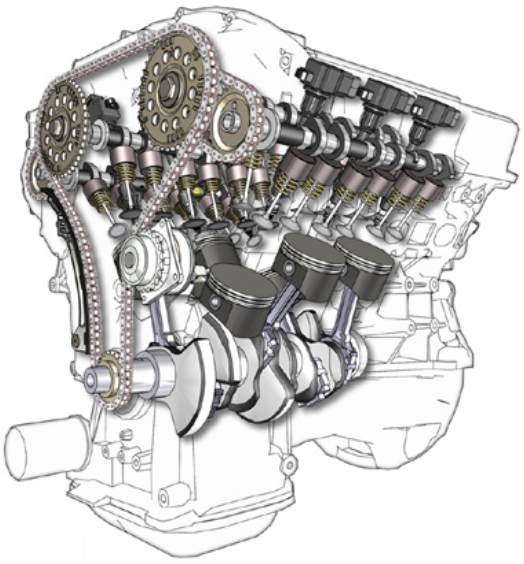
المملكة العربية السعودية
المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني
الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج

محركات و مركبات

نظام الوقود (ديزل)

٢١٤ تمر



جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الحمد لله وحده، والصلاة والسلام على من لا نبي بعده، محمد وعلى آله وصحبه، وبعد:

تسعى المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني لتأهيل الكوادر الوطنية المدربة القادرة على شغل الوظائف التقنية والفنية والمهنية المتوفرة في سوق العمل، ويأتي هذا الاهتمام نتيجة للتوجهات السديدة من لدن قادة هذا الوطن التي تصب في مجملها نحو إيجاد وطن متكامل يعتمد ذاتياً على موارده وعلى قوة شبابه المسلح بالعلم والإيمان من أجل الاستمرار قدماً في دفع عجلة التقدم التنموي: لتصل بعون الله تعالى لمصاف الدول المتقدمة صناعياً.

وقد خطت الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج خطوة إيجابية تتفق مع التجارب الدولية المتقدمة في بناء البرامج التدريبية، وفق أساليب علمية حديثة تحاكي متطلبات سوق العمل بكافة تخصصاته لتلبي متطلباته ، وقد تمثلت هذه الخطوة في مشروع إعداد المعايير المهنية الوطنية الذي يمثل الركيزة الأساسية في بناء البرامج التدريبية، إذ تعتمد المعايير في بنائها على تشكيل لجان تخصصية تمثل سوق العمل والمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني بحيث تتوافق الرؤية العلمية مع الواقع العملي الذي تفرضه متطلبات سوق العمل، لتخرج هذه اللجان في النهاية بنظرة متكاملة لبرنامج تدريبي أكثر التصاقاً بسوق العمل، وأكثر واقعية في تحقيق متطلباته الأساسية.

وتتناول هذه الحقيبة التدريبية " نظام الوقود (ديزل) " لمتدربي قسم" محركات ومركبات" للكليات التقنية موضوعات حيوية تتناول كيفية اكتساب المهارات اللازمة لهذا التخصص.

والإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج وهي تضع بين يديك هذه الحقيبة التدريبية تأمل من الله عز وجل أن تسهم بشكل مباشر في تأصيل المهارات الضرورية اللازمة، بأسلوب مبسط يخلو من التعقيد، وبالاستعانة بالتطبيقات والأشكال التي تدعم عملية اكتساب هذه المهارات.

والله نسأل أن يوفق القائمين على إعدادها والمستفيدين منها لما يحبه ويرضاه: إنه سميع مجيب الدعاء.

الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج

بسم الله الرحمن الرحيم و الصلاة و السلام على نبينا محمد و على آله و صحبه و سلم .

نعتبر محركات الديزل من أهم المحركات التي تجهز بها الكثير من المركبات و الشاحنات و خصوصاً في الشاحنات الكبيرة و الحافلات لهذا وجب على كل متخصص في صيانة المحركات أن يكون ملماً بهذا النوع من المحركات و أنظمة الحقن المزودة بها .

و خلال هذه الحقيبة المعنونة بـ نظام حقن الوقود ديزل سيتم تدريس هذه المحركات و طريقة أنظمة حقنها تحت رمز مقرر ٢١٤ تمر .

تنقسم هذه الحقيبة إلى جزأين: نظري و عملي .

الجزء النظري فيتوزع إلى خمس وحدات تغطي جميع جوانب الدراسات النظري حيث :

الوحدة الأولى: سيتم تدريس فكرة أداء و عمل و أنواع محركات الديزل و كيفية حدوث الاحتراق بها

الوحدة الثانية: تتمحور حول أهمية تشكيل غرف الاحتراق و تأثيرها على أداء المحرك.

الوحدة الثالثة: تعرف بأنظمة الحقن المختلفة و شروطها و أجزاء الأنظمة الأساسية.

الوحدة الرابعة: تختص بمضخات الحقن الرئيسية و هي الأهم و الأغلى و أجزائها الداخلية.

الوحدة الخامسة: تتميز بدراسة كيفية تكون الدخان و طرق التغلب عليه و قياسه في محركات الديزل

أما الجزء العملي فيتوزع إلى أربع وحدات تركز على إكساب الطالب التقني الجانب المهاري في صيانة و إصلاح أجزاء نظام الحقن الخاص بوقود الديزل و بالتالي محركات الديزل.

الوحدة الأولى: تختص بصيانة و إصلاح و ضبط الأجزاء المساعدة لنظام الحقن.

الوحدة الثانية: تركز على فك و تركيب و ضبط مضخة الحقن المستقيمة (الأهم).

الوحدة الثالثة: تركز على فك و تركيب و ضبط مضخة الحقن الدائرية.

الوحدة الرابعة: تمتاز بأنها ستكون المرجع لكل الوحدات النظرية و العملية حيث يتم خلالها تعلم كيفية قياس و تحديد ألوان الدخان الناتجة من العادم و كيفية قياسه و التحكم به و كذلك تركيب و توقيت المضخات المختلفة مع أداء المحرك للوصول لأفضل أداء و أقل استهلاك و نواتج احتراق قليلة.

وبهذا يكون نظام حقن الوقود الخاص بالديزل قد تم تغطيته من جميع النواحي.

مع دعواتي و تمنياتي للجميع بالتوفيق و النجاح.

نظام الوقود (ديزل)

تصنيف محركات الديزل – عمليات الاحتراق بداخل المحرك

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الجدارة:

التعرف على تصنيف محركات الديزل و كيفية حدوث عمليات الاحتراق بداخلها .

الأهداف:

عندما إكمال هذه الوحدة يكون المتدرب قادراً على :

١- معرفة تصنيف محركات الديزل .
٢- معرفة الفروق بين محرك الديزل و محرك البنزين .
٣- معرفة خصائص وقود الديزل و تأثيرها على عملية الاحتراق .
٤- رسم منحنيات الأداء للمحرك الخاصة بمراحل الاحتراق و الطرق .

مستوى الأداء المطلوب: أن يصل المتدرب إلى إتقان هذه الجدارة بنسبة ٨٥٪

الوقت المتوقع للتدريب: ٦ ساعات

الوسائل المساعدة:

جهاز لعرض شرائح الصور و الجداول .

متطلبات الجدارة:

- تخطي مادتي المحركات و نظام حقن البنزين .

مقدمة

هذه الحقيبة تمثل المدخل الرئيسي لمعرفة محركات الديزل و نظام الوقود بها حيث سيتم دراسة :
تصنيف محركات الديزل حسب مجالات كثيرة منها نوع دورة الوقود و شكل تركيب اسطوانات المحرك إلى آخره .

كما سيتم معرفة الفروق الفنية التي تخص محرك الديزل عن محرك البنزين بالإضافة إلى شرح عمليات الاحتراق و كل ما يختص بها بداخل محرك الديزل و خواص وقود الديزل وكيفية تحديد رقم السيتان الخاص بحديد جودة وقود الديزل .
و كذلك معرفة الطرق و منع حدوثه بمحرك الديزل .

تصنيف محركات الديزل Classification of Diesel Engines

تُصنف محركات الإشعال بالضغط أو محركات الديزل إلى عدة تصنيفات منها :

١- **حسب نوع دورة المحرك** Operating Cycle:

أ) دورة ثنائية Tow-stroke cycle (ذو شوطين).

ب) دورة رباعية Four-stroke cycle (ذو رباعي الأشواط) .

٢- **فعل المكبس** Piston Action: شكل (١)

أ) محرك ذا مكبس مفرد الفعل (الضغط من جهة واحدة) Single Acting Engine.

ب) محرك ذا مكبس مزدوج الفعل (الضغط من جهتين) Double Acting Engine .

جـ) محرك ذا مكابس متقابلة الفعل (الضغط يكون بينهما) Opposed-Piston Engine .

٣- **توصيل المكبس** Piston Connection: شكل(١)

أ) محرك ذا مكبس جذعي Trunk-Piston Engine .

ب) محرك ذا مكبس متصل برأس صليبي Cross Head Type Engine .

٤- **ترتيب الأسطوانات** Number and Arrangement of Cylinder: شكل(٢)

أ) محرك مستقيم الأسطوانات Cylinder-In-line Engine .

ب) محرك أسطواناته على شكل حرف (V) V Engine .

جـ) محرك منبسط الأسطوانات Flat Engine .

د) محرك قُطري الأسطوانات Radial Engine .

٥- **ترتيب (تركيب) الصمامات** Valve Arrangement : شكل(٣)

أ) محرك صماماته على شكل حرف (I) I-Head Engine .

ب) محرك صماماته على شكل حرف (L)L-Head Engine .

جـ) محرك صماماته على شكل حرف (F) F-Head Engine .

د) محرك صماماته على شكل حرف (T) T-Head Engine .

٦- **طريقة (نظام) حقن الوقود** Method of Fuel Injection: شكل(٣)

أ) محرك بحقن هواء Air Injection Engine .

ب) محرك بحقن ميكانيكي Mechanical Injection .

٧- **طريقة (نظام) تبريد المحرك** Method of Engine Cooling:

أ) محرك مُبرد بالهواء Air-Cooled Engine .

ب) محرك مُبرد بالماء Water-Cooled Engine .

٨- **سرعة المحرك** Engine Speed:

أ) محرك بطيء ١٠٠٠ لفة في الدقيقة Low-Speed Engine .

ب) محرك متوسط السرعة ١٠٠٠ -٢٥٠٠ لفة في الدقيقة Medium-Speed Engine .

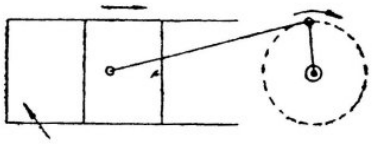
جـ) محرك سريع ٦٠٠٠ لفة في الدقيقة High-Speed Engine .

٩- **حسب الاستخدام** Application:

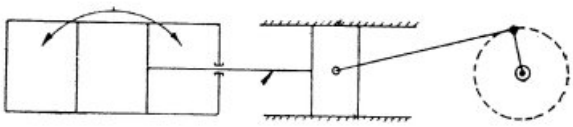
أ) محرك سيارة ركوب Automobile Engine .

ب) محرك للشاحنات وسيارات الجر Tractor Engine .

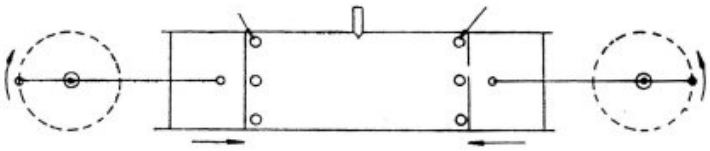
جـ) محرك للسفن Marine Engine .



محرك ذا مكبس مفرد الفعل (مكبس جذعي)

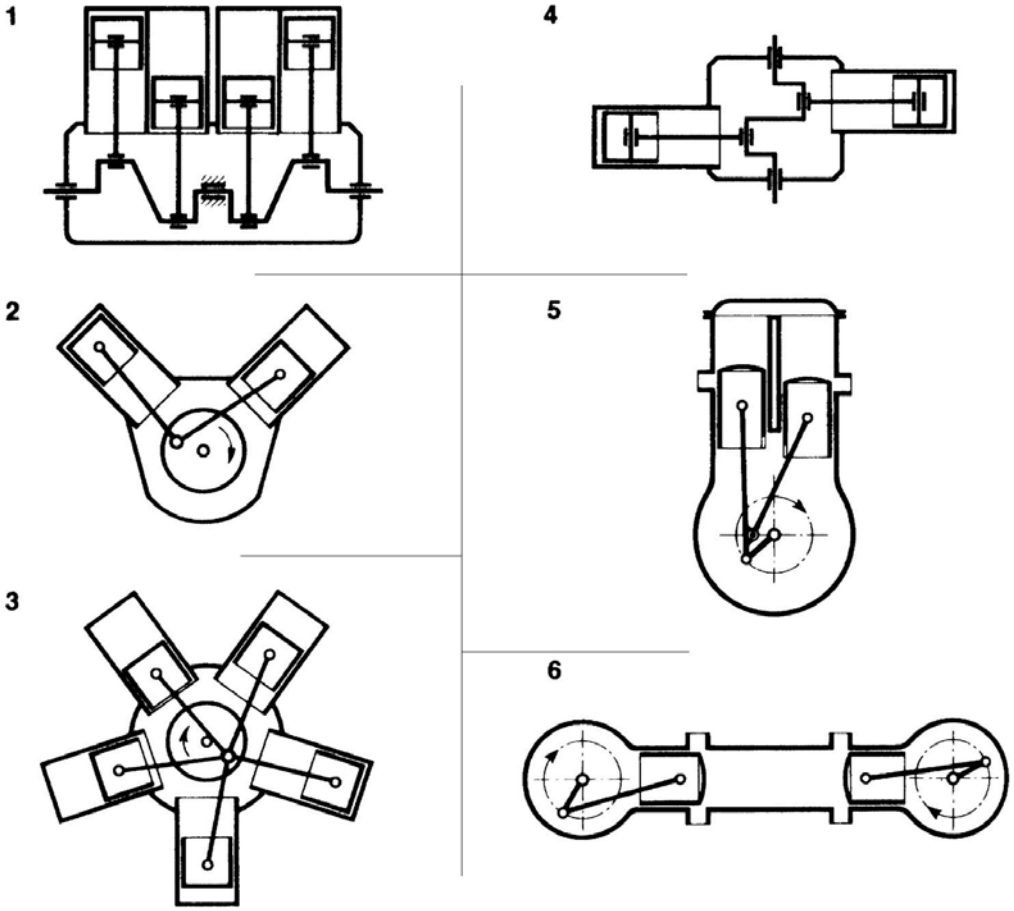


محرك ذا مكبس مزدوج الفعل (متصل برأس صليبي)



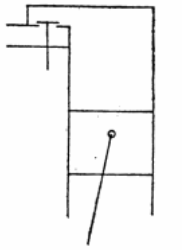
محرك ذا مكباس متقابلة الفعل

شكل (١)

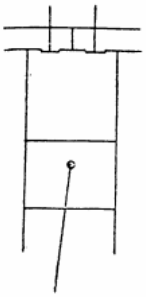


شكل (٢)

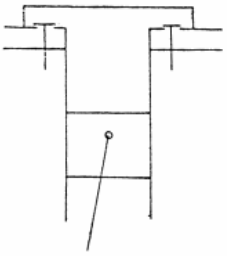
١- محرك مستقيم الأسطوانات .
٢- محرك أسطواناته بشكل V .
٣- محرك قطري الأسطوانات .
٤- محرك منبسط الأسطوانات .
٥- محرك ثنائي الدورة .
٦- محرك متقابل المكابس .



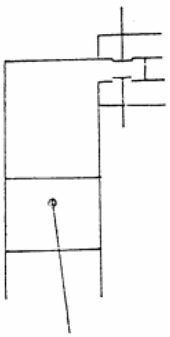
صمامات شكل L



صمامات شكل I



صمامات شكل T



صمامات شكل F

شكل (٣)

مجالات استخدام محرك الديزل

تُستخدم محركات الديزل في مجالات كثيرة يصعب حصرها لتعددها و تطور الحاجة لها منها :

١- **النقل:**

التنقل داخل المدينة كما في سيارات الركوب الصغيرة أو التنقل بالسفر بين المدن أو الدول كالحافلات الكبيرة ، و تستخدم بشكل أساسي في نقل البضائع و المواد الغذائية و أيضا تستخدم بمجال واسع في السفن التي تقوم بشتى المجالات ..

٢- **الزراعة:**

تستخدم محركات الديزل بشكل كبير في النشاطات الزراعية كالحراثات و طواحين المحصول و بشكل أساسي في مضخات الري .

٣- **الإنشاءات والبناء:**

كالشاحنات الكبيرة التي تقوم بنقل مستلزمات البناء و أيضاً الحفارات .

٤- **محطات توليد الكهرباء:**

تعتمد كل منشأة على مولدات احتياطية لتوليد الكهرباء عند حدوث انقطاع مفاجئ للكهرباء العامة و عادة ما تكون هذه المولدات تعتمد على محركات الديزل .

وتستخدم بمجال ضيق في الطيارات المروحية و ضواغط الهواء .

مميزات محركات الديزل :

١- نتيجة لزيادة نسبة الانضغاط في محركات الديزل تزداد الكفاءة الحرارية للمحرك وينخفض المعدل النوعي لاستهلاك الوقود .

٢- قلة حدوث مخاطر حريق باستخدام وقود الديزل لعدم خلط الوقود بالهواء خارج غرفة الاحتراق وليس كما في محركات البنزين .

٣- توليد عزم دوران كبير عند السرعات المنخفضة .

٤- نواتج احتراق أقل ضررا نسبيا من محركات البنزين .

٥- تُستخدم لتوليد الطاقة الكهربية بعيداً عن منابع الماء .

٦- طول عمر المحرك الافتراضي .

٧- استخدام وقود رخيص في المحركات الثابتة (وقود ذو جودة منخفضة) .

عيوب محركات الديزل :

١- **كبر وزن محركات الديزل للأسباب التالية :**

أ) نسب عالية لمعامل زيادة الهواء مما يؤدي إلى زيادة أبعاد الأسطوانة .

ب) ارتفاع قيمة الضغط الأقصى داخل الأسطوانة مما يؤدي إلى ضرورة استعمال تصميمات ثقيلة الوزن .

جـ) قصر الفترة الزمنية المتاحة للحقن : تؤدي إلى خفض كفاءة عملية الخلط بين وقود الديزل و الهواء ولذلك تستخدم نسبة عالية لمعامل نسبة زيادة الهواء وكذلك تصميمات معقدة لغرف الاحتراق وذلك لضمان اختلاط ذرات الوقود مع الهواء بقدر الإمكان وبالتالي الوصول إلى احتراق كامل .

و هذا ما يسبب زيادة في سعر محرك الديزل .

٢- **ظهور الدخان عند الأحمال المختلفة .**

٣- **دقة صيانة منظومة الحقن .**

٤- **بدء دوران بصعوبة في الأجواء الباردة .**

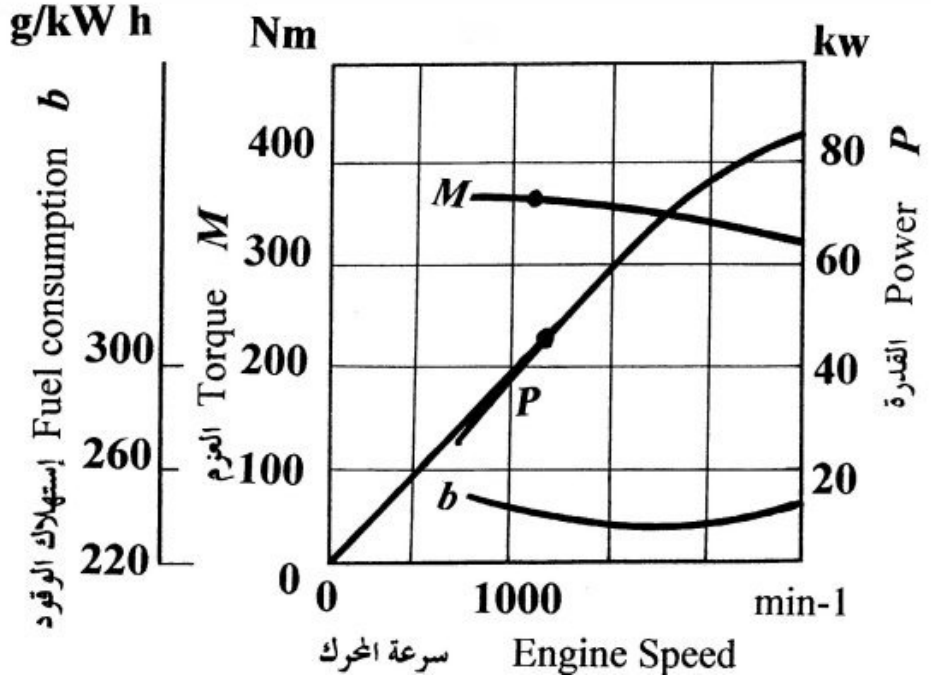
مقارنة فنية بين محرك الديزل و محرك البنزين

الرقم	وجه المقارنة	محرك بنزين	محرك ديزل
١ -	استهلاك الوقود .	١٠٠٪	٧٠٪
٢ -	درجة حرارة الاشتعال الذاتي .	٤٥٠ -٥٥٠ د.م	٣٥٠ -٣٨٠ م
٣ -	متطلبات الوقود .	مقاوم للاشتعال	قابل للاشتعال
٤ -	نقطة الوميض .	- ٢٥ د.م	أعلى من ٥٥ م
٥ -	نسبة الانضغاط .	١:٦ — ١:١٢	١:١٤ -٢٢:١
٦ -	القيمة الحرارية	منخفضة	مرتفعة
٧ -	درجة الحرارة النهائية للانضغاط .	٤٠٠ -٦٠٠ د.م	٧٠٠ -٩٠٠م
٨ -	الحد الأقصى لضغط الاحتراق Pmax.	٣٠ - ٦٠ بار	٦٥ -٩٠ بار
٩ -	درجة الحرارة القصوى للاحتراق .	٢٠٠٠ -٢٥٠٠د.م	٢٠٠٠ -٢٥٠٠ م
١٠ -	درجة حرارة غازات العادم عند الحمل الكامل .	٧٠٠ -١٠٠٠ د.م	٥٠٠ -٦٠٠ م
١١ -	عزم الدوران عند الأحمال المنخفضة .	منخفض	مرتفع

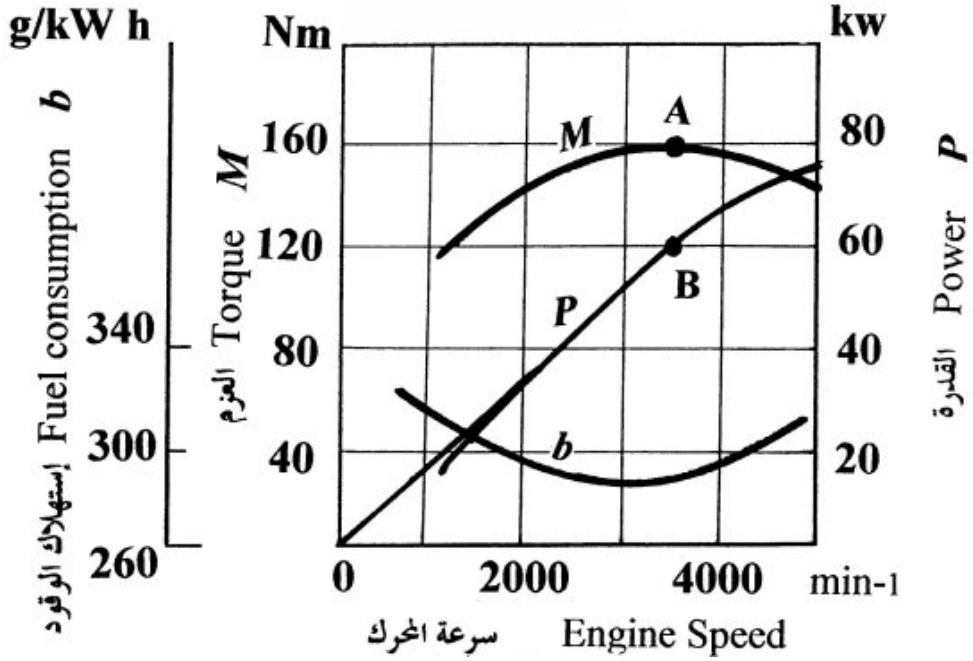
عند القيام بمقارنة بين محرك الديزل ومحرك البنزين من حيث العزم المستنتج من كليهما نلاحظ أن أهمية استخدام محركات الديزل تكمن في أنها تنتج عزوم كبيرة عند سرعات دوران منخفضة .

شكل (٤) يوضح منحنيات الأداء لمحرك ديزل وآخر يمثل محرك بنزين لكل من القدرة استهلاك الوقود السرعة و العزم عند حمل ثابت شكل (٥) يوضح الأداء لنفس المحركين لكل من العزم واستهلاك الوقود والسرعة ولكن عند أحمال مختلفة :

منحنيات الأداء لمحرك ديزل وآخر بنزين عند حمل ثابت



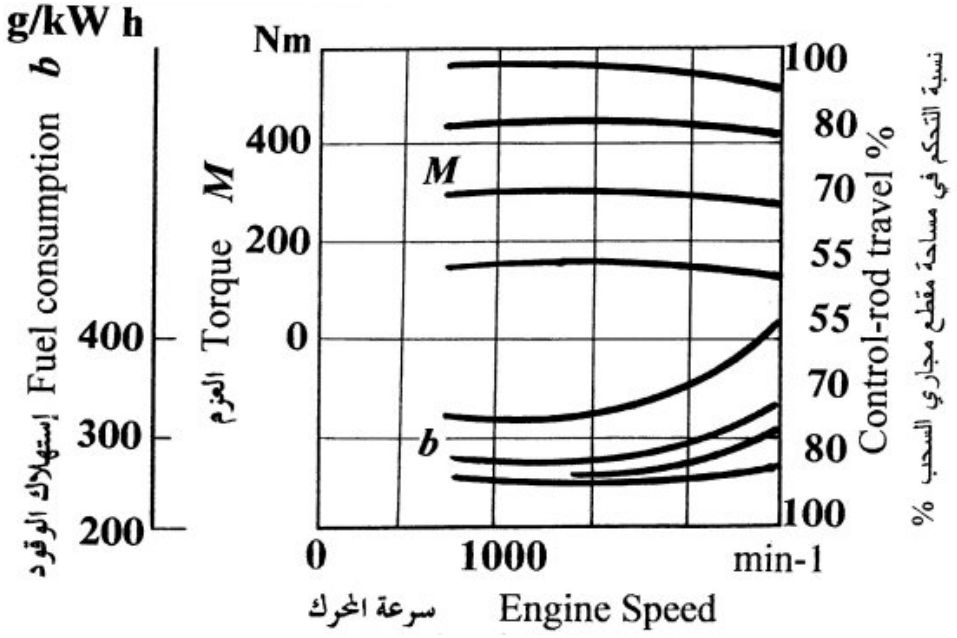
منحنى الأداء لمحرك ديزل



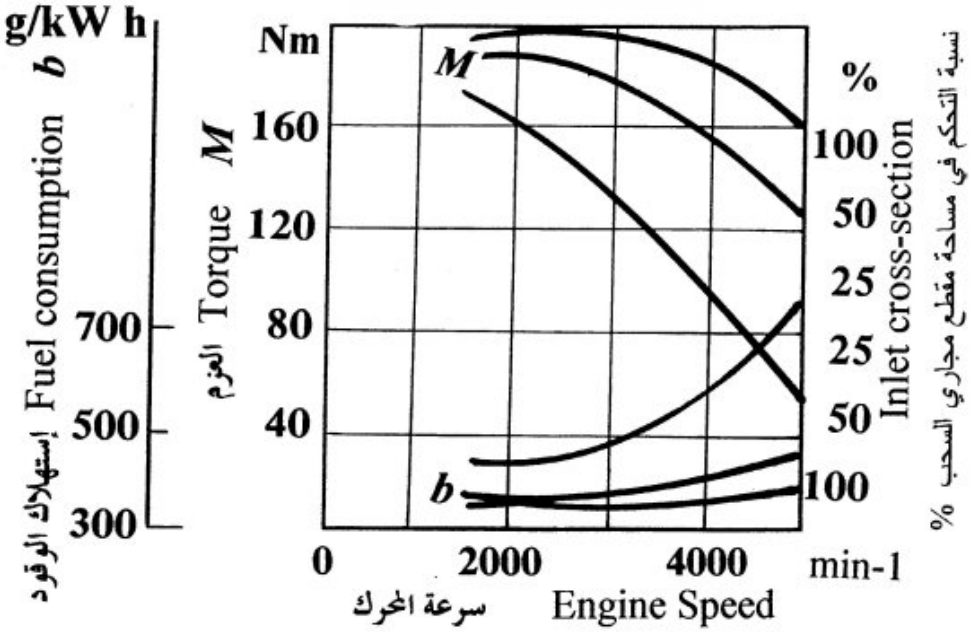
منحنى الأداء لمحرك بنزين

شكل (٤)

منحنيات الأداء لمحرك ديزل وآخر بنزين عند أحمال مختلفة



منحنى الأداء لمحرك ديزل عند أحمال مختلفة



منحنى الأداء لمحرك بنزين عند أحمال مختلفة

شكل (٥)

مكونات وقود الديزل :

يتكون وقود الديزل من سوائل هيدروكربونية .

وهي مركبات كيميائية تتكون في الغالب من :

اتحاد الهيدروجين والكربون بنسب مختلفة يتوقف عليها الشكل النهائي للمركب ،

فالجزيء من المركب الهيدروكربوني المسمى إيثان (رمزه الكيميائي C2 H6)

يتكون من اتحاد ذرتين من الكربون مع ست ذرات من الهيدروجين ،

في حين أن البروبان(رمزه الكيميائي C3 H8)

يحتوي جزيئه على ثلاث ذرات من الكربون متحدة مع ثمانية ذرات من الهيدروجين .

ويكون الشكل النهائي لأغلب أنواع وقود الديزل على النحو التالي :

٨٧٪ كربون - ١١٪ هيدروجين - ١٪ أكسجين - ١٪ كبريت .

ولما للكبريت من آثار ضارة على المحرك لتكون حامض الكبريتيك خلال الإدارة الباردة مما يزيد من تآكل الأسطوانات لذا يجب أن تكون نسبة الكبريت أقل ما يمكن .

ملاحظة :

تختلف هذه المكونات حسب مواصفات كل دولة فمثلا في الولايات المتحدة C14 H30 .

خصائص وقود الديزل :

يجهز وقود الديزل من أحد مشتقات خام البترول التي تسمى أيضا زيت الوقود الذي يستخدم في الصناعة أو داخل المنازل .

و زيت الوقود أغلى ثمنا من المركبات المماثلة الأكثر ثقلا نظرا لتعدد استخداماته ولهذا فإنه في محركات الديزل الكبيرة التي يمكنها إشعال وقود الديزل الثقيلة يكثر استخدام وقود أرخص .

و تؤثر خصائص الوقود بدرجة ملحوظة في أداء محرك الديزل وتقاس هذه الخصائص عادة بواسطة تجارب معملية يقصد بها بيان أداء الوقود في حالات العمل الفعلي إلا أن هذه التجارب لاتغني عن اختبار أداء الوقود بعد ذلك في المحرك نفسه .

والخصائص الهامة المساعدة لاشتعال وقود الديزل و التي تؤثر في أداء المحرك هي كالتالي :

١- نوع الاشتعال :

وهو مدى قابلية الوقود للاشتعال الذاتي داخل أسطوانة المحرك حيث يشتعل الوقود الجيد ذاتيا عند درجات الحرارة المنخفضة نسبيا فيتحسن أداء المحرك لسرعة بدء الحركة ويقل تعرضه للدق وإنتاجه للدخان وتعتبر هذه الخاصية من أهم خصائص وقود محركات الديزل وبالأخص تلك المحركات ذات السرعات العالية و يصنف وقود الديزل إلى عدة أنواع حسب رقم معين يسمى رقم السيتان (Cetane Number) وهو يماثل رقم الأكتين المستعمل لبيان خاصية نوع اشتعال وقود محرك البنزين (سنتطرق لكيفية تحديد رقم السيتان لاحقا) .

٢- التطاير :

وهو مدى استعداد السائل للتحول إلى بخار ويقاس بالنسبة لوقود محرك الديزل بدرجة الحرارة التي يتم عندها تقطير ٩٠٪ من مقدار معين لهذا الوقود وبذلك يكون الوقود أكثر تطايرا كلما انخفضت هذه الدرجة من الحرارة ويجب أن يكون وقود محركات الديزل الصغيرة أكثر تطايرا من وقود المحركات الكبيرة ليقل استهلاك الوقود وتنخفض درجة حرارة العادم وظهور الدخان.

٣- الكربون المتخلف :

وهو مقدار المادة المتخلفة بعد تسخين كمية معينة من الوقود في إناء مغلق وفي معزل عن الهواء بعد تمام تبخر جميع أجزاء الوقود المتطايرة ويستهدف هذا الإجراء معرفة نسبة المركبات الثقيلة في الوقود والأكثر استعدادا لتكوين مركبات متفحمة بدلا من أن تتبخر وبهذا تدل خاصية الكربون المتخلف على مقدار قابلية الوقود لتكوين رواسب كربونية على أجزاء المحرك الداخلية وتعتمد كمية الكربون المتخلف المسموح بها في الوقود اعتمادا كبيرا على حجم المحرك وسرعته فيمكن استخدام وقود ذو نسبة أكبر للكربون المتخلف في المحركات الكبيرة ذات السرعات المنخفضة وقود ذو نسبة أقل للكربون المتخلف في المحركات الصغيرة ذات السرعات العالية .

٤- اللزوجة :

وهي تعبر عن مقدار الاحتكاك الداخلي في سائل ما أو مقدار مقاومته للسريان ويمكن تعيين لزوجة سائل ما بـ :

أ - بدرجات انجلر (النسبة بين الزمن اللازم لسريان كمية معينة من الوقود إلى الزمن اللازم لسريان كمية مساوية له من الماء النقي وذلك باستعمال جهاز انجلر الألماني لقياس اللزوجة)

ب - بعدد الثواني اللازمة لسريان كمية معينة من الوقود خلال ثقب ذي قطر صغير باستخدام جهاز ردوود الإنجليزي أو جهاز سايبولت الأمريكي (تقل لزوجة الوقود كلما قل عدد الثواني اللازمة لسريان الوقود).

وتقاس لزوجة وقود الديزل قبل استعماله لأنها تحدد قابليته للسريان داخل منظومة حقن الوقود حيث يجب أن لا تقل عن حد معين لأن وقود الديزل يستخدم لتزييت وحدات الحقن في مضخة الحقن الرئيسية وأجزاء الرشاشات كما أن لزوجة وقود الديزل تؤثر بشكل كبير في شكل تذرية الوقود عند خروجه من الرشاش داخل غرفة الاحتراق فالوقود الأقل لزوجة يعطي مسافة أقصر لطول البخة وذرات أدق في الحجم لقطيرات الوقود مما يسهل اختلاطه بالهواء ومن ثم احتراقه جيد .

٥- مقدار الكبريت :

تتحد الغازات الناتجة عن احتراق الكبريت الموجود في تركيب الوقود مع بخار الماء المتكثف الناتج عن عملية احتراق الوقود فتتكون بذلك أحماض ضارة تسبب تآكل بعض أجزاء المحرك ومجموعة تجهيز العادم وتزداد هذه الظاهرة حين يعمل المحرك تحت حمل جزئي مما يقلل من درجة حرارة سطح الأسطوانة إلى الحد الذي يتكثف عنده بعض بخار الماء .

٦- مقدار الرماد :

وهو يعبر عن مقدار المواد الصلبة المختلطة بالوقود كبعض المواد المعدنية وذرات الرمل التي تسبب تآكلا سريعا في بعض أجزاء المحرك لهذا يتحتم ألا تزيد نسبة وزن هذه المواد عن مقدار ضئيل جدا بقدر الإمكان وتقاس عادة بحرق كمية معينة من الوقود ثم وزن مقدار الرماد المتخلف من الاحتراق ونسبه إلى الوزن الأصلي لنفس الوقود ويمكن تقليل مقدار الرماد بتقطير الوقود تقطيرا جيدا.

٧- مقدار الماء و الشوائب :

هو مقدار الماء أو الشوائب المختلطة بالوقود وينتج عن ذلك تقليل في جودة احتراق الوقود كما يتسبب في تآكل وصدأ أجزاء مضخة الحقن و رشاشات الحقن .

٨- درجة (نقطة) الوميض :

وتعرف بأنها درجة الحرارة التي يبدأ عندها الوقود في التبخر بكمية قابلة للاحتراق بحيث يشتعل ذاتيا على صورة وميض عند اقتراب مصدر للحرارة منه . ويحدد لكل وقود نقطة وميض خاصة به لتجنب الحرائق عند النقل أو التخزين فالوقود ذو درجة الوميض المنخفضة جدا يكون أكثر خطرا عند نقله أو تخزينه . ولا تدل درجة أو نقطة الوميض على طريقة احتراق الوقود داخل المحرك حيث يعتمد الاحتراق على خاصية نوع الاشتعال فنلاحظ أن وقود البنزين (وهو ذو نقطة وميض منخفضة جداً) لا يصلح وقودا لمحركات الديزل لرداءته في خاصية نوع الاشتعال .

٩- درجة (نقطة) التدفق :

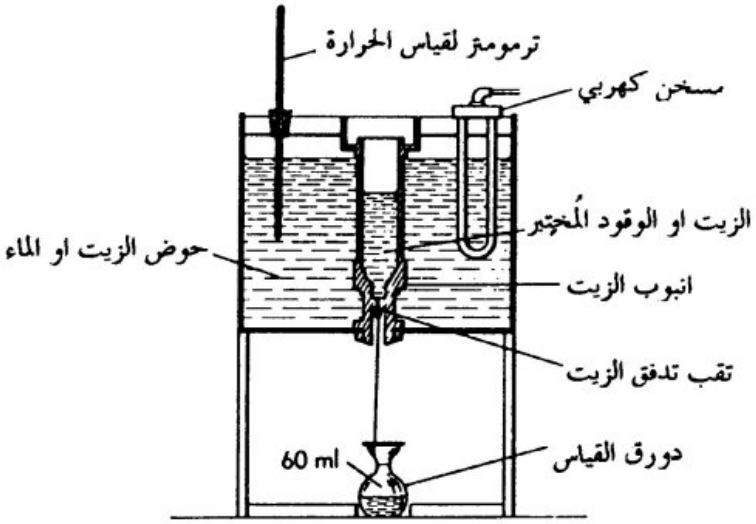
هي درجة الحرارة التي يبدأ عندها الوقود في التجمد أو التجلط كما تدل على ملاءمته للاستعمال في المحركات التي تعمل في أجواء باردة جدا فالوقود ذو نقطة التدفق العالية لايصلح عادة للاستعمال في هذه الأجواء لأنه في هذه الحالة ليس سهل السريان في مجموعة حقن الوقود كما أنه لا يعطي تذرية جيدة عند خروجه من فوهة الرشاش إلى داخل غرفة الاحتراق .

١٠- الوزن النوعي :

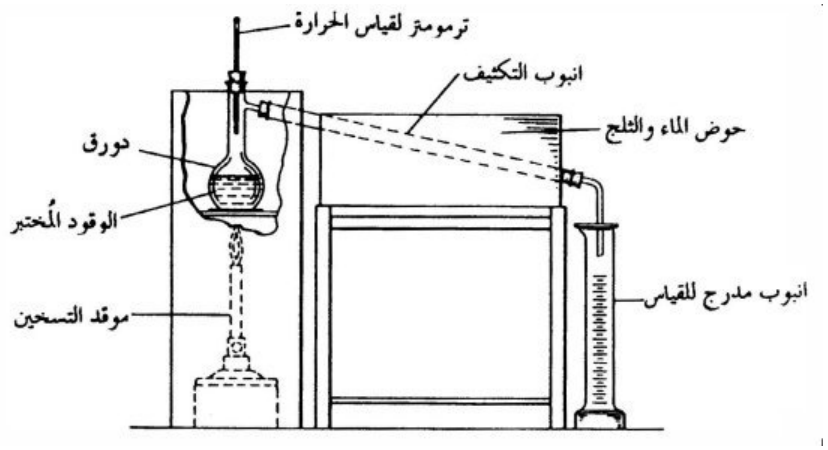
هو عبارة عن نسبة وزن حجم معين من الوقود إلى وزن حجم معين مساوٍ له من الماء النقي ويدل بصفة تقريبية على أنواع الوقود المختلفة التي تقسم إلى ثقيلة ذات أوزان نوعية عالية وخفيفة ذات أوزان نوعية منخفضة وقد تتساوى بعض أنواع الوقود في أوزانها النوعية إلا أنها تختلف اختلافاً كبيراً في درجة اللزوجة وخاصية نوع الاشتعال وهما الخاصيتان الأهم من خصائص وقود الديزل ويرتبط الوزن النوعي للوقود مع قيمته الحرارة ارتباطا وثيقاً ويمكن قياس الوزن النوعي للوقود بواسطة جهاز خاص يسمى الهيدرو ميتر .

١١- القيمة الحرارة :

تعتبر القيمة الحرارية للوقود من خصائصه الهامة حيث يمكن بها تحديد كمية الطاقة الحرارية المعطاة للمحرك وبهذا يمكن معرفة قدرة المحرك على تحويل هذه الطاقة 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 استعمال الوزن النوعي لوقود ما للاستدلال على قيمته الحرارية .



جهاز سايبولت لاختبار لزوجة الوقود



جهاز اختبار تقطير الوقود (المعهد الأمريكي لاختبار المواد ASTM)

رقم السيتان Cetane Number

تستعمل لتحديد نوع اشتعال وقود الديزل وحدات تسمى رقم السيتان .

ورقم السيتان الخاص بوقود ديزل ما إنما يدل على النسبة المئوية لكمية السيتان الموجودة في وقود آخر يكون عبارة عن خليط من وقود السيتان (له خاصية أقصر فترة عطلة إشعال) ومركب آخر من مركبات الهيدوكربون هو ألفا ميثيل نفتالين Alpha-Methyl-Naphthalene (له أطول فترة عطلة إشعال) حيث تخلط بقدر يتساوى هذا الخليط مع الوقود الأول في خاصية نوع الاشتعال .

ويبدأ تدرج رقم السيتان عادة من الصفر (٠) الذي يمثل خاصية نوع الاشتعال لوقود ألفا ميثيل نفتالين إلى المئة (١٠٠) الذي يمثل خاصية نوع الاشتعال لوقود السيتان فقط.

بذلك فإنه إذا كان رقم السيتان الخاص بوقود ديزل ما هو ٤٥ فإن هذا يعني أن ذلك الوقود ذو خاصية نوع اشتعال يتساوى بها مع خليط وقود مكون من ٤٥٪ وقود سيتان و ٥٥٪ ألفا ميثيل نفتالين .

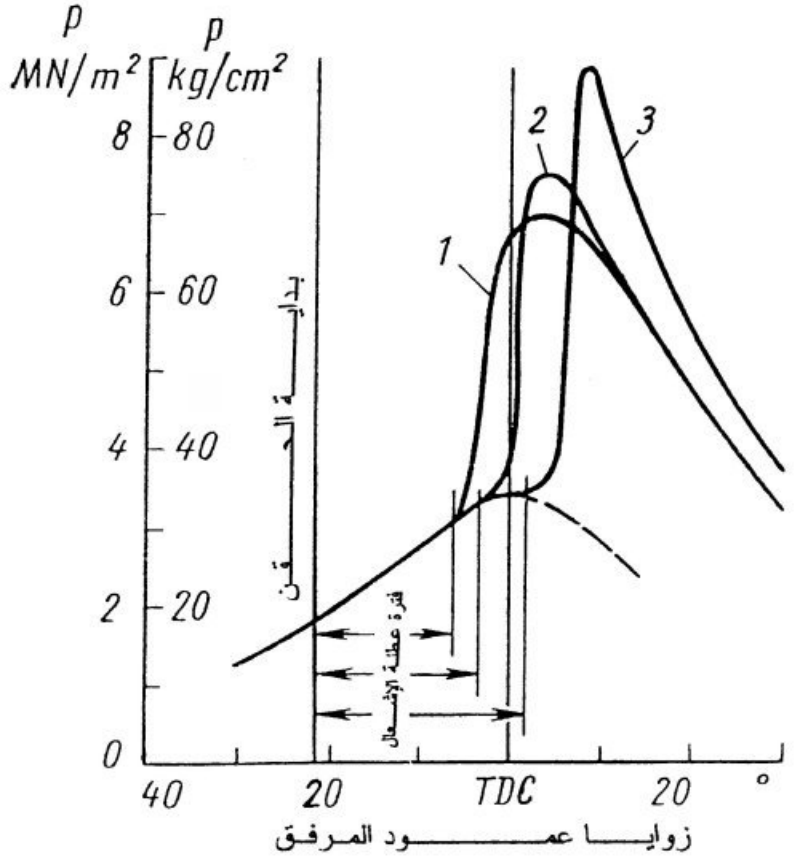
ملاحظة :

(كلما كان رقم السيتان مرتفع كلما كانت خاصية نوع الاشتعال للوقود أفضل أي فترة عطلة إشعال قصيرة).

يقاس رقم السيتان لوقود ما باختباره في محرك خاص ذو أسطوانة واحدة يمكن تغيير نسبة الانضغاط بها(محرك ريكاردو) ويتم ذلك كالتالي :

١- وضع الوقود المراد تحديد رقم السيتان له في المحرك .
٢- عند سرعة ثابتة ترفع نسبة الانضغاط حتى يشتعل الوقود .
٣- تقاس فترة عطلة الإشعال .
٤- وضع خليط الوقود من وقود السيتان و وقود ألفا ميثيل نفتالين .
٥- عند نفس السرعة الثابتة السابقة ونسبة الانضغاط يتم تغيير نسب الخلط بين وقود السيتان والفاميثيل نفتالين حتى نحصل على خليط يشتعل بفترة عطلة اشتعال مساوية لفترة عطل الإشعال للوقود المراد تحديد رقم السيتان له .
٦- تكون النسبة المئوية لوقود السيتان في هذا الخليط هي رقم السيتان للوقود المراد تحديد رقم السيتان له .

تأثير رقم السيتان على فترة عطلة الإشعال



١- رقم السيتان ٥٢.

٢- رقم السيتان ٤٢.

٣- رقم السيتان ٢٩.

شكل (٦) يبين العلاقة بين رقم السيتان ومنحني الضغط وزوايا عمود المرفق .

نشاهد أن كلما ارتفع رقم السيتان قصرت فترة عطلة الاشتعال

ملاحظة : تنص المواصفات العربية على أن لا يقل رقم السيتان للوقود المستخدم في المحركات البطيئة عن ٢٣ ولا يقل عن ٤٥ للمحركات متوسطة السرعة والسريعة .

الدورة الرباعية لمحرك الديزل Four-stork Diesel cycle

يعمل محرك الديزل بدورة ثنائية ودورة رباعية وهنا سنركز على الدورة الرباعية لانتشار المحركات التي تعمل بها وبخاصة سيارات الركوب .

يعمل محرك الديزل ذو الدورة الرباعية بأربع أشواط :

١- **شوط السحب** : يتم سحب هواء فقط بكمية تعتمد على أبعاد الأسطوانة وشكل تصميم مجاري السحب.

٢- **شوط الضغط** : يتم فيه ضغط الهواء الموجود بداخل الأسطوانة

أ) نسبة انضغاط المحرك حوالي من 1:20 في المحركات المزودة بالشاحن التربيني .

ب) نسبة الانضغاط 1:18 في المحركات العادية .

