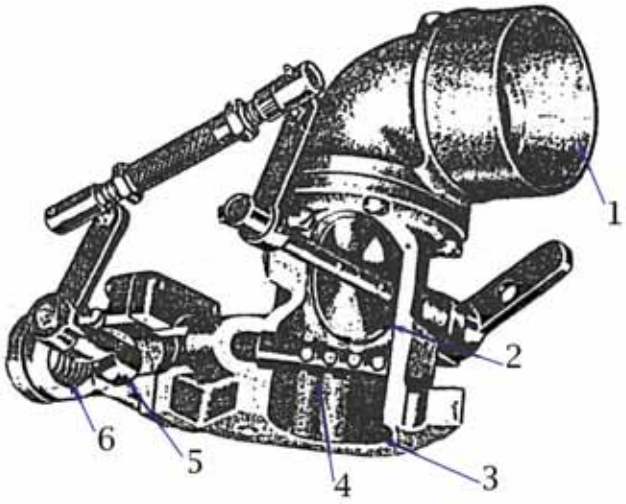
1 2 3 4 لمبات تؤشر على مستوى الغاز في الخزان

شكل (5-23)

* عند السير بنظام الغاز، وأردنا أن نعمل بنظام البترول فتكون غرفة العوامة بالكاربيتر خالية من البترول، فيقوم المفتاح الانضغاطي بملء الغرفة بالبترول تمهيداً لعمل المحرك بنظام البترول (البنزين).

4-2-5 جهاز خلط بخار الغاز بالهواء (الكاربيتر):

في المـركبات العاملـة بـنظام الغاز – فقط – ويقوم كاربيتر خاص بخلط بخار الغاز مع الهواء بنسبٍ معينةٍ لكل سرعةٍ وحمل للمحرك. شكل (5-24).



1- مدخل الهواء
2- صمام الخانق
3- مخرج بخار الغاز والهواء في المحرك
4- أنبوب رش بخار الغاز
5- صمام قياس كمية بخار الغاز الداخلة
6- مدخل بخار الغاز

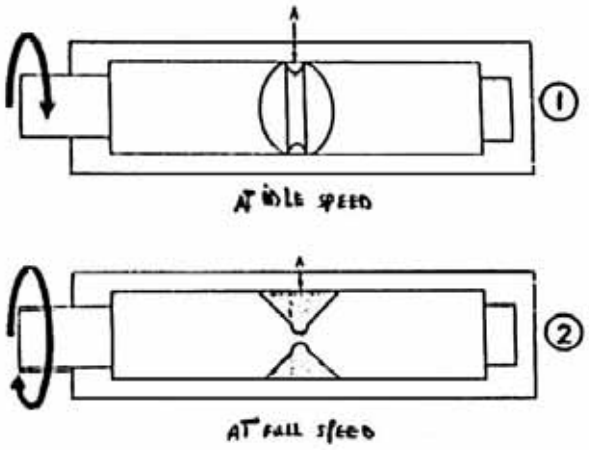
شكل (5-24)

كاربيتر محرك الغاز المسال

يتكون كاربيتر الغاز المسال من الأجزاء الآتية:

أ- صمام القياس:

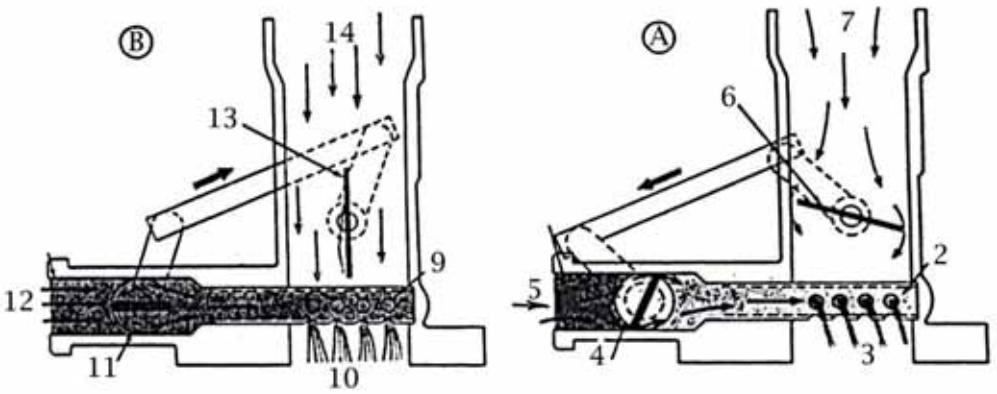
يقـوم بعمليـة معايـرة كمـية وقـود بخار الغاز الداخل إلى الكاربيتر (أنبوب الرش). لذلك يدور صمام القياس في تجويف للتحكم بكمية بخار الغاز الداخلة إلى الأسطوانة شكل (5-25). يعمل كلٌ مـن صـمام القـياس وصـمام الخانـق معـاً بواسطة دواسة السرعة. شكل (5-26).



1- عند السرعة البطيئة 2- عند السرعة القصوى

شكل (5-25)

وضع صمام القياس



A- حالة تشغيل على سرعة بطيئة
2- أنبوب الرش
3- إلى المحرك
4- صمام القياس (تقريباً مغلق)
5- دخول بخار الغاز
6- صمام الخانق (تقريباً مغلق)
7- دخول الهواء

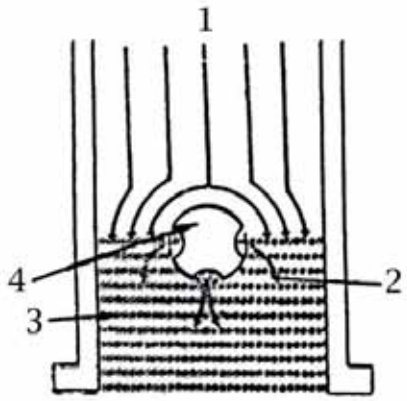
B- تشغيل على أقصى سرعة
9- أنبوب الرش
10- إلى المحرك
11- صمام القياس (مفتوح كلياً)
12- دخول بخار الغاز
13- صمام الخانق (مفتوح كلياً)
14- دخول الهواء

شكل (5-26)

صمام القياس وصمام الخانق يعملان معاً

ب- أنبوب الرش:

يوضح الشكل (5-27)، مقطعاً لأنبوب الرش في جهاز الكاربيتر (غاز). فعند اصطدام تيار الهواء القادم من خلال تجويف الكاربيتر بأنبوب الرش ينحرف وتزيد سرعته ما يؤدي إلى انخفاض في الضغط أعلى الأنبوب؛ يساعد على سحب بخار الوقود من خارج فتحات الأنبوب، وخلطه بشكلٍ جيدٍ مع الهواء.

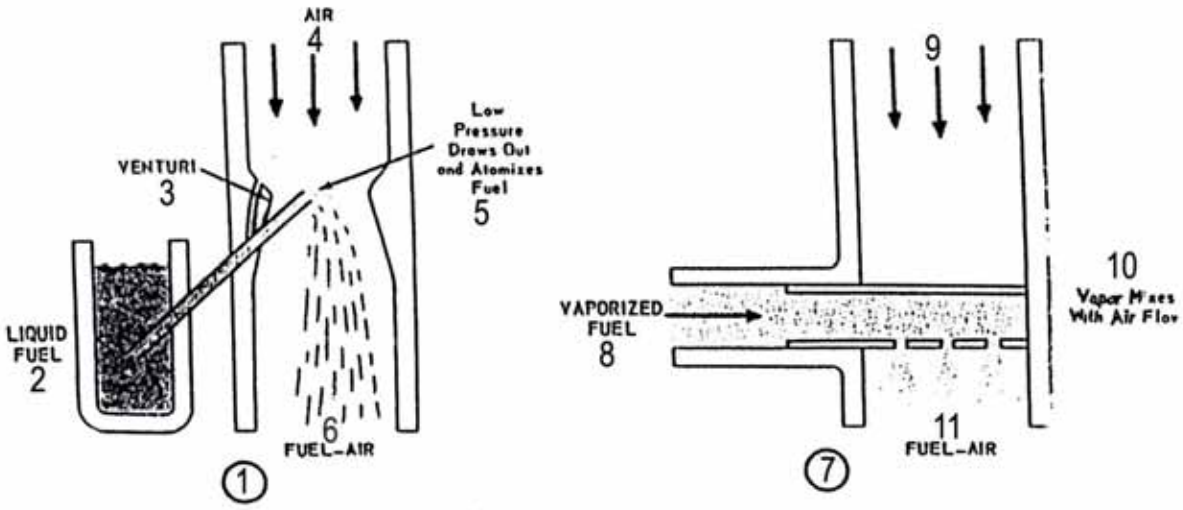


1- دخول الهواء
2- بخار الغاز مسحوب إلى الخارج
3- هواء وبخار الغاز إلى المحرك
4- أنبوب الرش

شكل (5-27)

عمل أنبوب الرش (مظهر جانبي)

5-2-5 مقارنة بين كاربيتر خلط الهواء/ البنزين لمحرك البنزين مع كاربيتر خلط الهواء / الغاز لمحرك الغاز:



1- كاربيتر البنزين
2- وقود البنزين
3- فنشوري
4- مدخل الهواء
5- منطقة انخفاض في الضغط تسحب وقود البنزين وتذرره
6- هواء + بنزين
7- كاربيتر الغاز المسال
8- مدخل الغاز المتبخر
9- مدخل الهواء
10- بخار الغاز يختلط مع تيار الهواء
11- هواء + بخار الغاز

شكل (5-28)

مقارنة خلط الهواء ووقود البنزين مع كاربيتر الغاز المسال

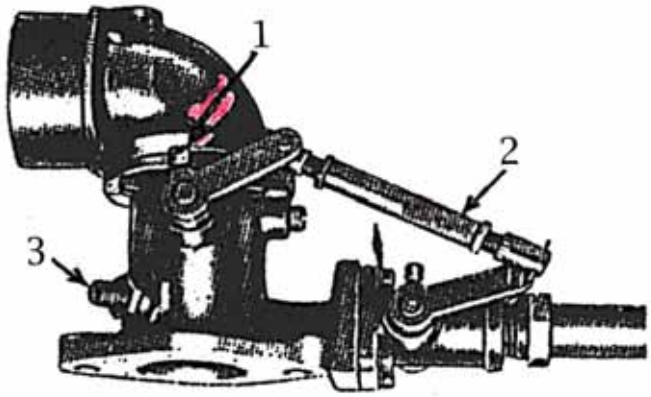
يبين الشكل (5-28) أن الاختلاف الرئيسي يكمن في أن الوقود عند دخوله إلى كاربيتر الغاز- المسال، يكون على شكل بخارٍ، في حين يكون البنزين سائلاً عند دخوله كاربيتر البنزين.

نعلم أن منطقة أو قناة الفنشوري في كاربيتر البنزين تحدث تخلخلاً، أو ضغطاً منخفضاً يحتاجه الكاربيتر لسحب (مص) وقود البنزين وتذريته.

رغم أن هذه المنطقة لا توجد في كاربيتر الغاز-المسال، إلاَّ أن تيار الهواء القادم من أعلى الكاربيتر يصطدم، أو يضرب أنبوب الرش فيؤدي إلى انحراف الهواء (تغيير مساره) فتزداد سرعته، مسبباً إلى انخفاض الضغط بشدة، فيعمل عمل قناة الفنشوي (venture canal) كما في كاربيتر البنزين.

6-2-5 معايرة كاربيتر الغاز:

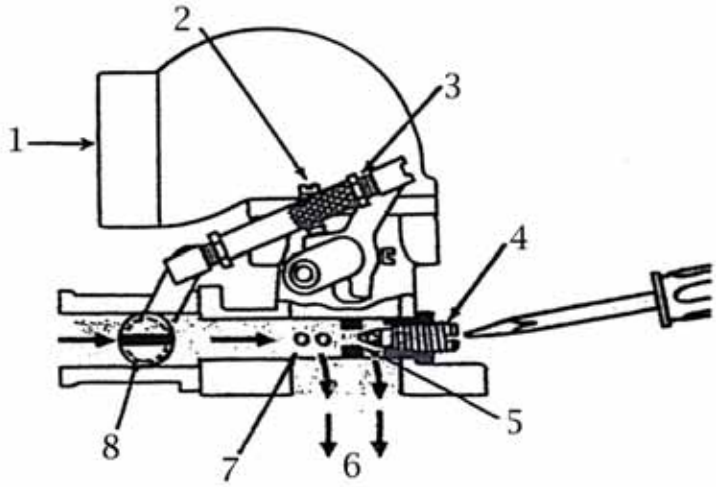
يجب معايرة (ضبط)الكاربيتر للحصول على أداء هادئ واقتصادي. وعليه تذكر - أخي الطالب - أن تعيير سرعة المحرك، وتوقيت الإشعال، كلاهما يؤثر ويتأثر بعملية ضبط (معايرة) الكاربيتر. شكل (5-29- أ، ب).



