Bu kitaba sığmayan daha neler var!

2023 Eğitim Vizyonu

Karekodu okut, bu kitapla ilgili EBA içeriklerine ulaş!





BU DERS KİTABI MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞINCA ÜCRETSİZ OLARAK VERİLMİŞTİR.
PARA İLE SATILAMAZ.

ISBN: 978-975-11-5677-8

Bandrol Uygulamasına İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmeliğin Beşinci Maddesinin İkinci Fıkrası Çerçevesinde Bandrol Taşıması Zorunlu Değildir.

UÇAK MALZEME VE DONANIM ATÖLYESİ 9

MESLEKİ VE TEKNİK ANADOLU LİSESİ

UÇAK MALZEME VE DONANIM ATÖLYESİ

9

UÇAK BAKIM ALANI

DERS KİTABI



MESLEKİ VE TEKNİK ANADOLU LİSESİ

UÇAK BAKIM ALANI

UÇAK MALZEME VE DONANIM ATÖLYESİ

9

DERS KİTABI

YAZARLAR

Ahmet SEYFİK
Arif Veli KAYABAŞI
Erdem TEKİN
Ozan KAYA

DEVLET KİTAPLARI

MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI YAYINLARI.....: 7600
YARDIMCI VE KAYNAK KİTAPLAR DİZİSİ.....: 1640

Her hakkı saklıdır ve Millî Eğitim Bakanlığına aittir. Kitabın metin, soru ve şekilleri kısmen de olsa hiçbir surette alınıp yayımlanamaz.

HAZIRLAYANLAR

Dil Uzmanı: Hüseyin KAPSON
Dil Uzmanı: Mehmet KAHYA
Ölçme ve Değerlendirme Uzmanı: Fatma YILMAZ
Rehberlik ve Gelişim Uzmanı: Serpil GÜLER
Grafik Tasarım Uzmanı: Ahmet Arif ÖZEN
Grafik Tasarım Uzmanı: Burcu KARAMAN
Görsel Tasarım Uzmanı: Asiye Canan KELEŞ

ISBN: 978-975-11-5677-8

Millî Eğitim Bakanlığının 24.12.2020 gün ve 18433886 sayılı oluru ile Meslekî ve Teknik Eğitim Genel Müdürlüğünce öğretim materyali olarak hazırlanmıştır.



İSTİKLÂL MARŞI

Korkma, sönmez bu şafaklarda yüzen al sancak;
Sönmeden yurdumun üstünde tüten en son ocak.
O benim milletimin yıldızıdır, parlayacak;
O benimdir, o benim milletimindir ancak.

Çatma, kurban olayım, çehreni ey nazlı hilâl!
Kahraman ırkıma bir gül! Ne bu şiddet, bu celâl?
Sana olmaz dökülen kanlarımız sonra helâl.
Hakkıdır Hakk'a tapan milletimin istiklâl.

Ben ezelden beridir hür yaşadım, hür yaşarım.
Hangi çılgın bana zincir vuracakmış? Şaşarım!
Kükremiş sel gibiyim, bendimi çiğner, aşarım.
Yırtarım dağları, enginlere sığmam, taşarım.

Garbın âfâkını sarmışsa çelik zırhlı duvar,
Benim iman dolu göğsüm gibi serhaddim var.
Ulusun, korkma! Nasıl böyle bir imanı boğar,
Medeniyyet dediğin tek dişi kalmış canavar?

Arkadaş, yurduma alçakları uğratma sakın;
Siper et gövdeni, dursun bu hayâsızca akın.
Doğacaktır sana va'dettiği günler Hakk'ın;
Kim bilir, belki yarın, belki yarından da yakın.

Bastığın yerleri toprak diyerek geçme, tanı:
Düşün altındaki binlerce kefensiz yatanı.
Sen şehit oğlusun, incitme, yazıktır, atanı:
Verme, dünyaları alsan da bu cennet vatanı.

Kim bu cennet vatanın uğruna olmaz ki feda?
Şüheda fışkıracak toprağı sıksan, şüheda!
Cânı, cânânı, bütün varımı alsın da Huda,
Etmesin tek vatanımdan beni dünyada cüda.

Ruhumun senden İlâhî, şudur ancak emeli:
Değmesin mabedimin göğsüne nâmahrem eli.
Bu ezanlar -ki şehadetleri dinin temeli-
Ebedî yurdumun üstünde benim inlemeli.

O zaman vecd ile bin secde eder -varsa- taşım,
Her cerîhamdan İlâhî, boşanıp kanlı yaşım,
Fışkırır ruh-ı mücerret gibi yerden na'şım;
O zaman yükselerek arşa değer belki başım.

Dalgalan sen de şafaklar gibi ey şanlı hilâl!
Olsun artık dökülen kanlarımın hepsi helâl.
Ebediyyen sana yok, ırkıma yok izmihlâl;
Hakkıdır hür yaşamış bayrağımın hürriyyet;
Hakkıdır Hakk'a tapan milletimin istiklâl!

Mehmet Âkif Ersoy

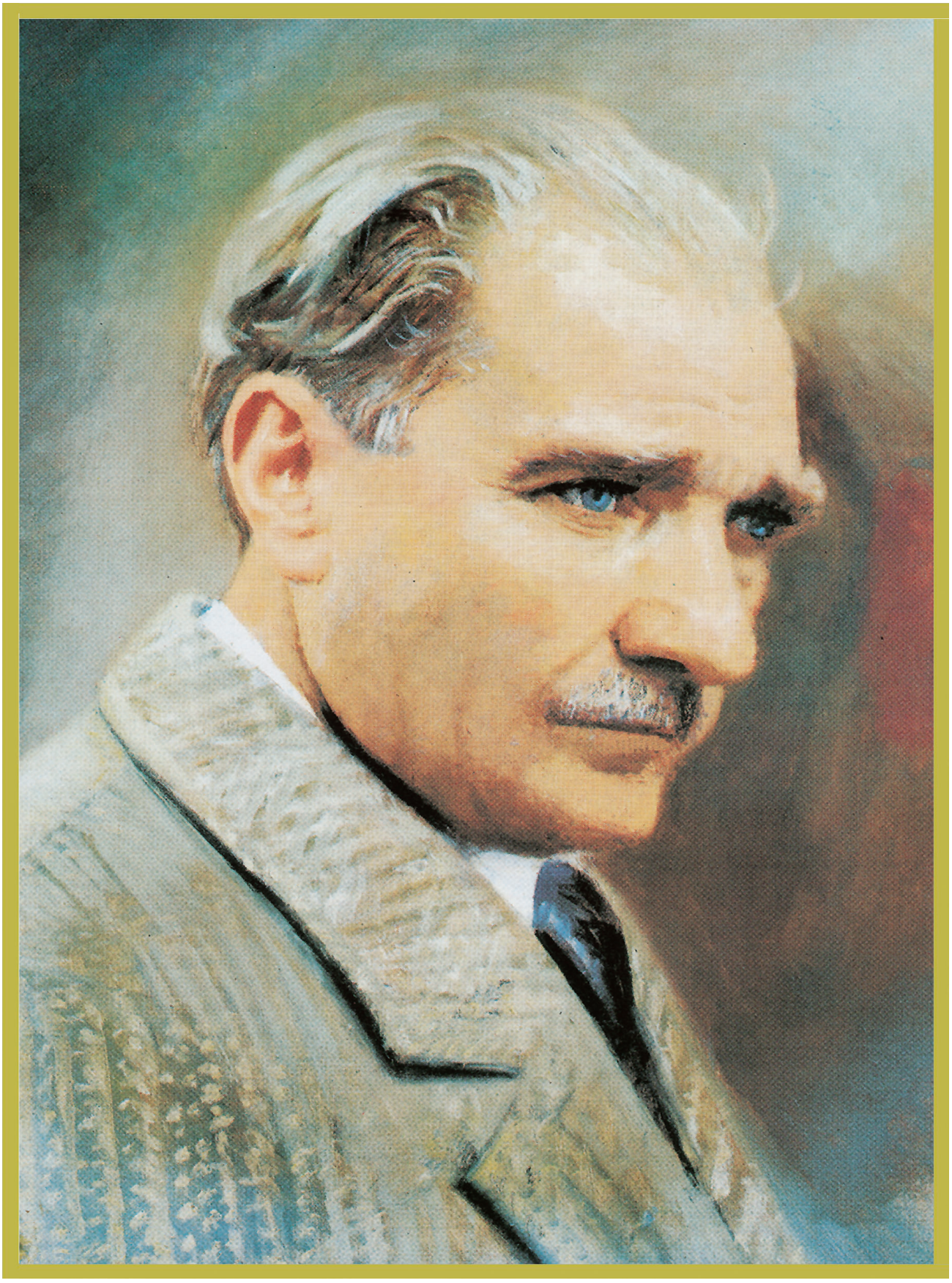
GENÇLİĞE HİTABE

Ey Türk gençliği! Birinci vazifen, Türk istiklâlini, Türk Cumhuriyetini, ilelebet muhafaza ve müdafaa etmektir.

Mevcudiyetinin ve istikbalinin yegâne temeli budur. Bu temel, senin en kıymetli hazinendir. İstikbalde dahi, seni bu hazineden mahrum etmek isteyecek dâhilî ve hâricî bedhahların olacaktır. Bir gün, istiklâl ve cumhuriyeti müdafaa mecburiyetine düşersen, vazifeye atılmak için, içinde bulunacağın vaziyetin imkân ve şeraitini düşünmeyeceksin! Bu imkân ve şerait, çok namüsait bir mahiyette tezahür edebilir. İstiklâl ve cumhuriyetine kastedecek düşmanlar, bütün dünyada emsali görülmemiş bir galibiyetin mümessili olabilirler. Cebren ve hile ile aziz vatanın bütün kaleleri zapt edilmiş, bütün tersanelerine girilmiş, bütün orduları dağıtılmış ve memleketin her köşesi bilfiil işgal edilmiş olabilir. Bütün bu şeraitten daha elîm ve daha vahim olmak üzere, memleketin dâhilinde iktidara sahip olanlar gaflet ve dalâlet ve hattâ hıyanet içinde bulunabilirler. Hattâ bu iktidar sahipleri şahsî menfaatlerini, müstevlîlerin siyasî emelleriyle tevhit edebilirler. Millet, fakr u zaruret içinde harap ve bîtap düşmüş olabilir.

Ey Türk istikbalinin evlâdı! İşte, bu ahval ve şerait içinde dahi vazifen, Türk istiklâl ve cumhuriyetini kurtarmaktır. Muhtaç olduğun kudret, damarlarındaki asil kanda mevcuttur.

Mustafa Kemal Atatürk



MUSTAFA KEMAL ATATÜRK

İÇİNDEKİLER

KİTABIN TANITIMI 10

1 **UÇAK MALZEMELERİ** 11
1.1. MALZEMENIN TANIMI, ÇEŞİTLERİ VE MALZEME SEÇİMİ 12
1.2. DEMİR CİNSİ UÇAK MALZEMELERİNİN ÖZELLİKLERİ VE ISIL İŞLEMLERİ 23
1.3. DEMİR ESASLI OLMAYAN UÇAK MALZEMELERİNİN ÖZELLİKLERİ VE ÇEŞİTLERİ 42
DEĞERLENDİRME SORULARI 56

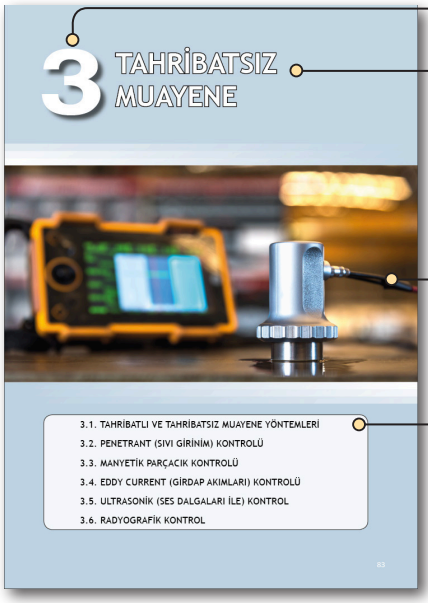
2 **KOROZYON** 57
2.1. KOROZYONU DEĞERLENDİRME 58
2.2. KOROZYONU TEMİZLEME 66
2.3. KOROZYONU ÖNLEME 76
DEĞERLENDİRME SORULARI 82

3 **TAHRİBATSIZ MUAYENE** 83
3.1. TAHRİBATLI VE TAHRİBATSIZ MUAYENE YÖNTEMLERİ 84
3.2. PENETRANT (SIVI GİRİNİM) KONTROLÜ 93
3.3. MANYETİK PARÇACIK KONTROLÜ 101
3.4. EDDY CURRENT (GİRDAP AKIMLARI) KONTROLÜ 109
3.5. ULTRASONİK (SES DALGALARI İLE) KONTROL 117
3.6. RADYOGRAFİK KONTROL 125
DEĞERLENDİRME SORULARI 132

4 **SÖKÜLEBİLİR BAĞLANTILAR** 133
4.1. UÇAK VİDALARI 134
4.2. CIVATA VE SOMUNLAR 141
4.3. KİLİTLEME TERTİBATLARI 150
DEĞERLENDİRME SORULARI 156

5 **HAREKET İLETİM ELEMANLARI** 157
5.1. YAYLAR 158
5.2. YATAKLAR 166
5.3. TRANSMİSYONLAR 182
5.4. BORULAR VE BİRLEŞTİRİCİLER 199
5.5. KUMANDA KABLOLARI 210
DEĞERLENDİRME SORULARI 218

KAYNAKÇA 219
GÖRSEL KAYNAKÇA 220
CEVAP ANAHTARI 223



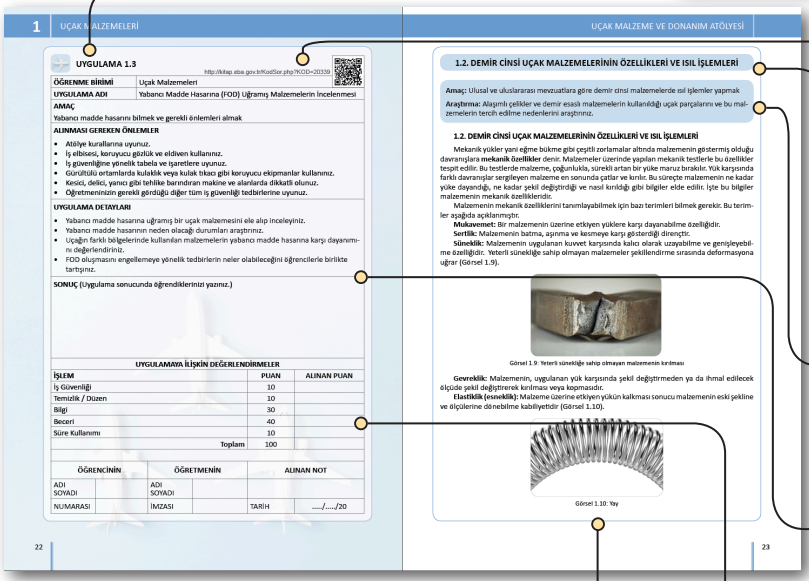
Öğrenme biriminin numarasını gösterir.

Öğrenme biriminin adını gösterir.

Öğrenme birimine giriş görselini gösterir.

Öğrenme biriminde öğrenilecek konu başlıklarını gösterir.

Uygulama sayfalarında uygulama numarasını gösterir.



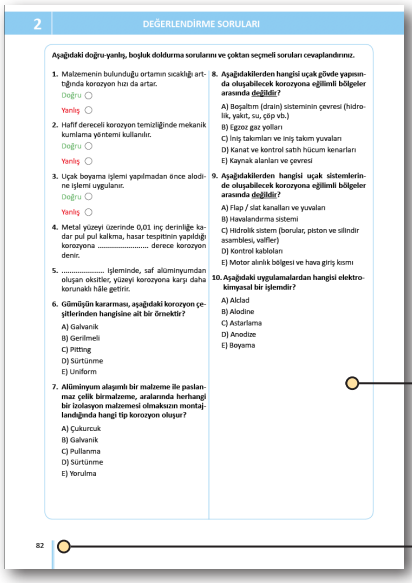
Uygulamaya ait karekod ve bağlantı adresini gösterir.

Bilgi sayfalarında ana konu başlığını gösterir.

Bilgi sayfalarında amaç ve araştırma bölümlerini gösterir.

Uygulama bilgilerini gösterir.

Uygulama değerlendirmesini gösterir.



Bilgi sayfalarında konular görsellerle desteklenmiştir.

Öğrenme birimi sonunda, ölçme ve değerlendirme sorularının yer aldığı sayfadır.

Sayfa numaralarını gösterir.

1 UÇAK MALZEMELERİ



1.1. MALZEMENİN TANIMI, ÇEŞİTLERİ VE MALZEME SEÇİMİ

1.2. DEMİR CİNSİ UÇAK MALZEMELERİNİN ÖZELLİKLERİ VE ISIL İŞLEMLERİ

1.3. DEMİR ESASLI OLMAYAN UÇAK MALZEMELERİNİN ÖZELLİKLERİ VE ÇEŞİTLERİ

1.1. MALZEMENİN TANIMI, ÇEŞİTLERİ VE MALZEME SEÇİMİ

Amaç: Ulusal ve uluslararası mevzuatlara göre malzeme seçimi yapmak

Araştırma: Uçak gövde ve parçalarının hangi malzemelerden yapıldığını araştırınız.

1.1. Malzemenin Tanımı, Çeşitleri ve Malzeme Seçimi

Uçak gövde ve parçalarının imalatında ve bakımında, uçak ağırlığının azaltılması ve yolcu güvenliğinin sağlanması açısından hafif ve yüksek dayanımlı malzemelerin seçilmesi önemlidir.

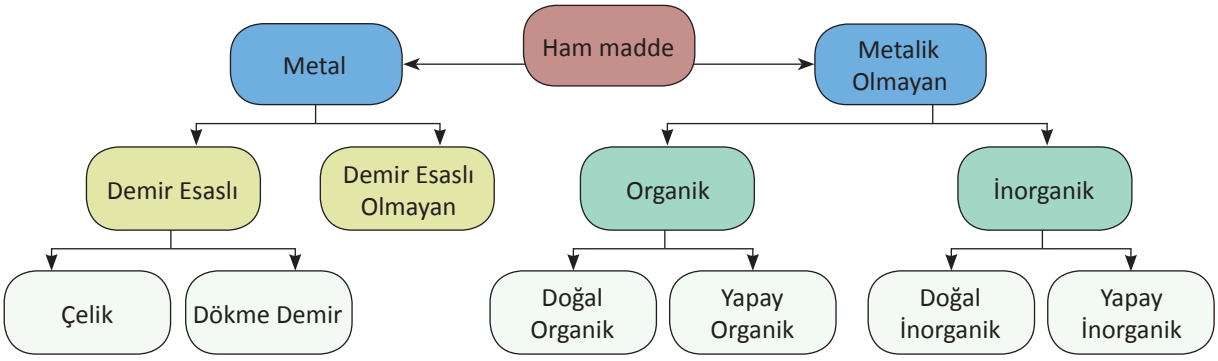
1.1.1. Malzeme Tanımı

İhtiyaç duyulan ve belli bir amacı gerçekleştirmek için kullanılan maddelere **malzeme** denir. Örneğin dişli yapımında kullanılan çelik, bina yapımında kullanılan çimento, uçak gövdesinde kullanılan alüminyum birer malzemedir.

Ham maddeleri mamul ve yarı mamul hâline getirmek için birtakım işlemlere tabi tutmak gerekir. Bu işlemlere ve kullanılan araç gereçlerin bütününe **endüstri** denir.

1.1.2. Malzeme Çeşitleri

Uçak endüstrisinde kullanılan malzemeler temel olarak metal olan ve metalik olmayan malzemeler olarak iki grupta toplanır (Görsel 1.1).



Görsel 1.1: Malzemelerin sınıflandırılması

Demir esaslı metallerde karbon miktarı önemlidir çünkü demirin dayanım ve sertliği karbon oranıyla ilgilidir. Demir esaslı metaller ihtiva ettiği karbon oranına göre çelik ve dökme demir olmak üzere ikiye ayrılır.

Metalik olmayan malzemeler kendi aralarında organik ve inorganik olarak iki grupta incelenir. Yine bu gruplar kendi arasında doğal ve yapay olmak üzere tekrar ikiye ayrılır.

1.1.2.1. Metal Malzemeler

Doğada bulunan metallerin tümü madensel malzemedir ve yer kabuğundan cevher (filiz) olarak elde edilir. Metallerin kendine has ortak özellikleri vardır, bu özellikleri taşıyan her malzeme metal malzemedir.

Metalik özelliklerden bazıları şunlardır:

- Kristal bir iç yapıya sahip olma
- Isı ve elektriği iyi iletme
- Tel ve levha hâline getirilebilme
- Işığı geçirmeyip yansıtma
- Katı hâlde bulunma (cıva hariç)
- Yüksek mukavemet

Alaşım, en az biri metal olmak üzere iki veya daha çok maddenin belli oranlarda ergime yoluyla birleştirilmesiyle oluşan yeni metaldir. Alaşımın amacı metalin özelliklerini iyileştirmektir. Maddelerin birleştirilmesi sonucunda ortaya çıkan malzeme yine metalik özellik gösterir. Çelik (demir-karbon), bronz (bakır-kalay), pirinç (bakır-çinko), lehim (kalay-kurşun) bilinen alaşımlardandır. Alaşımlar içerisinde hangi metal fazlaysa o metale **ana metal** veya **esas metal** denir. Buradan hareketle demir esaslı malzemelerin ana metali demirdir, denilebilir.

Süper alaşım, esas metali demir, nikel veya kobalt olan, az miktarda krom, titanyum, molibden ve volfram gibi metalleri içeren alaşımlara denir. Süper alaşımlar, yüksek sıcaklıklarda dayanımını muhafaza edebilir. Bu özelliği sayesinde uçak sanayisinde, hava araçlarının motor kısımlarında ve özellikle türbin kanatçıklarında sıkça kullanılır (Görsel 1.2).



Görsel 1.2: Türbin

- **Demir Esaslı Malzemeler:** Demir diğer madensel malzemeler gibi doğada filiz hâlinde bulunur ve yer kabuğunun %5,6'sını oluşturur. İyi mıknatıslanabilme özelliğine sahip olan demirin çekme dayanımı 27 kg/mm² ergime sıcaklığı 1535 °C'tur. Saf demir yumuşaktır ve kolay şekillendirilebilir ancak bu hâliyle endüstride pek kullanılamaz. Endüstrinin ihtiyaçlarına cevap verebilmek için daha iyi özelliklere sahip yeni malzemelerin üretilmesi gereklidir. Bu nedenle demir farklı işlemlere tabi tutulur.
  Demir esaslı malzemeler dökme demir ve çelik olarak ikiye ayrılır. Temelde aynı içeriğe sahip olan bu malzemeler tamamen içerdiği karbon oranına göre bu ayrıma tabi tutulmaktadır. Karbon miktarındaki küçük farklılıklar bile çeliğin farklı özellikler sergilemesi için yeterlidir.

a. Çelik: Karbon oranı %2,06'ya kadar olan ve içeriğinde farklı katkı maddeleri de bulunabilen demir karbon alaşımlarına **çelik** denir. İçeriğine ve üretim şekline göre çeşitlendirilen çelik, günümüz endüstrisinde 1500 kadar farklı çeşidiyle işlem görmektedir (Görsel 1.3).



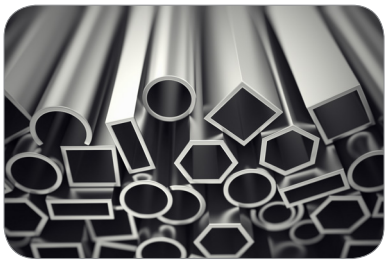
Görsel 1.3: Çelik malzeme

b. Dökme Demir: %2,06 - 4 oranında karbon içeren, sünekliği çeliklere nazaran düşük, sert ve kırılgan olması sebebiyle döküm harici şekillendirmeye pek uygun olmayan demir karbon alaşımlarıdır. Genellikle motor blokları ve makine gövdelerinin yapımında kullanılır.

- **Demir Esaslı Olmayan (Demirsiz) Malzemeler:** Metal malzemeler grubundan olup içeriğinde demir bulunmayan veya önemsenmeyecek bir oranda demir bulunan malzeme grubudur. Uçak yapımında demirsiz malzemeler fazlaca kullanılmaktadır, özellikle alüminyum ve alaşımları bu noktada büyük paya sahiptir.

Endüstride kullanılan demirsiz malzemelerin bir kısmı aşağıda listelenmiştir (Görsel 1.4.a, b, c):

- Kurşun
- Kalay
- Altın
- Manganez
- Magnezyum
- Bakır
- Kobalt
- Nikel
- Vanadyum
- Krom
- Gümüş
- Volfram
- Alüminyum



Görsel 1.4. a: Alüminyum



Görsel 1.4. b: Altın



Görsel 1.4. c: Bakır

1.1.2.2. Metalik Olmayan Malzemeler

Genellikle metalik özellikler taşımayan malzemeler bu grupta ele alınır. Organik ve inorganik olarak iki gruba ayrılır.

Organik malzemeler, doğada canlıların etkisiyle ve kalıntılarıyla oluşan malzemelerdir.
İnorganik malzemelerin oluşumunda canlı faktörü yoktur. Her iki malzeme grubu da doğal ve yapay olmak üzere iki ana gruba ayrılır.

Doğal Organik Malzemeler

- Odun
- Mantar
- Deri
- Kauçuk
- Petrol

Doğal İnorganik Malzemeler

- Kil
- Tuz
- Mineral

Yapay Organik Malzemeler

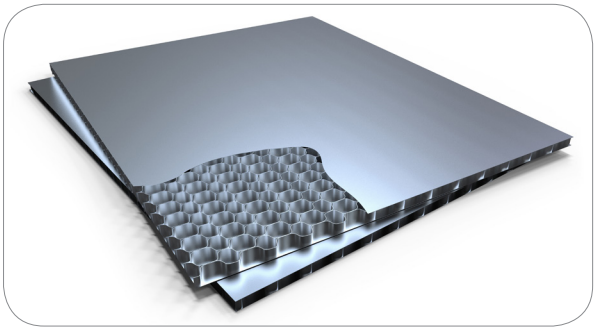
- Genel olarak plastikler
- Polyester
- Polietilen
- Teflon vb.

Yapay İnorganik Malzemeler

- Çimento
- Kireç
- Seramik
- Cam

Kompozit malzemeler, bu başlık altında ayrıca yer verilmesi gereken önemli bir malzeme grubudur. En az iki farklı malzemenin güçlü bağlayıcılarla yapıştırılması suretiyle elde edilir. Dayanım ve hafiflik gibi özellikleri ile havacılık endüstrisinde yaygın olarak kullanılır.

Günümüzde hava araçlarının birçoğunda, kompozit malzeme kullanım oranı %50'yi aşmaktadır (Görsel 1.5).



Görsel 1.5: Kompozit malzeme

1.1.3. Malzeme Seçimi ve Malzemelerin Sıralaması

Günümüz endüstrisinde yaklaşık 150.000 civarında malzeme kullanılmaktadır. Bu malzemeler arasından uygun olanı seçebilmek iyi bir malzeme bilgisi ve uzmanlık ister.

Malzeme seçimi, istenilen özelliklerle malzeme özelliklerini eşleştirerek en uygun ve ekonomik olanı seçme işidir. Malzeme seçiminde malzemenin kolay temin edilebilir olması çok önemlidir.

Seçim işleminin yapılabilmesi için öncelikle malzemenin karakteristik özelliklerini ve çalışma koşullarını bilmek gerekir. Sonrasında aşamalı olarak malzeme grubu tespit edilir ve aday malzemeler belirlenir. Son olarak istenilen özellikteki en uygun malzeme seçilir.

Malzemelerin karakteristik özellikleri ve malzeme seçiminde dikkat edilmesi gereken faktörler aşağıda açıklanmıştır.

1.1.3.1. Temin Edilebilme Kolaylığına Göre Malzeme Seçimi

Malzemenin hem istenilen standartları karşılamasına hem de kolay temin edilebilir olmasına dikkat edilmelidir. Yalnızca tercih zamanında değil sonraki zamanlarda da kolay bulunabilir malzemeler olması da önemlidir. Yurt içinden temin edilebilen malzemeler yurt dışına, kıyasla hem ekonomik olur hem de kolay ulaşılabilir. Yurt dışından temin edildiği durumlarda, nakliye gecikmeleri veya gümrük sorunları nedeniyle uçak parçalarının imalatında ve bakımında gecikmeler yaşanabileceği dikkate alınmalıdır.

1.1.3.2. Korozyon Direncine Göre Malzemeler

Korozyon direnci, malzemelerin kimyasal özelliklerindendir. Çalışma ortamına göre korozyon, özellikle dikkat edilmesi gereken bir husustur. **Korozyon**, metaller üzerinde meydana gelen elektrokimyasal bozulmadır. Alüminyumun oksitlenmesi, demirin paslanması korozyona örnektir (Görsel 1.6).



Görsel 1.6: Korozyon

Uçaklarda yapılan bakım faaliyetlerinin büyük bir kısmı korozyonu önleme amaçlıdır. Korozyona uğrayan bir malzemenin öngörülen servis ömrü (çalışma süresi) kısalır. Korozyon, başlangıçta tespit edilip giderilmezse ve tamir edilmezse ciddi can ve mal kayıplarına sebep olabilir. Örneğin bir yolcu uçağında korozyona uğramış ve dayanımı zayıflamış bir parça, tüm uçuşu tehdit edebilir; çok büyük can ve mal kayıplarına yol açabilir. Korozyon tehlikesinin açıkça görüldüğü ortamlar için mutlaka korozyon direnci yüksek malzemeler tercih edilmelidir.

1.1.3.3. Ekonomiklik Değerine Göre Malzemeler

Ekonomik özellikler; malzememin temini, fiyatı ve çalışma ömrü çerçevesinde değerlendirilmelidir. Seçilecek malzeme yalnızca satın alındığı zamanda değil, çalışma ömrünü tamamladığında da yaygın olarak ve makul fiyatlara bulunabilmelidir. Ucuz malzeme her zaman ekonomik olmayabilir. Bu noktada malzemenin fiyatı ve hizmet ömrü birlikte değerlendirilmelidir. Malzeme, başta pahalı gelebilir ancak daha uzun süre kullanılırsa ucuz malzemeye kıyasla daha ekonomiktir.

1.1.3.4. Üretim İşlerine Uygunluğuna Göre Malzemeler

Malzeme işlenebilir ve üretime uygun olmalıdır. Eğer tasarımın gerektirdiği üretim işlemlerine uygun olmazsa zaman, para ve iş gücü kaybı oluşur. Örneğin karmaşık şekilli bir makine parçası imalatında çok sert ve işlenebilirliği zor bir malzeme tercih edilirse üretim aşaması gereğinden fazla zaman alır. Bu durumda da bahsedilen kayıplar oluşur.

1.1.3.5. Fiziki Özelliklerine Göre Malzemeler

Malzemenin boyutları, elektriksel iletkenliği, manyetik ve termal özellikleri fiziki özelliklerden bazılarıdır. Çalışma koşullarına uygun fiziki özellikler taşıyan malzemeler tercih edilmelidir.

1.1.3.6. Teknolojik ve Mekanik Özelliklerine Göre Malzemeler

Teknolojik ve mekanik özellikler, malzemenin belirli testlere tabi tutulması suretiyle elde edilen ve sayısal olarak ifade edilebilen özellikleridir. Bunlar çekme dayanımı, basma dayanımı, burulma dayanımı, yorulma dayanımı, elastiklik ve sertlik şeklinde sıralanabilir. Seçilen malzemeler mutlaka bu özellikleri karşılamalıdır.

1.1.4. Emniyet Tedbirleri

Atölyede ve çalışma alanlarında meydana gelen kazaların çoğu emniyet tedbirlerine uyulmadığı için oluşan önlenebilir kazalardır. İhmal ve aşırı güven, en çok yapılan hatalardır. Yapılan çalışmaya göre güvenlik önlemleri mutlaka alınmalıdır.

1.1.4.1. Gazlar, Yağlar ve Tehlikeli Maddelerle Çalışırken Alınacak Emniyet Tedbirleri

Kimyasal maddeler türüne göre; tahriş edici, aşındırıcı, toksik ve patlayıcı gibi özelliklere sahiptir. Hava araçlarında kullanılan yakıtlar toksik, yağlar ise tahriş edici özelliktedir. Genellikle insan vücuduna zararlıdır. Bu kimyasalların vücuda alınması genellikle solunum, cilde temas ve yutularak olmaktadır.

Alınacak önlemler:

- Kimyasalın özelliğine göre koruyucu eldiven, bot ve iş elbisesi kullanılmalıdır.
- Koruyucu gözlük ve solunum sistemini korumak için uygun maske kullanılmalıdır.
- Kimyasala maruz kalma süresi mümkün olduğunca kısa tutulmalıdır.
- Gereksiz kimyasallar çalışma ortamından uzaklaştırılmalıdır.
- Kapalı çalışma ortamları havalandırılmalı ve zararlı gazlar ortamdan uzaklaştırılmalıdır.
- Uçaklarda kullanılan basınçlandırılmış gazların renkleri ve özellikleri çok iyi bilinmeli gaz kaçağına karşı sistemde gaz kaçağı kontrolleri yapılmalıdır.

1.1.4.2. Hava Aracı ve Atölye için Emniyet Tedbirleri

Çalışanları ve hava araçlarını korumak için hem atölyelerde hem de uçak başında birtakım emniyet tedbirlerinin alınması gereklidir. Uçak başında alınacak emniyet tedbirleri hava aracının cinsine göre farklılaşmakla birlikte genel olarak aşağıdaki gibidir.

- Hem atölyede hem de uçak başında gözlük, eldiven ve iş elbisesi gibi kişisel koruyucu donanımlar kullanılmalıdır.
- Uçak üzerinde çalışırken statik elektrik her zaman göz önünde bulundurulmalı ve çalışmaya uygun antistatik ekipmanlar tercih edilmeli.
- Çalışma alanı yabancı madde hasarı oluşturabilecek nesnelerden arındırılmalıdır.
- Uçak motorları yüksek frekansta ve desibelde gürültü oluşturduğundan koruyucu kulaklıklar kullanılmalıdır. Personelin işitme durumu periyodik olarak kontrol edilmelidir.
- Çalışan bir motorun hava giriş kısmında ve egzoz kısmında belirlenen tehlikeli bölgelere yaklaşılmamalıdır. Hava giriş kısmı bir insanı içine çekebilecek kadar güçlüdür. Egzoz kısmından çıkan yüksek hız ve sıcaklıktaki gazlar ise yaklaşık 100 ft uzaktaki nesnelere zarar verebilmektedir.
- Hava araçlarında; uçuş kontrol yüzeyleri, iniş takımı kapakları ve diğer hareketli kısımlarda çalışırken dikkatli olunmalıdır. Bu kısımlar çalıştırılmadan önce personel, kendi arasında gerekli çalışma koordinasyonu sağlamalı ve tüm personeli tehlikeli bölgelerden uzaklaştırmalıdır.
- Pervaneli uçaklarda pervanenin dönüş alanı en tehlikeli bölgedir. Uçak çalışırken bu alana kesinlikle yaklaşılmamalıdır.

1.1.4.3. Yangın ve Kaza Anında Alınacak Emniyet Tedbirleri

Yangın oluşması için üç etkenin bir araya gelmesi gerekir. Bunlar; ısı, yanıcı madde ve oksijendir. Bu etkenlerden biri ortadan kaldırılırsa yangına karşı önlem alınmış olur. Yangın çıkma nedenlerinin başında tedbirsizlik ve dikkatsizlik gelir. Yangınlar birçok şekilde meydana gelebilir: Kazalar, yıldırım düşmesi, elektrik kontağı, statik elektriklenme ve patlayıcı kimyasallar vb.

Alınacak önlemler:

- Yangın söndürme ekipmanlarının kontrolleri periyodik olarak yapılmalıdır.
- Yangın söndürme sisteminde bulunan hortum ve vana gibi donanımlar çalışır durumda tutulmalıdır.
- Yangın kaçış yolları ve yangın merdivenleri her zaman açık ve ulaşılabilir olmalıdır.
- Yangına karşı tüm personel eğitilmeli ve yangın söndürme cihazlarını talimatlara uygun olarak kullanabilmelidir.
- Yangın ihtimalinin yüksek olduğu alanlara uygun uyarı levhaları asılmalıdır.

Alınan tüm önlemlere rağmen yangın çıktığında hızlı hareket etmek ve dikkatli olmak önemlidir. Bunun için zaman zaman yangın tatbikatları yapılmalıdır. Yangını ilk gören kişi yangın olduğunu çevresindekilere duyurmalı, yetkililere ve itfaiye birimlerine haber vermelidir.

Yangın söndürücü maddeler su, kum, köpük, kuru kimyevi toz ve CO_2 gazıdır. Yangının çeşidine göre doğru söndürücü madde kullanılması önemlidir. Örneğin elektrik yangınlarında ve akaryakıt yangınlarında asla su kullanılmamalı, kuru kimyevi toz kullanılmalıdır.

1.1.5. Yabancı Madde Hasarı (FOD)

Yabancı madde hasarı havacılık sektörünün önemli konularından biridir. Hava aracına, çalışma sistemine ve çevre birimlerine ait olmayan her şey **yabancı madde** olarak tanımlanır. Bu yabancı maddelerin hava aracına verdiği hasarlara da **yabancı madde hasarı** denir.

Yabancı maddelerden bazıları şunlardır:

- Kir, taş, asfalt parçaları
- Kanat veya motor girişlerinde oluşan buz parçaları
- Bakım işlemlerinden sonra uçakta unutulan alet ve anahtar takımları
- Uçuş esnasında uçağa çarpan kuşlar

Askerî Havacılıkta yabancı madde hasarı **YAMAHA** olarak ifade edilir. **FOD** kısaltması, İngilizce "Foreign Object Damage" kelimelerinin baş harflerinden oluşmaktadır.

1.1.5.1. Yabancı Madde Hasarını (FOD) Ortadan Kaldırıcı Önlemler

FOD'yi önlemek için birçok çalışmalar yapılmış ve yapılmaya devam edilmektedir. Bu çalışmalar neticesinde alınması gereken tedbirler ortaya çıkmıştır. Bu tedbirlerin bir kısmı üretim aşamasında mühendisler tarafından uygulanırken bir kısmı da bakım ve kullanım gibi diğer işlemler sırasında uygulanmaktadır.

Yabancı madde hasarına karşı alınması gereken tedbirler:

- Çalışma ve bakım yapılan bölgeler terk edilmeden önce mutlaka temizlenmelidir.
- Çalışma ortamı temiz olmalı, kullanılan takım ve aletler bir düzen içinde olmalıdır.
- Bakım işlemleri sırasında düşebilecek yüzük, kolye ve kalem gibi kişisel eşyalar çıkarılmalıdır.
- Kritik bölgelerde, ayakkabı ve kıyafetle taşınabilecek kir, toz ve taş parçaları için tedbirler alınmalı ve iş elbiselerinin cepleri çalışma esnasında açılmayacak özellikte olmalıdır.
- Çalışma yapılan ortamların FOD yönünden önemi bilinmeli ve o hassasiyetle çalışılmalıdır.
- FOD hasarının muhtemel görüldüğü yerler hakkında farkındalık oluşturulmalı ve eğitimler verilmelidir.
- Hava araçlarının hareket edeceği pistler, yollar temizlenmeli ve yabancı maddelerden arındırılmalıdır.

Bunlara ek olarak birçok tedbir sayılabilir. Ancak esas olan, hava araçlarının bakım ve çalışmalarında yabancı madde hasarının farkında olmaktır.

1.1.6. Malzeme Boyutlarının Kumpasla Ölçülmesi

Kumpas, bir parçanın uzunluk, kalınlık, çap ve derinlik ölçülerini tespit etmek amacıyla kullanılan hassas ölçü aletidir. Mekanik ve dijital olmak üzere iki türü vardır (Görsel 1.7).

Kumpaslar, metrik ve whitworth olmak üzere iki farklı ölçü sistemine sahiptir.

Metrik Ölçme Yapan Kumpaslar

- 1/10 mm'lik kumpaslar
- 1/20 mm'lik kumpaslar
- 1/50 mm'lik kumpaslar

Whitworth Ölçme Yapan Kumpaslar

- 1/32" kumpaslar
- 1/64" kumpaslar
- 1/128" kumpaslar
- 1/1000" kumpaslar

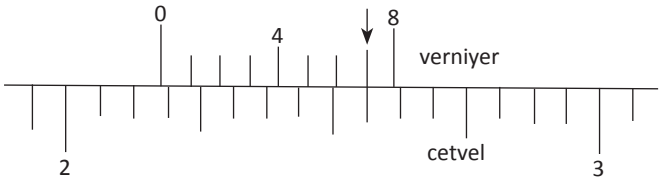


Görsel 1.7: Mekanik kumpas

1.1.6.1. Kumpas Üzerinden Ölçüm Değerinin Okunması

Burada **1/128" bölüntülü kumpas** ele alınacaktır. 1/128" bölüntülü kumpaslarda, cetvel üzerindeki 1" uzunluk 16 eşit parçaya bölünmüştür. Yani iki çizgi arasındaki uzunluk 1/16" kadardır. Bu bölüntülerdeki değer okunurken sadeleştirme işlemi yapılır. Bölüntüler 0'dan başlanıp sırasıyla 1/16", 1/8" (2/16"), 3/16", 1/4" (4/16"), ……. , 13/16", 7/8" (14/16"), 15/16", 1" şeklinde okunur. Çeneler kapalı iken ölçü cetveli üzerindeki 7/16" uzunluk, verniyer üzerinde 8 eşit parçaya bölünmüştür.

Dolayısıyla her bir bölüntü 7/16 x 1/8 = 1/128 inch kadardır. Bu bölüntüler de 1/128", 2/128'', 3/128'', 4/128", 5/128", 6/128", 7/128" şeklinde okunur. Kumpasla boyutları ölçülen parçanın ölçüm değerinin okunması Görsel 1.8'de görülmektedir.



Görsel 1.8: 1/128 '' kumpas

$$2 + \frac{2}{16} + \frac{7}{128} = 2 + \frac{23"}{128}$$

Bu ölçüm 2 tam 23/128 inç şeklinde okunur.

UYGULAMA 1.1

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=20335

ÖĞRENME BİRİMİ	Uçak Malzemeleri
UYGULAMA ADI	Malzeme Tiplerini Tanımlayıp Ayırabilme

AMAÇ

Uçaklarda kullanılan malzemeleri, malzeme tiplerine göre ayırabilmek

ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

- Atölye kurallarına uyunuz.
- İş elbisesi, koruyucu gözlük ve eldiven kullanınız.
- İş güvenliğine yönelik tabela ve işaretlere uyunuz.
- Gürültülü ortamlarda kulaklık veya kulak tıkacı gibi koruyucu ekipmanlar kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı gibi tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer tüm iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Uçaklarda kullanılan farklı malzemeler seçiniz.
- Bu malzemeleri demirli ve demirsiz olarak ayırınız.
- Malzeme cinsini ve özelliklerini tespit ediniz.
- Malzemenin boyutlarını 1/128” bölüntülü kumpas kullanarak ölçünüz.
- Verilen malzemenin uçakta kullanıldığı yerlere örnekler veriniz.
- Sınıfça veya gruplarlar hâlinde bu malzemeleri;
    - Ekonomiklik değerine,
    - Üretime uygunluğuna,
    - Korozyon direncine,
    - Temin kolaylığına,
    - Fiziki, teknolojik ve mekanik özellerine göre değerlendirip kıyaslayınız.

SONUÇ (Uygulama sonucunda öğrendiklerinizi yazınız.)

UYGULAMAYA İLİŞKİN DEĞERLENDİRMELER

İŞLEM	PUAN	ALINAN PUAN
İş Güvenliği	10	
Temizlik / Düzen	10	
Bilgi	30	
Beceri	40	
Süre Kullanımı	10	
Toplam	100	

ÖĞRENCİNİN		ÖĞRETMENİN		ALINAN NOT	
ADI SOYADI		ADI SOYADI			
NUMARASI		İMZASI		TARİH	...../...../20

UYGULAMA 1.2

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=20336

ÖĞRENME BİRİMİ	Uçak Malzemeleri
UYGULAMA ADI	Malzemedeki Korozyonun Tespit Edilmesi

AMAÇ

Uçak malzemelerinde korozyonu tespit etmek

ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

- Atölye kurallarına uyunuz.
- İş elbisesi, koruyucu gözlük ve eldiven kullanınız.
- İş güvenliğine yönelik tabela ve işaretlere uyunuz.
- Gürültülü ortamlarda kulaklık veya kulak tıkacı gibi koruyucu ekipmanlar kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı gibi tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer tüm iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Uygulama için alüminyum ve çelik gibi farklı malzemeleri hazırlayınız.
- Bu malzemeleri korozyon tespiti için gözle kontrol ediniz.
- Gerekli ise el feneri ve büyüteç gibi ekipmanlar kullanınız.
- Görülemeyen kısımlar için kontrol aynası kullanınız.
- Malzemede korozyon olup olmadığı tespit ediniz.
- Farklı malzemelerin korozyonunu ve nasıl göründüklerini değerlendiriniz.

SONUÇ (Uygulama sonucunda öğrendiklerinizi yazınız.)

UYGULAMAYA İLİŞKİN DEĞERLENDİRMELER

İŞLEM	**PUAN**	**ALINAN PUAN**
İş Güvenliği	10	
Temizlik / Düzen	10	
Bilgi	30	
Beceri	40	
Süre Kullanımı	10	
Toplam	100	

ÖĞRENCİNİN		**ÖĞRETMENİN**		**ALINAN NOT**	
ADI SOYADI		ADI SOYADI			
NUMARASI		İMZASI		TARİH	...../...../20

UYGULAMA 1.3

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=20339

ÖĞRENME BİRİMİ	Uçak Malzemeleri
UYGULAMA ADI	Yabancı Madde Hasarına (FOD) Uğramış Malzemelerin İncelenmesi

AMAÇ

Yabancı madde hasarını bilmek ve gerekli önlemleri almak

ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

- Atölye kurallarına uyunuz.
- İş elbisesi, koruyucu gözlük ve eldiven kullanınız.
- İş güvenliğine yönelik tabela ve işaretlere uyunuz.
- Gürültülü ortamlarda kulaklık veya kulak tıkacı gibi koruyucu ekipmanlar kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı gibi tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer tüm iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Yabancı madde hasarına uğramış bir uçak malzemesini ele alıp inceleyiniz.
- Yabancı madde hasarının neden olacağı durumları araştırınız.
- Uçağın farklı bölgelerinde kullanılan malzemelerin yabancı madde hasarına karşı dayanımını değerlendiriniz.
- FOD oluşmasını engellemeye yönelik tedbirlerin neler olabileceğini öğrencilerle birlikte tartışınız.

SONUÇ (Uygulama sonucunda öğrendiklerinizi yazınız.)

UYGULAMAYA İLİŞKİN DEĞERLENDİRMELER

İŞLEM	**PUAN**	**ALINAN PUAN**
İş Güvenliği	10	
Temizlik / Düzen	10	
Bilgi	30	
Beceri	40	
Süre Kullanımı	10	
Toplam	100	

ÖĞRENCİNİN		**ÖĞRETMENİN**		**ALINAN NOT**	
ADI SOYADI		ADI SOYADI			
NUMARASI		İMZASI		TARİH	...../...../20

1.2. DEMİR CİNSİ UÇAK MALZEMELERİNİN ÖZELLİKLERİ VE ISIL İŞLEMLERİ

Amaç: Ulusal ve uluslararası mevzuatlara göre demir cinsi malzemelerde ısıl işlemler yapmak

Araştırma: Alaşımlı çelikler ve demir esaslı malzemelerin kullanıldığı uçak parçalarını ve bu malzemelerin tercih edilme nedenlerini araştırınız.

1.2. DEMİR CİNSİ UÇAK MALZEMELERİNİN ÖZELLİKLERİ VE ISIL İŞLEMLERİ

Mekanik yükler yani eğme bükme gibi çeşitli zorlamalar altında malzemenin göstermiş olduğu davranışlara **mekanik özellikler** denir. Malzemeler üzerinde yapılan mekanik testlerle bu özellikler tespit edilir. Bu testlerde malzeme, çoğunlukla, sürekli artan bir yüke maruz bırakılır. Yük karşısında farklı davranışlar sergileyen malzeme en sonunda çatlar ve kırılır. Bu süreçte malzemenin ne kadar yüke dayandığı, ne kadar şekil değiştirdiği ve nasıl kırıldığı gibi bilgiler elde edilir. İşte bu bilgiler malzemenin mekanik özellikleridir.

Malzemenin mekanik özelliklerini tanımlayabilmek için bazı terimleri bilmek gerekir. Bu terimler aşağıda açıklanmıştır.

Mukavemet: Bir malzemenin üzerine etkiyen yüklere karşı dayanabilme özelliğidir.

Sertlik: Malzemenin batma, aşınma ve kesmeye karşı gösterdiği dirençtir.

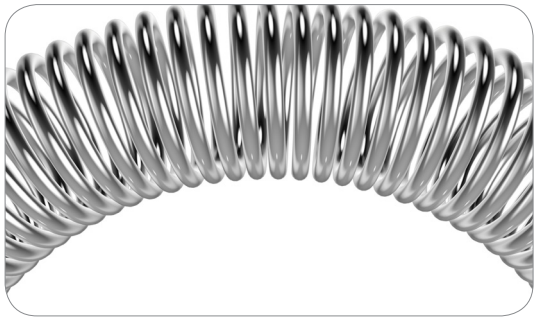
Süneklik: Malzemenin uygulanan kuvvet karşısında kalıcı olarak uzayabilme ve genişleyebilme özelliğidir. Yeterli sünekliğe sahip olmayan malzemeler şekillendirme sırasında deformasyona uğrar (Görsel 1.9).



Görsel 1.9: Yeterli sünekliğe sahip olmayan malzemenin kırılması

Gevreklik: Malzemenin, uygulanan yük karşısında şekil değiştirmeden ya da ihmal edilecek ölçüde şekil değiştirerek kırılması veya kopmasıdır.

Elastiklik (esneklik): Malzeme üzerine etkiyen yükün kalkması sonucu malzemenin eski şekline ve ölçülerine dönebilme kabiliyetidir (Görsel 1.10).



Görsel 1.10: Yay

Plastiklik: Malzeme üzerine uygulanan yükün kalkması sonucu oluşan şekil değişikliğini koruyabilme özelliğidir. Diğer bir ifadeyle yeniden şekillendirilme kabiliyetidir.

Dövülebilirlik: Malzemenin baskı altında dövülerek, sıkıştırılarak veya haddelenerek kırılmadan ve çatlamadan şekillendirilebilme özelliğidir (Görsel 1.11.a, b).



Görsel 1.11. a: Haddeleme



Görsel 1.11. b: Dövme işlemi

İletkenlik: Bir malzemenin ısı ve elektriği iletebilme kabiliyetidir (Görsel 1.12).



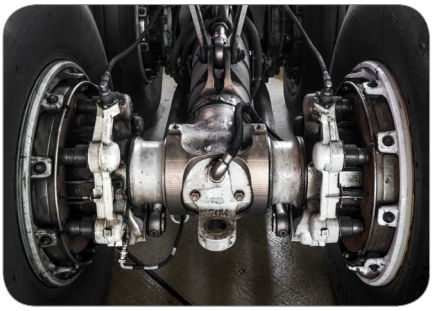
Görsel 1.12: Farklı malzemelerden yapılmış kablolar

1.2.1. Hava Araçlarında Kullanılan Genel Alaşımlı Çelikler

Çelik, özünde demir karbon alaşımıdır. Karbon, çeliğe sertlik ve dayanım kazandırır. Alaşım içindeki karbon miktarı çok hassas ayarlanmalıdır çünkü küçük değişimlerde bile çeliğin özelliği değişir.

Karbonlu çeliklere sahip olmadığı birtakım özellikler kazandırmak için karbonun yanında farklı elementler de eklenerek yeni alaşımlar meydana getirilir. Bu alaşımlara **genel alaşımlı çelikler** denir.

Uçaklarda yüksek dayanım gerektiren yerlerde, özellikle mafsallı ve vidalı birleştirmelerde, iniş takımlarında (Görsel 1.13.a) ve motoru uçağa bağlayan bölüm olan pylonlarda genel alaşımlı çelikler kullanılır (Görsel 1.13.b).



Görsel 1.13. a: İniş takımı

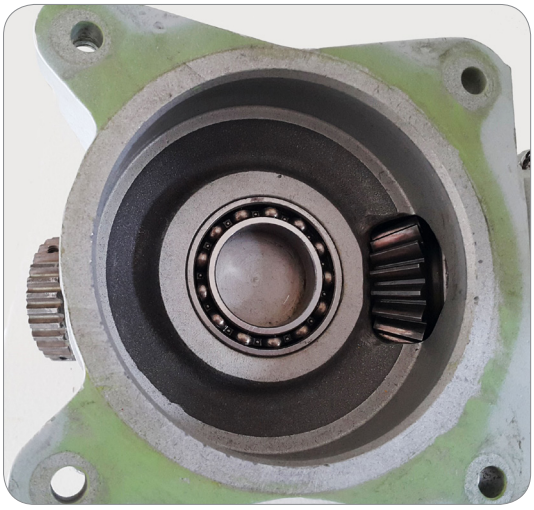


Görsel 1.13. b: Motor kanat bağlantısı (pylon)

1.2.1.1. Alaşımlı Çeliklerin Nitelikleri ve Özellikleri

- **Düşük Karbonlu Çelikler:** Karbon oranı %0,1-0,3 arasında olan çeliklerdir, soğuk şekillendirmeye uygun ancak ısıl işleme pek elverişli değildir. Emniyet teli, somun vb. yapımında kullanılır. SAE 1010-1030 arası çelikler bu gruba girer.

- **Orta Karbonlu Çelikler:** Karbon oranı %0,3-0,6 arasında olan çeliklerdir. Isıl işlemle mekanik özellikleri iyileştirilebilir ve yüzey sertleştirmeye uygundur. Çoğu makine parçasının yapımında bu çelikler tercih edilir.
- **Yüksek Karbonlu Çelikler:** Bu çeliklerin karbon oranı %0,6-1,5 aralığındadır. Karbon oranı nedeniyle sert malzemelerdir. Isıl işlemle sertleşebilme kabiliyetleri oldukça iyidir. Aşınma dayanımı gerektiren yerlerde, keski aletleri ve yay yapımında kullanılır.
- **Nikel Alaşımlı Çelikler:** Nikel, çelik alaşımlarda %5'e kadar kullanıldığında çeliğe sünekliği etkilemeden mukavemet ve dayanım kazandırır. Daha yüksek miktarlarda kullanıldığında ısıya dayanıklılık ve korozyon direnci kazandırır. Nikel alaşımlı çelikler, yüksek mukavemete ve tokluğa sahip olup yüksek gerilim altında çalışan makine parçalarında kullanılır.
- **Nikel Krom Alaşımlı Çelikler:** Nikel alaşımlı çeliğe ilave edilen krom, çeliğe fazladan dayanım ve mukavemet sağlar. Yüksek dayanım gerektiren yerlerde, yapısal uygulamalarda kullanır. Yüksek krom-nikel oranına sahip alaşımlar paslanmaz çelik olarak bilinir.
- **Krom Alaşımlı Çelikler:** Çeliğe ilave edilen düşük miktarda krom, sünekliği bir miktar azaltsa da çeliğin sertliğini, mukavemetini, ısıl dayanımını ve korozyon direncini artırır. Krom alaşımlı çelikler; yay, rulman bilyeleri ve mukavemet gerektiren dişli parçalarının yapımında kullanılır (Görsel 1.14).



Görsel 1.14: Rulman yatak ve dişli

- **Volfram Alaşımlı Çelikler:** Volfram, çeliklere mukavemet ve ısıl dayanım kazandırır. Bu alaşımlar yüksek çalışma sıcaklıklarında sertliklerini korur. Bu nedenle sıcağa maruz kalan supap, valf gibi parçaların yapımında kullanılır.
- **Molibden:** Hava araçlarının yapısal bölümlerinde tercih edilen çelik alaşımları molibden ihtiva eder. Molibden, çeliğin darbe dayanımı, aşınma dayanımı ve yorulma dayanımını iyileştirir; elastiklik kabiliyetini artırır. Ayrıca krom içeren çelik alaşımlarına (krom-molibden) kolay kaynak edilebilme özelliği kazandırır.
- **Vanadyum:** Çeliğe sıcaklık dayanımı, yorulma direnci ve sertlik kazandırır, takım çeliklerinde ve kalıp çeliklerinde önemli bir katkı maddesidir. Bu çelikler yaprak yay, aks, valf gibi parçaların yapımında kullanılır.
- **Demir İçeren Süper Alaşımlar:** Inkonel, Hastelloy W ve Hastelloy X havacılıkta kullanılan ve demir içeren süper alaşımlardan bazılarıdır. Süper alaşımlar yüksek sıcaklıklara şekil ve boyut değiştirmeden dayanabilen, yüksek korozyon direncine sahip alaşımlardır. Demirin dışında çoğunlukla nikel olmak üzere krom ve molibden içerir. İhtiva ettikleri özelliklere göre hassas ve kritik uygulamalarda kullanılır. Gaz türbinli motorda; yanma odaları, türbin kanatçıkları gibi bölgeler kullanım alanlarına örnek verilebilir.

1.2.1.2. Çeliklerin Standartları

Çelik standartları, çelik üreticileriyle tüketicilerinin aynı dili konuşmasını sağlamak için oluşturulmuştur. Bu sayede aynı kalite ve özellikteki ürünün tek bir gösterimle bilinmesi sağlanarak karışıklıklar önlenmiştir. Bu konuda dünya genelinde oluşturulmuş birçok standart mevcuttur. Ülkemizde bu standartlar TSE tarafından çıkarılmaktadır. Bazı önemli standartlar aşağıda listelenmiştir:

- SAE: Otomotiv Mühendisleri Topluluğu
- AISI: Amerikan Demir ve Çelik Enstitüsü
- ASTM: Amerikan Test ve Malzemeleri Topluluğu
- ISO: Uluslararası Standartlar Organizasyonu
- EURONORM: Avrupa Standartları
- DIN: Alman Standartlar Enstitüsü
- TS: Türk Standartları

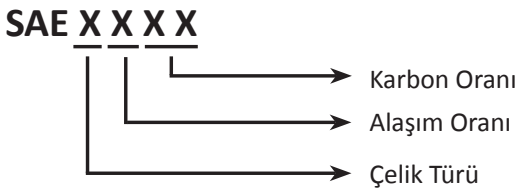
Ülkemizde bu standartlardan SAE, AISI, ASTM, DIN, MKE ve TS bilinen ve kullanılan normlardır. Endüstride DIN standartları biraz daha yaygın olarak kullanılmaktadır.

Uçak endüstrisinde kullanılan çeliklerin sınıflandırılmasında Amerikan standartları SAE (Society of Automotive Engineers) yaygın olarak kullanılmaktadır. SAE normu dört haneli bir numara sistemine göre sınıflandırma yapar.

- İlk basamak temel alaşım elementine göre çelik türünü (Tablo 1.1),
- İkinci basamak alaşım elementinin yüzde olarak yaklaşık değerini,
- Üçüncü ve dördüncü basamaklar, yüzde olarak karbon değerinin (%C) yüz katını göstermektedir.

Tablo 1.1. SAE Değerleri

Grup	Alaşım Elementi
1	Karbon
2	Nikel
3	Nikel ve Krom
4	Molibden
5	Krom
6	Krom ve Vanadyum
7	Volfram
8	Mangan ve Silisyum
9	Silisyum



Örnek:

SAE 1020

1: Çelik Türü: Karbonlu çelik
0: Alaşım Oranı: Alaşımsız çelik
20: Karbon Oranı: %0,20

SAE 4150

4: Çelik Türü: Molibden alaşımlı çelik
1: Alaşım Oranı: Molibden oranı %1
50: Karbon Oranı: %0,50

1.2.2. Alaşımlı Çeliklerde Yapılan Isıl İşlemler ve Çeşitleri

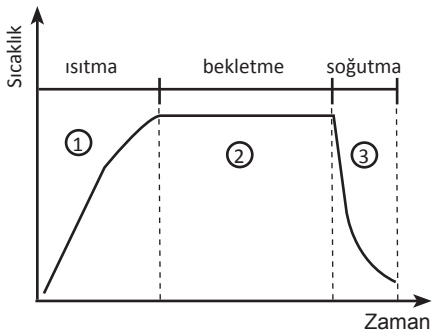
Isıl işlem, metal ve metal alaşımlarında istenilen iç yapı ve özellikleri elde edebilmek için yapılan bir dizi ısıtma ve soğutma işlemidir. Isıl işlem sırasında malzeme katı hâldedir. Her malzeme, bileşimine göre faz değişiminin gerçekleştiği bir kritik sıcaklığa sahiptir. Isıl işlemlerde sıcaklık değeri bu kritik sıcaklık referans alınarak belirlenir. İşleme göre bu değer kritik sıcaklığın bir miktar üzerinde veya altında olabilir. Isıl işlemle amaçlanan özellikler şunlardır:

Sertliği ve dayanımı artırmak

- İstenilen iç yapıyı elde etmek
- Soğuk şekillendirme sonucu oluşan gerginlikleri ve bozuklukları gidermek
- Talaşlı işlemeye uygun hâle getirmek
- Titreşim ve darbelere karşı dayanım kazandırmak
- İç gerilmeleri azaltmak
- Tane büyüklüğünü değiştirmek
- Yüzey sertleştirmelerde kimyasal içeriği düzenlemek

Isıl işlem aşamaları (Görsel 1.15):

1. Malzeme uygun bir sürede belirli bir sıcaklığa kadar ısıtılır.
2. Bu sıcaklıkta belirli bir süre bekletilir.
3. Uygun hızda soğutulur.



Görsel 1.15: Isıl işlem zaman sıcaklık grafiği

1.2.2.1. Tavlama

Tavlama; metalin soğuk işleme kabiliyetini artırma, dövme haddeleme gibi işlemlerden sonra malzeme içinde oluşan gerilimleri giderme ve malzemeyi yumuşatma amaçlı yapılan ısıl işlemlerin genel adıdır (Görsel 1.16). Tavlamada uygun sıcaklığa kadar ısıtma yapıldıktan sonra soğutma işleminin yavaş yapılması esastır. Soğutma işlemi tav fırınlarında yapılırsa **tam tavlama** adını almaktadır.



Görsel 1.16: Çeliğin tavlanması

1.2.2.2. Normalleştirme Tavlaması

Döküm, dövme, kaynak ve haddeleme gibi şekillendirme işlemleri sonucunda malzemenin iç yapısını oluşturan taneler uzar, kabalaşır ve bantlı bir şekil alır. Bu durumda malzeme artık soğuk işleme kabiliyetini önemli ölçüde kaybeder. Malzemeyi eski yapısına kavuşturmak ve homojen bir iç yapı elde etmek için normalleştirme tavlaması yapılır. Malzeme kritik sıcaklığın üstünde bir sıcaklık değerine çıkarılarak durgun havada soğutulur, böylece tavlama işlemi yapılmış olur. Tavlama sonucunda malzemenin mekanik özelliklerinde artış sağlanır.

1.2.2.3. Gerilme Giderme Tavlaması

Gerilme giderme tavlaması; döküm, kaynak ve talaşlı şekillendirme (tornalama, frezeleme vb.) sonucu parça içinde oluşabilecek gerilmelerin giderilmesi amacıyla yapılır. İşlem sırasında yeni gerilmeler oluşmaması için soğutma işlemi yavaş yapılmalıdır.

