

İçten Yanmalı Motorlarda Gaz Yakıt Kullanımı ve Problemleri

A. Yücel UYAREL*

ÖZET : Motor ve Motorlu Taşıtlarda kullanılan yakıtlarda meydana gelen problemler, bilhassa Pertrol darboğazı ve uygulanan politikalar, alternatif yakıtlar üzerine çalışmaları zorlamıştır. Hollanda, ABD, SSCB, İtalya ve Almanya'da, tabii gaz yatakları bulunmuş, motorlar için de kullanma alanına girmiştir. Japonya'da LPG ile, Almanya'da H₂ ile çalışmalar bilinmektedir. Bu yazıda, İçten yanmalı Gaz Motorlarında bazı problemler ve alternatif Yakıtların Durumu etüd edilmiştir.

1) GENEL ENERJİ DURUMU : Teknolojideki süratli gelişmeler, endüstrileşme ve şehirleşmenin hızlandığı enerji sıkıntısı sebebiyle yeni yakıtlar ve enerji kaynakları üzerine çalışmalar yoğunlaşmış bulunmaktadır. Dünya nüfusunun 2000 yılında 6,3 milyar olacağı tahmin edilmektedir. Artan ihtiyaçları karşılamak amacıyla, Almanlar, karbon ihtiva eden endüstri ve tarım artıklarını gazlaştırıp gaz yakıt elde etmişler ve kömürü, düşük kalorili yataklarından, yeraltında gazlaştırma çalışmaları yapmışlardır. ABD, Hollanda, İngiltere, İtalya gibi ülkelerde, tabii gaz ve metanın, motorlarda kullanılması denenmiştir.

Son yıllarda, Biogaz dediğimiz, bitkisel artıkların, toprak altında, aneorobik fermentasyon yoluyla elde edilen gaz yakıt denenmiştir. Bilhassa sabit tesislerde, enerji - güç ve pompalama ünitelerinde çok iyi sonuçlar alınmıştır. Bundan dolayı, katı artıklardan, fermentasyon, gazifikasyon, vs. ile yakıt elde edilmesine çalışılmaktadır.

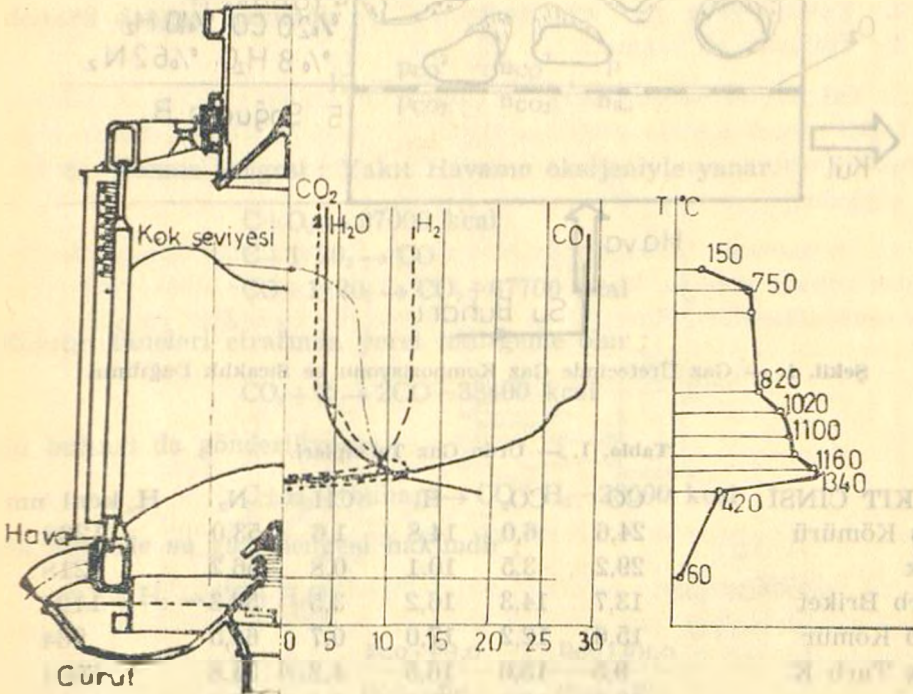
Aşağıda; Gazojenler ve Gazifikasyon işlemiyle, İtalyan 'Fiat' Firmasının geliştirdiği, Gaz Yakıtla çalışan Motorlardaki bazı problemler ve Hal çareleriyle ilgili çalışmalar özetlenmiştir.

