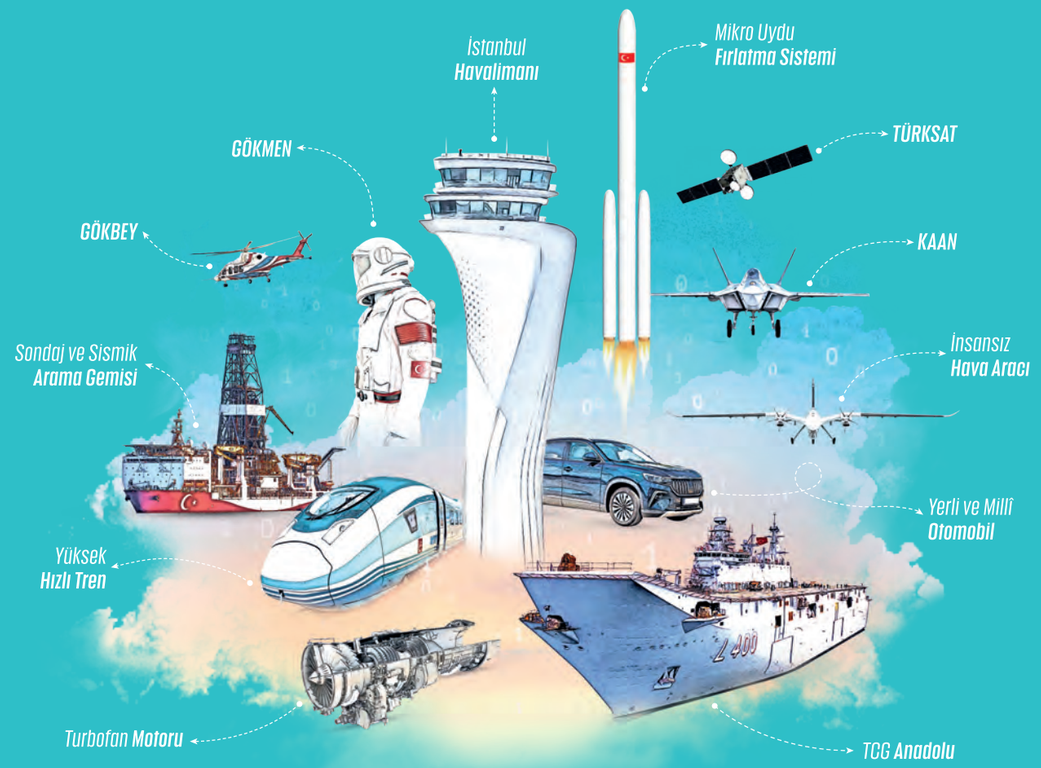
Bu kitaba sığmayan daha neler var!

eba
www.eba.gov.tr

Karekodu okut, bu kitapla ilgili EBA içeriklerine ulaş!

Teknoloji Yolculuğumuz



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

ISBN: 978-625-5498-70-0

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

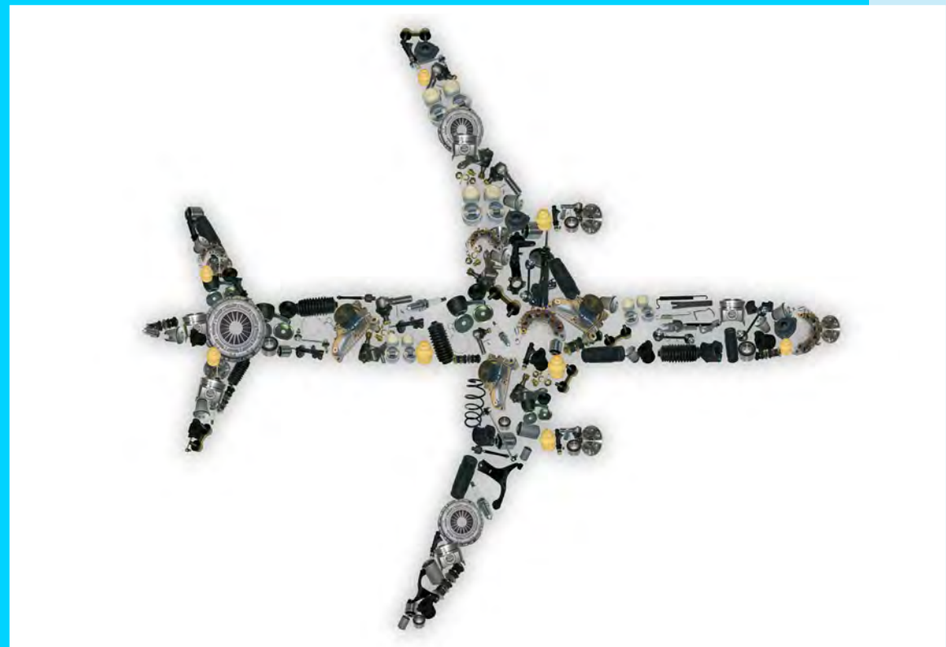
UÇAK BAKIM ALANI

UÇAK MALZEME VE DONANIM 9 DERS MATERYALİ

MESLEKİ VE TEKNİK
ANADOLU LİSESİ

UÇAK BAKIM ALANI

UÇAK MALZEME VE DONANIM



9 DERS MATERYALİ

MESLEKİ VE TEKNİK ANADOLU LİSESİ

UÇAK BAKIM ALANI

UÇAK MALZEME VE DONANIM

9

DERS MATERYALİ

YAZARLAR

Ahmet SEYFİK

Arif Veli KAYABAŞI

Erdem TEKİN

Ozan KAYA

Ufuk SAĞOL

MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI YAYINLARI .....: 11003
YARDIMCI VE KAYNAK KİTAPLAR DİZİSİ.....: 3922

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

HAZIRLAYANLAR

Dil Uzmanı	Melih TADIK
Program Geliştirme Uzmanı	Ali DOĞAN
Rehberlik Uzmanı	Fatih DÜĞENCİ
Ölçme ve Değerlendirme Uzmanı	Dr. Elif SEYLİM
Görsel Tasarım Uzmanı	Gülnur DİRİK

ISBN: 978-625-5498-70-0

Millî Eğitim Bakanlığının 24.12.2020 gün ve 18433886 sayılı oluru ile
Meslekî ve Teknik Eğitim Genel Müdürlüğünce ders 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

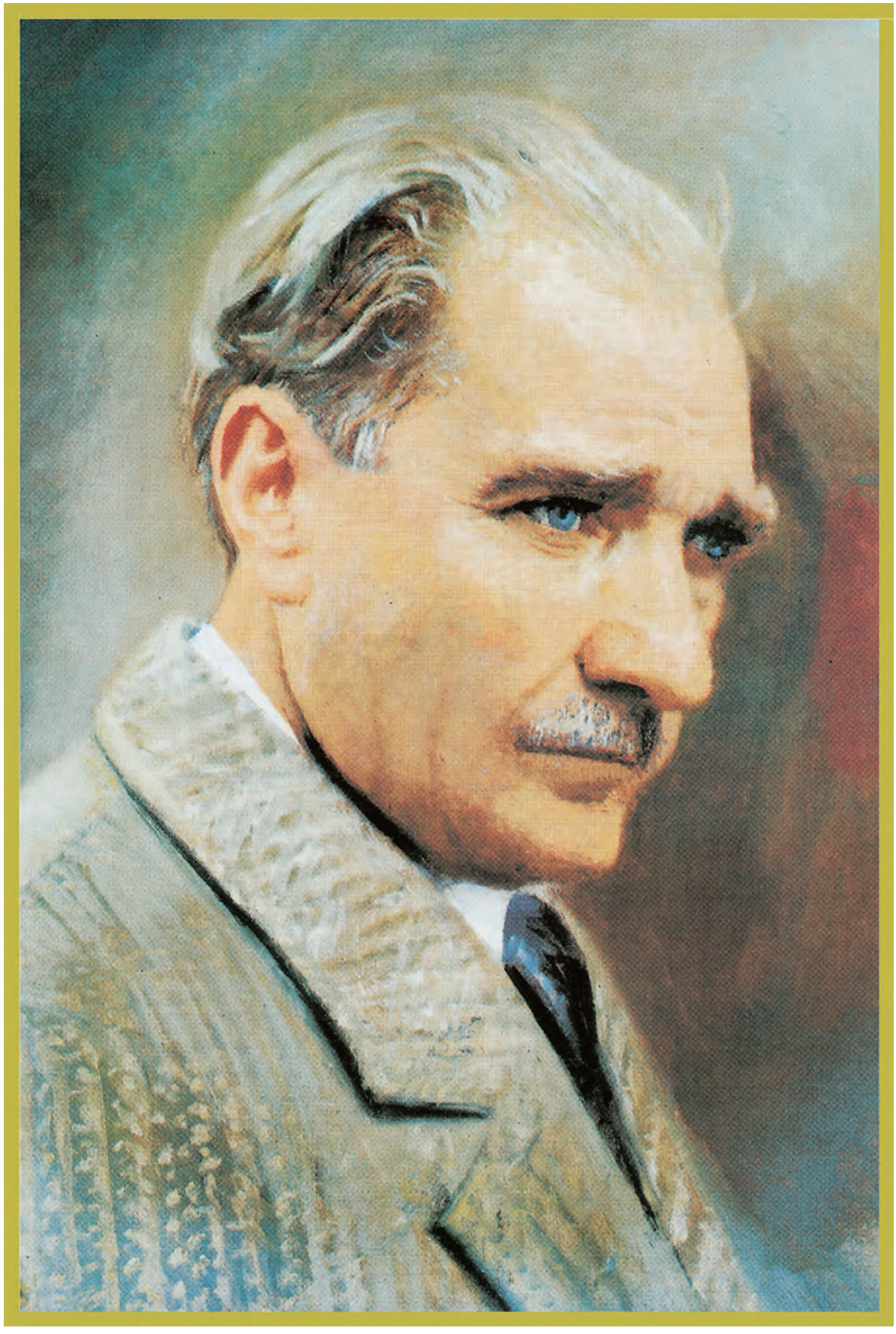
GENÇLİĞE HİTABE

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

Ders materyallerinin dijital kopyalarında İçindekiler sayfasındaki başlıkların üzerine tıklayarak ilgili sayfalara, iç sayfalarda ise öğrenme birimi isimleri veya numaralarının üzerine tıklayarak İçindekiler sayfasına ulaşabilirsiniz.

İÇİNDEKİLER

DERS MATERYALİNİN TANITIMI 14

1. UÇAK MALZEMELERİ

1.1. MALZEME SINIFLANDIRMA 19

1.1.1. Metal Malzemeler 20
1.1.2. Demir Dışı (Non-Ferro) Malzemeler 22
1.1.3. Malzeme Seçimi ve Malzemelerin Sıralaması 23
1.1.4. Demir (Ferro) Alaşımlı Uçak Malzemelerinin Özellikleri 24
1.1.5. Demir Esaslı Olmayan Uçak Malzemelerinin Özellikleri ve Çeşitleri 32
1.1.6. Alüminyum ve Alaşımları 33
1.1.7. Bakır Alaşımları 39
1.1.8. Nikel Alaşımları 39
1.1.9. Titanyum Alaşımları 39
1.1.10. Magnezyum Alaşımları 39
1.1.11. Sızdırmazlık Gereçleri ve Yapıştırıcı Maddeler 40

1.2. DEMİR ALAŞIMLI ÇELİK VE DEMİR DIŞI MATERYALLERİN ISIL İŞLEM UYGULAMALARI 57

1.2.1. Demir (Ferro) Alaşımlı Çeliklerde Yapılan Isıl İşlemler ve Çeşitleri 57
1.2.2. İşlem Sırasına Göre Isıl İşlem Fırınının Çalıştırılması 62
1.2.3. Demir Dışı (Non-Ferro) Materyallerin Isıl İşlem Tanımı ve Çeşitleri 64

1.3. DEMİR ALAŞIMLI ÇELİK VE DEMİR DIŞI MATERYALLERİN TEST İŞLEMLERİ 72

1.3.1. Demir Esaslı Malzemelerin Sertlik Deneyleri 72
1.3.2. Çekme Mukavemeti Testi 80
1.3.3. Yorulma Testi 82
1.3.4. Çentik Darbe Testi 84

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 96

2. KOROZYON

2.1. KOROZYON DEĞERLENDİRME İŞLEMİ 103

2.1.1. Korozyonu Etkileyen Faktörler 103
2.1.2. Korozyon Çeşitleri 104
2.1.3. Uçaklarda Metal / Alaşım Tipleri ve Korozyona Yatkınlık 113

2.2. KOROZYONU TEMİZLEME İŞLEMİ 116

2.2.2. Uçakta Korozyona Eğilimli Bölgeler 120
2.2.3. Korozyon Hasarının Değerlendirilmesi 122

2.2.4. Mekanik Yöntemle Korozyonun Temizlenmesi 122
2.2.5. Kimyasal Yöntemle Korozyonun Temizlenmesi 125
2.3. KOROZYONU ÖNLEME İŞLEMLERİ 132
2.3.1. Temizlik 132
2.3.2. Korozyon Önleme (Yüzey Kaplama İşlemi) 132
2.3.3. Boyama 134
2.3.4. Sızdırmazlık Sağlama 135
2.3.5. Eğitim 136
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 141

3. SÖKÜLEBİLİR BAĞLANTILAR

3.1. HASSAS ÖLÇÜ ALETLERİNİ KULLANARAK ÖLÇÜM YAPILMASI 147
3.1.1. Ölçü Aletleri 148
3.2. UÇAK VİDALARINDA DİŞ ÖLÇÜMÜ 169
3.2.1. Vidanın Yönü 169
3.2.2. Vidanın Kısımları ve Çeşitleri 169
3.2.3. Vida Dişlerinin Ölçülmesi (Diş Taraklarının Kullanımı) 176
3.3. CIVATA, SOMUN, SAPLAMA VE TRİFON VİDALAR 180
3.3.1. Cıvata Tipleri, Uçak Cıvatalarının Özellikleri, Tanımı, İşaretleri ve Uluslararası Standartları ... 180
3.3.2. Somunlar 183
3.3.3. Makine Vidaları Uçak Spesifikasyonları 187
3.3.4. Trifon Vidalar 188
3.3.5. Saplamaların Tip ve Kullanımları 188
3.3.6. Pimler 189
3.3.7. Cıvata ve Somunların Kontrolü 189
3.3.8. Cıvata ve Somunlarda Kullanılan El Aletleri 190
3.3.9. Cıvata Delikleri İçin Matkap Ölçüleri, Sınıfları ve Uyumları 191
3.3.10. Uyum ve Klerans (Boşluk) Sistemi 191
3.4. KİLİTLEME TERTİBATLARI 196
3.4.1. Pul (Rondela) 196
3.4.2. Kupilya (Gupilya / Ayrık Pim) 197
3.4.3. Pal Somunlar (Kontra Somunlar) 198
3.4.4. Kilitli Plakalar 198
3.4.5. Tel Emniyeti İşlemi ve Ekipmanı 198
3.4.6. Çabuk Sökülür Bağlaçlar 199
3.4.7. Emniyet Segmanı 200
3.4.8. Kama 200
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 206

4. TAHRİBATSIZ MUAYENE

4.1. TAHRİBATSIZ MUAYENE ÇEŞİTLERİ 211
4.1.1. Tahribatsız Muayene Yöntemlerinin Avantajları 211
4.1.2. Tahribatsız Muayene Yöntemlerinin Uygulandığı Alanlar 212
4.1.3. Tahribatlı ve Tahribatsız Muayene Ölçü Aletleri 212
4.1.4. Kontrollerin Tekrar Gözden Geçirilmesi 213
4.1.5. Görsel ve Optik Kontrol 214
4.1.6. Görsel ve Optik Muayene Yönteminin Avantaj ve Dezavantajları 215
4.1.7. Faz Dizilimli Ultrasonik Muayene 216
4.2. PENETRANT YÖNTEMİYLE SÜREKSİZLİK TESPİTİ 223
4.2.1. Penetrant Tipleri ve Uygulanabileceği Malzemeler 224
4.2.2. Penetrant Testinin Uygulama Aşamaları 224
4.2.3. Penetrant Sıvılarının Türleri 225
4.2.4. Penetrant Muayene Yönteminin Avantaj ve Dezavantajları 227
4.3. MANYETİK PARÇACIK YÖNTEMİYLE SÜREKSİZLİK TESPİTİ 234
4.3.1. Manyetik Parçacık Kontrolünün Uygulandığı Malzemeler 234
4.3.2. Manyetizasyon Teknikleri 235
4.3.3. Manyetik Parçacık Kontrolünün Uygulanması 236
4.3.4. Manyetik Parçacık Testinin Avantaj ve Dezavantajları 239
4.4. EDDY CURRENT YÖNTEMİYLE SÜREKSİZLİK TESPİTİ 246
4.4.1. Eddy Current Kontrolünün Uygulanabileceği Malzemeler 247
4.4.2. Eddy Current Testinin Ekipman ve Elemanları 247
4.4.3. Eddy Akımını Etkileyen Malzeme Özellikleri 248
4.4.4. Eddy Current Yönteminin Avantaj ve Dezavantajları 250
4.5. ULTRASONİK KONTROL YÖNTEMİYLE SÜREKSİZLİK TESPİTİ 257
4.5.1. Ultrasonik Kontrolün Uygulanabileceği Malzemeler 258
4.5.2. Ultrasonik Muayene Yönteminde Kullanılan Ekipman 258
4.5.3. Ultrasonik Test Teknikleri 260
4.5.4. Ultrasonik Kontrolün Tarama Şekline Göre Sınıflandırılması 260
4.5.5. Ultrasonik Ses Dalgalarının Yayılma Türleri 261
4.5.6. Ultrasonik Muayene Yönteminin Avantaj ve Dezavantajları 262
4.6. RADYOGRAFİK KONTROL YÖNTEMİ 269
4.6.1. Radyografik Kontrolün Uygulanabileceği Malzemeler 270
4.6.2. Radyografik Kontrol Test Teknikleri 270
4.6.3. Radyografik Kontrolün Tarama Şekline Göre Sınıflandırılması 270
4.6.4. Radyografik Kontrolün Avantaj ve Dezavantajları 272
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME **277**

5. HAREKET İLETİM ELEMANLARI

5.1. YAYLARIN TESTİ 282
5.1.1. Yayların Özellikleri ve Çeşitleri 283
5.1.2. Üzerine Gelen Kuvvetin Etkisine Göre Yaylar 283
5.1.3. Şekillerine Göre Yaylar 286
5.1.4. Yaylarda Kullanılan Malzemeler 288
5.1.5. Yayların Test ve Kontrolü 289
5.2. YATAKLARIN BAKIMI VE ONARIMI 295
5.2.1. Yatakların Tanımı ve Özellikleri 295
5.2.2. Yatak Çeşitleri 296
5.2.3. Yatakların Kontrolü ve Bakımı 306
5.2.4. Yataklarda Oluşan Hatalar 309
5.2.5. Şaftlar, Yataklar ve Diğer Parçaların Kontrollerinde Kullanılan Standart Metotlar 315
5.3. TRANSMİSYONLARIN BAKIMI VE ONARIMI 326
5.3.1. Dişli Çarklar ve Elemanları 326
5.3.2. Dişli Oranları, Dişli Sistemleri ve Dişli Çeşitleri 330
5.3.3. Kayış-Kasnak Düzenekleri, Zincir ve Zincir Dişlileri (Sprocketler) 345
5.3.4. Transmisyonların Bakım ve Kontrolleri 351
5.3.5. Kayış, Makara, Zincir ve Tekerleklerin Kontrolü 357
5.3.6. Dişli Çarkların, Kollu Tertiplerin ve İt-Çek Kol Sistemlerinin Kontrolü 358
5.4. BORU VE BAĞLANTILARININ BAKIMI VE ONARIMI 362
5.4.1. Uçaklarda Kullanılan Düz ve Bükülebilir Borular ve Bağlantı Elemanları 362
5.4.2. Borularda Oluşan Hasarlar 365
5.4.3. Boru Bağlantı Elemanları 365
5.4.4. Borulardaki Standart Birleştirmeler 365
5.4.5. Borular ve Hortumlar 371
5.4.6. Boru Bükme ve Ağız Açma İşlemleri 371
5.4.7. İnce Boruların ve Hortumların Kontrolü 375
5.4.8. İnce Boruların Yerleştirilmesi ve Kelepçelenmesi 375
5.5. KUMANDA KABLOLARININ BAKIMI VE ONARIMI 380
5.5.1. Kablo Tipleri 380
5.5.2. Makara ve Kablo Sistemi Elemanları 383
5.5.3. Uç Bağlantıları, Gergi Elemanları ve Dengeleme Düzenleri 393
5.5.4. Kumanda Kablo Bağlantıları 395
5.5.5. Bükülebilir Kablolar ve Uçak Hareketli Kumanda Sistemleri 397
5.5.6. Kumanda Kablolarının Kontrol ve Testleri 398

5.6. ELEKTRİK KABLOLARI VE KONNEKTÖR UYGULAMALARI 400
5.6.1. Uçak Elektrik Tesisatları 400
5.6.2. Kablo Türleri 400
5.6.3. Özel Amaçlı Kablolar 402
5.6.4. Kablo Tanımlama 407
5.6.5. Kablo Bağlantı Elemanları 412
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 425

KAYNAKÇA 426
CEVAP ANAHTARI 427
GÖRSEL KAYNAKÇA 427

DERS MATERYALİNİN TANITIMI

Öğrenme biriminin konu başlıklarını gösterir.

Öğrenme biriminin numarasını gösterir.

Öğrenme biriminin dijital içerik karekodunu gösterir.

Öğrenme biriminin beklentilerini gösterir.



Öğrenme biriminin adını gösterir.

Öğrenme biriminin karekodunu gösterir.

Öğrenme biriminin anahtar kavramlarını gösterir.

MATERYAL GENELİNDE KULLANILAN İKONLAR

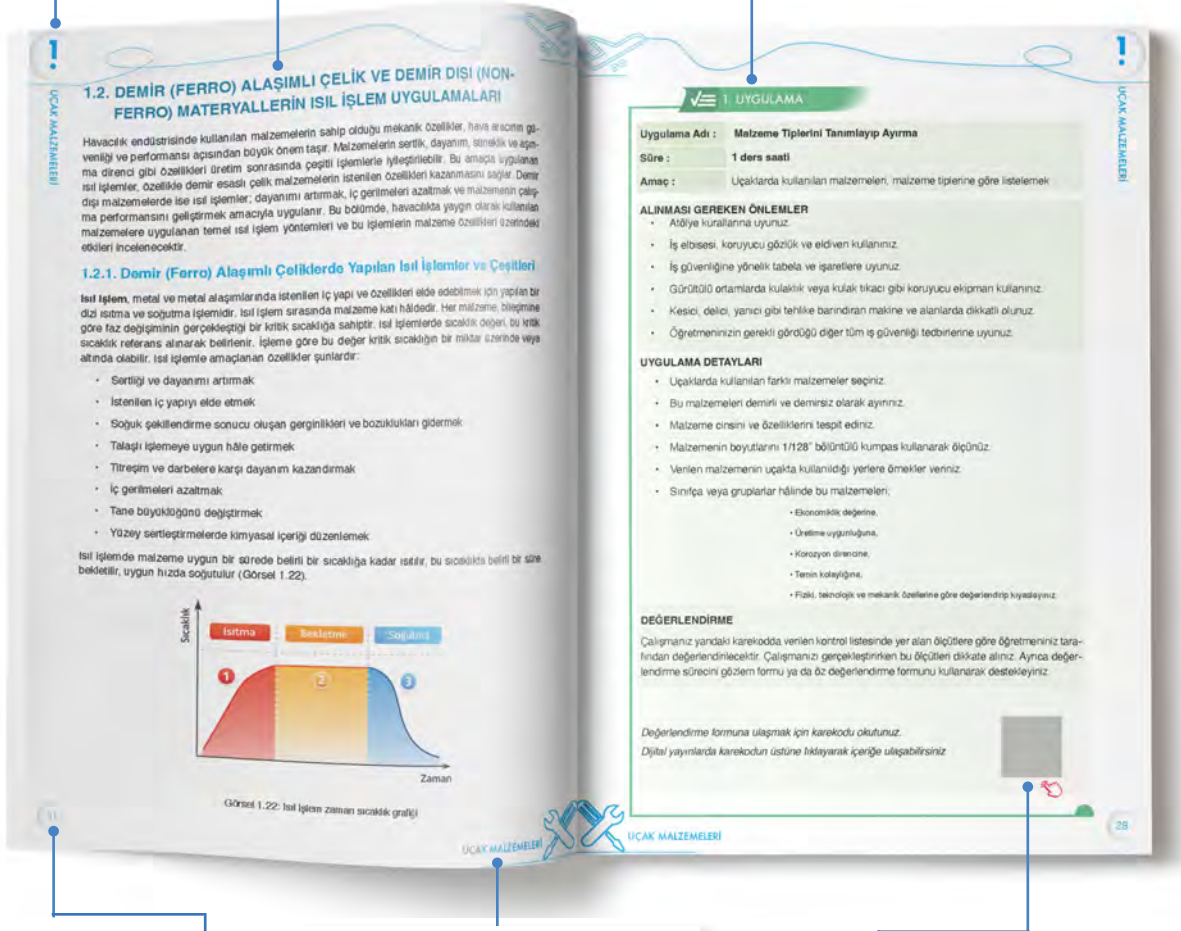
- Hazırlık Çalışması
- Sıra Sizde
- Meraklısına
- Uygulama
- Düşün ve Tartış

DERS MATERYALİNİN TANITIMI

Öğrenme biriminin numarasını gösterir.

Konu başlığını gösterir.

Konularla ilgili uygulama sayfasını gösterir.



1 UÇAK MALZEMELERİ

1.2. DEMİR (FERRO) ALAŞIMLI ÇELİK VE DEMİR DIŞI (NON-FERRO) MATERYALLERİN ISIL İŞLEM UYGULAMALARI

Havacılık endüstrisinde kullanılan malzemelerin sahip olduğu mekanik özellikler, hava aracının güvenliği ve performansı açısından büyük önem taşır. Malzemelerin sertlik, dayanım, süneklik ve aşınma direnci gibi özellikleri üretim sonrasında çeşitli işlemlerle iyileştirilebilir. Bu amaçla uygulanan ısıl işlemler, özellikle demir esaslı çelik malzemelerin istenilen özellikleri kazanmasını sağlar. Demir dışı malzemelerde ise ısıl işlemler; dayanımı artırmak, iç gerilmeleri azaltmak ve malzemenin çalışma performansını geliştirmek amacıyla uygulanır. Bu bölümde, havacılıkta yaygın olarak kullanılan malzemelere uygulanan temel ısıl işlem yöntemleri ve bu işlemlerin malzeme özellikleri üzerindeki etkileri incelenecektir.

1.2.1. Demir (Ferro) 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 işlemde malzeme uygun bir sürede belirli bir sıcaklığa kadar ısıtılır, bu sıcaklıkta belirli bir süre bekletilir, uygun hızda soğutulur (Görsel 1.22).

Görsel 1.22: Isıl işlem zaman sıcaklık grafiği

11 UÇAK MALZEMELERİ

1. UYGULAMA

Uygulama Adı :	Malzeme Tiplerini Tanımlayıp Ayırma
Süre :	1 ders saati
Amaç :	Uçaklarda kullanılan malzemeleri, malzeme tiplerine göre listelemek

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 ekipman 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 gruplar hâlinde bu malzemeleri;
  - Ekonomiklik değerine,
  - Üretime uygunluğuna,
  - Korozyon direncine,
  - Temin kolaylığına,
  - Fiziki, teknolojik ve mekanik özellerine göre değerlendirip kıyaslayınız.

DEĞERLENDİRME

Çalışmanız yandaki karekodda verilen kontrol listesinde yer alan ölçütlere göre öğretmeniniz tarafından değerlendirilecektir. Çalışmanızı gerçekleştirirken bu ölçütleri dikkate alınız. Ayrıca değerlendirme sürecini gözlem formu ya da öz değerlendirme formunu kullanarak destekleyiniz.

Değerlendirme formuna ulaşmak için karekodu okutunuz.
Dijital yayınlarda karekodun üstüne tıklayarak içeriğe ulaşabilirsiniz.

28 UÇAK MALZEMELERİ

Öğrenme biriminin adını gösterir.

Uygulamada yapılan etkinliklerin değerlendirme formlarını açan karakodu gösterir.

Sayfa numarasını gösterir.

MATERYAL GENELİNDE KULLANILAN İKONLAR



Konular

Beklentiler

Anahtar Kavramlar

Devam eden içerik

Sona eren içerik

1. ÖĞRENME BİRİMİ



UÇAK MALZEMELERİ

Öğrenme Birimi Karekodu

KONULAR

1.1. MALZEME SINIFLANDIRMA

1.2. DEMİR (FERRO) ALAŞIMLI ÇELİK VE DEMİR DIŞI (NON-FERRO) MATERYALLERİN ISIL İŞLEM UYGULAMALARI

1.3. DEMİR (FERRO) ALAŞIMLI ÇELİK VE DEMİR DIŞI (NON-FERRO) MATERYALLERİN TEST İŞLEMLERİ

BEKLENTİLER

Bu öğrenme biriminde sizden

- malzeme türlerini ve seçim kriterlerini uygulamalarda kullanmanız
- demir esaslı uçak malzemelerini özelliklerine göre ayırt ederek uygun kullanım alanlarını belirlemeniz
- demir esaslı malzemelere uygulanan ısıl işlemleri ve etkilerini değerlendirmeniz
- demir dışı uçak malzemelerini özelliklerine göre sınıflandırarak kullanım alanlarıyla ilişkilendirmeniz

beklenmektedir.

ANAHTAR KAVRAMLAR

- alaşım
- alüminyum alaşımları
- çekme dayanımı
- çelik
- çürüme direnci
- demir esaslı malzeme
- döküm
- ısıl işlem
- kompozit malzeme
- malzeme
- malzeme seçimi
- menevişleme
- metal malzeme
- metal olmayan malzeme
- normalleştirme
- sertleştirme
- süper alaşım
- tavlama
- titanyum alaşımları
- üreme deneyi

HAZIRLIK ÇALIŞMASI

Aşağıdaki görsellerde bir çelik cıvata, alüminyum levha, kompozit panel, bakır elektrik kablosu ve kauçuk conta görülmektedir.

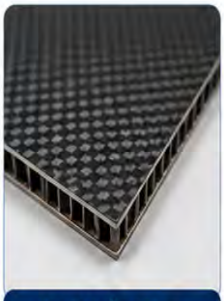
Görselleri inceleyiniz ve soruları cevaplayınız.



ÇELİK CIVATA



ALÜMİNYUM LEVHA



KOMPOZİT PANEL



BAKIR ELEKTRİK KABLOSU



KAUÇUK CONTA

1 Bu malzemelerin ortak kullanım alanı sizce neresidir?

.....

2 Sizce aşağıdaki özelliklerden hangileri bu malzemelerin seçiminde etkili olabilir?

- ☐ Hafif olması
- ☐ Dayanıklı olması
- ☐ Elektriği iletmesi
- ☐ Isıya dayanıklı olması
- ☐ Birden fazla özelliğe sahip olması

3 Sizce bu malzemelerin hepsi aynı amaç için mi kullanılır? Neden?

.....

.....

4 Bir uçakta tüm parçaların tek bir malzemeden üretildiğini düşününüz. Böyle bir durumda hangi sorunlar ortaya çıkabilir?

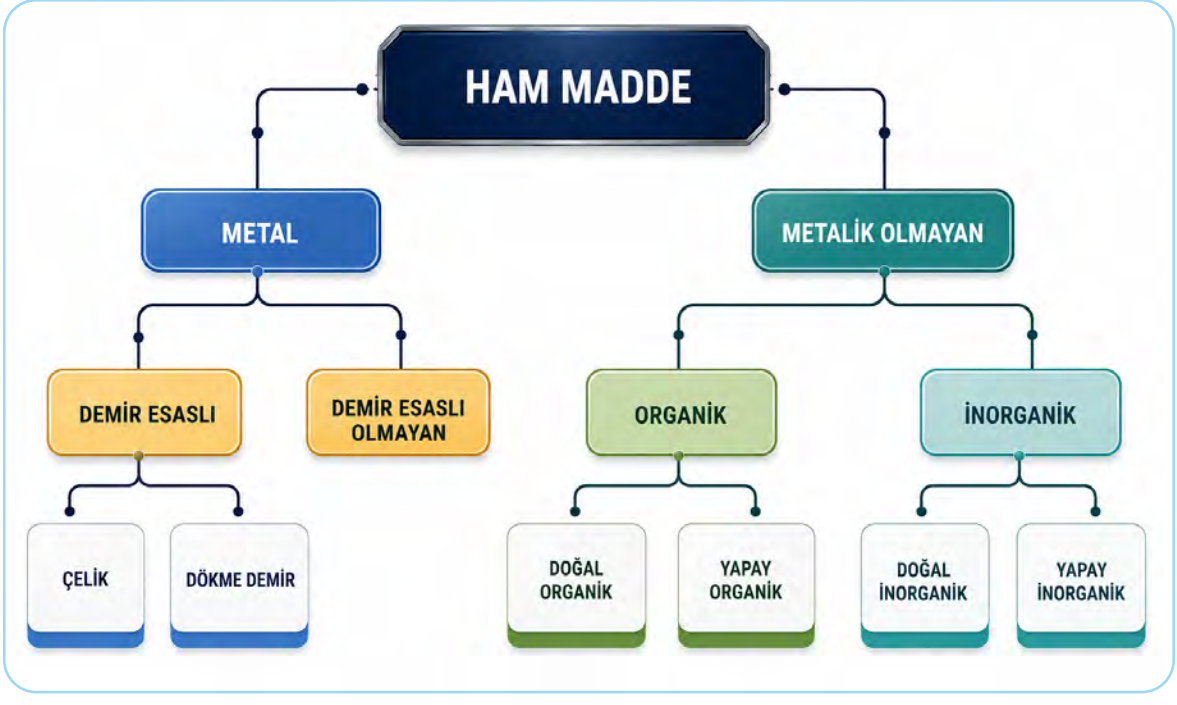
.....

.....

1.1. MALZEME SINIFLANDIRMA

İhtiyaç duyulan ve belli bir amacı gerçekleştirmek için kullanılan maddelere **malzeme** denir. 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 gerecin bütününe endüstri denir. Uçak gövdesi ve gövde parçalarının imalatında uçak ağırlığının azaltılması ve yolcu güvenliğinin sağlanması amacıyla hafif ve yüksek dayanımlı malzemelerin seçilmesi önemlidir.

Havacılıkta kullanılan malzemeler; sahip oldukları fiziksel, kimyasal ve mekanik özelliklere göre sınıflandırılır. Malzemelerin sınıflandırılması, kullanım amacına uygun malzemenin seçilmesini kolaylaştırır ve üretim ile bakım süreçlerinde doğru kararlar verilmesine yardımcı olur. Hava araçlarında kullanılan malzemeler genel olarak metalik ve metalik olmayan malzemeler olarak iki gruba ayrılır. Metalik malzemeler demir alaşımlı (ferro) ve demir dışı (non-ferro) malzemeleri kapsarken metalik olmayan malzemeler organik, inorganik ve kompozit malzemelerden oluşur. Her malzeme grubu, hafiflik, dayanım, korozyon direnci ve maliyet gibi farklı özellikleri nedeniyle hava aracının çeşitli bölümlerinde kullanılır. Uçak endüstrisinde kullanılan malzemeler, metal olan ve metalik olmayan malzemeler olarak iki grupta toplanır (Şema 1.1).



Şema 1.1: Malzemelerin sınıflandırılması

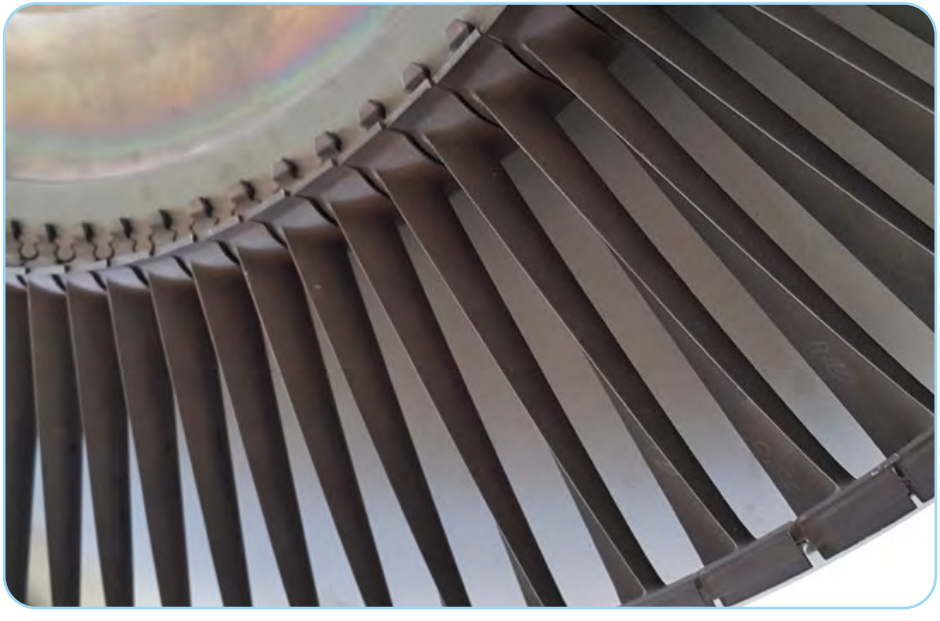
Demir esaslı metallerde karbon miktarı önemlidir çünkü demirin dayanım ve sertliği karbon oranıyla belirlenir. Demir esaslı metaller, ihtiva ettiği karbon oranına göre çelik ve dökme demir olmak üzere ikiye ayrılır. Metalik olmayan malzemeler, kendi aralarında organik ve inorganik olarak iki grupta incelenir. Bu gruplar da kendi arasında doğal ve yapay olmak üzere tekrar ikiye ayrılır.

1.1.1. 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 malzeme kabul edilir. 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 gösterme

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 de demirdir. Süper alaşım; esas metali demir, nikel veya kobalt olan ve az miktarda krom, titanyum, molibden, volfram gibi metalleri içeren alaşımlardır. Bu alaşımlar, yüksek sıcaklıklarda dayanımını muhafaza edebilir. Bu özelliği sayesinde uçak sanayisinde, hava araçlarının motor kısımlarında ve özellikle türbin kanatçıklarında sıkça kullanılır (Görsel 1.1).



Görsel 1.1: Türbin

Demir (Ferro) Alaşımlı Çelik 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/mm^2, ergime sıcaklığı 1535 °C. 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 tutulur. 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 denir. İçeriğine ve üretim şekline göre çeşitlendirilen çelik, günümüz endüstrisinde 1.500 kadar farklı çeşidiyle işlem görür (Görsel 1.2).



Görsel 1.2: Çelik

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 kullanılır, özellikle alüminyum ve alaşımları bu noktada büyük paya sahiptir. Endüstride kullanılan demirsiz malzemelerin bir kısmı aşağıda listelenmiştir (Görsel 1.3.a, b ve c).

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



Görsel 1.3.a: Alüminyum



Görsel 1.3.b: Altın



Görsel 1.3.c: Bakır

1.1.2. Demir Dışı (Non-Ferro) Malzemeler

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 ise canlı faktörü yoktur. Her iki malzeme grubu da doğal ve yapay olmak üzere iki ana gruba ayrılır (Tablo 1.1).

Tablo 1.1: Doğal ve Yapay Demir Dışı Malzemeler

Doğal Organik Malzemeler	Doğal İnorganik Malzemeler	Yapay Organik Malzemeler	Yapay İnorganik Malzemeler
• Odun • Mantar • Deri • Kauçuk	• Kil • Tuz • Mineral • Petrol	• Genel olarak plastikler • Polyester • Polietilen • Teflon vb.	• Çimento • Kireç • Seramik • Cam

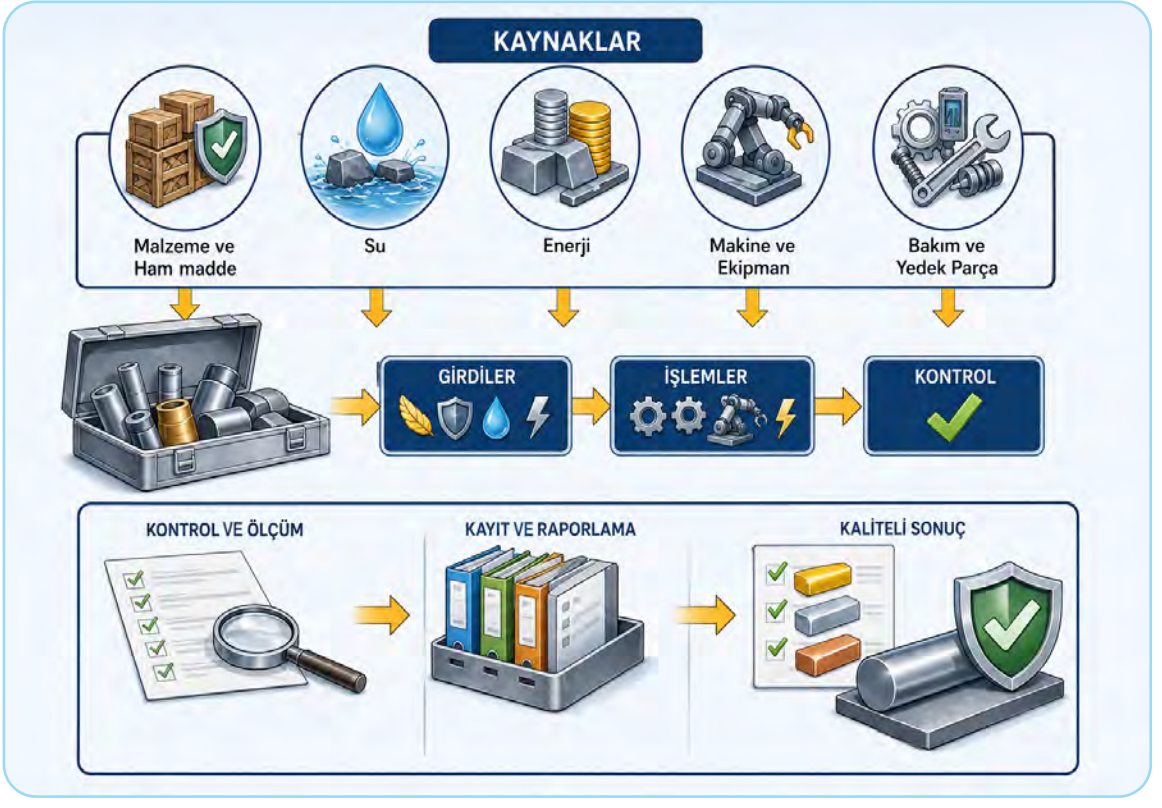
Kompozit malzemeler, bu başlık altında ayrıca yer verilmesi gereken önemli bir malzeme grubudur. En az iki farklı malzemenin güçlü bağlayıcılarla yapıştırılmasıyla elde edilir. Dayanım, hafiflik gibi özellikleri ile havacılık endüstrisinde yaygın olarak kullanılır. Günümüzde hava araçlarının birçoğunda kompozit malzeme kullanım oranı %50'yi aşmaktadır (Görsel 1.4).



Görsel 1.4: Kompozit malzeme

1.1.3. Malzeme Seçimi ve Malzemelerin Sıralaması

Son yıllarda endüstride 150.000 civarında malzeme kullanılır. 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 önemlidir. Seçim işleminin yapılabilmesi için 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 (Görsel 1.5).



Görsel 1.5: Malzeme seçimi ve malzemelerin sıralaması

a) Temin Edilebilme Kolaylığına Göre Malzeme Seçimi

Malzemenin istenilen standartları karşılamasına ve 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 ekonomiktir hem de kolay ulaşılabilir. Yurt dışından temin edildiği durumlarda, nakliye gecikmeleri veya gümrük sorunları nedeniyle uçak parçalarının imalatında ve bakımında gecikmeler yaşanabileceği unutulmamalıdır.

b) Korozyon Direncine Göre Malzemeler

Korozyon direnci, malzemelerin kimyasal özelliklerinden biridir. Çalışma ortamına göre korozyon, özellikle dikkat edilmesi gereken bir husustur. Korozyon, metaller üzerinde meydana gelen elektrokimyasal bozulmadır. Alüminyumun oksitlenmesi, demirin paslanması korozyona örnektir.

c) 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 yay-

gın olarak ve makul fiyatlara bulunabilmelidir. Ucuz malzeme, her zaman ekonomik olmayabilir. Bu noktada malzemenin fiyatı ve hizmet ömrü birlikte değerlendirilmelidir. Malzeme, önce pahalı gelebilir ancak uzun süre kullanılırsa ucuz malzemeye kıyasla daha ekonomiktir.

ç) Üretim İşlerine Uygunluğuna Göre Malzemeler

Malzeme işlenebilir ve üretime uygun olmalıdır. 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.

d) Fiziki Özelliklerine Göre Malzemeler

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

e) 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, basma, burulma ve yorulma dayanımı, elastiklik, sertlik şeklinde sıralanabilir. Seçilen malzemeler, mutlaka bu özellikleri karşılamalıdır.

SIRA SİZDE

Senaryo: Bir uçak bağlantı parçası (braket)

- Açık ortamda çalışacaktır.
- Neme maruz kalacaktır.
- Seri üretime uygun olmalıdır.
- Ekonomik olmalıdır.

1. Aşağıdaki malzemelerden sizce en uygun olanı seçiniz.

Malzeme	Özellikleri
• A (Çelik)	• Yüksek dayanımlı, ekonomik, korozyona yatkın
• B (Alüminyum Alaşımı)	• Hafif, korozyon direnci yüksek, orta maliyetli
• C (Titanyum)	• Çok dayanıklı, korozyon direnci yüksek, pahalı

2. Seçtiğim malzeme: .....

Bu malzemeyi seçme nedeninizi bir veya iki cümle ile açıklayınız .....

.....

1.1.4. Demir (Ferro) Alaşımlı Uçak Malzemelerinin Özellikleri

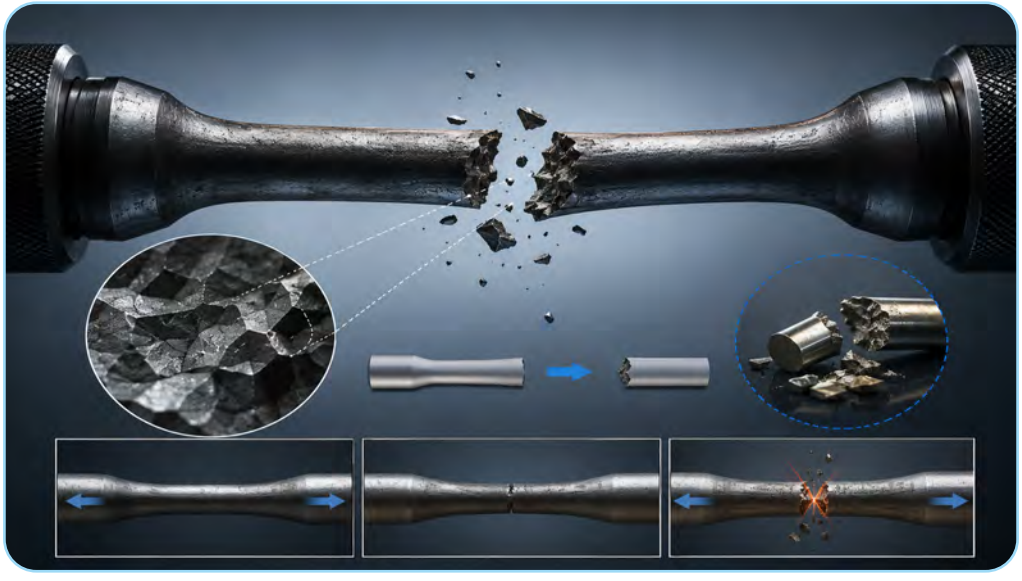
Mekanik yükler (eğme bükme gibi çeşitli zorlamalar) altında malzemenin göstermiş olduğu davranışlara **mekanik özellikler** denir. Bu özellikler, malzemeler üzerinde yapılan mekanik testlerle tespit edilir. Malzeme, bu testlerde çoğunlukla sürekli artan bir yüke maruz bırakılır. Yük karşısında farklı davranışlar sergileyen malzeme, en sonunda çatlar ve kırılır. Bu süreçte malzemenin ne kadar yüke dayandığı, ne kadar şekil değiştirdiği, 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 1.6).



Görsel 1.6: 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 1.7).



Görsel 1.7: 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 1.8.a, b ve Görsel 1.9).



Görsel 1.8.a: Haddeleme



Görsel 1.8.b: Dövme işlemi



Görsel 1.9: Dövülebilirlik ve şekillendirme süreci

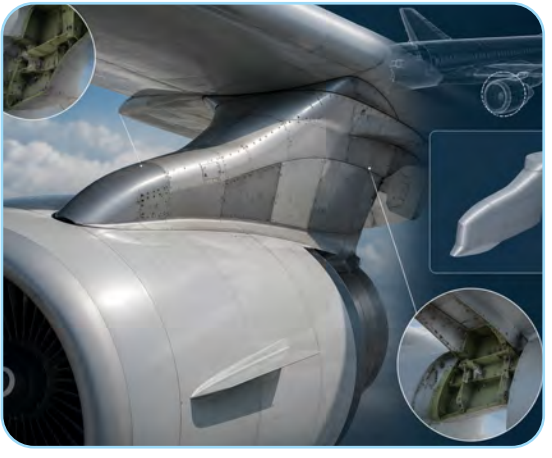
NOTLAR

a) 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 1.10.a) ve motoru uçağa bağlayan bölüm olan pylonlarda genel alaşımlı çelikler kullanılır (Görsel 1.10.b).



Görsel 1.10.a: İniş takımı



Görsel 1.10.b: Motor kanat bağlantısı (pylon)

SIRA SİZDE

Aşağıdaki görselde yer alan iniş takımı ve pylon bölgelerini inceleyiniz. Bu iki bölgenin ortak özelliği, yüksek yük taşıyan ve uçuş boyunca dinamik zorlamalara maruz kalan önemli yapılar olmalarıdır. Sizce bu bölgelerde kullanılan malzemenin hangi özellikleri (yüksek sertlik, yorulma dayanımı, darbe direnci, sıcaklık dayanımı veya tokluk) öncelikli olmalıdır? Seçiminizi gerekçelendiriniz ve her iki bölge için aynı malzemenin kullanılıp kullanılamayacağını tartışınız.



b) 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 (Görsel 1.11).



Görsel 1.11: Alaşımlı çelikler

- **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 1.12).



Görsel 1.12: Havacılıkta kullanılan krom alaşımlı çelikler

- **Volfram Alaşımlı Çelikler:** Volfram, çeliklere mukavemet ve ısıl dayanım kazandırır. Bu alaşımlar, yüksek çalışma sıcaklıklarında sertliğini 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 (Görsel 1.13).



Görsel 1.13: Havacılıkta süper alaşımların kullanımı

c) Çeliklerin Standartları

Çelik standartları, çelik üreticileriyle tüketicilerinin kolay anlaşabilmesini 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 belirlenmiştir. Bazı önemli standartlar, Tablo 1.2'de verilmiştir.

Tablo 1.2: Dünya Genelinde Kullanılan Çelik Standartları

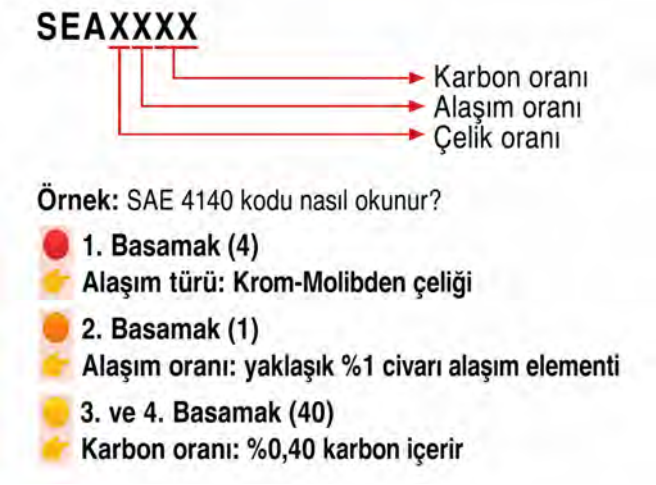
Standart	Açılımı	Ülke / Bölge	Kullanım Alanı
SAE	Society of Automotive Engineers (Otomotiv Mühendisleri Topluluğu)	ABD	Çelik sınıflandırması (havacılıkta yaygın)
AISI	American Iron and Steel Institute (Amerikan Demir ve Çelik Enstitüsü)	ABD	Çelik türlerinin tanımlanması
ASTM	American Society for Testing and Materials (Amerikan Test ve Malzeme Topluluğu)	ABD	Malzeme test ve kalite standartları
ISO	International Organization for Standardization (Uluslararası Standartlar Organizasyonu)	Uluslararası	Genel standartlar
DIN	Deutsches Institut für Normung (Alman Standartlar Enstitüsü)	Almanya	Endüstride yaygın kullanım
TS	Türk Standartları	Türkiye	Ulusal standartlar
EURONORM	Avrupa Standartları	Avrupa	Avrupa genelinde kullanılan normlar

Uçak endüstrisinde kullanılan çeliklerin sınıflandırılmasında Amerikan Standartları SAE (Society of Automotive Engineers – sosaytı of otomotiv enjınırs) yaygın olarak kullanılmaktadır. SAE normu, dört haneli bir numara sistemine göre sınıflandırma yapar.

- İlk basamak temel alaşım elementine göre çelik türünü (Tablo 1.3),
- İkinci basamak alaşım elementinin yüzde olarak yaklaşık değerini,
- Üçüncü ve dördüncü basamaklar, yüzde olarak karbon değerinin (%C) yüz katını göstermektedir.

Tablo 1.3: 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



SIRA SİZDE

Aşağıdaki görselde çelik kodlarını doğru şekilde doldurunuz (Görsel 1.14).



Görsel 1.14: Çelik kodlarının yorumlanmasına yönelik etkinlik

MERAKLISINA

SAE 41XX ve 43XX serisi çelikler; iniş takımı, bağlantı elemanları, yüksek mukavemet gerektiren parçalar için tercih edilir (Görsel 1.15).



Görsel 1.15: Çelikten uçak parçasına üretim süreci

1.1.5. Demir Esaslı Olmayan Uçak Malzemelerinin Özellikleri ve Çeşitleri

Uçak yapılarında yalnızca demir esaslı malzemeler değil hafiflik, korozyon direnci ve yüksek özgül dayanım gibi üstün özellikleri nedeniyle demir esaslı olmayan malzemeler de yaygın olarak kullanılır. Bu malzemeler; fiziksel ve mekanik özelliklerine göre farklı gruplara ayrılmakta olup havacılık endüstrisinde yapısal ve yapısal olmayan birçok uygulamada önemli görevler üstlenmektedir.

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.

Hava araçlarında kullanılan malzemelerin dayanıklı ve hafif olmaları gerekir. 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 1.16).



Görsel 1.16: Demir esaslı olmayan malzemeler

Havacılıkta kullanılan malzemelerin en önemli özelliklerinden biri hafif olmalarına rağmen yüksek dayanım göstermeleridir. Bu nedenle uçak yapımında demir esaslı malzemeler yerine çoğunlukla demir esaslı olmayan malzemeler tercih edilir. Demir esaslı olmayan malzemeler; alüminyum, magnezyum, titanyum, bakır alaşımları gibi metallerden oluşur. Bu malzemeler, uçak yapısında ve çeşitli sistemlerde yüksek performans ve güvenlik sağlamak amacıyla kullanılır (Görsel 1.17).



Görsel 1.17: Havacılıkta kullanılan demir esaslı olmayan malzemeler

Bu malzemelerin havacılıkta tercih edilmesinin başlıca nedenleri şunlardır:

- **Düşük Yoğunluk (Hafiflik):** Uçağın toplam ağırlığını azaltır, yakıt verimliliğini artırır.
- **Yüksek Dayanım / Ağırlık Oranı:** Hafif olmalarına rağmen yüksek yük taşıyabilir.
- **Korozyon Direnci:** Zorlu çevre şartlarında uzun süre dayanıklılık sağlar.
- **İyi Şekillendirilebilirlik:** Farklı üretim yöntemlerine uygundur.
- **Isı ve Elektrik İletkenliği:** Bazı uygulamalarda avantaj sağlar.

Bu özellikler sayesinde demir esaslı olmayan malzemeler, uçak gövdesi, kanatlar, kaplama levhaları ve çeşitli bağlantı elemanlarında yaygın olarak kullanılır.

Demir esaslı olmayan malzemeler uçaklarda farklı görevler üstlenir. Her malzeme, kullanılacağı bölgenin **mekanik, termal ve çevresel koşullarına** göre seçilir.

Havacılıkta malzeme seçimi yapılırken aşağıdaki kriterler dikkate alınır. Bu kriterler birlikte değerlendirilerek en uygun malzeme belirlenir.

- Dayanım ve sertlik
- Ağırlık
- Korozyon direnci
- Sıcaklık dayanımı
- İşlenebilirlik
- Maliyet ve temin kolaylığı

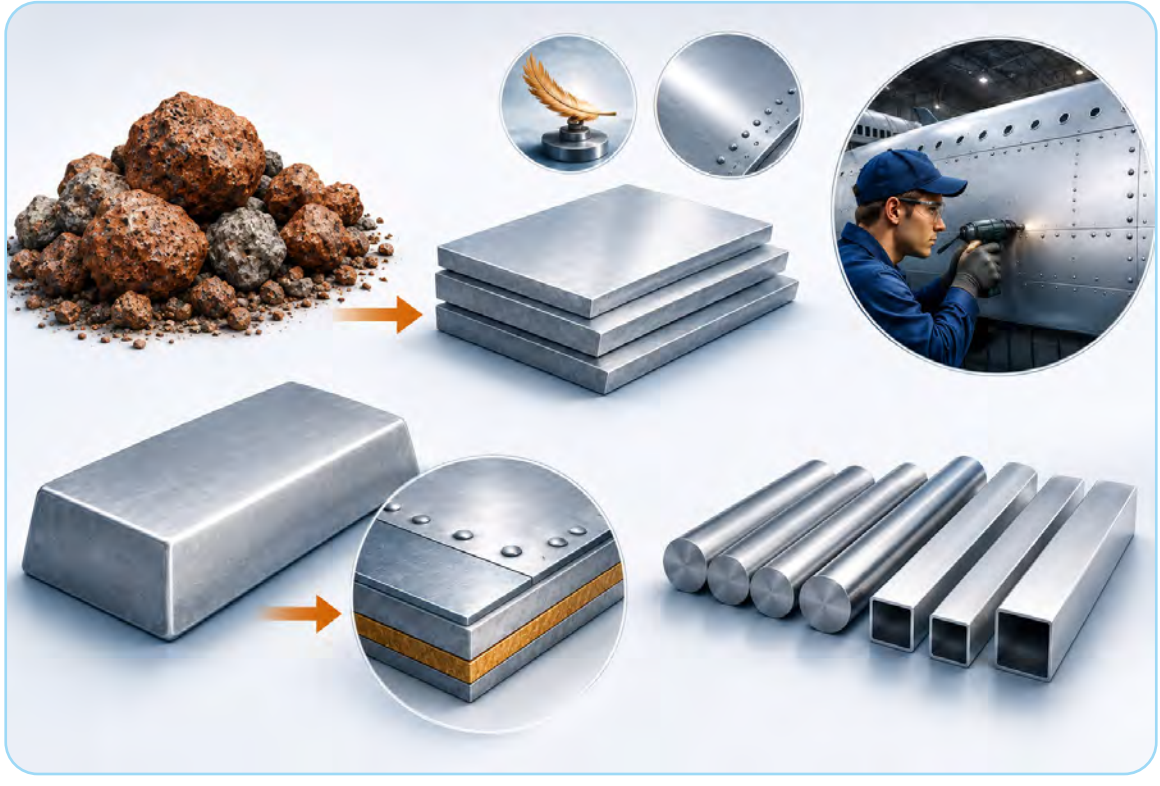
Demir esaslı olmayan malzemelerin doğru seçimi ve kullanımı; uçakların daha hafif, dayanıklı ve güvenli olmasını sağlar. Yanlış malzeme seçimi ise yapısal zayıflıklara, korozyon hasarlarına ve güvenlik risklerine neden olabilir.

1.1.6. 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 vv**denir. Bir firmanın ticari markası olmasına rağmen bu işlemle üretilen malzemeler genelde alclad olarak adlandırılır (Görsel 1.18).



Görsel 1.18: Alüminyum ve alaşımları

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 elverişliyken dövme alaşımlar kolay şekillendirilebilir özelliktedir.

1.1.6.1. 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.

a) 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, 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 kullanılır. 2024 alaşımları başta olmak üzere uçak gövdesinde stringerlarda, framelerde 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'dir.

- **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 kullanılır.

- **8XXX Serisi Alaşımlar**

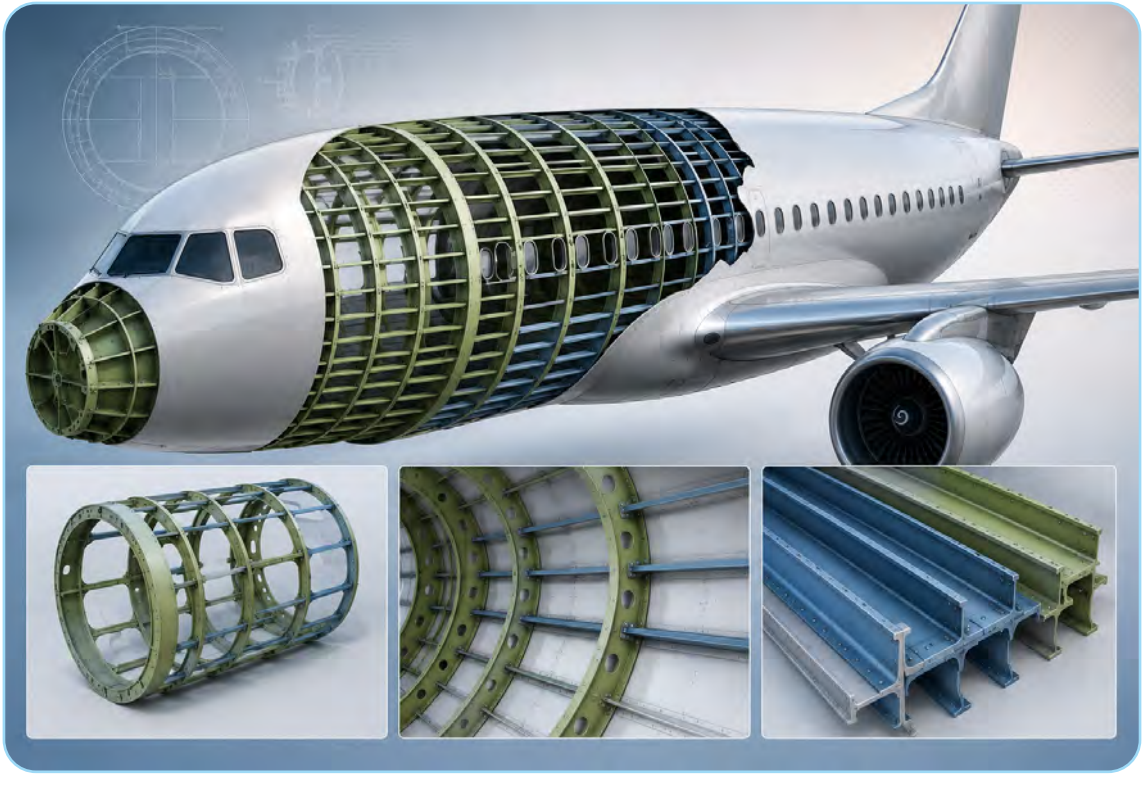
Üretim maliyeti yüksek, iyi yorulma direnci ve tokluk gibi özelliklere sahip muhtelif alaşımlardır. 2xxx, 6xxx, 7xxx serisi alaşımlar ısıl işleme uygundur. 3xxx, 4xxx, 5xxxx serileri ise ısıl işleme uygun değildir.

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.

7075 alaşımı frameler, koltuk rayları (extrüzyon yapım), zemin kirişleri ve pencere framelerinde kullanılır (Görsel 1.19).



Görsel 1.19: Uçak gövdesi, frame ve stringer yapılar

SIRA SİZDE

Verilen Alaşımlar: 1050 – 2024 – 3003 – 5052 – 6061 – 7075

A) Görev: Aşağıdaki alaşımları uygun seri ile eşleştiriniz.

Alaşım Serisi	Seri
.....	.....
1050	.....
2024	.....
5052	.....
7075	.....

B) Görev: Aşağıdaki soruları cevaplayınız.

1. Yüksek dayanım gerektiren uçak yapılarında hangi alaşım tercih edilir?

Cevap: .....

2. Korozyon direnci yüksek olan alaşım hangisidir?

Cevap: .....

3. Saf alüminyuma en yakın alaşım hangisidir?

Cevap: .....

4. Görev: Aşağıdaki uçak parçası için en uygun alaşımı seçiniz.

Taşıyıcı uçak yapısı: .....

Neden?

.....

b) Döküm Alaşımlar

Döküm alaşımlar dövme alaşımlar kadar geniş kullanım alanına sahip değildir. Bu alaşımlar XXX.X şeklinde gösterilir. İlk basamak temel alaşım elementini (Tablo 1.5), ikinci 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.

1.1.6.2. 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 (Tablo 1.6 ve 1.7).

Tablo 1.6: Temel Durum Kodları

Kod	Açıklama
F	Üretildiği gibi (ısıl işlem uygulanmamış)
O	Tavlanmış (yumuşatılmış)
W	Soğuk işlemle sertleştirilmiş
H	Çözeltiye alınmış (geçici durum)
T	Isıl işleme tabi tutulmuş

Tablo 1.7: T Serisi Isıl İşlem Durumları

Kod	Açıklama
T1	Sıcak şekillendirme sonrası soğutulmuş ve doğal yaşlandırılmış
T2	Sıcak şekillendirilmiş, soğuk şekillendirilmiş ve doğal yaşlandırılmış
T3	Çözeltiye alınmış, soğuk şekillendirilmiş ve doğal yaşlandırılmış
T4	Çözeltiye alınmış ve doğal yaşlandırılmış
T5	Sıcak şekillendirme sonrası soğutulmuş ve yapay yaşlandırılmış
T6	Çözeltiye alınmış ve yapay yaşlandırılmış
T7	Çözeltiye alınmış ve uzun süre yapay yaşlandırılmış
T8	Çözeltiye alınmış, soğuk şekillendirilmiş ve yapay yaşlandırılmış
T9	Çözeltiye alınmış, yapay yaşlandırılmış ve soğuk şekillendirilmiş
T10	Sıcak şekillendirilmiş, soğuk şekillendirilmiş ve yapay yaşlandırılmış

NOT

2024 T4, çözeltiye alınarak sertleştirilmiş ve doğal yaşlandırmaya tabi tutulmuş anlamına gelir. **T6 durumu**, çözeltiye alma ve yapay yaşlandırma işlemlerinden geçtiğini ifade eder ve genellikle **yüksek dayanım** sağlar.

1.1.7. Bakır Alaşımları

Bakır esaslı yüzlerce çeşit alaşım üretilir. 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 işlenebilirlik, 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 kullanılır.

1.1.8. 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.

1.1.9. 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.

1.1.10. Magnezyum Alaşımları

Bu 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.

1.1.11. Sızdırmazlık Gereçleri ve Yapıştırıcı Maddeler

Uçaklarda kullanılan hidrolik, pnömatik, yakıt, yağ ve basınçlandırma sistemlerinin güvenli şekilde çalışabilmesi için sızıntıların önlenmesi ve yapısal elemanların güvenilir biçimde birleştirilmesi büyük önem taşır. Bu amaçla kullanılan sızdırmazlık ve yapıştırıcı malzemeler; akışkan ve gaz kaçaklarını önler, yabancı maddelerin sisteme girişini engeller, titreşimleri azaltır, korozyona karşı koruma sağlar ve bazı uygulamalarda yapısal birleştirme görevi üstlenir.

Bu malzemelerin seçimi; çalışma sıcaklığı, basınç, kimyasal ortam, mekanik yükler ve kullanılacağı yüzey malzemesi dikkate alınarak yapılmalıdır. Yanlış malzeme seçimi veya hatalı uygulamalar sızıntılara, bağlantı zayıflıklarına ve sistem arızalarına neden olabilir. Bu nedenle bakım işlemlerinde üretici dokümanlarında belirtilen malzeme ve uygulama yöntemlerine uyulmalı; kullanılacak ürünler uygun koşullarda depolanmalı ve raf ömrünü doldurmuş malzemeler kullanılmamalıdır (Görsel 1.20).



Görsel 1.20: Uçak yapılarında sızdırmazlık ve yapıştırıcı uygulamalar

1.1.11.1. Conta Çeşitleri

Contalar, iki temas yüzeyi arasında sızdırmazlık sağlayan makine elemanlarıdır. Çalışma koşulları, hareket türü ve sistem basıncına bağlı olarak farklı tiplerde üretilir. Havacılıkta en yaygın kullanılan conta çeşitleri aşağıda açıklanmıştır.

a) Düz Contalar (Gasket)

Düz contalar, birbirine göre hareket etmeyen iki sabit yüzey arasında statik sızdırmazlık sağlar. Flanş bağlantıları, kapaklar, pompa gövdeleri ile yakıt ve yağ sistemlerinde yaygın olarak kullanılır. Kauçuk, fiber, grafit, kompozit veya metal esaslı malzemelerden üretilebilir (Görsel 1.21).



Görsel 1.21: Düz contanın yapısı ve kullanım örneği

NOTLAR

b) Hareketli Contalar (Packing)

Packing tipi contalar, doğrusal veya dönel hareket yapan parçalar arasında sızdırmazlık sağlamak amacıyla geliştirilmiştir. Pistonlar, hidrolik silindirler, aktüatörler ve valf millerinde kullanılır. Sürtünmeye ve aşınmaya karşı yüksek dayanım gösterecek şekilde tasarlanırlar (Görsel 1.22).



Görsel 1.22: Hareketli conta (packing) yapısı ve kullanım örneği

c) O-Ring Contalar

O-Ring, dairesel kesitli elastomer esaslı en yaygın sızdırmazlık elemanıdır. Hidrolik, pnömatik, yakıt ve yağ sistemlerinde kullanılır. Basit yapısı, düşük maliyeti ve yüksek sızdırmazlık performansı en önemli avantajlarıdır. Yüksek basınç uygulamalarında PTFE destek halkalarıyla birlikte kullanılabilir (Görsel 1.23).



Görsel 1.23: O-Ring conta yapısı ve kullanım örneği

ç) V-Ring (Chevron) Contalar

V kesitli elastomer halkalardan oluşan bu contalar, yüksek basınç altında dudaklarının genişlemesi sayesinde etkili sızdırmazlık sağlar. Özellikle iniş takımı aktüatörleri ve yüksek basınçlı hidrolik sistemlerde tercih edilir (Görsel 1.24).



Görsel 1.24: V-Ring (chevron) contanın yapısı ve kullanım örneği

d) T Contalar

T kesitli özel tasarıma sahip bu contalar, çift etkili hidrolik sistemlerde kullanılır. Genellikle PTFE destek halkalarıyla birlikte çalışarak yüksek basınç altında uzun hizmet ömrü sağlar (Görsel 1.25).



Görsel 1.25: T contanın yapısı ve kullanım örneği

e) Keçeler (Wiper Seal)

Keçeler, hareketli miller üzerindeki toz, kum, metal talaşı ve nem gibi yabancı maddelerin sistem içerisine girmesini önler. Temel görevleri basınca dayanmak değil, iç kısımdaki sızdırmazlık elemanlarını korumaktır (Görsel 1.26).



Görsel 1.26: Keçenin hidrolik silindirde kullanımı

1.1.11.2. Sızdırmazlıkta ve Yapıştırmada Kullanılan Malzemeler

Sızdırmazlık ve yapıştırıcı malzemelerin performansı, üretildikleri malzemenin fiziksel, mekanik ve kimyasal özelliklerine bağlıdır. Havacılık uygulamalarında kullanılacak malzemenin; çalışma sıcaklığı, sistem basıncı, kimyasal ortam, mekanik yükler ve çevresel koşullar dikkate alınarak seçilmesi gerekir. Yanlış malzeme seçimi; sızıntılara, erken aşınmaya, korozyona ve sistem arızalarına neden olabilir. Havacılıkta yaygın olarak kullanılan başlıca sızdırmazlık malzemeleri aşağıda açıklanmıştır.

NOTLAR

a) Nitril Kauçuk

Nitril kauçuk (NBR – Nitrile Butadiene Rubber / Nitril Bütadien Kauçuk), mineral esaslı hidrolik yağlara, motor yağlarına ve petrol türevi yakıtlara karşı yüksek dayanım gösteren elastomer malzemedir. Hidrolik, pnömatik, yağ ve yakıt sistemlerinde yaygın olarak kullanılır. Yağlara karşı yüksek direnç göstermesi, aşınmaya dayanıklı olması ve ekonomik maliyeti en önemli avantajlarıdır. Ancak ozon, güneş ışığı ve yüksek sıcaklıklardan olumsuz etkilenebilir (Görsel 1.27).



Görsel 1.27: Nitril kauçuğun (NBR) kullanım örnekleri

b) Florokarbon Kauçuk

Florokarbon esaslı elastomerler (FKM – Fluoroelastomer), yüksek sıcaklık ve kimyasallara karşı üstün dayanım gösterir. Özellikle motor bölmeleri, türbin motorları ve yüksek sıcaklıkta çalışan yakıt sistemlerinde tercih edilir. Yakıt, yağ ve birçok kimyasala karşı dirençli olması sayesinde uzun hizmet ömrü sağlar (Görsel 1.28).



Görsel 1.28: FKM malzemesinin yüksek sıcaklık uygulamalarındaki kullanımı

c) EPDM (Ethylene Propylene Diene Monomer / Etilen Propilen Dien Monomer)

EPDM (Ethylene Propylene Diene Monomer / Etilen Propilen Dien Monomer), fosfat ester esaslı hidrolik sıvılarla çalışan sistemlerde kullanılan sentetik kauçuktur. Başlıca kullanım alanları Skydrol hidrolik sistemleri, su ve buhar sistemleri ile çevresel sızdırmazlık uygulamalarıdır. Mineral esaslı yağlarla uyumlu olmadığından bu sistemlerde kullanılmamalıdır (Görsel 1.29).



Görsel 1.29: EPDM esaslı sızdırmazlık elemanlarının uygulama alanları

ç) Silikon Kauçuk (VMQ – Vinyl Methyl Silicone / Vinil Metil Silikon)

Silikon kauçuk, çok düşük ve çok yüksek sıcaklıklarda elastikiyetini koruyabilen bir malzemedir. Kabin basınç sistemlerinde, dış yüzey ekipmanlarında, elektrik sistemlerinde ve çevresel sızdırmazlık uygulamalarında kullanılır. Mekanik aşınmaya karşı dayanımı ise diğer elastomerlere göre daha düşüktür (Görsel 1.30).