1.2.2.4. Menevişleme (Temperleme)

Sertleştirme işleminden sonra parçada gerilmeler ve çarpılmalar meydana gelebilir, gereğinden sert ve kırılgan bir yapı oluşabilir. Bu gerilme ve aşırı sertlik malzemenin istenilen şekilde kullanılmasına engeldir. Bir miktar esneklik her zaman gereklidir. Parçaya bu esnekliği ve dayanıklılığı kazandırmak, fazla sertlik ve gerilimleri ortadan kaldırmak için menevişleme işlemi yapılır.

Çeliğe su verme işleminde parça tamamen soğutulursa menevişleme işlemi sırasında çatlamalar meydana gelebilir. Bu sebeple menevişleme işlemi parça sıcaklığı 60-70 santigrat derecelere düştüğünde vakit kaybetmeden yapılmalıdır. Parça bu sıcaklık değerlerine düştüğünde tekrar fırına alınarak istenen özelliğe uygun bir sıcaklığa getirilir. Bu sıcaklıkta bir süre tutulur ve havada soğumaya bırakılır, böylece menevişleme işlemi gerçekleştirilir.

1.2.2.5. Sertleştirme

Daha önce açıkladığımız gibi **sertlik** malzemenin batma, aşınma ve kesmeye karşı gösterdiği dirençtir. Çeliklerde bu mekanik özelliği mümkün olduğunca iyileştirmek için sertleştirme işlemi yapılır. Serleştirmeyle birlikte soğuk şekillendirme ve süneklik kabiliyeti düşer. Sertleştirme işlemi parçanın tamamına yapılabildiği gibi sadece yüzeyine de uygulanabilir. Parçayı tamamen (çekirdeğine kadar) sertleştirmek için karbon oranı yeterli olmalıdır.

Sertleştirme işlemi, yüksek sıcaklıklara kadar tavlanan parçanın hızlı bir şekilde soğutulmasıyla gerçekleşir. Soğutma işlemi, sonucu etkileyen temel faktördür. Hızlı bir soğuma mutlaka sağlanmalıdır. Soğutma işlemi su, tuzlu su ve yağ gibi ortamlar kullanılarak yapılır. Bu işlem çoğunlukla su verilerek yapıldığından sertleştirme işlemine çeliğe su verme işlemi de denilmektedir (Görsel 1.17). Yağın soğutma gücü suya göre düşüktür. Bu durum bazı çeliklerin yapısına daha uygundur.

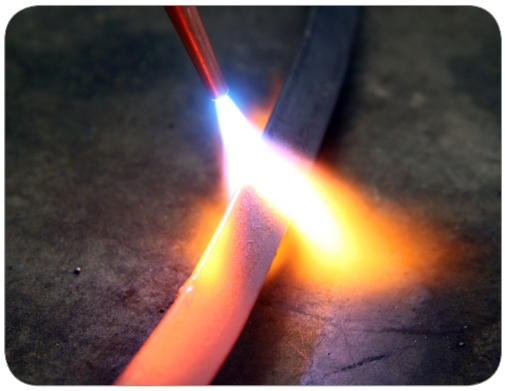


Görsel 1.17: Isıl işlem, çeliğe su verme

1.2.2.6. Yüzey Sertleştirme

Yüzeyin sert ve aşınmaya dayanıklı, iç yapının esnek olması istenen durumlarda yüzey sertleştirme işlemi yapılır. Yüzey sertleştirme işlemi kimyasal yapının korunduğu ve değiştirildiği yöntemlerle yapılmaktadır.

Kimyasal yapının korunduğu yüzey sertleştirme yönteminde yalnızca parça yüzeyi ısıtılır, herhangi bir kimyasala ihtiyaç yoktur. Yüzeyin ısıtılması alevle, indüksiyonla ve daldırma yöntemleriyle yapılır (Görsel 1.18). Isıtılan yüzey hızlıca soğutularak sonuca ulaşılır.



Görsel 1.18: Parçanın alevle ısıtılması

Kimyasal yapının değiştirildiği yöntemlerde parça yüzeyine çeşitli kimyasal maddelerin yayınımı ve parçaya emdirilmesi söz konusudur. Yüzeye yayınan kimyasallar sert bir tabaka oluşturur. Bu yöntemlerden, sementasyonda karbon, nitrasyonda azot, borlama yönteminde ise bor kullanılır. Düşük karbonlu çelikler, normal yollarla sertleştirilemediğinden genellikle sementasyon yöntemiyle karbon emdirilerek sertleştirilir.

1.2.3. İşlem Sırasına Göre Isıl İşlem Fırının Çalıştırılması

Endüstrinin ihtiyacını karşılamak için üreticiler farklı boyutlarda ve özelliklerde ısıl işlem fırınları imal etmektedir. Ufak parçalar için küçük ısıl işlem fırınları yeterliyken, daha büyük parçalar için endüstriyel boyutlarda özel fırınlara ihtiyaç duyulmaktadır (Görsel 1.19).



Görsel 1.19. Isıl işlem fırını

Isıl işlem fırınlarının fonksiyonları yapılacak ısıl işlemin türüne uygun olmalıdır. Bu fonksiyonlar; ısıtma hızı, bekletme özelliği, gecikme fonksiyonu ve program kaydetme gibi özelliklerdir.

Fırın çalıştırılırken aşağıdaki işlem sırasına dikkat edilmelidir:

- Isıl işlem sırasında yüksek sıcaklıklara karşı, gözlük ve eldiven gibi kişisel koruyucu donanımlar kullanılmalıdır.
- Isıl işlem için gerekli ekipmanlar hazır bulundurulmalıdır.
- Hızlı soğutma gerektiren ısıl işlemler için soğutucu ortam hazırlanmalıdır.
- Fırın çevresinde güvenlik tedbirleri alınarak yanabilecek maddeler uzaklaştırılmalıdır.
- Elektrik kablosunun fırına temas etmediğinden emin olunmalıdır.
- Fırının fonksiyonları, üreticinin yayınladığı kullanım kılavuzuna göre ayarlanmalıdır.
- Isıtma hızı işlemin türüne göre kademeli, hızlı veya yavaş olacak şekilde ayarlanmalıdır.
- Çalışma sırasında mesleki disiplin ve kurallara mutlak suretle uyulmalı, kazalara karşı dikkatli olunmalıdır.
- Çalışma sonrası fırının kapalı olduğundan emin olunmalıdır.

1.2.4. Demir Esaslı Malzemelerin Sertlik Deneyleri

Sertlik değerleri göreceli olup malzemenin daha sert malzemelerle kıyaslanması yoluyla elde edilir. Sertlik ölçme yöntemleri hızlı, pratik ve düşük maliyetli yöntemlerdir. Farklı yöntemlerle elde edilen sertlik değerleri kendi aralarında dönüştürülebilir.

Statik yöntemlerde statik yük altında batıcı uçlar ile dinamik yöntemlerde ise darbe ve sıçrama etkisi ile malzeme üzerinde izler oluşturulur. Oluşturulan izler çeşitli açılardan değerlendirilerek sertlik bulunur.

Statik yöntemlerde Görsel 1.20'deki gibi sertlik ölçüm cihazları kullanılır. Rockwell, Brinell ve Vickers yöntemleri statik sertlik ölçme yöntemlerindendir. Dinamik yöntemlere ise Shore yöntemi, Poldi ve Bauman çekici örnek olarak verilebilir.



Görsel 1.20: Sertlik ölçüm cihazı

Sertlik ölçüm deneylerinde dikkat edilmesi gerekenler:

- Ölçümler oda sıcaklığında yapılmalıdır.
- Kullanılan yönteme göre gerekliyse mikroskop gibi cihazlar kullanılmalıdır.
- Ölçüm yapılacak yüzey pürüzsüz olmalı; yağ, pas, kir gibi maddelerden arındırılmalıdır.
- Deney sırasında parça ve deney cihazının sağlam konumlandırılması, sabitlenmesi önemlidir.
- Deney malzemesi yeterli kalınlıkta olmalıdır.
- Sertlik değeri hesaplanırken deney birkaç kez tekrarlanmalı ve değerlerin ortalaması alınmalıdır.

1.2.4.1. Rockwell Sertlik Ölçme Yöntemi

Rockwell sertlik ölçme yönteminde, konik elmas veya küre biçimli uçlar kullanılarak uygun baskı kuvveti ile malzeme üzerinde bir iz oluşturulur (Görsel 1.21). Oluşan izin derinliğinden faydalanarak sertlik değeri bulunur. İzin derinliği fazla ise malzeme yumuşak, az ise malzeme sert demektir.



Görsel 1.21: Sertlik ölçümünde kullanılan uçlar

Farklı sertlik ve malzeme türleri için farklı Rockwell ölçekleri vardır. Bunlar arasında Rockwell B ve Rockwell C ölçekleri daha fazla kullanılmaktadır. Deneyin yapılışı sırasında ölçeğe göre değerler Tablo 1.2'den seçillmelidir. Rockwell sertlik değerleri ölçeğe göre HRB, HRC gibi sembollerle gösterilir. Bu yöntemin diğer yöntemlere göre en büyük avantajı, ön yükleme yapılarak yüzey pürüz ve hatalarının ölçümden soyutlanmasıdır.

Tablo 1.2: Rockwell Değerleri

Sembolü	Uç	Ön Yük P_0 (kgf)	Toplam Yük P (kgf)	Uygulama Alanı
HRA	Elmas koni	10	60	İnce yüzey sertleştirme yapılmış parçalar
HRB	1/16 bilye	10	100	Bakır ve alüminyum alaşımları gibi metal olmayan malzemeler ve yumuşak çelikler
HRC	Elmas koni	10	150	Sertleştirilmiş çelikler HRB değeri 100'den fazla olan malzemeler
HRD	Elmas koni	10	100	Orta sertlikte çelikler
HRE	1/8 Bilye	10	100	Dökme demir, alüminyum ve magnezyum alaşımları
HRF	1/16 Bilye	10	60	Tavlanmış bakır alaşımları, kalınlığı 0,6 mm'ye kadar yumuşak ince malzemeler
HRG	1/16 Bilye	10	150	Fosforlu bronz, berilyumlu bakır ve yumuşak demir
HRH	1/8 Bilye	10	60	Alüminyum, kurşun, çinko
HRK	1/8 Bilye	10	150	Yatak malzemeleri ve çok yumuşak malzemeler
HRL	1/4 Bilye	10	60	Sert kauçuk lastik ve sentetik malzemeler
HRM	1/4 Bilye	10	100	Sentetik malzemeler, sert ağaçlar, kontrplaklar
HR-15N HR-30N HR-45N	Elmas koni	3	15 30 45	Yüzeysel sertleştirme işlemi yapılmış çok ince malzemeler (0,15 mm)

Deneyin Yapılışı

Malzemeye uygun olan yükleme kuvveti ve uç belirlendikten sonra deneye başlanır. (Bu değerler Tablo 1.2'de verilmiştir. Ölçülen sertlik değeri 100 HRB'yi geçerse Rockwell C yöntemine geçilmelidir.)

- Test parçası tabla üzerine yerleştirilir.
- Batıcı uç malzemeye temas ettikten sonra küçük göstergedeki ibre takip edilerek ön yük uygulanır (Görsel 1.22.a).
- Eğer küçük ibre kırmızı noktayı geçerse ölçüm hatalı olacağından testin tekrar başka bir noktadan yapılması gerekir.
- Ön yüklemeden sonra büyük gösterge sıfırlanır (Görsel 1.22.b). Böylece parça yüzeyinden kaynaklanan hatalar ölçümü etkilemez.
- Ana yük uygulanır ve büyük göstergedeki ibrenin durması beklenir.
- Ön yük korunarak ana yük kaldırılır ve ibre tekrar harekete geçer.
- Son olarak ibrenin durduğu nokta sertlik değerini gösterecektir.

Bu işlemler farklı ölçüm cihazlarında, özellikle dijital göstergeli cihazlarda farklılıklar gösterebilir. Ancak genel mantık ve işlem sırası aynıdır.

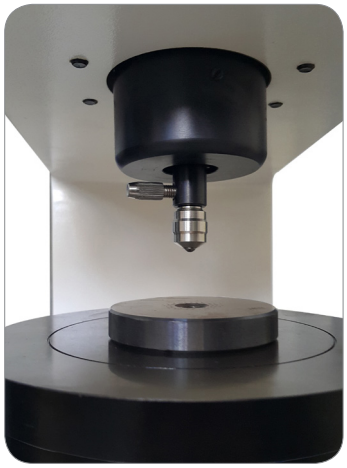


Görsel 1.22. a: Ön yükleme göstergesi


Görsel 1.22. b: Büyük gösterge

1.2.4.2. Brinell Sertlik Ölçme Yöntemi

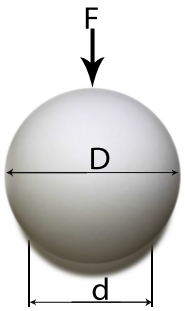
Malzemenin cinsine göre farklı çaplarda çelik veya sert metal bilyeler uygun bir yük altında ve belirli bir süre malzeme üzerine bastırılarak bir iz meydana getirilir (Görsel 1.23). Sert malzemelerde bu iz daha küçük, yumuşak malzemelerde daha büyüktür. Uygulanan deney yükünün hesaplanan iz alanına bölünmesiyle Brinell sertlik değeri bulunur. Bu değer HB veya HBS ile gösterilir. Yükleme değerleri ve bilye çapları Tablo 1.3'te verilmiştir.


Görsel 1.23: Sertlik ölçümü

Oluşan izin çapını ölçmede mutlaka ölçüm mikroskobu veya optik sistem kullanılmalıdır. Geleneksel ölçüm aletleri kullanılırsa yanlış sonuçlar elde edilebilir. Brinell sertlik değeri (HB) ve deney yükü (F) aşağıda bulunan formüllerle hesaplanmalıdır.

$$HB = \frac{2F}{\pi D \left[D - \sqrt{D^2 - d^2} \right]}$$

HB: Brinell sertlik değeri
F: Uygulanan kuvvet
D: Bilye çapı
d: Oluşan izin çapı



$$F = CD^2$$

C: Malzeme cinsine göre katsayı

Malzeme Cinsi	C
Çelik, dökme demir vb.	30
Bakır, pirinç, bronz vb.	10
Magnezyum, çinko alüminyum vb.	5

Tablo 1.3: Brinell Değerleri

Malzeme kalınlığı(mm)	Bilye çapı(D)	$F=30D^2$ Çelik, demir, dökme demir	$F=10D^2$ Pirinç, bronz, bakır, aliminyum	$F=5D^2$ Yumuşak bakır
6 mm ve yukarısı	10	3000 kgf	1.000 kgf	500 kgf
3 mm ve yukarısı	5	750 kgf	250 kgf	125 kgf
1,2 mm ve yukarısı	2,5	187,5 kgf	62,5 kgf	31,25 kgf
0,5 mm ve yukarısı	1	30 kgf	10 kgf	5 kgf

1.2.4.3. Vickers Sertlik Ölçme Yöntemi

Vickers sertlik ölçme yöntemi kare piramitli elmas bir ucun belirli bir yük altında malzeme üzerine iz oluşturması esasına dayanır. Oluşan izin köşegenleri ölçülür ve ölçülen değer formülde yerine konularak sertlik değeri bulunur.

Bu yöntemde malzemenin cinsine göre 1-125 kgf arasında yükler kullanılır. İzin ölçümünde mikroskop kullanılması gereklidir. Sonuçların güvenilirliği için farklı noktalardan en az üç test yapılmalı, bu noktalar arasında yeterli mesafe olmalıdır. Ayrıca noktalar kenarlara çok yakın olmamalıdır.

Vickers sertlik ölçme yönteminin ölçme hassasiyeti, diğer yöntemlere göre daha yüksektir. Ayrıca sert ve yumuşak malzemelerin aynı uç ile ölçülmesi bir avantajdır.

1.2.4.4. Shore Yöntemi

Shore yöntemi, çeşitli ağırlıktaki bilyelerin parça üzerine belirli bir yükseklikten bırakılarak geriye sıçraması prensibine dayanır. Sıçrama yüksekliğine göre malzemenin sertliği belirlenir. Sert malzemelerde sıçrama yüksekliği daha fazladır.

Ölçü aleti, genel olarak gösterge ve içerisinde bilye bulunan bir borudan oluşur. Kolay taşınır, bu da onu büyük parçaların ölçümünde kullanışlı bir yöntem yapar.

1.2.4.5. Poldi Çekici

Taşınabilir ve ucunda bilye bulunan bir sertlik ölçüm aletidir. Sertliği bilinen bir malzeme ve test edilen parça üzerine aynı kuvvetle vurularak izler oluşturulur. Oluşan izler kıyaslanarak sertlik tespit edilir.

1.2.4.6. Bauman Çekici

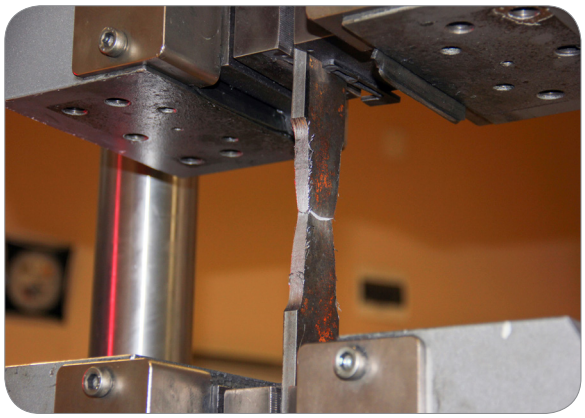
Belirli bir yay yükü ile malzeme üzerine çarptırılan bilyelerin malzemede bıraktığı ize göre sertlik değerlerinin tespit edildiği bir yöntemdir.

1.2.5. Demir Esaslı Malzemelerin Çekme Mukavemeti Deneyleri

Çekme deneyinde, malzeme, statik ve tek yönlü bir kuvvet altında sürekli artan bir yüke maruz bırakılarak kopuncaya kadar çekilir. Deney sonunda malzeme hakkında elastiklik, plastiklik ve çekme dayanımı gibi bilgiler elde edilir. Özellikle çekme dayanımı ayırt edici bir özelliktir ve standartların birçoğu bu özelliğe göre sınıflandırma yapar.

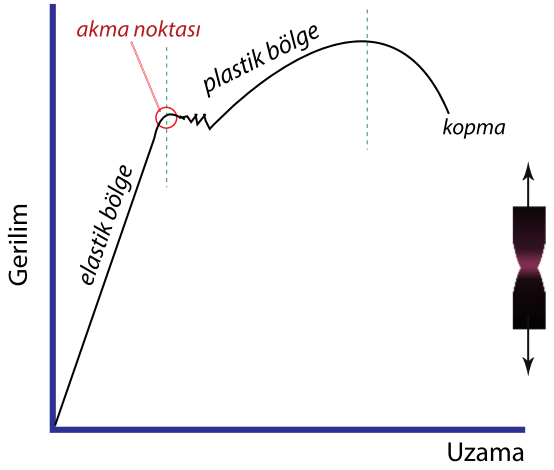
Deney öncesinde numune boyutları, deneyin yapılacağı ortam sıcaklığı ve çekme hızının tespiti önemlidir. Numuneler standartlara uygun şekilde dairesel, kare veya dikdörtgen kesitli olarak hazırlanır.

Deney, test cihazının çenelerine numune parçanın bağlanmasıyla başlar. Cihaz parçaya giderek artan bir çekme kuvveti uygular. Parça kopana kadar bu işlem devam ettirilir ve bu esnada uzama, kesit daralması gibi değişiklikler ölçülür (Görsel 1.24).



Görsel 1.24: Çekme deneyi

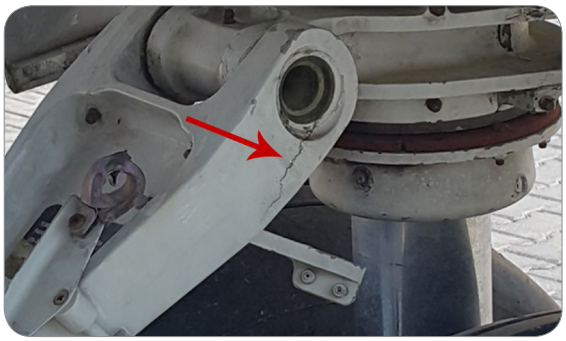
Bu ölçümler sayı ve grafiklere dökülerek değerlendirilir. Görsel 1.25'te deney sonunda elde edilen bir çekme grafiği görülmektedir.



Görsel 1.25: Çekme deneyi gerilim-uzama grafiği

Çekme grafiklerinde elastik bölge, yük kaldırıldığında malzemenin eski şekil ve boyutuna döneceği bölgeyi; plastik bölge, şeklini muhafaza edeceği bölgeyi göstermektedir. Akma noktası ise elastik bölgeden plastik bölgeye geçişin başladığı noktadır.

1.2.6. Demir Esaslı Malzemelerin Yorulma Deneyleri



Görsel 1.26: İniş takımında çatlak

Tekrarlı dinamik yükler altında çalışan makine parçalarında zaman içinde hasarlar meydana gelir ve dayanımları azalır. Bu durum **yorulma** olarak tanımlanır. Bir tel parçasının yukarı aşağı, sağa sola bükülerek koparılması yorulmaya iyi bir örnektir. Yorulma başlangıcında parça üzerinde kılcal çatlaklar meydana gelir. Zamanla bu çatlaklar büyür ve sonunda parça kırılır (Görsel 1.26).

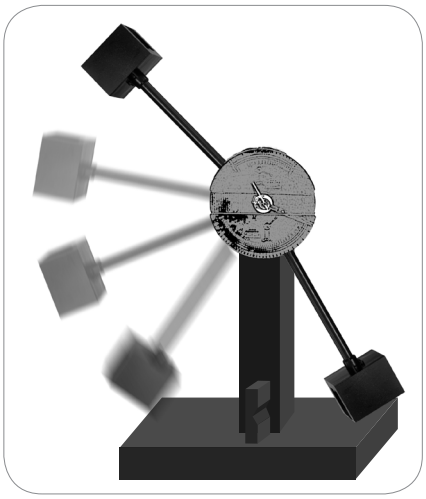
Malzeme dayanım değerlerinin çok altında olmasına rağmen çeşitli yön ve şiddetlerde etki eden bu dinamik yükler, malzemede hasarlar meydana getirir. Makine parçaları, birçok çalışma ortamında bu dinamik yüklere maruz kalır. Örneğin uçak parçaları değişik irtifalarda farklı basınç ve türbülans gibi durumlardan dolayı titreşimli bir çalışma ortamına sahiptir. Birçok makine ve motor parçası aynı şekilde değişen yükler altında çalışmaktadır. Yorulma kırılması işaret vermeden aniden meydana geldiğinden bunun önceden tespiti zordur. Makine parçalarındaki kopmaların çoğunluğu yorulma kaynaklıdır.

Malzemeler dinamik yükler altında farklı dayanım özellikleri gösterir. Yorulma dayanımlarını öğrenmek için yorulma deneylerine tabi tutulur. Bu deneylerde malzemeler farklı şiddet ve yönlerde dinamik yüklere maruz bırakılır ve belirli bir çevrim sonunda kopar. Bunun sonucunda malzeme ömrünü gösteren değerler ve eğriler elde edilir. Böylece malzemenin kaç çevrime kadar çalışabileceği yani çalışma ömrü belirlenmiş olur.

1.2.7. Demir Esaslı Malzemelerin Darbe Direnci Deneyleri (Çentik Darbe Deneyi)

Bir malzemenin darbe direnci o malzemeyi kırabilmek için gereken enerji miktarıyla ilgilidir. Çentik darbe deneyi bu enerji miktarını ölçerek malzemenin ani darbelere karşı dayanımı hakkında bilgi sağlar.

Uygulamada kullanılan farklı çentik darbe deneyleri olmakla birlikte deneylerin hepsi aynı mantığa dayanır. Deney, genel olarak çentik açılmış standart bir numune parçaya ucunda çekiç bulunan bir sarkacın çarpması şeklinde gerçekleşir. Sarkaç belirli bir yükseklikten bırakılır, parçayı kırar ve tekrar yükselir (Görsel 1.27). Sarkacın parçayı kırmadan önce bulunduğu yükseklikteki potansiyel enerjisi ile parçayı kırdıktan sonraki potansiyel enerjisi hesaplanarak aradaki fark bulunur. Bu fark parçayı kırmak için harcanan enerji miktarıdır. Darbeden sonra sarkacın çıktığı yükseklik ne kadar az ise parçanın darbe direnci de o derecede yüksektir.



Görsel 1.27: Çentik darbe deneyi

UYGULAMA 1.4

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=20340

ÖĞRENME BİRİMİ	Uçak Malzemeleri
UYGULAMA ADI	Demir Cinsi Malzemeye Hamlaç ile Isıl işlem Uygulama

AMAÇ

Demir cinsi malzemelerde ısıl işlem yapmak

ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

- Atölye kurallarına uyunuz.
- Isıl işleme uygun koruyucu gözlük, elbise ve eldiven kullanınız.
- İş güvenliğine yönelik tabela ve işaretlere uyunuz.
- Gürültülü ortamlarda kulaklık veya kulak tıkacı gibi koruyucu ekipmanlar kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı gibi tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer tüm iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Yüksek sıcaklığa karşı koruyucu ısıl işlem ekipmanları kullanınız.
- Uygulama öncesinde parça sertliğini sertlik ölçme yöntemleri ile tespit ediniz.
- Hamlaç ile demir malzemenin yüzeyini ısıtınız ve ardından su veriniz.
- Tekrar parça sertliğini ölçerek ısıl işlemin başarısını değerlendiriniz.

SONUÇ (Uygulama sonucunda öğrendiklerinizi yazınız.)

UYGULAMAYA İLİŞKİN DEĞERLENDİRMELER

İŞLEM	**PUAN**	**ALINAN PUAN**
İş Güvenliği	10	
Temizlik / Düzen	10	
Bilgi	30	
Beceri	40	
Süre Kullanımı	10	
Toplam	100	

ÖĞRENCİNİN		**ÖĞRETMENİN**		**ALINAN NOT**	
ADI SOYADI		ADI SOYADI			
NUMARASI		İMZASI		TARİH	...../...../20

UYGULAMA 1.5

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=20343

ÖĞRENME BİRİMİ	Uçak Malzemeleri
UYGULAMA ADI	Isıl işlem Fırınında Normalleştirme Tavlaması

AMAÇ

Isıl işlem fırınını işlem sırasına göre çalıştırmak ve ısıl işlem yapmak

ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

- Atölye kurallarına uyunuz.
- Isıl işleme uygun koruyucu gözlük, elbise ve eldiven kullanınız.
- İş güvenliğine yönelik tabela ve işaretlere uyunuz.
- Gürültülü ortamlarda kulaklık veya kulak tıkacı gibi koruyucu ekipmanlar kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı gibi tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer tüm iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Yüksek sıcaklığa karşı koruyucu ısıl işlem ekipmanları kullanınız.
- Isıl işlem fırınını işlem sırasına göre çalıştırınız.
- Özellikleri bilinen bir demir esaslı malzemeyi, uygun tavlama sıcaklığına kadar ısıl işlem fırınında tavlayınız.
- Yapılan ısıl işlemin malzemeye ne gibi iyileştirmeler kazandırdığını değerlendiriniz.

SONUÇ (Uygulama sonucunda öğrendiklerinizi yazınız.)

UYGULAMAYA İLİŞKİN DEĞERLENDİRMELER

İŞLEM	**PUAN**	**ALINAN PUAN**
İş Güvenliği	10	
Temizlik / Düzen	10	
Bilgi	30	
Beceri	40	
Süre Kullanımı	10	
Toplam	100	

ÖĞRENCİNİN		**ÖĞRETMENİN**		**ALINAN NOT**	
ADI SOYADI		ADI SOYADI			
NUMARASI		İMZASI		TARİH	…../…../20

UYGULAMA 1.6

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=20345

ÖĞRENME BİRİMİ	Uçak Malzemeleri
UYGULAMA ADI	Malzemenin Sertliğinin Rockwell C Cihazı İle Ölçülmesi

AMAÇ

Sertlik ölçme cihazını kullanarak ölçüm yapmak

ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

- Atölye kurallarına uyunuz.
- İş elbisesi, koruyucu gözlük ve eldiven kullanınız.
- İş güvenliğine yönelik tabela ve işaretlere uyunuz.
- Gürültülü ortamlarda kulaklık veya kulak tıkacı gibi koruyucu ekipmanlar kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı gibi tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer tüm iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Sertlik ölçümü için farklı özelliklerde demir esaslı malzemeler seçiniz.
- Rockwell C'ye göre sertlik ölçüm cihazının ayarlarını yaparak ölçümleri gerçekleştiriniz.
- Çıkan sonuçları karşılaştırılarak ne anlama geldiklerini değerlendiriniz.

SONUÇ (Uygulama sonucunda öğrendiklerinizi yazınız.)

UYGULAMAYA İLİŞKİN DEĞERLENDİRMELER

İŞLEM	**PUAN**	**ALINAN PUAN**
İş Güvenliği	10	
Temizlik / Düzen	10	
Bilgi	30	
Beceri	40	
Süre Kullanımı	10	
Toplam	100	

ÖĞRENCİNİN		**ÖĞRETMENİN**		**ALINAN NOT**	
ADI SOYADI		ADI SOYADI			
NUMARASI		İMZASI		TARİH	...../...../20

UYGULAMA 1.7

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=20364

ÖĞRENME BİRİMİ	Uçak Malzemeleri
UYGULAMA ADI	Demir Esaslı Malzemelerde Çekme Mukavemetini Ölçme

AMAÇ

Demir esaslı malzemelerde çekme mukavemetini ölçmek

ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

- Atölye kurallarına uyunuz.
- İş elbisesi, koruyucu gözlük ve eldiven kullanınız.
- İş güvenliğine yönelik tabela ve işaretlere uyunuz.
- Gürültülü ortamlarda kulaklık veya kulak tıkacı gibi koruyucu ekipmanlar kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı gibi tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer tüm iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Demirli malzemelerden, standartlara uygun çekme numuneleri hazırlayınız.
- Çekme deney cihazının çenelerine numune parçayı bağlayıp cihazı çalıştırınız.
- Statik yükleme sonucu parçadaki fiziksel değişimi gözlemleyiniz.
- Deney sonunda elde edilen verileri değerlendiriniz.

SONUÇ (Uygulama sonucunda öğrendiklerinizi yazınız.)

UYGULAMAYA İLİŞKİN DEĞERLENDİRMELER

İŞLEM	**PUAN**	**ALINAN PUAN**
İş Güvenliği	10	
Temizlik / Düzen	10	
Bilgi	30	
Beceri	40	
Süre Kullanımı	10	
Toplam	100	

ÖĞRENCİNİN		**ÖĞRETMENİN**		**ALINAN NOT**	
ADI SOYADI		ADI SOYADI			
NUMARASI		İMZASI		TARİH	...../...../20

UYGULAMA 1.8

ttp://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=20347

ÖĞRENME BİRİMİ	Uçak Malzemeleri
UYGULAMA ADI	Demir Esaslı Malzemelerde Yorulma Deneyi

AMAÇ

Demir esaslı malzemelerde malzeme yorulmasını tespit etmek

ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

- Atölye kurallarına uyunuz.
- İş elbisesi, koruyucu gözlük ve eldiven kullanınız.
- İş güvenliğine yönelik tabela ve işaretlere uyunuz.
- Gürültülü ortamlarda kulaklık veya kulak tıkacı gibi koruyucu ekipmanlar kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı gibi tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer tüm iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Demir esaslı malzemelerden numuneler hazırlayınız.
- Numuneyi yorulma deney cihazına bağlayınız.
- Deney cihazının parametrelerini ayarlayarak testi başlatınız.
- Malzemedeki çatlak oluşumunu gözlemleyiniz.
- Kopma şeklini ve çevrim sayısını değerlendiriniz.

SONUÇ (Uygulama sonucunda öğrendiklerinizi yazınız.)

UYGULAMAYA İLİŞKİN DEĞERLENDİRMELER

İŞLEM	**PUAN**	**ALINAN PUAN**
İş Güvenliği	10	
Temizlik / Düzen	10	
Bilgi	30	
Beceri	40	
Süre Kullanımı	10	
Toplam	100	

ÖĞRENCİNİN		**ÖĞRETMENİN**		**ALINAN NOT**	
ADI SOYADI		ADI SOYADI			
NUMARASI		İMZASI		TARİH	...../...../20

UYGULAMA 1.9

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=20348

ÖĞRENME BİRİMİ	Uçak Malzemeleri
UYGULAMA ADI	Demir Esaslı Malzemelerde Darbe Direnci Testi

AMAÇ

Demir esaslı malzemelerde darbe direnci testini yapmak

ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

- Atölye kurallarına uyunuz.
- İş elbisesi, koruyucu gözlük ve eldiven kullanınız.
- İş güvenliğine yönelik tabela ve işaretlere uyunuz.
- Gürültülü ortamlarda kulaklık veya kulak tıkacı gibi koruyucu ekipmanlar kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı gibi tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer tüm iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Standartlara uygun şekilde çentik açılmış bir numune parça hazırlayınız.
- Numune parçayı deney cihazına yerleştiriniz.
- Çentik kısmının, tam ortada olduğundan ve doğru yöne baktığından emin olunuz.
- Deney cihazının göstergelerini sıfırlayınız ve sarkacı başlangıç pozisyonuna getiriniz.
- Sarkacı serbest bırakarak testi başlatınız.
- Test bitiminde göstergedeki değeri okuyunuz ve test sonucunu yorumlayınız.

SONUÇ (Uygulama sonucunda öğrendiklerinizi yazınız.)

UYGULAMAYA İLİŞKİN DEĞERLENDİRMELER

İŞLEM	**PUAN**	**ALINAN PUAN**
İş Güvenliği	10	
Temizlik / Düzen	10	
Bilgi	30	
Beceri	40	
Süre Kullanımı	10	
Toplam	100	

ÖĞRENCİNİN		**ÖĞRETMENİN**		**ALINAN NOT**	
ADI SOYADI		ADI SOYADI			
NUMARASI		İMZASI		TARİH	…../…../20

1.3. DEMİR ESASLI OLMAYAN UÇAK MALZEMELERİNİN ÖZELLİKLERİ VE ÇEŞİTLERİ

Amaç: Ulusal ve uluslararası mevzuatlara göre demir esaslı olmayan malzemelerde ısıl işlemler yapmak

Araştırma: Demir esaslı olmayan malzemelerin havacılıkta ve diğer sektörlerde kullanıldığı yerleri araştırarak tercih edilme nedenlerini öğreniniz.

1.3.1. Demir Esaslı Olmayan (Demirsiz) Malzemelerin Tanımı

Metalik özelliklere sahip olup içeriğinde demir olmayan veya önemsiz miktarda demir olan tüm metaller, **demirsiz malzeme** olarak adlandırılır. Uçak yapımında kullanılan malzemelerin çoğunluğunu demirsiz malzemeler oluşturur. Bunlardan en çok kullanılanı da alüminyum alaşımlarıdır.

1.3.2. Hava Araçlarında Kullanılan Demir Esaslı Olmayan Malzemelerin Çeşitleri

Hava araçlarında kullanılan malzemelerin dayanıklı ve hafif olmaları gerekmektedir. Havacılıkta, hafiflik uçabilirlikle aynı anlama geldiğinden, düşük yoğunluklu ve yüksek dayanıma sahip malzemelerin kullanılması zorunludur. Metal grubunda bu özelliklere sahip alüminyum, titanyum, nikel ve bakır alaşımları büyük oranda kullanılır (Görsel 1.28).



Görsel 1.28: Demir esaslı olmayan malzemeler

1.3.3. Hava Araçlarında Kullanılan Demir Esaslı Olmayan Malzemelerin Özellikleri

1.3.3.1. Alüminyum ve Alaşımları

Alüminyum, oksijen ve silisyumdan sonra doğada en sık rastlanan elementtir. Doğada metal olarak değil oksit ve silikat şeklinde bulunur. Boksit (bauxit) adlı cevherden çeşitli işlemlere tabi tutularak elde edilir.

Saf alüminyum; yumuşak, hafif, mıknatıslanmayan, ısı ve elektriği kolay ileten düşük dayanıma sahip bir metaldir. Hava ve neme maruz kalınca yüzeyinde ince bir oksit tabakası meydana gelir. Bu tabaka dış ortamla irtibatı keserek korozyona karşı malzemeyi korur. Bu tabaka çeşitli nedenlerle bozulsa bile doğal olarak yeniden oluşur. Bu nedenle alüminyumun korozyon dayanımı oldukça yüksektir. Bu oksit tabakasından yararlanmak için uçak yapımında kullanılan yüksek dayanıma sahip alaşımlı levhalar saf alüminyum ile kaplanır.

Sac levha formundaki malzemelerin yüzeyleri, korozyona karşı haddelenerek kaplama işlemine tabi tutulur. Bu kaplama işlemine **"cladding"**, işlem gören malzemeye ise **"clad malzeme"** denir. Uçak imalatında kullanılan sac levhalar da büyük oranda bu işlemden geçer. Bu işlemde ortada dayanımı ve korozyon direnci yüksek bir alaşım bulunur. Her iki yüzeyi saf alüminyum ile kaplanır. Böylece dayanımı ve korozyon direnci oldukça yüksek bir malzeme elde edilir. Bu malzemelere yaygın olarak **alclad** denir. Bir firmanın ticari markası olmasına rağmen bu işlemle üretilen malzemeler genelde alclad olarak adlandırılır.

Zayıf dayanımı nedeniyle saf alüminyumun havacılıkta kullanılması mümkün değildir. Diğer elementlerle alaşım yapılarak, ısıl işlem ve soğuk şekillendirme yoluyla mekanik özelliklerinin iyileştirilmesi gerekir. Saf alüminyum; bakır, mangan, magnezyum, çinko gibi elementlerle birleştirilerek alüminyum alaşımları oluşturulur. Bu alaşımlar dövme ve döküm formunda üretilir. Döküm alaşımlar döküm işlemine elverişli iken dövme alaşımlar kolay şekillendirilebilir özelliktedir.

a. Alüminyum Alaşımlarının Sınıflandırılması ve Standartları

Alüminyum alaşımlarını sınıflandırmak için dünya üzerinde birçok standart mevcuttur. AA/IADS, AMS, BS, ASTM bunlardan bazılarıdır. Özellikle havacılık endüstrisinde yaygın olarak kullanılan gösterim AA - Aluminium Association (of America) Amerikan Alüminyum Birliği standartlarıdır. Bu standart IADS ile aynı altyapıyı kullanır ve dört rakamdan oluşan bir gösterime sahiptir. Dövme alaşımlar XXXX, döküm alaşımlar ise XXX.X şeklinde son hanesi nokta ile ayrılmış bir sayı ile tanımlanır.

I. Dövme Alaşımlar

- İlk basamak temel alaşım elementini belirtir (Tablo 1.4).
- İkinci basamak, alaşımın modifikasyonunu gösterir. Eğer "0" ise orijinaldir. Modifikasyon, alaşım elementlerinin küçük değişimlerini ve tane boyutu değişimi gibi diğer işlemleri kapsamaktadır. Sıfır dışında 1-9 değerlerini alır.
- Üçüncü ve dördüncü basamaklar iki farklı anlama gelir:

› Birinci anlamı, 1XXX ile gösterilen alaşımlarda, alüminyumun saflık derecesini %99,XX şeklinde ifade eder. Örneğin 1050, %99,50 saflıkta alüminyum demektir.

› İkinci anlamı, 2XXX-8XXX serilerinde alaşımı diğer alaşımlardan ayıran bir kod numarasıdır.

Tablo 1.4: Temel Alaşım Elementi (Dövme Alaşım)

Alaşım serisi	Temel Alaşım Elementi
1xxx	99.00% Saflıkta Alüminyum
2xxx	Bakır
3xxx	Manganez
4xxx	Silisyum
5xxx	Magnezyum
6xxx	Magnezyum ve Silisyum
7xxx	Çinko
8xxx	Diğer Elementler

- **1XXX Serisi Alaşımlar**

%99 ve üzerinde saf alüminyumdur. Korozyon direnci, ısı ve elektrik iletkenliği oldukça iyidir ancak yeterli dayanıma sahip değildir. Yumuşak ve kolay şekil verilebilir. Yaygın olarak elektrik tellerinin yapımında kullanılır. Bu seride son iki basamak alüminyumun %99'un üzerindeki saflık derecesini gösterir.

- **2XXX Serisi Alaşımlar**

Serinin başlıca elementi bakırdır. Çeşitli ısıl işlemlerle dayanımı önemli ölçüde iyileştirilir. Ancak korozyon dayanımı iyi olmadığından boyanarak ya da saf alüminyumla kaplanarak (alclad) kullanılır. 2024 alaşımları başta olmak üzere uçak gövdesinde stringerlarda (sıtringırlarda), framelerde (freimlerde) ve yüzey kaplamalarında kullanım alanına sahiptir.

- **3XXX Serisi Alaşımlar**

Manganez karışımlı seridir. Genellikle küçük miktarda magnezyum da içerir. Isıl işleme elverişli değildir. Orta düzeyde dayanıma ve iyi işlenebilme özelliğine sahip olan genel amaçlı kullanılan alaşımlardır.

- **4XXX Serisi Alaşımlar**

Silisyum karışımlı seridir. Düşük ergime noktası ve iyi kaynak edilme özelliğine sahip olduğundan kaynak teli ve lehim yapımında kullanılır.

- **5XXX Serisi Alaşımlar**

Serinin başlıca elementi magnezyumdur. Magnezyum, alüminyum alaşımlarında en yaygın kullanılan elementtir. Bu seri magnezyum içeriği ile orta ve yüksek dayanıma sahip alaşımlar içerir. Korozyon dayanımı yüksek ve iyi kaynak edilebilir özelliktedir. Depo yapımında ve denizcilikte yaygın olarak kullanılır.

- **6XXX Serisi Alaşımlar**

İçerdiği magnezyum ve silisyum sayesinde aranan özelliklere sahiptir. Isıl işleme uygundur. Kaynak yapılmaya elverişlidir. Korozyon direnci ve şekil alma kabiliyeti yüksektir. İyi sayılabilecek bir dayanımı vardır. Mimaride öncelikli tercih edilen bir seridir. En yaygın kullanılan alaşımı 6061 olarak söylenebilir.

- **7XXX Serisi Alaşımlar**

Çinko başta olmak üzere az miktarda magnezyum, bakır ve krom alaşımın içeriğini oluşturan elementlerdir. Oldukça yüksek dayanıma sahip ve ısıl işleme kabiliyeti iyidir. 7050 ve özellikle 7075 alaşımları havacılıkta yapısal bölümlerde yaygın şekilde kullanılmaktadır.

- **8XXX Serisi Alaşımlar**

Üretim maliyeti yüksek, iyi yorulma direnci ve tokluk gibi özelliklere sahip muhtelif alaşımlardır.

2xxx, 6xxx, 7xxx serisi alaşımlar ısıl işleme uygundur. 3xxx, 4xxx, 5xxxx serileri ise ısıl işleme uygun değildir.

1100, 3003, 5052 alaşımları imalatı zor, karmaşık şekil ve geometriye sahip yerlerde, yüksek mukavemet gerektirmeyen panellerde ve boru sisteminde kullanılır.

2014 alaşımı yüksek mukavemet gerektiren dövülerek şekillendirilmiş uçak teçhizatlarında kullanılır.

2024 alaşımı perçin, dış kaplama, frame ve stringerlarda kullanılır (Görsel 1.29).

7075 alaşımı frameler, koltuk rayları (extrüzyon yapım), zemin kirişleri ve pencere framelerinde kullanılır.



Görsel 1.29: Uçak gövdesi, frame ve stringer yapılar

II. Döküm Alaşımlar

Döküm alaşımlar dövme alaşımlar kadar geniş kullanım alanına sahip değildir.
Döküm alaşımlar XXX.X şeklinde gösterilir.

- İlk basamak temel alaşım elementini (Tablo 1.5),
- İkinci ve üçüncü basamaklar alaşımın kod numarasını,
- Noktadan sonraki sayı ise üretim formunu belirtir.

Tablo 1.5: Temel Alaşım Elementi (Döküm Alaşım)

Alaşım Serisi	Temel Alaşım Elementi
1xx.x	99.00% saflıkta alüminyum
2xx.x	Bakır
3xx.x	Silisyum, bakır ve tercihen magnezyum
4xx.x	Silisyum
5xx.x	Magnezyum
6xx.x	Kullanılmayan seri
7xx.x	Çinko
8xx.x	Kalay

142 alaşımı uçak jeneratör yuvalarında,
195 alaşımı uçak tekerlek bağlantılarında,
355 alaşımı uçak kompresörlerinde, motor karterlerinde,
356 alaşımı uçak pompa parçaları ve bağlantı elemanlarında kullanılan alaşımlardan bazılarıdır.

b. Alüminyum Alaşımlarının Isıl İşlem Gösterimi

Alüminyum alaşımları dört haneli rakamlarla gösterilir. Bu alaşımlara uygulanan ısıl işlemler bu rakamlardan sonra gelen farklı harf ve notasyonlarla ifadelendirilir.

F: Üretildiği gibi.
O: Tavlanmış.
H: Soğuk işlemlerle sertleştirilmiş.
W: Isıl işlemle (çözeltiye alınarak) sertleştirilmiş.
T: Isıl işleme tabi tutulmuş.
T1: Sıcak şekillendirilerek soğutulmuş ve doğal yaşlandırma uygulanmış.
T2: Sıcak şekillendirilerek soğutulmuş, soğuk şekillendirilmiş ve doğal yaşlandırma uygulanmış.
T3: Çözeltiye alma işlemi yapılmış, soğuk şekillendirilmiş ve doğal yaşlandırma uygulanmış.
T4: Çözeltiye alma işlemi yapılmış ve doğal yaşlandırma uygulanmış.
T5: Sıcak şekillendirilerek soğutulmuş ve yapay yaşlandırma uygulanmış.
T6: Çözeltiye alma işlemi yapılmış ve yapay yaşlandırma uygulanmış.
T7: Çözeltiye alma işlemi yapılmış ve uzun süre yapay yaşlandırma uygulanmış.
T8: Çözeltiye alma işlemi yapılmış, soğuk şekillendirilmiş ve yapay yaşlandırma uygulanmış.
T9: Çözeltiye alma işlemi yapılmış, yapay yaşlandırma uygulanmış ve soğuk şekillendirilmiş.
T10: Sıcak şekillendirilerek soğutulmuş, soğuk şekillendirilmiş ve yapay yaşlandırma uygulanmış.

Örnek: 2024 T4, çözeltiye alınarak sertleştirilmiş ve doğal yaşlandırmaya tabi tutulmuş anlamına gelir.

1.3.3.2. Bakır Alaşımları

Bakır esaslı yüzlerce çeşit alaşım üretilmektedir. Çinko alaşımları (pirinç), kalay alaşımları (bronz), nikel ve alüminyum alaşımları yaygın olarak bilinenleridir. Pirinç ve bronz önemli alaşımlardandır; yataklar, supap yuvaları ve rulman gibi parçaların yapımında kullanılır.

Her alaşım türünün öne çıkan bazı özellikleri vardır. Bunlardan bazıları; kolay işlenirlik, iyi korozyon direnci ve dayanımdır. İmalatçı bu ve benzeri özellikteki yüzlerce çeşit bakır alaşımından uygun olanı seçmelidir. Bakır alüminyum alaşımları iyi mukavemete sahip olmakla birlikte ısı ve elektrik iletkenlikleri sayesinde hava araçlarının iklimlendirme elemanlarında ve borulama kısımlarında yaygın olarak kullanılmaktadır.

1.3.3.3. Nikel alaşımları

Nikel, sahip olduğu yüksek korozyon direnci ile geniş bir kullanım alanına sahiptir. Krom, demir, bakır ve molibden elementleriyle alaşımlar oluşturur. Süper alaşımların vazgeçilmez elementidir. Monel yaygın olarak bilinen nikel alaşımıdır.

Monel; nikel, bakır ve az miktarda demirden oluşur. Korozyon direnci ve mukavemeti oldukça iyidir. Özellikle sülfürik asit ve diğer kimyasallara karşı dayanıklıdır. Çeliğe yakın mukavemet değerlerine ve işlenebilme özelliğine sahiptir. Monel K gibi türevleri çökelme sertleşmesi ile yüksek mukavemete ulaşabilir. Kimya endüstrisinde, gemi yapımında ve yapısal alanlarda kullanımı yaygındır.

1.3.3.4. Titanyum Alaşımları

Titanyum ve alaşımlarının özellikle sıcak çalışma ortamlarında korozif etkenlere karşı direnci, yüksek mukavemeti ve iyi dayanım-ağırlık oranı önce çıkan özellikleridir. Aynı dayanım özelliklerini gösteren bir çeliğe göre neredeyse yarı ağırlıktadır. Bunun yanında titanyum, çıkarılma ve işlenmedeki zorlukları nedeniyle pahalı bir malzemedir.

Titanyumun rijitliği sebebiyle kesilerek ve delinerek işlenmesi zordur. Bu işlemleri yaparken çok dikkatli olunmalı, uygun devirlerde kademeli olarak çalışılmalı, yüksek hız çeliği (HSS) ve kobalt malzemeden matkap ucu ve kesiciler kullanılmalıdır.

Titanyum, üstün özellikleri sayesinde uzay ve havacılık sanayisinde yaygın olarak kullanılır. Özellikle jet motorlarında ve türbinli motor aksamlarında, sıcak çalışma bölgelerinden motor cowling bölgesinde ve yangın duvarlarında tercih edilir. Süpersonik uçaklarda sürtünmeden dolayı yüzey kaplamalarında ısınmalar meydana gelir. Bunun için bu bölgelerde yine titanyum alaşımları tercih edilir.

1.3.3.5. Magnezyum Alaşımları

Magnezyum alaşımlarının en büyük özelliği dayanımına oranla çok hafif bir metal olmasıdır. Hafiflik avantajlarının yanında korozyona oldukça yatkın malzemedir. Bu sebeple yüzey kaplaması yapılmadan kullanılmaz. Korozyon yatkınlığı, perçin cıvata gibi bağlantı elemanlarının seçiminde dikkatli olunmasını gerektirir aksi hâlde galvanik korozyon ihtimali oldukça yüksektir. Diğer bir dezavantajı yanıcı olmasıdır, alev alırsa söndürülmesi zordur.

1.3.4. Demir Esaslı Olmayan Malzemelerde Isıl İşlem Tanımı ve Çeşitleri

1.3.4.1. Alüminyum Alaşımlarında Isıl İşlem

Alüminyum alaşımlarının sertlik, darbe dayanımı, korozyon direnci gibi özelliklerini iyileştirebilmek için ısıl işlemler uygulanır. Alaşımların hepsi ısıl işleme elverişli değildir. Bu alaşımlarda ısıl işlem sadece daha yumuşak bir yapı elde edilmesini sağlar. Isıl işleme uygun olan seriler dövme alaşımlarda 2xxx, 6xxx, 7xxx; döküm alaşımlarda 2xx, 3xx ve 7xx serileridir ve bu serilerde sertlik, dayanım gibi özelliklere ısıl işlemle ulaşılabilir.

Alaşımlar birçok kez ısıl işleme tabi tutulabilir ancak clad malzemelere yüzey özelliklerini kaybetmemeleri için en fazla iki veya üç kez ısıl işlem uygulanmalıdır. Alüminyum alaşımlarda ısıl işlem genel olarak belirli sıra ve periyotlarda ısıtma ve soğutma işlemlerinden oluşur. Isıl işlem tavlama ve sertleştirme olmak üzere iki grup hâlinde yapılır.

Isıtma işlemi fırınlarda ve tuz banyolarında yapılır. Tuz banyoları genellikle ısıtılarak ergitilmiş tuz minerallerinden oluşur. Alaşımlar bu tuz banyolarında veya fırınların içinde, aşamalı olarak uygun sıcaklığa kadar ısıtılır ve bir süre bu sıcaklıkta tutulur.

a. Tavlama

Daha önce yapılan ısıl işlem ve soğuk şekillendirmeler sonucu oluşan gerilmelerin giderilmesi, malzemenin yumuşatılması ve işlenebilme özelliğinin iyileştirilmesi için yapılan ısıtma işlemleridir.

b. Sertleştirme

Sertleştirme işlemi, çözeltiye alma ve yaşlandırma aşamalarından oluşur. Bu aşamalar alaşımın içeriğine göre farklı sıcaklık ve sürelerde yapılır.

Çözeltiye alma işlemi, 500 °C ve üzerinde ısıtma ve hızlı olarak soğutma işlemidir. Malzeme, ısıtma işleminden sonra ara vermeden hızlı bir şekilde soğutulur. Soğutma işlemi su dolu tanklara malzemenin daldırılması yöntemiyle yapılır. Soğutulan malzeme bir miktar sertleşir ancak istenen sertlik ve mekanik özellikler belirli bir süre yaşlanmaya bırakıldıktan sonra elde edilir.

Yaşlandırma işlemi, soğutulan malzemenin belirli bir sıcaklıkta uygun süre bekletilmesidir. Doğal ve yapay olmak üzere iki tür yaşlandırma vardır. Doğal yaşlandırma, malzemenin oda sıcaklığında nispeten uzun bir süre (günlerce) bekletilmesi ile yapılır. Yapay (suni) yaşlandırma ise bu işlemin süresini kısaltmak, malzemenin özelliğine göre daha yüksek sertlik ve mukavemet özellikleri elde etmek için fırınlarda 100-200 °C sıcaklıkta yirmi dört saate kadar bekletilmesiyle yapılır. Bazı alaşımlar içerikleri nedeniyle yalnızca yapay yaşlandırma ile sertleştirilebilir.

Sertleştirme işlemlerinin sonucunda malzemenin dayanımı, sertliği gibi mekanik özellikleri artarken işlenebilirliği ve sünekliği önemli ölçüde düşer.

1.3.5. Dövme ve Çekme Perçinlerin Özellikleri ve Isıl İşlemleri

Perçinler, uçaklarda yaygın olarak kullanılan bağlantı elemanlarıdır. Silindirik bir gövdeye sahip olan perçinler farklı malzeme ve şekillerde üretilir. Korozyon oluşumunu engellemek için kullanılan bağlantı elemanı, bağlantısı yapılan metallerle aynı cinsten olmak zorundadır. Bu nedenle hava araçlarında kullanılan perçinlerin, kullanım yerine göre alüminyum, magnezyum ve bakır gibi farklı alaşımlardan oluşması tercih edilir. Dolu gövdeli perçinler, çektirme(kör) perçinler ve özel imal edilmiş perçinler olmak üzere farklı türleri vardır.

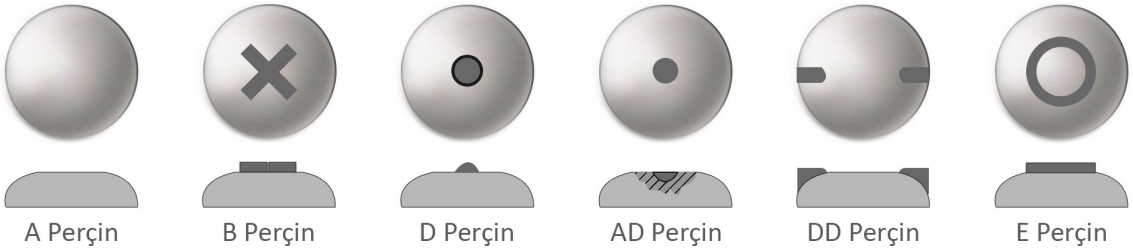
1.3.5.1. Dövme Perçinler

Uçak endüstrisinde en çok havşa başlı ve üniversal başlı dövme perçinler tercih edilir (Görsel 1.30). Bunların dışında yuvarlak başlı, mercimek başlı ve düz başlı perçinler de mevcuttur. Uçaklarda kullanılan bu perçinler yaygın olarak AN (Air Force Navy) MS (Military Standart) ve NAS (National Aerospace Standard) standartlarıyla gösterilir.



Görsel 1.30: Perçin uygulaması

Perçin başlarında perçinin alaşımını gösteren bir takım işaretler bulunur. Bu işaretler ve AN kodları aşağıda gösterilmiştir (Görsel 1.31).



Görsel 1.31: Perçin işaretleri

AN Kodu	Alaşım	İşareti
A	1100	işaretsiz
B	5056	kabartma şeklinde çarpı
D	2017 T	nokta şeklinde çıkıntı
AD	2117 T	çukur
DD	2024 T	kabartma şeklinde 2 çıkıntı
E	7050 T	kabartma şeklinde halka

Perçin yapımında yaygın olarak kullanılan alaşımlar

- **1100:** A harfiyle gösterilen bu perçinler minimum %99 saflıkta alüminyumdur. Perçin başında herhangi bir işaret yer almaz. Çok yumuşak ve düşük dayanıma sahiptir. Fazla kuvvete maruz kalmayan alanlarda kullanılır.
- **5056:** B harfiyle gösterilen alüminyum magnezyum alaşımlı perçinlerdir. Perçin başında kabartma şeklinde bir çarpı işareti bulunur. Korozyon riskini azaltmak için magnezyum ve alaşımlarından oluşan yapılarda kullanılır.
- **2017 T:** D harfiyle gösterilen alüminyum bakır alaşımlı perçinlerdir. Perçin başında nokta şeklinde bir çıkıntı bulunur. Korozyona dayanıklıdır ve yüksek dayanım gerektiren yerlerde kullanılır. Kullanılana kadar soğuk bir yerde tutulmalı ve çıkarıldığında bir saat içinde uygulanmalıdır.
- **2117 T:** AD harfiyle gösterilen alüminyum bakır alaşımlı perçinlerdir. Perçin başında bir çukurluk bulunur. Fazla dayanım ve kuvvet gerektiren yapılarda kullanılır. Korozyona karşı dayanıklıdır ve en yaygın kullanılan perçin türüdür.
- **2024 T:** DD harfiyle gösterilen alüminyum bakır alaşımlı perçinlerdir. Perçin başında iki adet kabartma şeklinde çıkıntı bulunur. Korozyona karşı dayanıklıdır ve yüksek dayanım isteyen alanlarda kullanılır. Isıl işleme ihtiyaç duyar. Bu nedenle soğuk bir ortamda tutulur ve çıkarıldıklarında belirli bir süre içinde uygulanmalıdır.
- **7050 T**: E harfiyle gösterilen alüminyum çinko alaşımlı perçinlerdir. Perçin başında kabartma şeklinde bir halka bulunur. Korozyona karşı dayanıklıdır ve yüksek dayanım gerektiren yerlerde, özellikle kanat ve kuyruk bölgelerinde kullanımı yaygındır.
- **Bakır:** C harfiyle gösterilen bakır perçinlerdir. Havacılıkta sınırlı kullanıma sahiptir, bakır parçaların bağlantısında kullanılır.
- **Monel:** M harfiyle gösterilen nikel alaşımlı perçinlerdir. Genel olarak nikel ve çelik alaşımlarının bağlantılarında kullanılır.

1.3.5.2. Çekme Perçinler

Yapısal olarak uçağın tüm bölümlerine ulaşım imkânı yoktur. Çekme perçinler arkasına ulaşılamayan bölümlerde kullanıma uygundur. Cherrymax, cheerylock ve pop perçin bilinen türleridir. Çeşitli malzeme ve alaşımlardan yapılan bu perçinlerin içi genellikle boştur ve perçin tabancasıyla uygulanır (Görsel 1.32).



Görsel 1.32: Pop perçin tabancası

1.3.5.3. Dövme ve Çekme Perçinlerin Isıl İşlemleri

Perçinlerin ısıl işlemi, imal edildiği alaşımın ısıl işlemiyle aynı şekilde yapılır. Havacılık sektöründe çoğunlukla alüminyum esaslı perçinler kullanılır. Bu perçinler alüminyumun ısıl işlem karakteristikleriyle aynıdır. Tavlanır, sertleştirilir ve yaşlanmaya bırakılır. Uygulamadan önce perçinlerin yumuşak bir yapıda olması istenir. Özellikle dövme perçinlere iyi bir baş şekli verebilmek için bu gereklidir. Bununla birlikte uygulamadan sonra yeterli mukavemet ve dayanımı sağlamaları gerekir. Bunun için alaşımın cinsine göre ısıl işlemlere tabi tutulur.

2017 T ve 2024 T alüminyum perçinler tavlanmış perçinlerdir. Bu perçinler tavlandıktan sonra vakit kaybetmeden buzdolaplarına veya soğutuculara konur. Bunun nedeni oda sıcaklığına maruz kaldıklarında yaşlanmaya başlamaları ve sertleşmeleridir. Soğuk ortamdan çıkarıldıktan sonra 2017 T bir saat, 2024 T ise yirmi dakika içinde uygulanmalıdır. Uygulama işleminden yaklaşık dört gün sonra maksimum dayanıma kavuşurlar. Soğuk ortamda yaklaşık iki hafta depolanma süreleri vardır. Bu süre içinde kullanılmazlarsa tekrar ısıl işlem uygulanması gerekir. Isıl işlemleri hava ısıtmalı fırınlarda veya tuz banyolarında yapılır. Isıl işlem süreleri ve sıcaklık değerleri Tablo 1.6'da görülmektedir.

Tablo 1.6: Isıl İşlem Süreleri ve Sıcaklık Değerleri

Perçin Alaşımı	Süre	Sıcaklık
2017 T	Hava ısıtmalı fırınlarda **1 saat**	**925 °F - 950 °F**
	Tuz banyolarında **30 dakika**	
2024 T	Hava ısıtmalı fırınlarda **1 saat**	**910 °F - 930 °F**
	Tuz banyolarında **30 dakika**	

1.3.6. İşlem Sırasına Göre Isıl İşlem Fırınının Çalıştırılması

Isıl işlem fırınlarıyla ilgili bilgi ***Demir Esaslı Uçak Malzemelerinin Özellikleri ve Isıl İşlemleri*** başlığı altında verilmiştir. Demir esaslı olmayan malzemelerin ısıl işlemlerinde yine aynı fırınlar kullanılabilmektedir.

Fırının çalıştırılması:

- Isıl işlem sırasında yüksek sıcaklıklara karşı, gözlük ve eldiven gibi kişisel koruyucu donanımlar kullanılmalıdır.
- Isıl işlem için gerekli ekipmanlar hazır bulundurulmalıdır.
- Hızlı soğutma gerektiren ısıl işlemler için soğutucu ortam hazırlanmalıdır.
- Fırın çevresinde güvenlik tedbirleri alınarak yanabilecek maddeler uzaklaştırılmalıdır.
- Elektrik kablosunun fırına temas etmediğinden emin olunmalıdır.
- Fırının fonksiyonları üreticinin yayınladığı kullanım kılavuzuna göre ayarlanmalıdır.
- Isıtma hızı işlemin türüne göre kademeli, hızlı veya yavaş olacak şekilde ayarlanmalıdır.
- Çalışma sırasında mesleki disiplin ve kurallara mutlak suretle uyulmalı, kazalara karşı dikkatli olunmalıdır.
- Çalışma sonrası fırının kapalı olduğundan emin olunmalıdır.

1.3.7. Demir Esaslı Olmayan Malzemelerin Sertlik, Çekme, Yorulma ve Darbe Direnci Deneyleri

Demir esaslı olmayan malzemelerin sertlik deneyleri, çekme dayanımı deneyleri, yorulma deneyleri ve darbe direnci deneyleri demir esaslı malzemelerin deneyleriyle aynıdır.

Bu deneyler, ***Demir Esaslı Uçak Malzemelerinin Özellikleri ve Isıl İşlemleri*** başlığı altında açıklanan deney esaslarına uygun olarak yapılır.

