

حجم للمحرك

يقاس حجم أو سعة المحرك بوحدات الحجم مثل سم³ والتي تعرف بوحدات سي سي (الحرفان سي سي هما حرفان مختصران من سم³ بالانجليزية Cubic Centimeter). ولذلك، نقول أن حجم محرك سيارة هو 1300 سي سي أي 1300 سم³. كما يمكن قياس حجم أو سعة المحرك بوحدات أكبر كوحدة اللتر حيث أن 1 لتر = 1000 سم³.

يعرف حجم المحرك بحجم الاسطوانة مضروباً في عدد الاسطوانات المكونة للمحرك. وحجم الاسطوانة هو حاصل ضرب مساحة الاسطوانة في طول الشوط (المسافة بين النقطة الميتة العليا والنقطة الميتة السفلى). رياضياً نكتب

$$1 \quad \text{حجم المحرك} = \text{حجم الاسطوانة} \times \text{عدد الاسطوانات}$$

$$\text{حجم الاسطوانة} = \text{مساحة قاعدتها مضروباً في طول الشوط أو ارتفاع الاسطوانة}$$

$$2 \quad \text{حجم الاسطوانة} = \text{مساحة القاعدة} \times \text{الارتفاع}$$

$$\text{مساحة قاعدة الاسطوانة} = \text{مساحة الدائرة التي تشكل قاعدة اسطوانة المحرك}$$

$$= \frac{1}{4} \pi \times (\text{قطر الاسطوانة})^2$$

أو

$$3 \quad = \pi \times (\text{نصف قطر الاسطوانة})^2$$

حيث π هي النسبة التقريبية ($\pi = 3.14$).

يمثل طول شوط المكبس في المحرك ارتفاع فراغ اسطوانته من الداخل. وعليه نكتب المعادلة 1 بعد تعويض مساحة قاعدة الاسطوانة من المعادلة 2 بالشكل التالي:

$$4 \quad \text{حجم الاسطوانة} = \frac{1}{4} \pi \times (\text{قطر الاسطوانة})^2 \times \text{طول شوط المكبس}$$

أو

$$5 \quad \text{حجم الاسطوانة} = \pi \times (\text{نصف قطر الاسطوانة})^2 \times \text{طول شوط المكبس}$$

أخيراً، نحسب حجم أو سعة المحرك كحاصل ضرب حجم الاسطوانة في عدد الاسطوانات. ومن معادلة 1 و معادلة 4 نكتب

$$\text{حجم المحرك} = \frac{1}{4} \pi \times (\text{قطر الاسطوانة})^2 \times \text{طول شوط المكبس} \times \text{عدد الاسطوانات}$$

أو

$$\text{حجم المحرك} = \pi \times (\text{نصف قطر الاسطوانة})^2 \times \text{طول شوط المكبس} \times \text{عدد الاسطوانات}$$

تمارين على حجم المحرك

تمرين 1:

ما حجم الشوط لمحرك بنزين إذا كان قطر مكبسه 8 سم وطول شوطه 60 ملم.

الحل:

المعطيات: قطر المكبس أو الاسطوانة = 8 سم.

طول شوط المكبس = 60 ملم = 6 سم.

من المعروف أن حجم شوط المكبس = حجم الاسطوانة. ولذلك، نكتب المعادلة 4:

$$4 \quad \text{حجم الاسطوانة} = \frac{1}{4} \pi \times (\text{قطر الاسطوانة})^2 \times \text{طول شوط المكبس}$$

$$= \frac{1}{4} \times 3.14 \times (8)^2 \times 6$$

$$= 301.44 \text{ سم}^3.$$

تمرين 2:

ما حجم محرك البنزين ذي الأربع اسطوانات إذا كان مكبسه بمواصفات **تمرين 1**.