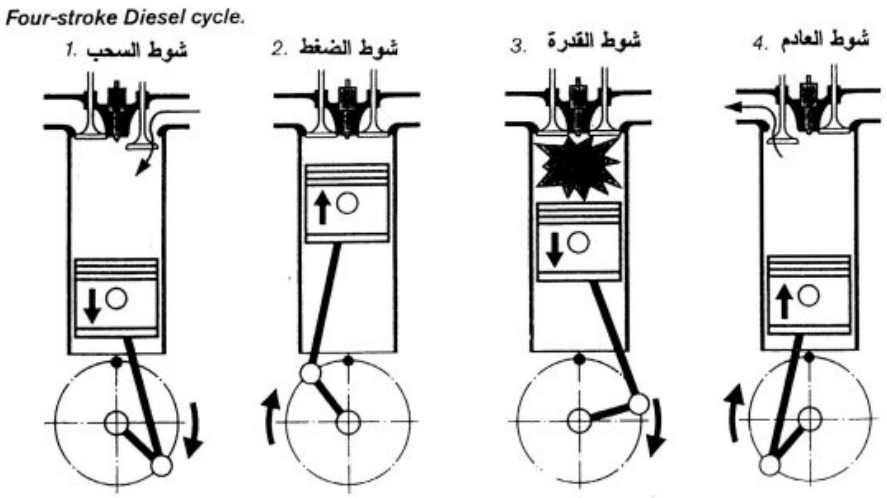
جـ) ضغط الانضغاط إلى ٣٠ -٥٥ بار تقريباً .

د) درجة حرارة الهواء ٥٠٠ -٧٥٠ درجة مئوية تقريباً .

كل هذا يساعد على اشتعال الوقود ذاتياً عند حقنه .

٣- **شوط القدرة : يتم فيه الاستفادة من الشغل الناتج من عملية الاحتراق وهو (الشوط الموجب) .**

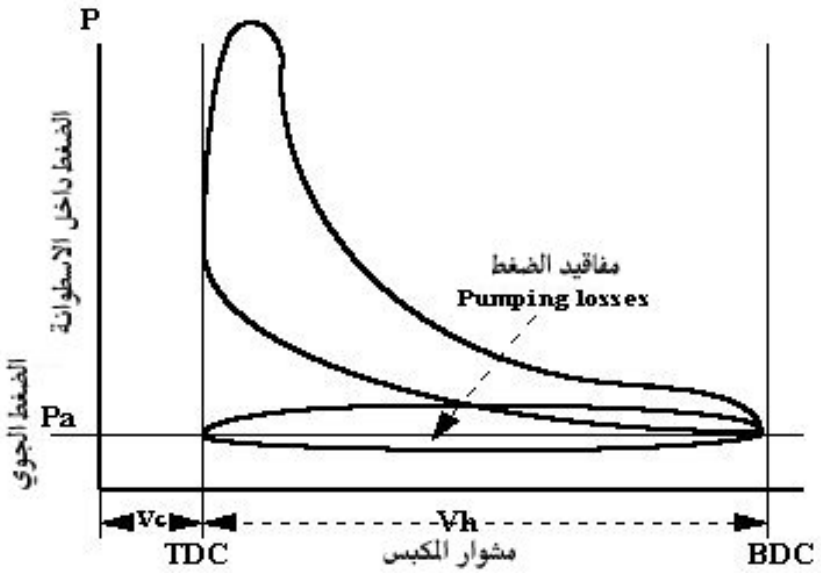
٤- **شوط العادم** : يتم فيه طرد الغازات الناتجة عن عملية الاحتراق .



شكل (٧) يبين الأشواط الأربعة لمحرك ديزل

دورة المحرك الحقيقية :

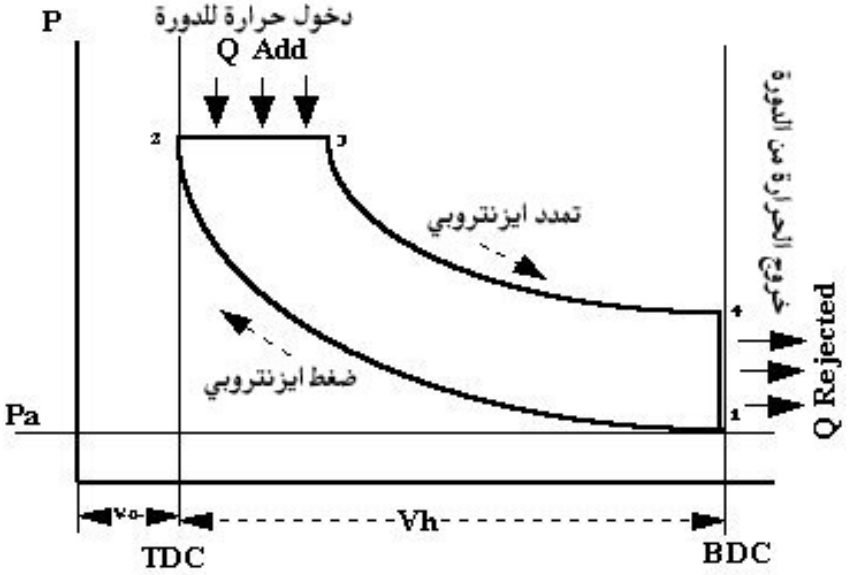
و يعني ذلك اختلاف الضغوط بداخل أسطوانة المحرك و غرفة الاحتراق خلال الأشواط الأربعة شكل (٨)



شكل (٨)

دورة المحرك القياسية :

و يعني ذلك التبادل الحراري بداخل أسطوانة المحرك خلال الأشواط الأربعة شكل (٩)



نسبة خلط الهواء إلى الوقود في محركات الديزل

يحتوي وقود الديزل التجاري على نسب صغيرة من الكبريت والنتروجين والأكسجين الذي يعمل على خفض كمية الهواء اللازمة لإحراق وقود الديزل .

لذلك نجد أن نسبة خلط الوقود بالهواء تبلغ ١٤,٥:١ 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 كاملا في محرك الديزل نظراً لبعض الصعوبات الفنية التي تمنع بعضاً من أكسجين هذا الهواء من المساعدة في عملية الاحتراق

ومن أهم هذه الصعوبات :

١- مشكلة خلط الهواء بالوقود خلطاً كاملا 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 تقريبا ٩٠٠ مرة حجم تلك القطرة .

٢- يجب أن يتم الخلط في زمن قصير جدا يبلغ جزء من الثانية تقريباً .

٣- وجود بعض غازات العادم المتخلفة في غرفة الاحتراق مما يُعطل احتراق الوقود المجاور لها .

يتضح مما سبق أنه لضمان احتراق الوقود احتراقا كاملا ينبغي تزويد محرك الديزل بكمية من الهواء تزيد عن تلك التي تحددها النسبة النظرية للخلط بحوالي ٢٠٪ إلى ٣٠٪ تقريبا وتسمى النسبة الجديدة للخلط بالنسبة الفعلية لخلط الهواء بالوقود وهي تتغير عادة تبعاً لدرجة حمل المحرك .

خطوات احتراق وقود الديزل داخل المحرك

يتوقف نجاح الاحتراق داخل غرفة احتراق محرك الديزل على توفر الشروط التالية :

١- دقة التذرير .

٢- ارتفاع السرعة النسبية بين قطرات الوقود وجزيئات الهواء .

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

٤- الخلط الجيد لقطرات الوقود مع الأكسجين .

ويتم كلاً من تذرية الوقود واندفاعه وانتشاره بواسطة أجهزة الحقن والتحكم بدرجة حرارة الخليط عن طريق نسبة الانضغاط وأبعاد الأسطوانة وطريقة تبريدها ويعتمد الخلط الجيد للوقود مع الهواء على أجهزة الحقن والشحن وشكل حيز الاحتراق المحصور بين رأس الأسطوانات وجدارها وأعلى المكبس .

وللاحتراق خطوات يجب أن تتم على التوالي وهي كالتالي :

أولاً - حقن الوقود :

يتم حقن الوقود بداخل غرفة الاحتراق بمحرك الديزل بواسطة مضخة الحقن وعبر الرشاش وتتوقف جودة التذرية على :

١- عدد ثقوب الرشاش (غالبا محرك حقن مباشر) .

٢- الحالة الفنية لأجزاء منظومة الحقن :

(الرشاش – مضخة الحقن – مضخة التحضير - أنابيب التوصيل - المنقيات).

٣- نوعية وخصائص الوقود المستخدم .

٤- موضع الرشاش بداخل غرفة الاحتراق .

ثانياً - حركة الهواء :

لخلط الوقود بالهواء خلطاً جيداً يجب توافر عامل مهم هو تحرك الهواء في غرفة الاحتراق أثناء دخول الوقود ويحدث في معظم غرف الاحتراق حتى في أبسطها نوع من الإثارة وتقليب للهواء كاف للمحركات ذات الأسطوانات الكبيرة .

إلا أن المحركات ذات الأسطوانات الصغيرة تحتاج إلى أنواع خاصة من غرف الاحتراق بها شروط معينة يتم بواسطتها إعداد خليط من الوقود والهواء للاحتراق الكامل في فترة زمنية قصيرة .

(راجع الوحدة الثانية) .

ثالثاً - درجة الحرارة :

تتحكم كلاً من نسبة الانضغاط في المحرك وأبعاده في رفع درجة حرارة الخليط إلى الحد اللازم لاشتعاله فوراً .

رابعاً - تبخر الوقود :

يدخل وقود الديزل مندفعا إلى غرفة الاحتراق ويتناثر بداخلها على هيئة ضباب بواسطة الرشاش وهناك تتقابل ذرات الوقود مع الهواء الذي يملأ الأسطوانة والذي ارتفعت درجة حرارته نتيجة للإنضغاط إلى ٧٠٠ درجة مئوية تقريبا لذلك ترتفع درجة حرارة الوقود ويتبخر من ثم يختلط مع الهواء جيداً بالتالي يبدأ بعضه في الاشتعال الذاتي الذي يسبب مزيدا من الحرارة فتساعد بدورها على إشعال بقية الوقود المتبخر ، ولكن قبل ذلك يجب أن يتم تبخر الوقود وخلطه جيدا بالهواء ثم اشتعاله في وقت قصير جدا داخل الأسطوانة .

يسبق إشعال الوقود تحوله إلى الحالة الغازية أي تبخره ويساعد هواء الانضغاط على إمداد الوقود بالحرارة اللازمة لذلك كما ذكر سابقا إلا أنها لا تكفي وحدها لإتمام تبخره في جزء صغير من الثانية قد يصل إلى القليل من أجزاء الثانية وأحياناً إلى أجزاء من الألف من الثانية ويبدأ تبخر الوقود السائل عادة من سطحه الخارجي ومن ثم فإنه للإسراع في تبخره يجب تشتيت الوقود إلى عدد كبير من القطيرات الصغيرة جداً بغية الحصول على أكبر سطح يتعرض للحرارة كما أن هذه القطيرات يجب أن تنتشر بعيدا عن بعضها وبمساحة أكبر قدر الإمكان حتى تلامس كل قطرة منها الهواء الساخن حتى نضمن عدم تداخلها في بعضها البعض مما يعطل التبخر الكلي للوقود .

خامساً - اشتعال الوقود :

يشتعل بخار الوقود بمجرد أن يتكون الخليط وعلى ذلك يبدأ الاحتراق من السطح الخارجي لقطرة الوقود ثم يتدرج معها بعد ذلك أثناء اندفاعها خلال الهواء الساخن حيث تتحد الغازات المتكونة منها بعد تبخرها مع جزيئات الهواء القريبة منها أي أن خطوات الحقن ثم التبخر والخلط ثم الاشتعال تحدث بسرعة عالية جدا للنقط المتناثرة المفردة .

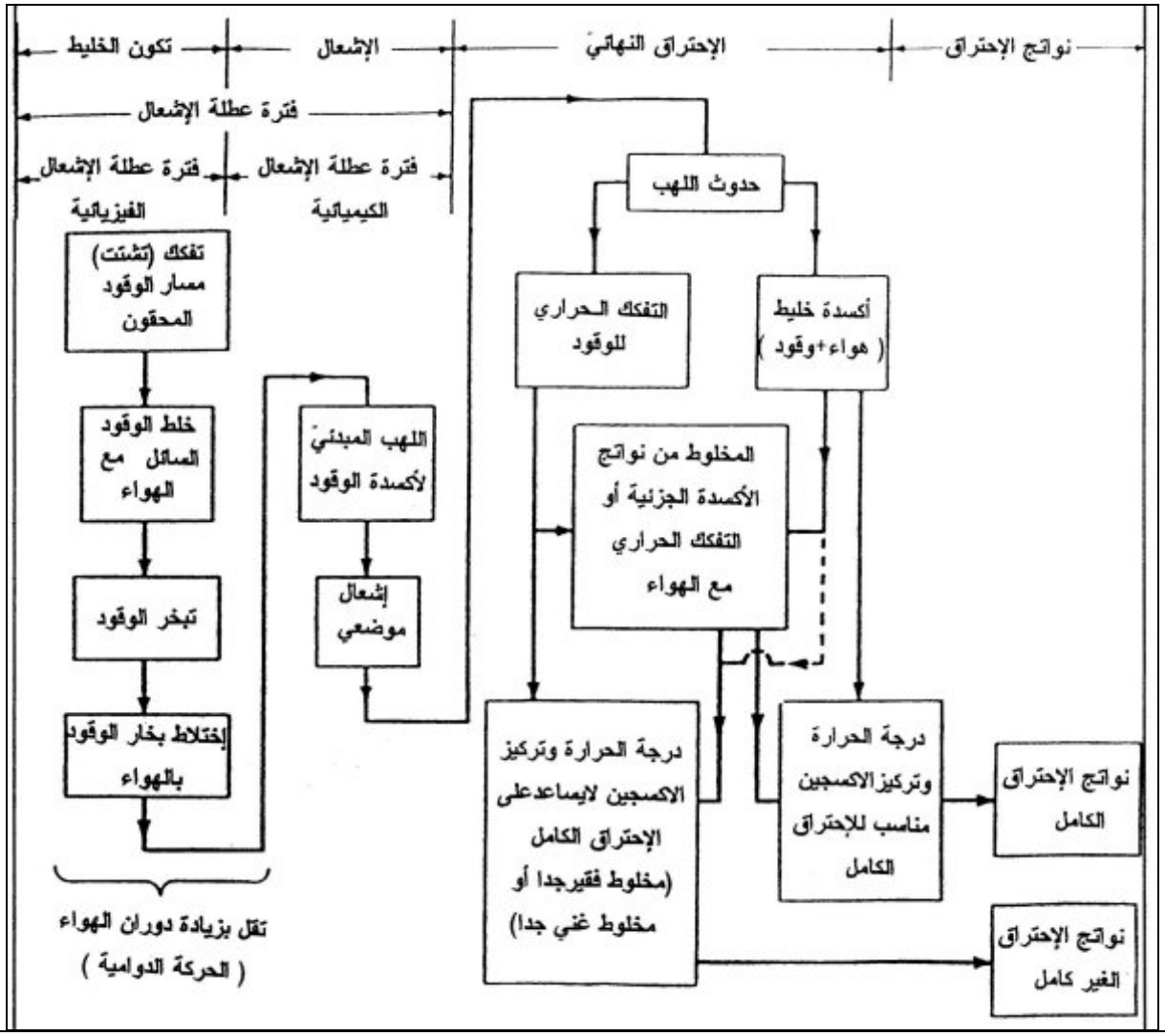
سادساً - البحث عن الأكسجين :

يستمر الاحتراق ويزيد كلما قابلت قطيرات الوقود الأكسجين النقي في طريقها وينتج عن اندفاع قطرة الوقود في سيرها تخلف الغازات المحترقة ويتعرض سطح جديد للقطرة إلى مزيد من الأكسجين فيحترق وهكذا حتى استهلاك القطرة كلها غير أن كمية الأكسجين الموجودة في الأسطوانة محدود فبتتابع اندفاع القطيرات تجد كل قطرة منها أكسجينا أقل من سابقتها ونتيجة لذلك تجد القطيرات

الواصلة في آخر فترة الحقن صعوبة في إيجاد الأكسجين اللازم للاحتراق الكامل السريع مما يسبب بطء عملية الاحتراق عند مراحلها الأخيرة .

ويبين شكل (٩) مخططاً لعملية الاحتراق لمحركات الديزل .

مخطط عملية الاحتراق في محرك الديزل



شكل (٩) مخطط عملية الاحتراق في محركات الديزل .

مراحل عملية الاحتراق في محركات الديزل

تُقسم مراحل عملية الاحتراق في محركات الديزل إلى ثلاث أو أربع مراحل أساسية هي :

أولاً : مرحلة عطلة الإشعال (فترة عطلة الإشعال):

وتعرف بأنها الفترة الزمنية بين بداية عملية الحقن و بداية عملية الاشتعال الذاتي وتقدر هذه الفترة بحوالي ٠,٠٠١ ثانية أو من ١٠ إلى ٣٠ درجة من زوايا عمود المرفق حيث يمثل هذا الوقت تحول الوقود بعد حقنه داخل غرفة الاحتراق من سائل إلى بخار ومن ثم خلطه مع الهواء أما الوقود الذي يتم حقنه بعد بدء الاشتعال فيشتعل فورا (بعد نهاية فترة عطلة الإشعال) .

العوامل التي تقلل من فترة عطلة الإشعال :

١. استخدام وقود ذو رقم سيتان مرتفع .
٢. حقن الوقود بتذرية جيدة داخل غرفة الاحتراق .
٣. ارتفاع درجة الحرارة ونسبة الانضغاط (الضغط) عند بدء الحقن .

العوامل التي تطيل فترة عطلة الإشعال :

١. استخدام وقود ذو اشتعال ذاتي بطيء .
٢. انخفاض درجة حرارة المحرك .
٣. خلط غير جيد للوقود بالهواء .
٤. دوران المحرك بسرعة اللاحمل .
٥. تقديم توقيت الحقن(حيث يحقن الوقود في حين يكون الضغط ودرجة حرارة الهواء منخفضة).

ثانياً : مرحلة الاحتراق السريع :

هي المرحلة التي تعقب مرحلة فترة عطلة الإشعال وتمتاز بالارتفاع الشديد في الضغط ودرجة الحرارة نتيجة لاشتعال مخلوط الهواء بالوقود المتكون خلال فترة عطلة الإشعال وتقدر درجة حرارة الاحتراق أثناء هذه المرحلة ١٦٠٠ درجة مئوية تقريبا والضغط إلى ٧٠ بار تقريبا .

عوامل ارتفاع الضغط خلال مرحلة الاحتراق السريع :

١- درجة حرارة اشتعال الوقود .
٢- نسبة الانضغاط (ولكن بزيادة الضغط يزداد احتمال حدوث الدق) .

العوامل التي تؤثر على خصائص مرحلة الاحتراق السريع :

١- طول فترة عطلة الإشعال .

٢- نسبة كمية حقن الوقود إلى كمية الأكسجين اللازم لإشعاله .

٣- جودة التذرير (الخلط) للوقود خلال المرحلة الأولى والثانية .

ثالثاً : مرحلة الاحتراق البطيء :

تعتمد هذه المرحلة على معدل انتشار الوقود وكمية الأكسجين المتبقي اللازم للاحتراق .

تمتاز هذه المرحلة بثبوت الضغط بسبب :

١- انخفاض معدل الاحتراق لقلة الأكسجين .

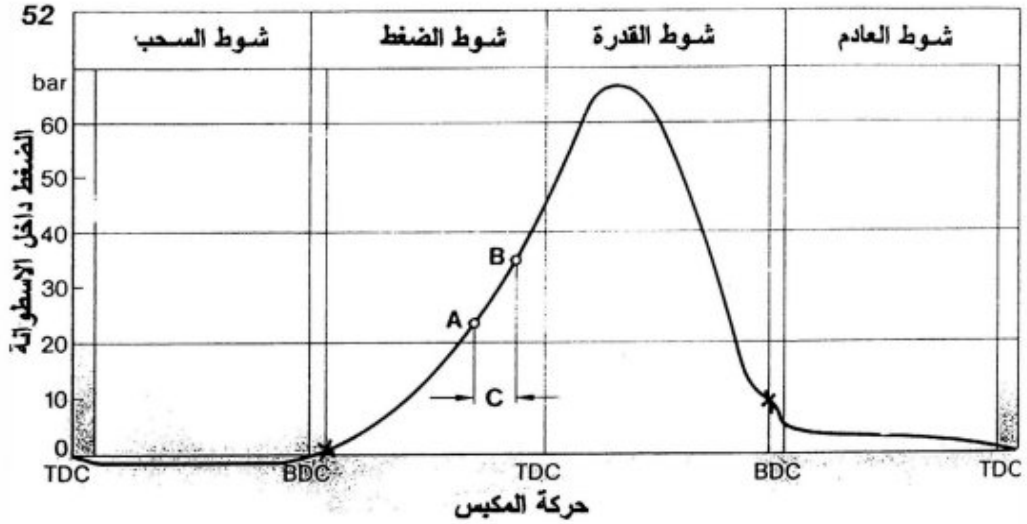
٢- انخفاض الضغط لانتهاء شوط الضغط .

رابعاً : مرحلة الاحتراق المتأخر :

وهي المرحلة الأخيرة من مراحل الاحتراق عندما يكون هنالك تأخير لتوقيت الحقن مما يسبب عدم احتراق كامل للوقود أثناء شوط التمدد فيكمل الوقود احتراقه أثناء شوط العادم

والأشكال التالية (١٠) و (١١) تبين مراحل عملية الاحتراق في محركات الديزل :

مراحل الاحتراق لمحرك ديزل خلال الأشواط الأربعة



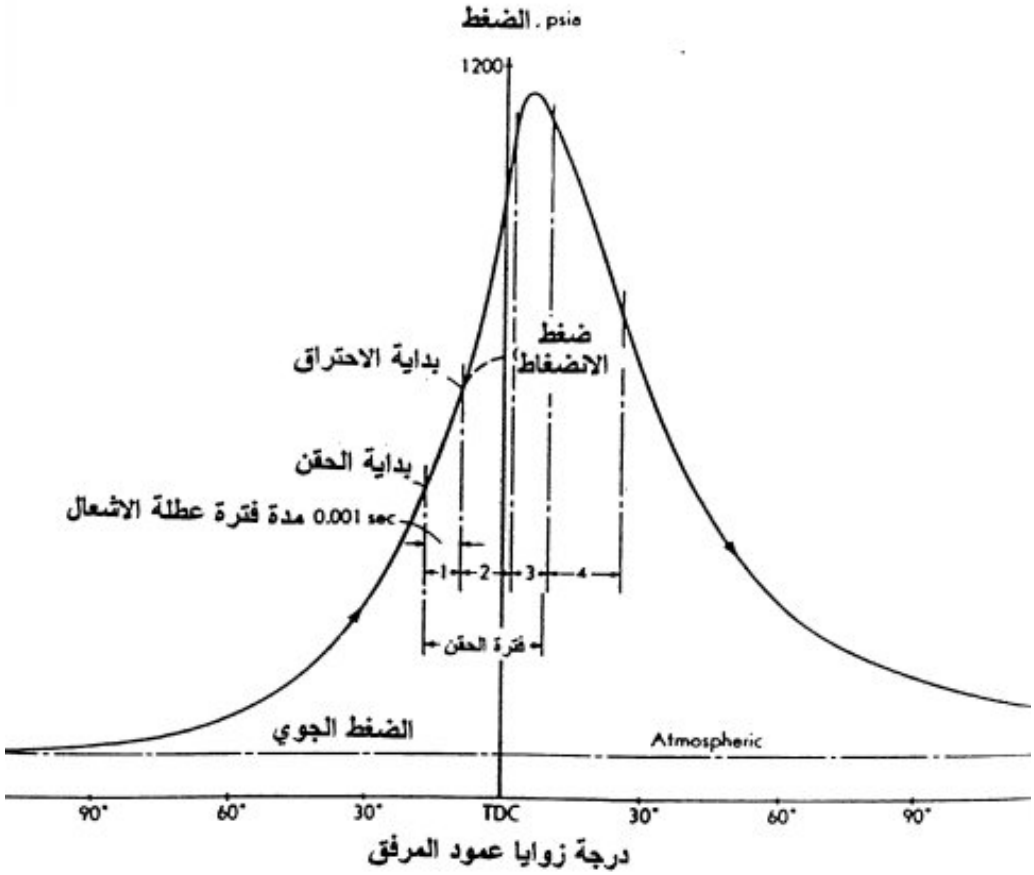
نهاية فتح صمام السحب

❖ بداية فتح صمام الحر أو العادم .

A بداية عطلة الإشعال (بداية فترة الحقن) . B بداية مرحلة الاحتراق السريع .

C فترة عطلة الإشعال . شكل (١٠)

رسم بياني لمراحل الاحتراق لمحرك ديزل خلال شوط الضغط



شكل (١١)

١ - مرحلة (فترة) عطلة الإشعال .

٢ - مرحلة الاحتراق السريع .

٣ - مرحلة الاحتراق البطيء .

٤ - مرحلة الاحتراق المتأخر .

الطرق بمحركات الديزل Diesel Engine Knock

يحدث الطرق في محركات الديزل نتيجة لطول فترة عطلة الإشعال حيث تجتمع كمية كبيرة من الوقود داخل غرفة الاحتراق ثم تشتعل فجأةً خلال فترة الاحتراق السريع بالقرب من النقطة الميتة العليا مما يؤدي إلى رفع معدل الضغط في زمن قصير جداً إلى أقصى قيمة له (زيادة ارتفاع معدل الضغط بالنسبة لزوايا عمود المرفق) فيحدث الطرق المصاحب باهتزاز وصوت يتراوح بين الرنين الدقيق والطرق المرتفع .
شكل (١٢) .

العوامل التي تؤدي إلى حدوث الطرق في محركات الديزل :

١- انخفاض درجة حرارة المحرك (تبريد زائد للأسطوانة وغرفة الاحتراق لعدم وجود حاكم حراري في أجواء باردة) .
٢- استخدام وقود ذو خاصية إشعال ذاتي منخفضة (رقم سيتان منخفض) .
٣- دوران المحرك بسرعة اللاحمل لمدة طويلة (قلة سرعة دخول الهواء تقلل جودة التذرير وبالتالي تطول فترة عطلة الإشعال) .
٤- معدل حقن كبير أثناء فترة عطلة الإشعال .
٥- تصميم غرفة الاحتراق وموضع الرشاش بها .

الأضرار التي تنتج عن حدوث الطرق في محركات الديزل :

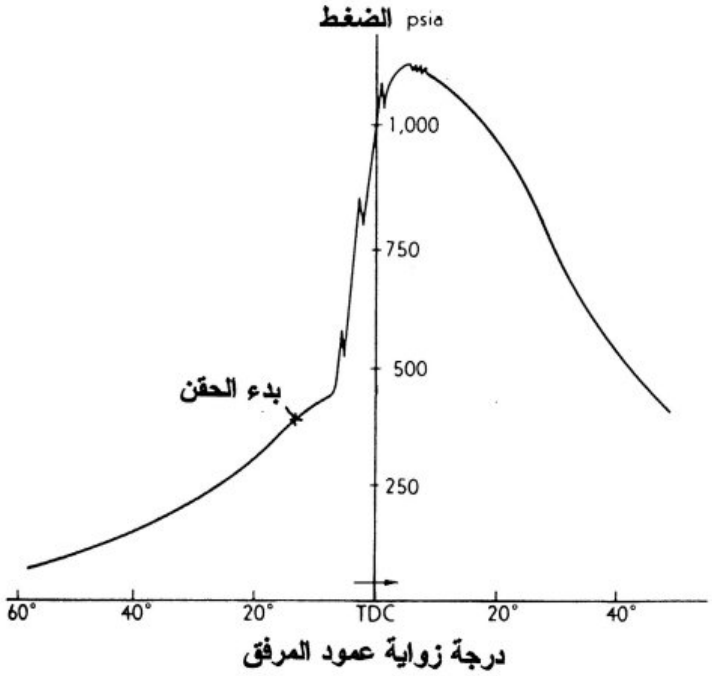
١- زيادة الإجهاد المفاجئ على مجموعة المكبس مما يسبب زيادة لخلوص بين الجزاء المتحركة (رأس المكبس - النهاية الصغرى الذراع التوصيل - استقامة ذراع التوصيل - النهاية الكبرى لذراع التوصيل - عمود المرفق) .
٢- الارتفاع المفاجئ لدرجة الحرارة بداخل غرفة الاحتراق والاسطوانة ورأس المكبس قد تؤدي إلى التصاق المكبس بجدار الأسطوانة .
٣- حل مسامير تثبيت أجزاء المحرك نتيجة لكثرة الاهتزازات .

ويمكن تجنب حدوث الدق في محركات الديزل بتقليل فترة عطلة الإشعال بالعوامل التالية :

١- استخدام وقود ذو رقم سيتان مناسب لنوع المحرك(منخفض للبطيء -عالي للمتوسط والسريع).

٢- معدل حقن منخفض عند بدء الحقن (أثناء فترة عطلة الإشعال) .

٣- درجة حرارة مناسبة لغرفة الاحتراق (المحافظة على درجة حرارة التشغيل للمحرك) .



شكل (١٢)

المنحنى البياني للعلاقة بين زيادة الضغط وزوايا عمود المرفق عند حدوث الدق .

نظام الوقود (ديزل)

غرف الاحتراق لمحركات الديزل

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الجدارة:

التعرف على غرف الاحتراق بـ وظائفها - تصنيفها - أنواعها - مميزاتها – عيوبها .

الأهداف:

عندما إكمال هذه الوحدة يكون المتدرب قادراً على :

١- معرفة تصنيف غرف الاحتراق .

٢- معرفة أنواع كل تصنيف على حدة .

٣- رسم بيانات الضغوط المختلفة بداخل غرف الاحتراق و الغرفة المسبقة .

٤- معرفة الفرق بين غرف الاحتراق من ناحية :

كيفية حدوث عملية الاحتراق بداخل الغرف – عيوب و مميزات كل غرفة احتراق .

مستوى الأداء المطلوب: أن يصل المتدرب إلى إتقان هذه الجدارة بنسبة ٨٠٪

الوقت المتوقع للتدريب: ٤ ساعات

الوسائل المساعدة:

١- جهاز عرض للصور .

٢- مجسمات لأشكال غرف الاحتراق المختلفة .

متطلبات الجدارة:

- إتقان أهداف الوحدة التدريبية الأولى.
- القدرة على تخيل عمل أجزاء المحرك الداخلية .

مقدمة :

تعتبر غرفة الاحتراق من الأجزاء المهمة و التي تحدد أداء المحرك من خلال نجاح عملية الاحتراق أو فشلها و تؤدي غرف الاحتراق هذا الدور حسب تصميم شكلها أو مكان تركيبها داخل المحرك

و خلال هذه الوحدة سوف يتم دراسة غرف الاحتراق الخاصة بمحركات الديزل و التطرق لكل ما يخص ذلك من حيث :

وظائفها - تصنيفها - أنواعها - مميزاتها – عيوبها .

و ذلك بالتعرف على أشكالها و طريقة عملها من خلال الصور و الرسومات و كذلك المجسمات المعنية .

غرف الاحتراق في محركات الديزل Combustion Chamber for Diesel Engine

في محركات الديزل يتم تجهيز خليط الهواء والوقود بداخل غرفة الاحتراق وبحسب جودة هذا الخليط يتم الاحتراق الكامل أو الاحتراق غير الكامل حيث يكون لتصميم غرفة الاحتراق دور كبير في نجاح عملية الاحتراق .

وقد ظهرت أهمية شكل غرفة الاحتراق بظهور المحركات السريعة التي تتطلب زمناً قصيراً جداً للخلط ومن ثم الاحتراق لذلك تستخدم في المحركات الصغيرة السريعة غرف احتراق معينة لإثارة الهواء بشكل يساعد على توزيع الوقود بأرجائها وخلطه بالهواء للحصول على احتراق جيد في زمن قصير يعادل أجزاء من الثانية عند السرعات العالية كما يجب أن يكون هنالك توافق بين تصميم غرفة الاحتراق في محرك ما مع نوع منظومة حقنه .

وظيفة غرفة الاحتراق في محركات الديزل :

المساهمة في تحضير شحنة الوقود تحضيراً يسهل احتراقها بالكامل ذاتياً في فترة زمنية قصيرة وبمخلفات احتراق ضئيلة مما يؤدي لزيادة قدرة المحرك وخفض استهلاك الوقود .

الشروط الواجب توفرها في غرف احتراق محركات الديزل :

١- أن تكون ذات إثارة عالية للهواء خلال شوط الضغط تساعد على إحاطة كل جزيء من بخار الوقود بغلاف من الهواء يضمن لها احتراقا كاملاً في فترة زمنية صغيرة وخصوصاً عند السرعات العالية .

٢- أن تكون مساحتها السطحية صغيرة بالنسبة لحجم فراغها لتجنب الفقد في درجة حرارة جدران الغرفة لذلك يفضل الشكل الكروي .

العوامل التي تحدد تصميم غرف الاحتراق في محركات الديزل :

١- حجم المحرك .
٢- سرعة المحرك .
٣- نوع منظومة الحقن .
٤- اعتبارات اقتصادية وبيئية .

تصنيف غرف الاحتراق

أولاً : من حيث حجم المحرك :

١- في المحركات الصغيرة تكون كمية الهواء الزائد قليلة تبعاً لأبعاد الأسطوانة والمكبس كما أن هذه المحركات غالباً ذات سرعة عالية بحيث تتطلب فترة عطلة إشعال قصيرة جداً لهذا تستخدم غرف الاحتراق المتقدمة للمساهمة في تكوين حركة للهواء تساعد في خلطه مع الوقود ومن ثم احتراقه في زمن قصير جداً .

٢- في المحركات الكبيرة ذات السرعات المنخفضة تكون كمية الهواء الزائد كبيرة وفترة عطلة الإشعال طويلة مما يسمح بزمن كافي لعملية خلط الهواء بالوقود لذلك تستخدم غرف احتراق بسيطة الإثارة .

ثانياً : من حيث منظومة الحقن :

١- الحقن الغير مباشر حيث يحقن الوقود ويحترق أولا في غرفة مبسقة لها أشكال متعددة حسب نوع المحرك .

٢- الحقن المباشر حيث يتم الحقن مباشرةً في غرفة الاحتراق .

طرق إثارة الهواء بداخل غرف الاحتراق :

حركة دورانية :

يكتسبها الهواء أثناء شوط السحب أو أثناء الضغط

(تصميم مجاري السحب شكل ١٣) .

١- حركة دوامية أو إثارة :

يكتسبها الهواء أثناء شوط الضغط بواسطة المكبس وذلك باستخدام غرفة مسبقة .

٢- إعصار (انسياب الهواء من محيط الأسطوانة إلى وسطها) :

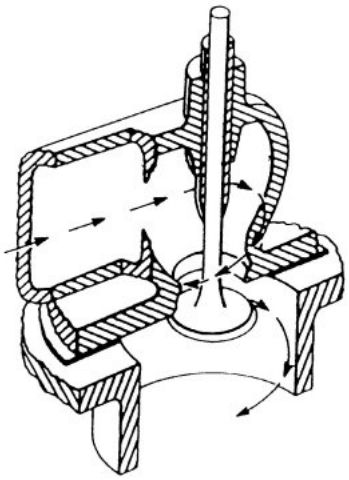
وينشأ قرب نهاية شوط الضغط وذلك يحدث عن طريق تشكيل غرفة الاحتراق على شكل تجويف كروي في المكبس وجعل حافتها عريضة تكاد تلامس رأس الأسطوانات عند النقطة الميتة العليا .

٣- إثارة تنشأ أثناء الاحتراق عن طريق :

أ) - خلية احتراق مبدئي (جزئي) .

ب) - خلية هواء .

ج) - خلية طاقة .



شكل(١٣) طرق تصميم مجاري السحب للحصول على إثارة دورانية للهواء أثناء شوط السحب

أنواع غرف الاحتراق لمحركات الديزل

أولاً : غرف ذات دوامة من الانضغاط :

١- غرفة كوميت ريكاردو .
٢- غرفة بركنز .
٣- غرفة هرقل .

ثانياً : غرف إثارة أثناء الحريق (غرف احتراق جزئي) :

١- غرف محركات بنز .
٢- غرف محركات كتربيلر .

ثالثاً : غرف خلية الهواء :

١- غرفة أكرو - بوش .
٢- غرفة أكرو .
٣- غرفة كومنز .
٤- غرف محركات م ا ن (MAN) .

رابعاً : غرف خلية الطاقة .

خامساً : غرف منبسطة (مفتوحة) :

١- غرفة منبسطة بدون دوامة .
٢- غرف منبسطة ذات مكبس طارد .
٣- غرف منبسطة ذات دوامة من الشحن .

أولاً : غرف ذات دوامة من الانضغاط Turbulent or Swirl-chamber

للحصول على حركة دوامية قوية تُقسم غرفة الاحتراق إلى قسمين :

قطاع أحدهما دائري ويتراوح حجمه بين ٥٠٪ إلى ٩٠٪ من حجم خلوص غرفة الاحتراق (شكل١٤)

ويكون دخول الهواء أثناء شوط الضغط عبر ممر يعرَّف بالعنق فتنشأ عن ذلك دوامة قوية تصل فيها سرعة الهواء إلى٢٥٠ متر في الثانية .

ويحقن الوقود برشاش ذو ثقب بضغط منخفض نسبياً يتراوح بين ٨٠ إلى ١٢٠ بار

ويكون اتجاه رذاذ الوقود في نفس اتجاه حركة الهواء .

(حقن الوقود في نفس اتجاه حركة الهواء أفضل لعملية الخلط من حقن الوقود بعكس اتجاه الوقود لأن الهواء في الحالة الأولى يحمل الوقود بعيداً عن الرشاش مما يساعد على الخلط والتوزيع بأنحاء غرفة الإحتراق) .

ويستخدم رشاش ذو ثقبين :

أحدهما باتجاه حركة الهواء .

والآخر عكس اتجاه حركة الهواء للجمع بين نظام الحقن المباشر وغير المباشر .

ملاحظة :

تصمم الغرف الدوامية بحيث يسوء تبريد العنق فيساعد عنق الغرفة الساخن على رفع درجة حرارة الهواء عند انسيابه خلاله أثناء شوط الضغط ولزيادة درجة حرارة العنق مع زيادة السرعة فإن فترة عطلة الإشعال تقل .

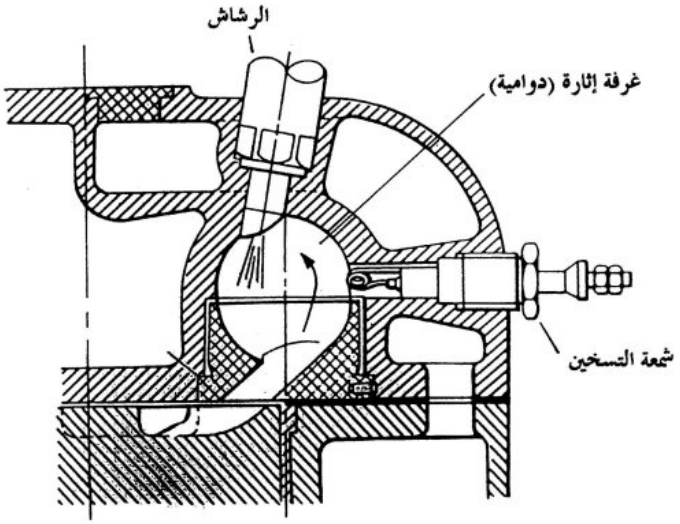
و في ما يلي عرض لبعض غرفة الإثارة أو الداومية

غرفة كوميت ريكاردو :

شكل (١٤) يوضح غرفة إثارة لمحرك إشعال بالضغط من نوع كوميت ريكاردو .

ويلاحظ : وجود خلوص صغير بين نصف الغرفة السفلي وجدار غطاء الأسطوانات حيث يعمل الهواء في هذا الخلوص كعازل حراري فيسوء تبريد جدار الغرفة .

وترتفع درجة حرارة الغرفة وعنقها مما يؤدي إلى تقليل فترة عطلة الإشعال وهذا يقلل من أهمية تعديل درجة الحقن عند تغير السرعة .



شكل (١٤) يبين غرفة إثارة نوع كوميت ريكاردو.

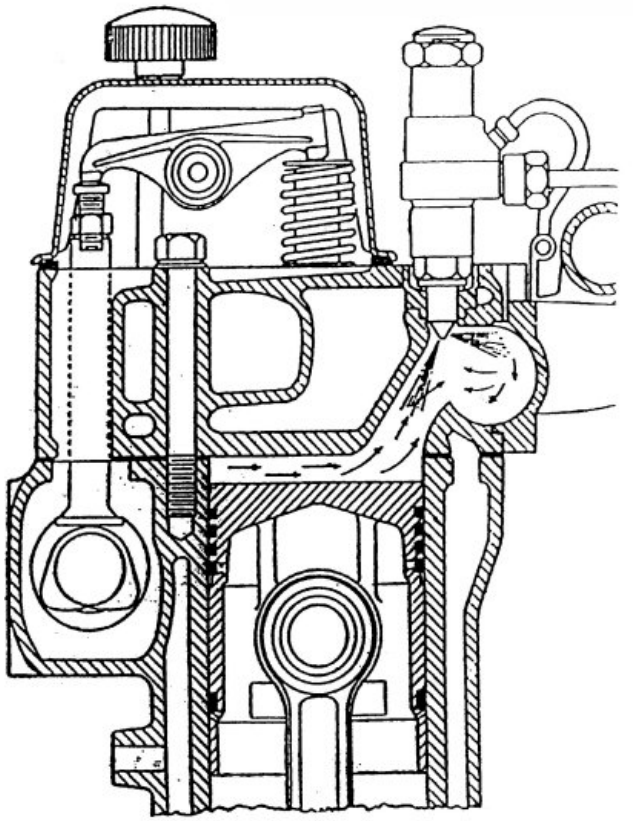
غرفة بركنز :

شكل(١٥) يبين غرفة إثارة لمحرك بركنز .

(محرك بريطاني الصنع يستخدم على نطاق واسع في أغراض النقل) ويلاحظ :

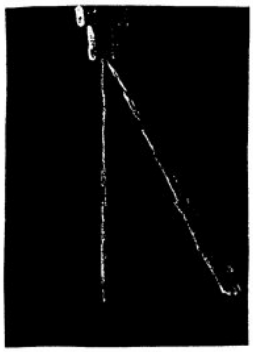
١- يحقن الوقود إلى غرفة الاحتراق بواسطة رشاش ذي ثقبين أحدهما صغير (مساعد للثقب الرئيسي) موجة نحو عنق الغرفة في إتجاه مضاد لحركة الهواء والآخر موجه في نفس اتجاه حركة الهواء مما ساعد في سهولة بدء الدوران خصوصاً وأن كمية الحقن تكون كبيرة في هذا الاتجاه عند البدء وقد يتوقف الثقب المساعد بعد بدء الدوران لارتفاع ضغط الحقن .

٢- هذا النظام يجمع بين مزايا غرف الحقن المباشر وغرف الحقن غير المباشر .شكل (١٦) يبين تصميم ثقوب الرشاش .



شكل (١٥) غرفة احتراق نوع بركنز.

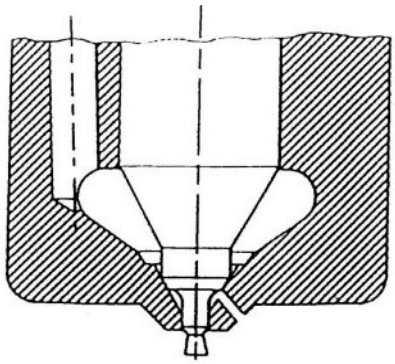
بدء الحقن



بعد دوران المحرك

بدء الحقن بعد دوران المحرك

حقن الوقود عند بدء الدوران والحقن بعد الدوران



شكل (١٦) يبين كيفية تصميم ثقوب الرشاش

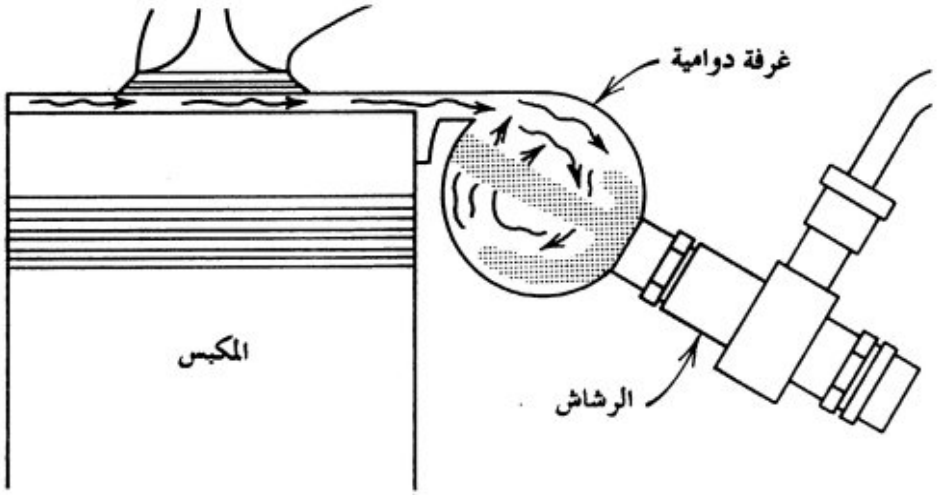
غرفة هرقل :

تتكون غرفة هرقل للاحتراق من غرفة كروية الشكل في كتلة الأسطوانات شكل (١٧) و يلاحظ في تصميم هذه الغرف :

١- يُترك خلوص صغير جداً بين جدار الغرفة الكروية وجدار الأسطوانة وذلك لتسخين الغرفة مما يؤدي إلى قصر فترة عطلة الإشعال .

٢- يُصمم مشوار المكبس بحيث يحجب جزء من رأس المكبس جزئاً من عنق الغرفة فيؤدي إلى زيادة سرعة الهواء الداخل إلى غرفة الاحتراق .

وتبلغ سرعة حركة الهواء الدائرية بداخل الغرفة حوالي ضعف سرعة دوران المحرك بخمسين مرة عندما يكون المكبس قبل النقطة الميتة العليا بـ ١٠ درجات تقريباً ، كما يتم الحقن عند أقصى فترة إثارة برشاش ذي ثقوب متعددة وفي إتجاه عمودي على دوامة الهواء وبضغط حقن يبلغ ١١٥ بار .



شكل (١٧) غرفة احتراق نوع هرقل

مميزات غرف الإثارة (الدوامية) :

١ - يناسب هذا النوع من الغرف المحركات الصغيرة السريعة .

٢ - يستخدم رشاش ذو ثقب واحد أو ثقبين حيث تقوم حركة الهواء الدوامية بتوزيع الوقود وخلطه ولا يخشى من انسداده لأن رأس إبرة الرشاش تقوم بتنظيف الثقب تلقائياً لهذا لا يُحبذ استخدام رشاش ذو ثقوب متعددة .

٣ - تكون فترة عطلة الإشعال ثابتة تقريباً بالدرجات لهذا فإن المحركات المجهزة بهذه الغرف ليست حساسة لنوع الوقود ومن الممكن استخدام وقود ذي رقم سيتان منخفض كما يمكن عدم تغير زاوية تقديم الحقن .

٤ - يشيع استخدام غرف الإثارة في محركات الجر السريعة لارتفاع قدرتها النوعية .

٥ - تغني الإثارة العالية في المحركات ذات غرف الإثارة عن استخدام ضغوط عالية .

عيوب غرف الإثارة (الدوامية):

١ - تقل كفاءة المحرك ويزيد معدل استهلاكه النوعي للوقود بحوالي ١٠٪ إلى ١٥٪ عن غرف المفتوحة في محركات الحقن المباشر للأسباب التالية :

أ) زيادة ضاع الحرارة بالتبريد بسبب زيادة نسبة مساحة سطح الغرفة إلى حجمها .

ب) مرور نواتج الاحتراق عبر عنق الغرفة فتفقد شيئاً من حرارتها.

