AA 6061-T6 ALÜMİNYUM LEVHALARININ BİNDİRME PERÇİN BAĞLANTILARINDAKİ FRETTING AŞINMA DAVRANIŞININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Veysel Erturun[1], Durmuş Odabaş[2], Kemal Yıldızlı[2]
e-posta: erturun@erciyes.edu.tr, odabasd@erciyes.edu.tr, kyildizli@erciyes.edu.tr

[1] Erciyes Üniversitesi, Sivil Havacılık Yüksekokulu, Uçak Göv. Mot. Bölümü, 38039 KAYSERİ
[2] Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makina Müh. Bölümü, 38039 KAYSERİ

ÖZET

Çok sıkı temastaki iki yüzeyin küçük genlikli, salınımlı izafi hareketi, fretting olarak bilinen bir aşınma sürecine sebep olabilir. Yorulma sırasında bu olayın meydana gelmesi halinde malzemelerin yorulma ömürleri önemli ölçüde azalmaktadır. Fretting aşınma etkisinin olduğu yorulma, fretting yorulması olarak tanımlanmaktadır. Bu çalışmada, alüminyum alaşımı levhaların bindirme perçin bağlantılarında, fretting aşınması oluşumu araştırılmıştır. Sonuç olarak, levhalar arasındaki temas yüzeylerinde ve perçin başlarında hafif; ancak perçin deliklerinin tatbik edilen yük yönündeki temas yüzeylerinde ise şiddetli fretting hasarına rastlanmıştır. Fretting hasarlarının yanısıra perçinler üzerinde kesme ve deformasyon izleri de saptanmıştır. Tekrarlı yük değeri ve çevrim sayısının artışı ile, fretting hasarının arttığı görülmüştür.

1. GİRİŞ

Birbirine mekanik olarak bağlantılı olan iki malzemenin çok küçük salınımlarla hareket etmesi sonucu meydana gelen aşınma ile birlikte yürüyen aşınma fretting aşınmasıdır.

Fretting; küçük genlikli, salınımlı izafi harekete sahip iki yüzey arasında meydana gelen bir aşınma sürecidir. Yorulma sırasında frettingin meydana gelmesi halinde elemanların yorulma ömrü önemli ölçüde azalmaktadır. Fretting etkisinin olduğu yorulma, fretting yorulma olarak tanımlanmaktadır [1]. Yorulmada toplam ömrün

% 90'ı ilerleyen bir yorulma çatlağının başlaması için harcanırken, fretting yorulmada, bu takriben % 4'e düşmektedir. Yorulma çatlağı fretting ile başladıktan sonra ilk ilerleme hızı değişen sürtünme kuvvetlerinin tesiri ile artmakta, çatlak belirli bir uzunluğa ulaştığında ise, ilerleme hızı normal yorulmadaki hıza dönmektedir [2].

Makine ve yapısal parçalarda oluşan hasarların çoğunluğu, çalışmaları sırasında maruz kaldıkları çevrimsel yükler nedeniyle yorulma hasarı şeklinde görülmektedir[3].

Yüksek gerilmeli madeni malzemelerde fretting mühendislik malzemelerinin yapısal bütünlüğünü düşüren ilk hasar mekaniklerinden biridir. Fretting hasarlı bölgelerde saykıl deformasyonu temel rolü oynar. Yorulma saykılına maruz kalan birçok kompanent vardır. Bundan dolayı malzemelerin fretting yorulma dirençleri dizaynçılar için çok önemlidir. Temas geometrisi ve servis yüklerine göre fretting yorulma hem malzeme sistem kilitlenmesi hemde malzeme aşınması ile ve mekanik sistem gevşemesi yada erken yorulma çatlak çekirdeklenme ve hasarlanma süresince yayılma, kompanentin çalışma ömrünü çok güçlü bir şekilde düşmesiyle sonuçlanabilir [4].

