

BÖLÜM 5

YAKITLAR

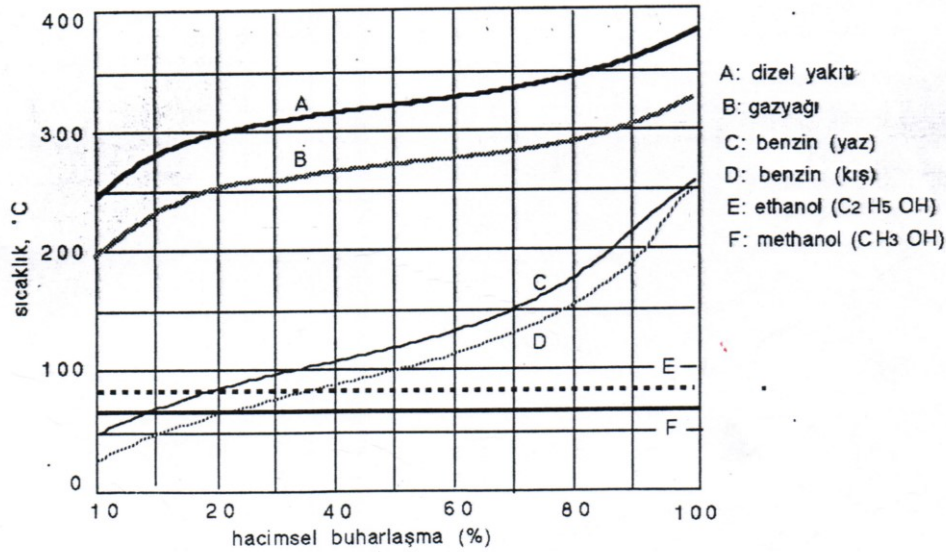
İçten yanmalı motorlarda kullanılan yakıtların çoğu , farklı molekül yapılarına sahip hidrokarbonları ihtiva eden petrol türevi yakıtlardır. Kömür, benzine dönüştürülmesine rağmen ; bu şekilde benzin elde etmek günümüzde oldukça maliyetlidir. Bugün , dünyanın sınırlı petrol yataklarına sahip olduğu bilinen bir gerçektir. Bu yüzden , önümüzdeki 40-50 yıl içinde bütün ülkeler, petrolü diğer enerji kaynaklarıyla değiştirmek zorunda kalacaklardır. Bu enerji kaynaklarının bazıları , içten yanmalı motorlar için uygun yakıtlara dönüştürülmelidir.

İçten yanmalı motorlarda ; sıvı yakıtlar , gaz yakıtlardan daha geniş bir şekilde kullanılmaktadır. Sıvı yakıtlar, gaz yakıtlara göre ; daha büyük enerji yoğunluğu (birim kütlesinin sahip olduğu enerji) , taşıma ve depolama emniyeti ve kolaylığı gibi birçok avantajlara sahiptir.

Gaz yakıtların bol ve ucuz olduğu bazı yerlerde, içten yanmalı motorlarda biyogaz ve tabii gaz gibi yakıtlar kullanılabilir.

Ham petrol , rafinerilerde damıtılarak ve yoğunlaştırılarak ; çeşitli yakıtlar elde edilir. Petrol içindeki hidrokarbonların kaynama noktaları farklıdır. Kaynama noktası , genellikle , hidrokarbondaki karbon atomu sayısına bağlıdır. En az karbonu olan en hafif hidrokarbonlar , en düşük kaynama sıcaklığına sahiptir.

İçten yanmalı motorlarda kullanılan çeşitli yakıtların damıtma eğrileri , Şekil 5.1'de gösterilmiştir.



Şekil 5.1- Çeşitli yakıtların damıtma eğrileri

Ayrıca, benzine gittikçe artan talepten dolayı ; daha büyük moleküller, daha küçük moleküllere parçalanarak (kraking metodu) veya daha küçük moleküller , daha büyük moleküllere dönüşecek şekilde birleştirilerek (polimerizasyon metodu) ; benzinin sahasında kaynama sıcaklıklarına sahip yakıtlar üretilmektedir.

İlk deneme, 1916 yılından önce yapılmasına rağmen ; toz halindeki katı yakıtla çalışan dizel motoruyla ilgili çalışmalar, halen araştırma safhasındadır. Bu araştırmalar ; yanma ve yağlama veya aşınmayla ilgili problemler giderildiği takdirde, toz halindeki kömürün düşük hızlı dizel motorlarında kullanılabilceğini ileri sürmektedir.

