

HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ FAKÜLTESİ
MMÜ 200 – DR. RAŞİT KARAKUŞ

JET TÜRİBİNİ KANATÇIĞI ÜRETİMİ



HAZIRLAYAN
ALİ EREN EROL
21831936

Jet Motoru

Jet motoru ya da diğerk adıyla tepkili motor, atmosferden aldığı havayı sıkıştırıp yakıtla yakarak ısıtır. Bu ısıtma sonucunda ortaya çıkan gazları, hızla dışarı püskürterek, ters yönde bir itme gücü oluşturur. Bu güçle, motorun bağlı olduğu aracın hareket etmesi sağlanır. Havacılık tarihindeki en önemli buluşlardan bir tanesidir ve tarihe yön veren bir teknolojidir.

1903'ten 1935'e kadar olan dönemde, uçakların itme sistemlerinde alternatif piston hareketli içten yanmalı motor ve pervane düzenekleri kullanılıyordu. 1935'te Hans von Ohain tarafından ilk jet motorlu uçak (jet uçağı) yapıldı. Jet motorlu uçakların diğerlerine göre çok daha hızlı olduğu ve daha yükseğe çıktığı gözlenince jet motorların kullanımı yaygınlaştı [4].

Çalışma Prensibi

Ses hızından daha yavaş giden bir jet için, motor havada yaklaşık 1000 km/h hızla hareket eder. Motorun sabit olduğu ve soğuk havanın bu hızda ona doğru hareket ettiği düşünülebilir.

Ön taraftaki bir fan soğuk havayı motora emer ve girişe doğru zorlar. Bu, havayı yaklaşık yüzde 60 oranında yavaşlatır ve havanın hızı saatte yaklaşık 400 kilometreye düşmüş olur.

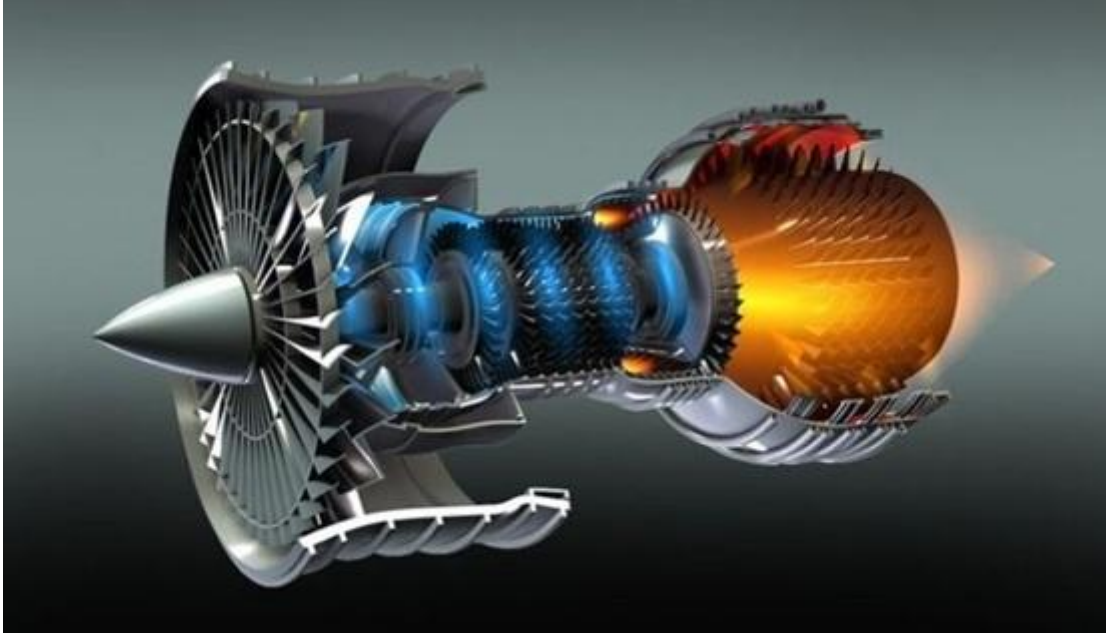
Kompresör adı verilen ikinci bir fan havanın basıncını artırır, basıncın artması sıcaklığı da önemli ölçüde artırır.

