

MOTORLAR

Bir enerji türünü mekanik işe dönüştüren makineye motor denir.

Dönüştürülen enerjiye göre motorlar isim alırlar.

Termik motorlar ismin elde edilme yöntemine göre 2'ye ayrılırlar:

1) Dıştan Yarımlı Motorlar

Ör: Buhar kazanları, pistonlu buhar makinesi, buhar türbinleri

2) İçten Yarımlı Motorlar

Ör: Gaz türbinleri, jet motorları, dizel motorlar, otto motorlar
(içten yarımlı pistonlu motorlar)

içten yarımlı pistonlu motorların verimleri diğer termik makinelere göre daha

verimlidir. Dizel motorların verimleri %40-50 arasındadır. Buhar makinelerinin

verimi %16'dır. Buhar türbinin %28, gaz türbinin %35'tir.

Tarihçe

* 1600' li yıllarda motorlarla ilgili çalışmalar başlamış.

* Silahlardan esinlenerek yapılmaya çalışılmıştır.

* 1800 yılında yakıt olarak hidrojen kullanılmıştır.

* 1876 yılında otto motoru Paris Teknoloji Fuarı'nda sergilenmiştir.

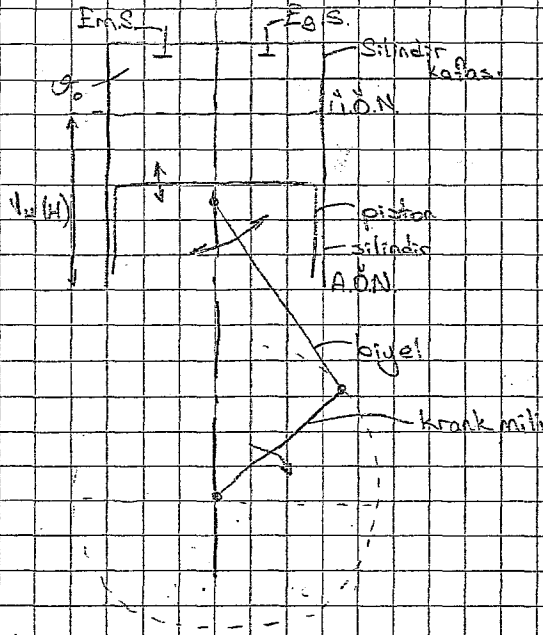
* 1892 yılında otto motorunun çarçını bir başka Alman tarafından ^{harfleştirilmes} yapılmasına

rağmen hayata geçirilememiştir. Otto bundan habersiz bir şekilde aynı sonucu motoru geliştirmiştir.

* 1897 yılında ilk ticari dizel motor satışa sunulmuştur.

* 1952 yılında döner pistonlu motor geliştirilmiştir (Vankel Motoru)

İstenen Tanımlı Motorlarda Tanım, Kısaltmalar ve Sınıflandırma



www.cemturkmen.net
Sanal Fotoğraf Sergisi

Üst Ölü Nokta: Krank eksenine göre piston yüzünün silindir içersinde varabileceği en uzak noktadır.

AÖN: Krank eksenine göre piston yüzünün silindir içersinde varabileceği en yakın noktadır.

AÖN ile ÜÖN arasındaki mesafeye **strok** denir. Piston AÖN'dan ÜÖN'ye giderken oluşan hacme **strok hacmi** denir.

Bir motorun en önemli referansı, strok hacmidir (V_H).

V_0 : sıkıştırma hacmi.

$$V_T = V_H + V_0$$

$$V_T = \frac{V_H + V_0}{V_0} = \epsilon, \quad \frac{V_H}{V_0} = \epsilon - 1 \rightarrow \text{sıkıştırma (Motor için önemli bir parametredir) oranı.}$$

Sıkıştırma oranı arttıkça oluşan veriminde artar. Ancak belirli bir sınıra kadar arttırılır.

İş Çevrimi: Bir işin elde edilebilmesi için tekrarlanmadan oluşan olaylar topluluğuna denir.

Motorların Sınıflandırılması:

1. Stroke Sayısına Göre Sınıflandırma (İş çevrimini tamamlama süresine göre)

1.1 4 Stroke Motor

1.2 2 Stroke Motor

2. Karıştırma Teşkilatına Göre Sınıflandırma

Karbüratörli motorlarda karbüratör tarafından hava yakıt karışımı yapılır.

2.1 Karbüratörli motorlar (Zor tutuşun yakıt kullanılır)

2.2 Halkit püskürtmeli motorlar (Kolay tutuşun yakıt kullanılır)

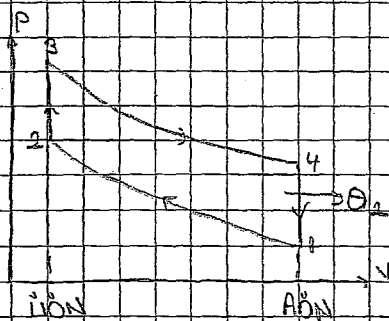
* Motorların yanma hızı düşüktür. Benzinin yanma hızı daha yüksektir.

* Büyük güçlerin üretildiği yerlerde 2 stroke motorlar kullanılmaktadır (Benzin vs)

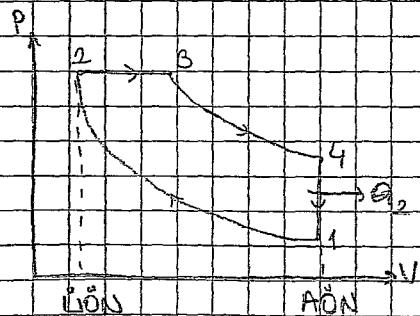
Fakat 2 stroke motorlarda dışarı yakıtta atıldığı için verim düşüktür.

3. Çalışma Çevriminin Karakterine Göre

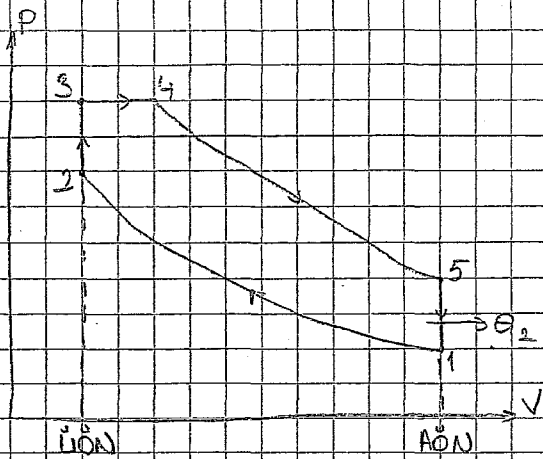
3.1 Yarıdan sabit V 'de gerçekleştiği motorlar (Otto motorlar)



3.2 Yarıdan sabit P 'de gerçekleştiği motorlar (Diesel motorlar)



33. Vannan kismen sabit V de kismen sabit P da gerdoklestigi materialar



Seitinger Courmi

4. Kullanılan Yakıta Göre

4.4. Sıvı yakıtlı motorlar

4. A. Benzin

4.1.2. Motoric

4.1.3 Kerogen (Gas ugg.)

4.1.4. Alkohol

4.1.5 Bitkisel yağlar

Bio-dizel: Bitkisel yağların esterleşmesi sonucu elde edilir

4.2. Gaz yakıtlı motorlar

2. D A. LPG (Propan bütün karışımı)

4.2.2. Döşalgaz

4.2.3. Hidrogen

4.3. Kötü yakıtlı motorlar

4.3.1. Top kömür

5. Taze Dolgunun Silindire Doldurma Şekline Göre

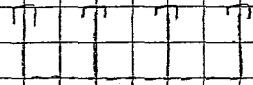
5.1. Doğal emişli motor

5.2 Asın. daldırmalı motor (Türboşarj motorlarında kullanılır)

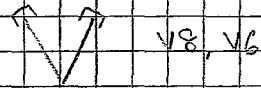
www.centurkmen.net
Sana! Fotoğraf Sergisi

6. Silindrilerin Yerleşimine Tarzına Göre

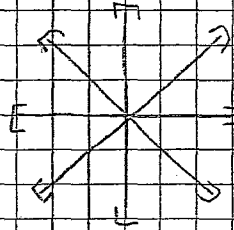
6.1. Sıra motor



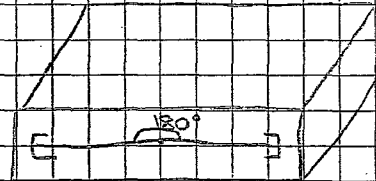
6.2. V motor



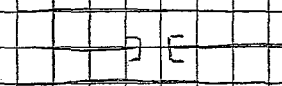
6.3. Radial motor



6.4. Kutu motor



6.5. Karşı pistonlu motor



7. Soğutma Şekline Göre

7.1. Hava soğutmalı (Soğuk iklimlerde daha çok kullanılır)

7.2. Su soğutmalı (Sıcak iklimlerde daha çok kullanılır)

8. Kullanılma Maksadına Göre

8.1. İstasyonel motorlar

8.2. Çerçesi Motorlar

8.3. Locomotive Motoru

8.4. Tractor Motoru

8.5. Uçak Motoru

8.6. Diesel motor

9. Pistonun Hareketine Göre

9.1. Doğrusal hareket yapan

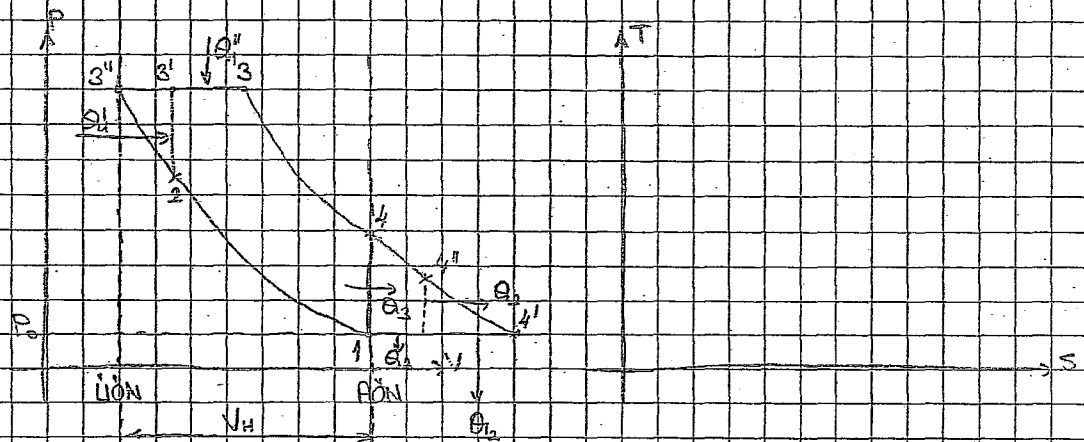
9.2. Döner hareket yapan

www.centurkmen.net
Sanal Fotoğraf Sergisi

Motor Termodinamiği

Motor hesapları için yapılan kabuller:

- 1) Çevrimler tersinirdir.
- 2) Kullanılan sistemin cidarları ısı geçirmezdir.
- 3) Silindir içinde hava bulunur ve ideal gaz özelliği gösterir. Özgül ısıları ve gaz sabiti (R) değişmez.
- 4) Aynı miktardaki ısı gaz sensus miktarında çevrim gerçekleştirilir (kapalı çevrim).
- 5) Yanma işlemi yerine sisteme ısı sokulmuştur.
- 6) Egzost işlemi yoktur. Onun yerine sistemden çıkan ısı kullanılır.

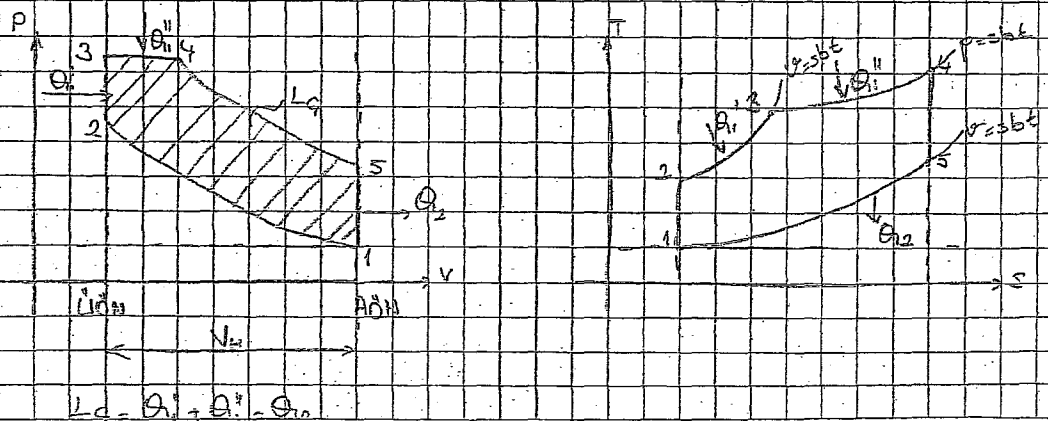


$$V_H = V_T - V_0$$

$$P_c = \frac{L_c}{V_H} \quad \eta_t = \frac{L_c}{Q_1}$$

www.cemturkmen.net
Sanal Fotoğraf Sergisi

Termik Verim Hesabı



$$L_c = Q_1 + Q_2 - Q_0$$

*T-s diagramında eşitlenmiş altındaki kalar alan altında veya verilen işi verir.

$$\eta = \frac{Q_1' + Q_1'' - Q_2}{Q_1' + Q_1''} \Rightarrow \eta = 1 - \frac{m c_p (T_5 - T_1)}{m c_p (T_3 - T_2) + m c_p (T_4 - T_3)}$$

$$\eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1' + Q_1''} \quad \eta = 1 - \frac{T_1 (T_5 - T_1)}{T_2 \left[\frac{T_3 - T_2}{T_2} + k \left(\frac{T_4 - T_3}{T_2} \right) \right]}$$

$$Q_1' = m c_p (T_3 - T_2)$$

$$Q_1'' = m c_p (T_4 - T_3)$$

$$Q_2 = m c_p (T_5 - T_1)$$

$$\frac{T_1}{T_2} = ?$$

$$P_1 V_1^k = P_2 V_2^k$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^k = \frac{1}{\left(\frac{V_1}{V_2} \right)^k} = \frac{1}{\varepsilon^k}$$

www.cemturkmen.net
Sanal Fotoğraf Sergisi

$$\frac{P_1 V_1}{P_2 V_2} = \frac{m R T_1}{m R T_2} \Rightarrow \frac{1}{\varepsilon^k} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{1}{\varepsilon^{k-1}}$$

$$\frac{T_3}{T_2} = ?$$

$$\frac{P_2 V_2}{P_3 V_3} = \frac{m R T_2}{m R T_3} \Rightarrow \frac{T_3}{T_2} = \frac{P_2}{P_3} = 9 \rightarrow \text{patlama oranı}$$

$$V_3 = V_2$$

$$\frac{T_3}{T_2} = 9$$

$$\frac{T_4}{T_2} = ?$$

$$\frac{P_3 V_3}{P_4 V_4} = \frac{m R T_3}{m R T_4} \Rightarrow \frac{T_4}{T_3} = \frac{V_4}{V_3} = \varepsilon_g \rightarrow \text{ön genileme oranı}$$

$$T_3 = T_2 \cdot 9$$

$$\frac{T_4}{T_3} = \varepsilon_g \Rightarrow \frac{T_4}{T_2} = 9 \cdot \varepsilon_g$$

$$\frac{T_5}{T_1} = ?$$

$$\frac{P_4 V_4}{P_5 V_5} = \frac{m R T_4}{m R T_5}$$

$$\frac{P_4 \cdot \varepsilon_g \cdot V_3}{P_5 \cdot V_2} = \frac{T_4}{T_5}$$

$$\frac{P_4}{P_5} \cdot \varepsilon_g = \frac{T_4}{T_5}$$

$$P_4 V_4^k = P_5 V_5^k$$

$$\frac{P_4}{P_5} = \left(\frac{V_5}{V_4} \right)^k = \left(\frac{\varepsilon_g V_3}{\varepsilon_g V_2} \right)^k = \left(\frac{\varepsilon_g}{\varepsilon} \right)^k$$

$$\left(\frac{\varepsilon_g}{\varepsilon} \right)^k \cdot \varepsilon_g = \frac{T_4}{T_5} = \frac{9 \cdot \varepsilon_g}{\left(\frac{\varepsilon_g}{\varepsilon} \right)^{k-1}}$$

$$T_5 = \frac{T_4}{\left(\varepsilon / \varepsilon_g \right)^{k-1}}$$

$$\frac{T_5}{T_1} = \frac{T_4 / \left(\frac{E_g}{E_g}\right)^{k-1}}{T_2 / E^{k-1}} = \frac{E_g^k}{E^{k-1}}$$