İçten yanmalı motorlar kullanılan bir yakıtın aşağıdaki özelliklere sahip olması gerekir :

- 1) Vuruntusuz veya darbesiz tam ve zamanında yanma
- 2) Yüksek hacimsel veya kütesel enerji yoğunluğu
- 3) Normal atmosferik şartlarda stabilite
- 4) Taşıma ve depolama emniyeti
- 5) Değişik çevre şartlarında motoru çabuk ve güvenilir çalıştırması
- 6) İnsan sağlığına ve çevreye zararının minimum olması
- 7) Motor parçalarında minimum korozyona ve aşınmaya sebep olması

5.1 Kıvılcımla Ateşlemeli Motor Yakıtları

Benzin, genellikle, beş ila on iki karbon atomuna sahip sıvı hidrokarbonlardan meydana gelen bir karışımdır. Benzinin kütesel olarak yaklaşık %85.5'i karbon ve %14.5'i hidrojen den meydana gelir. Benzinin içinde, az miktarda hafif ve ağır hidrokarbonlarda vardır. Ayrıca benzinin içine, çok az miktarda kurşun tetra etil $Pb(C_2H_5)_4$ ve kurşun tetra metil $Pb(C_2H_3)_4$ gibi katkı maddeleri de ilave edilir.

İstenilen ihtiyaçları karşılamak için, içindeki maddelerin miktarlarını değiştirerek ; benzinin özelliklerini değiştirmek mümkündür.

Kıvılcımla ateşlemeli motor yakıtından istenilen en önemli iki özellik şunlardır :

- 1) Vuruntuyu önleme kabiliyeti
- 2) Dengeli buharlaşma (buharlaşılabilirlik kabiliyeti)

5.2 Vuruntuyu önleme kabiliyeti, yakıtın kendi kendine tutuş madan uygun bir hızda düzgün bir şekilde yanma kabiliyetini gösterir. Yakıtın vuruntuyu önleme kabiliyetinin ölçüsü, oktan sayısıdır. Yakıtın oktan sayısının tespitinde, tek silindirli özel bir test motoru kullanılır. Bir yakıtın oktan sayısının tespiti, sabit oktan sayısına sahip bir referans yakıtla kıyaslanarak yapılır. Bu referans yakıt, izo-oktan ile normal-heptanın bir karışımıdır. Normal-heptanın (C_7H_{16}) oktan sayısı 0 iken, izo-oktanın (C_8H_{18}) oktan sayısı 100'dür. Test edilen yakıtın oktan sayısı, vuruntu şiddeti test edilen yakıtınkiyle aynı olan referans yakıtındaki izo-oktanın hacimsel yüzdesine eşittir. Oktan sayısı 80 olan bir yakıt, standartlaştırılmış şartlar altında standart bir motorda, hacimsel olarak %80 izo-oktan ve %20 normal-heptandan meydana gelen bir karışımla aynı vuruntu şiddetini gösterir.

Oktan sayısını tespit etmek için, farklı çalışma şartlarına dayanan iki test metodu vardır. Bunlar ; araştırma metodu ve motor metodu'dur. Bu iki metoddaki test şartları, Tablo 5.1'deki gibidir.

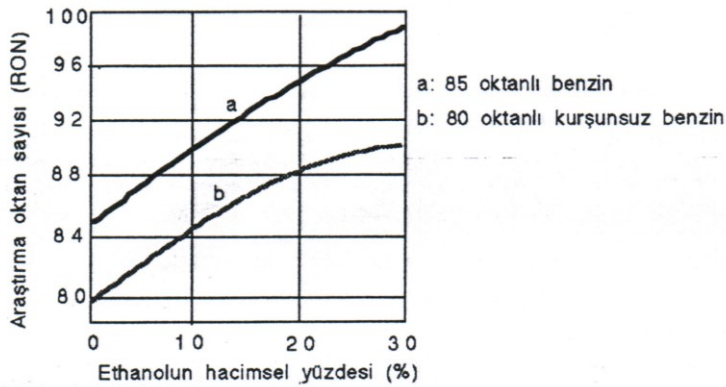
Tablo 5.1- Oktan sayısı test metodlarındaki şartlar

Metod	Test motoru devri (d/dak)	Ateşleme avansı (°)	Giriş havası sıcaklığı (°C)	Karışım sıcaklığı (°C)	Sogutucu sıcaklığı (°C)
Motor(MON)	900	14-26	38	100	100
Araştırma(ROD)	600	13	atm	----	100

Aynı yakıtın bu iki metotla tespit edilen oktan sayıları , genellikle, farklıdır. Motor oktan sayısı , sert çevre şartlarında tespit edildiğinden, araştırma oktan sayısından daha küçüktür. Bu iki oktan sayısı arasındaki fark, motorun çalışma şartlarındaki değişmelere yakıtın duyarlılığını (cevabını) gösterir.

Bazı yakıtlara kurşun tetra etil veya benzer kurşun bileşikler katılarak , onların vuruntuya karşı dirençleri artırılır. Ticari benzinin litresine 10 mg'a kadar kurşun tetra etil katılır. Kurşun tetra etile , daima, etilen dibromid ve etilen diklorid ile karıştırılarak ; yanma sonucu ortaya çıkan kurşun bileşiklerinin buharlaşarak, eksoz gazlarından dışarıya çıkması sağlanır. Kurşun tetra etil , zehirli ve bujileri kirletir.