الحل:

المعطيات: حجم اسطوانة المحرك = 301.6 سم³. (من السؤال السابق)
عدد الاسطوانات = 4

نكتب المعادلة 1

$$\begin{aligned} 1 \quad \text{حجم المحرك} &= \text{حجم الاسطوانة} \times \text{عدد الاسطوانات} \\ &= 301.44 \text{ سم}^3 \times 4 \\ &= 1205.76 \text{ سم}^3 \end{aligned}$$

تمرين 3:

ما حجم محرك بنزين ذي 6 اسطوانات إذا كان قطر مكبسه 9.1 سم وطول شوطه 61 ملم.

الحل:

المعطيات: قطر المكبس أو الاسطوانة = 9.1 سم.
طول شوط المكبس = 61 ملم = 6.1 سم.
عدد اسطوانات المحرك = 6

من المعادلة 4

$$4 \quad \text{حجم الاسطوانة} = \frac{1}{4} \pi \times (\text{قطر الاسطوانة})^2 \times \text{طول شوط المكبس}$$

نجد أن

$$\text{حجم الاسطوانة} = \frac{1}{4} \times 3.14 \times (9.1)^2 \times 6.1 = 396.54 \text{ سم}^3.$$

ولحساب حجم المحرك نكتب المعادلة 1

$$1 \quad \text{حجم المحرك} = \text{حجم الاسطوانة} \times \text{عدد الاسطوانات}$$

لنجد أن

$$\text{حجم المحرك} = 396.54 \text{ سم}^3 \times 6 = 2379.24 \text{ سم}^3.$$

الكفاءة الحجمية للمحرك

تحدد الكفاءة الحجمية للمحرك النسبة بين حجم الهواء المسحوب داخل الاسطوانة إلى حجم الاسطوانة. أما الكفاءة الحرارية فهي تحدد كمية الطاقة الحرارية الناتجة من الوقود الداخل للمحرك. أي أن الكفاءة الحرارية تكافئ الطاقة الحرارية المستفادة من الوقود مقسومة على الطاقة الموجودة في الوقود. كما وتحدد الكفاءة الميكانيكية كمية الطاقة أو القدرة المتبقية كخرج للمحرك، حيث يضع جزء من الطاقة الناتجة من الوقود نتيجة احتكاك الأجزاء المتحركة داخل المحرك وجزء آخر يبذل لتشغيل ملحقات المحرك الداخلية والخارجية.

عزم المحرك Engine torque

العزم هو حاصل ضرب القوة في ذراعها. فكلما زادت القوة المنقولة من المكبس إلى ذراع التوصيل كلما زاد العزم، كما أن زيادة طول ذراع القوة يزيد عزم المحرك الناتج. والعكس صحيح للحالتين السابقتين. فكلما نقصت القوة المنقولة من المكبس إلى ذراع التوصيل كلما نقص العزم، كما أن نقصان طول ذراع القوة يقلل عزم المحرك الناتج.

والمحرك هو مصدر الطاقة المحركة بالسيارة والذي يعمل على تحويل طاقة الوقود (الدخل Input) إلى عزم دوران (الخرج Output). وتعرف القدرة عندئذٍ بأنها حاصل ضرب عزم الدوران في سرعة دوران المحرك.

$$\text{القدرة} = \text{عزم المحرك} \times \text{السرعة الدورانية}$$

وبالوحدات

$$\text{واط} = \text{نيوتن متر} \times \text{زاوية دائرية في الثانية}$$

ولأن وحدة الواط (Watt أو W) وحدة صغيرة فإن القدرة تقاس بوحدات الكيلو واط كوحدة أكبر من الواط

$$1 \text{ كيلو واط} = 1000 \text{ واط}$$

$$1 \text{ kW} = 1000 \text{ W}$$

يعتمد عزم المحرك (Torque) على الطاقة المتولدة من احتراق خليط الهواء والوقود. إذ كلما زاد عزم المحرك كلما زادت قدرته. وتؤثر على قيمة عزم المحرك القوة المؤثرة على المكبس مضروبة في ذراع العزم.

