

# UCK 421 - Tepki ile Tahrik

2. Hafta

## Gaz Türbinli Uçak Motorları

- İtki Denklemi
- Gaz Türbinli Motor Bileşenleri
  - Alıklar
    - Sesaltı
    - Sesüstü
  - Kompresörler
    - Merkezcil
    - Eksenel
  - Yanma Odası
  - Türbinler
    - Impuls
    - Reaksiyon
  - Çıkış lülesi
    - Yakınsak lüle
    - Yakınsak-İraksak lüle
  - İtki arttırımı
    - Su ekleme
    - Ardyanma
- Brayton Çevrimi
- Uçak Motor Tasarımı

# İtki Denklemi

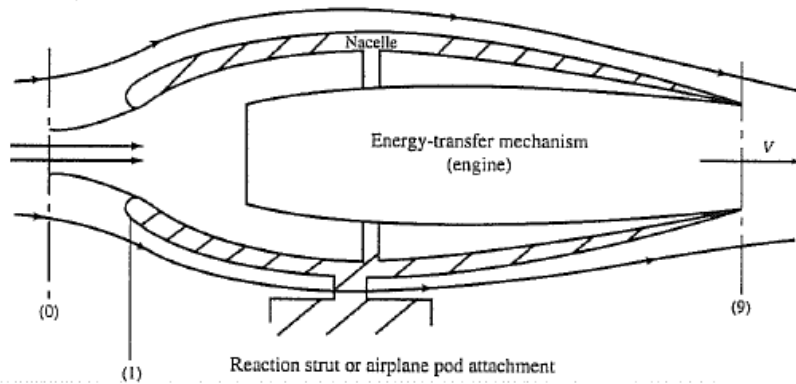


FIGURE 4-1  
Propulsion system.

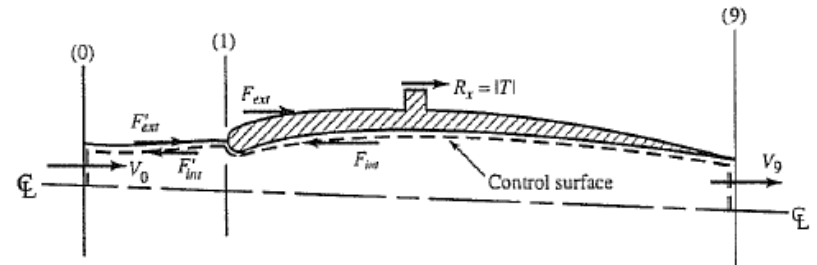


FIGURE 4-2  
Forces on propulsion system.

The installed engine thrust  $T$  is then

$$\text{Shear force in strut of Fig. 4-1} = T = F_{\text{int}} - F_{\text{ext}}$$

$$= F_{\text{int}} + F'_{\text{int}} - (F_{\text{ext}} + F'_{\text{ext}})$$

# İtki Denklemi

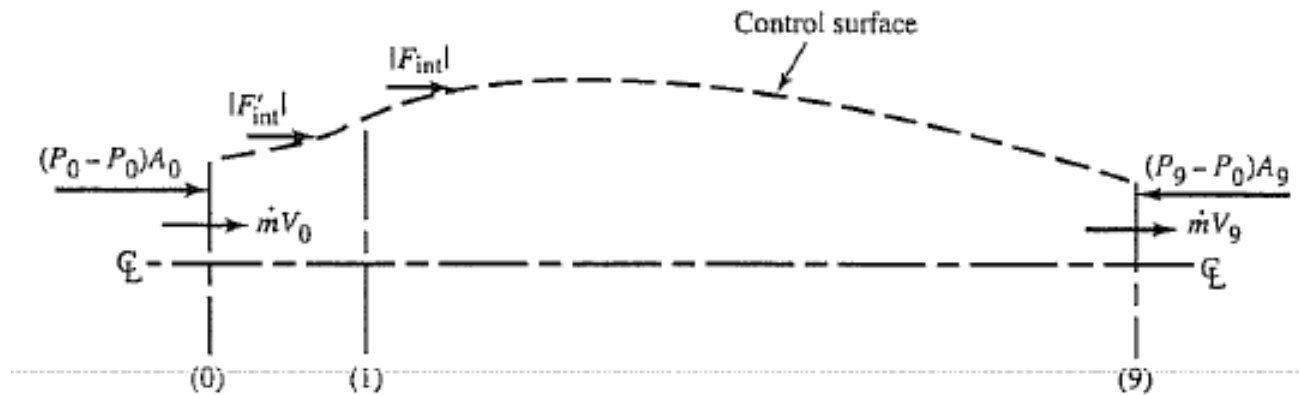


FIGURE 4-3

$$\text{Uninstalled engine thrust } F = \frac{\dot{m}_9 V_9 - \dot{m}_0 V_0}{g_c} + (P_9 - P_0)A_9$$

# Motor Bileşenleri-Alık

- Alık motora giren hava hızını kompresöre uygun düzeye düşürür.
- Hız düşerken basınç artar: Sıkıştırma süreci
- Alığın tasarımı ve çalışması sıkıştırma sürecinin verimi, alığın dış sürüklemesi ve alığa giren kütle debisi ile tanımlanır.
- Alığın tasarımı ve çalışması giren havanın sesüstü veya sesaltı oluşuna göre değişir.
- Sıkıştırma şok dalgaları ile olursa verim düşer.
- Sesaltı akışta sıkıştırma oldukça verimlidir.