UYGULAMA 1.10

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=20349

ÖĞRENME BİRİMİ	Uçak Malzemeleri
UYGULAMA ADI	Demir Cinsi Olmayan Malzemeye Hamlaç İle Isıl İşlem Uygulanması

AMAÇ

Demir cinsi olmayan malzemelerde ısıl işlemleri yapmak

ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

- Atölye kurallarına uyunuz.
- Isıl işleme uygun koruyucu gözlük, elbise ve eldiven kullanınız.
- İş güvenliğine yönelik tabela ve işaretlere uyunuz.
- Gürültülü ortamlarda kulaklık veya kulak tıkacı gibi koruyucu ekipmanlar kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı gibi tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer tüm iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Yüksek sıcaklığa karşı koruyucu ısıl işlem ekipmanları kullanınız.
- Soğuk şekillendirme sonucu iç yapı özellikleri bozulan ısıl işleme uygun bir alaşım parçayı, hamlaç kullanarak uygun sıcaklıkta tavlayınız.
- Yapılan ısıl işlemin malzemeye ne gibi iyileştirmeler kazandırdığını değerlendiriniz.

SONUÇ (Uygulama sonucunda öğrendiklerinizi yazınız.)

UYGULAMAYA İLİŞKİN DEĞERLENDİRMELER

İŞLEM	**PUAN**	**ALINAN PUAN**
İş Güvenliği	10	
Temizlik / Düzen	10	
Bilgi	30	
Beceri	40	
Süre Kullanımı	10	
Toplam	100	

ÖĞRENCİNİN		**ÖĞRETMENİN**		**ALINAN NOT**	
ADI SOYADI		ADI SOYADI			
NUMARASI		İMZASI		TARİH	…../…../20

UYGULAMA 1.11

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=20350

ÖĞRENME BİRİMİ	Uçak Malzemeleri
UYGULAMA ADI	Demir Esaslı Olmayan Malzemelerde Brinell Yöntemiyle Sertlik Ölçme

AMAÇ

Sertlik ölçme test cihazını kullanarak demir esaslı olmayan malzemelerin sertlik değerlerini bulmak

ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

- Atölye kurallarına uyunuz.
- İş elbisesi, koruyucu gözlük ve eldiven kullanınız.
- İş güvenliğine yönelik tabela ve işaretlere uyunuz.
- Gürültülü ortamlarda kulaklık veya kulak tıkacı gibi koruyucu ekipmanlar kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı gibi tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer tüm iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Sertlik ölçümü için farklı özelliklerde demir esaslı olmayan malzemeler seçiniz.
- Brinell yöntemine göre sertlik ölçüm cihazının ayarlarını yaparak ölçümleri gerçekleştiriniz.
- Çıkan sonuçları karşılaştırarak değerlendiriniz.

SONUÇ (Uygulama sonucunda öğrendiklerinizi yazınız.)

UYGULAMAYA İLİŞKİN DEĞERLENDİRMELER

İŞLEM	**PUAN**	**ALINAN PUAN**
İş Güvenliği	10	
Temizlik / Düzen	10	
Bilgi	30	
Beceri	40	
Süre Kullanımı	10	
Toplam	100	

ÖĞRENCİNİN		**ÖĞRETMENİN**		**ALINAN NOT**	
ADI SOYADI		ADI SOYADI			
NUMARASI		İMZASI		TARİH	...../...../20

UYGULAMA 1.12

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=20351

ÖĞRENME BİRİMİ	Uçak Malzemeleri
UYGULAMA ADI	Demir Esaslı Olmayan Malzemelerde Çekme Mukavemetini Ölçme

AMAÇ

Demir esaslı olmayan malzemelerde çekme mukavemetini ölçmek

ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

- Atölye kurallarına uyunuz.
- İş elbisesi, koruyucu gözlük ve eldiven kullanınız.
- İş güvenliğine yönelik tabela ve işaretlere uyunuz.
- Gürültülü ortamlarda kulaklık veya kulak tıkacı gibi koruyucu ekipmanlar kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı gibi tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer tüm iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Demirsiz malzemelerden, standartlara uygun çekme numuneleri hazırlayınız.
- Çekme deney cihazının çenelerine numune parçayı bağlayıp cihazı çalıştırınız.
- Statik yükleme sonucu parçadaki fiziksel değişimi gözlemleyiniz.
- Deney sonunda elde edilen verileri değerlendiriniz.

SONUÇ (Uygulama sonucunda öğrendiklerinizi yazınız.)

UYGULAMAYA İLİŞKİN DEĞERLENDİRMELER

İŞLEM	**PUAN**	**ALINAN PUAN**
İş Güvenliği	10	
Temizlik / Düzen	10	
Bilgi	30	
Beceri	40	
Süre Kullanımı	10	
Toplam	100	

ÖĞRENCİNİN		**ÖĞRETMENİN**		**ALINAN NOT**	
ADI SOYADI		ADI SOYADI			
NUMARASI		İMZASI		TARİH	...../...../20

UYGULAMA 1.13

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=20352

ÖĞRENME BİRİMİ	Uçak Malzemeleri
UYGULAMA ADI	Demir Esaslı Olmayan Malzemelerde Yorulma Deneyi

AMAÇ

Demir esaslı olmayan malzemelerde malzeme yorulmasını tespit etmek

ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

- Atölye kurallarına uyunuz.
- İş elbisesi, koruyucu gözlük ve eldiven kullanınız.
- İş güvenliğine yönelik tabela ve işaretlere uyunuz.
- Gürültülü ortamlarda kulaklık veya kulak tıkacı gibi koruyucu ekipmanlar kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı gibi tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer tüm iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Demirsiz malzemelerden numuneler hazırlayınız.
- Numuneyi yorulma deney cihazına bağlayınız.
- Deney cihazının parametrelerini ayarlayarak testi başlatınız.
- Malzemedeki çatlak oluşumunu gözlemleyiniz.
- Kopma şeklini ve çevrim sayısını değerlendiriniz.

SONUÇ (Uygulama sonucunda öğrendiklerinizi yazınız.)

UYGULAMAYA İLİŞKİN DEĞERLENDİRMELER

İŞLEM	PUAN	ALINAN PUAN
İş Güvenliği	10	
Temizlik / Düzen	10	
Bilgi	30	
Beceri	40	
Süre Kullanımı	10	
Toplam	100	

ÖĞRENCİNİN		ÖĞRETMENİN		ALINAN NOT	
ADI SOYADI		ADI SOYADI			
NUMARASI		İMZASI		TARİH	...../...../20

UYGULAMA 1.14

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=20353

ÖĞRENME BİRİMİ	Uçak Malzemeleri
UYGULAMA ADI	Demir Esaslı Olmayan Malzemelerde Darbe Direnci Testi

AMAÇ

Demir esaslı olmayan malzemelerde darbe direnci testini yapmak

ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

- Atölye kurallarına uyunuz.
- İş elbisesi, koruyucu gözlük ve eldiven kullanınız.
- İş güvenliğine yönelik tabela ve işaretlere uyunuz.
- Gürültülü ortamlarda kulaklık veya kulak tıkacı gibi koruyucu ekipmanlar kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı gibi tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer tüm iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Standartlara uygun şekilde çentik açılmış bir numune parça hazırlayınız.
- Numune parçayı deney cihazına yerleştiriniz.
- Çentik kısmının, tam ortada olduğundan ve doğru yöne baktığından emin olunuz.
- Deney cihazının göstergelerini sıfırlayınız ve sarkacı başlangıç pozisyonuna getiriniz.
- Sarkacı serbest bırakarak testi başlatınız.
- Test bitiminde göstergedeki değeri okuyunuz ve test sonucunu yorumlayınız.

SONUÇ (Uygulama sonucunda öğrendiklerinizi yazınız.)

UYGULAMAYA İLİŞKİN DEĞERLENDİRMELER

İŞLEM	**PUAN**	**ALINAN PUAN**
İş Güvenliği	10	
Temizlik / Düzen	10	
Bilgi	30	
Beceri	40	
Süre Kullanımı	10	
Toplam	100	

ÖĞRENCİNİN		**ÖĞRETMENİN**		**ALINAN NOT**	
ADI SOYADI		ADI SOYADI			
NUMARASI		İMZASI		TARİH	…../…../20

1. Aşağıdakilerden hangisi metal malzemelerin özelliklerden değildir?

A) Kristal iç yapıya sahiptir.
B) Isı ve elektriği iyi iletir.
C) Işığı yansıtır.
D) Mukavemeti zayıftır.
E) Tel ve levha hâline getirilebilir.

2. Çelik hakkında verilen bilgilerden hangisi yanlıştır?

A) Saf hâlde topraktan çıkarılır.
B) Demir esaslı bir malzemedir.
C) Endüstride yaygın olarak kullanılır.
D) İçeriğinde karbon bulunur.
E) Yüksek mukavemete sahip bir malzemedir.

3. Aşağıdaki malzemelerden hangisi farklı bir malzeme gurubuna dâhildir?

A) Bakır
B) Demir
C) Kompozit
D) Nikel
E) Volfram

4. Hangi malzemenin korozyon dayanımı daha zayıftır?

A) Altın
B) Alüminyum
C) Demir
D) Krom
E) Nikel

5. Çekme deneyi sonucunda malzemeyle ilgili akma noktası, kopma noktası, kopma uzaması, çekme mukavemeti bilgilerini içeren grafikler elde edilir.
Bu grafiklerde "akma noktası" **malzemenin hangi özelliğini ifade eder?**

A) Malzemenin kaldırabileceği yükü
B) Malzemenin uzayabilme miktarı
C) Deneyin yapıldığı sıcaklığı
D) Malzemenin iletkenliği
E) Elastik bölgeden plastik bölgeye geçişin başladığı nokta

6. Malzemenin dinamik yükler altında çalışma ömrünü tespit etmek için yapılan deney hangisidir?

A) Çekme
B) Yorulma
C) Basma
D) Çentik Darbe
E) Shore

7. Sertlik ölçme yöntemlerinin hangisinde, malzemede oluşturulan iz alanı hesaplanarak sertlik değeri bulunur?

A) Brinell
B) Poldi
C) Rockwell
D) Shore
E) Vickers

8. AA standartları ile ilgili verilen bilgilerden hangisi yanlıştır?

A) Alüminyum alaşımlarını sınıflandırır.
B) Havacılık sanayisinde yaygın olarak kullanılır.
C) 1XXX serisi alaşımlar bakır esaslı alaşımlardır.
D) Döküm alaşımlar XXX.X şeklinde gösterilir.
E) Dört rakamdan oluşan bir gösterime sahiptir.

9. Cladding işlemi ile ilgili verilen bilgilerden hangisi yanlıştır?

A) Cladding bir kaplama işlemidir.
B) Alüminyum kaplamalara alclad denir.
C) Malzemelere yeni özellikler kazandırır.
D) Zayıf özellikleri sebebiyle havacılıkta pek kullanılmaz.
E) Bu işleme tabi tutulmuş malzemelere clad malzeme denir.

10. Arka tarafına ulaşılamayan yapısal bölgelerde hangi perçin türü yaygın olarak kullanılır?

A) Çekme
B) Havşa başlı
C) Mercimek başlı
D) Özel yapım
E) Üniversal başlı

2 KOROZYON



2.1. KOROZYONU DEĞERLENDİRME

2.2. KOROZYONU TEMİZLEME

2.3. KOROZYONU ÖNLEME

2.1. KOROZYONU DEĞERLENDİRME

Amaç: Ulusal ve uluslararası mevzuatlara göre korozyonu değerlendirme işlemini yapmak

Araştırma: Uçak metalleri üzerinde oluşabilecek korozyon türleri ve sebeplerini araştırınız.

2.1.1. Korozyonun Tanımı

Metal ya da alaşımların, içinde bulunduğu çevrenin de etkisi ile kimyasal veya elektrokimyasal reaksiyona girerek fiziksel formunun bozulması, işlevini yitirmesi ya da tamamen yok olmasına **korozyon** denir (Görsel 2.1).



Görsel 2.1: Jet motoru üzerindeki korozyon

2.1.2. Korozyonun Kimyasal Sebebi

Kararsız hâldeki metal, serbest elektronlarını verip pozitif iyon oluşturur. Elektronları alan malzeme de negatif iyon oluşturur. Bunun sonucunda pozitif iyonlarla negatif iyonlar arasındaki çekim kuvveti ile iyonik bağlı kararlı bir metal bileşiği, metalin yüzeyinde bir korozyon ürününe dönüşerek metalin tahrip olmasına sebep olur.

2.1.3. Korozyona Etki Eden Faktörler

a. Ortam Sıcaklığı ve Nemin Etkisi
Malzemenin bulunduğu ortamın sıcaklığı ve nemi arttığında korozyon hızı da artar.

b. Malzeme Seçimi
Aralarında potansiyel fark bulunan metallerin birlikte kullanılması korozyon oluşumuna ve korozyon hızının artmasına sebep olur.

c. Tanecikler Arası Boyutsal Fark
Metallerin tanecikleri arasındaki boyutsal fark korozyon oluşmasına ortam sağlar.

ç. Sistem Tasarımı
Eğer korozif malzeme bir sistem içerisinde kullanılacaksa mümkün olduğu kadar korozif etkiyi önleyici tasarım yapılmalıdır.

d. Zemin Elektriksel Özgül Direncin Etkisi
Elektriksel özgül direncin düşük olduğu yerlerde iletkenlik daha yüksek olur. Bu sebeple iyonik ortamın artmasıyla korozyon hızı da artmış olur.

2.1.4. Korozyon Tipleri

Korozyonu genel olarak homojen, elektrokimyasal, taneler arası, ipliğimsi, pullanma, çukurcuk ve konsantrasyon hücre korozyonları şeklinde sınıflandırabiliriz.

2.1.4.1. Homojen (Uniform) Korozyon

Aynı cins malzemeden üretilmiş metalik malzemenin her bir noktasında eşit (homojen) bir şekilde oluşan korozyondur. Gümüşün kararması, bakırın matlaşması, demirin paslanması vb. homojen korozyona örnek gösterilebilir (Görsel 2.2).

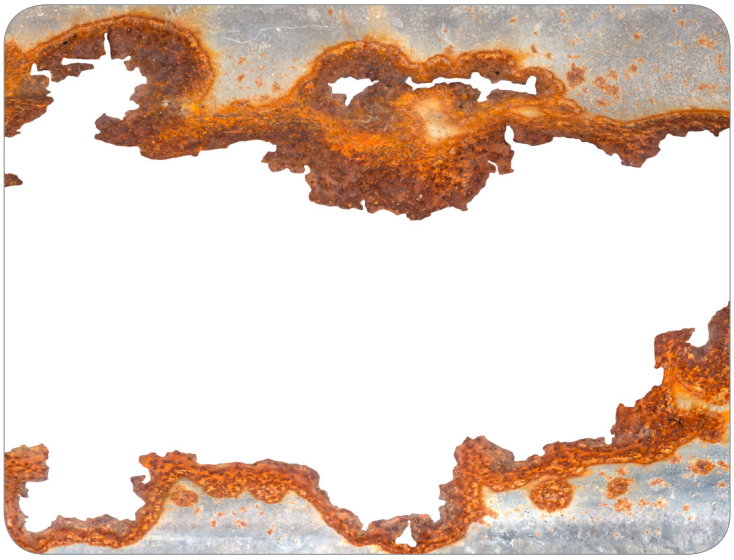


Görsel 2.2: İskele babası üzerindeki homojen korozyon

2.1.4.2. Elektrokimyasal (Galvanik) Korozyon

Birbirinden farklı elektrik potansiyeline sahip metallerin bir araya getirilmesiyle aralarında galvanik bir pil oluşur. Bu da korozyona sebep olur (Görsel 2.3).

Örnek olarak alüminyum alaşımlı bir malzemenin üstüne, aralarında herhangi bir izolasyon malzemesi kullanmadan paslanmaz çelik vb. malzeme montajı yapılırsa zamanla alüminyum malzemede korozyon oluşur.



Görsel 2.3: Galvanik korozyon

2.1.4.3. Çukurcuk (Pitting) Korozyon

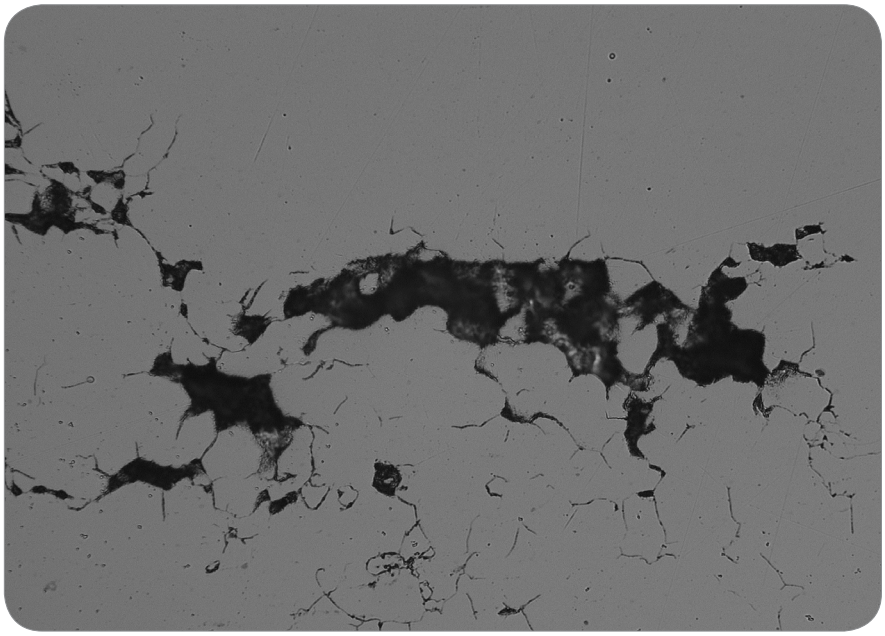
Parça yüzeyi üzerinde oluşan, oyuklaşma şeklinde görülen korozyon tipidir. İlk belirtisi, yüzeyde toplanan ve kabaran beyaz ve gri tozumsu yığıntılardır. Çukurcuk korozyonu çok tehlikelidir. Malzeme kaybının az olmasına rağmen çukur kısmının anodik, yüzey kısmının katodik davranmasından dolayı oyuk derinliği artarak parça delinebilir. Çukurcuk korozyonu, tanklarda ve borularda akış hızının az olduğu bölgelerde görülmektedir (Görsel 2.4).



Görsel 2.4: Çukurcuk korozyon

2.1.4.4. Taneler Arası (Inter Granular) Korozyon

Metalik malzemelerin kristal yapısındaki taneciklerin sınırında ya da yakınlarında oluşan korozyon tipidir. Ergiyik malzeme iken yanlış ısıl işlem ve / veya kaynak sonrası ortaya çıkar. Mukavemeti azaltır. Gözle görülemediği için çok tehlikeli bir korozyon tipidir (Görsel 2.5).



Görsel 2.5: Taneler arası korozyon

2.1.4.5. İpliğimsi (Filiform) Korozyon

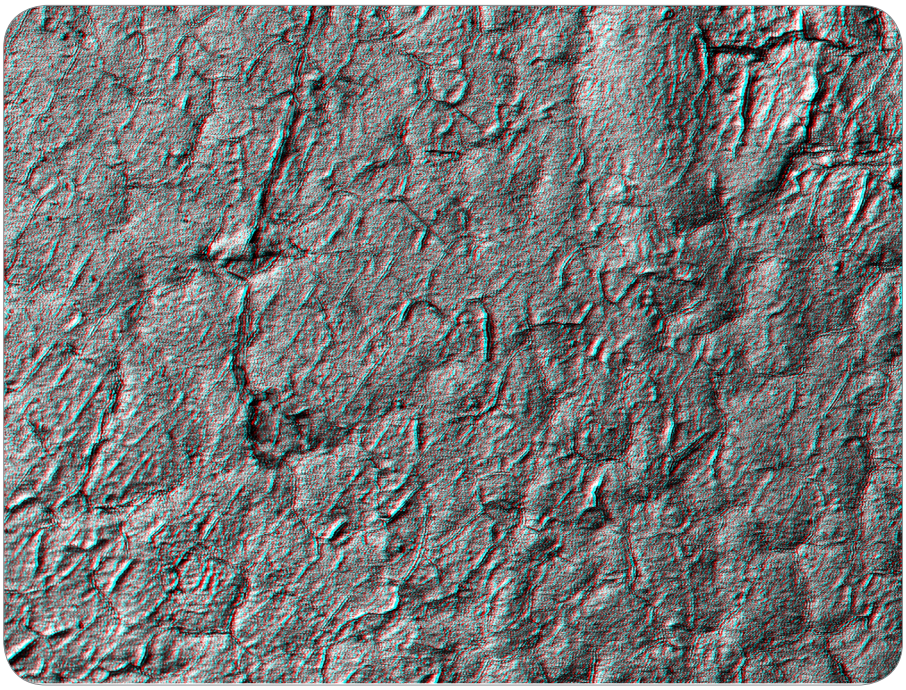
Metal yüzeyindeki boya veya kaplamanın altında oluşan ve sadece yüzeyde kalan korozyon tipidir. Boya veya kaplamanın zayıf bölgesine oksijen ve suyun girişiyle oluşur (Görsel 2.6).



Görsel 2.6: İpliğimsi korozyon

2.1.4.6. Pullanma (Exfoliation) Korozyon

Taneler arası korozyonun genişleyerek yüzeydeki metali pul pul kaldırmasıyla oluşan korozyon türüdür. Kalıptan çekilmiş veya genellikle haddelenmiş parçalarda, kabarma ve pul pul olma şeklinde kendini gösterir (Görsel 2.7).

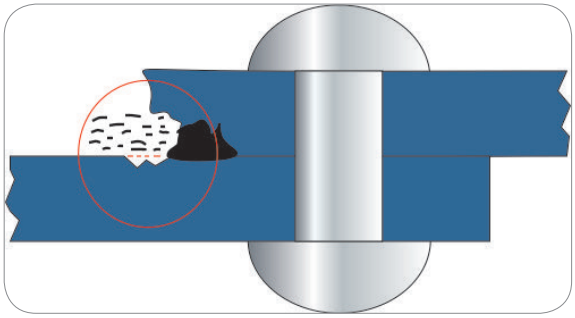


Görsel 2.7: Pullanma korozyon

2.1.4.7. Konsantrasyon Hücre (Concentration Cell) Korozyonu

Konsantrasyon hücre korozyonu, bir metal yüzeyin iki veya daha fazla alana aynı çözeltinin farklı konsantrasyonları ile temas ettiğinde meydana gelir.

Oyuklar, bindirme dikişleri, kalıntılar ve metal ara yüzeyleri bu duruma örnek verilebilir. Bu yerler konsantrasyon hücre korozyonu oluşumu için nemin hapsolduğu uygun yerlerdir (Görsel 2.8).



Görsel 2.8: Konsantrasyon hücre korozyon

2.1.4.8. Gerilmeli (Stress) Korozyon

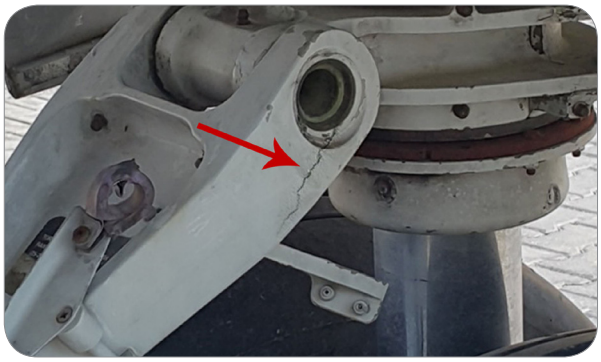
Gerilme korozyonu, çekme gerilmesinin ve belirli bir aşındırıcı ortamın eş zamanlı etkilerinden kaynaklanır. Gerilmeler; uygulanan yükler, üretim sürecindeki artık gerilmeler veya her ikisinin bir kombinasyonu nedeniyle olabilir. Uçaklarda gerilmeli korozyon, genellikle perçinli birleştirmelerin gerilen yüzeyleri arasında görülür (Görsel 2.9).



Görsel 2.9: Gerilmeli korozyon

2.1.4.9. Yorulma Korozyonu

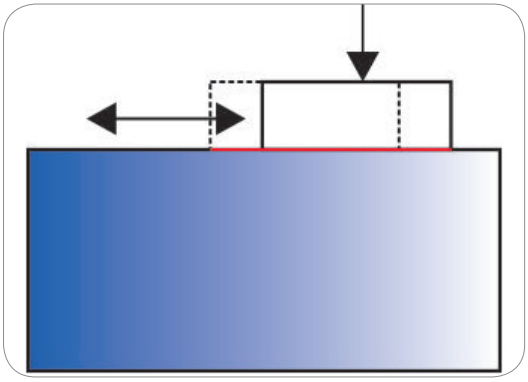
Dinamik yüklerin ve korozif ortamın etkisi ile metal yüzeyinde korozyon çukuru ve çatlak oluşmasına **yorulma korozyonu** denir (Görsel 2.10). Korozif ortam ortadan kalksa dahi dinamik yüklerden dolayı çatlak genişlemeye devam eder.



Görsel 2.10: Yorulma korozyonu

2.1.4.10. Sürtünme (Fretting) Korozyonu

Titreşimli ve hareketli yüzeylerde iki metalin sürtünmesiyle oluşan korozyondur. Sürtünme korozyonu, metalde ufalanma ve metal aşınması ile kendini gösterir (Görsel 2.11).



Görsel 2.11: Sürtünme korozyonu

Uçak üzerinde iniş takım dikmelerindeki burçlar, çok küçük toleranslarla burçlara geçirilen cıvatalar ve kanadı gövdeye bağlayan kaplama kısımlarında oluşan korozyon buna örnek verilebilir.

2.1.5. Uçaklarda Metal / Alaşım Tipleri ve Korozyona Yatkınlıkları

Uçaklarda kullanılan korozyona yatkın malzemelerin korozyon tipleri ve bu korozyonların malzeme üzerindeki belirtileri Tablo 2.1'de görülmektedir.

Tablo 2.1: Uçak Malzemelerinde Görülen Korozyon Tipleri

METAL / ALAŞIM	KOROZYON TİPİ	KOROZYONUN BELİRTİLERİ
Titanyum	Yüksek korozyon dayanımı	700 ^{0}F üzeri değişik renkte yüzeyde oksitlenmeler
Demir-çelik alaşımı	Yüzey korozyonu Çukur korozyonu Taneler arası korozyon	Kırmızımsı-kahverengi pas
Nikel	Korozyon dayanımı mükemmel Nemli ortamda çukur korozyonu	Yeşil toz kalıntısı
Krom	Çukur korozyonu	Görünen korozyon ürünü yok. Kaplamada kalkma ve kabarma görüntüsü
Bakır ve alaşımlar	Yüzey korozyonu Taneler arası korozyon	Mavi veya mavi-yeşil kalıntı
Kadmiyum	Yüzey korozyonu	Beyaz toz veya kahve-siyah benekler
Paslanmaz çelik	Konsantrasyon hücre korozyonu Çukur korozyonu Çatlak korozyonu Yüzey korozyonu Taneler arası korozyon	Yüzeyde pürüz, kırmızı, kahve, siyah lekelenmeler
Magnezyum	Çukur korozyonu	Beyaz toz hâlinde küme, yüzeyde lekelenme
Alüminyum	Çukur korozyonu Taneler arası korozyon Pullanma korozyonu Gerilmeli korozyon Yorulma korozyonu	Beyaz-gri toz hâlinde küme

UYGULAMA 2.1

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=20354

ÖĞRENME BİRİMİ	Korozyon
UYGULAMA ADI	Korozyona Uğramış Bir Malzemenin Korozyon Çeşidi ve Düzeyini Belirleme

AMAÇ

Metalik aletlerin korozyon çeşidi ve düzeyini belirlemek ve uçak üzerinde oluşabilecek korozyon çeşitleriyle karşılaştırma yapabilmek

ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

- Atölye kurallarına uyunuz.
- İş elbisesi, koruyucu gözlük ve eldiven kullanınız.
- İş güvenliğine yönelik tabela ve işaretlere uyunuz.
- Gürültülü ortamlarda kulaklık veya kulak tıkacı gibi koruyucu ekipmanlar kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı gibi tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer tüm iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Gündelik hayatta kullanılan metalik aletleri tespit ediniz.
- Korozyona uğrayan parçanın görevini, neden ve hangi tip korozyona uğradığını belirleyiniz.
- Malzemede oluşan korozyonun düzeyini tespit ediniz.
- Uçak üzerinde oluşan korozyon çeşitleriyle karşılaştırınız.
- Bulgularınızı raporlandırıp sınıf içinde paylaşınız.

SONUÇ (Uygulama sonucunda öğrendiklerinizi yazınız.)

UYGULAMAYA İLİŞKİN DEĞERLENDİRMELER

İŞLEM	**PUAN**	**ALINAN PUAN**
İş Güvenliği	10	
Temizlik / Düzen	10	
Bilgi	30	
Beceri	40	
Süre Kullanımı	10	
Toplam	100	

ÖĞRENCİNİN		**ÖĞRETMENİN**		**ALINAN NOT**	
ADI SOYADI		ADI SOYADI			
NUMARASI		İMZASI		TARİH	...../...../20

UYGULAMA 2.2

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=20355

ÖĞRENME BİRİMİ	Korozyon
UYGULAMA ADI	Uçak Üzerinde Oluşabilecek Korozyon Türleri ve Korozyonun Değerlendirilmesi

AMAÇ

Uçak gövde yapısı ve sistemlerindeki korozyonu ve korozyon çeşitlerini tespit edebilmek

ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

- Atölye kurallarına uyunuz.
- İş elbisesi, koruyucu gözlük ve eldiven kullanınız.
- İş güvenliğine yönelik tabela ve işaretlere uyunuz.
- Gürültülü ortamlarda kulaklık veya kulak tıkacı gibi koruyucu ekipmanlar kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı gibi tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer tüm iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Sınıf içi gruplar oluşturunuz.
- Atölyede bulunan uçak veya uçak kompenentlerinin üzerinde korozyon tespiti yapınız.
- İstasyon yöntemi ile inceleyip tespit ettiğiniz korozyon sayısı ve çeşitleriyle ilgili rapor hazırlayınız.
- Hazırladığınız raporları karşılaştırınız ve sağlamasını yapınız.

SONUÇ (Uygulama sonucunda öğrendiklerinizi yazınız.)

UYGULAMAYA İLİŞKİN DEĞERLENDİRMELER

İŞLEM	**PUAN**	**ALINAN PUAN**
İş Güvenliği	10	
Temizlik / Düzen	10	
Bilgi	30	
Beceri	40	
Süre Kullanımı	10	
Toplam	100	

ÖĞRENCİNİN		**ÖĞRETMENİN**		**ALINAN NOT**	
ADI SOYADI		ADI SOYADI			
NUMARASI		İMZASI		TARİH	...../...../20

2.2. KOROZYONU TEMİZLEME

Amaç: Ulusal ve uluslararası mevzuatlara göre korozyonu temizleme işlemini yapmak

Araştırma: Uçaklarda oluşabilecek korozif bölgeleri ve bu bölgelerde oluşan korozyonu temizleme yöntemlerini araştırınız.

2.2.1. Uçakta Korozyon Kontrolü

Çok büyük kazaların önüne geçmek için uçaklarda periyodik olarak korozyon kontrolü yapılmaktadır.

2.2.1.1. Korozyonun Gözle Kontrolü ve Kullanılan Ekipmanlar

El feneri: Ekstra aydınlatmanın gerekeceği durumlarda kullanılır (Görsel 2.12).



Görsel 2.12: El feneri



Büyüteç: Çok küçük korozif bölgeleri ve hangi bölgelerde korozyon temizliği yapıldığını incelemede kullanılır (Görsel 2.13).

Görsel 2.13: Büyüteç

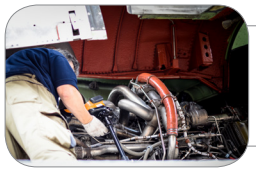
Bükülebilen (flexible) ayna: İç kısımlarda ve köşelerde direkt görülemeyen yerler için kullanılır (Görsel 2.14).



Görsel 2.14: Bükülebilen ayna



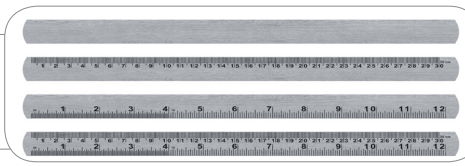
Görsel 2.15.a: Boroskop



Görsel 2.15.b: Boroskop uygulaması

Boroskop: Gözle görülmesi mümkün olmayan karmaşık sistemlerin bölgelerini kamerası vasıtasıyla görüntüleyebilen dijital bir cihazdır (Görsel 2.15.a, b).

Düz kenarlı metal şerit: Korozyon temizliğinden sonra yüzey düzgünlüğünün kontrolünde ve kazınan bölgeleri belirlemede kullanılır (Görsel 2.16).



Görsel 2.16: Metal şerit ve metal cetveller



Derinlik ölçme komparatörü: Korozif oyukların derinliğinin ölçülmesinde kullanılır. Bu ölçümler sayesinde hangi seviye temizleme işlemi yapılacağına karar verilir (Görsel 2.17).

Görsel 2.17: Derinlik ölçme komparatörü

2.2.1.2. Tahribatsız Muayene Yöntemiyle (NDI) Korozyonu Değerlendirme

Korozyon sonucu parçanın yüzeyine yakın veya derin bölgelerinde oluşan süreksizlikleri tespit etmemize yardımcı yöntemlerdir. Parçanın boyutuna, malzeme cinsine, görevine ve istenen özelliğine göre uygun olan yöntem kullanılır. Bu yöntemler şunlardır:

- Sıvı penetrant kontrol yöntemi
- Manyetik parçacık kontrol yöntemi
- Ultrasonik kontrol yöntemi
- Eddy current (girdap akımı) kontrol yöntemi
- X-Ray (radyografik) kontrol yöntemi

2.2.2. Uçakta Korozyona Eğilimli Bölgeler

Uçakta korozyona eğilimli bölgeler Tablo 2.2'te gösterilmektedir.

Tablo 2.2: Uçakta Korozyona Eğilimli Bölgeler

Uçakta Korozyona Eğilimli Bölgeler	
Uçak Gövde Yapısında Korozyona Eğilimli Bölgeler	**Uçak Sistemlerinde Korozyona Eğilimli Bölgeler**
Bağlayıcılar	Kontrol kabloları
Kaynak alanları ve çevresi	Elektrik sistemi
İniş takımları ve iniş takım yuvaları	Batarya kompartımanı
Motor alınlık bölgesi ve hava giriş kısmı	Temizleme sonrası suyun biriktiği yerler
Menteşeler	Boşaltım (drain) sisteminin çevresi (hidrolik, yakıt, su, çöp vb.)
Uçak üzerinde boyasız ya da boyası kalkmış yüzeyler	Yabancı madde ve nemin yoğunlaşıp biriktiği yerler
Benzer olmayan metal ile temas eden yüzeyler	Sintine bölgesi
Egzoz gaz yolları	Hidrolik sistem (borular, piston ve silindir asamblesi, valfler)
Flap / slat kanalları ve yuvaları	Havalandırma sistemi
Kanat ve kontrol satıh hücum kenarları	

2.2.3. Korozyon Hasarının Değerlendirilmesi

Korozyon hasar dereceleri Tablo 2.3'de gösterilmektedir.

Tablo 2.3: Korozyon Hasar Dereceleri

Korozyon Hasar Dereceleri			
	Hafif Derecede Korozyon	**Orta Derecede Korozyon**	**Şiddetli Derecede Korozyon**
Hasar Tipi	Yüzeyde renk değişimi	Kabarma, pul pul kalkma, paslanma	Yapısal bozukluk, malzeme kaybı
Hasar Ölçüsü	0,01 inç derinliğine kadar hafif oyuk	0,01 inç derinliğinde oyuklaşma	0,01 inç derinliğini aşan kalkmalar, dökülmeler
Hasar Giderme İşlemi	Elle zımparalama ve hafif kimyasal işlem	Elle zımparalama ve hafif mekanik kumlama	Taşlama ve kapsamlı mekanik kumlama

2.2.4. Mekanik Yöntemle Korozyonun Temizlenmesi

Hafif derecedeki korozyonun mekanik yöntemlerle temizlenmesinde kullanılan ve güç kaynağı gerektirmeyen teçhizatlar; zımparalar, metalik yünler ve tel fırçalardır. Orta ve şiddetli derecedeki korozyonlarda güç kaynaklı techizatla temizlenir.

2.2.4.1. Güç Kaynaksız Alet ve Malzemelerle Korozyon Temizleme

Tel fırçalar: Yüzeydeki çıkmayan boyaların çıkarılması ve korozif bölgelerdeki kalıntıların temizlenmesine yardımcı olur. Alüminyum, bakır ve paslanmaz çelik olmak üzere üç çeşit tel fırça vardır. Hangi malzeme üzerinde kullanılacaksa ona göre seçilmelidir. Aksi takdirde elektrokimsayal (galvanik) korozyona sebep olur (Görsel 2.18). (Dikkat: Teller değiştirilebilir.)



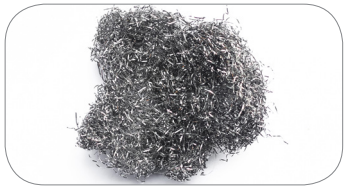
Görsel 2.18: Tel fırça

- **Zımparalar:** Hafif dereceli korozyonlar için zımpara kullanılır. Zımpara kâğıdı malzeme cinsine göre seçilir (Görsel 2.19).



Görsel 2.19: Zımpara kâğıdı

- **Ponza tozu:** Çok ince olan metallerin yüzeyinde oluşan korozif bölgeler için kullanılır. Ponza tozunu suya karıştırıp bezle parçayı ovalayarak korozyon temizlenir.
- **Metalik yünler:** Metalin yüzeyinde oluşan korozyonun parça ile arasındaki bağ çok zayıfsa metalik yün kullanılabilir (Görsel 2.20). Boyut olarak ince, orta, kaba şeklinde sınıflandırılır. Genellikle çelik, paslanmaz çelik, bakır ve alüminyumdan üretilir. Malzeme cinsine göre metalik yün seçilmelidir. Aksi takdirde elektrokimyasal (galvanik) korozyona sebep olur. (Dikkat: İşlemden sonra parça üzerinde kalan yün kalıntıları vakum cihazıyla temizlenmelidir.)



Görsel 2.20: Metalik yün

2.2.4.2. Güç Kaynaklı Alet ve Malzemelerle Korozyon Temizleme

- **Basınçlı hava ile çalışan teçhizatlar:** Parça üzerinde geniş alanda yayılmış orta ve şiddetli korozif bölgeleri temizlemeye yardımcı olur. İhtiyaca göre zımpara, taş veya delici aparat takılarak kullanılır. Pratiktir, iş gücünden ve zamandan tasarruf edilir. Derin korozyon için taşlar, orta ve hafif korozyon için zımpara ve aşındırıcılar kullanılır (Görsel 2.21.a, b). (Dikkat: Zımpara ve aşındırıcılar ustaca ve dikkatli kullanılmalıdır. Aksi takdirde parçanın formu ve işlevi bozulabilir.)



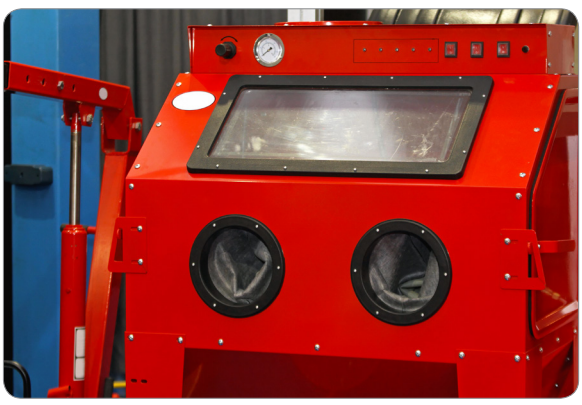
Görsel 2.21.a: Havalı zımpara



Görsel 2.21.b: Havalı matkap

- **Kumlama:** Parça, yüzeyine hava veya su vasıtasıyla mikronluk kum tanelerinin püskürtülmesi ile temizlenir. Kumlama yöntemi parça temizliğinin yanı sıra boya kaldırma veya kaplama işlemi için de kullanılır (Görsel 2.22).

Parça yüzeyindeki tozların patlama tehlikesi veya yüzeyde gres, yağ vb. maddelerin bulunması durumunda yaş kumlama tercih edilir.



Görsel 2.22: Kumlama makinesi

2.2.5. Kimyasal Yöntemle Korozyonun Temizlenmesi

Kimyasal yöntem hafif dereceli korozyanların temizliğinde kullanılır. Kimyasal yöntemle, uçak metal ve alaşımları üzerindeki korozyonun temizlenmesinde (Pasa-jell hariç)MIL-C–38334, MIL-C–10578, MIL-C–14460 kromik asit, sülfürik asit ve nitrik hidroklorik asit çözeltileri kullanılır. Bu çözeltiler belli oranda ve sıcaklıkta su ile karıştırılarak daldırma, silme veya fırçalama yöntemiyle uçak metal ve alaşımları üzerindeki korozyon temizlenir. Parça temizlendikten sonra su ile durulanıp bez ile kurulanmalıdır.Çözeltinin metal ve kaplamaya zarar vermeyeceği ince saclarda kullanılmalıdır.

- **MIL-C–38334:** Alüminyum ve titanyum alaşımları üzerindeki korozyonun temizliğinde kullanılır. Bu tür korozyon temizleyiciler, metal birleştirme ara yüzeylerinden, kaynak dikişlerinden ve oyuklardan uzak tutulmalıdır. Yoğunlaştırılmış sıvı ve toz olmak üzere iki türü vardır.
- **MIL-C–10578:** Demir cinsi metallerde, paslanmaz çeliklerde, bakır alaşımlarında kullanılır. Eğer korozyon derinse daldırma tekniği kullanılmalıdır.
- **Kromik asit çözeltisi:** Magnezyum üzerindeki oksit tabakasının ve hafif korozyonun temizliğinde kullanılır. Derin korozyon oyuklarının bu çözelti ile temizlenmesi yeterli değildir. Parça üzerinde bakır alaşımlardan yapılmış burç ve yataklar kromik asit çözeltisi tatbik edilmeden önce maskelenmelidir.
- **Sülfürik asit çözeltisi:** Bakır alaşımlarına uygulanan bir çözeltidir. %90-95 su ve %5-10 sülfürik asit içerir. Kullanım sıcaklığı –50 ^{0}C - +80 ^{0}C arasındadır. Temizlenecek parça çözeltiye daldırılır, sonra temiz suyla durulanır. Daldırma işleminden sonra parça yüzeyinde farklı bir kırmızı renk oluşmuşsa bunu gidermek için %4-10 sodyum dikromat ilave edilir.
- **Pasa-jell çözeltileri:** Sıvı oksijen sistemindeki korozyonu temizlemede pasa-jell diye adlandırılan jelatine benzer çözeltiler kullanılır. Pasa-jell 101 çözeltisi paslanmaz çelik ve çelikten; pasa-jell 102 ise alüminyum alaşımından yapılmış oksijen sistemlerinde kullanılır. Pasa-jell çözeltileri, sulandırılmadan aside dayanıklı fırçalar kullanılarak yüzeylere tatbik edilir.
- **Nitrik hidroklorik asit çözeltisi:** Çözelti 540 ^{0}C altında titanyum üzerinde oluşan oksidin temizliğinde kullanılır. Fabrika seviyesinde daldırma yöntemi kullanılır.
- **MIL-C–14460:** Demir cinsi ve bakır alaşımlarındaki korozyonun temizliğinde kullanılır. İşlenmiş parça ölçülerinin önem arz ettiği kritik parçalarda uygulanır.

UYGULAMA 2.3

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=20356

ÖĞRENME BİRİMİ	Korozyon
UYGULAMA ADI	Özel Emniyet Tedbirlerini Alarak Korozyonu Temizleme

AMAÇ

Sıvılarla, gazlarla, kimyasallarla çalışırken bakım talimatlarına uygun emniyet tedbirlerini alarak korozyonu tezmizlemek

ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

- Atölye kurallarına uyunuz.
- İş elbisesi, koruyucu gözlük ve eldiven kullanınız.
- İş güvenliğine yönelik tabela ve işaretlere uyunuz.
- Gürültülü ortamlarda kulaklık veya kulak tıkacı gibi koruyucu ekipmanlar kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı gibi tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer tüm iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Eldiven, gözlük ve iş tulumunu giyiniz. Toksik etki yaratabilecek gaz, sıvı ve kimyasallarla çalışırken maske kullanınız ve ortamı havalandırınız. Yanıcı maddelerle çalışmadan önce çevrenizde kıvılcım ve alev çıkartabilecek etkenleri kontrol ediniz. Çalıştığınız kimyasal maddelerin üzerindeki uyarı işaretlerini dikkate alınız. Bakım talimatlarına uyarak öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer tüm iiş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini not alıp uygulayınız.Seçtiğiniz korozyona uğramış bir parçayı öğretmeninizin belirlediği kimyasal yöntemle temizleyiniz.

SONUÇ (Uygulama sonucunda öğrendiklerinizi yazınız.)

UYGULAMAYA İLİŞKİN DEĞERLENDİRMELER

İŞLEM	**PUAN**	**ALINAN PUAN**
İş Güvenliği	10	
Temizlik / Düzen	10	
Bilgi	30	
Beceri	40	
Süre Kullanımı	10	
Toplam	100	

ÖĞRENCİNİN		**ÖĞRETMENİN**		**ALINAN NOT**	
ADI SOYADI		ADI SOYADI			
NUMARASI		İMZASI		TARİH	...../...../20

UYGULAMA 2.4

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=20357

ÖĞRENME BİRİMİ	Korozyon
UYGULAMA ADI	Güç Kaynaksız Malzemelerle Mekanik Temizleme

AMAÇ

Güç kaynaksız malzemelerle korozyonu temizlemek

ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

- Atölye kurallarına uyunuz.
- Atölye havalandırma sistemini çalıştırınız.
- İş elbisesi, koruyucu gözlük,maske ve eldiven kullanınız.
- İş güvenliğine yönelik tabela ve işaretlere uyunuz.
- Gürültülü ortamlarda kulaklık veya kulak tıkacı gibi koruyucu ekipmanlar kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı gibi tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer tüm iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Güç kaynaksız alet veya malzemelerin temizleyebileceği çevrenizde veya atölyenizde korozyona uğramış parçalar edininiz.
- Öğretmeniniz rehberliğinde ve gözetiminde parçaya göre en uygun güç kaynaksız temizleme yöntemini seçtikten sonra temizleme işlemini yapınız.

SONUÇ (Uygulama sonucunda öğrendiklerinizi yazınız.)

UYGULAMAYA İLİŞKİN DEĞERLENDİRMELER

İŞLEM	**PUAN**	**ALINAN PUAN**
İş Güvenliği	10	
Temizlik / Düzen	10	
Bilgi	30	
Beceri	40	
Süre Kullanımı	10	
Toplam	100	

ÖĞRENCİNİN		**ÖĞRETMENİN**		**ALINAN NOT**	
ADI SOYADI		ADI SOYADI			
NUMARASI		İMZASI		TARİH	...../...../20

UYGULAMA 2.5

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=20358

ÖĞRENME BİRİMİ	Korozyon
UYGULAMA ADI	Kumlama Tezgahında Korozyon Temizliği

AMAÇ

Kumlama tezgahını kullanarak korozyon temizliği yapabilmek

ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

- Atölye kurallarına uyunuz.
- İş elbisesi, koruyucu gözlük ve eldiven kullanınız.
- İş güvenliğine yönelik tabela ve işaretlere uyunuz.
- Gürültülü ortamlarda kulaklık veya kulak tıkacı gibi koruyucu ekipmanlar kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı gibi tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer tüm iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Makinenin eldivenlerinde herhangi bir yırtık ya da kopukluk olup olmadığını kontrol ediniz.
- Kompresörü bağlayıp basınç ayarını yapınız.
- Temizleyeceğiniz parçaya göre kumunuzu seçip kum haznesine yerleştiriniz.
- Parçayı yerleştiriniz ve üst kapağın sıkıca kapalı olduğundan emin olunuz.
- Öğretmeniniz rehberliğinde kumlama işlemini gerçekleştiriniz.

SONUÇ (Uygulama sonucunda öğrendiklerinizi yazınız.)

UYGULAMAYA İLİŞKİN DEĞERLENDİRMELER

İŞLEM	**PUAN**	**ALINAN PUAN**
İş Güvenliği	10	
Temizlik / Düzen	10	
Bilgi	30	
Beceri	40	
Süre Kullanımı	10	
Toplam	100	

ÖĞRENCİNİN		**ÖĞRETMENİN**		**ALINAN NOT**	
ADI SOYADI		ADI SOYADI			
NUMARASI		İMZASI		TARİH	…../…../20

UYGULAMA 2.6

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=20359

ÖĞRENME BİRİMİ	Korozyonu
UYGULAMA ADI	Korozyonu Güç Kaynaklı Aletler Vasıtasıyla Temizleme

AMAÇ

Güç kaynaklı aletler ile temizleme yöntemlerini ve hangi tip korozyonu temizlediğini öğrenmek

ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

- Atölye kurallarına uyunuz.
- Atölye havalandırma sistemini çalıştırınız.
- İş elbisesi, koruyucu gözlük, maske ve eldiven kullanınız.
- İş güvenliğine yönelik tabela ve işaretlere uyunuz.
- Gürültülü ortamlarda kulaklık veya kulak tıkacı gibi koruyucu ekipmanlar kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı gibi tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer tüm iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Çevrenizde ya da atölyenizde korozyona uğramış parçalar edininiz.
- Parçaya en uygun güç kaynaklı temizleme yöntemini seçiniz.
- Kullanacağınız güç kaynaklı aleti hazırlayıp kontrol ediniz.
- Öğretmeniniz rehberliğinde ve gözetiminde parçayı temizleyiniz.

SONUÇ (Uygulama sonucunda öğrendiklerinizi yazınız.)

UYGULAMAYA İLİŞKİN DEĞERLENDİRMELER

İŞLEM	**PUAN**	**ALINAN PUAN**
İş Güvenliği	10	
Temizlik / Düzen	10	
Bilgi	30	
Beceri	40	
Süre Kullanımı	10	
Toplam	100	

ÖĞRENCİNİN		**ÖĞRETMENİN**		**ALINAN NOT**	
ADI SOYADI		ADI SOYADI			
NUMARASI		İMZASI		TARİH	...../...../20

UYGULAMA 2.7

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=20360

ÖĞRENME BİRİMİ	Korozyon
UYGULAMA ADI	Boroskop Uygulaması

AMAÇ

Uçak motoru üzerinde dışardan direkt gözle görülemeyen korozyona uğramış bölgeleri boroskop ile tespit etmek

ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

- Atölye kurallarına uyunuz.
- Atölye havalandırma sistemini çalıştırınız.
- İş elbisesi, koruyucu gözlük, maske ve eldiven kullanınız.
- İş güvenliğine yönelik tabela ve işaretlere uyunuz.
- Gürültülü ortamlarda kulaklık veya kulak tıkacı gibi koruyucu ekipmanlar kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı gibi tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer tüm iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Uçak motorunu bakım istasyonlarına bölüp, numaralandırınız.
- Her bir istasyonu boroskop vasıtasıyla korozyon incelemesini gerçekleştiriniz.
- Tespit ettiğiniz bulguları not alıp, hangi temizleme işlemlerinden geçmesi gerektiğini raporlandırınız.
- Sonuçları öğretmeniniz rehberliğinde sınıf arkadaşlarınız ile karşılaştırarak tartışınız.

SONUÇ (Uygulama sonucunda öğrendiklerinizi yazınız.)

UYGULAMAYA İLİŞKİN DEĞERLENDİRMELER

İŞLEM	**PUAN**	**ALINAN PUAN**
İş Güvenliği	10	
Temizlik / Düzen	10	
Bilgi	30	
Beceri	40	
Süre Kullanımı	10	
Toplam	100	

ÖĞRENCİNİN		**ÖĞRETMENİN**		**ALINAN NOT**	
ADI SOYADI		ADI SOYADI			
NUMARASI		İMZASI		TARİH	...../...../20

2.3. KOROZYONU ÖNLEME

Amaç: Ulusal ve uluslararası mevzuatlara göre korozyonu önleme işlemlerini yapmak

Araştırma: Korozyonu önleme ya da tekrarından koruma için kullanılan yöntemler nelerdir? Araştırınız.

2.3.1. Uçak Üzerinde Prosedürlere Uygun Korozyon Temizliği

Uçaklarda korozyon önleyici tedbirlerin ilk adımı, oluşmuş korozif bölgelerin tamamen korozyondan arındırılmasıyla başlar. Korozyon temizliği yapılmayan bölgelere kaplama, boyama gibi herhangi bir korozyon önleyici tedbir başlatılmaz.

2.3.2. Temizlik

15 günlük periyotlarla uçakların dış bölgesi bileşik içeren (MIL-C–25769) sıvı bir çözelti ile temizlenmelidir. Temizleyici köpükler 10 dakikaya yakın bekletildikten sonra su durulanmalıdır. Uçak temizliğinde dikkat edilecek hususlar boya kabarması veya tabakalaşması gibi korozyon belirtilerini tespit edip müdahele etmektir (Görsel 2.23).



Görsel 2.23: Uçak yıkama uygulamaları

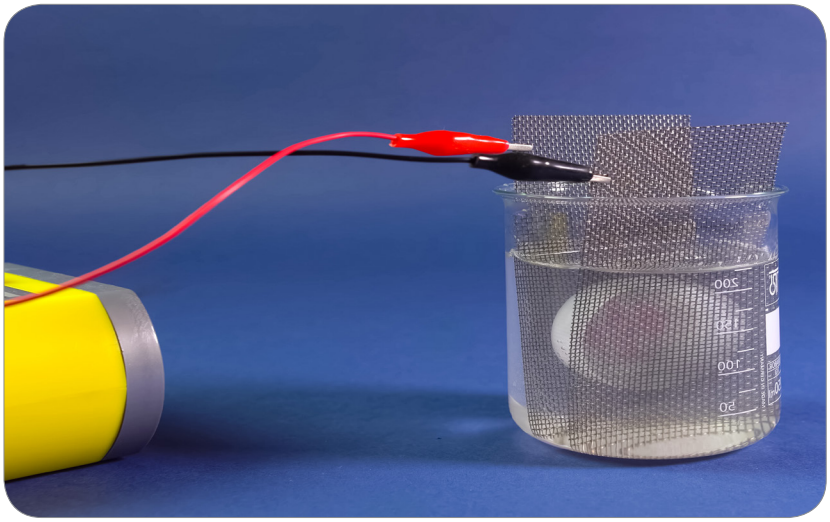
2.3.3. Korozyon Önleme (Yüzey Kaplama İşlemi)

Çevresel etmenlerden etkilenebilecek uçak parçalarının korozyondan korumak için kaplama ve / veya boyama ile korozyon önleyici tedbirler alınır. Uçağın iç bölgesindeki parçalar için periyodik bakım yeterlidir.

Korozyon önleyici yöntemler; metal yüzey için metal kaplama, anodine, alodine, astar uygulamalarıdır. Korozyon önleyici sıvıların kullanılması, çinko-kromat astarlama ve metal yüzeylerin boyanması gibi işlemler uygulanabilir.

- **Alclad:** Alüminyum alaşımlı yüzeyleri kaplamak için kullanılır. Saf alüminyumdan oluşan oksitler, yüzeyi korozyona karşı daha korunaklı hâle getirir. (Dikkat: Alclad kaplama kusursuz olmalıdır. En ufak bir çizik bile korozyona neden olabilir.)
- **Anodize (anodizing) işlemi:** Anodize işlemi, metal yüzeyi korozyona dayanıklı, anodik oksit kaplamaya dönüştüren elektrokimyasal bir işlemdir.

Anodize edilecek malzeme katot ile birlikte bir elektrolitik çözelti (asidik) banyosuna daldırılır. Metal parça anot olarak çalışır. Bir akım bir elektrolitik çözeltiden geçirildiğinde katottan hidrojen salınır ve anot yüzeyinde oksijen oluşur. Sonuç olarak anot yüzeyinde metal oksit film oluşur (Görsel 2.24).



Görsel 2.24: Anodize uygulaması

- **Alodine (alodining) işlemi:** Alodining, tüm alüminyum alaşımları için korozyon direncini artırmak ve boya yapıştırma niteliklerini geliştirmek için uygulanan basit bir kimyasal işlemdir.

İşlemden önce parça temizliği yapılıp alodine işleminden sonra da oksijen giderici banyo yaptırılırsa korozyon direnci artırılır.

2.3.4. Boyama İşlemi

Boyama için yapılması gereken işlemler şunlardır:

- **Astarlar**

Alodine işleminden sonra parçaların yüzeyi astarlanır. Astarlar parçaya özel belirtilen talimatlara göre atılır (Görsel 2.25).



Görsel 2.25: Uçak astarlama uygulaması

- **Korozyon önleyici sıvılar**

Önceki işlemler yapıldıktan ve montajlanacak parçalar birleştirildikten sonra korozyon önleyici sıvılar uygulanır. Bu sıvılar, çok ince çatlaklara nüfuz ederek, su ve nem ile yer değiştirerek donar ve bu sayede uzun süreli koruma sağlar.

- **Uçak parçalarının boyanması**

Son koruma alanı olarak uçak parçalarına, üretici firmaların talimatları da dikkate alınarak boya işlemi uygulanır (Görsel 2.26).

Uçaklarda uygulanan boyalar periyodik muayenelerde tamamen sökülür. Korozyon kontrolleri yapıldıktan sonra tekrar uygulanır. Uçak boyama işlemi yapılmadan önce alodine işlemi önerilir.



Görsel 2.26: Uçak boyama uygulaması

2.3.5. Sızdırmazlık Sağlama

Uçağın iç ve giriş bölgelerine su vb. korozyona yol açacak sıvıların geçişini engellemek için bağlantı parçalarının diplerine korozyon engelleyici sızdırmazlık elemanları (keçe, conta, macun vb.) konulmalıdır. (Görsel 2.27.a, b).



Görsel 2.27.a: Conta çeşitleri



Görsel 2.27.b: Keçe

2.3.6. Eğitim

Uçaklarda korozyonla mücadele çok büyük öneme sahiptir. Her periyodik kontrolden önce bilgilerin güncellenip uygulanması hayati önem taşımaktadır.

UYGULAMA 2.8

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=20361

ÖĞRENME BİRİMİ	Korozyon
UYGULAMA ADI	Alüminyum Levha Üzerindeki Korozyonu Giderme ve Levha Üzerine Tekrar Korozyona Karşı Koruyucu Uygulama (Anodize İşlemi)

AMAÇ

Alüminyum levha üzerindeki korozyonu temizlemek ve korozyon tekrarını önlemek için korozyona karşı koruyucu işlemi yapabilmek (anodize işlemi)

ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

- Atölye kurallarına uyunuz.
- Atölye havalandırma sistemini çalıştırınız.
- İş elbisesi, koruyucu gözlük,maske ve eldiven kullanınız.
- İş güvenliğine yönelik tabela ve işaretlere uyunuz.
- Gürültülü ortamlarda kulaklık veya kulak tıkacı gibi koruyucu ekipmanlar kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı gibi tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer tüm iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Alüminyum levha üzerindeki korozyonu tamamen temizleyiniz.
- Malzemeyi kir ve yağdan arındırınız.
- Elektrolitik sıvıyı hazırlayınız.
- Kabın içerisine katot (-) olarak alüminyum bir parçayı ve anot (+) olarak anodize edilecek bir başka alüminyum parçayı daldırınız.
- Kullandığınız parçanın yüzey alanı ile orantılı olarak bir süre akımı veriniz.
- Öğretmeniniz rehberliğinde, anodize edilen parçanın gözeneklerinin kapatılması için deiyonize suda, parçayı ısıtınız.

SONUÇ (Uygulama sonucunda öğrendiklerinizi yazınız.)

UYGULAMAYA İLİŞKİN DEĞERLENDİRMELER

İŞLEM	**PUAN**	**ALINAN PUAN**
İş Güvenliği	10	
Temizlik / Düzen	10	
Bilgi	30	
Beceri	40	
Süre Kullanımı	10	
Toplam	100	

ÖĞRENCİNİN		**ÖĞRETMENİN**		**ALINAN NOT**	
ADI SOYADI		ADI SOYADI			
NUMARASI		İMZASI		TARİH	…../…../20

UYGULAMA 2.9

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=20362

ÖĞRENME BİRİMİ	Korozyon
UYGULAMA ADI	Uçak Yıkama

AMAÇ

Gündelik hayatta kullandığımız metalik aletlerin, neden ve nasıl korozyona uğradığını tespit etmek. Uçaklardaki korozyonla karşılaştırma yapabilmek ve arasındaki farkları çözümleyebilmek

ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

- Atölye kurallarına uyunuz.
- İş elbisesi, koruyucu gözlük ve eldiven kullanınız.
- İş güvenliğine yönelik tabela ve işaretlere uyunuz.
- Gürültülü ortamlarda kulaklık veya kulak tıkacı gibi koruyucu ekipmanlar kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı gibi tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer tüm iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Sınıfta çalışma grupları oluşturunuz.
- Yıkama tulumlarını giyiniz.
- Uçağın zarar görecek kısımlarını koruma altına alınız.
- Atölyenizdeki uçak ve uçak gövde yapısını oluşturan komponentleri, öğretmeniniz rehberliğinde, bakım talimatlarına uygun yıkayınız.

SONUÇ (Uygulama sonucunda öğrendiklerinizi yazınız.)

UYGULAMAYA İLİŞKİN DEĞERLENDİRMELER

İŞLEM	PUAN	ALINAN PUAN
İş Güvenliği	10	
Temizlik / Düzen	10	
Bilgi	30	
Beceri	40	
Süre Kullanımı	10	
Toplam	100	

ÖĞRENCİNİN		ÖĞRETMENİN		ALINAN NOT	
ADI SOYADI		ADI SOYADI			
NUMARASI		İMZASI		TARİH	...../...../20

UYGULAMA 2.10

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=20363

ÖĞRENME BİRİMİ	Korozyon
UYGULAMA ADI	Alodine Kaplama İşlemi

AMAÇ

Uçaklarda korozyonu önleyici tedbirlerden alodine işlemini uygulayabilmek

ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

- Atölye kurallarına uyunuz.
- İş elbisesi, koruyucu gözlük ve eldiven kullanınız.
- İş güvenliğine yönelik tabela ve işaretlere uyunuz.
- Gürültülü ortamlarda kulaklık veya kulak tıkacı gibi koruyucu ekipmanlar kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı gibi tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer tüm iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Kullandığınız parçayı kir, yağ ve korozyondan tamamen arındırınız.
- Kaplama sıvısını hazırlayınız.
- Alüminyum parçaya alodine işlemini, öğretmeniniz rehberliğinde, uygulayınız.
- Uygulama sonrasında yüzey rengini kontrol edip uygulamanın doğruluğunu öğretmeninize teyit ettiriniz.

SONUÇ (Uygulama sonucunda öğrendiklerinizi yazınız.)

UYGULAMAYA İLİŞKİN DEĞERLENDİRMELER

İŞLEM	PUAN	ALINAN PUAN
İş Güvenliği	10	
Temizlik / Düzen	10	
Bilgi	30	
Beceri	40	
Süre Kullanımı	10	
Toplam	100	

ÖĞRENCİNİN		ÖĞRETMENİN		ALINAN NOT	
ADI SOYADI		ADI SOYADI			
NUMARASI		İMZASI		TARİH	...../...../20

Aşağıdaki doğru-yanlış, boşluk doldurma sorularını ve çoktan seçmeli soruları cevaplandırınız.