$$\text{عزم المحرك} = \text{قوة المحرك} \times \text{ذراع العزم}$$

$$= \text{نيوتن} \times \text{متر}$$

ولهذا يقاس العزم بوحدات النيوتن متر. أما

$$\text{قوة المحرك} = \text{ضغط الشحنة} \times \text{مساحة المكبس}$$

$$= \text{نيوتن لكل متر}^2 \times \text{متر}^2$$

حيث أن حاصل ضرب الضغط في المساحة يعطي القوة.

$$= \text{نيوتن لكل متر}^2 \times \text{متر}^2 = (\text{نيوتن} \div \text{متر}^2) \times \text{متر}^2$$

$$= \text{نيوتن}$$

إذن،

$$\text{عزم المحرك} = \text{ضغط الشحنة} \times \text{مساحة المكبس} \times \text{ذراع العزم}$$

$$= \text{نيوتن لكل متر}^2 \times \text{متر}^2 \times \text{متر}$$

$$= (\text{نيوتن} \div \text{متر}^2) \times \text{متر}^2 \times \text{متر}$$

$$= \text{نيوتن} \times \text{متر}$$

$$= \text{نيوتن متر}$$

أي أن حاصل ضرب القوة في المسافة يعطي العزم. ويمكن زيادة قدرة المحرك بزيادة عزمه أو تقليل فقدته للقدرة نتيجة الاحتكاك داخله. وبشكل مختصر يمكن التحكم في عوامل المعادلة التالية:

$$\text{قدرة المحرك} = \text{كمية الطاقة الخارجة من المحرك} \div \text{وحدة الزمن}$$

$$= \text{كمية الطاقة الخارجة من الاسطوانات} \times \text{الكفاءة الميكانيكية} \div \text{وحدة الزمن.}$$

$$= \text{كمية الطاقة الموجودة من الوقود داخل الشحنة} \times \text{الكفاءة الحرارية} \times \text{الكفاءة}$$

$$\text{الميكانيكية} \div \text{وحدة الزمن.}$$

$$= \text{سعة المحرك} \times \text{الكفاءة الحجمية} \times \text{القيمة الحرارية للوقود} \times \text{الكفاءة الحرارية} \times \text{الكفاءة}$$

$$\text{الميكانيكية} \div \text{وحدة الزمن.}$$

إذن، يمكن زيادة قدرة المحرك عن طريق:

- زيادة سعة المحرك
- زيادة الكفاءة الحجمية للمحرك
- استخدام وقود ذو قيمة حرارية عالية

- زيادة الكفاءة الحرارية للمحرك
- زيادة الكفاءة الميكانيكية للمحرك

طرق زيادة عزم المحرك:

- زيادة مقدار الشحنه الداخلة للمحرك. (سعة المحرك \times الكفاءة الحجمية)
- زيادة الكفاءة الحرارية (كفاءة الاحتراق) للشحنة والاستفادة من بعض الطاقة المفقودة مع غازات العادم.
- زيادة طول المرفق لعمود المرفق.
- تقليل الفقد في الطاقة الضائعة من الاحتكاك، وكذلك الطاقة المبذولة لتشغيل ملحقات المحرك الداخلية والخارجية (زيادة الكفاءة الميكانيكية).