أ- نقاط المعايرة في كاربيتر محرك الغاز المسال

1- مسمار تحديد سرعة التباطؤ 2- عتلة معايرة وقود التباطؤ

3- مسمار معايرة وقود أقصى حمل للمحرك



ب- معايرة كاربيتر الغاز المسال

1- مدخل الهواء 5- فتحة إضافية لإغناء الخليط

2- مسمار تحديد سرعة التباطؤ 6- إلى المحرك

3- عتلة معايرة وقود التباطؤ 7- أنبوب الرش

4- مسمار معايرة وقود أقصى الحمل 8- صمام القياس

شكل (5-29)

عملية ضبط (معايرة) كاربيتر

- **قواعد السلامة العامة للسيارات العاملة بالغاز:**

1- إن الغـاز المـسال تحت الضغط – عادة –يحاول الخروج من الخزان والأنابيب، وأجزاء المنظومة بشكلٍ عـام. لـذلك يجـب أن تكـون أجـزاء منظومة تغذية الغاز للمحرك خاليةً من التسريب، وأن يكون لها فحص دوري.

2- عند فك أي جزء من أجزاء منظومة التغذية، يجب تقليل ضغط المنظومة.

3- عادم الغاز المسال سام، وليس له رائحة، فيجب تهوية المكان الذي تقوم بتشغيل المحرك فيه.

4- لا تملأ الخزان بالغاز المسال أكثر من 80%*.

5- يمـنع التدخـين، أو اسـتعمال أي شيء مـشتعل قـريبٍ مـن جهـاز الوقود، عند القيام بعملية الصيانة، أو التعبئة.

6- الغاز المسال لا يمكن شمه، أو رؤيته فهو عديم الرائحة، واللون، وعليه فهو خطر.

7- لا تملأ خزان المحرك بالغاز المستخدم في أسطوانات الغاز المنزلية.

7-2-5 مميزات استخدام الغاز كوقود لمحرك الإشعال بالشرر:

- أقـل كلفـةً مـن وقـود البنـزين. وللغـاز مقاومـة كبـيرة للـصقع لارتفـاع رقمـه الأوكـتاني (عدد الأوكتان octane No).
- سهولة اختلاط الغاز (بخار) بالهواء، وتوزيع الشحنة بشكل متساوٍ بين أسطوانات المحرك.
- أقل أثراً على خواص زيت المحرك ما يساعد على إطالة عمر المحرك*، وقلة صيانته.
- الغازات العادمة للغاز أقل نسبةً مقارنةً بمحرك البنزين*.
- قدرة هادئة (سلسلة) في السرعات البطيئة.
- خفض استهلاك البنزين.
- لا تستخدم مضخة لإمداد الوقود إلى المحرك لاعتماد إمداد الوقود على ضغط الغاز المسال في خزانه.

* لترك مسافة لتمدد الغاز عن درجات الحرارة المرتفعة.

* لا يتم تغيير زيت المحرك العامل بالغاز إلا بعد 8000 كم على الأقل مقارنةً بـ 2000 كم لمحرك البنزين.

* ارجع إلى الملحقات بنهاية الوحدة.

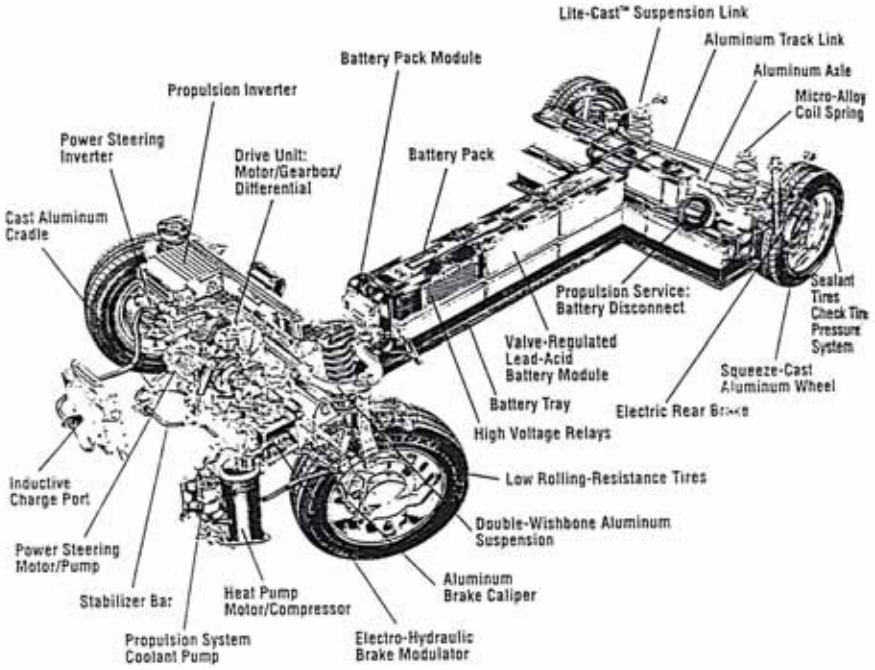
8-2-5 العيـــوب:

- صعوبة بدء تشغيل المحرك في الجو البارد – وخصوصاً – عند درجة حرارة أقل من (18c°).
- تكاليف أجهزة محرك الغاز مرتفعة.
- قلة محطات تعبئة وقود الغاز– المسال، يقلل من استخدام محركات الغاز.
- إن استعمال هـذا الغـاز كوقود لمحرك الإشعال بالضغط (ديزل)، له صعوبات كثيرة أهمها: إن هذا الغاز لا يملك اللزوجة الكافية لزيت مضخة حقن الوقود fuel pump.
- غازات خطرة لا يمكن التنبه عند تسربها لأنها ذات رائحةٍ شبه محسوسة.
- انخفاض في معدل القدرة (10% horse power) مقارنةً بمحرك البنزين عند السرعة القصوى.
- يتطلب نظام تبريد جيد لاستخدامه في تحول الغاز المسال إلى بخارٍ في جهاز التبخير(المبخر).
- زيادة وزن المركبة لزيادة وزن خزان حفظ الغاز–المسال.
- حـرارة الإشـعال لمحـركات الغـاز المسال أكبر في بعض الأحيان؛ ما يؤدي إلى حرق الصمامات، وتقصير عمرها بحوالي 5% عن محركات البنزين.
- أقل سلامةً وأماناً من محرك البنزين. فالغاز المسال يكون تحت ضغطٍ في منظومته، لذا فهو قابل للتسرب، حيث لا يمكن شمه، ولا رؤيته.

3-5 السيارات الكهربائية (المحرك الكهربائي بطارية + خلايا الوقود):

السيارات الكهربائية electric cars شكل (5-30).

هـي سـيارات مزودة بمحرك/ موتور كهربائي، كبديل لمحركات الاحتراق الداخلي، التي تستخدم الوقود الأحفوري* fossil fuel يستمد حركته لإدارة السيارات من بطاريات ذات تخزينية عالية.



شكل (5-30)

السيارة الكهربائية

بـدأ اسـتخدام الـسيارات الكهـربائية، عند تطور تكنولوجـيا صـناعة البطاريات ذات السعة التخزينية الكبيرة.

تنـتج السيارات الكهربائية بأعداد محدودةٍ لتساعد في تقلـيل التلوث البيئي الناتج من محركات الاحتراق التقلـيدية. حـيث يـتم تـزويد الـسيارات الكهـربائية بوقـودها (الكهـرباء)، وذلـك بـشحن بطارياتهـا في محطات شحن كهربائية خاصة. شكل (5-31).

شكل (5-31)

محطات شحن السيارات الكهربائية بإيصال الكهرباء إلى قابس كهربائي في السيارة

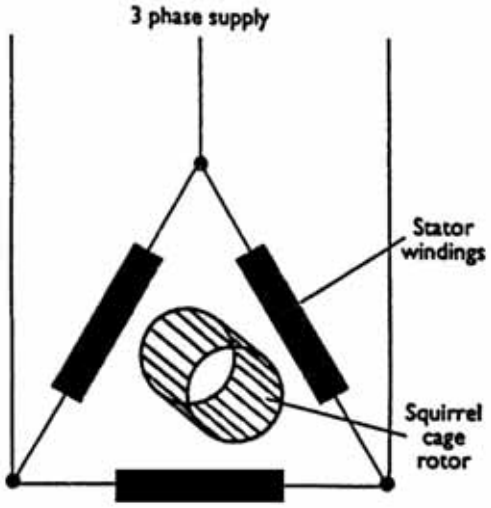
* الوقود الأحفوري: هو الوقود التقليدي المستخرج من باطن الأرض بعمليات الحفر كالبترول والغاز الطبيعي والفحم.

1-3-5 الأجزاء الرئيسية للسيارات الكهربائية:

تتكون السيارات الكهربائية من الأجزاء الرئيسية الآتية:

أ- المحرك/ الموتور الكهربائي:

هو قلب النظام في السيارة، والمسئول عن حركتها. حيث يقوم بتزويد محاورها التحويلية transaxle بالحركة التي ترسل إلى العجلات، عبر هذه المحاور. تصنع محركات السيارات الكهربائية كغيرها من المحركات. أما المحركات ذات التيار المتردد AC motor التي تحتاج إلى محول* لتحول تيار البطاريات إلى Ac لتشغيلها أو المحركات ذات التيار الكهربائي الثابت Dc motor والتي تدار مباشرةً من بطاريات السيارات شكل (5-32)، تزود معظم السيارات الكهربائية بمحركين كهربائيين ذي حجم صغير، وكفاءةٍ عاليةٍ لإدارة العجلات الأمامية في السيارة.



شكل (5-32)
أجزاء المحرك الكهربائي

ب- البطاريات batteries: شكل (5-33).

تعمل على تزويد المحرك الكهربائي بالطاقة (التيار الكهربائي) اللازم لتشغيله (إدارته)، لهذا فالبطاريات من الأجزاء الرئيسية المهمة في السيارات الكهربائية. الأمر الذي يتطلب تكنولوجيا متطورة لإنتاج بطاريات ذوات كفاءةٍ تخزينيةٍ كبيرة، وكذا سرعة في عملية شحنها.

شكل (5-33)
بطاريات ذات تكنولوجيا متطورة تستخدم في المركبات الكهربائية

* محول inverter الذي يحول تيار البطارية DC إلى AC لإدارة محركات التيار المستمر Ac motors.

تستعمل في السيارات الكهربائية عدة أنواع من البطاريات منها:

- **البطاريات الحمضية التي لا تحتاج إلى الصيانة:** (lead acid)

تحوي إلكتروليت هلالي القوام (الزج). لذا لا تحتاج هذه البطاريات إلى صيانةٍ حيث يُعتمد* عليها في السيارات الكهربائية بكثرة، إلا أنها ذات سعةٍ تخزينيةٍ منخفضةٍ.

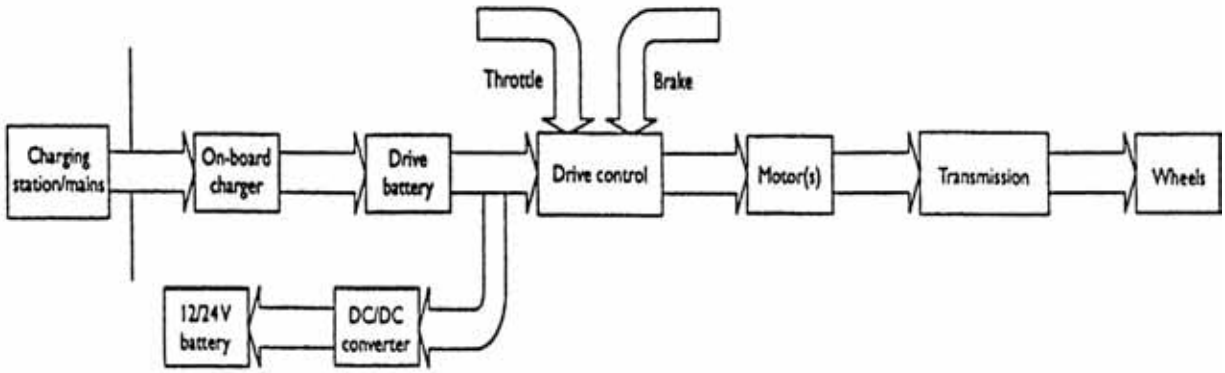
- **بطاريات** lithium polymer:

تستخدم الليثيوم كإلكتروليت (محلول تحليل كهربائي)، أو كسائلٍ هلالي. ومن إيجابياتها: ارتفاع سعتها التخزينية، وكذا خفض سعرها، لكنها تتأثر بدرجات الحرارة، والتي تؤدي إلى خفض سعتها التخزينية. ومن إيجابياتها – كذلك – تصميمها بطرقٍ عدة تناسب تصاميم السيارات.

- Sodium sulpher battery:

عبارة عن بطاريات تحوي كبريتيك الصوديوم كإلكتروليت، وتتميز بسعةٍ تخزينيةٍ عاليةٍ جداً (v2.1 لكل خلية)، إلا أنها مرتفعة السعر، وتحتاج إلى درجة حرارة تشغيلية محدودة.

