# الباب الأول
# 1

# تاريخ وتطور محركات الإحتراق الداخلي

## EARLY INTERNAL COMBUSTION ENGINES DEVELOPMENT

obeikandl.com

# تمهيد

يتم إحتراق الوقود في داخل أسطوانة ، وتؤثر نواتج الاحتراق علي حركة المكبس ، ويسمي هذا النوع بمحركات الاحتراق الداخلي .

يطلق هذا الاسم علي محركات البنزين والغاز ومحركات الديزل . وقد كان لظهور هذه المحركات أثر كبير في تقدم الصناعات المختلفة في شتى المجالات.

يتناول هذا الباب عرض موجز لتاريخ وتطور محركات الاحتراق الداخلي ، كما يتعرض لمواصفات المحرك ومميزات وعيوب المحركات المختلفة.

obeikandl.com

# نبذة تاريخية :

عندما أمكن التحكم في الموارد الطبيعية للقوى والطاقة، وأدى الإلمام بالعلوم الرياضية والميكانيكية إلى ابتكار الآلة ، واستغلال طاقة البخار في إدارتها ، كان عاملا هاماً في النهوض بالحضارة.

ومنذ أمد بعيد وقبل ظهور المحركات البخارية بوقت طويل ، كان تفكير العلماء من خلال التجارب المستمرة لإمكانية الحصول على شغل نافع عن طريق الاحتراق الداخلي ، التي فشل بعضها ونجح البعض الآخر.

وقد كان لظهور محركات الاحتراق الداخلي أثر كبير في تقدم الصناعات المختلفة ، فاق ما أحدثته المحركات البخارية بمقدار كبير.

وقد كانت للحروب الماضية آثارها التي أدت إلي دمار البنية الاقتصادية والعسكرية للدول الكبرى ، إلا أنها قد تركت بصمات هامة في تقدم صناعة محركات الاحتراق الداخلي ، فالحاجة الماسة للسيارات والطائرات والدبابات والغواصات ، قد مكنت المهندسين من عمل التحسينات الجوهرية على هذا النوع للوصول إلى أفضل النتائج.

وسرعان ما تحولت التطورات الصناعية بعد هذه الحروب إلى أدوات وأجهزة تعمل لخدمة البشرية ورخائها.

وبدأ عهد جديد سارت فيه الصناعة مع العلم جنبا إلى جنب في طريق التطور في شتى المجالات ، مما أدى إلى الحاجة المتزايدة لمختلف السلع والمعدات ووسائل النقل ...الخ.

obeikandl.com

ومع مرور السنين وتعاقب الأجيال فقد ظهرت الاختراعات وأجريت التعديلات، وأدى ذلك ألي تطور وتحسن كفاءة محركات الاحتراق الداخلي وارتفاع قدرتها تدريجياً .. كما تطورت العديد من الصناعات الأخرى .

# ظهور وتطور محركات الاحتراق الداخلي :

تعتبر محركات الاحتراق الداخلي من أهم مصادر توليد القوى، حيث تتحول بواسطتها الطاقة الحرارية الناتجة عن احتراق الوقود إلى شغل ميكانيكي ، يستفاد به في إدارة مختلف أنواع الآلات المستخدمة في إنتاج المصنوعات النافعة ، مما يعود على البشرية بالخير العظيم.

ويجب أن يعلم الجميع بأن محركات الاحتراق الداخلي لم تظهر مباشرة بالصورة التي نراها عليها، كما يظن البعض ، أو كان ذلك نتيجة لاختراع سهل يسير لإنسان بمفردة ، ولكن كان نتيجة لأعمال وتجارب مجموعة كبيرة من العلماء على مدى مئات السنين ، حيث توالت الاختراعات ، كما أضيف بعضهم بعض التحسينات ، إلى أن وصلت إلى الصورة التي نراها عليها الآن .. وفيما يلي عرض لتطور هذه المحركات.

**محرك هيفنس :** Highnes's engine

في عام 1680 صنع العالم الهولندي هيفنس Hyphens محرك يعمل بالبارود ، حيث كان يشعل البارود في أسطوانة المحرك الجوفاء ، الذي يؤدى إلى طرد الغازات الناتجة عن اشتعال الهواء المتجمع في داخل الأسطوانة إلى خارجها ، مما يؤثر على حركة المكبس وعمود التوصيل ، حيث تنتقل الحركة المترددة وتحول إلى حركة دائرية للحدافة ، لكي يستفاد من هذه الحركة في بعض الصناعات. ولم تكن هذه الفكرة عملية ، لذلك فقد فشلت.

