



Ekolojik, Ekonomik ve Sosyal Sürdürülebilirlik İçin

istanbul Gelişim Üniversitesi

www.gelisim.edu.tr

[f](#) gelisimedu [@](#) igugelisim

Uçak Bakım ve Onarım Bölümü



Gaz Türbinli Motorlar ve Uygulamaları -1

Week : 6'ncı Hafta

Instructor : Assist. Prof. Dr. Tamer Saraçyakupoğlu

E-Mail: tsaracyakupoglu@gelisim.edu.tr

Mobile: 0 532 130 18 80



Gaz Türbinli Motorlar ve Uygulamaları 6'ncı Hafta

Assist. Prof. Dr. Tamer SARAÇYAKUPOĞLU

Dr. Tamer SARAÇYAKUPOĞLU

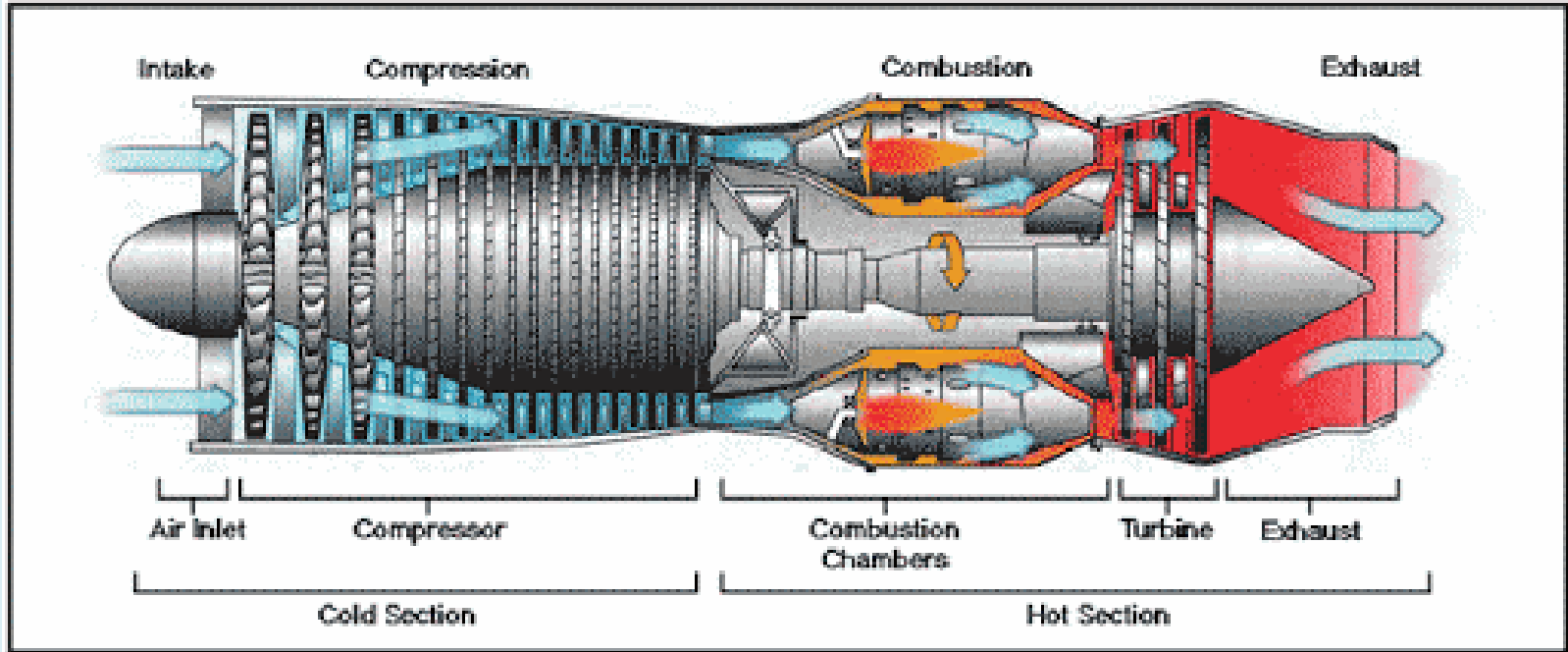
Yanma Bölmesi

Yanma Odalarının Prensipleri

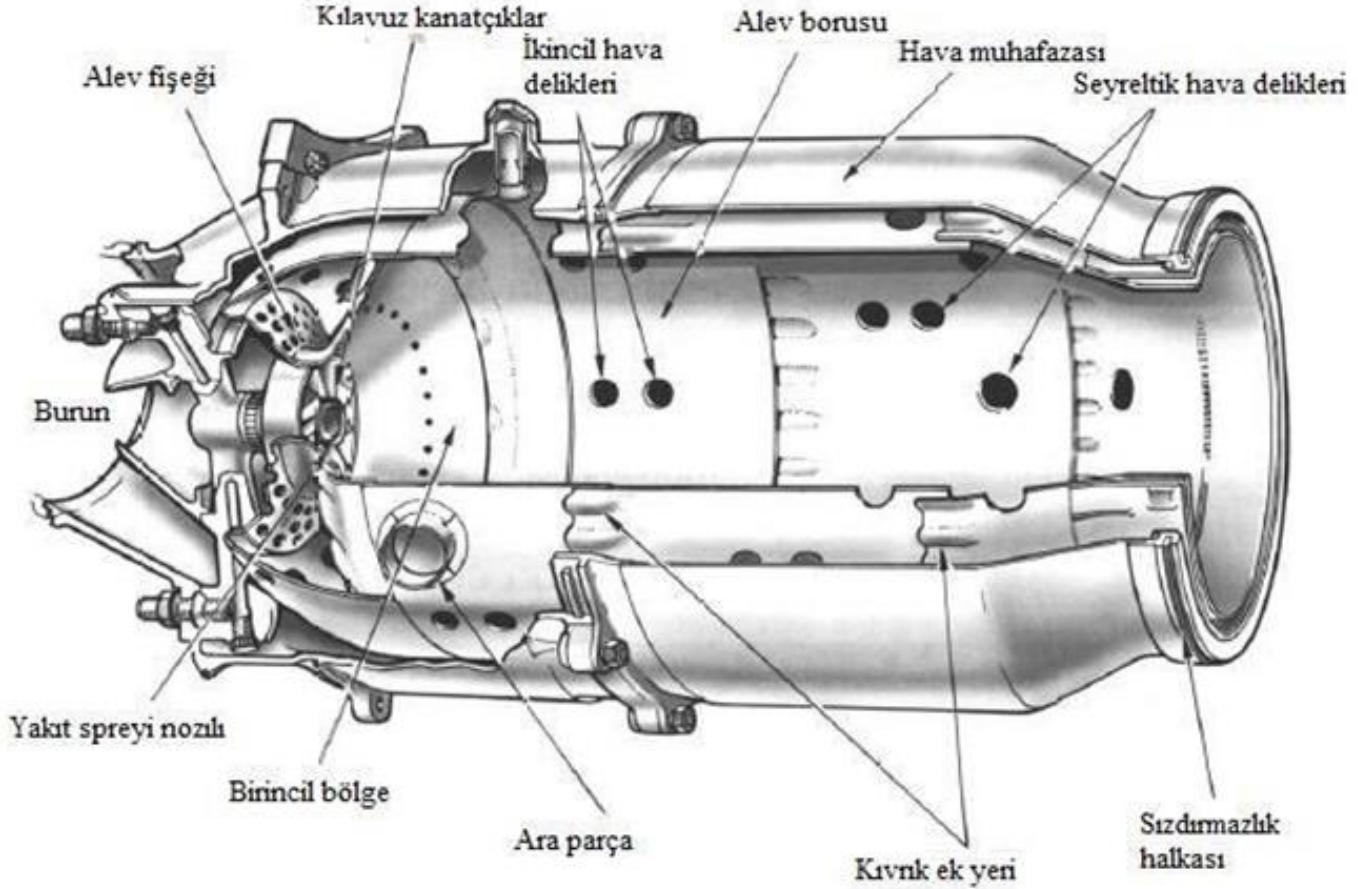
Yanma Odasının Görevi

Yanma odasının yakıt püskürtme memelerinden sağlanan büyük miktarlarda yakıtı kompresörden sağlanan büyük hacimli havayla yakma gibi zor bir görevi vardır.

Türbin tarafından gerek duyulan tüm koşullarda özdeş halde ısıtılmış pürüzsüz bir gaz akımı vermek için havayı genişletip ivmelendirecek bir şekilde ısı yaymalıdır. Bu görev basınçta minimum kayıpla ve mevcut sınırlı alan için maksimum ısı yayımıyla gerçekleştirilmelidir.



Yanma Bölmesi



Tipik Yanma Odası

Yanma Odasının Görevi (Devam)

Havaya eklenen yakıt miktarı basınçta istenen artışa bağlı olacaktır. Fakat maksimum sıcaklık türbin palalarının ve nozulların yapıldığı malzemelerle 850°C ila 1,700°C aralığında sınırlandırılır. Hava zaten sıkıştırma esnasında yapılan işle 200°C ve 550°C arasına ısıtılmış olur.

Bu, yanma işleminden 650°C ila 1,150°C bir sıcaklık artışı gerekliliğini doğurur. Türbinde gerek duyulan gaz sıcaklığı motor itkisiyle değiştiğinden (Ve turboprop motorda, gerekli güce bağlıdır) yanma odası geniş bir motor çalışma koşulları aralığında dengeli ve verimli yanmayı da sürdürmelidir.