Benzine alkolün ilave edilmesi de, yakıtın oktan sayısını artırır. Benzinin iki türüne , çeşitli yüzdelerde alkol karıştırıldığı zaman oktan sayısındaki değişme , şekil 5.2'de gösterilmiştir.



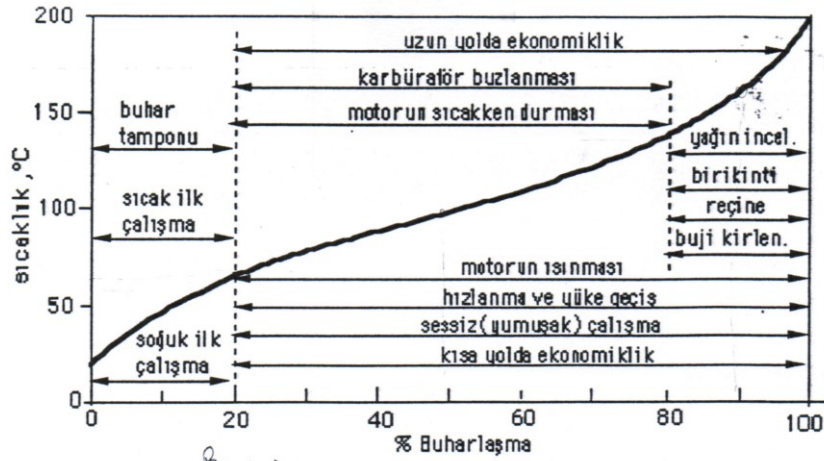
Şekil 5.2-Benzin-ethanol karışımlarının oktan sayısı

Benzin-alkol karışımları , yüksek oktanlı yakıtlar olmalarına rağmen ; önemli bir sakıncaları vardır. Alkolün içinde, bulunduğu sıcaklığa karşı ılık gelen denge miktarından fazla su varsa ; yakıtın içindeki alkol ile benzin ayrışacaktır. En saf alkolde bile bir miktar su olduğundan, bilhassa sıfırın altındaki sıcaklıklarda alkol -benzin karışımını stabil halde tutmak zordur.

5.3 Buharlaşabilme kabiliyeti (uçuculuk)

Bir yakıtın uçuculuğu, bu yakıtın kompozisyonuna bağlıdır. Yakıtın buharlaşabilme kabiliyeti, yakıt özel bir cihazda ısıtılarak ve sonuçta belirli bir sıcaklık bölgesinde buharlaşan miktarlar uzaklaştırılarak tespit edilir. Her bir yakıtın karakteristik buharlaşma noktaları ; buharlaşmanın başladığı, hacminin %10 , %50 ve %90'ının buharlaştığı ve buharlaşmanın sona erdiği sıcaklıklardır. Şekil 5.3 , damıtma eğrisini farklı kısımları ile motor problemleri arasındaki ilişkiyi gösterir.

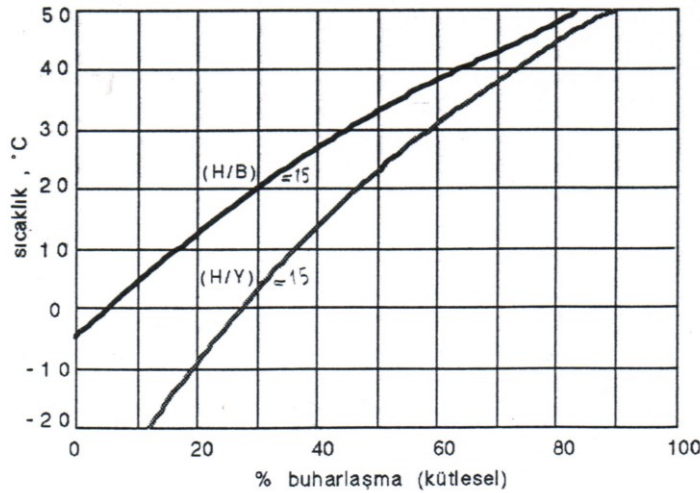
Şekil 5.1 ve 5.3'deki eğriler , ASTM (American Society for Testing and Materials) damıtma testlerinden elde edilen damıtma eğrileridir. Bu damıtma testindeki buharlaşma prosesinde , sadece yakıt buharı vardır. Halbuki , benzinli motorun emme sisteminde yakıt , belirli bir miktar hava ile akarken buharlaşır. değişik bir damıtma prosesinde , sıvı yakıt ve hava , sıcaklığı sabit tutulan sürekli akışlı açık bir sistemin içine gönderilir. Sisteme giren sıvı yakıtın buharlaşan kısmı , sistemi terkederken ; buharlaşmayan kısmı , sistemde kalır. Böylece, sistem sıcaklığında buharlaşan yakıtın yüzdesi hesaplanabilir. Girişteki hava-yakıt oranı sabit tutularak ve değişik sıcaklıklarda bu test tekrarlanarak ; havalı yakıtın uçuculuk (buharlaşma eğrileri) tespit edilebilir.