Görsel 1.30: Silikon kauçuğun kullanım örnekleri

d) PTFE (Politetrafloroetilen)

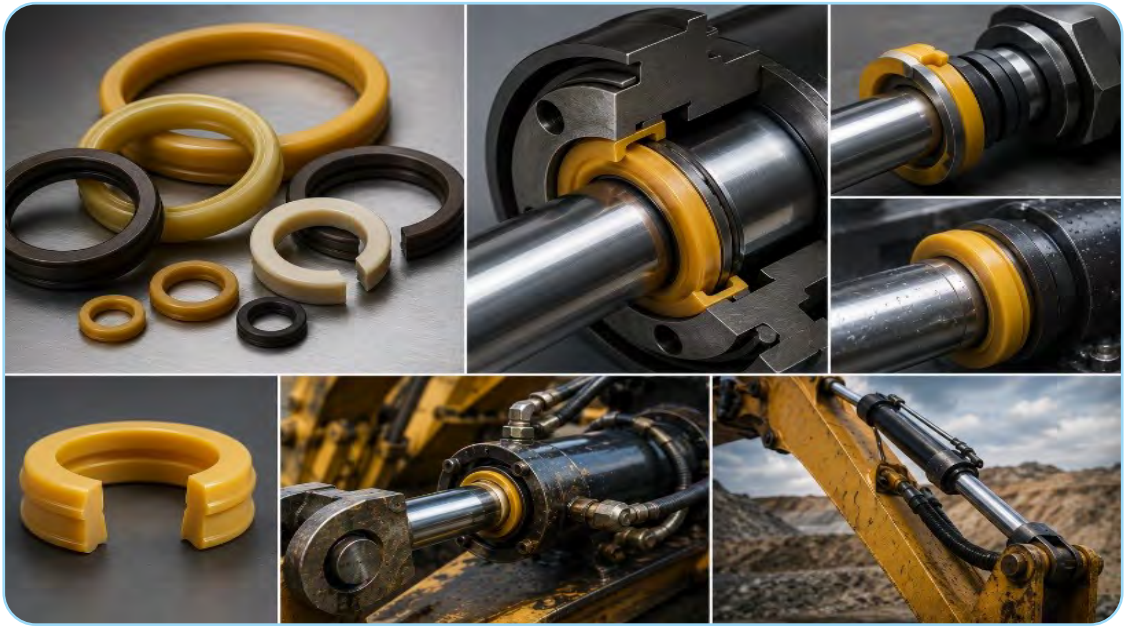
PTFE, düşük sürtünme katsayısı ve yüksek kimyasal dayanımıyla öne çıkan bir mühendislik plastiğidir. Özellikle destek halkalarında (Back-up Ring), yüksek basınç contalarında ve hareketli hidrolik sistemlerde kullanılır. Elastomer olmadığı için çoğunlukla diğer sızdırmazlık elemanlarıyla birlikte görev yapar (Görsel 1.31).



Görsel 1.31: PTFE malzemesinden üretilen destek halkaları ve sızdırmazlık elemanları

e) Poliüretan (PU)

Poliüretan (PU – Polyurethane), yüksek aşınma direnci ve mekanik dayanımı sayesinde hidrolik silindirlerde, piston keçelerinde ve ağır yük altında çalışan sistemlerde yaygın olarak kullanılır. Sürekli hareket ve yüksek basınç altında uzun ömürlü sızdırmazlık sağlar (Görsel 1.32).



Görsel 1.32: Poliüretan (PU) malzemesinden üretilen sızdırmazlık elemanları

1.1.11.3. Yapıştırıcı Malzemeler (Adhesives)

Yapıştırıcı malzemeler, iki veya daha fazla malzemenin yüzeylerini kalıcı olarak birleştirmek amacıyla kullanılan polimer esaslı mühendislik malzemeleridir. Günümüzde havacılık endüstrisinde geleneksel bağlantı yöntemlerine alternatif veya tamamlayıcı olarak yaygın şekilde kullanılır. Özellikle kompozit malzemelerin kullanımının artmasıyla yapıştırıcı teknolojileri de büyük gelişme göstermiştir. Yapıştırıcılar; yükü geniş bir yüzeye dağıtarak gerilme yığılmalarını azaltır, bağlantı elemanlarının neden olduğu ağırlık artışını önler ve farklı malzemelerin güvenli şekilde birleştirilmesine olanak sağlar. Ayrıca titreşim sönümleme, korozyonu azaltma ve sızdırmazlık sağlama gibi ilave avantajlar sunar.

a) Havacılıkta Kullanılan Yapıştırıcı Çeşitleri

Havacılıkta kullanılan yapıştırıcılar, kimyasal yapılarına göre farklı özellikler gösterir. Epoksi esaslı yapıştırıcılar, yüksek mekanik dayanımları nedeniyle metal ve kompozit yapıların birleştirilmesinde en yaygın kullanılan yapıştırıcılardır. Poliüretan esaslı yapıştırıcılar ise esnek yapıları sayesinde titreşim ve darbe yüklerinin bulunduğu uygulamalarda tercih edilir.

Silikon esaslı yapıştırıcılar, geniş çalışma sıcaklığı aralığında elastikiyetlerini korudukları için cam montajlarında, elektrik sistemlerinde ve çevresel sızdırmazlık uygulamalarında kullanılır. Akrilik esaslı yapıştırıcılar, hızlı kürlenmeleri nedeniyle bakım-onarım işlemlerinde tercih edilirken, siyanoakrilat esaslı yapıştırıcılar küçük parçaların hızlı şekilde sabitlenmesinde kullanılır. Ancak siyanoakrilat esaslı yapıştırıcılar, düşük darbe dayanımları nedeniyle yapısal uçak bağlantılarında tercih edilmez (Görsel 1.33).



Görsel 1.33: Yapıştırıcı türlerinin havacılık uygulamalarındaki kullanımı

b) Yapıştırıcı Malzemelerin Özellikleri

Havacılıkta kullanılan yapıştırıcıların yüksek mekanik dayanım, düşük ağırlık, kimyasal direnç ve uzun hizmet ömrü sağlaması beklenir. Ayrıca sıcaklık değişimleri, titreşim, nem, yakıt ve hidrolik sıvılar gibi çalışma koşullarına karşı dayanıklı olmaları gerekir. Yapıştırıcı seçimi yapılırken birleştirilecek malzemelerin türü, çalışma sıcaklığı, yükleme şekli ve çevresel koşullar dikkate alınmalıdır.

c) Yüzey Hazırlama

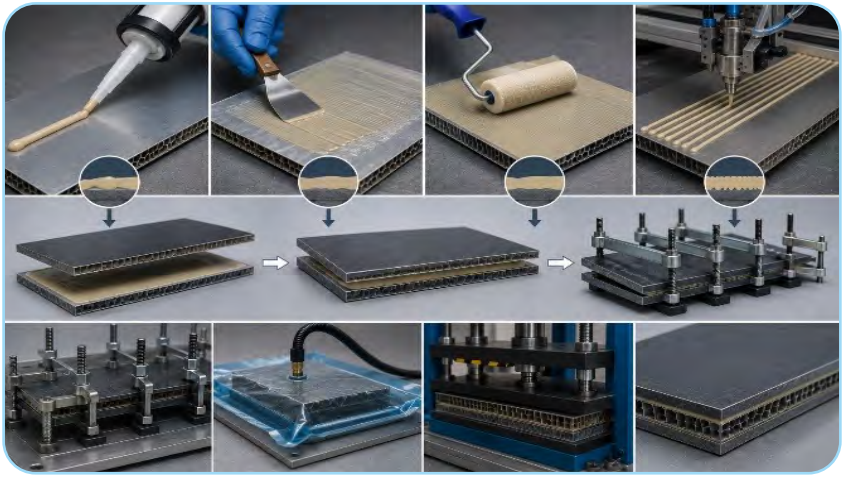
Yapıştırma işleminin başarısı büyük ölçüde yüzey hazırlığına bağlıdır. Yapıştırılacak yüzeyler yağ, kir, boya, oksit tabakası ve diğer kirleticilerden tamamen temizlenmelidir. Gerektiğinde yüzey pürüzlendirilerek mekanik tutunma artırılır ve üretici tarafından önerilen astar (primer) uygulanır. Yüzey hazırlığının yetersiz olması, yapışma dayanımının azalmasına ve bağlantının erken hasar görmesine neden olabilir (Görsel 1.34).



Görsel 1.34: Yapıştırma öncesi yüzey hazırlama işlemleri

ç) Yapıştırıcıların Uygulanması

Yapıştırıcılar; kartuş tabancası, spatula, rulo veya otomatik dozajlama sistemleri kullanılarak uygulanabilir. Uygulama sırasında yüzeye yeterli miktarda ve homojen kalınlıkta yapıştırıcı sürülmeli, hava boşluğu oluşmamasına dikkat edilmelidir. Birleştirilen parçalar, üretici tarafından belirtilen süre boyunca uygun basınç altında sabit tutulmalıdır (Görsel 1.35).



Görsel 1.35: Yapıştırıcıların yüzeye uygulanma aşamaları

d) Kürlenme Süreci

Yapıştırıcıların tam mekanik dayanım kazanabilmesi için kürlenme sürecini tamamlaması gerekir. Kürlenme; ortam sıcaklığı, nem, yapıştırıcı tipi ve tabaka kalınlığına bağlı olarak değişir. Bazı yapıştırıcılar oda sıcaklığında kürlenirken bazıları fırınlama veya sıcak presleme gerektirir. Kürlenme tamamlanmadan bağlantıya yük uygulanmamalıdır (Görsel 1.36).



Görsel 1.36: Yapıştırıcıların kürlenme aşamaları

e) Depolama ve Güvenlik Önlemleri

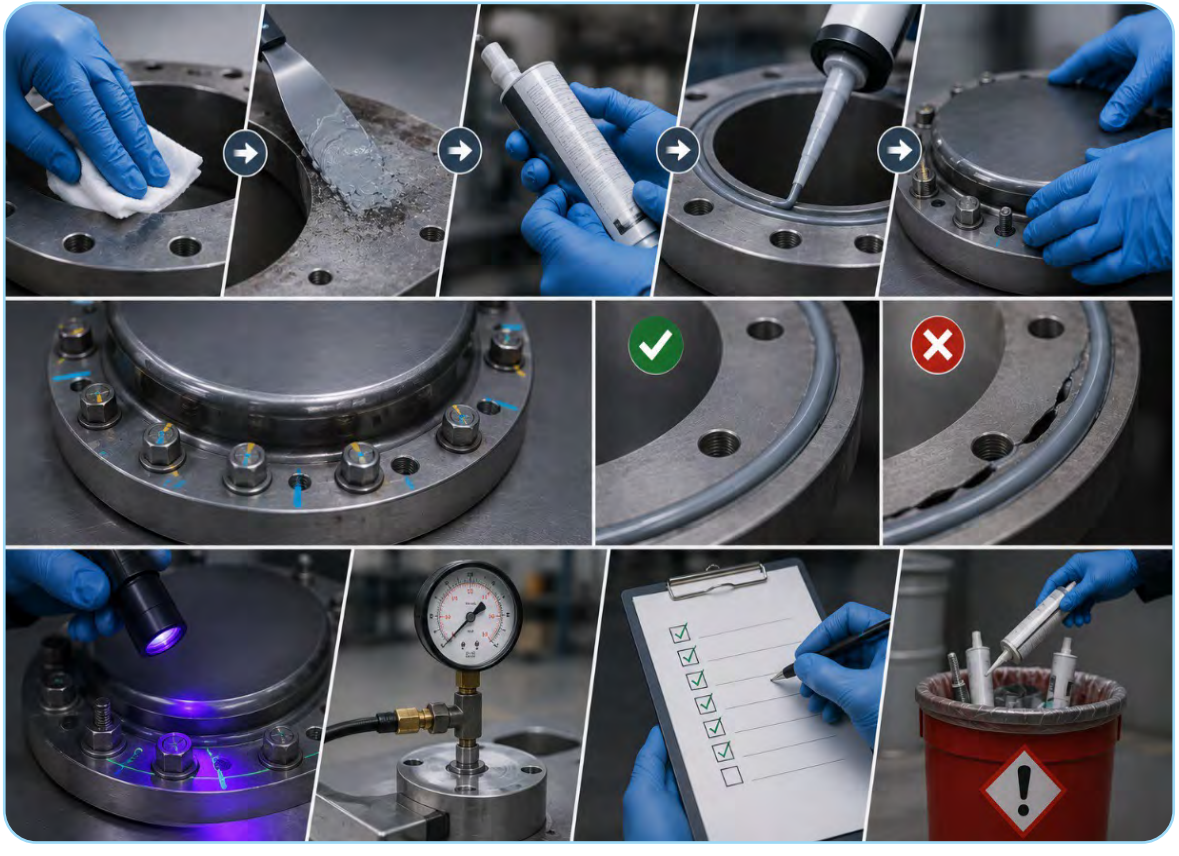
Yapıştırıcı malzemeler üreticinin belirttiği sıcaklık koşullarında depolanmalı, doğrudan güneş ışığına ve neme maruz bırakılmamalıdır. Son kullanma tarihi geçmiş ürünler kullanılmamalıdır. Uygulama sırasında uygun kişisel koruyucu donanımlar kullanılmalı, çalışma ortamı yeterince havalandırılmalı ve kimyasalların cilt ile göz temasından kaçınılmalıdır (Görsel 1.37).



Görsel 1.37: Yapıştırıcı malzemelerin depolama koşulları

1.1.11.4. Sızdırmazlık ve Yapıştırıcı Malzemelerin Montajı ve Bakımı

Sızdırmazlık ve yapıştırıcı malzemelerin doğru uygulanması, sistem güvenilirliği ve uçuş emniyeti açısından büyük önem taşır. Uygulama öncesinde yüzeyler temizlenmeli, hasarlı bölgeler onarılmalı ve kullanılacak malzemenin üretici dökümanlarında belirtilen özelliklere uygun olduğu doğrulanmalıdır. Montaj sonrasında bağlantılar görsel olarak kontrol edilmeli, gerekli durumlarda sızdırmazlık ve yapışma testleri uygulanmalıdır. Hasar gören, raf ömrünü dolduran veya mekanik özelliklerini kaybeden malzemeler yeniden kullanılmamalı, uygun özellikte yeni malzemelerle değiştirilmelidir (Görsel 1.38).

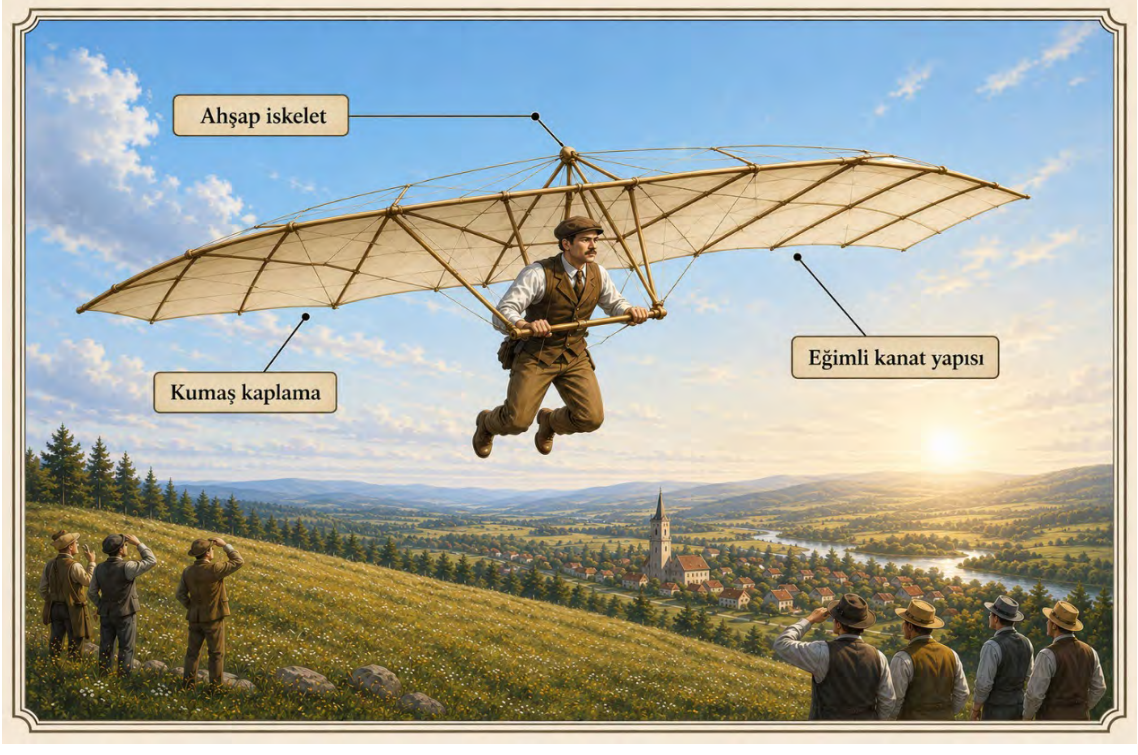


Görsel 1.38: Sızdırmazlık ve yapıştırıcı uygulamalarında kontrol ve bakım işlemleri

NOTLAR

MERAKLISINA

19. yüzyılın sonlarında Alman mühendis Otto Lilienthal, insanın kontrollü şekilde uçabileceğini bilimsel olarak araştıran ilk kişilerden biridir. Lilienthal, kuşların kanat hareketlerini uzun süre inceleyerek planör (motoru olmayan uçuş aracı) tasarladı. Bu planörlerle 1890'lı yıllarda yüzlerce kez uçuş denemesi gerçekleştirdi. En önemli katkısı, uçuşu sadece bir hayal olmaktan çıkarıp ölçülebilir ve tekrar edilebilir bir mühendislik problemi hâline getirmesiydi. Lilienthal'in planörleri; Ahşap iskelet, kumaş kaplama, eğimli kanat yapısı gibi özelliklere sahipti. Bu tasarım sayesinde kısa mesafelerde kontrollü süzülüşler gerçekleştirebildi (Görsel 1.39).



Görsel 1.39: Otto Lilienthal

Bilimsel Katkısı

Lilienthal, uçuş sırasında elde ettiği verileri kaydetti ve kaldırma kuvveti (lift) üzerine önemli çalışmalar yaptı. Bu çalışmalar, modern aerodinamiğin temelini oluşturdu. Onun çalışmaları, daha sonra motorlu uçuşu gerçekleştiren Wright Kardeşler'e ilham verdi.

Trajik Son ve Büyük Etki

1896 yılında yaptığı bir uçuş sırasında dengesini kaybeden Lilienthal, düşerek hayatını kaybetti. Ancak onun çalışmaları havacılık tarihine yön verdi.

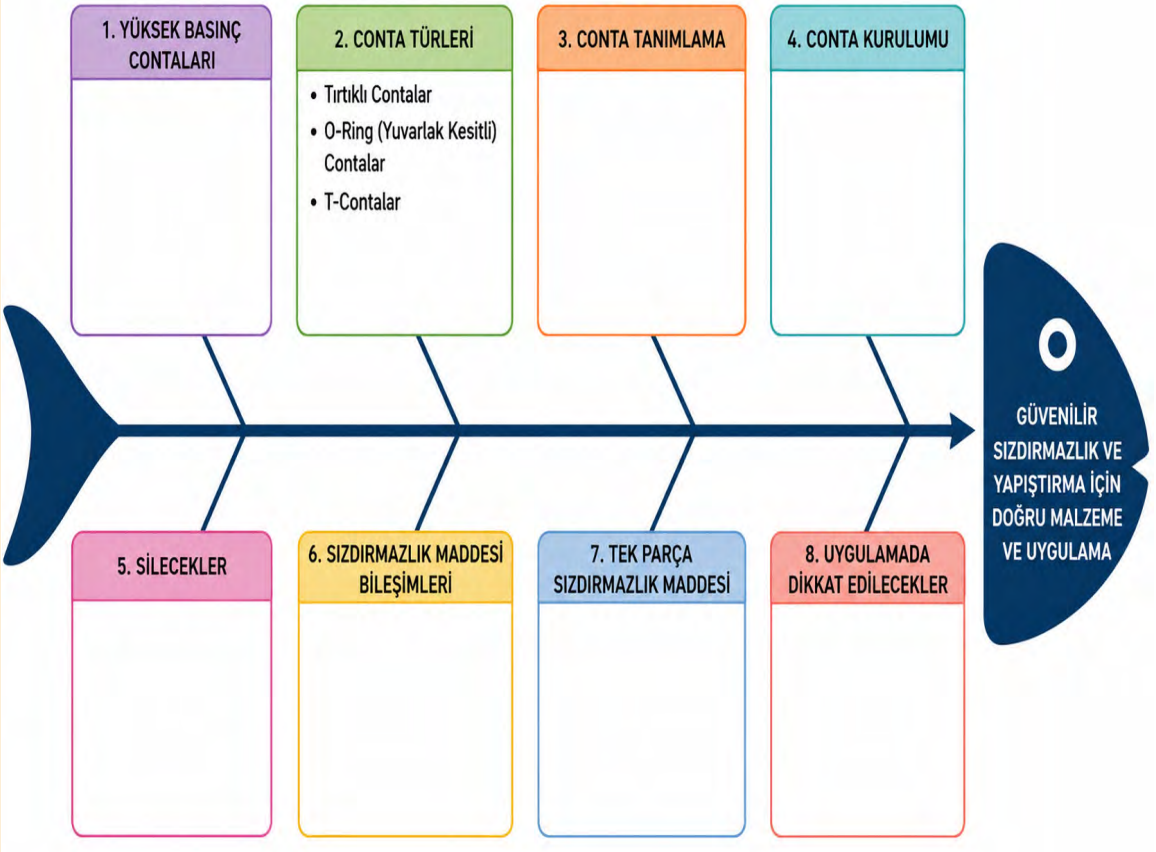
Unutmayınız

Otto Lilienthal'in uçuşları kısa sürdü ama insanlığın gökyüzüne yolculuğunu başlattı.

SIRA SİZDE

Aşağıdaki balık kılçığı diyagramını inceleyiniz.

1. Sızdırmazlık gereçleri ve yapıştırıcı maddeler konusu ile ilgili bilgileri uygun kutucuklara yazarak diyagramı tamamlayınız.



2. Çalışma sonunda doğru malzeme seçiminin sistem güvenliği açısından önemini değerlendiriniz.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

1. UYGULAMA

Adı:	Uçak Malzemelerini Tanıma ve Sınıflandırma
Amaç:	Uçaklarda kullanılan malzemeleri inceleyerek türlerini belirlemek ve kullanım alanlarıyla ilişkilendirmek
Süre:	2 ders saati

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 ekipman kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı vb. tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer tüm iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Öğretmeniniz tarafından verilen farklı malzeme numunelerini inceleyiniz.
- Malzemeleri metalik ve metalik olmayan olarak sınıflandırınız.
- Metalik malzemeleri demir esaslı (ferro) ve demir esaslı olmayan (non-ferro) olarak ayırınız.
- Her malzemenin adını ve temel özelliklerini (hafiflik, sertlik, şekillendirilebilirlik vb.) belirleyiniz.
- Verilen malzemelerin uçaklarda kullanılabileceği bölümlere örnekler veriniz.
- Sınıfça veya gruplar hâlinde malzemeleri;
  - » hafiflik,
  - » dayanım,
  - » şekillendirilebilirlik,
  - » maliyet,
  - » kullanım alanları

bakımından karşılaştırınız ve hangi malzemenin hangi uçak parçası için daha uygun olduğunu tartışınız.

DEĞERLENDİRME

Çalışmanız öğretmeniniz tarafından ortak derecelendrime formu ile değerlendirilecektir. Karekodu kullanarak ortak derecelendirme formuna ulaşabilirsiniz.

Dijital yayınlarda karekodun üstüne tıklayarak içeriğe ulaşabilirsiniz.

2. UYGULAMA

Adı:	Malzemelerin Şekillendirilebilirliğini İnceleme
Amaç:	Farklı uçak malzemelerinin şekillendirilebilirlik özelliklerini karşılaştırmak
Süre:	2 ders saati

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 ekipman kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı vb. tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer tüm iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Öğretmeniniz tarafından verilen ince alüminyum, çelik ve bakır levha numunelerini inceleyiniz.
- Her malzemeye aynı yöntemle hafif bükme işlemi uygulayınız.
- Malzemelerin şekil alma durumlarını gözlemleyiniz.
- Bükme sonrasında hangi malzemenin daha kolay şekillendiğini belirleyiniz.
- Gözlemlerinizi arkadaşlarınızla karşılaştırınız.
- Şekillendirilebilirlik açısından hangi malzemenin uçak üretiminde daha avantajlı olabileceğini tartışınız.

DEĞERLENDİRME

Çalışmanız öğretmeniniz tarafından ortak derecelendirme formu ile değerlendirilecektir. Karekodu kullanarak ortak derecelendirme formuna ulaşabilirsiniz.

Dijital yayınlarda karekodun üstüne tıklayarak içeriğe ulaşabilirsiniz.

3. UYGULAMA

Adı:	Yabancı Madde Hasarına (FOD) Uğramış Uçak Malzemelerini İnceleme
Amaç:	Yabancı madde hasarına (FOD) uğramış uçak malzemelerini inceleyerek hasarın türünü belirlemek ve uçuş emniyetine etkilerini değerlendirmek
Süre:	2 ders saati

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 ekipman kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı vb. tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer tüm iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Öğretmeniniz tarafından verilen yabancı madde hasarına (FOD) uğramış uçak malzemesini inceleyiniz.
- Malzeme üzerinde oluşan ezik, çizik, çatlak veya kopma vb. hasarları gözlemleyiniz.
- Hasarın oluştuğu bölgeyi belirleyerek gözlem formuna işaretleyiniz.
- Hasarın taş, metal parçası, civata veya benzeri yabancı cisimlerden hangisi nedeniyle oluşmuş olabileceğini değerlendiriniz.
- Aynı malzeme ile hasarsız numuneyi karşılaştırarak farklılıkları belirleyiniz.
- İncelediğiniz hasarın bakım gerektirip gerektirmeyeceğini öğretmeninizle birlikte değerlendiriniz.
- Çalışma alanındaki gevşek malzemeleri toplayarak FOD kontrolü gerçekleştiriniz ve yabancı cisimlerin oluşturabileceği riskleri sınıfça tartışınız.

DEĞERLENDİRME

Çalışmanız öğretmeniniz tarafından ortak derecelendirme formu ile değerlendirilecektir. Karekodu kullanarak ortak derecelendirme formuna ulaşabilirsiniz.

Dijital yayınlarda karekodun üstüne tıklayarak içeriğe ulaşabilirsiniz.

1.2. DEMİR (FERRO) ALAŞIMLI ÇELİK VE DEMİR DIŞI (NON-FERRO) MATERYALLERİN ISIL İŞLEM UYGULAMALARI

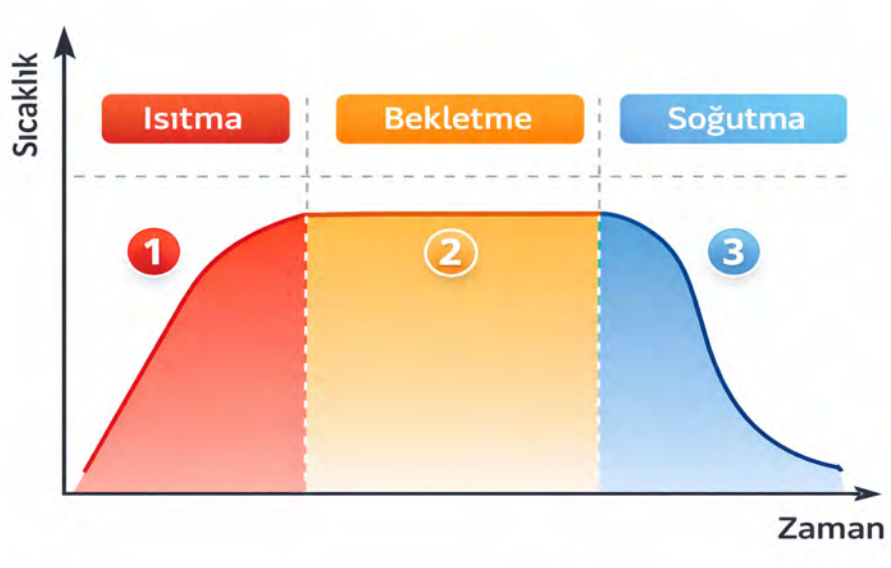
Havacılık endüstrisinde kullanılan malzemelerin sahip olduğu mekanik özellikler, hava aracının güvenliği ve performansı açısından büyük önem taşır. Malzemelerin sertlik, dayanım, süneklik, aşınma direnci gibi özellikleri üretim sonrasında çeşitli işlemlerle iyileştirilebilir. Bu amaçla uygulanan ısıl işlemler, özellikle demir esaslı çelik malzemelerin istenilen özellikleri kazanmasını sağlar. Demir dışı malzemelerde ise ısıl işlemler; dayanımı artırmak, iç gerilmeleri azaltmak ve malzemenin çalışma performansını geliştirmek amacıyla uygulanır. Bu bölümde, havacılıkta yaygın olarak kullanılan malzemelere uygulanan temel ısıl işlem yöntemleri ve bu işlemlerin malzeme özellikleri üzerindeki etkileri incelenecektir.

1.2.1. Demir (Ferro) 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

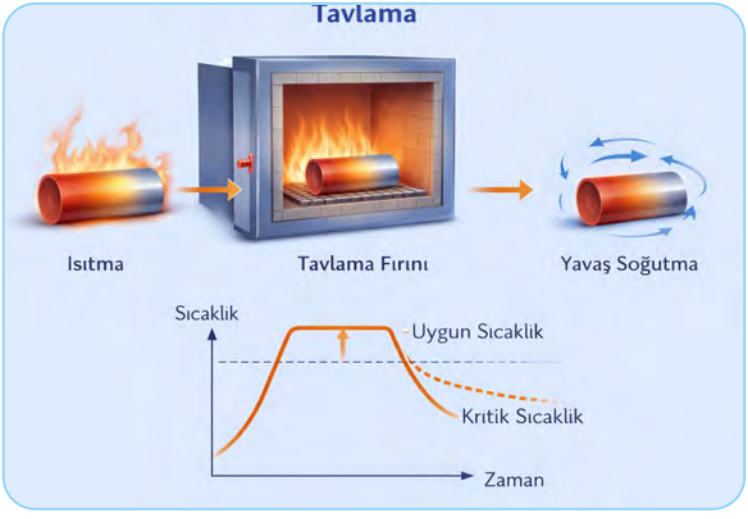
Isıl işlemde malzeme uygun bir sürede belirli bir sıcaklığa kadar ısıtılır, bu sıcaklıkta belirli bir süre bekletilir, uygun hızda soğutulur (Görsel 1.40).



Görsel 1.40: Isıl işlem zaman sıcaklık grafiği

a) Tavlama

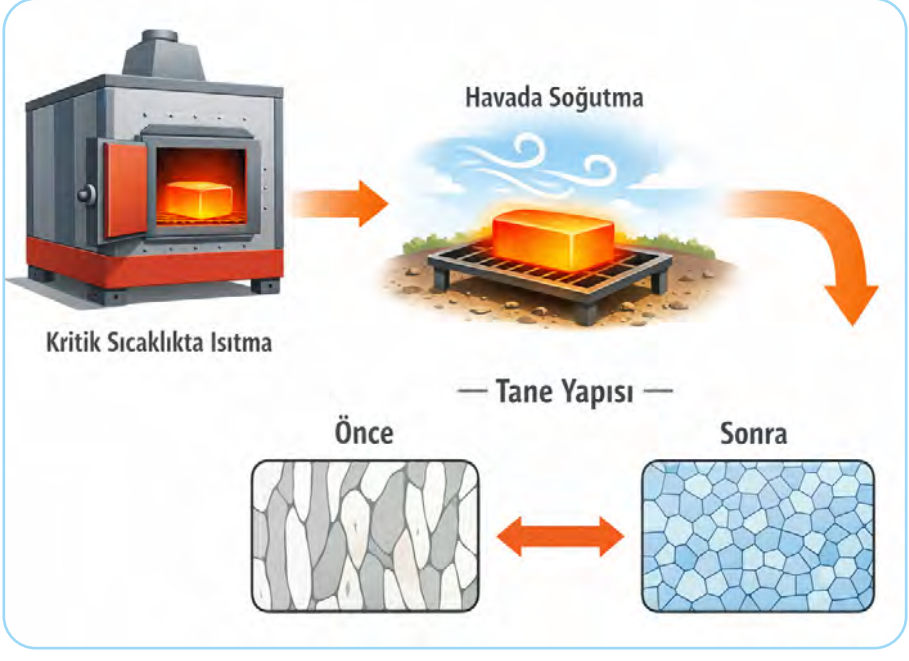
Metalin soğuk işleme kabiliyetini artırma, dövme, haddeleme gibi işlemlerden sonra malzeme içinde oluşan gerilimleri giderme ve malzemeyi yumuşatma amaçlı yapılan ısıl işlemlerin genel adıdır (Görsel 1.41). Tavlamada uygun sıcaklığa kadar ısıtma yapıldıktan sonra soğutma işleminin yavaş yapılması esastır. Soğutma işlemi, tav fırınlarında yapılırsa tam tavlama adını alır.



Görsel 1.41: Tavlama prosesi

b) Normalleştirme Tavlaması

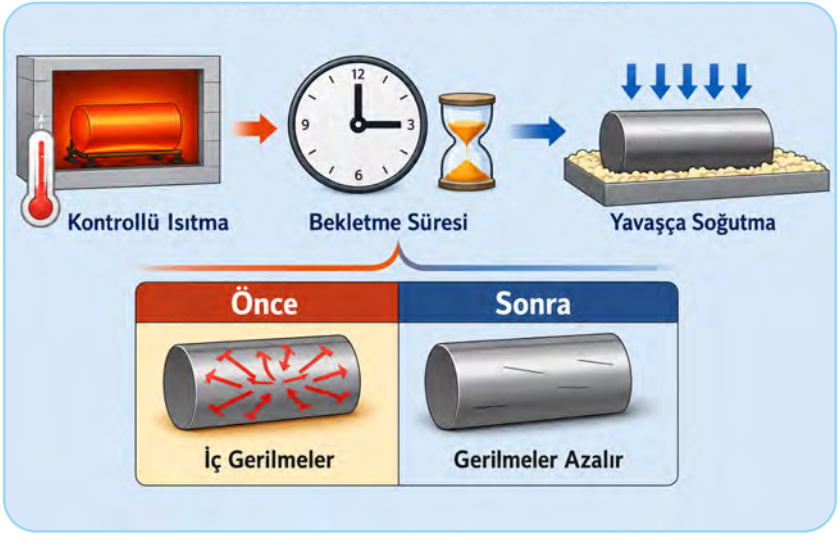
Döküm, dövme, kaynak, haddeleme gibi şekillendirme işlemleri sonunda malzemenin iç yapısını oluşturan taneler uzar, kabalaşır ve bantlı bir şekil alır. Bu durumda malzeme artık soğuk işleme kabiliyetini önemli ölçüde kaybeder. Malzemeyi eski yapısına kavuşturmak ve homojen bir iç yapı elde etmek için normalleştirme tavlaması yapılır (Görsel 1.42). Malzeme kritik sıcaklığın üstünde bir sıcaklık değerine çıkarılarak durgun havada soğutulur, böylece tavlama işlemi yapılmış olur. Tavlama sonunda malzemenin mekanik özelliklerinde artış sağlanır.



Görsel 1.42: Normalleştirme tavlaması

c) 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 (Görsel 1.43).

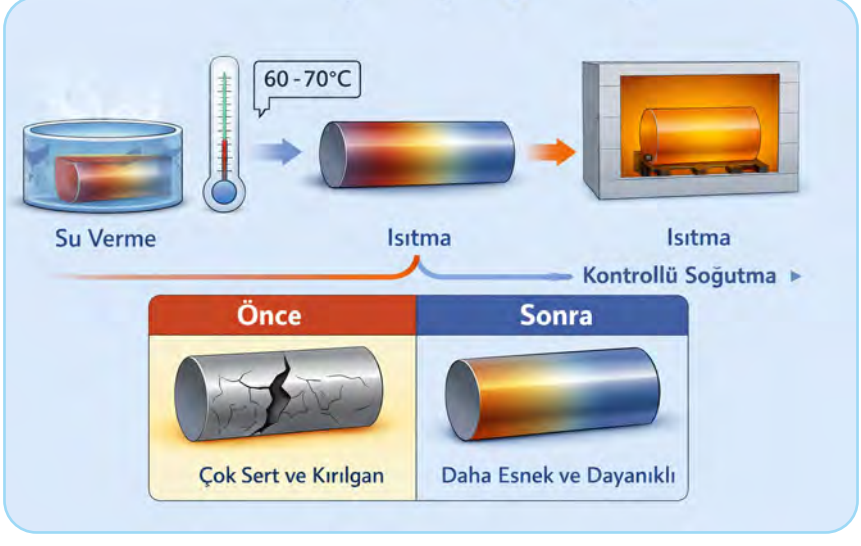


Görsel 1.43: Gerilme giderme tavlaması

ç) 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 atlamalar meydana gelebilir. Bu sebeple menevişleme işlemi parça sıcaklığı 60-70 ^{0}C düştüğünde vakit kaybetmeden yapılmalıdır. Parça, bu sıcaklık değerlerine düştüğünde tekrar fırına alınarak istenen özelliğe uygun bir sıcaklığa getirilir. Daha sonra parça, bu sıcaklıkta bir süre tutulur ve soğumaya bırakılır, böylece menevişleme işlemi gerçekleştirilir (Görsel 1.44).



Görsel 1.44: Menevişleme

d) Sertleştirme

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 parçanın 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, yağ gibi sıvılarla yapılır. Bu işlem çoğunlukla su verilerek yapıldığından sertleştirme işlemine çeliğe su verme işlemi de denilmektedir (Görsel 1.45). Yağın soğutma gücü suya göre düşüktür. Bu durum bazı çeliklerin yapısına daha uygundur.



Görsel 1.45: Sertleştirme işlemi

NOTLAR

e) Yüzey Sertleştirme

Yüzeyin sert ve aşınmaya dayanıklı, iç yapının ise esnek olması istendiğinde yüzey sertleştirme işlemi yapılır. Bu işlem, kimyasal yapının korunduğu ve değiştirildiği yöntemlerle yapılır. Kimyasal yapının korunduğu yüzey sertleştirme yönteminde yalnızca parça yüzeyi ısıtılır, herhangi bir kimyasala ihtiyaç yoktur. Yüzeyin ısıtılması alevle, indüksiyonla ve daldırma yöntemleriyle yapılır (Görsel 1.46). Isıtılan yüzey hızlıca soğutularak sonuca ulaşılır.

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

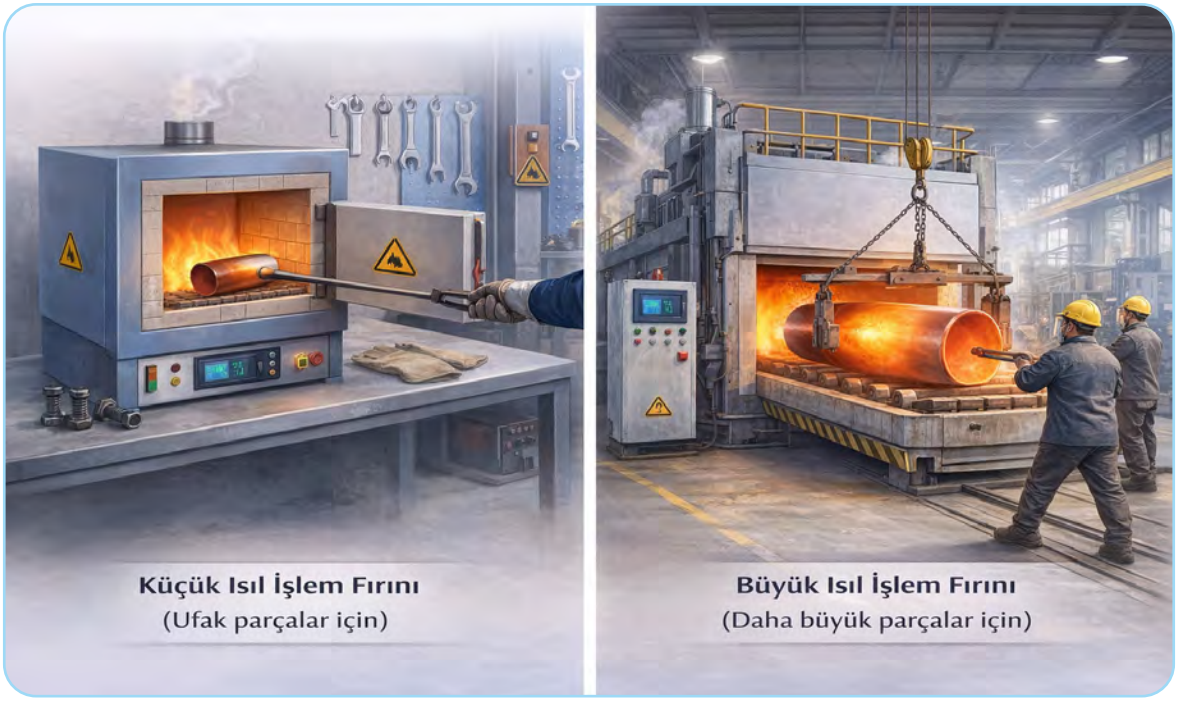


Görsel 1.46: Yüzey sertleştirme

NOTLAR

1.2.2. İşlem Sırasına Göre Isıl İşlem Fırınının Çalıştırılması

Endüstrinin ihtiyacını karşılamak için üreticiler, farklı boyutlarda ve özelliklerde ısıl işlem fırınları imal eder. Ufak parçalar için küçük ısıl işlem fırınları yeterliyken daha büyük parçalar için endüstriyel boyutlarda özel fırınlara ihtiyaç duyulur (Görsel 1.47 ve 1.48).



Görsel 1.47: Küçük ve büyük ebatlarda ısıl işlem fırını



Görsel 1.48: Isıl işlem fırını

Fırın çalıştırılırken aşağıdaki işlem sırasına dikkat edilmelidir

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

SIRA SİZDE

- Bir uçak bakım atölyesinde aşağıdaki işlemler yapılmıştır.
- Alüminyum alaşım parça, 550 °C'ta ısıtılmıştır.
- Parça fırından çıkarıldıktan sonra bekletilmiş ve sonra suya daldırılmıştır.
- Yaşlandırma işlemi yapılmadan doğrudan kullanılmıştır.
- Montaj sonrası parçada çatlaklar oluşmuştur.

Aşağıdaki soruları cevaplayınız.

1. Hata Analizi

Yukarıdaki işlem basamaklarında yapılan 3 hatayı yazınız.

……
……
……
……

2. Doğru İşlem Sırası

Bu parça için doğru ısıl işlem sırasını yazınız.

……
……
……
……
……
……

SIRA SİZDE

3. Sonuç Değerlendirme

Yapılan hataların malzeme üzerinde oluşturduğu etkileri dayanım, yapı ve güvenlik açısından açıklayınız.

- **Dayanım:** .....
  .....
- **Yapı (mikroyapı):** .....
  .....
- **Güvenlik:** .....
  .....

1.2.3. Demir Dışı (Non-Ferro) Materyallerin Isıl İşlem Tanımı ve Çeşitleri

Demir esaslı olmayan malzemeler; alüminyum, bakır, magnezyum, titanyum gibi metallerden oluşur ve özellikle havacılık sektöründe hafiflik, korozyon direnci, yüksek mukavemet gibi avantajları nedeniyle yaygın olarak kullanılır.

Bu malzemelerin kullanım yerine uygun özellikler kazanabilmesi için ısıl işlem uygulamaları yapılır. Isıl işlem; bir malzemenin belirli sıcaklıklara kadar ısıtılması, bu sıcaklıkta belirli bir süre bekletilmesi ve ardından kontrollü şekilde soğutulması işlemlerinin bütünüdür.

Bu işlemler sonucunda malzemenin sertliği, dayanımı, sünekliği, korozyon direnci gibi özellikleri istenilen yönde değiştirilebilir.

1.2.3.1. 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.

1.2.3.2. 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, bakır gibi farklı alaşımlardan oluşması tercih edilir. Dolu gövdeli perçinler, çektirme (kör) perçinler ve özel imal edilmiş perçinler olmak üzere farklı türleri vardır.

a) Dövme Perçinler

Uçak endüstrisinde en çok havşa başlı ve üniversal başlı dövme perçinler tercih edilir (Görsel 1.49). 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 1.49: Perçin uygulaması

Perçin başlarında perçinin alaşımını gösteren birtakım işaretler bulunur. Bu işaretler ve AN kodları Tablo 1.8 ve Görsel 1.50'de gösterilmiştir.

Tablo 1.8: Perçin İşaretleri

AN Kodu	Alaşım	İşareti
A	100	İşaretsiz
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



Görsel 1.50: Perçin işaretleri

Perçin Yapımında 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.

b) Çekme Perçinler

Yapısal olarak uçağın tüm bölümlerine ulaşım imkânı yoktur. Çekme perçinler arkasına ulaşılamayan bölümlerde kullanıma uygundur. Cherrymax (çerimax), cheerylock (çerilok) ve pop perçin bilinen türleridir. Çeşitli malzeme ve alaşımlardan yapılan bu perçinlerin içi genellikle boştur ve perçin tabancasıyla uygulanır (Görsel 1.51).



Görsel 1.51: Pop perçin tabancası

NOTLAR

1.2.3.3. 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 1.9'da görülmektedir.

Tablo 1.9: Isıl İşlem Süreleri ve Sıcaklık Değerleri

Perçin Alaşımı	Süre	Sıcaklık
2017 T	Hava ısıtmalı fırınlarda **1 saat**	**925 ^{0}F – 950 ^{0}F**
	Tuz banyolarında **30 dakika**	
2024 T	Hava ısıtmalı fırınlarda **1 saat**	**910 ^{0}F – 930 ^{0}F**
	Tuz banyolarında **30 dakika**	

Demir esaslı olmayan malzemelerin ısıl işlemlerinde yine demir esaslı ısıl işlem fırınları kullanılır. İşlem sırasına göre ısıl işlem fırınının çalıştırılması şu şekildedir:

- Isıl işlem sırasında yüksek sıcaklıklara karşı gözlük ve eldiven gibi kişisel koruyucular kullanılmalıdır.
- Isıl işlem için gerekli ekipman hazır bulundurulmalıdır.
- Hızlı soğutma gerektiren ısıl işlemler için soğutucu ortam hazırlanmalıdır.
- Fırın çevresinde güvenlik tedbirleri alınarak tutuşabilecek 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 uyulmalı, kazalara karşı dikkatli olunmalıdır.
- Çalışma bitiminde fırının kapalı olduğundan emin olunmalıdır.

4. UYGULAMA

Adı:	Demir (Ferro) Alaşımlı Çelik Malzemeye Hamlaç ile Isıl işlem Uygulama
Süre :	Demir cinsi malzemelerde ısıl işlem yapmak
Amaç :	2 ders saati

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 ekipman kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı vb. tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer tüm iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Isıl işlem uygulanacak çelik parçanın başlangıç sertliğini öğretmeniniz rehberliğinde ölçünüz.
- Hamlaç kullanarak parçayı ısıtınız ve su verme işlemini gerçekleştiriniz.
- Isıl işlem sonrasında parça sertliğini öğretmeniniz rehberliğinde ölçerek elde edilen değişimi değerlendiriniz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

DEĞERLENDİRME

Çalışmanız öğretmeniniz tarafından ortak derecelendirme formu ile değerlendirilecektir. Karekodu kullanarak ortak derecelendirme formuna ulaşabilirsiniz.

Dijital yayınlarda karekodun üstüne tıklayarak içeriğe ulaşabilirsiniz.

5. UYGULAMA

Adı:	Demir Cinsi Olmayan Malzemeye Hamlaçla Isıl İşlem Uygulama
Amaç:	Demir cinsi olmayan malzemelerde ısıl işlemleri yapmak
Süre:	2 ders saati

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 ekipman kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı vb. tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer tüm iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

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

DEĞERLENDİRME

Çalışmanız öğretmeniniz tarafından ortak derecelendrime formu ile değerlendirilecektir. Karekodu kullanarak ortak derecelendirme formuna ulaşabilirsiniz.

Dijital yayınlarda karekodun üstüne tıklayarak içeriğe ulaşabilirsiniz.

6. UYGULAMA

Adı:	Isıl işlem Fırınında Normalleştirme Tavlaması
Amaç:	Isıl işlem fırınını işlem sırasına göre çalıştırmak ve ısıl işlem yapmak
Süre:	2 ders saati

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 ekipman kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı vb. tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer tüm iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Yüksek sıcaklığa karşı koruyucu ısıl işlem ekipmanı 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 tür iyileştirmeler kazandırdığını değerlendiriniz.

DEĞERLENDİRME

Çalışmanız öğretmeniniz tarafından ortak derecelendrime formu ile değerlendirilecektir. Karekodu kullanarak ortak derecelendirme formuna ulaşabilirsiniz.

Dijital yayınlarda karekodun üstüne tıklayarak içeriğe ulaşabilirsiniz.

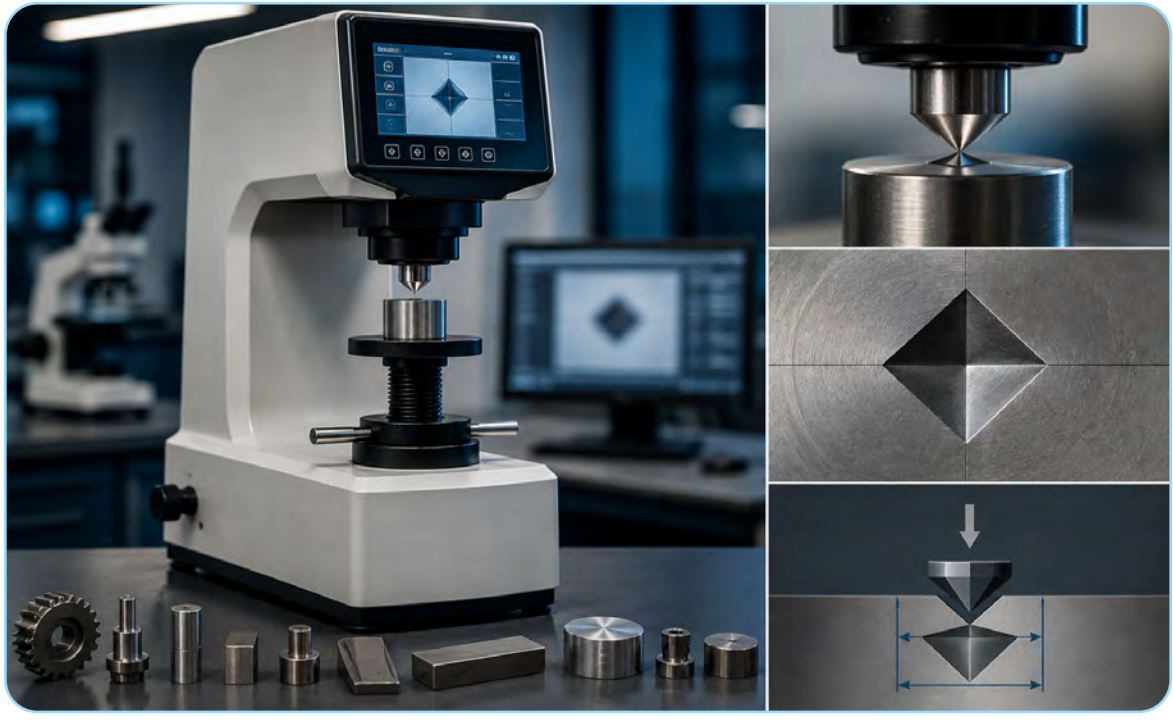
1.3. DEMİR (FERRO) ALAŞIMLI ÇELİK VE DEMİR DIŞI (NON-FERRO) MATERYALLERİN TEST İŞLEMLERİ

1.3.1. Demir Esaslı Malzemelerin Sertlik Deneyleri

Sertlik değerleri, göreceli değerler olup malzemenin daha sert malzemelerle kıyaslanmasıyla elde edilir. Sertlik ölçme yöntemleri hızlı, pratik ve düşük maliyetli yöntemlerdir. Farkı 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 1.52'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.



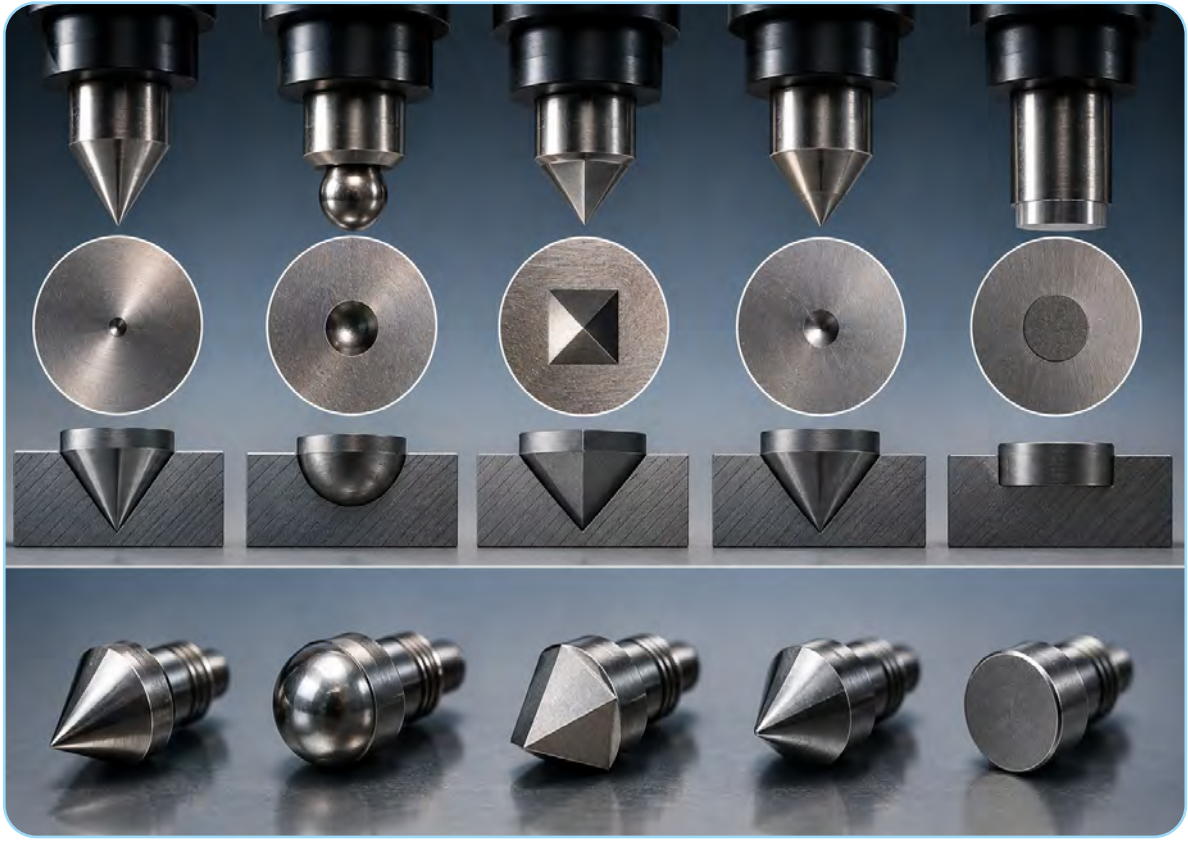
Görsel 1.52: Sertlik ölçüm cihazı

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 ve sabitlenmesi önemlidir.
- Deney malzemesi yeterli kalınlıkta olmalıdır.
- Sertlik değeri hesaplanırken deney birkaç kez tekrarlanmalı ve değerlerin ortalaması alınmalıdır.

a) Rockwell Sertlik Ölçme Yöntemi

Bu yöntemde, konik elmas veya küre biçimli uçlar kullanılarak uygun baskı kuvveti ile malzeme üzerinde bir iz oluşturulur (Görsel 1.53). Oluşan izin derinliğinden faydalanarak sertlik değeri bulunur. İzin derinliği fazla ise malzeme yumuşak, az ise malzeme sert demektir.



Görsel 1.53: Sertlik ölçümünde kullanılan uçlar

NOTLAR

Farklı sertlik ve malzeme türleri için farklı Rockwell ölçekleri vardır. Bunlar arasında Rockwell B ve Rockwell C ölçekleri daha fazla kullanılmaktadır. Deneyin yapılırken ölçeğe göre değerler Tablo 1.10'dan seçilmelidir. Rockwell sertlik değerleri, ölçeğe göre HRB, HRC gibi sembollerle gösterilir. Bu yöntemin en büyük avantajı, ön yükleme yapılarak yüzeyin pürüz ve hatalarının ölçümden soyutlanmasıdır.

Tablo 1.10: Rockwell Değerleri

Sembolü	Uç	Ön Yük Po (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)

NOTLAR

Deneyin Yapılışı

Malzemeye uygun olan yükleme kuvveti ve uç belirlendikten sonra deneye başlanır. 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 1.54.a).
- Küçük ibre kırmızı noktayı geçerse ölçüm hatalı olacağından testin tekrar başka bir noktadan yapılması gerekir.
- Ön yüklemeden sonra büyük gösterge sıfırlanır (Görsel 1.54.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.



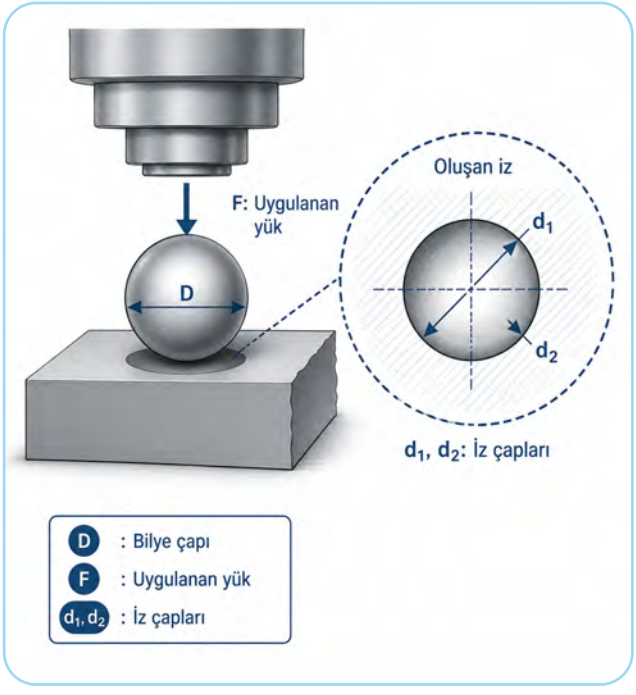
Görsel 1.54.a: Ön yükleme göstergesi



Görsel 1.54.b: Büyük gösterge

b) 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 1.55). 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 1.11'de verilmiştir.



Görsel 1.55: Brinell sertlik testi uygulaması

Tablo 1.11: Brinell Değerleri

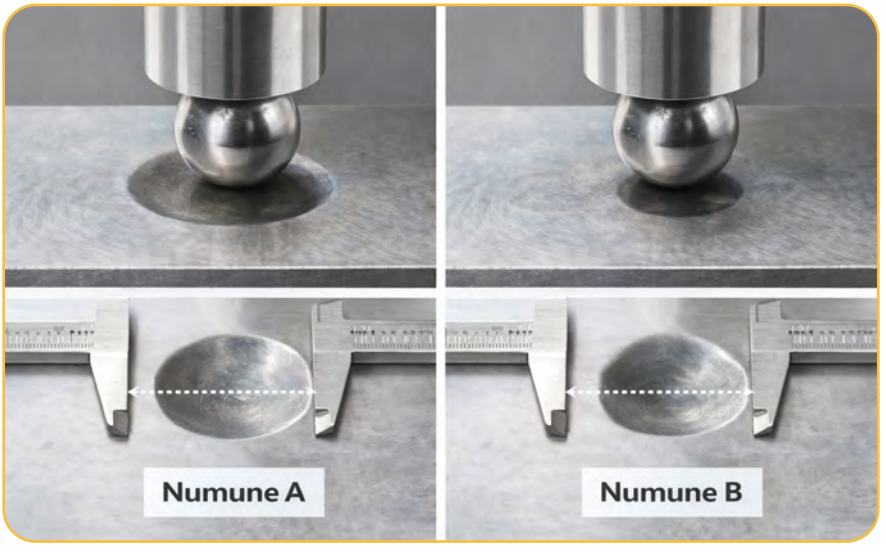
Malzeme kalınlığı (mm)	Bilye çapı (D)	$F=30D^2$ Çelik, demir, dökme demir	$F=10D^2$ Pirinç, bronz, bakır, aliminyum	$F=5D^2$ Yumuşak bakır
6 mm ve yukarısı	10 mm	300 kgf	1 000 kgf	500 kgf
3 mm ve yukarısı	5 mm	750 kgf	250 kgf	125 kgf
1,2 mm ve yukarısı	2,5 mm	187,5 kgf	62,5 kgf	31,25 kgf
0,5 mm ve yukarısı	1 mm	30 kgf	10 kgf	5 kgf

SIRA SİZDE

Bir atölyede iki farklı metal numune üzerinde Brinell sertlik deneyi yapılmıştır. Aşağıdaki gösterilen aynı bilye çapı ve aynı yük uygulanmasına rağmen aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

A Numunesi: Büyük çaplı iz oluşmuştur.

B Numunesi: Küçük çaplı iz oluşmuştur.



SORULAR

1. Hangi numune daha serttir? Gerekçesiyle açıklayınız.

.....

.....

.....

2. Aynı yük uygulanmasına rağmen iz çaplarının farklı olmasının sebebi nedir?

.....

.....

.....

3. Brinell sertlik değerinin hesaplanmasında neden iz alanı kullanılmaktadır?

.....

.....

.....

4. Deneyde uygulanan yük artırılırsa iz çapı nasıl değişir? Yorumlayınız.

.....

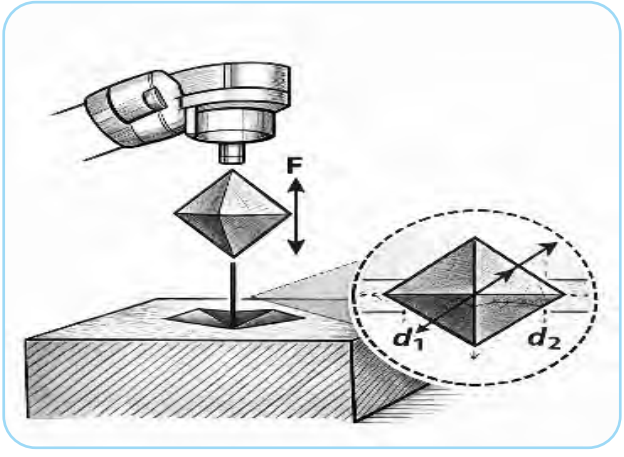
.....

.....

c) Vickers Sertlik Ölçme Yöntemi

Bu yöntem, kare piramitli elmas bir ucun belirli bir yük altında malzeme üzerine iz oluşturması esasına dayanır (Görsel 1.56). Oluşan izin köşegenleri ölçülür ve ölçülen değer formülde yerine yazılarak sertlik değeri bulunur.

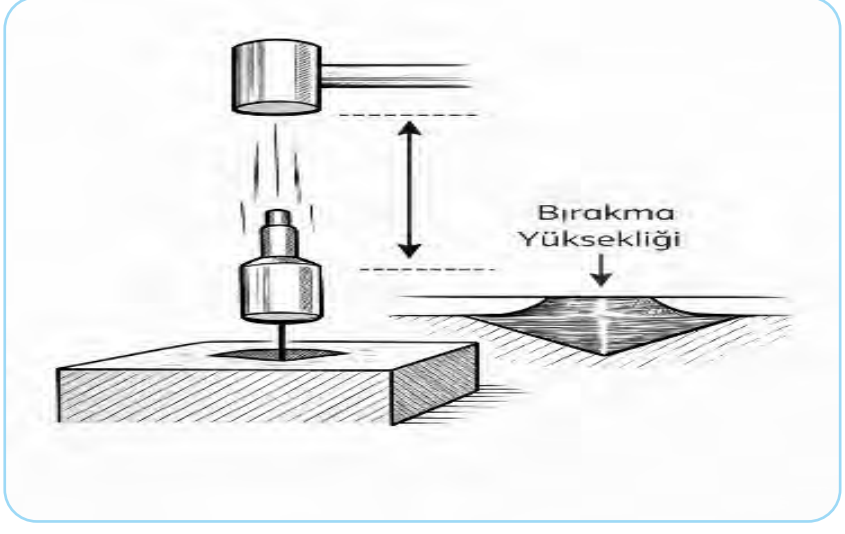
Bu yöntemde malzemenin cinsine göre 1-125 kgf arasında yükler kullanılır. İzin ölçümünde mikroskop kullanılması gereklidir. Sonuçların güvenilirliği için farklı noktalardan en az üç test yapılmalı ve bu noktalar arasında yeterli mesafe olmalıdır. Ayrıca noktalar kenarlara çok yakın olmamalıdır. Vickers sertlik ölçme yönteminin ölçme hassasiyeti, diğer yöntemlere göre daha yüksektir. Ayrıca sert ve yumuşak malzemelerin aynı uç ile ölçülmesi bir avantajdır.



Görsel 1.56: Vickers sertlik ölçme yöntemi

ç) Shore Yöntemi

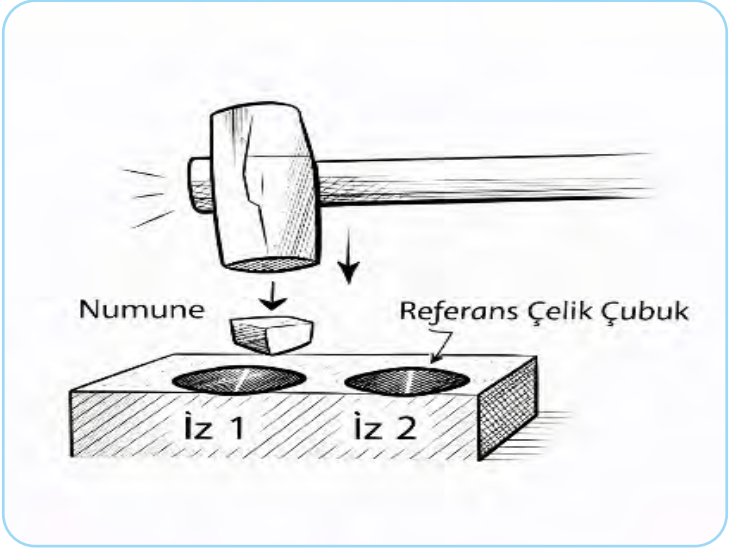
Çeşitli ağırlıktaki bilyelerin parça üzerine belirli bir yükseklikten bırakılarak geriye sıçraması prensibine dayanır (Görsel 1.57). Sıçrama yüksekliğine göre malzemenin sertliği belirlenir. Sert malzemelerde sıçrama yüksekliği daha fazladır. Ölçü aleti, genel olarak gösterge ve içerisinde bilye bulunan bir borudan oluşur. Kolay taşınır, bu da onu büyük parçaların ölçümünde kullanışlı bir yöntem yapar.



Görsel 1.57: Shore sertlik ölçme yöntemi

d) Poldi Çekici

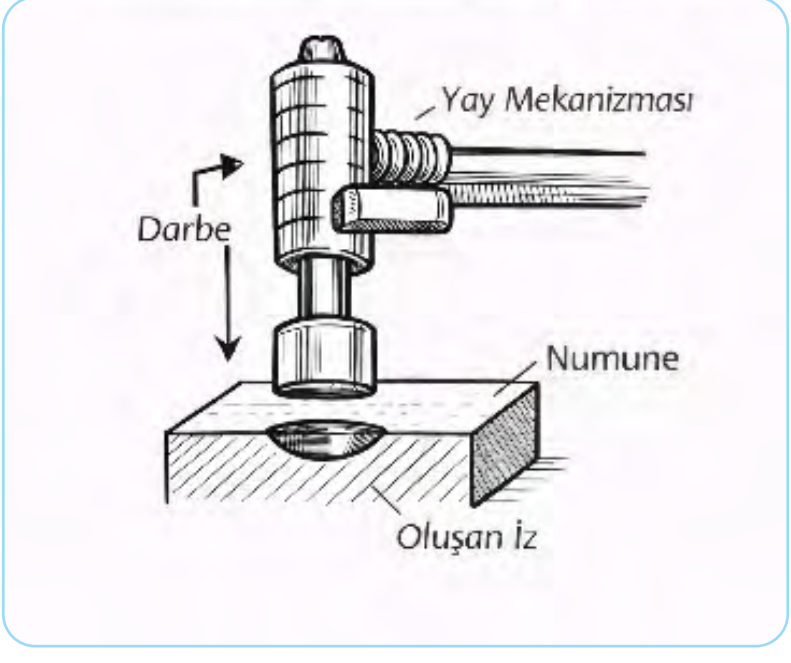
Taşınabilir ve ucunda bilye bulunan bir sertlik ölçüm aletidir (Görsel 1.58). Sertliği bilinen bir malzeme ve test edilen parça üzerine aynı kuvvetle vurularak izler oluşturulur. Oluşan izler kıyaslanarak sertlik tespit edilir.



Görsel 1.58: Poldi çekici

e) Bauman Çekici

Belirli bir yay yükü ile malzeme üzerine çarptırılan bilyelerin malzemede bıraktığı ize göre sertlik değerlerinin tespit edildiği bir yöntemdir (Görsel 1.59).

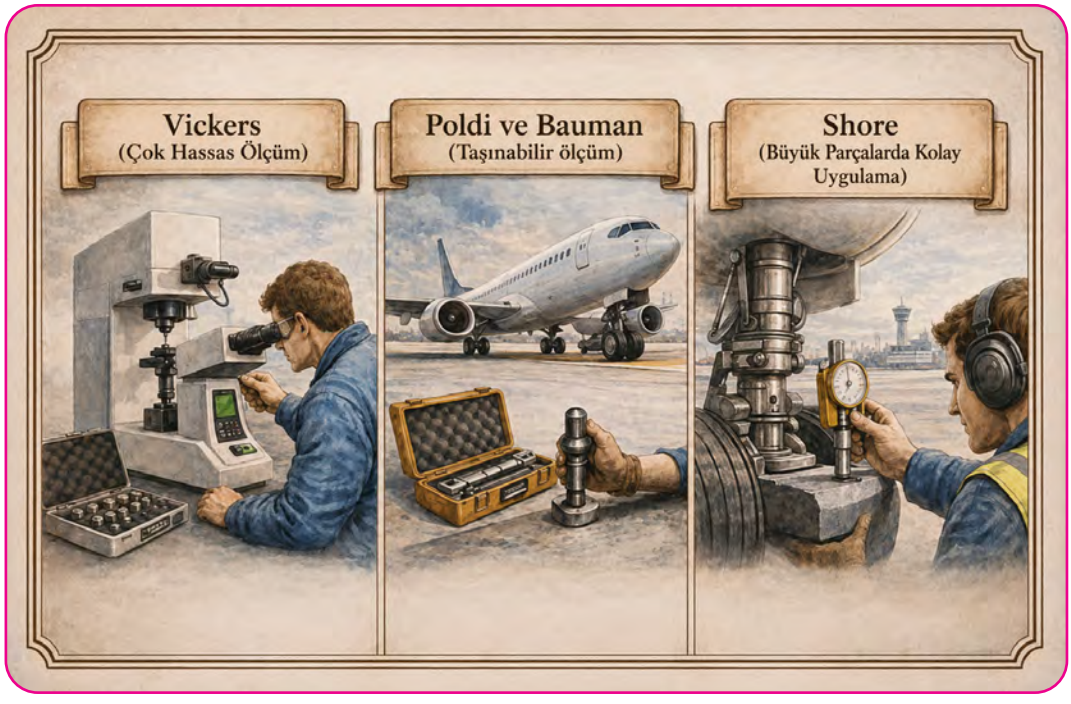


Görsel 1.59: Bauman çekici

MERAKLISINA

NEDEN FARKLI YÖNTEMLER VAR?

Vickers, Shore, Poldi ve Bauman gibi farklı sertlik ölçme yöntemlerinin kullanılmasının nedeni, bazı yöntemlerin çok hassas ölçüm yapması (Vickers) bazılarının taşınabilir olması (Poldi, Bauman) bazılarının ise büyük parçalar üzerinde kolay uygulanabilmesidir (Shore) (Görsel 1.60).



Görsel 1.60: Sertlik ölçme yöntemlerinin tercih edilme nedenleri

1.3.2. Çekme Mukavemeti Testi

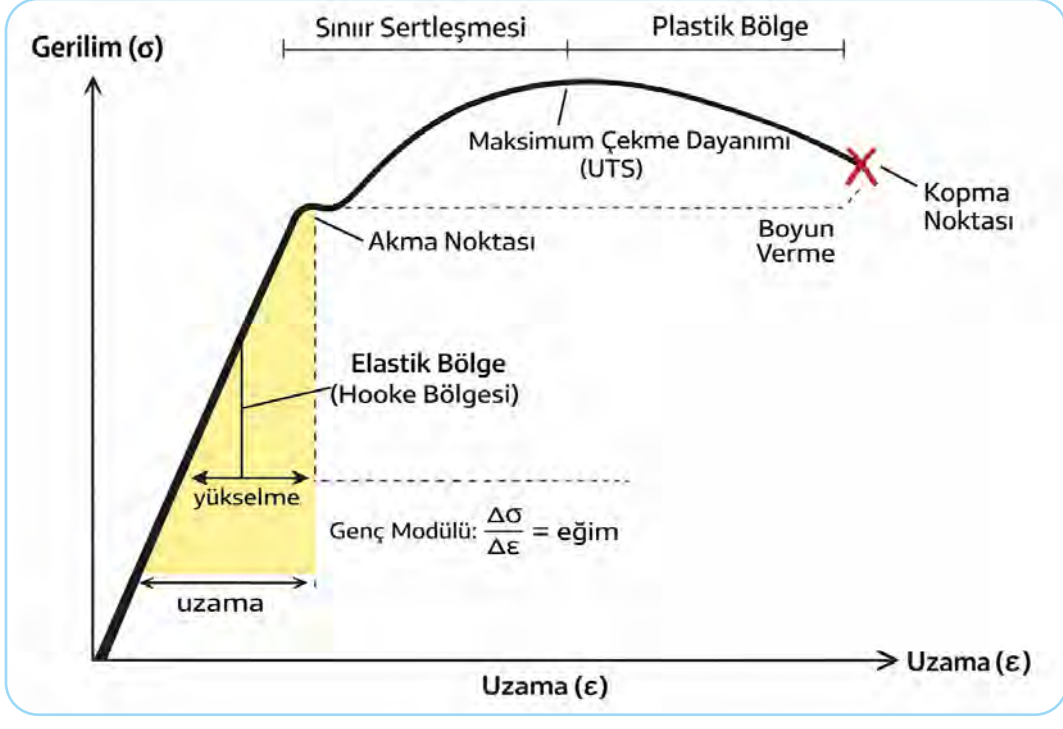
Çekme deneyinde, malzeme, statik ve tek yönlü bir kuvvet altında sürekli artan bir yüke maruz bırakılarak kopuncaya kadar çekilir. Deney sonunda malzeme hakkında elastiklik, plastiklik, çekme dayanımı gibi bilgiler elde edilir. Özellikle çekme dayanımı ayırt edici bir özelliktir ve standartların birçoğu 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 1.61).



Görsel 1.61: Çekme deneyi

Bu ölçümler sayı ve grafiklere dökülerek değerlendirilir. Görsel 1.62'de deney sonunda elde edilen bir çekme grafiği görülmektedir.

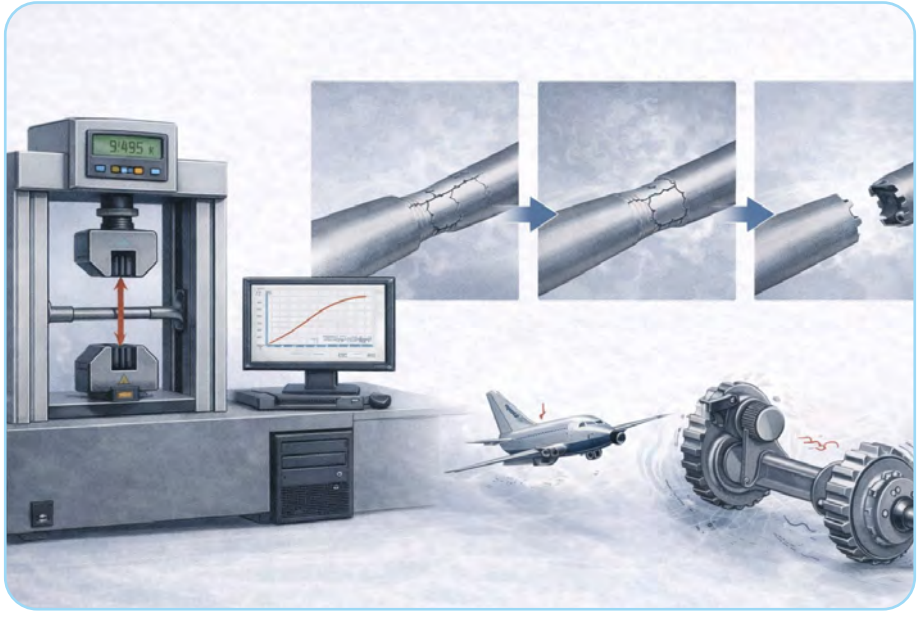


Görsel 1.62: Çekme deneyi gerilim-uzama grafiği

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

1.3.3. Yorulma Testi

Tekrarlı dinamik yükler altında çalışan makine parçalarında zaman içinde hasarlar meydana gelir ve parçaların 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 1.63).