## Sesaltı Alık:

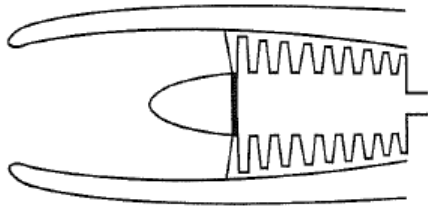


FIGURE 4-9  
Subsonic inlet.

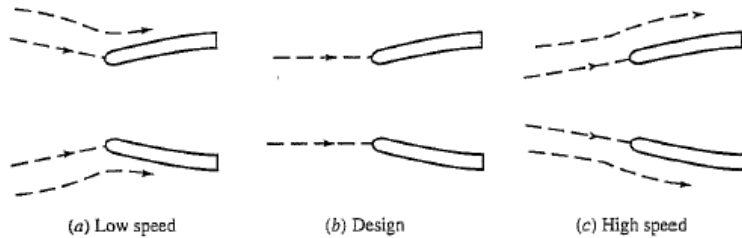


FIGURE 4-10  
Subsonic inlet flow patterns.

## Sesüstü Alık:

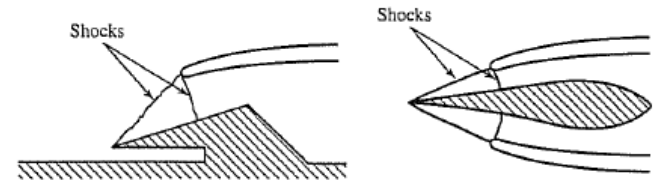
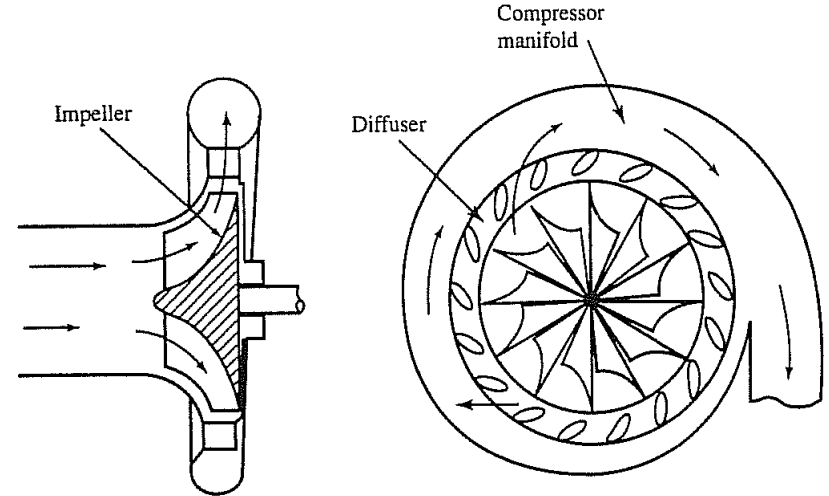


FIGURE 4-11  
Supersonic inlets.

# Motor Bileşenleri-Kompresör

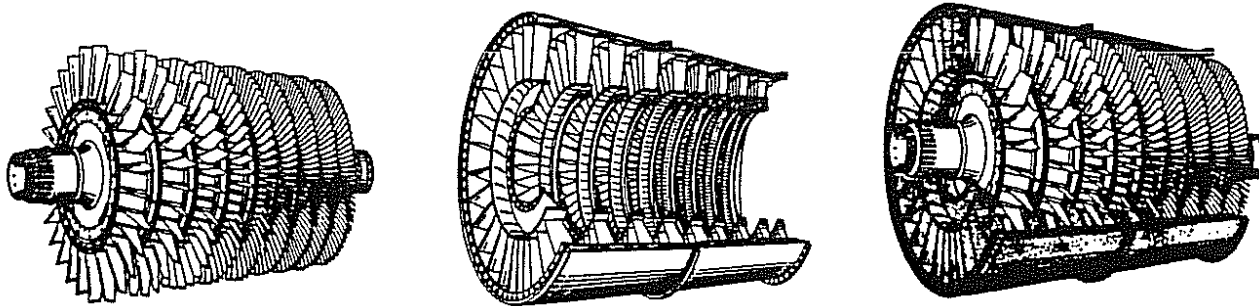
- Kompresörün işlevi gelen havanın basıncını artırarak yanma ve güç çekme sürecinin daha verimli olmasını sağlamaktır.
- Basınç artarken hacim küçülür, böylece hava-yakıt karışımı daha küçük bir hacimde yakılabilir.
- **Santrifüj Kompresör:**
- Üç bileşeni vardır:
  - İtici Pervane (impeller)
  - Difüzör
  - Kompresör manifoldu
- Hava pervanenin dönüş hareketi ile hızlandırılır ve sonra difüzörde yayılarak yavaşlatılır ve basıncı artırılır.
- Difüzörde düzleşen akım manifoldda toplanarak yanma odasına gönderilir.
- Tek kademeli santrifüj kompresörün verimi düşüktür.
- En yüksek sıkıştırma oranı 4:1 ya da 5:1'dir
- Çok kademeli santrifüj kompresörlerin verimleri biraz daha iyidir.