Şekil 5.3- Buharlaştırma karakteristiklerinin motorun çalışmasına etkileri

Başlangıç (30-40°); %10 (70°C civarı); %50 (85-125°C); %90 (180° civarı), tamamı (<205°)

Girişteki farklı hava-yakıt oranları için aynı işlem tekrarlanarak; bu hava-yakıt oranları için buharlaşma eğrileri çizilebilir. Hava-yakıt oranı ($H/Y=15$) ve hava-buhar oranı ($H/B=15$) için buharlaşma (uçuculuk) eğrileri, Şekil 5.4'de gösterilmiştir. Yakıtın hava ile buharlaşma eğrilerini elde etmek için kullanılan bu teste, dengeli hava ile damıtma (EAD) testleri denir. ASTM damıtma eğrileriyle, motorun emme sistemindeki yakıt performansı arasında direkt ilişki kurulamaz. Bu direkt ilişki, EAD testinden elde edilen buharlaşma eğrileriyle kurulabilir. Çünkü, bu testte yakıt, motorun emme manifoldundaki şartlara benzeyen şartlardaki hava ile birlikte buharlaşır.



Şekil 5.4-Yakıtın hava ile buharlaşma eğrileri

Havanın buharlaşan yakıtla oranı şu şekilde hesaplanabilir,

$$\text{Hava-buhar oranı } \left(\frac{H}{B}\right) = \frac{\text{havanın kutlesi}}{\text{buharlaşan yakıtın kutlesi}} = \frac{m_h}{m_b}$$

Buharlaşan yakıtın kutlesi $m_b = m_y \cdot \% \text{buharlaşma(kütlesel)}$ ile

$$\left(\frac{H}{B}\right) = \frac{m_h}{m_y \cdot \% \text{buharlaşma(kütlesel)}} = \frac{(H/Y)}{\% \text{buharlaşma(kütlesel)}}$$

Kıvılcımla ateşlemeli (benzinli) motorların soğukken ilk çalışması, büyük ölçüde, yakıtın uçuculuğuna bağlıdır. Yakıtın içindeki (buharlaşma sıcaklığı düşük olan) değişik çevre sıcaklıklarında buharlaşan hidrokarbonların miktarı yeterli ve karışım yanabilir bir karışım ise, motor kolayca çalışacaktır.)

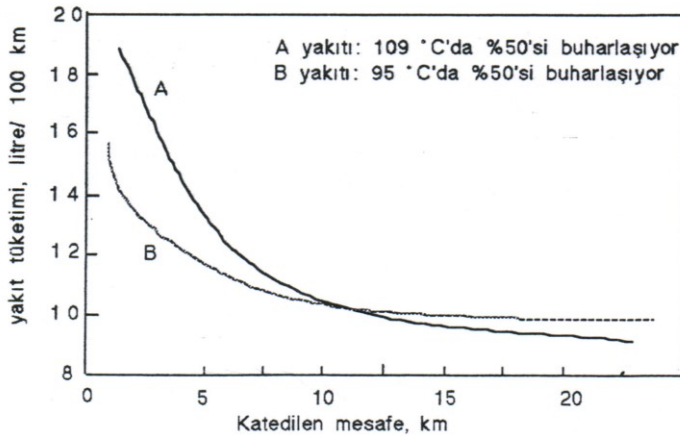
Bir örnek olarak; 0°C'de %10'u buharlaşan benzini ele alalım. Asıl motor, marş motoruyla tahrik edilirken; aynı sıcaklığın emme manifoldunda da olduğunu kabul edelim. Motorun kolayca ilk harekete geçebilmesi için, hava-buhar oranının 15 olması gerektiğini kabul edersek hava-yakıt oranı ne olmalıdır?

$$\text{Hava-buhar oranı } \left(\frac{H}{B}\right) = \frac{(H/Y)}{\% \text{buharlaşma(kütlesel)}} \text{ ile,}$$

$$\text{hava-yakıt oranı } (H/Y) = \left(\frac{H}{B}\right) \cdot \% \text{buharlaşma} = \%10 \times 15 = 1.5 \text{ olur.}$$

İlk hareket için gereken bu hava-yakıt oranı, karbüratördeki jikle keleşegi tarafından sağlanmalıdır.

Yakıtın uçuculuğu, motorun ısınması sırasındaki yakıt tüketimine etki eder. Şekil 5.5'de, uçuculuğu farklı olan iki yakıtın kullanıldığı 1800 cc'lik ve manuel jikleli bir otomobilin yakıt tüketimi gösterilmiştir.