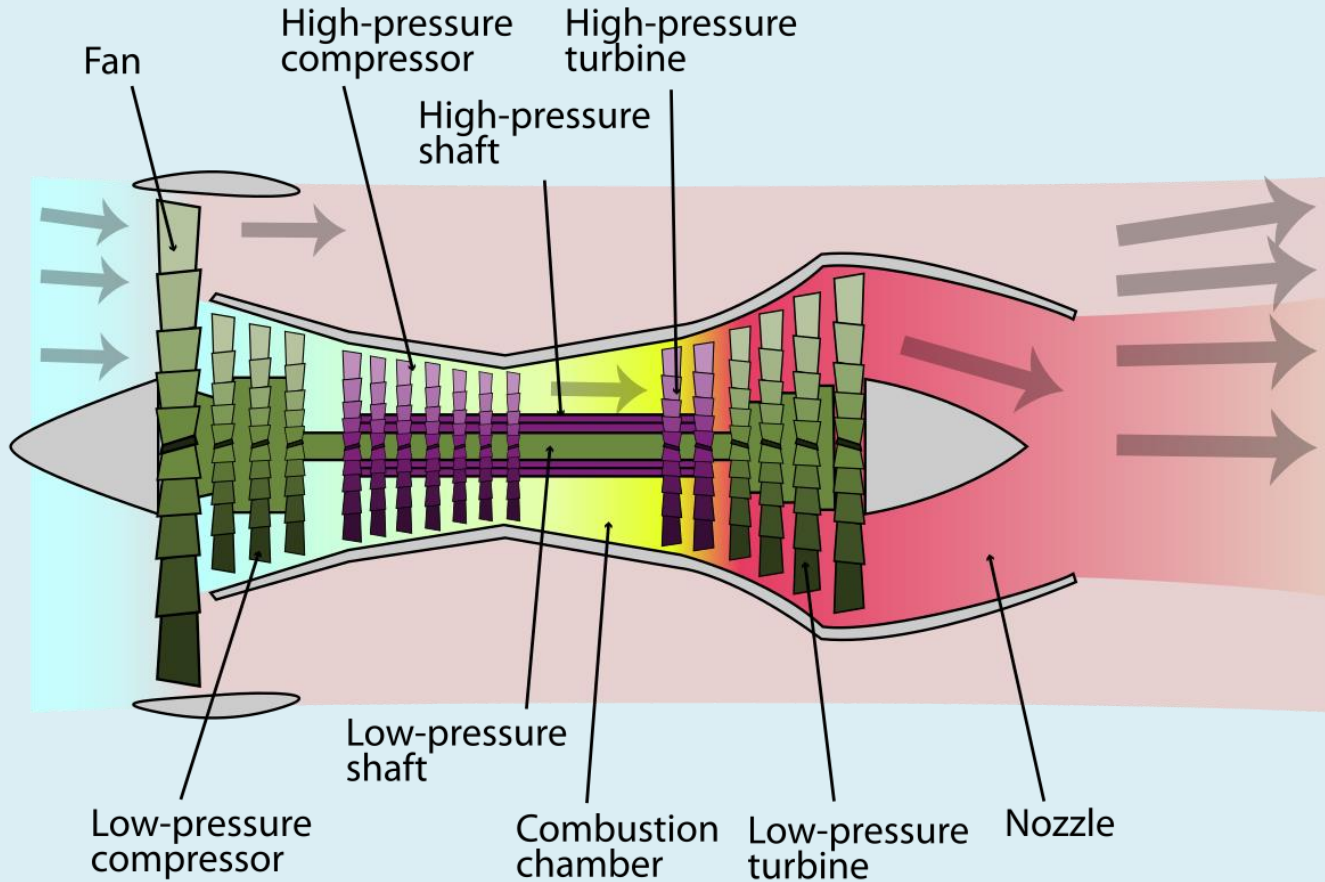
Yanma İşlemi

Motor kompresöründen gelen hava saniyede 500 feet (152 m/s)'e kadar bir hızda yanma odasına girer. Bu hızda, yanma için hava hızının çok fazla olmasından ötürü odanın yapması gereken ilk şey onu dağıtmaktır, yani yavaşlatmak ve statik basıncını artırmak.

Normal karışım oranlarında kerozenin yanma hızı saniyede sadece birkaç feet olduğundan dağıtılan hava akımı içerisindeki herhangi yakıt küfesi bile(günümüzde saniyede yaklaşık 80 feet bir hıza sahip) uçar. Bu yüzden odada düşük aksenal hızlı bir bölge oluşturulmalıdır, öyle ki motor çalışma koşulları aralığı boyunca alev yanıyor halde kalsın.

Yanma İşlemi

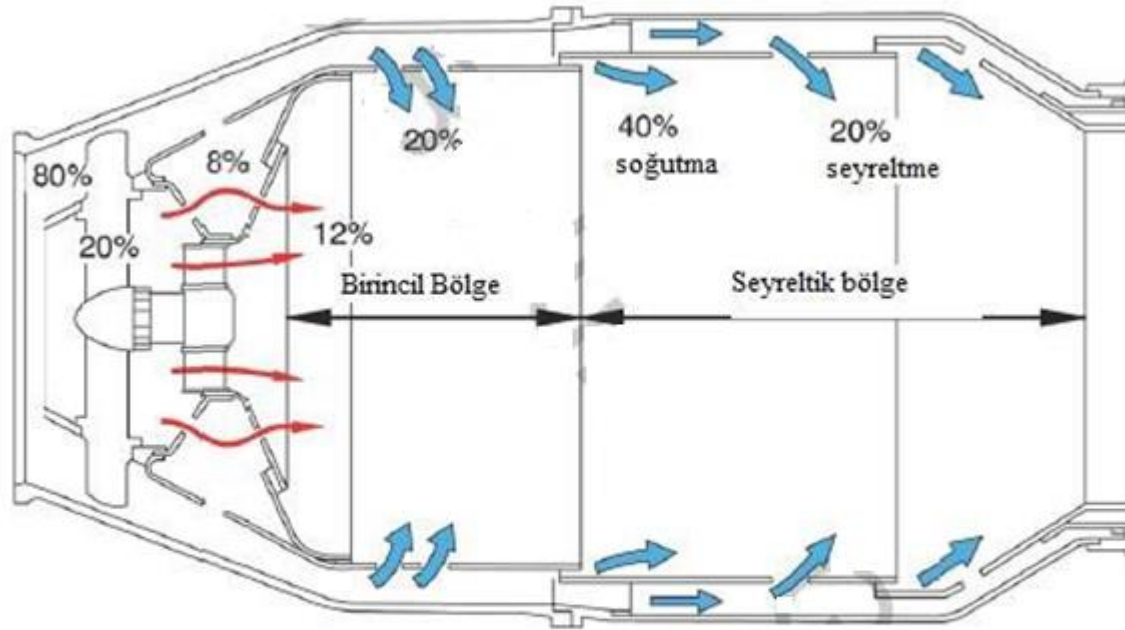
Normal çalışmada, bir yanma odasının tüm hava/yakıt oranı 45:1 ve 130:1 arasında değişebilir. Kerozen sadece 15:1 oranında verimli yanacaktır. Bu yüzden yakıt, odanın birincil yanma bölgesi olarak isimlendirilen yerine giren havanın sadece bir kısmıyla yakılmalıdır. Bu, oda boyunca hava akımı dağılımını ölçmek için çeşitli aletlere sahip bir alev borusuyla(yanma gömleği) sağlanır.



Yanma İşlemi

Burunla(giriş kısmı) kütle hava akışının yaklaşık 20%'si alınır. Burnun hemen altında, arasından birincil yanma bölgesine havanın geçtiği girdap kanatçıkları ve gözenekli bir fişek vardır.

Türbülanslı hava alev borusunun merkezinin üstüne doğru bir akışa neden olur ve istenen devri daimi teşvik eder. Burnunla düzeltilemeyen hava alev borusu ve hava kutusu arasındaki dairesel boşluğa akar.

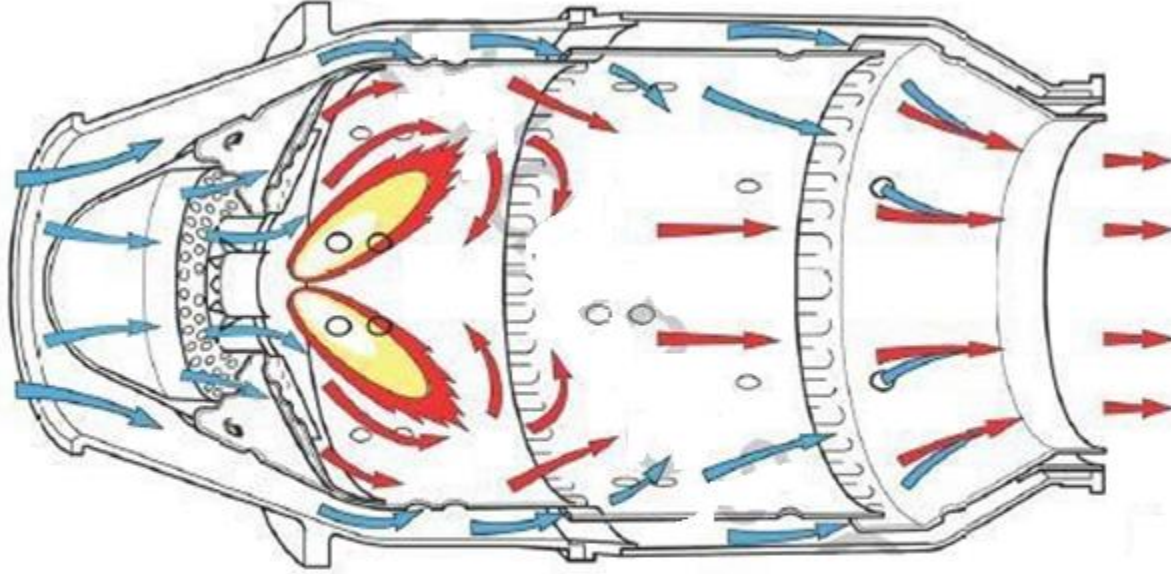


Bir Yanma Odasındaki Hava Akışı

Yanma İşlemi

Alev borusu gövdesinin duvarı boyunca (yanma bölgesine komşu) ana hava akışının 20%'den fazlasının birincil bölgeye üzerinden geçtiği istenen bir sayıda ikincil delik vardır.