Görsel 1.63: Yorulma deneyi

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, türbülans gibi durumlardan dolayı titreşimli bir çalışma ortamına sahiptir. Birçok makine ve motor parçası aynı şekilde değişen yükler altında çalışır. 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 sonunda malzeme ömrünü gösteren değerler ve eğriler elde edilir. Böylece malzemenin kaç çevrime kadar çalışabileceği (çalışma ömrü) belirlenmiş olur.

MERAKLISINA

BİR PENCERENİN ÖĞRETTİĞİ DERS: METAL YORULMASININ SESSİZ TEHLİKESİ

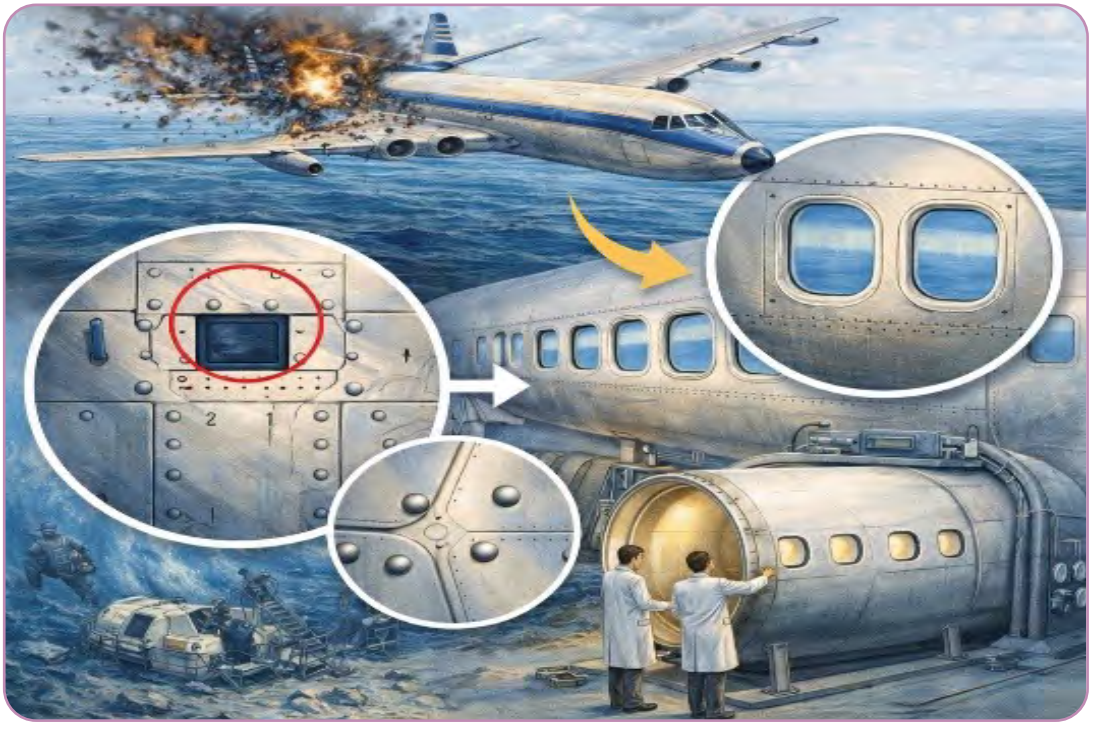
1954 yılının Ocak ayında İngiltere'den kalkan bir yolcu uçağı, Akdeniz üzerinde seyir hâlindeyken aniden parçalandı ve denize düştü. Hayatta kalan olmadı. Haftalar sonra aynı model uçakla ikinci bir kaza yaşandı. Dünya havacılık tarihi derin bir şok geçirdi.

Bu uçak, döneminin en modern jetiydi: De Havilland Comet. Peki ne olmuştu?

Mühendisler, enkazı okyanus tabanından parça parça çıkardı. Uzun ve sabırlı bir analiz başladı. Sonunda cevap şaşırtıcı derecede küçük bir noktada gizliydi: kare pencere köşeleri.

Uçak her uçuşta yüksek irtifaya çıktığında kabin basıncı artıyor, alçalırken düşüyordu. Bu basınç farkı, gövdeyi sürekli genişletip daraltıyordu. Tıpkı bir metal teli tekrar tekrar büküp düzelttiğinizde zamanla kırılması gibi. Kare pencere köşeleri ise gerilimin tamamını küçük bir noktaya yığıyordu ve o noktada perçin deliklerinin çevresinde görünmez kılcal çatlaklar oluşuyordu. Her iniş-kalkışta bu çatlaklar biraz daha büyüyordu. Bir gün geldi, gövde dayanamadı.

Bu kazadan sonra uçak tasarımı temelden değişti. Pencereler oval yapıldı. Malzeme yorulma testleri zorunlu hâle getirildi. Basınçlı kabin testleri standartlaştırıldı. Kısacası bugün bindiğiniz her uçakta gördüğünüz yuvarlak pencereler, o kazadan çıkarılan dersin mirasıdır (Görsel 1.64).



Görsel 1.64: De Havilland Cornet kazası

?• DÜŞÜN VE TARTIŞ

- Bir uçak binlerce iniş-kalkış yapar. Bunu bilen bir bakım teknisyeni hangi noktalara öncelikle dikkat etmelidir?
- Ders kitabındaki yorulma deneyi bu kazayla nasıl ilişkilidir? Açıklayınız.
- Tasarım hatası mı yoksa malzeme yetersizliği mi? Bu kazada siz kimin sorumlu olduğunu düşünüyorsunuz?

1.3.4. Çentik Darbe Testi

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 1.65). 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 1.65: Çentik darbe deneyi

SIRA SİZDE

Amaç: Uçak parçaları için uygun çelik türünü belirlemek

Süre: 10 dakika

Kullanılacak Malzemeler: kalem, etkinlik çalışma kâğıdı

Senaryo: Bir iniş takımı bağlantı elemanı, yüksek darbe ve yorulma yüklerine maruz kalmaktadır.

1. Aşağıdaki çelik türlerinden hangisini seçersiniz?

☐ Düşük karbonlu çelik

☐ Orta karbonlu çelik

☐ Yüksek karbonlu çelik

☐ Alaşımlı çelik

2. Seçtiğim çelik: .....

Gerekçem: Bu parça için en önemli özellik nedir?

☐ Sertlik

☐ Tokluk

☐ Yorulma dayanımı

☐ Darbe dayanımı

NOTLAR

MERAKLISINA

Genç bir uçak bakım teknisyeni olan Emre, ilk görev gününde oldukça heyecanlıydı. Görevi, rutin bir hat bakımında uçağın dış gövdesini kontrol etmekti. Deneyimli ustası ona sadece şunu söylemişti: “Bu işte en önemli şey, herkesin baktığı yere değil, kimsenin bakmadığı yere bakmaktır.”

Emre, uçağın gövdesini dikkatle incelerken kanat köküne yakın bir panel üzerinde çok küçük bir eksiklik fark etti. Paneldeki vidalardan biri yerinde değildi. İlk bakışta önemsiz gibi görünüyordu. “Bir vida eksik olsa ne olur ki?” diye düşündü. Yine de ustasının sözünü hatırladı ve durumu rapor etti.

Bakım ekibi hemen bölgeyi detaylı incelemeye aldı. Yapılan kontrollerde, o küçük vidanın aslında panelin altında bulunan bir kablo hattını sabitleyen yapının parçası olduğu ortaya çıktı. Uçuş sırasında oluşabilecek titreşimle birlikte kablo serbest kalabilir ve önemli bir sistemde arızaya neden olabilirdi.

Uçak sefere verilmeden önce gerekli düzeltmeler yapıldı. O gün Emre, havacılıkta küçük görünen bir detayın bile büyük sonuçlar doğurabileceğini öğrendi.

Havacılıkta güvenlik; büyük sistemlerden çok, küçük detayların doğru çalışmasına bağlıdır. Bir vida, bir tel, bir conta… Hepsi hayati öneme sahiptir (Görsel 1.66).



Görsel 1.66: Uçak bakımında önemli detayların incelenmesi

NOT

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

SIRA SİZDE

Aşağıdaki uçak parçalarını inceleyiniz. Her parça için uygun ısıl işlem türünü seçiniz.

No.	**Uçak Parçası / Durum**	**Özellik**	**Seçilen Isıl İşlem**
1	Gövde kaplama levhası	Şekil verilebilir olmalıdır.	.....
2	Kanat taşıyıcı kirişi	Yüksek dayanım istenir.	.....
3	Perçin (montaj öncesi)	Yumuşak ve kolay şekil verilebilir olmalıdır.	.....
5	Uzun süre depolanmış alaşım parça	Sertleşmiş ve işlenmesi zordur.	.....

Seçtiğiniz işlemlerden birini belirleyiniz ve nedenini açıklayınız.

Seçtiğim İşlem: .....

Gerekçem: .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

7. UYGULAMA

Adı:	Malzemenin Sertliğinin Rockwell C Cihazıyla Ölçme
Amaç:	Sertlik ölçme cihazını kullanarak ölçüm yapmak
Süre:	2 ders saati

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 ekipman kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı vb. 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.

DEĞERLENDİRME

Çalışmanız öğretmeniniz tarafından ortak derecelendirme formu ile değerlendirilecektir. Karekodu kullanarak ortak derecelendirme formuna ulaşabilirsiniz.

Dijital yayınlarda karekodun üstüne tıklayarak içeriğe ulaşabilirsiniz.

8. UYGULAMA

Uygulama Adı:	Demir Esaslı Malzemelerde Çekme Mukavemetini Ölçme
Amaç:	Demir esaslı malzemelerde çekme mukavemetini ölçmek
Süre:	2 ders saati

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 ekipman kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı vb. tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer tüm iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Demirli malzemelerden 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.

DEĞERLENDİRME

Çalışmanız öğretmeniniz tarafından ortak derecelendrime formu ile değerlendirilecektir. Karekodu kullanarak ortak derecelendirme formuna ulaşabilirsiniz.

Dijital yayınlarda karekodun üstüne tıklayarak içeriğe ulaşabilirsiniz.

9. UYGULAMA

Adı:	Demir Esaslı Malzemelerde Yorulma Deneyi
Amaç:	Demir esaslı malzemelerde malzeme yorulmasını tespit etmek
Süre:	2 ders saati

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 ekipman kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı vb. 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.

DEĞERLENDİRME

Çalışmanız öğretmeniniz tarafından ortak derecelendrime formu ile değerlendirilecektir. Karekodu kullanarak ortak derecelendirme formuna ulaşabilirsiniz.

Dijital yayınlarda karekodun üstüne tıklayarak içeriğe ulaşabilirsiniz.

10. UYGULAMA

Adı:	Demir Esaslı Malzemelerde Yorulma Deneyi
Amaç:	Demir esaslı malzemelerin tekrarlı yükler altındaki yorulma davranışını inceleyerek dayanım ve kırılma özelliklerini tespit etmek
Süre:	2 ders saati

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 ekipman kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı vb. 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.

DEĞERLENDİRME

Çalışmanız öğretmeniniz tarafından ortak derecelendrime formu ile değerlendirilecektir. Karekodu kullanarak ortak derecelendirme formuna ulaşabilirsiniz.

Dijital yayınlarda karekodun üstüne tıklayarak içeriğe ulaşabilirsiniz.

11. UYGULAMA

Adı:	Demir Esaslı Olmayan Malzemelerde Brinell Yöntemiyle Sertlik Ölçme
Amaç:	Sertlik ölçme test cihazını kullanarak demir esaslı olmayan malzemelerin sertlik değerlerini bulmak
Süre:	2 ders saati

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 ekipman kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı vb. 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 öğretmeniniz rehberliğinde yaparak ölçümleri gerçekleştiriniz.
- Çıkan sonuçları karşılaştırarak değerlendiriniz.

DEĞERLENDİRME

Çalışmanız öğretmeniniz tarafından ortak derecelendrime formu ile değerlendirilecektir. Karekodu kullanarak ortak derecelendirme formuna ulaşabilirsiniz.

Dijital yayınlarda karekodun üstüne tıklayarak içeriğe ulaşabilirsiniz.

12. UYGULAMA

Adı:	Demir Esaslı Olmayan Malzemelerde Çekme Mukavemetini Ölçme
Amaç:	Demir esaslı olmayan malzemelerde çekme mukavemetini ölçmek
Süre:	2 ders saati

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 ekipman kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı vb. tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer tüm iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Demirsiz malzemelerden 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.

DEĞERLENDİRME

Çalışmanız öğretmeniniz tarafından ortak derecelendrime formu ile değerlendirilecektir. Karekodu kullanarak ortak derecelendirme formuna ulaşabilirsiniz.

Dijital yayınlarda karekodun üstüne tıklayarak içeriğe ulaşabilirsiniz.

13. UYGULAMA

Adı:	Demir Esaslı Olmayan Malzemelerde Yorulma Deneyi
Amaç:	Demir esaslı olmayan malzemelerin tekrarlı yükler altındaki yorulma davranışını inceleyerek çatlak oluşumu, çevrim sayısı ve kırılma özelliklerini değerlendirmek.
Süre:	2 ders saati

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 ekipman kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı vb. 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 öğretmeniniz rehberliğinde ayarlayarak testi başlatınız.
- Malzemedeki çatlak oluşumunu gözlemleyiniz.
- Kopma şeklini ve çevrim sayısını değerlendiriniz.

DEĞERLENDİRME

Çalışmanız öğretmeniniz tarafından ortak derecelendirme formu ile değerlendirilecektir. Karekodu kullanarak ortak derecelendirme formuna ulaşabilirsiniz.

Dijital yayınlarda karekodun üstüne tıklayarak içeriğe ulaşabilirsiniz.

14. UYGULAMA

Adı:	Demir Esaslı Olmayan Malzemelerde Darbe Direnci Testi
Amaç:	Demir esaslı olmayan malzemelerde darbe direnci testini yapmak
Süre:	2 ders saati

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 ekipman kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı vb. 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.

DEĞERLENDİRME

Çalışmanız öğretmeniniz tarafından ortak derecelendrime formu ile değerlendirilecektir. Karekodu kullanarak ortak derecelendirme formuna ulaşabilirsiniz.

Dijital yayınlarda karekodun üstüne tıklayarak içeriğe ulaşabilirsiniz.

ÖZ DEĞERLENDİRME

Bu uygulamada kendinizi değerlendirmeniz için öz değerlendirme formu hazırlanmıştır. Öz değerlendirme formuna ulaşmak için karekodu okutabilirsiniz.

Dijital yayınlarda karekodun üstüne tıklayarak içeriğe ulaşabilirsiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A) Aşağıdaki soruların doğru cevabını işaretleyiniz.

1. Bir uçak bakım teknisyeni; bakım sırasında kullanılan bir malzemenin tel ve levha hâline getirilebildiğini, elektrik iletkenliğinin yüksek olduğunu ve parlak yüzeye sahip olduğunu ifade etmektedir.
Bu malzeme ile ilgili aşağıdaki yorumlardan hangisi yanlıştır?

A) Metalik yapıya sahiptir.
B) Kristal iç yapı gösterir.
C) Mekanik dayanımı genellikle düşüktür.
D) Şekillendirilebilirlik özelliği yüksektir.
E) Isı ve elektriği iyi iletir.

2. Bir öğrenci çelik ile ilgili şu ifadeyi kullanmıştır: "Çelik doğrudan doğadan saf olarak elde edilir ve işlem görmeden kullanılabilir." Bu ifadeye göre aşağıdakilerden hangisi söylenebilir?

A) Öğrenci çeliğin alaşım olduğunu doğru ifade etmiştir.
B) Çeliğin karbon içerdiği bilgisi doğrudur.
C) Çeliğin üretim süreci yanlış anlaşılmıştır.
D) Çelik sadece havacılıkta kullanılır.
E) Çeliğin mukavemeti düşüktür.

3. Aşağıdaki malzemelerden hangisi diğerlerinden yapı ve üretim bakımından farklı bir sınıfa aittir?

- Demir
- Bakır
- Nikel
- Volfram
- Kompozit

Bu duruma göre aşağıdaki yorumlardan hangisi doğrudur?

A) Bakır
B) Kompozit
C) Hepsi alaşımdır.
D) Hepsi iletken değildir.
E) Hepsi aynı kristal yapıya sahiptir.

4. Bir bakım mühendisi, dış ortam şartlarına açık bir parça için malzeme seçimi yapmaktadır. Bu parçanın korozyona karşı dayanıklı olması gerekir.
Aşağıdaki malzemelerden hangisi bu açıdan en zayıf performansı gösterir?

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

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

5. Bir çekme deneyi grafiğinde, malzemenin doğrusal davranıştan ayrılarak kalıcı şekil değiştirmeye başladığı nokta belirlenmiştir.
Bu nokta aşağıdakilerden hangisini ifade eder?

A) Maksimum yük taşıma kapasitesi
B) Kopma noktası
C) Elastik sınırın bitişi
D) Süneklik miktarı
E) Malzeme sertliği

6. Bir uçak parçası, sürekli değişen yükler altında uzun süre çalışmaktadır ve belirli bir süre sonra çatlak oluşumu gözlenmektedir.
Bu durumu incelemek için hangi deney yapılmalıdır?

A) Çekme
B) Yorulma
C) Basma
D) Sertlik
E) Darbe deneyi

7. Bir sertlik testinde, malzeme yüzeyine uygulanan yük sonrası oluşan izin alanı ölçülerek sertlik değeri hesaplanmaktadır.
Bu yöntem aşağıdakilerden hangisidir?

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

8. Bir öğrenci AA standartları ile ilgili şu bilgileri vermiştir.

- **Alüminyum alaşımlarını sınıflandırır.**
- **1XXX serisi saf alüminyumu ifade eder.**
- **Döküm alaşımlarında noktalı gösterim kullanılır.**
- **1XXX serisi bakır esaslıdır.**

Bu bilgilere göre aşağıdakilerden hangisi doğrudur?

A) Tüm bilgiler doğrudur.
B) Son ifade yanlıştır.
C) İlk ifade yanlıştır.
D) Üçüncü ifade yanlıştır.
E) İkinci ifade yanlıştır.

9. Bir uçak gövde panelinde korozyon direncini artırmak amacıyla yüzeye koruyucu bir metal kaplama yapılmıştır.
Bu işlem ile ilgili aşağıdakilerden hangisi doğrudur?

A) Bu işlem cladding olarak adlandırılır.
B) Bu işlem malzemeyi zayıflatır.
C) Havacılıkta kullanılmaz.
D) Sadece estetik amaçlıdır.
E) Isıl işlem türüdür.

10. Bir uçak teknisyeni, arka yüzeyine erişimin mümkün olmadığı bir bölgede bağlantı elemanı kullanacaktır.
Bu durumda en uygun perçin türü hangisidir?

A) Üniversal başlı perçin
B) Havşa başlı perçin
C) Çekme (blind) perçin
D) Katı perçin
E) Düz başlı perçin

B) Aşağıdaki soruları cevaplandırınız.

1. Metallerin kristal yapıya sahip olması, mekanik özelliklerini nasıl etkiler?
Örneklerle açıklayınız.

……
……
……
……
……
……
……
……

2. Havacılıkta neden bazı parçalar, çelik yerine alüminyum alaşımlarından üretilir? Ağırlık, mukavemet ve korozyon açısından değerlendiriniz.

……
……
……
……
……
……
……
……

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

3. Çekme deneyi grafiğini çizerek aşağıdaki noktaları açıklayınız.

- Elastik bölge
- Akma noktası
- Plastik bölge
- Kopma noktası



4. Aşağıda, bir uçaktaki perçin bağlantılarında gevşeme ve çatlak oluşumuna ilişkin bir görsel verilmiştir.

Buna göre bu durumun olası nedenlerini ve çözüm önerilerinizi yazınız.



……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

2. ÖĞRENME BİRİMİ



KOROZYON

Öğrenme Birimi Karekodu

KONULAR

2.1. KOROZYON DEĞERLENDİRME İŞLEMİ

2.2. KOROZYONU TEMİZLEME İŞLEMİ

2.3. KOROZYONU ÖNLEME İŞLEMLERİ

BEKLENTİLER

Bu öğrenme biriminde sizden

- korozyon kavramını ifade edebilmeniz
- galvanik işlem prosesini ifade edebilmeniz
- korozyon sebeplerini açıklayabilmeniz
- korozyonu temizleme işlemini yapabilmeniz
- korozyonu önleme işlemlerini yapabilmeniz
- uçak üzerinde boyama işlemini yapabilmeniz

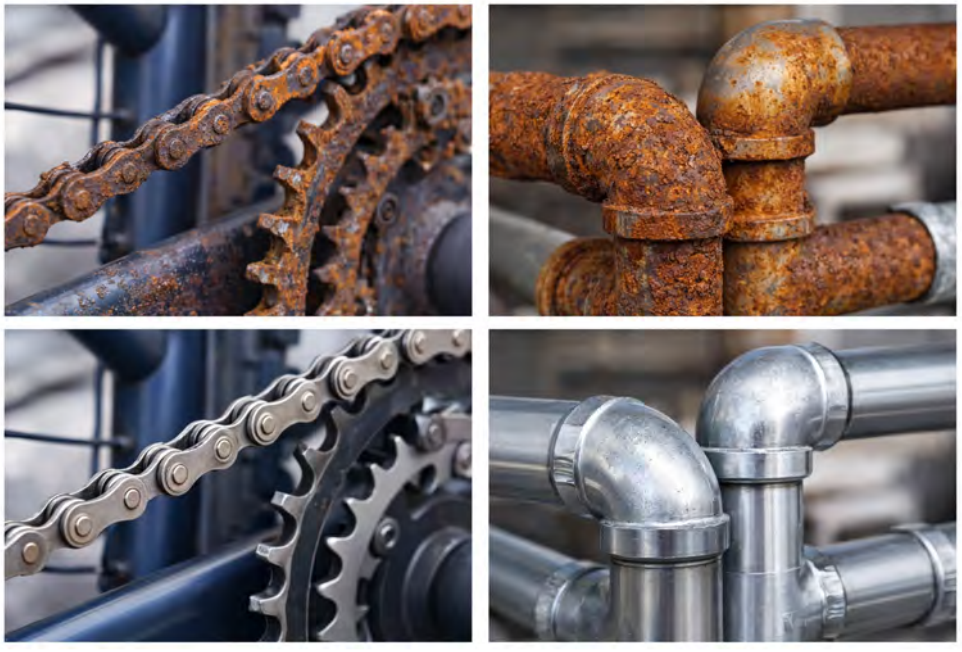
beklenmektedir.

ANAHTAR KAVRAMLAR

- alodine
- anodize
- elektrokimyasal
- galvanik
- korozyon
- kumlama
- tahribatsız muayene

HAZIRLIK ÇALIŞMASI

Günlük hayatta birçok metal eşyanın zamanla renk değiştirdiğini, yüzeyinin bozulduğunu veya paslandığını görürüz. Aşağıdaki görseli dikkatlice inceleyiniz.



Düşünelim

1. **Görsellerdeki metal yüzeylerde hangi değişimler görülmektedir?**

.....

.....

2. **Bu değişimlerin oluşmasına hangi çevresel faktörler neden olabilir?**

.....

.....

3. **Bu tür değişimler metalden yapılmış araçlarda ne tür sorunlara yol açabilir?**

.....

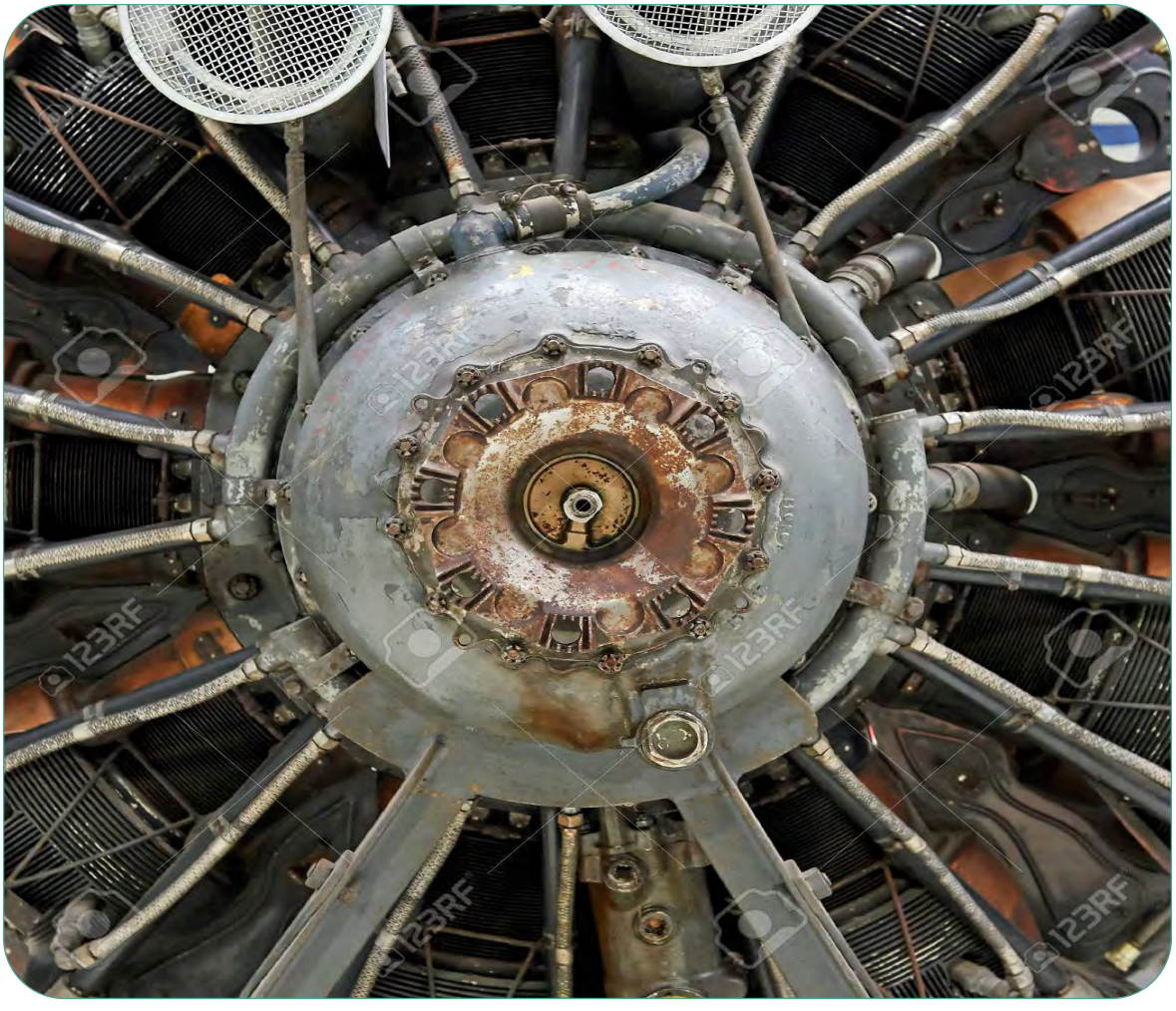
.....

Düşüncelerinizi sınıf arkadaşlarınızla paylaşınız.

2.1. KOROZYON DEĞERLENDİRME İŞLEMİ

Korozyonu değerlendirme; metal ve alaşımların zamanla maruz kaldığı bozulmaları tanımayı, sınıflandırmayı ve bu hasarların etkilerini analiz etmeyi amaçlayan bir süreçtir. Bu süreçte, malzeme yüzeyinde meydana gelen değişimler gözlemlenir, oluşum nedenleri incelenir ve hasarın yayılım durumu belirlenir. Doğru bir değerlendirme bakım-onarım kararlarının sağlıklı alınmasını sağlar ve daha büyük arızaların önüne geçilmesine yardımcı olur.

Metal ya da alaşımların çevrenin 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: Pistonlu uçak motoru üzerindeki korozyon

Korozyonun kimyasal sebebi ise kararsız hâldeki metal, serbest elektronlarını verip pozitif iyon oluşturmasıdır. 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 dönüşür ve metalin tahrip olmasına neden olur.

2.1.1. Korozyonu Etkileyen Faktörler

Korozyonun oluşumu ve ilerleme hızı; çevresel koşullar, malzeme özellikleri ve kullanım şartları gibi birçok etkene bağlıdır. Bu nedenle uçak bakım uygulamalarında, korozyonu etkileyen faktörlerin bilinmesi hasarın önlenmesi ve güvenliğin sağlanması açısından büyük önem taşır.

a) Ortam Sıcaklığı ve Nemin Etkisi

Malzemenin bulunduğu ortamın sıcaklık 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

Metal tanecikleri arasındaki boyutsal fark korozyon oluşmasına uygun ortam sağlar.

ç) Sistem Tasarımı

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.

2.1.2. Korozyon Çeşitleri

Korozyon, metal veya alaşımların çevreleriyle etkileşime girerek zamanla bozulmasına neden olan bir süreçtir. Bu süreç, farklı mekanizmalarla meydana gelebilir. Korozyon üç ana başlıkta sınıflandırılır (Şema 2.1).



Şema 2.1: Korozyon türlerinin sınıflandırılması

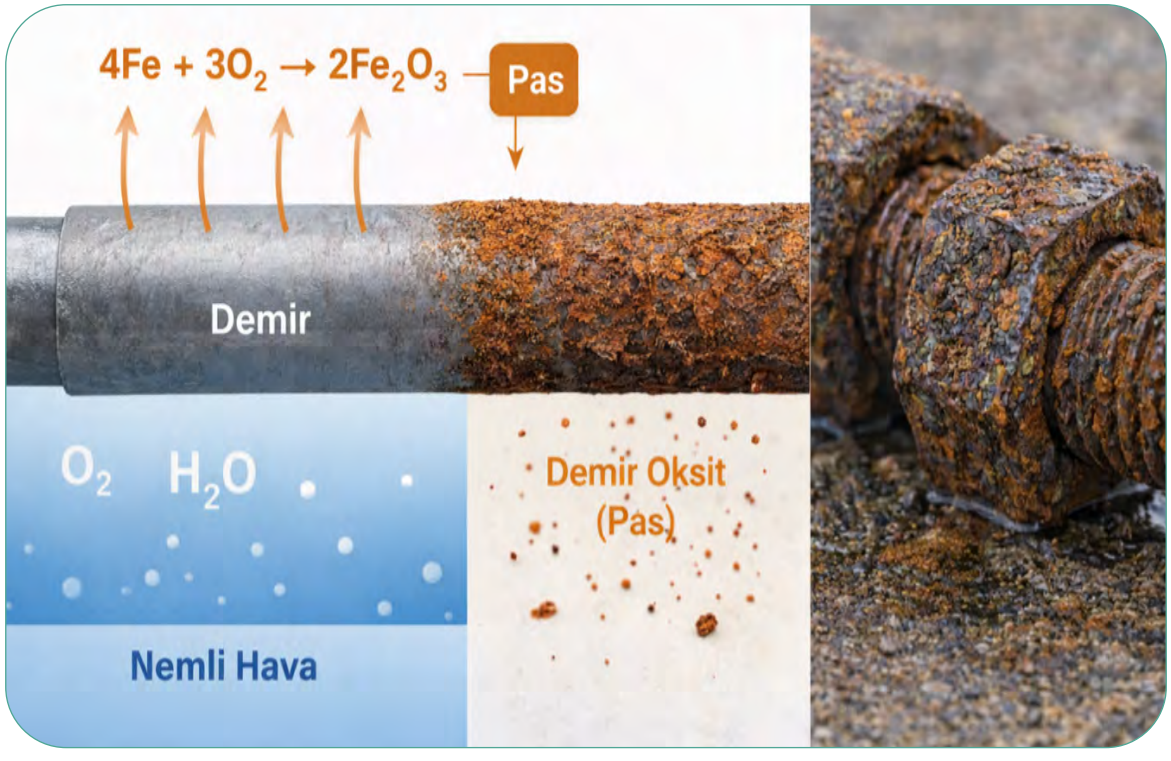
2.1.2.1. Korozyonun Oluşum Şekline Göre Sınıflandırılması

Oluşum şekline göre korozyon; **kimyasal korozyon, elektrokimyasal korozyon, mikrobiyolojik korozyon, galvanik korozyon ve konsantrasyon hücre korozyonu** olmak üzere beş ana başlıkta incelenir. Bu sınıflandırma, korozyonun ortaya çıkmasına neden olan temel reaksiyon mekanizmasını açıklamaya yöneliktir.

a) Kimyasal Korozyon

Metalin gaz ortamı veya kimyasal maddelerle doğrudan kimyasal reaksiyona girmesi sonucu meydana gelir. Bu tür korozyon, genellikle yüksek sıcaklıkta ve kuru şartlarda görülür. Metal yüzeyinde oksit tabakası oluşur ve zamanla kalınlaşan bu tabaka malzemenin özelliklerini değiştirebilir.

Yüksek sıcaklıkta çalışan motor parçalarında veya egzoz sistemlerinde oluşan oksit tabakalar kimyasal korozyona örnektir (Görsel 2.2).

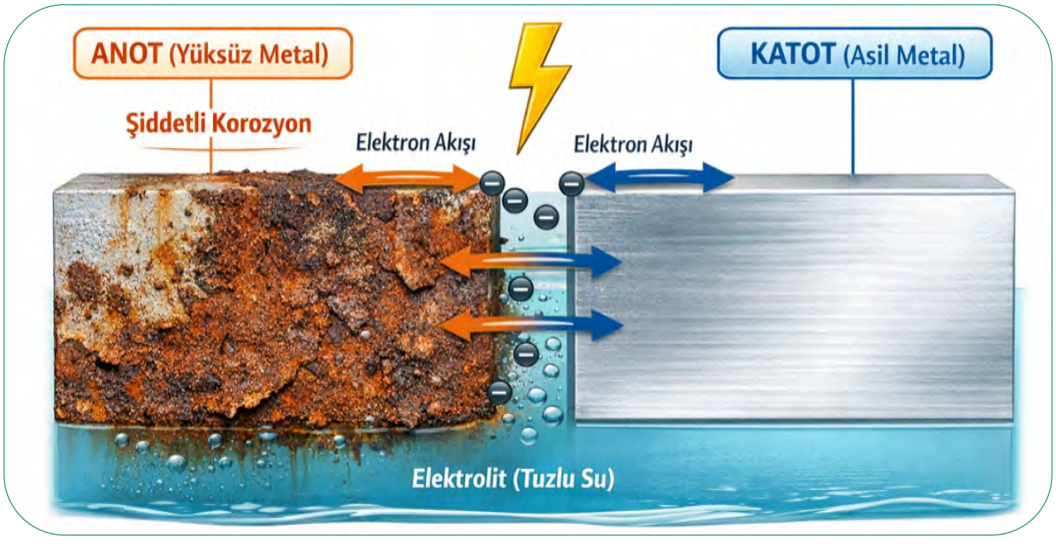


Görsel 2.2: Kimyasal korozyon

NOTLAR

b) Elektrokimyasal Korozyon

Metal yüzeyinin nemli bir ortamda elektrokimyasal reaksiyonlara girmesi sonucu oluşur. Bu süreçte metal yüzeyde **anot ve katot** bölgeleri oluşur ve metal atomları iyon hâline dönüşerek malzemeden ayrılır. Ortamda bulunan su, oksijen ve elektrolitler bu reaksiyonları hızlandırır (Görsel 2.3).

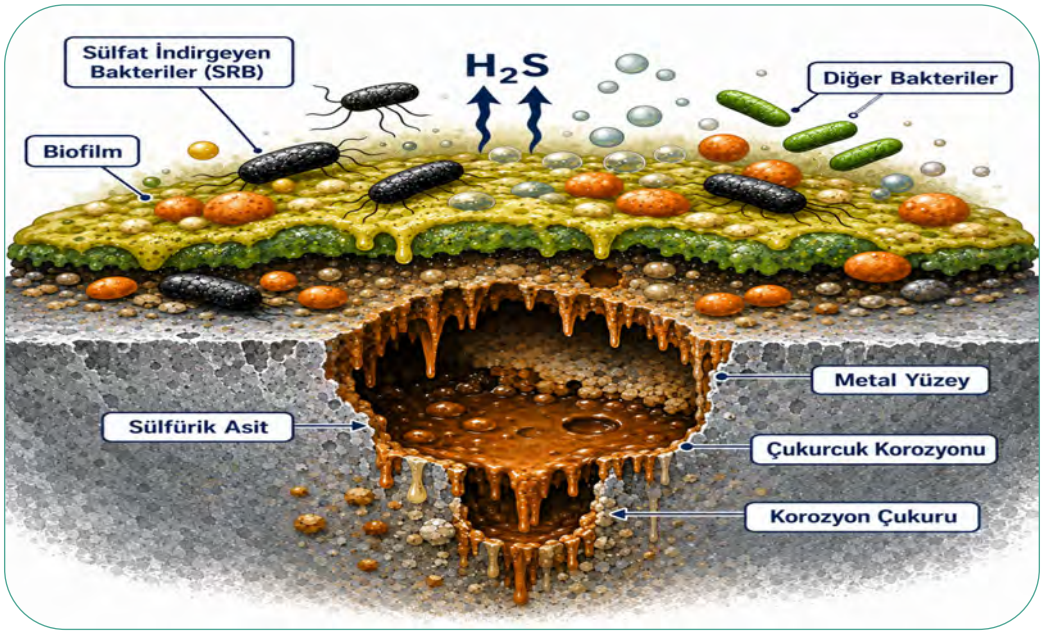


Görsel 2.3: Elektrokimyasal korozyon

En yaygın görülen korozyon türü elektrokimyasal korozyondur. Demirin paslanması, farklı metallerin bir arada kullanıldığı bağlantı noktalarında görülen galvanik korozyon bu gruba örnektir. Uçaklarda özellikle perçin bağlantıları, metal birleşim noktaları ve nemin birikebildiği bölgelerde elektrokimyasal korozyon görülebilir.

c) Mikrobiyolojik Korozyon

Bazı bakteri, mantar veya mikroorganizmaların metal yüzeyinde oluşturduğu biyolojik faaliyetler sonucunda meydana gelen korozyon türüdür. Bu mikroorganizmalar metal yüzeyinde **biyofilm** adı verilen ince bir tabaka oluşturur. Bu tabaka içerisinde gerçekleşen biyokimyasal reaksiyonlar sonucunda sülfür, asit veya çeşitli korozif maddeler meydana gelir (Görsel 2.4).



Görsel 2.4: Mikrobiyolojik korozyon

Özellikle **sülfat indirgen bakteriler (SRB)** metal yüzeylerde korozyon oluşumunu hızlandırabilir. Bu bakteriler, sülfat bileşiklerini indirgerken metal yüzeyinde korozif ürünlerin oluşmasına neden olur.

Mikrobiyolojik korozyon boru hatlarında, yakıt tanklarında, deniz ortamındaki metal yapılarda, nemli ve kirli ortamlarda bulunan metal yüzeylerde daha sık görülür.

ç) Galvanik Korozyon

Birbirinden farklı elektrik potansiyeline sahip metallerin bir araya getirilmesiyle aralarında galvanik bir pil oluşur. Bu da korozyona sebep olur (Görsel 2.5).



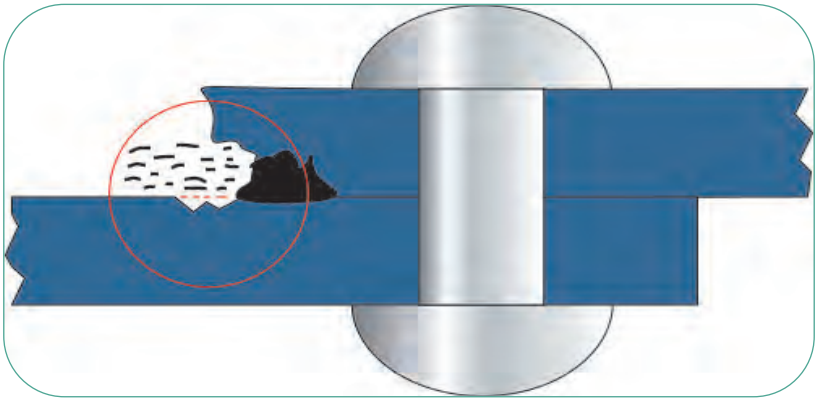
Görsel 2.5: Galvanik korozyon

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

d) Konsantrasyon Hücre (Concentration Cell) 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. Buralar konsantrasyon hücre korozyonu oluşumu için nemin hapsolduğu uygun yerlerdir (Görsel 2.6).



Görsel 2.6: Konsantrasyon hücre korozyon

2.1.2.2. Korozyonun Görünüş Şekline Göre Sınıflandırılması

Korozyon, metal yüzeyde farklı şekillerde ve yayılım biçimlerinde gözlemlenebilir. Bu görünüm, korozyonun türünü ve hasarın karakterini belirlemede önemli bir göstergedir. Homojen korozyon, çukurcuk korozyonu, taneler arası korozyon, pullanma korozyonu ve ipliğimsi korozyon başlıca görünüş türleridir.

a) 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 2.7).



Görsel 2.7: İskele babası üzerindeki homojen korozyon

b) Çukurcuk (Pitting) Korozyonu

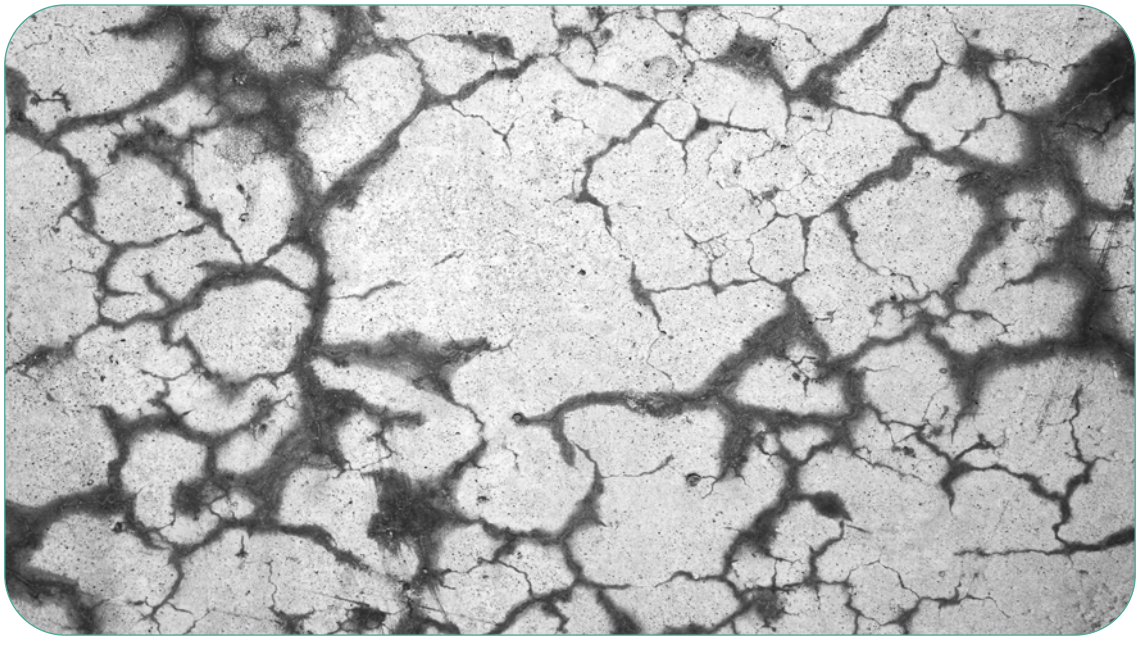
Parça yüzeyi üzerinde oluşan ve oyuklaşma şeklinde görülen korozyon tipidir. İlk belirtisi, yüzeyde toplanan, kabaran, beyaz ve gri tozumsu yığıntılardır. Çukurcuk korozyonu çok tehlikelidir. Malzeme kaybı azdır ancak çukur kısmın anodik, yüzey kısmın katodik davranması nedeniyle oyuk derinliği artarak parça delinebilir. Çukurcuk korozyonu, tanklarda ve borularda akış hızının az olduğu bölgelerde görülür (Görsel 2.8).



Görsel 2.8: Çukurcuk korozyonu

c) 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 2.9).



Görsel 2.9: Taneler arası korozyon

ç) Pullanma (Exfoliation) Korozyonu

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 2.10).



Görsel 2.10: Pullanma korozyonu

d) 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 2.11).



Görsel 2.11: İpliğimsi korozyonu

2.1.2.3. Korozyonun Mekanik Etkisine Göre Sınıflandırılması

Bazı korozyon türleri, mekanik zorlanmaların etkisiyle ortaya çıkar veya hızlanır. Bu durum malzemenin dayanımını ciddi şekilde azaltabilir.

Gerilmeli korozyon, yorulma korozyonu ve sürtünme korozyonu bu grupta yer alan korozyon türleridir.

a) 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 2.12).



Görsel 2.12: Gerilmeli korozyonu

b) Yorulma Korozyonu

Dinamik yüklerin ve korozif ortamın etkisi ile metal yüzeyinde korozyon çukuru ve çatlak oluşmasına yorulma korozyonu denir (Görsel 2.13).

Korozif ortam ortadan kalksa dahi dinamik yüklerden dolayı çatlak genişlemeye devam eder.

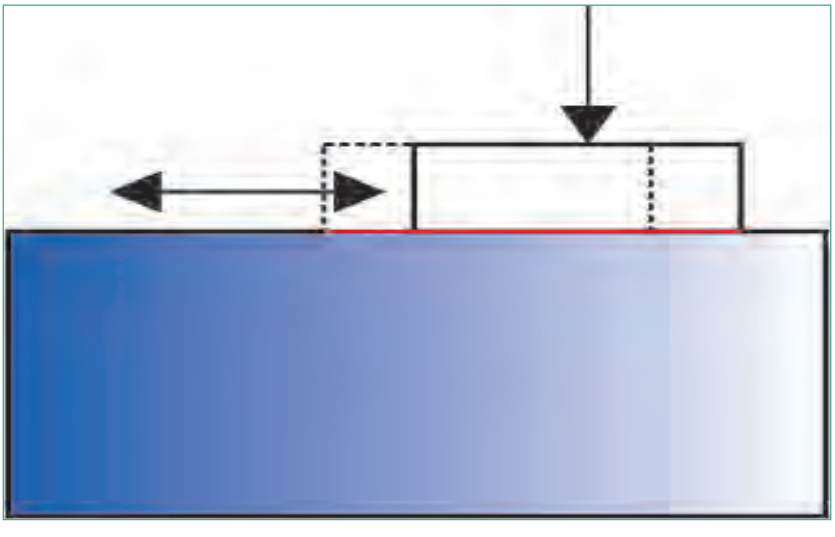
Uçak üzerinde iniş takım dikmelerindeki burçlar, çok küçük toleranslarla burçlara geçirilen cıvatalar ve kanadı gövdeye bağlayan kaplama kısımlarında oluşan korozyon buna örnektir.



Görsel 2.13: Yorulma korozyonu

c) Sürtünme (Fretting) Korozyonu

Titreşimli ve hareketli yüzeylerde iki metalin sürtünmesiyle oluşan korozyondur. Sürtünme korozyonu, metalde ufalanma ve metal aşınması ile kendini gösterir (Görsel 2.14).



Görsel 2.14: Sürtünme korozyonu

SIRA SİZDE

Aşağıdaki görselleri inceleyiniz. Her bir görselde görülen korozyon türünü belirleyerek altındaki boşluğa yazınız.

İpucu:

- Gerilmeli → daha doğrusal, tek ana çatlak
- Yorulma → dallanan, ağ gibi çatlaklar

1

.....
.....

2

.....
.....

3

.....
.....

4

.....
.....

5

.....
.....

BİLGİ KUTUSU

Bir yolcu uçağı, hizmet ömrü boyunca binlerce kez kalkış ve iniş yapar. Bu süreçte oluşan titreşim, basınç değişimi ve çevresel etkiler korozyon riskini artırır. Bu nedenle uçaklar detaylı şekilde incelenir ve küçük bir korozyon belirtisinde parça değişimi yapılır.

2.1.3. Uçaklarda Metal / Alaşım Tipleri ve Korozyona Yatkınlık

Uçak yapımında kullanılan metaller ve alaşımlar; hafiflik, dayanım, sıcaklık direnci gibi özelliklerine göre seçilir. Ancak her metal çevresel koşullara karşı aynı dayanıklılığı göstermez. Nem, sıcaklık değişimi, kimyasal maddeler ve tuzlu ortamlar bazı alaşımlarda korozyon oluşumunu hızlandırabilir. Bu nedenle uçak bakımında kullanılan metal türlerinin özelliklerini ve korozyona karşı davranışlarını bilmek büyük önem taşır.

Tablo 2.1'de uçaklarda kullanılan korozyona yatkın malzemelerin korozyon tipleri ve bu korozyonların malzeme üzerindeki belirtileri 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	Çukur korozyonu	Yeşil toz kalıntısı
Krom	Çukur korozyonu	Kaplamada görünen korozyon ürünü yok
Bakır ve alaşımları	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

1. UYGULAMA

Adı:	Korozyon Çeşidi ve Düzeyini Belirleme
Amaç:	Metalik aletlerin korozyon çeşidini ve düzeyini belirlemek
Süre:	2 ders saati

ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

- Atölye kurallarına uyunuz.
- İş elbisesi kullanınız.
- İş güvenliğine yönelik tabela ve işaretlere uyunuz.
- Kesici, delici, yanıcı vb. 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 belirleyiniz.
- Tespit ettiğiniz korozyonu, uçak üzerinde oluşan diğer korozyon çeşitleriyle karşılaştırınız.
- Bulgularınızı rapor hâline getiriniz ve raporunuzu sınıf içinde paylaşınız.

DEĞERLENDİRME

Çalışmanız öğretmeniniz tarafından ortak derecelendrime formu ile değerlendirilecektir. Karekodu kullanarak ortak derecelendirme formuna ulaşabilirsiniz.

Dijital yayınlarda karekodun üstüne tıklayarak içeriğe ulaşabilirsiniz.

2. UYGULAMA

Adı :	Uçak Üzerinde Oluşabilecek Korozyon Türleri
Amaç:	Uçak gövde yapısı ve sistemlerindeki korozyonu ve korozyon çeşitlerini tespit etmek
Süre:	2 ders saati

ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

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

UYGULAMA DETAYLARI

- Sınıf mevcuduna göre 3-4 kişilik gruplar oluşturunuz.
- Atölyede bulunan uçak veya uçak komponentlerinin üzerinde korozyon tespiti yapınız.
- İstasyon yöntemi ile incelemeyi gerçekleştirip tespit ettiğiniz korozyon sayısı ve çeşitleriyle ilgili rapor hazırlayınız.
- Hazırladığınız raporları karşılaştırarak doğruluğunu kontrol ediniz.

DEĞERLENDİRME

Çalışmanız öğretmeniniz tarafından ortak derecelendirme formu ile değerlendirilecektir. Karekodu kullanarak ortak derecelendirme formuna ulaşabilirsiniz.

Dijital yayınlarda karekodun üstüne tıklayarak içeriğe ulaşabilirsiniz.

HAZIRLIK ÇALIŞMASI

Aşağıdaki görseli inceleyiniz. Uçak yüzeyinde korozyon oluştuğunu düşündüğünüz bölgeleri belirleyerek işaretleyiniz ve korozyonun nedenlerini açıklayınız.



Nedenler

- .....
- .....
- .....
- .....
- .....

2.2. KOROZYONU TEMİZLEME İŞLEMİ

Korozyon temizleme, metal yüzeylerde oluşan bozulmaların uygun yöntemlerle giderilmesini ve malzemenin yeniden güvenli şekilde kullanılabilir hâle getirilmesini amaçlayan bir bakım sürecidir. Bu süreçte, korozyonun türü ve yayılım durumu dikkate alınarak mekanik, kimyasal veya diğer uygun temizleme yöntemleri seçilir. Doğru uygulanan temizlik işlemleri; yüzeyin görünümünü iyileştirir, malzemenin dayanımını korur ve ileride oluşabilecek hasarların önüne geçilmesine katkı sağlar.

2.2.1. Uçakta Korozyon Kontrolü

Çok büyük kazaların önüne geçmek için uçaklarda periyodik olarak korozyon kontrolü yapılır. Uçaklarda korozyonun etkili şekilde kontrol edilebilmesi için düzenli bakım, dikkatli gözlem ve doğru muayene yöntemlerinin birlikte uygulanması gerekir. Korozyon kontrolü; yüzeylerde oluşan aşınma, çatlak, renk değişimi ve metal bozulmalarının erken aşamada tespit edilmesini sağlayarak uçuş emniyetinin korunmasına yardımcı olur.

2.2.1.1. Gözle Kontrol

Korozyon çıplak gözle ya da çeşitli aletler yardımıyla tespiti yapılabilir. Bu aletler şunlardır:

a) Bükülebilen (Flexible) Ayna: İç kısımlarda ve köşelerde doğrudan görülemeyen yerler için kullanılır (Görsel 2.15).



Görsel 2.15: Bükülebilen ayna

b) El Feneri: Fazladan aydınlatma gereken durumlarda kullanılır (Görsel 2.16).



Görsel 2.16: El feneri

c) Boroskop: Gözle görülmesi mümkün olmayan karmaşık sistemleri, kamerası ile görüntüleyebilen dijital bir cihazdır (Görsel 2.17 ve 2.18).



Görsel 2.17: Boroskop



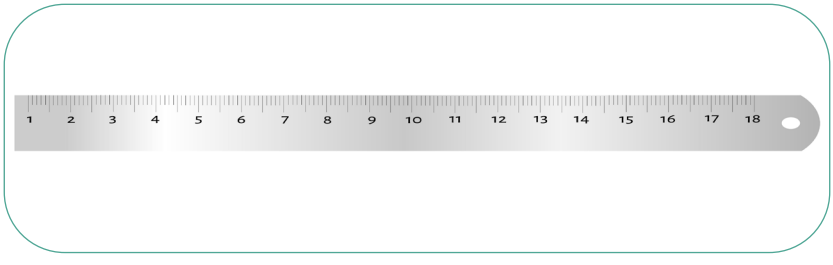
Görsel 2.18: Boroskop uygulaması

ç) Büyüteç: Çok küçük korozif bölgeleri incelemek için kullanılır (Görsel 2.19).



Görsel 2.19: Büyüteç

d) Düz Kenarlı Metal Şerit ve Cetveller: Korozyon temizliğinden sonra yüzey düzgünlüğünü kontrol etmek ve kazınan bölgeleri belirlemek için kullanılır (Görsel 2.20).



Görsel 2.20: Metal şerit ve cetveller

e) Derinlik Ölçme Komparatörü: Korozif oyukların derinliğini ölçer. Bu ölçümün sonunda hangi seviye temizleme işlemi yapılacağına karar verilir (Görsel 2.21).



Görsel 2.21: Derinlik ölçme komparatörü

2.2.1.2. Tahribatsız Kontrol Yöntemleriyle (NDI) Korozyon Kontrolü

Korozyon sonucu parçanın yüzeyine yakın veya derin bölgelerinde oluşan süreksizlikleri tespit etmeye yardımcı yöntemlerdir. Parçanın boyutuna, malzemenin cinsine, görevine ve istenen özelliğine uygun 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

BİLGİ KUTUSU

Bazı korozyon türleri gözle fark edilemeyecek kadar küçük başlayabilir. Özellikle çukurcuk (pitting) korozyonu, yüzeyde küçük bir nokta gibi görünse de metalin içinde derin hasarlar oluşturabilir. Bu yüzden mühendisler, korozyonu sadece gözle görmez; özel cihazlarla "gizli hasarları" da tespit eder (Görsel 2.22).



Görsel 2.22: Çukurcuk korozyonunun ultrason cihazıyla tespit edilmesi

2.2.2. Uçakta Korozyona Eğilimli Bölgeler

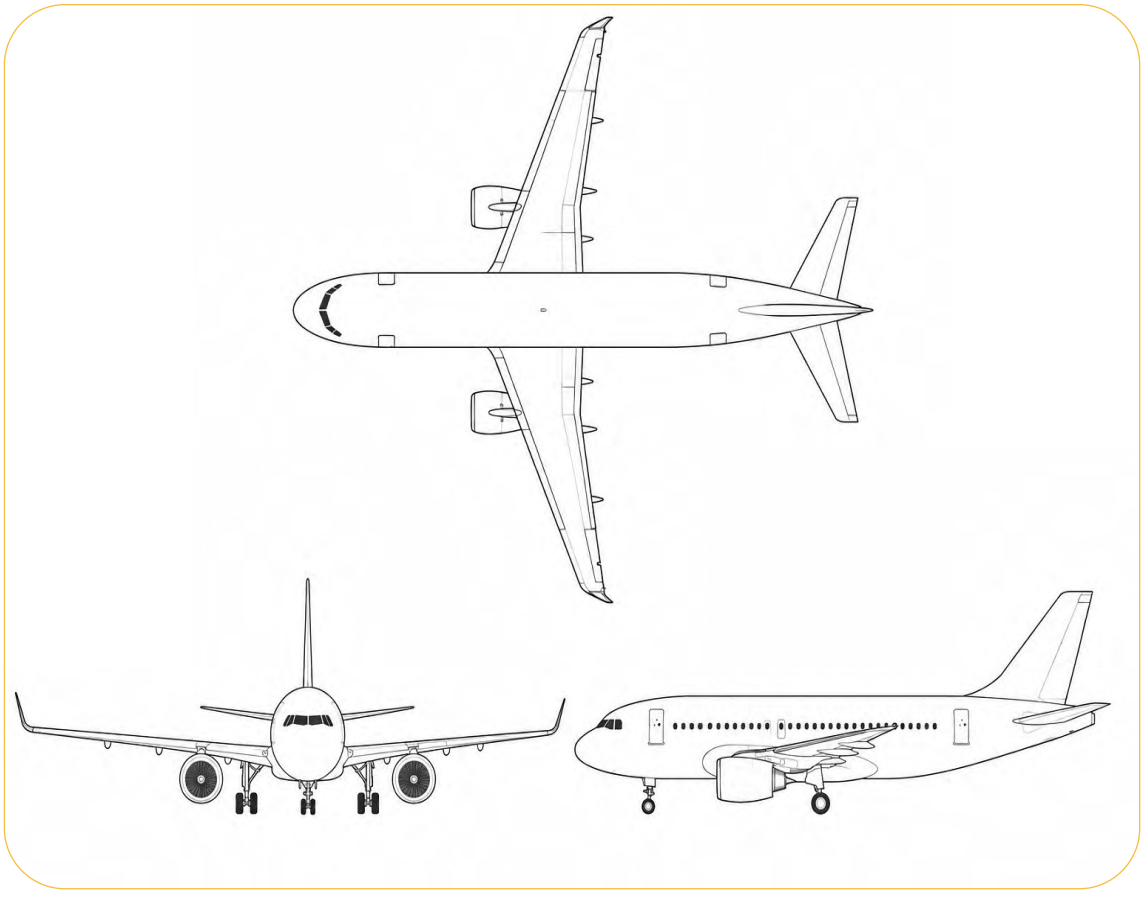
Uçak yapılarında bazı bölgeler, çalışma koşulları ve çevresel etkiler nedeniyle korozyon oluşumuna daha yatkındır. Nem, sıcaklık değişimleri, yakıt ve yağ kalıntıları gibi etkenler özellikle bağlantı noktaları, kapalı yüzeyler ve su birikmesine uygun alanlarda korozyon riskini artırır. Bu nedenle bakım süreçlerinde, korozyona eğilimli bölgelerin doğru şekilde tanınması ve düzenli olarak kontrol edilmesi uçuş emniyeti açısından büyük önem taşır. Tablo 2.2'de uçakta korozyona eğilimli bölgeler görülmektedir.

Tablo 2.2: Uçakta Korozyona Eğilimli Bölgeler

UÇAK GÖVDE YAPISINDA KOROZYONA EĞİLİMLİ BÖLGELER	UÇAK SİSTEMLERİNDE KOROZYONA EĞİLİMLİ 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	

SIRA SİZDE

Aşağıda gördüğünüz yolcu uçağı görselindeki korozyon oluşabilecek alanları tarama yöntemiyle gösteriniz.



BİLGİ KUTUSU

Bilim insanları bitkilerdeki doğal koruyucu bileşenleri inceleyerek **yeşil korozyon inhibitörleri** geliştirebiliyor. Örneğin nar kabuğu, zeytin yaprağı ve yeşil çay özleri metal yüzeyleri paslanmaya karşı koruyabiliyor.

2.2.3. Korozyon Hasarının Değerlendirilmesi

Bu işlem uçak yapılarında oluşan aşınma ve yüzey bozulmalarının güvenlik açısından incelenmesini kapsar. Korozyonun bulunduğu bölge, yayılma durumu ve malzeme üzerindeki etkisi dikkatle analiz edilerek gerekli bakım ve onarım işlemleri planlanır. Bu süreç, uçak parçalarının kullanım ömrünü korumak ve uçuş emniyetini sürdürebilmek açısından büyük önem taşır. Tablo 2.3'te korozyon hasar dereceleri görülmektedir.

Tablo 2.3: Korozyon Hasar Dereceleri

DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ	HAFİF DERECEDE KOROZYON	ORTA DERECEDE KOROZYON	ŞİDDETLİ 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 teçhizat; zımparalar, metalik yünler ve tel fırçalardır.

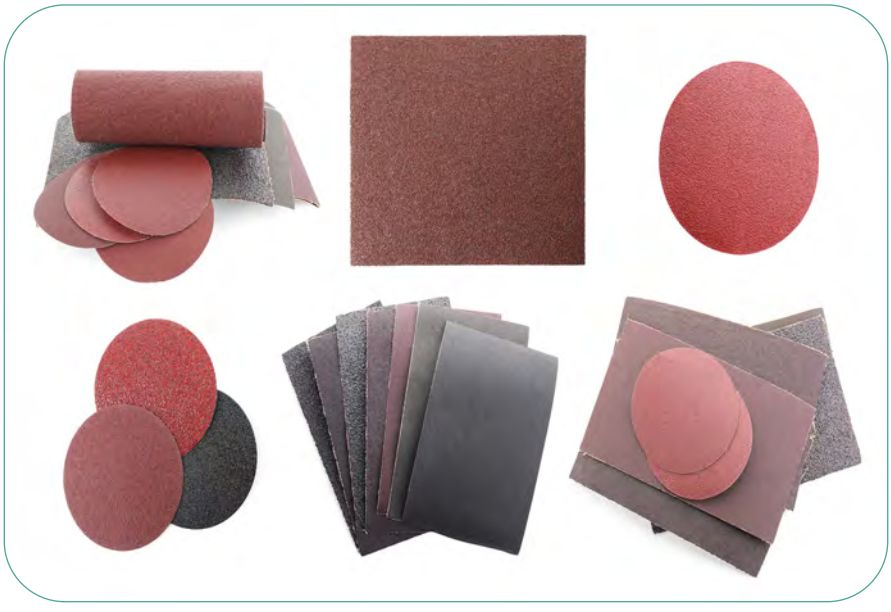
2.2.4.1. Güç Kaynaksız Alet ve Malzemelerle Korozyon Temizleme

Tel Fırçalar: Yüzeydeki eski boyaların çıkarılması ve korozif bölgelerdeki kalıntıların temizlenmesinde tel fırçalar kullanılır. Alüminyum, bakır ve paslanmaz çelik olmak üzere üç çeşit tel fırça vardır. İşlem uygulanacak malzemenin yapısına uygun bir fırça seçilmelidir aksi hâlde elektrokimyasal (galvanik) korozyona sebep olur (Görsel 2.23).



Görsel 2.23: Tel fırça

Zımparalar: Hafif dereceli korozyonlarda zımparalar kullanılır. Zımpara kâğıdı malzemenin cinsine göre seçilmelidir (Görsel 2.24).



Görsel 2.24: Zımpara kâğıdı

Ponza Tozu: Çok ince olan metallerin yüzeyinde oluşan korozif bölgelerin temizliğinde ponza tozu kullanılır. Ponza tozu suya karıştırılır. Bu karışımla ıslatılıp sıkılan bir bezle parça ovalanarak korozyon temizlenir.

Metalik Yünler: Metalin yüzeyinde oluşan korozyonun parça ile arasındaki bağ çok zayıfsa metalik yün kullanılabilir (Görsel 2.25). Boyut olarak ince, orta ve kaba şeklinde sınıflandırılır. Genellikle çelik, paslanmaz çelik, bakır ve alüminyumdan üretilir. Malzeme cinsine göre metalik yün seçilmelidir aksi hâlde elektrokimyasal (galvanik) korozyona sebep olur. İşlemden sonra parça üzerinde kalan yün kalıntıları vakum cihazıyla temizlenmelidir.



Görsel 2.25: Metalik yünler

2.2.4.2. Güç Kaynaklı Alet ve Malzemelerle Korozyon Temizleme

Basınçlı Havayla Çalışan Teçhizat: 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 2.26.a ve b). Dikkatli kullanılmalıdır aksi hâlde parçanın formu ve işlevi bozulabilir.

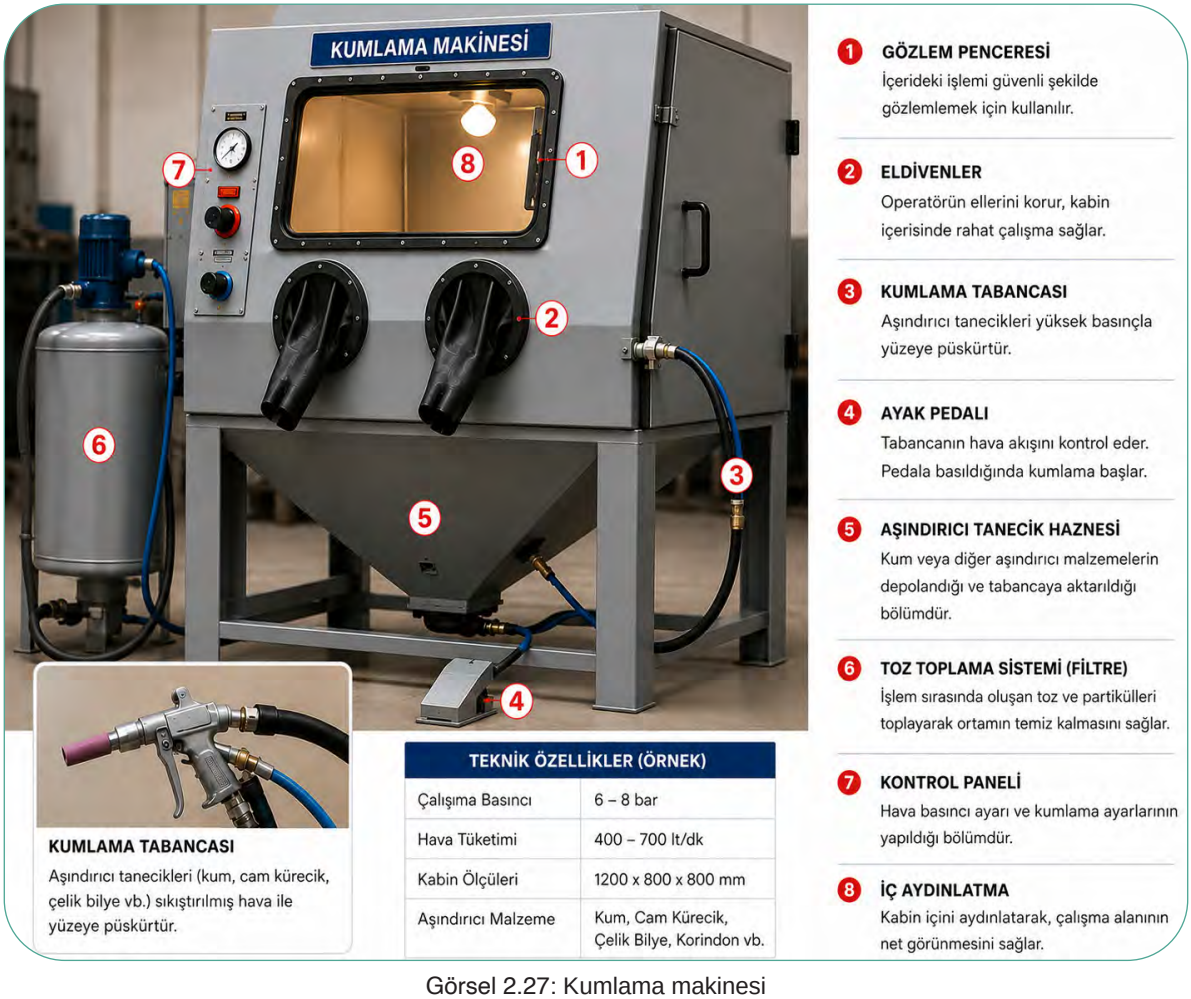


Görsel 2.26.a: Havalı zımpara



Görsel 2.26.b: Havalı matkap

Kumlama: Parça temizliği, boya kaldırma veya kaplama işlemleri için kumlama yöntemi kullanılır (Görsel 2.27). Parça yüzeyine hava veya su vasıtasıyla mikronluk kum tanelerinin püskürtülmesi ile temizlik yapmaya yarar. Parça yüzeyindeki tozların patlama tehlikesi veya yüzeyde gres, yağ vb. maddelerin bulunması durumunda yaş kumlama tercih edilir.



Görsel 2.27: Kumlama makinesi

2.2.5. Kimyasal Yöntemle Korozyonun Temizlenmesi

Hafif dereceli korozyonların temizliğinde kullanılır. Çözeltinin metal ve kaplamaya zarar vermeyeceği ince saclarda kullanılmalıdır.

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.

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. Korozyon derinse daldırma tekniği kullanılmalıdır.

Kromik Asit Çözeltisi: Magnezyum üzerindeki oksit tabakanın 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 uygulanmadan önce maskelenmelidir.

Sülfürik Asit Çözeltisi: Bakır alaşımlarına uygulanan bir çözeltidir. %90-95 su ve %5-10 sülfürik asit içerir. Kullanım sıcaklığı -50 ^{0}C ila +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 eklenir.

Pasa-jell Çözeltileri: Sıvı oksijen sistemindeki korozyonu temizlemek için jelatine benzer bu 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 uygulanır.

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 alaşımlarında oluşan korozyonun temizliğinde kullanılır. Ayrıca işlenmiş parçalarda ölçülerin önemli olduğu önemli bölgelerde de uygulanır.

NOTLAR

3. UYGULAMA

Adı :	Sıvılar, Kimyasallar ve Gazlarla Çalışırken Alınması Gereken Özel Emniyet Tedbirleri
Amaç:	Sıvılar, gazlar ve kimyasallarla çalışırken bakım talimatlarına uygun emniyet tedbirlerini almak
Süre:	2 ders saati

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 koruyucu ekipman kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı vb. tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Eldiven, gözlük ve iş tulumunu giyiniz.
- Toksik etki yaratabilecek gaz ve sıvı 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 iş güvenliği uygulamalarını not alıp uygulayınız.

DEĞERLENDİRME

Çalışmanız öğretmeniniz tarafından ortak derecelendrime formu ile değerlendirilecektir. Karekodu kullanarak ortak derecelendirme formuna ulaşabilirsiniz.

Dijital yayınlarda karekodun üstüne tıklayarak içeriğe ulaşabilirsiniz.

4. UYGULAMA

Adı :	Güç Kaynaksız Malzemelerle Mekanik Temizleme
Amaç:	Güç kaynaksız malzemelerle korozyonu temizlemek
Süre::	2 ders saati

ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

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

UYGULAMA DETAYLARI

- Güç kaynağı gerektirmeyen alet veya malzemelerle temizlenebilecek korozyona uğramış bir parça edininiz.
- Parça üzerinde oluşan korozyonun türünü ve şiddetini inceleyiniz.
- Öğretmeninizin rehberlik ve gözetiminde, parçaya uygun güç kaynaksız temizleme yöntemini belirleyiniz.
- Seçtiğiniz yöntemde kullanılacak araç gereci hazırlayınız.
- Belirlenen yöntemi kullanarak korozyon temizleme işlemini gerçekleştiriniz.
- Temizleme işlemi sonrasında parçanın yüzey durumunu inceleyerek sonuçları değerlendiriniz.
- Uygulama sırasında kullanılan yöntem ile elde edilen sonuçları sınıf arkadaşlarınızla karşılaştırınız.

DEĞERLENDİRME

Çalışmanız öğretmeniniz tarafından ortak derecelendrime formu ile değerlendirilecektir. Karekodu kullanarak ortak derecelendirme formuna ulaşabilirsiniz.

Dijital yayınlarda karekodun üstüne tıklayarak içeriğe ulaşabilirsiniz.

5. UYGULAMA

Uygulama Adı :	Kumlama Tezgâhında Korozyon Temizliği
Amaç:	Kumlama tezgâhını kullanarak korozyon temizliği yapmak
Süre:	2 ders saati

ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

- Atölye kurallarına uyunuz.
- İş elbisesi kullanınız.
- İş güvenliğine yönelik tabela ve işaretlere uyunuz.
- Kesici, delici, yanıcı vb. 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 kompresörün basınç ayarını yapınız.
- Temizleyeceğiniz parçaya göre uygun bir kum seçiniz ve seçtiğiniz kumu kum haznesine yerleştiriniz.
- Parçayı yerleştiriniz ve üst kapağın sıkıca kapalı olduğundan emin olunuz.
- Öğretmeninizin rehberliğinde kumlama işlemini gerçekleştiriniz.

DEĞERLENDİRME

Çalışmanız öğretmeniniz tarafından ortak derecelendrime formu ile değerlendirilecektir. Karekodu kullanarak ortak derecelendirme formuna ulaşabilirsiniz.

Dijital yayınlarda karekodun üstüne tıklayarak içeriğe ulaşabilirsiniz.

6. UYGULAMA

Uygulama Adı :	Korozyonu Güç Kaynaklı Aletlerle Temizleme
Amaç:	Güç kaynaklı aletler ile temizleme yapmak
Süre:	2 ders saati

ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

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

UYGULAMA DETAYLARI

- Korozyona uğramış parçalar edininiz.
- Parçaya en uygun güç kaynaklı temizleme yöntemini seçiniz.
- Kullanacağınız güç kaynaklı aleti hazırlayıp kontrol ediniz.
- Öğretmeninizin rehberlik ve gözetiminde parçayı temizleyiniz.

DEĞERLENDİRME

Çalışmanız öğretmeniniz tarafından ortak derecelendrime formu ile değerlendirilecektir. Karekodu kullanarak ortak derecelendirme formuna ulaşabilirsiniz.

Dijital yayınlarda karekodun üstüne tıklayarak içeriğe ulaşabilirsiniz.

7. UYGULAMA

Uygulama Adı :	Korozyonu Kimyasal Yöntemle Temizleme
Amaç:	Korozyonu kimyasal yöntemlerle temizlemek
Süre:	2 ders saati

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 vb. koruyucu ekipman kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı vb. tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Korozyona uğramış parçalar edininiz.
- Öğretmeninizin rehberlik ve gözetiminde parçaya en uygun kimyasal yöntemi seçerek parçayı temizleyiniz.

DEĞERLENDİRME

Çalışmanız öğretmeniniz tarafından ortak derecelendirme formu ile değerlendirilecektir. Karekodu kullanarak ortak derecelendirme formuna ulaşabilirsiniz.

Dijital yayınlarda karekodun üstüne tıklayarak içeriğe ulaşabilirsiniz.

HAZIRLIK ÇALIŞMASI

Aşağıda verilen korozyon türleri ve oluşum sebeplerini birbirleriyle doğru şekilde eşleştiriniz.

