

MOTORLAR VE TRAKTÖRLER

Dersi 1

GİRİŞ

Termik Motorların Gelişmesi Ve Çalışma İlkeleri

Prof. Dr. Ayten ONURBAŞ AVCIOĞLU
e-mail: onurbas@agri.ankara.edu.tr
Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi
Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği
Bölümü
2017

Motorlar ve Traktörler Dersinde Yararlanılan Ders Kitabı:

SARAL, A. ve A. ONURBAŞ AVCIOĞLU, 2012. Motorlar ve Traktörler. Düzeltilmiş II. Baskı. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 1603, Ders Kitabı: 555, 299 s., Ankara

Slaytlar, tümüyle yukarıda belirtilen ders kitabından yararlanılarak hazırlanmıştır. Slaytlarda yer alan yazılı ve görsel bilgilere ilişkin kaynaklara bu ders kitabının kaynaklar bölümünden ulaşılabilir.

1.TERMİK MOTORLARIN GELİŞMESİ VE ÇALIŞMA İLKELERİ

1.1.Termik Motorların Anlamı ve Özellikleri

Yapısında bulunan yanma odasında, yakıtı havanın oksijeniyle yakarak, yakıt enerjisini önce ısı enerjisine ve sonra bu enerjiyi hareketli organları yardımıyla mekanik enerjiye dönüştüren makinelere **TERMİK MOTOR** denilmektedir.

Çok yönlü kullanılmanın önemli nedenleri vardır.

1. Termik motorlar, **yakıtın** enerjisinden yararlanan diğer makinelere göre, **verimi** en yüksek olanlardır.
2. Silindirleri her konumda yerleştirilebildiğinden, yapıları yönünden de çeşitli **ortamlara** uygundur.
3. **İşletilmeye** kolayca ve çabuk hazır olmaları, bakımlarının basit ve ucuz olması, geniş alanlarda yaygın olarak kullanılmalarına neden olmaktadır.
4. Ayrıca, çalıştırılmalarında kullanılan **yakıtların** kolay **taşınır** olması da termik motorların üstün yönleridir.

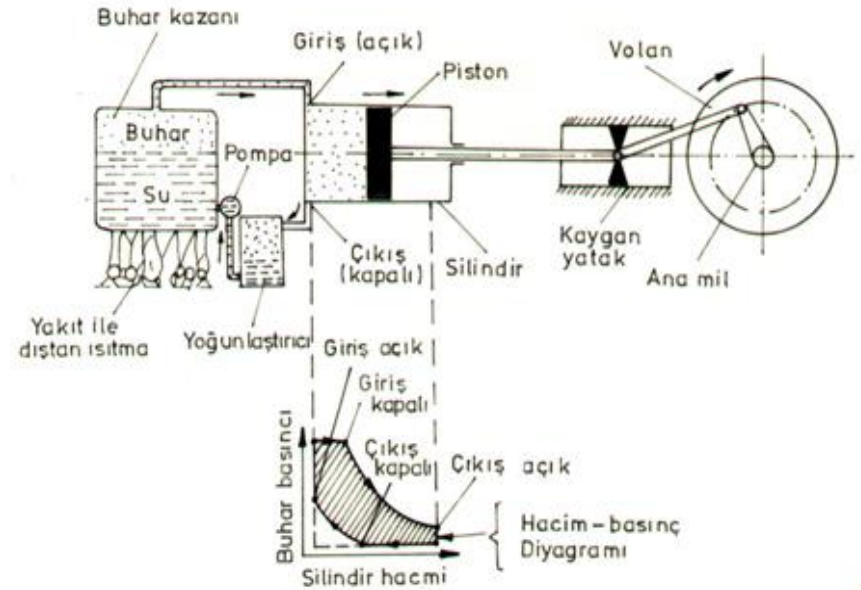
1.2.Termik Motorların Gelişmesi

Termik makineler,

dıştan yanmalı (buhar makineleri) ve **içten yanmalı** (termik motorlar) diye iki grup altında toplanabilir.

Buhar makinelerinin çalışma ilkesinin bulunması ve uygulamaya aktarılması daha öncedir. Bunlarda, yanma silindir dışında olmakta, yakıttan elde edilen ısı enerjisi suya aktarılarak, makinenin basınçlı su buharı ile çalışması sağlanmaktadır (Şekil 1.1)

Buhar makinelerinin geliştirilmesi çalışmaları 18. yüzyılın ilk yarısında başlamıştır. Uygulamaya aktarılabilir bir yapının, **WATT** tarafından, ortaya konması ise 1766 yılında olmuştur.



Şekil-1.1. Buhar makinesinin çalışma ilkesi.

-Termik motorların çalışma ilkelerini ve uygulanabilir yapılarını açıklığa kavuşturma çalışmaları **1800** yıllarında başlamıştır.

-Bu çalışmalar sonunda, **1860 yılında Paris'te LENOIR** gaz yakıt ile çalışan, bir motor geliştirmiştir. İçten yanmalı olan bu motor, yapısal yönden, buhar makinesine benziyordu.

-**OTTO** tarafından 1863 yılında ilkeleri belirlenen ve 1867 yılında **LANGEN** tarafından tam olarak uygulamaya konan serbest pistonlu motor, daha uygun bir verime sahiptir

-Çalışma ilkesi 1862 yılında OTTO tarafından bulunan dört zamanlı motor, 1876 yılında imal edilerek işletildi.

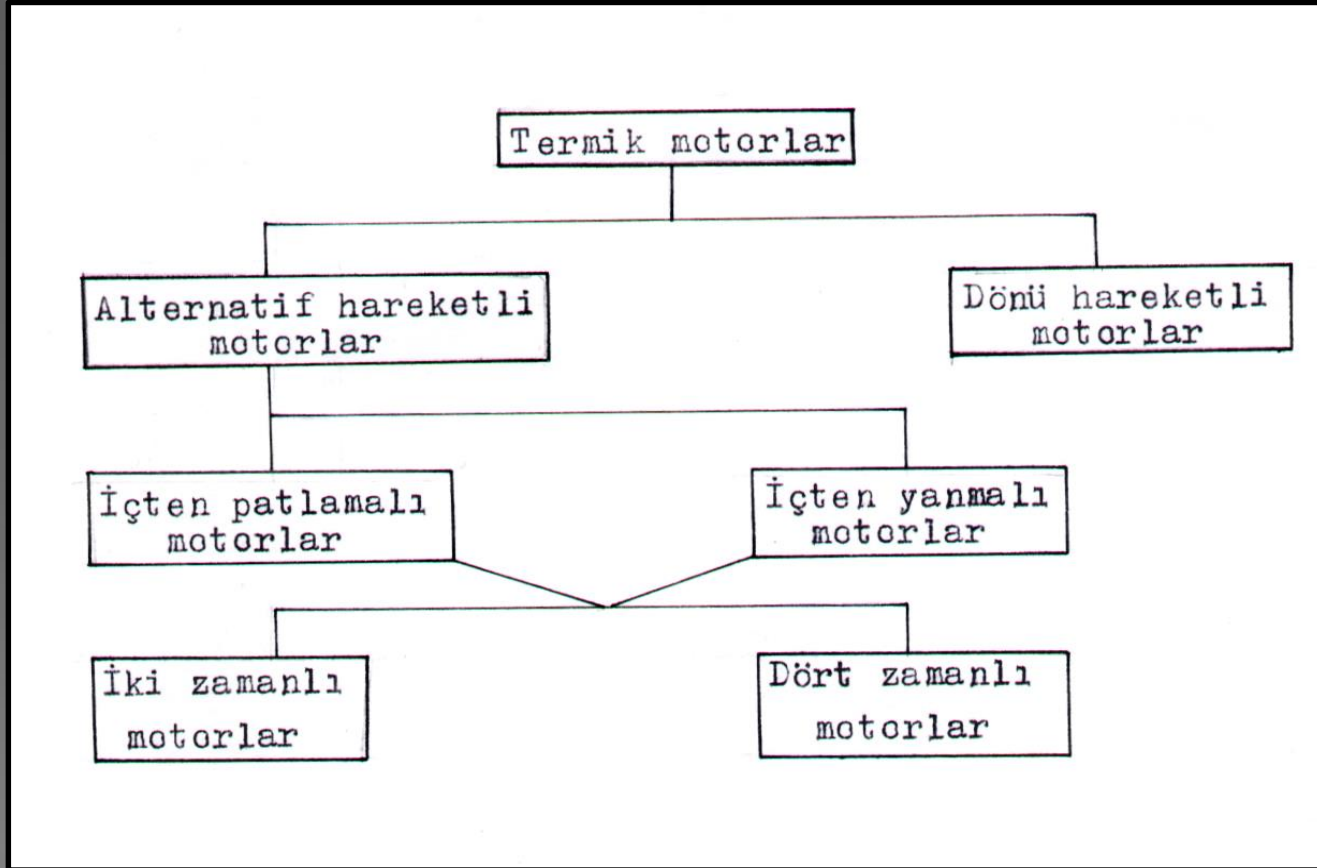
-İlk aşamada havagazı ile çalışan motorun, akaryakıt ile çalıştırılması 1884 yılında sağlanmıştır. **DAIMLER ve MAYBACH** bu motoru geliştirerek, yüksek devirli ve otomobillere uygulanabilir yapıyı ortaya koymuşlardır.

