

# UÇAK MOTOR REVİZYON TEKNOJİLERİ VE 1.HİBM

CAN EREL  
HV.MÜH.YZB.

BU YAYIN 9-10 HAZİRAN 1994 TARİHİNDE HAVA HARP OKULUNDA  
DÜZENLENEN 1.HAVACILIK SEMPOZYUMUNDA SUNULMUŞTUR.

95

**UÇAK MOTOR REVİZYON TEKNOLOJİLERİ**  
**VE**  
***Inci HAVA İKMAL BAKIM MERKEZİ (\*)***

**Can EREL**  
***Hv.Müh. Yzb.***

***Yazarın Özgeçmişi***

*Ankara'da 1961 yılında doğan Can Erel, ilk ve orta öğretimini de Ankara'da tamamladı. Lise öğrenimi sırasında TÜBİTAK Bilim Adamı Yetiştirme Grubu bursunu kazandı. Can Erel, 1979 yılında başladığı İTÜ Makine Fakültesi Uçak Mühendisliği bölümünde de bu bursu almaya hak kazandı ve aynı yıl Hava Kuvvetlerini Güçlendirme Vakfı tarafından TUSAŞ'ın gelecek kadrolarını oluşturmak için seçilen 11 öğrenciden birisi oldu.*

*İkinci sınıftan başlayarak askeri öğrenci olarak Üniversite'ye devam eden Can Erel, 1982 yılında Uçak Mühendisi ünvanıyla mezun oldu ve aynı yıl Hava Kuvvetleri'ne ait İnci Hava İkmal Bakım Merkezi'nde mühendis teğmen olarak göreve başladı. Bu merkezde jet motorları ve bu motorlarla ilgili sistemlerin fabrika seviyesi bakımında proje mühendisi, atelye şefi, proje yöneticisi ve grup amiri olarak 14 yıl görev yaptı.*

*Halen uçak motorlarıyla ilgili teknik yönetimden sorumlu mühendislik grubunun yöneticiliğini yapan Can Erel, İşletme Anabilim dalında (yönetim ve organizasyon) master derecesine, uçak motorlarıyla ilgili teknolojiler, uygulamalar ve yönetim konularında havacılık ve savunma sempozyumlarında yayımlanan bildirilere ve meslek içi yayımlara sahiptir.*

*Evli ve bir çocuk babası olan Can Erel, Doğal Hayatı Koruma Derneği, TAMMOB-Makine Mühendisleri Odası ve 1994 yılından beri NATO-AGARD Propulsion and Energetics Panel (PEP) üyesidir.*

***GİRİŞ***

Uçak motorları, teknolojik açıdan ömürlerini, üretim süreci ve işletme süreci olarak adlandırılan iki aşamada tamamlar. Savaşan Şahin, F-16 uçaklarında kullanılan F110-GE-100 motoru sayesinde her iki süreç de Türkiye'de yaşanılır olmuştur. General Electric firmasınınca dizayn edilen bu motorlar, TUSAŞ Motor Sanayi (TMS) - Eskişehir'de üretim sürecini, Türk Hava Kuvvetlerinde işletme sürecini yaşar.

Teknolojik olarak, işletme süreciyle; kullanım, idame ve koruma amaçlı bakım teknolojileri kastedilmektedir. Uçak motorlarının işletilmesi sürecinde kullanıcıya verilen destek ve hizmette en büyük uygulama yoğunluğuna Fabrika Seviyesi Bakım (FSB) teknolojileri sahiptir. Motor Fabrika Seviyesi Bakımı (FSB), motor depo seviyesi bakım (DSB), jet revizyon, motor revizyon veya motor overhaul olarak da adlandırılabilir.

Motor revizyonunda da, üretim sürecindeki teknolojiler farklı ihtiyaç ve uygulama mantıkları ile kullanılır. Motor revizyonunun kullanıcıya verdiği desteklenmekte olduğu duygusu, geliştirilmekte olan yeni teknolojiler için bilgi biriktirme/geri besleme özelliği işletme sürecini, üretim sürecinden ayırır.