Şekil 5.5- Motorun ısınması sırasında, yakıtın uçuculuğunun yakıt tüketimine etkisi

Bu şekile göre, motor soğukken çalıştırılıp kısa yolculuklarda kullanılırsa, uçuculuğu yüksek olan yakıt, daha ekonomik olacaktır. Fakat, uzun yolculuklarda uçuculuğu daha düşük olan (daha yüksek kütlesel yoğunluğa sahip) yakıt, daha ekonomik olacaktır.

Yakıt sisteminde buhar tamponu, yakıt deposuyla karbüratör arasındaki yakıt hortumlarının yakıtın buharlaşması sonucunda meydana gelir. Eğer yakıtın uçuculuğu oldukça

yüksekse; yakıtın sıcaklığı, buharlaşma basıncına karşılık gelen sıcaklığa yükseldiği zaman, yakıt pompasında ve yakıt borusunda buhar teşekkülü başlar. Ortaya çıkan buharın miktarı belirli bir değeri aşarsa, sıvı yakıtın karbüratöre yeteri kadar gitmesini önleyerek, motorun durmasına sebep olur.

Uçuculuğu yüksek olan yakıtlar, karbüratörü buzlanma ihtimalini artırır. Sıvı yakıt, karbüratörden geçerken havanın ısısını alarak buharlaşır. Havanın sıcaklığı, içinde bulunan su buharının çığ noktası sıcaklığının altına düşerse, su buharı yoğunlaşabilir ve sıcaklık dahada düşerse gaz keleşinin üstünde donarak buzlanma meydana getirebilir. Teşekkül eden buzun miktarı arttıkça, motorun hızı düşer, hatta motor durabilir. Emilen hava, eksoz gazlarıyla ısıtılarak, karbüratör buzlanması önenebilir.

Yakıtın %90'ının buharlaştığı sıcaklık oldukça yüksekse, yakıtın içindeki ağır hidrokarbonların tamamı, asla buharlaşmaz. Buharlaşmayan sıvı yakıt, silindire piston arasından kartere kaçabilir ve karterdeki yağın inceltilir. Karterdeki yağın incilmesi, ilk hareket ve ısınma sırasında artar.

Yakıtın yukarıda belirtilen ihtiyaçların tümüne cevap verebilmesi için; buharlaşmanın başladığı sıcaklık 30-40°C arasında, %10'unun buharlaştığı sıcaklık 70°C civarında, %50'sinin buharlaştığı sıcaklık 85-125°C arasında, %90'ının buharlaştığı sıcaklık 180°C civarında ve tamamının buharlaştığı sıcaklık 205°C'den küçük olmalıdır.

5.4- Kompresyonlu Ateşlemeli Motor Yakıtları

Dizel yakıtları, ham petrolün damıtılması sırasında 200-380°C kaynama sıcaklıkları arasında elde edilen üçüncü ana üründür. Bu yakıtlar, motorin veya mazot olarak bilinir. Bu yakıtın kompozisyonu, yakıtın özelliklerini, bilhassa setan sayısını belirler. Dizel yakıtlarının özellikleri aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir;

1) Alevlenme sıcaklığı

Yakıtın yüzeyinde ortaya çıkan yakıt buharının tutuştuğu sıcaklıktır. Dizel yakıtlarının alevlenme sıcaklığı, taşıma ve depolama sırasında yangın tehlikesi meydana getirmeyecek kadar yüksek olmalıdır. Alevlenme sıcaklığının minimum 65°C olması, genellikle, bütün ihtiyaçları karşılar.

2) Uçuculuk

Kompresyonlu ateşlemeli motoru soğukken çalıştırmak için dizel yakıtı, kolayca (hemen) yanabilir karışıma dönüşecek şekilde yüksek uçuculuğa ve kendi kendine tutuşma sıcaklığı düşük olacak şekilde yüksek setan sayısına sahip olmalıdır. Dizel motorlarının gücü ve verimi, sadece yakıtın uçuculuğundan az etkilenir.

3) Özgül ağırlık

Dizel yakıtlarının ısı değerleri, özgül ağırlığa bağlı olarak değişir. Yakıtın birim hacminin ısı değeri, özgül ağırlıkla birlikte artar. Bu açıdan; yüksek özgül ağırlıklı yakıtlar avantajlı gibi görünür.

Ancak, genellikle yüksek özgül ağırlığa sahip yakıtlar, yüksek buharlaşma sıcaklığına ve artıklara (yanmayan hidrokarbonlara) sahip olduklarından; yanma veriminin daha düşük olmasına

sebepler olurlar. Aynı zamanda yüksek özgül ağırlıklı yakıtlar; birikintilerin miktarını ve aşınmayı artırır ve eksoz gazlarının daha kara olmasına sebep olur. 58

4) Donma (akma) noktası sıcaklığı

Dizel yakıtının akıcılığını kaybettiği sıcaklıktır. Bu sıcaklıkta yakıtın içindeki mum ayrılarak, filtrede tıkanma meydana getirir. Bu sıcaklığın düşük olması istenir. Genellikle, -5 ila -20°C arasındadır.