-Sıkıştırma sonucu sıcaklığı iyice yükselmiş hava üzerine yakıt püskürterek, kendiliğinden tutuşmayı sağlayabilen motor tipini ise **DIESEL** geliştirmiştir.

-Emme zamanında yakıt-hava karışımını özel yapılı silindiri içine alarak, sıkıştırdıktan sonra, bir kıvılcımla sağlanan patlama ile pistonu dönü hareketi yapan motor **WANKEL** tarafından 1954 yılında bulunmuştur.

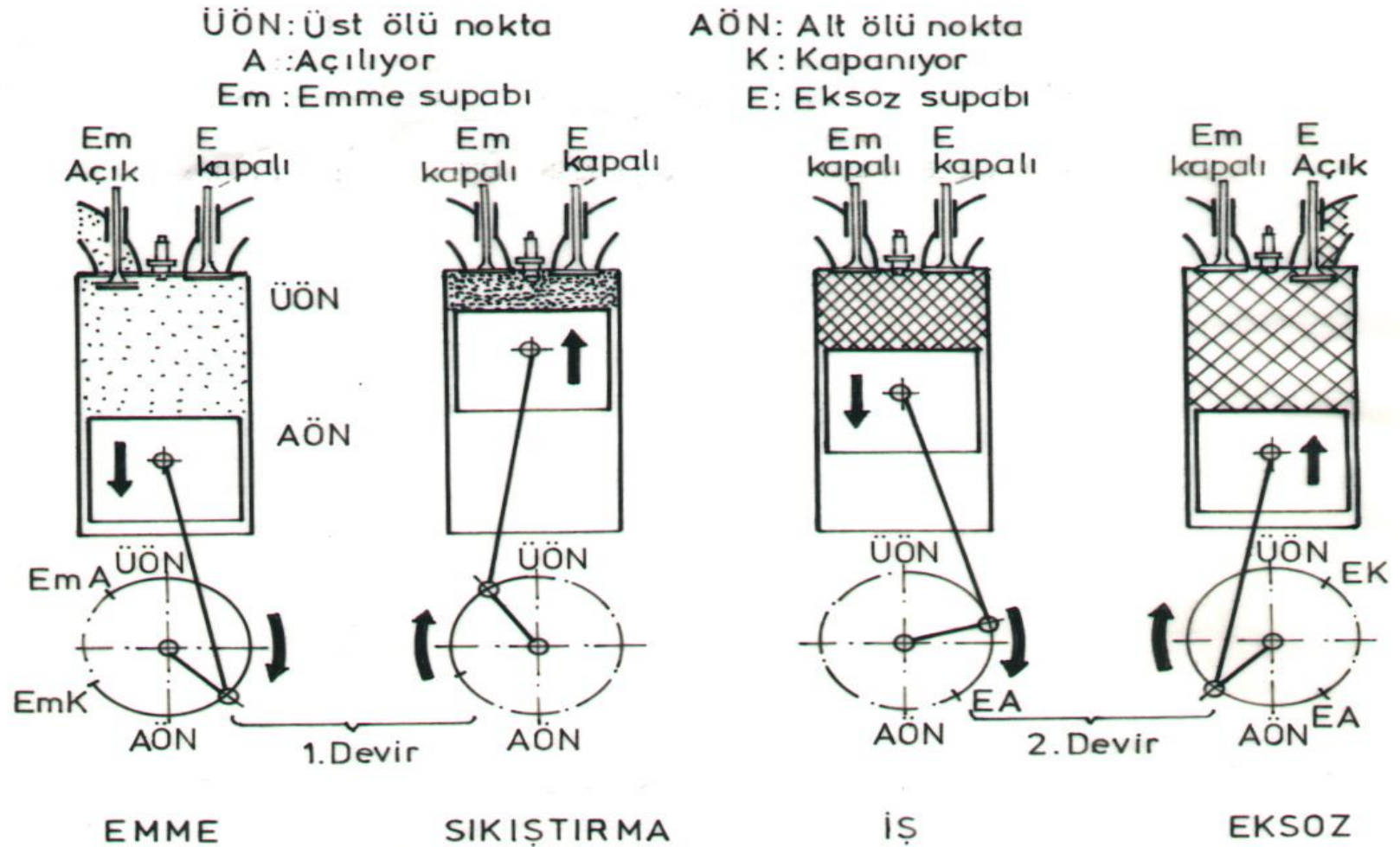
1.3. Termik Motorların Sınıflandırılması

Çizelge 1.1. Termik motorların çalışma ilkeleri yönünden sınıflandırılması.



