

UÇAK MOTOR REVİZYONUNDA TEKNOLOJİK UYGULAMALAR VE HAVA KUVVETLERİNİN YERİ

CAN EREL
HV. MÜH. KD. YZB.

BU YAYIN , 1994 TARİHİNDE MAKİNE MÜHENDİSLERİ ODASI BÜLTENİNDE
YAYINLANMIŞTIR.

6/94

**UÇAK MOTOR REVİZYONUNDA TEKNOLOJİK UYGULAMALAR
VE
HAVA KUVVETLERİNİN YERİ**

Can EREL

**1.nci Hava İkmal Bakım Merkezi
Fabrika Müdürlüğü
26320, Eskişehir**

ÖZET

Ağırlıklı olarak Hava Kuvvetlerindeki Jet Motorlarının revizyonundan sorumlu 1.nci Hava İkmal ve Bakım Merkezinde (1.HİBM), Hava Kuvvetleri envanterindeki Uçak Motorları; kabul/kontrol, söküm, temizleme/soyma, tahribatsız kontrol, keşif kontrol, klasik onarım, yüksek teknoloji onarımları, ünite montaj, final montaj, bremze, paketlenme ve aksesuar adımlarında revizyon edilmektedir.

ABSTRACT

In the 1st Air Supply and Maintenance Center (1ASMC) which is primarily responsible for Depot Level Maintenance (DLM) of the jet engines in the Air Force, the cycle of the Aircraft gas turbine engine DLM is made up of receiving, disassembly, cleaning/stripping, non-destructive testing, inspection, conventional repairs, high technology repairs, sub-assembly, final assembly, test, packaging and accessories steps.

GİRİŞ

Hasmı verdiği/vereceği karardan vazgeçiren, dolayısıyla barışı, insiyatifi elde tutarak sağlama anlamındaki CAYDIRICILIK, modern savunma konseptlerinin ortak paydası olmuştur. Günümüz şartlarında en önemli savunma unsurlarından biri de savaş uçaklarıdır ve caydırıcılık etkileri, sahip oldukları tepkinin artmasına paralel olarak büyür.

Buhar makinasının 1680 yılında Almanya'da Denis PAPIN isimli bir Fransız tarafından icad edilmesi ve 1712'de Thomas NEWCOMEN'in ilk işler buhar makinasının İngiltere'de bir kömür madeninde kullanmasıyla insanlık tarihinin en önemli dönüm noktalarından biri, BUHAR ÇAĞI, başlamıştır. İlk bilgisayar ENIAC'ın 1946'da üretime geçmesiyle mekanik evrene bir boyut daha eklenmiş ve enformasyonun çalışma için düzenleyici ilke haline geleceği bir başka çağa geçilmiştir. Bu çağda, tüm bilimlerin uğraş alanlarında çok büyük gelişmeler olmuştur. Uçak motorları da bu gelişmeyi inanılması güç bir hızla yaşayan uygulama alanlarından.

Gelişimi yaratanların harcamalarına ortak olabilecek maliyetleri karşılayacak ekonomik güce ve takip edecek beyinlerin formasyonlarının yeterliliğine paralel olarak gelişim izlenebilmektedir. Bu nedenle, uçak motorları sahasında görev almak üzere yetiştirilen genç beyinlerin gerekli formasyonu kazanmaları amaçlanmalıdır.

Uçak motorları, teknolojik açıdan ömürlerini, ÜRETİM SÜRECİ ve İŞLETME SÜRECİ 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 Depo Seviyesi Bakım (DSB) teknolojileri sahiptir. Motor Depo Seviyesi Bakımı; Motor Revizyonu veya Motor Overhaul'u olarak da anılmaktadır.

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 DSB 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 Jet Revizyon Atelyesi de dünyanın sayılı motor komple revizyon merkezleri arasında yer alır.

Bu takdimde, 1.HİBM'de yapılan motor DSB veya bir başka deyişle Jet revizyonunun temel adımları ve teknolojik uygulamalar açıklanacaktır.