5) Vizkosite

Genellikle, vizkosite, motorun performansı üzerinde bir etkiye sahip değildir. Fakat, belirli enjeksiyon sistemleriyle donatılan motorlarda yakıtın debisini etkileyebilir. Dizel yakıtı, motorun her türlü çalışma şartlarında kolayca pompaya ve oradanda enjektöre gönderilebilecek akıcılığa sahip olmalıdır. Bu yakıtın akıcılığı fazla olursa, püskürtme pompasının silindiriyle pistonu arasından kaçabilir.

6) Kükürt miktarı

Dizel yakıtının içindeki kükürt miktarı fazla olursa; silindir cidarları ve sekmanlar aşınabilir. Eksoz süpürge ve eksoz borularındaki korozyonu artırabilir. Yakıtın içindeki kül ve pisliklerde aynı etkilere sahiptir. Dizel yakıtının içinde olabilecek asfalt, süpürge ve sekmanları kirleterek motora zarar verebilir. Yüksek hızlı dizel motorlarının emniyetli çalışabilmesi için, dizel yakıtının içindeki kükürt miktarı kütleli olarak $\%0.5$ 'den az olmalıdır. Düşük hızlı dizel motorlarında kükürt miktarı, $\%1-2$ arasında olabilir.

7) Setan sayısı

Dizel yakıtının tutuşma kabiliyetinin, dolayısıyla vuruntuya karşı direncinin ölçüsü setan sayısıdır. Bir dizel yakıtının setan sayısının tespiti, aynı çalışma şartlarında bir referans yakıt kullanılarak yapılır. Bu referans yakıtı; tutuşma kabiliyeti 100 olan setan ($\text{C}_{16}\text{H}_{34}$) ile tutuşma kabiliyeti 0 (sıfır) olan α -metil naftalin ($\text{C}_{10}\text{H}_7\text{CH}_3$)'nin karışımıdır.

Setan sayısının tespiti şöyle yapılır: Setan testi motorunda, püskürtme avansı 13° 'ye ayarlanır. Motora, önce setan sayısı tespit edilecek yakıt koyulur. Sıkıştırma oranı değiştirilerek, yanma ÜÖN'da başlayacak şekilde tutuşma gecikmesi ayarlanır. Bu durumda, yani 13° 'lik tutuşma gecikmesindeki sıkıştırma oranı kaydedilir. Bundan sonra, motora referans yakıt koyulur. Aynı sıkıştırma oranını ve tutuşma gecikmesini sağlayacak şekilde, referans yakıt içindeki setanın miktarı değiştirilerek test motorunda kullanılır. Aynı sıkıştırma oranında ve aynı tutuşma gecikmesinde; dizel yakıtıyla aynı tutuşma gecikmesini veren referans yakıtın içindeki setanın hacimsel yüzdesi, dizel yakıtının setan sayısını gösterir.

Setan sayısının artması; genellikle dizel motorunun marş motoruyla tahrik edilme süresini, ısınma süresini ve ısınma sırasındaki kara dumanı azaltır. Dizel yakıtlarının setan sayısını, gereken seviyeye çıkarmak için çeşitli katkıları kullanılır. Bu katkıları, lokal ateşleme (tutuşturma) noktaları gibi davranarak, yakıtın kendi kendine tutuşma sıcaklığını düşürürler. Genellikle, bu katkıları; nitratlar ve peroksitler gibi hafif patlayıcılarıdır. Dizel motorlarında kullanılan yakıtların setan sayısı,

25-65 arasında değişir.

25-65 arasında değişir. Setan sayısı; düşük devirli motorlarda 25-45 arasında, orta devirli motorlarda 45 civarında ve yüksek devirli motorlarda 50-65 arasındadır. 59

BÖLÜM 6

MOTOR KARAKTERİSTİKLERİ

6.1 Motor Performans Kriterlerinin Tanımı

6.1.1 Güç ve Mekanik Verim

Bir motorun milindeki efektif güce, fren gücü veya mil gücü denir. Gerçekte motordaki pistonlar üzerinde ortaya çıkan (ham) güce, indike (iç) güç denir. O halde, indike iş; genişleme strokunda gazlar tarafından piston üzerinde yapılan iş ile, sıkıştırma strokunda piston tarafından gazlar üzerinde yapılan iş arasındaki farktır.

Bir motorun silindirlerinde ortaya çıkan indike gücün tamamından faydalanılamaz. Bu gücün bir kısmı, motorun sürtünen elemanları (pistonla silindir arasındaki, krank mili ve yatakları arasındaki, vb) arasındaki ve hareketli elemanları ile iş gören akışkan arasındaki (sıvı sürtünmesi) sürtünmeyi yenmek için mekanik kayıplara harcanır.

