

عنوان الكتاب : محركات الديزل ج ١

المؤلف : د / توفيق عبد القادر

سنة النشر : ١٩٣٢

رقم العهدة : د ٧٤٢٨

الـ ACC : ١١٤٩٠

عدد الصفحات : ٣١٥

رقم الفيلم : ١٣

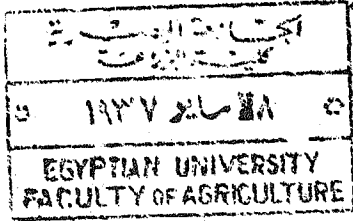
٤٦٦
٥٤٤٧

الجامعة المصرية
الكلية الزراعية
١٩٧٧
EGYPTIAN UNIVERSITY
FACULTY OF AGRICULTURE

٦٢٩٩/٥٢

الجامعة المصرية
الكلية الزراعية
١٩٧٧
EGYPTIAN UNIVERSITY
FACULTY OF AGRICULTURE

محرکات دیزل



الجزء الأول

تأليف ٢٠٥ / ٦٤٩٠٥

توفيق عبد القادر
AC: 11490

مدرس مهندسة الهندسة الملكية
٦٤٩٠٥

٦٠ / ٧٤٤٨

١٩٣٢-١٣٥٠

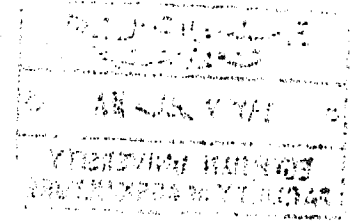
حقوق الطبع محفوظة

المن

٤٠

قرشاً صاغاً مصرياً

المطبعة الحجازية

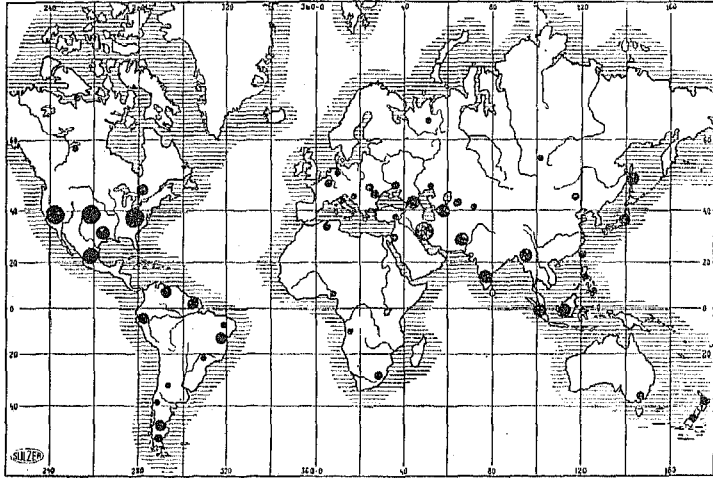


بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

الباب الأول

زيوت الوقود والتزيت

الوقود: هو كل مادة ينتج من اتحادها السريع بالأوكسيجين (احتراقها) كمية عظيمة من الحرارة يمكن الانتفاع بها . وأنواعه ثلاثة : غازية . وسائلة . وصلبة . سنقتصر كلامنا على الزيوت المعدنية المستخرجة من الأرض في أصقاع مختلفة من العالم مبينة بالخريطة شكل (١)



شكل (١) - البقاع الغنية بالزيت المعدني في العالم

الزيت المعدني: منذ عدة قرون عرف عن مادة سائلة تنبع من الأرض أهمها سهولة الاشتعال وقد استخدمت فعلا كزيوت حرارية للتسخين والاضاءة . عند ما يشتد الضغط في جوف الأرض ينبعث الزيت بشكل نافورة . أما إذا لم يتحقق ذلك فتستعمل الطرق الآلية لاستخراجه فتخفر لذلك آبار تمتد أعماقها الى مئات من الأمتار وتختلف طريقة استخراج هذه الزيوت تبعاً للطلب واختلاف الأصقاع من حيث وفرة الزيوت فيها .

محركات الزيت الثقيل (١)

الحمد لله الواحد القهار والصلاة والسلام على نبيه المختار ، محمد المرسل إلى كافة الخلق بشيرا ونذيراً وداعياً إلى الله بأذنه وسراجاً منيراً ، وبعد فقد شاءت الأقدار أن يتم تأليف وطبع الجزء الأول من هذا الكتاب وبمشيئته تعالى سيتبع ذلك الجزء الثاني ، وهكذا أرى أنه ولو أتى حرمت من الفرص للتعلم في النظريات الحرارية فأتى لم أحرم من خدمة الأمم والشعوب العربية بوضع هذا الكتاب الذي سيسد فراغا كبيرا في مجال الهندسة باللغة العربية خصوصا وأن التقدم العمراني مبني على مجهود المهندسين الميكانيكي حتى كثرت محطات توليد القوى التي تدار بمحركات ديزل .

وأني أقدم وافر احترامي إلى أستاذي الدكتور عبد الرحمن بك الساوي الذي شمل هذا الكتاب برعايته، وإلى صديقي الدكتور محمد فندي على صالح الذي ساعدني في تعريب عدد كبير من الاصطلاحات الفنية ، وإلى كل الشركات التي لم تدخر جهداً في إعانتى لكي يخرج هذا الكتاب وافياً بالغرض المطلوب منه وهو إعانة المهندس وإمامه بما قد يغيب عن باله وإرشاد الطالب والصانع والله أسأل أن يهدينا صراطاً مستقيماً

توفيق عبر القادر

القاهرة في يوم الجمعة ٢٢ شعبان سنة ١٣٥٠ هجرية
أول يناير سنة ١٩٣٢ ميلادية

تركيب الزيت واعداؤه : الزيت المستخرج من الأرض هو مزيج من زيوت مختلفة تحوى مقداراً كبيراً من الماء ومقداراً طفيفاً من المواد الصلبة المعدنية. وتختلف هذه الزيوت من حيث أوزانها النوعية ودرجات غليانها وترتفع هذه وتنخفض تبعاً للوزن النوعى فالبنزين وزنه النوعى ٠٠٧ ويغلى ما بين ٥٠، ١٠٠، ٠ مئوية وزيوت الأضياء تتراوح أوزانها النوعية بين ٠٠٧٩، ٠١٨٢، ٠ وتغلى أغلبها ما بين ١٥٠، ٢٥٠ مئوية أما الزيوت الثقيلة التى يبلغ وزنها النوعى من ٠١٩ الى ٠١٩٥ فلا تغلى إلا عند ما تفوق درجة حرارتها ٣٠٠ مئوية

قد استخدمت هذه الخاصية فى عزل مختلف الزيوت المكونة للزيت المعدنى الحام كل على حدته وذلك بتسخينه تدريجياً فى مرجل. وإذا صرفنا النظر عن الماء فإن الزيوت الخفيفة تتبخر أولاً وبارتفاع درجة الحرارة تتبعها الزيوت المتوسطة الثقل وأخيراً تتبخر الزيوت الثقيلة. وما يتخلف بعد ذلك يستحيل الى كتلة قارية (زفتية) تحتوى على زيوت ثقيلة جداً لا يبقى بعد تبخرها إلا مادة صلبة تشبه (الكوك) تجمع الأبخرة الناتجة بتكثيفها على التتابع فى أوعية منفصلة فيحتوى كل منها على سلسلة من الزيوت متقاربة الخواص وبتكرار العملية نفسها على كل سلسلة نحصل أخيراً على أنواع من الزيت كل منها عبارة عن خليط من زيوت قليلة متشابهة الخواص لدرجة قد يصح معها أن تعتبر نوعاً واحداً

أثناء العمليات المتعلقة بتكثيف الزيوت الثقيلة جداً تكثسب مادتان إحداهما دهنية وتسمى الفازلين والأخرى شمعية يطلق عليها البرافين.