1. Malzemenin bulunduğu ortamın sıcaklığı arttığında korozyon hızı da artar.

Doğru ◯

Yanlış ◯

2. Hafif dereceli korozyon temizliğinde mekanik kumlama yöntemi kullanılır.

Doğru ◯

Yanlış ◯

3. Uçak boyama işlemi yapılmadan önce alodine işlemi uygulanır.

Doğru ◯

Yanlış ◯

4. Metal yüzeyi üzerinde 0,01 inç derinliğe kadar pul pul kalkma, hasar tespitinin yapıldığı korozyona ..... derece korozyon denir.

5. ..... işleminde, saf alüminyumdan oluşan oksitler, yüzeyi korozyona karşı daha korunaklı hâle getirir.

6. Gümüşün kararması, aşağıdaki korozyon çeşitlerinden hangisine ait bir örnektir?

A) Galvanik
B) Gerilmeli
C) Pitting
D) Sürtünme
E) Uniform

7. Alüminyum alaşımlı bir malzeme ile paslanmaz çelik birmalzeme, aralarında herhangi bir izolasyon malzemesi olmaksızın montajlandığında hangi tip korozyon oluşur?

A) Çukurcuk
B) Galvanik
C) Pullanma
D) Sürtünme
E) Yorulma

8. Aşağıdakilerden hangisi uçak gövde yapısında oluşabilecek korozyona eğilimli bölgeler arasında <u>değildir</u>?

A) Boşaltım (drain) sisteminin çevresi (hidrolik, yakıt, su, çöp vb.)
B) Egzoz gaz yolları
C) İniş takımları ve iniş takım yuvaları
D) Kanat ve kontrol satıh hücum kenarları
E) Kaynak alanları ve çevresi

9. Aşağıdakilerden hangisi uçak sistemlerinde oluşabilecek korozyona eğilimli bölgeler arasında <u>değildir</u>?

A) Flap / slat kanalları ve yuvaları
B) Havalandırma sistemi
C) Hidrolik sistem (borular, piston ve silindir asamblesi, valfler)
D) Kontrol kabloları
E) Motor alınlık bölgesi ve hava giriş kısmı

10. Aşağıdaki uygulamalardan hangisi elektrokimyasal bir işlemdir?

A) Alclad
B) Alodine
C) Astarlama
D) Anodize
E) Boyama

3 TAHRİBATSIZ MUAYENE



3.1. TAHRİBATLI VE TAHRİBATSIZ MUAYENE YÖNTEMLERİ

3.2. PENETRANT (SIVI GİRİNİM) KONTROLÜ

3.3. MANYETİK PARÇACIK KONTROLÜ

3.4. EDDY CURRENT (GİRDAP AKIMLARI) KONTROLÜ

3.5. ULTRASONİK (SES DALGALARI İLE) KONTROL

3.6. RADYOGRAFİK KONTROL

3.1. TAHRİBATLI VE TAHRİBATSIZ MUAYENE YÖNTEMLERİ

Amaç: Ulusal ve uluslararası mevzuatlara göre tahribatsız muayene tanımlarını açıklamak

Araştırma: Uçak malzemelerinde oluşabilecek süreksizlik türlerini araştırınız.

3.1. Tahribatlı ve Tahribatsız Muayene Yöntemleri

Tahribatlı muayene yöntemi, malzemelerin kalıcı şekil değiştirmelerine karşı direncini ifade eder. Bu yöntemde çekme, basma, eğme, yorulma vb. muayenesi yapılacak malzemeleri plastik ve elastik deformasyon yükleri etkiler. Bu malzemelerin tekrar kullanılamaz

Malzemenin özelliklerini bozmadan ve hasar vermeden tüm malzemenin veya parçalarının muayenesine imkân veren deneylere **tahribatsız muayene yöntemleri** [NDT (non-destructive testing)] denir. **Tahribatsız muayene alanı,** yapısal bileşenlerin ve sistemlerin işlevlerini güvenilir ve uygun maliyetli bir şekilde yerine getirmelerini sağlamada kritik bir rol oynayan çok geniş, disiplinler arası bir alandır. Söz konusu yöntemler genel itibari ile ürünleri tekrar kullanılabilir kılar.



Görsel 3.1: Tahribatsız muayene işlemi

NDT teknisyenleri ve mühendisleri, uçakların kaza yapmasını, konstrüksiyonların yıkılmasını, yakıt tanklarının deforme olmasını, boru hatlarının hasara uğramasını engelleyecek hata tespitleri yapar. Bu uzmanlar gözle daha az görünür fakat çok ciddi rahatsız edici sonuçlar doğurabilecek kusurları tespit eder (Görsel 3.1).

NDT kontrolörleri bu kusurları tespit eden testleri tanımlar ve uygular. Bu testler, nesnenin veya malzemenin gelecekteki kullanımını etkilemeyecek bir şekilde gerçekleştirilir. Başka bir deyişle **NDT,** parçaların ve malzemelerin zarar görmeden kontrol edilmesini ve ölçülmesini sağlayan tahribatsız muayene yöntemlerine denir.

Bir ürünün son kullanımına müdahale etmeden incelemeye izin verdiği için NDT, kalite kontrol ve maliyet değişkenleri arasında dengeli bir yöntemdir.

Tahribatsız muayene yöntemlerinin amaçları aynı olsa da NDT (Non-destructive testing), NDE (Non-destructive evaluation) ve NDI (Non-destructive inspection) gibi isimler almaktadır.

3.1.1. Tahribatsız Muayene Yöntemlerinin Avantajları

NDT'nin tahribatlı muayene yöntemlerine göre birçok avantajı vardır. Bu avantajlar şunlardır:

- Daha hızlı sonuç verir.
- Birçok alanda kullanıma uygundur.
- Mamullere üretim anında veya üretim sonrasında test imkânı sağlar.
- Parça tahrip edilmediği için ürün sarfiyatı yoktur.
- Taşınması mümkün olmayan parçaların muayeneleri yerinde yapılabilir.
- Parçaların bir kısmı değil bütünü muayene edilebilir.
- Daha güvenilir kontrol sonuçları ve bulgular elde edilir.
- Kalite kontrol denetimi sağlar.

3.1.2. Tahribatsız Muayene Yöntemlerinin Uygulandığı Alanlar

Tahribatsız muayene yöntemlerinin nüfuziyet ve algılayıcı eleman olmak üzere iki bileşeni bulunur.

Nüfuziyet, test edilecek parçaya giriciliği ve malzeme içerisindeki hatayı tespit edebilme kabiliyetidir.

Algılayıcı ise nüfuz edici elemanın tespit ettiği bilgileri işleyerek bizlere sunan bileşendir. Parça üzerinde tespit edilen tüm hatalara ise **süreksizlik** denir. Süreksizlik, parçada ciddi hasarlara sebep olabilir. Parçalardaki süreksizlik tiplerine göre uygulanacak muayene yöntemi seçilir.

3.1.3. Tahribatlı ve Tahribatsız Muayene Ölçü Aletleri

Araştırmacılar, fizik ve diğer bilimsel disiplinleri kullanarak NDT yöntemlerini geliştirmek ve yeni yöntemler bulmak için çalışmalara devam ediyor. Bununla birlikte, yaygın olarak kullanılan altı NDT yöntemi vardır.

Bu yöntemler; görsel ve optik, radyografik, ultrasonik, penetrant, manyetik parçacık, elektromanyetik ve girdap akımı (eddy current) testleridir. Ayrıca tahribatlı muayene yöntemleri de Tablo 3.1'de listelenmiştir.

Tablo 3.1: Yaygın Olarak Kullanılan NDT, Tahribatlı Muayene Yöntemleri ve Özellikleri

Yöntem		Yetenekleri	Sınırlamaları
Tahribatsız Muayene Yöntemleri	Penetrant Test	Mikroskobik yüzey kusurları	Parça içerisindeki süreksizlikleri tespit edemez.
	Manyetik Parçacık Testi	Yüzey, yüzeye yakın ve katman kusurları	Sadece ferromanyetik malzemeleri test edebilir.
	Eddy Current Testi	Yüzey ve yüzeye yakın kusurlar	Sadece iletken malzemeleri test edebilir.
	Ultrasonik Test	Parça içindeki süreksizlikler	Malzeme iyi bir ses iletkenliğine sahip olmalıdır.
	Radyografik Test	Parça içindeki süreksizlikler	Malzemenin yoğunluğu ve kalınlığı ölçüm değerlerini etkiler.
Tahribatlı Muayene Yöntemleri	Çekme Deneyi	Uygulanan kuvvete karşı kopma dayanımı tespiti	Malzeme tekrar kullanılamaz.
	Basma Deneyi	Gevrek malzemelerin mukavemet değerlerinin tespiti	Malzeme tekrar kullanılamaz.
	Kırma Deneyi	Malzemelerin darbe dayanımları ve kırılma enerjilerinin tespiti	Malzeme tekrar kullanılamaz.
	Eğme Deneyi	Malzemelerin eğilme zorlanmalarına karşı mukavemetinin tespiti	Malzeme tekrar kullanılamaz.

3.1.4. Kontrollerin Tekrar Gözden Geçirilmesi

Tahribatsız muayeneler çeşitli süreksizlik tiplerine göre uygulanır. Muayene sonucunda malzemedeki mukavemet özellikleri tekrar incelenir. Bu inceleme sonucunda parçanın kullanımı konusunda çok önemli kararlar alınır. Malzemelerde bulunan süreksizlikler üç ana başlıkta incelenir:

- **İmalat süreksizlikleri:** Çöküntü (pipe), ayrışma (segreation), çekme boşluğu (shrinkage cavity), gaz boşlukları (blow holes), gözenekler (porosity) vb.
- **İşleme ve kaynak süreksizlikleri:** Cüruf kalıntıları (slag inclusions) (Görsel 3.2), çatlak (crack) (Görsel 3.3), patlama (bursts), burkulma (twist), pullanma (flakes), tabakalaşma (lamination) vb.



Görsel 3.2: Cüruf kalıntısı



Görsel 3.3: Çatlak süreksizliği

- **Servis süreksizlikleri:** Yorulma çatlağı (fatigue crack), korozyon (corrosion) (Görsel 3.4), gerilim korozyon çatlağı (stress corrosion crack), oyuk (gouge), kırışma (crease) vb.



Görsel 3.4: Korozyon

UYGULAMA 3.1

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=20365

ÖĞRENME BİRİMİ	Tahribatsız Muayene
UYGULAMA ADI	Bir Uçak Parçasının Temizlik ve Kirlilik Kontrolünü Yapma

AMAÇ

Fan blade'in (fan bleyd) temizlik ve kirlilik kontrolünü yapmak.

ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

- Atölye kurallarına uyunuz.
- İş elbisesi, koruyucu gözlük ve eldiven kullanınız.
- İş güvenliğine yönelik tabela ve işaretlere uyunuz.
- Gürültülü ortamlarda kulaklık veya kulak tıkacı gibi koruyucu ekipmanlar kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı gibi tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer tüm iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Fan blade üzerindeki kir, toz, yağ vb. gibi kalıntıları tespit edebilmek için gözle kontrol ediniz.
- Kirli olan uçak malzemesinin temizliğini uygun temizlik ekipmanlarını kullanarak yapınız.

SONUÇ (Uygulama sonucunda öğrendiklerinizi yazınız.)

UYGULAMAYA İLİŞKİN DEĞERLENDİRMELER

İŞLEM	**PUAN**	**ALINAN PUAN**
İş Güvenliği	10	
Temizlik / Düzen	10	
Bilgi	30	
Beceri	40	
Süre Kullanımı	10	
Toplam	100	

ÖĞRENCİNİN		**ÖĞRETMENİN**		**ALINAN NOT**	
ADI SOYADI		ADI SOYADI			
NUMARASI		İMZASI		TARİH	...../...../20

3.1.5. Görsel ve Optik Kontrol

Görsel ve optik kontrolün, diğer tahribatsız muayenelerden önce “uygulanır. Görsel inceleme, kusurları bulmak için kontrolörün izlenimlerini içerir. Kontrolör, parçayı daha yakından incelemek için boroskop (Görsel 3.5), teleskopik ayna (Görsel 3.6), büyüteç, fener (Görsel 3.7), ve kumpas gibi özel araçlar kullanabilir. Kontrolörler, basitten karmaşığa doğru prosedürleri takip ederler. Bu yöntemle malzeme yüzeyindeki çatlak, çizik, gözenek vb. hatalar tespit edilebilir. Bu yöntemle malzeme yüzeyindeki çatlak, çizik, gözenek vb. hatalar tespit edilebilir.



Görsel 3.5: Boroskop



Görsel 3.6: Teleskopik ayna



Görsel 3.7: Fener

Görsel muayene yapılırken bazı inceleme koşulları vardır. İdeal inceleme koşulları şunlardır:

- İncelemeler yeterli ışık değerleri altında ve uygun bakma açılarında yapılmalıdır.
- Işık şiddeti yaklaşık 500 lux olmalıdır.
- Bakma açısı 30 dereceden küçük olmamalıdır.
- Parçaya olan uzaklık en fazla 30-35 cm olmalıdır.

3.1.6. Görsel ve Optik Muayene Yönteminin Avantajları ve Dezavantajları

Yöntemin avantajları:

- Test ve ekipman maliyeti ucuzdur.
- Uygulaması kolaydır.
- Minimum eğitim gerektirir.
- Minimum ekipman gerektirir.
- Hızlı sonuç verir.

Yöntemin dezavantajları:

- Yalnızca yüzeydeki hassas olmayan hatalar tespit edilebilir.
- Parça içi süreksizlikler tespit edilemez.
- Test sonucu yoruma açıktır.

UYGULAMA 3.2

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=20367

ÖĞRENME BİRİMİ	Tahribatsız Muayene
UYGULAMA ADI	Fan Blade Hasarlarının Gözle Kontrolü

AMAÇ

Teleskopik ayna ile hasar tespitini yapmak

ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

- Atölye kurallarına uyunuz.
- İş elbisesi, koruyucu gözlük ve eldiven kullanınız.
- İş güvenliğine yönelik tabela ve işaretlere uyunuz.
- Kesici, delici, yanıcı gibi tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer tüm iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Gaz türbinli motor fan blade'lerinin ön yüzeylerini gözle ve büyüteç ile kontrol ediniz.
- Teleskopik ayna açılarını ayarlayarak ve uygun uzatma ayarını yaparak fan blade'in iç yüzeylerindeki hasarları tespit ediniz. Gerekirse el feneri de kullanınız.
- Hatanın karakteri ve konumu ile ilgili gerekli notları alınız.

SONUÇ (Uygulama sonucunda öğrendiklerinizi yazınız.)

UYGULAMAYA İLİŞKİN DEĞERLENDİRMELER

İŞLEM	**PUAN**	**ALINAN PUAN**
İş Güvenliği	10	
Temizlik / Düzen	10	
Bilgi	30	
Beceri	40	
Süre Kullanımı	10	
Toplam	100	

ÖĞRENCİNİN		**ÖĞRETMENİN**		**ALINAN NOT**	
ADI SOYADI		ADI SOYADI			
NUMARASI		İMZASI		TARİH	...../...../20

UYGULAMA 3.3

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=20368

ÖĞRENME BİRİMİ	Tahribatsız Muayene
UYGULAMA ADI	Motor Şaftındaki Çatlakların Gözle Kontrolü

AMAÇ

Mercek ile hasar tespitini yapmak

ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

- Atölye kurallarına uyunuz.
- İş elbisesi, koruyucu gözlük ve eldiven kullanınız.
- İş güvenliğine yönelik tabela ve işaretlere uyunuz.
- Kesici, delici, yanıcı gibi tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer tüm iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Büyüteç ile makro süreksizliklerin tespitini yapınız.
- Tespit edilen hataları fark edilebilirliği yüksek bir kalemle işaretleyiniz.
- Hatanın karakteri ve konumu ile ilgili gerekli notları alınız.

SONUÇ (Uygulama sonucunda öğrendiklerinizi yazınız.)

UYGULAMAYA İLİŞKİN DEĞERLENDİRMELER

İŞLEM	**PUAN**	**ALINAN PUAN**
İş Güvenliği	10	
Temizlik / Düzen	10	
Bilgi	30	
Beceri	40	
Süre Kullanımı	10	
Toplam	100	

ÖĞRENCİNİN		**ÖĞRETMENİN**		**ALINAN NOT**	
ADI SOYADI		ADI SOYADI			
NUMARASI		İMZASI		TARİH	...../...../20

UYGULAMA 3.4

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=20369

ÖĞRENME BİRİMİ	Tahribatsız Muayene
UYGULAMA ADI	Motor Türbin Kısmının Boroskop İle Süreksizlik Kontrolü

AMAÇ

Boroskop ile hasar tespitini yapmak

ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

- Atölye kurallarına uyunuz.
- İş elbisesi, koruyucu gözlük ve eldiven kullanınız.
- İş güvenliğine yönelik tabela ve işaretlere uyunuz.
- Kesici, delici, yanıcı gibi tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer tüm iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Motor türbin kısmının gözlem noktası cıvatalarını sökünüz.
- Boroskop aletinin esnek kamera uzantısının probu ile türbin rotor ve statorlarını kontrol ediniz.
- Türbin kısmındaki olası yabancı madde hasarlarını (FOD) kontrol ediniz.
- Hasarların karakteri ve konumu ile ilgili gerekli notları alınız.

SONUÇ (Uygulama sonucunda öğrendiklerinizi yazınız.)

UYGULAMAYA İLİŞKİN DEĞERLENDİRMELER

İŞLEM	**PUAN**	**ALINAN PUAN**
İş Güvenliği	10	
Temizlik / Düzen	10	
Bilgi	30	
Beceri	40	
Süre Kullanımı	10	
Toplam	100	

ÖĞRENCİNİN		**ÖĞRETMENİN**		**ALINAN NOT**	
ADI SOYADI		ADI SOYADI			
NUMARASI		İMZASI		TARİH	...../...../20

UYGULAMA 3.5

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=20370

ÖĞRENME BİRİMİ	Tahribatsız Muayene
UYGULAMA ADI	Motor Kompresör Kısmının Süreksizlik Kontrolü

AMAÇ

Boroskop ve fener ile hasar tespitini yapmak

ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

- Atölye kurallarına uyunuz.
- İş elbisesi, koruyucu gözlük ve eldiven kullanınız.
- İş güvenliğine yönelik tabela ve işaretlere uyunuz.
- Kesici, delici, yanıcı gibi tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer tüm iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Motor kompresör kısmının gözlem noktası cıvatalarını sökünüz.
- Boroskop aletinin esnek kamera uzantısının probu ile kompresör rotor ve statorlarını kontrol ediniz.
- Kompresör kısmındaki olası yabancı madde hasarlarını (FOD) kontrol ediniz.
- Motorun ön kısmından kompresörün ilk kademelerini fener yardımı ile gözlemleyiniz.
- Hasarların karakteri ve konumu ile ilgili gerekli notları alınız.

SONUÇ (Uygulama sonucunda öğrendiklerinizi yazınız.)

UYGULAMAYA İLİŞKİN DEĞERLENDİRMELER

İŞLEM	**PUAN**	**ALINAN PUAN**
İş Güvenliği	10	
Temizlik / Düzen	10	
Bilgi	30	
Beceri	40	
Süre Kullanımı	10	
Toplam	100	

ÖĞRENCİNİN		**ÖĞRETMENİN**		**ALINAN NOT**	
ADI SOYADI		ADI SOYADI			
NUMARASI		İMZASI		TARİH	...../...../20

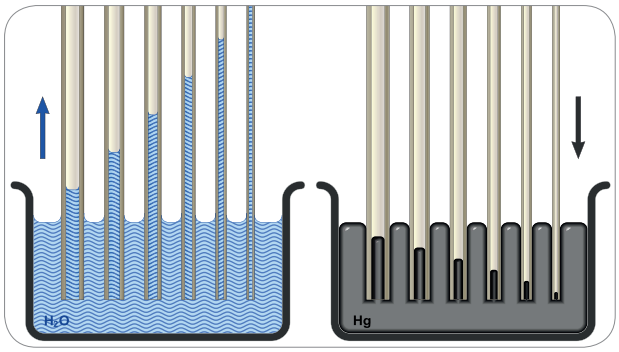
3.2. PENETRANT (SIVI GİRİNİM) KONTROLÜ

Amaç: Ulusal ve uluslararası mevzuatlara göre malzeme üzerindeki süreksizlikleri penetrant yöntemi ile tespit etmek

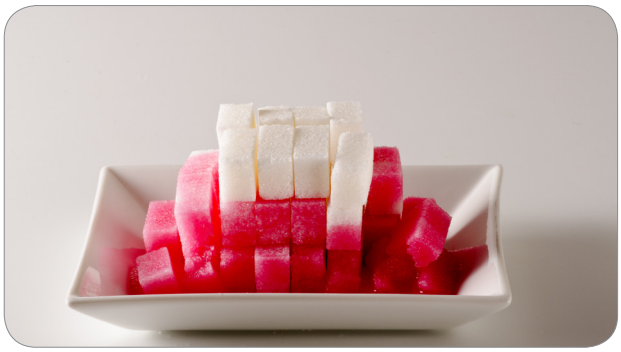
Araştırma: Ağaçların topraktaki suyu nasıl çektiğini araştırınız.

3.2. Penetrant Muayene Yöntemi

Penetrant testi, yüzeylerde oluşan hataların penentrant sıvısının uygulanması ile tespit edildiği yöntemdir. Bu yöntem, insan gözü ile doğrudan görülemeyen küçük çatlakların tespiti için kullanılır. Penetrant testindeki her bir adım kapiler hareket prensibine dayanır (Görsel 3.8 ve 3.9).



Görsel 3.8: Çeşitli çaplarda kapiler hareket



Görsel 3.9: Renkli suyun küp şekerde kapiler hareketi

3.2.1. Penetrant Tipleri ve Uygulanabileceği Malzemeler

Testler, görülebilir penetrant veya floresan penetrant malzemeleri kullanılarak iki türlü yapılabilir (Görsel 3.10). Görülebilir penetrant, beyaz ışık altında görülebilir. Floresan penetrant ise karanlık ortamda ultraviyole ışık altında görülebilir. Ancak floresan penetrant daha yüksek hassasiyete sahiptir. Tüm malzeme türlerindeki yüzey süreksizliklerinin tespitinde penetrant yöntemi kullanılabilir. Uçak parçalarındaki süreksizliklerinin tespit edilmesinde görülebilir penetrant kullanılmaz.

Testlerde kullanılan diğer elemanlar da temizleyici (cleaner) ve geliştiricidir (developer). Temizleyicinin görevi, yüzeyi temizleyerek teste hazır hâle getirmektir. Developerin görevi ise süreksizliğin içinde kalan penetrant sıvısının emilimini sağlamaktır. Bu şekilde hata görünür hâle gelmektedir (Görsel 3.11).



Görsel 3.10: Penetrant sıvısı



Görsel 3.11: Developer ve cleaner

3.2.2. Penetrant Testinin Uygulama Aşamaları

Penetrant testi uygulamasında aşağıdaki aşamalar izlenmelidir.

3.2.2.1. Malzeme Yüzeyinin Temizliği

Penetrant uygulaması öncesinde ön temizlik yapılır. Malzeme yüzeyindeki kalıntı, yağ gibi artıklar iyice temizlenerek uygulamanın güvenilirliği artırılır.

3.2.2.2. Penetrant Boya Uygulaması

Yüzey temizliği yapıldıktan sonra penetrant sıvısı malzeme yüzeyine püskürtme, fırçalama veya parçayı penetrant banyosuna daldırma yöntemleri kullanılarak uygulanmalıdır. Penetrant sıvısı üreticisinin belirttiği süre boyunca nüfuziyetin iyi sağlanabilmesi açısından bekleme süresine uyulmalıdır (5-60 dk). Malzeme üzerindeki fazla penetrant sıvısı yüzeyden temizlenmelidir. Süreksizlik içerisindeki penetrant sıvısının çıkarılmamasına özen gösterilmelidir.

3.2.2.3. Developer Hazırlama İşlemi

Developer, penetrant sıvısının emilimini sağlar. Developer ince bir tabaka halinde uygulanmalıdır. Developer; toz, daldırma veya püskürtme şeklinde uygulanabilir. Ayrıca 10-30 dk. bekleme süresine dikkat edilmelidir.

3.2.2.4. Süreksizliklerin Kontrolü

Malzeme yüzeyindeki hata, kullanılan penetrant tipine göre ultraviyole ışık (floresan) altında veya doğrudan göz ile tespit edilir. Endüstride sıklıkla kullanılan ultraviyole ışık kaynağı aşağıdaki fotoğrafta gösterilmektedir (Görsel 3.12).



Görsel 3.12: UV ışık kaynağı

3.2.2.5. Çıkan Sonuçların SRM (Structural Repair Manual) 'e Göre Kıyaslanması

Uçak teknisyenlerinin uçağa yapısal bakım yapabilmek için başvurdukları dokümanlara **SRM (Structural Repair Manual - Yapısal Onarım Kılavuzu)** denir. Tahribatsız muayene sonucu elde edilen bulgular SRM'e göre değerlendirilir.

Muayene işlemi tamamlandıktan sonra ise son temizlik işlemi yapılarak malzeme üzerindeki tüm sıvılar temizlenir.

3.2.3. Penetrant Sıvılarının Türleri

Penetrant sıvılarının, kullanım alanlarına göre çeşitli hassasiyet seviyeleri vardır. Penetrant sıvısının hassasiyet seviyesi ne kadar yükselirse daha küçük kusurları tespit edebilme olanağı o kadar artar. Aşağıda, penetrant sıvısının hassasiyet seviyeleri belirtilmektedir.

- Seviye ½ - Ultra düşük hassasiyet
- Seviye 1 - Düşük hassasiyet
- Seviye 2 - Orta hassasiyet
- Seviye 3 - Yüksek hassasiyet
- Seviye 4 - Ultra-yüksek hassasiyet

Penetrant sıvısının hassasiyet türlerinin oluşumunu etkileyen değişkenler ise şunlardır:

- Sıvının yoğunluğu
- Sıvının viskozitesi
- Sıvının yüzey gerilim direnci

Penetrant sıvısının cilde temas etmemesi için dikkatli olunmalıdır. Kimyasal bileşenleri cilde zarar verebilir ve ayrıca zehirleyicidir. Uygulama yapılırken mutlaka iş gözlüğü, eldiven ve iş elbisesi kullanılmalıdır. Püskürtme yapılırken solunmaması için maske kullanılmalıdır.

3.2.4. Penetrant Muayene Yönteminin Avantajları ve Dezavantajları

Avantajları:

- Ucuzdur.
- Elektrik vb. enerjilere ihtiyacı yoktur.
- Bütün malzeme çeşitlerine uygulanabilir.
- Uygulanması basittir.
- Karmaşık yapılı malzemelerin testine uygundur.
- Portatiftir.

Dezavantajları:

- Malzeme içi süreksizler test edilemez.
- Pürüzlü ve gözenekli yüzeyler test edilemez.
- Yüzeydeki boya, kir, toz çok iyi temizlenmelidir.
- Temizliğin iyi yapılmaması süreksizlik olarak görülebilir.

Penetrant uygulaması havacılıkta sıklıkla kullanılmaktadır. Jet motoru diskinde bulunan bir süreksizlik, NDT uygulaması sırasında tespit edilemediği için 1989 yılında United Airlines'e ait 232 sefer sayılı uçuşta kazaya sebebiyet vermiştir.

UYGULAMA 3.6

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=20371

ÖĞRENME BİRİMİ	Tahribatsız Muayene
UYGULAMA ADI	Kuru Penetrant ve Kuru Floresan Tip Tahribatsız Muayene Yöntemlerini Uygulama

AMAÇ

Starter motoruna, kuru penetrant ya da kuru floresan tipi tahribatsız muayene yöntemlerini uygulamak

ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

- Atölye kurallarına uyunuz.
- İş elbisesi, koruyucu gözlük, maske ve eldiven kullanınız.
- İş güvenliğine yönelik tabela ve işaretlere uyunuz.
- Gürültülü ortamlarda kulaklık veya kulak tıkacı gibi koruyucu ekipmanlar kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı gibi tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer tüm iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.
- Kullanılan kimyasalların cildinize temas etmemesine özen gösteriniz. (Temas hâlinde cildinizi bol su ile yıkayınız.)

UYGULAMA DETAYLARI

- Uygulamada kullanılacak ekipmanlar: Penetrant sıvısı, developer, temizleyici sıvı (cleaner), UV ışık kaynağı, temizleme bezi ve yapısal onarım kılavuzu (SRM).
- Starter motoru içerisindeki planet dişli grubunu ayırınız.
- Penetrant muayene yöntemi konusunda bahsedilen uygulama usullerine harfiyen uyunuz. Yöntemde belirtilen bekleme sürelerine dikkat ediniz.

SONUÇ (Uygulama sonucunda öğrendiklerinizi yazınız.)

UYGULAMAYA İLİŞKİN DEĞERLENDİRMELER

İŞLEM	PUAN	ALINAN PUAN
İş Güvenliği	10	
Temizlik / Düzen	10	
Bilgi	30	
Beceri	40	
Süre Kullanımı	10	
Toplam	100	

ÖĞRENCİNİN		ÖĞRETMENİN		ALINAN NOT	
ADI SOYADI		ADI SOYADI			
NUMARASI		İMZASI		TARİH	...../...../20

UYGULAMA 3.7

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=20372

ÖĞRENME BİRİMİ	Tahribatsız Muayene
UYGULAMA ADI	Kaynak Dikişlerinde Süreksizlik Kontrolü

AMAÇ

Kuru penetrant ya da kuru floresan tipi tahribatsız muayene yöntemlerini uygulamak

ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

- Atölye kurallarına uyunuz.
- İş elbisesi, koruyucu gözlük, maske ve eldiven kullanınız.
- İş güvenliğine yönelik tabela ve işaretlere uyunuz.
- Gürültülü ortamlarda kulaklık veya kulak tıkacı gibi koruyucu ekipmanlar kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı gibi tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer tüm iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.
- Kullanılan kimyasalların, cildinize temas etmemesine özen gösteriniz. (Temas hâlinde cildinizi bol su ile yıkayınız.)

UYGULAMA DETAYLARI

- Uygulamada kullanılacak elemanlar: Penetrant sıvısı, developer, temizleyici sıvı, UV ışık kaynağı, temizleme bezi ve yapısal onarım klavuzu (SRM).
- Kaynak ile birleştirilen metal malzemeyi test için hazırlayınız.
- Penetrant muayene yöntemi konusunda bahsedilen uygulama usullerine uyunuz.
- Yöntemde belirtilen bekleme sürelerine dikkat ediniz.

SONUÇ (Uygulama sonucunda öğrendiklerinizi yazınız.)

UYGULAMAYA İLİŞKİN DEĞERLENDİRMELER

İŞLEM	**PUAN**	**ALINAN PUAN**
İş Güvenliği	10	
Temizlik / Düzen	10	
Bilgi	30	
Beceri	40	
Süre Kullanımı	10	
Toplam	100	

ÖĞRENCİNİN		**ÖĞRETMENİN**		**ALINAN NOT**	
ADI SOYADI		ADI SOYADI			
NUMARASI		İMZASI		TARİH	...../...../20

UYGULAMA 3.8

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=20373

ÖĞRENME BİRİMİ	Tahribatsız Muayene
UYGULAMA ADI	Türbin Kanatçıklarında Süreksizlik Kontrolü

AMAÇ

Penetrant yöntemi ile hasar tespitini yapmak

ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

- Atölye kurallarına uyunuz.
- İş elbisesi, koruyucu gözlük, maske ve eldiven kullanınız.
- İş güvenliğine yönelik tabela ve işaretlere uyunuz.
- Gürültülü ortamlarda kulaklık veya kulak tıkacı gibi koruyucu ekipmanlar kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı gibi tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer tüm iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.
- Kullanılan kimyasalların cildinize temas etmemesine özen gösteriniz. (Temas hâlinde cildinizi bol su ile yıkayınız.)

UYGULAMA DETAYLARI

- Uygulamada kullanılacak elemanlar: Penetrant sıvısı, developer, temizleyici sıvı, UV ışık kaynağı, temizleme bezi ve yapısal onarım klavuzu (SRM).
- Türbin kanatçıklarının her iki yüzüne de penetrant yöntemini uygulayınız.
- Penetrant muayene yöntemi konusunda bahsedilen uygulama usullerine uyunuz.
- Yöntemde belirtilen bekleme sürelerine dikkat ediniz.

SONUÇ (Uygulama sonucunda öğrendiklerinizi yazınız.)

UYGULAMAYA İLİŞKİN DEĞERLENDİRMELER

İŞLEM	PUAN	ALINAN PUAN
İş Güvenliği	10	
Temizlik / Düzen	10	
Bilgi	30	
Beceri	40	
Süre Kullanımı	10	
Toplam	100	

ÖĞRENCİNİN		ÖĞRETMENİN		ALINAN NOT	
ADI SOYADI		ADI SOYADI			
NUMARASI		İMZASI		TARİH	...../...../20

UYGULAMA 3.9

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=20374

ÖĞRENME BİRİMİ	Tahribatsız Muayene
UYGULAMA ADI	Kompresör Blade'lerinde Süreksizlik Kontrolü

AMAÇ

Penetrant yöntemi ile hasar tespitini yapmak

ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

- Atölye kurallarına uyunuz.
- İş elbisesi, koruyucu gözlük, maske ve eldiven kullanınız.
- İş güvenliğine yönelik tabela ve işaretlere uyunuz.
- Gürültülü ortamlarda kulaklık veya kulak tıkacı gibi koruyucu ekipmanlar kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı gibi tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer tüm iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.
- Kullanılan kimyasalların cildinize temas etmemesine özen gösteriniz. (Temas hâlinde cildinizi bol su ile yıkayınız.)

UYGULAMA DETAYLARI

- Uygulamada kullanılacak elemanlar: Penetrant sıvısı, developer, temizleyici sıvı, UV ışık kaynağı, temizleme bezi ve yapısal onarım klavuzu (SRM).
- Kompresör blade'lerini teste hazırlayınız.
- Penetrant muayene yöntemi konusunda bahsedilen uygulama usullerine uyunuz.
- Yöntemde belirtilen bekleme sürelerine dikkat ediniz.

SONUÇ (Uygulama sonucunda öğrendiklerinizi yazınız.)

UYGULAMAYA İLİŞKİN DEĞERLENDİRMELER

İŞLEM	PUAN	ALINAN PUAN
İş Güvenliği	10	
Temizlik / Düzen	10	
Bilgi	30	
Beceri	40	
Süre Kullanımı	10	
Toplam	100	

ÖĞRENCİNİN		ÖĞRETMENİN		ALINAN NOT	
ADI SOYADI		ADI SOYADI			
NUMARASI		İMZASI		TARİH	...../...../20

UYGULAMA 3.10

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=20375

ÖĞRENME BİRİMİ	Tahribatsız Muayene
UYGULAMA ADI	Yakıt Pompası Gövdesinde Süreksizlik Kontrolü

AMAÇ

Penetrant yöntemi ile hasar tespitini yapmak

ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

- Atölye kurallarına uyunuz.
- İş elbisesi, koruyucu gözlük, maske ve eldiven kullanınız.
- İş güvenliğine yönelik tabela ve işaretlere uyunuz.
- Gürültülü ortamlarda kulaklık veya kulak tıkacı gibi koruyucu ekipmanlar kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı gibi tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer tüm iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.
- Kullanılan kimyasalların cildinize temas etmemesine özen gösteriniz. (Temas hâlinde cildinizi bol su ile yıkayınız.)

UYGULAMA DETAYLARI

- Uygulamada kullanılacak elemanlar: Penetrant sıvısı, developer, temizleyici sıvı, UV ışık kaynağı, temizleme bezi ve yapısal onarım klavuzu (SRM).
- Yakıt pompası gövdesinin iç yüzüne penetrant yöntemi uygulayınız.
- Penetrant muayene yöntemi konusunda bahsedilen uygulama usullerine uyunuz.
- Yöntemde belirtilen bekleme sürelerine dikkat ediniz.

SONUÇ (Uygulama sonucunda öğrendiklerinizi yazınız.)

UYGULAMAYA İLİŞKİN DEĞERLENDİRMELER

İŞLEM	PUAN	ALINAN PUAN
İş Güvenliği	10	
Temizlik / Düzen	10	
Bilgi	30	
Beceri	40	
Süre Kullanımı	10	
Toplam	100	

ÖĞRENCİNİN		ÖĞRETMENİN		ALINAN NOT	
ADI SOYADI		ADI SOYADI			
NUMARASI		İMZASI		TARİH	...../...../20

3.3. MANYETİK PARÇACIK KONTROLÜ

Amaç: Ulusal ve uluslararası mevzuatlara göre malzeme üzerindeki süreksizlikleri manyetik parçacık yöntemiyle ile tespit etmek

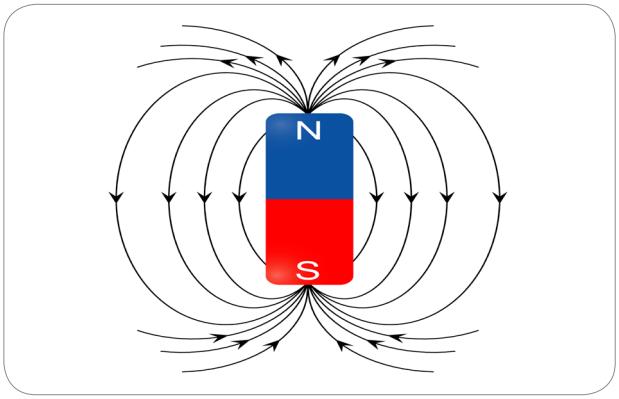
Araştırma: Mıknatısların hangi malzemeleri etkilediğini araştırınız.

3.3. Manyetik Parçacık Kontrolü

Manyetik parçacık muayenesi (MPI), ferromanyetik malzemede yüzey veya yüzeye yakın hataları bulmak için kullanılan çok amaçlı bir muayene yöntemidir. Manyetik parçacık muayenesi, bir mıknatıs veya özel mıknatıslama ekipmanı kullanılarak bir ferromanyetik numunenin mıknatıslanmasıyla başlatılır. Eğer numunenin süreksizliği varsa, numuneden geçen manyetik alan kesilir ve sızıntı alanı meydana gelir. Bir boya pigmenti ile kaplı ince haddelenmiş demir parçacıklar numuneye uygulanır. Bunlar sızıntı alanlarına çekilir ve doğrudan süreksizlik üzerinden bir indikasyon oluşturmak üzere toplanır. Söz konusu indikasyon uygun aydınlatma koşulları altında görsel olarak tespit edilir.

3.3.1. Manyetik Parçacık Kontrolünün Uygulandığı Malzemeler

Manyetizma, manyetik alan ile oluşan fiziksel bir durumdur. Bir diğer ifadeyle maddelerin çekim kabiliyetlerinin miktarını ifade eder. Manyetizma bir mıknatıslanmadır. Manyetizma karakterli malzemeler çevrelerinde çekim kuvveti çizgileri oluşturur (Görsel 3.13).

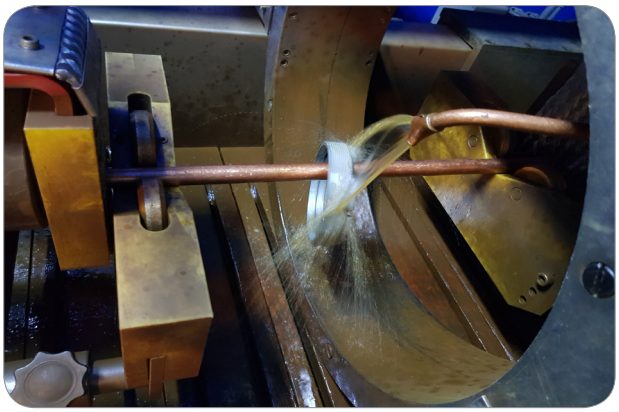


Görsel 3.13: Manyetik alan çizgileri

Ferromanyetik malzemeler ise mıknatıslanma kabiliyeti kazanabilir: demir, nikel, kobalt, çelik vb. Manyetik parçacık kontrolü yalnızca ferromanyetik malzemeler üzerinde muayene imkânı sağlamaktadır. Ferromanyetik olmayan malzemeler ise alüminyum, bakır, gümüş, kompozit vb.

3.3.2. Manyetizasyon Teknikleri

Manyetizasyon, test parçasına kazandırılacak manyetizma özelliğini ifade eder. Manyetizasyon teknikleri aşağıda verilmiştir (Görsel 3.14).



Görsel 3.14: Enine ve boyuna manyetizasyon yapan manyetik parçacık muayene makinesi

a. Boyuna Manyetizasyon

- **Elektromıknatıs cihazı:** Bu kutuplar muayenesi edilecek malzemeye temas ettirilir. Cihazın ayakları (N ve S kutupları) arasında kalan bölgede manyetik alan çizgileri oluşur. Manyetik akı çizgileri iki kutbu birleştiren doğruya paraleldir ve bu doğruya dik olan çatlakların algılanması sağlanır.

- **Bobin ile manyetizasyon:** Bobinden geçen sargıya elektrik akımı verilerek manyetik alan çizgileri oluşturulur. Test edilecek parça, enerji verilmiş bobinin iç yüzeyine yakın olacak şekilde yerleştirilir. Parça ekseni boyunca manyetize edilir. En büyük hassasiyet parça eksenine dik olan çatlaklar için geçerlidir.

b. Dairesel Manyetizasyon

- **İç iletken manyetizasyonu:** Dairesel parçaların içerisinden geçen iletkene elektrik akımı uygulanarak kazandırılan manyetizma yöntemidir. Parça içine bir iletken yerleştirilir. Enerji verildiğinde etrafındaki boşlukta dairesel manyetik alan meydana gelir.
- **Prod manyetizasyonu:** Prodlar, akım taşıma özelliği olan elemanlardır. Güç kaynağına bağlı portatif prodların arasında kalan bölgeden elektrik akımı geçirilerek manyetizasyon sağlanır.

3.3.3. Manyetik Parçacık Kontrolünün Uygulanması

- Manyetik parçacık muayenesi, doğal mıknatıslar veya elektrik akımı ile manyetizma özelliği kazandırılarak sağlanır. Elektrik akımı kendine en az direnç gösteren yolu tercih eder. Bu sayede akım, en kısa yoldan gidecektir. Aşağıda manyetik parçacık testinin uygulanması gösterilmiştir(Görsel 3.15).



Görsel 3.15: Kaynak bölgesinin muayenesi

3.3.3.1. Demanyetizasyon (Mıknatıslığı Giderme)

Ferromanyetik test parçası, manyetik parçacık testi uygulanırken mıknatıslanmaktadır. Test sonucunda mıknatıslanma özelliği ortadan kaldırılmalıdır. Test parçasının mıknatıs özelliği komponent süreçleri içerisinde olumsuz sonuçlar meydana getirebilir. Bu nedenle test sonunda bu parçanın mıknatıs özelliği ortadan kaldırılmalıdır. Manyetize olmuş parçanın, demanyetizasyon tünelinden geçirilerek manyetik özelliği temizlenir (Görsel 3.16). Malzemenin manyetiklik durumu gaussmetre ile ölçülür (Görsel 3.17). Muayene parçasının test öncesi manyetize olma miktarı ve test sonrası demanyetize olup olmadığı gaussmetre ile tespit edilir.



Görsel 3.16: Demanyetizasyon tüneli



Görsel 3.17: Gaussmetre

3.3.3.2. Malzeme Yüzeyinin Temizliği

Teste başlamadan önce ilk olarak malzemenin yüzey temizliği yapılmalıdır. Yüzey temizliği, testin doğruluğu için oldukça önemlidir. Yüzey ile siyah parçacıkların arasında zemin tezadını oluşturmak için yüzey, 50 mikronu geçmeyecek şekilde beyaza boyanır.

3.3.3.3. Manyetik Alan Oluşumu

Ferromanyetik test parçası, doğal bir mıknatısla veya elektrik akımı ile mıknatıslandırılır.

3.3.3.4. Demir Tozlarının Yüzeye Dağıtılması

Test parçasının yüzeyine ferromanyetik tozların (demir tozu) püskürtülmesi veya ferromanyetik solüsyonun tatbiki yapılır.

3.3.3.5. Ferromanyetik Tozların Manyetik Kuvvetler Doğrultusunda Dizilmesi

Ferromanyetik tozların tatbiki sonrasında manyetizma akımı sonlandırılır. Tozlar, manyetik kuvvet çizgileri doğrultusunda dizilir.

3.3.3.6. Süreksizliğin Yerinin ve Boyutunun Tespit Edilmesi

Test sonunda oluşan manyetik alan çizgileri incelenir. Manyetik alan çizgilerindeki düzensizlikler, süreksizliğin yerinin ve boyutunun tespit edilmesini sağlar. İnceleme sonrası değerlendirme ve raporlama işlemi yapılır.

3.3.3.7. Demanyetizasyon İşlemi

Ferromanyetik test parçasının manyetizma özelliği demanyetizasyon işlemiyle giderilir. Demanyetizasyon işlemi sonrası test parçası kullanıma hazır hâle gelir.

3.3.4. Manyetik Parçacık Testinin Avantajları ve Dezavantajları

Avantajları:

- Ucuz bir yöntemdir.
- Uygulaması basittir.
- Hassas bir ön temizlik işlemi gerektirmez.
- Yüzey ve yüzeye yakın süreksizlikleri tespit eder.
- Karmaşık malzemelerin testine uygundur.

Dezavantajları:

- Yalnızca ferromanyetik malzemeler test edilebilir.
- Demanyetizasyon işlemi hassasiyetle yapılmazsa ilerde olumsuz sonuçlar doğurabilir.
- Malzeme içerisindeki tüm süreksizlikler tespit edilemez.

UYGULAMA 3.11

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=20376

ÖĞRENME BİRİMİ	Tahribatsız Muayene
UYGULAMA ADI	Demir Bir Parça Üzerinde Süreksizlik Kontrolü

AMAÇ

Malzeme üzerindeki süreksizlikleri manyetik parçacık kontrolü ile tespit etmek

ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

- Atölye kurallarına uyunuz.
- İş elbisesi, koruyucu gözlük, maske ve eldiven kullanınız.
- Elektrik çarpmalarına karşı gerekli güvenlik önlemlerini alınız.
- İş güvenliğine yönelik tabela ve işaretlere uyunuz.
- Gürültülü ortamlarda kulaklık veya kulak tıkacı gibi koruyucu ekipmanlar kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı gibi tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer tüm iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Uygulamada kullanılan elemanlar: Beyaz sprey boya, ferromanyetik toz / solüsyon ve demanyetizasyon cihazı.
- Önce uygulama yapılacak demir parçayı temizleyiniz
- Dairesel manyetizasyon tekniğini uygulayınız.
- Manyetik parçacık yöntemi konusunda bahsedilen uygulama usullerine uyunuz.
- Uygulama sonrası yüzeylerin temizliğini yapınız.

SONUÇ (Uygulama sonucunda öğrendiklerinizi yazınız.)

UYGULAMAYA İLİŞKİN DEĞERLENDİRMELER

İŞLEM	**PUAN**	**ALINAN PUAN**
İş Güvenliği	10	
Temizlik / Düzen	10	
Bilgi	30	
Beceri	40	
Süre Kullanımı	10	
Toplam	100	

ÖĞRENCİNİN		**ÖĞRETMENİN**		**ALINAN NOT**	
ADI SOYADI		ADI SOYADI			
NUMARASI		İMZASI		TARİH	...../...../20

UYGULAMA 3.12

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=20377

ÖĞRENME BİRİMİ	Tahribatsız Muayene
UYGULAMA ADI	Kaynakla Birleştirilmiş Parçalarda Süreksizlik Kontrolü

AMAÇ

Manyetik parçacık yöntemi ile hasar tespitini yapmak

ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

- Atölye kurallarına uyunuz.
- İş elbisesi, koruyucu gözlük, maske ve eldiven kullanınız.
- Elektrik çarpmalarına karşı gerekli güvenlik önlemlerini alınız.
- İş güvenliğine yönelik tabela ve işaretlere uyunuz.
- Gürültülü ortamlarda kulaklık veya kulak tıkacı gibi koruyucu ekipmanlar kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı gibi tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer tüm iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Uygulamada kullanılan elemanlar: Beyaz sprey boya, ferromanyetik toz / solüsyon ve demanyetizasyon cihazı.
- Kaynakla birleştirilmiş parçaları teste hazırlayınız.
- Manyetik parçacık yöntemi konusunda bahsedilen uygulama usullerine uyunuz.
- Uygulama sonrası yüzeylerin temizliğini yapınız.

SONUÇ (Uygulama sonucunda öğrendiklerinizi yazınız.)

UYGULAMAYA İLİŞKİN DEĞERLENDİRMELER

İŞLEM	**PUAN**	**ALINAN PUAN**
İş Güvenliği	10	
Temizlik / Düzen	10	
Bilgi	30	
Beceri	40	
Süre Kullanımı	10	
Toplam	100	

ÖĞRENCİNİN		**ÖĞRETMENİN**		**ALINAN NOT**	
ADI SOYADI		ADI SOYADI			
NUMARASI		İMZASI		TARİH	…../…../20

UYGULAMA 3.13

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=20378

ÖĞRENME BİRİMİ	Tahribatsız Muayene
UYGULAMA ADI	Türbin Case Bölgesinde Süreksizlik Kontrolü

AMAÇ

Manyetik parçacık yöntemi ile hasar tespitini yapmak

ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

- Atölye kurallarına uyunuz.
- İş elbisesi, koruyucu gözlük, maske ve eldiven kullanınız.
- Elektrik çarpmalarına karşı gerekli güvenlik önlemlerini alınız.
- İş güvenliğine yönelik tabela ve işaretlere uyunuz.
- Gürültülü ortamlarda kulaklık veya kulak tıkacı gibi koruyucu ekipmanlar kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı gibi tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer tüm iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Uygulamada kullanılan elemanlar: Beyaz sprey boya, ferromanyetik toz / solüsyon ve demanyetizasyon cihazı.
- Uygulama yapılacak parçayı teste hazırlayınız.
- Türbin case dış yüzeyine testi uygulayınız.
- Manyetik parçacık yöntemi konusunda bahsedilen uygulama usullerine uyunuz.
- Uygulama sonrası yüzeylerin temizliğini yapınız.

SONUÇ (Uygulama sonucunda öğrendiklerinizi yazınız.)

UYGULAMAYA İLİŞKİN DEĞERLENDİRMELER

İŞLEM	**PUAN**	**ALINAN PUAN**
İş Güvenliği	10	
Temizlik / Düzen	10	
Bilgi	30	
Beceri	40	
Süre Kullanımı	10	
Toplam	100	

ÖĞRENCİNİN		**ÖĞRETMENİN**		**ALINAN NOT**	
ADI SOYADI		ADI SOYADI			
NUMARASI		İMZASI		TARİH	...../...../20

UYGULAMA 3.14

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=20379

ÖĞRENME BİRİMİ	Tahribatsız Muayene
UYGULAMA ADI	Çelik Pervane Konisinde Süreksizlik Kontrolü

AMAÇ

Manyetik parçacık yöntemi ile hasar tespitini yapmak

ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

- Atölye kurallarına uyunuz.
- İş elbisesi, koruyucu gözlük, maske ve eldiven kullanınız.
- Elektrik çarpmalarına karşı gerekli güvenlik önlemlerini alınız.
- İş güvenliğine yönelik tabela ve işaretlere uyunuz.
- Gürültülü ortamlarda kulaklık veya kulak tıkacı gibi koruyucu ekipmanlar kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı gibi tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer tüm iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Uygulamada kullanılan elemanlar: Beyaz sprey boya, ferromanyetik toz / solüsyon ve demanyetizasyon cihazı.
- Çelik pervane konisini uçak üzerinden sökünüz.
- Manyetik parçacık yöntemi konusunda bahsedilen uygulama usullerine uyunuz.
- Uygulama sonrası yüzeylerin temizliğini yapınız.

SONUÇ (Uygulama sonucunda öğrendiklerinizi yazınız.)

UYGULAMAYA İLİŞKİN DEĞERLENDİRMELER

İŞLEM	**PUAN**	**ALINAN PUAN**
İş Güvenliği	10	
Temizlik / Düzen	10	
Bilgi	30	
Beceri	40	
Süre Kullanımı	10	
Toplam	100	

ÖĞRENCİNİN		**ÖĞRETMENİN**		**ALINAN NOT**	
ADI SOYADI		ADI SOYADI			
NUMARASI		İMZASI		TARİH	...../...../20

UYGULAMA 3.15

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=20380

ÖĞRENME BİRİMİ	Tahribatsız Muayene
UYGULAMA ADI	İniş Takımı Dikme Gövdesinde Süreksizlik Kontrolü

AMAÇ

Manyetik parçacık yöntemi ile hasar tespitini yapmak

ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

- Atölye kurallarına uyunuz.
- İş elbisesi, koruyucu gözlük, maske ve eldiven kullanınız.
- Elektrik çarpmalarına karşı gerekli güvenlik önlemlerini alınız.
- İş güvenliğine yönelik tabela ve işaretlere uyunuz.
- Gürültülü ortamlarda kulaklık veya kulak tıkacı gibi koruyucu ekipmanlar kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı gibi tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer tüm iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Uygulamada kullanılan elemanlar: Beyaz sprey boya, ferromanyetik toz / solüsyon ve demanyetizasyon cihazı.
- İniş takımı dikmesi gövdesinin piston silindir düzeneğini sökünüz.
- Manyetik parçacık yöntemi konusunda bahsedilen uygulama usullerine uyunuz.
- Dairesel manyetizasyon tekniğini uygulayınız.
- Uygulama sonrası yüzeylerin temizliğini yapınız.

SONUÇ (Uygulama sonucunda öğrendiklerinizi yazınız.)

UYGULAMAYA İLİŞKİN DEĞERLENDİRMELER

İŞLEM	PUAN	ALINAN PUAN
İş Güvenliği	10	
Temizlik / Düzen	10	
Bilgi	30	
Beceri	40	
Süre Kullanımı	10	
Toplam	100	

ÖĞRENCİNİN		ÖĞRETMENİN		ALINAN NOT	
ADI SOYADI		ADI SOYADI			
NUMARASI		İMZASI		TARİH	...../...../20

3.4. EDDY CURRENT (GİRDAP AKIMLARI) KONTROLÜ

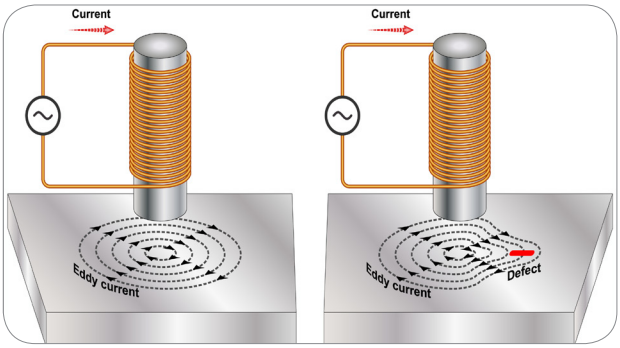
Amaç: Ulusal ve uluslararası mevzuatlara göre malzeme üzerindeki süreksizlikleri Eddy Current (edi karınt) yöntemi ile tespit etmek

Araştırma: Elektrik bobinlerinin yapısını ve manyetik alanın nasıl oluşturulduğunu araştırınız.

3.4. Eddy Current (Girdap Akımları) Kontrolü

Eddy akımları, Faraday'ın endüksiyon kanununa dayanır. Bir bobin içerisinden değişken elektrik akımları geçirilerek manyetik alan oluşturulur. Burada oluşan manyetik alan, iletken bir malzemeye yaklaştırıldığında, malzeme üzerinde endüksiyon akımları oluşturacaktır. Oluşan endüksiyon akımlarına **girdap akımları** denir. Malzeme üzerinde oluşan girdap akımları kapalı devre hâlinde olup malzeme üzerinde yeni bir manyetik alan meydana getirir. Oluşan bu ikinci manyetik alanın ölçümleri yapılarak süreksizlikler tespit edilir (Görsel 3.18).

Eddy Current yönteminin yüzey veya yüzeye yakın süreksizliklerde kullanımı mümkündür. Malzeme üzerindeki süreksizlikler, dairesel girdap akımının geometrisini bozar ve akımın gücünü zayıflatır.



Görsel 3.18: Eddy akımlarının oluşumu

3.4.1. Eddy Current Kontrolünün Uygulanabileceği Malzemeler

Eddy Current testi, temel olarak iletken malzemelerdeki süreksizliklerin tespitinde kullanılır. Dairesel malzemelerin testinde kullanımı yaygındır. Bunların yanında malzemelerin iletkenlik ölçümlerinde, iletken olmayan boya kalınlıklarının ölçümünde veya malzemelerin kalınlık ölçümünde de kullanılmaktadır (Görsel 3.19). Buna bağlı olarak havacılıkta korozyon ve malzeme kalınlığı ölçümleri için kullanılan bir yöntemdir.



Görsel 3.19: Kargo kapısı menteşesinin Eddy Current yöntemi ile muayenesi

3.4.2. Eddy Current Test Ekipmanları ve Elemanları

a. Ölçüm Cihazları

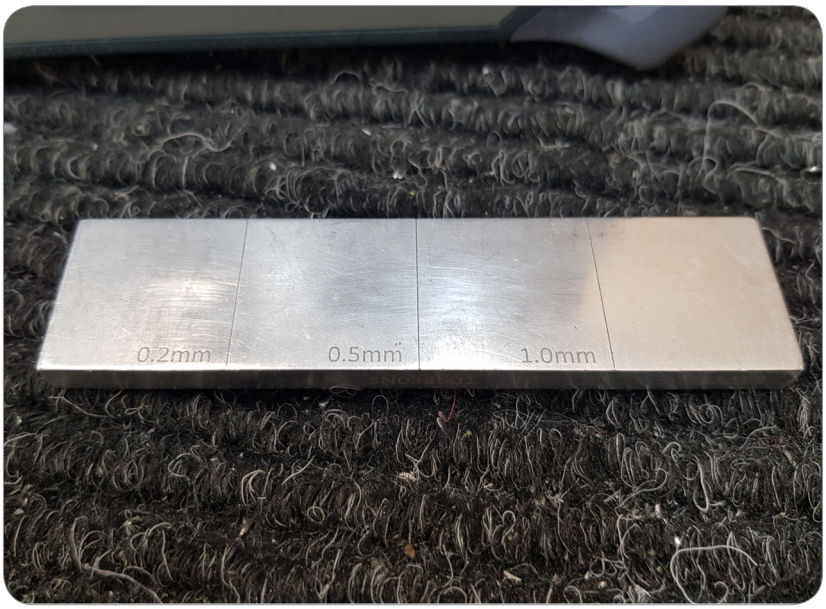
Ölçümü yapılan test parçasının ölçüm değerlerini işleyen ve bize sunan göstergelerdir. Analog ve dijital olmak üzere iki türü vardır. Dijital cihazların ölçüm hassasiyetleri daha yüksektir.

b. Problar

İçerisinde bobin bulunan ve manyetik alanın oluşumunu sağlayan elemandır. Prob, test malzemesinin üzerinde gezdirilerek manyetik alan oluşturulur. Hareketli problar, halka problar ve delik problar gibi çeşitleri vardır.

c. Referanslar

Yöntem uygulanırken testin doğru ölçüm yapıp yapmadığı bilinmelidir. Bu sebeple, testi yapılan malzeme ile ölçüm değerleri bilinen bir referans malzemesinin (kalibrasyon bloğu) kıyaslanması gerekmektedir (Görsel 3.20). Kalibrasyon bloğunun üzerindeki rakamlar, bloğun yanındaki çatlakların mm cinsinden derinliğini ifade eder. Muayene parçasındaki çatlaklardan alınan sinyaller, kalibrasyon bloğu üzerindeki süreksizliklerden alınan sinyallerle karşılaştırılarak süreksizlik derinliği hakkında bilgi sahibi olmamızı sağlar.



Görsel 3.20: Kalibrasyon bloğu

3.4.3. Eddy Akımını Etkileyen Malzeme Özellikleri

a. Elektriksel İletkenlik

Malzemelerin iletkenlik durumu, test sırasında uygulanan manyetik alan ile doğru orantılı olarak değişir. İletkenlik arttıkça oluşacak girdap akımlarının nüfuziyet kabiliyeti de artacaktır.

b. Manyetik Geçirgenlik

Malzemenin manyetik akım geçişine izin verme kabiliyetine denir. Manyetik geçirgenliğin yüksek olması ölçüm değerlerinin doğruluğunu olumlu yönde etkiler.

c. Geometri

Test yöntemi yüzey ve yüzeye yakın malzemelerin muayenesine uygundur. Bu sebeple kalın malzemelerin muayenesine uygun değildir. Probun, test parçası ile olan mesafesi ölçüm değerlerini etkiler. Mesafe değişikliği, ölçüm değerlerinde değişimlere neden olacaktır. Ayrıca test edilen malzemenin kenarlarına yaklaştıkça ölçüm değerlerinde bozulmalar görülecektir. Bunun sebebi, malzeme kenarlarında manyetik alan değişimleri meydana gelmesidir.

ç. Dolgu Faktörü

Dairesel malzemelerde kullanılan problarda sargı ile malzeme arasındaki çap değişimleri, ölçüm değerlerini de etkilemektedir. Eğer test parçası içte, prob dışta ise dolgu faktörü derecesi önemli bir değişken hâlini alır. Dolgu faktörü arttıkça oluşacak girdap akımlarının yoğunluğu da artacaktır. Dolgu faktörü şöyle formüle edilir:

$$N = \frac{D_0^2}{D_1^2}$$

d. Süreksizlikler

Süreksizlik tipleri ve büyüklükleri, ölçüm sırasında oluşan girdap akımlarındaki değişimlere bağlı olarak sonuçlar verecektir. Ayrıca hatanın derinliğine bağlı olarak da girdap akımlarının süreksizliği ters orantılı olarak değişmektedir.

e. Frekans Değeri

Her malzemenin frekans değeri, malzemenin kimyasal yapısı ve geometrisine göre değişkenlik gösterir. Malzemenin frekans değeri yükseldikçe girdap akımının nüfuz etme kabiliyeti azalır.

3.4.4. Eddy Current Yönteminin Avantajları ve Dezavantajları

Avantajları:

- Yüzey ve yüzeye yakın süreksizlikler tespit edilir.
- Çok küçük süreksizlikler tespit edilebilir.
- Malzeme kalınlıkları ve iletkenliklerinin ölçümünde de kullanılır.
- Karmaşık şekilli parçalar test edilebilir.
- Hızlı sonuç verir.
- Uygulaması basittir.

Dezavantajları:

- Yalnızca iletken malzemelerde süreksizliklerin tespiti yapılabilir.
- Referans standartlara ihtiyaç vardır.
- Çok derinlerde oluşmuş süreksizlikleri tespit edemez.
- Tabakalaşma gibi sargı yönüne paralel süreksizlikleri tespit edemez.
- Malzeme kenarları ve köşelerinde doğru ölçümler vermez.

UYGULAMA 3.16

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=20381

ÖĞRENME BİRİMİ	Tahribatsız Muayene
UYGULAMA ADI	Gereğinden Fazla Yapılan Sert Temasların (Yüksekten Düşen Parçalar) Sonuçlarını Araştırma

AMAÇ

Malzeme üzerindeki süreksizlikleri Eddy Current yöntemi ile tespit etmek

ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

- Atölye kurallarına uyunuz.
- İş elbisesi, koruyucu gözlük, maske ve eldiven kullanınız.
- Elektrik çarpmalarına karşı gerekli güvenlik önlemlerini alınız.
- İş güvenliğine yönelik tabela ve işaretlere uyunuz.
- Gürültülü ortamlarda kulaklık veya kulak tıkacı gibi koruyucu ekipmanlar kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı gibi tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer tüm iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Uygulamada kullanılan elemanlar: Eddy Current cihazı, prob ve referanslar.
- Gereğinden fazla sert temasa maruz kalmış (yüksekten düşmüş) bir parçayı teste hazırlayınız.
- Bu parça üzerindeki süreksizliği tespit ediniz.