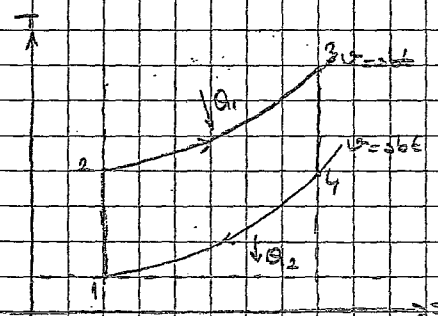
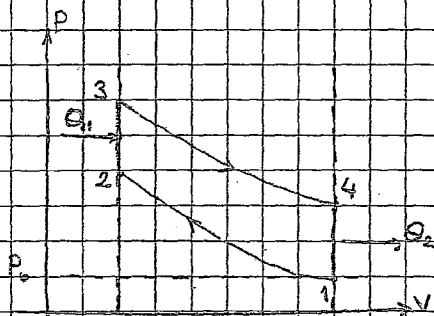
$$\eta = 1 - \frac{1}{E^{k-1}} \frac{E_g^k - 1}{g - 1 + k(g E_g - 1)}$$

$$\eta = 1 - \frac{E_g^k - 1}{E^{k-1} [g - 1 + k(g E_g - 1)]}$$

Karışık çevrimin
termik verimi

* Sıkıştırma oranı, ortalama oranı ve E_g 'de bir artış olursa termik verim artar

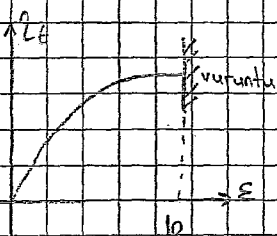
Otto Çevriminin Termik Verimi



* Ön genişleme oranı (E_g) Karışık çevrimde 1 dura çevrim otto çevrimi olur

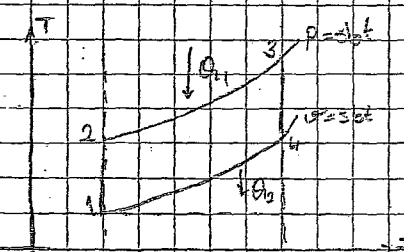
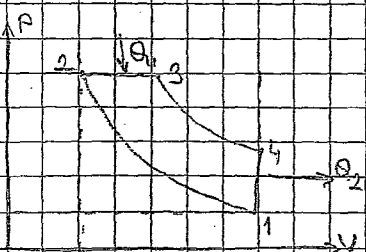
$$\eta = 1 - \frac{E_g^{k-1}}{E^{k-1} [g - 1 + k(g(1-1) - 1)]}$$

$$\eta = 1 - \frac{1}{E^{k-1}}$$



* Sıkıştırma oranı arttıkça verim artar Sıkıştırma oranı
arttıkça vuruştur riski artar ve sıkıştırma oranı belirli bir
hüsnere kadar çıkarılır

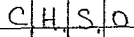
Diesel Çevriminin Termik Verimi



16.10.2006

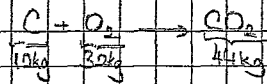
Motörlerde Yanma

Yanma esaslarında sırasıyla hidrojen, karbon, kükürt ve azot enerji çıkarır.



$$c, h, s, o, n, w, k = 1 \text{ kg}$$

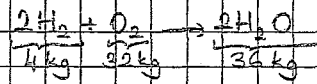
Yakıt içerisindeki kütle
Yakıt içerisindeki su



$$1 \text{ kg} + \frac{32 \text{ kg}}{12} \rightarrow \frac{44 \text{ kg}}{12}$$

$$1 \text{ kmol} + 1 \text{ kmol} \rightarrow 1 \text{ kmol}$$

$$1 \text{ kg} + \frac{1 \text{ kmol}}{12} \rightarrow \frac{1 \text{ kmol}}{12}$$

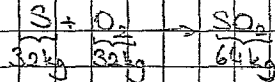


$$1 \text{ kg} + 8 \text{ kg} \rightarrow 9 \text{ kg}$$

$$2 \text{ kmol} + 1 \text{ kmol} \rightarrow 2 \text{ kmol}$$

$$1 \text{ kmol} + \frac{1 \text{ kmol}}{2} \rightarrow 1 \text{ kmol}$$

$$1 \text{ kg} + \frac{1 \text{ kmol}}{4} \rightarrow \frac{1 \text{ kmol}}{2}$$



$$1 \text{ kg} + 1 \text{ kg} \rightarrow 2 \text{ kg}$$

$$1 \text{ kmol} + 1 \text{ kmol} \rightarrow 1 \text{ kmol}$$

$$1 \text{ kg} + \frac{1 \text{ kmol}}{32} \rightarrow \frac{1 \text{ kmol}}{32}$$

H_2O ile reaksiyona girerek SO_3 (sülfirik asit) oluşturur.
Yanma esaslarında bu gazın oluşumu bu yüzden istenmez.
Su an kullanılan yakıtlar içinde benzinde S bulunmamaktadır.
Ama fakat motorlarda az miktarda da olsa bulunmaktadır.

$$O_{min} = \frac{1}{12} c + \frac{1}{4} h + \frac{1}{32} s - \frac{1}{32} o_2 \left(\frac{\text{kmol } O_2}{\text{kg yakıt}} \right)$$

			h	s	o_2
c	1	4	32	32	
12			c		
			12		

$$O_{min} = \frac{c}{12} \left[1 + \frac{3(h + s - o_2)}{8} \right]$$

$$O_{min} = \frac{c}{12} \left(\frac{\text{kmol } O_2}{\text{kg yakıt}} \right)$$

www.cemturkmen.net
Sana Fotoğraf Sergisi

$$1 \text{ kmol } O_2 = 32 \text{ kg}$$

$$O_{min} = \frac{c}{12} \cdot 32 = \frac{8}{3} c \cdot \left(\frac{\text{kg } O_2}{\text{kg yakıt}} \right)$$

$$1 \text{ kmol} = 22,4 \text{ Nm}^3$$

$$1 \text{ kmol} = 24 \text{ nm}^3$$

$$O_{min} = \frac{c}{12} \cdot 22,4 = 1,87 c \cdot \left(\frac{\text{Nm}^3 O_2}{\text{kg yakıt}} \right)$$

$$O_{min} = \frac{c}{12} \cdot 24 = 2 c \cdot \left(\frac{\text{nm}^3 O_2}{\text{kg yakıt}} \right)$$

$$1 \text{ kg hava} \rightarrow 0,232 (O_2) + 0,768 (N_2)$$

$$1 \text{ m}^3 \text{ hava} \rightarrow 0,21 (O_2) + 0,79 (N_2)$$

$$m_a = \frac{O_{min}}{0,232} \left(\frac{\text{kg hava}}{\text{kg yakıt}} \right)$$

$$L_{min} = \frac{O_{min}}{0,21} \left(\frac{\text{kmol. Nm}^3 \cdot \text{nm}^3 \cdot \text{m}^3 O_2}{\text{kg yakıt}} \right)$$

$$PV = mRT$$

$$m = 1 \text{ kg}$$

$$V = 1 \text{ m}^3$$

$$R = \frac{8314,3}{W_{O_2}} = \frac{8314,3}{32} = 259,82 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}$$

$$\Rightarrow \frac{m}{V} = \frac{P}{RT} \quad \left[P \right] = \left[\frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right]$$

$$\left[T \right] = \left[K \right]$$

$$H_u = 34013 \cdot c + 125600h + 10900(z - o_2) - 2512(9h + w) \left(\frac{\text{kJ}}{\text{kg yakıt}} \right)$$

$$H_u = 85830 \cdot L_{min} \left(\frac{\text{kJ}}{\text{kg yakıt}} \right)$$

$$H_u = \text{sabit}$$

$$L_{min}$$

Hava Etkililik Katsayısı:

λ ile gösterilir

$\lambda = \frac{L_{ger}}{L_{min}} \rightarrow$ silindirik birine yanması gerçekleştirilmesi için giren hava miktarı,
 $L_{min} \rightarrow$ 1 kg yakıtın tam yanabilmesi için min hava miktarı.

$\Phi = \frac{1}{\lambda} \rightarrow$ yakıt Etkililik katsayısı. (ABD'de daha çok kullanılır)

$\lambda > 1$, $L_{ge} > 1 \text{ min}$ → fakir karışım

$\lambda = 1$, $L_{ge} = 1 \text{ min}$ → stoikiyometrik karışım

$\lambda < 1$, $L_{ge} < 1 \text{ min}$ → zengin karışım

www.cemturkmen.net
Sanal Fotoğraf Sergisi

* Yakıt değeri

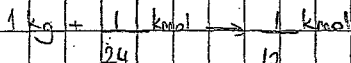
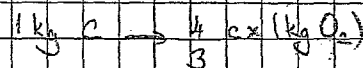
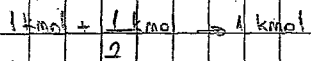
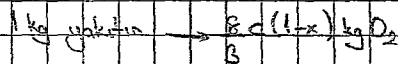
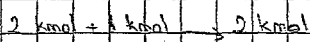
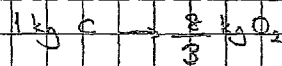
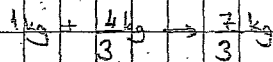
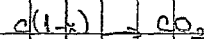
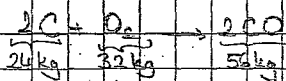
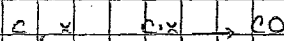
Yüksek devirli otomobıl motorlarında değeri 0,7-1,3 arasında değişir

Otto motorlarında 0,8-1,1 arasında değişir

* Fakir karışımlar daha ekonomiktir. Ancak zengin karışımlar daha fazla güç verirler

* Tutuşabilir bir karışımda $\lambda \geq 0,4$ olmalıdır. $\lambda \leq 1,4$ olması durumunda da tutuşma olur. Ancak daha fakir karışımlarda tutuşma olmaz.

$\lambda < 1$ ise burn tam değeri jama değeri



$$O_{\min} = \frac{8}{3} C(1-x) + \frac{4}{3} Cx + 8h + s$$

$$O_{\text{or}} = \lambda O_{\min} + O_g = \lambda \left(\frac{8}{3} C + 8h + s - O_g \right)$$

$$\lambda \left(\frac{8}{3} C + 8h + s - O_g \right) + O_g = \frac{8}{3} C(1-x) + \frac{4}{3} Cx + 8h + s$$

$$\frac{4}{3} Cx = \frac{8}{3} C + 8h + s - O_g - \lambda \left(\frac{8}{3} C + 8h + s - O_g \right)$$

$$\frac{4}{3} C_x = (1-\lambda) 0_{min}$$

$$x = \frac{3}{4} (1-\lambda) 0_{min}$$

$$x = \frac{3}{4} (1-\lambda) 0,232 \cdot L_{min} \rightarrow \text{Karbonun CO kısmına kadar oksitlenen kısmı (6/6 olarak)}$$

$$\lambda = 1$$

$$\lambda_k = 1 - \frac{4c}{3 \cdot 0,232 \cdot L_{min}} \quad 0,6 \leq \lambda_k \leq 0,7$$

Yanma Ürünlerinin Analizi

$\lambda \geq 1 \Rightarrow$ yanma ürünleri: $CO_2, H_2O, SO_2, O_2, N_2$

$$1 \text{ kg C} \rightarrow \frac{11}{3} \text{ kg } CO_2$$

$$1 \text{ kg H}_2 \rightarrow 8 \text{ kg H}_2O$$

$$c \rightarrow \frac{11}{3} c \left(\frac{\text{kg } CO_2}{\text{kg yakıt}} \right)$$

$$h \rightarrow 8h \left(\frac{\text{kg H}_2O}{\text{kg yakıt}} \right)$$

$$s \rightarrow \frac{1}{8} s \left(\frac{\text{kmol } SO_2}{\text{kg yakıt}} \right)$$

$$h \rightarrow \frac{1}{2} h \left(\frac{\text{kmol H}_2O}{\text{kg yakıt}} \right)$$

$$1 \text{ kg S} \rightarrow 2 \text{ kg } SO_2$$

$$s \rightarrow 2s \left(\frac{\text{kg } SO_2}{\text{kg yakıt}} \right)$$

www.cemturkmen.net
Sahai Fotoğraf Sergisi

$$s \rightarrow \frac{1}{32} s \left(\frac{\text{kmol } SO_2}{\text{kg yakıt}} \right)$$

$\lambda = 1$ ise O_2 yok

$$O_2 = (\lambda - 1) L_{min} \cdot 0,232 \left(\frac{\text{kg } O_2}{\text{kg yakıt}} \right)$$

$$N_2 = \lambda L_{min} \cdot 0,768 \left(\frac{\text{kg } N_2}{\text{kg yakıt}} \right)$$

$$O_2 = (\lambda - 1) L_{min} \cdot 0,21 \left(\frac{\text{kmol } O_2}{\text{kg yakıt}} \right)$$

$$N_2 = \lambda L_{min} \cdot 0,79 \left(\frac{\text{kmol } N_2}{\text{kg yakıt}} \right)$$

$\lambda < 1 \Rightarrow CO_2, H_2O, SO_2, CO, N_2$

$$H_2O \rightarrow 8h \left(\frac{\text{kg H}_2O}{\text{kg yakıt}} \right)$$

$$SO_2 \rightarrow 2s \left(\frac{\text{kg } SO_2}{\text{kg yakıt}} \right)$$

$$\frac{1}{2} h \left(\frac{\text{kmol H}_2O}{\text{kg yakıt}} \right)$$

$$\frac{1}{32} s \left(\frac{\text{kmol } SO_2}{\text{kg yakıt}} \right)$$

$$N_2 \rightarrow 0,768 \lambda_{min} \left(\frac{kg N_2}{kg y} \right)$$

$$0,79 \lambda_{min} \left(\frac{kmol N_2}{kg y} \right)$$

$$CO \rightarrow \frac{7}{3} x \left(\frac{kg CO}{kg y} \right)$$

$$\frac{1}{12} x \left(\frac{kmol CO}{kg y} \right)$$

$$CO_2 \rightarrow \frac{11}{3} c(1-x) \left(\frac{kg CO_2}{kg y} \right)$$

$$\frac{1}{12} c(1-x) \left(\frac{kmol CO_2}{kg y} \right)$$

www.cemturkmen.net
Sanal Fotoğraf Sergisi

Yanma Anında Mol Sayısı Değişimi

Bir reaksiyon sonucunda silindirede bir miktar gazın kalır ve bu silindirede kalması mol sayısını n_r olarak gösterebiliriz. Emilen tarafta da gazın mol sayısını ise n_e olarak gösterebiliriz.

$$\frac{n_r}{n_e} = \gamma_r \rightarrow \text{Akt. gaz katsayısı}$$

* Otto motorları için $\gamma_r = 0,06 - 0,10$

* Diesel motorları için $\gamma_r = 0,03 - 0,05$

$$m_r = n_r \cdot w_r \quad \Rightarrow \quad n_r = \frac{m_r}{w_r}$$

$$m_e = n_e \cdot w_e \quad \Rightarrow \quad n_e = \frac{m_e}{w_e}$$

$$\gamma_r = \frac{n_r}{n_e} = \frac{m_r/w_r}{m_e/w_e} = \frac{m_r}{m_e} \cdot \frac{w_e}{w_r} \quad \Rightarrow \quad \gamma_r = \frac{m_r}{m_e} \cdot \beta$$

$$\beta = \frac{w_e}{w_r} \rightarrow \text{moleküller değişim katsayısı}$$

$$m_r = m_e \cdot \frac{\gamma_r}{\beta}$$

$$L_{gez.} = \lambda L_{min}$$

$$m_e = 1 + \lambda L_{min} \quad \Rightarrow \quad m_r = (1 + \lambda L_{min}) \frac{\gamma_r}{\beta}$$

$$m_{\text{göğ.}} = m_r + m_e = (1 + \lambda L_{min}) \frac{\gamma_r}{\beta} + (1 + \lambda L_{min})$$

$$= (1 + \lambda L_{min}) \left(\frac{\gamma_r}{\beta} + 1 \right)$$

$$\lambda \geq 1 \rightarrow \beta = 1.05$$

$$\lambda = (0.5 - 1.0) \rightarrow \beta = (1.05 - 1.25)$$

Karışımın Isl Degeri

H_u = ısl deger

$$\lambda > 1 \rightarrow H_u = 34013c + 125400h + 10900(s - p_y) - 2512(gh + w) \left(\frac{kg}{kg} \right)$$

$$H_u = 85830 \text{ l/min} \left(\frac{kg}{kg} \right)$$

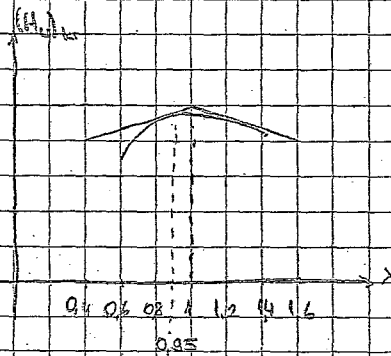
$$H_u = \text{soğut}$$

$$\lambda < 1$$

$$(H_u)_\lambda = H_u (1.82\lambda - 0.82)$$

$$m_c = m_{kr} = 1 + \lambda \text{ l/min} \left(\frac{kg}{kg} \right)$$

$$\frac{H_u}{1 + \lambda \text{ l/min}} = (H_u)_\lambda \left(\frac{kg}{kg} \right)$$