٢ - ارتفاع الشغل السالب للمكبس خلال شوط الضغط بسبب ضيق عنق الغرفة .

٣ - صعوبة بدء الإدارة لهذا تستخدم شمعة تسخين أو زيادة نسبة الانضغاط عند بدء الإدارة بواسطة تقليل حجم الغرفة بذارع خاصة بذلك مما يؤدي إلى رفعها من ١٥ إلى ١٩ تقريباً .

ثانياً : غرف الإثارة أثناء الحريق Per combustion chambers (**غرف احتراق جزئي**)

تتكون من غرفة صغيرة يتراوح حجمها بين ٢٥٪ إلى ٤٠٪ من حجم غرفة الاحتراق شكل (١٨) و تتصل بفراغ الأسطوانة بواسطة ثقب أو عدة ثقوب صغيرة ، ويتم حقن الوقود في الغرفة الجزئية قبل النقطة الميتة العليا بدرجات معينة بواسطة رشاش ذي ثقب واحد أو ذي ثقوب متعددة.

ويتم الاحتراق جزئياً في الغرفة الجزئية بسبب قلة كمية الأكسجين بها إلا إن هذا الاحتراق يؤدي إلى اندفاع نواتج الاحتراق إلى فراغ الأسطوانة عبر الثقوب ليكمل بقية الاحتراق مسبباً ضغطاً على رأس المكبس أثناء شوط القدرة .

كما يلاحظ في عمل الغرف الجزئية :

١- ضغط الهواء في الأسطوانة خلال شوط الضغط يفوق الضغط داخل الغرفة الجزئية مما ييسر دخول الهواء إلى الغرفة .

٢- ضغط نواتج الاحتراق الجزئي في الغرفة الجزئية عند نزول المكبس بعد النقطة الميتة العليا يفوق الضغط في الأسطوانة مما يؤدي إلى اندفاع هذه النواتج من الغرفة إلى الاسطوانة ليكمل احتراقه يلاحظ تشابه عمل غرفة الاحتراق الجزئي و عمل غرفة الاحتراق ذات الإثارة (الدوامية) .

إلا إنه يوجد اختلاف جذري في تصميم وعمل الغرفتين منها :

١- تشغل غرفة الاحتراق الجزئي حوالي ثلث حجم غرفة الاحتراق بينما تكاد غرفة الإثارة تشغل حجم غرفة الاحتراق ككل في بعض الأنواع .

٢- مساحة الثقوب (العنق) الموصل بين الغرفة الجزئية والاسطوانة يقل كثيراً عن مساحة عنق غرفة الإثارة المتصل بفراغ الأسطوانة .

٣- يتم احتراق جزئي للوقود بداخل الغرفة الجزئية ويكمل بقية الاحتراق بفراغ الاسطوانة بينما يتم الاحتراق بغرفة الإثارة بداخلها .

بعض أنواع المحركات التي تزود بغرف احتراق جزئي :

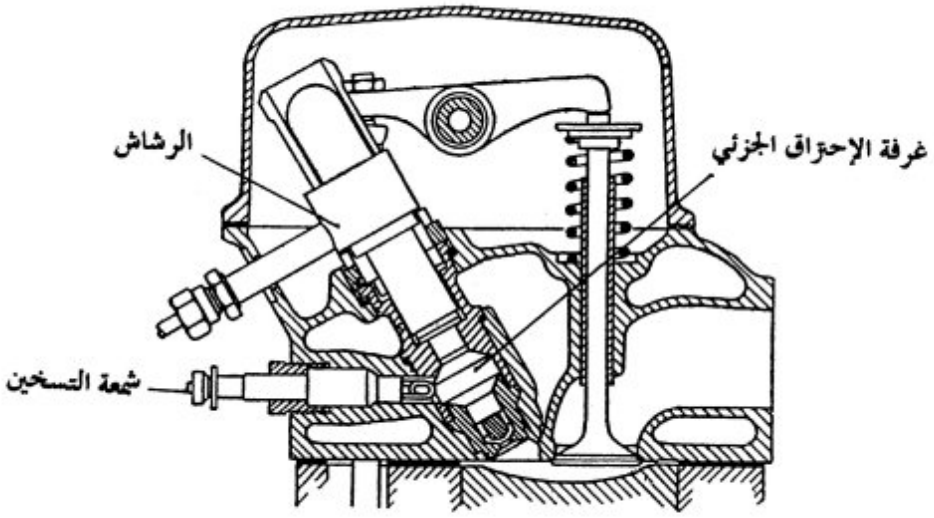
غرف محرك مرسيدس بنز :

يوضح شكل (١٨) غرفة احتراق جزئي لمحرك نوع مر سيدس ويلاحظ أن:

١- الغرفة وضعت على جانب الأسطوانة وأن محورها يميل ٣٠ درجة مع محور الأسطوانة .

٢- يتم الحقن بواسطة رشاش ذي عدة ثقوب كما وضعت شمعة التسخين بحيث يلامس قطبها رذاذ الوقود المحقون لرفع درجة حرارته عند بدء الإدارة .

وتصنع محركات مرسيدس ذات غرف احتراق جزئي من ست اسطوانات إلى أثنتي عشرة أسطوانة لأغراض النقل للشاحنات والقطارات وتصل قدرة بعضها إلى ٥٠٠حصان .



شكل (١٨) غرفة محرك مرسيدس بنز

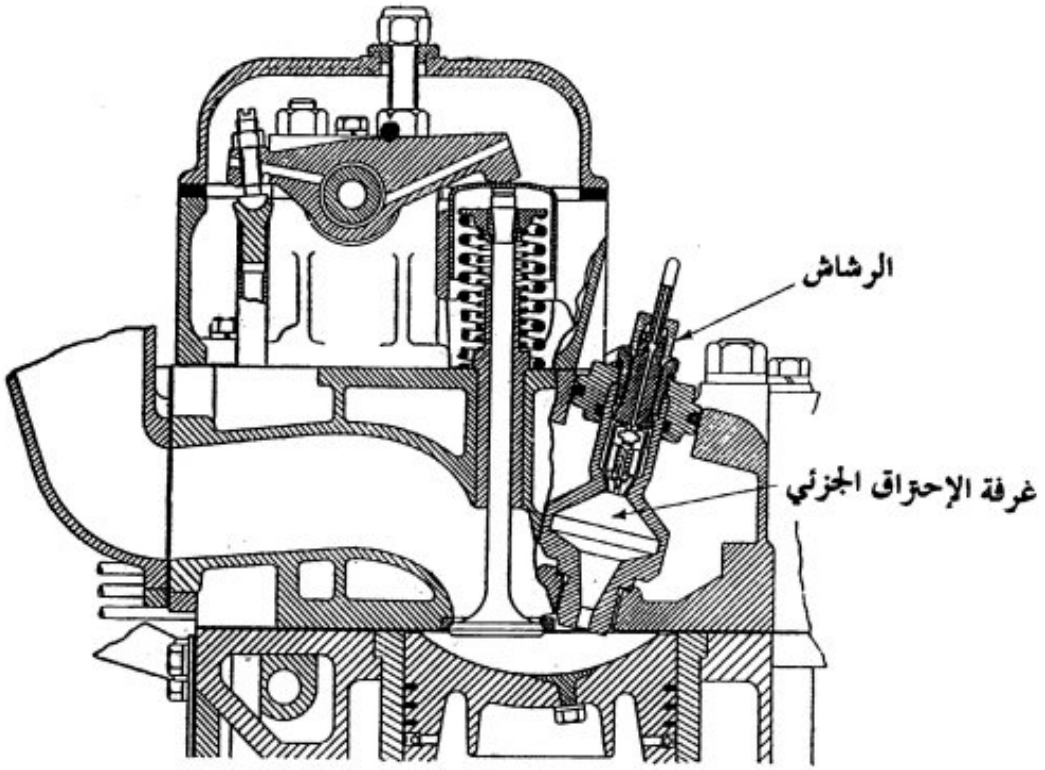
غرفة محرك كتربلر :

شكل (١٩) يبين غرفة احتراق جزئي لمحرك كتربلر الأمريكي الذي يستخدم بكثرة في مجال الجرارات الزراعية و يُستخدم رشاش ذو ثقب واحد لحقن الوقود كتالي :

١- يحقن الوقود على شكل رذاذ عميق النفاذ ويكون بدء الاحتراق عند فوهة الغرفة الجزئية

٢- ارتفاع الضغط بالغرفة عند الاحتراق يؤدي إلى طرد وقود محترق جزئياً بسبب سوء التذرية .

٣- يكمل الوقود المحترق جزئياً احتراقه بسهولة عند اختلاطه بالهواء الموجود بالاسطوانة .



شكل (١٩) غرفة محرك كتربيلر

مميزات غرف الاحتراق الجزئي :

١ - يمكن استخدام وقود ذي رقم سيتان منخفض للأسباب التالية :

أ) ارتفاع درجة حرارة جدران الغرفة وخاصة فوهتها إلى تقصير فترة عطلة الإشعال .

ب) يتم الاحتراق جزئياً بداخل الغرفة الجزئية

٢ - ليس هنالك أهمية لجودة تذر ير الوقود لأن انتشار الاحتراق يعتمد على قذف الوقود المحترق جزئياً وتوزيعه بالاسطوانة عبر شكل فوهة الغرفة لهذا يستخدم رشاش ذو ثقب واحد في أغلب هذه المحركات .

٣ - تستخدم ضغوط منخفضة تتراوح بين ٦٠ بار إلى ١٠٠ بار .

٤ - يشاع استخدام الغرف الجزئية في المحركات الصغيرة .

عيوب غرف الاحتراق الجزئية :

١ - انخفاض كفاءة المحركات المزودة بغرف الاحتراق الجزئي ويزيد استهلاكها النوعي من الوقود بحوالي ١٠٪ إلى ١٢٪ عنه في محركات الحقن المباشر وذلك بسبب :

أ) ارتفاع ضائع الحرارة بالتبريد بسبب ارتفاع نسبة السطح إلى الحجم .

ب) زيادة الشغل السالب للمكبس .

جـ) اكتمال الاحتراق متأخراً في الأسطوانة خلال شوط التمدد ويستمر الاحتراق في بعض المحركات إلى ٤٠ درجة من درجات عمود المرفق عقب النقطة الميتة العليا وتزداد هذه الدرجة مع ازدياد السرعة .

٢ - استخدام وسائل مساعدة لبدء الدوران في الأجواء الباردة .

ثالثاً: غرف ذات خلية الهواء Air cell-chamber

يتم تصميم غرفة خلية الهواء في رأس المكبس أو في رأس الأسطوانات .

وتتصل الغرفة بالاسطوانة عبر فوهة ضيقة و يتراوح حجم غرفة الخلية بين ٥٠٪ إلى ٧٠٪ من حجم غرفة الاحتراق .

تتلخص طريقة الحقن والاحتراق في غرف خلية الهواء كالتالي :

١- يُدفع الهواء خلال شوط الضغط من فراغ الأسطوانة إلى غرفة الخلية .

٢- يُحقن الوقود مباشرة في غرفة الاحتراق عبر رشاش ذي ثقب أو عدة ثقوب .

٣- يحترق الوقود بداخل غرفة الاحتراق .

٤- يقل الضغط بغرفة الاحتراق نتيجة نزول المكبس بعد النقطة الميتة العليا فيؤدي إلى اندفاع الهواء من غرفة الخلية إلى فراغ الأسطوانة مما يساهم في اكتمال الاحتراق .

و فيما يلي عرض لبعض تصميمات هذه النوع من الغرف :

عرض لبعض غرف خلية الهواء

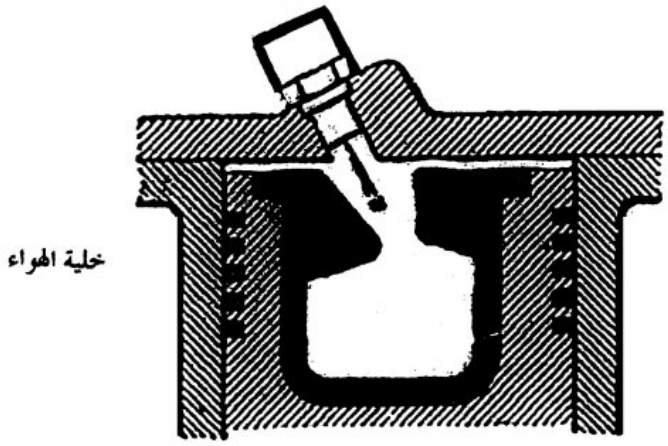
غرفة أكرو - بوش :

تصمم غرفة خلية الهواء بالمكبس شكل (٢٠) وتشغل نسبة كبيرة من حجم غرفة الاحتراق تبلغ حوالي ٧٠٪ ويلاحظ في غرفة أكرو -بوش ما يلي :

١-يحقن الوقود في اتجاه فوهة خلية الهواء إلا أنه لا يصل داخلها لضعف حقن الوقود .

٢-يبدأ الاحتراق عند فوهة غرفة خلية الهواء .

٣-يندفع الوقود من خلية الهواء في بدء شوط التمدد إلى الأسطوانة فيعمل على إثارة نواتج الاحتراق ومن ثم اكتمال احتراق الوقود المتبقي .



شكل (٢٠) يبين شكل غرفة أكرو - بوش

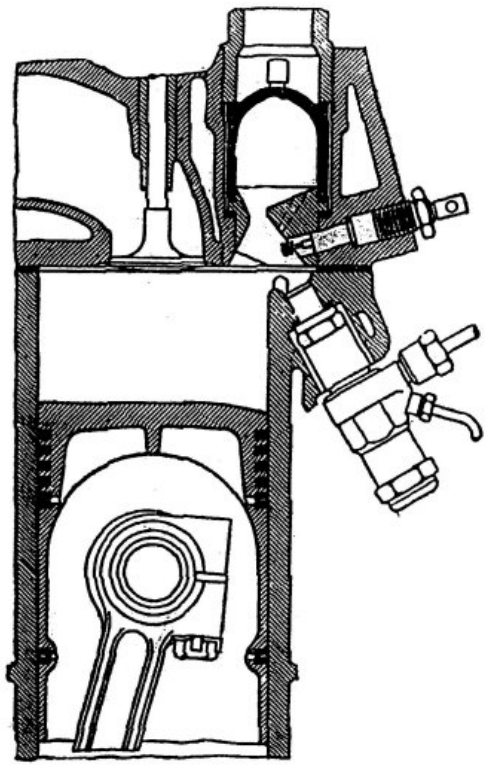
غرفة أكرو :

يبين شكل (٢١) غرفة أكرو ويلاحظ بها :

١- أن حجم غرفة الخلية بالنسبة لحجم غرفة الاحتراق يقترب من غرفة أكرو -بوش إلا أن وضع غرفة الخلية في غطاء الأسطوانات وهذا يجنب المكبس من التعرض للاجتهادات الحرارية

٢- حقن الوقود عن طريق رشاش ذي ثقب واحد في اتجاه فوهة غرفة الخلية .

٣- وجود شمعة تسخين للمساعدة في بدء الحركة ووضعت بحيث يلامس قطبها رذاذ الوقود المحقون .



شكل (٢١) يبين غرفة أكرو

غرفة كومنز :

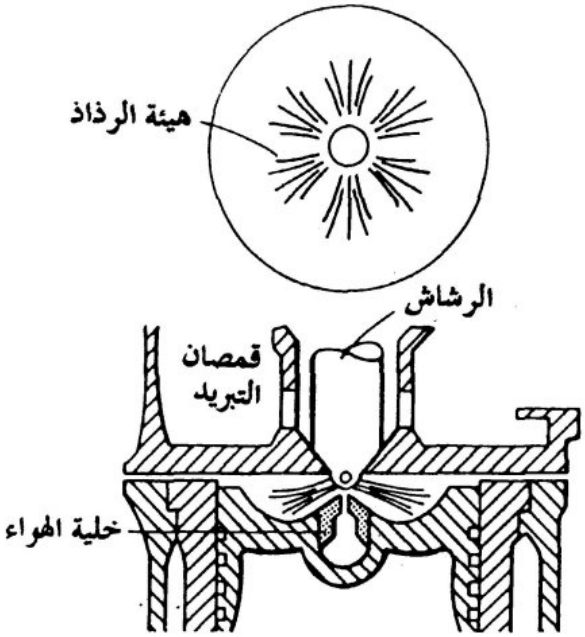
يبين شكل (٢٢) غرفة احتراق لمحرك كومنز الأمريكي الصنع ويلاحظ بها ما يلي :

١- حجم غرفة خلية الهواء بالنسبة إلى غرفة الاحتراق صغير جداً يتراوح بين ٥٪ إلى ١٠٪ .

٢- أداء هذه الغرفة مقارب لأداء غرف الحقن المباشر بسبب صغر حجم خلية الهواء .

٣- يحقن الوقود إلى غرفة الاحتراق عبر رشاش ذي ثقوب تتراوح من ٦ إلى ٧ ثقوب .

٤- الهواء المندفع من غرفة الخلية يكاد لا يؤثر على عملية الاحتراق لضعف الإثارة الناتجة إلا أن أهمية الهواء المندفع تكمن في إزالته للوقود المتبقي على ثقوب الرشاش فيساعد في عدم تكون رواسب كربونية على رأس الرشاش .



شكل (٢٢) غرفة احتراق لمحرك كومنز

غرفة محرك إم . ا . إن (MAN) :

يبين شكل (٢٣) غرفة خلية هواء من نوع إم.ا.إن ويلاحظ بها ما يلي :

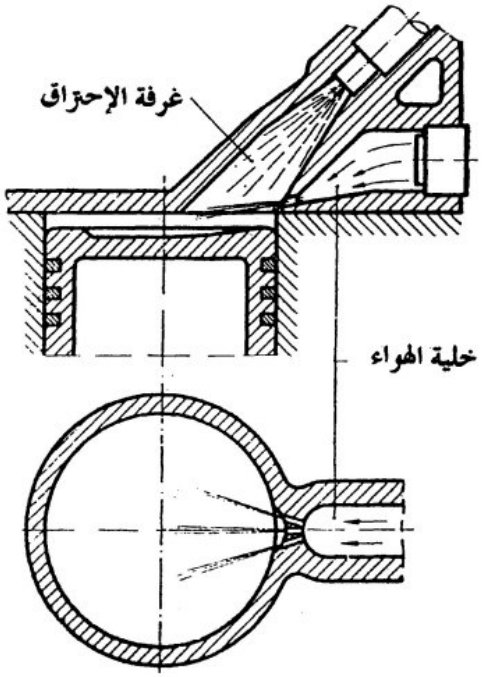
١-وضعت غرفة خلية الهواء أفقياً مع الأسطوانة مما يُمكن من استخدام صمامات سحب كبيرة وهي ميزة مطلوبة في المحركات السريعة .

٢-شكل غرفة الاحتراق على هيئة بوق (مخروطية الشكل) .

٣-يحقن الوقود في غرفة الاحتراق عبر رشاش ذي ثقوب متعددة .

٤-يندفع الهواء أفقياً من غرفة الإثارة عبر ثلاثة ثقوب إلى غرفة الاحتراق والاسطوانة نتيجة لزيادة حجم الأسطوانة بعد نزول المكبس أثناء شوط التمدد مما يساعد في احتراق كامل ولون عادم صاف عند الأحمال الكبيرة .

٥-لا يستخدم شمعة تسخين في المحركات المزودة بغرف خلية هواء نوع أم .ا.إن (MAN)



شكل (٢٣) يبين شكل غرفة محرك إم .ا.إن -MAN

رابعاً : غرف خلية الطاقة Energy cell-chambers

تسمى غرفة خلية الطاقة لانوفا (Lanova) وتُنتج محركات لانوفا لاستخدامها في السيارات وللأغراض البحرية في الولايات المتحدة الأمريكية ويفوق إنتاج المحركات المزودة بغرف احتراق ذات خلية الطاقة المحركات المزودة بغرف احتراق ذات خلية الهواء وذلك لجمعها لمميزات وخواص غرف خلية الهواء وغرف الاحتراق الجزئي ويلاحظ بغرف الاحتراق ذات خلية الطاقة شكل (٢٤) :

١- تتكون من غرفتين :

أ - الأولى صغيرة في مواجهة الرشاش وتسمى غرفة خلية الطاقة ويبلغ حجمها من ١٠٪إلى١٨٪ من حجم غرفة الاحتراق . ب - الثانية أكبر حجماً وتسمى غرفة خلية الهواء.

٢- يفصل بين الغرفتين فوهة ضيقة وتتصل الغرفتين بغرفة الاحتراق والاسطوانة عبر فوهة أخرى ضيقة

٣- يحقن الوقود عبر رشاش ذي ثقوب بضغط يتراوح بين ١٠٠ بار و١٤٠ بار تقريباً .

٤- يدخل وقود إلى غرفة خلية الطاقة بنسبة ٦٠٪ من الوقود المحقون (يساعد الهواء المضغوط قبيل نهاية شوط الانضغاط على حمل الوقود إلى داخل غرفة خلية الطاقة).

٥- يبدأ احتراق الوقود في غرفة الاحتراق بين الرشاش ومدخل غرفة خلية الطاقة .

(يبدأ الاحتراق هنا بسبب ارتفاع درجة حرارة الهواء نتيجة بعد هذه المنطقة عن مجاري مياه التبريد) .

٦- يمتد الاحتراق إلى داخل غرفة خلية الطاقة ويرتفع الضغط وينحصر بها .

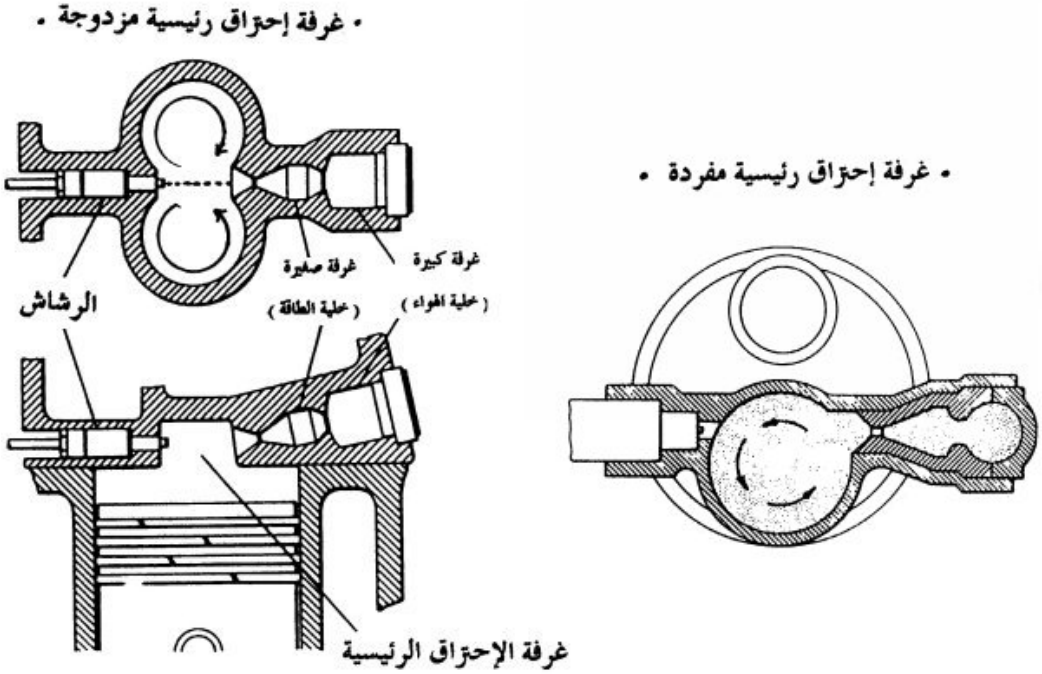
٧- تندفع نواتج الاحتراق من غرفة خلية الطاقة إلى غرفة الاحتراق فتقابل النتوء الموجود بالفوهة فتنقسم إلى دوامتين تدوران بسرعة عالية جداً وفي اتجاهين متضادين داخل غرفة الاحتراق .

٨- تعمل هاتان الدوامتان على خلق إثارة تؤدي إلى توزيع الوقود غير المحترق والتعجيل بإحراقه .

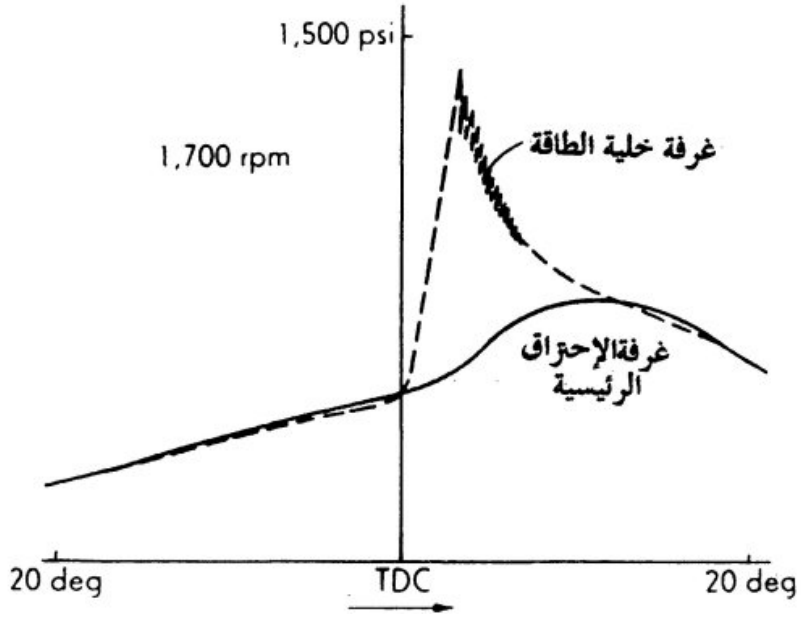
٩- نتيجة لهذه الإثارة ولكبر حجم الفراغ بالاسطوانة لنزول المكبس بعد النقطة الميتة العليا يندفع الهواء

من غرفة خلية الهواء عبر غرفة خلية الطاقة إلى فراغ الأسطوانة فيدفع بقايا نوتج الاحتراق بغرفة خلية الطاقة إلى فراغ الأسطوانة مكملاً حرق ما تبقى من الوقود .

١٠- ضيق فوهتي خليتيّ الهواء والطاقة يسبب سرعة الهواء ونواتج الاحتراق خلالهما كما يسبب إطالة مدة التفريغ منهما .



شكل (٢٤) يبين غرفة خلية الطاقة



شكل (٢٥)

يبين المنحنى البياني للضغط وزوايا عمود المفرق

فرق الضغط لكل من غرفة الاحتراق وغرفة خلية الطاقة.

مميزات الغرف ذات الخلية (الهواء - الطاقة)

١- الحد من الارتفاع السريع في الضغط وخاصة في خلية الطاقة وذلك لوجود جزء من هواء الشحنة داخل الخلية ولحدوث الإثارة في الأسطوانة متأخراً مما يؤدي إلى إدارة لينة عند الأحمال والسرعات العالية .

٢- يمكن استخدام نسب ضئيلة للهواء الزائد وخاصة بغرف خلية الطاقة بسبب الإثارة العالية بها .

٣- استخدام ضغط حقن منخفض من ١٠٠ بار إلى ١٤٠ بار .

٤- نسب انضغاط منخفضة من ١٤ إلى ١٦ .

٥- يوجد في بعض تصميمات غرف خلية الطاقة صمام خاص يحرك عند بدء الإدارة لعزل خلية الهواء عن بقية حجم الخلوص مما يعمل على رفع نسبة الانضغاط وبدء دوران المحرك بسهولة .

عيوب الغرف ذات الخلية (الهواء - الطاقة)

١- انخفاض كفاءتها الفعالة بسبب تأخر الاحتراق .

٢- ارتفاع الاستهلاك النوعي للوقود بسبب ارتفاع نسبة الوقود للهواء .

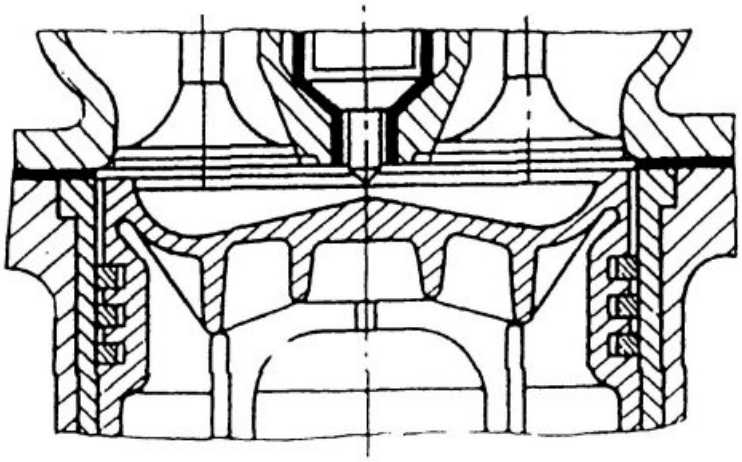
خامساً : الغرف المنبسطة (المفتوحة) Open combustion chambers

١- غرف منبسطة (مفتوحة) بدون دوامة :

تتكون هذه الغرف من جزء واحد متصل وتستخدم تحديداً في المحركات ذات ضغط الهواء حيث يتكفل الهواء المضغوط بتوزيع الوقود ويستعان على التذرير برفع ضغط الحقن إلى ٣٠٠ بار وعلى توزيع الوقود بتعدد ثقوب الرشاش وتتخذ غرفة الاحتراق شكلاً يتناسب مع وضع الرشاش ويلاحظ في هذه الغرف شكل (٢٦) :

أ - رأس المكبس يكون مقعراً وذلك حتى يحول دون وصول الوقود إلى جدران الاسطوانة والتسرب إلى علبة عمود المرفق عبر حلقات المكبس مما يؤدي إلى تخفيف زيت التزييت .

ب - نسبة الهواء الزائد يصل إلى ٤٠٪ عند الحمل الكامل لتعويض عدم تجانس الخليط بسبب ضعف حركة الهواء .



شكل (٢٦) غرفة احتراق منبسطة (مفتوحة) بدون دوامة

مميزات غرف الاحتراق المنبسطة بدون دوامة :

أ - انخفاض الفقد في التبريد بسبب :

١- انخفاض درجات حرارة الدورة .

٢- ضعف حركة الهواء .

٣- انخفاض نسبة سطح غرفة الاحتراق إلى حجمها .

ب - الاستهلاك النوعي للوقود يقل بحوالي ١٥٪ عن المحركات ذات الغرف الأخرى .

جـ - يفضل استخدام هذا النوع من الغرف في المحركات الكبيرة التي تعمل لفترات طويلة لأهمية اقتصاد الوقود .

عيوب الغرف المنبسطة بدون دوامة :

١- يستخدم رشاش ذي ثقوب متعددة لانعدام حركة الهواء .

٢- يركب رشاش الحقن في مركز متوسط لغرفة الاحتراق مما يؤدي إلى الحد من مساحة فتحات الصمامات .

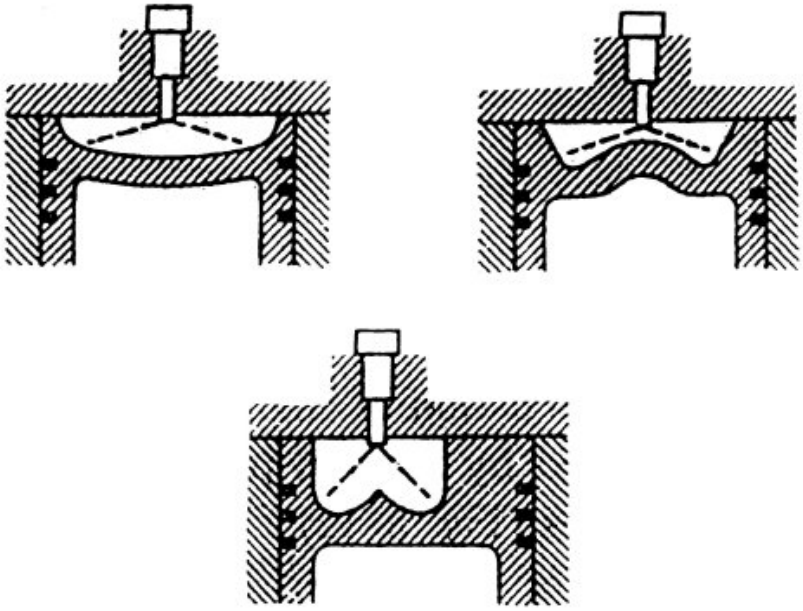
٣- ضغوط حقن مرتفعة تؤدي إلى :

أ - قدرة عالية لدوران المضخة .

ب - عمر افتراضي أقل لمضخة الحقن .

جـ - احتمال حدوث تنقيط من الرشاش عند حدوث أقل تآكل لإبرة الرشاش .

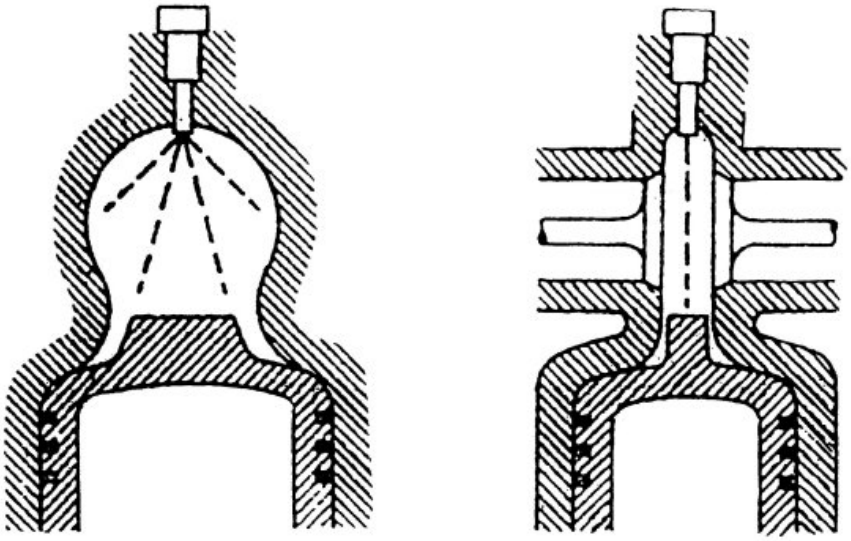
٤- عدم وجود أي وسيلة مساعدة لتقصير فترة عطلة الإشعال مما يؤدي لاستخدام وقود ذي رقم سيتان مرتفع .



نماذج مختلفة لغرف احتراق منبسطة بدون دوامة

٢ - غرف منبسطة (مفتوحة) ذات مكبس طارد :

تكون غرفة الاحتراق بين صمامي السحب والعادم تتكون بها إثارة الهواء أثناء شوط الضغط عند دخول المكبس في العنق بين الأسطوانة وغرفة الاحتراق . شكل (٢٧)



شكل (٢٧) غرفة احتراق ذات مكبس طارد

٣ - غرف منبسطة (كروية) ذات دوامة من الشحن :

في هذه الغرف يتم الحصول على إثارة الهواء (حركة دوامية) عن طريق تصميم مجاري السحب على شكل حلزوني كما هو مبين في شكل (١١) .

ويمكن زيادة الحركة الدوامية بعمل تجويف برأس المكبس على شكل شبه كروي - شكل (٢٨) - أو شكل (٢٩) .

عام ١٩٥٤م ابتكرت شركة ام .أ.إن MAN غرفة احتراق شكل (٢٨) مهدت السبيل لتطوير غرف الاحتراق الأخرى نظراً للنتائج الإيجابية التي أظهرتها المحركات التي تزود بهذه الغرف وكانت الفكرة في اختيار اتجاه حقن الوقود داخل الشكل الكروي متوافقاً مع حركة الهواء الدوامية مما يساهم في احتراق جيد .

ويلاحظ في هذه الغرف :

المرحلة الأولى :

١ - الحقن برشاش ذي ثقبين قطر كل منهما ٠,٤ مم وبضغط ١٧٥ بار .

٢ - يختلط ٥٪ من رذاذ الوقود المحقون بالهواء الذي يدور في غرفة الاحتراق بسرعة ١٠٠ متر في الثانية (يكتسب الهواء السرعة وحركة الدوران من شكل مجاري السحب الحلزونية) وهي تكفي لبدء الاحتراق.

المرحلة الثانية :

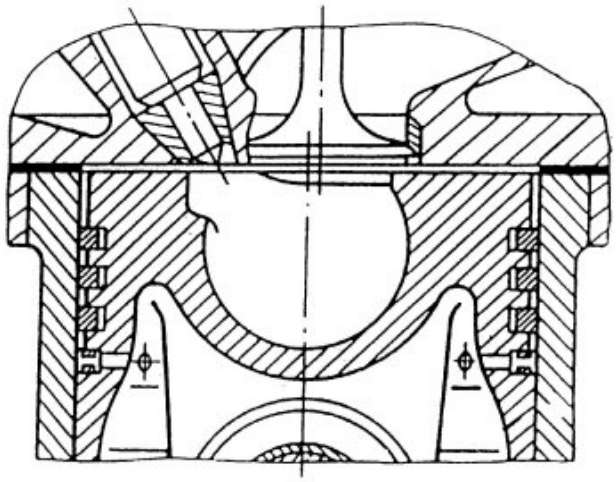
٣ - بقية الوقود المحقون ينتشر على سطح غرفة الاحتراق الكروي ولابد من تبخره ثم احتراقه لهذا تستغرق المرحلة الثانية للاحتراق وقتاً أطول من المرحلة الأولى إذ لا يتوقف معدل الاحتراق على رقم السيتان للوقود بل على معدل كسح حركة الهواء الدوامية لأبخرة الوقود الملتصق بجدار الغرفة .

مزايا غرف الاحتراق المنبسطة ذات دوامة من الشحن

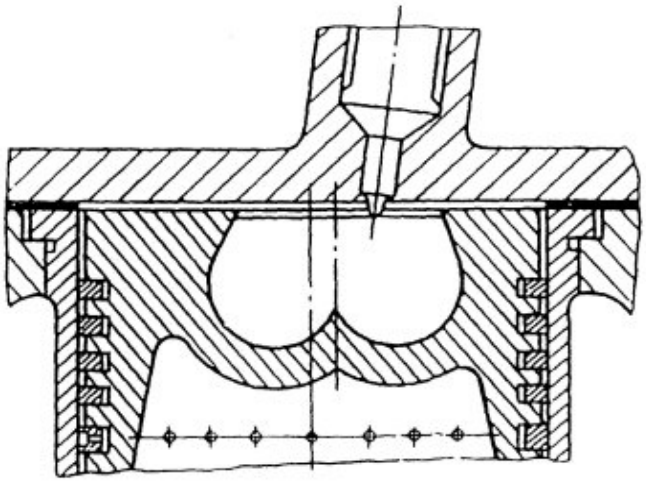
١- استخدام أي نوع من الوقود بصرف النظر عن رقم السيتان .

٢- استهلاك وقود أقل من الغرف الأخرى .

أما العيوب فهي تكاد لا تذكر .



شكل (٢٨) غرفة احتراق محرك MAN



شكل (٢٩) غرفة احتراق ذات تجويفين

جدول مقارنة بين أنواع غرف احتراق محركات الديزل من حيث :

نوع غرفة الاحتراق	موقع غرفة الاحتراق	حقن الوقود بالرشاش	موقع حدوث الاحتراق	ملاحظة
١ - غرفة ذات دوامة (دوامية):	خارج الأسطوانة: بكتلة الاسطوانات. أو بغطاء الاسطوانات.	بداخل غرفة الإثارة .	بداخل غرفة الإثارة .	- - - - - - -
٢ - غرف إثارة أثناء الحريق (غرف احتراق جزئي):	خارج الأسطوانة : بغطاء الاسطوانات	بداخل غرفة الاحتراق الجزئي .	بداخل غرفة الاحتراق الجزئي وفراغ الاسطوانة	- - - - - - -
٣ - غرف خلية الهواء	بكتلة المكبس أو بغطاء الاسطوانات.	بغرفة الاحتراق الرئيسية	بغرفة الاحتراق الرئيسية	قد تستخدم مع غرف ذات دوامة أو غرف احتراق جزئي .
٤ - غرف خلية الطاقة	بغطاء الاسطوانات مقابل للرشاش .	بغرفة الاحتراق الرئيسية وخلية الطاقة.	بغرفة الاحتراق الرئيسية وغرفة الطاقة.	- - - - - - -
٥ -غرف منبسطة (مفتوحة) :	برأس المكبس (غرفة احتراق رئيسية).	بداخل غرفة الاحتراق الرئيسية .	بداخل غرفة الاحتراق الرئيسية .	- - - - - - -

نظام الوقود (ديزل)

منظومات حقن الديزل

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الجدارة:

١- معرفة تصنيف منظومات حقن الديزل و نوع كل صنف .

٢- اسم وعمل كل أجزاء المنظومة المساعدة .

الأهداف:

عند إكمال هذه الوحدة يكون المتدرب قادراً على :

١- معرفة أصناف منظومات حقن الديزل و أنواع كل صنف .

٢- معرفة الفرق بين كل نوع من حيث عمله و أجزاؤه ..

٣- معرفة عمل كل جزء في منظومة الحق و أنواعها

مستوى الأداء المطلوب: أن يصل المتدرب إلى إتقان هذه الجدارة بنسبة ٩٠٪

الوقت المتوقع للتدريب: ٤ ساعات

الوسائل المساعدة:

جهاز لعرض شرائح الصور و الجداول .

متطلبات الجدارة:

- إتقان أهداف الوحدة التدريبية الأولى.
- إتقان أهداف الوحدة التدريبية الثانية.
- معرفة أشكال و أماكن أجزاء المنظومات من خلال مشاهدتها بالورشة .

مقدمة

لإمداد محرك الديزل بالوقود يحتاج لأنظمة معينة تعمل بشروط دقيقة الأداء حتى يتمكن محرك الديزل من العمل بطريقة تؤدي للحصول على قدرة جيدة و استهلاك أقل بالوقود و بالتالي نواتج احتراق قليلة .

و خلال هذه الوحدة سيتم دراسة أنظمة حقن الديزل من حيث :

أهميتها - طريقة عملها – تصنيفها - أنواعها - مقارنة بين كل منها .

و كذلك دراسة مفصلة عن الأجزاء الأساسية التي يجب أن يحتويها كل نظام .

أنظمة حقن وقود الديزل

DIESEL FUEL INJECTOR SYSTEMS

تقوم أنظمة حقن الوقود في محركات الديزل بإمداد المحرك بالوقود اللازم لأداء عمله وذلك حسب الشروط والمتطلبات حتى تؤدي هذه الأنظمة عملها بدقة مما ينعكس على أداء المحرك وبالتالي القدرة الناتجة عنه وهذه الشروط هي :

أولا :

يجب أن تكون منظومة الحقن مصنعة بحيث تعمل على نفس المحرك ليتناسب ذلك مع :

١ - نسبة الانضغاط للمحرك .

٢ - قدرة المحرك اللازمة لتدوير مضخة الحقن الرئيسية .

ثانياً:

حقن وقود بكمية معينة حسب ما صُمم له المحرك ليتناسب ذلك مع :

١ - سعة المحرك .

٢ -كمية الهواء الداخلة في شوط السحب .

٣ - ظروف تشغيل المحرك المختلفة .

على أن تكون كمية الوقود المحقونة لكل أسطوانة متساوية وهذا يضمن :

١ - اتزان لدوران المحرك .

٢ - سرعة دوران منتظمة .

ثالثاً :

حقن الوقود بتوقيت معين يتناسب ذلك مع :

١ - درجات عمود مرفق المحرك .

٢ - سرعة المحرك وعند الأحمال المختلفة .

حيث يؤدي تقديم توقيت الحقن إلى :

١ - طول فترة عطلة الاشتعال

(لانخفاض نسبة الانضغاط وبالتالي انخفاض درجة حرارة الهواء)

وهذا يؤدي لتجمع الوقود ومن ثم اشتعاله فجأة محدثاً طرقاً كما تقدم دراسته .

٢ - ضوضاء وارتفاع الاجتهادات الميكانيكية .

٣ - فقد في قدرة المحرك .

ويؤدي تأخير الحقن إلى :

١ - تأخر احتراق الوقود إلى ما بعد نزول المكبس من النقطة الميتة العليا وقد يستمر الاحتراق حتى فتح صمام العادم في نهاية شوط التمدد .

٢ - استهلاك أكثر للوقود .

٣ - ظهور دخان مرئي في العادم .

٤ - زيادة حرارة العادم .

رابعاً :

تنظيم معدل الحقن حيث يلزم حقن معدل وقود عند بدء الحقن يتناسب وسرعة وتصميم المحرك أثناء فترة عطلة الاشتعال كما درس سابقاً ويمكن تحقيق ذلك بتصميم كامات عمود مضخة الحقن شكل (١) أو بتصميم ثقوب الرشاش .

ويمكن تحقيق جميع الشروط السابقة بواسطة ضبط أجزاء منظومة الحقن ومن ثم تركيبها بطريقة تتوافق مع المحرك الخاص بها .

خامساً :

تذرية وتوزيع الوقود المحقون داخل غرف الاحتراق وذلك بواسطة الرشاش على أن يحقق ما يلي:

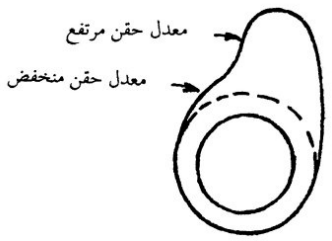
١ - ضغط حقن معين حسب ضغط المحرك .

٢ - توافق تذرية وتوزيع الوقود حسب تصميم غرفة الاحتراق .

كما يتحتم أن تحتوي منظومة حقن الديزل على تجهيزات مساعدة مثل :

١ - تجهيزة تقديم توقيت الحقن للمحركات السريعة .

٢ - تجهيزة تنظيم كمية الحقن .



شكل (١) يبين كيفية تصميم كامة عمود المضخة للتحكم في معدل الحقن .

٤- تصنيف أنظمة حقن الديزل

CLASSIFICATION OF DIESEL INJECTION SYSTEMS

تتوفر عدة أنواع لأنظمة حقن الديزل للمحرك يمكن تقسيمها حسب نوع المحرك المستخدمة به أو الشركة المصنعة النظام حقن ما أو طريقة عملها .

أنواع أنظمة حقن الديزل :

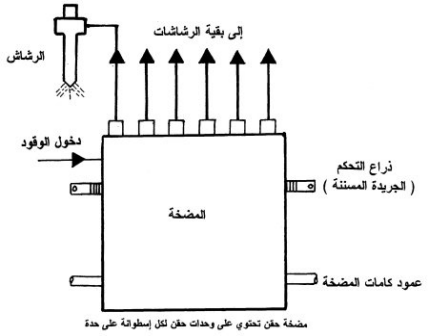
١ - نظام حقن الديزل بمضخة مستقيمة (شكل٢) In-line pump system .

٢ - نظام حقن الديزل بمضخة دوارة (شكل٣) The distributor pump system .

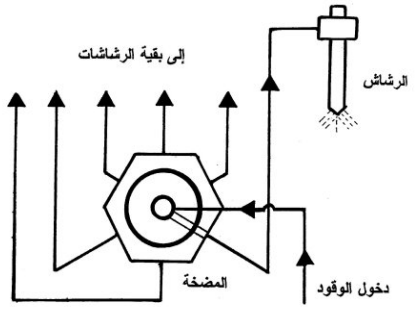
٣ - نظام حقن الديزل بوحدة حقن (شكل٤) The unit injector fuel system .

٤ - نظام حقن الديزل بخط مشترك (شكل٥) Common rail system .

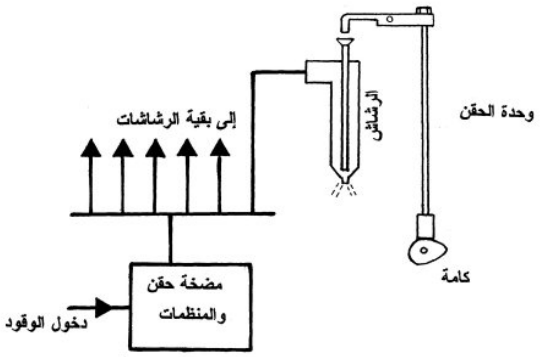
٥ - نظام حقن وقود الديزل بتحكم كهربي كامل شكل(٦) Electronic Diesel Control.