تعقب ذلك عملية هامة جداً وهى تنقية البنزين وزيت الأضياء وبوجه خاص زيوت التزييت تنقية كيميائية بالأحماض والمواد عدة مرات فتكرر وتنزع منها محتوياتها الصلبة المعدنية

أهم الزيوت المعدنية

الاصطلاح التجارى	الوزن النوعى
ريجولين . أثير البترول	٠١٦٩ — ٠١٦٠
بنزين السيارات . نفتا (ج) ٠١٦٩ — ٠١٧١	٠١٧٣ — ٠١٦٩
بنزين المحركات . نفتا (ب) ٠١٧١ — ٠١٧٣	
البنزين التجارى	٠١٧٣ — ٠١٦٩
بنزين الشمع . ليجروين . نفتا (ا) ٠١٧٣ — ٠١٧٥	
بنزين ثقيل . بنزين الورنيش	٠١٧٩ — ٠١٧٣
بتروال الأضياء . كروسين . ستاندردهوايت . ووتر هوايت	٠١٧٩ — ٠١٨٢
زيت غاز . زيت سولار	٠١٨٢ — ٠١٨٨
زيوت تزييت } زيوت پرافين }	٠١٨٣ — ٠١٩٥
فازلين	٠١٨٠ — ٠١٨٨
پرافين	٠١٨٧ — ٠١٩٤

وليست ثمة قاعدة لتسمية هذه المواد بل المعتاد أن يطلق عليها منتجوها أسماء بمحض اختيارهم غير مراعين خواصاً ولا تركيباً ولذا يجب عدم الاعتماد على هذه التسميات والتوثق من صفات كل نوع وتركيبه

كلما قل احتواء المخلفات الزيتية على القطران الذى يغلى عند درجة حرارة عالية كلما زادت ملاءمتها للاستعمال فى ادارة محركات ديزل وأفضل الزيوت لهذا الغرض ما فصل منها القطران والمواد الصلبة بتاتا بزيادة التكرير

زيوت الوقود لمحركات ديزل

جدول رقم (١) - الخواص التي يجب توفرها في زيوت الوقود لمحركات ديزل

نهايات تقريبية (١)	ما يجب أنماذ شرطاً عند الشراء	ما يصح قبوله (٢)
٠.٧٩ - ٠.٩٧	٠.٨٠ - ٠.٩٧	٠.٨٠ - ٠.٩٧
صفر - ١٧٠	أعلى من ٦٥	لا تقل عن ٢٠
١٥٠ - ٢٠٠	أقل من ٥	لا تزيد على ٨٥
٤٥ - ٦٠٠٠	أقل من ١٥٠	لا تزيد على ٢٤٠٠
٨٥٠٠ - ١٠٢٠٠	١٠٠٠٠	لا تقل عن ٩٦٠٠
صفر - ٠.٥	أقل من ٠.٥	لا يزيد على ٠.١
صفر - ٤	أقل من ٢	لا يزيد على ٣
صفر - ٢٥	أقل من ٥	لا يزيد على ١٥
صفر - ١٠	أقل من ١	لا يزيد على ٥

(١) هذ النهايات تشمل الزيوت الثقيلة والزيوت غير الصالحة للاستعمال

(٢) لا يسمح بتجاوز المقادير المبينة في العمود الثاني الى المقادير المبينة بالعمود الثالث الا في احوال استثنائية

الوزن النوعي: تحدد النهاية الصغرى للوزن النوعي للتأكد من ان الزيت

لا يشتمل على أنواع سهلة التطاير كالبزين الثقيل (ومن ذلك يتضح أن القيود الخاصة

بتخزين بنزين السيارات غير ضرورية لزيوت محركات ديزل) وفيما عدا ذلك ليس

لتحديد الوزن النوعي أى داعٍ ولكن يستحسن معرفته كي يمكن الامام ببعض خواص

الزيت الطبيعية التي لها علاقة بالوزن النوعي

درجة الانتهاب: كلما كانت درجة الحرارة التي يلهب عندها الزيت منخفضة

كان هذا الزيت مبعث أخطاراً تضرطرم النار بسبب ميل الأبخرة المتصاعدة للالتهاب

بسرعة وفي كثير من الأقطار توجد منشورات خاصة بضرورة الوقاية للبتترول الذي

وزنه النوعي من ٠.٧٩ إلى ٠.٨٢، ويلتهب بين درجتى ٢٠° م، ٤٠° م.

وعلاوة على خطر الحريق فان انخفاض درجة الالتهاب يجعل الاحتراق مضطرباً أو

المتبع لدى شركات إعداد الزيوت أنها تكثر إنتاج زيوت الحريق بنسبة زيادة الطلب وعلو أسعارها والافتكرها لتحويلها إلى زيوت تزييت عند مايزداد طلبها ويكثر ربحها

التركيب الكيماوى: جميع أنواع الوقود السائلة (عدا الكحول) تتكون نسبتها العظمى من مركبات الكربون والأيدروجين (أيدروكربونات) وهذه المركبات التي تحصى بالمئات ذات خواص متباينة من حيث الوزن الجزيئى ودرجة الاحتراق والقيمة الحرارية وكافة الخواص الطبيعية والكيماوية. ولما كان كل من أنواع الوقود السائلة هذه يتركب من أنواع غير متجانسة من مركبات الأيدروكربون فإنه لا يمكن تحديد زيت من هذه الزيوت برمز كيمائى اذ هي تتفاوت تفاوتاً كبيراً تبعاً للبقعة التي يستخرج منها الزيت الخام ولكن هذا التباين من جهة الأيدروكربونات لا يؤثر تأثيراً كبيراً على صلاحية هذه الزيوت كوقود

تحتوى خامات الزيوت المعدنية جميعها علاوة على الكربون والأيدروجين مقادير صغيرة من الأكسيجين والأزوت والكبريت متحدة غالباً مع بعضها اتحاداً كيميائياً ووجود هذه العناصر الثلاثة الأخيرة غير مرغوب فيه لأنه يحط من القيمة الحرارية ويضعف الاحتراق

متوسط التركيب الكيماوى للزيوت المعدنية

النسبة المئوية للأوزان

الإيدروجين *	١٢
الكربون	٨٦
الأكسيجين والأزوت معاً	١
الكبريت	١
المجموع	١٠٠

* ترتفع نسبة الأيدروجين في الزيوت الخفيفة فتصل الى ١٤٪ مع نقص نسبة الكربون بما يعادل ذلك .

فجائياً وهذا أمر غير مرغوب فيه . وفيما عدا ذلك ليس هناك ما يدعو إلى تحديد درجة الالتهاب القسوى

المروية : (تقاس بدرجات أنجلر وهى نسبة الزمن اللازم لتصرف كمية من الزيت (١ لتر) الى الزمن اللازم لتصرف كمية مساوية من الماء) إذا تعدت قيمتها عند درجة حرارة ٥٠° م خمس درجات أنجلر فيستحسن خصوصاً في الجو البارد تدفئة الزيت قبل أستعماله بأن تغمس ماسورة ملتفة بضع لفات في مستودع زيت الوقود ويمر فيها ماء التبريد بعد خروجه ساخناً من المحرك . أما الزيوت العسرة السيولة فيجب تسخينها مبدئياً بأجهزة خاصة . وعند استعمالها يلزم إدارة المحرك عند بدء العمل بزيت وقود سهل السيولة تتراوح لزوجته ما بين ٢٠،١٦٥ درجات أنجلر عند درجة حرارة ٥٠° مئوية

القيمة الحرارية : هذه القيمة عظيمة الأهمية لارتباطها باستهلاك المحرك للوقود إذ كلما كانت القيمة الحرارية صغيرة كان الاستهلاك كبيراً والعكس بالعكس وكلما كانت الزيوت أخف كلما علت قيمتها الحرارية لازدياد أيدروجينها . أما القيمة الحرارية للزيوت الثقيلة فدأماً أقل .