$\lambda = 0.95$ iken $(H_u)_k$ max. degerini alır

www.camturkmen.net
Sonal Fotoğraf Sergisi

30.10.2006

Ör: C_2H_6 kütlesini formülüyle verilen yakıtta 1 kg'ı $\lambda=0,8$ hava ile yakılmaktadır.

a) 1 kg yakıtın yama sonucu ortaya çıkan yama ürünlerini mol olarak bulunuz.

b) λ_{kr} değerini bulunuz.

$$a) c = \frac{2 \cdot 12}{2 \cdot 12 + 6 \cdot 1} = 0,8 \quad h = \frac{6 \cdot 1}{2 \cdot 12 + 6 \cdot 1} = 0,2 \quad \text{www.camturkmen.net}$$

Sanal Fotoğraf Sergisi

$$O_{min} = \frac{c}{12} \left[1 + \frac{3 \left[h + \frac{1}{8} (S - O_2) \right]}{c} \right]$$

$$1 \text{ kmol } C_2H_6 = 30 \text{ kg} \quad O_{min} = \frac{8}{3} \left[1 + \frac{3 \left[h + \frac{1}{8} (S - O_2) \right]}{c} \right] \cdot \left(\frac{\text{kg } O_2}{\text{kg}} \right)$$

$$O_{min} = \frac{8 \cdot 0,8}{3} \left[1 + \frac{3 \left[0,2 + \frac{1}{8} (0 - 0) \right]}{0,8} \right] = 3,73 \left(\frac{\text{kg } O_2}{\text{kg}} \right)$$

$$x = \frac{3(1-\lambda)O_{min}}{4 \cdot c} \Rightarrow x = \frac{3}{4 \cdot 0,8} (1 - 0,8) 3,73 = 0,699$$

$$M_{CO} = \frac{1}{12} c x \left(\frac{\text{kmol } CO}{\text{kg}} \right) = \frac{1}{12} 0,8 0,699 = 0,046 \frac{\text{kmol } CO}{\text{kg}}$$

$$M_{CO_2} = \frac{1}{12} c (1-x) \left(\frac{\text{kmol } CO_2}{\text{kg}} \right) = \frac{1}{12} 0,8 (1 - 0,699) = 0,02 \frac{\text{kmol } CO_2}{\text{kg}}$$

$$M_{H_2O} = \frac{1}{2} h \left(\frac{\text{kmol } H_2O}{\text{kg}} \right) = \frac{1}{2} 0,2 = 0,1 \frac{\text{kmol } H_2O}{\text{kg}}$$

$$M_{N_2} = \lambda \cdot \frac{1}{min} \cdot 0,79 \left(\frac{\text{kmol } N_2}{\text{kg}} \right) \quad L_{min} = \frac{O_{min}}{0,21} = 0,551 \frac{\text{kmol } hava}{\text{kg}}$$

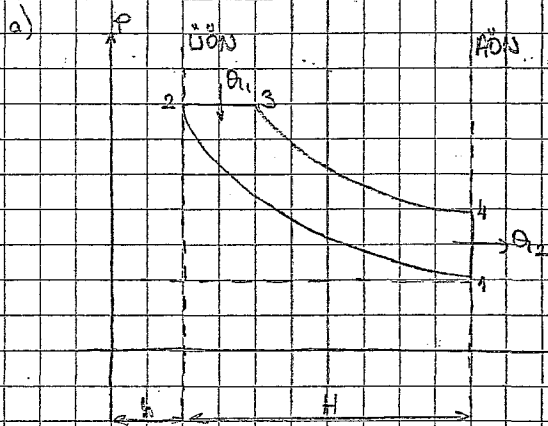
$$M_{N_2} = \lambda \cdot L_{min} \cdot 0,79 \left(\frac{\text{kmol } N_2}{\text{kg}} \right) = 0,79 \cdot 0,8 \cdot 0,551 = 0,348 \frac{\text{kmol } N_2}{\text{kg}}$$

$$b) \lambda_{kr} = 1 - \frac{4c}{3O_{min}} = 1 - \frac{4 \cdot 0,8}{3 \cdot 3,73} = 0,71$$

Ör: Diesel motoruna göre çalışan ve stroke hacmi 0,5 litre olan 4 silindirli 4 stroke bir motorda sıkıştırma başlangıcındaki basınç $0,9 \times 10^5 \text{ Pa}$ ve sıcaklık 50°C 'dir. Sıkıştırma sonu basınç $45 \times 10^5 \text{ Pa}$ ve sıcaklık 765°C 'dir. Sabit basınçta ısı sokumu piston strokeunun $1/10$ 'unda gerçekleştiğine göre:

a) $P_{mz} = ? \text{ Pa}$ (Ortalama indike basınç)

b) 3000 d/d için $N_i = ? \text{ kW}$ (indike güç)



Verilenler

$$P_1 = 0,9 \times 10^5$$

$$T_1 = 50 + 273 = 323 \text{ K}$$

$$P_2 = 45 \times 10^5$$

$$T_2 = 765 + 273 = 1038 \text{ K}$$

$$V_h = 0,5 \text{ litre}$$

$$Z = 4$$

$$P_{mz} = \frac{1}{\epsilon} \frac{k}{k-1} P_1 \epsilon^k \frac{(\epsilon-1)}{(\epsilon-1)}$$

www.cemturkmen.net
Sana Fotoğraf Seçisi

$$P_2 = P_1 \epsilon^k$$

$$45 \times 10^5 = 0,9 \times 10^5 \cdot \epsilon^k \Rightarrow \epsilon^k = 50$$

$$T_2 = T_1 \epsilon^{k-1} \Rightarrow 1038 = 323 \frac{\epsilon^k}{\epsilon}$$

$$\frac{3,213}{\epsilon} = \frac{50}{\epsilon}$$

$$\Rightarrow \epsilon = 15,5 \Rightarrow 15,5^k = 50$$

$$k = 1,40$$

$$\epsilon_g = \frac{V_3}{V_2} = \frac{\frac{\pi D^2 (h+H)}{4}}{\frac{\pi D^2 h}{4}} = 1 + \frac{H}{h}$$

$$\Rightarrow \epsilon_g = 1 + \frac{1}{10} 15,5 = 2,45$$

$$\epsilon = \frac{V_1}{V_2} = \frac{h+H}{h} = 1 + \frac{H}{h} = 15,5 \Rightarrow \frac{H}{h} = 14,5$$

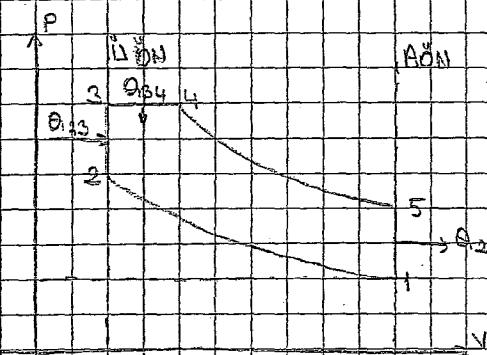
$$\eta_c = 1 - \frac{\epsilon_g^{k-1} - 1}{k \epsilon^{k-1} (\epsilon_g - 1)} = 1 - \frac{2,45^{1,40} - 1}{1,40 \cdot 15,5^{1,40} \cdot (2,45 - 1)} = 0,60$$

$$P_{mz} = 0,60 \cdot \frac{1,40}{1,40 - 1} \cdot 0,9 \times 10^5 \cdot 15,5^{1,40} \cdot \frac{(2,45 - 1)}{(15,5 - 1)} = 8,94 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$b) N_i = \frac{P_{m,i} V_{m,i} n}{60 \cdot a} = \frac{8,94 \cdot 10^5 (N/m^2) \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} (m^3) \cdot 4 \cdot 3000 (d/dk)}{60 \cdot 0} = 4470 W = 44,7 kW$$

$$1 BG = 0,736 kW$$

Ör: İdeal Seltijer çevrimine göre çalışan bir motorun işi tokumu sonundaki basınç ve sıcaklığı sırasıyla $43,5 \times 10^5 Pa$ ve $2410 K$ 'dir Genleşme sonu sıcaklığı $1150 K$ olduğuna göre sıkıştırma oranını ϵ hesaplatarak iletilecek iletilecek ortalama mükemmel basınç hesaplayınız



Verilenler

$$P_1 = 1,01 \times 10^5$$

$$P_3 = 43,5 \times 10^5$$

$$T_4 = 2410 K$$

$$T_5 = 1150 K$$

$$\epsilon = 11$$

$$k = 1,41$$

$$P_{m,i} = ?$$

www.centurkmer.net
Sanat Fotoğraf Sergisi

$$P_{m,i} = \eta_c \frac{P_1}{k-1} \epsilon^k \left[\frac{(g-1) + g k (\epsilon_g - 1)}{(\epsilon - 1)} \right]$$

$$g = \frac{P_3}{P_2} \rightarrow \text{patlama oranı}$$

$$P_3 = P_1 = 43,5 \times 10^5$$

$$P_2 = P_1 \cdot \epsilon^k = 1,01 \times 10^5 \cdot 11^{1,41} = 29,7 \times 10^5 Pa$$

$$\Rightarrow g = \frac{43,5 \times 10^5}{29,7 \times 10^5} = 1,46$$

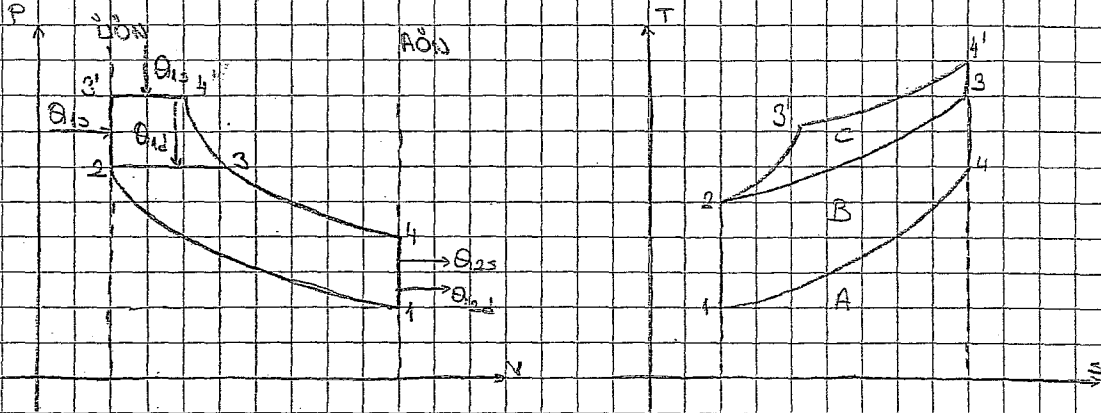
$$\frac{T_4}{T_5} = \left(\frac{\epsilon}{\epsilon_g} \right)^{k-1} \Rightarrow \frac{2410}{1150} = \left(\frac{11}{\epsilon_g} \right)^{1,41-1} \Rightarrow \epsilon_g = 1,8 \rightarrow \text{yanma oranı}$$

$$\eta_c = 1 - \frac{(g \cdot \epsilon_g^k - 1)}{\epsilon^k [(g-1) + g k (\epsilon_g - 1)]} = 1 - \frac{(1,46 \cdot 1,8^{1,41} - 1)}{11^{1,41-1} [(1,46-1) + 1,41 \cdot 1,46 (1,8-1)]} = 0,58$$

$$P_{m,i} = 0,58 \frac{1,01 \times 10^5 \cdot 11^{1,41} [(1,46-1) + 1,46 \cdot 1,41 (1,8-1)]}{1,41-1} = 8,84 \times 10^5 Pa$$

Çevrimlerin Karşılaştırılması

Sıkıştırma oranı (ϵ) ve atılan ısı (Q_2) aynı olduğuna göre Diesel ve Seilinger çevrimlerinin termik verim yönünden karşılaştırılması.



$$\eta_e = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

$$Q_{12} = A+B, \quad Q_{23} = A$$

$$Q_{12} = A+B+C, \quad Q_{23} = A$$

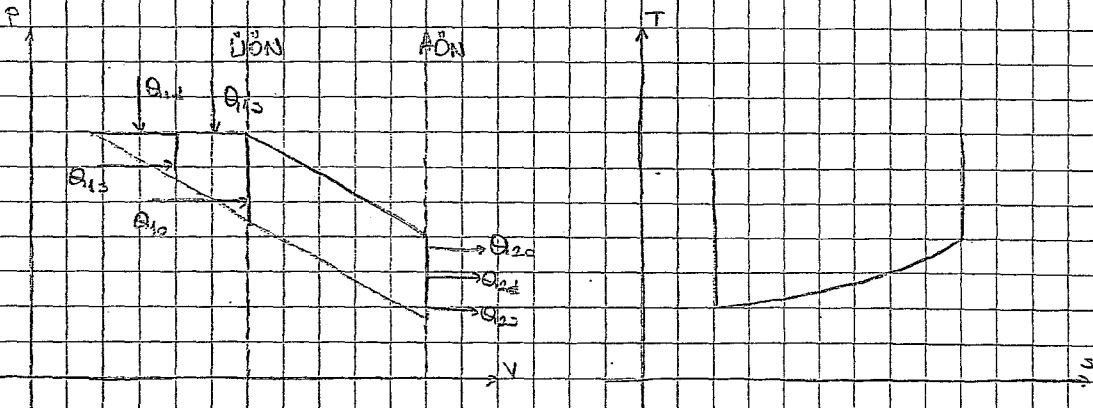
$$\Rightarrow \eta_{ed} = 1 - \frac{A}{A+B}$$

$$\eta_{es} = 1 - \frac{A}{A+B+C}$$

$$\frac{A}{A+B} > \frac{A}{A+B+C}$$

$$\eta_{ed} < \eta_{es}$$

Maximum basınç ve atılan ısı (Q_2) aynı olduğuna göre Otto, Diesel ve Seilinger çevrimlerinin termik verim yönünden karşılaştırılması.



$$\eta_{te} = 1 - \frac{Q_{20}}{Q_{10}}$$

$$Q_{10} = A+B, \quad Q_{20} = A$$

$$Q_{12} = A+B+C+D, \quad Q_{22} = A$$

$$Q_{15} = A+B+C, \quad Q_{25} = A$$

$$\Rightarrow \eta_{to} = 1 - \frac{A}{A+B}$$

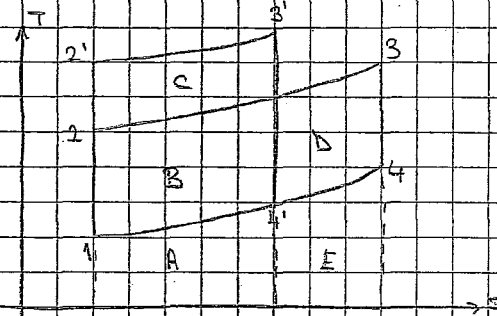
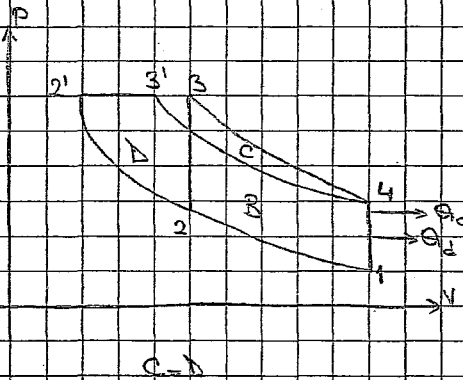
$$\eta_{td} = 1 - \frac{A}{A+B+C+D}$$

$$\eta_{ts} = 1 - \frac{A}{A+B+C}$$

$$\frac{A}{A+B} > \frac{A}{A+B+C} > \frac{A}{A+B+C+D}$$

$$\eta_{td} > \eta_{ts} > \eta_{to}$$

Maksimum basınç ve mekanik iş aynı olduğunda otto-diesel karşılaştırması.



$$Q_{10} = A+B+C+D+E, \quad Q_{20} = A+E$$

$$Q_{12} = A+B+C, \quad Q_{22} = A$$

$$\frac{A+E}{A+B+C+E} > \frac{A}{A+B+C}$$

$$\eta_{td} > \eta_{to}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \eta_{to} = 1 - \frac{A+E}{A+B+C+E} \\ \eta_{td} = 1 - \frac{A}{A+B+C} \end{array} \right. \quad C=D$$

* Sıkıştırma oranı ve mekanik iş aynı olursa otto-diesel karşılaştırması ($\eta_{to} > \eta_{td}$)

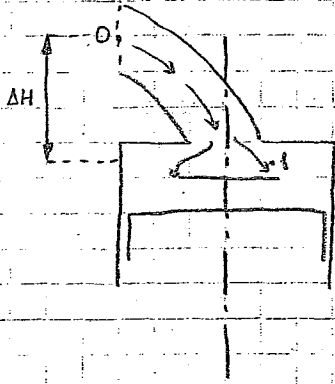
www.camturkmen.net
Sana Fotoğraf Sergisi

stroğunun başlarında emme stroku gecikmede kapanmasında sona erer. Amac sıkıştırma içersine daha fazla taze dolgunun alınmasını sağlamaktır. Çünkü silindir içersinde bulunan taze dolgu miktarı yarabilecek yakıt miktarını belirler. Dolayısıyla da motor gücü de belirlenmiş dur.