# Motor Bileşenleri-Kompresör

## Eksenel Kompresör:

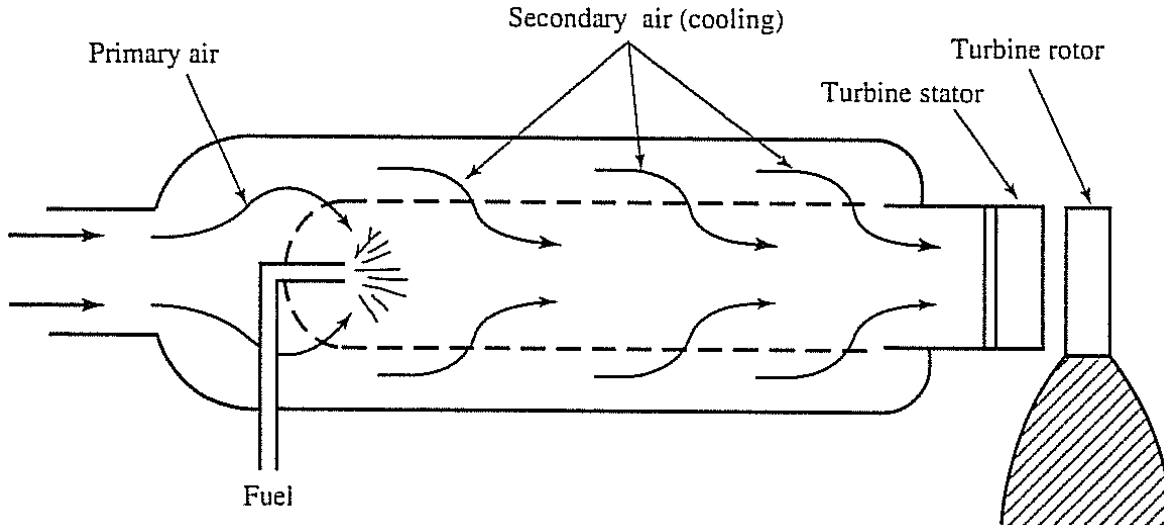
- Hava sırayla dönen rotor kanatları ve duran stator kanatları arasından eksenel yönde akar.
- Her bir rotor ve stator kanadı seti bir kademeyi oluşturur.
- Akış yönünde akışın kesit alanı azalır. Kesit azaldıkça yoğunluk artar.
- Her kademe küçük bir sıkıştırma oranı sağlar: 1.1:1 veya 1.2:1 gibi



- Yüksek sıkıştırma oranları için çok kademe kullanmak gerekir.
- Eksenel kompresörler daha küçüktür ve santrifüj kompresörden daha düşük bir ön yüzey alanına sahiptir.
- En yüksek verim için kompresör sabit eksenel hızda çalışır.
- Daha fazla esneklik ve her kademenin daha düzgün yüklenmesi açısından yüksek sıkıştırma oranlı kompresörlerde iki farklı dönüş hızı olan ikili kompresör kullanılır.

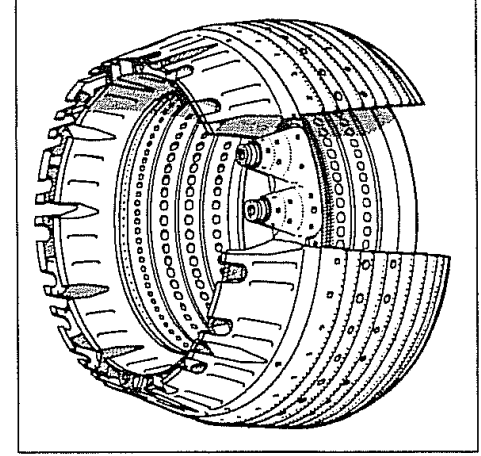
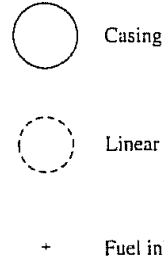
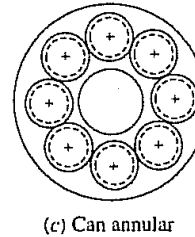
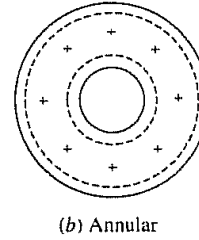
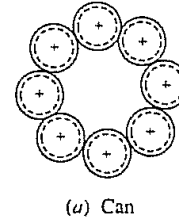
# Motor Bileşenleri -Yanma Odası