يبين الشكل (5–34) مخططاً عاماً في مربعات يمثل السيارة الكهربائية. فنلاحظ أن البطاريات الأساسية التي تمد المحرك الكهربائي بالطاقة drive batteries غالباً ما تنتج أكثر من 300v، ونلاحظ أن البطارية المعروفة 12v تبقى ضرورية في السيارة الكهربائية لتشغيل الأنظمة الاعتيادية للسيارة كدائرة الإضاءة.



شكل (5–34)

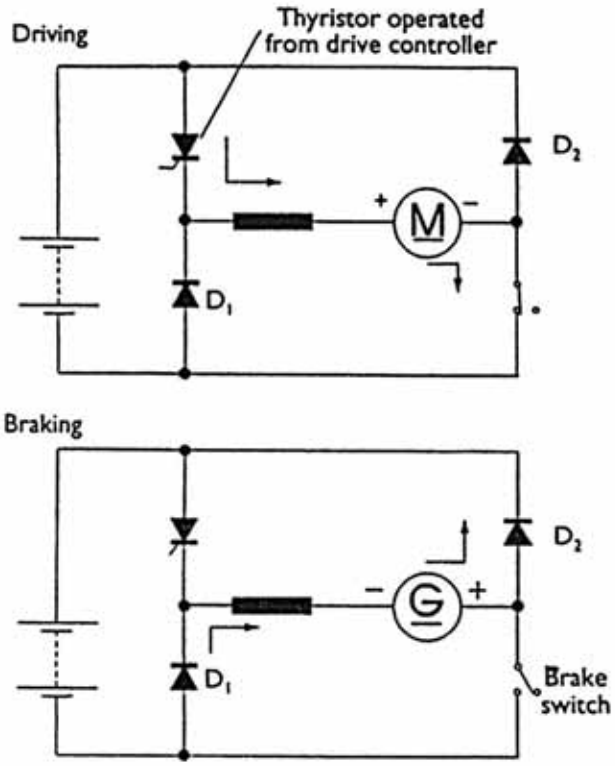
مخطط سيارة كهربائية

* لخفض سعرها.

ج- وحدة تحكم إلكتروني electronic module:

تزود بعض الأنظمة الحديثة للسيارات الكهربائية بوحدة تحكم إلكترونية تقوم بالإشراف والتحكم بنظام تشغيل السيارات الكهربائية، وتعمل على تقليل الطاقة/ الحركة الضائعة.

فيقوم جهاز التحكم الإلكتروني بتشغيل نظام regenerative braking، وهو استرجاع الطاقة، أو حركة السيارة، عند تسليط نظام الفرامل إلى طاقة أو كهرباء لشحن البطاريات، وذلك بالاستفادة من دوران المحور التحويلي ليدير مولداً كهربائياً* يقوم بإنتاج تيارٍ كهربائي لشحن البطاريات، عند تسليط نظام الفرامل. شكل (5-35).



شكل (5-35)

المحرك الكهربائي ذو اللفات على التوالي series wound

يمكن التحكم به بواسطة ثارستور فينتج أبسط صورة من صور استرجاع،

أو إعادة توليد الفرامل regenerative braking لشحن البطاريات

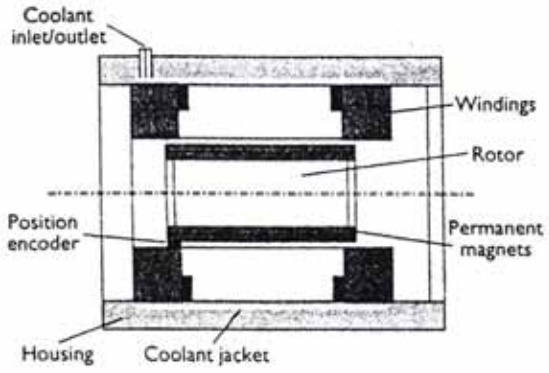
* دينمو genre tot لإنتاج التيار لشحن البطاريات.

2-3-5 تطور تكنولوجيا صناعة السيارات الكهربائية:

إن عملية زيادة إنتاج السيارات الكهربائية مستمرة إلى وقتنا الحالي، فكثير من الأبحاث تتركز على كيفية إنتاج بطاريات ذات كفاءةٍ عاليةٍ، وذات سعةٍ تخزينيةٍ كبيرةٍ، وكذا امتلاكها القدرة على الشحن بسرعة كبيرة*.

كما تم إنتاج محركات كهربائية ذات كفاءة عالية تشحن permanent maynet brushless Dc motor

شكل (5-36) فكرة عملها هو التخلص من محامل وجلبات المحرك لتقليل عملية الاحتكاك بين العضو الدوار (rotory) ومحامله لرفع كفاءة المحرك الكهربائي، وكذا استخدام عجلات، ثم خفض الاحتكاك في محاملها لزيادة سرعة المركبة، وتقليل جهد المحرك الكهربائي.



شكل (5-36)

مغناطيس أولي بدلاً من المحامل (الجلبات)

3-3-5 إيجابيات/ مميزات السيارات الكهربائية:

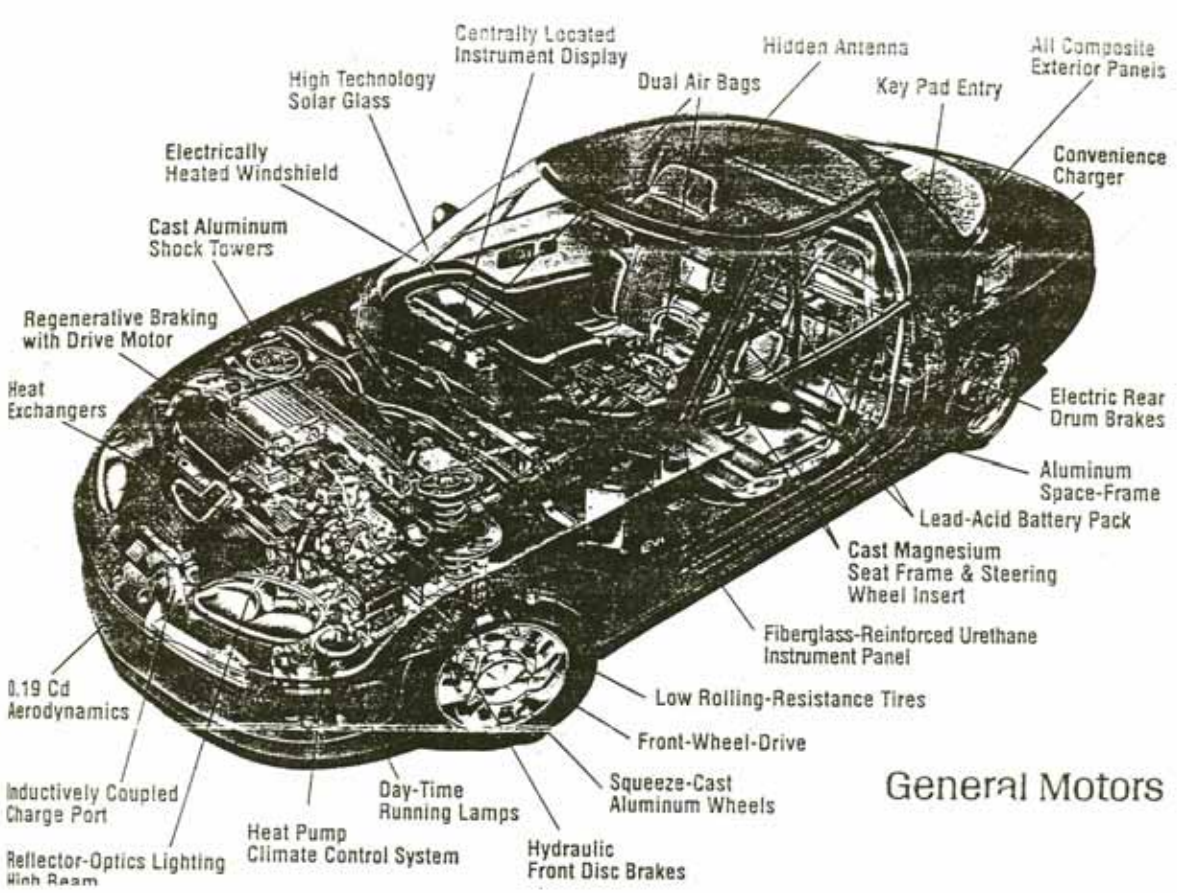
- تُعد السيارات الكهربائية أكثر تحملاً ومتانة، وأكثر وثوقية من محركات الوقود الأحفوري.
- إهدارات عوادم السيارات الكهربائية = صفر (zero)، الأمر الذي يساعد على خفض التلوث البيئي بصورةٍ عامةٍ.
- توفير العملة الصعبة بالاستغناء عن الوقود الأحفوري.
- تقوم البطاريات، والمحرك الكهربائي، بزيادة القدرة، عند بداية تشغيل المركبة فيكون تشغيل المحرك سريعاً وسلساً، وكذلك عند بداية التسارع للمركبة.

4-3-5 عيوب/ سلبيات السيارات الكهربائية:

- السيارات الكهربائية بالجملة بطيئة السرعة مقارنة بمحركات الاحتراق الداخلي.
- يحتاج شحن بطاريات السيارات الكهربائية إلى بناء عددٍ كبيرٍ من محطات الشحن الكهربائية، وهذا الأمر لا يمكن في الوقت الراهن.
- أكبر وقتٍ أو زمنٍ لعمل البطاريات، هو يوم واحد – تقريباً – لذا فمن المستحيل شحن البطاريات ليلاً.
- زمن شحن البطاريات – كذلك – يصل إلى أكثر من ساعتين 2/ h – تقريباً – الأمر الذي حد من انتشار السيارات الكهربائية.

* حيث يتطلب وقتاً يساوي ساعتين لشحن أفضل البطاريات. مع العلم أن هذا الزمن يرتفع مع استعمال البطارية duration time.

- عملية شحن وتفريغ البطاريات، يسبب انبعاث غازات* ملوثة للبيئة، فضلاً عن توافر عددٍ من البطاريات الاحتياطية الجاهزة (المشحونة)، والتي تستبدل لحين شحن البطاريات الفارغة.
- لا يزل استخدام السيارات الكهربائية على نطاق واسع محدوداً؛ نظراً لما تتطلبه من توافر إمكانيةٍ كبيرةٍ لشحن البطاريات التي لا تستطيع حالياً العمل إلا لفترة قصيرة محدودة (يوم تشغيل تقريباً).
- ارتفاع سعر السيارة الكهربائية للإضافات والأجهزة التي وضعت في السيارة، وهذا يؤدي إلى ارتفاع سعر صيانتها. شكل (5-37).
- نظام التبريد، والتكييف للمركبة، يصعب تشغيله - وبخاصة - عند السرعات المنخفضة للسيارة.



شكل (5-37)

الأجزاء المضافة إلى السيارة الكهربائية

* وهو غاز الهيدروجين الضار المنبعث من البطاريات المستخدمة وكذا غير المستخدمة.

5-3-5 خلايا الوقود fuel cell:

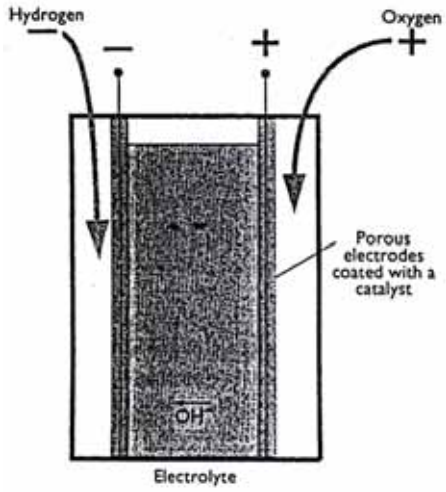
مفهوم خلايا الوقود:

معلـوم أن الطاقـة المؤكـسدة في الوقود التقليدي (الأحفوري) تظهر على شكل حرارة. أما التأكسد الذي يـتم بـه انـتقال للإلكـترونات بـين الوقـود والعامل المؤكسد، وكذا إنتاج حرارة وماء هو عمل ووظيفة خلايا الوقـود. فخلية الوقود* تعرف بأنها خلية إلكتروكيميائية تقوم بتحويل الطاقة الناتجة من التفاعلات الكيميائية للوقود، إلى طاقةٍ كهربائيةٍ مباشرةً + حرارة وماء.

أ- مكونات خلية الوقود:

تـتكون جمـيع خلايـا الوقـود شـكل (5-38) مـن القطـب المـوجب، ويمـثل عامـل اختـزال، والقطـب الـسالب، ويمثل عامل التأكسد، إضافةً إلى مصعد ومهبط anode + cathode ومحلول إلكتروليتي electrolyte قد يزود من الوقود مباشرةً.

ومعلـوم أن غـاز الهيدروجـين (H_2)* ينـتج معظـم طاقـة الوقود الأحفوري عند اتحاده مع الأكسجين.