Gazyağı (kerosen), uçağın kanadındaki bir yakıt deposundan motora püskürtülür. Yanma odasında, kompresörün hemen arkasında, kerosen basınçlı hava ile karışır ve hızlıca yanar. Bu yanma sonucu sıcak egzoz gazları açığa çıkar ve sıcaklıkta çok büyük bir artış sağlanmış olur. Yanan karışım 1400-1700 C° arası sıcaklığa ulaşır.

Egzoz gazları, bir rüzgâr türbini gibi dönen bir dizi türbin kanadı içinden geçer. Bu dönüşle türbin enerji kazandığından, gazlar aynı miktarda enerjiyi kaybetmek zorundadır ve bunu yavaşça soğuyarak aynı zamanda da basınç kaybederek yaparlar.

Türbin kanatları uzun bir aksa bağlanır. Kompresör ve fan da bu aksa bağlanır. Böylece, türbin kanatları döndükçe kompresörü ve fanı da döndürürler.

Yanma sonucu oluşan sıcak egzoz gazları motordan konik bir egzoz ağızlığı (nozzle) aracılığıyla çıkar. Egzoz ağızlığı, gazların hızını saatte 2100 kilometreye çıkarmaya yardımcı olur. Böylece motoru arkada bırakan sıcak hava, ön tarafa giren soğuk havadan iki katı hızlı hareket eder. Bu da uçağı itmeye yarayan gücü oluşturur [1].



Figür 1-Jet motorunda havanın hareketi (Çakır, 2019)

Türbin

Türbin, bir akışkanın enerjisini işe çevirmek için kullanılan alettir. Türbin bir mil ve üzerinde kanatçıklardan oluşur. Kullanılan akışkana göre türbinin yapısı değişir. Çalışma prensibi şu şekildedir. Akışkan türbinin kanatçıklarına çarparak türbin miline hareket verir, hareket milin çıkışında mekanik işe dönüşür. Kullanım alanları oldukça geniş ve yaygındır. Temel olarak buhar, su, rüzgâr ve gaz türbinleri olarak sınıflandırılabilirler. Jet motorlarında kullanılan türbinler gaz türbini sınıfına girer.

Jet motorlarının çalışma prensibinde bahsedildiği üzere türbinler egzoz gazlarının etkisiyle dönme hareketi gerçekleştirerek enerji üretir ve bu enerji ortak bir mil üzerinden fan ve kompresöre aktararak hareketin devamlılığı sağlanır [6].



Figür 2-Gaz türbini (Electric, Light and Power, 2018)

Türbin Kanatçıkları

Gaz ve buhar türbinleri mil ve türbin olmak üzere iki ana bölümden oluşmaktadır. Türbin kanatçıkları gaz ve buhar türbinlerinin, türbin bölümünü oluşturan ana bileşenlerdir. Kanatlar yanma sonucu oluşan yüksek sıcaklık ve basınçtaki gazdan enerji elde etmekten sorumludur. Türbin kanatları genellikle gaz türbinlerinin sınırlayıcı bileşenidir.

Yüksek sıcaklık ve titreşimden dolayı türbin kanatçıkları zorlu bir ortama maruz kalır. Bu zor şartlara dayanması için yapımında süper alaşımlar gibi egzotik malzemeler kullanılır ve iç hava kanalları, sınır tabakası soğutması ve termal bariyer kaplamaları gibi birçok farklı soğutma yöntemi kullanılır.