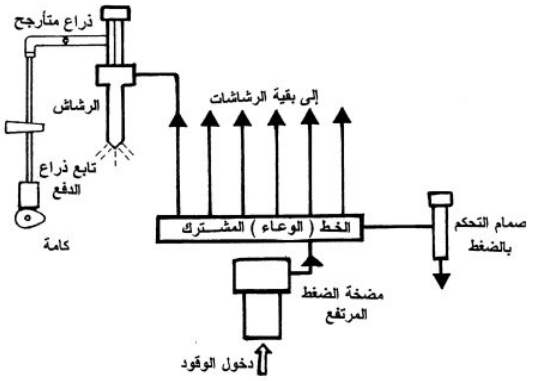
شكل (٢) مخطط مبسط لنظام حقن ديزل بمضخة مستقيمة



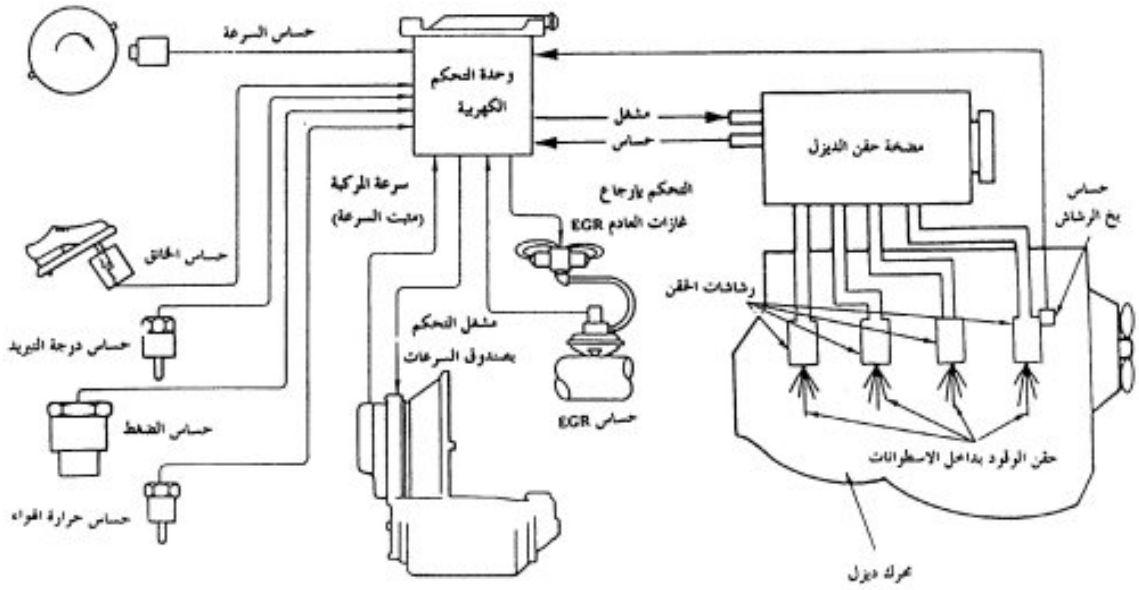
شكل (٣) مخطط مبسط نظام حقن ديزل بمضخة حقن دوارة .



شكل (٤) مخطط مبسط نظام حقن ديزل بوحدة حقن منفصلة .



شكل (٥) مخطط مبسط نظام حقن ديزل بخط مشترك .



شكل (٦) مخطط مبسط نظام حقن ديزل بتحكم كهربي .

٥- مقارنة بين أنظمة حقن وقود الديزل

Comparison of Fuel Injection Systems

النظام	ضغط الوقود	كمية الحقن	توقيت الحقن	ملاحظات
١ - المضخة المستقيمة :	عن طريق المضخة	عن طريق المضخة	عن طريق المضخة	تحتوي على وحدة حقن لكل اسطوانة.
٢ - المضخة الدوارة :	عن طريق المضخة	عن طريق المضخة	عن طريق المضخة	تعتبر مضخة مفردة يقوم المكبس بتوزيع الوقود للاسطوانات
٣ - وحدة حقن :	عن طريق الرشاش	عن طريق المضخة	عن طريق الرشاش	- - - - - - - - - -
٤ -الخط المشترك:	عن طريق المضخة	عن طريق الرشاش	عن طريق الرشاش	- - - - - - - - - -
٥ - تحكم كهربي :	عن طريق المضخة	تحكم كهربي حسب ظروف التشغيل .	تحكم كهربي حسب ظروف التشغيل .	يعمل بواسطة دوائر كهربائية (إلكترونية) مغلقة .

٦- الأجزاء الأساسية لأنظمة حقن الديزل

٧- ١ - خزان الوقود Fuel tank :

وظيفته :

الاحتفاظ بوقود الديزل الذي يحتاجه المحرك للسير عدة كيلومترات معينة حسب سعته.

مواصفاته :

ا) أن يصنع من مادة لا تتفاعل مع مركبات وقود الديزل .

ب) أن يكون المعدن المصنَّع منه قوياً .

ج) أن يحتوي على حواجز .

د) لابد من احتوائه على منقي مبدئي عند فوهة دخول الديزل .

هـ) أن يوجد به فتحة لمعادلة الضغط الجوي .

و) أن تكون سعته بعدد لترات من الوقود مناسبة لنوع استخدام المركبة .

٢ - أنابيب توصيل الوقود Fuel lines (أنابيب الضغط المنخفض - أنابيب الضغط العالي) :

وظيفتها :

توصيل الوقود إلى الأجزاء المختلفة في الدورة .

مواصفاتها :

ا) أن تكون مرنة لتحمل الاهتزازات .

ب) مصنوعة من مادة لا تتفاعل مع مركبات الديزل .

ج) ذات أطوال وأقطار مناسبة حسب وضعها بالدورة .

د) مصنوعة من مادة متينة لتحمل الضغط (لأنابيب الضغط العالي) .

هـ) ذات نهايات جيدة للأحكام .

٣ - **المنقيات** Filters:

وظيفتها :

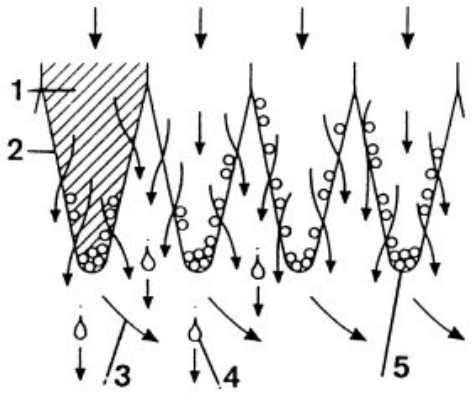
تنقية الوقود من الشوائب و الأتربة والمياه وتركب إما مفردة أو مزدوجة متوالية لزيادة تنظيف الوقود شكل (٧) يبين كيفية حجز عنصر التنقية للأتربة والمياه المختلطة بالوقود.

مواصفاتها :

أ) أن تكون ذات قدرة عالية لتنقية الوقود (يصل قطر فتحات التنقية إلى ٠,٠٠١ مم) .

ب) أن تحتوي على فتحة استئصال الهواء الزائد .

ج) يصنع الجسم الخارجي من معدن يتحمل الصدمات .



شكل (٧) يبين كيفية حجز أو فصل الشوائب والماء بواسطة المنقي

١ - حجز الأتربة .

٢ - عنصر التنقية .

٣ - سريان الوقود إلى الأنابيب.

٤ - سقوط الماء إلى غرفة تجميع الماء.

٥ - ترسب الشوائب والماء خلف عنصر التنقية .

وهناك عدة أنواع لمنقي وقود الديزل منها :

١ - منقي بسيط : لا يحتوي على أي تجهيزه مساعدة .

٢ - منقي بغرفة تجميع الماء مزود بصمام لتفريغ الماء .

كما تزود بعض منقيات الوقود في بعض أنظمة الحقن بتجهيزات إضافة مثل :

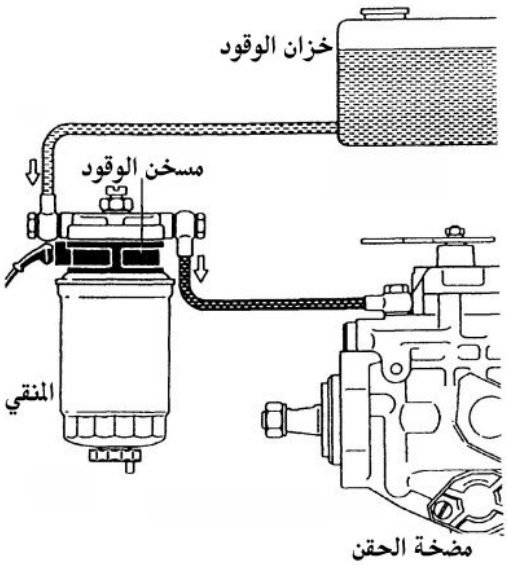
أ) مُسخن الوقود :

ويعمل على المحافظة على حرارة الوقود المنساب خلاله والذاهب إلى المضخة الرئيسية ويبدأ عمله عند درجة حرارة +٥ درجة مئوية ويقفل عند +١٥ درجة مئوية ويركب المسخن في الجزء العلوي للمنقي شكل (٨) يتحكم بذلك مقاومة حرارية PTC.

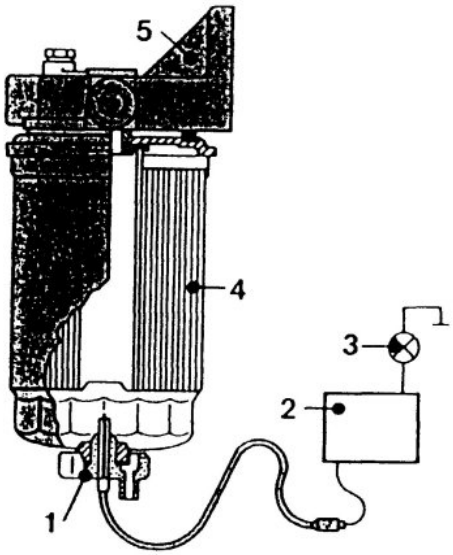
ب) مُبين مستوى الماء الكهربي :

وهذه التجهيزية خاصة بالمنقي المزود بغرفة لتجميع الماء بعد فصله عن الوقود وعند عدم تفريغ الماء لمدة طويلة نوعاً ما فإن مصباح التحذير يضيء أمام السائق لتنبيهه لتفريغ الماء عبر صمام التفريغ بالمنقي .

شكل (٩)



شكل (٨)



شكل (٩)

١ - صمام التفريغ وحساس القياس.

٢ - وحدة التحكم . ٣ - مصباح بيان. ٤ - المنقي.

٥ - جزء تثبيت المنقي .

٤ - الرشاشات Nozzles:

وظيفتها :

تقوم باستقبال الديزل المضغوط من المضخة الرئيسية على شكل سائل ومن ثم تحويله إلى غاز وذلك لضمان اختلاط الهواء المضغوط مع الوقود بداخل غرفة الاحتراق للحصول على احتراق جيد.

مواصفاتها :

أ) أن يكون مصمماً لنوع المحرك ونوعية منظومة الحقن.

ب) أن تصنع أسطوانة الإبرة و الإبرة من سبائك فولاذية عالية الجودة حتى تتحمل الضغط العالي ولكي تعمر طويلا .

أنواعها :

١ - رشاش لمحرك ديزل مباشر الحقن Hole-type nozzle
(يحقن الرشاش الوقود بغرفة الاحتراق مباشرة).

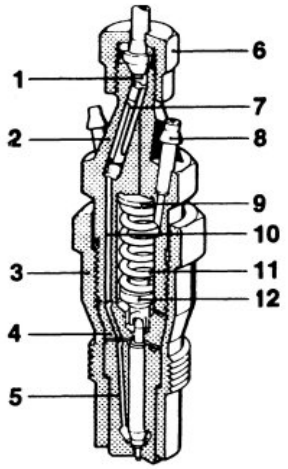
٢ - رشاش لمحرك ديزل غير مباشر Pintle nozzle
(يحقن الرشاش الوقود بغرفة مبدئية أولاً).

شكل (١٠) يبين أجزاء الرشاش .

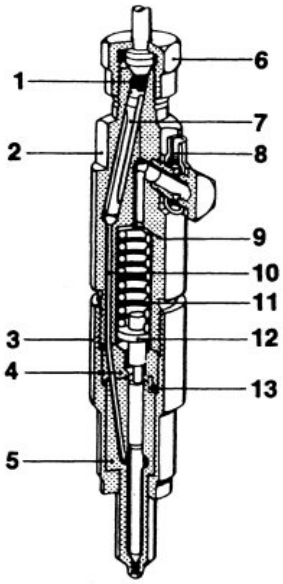
مقارنة بين رشاش مباشر ورشاش غير مباشر

رشاش غير مباشر	رشاش مباشر
يحتاج إلى شمعة تسخين .	لا يحتاج إلى شمعة تسخين .
ضغطه يصل إلى ١٣٠بار تقريبا.	بين ١٨٠ بار إلى ٣٠٠ بار أو اكثر .
حجمه صغيربالنسبةللرشاش المباشر.	حجمه أكبر.
يوجد برأسه ثقب واحد .	يوجد برأسه من ٣ إلى ٩ ثقوب أو أكثر.
يستخدم في السيارات الصغيرة .	يستخدم في السيارات الكبيرة والصغيرة حديثاً

أجزاء الرشاش الداخلية



رشاش غير مباشر



رشاش مباشر

١ - مجرى دخول الديزل المضغوط .
٢ - جسم جزء الرشاش العلوي
٣ - جسم جزء الرشاش السفلي .
٤ - قاعدة التوصيل .
٥ - اسطوانة الرشاش .
٦ - صامولة الشد لأنابيب التوصيل .
٧ - منقي .
٨ - فتحة خروج الوقود الفائض.
٩ - وردة الضغط .
١٠ - مجري دخول الديزل.
١١ - نابض الرشاش.
١٢ - صمام الضغط وقاعدة ارتكاز للنابض الإبرة .

شكل (١٠) يبين قطاع لأجزاء الرشاش

تنقسم رشاشات الحقن المباشر إلى نوعين هما :

١ - رشاش ذو ثقب نفاث Through a hole-type nozzle شكل (١١).

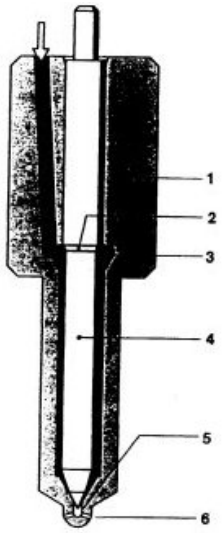
٢ - رشاش ذو ثقب نفاث مُبرد Through a cooled hole-type nozzle شكل (١٢).

وتنقسم رشاشات الحقن غير المباشر إلى نوعين هما :

أولاً :١ - رشاش ذو إبرة نفاثة Through a pintle nozzle شكل (١٣) .

٢ - رشاش ذو إبرة خنق Throttling-pintle nozzle شكل (١٤) .

ثانياً : رشاش لنظام حقن الديزل كهربياً شكل (١٧) .



١ - جسم الرشاش .

٢ - حلقة الضغط المخروطية .

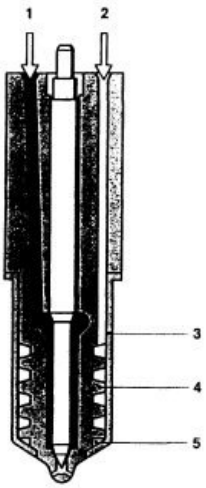
٣ - غرفة الضغط .

٤ - إبرة الرشاش .

٥ - مقعد إبرة الرشاش .

٦ - ثقوب الرشاش .

شكل (١١) رشاش ذو ثقب نفاث



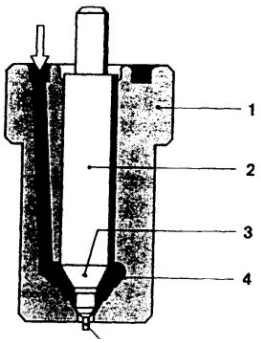
١ - دخول الوقود .

٢ -دخول الهواء .

٣ -قمصان التبريد .

٤ - ريش (زعانف) التبريد .

شكل (١٢) رشاش ذو ثقب نفاث مبرد



شكل (١٣) رشاش ذو إبرة نفاثة

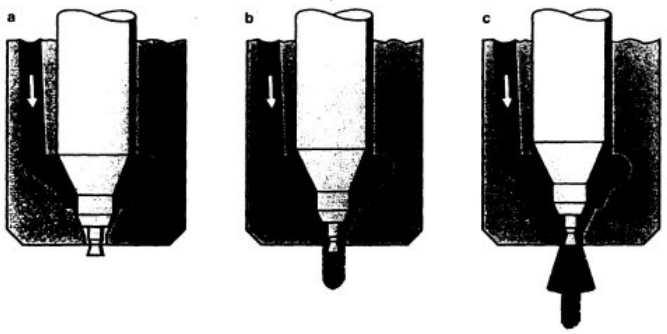
١ - جسم الرشاش .

٢ - إبرة الرشاش .

٣ - حلقة الضغط المخروطية .

٤ - غرفة الضغط .

٥ - رأس إبرة الرشاش .

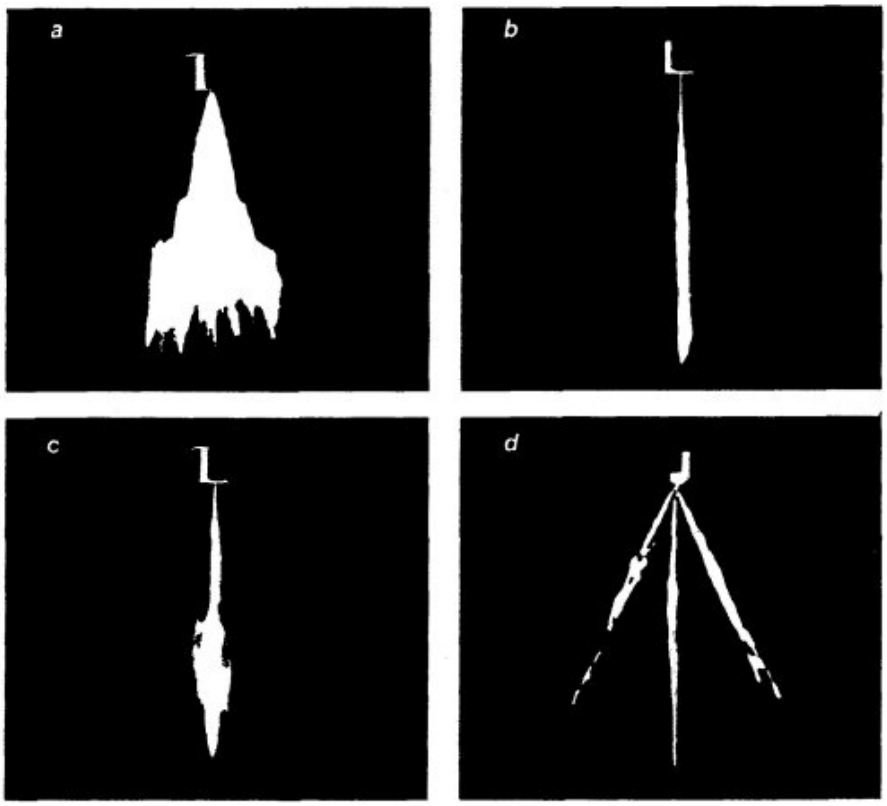


شكل (١٤) يبين رشاش ذو إبرة خنق

a - فتحة الرشاش مقفلة .

b - بدء الحقن (أثناء فترة عطلة الإشعال) .

c - الحقن الرئيسي (أثناء فترة الاحتراق السريع) .

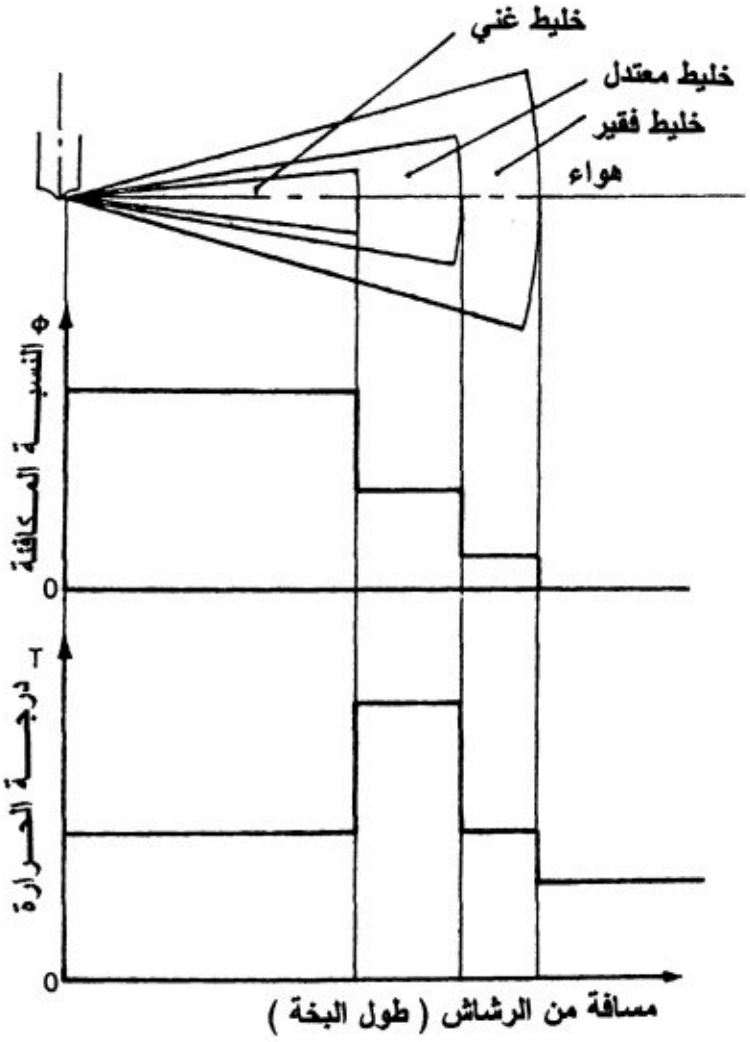


شكل (١٥) يبين شكل رذاذ كل نوع على حدة .

a - رشاش ذو إبرة خنق .

b ، c - رشاش ذو إبرة نفاثة .

d - رشاش ذو ثقب نفاث .

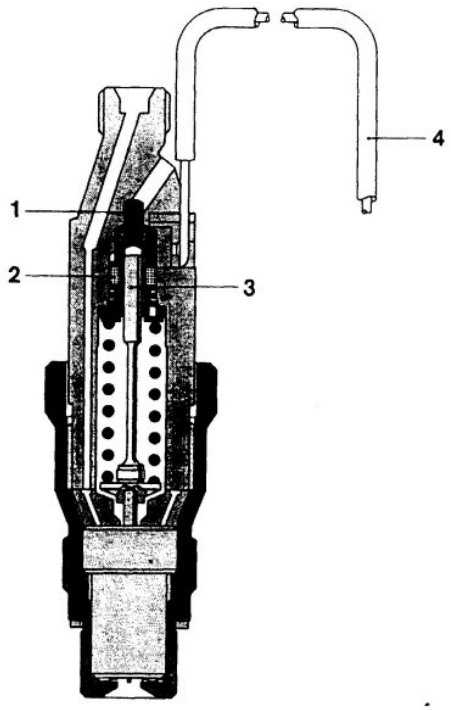


شكل (١٦) يبين قطاع لمخروط تذرية حقن وقود الديزل داخل غرفة الاحتراق بواسطة الرشاش ومنحنى العلاقة البيانية بين طول مخروط التذرية والنسبة المكافئة و درجة الحرارة .

رشاش لنظام حقن الديزل كهربياً :

لنظام حقن الديزل كهربياً رشاش خاص به يحتوي على إضافات مع التشابه في الأجزاء وطريقة العمل وشكل (١٧) يوضح قطاع لرشاش يعمل بنظام كهربي EDC .

(راجع نظام الحقن بتحكم كهربي - إلكتروني - في هذه الوحدة الخاصة بالحقن الكهربي).



شكل (١٧) رشاش حقن الديزل الكهربي

١ - برغي أو مسمار الضبط .

٢ - حساس حركة ساق الضغط .

٣ - ساق الضغط .

٤ - سلك التوصيل الكهربي .

طريقة سريان الديزل في الرشاش المباشر و غير المباشر :

يدخل الديزل المضغوط بواسطة المضخة الرئيسية إلى الرشاش عبر فتحة الدخول .

ومن ثم إلى غرفة الضغط وعند زيادة الضغط إلى الحد الذي يتغلب فيه الوقود المضغوط على قوة النابض تتحرك الإبرة إلى الخلف عكس قوة النابض .

فيخرج الوقود من الثقوب الخاصة إلى غرفة الاحتراق،

عند انخفاض الضغط القادم من المضخة الرئيسية يعود نابض الإرجاع إلى وضعه السابق دافعا الإبرة إلى الأمام مقفلاً ثقوب الرشاش .

ملاحظة :

يعود الديزل الفائض إلى الخزان الرئيسي عبر مجرى الفائض .

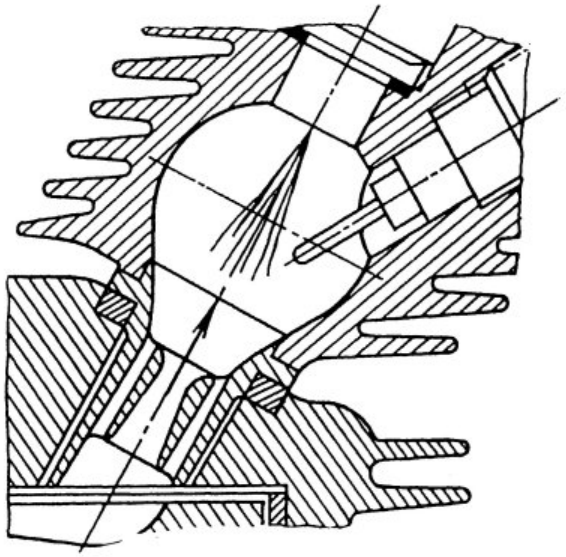
علما بأن هذا الوقود الفائض يعمل أثناء رجوعه بتزييت وتنظيف أجزاء الرشاش الداخلية .

٥ - **شمعات التسخين** : Glow Plugs

تُجهز محركات الحقن غير المباشرة أو بعض المحركات الصغيرة الحديثة ذات الحقن المباشر بدائرة كهربية متصلة بشمعات تسخين تركب بجوار الرشاش وبداخل غرفة الاحتراق .

أو الغرفة المسبقة لتسخين الهواء بداخلها لمساعدة المحرك عند بدء الدوران في حالات الطقس البارد أو عند توقف المحرك لمدة طويلة دون عمل .

تُركب بوضع تكون فيه قريبة من رذاذ الرشاش حتى يحدث الاشتعال سريعاً شكل (١٨).



شكل (١٨) يبين وضع شمعة التسخين بالقرب من الرشاش بحيث يلامس رذاذ الوقود

طريقة عملها :

قبل إدارة المحرك في الصباح الباكر أو أثناء الطقس البارد .

يقوم السائق بتشغيل مفتاح توصيل شمعات التسخين الموجود بلوحة القيادة .

وتستمر عملية التسخين بين ٤٠ ثانية و ٦٠ ثانية ، و ذلك حسب تصميم نظام الدائرة الكهربية و تُفصل إما بواسطة السائق قديماً أو بمؤقت كهربي حديثاً .

أنواع شمعات التسخين :

١- شموع تسخين قضيبية (١٩) .

٢- شموع تسخين سلكية شكل (١٩) .

٣- ملف تسخين (تُركب في مجاري السحب) شكل (٢٠). ٤ - شمعة توهج ذات لهب شكل (٢٤).

ملاحظة : توجد رموز متعارف عليها لتمييز شمعات التسخين وقيمة الجهد بالفولت المناسب لها مثل:

الرمـــز	الترجمـــــة
W	الطراز الرئيسي .
145	القيمة الحرارية .
(R)	المقاومة .
T	طراز أو نوع فرعي .
٧	عدد مميز للنوع .

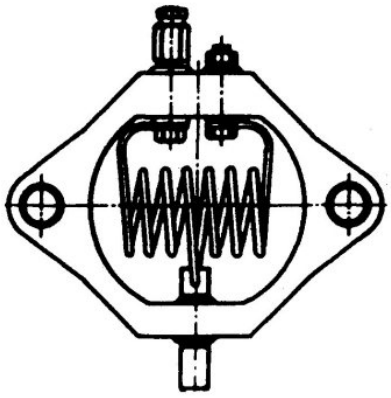
رموز اصطلاحية لشمعة تسخين ماركة بوش

كما يختلف جهد ومقاومة وتيار كل شمعة تسخين عن الأخرى و الجدول التالي يوضح ذلك :

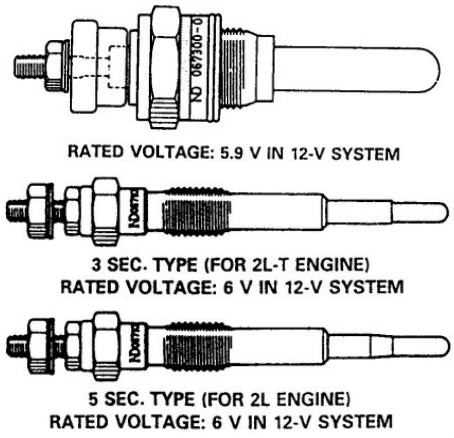
نوع الشمعة	الجهد (v)	التيار (A)	القدرة (w)	المقاومة( )	التوصيل
شمعة قضيبية	٠,٩ ١,٢ ١,٤ ١,٧	٤٩ ٤٧ ٤٠ ٤٢	٤٥ -٧٠	٠,٠١٨ ٠,٠٢٥ ٠,٠٣٥ ٠,٠٤	توالي +جهاز مراقبة التوهج +مقاومة
شمعة سلكية١	١٠,٥ ٢٢	٩,٥ ٥	١٠٠ -١١٠	١,١ ٤,٤	على التوازي. على التوالي بجهاز مراقبة
شمعة سلكية٢	١٢ ٢٤	٩,٥ ٥	١١٠ -١٢٠	١,٢٦ ٤,٨	على التوازي بدون جهاز مراقبة (مصباح بيان)

أما ملف التسخين والذي يركب في مجاري السحب فتكون بياناته كالتالي :

نوع الشمعة	الجهد (v)	التيار(A)	القدرة(w)	المقاومة( )	التوصيل
ملف تسخين	١٢	٣٣ -٥٧	٣٦٠ -٦٨٠	٠,٢١ -٠,٣٦	بمجاري السحب



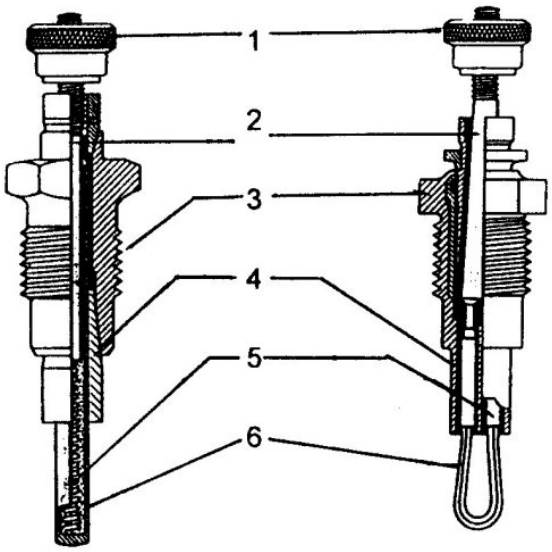
شكل (٢٠) يبين ملف التسخين



شكل (٢١) يبين نماذج مختلفة من أنواع شمعات التسخين

أجزاء شمعات التسخين

شمعات تسخين السلكية شمعة تسخين قضيبية



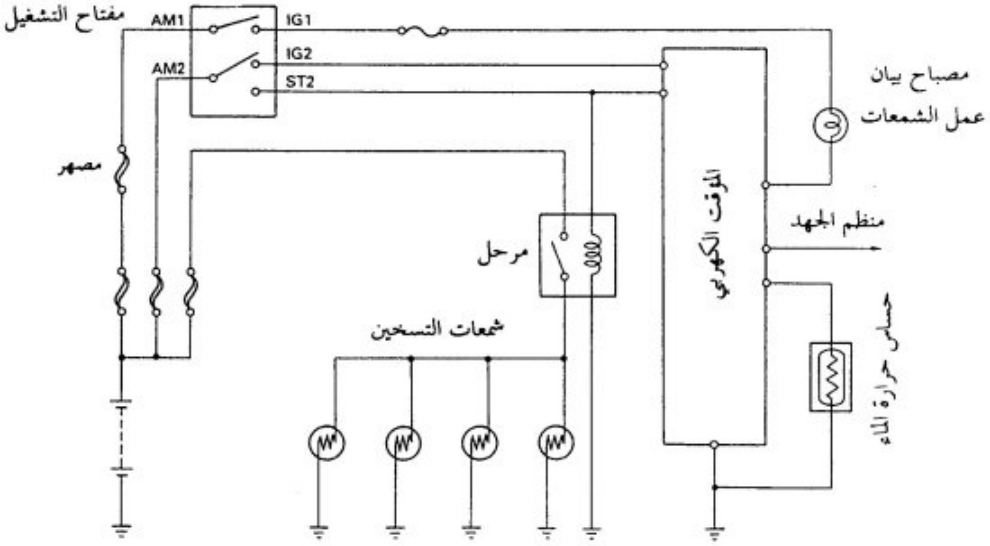
١- صامولة شد
٢- القطب الداخلي.
٣- جسم شمعة التسخين .
٤- جلبة إحكام لمنع تسرب الغازات
٥- ملف تسخين معزول .
٦- قضيب التسخين
(مصنَّع من مادة مقاومة للكسر والصدأ) .
٧- القطب الخارجي .

شكل (١٩)

الدائرة الكهربية لشمعات التسخين :

تُوصل دائرة شمعات التسخين بطريقتين :

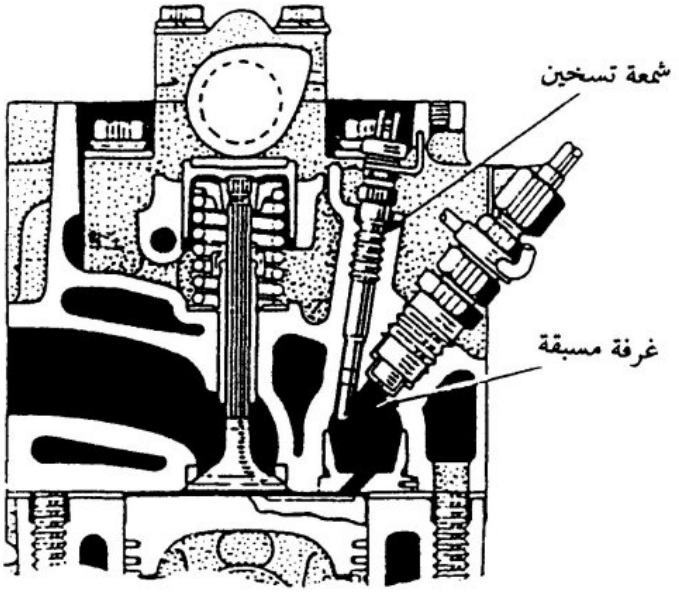
١ - توصيل على التوالي . ٢ - توصيل على التوازي شكل (٢٢) .



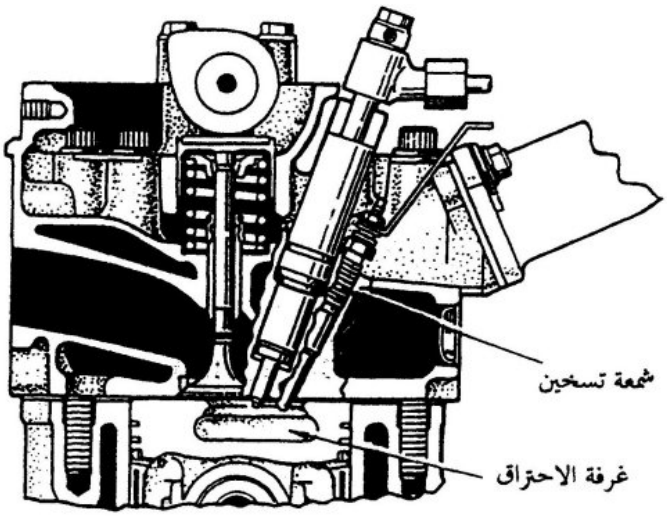
Glow plugs and electronic glow-time control Circuit

شكل (٢٢) يبين دائرة شمعات التسخين بمؤقت إلكتروني لسيارة كراون (توصيل توازي)

موضع شمعات التسخين بداخل المحرك



محرك حقن غير مباشر



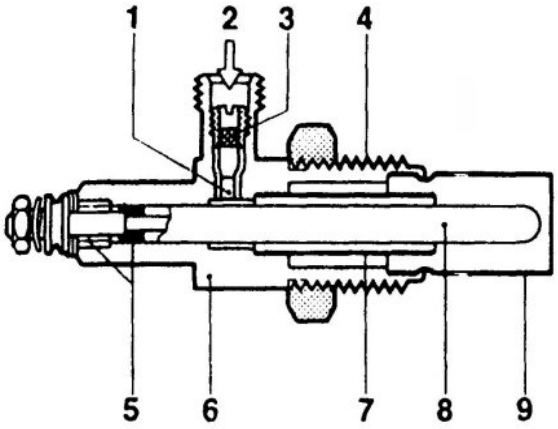
محرك حقن مباشر

شكل (٢٣) يبين موضع شمعات التسخين

٦ - شمعة توهج ذات لهب Flame Glow Plug

هناك طرق تعتبر من مساعدات المحرك لبدء الدوران منها شمعة التوهج ذات اللهب التي تقوم بتسخين جزء بسيط من الوقود وتحويله إلى لهب للمساعدة في سرعة احتراق الوقود بغرفة الاحتراق عند بدء الدوران وتُركب بمجاري السحب .

(يستخدم هذا النوع في المحركات الصغيرة) شكل (٢٤) .



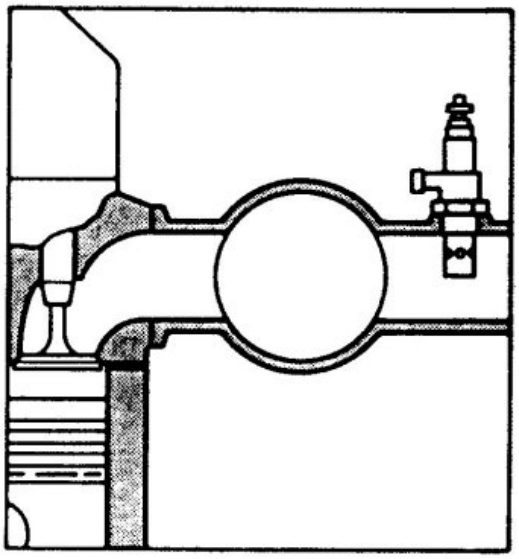
١ - مقياس الوقود .
٢ - مدخل الوقود .
٣ - منقي .
٤ - أسنان التثبيت .
٥ - حلقة حبك .
٦ - جسم الشمعة .
٧ - غرفة التبخير .
٨ - قضيب التوهج .
٩ - جلبة اللهب .

شكل (٢٤)

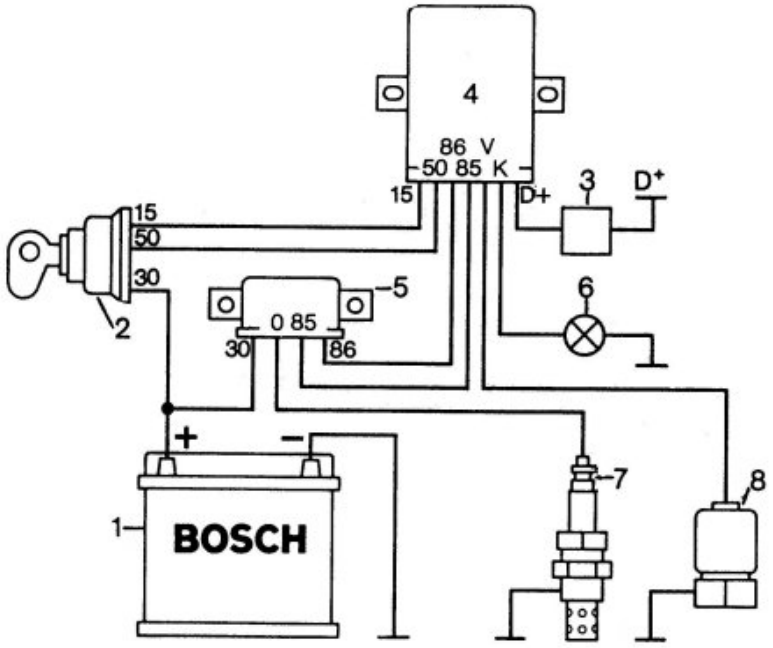
طريقة العمل :

يدخل الوقود عبر الثقب الخاص به مروراً بالمنقي ومقياس الوقود وتكون كمية الوقود الداخلة حسب تصميم المحرك ويتوزع حول قضيب التسخين ليتحول إلى بخار ويختلط بالهواء عبر الثقوب في مقدمة شمعة التوهج ذات اللهب وتصل الحرارة في هذه المنطقة إلى أعلى من ١٠٠٠ درجة مئوية ليخرج الخليط إلى مجاري السحب على شكل لهب يساعد في تسخين الهواء الذاهب إلى غرف الاحتراق مما يساهم بشكل كبير في احتراق الشحنة داخل غرف الاحتراق عند بدء الدوران ، ويتحكم في دخول الوقود إلى شمعة اللهب صمام لاقط حيث يسمح بدخول الوقود ومن ثم يقطعه بعد دوران المحرك .

طريقة توصيل شمعة التوهج ذات اللهب :



وضع شمعة التوهج ذات اللهب بمجاري السحب .



١ - المركم .
٢ - مفتاح التشغيل .
٣ - مفتاح تشغيل الشمعة
٤ - وحدة التحكم
بوقت التسخين .
٥ - منظم الجهد .
٦ - مصباح لبيان
عمل الشمعة.
٧ - شمعة ذات اللهب.
٨ - صمام لاقط .

شكل (٢٥) يبين الدائرة الكهربية لتوصيل شمعة التسخين ذات اللهب .

٦ - مضخة التحضير (التوريد) Supply pump :

وضيفتها :

تقوم بسحب الديزل من الخزان الرئيسي وضغطه إلى مضخة الحقن الرئيسية مروراً بالمنقي بضغط يتراوح (2 bar -5 bar) تقريباً وتستمد حركتها من عمود الكامات التابع للمضخة الرئيسية أو أي مصدر آخر.

أنواعها :

١ - مضخة تحضير ذات الكباس Plunger pump:

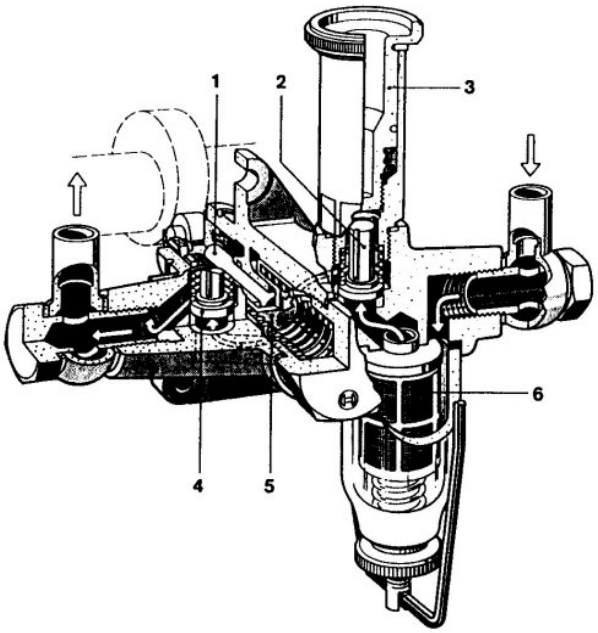
أ) مفردة . ب) مزدوجة .

٢ - مضخة تحضير تعمل بالتروس Gear pump.

٣ - مضخة تحضير ذات ريش Vane pump.

٤ - مضخة التحضير Priming pump .

مضخة التحضير ذات الكباس المفردة :



١ - ذراع الدفع .
٢ - صمام لا رجوع .
٣ - المكبس اليدوي .
٤ - صمام لا رجوع .
٥ - المكبس
٦. - المنقي المبدئي .

شكل (٢٦) يبين قطاع لمضخة التحضير ذات كباس المفردة

طريقة عمل مضخة التحضير ذات الكباس المفردة:

تعمل هذه المضخة بثلاثة أشواط :

١ - شوط التحضير (تحضير الديزل خلف المكبس في بداية عملها) .

٢ - شوط السحب والضغط في آن واحد .

٣ - شوط التعادل .

أولاً : شوط التحضير :

عند تأثير الكامة على تابع الكامة المتصل به (ذراع الدفع) الذي بدوره يدفع المكبس ضاغطاً الديزل أمامهفيؤديإلى:

١ - قفل صمام الدخول (a)

٢ - فتح صمام الخروج (b)

فيخرج الديزل عبره إلى أسفل أو خلف المكبس (عند تحرك المكبس إلى الأمام يخلف وراءه انخفاضاً في الضغط يؤدي إلى سحب الديزل خلفه) .

ثانياً : شوط السحب والضغط : -

عند زوال تأثير الكامة يعود المكبس إلى وضعه السابق بفعل ضغط النابض فتحدث خلخلة أعلى المكبس تؤدي إلى :

١ - فتح صمام الدخول (a) فيدخل الديزل من خلاله .

٢ - قفل صمام الخروج (b) . حيث يعمل المكبس على سحب الديزل وضغط الديزل بحركة واحدة إلى مضخة الديزل الرئيسية .

ثالثاً : شوط التعادل : -

عند اكتفاء مضخة الحقن الرئيسية من الديزل يتولد ضغط في أنابيب التوصيل أكبر أو معادل لضغط مضخة التحضير مما يجعل الضغط أعلى المكبس و أسفله متساوياً (الضغط أكبر من قوة النابض) فيصبح المكبس في وضع الحياد وذراع الدفع لا تُؤثر عليه الكامة ويستمر هذا الوضع حتى يخف الضغط (عند احتياج المضخة للديزل) شكل (٢٧).

عمل المضخة يدوياً :

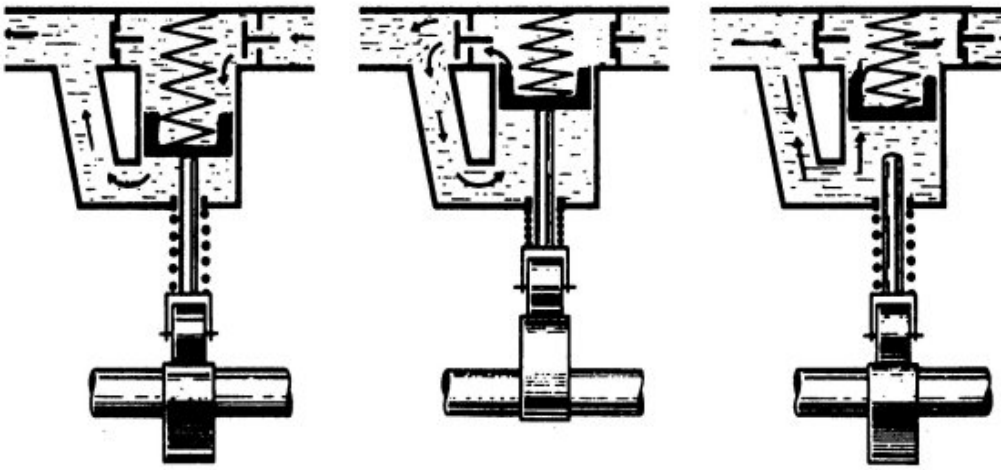
كما أن هناك عملية إيصال الديزل إلى المضخة الرئيسية يدوياً عند الحاجة لذلك كاستئصال الهواء من دورة الوقود وتكون على النحو التالي :

١- تحرير المكبس اليدوي وسحبه إلى أعلى لسحب الديزل من الخزان الرئيسي(شوط سحب).