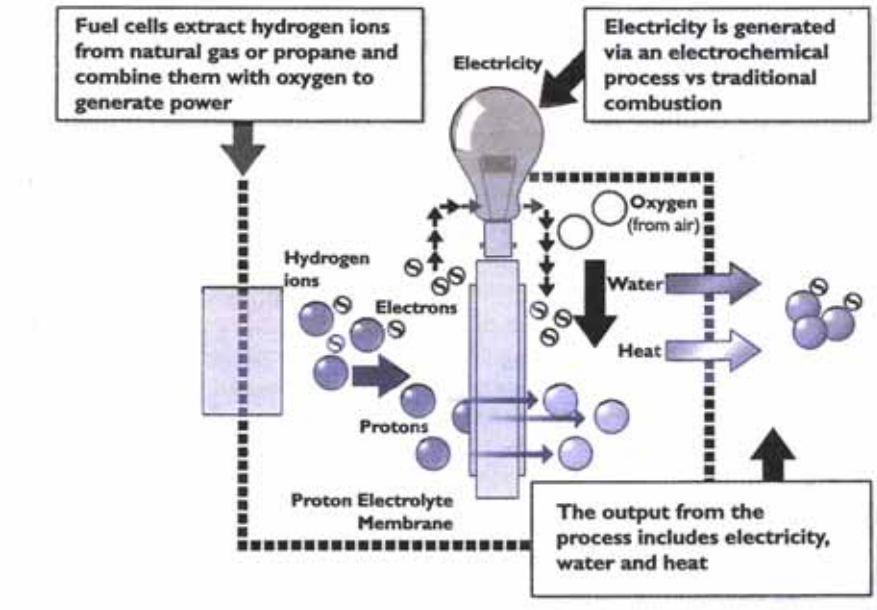


شكل (5-38)

خلية الوقود البسيطة

ب- كيف تعمل خلية الوقود (خطوات عملها):

يوضح الشكل (5-39) كيف تعمل خلية الوقود.



How fuel cells work (Source: Dana)

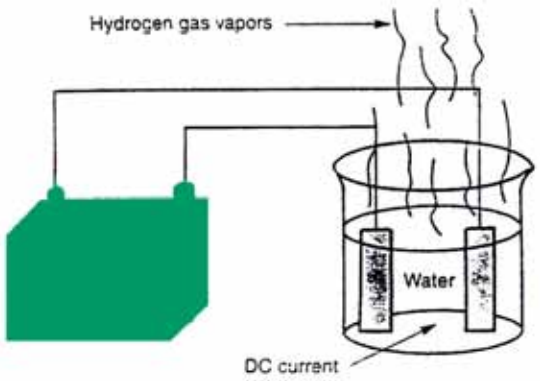
شكل (5-39)

* خلية الوقود: هي عملية اتحاد، أو دمج الهيدروجين H_2 مع الأكسجين لإنتاج طاقة كهربائية + حرارة وماء.

* لأنه غاز سريع الاشتعال.

ج- طرق توليد غاز الهيدروجين:

يمكن توليد غاز الهيدرجين بطرقٍ عديدةٍ، منها طـريقة التحلـيل الكهربائـي العكـسي للـماء شكـل (5-40) electrolysis of water. وتُعد هذه الطريقة مكلفةً جداً، وتُنتج غازاً لا يفي بالغـرض، لهـذا لا تستعمل في إنتاج الغاز المناسب لعمل خلايا الوقود، وتشغيل السيارة.

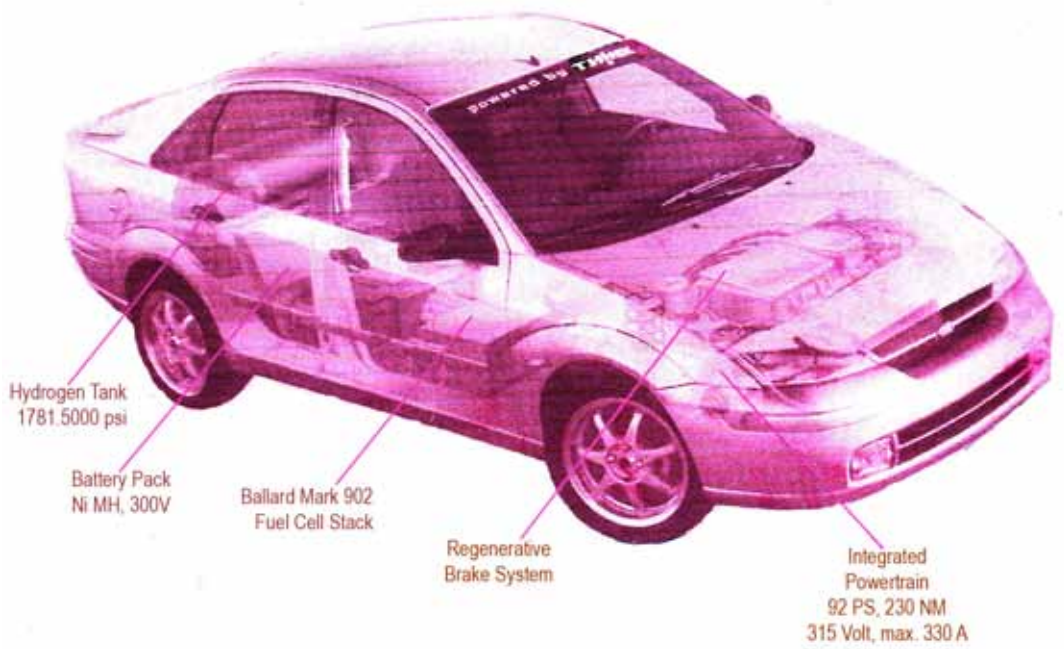


شكل (5-40)

إحدى طرق إنتاج غاز H_2

توليـد الغـاز باستخدام وقود البنزين gasoline / الغاز الطبيعي/ الميثان methanol، وغيره من الوقود الكربوهيدرولي. وهذا الوقود سهل الحفظ والتعبئة، فيمر الوقود خلال catalytic reformer، وهو محضر، يقـوم بـتحويل الوقـود إلى غـاز co,co_2,H_2. حـيث يرسـل H_2 إلى خلايـا الوقـود، بيـنما يـتم انـبعاث (إصدار) co, co_2 كغازاتٍ عادمةٍ إلى الهواء الجوي، بعد تحويل غاز co الضار إلى غازٍ co_2 غير الضار.

ويُعـد غـاز methanol، أفـضل الوقـود* بتـزويد معظـم غـاز الهيدروجـين لـسيارات خلايـا الوقـود. شكل (5-41).



شكل (5-41)

سيارة تستخدم وقود الميثانول H_2 لإنتاج الوقود

* من سلبياته إنه عند تصنيعه بنسبة (85% methanol 15% gasoline)، يميل إلى الانفصال عن هذا الخليط، أو عن البنزين مسبباً اضطراب المحرك لاختلاف نسبة الهواء $\frac{A}{F}$ بين الوقودين (الخليط). حيث يشكل معظم الخليط بالنسبة المذكورة.

حيث تولد خلايا الوقود الكهربائي بطريقة التحليل الكهربائي العكسي للماء by reversing the electrolysis process of water.

وأكثر الطرق انتشاراً واستخداماً بواسطة PEM. a proton- exchange membrane.

وهو غشاء* قابل للنفوذية يوضع بين قطبي خلية الوقود حيث تملأ خلايا الوقود بغاز H_2 ويمر الأوكسجين إليها من الهواء الجوي، وأثناء مرور الغاز بالغشاء الخاص في خلية الوقود وبمساعدة عاملها الحافز المغطي لقطب الأنود يحدث تفاعل كيميائي حيث يتشكل بخار الماء وحرارة وكمية ضئيلة من الكهرباء (الفولت) لهذا ترص خلايا الوقود بشك متوالي "series" للحصول على تيار كهربائي أكبر بحدود "60 –90 kw" كطاقة لازمة لإدارة محركات السيارات الكهربائية.

د- مركبات (سيارات خلايا الوقود):

تحوي هذه السيارات خلايا الوقود، وتقوم بتزويد الطاقة الكهربائية اللازمة للمحركات الكهربائية مباشرةً من غير الحاجة إلى بطاريات ذات السعة التخزينية العالية شكل (5-42)، وكذلك فإن عملية تزويد الطاقة الكهربائية مباشرةً إلى المحركات الكهربائية للسيارة مباشرةً ذات كفاءةٍ أكبر من عمليات تحويل الطاقة الكيميائية للوقود إلى طاقةٍ حركيةٍ يستفاد منها "output".

قامت شركة NE car بزيادة حجم خزان وقود سياراتها
بسعة تقدر بـ 40 لتر للسير مسافة 400km

شكل (5-42)

سيارة تعمل بخلايا الوقود

* exchange membrane or permeable membrane هو غشاء منفذ (يسمح بنفاذ الموائع خلاله) (طبقة منفذة).

هـ- مميزات السيارات العاملة بخلايا الوقود fuel cells:

- إن فكـرة عمـل خلايا الوقود بتزويد الطاقة الكهربائية للمحركات الكهربائية، التي تدير السيارة، تتميز بكفاءةٍ أكبر من عملية تحويل الطاقة الكيميائية للوقود التقليدي، إلى طاقةٍ ميكانيكيةٍ يستفاد منها.
- تـزود المحـركات الكهربائية التي تُدير السيارة بالطاقة الكهربائية مباشرةً دون الحاجة إلى بطاريات ذات تكنولوجيا متطورة (سعة حجمية كبيرة).
- ليس هناك أجـــواء متحركة في نظام خلايـا الوقود fuel cells؛ لهذا تكون أكثر مقاومةً للبلى، وفترتها أو عمـرها التـشغيلي طـويل. لـذلك يجـب استعمال وقود نظيف*، مع نظامٍ جيدٍ لتصفية الهواء لبقاء خلايا الوقود عمراً تشغيلياً طويلاً.
- عمل خلايا الوقود fuel cells موثوق، ولا صوت له أثناء التشغيل.
- يـتفاعل الهيدروجـين، وينـتج طاقةً يستفاد منها، وغازاتٍ مضرة بالبيئة بعد تحويل co إلى co_2. لذا تعد السيارات العاملة بنظام الوقود صديقةً للبيئة، ويعد بخار الماء أهم مكونات العادم الرئيسية.

و- عيوب السيارات العاملة بنظام خلايا الوقود:

- عملية إنتاج غاز الهيدروجين بعكس التحليل الكهربائي للماء مكلفةً جداً ولا يعمل بهذه الطريقة.
- عمليـة إنـتاج الغـاز مـن الغـاز الطبيعـي، أو الميـثانول تعد سلبية لأنها من الوقود الأحفوري. حيث إن تكنولوجيا السيارات الحديثة الآن تبحث الطرق والسبل للاستغناء عن هذا الوقود.
- صـعوبة بـدء تـشغيل المحـرك - وبخاصـة - عـند درجات الحرارة المنخفضة نتيجةً لعدم وصول خلية الوقـود لدرجـة حرارة تشغيلها حوالي $80c^{\circ}$، لذلك تمتلك بعض سيارات خلايا الوقود بطاريةً (12v) لتشغيل نظام بدء الحركة (السلف).
- أثـناء درجة الحرارة المنخفضة جداً (درجة التجميد)، قد لا يترك الماء* خلية الوقود المتجمدة، فيؤدي إلى اضطراب عمل المحرك الكهربائي وتوقفه.
- تعمـل أجـزاء خلـية الوقـود مـثل الغـشاء membrane، وعنصر الحفاز (المُحسن) reformer بدرجة تشغيلية = $80c^{\circ}$. لذا لا بد من توفير نظام تبريد بمُشعٍّ ذي سعةٍ كبيرةٍ لتبديد الحرارة الزائدة.
- زيادة وزن السيارة، يتطلب نظاماً آمناً وسلامةً safety مناسبةً.
- صعوبة عملية حفظ الوقود، وإعادة تعبئته للسيارة، وارتفاع سعرها.

---

* لأن الشوائب التي يحتويها الوقود خاصة الكبريت وكذا شوائب الهواء الجوي تؤدي إلى تلوث غشاء خلايا الوقود، وكذا العنصر الذي يحول $CO \leftarrow CO_2$ (reformer) المحسن.

* الماء ناتج عن تفاعلات الهيدروجين بالخلية.

4-5 محركات السيارة الهجينة hybrid vehicles:

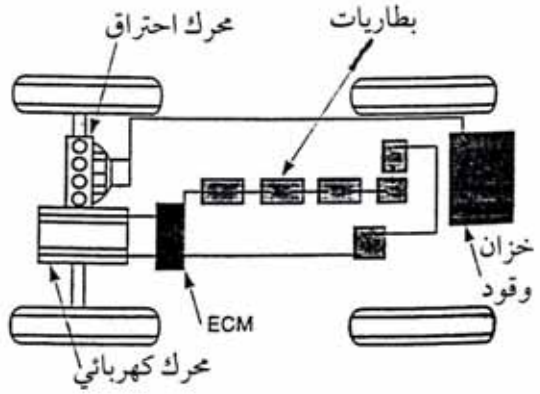
1-4-5 مفهوم السيارات الهجينة:

تعلـم أن مـن أهم عيوب سيارات الاحتراق الداخلي، هو انخفاض كفاءتها عند بعض الظروف التشغيلية كالأحمال الجزئية، وإصداراتها الضارة بالبيئة.