مقدار الرصاص : يعبر بذلك عن مقدار المواد المعدنية الصلبة المخلوطة بالزيت التي تسبب حثاً (محراً) سريعاً في الاسطوانة والمكبس والصمامات لذا يتحتم ألا تزيد نسبة وزن هذه المواد على ٠.٠٥ ٪ وهى فى الزيوت المقطرة دقيقة الندرات لا يمكن عزلها بالمصفاة وتكثر فى أنواع الزيت الخلام ومخلفات التقطير لأنها تحتوى على ذرات رمل كبيرة تخرج معها من باطن الأرض . وكثرة اختلاط الرصاص بالزيت تحط من قيمته

مقدار الكبريت : ان الزيوت المعروفة الآن لا تشتمل على مقدار كبير من الكبريت هذا اذا استثنينا الزيوت المكسيكية والكاليفورنية التي بها مقدار من الكبريت يتراوح بين ٢ ، ٤ ٪ ولم يثبت للآن حدوث أى ضرر من جراء وجود الكبريت بالزيت الا في أحوال نادرة . وعلى العموم عند ما تزيد نسبة الكبريت

على ١ ٪ فإنه يستحسن اتخاذ الحيطة لمنع وصول غازات الاحتراق المتسربة من مكبس المحرك أو ماسورة العادم إلى فتحة سحب طامبة الهواء كي لا تتكوّن متكاثفات حمضية تعمل على تآكل الأجزاء التي تلمسها

الرواسب أو المخلفات : اذا علت النسبة المئوية للرواسب المتخلفة عند التقطير فى درجة ٤٠٠° م فإن احتراق الزيت يكون رديئاً . وكثيراً ما يطلق على هذه الرواسب اسم أسفلت ولكن هذه التسمية مضلة لأن هذه الرواسب كثيراً ما تتركب من مواد ليس لها أى صفة من صفات الأسفلت الطبيعي . وتفضل طريقة هولندا الكيميائية لإيجاد مقدار الرواسب الأسفلتية التي ترسب غير ذائبة فى خليط الأثير والكحول .
الماء : قد يسبب عند وجوده بكثرة فى زيت الوقود اضطرابات أثناء الادارة تظهر بوضوح عند توليد الكهرباء . ويركز الماء المنفصل فى مستودعات الزيوت المعدنية فى القاع دائماً لأنه أثقل منها

زيت التزيت

قد عمّ اليوم استعمال الزيوت المعدنية للتزيت فى محركات ديزل وهى تعدّ بنفس الطريقة السابق توضيحها فى عمليات التقطير من الأجزاء الثقيلة للزيت الخلام وتُفضّل فى أعدادها أنواع خاصة من الزيوت الأمريكية وكذا الزيوت المعدنية الروسية نظراً لملاءمة تركيبها . ويجب توجيه عناية خاصة الى تكريرها كيميائياً لفصل المواد الضارة العالقة بالزيت الخلام .

يجب توفر الشروط الآتية فى زيوت التزيت الجيدة : —

خلوها من المواد الغريبة كالأحماض والقواعد والراتنج (قلفونية) [يجب ألا يزيد الراتنج على ١ ٪] وكذا من الماء والمواد الصلبة التي قد تعلق بها من أوعية النقل .
ألا يتغير الزيت كثيراً عند تعرضه طويلاً للهواء وعلى الأخص يجب ألا يكون عرضة لتكوين مواد راتنجية وإذا خلط بالماء صدفة فإنه لا يتحول إلى مزيج كثير اللزوجة كالعسل (وهذا الشرط هام نظراً لامكان تسرب بعض الماء الى

زيت التزيت بسبب رشح أنابيب تبريد المحركات)

زيوت الاسطوانات : يجب أن تتحمل الحرارة بقدر المستطاع وألا يتخلف عند تبخرها سوى مقادير طفيفة من المواد القطرانية والراتنجية
درجة الاتهاب ودرجة الاهتراس : لها أهمية كبيرة في معرفة مقدار تحمل زيوت الاسطوانة للحرارة وتدل الدرجات العالية على جودة نوع الزيت وجودة عملية التكرير

اللزوجة : تستعمل زيوت مائعة في الكراسى التي عليها حمل قليل ولا تسخن كثيراً أما عند كبر أحمالها وارتفاع حرارتها فتستعمل زيوت لزجة
الشكل : من خواص الزيوت الجيدة التكرير أنها لا تبدو عكرة عند وضعها في زجاجة صغيرة أما اللون وحده فلا يكفي لتقدير الجودة ويتراوح لون الزيوت الخفيفة عادة بين الأصفر الفاتح والأحمر ولون الزيوت الثقيلة من الأحمر الداكن (الغامق) إلى البني المائل إلى الحرة فالمائل إلى السواد ويبدو لون الزيوت الأمريكية ضارباً بالخضرة والروسية بالزرقة

الوزن النوعي : عديم الأهمية في تقدير قيمة زيت التزيت
جدول (٢) - أهم خواص زيوت التزيت

نوع الزيت	درجة الاتهاب ببودة مفتوحة مئوية	درجة الاحتراق مئوية	اللزوجة عند درجة حرارة ٥٠ م . درجات انجلى
(١) زيوت المغازل	١٥٠ إلى ١٧٠	١٨٠ إلى ٢٠٠	١١٥ إلى ٣
(٢) زيوت قليلة اللزوجة للمحركات	١٧٠ إلى ١٩٠	٢٠٠ إلى ٢٢٥	٣ إلى ٦
(٣) زيوت كبيرة اللزوجة للمحركات	١٩٠ إلى ٢٣٠	٢٢٥ إلى ٢٧٠	٦ إلى ١٥
(٤) زيوت الاسطوانات	٢٣٠ إلى ٣٠٠	٢٧٠ إلى ٣٤٠	١٥ إلى ٤٠
(٥) زيوت البخار الساخن	أعلى من ٣٠٠	أعلى من ٣٤٠	٤٠ إلى ٧٠

تنقسم الزيوت المعدنية المكررة المستعملة في التزيت الموجودة بالأسواق إلى خمسة أقسام الرئيسية المبينة بجدول (٢). ويضم كل منها عدداً كبيراً من الزيوت تقع خواصها في الحدود المذكورة وتعتبر زيوت تزيت آلات عمل الثلج من النوع الأول (زيوت المغازل) ويجب ألا تجمد الا تحت - ٢٠ مئوية . وهناك زيوت قائمة اللون تستعمل لمحاور السكك الحديدية تقع درجة التهاها ضمن درجات التهاها زيوت النوع الأول ولكنها شديدة اللزوجة مثل الزيوت الثقيلة المستعملة في الكراسى ولكنها غير تامة النقاوة فأنها لا تفضل لتزيت الآلات .