نسبة الانضغاط Compression ratio

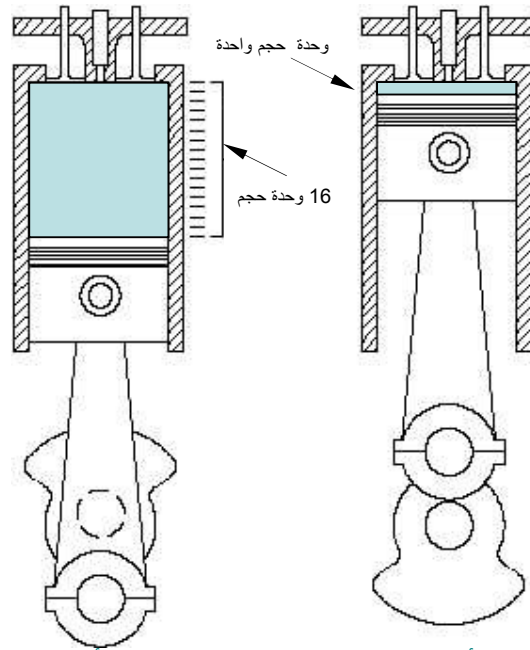
نسبة الانضغاط = حجم الاسطوانة بالكامل/حجم غرفة الاحتراق.

حجم الاسطوانة بالكامل: الحجم المحصور بين سطح المكبس ورأس السلندر هي حجم الاسطوانة عندما يكون المكبس في أسفل نقطة له (ن، م، س).

حجم غرفة الاحتراق: الحجم المحصور بين سطح المكبس ورأس السلندر عندما يكون المكبس في أعلى نقطة له (ن، م، ع).

الصورة التالية توضح نسبة الانضغاط:

نسبة الانضغاط = حجم الفراغ في الشكل الأيسر/حجم الفراغ في الشكل الأيمن



المكبس في أسفل موضع له
ن، م، س

المكبس في أعلى موضع له
ن، م، ع

تعرف نسبة الانضغاط لماكنة الاحتراق الداخلي أو الخارجي بالنسبة بين حجم غرفة الاحتراق عندما تكون أكبر ما يمكن و حجم غرفة الاحتراق عندما تكون أصغر ما يمكن. وللماكنة البستونية تعرف نسبة الانضغاط بالنسبة بين حجم الاسطوانة عندما يكون المكبس في أدنى مستوى له أثناء شوط السحب وحجم غرفة الاحتراق عندما يكون المكبس في أعلى مستوى له أثناء شوط الضغط.

مثال مباشر:

إذا تحرك البستون/المكبس إلى أسفل نقطة في شوطه، وكانت الاسطوانة لحظتها تحوي 1000 سم³ (1000 سي سي) هواء، وعندما صعد البستون لأعلى نقطة في شوطه أصبحت الاسطوانة تحوي 100 سم³. احسب نسبة الانضغاط؟

الحل:

نسبة الانضغاط = حجم الاسطوانة بالكامل /حجم غرفة الاحتراق
 $10 = 100 \div 1000 =$

أمثلة على نسبة الانضغاط لبعض السيارات.

أغلب السيارات **1 : 10** ولسيارات 1955-1972 تكون النسبة **1 : 12.5**

BMW2005 ، **1 : 13** ، جاغوار **1 : 14** وللتصنيع **1 : 12.5** .

كلما زادت نسبة الانضغاط أصبح المحرك متاقلاً مع بنزين يكون فيه رقم الأوكتان أعلى.

مثال:

إذا كان قطر الاسطوانة 50 سم بينما نسبة طول الشوط إلى قطر الاسطوانة 1 : 1.2. في بداية شوط الانضغاط كان ضغط الهواء 1.03 bar، ودرجة حرارته 51°C. إذا كان الانضغاط يشمل الشوط كله احسب: ضغط الهواء بالسكال، درجة حرارة الهواء بالكلفن، حجم الاسطوانة وأخيراً أحسب كتلة الهواء بالغرام.

