



----- Original Message -----

From: Can Erel

Sent: Monday, October 13, 2014 6:11 PM

Subject: Gelişmiş Teknolojilere Dayalı Motor Bakım Usulü ile Gelen E3... Emniyet, Ekonomi & Etkinlik

.....

Havacılıkta motor bakımında gelişen yüksek teknolojilerin kullanılması emniyet, ekonomi ve etkinlik etkileri ile çığır açıyor. Bu tip teknolojik ürünler ile sağlanan emniyet, ekonomi ve etkinlik ilişkili pekçok gelişme arasında, klasik yöntemler kullanılarak montajı yapılan turbo motora kıyasla % 2-6 seviyede, yani;

- **16 adet CFM56 motorlu bir havayolu işletmesi için** (yılda 2.800 (EFH) çalışma saatine sahip tek koridorlu havayolu uçağı turbofan motorunda, yaklaşık 3,28 dolar/galon fiyatlı jet yakıtı ile) **en az 1,5 - 4,5 milyon dolar / yıl yakıt tasarrufu,**
- **300 adet F110 motorlu bir hava kuvveti için** (yılda 240 EFH) çalışma saatine sahip F-16 uçağı motorunda, yaklaşık 3,28 dolar/galon fiyatlı jet yakıtı ile) **en az 3,3 - 10 milyon dolar / yıl yakıt tasarrufu,**

sağlanabiliyor.

Havacılık ve endüstriyel turbo motorlarda dönen yapısal parça ve grupların dönme eksenini ile aynı ekseninde dönmesi esasına dayalı optimizasyonu sağlayan teknolojik proses ürünlerini ve bu konuda patentlere sahip en gelişmiş ve gerçek (taklit değil) ürünler olan AXIAM şirketi ürünleri ile getirilen çözüm ve faydaları ele aldığım "**Gelişmiş Teknolojilere Dayalı Motor Bakım Usulü ile Gelen E3... Emniyet, Ekonomi & Etkinlik**" başlıklı detaylı (12 sayfalık) makalem ektedir.

.....

Bilgilerinize sunarım.

Sevgi ve saygılarımla,



Can EREL

[+90 533 506 2385](tel:+905335062385)

can.ereel@canerel.com.tr



Gelişmiş Teknolojilere Dayalı Motor Bakım Usulü ile Gelen E³... Emniyet, Ekonomi & Etkinlik

Can EREL
Uçak Mühendisi
can.erel@canerel.com.tr

Bu makalede, turbo motorlarda dönen yapısal parça ve grupların dönme eksenini ile aynı ekseninde dönmesi esasına dayalı optimizasyonu sağlayan teknolojik proses ürünlerinin değerlendirilmesi yapılmıştır.

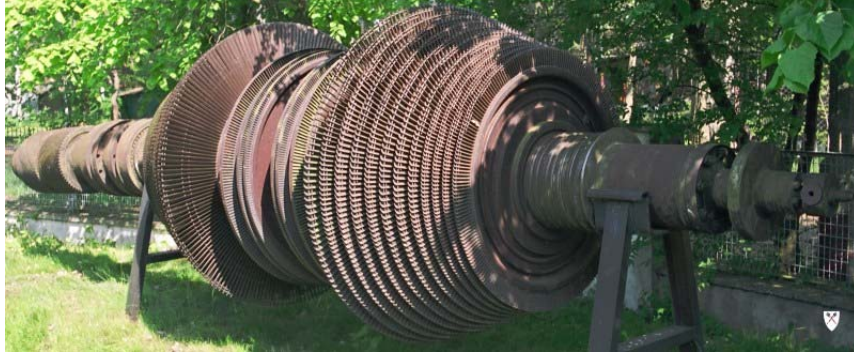
Ürettiği yeni malzemeler ve teknolojilerin yanı sıra getirdiği hız ile yeni bir hayat biçimi ortaya koyan "Endüstri Devrimi", 1830 - 1871 yılları arasında (Demir Çağı) İngiltere merkezli Batı Avrupa'da ve Kuzey Amerika'da gençliğini yaşamış ve 1871 - 1914 arasında (Çelik Çağı) olgunluğa erişerek Doğu Avrupa ve Asya'ya doğru yayılmaya başlamıştır.

Endüstrinin enerji ihtiyacında da Sir Charles Parsons¹ tarafından 1884 yılında icat edilen buhar türbini - diğer güç kaynaklarına kıyasla- yüksek verimi nedeni ile hızla yayılmıştır.

Buhar türbini sonrası (bir eksen etrafında dönen yapı gruplarından oluşan) türbinler gelişmiştir.

İngiliz Parsons'un PMSTCo (Parsons Marine Steam Turbine Company) 1904 yılında lisans alan Mitsubishi şirketi Asya'da karada ve denizde kullanılacak türbinleri üretmek üzere mühendislerini ve teknik elemanlarını şirketin New Castle'daki tesislerine eğitime gönderir.

Ticari gemilere PMSTCo tarafından 1908 yılında takılan ilk dört türbinin ikisi Mitsubishi elemanları tarafından Nagasaki tersanesinde inşa edilmiştir.



Parsons Turbine (Polish Destroyer ORP Wicher) © PMSTCo

Türbin motorları aksenal simetriye sahip döner ve sabit yapısal parçalar ile muhafazalardan oluşur. Ve teorik olarak, bu parçalardan oluşturulan alt gruplar tek ve ortak bir doğrusal ekseninde dönecekler/ kabul edilerek parçalar birleştirilir ve core motor oluşturulur. Montajı tamamlanan tüm core motor grubunun da bu teorik dönme ekseninde döneceği kabul edilir.

Core Motorda Gerçek Dönme Eksenleri

Parça ve yapısal grupların birleşimi ile oluşan core motorun ekseninin teorik dönme eksenini ile aynı doğruda olması mümkün müdür?

Hayır!

¹ W. Garrett SCAIFE; "[From Galaxies to Turbines - Science, Technology and the Parsons Family](#)"; Taylor & Francis Group, 2000.