Gücün bir kısmında, havanın veya hava-yakıt karışımının emilmesi ve dışarıya atılmasında pompalama kayıplarına ve diğer bir kısmında yardımcı sistemleri (pompalar, vantilatörler, şarj dinamları, vb) tahrik etmek için kullanılır. Dört stroklu motorlarda; sürtünme, pompalama (silindire gazların emilmesi ve silindirden atılması) ve yardımcı sistemler için harcanan güce mekanik kayıplar veya sürtünme gücü denir. İki stroklu motorlarda indike güç; sıkıştırma ve genişleme sırasında silindirden elde edilen indike güçten, pompalama kayıpları çıkarılarak bulunur. Bir motorun mil gücü, indike güçten sürtünme gücü kadar küçüktür. Yani, mil gücü;

$$N_b = N_i - N_f$$

olur. Buradaki; N_b mil (fren) güç, N_i indike güç ve N_f sürtünme gücüdür.

Sürtünme gücünü deneysel olarak tespit etmek zordur. Sürtünme gücünü tespit etmek için en iyi metod; bir silindirin basınç-hacim diyagramından (indikatör diyagramından) indike gücü bulup, bu indike güçten mil (dinamometre ile ölçülebilen) gücünü çıkarmaktır. Bir dış güç kaynağıyla motoru tahrik ederek mekanik kayıpları bulmak, yaygın olarak kullanılan bir metottur. Ancak bu şekilde bulunan kayıplar, yanmalı durumlardaki kayıplarla aynı değildir. Bunun bazı sebepleri şunlardır;

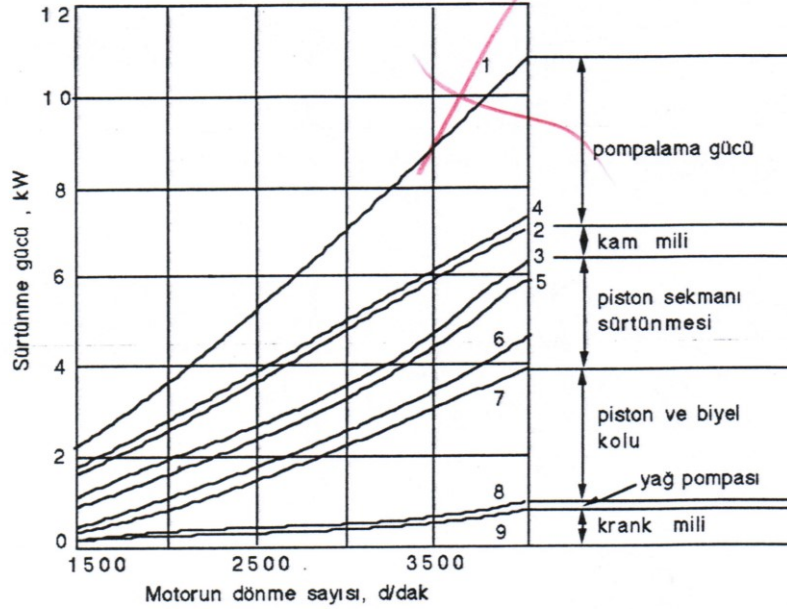
1) Yanma sonucu ortaya çıkan basınç değilse, sadece sıkıştırma basıncı piston sekmanları ve yatakları üzerinde etki eder.

2) Piston ve silindir yüzeylerindeki sıcaklıklar, yanmalı durumlardakinden daha düşüktür. Bu yüzden yağın viskozitesi daha büyüktür. Diğer taraftan, pistonla silindir arasındaki açıklık daha büyüktür. Bu yüzden sürtünme azalabilir. Dış bir kaynaktan motor tahrik edilerek kayıplar tespit edilirken; motorun her yerindeki sıcaklık, mümkün olduğu kadar motorun çalışma sıcaklığına yakın olmalıdır.

Motordaki kayıpları tespit etmek için kullanılan diğer bir metod, Morse testidir. Bu teste; silindirler birer birer devre dışı bırakılır. Geriye kalan silindirler, devre dışı bırakılan silindiri tahrik

ederler. Bir silindirin devre dışı bırakılması, diğer silindirlere giden yakıtın miktarını değiştirebilir. Bu durum test yapılırken dikkate alınmalıdır. Bir silindir devre dışı bırakılınca, motorun gücündeki düşme; devre dışı bırakılan silindirin iç gücünü verir. Silindirlerin hepsi çalışırken bir silindirin mil gücü bulunur. İç güçten mil gücü çıkarılarak o silindirin sürtünme gücü bulunur.

Şekil 6.1'de motorun hızına bağlı olarak, motorun elemanlarındaki kayıpların değişmesi gösterilmiştir.