٢- ضغط المكبس إلى أسفل لدفع الديزل إلى مضخة الحقن الرئيسي (شوط ضغط) .

٣- فتح مسامير استئصال الهواء الأقرب لمضخة التحضير ثم ما يليه بالترتيب .

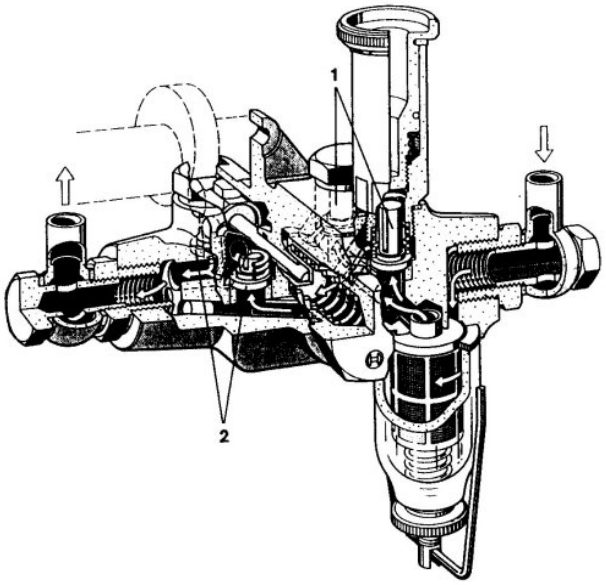
ملاحظة : يجب أن تتم هذه العملية أثناء توقف المحرك عن الدوران .



شوط التعادل	شوط السحب	شوط الضغط والسحب
صمام الدخول مقفل	صمام الدخول مفتوح	صمام الدخول مفتوح
صمام الخروج مقفل	صمام الخروج مقفل	صمام الخروج مفتوح

شكل (٢٧) أشواط مضخة التحضير ذات الكباس

مضخة التحضير ذات الكباس المزدوجة :



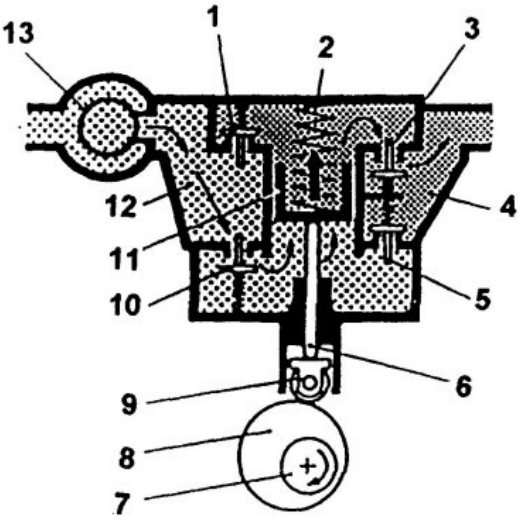
١- صمامات لا رجوع (قفل السحب).
٢- صمامات لا رجوع (قفل الضغط) .

شكل(٢٨) يبين قطاع لمضخة تحضير ذات كباس مزدوجة

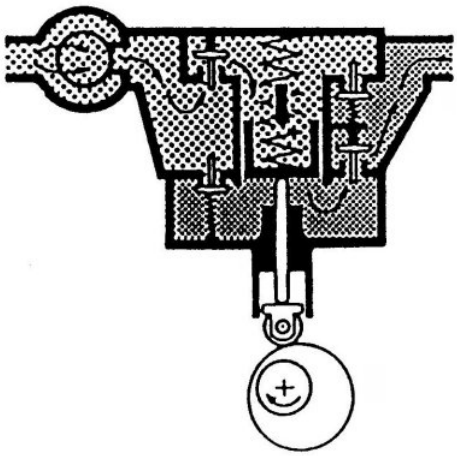
طريقة عمل مضخة التحضير ذات الكباس المزدوجة :

يحتوي هذا النوع على غرفتين ذات أربع صمامات وتعمل بشوط واحد فقط هو شوط السحب والضغط في آن واحد أي تمد المضخة الرئيسية بالديزل بالتناوب حيث عندما تكون الغرفة الأولى في حالة سحب للديزل تكون الأخرى في حالة ضغط و عندما تكون الأولى في حالة ضغط للديزل تكون الأخرى في حالة سحب للديزل مع ملاحظة عمل صمامات الدخول وصمامات الخروج شكل (٢٩)وشكل (٣٠).

١- صمام الدخول .
٢- نابض المكبس .
٣- صمام خروج .
٤- خروج الديزل .
٥- صمام خروج .
٦- ذراع الدفع .
٧- عمود الكامات .
٨- الكامة
٩- البكرة .
١٠- صمام دخول
١١- المكبس .
١٢- دخول الديزل .
١٣- قناة دخول الديزل .



شكل (٢٩) يبين أجزاء مضخة التحضير ذات الكباس المزدوجة وشوط السحب في بداية عملها .

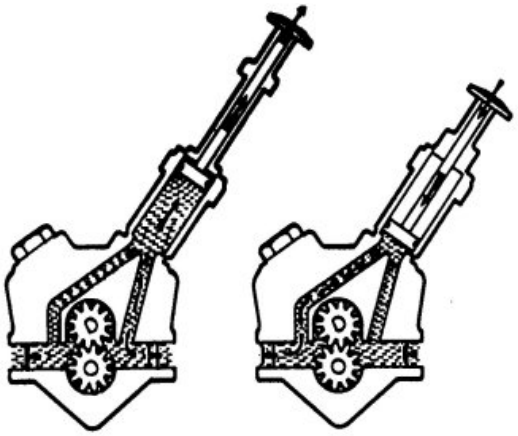


شكل (٣٠) يبين مضخة التحضير ذات الكباس المزدوجة أثناء شوط السحب و الضغط

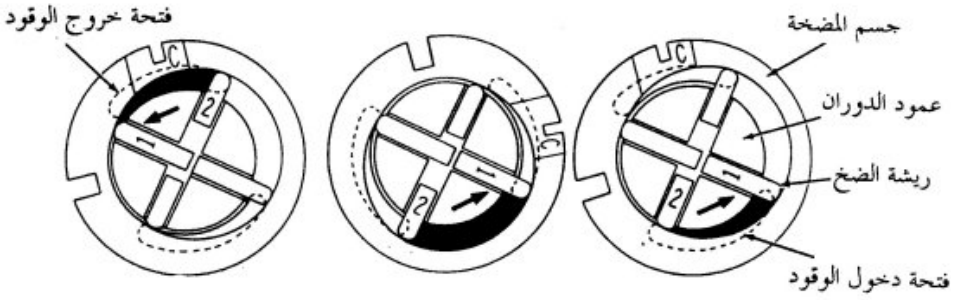
شوط التعادل:

عند عدم احتياج المضخة الرئيسية للديزل يزداد الضغط أكبر من ضغط مضخة التحضير في أنابيب التوصيل فيصبح مكبس مضخة التحضير في الوضع المحايد (ثابت الحركة ليس في وضع ضغط أو سحب) وتكون حالة الصمامات الأربع ثابتة حسب حركة المكبس الأخيرة ويبقى الوضع هكذا حتى يخف الضغط بداخل أنابيب التوصيل .

مضخات التحضير الأخرى :



٢ - مضخة تحضير تعمل بالتروس Gear pump شكل (٣١) :



٣ - مضخة تحضير ذات ريش Vane pump شكل (٣٢)

نظام الوقود (ديزل)

مضخات حقن الديزل الرئيسية

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الجدارة: التعرف على أنواع و تصميمات و أجزاء مضخات الحقن المختلفة و وظيفة كل منهم .

الأهداف:

عند إكمال هذه الوحدة يكون المتدرب قادراً على :

١- معرفة أهمية مضخات الحقن الرئيسية .

٢- معرفة تصنيف مضخات الحقن و أنواعها .

٣- معرفة الأجزاء الداخلية و عملها لكل مضخة على حدة .

٤- معرفة التجهيزات الخارجية المساندة لعمل المضخات .

مستوى الأداء المطلوب: أن يصل المتدرب إلى إتقان هذه الجدارة بنسبة ٨٥٪

الوقت المتوقع للتدريب: ١٢ ساعة

الوسائل المساعدة:

جهاز لعرض الصور و الرسومات و الجداول اللازمة .

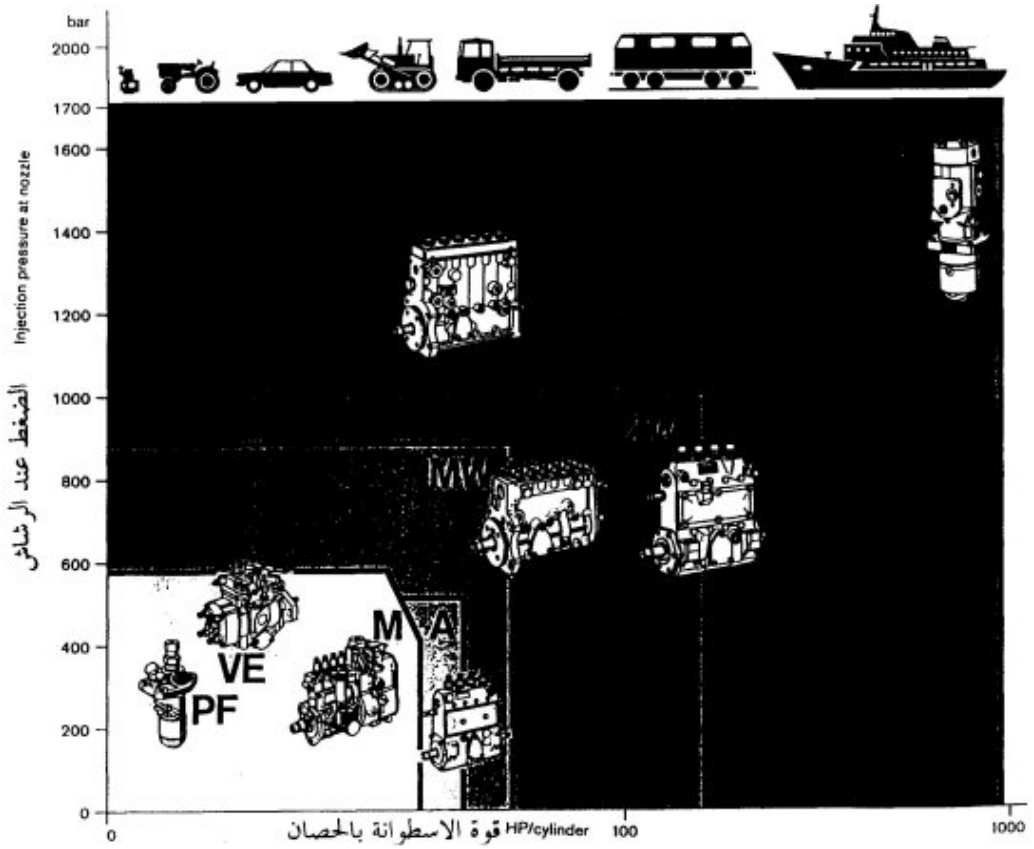
متطلبات الجدارة:

- إتقان أهداف الوحدة التدريبية الأولى.
- إتقان أهداف الوحدة التدريبية الثانية.
- إتقان أهداف الوحدة التدريبية الثالثة.
- معرفة أشكال و تركيب أجزاء المضخات في الورشة .

مضخات حقن الديزل لنظام شركة بوش BOSCH

تعتبر شركة بوش الشركة الرائدة في مجال تصنيع مضخات الحقن لمحركات الديزل وتُصنع شركة بوش عدداً كبيراً من أنواع المضخات ذات الأحجام والضغوط المختلفة وهذا ما سنكرز عليه أثناء دراستنا لهذه الوحدة مثال ذلك : مضخات الحقن المستقيمة PE و مضخات حقن دائرية (موزعة) كـ VE مضخات حقن تدوير خارجي PF (بدون عمود كامات ولكن تستمد حركتها من خارجها) كما سنتطرق بفكرة للأنظمة الحقن الأمريكية و نختتم الوحدة بدراسة نظام حقن وقود الديزل بتحكم كهربي . كما تصنع شركة بوش كل أجزاء نظام حقن الديزل من شاشات ومضخات تحضير وأجهزة تنظيم الحقن والتوقيت وغيرها والشكل التالي يوضح أنواع مضخات حقن الديزل لشركة بوش مع ملاحظة ضغوط المضخات وقدرة الأسطوانة بالحصان .

وخلال هذه الوحدة سيتم التعرف على الكثير من أنواع أنظمة الحقن و مضخاتها الرئيسية .



شكل (١)

مضخات حقن الديزل الرئيسية المستقيمة In-line Injection Pumps

وظيفتها :

١- إمداد المحرك بالديزل عن طريق الرشاشات بضغط يتناسب مع مواصفات المحرك.

٢- التحكم بإمداد المحرك بكمية معينة من الوقود (عدة سنتيمترات مكعبة لكل بخة) .

٣- حقن الوقود ببداية حقن مناسبة لزوايا عمود المرفق .

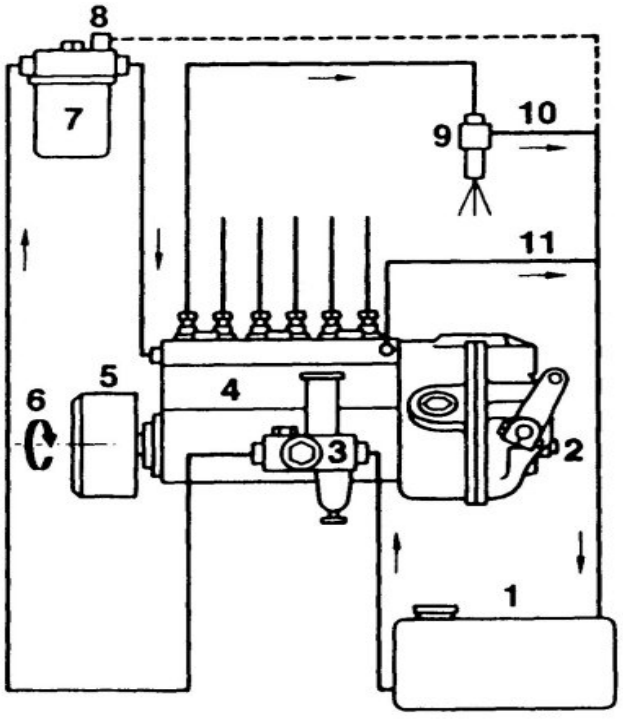
وتحتوي مضخة الحقن الرئيسية على عدة وحدات للحقن (عناصر ضغط الديزل) بعدد اسطوانات المحرك حيث تتولى كل وحدة حقن الديزل لكل أسطوانة خاصة بها عبر رشاش خاص بها أيضا .

مواصفات مضخة الحقن الرئيسية :

١- أن تكون مناسبة للمحرك من حيث الحجم وعدد الأسطوانات .

٢- أن تكون مناسبة للمحرك من حيث الضغط وكمية الحقن والسرعة.

٣- أن تحتوي على فتحات خاصة لاستئصال الهواء .



١- خزان الوقود.

٢- منظم الحقن.

٣- مضخة التوريد.

٤- مضخة الحقن .

٥- منظم توقيت الحقن.

٦- دوران بواسطة المحرك.

٧- منقي الوقود.

٨- صمام الفائض.

٩- الرشاش .

١٠- أنبوب الفائض من الرشاش.

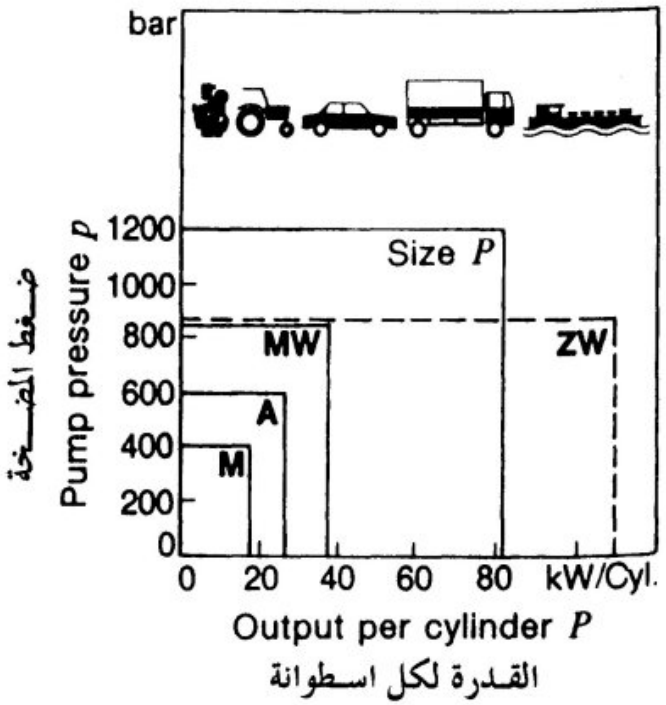
١١- أنبوب الفائض من المضخة.

شكل (٢) يبين مخطط لأجزاء و دورة الوقود لمضخة حقن ديزل مستقيمة

أنواع مضخة الحقن المستقيمة :

أولاً : مضخة الحقن المستقيمة PE (تستمد حركتها من عمود كامات بداخلها) :

هناك عدة تصميمات لمضخة الحقن المستقيمة نوع PE حيث تستخدم بمحركات ديزل تكون مدى قدرتها من ١٠كيلوات إلى ٢٠٠كيلوات لكل أسطوانة من اسطوانات المحرك هذا المدى العريض جعل من الممكن استخدام عدة تصميمات من مضخة الحقن المستقيمة ويحدد نمط هذه التصميمات سرعة وحجم ووزن المضخة المُراد استخدامها ويمكن تقسيمها حسب الرمز الخاص بها ويشيع استخدام هذا النوع في الشاحنات والحافلات وسيارات الركوب والآلات الزراعية ومعدات البناء والسفن واليخوت وتستخدم كمولدات للكهرباء عند الطوارئ خصوصاً بالمستشفيات ومصاعد ناطحات السحاب وأجهزة الإنذار بالبنوك والدوائر المهمة بأي بلد وشكل (٣) يبين بعضاً من تصميمات مضخات الحقن نوع PE وقيمة الضغط بها .



شكل (٣) يبين بعض تصميمات مضخات الحقن PE ومجال الضغوط بها

تصميمات مضخة الحقن المستقيمة نوع In-line injection pumps Type PE :

أولاً : مضخة حقن size M شكل (٤) :

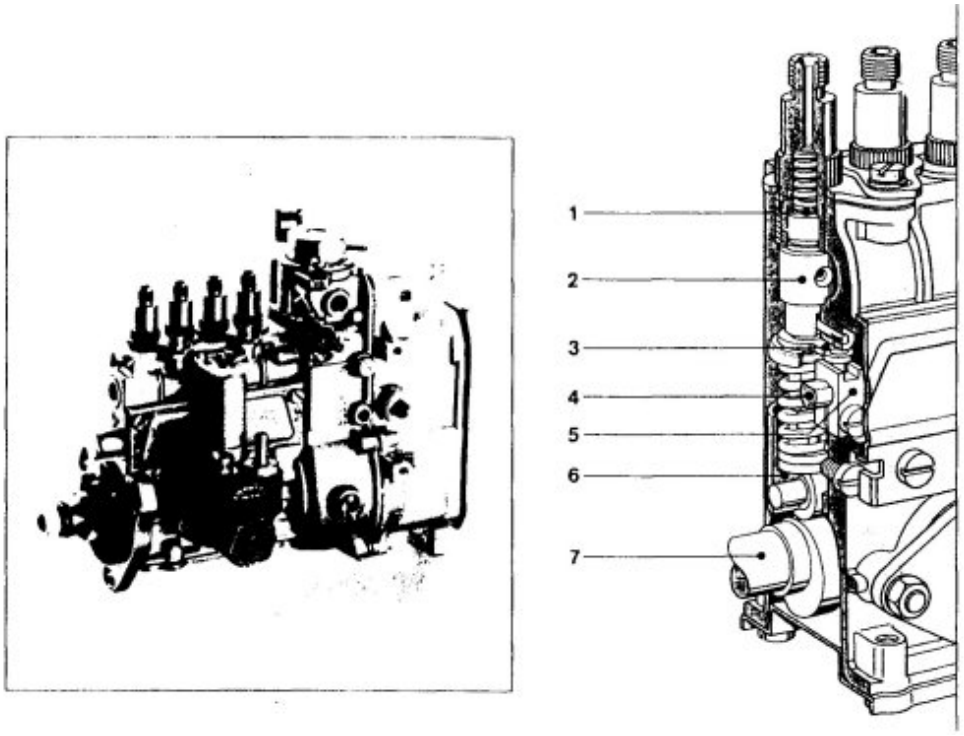
تعتبر من أصغر المضخات المستقيمة وتختلف عن غيرها من حيث التصميم بـ :

١- مزودة بغطاء جانبي لأجزاء وحدات الحقن .

٢- ذات تثبيت قاعدي .

٣- مكبس وحدة الضغط موضوع مباشرة فوق تابع الكامة (وهذا يعني عدم وجود مسامير لضبط مشوار المكبس ولكن يتم ذلك بواسطة تغيير بكرة تابع الكامة ببكرة ذات قطر مناسب) .

٤- تنظيم بواسطة الجريدة المسننة وتزييت عمود الكامات بواسطة زيت المحرك .



شكل (٤) يبين أجزاء مضخة الحقن M

١ - صمام الضغط(التوصيل). ٢ - أسطوانة المضخة. ٣ - ذراع الترس الجزئي. ٤ - الجريدة المسننة.
٥ - جلبة وصل ذاع الترس الجزئي بالجريدة . ٦ - تابع الكامة. ٧ - عمود الكامات.

ثانياً : مضخة حقن مستقيمة نوع size A شكل (٥) :

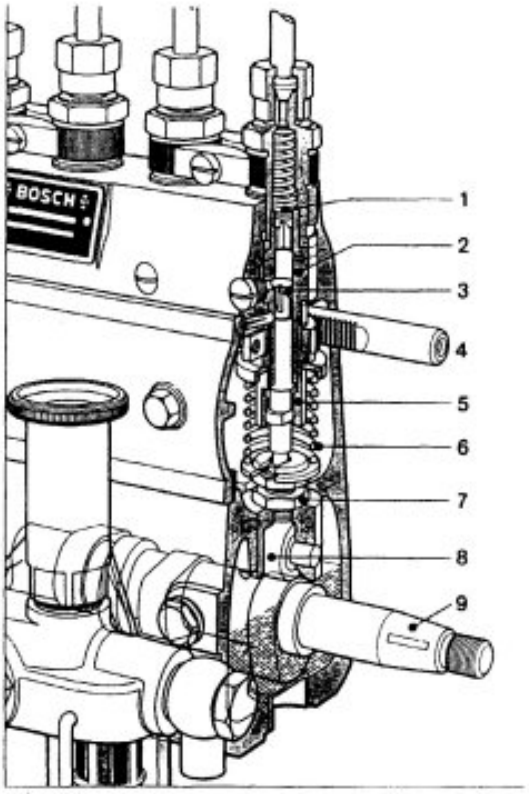
أكبر حجماً من مضخة الحقن نوع M وأعلى ضغطاً ومن حيث التصميم :

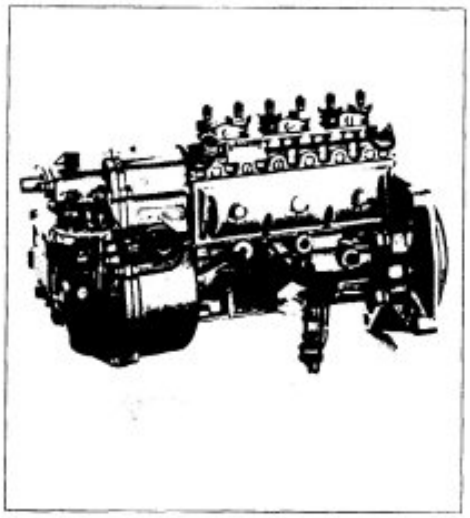
١ - مزودة بغطاء جانبي لأجزاء الوحدات .

٢ - يمكن ضبط كمية الحقن بتحريك الترس الجزئي .

٣ - يمكن ضبط مشوار المكبس بواسطة مسمار وصامولة الشد بتابع الكامة .

٤ - تزييت عمود الكامات بواسطة زيت المحرك .





شكل (٥) يبين أجزاء مضخة حقن نوع A

١ - صمام الضغط (التوصيل). ٢ - أسطوانة المضخة. ٣ - مكبس الاسطوانة. ٤ - الجريدة المسننة.

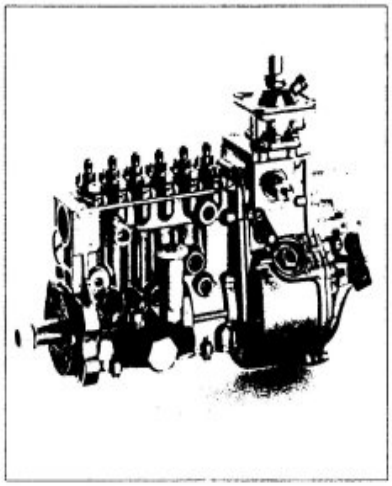
٥ - الترس الجزئي. ٦ - نابض إعادة المكبس. ٧ - مسامير الضبط. ٨ - تابع الكامة. ٩ - عمود الكامات.

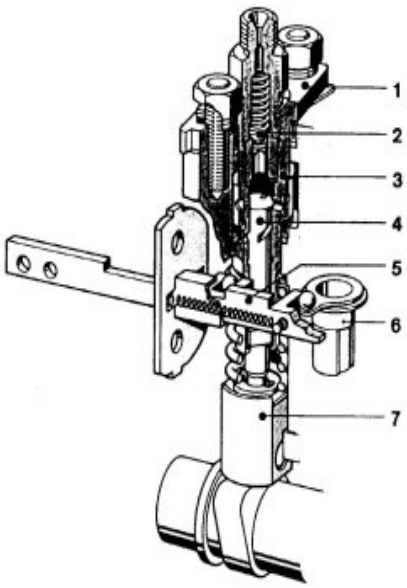
ثالثاً: مضخة حقن نوع size MW شكل (٦) :

طُور هذا النوع من المضخات للحصول على أداء أفضل وضغط أعلى وتم بناء جسم المضخة من معدن يتحمل هذه الضغوط (لهذا تعتبر مناسبة للاستخدام في المحركات ذات الضغوط العالية).

ويختلف تصميم هذه المضخة من حيث التصميم بـ :

١. لا تحتوي غطاء جانبي لأجزاء وحدة الحقن .
٢. تحتوي على فلنشة شد تُركب من أعلى بها مجموعة نابض وصمام الضغط (التوصيل) واسطوانة المكبس .
٣. يتم ضبط كمية الحقن لكل وحدة من خلال تدوير الفلنشة (مزودة بمجاري لذلك) .
٤. ضبط مشوار المكبس يتم بواسطة أقراص صغيرة ذات سمك معين(تُوضع بين الفلنشة وجسم المضخة).
٥. مزودة بذراع تحريك به أماكن لكريات صغيرة (رمان بلي) - عِوضاً عن الجريدة المسننة - ولكن يُؤدي نفس عملها .
٦. تزييت عمود الكامات يتم بواسطة نظام تزييت المحرك .

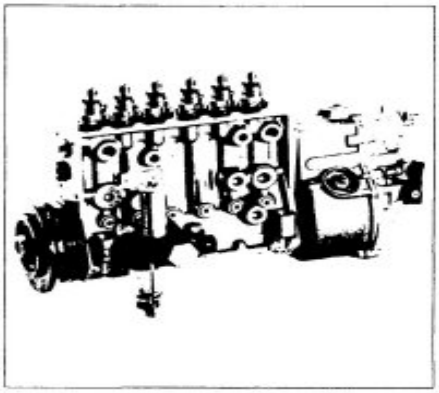


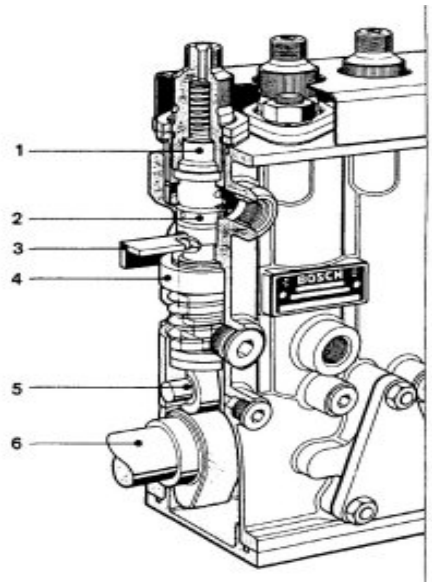


١ - الفلنشة .
٢ - صمام الضغط.
(صمام التوصيل) .
٣ - أسطوانة المضخة.
٤ - مكبس المضخة.
٥ - ذراع الدفع.
٦ - جلبة التحكم .
٧ - تابع الكامة .

رابعاً مضخة حقن مستقيمة نوع size P شكل (٧) :

لا تختلف عن مضخة الحقن نوع MW من حيث التصميم وطرق ضبط كمية ومشوار المكبس وتزييت عمود الكامات ، وإن كانت أكبر حجماً وأعلى ضغطاً .

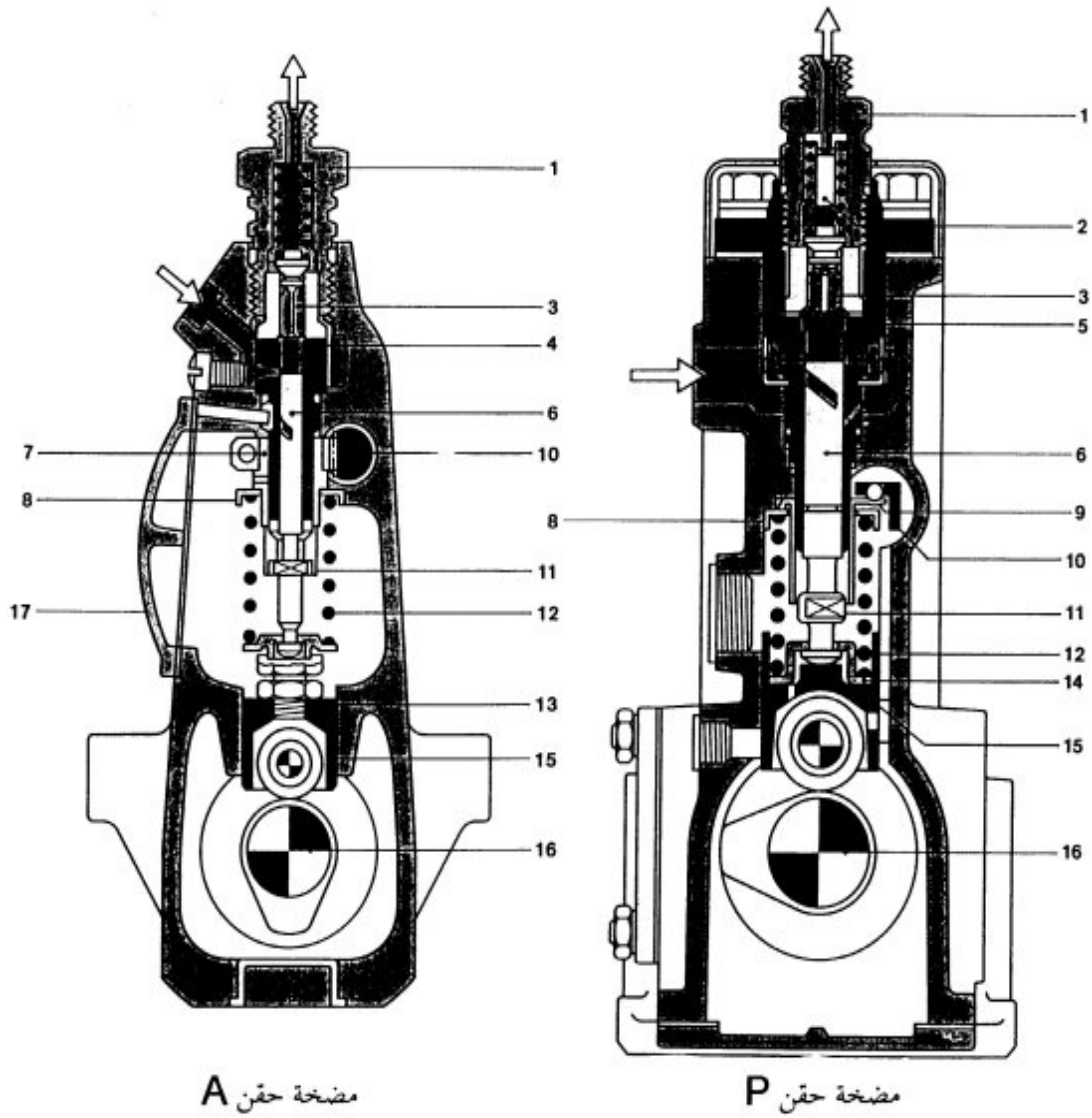




شكل (٧) يبين أجزاء مضخة حقن مستقيمة نوع size P

١ - صمام الضغط. ٢ - أسطوانة المضخة . ٣ - ذراع التحكم .
٤ - جلبة التحكم. ٥ - تابع الكامة. ٦ - عمود الكامات.

مقارنة بين أجزاء مضخة حقن PE ..A ومضخة حقن PE .. P



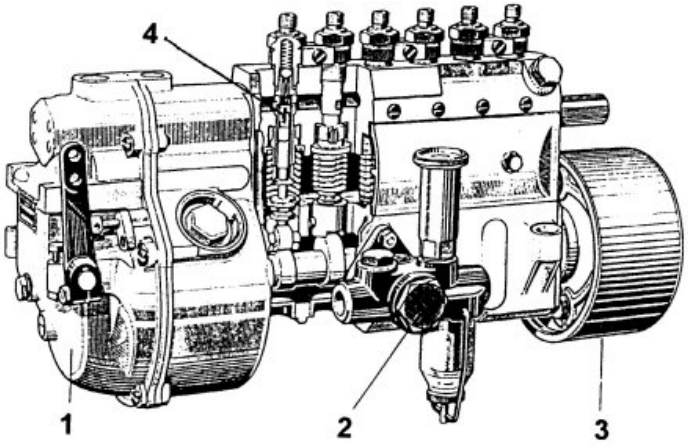
شكل (٨) يبين الأجزاء الداخلية لمضختي حقن A و P

١. حامل صمام الضغط. ٢ - قطعة حشوة. ٣ - صمام الضغط. ٤ - أسطوانة المضخة.
٥ - فلنشة.
٦ - مكبس المضخة. ٧ - الترس الجزئي . ٨ - دليل النابض. ٩ - ذراع الدفع مع الكريات .
١٠ - ذراع التحكم أو الجريدة المسننة .١١ - ذراع التحكم بالمكبس. ١٢ - نابض إعادة المكبس.
١٣ - مسمار الضبط . ١٤ - مقعد النابض. ١٥ - تابع الكامة. ١٦ - عمود الكامات. ١٧ - الغطاء الجانبي لأجزاء وحدات الحقن .

أجزاء مضخات الحقن المستقيمة PE

تحتوي مضخات الحقن المستقيمة PE على عدة أجزاء هي :

١- وحدات حقن Injection units.
٢- مضخة توريد الوقود من خزان الوقود إلى مضخة الحقن Supply pump .
٣- مصد لمشوار الجريدة Control-rod stop.
٤- تجهيزة توقيت الحقن Timing device.
٥- تجهيزة منظم كمية الحقن Governor.



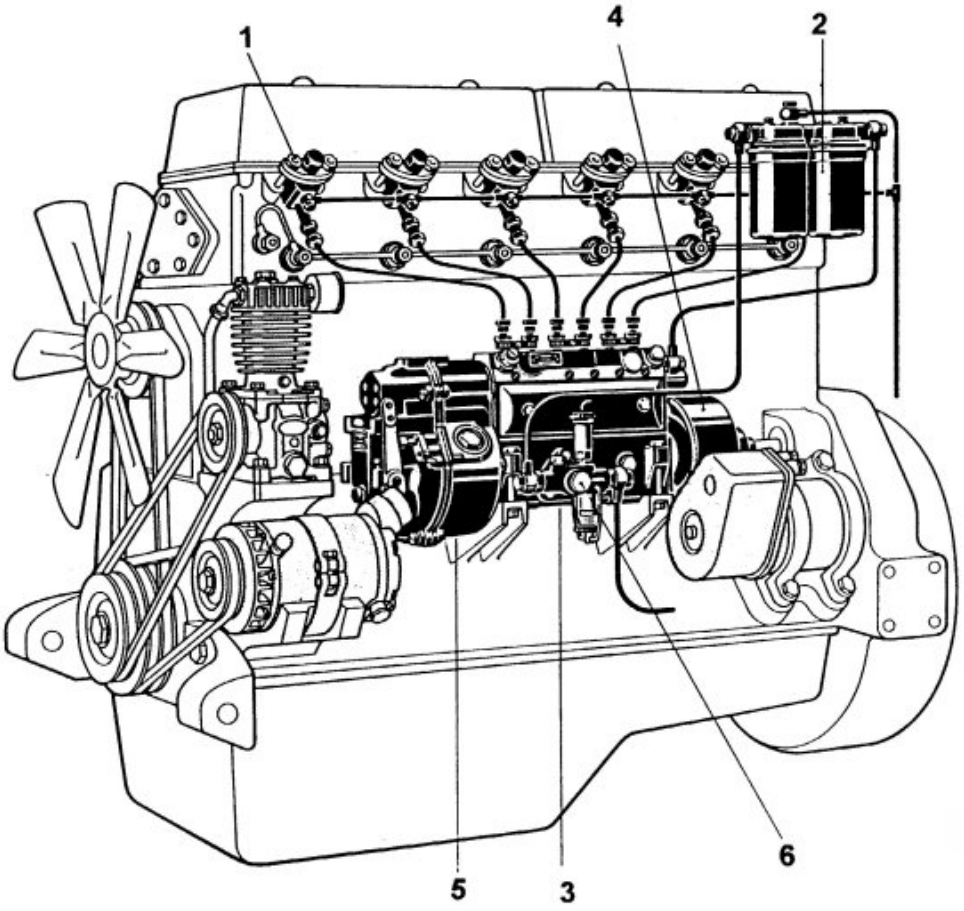
١ - منظم الحقن .
٢ - مضخة التوريد.
٣ - منظم توقيت الحقن.
٤ - وحدة الحقن.

شكل (٩) يبين أجزاء مضخة الحقن المستقيمة

سريان الوقود بداخل منظومة الحقن :

يُسحب الوقود من خزان الوقود بواسطة مضخة التوريد ويُدفع إلى مضخة الحقن مروراً بالمنقي ،عند دخول الديزل إلى مضخة الحقن و بالتحديد إلى غرف الوحدات تقوم كل وحدة بأخذ حصتها منه عن طريق فتحة التغذية الموجودة بأسطوانة الوحدة و عند تأثير الكامة الخاصة بكل وحدة يتحرك المكبس إلى أعلى مقفلا فتحة التغذية ويبدأ عندها شوط الضغط للوحدة (شوط الحقن) ضاغطاً الديزل بضغط معين حتى يتغلب على قوة نابض صمام الضغط ونابض الرشاش ليخرج الديزل على شكل رذاذ من خلال ثقوب الرشاش إلى غرفة الاحتراق .

مضخة الحقن متصلة بالمحرك



١- الرشاش
٢- المنقي .
٣- مضخة الحقن .
٤- تجهيزة تقديم بداية الحقن .
٥- تجهيزة تنظيم كمية الحقن .
٦- مضخة التحضير .

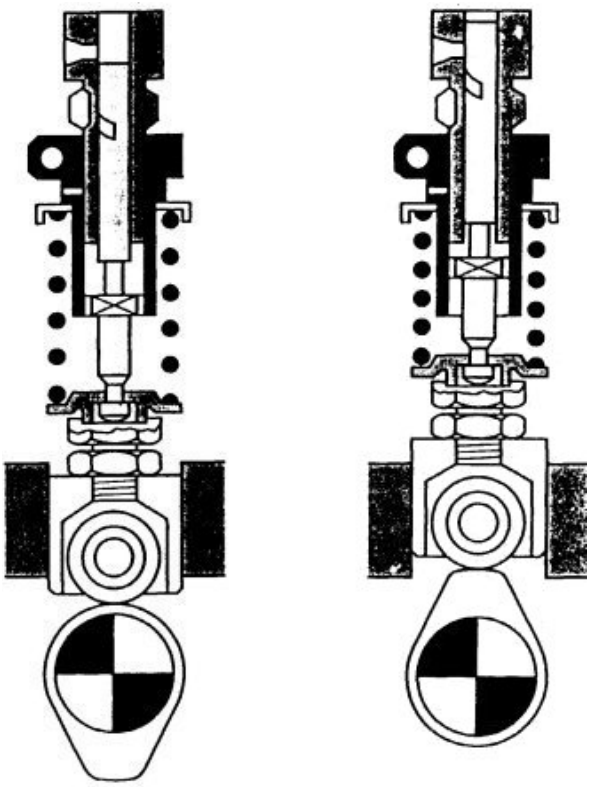
شكل (٩) مضخة الحقن الرئيسية على المحرك

كيفية حركة المكبس بداخل الأسطوانة أثناء عملية الحقن :

مكبس المضخة هو العنصر الأساسي والمباشر في عملية حقن وضغط الوقود إلى الرشاشات لذا يتحرك المكبس في اتجاهين :

أولا :

حركة طولية من الأسفل إلى الأعلى وذلك بتأثير الكامة لحقن الوقود شكل (١٠).

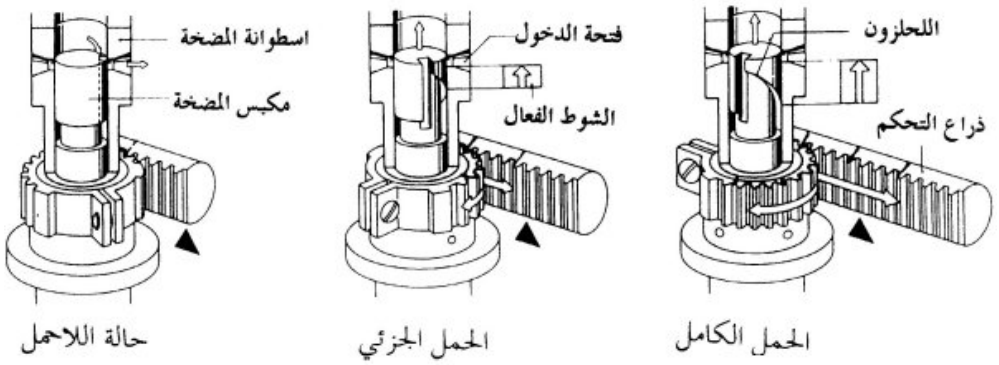


المكبس عند النقطة الميتة العليا TDC المكبس عند النقطة الميتة السفلي BDC

شكل (١٠) يبين حركة المكبس من الأسفل إلى الأعلى

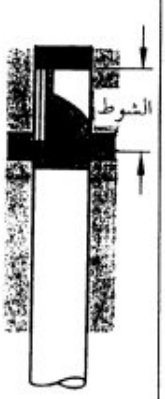
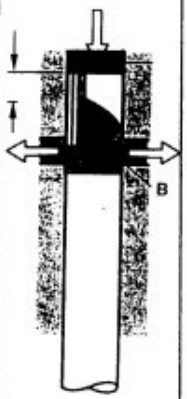
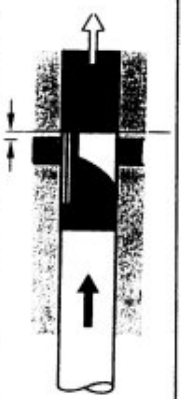
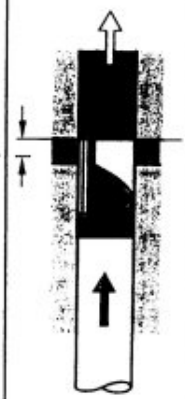
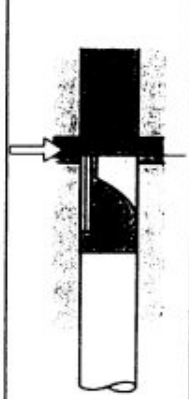
ثانياً:

حركة بشكل دائري وذلك بتأثير حركة الجريدة المسننة الأفقية لتحديد كمية الحقن حسب وضع الشق الحلزوني برأس المكبس شكل (١١).



شكل (١١) يبين حركة المكبس الأفقية أو الدائرية

٨- جدول يبين مراحل حركة المكبس أثناء عملية الحقن

TDC	انهيار الضغط	الشوط الفعال	بدأ الضغط	التحضير للضغط	BDC
					
المكبس في اعلى نقطة يمكن أن يصل لها ثم يبدأ في النزول .	نهاية الضغط لوصول شق المكبس الحلزوني الى فتحة الاسطوانة .	ضغط الوقود الى الرشاش .	بدء الحقن وفتح صمام الضغط (التوصيل).	تحرك المكبس من BDC الى غلق فتحة التغذية .	دخول الوقود الى غرفة الضغط العالى بالاسطوانة اعلى رأس المكبس .

ملاحظة : تتبع مراحل حركة المكبس من اليسار إلى اليمين وذلك حسب المرجع الأجنبي .

شكل (١٢) يبين حركة المكبس الطولية أثناء عملية ضغط الوقود

٦ - بعض تصميمات أسطوانة ومكبس المضخة :

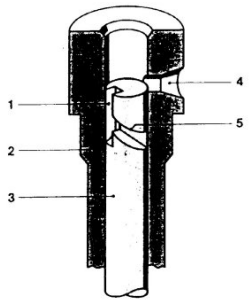
تختلف تصميمات أسطوانة ومكبس المضخة حسب الغرض المصنعة من أجله ولتؤدي عمل معين لتحسين دوران المحرك وتصمم بحيث تحقق :

١ - يُصنع المكبس لكي يضمن إحكام زائد بينه وبين الأسطوانة لضمان منع التسرب عند الضغوط المرتفعة والسرعات العالية .

٢ - قد يُسمح بقدر بسيط من الوقود بين المكبس والاسطوانة بغرض التزييت .

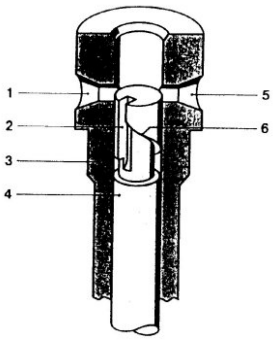
٣ - تُصنع الأسطوانة بحيث تحتوي على فتحة واحدة للتغذية شكل (١٣) أو فتحتين شكل (١٤) .

٤ - لمنع وصول الوقود إلى زيت عمود كامات المضخة ومنه إلى زيت تزييت المحرك مما يسبب قلة للزوجته وبالتالي تآكل المحرك تُصمم بعض الأسطوانات بمجرى لعودة الوقود من بين جداري المكبس والاسطوانة إلى فتحة التغذية شكل (١٥) .



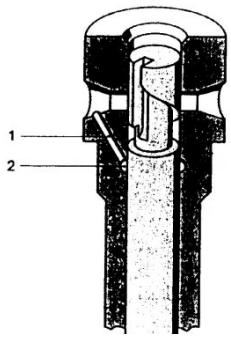
١ - التجويف العمودي.
٢ - الأسطوانة .
٣ - المكبس .
٤ - فتحة التغذية.
٥ - الشق الحلزوني .