النوع الأول لا يستعمل بالمرّة في محركات ديزل

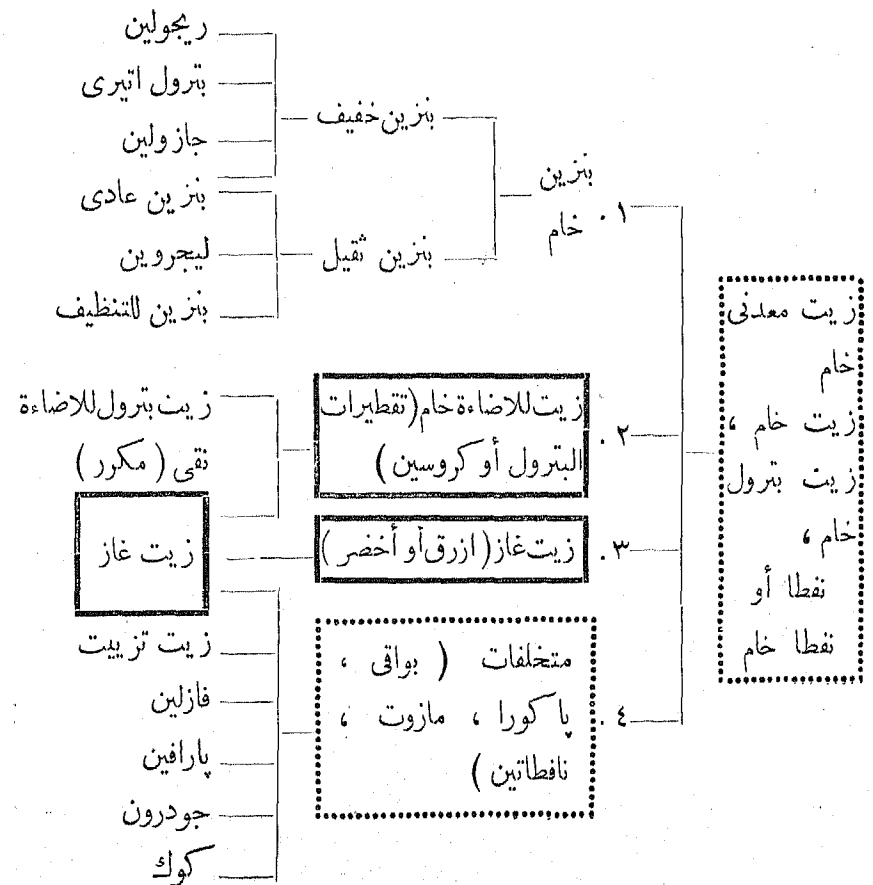
النوع الثاني قليل اللزوجة يستعمل فقط لتزيت كراسى المحركات الصغيرة التي لا تزيد قدرتها على ٣٠ حصاناً للأسطوانة الواحدة ويوصى باستعمالها كزيت كرسى فقط
النوع الثالث الشديد اللزوجة يستعمل لتزيت كراسى المحركات المتوسطة والكبيرة ويستعمل الجيد منه كذلك لتزيت أسطوانات وطامبات هواء المحركات الصغيرة والمتوسطة التي لا تزيد قدرتها على ٦٠ حصاناً للأسطوانة . ويجب اختيار الزيوت الشديدة اللزوجة فقط لتزيت المحركات التي تشتغل بدرجات حرارة مرتفعة كما هي الحال في المناطق الحارة والأماكن الدفئة وفي حالة سخونة ماء التبريد وزيادة الحمل .

النوع الرابع هو اللازم لتزيت اسطوانات وطامبات هواء المحركات الكبيرة وارتفاع درجة حرارة الأجزاء المطلوب تزيتها يجب أن يستعمل زيت درجتا لزوجته والتهاها مرتفعتان وكثيراً ما يتعارض ذلك مع الاعتقاد السائد بأن الأنسب لتزيت الأسطوانة بزيوت قليلة اللزوجة (رواسها قليلة المقدار) لأنها تحترق تقرّيباً باستمرار بتأثير حرارة الاسطوانة . وقد يوجد نوع جيد من الزيت القليل اللزوجة

يعادل أحيانا بعض الأنواع الرديئة الشديدة اللزوجة في تحمل الحرارة وقد يفضلها . ولكن وجد بالتجربة أن استعمال الزيوت الجيدة الشديدة اللزوجة بمحركات كبيرة لم يتسبب عنه أى ضرر بل بالعكس هناك فائدة من أنها تملأ « الخاوص » بين المكبس والاسطوانة فيزداد ضغط المكبس فضلا عن أن استهلاك الزيت يقل مع زيادة اللزوجة

النوع الخامس المستعمل للبخار الساخن يلجأ اليه اذا تعذر الحصول على زيت اسطوانة ملامح . وعند استعمال هذه الزيوت اللزجة يجب تسخينها قبل استعمالها تنبيه : يجب تنقية كل أنواع الزيوت بمصفاة قبل استخدامها

رسم عام يبين منتجات الزيت المعدني



الباب الثاني

المحرك الحرارى ودورتا « أوتو » « وديزل » الحراريتان

المحرك الحرارى هو جهاز آلى لتحويل الحرارة الى شغل نافع ويتركب هذا الجهاز من أجزاء آلية ويلزمه مورد يستمد منه الحرارة واذا استثنينا حرارة الشمس فان الموارد الحرارية جميعها ناتجة من احتراق الوقود الغازى أو السائل أو الصلب لاستغلال هذه الحرارة يلزم وجود مادة تزداد حجما أو ضغطا أو كليهما عند ما تمتص الحرارة حتى يمكن الانتفاع بتلك الزيادة فى انتاج الشغل الآلى المطلوب وذلك على نفقة الحرارة المكتسبة .

هذه المادة ماهى إلا وسيط لتحويل الحرارة الى شغل يسمى أيضا « بوسيط الشغل » يطلق الى الخارج عادة بعد أن يؤدي ذلك العمل مع ما يحتويه من حرارة باقية حتى يمكن استخدام وسيط جديد غير مستعمل ليقوم بنفس العمل . أما اذا أمكن ارجاع الوسيط الخارج الى حالته الأصلية بانتراع الحرارة الباقية فيه فانه يمكن استخدامه مرات متوالية فى تشغيل المحرك على نفس الوجه المذكور وتسمى هذه العملية « بالدورة الحرارية »

لا يمكن البتة تحويل كل الحرارة المستمدة من المورد الحرارى الى شغل نافع ولكن هناك جزء منها تختلف قيمته باختلاف طرق الاستغلال يمكن تحويله نظريا الى شغل وتكون الدورة المتبعة إذذاك هى « الدورة الحرارية النظرية » ونسبة الشغل الذى تمثله الى الحرارة المكتسبة يسمى « بالجودة النظرية » ويقف من الدورة النظرية جزء يبقى بعده الشغل البىبى الذى نسبته الى الحرارة المكتسبة هى « الجودة البيانية » ويقبل الشغل الفرملى النافع عن البيانى بمقدار الاحتكاك فى الاجزاء المتحركة

لدراسة نظرية محرك حرارى يجب مراعاة الدورة النظرية وذلك للتمكن من الاملم بالتغيرات التى تطرأ على الوسيط أثناء الدورة ولا تخاذ هذه الدورة مقياساً أساسياً لمقارنة المحركات العملية المختلفة .

محركات الاحتراق ومميزاتها : تتولد الحرارة اللازمة لمحرك بخاري فى مرجل منزعل عن اسطوانة الشغل وتنقل اليها بواسطة البخار المستعمل فيكون الماء هنا هو وسيط الشغل وفى محركات الاحتراق الداخلى تتولد الحرارة (التى يتحول جزء منها الى شغل) بأحتراق الوقود فى داخل الاسطوانة ويكون الوسيط المتبع فيها لتحويل الحرارة الى شغل هو الهواء الذى يتحول أغلبه الى غازات احتراقية تعمل عمل البخار بالمحركات البخارية

ينشأ عن الاحتراق حرارة بدرجة عالية تلحق ضرراً بمعدن الاسطوانة والصمامات (والمكبس فى المحركات الكبيرة) وتعوق تزييت الاسطوانة اذا لم تلطف بالتبريد وذلك بأمرار ماء حول جلبية الاسطوانة وكذلك بغطائها الحاوى للصمامات . ولا يستعمل غير الماء فى تبريد الصمامات الكبيرة أما المكابس فيمكن تبريدها بالهواء اذا كان المحرك صغيراً وفى المحركات الكبيرة تبرد بالماء أحياناً أو بالزيت حتى اذا مارشح هذا واختلط بزيت التزييت الموجود داخل المحرك لا يؤثر عليه بخلاف الماء فانه يفسده تصنع المحركات البخارية ذات الحركة المستقيمة المترددة فى أغلب الأوقات « مضاعفة التأثير » على سطحى المكبس — أما محركات الاحتراق الصغيرة والمتوسطة فتصنع عادة « مفردة التأثير » ويقتصر عمل الوسيط بها على سطح واحد من المكبس وذلك للصعوبات الناشئة عن استعمال علبة حبس الذراع المكبس فى محركات الاحتراق وللتعقد الناشئ من وضع الصمامات فى غطاء الاسطوانة المواجه (للكرنك) وقد أمكن التغلب على هذه المصاعب بالمحركات الكبيرة

اذا ما وازنا بين محركات الاحتراق الداخلى والمحركات البخارية فان « الجودة التجارية » (أى نسبة الشغل المفيد الى الحرارة المستهلكة) لمحركات الاحتراق تقدر

بنحو ضعف الجودة التجارية للمحركات البخارية .