Emme esnasında emme subap kesitinin ve emme manifoldun hidrolik direnci sonucu da silindir içersinde basınç düşüşü meydana gelir. Örneğin emme kesitinin en dar yerinde hava hızları 40-130 m/s mertebesine ulaşır.

Emme Stroku Basıncının Hesabı

www.cemturkmen.net
Sanal Fotoğraf Sergisi



$$0 \rightarrow P_0, T_0, g_0, U_0, U_0$$

$$1 \rightarrow P_1, T_1, g_1, U_1, U_1$$

$$\frac{P_0}{g_0} + \frac{U_0^2}{2} = \frac{P_1}{g_1} + \frac{U_1^2}{2} + f \frac{U_1^2}{2} + \Delta H \cdot g$$

$$g_0 = g_1 = g$$

$$U_0 \ll U_1$$

www.cemturkmen.net
Sanal Fotoğraf Sergisi

$$\Delta H = 0$$

$$P_1 = P_0 - g \frac{U_1^2}{2} (1+f)$$

$$U_1 = \frac{H \cdot n}{30} \frac{F_{sil}}{f_{süp}} \leftarrow f_{süp} \cdot U_1 = C_m \cdot F_{sil} \quad C_m = \frac{H \cdot n}{30} \text{ (m/s)}$$

↳ piston ort. hızı

$$P_1 = P_0 - g \frac{\left(\frac{H \cdot n}{30} \frac{F_{sil}}{f_{süp}} \right)^2}{2} (1+f) \quad , \quad \frac{g}{2} \left(\frac{H \cdot F_{sil}}{30} \right)^2 = K$$

$$P_1 = P_0 - K \left(\frac{n}{f_{süp}} \right)^2 (1+f)$$

* Dizel motorlarında güç ayarı silindirlere püskürtülen yakıt miktarı ile ayarlanır.

Dizel motorları için f sabittir. Dizel motorlarında P_1 basıncı sadece motor devir sayısının ve $f_{süp}$ ile orantılı değişir.

Otto motorlarında ise güç kontrolü emme manifoldunda bulunan bir kelebek ile yapılır. Dolayısıyla motorun yük durumuna bağlı olarak ϵ değişkendir. Bu nedenle

otto motorlarda emme sonu basıncı (P_1) hem motor subap kesitinin karesi hemde gaz kelebeğinin konumuyla ilgilidir.

P_1 basıncı mertebe olarak 4 stroklu motor için $0,8-0,9P_0$, süpersarğı

motorlarda P_1 basıncı kompresör çıkış basıncının $0,90-0,95$ 'i kadardır.

P_1 2 stroklu doğru akım süpürmeli motorlarda karter basıncını $0,85$:

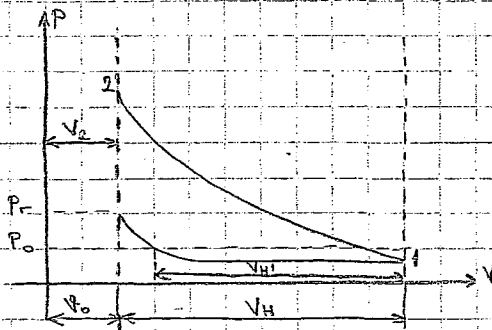
veya $1,05$ katı şeklinde oluşur. Kartlerden süpürmeli 2 stroklu motorlarda ise

$\frac{P_k + P_m}{2}$ şeklinde hesap edilir.

Hacimsal verim η_v ile gösterilir. $\eta_v < 1$ 'dir.

$$\eta_v = \frac{\text{Emme esnasında silindire gerçekte emilen taze dolgu miktarı}}{\text{Emilebilecek max. taze dolgu miktarı}}$$

$$\frac{\eta_{ger}}{\eta_0} = \eta_v$$



$$V_1 = \epsilon V_0$$

$$V_H = V_2 (\epsilon - 1)$$

$$\frac{P_1 V_1^\epsilon}{RT_1} = \frac{P_0 V_0^\epsilon (\epsilon - 1) \eta_v (1 + g_r)}{RT_0}$$

$$\eta_v = \frac{\epsilon}{\epsilon - 1} \cdot \frac{T_0}{T_1} \cdot \frac{P_1}{P_0} \cdot \frac{1}{1 + g_r}$$

→ Aşırı doldurulmalı motorlarda kompresör çıkış basıncı (P_k) ve kompresör çıkış sıcaklığı (T_k), P_0 ve T_0 yerine kullanılır.

$$(\eta_v)_h = \frac{V_H'}{V_H}$$

$$n_1 = n_e + n_r = n_e \left(1 + \frac{n_r}{n_e} \right) = n_e (1 + g_r)$$

$$P_1 V_1 = n_1 R T_1 \Rightarrow n_1 = \frac{P_1 V_1}{R T_1}$$

$$n_e = \frac{P_0 V_0}{R T_0} = \frac{P_0 V_H \eta_v}{R T_0}$$

n_r : önceki çevrimden kalan gazın mol sayısı

n_e : taze dolgu mol sayısı

$$\left. \begin{aligned} s_r &= \frac{n_r}{n_e} \\ n_r &= \frac{P_r V_r}{R T_r} = \frac{P_r V_2}{R T_r} \end{aligned} \right\} \Rightarrow s_r = \frac{\frac{P_r V_2}{R T_r}}{\frac{P_0 V_2 (\epsilon - 1) \eta_v}{R T_0}} \quad (1)$$

$$\frac{s_r T_r}{P_r} = \frac{1}{\epsilon - 1} \frac{T_0}{\eta_v P_0} \quad (1)$$

$$w_{cp} n_e (T_0 + \Delta T) + w_{cp}' n_r T_r = w_{cp}'' (n_e + n_r) T_i$$

$\Delta T \rightarrow$ 4 stroklu otto motorlarda $10^\circ\text{C} - 40^\circ\text{C}$ arasındadır.

4 stroklu diesel motorlarda $10^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C}$ arasındadır.

2 stroklu motorlarda ise $5^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C}$ arasındadır.

$$w_{cp} \approx w_{cp}' \approx w_{cp}''$$

$$T_i = \frac{T_0 + \Delta T + s_r T_r}{1 + s_r}$$

$T_i \rightarrow$ 4 stroklu otto motorlarda $330 - 430 \text{ K}$

4 stroklu diesel motorlarda $310 - 330 \text{ K}$

2 stroklu motorlarda $310 - 330 \text{ K}$

$$\varphi_i = \frac{n_e + n_r}{n_e + n_r} \quad \varphi_i = 1,02 - 1,07 \quad \varphi_i \rightarrow \text{dolulurma katsayısı}$$

$n_e \rightarrow$ 1 noktaya kadar silindire giren taze dolgu miktarı

$n_e \rightarrow$ Toplam giren taze dolgu miktarı

$$\eta_v = \varphi_i \frac{\epsilon - 1}{\epsilon} \frac{P_r}{P_0} \frac{T_0}{T_0 + \Delta T + \varphi_i s_r T_r}$$

$\varphi \rightarrow$ taze dolgu ve yanmış gazların moleküler ısıtma ısılarındaki farkı belirlemek için kullanılan bir katsayıdır.

φ mertebesi olarak $\lambda = 0,8$ olması durumunda $\varphi = 1,13$

$\lambda = 1$ olması durumunda $\varphi = 1,17$

$\lambda = 1,2$ olması durumunda $\varphi = 1,14$

$1,4 < \lambda < 1,8$ olması durumunda $\varphi = 1,1$ alınır.

$$\frac{1}{\varepsilon - 1} \frac{T_0}{\eta_v P_0} = \frac{T_0 + \Delta T + \psi \delta_r T_r}{\psi_1 \varepsilon P_1} \quad (2)$$

www.cemturkmen.net
Sanal Fotoğraf Sergisi

1 ve 2 denklemi eşitlenirse;

$$\frac{\delta_r T_r}{P_r} = \frac{T_0 + \Delta T + \psi \delta_r T_r}{\psi_1 \varepsilon P_1}$$

$$\frac{\delta_r T_r}{P_r} = \frac{T_0 + \Delta T}{\psi_1 \varepsilon P_1 - \psi P_r} \quad (3)$$

$$\frac{1}{\varepsilon - 1} \frac{T_0}{\eta_v P_0} = \frac{T_0 + \Delta T}{\psi_1 \varepsilon P_1 - \psi P_r}$$

$$\eta_v = \frac{1}{\varepsilon - 1} \left(\psi_1 \varepsilon \frac{P_1}{P_0} - \psi \frac{P_r}{P_0} \right) \frac{T_0}{T_0 + \Delta T}, \quad \psi_2 = \frac{V_r}{V_2}$$

Emme subabının erken açılmasından dolayı silindirden daha fazla aldığı için η_v artışı yönünde etki eder

$$\psi = 1$$

$$\psi_1 = 1$$

$$\psi_2 = 1$$

$$\Delta T = 0$$

$$\Rightarrow \eta_v = \frac{1}{\varepsilon - 1} \left(\varepsilon \frac{P_1}{P_0} - \frac{P_r}{P_0} \right) \rightarrow \text{ideal volümetrik verim}$$

4 stroklu otto motorlarında η_v 0,670 - 0,685

4 stroklu dizel motorlarında η_v 0,675 - 0,680

2 stroklu motorlarda η_v 0,675 - 0,685

Volümetrik Verime Etki Eden Faktörler

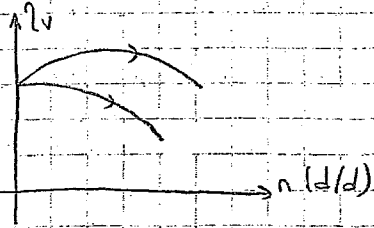
1) İşletme Faktörleri

- Motor devir sayısı daha önce çıkartmış olduğumuz formülde de görüleceği gibi karesi oranında emme sisteminin hidrodinamik basınç kaybını etkilemektedir. Bu nedenle motor devir sayısı η_v üzerinde de önemli etkisi vardır.

$$P_1 = P_0 - K \cdot n^2 \quad n \uparrow \quad \eta_v \text{ hızlı bir şekilde } \downarrow$$

(hidrodinamik basınç kayıplarından dolayı)

Fakat dolgu değişimi ile emme ve egzoz manifoldundaki dolgu olgularının da η_v üzerinde etkisi vardır. Emme ve egzoz olguları etkisi ile n 'in belirli aralıktaki artışı için η_v de belirli bir artış meydana gelebilir.



www.cemturkmen.net
Sanal Fotoğraf Sergisi

Her motorda dolgu değişimine bağlı olarak η_v 'yi max. değerine farklı devir sayısında ulaşır. Emme manifolduna ve kam miline göre değişiklik gösterir.

Belirli devir sayılarında η_v 'yi max. değere ulaştıran bir dolgu değişimi vardır.

- Emme sonundaki taze dolgu basıncının etkisi (P_i)

P_i düşerse η_v düşer. P_i artarsa η_v artar.

P_i motor devir sayısının karesiyle orantılıdır.

- P_r basıncının etkisi.

P_r basıncının etkisi yükserse, η_v düşer.

* Motorda emme subabı, egzoz subabından daha büyüktür.

* Yanmış gaz miktarı artarsa η_v düşer.

- Motor yükünün etkisi:

Motor yükü arttığı zaman (motordan daha fazla güç çekildiğinde) ortalama motor sıcaklıkları artar. ΔT 'deki artıştan dolayı η_v düşebilir.

Daha fazla yakıt yakılınca T_r 'de artar, buna karşın η_r düşer.

Dizel motorlarında yük arttığı zaman $\Delta T \uparrow$, $T_r \uparrow$, $\eta_r \downarrow$

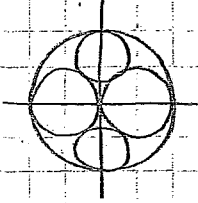
Otto motorlarında yük kontrolü gaz kelebeği ile yapılır. Gaz kelebeği kapanınca emme sonu basıncı (P_i) düşer. ΔT 'de azalma meydana gelebilir. η_r artar. Bu durumlarda volumetrik verim azalmaktadır. Otto motorları ara gaz kademelerinde düşük

verimde çalışırlar. Dizel motorda gaz kelebeği yoktur.

- Konstrüktif Faktörler

* Sıkıştırma oranı konstrüktif faktör olarak gösükmesine rağmen η_v bazı işletme faktörleri tarafından etkilenmektedir. Sıkıştırma oranı artarsa η_v düşer. Sıkıştırma oranı basınç, sıcaklığı değiştirir. Sıkıştırma oranı artarsa basınç ve sıcaklık artar. Bu da η_v 'yi azaltır. Ortalama basıncın artması da η_v 'yi azaltır. ε oranı artırılması sonucunda Konstrüktif faktörlere bağlı olarak η_v azalabilir, artabilir veya hiç değişmeyebilir.

* Egeos-subap kesitinin etkisi



Su anda dünyada 4 subap kullanılmaktadır.

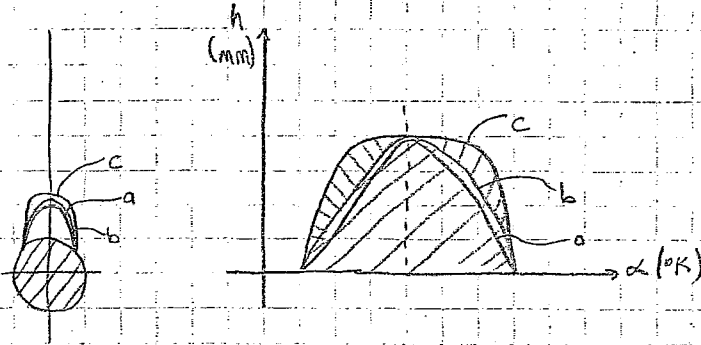
Egeos subap kesit alanını arttırırsak η_v artar.

Bunu arttırmak için birden fazla subap kullanılması söz konusudur. Egeos atılması daha düşük basınçta gerçekleşeceği için η_v artar.

* Emme subap kesiti artarsa taze dolgunun silindirlere girişi esnasında daha az basınç kaybı olacağı için η_v artar.

Egeos subabında ısı transferine bağlı olarak subapların fazla ısınmasını önlemek amacıyla kesit alanı küçük tutulmaya çalışılır.

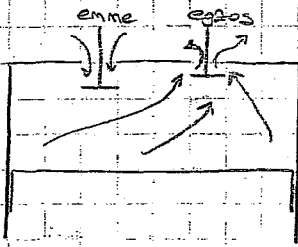
Subapların kesit alanlarını kontrol eden mekanizma kam milidir.



Alanla orantılı olarak η_v 'de artış olur.

Dezavantajı, subabın ani kalkışı ve oturmasıdır. Bu durumda aşımalar daha fazla olabilir (c).

Emme subabına avansla açılıp gecikme ile kapanması sayesinde toplam emme süresini uzatıp, taze dolgu girmesine imkan veririz. Böylece η artar. Aynı şey egzoz subapları içinde geçerlidir. Bunun amacı silindirin içindeki taze dolgu girebilecek yerini arttırmaktır. "n" artmaya başladığı zaman subabın açık kalma zamanı kısalacaktır. Kısaldıkça taze dolgunun giriş çıkışı zorlanacaktır. Bu yüzden değişken kam zamanlaması ile subap üretilmiştir. Bu sayede yüksek devirlerde subap daha uzun süre açık tutulabilmektedir.