SONUÇ (Uygulama sonucunda öğrendiklerinizi yazınız.)

UYGULAMAYA İLİŞKİN DEĞERLENDİRMELER

İŞLEM	**PUAN**	**ALINAN PUAN**
İş Güvenliği	10	
Temizlik / Düzen	10	
Bilgi	30	
Beceri	40	
Süre Kullanımı	10	
Toplam	100	

ÖĞRENCİNİN		**ÖĞRETMENİN**		**ALINAN NOT**	
ADI SOYADI		ADI SOYADI			
NUMARASI		İMZASI		TARİH	...../...../20

UYGULAMA 3.17

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=20382

ÖĞRENME BİRİMİ	Tahribatsız Muayene
UYGULAMA ADI	Hidrolik Borularında Eddy Current Yöntemi İle Süreksizlik Kontrolü

AMAÇ

Eddy Current yöntemi ile hasar tespitini yapmak

ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

- Atölye kurallarına uyunuz.
- İş elbisesi, koruyucu gözlük, maske ve eldiven kullanınız.
- Elektrik çarpmalarına karşı gerekli güvenlik önlemlerini alınız.
- İş güvenliğine yönelik tabela ve işaretlere uyunuz.
- Gürültülü ortamlarda kulaklık veya kulak tıkacı gibi koruyucu ekipmanlar kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı gibi tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer tüm iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Uygulamada kullanılan elemanlar: Eddy Current cihazı, yüzey probu, koaksiyel (ortak eksenli) prob ve referanslar.
- Hidrolik borusunu teste hazırlayınız.
- Borunun iç ve dış yüzeyleri üzerinde uygulamayı yapınız.

SONUÇ (Uygulama sonucunda öğrendiklerinizi yazınız.)

UYGULAMAYA İLİŞKİN DEĞERLENDİRMELER

İŞLEM	PUAN	ALINAN PUAN
İş Güvenliği	10	
Temizlik / Düzen	10	
Bilgi	30	
Beceri	40	
Süre Kullanımı	10	
Toplam	100	

ÖĞRENCİNİN		ÖĞRETMENİN		ALINAN NOT	
ADI SOYADI		ADI SOYADI			
NUMARASI		İMZASI		TARİH	...../...../20

UYGULAMA 3.18

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=20384

ÖĞRENME BİRİMİ	Tahribatsız Muayene
UYGULAMA ADI	Çelik Mil Üzerinde Eddy Current Yöntemi İle Süreksizlik Kontrolü

AMAÇ

Eddy Current yöntemi ile hasar tespitini yapmak

ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

- Atölye kurallarına uyunuz.
- İş elbisesi, koruyucu gözlük, maske ve eldiven kullanınız.
- Elektrik çarpmalarına karşı gerekli güvenlik önlemlerini alınız.
- İş güvenliğine yönelik tabela ve işaretlere uyunuz.
- Gürültülü ortamlarda kulaklık veya kulak tıkacı gibi koruyucu ekipmanlar kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı gibi tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer tüm iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Uygulamada kullanılan elemanlar: Eddy Current cihazı, koaksiyel prob ve referanslar.
- Çelik mili teste hazırlayınız.
- Bu parça üzerindeki süreksizliği tespit ediniz.

SONUÇ (Uygulama sonucunda öğrendiklerinizi yazınız.)

UYGULAMAYA İLİŞKİN DEĞERLENDİRMELER

İŞLEM	**PUAN**	**ALINAN PUAN**
İş Güvenliği	10	
Temizlik / Düzen	10	
Bilgi	30	
Beceri	40	
Süre Kullanımı	10	
Toplam	100	

ÖĞRENCİNİN		**ÖĞRETMENİN**		**ALINAN NOT**	
ADI SOYADI		ADI SOYADI			
NUMARASI		İMZASI		TARİH	...../...../20

UYGULAMA 3.19

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=20385

ÖĞRENME BİRİMİ	Tahribatsız Muayene
UYGULAMA ADI	Frame'de Eddy Current Yöntemi İle Süreksizlik Kontrolü

AMAÇ

Eddy Current yöntemi ile hasar tespitini yapmak

ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

- Atölye kurallarına uyunuz.
- İş elbisesi, koruyucu gözlük, maske ve eldiven kullanınız.
- Elektrik çarpmalarına karşı gerekli güvenlik önlemlerini alınız.
- İş güvenliğine yönelik tabela ve işaretlere uyunuz.
- Gürültülü ortamlarda kulaklık veya kulak tıkacı gibi koruyucu ekipmanlar kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı gibi tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer tüm iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Uygulamada kullanılan elemanlar: Eddy Current cihazı, yüzey probu ve referanslar.
- Uçak gövdesi frame yapısını test için hazırlayınız.
- Uçak gövdesi frame yapılarına testi uygulayınız.

SONUÇ (Uygulama sonucunda öğrendiklerinizi yazınız.)

UYGULAMAYA İLİŞKİN DEĞERLENDİRMELER

İŞLEM	**PUAN**	**ALINAN PUAN**
İş Güvenliği	10	
Temizlik / Düzen	10	
Bilgi	30	
Beceri	40	
Süre Kullanımı	10	
Toplam	100	

ÖĞRENCİNİN		**ÖĞRETMENİN**		**ALINAN NOT**	
ADI SOYADI		ADI SOYADI			
NUMARASI		İMZASI		TARİH	…../…../20

UYGULAMA 3.20

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=20386

ÖĞRENME BİRİMİ	Tahribatsız Muayene
UYGULAMA ADI	Kompresör Blade'inde Eddy Current Yöntemi İle Süreksizlik Kontrolü

AMAÇ

Eddy Current yöntemi ile hasar tespitini yapmak

ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

- Atölye kurallarına uyunuz.
- İş elbisesi, koruyucu gözlük, maske ve eldiven kullanınız.
- Elektrik çarpmalarına karşı gerekli güvenlik önlemlerini alınız.
- İş güvenliğine yönelik tabela ve işaretlere uyunuz.
- Gürültülü ortamlarda kulaklık veya kulak tıkacı gibi koruyucu ekipmanlar kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı gibi tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer tüm iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Uygulamada kullanılan elemanlar: Eddy Current cihazı, yüzey probu ve referanslar.
- Kompresör blade'ini teste hazırlayınız.
- Blade üzerindeki süreksizlikleri Eddy Current cihazını kullanarak tespit ediniz.

SONUÇ (Uygulama sonucunda öğrendiklerinizi yazınız.)

UYGULAMAYA İLİŞKİN DEĞERLENDİRMELER

İŞLEM	**PUAN**	**ALINAN PUAN**
İş Güvenliği	10	
Temizlik / Düzen	10	
Bilgi	30	
Beceri	40	
Süre Kullanımı	10	
Toplam	100	

ÖĞRENCİNİN		**ÖĞRETMENİN**		**ALINAN NOT**	
ADI SOYADI		ADI SOYADI			
NUMARASI		İMZASI		TARİH	...../...../20

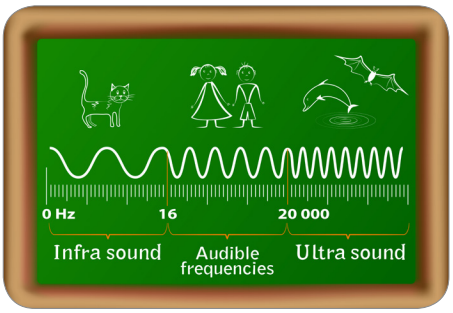
3.5. ULTRASONİK (SES DALGALARI İLE) KONTROL

Amaç: Ulusal ve uluslararası mevzuatlara göre malzemedeki süreksizlikleri ultrasonik kontrol yöntemi ile tespit etmek

Araştırma: Duyamadığımız -insan kulağının algılayamadığı ses frekanslarındaki- seslerin hangi canlılar tarafından duyulabildiğini ve bu canlıların bu sesleri nasıl duyabildiklerini araştırınız.

3.5. Ultrasonik (Ses Dalgalarıyla) Kontrol

Ses, malzeme atomlarının titreşimi ile meydana gelen bir olgudur. Ultrasonik ses ise frekans değeri 20.000 hz/s üzerindeki titreşimleri ifade eder. Malzeme üzerine ultrasonik seviyede ses dalgaları gönderilerek içerisindeki süreksizlikleri tespit etme yöntemine **ultrasonik muayene yöntemi** denir. İnsan kulağının işitme frekansı aralığının üzerinde bir ses dalgası olduğu için duyma imkânı yoktur (Görsel 3.21).



Görsel 3.21: Ses frekans aralıkları

Malzemelerin titreşimi ile ses, dalgalar hâlinde yayılır. Malzeme üzerine gönderilen bu ses dalgaları kırılgan ve yansıyan yapıdadır. Malzeme içerisindeki süreksizlere çarpmalarıyla ses dalgalarında bozulmalar oluşur. Bozulmanın değeri, süreksizliğin büyüklüğünü ve konumunu belirlememizi sağlar.

3.5.1. Ultrasonik Kontrolün Uygulanabileceği Malzemeler

- Metal veya metal olmayan malzemelerdeki çatlak, gözenek gibi süreksizliklerin tespitinde,
- Malzeme içerisinde veya yüzeyde bulunan süreksizliklerin tespitinde (Görsel3.22),
- Malzeme kalınlıklarının ölçülmesinde,
- Korozyon tespitinde,
- Kompozit malzemelerde görülen tabakalaşma süreksizliklerinde,
- Metallerin sertleşen bölgelerinin tespitinde kullanılır.



Görsel 3.22: Motor palleri iç kısımlarının ultrasonik test cihazı ile kontrolü

3.5.2. Ultrasonik Muayene Yönteminde Kullanılan Ekipmanlar

a. Ultrasonik Hata Dedektörü / Cihazı

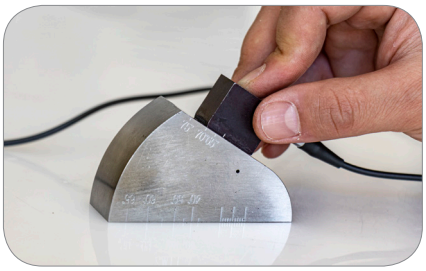
Test malzemesine gönderilen ses dalgalarının gidiş ve dönüş değişkenlerini işleyen, hatanın büyüklüğü ve konumu hakkında kontrolöre bilgi sunan elemandır (Görsel 3.23). Kullanım alanları ve tercihlerine göre taşınabilir, sabit, temaslı ve daldırma yöntemleri gibi türlere ayrılır.



Görsel 3.23: Ultrasonik test cihazı

b. Prob (Transdüser)

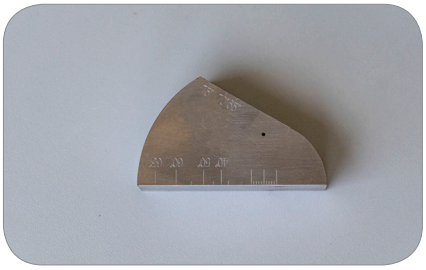
Ses dalgalarını malzeme içerisine gönderen veya yansıyan dalgaları tespit eden elemandır (Görsel 3.24). Kullanım yerleri ve uygulama çeşitlerine göre farklı türleri vardır. Probların seçimi; test malzemesinin geometrisi, malzeme sertliği, malzeme yapısı, uygulanması gereken frekans büyüklüğü, probun çapı gibi değişkenlere göre yapılır.



Görsel 3.24: Prob (transdüser)

c. Kalibrasyon Blokları

Kalibrasyon malzemelerin amacı, testi yapılan malzemelerle aynı özellikleri taşıyarak testin doğruluğunu saptamaktır (Görsel 3.25). Kalibrasyon blokları, testi yapılan malzeme ile aynı kimyasal özelliklerde olmalıdır.



Görsel 3.25: Kalibrasyon bloğu

ç. Ultrasonik Muayene Jelleri (Couplant)

Ses dalgaları havada hareket edemez. Prob yüzeyi ile test malzemesinin arasında hava boşluğu kalması, ölçümü olumsuz etkileyecektir. Ses dalgalarının test malzemesine düzgün bir şekilde aktarılabilmesi için prob yüzeyi ile parça yüzeyi arasında özel jeller kullanılır. Bazı uygulamalarda jel yerine su veya yağ da tercih edilebilir.

3.5.3. Ultrasonik Test Teknikleri

Ultrasonik muayene teknikleri dört başlıkta incelenir:

a. Darbe Yankı Tekniği

Prob tarafından gönderilen ses dalgalarının alıcı eleman tarafından algılanması ile yapılan muayene tekniğidir. Malzemede mevcut olan süreksizlikler yansımalara sebep olur. Yansıyan ses dalgası sayesinde süreksizliğin yeri ve büyüklüğü tespit edilir.

b. Direkt İletim Tekniği

Testi yapılacak parçanın bir tarafına prob tam karşısına da alıcı konulur. Üretici probun gönderdiği ses dalgalarında, karşısına çıkan süreksizlikler sebebiyle kayıplar oluşacaktır. Bu ses kayıplarının karakteri, süreksizliğin konumu ve büyüklüğü hakkında bilgi verir.

c. Normal ve Açılı Ses Dalgaları Tekniği

Normal ses dalgası tekniğinde prob, malzeme yüzeyine dik olarak konumlandırılır. Açılı ses dalgası tekniğinde ise prob, malzeme yüzeyine 45^0 açı ile konumlandırılır.

d. Temas ve Daldırma Tekniği

Probdan üretilen ses dalgalarının malzeme içerisine kusursuz bir şekilde aktarımı için ultrasonik muayene jeli kullanılır. Daldırma tekniğinde ise hem prob hem de test parçası su veya özel sıvı içerisine daldırılarak uygulanır.

3.5.4. Ultrasonik Kontrolün Tarama Şekline Göre Sınıflandırılması

Test parçasında; hatanın yeri, büyüklüğü ve cihazın görüntüleme tipleri çeşitli şekillerde gösterilebilir.

a. A – Tarama (A – Scan)

A – tarama tipinde ekranın yatay skalası malzeme kalınlığı cinsinden zamanı, düşey skalası ise hatanın büyüklüğünü gösterir.

b. B – Tarama (B – Scan)

Sadece belli büyükteki bir hatanın frekans yüksekliğini aşan hatalar kaydedilir. Hata yankılarının zamanı test parçasının x ve y koordinatına göre çizilir.

c. C – Tarama (C – Scan)

Test parçasının yüzeyi X-Y koordinatlarına göre tanımlanır. Prob malzemenin X-Y düzleminde belli adım aralıklarında hareket ettirilir. Belli bir frekans yüksekliği aşan hata gerginlikleri kaydedilir.

3.5.5. Ultrasonik Ses Dalgalarının Yayılma Türleri

Ultrasonik ses dalgaları üç şekilde yayılır:

- Enine dalga yayılımı
- Boyuna dalga yayılımı
- Yüzey dalga yayılımı

3.5.6. Ultrasonik Muayene Yönteminin Avantajları ve Dezavantajları

Avantajları:

- Metal ve metal olmayan malzemelerin süreksizliklerini tespit eder.
- Malzeme yüzeyi ve malzeme içindeki süreksizlikleri tespit eder.
- Süreksizlik tespiti, konumu, büyüklüğü konularında hassasiyeti yüksektir.
- Kalınlık ölçümlerinde kullanılır.
- Hızlı sonuç verir.

Dezavantajları:

- Ekipmanların kullanımı diğer yöntemlere göre daha ciddi uzmanlık gerektirir.
- Muayene jeli veya sıvılarına ihtiyaç vardır.
- Muayene edilecek parçanın formu düzgün değilse testin hata payı yüksek olur.
- Ses iletimi düşük olan malzemelerin testi zordur.
- Probdan gönderilen ses dalgaları, süreksizlik yönü ile paralel doğrultudaysa süreksizlik tespit edilemeyebilir.

UYGULAMA 3.21

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=20387

ÖĞRENME BİRİMİ	Tahribatsız Muayene
UYGULAMA ADI	Kruger Flap Gövdesi ve Menteşelerinde Süreksizlik Kontrolü

AMAÇ

Ultrasonik muayene yöntemi ile hasar tespitini yapmak

ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

- Atölye kurallarına uyunuz.
- İş elbisesi, koruyucu gözlük, maske ve eldiven kullanınız.
- Elektrik çarpmalarına karşı gerekli güvenlik önlemlerini alınız.
- İş güvenliğine yönelik tabela ve işaretlere uyunuz.
- Gürültülü ortamlarda kulaklık veya kulak tıkacı gibi koruyucu ekipmanlar kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı gibi tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer tüm iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Kruger flap gövdesini ve menteşelerini kanat yapısından ayırınız.
- Uygulamada kullanılan elemanlar: Ultrasonik hata cihazı, prob (transdüser), kalibrasyon blokları ve muayene jeli.
- Teste uygun ultrasonik muayene tekniğini kullanınız.

SONUÇ (Uygulama sonucunda öğrendiklerinizi yazınız.)

UYGULAMAYA İLİŞKİN DEĞERLENDİRMELER

İŞLEM	**PUAN**	**ALINAN PUAN**
İş Güvenliği	10	
Temizlik / Düzen	10	
Bilgi	30	
Beceri	40	
Süre Kullanımı	10	
Toplam	100	

ÖĞRENCİNİN		**ÖĞRETMENİN**		**ALINAN NOT**	
ADI SOYADI		ADI SOYADI			
NUMARASI		İMZASI		TARİH	...../...../20

UYGULAMA 3.22

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=20389

ÖĞRENME BİRİMİ	Tahribatsız Muayene
UYGULAMA ADI	Kompozit Malzemeler Üzerindeki Hasarları ve Hataları Tespit Etme

AMAÇ

Kompozit malzemeler üzerindeki süreksizlikleri ultrasonik kontrol yöntemi ile tespit etmek

ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

- Atölye kurallarına uyunuz.
- İş elbisesi, koruyucu gözlük, maske ve eldiven kullanınız.
- Elektrik çarpmalarına karşı gerekli güvenlik önlemlerini alınız.
- İş güvenliğine yönelik tabela ve işaretlere uyunuz.
- Gürültülü ortamlarda kulaklık veya kulak tıkacı gibi koruyucu ekipmanlar kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı gibi tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer tüm iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Uygulamada kullanılan elemanlar: Ultrasonik hata cihazı, prob (transdüser), kalibrasyon blokları ve muayene jeli.
- Kompozit malzemeden üretilmiş uçak burun konisini teste hazırlayınız.
- Teste uygun ultrasonik muayene tekniğini kullanınız.

SONUÇ (Uygulama sonucunda öğrendiklerinizi yazınız.)

UYGULAMAYA İLİŞKİN DEĞERLENDİRMELER

İŞLEM	PUAN	ALINAN PUAN
İş Güvenliği	10	
Temizlik / Düzen	10	
Bilgi	30	
Beceri	40	
Süre Kullanımı	10	
Toplam	100	

ÖĞRENCİNİN		ÖĞRETMENİN		ALINAN NOT	
ADI SOYADI		ADI SOYADI			
NUMARASI		İMZASI		TARİH	...../...../20

UYGULAMA 3.23

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=20390

ÖĞRENME BİRİMİ	Tahribatsız Muayene
UYGULAMA ADI	Uçak Fren Diskinde Süreksizlik Kontrolü

AMAÇ

Ultrasonik muayene yöntemi ile hasar tespitini yapmak

ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

- Atölye kurallarına uyunuz.
- İş elbisesi, koruyucu gözlük, maske ve eldiven kullanınız.
- Elektrik çarpmalarına karşı gerekli güvenlik önlemlerini alınız.
- İş güvenliğine yönelik tabela ve işaretlere uyunuz.
- Gürültülü ortamlarda kulaklık veya kulak tıkacı gibi koruyucu ekipmanlar kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı gibi tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer tüm iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Uygulamada kullanılan elemanlar: Ultrasonik hata cihazı, prob (transdüser), kalibrasyon blokları ve muayene jeli, disk sökümü için el aletleri
- Fren diskini sökünüz.
- Teste uygun ultrasonik muayene tekniğini kullanınız..

SONUÇ (Uygulama sonucunda öğrendiklerinizi yazınız.)

UYGULAMAYA İLİŞKİN DEĞERLENDİRMELER

İŞLEM	**PUAN**	**ALINAN PUAN**
İş Güvenliği	10	
Temizlik / Düzen	10	
Bilgi	30	
Beceri	40	
Süre Kullanımı	10	
Toplam	100	

ÖĞRENCİNİN		**ÖĞRETMENİN**		**ALINAN NOT**	
ADI SOYADI		ADI SOYADI			
NUMARASI		İMZASI		TARİH	...../...../20

UYGULAMA 3.24

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=20392

ÖĞRENME BİRİMİ	Tahribatsız Muayene
UYGULAMA ADI	İniş Takımı Dikmesinde Süreksizlik Kontrolü

AMAÇ

Ultrasonik muayene yöntemi ile hasar tespitini yapmak

ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

- Atölye kurallarına uyunuz.
- İş elbisesi, koruyucu gözlük, maske ve eldiven kullanınız.
- Elektrik çarpmalarına karşı gerekli güvenlik önlemlerini alınız.
- İş güvenliğine yönelik tabela ve işaretlere uyunuz.
- Gürültülü ortamlarda kulaklık veya kulak tıkacı gibi koruyucu ekipmanlar kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı gibi tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer tüm iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Uygulamada kullanılan elemanlar: Ultrasonik hata cihazı, prob (transdüser), kalibrasyon blokları ve muayene jeli.
- İniş takımı dikmesini teste hazırlayınız.
- Teste uygun ultrasonik muayene tekniğini kullanınız.

SONUÇ (Uygulama sonucunda öğrendiklerinizi yazınız.)

UYGULAMAYA İLİŞKİN DEĞERLENDİRMELER

İŞLEM	PUAN	ALINAN PUAN
İş Güvenliği	10	
Temizlik / Düzen	10	
Bilgi	30	
Beceri	40	
Süre Kullanımı	10	
Toplam	100	

ÖĞRENCİNİN		ÖĞRETMENİN		ALINAN NOT	
ADI SOYADI		ADI SOYADI			
NUMARASI		İMZASI		TARİH	...../...../20

UYGULAMA 3.25

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=20410

ÖĞRENME BİRİMİ	Tahribatsız Muayene
UYGULAMA ADI	Kanat Boya Kalınlığının Kontrolü

AMAÇ

Ultrasonik muayene yöntemi ile boya kalınlığı tespitini yapmak

ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

- Atölye kurallarına uyunuz.
- İş elbisesi, koruyucu gözlük, maske ve eldiven kullanınız.
- Elektrik çarpmalarına karşı gerekli güvenlik önlemlerini alınız.
- İş güvenliğine yönelik tabela ve işaretlere uyunuz.
- Gürültülü ortamlarda kulaklık veya kulak tıkacı gibi koruyucu ekipmanlar kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı gibi tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer tüm iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Uygulamada kullanılan elemanlar: Ultrasonik hata cihazı, prob (transdüser), kalibrasyon blokları ve muayene jeli.
- Kanat üzerinde ve altında uygun noktalar belirleyerek test hazırlığını yapınız.
- Teste uygun ultrasonik muayene tekniğini kullanınız.

SONUÇ (Uygulama sonucunda öğrendiklerinizi yazınız.)

UYGULAMAYA İLİŞKİN DEĞERLENDİRMELER

İŞLEM	**PUAN**	**ALINAN PUAN**
İş Güvenliği	10	
Temizlik / Düzen	10	
Bilgi	30	
Beceri	40	
Süre Kullanımı	10	
Toplam	100	

ÖĞRENCİNİN		**ÖĞRETMENİN**		**ALINAN NOT**	
ADI SOYADI		ADI SOYADI			
NUMARASI		İMZASI		TARİH	...../...../20

3.6. RADYOGRAFİK KONTROL

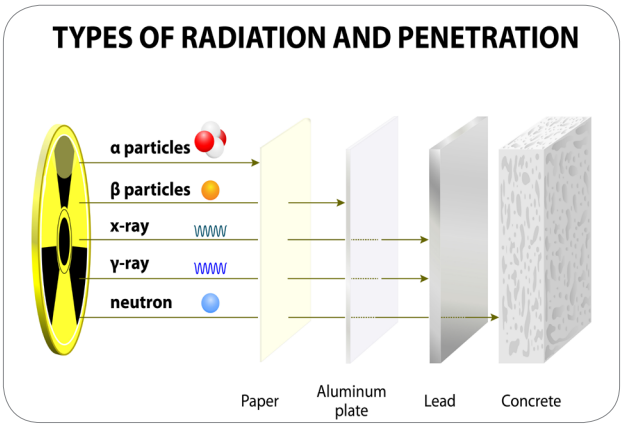
Amaç: Ulusal ve uluslararası mevzuatlara göre malzeme üzerindeki süreksizlikleri radyoaktif kontrol yöntemi ile tespit etmeyi açıklamak

Araştırma: Radyografik kontrolde kullanılan X ve gama ışınlarını araştırınız.

3.6. Radyografik Kontrol

Yüksek enerjili elektromekanik dalgalara veya ışın foton demetlerine **radyoaktif ışınlar** denir. Radyografik muayene yönteminde en çok **X-** veya **gama ışınları** kullanılmaktadır. Bunun haricinde Alfa, Beta, Y-Ray ve özel tekniklerde (Nötron) kullanılmaktadır(Görsel 3.26).

Muayenede kullanılan yüksek enerjili ışınlar, test malzemesinin içerisinden geçer ve geçerken de bir miktar kayba uğrar. Malzeme içerisindeki süreksizliklerin içinden geçen ışın demeti farklı oranlarda kayıplara neden olacaktır. Bu enerji kaybındaki farklılıklar, test parçasının diğer tarafına konulan ışınına duyarlı filmleri veya elektronik film görüntüleyicilerini etkileyerek malzeme içerisindeki süreksizlikleri tespit eder (Görsel 3.27).



Görsel 3.26: Radyasyon türleri ve nüfuziyet kabiliyetleri



Görsel 3.27: Radyografi test cihazı ile kaynak muayenesi

3.6.1. Radyografik Kontrolün Uygulanabileceği Malzemeler

Radyografik kontrol, metal veya metal olmayan her türlü malzemenin muayenesinde kullanılabilen bir yöntemdir. Günlük hayatta hastanelerde kullanılan röntgen filmleri bu prensibe göre çalışır.

Radyografide kullanılan X- ve gama ışınları malzemelere zarar vermez ancak insan sağlığına son derece zararlıdır. Bu ışınlar hücre yapısına zarar vererek hücrelerin bozulmasına neden olur. Bunun sonucunda da radyasyon yanıkları ve kanser gibi olumsuz durumlar meydana gelir. İnsanın bir yıl içerisinde maruz kalabileceği en fazla radyasyon miktarı **100 mSv**'tir (milisievert). Bu sebeple test cihazları kurşun elementi ile muhafaza edilir.

3.6.2. Radyografik Kontrol Test Teknikleri

Radyografik test tekniklerinde çeşitli radyokatif izotoplar kullanılır. Endüstride sıklıkla kullanılan radyoaktif izotoplar: Ir 192, Co 60, Se 75, Yb 169 Tm 170.

3.6.2.1. X- Işını

X- ışınları, X-ray jeneratöründen yüksek voltaj uygulanarak elde edilir. Jeneratörde uygulanan akımın şiddetine bağlı olarak X- ışınlarının şiddeti de artacaktır. Radyografik muayenede ışınlama

enerjisi, testi yapılacak parçanın kalınlığına ve cinsine göre değişir. X-ray ışını için enerji aralığı 50 kV – 350 kV arasındadır. Bu yöntemin elemanları; X-ray tüpü, X-ray jeneratörü ve kontrol konsoludur.

3.6.2.2. Gama Işını

Gama ışınları radyoaktif izotoplardan elde edilir. Atom çekirdeği, radyoaktif bozunma yaşadıktan sonra kararsız duruma geçer. Çekirdekteki kararsız durum, atomların (proton, nötron) elektrostatik çekme ve itme kuvvetlerindeki değişimlerden kaynaklanır. Atom çekirdeği de kararlı hâle gelmek için yüksek enerjisinden kurtularak ışınım yapar.

3.6.3. Radyografik Kontrolün Tarama Şekline Göre Sınıflandırılması

a. Film Radyografisi

En çok bilinen radyografik muayene yöntemlerinden biridir. Bu yöntemde kullanılan filmin içerisinde gümüş bromür malzemesi bulunur. Radyoaktif ışın demetleri film üzerine düştüğü zaman, emilen enerji miktarlarına bağlı olarak gümüş bromür siyah ve gümüş renklerini alır. Sonrasında film karanlık odada banyo edilir. Film, güneş ışığındaki radyasyondan etkileneceği için karanlık odada veya ışık geçirmeyen bir ekipman içerisinde gözlenir.

b. Dijital Radyografi

Bu radyografi türünde görüntü dijital ekranlara yansıtılarak incelenir. Film kullanılmaz. Görüntüler dijital olarak saklanabildiği için film radyografisinde olduğu gibi zamanla bozulma ihtimali yoktur.

Dijital radyografinin çeşitleri şunlardır:

- **Bilgisayarlı radyografi:** İçeriğinde fosfor bulunan paneller kullanılır. Radyoaktif ışın demetleri paneldeki fosforu etkileyerek dijital görüntüleme imkânı verir.
- **Gerçek zamanlı radyografi:** Görüntüleme işlemi anlık olarak sağlanır. Parçaların hareket hâlindeyken dahi görüntülenme imkânı vardır. Test parçasının farklı açılardan incelenmesi konusunda oldukça pratiktir. Gerçek zamanlı radyografinin doğrudan radyografi ve 3D radyografi (tomografi) olmak üzere iki çeşidi vardır. Tomografi görüntüyü üç boyutlu olarak gösterim imkânı sağlar.

3.6.4. Radyografik Kontrolün Avantajları ve Dezavantajları

Avantajları:

- Metal ve metal olmayan tüm malzemeler için kullanılabilir.
- Malzeme yüzeyi ve yüzey içerisindeki süreksizlikleri tespit edebilir.
- Her türlü süreksizlik tipini tespit edebilir.
- Çeşitli geometrilerdeki test parçasını muayene edebilir.
- Hassas bir test malzemesi temizliği gerektirmez.
- Malzeme hareket hâlindeyken dahi test edilebilir.

Dezavantajları:

- İnsan sağlığı açısından oldukça tehlikeli olduğu için çok dikkatli kullanım gerektirir.
- Kontrolörün ciddi bir eğitim sürecinden geçmesi gerekir.
- Kullanılan ekipmanlar pahalıdır.
- Süreksizliğin derinlik mesafesi hesaplanamaz. (Hesaplanabilmesi için farklı açılardan test yapılmalıdır.)

UYGULAMA 3.26

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=20417

ÖĞRENME BİRİMİ	Tahribatsız Muayene
UYGULAMA ADI	Radyografik Kontrol Filminin Gözle Değerlendirilmesi

AMAÇ

Malzeme üzerindeki süreksizlikleri radyografik kontrol ile tespit etmek

ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

- Atölye kurallarına uyunuz.
- İş elbisesi, koruyucu gözlük, maske ve eldiven kullanınız.
- Elektrik çarpmalarına karşı gerekli güvenlik önlemlerini alınız.
- İş güvenliğine yönelik tabela ve işaretlere uyunuz.
- Gürültülü ortamlarda kulaklık veya kulak tıkacı gibi koruyucu ekipmanlar kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı gibi tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer tüm iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.
- Radyasyon kaynağına olan mesafenize dikkat ediniz.
- Radyografik uygulamalarda uzun süreli çalışmalar yapmaktan kaçınınız.
- Çalışma ortamında mutlaka çalışır durumda radyasyon ölçer cihaz bulundurunuz.
- Kişiye özel dozimetre ekipmanını kullanınız.

UYGULAMA DETAYLARI

- Radyografik kontrol yöntemi ile çekilmiş bir uçak parçasının filmini hazırlayınız.
- Çekilmiş olan filmi radyografik kontrol film görüntüleme cihazı üzerine yerleştiriniz.
- Cihazın lambasını yakarak film üzerinde görülen süreksizlikleri inceleyiniz.

SONUÇ (Uygulama sonucunda öğrendiklerinizi yazınız.)

UYGULAMAYA İLİŞKİN DEĞERLENDİRMELER

İŞLEM	**PUAN**	**ALINAN PUAN**
İş Güvenliği	10	
Temizlik / Düzen	10	
Bilgi	30	
Beceri	40	
Süre Kullanımı	10	
Toplam	100	

ÖĞRENCİNİN		**ÖĞRETMENİN**		**ALINAN NOT**	
ADI SOYADI		ADI SOYADI			
NUMARASI		İMZASI		TARİH	…../…../20

UYGULAMA 3.27

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=20422

ÖĞRENME BİRİMİ	Tahribatsız Muayene
UYGULAMA ADI	Kaynaklı Parçalarda Kaynak Bölgesinin Süreksizlik Kontrolü

AMAÇ

Radyografik muayene yöntemi ile hasar tespitini yapmak

ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

- Atölye kurallarına uyunuz.
- İş elbisesi, koruyucu gözlük, maske ve eldiven kullanınız.
- Elektrik çarpmalarına karşı gerekli güvenlik önlemlerini alınız.
- İş güvenliğine yönelik tabela ve işaretlere uyunuz.
- Gürültülü ortamlarda kulaklık veya kulak tıkacı gibi koruyucu ekipmanlar kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı gibi tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer tüm iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.
- Radyasyon kaynağına olan mesafenize dikkat ediniz.
- Radyografik uygulamalarda uzun süreli çalışmalar yapmaktan kaçınınız.
- Çalışma ortamında mutlaka çalışır durumda radyasyon ölçer cihaz bulundurunuz.
- Kişiye özel dozimetre ekipmanını kullanınız.

UYGULAMA DETAYLARI

- Uygulamada kullanılan elemanlar: Radyografi cihazı, radyasyon kaynağı (X-ray tüpü vb.), radyografi filmi (alıcı) ya da dijital görüntüleme ekranı, radyasyon ölçer cihaz, dozimetre.
- Kaynak ile birleştirilmesi yapılmış parçaya yöntemi uygulayınız.
- Malzemenin cinsine ve kalınlığına göre uygun değerleri cihaz üzerinden ayarlayınız.

SONUÇ (Uygulama sonucunda öğrendiklerinizi yazınız.)

UYGULAMAYA İLİŞKİN DEĞERLENDİRMELER

İŞLEM	**PUAN**	**ALINAN PUAN**
İş Güvenliği	10	
Temizlik / Düzen	10	
Bilgi	30	
Beceri	40	
Süre Kullanımı	10	
Toplam	100	

ÖĞRENCİNİN		**ÖĞRETMENİN**		**ALINAN NOT**	
ADI SOYADI		ADI SOYADI			
NUMARASI		İMZASI		TARİH	...../...../20

UYGULAMA 3.28

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=20427

ÖĞRENME BİRİMİ	Tahribatsız Muayene
UYGULAMA ADI	Yakıt Tankında Süreksizlik Kontrolü

AMAÇ

Radyografik muayene yöntemi ile hasar veya korozyon tespitini yapmak

ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

- Atölye kurallarına uyunuz.
- İş elbisesi, koruyucu gözlük, maske ve eldiven kullanınız.
- Elektrik çarpmalarına karşı gerekli güvenlik önlemlerini alınız.
- İş güvenliğine yönelik tabela ve işaretlere uyunuz.
- Gürültülü ortamlarda kulaklık veya kulak tıkacı gibi koruyucu ekipmanlar kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı gibi tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer tüm iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.
- Radyasyon kaynağına olan mesafenize dikkat ediniz.
- Radyografik uygulamalarda uzun süreli çalışmalar yapmaktan kaçınınız.
- Çalışma ortamında mutlaka çalışır durumda radyasyon ölçer cihaz bulundurunuz.
- Kişiye özel dozimetre ekipmanını kullanınız.

UYGULAMA DETAYLARI

- Uygulamada kullanılan elemanlar: Radyografi cihazı, radyasyon kaynağı (X-ray tüpü vb.), radyografi filmi (alıcı) ya da dijital görüntüleme ekranı, radyasyon ölçer cihaz, dozimetre.
- Yöntemi, yakıt tankında oluşan hasar ve kimyasal korozyon hatalarının tespiti için uygulayınız.
- Malzemenin cinsine ve kalınlığına göre uygun değerleri cihaz üzerinden ayarlayınız.

SONUÇ (Uygulama sonucunda öğrendiklerinizi yazınız.)

UYGULAMAYA İLİŞKİN DEĞERLENDİRMELER

İŞLEM	PUAN	ALINAN PUAN
İş Güvenliği	10	
Temizlik / Düzen	10	
Bilgi	30	
Beceri	40	
Süre Kullanımı	10	
Toplam	100	

ÖĞRENCİNİN		ÖĞRETMENİN		ALINAN NOT	
ADI SOYADI		ADI SOYADI			
NUMARASI		İMZASI		TARİH	...../...../20

UYGULAMA 3.29

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=20432

ÖĞRENME BİRİMİ	Tahribatsız Muayene
UYGULAMA ADI	Motor Şaftında Süreksizlik Kontrolü

AMAÇ

Radyografik muayene yöntemi ile hasar tespitini yapmak

ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

- Atölye kurallarına uyunuz.
- İş elbisesi, koruyucu gözlük, maske ve eldiven kullanınız.
- Elektrik çarpmalarına karşı gerekli güvenlik önlemlerini alınız.
- İş güvenliğine yönelik tabela ve işaretlere uyunuz.
- Gürültülü ortamlarda kulaklık veya kulak tıkacı gibi koruyucu ekipmanlar kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı gibi tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer tüm iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.
- Radyasyon kaynağına olan mesafenize dikkat ediniz.
- Radyografik uygulamalarda uzun süreli çalışmalar yapmaktan kaçınınız.
- Çalışma ortamında mutlaka çalışır durumda radyasyon ölçer cihaz bulundurunuz.
- Kişiye özel dozimetre ekipmanını kullanınız.

UYGULAMA DETAYLARI

- Uygulamada kullanılan elemanlar: Radyografi cihazı, radyasyon kaynağı (X-ray tüpü vb.), radyografi filmi (alıcı) ya da dijital görüntüleme ekranı, radyasyon ölçer cihaz, dozimetre.
- Motor şaftını test için hazırlayınız.
- Malzemenin cinsine ve kalınlığına göre uygun değerleri cihaz üzerinden ayarlayınız.

SONUÇ (Uygulama sonucunda öğrendiklerinizi yazınız.)

UYGULAMAYA İLİŞKİN DEĞERLENDİRMELER

İŞLEM	**PUAN**	**ALINAN PUAN**
İş Güvenliği	10	
Temizlik / Düzen	10	
Bilgi	30	
Beceri	40	
Süre Kullanımı	10	
Toplam	100	

ÖĞRENCİNİN		**ÖĞRETMENİN**		**ALINAN NOT**	
ADI SOYADI		ADI SOYADI			
NUMARASI		İMZASI		TARİH	...../...../20

UYGULAMA 3.30

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=20438

ÖĞRENME BİRİMİ	Tahribatsız Muayene
UYGULAMA ADI	Türbin Diskinde Süreksizlik Kontrolü

AMAÇ

Radyografik muayene yöntemi ile hasar tespitini yapmak

ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

- Atölye kurallarına uyunuz.
- İş elbisesi, koruyucu gözlük, maske ve eldiven kullanınız.
- Elektrik çarpmalarına karşı gerekli güvenlik önlemlerini alınız.
- İş güvenliğine yönelik tabela ve işaretlere uyunuz.
- Gürültülü ortamlarda kulaklık veya kulak tıkacı gibi koruyucu ekipmanlar kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı gibi tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer tüm iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.
- Radyasyon kaynağına olan mesafenize dikkat ediniz.
- Radyografik uygulamalarda uzun süreli çalışmalar yapmaktan kaçınınız.
- Çalışma ortamında mutlaka çalışır durumda radyasyon ölçer cihaz bulundurunuz.
- Kişiye özel dozimetre ekipmanını kullanınız.

UYGULAMA DETAYLARI

- Uygulamada kullanılan elemanlar: Radyografi cihazı, radyasyon kaynağı (X-ray tüpü vb.), radyografi filmi (alıcı) ya da dijital görüntüleme ekranı, radyasyon ölçer cihaz, dozimetre.
- Türbin diskini ve cihazı test için hazırlayınız.
- Malzemenin cinsine ve kalınlığına göre uygun değerleri cihaz üzerinden ayarlayınız.

SONUÇ (Uygulama sonucunda öğrendiklerinizi yazınız.)

UYGULAMAYA İLİŞKİN DEĞERLENDİRMELER

İŞLEM	**PUAN**	**ALINAN PUAN**
İş Güvenliği	10	
Temizlik / Düzen	10	
Bilgi	30	
Beceri	40	
Süre Kullanımı	10	
Toplam	100	

ÖĞRENCİNİN		**ÖĞRETMENİN**		**ALINAN NOT**	
ADI SOYADI		ADI SOYADI			
NUMARASI		İMZASI		TARİH	...../...../20

1. Tahribatsız muayene yönteminde, test edilecek parçaya giriciliği ve hata tespitinin kabiliyetini sağlayan parametre aşağıdakilerden hangisinde ifade edilmiştir?

A) Algılayıcı eleman
B) Görsel eleman
C) Nüfuziyet
D) Süreksizlik
E) Test numunesi

2. Aşağıdakilerden hangisi süreksizlik türlerinden biri değildir?

A) Burkulma
B) Cüruf
C) Korozyon
D) Parlama
E) Pullanma

3. Penetrant ile muayene yönteminde süreksizliğin içerisinde kalan penetrantın emilimini sağlayan eleman aşağıdakilerden hangisidir?

A) Developer
B) Floresan
C) Cleaner
D) Test cihazı
E) Ultraviyole ışık

4. Aşağıdakilerden hangisi penetrant muayene yönteminin avantajlarından biri değildir?

A) Karmaşık yapılı malzemelerin testine uygundur.
B) Pürüzlü veya gözenekli yüzeyleri test edebilir.
C) Tüm malzeme çeşitlerine uygulanabilir.
D) Ucuzdur.
E) Uygulaması basittir.

5. Manyetik parçacık muayene yöntemi aşağıdaki malzeme türlerinden hangisindeki süreksizlikleri tespit edemez?

A) Alüminyum
B) Çelik
C) Demir
D) Kobalt
E) Nikel

6. Aşağıdakilerden hangisi manyetizasyon tekniklerinden biri değildir?

A) Boyuna manyetizasyon
B) Bobin ile manyetizasyon
C) Dairesel manyetizasyo
D) Prod manyetizasyonu
E) Enine manyetizasyon

7. Aşağıdakilerden hangisi Eddy Current muayene yönteminde kullanılan ekipmanlardan biri değildir?

A) Analog ölçüm cihazı
B) Bobin
C) Penetrant
D) Prob
E) Referans

8. Aşağıdakilerden hangisi Eddy akımını etkileyen malzeme özelliklerinden biri değildir?

A) Dolgu faktörü
B) Elektriksel iletkenlik
C) Frekans değeri
D) Referans standartları
E) Geometri

9. Aşağıdakilerden hangisinde ultrasonik ses seviyesinin miktarı doğru verilmiştir?

A) 8.000 hz/s
B) 10.000 hz/s
C) 15.000 hz/s
D) 18.000 hz/s
E) 22.000 hz/s

10.

I. Doğrudan radyografi
II. Gerçek zamanlı radyografi
III. Dijital radyografi
IV. Film radyografisi

Yukarıdaki maddelerden hangileri radyografik muayene tekniklerinden değildir?

A) Dolgu faktörü
B) Elektriksel iletkenlik
C) Frekans değeri
D) Referans standartları
E) Geometri

4 SÖKÜLEBİLİR BAĞLANTILAR



4.1. UÇAK VİDALARI

4.2. CIVATA VE SOMUNLAR

4.3. KİLİTLEME TERTİBATLARI

4.1. UÇAK VİDALARI

Amaç: Ulusal ve uluslararası mevzuatlara göre uçak vidalarını sökerek kontrol etmek

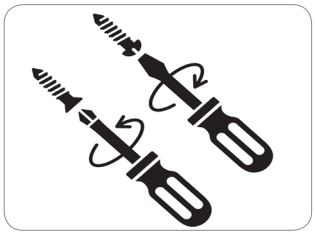
Araştırma: Uçakta kullanılan vidaları, öğretmeniniz rehberliğinde araştırınız.

4.1.1. Vida Tanımı

Silindirik veya konik bir milin dış yüzeyinin üzerine açılan eşit helisel kanalların oluşturduğu profile **vida** denir.

4.1.2. Vidanın Yönü

Helisin sarılma yönüne göre sağa doğru yükselen helisler sağ vidayı, sola doğru yükselen helisler ise sol vidayı oluşturur (Görsel 4.1).

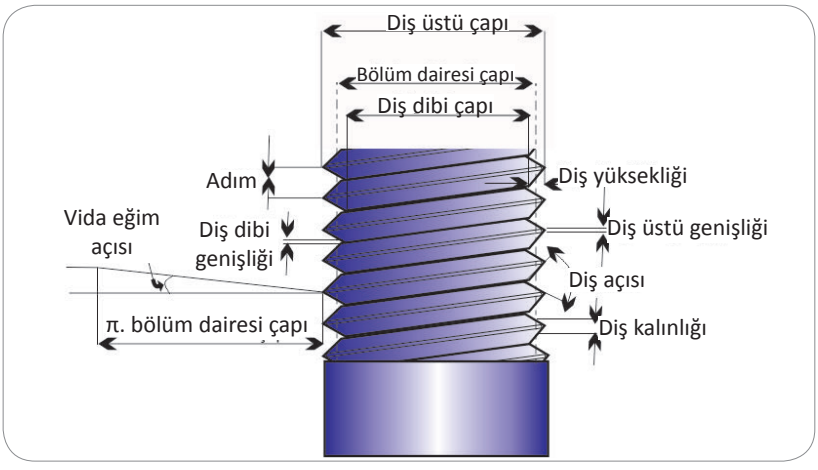


Görsel 4.1: Sağ ve sol vida

4.1.3. Vidanın Kısımları ve Çeşitleri

4.1.3.1. Vidanın Elemanları

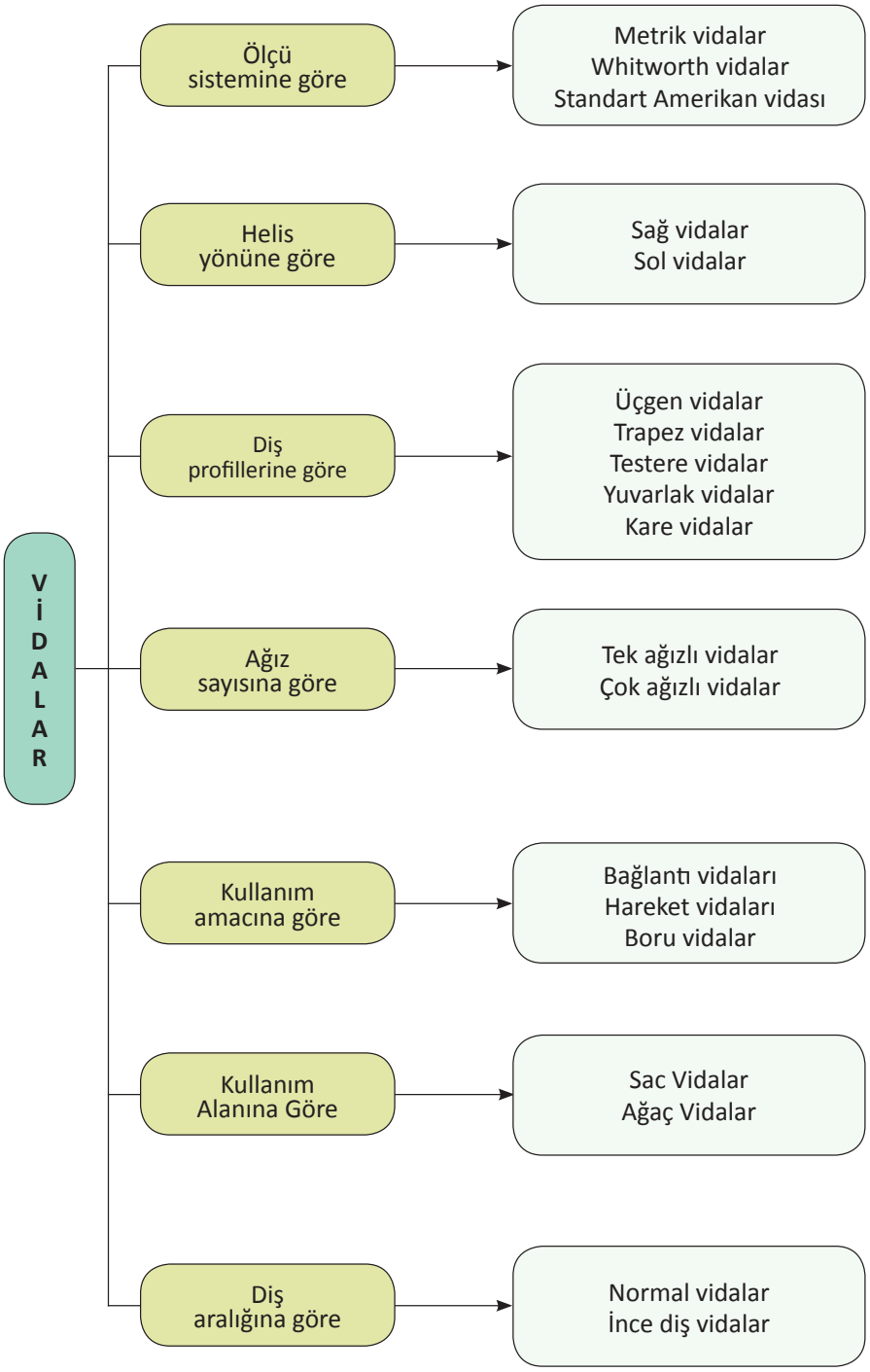
- **Vida adımı:** Vidanın bir tam dönüşünde aldığı yolun uzunluğuna **vida adımı** denir.
- **Vida ağzı:** Vidanın başlangıç kısmına **vida ağzı** denir. Bir, iki ya da çok ağızlı vidalar ihtiyaca göre üretilebilmektedir.
- **Diş üstü çapı (anma çapı):** Vida açılmış milin çapına denir.
- **Diş dibi çapı:** Vidanın diş dipleri arasındaki ölçülen mesafedir.
- **Bölüm dairesi çapı:** Diş üstü çapı ile diş dibi çapı arasında kalan hayalî çaptır.
- **Diş yüksekliği:** Diş dibi ile diş tepesi eksenine dik gelen uzaklıktır.
  [(Diş üstü çapı-Diş dibi çapı)/2]
- **Diş açısı (profil açısı):** Dişler arasında kalan açıdır (Görsel 4.2).



Görsel 4.2: Vidanın elemanları

4.1.3.2. Vida Çeşitleri

Vidalar; ölçü sistemlerine, diş profillerine, kullanım amaçlarına, diş aralıklarına, helis yönlerine, ağız sayılarına ve kullanım alanlarına göre sınıflandırılır (Görsel 4.3).



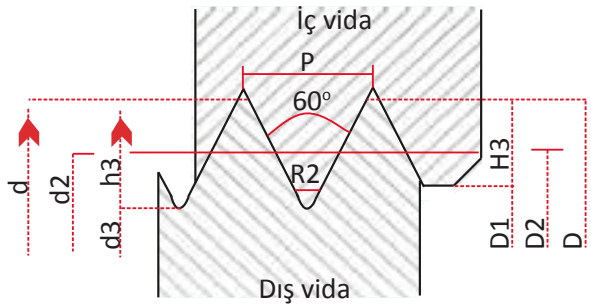
Görsel 4.3: Vida çeşitleri

- **Ölçü Sistemine Göre Vida Çeşitleri**
  Metrik vidalar, Whitworth vidalar ve standart Amerikan vidaları olmak üzere üç alt gruba ayrılır.

a. Metrik vidalar: Bütün ölçüler milimetre cinsinden ve M ile gösterilir. Diş çapı 60°dir.
Örnek; Metrik 8 (M8) olarak gösterilir ve anma çapı 8 mm demektir.
Tablo 4.1'de Metrik ISO standart vida diş ölçüleri görülmektedir.

Tablo 4.1: Metrik Vida Standartı

d=D	P	d2=D2	d3	D1	h3	H1	R	Matkap Ø dm
M1	0,25	0,638	0,693	0,729	0,153	0,135	0,036	0,75
M2	0,40	1,740	1,509	1,567	0,245	0,217	0,058	1,60
M3	0,50	2,675	2,387	2,459	0,307	0,271	0,072	2,50
M4	0,70	3,545	3,141	3,242	0,429	0,379	0,101	3,30
M5	0,80	4,480	4,019	4,134	0,491	0,433	0,115	4,20
M6	1,00	5,350	4,773	4,917	0,613	0,541	0,114	5,00
M8	1,25	7,188	6,466	6,647	0,767	0,677	0,180	6,80
M10	1,50	9,026	8,160	8,376	0,920	0,812	0,217	8,50
M12	1,75	10,846	9,853	10,106	1,074	0,947	0,253	10,20
M14	2,00	12,701	11,546	11,835	1,227	1,083	0,289	12,00
M16	2,00	14,701	13,546	13,835	1,227	1,083	0,289	14,00
M18	2,50	16,376	14,933	15,294	1,534	1,353	0,361	15,50
M20	2,50	18,376	16,933	17,294	1,534	1,353	0,361	17,50
M22	2,50	20,376	18,933	19,294	1,534	1,353	0,361	19,50
M24	3,00	22,051	20,319	20,752	1,840	1,624	0,433	21,00
M27	3,00	25,051	23,319	23,752	1,840	1,624	0,433	24,00
M30	3,50	27,727	25,706	26,211	2,147	1,894	0,505	26,50
M36	4,00	33,402	31,093	31,670	2,454	2,185	0,577	32,00
M39	4,00	36,402	34,093	34,670	2,454	2,165	0,577	35,00
M42	4,50	39,077	36,479	37,129	2,760	2,436	0,650	37,50

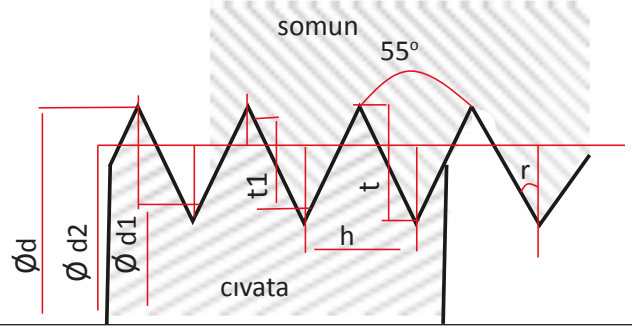


Anma ölçüsü : Ø=D
Adım : P
Diş yüksekliği : Dış Vida h3=0,6134.P
İç Vida H1=0,5413.P
Bölüm çapı : d2=D2=d-0,8495.P
Diş dibi çapı : Dış Vida d3=d-1,2269.P
İç Vida D1=d-1,0825.P
Yuvarlak : R=0,1443.P
Matkap deliği : dm= Ø-P

b. Whitworth vidalar: Ölçü birimi inç olup diş açısı 55°dir.
Örnek; W ½ " ya da yalnız ½ " vida olarak gösterilir. 1" = 25,4 mm'dir.
Tablo 4.2'de Whitworth vida standardı diş ölçüleri görülmektedir.

Tablo 4.2: Whitworth Vida Standardı

Anma çapı	Cıvata ve somun					Vida yarıçapı d_2	Vida adımı h	Parmakta vida sayısı Z
	Vida çapı D	Vida dibi çapı D_1	Vida dibi kesiti	Vida derinliği t_1	Vida yuvarlaklığı r			
Parmak	mm	mm	cm^2	mm	mm	mm	mm	
1/4	6,3	4,7	0,17	0,813	0,174	5,5	1,27	20
5/16	7,9	6,1	0,29	0,904	0,194	7	1,41	18
3/8	9,5	7,4	0,44	1,017	0,218	8,5	1,58	16
7/16	11,1	8,7	0,60	1,162	0,249	9,9	1,81	14
1/2	12,7	9,9	0,78	1,355	0,291	11,3	2,11	12
5/8	15,8	12,9	1,31	1,479	0,317	14,3	2,30	11
3/4	19,0	15,7	1,96	1,627	0,349	17,4	2,54	10
7/8	22,2	18,6	2,72	1,807	0,388	20,4	2,82	9
1	25,4	21,3	3,57	2,033	0,436	23,3	3,17	8
1 1/8	28,5	23,9	4,49	2,324	0,498	26,2	3,62	7
1 1/4	31,7	27,1	5,77	2,324	0,498	29,4	3,62	7
1 3/8	34,9	29,5	6,83	2,711	0,581	32,2	4,23	6
1 1/2	38,1	32,6	8,38	2,711	0,581	35,3	4,23	6
1 5/8	41,2	34,7	9,49	3,253	0,698	38,0	5,08	5
1 3/4	44,4	37,9	11,31	3,253	0,698	41,1	5,08	5
1 7/8	47,6	40,3	12,81	3,614	0,775	44,0	5,64	4 1/2
2	50,8	43,5	14,91	3,614	0,775	47,1	5,64	4 1/2
2 1/4	57,1	49,0	18,87	4,066	0,872	53,0	6,35	4
2 1/2	63,5	55,3	24,07	4,066	0,872	59,4	6,35	4
2 3/4	69,8	60,5	28,80	4,047	0,997	65,2	7,25	3 1/2
3	76,2	66,9	35,16	4,647	0,997	71,5	7,25	3 1/2
3 1/4	82,5	72,5	41,33	5,005	1,073	77,5	7,81	3 1/4
3 1/2	88,9	78,8	48,88	5,005	1,073	83,8	7,81	3 1/4
3 3/4	95,2	84,4	55,95	5,422	1,163	89,8	8,46	3

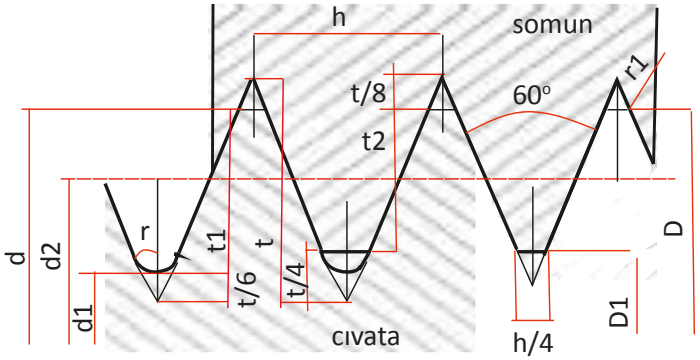


h= 25,4/z
t= 0,9649.h
t1= 0,64033.h

c. Standart Amerikan vidası: Ölçü birimi inç olup diş açısı 60°dir.
NC (Coars Thread Series) kaba seri: Yumuşak malzemelerin montajında kullanılır.
NF (Fine Thread Series) ince seri: Uçak ve motor imalatında kullanılır.
NEF (Extra Fine Thread Series) çok ince seri: Et kalınlığı ince olan malzemelerin montajında kullanılır.
Tablo 4.3'te Amerikan vida standardı diş ölçüleri görülmektedir.

Tablo 4.3: Amerikan Vida Standardı

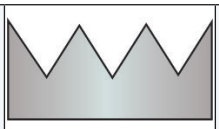
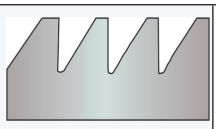
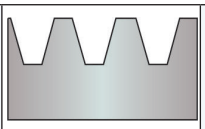
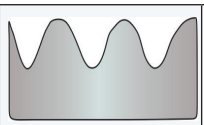
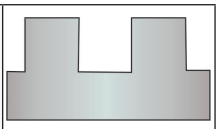
Kaba Vida UNC (NC)							İnce Vida UNF (NF)						
Anma ölçüsü (in)	Adım h	Diş üstü çapı d=D		Bölüm dairesi Çapı d2	Diş dibi çapı		Anma ölçüsü (in)	Adım h	Diş üstü çapı d=D		Bölüm dairesi Çapı d2	Diş dibi çapı	
		in	mm		D1	d1			in	mm		D1	d1
							0 - 80 NF	0.317	0.060	1,524	1,318	1,181	1,135
1 - 64 NC	0.397	0.073	1.854	1,596	1,425	1,366	1 - 72 NF	0.353	0.073	1,854	1,625	1,473	1,422
2 - 56 NC	0.453	0.086	2.184	1,889	1,694	1,629	2 - 64 NF	0.397	0.086	2,184	1,926	1,755	1,697
3 - 48 NC	0.529	0.099	2.515	2,171	1,941	1,865	3 - 56 NF	0,453	0.099	2,515	2,220	2,024	1,958
4 - 40 NC	0.635	0.112	2.845	2,433	2,157	2,065	4 - 48 NF	0,529	0.112	2,845	2,501	2,271	2,195
5 - 40 NC	0.635	0.125	3.175	2,763	2,487	2,395	5 - 44 NF	0,577	0.125	3,175	2,800	2,550	2,466
6 - 32 NC	0.794	0.138	3.505	2,989	2,647	2,533	6 - 40 NF	0,635	0.138	3,505	3,093	2,817	2,725
8 - 32 NC	0.794	0.164	4.166	3,650	3,307	3,193	8 - 36 NF	0,705	0.164	4,166	3,708	3,401	3,299
10 - 24 NC	1.058	0.190	4.826	4,138	3,680	3,528	10 - 32 NF	0,794	0.190	4,826	4,310	3,968	3,853
12 - 24 NC	1.058	0.216	5.486	4,798	4,341	4,189	12 - 28 NF	0,907	0.216	5,486	4,897	4,503	4,374
1/4" - 20 UNC	1.270	0.250	6.350	5,524	4,976	4,793	1/4" - 28 UNF	0,907	0.250	6,350	5,761	5,367	5,237
5/16" - 18 UNC	1.411	0.313	7.938	7,021	6,411	6,205	5/16" - 24 UNF	1,058	0.313	7,938	7,249	6,762	6,640
3/8" - 16 UNC	1.587	0.375	9.525	8,494	7,805	7,577	3/8" - 24 UNF	1,058	0.375	9,525	8,837	8,379	8,227
7/16" - 14 UNC	1.814	0.438	11.112	9,934	9,149	8,887	7/16" - 20 UNF	1,270	0.438	11,112	10,287	9,738	9,555
1/2" - 13 UNC	1.954	0.500	12.700	11,431	10,580	10,302	1/2" - 20 UNF	1,270	0,500	12,700	11,874	11,326	11,143
9/16" - 12 UNC	2.117	0.563	14.288	12,913	11,996	11,692	9/16" - 18 UNF	1,411	0,563	14,288	13,371	12,761	12,555
5/8" - 11 UNC	2.309	0.625	15.875	14,376	13,376	13,043	5/8" - 18 UNF	1,411	0,625	15,875	14,958	14,348	14,143
3/4" - 10 UNC	2.540	0.750	19.050	17,399	16,299	15,933	3/4" - 16 UNF	1,587	0,750	19,050	18,019	17,330	17,102
7/8" - 9 UNC	2.822	0.875	22.225	20,391	19,169	18,763	7/8" - 14 UNF	1,814	0,875	22,225	21,046	20,262	20,000
1" - 8 UNC	3.175	1.000	25.400	23,338	21,963	21,504	1" - 12 UNF	2,117	1,000	25,400	24,026	23,109	22,804
1 1/8" - 7 UNC	3.628	1.125	28.575	26,218	24,648	24,122	1 1/8" - 12 UNF	2,117	1,125	28,575	27,201	26,284	25,979
1 1/4" - 7 UNC	3.628	1.250	31.750	29,393	27,823	27,297	1 1/4" - 12 UNF	2,117	1,250	31,750	30,376	29,459	29,154
1 3/8" - 6 UNC	4.233	1.375	34.925	32,174	30,343	29,731	1 3/8" - 12 UNF	2,117	1,375	34,925	33,551	32,634	32,329
1 1/2" - 6 UNC	4.233	1.500	38.100	35,349	33,518	32,906	1 1/2" - 12 UNF	2,117	1,500	38,100	36,726	35,809	35,504



h= 25,4/Z
t= 0,8660.h
t1= 0,13434.h
t2= 0,541266.h
d1= d - 1,226868.h
D1= d - 1,082532.h
d2= d - 0,649519.h

- **Diş Profillerine Göre Vida Çeşitleri**
  Vidalar, profillerine yani diş biçimlerine göre üçgen vidalar, testere vidalar, trapez vidalar, daire (yuvarlak) vidalar ve kare vidalar olmak üzere beş alt gruba ayrılır. Profillerine göre vida çeşitleri ve özellikleri Tablo 4.4'te gösterilmektedir.