**محرك باربر :** Barbare's engine

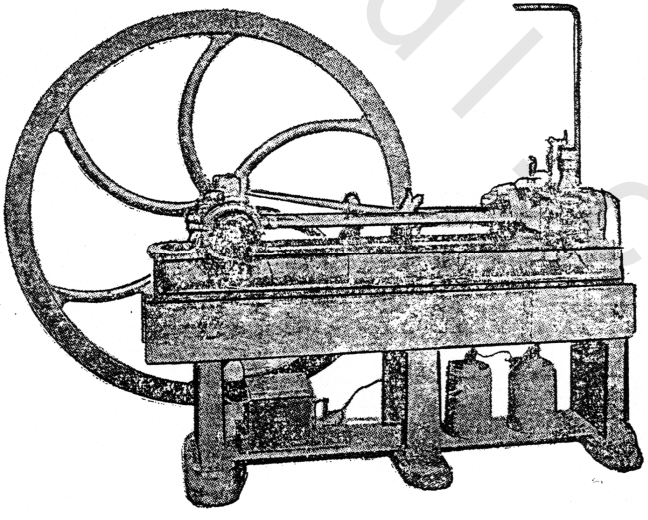
obeikandi.com

توالت الاختراعات والتحسينات التي لم يذكرها التاريخ لعدم كفاءتها ، وفي عام 1791 سجل جون باربر محركه الغازي ، وهو عبارة عن طارة تحيطها الريش يسلط عليها قوة من الغازات الناتجة عن احتراق مزيج الغاز والهواء ، هذه القوة تتسبب في دورانها حول محورها . وقد أطلق على هذا المحرك أسم التربين الغازى.

**محرك لنوار :** Lenoir's engine

في عام 1860 تمكن المهندس الفرنسي لنوار من صنع أول محرك غازي الذي عمل بنجاح ، وقد كان يشبه المحرك البخاري المزدوج التأثير ويعمل على نظرية الدورة الثنائية ، وهو محرك أفقي الوضع كما هو موضح بشكل 1 – 1 ، أتم فيه الاشتعال عن طريق الشرارة الكهربائية ، وقد كان سحب الشحنة المكونة من الغاز والهواء بالضغط الجوى ، كما كان الاشتعال يتم عقب مشوار السحب مباشرة ، وهذا يختلف فيما يحدث في محركات الوقت الحاضر.

ولذلك فقد سمي محرك لنوار بأنه المحرك عديم الإنضغاط ، كما كان استهلاك المحرك من الغاز حوالي سبعة أمثال المحرك الحديث ، وكانت جودته الحرارية لا تتعدى 4 % .



**شكل 1 – 1**
**محرك لنوار الغازي**

**محرك دى روشاس :** Beaude Rochas's engine

في عام 1862 سجل دى روشاس الفرنسى تصميماً نظرياً لمحرك احتراق داخلي، يعمل على أفضل نظرية مع الاستفادة بأكبر كمية من الحرارة المتوالدة ، وكانت دورة التشغيل هي نفس الدورة التي تعرف في الوقت الحالي بدورة أوتو Otto ، وقد عمل دى روشاس على إتمام الدورة في أربعة مشاوير للكباس ، وذلك للحصول على أكبر كفاءة للمحرك كالآتي :-

1. دخول الشحنة المكونة من الغاز والهواء.
2. إنضغاط شحنة الغاز والهواء.
3. إشعال الشحنة عند النقطة الميتة العليا في صورة فرقعة ، ويتبع ذلك السماح للغازات بالتمدد .. وهو المشوار الفعال.
4. تصريف نواتج الاحتراق من الأسطوانة.