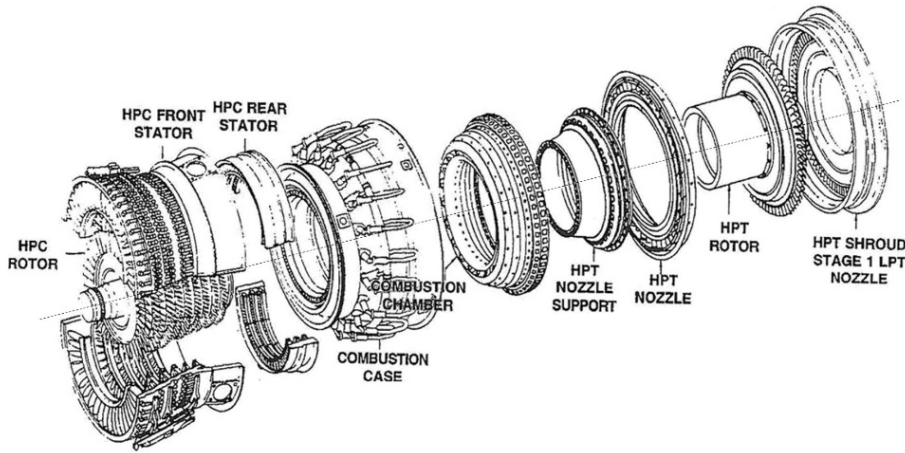


... ancak ölçme ve analiz teknolojilerinden gelişmişlikleri ölçüsünde faydalanılır ise bu ortak dönme eksenine yaklaşılar; bu yaklaşmanın seviyesi kullanılan teknolojinin başarısıdır..

Eksenel simetriye sahip yapı gruplarını oluşturacak,

- Kendileri de eksenel simetriye sahip her bir parçanın,
 - Delik çapları ve dış çapları aynı ekseninde, doğrusal ve düzgün dağılacığı,
 - Malzeme mikro yapı dağılımının ve dolayısı ile yoğunluğunun homojen olduğu,
 - Yüzeylerinde atıklık olmadığı,
- Eksenel simetriye sahip parçaların birleştirilmesi ile oluşacak alt yapı gruplarının aynı ekseninde, doğrusal ve düzgün dağılacığı,
- Eksenel simetriye sahip alt yapı gruplarının birleştirilmesi ile oluşacak motorun (core engine) dönme ekseninin tek ve bu eksen olacağı,

kabulü ile tasarım yapılır.



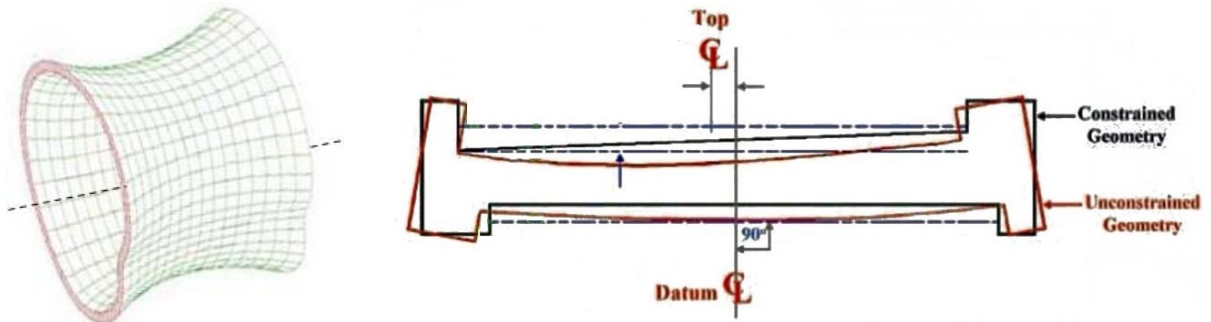
Core Engine Yapı Grupları © CFM56

Bu tasarıma göre parçalar üretilir, birbirleri ile birleştirilerek alt yapı grupları oluşturulur ve bu alt gruplar birleştirilerek de motor (core engine) montajı tamamlanır.

Bilindiği gibi, bilinen üretim araçları ve usulleri ile tasarım mükemmeliyetine sahip eksenel simetrik parça üretebilmek olanaklı değildir.

Delik delme ve çevresel makinalamada eksen kaçmaları, düzgünsüzlükler yüzey deseni bozuklukları, uç kısımlarda paralellik sorunları ilk akla gelen üretim aksaklıklardır.

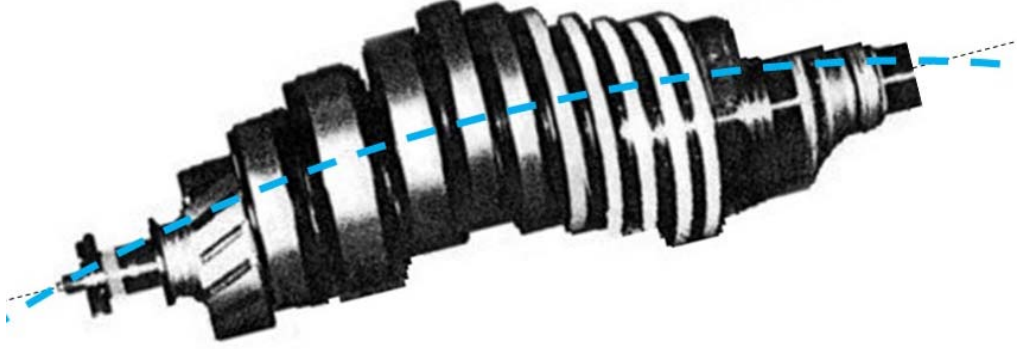
Tanınan toleranslar içinde kalırsa da, birden çok fazla parçanın bir araya getirildiği yapı gruplarında kümülatif (teknoloji ve süreçte hata - error fonksiyonuna dayalı) doğal sorunlar olabilir.



Shaft ve Disklerde Üretim Kaynaklı Hatalar ve Bozukluklar © CE



Sonuçta, tek bir doğrusal eksende olması beklenen parça ve yapı grupları öz hataları veya bu hataların ortaya çıkardığı veya etkisini artırdığı dolaylı hataların etkisi ile eksen kaçıklıkları oluşabilir ve sonuçta, yapı grubundaki etkiler sonucu da grubun eksenini -doğrusal değil- kavisli / yay şekilli (bow) oluşturabilir. Böyle bir durumda, doğal olarak, dönme eksenini ile grubun / alt grubun gerçek eksenleri arasında kaçıklık(lar) - fark(lar) kalacaktır.