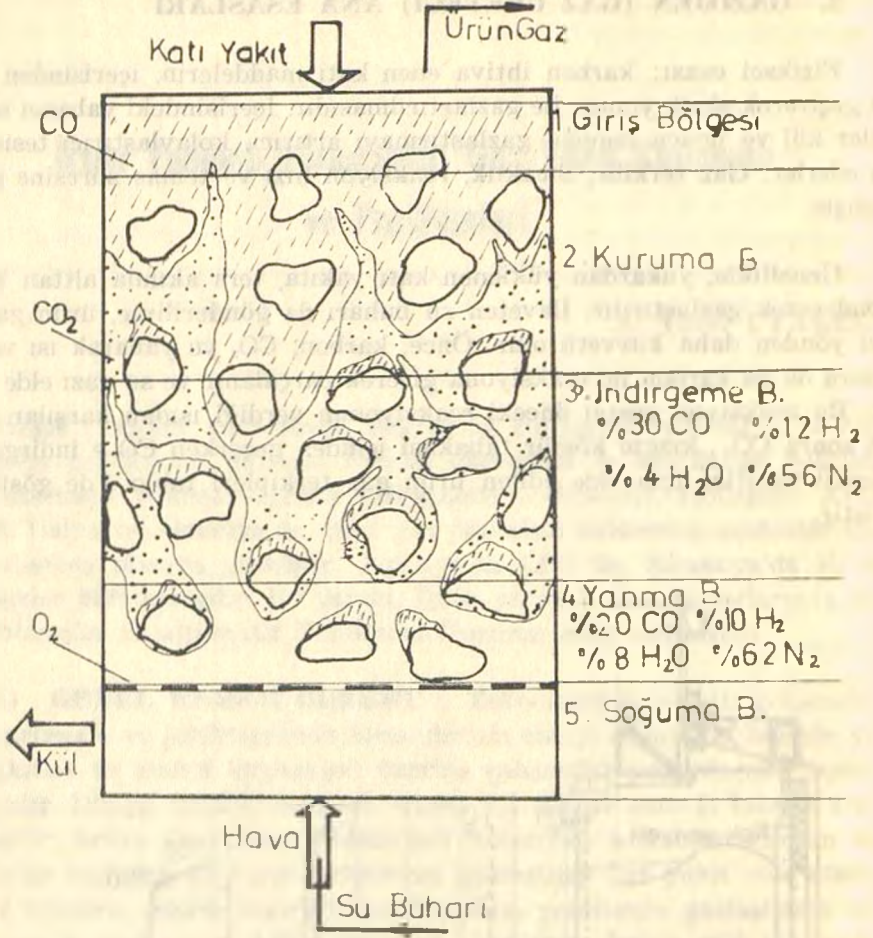
*) Asistan Y. Müh. Sakarya D.M.M. Akademisi, Adapazarı.

2. GAZOJEN (GAZ ÜRETECİ) ANA ESASLARI

Fiziksel esası; karbon ihtiva eden katı maddelerin, içerisinde hava geçirerek eksik yanma ile gazlaştırılmasıdır. İçerisindeki yabancı maddeler kül ve uçucu madde, gazlaştırmayı artırıcı, kolaylaştırıcı tesir icra ederler. Gaz terkihi; Sıcaklık, reaksiyon hızı ve temas süresine göre değişir.

Genellikle, yukardan yüklenen katı yakıtta, ters akımla alttan hava göndererek gazlaştırılır. İlaveten su buharı da gönderilirse, ürün gazlar ısıl yönden daha kuvvetli olur. Önce, karbon, CO_2 ye yanarak ısı verir. Sonra da su karbon ile reaksiyona girerek parçalanır ve su gazı elde edilir. Bu reaksiyon ısısını önceki reaksiyonun verdiği ısıdan karşılar. Daha sonra CO_2 , kızgın kömür tabakası içinden geçerken CO e indirgenir. Çeşitli yakıtlar için elde edilen ürün gaz terkipleri tablo 1 de gösterilmiştir.





Şekil. 1. — Gaz Üreticinde Gaz Kompozisyonu ve Sıcaklık Dağılımı.

Tablo. 1. — Ürün Gaz Terkipleri.

YAKIT CİNSİ	CO	CO ₂	H ₂	CH ₄	N ₂	H _i , kcal/nm ³
Taş Kömürü	24,6	6,0	14,8	1,6	53,0	1268
Kok	29,2	3,5	10,1	0,8	56,2	1218
Turb Briket	13,7	14,3	16,2	3,5	52,3	1124
Tub Kömür	15,6	12,2	17,0	0,7	64,5	964
Yaş Turb K.	9,5	15,0	16,5	4,2	54,8	1064
Meşe	13,9	16,0	21,6	2,6	47,1	1191
Taze Köknar	12,9	18,4	16,8	2,5	50,3	1030

Gaz Yakıt :	C_2H_4	CO	H_2	CH_4
Isıl değer :	13790	2766	2794	8703
	cal / litre			

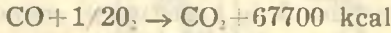
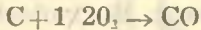
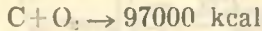
Kabaca, 1 kg karbonun yanmasıyla $H_u = 1058$ kcal/nm³ lük gazdan 5,37 nm³ elde edilir. Bunun için 4,43 nm³ hava gereklidir. Karbonun CO e yanması için yeteri kadar sıcaklık ve kömür tabaka kalınlığı temin edilmelidir.