Uçak motorlarının revizyona ihtiyaç duyma nedenleri motor dizayn konseptine göre değişir. Motorun ihtiyacına göre revizyon adımların belli kombinasyonları uygulanabilir. Örneğin, bir F110 motorunda revizyon iş akışında mevcut temel adımlar J79 motorundan farklıdır.

Uygulama imkanları bulunan tüm adım ve teknolojilerden bahsedilebilmesi için hayali bir motor iş akış modeli baz alınmıştır.

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. TEMİZLEME ve SOYMA

3.1 TEMİZLEME

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 işlemlerinde 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/sec/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. TAHİRİBATSIZ 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. RADYOGRAFIK İNCELEME (X-RAY)

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

4.2. FLUORESCENT PENETRANT İNCELEME (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 kurutularak durumun sabitlenmesi ve karanlık odada ultraviole ışık ile durumun analiz edilmesi esasıyla yapılır.

4.3. MANYETİK PARÇACIK İNCELEME (MPI)

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

4.4. EDDY CURRENT İNCELEME (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. ULTRASONİK İNCELEME (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 KONTROLU

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 katlanılması, hatta bazen devletlerarası bir takım izinlerin alınmasını gerektiren onarımlar açıklanacaktır.

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 akınıyla 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. DABBİR 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/ametelik 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.

DSB tamamlanarak TEI veya uçuş birliklerindeki bremzelerde test edilen F110 haricindeki tüm motorlar manual veya yarı otomatik olarak I.HiBM'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 DSB

İzah edilen tüm motor çevrimi haricinde motor komple revizyon merkezinin temel elemanlarından olan Aksesuar DSB'nin 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 DSB adımının daha küçük bir çevrimde geçirirler. Motor üzerinde yerine getirecekleri görevlerin extremleri dikkate alınarak hazırlanmış, uçuş şartlarına benzeştirilmiş test programlarına göre tezgah fonksiyonel testine tabii tutularak faal edilir ve servise verilir.

SONUÇ

İzlenen tüm adımların ve proseslerin askeri şartnamelere ve askeri şartnameler baz alınarak hazırlanmış teknik emirlere göre belirlenen standartlarda yapılması ve Hava Kuvvetleri ihtiyacının tam olarak zamanında karşılanması için; mühendislik ve müşteri hizmetlerinden sorumlu TEKNİK GELİŞTİRME MÜDÜRLÜĞÜ, kalite temininden sorumlu KALİTE GÜVENÇE MÜDÜRLÜĞÜ, yönetim otomasyonundan sorumlu BİLGİ İŞLEM MÜDÜRLÜĞÜ, malzeme temininden sorumlu MALZEME YÖNETİM BİRİMLERİ, yan atelye desteği vermekten sorumlu AKSESUAR, ELEKTRONİK SİSTEMLER, İMALAT GRUPLARI, üretim yönetiminden (Planlama, Kontrol) sorumlu ÜRETİM BİRİMLERİ sürekli olarak Jet Revizyon faaliyetlerini, büyük bir özveriyle, destekleme yarışındadır.

İhtiyacı en fazla tatmin edebilecek hizmet seviyesi; kısaca açıklanan teknolojilerin, çevreye en az zarar verilerek, belirlenen uluslararası kalite standartlarında ve çağdaş yönetim anlayışlarının uygulanmasıyla sağlanabilir.

Pilot isteklerine en iyi uyumu gösterebilecek, lojistikçilere en aza mal olacak ve tüm bu beklentileri maksimum emniyet seviyesi ile karşılayacak şekilde yıllık 300 adet uçak motorunu Türk Hava Kuvvetleri hizmetine vermek 500 kişilik Uçak Motor Grubunun çalışma amacı ve ortak gururudur.

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 Flugtreibwerkbau in München, MTU yayını, 1985
- [4] C.EREL; Sürtünmesiz Yataklarda Bakım ve Kullanım Esasları, I.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 Concept, GE yayını, 1987
- [8] A.J.LISSAMAN;S. J.MARTIN; Principles of Engineering Production,ELBS, 1988