- Yanma odası hava-yakıt karışımını yakmak ve açığa çıkan gazları sabit sıcaklıkta türbine göndermek üzere tasarlanır.
- Gaz sıcaklığı, türbinin izin verilen yapısal sıcaklığını aşmamalıdır.
- Yanma odasına giren havanın toplam hacminin yarısından azı yakıt ile karışır ve yakılır.
- Geriye kalan hava ya sadece ısıtılır ya da yanma ürünlerini ya da odanın yüzeylerini soğutmak için kullanıldığı düşünülür.
- Hava yakıt oranı motor tiplerine göre ağırlık bakımından 30 ya da 60 birim havaya karşılık 1 birim yakıt olarak değişir.
- Yeni tasarım motorlarda ortalama oran 40:1'dir. Ancak sadece 40'ın 15'i yanma işleminde kullanılır.

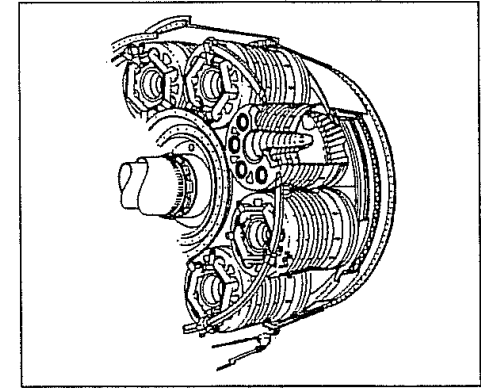


# Motor Bileşenleri -Yanma Odası

- Yanma odası tipleri şu biçimlerde olabilir:
  - KONSERVE KUTUSU
  - HALKA
  - KUTU-HALKA
- İyi bir yanma odası tasarımında geçen gazların basınç kaybı en az olmalıdır.
- Yanma verimi yüksek olmalıdır.
- Yanma odasının patlama ya da alevlenme meyilimi olmamalıdır.
- Yanma tamamen yanma odası içinde gerçekleşmelidir.



Typical annular-type combustion chamber

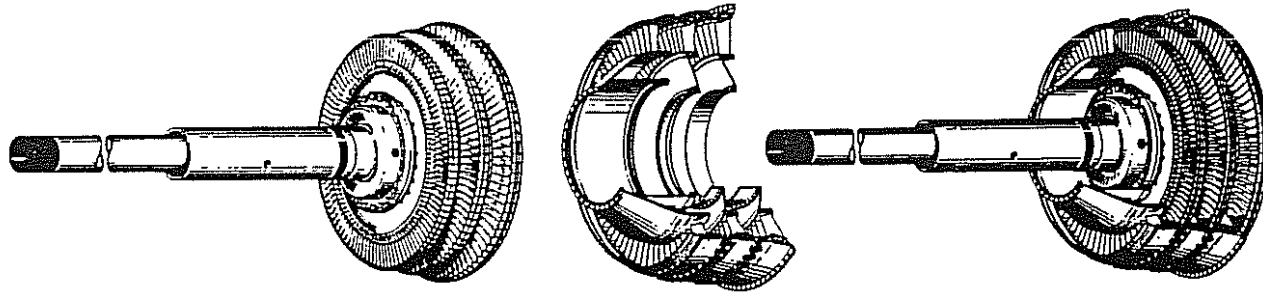


Typical can-annular-type combustion chamber



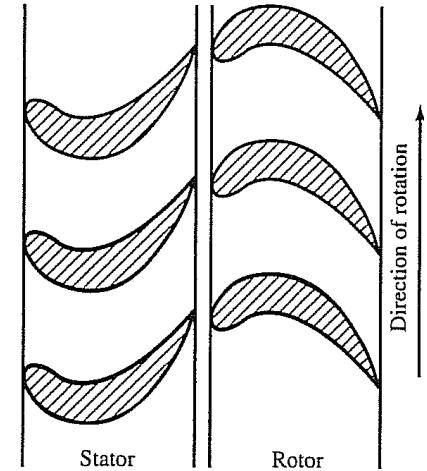
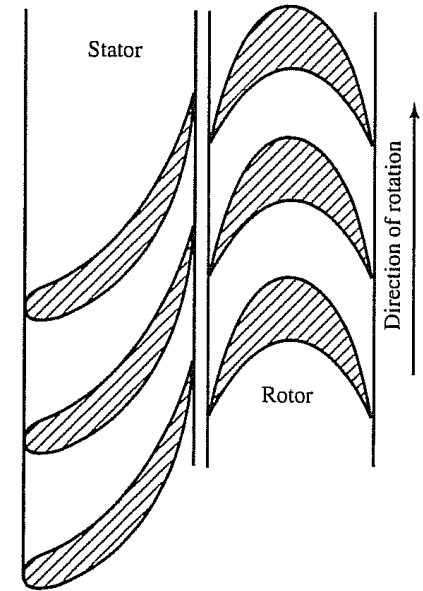
# Motor Bileşenleri -Türbinler