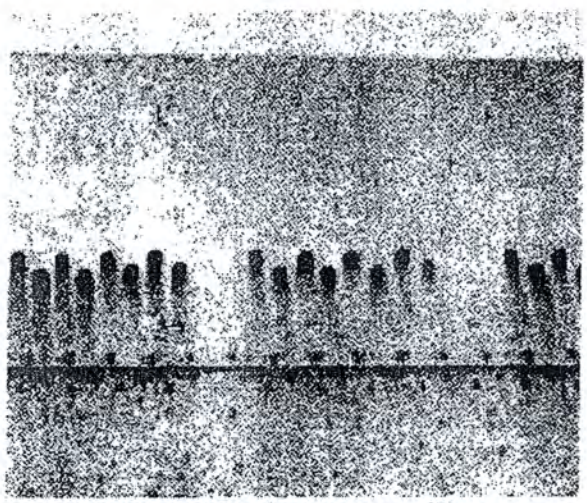
Fretting görüldüğü yerler sürtünme etkili bağlantılardır. En yaygın sürtünme-etkili bağlantılar arasında kelepçe halkaları, presli geçme, sıcak geçme,perçin bağlantıları ve konik bağlantılar sayılabilir. Bu yöntemler çok ekonomik olabilir, yüksek hızlarda dengesizlik yoktur, ve ilave eksenel sabitleme gerekli değildir. Ancak bu metotların dezavantajları da vardır. Tork iletmekte yalnızca sürtünmeden faydalanırlar. Pozitif ve sürtünme-etkili bağlantılar, hızlı aşınma ve muhtemel arızalara neden olan mikro-hareketlere maruz kalır (Şekil 1).Kaynak, lehim ve yapıştırıcı kullanılması mikro-hareketleri engeller. Dolayısıyla doğru tasarlanmış bağlantı şekilleri aşınma korozyonunu ortadan kaldırır [5].



Şekil 1. Fretting aşınma

II. FRETTİNG AŞINMASININ PERÇİN BAĞLANTILARINDA OLUŞMASI

İki metal yüzeyinin titreşimden dolayı birbirlerine karşı çok küçük hareketler ile sürtünmelerinden fretting aşınma oluşur. Metallerin iki parçasının birbirlerine karşı sürtünmesi rulmanların iç bileziklerinin mille temasta olan yüzeyde de olduğu gibi küçük sürtünme şeklindedir. Bu yüzeylerin sertleşmesine ve sonrada çatlamalarına sebep olur. Fretting korozyonun izleri önceleri siyah tortular şeklinde olur. Yanmış yağ yada duman gibi görünen siyah izler gerçekte perçin deliklerinde oluşan alüminyum oksidin artıklarıdır [6]. İki yüzey birbirlerine sıkı bir şekilde yerleştirilmiştir fakat hareket edebilirler ve bu iki yüzeyde aşınma oluşur. Bu iki yüzey normal olarak yeterli miktarda oksijene kapalı değildir. Bundan dolayı arzu edilen koruyucu film oluşur. Buna rağmen devam eden aşınma ile bu film yok olur [7]. Fretting korozyon iki yüzey arasında küçük hareketlerden dolayı meydana geldiğinden bunların arasında oluşan kırıntıların kaçması için uygun durum olmaz ve burada üç cisim aşınmasının olmasına sebep olur.Yani yüzeyler arasında abrasif aşınması gibi aşınmaya da yol açar. Uçakların dış kaplama saçlarında fretting korozyon perçinlerin etrafında perçinlerin arkalarında hava akımın geldiği yönün tersinde siyah artık işaretleri bırakır. Bu durum Şekil 2'de görülmektedir. Aşınma korozyonu sacın içinde ve perçinlerin etrafında olabilir. Perçin başının etrafında akımın ters yönünde siyah artıklarla işaret edilen perçinler, mümkün olur olmaz bu işareti gösteren perçinler değiştirilmelidir [8].



Şekil 2. Fretting Aşınması [9]

Birbirleri ile çalışması düşünülmeyen yüksek yükle yüklenmiş iki yüzeyde fretting olabilir. Buna rağmen sarsıntı aşınma gibi bilinen abrasive aşınması sonucu birbirlerini aşındıran yüzeyler olabilir. Metal yüzeylerindeki koruyucu film aşınma hareketi sonucu kalkar. Devam eden aşındırma ile metal parçacıklar, metal oksidi metal oksid kombinasyonunun yüzeyinden alır. Bunlar oksitleme yaptığı gibi. Yüksek local gerilmeler ve abrasive hareketleri ile hasara sebep olurlar. Fretting aşınmanın en çok alışılmış örneği kanat yüzeylerinde ve uçak motor kapaklarında bulunan duman renkli perçinlerdir [9].