Girdap kanatçıklarından ve ikincil hava deliklerinden çıkan hava düşük hızlı bir devri daim bölgesi yaratır ve etkiler. Bu, alevi dengelemede ve sabitlemede etkiye sahip bir duman halkasıyla benzer, halka şeklinde bir vorteks şeklini alır. Devri daim edilen gazlar hızlı bir şekilde ateşleme sıcaklığına taşıyarak henüz püskürtülmüş yakıt damlacıklarının yakılmasını hızlandırır.

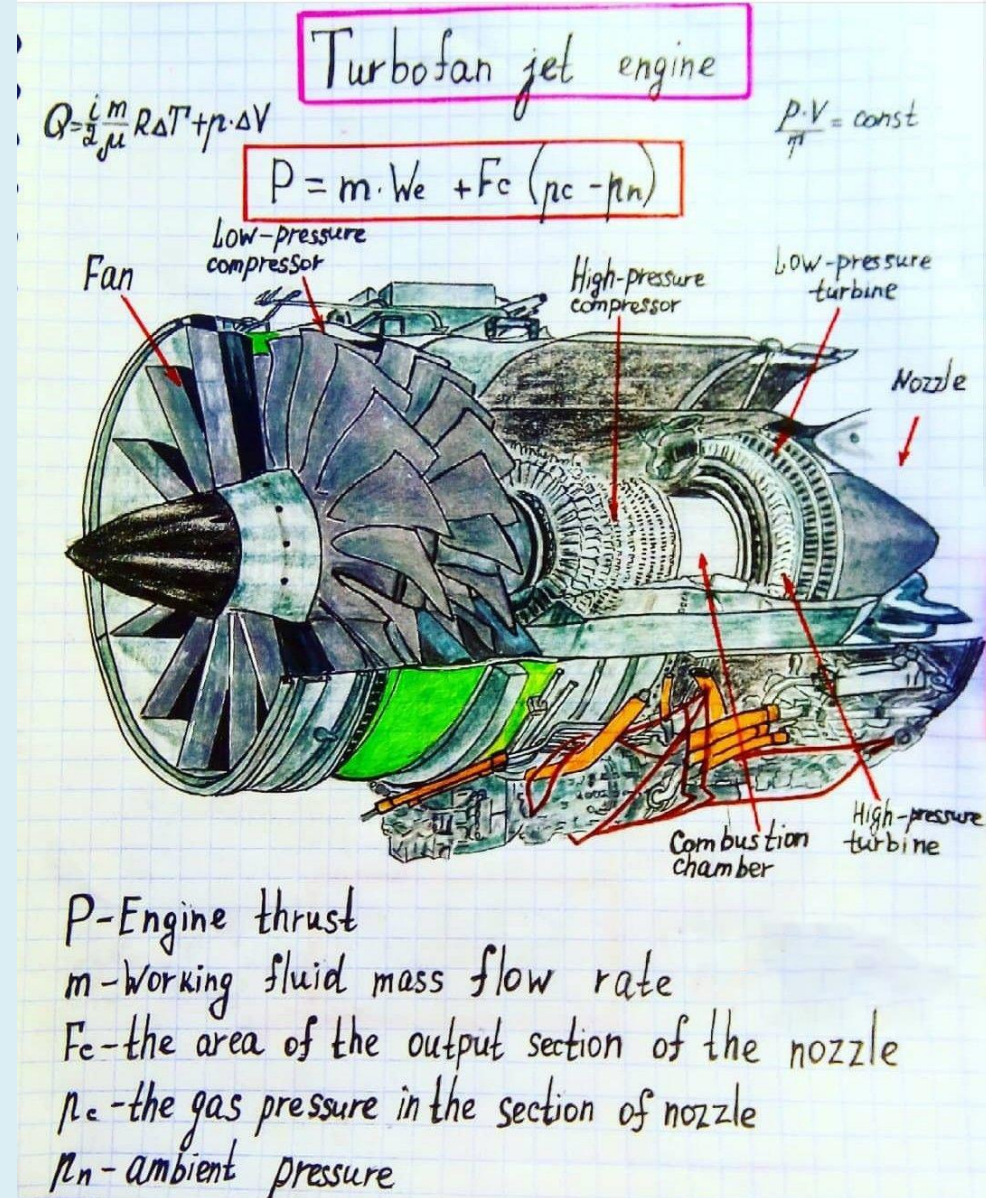


Alev Dengelenmesi ve Hava Akışı Örneği

Yanma İşlemi

Konik yakıt spreynin devri daim girdabıyla merkezde kesişmesi ayarlanır.

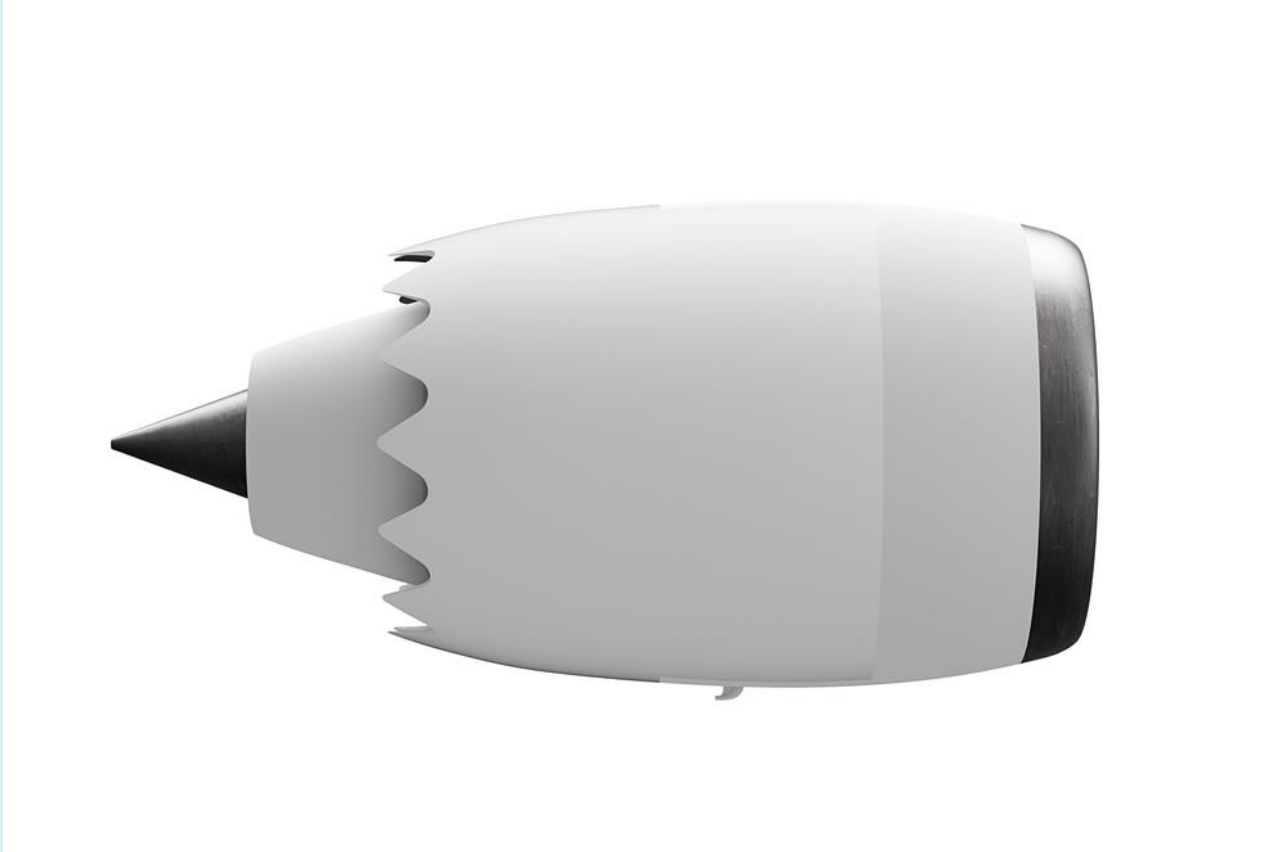
Bu olay, birincil bölgedeki genel türbülansla birlikte, yakıtın ayrılmasına ve gelen havayla karıştırılmasını büyük ölçüde yardımcıdır.



Yanma İşlemi

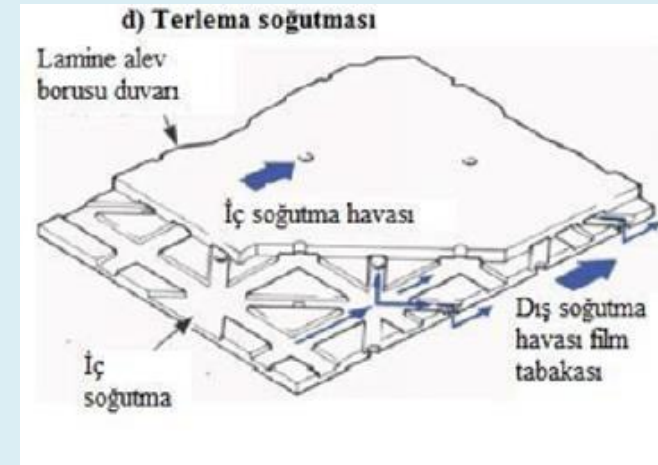
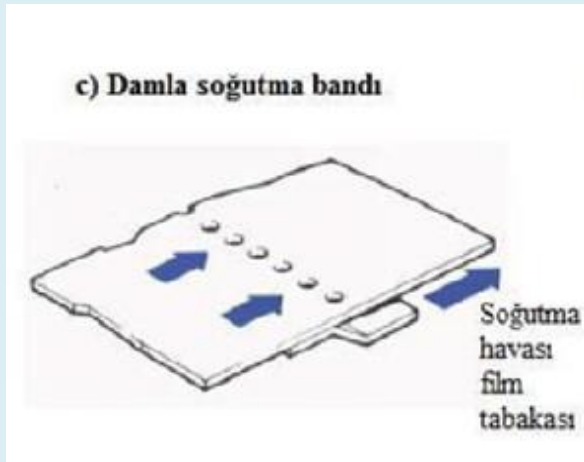
Yanma sonucu açığa çıkan gazların sıcaklığı yaklaşık 1,800°C ila 2,000°C'dir, türbinin nozıl kılavuz kanatçıklarına giriş için çok sıcaktır. Yanma için kullanılmayan hava (toplam hava miktarının yaklaşık 60%'ı) bu yüzden sürekli olarak alev borusuna getirilir.