الحل: نحسب

أولاً: الضغط P

يقاس الضغط هنا بوحدة البار
البار = 100000 بسكال = 100 كيلو بسكال وهذه الأخيرة تكتب كما يلي

$$1 \text{ bar} = 100\,000 \text{ Pa} = 100 \text{ kPa}$$

وحيث أن ضغط الهواء 1.03 bar أي

$$P_1 = 1.03 \text{ bar} = 1.03 \times 100 \text{ kPa} \\ = 103 \text{ kPa}$$

ثانياً: حجم الاسطوانة V

قطر الاسطوانة d

$$d = 50 \text{ cm} = \\ d = 0.5 \text{ m}$$

بينما مسافة الشوط أو ارتفاع الاسطوانة = 1.2 × قطر الاسطوانة: أي

$$l = 1.2 \times 0.5 \\ l = 0.6 \text{ m}$$

حجم الاسطوانة = مساحة القاعدة × الارتفاع

$$= \frac{1}{4} \pi \times (\text{قطر الاسطوانة})^2 \times \text{الارتفاع}$$

$$V_1 = \frac{\pi}{4} d^2 \times l = \\ = \frac{\pi}{4} \times (0.5)^2 \times 0.6 = 0.1178 \text{ m}^3$$

ثالثاً: درجة الحرارة T

$$T = 51 + 273 \\ T = 324 \text{ K كلفن}$$

رابعاً: ثابت الهواء R

$$R = 287 \text{ J/kg. K} = 0.287 \text{ kJ/kg. K}$$

أخيراً، نحسب كتلة الهواء من المعادلة التالية:

$$m = \frac{PV}{RT} = \frac{103 \times 0.1178}{0.287 \times 324} \\ m = 0.1305 \text{ kg}$$

العزم = القوة × طول الذراع
القدرة الفعالة للمحرك = العزم × السرعة الزاوية
السرعة الزاوية = (2 ط × عدد الدورات في الدقيقة) ÷ 60

مثال محلول على العزم Torque

بناءً على تعليمات المنتج يجب شد (تثبيت) البرغي في عجلة السيارة بعزم مقداره 100 N m. كان طول ذراع المفتاح المستخدم لشد البرغي هو 0.4 m. احسب قوة الشد التي يجب تشغيلها على طرف ذراع المفتاح لكي نحصل على العزم المطلوب.

الحل:

العزم = القوة × طول الذراع
العزم = قوة الشد × طول الذراع
⇐ قوة الشد = العزم ÷ طول الذراع

$$0.4 \div 100 = \quad \Leftrightarrow$$

$$= 250 \text{ نيوتن.} \quad \Leftrightarrow$$

مثال أول محلول على القدرة

احسب القدرة الفعالة للمحرك الذي عزمه الفعال يساوي 280Nm عندما يدور بسرعة دورانية مقدارها 4000 دورة في الدقيقة.

الحل:

$$\text{السرعة الدورانية في الثانية} = \text{السرعة الدورانية في الدقيقة} \div 60$$

$$\text{السرعة الزاوية} = 2 \pi \times \text{السرعة الدورانية في الثانية}$$

$$= 2 \pi \times (\text{السرعة الدورانية في الدقيقة} \div 60)$$

$$= 2 \pi \times (4000 \div 60)$$

$$= 418.9 \text{ لكل ثانية}$$

القدرة = العزم × السرعة الزاوية

$$= 418.9 \times 280 =$$

$$= 117290 \text{ واط} \quad \Leftrightarrow = 117.3 \text{ كيلو واط}$$

مثال ثانٍ محلول على القدرة

إذا كان معدل استهلاك الوقود 21 kg/hr، وكفاءة استهلاك الوقود تبلغ 36%، بينما الكفاءة الحرارية للوقود فتبلغ 42000 kJ/kg. احسب القدرة الفعالة للوقود.

الحل:

معدل استهلاك الوقود في الثانية يبلغ

$$21 \text{ kg/hr} = 21 \text{ kg} / (60 \times 60) \text{ s} = 5.8 \times 10^{-3} \text{ kg/s}$$

القدرة الاسمية للوقود P_N = معدل استهلاك الوقود في الثانية × الكفاءة الحرارية

$$P_N = 5.8 \times 10^{-3} \text{ kg/s} \times 42000 \text{ kJ/kg}$$

$$= 244 \text{ kJ/s}$$

$$P_N = 244 \text{ kW}$$

القدرة الفعلية للوقود P_R = القدرة الاسمية للوقود P_N × كفاءة استهلاك الوقود η

$$P_R = P_N \times \eta$$

$$= 244 \times 36/100$$

$$P_R = 88 \text{ kW}$$

مثال أول محلول على حجم الاسطوانة ونسبة الانضغاط

احسب حجم الفراغ لنشوط الكباس (البستون)، V_h ، في محرك فيه حجم فراغ الانضغاط في السلندر (الاسطوانة) هو $V_C = 40 \text{ cm}^3$ ونسبة الانضغاط هي 1:9 .C.