1.4. Dört Zamanlı Motorların Çalışma İlkesi

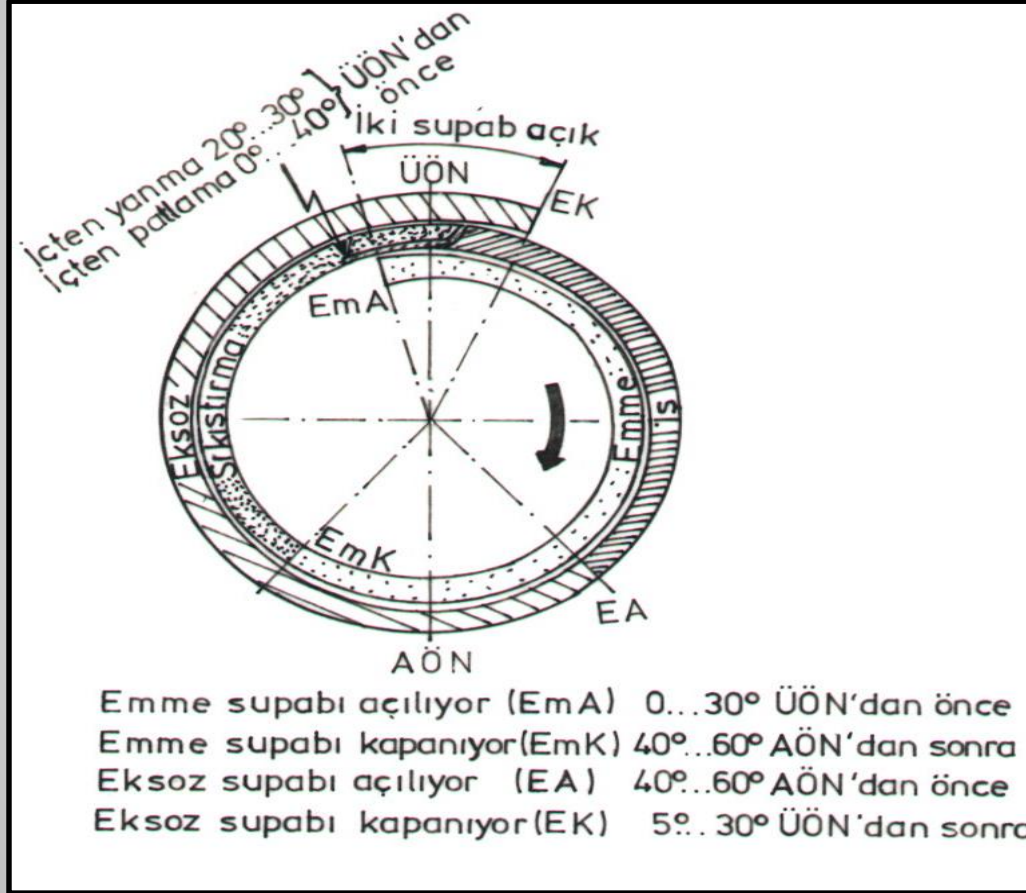
- Dört zamanlı motorlarda, motorun çalışmasını sağlayan, termodinamik çevrimlerin olduğu kapalı hacim, silindir piston ve silindir kapağı tarafından çevrelenmektedir. Piston silindir içinde gidip gelme hareketi yapmakta olup, piston kolu aracılığıyla, anamile bağlı bulunmaktadır. Pistonun silindir içinde, silindir kapağına en fazla yaklaşabildiği noktaya üst ölü nokta (ÜÖN) ve anamile doğru en fazla yaklaşabildiği noktaya da alt ölü nokta (AÖN) denilmektedir.
- Ölü noktalar arasında oluşan piston hareketlerine zaman (strok) adı verilmektedir. Dört zamanlı motorlarda, pistonun dört strok almasında bir kez iş zamanı oluşmakta ve bu sırada anamil iki devir yapmaktadır. Zamanların oluşumu şematik olarak Şekil 3.1'de görülmektedir.



Şekil 1.1. Dört zamanlı motorlarda zamanların oluşumu.

- Şekilden de anlaşılacağı gibi, dört zaman; emme, sıkıştırma, iş (yanma) ve egzoz olmaktadır. Zamanların başlama ve bitimi supapların açık bulunma süreleri ile ateşlemenin yapıldığı noktaya bağlı olmaktadır. Teorik olarak, zamanlar ölü noktalarda başlar ve biter. Uygulamada ise, verimi artırabilmek için hem supapların açılıp kapanma noktaları, hem de ateşleme zamanı ölü noktalardan kaydırılmış durumdadır. Anamilin yapmış olduğu açığa bağlı olarak, bu noktalar Şekil 1.2'de verilmiştir.

- Görüldüğü gibi, supapların açılıp kapanma zamanları ve ateşleme noktası, oldukça geniş aralıklarda değişmektedir. Bu bilgilerin ışığı altında, dört zamanın oluşumu aşağıdaki gibi açıklanabilir.



Şekil 1.2. Dört zamanlı motorlarda supapların açılıp kapanma zamanları.

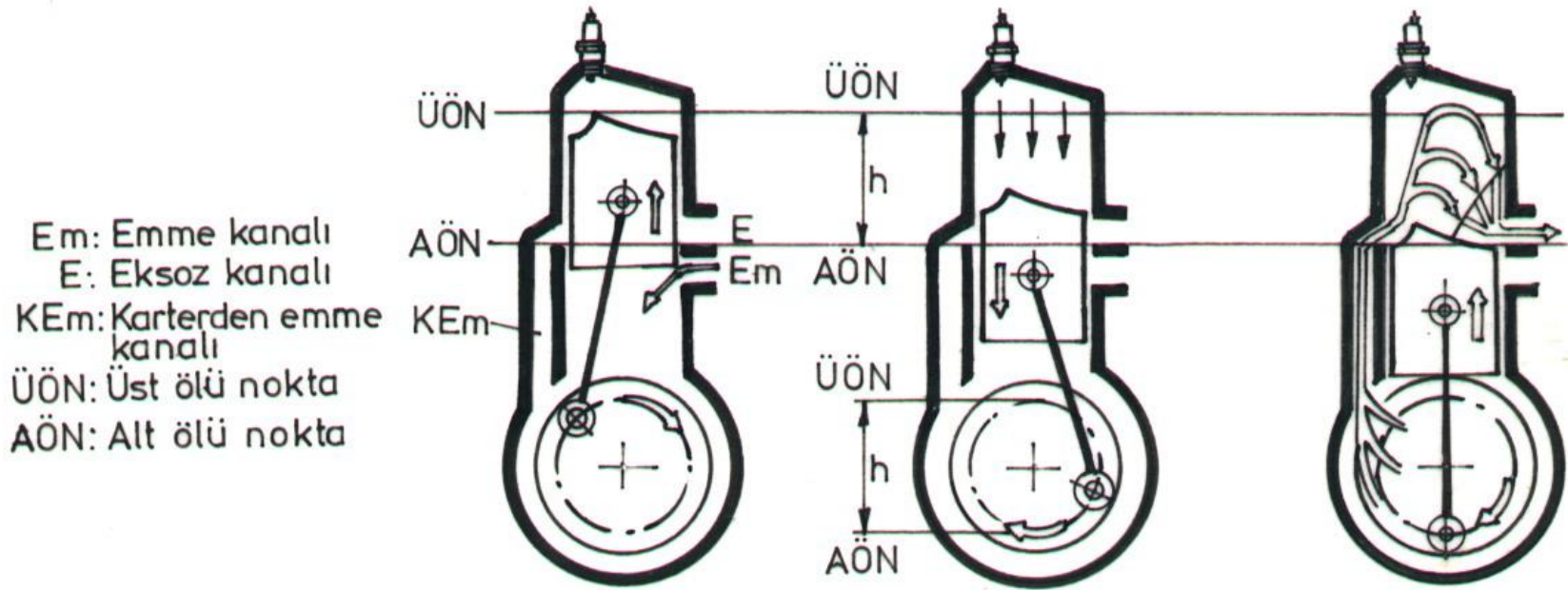
- **Emme zamanı:** Pistonun ÜÖN'dan AÖN'ya doğru hareketinde hacim büyüyeceğinden, iç basınç 0,1...0,2 bar kadar atmosfer basıncının altına inerek, içten patlamalı motorlarda yakıt-hava karışımının, içten yanmalılarda ise, havanın emilmesini sağlar. Emme supabı, ÜÖN'ya 0...30° kala (anamil açısı olarak) açılmakta ve AÖN'yi 40...60° geçce kapanmaktadır. Emme supabının ÜÖN'dan önce açılması ve AÖN'dan sonra kapanması ile, emme süresi olanaklar ölçüsünde uzun tutularak, silindirin tam dolması amaçlanmaktadır.
- **Sıkıştırma zamanı:** Emme supabı kapandığında piston AÖN'dan ÜÖN'ya doğru hareket halindedir. Kapalı hacim giderek küçüleceği için içerdeki yakıt-hava karışımı (içten yanmalılarda yalnız hava) sıkıştırılmış olmaktadır. Sıkıştırma sonunda ulaşılan basınç ve sıcaklık içten patlamalı motorlarda 10...18 bar, 400...500°C arasında içten yanmalı motorlarda ise 30...55 bar, 700...900°C arasında olmaktadır.