1 kg koktan ($H_u = 7500$ kcal/kg) $H_u = 2600$ kcal/nm³ jeneratör gazı; $H_u = 2600$ kcal/nm³ gazdan 1 nm³ su gazı ve $H_u = 850$ kcal/nm³ gazdan 4 nm³ jeneratör gazı elde edilir. Jeneratörü aşağıdaki bölgelere ayırarak analiz edebiliriz :

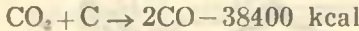
1) Yakıtın gazojene ilk giriş bölgesi. 2) Kuruma ve ön ısınma bölgesi; burada yakıt rutubetinin % 95 ini kaybeder. 3) İndirgeme Bölgesi. Yanma bölgesinden gelen ürün gazlar, kızgın karbon taneleri arasından geçerken CO teşekkül eder. $CO_2 + C \rightarrow 2CO - 38400$ kcal. Bu bölgede Boudouard dengesi hakimdir :

$$K_{pi} = \frac{p_{CO}^2}{p_{CO_2}} = \frac{n_{CO}^2}{n_{CO_2}} \cdot \frac{p}{n_{a,i}}$$

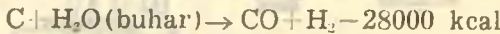
4) Yanma Bölgesi : Yakıt Havanın oksijeniyle yanar.



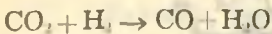
Kömür taneleri etrafında yerel indirgeme olur :



Su buharı da gönderiliyorsa ;



Bu bölgede su gazı dengesi hakimdir ;



$$K_{SG} = \frac{p_{CO} \cdot p_{H_2O}}{p_{CO_2} \cdot p_{H_2}} = \frac{n_{CO} \cdot n_{H_2O}}{n_{CO_2} \cdot n_{H_2}}$$

1 mol yakıt; $C_xH_yO_zN_nS_s(H_2O)$ (Kül) \Rightarrow Yakıt analizinden

+rutubetli hava ; $\lambda O_{\min} (O_2 + 3,762 N_2 + 7,656 x_r H_2O)$

+su buharı ; $n_s H_2O$ (buhar) \Rightarrow (eksik yanma)

Yanma ürünleri ; $\alpha_1 CO_2 + \alpha_2 CO + \alpha_3 C + \epsilon SO_2 + (0,5 \beta_2 + \zeta + \lambda \cdot 7,656 x_r) H_2O + 0,5 \beta_2 H_2 + (0,5 n + \lambda \eta) N_2 + [\sigma (\lambda - 1) + 0,5 \alpha_2 + \alpha_3 + 0,25 \beta_2] O_2 + \xi$ (kül)

$$\eta = 0_{\min} \cdot 3,762 ; \quad \sigma = 0_{\min} \cdot 7,655 x_r$$

Tam yanma olursa $\alpha_2 = \alpha_3 = 0$

Eksik yanmada ise $[\sigma (\lambda - 1) + 0,5 \alpha_2 + \alpha_3 + 0,25 \beta_2] = 0$ olur.

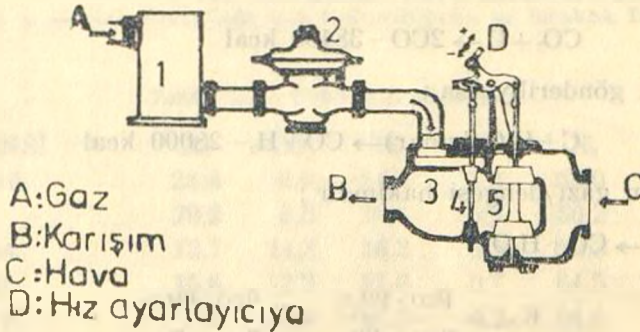
11. GAZ YAKIT KULLANILDIĞINDA PROBLEMLER : (Grandi Motori Çalışmaları)

İçten yanmalı motorlarda (4 zamanlı - 2 zamanlı, tabii emişli ve aşırı doldurmalı motorlar) gaz yakıt kullanılmasının ana problemleri şunlardır ;

1. Yakıtın silindirlere sevki,
2. Yakıtın yüke göre ayarlanması,
3. Tutuşma ve yanma.

1. Yakıtın silindirlere sevki : Yanma havası ve yakıtın tam karışım teşkil edecek şekilde, çevrimin uygun bir fazında, istenen zaman içinde yakıtın motor silindirlerine gönderilmesi problemidir. Çalışma durumları şöyledir.

a) 4 zamanlı, Tabii emişli Motorlar : Bu motorlar için problem; yakıtın silindir dışında, karbüratörde karıştırılıp, emme strokunda silindire sevk edilmesidir. Karışım işi Şek. 2deki karbüratörle yapılabilir.

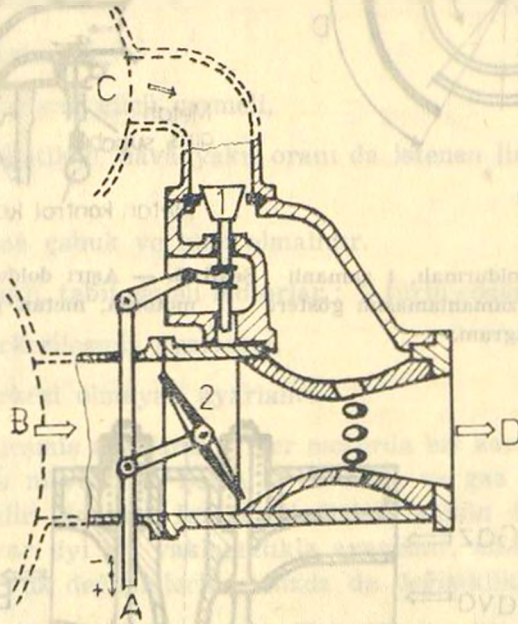


Şekil. 2. — Gaz Güçlü Motorda Karbüratör Şeması.