Bugün dünyada motor tiplerine özel, çoğu sadece motor söküm/montaj ve testini yapabilen pekçok motor revizyon tesisi mevcuttur. Bunlardan bir kaçında da, motor revizyonunun teknolojik olarak temelini oluşturan, onarım ve motor kontrol/aksesuarları FSB kabiliyeti mevcuttur. Bu tesisler, motor komple revizyon merkezi olarak anılır. Eskişehir'de konuşlanmış bulunan ve Türk Hava Kuvvetlerine hizmet veren 1.nci Hava İkmal ve Bakım Merkezi dünyanın sayılı motor komple revizyon merkezleri arasındadır.

Bu yazıda, 1.HİBM'de uygulanan uçak motor revizyonunun temel aşamaları ve bu aşamalarla ilgili teknolojik uygulamalar açıklanacaktır.

Uçak motorlarının revizyona ihtiyaç duyma nedenleri motor dizayn ve kullanım konseptine göre değişir. Motora tiplerine göre uygulanacak revizyon da bu konseptlerden etkilenir. Örneğin, F-16 uçağının F110 motorunda revizyon iş akışı aşamaları F-4 uçağının J79 motorundan farklıdır.

Uygulama imkanları bulunan tüm teknolojileredeğinilebilmesi için Şekil-1'deki model motor revizyon iş akışı baz alınmıştır.

Şekil-1

## **1. KABUL KONTROL**

Hizmetini tamamlayarak veya bir hasar/uyumsuzluk sonucu revizyona gönderilen motorun, resmi kayıt ve yazışmalarda yer alan bilgilere uyumu ve motorun genel yapısına uygulanacak bakım seviyesinin tespiti amacıyla yapılır. Yer yer birbirini takip eden iki işlemi kapsar.

### **1.1. GÖZLE KONTROL**

Gereken bakımın yapılabilmesine yönelik temel ihtiyacı ortaya çıkarabilmek için motorun fiziki kontrolü ve sicil kontrolünden oluşur.

### **1.2. BORESCOPE KONTROL**

Motorun sökülmezsizin hasarlanma potansiyeli yüksek iç bölgelerinin (Rotor paleleri, yanma odaları vs.) fiber optik elemanlarla görüntülü olarak kontrol edilmesidir.

## **2. SÖKÜM**

Motorun alt asamble ve/veya en küçük parça ve aksesuarlarına kadar sökülmesidir. Her bir yapı grubu ve parça bilgisayarlı üretim izleme sistemine kaydedilerek iş akışı üzerinde takibe alınır.

## **3. TEMİZELEME ve SOYMA**

### **3.1 TEMZİLEME**

Temizleme, motor revizyonunun en kritik adımlarındandır. Göz, ölçü ve çatlak kontrol işlemlerinde doğru karar verebilmek, kaplama tutmasında engel teşkil eden parçaların yüzeyindeki toz, yağ ve karbon birikimlerinin, çatlak kontrol ve makine soğutma sıvısının yarattığı kirliliklerin ortadan kaldırılabilmesi için yapılan işlemdir.

### **3.1.1. KİMYASAL TEMİZLEME**

Parçalar, kimyasal mayilerle hazırlanan banyolarda temizlenir. Bu işlem sırasında; kirliliğin tipi (yağlanma, oksitlenme, karbonlaşma derecesi), ana malzeme kompozisyonu, ana malzeme yüzey özellikleri dikkate alınarak proses hazırlanır.

Ayrıca, yağ alma işlerinde sıcak kimyasal buharının çözücü etkisinden(Vapor Degreaser) faydalanılır.

### **3.1.2. MEKANİK TEMİZLEME**

Parça yüzeyinde oluşan oksitlenme, boya kalıntısı ve katı kirlerin; kazıma yüzeye parçacık/ses/basınç dalgası çarptırılıp aşındırılarak kaldırılması esasına dayanır. Bu işlemler sırasında Ultrasonic Cleaner, Steam Cleaner, Vibratory Cleaner, Dry/Wet Blast teçhizatları kullanılmaktadır.

### **3.2. SOYMA**

Kontrol ve Onarım işlemlerinin gerçekleştirilebilmesi için metal spray kaplama, kimyasal kaplama ve boya gibi yüzey kaplamalarının sökülmesidir.

## **4. TAHRİBATSIZ KONTROL (NDI)**

Tahribatsız kontrol, parçaların nitelik ve niceliklerinde herhangi bir değişiklik yapmaksızın parçanın incelenmesidir.