شكل (١٣) أسطوانة ذات فتحة تغذية واحدة (دخول وخروج الوقود)



١ - فتحة التغذية .
٢ - التجويف العمودي.
٣ - الاسطوانة.
٤ - المكبس .
٥ - فتحة التغذية .
٦ - الشق الحلزوني .

شكل (١٤) أسطوانة ذات فتحتي تغذية (دخول وخروج الوقود)

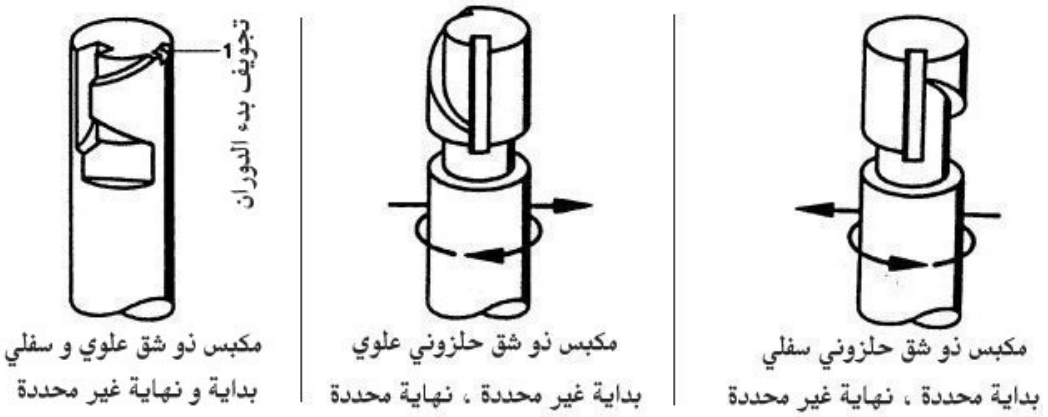


١ - مجرى رجوع الوقود .
٢ - تجويف حلقي حول المكبس .

شكل (١٥) أسطوانة مزودة بمجرى لعودة الوقود .

ولتحقيق بعض المتطلبات الخاصة كتقليل الضوضاء وتقليل الملوثات بالعادم تُصمم المكابس لها بالإضافة إلى شق حلزوني سفلي شق حلزوني علوي للتحكم في نهاية وبدء الحقن .

ولتحسين بدء التشغيل في بعض المحركات تُصمم مكابس ذات تجويف (حز) بسطح المكبس ويعمل هذا التجويف بتأخير توقيت الحقن من ٥ إلى ١٠ درجات لدرجات عمود المرفق وشكل (١٦) يوضح هذه التصميمات .



شكل (١٦) تصميم مكابس المضخة

صمام الضغط (اللا رجوع - التوصيل) : Delivery Valve

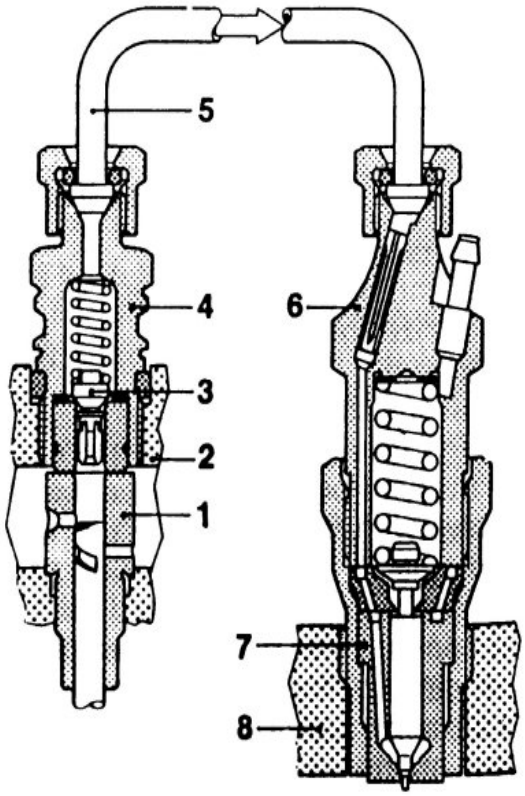
وظيفته :

صمام الضغط هو أحد أجزاء وحدة الحقن وتتلخص وظيفته في :

١ - قطع الضغط مباشرة عند انخفاض الضغط بغرفة الضغط أعلى مكبس المضخة .

٢ - المحافظة على الضغط بأنابيب الضغط العالي بين صمام الضغط نفسه وبين إبرة الرشاش.

٣ - عدم السماح بخروج الوقود إلى أنابيب الضغط العالي إلا عندما يصل الضغط إلى ضغط معين حسب تصميم وقوة نابض صمام الضغط شكل (١٧).

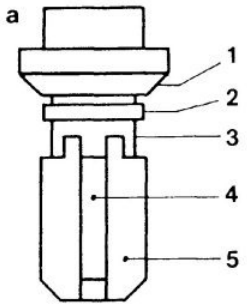


١ - أسطوانة ومكبس المضخة .
٢ - جسم المضخة .
٣ - صمام الضغط (اللارجوع -التوصيل).
٤ - صامولة الشد .
٥ - أنبوب الضغط العالي.
٦ - جسم الرشاش .
٧ - أسطوانة وإبرة الرشاش .
٨ - جسم المحرك .

شكل (١٧) يبين الاتصال بين وحدة المضخة و الرشاش .

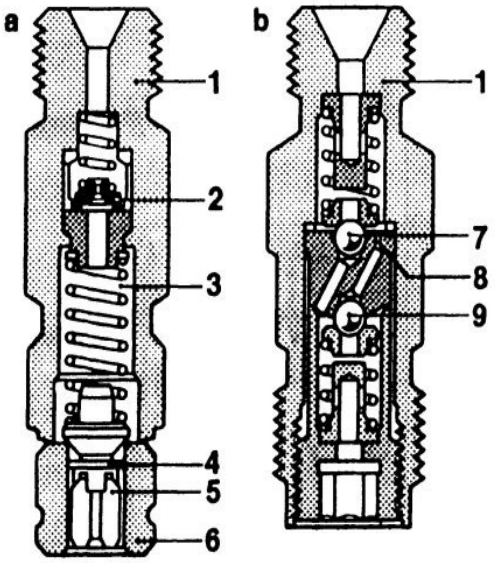
تصميم صمام الضغط (التوصيل) للمضخات المستقيمة :

هناك عدة تصميمات لمجموعة صمام الضغط حسب نوع مضخة الحقن ووظيفة الصمام المراد أن يقوم بها بداخل المنظومة ولمنع تنقيط الرشاش عند حدوث الموجات المعاكسة للوقود أثناء قطع الضغط فجأةً لهذا تجهز مجموعة الصمام بصمامات مساعدة لتقليل هذه التموجات شكل (١٨) وشكل (١٩) يبينان أجزاء وأنواع بعض صمامات الضغط (التوصيل).



١ - مخروط حلقي .
٢ - حلقة الصمام .
٣ - أخدود حلقي .
٤ - ساق الصمام .
٥ - أخدود عمودي .

شكل (١٨) أجزاء صمام الضغط



١ - جسم أو حامل صمام الضغط .
٢ - صمام تقليل التدفق العكسي .
٣ - نابض الصمام .
٤ - حلقة الصمام .
٥ - صمام الضغط (التوصيل) .
٦ - قاعدة صمام الضغط .
٧ - صمام (كرة) خروج الوقود .
٨ - مجرى عدوة الوقود
٩ - صمام (كرة) رجوع الوقود .
b - صمام ثابت الضغط .

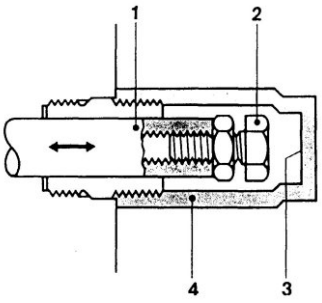
شكل (١٩) يبين أشكال تصميمات مجموعة صمام الضغط

ذراع التحكم بالتوقف : Control-rod stops

وظيفة هذا الذراع تحديد الحمل الأقصى لتوصيل الوقود من المضخة ويكون متصلاً إما بالمضخة (حيث يحدد مشوار الجريدة المسننة بمشوار معين حسب شروط المضخة) أو بمنظم كمية الحقن و يمكن ضبطه يدويا بواسطة مسمار الضبط و يوجد هناك نوعان هما :

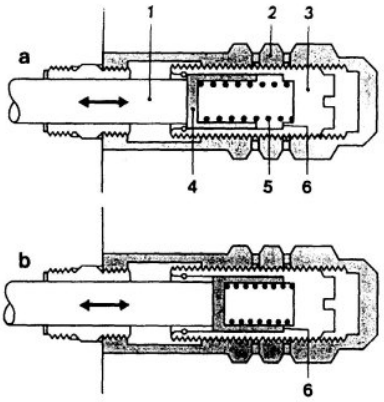
١ - **ذراع التحكم بالتوقف الثابت** Fixed control-rod stop شكل (٢٠) .

٢ - **ذراع التحكم بالتوقف مزود بنابض** Spring-loaded control-rod stop شكل(٢٠).



١ - الجريدة المسننة .
٢ - مسمار الضبط .
٣ - موضع التوقف .
٤ - غطاء حماية .

ذراع التحكم بالتوقف الثابت .



a - الحمل الاقصى . b- بدء التشغيل .

١ - الجريدة المسننة .
٢ - صامولة الشد .
٣ - مسمار الضبط الضاغط .
٤ - دليل الياي وجلبة التوقف .
٥ - نابض الضغط .
٦ - موضع التوقف .

شكل (٢٠) يبين أنواع ذراع التحكم بالتوقف

تجهيزة تقديم الحقن : Controlling Injection Timing

تحتاج محركات الديزل ذات السرعات المختلفة إلى تجهيزة لتقديم الحقن حيث تكون الفترة الزمنية للحقن ثابتة و فترة عطلة الإشعال أيضا ثابتة في جميع مراحل التشغيل لهذا وجب تقديم بدء الحقن ليتناسب وسرعة دوران عمود المرفق .

وظيفتها : تقديم وقت الحقن متوافقاً مع الزيادة النسبية لسرعة المحرك وتعمل بنظرية القوى الطاردة المركزية حيث يعمل على :

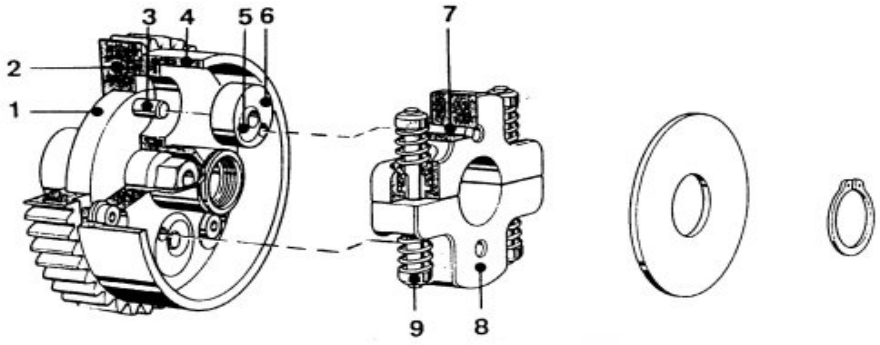
١ - نقل الحركة من المحرك إلى المضخة .

٢ - تقديم وقت الحقن من ٣ إلى ٣٠ درجة لعمود كامات المضخة تقريباً متوافقاً مع سرعة المحرك و ظروف التشغيل المختلفة .

أنواع تجهيزة تقديم الحقن :

١ - مقدم الحقن المفتوح Open Timing Device شكل (٢١) :

يُركب بعمود كامات المضخة ويُعشق بواسطة الترس الدائري الذي يمثل الجزء الخارجي لهذا النوع مع عمود المرفق للمحرك ويدور معه بنسبة ١ : ٢ و يُزيت بواسطة زيت المحرك .

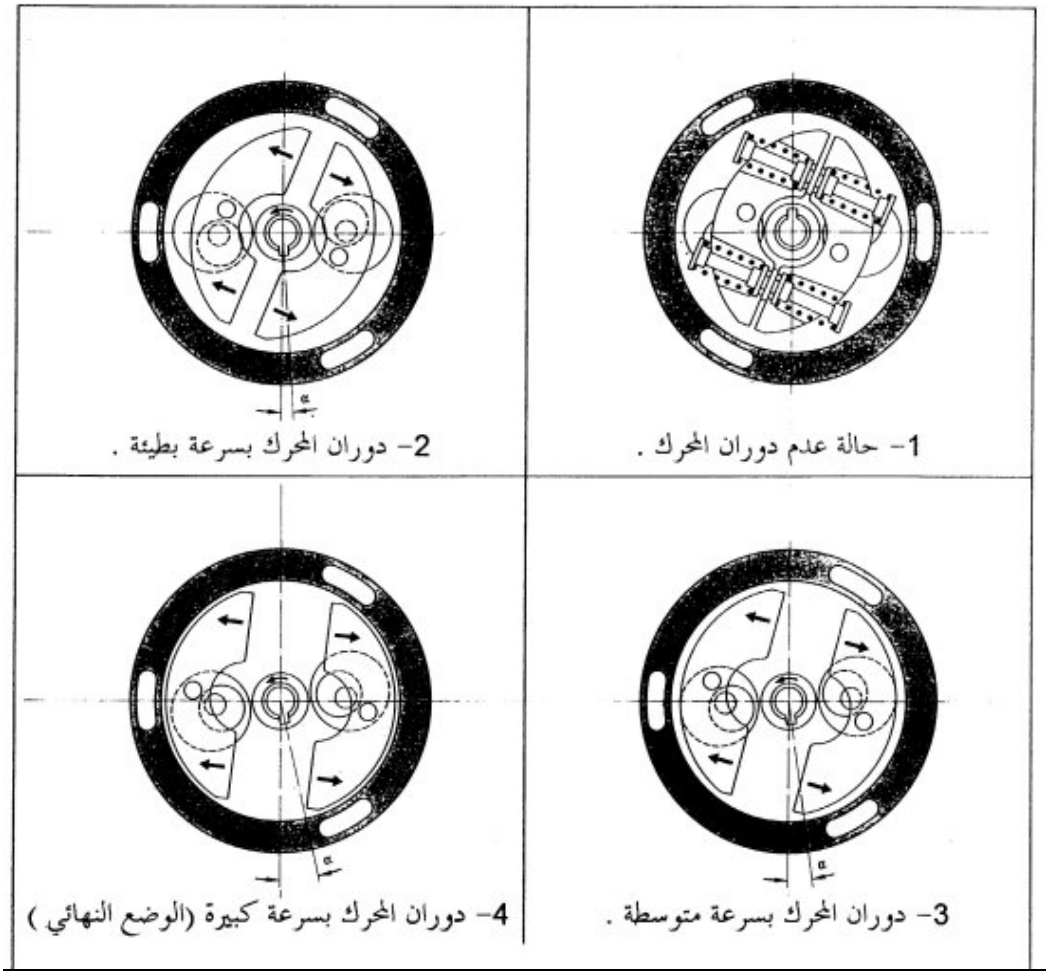


شكل (٢١) يبين أجزاء مقدم الحقن المفتوح مفصلة

١ - جلبة توصيل الدوران للمضخة . ٢ - ترس التعشيق مع المحرك . ٣ - مسمار نقل الحركة من الأثقال إلى جلبة دورن المضخة . ٤ - غطاء مجموعة الحركة اللامركزية . ٥ - وضع لا مركزي .

٦ - معادل التمركز . ٧ - مجرى مسمار نقل الحركة . ٨ - الأثقال . ٩ - نابض الضغط .

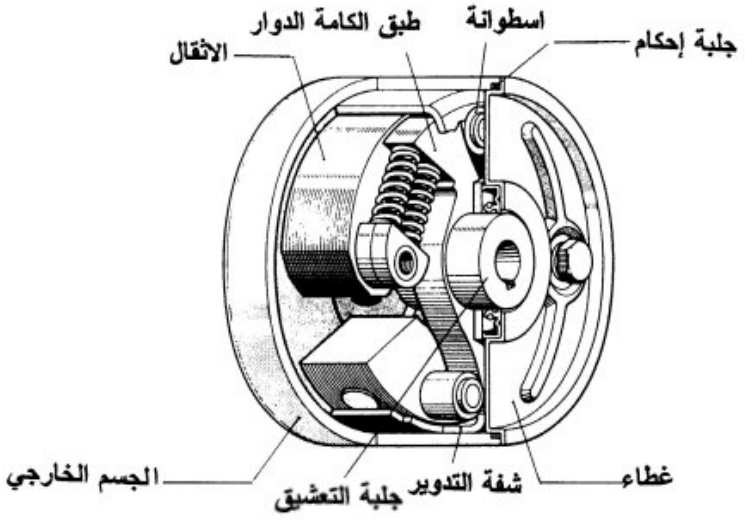
الشكل التالي يبين كيفية عمل مقدم الحقن عند مراحل تشغيل المحرك المختلفة :



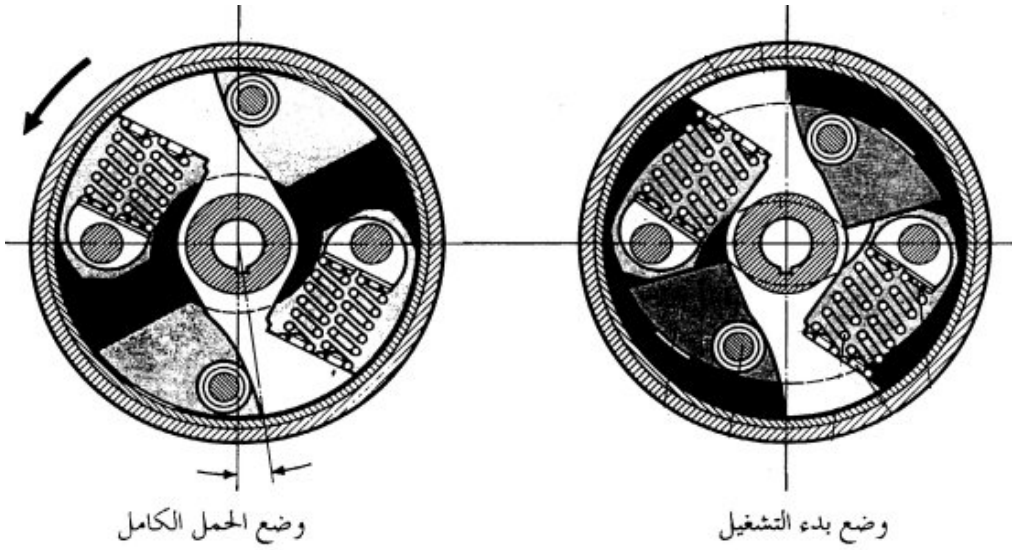
شكل (٢٣) يبين زيادة درجة تقديم الحقن (a زاوية تقديم الحقن)

٢ - **مقدم الحقن المغلق** Closed Timing Device شكل (٢٤) :

يختلف هذا النوع عن السابق بأنه ذاتي التزييت حيث يوضع الزيت بداخله ثم يُغلق ويعشق مع عمود المرفق بواسطة جلبة التعشيق ويدور مع عمود المرفق بنسبة ١ : ٢ .



شكل (٢٤) يبين أجزاء مقدم لحقن المغلق

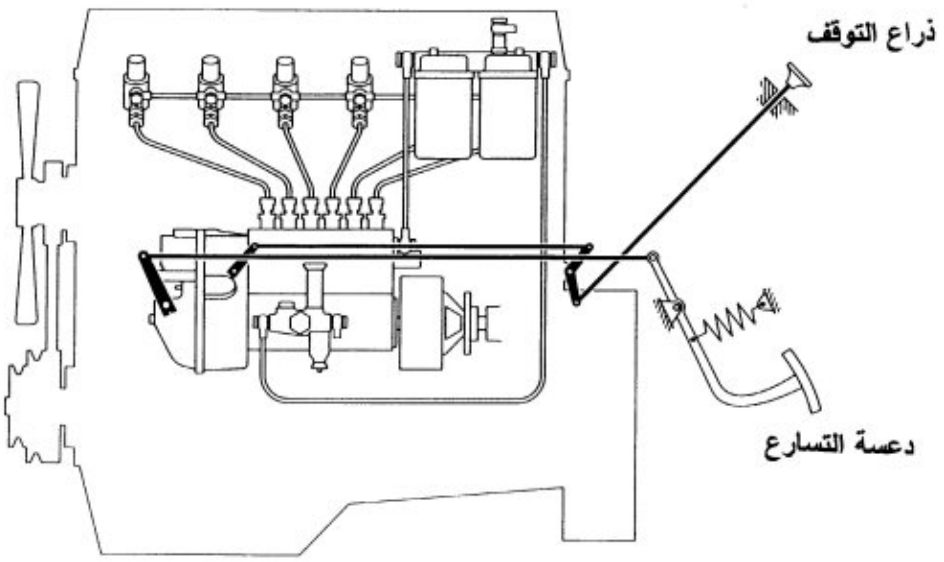


شكل (٢٥) يبين أجزاء و زاوية التقديم لمقدم الحقن المغلق

تجهيزة التحكم بكمية الحقن (منظم الحقن) : Governing Fuel Delivery

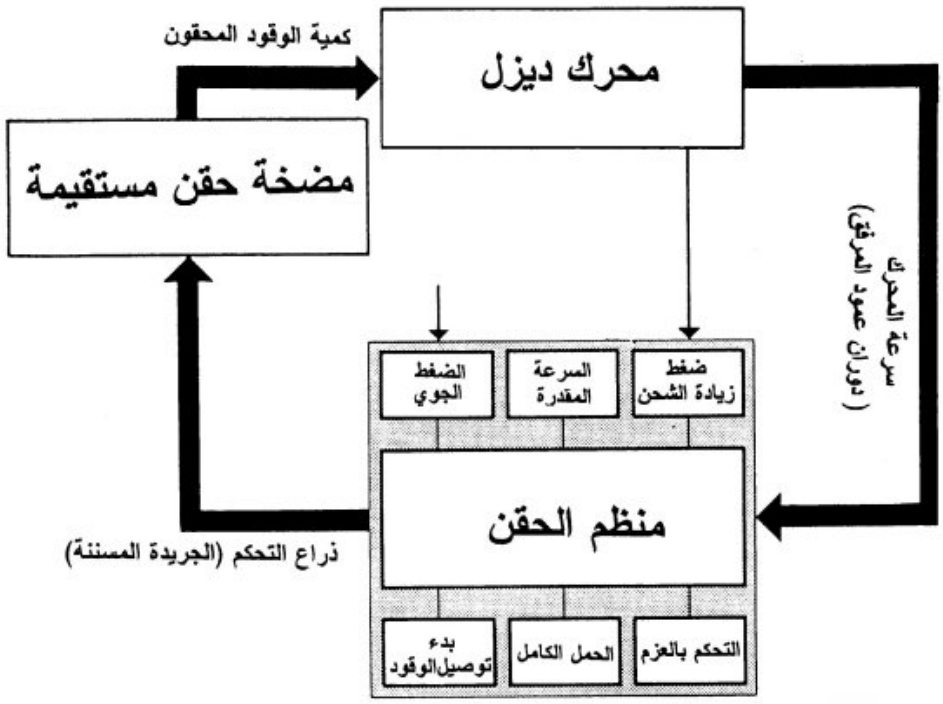
يحتاج محرك الديزل إلى التحكم بكمية حقن الوقود للحصول على خصائص التشغيل التي صُمم المحرك لأدائها وأيضا في حالة بدء دوران المحرك وهو بارد بواسطة بادئ الحركة يدور المحرك بكمية وقود ثابتة وأثناء فترة التسخين يبدأ الاحتكاك داخل المحرك وكذلك مقاومة الأجزاء المدارة بواسطة المحرك مثل (المولد - مضخة الحقن - ضاغط الهواء - وغيرها) تبدأ بالتناقص بتزايد سخونة المحرك وبالتالي بقاء ذراع التحكم (الجريدة المسننة) في وضعها السابق وبنفس كمية الوقود التي بُدئ بها تدوير المحرك ستساهم بزيادة سرعة المحرك إلى حد كبير لهذا بُدئ التفكير بتجهيزة تنظيم الحقن لتحقيق المتطلبات التي تستوجبها ظروف تشغيل المحرك المختلفة مثل :

١ - التحكم في كمية الوقود الزائد عند بدء التشغيل .
٢ - تحديد السرعة الدنيا للمحرك (سرعة اللا حمل) .
٣ - تحديد السرعة القصوى للمحرك (أقصى حمل).
٤ - قطع الوقود عن المحرك لإيقاف المحرك .



شكل (٢٦) يبين التوصيلات الميكانيكية بين منظم الحقن و قائد المركبة

مخطط عمل منظم الحقن مع المحرك و مضخة الحقن المستقيمة



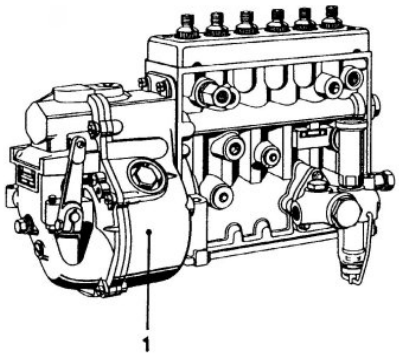
شكل (٢٧) يبين مخطط العلاقة بين منظم الحقن والمحرك والمضخة المستقيمة

و يستمد منظم الحقن الحركة من المحرك المثبت به مضخة الحقن وذلك بطرق متعددة منها :

أ - ميكانيكياً (بالقوى الطاردة المركزية).

ب - بالتخلخل (عن طريق مجاري السحب) .

جـ - كهربائيا (بدوائر كهربية تتوافق مع عمل المحرك) .

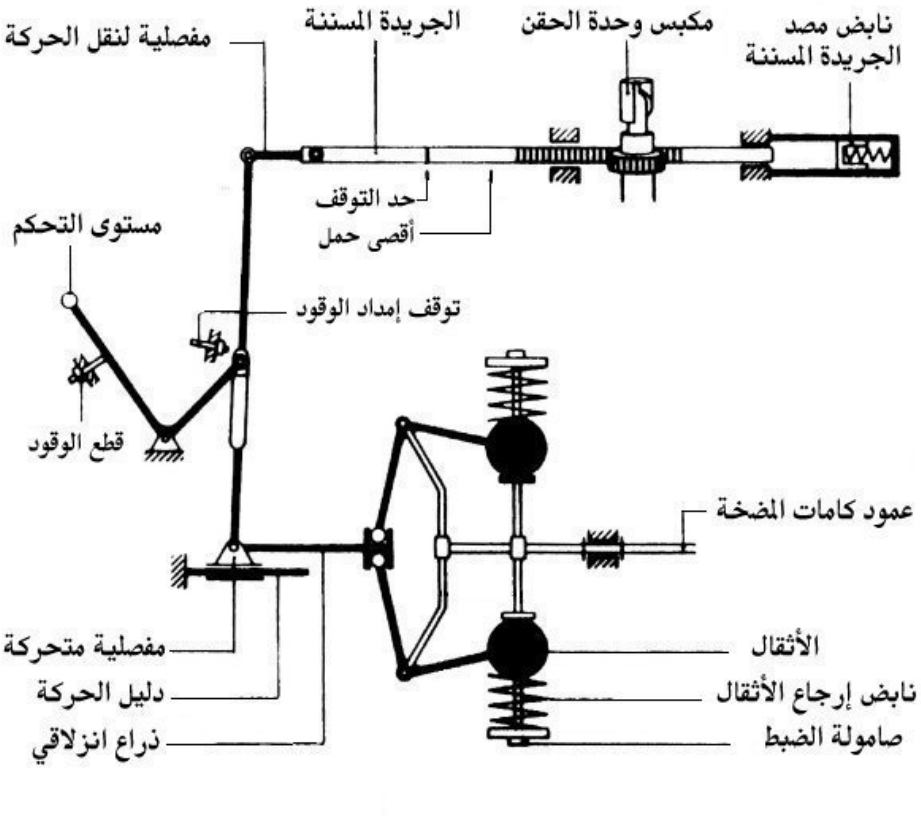


١ - منظم الحقن الميكانيكي

شكل (٢٨) يبين موضع منظم الحقن الميكانيكي بالمضخة المستقيمة

منظم الحقن الميكانيكي Mechanical Governor :

ويعمل القوى الطاردة المركزية وله عدة أنواع تستخدم حسب نوع المركبة ونظام الحقن وشكل (٢٩) يبين الأجزاء الداخلية لأحد الأنواع :



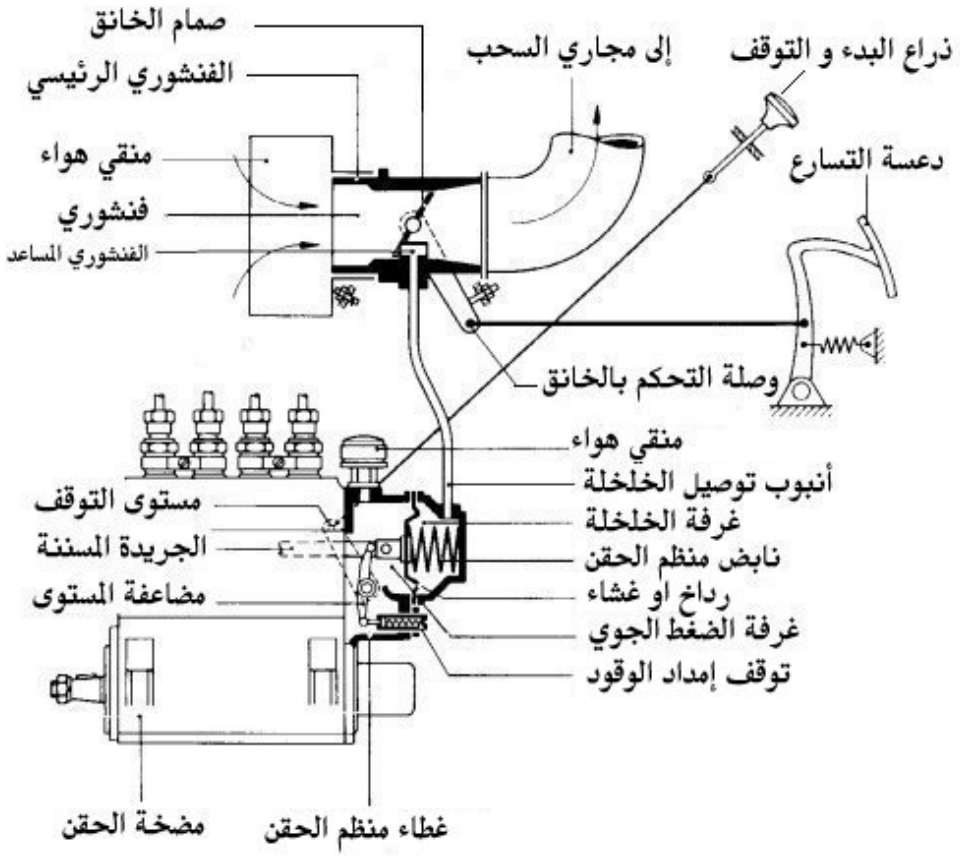
شكل (٢٩) يبين أجزاء و طريقة حركة منظم الحقن الميكانيكي

يمكن تلخيص طريقة عمله فيما يلي :

عند دوران عمود الكامات بالمضخة تنفرج الأثقال بفعل القوى الطاردة المركزية فتسحب عن انفراجها ذراع الانزلاق الذي بدوره يقوم بتحريك المفصلية المتصلة بالذراع المتصل بالجريدة المسننة مما يؤدي إلى سحب الجريدة المسننة التي بدورها تدير مكبس وحدة الحقن لزيادة كمية حقن الوقود .

- ❖ كلما زادت سرعة دوران عمود الكامات بالمضخة زاد انفراج الأثقال و بالتالي زاد سحب الجريدة
- ❖ كلما قل دوران عمود الكامات بالمضخة عادات الأثقال للخلف بفعل ضغط النابض فتعود الجريدة المسننة حسب انفراج الأثقال و بالتالي يقل دوران المكبس الذي بدوره يقلل كمية الوقود .

منظم الحقن بالخلخلة Pneumatic Governor :



شكل (٣٠) يبين الأجزاء الداخلية لمنظم حقن بالخلخلة

يستخدم منظم الحقن بالخلخلة في المحركات الصغيرة و يعتمد في عمله على سرعة الهواء الداخل عبر الفنشوري الموجود في مجاري السحب حيث يكون هناك أنبوب موصل بين مجاري السحب و غرفة الخلخلة بمنظم الحقن فيسحب الرداخ أو الغشاء المطاطي المتصل بالجريدة المسننة فيؤدي إلى سحبها و بالتالي دوران مكبس الوحدة لزيادة الحقن .

و عند قلة سرعة دخول الهواء بمجاري السحب تقل الخلخلة و بالتالي يعود الغشاء بفعل ضغط النابض فتعود الجريدة المسننة لوضعها السابق و يقل الحقن بفعل رجوع دوران مكبس الوحدة .

منظم الحقن كهربائي Electric Governor :

سيتم شرح طريقة عمله و أجزائه في الوحدة الخامسة (حقن وقود الديزل بتحكم كهربي)

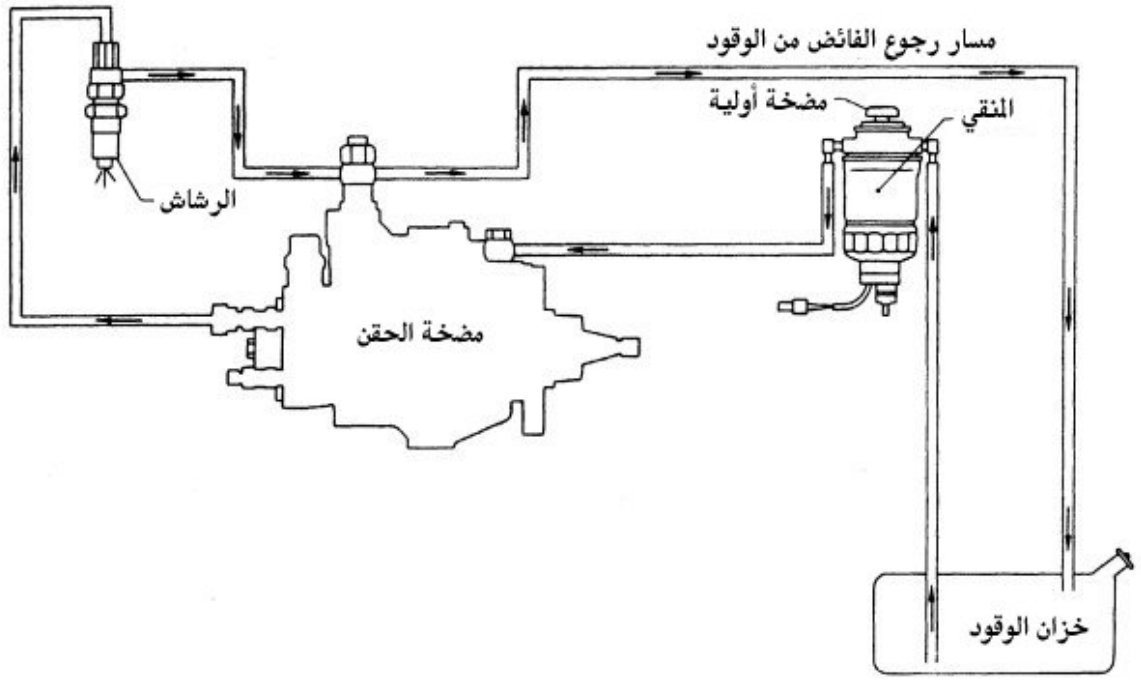
مضخة حقن الديزل الدائرية Distributor Fuel-Injection Pump

تعتبر مضخة حقن الديزل الدائرية من أكثر المضخات المستخدمة في حقن الوقود لمحركات الديزل بعد المضخة المستقيمة حيث تمتاز بقلة صيانتها و أخف ضوضاءً من المضخة المستقيمة عند دورانها و لأنها ذات ضغوط منخفضة فهي تستخدم في سيارات الركوب و الشاحنات الصغيرة .

و تسمى بعدة أسماء منها :

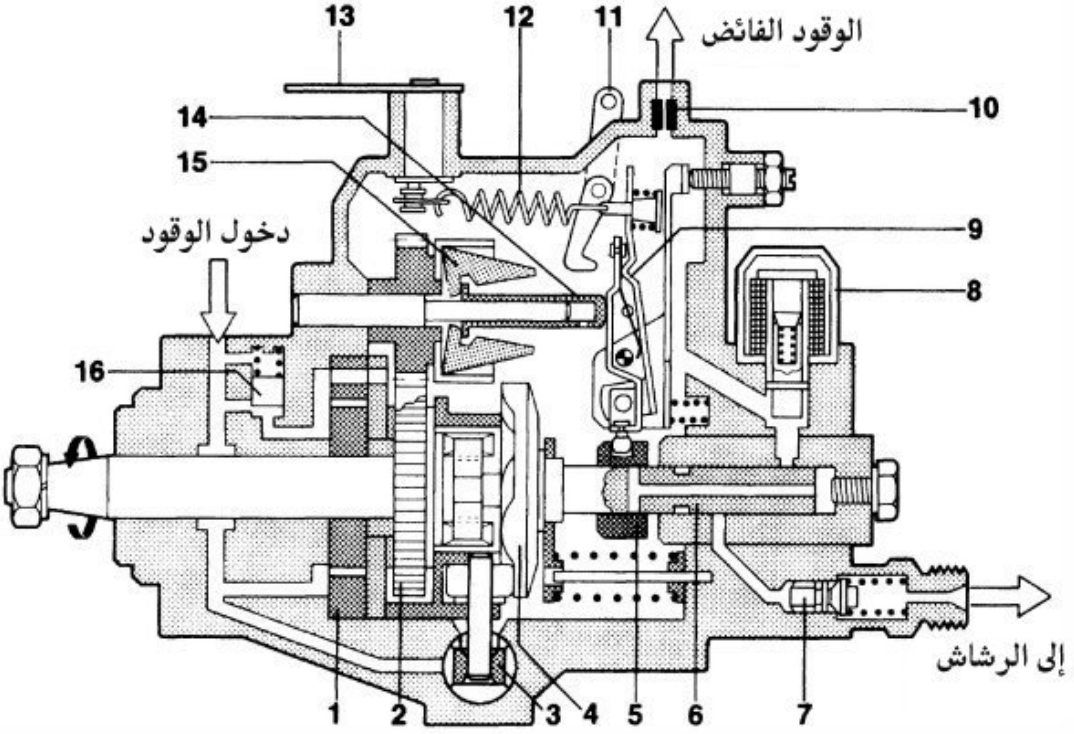
- مضخة حقن الديزل الدائرية .
- مضخة حقن الديزل الرحوية .
- مضخة حقن الديزل الموزعة .

و تمتاز بأنها ذات مكبس واحد يقوم بتوزيع الوقود على جميع الرشاشات .



شكل (٣١) يبين أجزاء دورة الوقود لمضخة حقن ديزل دائرية

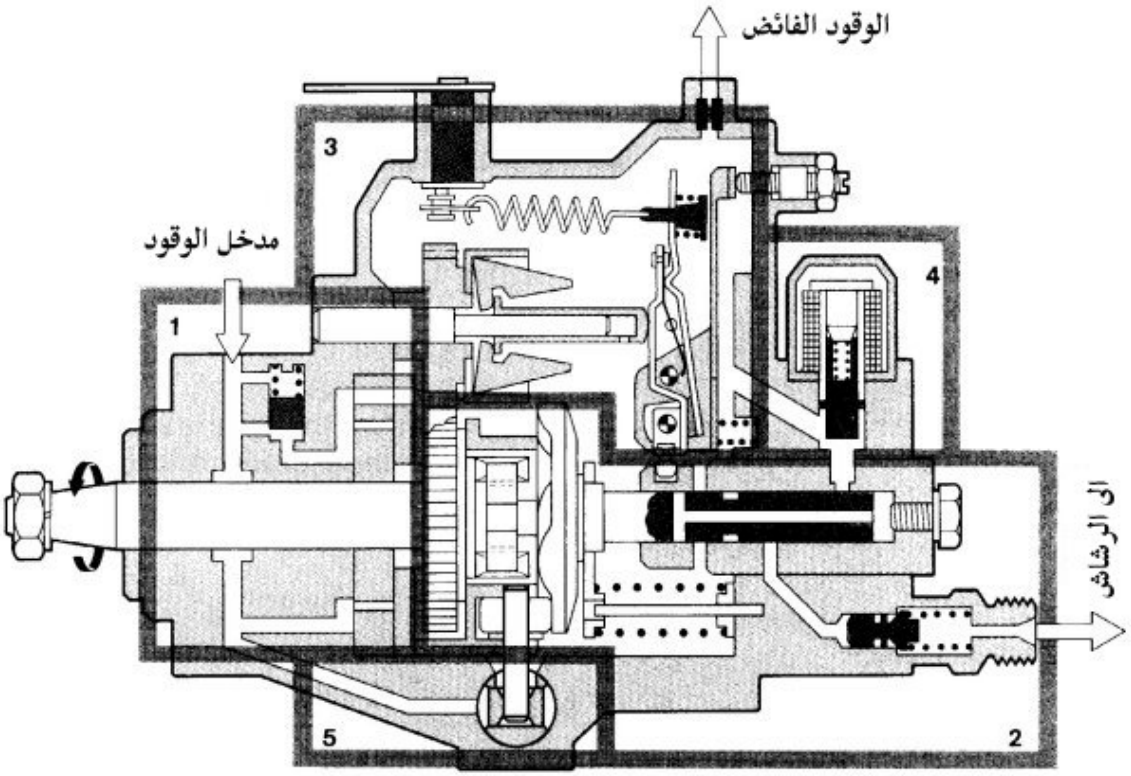
أجزاء مضخة الحقن الدائرية



شكل (٣٢) يبين الأجزاء الداخلية لمضخة الحقن الدائرية

١ - مضخة توريد الوقود .
٢ - عمود دوران منظم الحقن .
٣ - تجهيزة تقديم الحقن .
٤ - صحن الكامات .
٥ - جلبة التحكم .
٦ - مكبس المضخة .
٧ - صمام التوصيل .
٨ - عنصر قطع الوقود الكهرومغناطيسي .
٩ - منظم كمية الحقن الميكانيكي .
١٠ - مجرى الوقود الفائض .
١١ - قطع الوقود الميكانيكي .
١٢ - نابض منظم الحقن .
١٣ - مستوى التحكم بالسرعة .
١٤ - جلبة التحكم .
١٥ - أثقال منظم الحقن .
١٦ - صمام التحكم بالضغط .

و يمكن تقسيم أجزاء مضخة حقن الديزل الدائرية إلى خمسة أقسام رئيسية يعمل كل قسم وظيفة معينة و شكل (٣٣) يبين كيفية تقسيم أجزاء المضخة الدائرية .



شكل (٣٣) يبين أقسام مضخة الحقن الدائرية

و يمكن تعريف هذه الأقسام كما يلي :

١ - قسم مضخة توريد الوقود :

يقوم بسحب الوقود من خزان الوقود إلى داخل المضخة .

٢ - قسم الضغط العالي للوقود و التوزيع :

ضغط الوقود و توزيعه إلى اسطوانات المحرك عبر الرشاشات .

٣ - قسم منظم الحقن :

يتحكم بسرعة المحرك عن طريق التحكم بكمية الوقود المحقونة .

٤ - قسم عنصر قطع الوقود الكهرومغناطيسي :

و يعمل في حالة قفل مفتاح تشغيل المحرك لقطع الوقود نهائياً عن المضخة .

٥ - قسم توقيت الحقن :

يتحكم ببدء حقن الوقود و تقديمه حسب سرعة المحرك .

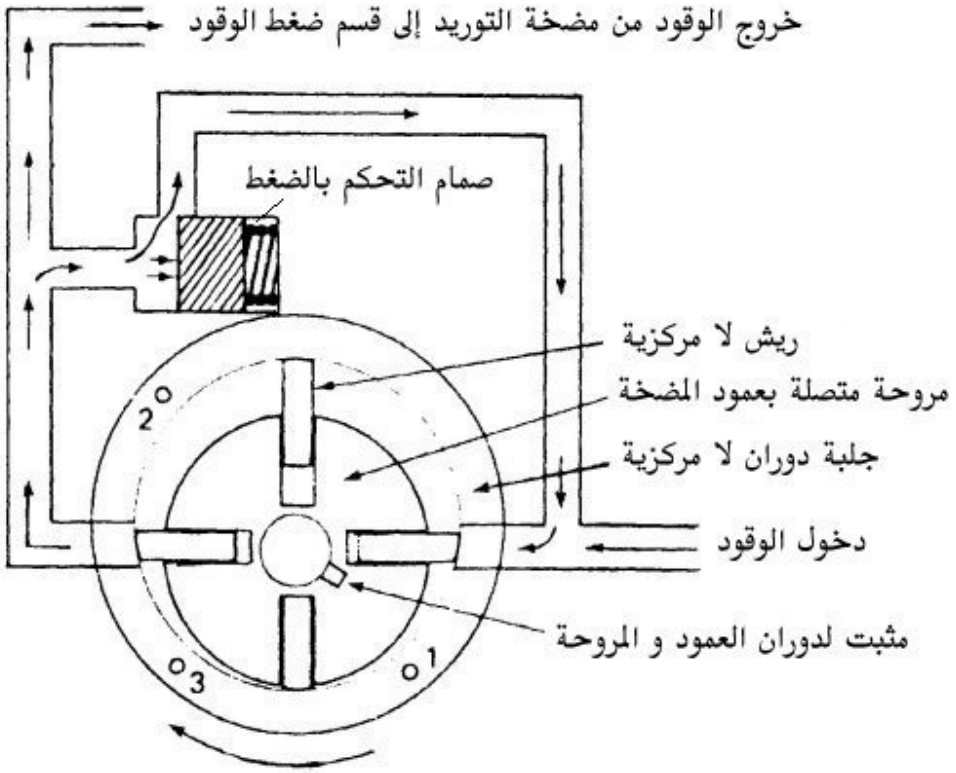
مضخة توريد الوقود :

تقوم مضخة توريد الوقود بسحب الوقود من خزان الوقود لمضخة حقن الديزل الدائرية .

و يبين شكل (٣٤) كيفية سريان الوقود بداخل مضخة التوريد بالوقود .

حيث تعمل بواسطة دوران ريش المروحة المتصلة بعمود المضخة بسرعة تؤدي إلى سحب الوقود من خزان الوقود و ضغطه إلى داخل المضخة .

في حالة امتلاء المضخة فأن الضغط سوف يؤثر على الريش لتعود للخلف مما يقلل سحب الوقود من الخزان الرئيسي للوقود .