Bıçak yorgunluğu buhar türbinlerinde ve gaz türbinlerinde önemli bir arıza kaynağıdır. Yorulma, makine çalışma aralığında titreşim ve rezonansın neden olduğu stresten kaynaklanır. Bıçakları bu yüksek dinamik gerilmelere karşı korumak için sürtünme damperleri kullanılır [5].



Figür 3-Turbo Union RB199 jet motorundan türbin kanadı (Wikipedia, tarih yok)

Yapım Aşaması ve Malzemeler

Türbin kanatları, bir gaz türbini içindeki çok yorucu ortamlara maruz kalır. Yüksek sıcaklıklar, yüksek stresler ve yüksek titreşim potansiyeli olan ortamlarla karşı karşıyadırlar. Bu faktörlerin üçü de potansiyel olarak motoru tahrip ederek bıçak arızalarına neden olabileceği gibi jet türbinlerinde kanatçıkların başarısızlığı felaketle sonuçlanabilir. Bu nedenle türbin kanatları bu koşullara dayanacak şekilde dikkatlice tasarlanmıştır [3,5].

Erken jet motorlarında önemli bir sınırlayıcı faktör, motorun sıcak bölümü için mevcut malzemelerin performansıydı. Daha iyi malzemelere olan ihtiyaç, alaşımlar ve üretim teknikleri alanında çok fazla araştırma yapılmasına neden oldu ve bu araştırma, modern gaz türbinlerini mümkün kılan uzun bir yeni malzemeler ve yöntemler listesi ile sonuçlandı. Bunlardan en erken olanlardan biri İngiliz Whittle motorlarında kullanılan Nimonic idi.

1940'larda süper alaşımların gelişimi ve 1950'lerde vakumla indüksiyon eritme gibi yeni işleme yöntemleri türbin kanatlarının sıcaklık kabiliyetini büyük ölçüde arttırdı. Sıcak izostatik presleme gibi başka işlem yöntemleri, türbin kanatları ve artan türbin kanadı performansı için kullanılan alaşımları iyileştirmişti. Modern türbin kanatlarında sıklıkla krom , kobalt ve renyum içeren nikel bazlı süper alaşımlar kullanılır.

Alaşım iyileştirmelerinin yanı sıra, yönlü katılaşma (DS) ve tek kristalli (SC) üretim yöntemlerinin geliştirilmesi büyük bir atılım oldu. Çoğu dökme metal büyük bir kristal değildir; tahıl adı verilen çok sayıda küçük kristalitten oluşur. Bu taneler arasındaki sınırlar genellikle bir metalin gücünü artırır, ancak yüksek sıcaklıklarda metalin zamanla deforme olmasını sağlar (sürünme olarak adlandırılır). Tek bir kristal olarak bir türbin kanadı oluşturmak, herhangi bir tane sınırına sahip olmadığı anlamına gelir ve bu nedenle yüksek sıcaklıklarda polikristal metallere göre daha güçlü olur. Bu, türbin jet motorlarının verimliliğini ve güvenliğini artıran çok yüksek sıcaklıklarda güvenilir şekilde çalıştırılmasını sağlayan yegâne özelliktir [3,5].



Figür 4-Tek Kristal jet motor türbin kılıcı (Institute Of Making, tarih yok)

Türbin kanadı malzeme teknolojisindeki bir diğer önemli gelişme, termal bariyer kaplamaların (TBC) geliştirilmesiydi. DS ve SC gelişmelerinin sürünme ve yorulma direncini iyileştirdiği durumlarda, TBC'ler, sıcaklıklar arttıkça her ikisi de daha büyük bir endişe haline gelen korozyon ve oksidasyon direncini geliştirmiştir.

1970'lerde uygulanan ilk TBC'ler alüminyum kaplamalardı. Geliştirilmiş seramik kaplamalar 1980'lerde kullanıma sunuldu. Bu kaplamalar, türbin kanadı sıcaklık kabiliyetini yaklaşık 200 ° F (90 ° C) arttırmıştır. Kaplamalar ayrıca bazı durumlarda türbin kanatlarının ömrünü neredeyse iki katına çıkarır.