الدورات الحرارية العملية — تنقسم محركات الاحتراق من حيث الدورات

الحرارية العملية الى قسمين رئيسيين :

الأول وفيها يسحب المكبس ويكبس فى شوطى السحب والكبس خليطاً من

الهواء والوقود غازياً كان أو سائلاً متبخراً .

وفى الثانى يسحب المكبس ويكبس هواء نقياً فقط ثم يحقن زيت الوقود فى نقطة

معينة من الدورة الحرارية العملية .

وتتبع الخطوات الآتية فى كل دورة : —

(١) سحب شحنة من الهواء (أو خليط من الهواء والوقود)

(٢) كبس شحنة الهواء (أو الخليط)

(٣) حقن زيت الوقود قبل نهاية الكبس (أو اشعال الخليط)

(٤) الأحتراق بحجم ثابت أو بضغط ثابت أو بحجم ثم بضغط ثابتين على

التتابع

(٥) تمدد نتائج الاحتراق والهواء الزائد المخلوط بها

(٦) طرد نتائج الاحتراق .

تستغرق هذه العمليات التى تكون دورة تامة اما أربعة أشواط أو شوطين من أشواط المكبس وباختلاف هذه العمليات وكذا عدد الأشواط اللازمة لها ينشأ عدد من الدورات أهمها عملياً الآتية : دورة « أوتو الرباعية » ، دورة « أوتو الثنائية » ، دورة « ديزل الرباعية » ، دورة « ديزل الثنائية »

مقادير عملية

الجدول الآتى رقم (٣) يقارن بين محركات احتراق تشغل بأنواع من الوقود

الغازى والسائل مختلفة التركيب وهو يبين نسب الكبس والضغط لهذه المحركات وكذلك

استهلاكها لكل نوع من أنواع الوقود وذلك بالنسبة للشغل المفيد ولحجم الأسطوانة ومنه يمكن الوقوف على درجة استغلال حرارة الوقود وعلى نسبة حجوم المحركات المختلفة لقدرة ما المطلوبة باعتبار الحمل الكامل

نوع المحرك	الوقود	حجم الترمول	حجم الوقود	حجم الترمول في الساعة	سعر اللتر	سعر كجم تقريباً
ديزل	بنزين	٢٥	١٠	٢٠٠٠	٠.٣٥	٣٥٠
	كهربائية	١٦	١٤	٢٤٠٠	٠.٣٥	٣٥٠
بنزين	بنزين	٤	١٠	٢٠٠٠	٠.٣٥	٣٥٠
	كهربائية	١٦	١٤	٢٤٠٠	٠.٣٥	٣٥٠

سعر / لتر
 سعر اللتر
 سعر الحصان الترمول في الساعة
 حجم الترمول
 الشغل الترمول للدورة
 حجم الترمول
 الوحدات الحرارية المستهلكة في كل شوط شغل
 الحرارة المحيطة
 متوسط الضغط الترمول

والرموز تدل على ما يأتى :-

$$\text{نسبة الكبس } R = \frac{\text{حجم الغاز عند بدء شوط الكبس}}{\text{حجم الغاز عند نهاية شوط الكبس}}$$

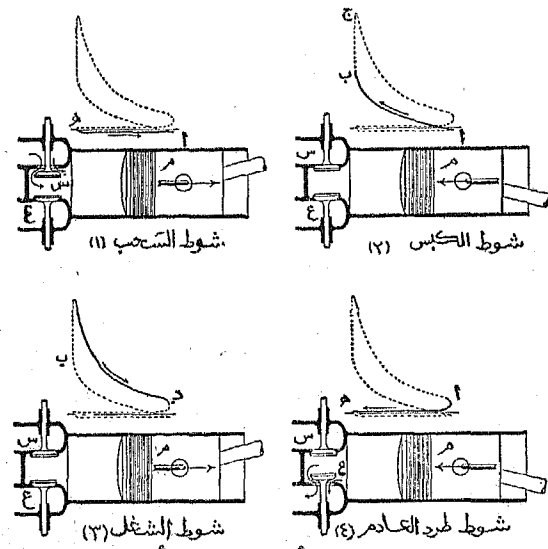
$$\text{نسبة الضغط } G = \frac{\text{الضغط عند نهاية شوط الكبس}}{\text{الضغط عند بدء شوط الكبس}}$$

الاستهلاك الحرارى س حر = الوحدات الحرارية التى يشتمل عليها مقدار الوقود المستهلك للحصول الترمولى فى الساعة

دورة «أوتو» الحرارية الرباعية الأشواط

بدأت محركات الاحتراق الداخلى تأخذ مركزاً كبيراً بين المحركات المستعملة عند ما أحدث فيها «أوتو» الألماني ذلك التحسين الهام وهو ادخال شوط الكبس ما بين سحب الخليط واشعاله واستمرت هذه المحركات بعد ذلك فى التطور والتقدم حتى بلغت شأواً عظيماً لم ينافسها فيه إلا محرك ديزل الذى أتى بعدها بحين .

أما دورة «أوتو» الرباعية الشائعة الاستعمال فى محركات الغاز والزيت الخفيفة فبيئته بشكل (٢) ويحول الوقود الصلب الى غاز فى جهاز يسمى «المولد» والوقود السائل يحول الى بخار يختلط بهواء الاحتراق الداخلى فى جهاز يسمى «المبخر»



أشواط الدورة الرباعية:

(١) شوط السحب - يفتح صمام السحب (س) ويقفل صمام العادم (ع)

ويتحرك المكبس الى الخارج فيتبعه خليط الهواء والوقود الذى يدخل الاسطوانة مكونا « الشحنة » وهذا الشوط هو المعبر عنه بالخط ه - ا