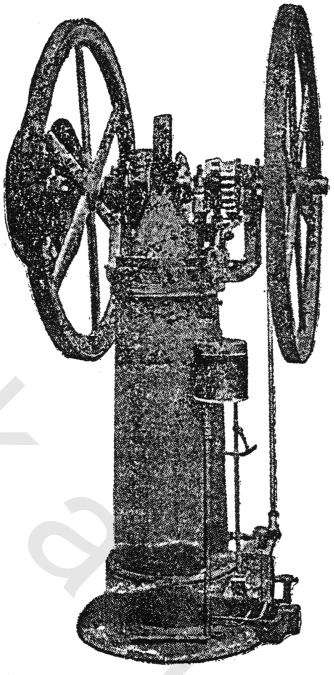
**محرك أوتو ولانجن :** Otto & Langen's engine

في عام 1866 صنع المهندسان الألمانيان أوتوولانجن (Otto & Langen) محركيهما الذى استخدم فيه الغاز كوقود.

صمم هذا المحرك يوضع رأسي كما هو موضح بشكل 1 – 2 حيث نقلت حركة الكباس إلى مجموعة تروس مركبة على محور حدافتين عن طريق سقاطة في عمود الكباس ، وكانت الشحنة تدخل عن طريق فتحة بأسفل الأسطوانة عندما يتحرك الكباس إلى أعلى ثم تشتعل ، فتسبب قوة تمدد الغازات إلى دفع الكباس إلى أعلى لإتمام مشواره ، وعندما تنخفض درجة حرارة الغازات ، يحدث تفريغا داخل الأسطوانة بأسفل الكباس ، فيدفع الضغط الجوى الكباس إلى أسفل ، كما تتسبب الطاقة المخزونة للحدافتين في ارتفاع الكباس حتى يسمح بدخول الشحنة الجديدة.

obeikandl.com

وتتكرر العملية السابقة بانتظام ، وقد كان لهذا المحرك ضوضاء مستمر أثناء تشغيله، مع ذلك فقد انتشر استعماله.



**شكل 1 – 2**
**محرك أوتو ولانجن الغازى**

**محرك بيشوب :** Beshoup's engine

في عام 1870 استطاع بيشوب أن يصنع أول محرك يعمل تبريده على تصريف الحرارة بالإشعاع ، حيث ذود الأسطوانة من الخارج بمجموعة زعانف ، واستغل الهواء الموجود بالجو الطبيعي للتبريد.

**محرك بريتون:** Brightono's engine

قبل تسجيل أوتو ولانجن لاختراع محركيهما، والذي فاق عمليا جميع محركات الغاز، سجل جورج بريتون عام 1872 محركه ، الذي يتم فيه احتراق الغاز بضغط ثابت بمدى $\frac{1}{10}$ من المشوار ، وترك الغازات لتتمدد دافعة المكبس أمامها.



obeikandl.com

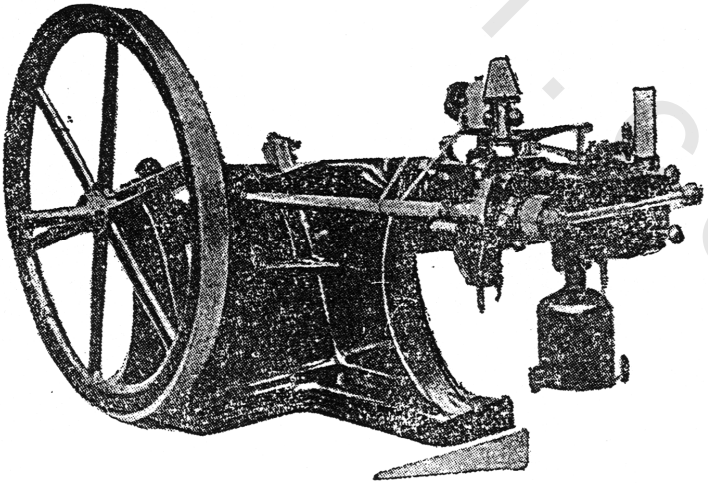
ونظراً لأن مقدار ضغط الغاز المنضغط في هذا المحرك كان بسيطاً ، فقد أستعمل بريتون مشعلا ثابتاً لإشعال الوقود داخل أسطوانة المحرك . وقد كان هذا المحرك يفوق جميع المحركات السابقة ، إلا أن جودته كانت لا تتعدى 6 % أدى إلى عدم منافسة لأنواع المحركات الأخرى.

**محرك أوتو:** Ottio,s engine

في عام 1876 طبق الدكتور نيكولاوس أوجست أوتو نظريات دى روشاس الفرنسى الذي أشار بإتمام الدورة في أربعة مشاوير لكباس كما سبق ذكر ذلك . وقد أخرج المحرك الشهير نسبة إلية، ومن ثم فقد آخذت المحركات الحديثة جميع نظرياتها من خلال هذا المحرك.