KOROZYON TÜRLERİ	OLUŞUM DURUMLARI
1 Homojen korozyon	a) Metal yüzeyin tamamının eşit şekilde aşınması
2 Çukurcuk (pitting) korozyonu	b) Farklı iki metalin temas etmesi
3 Galvanik korozyon	c) Yüzeyde küçük ama derin olukların oluşması
4 İpliğimsi korozyon	ç) Mekanik zorlanma ve gerilme altında oluşması
5 Sürtünme korozyonu	d) İki yüzeyin temas ederek sürekli hareket etmesi
6 Gerilmeli korozyon	

2.3. KOROZYONU ÖNLEME İŞLEMLERİ

Korozyon, malzemelerin çevresel etkiler sonucu zamanla bozulmasına neden olan bir süreçtir. Uygun yöntemlerle korozyonun oluşum süreci yavaşlatılıp kontrol altına alınabilir. Korozyonu önleme çalışmaları; malzeme seçimi, yüzey koruma teknikleri ve doğru bakım uygulamalarını kapsayan bütüncül bir yaklaşımdır.

BİLGİ KUTUSU

Bir yolcu uçağında yapılan incelemelerde gövdenin arka kısmında gözle fark edilemeyen küçük bir korozyon bölgesi tespit edilememişti. Bu bölge zamanla büyüyerek metalde çatlaklara neden oldu. Uçuş sırasında basınç etkisiyle bu çatlak ilerledi ve uçağın yapısal bütünlüğü aniden bozuldu.

Bu olaydan sonra havacılık otoriteleri, sadece yüzeyde görülen korozyonun değil ulaşılması zor bölgelerdeki gizli korozyonun da özel yöntemlerle kontrol edilmesini zorunlu hâle getirdi.

Bu nedenle uçaklarda korozyon temizliği yapılmadan önce ve yapıldıktan sonra ultrasonik, boroskop ve diğer tahribatsız muayene yöntemleriyle detaylı kontrol yapılması hayati önem taşır.

2.3.1. Temizlik

15 günlük periyotlarla uçakların dış bölgesi bileşik içeren (MIL-C–25769) sıvı bir çözelti ile temizlenmelidir. Temizleyici köpükler, 10 dakika kadar bekletildikten sonra suyla durulanmalıdır. Uçak temizliğinde boya kabarması, tabakalaşması gibi korozyon belirtilerini tespit edip bunlara müdahale etmek oldukça önemlidir (Görsel 2.28).



Görsel 2.28: Uçak yıkama uygulamaları

2.3.2. Korozyon Önleme (Yüzey Kaplama İşlemi)

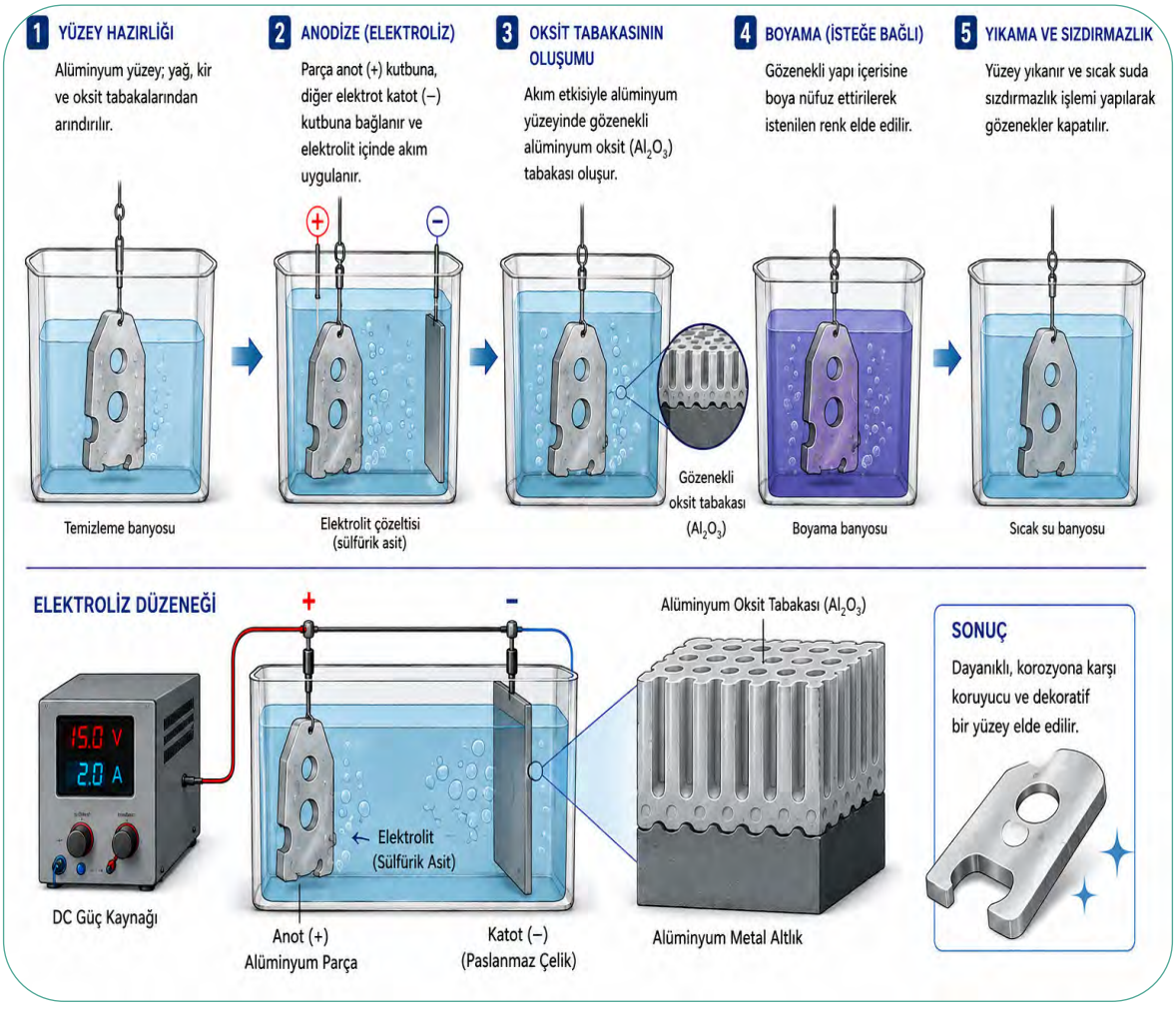
Çevresel etmenlerden etkilenebilecek uçak parçalarını korozyondan korumak için kaplama ve / veya boyama ile korozyon önleyici tedbir alınır. Uçağın iç bölgesindeki parçalar için periyodik bakım yeterlidir.

Korozyonu önlemek amacıyla metal yüzeyler çeşitli koruyucu işlemlerden geçirilir. Bu işlemler arasında metal kaplama yöntemleri (örneğin galvanizleme), yüzeyde koruyucu oksit tabakası oluşturan anodine ve alodine uygulamaları ile yüzeyin dış etkenlere karşı izole edilmesini sağlayan astarlama ve boyama işlemleri yer alır. Ayrıca, korozyon önleyici sıvılar kullanılarak yüzeyde koruyucu bir film tabakası oluşturulabilir. Özellikle çinko-kromat astarlar, metal yüzeyi hem kimyasal hem de fiziksel olarak koruyarak korozyon oluşumunu önemli ölçüde azaltır.

Alclad: Alüminyum alaşımlı yüzeyleri kaplamak için kullanılır. Saf alüminyumdan oluşan oksitler, yüzeyi korozyona karşı daha korunaklı hâle getirir. Alclad kaplama kusursuz olmalıdır çünkü en ufak bir çizik bile korozyona neden olabilir.

Anodize (Anodizing) İşlemi: Metal yüzeyi, korozyona dayanıklı anodik oksit kaplamaya dönüştüren elektrokimyasal bir işlemdir.

Anodize edilecek malzeme ile katot, 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. Böylece anot yüzeyinde metal oksit film meydana gelir (Görsel 2.29).



Görsel 2.29: Anodize uygulaması

Alodine (Alodining) İşlemi: Tüm alüminyum alaşımlar için korozyon direncini artırmak ve boya yapıştırma niteliklerini geliştirmek için uygulanan basit bir kimyasal işlemdir. İşlemden önce parça temizliği yapılır ve alodine işleminden sonra da oksijen giderici banyo yaptırılarak parçanın korozyon direnci artırılır.

2.3.3. Boyama

Korozyonla mücadelede boyama işlemi, yüzey koruma süreçlerinin son ve en önemli aşamalarından biridir. Bu işlemden önce yüzey hazırlığı eksiksiz şekilde tamamlanmalıdır. Özellikle alodine (kimyasal dönüşüm kaplama) işlemi uygulanmış yüzeyler, boyanın yüzeye daha iyi tutunmasını ve uzun süreli koruma sağlamasını mümkün kılar.

Alodine işleminin ardından yüzey, ilgili bakım talimatlarına uygun olarak astarlanır (Görsel 2.30). Astar uygulaması, metal ile boya arasında bağlayıcı bir katman oluşturarak hem yapışmayı artırır hem de korozyona karşı ek bir koruma sağlar. Kullanılan astarlar, genellikle korozyon önleyici özellik taşıyan (örneğin çinko-kromat içerikli) özel havacılık astarlarıdır.



Görsel 2.30: Uçak astarlama uygulaması

Parçalar montaj öncesi ve sonrası süreçlerde gerekli durumlarda korozyon önleyici sıvılar ile korunur. Bu sıvılar, yüzeydeki mikroskobik boşluklara ve çatlaklara nüfuz ederek nem ve suyu yüzeyden uzaklaştırır, böylece korozyon oluşumunu geciktiren koruyucu bir film tabakası oluşturur.

Son aşamada, üretici firma talimatları ve havacılık standartları dikkate alınarak boya uygulaması gerçekleştirilir (Görsel 2.31). Uçak boyaları yalnızca estetik amaçlı değil aynı zamanda çevresel etkiler (nem, sıcaklık değişimi, UV ışınları vb.) karşısında yüzeyi korumak amacıyla kullanılır.



Görsel 2.31: Uçak boyama uygulaması

Uçaklardaki boya kaplamaları periyodik bakım ve muayenelerde düzenli olarak kontrol edilir. Hasar görmüş veya ömrünü tamamlamış boyalar yüzeyden tamamen temizlenir. Ardından, yüzeyde korozyon kontrolü yapılarak gerekli işlemler uygulanır ve parça yeniden boyanır.

2.3.4. Sızdırmazlık Sağlama

Korozyona yol açacak sıvıların uçağın iç ve giriş bölgelerine geçişini engellemek için bağlantı parçalarının diplerine korozyon engelleyici sızdırmazlık elemanı (keçe, conta, macun vb.) kullanılmalıdır (Görsel 2.32).



Görsel 2.32: Sızdırmazlık elemanları

2.3.5. Eğitim

Uçaklarda korozyonla mücadele çok büyük öneme sahiptir. Periyodik kontrollerde önceki bilgilerin güncellenerek uygulanması gereklidir. Bakım personelinin üretici firma dokümanları, bakım el kitapları ve güncel havacılık standartları doğrultusunda periyodik olarak bilgi güncellemesi yapması, hatalı uygulamaların önüne geçilmesi açısından önemlidir. Özellikle yeni korozyon önleme yöntemleri, kaplama teknolojileri ve kullanılan kimyasallar hakkında verilen eğitimler, uçuş emniyetinin korunmasına ve hava aracının hizmet ömrünün uzatılmasına katkı sağlar.

SIRA SİZDE

Uçaklarda korozyon oluşumuna neden olabilecek durumlardan bazıları aşağıda verilmiştir. Bu durumlara uygun korozyon riski ve alınacak önlem yöntemlerini belirleyiniz ve tabloyu doldurunuz.

DURUM	KOROZYON RİSKİ	ALINACAK ÖNLEM
Nemli ve yağışlı ortamda çalışan uçak		
Farklı metallerin temas ettiği bağlantılar		
Boyası zarar görmüş yüzeyler		
Tuzlu (deniz kenarı) ortamda bulunan uçak		
Kir, yağ ve kimyasal kalıntı bulunan yüzeyler		

8. UYGULAMA

Adı :	Anodize İşlemi Yapma
Amaç:	Alüminyum levha üzerindeki korozyonu temizlemek ve korozyon tekrarını önlemek için anodize işlemi ile korozyona karşı koruyucu işlemleri yapmak
Süre:	2 ders saati

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 vb. koruyucu ekipman kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı vb. tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

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

DEĞERLENDİRME

Çalışmanız öğretmeniniz tarafından ortak derecelendrime formu ile değerlendirilecektir. Karekodu kullanarak ortak derecelendirme formuna ulaşabilirsiniz.

Dijital yayınlarda karekodun üstüne tıklayarak içeriğe ulaşabilirsiniz.

9. UYGULAMA

Adı :	Uçak Yıkama
Amaç:	Korozyonu önlemek için uçağı yıkamak
Süre :	2 ders saati

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 vb. koruyucu ekipman kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı vb. tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Sınıfta çalışma grupları oluşturunuz.
- Yıkama tulumlarını giyiniz.
- Uçağın zarar görecek kısımlarını koruma altına alınız.
- Öğretmeninizin rehberliğinde, atölyenizdeki uçak ve uçak gövde yapısını oluşturan komponentleri bakım talimatına uygun olarak yıkayınız.

DEĞERLENDİRME

Çalışmanız öğretmeniniz tarafından ortak derecelendrime formu ile değerlendirilecektir. Karekodu kullanarak ortak derecelendirme formuna ulaşabilirsiniz.

Dijital yayınlarda karekodun üstüne tıklayarak içeriğe ulaşabilirsiniz.

10. UYGULAMA

Adı :	Alodine Kaplama İşlemi
Amaç:	Uçaklarda korozyonu önleyici tedbirlerden alodine işlemini uygulamak
Süre:	2 ders saati

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 vb. koruyucu ekipmanlar kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı vb. tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Kullandığınız parçayı kir, yağ ve korozyondan tamamen arındırınız.
- Kaplama sıvısını hazırlayınız.
- Öğretmeniniz rehberliğinde, alüminyum parçaya alodine işlemi uygulayınız.
- Uygulama sonrasında yüzey rengini kontrol edip uygulamanın başarılı biçimde gerçekleşip gerçekleşmeme durumunu öğretmeninize doğrulatınız.

DEĞERLENDİRME

Çalışmanız öğretmeniniz tarafından ortak derecelendirme formu ile değerlendirilecektir. Karekodu kullanarak ortak derecelendirme formuna ulaşabilirsiniz.

Dijital yayınlarda karekodun üstüne tıklayarak içeriğe ulaşabilirsiniz.

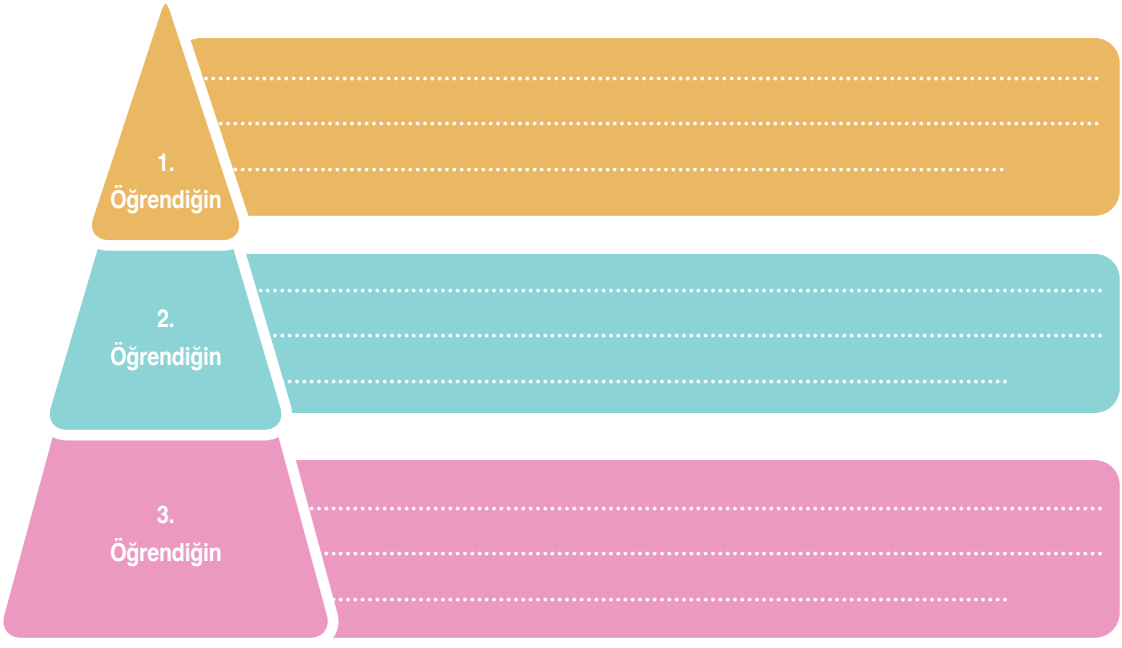
ÖZ DEĞERLENDİRME

Bu uygulamada kendinizi değerlendirmeniz için öz değerlendirme formu hazırlanmıştır. Öz değerlendirme formuna ulaşmak için karekodu okutabilirsiniz.

Dijital yayınlarda karekodun üstüne tıklayarak içeriğe ulaşabilirsiniz.

SIRA SİZDE

Korozyon öğrenme biriminde öğrendiğiniz üç bilgiyi üçgenin, bu öğrenme biriminde ilk defa karşılaştığınız dört temel kavramı karenin, aklınıza takılan bir soruyu çemberin içine yazınız.



1. Kavram .....

2. Kavram .....

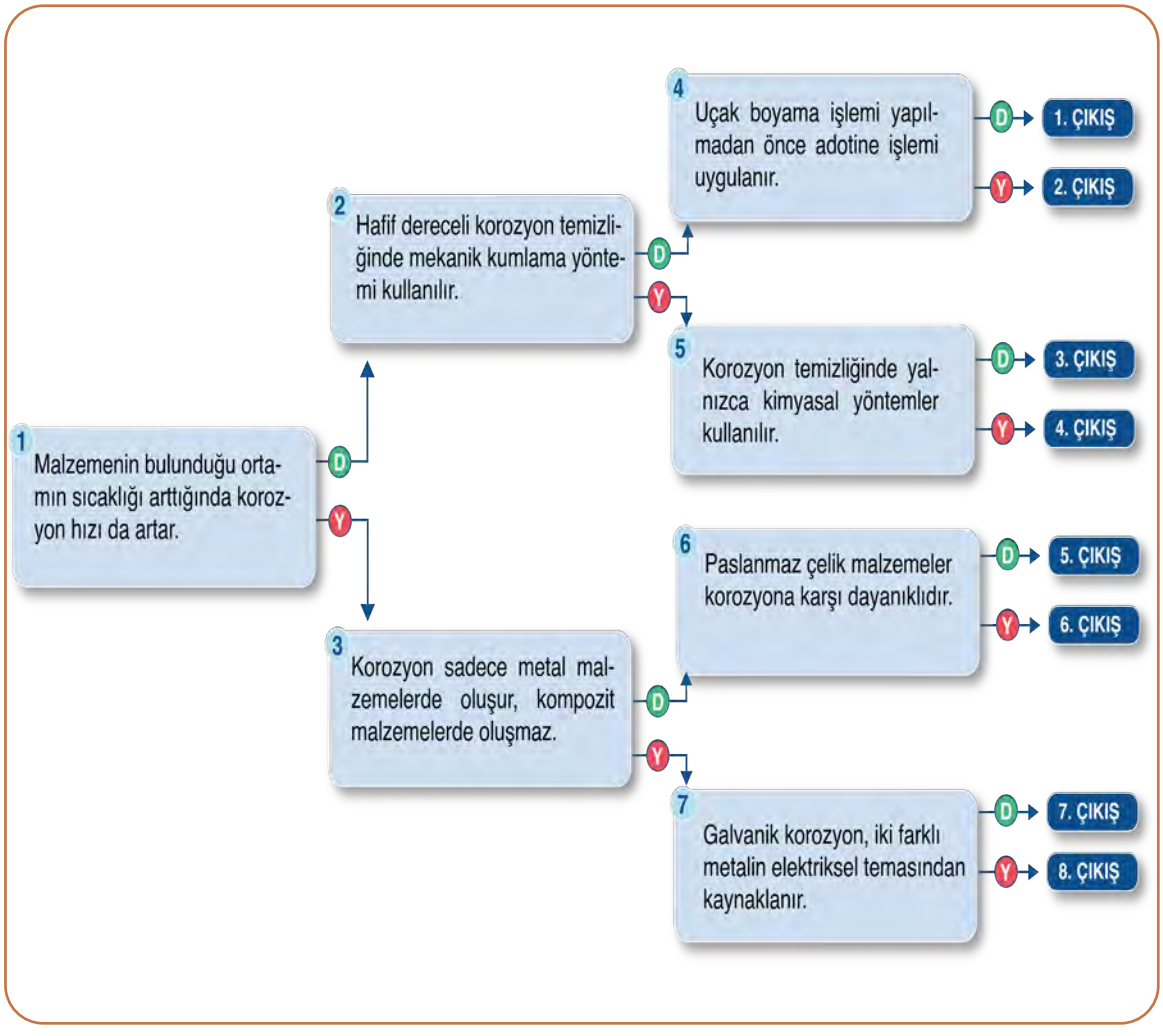
3. Kavram .....

4. Kavram .....

Aklıma Takılan Soru .....

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A) Aşağıda (D) / (Y) önermeleri içeren tanılayıcı dallanmış ağaç verilmiştir. Verilen önermenin doğru olduğunu düşünüyorsanız (D), yanlış olduğunu düşünüyorsanız (Y) seçeneğini işaretlemeniz gerekmektedir. İlk önermeden başlayarak yapacağınız seçimlerle ve oklar yönünde ilerleyerek çıkış noktasını bulunuz.



ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

B) Aşağıdaki soruların doğru cevabını işaretleyiniz.

1. Gümüşün kararması, aşağıdaki korozyon çeşitlerinden hangisine örnektir?

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

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

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

3. Aşağıdakilerden hangisi uçak gövde yapısında oluşabilecek korozyona eğilimli bölgeler arasında değildir?

A) Kokpit gösterge paneli
B) Egzoz gaz yolları
C) İniş takımları ve iniş takım yuvaları
D) Uçuş kumanda yüzey bağlantı noktaları
E) Kaynak alanları ve çevresi

4. Aşağıdakilerden hangisi uçak sistemlerinde oluşabilecek korozyona eğilimli bölgeler arasında değildir?

A) Flap / slat kanal 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

5. Aşağıdaki uygulamalardan hangisi elektrokimyasal bir işlemdir?

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

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

C) Aşağıdaki soruları doğru şekilde cevaplayınız.

1. Metal yüzeyi üzerinde 0,01 inç derinliğe kadar pul pul kalkma, hasar tespitinin yapıldığı korozyonun derecesi nedir?

.....

2. Metal yüzeyini korozyona karşı daha korunaklı hâle getiren uygulamalar nelerdir?

.....

Ç) Aşağıdaki soruları, verilen senaryoya göre cevaplandırınız.

Uçak bakım teknisyeni olarak büyük bir yolcu uçağının periyodik bakımını yaptığınızı düşününüz. Uçak kanadının altındaki yakıt tankı kapağının çevresinde hafif korozyon lekelerini fark ediyorsunuz. Aynı bölgede perçin bağlantıları ve metal birleşim noktalarında da korozyon oluşma riski bulunmaktadır.

1. Uçuş güvenliğini sağlamak ve parçanın ömrünü uzatmak için ne yaparsınız?

.....

2. Bu korozyon lekelerini temizlemek için hangi yöntemi tercih edersiniz? Nedenini açıklayınız.

.....

3. Temizlik işlemi sırasında malzeme hassasiyeti, iş güvenliği ve çevreye etkiler açısından nelere dikkat edilmelidir?

.....

4. Temizlik işlemi tamamlandıktan sonra hangi koruyucu uygulamaları yaparsınız? Bu uygulamaların amacını açıklayınız.

.....

5. Korozyonu zamanında temizlemezseniz uçağın uçuş güvenliğinde ne tür olumsuzluklar yaşanabilir?

.....

3. ÖĞRENME BİRİMİ



SÖKÜLEBİLİR BAĞLANTILAR

Öğrenme Birimi Karekodu

KONULAR

3.1. HASSAS ÖLÇÜ ALETLERİNİ KULLANARAK ÖLÇÜM YAPILMASI

3.2. UÇAK VİDALARINDA DİŞ ÖLÇÜMÜ

3.3. CIVATA, SOMUN, SAPLAMA VE TRİFON VİDALAR

3.4. KİLİTLEME TERTİBATLARI

BEKLENTİLER

Bu öğrenme biriminde sizden

- hassas ölçü aletlerini kullanarak ölçüm yapmanız
- vida dişinin ölçümünü yapmanız
- somun tiplerini ifade etmeniz
- saplamaların takılması ve sökülmesi işlemlerini yapmanız
- kilitleme tertibatlarını sökme işlemini yapmanız

beklenmektedir.

ANAHTAR KAVRAMLAR

- diş tarağı
- emniyet teli
- komparatör
- kontra somun
- kumpas
- kupilya
- mikrometre
- rondela
- verniyer

HAZIRLIK ÇALIŞMASI

Aşağıdaki durumları dikkatlice inceleyiniz. Her durum için yalnızca tahmin yürütünüz ve neden dikkatli bir ölçüm gerektiğini açıklayınız.

DURUMLAR

1. Bir atölyede birbirine çok benzeyen iki metal parça vardır. Dışarıdan bakıldığında aynı görünür ancak biri diğerinden diğerinden biraz incedir.
2. Bir başka durumda, aynı uzunlukta gibi görünen iki çubuk vardır; aralarındaki fark gözle zor seçilir.
3. Bir bağlantı yerinde ise çok küçük bir boşluk vardır ve bu boşluk, parçanın güvenliğini etkileyebilir.
4. Bazı durumlarda da ölçülen şey, uzunluk değil kalınlık ya da çap olabilir.

Durumların tümünü inceleyerek aşağıdaki soruları cevaplayınız.

1. **Bu durumlarda "yaklaşık ölçü" yeterli olur mu yoksa daha dikkatli bir ölçüm mü gerekir? Neden?**

.....
.....
.....

2. **Gözle bakarak karar vermek hangi durumlarda yanıltıcı olabilir?**

.....
.....
.....

3. **Sizce çok küçük bir fark, bir parçanın kullanılmasını değiştirebilir mi? Neden?**

.....
.....
.....

4. **Hangi tür ölçütte küçük hata daha büyük sorun doğurur?**

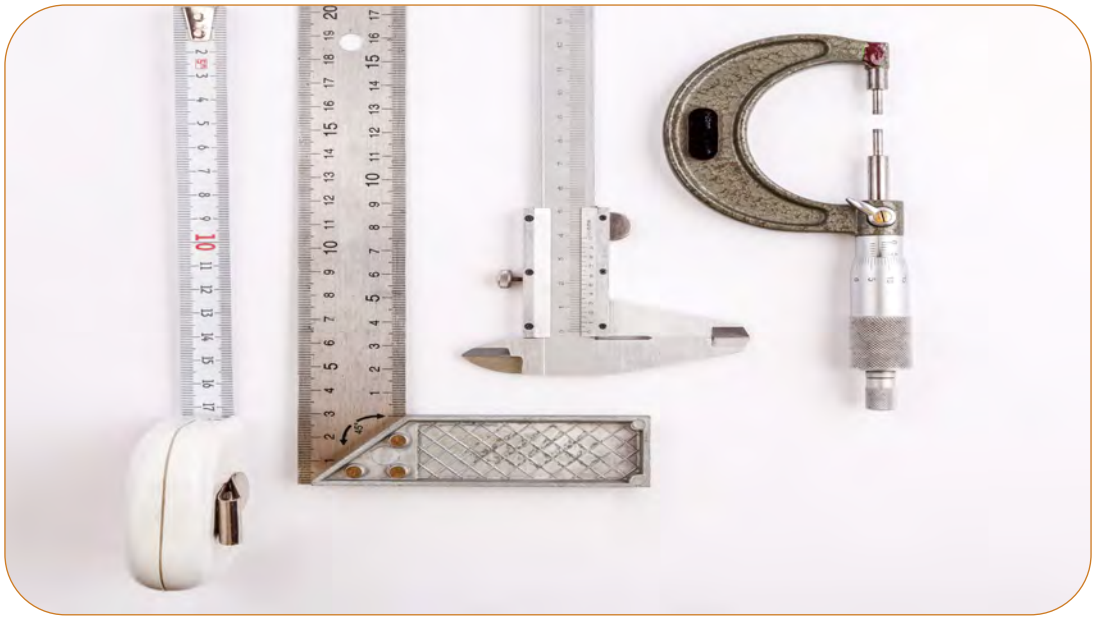
.....
.....
.....

5. **Bir parça için "uydu veya uymadı" kararını vermeden önce neye dikkat etmek gerekir?**

.....
.....
.....

3.1. HASSAS ÖLÇÜ ALETLERİNİ KULLANARAK ÖLÇÜM YAPILMASI

İmalat sanayisinde üretilen her bir ürünün istenilen boyutsal standartlarda üretilip üretilmediğini kontrol etmek için kalite kontrol teknisyenleri ve mühendisleri tarafından ölçü kontrolü yapılır. Havacılık sanayisinde ise uçak bakım teknisyenleri; bakım-onarım, hasar tespiti gibi hususlarda ölçü kontrolden faydalanır. Tüm kontroller, işlem yapılan uçağa ait AMM ve SRM standartlarına göre yapılır (Görsel 3.1).



Görsel 3.1: Ölçü kontrol aletleri

Ölçü kontrollerine başlanmadan önce mutlaka ölçü aletlerinin düzgün çalışıp çalışmadığı mastarla kontrol edilmelidir. Ölçüm sonucunu, hassas ölçü aletleri ve ölçülen parçanın ısısının etkileyebileceği unutulmamalıdır.

Dünya genelinde uzunluk ölçü birimi olarak **''metrik''** ve **''whitworth''** ölçü sistemleri kullanılır. Metrik sistemde **''milimetre''** üzerinden whitworth sisteminde ise **''inç''** üzerinden ölçü kontrolü yapılır. Aşağıda bazı uzunluk birimlerinin çevrimleri gösterilmiştir.

1 mm = 1000 μ (mikron)

1 m = 100 cm = 1000 mm

1'' (inç) = 25,4 mm

1 yard = 92 cm

1 kara mili = 1,609344 km

1 deniz mili = 1,852 km
(Denizcilik ve havacılıkta kullanılır.)

3.1.1. Ölçü Aletleri

Ölçü aletleri; parçanın uzunluk, çap, derinlik, açı veya hassas tolerans değerlerini doğru şekilde belirlemek amacıyla kullanılan kontrol ve ölçüm ekipmanlarıdır. Özellikle havacılık sektöründe parçaların güvenli ve standartlara uygun üretilebilmesi için hassas ölçü aletleri büyük önem taşır. Bu aletler sayesinde en küçük ölçü farkları dahi tespit edilerek bakım, onarım ve montaj işlemleri güvenilir şekilde gerçekleştirilir.

Ölçü kontrol için kullanılan ölçü aletleri şunlardır:

- Çelik cetvel
- Gönye
- Kumpas
- Mikrometre
- Komparatör

Çelik Cetvel: Hem kaba ölçüm hem de markalama için kullanılır. Çelik cetvelin bir kenarında metrik bölüntü diğer kenarında ise parmak (inç) bölüntü olmasıyla her iki ölçü sistemiyle de okuma yapılabilir. ‘’0’’ noktası ölçülecek bölgenin başlangıç yeri olarak belirlenir ve ölçü çizgisine dik gelecek şekilde okuma yapılır (Görsel 3.2).



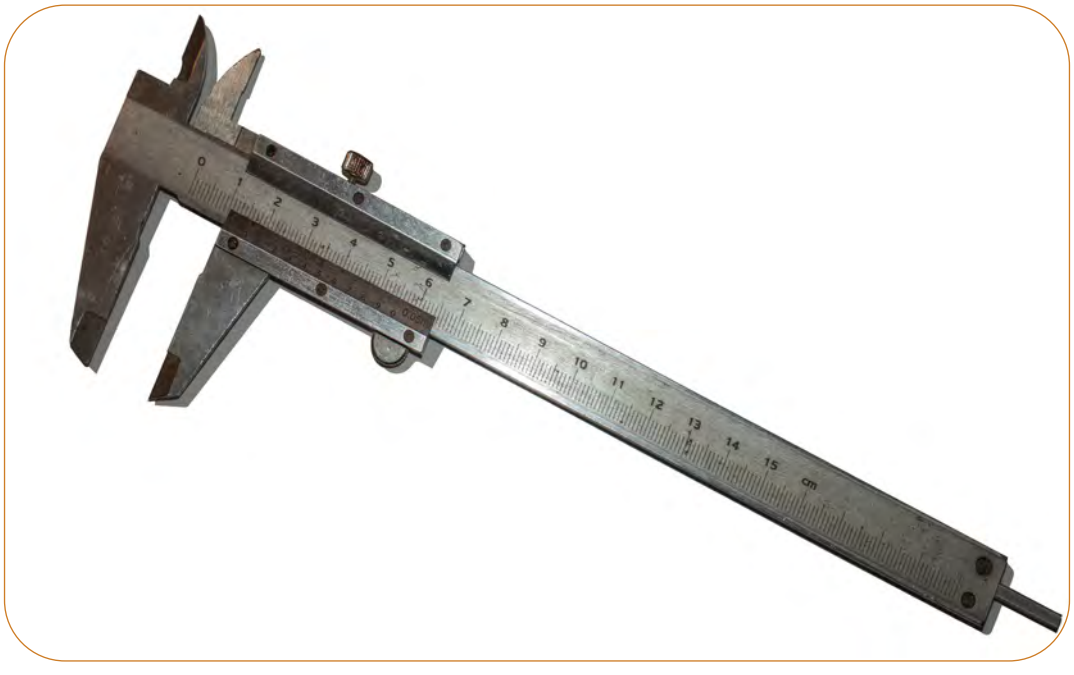
Görsel 3.2: Çelik cetvel

Gönye: Bir parçanın yataylık, dikeylik, eğim ve yüzey düzgünlüğünü kontrol etmeye yarar. Sabit açılı gönye ve üniversal gönye olarak iki tip gönye vardır. Sabit açılı gönyeler 30°, 45°, 60°, 90°, 120° açılı olarak üniversal gönye ise hareketli mafsala sahip olduğundan istenilen açı ölçüsünde kullanılır (Görsel 3.3).



Görsel 3.3: 90° derecelik gönye

Kumpaslar: Parçaların iç çap, dış çap ve derinlik ölçülerini belirli hassasiyetlerde ölçülmesini sağlar (Görsel 3.4).

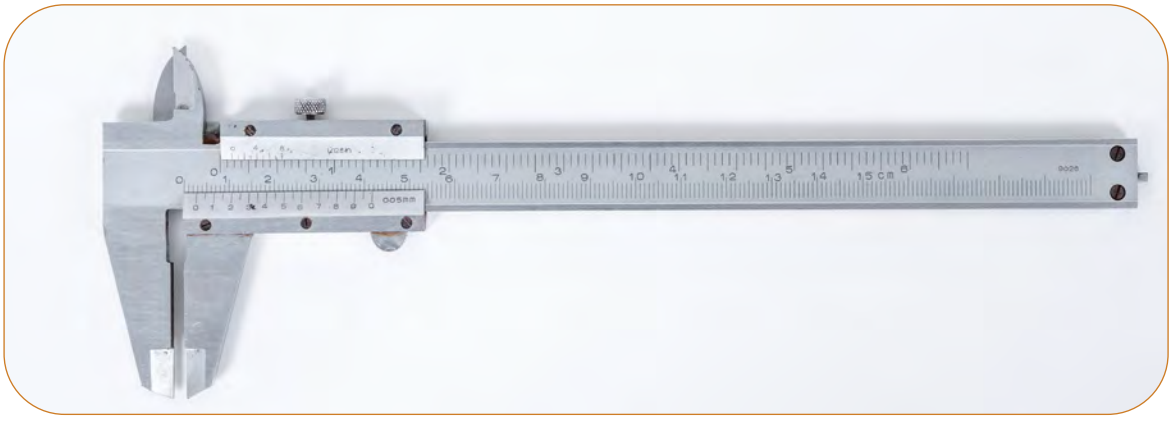


Görsel 3.4: Kumpas

Kumpasla yapılan ölçümlerde %100 doğru sonuç elde edilemeyebilir. Okumayı etkileyecek bazı unsurlar vardır. Kumpasla doğru ölçüm yapabilmek için dikkat edilmesi gerekenler şunlardır:

- Çeneler çok fazla sıkılmamalıdır.
- İç ya da dış çap ölçerken çeneler tam oturtulmalıdır.
- Mümkünse kumpas parçanın üzerindeyken ölçü okunmalıdır.
- Kumpas ve ölçülecek parça temiz olmalıdır.

Kullanım olarak amaca uygun kumpaslar üretilmiştir. En çok kullanılan kumpas çeşitleri verniyerli kumpas, saatli kumpas, dijital kumpas ve derinlik kumpasıdır (Görsel 3.5).



Görsel 3.5: Verniyerli kumpas

Kumpas okuması, verniyer üzerinden yapılır. Verniyer üzerine yerleştirilen dijital ya da klasik saat aparatı, okumayı kolaylaştırmasının yanı sıra daha hassas ölçüm alınmasını da sağlar (Görsel 3.6).



Görsel 3.6: Saatli kumpas

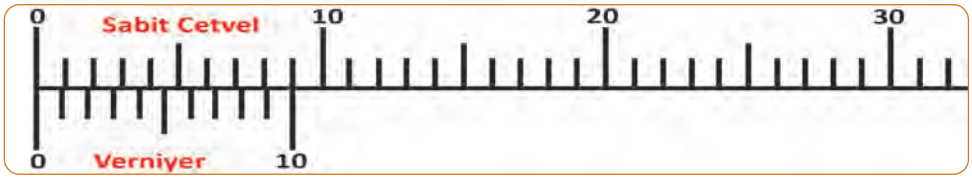
Normal bir verniyerli kumpasta 1/50 mm'ye kadar hassasiyetli ölçüm yapılabilirken dijital kumpasta bu hassasiyet 1/10000 mm'ye kadar düşebilir (Görsel 3.7). Bu tarz yüksek hassasiyetli ölçümlerde dijital ya da saatli kumpas kullanılması önerilmez. Çünkü kumpastaki çeneler, fazla sıkılırsa çıkabilir ve sonuç yanıltıcı olur. Bu yüzden verniyerli kumpaslar, okuma için en güvenilir yoldur.



Görsel 3.7: Dijital kumpas

Milimetrik ve inç'lik verniyer bölüntülü kumpaslarda ölçü okunmasının birkaç yöntemi vardır. Aşağıda maddeler hâlinde gösterilen yöntem, her iki ölçü birimi için geçerlidir.

I. Kumpasın verniyer kısmının her bir aralığı kumpasın hassasiyet aralığıdır. Okuma yapılırken verniyerdeki aralıkların toplamı, cetvel kısmının her bir aralığına eşit olarak kabul edilir (Görsel 3.8 ve Görsel 3.9).

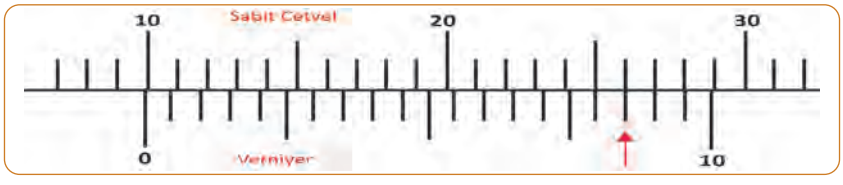


Görsel 3.8: mm'lik kumpas



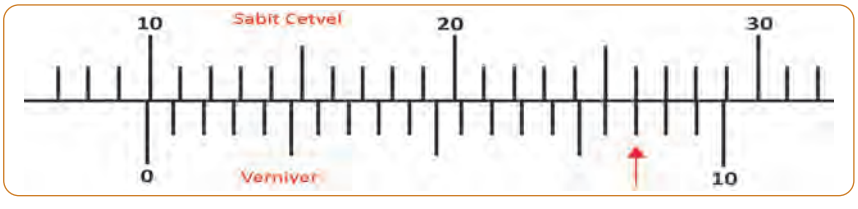
Görsel 3.9: inç'lik kumpas

II. Verniyer üzerindeki ''0'' noktası ibre olarak kabul edilirse ibre, ana cetvelde hangi bölüntüya da çizgi üzerinde duruyorsa aranan ölçü odur (Görsel 3.10).



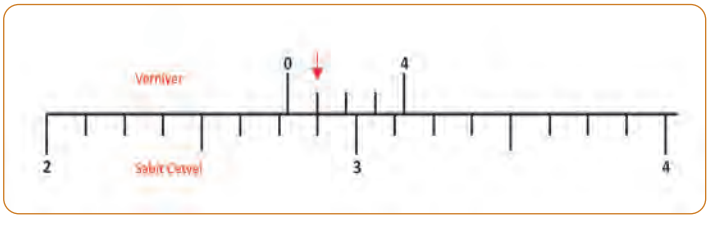
Görsel 3.10: mm'lik kumpasta ölçü okuma

III. ''0'' ibresi bir çizgi üzerinde değil de bir aralık üzerini gösteriyorsa aranan ölçü o aralıkta olduğundan hassasiyetli ölçüm için ilk toplama işlemi gerçekleştirilir. Toplama işlemine hangi iki değer arasından küçük olan değer dâhil edilir (Görsel 3.11 ve Görsel 3.12).



Görsel 3.11: 1/20 mm'lik kumpasta ölçü okuma

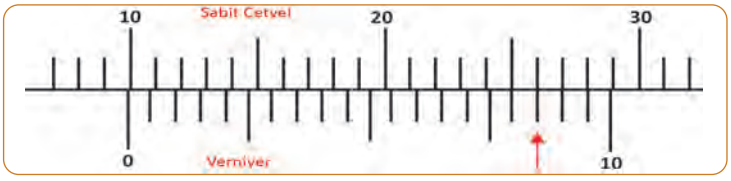
* Verniyerdeki "0" ibresi 9 ile 10 mm arasında bir yeri gösterdiğine göre ilk işlem 9+..... olmalıdır.



Görsel 3.12: 1/32 inç'lik kumpasta ölçü okuma

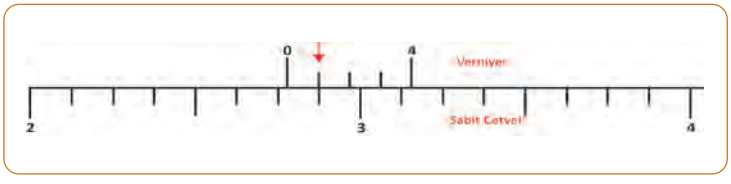
* Inç'lik kumpas mm'lik kumpasa göre daha hassasiyetli olduğu için "0" ibresi bir büyük bir de küçük aralık arasında kalır.
* Büyük aralıkta 2 inç ile 3 inç arasında durduğu için 2+....., küçük aralık ise 6 ve 7. çizgi arasındadır. O zaman ana cetveldeki toplama işlemleri şu şekilde olmalıdır:
* 2 + 6 x Küçük aralık değeri +.....
* 2 + 6 x (1/8) + ...

IV. Ana cetveldeki toplama işlemleri tamamlandıktan sonra son hassasiyet değeri için verniyere bakılır. Verniyer üzerindeki herhangi bir çizgi ile ana cetveldeki herhangi bir çizginin çakıştığı yer, son hassasiyet ölçüsünü gösterir (Görsel 3.13 ve14).



Görsel 3.13: 1/20 mm'lik kumpasta ölçü okuma

* Verniyerdeki 17. çizgi ana cetvel üzerinde çakıştığına göre 9 + 17 x verniyer aralık değeridir.
* Burada 1/20 mm'lik kumpas olduğuna göre verniyer aralık değeri = 1/20 mm'dir.
* Okunacak değer 9 + 17 x (1/20) = **9,85 mm** olur.

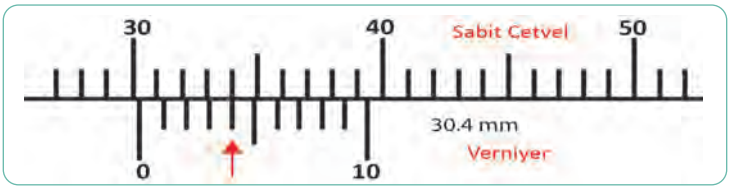


Görsel 3.14: 1/32 inç'lik kumpasta ölçü okuma

* Verniyerdeki 1. çizgi ana cetvel üzerinde çakıştığına göre 2 + (6/8) + 1 x verniyer aralık değeridir.
* Burada 1/32 inçlik kumpas olduğuna göre verniyer aralık değeri = 1/32 inç olur.
* Okunacak değer 2 + 6/8 + 1 x 1/32 = **2 + 25/32** inç olarak bulunur.

NOT

1/10 mm'lik kumpaslarda ölçü hassasiyeti düşük olduğu için toplama işlemi yapılmadan direkt okuma ile ölçüm yapılabilir (Görsel 3.15).

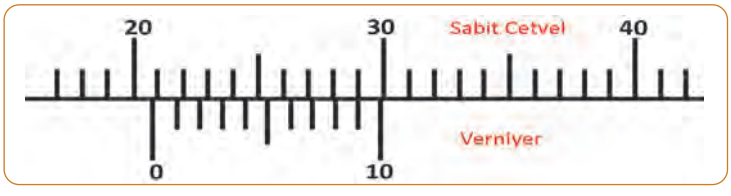


Görsel 3.15: 1/10 mm'lik kumpasta ölçü okuma

a) Milimetrik Kumpaslarda Ölçü Okuma Örnekleri

Aşağıda milimetrik kumpas ölçü okuma örnekleri verilmiştir (Görsel 3.16 ila 25).

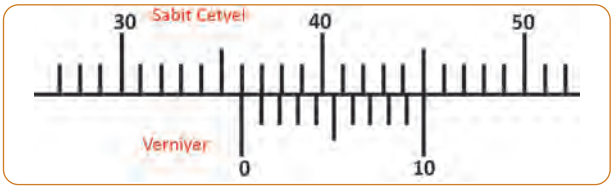
1. Örnek



Görsel 3.16: 1/10 mm'lik kumpasta ölçü okuma

* 1/10 mm'lik kumpas **(Görsel 3.16)**
* **CEVAP-1**

2. Örnek

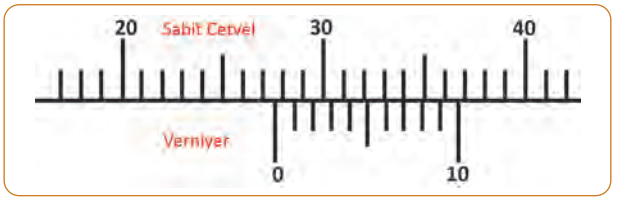


Görsel 3.17: 1/10 mm'lik kumpasta ölçü okuma

* 1/10 mm'lik kumpas **(Görsel 3.17)**
* **CEVAP-2**

.....

3. Örnek

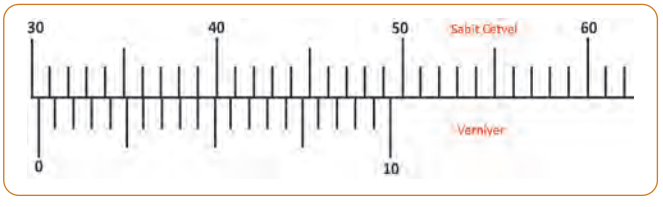


Görsel 3.18: 1/10 mm'lik kumpasta ölçü okuma

* 1/10 mm'lik kumpas **(Görsel 3.18)**
* **CEVAP-3**

.....

4. Örnek

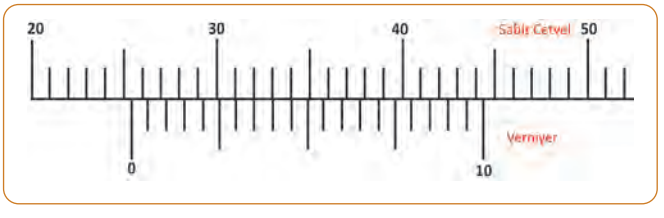


Görsel 3.19: 1/20 mm'lik kumpasta ölçü okuma

* 1/20 mm'lik kumpas **(Görsel 3.19)**
* **CEVAP-4**

.....

5. Örnek

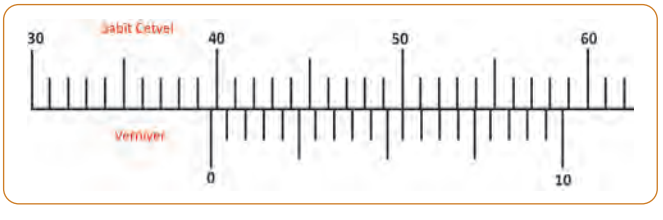


Görsel 3.20: 1/20 mm'lik kumpasta ölçü okuma

* 1/20 mm'lik kumpas **(Görsel 3.20)**
* **CEVAP-5**

.....

6. Örnek

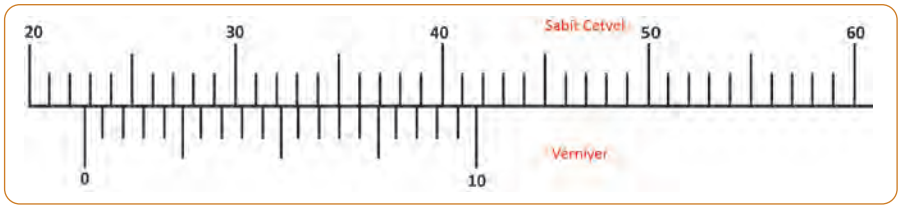


Görsel 3.21: 1/20 mm'lik kumpasta ölçü okuma

* 1/20 mm'lik kumpas **(Görsel 3.21)**
* **CEVAP-6**

.....

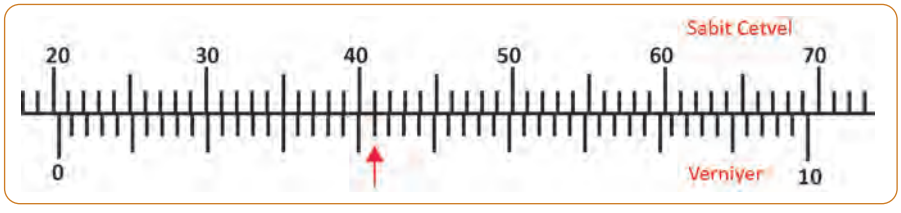
7. Örnek



* 1/20 mm'lik kumpas **(Görsel 3.22)**
* **CEVAP-7**

Görsel 3.22: 1/20 mm'lik kumpasta ölçü okuma

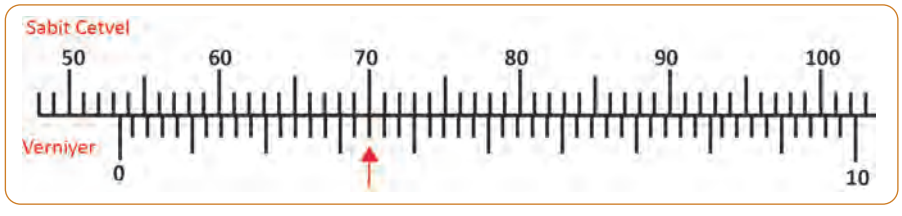
8. Örnek



* 1/50 mm'lik kumpas **(Görsel 3.23)**
* **CEVAP-8**

Görsel 3.23: 1/50 mm'lik kumpasta ölçü okuma

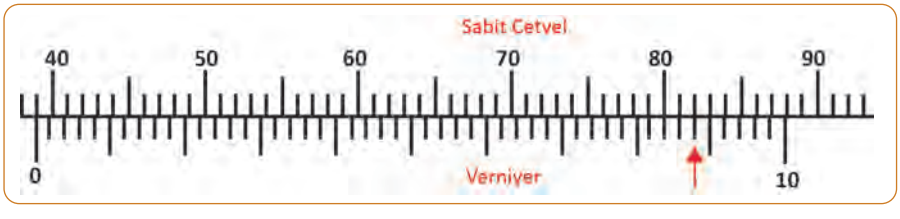
9. Örnek



* 1/50 mm'lik kumpas **(Görsel 3.24)**
* **CEVAP-9**

Görsel 3.24: 1/50 mm'lik kumpasta ölçü okuma

10. Örnek



* 1/50 mm'lik kumpas **(Görsel 3.25)**
* **CEVAP-10**

Görsel 3.25: 1/50 mm'lik kumpasta ölçü okuma

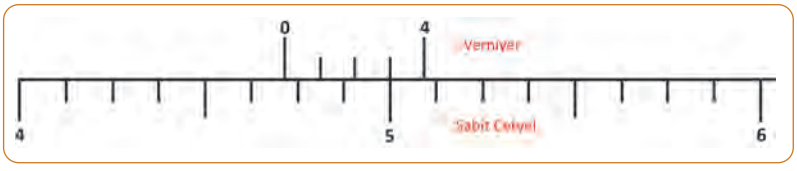
CEVAPLAR

* 1. Örnek: 20,9 mm
* 2. Örnek: 36 mm
* 3. Örnek: 27,7 mm
* 4. Örnek: 30,45 mm
* 5. Örnek: 25,35 mm
* 6. Örnek: 39,55 mm
* 7. Örnek: 22,70 mm
* 8. Örnek: 20,42 mm
* 9. Örnek: 53,34 mm
* 10. Örnek: 38,88 mm

b) Whitworth Kumpaslarda Ölçü Okuma Örnekleri

Aşağıda whitworth kumpas ölçü okuma örnekleri verilmiştir (Görsel 3.26 ila 35).

1. Örnek

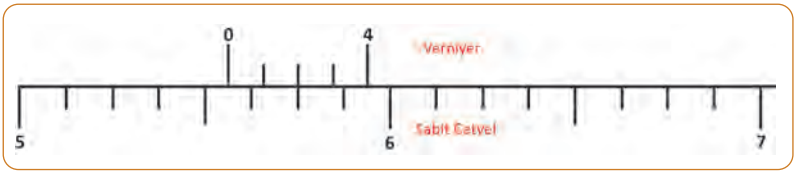


Görsel 3.26: 1/32 inç'lik kumpasta ölçü okuma

* 1/32 inçlik kumpas **(Görsel 3.26)**
* **CEVAP-1**

.....

2. Örnek

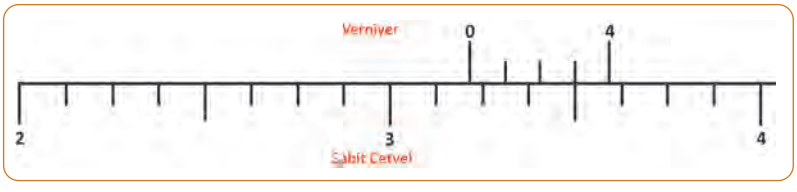


Görsel 3.27: 1/32 inç'lik kumpasta ölçü okuma

* 1/32 inçlik kumpas **(Görsel 3.27)**
* **CEVAP-2**

.....

3. Örnek

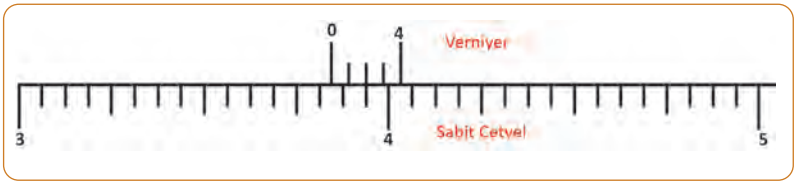


Görsel 3.28: 1/32 inç'lik kumpasta ölçü okuma

* 1/32 inçlik kumpas **(Görsel 3.28)**
* **CEVAP-3**

.....

4. Örnek

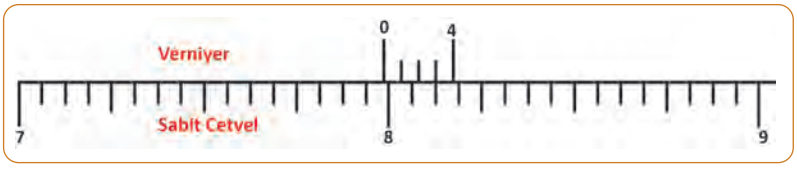


Görsel 3.29: 1/64 inç'lik kumpasta ölçü okuma

* 1/64 inçlik kumpas **(Görsel 3.29)**
* **CEVAP-4**

.....

5. Örnek

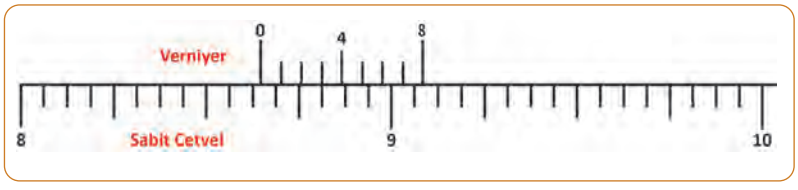


Görsel 3.30: 1/64 inç'lik kumpasta ölçü okuma

* 1/64 inçlik kumpas **(Görsel 3.30)**
* **CEVAP-5**

.....

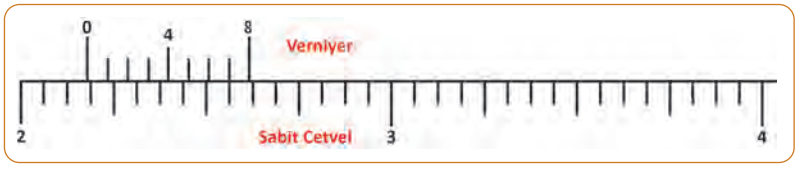
6. Örnek



Görsel 3.31: 1/128 inç'lik kumpasta ölçü okuma

* 1/128 inçlik kumpas **(Görsel 3.31)**
* **CEVAP-6**

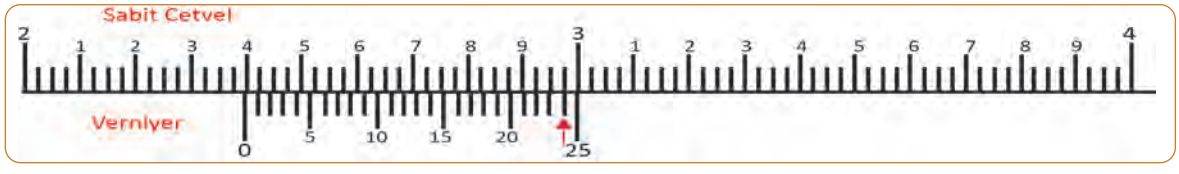
7. Örnek



Görsel 3.32: 1/128 inç'lik kumpasta ölçü okuma

* 1/128 inçlik kumpas
* **(Görsel 3.32)**
* **CEVAP-7**

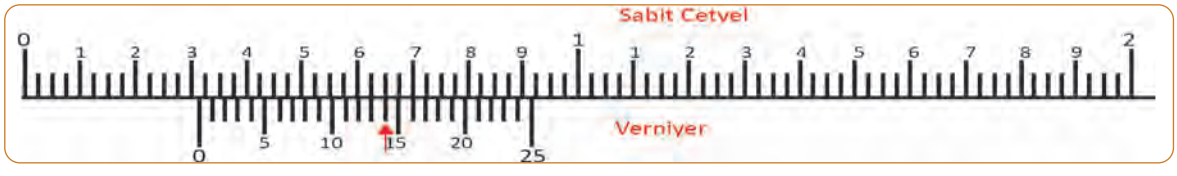
8. Örnek



Görsel 3.33: 1/1000 inç'lik kumpasta ölçü okuma

* 1/1000 inçlik kumpas **(Görsel 3.33)**
* **CEVAP-8**

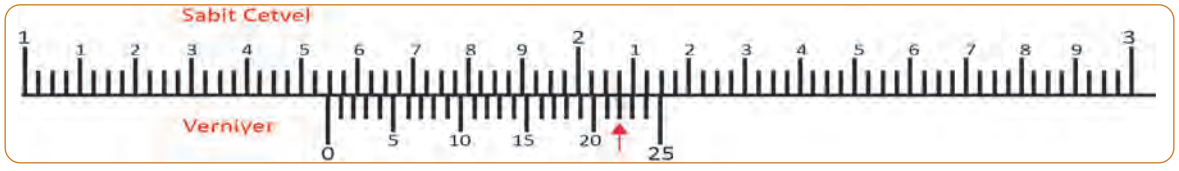
9. Örnek



Görsel 3.34: 1/1000 inç'lik kumpasta ölçü okuma

* 1/1000 inçlik kumpas **(Görsel 3.34)**
* **CEVAP-9**

10. Örnek



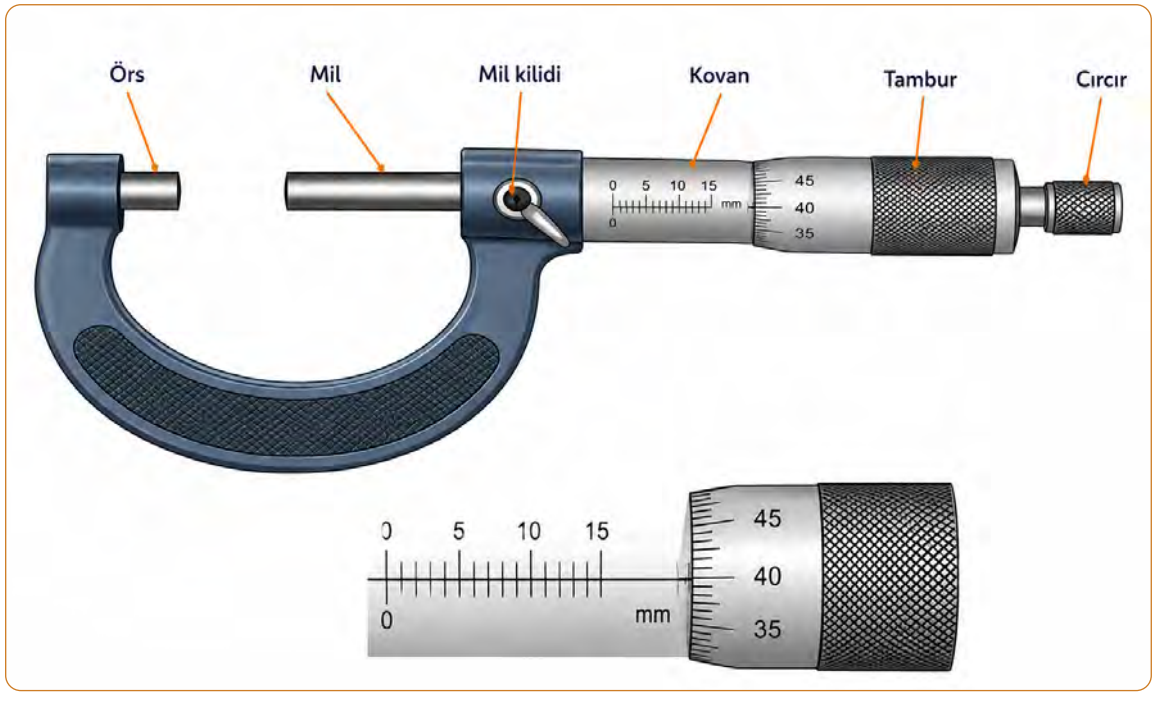
Görsel 3.35: 1/1000 inç'lik kumpasta ölçü okuma

* 1/1000 inçlik kumpas **(Görsel 3.35)**
* **CEVAP-10**

CEVAPLAR

* 1. Örnek: 4+23/32"
* 2. Örnek: 8+18/32"
* 3. Örnek: 3+7/32"
* 4. Örnek: 3+54/64"
* 5. Örnek: 7+63/64"
* 6. Örnek: 8+83/128"
* 7. Örnek: 2+23/128"
* 8. Örnek: 2,399"
* 9. Örnek: 0,314"
* 10. Örnek: 1,547'

Mikrometreler: Kumpasların ölçme hassasiyetlerinin yetersiz kaldığı durumlarda mikrometreler kullanılır. Mikrometrenin gövde kısmı, hangi ölçü aralığında ölçüm yapıldığını tambur kısmı ise hangi hassasiyette ölçüm yapılabildiğini gösterir. Dış çap, iç çap ve derinlik mikrometresi yaygın mikrometre çeşitleridir (Görsel 3.36).



Görsel 3.36: Dış çap mikrometresi elemanları

Ölçü okuma, tüm mikrometre çeşitlerinde tambur üzerinden gerçekleştirilir. Mikrometreler, aynı kumpaslarda olduğu gibi whitworth ve metrik ölçü sistemine göre üretilir. Mikrometre ile ölçüm yapmadan önce mastarla ölçü aletinin doğruluğu kontrol edilir. Ölçü çenesi ve ölçü mili muhakkak temiz olmalıdır.

Mikrometre, ana uzunluk olarak 0-25 mm aralığından 900-1000 mm aralıklarına kadar uzanan ölçüm çeşitliliğine sahiptir. Ölçü hassasiyeti ise 1/1000 mm ve 1/10000 inç arasındadır (Görsel 3.37).



Görsel 3.37: 1/10000 inç'lik kumpasta ölçü okuma

Mikrometre Kullanımı

Ölçüm yapılırken bir el gövde üzerinde diğer el ise tambur üzerinde olup hassas bir şekilde parçaya yerleştirilir. Mikrometrenin doğru bir şekilde yerleştirildiğine emin olunduktan sonra tambur ile ilk ölçü boşluğu alınır. Son hassasiyet boşluğu ise tambur üzerindeki cırcırlı mandal vasıtasıyla alınarak parça okumaya hazır hâle getirilir.

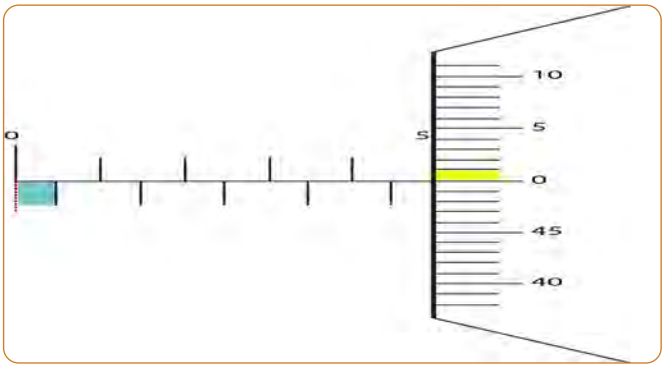
NOT

Burada cırcırlı mandalın kullanılması çok önemlidir. Aksi takdirde tamburla sıkıştırma yapılmaya çalışılırsa parça, bilinçsizce fazla sıkıştırılmış olur. Böylelikle okuma yanlış yapılır.

NOTLAR

» Mikrometrede Ölçü Okuması

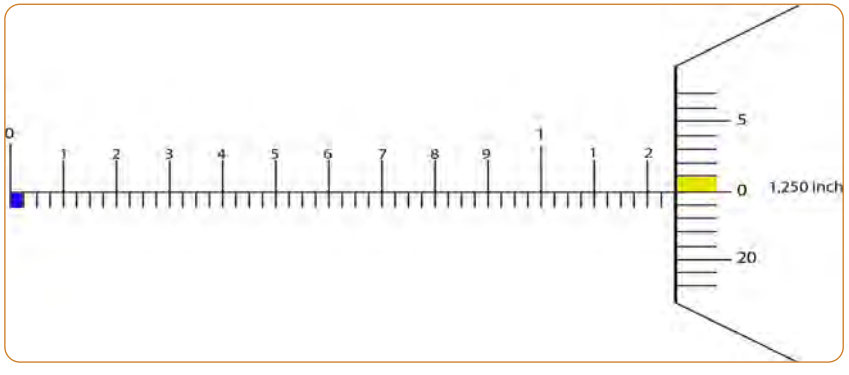
1. Mikrometredeki tambur, kumpastaki verniyerin görevini yapar.
2. Tamburdaki her aralık, mikrometrenin hassasiyet aralığıdır.
3. Tamburdaki her aralığın toplamı ise kovan üzerindeki her bir aralığa eşittir. Böylece tamburun 1 tam turuyla kovan üzerindeki cetvelde 1 aralık boyu ilerleme olur (Görsel 3.38 ve 39).



Görsel 3.38: Metrik mikrometre

* Metrik mikrometre tamburu 50 bölüntüden oluşur **(Görsel 3.38).**
* **Buna göre**

50 x ▮ **=** ▮

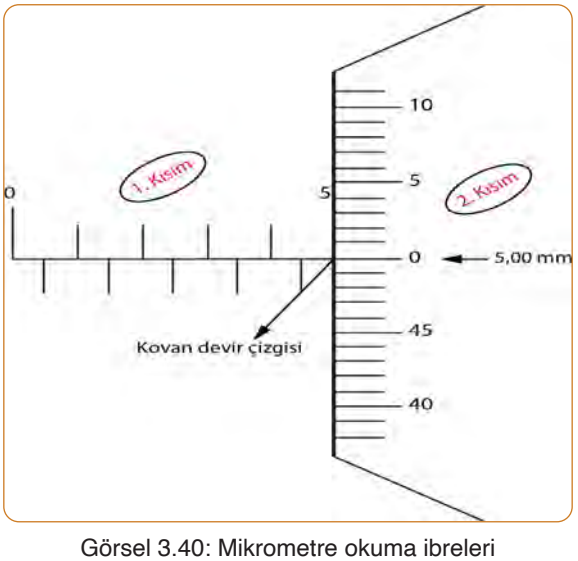


Görsel 3.39: Whitworth mikrometre

* Whitworth mikrometre tamburu 25 bölüntüden oluşur **(Görsel 3.39).**
* **Buna göre**

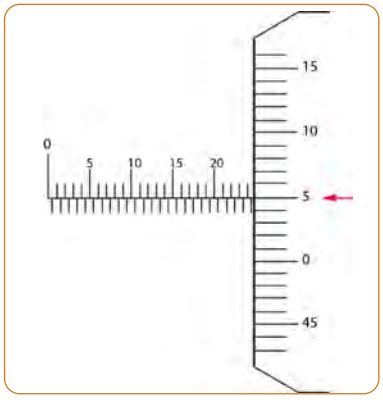
25 x ▮ **=** ▮

4. Mikrometre okunması ise 2 kısımda gerçekleştirilir. 1. kısım için tamburun durduğu dikey çizgiye bakılır. 2. kısım ise kovan devir çizgisi ibre olarak kabul edilir (Görsel 3.40).



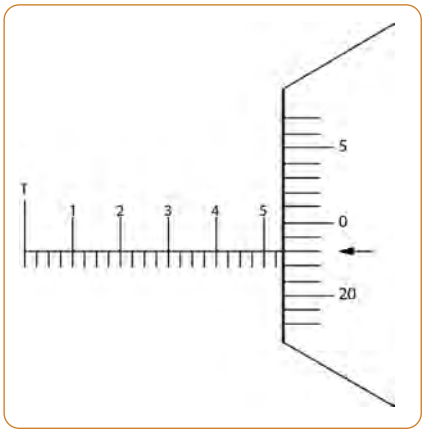
Görsel 3.40: Mikrometre okuma ibreleri

5. Tambur dikey çizgisinin durduğu yere göre 1. kısım değeri yazılır. 2. kısımda ise kovan devir çizgisi tambur üzerindeki çakışan çizgiye göre yazılır. İbre herhangi bir çizgiyi göstermiyorsa küçük olan değer baz alınır (Görsel 3.41 ve 42).



Görsel 3.41: 1/100 mm'lik mikrometre okuma

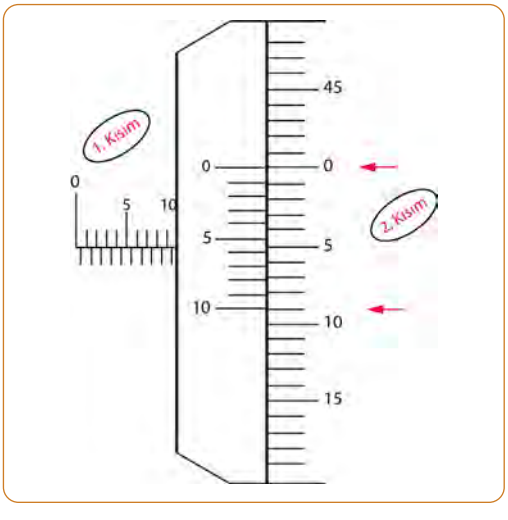
* 1/100 mm'lik mikrometre **(Görsel 3.41)**
* **1. KISIM**
  24,00+0,50=24,50 mm
* **2. KISIM**
  0,05 mm
* **SONUÇ**
  24,50+0,05=**24,55 mm**



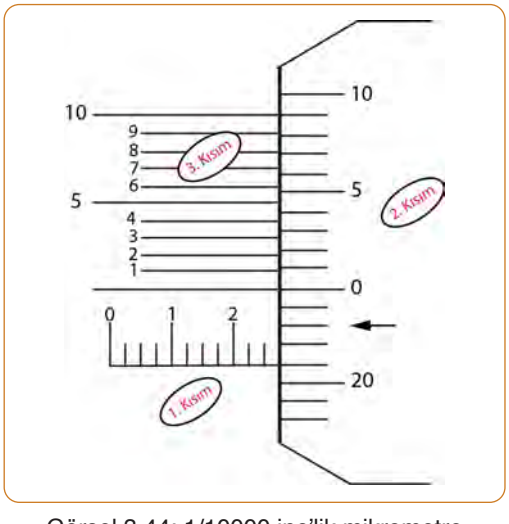
Görsel 3.42: 1/1000 inç'lik mikrometre okuma

* 1/1000 inçlik mikrometre **(Görsel 3.42)**
* **1. KISIM**
  1,000+0,500+0,025=1,525"
* **2. KISIM**
  0,023"
* **SONUÇ**
  1,525+0,023=**1,548"**

6. 1/1000 mm'lik ve 1/10000 inçlik mikrometrelerde hassasiyet bir kat daha fazla arttığı için okuması 3 kısımda yapılır. 3. kısım, tambura yerleştirilmiş sabit cetveldir (Görsel 3.43 ve 44).



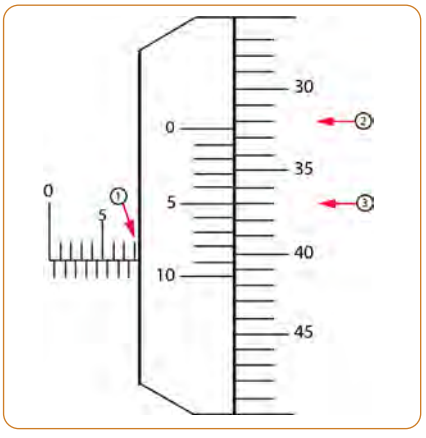
Görsel 3.43: 1/1000 mm'lik mikrometre



Görsel 3.44: 1/10000 inç'lik mikrometre

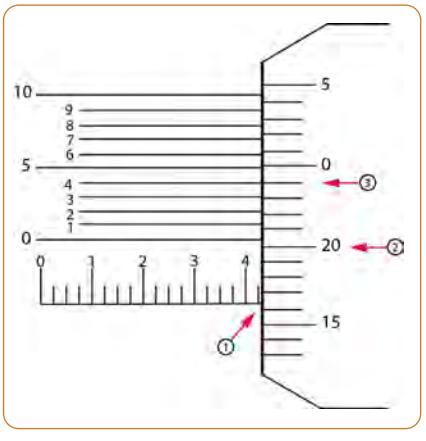
7. 3. kısımdaki cetvelin görevi, kumpastaki verniyerle aynıdır. Dolayısıyla en küçük hassasiyet ölçüsü bu cetvel üzerindedir. Aynı zamanda verniyer görevi gördüğü için ibre 3. kısım cetvelindeki ‘’0’’ noktasıdır.

8. 1. kısım değeri yazıldıktan sonra 2 ve 3. kısım değeri, sabit cetveldeki ‘’0’’ ibresiyle bir nevi kumpas okuması yapılarak yazılır ve alt alta toplanır (Görsel 3.45 ve 46).