- **İş (yanma) zamanı:** İçten patlamalı motorlarda piston ÜÖN'ya varmadan $0 \dots 40^\circ$ önce, ateşleme sisteminin ürettiği bir kıvılcım aracılığıyla tutuşma sağlanarak, yakıt yüksek hızla ($20 \dots 30$ m/s), patlama biçiminde yanmaktadır. Yanma hızının yüksek olması nedeniyle, yanma sırasında hacmin değişmediği kabul edilmektedir. Yakıtın taşıdığı kimyasal enerji, yanma ile ısı enerjisine dönüşerek, sisteme verilmiş olmaktadır. Yanma sonucu, iç basınç $30 \dots 60$ bar ve sıcaklık $2000 \dots 2500^\circ\text{C}$ değerlerine varabilmektedir. İç basıncın en büyük değerine, piston ÜÖN'dan AÖN'ya hareket ettikten az sonra ulaşılmaktadır.
- İçten yanmalı motorlarda, yakıt, sıkıştırılmış hava üzerine, piston ÜÖN'ya $20 \dots 30^\circ$ kala püskürtülmektedir. Yakıtın kendiliğinden tutuşabilmesi için kısa bir zamana gerek vardır. Bu süre içinde, piston ÜÖN'ya varmakta ve yanma süresince, AÖN'ya doğru hareket etmektedir. Hacmin giderek büyümesi nedeniyle, yanmanın eş basınç altında olduğu kabul edilmektedir. Yanma sırasında ulaşılan en yüksek basınç $65 \dots 90$ bar arasında olmaktadır.
- Dört zamanlı motorlarda, yanma sonunda oluşan yüksek basınç pistonu hızla AÖN'ya doğru iterek, piston kolu ve anamil aracılığıyla ısı enerjisi mekanik enerjiye dönüşmüş olmaktadır. Genleşme sonunda, iç basınç $3 \dots 4$ bar ve sıcaklık $800 \dots 900^\circ\text{C}$ arasına düşmektedir.

- **Egzoz zamanı:** Egzoz supabının açılması, piston AÖN'ya varmadan $40...60^\circ$ kadar önce olmaktadır. Bu sırada iç basınç atmosfer basıncından daha yüksek olduğu için, yanmış gazlar hızla dışarı atılmaya başlar. Pistonun AÖN'dan tekrar ÜÖN'ya doğru hareketi süresince de iç basınç yüksek kalarak gazların dışarı atılması sürdürülür. Egzoz supabı, piston ÜÖN'yı $5...30^\circ$ kadar geçtiğinde kapanır. Bu arada, emme supabı da ÜÖN'ya $0...30^\circ$ kala açıldığından emme ve egzoz aynı anda yapılabilir. Bu işlemin sağlanması, özellikle yüksek devirli motorlarda, emme ve egzoz gazlarının kazanmış olduğu hızdan dolayı sahip oldukları kinetik enerji yardımıyla olmaktadır.

○ 1.5. İki Zamanlı Motorların Çalışma İlkeleri

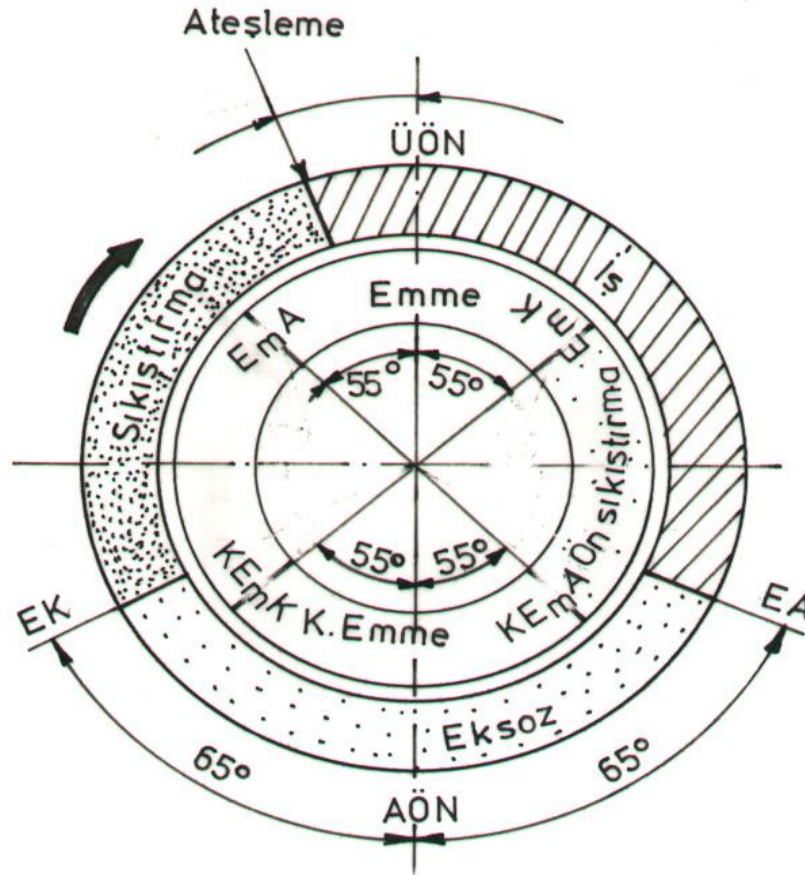
- İki zamanlı motorlar, çalışma ilkeleri ve yapıları yönünden, dört zamanlı motorlardan farklıdırlar. Bu motorlarda, anamilin bir devrinde (pistonun AÖN ile ÜÖN arasında bir gidip gelmesinde) emme, sıkıştırma, iş ve egzoz işlemleri tamamlanmaktadır.
- İki zamanlı içten patlamalı motorlarda yakıt–hava karışımının emilmesinde, motorun karter kısmından da yararlanılmaktadır (Şekil 1.3). Piston AÖN‘dan ÜÖN‘ya hareket ederken, emme ve egzoz kanalları kapanıncaya kadar, silindir içindeki yanmış gazlar dışarıya atılırken, içeriye de karterden yakıt–hava karışımı dolmaktadır. Emme ve egzoz kanalları kapandıktan sonra yakıt–hava karışımı adyabatik olarak sıkıştırılır. Bu sırada karter bölmesine de karışım emilir.



İşlem	Piston hareketi AÖN dan ÜÖN ya	Piston hareketi ÜÖN dan AÖN ya	Gazların değişimi
Pistonun üst yüzeyi ile silindir içinde	Sıkıştırma	Ateşleme-Yanma-İş	Süpürme ve eksoz
Pistonun alt yüzeyi ile karter içinde	Kartere emme	Ön sıkıştırma	Karterden silindire emme

Şekil 1.3. İki zamanlı içten patlamalı motorun çalışma ilkesi.