وقد عرض محرك أوتو الموضح بشكل 1 – 3 في معرض بباريس عام 1878 ، وقد سميت الدورة ذات الأربعة مشاوير للكباس باسم دورة أوتو ، نسبة إلية ، وتعمل على نظريتها محركات السيارات والطائرات والجرارات وغيرها.

وقد أعتبر محرك أوتو أهم حدث في تقدم صناعة محركات الاحتراق الداخلي في ذلك الحين ، فقد تميزت دورة أوتو بضغط الشحنة المكونة من الغاز والهواء قبل الاشتعال.



**شكل 1 – 3**
**محرك أوتـو الغازي**

**محرك كلارك :** Clerk's engine

في عام 1879 قام المهندس الإنجليزي كلارك بعمل تعديلات في محرك أوتو ، وبنى محرك يتم فيه عمليات دخول الشحنة وإنضغاطها واشتعالها وتمددها وتصريف العادم في لفة واحدة للمرفق ، بدلا من لفتين كما هو الحال في محرك أوتو ، وسمى محرك كلارك بالمحرك ذي المشوارين أو بالمحرك ثنائي الدورة.

**محرك مايبش :** Maybach's engine

في عام 1883 تمكن مايبش Maybach من تصميم وبناء أول محرك ديزل بشركة M.A.N فى ألمانيا ، وقد زود المحرك بصمامات لدخول الهواء وأخرى لخروج العادم ، وكان يتم دورته في أربعة مشاوير.

**محرك أكر ويد:** Akroyd's engine

فيما بين عامي 1886 ، 1890 ظهرت المحركات التي صممها أكر ويد والموضحة بشكل 1 – 4 ، وقد كان أول محرك يعمل بالوقود السائل (البترول) وقد أستعيض فيه عن طريق الاشتعال بمصدر لهب خارجي باستخدام الرأسي المتوهج ، وهى عبارة عن غرفة لتبخير الوقود السائل، ليسهل اشتعاله في الأسطوانة ، وذلك بحقنة على السطح الداخلي لغرفة ملحقة بها وملامسة لهذا السطح الساخن.

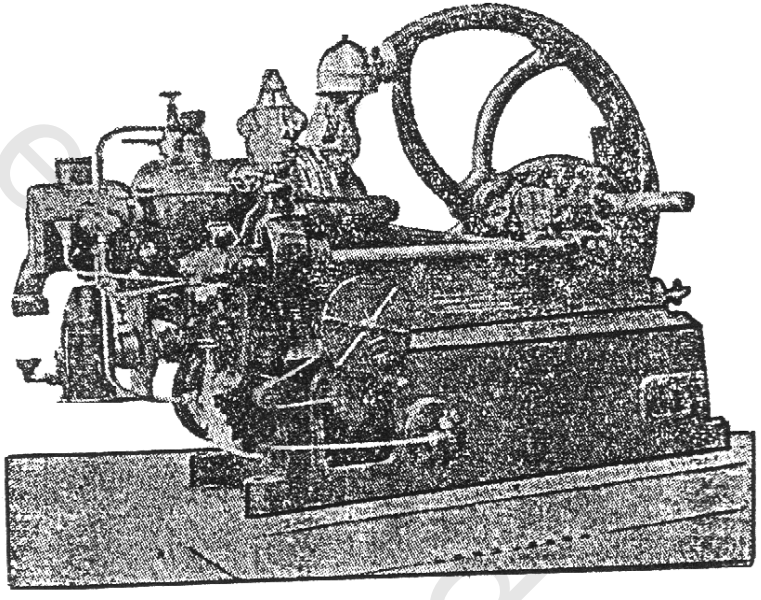
وقد أعتبر هذا المحرك أفضل ما وصلت أليه الجهود لما فيه من مزايا استخدام الوقود السائل واستعمال الرأس المتوهج.

وقد ظهرت في نفس الوقت محركات أخرى، التي بنيت فكرتها على تحضير الشحنة في جهاز خاص يسمى بالمغذى Carburet وذلك بتشبع الهواء الذي يمتصه المحرك في مشوار السحب بالوقود السائل ، وكان الغرض من ذلك هو إنتاج محركات

obeikandl.com

خفيفة الوزن بالنسبة للقدرة المتولدة منها لكى تكون مناسبة للاستعمال في طرق المواصلات.