Bunun yaklaşık 1/3'ü, türbine girmeden önce seyreltme bölgesinde gaz sıcaklığını düşürmek için kullanılır. Geriye kalan kısım alev borusu duvarlarının soğutulması için kullanılır.



Yanma İşlemi

Bu, alev borusu duvarının iç yüzeyi boyunca akan bir soğutma havası film tabakasıyla gerçekleştirilir, sıcak yanma gazlarından yalıtır. Son bir gelişme, soğutma havasının yalıtkan bir hava tabakası oluşturmak için çıkmadan önce alev borusu duvarı içerisindeki bir koridor ağına girmesine olanak tanır. Bu, duvar soğutması için gerekli hava akışını 50%'ye kadar düşürebilir.



Yanma İşlemi

Seyreltme havası alev borusuna girmeden önce yanma tamamlanmalıdır. Aksi takdirde gelen hava alevi soğutacaktır ve tamamlanmamış yanmayla sonuçlanacaktır.

Bir ateşleme tapasından çıkan elektrikli kıvılcım yanmayı başlatır ve sonra alev kendi kendini devam ettirir.

Bir yanma odasının tasarımı ve yakıt ekleme metodu kayda değer düzeyde değişiklik gösterebilir. Fakat yanmayı etkilemek ve sürdürmek için kullanılan hava akımı dağılımı daima yukarıda açıklanana çok yakındır.

Yakıt Kaynağı

Hava akımına yakıt belirgin iki metottan biriyle sağlanır. En yaygın metot devri daim yapan hava akımına sprey memeleriyle ince atomize bir püskürtme yapılmasıdır. İkinci metot yanma bölgesine girmeden önce yakıtın ön buharlaşması üzerine kuruludur.

Buharlaştırma metodunda, yakıt, alev borusu içerisine konumlandırılan buharlaştırma borularına besleme borularından püskürtülür. Bu borular yakıtı 180° döndürür, ve yanmayla ısıtılırken alev borularına geçmeden önce yakıt buharlaşır. Birincil hava akımı yakıtla birlikte buharlaştırma borularından ve de alevi geriye çevirmek için hava esintileri sağlayan alev borusu giriş kısmındaki deliklerden geçer. Soğutma ve seyreltme havası alev borusu içinde, sıvı püskürtücü alev borusunda olana benzer şekilde, ölçülür.

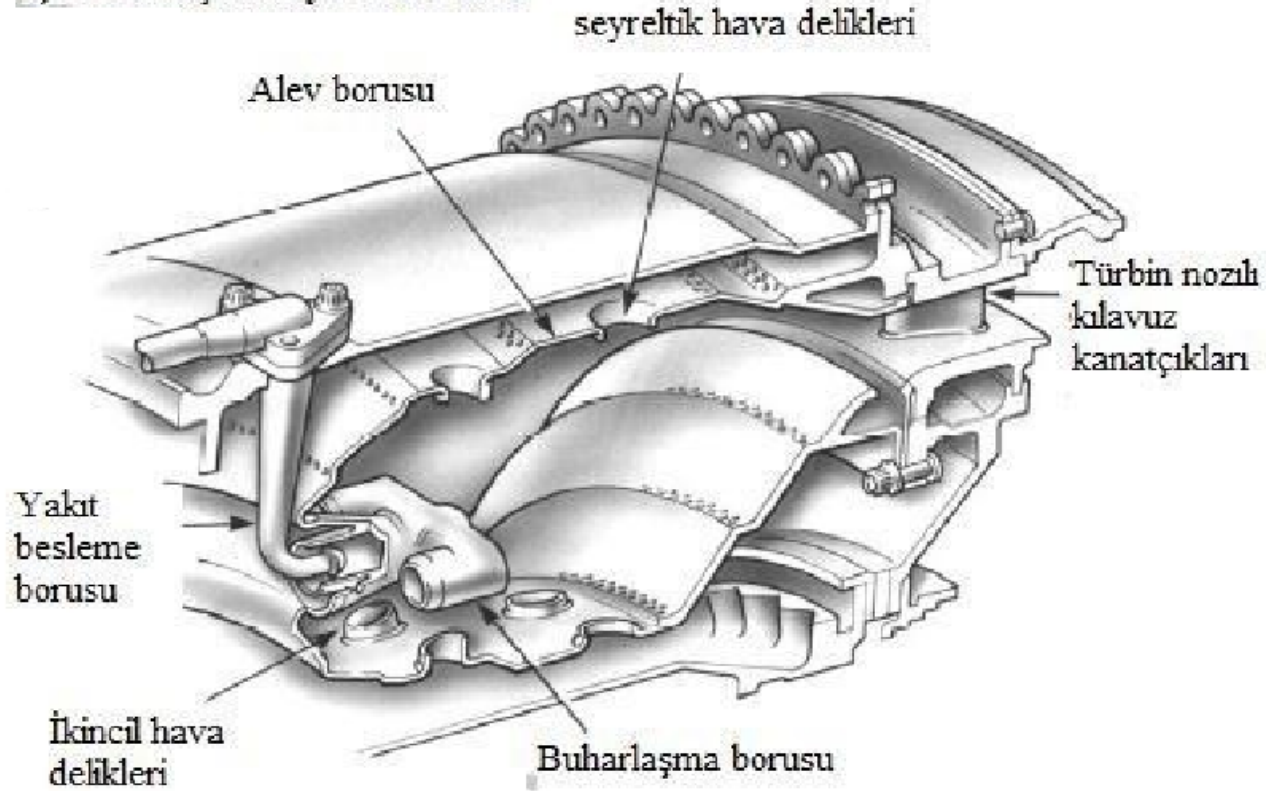
Yanma Odası Tipleri

Gaz türbinli motorlarda kullanılan üç ana yanma odası tipi vardır. Bunlar:

- Çoklu(silindirik) yanma odası
- Turbo-dairesel yanma odası
- Dairesel yanma odası

Yanma Odası Tipleri

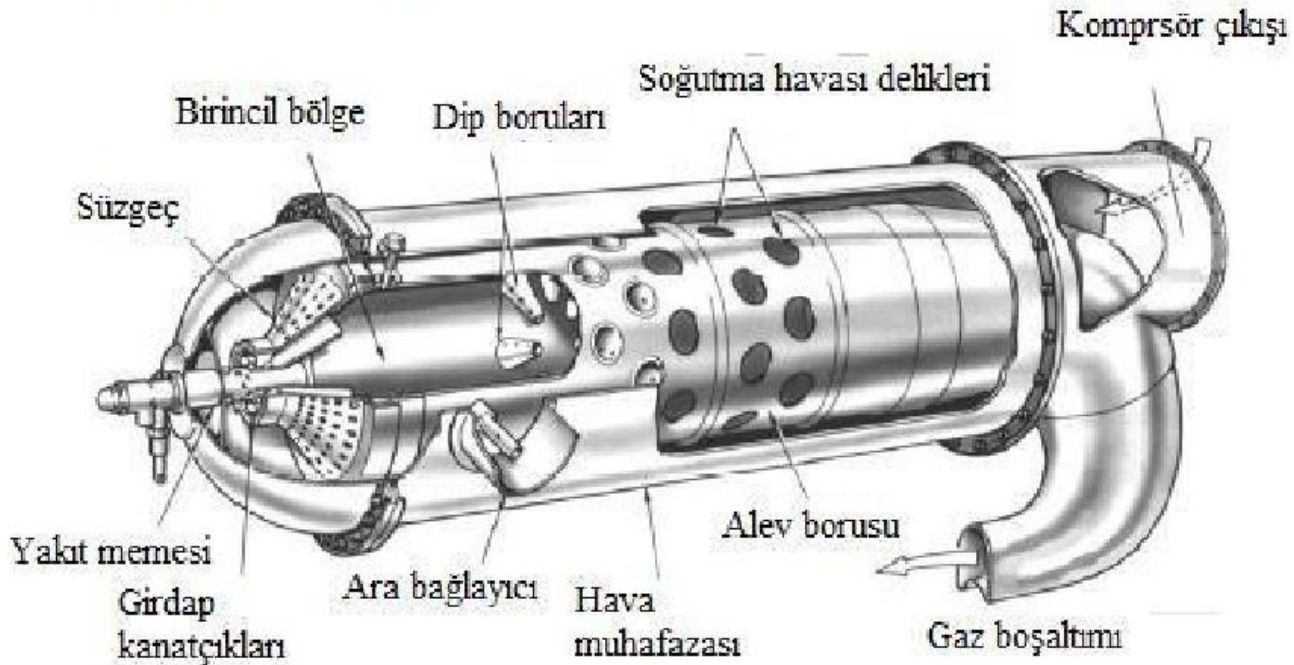
a) Buharlaştırıcı yanma odası



Yanma Odası Tipleri

Çoklu Yanma Odası

b) Whittle yanma odası



Yanma Odası Tipleri

Çoklu Yanma Odası

Bu yanma odası tipi santrifüj kompresör motorlarında ve eksenel akış kompresörlü motorların ilk tiplerinde kullanılmaktadır. İlk Whittle yanma odası türünün doğrudan bir gelişimidir.