وكـذلك فـإن الـسيارات المـدارة كهربائياً، رغم أنها لا تنتج إصداراتٍ ضارةً مطلقاً إلا أن نطاق صناعتها، واستخدامها محدود للأسباب التي قد مرت معنا. لذا تم التوصل إلى مفهومٍ جديدٍ يجمع بين النوعين السابقين، يعرف هذا النوع الجديد من المركبات بالهجينة.

- **السيارات الهجينة:**

سـيارة تجمـع بين طريقتين مختلفتين لتشغيلها، كأن تـزود بمحـرك كهربائـي، أو أكثر، يعمل ببطارياتٍ ومحرك احتراق داخلي شكل (5-43)، والهدف من صـناعة هـذا الـنوع الجديـد مـن الـسيارات، هـو الحـصول عـلى مـركبات منطقية وعملية لتصنع على نطـاق واسـع، مـع تحسين اقتصادية الوقود، وتقليل الانبعاثات (الإصدارات) الضارة.



شكل (5-43)
مخطط للسيارة الهجينة

2-4-5 فكرة عمل السيارات الهجينة:

هناك عدة طرقٍ مختلفةٍ لتشغيل السيارات الهجينة، تتفق أكثرها في:

أ- استعمال الطاقة الكهربائية كقوة أساسية لتشغيل السيارة في الطرق المزدحمة والمدن (استعمال المحرك الكهربائي):

حيث إن معظم السيارات الهجينة، تستعمل محركين كهربائيين، وتقوم البطاريات ذات السعة التخزينية بإمدادهما بالطاقة الكهربائية اللازمة لحركتها، وهنا يتوقف محرك الاحتراق الداخلي عن العمل.

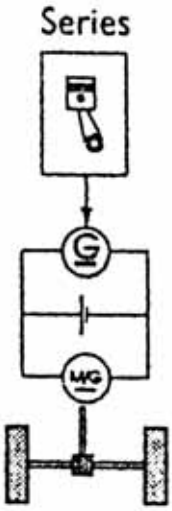
ب- استعمال محرك الاحتراق الداخلي والمحرك الكهربائي معاً:

لا تستطيع السيارة الهجينة العمل بواسطة الطاقة الكهربائية تحت ظروف تشغيل خاصة (مثل السرعات العالـية، وصعود المرتفعات). لذلك لابد لمحرك الاحتراق الداخلي من العمل على توفير هذه الطاقة عند هذه الظروف التشغيلية لذلك لابد من ربط محرك الاحتراق الداخلي في السيارة بطريقة تمكنه من المساعدة في إدارة الـسيارة مباشرة عند الحاجة إلى قدرة أو عزم أكبر من عزم الطاقة الكهربائية، وكذلك يقوم محرك الاحتراق الداخلي بالحفاظ على مستوى الشحن للبطاريات.

طرق ربط/ توصيل بين محرك الاحتراق الداخلي، والمحرك الكهربائي في السيارة الهجينة:

- يقوم المحرك الكهربائي في بعض أنواع السيارات الهجينة بإدارة العجلات الأمامية لها، ويقوم محرك الاحتراق بإدارة العجلات الخلفية.

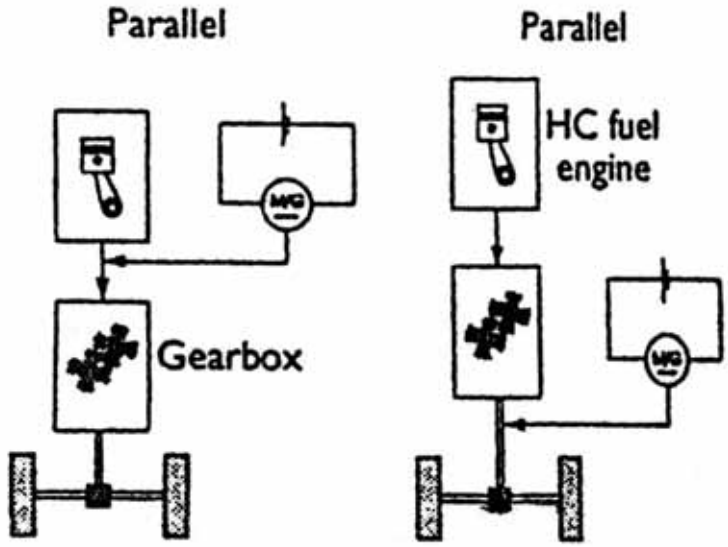
- البعض الآخر من تصاميم السيارة الهجينة، يصل محرك الاحتراق الداخلي بالمحرك الكهربائي على التوالي شكل (5-44). وهذا الدمج، أو الترتيب يسمح لمحرك الاحتراق الداخلي بإدارة المولد الكهربائي بسرعةٍ ثابتةٍ*، رافعاً كفاءة المحرك. ولكن عملية تحويل الطاقة (ميكانيكية – كهربائية – ميكانيكية)، تقلل الكفاءة مقارنة بإدارة المحاور التحويلية (صندوق التروس) مباشرة. والفائدة الأخرى بهذا الإيصال هي أن صندوق التروس غير أساسي في السيارة الهجينة.



شكل (5-44)

توصيل المحرك الكهربائي بمحرك الاحتراق على التوالي

- توصيل محرك الاحتراق الداخلي بالمحرك الكهربائي في السيارة الهجينة على التوازي الذي يتميز بمرونةٍ عاليةٍ. شكل (5-45) greater flexibility.



شكل (5-45)

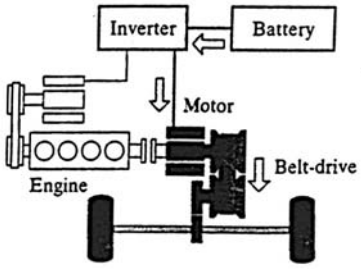
إيصال محرك الاحتراق الداخلي بالمحرك الكهربائي على التوازي

* الربط/ التوصيل على التوالي يتيح لمحرك الاحتراق الأحفوري بالدوران بسرعةٍ ثابتةٍ.

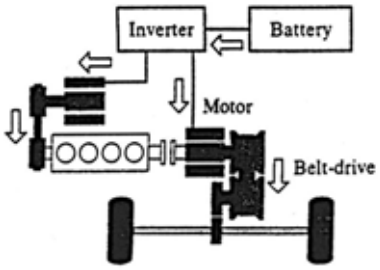
ج- استعمال محرك الاحتراق الداخلي:

ويـتم اسـتخدام المحـرك ذي الوقـود الأحفـوري في حالـة تفريغ البطاريات عن الكهرباء التي تزودها للمحـرك الكهربائـي، وفي حالة السير لمسافات طويلة جداً. حيث توجد وحدة تحكم إلكترونية، وعدد من الحساسات لتحديد الأفضلية باستعمال إحدى تلك الطرق لتكون أكثر ملاءمةً للظروف التشغيلية المختلفة للمحرك.

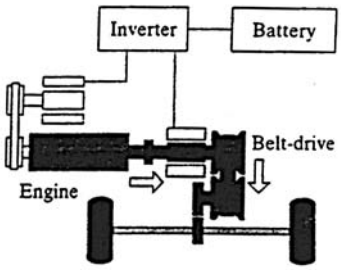
يبين الشكل (5-46) طرق تشغيلية مختلفة لإحدى التصاميم الخاصة بالسيارة الهجينة:



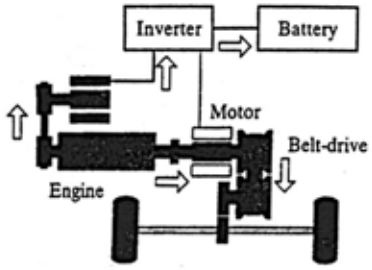
تعمل السيارة الهجينة كهربائياً عند السرعة البطيئة.



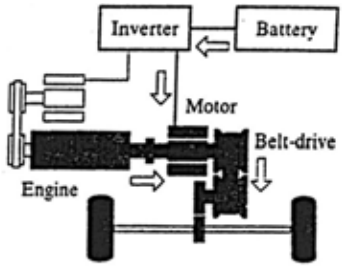
تعمل السيارة الهجينة كهربائياً عند بدء الحركة للمحرك (السلف).



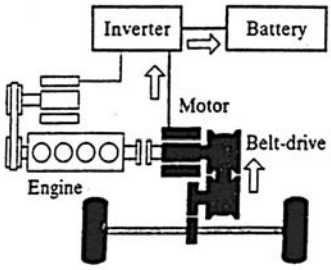
يعمل محرك الاحتراق الداخلي للسيارة للحفاظ على سير السيارة لزمنٍ طويلٍ أثناء تفريغ البطاريات.



يعمل كمحرك الاحتراق الداخلي إضافةً إلى الحفاظ على سير السيارة على شحن البطاريات كذلك.



عند السرعات العالية/ صعود المرتفعات يعمل كلٌ من محرك الاحتراق الداخلي والمحرك الكهربائي.



تعمل السيارة الهجينة على إعادة استعمال (استرجاع) طاقة القصور الذاتي/ التعجيل الابتدائي على شحن البطاريات.

شكل (5-46)

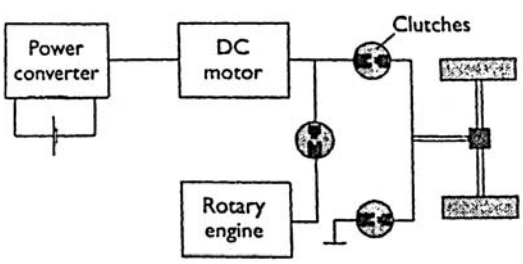
طرق تشغيل نظام سيارة هجينة

- **نظام استرجاع الطاقة:** regenerative braking

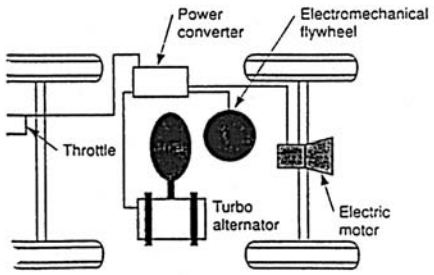
حيث تعمل السيارات الهجينة – أثناء تسليط نظام الفرامل للسيارة – على إعادة استعمال الطاقة الحركية للمحاور التحويلية للسيارة. حيث يتم تحويل هذه الطاقة الحركية بواسطة مولد كهربائي* generator إلى طاقة كهربائية لشحن البطاريات خلال القصور الذاتي للسيارة أو خلال تسليط نظام الفرامل braking (الوقوف).

3-4-5 مميزات السيارات الهجينة:

- إمكانية استعمال أنواع مختلفة من المحركات كمحركات البترول والديزل، وكذلك المحرك التوربيني، ومحرك فانكل (المحور الدوار) في السيارة الهجينة. شكل (5-47)، الذي يجعل من استخدمها تقدماً منطقياً بإمكانية إنتاجها على نطاق واسع في مجال المواصلات.



سيارة هجينة بمحرك احتراق داخلي دوار



سيارة هجينة بمحرك توربيني

شكل (5-47)

- خفض استهلاك الوقود:

باستخدام محرك احتراق داخلي صغير عادي يتكون من اسطوانتين أو أربع يعمل بخليط متغير في ظروف تشغيل واحدة ومنتظمة. لهذا تصبح السيارات الهجينة مثالية في تخفيض الوقود الأحفوري المستعمل، وكذا إمكانية توقف محرك الاحتراق الداخلي* عن العمل عند السير في الأماكن المزدحمة، أو في المدن.

- تقليل الإصدارات/ غازات العادم الملوثة للبيئة:

وبخاصة عند قيادة السيارة كهربائياً بالمحرك الكهربائي. حيث تتوافق جميع السيارات الهجينة الموجودة حالياً، مع كل القوانين البيئية التي تحد من نسبة غازات العادم في معظم الدول.

- عملية بدء الحركة للسيارة (السلف) أو معاودة تشغيلها تكون سلسةً وسريعة، عند الاستعانة بالمحرك الكهربائي.

---

* يسمى المحرك الكهربائي Dual Motor generator أي يعمل بنظام ثنائي مولد/ محرك (نظام مزدوج)، وهو محرك كهربائي حديث، يستخدم لإدارة السيارة كهربائياً، ويعمل – كذلك – كدينمو (مولد كهربائي) (generator)، لشحن البطاريات عند تسليط نظام الفرامل.

* يتم إيقاف محرك الاحتراق الداخلي عن العمل عند عدم الحاجة إليه أي عندما تكون الطاقة الكهربائية قادرةً على تشغيل السيارة بكفاءة.