- Türbin yanma odasından çıkarak genişleyen gazdaki kinetik enerjiyi alır.
- Kinetik enerji kompresörü ve aksesuarları tahrik etmek için gerekli mil gücüne çevrilir.
- Yanmadan elde edilen enerjinin yaklaşık dörtte üçü kompresörü çalıştırmak için kullanılır.
- Eksenel akış türbininde bir türbin çark rotoru ve bir set sabit kanatlı stator bulunur.
- Stator kanatçıkları belli bir açıda yerleştirilmişlerdir ve gazları türbin çarkının kanatçıklarına boşaltan küçük lüle görevi yaparlar.
- Rotora çıkış yapan gazlar kinetik enerjinin mekanik mil enerjisine dönüşmesini sağlar.
- Eksenel kompresör gibi eksenel türbin de kademelidir.
- Genelde türbinde kompresör kademesinden daha az kademe vardır.



# Motor Bileşenleri -Türbinler

- Türbin Tipleri:
  - Darbe Türbini:
    - Rotorun bağıl çıkış hızı bağıl giriş hızına eşittir.
    - Rotorun girişi ve çıkışı arasında net basınç farkı yoktur.
    - Bu türbinin stator lüleleri çıkan gazların basıncını düşürüp hızını artıracak geçişler oluşturacak biçimde şekillendirilmişlerdir.
  - Reaksiyon Türbini
    - Bu türbinde rotor kanatları arasındaki geçişlerde rotordan bağıl çıkış hızı artar ve basınç azalır.
    - Reaksiyon türbini stator lüle geçişleri akışın yönünü neredeyse hiç değiştirmez.
- Türbin tasarımında (1) milin dönüş hızı, (2) gazın debisi, (3) giriş ve çıkış sıcaklıkları, (4) giriş ve çıkış basınçları, (5) çıkış hızı, (6) gerekli güç çıkışı gibi parametreler göz önüne alınmalıdır.



# Motor Bileşenleri –Egzost Lülesi

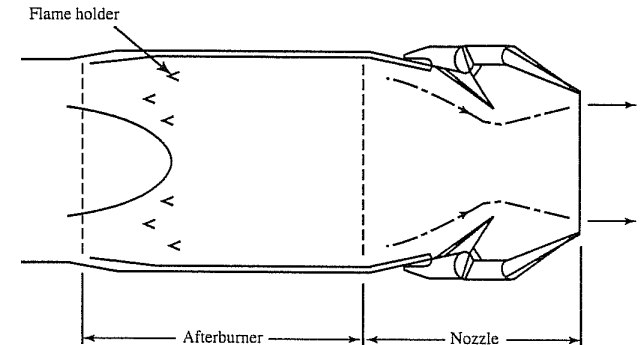
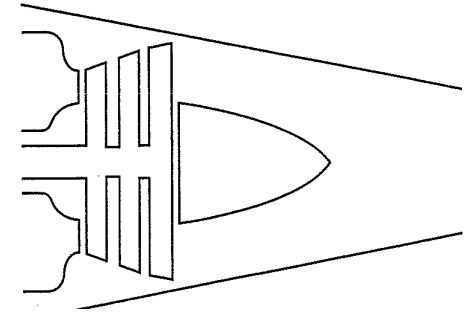
- Egzost lülesinin amacı lüleden çıkmadan önce gazın hızını artırmak ve türbinden gelen gaz akışını toplayıp düzeltmektir.
- Yüksek itki etmek için yüksek çıkış hızı gerekir. Lüle gazı genişletip basıncı düşürerek bu yüksek hızı sağlar.
- Lüle üzerindeki basınç oranı genişleme sürecini belirler. Maksimum itki çıkış basıncı ortam basıncına eşit olduğunda elde edilir.
- Jet motorlarında genelde iki tip lüle kullanılır: Daralan lüle ve daralan-genişleyen lüle