الحل:

نسبة الانضغاط = حجم فراغ الاسطوانة بالكامل / حجم غرفة الاحتراق. وبالرموز

$$C = V_h / V_C \quad \Leftrightarrow \quad V_h = V_C \times C$$

$$V_h = 40 \times 9$$

$$= 360 \text{ cm}^3$$

مثال ثانٍ محلول على حجم الاسطوانة ونسبة الانضغاط

احسب الحجم، V_C ، لفراغ الانضغاط في سلندر (اسطوانة) محرك معطياته هي:
حجم الفراغ لنشوط الكباس (البستون): $V_h = 382.5 \text{ cm}^3$
نسبة الانضغاط هي 1:8.5 .C.

الحل:

$$C = V_h / V_C \quad \Leftrightarrow \quad V_C = V_h / C$$

$$V_C = 382.5 / 8.5$$

$$= 45 \text{ cm}^3$$

مثال على رد فعل السيارة

سيارة ذات محورين و 4 عجلات وزنها 12000 N. يتحمل المحور الأمامي 60% من وزن السيارة. احسب مقدار قوة رد الفعل من الأرض على كل واحدة من عجلات السيارة.

الحل:

يتوزع وزن السيارة أي 12000 N على عجلات السيارة بنسبة 60 % على العجلتين الأماميتين N_h والباقي 40 % على العجلتين الخلفيتين N_b .
رد الفعل N_h

$$N_h = 60\% \times 12000 \text{ N} = 7200 \text{ N}$$

رد الفعل N_b

$$N_b = 40\% \times 12000 \text{ N} = 4800 \text{ N}$$

رد الفعل على كل عجلة من العجلتين الأماميتين

$$N_{h1,2} = 7200 \text{ N} / 2$$

$$N_{h1,2} = 3600 \text{ N}$$

رد الفعل على كل عجلة من العجلتين الخلفيتين

$$N_{b3,4} = 4800 \text{ N} / 2$$

$$N_{b3,4} = 2400 \text{ N}$$

ما هو التدرج الأوكتاني؟

هو التدرج الرقمي الذي يعبر عن جودة الوقود في آلات الاحتراق الداخلي. وهو خليط بين مادتي أيزو أوكتان C_8H_{18} ومادة الهبتان C_7H_{16} .

ولأن البنزين من النوع الأيزو أوكتان يحترق في المحركات بسلاسة دون أي خبط ودون أية دقات (طرق) فقط اصطلاح على ترقيمه بالرقم 100. فنقول أن رقم أوكتانه يساوي 100. من جهة أخرى، عند احتراق البنزين من نوع الهبتان العادي فإن ذلك يسبب طرقاً شديداً في المحرك، لذلك أعطى هذا النوع من البنزين رقم الأوكتان صفر. وعليه، إذا كان الرقم الأوكتاني لوقود ما يساوي 95 فإن هذا البنزين يتكون من 95% أيزو أوكتان و5% هبتان عادي، وهكذا.