4-4-5 عيوب/ سلبيات السيارات الهجينة:

- ارتفاع سعرها في الوقت الراهن، لاحتوائها على محرك احتراق داخلي، ومحرك كهربائي واحدٍ أو أكثر، ولنقص الإنتاج الكمي لها.
- زيادة وزن السيارة لاستعمالها وحدتي تشغيل مختلفتين، وهما محرك احتراق داخلي، وأكثر من محرك كهربائي (غالباً محركين كهربائيين).
- أي نظامٍ يحتوي على بطاريات له تأثير سلبي على البيئة عند استعمال البطاريات، وشحنها وتفريغها*. ولهذا تستدعي الحاجة إلى اعتماد تكنولوجيا متطورة لتحسين صناعة البطاريات بشكلٍ أفضل*.
- نظام التبريد والتكييف وغيره من الأنظمة الثانوية يكون أكثر صعوبةً؛ ليوافق النظام الكهربائي. لهذا لا يجب إيقاف محرك الاحتراق الداخلي عن العمل مطلقاً عندما يكون تشغيل هذه الأجهزة مطلوباً.
- تستمر دورة سائل تبريد المحرك عندما يكون محرك الاحتراق الداخلي متوقفاً عن العمل، وهذا يؤدي إلى فقد الطاقة الكهربائية.

* لتصاعد غاز الهيدروجين من البطاريات وهو غاز مضر بالبيئة.
* وهذا أهم عيوب السيارات الكهربائية كما قد مر معنا.

تقـــــويم الوحـــــدة

س1- اختر الإجابات المناسبة فيما يلي:

1- تسمى (محركات فانكل) بالمحركات الدوارة بسبب:

أ- احتوائها على مكبس ثلاثي الأبعاد.

ب- حركة مكبسها الترددية.

جـ- حركة العمود المرفقي الدورانية.

د- حركة مكبسها الدورانية.

2- من أسباب عدم انتشار المحركات الدورانية:

أ- ضعف الجانب التسويقي.

ب- عدم ثقة المستهلك بالمحرك الجديد.

ج- قلة الشركات المنتجة للمحركات الدوارة.

د- كل ما سبق.

3- المحرك الدوار ذو مكابس الثلاثة (rotor) يعادل القدرة بمحركات ترددية ذات:

أ- 4 أسطوانات.

ب- 6 أسطوانات.

ج- 9 أسطوانات.

د- 10 أسطوانات.

4- يناظر عمل المحرك الدوراني محركات الاحتراق الداخلي رباعية الأشواط بسبب:

أ- اكتمال الدورة الحرارية لمحرك فانكل بأربعة أشواط.

ب- أنها محركات تستخدم وقود البنزين.

ج- إتمام الأربعة الأشواط بزاوية مرفقية = 360°.

د- ما سبق غير صحيح.

5- يناظر عمل المحرك الدوراني محركات ثنائية الأشواط بسبب:

أ- أن المحرك الدوار يكمل دورته بشوطين.

ب- اكتمال الدورة الحرارية للمحرك الدوار بزاويةٍ مرفقيةٍ = 360°.

ج- عدم احتواء المحرك الدوار على صمامات.

د- كل الإجابات السابقة صحيحة.

س2- أكمل الفراغات الآتية للمحرك الدوار:

1- من مميزات المحركات الدورانية الهامة:-.....

2- من أكبر مشاكل وعيوب المحركات الدورانية هي:.....

3- يعمل..... لرأس الأسطوانات كعامل إغلاق لغرف الاحتراق من أعلاها.

4- تشكل غرف الاحتراق بـ.....

5- يؤدي تآكل مانع التسرب oil seal المشكل على أضلاع المكبس المثلثي إلى.....

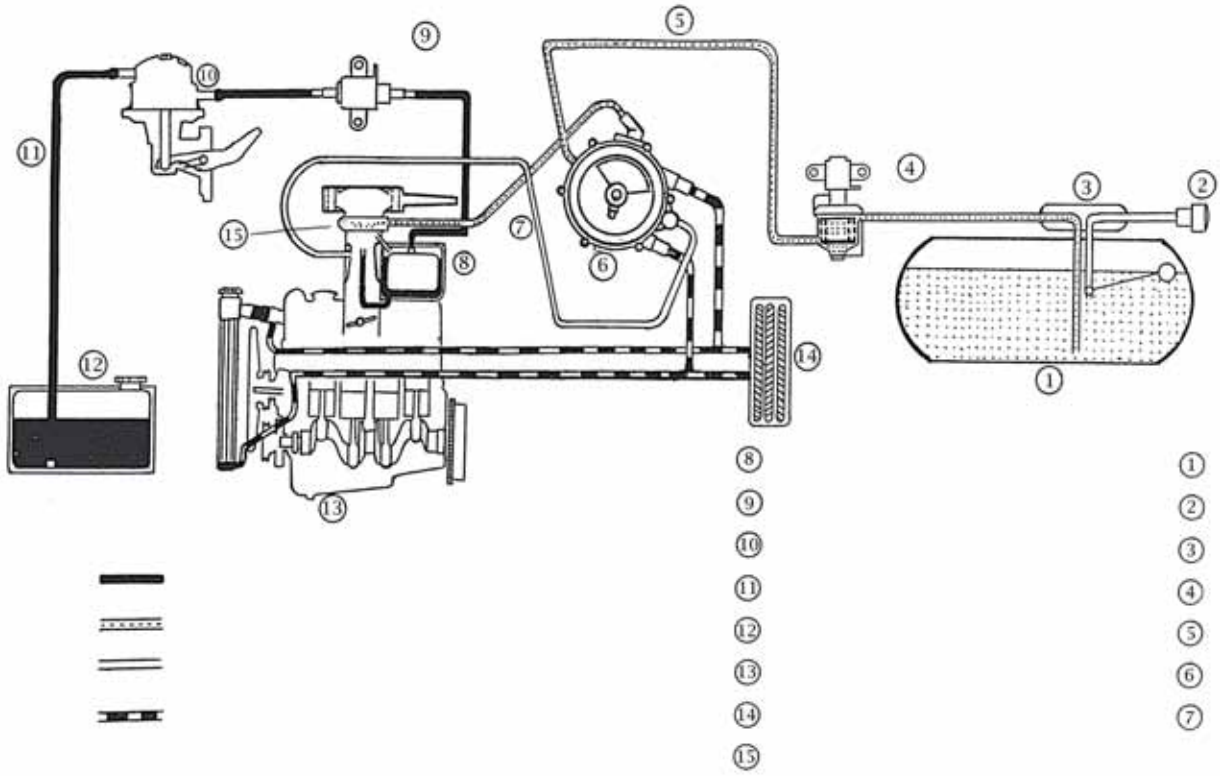
س3- املأ الفراغات الآتية:

- السيارات الهجينة هي:.....
- يتميز المحرك الدوراني عن محركات الاحتراق الترددية بـ.....
- يمكن الحصول على الغاز المسال من: .....
- السيارة الكهربائية هي: .....
- ترتبط صناعة السيارات الكهربائية بنطاق واسع على .....
- الغاز المسال هو.....
- السيارة التي إصداراتها من غازات العادم = صفر هي السيارات.....
- أكثر السيارات التي تتميز باستهلاكٍ منخفضٍ لوقودها الأحفوري هي السيارات.....
- تعد المحركات الدورانية منخفضة الضوضاء والاهتزاز بسبب.....
- يعد محرك فانكل من المحركات التي لم تصنع على نطاقٍ واسعٍ إلى الوقت الراهن بسبب.....

س4- أجب عن الأسئلة الآتية:

- اشرح باختصار عمل سيارات محرك خلايا الوقود.
- اذكر بعض سلبيات وإيجابيات المحركات الهجينة.
- اذكر أهم أجزاء محرك فانكل الدوراني.
- اذكر الأسباب التي أدت إلى انخفاض نطاق صناعة السيارات الكهربائية.
- اشرح باختصار كيف تعمل خلايا الوقود، مع ذكر أهم السلبيات لسيارات خلايا الوقود.

س5- سمِّ أجزاء منظومة الغاز والبنزين المرقمة، شكل (5-48) الآتي:



شكل (5-48)

س6- ضع علامة (✓) أمام العبارات الصحيحة، وعلامة (X) أمام العبارات الخاطئة فيما يأتي:

أ- تصنع السيارات الكهربائية على نطاقٍ كبيرٍ لتقليل التلوث البيئي ( )

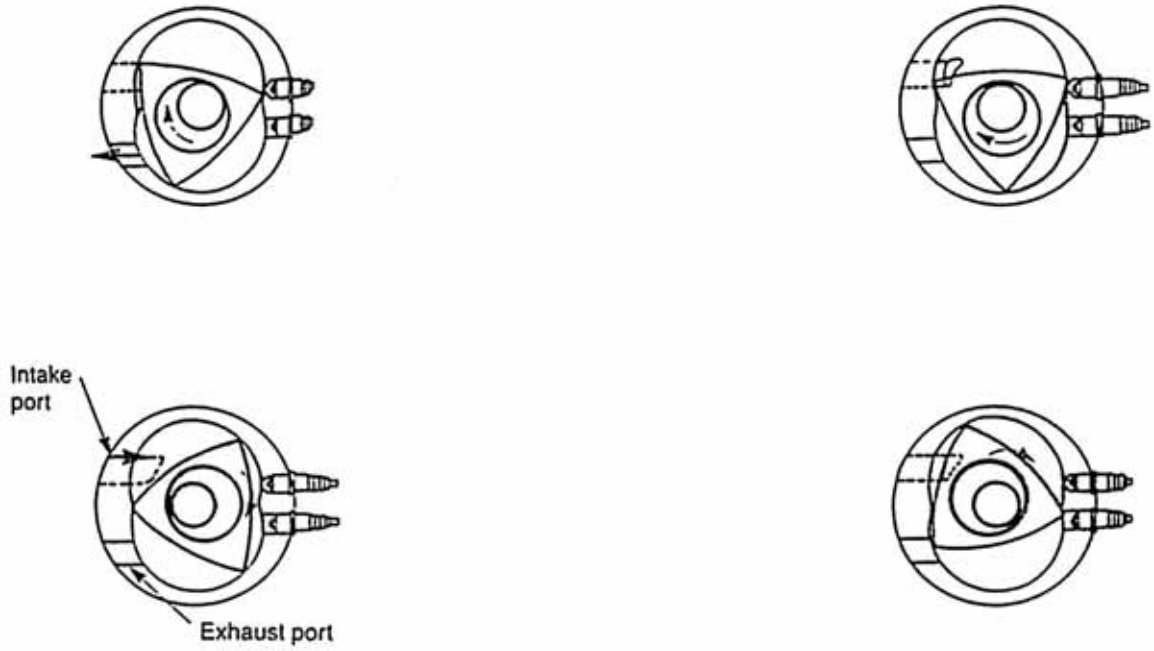
ب- خلايا الوقود هي: اتحاد كيميائي بين النتروجين والهواء ( )

ج- يسمى محرك فانكل بالدوار بسبب دوران عموده المرفقي ( )

د- تسمى السيارات بـ(الهجينة) نتيجةً لاستبدالها محرك الوقود الأحفوري بمحرك كهربائي ( )

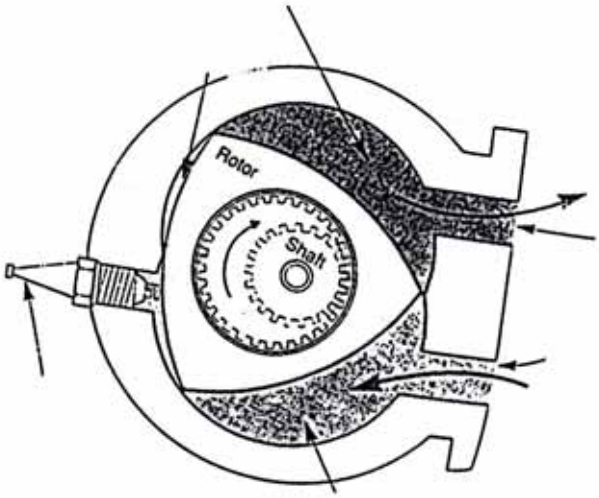
هـ- تستمد سيارات خلايا الوقود غاز الهيدروجين من الماء ( )

س7- سمِّ الأشواط الأربعة للمحرك الدوراني شكل (5-49):



شكل (5-49)

س8- سمِّ الأجزاء المشار إليها بالأسهم، شكل (5-50)، واذكر وظائفها باختصار:



شكل (5-50)

س9- قارن بين كاربيتر خلط الهواء/ البنزين لمحرك البنزين مع كاربيتر خلط الهواء/ الغاز في محركات الغاز.

س10- عدد مميزات وعيوب استخدام الغاز كوقود لمحركات الإشعال بالشرر.