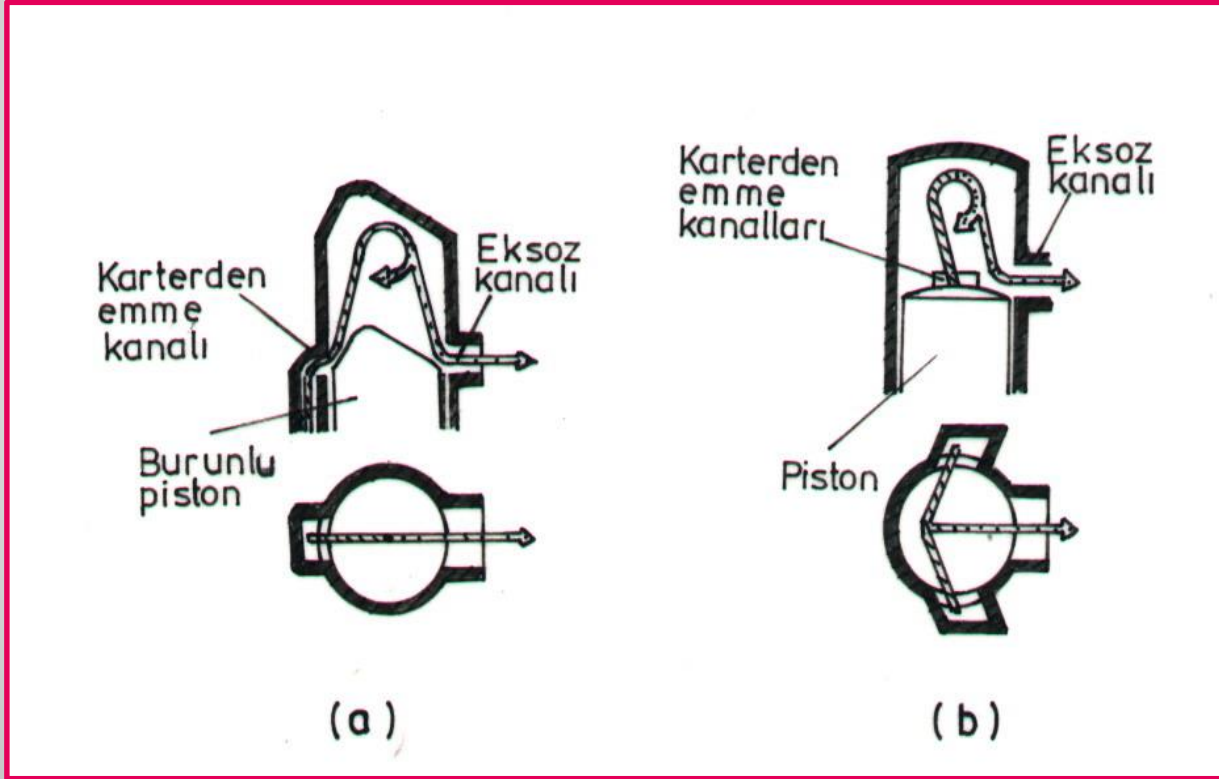
- Piston ÜÖN'ya varmadan biraz önce, ateşleme ile, sıkışmış karışım tutuşturulur. Teorik olarak eş hacim altında gerçekleşen yanma sonucu iç basınç yükselir. Piston ÜÖN 'dan AÖN 'ya doğru hareket ederken gazların genişmesi ile iş yapılmış olur.
- Şekil 1.4'den anlaşılacağı gibi, piston AÖN'ya varmadan bir süre önce egzoz kanalı, hemen arkasından da karter bölmesini silindire bağlayan emme kanalı açılmaktadır. Kartier bölgesine sıkışmış bulunan yakıt hava karışımı hızla silindire dolarken içerdeki yanmış gazları süpürerek dışarıya atarlar.



EmA: Emme kanalı açılıyor EmK: Emme kanalı kapanıyor
EA: Eksoz kanalı açılıyor EK: Eksoz kanalı kapanıyor
KEmA: Karterden emme kanalı açılıyor KEmK: Karterden emme kanalı kapanıyor

Şekil 1.4. Emme ve egzoz kanallarının açılıp kapanma zamanları

- İki zamanlı motorlarda, karışımın silindire dolması ve egzoz gazlarının dışarıya atılması, dört zamanlı motorlara göre, daha kısa bir sürede yapılmaktadır. Bunun sonucu olarak, silindir için iyice temizlenerek taze karışımla dolmasında etkinlik azalmaktadır. Temizleme ve dolma derecesini artırmak için kullanılan başlıca iki yöntem; “doğru akımlı” ve “çapraz akımlı” süpürme yöntemleridir (Şekil 1.5).

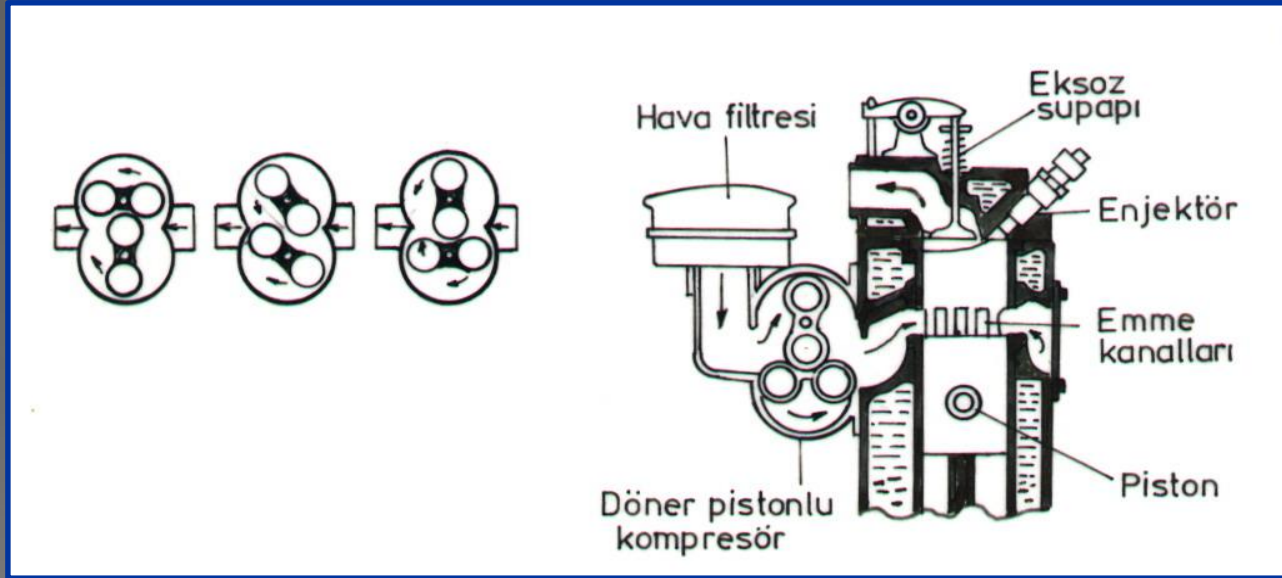


Şekil 1.5. İki zamanlı motorlarda süpürme yöntemleri;

- a. Doğru akımlı süpürme, b. Çapraz akımlı süpürme.