Klasik perçin bağlantıları üzerindeki fretting'in önceki çalışmalarına ilişkin görüşler şu şekildedir: Forsyth [10], bağlayıcı başının altında aşınma bağlantının gevşemesine sebep olarak, sürecin, fretting yorulması ile sonuçlanacağını bildirmiştir.Lyer [11] bindirme bağlantılarını klasik perçinleme fretting yorulma ve aşınma bozulmalarının etkilerini araştırmış ve perçinlenmiş iki levha arası arayüzeyinde ciddi fretting olmuş. Perçinlenmiş hava aracı yapılarının yorulma performansı üzerinde süreç parametrelerinin tesirlerini incelemiştir. Szolwinski [12] yüksek sıkıştırma kuvveti ile temas eden yüzeyler üzerinde fretting hasarının yüksek olduğunu açıklar. Schijve [13] perçin bağlantılarının fretting korozyonunun yorulma çatlaklarının başlaması için önemli olduğunu rapor etmiştir.

Alüminyum alaşımı AA5754 ün Kendinden Yarıklı Perçinin [Self-Piercing Rivited (SPR)] araç yapılarında kullanılmasında fretting aşınması incelenmiş. Bağlantıda değişen çekme yükü saykılları sonucunda yüzey hasarları görülmüştür. Alüminyum levhalar arasındaki temas yüzeylerinde olduğu gibi perçin ve perçinle birleştirilmiş levha arasındaki ara yüzeyde değişik bozulma bölgeleri incelenmiştir [14]. Amerika Birleşik Devletlerinin ulusal sivil havacılık otoritesi FAA (The Federal Aviation Administration) nın rehberliğinde Utah üniversitesinde hava araçlarının kaplama saclarında perçin bağlantılarında yapılan araştırmalar sonucunda, perçin bağlantılarında fretting'in hava aracı sac yapılarında çatlak çekirdeklenmelerinin potansiyel olarak ana sebebidir [15]. Bağıl hareket altında temas halindeki iki kompanent arasında fretting yorulması olur ve düz yorulma ile karşılaştırıldığı zaman yorulma ömrünü düşürür [16]. Bu çalışmada, alüminyum alaşımı levhalarının bindirme perçin bağlantılarında, farklı yük ve saykıllarda fretting aşınması oluşumu araştırılmıştır.

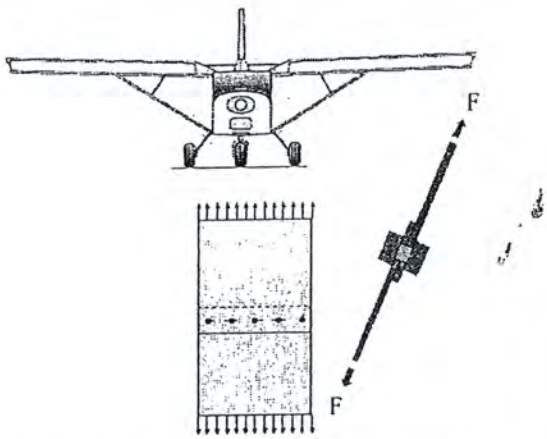
III. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Fretting deneylerinde kullanılacak numunelerin hazırlanmasında, Zenith Stol CH 701 model uçağının kanat kaplama sacı baz alınarak, malzeme seçimi ve boyutlandırması yapılmıştır. Şekil 3'de, bu tipteki bir uçak kanadında, bindirmeli perçin bağlantısı ve bağlantı bölgesinde oluşan kuvvetler şematize edilmiştir.

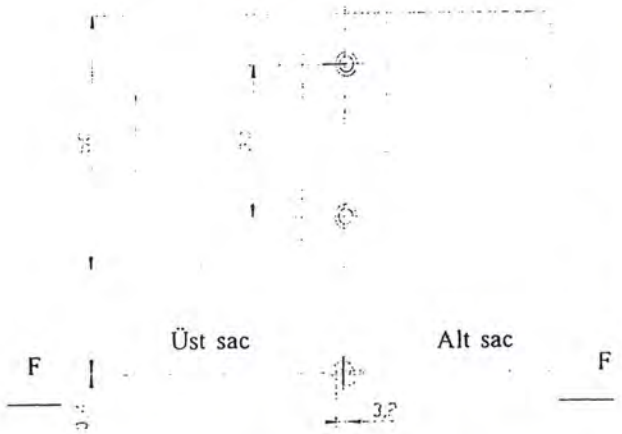
Bu doğrultuda, AA 6061-T3 alüminyum alaşımı saclar ve A-4 çekme perçinler kullanılarak, Şekil 4' de verilen