* 1/1000 mm’lik mikrometre **(Görsel 3.45)**
* **1. KISIM**
  8,000 mm
* **2. KISIM**
  0,320 mm
* **3. KISIM**
  0,005 mm
* **SONUÇ**
  8,000+0,320+0,005=**8,325 mm**

Görsel 3.45: 1/1000 mm’lik mikrometre okuması



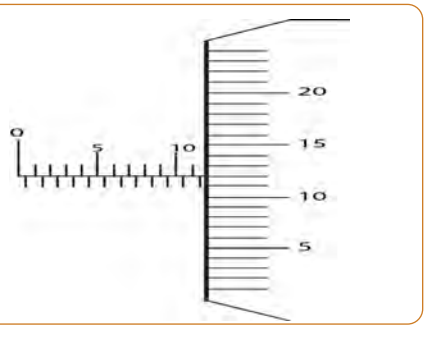
* 1/10000 inçlik mikrometre **(Görsel 3.46)**
* **1. KISIM**
  0,4000+0,0250 = 0,4250”
* **2. KISIM**
  0,0020
* **3. KISIM**
  0,0004
* **SONUÇ**
  0,4250+0,0020+0,0004 = **0,4274”**

Görsel 3.46: 1/10000 mm’lik mikrometre okuması

Mikrometrelerde Ölçü Okuma Örnekleri

Aşağıda milimetrik ve whitworth mikrometre ölçü okuma örnekleri verilmiştir (Görsel 3.47 ila 57).

1. Örnek

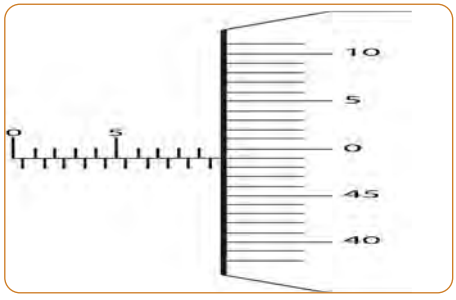


* 1/100 mm’lik mikrometre **(Görsel 3.47)**
* **CEVAP-1**

.....

Görsel 3.47: 1/100 mm’lik mikrometre okuması

2. Örnek

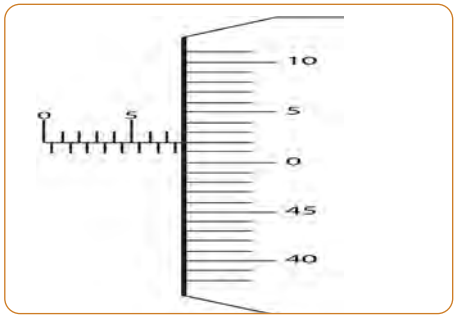


Görsel 3.48: 1/100 mm'lik mikrometre okuması

* 1/100 mm'lik mikrometre **(Görsel 3.48)**
* **CEVAP-2**

.....

3. Örnek

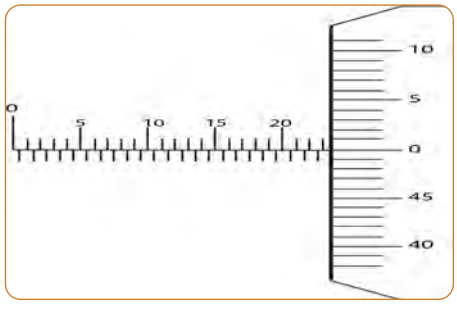


Görsel 3.49: 1/100 mm'lik mikrometre okuması

* 1/100 mm'lik mikrometre **(Görsel 3.49)**
* **CEVAP-3**

.....

4. Örnek

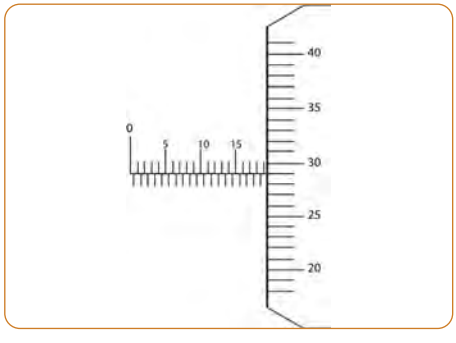


Görsel 3.50: 1/100 mm'lik mikrometre okuması

* 1/100 mm'lik mikrometre **(Görsel 3.50)**
* **CEVAP-4**

.....

5. Örnek

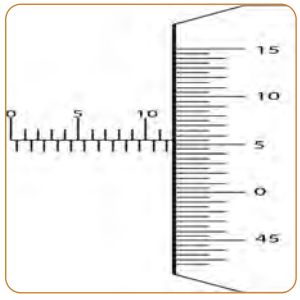


Görsel 3.51: 1/100 mm'lik mikrometre okuması

* 1/100 mm'lik mikrometre **(Görsel 3.51)**
* **CEVAP-5**

.....

6. Örnek

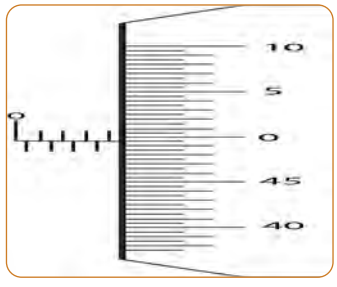


Görsel 3.52: 1/200 mm'lik mikrometre okuması

* 1/200 mm'lik mikrometre **(Görsel 3.52)**
* **CEVAP-6**

.....

7. Örnek

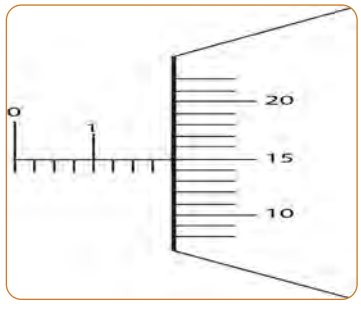


Görsel 3.53: 1/200 mm'lik mikrometre okuması

* 1/200 mm'lik mikrometre **(Görsel 3.53)**
* **CEVAP-7**

.....

8. Örnek

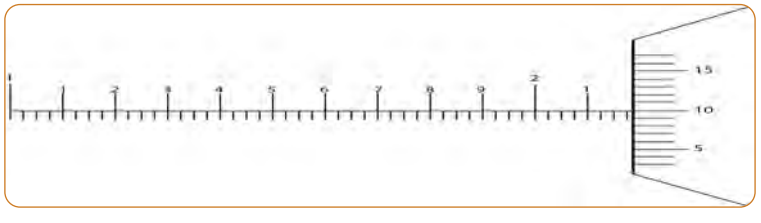


Görsel 3.54: 1/1000 inç'lik mikrometre okuması

* 1/1000 inç'lik mikrometre **(Görsel 3.54)**
* **CEVAP-8**

.....

9. Örnek

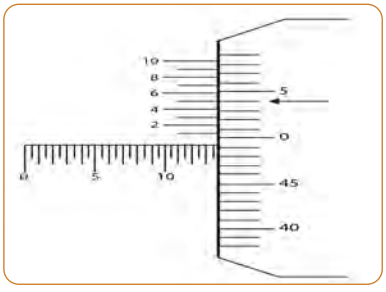


Görsel 3.55: 1/1000 inç'lik mikrometre okuması

* 1/1000 inç'lik mikrometre **(Görsel 3.55)**
* **CEVAP-9**

.....

10. Örnek



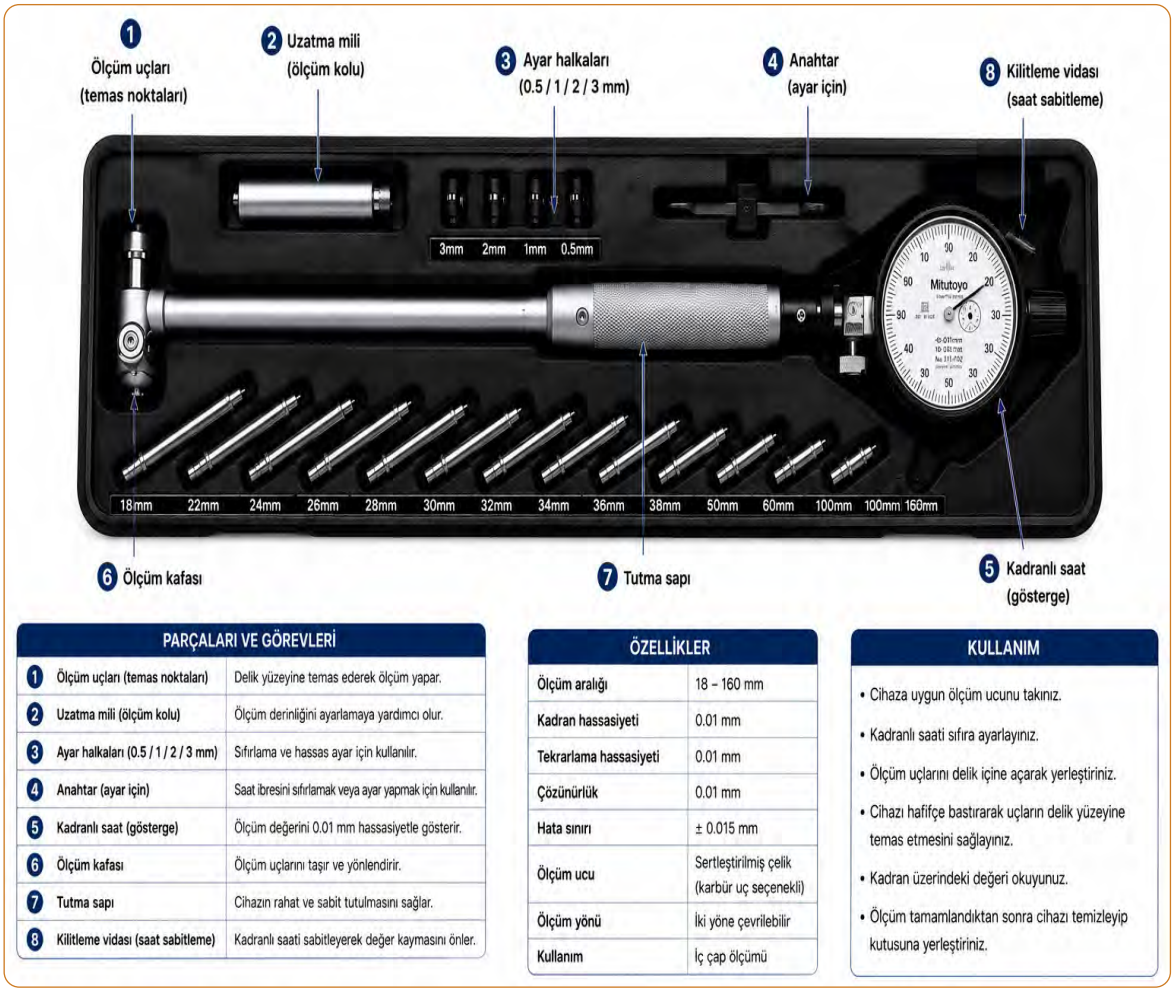
Görsel 3.56: 1/1000 mm'lik mikrometre okuması

* 1/1000 mm'lik mikrometre **(Görsel 3.56)**
* **CEVAP-10**

CEVAPLAR

* 1. Örnek: 11,62 mm
* 2. Örnek: 9,99 mm
* 3. Örnek: 7,52 mm
* 4. Örnek: 23,50 mm
* 5. Örnek: 19,29 mm
* 6. Örnek: 11,555 mm
* 7. Örnek: 4,495 mm
* 8. Örnek: 0,190"
* 9. Örnek: 2,185"
* 10. Örnek: 13,995 mm

Komparatörler: Parçanın iç ya da dış yüzeyindeki ölçüsel farklılıkları, yüzey paralelliklerini ve eksenel kaçıklıklarını tespit eden ölçü aletidir (Görsel 3.57).



PARÇALARI VE GÖREVLERİ	
1 Ölçüm uçları (temas noktaları)	Delik yüzeyine temas ederek ölçüm yapar.
2 Uzatma mili (ölçüm kolu)	Ölçüm derinliğini ayarlamaya yardımcı olur.
3 Ayar halkaları (0.5 / 1 / 2 / 3 mm)	Sıfırlama ve hassas ayar için kullanılır.
4 Anahtar (ayar için)	Saat ibresini sıfırlamak veya ayar yapmak için kullanılır.
5 Kadranlı saat (gösterge)	Ölçüm değerini 0.01 mm hassasiyetle gösterir.
6 Ölçüm kafası	Ölçüm uçlarını taşır ve yönlendirir.
7 Tutma sapı	Cihazın rahat ve sabit tutulmasını sağlar.
8 Kilitleme vidası (saat sabitleme)	Kadranlı saati sabitleyerek değer kaymasını önler.

ÖZELLİKLER	
Ölçüm aralığı	18 – 160 mm
Kadran hassasiyeti	0.01 mm
Tekrarlama hassasiyeti	0.01 mm
Çözünürlük	0.01 mm
Hata sınırı	± 0.015 mm
Ölçüm ucu	Sertleştirilmiş çelik (karbür uç seçenekli)
Ölçüm yönü	İki yöne çevrilebilir
Kullanım	İç çap ölçümü

KULLANIM

- Cihaza uygun ölçüm ucunu takınız.
- Kadranlı saati sıfıra ayarlayınız.
- Ölçüm uçlarını delik içine açarak yerleştiriniz.
- Cihazı hafifçe bastırarak uçların delik yüzeyine temas etmesini sağlayınız.
- Kadran üzerindeki değeri okuyunuz.
- Ölçüm tamamlandıktan sonra cihazı temizleyip kutusuna yerleştiriniz.

Görsel 3.57: Silindir komparatörler

Komparatör ile iç çap ölçümü, iç çap komparatörünün ölçülecek deliğe yerleştirilmesiyle yapılır. Komparatör, delik içinde hafifçe sallanarak ibrenin en küçük değeri gösterdiği nokta bulunur ve elde edilen değer, daha önce ayarlanmış referans ölçüye göre değerlendirilerek iç çap belirlenir (Görsel 3.58).



Görsel 3.58: Komparatör ile iç çap ölçümü

MERAKLISINA

1988 yılında Amerikan Hava Yollarına ait bir şirketin 243. uçuşunda uçağın gövdesinde ani bir yırtılma meydana geldi. Olayın nedeni incelendiğinde yıllar içinde oluşan **çok küçük çatlakların (mikro çatlaklar)** zamanla birleşerek büyüdüğü ortaya çıktı. Bu çatlaklar, ilk oluştuğunda gözle fark edilemeyecek kadar küçüktü. Bu olaydan sonra havacılıkta bakım süreçleri tamamen gözden geçirildi.

- **Hassas ölçüm ve tahribatsız muayene yöntemlerinin** önemi arttı.
- "Gözle kontrol yeterlidir." anlayışı terk edildi.
- Çok küçük boyutlardaki değişimleri bile tespit edebilecek yöntemler standart hâle getirildi.

1. UYGULAMA

Adı:	Kumpasla Ölçüm Yapma
Amaç:	Hassas ölçü aletlerini kullanarak kalite kontrol yapmak
Süre:	2 ders saati

ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

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

UYGULAMA DETAYLARI

- Her öğrenciye farklı ebatlarda üç adet perçin alınız.
- 1/64 inç'lik kumpas ile perçinlerin boyunu ve çapını ölçünüz.
- Ölçülen değerleri ''mm'' cinsine çeviriniz.
- 1/20 mm'lik kumpasla perçinleri tekrar ölçünüz.
- Bulunan ''mm'' değer ile çevrilen ''mm'' değerlerini kıyaslayarak sonucun doğruluğunu tespit ediniz.

DEĞERLENDİRME

Çalışmanız öğretmeniniz tarafından ortak derecelendrime formu ile değerlendirilecektir. Karekodu kullanarak ortak derecelendirme formuna ulaşabilirsiniz.

Dijital yayınlarda karekodun üstüne tıklayarak içeriğe ulaşabilirsiniz.

2. UYGULAMA

Adı:	Mikrometreyle Ölçüm Yapma
Amaç:	Hassas ölçü aletlerini kullanarak kalite kontrol yapmak
Süre:	2 ders saati

ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

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

UYGULAMA DETAYLARI

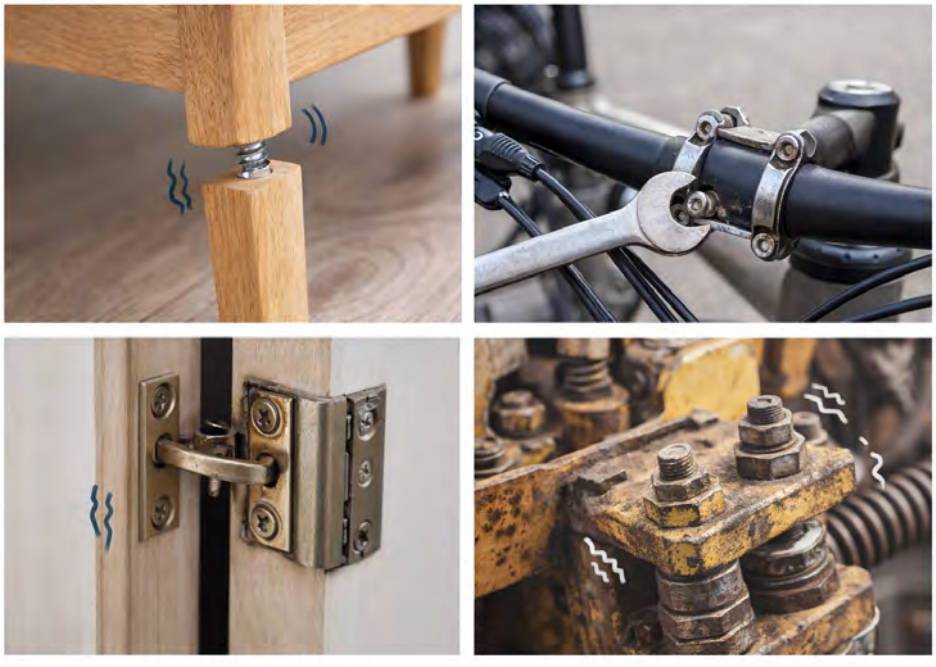
- Her öğrenciye farklı ebatlarda iki adet somun alınız.
- Somunların dış çaplarını 1/100 mm hassasiyetli mikrometreyle ölçümlerini yapınız.
- Çıkan sonuçları arkadaşlarınızla paylaşarak karşılaştırma yapınız.

DEĞERLENDİRME

Çalışmanız öğretmeniniz tarafından ortak derecelendrime formu ile değerlendirilecektir. Karekodu kullanarak ortak derecelendirme formuna ulaşabilirsiniz.

Dijital yayınlarda karekodun üstüne tıklayarak içeriğe ulaşabilirsiniz.

HAZIRLIK ÇALIŞMASI



Yukarıdaki görselleri inceleyiniz ve soruları cevaplayınız.

1. **Görsellerdeki ortak problem nedir?**

.....
.....
.....

2. **Bağlantı elemanlarını etkileyebilecek unsurlar neler olabilir?**

.....
.....
.....

3. **Sizce bu tür bağlantıların daha sağlam olması için ne yapılabilir?**

.....
.....
.....

4. **Bir uçakta bu tür sorunlar yaşandığında ne gibi sonuçlar ortaya çıkardı?**

.....
.....
.....

3.2. UÇAK VİDALARINDA DİŞ ÖLÇÜMÜ

Silindirik veya konik bir milin dış yüzeyinin üzerine açılan eşit helisel kanalların oluşturduğu profile **vida** denir. Uçak vidalarının teknik özelliklerinin belirlenmesinde diş ölçümü önemli bir işlemdir. Yapılan ölçümler sayesinde vidanın standardı doğrulanır ve kullanılacağı bağlantıya uygunluğu değerlendirilir.

3.2.1. Vidanın Yönü

Helisin sarılma yönüne göre sağa doğru yükselen helisler sağ vidayı, sola doğru yükselen helisler ise sol vidayı oluşturur (Görsel 3.59).



Görsel 3.59: Sağ ve sol vida

3.2.2. Vidanın Kısımları ve Çeşitleri

Vidalar, uçak yapılarında ve mekanik sistemlerde parçaların birbirine güvenli şekilde bağlanmasını sağlayan temel bağlantı elemanlarından biridir. Kullanım alanına ve görevine göre farklı yapı ve özelliklerde üretilen vidalar; baş kısmı, gövdesi, diş yapısı ve ölçüleriyle birbirinden ayrılır. Bir vidanın doğru tanınması ve uygun şekilde kullanılması, hem montaj güvenliği hem de bakım işlemlerinin sağlıklı yürütülmesi açısından önem taşır.

3.2.2.1. Vidanın Elemanları

Vidanın elemanları Görsel 3.60'da verilmiştir.

Vida Adımı: Vidanın bir tam dönüşünde aldığı yolun uzunluğudur.

Vida Ağzı: Vidanın başlangıç kısmıdır. Bir, iki ya da çok ağızlı vidalar ihtiyaca göre üretilir.

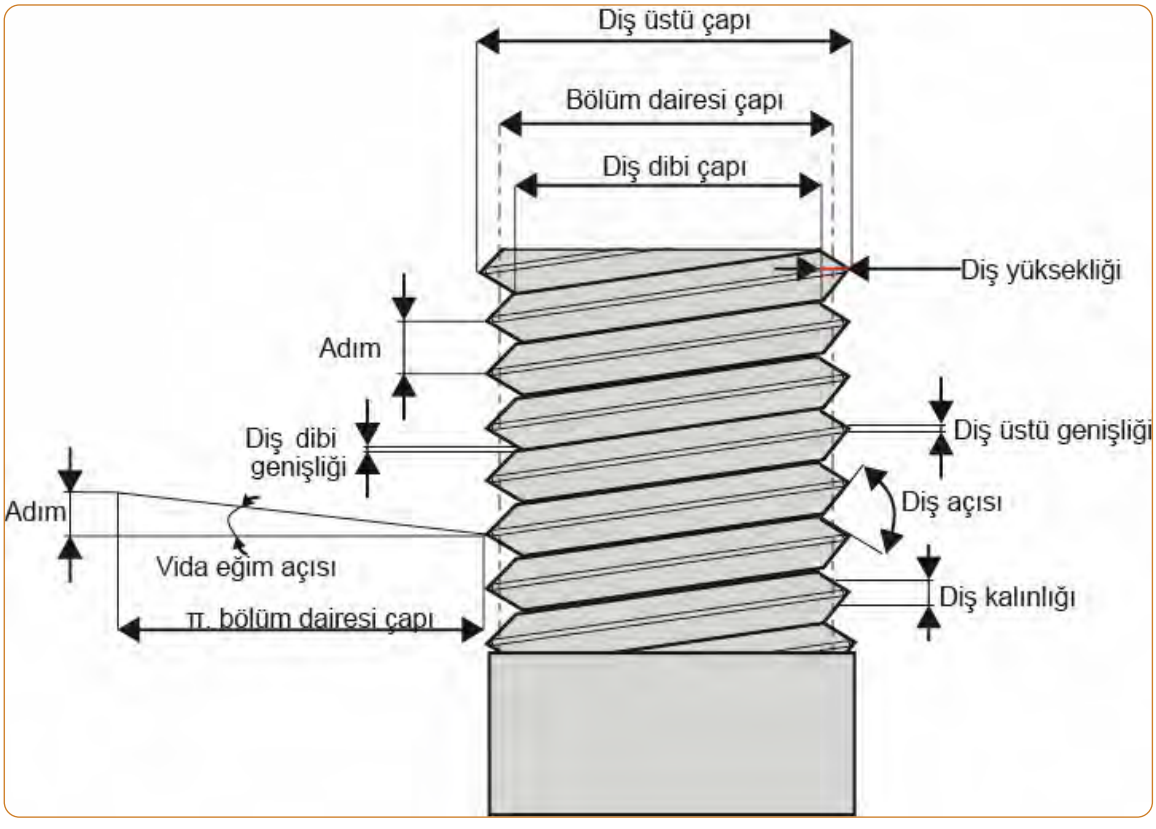
Diş Üstü Çapı (Anma Çapı): Vida açılmış milin çapıdır.

Diş Dibi Çapı: Vidanın diş dipleri arasındaki 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.

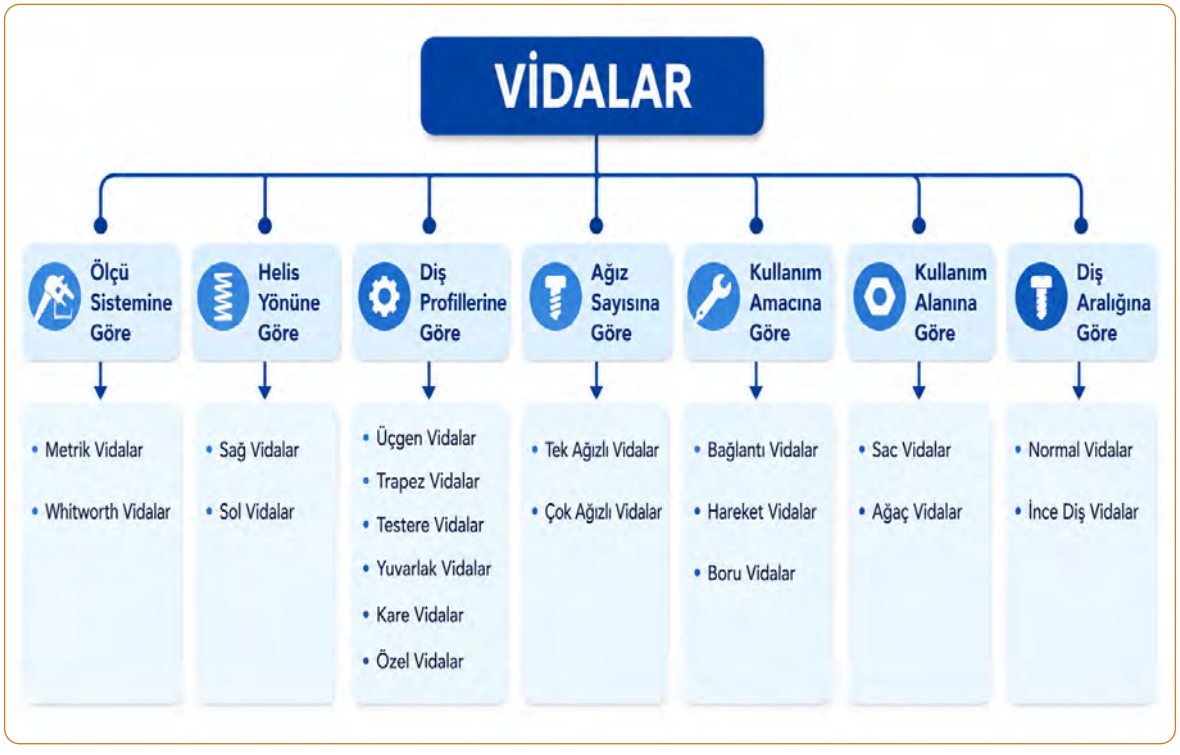
Diş Açısı (Profil Açısı): Dişler arasında kalan açıdır.



Görsel 3.60: Vidanın elemanları

3.2.2.2. Vida Çeşitleri

Vidalar; ölçü sistemi, diş profili, kullanım amacı, diş aralığı, helis yönü, ağız sayısı ve kullanım alanlarına göre sınıflandırılır (Şema 3.1).



Şema 3.1: Vida çeşitleri

Ölçü Sistemine Göre Vida Çeşitleri: Metrik, whitworth vidalar ve standart Amerikan vidaları olmak üzere üç alt gruba ayrılır.

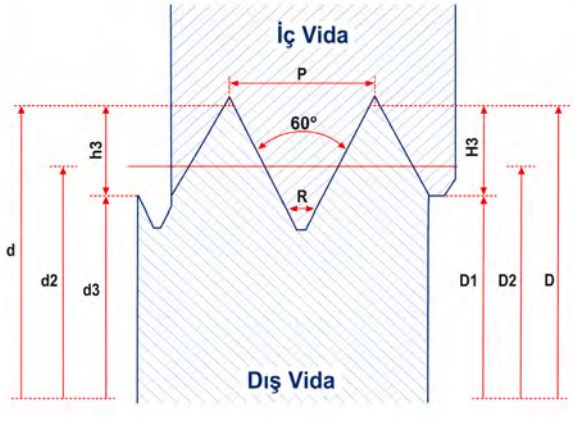
NOTLAR

a) Metrik Vidalar

Bütün ölçüler milimetre cinsinden ve M ile gösterilir. Diş çapı 60 derecedir. Metrik 8 (M8) olarak gösterilirse anma çapı 8 mm demektir. Tablo 3.1'de metrik ISO standart vida diş ölçüleri verilmiştir.

Tablo 3.1: Metrik Vida Standardı

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



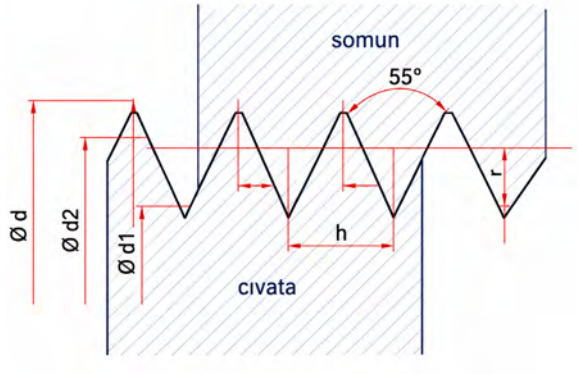
Anma Ölçüsü	Ø = D
Adım	P
Diş Yüksekliği	Dış Vida : h3=0,6134.P İç Vida : H1=0,5413.P
Bölüm Çapı	d2=D2=d-0,8495.P
Diş Dibi Çapı	Dış Vida : d3=d-1,2269.P İç Vida : D1=d-1,0825.P
Yuvarlak	R=0,1443.P
Matkap Deliği	dm=Ø-P

b) Whitworth Vidalar

Ölçü birimi inç olup diş açısı 55 derecedir. Örneğin W ½ “ ya da yalnız ½ “ vida olarak gösterilir. 1” = 25,4 mm’dir. Tablo 3.2’de whitworth vida standardı diş ölçüleri verilmiştir.

Tablo 3.2: 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
t_1=0,64033.h

c) Standart Amerikan Vidası

Ölçü birimi inç olup diş açısı 60 derecedir. Üç seri şeklinde üretilir.

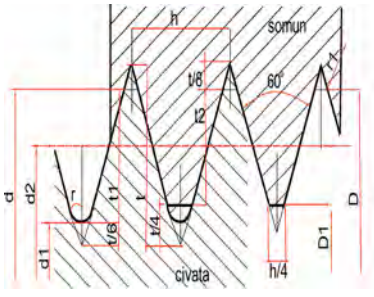
NC (Coars Thread Series) Kaba Seri: Yumuşak malzemelerin montajında kullanılır.

NF (Fine Thread Series) İnce Seri: Uçak ve motor imalatında kullanılır.

NEF (Extra Fine Thread Series) Çok İnce Seri: Et kalınlığı ince olan malzemelerin montajında kullanılır

Tablo 3.3'te Amerikan vida standartı diş ölçüleri görülmektedir.

Tablo 3.3: Amerikan Vida Standartı

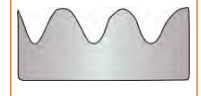
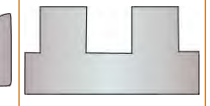


h=25,4 / Z
t=0,8660.h
t1=0,613434.h
t2=0,541266.h
d1=d–1,226868.h
D1=d 1,082532.h
d2=d 0,649519.h

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

Diş Profillerine Göre Vida Çeşitleri: Vidalar; profillerine (diş biçimlerine) göre üçgen, testere, trapez, daire (yuvarlak) ve kare vidalar olmak üzere beş alt gruba ayrılır. Profillerine göre vida çeşitleri ve özellikleri Tablo 3.4'te verilmiştir.

Tablo 3.4: Amerikan Vida Standardı

Şekli					
İsmi	Üçgen	Testere	Trapez	Daire	Kare
Sembolü	M	T	Tr	Yy	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 Yerler	Genel imalat montajı	Vinç, kriko vb.	Ana millerde, sonsuz vidalarda vb.	Su vanası hortum irtibat rekorları vb.	Tezgâhların ana millerinde, preslerde vb.

SIRA SİZDE

Aşağıdaki görselde verilen vida türlerini ve kullanım alanlarını inceleyiniz. Vidaları uygun kullanım alanlarıyla eşleştiriniz

A	Uçak yüzeyinde (dış kaplama-sürtünme az olmalı)
B	İç bağlantılarda (yüksek sıkma kuvveti gerekli)
C	Sökülüp takılması kolay olmalı
D	Yüzeyden çıkıntı sorun değil
E	Aerodinamik yüzey gerekli

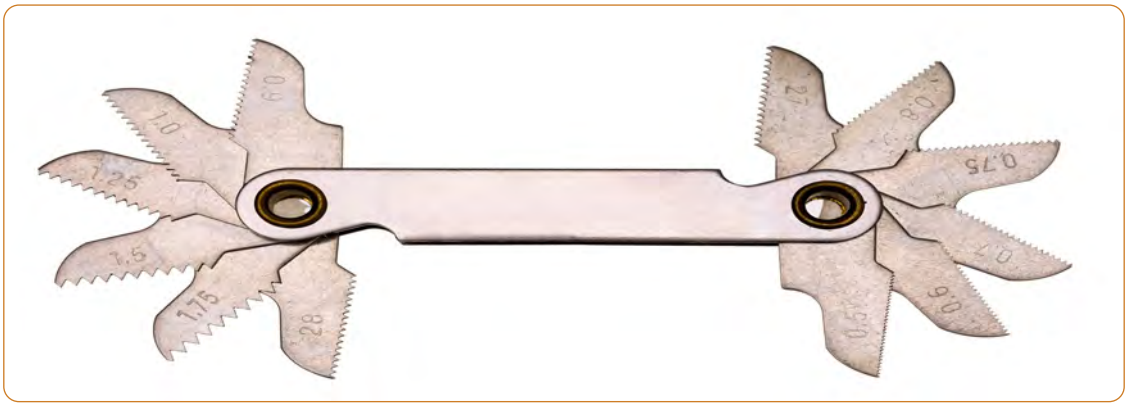


....

3.2.3. Vida Dişlerinin Ölçülmesi (Diş Taraklarının Kullanımı)

Diş tarağı, vidaların kontrolü için kullanılır. Uçak parçalarından sökülen vidalar, tekrar kullanabilmek için sınıflandırılır. Diş tarağı, okunamayan vidaların sınıflandırılmasında kullanılır (Görsel 3.61).

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



Görsel 3.61: Vida tarağı

MERAKLISINA

1980'li yıllarda üretile uçaklarda "küçük" görünen bir vida ya da cıvata, aslında çekme ve kesme yükü taşıyan yapısal bir eleman olabilir. FAA, bu tür bağlantı elemanlarında izlenebilirliğin önemli olduğunu ve izlenemeyen donanımın standart dışı ya da sahte olabileceğini vurgular. FAA rehberinde bir parçayı değiştirirken kullanma kılavuzuna bakıp geçmek yerine önce cıvatanın ölçülmesi önerilir çünkü kavrama uzunluğu zamanla veya uygulamaya göre değişebilir.

NOTLAR

3. UYGULAMA

Adı:	Vidaları Kontrol Etmek
Amaç:	Uçak vidalarını sökerek standartları ve özelliklerine uygun olarak sökmek, takmak ve kontrol etmek
Süre:	2 ders saati

ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

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

UYGULAMA DETAYLARI

- Sınıf içi gruplar oluşturunuz.
- Uçak komponentlerindeki vidaları sökünüz.
- Sökülecek vidaların söküm sırasını not alınız.
- Vidaları, vida tarağı kullanarak tekrar sınıflandırınız.
- Sınıflandırılan vidaların kullanılabilir olanlarını tekrar yerine takınız.
- Tekrar kullanıma uygun olmayanları yenisiyle değiştiriniz.

DEĞERLENDİRME

Çalışmanız öğretmeniniz tarafından ortak derecelendrime formu ile değerlendirilecektir. Karekodu kullanarak ortak derecelendirme formuna ulaşabilirsiniz.

Dijital yayınlarda karekodun üstüne tıklayarak içeriğe ulaşabilirsiniz.

4. UYGULAMA

Adı:	Diş Taraklarının Kullanımı
Amaç:	Vida dişinin ölçümünü yapmak
Süre:	2 ders saati

ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

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

UYGULAMA DETAYLARI

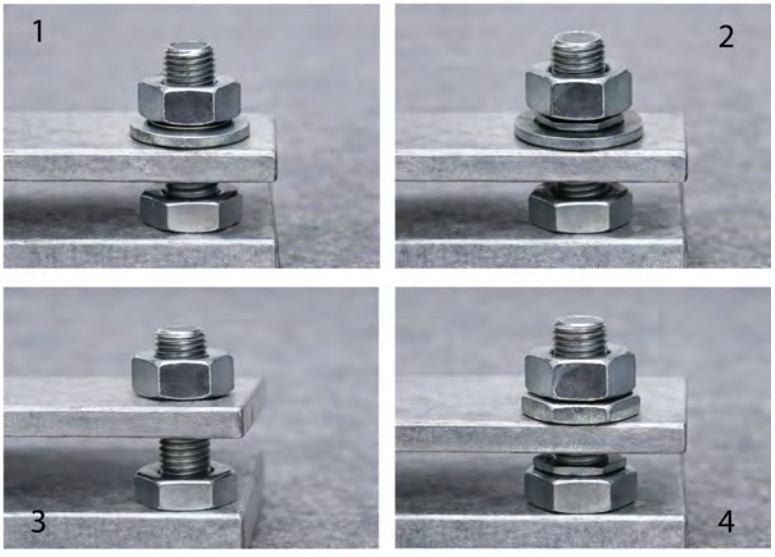
- Vida yüzeyini temiz bez ile siliniz. Dişler arasında kir, yağ veya talaş varsa temizleyiniz.
- Diş tarağından bir yaprak seçiniz. Yaprağı vidanın dişlerine hafifçe temas ettiriniz.
- Yaprak ile vida dişleri arasında boşluk olup olmadığını kontrol ediniz.
- Işık sızıyorsa veya tam oturmuyorsa farklı bir yaprak deneyiniz.
- Yaprak dişlere tam oturduğunda uyum sağlayan yaprağın üzerindeki değeri okuyunuz.
- Ölçülen değeri not ediniz. Gerekirse vida çapı ile birlikte değerlendiriniz.

DEĞERLENDİRME

Çalışmanız öğretmeniniz tarafından ortak derecelendrime formu ile değerlendirilecektir. Karekodu kullanarak ortak derecelendirme formuna ulaşabilirsiniz.

Dijital yayınlarda karekodun üstüne tıklayarak içeriğe ulaşabilirsiniz.

HAZIRLIK ÇALIŞMASI



Yukarıdaki görselleri inceleyiniz ve soruları cevaplayınız.

1. **Bağlantılarda hata var mı? Varsa hangileri hatalıdır?**

.....
.....
.....

2. **Hatalı olduğunu düşündüğünüz bağlantılardaki problem nedir?**

.....
.....
.....

3. **Hangi bağlantı daha güvenlidir?**

.....
.....
.....

4. **Bir bağlantının güvenli olması için nelere dikkat edilmelidir?**

.....
.....
.....

5. **Aynı bağlantı uzun süre titreşime maruz kalırsa ne olur?**

.....
.....
.....

3.3. CIVATA, SOMUN, SAPLAMA VE TRİFON VİDALAR

Cıvata, somun, saplama ve trifon vidalar; sökülebilir bağlantıların kurulmasında kullanılan temel elemanlardır. Cıvata, somun, saplama ve trifon vidalar; yapılarına ve kullanım amaçlarına göre farklı özelliklere sahiptir. Bu bağlantı elemanlarının doğru seçilmesi ve uygun şekilde kullanılması, uçak yapılarında güvenli montajın sağlanması açısından büyük önem taşır.

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

Uçak yapılarında kullanılan cıvatalar, parçaların güvenli ve dayanıklı şekilde birleştirilmesini sağlayan önemli bağlantı elemanlarıdır. Havacılık sektöründe kullanılan cıvatalar; yüksek dayanım, hassas ölçü ve güvenilirlik gerektiren özel standartlara göre üretilir. Bu nedenle bir cıvatanın yalnızca şekli değil; malzemesi, kullanım amacı, üzerindeki işaretler ve ait olduğu standartlar da büyük önem taşır. Uçak bakım ve montaj işlemlerinde doğru cıvatanın seçilmesi, bağlantının güvenliği açısından kritik bir role sahiptir.

3.3.1.1. Cıvata

Bir somun yardımıyla montajlanacak parçaların birleşmesini sağlayan mil kısmında diş açılmış bağlantı elemanıdır (Görsel 3.62).



Görsel 3.62: Cıvata

Cıvatalar, uçaklarda yapısal elemanların ve çeşitli sistem parçalarının güvenli bir şekilde birleştirilmesinde kullanılan temel bağlantı elemanlarıdır. Gerektiğinde sökülüp yeniden takılabilmeleri bakım ve onarım işlemlerini kolaylaştırır. Kullanım amacına göre farklı tip ve ölçülerde üretilen cıvatalar, uygun somun ve diğer bağlantı elemanlarıyla birlikte kullanılarak güvenilir bir bağlantı oluşturur.

3.3.1.2. Uçak Cıvatalarının Özellikleri, İşaretleri, 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 Standardı'dır. Toleranslı çalışılan yerlere sıkı geçme olarak takılır.

AN (Air Force-Navy): Hava Deniz Kuvvetleri Standardı'dır. Genel amaçlar için kullanılan cıvatalar, kolayca yerine takılır (Görsel 3.63).



Görsel 3.63: Çeşitli cıvata ve vida tipleri

AN Standardı Cıvata Çeşitleri

- **Altı Köşe Başlı Cıvatalar:** AN 3'ten AN 20'ye kadardır. Genel amaçlar için kullanılır. Paslanmaz çelik, alüminyum alaşımı gibi malzemelerden yapılan altı köşe başlı cıvatalar için 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, ana gövde bağlantıları gibi yerlerde kullanılır.

3.3.1.3. Uçak Cıvatalarının Standart Gösterilişleri

Uçak cıvatalarının standart gösterilişleri Tablo 3.5'teki gibidir.

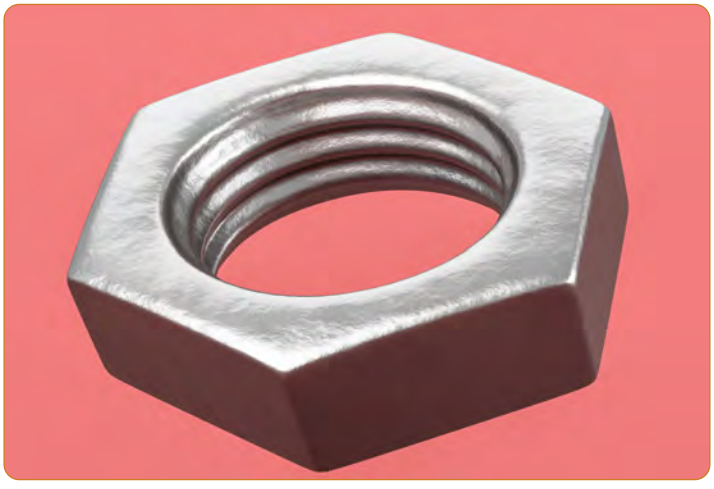
Tablo 3.5: Civata Standart Gösterilişi

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

3.3.2. Somunlar

Cıvata veya saplama ile birlikte kullanılan, ortasından vida açılmış sökülebilir bağlantı elemanına somun denir (Görsel 3.64). Somunların sökülüp takılmasında yıldız anahtar takımı, kombine anahtar, alyan takımı ve lokma takımı gibi el aletleri kullanılır. Bağlantının son sıkılması ise tork anahtarı ile yapılır.



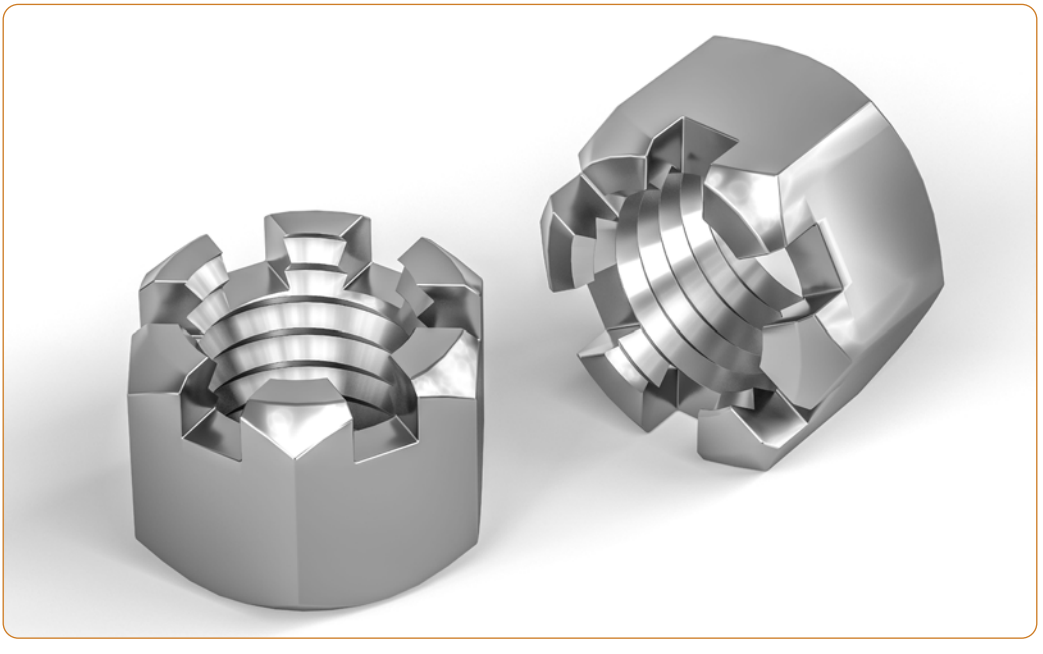
Görsel 3.64: Somun

3.3.2.1. 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 3.65).



Görsel 3.65: Taçlı somunlar

Düz Kontra Somun: Normal somunun bağlandığı dönme yönünün tam tersi yönünde bağlanır. Bu bağlamda tersine dönme kuvveti ile emniyetlenmiş olur (Görsel 3.66).



Görsel 3.66: Düz kontra somun

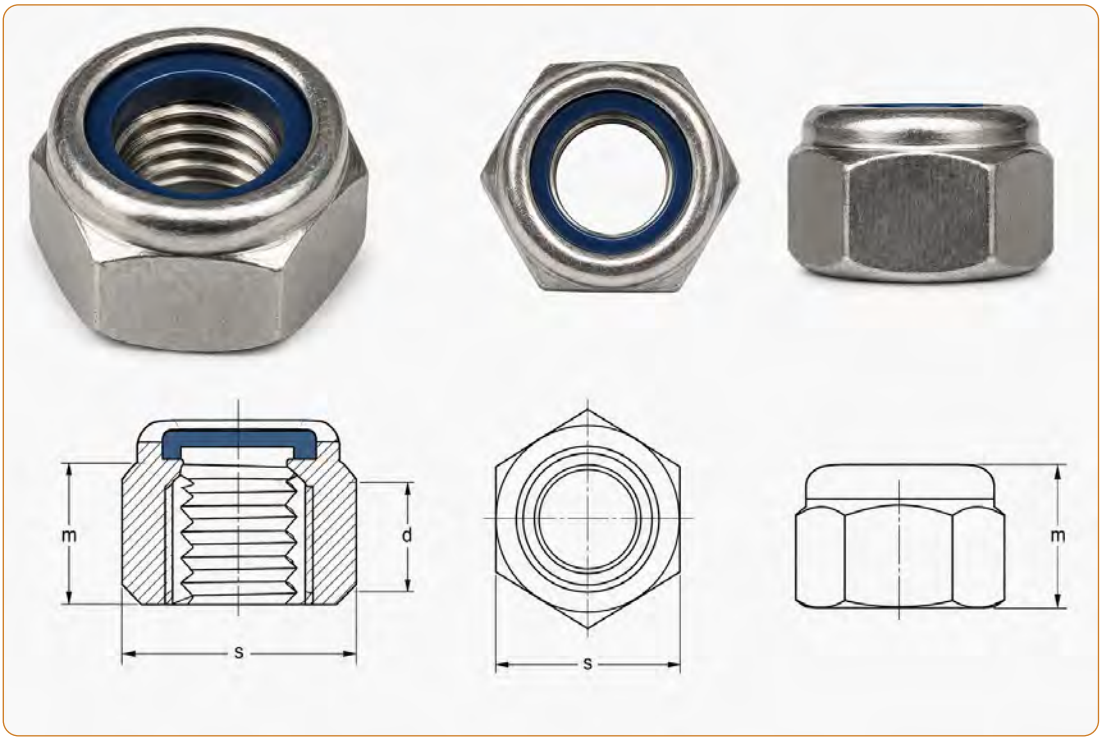
Kelebek Somun: Elle sökülüp takılabilen somun tipidir (Görsel 3.67).



Görsel 3.67: Kelebek somun

3.3.2.2. 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 3.68).



Görsel 3.68: Kendinden kilitlemeli somun

NOTLAR

SIRA SİZDE

Aşağıda iki sütun verilmiştir.

A - DURUMLAR	
A1	Uçak motoruna yakın, yüksek titreşimli bir bağlantı
A2	Kanat panelinde sık sık sökülüp takılan bağlantı
A3	Nemli ve dış ortamda kalan bağlantı
A4	Yük altında çalışan, gevşemesi tehlikeli bir bağlantı
A5	Hassas yüzeylerde zarar vermeden sıkılması gereken bağlantı

B - BAĞLANTI ELEMANLARI	
B1	Kendinden kilitlemeli somun (nyloc vb.)
B2	Paslanmaz çelik cıvata ve somun
B3	Kanatlı somun / hızlı sökülebilir bağlantı
B4	Rondelalı (pul destekli) bağlantı
B5	Emniyet teli (safety wire) kullanılan bağlantı

Aşağıda verilen durum ve bağlantı elemanlarını, doğru harfleri kavramların başındaki boşluğa yazarak eşleştiriniz.

DURUMLAR	BAĞLANTI ELEMANI	ÇALIŞMA ALANI	
A1	.....	Neden:	
A2	.....	Neden:	
A3	.....	Neden:	
A4	.....	Neden:	
A5	.....	Neden:	

3.3.2.3. Uçak Somunlarının Standart Gösterilişi

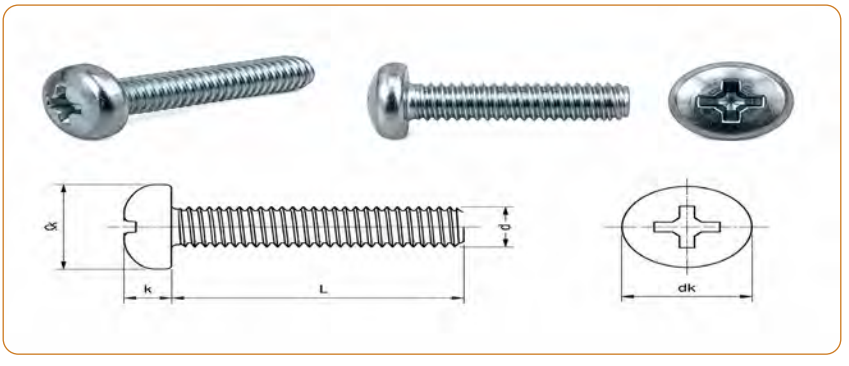
Uçaklarda kullanılan somunlar; titreşim, sıcaklık değişimi ve yüksek yükler altında bağlantı güvenliğini sağlamak amacıyla belirli standartlara göre üretilir (Tablo 3.6). Bu nedenle bakım, onarım ve montaj işlemlerinde somunların standart gösterilişlerinin doğru okunması ve yorumlanması, emniyetli bir hava aracı yapısının oluşturulmasında büyük önem taşır.

Tablo 3.6: Uçak Somunlarının 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

3.3.3. Makine Vidaları Uçak Spesifikasyonları

Somun kullanmadan parçaları sökülebilir şekilde birleştiren, genellikle sıkma momenti vida başına uygulanan bağlantı elemanlarına **makine vidası** denir (Görsel 3.69).



Görsel 3.69: Makine vidası

Vidaların baş biçimleri kare, altıgen, tornavida başlı gibi değişik baş biçimlerinde olabilir. Cıvatalara göre boyut olarak daha küçüktür. Vidaların gövdesine boydan boya diş açılmıştır, vida başına uygulanan döndürme kuvvetiyle parçanın içine girerek parçaları birleştirir (Görsel 3.70).



Görsel 3.70: Çeşitli makine vidaları

3.3.4. Trifon Vidalar

Trifon vidaları; yüksek dayanım gerektiren uçak yapılarında kullanılan, özel baş yapısına ve hassas diş formuna sahip bağlantı elemanlarıdır (Görsel 3.71). Özellikle gövde, kanat ve yapısal birleşim bölgelerinde tercih edilir. Bu vidalar, titreşimli ortamlarda gevşemeyi azaltacak şekilde tasarlanmıştır ve yüksek sıkma kuvvetlerine dayanabilir. Uçak bakım uygulamalarında trifon vidalarının doğru tork değeriyle sıkılması büyük önem taşır. Yanlış sıkma işlemleri, bağlantı noktasında çatlak oluşumuna veya yapısal deformasyona neden olabilir.



Görsel 3.71: Trifon vidalar

Trifon vidalarının baş kısmı genellikle özel anahtarlarla sökülüp takılabilecek şekilde üretilir. Böylece bakım sırasında kontrollü montaj yapılması sağlanır. Korozyona karşı dayanıklı alaşımlardan üretilmeleri sayesinde uzun süre güvenli kullanım sunar. Havacılık sektöründe kullanılan trifon vidaları; ölçü, malzeme ve dayanım açısından uluslararası havacılık standartlarına uygun olarak üretilir.

3.3.5. Saplamaların Tip ve Kullanımları

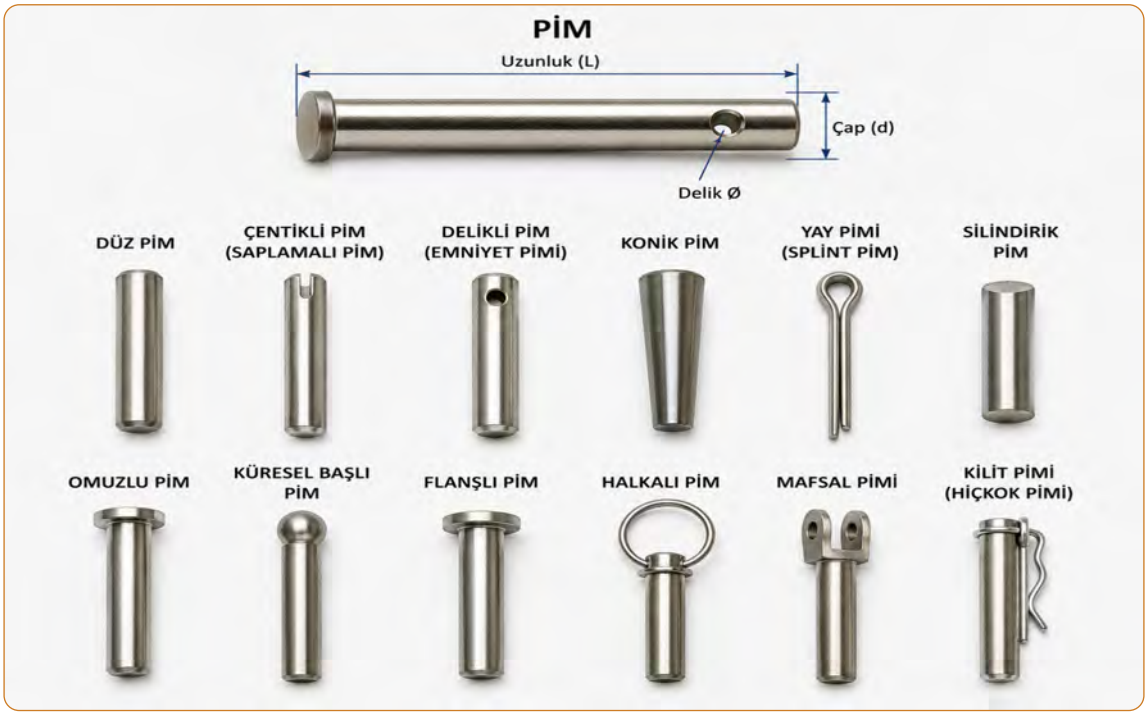
Genellikle her iki ucuna vida dişi açılmış başsız birleştirme elemanlarına **saplama** denir. Sektörüne göre kullanım yeri ve amacı değişen saplama, genellikle gövde üzerindeki kör delikler için kullanılır. Saplamanın bir ucu vida deliği açılan yere takılır, diğer ucu ise somunla sıkıştırılır. Sökülüp takılması zor olduğundan diş açılmamış kısmındaki anahtar ağzından anahtarla ya da kontra somun kullanılarak sökülüp takılabilir (Görsel 3.72).



Görsel 3.72: Saplama örnekleri

3.3.6. Pimler

Merkezleme, mafsallama ve tespit için kullanılan çoğunlukla silindirik olan bağlantı elemanlarıdır. Sağlıklı bir montaj için, pimlerin düzgün ve pürüzsüz olması gereklidir. Farklı kullanımlar için çeşitli tipte pimler üretilmiştir (Görsel 3.73).



Görsel 3.73: Pim çeşitleri

3.3.7. 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 üstüpü ile silinir.
- Gerektiğinde solvent temizleyici dolu bir kapta 10 dakika bekletildikten sonra kurulanır ve tekrar kullanıma 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.

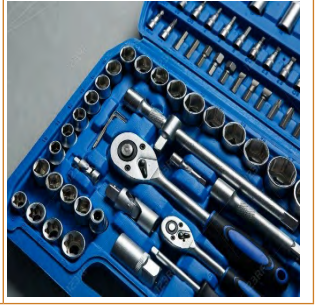
MERAKLISINA

2024'te FAA, Boeing'in bir operatörün rudder kontrol sisteminde somunu eksik bir cıvata bulmasının ardından 737 MAX uçaklarında kontrol talimatı yayımladığını duyurdu. Ayrıca bir başka teslim edilmemiş uçakta da uygun sıkılmamış bir somun tespit edildi. Bu olay, tek bir somun hatasının bile uçuş emniyeti açısından neden bu kadar ciddiye alındığını iyi anlatan güncel bir örnek olmuştur.

3.3.8. Cıvata ve Somunlarda Kullanılan El Aletleri

Cıvata, saplama, vida, somun gibi üzerine diş açılmış olan bağlantı elemanları Tablo 3.7'de belirtilen el aletleri yardımı ile sökülüp takılır. Ardından tork anahtarı ile torklanması sağlanır.

Tablo 3.7: Cıvata ve Somunlarda Kullanılan El Aletleri

Yıldız Anahtar Takımı		**Tornavida Seti**	
Açık Ağızlı Anahtar Takımı		**Tork Anahtarı**	
Alyan Takımı		**Lokma Takımı**	

3.3.9. Cıvata Delikleri İçin Matkap Ölçüleri, Sınıfları ve Uyumları

Standart ve oversize (büyük ölçü) NAS cıvatalar için delik ölçüleri Tablo 3.8'de gösterilmiştir.

A Sınıfı: Teknik resimde özellikle belirtilmişse uygulanır.

B Sınıfı: Teknik resimde belirtilmemişse uygulanır.

C Sınıfı: Genel tamirde ve hassasiyet gerektirmeyen yerlerde kullanılır.

Tablo 3.8: NAS Cıvata Delik Ölçüleri

Bağlantı elemanı çapı	Standart delik ebadı			Oversize delik ebadı	
	A Sınıfı	B Sınıfı	C Sınıfı	1/64 inch	1/32 inch
NU.10	0,1895 0,1905	0,1895 0,1915	0,190 0,194	0,2025 0,2035	0,2180 0,2190
1/4	0,2495 0,2505	0,2495 0,2515	0,250 0,254	0,2650 0,2660	0,2805 0,2815
5/16	0,3120 0,3130	0,3120 0,3140	0,3125 0,3165	0,3275 0,3285	0,3430 0,3440
3/8	0,3745 0,3755	0,3745 0,3765	0,375 0,379	0,3900 0,3910	0,4055 0,4065
7/16	0,4370 0,4380	0,4370 0,4390	0,4375 0,4425	0,4525 0,4535	0,4680 0,4690
1/2	0,4995 0,5015	0,4995 0,5015	0,500 0,505	0,5150 0,5170	0,5305 0,5325

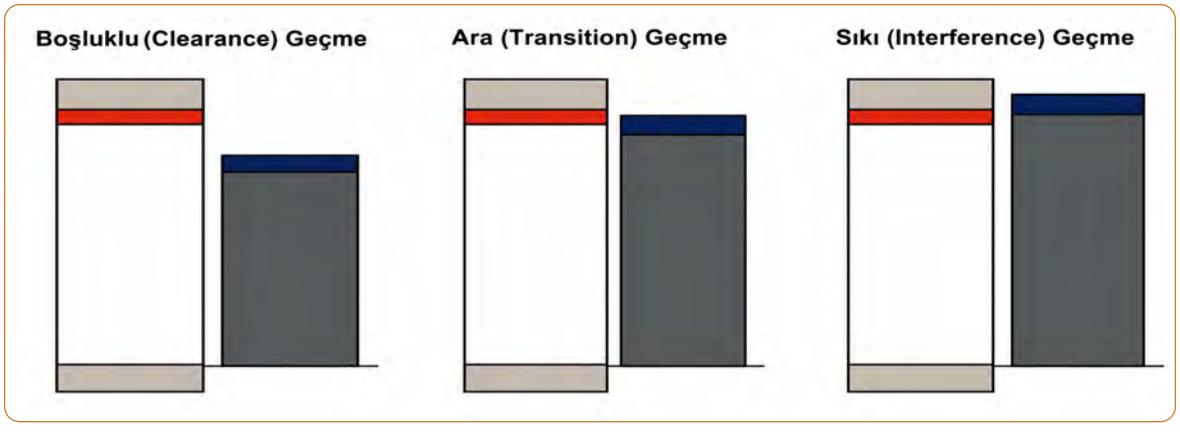
3.3.10. Uyum ve Klerans (Boşluk) Sistemi

Makine parçalarının ölçüsel olarak %100 kesinlikte olması imkânsızdır. Bu nedenle 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. 3 geçiş tipi vardır (Görsel 3.74).

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 3.74: Uyum ve klerans sistemi

Newall yuva tabanlı sistemine göre yuvalar, A ve B uyum sınıfı olarak kategorilendirilmiştir. A sınıfı yuvalar, B sınıfına göre daha yakın toleranslarda üretilmiştir. Tablo 3.9'da ise şaftların uyum klerans sınıflandırılması F, P, D, X, Y ve Z harfleriyle gösterilmiştir.

Tablo 3.9: Uyum ve Klerans

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.

NOTLAR

5. UYGULAMA

Adı:	Cıvata ve Somunları Sökmek, Takmak ve Torkmetreyle Torklarını Kontrol Etmek
Amaç:	Motor starterindeki cıvata ve somunları standartları, özellikleri ve bakım talimatlarına uygun olarak söküp takmak
Süre:	2 ders saati

ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

- Atölye kurallarına uyunuz.
- İş elbisesi kullanınız.
- İş güvenliğine yönelik tabela ve işaretlere uyunuz.
- Kesici, delici yanıcı vb. 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 standartlarını, özelliklerini 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.

DEĞERLENDİRME

Çalışmanız öğretmeniniz tarafından ortak derecelendrime formu ile değerlendirilecektir. Karekodu kullanarak ortak derecelendirme formuna ulaşabilirsiniz.

Dijital yayınlarda karekodun üstüne tıklayarak içeriğe ulaşabilirsiniz.

6. UYGULAMA

Adı:	Fren Sistemini Söküp Takımak
Amaç:	Sökülebilir bağlantı elemanlarını bakım talimatlarına uygun olarak söküp takmak
Süre:	2 ders saati

ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

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

UYGULAMA DETAYLARI

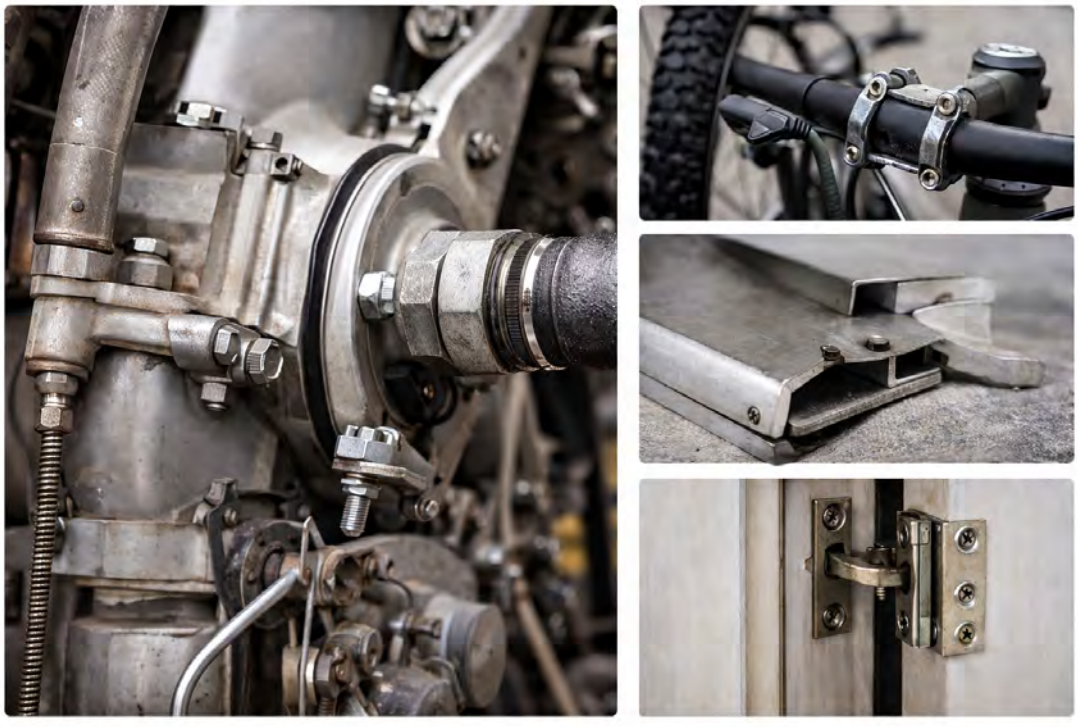
Uçak üzerinden sökülmüş fren sistemini oluşturan tüm elemanları öğretmeniniz rehberliğinde, montaj sırasını gözeterek söküp takınız.

DEĞERLENDİRME

Çalışmanız öğretmeniniz tarafından ortak derecelendrime formu ile değerlendirilecektir. Karekodu kullanarak ortak derecelendirme formuna ulaşabilirsiniz.

Dijital yayınlarda karekodun üstüne tıklayarak içeriğe ulaşabilirsiniz.

HAZIRLIK ÇALIŞMASI



Yukarıdaki görsellerde farklı bağlantı elemanları ve uygulama alanları verilmiştir. Görselleri inceleyerek soruları cevaplayınız.

1. **Bazı vidaların zamanla gevşemesi sizce hangi durumlarda daha sık görülür?**

.....
.....
.....

2. **Yukarıdaki görsellere göre aynı cıvata-somun bağlantısının farklı ortamlarda farklı davranmasının sebebi ne olabilir?**

.....
.....
.....

3. **Bir bağlantının gevşemesi hangi riskleri doğurur?**

.....
.....
.....

3.4. KİLİTLEME TERTİBATLARI

Uçaklarda titreşim, sıcaklık değişimi ve dinamik yükler nedeniyle bağlantı elemanlarının zamanla gevşeme riski bulunmaktadır. Bu riski önlemek ve bağlantının güvenliğini korumak amacıyla çeşitli kilitleme tertibatları kullanılır. Kilitleme tertibatları; cıvata, somun ve diğer bağlantı elemanlarının istenmeyen şekilde gevşemesini engelleyerek sistemlerin güvenilir çalışmasına katkı sağlar. Bağlantının kullanım amacı, çalışma koşulları ve bakım gereksinimlerine göre farklı kilitleme yöntemleri tercih edilir.

3.4.1. 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 gösterir; düz, yaylı, kulaklı vb. çeşitleri vardır (Görsel 3.75).



Görsel 3.75: Rondela

Yaylı rondela, titreşimli bölgelerde kullanılan cıvataların gevşemesini önler (Görsel 3.76). **Kulaklı (tırnaklı) rondela,** cıvata ve somunları yerinde tutmasını sağlayan ek kilit puludur. Bir veya daha fazla tırnaklı olabilir (Görsel 3.77).



Görsel 3.76: Yaylı rondela



Görsel 3.77: Kulaklı rondela

3.4.2. Kupilya (Gupilya / 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 kıvrılarak emniyete alma işlemi gerçekleştirilir. Bu işlem için pense kullanılır (Görsel 3.78).



Görsel 3.78: Kupilya

NOTLAR

3.4.3. Pal Somunlar (Kontra Somunlar)

Normal somun, sıkıldıktan sonra kontra somun da tersi yönünde sıkarak emniyetleme işlemi tamamlanır (Görsel 3.79). Birbirlerini zıt yönde itmeye çalıştıkları için aralarında bir gerilim oluşur, bu gerilim sayesinde normal somunun çözülmesi engellenir.



Görsel 3.79: Kontra somun

3.4.4. 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.

MERAKLISINA

FAA'nın kaza incelemelerinde, titreşimli ve kritik bağlantılarda yalnızca sıkmanın yeterli olmadığı açıkça görülüyor. Örneğin bir Cessna T310Q olayında, **tek bir somun ve cıvatanın kaybı** elevator trim tab'ı kilitleyip uçağı neredeyse düşüşe sokmuştu; FAA, bu tür kritik bağlantılarda castellated nut + cotter pin gibi doğru kilitleme düzenlerinin şart olduğunu vurguluyor. Ayrıca safety wire için de "gevşemeyi daha da sıkılaştıracak yönde" uygulanması ve uygun şekilde gerili tutulması gerektiği belirtiliyor.

3.4.5. Tel Emniyeti İşlemi ve Ekipmanı

Emniyet teli uygulaması, uçak endüstrisinde en çok kullanılan kilitleme işlemidir. Özel üretilmiş cıvataların baş kısımlarındaki deliklerden geçirilip telin iki ucu cıvatanın sıkma yönünde olacak şekilde bağlanıp emniyet pensi yardımıyla bir sonraki cıvataya kadar burulur (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 (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 3.80-81).



Görsel 3.80: Tel emniyeti örneği

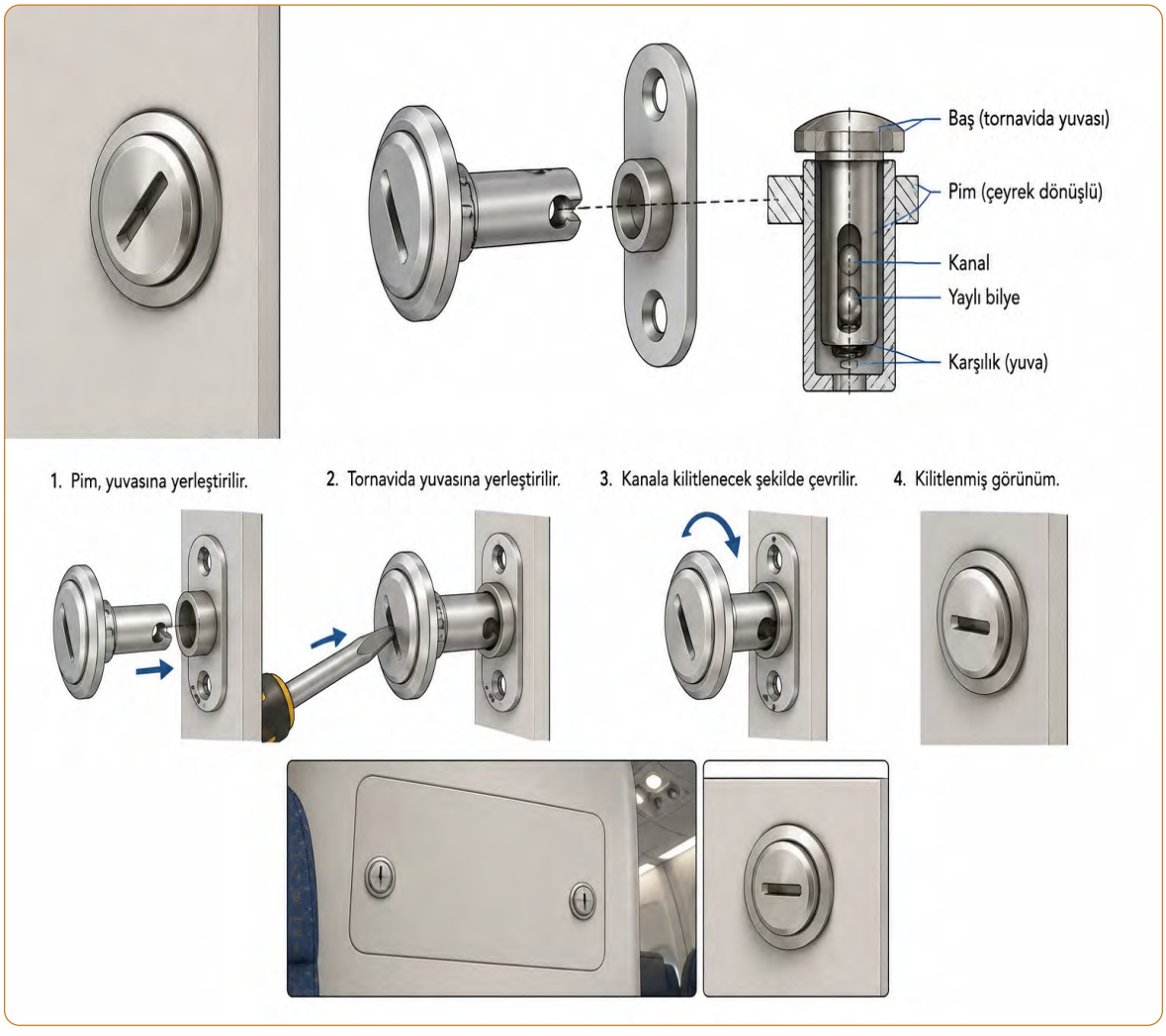
Emniyet telinin kritik rolü, bağlantı elemanlarında bir gevşeme olduğunda diğerinin sıkılmasını sağlamaktır. Böylece yüklerden, titreşimlerden ve darbelerden etkilenen birleştirme elemanları güvenilir duruma gelir. Emniyet teli, genellikle ısıya veya korozyona dayanıklı malzemelerden (paslanmaz çelik, nikel alaşım vb.) üretilir. Emniyet telinin çapı; 0.025", 0.032" ve 0.041" uzunluğundadır. Tel burma sayısı, her inç başına sırasıyla 9-12, 7-10, 7-10 şeklindedir.



Görsel 3.81: Emniyet pensi

3.4.6. 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 (Görsel 3.82).



Görsel 3.82: Çabuk sökülür bağlaç

3.4.7. Emniyet Segmanı

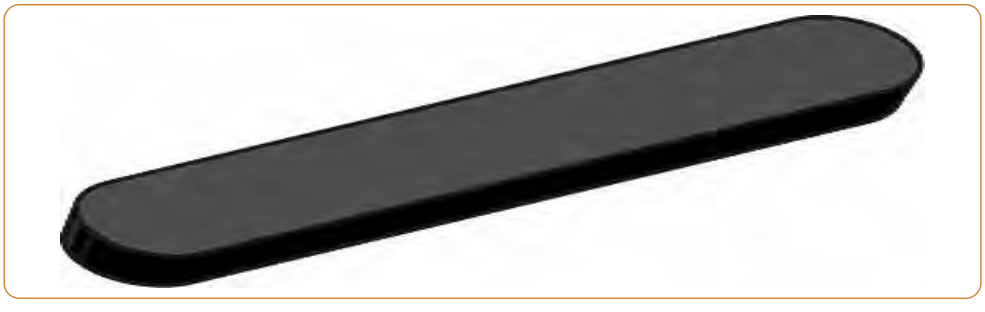
Mil, perno gibi dönen parçaların eksenel kaymalarını önlemek için üzerlerindeki kanallara takılan makine elemanıdır. Emniyet segmanı, segman pensesi kullanılarak takılır (Görsel 3.83).