Tablo 4.4: Vida Profilleri Tablosu

Şekil					
İsmi	**Üçgen**	**Testere**	**Trapez**	**Daire**	**Kare**
Sembolü	M	Te	Tr	Yv	Kr
Tepe açısı	Metrik 60° Whitworth 55°	33°	30°	30°	----
Görevi	Çok sık kullanılan bağlantı vidasıdır.	Yüksek basınçlı ve titreşimli yerlerde kullanılan tespit ve devinim vidasıdır.	Hareket iletim amacıyla kullanılan vida tipidir.	Neme ve aşırı yüklere dayanıklı hareket vidasıdır.	Yüksek verim ve düşük sürtünmeden dolayı yüksek güç taşıyan uygulamalarda kullanılır.
Kullanıldığı yer	Genel imalat montajı	Vinç, kriko vb.	Ana millerde, sonsuz vidalarda vb.	Su vanası, hortum irtibat rekorları vb.	Tezgahların ana millerinde, preslerde vb.

4.1.4. Vida Dişlerinin Ölçülmesi (Diş Taraklarının Kullanımı)

Diş tarağı vidaların kontrolü için kullanılır. Uçak bakım alanından örnek vermek gerekirse uçak parçalarından sökülen vidaların tekrar kullanılması için kategorize edilmesi gerekir. Bu yüzden okunamayan vidaların sınıflandırılmasında kullanılır (Görsel 4.4).

Metrik vidalar için metrik tarak, whitworth vidalar için whitworth tarak kullanılır. Metrik vidalar için olan tarakların yaprağında vidanın adımı yazar. Whitworth taraklar ise vida diş sayısı ya da bazı tiplerinde ek olarak vida çapını da gösterir.



Görsel 4.4: Vida tarağı

UYGULAMA 4.1

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=20453

ÖĞRENME BİRİMİ	Sökülebilir Bağlantılar
UYGULAMA ADI	Vidaların Standartlarına ve Özelliklerine Uygun Sökülmesi ve Kontrolü

AMAÇ

Uçak vidalarını standartları ve özelliklerine uygun sökmek, takmak ve kontrol etmek

ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

- Atölye kurallarına uyunuz.
- İş elbisesi ve eldiven kullanınız.
- İş güvenliğine yönelik tabela ve işaretlere uyunuz.
- Kesici, delici, yanıcı gibi tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer tüm iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Sınıf içi gruplar oluşturunuz (Grup içi görevleri dağıtırken adil bir şekilde paylaştırınız).
- Uçak komponentlerindeki vidaları sökünüz.
- Sökülen vidaların söküm sırasını not alınız.
- Vidaları, vida tarağı kullanarak tekrar sınıflandırınız.
- Sınıflandırılan vidaların kullanılabilir olanlarını tekrar yerine takınız.
- Tekrar kullanıma uygun olmayanları yenisiyle değiştiriniz.

SONUÇ (Uygulama sonucunda öğrendiklerinizi yazınız.)

UYGULAMAYA İLİŞKİN DEĞERLENDİRMELER

İŞLEM	**PUAN**	**ALINAN PUAN**
İş Güvenliği	10	
Temizlik / Düzen	10	
Bilgi	30	
Beceri	40	
Süre Kullanımı	10	
Toplam	100	

ÖĞRENCİNİN		**ÖĞRETMENİN**		**ALINAN NOT**	
ADI SOYADI		ADI SOYADI			
NUMARASI		İMZASI		TARİH	...../...../20

4.2. CIVATA VE SOMUNLAR

Amaç: Ulusal ve uluslararası mevzuatlara göre uçakta kullanılan cıvata ve somunları, bakım talimatlarında belirtildiği şekilde söküp takabilmek

Araştırma: Cıvata ve somun çeşitlerini ve onları söküp takabilecek takım aletlerini öğretmeninizin rehberliğinde araştırınız.

4.2.1. Cıvata Tipleri, Uçak Cıvatalarının Özellikleri, Tanımı, İşaretleri ve Uluslararası Standartları

4.2.1.1. Cıvata

Bir somun yardımıyla montajlanacak parçaların birleşmesini sağlayan mil kısmında diş açılmış bağlantı elemanıdır (Görsel 4.5).



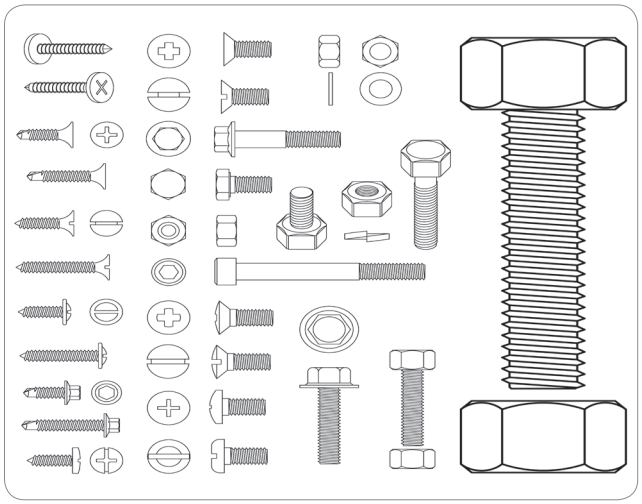
Görsel 4.5: Cıvata

4.2.1.2. Uçak Cıvatalarının Özellikleri, İşaretleri ve Uluslararası Standartları

Uçak cıvataları büyük gerilim yükleri altında çalışan parçaları birleştirmek amacıyla kullanılır. Genellikle kadmiyum ve çinko kaplamalı nikelli çelik, bronz ve alüminyum alaşımlı malzemelerden üretilir.

Uçak cıvataları iki sınıfa ayrılır:

- **NAS (National Aircraft Standart):** Uluslararası uçak standardıdır. Toleranslı çalışılan yerlere sıkı geçme olarak takılır.
- **AN (Air Force-Navy):** Hava Deniz Kuvvetleri standardıdır. Genel amaçlar için kullanılan cıvatalar, kolayca yerine takılır (Görsel 4.6).



Görsel 4.6: Çeşitli cıvata ve vida tipleri

AN standartı cıvata çeşitleri şunlardır;

- **Altı köşe başlı cıvatalar:** AN3'ten AN 20'ye kadardır. Genel amaçlar için kullanılır. Paslanmaz çelik ve alüminyum alaşımı gibi malzemelerden yapılan altı köşe başlı cıvatalar için aşağıdaki gibi harf kodları kullanılır.
- **Gözlü cıvatalar(Eyebold):** Kablo ve tandör bağlantılarında kullanılır.
- **Çatal (Clevis) cıvatalar:** Çatal cıvata ve piminden oluşur. Kesme kuvvetlerine maruz kalınan yerlerde kullanılır.
- **Jobold (Kobold) cıvatalar:** Emniyet teli için baş kısmında delik olan cıvata türüdür. Uçak üzerinde iniş takımları, kanat, yakıt bölmesi ve ana gövde bağlantıları gibi yerlerde kullanılır.

4.2.1.3. Uçak Cıvatalarının Standart Gösterilişleri

AN 4 - 12 :
AN: Hava Deniz Kuvvetleri standardı
4: Cıvata diş üstü çapı 4 x 1/16" = 4/16"
12: Cıvata uzunluğunda tireden sonraki ilk rakam inç miktarını ikinci rakam kaç adet 1/8'' olduğunu gösterir. Cıvata uzunluğu = 1 ¼''
Delinmiş bacak-normal kodlama: AN24-15

Delinmemiş bacak-bir tire No.dan sonra eklenen bir A: AN24-15A

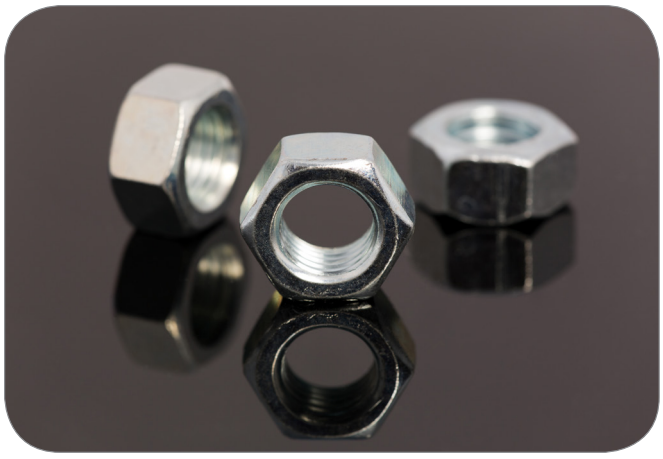
Delinmiş baş sadece - tire numarasından sonra bir H eklenir ve onunla değiştirilir ve tire sayısından sonra bir A eklenir: AN25H15A

Delinmiş baş ve bacak – tire sayısından önce bir H eklenir: AN25H15

Malzeme: AN sayısından sonra gelen harfler malzeme cinsini belirtir.
C – korozyon dirençli çelik AN25C15
DD – alüminyum alaşımı AN25DD15

4.2.2. Somunlar

Cıvata veya saplama ile birlikte kullanılan, ortasından vida açılmış sökülebilir bağlantı elemanına **somun** denir (Görsel 4.7).



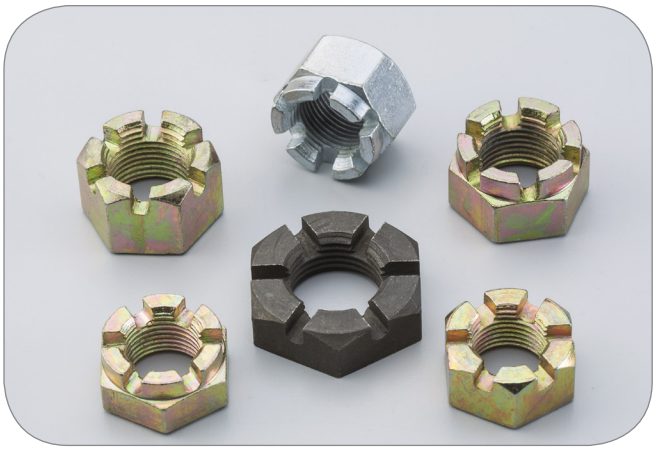
Görsel 4.7: Somun

4.2.2.1. Kendinden Emniyetli Olmayan Somunlar

Sökülmemesi için emniyet teli, kupilya, yaylı rondela gibi emniyetleme sistemleri ile emniyet altına alınır.

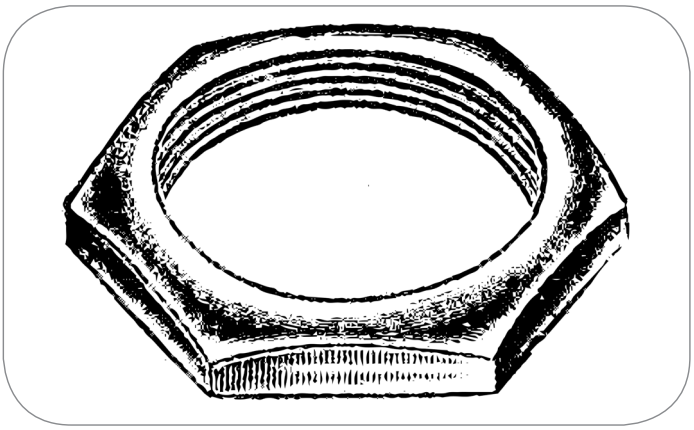
- **Altı köşe düz somunlar:** Kesme ve gerilim yükleri için uygun olup genel kullanım içindir. Rondela(pul) ya da emniyet somunu ile de kullanılabilir.

- **Mazgallı somun (taçlı somun):** Bu tip somunlar, yerine oturtulduktan sonra aralıklı kısımlarından kupilya geçirilerek emniyetlendirilir (Görsel 4.8).



Görsel 4.8: Taçlı somunlar

- **Düz kontra somun:** Normal somunun bağlandığı dönme yönünün tam tersi yönünde bağlanır. Bu bağlamda tersine dönme kuvveti ile emniyetlenmiş olur (Görsel 4.9).



Görsel 4.9: Düz kontra somun

- **Kelebek somun:** Elle sökülüp takılabilen somun tipidir (Görsel 4.10).



Görsel 4.10: Kelebek somun

4.2.2.2. Kendinden Emniyetli Somunlar

Emniyet açısından titreşim, çarpma vb. hareketlerin sebep olduğu gevşemeleri önlemek için üretilmiş somunlardır. Kullanım amacına ve yerine göre farklı tipleri mevcuttur (Görsel 4.11).



Görsel 4.11: Kendinden kilitlemeli somun

4.2.2.3. Uçak Somunlarının Standart Gösterilişi

AN 310 DD 5 28

AN : Hava Deniz Kuvvetleri standardı
310 : Somun çeşidi mazgallı somun
DD : Alüminyum alaşımı
5 : 5/16" cıvata ile kullanılır.
28 : Parmaktaki diş sayısı

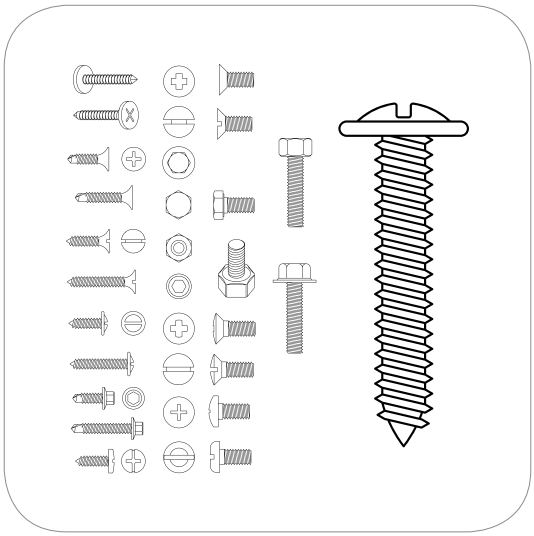
4.2.3. Makine Vidaları Uçak Spesifikasyonları

Somun kullanmadan parçaları sökülebilir şekilde birleştiren, genellikle sıkma momenti vida başına uygulanan bağlantı elemanlarına **makine vidası** denir (Görsel 4.12).

Vidaların baş biçimleri kare, altıgen, tornavida başlı gibi değişik baş biçimlerde olabilir. Cıvatalara göre boyut olarak daha küçüktür. Vidaların gövdesine boydan boya diş açılmıştır. Vida başına uygulanan döndürme kuvvetiyle parçanın içine girerek parçaları birleştirir (Görsel 4.13).



Görsel 4.12: Makine vidası



Görsel 4.13: Çeşitli makine vidaları

4.2.4. Saplamalar

Genellikle her iki ucuna vida dişi açılmış başsız birleştirme elemanlarına **saplama** denir. Sektörüne göre kullanım yeri ve amacı değişen saplama, genellikle gövde üzerindeki kör delikler için kullanılır. Saplamanın bir ucu vida deliği açılan yere takılır, diğer ucu ise somunla sıkıştırılır. Sökülüp takılması zor olduğundan diş açılmamış kısmındaki anahtar ağzından anahtarla ya da kontra somun kullanılarak sökülüp takılabilir (Görsel 4.14).



Görsel 4.14: Saplama örnekleri

4.2.5. Pimler

Pimler; merkezleme, mafsallama ve tespit için kullanılan çoğunlukla silindirik olan bağlantı elemanlarıdır. Sağlıklı bir montaj için pimlerin düzgün ve pürüzsüz olması gerekir.

4.2.6. Cıvata ve Somunların Kontrolü

Cıvata ve somunlar söküldükten sonra tekrar kullanım için kontrol edilir. Kullanıma uygun olmayanlar yenisiyle değiştirilir.

Kontrol sırası şu şekildedir:

- Cıvata ve somunlar söküldükten sonra bir bez ya da üstübü ile silinir.
- Gerektiğinde solvent temizleyici dolu bir kapta 10 dk bekletildikten sonra kurulanarak kontrole hazır hâle getirilir.
- İlk olarak gözle diş kontrolü yapılır. Şüpheli durumlarda diş tarağı kullanılması gerekir.
- Cıvata başı ve somun dış yüzeyinde ezilme veya sıyırma olup olmadığı kontrol edilir.
- Korozyon kontrolü yapılır. Korozyon derecesi düşük ise korozif bölgeler temizlenip tekrar kullanım için hazır hâle getirilir.

Not: Kontra somunlar, tek kullanımlık olduğu için söküldükten sonra kontrol edilmeden yenisiyle değiştirilir.

4.2.6. Cıvata, Somun ve Vidalarda Kullanılan El Aletleri

Cıvata, saplama, vida ve somun gibi üzerine diş açılmış olan bağlantı elemanları Tablo 4.5'te belirtilen el aletleri yardımı ile sökülüp takılır ve tork anahtarı ile torklanır.

Tablo 4.5: El Aletleri

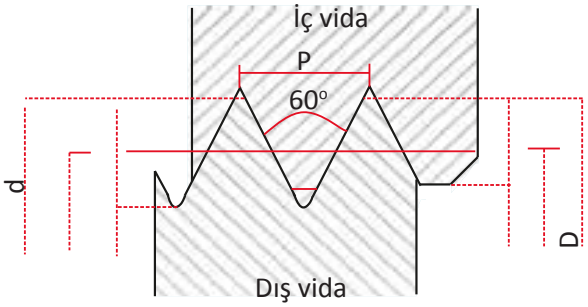
Yıldız anahtar takımı	Kombine anahtar	Alyan takımı
		
Tornavida seti	**Tork anahtarı**	**Lokma takımı**
		

4.2.7. Cıvata Delikleri İçin Matkap Ölçülerini Hesaplama

Cıvata delikleri için matkap ölçüleri Tablo 4.6'da gösterildiği şekilde hesaplanır.

Tablo 4.6: Metrik Cıvata Delik Ölçüleri

d=D	P	Matkap Ø dm
M1	0,25	0,75
M2	0,40	1,60
M3	0,50	2,50
M4	0,70	3,30
M5	0,80	4,20
M6	1,00	5,00
M8	1,25	6,80
M10	1,50	8,50
M12	1,75	10,20
M14	2,00	12,00

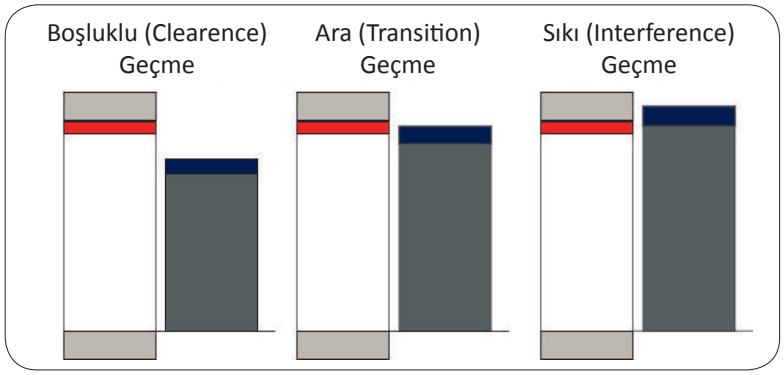


Anma ölçüsü : Ø=D
Adım : P
Matkap deliği : dm= Ø-P

4.2.8. Uyum ve Klerans (Boşluk) Sistemi

Makine parçalarının, ölçüsel olarak %100 kesinlikte olması imkansızdır. Bu yüzden kullanılabilir ve uzun ömürlü olması açısından üretilecek ürünler için parçanın boyutuna, malzeme cinsine ve görevine göre tolerans standart sistemi geliştirilmiştir. Tolerans alanları, montajlanacak parçaların (şaft-yuva) birbirlerine geçiş şekline göre belirlenir. Üç geçiş tipi vardır (Görsel 4.15).

a. **Boşluklu (clearance) Geçme:** En yüksek şaft büyüklüğü, en düşük yuva büyüklüğü ile karşılaştırıldığında ya eşit çıkar ya da yuva büyüklüğü daha geniş çıkar.
b. **Ara (transition) Geçme:** Yuva ve şaftın büyüklüğü karşılaştırıldığında neredeyse aynıdır.
c. **Sıkı (interference) Geçme:** Yuva büyüklüğü, şaft büyüklüğünden küçük çıkar.



Görsel 4.15: Çeşitli makine vidaları

Newall yuva tabanlı sistemine göre yuvalar, A ve B uyum sınıfı olarak kategorilendirilmiştir. A sınıfı yuvalar, B sınıfına göre daha yakın toleranslarda üretilmiştir. Tablo 4.7'de ise şaftların uyum klerans sınıflandırılması F, P, D, X, Y ve Z harfleriyle gösterilmektedir.

Tablo 4.7: Uyum ve Klerans Tablosu

UYUM SINIFI	UYUM TİPİ	AÇIKLAMALAR
INTERFERENCE F	Sıkıştırma (force)	Monte etmek için mekanik basınç gereklidir. Sökülmesine gerek yoktur.
D	Hareket ettirici (driving)	Sıkıştırma uyum tipine göre biraz daha az sıkıdır. Bir parça diğerini hareket ettirebilir.
TRANSITION P	İteleme (push)	Parçaları monte etmek için hafif manuel efor gereklidir. Sökülebilir veya yerleştirme parçaları için uygundur ancak hareketli parçalar için uygun değildir.
CLEARANCE X, Y ve Z	Çalışma (running)	Değişken, hareketli parçalar için uygundur. Z sınıfı en iyi uyumu sağlar.

UYGULAMA 4.2

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=20459

ÖĞRENME BİRİMİ	Sökülebilir Bağlantılar
UYGULAMA ADI	Cıvata ve Somunları Standartları ve Özelliklerine Uygun Sökme, Takma ve Torkmetre ile Torklarını Kontrol Etme

AMAÇ

Motor starterindeki cıvata ve somunları, bakım talimatlarına uygun olarak söküp takabilmek ve torkmetre ile torklarını kontrol etmek

ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

- Atölye kurallarına uyunuz.
- İş elbisesi ve eldiven kullanınız.
- İş güvenliğine yönelik tabela ve işaretlere uyunuz.
- Gürültülü ortamlarda kulaklık veya kulak tıkacı gibi koruyucu ekipmanlar kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı gibi tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer tüm iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Öğretmeniniz rehberliğinde motor starteri bağlantılarının tüm cıvata ve somunlarını standartları, özellikleri ve montaj sırasını gözeterek sökünüz.
- Sökülen cıvata ve somunları gözle kontrol ediniz.
- Motor starterini tekrar yerine takınız.
- Tüm bağlantı cıvata ve somunlarını AMM değerlerine uygun olarak torkmetre ile torklayınız.

SONUÇ (Uygulama sonucunda öğrendiklerinizi yazınız.)

UYGULAMAYA İLİŞKİN DEĞERLENDİRMELER

İŞLEM	**PUAN**	**ALINAN PUAN**
İş Güvenliği	10	
Temizlik / Düzen	10	
Bilgi	30	
Beceri	40	
Süre Kullanımı	10	
Toplam	100	

ÖĞRENCİNİN		**ÖĞRETMENİN**		**ALINAN NOT**	
ADI SOYADI		ADI SOYADI			
NUMARASI		İMZASI		TARİH	...../...../20

UYGULAMA 4.3

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=20465

ÖĞRENME BİRİMİ	Sökülebilir Bağlantılar
UYGULAMA ADI	Fren Sistemi Söküm Takımı

AMAÇ

Sökülebilir bağlantı elemanlarını bakım talimatlarına uygun olarak söküp takabilmek

ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

- Atölye kurallarına uyunuz.
- İş elbisesi, koruyucu gözlük ve eldiven kullanınız.
- İş güvenliğine yönelik tabela ve işaretlere uyunuz.
- Gürültülü ortamlarda kulaklık veya kulak tıkacı gibi koruyucu ekipmanlar kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı gibi tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer tüm iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Uçak üzerinden sökülmüş fren sistemini oluşturan tüm elemanları öğretmeniniz rehberliğinde, montaj sırasını gözeterek söküp takınız.

SONUÇ (Uygulama sonucunda öğrendiklerinizi yazınız.)

UYGULAMAYA İLİŞKİN DEĞERLENDİRMELER

İŞLEM	**PUAN**	**ALINAN PUAN**
İş Güvenliği	10	
Temizlik / Düzen	10	
Bilgi	30	
Beceri	40	
Süre Kullanımı	10	
Toplam	100	

ÖĞRENCİNİN		**ÖĞRETMENİN**		**ALINAN NOT**	
ADI SOYADI		ADI SOYADI			
NUMARASI		İMZASI		TARİH	...../...../20

4.3. KİLİTLEME TERTİBATLARI

Amaç: Ulusal ve uluslararası mevzuatlara göre kilitleme tertibatlarını sökerek kontrol etmek

Araştırma: Uçak üzerinde yapılan emniyetleme işlemlerini öğretmeniniz rehberliğinde araştırınız.

Uçak üzerindeki sökülebilir bağlantıların titreşim ve darbeli çalışma gibi etkenlerden dolayı emniyete alınması kritik önem taşımaktadır.

4.3.1. Pul (Rondela)

Cıvata bağlantılarında cıvata başı veya somun altına kullanılan, bağlandığı yüzeye zarar vermesini ve bağlantının sökülmesini engelleyen halka biçimindeki makine elemanına **pul (rondela)** denir. Yapısına ve kullanıldığı yere göre değişiklik gösteren düz, yaylı ve kulaklı rondela gibi çeşitleri vardır (Görsel 4.16).



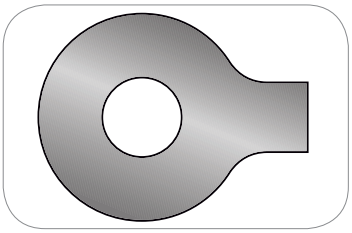
Görsel 4.16: Düz rondela

Yaylı rondela, titreşimli bölgelerde kullanılan cıvataların gevşemesini önler (Görsel 4.17).

Kulaklı (tırnaklı) rondela, cıvata ve somunları yerinde tutmasını sağlayan ek kilit puludur. Bir veya daha fazla tırnaklı olabilir (Görsel 4.18).



Görsel 4.17: Yaylı rondela



Görsel 4.18: Kulaklı rondela

4.3.2. Kupilya (Ayrık Pim)

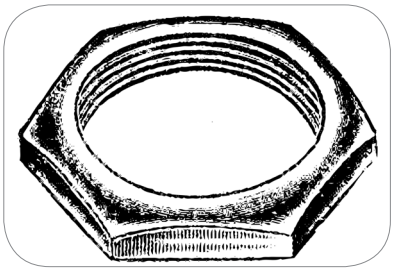
Genellikle taçlı veya yivli somunların üzerine takılarak bağlantı elemanlarının kendiliğinden sökülmesini önleyen pimlerdir. Cıvata deliğinden geçirildikten sonra bir ucu yana veya üste diğer ucu da ilkinin tam zıttı yönüne kıvrılması sağlanarak emniyete alma işlemi gerçekleştirilir. Bu işlem için pense kullanılır (Görsel 4.19).



Görsel 4.19: Kupilya

4.3.3. Pal Somunlar (Kontra Somunlar)

Normal somun cıvataya takılıp sıkıldıktan sonra kontra somunda sola dönük vida açıldığı için tersi yönünde sıkılarak emniyetleme işlemi tamamlanır (Görsel 4.20). İki somun birbirini zıt yönde itmeye çalıştıkları için aralarında bir gerilim oluşur. Bu gerilim sayesinde normal somunun çözülmesi engellenmiş olur.



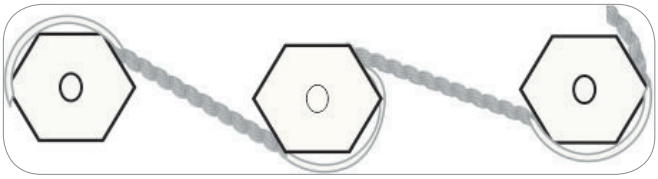
Görsel 4.20: Kontra somun

4.3.4. Kilitli Plakalar

Parçaların cıvata, somun gibi bağlantı elemanları ile bağlanırken hem bağlantı yüzeyini korumak hem de kendiliğinden çözülmesini engellemek için üretilmiş, farklı geometrik şekillerde olan ortası delik makine elemanıdır.

4.3.5. Tel Emniyeti İşlemi ve Ekipmanları

Emniyet teli uygulaması, uçak endüstrisinde en çok kullanılan kilitleme işlemidir. Özel üretilmiş cıvataların baş kısımlarındaki deliklerden geçirilen telin iki ucunu cıvatanın sıkma yönünde olacak şekilde bağlanıp emniyet pensi yardımıyla bir sonraki cıvataya kadar burulur. (Dikkat: Burulma sayısı telin kalınlığına ve cıvatalar arası mesafeye göre değişir.) Bir sonraki cıvataya bağlanırken ilki ile '' S '' düzeni alacak şekilde bağlanır. Bu sekans emniyet teli kaç adet cıvataya bağlanacaksa o şekilde devam eder. (**Dikkat:** Emniyet teli kesinlikle çok fazla gergin olmamalıdır.) Son cıvata da tel çıkmayacak biçimde birbirine bağlanıp burulur ve fazla tel, emniyet pensinin keski tarafıyla kesilip başkasına tehlike arz etmeyecek bir biçimde bükülerek emniyetleme işlemi tamamlanır (Görsel 4.21), (Görsel 4.22).



Görsel 4.21: Tel emniyeti örneği

Emniyet telinin buradaki kritik rolü, bağlantı elemanlarında bir gevşeme olduğunda diğerinin sıkılmasını; böylece yüklerden, titreşimlerden ve darbelerden etkilenen birleştirme elemanlarının güvenliğini sağlamaktır. Emniyet teli genellikle ısıya veya korozyona dayanıklı malzemeden üretilmektedir (Paslanmaz çelik, nikel alaşım vb.). Emniyet teli çapı; 0,025'' 0,032'' ve 0,041'' ölçülerindedir. Tel burma sayısı her inç başına sırasıyla 9-12, 7-10, 7-10 şeklindedir.



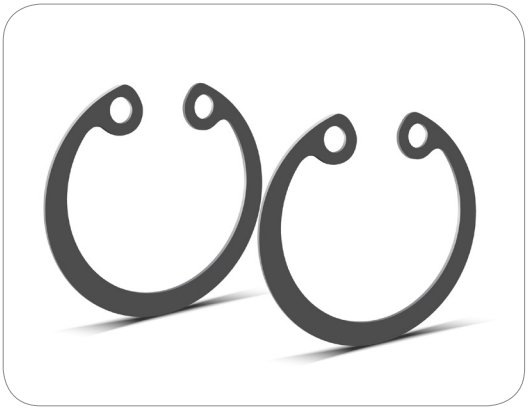
Görsel 4.22: Emniyet pensi

4.3.6. Çabuk Sökülür Bağlaçlar

Kabin içinde direkt üzerine yük uygulanmayan, çokça sökülüp takılan uyarı levhaları, kapaklar vb. yerlerde kullanılan basit kilitleme elemanıdır. Bir pim üzerine oturtulup tornavida vasıtasıyla içindeki kanala kilitlenecek şekilde çevrilerek bağlanır.

4.3.7. Emniyet Segmanı

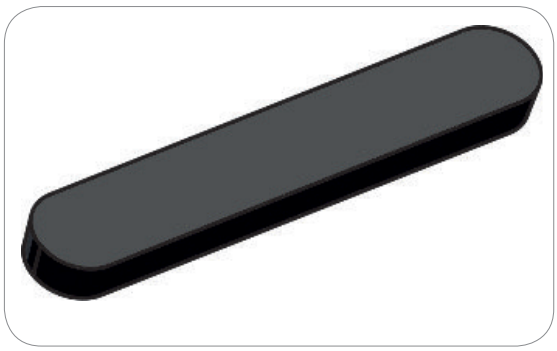
Mil veya perno gibi dönen parçaların eksenel kaymalarını önlemek için üzerlerindeki kanallara takılan makine elemanıdır. Emniyet segmanı, segman pensesi kullanılarak takılır (Görsel 4.23).



Görsel 4.23: Emniyet segmanı

4.3.8. Kama

Kasnak, kavrama, dişli çark gibi güç ve hareket iletimi yapan makine parçalarını, millerine bağlayıp aynı zamanda da hareket iletimini sağlaması için üretilmiş makine elemanlarıdır. Kamalar, mil ve onun bağlanacağı makine parçası üzerindeki kanallara yerleştirilerek bağlanır (Görsel 4.24).



Görsel 4.24: Kama

UYGULAMA 4.4

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=20471

ÖĞRENME BİRİMİ	Sökülebilir Bağlantılar
UYGULAMA ADI	Kontra Somun Sökme Takma

AMAÇ

Kontra somun vasıtasıyla emniyetleme işlemini yapabilmek

ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

- Atölye kurallarına uyunuz.
- İş elbisesi, koruyucu gözlük ve eldiven kullanınız.
- İş güvenliğine yönelik tabela ve işaretlere uyunuz.
- Gürültülü ortamlarda kulaklık veya kulak tıkacı gibi koruyucu ekipmanlar kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı gibi tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer tüm iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Uygulamada kullanılacak somunlara uygun anahtarları seçip öğretmeniniz rehberliğinde sökme takım işlemini gerçekleştiriniz.

SONUÇ (Uygulama sonucunda öğrendiklerinizi yazınız.)

UYGULAMAYA İLİŞKİN DEĞERLENDİRMELER

İŞLEM	**PUAN**	**ALINAN PUAN**
İş Güvenliği	10	
Temizlik / Düzen	10	
Bilgi	30	
Beceri	40	
Süre Kullanımı	10	
Toplam	100	

ÖĞRENCİNİN		**ÖĞRETMENİN**		**ALINAN NOT**	
ADI SOYADI		ADI SOYADI			
NUMARASI		İMZASI		TARİH	...../...../20

UYGULAMA 4.5

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=20479

ÖĞRENME BİRİMİ	Sökülebilir Bağlantılar
UYGULAMA ADI	Kupilyaları Standartları ve Özelliklerine Uygun Sökerek Kontrol Etme

AMAÇ

Kupilyaları bakım talimatlarına uygun bir şekilde sökmek ve takmak

ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

- Atölye kurallarına uyunuz.
- İş elbisesi ve eldiven kullanınız.
- İş güvenliğine yönelik tabela ve işaretlere uyunuz.
- Gürültülü ortamlarda kulaklık veya kulak tıkacı gibi koruyucu ekipmanlar kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı gibi tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer tüm iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Mazgallı somun üzerindeki kupilyayı pense yardımı ile sökünüz.
- Sökülen kupilya yerine yenisini takıp kontrol ediniz.

SONUÇ (Uygulama sonucunda öğrendiklerinizi yazınız.)

UYGULAMAYA İLİŞKİN DEĞERLENDİRMELER

İŞLEM	PUAN	ALINAN PUAN
İş Güvenliği	10	
Temizlik / Düzen	10	
Bilgi	30	
Beceri	40	
Süre Kullanımı	10	
Toplam	100	

ÖĞRENCİNİN		ÖĞRETMENİN		ALINAN NOT	
ADI SOYADI		ADI SOYADI			
NUMARASI		İMZASI		TARİH	...../...../20

UYGULAMA 4.6

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=20484

ÖĞRENME BİRİMİ	Sökülebilir Bağlantılar
UYGULAMA ADI	Sökülebilir Bağlantılarda Tel Emniyetleme İşlemini Yapma

AMAÇ

Uçaklarda tel emniyeti işlemini yapabilmek

ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

- Atölye kurallarına uyunuz.
- İş elbisesi, koruyucu gözlük ve eldiven kullanınız.
- İş güvenliğine yönelik tabela ve işaretlere uyunuz.
- Gürültülü ortamlarda kulaklık veya kulak tıkacı gibi koruyucu ekipmanlar kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı gibi tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer tüm iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Atölye şartlarını gözeterek eğitim seti, uçak veya demonte uçak parçaları üzerinde öğretmeniniz rehberliğinde emniyet pensi kullanarak tel emniyetleme işlemini yapınız.

SONUÇ (Uygulama sonucunda öğrendiklerinizi yazınız.)

UYGULAMAYA İLİŞKİN DEĞERLENDİRMELER

İŞLEM	**PUAN**	**ALINAN PUAN**
İş Güvenliği	10	
Temizlik / Düzen	10	
Bilgi	30	
Beceri	40	
Süre Kullanımı	10	
Toplam	100	

ÖĞRENCİNİN		**ÖĞRETMENİN**		**ALINAN NOT**	
ADI SOYADI		ADI SOYADI			
NUMARASI		İMZASI		TARİH	...../...../20

Aşağıdaki doğru-yanlış, boşluk doldurma sorularını ve çoktan seçmeli soruları cevaplayınız.

1. Her cıvata bağlantısında rondela kullanmak zorunludur.

Doğru ◯

Yanlış ◯

2. Mazgallı somunlar, kupilya ile emniyetlendirilir.

Doğru ◯

Yanlış ◯

3. Kontra somunla emniyetleme yapılırken normal somunla kontra somun farklı yönde sıkılarak emniyetleme işlemi yapılır.

Doğru ◯

Yanlış ◯

4. Emniyet teli çekilirken telin çok fazla gergin olması gerekir.

Doğru ◯

Yanlış ◯

5. Emniyet segmanı, emniyet pensi ile sökülüp takılır.

Doğru ◯

Yanlış ◯

6. İç ve dış silindirik yüzeylere açılmış olan helisel kanallara ..... denir.

7. Vidanın somun içinde bir defa dönmesiyle aldığı yola ..... denir.

8. Tandör bağlantılarında kullanılan cıvata çeşidi aşağıdakilerden hangisidir?

A) Altı köşe başlı
B) Alyan başlı
C) Eyebolt
D) Clevis
E) Jobolt

9. NC kaba seri olan vidalar hangi standart birim sistemine göre üretilmiştir?

A) DIN vida
B) İnce seri
C) Metrik vida
D) Standart Amerikan vidası
E) Whitworth vida

10. Aşağıdakilerden hangisi hiçbir el aleti kullanmadan sökülebilir?

A) Kelebek somun
B) Kontra somun
C) Kupilya
D) Mazgallı somun
E) Saplama

5 HAREKET İLETİM ELEMANLARI



5.1. YAYLAR

5.2. YATAKLAR

5.3. TRANSMİSYONLAR

5.4. BORULAR VE BİRLEŞTİRİCİLER

5.5. KUMANDA KABLOLARI

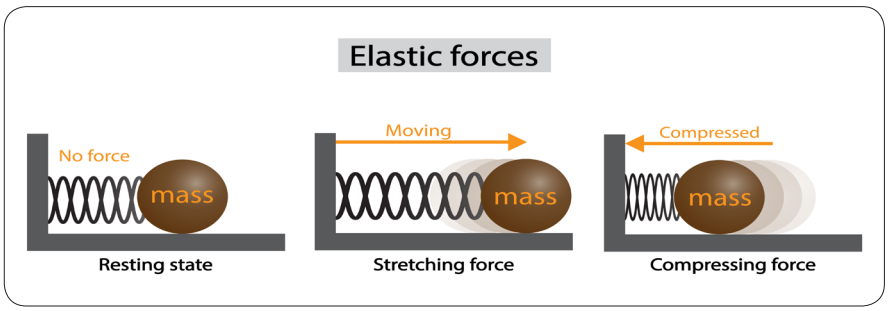
5.1. YAYLAR

Amaç: Ulusal ve uluslararası mevzuatlara göre yayların testini yapmak

Araştırma: Uçak üzerinde kullanılan çeşitli yayları inceleyiniz ve elde ettiğiniz bulguları sınıfta paylaşınız.

5.1.1. Yayların Özellikleri ve Çeşitleri

Üzerlerine gelen çekme veya basma kuvvetleri sebebiyle enerji depolayan ve bırakıldıklarında bu enerjiyi aktaran makine elemanlarına yay denir. Yaylar elastik şekil değiştirme özelliğine sahiptir. Yani üzerlerine binen yük kalktıktan sonra eski hâllerine tekrar geri dönebilir (Görsel 5.1). Yaylar havacılıkta olduğu gibi çeşitli endüstrilerde de sarsıntıları ve titreşimleri azaltmak için, diğer makine parçalarına hareket iletmek için veya bir elemanın sabit olarak yerinde durabilmesi için kullanılabilir.



Görsel 5.1: Yay üzerine etki eden temel kuvvetler

Birçok çeşidi olan yaylar, fren sistemlerinden mekanik saat imalatına veya çeşitli ölçü aletlerinden oyuncaklara kadar oldukça geniş bir kullanım alanına sahiptir. Bu kadar yaygın olan yay elemanını sınıflandırırken iki metot izlenir:

5.1.2. Üzerine Gelen Kuvvetin Etkisine Göre Yaylar

Yaylar, üzerine gelen kuvvete göre aşağıdaki gibi sınıflandırılır:

- **Çekme Yayları**

Çekme yayları, adından da belli olacağı gibi çekme kuvvetiyle çalışan ve serbest bırakıldıklarında tekrar eski konumlarına dönebilen yay tiplerindendir (Görsel 5.2).



Görsel 5.2: Çekme yayı

- **Basma Yayları**

Bu yaylar da çekme yaylar ile prensipte aynı ama basmaya yani yayı sıkıştırmaya yönelik bir kuvvetle çalışır ve bırakıldıklarında tekrar eski konumlarına dönebilir (Görsel 5.3).



Görsel 5.3: Basma yayı çeşitleri

- **Burulma (Kurulma) Yayları**

Burulma yayları, kurma adı verilen dairesel bir hareketle sıkışarak içerisinde enerji depolar (Görsel 5.4). Serbest bırakıldıklarında sahip oldukları bu enerjiyi bir başka elemana hareket enerjisi olarak aktarabilir.



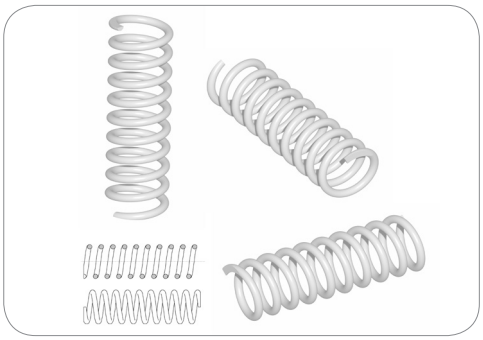
Görsel 5.4: Burulma (kurulma) yayı

5.1.3. Şekillerine Göre Yaylar

Yaylar, sahip oldukları şekle göre de aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir:

- **Helisel Yaylar**

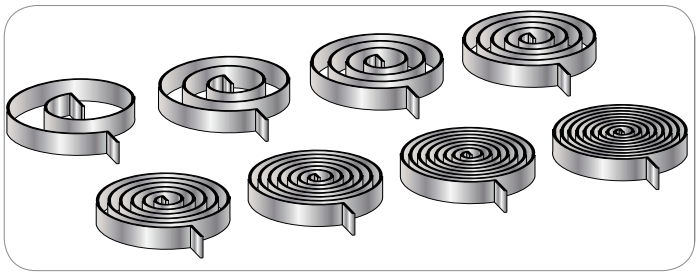
Helisel yaylar, en temel ve en yaygın kullanıma sahip yaylardır (Görsel 5.5). Düz bir eksen etrafına dairesel bir form ile sarılarak imal edilen telden meydana gelir. Yaygın olarak çekme ve basma kuvvetleriyle çalışır.



Görsel 5.5: Helisel yay

- **Spiral Yaylar**

Spiral yaylar, bir nokta etrafında bir telin dairesel formda ve iç içe geçecek şekilde sarılmasıyla imal edilir (Görsel 5.6). Bu yaylar genelde kurulma (burulma) kuvvetiyle çalışan yaylardır.



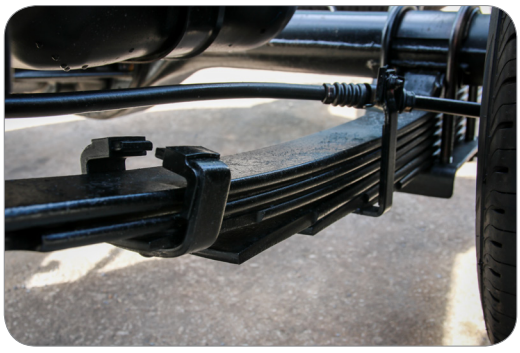
Görsel 5.6: Spiral yay

- **Disk Yaylar**

Koni şeklindeki bir diskin üzerine binen kuvvet ile birlikte esnemesi prensibiyle çalışır. Disk yaylar, darbeli çalışan sistemlerde, darbe sönümleme amaçlı kullanılan bir makine elemanıdır.

- **Yaprak Yaylar**

Üst üste bindirilmiş yapraklardan oluşan bu yaylar, eğilme kuvvetine maruz kalarak titreşim sönümleme kabiliyetine sahiptir. Özellikle otomotiv sanayisinde bir süspansiyon çeşidi olarak kullanılır ve titreşimi engelleyerek sürüş konforu amaçlar (Görsel 5.7).



Görsel 5.7: Bir taşıtın süspansiyonu olarak kullanılan yaprak yaylar

UYGULAMA 5.1

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=20487

ÖĞRENME BİRİMİ	Hareket İletim Elemanları
UYGULAMA ADI	Yay Çeşitleri

AMAÇ

Atölyelerde bulunan yayları inceleyerek özelliklerine göre sınıflandırmak

ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

- Atölye kurallarına uyunuz.
- İş elbisesi, koruyucu gözlük ve eldiven kullanınız.
- İş güvenliğine yönelik tabela ve işaretlere uyunuz.
- Gürültülü ortamlarda kulaklık veya kulak tıkacı gibi koruyucu ekipmanlar kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı gibi tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer tüm iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Atölyelerde bulunan çeşitli makineleri, deney düzeneklerini ve cihazları kullanınız.
- Bulunan yayların hangi ekipmanda ve ne amaçla kullanıldığını, yayın özelliğini belirterek yazınız.

SONUÇ (Uygulama sonucunda öğrendiklerinizi yazınız.)

UYGULAMAYA İLİŞKİN DEĞERLENDİRMELER

İŞLEM	**PUAN**	**ALINAN PUAN**
İş Güvenliği	10	
Temizlik / Düzen	10	
Bilgi	30	
Beceri	40	
Süre Kullanımı	10	
Toplam	100	

ÖĞRENCİNİN		**ÖĞRETMENİN**		**ALINAN NOT**	
ADI SOYADI		ADI SOYADI			
NUMARASI		İMZASI		TARİH	…../…../20

5.1.4. Yaylarda Kullanılan Malzemeler

Yaylar, bir önceki konuda da bahsedildiği gibi elastik şekil değiştirme yani serbest bırakıldıklarında eski formlarına geri dönebilme kabiliyetine sahip olmalıdır. Bu özelliği sağlamak için ise yay imalatında karbon çelikleri, silisyum alaşımları veya yay çeliği adı verilen çeşitli metal malzemeler kullanılabilir. Aynı zamanda kauçuk ya da plastik gibi metal olmayan malzemelerden de yay imal edilebilir.

5.1.5. Yayların Kontrolü ve Testi

Yaylar, diğer bütün uçak elemanları ve bileşenleri gibi uçak üzerinden sökülüp teste alınır. Test sırasında bütün işlemler Aircraft Maintenance Manuel (Uçak Bakım El Kitapçığı) ya da kısaca AMM verilerine uygun olarak yapılmalıdır. Bu test ve kontroller neticesinde ilgili yayın, amaçlarına uygun çalışıp çalışmayacağı anlaşılmış olur. Yayların bulunduğu yerden sökülüp teste alınmasından, uygunsa tekrar uçağa montajına kadar geçen tüm süreç esnasında iş güvenliği kurallarına tamamen dikkat edilmelidir. Çalışmalar yapılırken temel koruyucu giysiler giyilmeli, yüksekte veya merdivenle çalışma kurallarına uyulmalıdır (Görsel 5.8).



Şekil 5.8: Temel iş sağlığı ve güvenliği ekipmanları

5.1.6. Yayların Kontrolü

Yay da dâhil olmak üzere herhangi bir eleman uçak üzerinden sökülecekse öncelikle iş güvenliği kurallarına uyulmalıdır. Yay, uçaktan alındıktan sonra tüm kirden ve yağdan arındırılmalıdır. Bir uçak bakım teknisyeninin kullandığı en verimli ve en güvenilir ekipman gözleridir. Temizlenmiş yay, öncelikle gözle kontrol edilmeli, yayda çatlak gibi çeşitli hasarları olup olmadığına bakılmalıdır.. Daha sonrasında yapılacak işlem, ölçülerinin kontrolüdür. Uzunluk ölçme araçlarıyla yayın herhangi bir kuvvete maruz kalmadığı andaki boyu ölçülerek AMM'de belirtilen değerler arasında olup olmadığına bakılır (Görsel 5.9).



Görsel 5.9: Yay ölçü kontrolü

UYGULAMA 5.2

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=20489

ÖĞRENME BİRİMİ	Hareket İletim Elemanları
UYGULAMA ADI	Yayların Ölçü Kontrolü

AMAÇ

Çeşitli yayların, herhangi bir kuvvete maruz kalmadığı durumdaki boyutlarını kumpas ile ölçmek

ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

- Atölye kurallarına uyunuz.
- İş elbisesi, koruyucu gözlük ve eldiven kullanınız.
- İş güvenliğine yönelik tabela ve işaretlere uyunuz.
- Gürültülü ortamlarda kulaklık veya kulak tıkacı gibi koruyucu ekipmanlar kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı gibi tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer tüm iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Atölyelerde bulunan çeşitli yayları ve kumpası kullanınız.
- Ölçüm değerlerini not ediniz ve katalog değerleriyle karşılaştırınız.

SONUÇ (Uygulama sonucunda öğrendiklerinizi yazınız.)

UYGULAMAYA İLİŞKİN DEĞERLENDİRMELER

İŞLEM	**PUAN**	**ALINAN PUAN**
İş Güvenliği	10	
Temizlik / Düzen	10	
Bilgi	30	
Beceri	40	
Süre Kullanımı	10	
Toplam	100	

ÖĞRENCİNİN		**ÖĞRETMENİN**		**ALINAN NOT**	
ADI SOYADI		ADI SOYADI			
NUMARASI		İMZASI		TARİH	…../…../20

5.1.7. Yayların Testi

Yay testleri, yay tansiyon cihazlarıyla yapılmaktadır (Görsel 5.10). Bu cihazlarda yaylar basma ya da çekme kuvvetlerine maruz bırakılarak taşıdıkları yük ölçülür. Bu ölçülen değerlerin ilgili AMM'deki değerler arasında olup olmadığına bakılır. Bu test cihazları sayesinde herhangi bir yaydaki tansiyon (tension) yani gerilim; Newton (N), kilogram kuvvet (kgf) ya da libre kuvvet (lbf) cinsinden ölçülebilir. Çeşitli çekme ya da baskı kuvvetlerine maruz bırakılan yaydaki birden fazla değer, kimi tür cihazlarda hafızaya alınarak fiziksel çıktı elde edilebilir. Kimi cihazlarda da manuel olarak not edilip gerekli test işlemleri sağlanabilir.



Görsel 5.10: Yay testi

Tüm bu gözle kontrol, ölçü kontrolü ve gerilim kontrollerinin sonuçları AMM'lerde belirtilen şartlardaysa teste alınan yay amacını gerçekleştirebilecek kalitededir. Eğer bu şartlardan biri dahi sağlanmıyorsa uçuş güvenliği açısından teknisyen -yine bakım el kitaplarında verilen talimatlar doğrultusunda- yayı değiştirmelidir. Yeni yayı uçağın ilgili noktasına monte etmelidir. Sadece yay testleri değil tüm diğer makine elemanlarının testleri titizlikle yapılmalı ve iş güvenliği kuralları ihmal edilmemelidir. Uçuş güvenliği ve insanların sağlığı açısından tüm kontrollerde hassas olunmalıdır.

UYGULAMA 5.3

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=20492

ÖĞRENME BİRİMİ	Hareket İletim Elemanları
UYGULAMA ADI	Bir Yayın Süspansiyon Testini Yapmak

AMAÇ

Yay tansiyon cihazını kullanarak bir çekme yayını test etmek, değerlerini katalog değerleriyle karşılaştırmak

ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

- Atölye kurallarına uyunuz.
- İş elbisesi, koruyucu gözlük ve eldiven kullanınız.
- İş güvenliğine yönelik tabela ve işaretlere uyunuz.
- Gürültülü ortamlarda kulaklık veya kulak tıkacı gibi koruyucu ekipmanlar kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı gibi tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer tüm iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Çekme yayları ve tansiyon cihazını kullanınız.
- Test edilen yayların özellikleriyle birlikte, elde edilen gerilim sonuçlarını not ediniz.
- Sonuçları katalog değerleriyle karşılaştırınız.

SONUÇ (Uygulama sonucunda öğrendiklerinizi yazınız.)

UYGULAMAYA İLİŞKİN DEĞERLENDİRMELER

İŞLEM	**PUAN**	**ALINAN PUAN**
İş Güvenliği	10	
Temizlik / Düzen	10	
Bilgi	30	
Beceri	40	
Süre Kullanımı	10	
Toplam	100	

ÖĞRENCİNİN		**ÖĞRETMENİN**		**ALINAN NOT**	
ADI SOYADI		ADI SOYADI			
NUMARASI		İMZASI		TARİH	…../…../20

5.2. YATAKLAR

Amaç: Ulusal ve uluslararası mevzuatlara uygun olarak yatakların bakımını ve onarımını yapmak

Araştırma: Döner harekete sahip makine elemanlarını inceleyiniz ve bu elemanların çalışma prensiplerini sınıfta tartışınız.

5.2.1. Yatakların Tanımı ve Özellikleri

Yataklar, millerin veya muyluların dönme hareketlerinin başka elemanlara aktarılmasını sağlayan en önemli makine elemanıdır (Görsel 5.11). Yataklar, bu dönme elemanlarındaki yükü taşır ve sürtünme kuvvetlerini en düşük seviyeye çekmeyi amaçlar. Herhangi bir makinede, dönme hareketine sahip bir eleman varsa orada mutlaka yataklar da vardır.

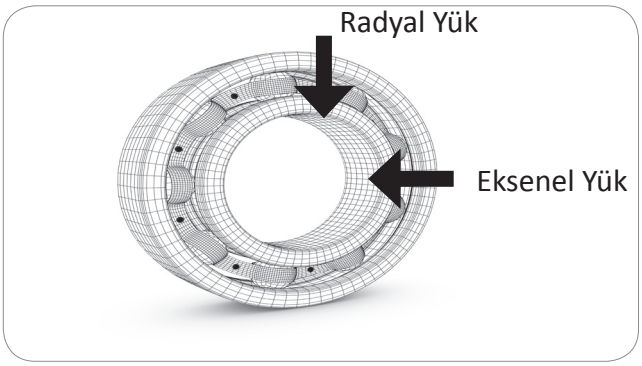
Yataklar minimum sürtünme, minimum enerji kaybı ve maksimum yük taşıma özelliklerine sahip olacak şekilde imal edilmektedir. Bu özelliklerden dolayı en yaygın kullanılan yatak malzemeleri dökme demir, çelik ve alüminyum alaşımlarıdır. Bu malzemelerin yanında bronz ve pirinç de yatak malzemesi olarak kullanılmaktadır.



Görsel 5.11: Çeşitli yataklar

5.2.2. Yatak Çeşitleri

Yataklar üzerinde birden fazla tip kuvvet oluşmaktadır ve kullanılacak yatağın seçiminde bu kuvvetlerin etkisi oldukça önemlidir. Yataklara, radyal (çevresel) ya da eksenel (çizgisel) yükler binmektedir (Görsel 5.12). Dönme hareketine sahip milin ne kadar yük taşıdığı ve bu yükü ne yönde aktardığına bağlı olarak kullanılacak yatağın da çeşidi değişmektedir. Yataklar temelde iki çeşittir. Bunlar kaymalı yataklar ve yuvarlamalı yataklardır.



Görsel 5.12: Yataklara etki eden kuvvetler

5.2.2.1. Kaymalı Yataklar (Sabit Yataklar)

Kaymalı yataklar, özellikle titreşim ve darbelere karşı oldukça dayanıklıdır ve aynı zamanda bunları sönümlemede başarılı makine elemanlarıdır. Çalışma prensibi ve montaj edilebilirliği olarak da basit yapıdadır. İçerisindeki dönme hareketine sahip eleman ile kaymalı yatak arasına konulan gres yağı sayesinde sürtünme oldukça azalmakta ve aynı zamanda toz, kir gibi atıkların sisteme zarar vermesi önlenmektedir. Kaymalı yatakların çok yüksek dönme hızlarına dayanımları vardır. Ayrıca bu yataklar, eş değer göreve sahip rulmanlardan daha ekonomiktir. Uygun maliyetlidir ve az yer kaplayabilir. Bu avantajlarına karşılık yetersiz yağlama kaymalı yatakta ciddi hasarlar meydana getirebilir. Bazı tip kaymalı yataklarda da yağlama sistemi gerekmektedir ve bu sistemlerin maliyetleri oldukça yüksektir. Çok az da olsa bir sürtünme meydana geldiği için yatak iç yüzeyi ve içeride çalışacak olan milin yüzey hassasiyetleri titizlikle işlenmelidir. Eksenel ve radyal olmak üzere temelde iki tip kaymalı yatak vardır.

- **Eksenel Kaymalı Yataklar**

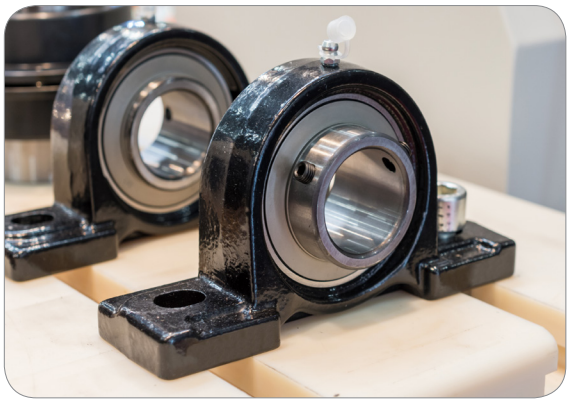
Eksenel kaymalı yataklar, çizgisel yöndeki kuvvetleri taşımakta kullanılan makine elemanlarıdır (Görsel 5.13). Gemi şaftları ve ekskavatörler gibi çizgisel yönde yük taşıyan şaftlarda kullanılır.



Görsel 5.13: Eksenel kaymalı yatak

- **Radyal Kaymalı Yataklar**

Radyal kaymalı yataklar çevresel yöndeki yükü taşır ve daha sessiz çalışma imkânı sunar (Görsel 5.14). Darbeli yüklere karşı oldukça dayanımlıdır. Darbeli çalışan millere yataklık etmede kullanılır. Buna örnek otomobillerin krank milleri ve uçaklardaki hareket iletim sistemleridir.



Görsel 5.14: Radyal kaymalı yatak

5.2.2.2. Yuvarlanmalı (Rulmanlı) Yataklar

Yuvarlanmalı yataklar ya da kısaca rulmanlar, Fransızca yuvarlanma anlamına gelen "Roulement" kelimesinden türetilmiştir. Dış ve iç bilezik adı verilen elemanların arasına bilye, iğne veya makara formundaki "yuvarlanma elemanları" yerleştirilip bu yuvarlanma elemanlarını bir arada tutan bir kafes ile imal edilir. Kaymalı yataklarda olduğu gibi dönme hareketine sahip muylu ve millere yataklık ederek çeşitli yönlerdeki yükleri taşır. Kaymalı yatakların aksine rulmanları, hayatın her anında kullanılan makinelerde bulabiliriz. Rulmanlara en basit örnekler, bisiklet tekerlerinin veya stres çarklarının tam göbeğinde bulunan elemanlardır. Aynı zamanda devasa uçak motoru şaftını veya gemi şaftlarını taşıyan elemanlar olarak da rulmanlar kullanılabilir. Rulmanların her şiddette ve her yöndeki yükleri taşıyabilme kabiliyetleri vardır.

Dönme hareketini sağlayan yuvarlanma elemanlarının noktasal temasları sayesinde sürtünme etkileri önemli ölçüde azaltılmıştır. Her ne kadar sürtünme azaltılmış olsa da bu hiç sürtünme olmadığı anlamına gelmemektedir. Dolayısıyla rulmanların bileziklerinin arasının yağlanması gerekir. Ancak açık olan kısımlarından rulmanın içerisine toz ve kirlerin girmesi, sürtünmeyi istenenin aksine çok artırır. Yine kullanılan yağ, açık olan bu kısımlardan sızıp kaybolabilir. Bu nedenle koruyucu bir kapak ile açık olan bu kısımlar kapatılır (Görsel 5.15). Bu sayede rulman hem tozlardan korunmuş olur hem de yağlanmış şekilde en verimli şartlarda çalışabilir. Bakım masrafları kaymalı yataklara göre oldukça düşüktür.



Görsel 5.15: Yuvarlanmalı (rulmanlı) yatağı oluşturan elemanlar

Rulmanlar, sahip oldukları yuvarlanma elemanının şekline ve taşıdığı yükün yönüne göre farklı sınıflandırmalara tabi tutulabilir.

a) Taşıdığı Yükün Yönüne Göre Rulmanlı Yataklar

Kaymalı yataklarda olduğu gibi rulmanlı yataklar da çizgisel ve çevresel yüklere maruz kalabilir. Bu durumda taşıdığı yükün yönüne göre rulmanlı yatakları; eksenel rulmanlı yataklar ve radyal rulmanlı yataklar olarak sınıflandırabiliriz.

- **Eksenel Rulmanlı Yataklar**

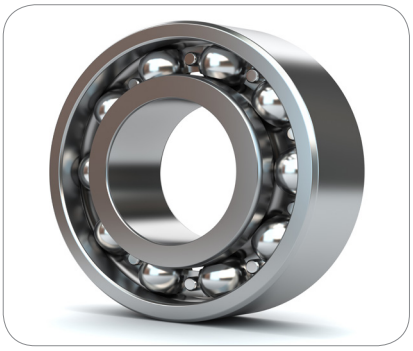
Eksenel yöndeki yani çalışan milin boyuna oluşan yükleri taşımakta kullanılır (Görsel 5.16). Bu yöndeki yükleri taşıma kabiliyeti oldukça yüksektir. Bunun yanında çok daha küçük bir miktarda da olsa enine (çevresel) yükleri taşıma kabiliyeti de barındırmaktadır.