Gaz filitresi, motora zarar verebilecek katı parçacıkları tutar Metan gazı, basıncını ayarlayan valf, klasik motordaki şamandra odası vazifesini görür. Karışım odasına akan gaz ve hava çabucak bazı türbülanslarla karışım teşkil eder. Karışım güç ve miktarını da diğer bir valfle ayarlayabiliriz.

Karışım Odası Şek. 3deki gibi, venturi şeklini de alaolir. Venturunun Venturinin kısılmış kesitinden, kanala dolan hava emilir ve hava ile karışım teşkil eder. Metanın düşük basınçta elde edilmesi hallerinde bu usul uygundur Böylece; döküntü - artıkların mayalanmasıyla elde edilen gaz, doğrudan, bir sıkıştırmaya tabi tutulmadan kullanılabilir.

Karbüratörden sonra, karışımın silindirlere dağıtımı problemi, daha sonra incelenecektir.

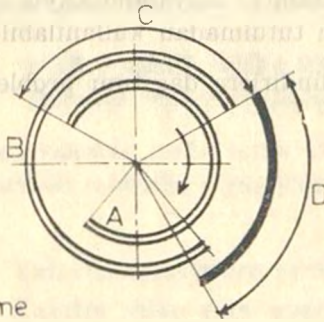


Şekil 3. — Gaz Güçlü Motorda Karbüratör Şeması.

b) 4 Zamanlı, Aşırı doldurmalı Motorlar : Bunlar, havayı bir yükleyiciden, atmosfer basıncı üstünde bir basınçta alırlar. Metan basıncı da buna göre tesbit edilmelidir. (1-2 kg/cm² efektif basınçta dolgu gerekir) Bu motorlarda hacim ünitesi başına elde edilen güç ve ısınmalar daha büyük olduğu için artık eksoz gazlarını tamamen süpürecek şekilde bir süpürme gerekmektedir. Bu ise, bir miktar taze dolgunun kaybı-

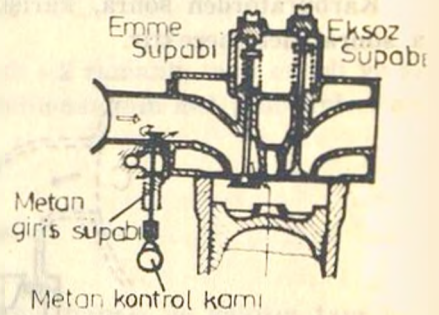
la olacaktır. Gaz girişi, her silindir için kam miliyle kontrol edilerek, süpürme zamanının sonlarına denk getirilmelidir. Gaz giriş valfleri, doğrudan yanma odasına veya silindir kafasındaki yüklem kanallarına yerleştirilir. İkinci halde, hava ile gazın karışımı daha iyi olur. Böylece valf çevrimin yüksek sıcaklıklarına maruz kalmaz.

Diğer bir çözüm de; emme valfiyle metan valfinin beraber çalıştırılmasına oranla, istenen gecikmeyi temin ederek gaz girişini açar. Süpürmelerin iyi alıştırmış olması gerekmektedir.

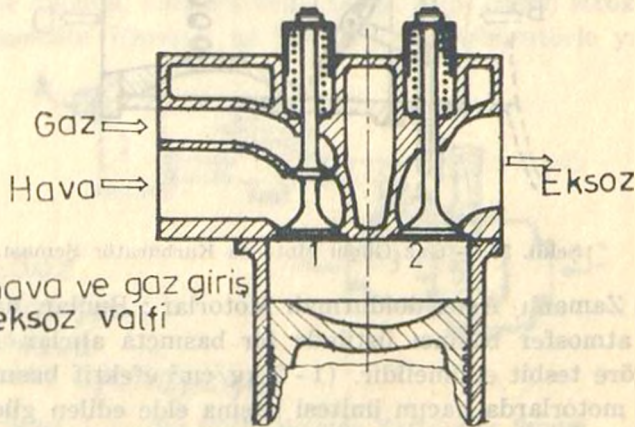


A: Emme
B: Eksoz
C: Süperpozisyon
D: Gaz Girişi

Şekil 4. — Aşırı doldurmalı, 4 zamanlı motorda, hava/gaz zamanlamasını gösteren Diyagram.



Şekil 5. — Aşırı doldurmalı, 4 zamanlı motorda, metan giriş şeması.



Şekil 6. — Aşırı doldurmalı, 4 zamanlı motorlarda hava ve gaz girişi.

c) 2 Zamanlı Motorlar : Yanmış gazların atılması ve taze dolgu girişi aşağı yukarı, alt ölü nokta civarında vuku bulur. Süpürme gazlarının, artık eksoz gazlarını önüne katarak, bir miktarı da eksoz penceresinden dışarı çıkar. Bunun için, hava ile metan karışımı gönderilmeyip, metan gerekli zamanda, kontrol valfi vasıtasıyla yanma odasına püskürtülür. İki alternatif olabilir: Ya eksoz penceresi kapanır kapanmaz yakıt, 2 - 4 kg/cm² basınçta püskürtülür, ya da; sıkıştırma strokunun sonuna doğru 80 - 100 kg/cm² basınçta gönderilir. Bunun avantajlı tarafı; yanmanın kontrollü olması ve vurutudan uzak çalışabilmesidir. Ama püskürtme çabuk olmalıdır. Yakıtın sıkıştırılması daha zordur.