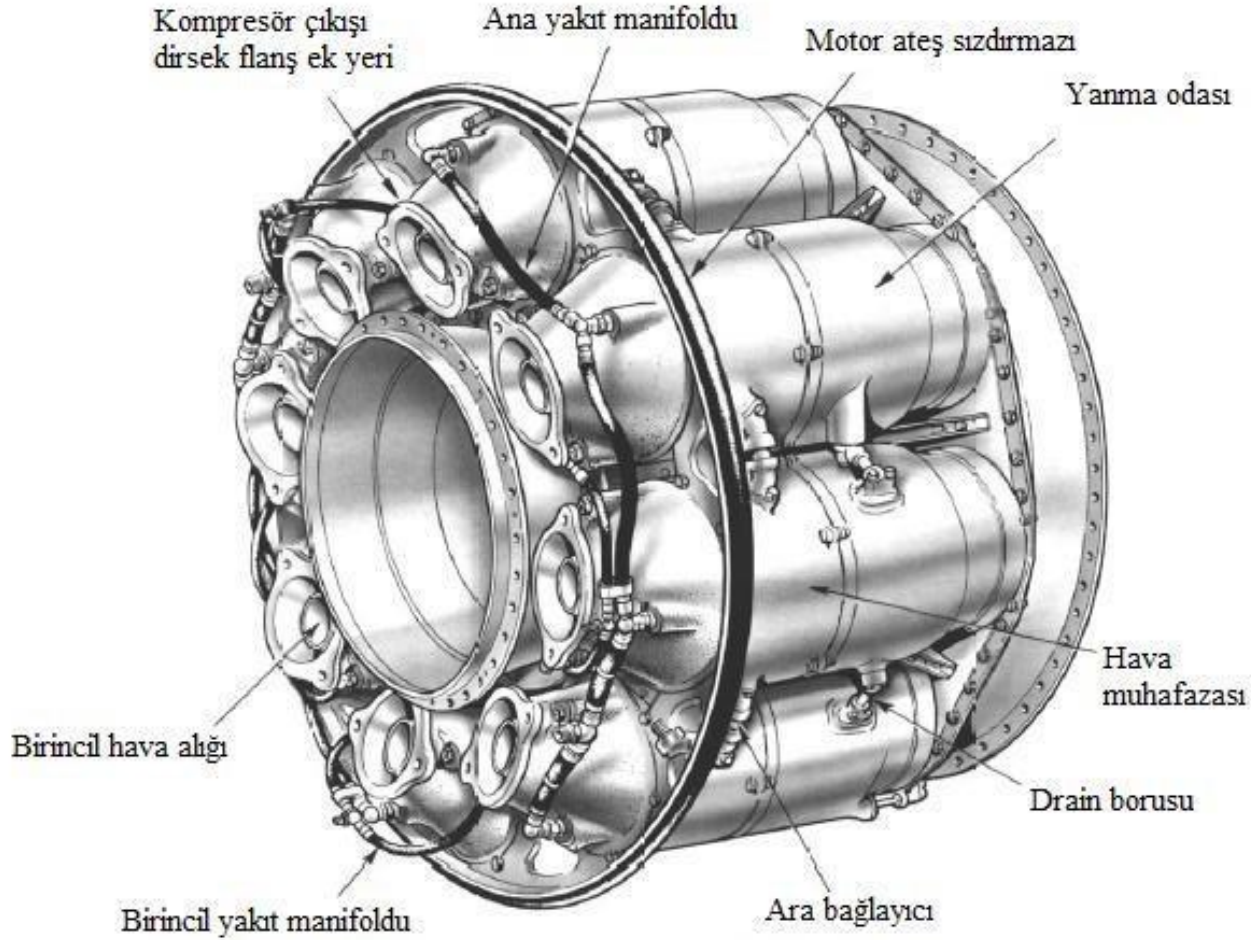
Ana farklılık Whittle odasının ters akışa sahip olmasıdır. Fakat bu, yüksek basınç kayıpları yarattığından J.LUCAS LTD. tarafından kesintisiz çoklu motor geliştirildi.

Odalar motor etrafına konumlandırılır. Kompresör çıkış havası ayrı odalardan geçmesi için kanallarla yönlendirilir. Her oda, etrafında bir hava muhafazası bulunan bir iç alev borusuna sahiptir. Hava, alev borusu burnundan ve boruyla dış muhafaza arasından geçer(daha önce bahsedildiği gibi).

Ayrı alev borularının tümü kendi aralarında bağlantılıdır. Bu her borunun aynı basınçta çalışmasına ve de motor çalışması esnasında yanmanın alev borularının etrafında türemesine olanak tanır.

Yanma Odası Tipleri

Çoklu Yanma Odası



Kutu-Tip(veya Çoklu) Yanma Odası

Kutu-Dairesel Tip

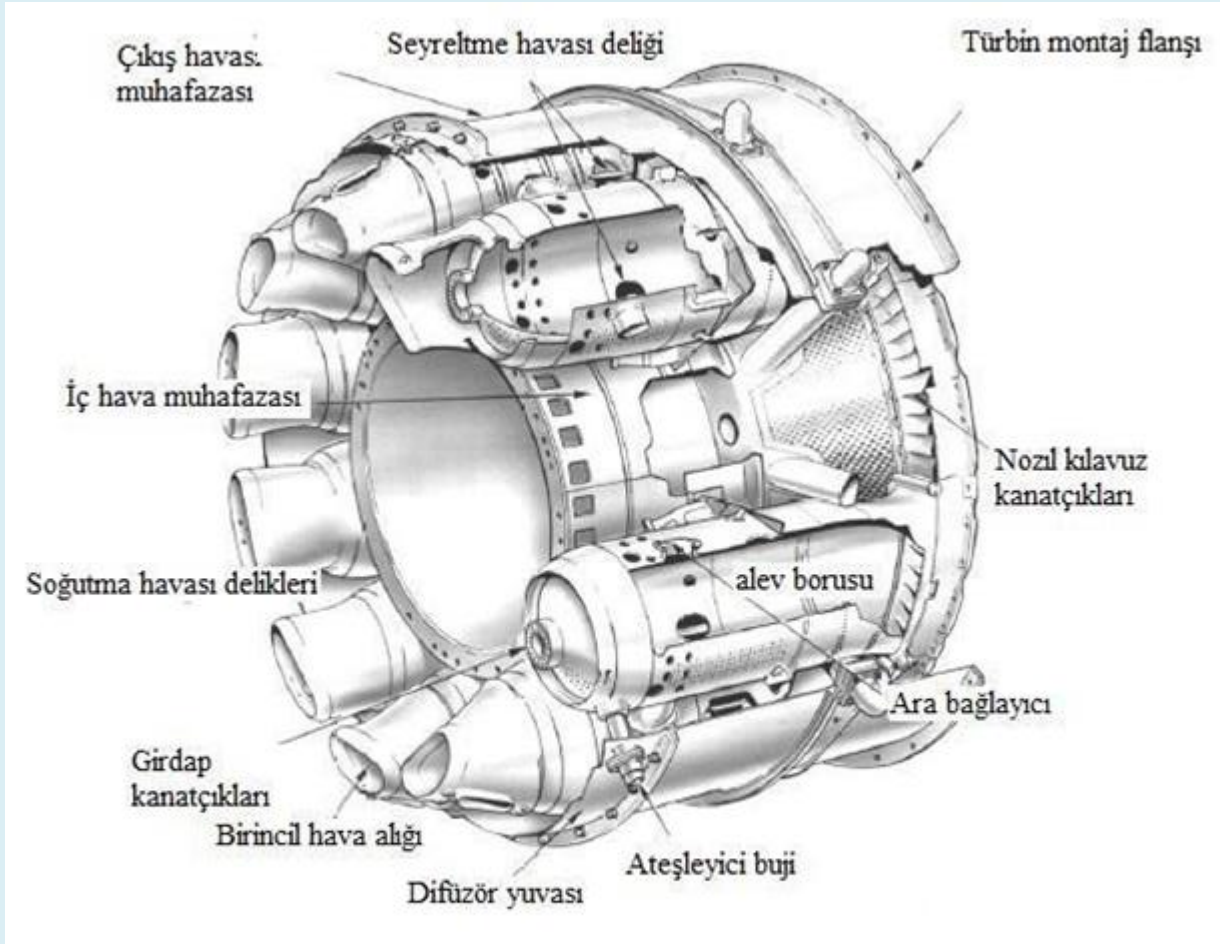
Turbo-Dairesel Yanma Odası

Turbo-dairesel yanma odası çoklu ve dairesel tipler arasındaki evrimsel ayrıma köprü oluşturur. Ortak bir hava muhafazasına birkaç alev borusu yerleştirilir. Hava akışı yukarıda açıklanana benzerdir.

Bu düzen çoklu sistemin bakım ve test kolaylığını dairesel sistemin sıklığıyla birleştirir.

Kutu-Dairesel Tip

Turbo-Dairesel Yanma Odası



Kutu-Dairesel Tip Yanma Odası

Dairesel Yanma Odası

Bu yanma odası tipi bir iç ve dış muhafazada bulunan, şekil olarak tamamen dairesel olan tek bir alev borusundan oluşur. Alev borusundaki hava akışı yukarıda açıklananla benzerdir. Oda önden kompresöre ve arkadan türbin nozıllarına açıktır.