- Doğru akımlı süpürme yönteminde, karterden emme kanalı ile egzoz kanalı karşılıklı yerleştirilmiştir. Pistonun burunlu yapısı, emilen karışımın yanma odasına doğru hareketini sağlamakta ve yanmış gazlar adeta süpürülerek dışarıya atılmaktadır. Piston AÖN'ya indiğinde, süpürme direkt egzoz kanalına doğru olacağından, taze karışım ile yanmış gazlar az da olsa birbirine karışacaklardır.
- Çapraz akımlı süpürme yönteminde, karterden emme kanalı iki tane olup, egzoz kanalının sağına ve soluna yerleştirilmiş durumdadır. Emme kanalının yönlendirmesiyle, yakıt-hava karışımı, egzoz kanalının karşısında silindir çeperlerini yalayarak yükselir ve önüne kattığı egzoz gazlarını süpürerek, dışarıya atılmalarını sağlar. Süpürme işlemi, egzoz kanalına göre çapraz biçimde tüm silindir içini kat ettiği için, daha iyi olmakta ve yanmış gazların büyük bir oranda dışarıya atılmaları sağlanmaktadır.

İki zamanlı içten yanmalı motorlarda, silindire sadece havanın emilmesi, silindir içini temizlemede kolaylık sağlamak ve egzoz gazlarıyla kaçacak hava fazla sakınca yaratmamaktadır. Ateşleme zamanında, püskürtülen yakıtın kendiliğinden tutuşabilmesi için, dolma derecesinin iyi ve sıkıştırma oranlarının yeterli olması gerekmektedir. Bu nedenle, iki zamanlı içten yanmalı motorlarda, havanın silindirlere alınması genellikle bir kompresörden yararlanılarak sağlanmaktadır (Şekil 1.6). Bazı tiplerinde, egzoz kanalı yerine, egzoz supabı bulunabilir. İçten patlamalı motorlarda olduğu gibi, karterden yararlanarak emme yöntemini uygulayan firmalar da bulunmaktadır.

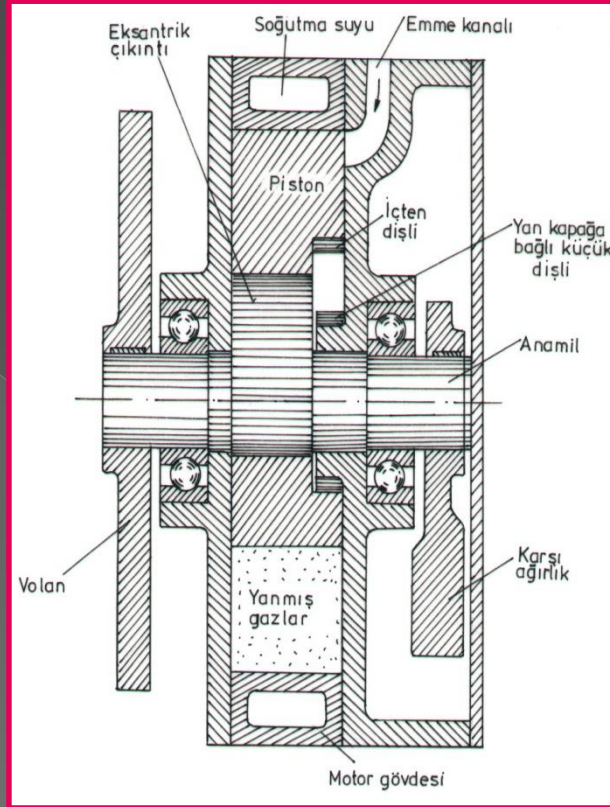


Şekil 1.6. İki zamanlı içten yanmalı motorun çalışma ilkesi.

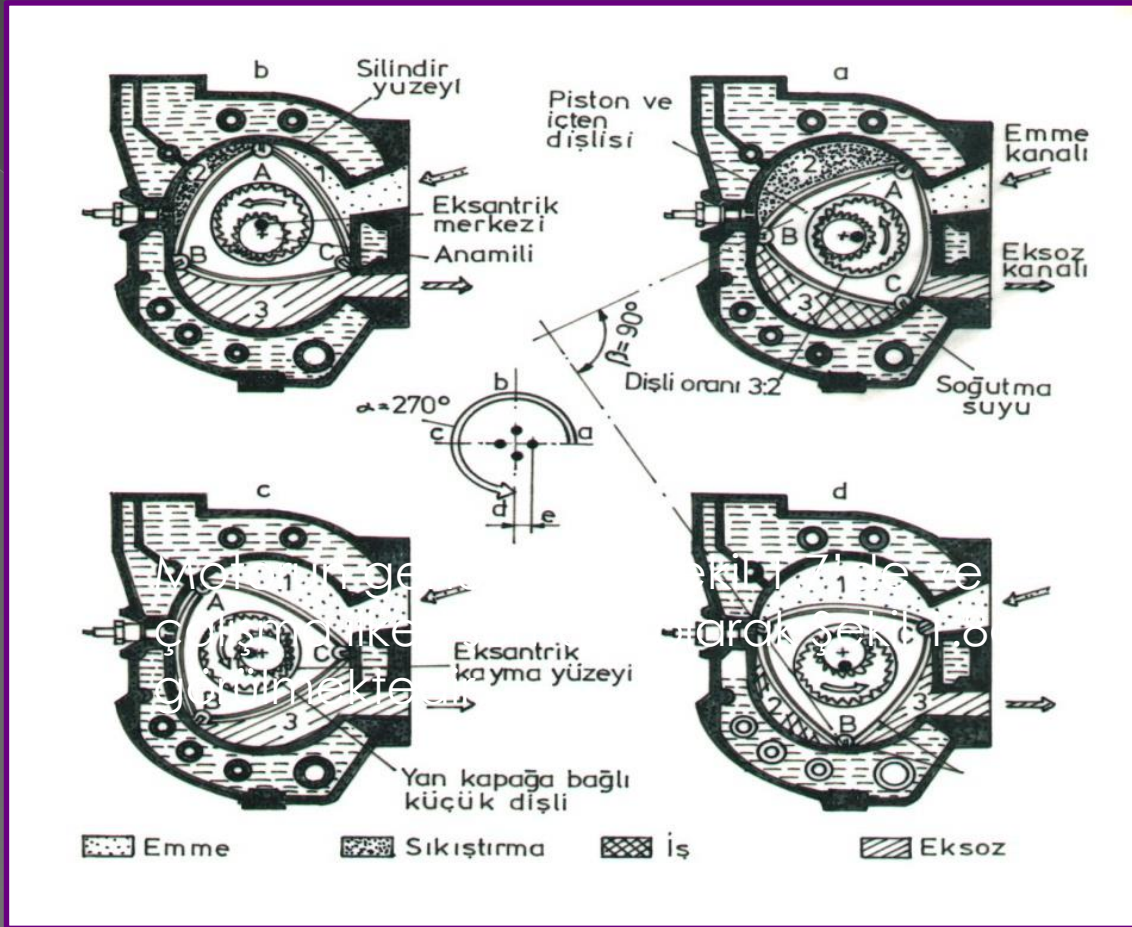
⦿ 1.6. Döner Pistonlu Motorların Çalışma İlkeleri

- ⦿ Döner pistonlu motorlara, bulucusundan dolayı Wankel motorları da denilmektedir. Bunların üstün yönleri, dört zamanlı motorlar gibi sıkıştırma yapabilmeleri ve pistonlarının sürekli dönü hareketi yaparak güç geliştirmesidir. **Alternatif (gidip-gelme) hareketi olmadığı için, darbeli çalışma ve titreşim bu motorlarda yoktur. Buna bağlı olarak, çok yüksek devirlere ulaşma olanağı da ortaya çıkmış **olmaktadır.** Üçgen prizma yapısındaki pistonun her devrinde, üç iş zamanının bulunması birim hacimden alınacak gücü artırmış ve motorların küçük yapılı olması sağlanmıştır.**

- Motorun genel yapısı Şekil 1.7'de ve çalışma ilkesi şematik olarak Şekil 1.8de görülmektedir. Üçgen kesitli piston, oval yapılı silindir içinde dönü hareketi yapmaktadır. Pistonun merkezinde bulunan içten dişli, silindir yan kapaklarına sabit olarak bağlanmış bulunan küçük dişli üzerinde yuvarlanmaktadır. Bu dişlilerin diş sayıları arasındaki oran $3/2$ olup, merkezleri birbirinden farklıdır. Şekilde (•) işareti motor mili üzerindeki eksantrik çıkıntının (pistonun) merkezini, (+) işareti ise küçük dişlinin (motor milinin) merkezini göstermektedir. Bu düzenlemeler sayesinde üçgen kesitli pistonun her bir köşesi sürekli olarak silindir yüzeyi ile temas halindedir.