Görsel 5.16: Eksenel rulmanlı yatak

- **Radyal Rulmanlı Yataklar**

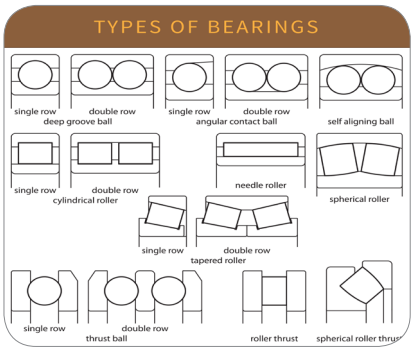
Çevresel yöndeki yükleri taşıma kabiliyetine sahiptir (Görsel 5.17). Özellikle herhangi bir taşıtın tekerleklerinin tam merkezinde bulunan elemanlardır. Örneğin uçak motorlarının ana şaftını taşır. Uçak motorunun ürettiği dönme hareketi çok yüksek şiddete sahiptir. Bu nedenle bu noktalarda kullanılan rulmanların malzeme kalitesi ve hassasiyeti oldukça önemlidir.



Görsel 5.17: Radyal rulmanlı yatak

b) Yuvarlanma Elemanının Şekline Göre Rulmanlı Yataklar

Rulmanlarda iç ve dış bilezik arasında konumlanmış yuvarlanma elemanları, birbirinden farklı amaçlara hizmet eden şekillere sahiptir: bilye, iğne, fıçı veya silindirik vb. (Görsel 5.18) Bu yuvarlanma elemanları hem radyal hem de eksenel tip rulmanlarda kullanılmaktadır.



Görsel 5.18: Yuvarlanma elemanları

- **Bilyeli Rulmanlar**

Endüstride en yaygın kullanıma sahip rulmanlar bilyeli rulmanlardır. Yuvarlanma elemanları bilye şeklindedir ve noktasal yük taşır (Görsel 5.19). Taşıyacakları yüke bağlı olarak tek veya çift sıra bilyelerden oluşabilir.



Görsel 5.19: Bilyeli rulman

- **Silindirik Makaralı Rulmanlar**

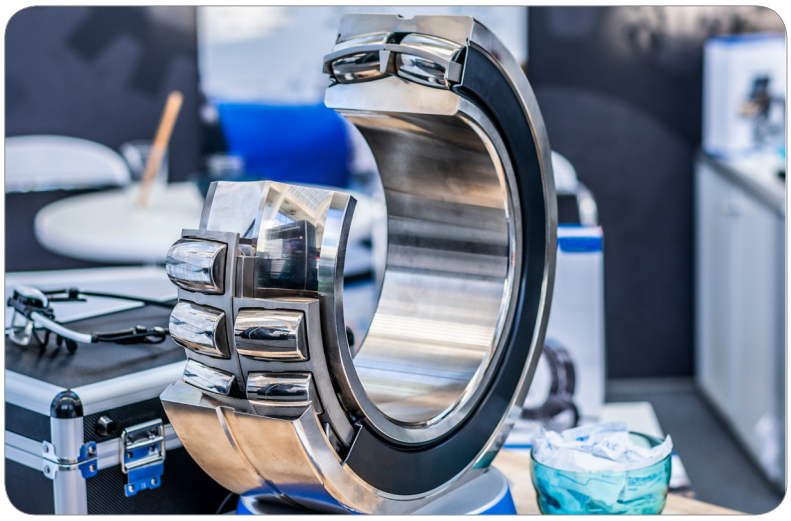
Bu tip rulmanların yuvarlanma elemanları silindir şeklindedir ve yükü bu silindir yapının yüzeyindeki bir hayalî çizgi boyunca taşır (Görsel 5.20). Yükü taşıyan alan daha fazla olduğu için bilyeli rulmanlara kıyasla daha büyük yüklerde çalışabilir. Buna karşın yine aynı sebeple daha fazla sürtünmeye maruz kalacağı için bilyeli rulmanlara göre daha çabuk ısınacaktır.



Görsel 5.20: Silindirik makaralı rulman

- **Fıçı Makaralı Rulmanlar**

Yuvarlanma elemanları bir fıçı formunda olan bu rulmanlar, vuruntunun fazla olduğu ortamlarda çalışmaya oldukça müsaittir (Görsel 5.21). Bilyeli ve silindirik rulmanlara göre daha fazla yük taşıyabilir. Diğer rulmanlara kıyasla aynı anda hem eksenel hem de radyal yükleri taşıma kabiliyetleri daha fazladır. Bunların yanında maliyetleri diğer rulman çeşitlerine göre daha yüksektir.



Görsel 5.21: Fıçı makaralı rulman

- **Konik Makaralı Rulmanlar**

Bu rulman çeşidinde yuvarlanma elemanı tepe noktası kesilmiş bir koniye benzemektedir (Görsel 5.22). Çalışma alanı fıçı tipi rulmanlara oldukça yakındır. Eksenel yöndeki kuvvet arttıkça koniklik açısı daha yüksek olan bir çeşidi kullanılmalıdır. Böylece eksenel yük taşıma kabiliyeti de artmış olacaktır.



Görsel 5.22: Konik makaralı rulman

- **İğne Tipi Rulmanlar**

İğne tipi rulmanların yuvarlanma elemanları çok ince ve uzundur (Görsel 5.23). Dakikada 10.000 devir gibi çok yüksek devirlerde çalışabilmektedir ve boyutları diğer rulman tiplerine göre çok küçüktür. Buna karşın eksenel yük taşıma kabiliyetleri yoktur. Böyle bir durumda iğne tipli rulmanlar dağılır ve kazalara sebebiyet verebilir.



Görsel 5.23: İğne tipi rulman

Yuvarlanmalı (rulmanlı) yataklar, beraber çalıştıkları millere sıkı geçme metoduyla bağlandıkları için aralarında aşınma meydana gelmez. Kapalı bir yapıya sahip oldukları için yağlanma ihtiyaçları daha az ve bu yönüyle daha ekonomiktir. Bakım maliyetleri düşüktür ve uzun ömürlüdür. Bazı tipleri aynı anda hem radyal hem de eksenel yükü taşıyabilir.

Bu avantajlarına karşın imalat ve satın alma maliyetleri yüksektir. Özellikle bilyeli rulmanlar darbeli çalışmalara karşı hassastır. Sıkı geçme metoduyla millere bağlandıkları için söküm ve takım işleri zahmetlidir. Boyutlarına göre daha ağır yapıdadır ve çevresel olarak nispeten geniş yer kaplar.

UYGULAMA 5.4

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=20499

ÖĞRENME BİRİMİ	Hareket İletim Elemanları
UYGULAMA ADI	Yatak Çeşitlerinin Tespit Edilmesi

AMAÇ

Atölyelerde bulunan yatakları inceleyerek çeşitlerine ve özelliklerine göre bilgi sahibi olmak

ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

- Atölye kurallarına uyunuz.
- İş elbisesi, koruyucu gözlük ve eldiven kullanınız.
- İş güvenliğine yönelik tabela ve işaretlere uyunuz.
- Gürültülü ortamlarda kulaklık veya kulak tıkacı gibi koruyucu ekipmanlar kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı gibi tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer tüm iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Atölyelerde bulunan çeşitli makineleri, deney düzeneklerini ve cihazları kullanınız.
- Bulunan yatakların hangi ekipmanda ve ne amaçla kullanıldığını, yatağın özelliğini belirterek yazınız.

SONUÇ (Uygulama sonucunda öğrendiklerinizi yazınız.)

UYGULAMAYA İLİŞKİN DEĞERLENDİRMELER

İŞLEM	**PUAN**	**ALINAN PUAN**
İş Güvenliği	10	
Temizlik / Düzen	10	
Bilgi	30	
Beceri	40	
Süre Kullanımı	10	
Toplam	100	

ÖĞRENCİNİN		**ÖĞRETMENİN**		**ALINAN NOT**	
ADI SOYADI		ADI SOYADI			
NUMARASI		İMZASI		TARİH	...../...../20

5.2.3. Yatakların Kontrolü ve Bakımı

5.2.3.1. Yatakların Kontrolü

Yataklarla çalışırken öncelikli olarak iş sağlığı ve güvenliği hususlarına dikkat edilmelidir. Kullanılan yağlar ve çalışılan alanlardan dolayı öncelikle koruyucu eldivenler giyilmelidir. Böylece hem cildin yağlarla teması engellenmiş olur hem de çalışma alanında teknisyeni yaralayabilecek etmenlerden korunmuş olunur. Koruyucu gözlükler takılarak kullanılan yağların göze sıçraması önlenmiş ve kopabilecek küçük parçalardan korunmuş olunur (Görsel 5.24).



Görsel 5.24: Temel koruyucu ekipmanlar

Yataklar, çalışma esnasında taşınırken yere düşürülmemelidir. Çünkü yataklar sert ve ani darbelere karşı dayanıksızdır. Ayrıca korozyona sebebiyet vermemek için elimizin terleme ihtimaline karşın eldiven giymek önemlidir. Yataklarla çalışılan alan temiz tutulmalı ve yatakların kirlenmesi engellenmelidir.

Yatak, yerinden söküldükten sonra sağlıklı ve güvenli çalışmak için öncelikle yağından ve kirinden arındırılmalıdır. Bundan sonra gözle kontrol yapılmalıdır. Yatağın özellikle iç yüzeyleri yani mil ile temas yüzeyleri, gözlenir ve çentik, pürüz gibi problemler tespit edilir. Bu işlem için büyüteç kullanılmalıdır. Ayrıca iç yüzey etrafına parmak ucuyla dokunularak dairesel formun korunup korunmadığına bakılır. Form bozuklukları temasta eksikliklere sebep olacağından verimsizlik yaşanır.

Yatak, ele alınıp dış veya iç bilezik sabit tutularak çevrilir. Çıkan ses dinlenir. Sesin kişiyi rahatsız etmeyen, akan bir şekilde olması gerekir. Kulağı rahatsız eden, istenmeyen bir ses, yatak yuvalarında ya da yuvarlanma elemanlarında problem olduğu anlamına gelir. Bunların yanında uygun bir ölçme aletiyle yatak ölçülerinin kataloglardaki değerlere uygunluğu kontrol edilir.

5.2.3.2. Yatakların Bakımı

Gerekli iş güvenliği önlemleri alındıktan sonra yatakların bakımı yapılabilir. Yataklarla çalışırken özel sökme, takma ve temizleme aletleri kullanılmalıdır. Montaj veya demontaj aşamaları talimatlarda belirtildiği şekilde yapılmalıdır. Yatakların bakımında öncelik temizlik işlemlerindedir. Yatağın kendisi ve çalışma alanı hem iş sağlığı ve güvenliği açısından hem de takım ve malzeme güvenliği açısından temiz tutulmalıdır.

Yatak bakımında diğer önemli aşama yağlamadır. Kullanılan yağ, sürtünmeleri engelleyeceği için aşınmalara karşı yatağı koruyacaktır. Sürtünmelerden kaynaklı ısı oluşumu yağlama ile önlenir. Ayrıca korozyona karşı alınan bu önlem sayesinde yatakların ömrü uzatılmış olur. Doğru çalışan ve uzun ömürlü bir yatak için en önemli adım yukarıda bahsedildiği gibi yağlamadır.

Kullanılacak yağın seçimi, çalışma sıcaklığından yatağın çalıştığı yere ve çalışma hızına göre değişebilir. Teknisyen ise başucu kitabı olan Bakım El Kitapçığı'nda veya kendisine verilen talimatlarda belirtilen yağ ile yatakları istenilen periyotlarda yağlamalıdır. Yağlama işlemi gres yağıyla yapılabileceği gibi istekler doğrultusunda farklı yağlarla da yapılabilir. Birçok metotla yağlama işlemi gerçekleştirilebilir.

Kaymalı yataklar bir gresörlük yardımıyla, yağ basma noktasından yağlanabilir (Görsel 5.25). Yağlama yapılırken rulmanlı yatakların koruyucu kapakları, rulmanın diğer parçalarına zarar vermeyecek şekilde açılır. Sonra içerisine el ile gres yağı sürülerek bu işlem gerçekleştirilir. Rulmanlı yataklardaki yağlama işlemine bir diğer örnek ise yağ banyosu adı verilen bir yağlama metodudur. Rulman, bir haznede bulunan yağ içerisine yarısına kadar daldırılıp çıkarılır ve yağlama işlemi gerçekleştirilmiş olur.



Görsel 5.25: Gresörlük

UYGULAMA 5.5

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=20501

ÖĞRENME BİRİMİ	Hareket İletim Elemanları
UYGULAMA ADI	Yatakların Bakımı

AMAÇ

Kaymalı yatakları gresörlük ile yağlamak

ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

- Atölye kurallarına uyunuz.
- İş elbisesi, koruyucu gözlük ve eldiven kullanınız.
- İş güvenliğine yönelik tabela ve işaretlere uyunuz.
- Gürültülü ortamlarda kulaklık veya kulak tıkacı gibi koruyucu ekipmanlar kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı gibi tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer tüm iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.
- Uygulama öncesi ve sonrası çalışma alanını temizleyiniz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Kaymalı yatak çeşitlerini, gresörlüğü ve gres yağını kullanınız.
- İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyarak yağlama işlemini gerçekleştiriniz.

SONUÇ (Uygulama sonucunda öğrendiklerinizi yazınız.)

UYGULAMAYA İLİŞKİN DEĞERLENDİRMELER

İŞLEM	**PUAN**	**ALINAN PUAN**
İş Güvenliği	10	
Temizlik / Düzen	10	
Bilgi	30	
Beceri	40	
Süre Kullanımı	10	
Toplam	100	

ÖĞRENCİNİN		**ÖĞRETMENİN**		**ALINAN NOT**	
ADI SOYADI		ADI SOYADI			
NUMARASI		İMZASI		TARİH	...../...../20

5.2.4. Yataklarda Oluşan Hatalar

Yataklarda yanlış montaj ya da demontaj, yanlış yağlama, yanlış kullanım gibi sebeplerden çeşitli hatalar ortaya çıkabilir. Bu hataları tespit etmek uçuş güvenliği açısından önemlidir. Aşağıda bazı hata tipleri verilmiştir.

- **Pullanma**

Yağlayıcı eksikliğinden ya da taşıma kapasitesinden fazla yüke maruz kalan rulmanlarda ortaya çıkar. Birbiriyle eş çalışan döner elemanlarda pürüzlü, dalgalı bir yüzey meydana gelir (Görsel 5.26). Bahsedilen sebepler yüzünden döner parçalar üzerinde meydana gelen parça kopmaları pullanma hatası olarak nitelendirilir.



Görsel 5.26: Pullanma kusuru

- **Kırılma**

Yatağın özellikle taşınması sırasındaki düşmelerden veya yatağa aşırı yük binmesinden dolayı oluşan hatadır. Kırılma yuvarlanma elemanının birinde olabileceği gibi tüm bir bilezik de kırılabilir (Görsel 5.27).



Görsel 5.27: Hasarlı rulman

- **Çatlaklar**

Yataklarda fazla sıkı geçme veya aşırı yük kaynaklı çatlaklar meydana gelebilir (Görsel 5.28). Bir diğer çatlama sebebi ise pullanmaya başlamış rulmanın yenisiyle değiştirilmemesidir. Çünkü pullanmaya başlamış rulman daha çabuk çatlayabilecektir. Çatlaklara sahip bir rulman ise kırılmaya daha müsait olacaktır.



Görsel 5.28: Çatlamış bir rulman

- **Kafes Hasarı**

Kafes, önceki kısımlarda anlatıldığı gibi yuvarlanma elemanlarını bir arada tutan rulman parçasıdır. Çalışma koşullarının üzerinde sıcaklık artışından ya da yanlış montajdan oluşan gerilmelerden dolayı kafes yapısı zarar görebilir (Görsel 5.29). Çatlamalar ve kırılmalar bu bölgelerde oluşabilir.



Görsel 5.29: Kafes hasarı

- **Çukurcuklanma**

Yağlayıcının yetersiz olduğu ya da yanlış yağlama işlemleri uygulandığı durumlarda, rulman malzemesi korozif etkilere karşı savunmasız hâle gelir. Bu gibi ortamlarda uzun süre bulunan rulman yüzeyinde parçacık kopmaları meydana gelecek ve yüzeyde mikro çukurcuklar oluşacaktır. Bu durum ilerleyen aşamalarda rulmanda çatlaklara ve sonuçta kırılmalara sebebiyet verecektir.

- **Aşınma**

Yanlış yağlamadan veya yağlayıcının miktarının azalmasından kaynaklı olarak sürtünme etkileri artacaktır. Bu sürtünme etkilerinden dolayı rulman parçalarında meydana gelen parçacık kopmaları **aşınma** adını alır. Aşınmalardan dolayı kırılmalar meydana gelebileceği gibi verimsizlik ve enerji kaybı da artacaktır.

- **Krepaj**

Yağlayıcı eksikliği olan ya da aşırı yüke maruz kalan rulmanda sürtünme kaynaklı yüksek sıcaklıklar oluşur. Oluşan yüksek sıcaklıkların etkisiyle rulman elemanları yumuşamaya başlar. Ardından form bozuklukları sebebiyle rulman, kullanılamaz hâle gelebilir.

- **Elektriksel Korozyon**

Yatak üzerinden bir akım geçiyorsa bu akımdan kaynaklı olarak yatakta korozif etkiler meydana gelecektir. Korozif etkiler nedeniyle oluşan parçacık kopmaları yüzünden rulman çatlamaya ve kırılmaya meyilli hâle gelecektir.

- **Korozyon**

Çoğunlukla çelik alaşımlarından imal edilen rulmanlar, neme ya da suya maruz kalırsa paslanmaya karşı direnç gösteremez. Su ile uzun süreli temas hâli, rulmanda korozyona sebep olur. Bu durum, rulmanın tamamen kullanılamaz hâle gelmesine kadar gidebilecek bir kusurdur.

Genel olarak rulman hataları incelendiğinde yanlış yağlama metotlarının ya da yağlayıcı eksikliğinin birçok kusura sebebiyet verdiği görülür. Rulmana binen yük, katalog değerlerinin üzerindeyse aşınmalara, çatlamalara ve sonunda kırılmalara varan ciddi hasarlar meydana gelecektir. Bunların yanında rulmanların korozyona uğraması da olası hatalardan biridir. Bunları engellemek için rulmanları katalog değerleri üzerinde kullanmamak ve taşıma konusunda hassas davranmak gerekir. Ayrıca bakım el kitapçıklarında ya da talimatlarda belirtilen diğer önlemleri almak icap etmektedir. Diğer bütün işlerde olduğu gibi yataklarla çalışırken de iş güvenliği ve sağlığı kurallarına tamamen uyulmalıdır.

5.2.5. Şaftlar, Yataklar ve Diğer Parçaların Kontrollerinde Kullanılan Standart Metotlar

Herhangi bir makinede döner parçalardan oluşan elemanlar bulunabilir. Önceki kısımlarda belirtildiği gibi bu döner elemanlardan mil, muylu veya şaft gibi isimler alan elemanlar hareket iletimi sağlar (Görsel 5.30). Bu döner elemanların doğru şekilde hareket edebilmesini sağlayan ve üzerlerine binen yükü taşıyan kısımlarına ise **yatak** adı verilir. Hem döner elemanların hem de yatakların standart kontrol metotları bulunmaktadır. Bunlar temelde gözle kontrol, boyutsal kontrol ve tahribatsız muayenedir.



Görsel 5.30: Yataklanmış bir mil

5.2.5.1. Gözle Kontrol

Bir teknisyenin en güvendiği ekipmanı kendi gözleridir. Teknisyenler, çalışma hayatları boyunca edindikleri deneyimleri ile gözle kontrol ettikleri yüzeylerdeki olası pürüzleri ayırt etmekte yetkin insanlardır. Şaft, mil veya yatak ayırt etmeksizin yüzey problemlerinde öncelik gözle muayenedir. Gözle görülür çatlaklar, kırılmalar ya da aşınmalar mevcutsa teknisyen, kuruluşuna bunları rapor ederek ilgili parçayı kullanım dışı bırakır. Havacılıktaki en ufak bir problemin ne gibi büyük sorunlara sebep olabileceği bilinmelidir. Bu nedenle miller ve yataklar, kesinlikle ve daima gözle kontrol edilmelidir. Kusurlu parçalar, hava araçlarında asla tekrar kullanılmamalıdır. Teknisyen, bu sorumluluğunun bilincinde olan, iş sağlığı ve güvenliği kurallarına uygun olarak çalışan kişidir. Olası hataları asla göz ardı edemez.

UYGULAMA 5.6

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=20504

ÖĞRENME BİRİMİ	Hareket İletim Elemanları
UYGULAMA ADI	Motor Yataklarını Göz ile Kontrol Etmek

AMAÇ

Atölyelerde bulunan uçak motorunun rulmanlı yataklarındaki kusurları incelemek ve sınıflandırmak

ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

- Atölye kurallarına uyunuz.
- İş elbisesi, koruyucu gözlük ve eldiven kullanınız.
- İş güvenliğine yönelik tabela ve işaretlere uyunuz.
- Gürültülü ortamlarda kulaklık veya kulak tıkacı gibi koruyucu ekipmanlar kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı gibi tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer tüm iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.
- Uygulama öncesi ve sonrası çalışma alanını temizleyiniz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Rulmanlı yataklarda bir hasar olup olmadığını önce gözle kontrol ediniz.
- Rulmanlı yatakların kontrolünde daha sonra büyüteç ve kumpas kullanınız.
- Kontrolden sonra karşılaşılan yatak kusurlarını raporlayınız.

SONUÇ (Uygulama sonucunda öğrendiklerinizi yazınız.)

UYGULAMAYA İLİŞKİN DEĞERLENDİRMELER

İŞLEM	**PUAN**	**ALINAN PUAN**
İş Güvenliği	10	
Temizlik / Düzen	10	
Bilgi	30	
Beceri	40	
Süre Kullanımı	10	
Toplam	100	

ÖĞRENCİNİN		**ÖĞRETMENİN**		**ALINAN NOT**	
ADI SOYADI		ADI SOYADI			
NUMARASI		İMZASI		TARİH	...../...../20

5.2.5.2. Boyut / Ölçü Kontrolü

Üzerine yük binen herhangi bir makine elemanında olduğu gibi şaftlarda ya da yataklarda da boyutsal hatalar ortaya çıkabilir. Bunlar boyutlarda esneme veya kısalmalar olacağı gibi form bozuklukları da olabilir. Şaftlar ya da yataklar, bakım el kitaplarına ya da katalog değerlerine uygunluğu açısından kontrol edilmelidir. Bunun için doğru ölçme aletleri kullanılmalıdır. Kumpaslar ve çeşitli mastarlar sayesinde ölçülerde veya formda kusur olup olmadığı anlaşılır (Görsel 5.31). Teknisyen her ne kadar deneyimli olsa da ölçü aletleriyle kontrol sağlamalıdır. İstenilen değerlere uygun olmayan parçalar, uçak üzerinde tekrar kullanılmamalıdır.



Görsel 5.31: Rulman boyutunu ölçen teknisyen

5.2.5.3. Tahribatsız Muayene Metotları

Önceki bölümlerde görüldüğü üzere malzemeler, onlara zarar vermeden mekanik ya da elektronik cihazlar yardımıyla kontrol edilebilir. Millerin ya da yatakların gözle görülmeyen iç yüzeylerinde çatlaklar, bozulmalar mevcutsa uçuş güvenliği tehlikede demektir. Bu nedenle yüzeyde gözle görülemeyen çatlaklar için penetrant metotları kullanılmalıdır. Yüzey altında meydana gelebilecek çatlak kontrolleri için ise manyetik parçacık kontrolü veya ultrasonik muayene gibi metotlar, bakım talimatlarında belirtilen aralıklarla ilgili şafta ya da yatağa uygulanmalıdır.

UYGULAMA 5.7

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=20508

ÖĞRENME BİRİMİ	Hareket İletim Elemanları
UYGULAMA ADI	Yatakların Boyutsal Kontrolü

AMAÇ

Atölyelerde bulunan rulmanlı yatakların boyutsal kontrolünü yapmak

ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

- Atölye kurallarına uyunuz.
- İş elbisesi, koruyucu gözlük ve eldiven kullanınız.
- İş güvenliğine yönelik tabela ve işaretlere uyunuz.
- Gürültülü ortamlarda kulaklık veya kulak tıkacı gibi koruyucu ekipmanlar kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı gibi tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer tüm iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.
- Uygulama öncesi ve sonrası çalışma alanını temizleyiniz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Rulmanlı yatakları, kumpas ve mikrometre kullanarak kontrol ediniz.
- Boyutsal kontrol sonucu elde edilen değerleri katalog değerleriyle karşılaştırınız.

SONUÇ (Uygulama sonucunda öğrendiklerinizi yazınız.)

UYGULAMAYA İLİŞKİN DEĞERLENDİRMELER

İŞLEM	**PUAN**	**ALINAN PUAN**
İş Güvenliği	10	
Temizlik / Düzen	10	
Bilgi	30	
Beceri	40	
Süre Kullanımı	10	
Toplam	100	

ÖĞRENCİNİN		**ÖĞRETMENİN**		**ALINAN NOT**	
ADI SOYADI		ADI SOYADI			
NUMARASI		İMZASI		TARİH	...../...../20

UYGULAMA 5.8

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=20512

ÖĞRENME BİRİMİ	Hareket İletim Elemanları
UYGULAMA ADI	Yatakların Tahribatsız Muayenesi

AMAÇ

Penetrant ile rulmanlı yatakların çatlak kontrolünü yapmak

ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

- Atölye kurallarına uyunuz.
- İş elbisesi, koruyucu gözlük ve eldiven kullanınız.
- İş güvenliğine yönelik tabela ve işaretlere uyunuz.
- Gürültülü ortamlarda kulaklık veya kulak tıkacı gibi koruyucu ekipmanlar kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı gibi tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer tüm iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.
- Uygulama öncesi ve sonrası çalışma alanını temizleyiniz.
- Kontrol işlemine tabi tutulacak rulmanları temizleyiniz ve yağından arındırınız.
- Maske takınız.

UYGULAMA DETAYLARI

- Rulmanlı yatakların tahribatsız kontrolünde, öncelikle rulman ayırma ekipmanlarını ve penetrant sıvılarını kullanınız.
- Karşılaşılan çatlakları değerlendiriniz.

SONUÇ (Uygulama sonucunda öğrendiklerinizi yazınız.)

UYGULAMAYA İLİŞKİN DEĞERLENDİRMELER

İŞLEM	**PUAN**	**ALINAN PUAN**
İş Güvenliği	10	
Temizlik / Düzen	10	
Bilgi	30	
Beceri	40	
Süre Kullanımı	10	
Toplam	100	

ÖĞRENCİNİN		**ÖĞRETMENİN**		**ALINAN NOT**	
ADI SOYADI		ADI SOYADI			
NUMARASI		İMZASI		TARİH	…../…../20

5.3. TRANSMİSYONLAR

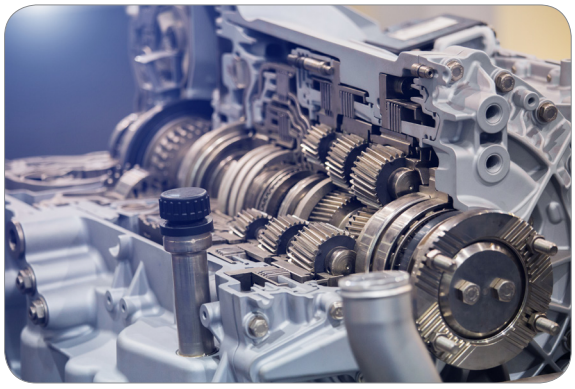
Amaç: Ulusal ve uluslararası mevzuatlara göre transmisyonların bakımını ve onarımını yapmak

Araştırma: Makinelerin, ürettiği enerjiyi diğer elemanlara aktarmak için sahip olmaları gerekenleri sınıfta tartışınız.

5.3.1. Dişli Çarklar ve Elemanları

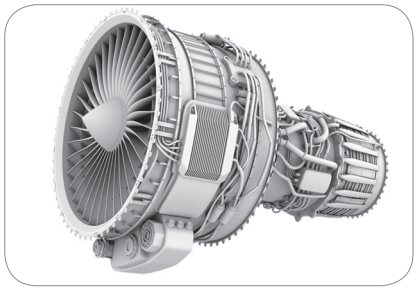
5.3.1.1. Dişli Çarklar

Transmisyon, transfer etmek (bir yerden bir yere aktarmak) kavramından gelir. Dişli çarklar da hareket ve gücün aktarılmasını sağlayan ve sanayide çok yaygın kullanılan makine elemanlarındandır. Bir dişliden başka bir dişliye, çark çapları farklı bile olsa dişlerin sahip olduğu özel formdan kaynaklı hareket ve iletim, dişli çarklar vasıtasıyla doğru şekilde aktarılabilir. Örneğin hayatın her alanında gördüğümüz otomobillerin vites kutuları birbiriyle eş çalışan birçok dişli çarktan meydana gelmektedir (Görsel 5.32). Boyutları birbirinden farklı olan bu çarkların belli bir sıraya dizilmesi otomobilin vitesi ile gerçekleştirilir. Otomobil motorunun ürettiği dönme enerjisi bu dişli çarklar sayesinde tekerlere kadar iletilir.



Görsel 5.32: Dişli kutusu-şanzıman

Uçak motorunda bulunan aksesuar dişli kutusu da dişli çarklardan oluşmaktadır (Görsel 5.33). İlerleyen yıllarda detaylarını öğreneceğiniz bu dişli kutusu, aynı otomobillerde olduğu gibi uçak motorunun ürettiği enerjiyi, yakıt pompası veya yağ pompası gibi elemanlara iletir. Bu sayede uçak motoru kendi ürettiği enerjiyle hem yakıt hem de yağ dolaşımı ihtiyacını karşılar. Dişli çarklar, duvara asılan saatlerden denizlerdeki gemilere, gökyüzündeki uçaklara kadar hayatın her alanında yer almaktadır.



Görsel 5.33: Uçak motoru ve bağlı bulunan aksesuar dişli kutusu

5.3.1.2. Dişli Çarkların Elemanları

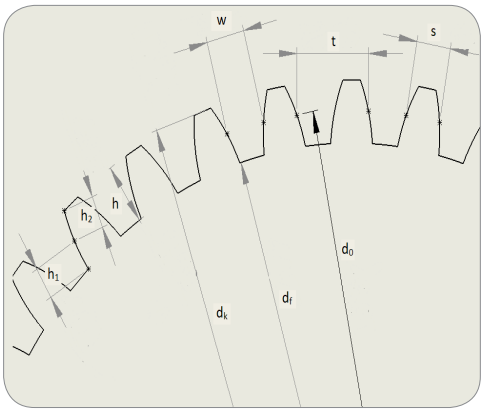
Bir dişli çarkı tanımak için bu çarkın ölçüleri ve tasarımıyla ilgili bilmemiz gereken bazı kavramlar aşağıda yer almaktadır (Görsel 5.34).

- **Bölüm dairesi:** Dişlilerin birbirleriyle çalışmasındaki prensip, dişlerin birbirine değmesi ve yine birbirini itmesidir. Bu durum çalışma boyunca çarklar üzerindeki dişli sayıları kadar ve aralıksız şekilde tekrarlanmaktadır. Dişlerin bahsedilen temas noktaları boyunca hayalî bir eksen çizildiğinde bu eksenin çarkın merkezine uzaklığı **bölüm dairesi** adını alır. "D_o"ile gösterilir.
- **Diş üstü dairesi:** Dişlerin en üst konumlarını birbiriyle birleştiren hayalî dairesel eksendir ve "D_k" ile gösterilmektedir.
- **Diş dibi dairesi:** Dişlerin çark üzerinde başladığı noktalardan geçen hayalî dairesel eksendir. Diş dibi dairesi "D_f" ile gösterilmektedir.
- **Diş kalınlığı:** Bir dişin, bölüm dairesi üzerinden ölçülen kalınlığına denir ve "S" ile gösterilir.
- **Diş boşluğu:** Bölüm dairesi üzerinde, iki dişin arasında kalan bölgenin kalınlığıdır ve "W" ile gösterilir.
- **Adım:** Bölüm dairesi doğrultusunda bir dişin başladığı noktadan, diğer dişin yine başladığı noktaya kadar çizilen yaya denir. Adım "t" ile gösterilir.
- **Diş sayısı:** Dişli çark üzerindeki dişlilerin toplam sayısıdır ve "Z" ile gösterilir.
- **Diş yüksekliği:** Diş dibi dairesi ile diş üstü dairesi arasındaki kalan uzunluk bize dişin yüksekliğini verir ve "h" ile gösterilir.
- **Diş dibi yüksekliği:** Diş dibi dairesi ile bölüm dairesi arasındaki farktır ve "h_1" ile gösterilir.
- **Diş üstü yüksekliği:** Diş üstü dairesi ile bölüm dairesi arasındaki farktır ve "h_2" ile gösterilir.
- **Modül:** Bir dişi oluşturan en önemli tasarım aracı modüldür, "m" ile gösterilir.

Dişli çark imalatçıları bölüm dairesi çapını, diş sayısına bölerek modül değerini bulurlar ve çark tasarımında bu değeri dikkate alırlar. Adım ve modül değerleri eşit olan dişliler birbiriyle çalışabilen dişlilerdir. Adım ya da modül değeri iki dişlide fark gösteriyorsa bu dişliler hareket ya da güç iletimi gerçekleştiremez.

$$m = \frac{D_0}{Z}$$

m: Modül Değeri
D_0: Bölüm dairesi çapı
z : Diş sayısı

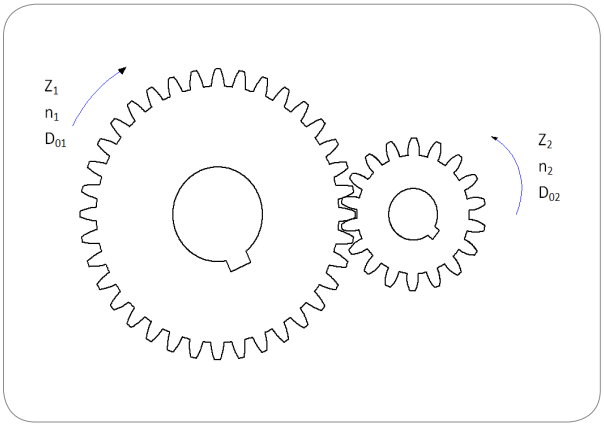


Görsel 5.34: Dişli çarkın ölçüleri

5.3.2. Dişli Oranları, Dişli Sistemleri ve Dişli Çeşitleri

5.3.2.1. Dişli Oranları

Bir dişlinin, beraber çalıştığı diğer bir dişliye ilettiği hareket sonucunda devir sayılarında bir değişim meydana gelir. Bu değişim sayesinde makinelerde, güç aktarımı konusunda oluşabilecek problemler ortadan kalkar. Devir sayısı hesabı için aşağıda verilen örnek dişli görseli üzerinden adımları izlemek gerekmektedir (Görsel 5.35).



Görsel 5.35: Dişli oranları

Diş sayısı, devir sayısı ve bölüm dairesi çapı, 1 numaralı dişli çark için sırasıyla Z_1, n_1 ve D_{01} aynı değerler 2 numaralı ve daha küçük olan dişli çark için yine sırasıyla Z_2, n_2 ve D_{02} olarak verilmiş olsun. Ayrıca bu iki dişli birbiri ile eş çalışan dişlilerse öncelikli olarak modülleri birbirine eşit demektir. Bunun yanında yine birbiriyle eş çalıştıkları için çevresel hızları da birbirine eşit olur. Bu bilgilerden yola çıkarak aşağıdaki denklemlere erişilir:

Z : Diş sayısı

n : Devir sayısı

D_0 : Bölüm dairesi çapı

V : Çevresel hız

m : Modül

Çevresel hız, her iki dişli çark için de devir sayısı ve bölüm dairesi çapının pi sayısı ile çarpımından bulunur. Çevresel hızlar aynı zamanda birbirine eşit olduğu için;

$$V_1 = V_2$$

$$V_1 = \pi.n_1.D_{01} \; ; \; V_2 = \pi.n_2.D_{02}$$

$$\pi.n_1.D_{01} = \pi.n_2.D_{02}$$

$$n_1.D_{01} = n_2.D_{02}$$

(a)

denklemi elde edilir. Bu denklem (a) denklemi olsun. Birbiriyle eş çalışan dişlilerin modülleri de birbirine eşittir. Buna göre;

$$m_1 = m_2 = m$$

$$m_1 = \frac{D_{01}}{Z_1} \; ; \; m_2 = \frac{D_{02}}{Z_2}$$

$$D_{01} = m.Z_1 \; ; D_{02} = m.Z_2$$

(b)

denklemi bulunur. (b) denklemini, (a) denkleminde yerine koyarsak:

$$n_1.\cancel{m}.Z_1 = n_2.\cancel{m}.Z_2$$

$$n_1.Z_1 = n_2.Z_2$$

$$n_1.Z_1 = n_2.Z_2$$

(c)

Bulunan (c) denklemi, birbiriyle eş çalışan çarkların devir sayıları ve diş sayıları arasındaki oranı vermektedir. Bu denklem sayesinde diş sayılarını bildiğimiz çarklar arasındaki devir aktarımı hesaplanabilir. Aynı şekilde bu denklemler ile dişliler arasındaki aktarım bir diğer ifadeyle çevrim oranı olarak isimlendirilir ve "i" ile gösterilir

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{Z_2}{Z_1}$$

UYGULAMA 5.9

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=20514

ÖĞRENME BİRİMİ	Hareket İletim Elemanları
UYGULAMA ADI	Dişli Oranı Hesabı-1

AMAÇ

Verilen dişli çark değerleriyle dişli oranı hesabını yapmak

ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

- Atölye kurallarına uyunuz.
- İş elbisesi, koruyucu gözlük ve eldiven kullanınız.
- İş güvenliğine yönelik tabela ve işaretlere uyunuz.
- Gürültülü ortamlarda kulaklık veya kulak tıkacı gibi koruyucu ekipmanlar kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı gibi tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer tüm iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

Birbiriyle eş çalışan iki dişlinin diş sayıları aşağıda verilmiştir. Birinci dişli çark 3000 d/dk ile hareket etmekteyse ikinci dişli çarkın devir sayısı nedir? Hesaplayınız.

Z_1=50 diş
N_1=3000 d/dk
Z_2=30 Diş
N_2=?

SONUÇ (Uygulama sonucunda öğrendiklerinizi yazınız.)

UYGULAMAYA İLİŞKİN DEĞERLENDİRMELER

İŞLEM	**PUAN**	**ALINAN PUAN**
İş Güvenliği	10	
Temizlik / Düzen	10	
Bilgi	30	
Beceri	40	
Süre Kullanımı	10	
Toplam	100	

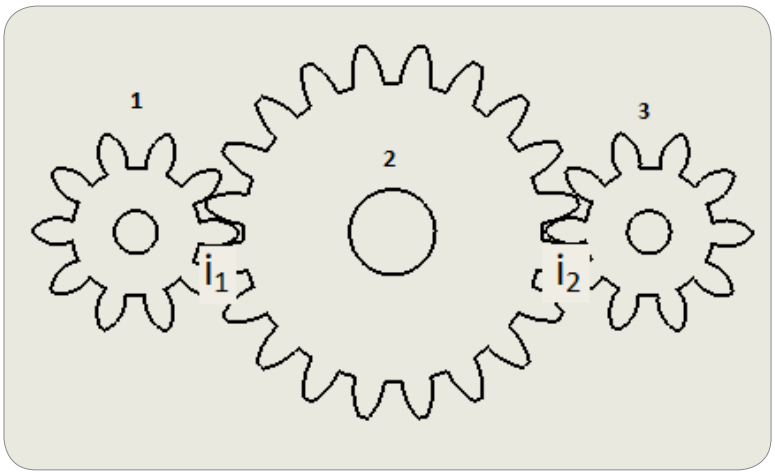
ÖĞRENCİNİN		**ÖĞRETMENİN**		**ALINAN NOT**	
ADI SOYADI		ADI SOYADI			
NUMARASI		İMZASI		TARİH	...../...../20

5.3.2.2. Dişli Sistemleri

Aşağıdaki dişli grubu incelendiğinde, 1. ve 2. dişli arasındaki oran i_1 olsun, 2. ve 3. dişli arasındaki oran da i_2 olsun. Bu varsayımdan yola çıkarak 1. ve 3. dişli arasındaki oran (i_3 olarak isimlendirilsin) aşağıdaki gibi hesaplanır (Görsel 5.36).

$$i_3 = i_1 . i_2$$

Birden fazla dişlinin bir amaç uğruna çalıştığı dişli sistemleri **redüktör**, **şanzıman** ya da **transmisyon** olarak isimlendirilir.



Görsel 5.36: Örnek bir dişli sistemi

UYGULAMA 5.10

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=20527

ÖĞRENME BİRİMİ	Hareket İletim Elemanları
UYGULAMA ADI	Dişli Oranı Hesabı-2

AMAÇ

Verilen dişli çark değerleriyle dişli oranı hesabını yapmak

ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

- Atölye kurallarına uyunuz.
- İş elbisesi, koruyucu gözlük ve eldiven kullanınız.
- İş güvenliğine yönelik tabela ve işaretlere uyunuz.
- Gürültülü ortamlarda kulaklık veya kulak tıkacı gibi koruyucu ekipmanlar kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı gibi tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer tüm iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

Birbiriyle eş çalışan üç dişlinin birinci ve ikinciyle arasındaki dişli oranı $İ_1$, ikinci ve üçüncü dişli arasındaki oran ise $İ_2$ dir. Aşağıda verilen duruma göre birinci ve üçüncü dişli arasındaki oran ($İ_3$) kaç olmalıdır? Hesaplayınız.

$İ_1$=1/2
$İ_2$=2/5
$İ_3$=?

SONUÇ (Uygulama sonucunda öğrendiklerinizi yazınız)

UYGULAMAYA İLİŞKİN DEĞERLENDİRMELER

İŞLEM	**PUAN**	**ALINAN PUAN**
İş Güvenliği	10	
Temizlik / Düzen	10	
Bilgi	30	
Beceri	40	
Süre Kullanımı	10	
Toplam	100	

ÖĞRENCİNİN		**ÖĞRETMENİN**		**ALINAN NOT**	
ADI SOYADI		ADI SOYADI			
NUMARASI		İMZASI		TARİH	...../...../20

5.3.2.3. Dişli Çeşitleri

Dişli çarklar, diş profiline göre dişli çarklar ve çalışma durumuna göre dişli çarklar olarak ikiye ayrılmaktadır.

a. Dişli Profiline Göre Dişli Çarklar

- **Düz Dişli Çarklar**

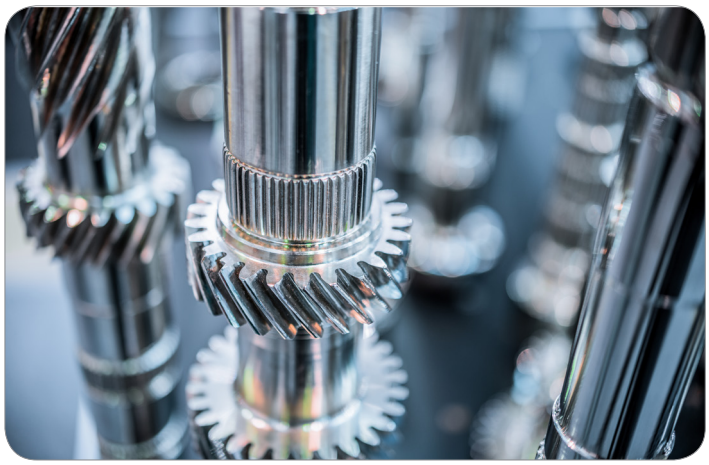
Düz dişli çarklar, birbirine paralel olarak eksenlenmiş miller arasında güç ve hareket iletimi gerçekleştirir (Görsel 5.37). Bu tip çarkların dişleri, beraber çalıştıkları miller ile aynı eksen doğrultusunda açılmıştır. Birbiriyle eş çalışan iki düz dişli çarkın çevresel hızları birbirine eşit, buna karşın dönme yönleri birbirinin tersidir.



Görsel 5.37: Düz dişli çark

- **Helis Dişli Çarklar**

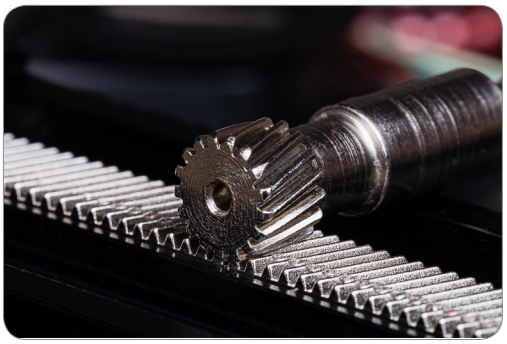
Helis dişe sahip çarklarda dişler dönük şekilde imal edilir (Görsel 5.38). Bu dönük form sayesinde miller istenilen pozisyonlarda çalıştırılabilir. Birbiriyle çalışması gereken miller birbirine paralel de dik bir açıda da olabilir. Bunların yanında iki mil arasında uygun helis dişli çark kullanılması hâlinde istenilen açı sağlanabilir. Helis dişlilerin bir diğer avantajı, dönük form sayesinde dişleri düz dişlilere nazaran daha fazla yüzey alanına sahip olduğu için güç ve hareket iletimini artırabilmesidir.



Görsel 5.38: Helisel dişli çark

- **Kremayer Dişli**

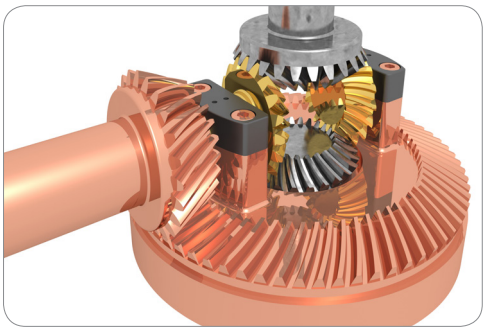
Doğrusal bir profile sahip çubuklara açılmış dişler ile kremayer dişli imal edilebilir (Görsel 5.39). Vinçler, robotlar gibi doğrusal hareket iletimi gereken yerlerde kremayer dişli kullanılabilir. Günlük hayattaki en yaygın örneği ise minibüs yan kapılarındaki kapı motorlarıdır.



Görsel 5.39: Kremayer dişli

- **Konik Dişli Çarklar**

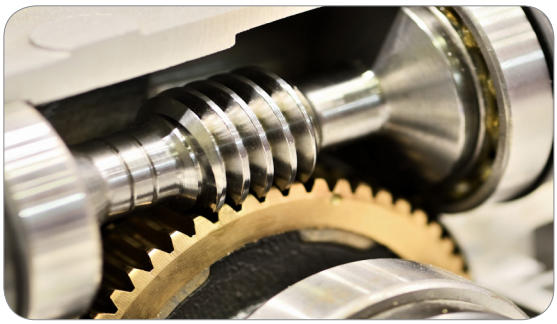
Tepesi kesilmiş bir koniye benzeyen konik dişli çarklar, birbirine dik eksenli millerde hareket ve güç iletimi sağlamak için kullanılır. Diş yapıları düz veya helis formunda olabilir. Uçak dâhil her türlü taşıtta diferansiyel adını alan makine elemanlarında kullanılır. Eğer konik dişli çarkın da dişleri helis formundaysa aynı zamanda **ayna-mahruti dişli** olarak da isimlendirilir (Görsel 5.40). Konik helis dişlinin büyük olanına **ayna**, küçük olanına ise **mahruti** denir.



Görsel 5.40: Ayna-mahruti dişli takımı

- **Sonsuz Vida Dişli Sistemi**

Üzerine diş açılmış bir sonsuz vida ile dişli çark beraber çalışabilir (Görsel 5.41). Birbirine dik eksenli millerde hareket ve güç iletimi sağlanır. Sonsuz vidalar ile minimum kuvvet harcanarak maksimum iş yapılabilir. Vinçlerden asansörlere, takım tezgâhlarından dümen-yön kontrolüne kadar birçok alanda kullanılır.



Görsel 5.41: Sonsuz dişli takımı

- **Zincir Dişli Çarklar**

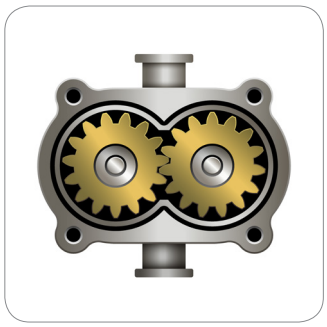
Dişli çarkların diş profillerine uygun zincirlerle beraber kullanımı mümkündür (Görsel 5.42). En yaygın kullanımı bisikletler ya da motosikletlerdir.



Görsel 5.42: Zincir dişli takımı

- **Pompa Dişli Sistemleri**

Akışkan aktarımında kullanılan güç ya da hareket iletmeyen dişli sistemleri pompa dişlileridir (Görsel 5.43). Uçaklarda hidrolik yağı ya da yakıt gibi akışkanların bir noktadan başka bir noktaya basılmasında kullanılan pompalarda bulunur.



Görsel 5.43: Pompa dişli sistemi

b. Çalışma Durumuna Göre Dişli Çarklar

Dişli çarklarda dişler silindirik bir malzemenin üzerine ya da içine açılır.

- **Dıştan dişli çarklar**: Dişleri, silindirik bir malzemenin dışından açılan çarklardır.
- **İçten dişli çarklar:** Dişleri, silindirik bir malzemenin içinden açılan çarklardır.

c. Diğer Dişli Türleri

- **Vasat (idler) dişliler**: iki mil arasındaki mesafe uzun ise aradaki boşluğu almak için kullanılan basit dişlilerdir.
- **Kafes dişli modeller**: Planet dişli, redüktör gibi sıkça kullanılan dişli sistemleri, kafes modeller olarak anılır (Görsel 5.44).



Görsel 5.44: Planet dişli sistemi

UYGULAMA 5.11

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=20531

ÖĞRENME BİRİMİ	Hareket İletim Elemanları
UYGULAMA ADI	Aksesuar Dişli Kutusunun Sökülmesi ve Kontrolü

AMAÇ

Atölyelerde bulunan uçak motorunun aksesuar dişli kutusundaki dişli çarkları incelemek, bu çarkların özelliklerini ve çeşitlerini öğrenmek

ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

- Atölye kurallarına uyunuz.
- İş elbisesi, koruyucu gözlük ve eldiven kullanınız.
- İş güvenliğine yönelik tabela ve işaretlere uyunuz.
- Gürültülü ortamlarda kulaklık veya kulak tıkacı gibi koruyucu ekipmanlar kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı gibi tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer tüm iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Aksesuar dişli kutusunun sökülmesi ve kontrol edilmesi işlemlerinde, sökme-takma aletleri, büyüteç ve kumpas kullanınız.
- İncelenen dişlilerin özelliğini belirterek yazınız.

SONUÇ (Uygulama sonucunda öğrendiklerinizi yazınız.)

UYGULAMAYA İLİŞKİN DEĞERLENDİRMELER

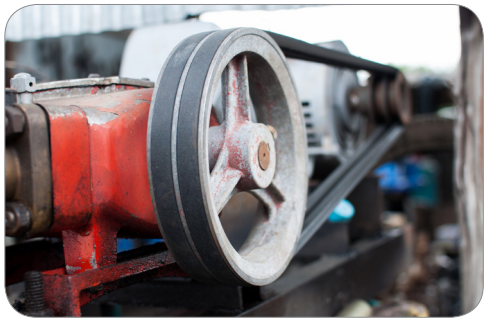
İŞLEM	**PUAN**	**ALINAN PUAN**
İş Güvenliği	10	
Temizlik / Düzen	10	
Bilgi	30	
Beceri	40	
Süre Kullanımı	10	
Toplam	100	

ÖĞRENCİNİN		**ÖĞRETMENİN**		**ALINAN NOT**	
ADI SOYADI		ADI SOYADI			
NUMARASI		İMZASI		TARİH	...../...../20

5.3.3. Kayış-Kasnak Düzenekleri, Zincir ve Zincir Dişlileri (Sprocketler)

5.3.3.1. Kayış-Kasnak Düzenekleri

Bu tip düzeneklerde hareket ve güç iletimi, birbiriyle eş çalışan iki kasnak üzerinden geçirilmiş kasnak ile sağlanır (Görsel 5.45). Aralarındaki mesafelerin fazla olduğu miller için kullanılır.



Görsel 5.45: Kayış kasnak sistemi

Kayış profillerine göre çeşitlendirilir. Bunlar; düz kayış, V kayış gibi isimler alabilir. Kasnaklar yaygın olarak dökme demirden, kayışlar ise plastik türevi malzemelerden imal edilir. Buna rağmen kayışlar yine de kaliteli esnek malzemelerden üretilmelidir. Bu durum güç ve hareket iletimi için oldukça önemlidir.

- **Düz Kayış-Kasnak**

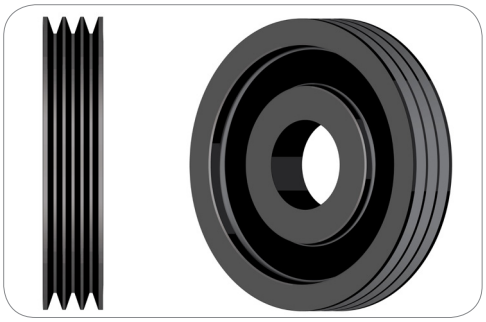
Düz kayış ve kasnak profili, ismi gibi düz bir forma sahiptir (Görsel 5.46). En temel kayış-kasnak düzeneğidir.



Görsel 5.46: Düz kayış

- **V Kayış-Kasnak**

Kayış kesiti V harfine benzemektedir (Görsel 5.47). Bu form sayesinde temas yüzeyi artacağı için güç ve hareket iletimi iyileşecektir. V şeklinde açı değişkenlik gösterebilmektedir.



Görsel 5.47: V kayış-kasnak

- **Yuvarlak Kayış-Kasnak**

Kayış kesiti yuvarlatılmış bir formdadır. Küçük ev aletlerinde yoğunlukla kullanılır. Nispeten daha küçük yüklerin iletilmesi amaçlanır.

- **Triger Kayışları ve Dişli Kasnaklar**

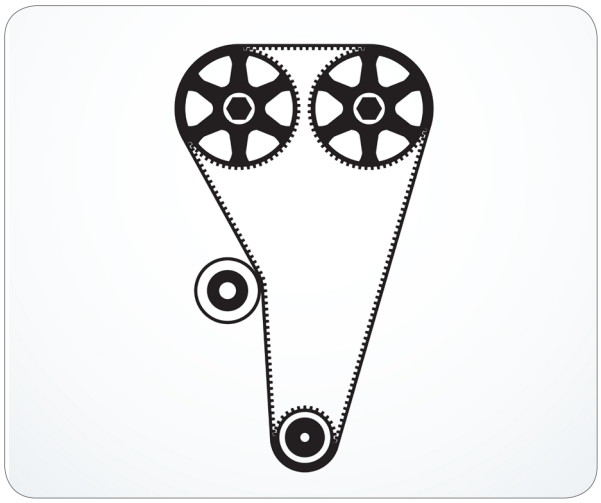
Bu kayış-kasnak düzeneğinde hem kayış hem de kasnak üzerine açılmış dişler bulunmaktadır (Görsel 5.48). Diğer tüm kayış-kasnak düzenekleri temas alanındaki statik sürtünmeyle hareket ve güç aktarmaktadır. Buna rağmen diğer tiplerde bir miktar da olsa kaymalar yani dinamik sürtünmeler doğacaktır. Triger kayış ve kasnak sisteminde ise dişler yardımıyla aynı dişli çarklarda olduğu gibi eş zamanlı çalışma imkânı vardır. Büyük yükleri iletmek ya da istenilen açıda veya hızda işi kontrol edebilmek için kullanılır. En yaygın kullanımı içten yanmalı ve pistonlu motorlardadır. Bu motorlarda kam ve krank milleri arasındaki iletimi sağlar.



Görsel 5.48: Triger kayış kasnak düzeneği

- **Gergi Kasnakları**

Kayışlar esnek yapıdadır. Bunun yanında çalışma sırasındaki sürtünmelerden kaynaklı olarak ısınır ve daha da gevşer. Bunu önlemek ve kayışları gergin hâle getirebilmek için gergi kasnakları kullanılır (Görsel 5.49). Gergi kasnakları yük iletimini amaçlamaz. Gerginin yetersiz ya da fazla olması kayış ömrünü ve yük iletimini kötü yönde etkiler.



Görsel 5.49: Gergi kasnağı

Genel olarak kayışlardan istenen özellikler;

- Düşük maliyetli olmaları,
- Sürtünme katsayılarının yüksek olması,
- Aşınmalara karşı dirençli olmaları,
- Esnek bir yapıya sahip ve bunun yanında kopmaya karşı dayanımlı olmaları,
- Ek iz bulundurmamaları, yekpare şekilde imal edilmiş olmalarıdır.

Kayış-kasnak sistemlerinin birçok avantajı bulunmaktadır. Öncelikle diğer makine elemanlarına nazaran daha uygun fiyatlıdır ve piyasada bulunabilirliği daha yüksektir. Dişli çarkların aksine uzak mesafelerdeki miller arasında güç ve hareket iletimi sağlayabilmektedir. Sessiz çalışır ve herhangi bir yağlayıcıya ihtiyaç duymaz. Darbeli çalışmalara karşı da dayanımları oldukça yüksektir.

Bu özelliklerine rağmen bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Kayışların, kasnak üzerinde kayması yüzünden güç ve hareket, sabit bir oranla aktarılamayabilir. Çalışma mantıklarındaki gergi faktörü ise milleri eğilmeye zorlar. Ortamın sıcaklık ve nem koşulları çalışmayı etkiler. Olası kayış kopmaları ciddi arızalara sebebiyet verebilir.

5.3.3.2. Zincir ve Zincir Dişlileri (Sprocketler)

Zincirler birbirine bağlanmış, dış bakla, iç bakla ve pimden oluşan halka olarak isimlendirilmiş elemanlardan oluşur. Temelde iki tip zincir vardır: Yük zincirleri ve transmisyon zincirleri. Yük zincirleri en basit yapıya sahip elemanlardır. Amaçları güç veya hareket iletimi değildir. Sadece yükü taşımakta kullanılır. Transmisyon zincirleri ise güç ve hareket iletim elemanlarıdır, kayış-kasnak düzenekleriyle benzer prensiplerde çalışır. Zincir dişlileri (sprocket) etrafına sarılı vaziyette konumlanan transmisyon zincirlerinin en yaygın kullanım alanları motosiklet ve bisikletlerdir. Bazı otomobil modellerinde triger kayışı yerine zincir dişli sistemi ile krank ve kam milleri arasındaki iletim sağlanır.

Zincir dişli sistemleri, kayış-kasnak sistemlerine göre özellikle düşük hızlarda daha fazla güç aktarımında daha verimlidir ve bu sistemlerde kayma durumları da oluşmaz. Buna karşın yüksek hızlarda nispeten daha verimsizdir, titreşim ve gürültünün artması da buna etkendir. Zincir dişli sistemleri yağlayıcı ihtiyacı da duyar ve bakım maliyetleri kayış-kasnak sistemlerine göre daha fazladır.

5.3.4. Transmisyonların Bakım ve Kontrolleri

Bakımdan sorumlu teknisyenin, işine başlarken öncelikle dikkat etmesi gereken iş güvenliği kurallarıdır. İş güvenliği kuralları uygulandığında öncelikle teknisyenin kendisi korunmuş olur. Daha sonrasında ise ileride doğabilecek ve uçuş güvenliğini risk altına alacak etmenler de ortadan kaldırılmış olur. Bunların yanında malzeme ve alet-edevat arızası veya kaybı yaşanmaz. Çok daha ekonomik bir çalışma ortamı sağlanır. Teknisyen, transmiyonlarla çalışmak için öncelikle eldivenlerini takarak kendisini olası parça zararlarına karşı korur. Bunun yanında koruyucu gözlük takarak, transmisyonlarda bulunan yağlayıcı kimyasalların etkisinden gözlerini koruyabilmektedir. Yağlayıcılar, sadece gözler için değil cilt için de tehlikelidir, ciltte tahrişe sebep olabilir. Ayrıca yağ ile çalışılırken parçaların kayıp düşme ihtimalleri de eldivenler sayesinde ortadan kalkar. Takım güvenliği de sağlanmış olur.

Yüksekte veya bir merdivende çalışma yapılacağı zaman koruyucu donanımların ihmal edilmemelidir. Başı korumak için baret-kask takmak da önemli iş güvenliği kurallarından biridir. Özellikle dişli çarklar; büyük, ağır ve oldukça sivriltilmiş köşelere sahiptir. Yere düşürülebilir. Böyle bir durumda ayakların zarar görmemesi için koruyuculu iş ayakkabıları giyilmesi önemlidir. Bunların yanında teknisyenin çalıştığı ortam nispeten gürültülü sayılabilecek bir ortamdır. Bu nedenle çeşitli meslek hastalıklarına yakalanmamak ve kulakları korumak için kulaklık takılmalıdır. Bütün bunlara ek olarak diğer teknisyenlerle sürekli iletişim hâlinde olmalı ve olası aksiliklerden haberdar olunmalıdır.

5.3.4.1. Olası Arıza ve Kusur Tipleri

Tüm transmisyon elemanlarında çatlaklar ve kırılmalar en olası arıza tipidir. Buna ek olarak oluşan çatlakta yayılmalar da söz konusudur. Çatlak ve kırılmalar; düşme, darbe sonucunda veya sürekli yük altında çalışmaktan kaynaklanan malzeme yorulmasından da meydana gelebilir. Sürtünmelerden kaynaklı aşınmalar da önemli bir arıza türüdür.

Yapışma adı verilen arıza türü, birbiriyle eş çalışan dişlerin birinden kopan parçaların diğerine yapışmasıyla her iki dişte de form bozukluğu oluşmasından kaynaklanır. Abrasyon olarak isimlendirilmiş hata ise yağlayıcılarda bir zaman sonra oluşan kum, metal talaşı, kaynak sıçramaları nedeniyle meydana gelir. Burada bahsedilen parçacıklar, diş yüzeylerinden de parça kopmalarına sebep olur.

Genel olarak yüzey kusurları ve ölçü kusurları olası hatalardır.

5.3.4.2. Dişlilerin Gözle Kontrolü ve Temizlik

Gözle muayene tüm bakım faaliyetlerinin temelidir. Teknisyen, dişli çarklarda diş aşınmalarını veya form bozukluklarını incelemeli ve bulgularını rapor etmelidir. Hem dişli çarklarda hem de kayış kasnak sistemlerinde çatlak ve kırılma kontrolü de yapmalıdır. Kayışları kontrol ederken eskime ve aşınma belirtilerini incelemeli, olası deformasyonları rapor etmelidir. Zincir baklalarında kırılmaları araştırmalı, zincir dişlilerinde ise diş profillerindeki aşınmalara karşı dikkatli olmalıdır.

Teknisyen, incelediği malzemelerde hatalara karşı dikkatli davranmalıdır. Herhangi bir malzemenin keskin köşe yaparak bükülmesi bunlardan biridir. Malzeme yüzeyinde oluşabilecek göçükler veya yüzeyin pullanması ya da kalkması da başka hatalar zinciridir. Keskin olması gereken köşelerin yuvarlaklaşması malzemenin çalışmasını olumsuz etkileyecektir.