Temsili - Kavisli Konumlanma Ekseninde (Doğrusal Olmayan) Yapı Grubu © AXIAM

Birkaç noktada yapılan iki boyutta klasik elle ve/veya bir referans (datum) düzlemine dayalı koordinatlı sınırlı sayıda ölçümler ve göz kontrolleri ile doğal ve kabul edilebilir sınırlar içinde kaldığı belirlenen parça başı (birim) ve yapı grubu (kümülatif) hatalara sahip parça / alt yapı gruplarından core motoru oluşturmak için montaj yöntemi detaylı olarak teknik dökümanlarda belirlenmiştir.

İşte bu aşamada 1908 yılından, en başından bu yana mevcut teknolojik gelişmişlik seviyesine uygun montaj yöntemi kullanılmaktadır; klasikleşmiştir:

- Montajı yapılacak parçaların durağan kütleli denge değerlendirmesi (statik balans),
- Parça katmanlarının en dış noktaları ile belirlenmiş sabit bir nokta arasında kalan boşluğun (360 derece) çevresel kontrolü ile bu boşluğun belirlenen (run-out limit) sınırdan kalarak toplanması.

Bu işlem bazı katmanlar arasında sıkı geçme toleransları kullanıldığı için parçaların ısıtılması – soğutulması ile birbirleri arasında montaja olanak tanıyacak sınırlı sürede görece bir boşluk oluşturulur ve katmanları birbirine tutturun (civata gibi) bağlama elemanları aynı zamanda montajı çektirmesi olarak kullanılır.

Bu aşamada, yapılan montaj ile belirlenen çevresel dış yüzey için öngörülen boşluk sınırı (run-out limit) içinde kalınmaz ise monte edilen yapı grubu sökülür ve ilgili katmanın açısal konumlandırması (saat yönünde 90°, olmaz ise saatin tersi yönde 180° çevirerek, offsetting) yenilenir. İlk bir optimizasyon denemesi sayılabilecek, deneme-yanılmaya dayalı bu aşama belki de montaj sürecinin en yorucu ve uzun aşamasıdır ve alınan sonuçlar da tekrarlanamaz.

aşamalarını içerir; yani core motor yapı grubunun montajı, teorik/tasarım dönme eksenini ile gerçek dönme ekseninin aynı doğruda olmasına değil belirtilen run-out limitlerine göre yapılmaktadır. Ölçme ve değerlendirme teknolojilerindeki gelişmeler 1990'lı yılların ortalarına kadar bu klasik yöntemin değişebilmesi olanağını verememiştir.

Klasik yöntem ve araçlarla monte edilen yapı grupları dinamik kütleli denge dengelemesine (balans) tabi tutulur, bu gruplarla core motor montajı tamamlanır.

Klasik Yöntemle Sahip Olunan Potansiyel Sorunlar

Klasik yöntem ve araçlarla montajı yapılan core motorun açık (görülebilir), gizli ve zamanla çalışmaya bağlı olarak ortaya çıkabilecek sorunları mevcuttur. Bu sorunlar başlangıçta öngörülen çalışma sınırlarının içinde kalsa da çalışma ile hızla büyüyerek faaliyeti durdurma riski taşır.

Çünkü,



- İlgili teknik dökümanda yer alan klasik yöntemle montajı yapılan core motorun -doğrusal değil-kavisli/yay şekilli (bow) eksen ve bu eksen ile dönme eksen arasında kaçıklık mevcuttur.
- Montaj edilen katmanları birbirlerine bağlama elemanların (civata) yardımı ile oturtulmasında da katmanlar arası üstüste binme ve sıkı geçmenin tam yerinde oluşmamasından dolayı parçalar o sıcaklıkta ayrık kalabilir.

O halde, belirtilen klasik yöntemle montajı yapılan core motorun toplu yapısal ekseninin yapının dönme ekseninde olması olasılığı SIFIRa yakındır!

Motorun bu hali ile ilk çalışmasında artan enerji, ortam ısısının artışı eksenler arasındaki kaçıklıkları artırıcı, oda sıcaklığında üst üste binerek gerçek yerine oturması gerçekleşmemiş parçalarda boşalma ve boşluklar oluşturur.

Bu durumda,

- Bu enerji kayıpları ile yakıt sarfiyatında artış,
Gerek titreşim kinematiği, gerek değme ve sürtünmelerin hepsi kayıp kabul edilen birer enerji kullanım kaynağıdır. Kayıp enerjin de tek kaynağı faydalı iş üretmek amacı ile kullanılan yakıttır.
- Titreşim,
Dönme eksen ile yapısal eksenler arasındaki farklılıklar parça ve grupların atalet momentleri ve dönme enerjisi ile uyumlu olarak titreşim kaynakları olarak ortaya çıkarlar. Bu etki, yine bu durumun hızlandırdığı doğrudan ve dolaylı etkilerle artabilir, hatta bazen kaybolan ve bazen görülen bir durum olabilir.
- Sürtme ve aşındırma,
Dönel parçaların dönme yollarında ve/veya sıralı kademelerdeki diğer parçalara kısmi sürtmesi başlar, zamanla bu sürtmeler malzeme aşınmaları oluşturur. Oluşan aşınmalar ilk olarak hava akışında ve yağlamada sorunları başlatır ve bu sorunlar çalışma zamanı ile artan etkinin büyümesi ile motor faaliyetini durduracak seviyeye ulaşabilir.
- Genel performans kriterlerinde kayıp,
Oluşan titreşim, gerek titreşim kinematiği, gerek değme ve sürtünmelerin hepsi kayıp kabul edilen birer enerji kullanım kaynağıdır. Kayıp enerjin de tek kaynağı faydalı iş üretmek amacı ile kullanılan yakıttır.

ilk akla gelen sorun ve kayıplardır².

Bu sorun ve kayıpların kabul edilebilir sınırlar üzerinde olması;

- Öncelikle motorun arıza belirleme ve giderme analizi yapılmasını (bulgudan teşhise),
- Bulgu sonucu gerektirmesi halinde motorun test yatağından geri gönderilerek sökülmesi ve mevcut bilgi ve deneyimin desteği ile yeniden toplanmasını (teşhisten tedaviye),

gerektirir. Bu durumda, daha önce yapı gruplarının oluşumunda katmanlar arası açısız konumlandırma için kaybedilen zamana yeniden tüm motorun sökülmesi ve aynı aşamalardan geçerek toplanması zamanı da artan maliyet hanesine ilave olur.