Motor parçalarının imalatı, çalışması, bakımı ve onarımı sırasında oluşan malzeme yapısı süreksizliklerinin (Yüzey çatlakları, döküm boşlukları, dahili çatlaklar) tespiti tahribatsız kontrol yöntemleriyle yapılır. Bugün için 1.nci HİBM'de beş çeşit yöntemle tahribatsız kontrol uygulanmaktadır.

### **4.1. RADYOGRAFIC INSPECTION (X-RAY)**

Döküm malzemelerin, kaynak dikişlerinin ve geometrik uyumsuzluk/komplekslik nedeniyle görünmesi mümkün olmayan alanların yapısal hatalarının tespitinde kullanılır.

### **4.2. FLUORESCENT PENETRANT INSPECTION (FPI)**

Gözeneksiz yapıya sahip tüm malzemelerin yüzey süreksizliklerinin tespitinde kullanılır. İnceleme, kapilaritesi ve ultraviole ışık altında yansıma kabiliyeti çok yüksek floresan sıvısı içinde belli sürede bekletilen parçanın yüzeyinin su/emulsifer ile temizlenmesi, kuru veya sıvı developer ile çatlaklarda bulunan floresanın yüzeye çekilmesi, fırında kurutulması durumun sabitlenmesi ve karanlık odada ultraviole ışık ile durumun analiz edilmesi esasıyla yapılır.

### **4.3. MAGNETIC PARTICLE INSPECTION (MPI)**

Manyetik özellik gösteren malzemelerin yüzey ve yüzeye yakın bölgelerindeki malzeme süreksizliklerinin tespitinde kullanılır.

### **4.4. EDDY CURRENT INSPECTION (ECI)**

İletken, çok düzgün yüzey desenine ve 0,003 inç'den az kalınlıkta bir kaplama veya boyalı yüzeye sahip, çok temiz malzemelerin yüzey ve dahili süreksizliklerinin tespitinde kullanılır.

### **4.5. ULTRASONIC INSPECTION (USI)**

Malzeme dahilindeki süreksizliklerin tespitinde kullanılır.

## **5. KEŞİF KONTROL**

Temizlenmiş ve malzeme süreksizlikleri tahribatsız olarak kontrol edilmiş motor parçalarının fiziki özelliklerinin hizmetin gerektirdiği limitler dikkate alınarak kontrol edilmesi, hasar bulunanlara onarım veya servis dışı bırakma (kal) kararının verilmesi işlemidir.

### **5.1. GÖZ KONTROLÜ**

Parça üzerinde mevcut endikasyonların (aşınma, renk değişimi, parça kopması, kazıntı, çapak, çentik vs.), gözle veya bazı destek takımları kullanılarak tespiti ve servis limitlerine göre

analiz edilmesi işlemidir. Ayrıca, tahribatsız kontroller sırasında tespit edilen uyumsuzlukların limit değerlendirilmesi de bu aşamada yapılır.

## **5.2. ÖLÇÜ KONTROLU**

Parçanın kritik fiziksel özelliklerinin (sertlik, boyut, çap, eksen kaçıklığı, yüzey düzgünlüğü vs.) çok çeşitli ve yerine göre oldukça hassas ölçüm cihazları (Mikrometre, Gage, Cordax vs.) kullanılarak ölçülmesi ve sonuçların servis limitlerine göre analiz edilmesi işlemidir.

## **6. KLASİK ONARIMLAR**

Keşif kontrol sonrası uyumsuzluğu/hasarı kullanım limitlerinin haricinde, ancak Depo Seviyesi Onarım limitleri dahilinde bulunan parçalar onarım çevrimine alınır.

Temelde birbirinin içerisine geçmiş ve ihtiyaca göre birtakım kombinasyonlarla kullanılan onarım teknolojileri; klasik onarımlar ve yüksek teknoloji onarımları başlıkları altında incelenecektir. Bu bölümde klasik onarım prosesleri açıklanacaktır.

### **6.1. TESVİYE**

Parçalar üzerinde kesme, eğeleme, elle taşlama, raspalama, delme, markalama, kılavuz çekme, burç takma, helicoil takma, insert takma, honlama, lapping, perçinleme gibi genelde elle, bir destek takımı veya basit el teçhizatları kullanılarak, çoğunlukla bir çalışma tezgahı üzerinde yapılan işlemlerdir.