وقد استخدمت في تشغيل هذه المحركات المركبات الخفيفة التي أستخدم لها زيوت البترول مثل البنزين أو النفط.



**شكل 1 – 4**
**محرك أكر ويد ذو الوقود السائل**

**محرك ديزل :** Diesel's engine

في عام 1892 فكر العالم الألمانى رودلف ديزل في عمل محرك احتراق داخلي يستخدم فيه الفحم المسحوق وقوداً بدلاً من الوقود السائل ، وقد بنى نظرية على أساس أن يضغط الهواء في أسطوانة المحرك لدرجة تكفى لرفع درجة حرارته إلى الحد الذي يمكن عنده إشعال الفحم المسحوق عند حقنه داخل الأسطوانة ، ومع الاستمرار في حقن الفحم يستمر الاشتعال أثناء حركة الكباس إلى خارج الأسطوانة بمقدار $\frac{1}{10}$ من مشواره ، فيحترق الوقود تحت ضغط ثابت.

وفى عام 1897 تمكن العالم الألمانى الدكتور رودلف ديزل من استبدال مسحوق

الفحم بنوع آخر من الوقود ، فاستخدم الزيت الثقيل في تشغيله لسهولته عن استخدام مسحوق الفحم ، وقد نجح في ذلك نجاحا عظيما ، وقد كان الهواء يضغط داخل الأسطوانة حتى يرتفع درجة حرارته إلى 550 درجة مئوية ، ثم يحقن الوقود علي شكل رذاذ رفيع بواسطة هواء حاقن ، يزيد ضغطة عن الضغط داخل الاسطوانة بمقدار كبير ، فيشتعل و يستمر الاشتعال طوال فترة الحقن التي تبلغ $\frac{1}{10}$ من المشوار بضغط ثابت .

وقد استغني في هذا المحرك عن المغذى وجهاز الاشتعال في محرك أوتو ، واستعيض عنهما بمضخة هواء ذات ضغط عال لحقن الوقود .

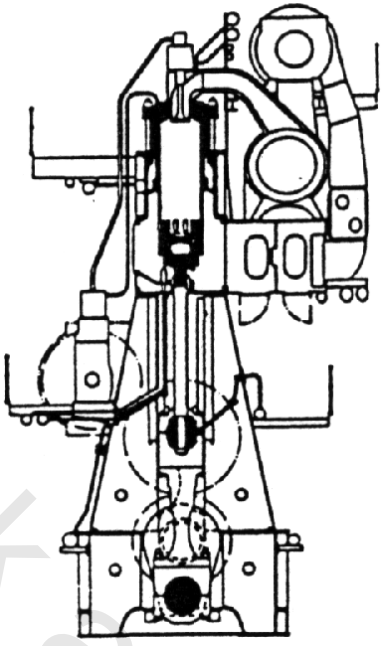
تتميز محركات ديزل بارتفاع جودتها و اقتصادها في الوقود ، إلا أن المتاعب التي نشأت من استعمال الضغوط العلية المستعملة فيها ، وأجهزة الهواء المضغوط اللازمة لعملية الحقن ، دعت ألي تعديل في نظرية تشغيل هذه المحركات بحيث يكون الضغط الناتج عن إنضغاط الهواء اقل من مثيله في محركات ديزل ، مع عدم استخدام هواء لحقن الوقود داخل الاسطوانة .

وقد أطلق علي هذا النوع من المحركات اسم نصف ديزل أو شبه ديزل ، كما ساعدت تلك المتاعب علي ظهور محركات ديزل ذات الحقن الجاف ، فيها استغني عن هواء الحقن بارتفاع ضغط الوقود المحقون آليا.

وفي عام 1905 تم تصنيع محرك ثنائي الأشواط في شركة sulzer (سولزر) شكل 1 – 5 ولكنة كان بطيء الدوران .