Sonuçta; gereksiz kullanılan - zaman, işçilik, malzeme, yakıt maliyetleri de motor işletim maliyet hanesine yazılır ve motorun kanat altında kullanım süresi veya motor elemanlarının gerçek kullanım zamanlarında (MTBO/MTBF/MTBF) dramatik düşüşler yaşanır.

² Bu sorunları motor performansından motor bakım, onarım ve yenileme atelyesindeki etkilere, "Yüksek yakıt sarfiyatı, Egsoz Gazı Sıcaklığı (EGT margin) payında daralma ve azalma, Faydalı çalışma zamanı - kullanım süresi düşmesi, Egsoz gaz salınımlarında artış Motor devrinde dalgalanma (surge), Motor parçaları aşınımında artış, Yağ kacağı ve koklaşmış kalıntılarda artış, Parça aksaklıklarında artış, Bearing/Seal aksaklıklarında artış, Pale ucu (Blade-Tip) sürtmesi, Shaft sürtmesi, Yedek malzeme kullanım oranlarında artış, Çalışma zamanı uzaması - Start gecikmesi, Balans ve bremzelerde söküm ve yeniden motaj gerekliliği, Titreşim sebebi ile bremze redlerinde artış, Üretim programında düzensizlik artışı, Bremzede ayar zamanlarında artış, Bremze yakıt sarfiyatında artış" şeklinde kategorise ederek daha da geliştirmek mümkündür.



Klasik Montaj Yöntemi ile Oluşabilecek Sorunların Giderilmesi

Bugün ulaşılan bilgi ve teknoloji seviyesinde,

- Gerçeğe yakın hassasiyet ve doğrulukta matematik modelleme ve bu modelleri esas alan yazılımlar,
- Çalışmaların yapılacağı mekan ve kolaylıklar, fiziki şartlardan etkilenmeyen veya etki eden fiziki şartların da model içinde değerlendirilerek gerçek duruma yakın hassasiyette uygulamalar,
- İnsan eli ve yetenekleri ile ulaşılması pratik olmayan sayı ve hassasiyet seviyelerinde ölçüm ve analiz,
- Hassas ölçmeye olanak tanıyan parça kurulum (set-up) zamanını minimize eden yazılımlar,

bulunabilmekte ve bu çalışmalar detaylı sonuçları ile raporlanabilmektedir.

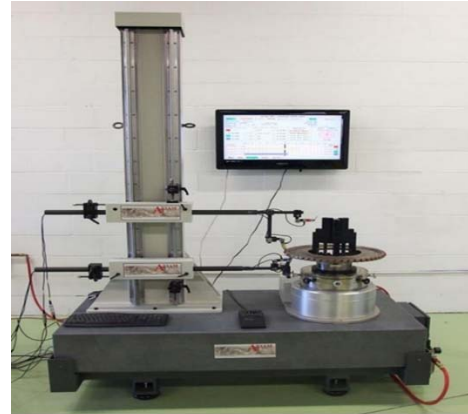
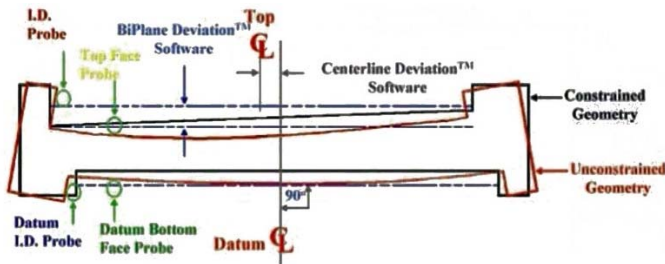
Bunun;

- Parçaların yüksek hassasiyette üç boyutlu (3D) ölçülebilmekte,

Core motorun her bir parça klasik yöntemde elle iki boyuttaki bir kaç ölçümle değerlendirilebilirken, artık,

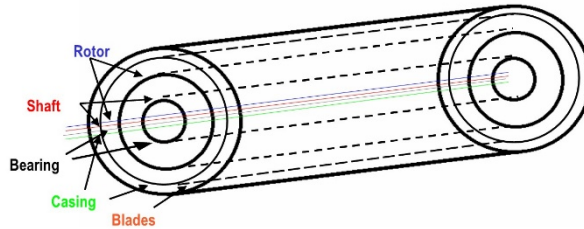
- 4-5 dakikalık ölçme hazırlığı sonrası,
- 3 boyutlu,
- 0.000020" ölçüm hassasiyetine sahip ölçme sistemleri ile,
- Toplam 8000 adet noktada,

ölçme yapılmaktadır.. (insan saçı kalınlığı : 0.000669- 0.007126" / 17 - 181 µm)



High Accuracy Measurement Gauge © Axiam Inc.

- Üç boyutlu ölçülen parçaların yüksek hassasiyette ve patentli yazılımla modellenebilmekte,
- Modellenen parçalarla alt yapı grupları ve alt yapı grupları ile tüm parçalar tek bir dönme ekseninde toplayan (yüksek hassasiyette optimizasyon) yazılımla core motor modelini oluşturulabilmekte,

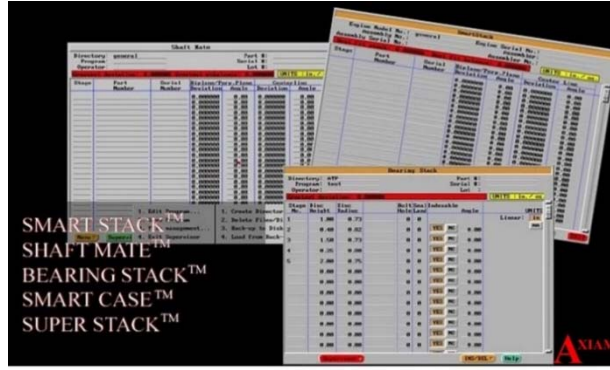


Rotor Assembly Optimization
Shaft Mating Optimization
Bearing Alignment & Compartment Assembly
Casing Alignment Optimization
Blades Distribution About Actual Centerline

High Accuracy Alignment of Centerlines © Axiam Inc.



- Bu modeli gerçekleştirebilecek parça konumları hassasiyetle belirtilebilmekte,



Target Build Models Software © Axiom Inc.