## Daralan lüle:

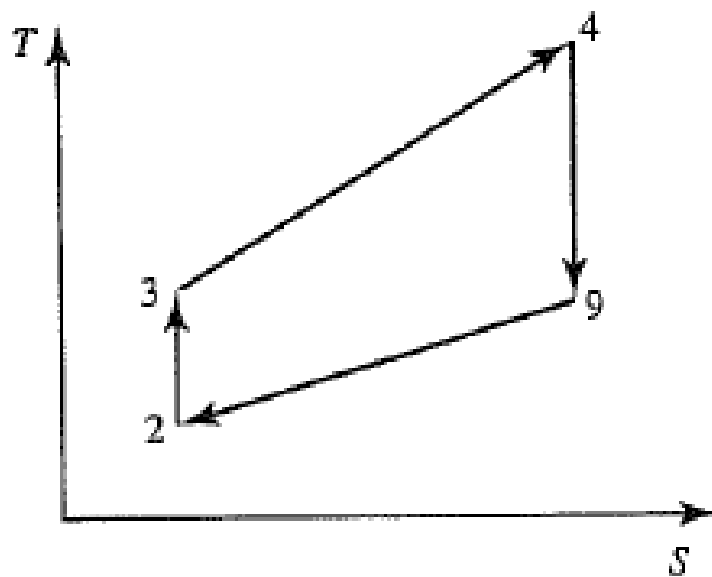
- Lüle basınç oranı düşük olduğunda kullanılır.
- Genelde sesaltı uçaklar için düşük tepkili motorlarda kullanılır.

## Daralan-genişleyen lüle:

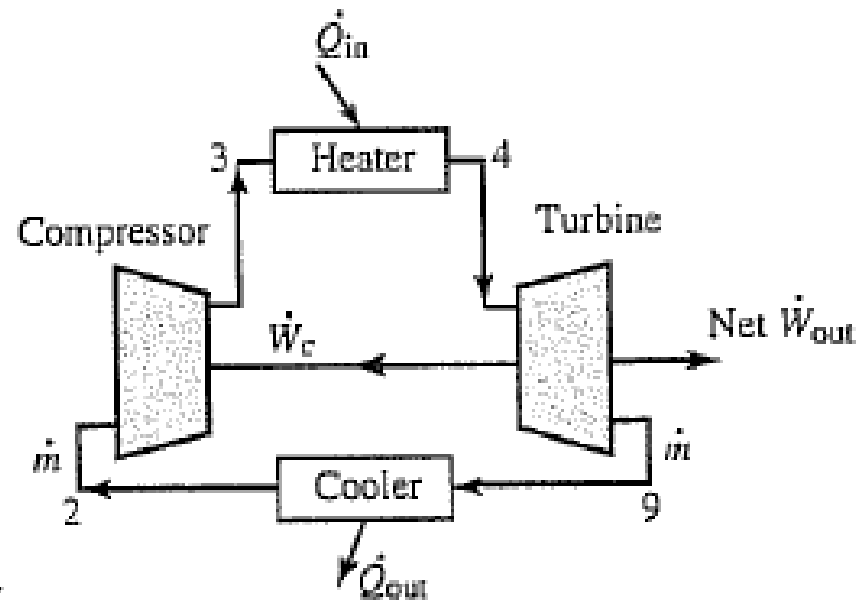
- Bu lülelerde minimum alanı oluşturan bir boğaz kesiti bulunur.
- Sesüstü uçaklarda kullanılır ve geometrisi değiştirilebilen tipleri vardır.
- Yüksek basınç oranı durumlarında kullanılır.



# Brayton Çevrimi

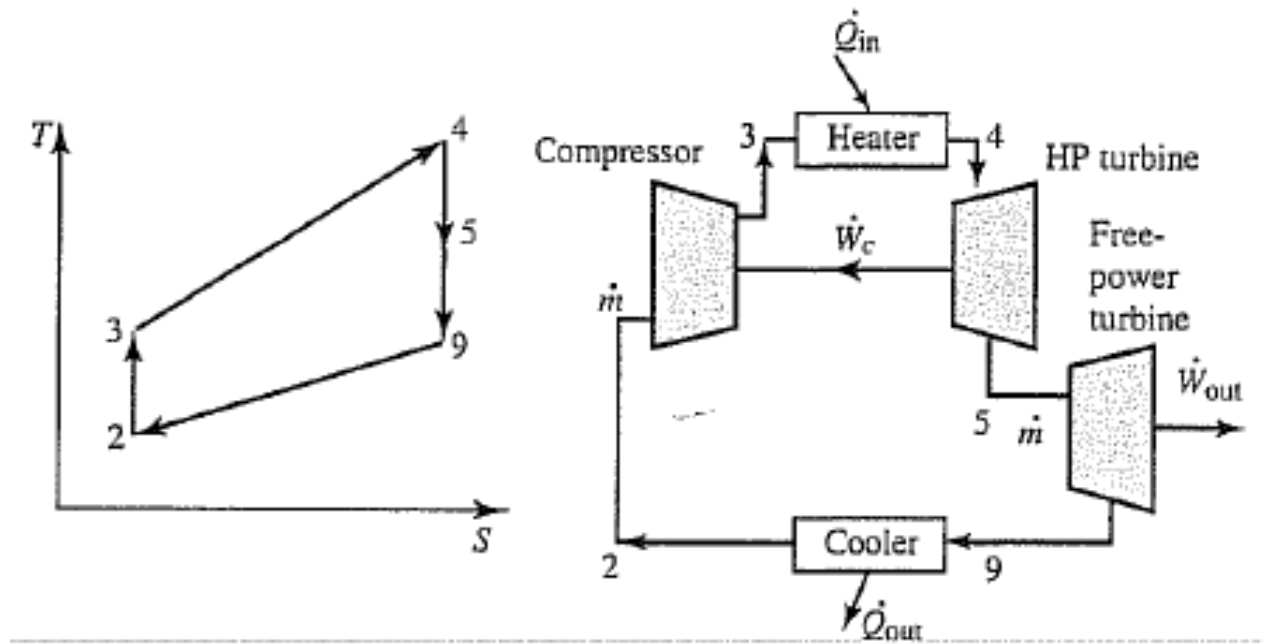


(a)