### **6.2. KAYNAK**

İki veya daha fazla parçanın şekil bağı oluşturacak tarzda ısı ve/veya basınç altında ilave metal kullanılarak veya kullanılmadan birleştirilmesi işlemidir. Yapılma yöntemi bakımından; direnç kaynağı, ergitme kaynağı olarak iki ana gruba ayrılabilir.

### **6.3. TALAŞLI MAKİNALAMA**

Kesici/delici elemanlara bir kuvvet uygulanarak parça yüzeyinden istenmeyen malzemenin kaldırılması sonucu parçaya istenen şeklin verilmesi işlemidir.

Temel olarak parçanın veya kesici ucun hareketli olup olmamasına göre; Tornalama, Frezeleme olarak ayrılır. Taşlama da bir anlamda talaşlı makinalama başlığında incelenebilir.

### **6.4. BOYAMA**

Daha çok aerodinamik yüklere maruz, hava akışı içinde yer alan motor parçalarının erozyon ve korozyon dayanımının artırılması, yüzey düzgünlüğü ve aerodinamik özelliklerinin iyileştirilmesi amacıyla yapılır.

### **6.5. KAPLAMA**

Mekanik sürtünme ve basınç altında çalışan motor parçalarının erozyon/korozyon/aşınma dayanımının artırılması, aşınan parçaların doldurulması amacıyla yapılır.

## **7. YÜKSEK TEKNOLOJİ ONARIMLARI**

Bu bölümde; çok yüksek maliyetlere katlanması, hatta bazen devletlerarası bir takım izinlerin alınmasını gerektiren onarımlar açıklanacaktır. Bu teknolojilere çok yakında Borazon, Codep/Codal, ADH, F cycle gibi son derece yeni olanlar da katılacaktır.

### **7.1. KAYNAK**

Beş değişik kaynak prosesi mevcuttur.

#### **7.1.1. INERT GAS WELDING (IGW)**

Kaynak bölgesinin argon gazı gibi bir asal gazın oluşturduğu koruyucu tabaka altında tungsten elektrodla parça arasında ark oluşturularak yapılır.

#### **7.1.2. PLASMA ARC WELDING (PAW)**

Inert Gas Weldinge benzer çok özel bazı onarımlarda, dar ve ince bir kesitte birleştirilecek parçalarda kullanılır.

#### **7.1.3. ELECTRIC RESISTANCE WELDING (ERW)**

Elektrik akımıyla malzeme üzerinde oluşan direncin ısı etkisinden yararlanıp iki veya daha fazla ince metal tabakadan oluşan parçanın basınçla teması sağlanarak yapılır.

#### **7.1.4. ELECTRON BEAM WELDING (EBW)**

Birleştirilecek parçalar arasında füzyon için gerekli ısının yüksek vakum altında elektronların akışının sağlanmasıyla uygulanır.

Genellikle frame flanşlarının değişimi, dişli şaftı gibi dinamik yüklere maruz parçaların onarımında mükemmel sonuçlar vermektedir.

#### **7.1.5. DABBER TIG WELDING**

Motor seal dişleri gibi dar kesitli parçaların, ana metale az ısı yayarak kaynak edilmesinde kullanılır. Otomatik gaz korumalı tungsten arc welding (IGW)'in geliştirilmiş şeklidir.

#### **7.2. BRAZE**

Sert lehim olarak da bilinen bu proses ile, kılcal çatlaklara sahip veya dolgu ihtiyacındaki motor parçalarının tamiri yapılır. Farklı cinsten malzemelerin birleştirilmesinde de kullanılır.

Nikel veya gümüş alaşımlardan oluşan braze malzemelerinin (sıvı, bant vs. şekilde) çok hassas olarak temizlenmiş uygulama yüzeylerine sürülmesinden sonra, parça; sıcaklık, vakum ve asal gaz olarak özel şartları içeren çeşitli programları uygulayabilen atmosfer kontrollü fırında işleme tabi tutulur.

#### **7.3. TALAŞLI/TALAŞSIZ MAKİNALAMA**

Burada klasik makinalamaya göre oldukça değişik bir yaklaşımla gerçekleştirilen şekil verme yöntemleri açıklanacaktır.

##### **7.3.1. ELECTRO DISCHARGE MACHINING (EDM)**

İletkenliği olmayan bir sıvı içinde, elektrod ve iş parçası arasında kontrol edilebilir elektrik akımı impalsları oluşturularak onarım parçası malzemesinden parçacıkların kopartılması suretiyle parçaya şekil verilmesi işlemidir.