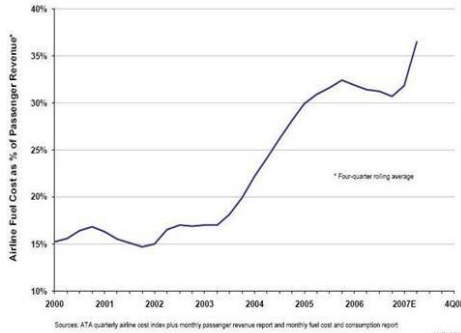
- Dönme eksenini ile gerçek eksenin aynı doğruda olmasını sağlarken kullanılan takımlarla sıkı geçme parçalar (bağlama elemanları ile yapılan montaja kıyasla) çok daha yüksek bir güç ve hassasiyetle tam olarak birbirlerine uyumlu yerleşimleri yapılabilmekte,



Hydraulic Assembly Tooling © Axiom Inc.

- Belirtilen konulara göre parçalarla oluşturulan yapı grupları ve yapı grupları ile tekrarlanabilir şekilde oluşturulan core motorun optimizasyon ile elde edilen modele uyumu yine hassas ölçümlerle izlenmekte,
- Ve sonuçta dönme eksenini ile gerçek eksenleri tek bir doğru üzerinde olan ve konum sorunları nedeni ile belirtilen sorunlardan arınmış, faydalı kullanım ömrü uzatılmış, bir core motor teste gönderilerek -ayar zamanı kayıpları ve geri dönüş riski ortadan kaldırılmış olması nedeni ile- bir seferde performans testini geçen motora sahip olunabilmektedir.

Motor BOY Faaliyetlerinde Bu Teknolojik Gelişme Ne İfade Eder?



Bilet Gelirinde Yakıt Gideri Payı
Kaynak: ATA Reports

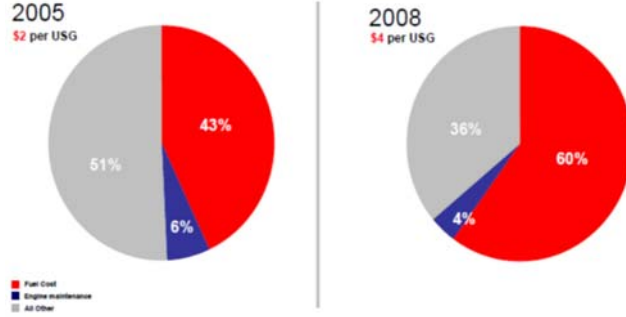
Bu soruya, core motor montajında yüksek teknolojiden yararlanılarak ortadan kaldırılan her bir sorun ile elde edilen fayda ve karlılıkla cevap verilmesi olanaklıdır. Bununla birlikte, bu makalede, elde edilen sonuçlardan sadece biri, yakıt maliyetindeki iyileşme ile dikkat çekici bir cevap verilecektir.

Yakıt maliyeti konusunda 2008 Küresel krizi başlamadan birkaç ay önce, Haziran 2008 içinde yayınladığım "**Petrol Fiyatlarındaki Tırmanış!.. Durum, Etkileri ve Önlemler..**" başlıklı makalemde³, ABD verileri ile havayolunda yakıt maliyeti yakıt değerinin yolcu bileti gelirleri içindeki payını gösteren ATA grafiğinden yararlanmıştım.

³ Can EREL; "Petrol Fiyatlarındaki Tırmanış!.. Durum, Etkileri ve Önlemler..."; Haziran 2008.



Yakıt maliyetinin bu oranı uluslararası piyasada da 2012 yılının sonuna kadar kısmi yükselişini sürdürerek %40 seviyesinde gezinmekte, işletim maliyetlerindeki dikkat çekici payı sürmekte idi.



Havayolu Doğrudan İşletim (Nakit) Maliyetleri Dağılımı

Kaynak: Airbus (800 mil menzile sahip tek koridorlu 160 yolculu jenerik uçakta + Yakıt \$4 per USG@2012))

Önlemin yaşamsallığı her gün artıyordu... Söz konusu bu makalemde, havayolu işletmelerinin artan yakıt maliyetlerine karşı alabilecekleri,

- Ağırlık ve Sürüklenme Azaltılması Esaslı Tasarruf Önlemleri,
- İşletme Uygulamaları ile Alınan Tasarruf Önlemleri,
- Hava Trafik Kontrolü (ATC) Uygulamaları ile Alınan Tasarruf Önlemleri,

detaylı olarak incelenmiş, yakıt maliyet artışının Türkiye yansımaları ile ilgili önlemler de önermiştim; biri de **“gelişmiş malzeme ve bakım kolaylıkları”** idi..

Özellikle bakım kolaylıklarını yeni bir faaliyet alanı olarak belirlediğimde de karşıma ilk çıkan, montaj optimizasyon prosesi ürünleri ile, AXIAM şirketi oldu...

AXIAM şirketi'nin teknolojisi ve ürünleri ile ilgili paylaştığı, bizzat büyük ortağı ve başkanı ile görüşmelerimde aldığım notlar ve araştırmalarımın sonucu elde ettiğim bilgilerle hazırladığım değerlendirmemi de özetlemek isterim.

AXIAM⁴ Şirketi ve Ürünleri Nelerdir?

ABD.de yerleşik AXIAM mühendislik şirketi tarafından, teknik alanda dünyanın en ileri bilim ve teknoloji merkezlerinden biri olan Massachusetts Institute of Technology'deki bilim insanları tarafından geliştirilen matematik model ve çözümlere dayalı tek bir doğrusal eksende core motor montajı yapılmasına yönelik her biri uluslararası ölçekte patentlerle korunmuş;

- Yüksek hassasiyette ölçme göstergeleri,
- Her bir rotor yapısal grubuna yönelik montaj yazılımı (Smart Stack™),
- Rotorların diğer rotor ve shaftlara birleşimini sağlayacak yazılım (Shaft Mate™),
- Bearing ve seallerin montajı yazılımı (Bearing Stack™),
- Motor muhafazalarının (casing) dönme ekseninde montajını sağlayan yazılım (Smart Case™),
- Paleleri (blades) dönme eksine etrafındaki dengelenerek yerleştiren yazılım,
- Motor rotorlarını, shaftlar, bearing & sealler, muhafaza casing & pale (blade) montajını tek bir dönme ekseninde montaj yazılımı (Super Stack™),
- Tekrarlanabilir montaj prosesleri,
- Kullanım amacına göre tasarımı yapılarak üretilen hidrolik takım ve avadanlıklar, gibi alt elemanları olan bir montaj optimizasyon prosesidir (Assembly Optimization Processes, AOPs).