الملحقات

جدول (1)

جدول مقارنة بين محركات البنزين ومحركات الديزل

وجه المقارنة	محركات البنزين			محركات الديزل		
1- المخترع	نيكولاس أوجست أوتو 1832-1891م.			رودولف ديزل 1858 – 1913م.		
2- الدورة الحرارية	دورة أوتو.			دورة ديزل.		
3- الوقود المستخدم	البنزين / ذو درجة غليان منخفضة.			الديزل / ذو درجة غليان مرتفعة.		
4- عملية الاحتراق	- الاحتراق عند حجم ثابت نظرياً (يكون الحجم ثابتاً تقريباً طوال عملية الاحتراق). - الاحتراق بواسطة الشرر (شمعة الاشتعال).			- الاحتراق تحت ضغط ثابت نظرياً (يكون الضغط ثابتاً تقريباً طوال عملية الاحتراق). - الاحتراق الذاتي.		
5- متطلبات الوقود	مقاوم للاشتعال.			قابل للاشتعال.		
6- نسبة الانضغاط	من 6 إلى حوالي 12 (12:1).			من 14 إلى حوالي 22 (22:1)		
7- الاستهلاك النوعي للوقود	- استهلاك نوعي عند الحمل الكامل. - استهلاك مرتفع عند الحمل الجزئي. - محرك رباعي الأشواط – كاربيتر: 280 ~ 430g/kwh. - محرك رباعي الأشواط - حقن: 270 ~ 430g/kwh.			- استهلاك نوعي عند الحمل الكامل بصورةٍ أفضل من محرك البنزين. - استهلاك مرتفع عند الحمل الجزئي بصورةٍ أعلى من محرك البنزين. - محرك رباعي الأشواط: 200~340g/kwh.		
8- درجة حرارة الاشتعال الذاتي	550c° ~ 450			550c° 350		
7- نقطة الوميض	ابتداءً من 25 c° (-) خطر الحريق: كبير.			أعلى من 55 c° + خطر الحريق: منخفض		
8- النسبة الحجمية لمكونات غاز العادم	المحرك عند سرعة لاحمل	المحرك عند الحمل الكامل		المحرك عند سرعة لاحمل	المحرك عند الحمل الكامل	
		سرعة دوران منخفضة	سرعة دوران عالية		سرعة دوران منخفضة	سرعة دوران عالية
ثاني أكسيد الكربون Co_2	6,5~8	7~11	12~13	3,5	5,5	7
بخار الماء H_2o	7~10	9~11	10~11	3,5	5	5
أكسجين O_2	1~15	0,5~2	0,1~0,4	16	12	10
أول أكسيد الكربون Co	أقل من 4,5	4	1,3	حتى 0,05	0,1	حتى 0,3
هيدروجين H_2	0,5~4	0,2~1	0,1~0,2	____	0,1	____
نيتروجين N_2	~ 71	~74	~76	~77	~77	~77

وجه المقارنة	محركات البنزين	محركات الديزل
	عند دوران المحرك بسرعة اللاحمل يعمل محرك أوتو بنقصٍ في الهواء، ويؤدي إلى احتراق غير الكامل إلى خروج غازات عادمة تحتوي على كمية كبيرة من أول أكسيد الكربون Co.	ابتداءً من حالة اللاحمل، وحتى الوصول إلى الحمل الكامل، يعمل محرك الديزل بفائضٍ في الهواء. يؤدي إلى احتراق يكاد يكون كاملاً ولذلك يحتوي العادم على كميات ضئيلة من أول أكسيد الكربون Co .
9- درجة حرارة غاز العادم عند الحمل الكامل	عالية، بسبب انخفاض الكفاءة الحرارية ~ 700 c° 1000.	منخفضة، بسبب ارتفاع الكفاءة الحرارية 500 - 600.
10- نسبة الخليط: وقود: هواء	هواء: وقود	هواء: وقود.
النسبة النظرية	1 :14,8	يجب أن يعمل محرك الديزل، من حالة عدم التحميل وحتى الحمل الكامل بفائضٍ في الهواء. وذلك لعدم إمكانية توفير احتراق كامل خالٍ من الدخان بسبب الزمن القصير المتاح للحقن.
نسبة الخليط الفقيرة	1 :17	
نسبة الخليط الغنية	1 :13 حتى 1 :1,48	
نسبة الخليط المتفانية	1:14	
11- عزم الدوران عند الأحمال المنخفضة	منخفض	مرتفع.
12- الحد الأقصى لضغط الاحتراق Pm x	30-60 بار	65-90 بار.
13- درجة الحرارة النهائية لضغط الانضغاط	400 ~ 600 c°	700 ~ 900 c°

مواصفات الغاز المسال بموجب تحليل مصفاة عدن

Quality of: LPG MIXTURE
Consignee: TO THE ORDER OF NAFTOMAR SHIPPING CO.ITD.INO.,PANAMA
Vessel: GAZ PIONEER Certificate No.: 40
Destination: ONE OR MORE SAFE PORT (S) INDIA Delivery: 23/9/2004

TEST	UNIT	METHOD	RESULT
Hydrocarbon		ASTMD 2163	
Methane	Mol.%		Less than 0.1
C2 hydrocarbons	"		
C3 hydrocarbons	"		16.3
IC4hydrocarbons	"		14.6
nC4 hydrocarbons	"		66.5
Ic5 hydrocarbons	"		0.9
Nc5hydrocarbons			0.2
Specific gravity @60 f		ASTM D 2598	0.5678
Vapour pressure @65 C	Psig	ASTM D 1267	143
Total sulphur	Wt%	ASTM D 2784	0.005
Hydrogen sulphide		ASTM D 2420	Negative
Odour			PASS
V/L Ratio @ 90 F			248.1

VAPOUR PRESSURE@37.8 pasig ASTM D2598 72.2
Date: 23/09/2004 signed:_____

مواصفات الغاز من خلال تحليل محطة صافر

LABORATORY REOIRT

COPY

LPG SAMPLE SUBMITTED BY ON: 4/6/2003

C-NO.	HYDROCVAROPN	MOL.%	METHOD	RESULT
C1	METHANE	"	ASTM D2163	TRACE
C2	ETHANE	"	"	0.6
C3	PROPNE	"	"	70.1
I-C4	ISO- BUTANE	"	"	14.7
N-C4	NORMAL BUTANE	"	"	14.6
C5	PENTANE	"	"	TRACE
	Sp.GRAVITY@60F		ASTM D2598	0.5284
	V.PRESSURE@65C	Psig	ASTM D1267	238
	TOTAL SULHPUR	WT.%	ASTM D2784	-
	HYDRGEN SULPHIDE		ASTM D2420	FREE
	ODOUR			PASS
	V/L Ratio@90F			265.8

تحليل غازات العادم للسيارات التي تعمل بالبنزين:

(أ) عند السرعة العالية:

AVL
DIGAS 465

DATUM:	16.04.04
UHRZEIT:	10:02
DREHZAHL[mirr1]	0
ZZTPUNKT[kw]	----------
SCHLOESSWINK [%]	----------
OEL TEMP [C]	----------
CO_2 [%vol]	12.6
CO [%vol]	2.34
HC [ppm]	123
O_2 [% vol]	0.38
λ	0.925

Geeichte Messwerts:
CO, CO2, HC, O2

(ب) عند السرعة البطيئة:

ACL
DIGAS 465

DATUM:	16.04.04
UHRZEIT:	10:02
DREHZAHL[mirr1]	0
ZZTPUNKT[kw]	----------
SCHLOESSWINK [%]	----------
OEL TEMP [C]	----------
CO_2 [%vol]	6.2
CO [%vol]	0.55
HC [ppm]	148
O_2 [% vol]	11.00
λ	2:077

Geeichte Messwerts:
CO, CO2, HC, O2

تحليل غازات العادم لنفس السيارة عندما تعمل بالغاز

(أ) عند السرعة العالية:

AVL
DIGAS 465

DATUM:	16.04.04
UHRZEIT:	10:02
DREHZAHL[mirr1]	0
ZZTPUNKT[kw]	----------
SCHLOESSWINK [%]	----------
OEL TEMP [C]	----------
CO_2 [%vol]	9.2
CO [%vol]	5.78
HC [ppm]	188
O_2 [% vol]	0.63
λ	0.836

(ب)عند السرعة البطيئة:

AVL
DIGAS 465

DATUM:	16.04.04
UHRZEIT:	10:02
DREHZAHL[mirr1]	0
ZZTPUNKT[kw]	----------
SCHLOESSWINK [%]	----------
OEL TEMP [C]	----------
CO_2 [%vol]	4.6
CO [%vol]	2.41
HC [ppm]	178
O_2 [% vol]	10.84
λ	1.943

Geeichte Messwerts:
CO, CO2, HC, O2

	سرعة بطيئة غاز	سرعة عالية غاز	سرعة بطيئة بنزين	سرعة عالية بنزين
[%vol] co2	4.6	9.2	6.2	12.6
[% vol]co	2.41	5.78	0.55	2.34
[ppm]hc	178	188	148	123
% vol o2	10.84	0.63	11.00	0.38
λ	1.943	0.836	2:077	0.925

قائمـــة المصطلحـــات

المصطلحات باللغة العربية	المصطلحات باللغة الإنجليزية
احتراق	Combustion
أسطوانة	Cylinder
أذرع التوصيل	Connecting rods
أغطية الكراسي	Bearing caps
استرجاع الطاقة الحركية والاستفادة منها كطاقة كهربائية	Regenerative system
إصدارات غاز العادم	Emission
انفجارات	Explosions
أضرار طبيعية	Physical
إدارة بالتروس	Timing gears
إدارة بالسلاسل (جنزير)	Timing chains
إدارة بالسيور المسننة	Timing belts
آلية تشغيل الصمامات	Valve train
اختناقات	Asphyxiation
أدلة استبدالية	Relecble valve guide or pressedin
إدارة عمود الحدبات	Cam shaft drive
أداء المحرك	Engine performance
احتراق تحت ضغط ثابت	Combustion under constant pressure
احتراق عند حجم ثابت	Combustion at constant volume
استمرار الدوران	Running on
أسطوانة	Cylinder
استهلاك الوقود	Fuel consumption
استهلاك نوعي للوقود	Specific fuel consumption
اشتعال ذاتي	Self-ignition
بنزين (جازولين)	Gasoline
بطانة الأسطوانة	Cylinder sleeve
بوابة الخروج	Exhaust port
بطارية	Battery

المصطلحات باللغة العربية	المصطلحات باللغة الإنجليزية
بكرة العمود المرفقي	Cam shaft pulley
تعليمات السلامة	Safety instructions
تحليل كهربائي لمكبس الماء	Reversing electrolysis process of water
ترتيب الصمامات	Cylinder arrangement
تبخير الوقود	fuel evaporation
تأثير الحرارة في الغازات	thermal effect gases
جهاز تبخير	Vaporizer
جلبة مبتلة	Wet sleeve
جيوب (قمصان) مائية	Water jackets
جذع المكبس	Piston skirt
جهاز اختبار القدرة	Power testing stand
حمل جزئي	part load
حمل كامل	full load
حلقات الانضغاط (شنابر الضغط)	Compression rings
حروق كيماوية	Chemical burn
حذافة	Fly wheel
حاقن	Injector
حلقات مقعد الصمامات قابلة للاستبدال	Valve seat inserts
حلقات ضبط بمقاسات مختلفة	Adjusting shims
حاجز واقٍ	Guard
حلقات المكبس	Piston rings
حافة / حاشية الصمام	Valve margin
حجم	Volume
حرارة	Heart
حيز الشوط – حيز الإزاحة	Stroke volume
حيز الشوط الكلي (للمكبس)	Total stroke volume
حلقة دائرة مانعة للتسرب	o-ring
حرارة التبخر	Vaporization heat
حشوة	Gasket

المصطلحات باللغة العربية	المصطلحات باللغة الإنجليزية
خليط غني	Mixture rich
خليط فقير	mixture lean
خليط غاز البروبان والبيوتان	Propane- butane mixture
خلاط	Mixture
خلوص	Clearance
خلية وقود	Fuel cell
خرق تنظيف/ خرق زيتية	Oily rags
خلوص الصمام	Valve clearance
خلوص الزيت	Oil clearance
خليط	Mixture
درجة حرارة الاشتعال	Ignition temperature
دورة أوتو الرباعية الأشواط	Four stroke Otto cycle
ديزل	Diesel
دورة التزييت	Lubricating system
دورة رباعية الأشواط	Four- stroke cycle
دليل الصمام	Valve guide
درجة حرارة الاشتعال	ignition temperature
درجة حرارة الغليان	boiling temperature
درجة حرارة المحرك	Engine coolant temperature
رأس الصمام	Valve head
رافع الصمام	Valve lifter
رأس الأسطوانات	Cylinder head
رأس الصمام	Valve head
زعانف التبريد	Cooling fine
زيادة نسبة الانضغاط	Raising of compression-ratio
سيارة هجينة	Hybrid car
سيارة كهربائية	Electrical car
سدة، بيسة	Core plug
سلك أرضي/ أرت	Ground terminal
ساق الصمام	Valve stem