2. Yaktın yüke göre ayarlanması : Motora sevkedilen yakıt miktarının, talep edilen güce göre ayarlanmasıdır. Yanmanın düzenli olması için, (benzin motorlarında olduğu gibi) hava yakıt oranı, belli dar limitler içinde tutulmalıdır.

İyi bir ayarlama :

- Sabit karışım gücü vermeli,
- Yük değiştikçe, hava yakıt oranı da istenen limitlerde tutulabilmeli,
- Ayarlama çabuk ve hızlı olmalıdır.

a) 4 zamanlı, tabii emişli motorlar : 2 türlü çözüm düşünülmüştür;

- 1) Merkezileşmiş ayarlama,
- 2) Merkezi olmayan ayarlama,

1) Merkezileşmiş ayarlama : Her motorda bir karbüratör ve bir karışım manifoldu mevcuttur. Şema. A da hava ve gaz üzerinden ayarlama görülmektedir. Vanalar, farklı silindirlere yükün dağılımını ayarlarlar. Karışım ayarı iyi bir yaklaşıklıkla ayarlanır, ama hızlı bir ayarlama vermezler. Yük değişimlerinde hızda da değişiklikler vardır.

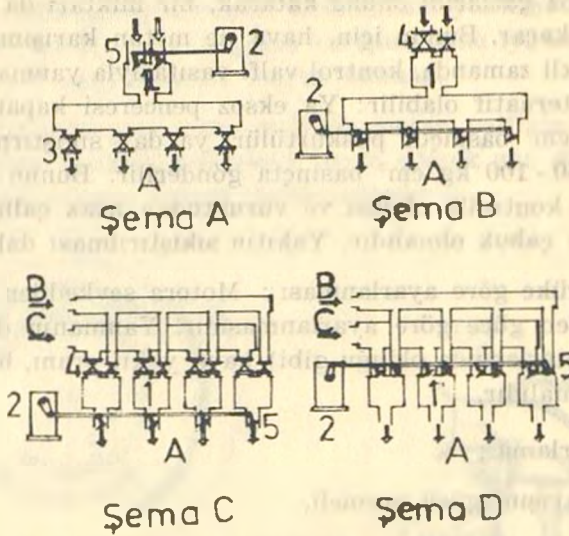
2) Merkezi olmayan ayarlama : Her silindire bir karbüratör ve bir hava bir de gaz manifoldu konmuştur. Hızlı ayarlama temin eder ama kompleks ve pahalıdır.

Şema. A; Karışım oldukça iyi, ayarlama yavaştır.

Şema. B: Ayarlama daha iyi, hızlı karışım oranı pek iyi değildir.

Şema. C: Hızlı ayarlama verir, karışım oranı pek iyi değildir.

Şema. D: Hızlı ve iyi bir ayarlama ve karışım oranı verir ama kompleks ve pahalı bir metoddur.



Şekil. 7. — Tabii emişli, 4 zamanlı motorda, hava ve gaz kontrolü şeması.

A: silindirlere, B: gaz, C: hava,

1: karbüratör, 2: hız ayarlayıcı, 3: silindirlere arası yük dağıtım valfi,

4: giriş valfi, 5: yük ayar valfi.

b) 4 zamanlı aşırı doldurmalı ve 2 zamanlı motorlarda; merkezi olmayan ayarlama daha uygundur.

3. Tutuşma ve Yanma : Metan motorlarında yanmaya girmeden önce, Hava/Metan karışımlarının yanmalarıyla ilgili bazı kabulleri gözden geçirelim.

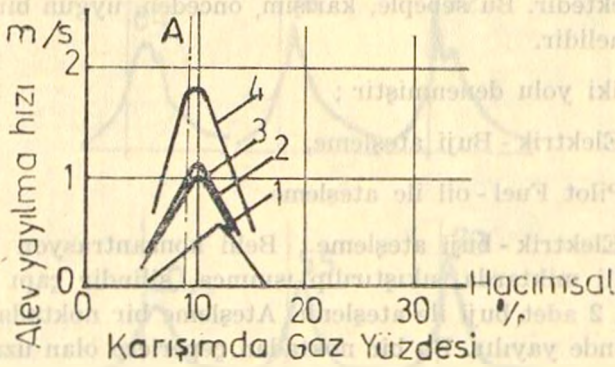
a) Alev Noktası : Karışımın, tam yanabilir - yanamaz haldeki konsantrasyon limitleridir. Hava/metan karışımları için, normal şartlar altında bu oran; Ağırlıkça % 3,5 - % 7,5 metan; hacimce % 6 - 13 metandır. Basınç ve sıcaklıkla bu oranlar değişebilir.