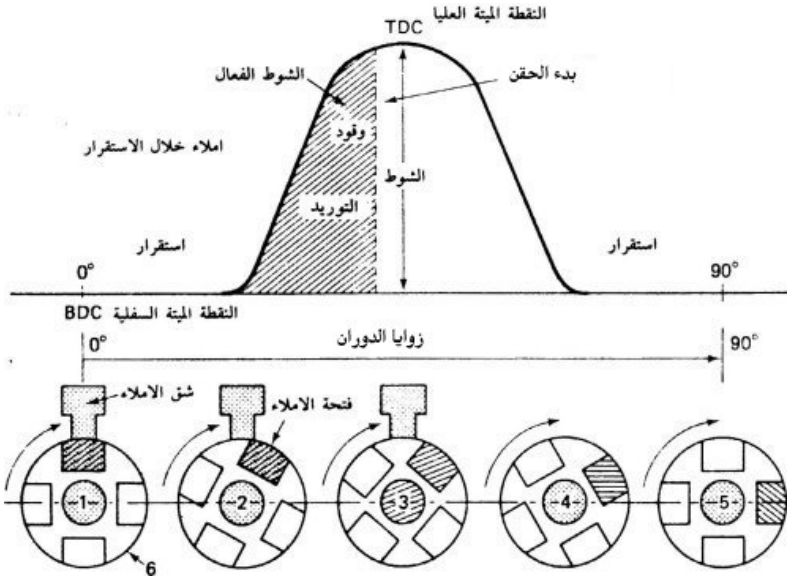
شكل (٣٤) يبين سريان الوقود بداخل مضخة توريد الوقود

طريقة عمل مضخة الحقن الدائرية :

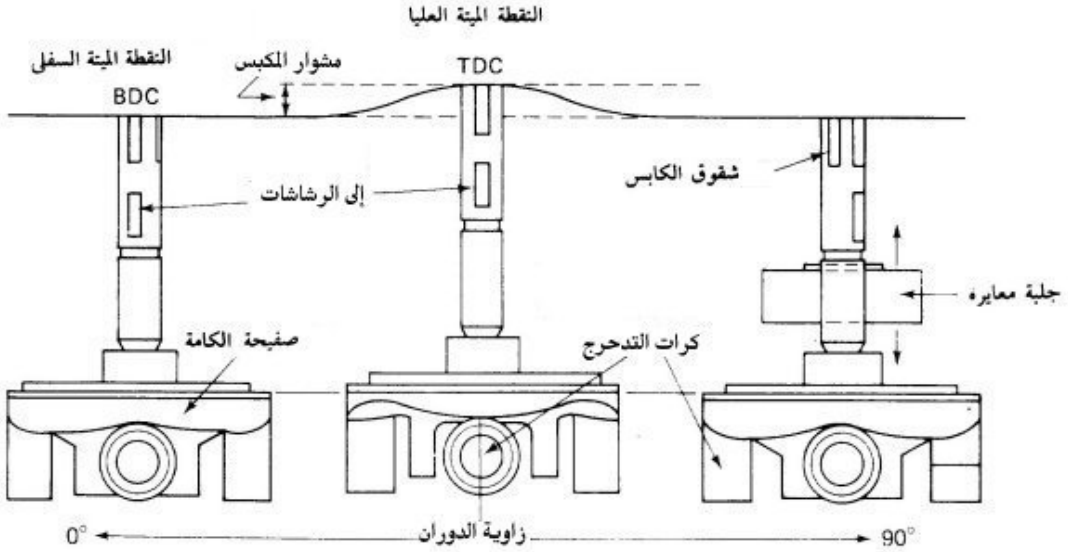
يقوم المكبس بتوزيع الوقود المضغوط للرشاشات و منها إلى اسطوانات المحرك .

و يعمل المكبس على إدخال الوقود في المجاري الموجودة به و تسمى شقوق الامتلاء ثم يقوم بضغطها للرشاشات عند ارتفاعه للأعلى بتأثير الكامة الموجودة بصحن أو صفيحة الكامات .

و شكل (٣٥) و شكل (٣٦) يبينان حركة المكبس الدائرية و الترددية أثناء عملية الحقن .



شكل (٣٥) يبين كيفية امتلاء الشق بالمكبس عند تقابلهما عدد الشقوق بحسب عدد الاسطوانات

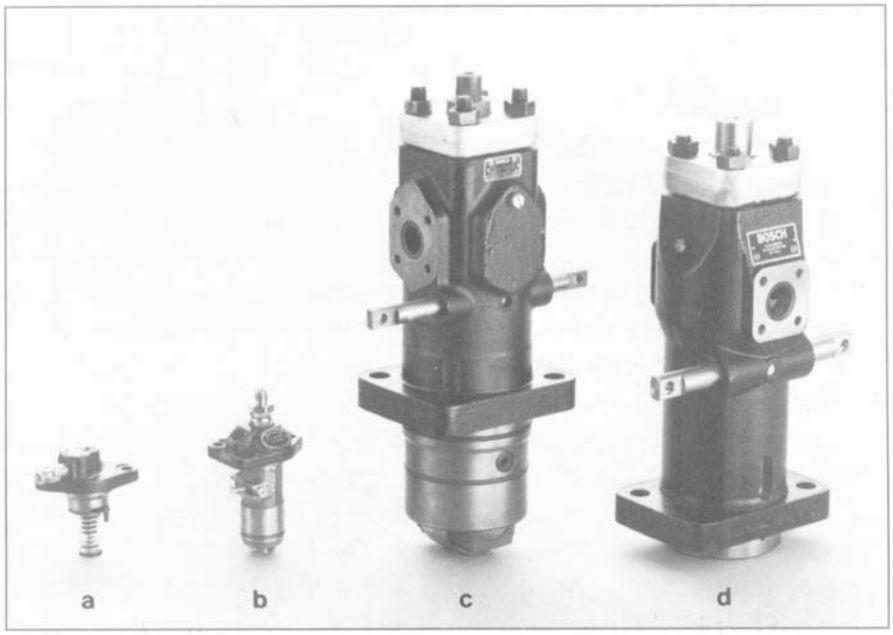


شكل (٣٦) يبين مشوار المكبس من النقطة الميتة السفلى إلى النقطة الميتة العليا بتأثير الكامة .

مضخات الحقن نوع PF

هذه المضخات هي الفرع الآخر من مضخات الحقن المستقيمة وتختلف بالشكل الخارجي وعدد وحدات الحقن بداخلها حيث من الممكن أن تصنع مفردة أو مزدوجة أو ذات أربع وحدات حقن و لكن بدون عمود كامات خاص بها حيث تستمد حركتها من عمود كامات المحرك و تختلف مضخات PF من حيث الحجم و الضغط حسب أحجامها .

وتستخدم في أنظمة حقن محركات الجرارات ومعدات الإنشاء والقطارات والسفن و يكون مجال ضغوطها صغير في المضخات الصغيرة بينما يصل من ٥٠٠ إلى ١٠٠٠ بار في المضخات الكبيرة و التي تستخدم في السفن الكبيرة جداً . و شكل (٢٧) يبين عدة أنوع منها .



شكل (٢٧) يبين أنواع مضخة الحقن PF

a - مضخة نوع PFE 1Q .

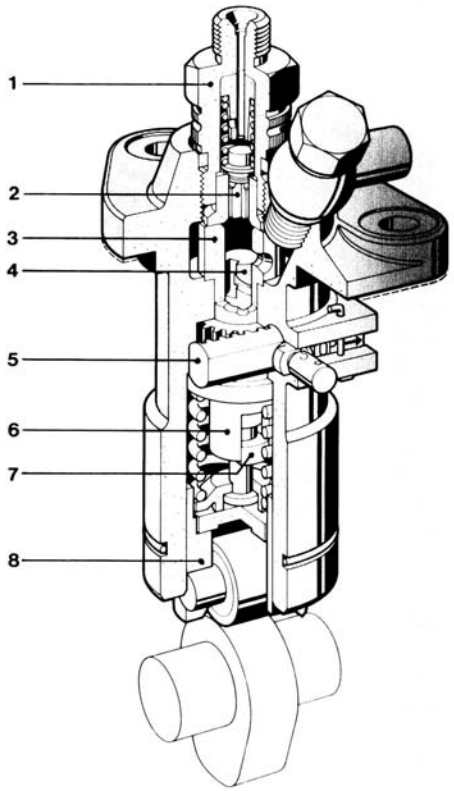
b - مضخة نوع PFR 1 K .

c - مضخة نوع PFR 1 W .

d - مضخة حقن PF 1 D .

الأجزاء الداخلية :

تتشابة مضخات PF مع مضخات الحقن المستقيمة PE تقريباً في الأجزاء الداخلية و شكل (٢٨) .
يسن أجزاء أحدى مضخات PF الداخلية .



شكل (٢٧) يبين الأجزاء الداخلية لمضخة حقن نوع PFR 1 K

١ - ماسورة شد صمام التوصيل .
٢ - صمام التوصيل .
٣ - اسطوانة المضخة .
٤ - مكبس المضخة .
٥ - ذراع التحكم بحركة المكبس .
٦ - جلبة نقل الحركة بين ذراع التحكم و المكبس .
٧ - بروز لتعشيق المكبس مع جلبة نقل الحركة .
٨ - تابع الكامة .

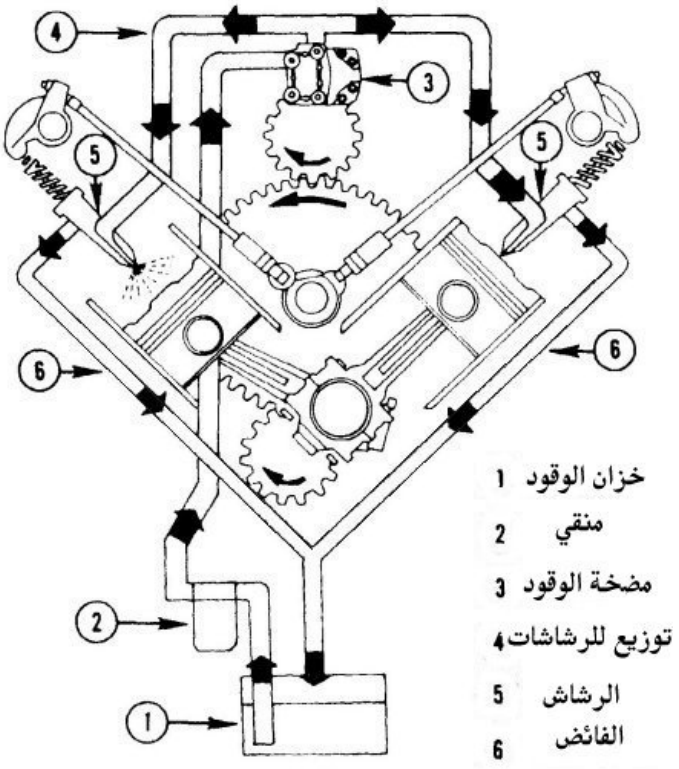
أنظمة الحقن الأمريكية

هناك عدة أنظمة ذات التصنيع الأمريكي تختلف عن نظام الحقن لشركة بوش و من تلك الأنظمة :

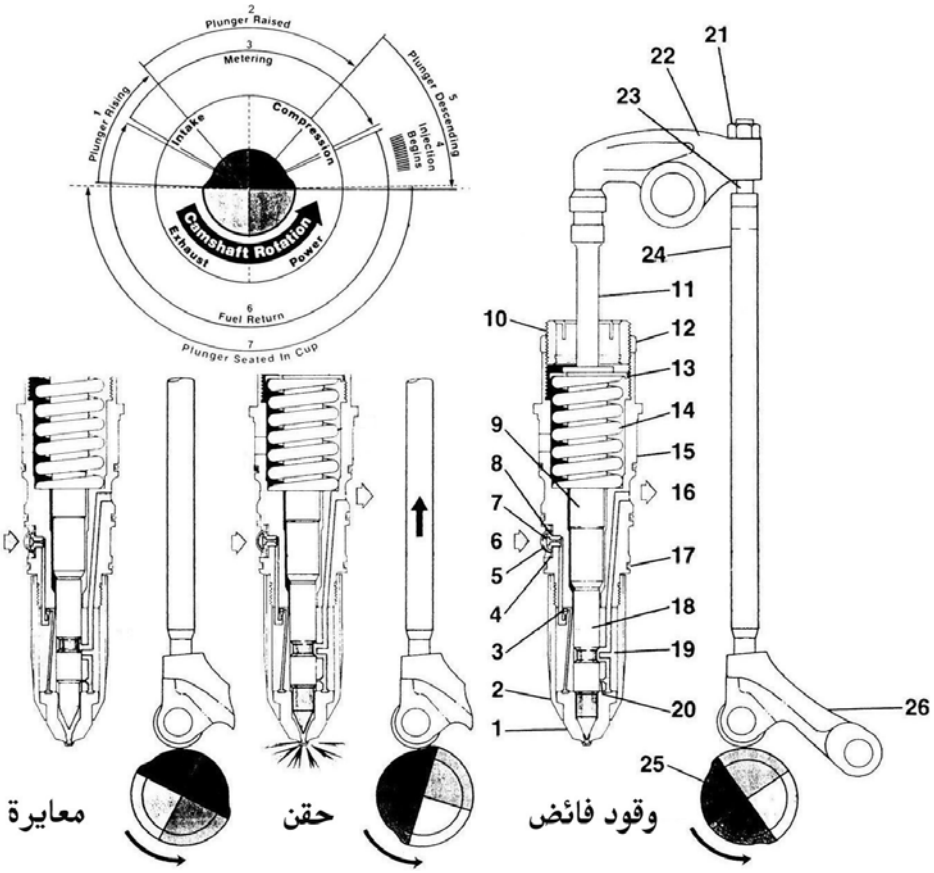
نظام حقن كومنز (Top Stop Injector) CUMMINS – PT D :

يعمل هذا النظام بحيث تقوم مضخة بضغط الوقود إلى غرفة الضغط بالرشاش عند رجوع إبرة الرشاش و فتح قناة المعايرة لدخول الوقود من ثم عودة الإبرة وقفل قناة المعايرة و ضغط الوقود إلى غرفة الاحتراق و تكون حركة إبرة الرشاش حسب حركة الكامة المخصصة لذلك .

كما يبين شكل (٢٨) و شكل (٢٩) .



شكل (٢٨) يبين نظام حقن كومنز

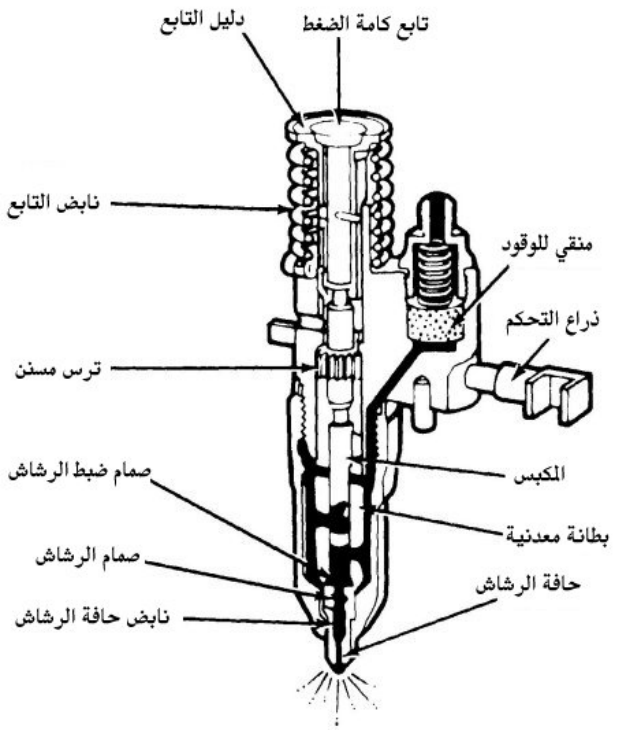


شكل (٢٩) يبين حركة الكامة و إبرة الرشاش في عملية الحقن

١ - غطاء رأس الرشاش .	١٤ - نابض الرشاش .
٢ - حافظ الغطاء .	١٥ - جسم الرشاش .
٣ - مبيت كرة (صمام دخول الوقود)	١٦ - خروج وقود الفائض .
٤ - حز أو تجويف .	١٧ - حلقة .
٥ - مبين .	١٨ - مكبس أو إبرة الرشاش .
٦ - دخول الوقود .	١٩ - أسطوانة المكبس أو الإبرة .
٧ - فتحة توازن .	٢٠ - فتحة المعايرة .
٨ - جلبة فتحة المعايرة .	٢١ - صامولة شد .
٩ - ضاغط مزدوج .	٢٢ - رافعة متأرجحة .
١٠ - ماسورة شد نهائية .	٢٣ - مسمار ضبط الخلوص .
١١ - ذراع توصيل الدفع .	٢٤ - ذراع الدفع .
١٢ - صامولة شد .	٢٥ - سطح الكامة .
١٣ - وردة تمركز للنابض .	٢٦ - تابع الكامة .

نظام حقن ديترويت ديزل Detroit Diesel:

و يعمل هذا النظام حسب وحدة حقن منفصلة لكل أسطوانة من اسطوانات المحرك شكل (٣٠) .



شكل (٣٠) يبين أجزاء وحدة نظام حقن ديترويت ديزل

نظام حقن وقود الديزل بتحكم كهربي

ELECTRONIC DIESEL CONTROL (EDC)

تتأثر عملية الاحتراق في محركات الديزل وبالتالي أداء المحرك بعدة عوامل هي:

١ - توقيت بدء الحقن .

٢ - كمية الوقود المحقون .

٣ - كمية غازات العادم الراجعة .

٤ - ضغط شحن الهواء الداخل إلى المحرك .

ويكون نتاج عملية الاحتراق المثالية :

١ - قلة المعدل النوعي لاستهلاك الوقود .

٢ - قدرة جيدة للمحرك.

٣ - عادم خالي قدر الإمكان من الدخان والملوثات.

٤ - سلاسة عمل المحرك في جميع ظروف التشغيل .

أدت هذه الاعتبارات السابقة إلى زيادة الحاجة لتطوير منظومة حقن الديزل وبخاصة :

أ - زيادة حساسية التحكم .

ب - زيادة إمكانية منظومة الحقن لمعالجة المؤثرات الخارجية .

جـ - التقليل من تآكل الأجزاء المتحركة وبالتالي زيادة العمر الافتراضي لأجزاء المنظومة. وللحصول على كل هذا قامت شركات تصنيع منظومات حقن الديزل بتطوير نظام حقن الوقود وذلك بإدخال دوائر كهربية متعددة و ربطها بوحدة إلكترونية ECU لتقوم بتحقيق تلك لاعتبارات السابقة وبخاصة أن هذه الإضافات الإلكترونية تحقق :

١ - إمكانية إجراء قياسات إلكترونية للمتغيرات إضافة إلى تطوير ومرونة برامج معالجة البيانات المقاسة (ECU).

٢ - إمكانية تطبيق نظم التحكم المغلقة المجهزة بمشغلات كهربية وذلك لدقتها مقارنة بطرق التحكم الميكانيكية .

أجزاء منظومة حقن الديزل بتحكم كهربي

يتكون هذا النظام من ثلاثة أجزاء رئيسية هي :

أولاً : الحساسات (Sensors) :

تقوم بتسجيل قراآت حالات التشغيل وبالتالي تحويل المؤثرات الطبيعية (ضغط ، درجة حرارة ، حركة أو إزاحة عنصر .....وهكذا) إلى إشارات (نبضات) كهربية تذهب إلى وحدة التحكم الكهربية (ECU) ويحتوي هذا النظام على كثير من الحساسات تُصنف كما يلي :

أ - حساسات الموضع Position Sensors :

تقوم بتحديد موضع دعسة التسارع وموضع الجريدة المسننة لمضخة الحقن وهذه الحساسات في أبسط صورها عبارة عن مجزئ للجهد .

ب - حساس حثي لتحديد سرعة الدوران وموضع النقطة الميتة العليا
Inductive Sensor for Speed and Position of TDC .

جـ - حساسات قياس درجة الحرارة والضغط Temperature & Pressure Sensors :

تستخدم حساسات ذات دقة عالية و خصائص ثابتة لا تتأثر بالتقادم .

د - حساس تحديد لحظة بدء الحقن Start of Injection Sensor :

يتم تحديد لحظة بدء الحقن بواسطة حساس موضوع مباشرة في مجمع جسم الرشاش (للأسطوانة الأولى فقط) حيث يقوم بتسجيل حركة إبرة الرشاش وبالتالي يعطي إشارة تمثل بدء عملية الحقن .

وتحتوي منظومة حقن الديزل بتحكم كهربي على كثير من الحساسات وهي :

١ - حساس حركة إبرة الرشاش (Needle-motion sensor).
٢ - حساس درجة حرارة مياه التبريد (Water temperature sensor).
٣ - حساس حركة الطوق (Potentiometer for control-collar position).
٤ - حساس درجة حرارة الهواء الداخل للمحرك (Air temperature sensor).
٥ - حساس درجة حرارة الوقود بداخل المنظومة (Fuel temperature sensor) .
٦ - حساس تدفق (كمية) الهواء (Air flow sensor).
٧ - حساس سرعة دوران المحرك (Engine-speed sensor).
٨ - حساس سرعة المركبة (Road-speed sensor).
٩ - حساس قياس الضغط الجوي (Atmospheric-pressure sensor).
١٠ - حساس التسارع (دواسة قدم السائق) (Accelerator sensor).

١١ - حساس اختيار السرعة (ذراع صندوق السرعات) (Speed-selection lever).

ثانياً : وحدة التحكم الكهربية (Electronic Control Unit) :

عبارة عن معالج دقيق (Microprocessor) يقوم باستقبال الإشارات القادمة من الحساسات ومن ثم مقارنها بالمعادلات الرياضية المخزنة بذاكرة شريحة خريطة البيانات (قيم تشغيل المحرك المثالية) وبعد ذلك ينتج خرج كهربي على شكل إشارات (نبضات)كهربية تذهب إلى المشغلات .

وتحتوي وحدة التحكم على :

١ - معالج دقيق (Microprocessor) .

٢ - الخرائط (Maps) تحتوي على قيم تشغيل المحرك المثالية مخزنة من قبل الشركة الصانعة.

٣ - وحدة خاصة بالتحكم في كمية الوقود (Injected fuel quantity) .

٤ - وحدة خاصة بالتحكم في إغلاق المحرك (Engine shutoff).

٥ - وحدة خاصة بالتحكم في بدء الحقن (Start of injection).

٦ - وحدة خاصة بالتحكم في إرجاع غازات العادم (Exhaust Gas Recalculation) .

٧ - وحدة خاصة بالتحكم في بدء التشغيل (Starting control).

٨ - وحدة خاصة لاكتشاف الأعطال (Diagnosis).

ثالثاً : المشغلات (Actuators) :

تقوم بتحويل إشارات الخرج الكهربي من وحدة التحكم إلى حركة ميكانيكية تتحكم في أداء أجزاء المنظومة حسب ما هو مطلوب وتتكون من :

١ - مضخة حقن الديزل (Fuel-injection pump) وتستقبل إشارات لتغيير كمية الحقن وقطع الحقن عن المحرك وتوقيت بدء الحقن .

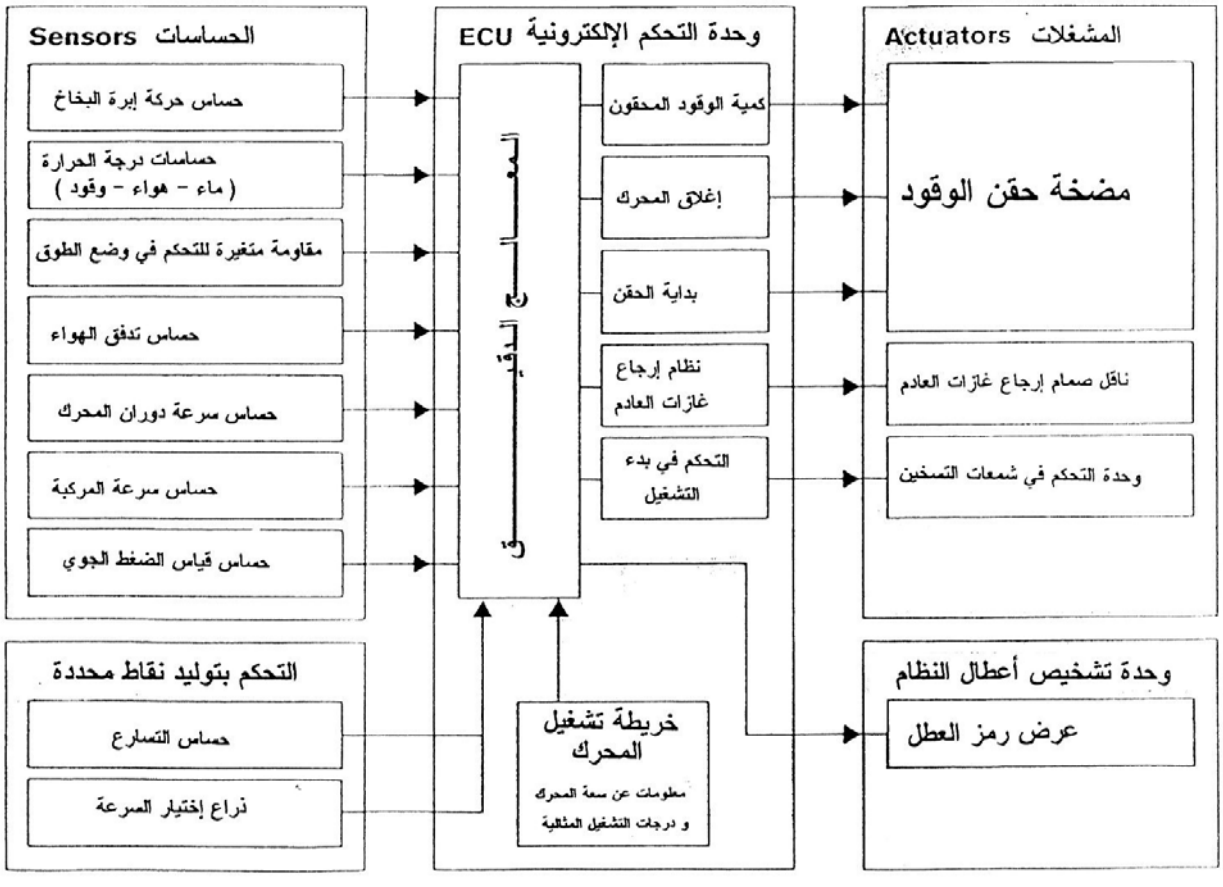
٢ - صمام إرجاع غازات العادم (Transducer with EGR valve).

٣ - وحدة التحكم بشمعات التسخين (Glow control unit).

٤ - لوحة عرض رمز العطل (Diagnosis display).

ويمكن ربط هذه الأجزاء بالنظر إلى مخطط النظام شكل (١) والتعرف إلى أجزاء النظام شكل (٢) .

مخطط لدائرة حقن الديزل بتحكم كهربي



شكل (٣١) يبين مخطط منظومة حقن الديزل بتحكم كهربي و أجزاءه الأساسية

مما سبق يتبين أن أهم جزء في المضخة يكون التحكم الكهربي معنياً به هو منظم الحقن و بالتالي تقليل أو زيادة كمية الوقود للمحرك و ذلك حسب ظروف التشغيل مما يؤدي :

١ - تحسين أداء المحرك و سلاسته .

٢ - تقليل استهلاك الوقود .

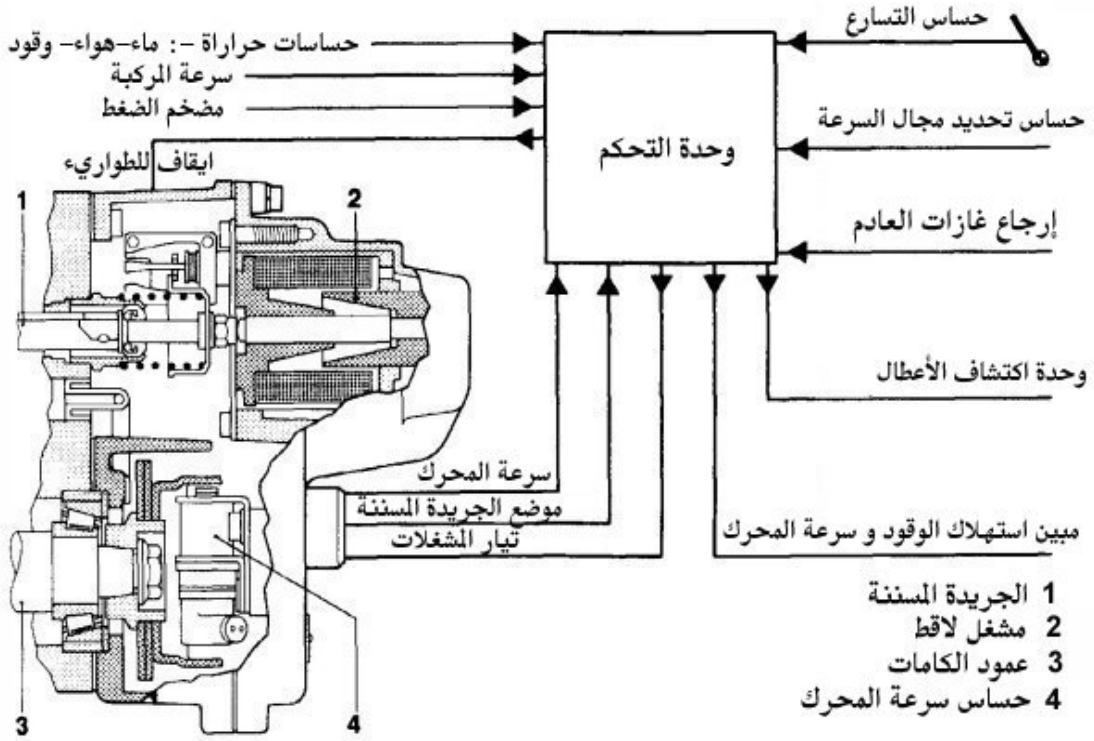
٣ - تقليل غازات العادم .

و فيما يلي سنستعرض منظم الحقن الخاص بالمضخة المستقيمة و كذلك الدائرية

منظم الحقن الكهربي للمضخة المستقيمة

في مضخة الحقن المستقيمة استبدل منظم الحقن الميكانيكي بمشغل مغناطيسي لاقط جريدة مسننة ذات تحديد لموضعها .

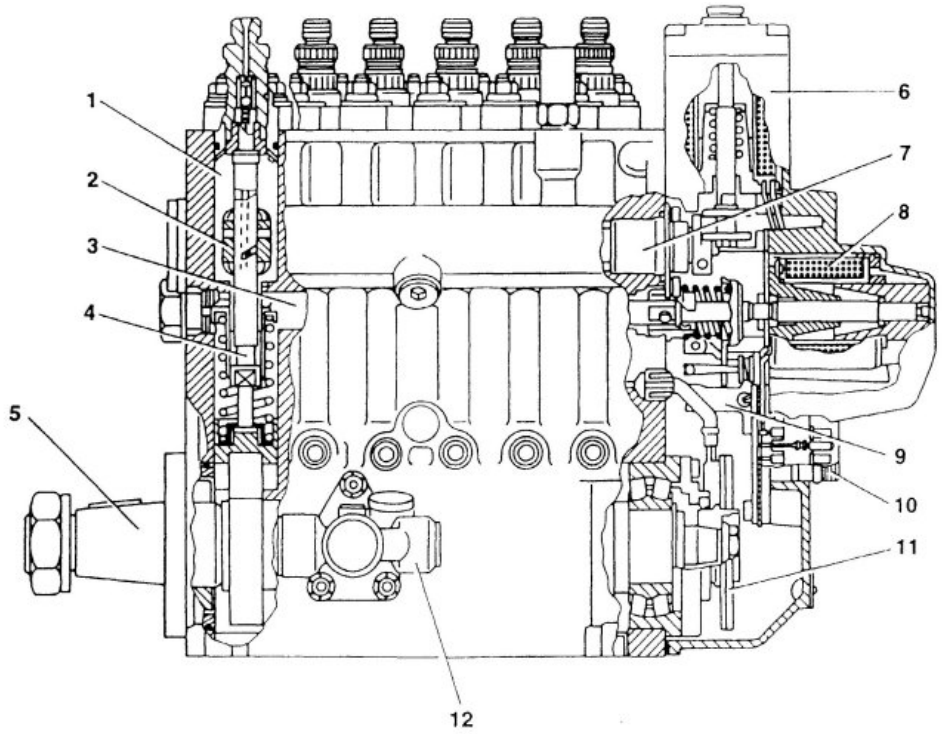
تقوم وحدة التحكم بأخذ جميع البيانات المقاسة من الحساسات و من ثم مقارنتها مع البيانات المخزنة في شرائح الذاكرة التي يوجد بها جميع القرآآت المثالية من قبل الصانع لتظهر النتائج على شكل أوامر كهربية للمشغلات التي تعمل على تحديد وضع الجريدة المسننة لتصحيح وضعها للحصول على أفضل كمية لحقن المحرك بالوقود



الشكل (٣٢)

يظهر مخطط كيفية اتصال منظم الحقن بدائرة التحكم الكهربي لمضخة مستقيمة

أجزاء مضخة الحقن المستقيمة ذات منظم حقن كهربائي



شكل (٣٣) يبين الأجزاء الداخلية لمضخة حقن مستقيمة ذات تحكم كهربي

١ - اسطوانة المضخة .

٢ - جلبة التحكم .

٣ - الجريدة المسننة (ذراع التحكم بحركة المكبس)

٤ - مكبس المضخة .

٥ - عمود الكامات .

٦ - محدد بدء الحقن .

٧ - ذراع ضبط حركة جلبة التحكم .

٨ - التحكم بموضع الحركة .

٩ - حساس موضع الحركة .

١٠ - مقبس التوصيل .

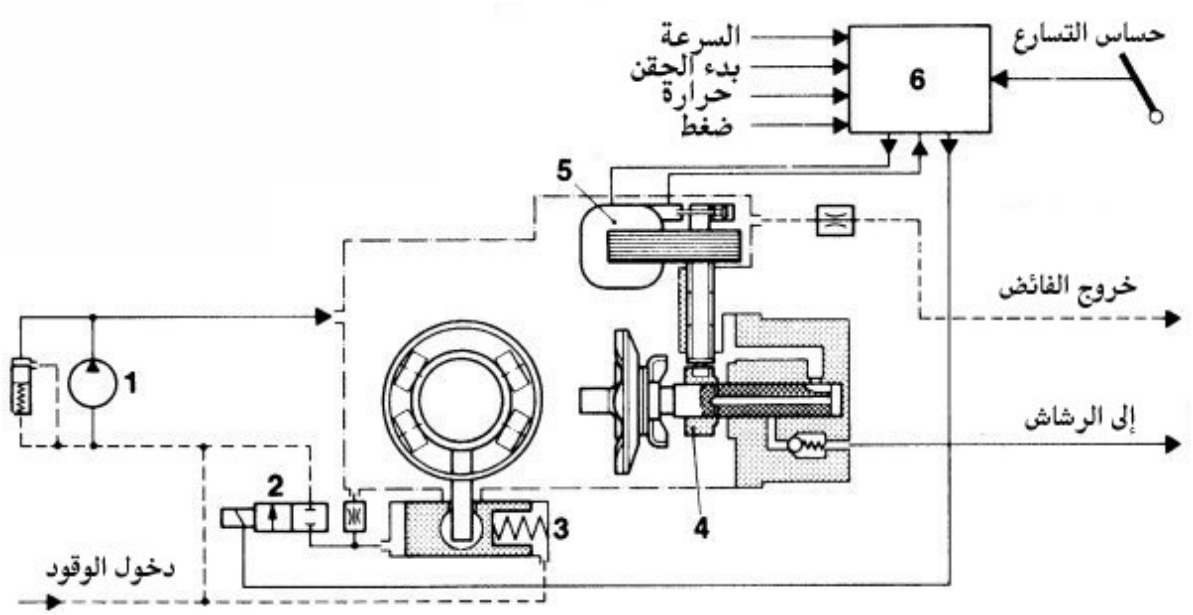
١١ - ترس توصيل زيت المضخة .

١٢ - مضخة توريد الوقود .

منظم الحقن الكهربي للمضخة الدائرية

منظم الحقن الخاص بمضخة الحقن الدائرية يكون على شكل مشغل كهرومغناطيسي مزود بحساس للتغذية الراجعة و متصلاً بجلبة التحكم التي تغير من الشوط الفعال للمكبس بحيث تكون كمية الحقن متوافقة مع النتائج القادمة من وحدة التحكم و التي تكون على شكل إشارات كهربية للمشغلات ، كما يمكن التحكم بتوقيت بدء الحقن و ذلك بواسطة الصمام اللاقط و الذي بدوره يتحكم في كمية امتلاء غرفة مضخة توريد الوقود حسب إشارة وحدة التحكم بمعرفة موضع مكبس المحرك .

و الشكل ( ) يوضح مخطط دائرة حقن الديزل الكهربي لمضخة حقن دائرية .



الشكل (٣٤) يوضح مخطط دائرة حقن الديزل الكهربي لمضخة حقن دائرية

١ - مضخة توريد الوقود .

٢ - صمام لاقط .

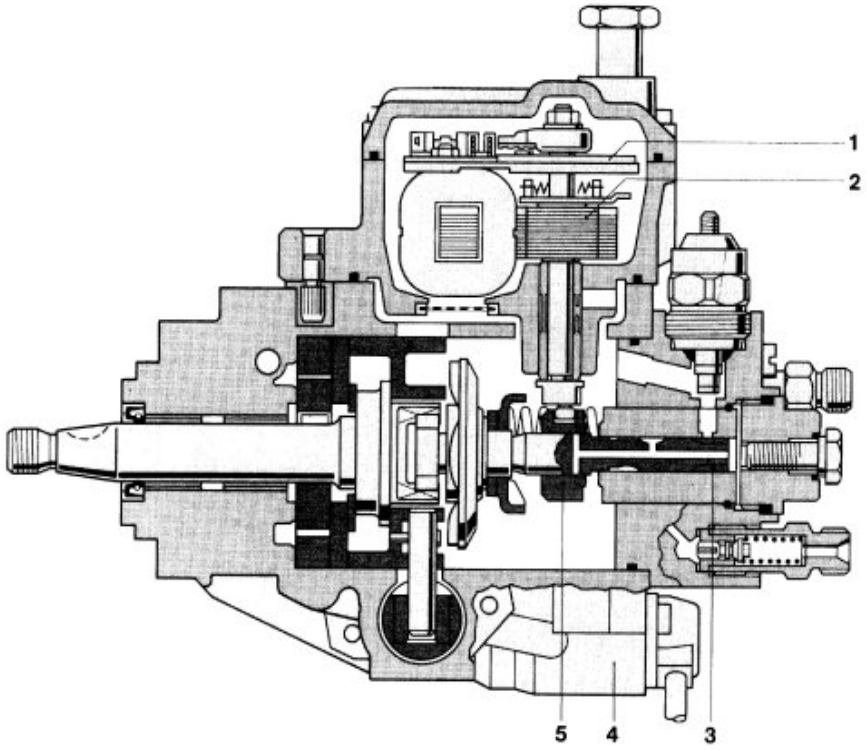
٣ - تجهيزة توقيت الحقن .

٤ - جلبة التحكم .

٥ - المشغل الكهرومغناطيسي .

٦ - وحدة التحكم الكهربية .

أجزاء مضخة الحقن المستقيمة ذات منظم حقن كهربائي



شكل (٣٥) يبين أجزاء الداخلية مضخة حقن دائرية ذات تحكم كهربي

١ - حساس موضع طوق التحكم .

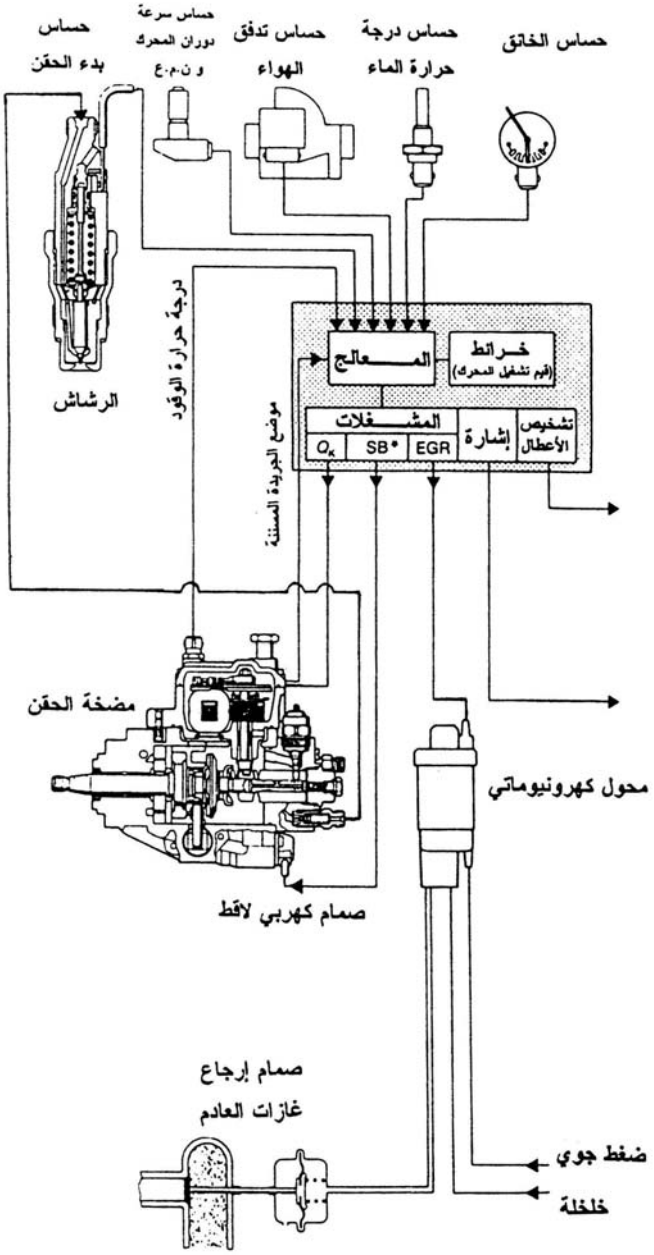
٢ - مشغل التحكم بكمية الحقن .

٣ - مكبس التوصيل أو مكبس المضخة .

٤ - صمام لاقط للتحكم ببدء الحقن .

٥ - جلبة التحكم

أجزاء نظام الحقن بتحكم كهربي للمضخة الدائرية



شكل (٣٦) يبين الأجزاء الخارجية لمنظومة حقن الديزل بتحكم كهربي

نظام الوقود (ديزل)

الدخان في محركات الديزل

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الجدارة : التعرف كيفية تكون و ألوان و قياس الدخان في محركات الديزل .

الأهداف :

عند إكمال هذه الوحدة يكون المتدرب قادراً على :

١- معرفة لماذا يخرج دخان كثيف في محركات الديزل .

٢- العلم بكيفية تكون الدخان .

٣- تحليل الرسوم البيانية لقياس نسبة الدخان بالعادم .

٤- تتبع المؤثرات لحدوث الدخان بواسطة الجداول الخاصة بذلك .

مستوى الأداء المطلوب : أن يصل المتدرب إلى إتقان هذه الجدارة بنسبة ٩٠٪

الوقت المتوقع للتدريب : ساعتان

الوسائل المساعدة :

جهاز لعرض الصور و الرسومات و الجداول اللازمة .

متطلبات الجدارة :

- إتقان أهداف الوحدة الأولى .
- إتقان أهداف الوحدة الثانية .
- إتقان أهداف الوحدة الثالثة .
- إتقان أهداف الوحدة الرابعة .

.

مقدمة

أصبحت مشكلة التلوث خلال السنوات العشرين الماضية هي الشغل الشاغل للمنظمات التي تعني بحماية البيئة التي ركزت في دراساتها وأبحاثها على مسببات التلوث الجوي وبخاصة تلك التي تنتج من محركات الاحتراق الداخلي بنوعيها البنزين والديزل .

والجدول التالي شكل(١) يبين مقارنة النسب الحجمية النمطية للملوثات ،

بين محرك بنزين وآخر ديزل عند ظروف التشغيل العادية :

الملوثات - النسبة الحجمية ٪	محرك ديزل	محرك بنزين
Carbon monoxide CO %	0.2	6.0
Oxides of nitrogen Nox %	0.35	0.46
Hydrocarbons Hc %	0.04	0.40
Hydrogen sulphide %	0.04	0.007
Soot mg/L□	0.30	0.05

جدول يبين النسب الحجمية للملوثات لمحرك بنزين وآخر ديزل

وسيكون الملوث المعروف بالدخان الذي تنتجه محركات الديزل والذي يعتبر من أكبر عيوب محركات الديزل والذي مازال الشغل الشاغل لمصممي ومنتجي محركات الديزل لسنوات طويلة حيث إن القدرة القصوى للمحرك تصبح محدودة بسبب الحاجة لتجنب رؤية العادم المحمل بالدخان .

يختص هذا المشروع بدراسة تفصيلية للملوثات من الدخان المنبعث في عادم محركات الديزل حيث يمثل هذا الدخان أحد العيوب الرئيسية التي تحد من استخدام محركات الديزل نظرا لأن القدرة القصوى للمحرك تصبح محدودة بسبب ضرورة تجنب رؤية العادم المحمل بالدخان .

تتباين ألوان الدخان المنبعثة من محركات الديزل على حسب المصدر المسبب له وبالتالي تتحدد طريقة التحكم اللازمة لتقليل الدخان كما توجد أجهزة يمكن بواسطتها قياس نسبة الدخان سنستخدم أحدها وهذا ما سيتم دراسته خلال هذه الوحدة .

الدخان وأسباب تكونه في محركات الديزل

نتيجة لزيادة الاهتمام بمصادر الطاقة وكذلك بمشاكل البيئة ازداد الاهتمام بدراسة عملية الاحتراق في محركات الديزل وكذلك الملوثات الناتجة منها واقتصاديات تشغيلها حيث أن محرك الديزل يعد من أفضل الوحدات الاقتصادية الحرارية لتوليد القدرة و لهذا اكتسب انتشارا واسعا في تطبيقات عديدة تشمل المركبات المتوسطة والثقيلة .

و بدأ الاهتمام أخيرا باستبدال محركات البنزين بمحركات تعمل بالديزل في بعض مركبات النقل الخفيف والسيارات الصغيرة .

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

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

٢ - الدخان المرئي (Visible Smoke) .

٣ - الضوضاء (Noise).

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

نظرا للظروف المحيطة والمعقدة لعملية الاحتراق في محركات الديزل .

فإن الدخان ينبعث في العادم بألوان متعددة :

(الأسود - الأبيض أو الرمادي - الأزرق)

و تبين جداول (١ و ٢ و ٣ و ٤) ألوان العادم والأسباب المؤدية إلى ذلك .

تصنيف الدخان في محركات الديزل

يصنف الدخان في محركات إلى دخان بارد ودخان ساخن :

- **الدخان البارد (Cold smoke) :**

ويتكون أساسا من قطيرات على شكل وقود غير محترق أو زيت التزييت .

وكذلك من طش عملية الاحتراق (انخفاض معدل الاحتراق) وبخاصة في حالة اللا حمل أو عند الأحمال المنخفضة وعندما تكون نسبة الهواء على الوقود مرتفعة .

وتتفاقم المشكلة بالخلط العنيف لكمية الوقود القليلة عند الأحمال المنخفضة مع الهواء البارد أو بتلامس الوقود بجدران الأسطوانة البارد .

ويكون لون الدخان البارد أبيض أو فاتح اللون ويمكن التخلص من الدخان البارد برفع نسبة الانضغاط أو رفع رقم السيتان للوقود .

- **الدخان الساخن (Hot smoke) :**

ويحدث في الاحتراق بمخلوط غني جداً(Over rich) فتظهر جسيمات الكربون (السناج) لأنها لم تجد الهواء اللازم لاحتراقها .

ويتدرج لون الدخان من اللون الرمادي الفاتح إلى الأسود اعتمادا على القيمة النسبية لكمية الوقود

وبهذا فإن هذا الدخان ينشأ أساسا نتيجة لقلة الهواء عند الحمل الكامل أو السرعات العالية .