##### **7.3.2. ELECTROCHEMICAL GRINDING (ECG)**

Motor parçalarının kimyasal bir sıvı ve elektrik akımı vasıtasıyla (elektro kimyasal olarak) işlenecek yüzeyin aşındırılarak istenen fiziksel özelliklerinin (ölçü, geometrik şekil vs.) sağlanması işlemidir. Yüzeyde son derece yüksek kalite elde edilir.

#### **7.4. METAL SPRAY**

Yüksek çalışma sıcaklıklarına sahip motor parçalarının yüzeylerinde aşınma ve erozyon dayanımını arttırmak amacıyla yapılır. Malzeme üzerine toz/tel halindeki kaplama malzemesinin ergitilerek püskürtülmesi esasıyla yapılır.

Yüzeye püskürtülen malzemenin fazı, sıcaklığı ve kullanılan gazlara göre; Thermo Spray ve Plasma Spray olarak iki çeşittir.

#### **7.5. ISIL İŞLEM**

Parçanın mikro yapısının sıcaklık ve/veya vakum altında değiştirilerek istenen fiziksel özelliklerin (sertlik, gerilim giderme, tavlama, normalize etme, sementasyon, nitrürleme vs.) kazandırılması işlemidir.

Özellikle yüksek çalışma sıcaklığına sahip malzemelerin kaynak işlemlerinin öncesi ile sonrasında ve braze işlemi için uygulanır.

#### **7.6. MEKANİK GERİLİM ALMA (SHOT PEEN)**

Çeşitli onarımlara maruz kalmış motor parçalarının üzerindeki mekanik gerilimlerin giderilmesi, yüzeyin fiziksel özelliklerinin (yüzey pürüzlülüğü vs.) iyileştirilmesi amacıyla uygulanır. Basınç altında içinde bilyaların bulunduğu Jete belirli bir açı verilerek motor arçasının istenen yüzeyine püskürtülmesi esasıyla yapılır.

#### **7.7. LASER DELME**

Yüksek enerjili ve tek renkli düz laser ışınının parça yüzeyine odaklanarak, çarpma noktasında malzemeyi ergitip buharlaştırmasıyla yapılan delik delme işlemidir.

Metalik/ametalik malzemelerin, malzeme özelliğine göre değişen belli bir kalınlığa kadar hassas delinmesi/kesilmesi işlemi yapılabilmektedir. J79 dumansız yanma odası imalinde yoğun olarak kullanılmaktadır.

## **8. ÜNİTE MONTAJ**

Motor final montajı öncesi, motoru oluşturan alt yapı gruplarının hazırlanması/ monte edilmesi işlemidir. Destekleyeci üç ayrı işlem de bu aşamada yapılmalıdır.

### **8.1. BALANSLAMA**

Dönen kütlelerin ayrı ayrı ve bir araya getirilerek statik ve dinamik dengelenmeye tabii tutulması işlemidir.

### **8.2. ELECTRONIC READ-OUT MEASUREMENT (EROM)**

Laser ışınından yararlanılarak otomatik olarak ölçüm yapılır. F110 motoruyla devreye girmiştir. TEI'de mevcut olan bu kabiliyetten müşterek olarak faydalanılmaktadır. Benzer uygulamalar gage / optik komparatörler kullanılarak diğer motorlarda da mevcuttur.

### **8.3. HIGH SPEED GRINDER (HSG)**

Yüksek basınç altında çalışan soğuk döner elemanların (High Pressure Compressor Blades) uçlarının uniform bir boya göre yüksek devirde taşlanması ve taşlama sonrası laserli ölçüm ve değerlendirme işlemidir. TEI'de mevcut bu kabiliyetten müşterek olarak faydalanılmaktadır. Benzer amaçlı manual yöntemler diğer motorlarda da kullanılmaktadır.

## **9. FİNAL MONTAJ**

Alt yapı grupları, kontrol ve aksesuarlar ile diğer donanım elemanlarının belli limitler dahilinde şekil ve/veya kuvvet bağıyla birleştirilerek motorun bir bütün haline getirilmesi işlemidir.

## **10. TEST**

Final montajı tamamlanarak çalışmaya hazır hale gelen uçak motorunun, kritik faaliyet şartlarına uygun olarak bremzede çalıştırılması, fiziksel ve çalışma şartlarına uyum özelliklerinin izlenmesi işlemidir.