Görsel 3.83: Emniyet segmanı

3.4.8. Kama

Kasnak, kavrama, dişli çark gibi güç ve hareket iletimi yapan makine parçalarını, millerine bağlayıp aynı zamanda da hareket iletiminin sağlanması için üretilmiş makine elemanlarıdır. Kamalar, mil ve onun bağlanacağı makine parçası üzerindeki kanallara yerleştirilerek bağlanır (Görsel 3.84).



Görsel 3.84: Kama

NOTLAR

SIRA SİZDE

1. Aşağıdaki bağlantı örneklerini inceleyiniz. Bağlantılarda bulunan hataları ve güvenli bir bağlantı için uygulanması gereken uygun kilitleme yöntemini belirtiniz.

DURUMLAR		HATALAR VE ÇÖZÜMLER	
a	Somun takılmış ancak **kilitleme yapılmamış.**	Hata:	
		Çözüm:	
b	Split pin (kupilya) kullanılmış ama **delik hizalanmamış / gevşektir.**	Hata:	
		Çözüm:	
c	Emniyet teli var ama **yanlış yönde sarılmış (gevşetmeye doğru).**	Hata:	
		Çözüm:	
ç	Titreşimli bölgede **normal somun kullanılmış.**	Hata:	
		Çözüm:	
d	Rondela var ama **kilitleme amacıyla değil sadece destek için kullanılmış.**	Hata:	
		Çözüm:	

NOTLAR

7. UYGULAMA

Adı:	Kontra Somunu Söküp Takmak
Amaç:	Kontra somun vasıtasıyla emniyetleme işlemini yapmak.
Süre:	2 ders saati

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 ekipman 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 ve takma işlemini gerçekleştiriniz.

DEĞERLENDİRME

Çalışmanız öğretmeniniz tarafından ortak derecelendrime formu ile değerlendirilecektir. Karekodu kullanarak ortak derecelendirme formuna ulaşabilirsiniz.

Dijital yayınlarda karekodun üstüne tıklayarak içeriğe ulaşabilirsiniz.

8. UYGULAMA

Adı:	Kupilyaları Standartları ve Özelliklerine Uygun Sökerek Kontrol Etmek
Amaç:	Kilitleme tertibatlarını sökerek kontrol etmek
Süre:	2 ders saati

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 ekipman kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı vb. 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 ve takma işlemini gerçekleştiriniz.

DEĞERLENDİRME

Çalışmanız öğretmeniniz tarafından ortak derecelendrime formu ile değerlendirilecektir. Karekodu kullanarak ortak derecelendirme formuna ulaşabilirsiniz.

Dijital yayınlarda karekodun üstüne tıklayarak içeriğe ulaşabilirsiniz.

9. UYGULAMA

Adı:	Sökülebilir Bağlantılarda Tel Emniyetleme İşlemini Yapma
Amaç:	Uçaklarda tel emniyeti işlemini verilen talimatlara uygun olarak yapmak
Süre:	2 ders saati

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 ekipman kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı vb. 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 ve takma işlemini gerçekleştiriniz.

DEĞERLENDİRME

Çalışmanız öğretmeniniz tarafından ortak derecelendrime formu ile değerlendirilecektir. Karekodu kullanarak ortak derecelendirme formuna ulaşabilirsiniz.

Dijital yayınlarda karekodun üstüne tıklayarak içeriğe ulaşabilirsiniz.

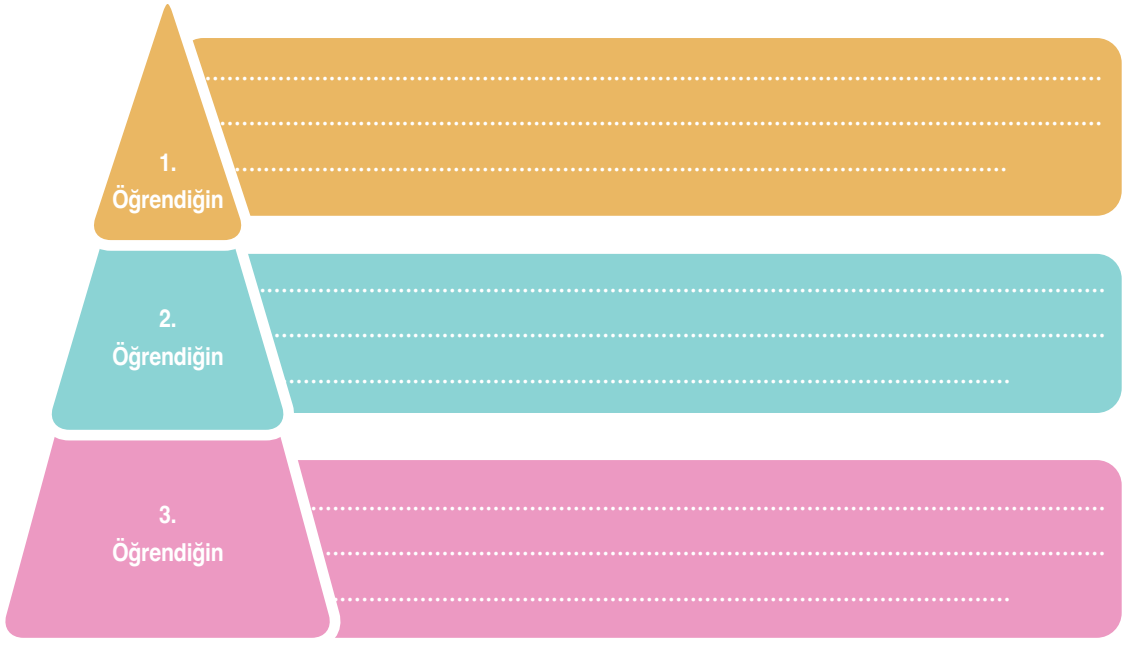
ÖZ DEĞERLENDİRME

Bu uygulamada kendinizi değerlendirmeniz için öz değerlendirme formu hazırlanmıştır. Öz değerlendirme formuna ulaşmak için karekodu okutabilirsiniz.

Dijital yayınlarda karekodun üstüne tıklayarak içeriğe ulaşabilirsiniz.

SIRA SİZDE

Sökülebilir bağlantılar öğrenme biriminde öğrendiğiniz üç bilgiyi üçgenin, bu öğrenme biriminde ilk defa karşılaştığınız dört temel kavramı karenin, aklınıza takılan bir soruyu çemberin içine yazınız.



1. Kavram .....

2. Kavram .....

3. Kavram .....

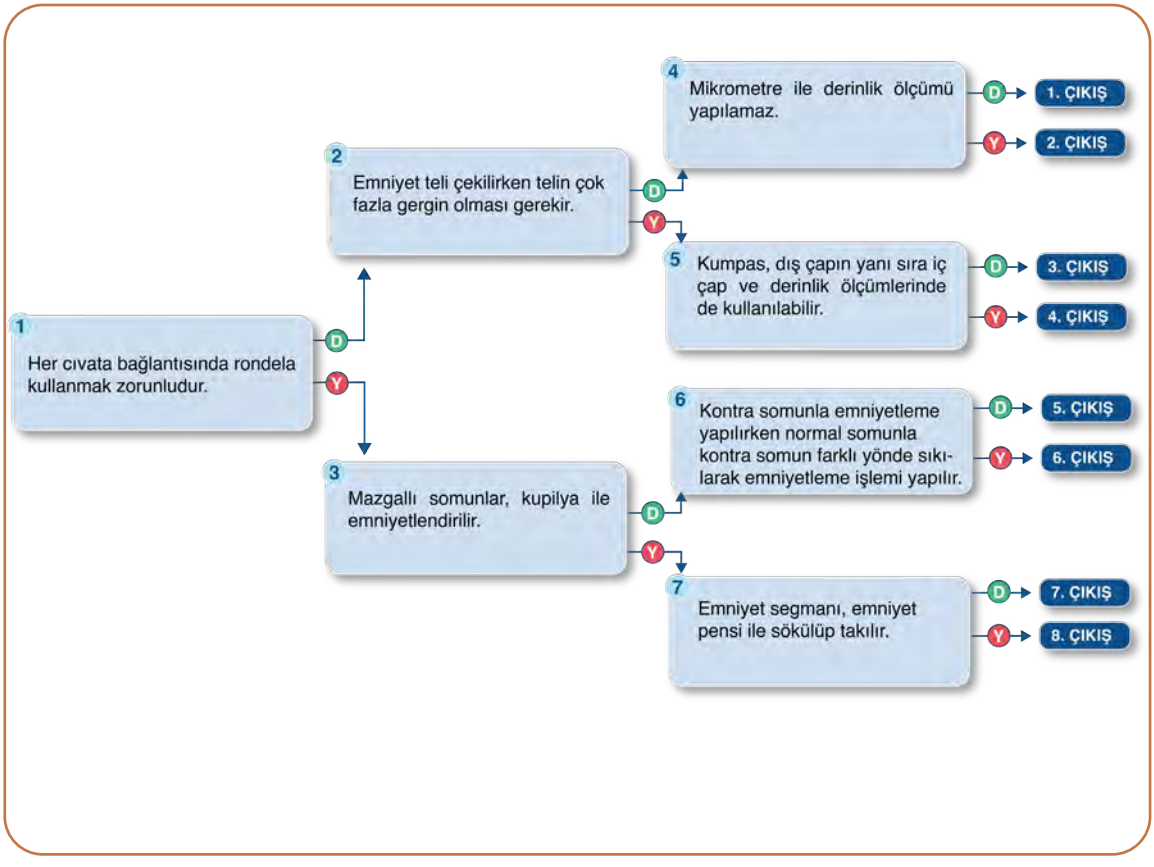
4. Kavram .....



ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A) Aşağıda (D) / (Y) önermeleri içeren tanılayıcı dallanmış ağaç verilmiştir. Verilen önermenin doğru olduğunu düşünüyorsanız (D), yanlış olduğunu düşünüyorsanız (Y) seçeneğini işaretlemeniz gerekmektedir. İlk önermeden başlayarak yapacağınız seçimlerle ve oklar yönünde ilerleyerek çıkış noktasını bulunuz.

1.



ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

B) Aşağıdaki soruların doğru cevabını işaretleyiniz.

1. Tandör bağlantılarında kullanılan cıvata çeşidi aşağıdakilerden hangisidir?

A) Altıköşe başlı
B) Alyan başlı
C) Eyebolt
D) Clevis
E) Jobolt

2. 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

3. Aşağıdakilerden hangisi hiçbir el aleti kullanmadan sökülebilir?

A) Kelebek somun
B) Kontra somun
C) Kupilya
D) Mazgallı somun
E) Saplama

C) Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerlere doğru ifadeleri yazınız.

1. İç ve dış silindirik yüzeylere açılmış olan helisel kanallara ne denir?

.....

2. Vidanın somun içinde bir defa dönmesiyle aldığı yola ne denir?

.....

4. ÖĞRENME BİRİMİ



TAHRİBATSIZ MUAYENE

Öğrenme Birimi Karekodu

KONULAR

4.1. TAHRİBATSIZ MUAYENE ÇEŞİTLERİ

4.2. PENETRANT YÖNTEMİYLE SÜREKSİZLİK TESPİTİ

4.3. MANYETİK PARÇACIK YÖNTEMİYLE SÜREKSİZLİK TESPİTİ

4.4. EDDY CURRENT YÖNTEMİYLE SÜREKSİZLİK TESPİTİ

4.5. ULTRASONİK KONTROL YÖNTEMİYLE SÜREKSİZLİK TESPİTİ

4.6. RADYOGRAFİK KONTROL YÖNTEMİ

BEKLENTİLER

Bu öğrenme biriminde sizden

- uygun tahribatsız muayene yöntemlerini öğrenmeniz
- penetrant yöntemiyle hasar tespiti yapmanız
- manyetik parçacık yöntemini uygulamanız
- eddy current (girdap akımları) yöntemiyle süreksizlik kontrolünü yapmanız
- ultrasonik yöntemiyle süreksizlik kontrolünü yapmanız
- radyografik kontrol test tekniklerini ifade etmeniz

beklenmektedir.

ANAHTAR KAVRAMLAR

- eddy current
- manyetizasyon
- penetrant
- radyografi
- tahribatlı muayene
- tahribatsız muayene

HAZIRLIK ÇALIŞMASI

Bir uçak parçasında korozyon oluştuğunu düşününüz. Bazı korozyonlar yüzeyde açıkça görülebilirken, bazıları metalin içinde ilerleyerek dışarıdan fark edilemeyebilir.

Bu açıklamaya göre aşağıdaki soruları cevaplayınız.

1. **Metalin iç kısmında oluşan bir hasar sizce nasıl tespit edilebilir?**

.....
.....
.....
.....
.....
.....

2. **Uçak gibi önemli sistemlerde sadece gözle kontrol yöntemi yeterli olur mu? Neden?**

.....
.....
.....
.....
.....
.....

3. **Daha önce duyduğunuz veya bildiğiniz "hasar tespit yöntemleri" nelerdir?**

.....
.....
.....
.....
.....
.....

4. **Et kalınlığı yüksek olan metal bir parçaya zarar vermeden parçanın iç yapısını incelemek sizce mümkün müdür? Nedenini açıklayınız?**

.....
.....
.....
.....
.....
.....

5. **Uçak kanadının iç kısmındaki bir parçada çatlak olup olmadığını parçayı kırmadan veya sökmeden nasıl tespit ederdiniz?**

.....
.....
.....
.....
.....
.....

4.1. TAHRİBATSIZ MUAYENE ÇEŞİTLERİ

Tahribatlı muayene yöntemi, malzemelerin kalıcı şekil değiştirmelerine karşı direncini ifade eder. Tahribatlı muayene yöntemlerinde (çekme, basma, eğme, yorulma vb.) muayenesi yapılacak malzemeler, plastik ve elastik deformasyon yükler üzerinden etkilerine bakılarak yapılır. Bu malzemeler tekrar kullanılamaz.

Malzemenin özelliklerini bozmadan ve malzemeye 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 şekilde yerine getirmelerini sağlamada önemli bir rol oynayan disiplinler arası bir alandır. Söz konusu yöntemler, genel itibarıyla ürünleri tekrar kullanılabilir kılar. 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 görülen fakat çok ciddi sonuçlar doğurabilecek kusurları tespit eder (Görsel 4.1).



Görsel 4.1: Tahribatsız muayene işlemi

NDT kontrolörleri, bu kusurları tespit eden testleri tanımlar ve uygular. Bu testler, nesnenin veya malzemenin gelecekteki kullanımını etkilemeyecek şekilde gerçekleştirilir. NTD, bir ürünün son kullanımına müdahale etmeden incelemeye izin verdiği için kalite kontrol ve maliyet değişkenleri arasında dengeli bir yöntemdir. Tahribatsız muayene yöntemlerinin amaçları aynı olsa da NDT, NDE (Non-Destructive Evaluation) ve NDI (Non-Destructive İnspection) gibi isimler almaktadır.

4.1.1. Tahribatsız Muayene Yöntemlerinin Avantajları

Tahribatsız muayene yöntemleri, parçanın yapısına zarar vermeden kontrol yapılmasına imkân verdiği için bakım ve kalite kontrol süreçlerinde önemli bir yere sahiptir. Bu yöntemler; gözle fark edilemeyen kusurların erken aşamada belirlenmesini, işlemlerin daha hızlı yürütülmesini ve parça kaybı olmadan güvenilir sonuçlar elde edilmesini sağlar. Bu yönüyle, uçak bakımında hem emniyeti artıran hem de ekonomik açıdan avantaj sağlayan temel kontrol yöntemleri arasında yer alır.

NDT'nin tahribatlı muayene yöntemlerine göre avantajlı yönleri şunlardır:

- Daha hızlı sonuç verir.
- Geniş bir kullanım alanı vardır.
- Üretim anında veya üretim sonrasında mamullere 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.

4.1.2. Tahribatsız Muayene Yöntemlerinin Uygulandığı Alanlar

Tahribatsız muayene yöntemlerinin nüfuziyet ve algılayıcı eleman olmak üzere iki bileşeni bulunur. **Nüfuziyet,** test edilecek parçaya giriciliği ve malzemenin içindeki hatayı tespit edebilme kabiliyetidir. **Algılayıcı** ise nüfuz edici elemanın tespit ettiği bilgileri işleyen bileşendir. Parça üzerinde tespit edilen tüm hatalara ise **süreksizlik** denir. Süreksizlik, parçada ciddi hasarlara sebep olabilir. Parçalardaki süreksizlik tiplerine göre uygulanacak muayene yöntemi seçilir.

4.1.3. 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 4.1'de listelenmiştir.

Tablo 4.1: Yaygın Olarak Kullanılan NDT, Tahribatlı Muayene Yöntemleri ve Özellikleri

Yöntem		Yetenekleri	Sınırlamaları
Tahribatsız Muayene Yöntemleri	Penetrant Test	Mikroskobik yüzey kusurları	Parça içindeki 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.

4.1.4. Kontrollerin Tekrar Gözden Geçirilmesi

Tahribatsız muayeneler çeşitli süreksizlik tiplerine göre uygulanır. Muayene sonucunda malzemedeki mukavemet özellikleri tekrar incelenir. Bu inceleme sonunda 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 4.2), çatlak (crack) (Görsel 4.3), patlama (bursts), burkulma (twist), pullanma (flakes), tabakalaşma (lamination) vb.



Görsel 4.2: Cüruf kalıntıları



Görsel 4.3: Çatlak

Servis Süreksizlikleri: Yorulma çatlağı (fatigue crack), korozyon (corrosion) (Görsel 4.4), gerilim korozyon çatlağı (stress corrosion crack), oyuk (gouge), kırışma (crease) vb.



Görsel 4.4: Korozyon

4.1.5. Görsel ve Optik Kontrol

Görsel ve optik kontrolü diğer tahribatsız muayenelerden önce uygulanır. Görsel inceleme, kusurları bulmak için kontrolörün izlenimlerini içerir. Kontrolör, parçayı daha yakından incelemek için boroskop (Görsel 4.5), teleskopik ayna (Görsel 4.6), büyüteç, fener (Görsel 4.7), kumpas gibi özel araçlar kullanabilir. Kontrolörler, basitten karmaşığa doğru bir prosedür takip eder. Bu yöntemle malzeme yüzeyindeki çatlak, çizik, gözenek vb. hatalar tespit edilebilir.



Görsel 4.5: Boroskop



Görsel 4.6: Teleskopik ayna



Görsel 4.7: Fener

Görsel muayene yapılırken kullanılacak ideal 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.

4.1.6. Görsel ve Optik Muayene Yönteminin Avantaj ve Dezavantajları

Görsel ve optik muayene yöntemleri; parçaların yüzey durumunu, çatlak, kırık, deformasyon ve renk değişimi gibi kusurları gözle veya optik yardımcı ekipmanlarla incelemeye dayanan kontrol yöntemleridir. Bu yöntemler hızlı ve pratik bir kontrol imkânı sağlarken bazı durumlarda yalnızca yüzeydeki kusurların tespit edilebilmesi gibi sınırlılıklar da taşımaktadır. Bu nedenle Tablo 4.2'de gösterildiği gibi yöntemin avantaj ve dezavantajlarının bilinmesi, doğru kullanım açısından önemlidir.

Tablo 4.2: Görsel ve Optik Muayene Yönteminin Avantajları ve Dezavantajları

Yöntemin Avantajları	Yöntemin Dezavantajları
Test ve ekipman maliyeti ucuzdur.	Yalnızca yüzeydeki hassas olmayan hatalar tespit edilebilir.
Uygulaması kolaydır ve minimum eğitim gerektirir.	Parça içi süreksizlikler tespit edilemez.
Minimum ekipman gerektirir ve hızlı sonuç verir.	Test sonucu yoruma açıktır.

SIRA SİZDE

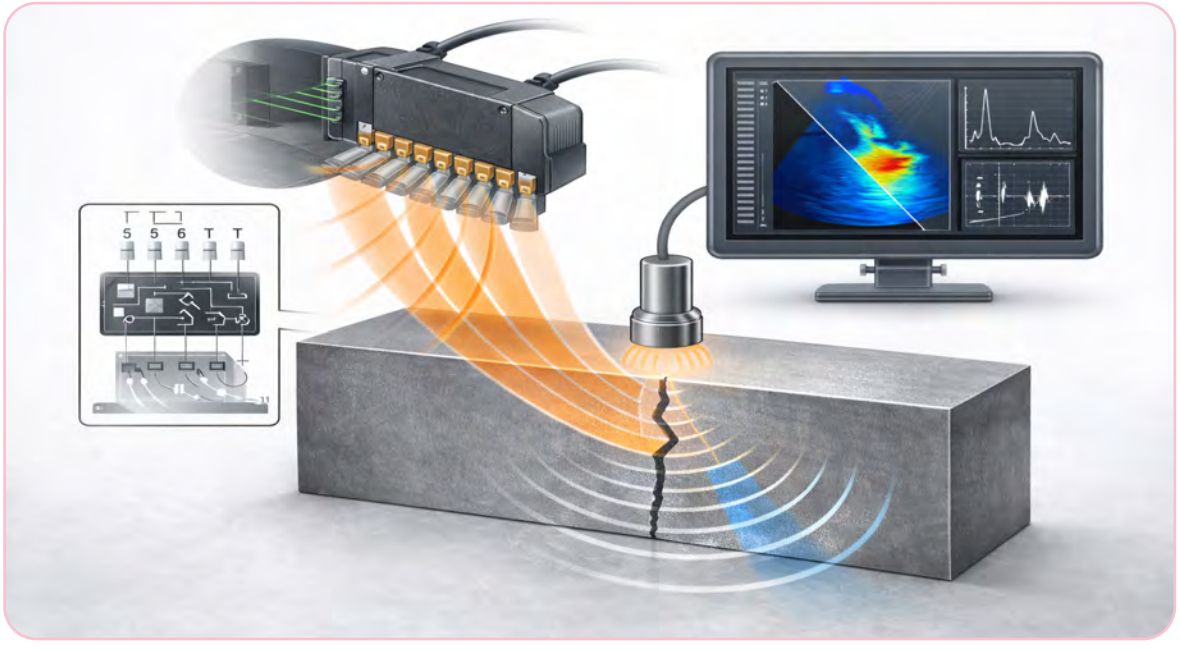
Aşağıda bir bakım teknisyeninin karşılaştığı durumlar verilmiştir. Durumlara göre hangi muayene yönteminin kullanılması gerektiğine karar veriniz ve uygun kutucuğu işaretleyiniz.

	Durum	Tahribatlı	Tahribatsız
1.	Bir metal numunenin kopma dayanımını ölçmek için çekme testi yapılıyor.	☐	☐
2.	Uçak kanadının iç kısmında çatlak olup olmadığı kontrol ediliyor.	☐	☐
3.	Bir parçanın sertliğini ölçmek için yüzeyine iz bırakılıyor.	☐	☐
4.	Kullanımda olan bir motor parçası zarar verilmeden inceleniyor.	☐	☐
5.	Yeni üretilen bir malzeme kırılarak test ediliyor.	☐	☐

4.1.7. Faz Dizilimli Ultrasonik Muayene

Faz dizilimli ultrasonik muayene (phased array), klasik ultrasonik yöntemlerin gelişmiş bir türüdür. Bu yöntemde, tek bir ultrasonik prob yerine çok sayıda küçük verici-alıcı elemandan oluşan özel bir prob kullanılır (Görsel 4.8). Her bir eleman, farklı zaman aralıklarında (faz kaydırmalı olarak) çalıştırılarak ses dalgalarının yönü ve odak noktası elektronik olarak kontrol edilir.

Bu sayede ultrasonik dalgalar, fiziksel olarak probu hareket ettirmeye gerek kalmadan farklı açılarda malzemenin içine gönderilebilir. Oluşturulan bu kontrollü dalga demeti, malzemenin içinde ilerler ve bir kusurla karşılaştığında geri yansır. Geri dönen sinyaller, analiz edilerek malzemenin iç yapısı hakkında detaylı bilgi elde edilir.



Görsel 4.8: Phased array ultrasonik test cihazı

Faz dizilimli sistemlerde en önemli fark, ses dalgalarının yönünün ve odaklanmasının **elektronik olarak ayarlanabilmesidir**. Bu özellik sayesinde aynı anda farklı açılardan tarama yapılabilir. Kusurlar daha hassas ve hızlı şekilde tespit edilir.

Geniş alanlar kısa sürede incelenebilir. Faz dizilimli ultrasonik muayene yöntemi, özellikle havacılık ve endüstride kullanılan önemli parçalarda tercih edilir. Bu yöntem, klasik ultrasonik muayeneye göre daha ayrıntılı görüntü sağlar ve hata tespitinde daha yüksek doğruluk sunar.

MERAKLISINA

1988 yılında bir yolcu uçağında, gövde üzerinde zamanla oluşan ve gözle fark edilemeyen küçük çatlaklar büyüyerek uçuş sırasında gövdenin bir kısmının kopmasına neden olmuştur. Yapılan incelemelerde, bu hasarın uzun süre fark edilmediği ve yüzeyden bakıldığında anlaşılmasının çok zor olduğu ortaya çıkmıştır.

Bu olaydan sonra havacılıkta tahribatsız muayene yöntemlerinin önemi daha da artmış ve uçakların belirli aralıklarla detaylı kontrollerden geçirilmesi zorunlu hâle getirilmiştir.

1. UYGULAMA

Adı:	Bir Uçak Parçasının Temizlik ve Kirlilik Kontrolünü Yapma
Amaç:	Fan bladein (fan bleyd) temizlik ve kirlilik kontrolünü yapmak
Süre:	2 ders saati

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, kulak tıkacı gibi koruyucu ekipman kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı vb. tehlike uyarısı barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Fan blade üzerindeki kir, toz, yağ vb. kalıntıları tespit edebilmek için gözle kontrol ediniz.
- Uygun temizlik ekipmanı kullanarak kirli olan uçak malzemesinin temizliğini yapınız.

DEĞERLENDİRME

Çalışmanız öğretmeniniz tarafından ortak derecelendrime formu ile değerlendirilecektir. Karekodu kullanarak ortak derecelendirme formuna ulaşabilirsiniz.

Dijital yayınlarda karekodun üstüne tıklayarak içeriğe ulaşabilirsiniz.

2. UYGULAMA

Adı:	Fan Blade Hasarlarının Kontrolü
Amaç:	Teleskopik ayna ile hasar tespiti yapmak
Süre:	2 ders saati

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, kulak tıkacı gibi koruyucu ekipman kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı vb. tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

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

DEĞERLENDİRME

Çalışmanız öğretmeniniz tarafından ortak derecelendrime formu ile değerlendirilecektir. Karekodu kullanarak ortak derecelendirme formuna ulaşabilirsiniz.

Dijital yayınlarda karekodun üstüne tıklayarak içeriğe ulaşabilirsiniz.

3. UYGULAMA

Adı:	Motor Şaftındaki Çatlakların Kontrolü
Amaç:	Mercek ile hasar tespiti yapmak
Süre:	2 ders saati

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, kulak tıkacı gibi koruyucu ekipman kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı vb. tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer 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.

DEĞERLENDİRME

Çalışmanız öğretmeniniz tarafından ortak derecelendrime formu ile değerlendirilecektir. Karekodu kullanarak ortak derecelendirme formuna ulaşabilirsiniz.

Dijital yayınlarda karekodun üstüne tıklayarak içeriğe ulaşabilirsiniz.

4. UYGULAMA

Adı:	Motor Türbin Kısmının Boroskopla Süreksizlik Kontrolü
Amaç:	Boroskopla hasar tespiti yapmak
Süre:	2 ders saati

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, kulak tıkacı gibi koruyucu ekipman kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı vb. tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer 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.

DEĞERLENDİRME

Çalışmanız öğretmeniniz tarafından ortak derecelendirme formu ile değerlendirilecektir. Karekodu kullanarak ortak derecelendirme formuna ulaşabilirsiniz.

Dijital yayınlarda karekodun üstüne tıklayarak içeriğe ulaşabilirsiniz.

5. UYGULAMA

Adı:	Motor Kompresör Kısmının Süreksizlik Kontrolü
Amaç:	Boroskop ve fener ile hasar tespiti yapmak
Süre:	2 ders saati

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, kulak tıkacı gibi koruyucu ekipman kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı vb. tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

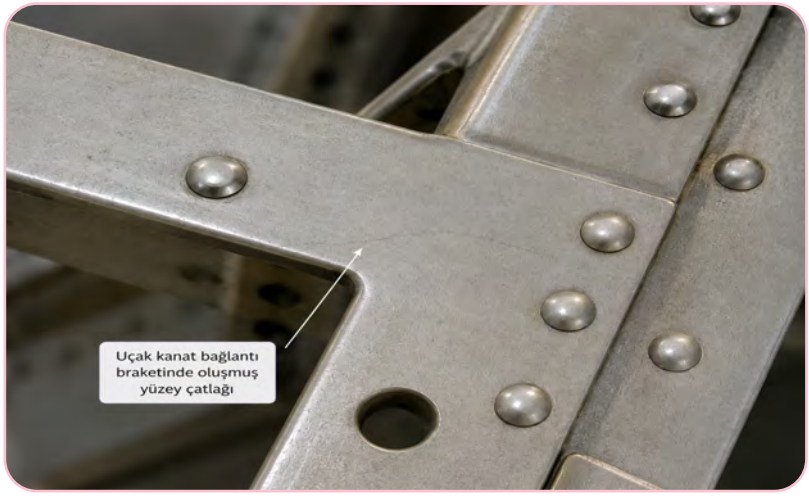
- Motor kompresör kısmının gözlem noktası cıvatalarını sökünüz.
- Boroskop aletinin esnek kamera uzantısının probu ile kompresör rotor ve statorlarını kontrol ediniz.
- Kompresör kısmındaki olası yabancı madde hasarlarını (FOD) kontrol ediniz.
- Motorun ön kısmından kompresörün ilk kademelerini fener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

DEĞERLENDİRME

Çalışmanız öğretmeniniz tarafından ortak derecelendrime formu ile değerlendirilecektir. Karekodu kullanarak ortak derecelendirme formuna ulaşabilirsiniz.

Dijital yayınlarda karekodun üstüne tıklayarak içeriğe ulaşabilirsiniz.

HAZIRLIK ÇALIŞMASI



Günlük hayatta bazı çatlaklar veya hasarlar ilk bakışta fark edilmeyebilir. Örneğin bir telefon ekranındaki ince çizik, otomobil camındaki küçük çatlak ya da metal bir yüzeyde oluşan çok ince bir yarık, dikkatli incelenmediğinde görünmeyebilir.

Bir uçak parçasında da gözle fark edilemeyen çok küçük çatlakların oluşabileceğini düşününüz.

1. Çok küçük yüzey çatlakları neden her zaman kolayca fark edilemez?

2. Sizce görünmeyen bir çatlağı belirgin hâle getirmek için nasıl bir yöntem kullanılabilir?

.....
.....
.....
.....
.....
.....

3. Bir sıvının küçük boşlukların içine girme özelliği, hasar tespitinde kullanılabilir mi?

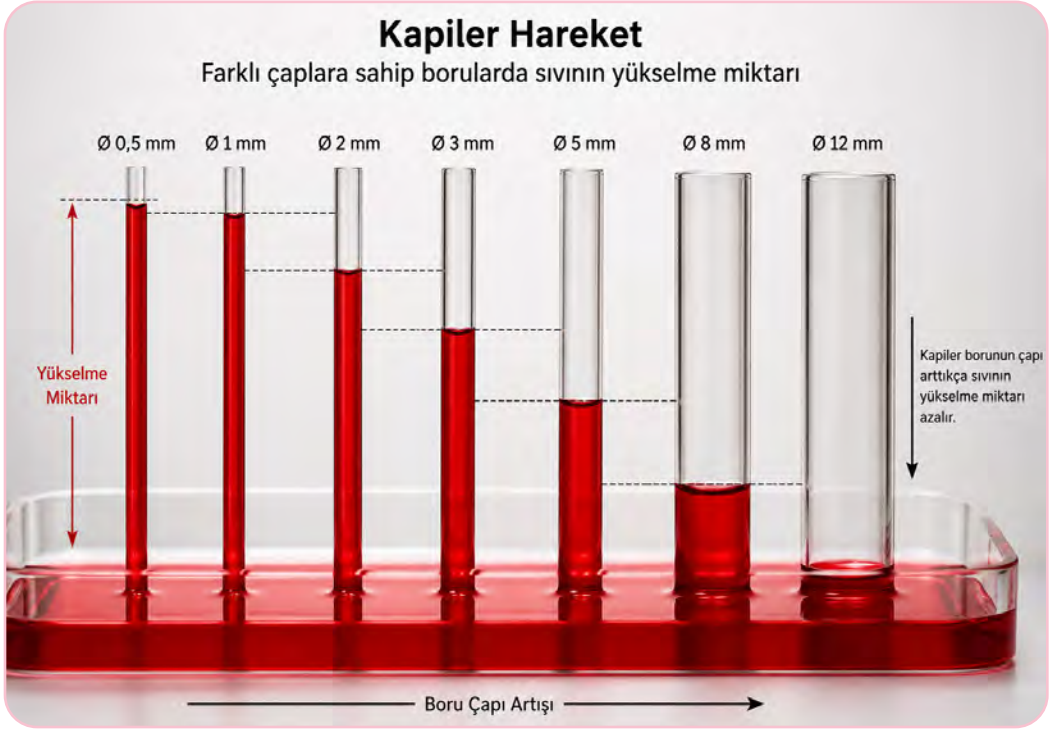
.....
.....
.....
.....
.....
.....

4. Uçak bakımında görünmeyen çatlakların erken tespit edilmesi neden önemlidir?

.....
.....
.....
.....
.....
.....

4.2. PENETRANT YÖNTEMİYLE SÜREKSİZLİK TESPİTİ

Penetrant testi, yüzeylerde oluşan hataların penetrant 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 4.9 ve 10).



Görsel 4.9: Çeşitli çaplarda kapiler hareket



Görsel 4.10: Renkli suyun küp şekerde kapiler hareketi

4.2.1. Penetrant Tipleri ve Uygulanabileceği Malzemeler

Testler, görülebilir penetrant veya floresan penetrant malzemeleri kullanılarak iki türlü yapılabilir. Görülebilir penetrant, beyaz ışık altında fark edilir (Görsel 4.11). Floresan penetrant ise karanlık ortamda ultraviyole ışık altında görülebilir. Floresan penetrant daha yüksek hassasiyete sahiptir. Tüm malzemelerin yüzey süreksizliklerinin tespitinde penetrant yöntemi kullanılabilir. Uçak parçalarındaki süreksizliklerin tespit edilmesinde görülebilir penetrant kullanılmaz.

Testlerde kullanılan diğer elemanlar da temizleyici (cleaner) ve geliştiricidir (developer) (Görsel 4.12). Temizleyicinin görevi, yüzeyi temizleyerek teste hazır hâle getirmektir. Developerin görevi ise süreksizliğin içinde kalan penetrant sıvısının emilimini sağlamaktır. Bu şekilde hata görülebilir.



Görsel 4.11: Penetrant sıvısı



Görsel 4.12: Temizleyici ve geliştirici

4.2.2. Penetrant Testinin Uygulama Aşamaları

Penetrant testi uygulamasında aşağıdaki aşamalar izlenmelidir.

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

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. Malzeme üzerindeki fazla penetrant sıvısı yüzeyden temizlenmelidir. Süreksizlik içindeki penetrant sıvısının çıkarılmamasına özen gösterilmelidir.

Developer Hazırlama İşlemi: Developer, penetrant sıvısının emilimini sağlar. Developer ince bir tabaka hâlinde uygulanmalıdır. Developer; toz, daldırma veya püskürtme şeklinde uygulanabilir. Ayrıca 10-30 dakika bekleme süresine dikkat edilmelidir.

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 Görsel 4.13'teki gibidir.



Görsel 4.13: Ultraviyole ışık kaynağı

Çıkan Sonuçların SRM'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.

4.2.3. Penetrant Sıvılarının Türleri

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

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

Penetrant sıvısının hassasiyet türlerinin oluşumunu; yoğunluğu, viskozitesi ve yüzey gerilim direnci etkiler. Sıvının cilde temas etmemesi için dikkatli olunmalıdır. Kimyasal bileşenleri cilde zarar verebilir ve bu bileşenler zehirleyicidir. Uygulama yapılırken mutlaka iş gözlüğü, eldiven, iş elbisesi ve maske kullanılmalıdır.

SIRA SİZDE

Aşağıda bir metal yüzeydeki hasarın farklı yöntemlerle nasıl ortaya çıkarıldığı gösterilmiştir.



1. Doğru Sırayı Bul

Aşağıdaki işlemleri doğru sıraya koyunuz.

☐ Geliştirici (developer) uygulanır.

☐ Yüzey temizlenir.

☐ Penetrant (sıvı) uygulanır.

☐ Fazla sıvı temizlenir.

2. Gözlemle ve Yorumla

a) Hangi görselde çatlak ilk kez net olarak görünür hâle gelmiştir?

☐ Cevap: .....

b) Penetrant sıvısı çatlakları nasıl görünür hâle getirmiştir?

☐ Cevap: .....

c) Sizce bu yöntem hangi hataların tespitinde daha etkilidir?

☐ Cevap: .....

3. Sen Olsan

Bir bakım teknisyeni olarak yüzeyde gözle zor fark edilen ince bir çatlak olduğunu düşünüyorsunuz. Buna göre hangi yöntemi kullanmak daha avantajlıdır?

Cevap: .....

4.2.4. Penetrant Muayene Yönteminin Avantaj ve Dezavantajları

Penetrant uygulaması, havacılıkta sıklıkla kullanılır. Jet motoru diskinde bulunan bir süreksizliğin NDT uygulaması sırasında tespit edilememesi, 1989 yılında United Airlines'e ait 232 sefer sayılı bir uçuşta kazaya neden olmuştur. Penetrant muayene yönteminin avantajları ve dezavantajları Tablo 4.3'te gösterilmiştir.

Tablo 4.3: Penetrant Muayene Yönteminin Avantaj ve Dezavantajları

Avantajları	Dezavantajları
Ucuzdur.	Malzeme içi süreksizlikler test edilemez.
Elektrik vb. enerjiye ihtiyacı yoktur.	Pürüzlü ve gözenekli yüzeyler test edilemez.
Bütün malzeme çeşitlerine uygulanabilir.	Yüzeydeki boya, kir ve toz çok iyi temizlenmelidir.
Uygulanması basittir.	Temizliğin iyi yapılmaması süreksizlik olarak görülebilir.
Karmaşık yapılı malzemelerin testine uygundur.	
Portatiftir.	

MERAKLISINA

II. Dünya Savaşı'nda uçakların metal parçalarında oluşan çok küçük çatlaklar, büyük kazalara neden olmuştur. O dönemde geliştirilen ilk penetrant yöntemlerinde teknisyenler çatlakları görmek için yüzeye önce renkli yağlar, ardından tebeşir tozu sürmüşlerdir. Yağ, çatlakların içine girmiş; tebeşir ise bu yağı geri çekerek çatlakları görünür hâle getirmiştir. Günümüzde kullanılan modern penetrant yöntemi aslında bu basit yöntemin gelişmiş hâlidir.

NOTLAR

6. UYGULAMA

Adı:	Kuru Penetrant ve Kuru Floresan Tip Tahribatsız Muayene Yöntemlerini Uygulama
Amaç:	Starter motoruna, kuru penetrant ya da kuru floresan tipi tahribatsız muayene yöntemlerini uygulamak
Süre:	2 ders saati

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, kulak tıkacı gibi koruyucu ekipman kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı vb. tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Uygulamada penetrant sıvısı, developer, temizleyici sıvı (cleaner), ultraviyole ışık kaynağı, temizleme bezi ve yapısal onarım kılavuzu (SRM) kullanınız.
- Starter motorunun içindeki planet dişli grubunu ayırınız.
- Penetrant muayene yöntemi konusunda bahsedilen uygulama usullerine uyunuz.
- Yöntemde belirtilen bekleme sürelerine dikkat ediniz.

DEĞERLENDİRME

Çalışmanız öğretmeniniz tarafından ortak derecelendrime formu ile değerlendirilecektir. Karekodu kullanarak ortak derecelendirme formuna ulaşabilirsiniz.

Dijital yayınlarda karekodun üstüne tıklayarak içeriğe ulaşabilirsiniz.

7. UYGULAMA

Adı:	Kaynak Dikişlerinde Süreksizlik Kontrolü
Amaç:	Kuru penetrant ya da kuru floresan tipi tahribatsız muayene yöntemlerini uygulamak
Süre:	2 ders saati

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, kulak tıkacı gibi koruyucu ekipman kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı vb. tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Uygulamada penetrant sıvısı, developer, temizleyici sıvı, ultraviyole ışık kaynağı, temizleme bezi ve yapısal onarım kılavuzu kullanınız.
- Kaynak ile birleştirilen metal malzemeyi test için hazırlayınız.
- Penetrant muayene yöntemi konusunda bahsedilen uygulama usullerine uyunuz.
- Yöntemde belirtilen bekleme sürelerine dikkat ediniz.

DEĞERLENDİRME

Çalışmanız öğretmeniniz tarafından ortak derecelendirme formu ile değerlendirilecektir. Karekodu kullanarak ortak derecelendirme formuna ulaşabilirsiniz.

Dijital yayınlarda karekodun üstüne tıklayarak içeriğe ulaşabilirsiniz.

8. UYGULAMA

Adı:	Türbin Kanatçıklarında Süreksizlik Kontrolü
Amaç:	Penetrant yöntemi ile hasar tespitini yapmak
Süre:	2 ders saati

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, kulak tıkacı gibi koruyucu ekipman kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı vb. tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Uygulamada penetrant sıvısı, developer, temizleyici sıvı, ultraviyole ışık kaynağı, temizleme bezi ve yapısal onarım kılavuzu kullanınız.
- Türbin kanatçıklarının her iki yüzüne de penetrant yöntemini uygulayınız.
- Penetrant muayene yöntemi konusunda bahsedilen uygulama usullerine uyunuz.
- Yöntemde belirtilen bekleme sürelerine dikkat ediniz

DEĞERLENDİRME

Çalışmanız öğretmeniniz tarafından ortak derecelendrime formu ile değerlendirilecektir. Karekodu kullanarak ortak derecelendirme formuna ulaşabilirsiniz.

Dijital yayınlarda karekodun üstüne tıklayarak içeriğe ulaşabilirsiniz.

9. UYGULAMA

Adı:	Kompresör Bladelerinde Süreksizlik Kontrolü
Amaç:	Penetrant yöntemi ile hasar tespitini yapmak
Süre:	2 ders saati

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, kulak tıkacı gibi koruyucu ekipman kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı vb. tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Uygulamada penetrant sıvısı, developer, temizleyici sıvı, ultraviuole ışık kaynağı, temizleme bezi ve yapısal onarım kılavuzu kullanınız.
- Kompresör bladelerini teste hazırlayınız.
- Penetrant muayene yöntemi konusunda bahsedilen uygulama usullerine uyunuz.
- Yöntemde belirtilen bekleme sürelerine dikkat ediniz

DEĞERLENDİRME

Çalışmanız öğretmeniniz tarafından ortak derecelendrime formu ile değerlendirilecektir. Karekodu kullanarak ortak derecelendirme formuna ulaşabilirsiniz.

Dijital yayınlarda karekodun üstüne tıklayarak içeriğe ulaşabilirsiniz.

10. UYGULAMA

Adı:	Yakıt Pompası Gövdesinde Süreksizlik Kontrolü
Amaç:	Penetrant yöntemi ile hasar tespitini yapmak
Süre:	2 ders saati

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, kulak tıkacı gibi koruyucu ekipman kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı vb. tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Uygulamada penetrant sıvısı, developer, temizleyici sıvı, ultraviyole ışık kaynağı, temizleme bezi ve yapısal onarım kılavuzu kullanınız.
- Yakıt pompası gövdesinin iç yüzüne penetrant yöntemi uygulayınız.
- Penetrant muayene yöntemi konusunda bahsedilen uygulama usullerine uyunuz.
- Yöntemde belirtilen bekleme sürelerine dikkat ediniz.

DEĞERLENDİRME

Çalışmanız öğretmeniniz tarafından ortak derecelendrime formu ile değerlendirilecektir. Karekodu kullanarak ortak derecelendirme formuna ulaşabilirsiniz.

Dijital yayınlarda karekodun üstüne tıklayarak içeriğe ulaşabilirsiniz.

HAZIRLIK ÇALIŞMASI

Aşağıdaki görseli dikkatlice inceleyiniz.



Yukarıdaki görsele göre aşağıdaki soruları cevaplayınız.

1. **Görselde parçacıkların yalnızca belirli bir hat boyunca toplandığı görülür. Bu durum neyi gösterir?**

.....
.....
.....
.....
.....

2. **Parçacıkların tüm yüzeye dağılmayıp belirli bir bölgede yoğunlaşmasının nedeni ne olabilir?**

.....
.....
.....
.....
.....

3. **Metal yüzeyde gözle zor fark edilen bir çatlak, bu yöntemle nasıl görünür hâle gelmiş olabilir?**

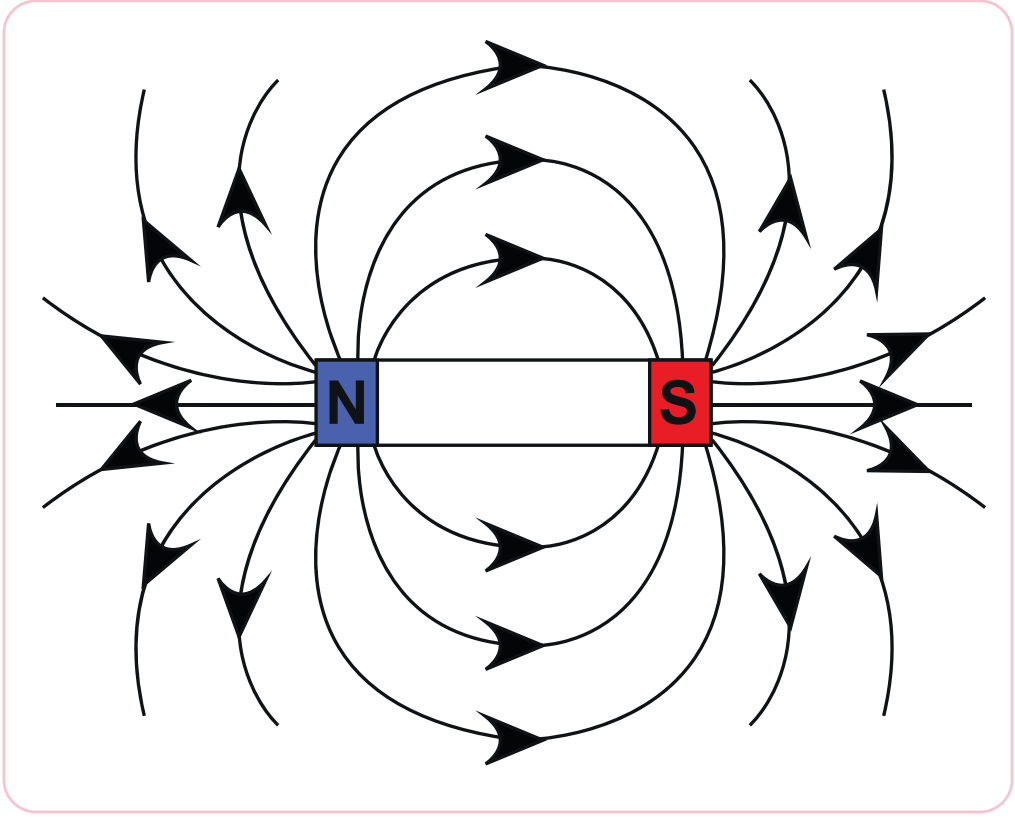
.....
.....
.....
.....
.....

4.3. MANYETİK PARÇACIK YÖNTEMİYLE SÜREKSİZLİK TESPİTİ

Ferromanyetik malzemede yüzey veya yüzeye yakın hataları bulmak için kullanılan çok amaçlı bir muayene yöntemidir. Bu yöntem, bir mıknatıs veya özel mıknatıslama ekipmanı kullanılarak bir ferromanyetik numunenin mıknatıslanmasıyla başlatılır. 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.

4.3.1. Manyetik Parçacık Kontrolünün Uygulandığı Malzemeler

Manyetizma, manyetik alan ile oluşan fiziksel bir durumdur ve maddelerin çekim kabiliyetlerinin miktarını ifade eder. Manyetizma, bir mıknatıslanmadır ve karakterli malzemeler çevrelerinde çekim kuvveti çizgileri oluşturur (Görsel 4.14).



Görsel 4.14: Manyetik alan çizgileri

Ferromanyetik malzemeler (demir, nikel, kobalt, çelik vb.) ise mıknatıslanma kabiliyeti kazanabilir. Manyetik parçacık kontrolü, yalnızca ferromanyetik malzemeler üzerinde muayene imkânı sağlar. Ferromanyetik olmayan malzemelerde (alüminyum, bakır, gümüş, kompozit vb.) manyetik parçacık kontrolü yapılamaz.

4.3.2. Manyetizasyon Teknikleri

Manyetizasyon, test parçasına kazandırılacak manyetizma özelliğini ifade eder. Görsel 4.15'te manyetizasyon örneği verilmiştir.



Görsel 4.15: Enine ve boyuna manyetizasyon yapan manyetik parçacık muayene makinesi

a) Boyuna Manyetizasyon

Elektromıknatıs Cihazı: 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**.**

Bobinle 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 İletken Manyetizasyonu: Dairesel parçaların içinden geçen iletkene elektrik akımı uygulanarak kazandırılan manyetizma yöntemidir. Parça içine bir iletken yerleştirilir. Parçaya, 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.

4.3.3. Manyetik Parçacık Kontrolünün Uygulanması

Manyetik parçacık muayenesi, doğal mıknatıslar veya elektrik akımı ile manyetizma özelliği kazandırılarak sağlanır. Elektrik akımı en az direnç gösteren yolu tercih eder. Bu sayede akım, en kısa yoldan gider. Görsel 4.16'da manyetik parçacık testinin uygulanışı görülmektedir.



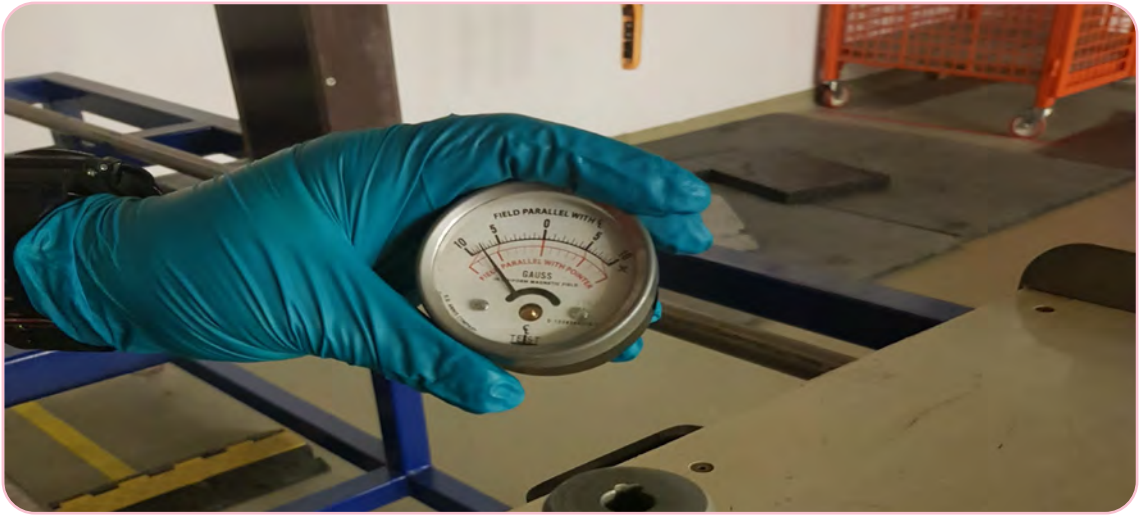
Görsel 4.16: Kaynak bölgesinin muayenesi

NOTLAR

a) **Demanyetizasyon (Mıknatıslığı Giderme):** Ferromanyetik test parçası, manyetik parçacık testi uygulanırken mıknatıslanır. Test sonucunda mıknatıslanma özelliği ortadan kaldırılmalıdır. Test parçasının mıknatıs özelliği, komponent süreçlerinin içinde olumsuz sonuçlar doğurabilir. Bu nedenle test sonunda bu parçanın mıknatıs özelliği ortadan kaldırılmalıdır. Manyetize olmuş parçanın demanyetizasyon tünelinden geçirilerek manyetik özelliği temizlenir (Görsel 4.17). Malzemenin manyetiklik durumu gaussmetre ile ölçülür (Görsel 4.18). Muayene parçasının test öncesi manyetize olma miktarı ve test sonrası demanyetize olup olmadığı gaussmetre ile tespit edilir.



Görsel 4.17: Demanyetizasyon tüneli



Görsel 4.18: Gaussmetre

b) **Malzeme Yüzeyinin Temizliği:** Teste başlamadan 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.

c) **Malzeme Alan Oluşumu**: Ferromanyetik test parçası, doğal bir mıknatısla veya elektrik akımı ile mıknatıslandırılır.

ç) **Demir Tozlarının Yüzeye Dağıtılması:** Test parçasının yüzeyine ferromanyetik tozlar (demir tozu) püskürtülür veya ferromanyetik solüsyon uygulanır.

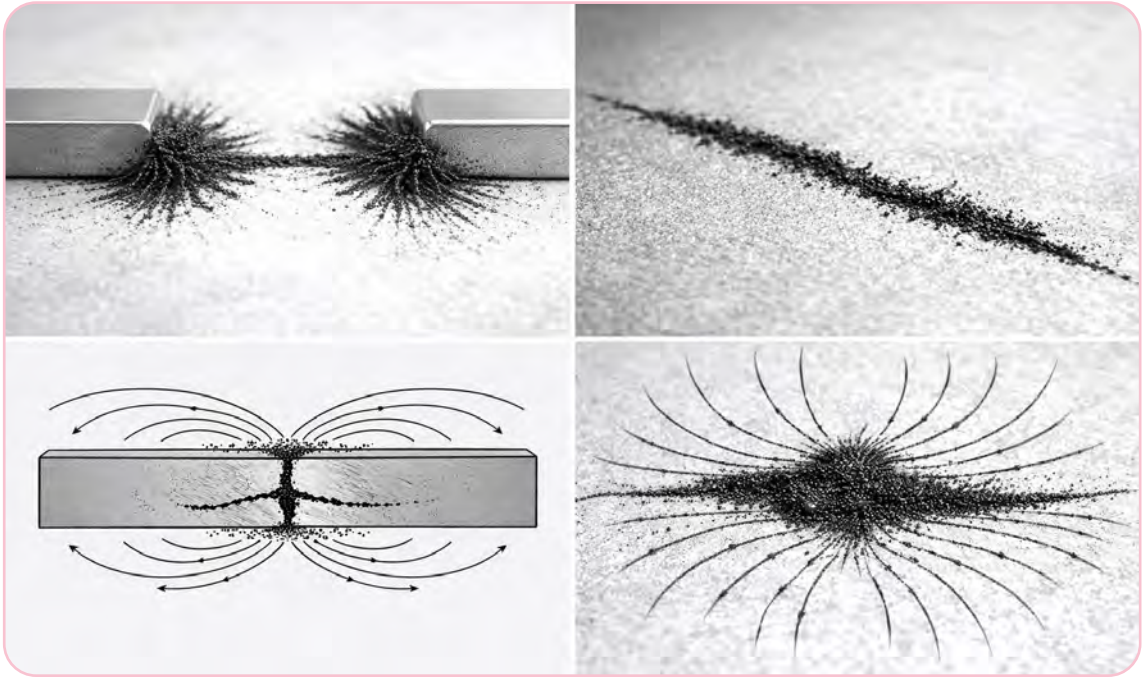
d) **Ferromanyetik Tozların Manyetik Kuvvetler Doğrultusunda Dizilmesi:** Ferromanyetik tozların tatbiki sonrasında manyetizma akımı sonlandırılır. Tozlar, manyetik kuvvet çizgileri doğrultusunda dizilir.

e) **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.

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

SIRA SİZDE

Aşağıdaki görselleri inceleyiniz. Soruları cevaplarıyla eşleştiriniz.



Sorular		Cevaplar
1. **Parçacıkların belirli bir hat boyunca toplanmasının nedeni nedir?**	☐	a) Manyetik alan çizgileri bozulur ve kaçak alan oluşur.
2. **Parçacıklar neden tüm yüzeye eşit dağılmamıştır?**	☐	b) Yüzey altında veya yüzeyde süreksizlik bulunmasıdır.
3. **Parçacıkların yoğunlaştığı bölgeler bize ne hakkında bilgi verir?**	☐	c) Kusur bulunan bölgelerde manyetik çekim değişir.
4. **Metal içinde bir çatlak varsa manyetik etki nasıl değişir?**	☐	ç) O bölgede çatlak, boşluk veya hata olabileceğini gösterir.
5. **Aşağıdaki durumlardan hangisinde kusur vardır? "Parçacıklar belirli bir çizgi boyunca toplanmıştır."**	☐	d) Kusur olduğu anlaşılır.

4.3.4. Manyetik Parçacık Testinin Avantaj ve Dezavantajları

Manyetik parçacık testi, uygulama kolaylığı, hızlı sonuç vermesi ve yüzey ile yüzeye yakın süreksizlikleri tespit etmedeki başarısı nedeniyle yaygın olarak kullanılan tahribatsız muayene yöntemlerinden biridir. Bununla birlikte her muayene yönteminde olduğu gibi bu yöntemin de bazı sınırlılıkları bulunmaktadır. Manyetik parçacık testinin başlıca avantaj ve dezavantajları Tablo 4.4'te verilmiştir

Tablo 4.4: Manyetik Parçacık Testinin Avantaj ve Dezavantajları

Avantajları	Dezavantajları
Ucuz bir yöntemdir ve uygulaması basittir.	Yalnızca ferromanyetik malzemeler test edilebilir.
Hassas bir ön temizlik işlemi gerektirmez.	Demanyetizasyon işlemi hassasiyetle yapılmazsa ileride olumsuz sonuçlar doğurabilir.
Yüzey ve yüzeye yakın süreksizlikleri tespit eder.	Malzeme içindeki tüm süreksizlikler tespit edilemez.
Karmaşık malzemelerin testine uygundur.	Temizliğin iyi yapılmaması süreksizlik olarak görülebilir.

MERAKLISINA

Manyetik parçacık yöntemi, ilk olarak demir yolu tekerleklerinde oluşan çatlakları tespit etmek için kullanılmaya başlanmıştır. Çünkü bu çatlaklar çoğu zaman gözle fark edilemez ve kazalara yol açar. Yapılan kontrollerde çatlak bulunan bölgelerde demir tozlarının aniden belirli hatlar boyunca toplandığı fark edilmiştir. Bu basit gözlem, bugün havacılıkta kullanılan gelişmiş manyetik parçacık kontrol yönteminin temelini oluşturur.

11. UYGULAMA

Adı:	Demir Bir Parça Üzerinde Süreksizlik Kontrolü
Amaç:	Malzeme üzerindeki süreksizlikleri manyetik parçacık kontrolü ile tespit etmek
Süre:	2 ders saati

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, kulak tıkacı gibi koruyucu ekipman kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı vb. tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Uygulamada beyaz sprey boya, ferromanyetik toz / solüsyon ve demanyetizasyon cihazı kullanınız.
- Önce uygulama yapılacak demir parçayı temizleyiniz.
- Parçaya dairesel manyetizasyon tekniğini uygulayınız.
- Manyetik parçacık yöntemi konusunda bahsedilen uygulama usullerine uyunuz.
- Uygulama sonrası yüzeylerin temizliğini yapınız.

DEĞERLENDİRME

Çalışmanız öğretmeniniz tarafından ortak derecelendrime formu ile değerlendirilecektir. Karekodu kullanarak ortak derecelendirme formuna ulaşabilirsiniz.

Dijital yayınlarda karekodun üstüne tıklayarak içeriğe ulaşabilirsiniz.

12. UYGULAMA

Adı:	Kaynakla Birleştirilmiş Parçalarda Süreksizlik Kontrolü
Amaç:	Manyetik parçacık yöntemi ile hasar tespiti yapmak
Süre:	2 ders saati

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, kulak tıkacı gibi koruyucu ekipman kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı vb. tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

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

DEĞERLENDİRME

Çalışmanız öğretmeniniz tarafından ortak derecelendrime formu ile değerlendirilecektir. Karekodu kullanarak ortak derecelendirme formuna ulaşabilirsiniz.

Dijital yayınlarda karekodun üstüne tıklayarak içeriğe ulaşabilirsiniz.

13. UYGULAMA

Adı:	Türbin Case Bölgesinde Süreksizlik Kontrolü
Amaç:	Manyetik parçacık yöntemi ile hasar tespitini yapmak
Süre:	2 ders saati

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, kulak tıkacı gibi koruyucu ekipman kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı vb. tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

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

DEĞERLENDİRME

Çalışmanız öğretmeniniz tarafından ortak derecelendrime formu ile değerlendirilecektir. Karekodu kullanarak ortak derecelendirme formuna ulaşabilirsiniz.

Dijital yayınlarda karekodun üstüne tıklayarak içeriğe ulaşabilirsiniz.

14. UYGULAMA

Adı:	Çelik Pervane Konisinde Süreksizlik Kontrolü
Amaç:	Manyetik parçacık yöntemi ile hasar tespiti yapmak
Süre:	2 ders saati

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, kulak tıkacı gibi koruyucu ekipman kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı vb. tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

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

DEĞERLENDİRME

Çalışmanız öğretmeniniz tarafından ortak derecelendrime formu ile değerlendirilecektir. Karekodu kullanarak ortak derecelendirme formuna ulaşabilirsiniz.

Dijital yayınlarda karekodun üstüne tıklayarak içeriğe ulaşabilirsiniz.

15. UYGULAMA

Adı:	İniş Takımı Dikme Gövdesinde Süreksizlik Kontrolü
Amaç:	Manyetik parçacık yöntemi ile hasar tespiti yapmak
Süre:	2 ders saati

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, kulak tıkacı gibi koruyucu ekipman kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı vb. tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer tüm iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Uygulamada beyaz sprey boya, ferromanyetik toz / solüsyon ve demanyetizasyon cihazı kullanınız.
- 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.

DEĞERLENDİRME

Çalışmanız öğretmeniniz tarafından ortak derecelendrime formu ile değerlendirilecektir. Karekodu kullanarak ortak derecelendirme formuna ulaşabilirsiniz.

Dijital yayınlarda karekodun üstüne tıklayarak içeriğe ulaşabilirsiniz.

HAZIRLIK ÇALIŞMASI

Bir metal parça üzerinde herhangi bir çatlak veya kusur olduğunu düşününüz. Bu parçaya dışarıdan dokunmadan, parçayı kesmeden veya kırmadan parçanın içinde bir hata olup olmadığı anlamak isteniyor.

Aşağıdaki soruları cevaplayınız.

1. **Elektrik akımı ileten bir metal parçada akımın akışı sizce her noktada aynı mıdır?**

.....
.....
.....
.....
.....

2. **Metal parça içinde bir çatlak veya boşluk varsa elektrik akımının bu bölgede nasıl davranacağını tahmin ediniz.**

.....
.....
.....
.....
.....

3. **Bir iletkenden geçen elektrik akımının çevresinde başka bir fiziksel etki oluşur mu?**

.....
.....
.....
.....
.....

4. **Metal parça içinde bir kusur varsa bu durum sizce bu fiziksel etkiyi değiştirir mi?**

.....
.....
.....
.....
.....

5. **Bir metal parçaya temas etmeden, yalnızca yakınına bir cihaz getirerek onun iç yapısı hakkında bilgi almak sizce mümkün müdür?**

.....
.....
.....
.....
.....

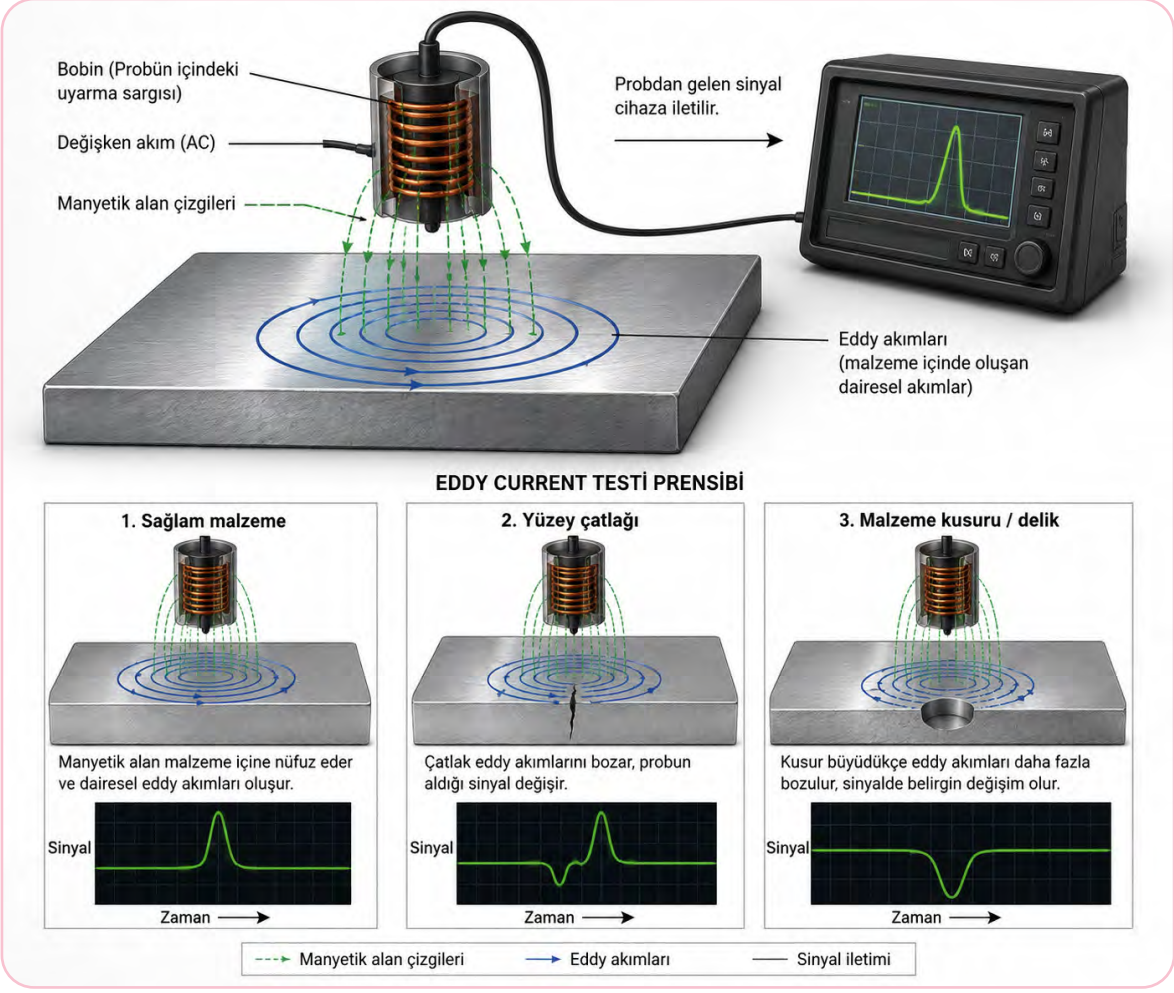
6. **Bir bobin (tel sarımı) düşününüz. Bu bobini metal bir parçaya yaklaştırdığınızda metalin içinde görünmeyen bazı elektriksel etkiler oluşabilir mi?**

.....
.....
.....
.....
. .....

4.4. EDDY CURRENT (GİRDAP AKIMLARI) YÖNTEMİYLE SÜREKSİZLİK TESPİTİ

Eddy akımları, Faraday'ın Endüksiyon Kanunu'na dayanır. Bir bobin içinden 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 4.19).

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



Görsel 4.19: Eddy akımlarının oluşumu

4.4.1. 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 kullanılır. Buna bağlı olarak havacılıkta korozyon ve malzeme kalınlığı ölçümleri için kullanılan bir yöntemdir (Görsel 4.20).



Görsel 4.20: Kargo kapısı menteşesinin eddy current yöntemi ile muayenesi

4.4.2. Eddy Current Testinin Ekipman ve Elemanları

Eddy current testinde kullanılan ekipman ve elemanlar, yüzey ve yüzeye yakın hataların tespit edilmesinde önemli görevler üstlenir. Bu yöntemde kullanılan cihazlar; malzeme içerisindeki değişimleri elektriksel ve manyetik etkiler yardımıyla algılayarak hızlı, hassas ve güvenilir kontrol yapılmasını sağlar. Prob, bobin, ekran ünitesi ve referans standartları gibi temel elemanlar, test sürecinin doğru şekilde uygulanabilmesi için birlikte çalışır.

a) Ölçüm Cihazları

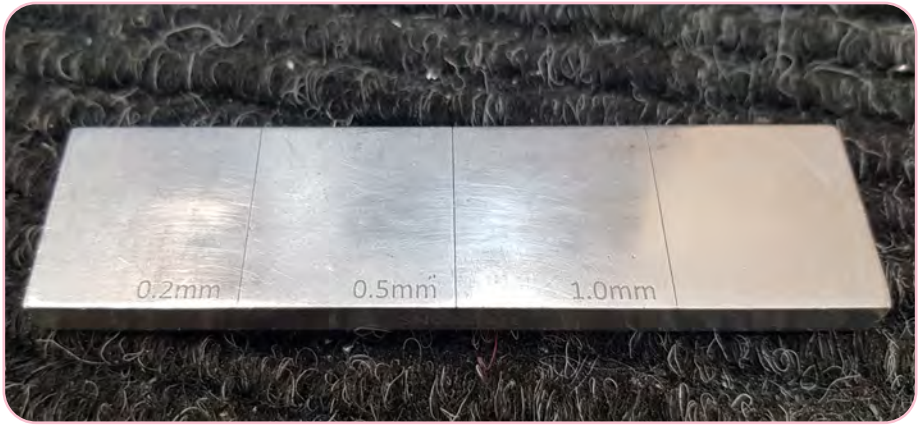
Ölçümü yapılan test parçasının ölçüm değerlerini işleyen ve bize sunan göstergelerdir. Analog ve dijital olmak üzere iki türü vardır. Dijital cihazların ölçüm hassasiyetleri daha yüksektir.

b) Problar

İçinde 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 gerekir (Görsel 4.21). 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 olunmasını sağlar.



Görsel 4.21: Kalibrasyon bloğu

4.4.3. 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 görülür. 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 etkiler. Test parçası içte, prob dışta ise dolgu faktörü derecesi önemli bir değişken hâlini alır. Dolgu faktörü arttıkça oluşacak girdap akımlarının yoğunluğu da artacaktır.

d) Süreksizlikler

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

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.

SIRA SİZDE

Bir teknisyen, metal bir parçaya hiç dokunmadan onun içinde kusur olup olmadığını anlamak istiyor. Teknisyenin elinde sadece bir bobin (tel sarımı) ve bir ölçüm cihazı vardır.

1. Aşağıdaki ifadeyi tamamlayınız.

Bobinden geçen elektrik akımı, metal parçanın içinde ..... oluşmasına neden olur.

2. Aşağıdaki iki durumu inceleyiniz.

Durum	Gözlem
A	Sağlam parça ⟶ Ölçüm değeri sabit.
B	Çatlaklı parça ⟶ Ölçüm değeri değişiyor.

Bu farkın nedeni ne olabilir?

3. Aşağıdaki seçeneklerden hangisi bu yöntemin en önemli özelliğidir?

☐ Parçayı keserek inceleme

☐ Parçaya temas etmeden kontrol yapma

☐ Sadece yüzeye bakarak karar verme

Cevap: .....
.....

4. Aşağıdaki durumlar için uygun muayene yöntemini seçiniz.

Durum	Eddy Current Uygun mu? (E/H)
İnce yüzey çatlaklarını tespit etme	
İletken olmayan malzemeyi inceleme	
Kaplama kalınlığını ölçme	
Temassız hızlı kontrol yapma	

4.4.4. Eddy Current Yönteminin Avantaj ve Dezavantajları

Eddy current yöntemi, hızlı uygulanabilmesi, yüzey hazırlığı gerektirmemesi ve iletken malzemelerde yüzey ile yüzeye yakın süreksizlikleri tespit edebilmesi nedeniyle yaygın olarak kullanılan tahribatsız muayene yöntemlerinden biridir. Bununla birlikte her muayene yönteminde olduğu gibi bu yöntemin de bazı sınırlılıkları bulunmaktadır. Eddy current yönteminin başlıca avantaj ve dezavantajları Tablo 4.5'te verilmiştir.

Tablo 4.5: Manyetik Parçacık Testinin Avantaj ve Dezavantajları

Avantajları	Dezavantajları
Yüzey ve yüzeye yakın süreksizlikler tespit edilir.	Yalnızca iletken malzemelerde süreksizliklerin tespiti yapılabilir.
Çok küçük süreksizlikler tespit edilebilir.	Referans standartlara ihtiyaç vardır.
Malzeme kalınlıkları ve iletkenliklerinin ölçümünde de kullanılır.	Çok derinlerde oluşmuş süreksizlikleri tespit edemez.
Karmaşık şekilli parçalar test edilebilir.	Tabakalaşma gibi sargı yönüne paralel süreksizlikleri tespit edemez.
Hızlı sonuç verir.	Malzeme kenarları ve köşelerinde doğru ölçümler vermez.
Uygulaması basittir.	

MERAKLISINA

Eddy current yöntemi, aslında bir keşif sonucu ortaya çıkmıştır. Bilim insanları, 19.yy.da bir iletkenin yakınından geçen değişken manyetik alanın o iletken içinde küçük akımlar oluşturduğunu fark etmiştir. Bu akımlar, ilk başta **enerji kaybı** olarak görülmüştür ancak zamanla bu durumun bir avantaj olduğu anlaşılmıştır. Bugün bu basit fiziksel olay sayesinde uçak parçalarında **temassız ve çok hızlı** kontroller yapılabilmektedir.

16. UYGULAMA

Adı:	Sert Temasların Sonuçlarını Araştırma
Amaç:	Malzeme üzerindeki süreksizlikleri eddy current yöntemiyle tespit etmek
Süre:	2 ders saati

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, kulak tıkacı gibi koruyucu ekipman kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı vb. tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer tüm iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Uygulamada eddy current cihazı, prob ve referanslar kullanınız.
- Gereğinden fazla sert temasa maruz kalmış (yüksekten düşmüş) bir parçayı teste hazırlayınız.
- Bu parça üzerindeki süreksizliği tespit ediniz.

DEĞERLENDİRME

Çalışmanız öğretmeniniz tarafından ortak derecelendrime formu ile değerlendirilecektir. Karekodu kullanarak ortak derecelendirme formuna ulaşabilirsiniz.

Dijital yayınlarda karekodun üstüne tıklayarak içeriğe ulaşabilirsiniz.

17. UYGULAMA

Adı:	Hidrolik Borularında Yöntemiyle Süreksizlik Kontrolü
Amaç:	Eddy current yöntemiyle hasar tespiti yapmak
Süre:	2 ders saati

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, kulak tıkacı gibi koruyucu ekipman kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı vb. tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer tüm iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Uygulamada eddy current cihazı, yüzey probu, koaksiyel (ortak eksenli) prob ve referanslar kullanınız.
- Hidrolik borusunu teste hazırlayınız.
- Borunun iç ve dış yüzeyleri üzerinde uygulamayı yapınız.

DEĞERLENDİRME

Çalışmanız öğretmeniniz tarafından ortak derecelendirme formu ile değerlendirilecektir. Karekodu kullanarak ortak derecelendirme formuna ulaşabilirsiniz.

Dijital yayınlarda karekodun üstüne tıklayarak içeriğe ulaşabilirsiniz.