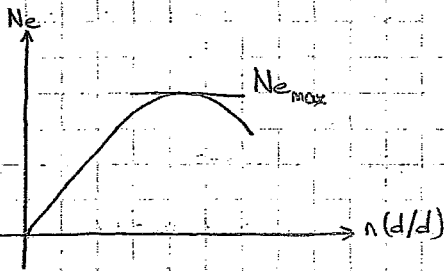
Taze dolgu girişinin daha öne alınması ve egzoz atılmasına devam edilebilmesi için 2 subapta kısa bir süre açık kalır.

- Yakıtın Etkisi:

Yakıtın özellikle buharlaşma ısısı etkilidir. Silindirin kesrine yakıt girince ortamın buharlaşma ısısı çeker. Bunun sonucunda ortalama motor sıcaklığı düşer, ΔT farkı az olduğu için η artar.

η direk olarak motor gücünü etkilemektedir.

$$N_e = \frac{P_{me} \cdot V_H \cdot n \cdot z}{60 \cdot 1000} \quad (BG)$$



www.cemturkmen.net
Sanal Fotoğraf Sergisi

Sıkıştırma Süreci

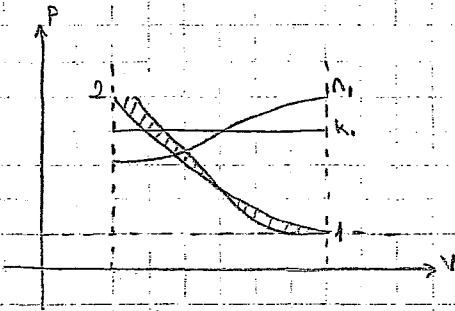
Motorlarda sıkıştırma süreci derece($^{\circ}$) krank açısı olarak sıkıştırma strokundan daha küçüktür. Çünkü sıkıştırma süreci tam alt ölü noktadan başlamaz ve ü.ö.n. önce yanmanın başlamasıyla sona erer. Dolayısıyla motorlarda kullanılan gerçek sıkıştırma oranı teorik olarak hesaplanandan daha küçüktür.

Sıkıştırmanın Amaçları

- 1) İş çevrimini gerçekleştiren sınır sıcaklıklar arasındaki farkı arttırmak
- 2) Gerçek şartlarda max. genişlemeyi sağlayabilmek
- 3) Yakıt-hava karışımının yanabilmesi için en uygun koşulları yaratabilmek

* Otto motorlarında sıkıştırma sonu sıcaklıkları kullanılan yakıtın kendi kendine tutuşma sıcaklığını geçmeyecek şekilde düşük bir sıcaklık oranı seçilmelidir. Bu yüzden otto motorlarında sıkıştırma oranları küçüktür. 200°C fark olması daha iyidir.

* Dizel motorlarında ise sıkıştırma oranı, sıkıştırma sonu sıcaklığının, yakıtın kendi kendine tutuşma sıcaklığının üzerinde olacak şekilde seçilmelidir. Hatta 200°C fazla seçilmelidir. Dış ortam sıcaklığı düştüğü zaman dizel motorlar daha sesli çalışır. Yakıtın kendi kendine tutuşma sıcaklığıyla, sıkıştırma sonu sıcaklık arasında fark ne kadar fazlaysa motor o kadar sessiz çalışır.



$PV^{k_1} = \text{sabit}$ Bunun için k_1 sabit olmalıdır.

Sıkıştırma başlangıcında $n_1 > k_1$

Adyabatik sıkıştırma anında $n_1 = k_1$

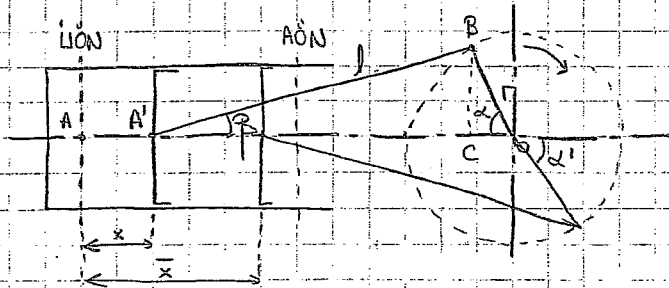
n_1 'in min. olduğu anda ateşleme yapılır.

Görüldüğü gibi gerçek sıkıştırma eğrisi için (politropik) her bir krank açısı başına yeni bir n_1 ve T sıcaklıkları hesaplamamız gerekir. Politrop üs katsayısı n_1 deneysel olarak bulunur.

n_1 'in değeri motor devir sayısına bağlıdır. Devir sayısı daha büyük olan motorlarda silindir cidarı ve gaz arasındaki ısı alışverişisi süresi az olduğu için n_1 daha yüksek değerlerde seçilmeli, büyük boyutlu motorlarda birim hacim başına düşen soğutma yüzey alanı daha azdır. Dolayısıyla n_1 daha yüksek değerde seçilmelidir.

Düzeltilmiş sıkıştırma oranını belirlemek için;

*Piston Yolu Hesabı



$$x = \overline{AO} - AO$$

$$x = l + r - (l \cos \beta + r \cos \alpha)$$

$$= r \left[1 - \cos \alpha + \frac{l}{r} (1 - \cos \beta) \right]$$

$$\frac{r}{l} = \lambda \rightarrow \text{biyel oranı}$$

$$\frac{1}{4} < \lambda < \frac{1}{3}$$

$$x = r \left[1 - \cos \alpha + \frac{l}{r} (1 - \cos \beta) \right]$$

$$l \sin \beta = r \sin \alpha \Rightarrow \sin \beta = \lambda \sin \alpha$$

$$\cos \beta = (1 - \sin^2 \beta)^{1/2} = (1 - \lambda^2 \sin^2 \alpha)^{1/2} = 1 - \frac{1}{2} \lambda^2 \sin^2 \alpha - \frac{1}{8} \lambda^4 \sin^4 \alpha - \frac{1}{16} \lambda^6 \sin^6 \alpha$$

ihmal *ihmal*

$$x = r \left[1 - \cos \alpha + \frac{l}{r} \left(1 - 1 + \frac{1}{2} \lambda^2 \sin^2 \alpha \right) \right]$$

$$x = r \left(1 - \cos \alpha + \frac{\lambda}{2} \sin^2 \alpha \right)$$

www.cemturkmen.net
Sanal Fotoğraf Sergisi

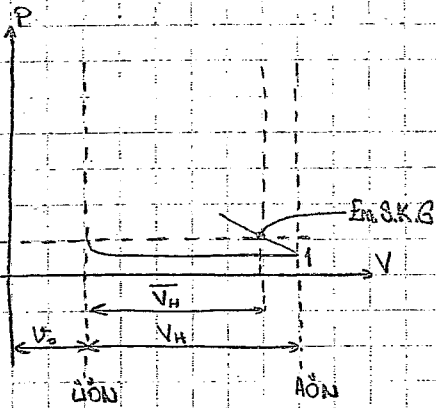
$$\bar{x} = r \left[1 - \underbrace{\cos(180 + \alpha')}_{-\cos \alpha'} + \frac{\lambda}{2} \underbrace{\sin^2(180 + \alpha')}_{(\sin \alpha')^2 = \sin^2 \alpha'} \right]$$

$$\bar{x} = r \left(1 + \cos \alpha' + \frac{\lambda}{2} \sin^2 \alpha' \right)$$

Eğer α' emme subabı kapanma gecikmesine eşit ise;

$$\bar{x} = H \underbrace{\left(1 + \cos \alpha' + \frac{\lambda}{2} \sin^2 \alpha' \right)}_2 = H_0 a$$

$a \rightarrow \text{doldurma katsayısı}$



$$\varepsilon = \frac{V_H + V_0}{V_0} = \frac{V_H}{V_0} + 1$$

$$\frac{V_H}{V_0} = \varepsilon - 1$$

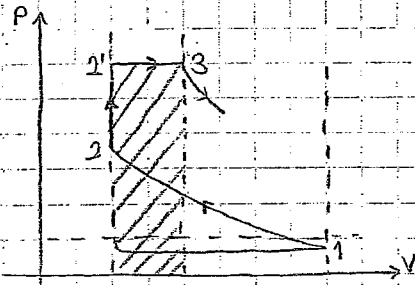
$$\varepsilon_d = \frac{V_H + V_0}{V_0} = \frac{V_H}{V_0} + 1$$

$$\frac{V_H}{V_0} = \frac{\pi D^2}{4} \cdot \bar{x} = \frac{\pi D^2}{4} \cdot H \cdot a = V_H \cdot a$$

$$\varepsilon_d = \frac{V_H \cdot a}{V_0} + 1$$

$$\varepsilon_d = (\varepsilon - 1) a + 1$$

Yanma Süreci



η_y : yanma verimi

2 noktasından 3 noktasına gelinceye kadar olan efektif verimi gösterir

$$\eta_y = 0,85 \div 0,35 \text{ (otto motorlar için)}$$

$$\eta_y = 0,65 \div 0,85 \text{ (dizel motorlar için)}$$

U_3 : 3 noktasındaki gazların iç enerji değişimi (kJ/kg)

U_2 : 2 noktasındaki gazların iç enerji değişimi

$L_{2'3}$: 2'-3 arasındaki hacimsel iş

n_r : Bir örnekte çevrimden geçen gazların mol sayısı

n_e : Yandabilen gazların mol sayısı

$$H_u \cdot \eta_y = U_3 - U_2 + L_{2'3}$$

$$U_3 = w c_v (n_{\text{yanma}} + n_r) (T_3 - 273)$$

$$U_2 = U_2' + U_2''$$

$$U_2 = (w c_v' \cdot n_e + w c_v'' \cdot n_r) (T_2 - 273)$$

$$w c_v' = w c_v$$

$$L_{2'3} = P_3 V_3 - P_2' V_2'$$

$$P_2' = g P_2$$

$$V_2 = V_2'$$

$$\Rightarrow L_{2'3} = P_3 V_3 - g P_2 V_2$$

$$P_3 V_3 = (n_{y3} + n_r) R T_3$$

$$P_2 V_2 = (n_e + n_r) R T_2$$

$$\Rightarrow L_{2'3} = (n_{y3} + n_r) R T_3 - g (n_e + n_r) R T_2$$

$$\eta_y H_u = w c_p'' (n_y \dot{u} + n_r) (T_3 - 273) = (w c_p' n_e + w c_p'' n_r) (T_2 - 273) + (n_y \dot{u} + n_r) R T_3 - g (n_e + n_r) R T_2$$

$$\frac{\eta_y H_u}{n_e + n_r} = \frac{w c_p'' (n_y \dot{u} + n_r) (T_3 - 273)}{n_e + n_r} = \frac{w c_p' n_e + w c_p'' n_r}{n_e + n_r} (T_2 - 273) + \frac{(n_y \dot{u} + n_r) R T_3 - g (n_e + n_r) R T_2}{n_e + n_r}$$

$$n_e + n_r = n_e \left(1 + \frac{n_r}{n_e} \right) = n_e (1 + \gamma_r)$$

$$\frac{n_y \dot{u} + n_r}{n_e + n_r} = \eta$$

$$\frac{\eta_y H_u}{n_e (1 + \gamma_r)} = \eta w c_p'' (T_3 - 273) + \eta R T_3 - g R T_2 - \frac{w c_p' + w c_p'' \gamma_r}{1 + \gamma_r} (T_2 - 273)$$

$$\frac{\eta_y H_u}{n_e (1 + \gamma_r)} + \frac{w c_p' + w c_p'' \gamma_r}{1 + \gamma_r} (T_2 - 273) + g R T_2 = \eta (w c_p'' (T_3 - 273) + R T_3) \rightarrow \text{Yanma veya enerji denklemi}$$

Otto motor ise $I_{2,3} = 0$

$$\frac{\eta_y H_u}{n_e (1 + \gamma_r)} + \frac{w c_p' + w c_p'' \gamma_r}{1 + \gamma_r} (T_2 - 273) = \eta w c_p'' (T_3 - 273) \rightarrow \text{Otto motorlarda yanma denklemi}$$

$$w c_p = a_p + b_p T$$

$$w c_p' = a_p' + b_p' T$$

$$w c_p'' = a_p'' + b_p'' T$$

$$\frac{\eta_y H_u}{n_e (1 + \gamma_r)} + \frac{a_p' + b_p' T_2 + (a_p'' + b_p'' T_2) \gamma_r}{1 + \gamma_r} (T_2 - 273) = \eta (a_p'' + b_p'' T_3) (T_3 - 273) + R T_3$$

$$\underbrace{\frac{\eta_y H_u}{n_e (1 + \gamma_r)} + \frac{a_p' + b_p' T_2 + (a_p'' + b_p'' T_2) \gamma_r}{1 + \gamma_r} (T_2 - 273)}_C = T_3 \underbrace{\eta (a_p'' - b_p'' 273) + R}_B + \underbrace{\eta b_p'' T_3^2}_A$$

$$A T_3^2 + B T_3 - C = 0$$

$$(T_3)_{1,2} = \frac{-B \pm \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A}$$

	$(273-1773)^{\circ}\text{K}$	$(1774-3073)^{\circ}\text{K}$
Hava	$19,88 + 2638 \cdot 10^{-6} T$	$21,99 + 1449 \cdot 10^{-6} T$
O_2	$19,72 + 509,964 \cdot 10^{-8} T$	$23,3 + 155 \cdot 10^{-5} T$
N_2	$19,72 + 25 \cdot 10^{-4} T$	$21,55 + 1457 \cdot 10^{-6} T$
H_2	$20,671 - 11604 \cdot 10^{-8} T$	$19,19 + 1758 \cdot 10^{-6} T$
CO	$19,86 + 267 \cdot 10^{-5} T$	$22,1 + 143 \cdot 10^{-5} T$
CO_2	$22,34 + 219959 \cdot 10^{-7} T$	$38,6 + 3349 \cdot 10^{-6} T$
H_2O	$23,48 + 5359 \cdot 10^{-6} T$	$25,46 + 4438 \cdot 10^{-6} T$

$$wc'' = \sum_{i=1}^{i=n} r_i (wc''_i)_{t_0}^{t_2}$$

$$r_i = \frac{n_i}{n_{\text{top}}} \rightarrow \text{molar fraksiyon katsayısı}$$

$$(wc''_i)_{t_0}^{t_2} = \frac{1}{n_{\text{top}}} [n_{\text{CO}_2} (wc''_{\text{CO}_2}) + n_{\text{H}_2\text{O}} (wc''_{\text{H}_2\text{O}}) + n_{\text{N}_2} (wc''_{\text{N}_2}) + \dots]$$

$$\frac{\eta_{\text{g}} \cdot H_u}{n_e (1 + \gamma_r)} + \frac{u_1' + \gamma_r u_2''}{1 + \gamma_r} + g R T_2 = \mu (u_3'' + R T_3)$$

$$\frac{\eta_{\text{g}} \cdot H_u}{n_e (1 + \gamma_r)} + \frac{u_1' + \gamma_r u_2''}{1 + \gamma_r} = \mu u_3'' \rightarrow \text{Otto motorlar için}$$

$$\left. \begin{aligned} P_3 V_3 &= (n_{\text{g}} u_3'' + n_r) R T_3 \\ P_1 V_1 &= (n_e + n_r) R T_1 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{P_3 V_3}{P_1 V_1} = \left(\frac{n_{\text{g}} u_3'' + n_r}{n_e + n_r} \right) \frac{T_3}{T_1}$$

$$\frac{P_3}{P_1} = \gamma, \quad \frac{V_3}{V_1} = \epsilon_g$$

$$\frac{P_3}{P_1} = \frac{\mu}{\epsilon_g} \frac{T_3}{T_1} \frac{P_1}{P_2}$$

$$\epsilon_g = 1 \Rightarrow$$

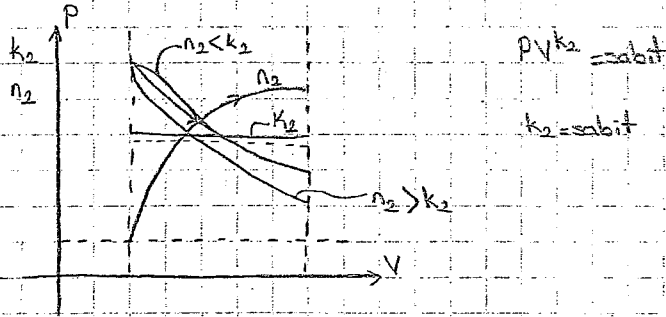
Mertebe olarak yanma sonunda yanma sonu basınçlar mertebe olarak $3 \div 5 \text{ mPa}$ dizel de ise $5 \div 11 \text{ mPa}$ mertebesindedir.