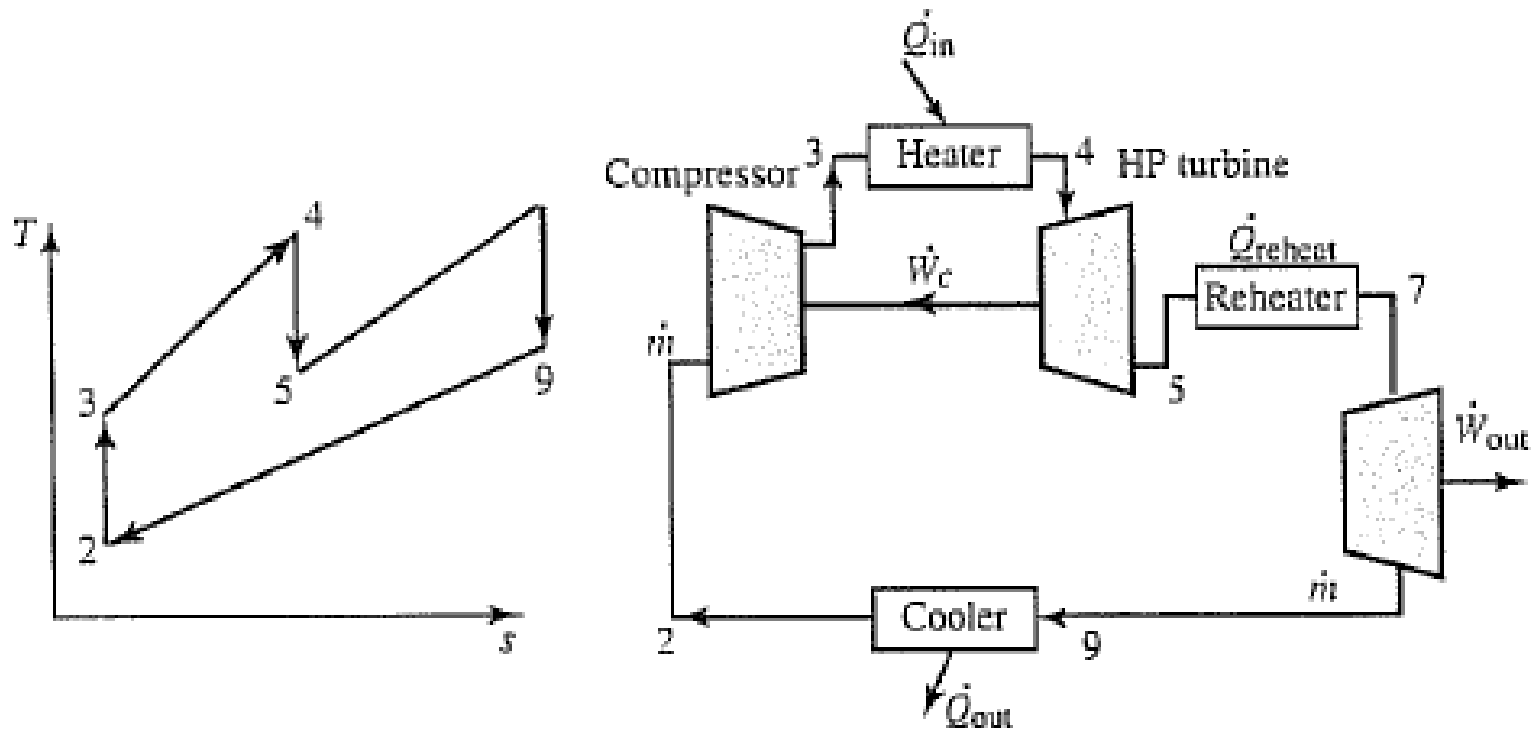


(b)