b) Tutuşma Sıcaklığı : Belli konsantrasyondaki karışımı, tutuşabilmesi için, belli bir sıcaklığa getirmek şarttır. Karışım konsantrasyon ve basıncı, böylece belirlenir. Normal hava/metan karışımları için bu sıcaklık 650°C dir.

c) Alev Yayılma Hızı : Şu faktörlere bağlıdır ;

- Karışım basıncı,
- Karışım sıcaklığı,
- Karışım konsantrasyonu,
- Karışım türbülansı,
- Yanma odasının şekli,
(çeperlerden ısı kaybı yönünden)

Başlangıçta hareketsiz olan karışım için; şekilde de görüldüğü gibi, tutuşma belli konsantrasyon sınırlarında olmaktadır. Motorda kullanılması için, bu hızlar, düşüktür. Alev, bir tabakadan - diğerine, konveksiyonla yayılmaktadır. Ama sıcaklık ve basıncın artmasıyla, yayılma hızı, karışım konsantrasyonu dengesine göre süratle artar.



Şekil. 8. — Hava/Metan Karışımında Alev Yayılma Hızı.

Çaplar : 1;25 mm 2;50 mm
 3;90 mm 4;305 mm

Teorik olarak, belli konsantrasyondaki karışım, komple sıkıştırılacak olursa; karışım, tutuşma sıcaklığına gelince aniden yanacaktır. Bu durumda yanma hızı sonsuz olur. Pratikte böyle olmayıp, yanma bir noktada başlatılır ve ses hızına eşit, basınç - sıcaklık dalgaları şeklinde yanma odasına yayılır. Bu hız, karışımın fiziksel durumuna bağlı olarak şu şekilde ifade edilmektedir ;

$$V = \sqrt{\frac{k p}{\rho}}$$

burada; V : basınç dalgaları hızı,

p : mutlak basınç,

k : adyabatik katsayı,

ρ : akışkan yoğunluğudur.

Yanma sıcaklığı, yanma ürünlerinin ürettiği ısının sonucudur. Termal çevrim, ilk sıcaklık ve ısı kanunlarına uygun olacaktır. Yanma sıcaklığına en çok, karışım oranı tesir eder. Yanma değişmelerine katılmayan hava miktarı, yanmanın sabit basınçta veya sabit hacimde cereyan etme miktarları da tesir eder.

Bunların ışığı altında, gaz güçlü motorlarda şunlar çözümlenmelidir :

1. Arzu edildiğinde, karışımın bir parçasının içten ateşlenmesi,
2. Karışımın kalan kısmında ise, yanmanın kontrollü yapılabilmesi. Mümkün olabilen sıcaklık sınırlarında, iyi bir termodinamik çevrimin sağlanabilmesi böylece temin edilir.

1. İç ateşlemeyi temin için bazı sistemler tatbik edilmiştir. Diesel'deki gibi, karışımın kendi kendine tutuşma haline getirilebilmesi için, bu motorlarda, karışımı 650°C ye çıkarabilecek büyük sıkıştırma oranları gerekmektedir. Bu sebeple, karışım, önceden, uygun bir zamanda içten ateşlenmelidir.

Bunun iki yolu denenmiştir ;

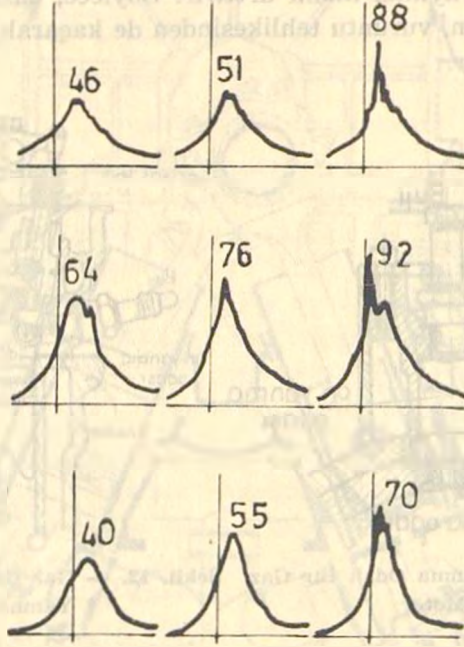
1. A) Elektrik - Buji ateşleme,
1. B) Pilot Fuel - oil ile ateşleme.

1. A) Elektrik - buji ateşleme : Belli konsantrasyon limitlerindeki karışım, belli miktarda sıkıştırılıp ısınınca, silindir çapı büyüklüğüne göre, 1 veya 2 adet buji ile ateşlenir. Ateşleme bir noktada oluşup, yanma odası içinde yayılır. Bu bir noktadan çeperlere olan uzaklıklar sebebiyle, yanma hızı yüksek tutulmalıdır. Yani, ya karışım türbülansı, ya da karışım konsantrasyonunun artırılması gerekir. Bu çözümde, maksimum sıcaklık, diğerine göre daha yüksektir ve eksoz sıcaklığı da $100-150^{\circ}\text{C}$ den daha sıcak olur.