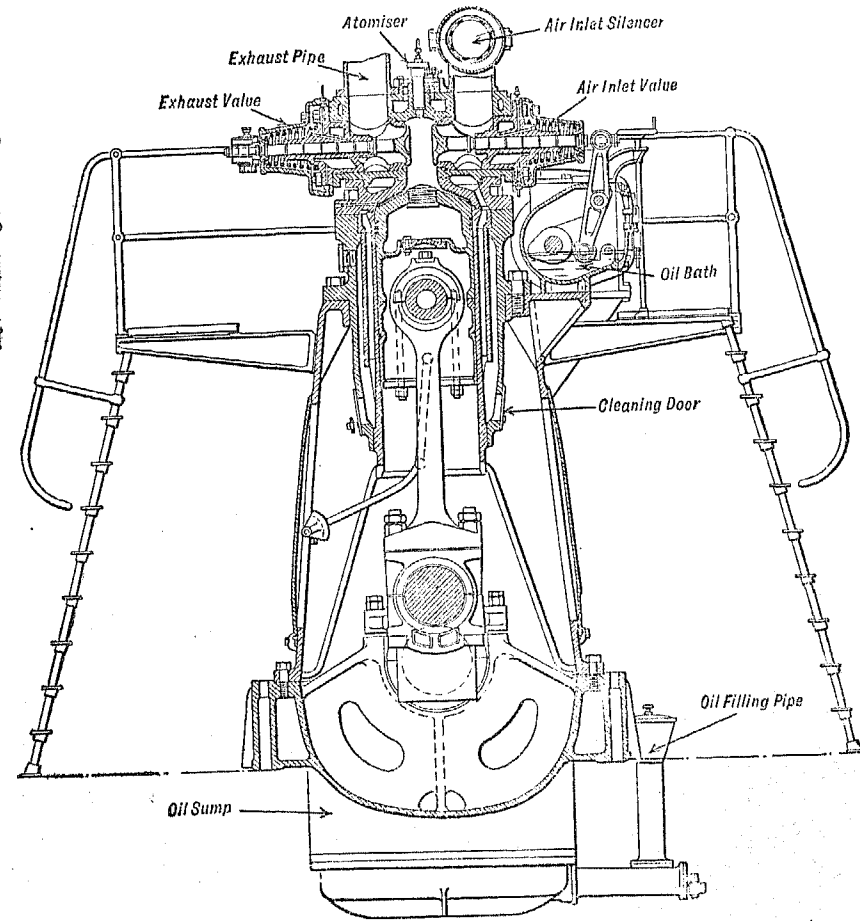
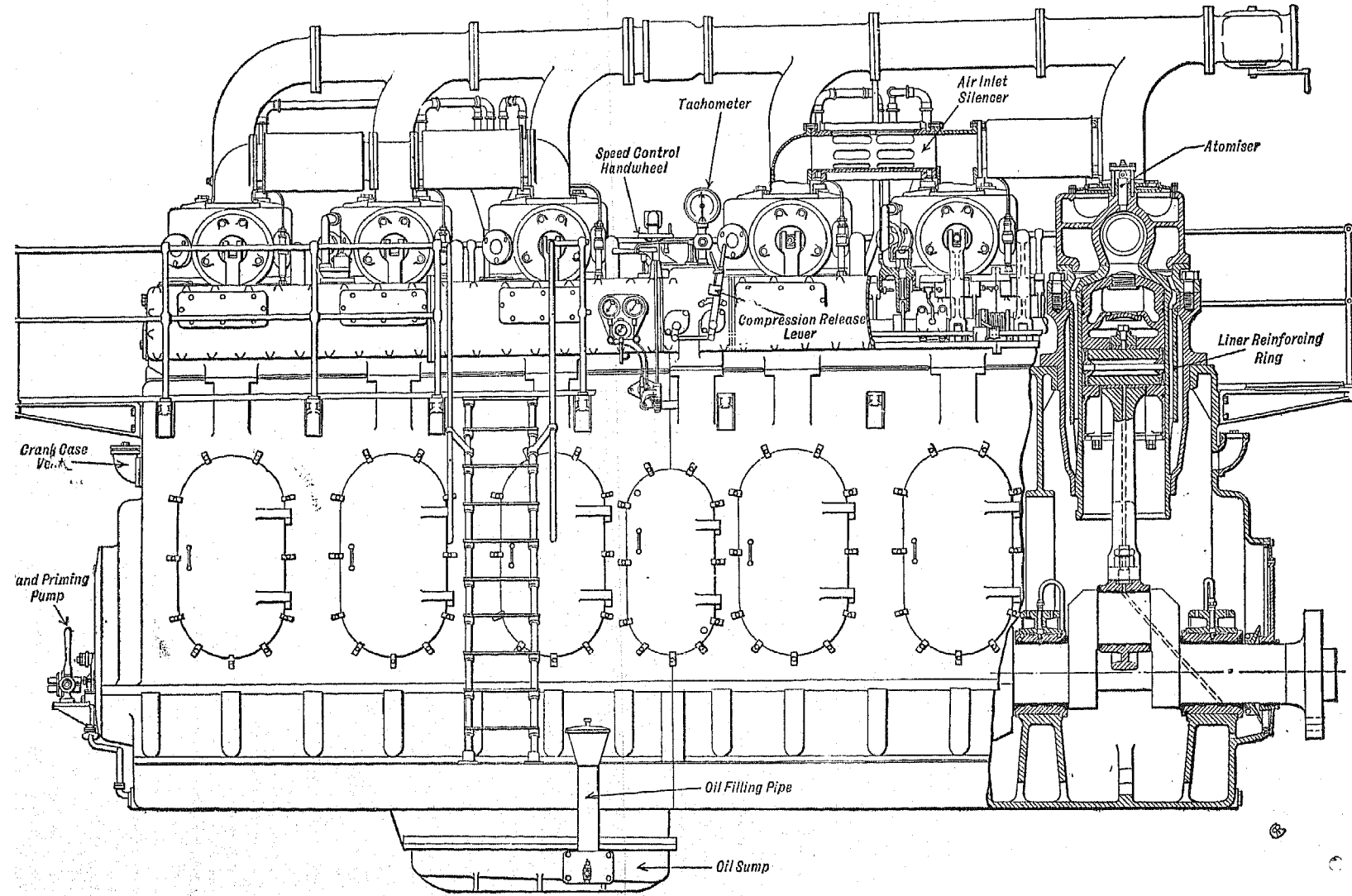
(٢) شوط المكبس - يقفل صماما السحب والعامم ويتحرك المكبس الى الداخل فيكبس الشحنة (الخط ا - ب) وحوالى نهاية هذا الشوط تشعل الشحنة بشراة كهربائية فيحترق الخليط ويرتفع الضغط (الخط ب - ج) مع ثبات الحجم فى نهاية الشوط

(٣) شوط الشغل - صماما السحب والعامم مغلقان وتمدد الشحنة المفرقة دافعا امامها المكبس الى الخارج (الخط ج - د) وقبل نهاية هذا الشوط يفتح صمام العامم فتخرج غازات الاحتراق ويهبط الضغط داخل الاسطوانة لكي ينقل الشغل اللازم لطرد العامم

(٤) شوط التجهيد - صمام السحب مغلق وصمام العامم مفتوح ويتحرك المكبس الى الداخل طاردا امامه مخلفات الاحتراق خارج الاسطوانة (الخط د - هـ) ويزداد الشغل المبذول فى تلك العملية بنسبة ارتفاع ضغط الغازات المحترقة الخارجة

سبق الاشعال : سبق أن بينا أن أهمية دورة « أوتو » هى فى ادخال شوط المكبس فيها والغرض منه رفع درجة حرارة الخليط القابل للاحتراق حتى تقرب من درجة حرارة اشعاله و باحداث الشراة الكهربائية قرب نهاية الشوط فى الوقت المناسب يشتعل الخليط فى نهاية شوط المكبس تماما أى فى بدء شوط التمدد . فوارتفعت درجة حرارته أثناء المكبس لسبب ما حتى تصل درجة اشعاله قبل نهاية شوط المكبس فأن الغازات المحترقة تدفع المكبس الى الوراء محاولا فى ذلك عكس اتجاه حركة (الكرنك) الرئيسى . فاذا كانت الطاقة الموجودة (بالحدأفة) كبيرة تغلب المكبس على ضغط الغازات واستمر فى تمام شوطه كاسبا أياها لضغط أعلى وينشأ من ذلك حدوث ضغوط مرتفعة جدا داخل الاسطوانة فى نهاية شوط المكبس لم تكن أجزاء المحرك صممت لها فتعرض للخطر ، وهذا هو أكبر نقص فى دورة « أوتو »

محرك ديزل طراز راستون



توجد أحوال كثيرة ينشأ عنها ارتفاع حرارة الخليط أثناء الكبس لتلك الدرجة غير المرغوب فيها ومنها :

- (١) زيادة نسبة الكبس التي تختلف باختلاف نوع الوقود ونسبة اختلاطه بهواء الاحتراق عمماً يلائم الخليط بالاسطوانة . ويبين جدول (٣) نسب الكبس الملائمة لأنواع مختلفة من الوقود (حسب تفاوت نسبة الأيدروجين الى الكربون بالوقود) ،
- (٢) إرتفاع درجة الحرارة الابتدائية للهواء عند سحبها ،
- (٣) إرتفاع درجة حرارة غازات الاحتراق المتخلفة في « حيز الاحتراق » الذي لا يتحرك فيه المكبس مطلقاً ،

(٤) إرتفاع درجة حرارة جدران اسطوانة الشغل وحيز الاحتراق عن المعتاد اذا فرضنا أن « النسبة الحرارية » ن لأى غاز هي نسبة حرارته النوعية عند ما يكون ضغطه ثابتاً الى حرارته النوعية عند ما يكون حجمه ثابتاً فإنه يمكن أثبات أن الجودة الحرارية النظرية لدورة اوتو