18. UYGULAMA

Adı:	Çelik Mil Üzerinde Süreksizlik Kontrolü
Amaç:	Eddy current yöntemiyle hasar tespiti yapmak
Süre:	2 ders saati

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, kulak tıkacı gibi koruyucu ekipman kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı vb. tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Uygulamada eddy current cihazı, koaksiyel prob ve referanslar kullanınız.
- Çelik mili teste hazırlayınız.
- Bu parça üzerindeki süreksizliği tespit ediniz.

DEĞERLENDİRME

Çalışmanız öğretmeniniz tarafından ortak derecelendrime formu ile değerlendirilecektir. Karekodu kullanarak ortak derecelendirme formuna ulaşabilirsiniz.

Dijital yayınlarda karekodun üstüne tıklayarak içeriğe ulaşabilirsiniz.

19. UYGULAMA

Adı:	Framede Yöntemiyle Süreksizlik Kontrolü
Amaç:	Eddy current yöntemiyle hasar tespiti yapmak
Süre:	2 ders saati

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, kulak tıkacı gibi koruyucu ekipman kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı vb. tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Uygulamada eddy current cihazı, yüzey probu ve referanslar kullanınız.
- Uçak gövdesi frame yapısını test için hazırlayınız.
- Uçak gövdesi frame yapılarına testi uygulayınız.

DEĞERLENDİRME

Çalışmanız öğretmeniniz tarafından ortak derecelendirme formu ile değerlendirilecektir. Karekodu kullanarak ortak derecelendirme formuna ulaşabilirsiniz.

Dijital yayınlarda karekodun üstüne tıklayarak içeriğe ulaşabilirsiniz.

20. UYGULAMA

Adı:	Kompresör Bladeinde Eddy Current Yöntemiyle Süreksizlik Kontrolü
Amaç:	Eddy current yöntemiyle hasar tespiti yapmak
Süre:	2 ders saati

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, kulak tıkacı gibi koruyucu ekipman kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı vb. tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Uygulamada eddy current cihazı, yüzey probu ve referanslar kullanınız.
- Kompresör bladeini teste hazırlayınız.
- Blade üzerindeki süreksizlikleri eddy current cihazını kullanarak tespit ediniz.

DEĞERLENDİRME

Çalışmanız öğretmeniniz tarafından ortak derecelendrime formu ile değerlendirilecektir. Karekodu kullanarak ortak derecelendirme formuna ulaşabilirsiniz.

Dijital yayınlarda karekodun üstüne tıklayarak içeriğe ulaşabilirsiniz.

HAZIRLIK ÇALIŞMASI

Aşağıdaki görselleri dikkatlice inceleyiniz. Görsellerde ses dalgalarının farklı ortamlarda kullanımı gösterilmiştir.



Aşağıdaki soruları cevaplayınız.

1. **Görsellerde ortak olarak kullanılan fiziksel olgu nedir?**

.....

.....

2. **Ses dalgaları bir engele çarptığında nasıl bir davranış sergiler?**

.....

.....

3. **Bir ortam içinde gönderilen ses dalgalarının geri dönmesi bize ne hakkında bilgi verebilir?**

.....

.....

4. **Doktorların ultrason cihazı ile görüntü elde etmesi ile gemilerin SONAR sistemi arasında nasıl bir benzerlik vardır?**

.....

.....

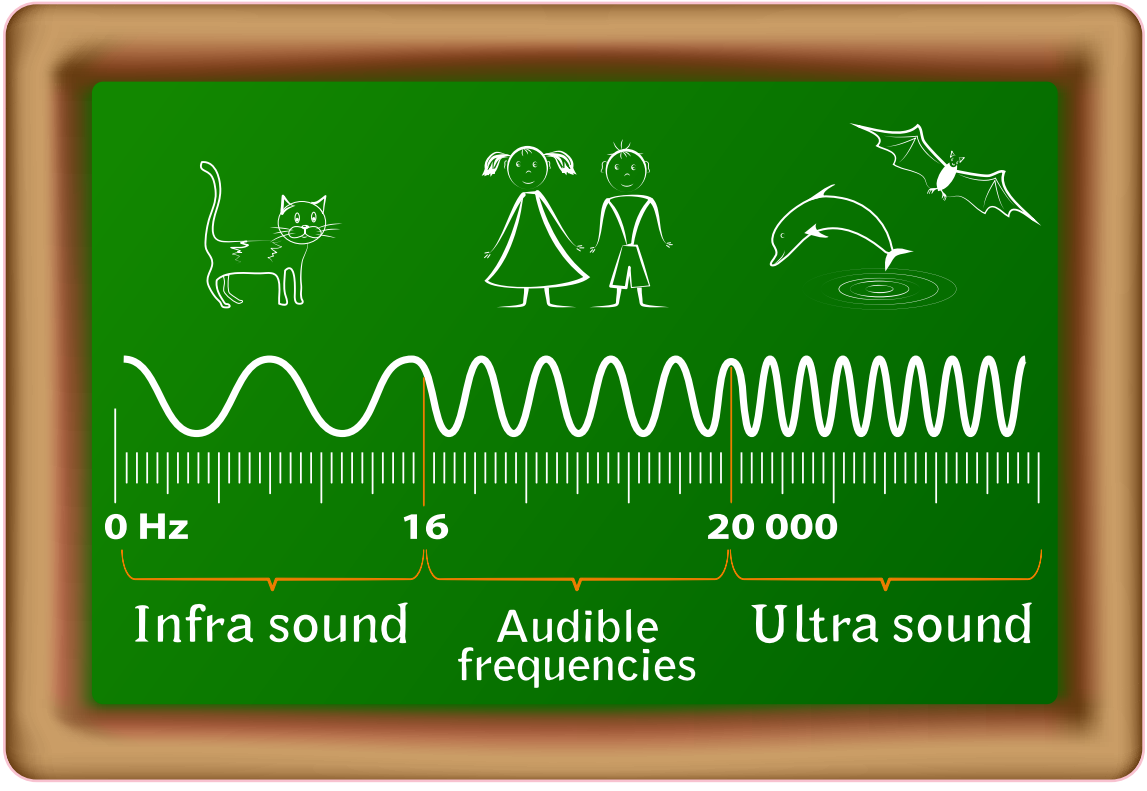
5. **Sizce ses dalgaları kullanılarak bir metalin iç yapısı hakkında bilgi edinilebilir mi?**

.....

.....

4.5. ULTRASONİK KONTROL YÖNTEMİYLE SÜREKSİZLİK TESPİTİ

Ses, malzeme atomlarının titreşimi ile meydana gelen bir olgudur. Ultrasonik ses frekans değeri 20.000 hz/s üzerindeki titreşimleri ifade eder. Malzeme üzerine ultrasonik seviyede ses dalgaları gönderilerek içindeki süreksizlikleri tespit etme yöntemine **ultrasonik muayene yöntemi** denir. İnsan kulağının işitme frekansı aralığının üzerinde bir ses dalgası olduğu için insanların bu sesleri duyma imkânı yoktur (Görsel 4.22).



Görsel 4.22: Ses frekans aralıkları

Ses, malzemelerin titreşimi sayesinde dalgalar hâlinde yayılır. Malzeme üzerine gönderilen bu ses dalgaları kırılgan ve yansıyan yapıdadır. Malzeme içindeki süreksizlere çarpmalarıyla ses dalgalarında bozulmalar oluşur. Bozulmanın değeri, süreksizliğin büyüklük ve konumunun belirlenmesini sağlar.

NOTLAR

4.5.1. Ultrasonik Kontrolün Uygulanabileceği Malzemeler

Metal veya metal olmayan malzemelerdeki çatlak ve gözenek gibi süreksizliklerin tespitinde, malzeme içinde veya yüzeyde bulunan süreksizliklerin tespitinde (Görsel 4.23), malzeme kalınlıklarının ölçülmesinde, korozyon tespitinde, kompozit malzemelerde görülen tabakalaşma süreksizliklerinde ve metallerin sertleşen bölgelerinin tespitinde kullanılır.



Görsel 4.23: Motor palleri iç kısımlarının ultrasonik test cihazı ile kontrolü

4.5.2. Ultrasonik Muayene Yönteminde Kullanılan Ekipman

Ultrasonik muayene yönteminde kullanılan ekipman, malzeme içerisinde gözle görülemeyen çatlak, boşluk ve süreksizliklerin tespit edilmesini sağlar. Bu yöntemde kullanılan prob, ultrasonik cihaz, ekran ünitesi ve temas sıvısı gibi ekipman; yüksek frekanslı ses dalgalarının malzeme içerisindeki hareketini analiz ederek hataların yerini ve boyutunu belirlemede önemli görev üstlenir. Doğru ekipman seçimi ve uygun kullanım, ultrasonik muayenenin güvenilirliğini doğrudan etkiler.

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 4.24). Kullanım alanları ve tercihlerine göre taşınabilir, sabit, temaslı, daldırma yöntemli türleri vardır.



Görsel 4.24: Ultrasonik test cihazı

b) Prob (Transdüser)

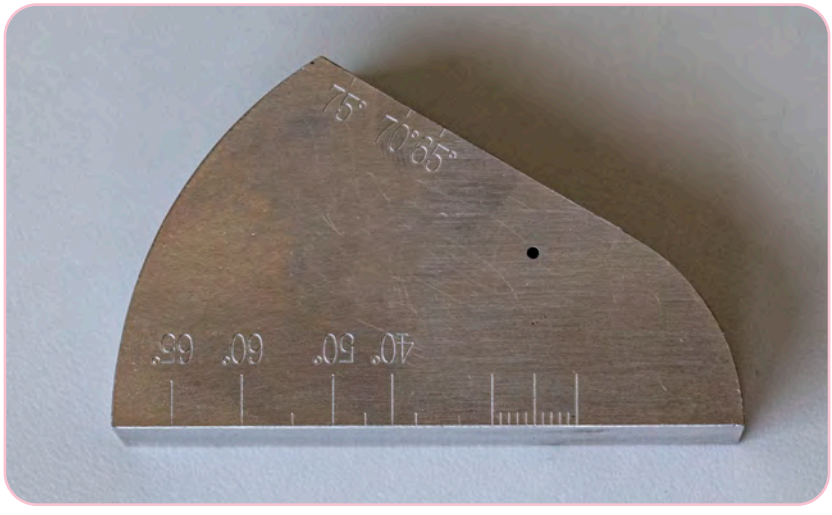
Ses dalgalarını malzeme içine gönderen veya yansıyan dalgaları tespit eden elemandır (Görsel 4.25). Kullanım yerleri ve uygulama çeşitlerine göre farklı türleri vardır. Probların seçimi; test malzemesinin geometrisi, malzeme sertliği, malzeme yapısı, uygulanması gereken frekans büyüklüğü, probun çapı gibi değişkenlere göre yapılır.



Görsel 4.25: Prob (transdüser)

c) Kalibrasyon Blokları

Kalibrasyon malzemelerin amacı, testi yapılan malzemelerle aynı özellikleri taşıyarak testin doğruluğunu saptar (Görsel 4.26). Kalibrasyon blokları, testi yapılan malzeme ile aynı kimyasal özelliklerde olmalıdır.



Görsel 4.26: Kalibrasyon bloku

ç) Ultrasonik Muayene Jelleri (Couplant)

Ses dalgaları havada hareket edemez. Prob yüzeyi ile test malzemesinin arasında hava boşluğu kalması ölçümü olumsuz etkiler. 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.

4.5.3. 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 konur. Üretici probun gönderdiği ses dalgalarında, karşısına çıkan süreksizlikler sebebiyle kayıplar oluşur. 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 derece açı ile konumlandırılır.

ç) Temas ve Daldırma Tekniği

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

4.5.4. 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.

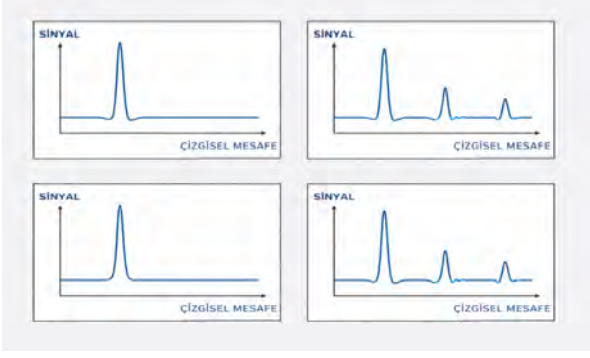
4.5.5. Ultrasonik Ses Dalgalarının Yayılma Türleri

Ultrasonik ses dalgalarının yayılma şekilleri şunlardır:

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

SIRA SİZDE

Aşağıdaki grafiklerde bir metal parçanın içine gönderilen ses dalgalarının geri dönüş sinyalleri gösterilmiştir.



1. Aşağıdaki ifadeyi tamamlayınız.

Ultrasonik muayenede geri dönen sinyalin oluşmasının nedeni ..... dır.

2. Aşağıdaki iki durumu karşılaştırınız.

3. Bu fark neyi gösteriyor olabilir?

Durum	Gözlem
A	Tek bir büyük sinyal
B	Birden fazla sinyal

4. Aşağıdaki yorumlardan hangisi doğrudur?

- Çok sayıda sinyal olması her zaman parçanın sağlam olduğunu gösterir.
- Ek sinyaller, parça içinde farklı yansımalar (kusurlar) olabileceğini gösterir.
- Sinyallerin hiçbir anlamı yoktur.

Cevap: .....

4.5.6. Ultrasonik Muayene Yönteminin Avantaj ve Dezavantajları

Ultrasonik muayene yöntemi, malzeme içerisindeki süreksizlikleri yüksek doğrulukla tespit edebilmesi ve malzemenin iç yapısı hakkında ayrıntılı bilgi sağlaması nedeniyle yaygın olarak kullanılan tahribatsız muayene yöntemlerinden biridir. Bununla birlikte her muayene yönteminde olduğu gibi bu yöntemin de bazı üstün yönleri ve sınırlılıkları bulunmaktadır. Ultrasonik muayene yönteminin avantaj ve dezavantajları Tablo 4.6'da verilmiştir.

Tablo 4.6: Ultrasonik Muayene Yönteminin Avantaj ve Dezavantajları

Avantajları	Dezavantajları
Metal ve metal olmayan malzemelerin süreksizliklerini tespit eder.	Ekipmanların kullanımı diğer yöntemlere göre daha ciddi uzmanlık gerektirir.
Malzeme yüzeyi ve malzeme içindeki süreksizlikleri tespit eder.	Muayene jeli veya sıvılarına ihtiyaç vardır.
Süreksizlik tespiti, konumu, büyüklüğü konularında hassasiyeti yüksektir.	Muayene edilecek parçanın formu düzgün değilse testin hata payı yüksek olur.
Kalınlık ölçümlerinde kullanılır.	Ses iletimi düşük olan malzemelerin testi zordur.
Hızlı sonuç verir.	Probdan gönderilen ses dalgaları, süreksizlik yönü ile paralel doğrultudaysa süreksizlik tespit edilemeyebilir.

MERAKLISINA

Denizaltılar, okyanusun derinliklerinde yönlerini bulmak ve engelleri tespit etmek için SONAR sistemlerini kullanır. Bu sistemler, suya ses dalgaları gönderir ve geri dönen yankıyı analiz eder. Aynı prensip ultrasonik muayenede de kullanılır. Ancak burada su yerine metal, denizaltı yerine ise bir prob kullanılır. Başka bir ifadeyle teknisyenler, metalin içindeki **yankıyı dinleyerek** kusurları tespit eder.

21. UYGULAMA

Adı:	Kruger Flap Gövdesi ve Menteşelerinde Süreksizlik Kontrolü
Amaç:	Ultrasonik muayene yöntemi ile hasar tespiti yapmak
Süre:	2 ders saati

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, kulak tıkacı gibi koruyucu ekipman kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı vb. tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

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

DEĞERLENDİRME

Çalışmanız öğretmeniniz tarafından ortak derecelendrime formu ile değerlendirilecektir. Karekodu kullanarak ortak derecelendirme formuna ulaşabilirsiniz.

Dijital yayınlarda karekodun üstüne tıklayarak içeriğe ulaşabilirsiniz.

22. UYGULAMA

Adı:	Kompozit Malzemeler Üzerindeki Hasar ve Hataları Tespit Etme
Amaç:	Kompozit malzemeler üzerindeki süreksizlikleri ultrasonik kontrol yöntemiyle tespit etmek
Süre:	2 ders saati

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, kulak tıkacı gibi koruyucu ekipman kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı vb. tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

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

DEĞERLENDİRME

Çalışmanız öğretmeniniz tarafından ortak derecelendrime formu ile değerlendirilecektir. Karekodu kullanarak ortak derecelendirme formuna ulaşabilirsiniz.

Dijital yayınlarda karekodun üstüne tıklayarak içeriğe ulaşabilirsiniz.

23. UYGULAMA

Adı:	Uçak Fren Diskinde Süreksizlik Kontrolü
Amaç:	Ultrasonik muayene yöntemiyle hasar tespiti yapmak
Süre:	2 ders saati

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, kulak tıkacı gibi koruyucu ekipman kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı vb. tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

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

DEĞERLENDİRME

Çalışmanız öğretmeniniz tarafından ortak derecelendrime formu ile değerlendirilecektir. Karekodu kullanarak ortak derecelendirme formuna ulaşabilirsiniz.

Dijital yayınlarda karekodun üstüne tıklayarak içeriğe ulaşabilirsiniz.

24. UYGULAMA

Adı:	İniş Takımı Dikmesinde Süreksizlik Kontrolü
Amaç:	Ultrasonik muayene yöntemiyle hasar tespiti yapmak
Süre:	2 ders saati

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, kulak tıkacı gibi koruyucu ekipman kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı vb. tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

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

DEĞERLENDİRME

Çalışmanız öğretmeniniz tarafından ortak derecelendirme formu ile değerlendirilecektir. Karekodu kullanarak ortak derecelendirme formuna ulaşabilirsiniz.

Dijital yayınlarda karekodun üstüne tıklayarak içeriğe ulaşabilirsiniz.

25. UYGULAMA

Adı:	Kanat Boya Kalınlığının Kontrolü
Amaç:	Ultrasonik muayene yöntemiyle boya kalınlığı tespiti yapmak
Süre:	2 ders saati

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, kulak tıkacı gibi koruyucu ekipman kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı vb. tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

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

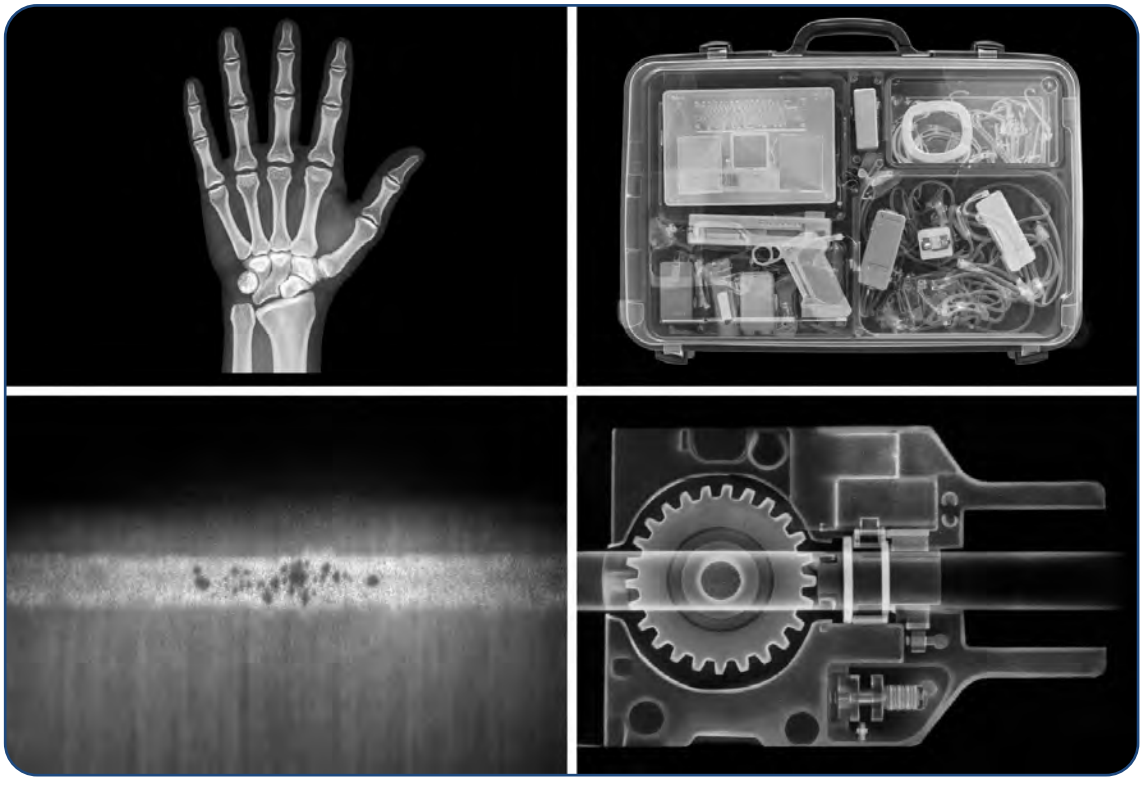
DEĞERLENDİRME

Çalışmanız öğretmeniniz tarafından ortak derecelendrime formu ile değerlendirilecektir. Karekodu kullanarak ortak derecelendirme formuna ulaşabilirsiniz.

Dijital yayınlarda karekodun üstüne tıklayarak içeriğe ulaşabilirsiniz.

HAZIRLIK ÇALIŞMASI

Aşağıdaki görselleri dikkatlice inceleyiniz.



Aşağıdaki soruları cevaplayınız.

1. **Görsellerde ortak olarak kullanılan yöntem sizce nedir?**

   .....

   .....

2. **Bu görsellerde dışarıdan bakıldığında görünmeyen hangi bilgiler elde edilmiştir?**

   .....

   .....

3. **Bir nesnenin iç yapısını görüntüleyebilmek için nasıl bir fiziksel etki kullanılıyor olabilir?**

   .....

   .....

4. **Hastanelerde kullanılan röntgen cihazı ile havalimanlarındaki bagaj kontrol sistemleri arasında nasıl bir benzerlik vardır?**

   .....

   .....

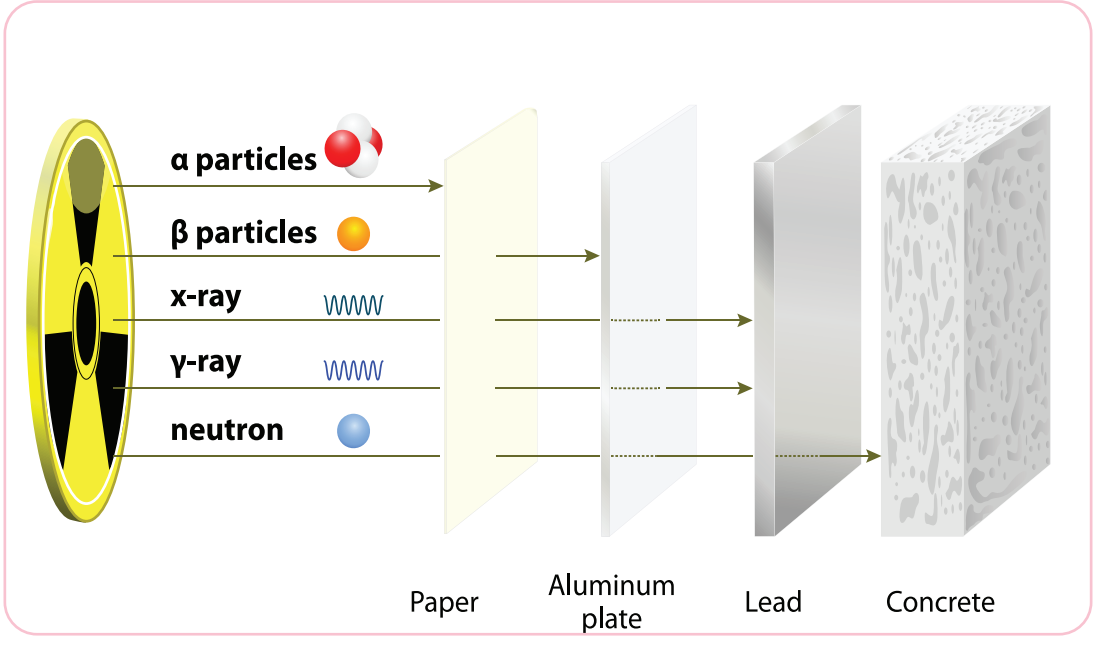
5. **Sizce bu yöntem metal bir parçanın içindeki çatlak veya hataları tespit etmek için kullanılabilir mi?**

   .....

   .....

4.6. RADYOGRAFİK KONTROL YÖNTEMİ

Yüksek enerjili elektromekanik dalgalara veya ışın foton demetlerine **radyoaktif ışınlar** denir. Radyografik muayene yönteminde en çok **X-** veya **gama ışınları** kullanılır. Bunun haricinde alfa, beta, Y-ray ve özel teknikler de (nötron) kullanılır (Görsel 4.27).



Görsel 4.27: Radyasyon türleri ve nüfuziyet

Muayenede kullanılan yüksek enerjili ışınlar, test malzemesinin içinden geçer ve geçerken de bir miktar kayba uğrar. Malzeme içindeki süreksizliklerin içinden geçen ışın demeti farklı oranlarda kayıplara neden olacaktır. Bu enerji kaybındaki farklılıklar, test parçasının diğer tarafına konulan ışına duyarlı filmleri veya elektronik film görüntüleyicilerini etkileyerek malzeme içindeki süreksizlikleri tespit eder (Görsel 4.28).



Görsel 4.28: Radyografi test cihazı ile kaynak muayenesi kabiliyetleri

4.6.1. Radyografik Kontrolün Uygulanabileceği Malzemeler

Radyografik kontrol, metal veya metal olmayan her türlü malzemenin muayenesinde kullanılabilen bir yöntemdir. 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, kanser gibi olumsuz durumlar meydana gelir. İnsanın bir yıl içinde maruz kalabileceği en fazla radyasyon miktarı **100 mSv**'tir (milisievert). Bu sebeple test cihazları kurşun elementi ile muhafaza edilir.

4.6.2. Radyografik Kontrol Test Teknikleri

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

4.6.2.1. 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 50-350 kV arasındadır. Bu yöntemin elemanları; X-ray tüpü, X-ray jeneratörü ve kontrol konsoludur.

4.6.2.2. 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.

4.6.3. Radyografik Kontrolün Tarama Şekline Göre Sınıflandırılması

a) Film Radyografisi

En çok bilinen radyografik muayene yöntemlerinden biridir. Bu yöntemde kullanılan filmin içinde 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 içinde gözlemlenir.

b) Dijital Radyografi

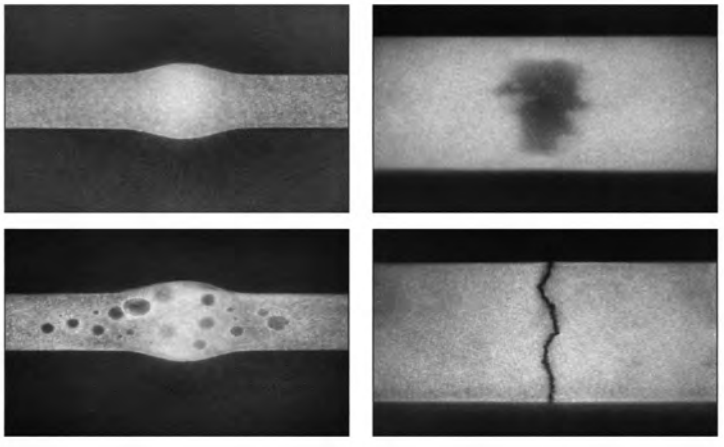
Bu radyografi türünde görüntü dijital ekranlara yansıtılarak incelenir, film kullanılmaz. Görüntüler dijital olarak saklanabildiği için film radyografisinde olduğu gibi zamanla bozulma ihtimali yoktur. Dijital radyografinin çeşitleri şunlardır:

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 de 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 görüntüleme imkânı sağlar.

SIRA SİZDE

Aşağıdaki radyografik görüntüleri inceleyiniz .



1. Aşağıdaki ifadeyi tamamlayınız.

Radyografik görüntülerde açık (parlak) ve koyu bölgelerin oluşmasının nedeni ..... dır.

Hangi görsellerde iç yapıda bir hata (kusur) olduğunu düşünüyorsunuz?

.....
.....
.....

2. Kusurlu bölgeler görüntüde nasıl görünmektedir?

.....
.....
.....

3. Sağlam bir parça ile kusurlu bir parça görüntü açısından nasıl ayırt edilir?

.....
.....
.....

4. Aşağıdaki yorumlardan hangisi doğrudur?

- Yoğun bölgeler daha fazla ışın geçirir.
- Boşluklu bölgeler daha fazla ışın geçirir.
- Tüm bölgeler ışını aynı şekilde geçirir.

Cevap: .....
.....
.....

4.6.4. Radyografik Kontrolün Avantaj ve Dezavantajları

Radyografik kontrol yöntemi, malzemenin iç yapısındaki süreksizlikleri görüntüleyebilmesi ve kalıcı kayıt oluşturabilmesi nedeniyle yaygın olarak kullanılan tahribatsız muayene yöntemlerinden biridir. Bununla birlikte her muayene yönteminde olduğu gibi bu yöntemin de bazı üstün yönleri ve sınırlılıkları bulunmaktadır. Radyografik kontrol yönteminin avantaj ve dezavantajları, Tablo 4.7'de verilmiştir.

Tablo 4.7: Radyografik Kontrolün Avantaj ve Dezavantajları

Avantajları	Dezavantajları
Metal ve metal olmayan tüm malzemeler için kullanılabilir.	İnsan sağlığı açısından oldukça tehlikeli olduğu için çok dikkatli kullanım gerektirir.
Malzeme yüzeyi ve yüzeyin içindeki süreksizlikleri tespit edebilir.	Kontrolörün ciddi bir eğitim sürecinden geçmesi gerekir.
Her türlü süreksizlik tipini tespit edebilir.	Kullanılan ekipman pahalıdır.
Çeşitli geometrilerdeki test parçasını muayene edebilir.	Süreksizliğin derinlik mesafesi hesaplanamaz (Hesaplanabilmesi için farklı açılardan test yapılmalıdır.).
Hassas bir temizlik gerektirmez.	
Malzeme hareket hâlindeyken de test edilebilir.	

MERAKLISINA

Röntgen ışınları, 1895 yılında Wilhelm Röntgen tarafından keşfedildiğinde ilk çekilen görüntülerden biri eşinin eliydi. Bu görüntüde kemikler net bir şekilde görünürken yumuşak dokular daha silik çıkmıştı. Bu farkın nedeni, kemiklerin daha yoğun olması ve ışınları daha fazla soğurmasıydı. Bugün aynı prensip kullanılarak uçak parçalarının içindeki en küçük boşluklar bile tespit edilebilmektedir.

26. UYGULAMA

Adı:	Radyografik Kontrol Filminin Gözle Değerlendirilmesi
Amaç:	Malzeme üzerindeki süreksizlikleri radyografik kontrol ile tespit etmek
Süre:	2 ders saati

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 vb. 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.

DEĞERLENDİRME

Çalışmanız öğretmeniniz tarafından ortak derecelendrime formu ile değerlendirilecektir. Karekodu kullanarak ortak derecelendirme formuna ulaşabilirsiniz.

Dijital yayınlarda karekodun üstüne tıklayarak içeriğe ulaşabilirsiniz.

27. UYGULAMA

Adı:	Kaynaklı Parçalarda Kaynak Bölgesinin Süreksizlik Kontrolü
Amaç:	Radyografik muayene yöntemi ile hasar tespitini yapmak
Süre:	2 ders saati

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 vb. 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.

DEĞERLENDİRME

Çalışmanız öğretmeniniz tarafından ortak derecelendrime formu ile değerlendirilecektir. Karekodu kullanarak ortak derecelendirme formuna ulaşabilirsiniz.

Dijital yayınlarda karekodun üstüne tıklayarak içeriğe ulaşabilirsiniz.

28. UYGULAMA

Adı:	Yakıt Tankında Süreksizlik Kontrolü
Amaç:	Radyografik muayene yöntemi ile hasar veya korozyon tespitini yapmak
Süre:	2 ders saati

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 vb. 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.

DEĞERLENDİRME

Çalışmanız öğretmeniniz tarafından ortak derecelendrime formu ile değerlendirilecektir. Karekodu kullanarak ortak derecelendirme formuna ulaşabilirsiniz.

Dijital yayınlarda karekodun üstüne tıklayarak içeriğe ulaşabilirsiniz.

29. UYGULAMA

Adı:	Motor Şaftında Süreksizlik Kontrolü
Amaç:	Radyografik muayene yöntemi ile hasar veya korozyon tespitini yapmak
Süre:	2 ders saati

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 vb. 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

- UUygulamada 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.

DEĞERLENDİRME

Çalışmanız öğretmeniniz tarafından ortak derecelendirme formu ile değerlendirilecektir. Karekodu kullanarak ortak derecelendirme formuna ulaşabilirsiniz.

Dijital yayınlarda karekodun üstüne tıklayarak içeriğe ulaşabilirsiniz.

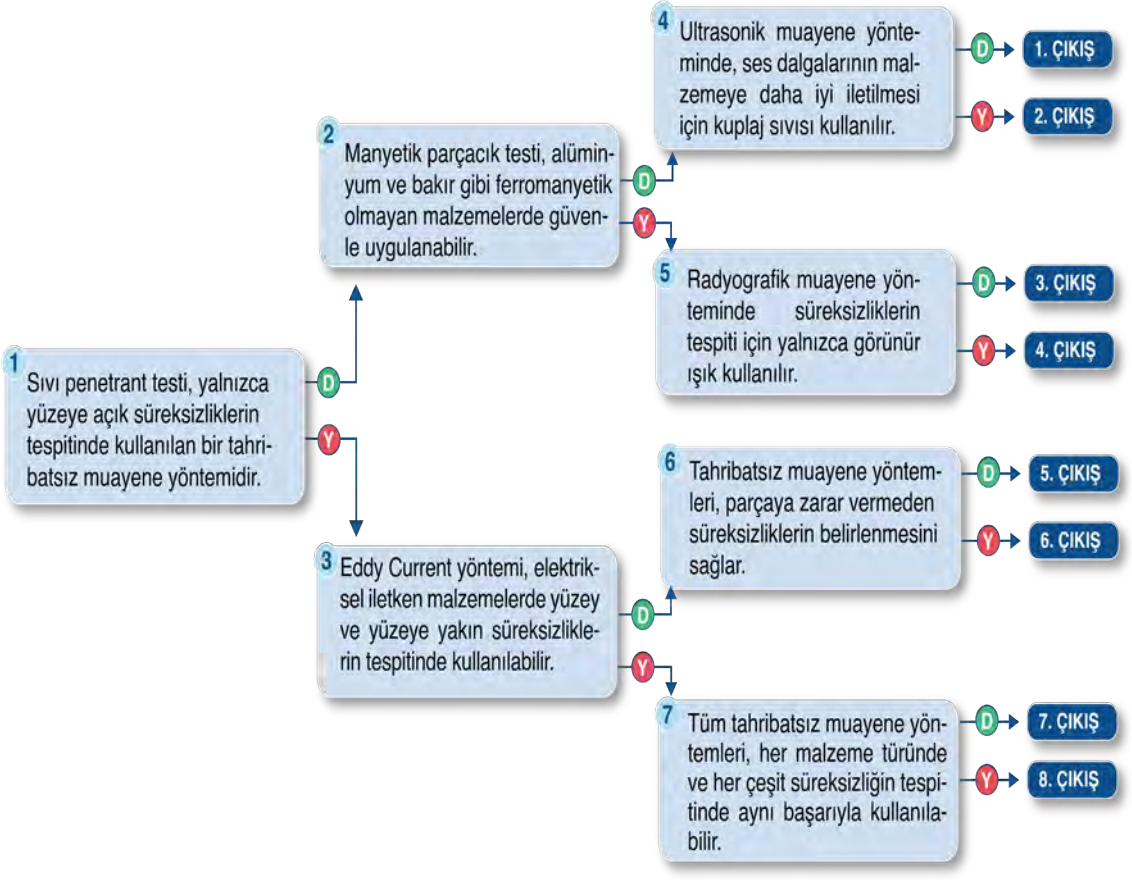
ÖZ DEĞERLENDİRME

Bu uygulamada kendinizi değerlendirmeniz için öz değerlendirme formu hazırlanmıştır. Öz değerlendirme formuna ulaşmak için karekodu okutabilirsiniz.

Dijital yayınlarda karekodun üstüne tıklayarak içeriğe ulaşabilirsiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A) Aşağıda (D) / (Y) önermeleri içeren tanılayıcı dallanmış ağaç verilmiştir. Verilen önermenin doğru olduğunu düşünüyorsanız (D), yanlış olduğunu düşünüyorsanız (Y) seçeneğini işaretlemeniz gerekmektedir. İlk önermeden başlayarak yapacağınız seçimlerle ve oklar yönünde ilerleyerek çıkış noktasını bulunuz.



ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

B) Aşağıdaki soruların doğru cevabını işaretleyiniz.

1. Aşağıdakilerden hangisi tahribatlı muayene yöntemine örnektir?

A) Ultrasonik muayene

B) Radyografik muayene

C) Manyetik parçacık muayenesi

D) Eddy current muayenesi

E) Çekme testi

2. Penetrant yöntemi en çok ne tür hataların tespitinde kullanılır?

A) İç boşluklar

B) Derin çatlaklar

C) Yüzey çatlakları

D) Yoğunluk farkları

E) Manyetik alan bozulmaları

3. Aşağıdakilerden hangisi radyografik muayenenin temel prensibidir?

A) Ses dalgalarının yansıması

B) Manyetik alanın bozulması

C) Elektrik akımı değişimi

D) Işın geçişindeki yoğunluk farkı

E) Kapilarite etkisi

C) Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerlere doğru ifadeleri yazınız.

1. Tahribatsız muayene yöntemlerinde ses dalgalarıyla süreksizlik bulabilen muayene türü nedir?

.....

2. Ultrasonik muayenede gönderilen ses dalgalarının geri dönmesi olayına ne denir?

.....

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Ç) Aşağıdaki soruları, verilen senaryoya göre cevaplandırınız.

Senaryo

Bir uçak bakım teknisyeni uçak kanadı üzerinde kontrol yapmaktadır. Farklı bölgelerde farklı türde hasar ihtimalleri bulunmaktadır.

1. **Teknisyen, yüzeyde çok ince ve gözle zor fark edilen çatlaklardan şüphelenmektedir. Bu durumda teknisyenin kullanması gereken en uygun yöntem nedir?**

   Cevap: .....
   .....
   .....
   .....
   .....
   .....

2. **Teknisyen, hızlı ve temassız bir kontrol yapmak istemektedir ve malzeme iletkendir. Bu durumda teknisyenin kullanması gereken en uygun yöntem nedir?**

   Cevap: .....
   .....
   .....
   .....
   .....
   .....

3. **Teknisyen, kanadın iç kısmında (yüzeyin altında) bir kusur olabileceğini düşünmektedir. Bu tür bir kontrol için hangi yöntem tercih edilmelidir?**

   Cevap: .....
   .....
   .....
   .....
   .....
   .....

5. ÖĞRENME BİRİMİ



HAREKET İLETİM ELEMANLARI

Öğrenme Birimi Karekodu

KONULAR

5.1. YAYLARIN TESTİ

5.2. YATAKLARIN BAKIMI VE ONARIMI

5.3. TRANSMISYONLARIN BAKIMI VE ONARIMI

5.4. BORULAR VE BAĞLANTILARININ BAKIMI VE ONARIMI

5.5. KUMANDA KABLOLARININ BAKIMI VE ONARIMI

5.6. ELEKTRİK KABLOLARI VE KONNEKTÖR UYGULAMALARI

BEKLENTİLER

Bu öğrenme biriminde sizden

- yayların özellik, çeşit ve kullanım alanlarını açıklamanız
- yatakların (kaymalı ve rulmanlı) yapı, çalışma prensibi ve çeşitlerini ayırt etmeniz
- yatakların kontrol, bakım ve test süreçlerini açıklamanız
- transmisyon elemanlarının (dişli çarklar, dişli sistemleri) çalışma prensibi ve çeşitlerini açıklamanız
- dişli oranı ve hareket iletimi hesaplamalarını temel düzeyde yapmanız
- kayış-kasnak ve zincir dişli sistemlerinin çalışma prensiplerini açıklamanız
- hareket iletim elemanlarında kullanılan malzemeler ve malzemelerin kullanım amaçlarını açıklamanız
- bu elemanların bakım ve kontrolünü iş güvenliği kurallarına uyarak yapmanız

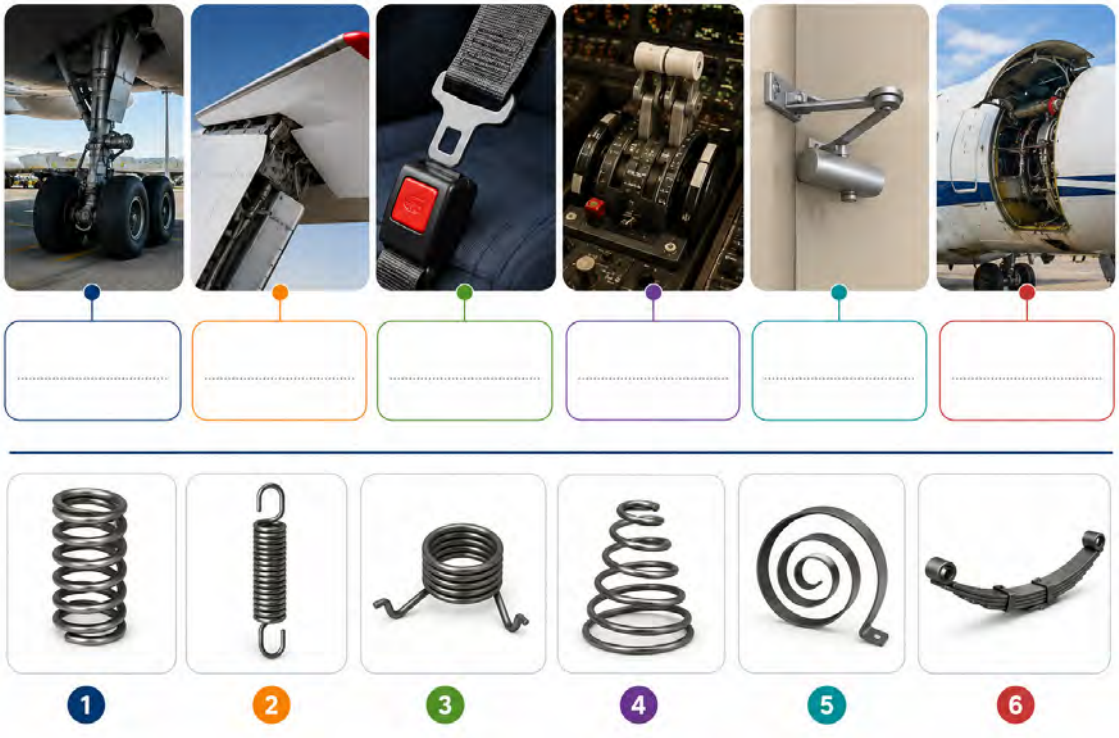
beklenmektedir.

ANAHTAR KAVRAMLAR

- bağlantı elemanı
- basma yayı
- boru
- burulma yayı
- çekme yayı
- elastikiyet
- enerji
- eksenel yük
- hareket iletimi
- kaymalı yatak
- kumanda kablosu
- kuvvet
- makine elemanı
- radyal yük
- rulman
- sürtünme
- transmisyon
- yay
- yağlama
- yatak

HAZIRLIK ÇALIŞMASI

Aşağıdaki görselleri inceleyiniz. Günlük yaşamda ve havacılıkta yay kullanılan sistemleri gözlemleyerek yayların hangi amaçla kullanıldığını düşününüz. Görsellerden hareketle yayların görevleri hakkında çıkarımlarda bulununuz ve öğretmeninizle tartışınız.

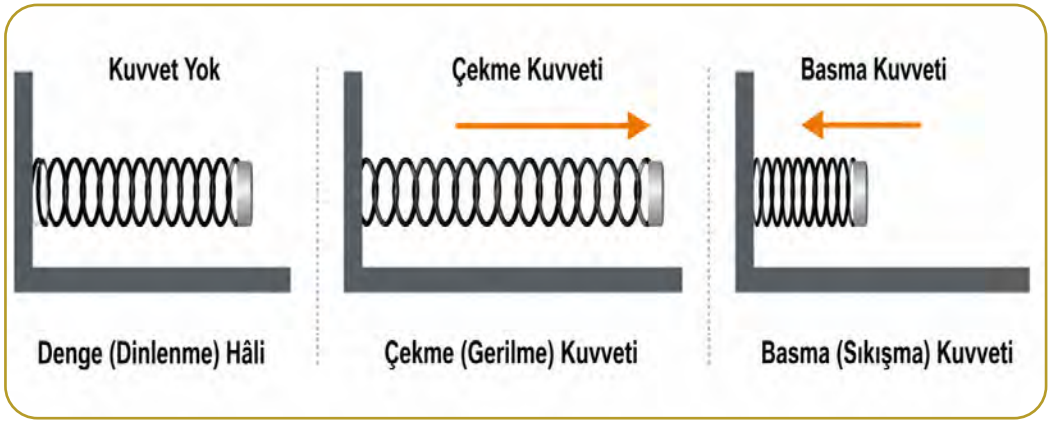


5.1. YAYLARIN TESTİ

Yaylar, mekanik sistemlerde kuvvet etkisi altında elastik şekil değiştirerek enerji depolayan ve bu enerjiyi kontrollü şekilde geri verebilen makine elemanlarıdır. Titreşim ve darbelerin azaltılması, hareket iletimi, kuvvet uygulanması, parçaların belirli konumlarda tutulması gibi görevleri nedeniyle havacılık başta olmak üzere birçok mühendislik alanında yaygın olarak kullanılır. Yayların çalışma prensibi, uygulanan yükün kaldırılmasıyla ilk şekline dönme özelliğine dayanır. Kullanım amacına ve maruz kaldıkları kuvvetlere göre çekme, basma ve burulma yayları; geometrik yapılarına göre ise helisel, spiral, disk ve yaprak yaylar şeklinde sınıflandırılır. Her yay türü, sahip olduğu tasarım özellikleri sayesinde farklı mekanik ihtiyaçlara çözüm sunar ve sistemlerin güvenli, verimli ve uzun ömürlü çalışmasına katkı sağlar.

5.1.1. Yayların Özellikleri ve Çeşitleri

Üzerine gelen çekme veya basma kuvvetleri sebebiyle enerji depolayan ve bırakıldıklarında bu enerjiyi aktaran makine elemanlarına yay denir. Yaylar, şekil değiştirme (elastik) özelliğine sahiptir. Üzerlerine binen yük kalktıktan sonra eski hâllerine tekrar geri dönebilir (Görsel 5.1). Yaylar; havacılıkta olduğu gibi çeşitli endüstrilerde de sarsıntıları ve titreşimleri azaltmak, diğer makine parçalarına hareket iletmek 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. Yaylar; üzerine gelen kuvvetin etkisine ve şekillerine göre sınıflandırılır.

5.1.2. Üzerine Gelen Kuvvetin Etkisine Göre Yaylar

Yaylar, üzerine gelen kuvvete göre çekme, basma, burulma şeklinde sınıflandırılır.

Çekme Yayları

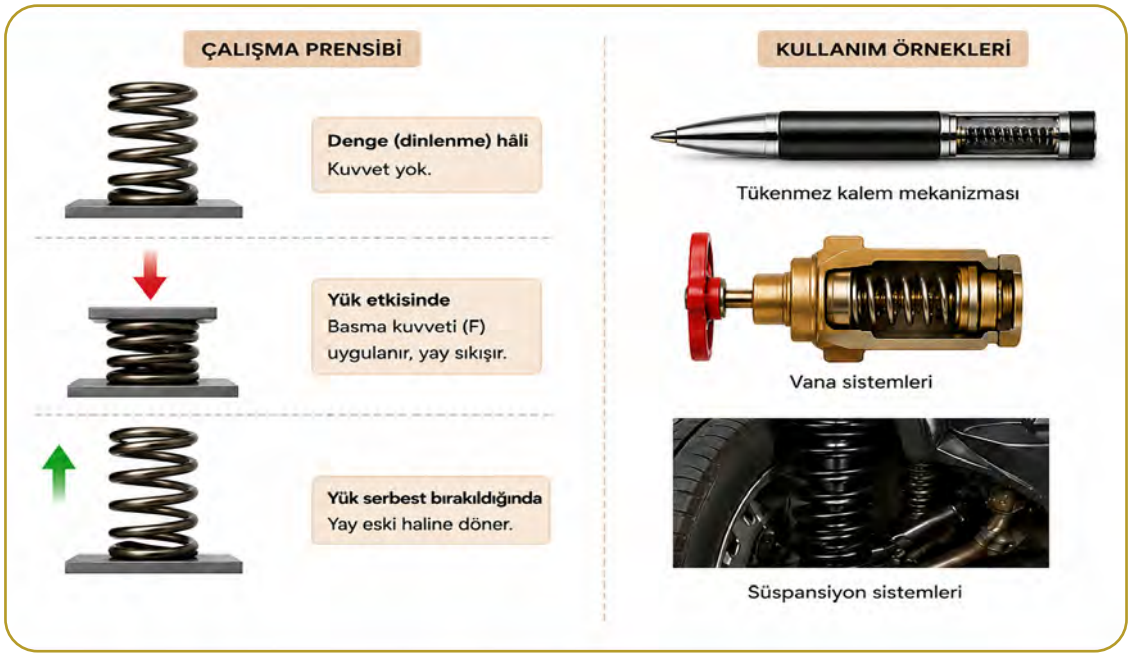
Bu yaylar, çekme kuvvetiyle çalışan ve serbest bırakıldıklarında tekrar eski konumlarına dönebilen yay tiplerindendir (Görsel 5.2).



Görsel 5.2: Çekme yayı

Basma Yayları

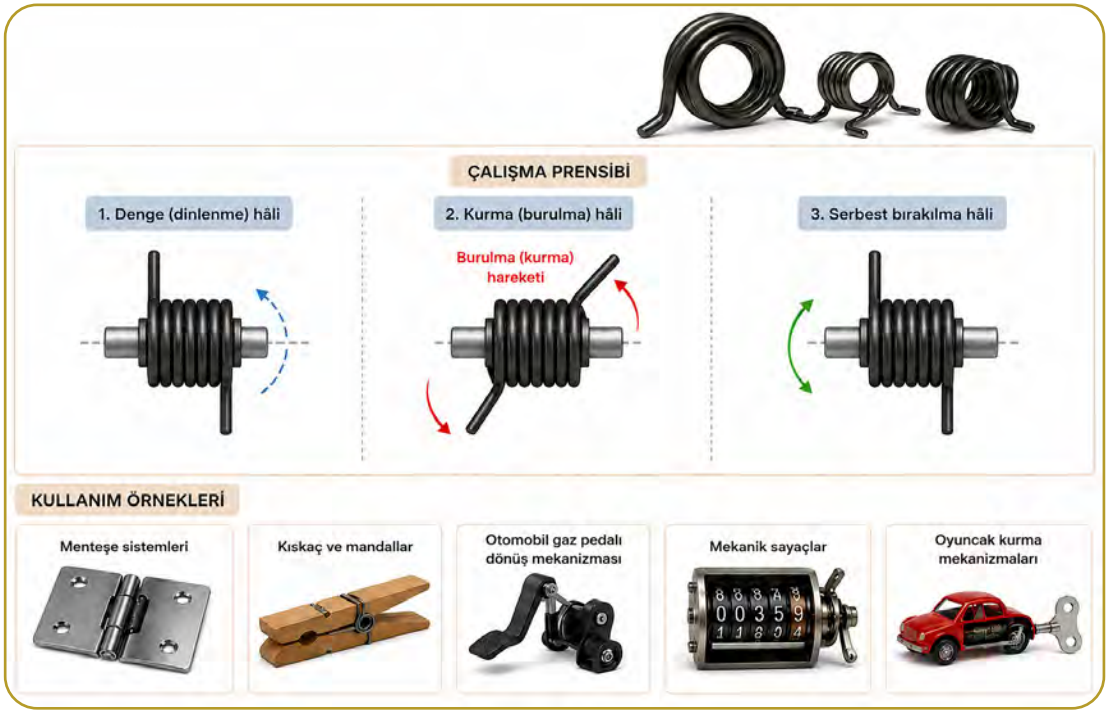
Bu yaylar da çekme yaylar ile prensipte aynıdır. Çekme yerine basmaya başka bir ifadeyle yayı sıkıştırmaya yönelik bir kuvvetle çalışır ve bırakıldıklarında tekrar eski konumlarına dönebilir (Görsel 5.3).



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

MERAKLISINA

Modern uçaklarda motorların üzerine yerleştirilen özel sensörler (ivmeölçerler) sayesinde titreşimler sürekli ölçülür. Bu sistemler sayesinde motorun sağlık durumu sürekli izlenebilir, olası arızalar meydana gelmeden önce tespit edilebilir ve bakım ihtiyaçları önceden tahmin edilerek planlanabilir. Böylece uçaklar, kendi durumlarını sürekli takip eden akıllı sistemler sayesinde güvenli ve verimli bir şekilde işletilir (Görsel 5.5).



Görsel 5.5: Uçakta titreşim

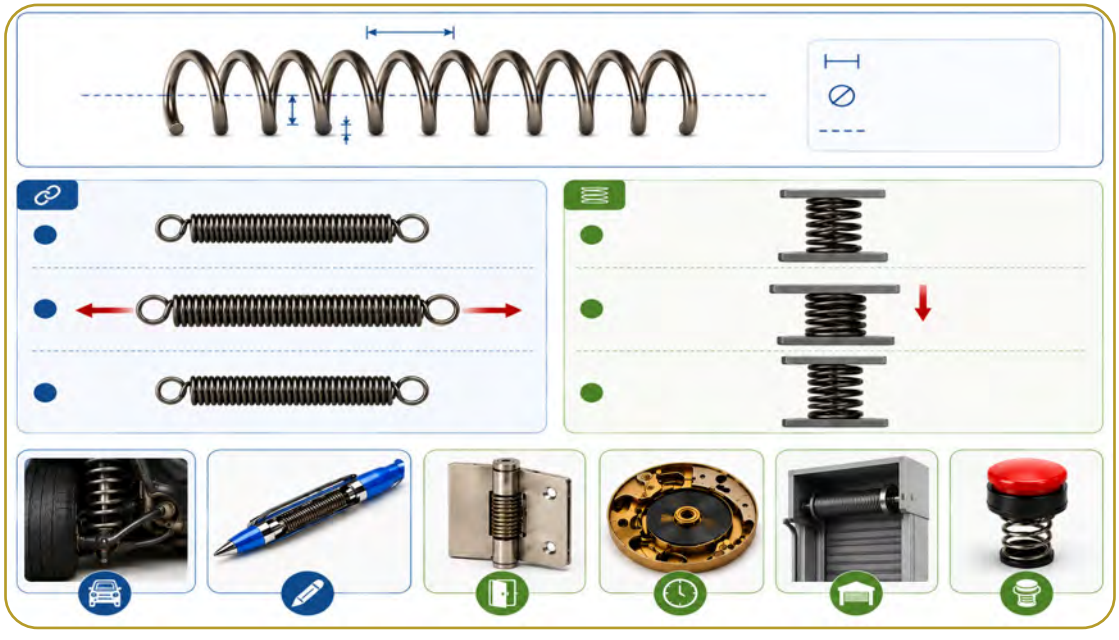
NOTLAR

5.1.3. Şekillerine Göre Yaylar

Yaylar, şekillerine göre helisel, spiral, disk şeklinde adlandırılır.

Helisel Yaylar

Bu yaylar, en temel ve en yaygın kullanıma sahip yaylardır (Görsel 5.6). Düz bir eksen etrafına dairesel bir form ile sarılarak imal edilen telden meydana gelir. Yaygın olarak çekme ve basma kuvvetleriyle çalışır.



Görsel 5.6: Helisel yay

Spiral Yaylar

Bu yaylar, bir nokta etrafında bir telin dairesel formda ve iç içe geçecek şekilde sarılmasıyla imal edilir (Görsel 5.7). Genelde kurulma (burulma) kuvvetiyle çalışan yaylardır.



Görsel 5.7: Spiral yay

Disk Yaylar

Koni şeklindeki bir diskin üzerine binen kuvvet ile birlikte esnemesi prensibiyle çalışır. Disk yaylar, darbeli çalışan sistemlerde darbe sönümleme amacıyla kullanılan bir makine elemanıdır (Görsel 5.8).



Görsel 5.8: Disk yay

Yaprak Yaylar

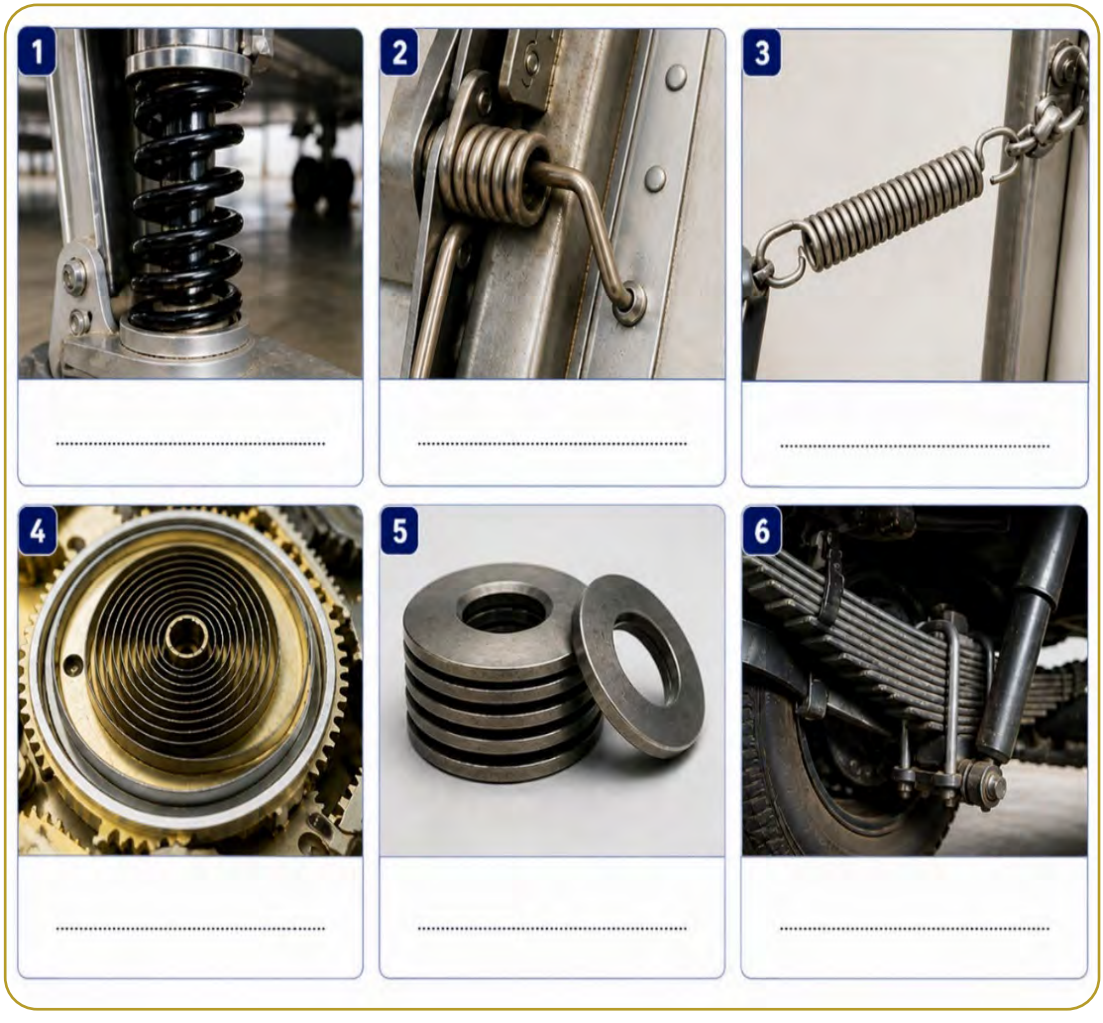
Üst üste bindirilmiş yapraklardan oluşan bu yaylar, eğilme kuvvetine maruz kalarak titreşim sönümleme kabiliyetine sahiptir. Özellikle otomotiv sanayisinde bir süspansiyon çeşidi olarak kullanılır ve titreşimi engeller, sürüş konforunu artırır (Görsel 5.9).



Görsel 5.9: Yaprak yaylar

SIRA SİZDE

Aşağıdaki görselleri inceleyiniz. Her bir görselin altına uygun yay türünün adını yazınız.



5.1.4. Yaylarda Kullanılan Malzemeler

Yaylar, 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 kullanılır. Kauçuk, plastik gibi metal olmayan malzemelerden de yay imal edilebilir.

5.1.5. Yayların Test ve Kontrolü

Yaylar, diğer bütün uçak elemanları ve bileşenleri gibi uçak üzerinden sökülerek teste alınır. Test sırasında gerçekleştirilen tüm işlemler, Aircraft Maintenance Manual [AMM (Uçak Bakım El Kitabı)] 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 dikkat edilmelidir. Çalışmalar yapılırken temel koruyucu giysiler giyilmeli, yüksekte veya merdivenle çalışma kurallarına uyulmalıdır (Görsel 5.10).



Görsel 5.10: Temel iş sağlığı ve güvenliği ekipmanı

5.1.5.1. Yayların Kontrolü

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 hasarların olup olmadığına bakılmalıdır. Sonrasında ölçüler kontrol edilmelidir. Uzunluk ölçme araçlarıyla yayın herhangi bir kuvvete maruz kalmadığı andaki boyu ölçülerek AMM'de belirtilen değerler arasında olup olmadığına bakılır (Görsel 5.11).



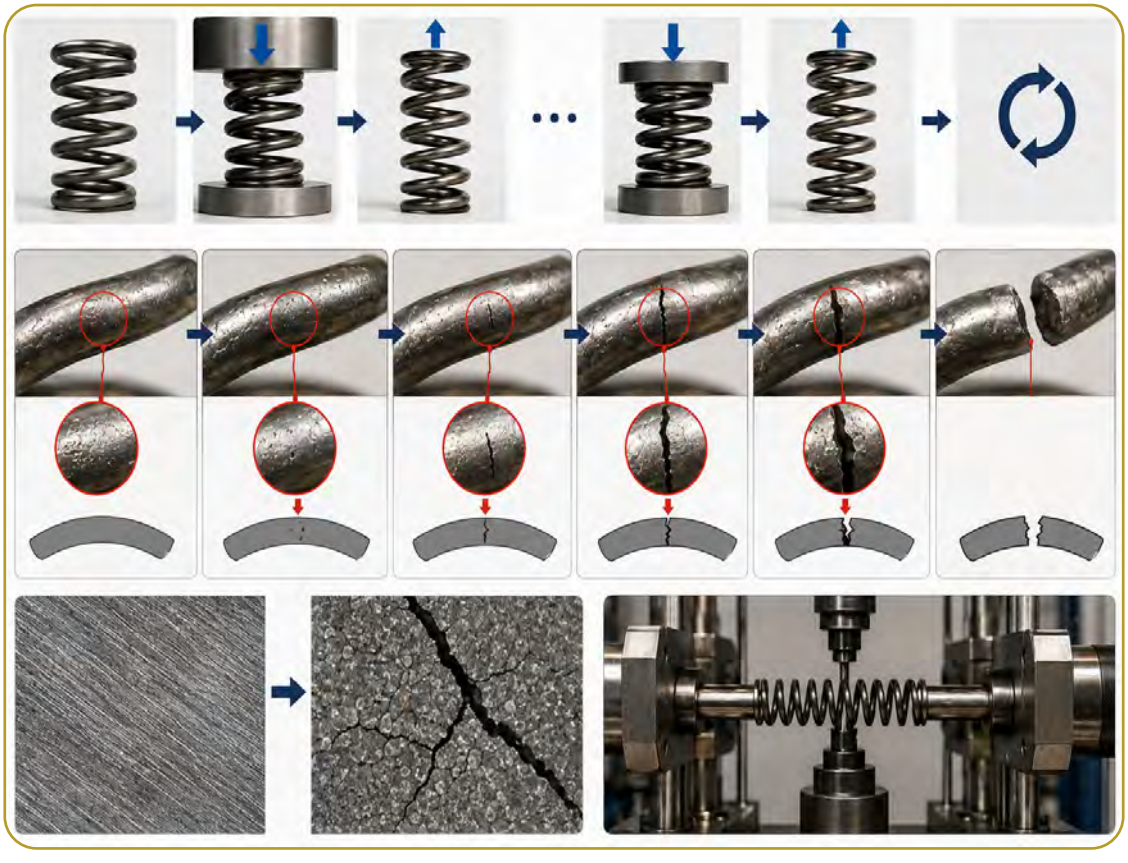
Görsel 5.11: Yay ölçü kontrolü

MERAKLISINA

Bir yay her sıkışıp açıldığında tekrarlı yüklemelere maruz kalır. Bu yüklemeler sonucunda metal içerisinde mikron seviyesinde (μm), gözle görülemeyen çatlaklar oluşabilir. Bu sürece, metal yorulması [fatigue(fetig)] adı verilir. Gerçekte yay, ilk bakışta sağlam görünse de her döngüde iç yapısı biraz daha zayıflar ve bu hasar birikir. Yapılan mühendislik çalışmalarına göre yaylar, yaklaşık 10^5–10^7 (yüz bin ila on milyon) yükleme döngüsünden sonra gözle tespit edilmesi güç mikroskobik çatlaklar geliştirmeye başlar. Bu çatlaklar, kritik bir seviyeye ulaştığında hiçbir uyarı vermeden yayda ani bir kırılma meydana gelir (Görsel 5.12).

Bu konu için havacılıkta uyulması gereken kurallar şunlardır:

- Her yay için belirlenen yorulma ömrü, Uçak Bakım El Kitabı verilerine göre takip edilir.
- Bu nedenle yaylar, kırılmayı beklemeden belirli periyotlarda kontrol edilir ve gerekirse değiştirilir.



Görsel 5.12: Yay yorulması

5.1.5.2. Yayların Testi

Yay testleri, yay tansiyon cihazlarıyla yapılır (Görsel 5.13). Bu cihazlarda yaylar, basma ya da çekme kuvvetlerine maruz bırakılarak yayların taşıdıkları yük ölçülür. Bu ölçülen değerlerin ilgili AMM'deki değerler arasında olup olmadığına bakılır. Bu test cihazları sayesinde herhangi bir yaydaki tansiyon (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 5.13: Yay testi

Tüm bu gözle kontrol, ölçü kontrolü ve gerilim kontrollerinin sonuçları AMM'lerde belirtilen şartlardaysa teste alınan yay amacını gerçekleştirebilecek kalitededir. Bu şartlardan biri dahi sağlanmıyorsa uçuş güvenliği açısından teknisyen -yine bakım el kitaplarında verilen talimatlar doğrultusunda- yayı değiştirmelidir. 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.

1. UYGULAMA

Adı:	Yay Çeşitlerini Tanıma ve Sınıflandırma
Amaç:	Atölyede bulunan yayları inceleyerek yapılarına, çalışma şekillerine ve kullanım amaçlarına göre sınıflandırmak
Süre:	2 ders saati

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 ekipman kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı vb. tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Atölyede bulunan makine, cihaz ve düzeneklerde kullanılan yayları tespit ediniz.
- Yayları bulunduğu ekipmandan güvenli şekilde çıkarınız veya yerinde inceleyiniz.
- Yayların boyutlarını ve temel özelliklerini ölçünüz.
- İncelediğiniz yayların çekme, basma veya burulma yayı olup olmadığını belirleyiniz.
- Yayların kullanım amaçlarını ve çalıştıkları sistemleri tespit ediniz.
- Elde ettiğiniz bilgileri yay inceleme formuna kaydediniz.
- Yayları türlerine ve kullanım amaçlarına göre sınıflandırarak sonuçları değerlendiriniz.

DEĞERLENDİRME

Çalışmanız öğretmeniniz tarafından ortak derecelendrime formu ile değerlendirilecektir. Karekodu kullanarak ortak derecelendirme formuna ulaşabilirsiniz.

Dijital yayınlarda karekodun üstüne tıklayarak içeriğe ulaşabilirsiniz.

2. UYGULAMA

Adı:	Yayların Ölçü Kontrolünü Yapma
Amaç:	Çeşitli yayların herhangi bir kuvvete maruz kalmadığı durumdaki boyutlarını kumpas ile ölçmek
Süre:	2 ders saati

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 ekipman kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı vb. tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Ölçümü yapılacak yayları seçiniz.
- Yayların üzerinde hasar veya deformasyon olup olmadığını gözle kontrol ediniz.
- Kumpası ölçüme uygun şekilde ayarlayınız.
- Yayın serbest boyunu ölçünüz.
- Yayın dış çapını ve tel çapını ölçünüz.
- Ölçüm sonuçlarını kayıt formuna yazınız.
- Elde edilen değerleri katalog veya teknik veri föyündeki değerlerle karşılaştırınız.
- Ölçüm sonuçlarını değerlendirerek yayın uygunluğu hakkında yorum yapınız.

DEĞERLENDİRME

Çalışmanız öğretmeniniz tarafından ortak derecelendrime formu ile değerlendirilecektir. Karekodu kullanarak ortak derecelendirme formuna ulaşabilirsiniz.

Dijital yayınlarda karekodun üstüne tıklayarak içeriğe ulaşabilirsiniz.

3. UYGULAMA

Adı:	Bir Yayın Süspansiyon Testini Yapma
Amaç:	Yay tansiyon cihazını kullanarak çekme yaylarının çalışma karakteristiklerini belirlemek ve elde edilen değerleri teknik verilerle karşılaştırmak
Süre:	2 ders saati

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 ekipman kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı vb. tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Test edilecek çekme yayını seçiniz.
- Yayın fiziksel durumunu gözle kontrol ediniz.
- Yayı tansiyon cihazına uygun şekilde bağlayınız.
- Cihazı çalıştırarak yaya kontrollü yük uygulayınız.
- Uygulanan yük altında oluşan uzama veya gerilim değerlerini ölçünüz.
- Elde edilen ölçüm sonuçlarını kayıt formuna yazınız.
- Sonuçları teknik katalog veya veri föyündeki değerlerle karşılaştırınız.
- Yayın kullanım uygunluğunu değerlendiriniz.

DEĞERLENDİRME

Çalışmanız öğretmeniniz tarafından ortak derecelendrime formu ile değerlendirilecektir. Karekodu kullanarak ortak derecelendirme formuna ulaşabilirsiniz.

Dijital yayınlarda karekodun üstüne tıklayarak içeriğe ulaşabilirsiniz.

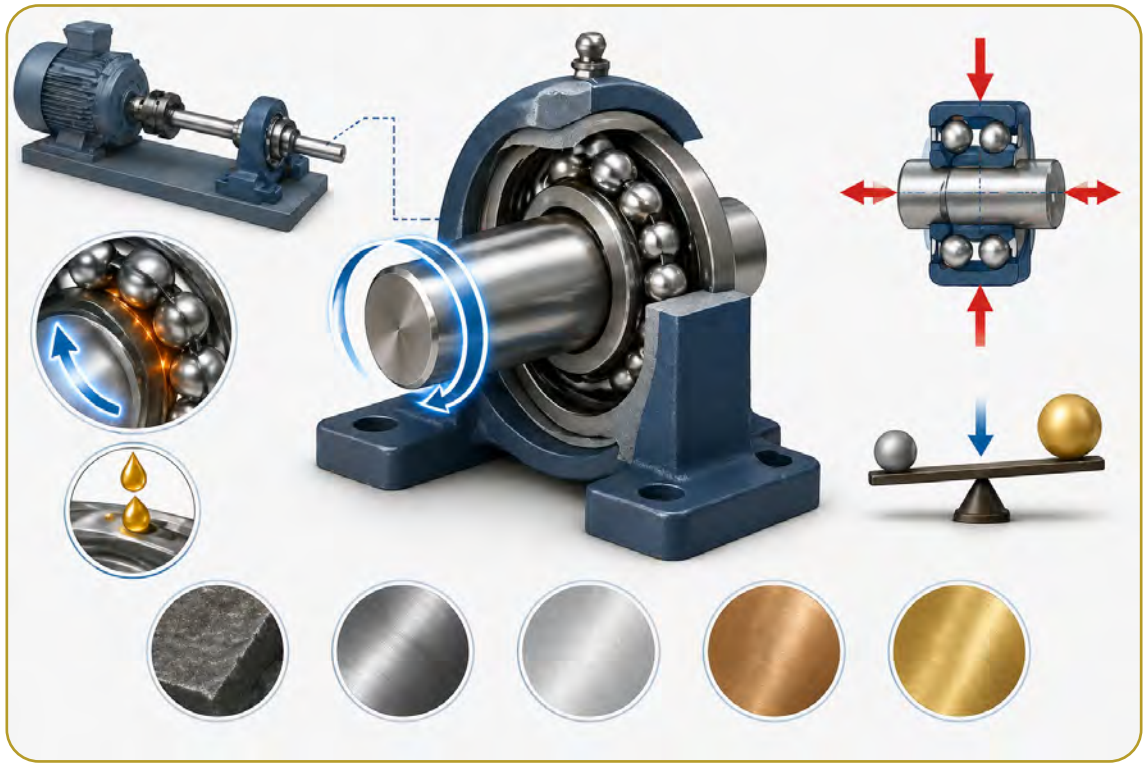
5.2. YATAKLARIN BAKIMI VE ONARIMI

Yatakların güvenli ve uzun ömürlü çalışabilmesi için düzenli bakım ve doğru onarım uygulamalarının yapılması gerekir. Bakım sırasında yatakların temizliği, yağlanması, görsel kontrolleri gerçekleştirilirken; hasar tespit edilen yatakların uygun yöntemlerle sökülmesi, değerlendirilmesi ve gerektiğinde değiştirilmesi önem taşır.

5.2.1. Yatakların Tanımı ve Özellikleri

Yataklar, millerin veya muyluların dönme hareketlerinin başka elemanlara aktarılmasını sağlayan en önemli makine elemanıdır (Görsel 5.14). 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.