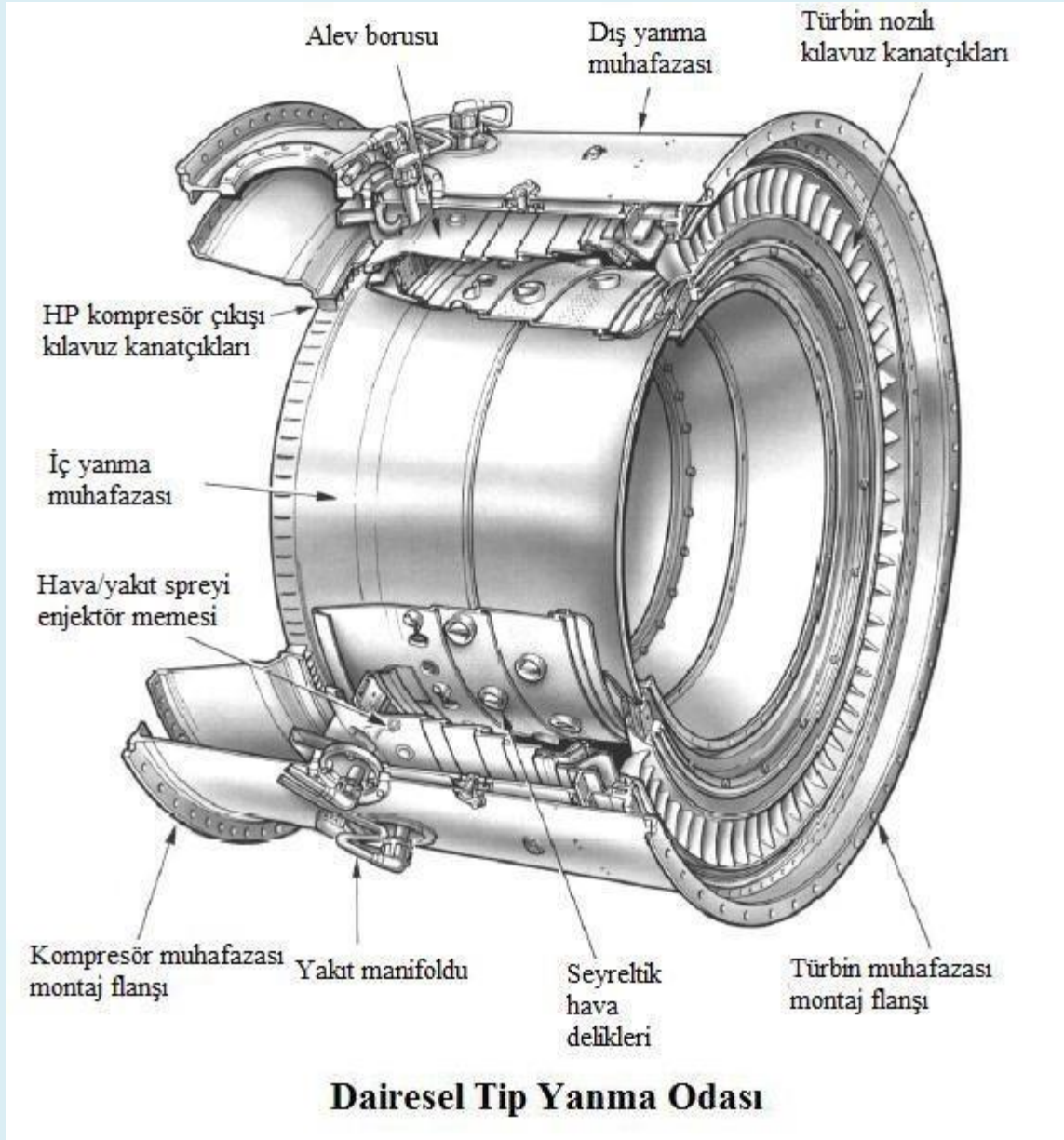
Dairesel odanın temel avantajı; aynı güç çıkışı için, odanın uzunluğunun aynı çaptaki bir tubodairesel sistemin sadece 75%'i olmasıdır, ağırlık ve üretim maliyetlerinin epeyce korunumunu sağlar.

Diğer bir avantajı odadan odaya yanmanın çoğalmasından kaynaklanan sorunları ortadan kaldırıyor olması.

Bir tubo-dairesel yanma sistemiyle karşılaştırıldığında, kıyaslanabilir bir dairesel odanın duvar alanı çok daha azdır. Sonuç olarak, alev borusu duvarının yanmasını önlemek için gereken soğutma havası miktarı daha azdır(yaklaşık 15%). Soğutma havasındaki bu düşüş yanma verimliliğini artırır. Ayrıca, karbon monoksit zehirli olmayan karbondioksite oksitlenir, böylece hava kirliliği azaltılır.

Hava-sprey tipi yakıt spreylili nozılın bu tip yanma odasına uygulanması da, spreylili nozılına yakın zengin yakıt buharı hücrelerinin havalandırılmasıyla, yanma için yakıtın hazırlanmasını geliştirir. Bu, başlangıçtaki karbon oluşumunda büyük bir düşüş doğurur.

Dairesel Yanma Odası



Yanma Odası Performansı

Bir yanma odası, yakıtın büyük bir basınç kaybı olmadan geniş bir çalışma koşulu aralığında verimli şekilde yanmasına olanak tanıyacak kapasitede olmalıdır. Ek olarak, eğer yakıt sönümü olursa, o zaman yakıt/hava karışımının yeniden yakılması mümkün olmalıdır. Bu işlevler yerine getirilirken, alev borusu ve sprej nozullu püskürtücüsü komponentleri mekanik olarak emniyetli olmalıdır.



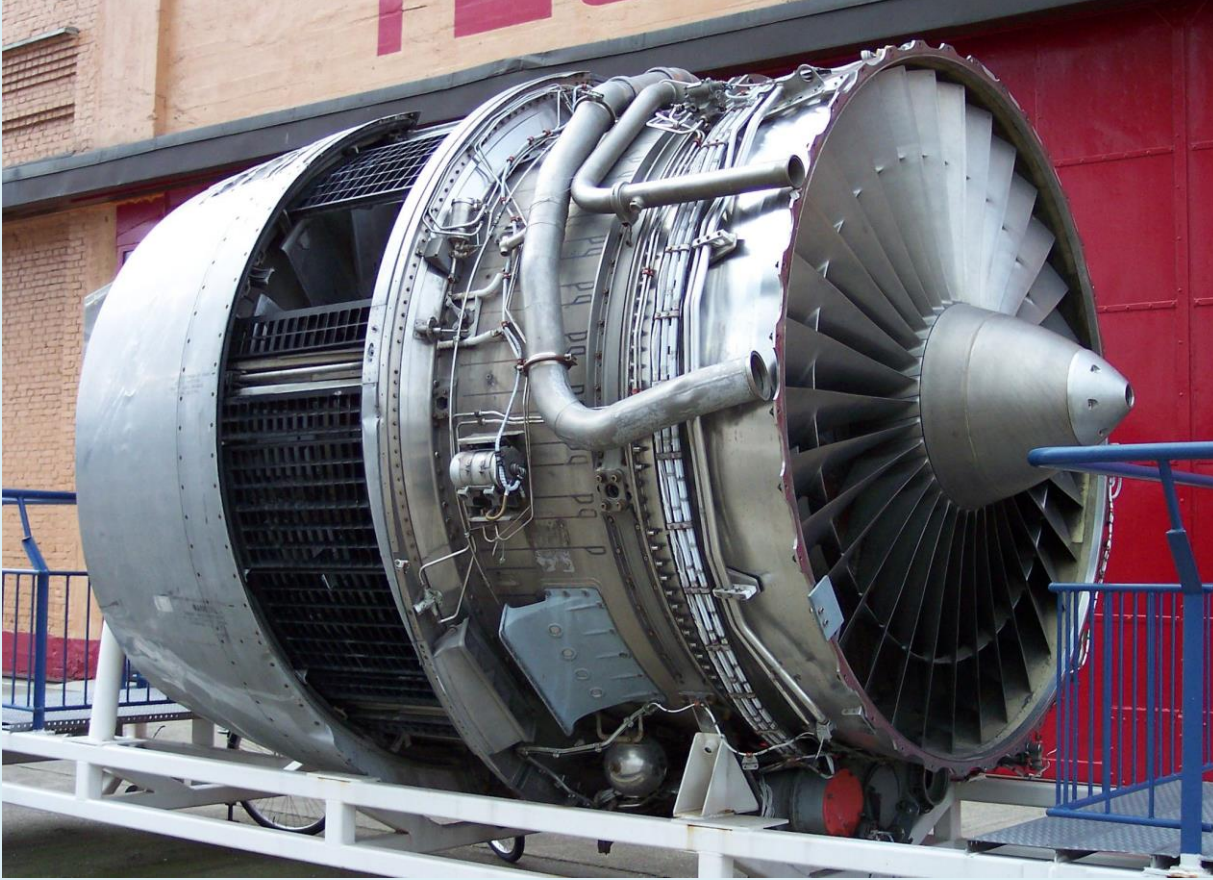
Yanma Odası Performansı

Gaz türbinli motorlar sabit basınçlı bir çevrimde çalışır. Bu yüzden yanma işlemi esnasındaki herhangi bir basınç kaybı bir minimumda tutulmalıdır. Uygun türbülans ve karışım sağlanırken, odaya girişte hava basıncının yaklaşık 3%'ünden 8%'ine değişiklik gösteren bir toplam basınç kaybına maruz kalınır.



Yanma Şiddeti

Bir yanma odasından(veya başka bir ısı üretim biriminden) salınan ısı yanma alanının hacmine bağlıdır. Bu yüzden, istenen yüksek güç çıkışını elde etmek için, nispeten küçük ve sıkı bir gaz türbinli yanma odasından son derece yüksek oranlarda ısı yayılmalıdır.