boyutlarda her bir numune hazırlanmıştır. 0.4 mm kalınlığındaki alüminyum levhaların bindirmeli perçinleme işlemi, havalı çekme perçin tabancası ile gerçekleştirilmiştir. Deneyler, 200kN statik, 100kN dinamik yük kapasiteli bilgisayar kontrollü, Instron (8500 model) test cihazında yapılmıştır. Numune cihaz çenelerine hidrolik basınçla sıkıştırılan kavrama teçhizatı ile yük dağılımı düzgün olacak şekilde bağlanmıştır. Testlerdeki, tekrarlı yük değerleri 0-0.48 ve 0-0.96kN sinüsidal dalga olarak; çevrim sayıları ise 2x104 - 6x104 aralığında değiştirilmiştir. Frekans tüm deneylerde 20 Hz olarak alınmıştır.

Deneylerin bilgisayar kontrolünde MAX paket programı kullanılmıştır. Bu programda deneyler, ortalama yük değeri, genlik, frekans ve çevrim sayısı bilgileri girilerek yapılmaktadır. Fretting deneyleri sonucunda parçaların yüzeyleri taramalı elektron mikroskobunda (SEM-CamScan) incelenmiştir.



Şekil.3. Zenith Stol CH 701 model uçağının kanat kaplama sacının perçin bağlantı şekli

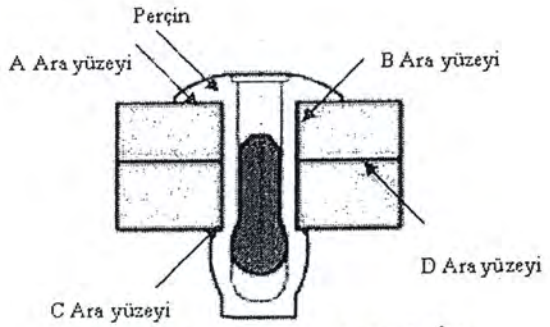


Şekil 4. Numune geometrisi ve saykıl prensibi (mm)

Bu yük ve çevrimlere maruz bırakılan numuneler ve işlem görmeyen numuneler karşılaştırmalı olarak taramalı elektron mikroskobunda renk farklılıkları ve EDX analizleri yardımı ile incelenmiştir.

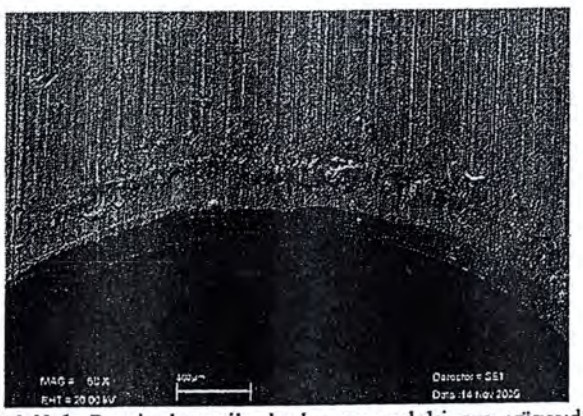
IV. TARTIŞMA VE DEĞERLENDİRME

Bir bindirme perçin bağlantısının kesit görüntüsü Şekil 4 de verilmiştir. Genel olarak, deney sonuçları ve bu sonuçların irdelenmesi neticesinde, şekilde belirtilen A, B, C ve D ara yüzeylerinde fretting hasarlarına rastlanmıştır. Perçin başı ile üst levha arasında (A); perçinle delik arasındaki ara yüzeylerde fretting bölgeleri görülmektedir.



Şekil 5. A4 Çekme perçin bağlantılı

Perçin başı ile üst levha arasındaki ara yüzeyde oluşan fretting bölgesi şekil 6'te gösterilmiştir. Bu bölge şekil 5'te A ara yüzeyi olarak gösterilen bölgedir.