1. B) Pilot Fuel - oil ile ateşleme : Tam gerektiği anda, Diesel motorundakine benzer bir enjektörle, kalori olarak yakıtın toplam enerjisinin % 5 - % 7 sine denk bir fuel - oil'in karışım içerisine püskütülmesi şeklinde ateşlemedir. Yanma odasına doğru uygun yönlendirilecek yakıt jetleri, birçok noktada birer yanma temin edecek ve bu noktalardan çeperlere uzaklıklar azaldığı için de büyük yanma hızlarına ihtiyaç olmayacaktır. Bu usul, 11 - 12 sıkıştırma oranı gerektirir; ateşleme daha efektif, verimli ve tesirlidir. Sayısız damlacık birer nokta ateşleme oluşturmuştur. Yanma bir kere başladıktan sonra, lüzumlu zamanlar içinde ta-

mamlanabilmesi problemi kalıyor. Bir ortalama yanma oranı temin etmeliyiz. Bazan, karışım tutuşunca, kalan kısmı sıkıştırarak ısıtır ve o bölgede zamanından evvel tutuşma sınırına erişilerek yanma vuku bulur. Bu ise, önceden bildiğimiz vuruntuya sebep olur ve çalışmayı bozar.

Yanmanın yayılma hızına en çok, karışım konsantrasyonu tesir etmektedir. Konsantrasyon arttıkça, yavaş yanan karışımlardan - hızlı yananlara (ve hatta vuruntulu yanmaya) geçiyoruz.



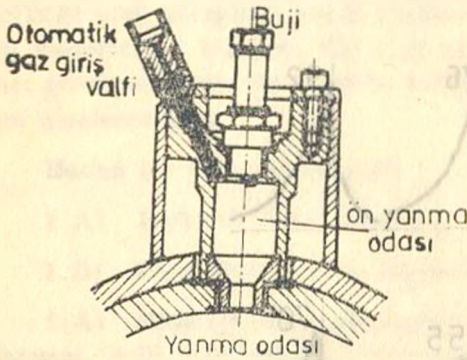
Şekil. 10. — Buji Ateşlemeli Bir Gaz Güçlü Motorun İndikatör Şeması.

Soldan - sağa gittikçe artan karışım konsantrasyonunun tesirini görebiliriz. Düşey eksen, üst ölül nokta pozisyonunu ve rakamlar maksimum yanma basıncını göstermektedir.

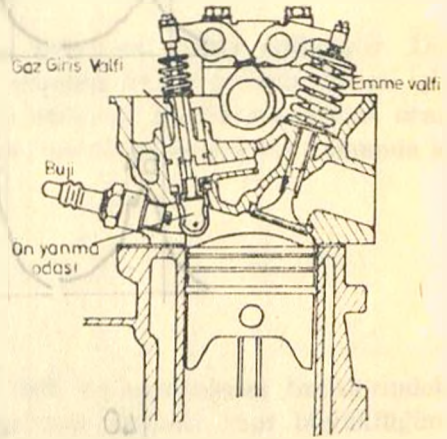
Şek. 10 da, buji ateşlemeli, gaz güçlü bir motorun endikatör şemaları görülmektedir. Karışım konsantrasyonunun sağa doğru her işlem için ilerleyen bir tesirini görebiliriz. Hem maksimum basınç, hem de basınç gradyanı gittikçe artmaktadır. Çalışmanın düzenli olması ve sonuçta motor ömrüne tesir eder. Bunun için, karışım konsantrasyonunu, belli limitler arasında tutmaya mecburuz. Böylece, mümkün olabilecek vuruntudan kaçınmak için, oldukça güç ateşlenecek kadar fakir karışımlarla çalışmaya dahi razı oluruz.

Karışım konsantrasyonu yanında, çevrim sıcaklıklarına (ve dolayısıyla vuruntuya meyile) sıkıştırma oranı da tesir eder. Çevrim verimi için, vuruntu vermeyen en büyük sıkıştırma oranı seçilmelidir. Sıkıştırma oranı seçilmelidir. Sıkıştırma oranı için, kullanılan gaz güçlü motorlarda elde edilen en büyük değer, 12 civarındadır.

Son olarak, alev yayılma hızının kontrolü için, türbülans faktörü kalıyor. Türbülans, faydalı bir tesir icra eder. Hem ısı değişmelerini besler, hem de alev yayılma hızını artırır. Böylece, daha zengin karışıma ihtiyaç duyulmadan, vuruntu tehlikesinden de kaçarak, uygun hızda yanma temin edilebilir.