Otto $\rightarrow 2300 - 2700 \text{ K}$

Dizel $\rightarrow 1800 - 2200 \text{ K}$

Genişleme Süreci:

Genişleme süreci esnasında yanma sonucu oluşan ısı enerjisi mekanik işe dönüşür ve yanma sonucu oluşan gazların sıcaklığı çok yüksek olduğundan gazdan cidara doğru olan ısı iletimi sıkıştırma sürecine göre daha fazladır. Genişleme başlangıcı olarak max. basınca ulaşıldığı an kabul edilir ve bu süreç ısı transferinden dolayı adiabatik olarak gerçekleşemez. Aynı zamanda genişlemenin başlangıcında yanma da tam olarak sona ermemiştir. Yanma genişleme sürecinin yaklaşık olarak ortalarına kadar devam edebilir. Yanmanın devam etmesi sonucunda genişleme sürecinde meydana gelmesi gereken basınç ve sıcaklık değişimleri daha yavaş gerçekleşmesi beklenir. Yani adiabatik sürece göre P ve T değişimleri daha azdır. Diğer taraftan gazlardan cidarlara doğru olan ısı iletimi gerek cidar yüzey alanlarının değişimi sonucunda gerekse T değişimi sonucunda farklı olmaktadır. Bu nedenle genişleme ilet katsayısı genişleme boyunca farklı değerler alır. Eğer sadece ısı iletimi söz konusu olsaydı genişleme eğrisi adiabat eğrisine göre biraz daha dik olacaktı. Bu durumda $n_2 > k_2$ olurdu. Eğer sadece yanma devam etmiş olsaydı bu dışarıdan gaza iletilen bir ısı gibi etki yapacaktı ve genişleme eğrisi adiabat eğrisinin üzerinde gerçekleşirdi. Bu durumda da $n_2 < k_2$ olurdu.



Motorda hem ısı transferi hem de yanma genişleme sürecinde devam etmektedir. Bu iki olayın ortak etkisi ile genişleme süreci gerçekleşir. Genişleme başlangıcı yanma daha yoğun, daha etkili. Daha sonra artan yüzey alanları etkisi ile ve yanma etkisi yitindikçe ısı transferi ady. eğrisi oluşmasında daha etkili olur.

Deneyel sonuçlara göre n_2 sabit kabul edilir ve genişlemenin bu sabit değere göre politropik olarak gerçekleştiği kabul edilir. n_2 mertebesi olarak 1,25 ÷ 1,30 arası değişir.

Vuruntunun Zararları

Vuruntu esnasında yanma çok anı hemen hemen sabit hacimde olmaktadır. Bu yüzden silindir içerisinde çok yüksek basınç bölgeleri dgmektedir. Bu basınç diğer bölgelerdeki alçak basınçla denge haline gelir ve bu esnada kuvvetli gaz titreşimleri oluşur. Bu titreşimler ve basınç dalgalarının silindir cidartlarına çarparak oluşturdıkları gürültü vuruntu esnasında duyulan sesi oluşturur.

1. Vuruntu termik zorlanmaları arttırır. Silindir ve yanma odası çeperlerine olan ısı iletimini vuruntu esnasında artırır ve güş düşer. Aynı zamanda çeper sıcaklıkları da artar ve bu durum motor ömrünün ksalmasına neden olur.

2. Vuruntu mekanik zorlanmaları arttırır. Vuruntu esnasında meydana gelen basınç bütün elemanlara dağılır ve dolayısıyla mekanik zorlanmalara ve malzeme yorulmalarına neden olur. Bunlarda motorun ömrünün ksalmasına neden olur.

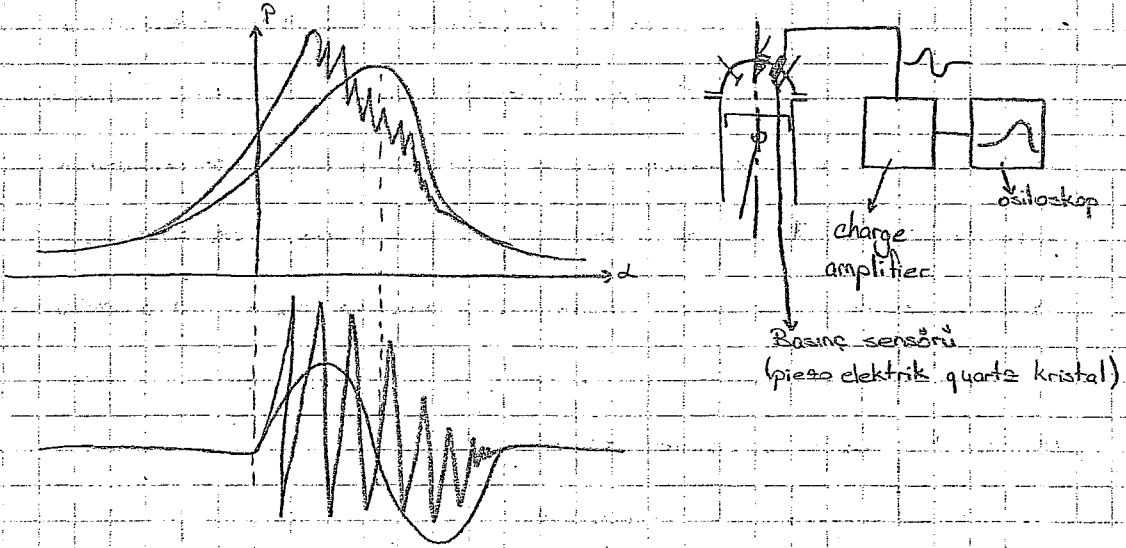
3. Özgül yakıt tüketimi artar. Vuruntu esnasında yanma odası çeperlerine transfer olan ısı iletiminin artması gaz enerjisinin büyük bir kısmının ğutma sıvısına geçmesi demektir. Bu durumda verim düşer ve özgül yakıt tüketimi artar.

4. Vuruntunun kendi kendine arttırma selliği.

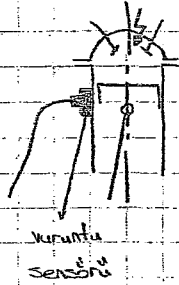
İlk vuruntu meydana gelince çeper sıcaklıkları bir miktar artar. İkincisinde biraz daha fazla ve mtakiben daha fazla yükselir. Yüksek çeper sıcaklıkları art. karışımın hazırlanma zamanını kısaltır, yani kendi kendi tutuşmayı kolaylaştırır. Mekanik ve termik zorlanmalar çok fazla artar.

Vuruntu Ölme Metotları

1. Basıncı dalgalarının irdelenmesi



2. Blok titreşimlerinin değerlendirilmesi



Gelen sinyallere göre ısıtılma oranı $1,5^\circ - 2^\circ$ düşürülür.

3. Basıncı ses dalgalarının irdelenmesi

Vuruntuya Etki Eden Faktörler

1. Konstrüktif faktörler

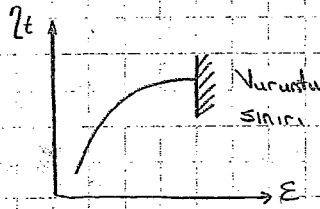
2. İşletme faktörleri

3. Yakıt faktörü

1. Konstrüktif faktörler

a. Sıkıştırma oranı (ϵ)

$$\frac{T_2}{T_1} = \epsilon^{k-1} \Rightarrow T_2 = T_1 \cdot \epsilon^{k-1}$$

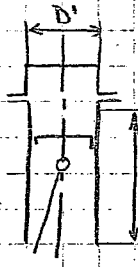
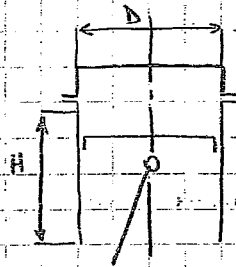


Sıkıştırma sonu sıcaklığı (T_2) ϵ 'un artmasıyla artar.

T_2 sıcaklığı artınca art karışımın (yanmaya katılmamış taze dolgu) kendi kendine tutuşma sıcaklığına yaklaşırlar. Bundan dolayı ϵ vuruntunun oluşmaması için

sınırlandırılır. Normal motorlarda ϵ 9-11 çıkabilir. Yarı otomobillerinde ϵ 13'e kadar çıkarılabilir. Motorlarda ϵ değişmemesi için silindir içersinde C birikimine meydan vermemek gerekir. C taneleri aynı zamanda kızgın noktalar oluşturur ve kendi kendine tutuşmayı hızlandırır.

b. Motor büyüklüğü ve soğutma etkisi



$$D = 2D'$$

$$H = 2H'$$

$$\frac{V}{S} = \frac{\frac{\pi D^2}{4} \cdot H}{\pi D H} = \frac{D}{4}$$

$$\frac{V'}{S'} = \frac{\frac{\pi \left(\frac{D}{2}\right)^2}{4} \cdot \frac{H}{2}}{\pi \cdot \frac{D}{2} \cdot \frac{H}{2}} = \frac{D}{8}$$

Motorların strok hacmi küçüldükçe hacme göre soğutma yüzeyi büyür. Soğutma daha iyi olduğundan ön reaksiyonlar azalır.

Yukarıdaki örnekten de görüldüğü gibi soğutma yüzeyi, küçük motorlarda hacme nazaran 2 kat artmış durumdadır. Sonuç olarak büyük motorlar vuruntuya daha elverişlidir. Dolayısıyla küçük motorlarda ϵ biraz daha küçük seçilebilir.

c. Supapların öüper pozisyonu

Subap bindirmesi kam mili konstrüksiyonu ile ilgilidir. Egzos stroğu sonu emme stroğu başlangıcında her iki subabında açık kaldığı duruma subap bindirmesi denir. Subap bindirmesi süresi uzarsa vuruntu azalır. Çünkü egzos gazları emme havası tarafından çok iyi bir şekilde süpürülür. Art egzos gazı azalınca karışım sıcaklığı düşer. Çeperlerle de ısı alış veriş i olur ve çeper sıcaklıkları da düşer. Buna bağlı

olarakta sıkıştırma sonu sıcaklığı düşer ve vuruntu olasılığı azalır.

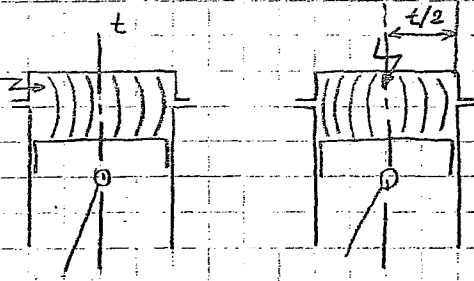
d. Yanma odası şekli

Yanma odası konstrüksiyonunun vucutuya etkisi çok büyüktür.

Vucutuya min de tutmak için yanma odası dizaynda dikkat edilmesi gereken hususlar:

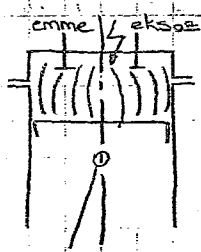
1. Alev cephesinin katetmesi gereken yol mümkün olduğu kadar kısa olmalıdır. Yolu kısaltmak yanmamış taze dolgu ile buji arasındaki mesafeyi kısaltmak demektir. Bu sayede yanma çok hızlı olacak ve bunun sonucunda motor devir sayısı ve gücü artacaktır.

Buji tarafından başlatılmış olan ve çok hızlı olan bu yanma sonucunda henüz yanmamış taze dolgu kimyasal hazırlığını tamamlayamaz ve vuruntu meydana gelmez.



www.cemturkmen.net
Sanal Fotoğraf Sergisi

2. Egzos subabı ve buji mümkün olduğu kadar birbirine yakın olmalı.



Egzos subabı oldukça sıcaktır, hatta akkor halinde olabilmektedir. Bu nedenle egzos subabı henüz yanmamış taze dolgudan mümkün olduğu kadar uzak olmalı ki vuruntu veya ön ateşleme meydana gelmesin.

* Egzos subabı emme subabına göre daha küçük yapılır.

3. Yanma odasının yeterli miktarda türbülans yaratacak şekilde dizayn edilmesi

Türbülansın yüksek olmasıyla yanma hızı artar. Fakat gereğinden yüksek olması durumunda yanma odası cidarlarına doğru olan ısı transferi artacağı için ısı kaybı da artar. Türbülans piston kafasında oluşturulacak oyuk veya emme subabına

bir maske koyularak dusturulabilir.

4. Henüz yanmamış taze dolgunun yanma odasının daha soğuk bölgelerinde tutulması.

Silindir kafası ile piston oyugu arasında oluşacak olan bölge genellikle soğuk bir bölgedir. Bunun yanı sıra emme esnasında emme subabı taze dolgu tarafından soğutulduğu için bu bölgede soğuktur. Dolayısıyla taze dolgu emme subabı tarafında bulunmalı, buji de emme subabından uzak konumda olmalıdır.



5. Yanma odası dizaynında mümkün olduğu kadar köşe nokta bırakılmamalıdır.

2. İşletme faktörleri:

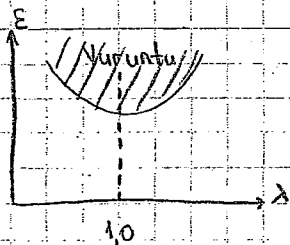
1. Karışım oranı (λ)

$\lambda > 1$ ise içeri giren fazla hava art. karışıma soğutucu etki yapar.

$\lambda < 1$ ise içeri giren fazla yakıt silindirden buharlaşma ısısını çeker ve art.

karışımın soğumasını sağlar.

$\lambda = 1$ civarında 8n reaksiyonlar max. tır. Vuruntu ihtimali azami seviyededir.

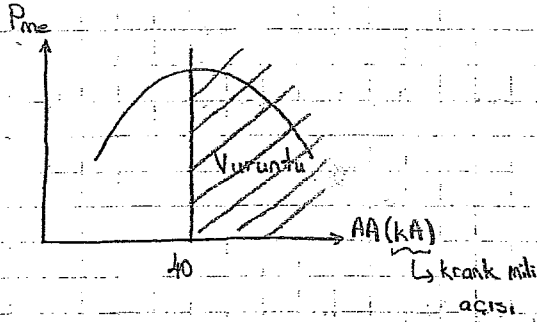


www.camturkmen.net
Sanal Fotoğraf Sergisi

2. Ateşleme avansı (AA)

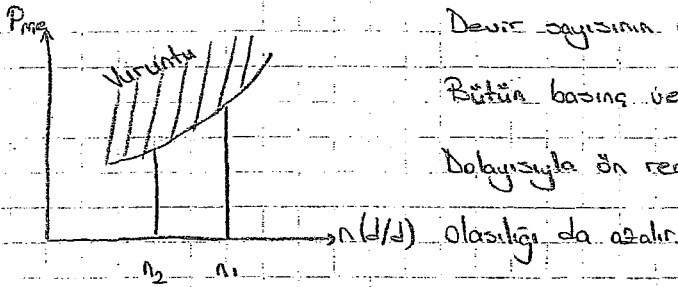
Ateşleme avansı arttıkça P_{max} üst ölü nokta civarına yaklaşır ve belirli bir ateşleme avansından sonra vuruntu başlar. Ateşleme avansı arttıkça vuruntu şiddetlenir ve güç düşmesine neden olur.

A305



3. Motor devir sayısı (n)

Devir sayısı arttıkça vuruntu azalır. Çünkü devir sayısına bağlı olarak yanma odasındaki türbülans artar. Bu transferinden dolayı gaz sıcaklığı düşer ve yanma hızı artar.



Devir sayısının artmasıyla volümetrik verim de düşer.

Bütün basınç ve sıcaklıkların azalmasına neden olur.

Dolayısıyla ön reaksiyonlar azaldığı için vuruntu

3. Yakıt faktörü

En önemli faktördür. Yakıtların vuruntu direnci aynı değerde değildir. Yakıtlar farklı hidrokarbon karışımlarından oluşur ve de değişik özelliklerde hidrokarbonlar ihtiva ederler.

Hidrokarbonların vuruntu eğilimine göre sıralanması:

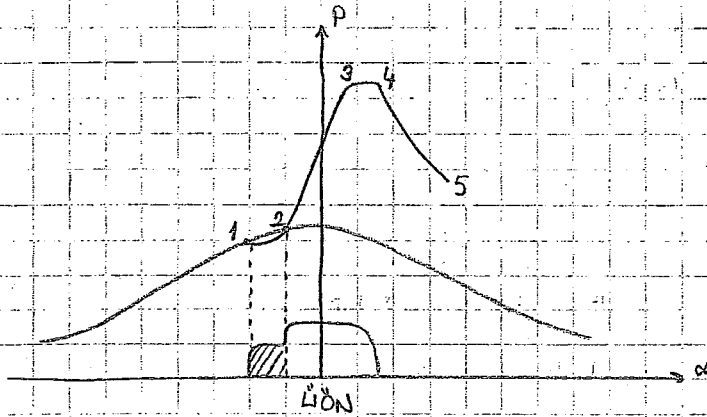
- | | | |
|--------------------------------------|--|--------------------|
| 1. n-parafinler ($C_n H_{2n+2}$) | | en düşük dirençten |
| 2. naftenler ($C_n H_{2n}$) | | en yüksek dirence |
| 3. iso-parafinler ($C_n H_{2n+2}$) | | doğru sıralanır |
| 4. aromatikler ($C_n H_n$) | | |

Otto motorlarına vuruntuya direnci oktan sayısı ile belirtilir. Oktan sayısı ne kadar yüksekse vuruntuya karşı dirençte o kadar yüksektir.