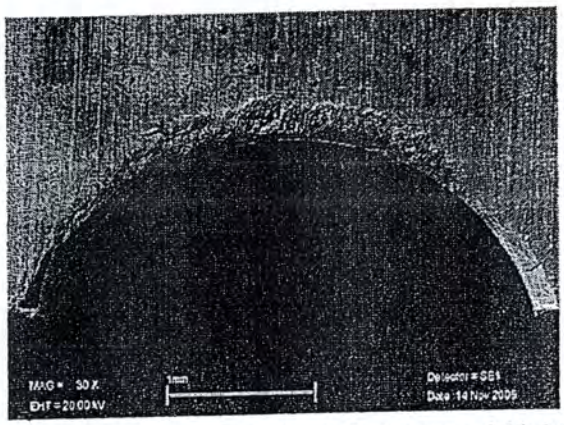
Şekil 6. Perçin başı ile levha arasındaki ara yüzeyde oluşan fretting bölgesi : 0.95 KN için $6x10^4$ saykıl

Perçin ile alt levha arasındaki delik yüzeyinde oluşan fretting bölgesi şekil 7'da gösterilmiştir. Bu bölge şekil 5'te B ara yüzeyi olarak gösterilen bölgedir.

Perçin şişme başı ile alt levha arasındaki ara yüzeyde oluşan fretting bölgesi şekil 8'de gösterilmiştir. Bu bölge şekil 5'de C ara yüzeyi olarak gösterilen bölgedir.

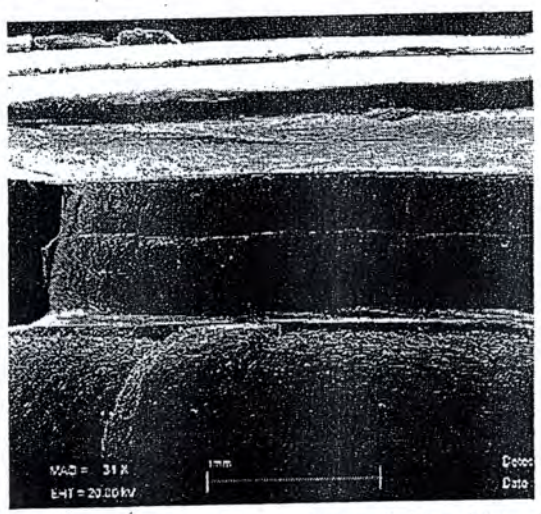


Şekil 7. Alt levha üzerinde delik ara yüzeyinde oluşan fretting bölgesi : 0.95 KN için $6x10^4$ saykıl

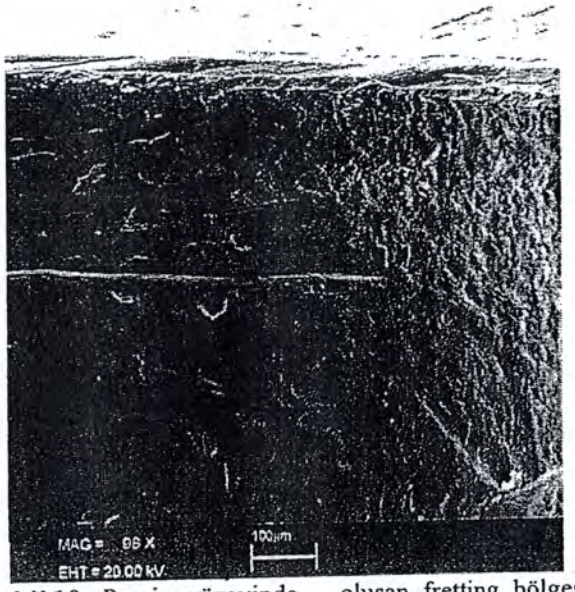


Şekil 8. Perçin şişme başı ile alt levha arasındaki delik ara yüzeyinde oluşan fretting bölgesi : 0.95 KN için $6x10^4$ saykıl

Alt levha ile üst levha arasındaki ara yüzeyde, şekil 5'te D ara yüzeyi olarak gösterilen bölgede de çok az fretting bölgesi oluşmuştur. Perçin yüzeyinde oluşan fretting bölgesi şekil 9'de ve şekil 10'da gösterilmiştir. Ayrıca perçin üzerinde kesme izleride oluşmuştur.



Şekil 9. Perçin yüzeyinde oluşan fretting bölgesi : 0.95 KN için $6x10^4$ saykıl



Şekil 10. Perçin yüzeyinde oluşan fretting bölgesi :0.95 KN için $6x10^4$ saykıl

V. SONUÇLAR

Bir çok aşınma mekenizması fretting hasarına katkıda bulunuyor. Fretting 'in ilk bölümü esnasında kaldırma (sürme) yöntemi takibinde oksitlenme ve tabakalaşma sonra hareketsiz durum esnasında üç cisim abrasive ve fretting izleri yayılır.