Şekil 1.7. Döner pistonlu motorun genel yapısı.



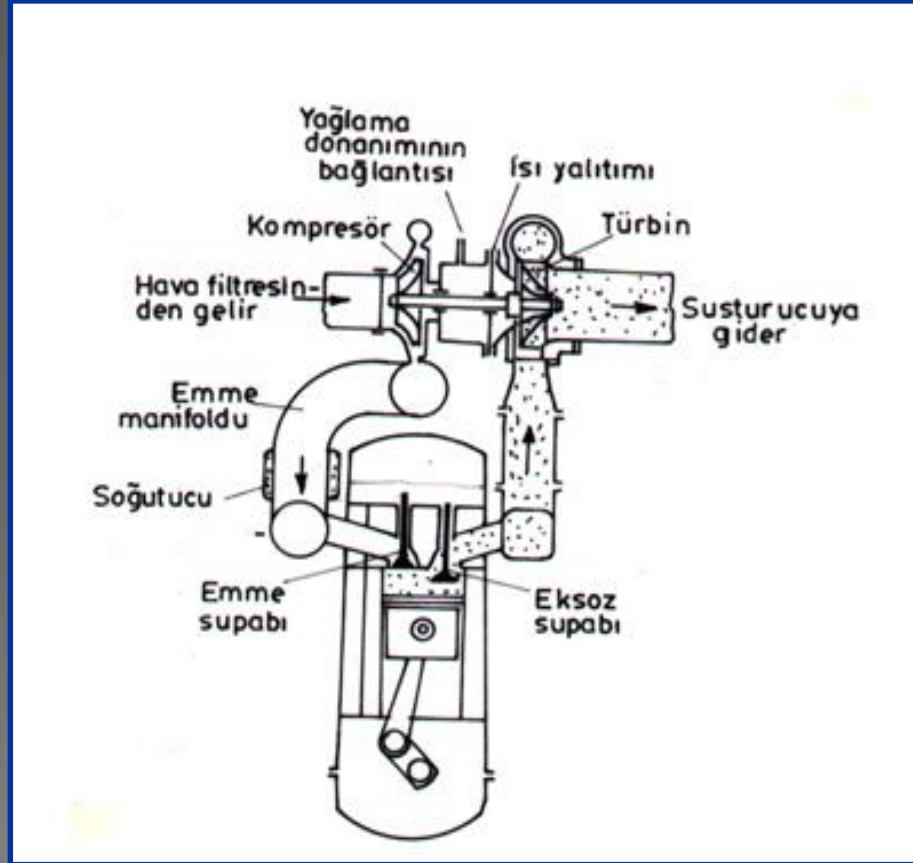
Şekil 1.8. Döner pistonlu motorun çalışma ilkesi.

1.7. Motorların Zorunlu Doldurulması

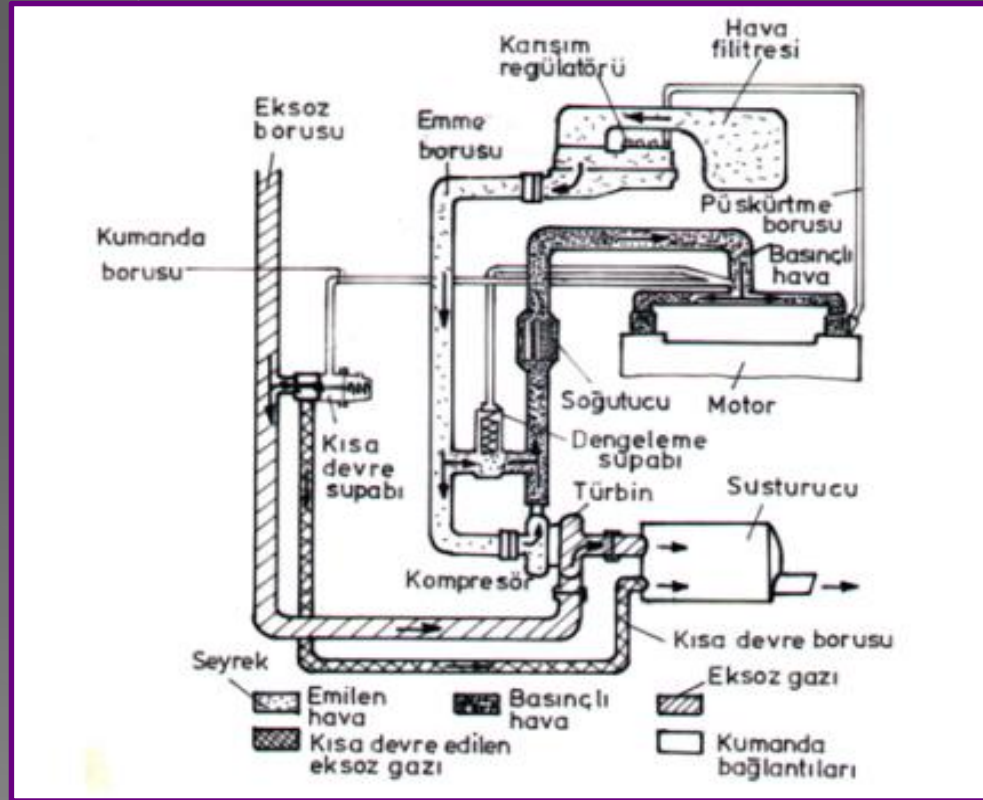
- Termik motorun gücü, yanma zamanında kullanılmak için, silindir içine emme zamanında doldurulabilen taze havaya bağlı olmaktadır. Emme zamanında silindire alınan taze dolgu miktarının, teorik olarak silindire alınabilecek dolgu miktarına oranı dolma derecesi (dolma oranı- η_L) olarak ifade edilmektedir. Dolma derecesi, doğal emişli dört zamanlı motorlarda 0,7...0,9 ve iki zamanlı motorlarda 0,5...0,7 kadardır. Zorunlu doldurmalı motorlarda ise, bu değer 1,2...1,6 arasındadır.
-
- Motor gücünü yükseltmek için, silindire alınan havayı artırmak gerekmektedir. Doğal emişli motorlarda dolma oranı düşük olduğundan, gücü artırmak için, ya devir sayısı ya da silindir hacmi artırılmalıdır. Silindir hacmini artırmak, motorun büyük yapılı ve ağır olmasına neden olmaktadır. Devir sayısının artırılması ise, aşılması gereken pek çok teknik sorunu da birlikte getirmektedir. Motorun devir sayısı ve hacmini değiştirmeden, gücünü belirli bir oranda artırmak zorunlu doldurma ile mümkündür .