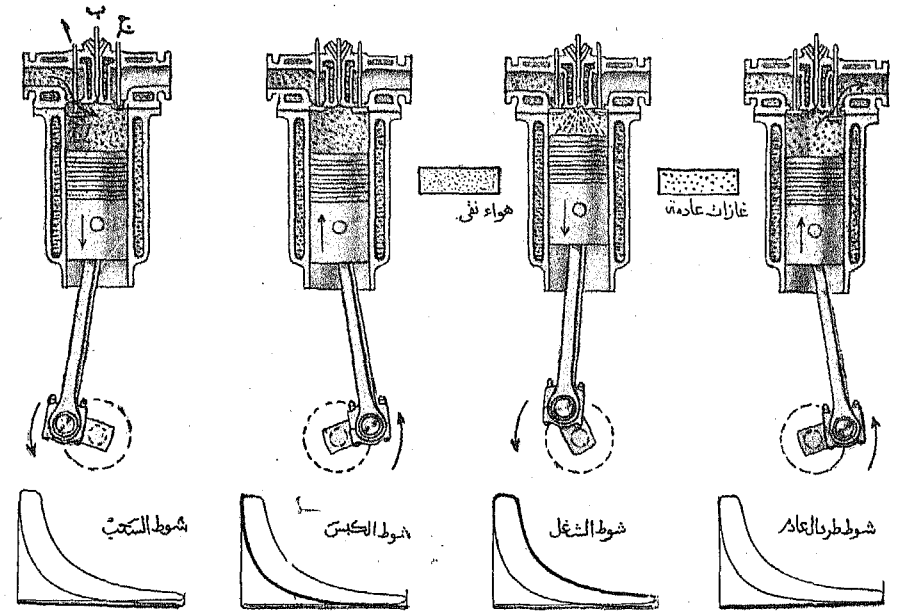
$$\text{جحر} = 1 - r^{1-n}$$

حيث رهى نسبة الكبس

يبين الجدول (٤) الآتى الجودة الحرارية النظرية لنسب كبس ونسب حرارية مختلفة

١٠	٨	٦	٥	٤	٣	٢	= ر
٠.١٤٣٨	٠.٦٤٠٥	٠.٦٣٦١	٠.٦٣٣١	٠.٦٢٩٣	٠.٦٢٤٠	٠.٦١٥٩	١.٢٥ = ن
٠.١٤٩٩	٠.٦٤٦٤	٠.٦٤١٦	٠.٦٣٨٣	٠.٦٣٤٠	٠.٦٢٨٠	٠.٦١٨٨	١.٣٠ = ن
٠.١٥٥٣	٠.٦٥١٧	٠.٦٤٦٦	٠.٦٤٣١	٠.٦٣٨٤	٠.٦٣١٩	٠.٦٢١٦	١.٣٥ = ن
٠.١٦١١	٠.٦٥٧٤	٠.٦٥٢٠	٠.٦٤٨٣	٠.٦٤٣٤	٠.٦٣٦٣	٠.٦٢٤٨	١.٤ = ن

دورة ديزل الرباعية



شكل (٣) - أسواط دورة ديزل الرباعية

يبين شكل (٣) أسواط دورة ديزل الرباعية وهي :

- (١) شوط السحب : يفتح صمام سحب الهواء ا مع قفل الصمامين ب ، ج . ويتحرك المكبس الى الخارج وفي نهاية الشوط تكون الاسطوانة قد ملئت بهواء يقرب ضغطه من الضغط الجوي
- (٢) شوط الكبس : تنقل كل الصمامات ويتحرك المكبس الى الداخل فيرتفع ضغط الهواء المكبوس حتى يصل في نهاية الشوط الى حوالي ٣٢ ض ج (ضغط جوى)
- (٣) شوط الشغل : صماما السحب والعامم مغلقان وقبل نهاية شوط الكبس بقليل يشرع في حقن الوقود بفتح الصمام ب ويستمر الحقن في جزء من أول شوط الشغل يظل أثناءه ضغط الاحتراق ثابتا حتى ينتهي الحقن بقليل صمام الوقود وتتمدد غازات الاحتراق دافعة المكبس الى الخارج . وقبل نهاية الشوط يفتح الصمام ج

(٤) شوط الطرد : صماما السحب والحقن مغلقان ويتحرك المكبس الى الداخل طارداً أمامه غازات الاحتراق خارج الاسطوانة عن طريق الصمام ج المفتوح تتميز دورة ديزل عن باقي الدورات بأن الاسطوانة تحتوى أثناء شوط الكبس على هواء فقط وبذلك أمكن رفع نسبة الكبس الى حدّ تزيد عنده درجة حرارة الهواء في نهاية شوط الكبس على درجة اشتعال الزيت الثقيل الذي يحقن ويعزى نجاح محركات ديزل الى استهلاكها وقوداً من الزيوت الثقيلة جداً بالبخسة الثمن^(١) وهي بخلاف المحركات التي يوجد بأسطوانتها أثناء شوط الكبس خليط من الهواء والوقود ليست عرضة لخطر سبق الاشتعال فضلا عن أن جودتها الحرارية والتجارية عاليتان إذ أن الجودة الحرارية تتحسن بارتفاع نسبة الكبس . يحقن الوقود ليبدأ في الاشتعال عند أول شوط الشغل ويستمر الحقن في جزء صغير من هذا الشوط مع بقاء ضغط الاحتراق مساويا لضغط الكبس طول مدة الحقن . وتتلخص مزايا ذلك فيما يلي :

- (١) يكون الاحتراق هادئاً مع ثبات الضغط بخلاف الاحتراق مع ثبات الحجم فانه فجائي . لذا لا تجهد أعضاء المحرك بشدة ويزول الطرق (الدق) بكراسى ذراع التوصيل وعمود الادارة (الكرنك) كما وأن الطبقة الزيتية بلمعها (التي مهمتها تحمل الضغط وتخفيف الاحتكاك) لا يعترها تقطع أو زوال
- (٢) في حالة الاحتراق بضغط ثابت يتحول جزء من الامداد الحرارى أثناء الاحتراق الى شغل بخلاف الاحتراق بحجم ثابت حيث تصرف كل الحرارة الناتجة في رفع درجة حرارة الغازات . فيقل المفقود من الحرارة في ماء التبريد عند الاحتراق بضغط ثابت
- (٣) متوسط الضغط البياني والفرملى بمحرك ديزل أكبر منه بمحرك أوتو فيصغر الحيز الذي يشغله المحرك

(١) الزيوت المعدنية الصالحة كوقود لمحركات ديزل هي المحاطة بمسئقيات ثقيلة في الرسم العام صفحة ١٠ أما الانواع المحاطة بنقط فلا تستعمل عادة .

(٤) اشتعال الوقود المحقون ذاتى أى بدون أى جهاز أشعال أو اعداد خاص
 (٥) حيز الاحتراق فى محرك ديزل أقل منه بكثير فى محرك أوتو - لزيادة نسبة الكبس - فتقل الغازات العادمة المتخلفة وتزداد شحنة الهواء و هذا يمكن زيادة الوقود المحقون ورفع الضغط البيانى المتوسط مع تحسن الاحتراق

الجودة الحرارية النظرية للدورة ذات ضغط الإمتداد الثابت
 اذا فرضنا أن نسبة الاحتراق $هـ = \frac{\text{الحجم عند نهاية الاحتراق}}{\text{الحجم عند نهاية الكبس}}$

فباستعمال $ن$ ، كما سبق بدورة اوتو وباعتبار ان ضغط الكبس $= ٣٣$ ض.ج. كجم سم^٢

يمكن اثبات ان الجودة الحرارية النظرية $جحر = 1 - \frac{1}{ن(1-هـ)}$

ويبين الجدول (٥) الآتى قيمة الجودة الحرارية النظرية لمقادير مختلفة من $هـ$ ، $ر$ ، $ن$