# Serbest Türbinli Brayton Çevrimi



# Ara Isıtmalı Brayton Çevrimi



**FIGURE 4-25**  
Brayton cycle with reheat.

# Rejenerasyonlu Brayton Çevrimi

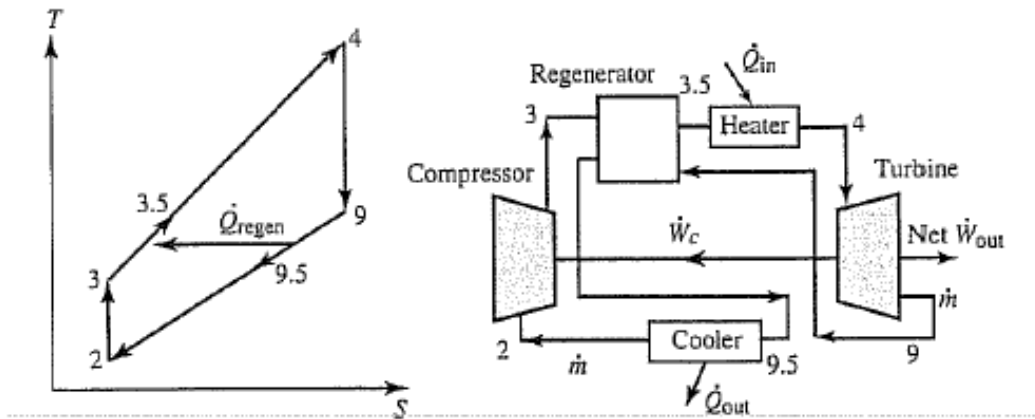


FIGURE 4-26

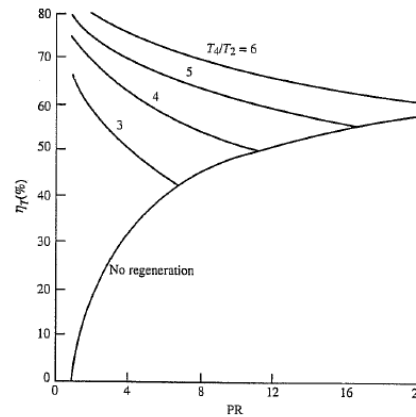
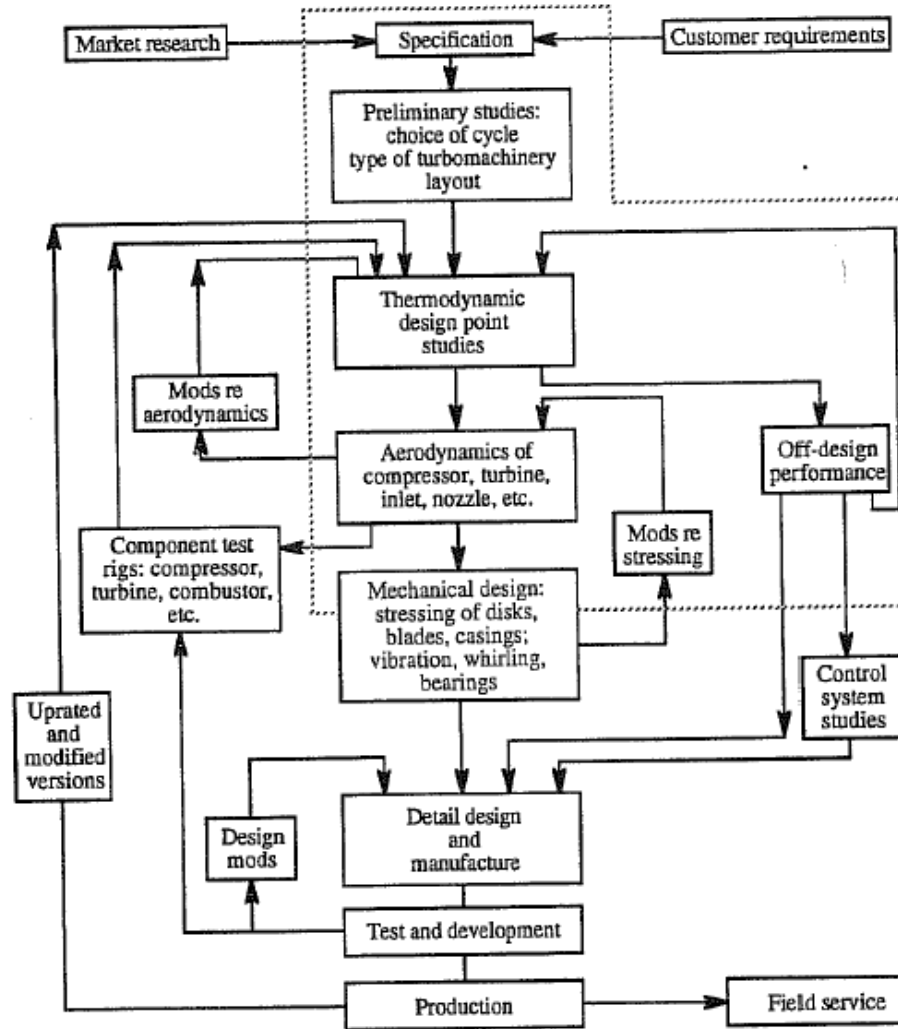


FIGURE 4-27  
Thermal efficiency of ideal Brayton cycle with regeneration.

# Tipik Motor Tasarım Süreci



**FIGURE 4-28**  
Typical aircraft gas turbine design procedure.