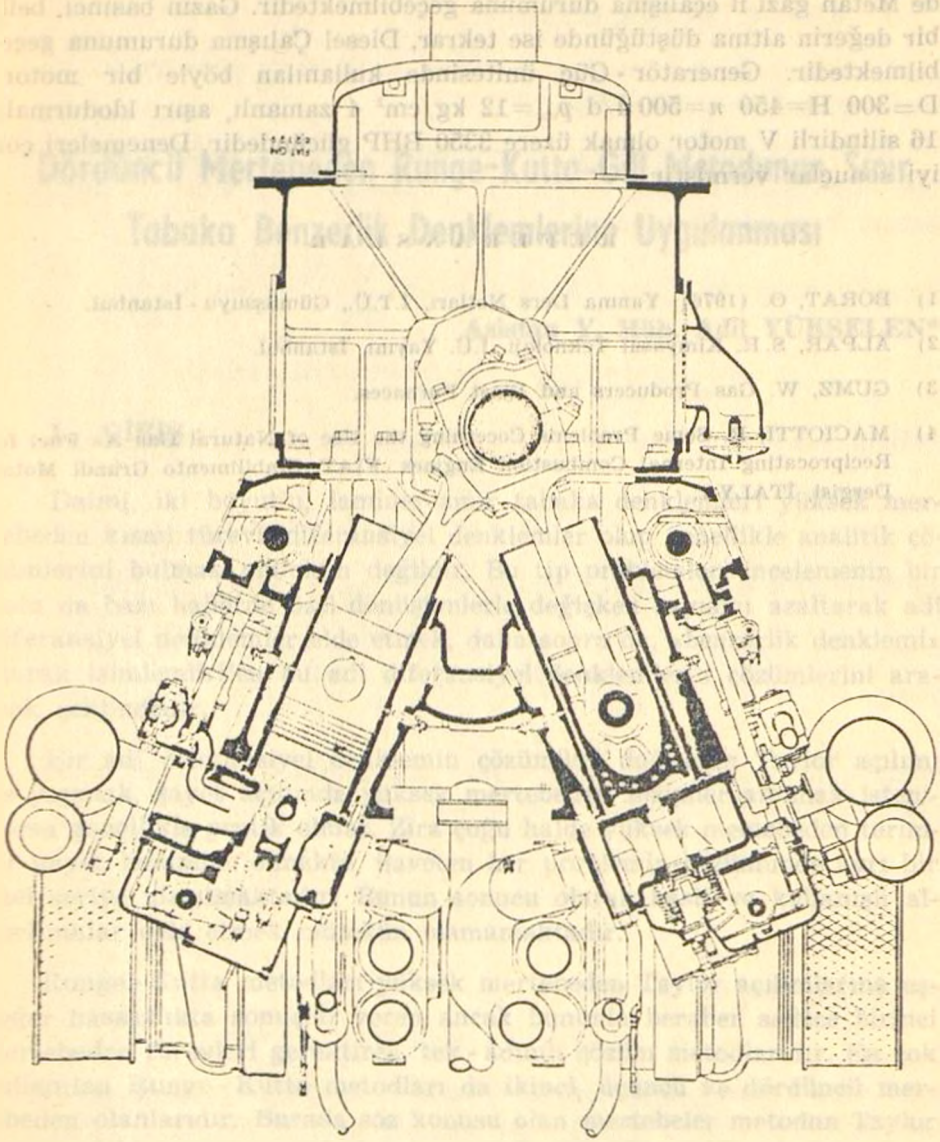
Şekil. 11. — Ön Yanma Odalı Bir Gaz Güçlü Motor.



Şekil. 12. — Gaz Güçlü Bir Motorda Ön Yanma Odası.

Bazı Dizaynecılar tarafından, bir 'ön yanma odası' düzeni geliştirilmiştir. Bu usulle, hem vuruntudan kaçınmak, hem de kolayca tutuşabilen karışımlar temin etmek mümkün olmuştur. Küçük bir yanma odası mevcuttur. Bu ön yakıcıya metan, ayrıca sevkedilir. Buradaki zengin karışım, buji ile ateşlenir. Meydana gelebilecek vuruntu, ön yanma odasının küçük olması sebebiyle, motora zarar vermez. Daha sonra yanma; karışımın kalan kısmına doğru akan, yanmış gazların jetiyle taşınır. Bu yanma, Pilot fuel - oil dekine benzer bir yanmadır. Düzgün ve kolay bir yanma temin edilmektedir.

SONUÇ : İtalya'nın Fiat Firmasının «Çift Yakıt (Duel Fuel)» ismiyle yaptığı motorlar, otomatik olarak, Diesel çalışmadan, gerektiğin-



B 3016 ESSM Tip, Çift - Yakıt FIAT Motorunun Enine Kesiti.
 B 3016 Tip, Aşırı Doldurmalı, Hava İle Soğutmalı, Çift Yakıt Sistemiyle Çalışan
 Bir Motor Resmi.

de Metan gazı ile çalışma durumuna geçebilmektedir. Gazın basıncı, belli bir değerin altına düştüğünde ise tekrar, Diesel Çalışma durumuna geçebilmektedir. Generator - Güç ünitesinde kullanılan böyle bir motor; $D=300$ $H=450$ $n=500$ d/d $p_{mz}=12$ kg/cm² 4 zamanlı, aşırı lüdümalı, 16 silindirli V motor olmak üzere 3350 BHP gücündedir. Denemeleri çok iyi sonuçlar vermiştir.

REFERANSLAR

- 1) BORAT, O. (1976). Yanma Ders Notları, İ.T.Ü., Gümüşsuyu - İstanbul.
- 2) ALPAR, S.R. Kimyasal Teknoloji. İ.Ü. Yayını, İstanbul.
- 3) GUMZ, W. Gas Producers and Blast Furnaces.
- 4) MACIOTTI, R. Some Problems Concerning the Use of Natural Gas As Fuel for Reciprocating Internal Combustion Engines. FIAT, Stabilimento Grandi Motori Dergisi, İTALYA.