FSB tamamlanarak TEI veya uçuş birliklerindeki bremzelerde test edilen F110 haricindeki tüm motorlar manual veya yarı otomatik olarak 1.HİBM'de test edilebilmektedir.

## **11. PAKETLEME (MOTOR KAZANLAMA)**

Faaliyeti sağlanan motorun; stokaja alınıp, özel konteynerler içine sabitlenip kapağı kapatılarak, depoda bekleme sürecinde atmosfer şartlarından etkilenmemesini sağlama işlemidir.

## **12- AKSESUAR FSB**

İzah edilen tüm motor çevrimi haricinde motor komple revizyon merkezinin temel elemanlarından olan Aksesuar FSB'nın da kısaca izah edilmesi gereklidir.

Motorun kontrol ve fonksiyonlarını gerçekleştirebilecek sistemler üzerinde bulunan, herbiri ayrı bir fonksiyona sahip elemanlar olarak bilinen motor kontrol ve aksesuarları görev aldıkları sistemin adıyla anılır. Buna göre; Yakıt Kontroller, Yakıt Aksesuarlar, Yağ Aksesuarlar, Pnömatik Aksesuarlar, Elektrik Aksesuarlar, Mekanik Aksesuarlar, Yataklama Elemanları başlıkları altında incelenebilir.

Bu üniteler de motor ve parçalarının geçirdiği her bir temel FSB adımının daha küçük bir çevrimde geçirirler. Motor üzerinde yerine getirecekleri görevlerin ekstremeleri dikkate alınarak hazırlanmış, uçuş şartlarına benzetirilmiş test programlarına göre tezgah fonksiyonel testine tabii tutularak faal edilir ve servise verilir.

## **SONUÇ**

İhtiyacı en fazla tatmin edebilecek hizmet seviyesi; bu teknolojilerin sürekli geliştirilerek, belirlenen uluslararası kalite standartlarında, çevreye en az zarar verilerek ve çağdaş yönetim uygulamalarıyla desteklenmesiyle sağlanabilir. Bu nedenle, belirtilen uygulamalarda FSB üretimi ve üretim yönetiminden sorumlu Üretim Grup Komutanlığı, üretim kaynaklarının planlanmasından sorumlu Planlama ve Kaynak Yönetim Başkanlığı, mühendislik ve müşteri hizmetlerinden sorumlu Teknik Yönetim Başkanlığı, kalite temininden sorumlu Kalite Güvence Başkanlığı birimleri sürekli olarak, büyük bir özveriyle birbirlerini destekleme yarışındadır.

Pilot isteklerine en iyi uyumu gösterebilecek (etkin), lojistikçilere en aza mal olacak (ekonomik) ve tüm bu beklentileri maksimum emniyet seviyesi ile karşılayacak şekilde yılda yaklaşık 300 adet uçak motorunu Türk Hava Kuvvetleri hizmetine vermek İnci Hava İkmal Bakım Merkezi'nin çalışma amaç ve ortak gurur kaynaklarındandır.

*(\* Bu yazı, Hava Harp Okulu-İstanbul'da 9-10 Haziran 1994 tarihinde düzenlenen İnci Havacılık Sempozyumun'a yazar tarafından sunulan "Uçak Motor Revizyonunda Teknolojik Uygulamalar ve Hava Kuvvetlerinin Yeri" adlı tebliğin özetidir.*

## **KAYNAKÇA**

- [1] Anonim; The Aircraft Gas Turbine Engine and its operation, UT/P&W yayını, 1988
- [2] Anonim; Eight Decades of Progress, GE yayını, 1990
- [3] Anonim; Erinnerungen 1934-84 Flugtriebwerkbau in München, MTU yayını, 1985
- [4] C.EREL; Sürtünmesiz Yataklarda Bakım ve Kullanım Esasları, 1.HİBM yayını, 1987
- [5] P.DRUCKER; Gelecek İçin Yönetim, Türkiye İş Bankası yayını, 1993
- [6] P.DRUCKER; Yeni Gerçekler, Türkiye İş Bankası yayını, 1993
- [7] T.W.FOWLER; G.C.MARKLE, P.SWAMI; Jet Engine Consept, GE yayını, 1987
- [8] A.J.LISSAMAN-S. J.MARTIN; Principles of Engineering Production,ELBS, 1988