هـ =	١٥٠	١٧٥	٢١٠	٢١٢٥	٢٥٠	٢١٧٥	٣١٠
ن = ١٦٣ = ١٦	٠٠٥٣٥ = جحر	٠٠٥٢٢	٠٠٥١٢	٠٠٤٩٩	٠٠٤٨٨	٠٠٤٧٩	٠٠٤٧١
ن = ١٦٤١ = ١٣	٠٠٦١٦	٠٠٦٠٢	٠٠٥٨٨	٠٠٥٧٦	٠٠٥٦٤	٠٠٥٥٢	٠٠٥٤٠

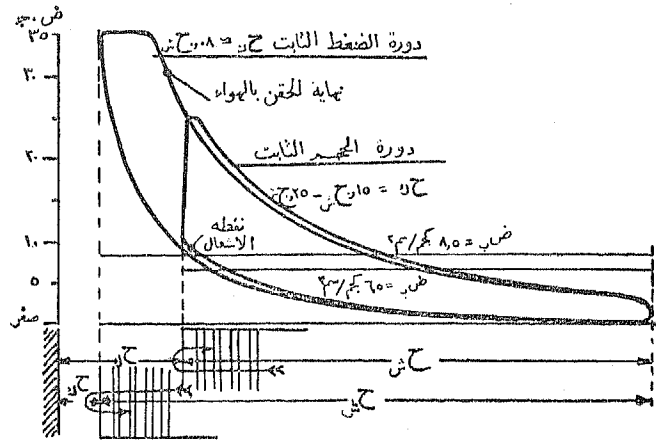
ومنه يتضح أن الجودة الحرارية النظرية تزداد مع نقص نسبة الاحتراق $هـ$ وذلك لزيادة نسبة تمدد غازات الاحتراق وزيادة استغلال طاقتها .

يتحسن الاحتراق بارتفاع نسبة الهواء الزائد كما هو الحال عند ما يقل الحمل ويظهر ذلك جلياً عند دراسة « منحني المبين »

بفرض أن حجم الكبس $ح ك$ هو الحجم الذى يكبس فيه الهواء أو الخليط وحجم الشوط $ح ش$ هو الحجم الذى يتحرك فيه المكبس .

ومتوسط الضغط البيانى ض ب هو $\frac{\text{الشغل البيانى للدورة}}{\text{حجم الشوط}}$

فان شكل (٤) يقارن بين الدورتين الرباعيتين اوتو ، ديزل عند ما يتساوى حجم



شكل (٤) - منحنيان بيانيان لمقارنة دورتي اوتو وديزل الرباعيتين

الاسطوانة السكلى (ح ش + ح ك) فى الحالتين ومنه يتضح الفرق بينهما فى القدرة النوعية التى تتناسب مع متوسط الضغط البيانى ض ب وذلك باعتبار الحمل الكامل جدول (٦) يقارن بين درجات الحرارة النظرية لمحرك ديزل ومحرك أوتو الذى يشتغل بالغاز

محرك ديزل	محرك أوتو	
٣٢٥ م مطلقة	٣٥٠ م مطلقة	درجة الحرارة عند بدء الكبس
٨٢٥	٦١٠	درجة الحرارة عند نهاية الكبس
٥٦٥	٤٩٠	متوسط درجة الحرارة فى شوط الكبس
١٨٥٠	١٧٧٠	أعلى درجة حرارة للاحتراق
١٤٠٠	٨٥٠	درجة الحرارة عند نهاية التمدد . حوالى
حوالى ١٦٠٠	١٢٥٠	متوسط درجة الحرارة فى شوط الشغل

قد روعى فى تقدير هذه الدرجات تغير الحرارة النوعية مع درجات الحرارة نرى أن درجة الحرارة عند بدء الكبس أعلى فى محرك الغاز عنها فى محرك ديزل لأن نسبة الكبس فى الأولى أصغر وحيز الكبس وحجم غازات الاحتراق الباقية أكبر . ونرى كذلك أن متوسط درجة الحرارة فى محرك ديزل يزيد بنحو الثلث عنه فى محرك الغاز .

الباب الثالث

حقن زيت الوقود واحتراقه

الحقن بالهواء المضغوط

إن ما يسحب في دورة أوتو هو خليط من الهواء والوقود يعمل المكبس طول شوطي السحب والكبس على مزجها جيداً

في محركات ديزل يبدأ بحقن زيت الوقود قبل نهاية شوط الكبس بنحو خمس درجات من درجات الكرنك على أن يبدأ الاحتراق في أول شوط الشغل مباشرة ويستمر الحقن في الجزء الأول من شوط الشغل لنحو ٣٥° ومنه نرى أن الزاوية اللازمة لحقن الوقود فتحلله حرارياً فاحتراقه لا يتجاوز ٤٠° أما في حالة دورة أوتو فهي تقرب من ٣٦٠°. ولكي تتم تلك العمليات خلال هذه الفترة الوجيزة يجب أن يكون خروج الوقود من فونية رشاش الحقن على هيئة رذاذ دقيق طاقته التحريرية كافية لحمله لأقصى أبعاد حيز الاحتراق حتى يجد بسهولة الاوكسيجين اللازم لاحتراقه وقد استخدم الهواء المضغوط لتذير الوقود واعطائه الطاقة التحريرية اللازمة

أما إذا لم تكن تلك الطاقة كافية فان اشتعال الوقود المحقون يكون متباطئاً ويستغرق جزءاً كبيراً من شوط الشغل فترتفع درجة حرارة الاسطوانة ويصعب تزييتها ويزداد المفقود في ماء التبريد وترتفع درجة حرارة الغازات عند خروجها من صمام العادم فيتلف بسرعة كما وتقل الجودة الحرارية للدورة فيزداد استهلاك كل من الوقود وزيت التزييت .

نسبة الشغل البياني لطلمبة هواء الحقن الى الشغل البياني للمحرك نفسه هي حوالى ١/١٠ عند ما تكون درجة الحمل كاملة وحوالى ١/١٠ عند ما تكون صغيرة

محركات ديزل بدون هواء حقن

إذا أمكننا الاستغناء عن هواء الحقن دون أن يتأخر الاشتعال أو تضعف جودة الاحتراق فان وزن المحرك يقل وتضغر المساحة التي يشغلها كما وأن عدد أجزاء المحرك ينقص وتتخلص من متاعب طلمبة أعداد هواء الحقن وتتوفر القدرة اللازمة لأدائها فتتحسن الجودة الآلية للمحرك وبالتالي الجودة الفعلية ويصبح ثمن المحرك رخيصاً. وكلما كانت قدرة المحرك صغيرة ظهرت أهمية الاستغناء عن طلمبة هواء الحقن

لا يخفى أن تمدد هواء الحقن عند دخوله اسطوانة الشغل يترتب عليه انخفاض في حرارة الهواء المضغوط وهذا ما نتلافاه في حالة الحقن بدون هواء فنحتفظ بدرجة الحرارة العالية وهذه الطريقة تساعد على استعمال زيوت وقود ثقيلة ذات حرارة اشتعال مرتفعة كثر استعمال محركات ديزل بقدرات متباينة لختلف الأغراض بعد الاستغناء عن طلمبة هواء الحقن كما وأن استعمالها لتسيير السيارات والقاطرات والطائرات قد شاع بعد التغلب على مصاعب الحقن والاحتراق عند ما تكون سرعة المحرك عالية .

أما الطرق المختلفة للحقن بدون هواء فتتلخص فيما يأتي :-

١ - حقن الوقود حقناً آلياً في حيز الاحتراق الملائم شكله لمخروط الوقود المحقون والاستعانة بأثارة الهواء لضمان تكوين خليط مماثل سريع الاشتعال وذلك باستعمال « المكبس المطارد » .

ب - فُرَازَاتُ الاِهْتِرَاقِ الفرعية وتكون إما (١) مبردة أو (٢) غير مبردة

ج - الحقن بالضغط باستعمال (١) فونية مفتوحة أو (٢) فونية مغلقة

في جميع هذه الأحوال يكون حيز الاحتراق الرئيسى ذا أشكال مختلفة ويبين شكل (٥) أمثلة لهذه الطرق المتبعة .