استخدم هذا المحرك في السفن و أجريت علية العديد من التحسينات لزيادة القدرة الحصائية ، وقد استخدمت فيه طريقة الكسح الطولي .

obeikandl.com



**شكل 1 – 5**
**محرك ثنائي الأشواط من صنع شركة Sulzer**

1. **القدرة الإحصائية 2960kw**
2. **حجم الإزاحة للاسطوانات $1.32\ m^3$**
3. **السرعة الدوائية 87 r. p. m.**
4. **ضغط الاسطوانة 76 bar**
5. **متوسط الضغط الفعال 8.65bar**

وفي عام 1925 بدأ حقن الوقود بطريقة الحقن المباشر ، ويرجع ذلك إلى جهود ( رو برت بوش ) ، وكذلك أجريت عدة أبحاث و دراسات علي غرف الاحتراق لغرض ارتفاع كفاءة الاحتراق ، وبالتالي الكفاءة الحرارية للمحرك.

ويمكن إعتبار عام 1930 هو نهاية للصعوبات التي كانت تعترض بناء المحرك المناسب ، حيث أمكن تصنيعه بأقل التكاليف.

أما عام 1931 فله أهمية كبرى في صناعة محركات الديزل ، حيث تمكن بوش من صنع أول محرك رباعي الأشواط يعمل بطريقة الشحن الزائد من خلال توربين

obeikandl.com

ضاغط هوائي يغذى المحرك بالهواء اللازم للاحتراق ، مما أدى إلى رفع قدرة المحرك إلى % 150 .

وأنتجت دور الصناعة المحركات المشحونة ، ثنائية الأشواط ، بطريقة الكسح الطولي ، مما شجع ( junker ) وبعده ( Doxford ) على تصنيع المحركات ذات المكابس المضادة.

**محرك فأنكل ذو العضو الدوار :** The rotary wank's engine

في المحركات الترددية العادية ، يتم تشغيلها بسرعات منخفضة ومرتفعة، والتي تنعكس علي الحركة الترددية للكباسات واذرع التوصيل ليصل معدل حركاتها إلى مائة مرة في الثانية ، وقد يزيد المعدل عن ذلك .

تتوالى الأجزاء المختلفة في المختلفة في المحركات رباعية الأشواط بعملية التحكم في دخول وخروج الغازات ، كما تقوم هذه الأجزاء بأداء الحركة الترددية أثناء التشغيل ، مما يحد أحيانا من سرعة المحرك إلى زيادة تكاليف الإنتاج والصيانة وخاصة في المحركات الرباعية الأشواط .

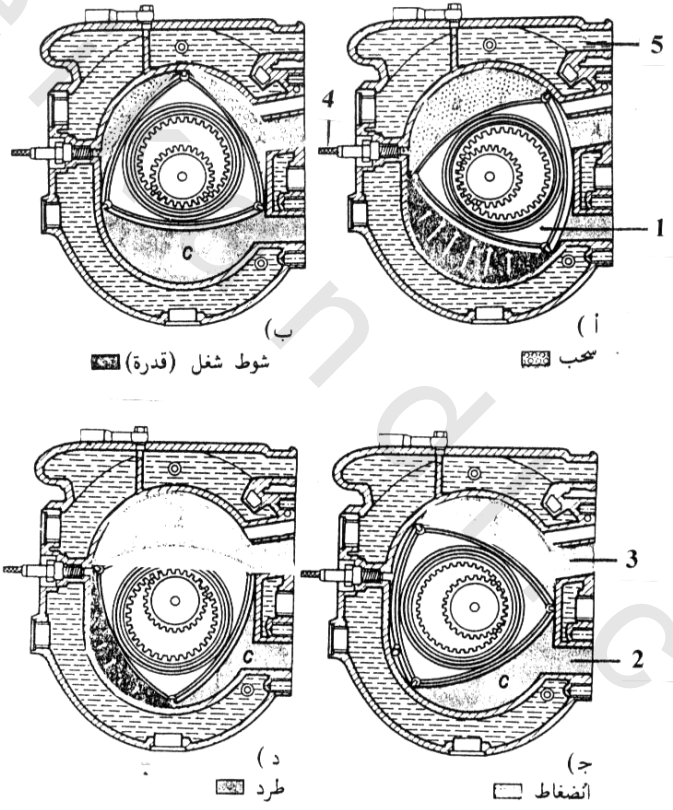
لذلك فقد حاول المصممون منذ زمن بعيد إزالة عيوب المحرك الترددي بإنتاج محرك ذو أجزاء دوارة ، ولقد فشلت جميع التجارب التي أجريت على المحركات ذات الأعضاء الدوارة ، وذلك بسبب مشاكل منع تسرب الغازات .