Şekil 6.1-1500 cc'lik bir benzinli motorda güç kaybının dağılımı

- 1- tam motor;
- 2- süpap itici çubukları uzaklaştırılırsa;
- 3- s.itici çubukları ve silindir kapağı çıkarılmış;
- 4- s.itici çubukları takılı,fakat silindir kapağı çıkarılmış;
- 5-üst kompresyon sekmanları çıkarılmış+3;
- 6-ikinci kompresyon sekmanları çıkarılmış +5;
- 7-yağ sekmanları çıkarılmış+6;
- 8-bütün pistonlar ve biyel kolları çıkarılmış+3;
- 9-sadece krank mili

Motorun mil gücünün, indike (iç) gücüne oranına motorun mekanik verimi denir.Buna göre mekanik verim,

$$\eta_m = \frac{N_b}{N_i} \text{ veya } N_b = N_i - N_f \text{ ile } \eta_m = 1 - \frac{N_f}{N_i} \text{ olur.}$$

6.1.2 Ortalama efektif basınç

İndike ortalama efektif basınç,bir motorun indike işinin strok hacmine oranıdır.Yani,

$$\text{imep} = \frac{W_i}{V_s}$$

Dört stroklu bir motorun iç gücü,

$$N_i = \frac{n}{2} W_i \text{ ve } W_i = \text{imep } V_s \text{ ile}$$

$$N_i = \frac{n}{2} \text{ imep } V_s$$

olur. Buradaki; V_s , toplam strok hacmi ve n , motorun dönme sayısıdır.

İki stroklu motor için iç güç,

$$N_i = n \text{ imep } V_s$$

Dört stroklu motorlar için indike ortalama basınç,

$$\text{imep} = \frac{2N_i}{nV_s}$$

olur. Benzer şekilde dört stroklu bir motor için fren ortalama efektif basınç,

$$\text{bmep} = \frac{2N_b}{nV_s}$$

olur. Aynı zamanda mekanik verimi,

$$\eta_m = \frac{\text{bmep}}{\text{imep}} \text{ veya } \eta_m = 1 - \frac{\text{fmep}}{\text{imep}}$$

şeklinde tanımlayabiliriz. Buradaki fmep , sürtünme ortalama efektif basınçtır ve bu basınç,

$$\text{fmep} = \text{imep} - \text{bmep}$$

6.1.3 Motor Torku

Bu tork, motorun mil gücünün, milin açısal hızına bölünmesine eşittir. Yani, tork (dondurma momenti),

$$T_b = \frac{N_b}{2\pi n} \text{ olur.}$$

6.1.4 Motorun yakıt tüketimi ve motor verimi

Özgül yakıt tüketimi; motorun birim mil gücü başına, tüketilen yakıtın debisidir. Eğer, motorun tükettiği yakıtın kütle debisi \dot{m}_y [kg/h] ve mil gücü [kW] ise özgül yakıt tüketimi,

$$b = \frac{\dot{m}_y}{N_b}$$

Özgül enerji tüketimi ise, birim mil gücü başına tüketilen enerjidir. Özgül enerji tüketimi,

$$e_b = \frac{\dot{m}_y \text{ AID}}{N_b}$$

şeklinde tanımlanır. Buradaki AID, yakıtın alt ısı değeri. Özgül enerji tüketimi, motorun veriminin bir ölçüsüdür ve motorun yakıtın enerjisini, işe nasıl dönüştürdüğünü gösterir.

Motorun (termik) verimi, motorun mil gücünün, motora verilen enerjiye oranıdır. Yani,

$$\eta = \frac{N_b}{\dot{m}_y \text{ AID}}$$

veya özgül enerji tüketiminin tanımından motorun verimi, şu şekilde yazılabilir.

$$\eta = \frac{1}{e_b}$$

Motorun indike (iç) verimi, motorun silindirlerinden elde edilen iç gücün, debisi \dot{m}_y olan yakıtın tam yanmasıyla ortaya çıkan ısıya oranına eşittir. Bu tanıma göre indike verim,

$$\eta_i = \frac{N_i}{\dot{m}_y AID}$$

olur. Motor verimi, (N_i/N_b) ile çarpılırsa;

$$\eta = \frac{N_i}{\dot{m}_y AID} \frac{N_b}{N_i} = \eta_i \eta_m$$

şeklinde iç verim ve mekanik verim cinsinden ifade edilir. Bu ifadenin pay ve paydası, ideal termik verim η_{th} ile çarpılırsa;

$$\eta = \frac{\eta_i}{\eta_{th}} \eta_{th} \eta_m \quad \text{olur. Buradaki } \frac{\eta_i}{\eta_{th}} \text{ terimine relatif iç verim denir. Bu verim } \eta_{ir} \text{ ile}$$

gösterilirse, motorun verimi;

$$\eta = \eta_{ir} \eta_{th} \eta_m$$

olur. Mesela, otto çevrimi için buradaki ideal termik verim $\eta_{th} = 1 - \frac{1}{r_c^{k-1}}$ bağıntısıyla hesaplanır.