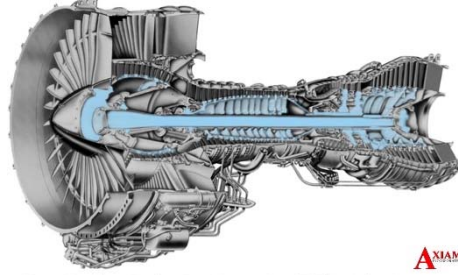
AXIAM'ın ürünleri;

⁴ Donald LOHIN; "Fuel Savings: A New Source - Optimal Engine Core Builds for Turbine Engines"; September 2014..



- Havacılıktan endüstriyel kullanıma, sivil ve askeri havacılıktan uzaya ve güç üretim endüstrisine kullanıcı,
- NASA uzay araçlarının 37000 RPM devirde dönen turbo pompalarından elektrik üretiminde kullanılan 5000 RPM devirlerde dönen güç türbinlerine kadar uzanan motor, yelpazesinde dünya üzerinde yayılı 48 müşterisinin 52 tip turbo motorunda kullanılmaktadır. Bu ürünler kapsadığı alana göre üç ayrı isim taşımaktadır:

ECR – Engine Core Restoration

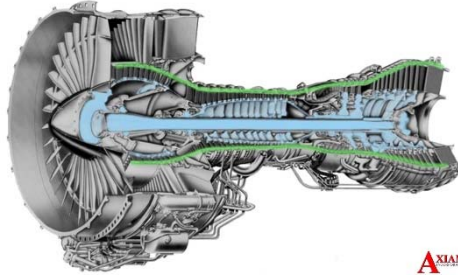


Entry Product: Engine Core Restoration (ECR) © Axiam Inc.
ECR – Shafts & Rotors, Bearings & Seals

ECR tüm rotorları montajında, rotor ve şaft, yatak ve seal eşlendirmelerinde kullanılmaktadır.

ECR, belirtilen özelliklerde, tüm rotorların montajı ve rotorların diğer rotor ve şaftlarla, bearing ve seallerle birleşimi sağlayan montaj optimizasyon ürünüdür ve motorda mavi renk ile renkle boyanmış alanlarına yöneliktir.

FPR - Flow Path Management

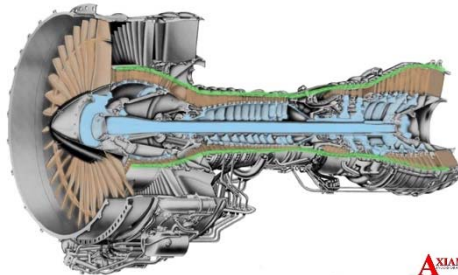


Flow Path Management (FPM) © Axiam Inc.
FPM: ECR + Casing

FPR, ECR ürünü ile sağlanan gelişmelere doğru motor muhafazası (casing) montajı optimizasyonunu da ilave ederek performans artışını da sağlar FPR motorda mavi ve yeşil renk ile renkle boyanmış alanlarına yöneliktir

FPM rotor ve şaftlarla, bearing ve seallerin dönme eksenini motor muhafaza (casing) merkez eksenini arasındaki kaçıklıkları ortadan kaldırır, daha etkin pale ucu boşluğu sağlar.

GeoBal - Geometric Balance



Geometric Balance (GeoBal) © Axiam Inc.
GeoBal: FPM + Blade Distributions

GeoBal, motor dönme ekseninde pale dağılımında optimizasyonla FPM ürünü geliştiren bir ürünü olarak mavi, yeşil ve kahverengi renkle boyanmış alanlarına yöneliktir.

GeoBal kullanımı ile statik balanslama ihtiyacının elimine edilerek kullandığı pale dağılımı optimizasyonu yazılımı sayesinde dinamik balanslamanın da yinelenir olmasını sağlar. Ürünün Beta Testi 2015 kış aylarında CF6-50/80 motorlarında Delta TechOps tarafından kullanılarak değerlendirilmesi ve pazara AXIAM'ın (ECR yerine) başlangıç ürünü olarak 2015 yılında sürülmesi planlanmaktadır.

AXIAM şirketi, core motor montaj prosesinin yinelenebilirliği, istikrarı, performansı, verimli çalışmasını sağlayan Teknik Hizmet ve Mühendislik Desteği programları sunmaktadır.

AXIAM şirketi tarafından geliştirilen montaj prosesi ürünlerinin kullanılacağı her bir model tipi için FAA onayı alınmakta, bu FAA onayı ülkelerarası anlaşmalar kapsamında yerel otoritelerin onayı haline çevrilmektedir. AXIAM şirketi gerekmesi halinde havayolu, motor BOY merkezi/atlyesi, FAA ve yerel otorite ilgilileri arasında toplantılar düzenleyebilmektedir.

AXIAM'ın ürünleri ile klasik motor montajı kısıtları nedeni ile sahip olunan problemleri ortadan kaldıran ve gelişmiş teknolojilerle optimize edilen montaj yöntemi önceki paragraflarda açıklanan akış ve detayda uygulanarak;



Motor Performansında Gelişme (Havayoluna sunulan)

- Özgül yakıt tüketiminde (Specific Fuel Consumption, SFC) %2-6 tasarruf,
- Eksoz Gazı Sıcaklığı (EGT margin) payını az %40 geliştiren,
- Kanat altı motorda EGT istikrarı sağlayan,
- Titreşimi en az %30 azaltan,
- Motorun kanat altında faydalı kullanım süresini %10 artıran,

Motor BOY Faaliyetleri Etkinliğinde Gelişme (Motor BOY Merkezine sunulan)

- Motor toplam montaj süresini %60 azaltan (~1/3'üne düşüren),
- Balans ve hassas düzenleme ihtiyacını azaltan,
- Titreşim kaynaklı rotor yeniden montajı ve bremze redlerini ortadan kaldıran,
- Montaj prosesi değişkenlerini daha sıkı sınırlar arasında kontrol eden,
- Bakım maliyetlerini azaltan,
- Gerçekleşecek yakıt tüketimi tasarrufundan komisyon payı alan,

avantajları sağlar.

AXIAM Ürünlerine Motor Üreticisi Yaklaşımı

Başlangıçta da belirtildiği gibi, ölçme ve değerlendirme teknolojilerindeki gelişmeler 1990'lı yılların ortalarına kadar belirtilen klasik montaj yönteminin değişebilmesi olanağını verememiş ama gelişmelerin olanak verdiği zaman ortaya çıkarılan ürünler de ihtiyaç duyan kullanıcıya ulaşabilmesi kolay olmamıştır.