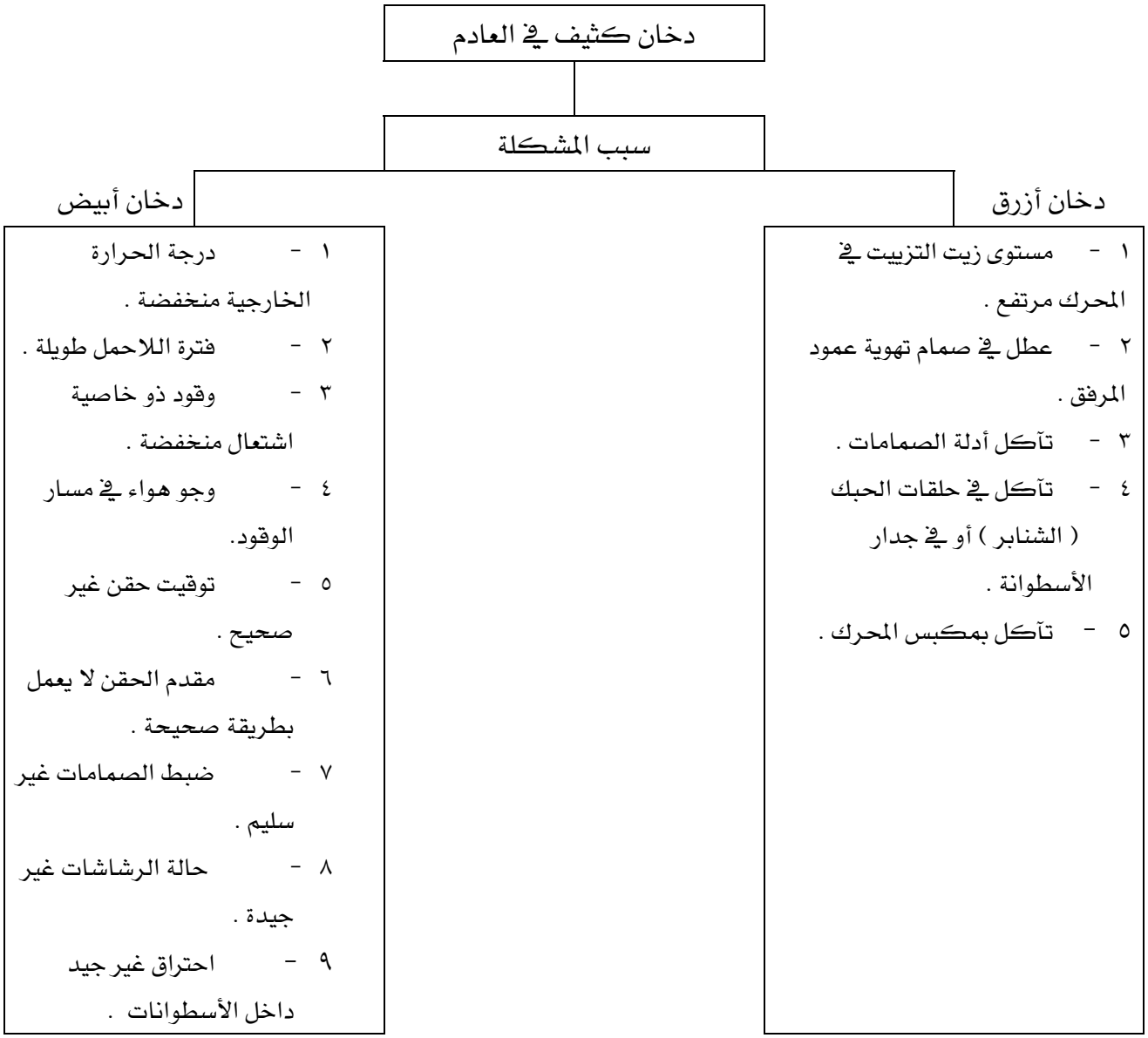
ويمكن التخلص من ذلك بتقليل الحمل أو تحسين عملية الخلط .

يبين المخطط شكل (٥) العناصر التي تسبب حدوث احتراق غير كامل والذي تتضح صورته إذا تم قراءة المخطط من أسفل إلى أعلى .

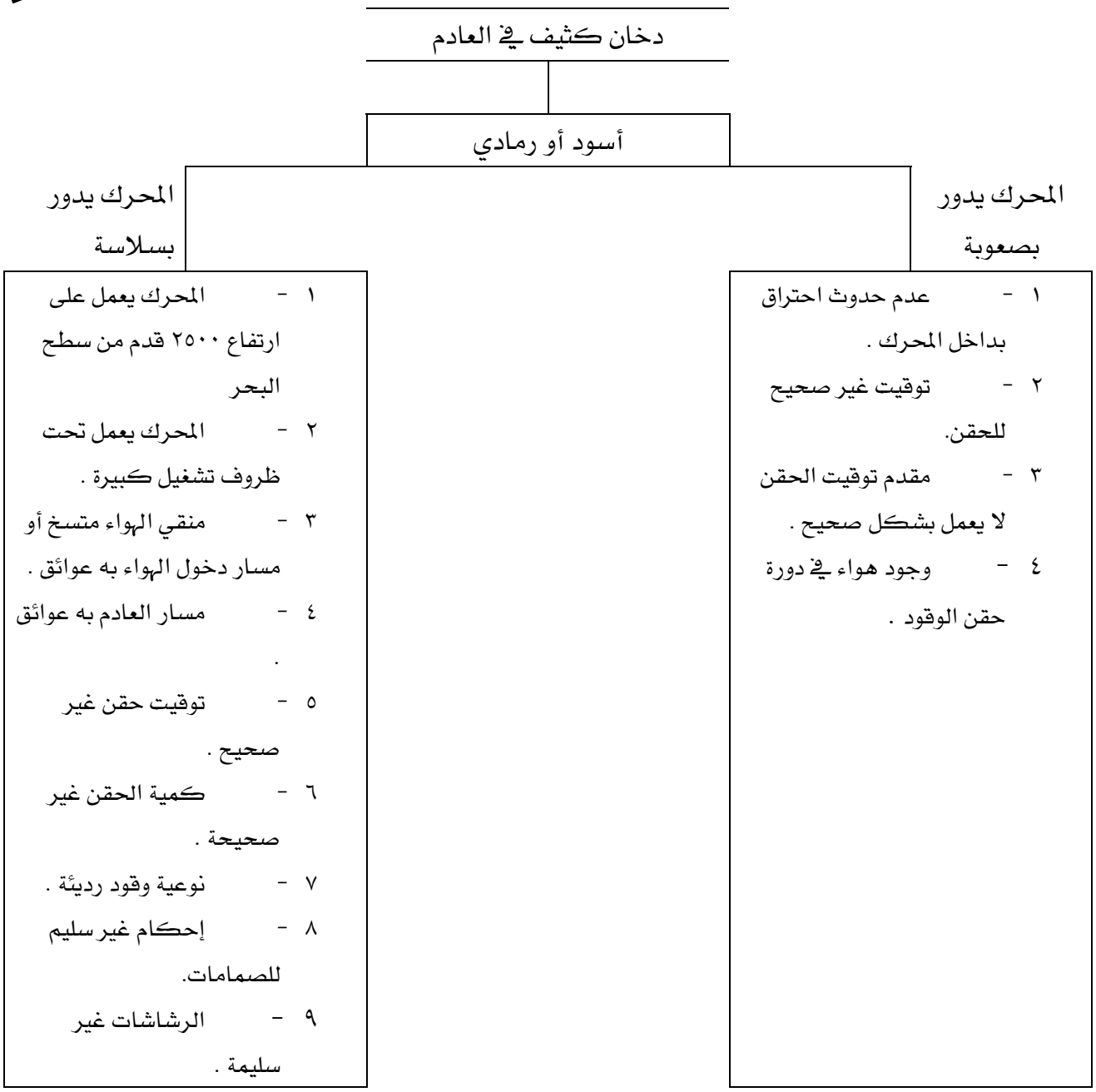
وذلك حسب الحالات الغير عادية الناتجة مثلا من بقايا الوقود غير المحترق أو من زيت التزييت أو درجات الحرارة المنخفضة للمحرك أو حرارة الجو المحيط به .

كذلك التشغيل المستمر دون حمل و حدوث عطل أو عيب في منظومة حقن الوقود .

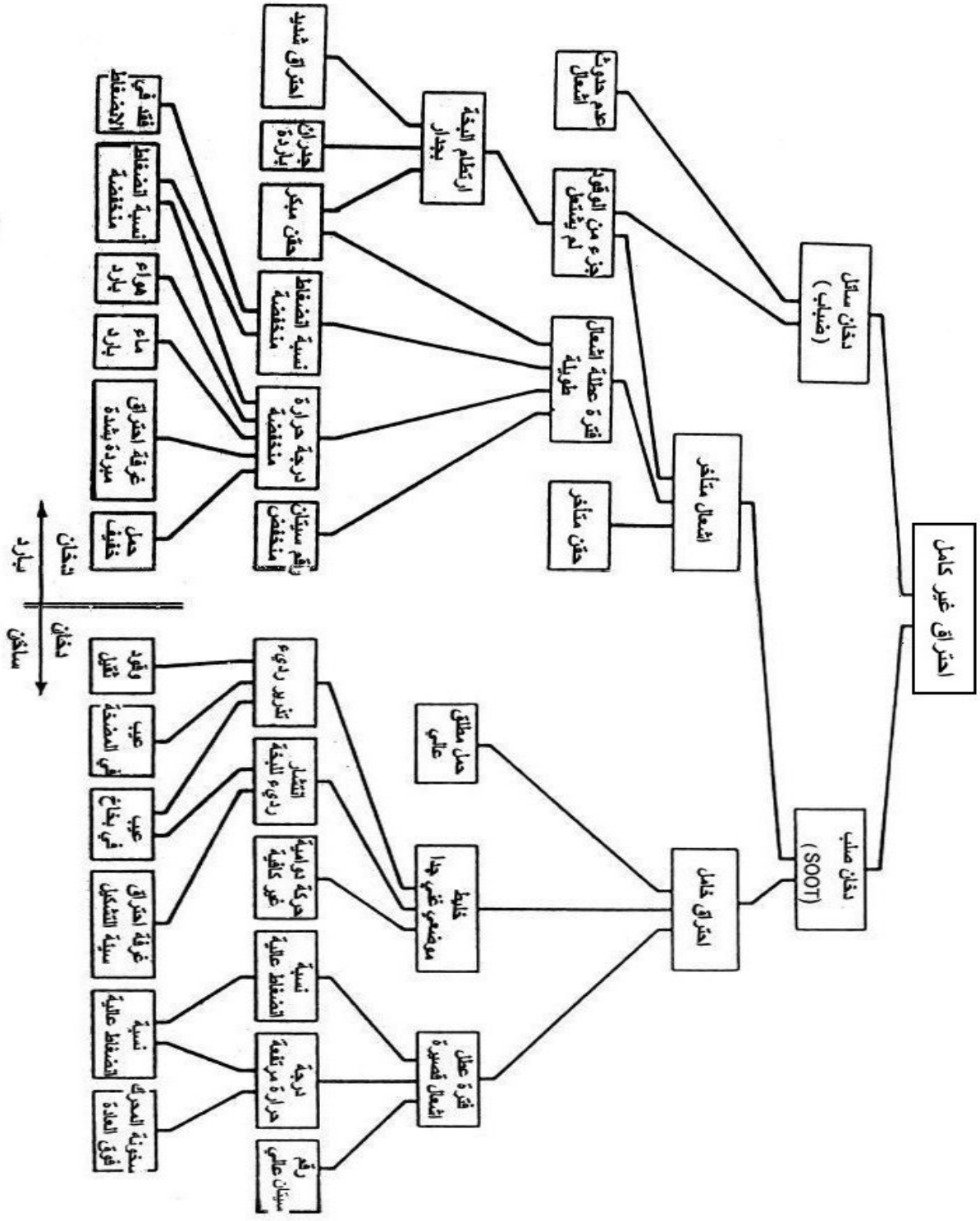
دراسة الجداول والمخططات التالية ستظهر بصورة جلية أسباب تكون أنواع الأدخنة المختلفة في محركات الديزل :



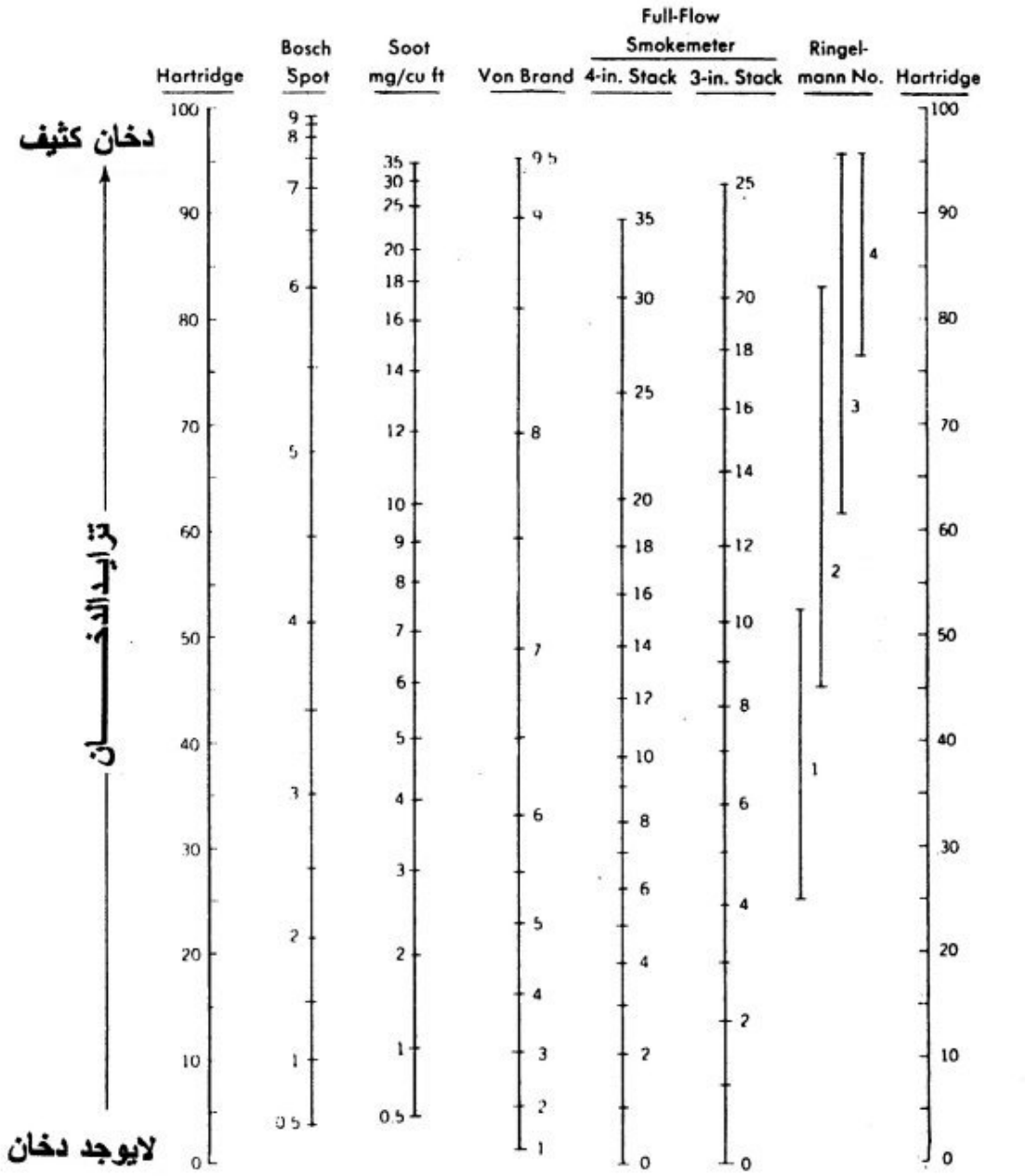
جدول (١)


دخان كثيف في العادم
أسود أو رمادي
المحرك يدور بصعوبة
١ - عدم حدوث احتراق بداخل المحرك .
٢ - توقيت غير صحيح للحقن.
٣ - مقدم توقيت الحقن لا يعمل بشكل صحيح .
٤ - وجود هواء في دورة حقن الوقود .
المحرك يدور بسلاسة
١ - المحرك يعمل على ارتفاع ٢٥٠٠ قدم من سطح البحر
٢ - المحرك يعمل تحت ظروف تشغيل كبيرة .
٣ - منقي الهواء متسخ أو مسار دخول الهواء به عوائق .
٤ - مسار العادم به عوائق .
٥ - توقيت حقن غير صحيح .
٦ - كمية الحقن غير صحيحة .
٧ - نوعية وقود رديئة .
٨ - إحكام غير سليم للصمامات.
٩ - الرشاشات غير سليمة .

جدول (١)


احتراق غير كامل
دخان سائل (ضباب)
عدم حدوث اشعال
جزء من الوقود لم يشتعل
ارتطام البخة بجدار
احتراق شديد
حرارة باردة
حقن مبكر
نسبة انضغاط منخفضة
درجة حرارة منخفضة
رقم سيتان منخفض
اشعال متأخر
فترة عطلة اشعال طويلة
حقن متأخر
دخان صلب (SOOT)
احتراق كامل
فقد في الانضغاط
نسبة انضغاط منخفضة
هواء بارد
ماء بارد
غرفة احتراق مبردة بشدة
حمل خفيف
دخان
بارد
دخان
ساخن
وقود ثقيل
عيب في المضخة
عيب في بخاخ
غرفة احتراق سيئة التشكيل
نسبة انضغاط عالية
سخونة المحرك أقوى العادة
تذرير رديء
انتشار رديء البخة
حركة دوامية غير كافية
نسبة انضغاط عالية
درجة حرارة مرتفعة
رقم سيتان عالي
خليط موضعي غني جدا
فترة عطل اشعال قصيرة
حمل مطلق عالي

جدول (٣)



جدول (٤)

الجدول التقريبي للعلاقة المتبادلة لقياس الدخان

العوامل تؤثر على تكون الدخان في محركات الديزل :

أولا = تأثير الوقود (Effect of Fuel) :

تؤثر خصائص الوقود على عملية الاحتراق في محركات الديزل وعلى تكون الأدخنة في العادم ومن أهم هذه الخصائص :

رقم السيتان (Cetane Number) الذي يؤثر على فترة عطلة الإشعال والذي يتوقف تأثيره حسب نوع حقن المحرك وتصميم غرف الاحتراق به .

ويبين شكل (٧) مقارنة بين نوعين مختلفين من محركات الديزل :

١ - غرفة احتراق ذات حقن مباشر :

إذا زاد رقم السيتان قلت فترة عطلة الإشعال .

و بالتالي كانت كمية الخليط القابل للاشتعال الذاتي عند بدء عملية الاحتراق السريع قليلة مما يؤدي إلى حقن معظم الوقود في المرحلة التالية (مرحلة الاحتراق البطيء) .

مما يسبب ظهور الأدخنة في العادم .شكل (١)

٢ - غرفة احتراق ذات حقن غير مباشر :

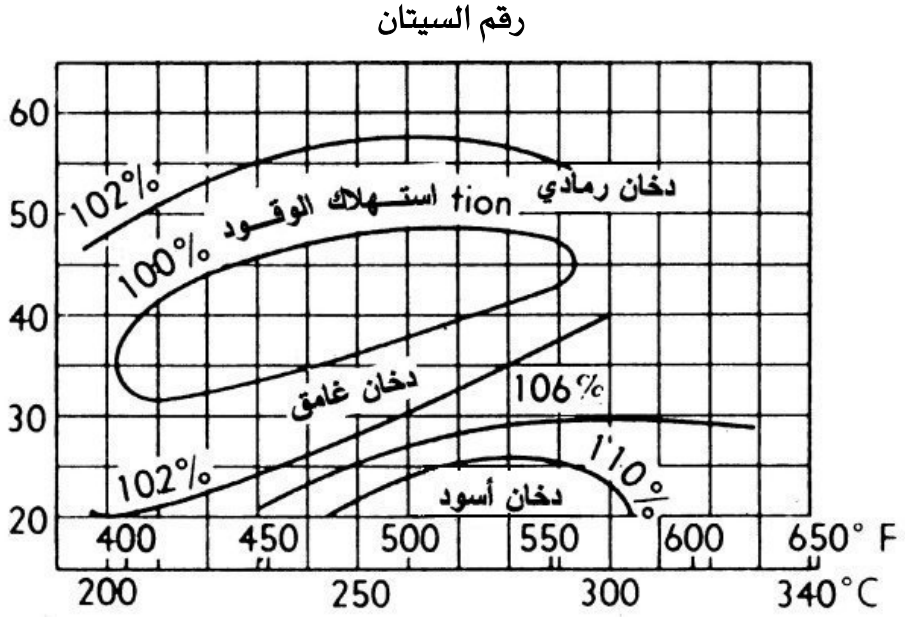
رفع رقم السيتان يسبب زيادة في الدخان .

وبهذا فإن المشكلة تصبح معقدة لأن خصائص الوقود مرتبطة مع بعضها .

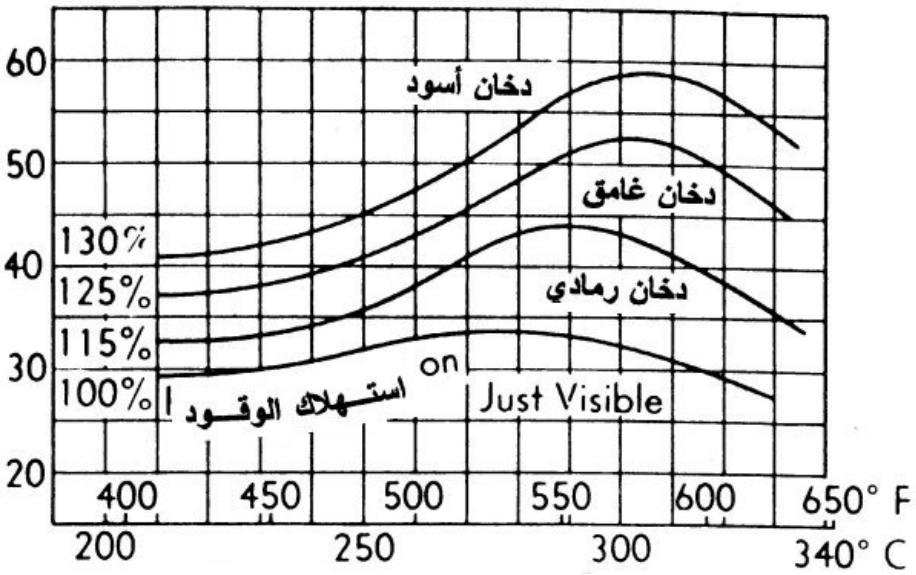
على سبيل المثال بفرض حدوث تغير في درجة التطاير للوقود فإن ذلك سيصاحبه تغير في اللزوجة والوزن النوعي و الخصائص الأخرى .

وسيكون للبخة زوايا مختلفة (تأثير التطاير) واختراق مختلف (تأثير اللزوجة) وكتلة مختلفة (تأثير الوزن النوعي) وبالتالي يحدث اختلاف في كمية أو نمط الطاقة الناتجة .

من ذلك نستنتج أن تأثير نوعية وخصائص الوقود على الدخان تعتمد بشدة على نوع المحرك ومعدات الحقن ودرجات تحميل المحرك . شكل (٢)



شكل (١) الدخان في محرك حقن غير مباشر



شكل (٢) الدخان في محرك حقن مباشر

ثانيا = توقيت الحقن (Injection Timing) :

تقديم بداية الحقن في محركات الديزل ذات الحقن المباشر .

يؤدي إلى زيادة فترة عطلة الإشعال مما يؤدي إلى زيادة كمية الوقود المحقون قبل حدوث الإشعال وبالتالي زيادة درجة الحرارة وانتهاء عملية الاحتراق مبكرا ويزداد بالتالي زمن البقاء .

كل هذه العوامل وجد أنها تقلل من شدة الدخان بالعادم ولكن تقدم الحقن يؤدي إلى :

١- شدة الضوضاء .
٢- ارتفاع الاجتهادات الميكانيكية و الحرارية .
٣- زيادة نسبة أكاسيد النتروجين .

وشكل (٨) يبين تأثير درجة تقديم أو تأخير الحقن على تكون الدخان حيث نلاحظ أنه عند تقديم الحقن إلى ٢٠ درجة نلاحظ :

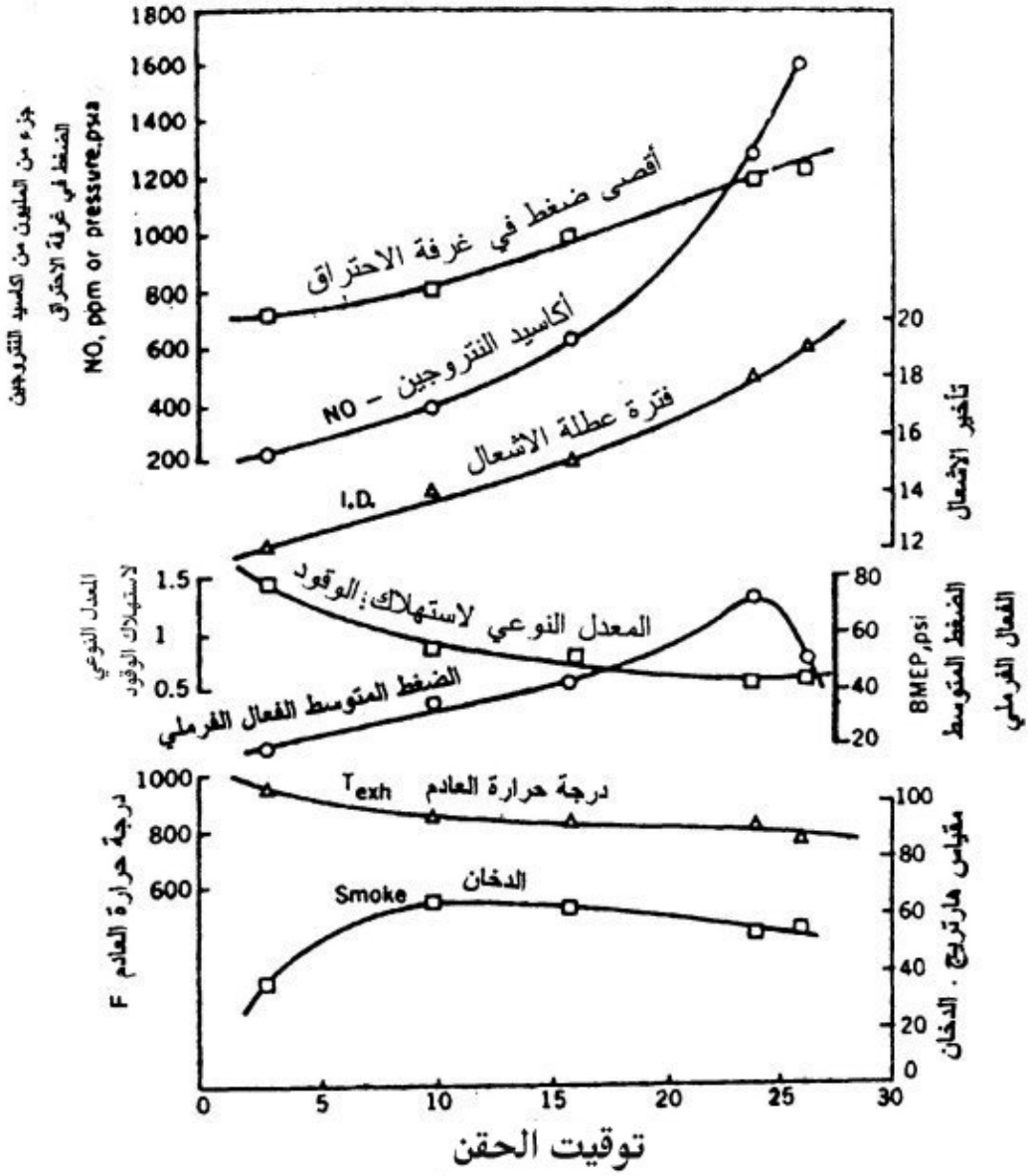
١- قلة في الدخان .
٢- قلة في درجة حرارة العادم .
٣- زيادة في الضغط المتوسط الفعال الفرملي .
٤- قلة في المعدل النوعي لاستهلاك الوقود .
٥- طول فترة الإشعال .

تصل أكاسيد النتروجين إلى أقصى قيمة لها زيادة في الضغط الموجود بالغرفة.

عند تأخير توقيت الحقن إلى ٣ درجات نلاحظ :

١- يقل الدخان .
٢- حرارة العادم تقل .
٣- المعدل النوعي لاستهلاك الوقود يزيد .
٤- يرتفع الضغط المتوسط الفعال .
٥- قصر فترة عطلة الإشعال .

و يمكننا من شكل (٣) تحديد أفضل درجة لتوقيت الحقن .



شكل (٣) يبين العلاقة بين توقيت الحقن ونسبة الدخان لمحرك ذو حقن مباشر

ثالثا = معدل الحقن (Rate of Injection):

هي الفترة الزمنية التي يستغرقها الرشاش من بداية البخ إلى نهايته).

ارتفاع معدلات الحقن في بداية عملية الحقن تؤدي إلى فعالية كبيرة في التقليل من الدخان في العادم ، وكما سبق إيضاحه أن النهاية المبكرة للحقن تؤدي إلى تحسن كبير في التفاعلات التي تقلل الدخان في العادم . ولكن تسبب في :

١- زيادة كبيرة في الضوضاء .
٢- تكون أكاسيد النتروجين .
٣- زيادة احتمالات حدوث دق .

رابعا = تصميم وعدد ثقوب الرشاش (Injection Nozzle) :

إن تصميم ثقوب الرشاش أو حجم ثقوب الرشاش بالنسبة بين طول الثقب / قطر الثقب لهما تأثير على تركيز الدخان بالعادم ،

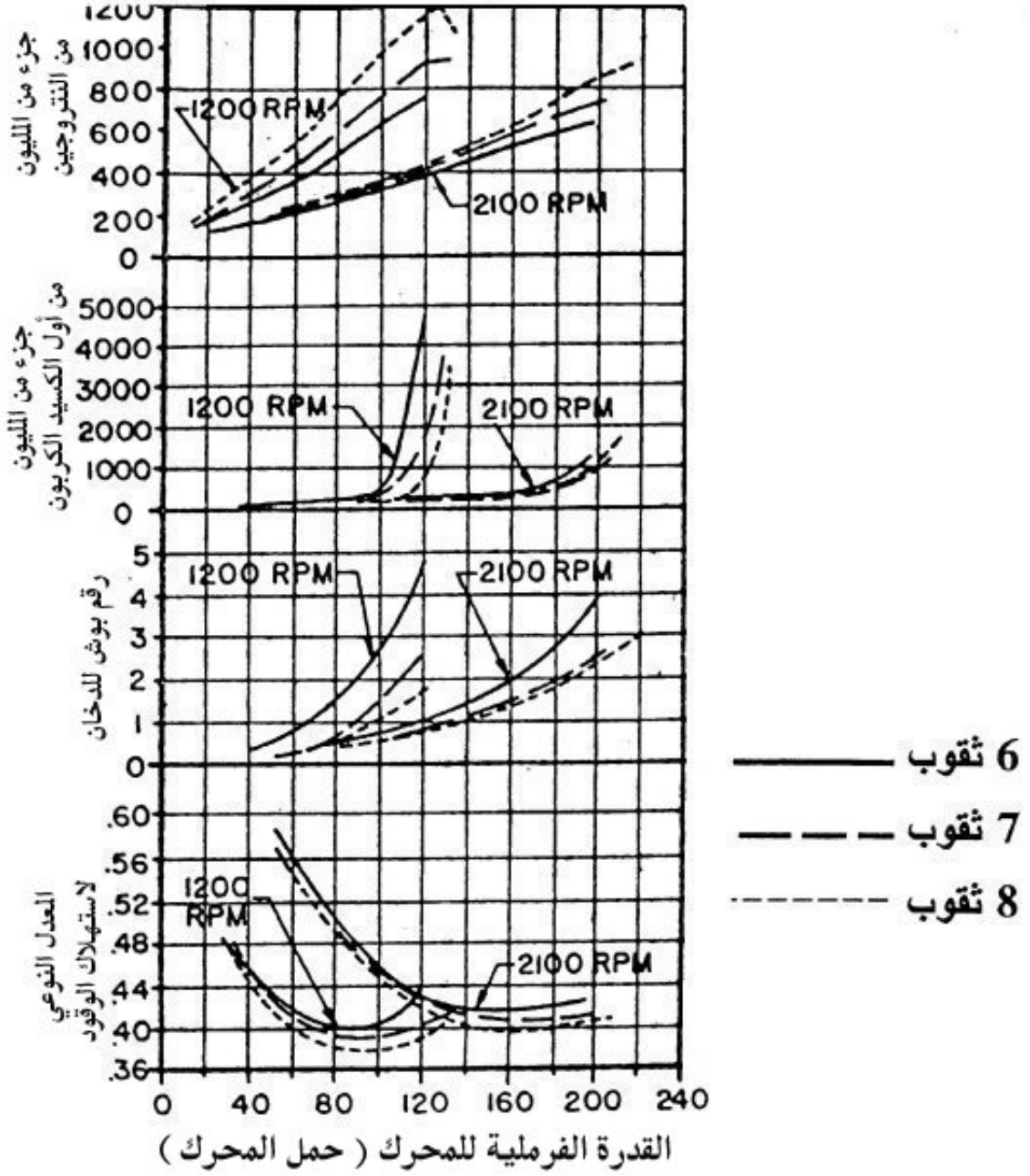
كما أن استخدام رشاش ذو قطر كبير للثقوب يسبب :

١- يقلل تذرير الوقود .
٢- زيادة في الدخان ،

كما أن زيادة نسبة طول الثقب/قطر الثقب تؤدي إلى زيادة الدخان .

الشكل (٤) يبين مقارنة بين عدة محركات ذات ثقوب لرشاشات مختلفة .

ونلاحظ بأنه كلما زادت الثقوب قل الدخان وبالتالي تقل الملوثات الأخرى .



شكل (٤) يبين مقارنة بين عدة رشاشات ذات ثقوب مختلفة وتأثير ذلك على نسبة الدخان في العادم

خامسا = درجة حرارة الهواء الداخل Inlet Air Temperature :

زيادة درجة حرارة الهواء الداخل إلى المحرك يؤدي إلى زيادة درجة الحرارة داخل غرفة الاحتراق .
مما يؤثر إيجابيا على تكون الخليط .
وكذلك التفاعلات الكيميائية المؤدية إلى تكون الكربون وغيره من الملوثات
و يكون تأثير الهواء الساخن مرتبط بـ :

١- خصائص البخة .
٢- عملية الاختراق .
٣- تذرير وانتشار الوقود داخل غرفة الاختراق .

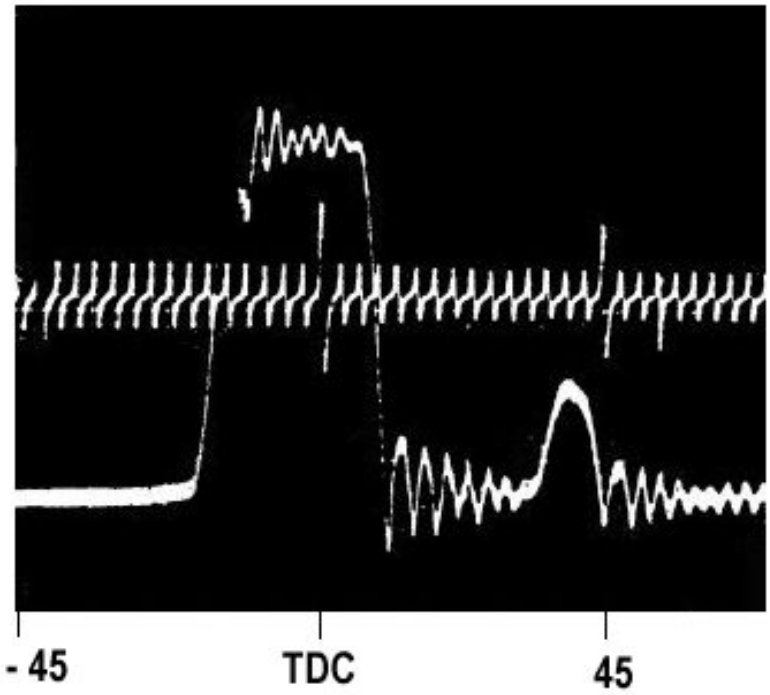
حيث إن زيادة درجة حرارة الهواء عند ضغط معين يقلل من جودة اختراق البخة وبخاصة على الوقود سريع التطاير مما يؤدي إلى تقليل كثافة الوقود الذي يكون على شكل غاز المصاحب لارتفاع درجة الحرارة مما يؤدي إلى تقليل زوايا البخة كل هذه العوامل تؤدي إلى :

ارتفاع تركيز قطيرات الوقود بالقرب من ثقوب الرشاش كما أن بزيادة درجة الحرارة يزداد معدلي التبخر و الانتشار وذلك يؤدي إلى زيادة إغناء الخليط (Over rich mixtures) بالقرب من ثقوب الرشاش حيث تكون كفاءة عمليا لخلط ليست ذات فعالية كما هو بالقرب من جدران الأسطوانة .
يؤدي ارتفاع درجة حرارة الهواء الداخل إلى المحرك إلى زيادة التفاعلات المسببة للتفكك مركبات الوقود مما يسبب ارتفاع شدة الدخان بالعادم ولكن باستخدام وقود له درجة تطاير أقل فإن ارتفاع درجة حرارة الهواء الداخل تسبب تسارع التفاعلات المؤكسدة بمعدل مرتفع أكثر من التفاعلات المسببة للتفكك مما يؤدي إلى تقليل شدة
الدخان بزيادة درجة حرارة الهواء .

سادسا = الحقن الثانوي After Injection or Secondary Injection :

وهو ما بعد نهاية الحقن ويسمى بالحقن الثانوي وهو يختلف عن التنقيط المتقطع(Dribbling) حيث التنقيط المتقطع يسببه تسرب الوقود عبر قاعدة إبرة الرشاش عندما لا يكون الرشاش يعمل ولهذا أيضا تأثير تسيء على شدة الدخان والملوثات الأخرى من الهيدروكربونات وأول أكسيد الكربون وأداء المحرك و تحدث ظاهرة ما بعد الحقن بعد نهاية فترة حقن الرشاش شكل (٥) وعند محاولة إبرة الرشاش قطع الوقود فيدخل جزء من الوقود إلى غرفة الاحتراق بعد انتهاء عملية الاحتراق حيث لا يوجد

الهواء اللازم لاحتراقه فيخرج في العادم على شكل دخان ويمكن تقليل هذه الظاهرة باستخدام صمام خامد للتدفق العكسي (Reverse Flow Damping Valve) .



شكل (٥) يبين الحقن الثانوي للرشاش بعد انتهاء البخة

تعريف السناج

يعتبر السناج (soot) من المواد الضارة التي تدخل إلى جسم الإنسان عن طريق التنفس مسببة الأمراض للجهاز التنفسي وهو عبارة عن ملوث ميكانيكي لرئتي الإنسان (A mechanical pollutant of human lungs) و يحمل مكونات تسبب السرطان وبخاصة مادة البنزبايرن (Benzpyrene) التي تصل إلى أعلى معدل لها عند درجة حرارة من ٩٠درجة كلفن إلى ١٢٠٠ درجة كلفن .

السناج عبارة عن جسيمات صلبة تحتوي على ٩٩٪ من الكربون النقي ويكون حجمه في البداية من ١٠×(٥٠ -٥٠٠) متر ثم تتلاحم هذه الجسيمات مع بعضها البعض حتى يصل قطرها من ٠,٣ إلى 100um (مكرون) ويوجد السناج غازات عادم محرك الديزل مسببة الدخان الذي قد ذكرنا بأنه من اكبر عيوب محركات الديزل ويكون أكثر تركيزا في حالة تسارع المحرك .

و ينشأ السناج في غرفة الاحتراق أثناء عملية الاحتراق الانتشاري أي في وسط بخة البخاخ وبخاصة عند ظروف تشغيل الحمل الكامل نظرا لارتفاع تركيز مكونات الوقود التي لها درجة غليان مرتفعة علاوة على انخفاض تركيز الأوكسجين (لمدا تكون اقل من ٠,٣ إلى ٠,٧) .

ويتكون بكميات كبيرة في المنطقة الجدارية لسطح الأسطوانة في شوط التمدد ، جزء من السناج يحترق بفعل اللهب الدوامي (بزيادة شدة الحركة الدوامية للشحنة فإن معدل الخلط للخليط المحترق يزداد وبالتالي يزداد احتراق السناج ويقل تركيزه في العادم) .

كما يعتمد معدل احتراق السناج في غرفة الاحتراق على ما يلي :

١- تركيز الأكسجين بالقرب من جسيمات السناج .
٢- درجة الحرارة داخل الاسطوانة.
٣- الزمن الذي يقضيه جزيء السناج داخل الاسطوانة.

قياس السناج في محركات الديزل

الدخان الأسود يمثل مشكلة لمحركات الديزل التي تعمل تحت ظروف التشغيل غير مستقرة وقد حددت المواصفات الفيدرالية الأمريكية نسبة الدخان المسموح بها وهي كالتالي :

- ٢٠ ٪ نفاذية ضوئية وذلك خلال التسارع .
- ١٥ ٪ نفاذية ضوئية وذلك خلال فترة الجر(حمل كامل).
- ٥٠ ٪ نفاذية ضوئية وذلك خلال ذروة التسارع والجر .

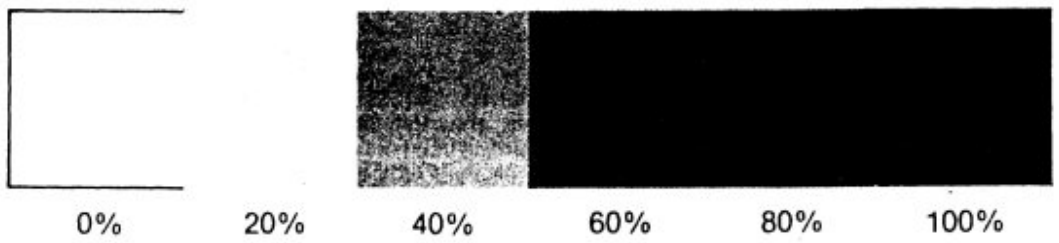
طرق قياس الدخان (السناج) :

١ - مقاييس تعتمد على تدفق مستمر للغازات خلال جهاز :

- هارتريدج Hartridge .
- رن قلمان Ringelman .
- مقياس التدفق الكامل لقياس الدخان بمدخنة ٤ بوصة أو ٣ بوصة .

٢ - مقاييس تعتمد على سحب عينة على ورقة مرشح ومن ثم مقارنتها بشريط تدريج العتامة شكل (٦) أو قياس نسبة العتامة بواسطة الخلية الضوئية ومنها :

- بوش ، باخراخ Bosch Bachara.
- فون براند Von Brand ويبين شكل (٦) هذه المقاييس والنسب المحددة .



شكل (٦) يبين شريط تدريج العتامة

و سيتم تدريس جهاز قياس الدخان أو السناج في محرك الديزل بالورشة أثناء دراسة الوحدة الرابعة .

المراجع العربية :

١ - أنظمة وقود الديزل . مهندس : أحمد نصيف
المكتبة العلمية الحديثة – دار الكتاب العربي – دمشق – الطبعة الأولى ١٩٨٦
٢ - كتاب محاضرات في محركات الاحتراق الداخلي – جامعة عين شمس – كلية الهندسة – قسم الهندسة الميكانيكية و السيارات .
٣ - محركات الديزل و محركات الغاز عالية الانضغاط - مجموعة الكتب الدراسية و المراجع الأمريكية المترجمة – ترجمة الدكتور : حسن محمد السبيلجي .

المراجع الأجنبية :

1- Diesel Engine Repair by : John . F. Dagel
Copyright 1982 by John Willey & sons, Inc .
All rights reserved Published simultaneously in Canada .

2- Analysis of Pollutant Formation and Control and Fuel economy in Diesel Engine .by Naeim A. Henein .Copyright 1973 by In text , Inc .

3- Auto Electricity , Electronics , Computer . James E. Duffy.
Copyright 1989 by The Good heart -Wilcox Company, Inc .

4- Automotive Hand Book – BOSCH 1995.

5- Technical Instruction BOSCH :
- Distributor Fuel – Injection Pump.
- Diesel Fuel – Injection Pump Types PE and PF .
- Diesel Fuel – Injection Equipment .

6- Toyota Motor Corporation : Diesel Injection Pump – Training Manual .
7- http://auto.howstuffworks.com/diesel2.htm
8- Workshop Manual Audi 200 1996 .Service Department .Technical Information . Edition 07 .
9- Tractors and Automobiles . Translated from Russian by S.KITTELL. third edition 1993 . Mir Publishers Moscow .
10- Diesel Fundamentals . Principles and Service by Frank Thiessen and Davis Dales . 1988 by Reston Publishing Company , Inc . A Prentice-Hall Company .

الرقم	المحتوى	الصفحة
	الوحدة الأولى : محركات الديزل – عمليات الاحتراق	
١ -	مقدمة	٢
٣ -	تصنيف محركات الديزل	٣
٤ -	**مجالات استخدام محركات الديزل**	٨
٥ -	مميزات و عيوب محركات الديزل	٩
٦ -	مقارنة بين محرك الديزل و البنزين	١٠
٧ -	منحنيات الأداء لمحرك ديزل و آخر بنزين	١١
٨ -	**مكونات و خصائص وقود الديزل**	١٣
٩ -	رقم السيتان	١٨
١٠ -	الدورة الرباعية لمحرك الديزل	٢٠
١١ -	نسبة خلط الهواء بالوقود في محركات الديزل	٢٢
١٢ -	خطوات احتراق وقود الديزل بداخل المحرك	٢٢
١٣ -	**مراحل عملية الاحتراق**	٢٦
١٤ -	الطرق بمحركات الديزل	٢٩
	الوحدة الثانية : غرف الاحتراق لمحركات الديزل	
١٥ -	تصنيف غرف الاحتراق	٣٤
١٦ -	غرف ذات دوامة من الانضغاط	٣٧
١٧ -	غرف الإثارة أثناء الحريق	٤٣
١٨ -	غرف ذات خلية الهواء	٤٧
١٩ -	غرف خلية الطاقة	٥٢
٢٠ -	الغرف المنبسطة	٥٥
٢١ -	جدول مقارنة بين أنواع غرف احتراق محركات الديزل	٦١

الرقم	المحتوى	الصفحة
	الوحدة الثالثة : منظومات حقن الديزل	
٢٢ -	تصنيف أنظمة حقن الديزل	٦٦
٢٣ -	مقارنة بين أنظمة حقن وقود الديزل	٦٨
٢٤ -	الأجزاء الأساسية لأنظمة حقن الديزل	٦٩
	الوحدة الرابعة : مضخات حقن الديزل الرئيسية	
٢٥ -	مضخات حقن الديزل الرئيسية المستقيمة	٩٥
٢٦ -	أجزاء مضخات الحقن المستقيمة PE	١٠٣
٢٧ -	تجهيزة تقديم الحقن	١١٢
٢٨ -	تجهيزة التحكم بكمية الحقن	١١٦
٢٩ -	مضخة حقن الديزل الدائرية	١٢٠
٣٠ -	مضخات الحقن نوع PF	١٢٥
٢١ -	نبذة مبسطة عن أنظمة الحقن الأمريكية	١٢٧
٢٢ -	**نظام حقن وقود الديزل بتحكم كهربي**	١٣٠
٢٣ -	منظم الحقن الكهربي للمضخة المستقيمة	١٣٤
٢٤ -	منظم الحقن الكهربي للمضخة الدائرية	١٣٦
	الوحدة الخامسة :الدخان في محركات الديزل	
٢٥ -	الدخان و أسباب تكونه في محركات الديزل	١٤١
٢٦ -	تصنيف الدخان في محركات الديزل	١٤٢
٢٧ -	العوامل تؤثر على تكون الدخان في محركات الديزل	١٤٧
٢٨ -	تعريف السناج	١٥٥
٢٩ -	المراجع	١٥٧

تقدر المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني الدعم

المالي المقدم من شركة بي آيه إي سيستمز (العمليات) المحدودة

GOTEVOT appreciates the financial support provided by BAE SYSTEMS