وقد تمكن فيليكس فانكل ( falix wankel ) في عام 1954 من إحراز تقدم كبير ، إذ اكتشف أن استعمال مبيت يدور بداخله عضو دوار مثلث المقطع يؤدي إلى تحقيق دورة دقيقة رباعية الأشواط .

**محرك فانكل ذو العضو والبيت الدوارين:**

يعتبر هذا المحرك هو أول محرك ذو قرص دوار طوره (F.Wankel) ، ولا يوجد في هذا المحرك إلا أجزاء دوارة تدور حول محاور ثابتة كما هو موضح بشكل 1 – 6 .

يدور العضو ( الكباس ) ومبيتة حول محاور متوازية بسرعات مختلفة في اتجاه واحد ( في اتجاه عقارب الساعة ) ، حيث تتكون غرف شغل ( قدرة ) متغيرة الحجم بين جداريهما ، توجد كل هذه الأجزاء داخل مبيت ثابت . ولقد سبب دوران كل من العضو الدوار ( الكباس ) والمبيت صعوبات في أول الأمر ، بالنسبة لموصلات أنابيب دخول الشحنة وخروج العادم وماء التبريد ، وكذلك بالنسبة لأسلاك شمعات الاحتراق ، وكان الحل الأفضل لهذه المشاكل هو ما تم التوصل إلية في المحرك ذو العضو ( الكباس ) الدوار الذي طورته جماعة التطوير فانكل ( Nsu. Wankel ) فى عام 1957.




**شكل 1 – 6 محرك فانكل ذو العضو والمبيت الدوارين**

**1. العضو الدوار.**

**2. فتحة السحب.**

**3. فتحة العادم.**

**4. شمعة الاشتعال.**

**5. سائل تبريد.**

# تطور صناعة المحركات

تطورت صناعة المحركات بأنواعها وأشكال المختلفة حتى وقتنا الحاضر ، هذا بفضل التقدم في صناعة أدوات وأجهزة القياس الدقيقة ، وتكنولوجيا المعادن ، حتى أمكن الحصول على كفاءة حرارية عالية، هذا مع العمل المستمر على تخفيض الوزن بالنسبة للقدرة.

**أوجه استخدام محركات الاحتراق الداخلي :**

لا يوجد محرك احتراق داخلي واحد يمكن تشغيله بجميع أنواع الوقود مثل الغاز – البنزين – النفط – الزيوت الثقيلة . كما لا يوجد محرك يصلح في آن واحد لإدارة البواخر والسيارات والطائرات والقطارات .. وكذلك لتوليد الكهرباء للأغراض الصناعية ، وإنما يجب أن يكون لكل محرك احتراق داخلي الوقود المناسب في تشغيله.

فمن المحركات ما يصنع ليلائم استخدامها في النقل البحري أو الجوى أو البرى، أو ما يناسب استخدامها في الزراعة أو في الأغراض الصناعية الأخرى.

ومن ثم فإن محرك الإحتراق الداخلي المثالي سواء كان ثابتاً أو متنقلاً ، هو المحرك الذي يعطي أكبر قدرة بأقل كمية من الوقود المستهلك ، علاوة على انخفاض وزنه.

فيما يلي جدول 1 – 1 يوضح أنواع محركات الإحتراق الداخلي وقدرتها التقديرية.

obeikandl.com

**جدول 1 – 1**
**أنواع محركات الاحتراق الداخلي وقدرتها التقديرية**

| نوع المحرك | القدرة التقديرية بالحصان (hp) |
|---|---|
| محرك تسوية أعشاب الحدائق | 1 |
| محرك (منشار) قطع الأشجار | 1.5 |
| محرك الدراجة النارية | 4 – 20 |
| محرك القارب الصغير | 4 – 16 |
| محرك السيارة | 12 – 60 |
| محرك الشاحنة | 25 – 80 |
| محرك الحافلة | 40 – 80 |
| محرك الطائرة | 1900 – 6000 |
| محرك السفينة | 20000 – 30000 |

**ملاحظة** :

عند حساب القدرة بالكيلووات (kW) تستخدم المعادلة التالية :–

القدرة بال kW = القدرة بالحصان (hp) × 1.34

obeikandi.com