Oktan sayısı, x yakıtın cfr motorunda aynı şartlar altında aynı sıkıştırma oranında bu yakıtla aynı vuruntu şiddetini veren n -heptan, iso-oktan karışımındaki iso-oktan yüzdesine denir.

Dizel Motorlarında Vuruntu

Dizel motorlarında yanma ve tutuşma 4 fazda gerçekleşir.



$$\frac{dP}{d\alpha} = (2 \div 3) 10^5 \text{ Pa/}^\circ\text{Kc.M.A.}$$

$$\frac{dP}{d\alpha} = (4 \div 5) 10^5 \text{ Pa/}^\circ\text{Kc.M.A.} \text{ olursa}$$

motor sert çalışır ve motordan ses gelir.

$$\frac{dP}{d\alpha} = 10 \cdot 10^5 \text{ Pa/}^\circ\text{Kc.M.A.} \text{ mücadele edilen}$$

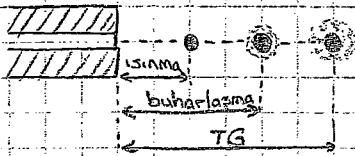
en üst düzey

1 ve 2 noktası arasındaki olay tutuşma gecikmesi

2-3 hızlı veya kontrolsüz yanma fazı

3-4 kontrollü yanma veya difüzyonlu yanma fazı

4-5 art yanma ve genişleme



www.cemturkmen.net
Sanal Fotoğraf Sergisi

Paskürtme başlangıcından basıncın artmaya başlamasına kadar geçen süre tutuşma gecikmesidir.

$$TG = \tau_f + \tau_h$$

$$= \tau_f + \tau_1 + \tau_2 + \tau_3$$

Fiziksel tutuşma gecikmesi: içerisinde yakıt demetinin parçalanması, damlacıklara ayrışması ve bu damlacıkların buharlaşması için gereken süredir.

$z_1 \rightarrow$ kimyasal reaksiyonların başladığı andan soğuk alevin oluşmasına kadar geçen süredir. Bu süreçte moleküllerin parçalanması sonucunda aktif reaksiyon merkezleri meydana gelir.

z_2 soğuk alevden mavi alev geçmek için gerekli süredir.

z_3 'te mavi alevden patlama alevine geçmek için gerekli süredir.

Mavi alevle patlama alevini birbirinden ayırt etmek zor olduğu için ikisi bir düşünülebilir.

$$(Wolfer) TG = \frac{0,44 \cdot e^{\left(\frac{4650}{T}\right)}}{P^{1,19}} \text{ (ms)}$$

$$\text{Hardenberg ve Hase } TG = (0,36 + 0,22C_m) \exp \left[E_A \left(\frac{1}{RT} - \frac{1}{17,190} \right) \left(\frac{21,2}{P - 12,4} \right)^{0,63} \right] \text{ (}^\circ\text{K} \cdot \text{MA)}$$

$$C_m = \frac{H \cdot n}{30} \text{ (mts)}$$

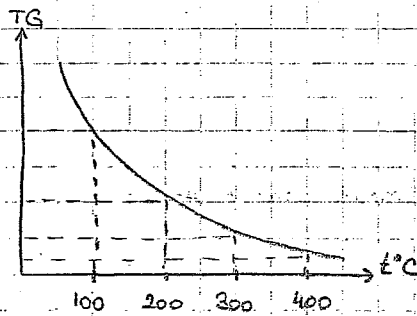
$$R = 8,3143 \text{ (J/mol}^\circ\text{K)}$$

$$T^\circ\text{K}, P \text{ (bar)}$$

$$E_A = \frac{618,840}{C_N + 25} \text{ (J/mole)}$$

Tutuşma Gecikmesine Etki Eden Faktörler

- Püskürtmenin yapıldığı ortam sıcaklığının etkisi



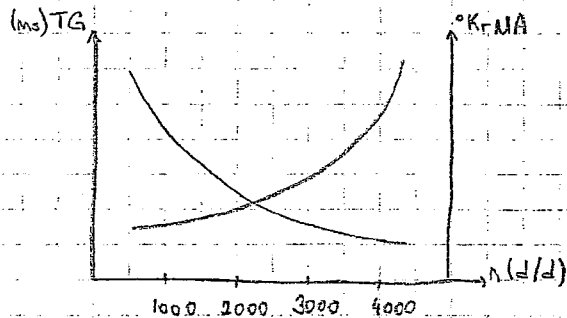
Püskürtmenin yapıldığı ortam sıcaklığı

arttığı zaman tutuşma gecikmesi azalmaktadır.

www.cemturkmen.net

Sanal Fotoğraf Sergisi

- Motor devir sayısının etkisi



Motor devir sayısı arttığı zaman TG

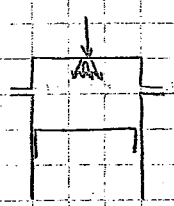
kısalmaktadır. Fakat aynı motorda TG'ni

krank açısı cinsinden ölçmek istersek

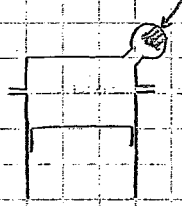
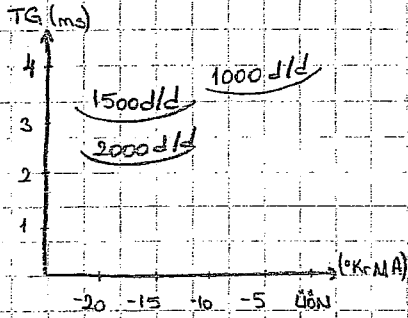
krank açısı cinsinden arttığını görürüz.

Devir sayısı arttığı zaman hava

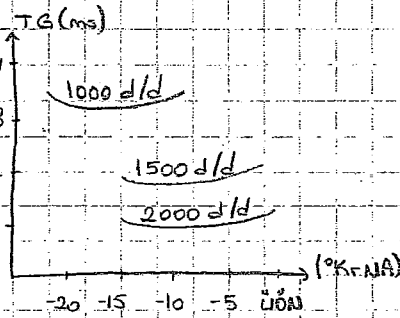
hareketleri artar ve yakıtla havanın karışması daha kolay gerçekleşir. Fakat yanma için süremis azalmış olmasına rağmen krank daha büyük açı taramaktadır. Dolayısıyla diesel motorlarında motorun yüksek devirlere çıktığı zaman iyi yanmanın gerçekleşebilmesi için püskürtme avansı artırılmalıdır.



Direk püskürtmeli motor



Ön yanma odalı motor



www.cemturkmen.net
Sanal Fotoğraf Sergisi

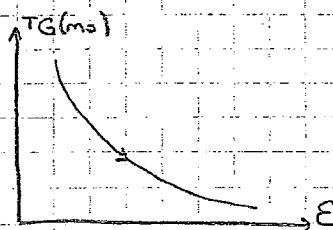
Devir sayısı arttığı zaman hava hareketleri de artacağı için ve yanma koşulları

daha iyi olacağı için TG kısalır.

Ön yanma odalı motorlarda hava hareketleri daha fazla olduğu için aynı devir sayılarında direk püskürtmeli motora göre tutuşma gecikmesi daha kısadır.

Ön yanma odalı motorlarda devir sayısı düşüşüne bağlı olarak TG'deki artış hızı direk püskürtmeliye göre daha fazladır. Çünkü bölünmüş yanma odalı motorlarda soğutma yüzey alanı fazladır.

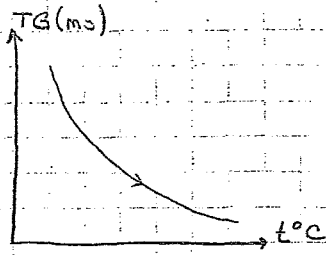
- Sıkıştırma oranının etkisi:



$$T_2 = T_1 \epsilon^{k-1}$$

$$\epsilon \uparrow T_2 \uparrow$$

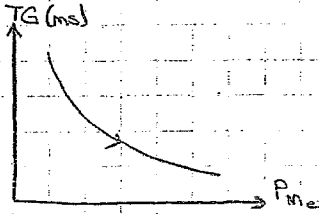
ϵ arttıkça TG kısalır.



www.cemturkmen.net
Sanal Fotoğraf Sergisi

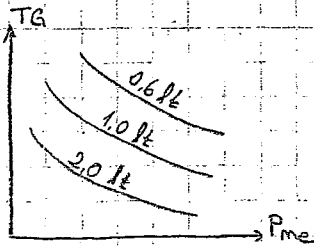
- Motor yükünün etkisi

Motor yükü arttığı zaman motor ceper sıcaklıkları artar. Emilmekte olan taze dolgu bu ceperler tarafından ısıtıldığı için T_1 sıcaklığı daha yüksek olur ve dolayısıyla TG kısalır.



- Motor boyutlarının etkisi

Motor boyutları arttığı zaman birim hacim başına düşen soğutma yüzey alanı azalır. Silindir içerisindeki gaz sıcaklıkları artar. Bu nedenle motor boyutları arttığı zaman TG süresi de kısalır.

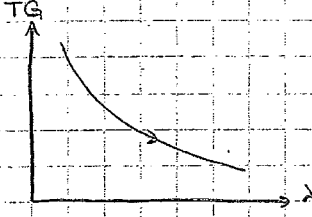


- Soğutmanın etkisi

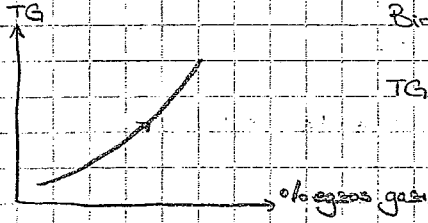
Motor da soğutmayı arttırsak TG artar.

- Hava fazlalık katsayısının etkisi

Hava fazlalık katsayısı arttığı zaman oksijen konsantrasyonu da artar. Dolayısıyla yakıt ile oksijenin reaksiyona girme süresi kısalır. Dolayısıyla TG süresi de kısalır.

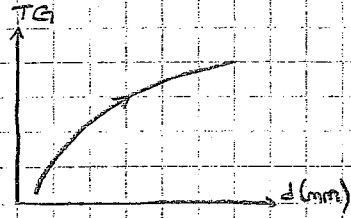


- Bir önceki sevirimden kalan egzoz gazların etkisi



Bir önceki sevirimden kalan egzoz gazları artarsa
TG süresi uzar.

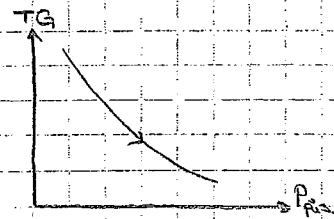
- Enjektör delik çapının etkisi



Enjektör delik çapı arttığı zaman püskürtme sonucu olan
damlacıkların basıncı büyür.

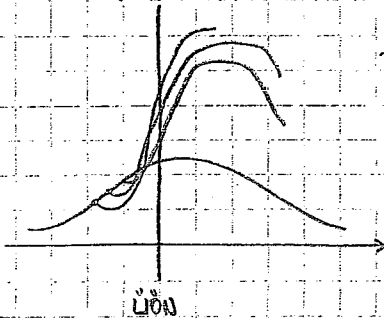
www.cemturkmen.net
Sanal Fotoğraf Sergisi

- Püskürtme basıncının etkisi



Püskürtme basıncı artarsa püskürtme sonucu oluşan
damlacıkların çapı küçülür. Damlacıkların ısınıp
buharlaşmaları için gereken süre kısalır, buna bağlı
olarak TG süresi kısalır.

- Püskürtme avansının etkisi



Püskürtme avansı arttığı zaman püskürtmenin yapıldığı
andaki basınç ve sıcaklık daha düşük olur ve bu nedenden
dolayı TG artar.

- Yakıt faktörü

Yakıtların kolay tutuşup tutuşmadıklarını tanımlayan bir setan sayısı vardır. Setan sayısı yüksekse kolay tutuşur, düşükse zor tutuşan yakıt demektir.

Motor Gücü Hesabı

* Yakıtın alt ısı değeri: H_u (kcal/kg Y) (J/kg Y)

* 1 kg yakıt buharının kapladığı hacim: V_y (m³/kg Y)

* L_{min} : 1 kg yakıtı yakmak için gerekli olan minimum hava miktarı

* $L_{ger} = \lambda \cdot L_{min}$

* Karışımın toplam hacmi: $V_k = V_y + L_{ger}$ (m³/kg Y)

* $1/V_k$ (kg Y/m³): 1 m³ karışımda kaç kg yakıt olduğunu gösterir

* H_u (kcal/kg Y) $\times$ $1/V_k$ (kg Y/m³) = H_u/V_k (kcal/m³)

* H_u/V_k : 1 m³ karışımın yanmasından elde edilen ısı miktarıdır

* Bu ifadenin yanma verimi ile çarpılması gerekir

* $\frac{H_u}{V_k} \times \eta_y$ (kcal/m³)

* Q_1 : Bir ısı çevriminde sisteme sokulan ısı miktarı

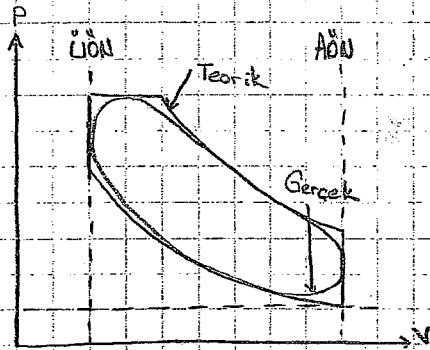
* Teoride içeri alınabilecek dolgu miktarı

$$\left[\frac{\pi D^2}{4} \times H = V_H \right]$$

* Gerçekte içeri alınan dolgu miktarı

$$\left[\frac{\pi D^2}{4} \times H = V_H \right] \times \eta_v$$

* $Q_1 = \frac{H_u}{V_k} \times V_H \times \eta_y \times \eta_v$ kcal



* Teorik çevrimde net iş:

$$L_c = Q_1 \times \eta_t$$

$$W_i = Q_1 \times \eta_t \times \eta_g$$

$$\eta_t \times \eta_g = \eta_c$$

η_g : organik verim (diyagram verimi)

η_c : indike verim

η_t : termik verim

$$* W_i = Q_1 \times \eta_c = V_H \times \frac{H_u}{V_k} \times \eta_y \times \eta_v \times \eta_c \quad (\text{kcal/iz. periyodu silindir})$$

$$* 1 \text{ kcal} = 427 \text{ kpm} \quad (\text{TÖS})$$

↳ Teknik ölçü sistemi
kilopound metre

www.cemturkmen.net
Sanal Fotoğraf Sergisi

$$* V_k = V_y + \lambda L_{\min} \text{ olduğuna göre,}$$

$$W_i = 427 \times \frac{H_u}{V_y + \lambda L_{\min}} \times \eta_y \times \eta_v \times \eta_c \times V_H \quad (\text{kpm/iz. periyodu silindir})$$

* Indike Güç (N_i):

* Birim zamanda yapılan işe güç denir. Motorda zaman olarak motor hızı n (d/d) kullanılır.

$$* N_i = 427 \times \frac{H_u}{V_y + \lambda L_{\min}} \times \eta_y \times \eta_v \times \eta_c \times V_H \times n \times \frac{1}{60} \quad (\text{kpm/iz. per. silindir})$$

$\underbrace{\hspace{10em}}_{P_{m_i}}$

* P_{m_i} : indike basınç

$$P_{m_i} = 427 \times \frac{H_u}{V_y + \lambda L_{\min}} \times \eta_y \times \eta_v \times \eta_c \quad (\text{kp/m}^2) \quad (P_a = \text{N/m}^2)$$

$$* N_i = P_{m_i} \times V_H \times n \times \frac{1}{60} \quad (\text{kpm/s} = \text{iz. per. silindir})$$

$$* N_i = P_{m_i} \times V_H \times n \times \frac{1}{60} \times \frac{1}{a} \quad (\text{kpm/s} = \text{silindir})$$

$a = 1$ (2 ştoklu)

$a = 2$ (4 ştoklu)