Perçin bağlantılarında değişik alternatiflerin kullanımı; Fretting aşınmaları önlemek için geliştirilmiştir. perçinleme teknolojisi, bağlayıcılar, birleşme dizaynı ve perçinlemeye ilave olarak yapıştırıcı kullanımı sayılabilir.

Geniş incelemelerden sonra ortaya çıkan sonuç, uçak yapıları bazı başlangıç hatalarına toleranslı olmalıdır. Bu konuda önemli kanıtlar, uçuş simülasyon yükleri altında test edilen alüminyum alaşımından yapılmış numunelerin kırılma yüzeylerinin incelenmesi ile ortaya çıkarılmıştır. Çatlak oluşumu küçük hasarlardan başlar. Bu, küçük yüzey hatalarının çatlak başlangıç noktası olarak önemli olduğunu gösterir.

TEŞEKKÜR

Bildiriyi hazırlayanlar, FBT-04-50 nolu proje kapsamında desteği için Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimine teşekkür ederler.

KAYNAKLAR

[1] B. G. Brady, Fretting wear. SAE. Technical Paper Series. Aerospace Technology Conference and Exposition Long Beach. Aralık 1-4. California. 1990.

[2] A. HASÇALIK, ve M. AKSOY, F.Ü. Fen ve Müh. Bilimleri Dergisi 13, 2, 237-245, 2001

[3] A. Karcı, D. Turan, 2024-T3 Al Alaşımının Tek Aşırı Yük Altında Yorulma Çatlak İlerleme Davranışı, Kayseri V. Havacılık Sempozyumu, 2004

[4] Feng Lu, Jinquan Xu, Evaluation of cyclic inelastic response in fretting based on unified Chaboche model International Journal of Fatigue (2005) 1–14

[5] http://www.loctite.com.tr/wwdh/tr/book/i115ch07.htm#fig62

[6] Crane,Aviation Mechanic

[7] J. Sanderson, Aircraft Sheet Metal Training Product

[8] J. Sanderson, Aircraft Corrosion Control Training Product

[9] Advisory Circular, U.S. Department of Tronsportatron Federal Aviation Administration

[10] P.J.E. Forsyth, Occurrence of fretting fatigue in practice, in: B. Waterhouse (Ed.), Fretting Fatigue, London Applied Science, 1981, pp. 99–125.

[11] K. Lyer, et al., Contribution of fretting to the fatigue and corrosion deterioration of a riveted lap joint, Struct. Integ. Ageing Aircraft, ASME 47 (1995) 35–61.

[12] M.P. Szolwinski, Linking riveting process parameters to the fatigue performance of riveted aircraft structures, J. Aircraft 37 (2000) 130–137.

[13] J. Schijve, Multi-site-damage fatigue of riveted joints, in: S.N. Atluri, et al. (Eds.), Durability of Metal Aircraft Structures, Atlanta Technology Publications, 1992, pp. 21–27.

[14] Y.K. Chen*, L. Han, A. Chrysanthou, J.M. O'Sullivan Fretting wear in self-piercing riveted aluminium alloy sheet Wear 255 (2003) 1463–1470

[15] David W. Heoppner, Charles D. Eliot, Mark W. Moesser, The Role of Fretting Fatigue on Aircraft Rivet Hole Cracking, Utah Unıv Salt Lake Cıty Dept Of Mechanıcal Engıneerıng

[16] http://www.stormingmedia.us/, Effects of Variable Contact Load on Fretting Fatigue Behavior of Shot-Peened and Un-Peened Titanium Alloy

HaSeM'06

KAYSERİ VI.HAVACILIK SEMPOZYUMU

Katılım Belgesi

Sayın VEYSEL ERTURUN'a

12-14 Mayıs 2006 tarihleri arasında Erciyes Üniversitesi Sivil Havacılık Yüksekokulu ve TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi Mühendislik Fakültesi tarafından düzenlenen "Kayseri VI. Havacılık Sempozyumu"na katılımından dolayı verilmiştir.

PROF. DR. HÜSEYİN YAPICI
DÜZENLEME KURULU BAŞKANI