ROLLS-ROYCE RB211-524

Yanma Şiddeti

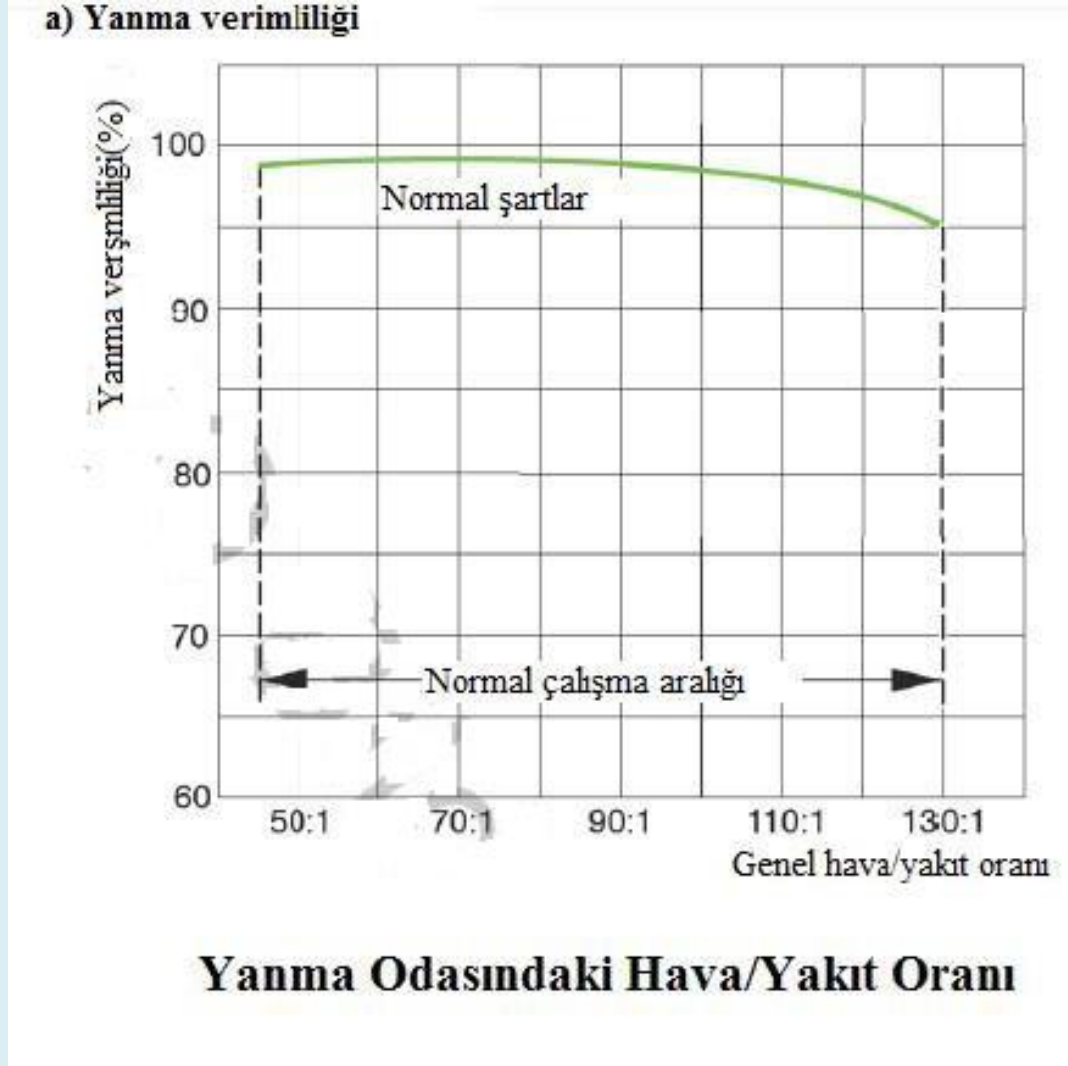
Örnek: Kalkış koşullarında bir ROLLS-ROYCE RB211-524 motoru saatte 9,370 kg yakıt tüketecektir. Yakıtın kg başına yaklaşık 40,860 BTU bir kalori değeri vardır.

Not: BTU 'İngiliz ısı birimi' anlamına gelir. 0,454 kg suyun sıcaklığını 1 derece Fahrenheit artırmak için gerekli ısı miktarı olarak tanımlanır.

Bu yüzden yanma odası saniyede yaklaşık 106,300 BTU yayar. Başka şekilde açıklamak gerekirse, potansiyel ısının yaklaşık 150,000 HP'ye denk bir oranda harcanmasıdır.

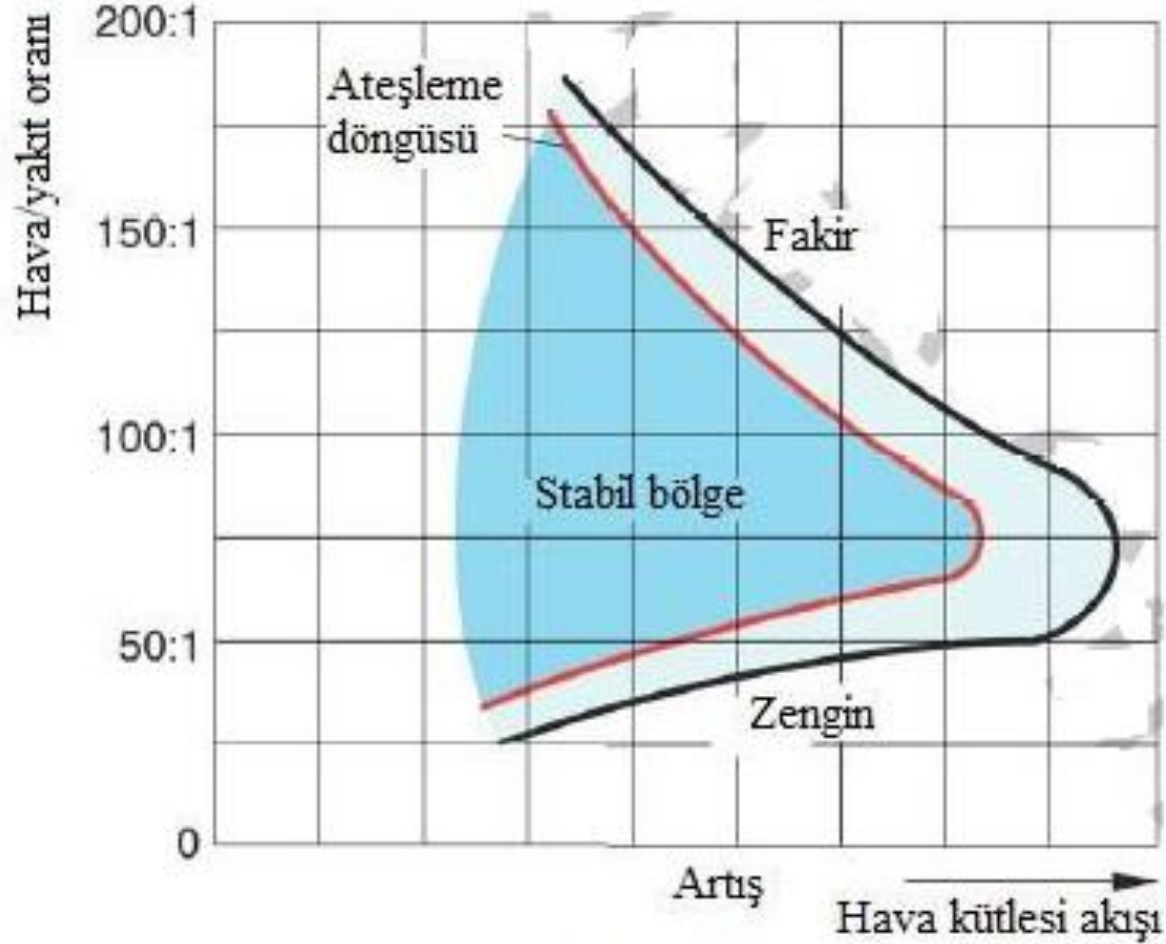
Yanma Verimliliği

Çoğu gaz türbinli motorun deniz seviyesi kalkış koşullarında yanma verimliliği neredeyse 100%'dür. Basınç ve sıcaklık değişimlerinden ötürü düz uçuş yüksekliğindeki koşullarda (Aşağıdaki şekil) 98%'e düşer.



Yanma Verimliliği

b) Yanma dengesi limitleri



Yanma Odasındaki Hava/Yakıt Oranı

Yanma İstikrarı

Yanma istikrarından kasıt pürüzsüz yanma ve alevin geniş bir çalışma aralığında yanık kalma becerisidir.

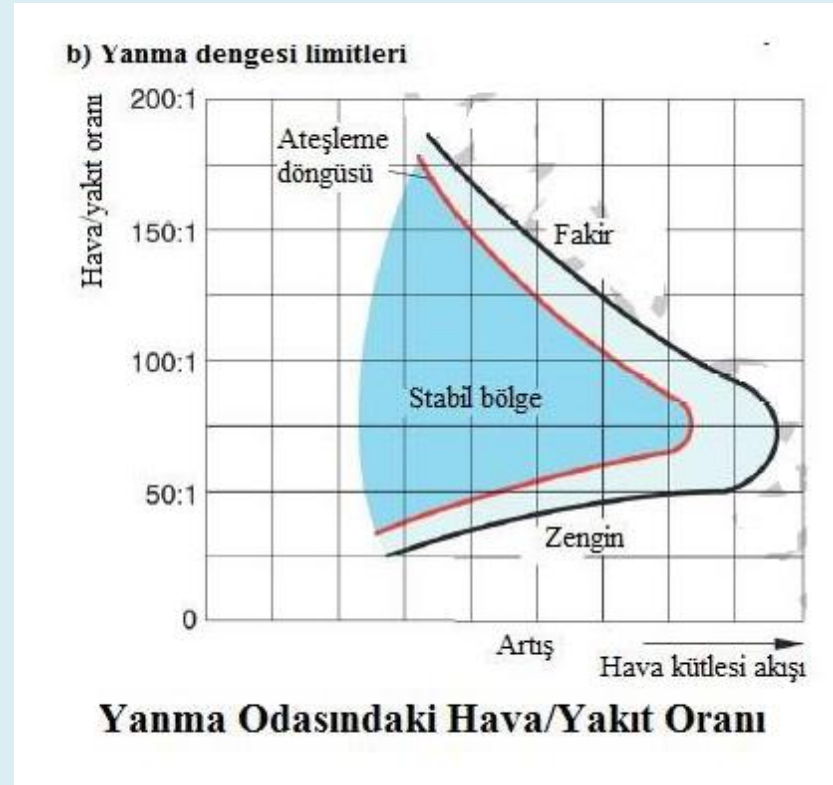
Belli bir yanma odası tipi için, alevin söndürülmesinin ötesinde, hava/yakıt oranının hem zengin hem de fakir bir limiti vardır. Uçuşta, yüksek bir hava akımı ve sadece küçük bir yakıt akışı varken yani çok zayıf bir karışım dayanımında, rölantideki motorla bir kayış veya bir dalış esnasında çoğunlukla bir sönme meydana gelebilir.