* Çok silindirik bir motorda (z: silindir sayısı)

$$N_i = P_{m_i} \times V_H \times n \times z \times \frac{1}{60} \times \frac{1}{a} \text{ (kpm/s)}$$

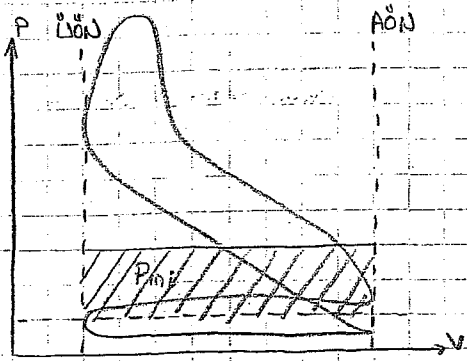
* 1 BG = 75 kpm/s

$$N_i = P_{m_i} \times V_H \times n \times z \times \frac{1}{60} \times \frac{1}{a} \times \frac{1}{75} \text{ (BG)}$$

www.cemturkmen.net
Sanal Fotoğraf Sergisi

P_{m_i}	kp/cm^2	10^4 kp/m^2
V_H	lt	10^{-3} m^3
n	d/d	d/d

Ortalama Indike Basıncı Biliniyorsa Motor Gücünün Hesabı



$$I_s = \text{Kuvvet} \times \text{Yol}$$

$$\text{Kuvvet} = \text{Basınc} \times \text{Yüzey}$$

$$= P_{m_i} (\text{kp/m}^2) \times \left[\frac{\pi D^2}{4} \right] (\text{m}^2)$$

$$I_s = P_{m_i} \times \frac{\pi D^2}{4} \times H \text{ (kpm)}$$

$$W_i = P_{m_i} \times H \text{ (kpm/lit per silindir)}$$

Indike Gücü

$$* N_i = W_i \times n \times \frac{1}{60} \text{ (kpm/s - lit per silindir)}$$

$$* N_i = W_i \times n \times \frac{1}{60} \times \frac{1}{a} \text{ (kpm/s - silindir)}, \quad a=1 \text{ (2 stroklu)}$$

$$a=2 \text{ (4 stroklu)}$$

$$* N_i = W_i \times n \times \frac{1}{60} \times \frac{1}{a} \times 2 \text{ (kpm/s)}$$

1 BG = 75 kpm/s

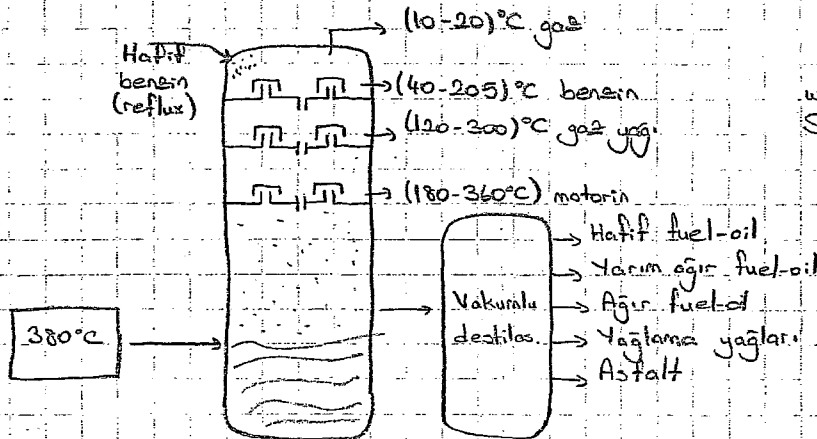
$$* N_i = P_{m_i} \times V_H \times n \times z \times \frac{1}{60} \times \frac{1}{a} \times \frac{1}{75} \text{ (BG)}$$

Motor Yakıtları

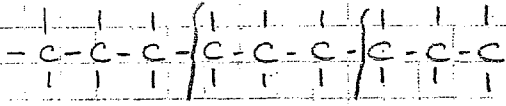
Motor yakıtları ham petrolden elde edilirler 2 şekilde elde edilir:

1. Ham petrolün damıtılması
2. Ham petrolün veya yarı ham petrol türevlerinin iz yapısını değiştirmek suretiyle elde edilirler

Ham petrolün damıtılmasında günümüzde kullanılan yöntem fraksiyonlu destilasyon yöntemidir. Bu yöntemde ham petrol 380°C ye kadar önceden ısıtılıp damıtma kulesine götürülür. Damıtma kulesinin alt tarafında 1 atm 380°C sıcaklıktaki ham petrol buharlaşarak yükselmeye başlar. Destilasyon kulesinin belirli yüksekliklerinde yükseklikleri 7-8 cm olan kaplar (tepsi) vardır. Destilasyon kulesinde yakıt buharı buharlaşma katalarından geçerek külenin üst kısımlarına çıkar. Üste çıktıkça sıcaklık düşer, eğer sıcaklık hidrokarbonun buharlaşma sıcaklığının altına düşerse, yoğunlaşma başlar ve tepsi üzerinde birikir. Kaynama sıcaklıkları $40-205^{\circ}\text{C}$ olan hidrokarbonlar bir araya gelerek benzeri oluştururlar. 2. tepsi de biriktirilen hidrokarbonların kaynama sıcaklığı $120-300^{\circ}\text{C}$ arasındadır. Bu da gaz yağıdır. 3. tepsi de ise kaynama sıcaklığı $180-360^{\circ}\text{C}$ arasında olan motorin elde edilir.



www.cemturkmen.net
Sanal Fotoğraf Sergisi



Kraking: Bağları kırma

Termik $(1.5 \div 10) \text{ MPa}, (500-600)^\circ\text{C}$

Katalizörlü kraking $\rightarrow \text{AlSiO}_3$ $(400-500)^\circ\text{C}$
 $(0.1 \div 0.4) \text{ MPa}$

Sıvı Yakıtlarda Aranacak Genel Özellikler

1. Özgül kütle veya API° (Amerikan Petrol Enstitüsü)

$$\text{API}^\circ = \frac{141.5}{d(60/60)^\circ\text{F}} - 131.5$$

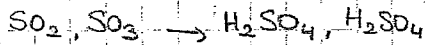
API° yüksekse yakıtta daha kalitelidir.

$$\rho_{\text{benzin}} = 735 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_{\text{motorin}} = (820 - 865) \text{ kg/m}^3$$

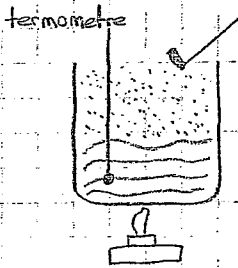
2. Elementel analiz

C ve H'in bulunması istenir, S, N_2 , O_2 fazla istenmez. Özellikle S'in bulunması istenmez. Çünkü asit yağmurlarına sebep olmaktadır.



3. Yakıtın alevlenme sıcaklığı, yanma sıcaklığı veya kendi kendine tutuşma sıcaklığı

Bir yakıtın alevlenme sıcaklığını saptayabilmek için Pensky-Martens alev ölçme kabı kullanılır.



İspirto lambası ile ısıtılır. Isıtma sonucunda bazı hidrokarbonlar buharlaşacak ve yakıt hava karışımı oluşacaktır. Belirli aralıklarla kibrit alevi yönütelim. Uygun bir konsantrasyona ulaşıncaya kadar parlama olmaz. Eğer alev parlar ve öçerse sıcaklığı belirtilir ve o nokta alevlenme sıcaklığıdır.

Alevlenme sıcaklığı benzin $\rightarrow 20^{\circ}\text{C}$

gaz yağı $\rightarrow 38^{\circ}\text{C}$

motorin $\rightarrow 45-65^{\circ}\text{C}$

Yakıtların kendi kendilerine tutuşma sıcaklığını belirlemek için ASTM D 2155

standartlarından faydalanılır. ASTM D 2155 standartlarına göre içi siyah boyalı bir

kap alınır. Kap 200°C 'ye çıkarılır ve yakıt gönderilir. 5 dk olan bekleme süresi

içinde herhangi bir parlama olmazsa kap temizlenerek sıcaklığı 300°C 'ye çıkarılır

ve yakıt gönderilir. Eğer 5 dk için herhangi bir parlama olursa bu o yakıtın

kendi kendine tutuşma sıcaklığıdır.

Kendi kendine tutuşma sıcaklığı Hidrojen $\rightarrow 574^{\circ}\text{C}$

motorin $\rightarrow 221-277^{\circ}\text{C}$

gaz yağı $\rightarrow 255^{\circ}\text{C}$

etil alkol $\rightarrow 392^{\circ}\text{C}$

benzin (90) $\rightarrow 390^{\circ}\text{C}$

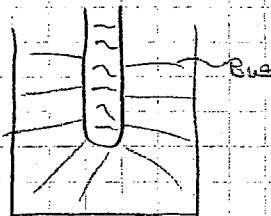
benzin (100) $\rightarrow 429^{\circ}\text{C}$

www.cemturkmen.net
Sanal Fotoğraf Sergisi

Yakıtın özelliklerinin değişmeye başladığı andaki sıcaklık o yakıtın donma sıcaklığıdır.

Sıcaklık düştükçe; viskozite artar, berraklık gider. Berraklığın kaybolma nedeni;

süjuma oldukça yakıt içinde kristalleşme olmasıdır.



Eğer yakıt donma sıcaklığına ulaşmışsa

şekildeki gibi yan yatırıldıktan sonra

2 sn içinde görülen eğilgi alır.

Otto Motor Yakıtlarında Aranılan Özellikler

Otto motor yakıtlarında aranılan en önemli özellik vuruntuya dirençtir.

CFR motoru oktan sayısının ölçümünde kullanılmaktadır.

C_7H_{16} (n-Heptan) her koşulda vuruntuya yalazar. C_8H_{18} (iso-oktan) ise vuruntuya oldukça dayanıklıdır.

$C_7H_{16} \rightarrow 0 \quad 60 \quad 10 \quad 14$

$C_8H_{18} \rightarrow 100 \quad 40 \quad 90 \quad 86$

a → vuruntu
şiddeti

b > a c < a d = a

Bir yakıtın oktan sayısı CFR motorunda o yakıt ile aynı koşullarda ve aynı sıkıştırma oranında aynı vuruntu şiddetini veren n-Heptan iso-oktan karışımı içerisindeki iso-oktan yüzdesi o yakıtın oktan sayısını verir. Motorun çalışma koşulları değiştiği zaman yakıtın yaptığı vuruntu şiddeti de farklı olur. Bu yüzden deney yaptığımız motor standartlaştırılmıştır.

RON (Research Oktan Number)

MON (Motor Oktan Number)

n	600 d/d	900 d/d
AA °K _r MD	13	değişken
karışım sıcaklığı	52,3°C	150°C
sıfırma suyu	100°C	100°C

* Genellikle $RON \neq MON$ 'dur.

$RON - MON \rightarrow$ Yakıtın hassasiyetini verir.

Benzin standartlarına baktığımız zaman oktan sayısına göre 3 tip benzin vardır.

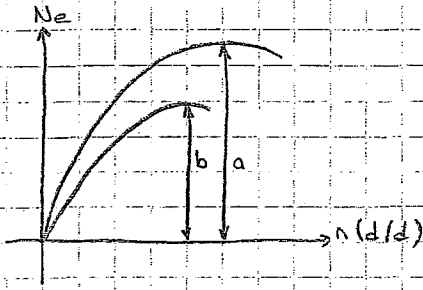
1. Süper $\rightarrow 102-107$ ASTM

2. Premium $\rightarrow 95-97$ ASTM

3. Normal $\rightarrow 87-88$ ASTM

Türkiye'de en çok 95 ON (oktan) benzin kullanılmaktadır. Bu da süper benzin olarak satılmaktadır. Ayrıca 97, 98, 100 oktanlı benzinlerde satılmaktadır.

100'den büyük oktan sayısını saptamak için, yakıt motora konularak vurunması ölçülür. Daha sonra bir a değeri bulunur ve kurşun tetra etilen iso-oktana ilave edilir. Bu vurununun etkisini azaltırken, oktanı artırır.



a: yakıtla vurunması olarak elde edilebilecek

max. güç

b: iso-oktanla vurunması olarak elde edilebilecek

max. güç

$$PN = \frac{a}{b} \times 100 (106)$$

$$(ON) > 100 = 100 + \frac{PN - 100}{3} = 102$$

www.cemturkmen.net
Sanal Fotoğraf Sergisi

Oktan Sayısı Arttırma Metodu:

1. Kraking

2. Reforming yöntemi

Normal parafinlik karbonları, iso veya siklo hidrokarbonlarına dönüştürmek amacıyla uygulanır.

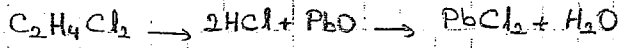
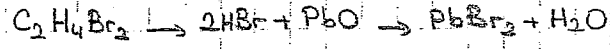
Bunların dışında oktan sayısı arttırmak için kullanılan yöntem katık ilavesi yöntemidir.

Katık: Herhangi bir ürüne bünyesinde mevcut olmayan özellikleri vererek veya olan özellikleri iyileştirmek için az miktarda ilave edilen kimyasadır. Kurşun tetra etilen en çok kullanılan katıktır (TEM-TML).

Eğer yakıtın içinde Pb varsa yanma sonucu PbO oluşur. Katalitik konvertörlerin üzerinden geçen kurşun oksit katalitik konvertörü iş yapamaz hale getirir. Bu yüzden

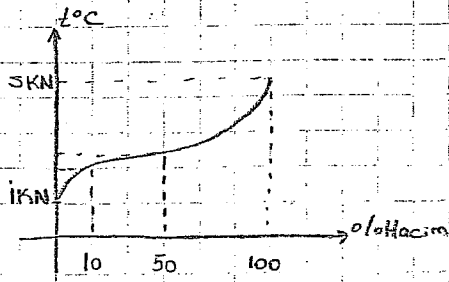
TEL ve TML'nin yerine MMT kullanılmıştır. Günümüzde oktan sayısını arttırmak

icin cesitli alkaller kullanilmaktadir.



Kurşunun subaplar üzerinde yağlayıcı etkisi vardır.

Otto motor yakıtlarında kullanılan yakıtın ucuu olması istenir. Sıcak ve soğuk ortamda ilk hareket kolaylığı için ve motorun imelenme yeteneğinin daha iyi olması için bu istenir.



IKN: İlk kaynama noktası.

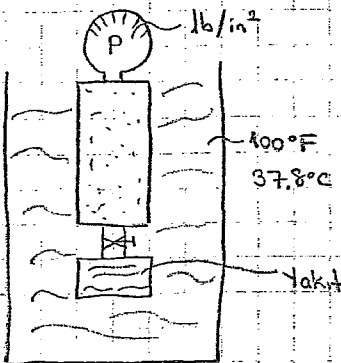
SKN: Son kaynama noktası.

Buhar tıkaçı



Ucuculuğun çok fazla olması depodan karbüratöre giderken boru üzerinde buhar tıkaçına sebep olur.

RVP



yağz gularında $\rightarrow 9,3 \text{ lb/in}^2$

kış gularında $\rightarrow 11 \text{ lb/in}^2$

www.cemturkmen.net
Sanal Fotoğraf Sergisi

Dizel Motor Yakıtlarında Aranılan Özellikler

Dizel motorlarında kullanılan yakıt motorindir.

1. İlk harekete motoru kolay geçirebilme
2. Yakıtın kendi kendine tutuşma sıcaklığı düşük olmalı.
3. Her işletme koşullarında pompa ve enjektörlere rahatca iletilebilmesi

Dizel motorlarında kullanılan yakıtların tutuşmaya karşı eğilimleri setan sayısı ile belirlenir. Bir yakıtın setan sayısını ölçmek için CFR motorları kullanılır.

* $n = 900 \text{ d/d}$

$C_{16}H_{34} \rightarrow n\text{-Hexadecan (setan)}$

100 40 60 55

Emme havası $= 30^\circ\text{C}$

$C_{11}H_{20} \rightarrow \alpha\text{-metilnaftalen}$

0 60 40 45

Sıvıtma suyu $= 100^\circ\text{C}$

TG-20 TG-11 TG-13

P.A. $= 13^\circ\text{K}$ MA

$E = \text{değişken}$

Bir yakıtın setan sayısı o yakıt ile aynı şartlarda aynı sıkıştırma oranında aynı tutuşma geçikmesi süresini veren setan α -metilnaftalen karışımı içerisindeki setan yüzdesi o yakıtın setan sayısını verir.

$$DI = \frac{API^\circ \times \text{Anilin noktası}}{100}$$

DI: dizel indeksi

SN	45	50	53	56
DI	45	50	55	50

Türkiye'de kullanılmaktadır.

Yakıtın viskozitesinin $(2-5)^\circ\text{E}$ arasında olması istenir.