المصطلحات باللغة العربية	المصطلحات باللغة الإنجليزية
سرعة المكبس	Piston velocity
سرعة الغاز	gas velocity
شغل ميكانيكي	Mechanical work
شمعة الاشتعال	Spark plug
شوط المكبس	piston stroke
شوط السحب	Suction stroke
شوط الضغط	Compression stroke
شوط الاحتراق (القدرة)	Power stroke
شوط العادم	stroke Exhaust
شوط الانضغاط	Compression stroke
شوط السحب	Suction stroke
شوط القدرة	Power stroke
شمعات الاحتراق	Spark plugs
شوائب متنقل بالجو	Air born impurities
شفة	Flange
صمام الخروج/ العادم	Exhaust valve
صدمة كهربائية	Electric shock
صمامات	Valves
صمام علوي	Overhead valve
صمام السحب	Intake valve
صرة مسمار المكبس	Pin boss
صمام السحب (الدخول)	Inlet valve
صمام العادم	Exhaust valve
ضغط الغاز	Gas pressure
ضغط مرتفع	Over pressure
ضغط منخفض	Under pressure
ضغط	pressure
ضغط الغاز	Pressure gas
ضغط متوسط الفعال	Mean effective pressure
طرف أمامي / لنهائي للعمود المرفقي	Front end or snout

المصطلحات باللغة العربية	المصطلحات باللغة الإنجليزية
طفايات حريق	Fire extinguisher
طبقة الزيت المشكلة بين العمود الدوار وكراسيه	Rocker arm shaft
طريقة تشغيل محركات الاحتراق الداخلي	mode of internal combustion engines operation
عدد أوكتيني	octane number
عدد سيتيني	cetane number
عملية الاحتراق في محركات الديزل	Diesel engine combustion process
عمود المرفق (عمود الكرنك)	Crank shaft
علبة المرفق	Crank case
عمود الحدبات / الكامات	Cam shaft
عامل حفاز	Catalyst
عزم	Torque
عدد اللفات في الدقيقة	Revolution per minute (r.p.m)
عزم دوران المحرك	Engine torque
عملية الاحتراق في محرك الديزل	Diesel engine combustion process
عمود كامات مفرد علوي لـ (s.o.h.c)	single over head cam shaft
غطاء المحرك الأمامي	Engine front cover
غاز العادم	Exhaust gas
غرفة الاحتراق	Combustion chamber
غاز الميثانول	Methanol
غرف كحوض الاستحمام	Pancake combustion chamber
غرف إسفنجية	Wedge – shaped – chamber
غرف ذات شكل نصف كروي	A hemispherical combustion chamber
غطاء الصمامات أو غطاء رأس الأسطوانات	Valve cover or valve cylinder
غطاء فتحة تعبئة الزيت بالغطاء	Oil- filler cap
غمازات ذات شكل أسطواني تركب عليه الحدبة	Bucket tappets
غاز- سائل (بترولي)	Liquid petroleum gas (LPG)
غرفة الاحتراق	combustion chamber
فتحات العادم	Exhaust ports
فتحة، بوابة	Port

المصطلحات باللغة العربية	المصطلحات باللغة الإنجليزية
فتحة / بوابة الدخول	Intake port
قميص جاف (بطانة جافة)	Dry liner
قطر الأسطوانة	Bore of cylinder
قضيب رفع	Push rod
قدرة فرملية	Braking power
قدرة المحرك.	Engine power
كتلة الأسطوانات	Cylinder block
كامة	Cam
كراسي رئيسية	Main bearing
كفاءة حجمية	efficiency Volumetric
كفاءة حرارية	efficiency Thermal
كفاءة ميكانيكية	Mechanical efficiency
كفاءة المحرك	Engine efficiency
كفاءه بيانية حرارية	Actual indicated thermal efficiency
كتلة المحرك/ كتلة الأسطوانات	Engine block
لا حمل (تباطؤ)	Idle
لزوجة	Viscosity
محامل مقاومة للاحتكاك	Permanent magnet brushes
محرك/ دينمو ثنائي التشغيل	Dual motor generate
محرك فانكل	Wonkel engine
محركات حرارية	Heat engines
محركات قطرية	Radial engines
محركات بعمود وحدبات رأسي	Singh over head cam (soHc)
محركات بعمود حدبات ثنائي رأسي	Adval over head cam (DOH C)
محركات مستقيمة	In line engine
محركات احتراق خارجي	External combustion engine
محمل كرسي	Bearing
مكبس دوار	Rotor
محرك بعمود حدبات رأسي / علوي	overhead camshaft engine
مشعب العادم	Exhaust manifold

المصطلحات باللغة العربية	المصطلحات باللغة الإنجليزية
مشعب السحب، الدخول	Intake manifold
مانع تراخي السلسلة (الجنزير)	Chain tensioner
محركات متعددة الصمامات (أكثر من صمامين لكل أسطوانة)	Multi valve engine
محمل دفعي (مانع حركة العمود إلى الأمام وإلى الخلف)	Main thrust bearing
ممرات زيتية	Oil passages
مسمار العمود المرفقي تثبت به النهاية الكبرى لذراع التوصيل	Connecting rod journal(or crankpin)
مسمار ضبط	Adjusting screw
محامل استبدالية بثقب أو مجرى لمرور الزيت	Bearing oil hole
مانع تسرب الزيت	Oil seals
محرك بصمامات رأسية	Overhead valves (OHV) engine
محرك بعمود حدبات عُلوي	Overhead cam (OHV) engine
محرك بأسطوانات مائلة	Slant engine
محمل، مسند لزيادة الأمن والسلامة	Safety stand
محركات على شكل حرف v	v- engine
مقعد الصمام	Valve seat
محرك ثنائي الأشواط	Two-stroke engine
محركات الإشعال بالشرارة	Spark ignition engine
محركات متقابلة الأسطوانات	Opposed cylinder engine
مكبس	Piston
محركات الاحتراق الداخلي	Internal- combustion -engines ICE
محرك برأس أسطوانة شكل L	L-head engine
مجمع	Manifold
مسمار المكبس	Piston pin
مانع تسرب الصمامات	Valves seal
مسننات (تروس)	Gears
ماص/ كاظم الاهتزازات للعمود المرفقي	Vibration damper
ممرات زيت	Oil passage

المصطلحات باللغة العربية	المصطلحات باللغة الإنجليزية
محرك كهربائي	Motor
محول Dc إلى Ac	Inverter
محرك دوار	Rotary engine
متوسط استهلاك الوقود بالنسبة للمسافة	Fuel mileage
محرك أوتو	Otto engine
محرك ديزل	Diesel engine
منحنيات الأداء للمحركات	Performance Curves of engines
مجمع غازات العادم	Exhaust mani fold
منحنيات أداء الحمل الكامل	full load performance curves
منحنيات الأداء للمحرك	performance curves of engine
محول	Inverter
نهاية كبرى لذراع التوصيل	Big end rod
نظارات واقية	Safety glasses
نظام التبريد المائي	Water cooling system
نقطة ميتة عليا (ن.م.ع)	Top.dead center (T.D.C)
نقطة ميتة سفلى (ن.م.س)	Bottom dead center (B.D.C)
نسبة الانضغاط	Compression ratio
نيوتن (وحدة القوة)	Newton
نسبة الهواء	Air ratio
نقطة الوميض	flash point
وجه الصمام	Valve face
وقود	Fuel
وقود أحفوري (بنزين، ديزل، غاز- فحم)	Fossil fuel
واقي الوجه	Face shield
يايات الصمام	Valve springs

قائمة المراجع والمصادر

1- م/ أنـور محمـود عـبد الـواحد - قامـوس هندسـة السيارات / الإنجليزي – فرنسي- ألماني- عربي - مراجعة وتحرير وتقديم دكتور مكتب لبنان ناشرون.

2- أ.د/ الـسعيد رمـضان العـشري - محـركات الاحـتراق الـداخلي - مكتـبة بستان المعرفة طباعة ونشر وتوزيع/ الإسكندرية - ISBN 977-393-077-7 2006م.

3- أكـرم حمـدون سـليمان وآخـرون - محركات الاحتراق الداخلي - هيئة التعليم التقني عمَّان/ الأردن - الطبعة العربية - 2005م - دار البازوري العلمية للنشر والتوزيع.

4- أحمد محمد إبراهيم/ محركات الاحتراق الداخلي- الطبعة الأولى 2009م.

5- أحمـد محمـد إبـراهيم – محـركات الاحتراق الداخلي – مكتبة المجتمع العربي للنشر والتوزيع -الطبعة الأولى 2009م .

6- سفيان توفيق أحمد سعيد / محركات الاحتراق الداخلي – الطبعة الأولى 1999م.

7- أ/ فريدريك نيس وآخرون - تكنولوجيا المركبات الآلية – الطبعة الثانية باللغة العربية 1985
Isbn 3- 83301 – 009- x

8- م/ فـاروق عـبد اللطـيف - آلات الاحـتراق الـداخلي -دار الكـتب العلمـية للنـشر والـتوزيع – القاهرة - 2006م.

9- م/ محمـد عـبد الرضـا الـشعري - محـركات الاحـتراق الداخلي- الطبعة الأولى 2008م - دار صفاء للطباعة والنشر والتوزيع - عمَّان/ الأردن.

10- م/ محمـد إبـراهيم عـبد الـرحمن الـشاذلي – محـركات الديـزل وتطبيقاتها البحرية – أستاذ الاحتراق بالأكاديمية العربية للعلوم والتكنولوجيا والنقل البحري – الطبعة الثامنة 2003م.

11- م/ محمـد إبـراهيم عـبد الـرحمن الشاذلي/ أستاذ الاحتراق بالأكاديمية العربية للعلوم والتكنولوجيا والنقل البحري - محركات الديزل وتطبيقاتها البحرية-الطبعة الثامنة 2003م.

12- ويليام . هـ . كراوس – ميكانيكا السيارات – الطبعة الأولى 1977م.

13- رعايـة الـسيارة - الأنظمـة الميكانيكية - كُن خبير سيارتك - ترجمة شركة سراب للمشاريع التقنية - الدار العربية للعلوم.

14- الجـداول الفنـية للمـركبات الآلـية – للمـدارس المهنـية الـثانوية والمعاهـد الفنـية – المملكة العربية السعودية – وزارة المعارف – الإدارة العامة للتعليم الفني – الطبعة الأولى 1979م.

15- الإدارة العامـة للتعلـيم الفني - وزارة المعارف التعاون – المملكة العربية السعودية – الجداول الفنية للمركبات الآلية – للمدارس المهنية والثانوية، والمعاهد الفنية – الطبعة الأولى 1979م.

16- المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني – المديرية العامة لتطوير المناهج – محركات ومركبات.

Library of congress catalogying in publication date.

17- Buffy –james E - Modren Automotive Technology – James E Buffy international standard Book number IsBN 1-56637-444-8
Copy right 1998
By the goodheart- willicox company- inc (U.S.A)

18- Pulkrabek – Willard w.
Engineering Fundamentals of - Internal combustion Engine
Second Edition - ISBN 0-13-140570-5
2004, 1997 by pearson pentice- Hall
Printed in the united states of America

19- William Harry (date)
Automotive Mechanics - William H crouse and Donald L Auglin 10th ed.
ISBN 0.02-800943-6
Printed in Singapore

20- Knowles,Don
Automotive engine performance - Second edition
Don Knowles Jack Ehjavee - Delmer publishers
ISBN 0.8273-8519-6

21- Automotive computer sislem
Don Knowles , jack Erjavee - ISBN 0.82736884-4
Delmar publishers
British library catalogainy in publication Date

22- Automobile Electical and Electronic system third edition (2004)
Tom Denton - ISBN 0750662190
Printed and bound in: Great Bratain

23- Automotive Engines
srinivasan - Tata mc Graw- Hill publishing compony –
limited New Delhi ISBN 0.07.040265-5

24- John van winden
REPAIR AND MAINTENANCE of Stationary-
Diesel Engine ISBN 81- 224-0961
New AGE international(p)- Limited – publishers newdelhi

25- 2F Engine
Repair – Manual Aug- 1980
Toyota motor corporation
Pub- no. 36104 E

26- Automobile Engineering
K.K jain
R.B. Asthana
Tata Mc Graw- Hill publkishing compony –
Limited NEWDELHI
ISBN 0.07.044529-x 2002

27- ng. Horst Grater Kfz-Diagnose I

Is BN 3-8023 -0330-x
3.Auflage 1983

28- Kraft fahrzeug tachnik
Is BN3-8242-4270-2
Kieser vevlag Neusass 2.Auflage 2000

29- Dipl-I ng Heinz Grohe Otto- und Diesel motoren
Is BN 3-8023-0052-1
VOGEL -VERLAG 6Auflage.1982

30- technische Unterrichtung – Bahriezundung (sz)
BOSCH 1971 Robert Boschs, stuhagrt