Motor üreticileri farklı bahane ve engellerle bu teknolojilerin kullanımı yönünde alınacak kararı engelleme çabasına girmiştir.

Motor üreticileri;

- Bugün;
 - 60 milyar dolara ulaşan sivil hava aracı bakım, onarım ve yenileme (BOY) pazarının %40'ını (~24 milyar dolar) oluşturan,
 - Askeri hava araçları da düşünüldüğünde 50 milyar dolar seviyesine ulaşan,
 - Yıllık %4+ büyüyen,motor BOY pazarı ile ilgilerini son 20 yıla dayalı öngörülerini ile hızla geliştirmiş,
- Yeni dünya düzeninde gelir ve özellikle karlılıklarını yeni motor satışları yerine satış sonrası alandaki ürünlerine dayalı olarak elde edecekleri iş modelleri oluşturmuştur,
- Motorun dayandığı bilgi ve teknolojinin kaynağı olmalarının getirdiği teknik gücün yanına (politik olanlar da dahil) diğer pazar kontrol araçlarını ilave etmekten kaçınmadan, bugün türbo motorlarla ilgili pazarın üçte birinden fazla bölümüne sahip duruma ulaşsalar da bu oranı daha da artırmaya çalışmaktadırlar

Motor BOY faaliyetlerine yönelik olarak gelişen teknolojinin desteği ile,

- Ölçme,
- Analiz & Değerlendirme,
- Sökme ve Montaj,
- Onarım,

usullerinin geliştirilmesinin ve bu gelişmelerle mevcut malzeme kullanım oranları ve maliyetlerin düşürülerek faaliyet oranlarının artırılmasının belirtilen Pazar büyüme tutkusuna sahip motor üreticilerinin engelleri ile karşılaşmaları sürpriz değildir.

Bu tür maliyet düşürücü, emniyet ve etkinlik artırıcı ileri teknolojiler ve ürünlerini kullanarak sağlanan avantajdan fadalanmak isteyen motor BOY merkezi ve havayolu şirketlerinin karşılaştıkları zorluklar da sır değildir.

Ama en düşündürücü olanı, motor üreticilerinin henüz motor BOY faaliyetleri alanına girmemiş oldukları yıllarda -bugün son kullanıcıya ulaşımını engellemeye çalıştıkları- teknoloji ve ürünleri bizzat kendilerinin kullanmış olmaları ve hatta zamanla da patentlerle korunan bu ürünleri taklit etmeye çalışmalarıdır. AXIAM şirketinin iflas eden ölçme referansı ve göstergesi üreticilerini satın alarak bu



şirketlerin elinde bulunan AXIAM bilgi ve verileri ile üretilmiş niteliksiz ve yetersiz taklitlerin başarısızlığı da sır olarak kalamamıştır.

AXIAM Ürünleri İçin Yeni Pazarlama Stratejisi

AXIAM şirketi, başlangıçta motor üretimi ve BOY süreçlerinde kullanılan veya sorun çözmek için kullanılan ürünlerini ilk aşamada motor üreticisi ve BOY merkezlerine satmakta idi...

AXIAM şirketi 2014 yılından itibaren ürünleri ile avantaj sağlayanlar olarak havayolu şirketi ve motor BOY merkezini (motor revizyon atölyesini) taraf kabul eden, ama ne havayoluna ve ne de motor BOY merkezine maliyet getirmeden satmaya başlamıştır. Bu anlaşma kapsamında, anlaşmaya taraf havayolunun motorlarında kullanılacak ürünlerini ilgili motor BOY merkezine kurulması, ilgili personelin eğitilmesi ve oluşturulan prosesi Teknik Hizmet ve Mühendislik Desteği programları ile desteklenmesi AXIAM şirketi tarafından yapılmaktadır.

AXIAM şirketi tamamını üstlendiği bu ilk yatırımına karşılık havayoluna kazandıracağını taahhüd ettiği yakıt tasarrufunun miktarının üzerinde anlaşma sağlanan bir bölümünü almaktadır. AXIAM şirketinin aldığı bu payının üzerinde anlaşma sağlanmış bir bölümünü de (bu havayolu motorlarının BOY hizmetlerinde AXIAM şirketi ürünlerini kullanan) ilgili motor BOY merkezine komisyon olarak ödenmektedir.

Müşteri ve kullanıcıya ilk yatırım maliyeti getirmeyen üçlü anlaşmanın daha iyi performans, kalite, güvenilirlik ve zamanında teslimat (Turn-Around Time, TAT) başarısı ile ilgili havayolu ve motor BOY merkezine rekabetçilik avantajı getirilmektedir.

Yıllardır iş ve ekonomi derslerinde duyulan ve işbirliklerinin sürdürülebilir olmalarının temelinde olduğu iddia edilen "karşılıklı kazanç, Win – Win" tanımının tam bir uygulaması olan bir yöntemle sunulan AXIAM ürünlerinin ilgili taraflara sağladığı nakit akışı avantajı ve mali bilançolarda iyileşme ile oluşturacağı pazar avantajı dikkat çekici seviyededir.

AXIAM Ürünleri Kullanımı İle Elde Edilen Sonuçlardan...

Örnek #1 : İsviçre SwissAir

Amaç: LF507 motoru eksoz gazı sıcaklığı payı düşüklüğü & eksoz gazı sıcaklığı payında zamana bağlı bozulmanın giderilmesi

Uygulama: Core motor montaj hattına AXIAM ECR (Engine Core Restoration) ürünü yerleştirilerek sistem devereye alınmıştır.

Sonuç:

- Motoru eksoz gazı sıcaklığı payında +20 c artış sağlanmıştır.
- Eksoz gazı sıcaklığı payında zamana bağlı bozulma giderilmiştir.
- Özgül yakıt sarfiyatında %6 tasarruf sağlanmıştır.

Örnek #2 : Portekiz TAP Bakım Merkezi

Amaç: Motor revizyon süreçlerinde ve ürünlerde etkinlik ve ekonomi sağlama

Uygulama: AXIAM ürünü kurularak ilgili personel eğitilmiştir. Toplam 45 adet motorun AXIAM ürünü kullanılmadan önceki (baseline) CFM56 motor test raporları vardı; uygulama anında 8 adet CFM56 motorun AXIAM ürünü kullanıldıktan sonraki motor test değerleri alınarak analiz yapıldı.