Zengin ve fakir limitleri arasındaki hava/yakıt oran aralığı, hava hızındaki bir düşüşle daraltılır. Eğer kütle hava akışı belli bir değerin ötesinde artırılırsa, alev sönümlenmesi gerçekleşecektir.

Yanma İstikrarı

Tipik bir denge döngüsü şekil 9 detay b'de resimlendirilmiştir. Denge döngüsüyle ifade edilen çalışma aralığı yanma odasındaki hava/yakıt oranlarını ve kütle hava akışını açık bir şekilde kapsamalıdır.

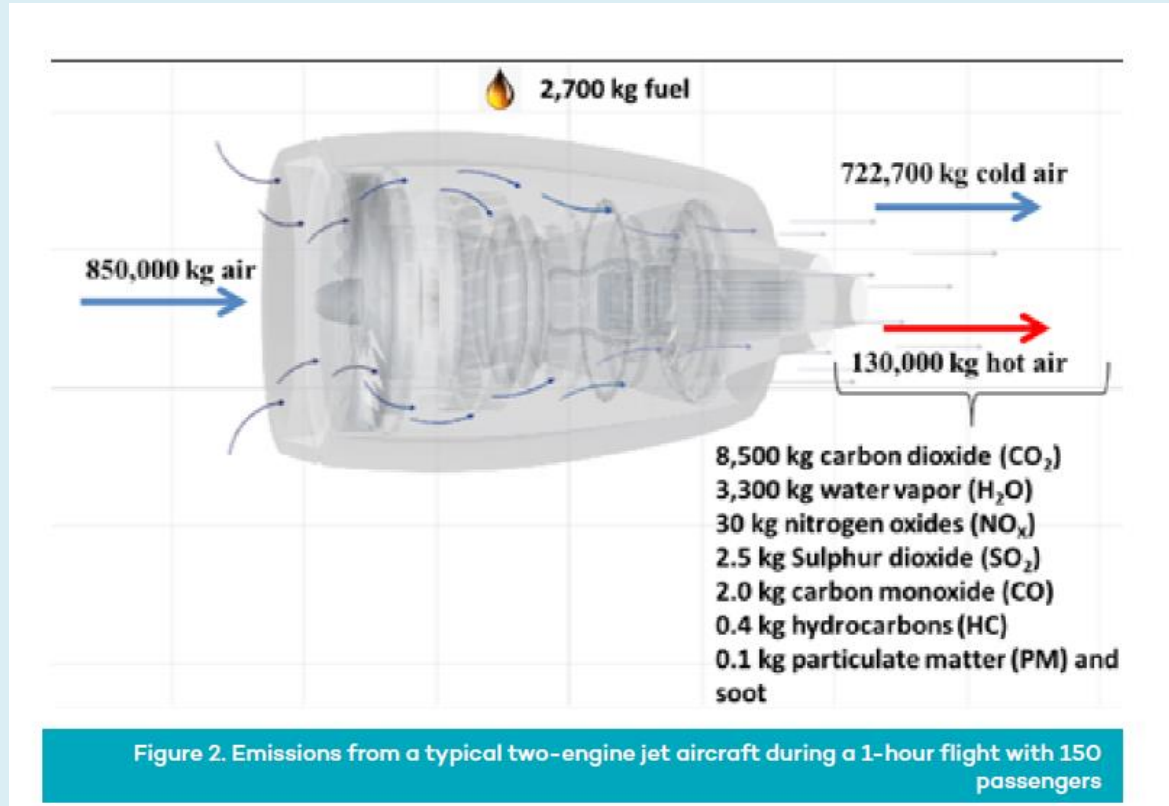
Ateşleme süreci şekil 9 detay b'deki denge için gösterilenle benzer zengin ve fakir limitlere sahiptir. Fakat, soğuk koşullar altında yanmayı oluşturmak normal yakmayı sürdürmekten zor olduğu için ateşleme döngüsü denge döngüsünün içindedir.



Emisyonlar

Egzoz gazlarında bulunan istenmeyen kirleticiler yanma odasında oluşturulur. Uluslararası yasalarla kontrol altında tutulan dört temel kirletici vardır:

- Yanmamış hidrokarbonlar(yanmamış yakıt)
- Duman(karbon partikülleri)
- Karbon monoksit
- Nitrojen oksitleri.



Emisyonlar

Kirleticilerin oluşumunu etkileyen başlıca durumlar basınç, sıcaklık ve zamandır.

Yakıtça zengin birincil bölge alanlarında, hidrokarbonlar karbon monoksit ve dumana çevrilir. Temiz seyreltik hava karbon monoksiti ve dumani seyreltik bölge içerisinde zehirsiz karbondioksite okside etmekte kullanılabilir. Yanmayı tamamlamak için yanma işlemini sürdürerek yanmamış hidrokarbonlar da bu bölgeye düşürülebilir.

Diğer kirleticilerin gizlenmesi için gerekli olduğundan nitrojen oksitleri aynı koşullar altında oluşturulur. Bu yüzden alevin mümkün olduğunca hızlı soğutulması ve yanma için mevcut zamanın düşürülmesi istenir. Durumlardaki bu çelişki bir ödün verilmesini gerektirir. Fakat yakma hücresi tasarımı ve performansındaki devam eden gelişmeler büyük ölçüde 'daha temiz' bir yanma işlemine öncülük etmektedir

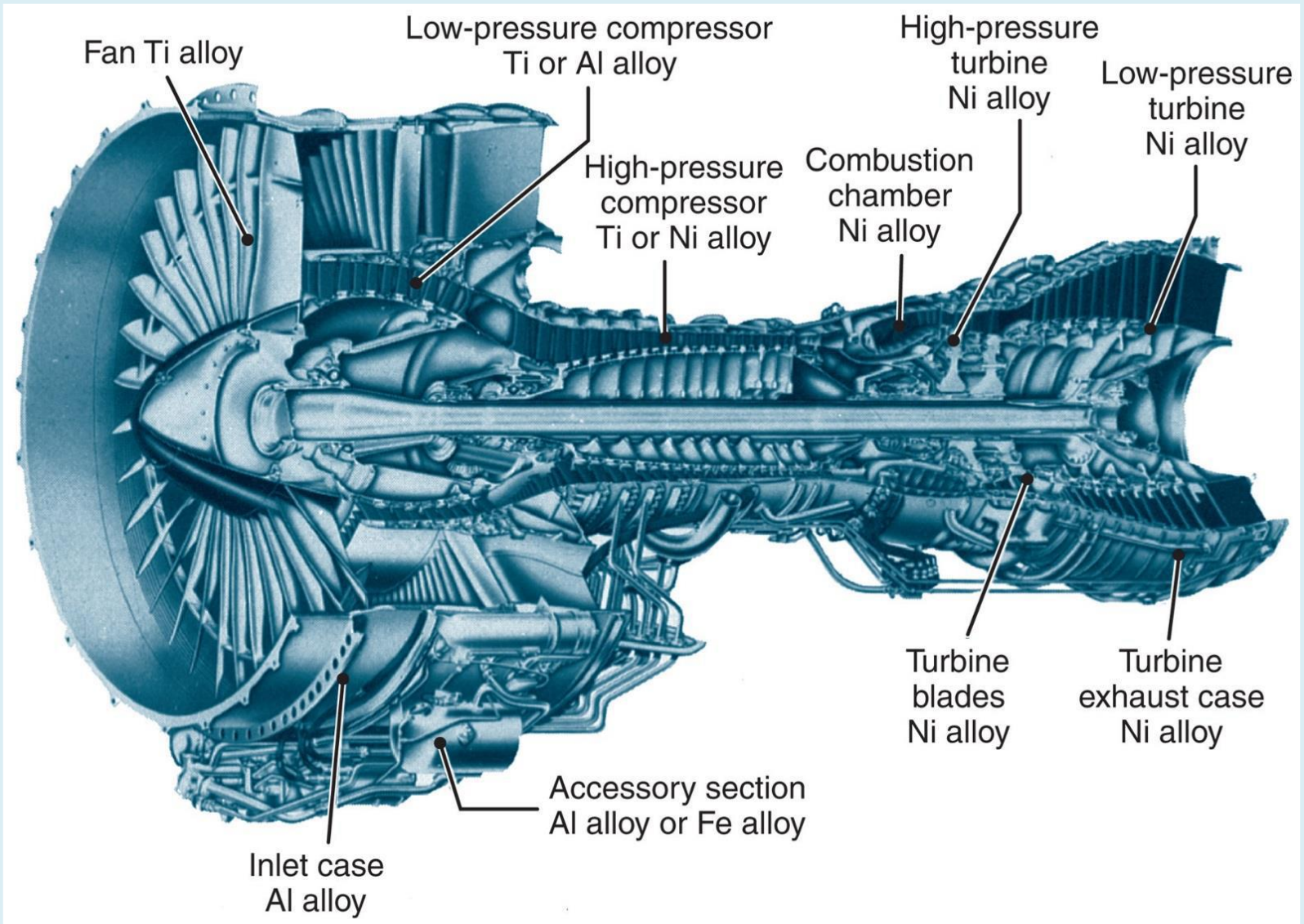
Malzemeler

Yanma odasının dahili parçaları ve çevreleyen duvarlar birincil bölgedeki çok yüksek gaz sıcaklıklarına direnebilmelidir.

Pratikte, bu mevcut en iyi ısı dirençli malzemelerin kullanılmasıyla, yüksek ısı dirençli kaplamaların kullanımıyla ve alevden yalıtıcı olarak alev borusunun iç duvarının soğutulmasıyla gerçekleştirilir.

Yanma odası aynı zamanda yanma ürünlerinden kaynaklanan korozyona, sıcaklık değişimlerinden kaynaklanan sürünme arızasına ve titreşim streslerinden kaynaklanan yorgunluğa dayanıklı olmalıdır.

Malzemeler



Sorular



Teşekkürler

dr.tamer@tamersaracyakupoglu.com.tr

tsaracyakupoglu@gelisim.edu.tr

0532 130 18 80