- Yabancı zorunlu doldurmalı motorlarda; hava ya da hava-yakıt karışımı silindir dışında ön sıkıştırma ile depolanmaktadır. **Zorunlu doldurma, genel olarak, egzoz gazından yararlanarak ya da mekanik yöntemle bir kompresörün çalıştırılmasıyla sağlanmaktadır.** Egzoz gazı yardımıyla zorunlu doldurma (turbo-şarj) yapan motorlarda, egzoz gazı türbini çevirmektedir. Türbinin çevirdiği kompresör ise emme gazlarını manifoldta sıkıştırmaktadır. Emme manifoldu etrafından dolaştırılan soğutma suyu, ön sıkıştırma sonucu açığa çıkan ısı enerjisini ortamdan uzaklaştırarak, sıcaklığın yükselmesini engellemektedir. Böylece, silindirlerin dolma derecesi daha da yükseltilmiş olmaktadır.
- Turbo-şarj sistemi, dört ana parçadan oluşmaktadır. Bunlar; gövde, türbin, kompresör, mil ve yataklarıdır (Şekil 1.9). Türbin fanı, yüksek sıcaklıklara dayanabilen, austenit kristal yapıda dökme çelikten yapılmaktadır. Türbin fanının bağlı bulunduğu mil gövdeye yatak-landirilmiş olup, milin diğer ucunda kompresör fanı bulunmaktadır. Kompresör fanı, alüminyum alaşımlarından hassas döküm yöntemiyle imal edilmektedir.
- Türbin ve kompresör fanları aynı mil ile birbirine direkt bağlı olduklarından, devir sayıları eşit olmaktadır. Yapılarına bağlı olarak devir sayıları 50 000...240 000 d/d arasında değişmektedir. Bu yüksek devir sayıları nedeniyle, her iki, fanın da şekil, yüzey pürüzlülüğü ve balanslama gibi sorunları giderilmiş olmalıdır. Ayrıca, mil ve yataklar iyi bir biçimde, motorun basınçlı yağlama sistemiyle yağlanmalıdır.
- Türbin tarafında, egzoz gazları nedeniyle oluşan ısı enerjisinin, kompresör tarafına iletilmemesi için, araya ısı yalıtımı sağlayan bir perde yerleştirilmiştir. Türbin gövdesi dökme demirden ve kompresör gövdesi hafif metal alaşımlarından imal edilmektedir. Her iki gövde ana gövdeye civatalarla bağlanmıştır.

Turbo-şarj sistemi



- Turbo-şarj yöntemiyle zorunlu doldurma yapan bir motorda, çalışma ilkesi, Şekil 1.10' verilen şema yardımı ile açıklanabilir. Kompresör, havayı, hava filtresi, benzin püskürtme sisteminin karışım regülatörü ve emme borusu üzerinden emmekte, soğutucu ile emme manifolduna basmaktadır. Basma sisteminin motorla uyum sağlayabilmesi için, basınçlı havanın sıkıştırılma basıncının ayarlanması gerekmektedir. Bu basınç, motor tiplerine göre, atmosfer basıncının 0,4...0,8 bar kadar üstünde olmaktadır.



- Kompresörün sürekli olarak soğutucu ve emme manifolduna sıkıştırdığı havanın basıncı yükseldiğinde, kısa devre supabı ile bağlantıyı sağlayan kumanda borusunda ve supaptaki basınç da yükselmektedir. Basınç artmasıyla meydana gelen kuvvet, yay kuvvetini yendiğinde, kısa devre supabı açılmaktadır. Bu durumda, egzoz gazlarının bir kısmı türbine uğramadan susturucuya gitmektedir. Emme manifoldundaki basıncın istenen düzeye inmesiyle, kısa devre supabı tekrar kapanarak, basma hattında kararlı bir basınç düzeyi sağlanmaktadır.
-
- Motor devir sayısının hızla yükselmesi durumunda, emme manifoldunda meydana gelen düşük basınç nedeniyle, kompresör devir sayısı artma eğilimi gösterecektir. Devir sayısının kararlı kalabilmesi için, düşük basınçtan etkilenen dengeleme supabı açılmakta ve kompresörün emme hattı ile basma hattı arasında geçiş sağlanmaktadır. Böylece, kompresör devir sayısındaki belirgin değişimler engellenmiş olmaktadır.

○ Mekanik yöntemle

kompresörü çalıştırarak zorunlu doldurma yapılan motorlarda, hareket, motorun uygun bir noktasından alınmaktadır. Kompresör için gerekli gücün motordan sağlanması, bu sistemin sakıncalı yönü olmaktadır. İki ya da üç dönücü elemanı bulunan bu kompresör (Roots kompresörü) hava veya hava-yakıt karışımını, dişli pompada olduğu gibi sürekli olarak emme manifolduna pompalamaktadır (Şekil 1.11).



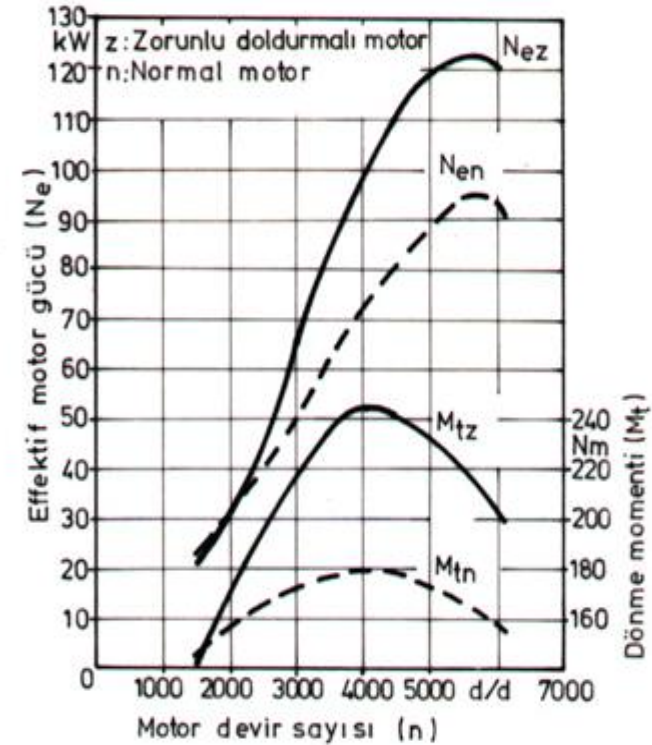
Şekil 6.49. Roots kompresörü.

- Zorunlu doldurmanın sağladığı yararlar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

1. Motor gücü ve dönme momenti yükselir.
2. Motor verimi artar, özgül yakıt tüketimi azalır.
3. Egzoz gazındaki zararlı bileşikler azalır.

○ Turbo-şarjlı motorlarda, özgül yakıt tüketimi de orta ve büyük devir sayılarında, normal emişli motorlara göre daha düşük olmaktadır. Silindirlerin iyi dolması sırasında, karışımın girdap hareketleriyle iyice karışması sonucu vuruntulu çalışma da azalmaktadır. Egzoz gazlarındaki zararlı artıklar zorunlu doldurmalı motorlarda daha düşük oranlardadır. Turbo-şarjlı sistemlerde, egzoz gazı yolundaki türbin bir ön susturucu görevi yaparak, gürültü düzeyini düşürmektedir.

- **Normal emişli motorlarda, yüksekliğe bağlı güç düşmesi**, her 1000 m başına % 10 dolayında iken, zorunlu doldurmalı motorlarda bu oran % 1...2 kadar olmaktadır. Motordan alınacak gücün, zorunlu doldurma ile daha da artırılmasını, motor elemanlarının termik ve mekanik zorlanmaları sınırlamaktadır.



Motorlar ve Traktörler Dersi Prof. Dr. Ayten
ONURBAŞ AVCIOĞLU