Sonuç: Toplam 8 adet CFM56 motor ortalamalarına göre,

- EGT 42,9 C'den 60,3 C'a çıkarılarak 17,4 C karşılığı % 40,56 iyileşme,
- Titreşim 0,380 ips'den 0,303 ips'e düşürülerek 0,077 ips karşılığı %20,26 iyileşme,
- Özgül yakıt sarfiyatı 0,382 lb/h/lb'den 0,359 lb/h/lb'ye düşürülerek 0,0023 lb/h/lb karşılığı % 6,02 iyileşme,

sağlanmıştır.



Örnek #3 : A.B.D.li United Havayolu

Amaç: Havayolu ve motor bakım merkezi ortak çalışması ile PW2037 motorlarında tarafların hedeflediği gelişimi sağlamak

Havayolu Amacı:

- Özgül yakıt sarfiyatında %2 iyileşme
- Eksoz gazı sıcaklığı payında zamana bağlı bozulmanın giderilmesi

Motor Bakım Merkezi Amacı:

- Düşük basınç türbini ayarı (LPT Trim) için kaybedilen zamanın azaltılması
- Titreşimde azalma
- LPT Pale ucu sürtmesinin engellenmesi
- Balans operasyonlarında tekrarın önlenmesi

Uygulama: Havayolu ve motor bakım merkezi ortak çalışması ile motor bakım hattına AXIAM ECR ürünü kurularak ilgili personel eğitilmiştir.

Sonuç:

- Geçmişte motorlarında %95'i seviyesine çıkan LPT trim ihtiyacı 40 motorda 1 adede düşürülmüştür.
- Motor Test atelyesinde (bremzede) yıllık 1 milyon dolarlık yakıt tasarrufu sağlanmıştır.
- Motorlardaki titreşim 1/3'i seviyesine inmiştir.
- Özgül yakıt sarfiyatında %2,5 tasarruf sağlanmıştır.

Örnek #4 : ABD Donanması

Amaç: ABD Donanmasının elektronik muhaberesinin temel taşı EA-6B uçaklarının J52 motorlarında yaşanan ve üretici P&W ile yapılan uzun süreli sorun giderme çalışmalarında sonuç alınamayan;

- Yağ kaçağı ve kirliliği
 - Yağ kaçağı ve koklaşma
 - Faciaya yol açabilecek hasarlar (4 /5 Yataklar ve Şaftta).
 - Yatak hasarlarında hızlı artış
- Yüksek seviyede titreşim
 - Motor titreşimi 4-6 mils
 - HPC Rotor Runout: 0.020" - 0.025"
 - Bremzede testte rotor değişimi
- Diğer eksiklikler
 - Çok düşük motor faydalı kullanım zamanı (MTBR): 50 - 150 saat.
 - Motor bakım işyükünün programlanabilir sınırın üzerine çıkması: 35 motor/ay
 - Uçak harbe hazır oranlarının %40'lara kadar düşmesi ile güvenlik duvarı açığı oluşumu
 - Oluşturulan proseslerde tekrarlanabilirlik kalmaması

sorunların giderilmesi

Uygulama: ABD Donanmasına ait (The Naval Aviation Depot, Jacksonville - NADEP JAX) bakım merkezine, bizzat AXIAM personelinin de görev alması ile AXIAM ürünleri kurulmuş ve ilgili personel eğitilmiştir.

Sonuç: AXIAM ürünleri kullanılarak yapılan düzeltici işlemler sonrası elde edilen,



- Yağ kaçağı ve kirliliği
 - Yağ kaçağı ve koklaşma problemleri giderilmiştir.
 - Yatak hasarları engellenmiştir.
- Titreşim seviyesi
 - Titreşim sürekli olaral 0.5 – 1.0 mils aralığına oturmuştur.
- Diğer eksiklikler
 - Motor faydalı kullanım zamanı (MTBR) daha ilk uygulamalardan sonra 725 saat seviyesine çıkararak uygulamalar arttıkça hızla yükselmiştir.
 - Motor bakım programında düzenin kurulması: 6 motor/ay
 - Güvenlik duvarı açığının elimine edilmesi
 - Yeterli uçak harbe hazır oranının tesisi
 - Sadece kalite yönünde sağlanan yıllık tasarrufun bile,
 - İlk yıl sonunda 11,5 milyon dolar,
 - İkinci yıl sonunda 41 milyon dolar,
 - Üçüncü yıl sonunda 41 milyon dolar,seviyesine çıkması

gibi ilk sonuçlar dahi Donanma'nın beklediğinin de ötesinde olmuştur.

NADEP JAX tarafından, AXIAM teknolojisi kullanılarak revizyonu tamamlanan motor sayısı 163 adete ulaştığında yapılan değerlendirme sonuçlarında da;

- AXIAM ürünleri kullanılmadan 163 saate düşen önce motor faydalı kullanım zamanının (MTBR) AXIAM ürünleri kullanımı sonrası 684 saate çıktığı,
- AXIAM ürünleri kullanılmadan önce (0,93 - 5,8 mils arasına dağılarak) 3,365 P/P mils olan ortalama titreşim seviyesi AXIAM ürünleri kullanımı sonrası (0,35 - 1,6 mils arasına dağılarak) 0,975 mils seviyesine düştüğü,

belirtilmiştir.

AXIAM şirketinin mevcut portföyünde yer alan dünyanın en gelişmiş kurum ve kuruluşlarından oluşan 48 farklı müşteri ve bu konu ile ilgili oluşturulan farkındalık ile değerlendirmelere başlayan potansiyel müşterileri, hava araçları ve endüstriyel turbo motorlarda heyecan verici emniyet, ekonomi ve etkinlik seviyesini vaad ediyor. Dilerim, bu fırsat hür irade ve bilgi ile değerlendirilerek kısa zamanda tüm dünyada son müşterinin faydalanacağı boyuta ulaşır...



KAYNAKÇA :

1. Can EREL; "Petrol Fiyatlarındaki Tırmanış!.. Durum, Etkileri ve Önlemler..."; Haziran 2008.
2. Donald LOHIN; "Fuel Savings: A New Source - Optimal Engine Core Builds for Turbine Engines"; September 2014.
3. W. Garrett SCAIFE; "From Galaxies to Turbines - Science, Technology and the Parsons Family"; Taylor & Francis Group, 2000.