Yağlayıcı eksikliği dişlilerde karşılaşılabilecek en büyük problemdir ve aşınmalara sebep olur. Teknisyen ise dişli sistemlerini bakım talimatlarında belirtilen periyotlarda mutlaka temizlemeli ve tekrar yağlamalıdır. Bu yağlama işlemleri bakım talimatlarında, şirketler bünyesinde teknisyen için planlanır ve dişli takımlarının birbirinden farklı periyotlarda yağlanması gerekebilir. Bunun aksine kayış-kasnak sistemlerinde ise yağ istenmemektedir. Olası yağ ve kirlilik mutlaka temizlenmelidir. Temiz olmak teknisyenin çok dikkat etmesi gereken bir durumdur. Çalışma alanı ve kullanılan ekipmanlar kir ve tozdan uzak tutulmalıdır. Çalışma sonrasında çalışılan ortam temizlenmelidir. Bu iş güvenliği açısından çok önemlidir.

Teknisyenin diğer bir önemli aracı ise kitaplarıdır. Bakım el kitapçıkları ya da bakım talimatlarında hangi malzemenin nasıl kontrol edileceği işlem basamakları hâlinde açıklanmıştır. Bu evraklar sayesinde insan faktörleri sistem dışında bırakılarak hata riski en aza indirilmektedir. Teknisyenin en önemli görevi bu talimatları eksiksiz yerine getirmektir.

5.3.4.3. Dişlilerin Ölçü Aletleri ile Kontrolü

Gözle ayırt edilemeyecek noktalar, ölçüm aletleriyle kontrol edilmelidir. Bu aletler kumpas, mihengir, mikrometre şeklinde çeşitlendirilir. Kasnak veya çarklarda, millerin geçtiği deliklerdeki form bozuklukları ve çap değişiklikleri ölçülerek elde edilen değerler bakım kitaplarındaki değerlerle karşılaştırılmalıdır. Uygun olmayan ölçüdeki malzeme mümkünse onarıma gönderilmeli veya yenisiyle değiştirilmelidir. Diş profilleri ve delikler uygun mastarlarla kontrol edilmelidir. Özellikle sıcaklık değişimlerinin yoğun olduğu noktalarda form bozuklukları çok daha olasıdır.

Ölçüm aletleri diğer malzemelerden daha hassas şekilde korunmalıdır. Asla yere düşürülmemeli ve kullanılmadığı zaman koruyucu kutularında muhafaza edilmelidir. Tozdan ve kirden her kullanımdan önce ve sonra arındırılmalıdır. Kalibrasyonu belirli periyotlarda kontrol edilmeli ve gerekirse ilgili birimlere gönderilerek tekrar kalibre ettirilmelidir. Ölçüm aletlerinden doğan yanlış ölçüm sonrasında yapılan herhangi bir işlem güvenilir olamaz.

UYGULAMA 5.12

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=20535

ÖĞRENME BİRİMİ	Hareket İletim Elemanları
UYGULAMA ADI	Dişli Çarkların Boyutsal Kontrolü

AMAÇ

Atölyelerde bulunan dişli çarkların elemanlarının boyutlarını ilgili ölçme aletiyle incelemek

ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

- Atölye kurallarına uyunuz.
- İş elbisesi, koruyucu gözlük ve eldiven kullanınız.
- İş güvenliğine yönelik tabela ve işaretlere uyunuz.
- Gürültülü ortamlarda kulaklık veya kulak tıkacı gibi koruyucu ekipmanlar kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı gibi tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer tüm iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Kontrol işlemlerinde kumpas, mikrometre ve mihengir gibi ölçme aletlerini kullanınız.
- Dişli çark elemanlarının ölçülen değerlerini katalog değerleriyle karşılaştırınız.

SONUÇ (Uygulama sonucunda öğrendiklerinizi yazınız.)

UYGULAMAYA İLİŞKİN DEĞERLENDİRMELER

İŞLEM	**PUAN**	**ALINAN PUAN**
İş Güvenliği	10	
Temizlik / Düzen	10	
Bilgi	30	
Beceri	40	
Süre Kullanımı	10	
Toplam	100	

ÖĞRENCİNİN		**ÖĞRETMENİN**		**ALINAN NOT**	
ADI SOYADI		ADI SOYADI			
NUMARASI		İMZASI		TARİH	...../...../20

5.3.4.4. Dişlilerin Tahribatsız Muayene Metotları ile Kontrolü

Gözün veya mekanik ölçüm aletlerinin ayırt edemeyeceği çatlaklar ya da iç hasarlar çeşitli tahribatsız muayene metotları ile incelenmelidir. Özellikle sıvı penetrant uygulaması ile yüzeydeki çatlaklar fark edilebilir. Ultrasonik veya radyografik metotlarla, gözün göremeyeceği noktalardaki kusurlar belirlenebilir ve gerekli önlemler alınabilir.

5.3.5. Kayış, Makara, Zincir ve Tekerleklerin Kontrolü

Kayış, makara, zincir ve tekerlekler gibi diğer hareket iletim elemanlarının kontrolleri transmisyonların kontrolleriyle benzer süreçtedir. Önce gözle muayene ile başlayan kontroller boyutsal ölçümlerle devam etmelidir. Bakım el kitaplarında belirtilmişse tahribatsız muayene metotlarına da başvurulmalıdır.

5.3.6. Dişli Çarkların, Kollu Tertiplerin ve İt-Çek Kol Sistemlerinin Kontrolü

Dişli çarkların, kollu tertiplerin ve it-çek kol sistemlerinin kontrolünde çatlak ya da ezilme var mı diye hem gözle muayene hem de tahribatsız muayene metotları kullanılmalıdır. Bağlantı elemanlarının hasarları ve korozyon etkileri kontrol edilmelidir.

5.4. BORULAR VE BİRLEŞTİRİCİLER

Amaç: Ulusal ve uluslararası mevzuatlara göre boru ve bağlantılarının bakımını ve onarımını yapmak

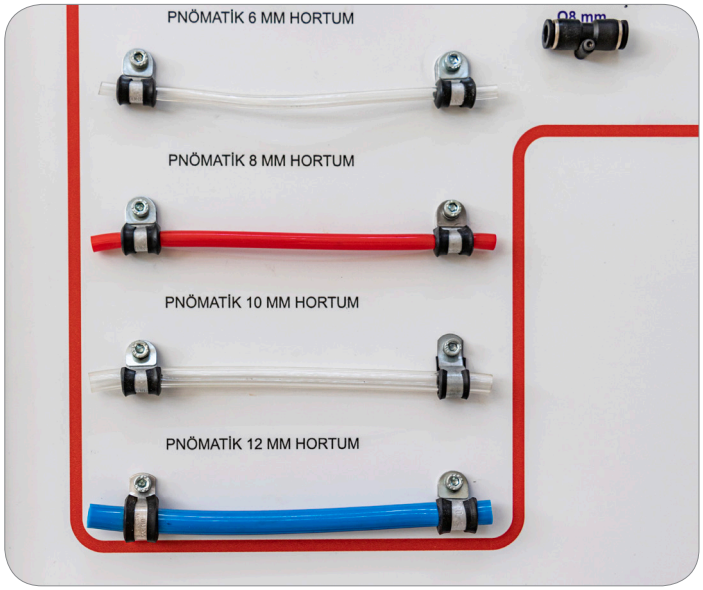
Araştırma: Uçaklarda kullanılan boru hatlarından hangi akışkanların geçebileceğini sınıfta tartışınız.

5.4.1. Uçaklarda Kullanılan Düz ve Bükülebilir Borular ve Bağlantı Elemanları

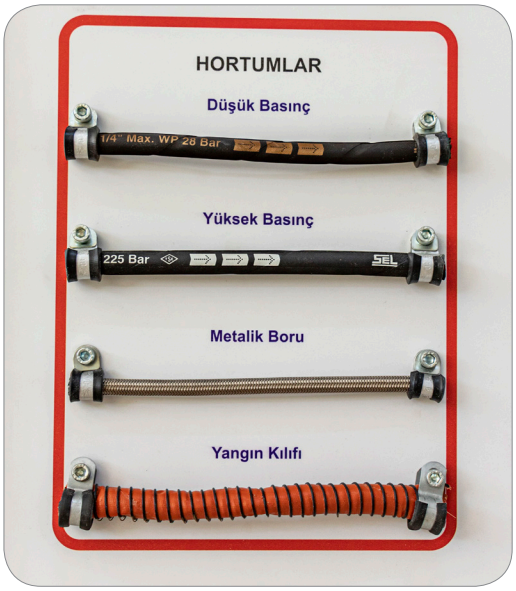
Borular ve çeşitli hortumlar da hava araçlarında yoğunlukla kullanılan elemanlardandır. Uçaklarda birçok sistemdeki akışkan hareketliliği borular ile kontrol edilir. Bu sistemlerde 300 PSI basınçtan, 1500 PSI basınca kadar çeşitli kullanım alanları mevcuttur (Görsel 5.50 a ve b). Aşağıda bahsedilen sistemlerde kullanılan borular ve hortumlar esnek veya esnek olmayan malzemelerden imal edilebilir. Çelik, bakır, plastik ve kauçuk çoğunlukla kullanılan boru ve hortum malzemeleridir.

Boruların kullanıldığı sistemler şunlardır:

- Yakıt sistemi
- Yağ sistemi
- Hidrolik sistem
- Oksijen sistemi
- Gösterge sistemleri
- İklimlendirme sistemleri
- Yangın sistemleri
- Su sistemleri
- Pnömatik sistemler
- Buz önleme ve korunma sistemleri
- Atık su sistemi
- Yağmurdan korunma sistemleri

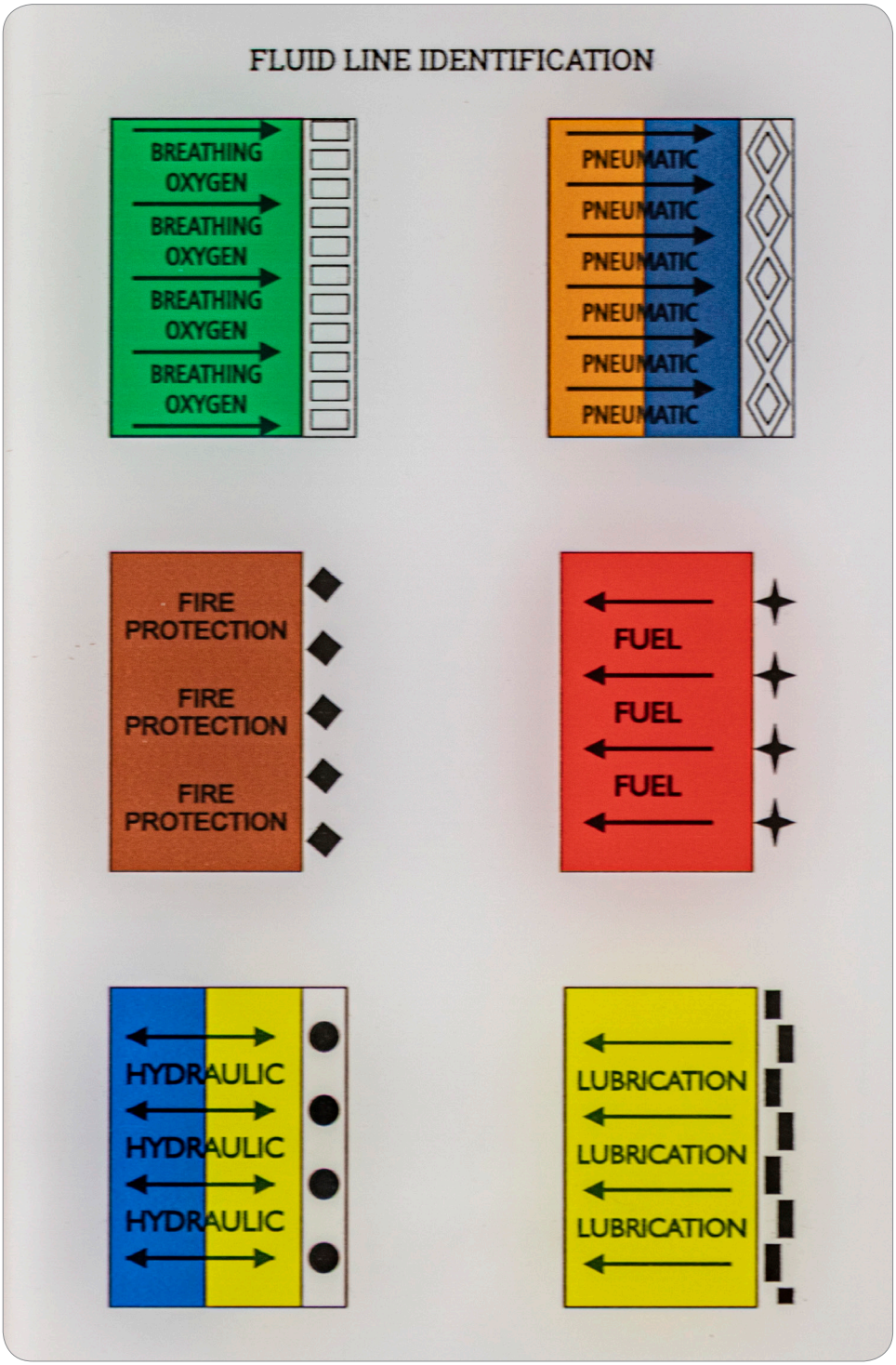


Görsel 5.50.a: Çeşitli hortum tipleri



Görsel 5.50.b: Çeşitli boru tipleri

Borularla çalışmak için öncelikle bilinmesi gereken boru simgeleridir. Çalışma sırasında karışıklık olmaması ve hatalı durumların ortaya çıkmaması için borular, içerisinden geçen akışkana göre aşağıda verilen tablodaki görseller ile işaretlenmelidir. Bu çıkartmalar ilgili borunun üzerine yapıştırılarak borulara ayırt edicilik kazandırılır. Çıkartmalar 1 inç ebadında olmalıdır (Görsel 5.51).



Görsel 5.51: Boru hattı etiketleri

UYGULAMA 5.13

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=20541

ÖĞRENME BİRİMİ	Hareket İletim Elemanları
UYGULAMA ADI	Uçakta Kullanılan Boru Tiplerinin Tespiti

AMAÇ

Boruları malzemesi, tipleri ve içerisinden geçen akışkana göre sınıflandırmak

ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

- Atölye kurallarına uyunuz.
- İş elbisesi, koruyucu gözlük ve eldiven kullanınız.
- İş güvenliğine yönelik tabela ve işaretlere uyunuz.
- Gürültülü ortamlarda kulaklık veya kulak tıkacı gibi koruyucu ekipmanlar kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı gibi tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer tüm iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Uçak ve uçak motorlarını kullanınız.
- Atölyenizdeki uçakta ve uçak motoru üzerinde bulunan boruları malzemesi ve içerisinden geçen akışkana göre sınıflandırınız.

SONUÇ (Uygulama sonucunda öğrendiklerinizi yazınız.)

UYGULAMAYA İLİŞKİN DEĞERLENDİRMELER

İŞLEM	**PUAN**	**ALINAN PUAN**
İş Güvenliği	10	
Temizlik / Düzen	10	
Bilgi	30	
Beceri	40	
Süre Kullanımı	10	
Toplam	100	

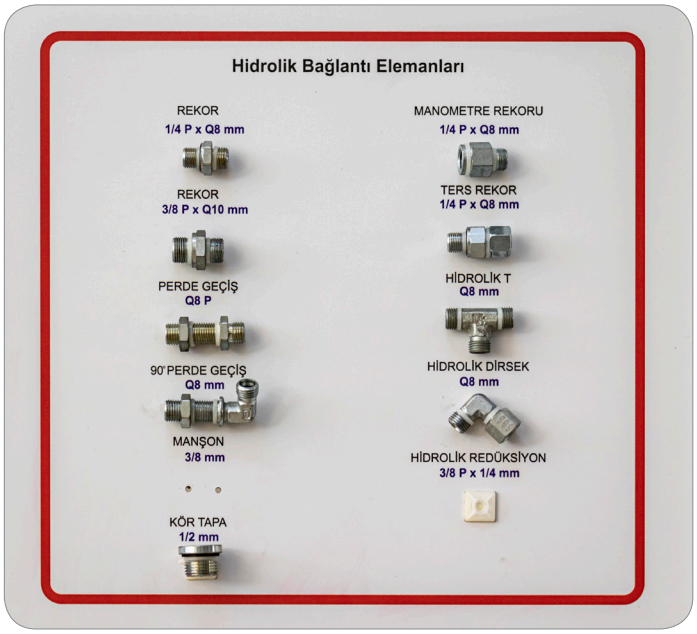
ÖĞRENCİNİN		**ÖĞRETMENİN**		**ALINAN NOT**	
ADI SOYADI		ADI SOYADI			
NUMARASI		İMZASI		TARİH	...../...../20

5.4.2. Borularda Oluşan Hasarlar

Borular üzerinde ezilmiş veya delinmiş kısımlar kontrol edilmelidir. Bunun yanında boruların bağlantı noktalarında kaçaklar mevcutsa raporlanmalıdır.

5.4.3. Boru Bağlantı Elemanları

Boruları birbirine bağlamak için çeşitli birleştiriciler (fittings) kullanılır. Birleştiriciler; rakor, dirsek,T bağlantı gibi birçok isimlendirmeye sahiptir (Görsel 5.52). Bunların yanında "quick diconnect (çabuk ayrılan)" birleştiriciler vardır. Amaç, birleştirme ve ayırma işlemlerini çok daha hızlı ve güvenilir bir hâle getirmektir.



Görsel 5.52: Boru Bağlantı Elemanları

5.4.4. Borulardaki Standart Birleştirmeler

Borular ve birleştiricileri havacılıkta belli standartlar dâhilinde imal edilmelidir. Bu standartlardan birisi AN (Air Force-Navy) olarak adlandırılan Hava Kuvvetleri ve Donanma Standartları, diğeri ise MS (Military Standart) olarak bilinen askeri standartlardır. Havacılık standartlarının kökü Amerikan donanmasına dayanır. Bu standartlar ile boru birleştirme işlemleri kolaylıkla gerçekleştirilebilir. Birden çok boru birleştirme metodu vardır.

5.4.4.1. Konikleştirilmiş / Havşa Uçlu Bağlantı (Flared Fittings)

Boru birleştirmede kullanılan en yaygın metot boru ağızlarına havşa açılarak yapılan birleştirmedir. Tepesi kesilmiş bir koni şekline getirilmiş geometrik form **havşa** ismini alır. Boruların ucuna 74 derecelik veya 32 derecelik havşa açılarak yapılan uygulamalar bulunmaktadır. Bu iki açı iki farklı standart olarak kabul edilir. Dikkat edilmesi gereken farklı standartlarda havşa açılmış boruların beraber kullanılmayacağıdır. Bu işleme **ağız açma** da denir.

Havşa açılmadan önce boruya uygun ebattaki somun geçirilir ve akabinde havşa açılır. Daha sonrasında manşon (sleeve) takılarak boruya bağlanmak istenen bağlantı elemanında oluşabilecek sızıntılar önlenmiş olur (Görsel 5.53).

Havşa açma işlemi özel borulama ekipmanları ile yapılmaktadır. Boru, öncelikle uygun ebatta kesilir ve daha sonrasında kullanılacağı yere göre bükülür. Havşa işlemi bu adımlardan sonra gelmektedir. Bu adımlar daha sonra detaylarıyla açıklanacaktır.



Görsel 5.53: Sleeve ve boru bağlantısı

5.4.4.2. Presli Boru Kavramaları

Borular birbirine, bağlantı elemanlarıyla birlikte özel araç gereçler yardımıyla preslenebilmektedir. Bu presleme metodu ile de ikiden fazla yönlü bağlantıların kurulması mümkündür.

5.4.4.3. Çabuk Ayrılan Boru Kavramaları (Quick Disconnect)

Oldukça önemli bir teknoloji olan quick disconnect (çabuk ayrılan) bağlantı elemanları, teknisyenin borular ile yaptığı çalışma süresini kısaltmaktadır. İsminden de anlaşılacağı üzere çabuk ayrılabilen bağlantı elemanları sayesinde boruların birbirine montajı ve ayrılması çok kısa sürede gerçekleştirilebilmektedir (Görsel 5.54).

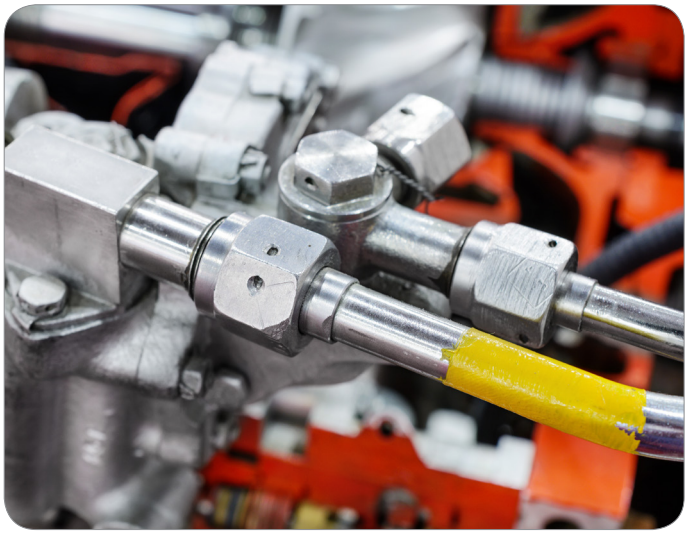
Bu bağlantı elemanlarındaki bir diğer özellik, mekanik yapısı sayesinde borular birbirinden ayrıldığında içerideki akışı da kesmesidir. Quick disconnect elemanlar, bir başka boruya bağlanılmadığı sürece akışa izin vermemektedir. Bunu gerçekleştiren mekanizma ise elemanın içinde bulunan yaylı valf düzeneğidir. Teknisyen bu elemanlar sayesinde, örnek olarak yağ ile çalışma yapmakta ise etrafı kirletmemekte ve iş güvenliğine aykırı durumlar oluşmamaktadır.



Görsel 5.54: Quick disconnect

5.4.4.4. Kilit Tasarımı

Rakorun, boruya geçtikten sonra vidalı yapısı sayesinde döndürülmesiyle akışkan sızıntılarının önlendiği bir bağlantı metodudur (Görsel 5.55). Bazı bağlantılar bir anahtar yardımıyla yapılırken bazı bağlantılar için el kuvveti yeterli olmaktadır. Bu tür bağlantılarda emniyet teli uygulaması yapılmalıdır.



Görsel 5.55: Kilit (vidalı) tasarım

5.4.4.5. Kelepçeli Boru Kavramaları

Özellikle basınç ve sıcaklığın yüksek olduğu bağlantılarda, birleştirme elemanı olarak kullanılır (Görsel 5.56). Motordan alınan sıcak havanın (bleed air) iletimi için egzoz sistemleri ve basınçlandırma sistemlerinde sıkça karşılaşılabilecek bir bağlantı türüdür. Paslanmaz çelikten imal edilen kelepçeler bazı durumlarda bir conta ile birlikte de kullanılabilir.



Görsel 5.56: Boru kelepçesi

UYGULAMA 5.14

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=20544

ÖĞRENME BİRİMİ	Hareket İletim Elemanları
UYGULAMA ADI	Boru Bağlantı Elemanlarının İncelenmesi

AMAÇ

Uçaklarda kullanılan boru bağlantılarını sınıflandırmak

ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

- Atölye kurallarına uyunuz.
- İş elbisesi, koruyucu gözlük ve eldiven kullanınız.
- İş güvenliğine yönelik tabela ve işaretlere uyunuz.
- Gürültülü ortamlarda kulaklık veya kulak tıkacı gibi koruyucu ekipmanlar kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı gibi tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer tüm iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Uçak ve uçak motorlarını kullanınız.
- Atölyenizdeki uçakta ve uçak motoru üzerinde bulunan boruların bağlantı elemanlarını inceleyip sınıflandırınız.

SONUÇ (Uygulama sonucunda öğrendiklerinizi yazınız.)

UYGULAMAYA İLİŞKİN DEĞERLENDİRMELER

İŞLEM	**PUAN**	**ALINAN PUAN**
İş Güvenliği	10	
Temizlik / Düzen	10	
Bilgi	30	
Beceri	40	
Süre Kullanımı	10	
Toplam	100	

ÖĞRENCİNİN		**ÖĞRETMENİN**		**ALINAN NOT**	
ADI SOYADI		ADI SOYADI			
NUMARASI		İMZASI		TARİH	...../...../20

UYGULAMA 5.15

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=20548

ÖĞRENME BİRİMİ	Hareket İletim Elemanları
UYGULAMA ADI	Boru ve Bağlantılarının Sökülmesi, Takılması ve Kontrolü

AMAÇ

Uçaklarda kullanılan boru ve bağlantılarının sökme-takma işlemlerini ve hasarların kontrolünü yapmak

ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

- Atölye kurallarına uyunuz.
- İş elbisesi, koruyucu gözlük ve eldiven kullanınız.
- İş güvenliğine yönelik tabela ve işaretlere uyunuz.
- Gürültülü ortamlarda kulaklık veya kulak tıkacı gibi koruyucu ekipmanlar kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı gibi tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer tüm iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Uçak, uçak motorları, anahtar takımlarını ve boru anahtarlarını kullanınız.
- Öğretmeninizin belirlediği boru ve bağlantılarını, ilgili bir ekipman kullanarak sökünüz.
- Sökülen boruya gözle muayene yapınız, kusur varsa raporlayınız.
- Boru ve bağlantısını tekrar yerine takınız.

SONUÇ (Uygulama sonucunda öğrendiklerinizi yazınız.)

UYGULAMAYA İLİŞKİN DEĞERLENDİRMELER

İŞLEM	**PUAN**	**ALINAN PUAN**
İş Güvenliği	10	
Temizlik / Düzen	10	
Bilgi	30	
Beceri	40	
Süre Kullanımı	10	
Toplam	100	

ÖĞRENCİNİN		**ÖĞRETMENİN**		**ALINAN NOT**	
ADI SOYADI		ADI SOYADI			
NUMARASI		İMZASI		TARİH	...../...../20

5.4.5. Borular ve Hortumlar

Borular; metal, plastik ve cam gibi maddelerden yapılabilen, içinden bir yerden başka bir yere sıvı ya da gaz akıtmak için kullanılan, uçları açık, değişik çaplarda ve uzunlukta olabilen, içi boş silindir şeklindeki elemanlardır. Uçaklarda düz ya da bükülebilir boruların yanında plastik türevi malzemelerden imal edilen hortumlar da kullanılır.

Hortumlar; plastik maddelerden yapılan, içinden bir yerden başka bir yere sıvı ya da gaz akıtmakta kullanılan, uçları açık, değişik çaplarda ve uzunlukta olabilen, içi boş silindir şeklindeki elemanlardır.

5.4.6. Uçakta Kullanılan İnce Boruları Eğme ve Ağız Açma İşlemleri

Borularla çalışma yaparken kesme, bükme ve ağız açma işleri kesinlikle özel borulama ekipmanları ile yapılmalıdır (Görsel 5.57). Bu çalışmalar esnasında iş güvenliği kurallarına uyulmalıdır. Çalışmalar eldiven ile yapılmalıdır. Korucuyu gözlük takılarak kopabilecek parçaların göze gelmesi engellenmelidir. Düştüğü zaman ayağa zarar verebilecek parçalar da bulunduğundan koruyucu iş ayakkabısı giyme de önemlidir. Tüm bu koruyucu ekipmanlar, üzerinde çalışılan akışkanların cilt ile temasını da engelleyecektir. Teknisyen, uçuş güvenliği için önce kendi sağlığını göz önünde bulundurmalıdır. İş güvenliği, bir teknisyenin göz ardı edemeyeceği bir husustur.



Görsel 5.57: Boru kesme ve havşa açma aletleri

UYGULAMA 5.16

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=20551

ÖĞRENME BİRİMİ	Hareket İletim Elemanları
UYGULAMA ADI	Boru Kesme ve Boru Bükme İşlemleri

AMAÇ

Uçaklarda kullanılan boruları istenilen ebatta kesmek, bükmek ve ağızlarına havşa açmak

ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

- Atölye kurallarına uyunuz.
- İş elbisesi, koruyucu gözlük ve eldiven kullanınız.
- İş güvenliğine yönelik tabela ve işaretlere uyunuz.
- Gürültülü ortamlarda kulaklık veya kulak tıkacı gibi koruyucu ekipmanlar kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı gibi tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer tüm iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Boru malzemesi, boru kesme aparatı, boru bükme aparatı ve havşa açma aparatı (flaring) kullanınız.
- İnce boruyu öncelikle boru kesme aparatıyla istenen ölçüde kesiniz.
- Kesilmiş boruyu istenilen şekil ve açıyı verecek şekilde bükünüz.
- Borunun ucuna havşa açma işlemini ilgili aletle yapınız.

SONUÇ (Uygulama sonucunda öğrendiklerinizi yazınız.)

UYGULAMAYA İLİŞKİN DEĞERLENDİRMELER

İŞLEM	**PUAN**	**ALINAN PUAN**
İş Güvenliği	10	
Temizlik / Düzen	10	
Bilgi	30	
Beceri	40	
Süre Kullanımı	10	
Toplam	100	

ÖĞRENCİNİN		**ÖĞRETMENİN**		**ALINAN NOT**	
ADI SOYADI		ADI SOYADI			
NUMARASI		İMZASI		TARİH	...../...../20

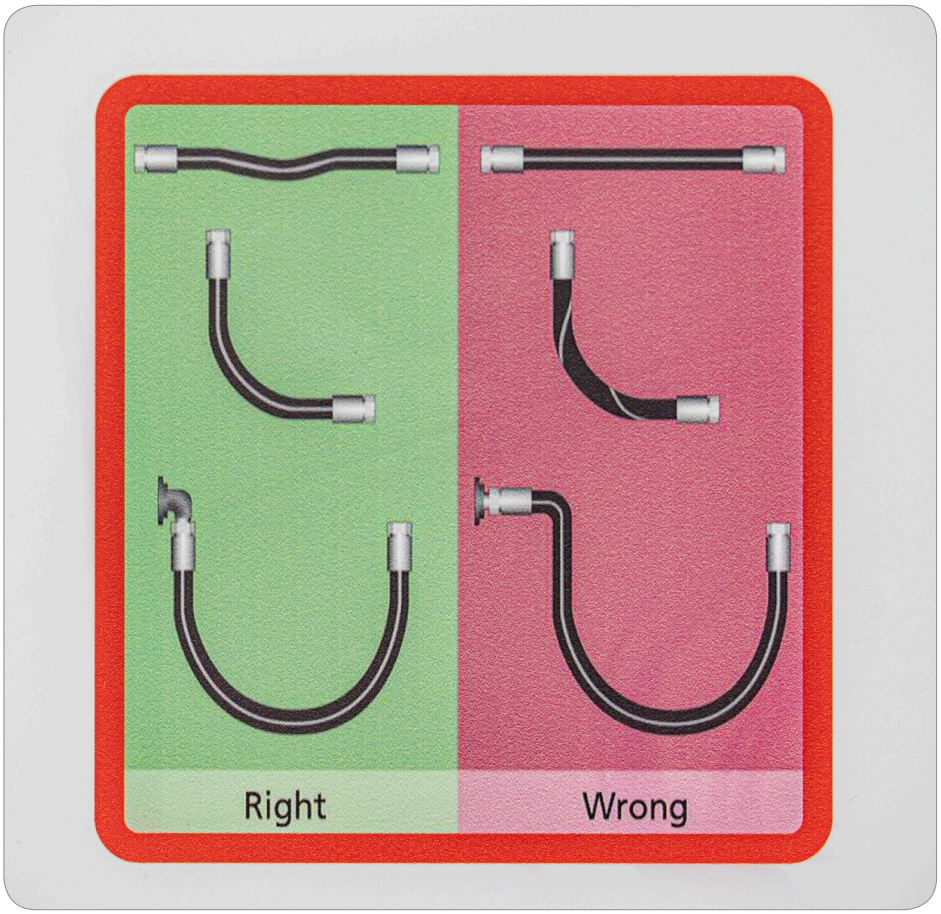
5.4.7. İnce Boruların ve Hortumların Kontrolü

Teknisyenin borular üzerinde ilk dikkat etmesi gereken durum sızıntılardır. Gözle kontrol metotlarıyla kontrol işlemleri gerçekleştirilebilir. Diğer önemli husus darbe kaynaklı ezilmeler veya keskinleşmelerdir. Bunların yanında korozyon incelenmelidir. Teknisyen, bulgularını bakım kitaplarındaki değerlerle karşılaştırarak gerekirse raporlamalıdır.

Olası problemleri önlemek için ise borular yerine takılıp kullanıma verilmeden önce basınç testlerine tabi tutulur. Uygun sonuçlar alan yeni imal edilmiş boru monte edilebilir. Kaplamalı boruların yüzeyleri de kontrole tabi tutulmalıdır. Bu bölgedeki kaplamalar ayrılmış olabilir.

5.4.8. İnce Boruların Yerleştirilmesi ve Kelepçelenmesi

Borular yerleştirilirken bakım el kitaplarında belirtilen şekilde vidalı kısımları torklanmalı ve kaçak testleri yapılmalıdır. Hortumlarda da aynı işlemler uygulanmalıdır. Bunun yanında hortumlar yerleştirilirken bükülmemeli ya da düz bir hat üzerindeyse gergin bırakılmamalıdır (Görsel 5.58).



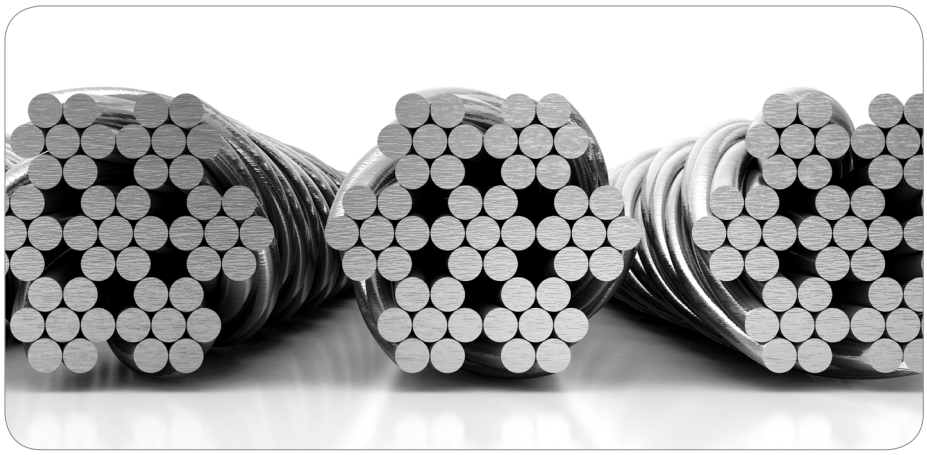
Görsel 5.58: Hortumların yerleşimi

5.5. KUMANDA KABLOLARI

Amaç: Ulusal ve uluslararası mevzuatlara göre kumanda kablolarının bakımını ve onarımını yapmak

Araştırma: Uçaklarda çelik bir kablo ile nasıl hareket sağlanabileceğini sınıfta tartışınız.

Kumanda kabloları, uçuş kumandalarının ve motor elemanlarının kokpitten kontrolünü sağlar. Çeşitli makara sistemleriyle kuvvetin ve hareketin iletimi kumanda kabloları sayesinde mümkün olur. Paslanmaz çelik, karbonlu çelik veya galvanize edilmiş çelikten imal edilir. Yapı itibarıyla birçok çelik telin belli metotlarla bir araya getirilmesiyle oluşur. Spiral yapıları sayesinde düğümlenmeye karşı dirençlidir ve bir teli kopsa da yapıları kolayca bozulmaz (Görsel 5.59).



Görsel 5.59: Kumanda kablosu kesiti

Kablolar standart bir metotla tanımlanır: 1x7, 1x19 ya da 7x19 vb. Buradaki ilk değer kabloda kaç tel demeti olduğunu gösterir. İkinci değer ise her bir demetin kaç tel barındırdığını belirtir. Örnek olarak 7x19 tipine bakarsak burada her biri 19 telden oluşan 7 adet demet olduğu görülür.

5.5.1. Kablo Tipleri

Kablolar, demet ve tel sayısına göre temelde esnek olmayan, esnek ve çok esnek şeklinde sınıflandırılabilir. Bunların dışında kablo çeşitleri de bulunmaktadır.

- **Esnek Olmayan Kablolar**

Makaralarla hareket ve kuvvet iletiminin sağlanmadığı noktalarda esnek olmayan kablolar kullanılmaktadır. Bu kablolar 1x7 ve 1x19 şeklinde isimlendirilenlerdir. Tek bir demete sahip ve nispeten az sayıda tel barındıran kablolar esnek olmayan kablolardır.

- **Esnek kablolar**

7x7 şeklindeki kablolar esnek kablo standardına dâhildir. Bu kablolar, her birinde 7 tel sarılmış olan 7 demetten meydana getirilmiştir.

- **Çok Esnek Kablolar**

7x19 şeklindeki kablolar çok esnektir. Her birinden 19 adet tel geçmekte olan 7 demetin birbiriyle spiral olarak sarılmasıyla elde edilmiştir.

- **Lockclad Kablolar**

Özellikle uzun ve düz hatlarda kullanılır. Alüminyum bir tüp içerisinden geçirilen esnek bir kablo ile imal edilmiştir. Alüminyum tüp sayesinde sıcaklık değişimlerinden fazla etkilenmez ve istenmeyen şekillerde esneme göstermez.

- **Naylon Kaplı Kablolar**

Bu kabloların etrafına plastik türevi bir tür naylon sarılmıştır. Korozyona karşı dayanım bu şekilde artırılmıştır.

5.5.2. Makara ve Kablo Sistemi Elemanları

- **Makaralar**

Makaralar, kablolara aradaki uzun mesafeler için yataklık eder. Kablo sistemleri ileri geri gibi çift yönlü çalışır ve makaralar kabloların bu yön değişimlerini gerçekleştirir. Metal malzemelerden imal edilebildikleri gibi sert plastik türevi malzemeler de imalatında kullanılabilir (Görsel 5.60)



Görsel 5.60: Kumanda kablosu ve makara sistemi

- **Basınç Contaları**

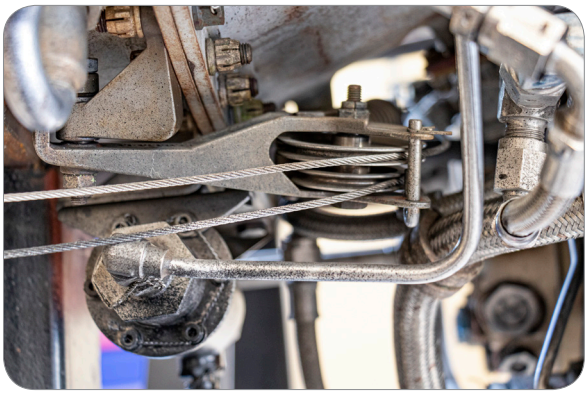
Uçak içerisinde basınçlandırılmış ve basınçlandırılmamış birçok bölge bulunmaktadır. Kullanılan kablo hattı ise bu bölgelerden geçebilmektedir. Basınç bölgeleri arasındaki geçişlerde, kablolarda kullanılan yağlayıcıları sızdırmamak için basınca dayanıklı contalar gerekmektedir. Bu contalar sentetik ya da silikon kauçuktan imal edilir.

- **Kablo Korumaları**

Sıcaklığın kablo gibi elemanlar üzerindeki etkileri göz ardı edilemez. Sıcaklık değişimlerinden kaynaklı kablo bollaşmaları meydana gelebilir. Kabloların makaralardaki yataklarından ayrılmamaları için çeşitli koruma elemanları kullanılır.

- **Kablo Kılavuzları**

Kablolar, düz bir hatta ilerlemesi gereken elemanlardır (Görsel 5.61). Bu hatların üzerindeki yolların tayin edilebilmesi için kılavuzlar kullanılır. Kılavuzlar kablolardan daha yumuşak malzemelerden imal edilir. Bu sayede kablolarda aşınma meydana gelmez.



Görsel 5.61: Kablo kılavuzları

- **Kadranlar veya Sektörler (Quadrants – Sectors)**

Sektörler, dairesel forma sahip makine elemanlarıdır. Bu elemanlar sayesinde kablo hareketi bir şaft ya da mil hareketine, şaft hareketi ise kablo hareketine çevrilebilir (Görsel 5.62).



Görsel 5.62: İniş takımı yuvasında bulunan bir quadrant

- **Makara Destekleri**

Makara destekleri ya da diğer bir ismiyle braketler, makara merkezlerinde bulunan ve makaraların dönme hareketi için yataklık eden elemanlardır.

- **Tamburlar (Drums)**

Makara mantığıyla çalışan tamburlar, karşılıklı olarak iki adettir. Birlikte çalışan tamburlardan birisi kumanda verilen, diğeri ise hareketi aktaran kısımdır. Tamburların birinden açılan kablo diğerine sarılarak kullanılabilir bir enerji depo edilir.

- **Quick Stop**

Kumanda kablolarında, oluşan hasarlardan kaynaklı kopmalar meydana gelebilir. Bu kopmalar ile yüksek derece bir enerji açığa çıkar. Kablo salınarak etrafındaki makara ya da tambur gibi elemanlara zarar verir. Bunu engellemek için quick stoplar kullanılır. Stop elemanıyla kablo arasına emniyet teli uygulamasıyla gerçekleştirilir.

- **Tork Tüpleri**

Dairesel bir hareketi, doğrusal harekete çeviren elemanlardır. Burulma kuvvetlerine karşı dayanımlı imal edilmelidir.

- **Kablo Muhafazaları**

Riskli bölgelerde hasar görmemesi için kabloların içinden geçirildiği boru elemanlardır.

- **İt-Çek Sistemleri (Rotlar)**

Kumanda kabloları, itme veya çekme hareketiyle çalışır. Bu doğrusal hareketi sağlayabilmek için kullanılan destek elemanlarına **rot** denir (Görsel 5.63). Ayrıca sistemin düzgün çalışması için gerekli boşlukların alınması da bu rotlar sayesinde olur.



Görsel 5.63: Rot bağlantısı

5.5.3. Uç Bağlantıları, Gergi Elemanları ve Dengeleme Düzenleri (Compensation)

5.5.3.1. Uç Bağlantı Parçaları

Kablolar, istenilen hareketleri iletmek için uç noktalarından AN veya MS standartlarına göre bağlanmalıdır. Aşağıda çeşitli uç bağlantı metotları gösterilmektedir (Görsel 5.64 a ve b).



Görsel 5.64.a: Uç bağlantı örnekleri



Görsel 5.64.b: Uç bağlantı örnekleri

5.5.3.2. Gergi Elemanları

Gergi aletleri, bakım kitaplarında veya talimatlarda verilen doğrultuda kablo gerginliğini ayarlamak için kullanılır. Bu işlemler sırasında tüm çapaklar ve pürüzler de temizlenmelidir. Gergi ayarı yapıldıktan sonra emniyet teli uygulamasıyla devam edilmelidir.

5.5.3.3. Kablo Gerilimi Dengeleme Düzenekleri

Uçağın tüm yapısal elemanları gibi kablolar da farklı malzemelerden imal edilmiş olabilir. Bu sebeple sıcaklık değişimleri, farklı malzemelere sahip kabloları farklı şekillerde etkilemektedir. Sadece kabloların üzerindeki değişimler değil uçak yapısal elemanlarının form değişiklikleri de gerginlik seviyelerini etkileyecektir. Örneğin kanadın herhangi bir sebeple esnemesi, içerisinden geçen kumanda kablolarını da etkileyecektir. Bu, uçuş güvenliğini riske atacak durumların oluşmasına sebep olabilir. Gevşemiş ya da fazla gerilmiş kablolar arasında bir düzenleme ihtiyacı doğabilir. Bu durumda kablo gerilimi dengeleme aletleri kullanılır.

Kablo gerilimi dengeleme mekanizması; içerisinde her iki yöne doğru konumlandırılmış yaylar sayesinde, oluşan gerilimleri aralıksız kontrol eder ve sabit tutar. Otomatik olarak ya içerisinde barındırdığı enerjiyi serbest bırakarak kablodaki gerginliği önler ya da enerji depolayarak kablolara gerginlik sağlar.

5.5.4. Kumanda Kablo Bağlantıları

5.5.4.2. Nikopres Bağlantısı

Bir manşon olan nikopres ile kablo ucunda bir büküm yapılarak kullanışlı bir uç elde edilebilir (Görsel 5.65). Nikopres manşon içerisinden geçirilen kablonun, bükülerek aynı manşon içinden tekrar geçirilmesi sayesinde halka benzeri bir yapı elde edilir. Daha sonrasında bu manşon üç kez bir noktadan diğer noktaya doğru sıkıştırılır ve kablonun yerinden tekrar çıkması engellenir. Bu sayede uç bağlantısına sahip bir kablo elde edilir.



Görsel 5.65: Nikopres bağlantısı

5.5.4.1. Uç Bağlantılarının Alıştırılması (Swaging)

Kumanda kablolarının, uç parçalarına bağlanmadan önce alıştırılması gerekir. Bunun için kablo ucu dövme işlemine tabi tutulur. Bu işlem sayesinde kablo ve uç bağlantısı arasında sıkı bir bağ oluşur. Bu işleme **swaging** de denmektedir.

İşlem, öncelikle uygun boyda kablonun kesilmesiyle başlar. Daha sonrasında uç bağlantısı yapılır ve uygun ölçüdeki dövme aparatıyla malzemeler dövülerek birbirine kenetlenir.

UYGULAMA 5.17

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=20553

ÖĞRENME BİRİMİ	Hareket İletim Elemanları
UYGULAMA ADI	Nikopres İşlemi

AMAÇ

Nikopres manşon kullanarak kablo uç bağlantısını yapmak

ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

- Atölye kurallarına uyunuz.
- İş elbisesi, koruyucu gözlük ve eldiven kullanınız.
- İş güvenliğine yönelik tabela ve işaretlere uyunuz.
- Gürültülü ortamlarda kulaklık veya kulak tıkacı gibi koruyucu ekipmanlar kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı gibi tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer tüm iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Çelik kablo, kesme ve bükme aparatlarını kullanınız.
- Kablo ucuna uygun nikopres manşon geçirerek uç bağlantı işlemi yapınız.

SONUÇ (Uygulama sonucunda öğrendiklerinizi yazınız.)

UYGULAMAYA İLİŞKİN DEĞERLENDİRMELER

İŞLEM	**PUAN**	**ALINAN PUAN**
İş Güvenliği	10	
Temizlik / Düzen	10	
Bilgi	30	
Beceri	40	
Süre Kullanımı	10	
Toplam	100	

ÖĞRENCİNİN		**ÖĞRETMENİN**		**ALINAN NOT**	
ADI SOYADI		ADI SOYADI			
NUMARASI		İMZASI		TARİH	...../...../20

5.5.5. Uçak Bükülebilir Kumanda Sistemleri

Uçağın havadayken istenilen yöne gitmesini sağlayan uçuş kumandaları ve yerdeyken kullanılan iniş takımları bükülebilir kablolarla desteklenen sistemlerdir.

5.5.6. Bükülebilir Kablolar ve Uçak Hareketli Kumanda Sistemleri

Uçak kanatlarında bulunan aileron ve spoilerlar ile kuyrukta bulunan elevator ve rudder gibi uçuş kumanda yüzeylerindeki elemanlara bükülebilir kablolar ile hareket iletimi sağlanmaktadır (Görsel 5.66).



Görsel 5.66: Uçuş kumanda yüzeyleri

5.5.7. Kumanda Kablolarının Kontrol ve Testleri

Kablolarla çalışırken iş güvenliği ve sağlığı açısından eldiven ve koruyucu gözlük gibi elemanlar kullanılmalıdır. Bu sayede teknisyen sıyrılmış tellere karşı ellerini ve kopabilecek parçalara karşı gözlerini korumuş olur.

Kablolar öncelikle gözle muayene edilmelidir. Görünürde kopma ya da korozyon var mı diye incelenmelidir. Daha sonrasında ise kablo üzerinde bir havlu ya da bez gezdirilerek kırık teller tespit edilmeye çalışılır. Bez kablo üzerinde hareket ettirilirken bir noktada takılırsa kırık bir tel olduğu anlaşılır.

Kablo demetleri arasında korozyon riski de mevcuttur. Kablo sarımı ters istikamette hafifçe açılarak ya da kablo bükülerek demetlerin arasında korozyon izleri araştırılır.

Gözle muayene sonrasında tansiyometre kullanılarak kablonun geriliminin ölçülmesi gerekmektedir (Görsel 5.67). Cihaz kablo üzerine takılarak gerginlik ölçümü sağlanabilir. Elde edilen sonuçlar ise bakım el kitapları ya da talimatlarla karşılaştırılarak uygunluğu kontrol edilmelidir.



Görsel 5.67: Tansiyometre

UYGULAMA 5.18

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=20557

ÖĞRENME BİRİMİ	Hareket İletim Elemanları
UYGULAMA ADI	Kumanda Kablolarında Gerginliğin Ölçümü

AMAÇ

Uçak kumanda kablolarında gerginlik ölçümü yapmak

ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

- Atölye kurallarına uyunuz.
- İş elbisesi, koruyucu gözlük ve eldiven kullanınız.
- İş güvenliğine yönelik tabela ve işaretlere uyunuz.
- Gürültülü ortamlarda kulaklık veya kulak tıkacı gibi koruyucu ekipmanlar kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı gibi tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer tüm iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Çelik kablo, tansiyometre kullanınız.
- Kumanda kablosunun gerginliğini tansiyometre ile ölçerek bakım el kitapçıklarındaki değerlerle karşılaştırınız.

SONUÇ (Uygulama sonucunda öğrendiklerinizi yazınız.)

UYGULAMAYA İLİŞKİN DEĞERLENDİRMELER

İŞLEM	**PUAN**	**ALINAN PUAN**
İş Güvenliği	10	
Temizlik / Düzen	10	
Bilgi	30	
Beceri	40	
Süre Kullanımı	10	
Toplam	100	

ÖĞRENCİNİN		**ÖĞRETMENİN**		**ALINAN NOT**	
ADI SOYADI		ADI SOYADI			
NUMARASI		İMZASI		TARİH	…../…../20

1. Aşağıdakilerden hangisi yaylara etki eden kuvvetlerden biri değildir?

A) Basma
B) Burulma
C) Çekme
D) Kesme
E) Kurulma

2. Aşağıdakilerden hangisi bir yay çeşidi değildir?

A) Disk
B) Helisel
C) Kavrama
D) Spiral
E) Yaprak

3. Aşağıdakilerden hangisi rulman çeşitlerinden biri değildir?

A) Bilyeli
B) Fırça makaralı
C) İğne tipi
D) Kaymalı
E) Silindirik makaralı

4. Yatak üzerinden bir akım geçiyorsa bu akımdan kaynaklı korozif etkiler meydana gelecektir. Bu etkiler sonucunda oluşan kusur aşağıdakilerden hangisidir?

A) Aşınma
B) Çukurcuklanma
C) Elektriksel Korozyon
D) Krepaj
E) Pullanma

5. Dişli çarklarda, bölüm dairesi doğrultusunda bir dişin başladığı noktadan, diğer dişin başladığı noktaya kadar çizilen yay aşağıdakilerden hangisidir?

A) Adım
B) Diş kalınlığı
C) Diş sayısı
D) Diş üstü dairesi
E) Modül

6. Aşağıdakilerden hangisi kayıştan istenen özelliklerden değildir?

A) Düşük maliyetli olmaları
B) Sürtünme katsayılarının düşük olması
C) Aşınmaya karşı direnç göstermeleri
D) Esnek yapılı olmaları
E) Yekpare imal edilmiş olmaları

7. Boruların ucuna açılan konik form aşağıdakilerden hangisidir?

A) Çabuk ayrılan eleman
B) Havşa
C) Kelepçe
D) Manşon
E) Sleeve

8. Kumanda kablolarında 7x7 aşağıdakilerden hangisini ifade eder?

A) Tek demet, 7 tel
B) 7 demet, 7 tel
C) Tek demet, tek tel
D) Tek demet, 19 tel
E) 7 demet, 19 tel

9. Kumanda kablolarının bulunduğu hatların üzerinde ilerleyecekleri yolları tayin eden eleman aşağıdakilerden hangisidir?

A) Basınç contası
B) Kadran
C) Kablo kılavuzları
D) Kablo korumaları
E) Makara

10. Kumanda kablolarındaki olası form bozukluklarından kaynaklanan gerginlik değerlerini uygun yönde değiştiren elaman aşağıdakilerden hangisidir?

A) Gergi elemanları
B) Nikopres bağlantısı
C) Kablo gerilimi dengeleme düzenekleri
D) Uç bağlantı parçaları
E) İt-çek sistemleri

- (2020, 06 01). Orta Doğu Teknik Üniversitesi: http://ndt.wtndt.metu.edu.tr/tahribat-siz-muayene-yontemleri adresinden alınmıştır
- Aircraft Corrosion Control EA-CC-1 Training Series. (1985). USA/Wyoming: International Aviation.
- Aircraft Maintenance Manual 737-300/400/500 Chapter-20. (2005). USA: Boeing.
- Aircraft Maintenance Manual 737-300/400/500 Chapter-27. (1999). USA: Boeing.
- Aircraft Maintenance Manual A340 Chapter-20. (2006). Fransa: Airbus Industrie.
- Ateş, O. (1998). *Genel Uçak Bilgisi.* İstanbul: THY Yayınları.
- Ateş, O. (2002). *Temel Genel Uçak Teknikleri.* THY Teknik Eğitim Müdürlüğü.
- Baycık, H. (2002). Tahribatsız Muayeneler Ders Notları. Zonguldak.
- Baydur, G. (1976). *Malzeme.* Ankara: Nadir Kitabevi.
- Bonacci, N. (2001). *Aircraft Sheet Metal HBC 1292.* USA: Printed INC.
- Bozkurt, Y. (2005). Eğitim Notları-Borular ve Hortumlar. THY Uygulamalı Eğitim Müdürlüğü.
- Çalımlı, M. (1983). *Gövde-Kanat Tamir Atölyesi S.R.M. Notları.* İstanbul: THY Yayınları.
- Çerik, H. V. (1996). *Makina Bilgisi ve Makina Elemanları.* İstanbul: Vefa Yayınevi.
- Demirci, M. (2002). *Uçak Teknik Temel Hidrolik.* THY Teknik Eğitim Müdürlüğü.
- Engine Manual CFM56-3 Chapter 72. (2005). CFM.
- Eryürek, B. (1993). *Hasar Analizi.* İstanbul: Birsen Yayınevi.
- Esi, E. (2002). *Uçak Teknik Temel Uçuş Kumandaları.* THY Teknik Eğitim Müdürlüğü.
- Güleç, Ş., & Aran, A. (1987). *Malzeme Bilgisi Cilt II: Metal Malzeme Türleri.* TÜGAM Mat-baası.
- Güngör, Y. (2001). *Malzeme Bilgisi.* İstanbul: Beta Basım.
- Kalpakjian, S., & Schmid, S. R. (2001). *Manufacturing Engineering and Technology.* Prentice Hall.
- Kınıkoğlu, N. (2001). *Malzeme Bilimi ve Mühendisliği.* İstanbul: Literatür Yayınları.
- Kodgire, V. D., & Kodgire, S. V. (2008). *Material Science and Metallurgy for Engineers.* Everest Publishing House.
- Onaran, K. (1993). *Malzeme Bilimi.* İstanbul: Bilim Teknik Yayınevi.
- Önder, C. (1984). *Gövde Kanat-Isıl İşlem-Korozyon.* İstanbul: THY Eğitim Başkanlığı.
- Pinches, M. J., & Ashby, J. G. (1994). *Güç Hidroliği.* Ankara: MEB.
- Rende, H. (1996). *Makine Elemanları.* İstanbul: Seç Yayın Dağıtım.
- Serfiçeli, S. (2000). *Malzeme Bilgisi.* Ankara: Milli Eğitim Basım Evi.
- Timings, R. L. (1995). *Malzeme Teknolojisi-Seviye 3.* Longman Yayın Evi.

Kitabımızdaki "http://www.shutterstock.com" adresinden satın alınan görsellerin numaraları ve görsel kodları aşağıda verilmiştir.

Görsel Numarası	Görsel Kodu
Kitap Kapağı	336544751
Ünite Kapağı	225249736
Görsel 1.3	1257296683
Görsel 1.4.a	140968033
Görsel 1.4.b	635415917
Görsel 1.4.c	282573002
Görsel 1.5	136160294
Görsel 1.6	1695253447
Görsel 1.7	413723389
Görsel 1.9	1686922030
Görsel 1.10	236191309
Görsel 1.11.a	382407745
Görsel 1.11.b	495895144
Görsel 1.12	204218851
Görsel 1.13.a	727923484
Görsel 1.13.b	232298968
Görsel 1.16	1124057765
Görsel 1.17	1538341022
Görsel 1.18	9191851
Görsel 1.24	1214291422
Görsel 1.28	162606797
Görsel 1.29	1203597241
Görsel 1.32	1541393240
Ünite Kapağı	1721290885
Görsel 2.1	1348170020
Görsel 2.2	1586839348
Görsel 2.3	302865944
Görsel 2.4	1296350827

Görsel Numarası	Görsel Kodu
Görsel 2.5	1435793816
Görsel 2.6	98182538
Görsel 2.7	1570512121
Görsel 2.9	1121990576
Görsel 2.12	710716630
Görsel 2.13	1317764228
Görsel 2.14	1509839429
Görsel 2.15.a	1748933387
Görsel 2.15.b	1194564784
Görsel 2.16	157647431
Görsel 2.17	122513020
Görsel 2.18	90256654
Görsel 2.19	707050906
Görsel 2.20	1517210858
Görsel 2.21.a	50404810
Görsel 2.21.b	236950183
Görsel 2.22	698872186
Görsel 2.23	259627700
Görsel 2.24	1615939207
Görsel 2.25	127208246
Görsel 2.26	651425599
Görsel 2.27.a	1155274711
Görsel 2.27.b	797729812
Ünite Kapağı	616141301
Görsel 3.1	493769494
Görsel 3.8	239807407
Görsel 3.9	755639488
Görsel 3.13	295010324

Görsel Numarası	Görsel Kodu
Görsel 3.15	1664198170
Görsel 3.18	1442353352
Görsel 3.21	154314830
Görsel 3.26	370159379
Görsel 3.27	404700601
Ünite Kapağı	114332227
Görsel 4.1	1171206643
Görsel 4.4	1229548912
Görsel 4.5	1238917474
Görsel 4.6	335735780
Görsel 4.7	139310927
Görsel 4.8	728940406
Görsel 4.9	1328185364
Görsel 4.10	187727993
Görsel 4.11	1391318315
Görsel 4.12	1679318491
Görsel 4.13	335735777
Görsel 4.14	1717559092
Tablo 4.5	1678887379
Tablo 4.5	598221167
Tablo 4.5	11848210
Tablo 4.5	1354661150
Tablo 4.5	610574525
Tablo 4.5	1682366728
Görsel 4.16	723987949
Görsel 4.17	79542748
Görsel 4.18	1024856725
Görsel 4.19	119706100

Kitabımızdaki "http://www.shutterstock.com" adresinden satın alınan görsellerin numaraları ve görsel kodları aşağıda verilmiştir.

Görsel Numarası	Görsel Kodu
Görsel 4.20	1328185364
Görsel 4.23	1690255714
Ünite Kapağı	720614983
Görsel 5.1	1190215909
Görsel 5.2	1748152967
Görsel 5.3	1453194833
Görsel 5.4	257887433
Görsel 5.5	106210082
Görsel 5.6	295297355
Görsel 5.7	717522196
Görsel 5.8	1090401017
Görsel 5.9	1688776594
Görsel 5.10	410587336
Görsel 5.11	743690986
Görsel 5.12	513527290
Görsel 5.13	75006685
Görsel 5.14	1095040844
Görsel 5.15	765377764
Görsel 5.16	258381767
Görsel 5.17	217314406
Görsel 5.18	387616276
Görsel 5.19	762956479
Görsel 5.20	362694701
Görsel 5.21	1525407809
Görsel 5.22	1738550918
Görsel 5.23	371762473
Görsel 5.24	1090401017
Görsel 5.25	1506357176

Görsel Numarası	Görsel Kodu
Görsel 5.26	594074426
Görsel 5.27	403296181
Görsel 5.28	1406868737
Görsel 5.29	1498565009
Görsel 5.30	1182730252
Görsel 5.31	1673718274
Görsel 5.32	720456715
Görsel 5.33	685455760
Görsel 5.37	1327996505
Görsel 5.38	658182283
Görsel 5.39	1431380189
Görsel 5.40	269273960
Görsel 5.41	1071672710
Görsel 5.42	204114244
Görsel 5.43	1327367036
Görsel 5.44	206205169
Görsel 5.45	437494135
Görsel 5.46	1093730534
Görsel 5.47	1262128396
Görsel 5.48	154977941
Görsel 5.49	414227008
Görsel 5.54	656324887
Görsel 5.55	495628519
Görsel 5.57	410737027
Görsel 5.59	1257296671
Görsel 5.65	1504636148
Görsel 5.66	448363033
Görsel 5.67	1248566509

Kitabımızdaki "THY Teknik AŞ" den alınan görsellerin numaraları ve görsel kodları aşağıda verilmiştir.

Görsel Numarası	Görsel Kodu
Görsel 3.14	090856
Görsel 3.16	102158
Görsel 3.17	102151
Görsel 3.19	105643
Görsel 3.20	105058
Görsel 3.22	105949

Kitabımızdaki "http://www.freepik.com" adresinden satın alınan görsellerin numaraları ve görsel kodları aşağıda verilmiştir.

Görsel Numarası	Görsel Kodu
Uygulama Sayfası	4605122

Kitabımızın yazarları tarafından çizilen ve fotoğraf çekimi yapılan görsellerin ve tabloların numaraları aşağıda verilmiştir.

Görsel Numarası	Görsel Kodu
Görsel1.1	Görsel 3.23
Görsel 1.2	Görsel 3.24
Görsel 1.8	Görsel 3.25
Görsel 1.14	Görsel 4.2
Görsel 1.15	Görsel 4.3
Görsel 1.19	Tablo 4.1
Görsel 1.20	Tablo 4.2
Görsel 1.21	Tablo 4.3
Görsel 1.22.a	Tablo 4.4
Görsel 1.22. b	Görsel 4.15
Görsel 1.23	Görsel 4.21
Görsel 1.25	Görsel 4.24
Görsel 1.26	Görsel 5.34
Görsel 1.27	Görsel 5.35
Görsel 1.30	Görsel 5.36
Görsel 1.31	Görsel 5.50.a
Görsel 2.8	Görsel 5.50.b
Görsel 2.10	Görsel 5.51
Görsel 2.11	Görsel 5.52
Görsel 3.2	Görsel 5.53
Görsel 3.3	Görsel 5.56
Görsel 3.4	Görsel 5.58
Görsel 3.5	Görsel 5.60
Görsel 3.6	Görsel 5.61
Görsel 3.7	Görsel 5.62
Görsel 3.10	Görsel 5.63
Görsel 3.11	Görsel 5.64.a
Görsel 3.12	Görsel 5.64.b

1. ÖĞRENME BİRİMİ	
1. D	6. B
2. A	7. A
3. C	8. C
4. C	9. D
5. E	10. A

2. ÖĞRENME BİRİMİ	
1. Doğru	6. E
2. Yanlış	7. B
3. Doğru	8. A
4. Orta	9. C
5. Alclad	10. D

3. ÖĞRENME BİRİMİ	
1. C	6. E
2. D	7. C
3. A	8. D
4. B	9. E
5. A	10. A

4. ÖĞRENME BİRİMİ	
1. Yanlış	6. Vida
2. Doğru	7. Vida adımı
3. Doğru	8. C
4. Yanlış	9. D
5. Yanlış	10. A

5. ÖĞRENME BİRİMİ	
1. D	6. B
2. C	7. B
3. B	8. B
4. C	9. C
5. A	10. C