Türbin kanatlarının çoğu, “investment casting” (veya “lost-wax” işlemi) ile üretilir . Bu işlem, bıçak şeklini oluşturmak için balmumu ile doldurulmuş bıçak şeklinin kesin bir negatif kalıbının yapılmasını içerir. Bıçak oyuksa (yani iç soğutma geçitlerine sahipse), geçiş şeklindeki seramik bir göbek ortasına sokulur. Balmumu bıçağı, bir kabuk yapmak için ısıya dayanıklı bir malzeme ile kaplanır ve daha sonra bu kabuk, bıçak alaşımı ile doldurulur. Bu adım DS veya SC malzemeleri için daha karmaşık olabilir, ancak işlemler genel olarak benzerdir. Bıçağın ortasında seramik bir çekirdek varsa, bıçağı içi boş bırakan bir çözelti içinde çözülür. Bıçaklar bir TBC ile kaplanır ve daha sonra herhangi bir soğutma deliği işlenir.

Elyafların polimer türevli seramik matrisine gömülü olduğu seramik matriks kompozitler (CMC) türbin kanatlarında kullanılmak üzere geliştirilmiştir. CMC'lerin geleneksel süper alaşımlara göre en büyük avantajı hafiflikleri ve yüksek sıcaklık kapasiteleridir. Silisyum karbürliflerle takviye edilmiş silisyum matrisinden oluşan SiC / SiC kompozitlerinin , nikel süper alaşımlarından 200 ° -300 ° F daha yüksek çalışma sıcaklıklarına dayandığı gözlemlenmiştir. GE Aviation şirketi, bu tür SiC / SiC kompozit bıçaklarını F414 jet motorunun düşük basınçlı türbini için başarıyla kullanmıştır [5].



Figür 5-Şekillendirme aşamasında bir türbin kanatçığı (Institute Of Making, tarih yok)

Kaynakça

- [1]: Çakır, M. A. (2019, Şubat -). *Jet Motorları*. Çeyrek Mühendis: <http://www.ceyrekmuhendis.com/jet-motorlari/> adresinden alındı
- [2]: Electric, Light and Power. (2018, Eylül 19). *Siemens, E.On use 3D-printed burner for SGT-700 gas turbine*. Electric, Light and Power: <https://www.elp.com/articles/2018/09/siemens-e-on-use-3d-printed-burner-for-sgt-700-gas-turbine.html#gref> adresinden alındı
- [3]: Institute Of Making. (tarih yok). *Single Crystal Jet Engine Turbine Blade*. Institute Of Making: <https://www.instituteofmaking.org.uk/materials-library/material/single-crystal-jet-engine-turbine-blade> adresinden alındı
- Kapak Resmi: Mann, S. (tarih yok). *JET MOTORU TÜRBİN KANATLARI*. Pixers.
- [4]: Wikipedia. (tarih yok). *Jet Motoru*. Wikipedi: <https://www.wikizeroo.org/index.php?q=aHR0cHM6Ly90ci53aWtpcGVkaWEub3JnL3dpa2kvSmV0X21vdG9ydQ> adresinden alındı
- [5]: Wikipedia. (tarih yok). *Turbine Blade*. Wikipedi: <https://www.wikizeroo.org/index.php?q=aHR0cHM6Ly9lbi53aWtpcGVkaWEub3JnL3dpa2kvVHVyYmluZV9ibGFkZQ> adresinden alındı
- [6]: Wikipedia. (tarih yok). *Türbin-Vikipedi*. Wikipedi: <https://www.wikizeroo.org/index.php?q=aHR0cHM6Ly90ci53aWtpcGVkaWEub3JnL3dpa2kvVCVDMYVCQ3JiaW4> adresinden alındı