كلما زادت نسبة انضغاط المحرك كلما أصبح المحرك متأقلماً مع بنزين يكون فيه رقم الأوكتان أعلى. وهذه بعض النسب التقريبية لكل محرك ونوع البنزين المناسب له:

- بنزين 80 لمحرك ذو نسبة انضغاط 8
- بنزين 90 لمحرك ذو نسبة انضغاط 9
- بنزين 92 لمحرك ذو نسبة انضغاط 10
- بنزين 95 لمحرك ذو نسبة انضغاط 11
- بنزين 96 لمحرك ذو نسبة انضغاط 12
- بنزين 98 لمحرك ذو نسبة انضغاط 15

ملاحظة: ليس بالضرورة وجود كل الأنواع السابقة من البنزين في بلدك ولكن قد يوجد نوعين أو ثلاثة. وهي ذكرت للتوضيح.

السؤال الأول:

ماذا يحدث لو وضعت بنزين ذو رقم أوكتاني أقل من الموصى به للسيارة؟

الجواب: يحدث الآتي:

- 1 يرتفع صوت المحرك. قد لا تحس بالفرق بنفسك.
- 2- تحصل على عزم أقل للسيارة.
- 3- يخبث المحرك.
- 5- يستهلك المحرك بنزين أكثر.

السؤال الثاني:

ماذا يحدث لو وضعت بنزين ذو رقم أوكتاني أعلى من الموصى به للسيارة؟

الجواب:

يعطيك أداءً أفضل للسيارة، مع خسارة مادية إلى حد ما.

ما هو البنزين الأنسب لسيارتك؟

سؤال يتبادر لذهن كل سائق سيارة هذه الأيام مع وجود أنواع مختلفة من البنزين عندنا (أوكتان 95، أوكتان 96 و أوكتان 98).

لكي نفهم أي الأنواع أجود لسيارتك سنحلل دورة الاحتراق في المحرك وأثر نوع البنزين على أداء المحرك وكفاءته.

عند تعبئتك للسيارة ببنزين رقمه الأوكتاني أقل من الموصى به للسيارة فإن ذلك يؤدي إلى حدوث فرقة في المحرك تشبه إلى حد بعيد الطرق أو الخبط أو حتى النقر في المحرك. وهذه الأصوات تشبه ضرب محرك السيارة بشاكوش. وهذا ناتج عن احتراق غير عادي لوقود المحرك. ويكون الصوت أكثر وضوحاً إذا تم تشغيل المحرك تحت ظروف مفاجئة مثل التسارع المفاجئ للسيارة عندما تعطي بنزين بشكل مفاجئ ويقوه.

ولكي نفهم سبب الاحتراق غير العادي للوقود والذي يؤدي للفرقة في المحرك علينا فهم تسلسل عملية الاحتراق العادية في المحرك. إذ من المفترض أنه خلال شوط الضغط، وعندما يصل البستون إلى أعلى نقطه له والمتعارف عليها باسم النقطة الميتة العليا يقوم البستون بضغط خليط الوقود والهواء، حيث يلي ذلك حدوث الشرارة من البوجية مما يؤدي إلي اشتعال الخليط. لكن هذا لا يحدث عند يكون البنزين المزود للسيارة من نوع رقمه الأوكتاني أقل من الموصى عليه. لذلك ولعدة أسباب تحدث الشرارة قبل أو بعد أعلى نقطة للبستون.

على سبيل المثال، عندما تصل سرعة دوران المحرك إلي 6000 دورة/دقيقة يتم احتراق الخليط 12.5 مرة/ثانية وفي كل سلندر. إذا كانت عملية الاشتعال من البوجية تحدث 25 مرة/ثانية فهذا يعني أن احتراقين منفصلين يحدثان في اللحظة عينها داخل السلندر. أي أنه ما أن يحدث احتراق لخليط نتيجة الاشتعال من البوجية ويتمدد نحو بقية أجزاء السلندر حتى تبدأ بعده بقليل شرارة أخرى من البوجية ليبدأ خليط آخر بالاحتراق. ولذلك، أصبح داخل السلندر احتراقين منفصلين كل واحد منها يتجه باتجاه الآخر حتى تصطدم النيران الناتجة عن كل احتراق مما ينتج عن فرقة المحرك والتي تشبه الطرق أو الخبط أو النقر.