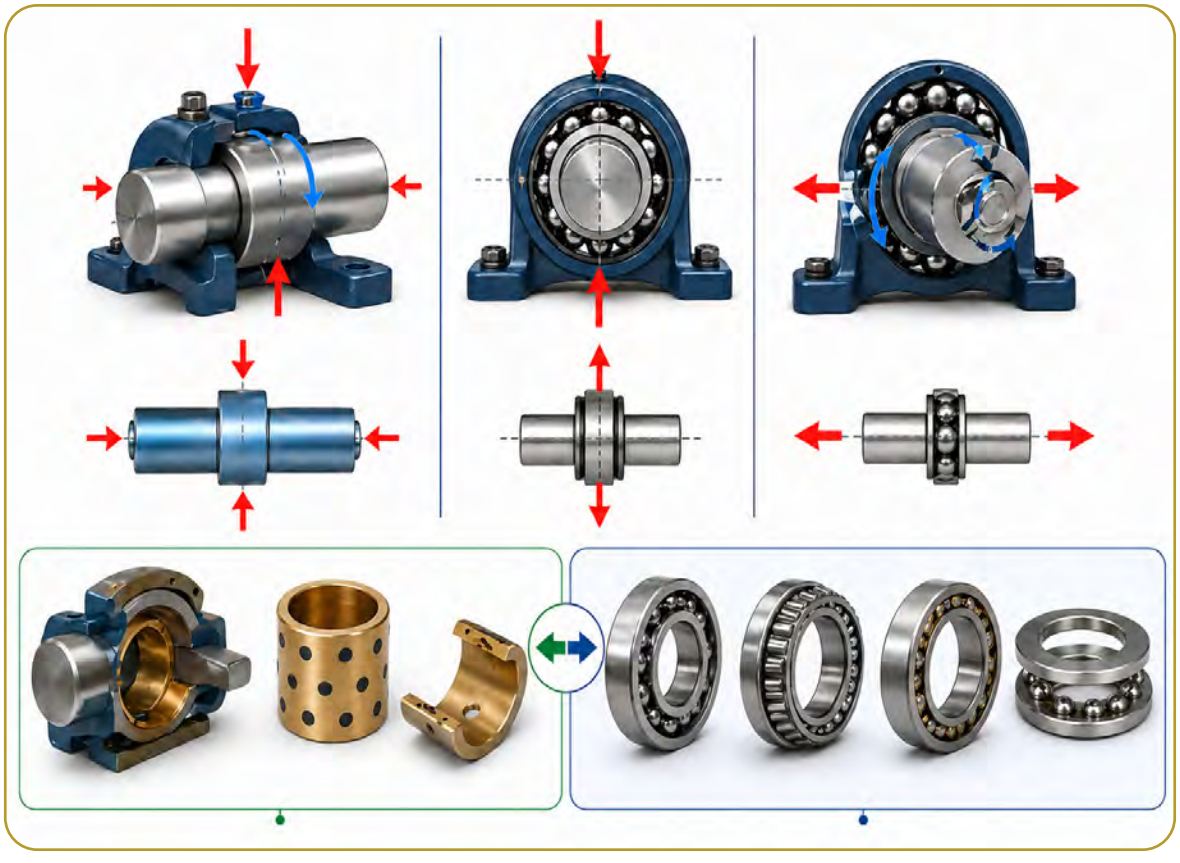
Yataklar minimum sürtünme, minimum enerji kaybı ve maksimum yük taşıma özelliklerine sahip olacak şekilde imal edilir. Bu özelliklerden dolayı en yaygın kullanılan yatak malzemeleri dökme demir, çelik ve alüminyum alaşımlarıdır. Bu malzemelerin yanında bronz ve pirinç de yatak malzemesi olarak kullanılır.



Görsel 5.14: Çeşitli yataklar

5.2.2. Yatak Çeşitleri

Yataklar üzerinde birden fazla tip kuvvet oluşur ve kullanılacak yatağın seçiminde bu kuvvetlerin etkisi oldukça önemlidir. Yataklara, radyal (çevresel) ya da eksenel (çizgisel) yükler biner (Görsel 5.15). Dönme hareketine sahip milin ne kadar yük taşıdığı ve bu yükü ne yönde aktardığına bağlı olarak kullanılacak yatağın da çeşidi değişir. Yataklar, kaymalı ve yuvarlamalı yataklar şeklindedir.

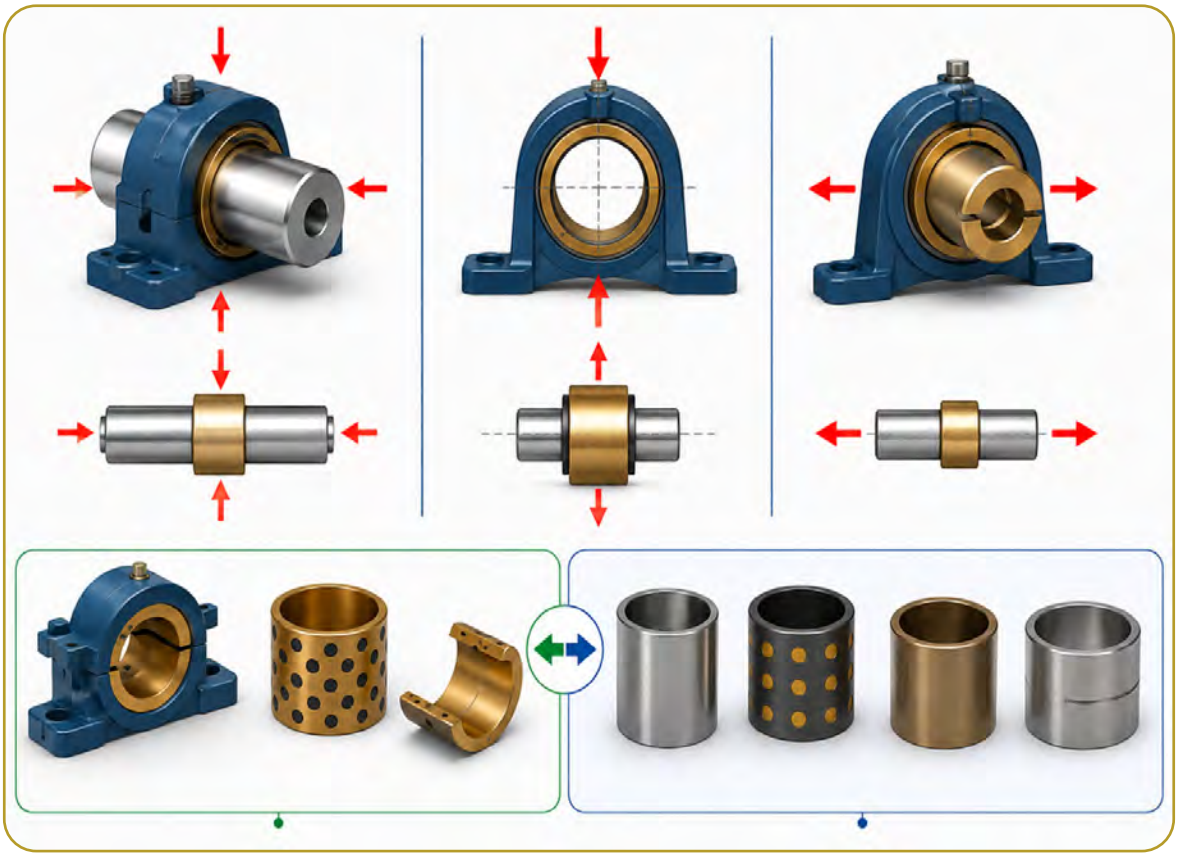


Görsel 5.15: Yataklara etki eden kuvvetler

NOTLAR

5.2.2.1. Kaymalı Yataklar (Sabit Yataklar)

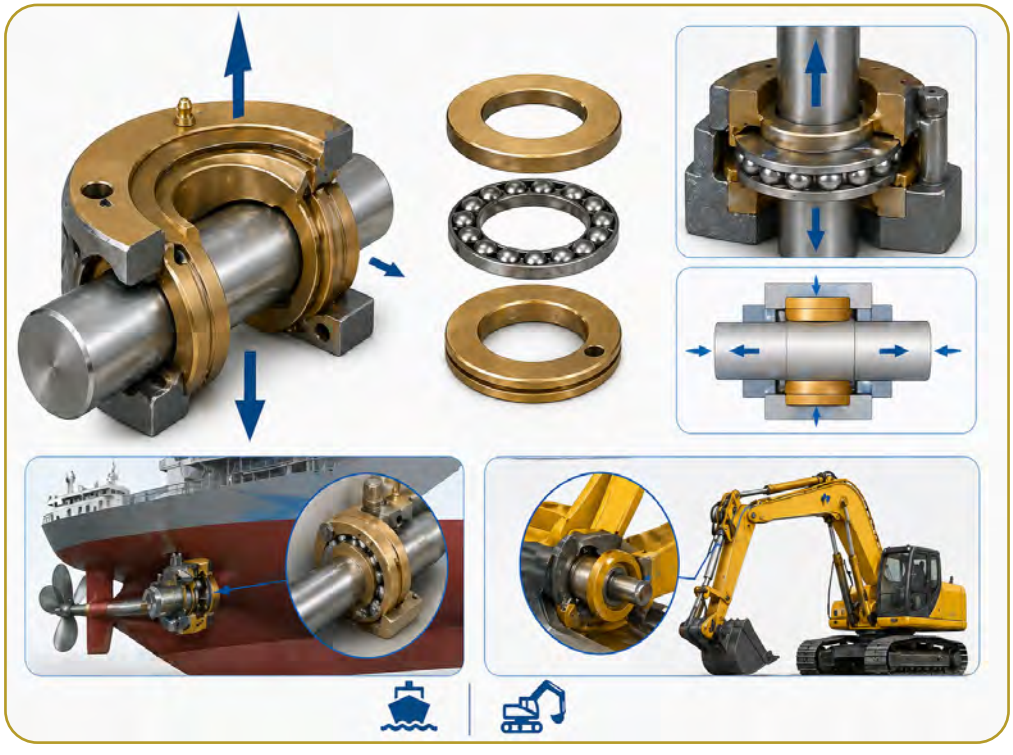
Kaymalı yataklar, özellikle titreşim ve darbelere karşı oldukça dayanıklıdır aynı zamanda bunları sönümlemede başarılı makine elemanlarıdır (Görsel 5.16). Çalışma prensibi ve montajı basittir. İçindeki dönme hareketine sahip eleman ile kaymalı yatak arasına konulan gres yağı sayesinde sürtünme oldukça azalır ve aynı zamanda toz, kir gibi atıkların sisteme zarar vermesi önlenir. Kaymalı yatakların çok yüksek dönme hızlarına dayanımları vardır. Ayrıca bu yataklar, eş değer göreve sahip rulmanlardan daha ekonomiktir. Uygun maliyetlidir ve az yer kaplar. Bu avantajlarına karşılık yetersiz yağlama, kaymalı yatakta ciddi hasarlar meydana getirebilir. Bazı kaymalı yataklarda da yağlama sistemi gerekir 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.



Görsel 5.16: Kaymalı yataklar

Eksenel Kaymalı Yataklar

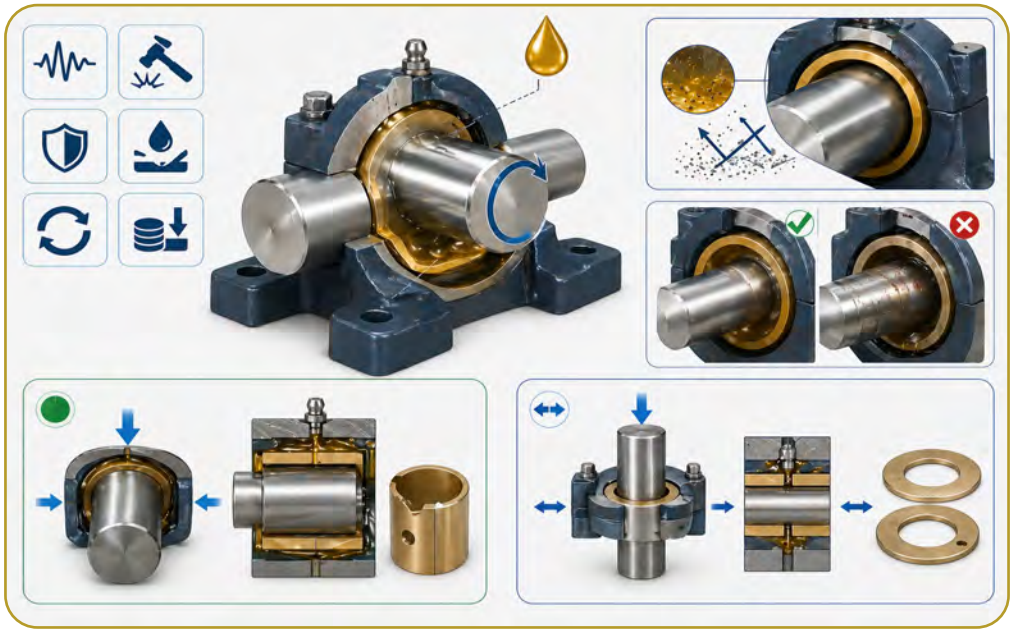
Bu yataklar, çizgisel yöndeki kuvvetleri taşımak için kullanılan makine elemanlarıdır (Görsel 5.17). Gemi şaftları, ekskavatörler gibi çizgisel yönde yük taşıyan şaftlarda kullanılır.



Görsel 5.17: Eksenel kaymalı yatak

Radyal Kaymalı Yataklar

Bu yataklar, çevresel yöndeki yükleri taşır ve daha sessiz çalışma imkânı sunar (Görsel 5.18). Darbeli yüklere karşı oldukça dayanımlıdır. Darbeli çalışan millere yataklık etmede kullanılır. Otomobillerin krank milleri ve uçaklardaki hareket iletim sistemleri bu yataklara örnektir.



Görsel 5.18: Radyal kaymalı yatak

MERAKLISINA

CFM56 jet motorunda bulunan yataklar, motorun yüksek hızda güvenli şekilde çalışmasını sağlayan kritik parçalardır. Bu yataklar dakikada 10.000-15.000 devir hızla dönen şaftı taşır, aynı anda radyal ve eksenel yükleri karşılar ve yüksek sıcaklık ile basınç altında çalışır (Görsel 5.19).

Yatak ile mil arasında doğrudan temas yoktur. Tüm yük, ince bir yağ filmi üzerinden taşınır. Yağlama sistemi; sürtünmeyi azaltır, soğutma sağlar, aşınma parçacıklarını uzaklaştırır ve sistemin ömrünü uzatır. Yağlama sistemi arızalandığında ise yatak çok kısa sürede hasar görür ve bu durum motor arızasına kadar ilerleyebilir.



Görsel 5.19: CFM56 yatakları

5.2.2.2. Yuvarlanmalı (Rulmanlı) Yataklar

Rulmanlar, Fransızcada yuvarlanma anlamına gelen roulement (rulıman) kelimesinden gelir. 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 bulunabilir. 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 gelir. 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 5.20). Bu sayede rulman hem tozlardan korunmuş olur hem de yağlanmış şekilde en verimli şartlarda çalışabilir. Bakım masrafları kaymalı yataklara göre oldukça düşüktür.



Görsel 5.20: Yuvarlanmalı (rulmanlı) yatağı oluşturan elemanlar

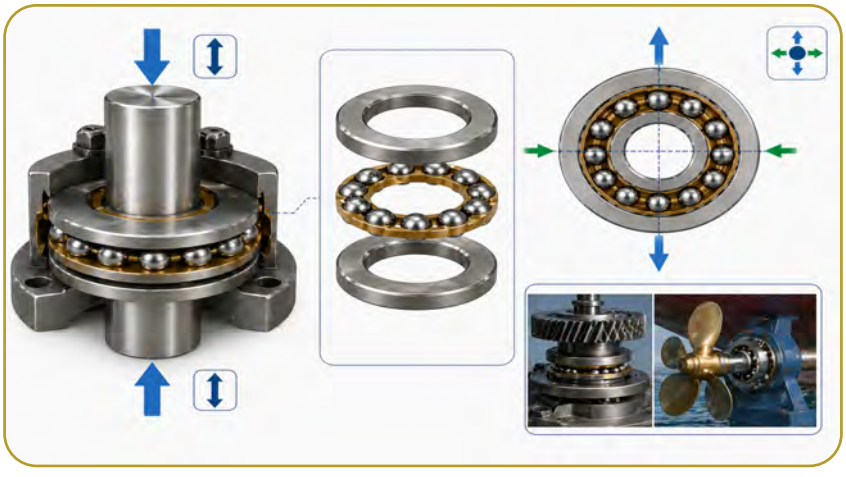
Rulmanlar, sahip oldukları yuvarlanma elemanının şekline ve taşıdığı yükün yönüne göre farklı sınıflandırmalara tabi tutulabilir.

a) Taşıdığı Yükün Yönüne Göre Rulmanlı Yataklar

Kaymalı yataklarda olduğu gibi rulmanlı yataklar da çizgisel ve çevresel yüklere maruz kalabilir. Taşıdığı yükün yönüne göre rulmanlı yataklar, eksenel rulmanlı yataklar ve radyal rulmanlı yataklar olarak sınıflandırılır.

Eksenel Rulmanlı Yataklar

Eksenel yöndeki başka bir ifadeyle çalışan milin boyuna oluşan yükleri taşımakta kullanılır (Görsel 5.21). Bu yöndeki yükleri taşıma kabiliyeti oldukça yüksektir. Bunun yanında çok daha küçük bir miktarda da olsa enine (çevresel) yükleri taşıma kabiliyeti de barındırır.



Görsel 5.21: Eksenel rulmanlı yatak

Radyal Rulmanlı Yataklar

Çevresel yöndeki yükleri taşıma kabiliyetine sahiptir (Görsel 5.22). 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 çok önemlidir.



Görsel 5.22: 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, silindirik vb. (Görsel 5.23). Bu yuvarlanma elemanları radyal ve eksenel tip rulmanlarda kullanılır.



Görsel 5.23: Bilyalı, iğneli, fıçı makaralı ve silindirik makaralı rulmanlar

Bilyeli Rulmanlar

Endüstride en yaygın kullanıma sahip rulmanlar bilyeli rulmanlardır. Yuvarlanma elemanları bilye şeklindedir ve noktasal yük taşır (Görsel 5.24). Taşıyacakları yüke bağlı olarak tek veya çift sıra bilyelerden oluşabilir.



Görsel 5.24: Bilyeli rulman

Silindirik Makaralı Rulmanlar

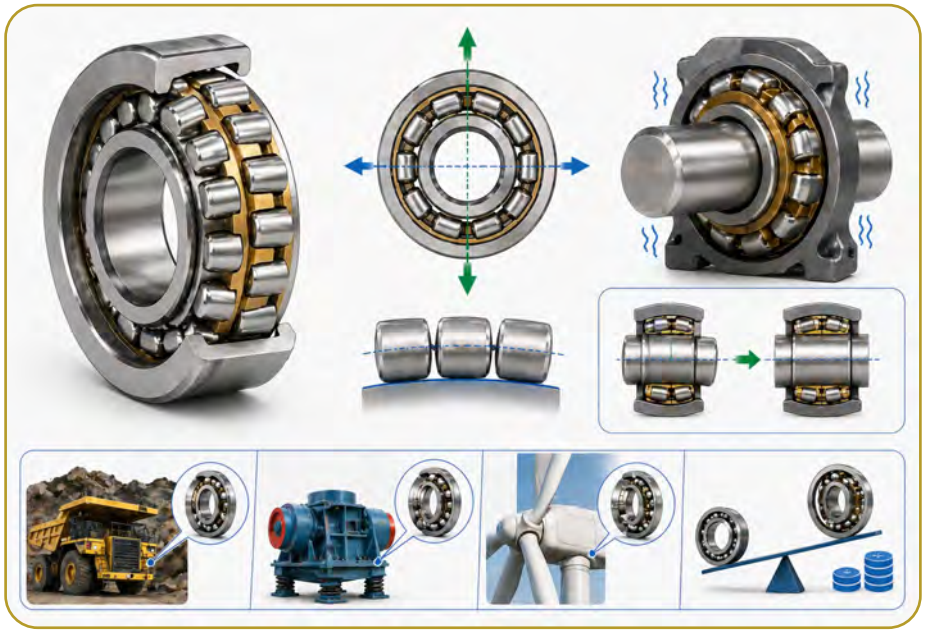
Bu tip rulmanların yuvarlanma elemanları silindir şeklindedir ve yükü bu silindir yapının yüzeyindeki bir hayalî çizgi boyunca taşır (Görsel 5.25). Yükü taşıyan alan daha fazla olduğu için bilyeli rulmanlara kıyasla daha büyük yüklerde çalışabilir. Buna karşın yine aynı sebeple daha fazla sürtünmeye maruz kalacağı için bilyeli rulmanlara göre daha çabuk ısınacaktır.



Görsel 5.25: Silindirik makaralı rulman

Fıçı Makaralı Rulmanlar

Yuvarlanma elemanları bir fıçı formunda olan bu rulmanlar, vuruntunun fazla olduğu ortamlarda çalışmaya oldukça müsaittir (Görsel 5.26). Bilyeli ve silindirik rulmanlara göre daha fazla yük taşıyabilir. Diğer rulmanlara göre aynı anda hem eksenel hem de radyal yükleri taşıma kabiliyetleri daha fazladır. Bunların yanında maliyetleri diğer rulman çeşitlerine göre daha yüksektir.



Görsel 5.26: Fıçı makaralı rulman

Konik Makaralı Rulmanlar

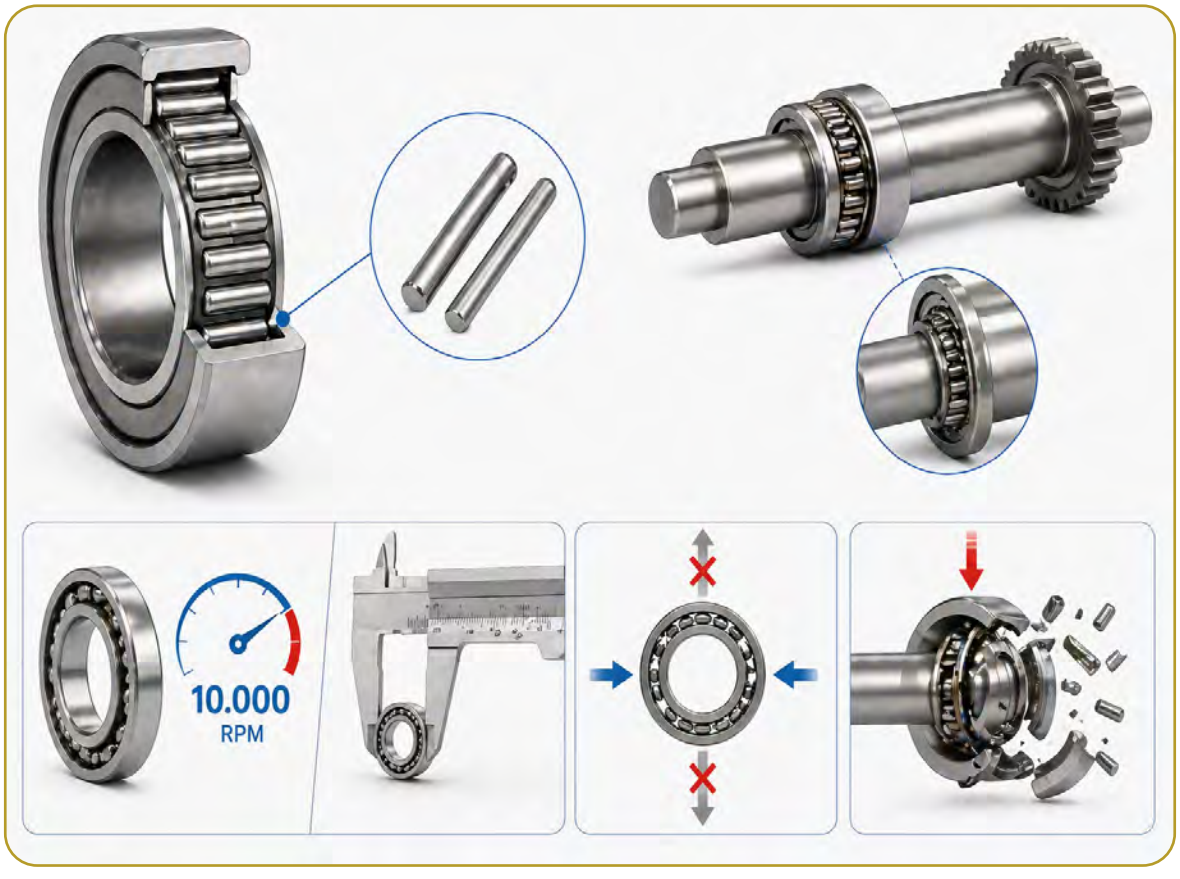
Bu rulman çeşidinde yuvarlanma elemanı tepe noktası kesilmiş bir koniye benzemektedir (Görsel 5.27). Çalışma alanı fıçı tipi rulmanlara oldukça yakındır. Eksenel yöndeki kuvvet arttıkça koniklik açısı daha yüksek olan bir çeşidi kullanılmalıdır. Böylece eksenel yük taşıma kabiliyeti de artmış olacaktır.



Görsel 5.27: Konik makaralı rulman

İğne Tipi Rulmanlar

İğne tipi rulmanların yuvarlanma elemanları çok ince ve uzundur (Görsel 5.28). Dakikada 10.000 devir gibi çok yüksek devirlerde çalışabilir ve boyutları diğer rulman tiplerine göre çok küçüktür. Buna karşın eksenel yük taşıma kabiliyetleri yoktur. Böyle bir durumda iğne tipli rulmanlar dağılıp kazalara sebep olabilir.



Görsel 5.28: 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 sökme ve takma işleri zahmetlidir. Boyutlarına göre daha ağır yapıdadır ve çevresel olarak nispeten geniş yer kaplar.

SIRA SİZDE

Aşağıdaki görselleri inceleyiniz ve boşluklara her birinin hangi yatak türü olduğunu yazınız.









1 .....

2 .....

3 .....

4 .....



NOTLAR

5.2.3. Yatakların Kontrolü ve Bakımı

Yatakların Kontrolü: Yataklarla çalışırken öncelikli olarak iş sağlığı ve güvenliği hususlarına dikkat edilmelidir. Kullanılan yağlar ve çalışılan alanlardan dolayı 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 5.29).



Görsel 5.29: Temel koruyucu ekipman

Yataklar, çalışma esnasında taşınırken yere düşürülmemelidir. Çünkü yataklar sert ve ani darbelere karşı dayanıksızdır. Ayrıca korozyona sebebiyet vermemek için ellerin terleme ihtimaline karşı 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 yöndeki başka bir ifadeyle 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 (Görsel 5.30).



Görsel 5.30: Rulmanlarda doğru kullanım, temizlik ve kontrol işlemleri

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 baş ucu 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 5.31). 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 5.31: Gres yağı uygulaması

SIRA SİZDE

Aşağıdaki görsellerdeki durumları inceleyiniz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.



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 5.32). Bahsedilen sebepler yüzünden döner parçalar üzerinde meydana gelen parça kopmaları pullanma hatası olarak nitelendirilir.



Görsel 5.32: Pullanma kusuru

NOTLAR

Kırılma

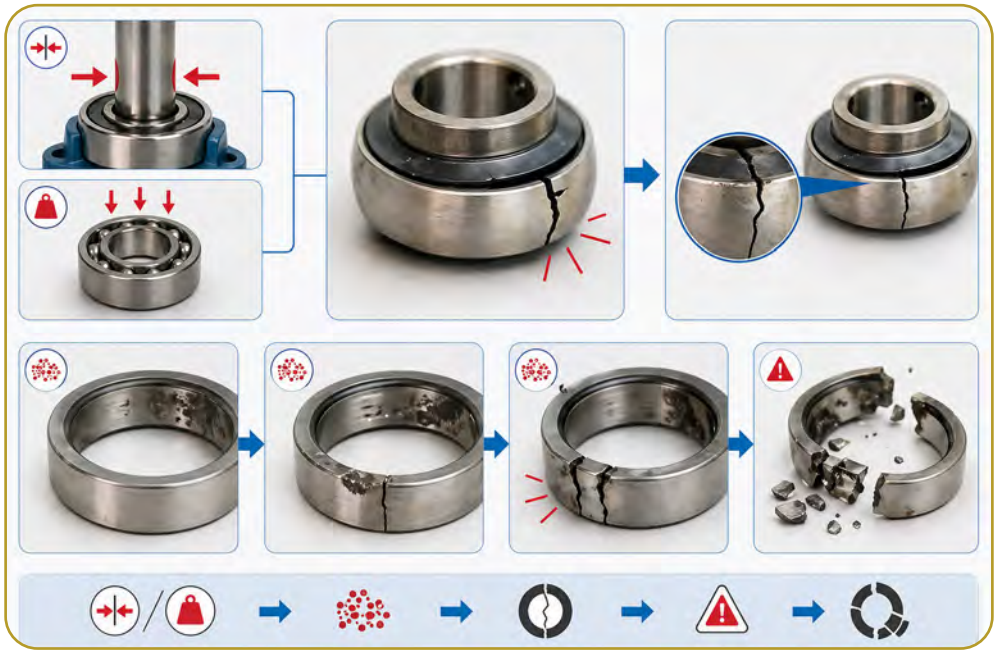
Yatağın özellikle taşınması sırasındaki düşmelerden veya yatağa aşırı yük binmesinden dolayı oluşan hatadır. Kırılma, yuvarlanma elemanının birinde olabileceği gibi tüm bir bilezik de kırılabilir (Görsel 5.33).



Görsel 5.33: Kırılmış rulmanlar

Çatlaklar

Yataklarda fazla sıkı geçme veya aşırı yük kaynaklı çatlaklar meydana gelebilir (Görsel 5.34). 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 5.34: Çatlamış rulmanlar

MERAKLISINA

Havacılık Rulmanları Neden Farklı Üretilir?

Havacılıkta kullanılan rulmanlar; yüksek hız, sıcaklık ve yük altında çalıştıkları için özel üretim teknikleriyle hazırlanır. Bu rulmanlar, özel alaşımlı çeliklerden veya seramik malzemelerden üretilir. Vakum ortamında ısıl işlem görerek maksimum dayanım kazanır ve mikron seviyesinde hassas işlenerek yüzeyleri ayna gibi pürüzsüz hâle getirilir.

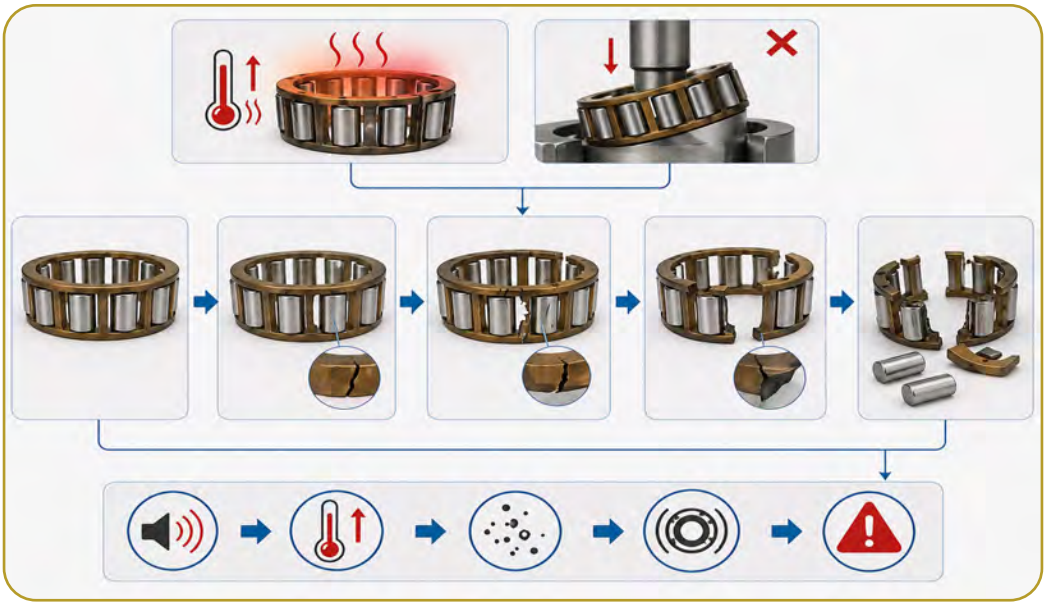
Üretim sonrasında tüm parçalar, gözle görülmeyen hataları tespit etmek amacıyla tahribatsız muayene yöntemleriyle kontrol edilir. Montaj aşaması da büyük önem taşır, işlemler tozsuz ortamlarda gerçekleştirilir ve en küçük bir kir parçacığı bile rulman ömrünü olumsuz etkileyebilir. Sonuç olarak havacılık rulmanları "yaklaşık doğru" üretilemez, ya kusursuzdur ya da kullanılmaz (Görsel 5.35).



Görsel 5.35: Havacılık rulmanlarının üretim süreci ve özellikleri

Kafes Hasarı

Kafes, yuvarlanma elemanlarını bir arada tutan rulman parçasıdır. Çalışma koşullarının üzerinde sıcaklık artışından ya da yanlış montajdan oluşan gerilmelerden dolayı kafes yapısı zarar görebilir (Görsel 5.36). Çatlamalar ve kırılmalar bu bölgelerde oluşabilir.



Görsel 5.36: 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 (Görsel 5.37).



Görsel 5.37: Rulmanlarda çukurcuklanma

Aşınma

Yanlış yağlama veya yağlayıcı miktarının azalması nedeniyle 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 (Görsel 5.38).



Görsel 5.38: Rulmanlarda aşınma

Krepaj

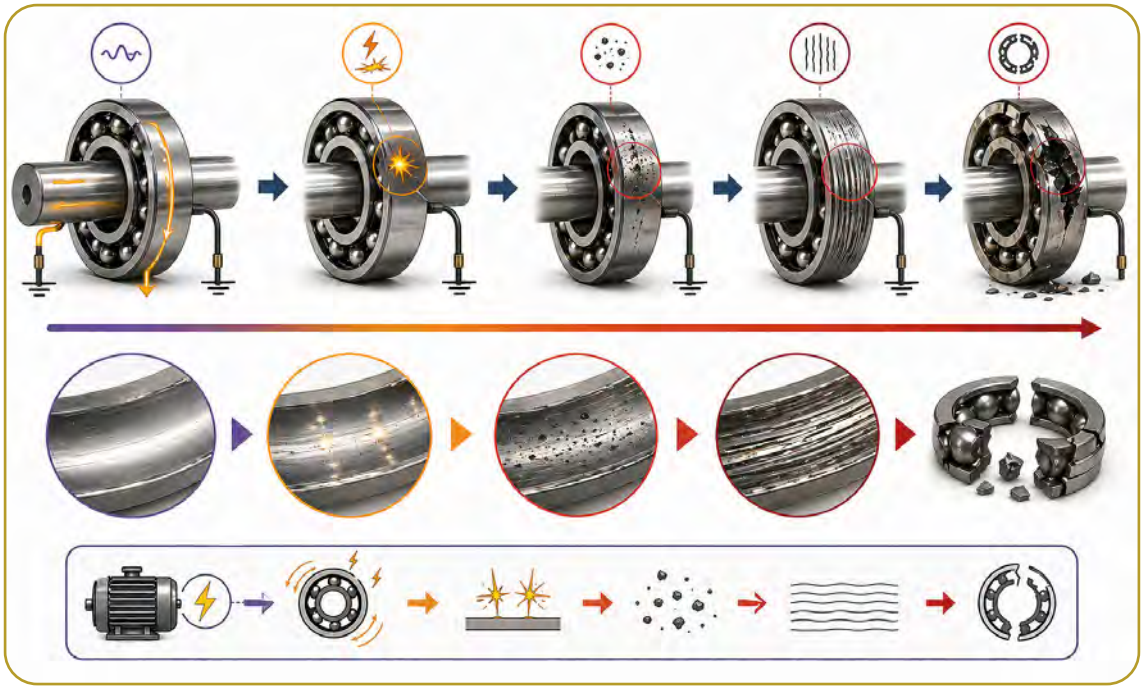
Yağlayıcı eksikliği olan ya da aşırı yüke maruz kalan rulmanda sürtünme kaynaklı yüksek sıcaklıklar oluşur. Oluşan yüksek sıcaklıkların etkisiyle rulman elemanları yumuşamaya başlar. Ardından form bozuklukları sebebiyle rulman, kullanılamaz hâle gelebilir (Görsel 5.39).



Görsel 5.39: Rulmanlarda krepaj

Elektriksel Korozyon

Yatak üzerinden bir akım geçen bir akım nedeniyle yatakta korozif etkiler meydana gelecektir. Korozif etkiler nedeniyle oluşan parçacık kopmaları yüzünden rulman çatlamaya ve kırılmaya meyilli hâle gelecektir (Görsel 5.40).



Görsel 5.40: Rulmanlarda elektriksel korozyon

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 (Görsel 5.41).

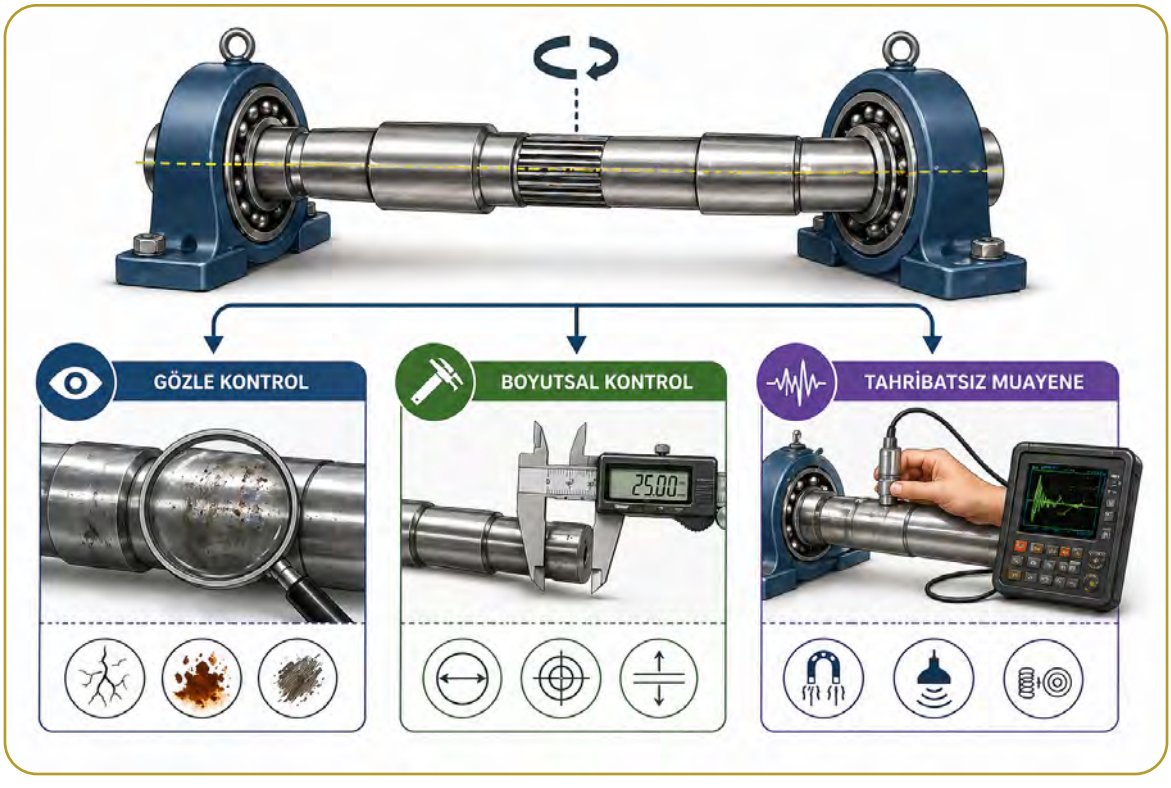


Görsel 5.41: Rulmanlarda korozyon

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

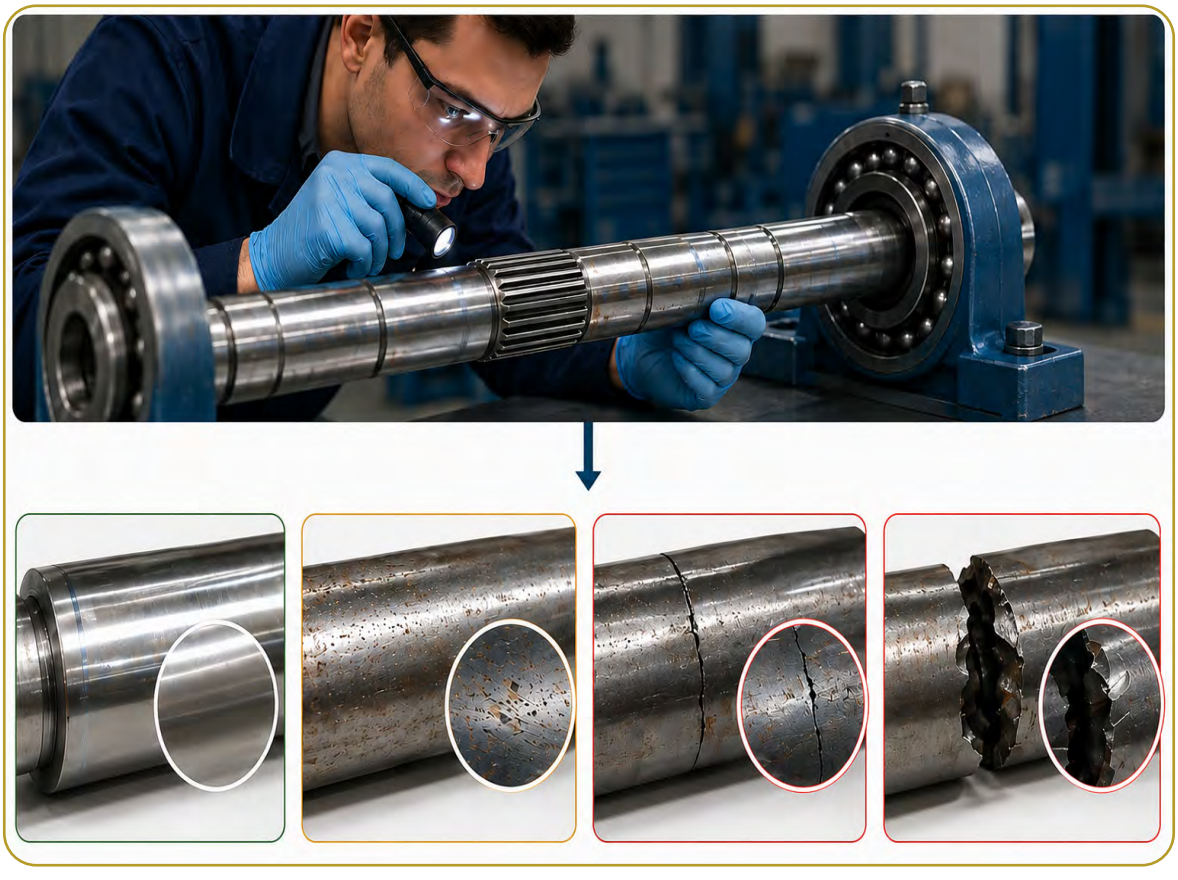
Herhangi bir makinede döner parçalardan oluşan elemanlar bulunabilir. Önceki kısımlarda belirtildiği gibi bu döner elemanlardan mil, muylu veya şaft gibi isimler alan elemanlar hareket iletimi sağlar (Görsel 5.42). Bu döner elemanların doğru şekilde hareket edebilmesini sağlayan ve üzerlerine binen yükü 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 5.42: 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 muayenededir. Gözle görülür çatlaklar, kırılmalar ya da aşınmalar mevcutsa teknisyen; kuruluşuna bunları rapor ederek ilgili parçayı kullanım dışı bırakır. Havacılıktaki en ufak bir problemin ne tür 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 (Görsel 5.43).



Görsel 5.43: Rulman ve mil yüzeylerinde hasar tespiti ve değerlendirme

SIRA SİZDE



Bu rulman için en doğru karar nedir?

.....

.....

.....

.....

.....

NOTLAR

.....

.....

.....

.....

.....

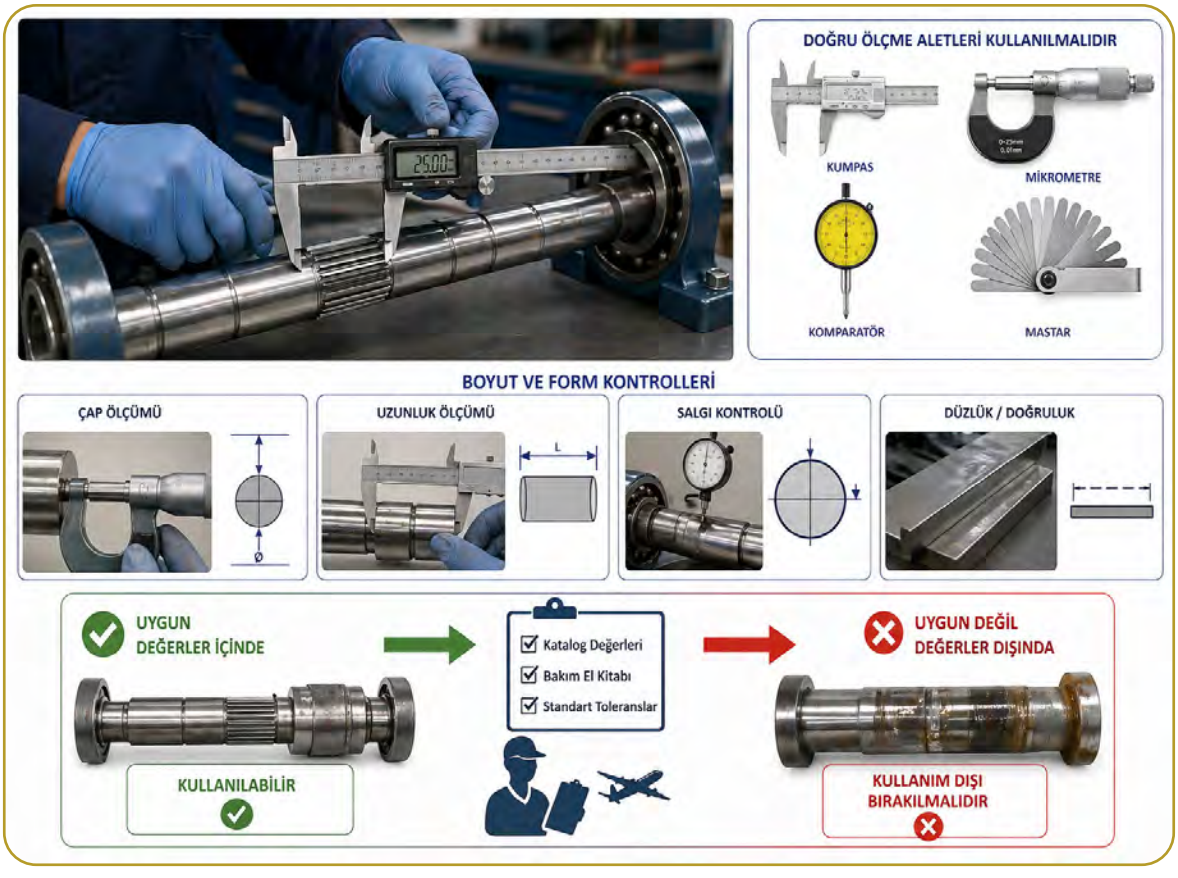
.....

.....

.....

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 5.44). Teknisyen her ne kadar deneyimli olsa da ölçü aletleriyle kontrol sağlamalıdır. İstenilen değerlere uygun olmayan parçalar, uçak üzerinde tekrar kullanılmamalıdır.



Görsel 5.44: Mil ve rulmanlarda ölçüm, tolerans ve uygunluk kontrolleri

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 (Görsel 5.45).



Görsel 5.45: Tahribatsız muayene yöntemleri ve uygulama alanları

NOTLAR

SIRA SİZDE

Aşağıdaki rulman ölçülerini inceleyiniz.

Kabul Aralığı: 49,98 mm – 50,02 mm



Ölçülen Değer	Uygun	Uygun Değil
50,03 mm		
49,99 mm		
49,97 mm		

Yukarıdaki ölçülerden hangisi kabul aralığı içindedir?

Cevap: .....

4. UYGULAMA

Adı:	Yatak Çeşitlerini Tanıma ve Sınıflandırma
Amaç:	Atölyede bulunan yatakları inceleyerek yapılarına, çalışma prensiplerine ve kullanım amaçlarına göre sınıflandırmak
Süre:	2 ders saati

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 ekipman kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı vb. tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Atölyede bulunan makine, cihaz ve deney düzeneklerinde kullanılan yatakları tespit ediniz.
- Yatakların kaymalı yatak veya rulmanlı yatak olup olmadığını belirleyiniz.
- Yatakların kullanım yerlerini ve görevlerini inceleyiniz.
- Gerekli durumlarda kumpas kullanarak temel boyutlarını ölçünüz.
- Yatakların taşıdığı yük türünü (radyal, eksenel veya birleşik yük) belirleyiniz.
- Elde ettiğiniz bilgileri inceleme formuna kaydediniz.
- Yatakları yapılarına ve kullanım amaçlarına göre sınıflandırınız.
- Sonuçları değerlendirerek arkadaşlarınızla karşılaştırınız.

DEĞERLENDİRME

Çalışmanız öğretmeniniz tarafından ortak derecelendrime formu ile değerlendirilecektir. Karekodu kullanarak ortak derecelendirme formuna ulaşabilirsiniz.

Dijital yayınlarda karekodun üstüne tıklayarak içeriğe ulaşabilirsiniz.

5. UYGULAMA

Adı:	Yatak Bakımı Yapma
Amaç:	Kaymalı yatakların yağlama işlemlerini gerçekleştirerek bakım süreçlerini uygulamak
Süre:	2 ders saati

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 ekipman kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı vb. tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Bakımı yapılacak kaymalı yatağı belirleyiniz.
- Yatak yüzeylerini ve yağlama noktalarını kontrol ediniz.
- Yağlama öncesinde yatak çevresindeki kir ve kalıntıları temizleyiniz.
- Gresörlüğe uygun miktarda gres yağı yerleştiriniz.
- Gresörlüğü yağlama noktasına bağlayınız.
- Yatağa kontrollü şekilde gres yağı uygulayınız.
- Yağlama işlemi sonrasında fazla yağı temizleyiniz.
- Yatağın çalışma durumunu kontrol ederek bakım sonuçlarını kayıt altına alınız.

DEĞERLENDİRME

Çalışmanız öğretmeniniz tarafından ortak derecelendrime formu ile değerlendirilecektir. Karekodu kullanarak ortak derecelendirme formuna ulaşabilirsiniz.

Dijital yayınlarda karekodun üstüne tıklayarak içeriğe ulaşabilirsiniz.

6. UYGULAMA

Adı:	Motor Yataklarını Göz ile Kontrol Etme
Amaç:	Motor yataklarında oluşabilecek aşınma, çatlak, korozyon ve diğer hasarları gözle muayene yöntemleriyle tespit etme
Süre:	2 ders saati

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 ekipman kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı vb. tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Kontrol edilecek rulmanlı yatağı belirleyiniz.
- Yatağın yüzeyini temizleyerek incelemeye hazır hâle getiriniz.
- Yatakta çatlak, aşınma, çizik, korozyon ve deformasyon olup olmadığını gözle kontrol ediniz.
- Şüpheli bölgeleri büyüteç kullanarak ayrıntılı şekilde inceleyiniz.
- Gerekli boyutsal kontrolleri kumpas kullanarak gerçekleştiriniz.
- Tespit edilen kusurları kontrol formuna kaydediniz.
- Kusurların yatağın kullanımına etkisini değerlendiriniz.
- Kontrol sonuçlarını raporlayınız.

DEĞERLENDİRME

Çalışmanız öğretmeniniz tarafından ortak derecelendirme formu ile değerlendirilecektir. Karekodu kullanarak ortak derecelendirme formuna ulaşabilirsiniz.

Dijital yayınlarda karekodun üstüne tıklayarak içeriğe ulaşabilirsiniz.

7. UYGULAMA

Adı:	Yatakları Boyutsal Kontrol Etme
Amaç:	Rulmanlı yatakların temel boyutlarını ölçerek teknik katalog değerleriyle karşılaştırmak ve uygunluğunu değerlendirmek
Süre:	2 ders saati

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 ekipman kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı vb. tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Kontrol edilecek rulmanlı yatağı seçiniz.
- Ölçüm öncesinde yatağı temizleyerek incelemeye hazır hâle getiriniz.
- Ölçülecek yüzeylerde hasar veya deformasyon olup olmadığını kontrol ediniz.
- İç çap, dış çap ve genişlik ölçülerini kumpas kullanarak ölçünüz.
- Gerekli hassas ölçümleri mikrometre ile gerçekleştiriniz.
- Ölçüm sonuçlarını kontrol formuna kaydediniz.
- Elde edilen değerleri teknik katalogdaki referans ölçülerle karşılaştırınız.
- Yatağın boyutsal uygunluğu hakkında değerlendirme yapınız.

DEĞERLENDİRME

Çalışmanız öğretmeniniz tarafından ortak derecelendrime formu ile değerlendirilecektir. Karekodu kullanarak ortak derecelendirme formuna ulaşabilirsiniz.

Dijital yayınlarda karekodun üstüne tıklayarak içeriğe ulaşabilirsiniz.

8. UYGULAMA

Adı:	Yatakların Tahribatsız Muayenesini Yapma
Amaç:	Penetrant yöntemi kullanarak rulmanlı yataklarda yüzey çatlaklarını ve kusurları tespit etmek
Süre:	2 ders saati

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 ekipman kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı vb. tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Muayene edilecek rulmanlı yatağı seçiniz.
- Yatağın yüzeyini temizleyerek yağ, kir ve yabancı maddelerden arındırınız.
- Gerekli durumlarda rulman ayırma ekipmanını kullanarak muayene yüzeylerini hazırlayınız.
- Penetrant sıvısını muayene edilecek yüzeye uygulayınız.
- Bekleme süresi sonunda yüzeyi temizleyiniz.
- Geliştirici (developer) uygulayarak yüzeyi incelemeye hazırlayınız.
- Yüzeyde oluşan penetrant belirtilerini gözlemleyiniz.
- Tespit edilen çatlak, gözenek veya süreksizlikleri değerlendiriniz.
- Muayene sonuçlarını kayıt formuna işleyerek raporlayınız.

DEĞERLENDİRME

Çalışmanız öğretmeniniz tarafından ortak derecelendrime formu ile değerlendirilecektir. Karekodu kullanarak ortak derecelendirme formuna ulaşabilirsiniz.

Dijital yayınlarda karekodun üstüne tıklayarak içeriğe ulaşabilirsiniz.

5.3. TRANSMİSYONLARIN BAKIMI VE ONARIMI

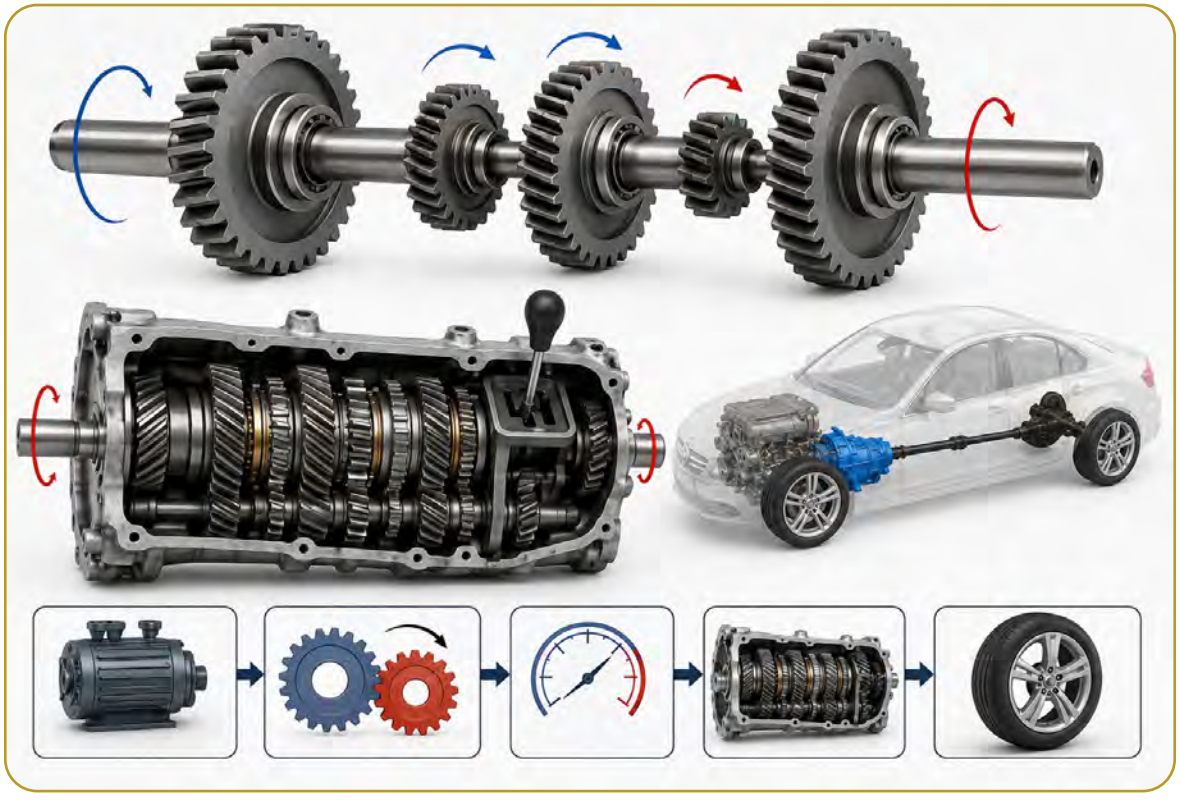
Transmisyon sistemlerinin güvenli ve verimli çalışabilmesi için düzenli bakım ve doğru onarım uygulamalarının yapılması gerekir. Bakım sırasında dişliler, zincirler, kayışlar ve diğer transmisyon elemanları aşınma, çatlak, hizalama ve yağlama açısından kontrol edilir. Gerekli görülen durumlarda bakım, ayar veya parça değişimi gerçekleştirilir. Bu kapsamda transmisyon elemanlarının temizliği, yağlanması, kontrolü ve gerektiğinde değiştirilmesi önemlidir.

5.3.1. Dişli Çarklar ve Elemanları

Makine ve uçak sistemlerinde üretilen hareketin ve gücün ihtiyaç duyulan noktalara iletilmesi çeşitli transmisyon elemanları ile sağlanır. Bu elemanlar arasında en yaygın kullanılanlardan biri dişli çarklardır. Dişli çarklar, hareketin yönünü değiştirebilme, hız ve tork değerlerini ayarlayabilme özellikleri sayesinde birçok mekanik sistemin temel bileşeni hâline gelmiştir. Uçak motorlarında kullanılan aksesuar dişli kutuları da yakıt pompası, yağ pompası, jeneratör gibi sistemlere güç aktarımını dişli çarklar aracılığıyla gerçekleştirir. Bu nedenle dişli çarkların yapısını, çalışma prensiplerini ve temel elemanlarını bilmek bakım ve onarım faaliyetleri açısından büyük önem taşır.

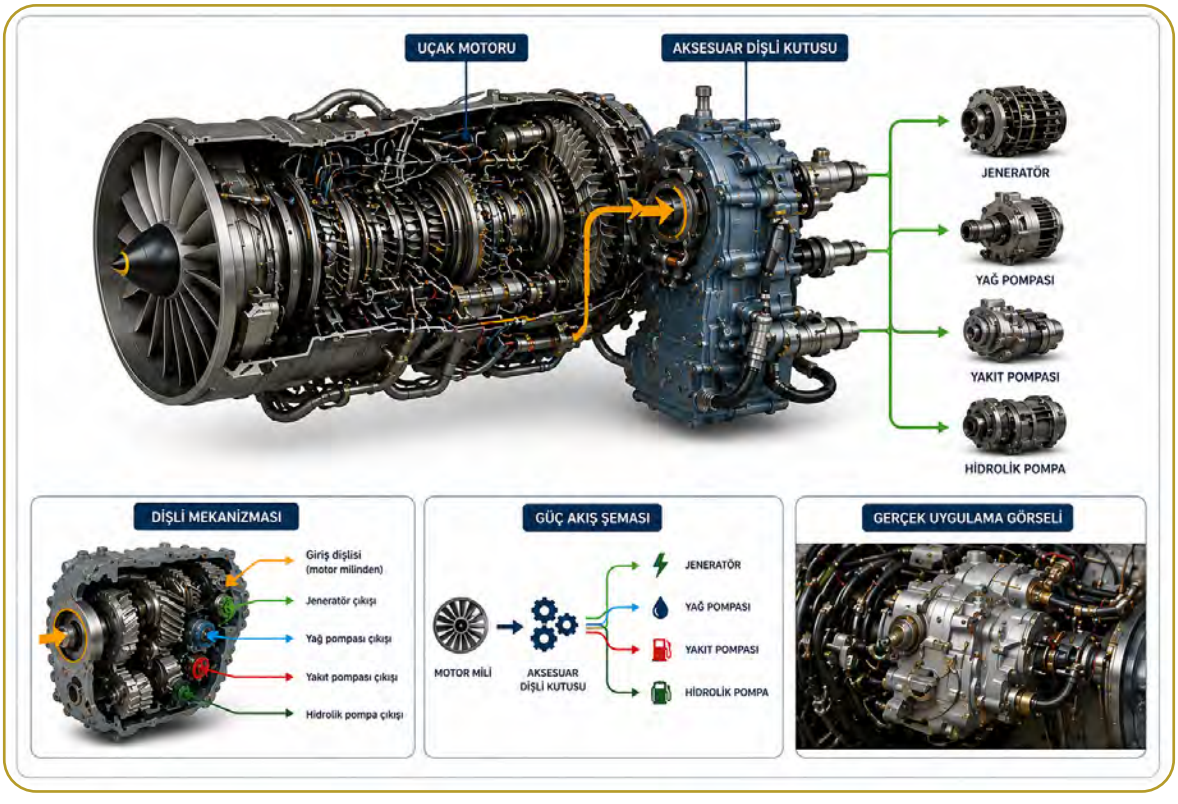
5.3.1.1. Dişli Çarklar

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 gelir (Görsel 5.46). 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 5.46: Dişli kutusu (şanzıman)

Uçak motorunda bulunan aksesuar dişli kutusu da dişli çarklardan oluşur (Görsel 5.47). İlerleyen yıllarda detayları öğrenilecek bu dişli kutusu, otomobillerde olduğu gibi uçak motorunun ürettiği enerjiyi, yakıt pompası, yağ pompası gibi elemanlara iletir. Bu sayede uçak motoru kendi ürettiği enerjiyle yakıt ve yağ dolaşımı ihtiyacını karşılar. Dişli çarklar, duvara asılan saatlerden denizlerdeki gemilere, gökyüzündeki uçaklara kadar hayatın her alanında yer alır.

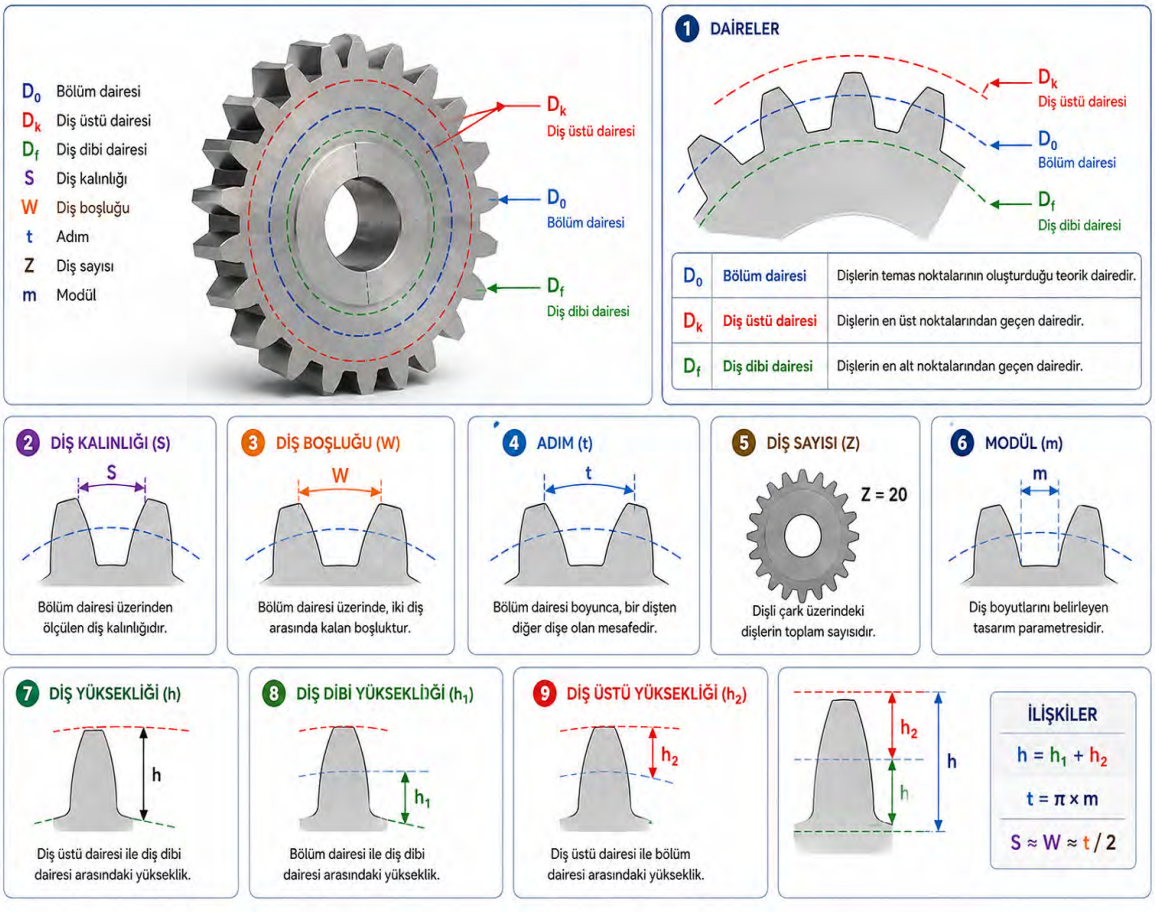


Görsel 5.47: Uçak motoru ve bağlı bulunan aksesuar (dişli kutusu)

NOTLAR

5.3.1.2. Dişli Çarklarının Elemanları

Bir dişli çarkı tanımak için bu çarkın ölçüleri ve tasarımıyla ilgili bilinmesi gereken bazı kavramlar aşağıda yer almaktadır (Görsel 5.48).



Görsel 5.48: Dişli çarkların temel elemanları ve geometrik özellikleri

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 tekrarlanır. Dişlerin bahsedilen temas noktaları boyunca hayalî bir eksen çizildiğinde bu eksenin çarkın merkezine uzaklığı bölüm dairesi adını alır. "D_0"ile gösterilir.

Diş Üstü Dairesi: Dişlerin en üst konumlarını birbiriyle birleştiren hayalî dairesel eksendir ve "D_k" ile gösterilir.

Diş Dibi Dairesi: Dişlerin çark üzerinde başladığı noktalardan geçen hayalî dairesel eksendir. Diş dibi dairesi "D_f" ile gösterilir.

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 arasında 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.

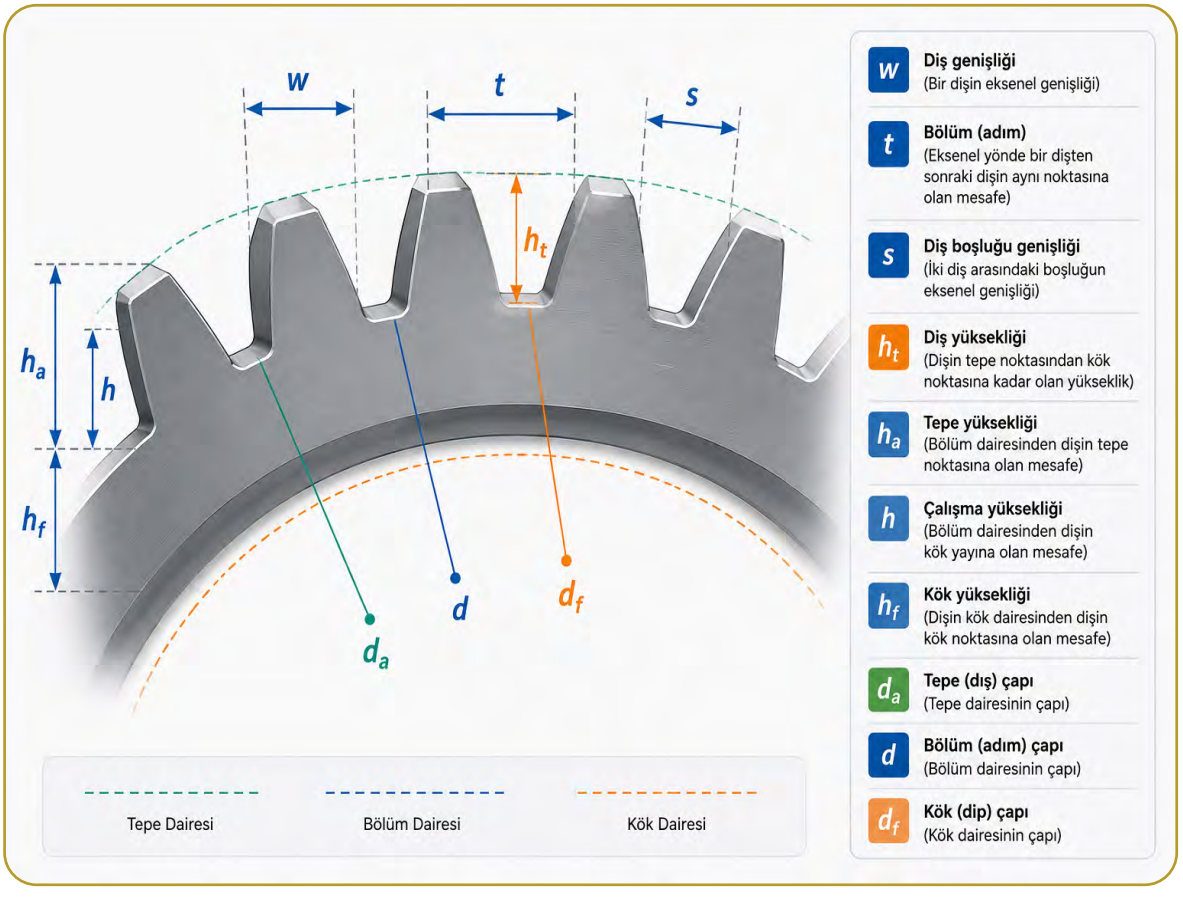
Dişli çark imalatçıları; bölüm dairesi çapını, diş sayısına bölerek modül değerini bulurlar ve çark tasarımında bu değeri dikkate alırlar. Adım ve modül değerleri eşit olan dişliler birbiriyle çalışabilen dişlilerdir. Adım ya da modül değeri iki dişlide fark gösteriyorsa bu dişliler hareket ya da güç iletimi gerçekleştiremez (Görsel 5.49).

$$m = D_0 / z$$

m : Modül değeri

D_0 : Bölüm dairesi çapı

z : Diş sayısı



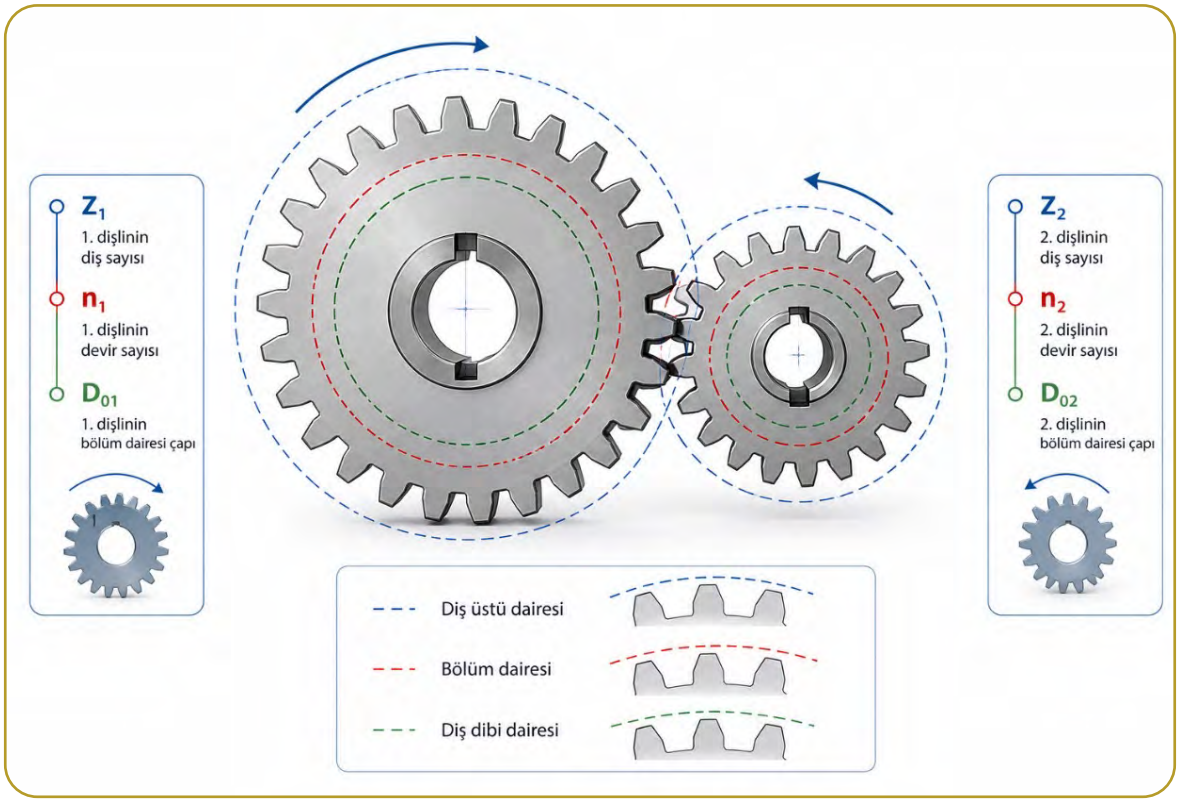
Görsel 5.49: Dişli çarkın ölçüleri

5.3.2. Dişli Oranları, Dişli Sistemleri ve Dişli Çeşitleri

Dişli çarklar yalnızca hareket iletmekle kalmaz, aynı zamanda hız ve kuvvet değerlerini de değiştirir. Bu değişim, dişlilerin diş sayıları arasındaki ilişki sayesinde gerçekleşir. Dişli oranı olarak adlandırılan bu ilişki, makine ve uçak sistemlerinde hareketin istenilen şekilde aktarılmasını sağlar.

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 gerekir (Görsel 5.50).



Görsel 5.50: 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

$$m_1 = m_2 = m$$

$$m_1 = D_{01} / Z_1 \; ; \; m_2 = D_{02} / Z_2$$

$$D_{01} = m.Z_1 \; ; \; D_{02} = m.Z_2$$

(b)

denklemi bulunur. (b) denklemini, (a) denkleminde yerine koyarsak

$$n_1.m.Z_1 = n_2.m.Z_2$$

$$n_1.Z_1 = n_2.Z_2$$

$$n_1.Z_1 = n_2.Z_2$$

(c)

Bulunan (c) denklemi, birbiriyle eş çalışan çarkların devir sayıları ve diş sayıları arasındaki oranı vermektedir. Bu denklem sayesinde diş sayıları bilinen çarklar arasındaki devir aktarımı hesaplanabilir. Aynı şekilde bu denklemler ile dişliler arasındaki aktarım bir diğer ifadeyle çevrim oranı olarak isimlendirilir ve "i" ile gösterilir.

$$İ = n_1/n_2 = Z_2/Z_1$$

MERAKLISINA

Transmisyon sistemleri, insanlığın hareketi ve gücü kontrol etme ihtiyacıyla birlikte ortaya çıkmış en temel mühendislik çözümlerinden biridir. Bugün uçak motorlarında kullanılan gelişmiş dişli sistemlerinin temeli, binlerce yıl öncesine dayanmaktadır.

İlk transmisyon örnekleri, MÖ dönemlerde su değirmenleri ve basit mekanik düzeneklerde görülmüştür. Bu sistemlerde dişli benzeri yapılar kullanılarak suyun oluşturduğu hareket, öğütme taşlarına aktarılmıştır. Bu, insanlığın ilk kez enerjiyi bir noktadan başka bir noktaya aktarması anlamına gelir.

Orta Çağ'da dişli sistemleri saat mekanizmalarında, su ve rüzgâr değirmenlerinde kullanılmaya başlanmıştır. Özellikle kule saatlerinde kullanılan dişliler sayesinde hareket hassas şekilde kontrol edilebilmiştir.

Sanayi Devrimi ile birlikte transmisyon sistemleri büyük bir gelişim göstermiştir. Buhar makinelerinin ortaya çıkmasıyla döner hareket farklı makineler arasında dağıtılmış, fabrikalarda merkezî güç sistemleri kurulmuş ve dişli tasarımları bilimsel temellere oturtulmuştur.

Günümüzde transmisyon sistemleri otomobillerde vites kutularında, endüstriyel makinelerde ve uçak motorlarında kritik rol oynar. Uçaklarda özellikle aksesuar dişli kutuları, motorun ürettiği enerjiyi yakıt pompası, yağ pompası ve jeneratör gibi sistemlere iletir. Bu sayede uçak motoru kendi sistemlerini çalıştırabilir (Görsel 5.51).

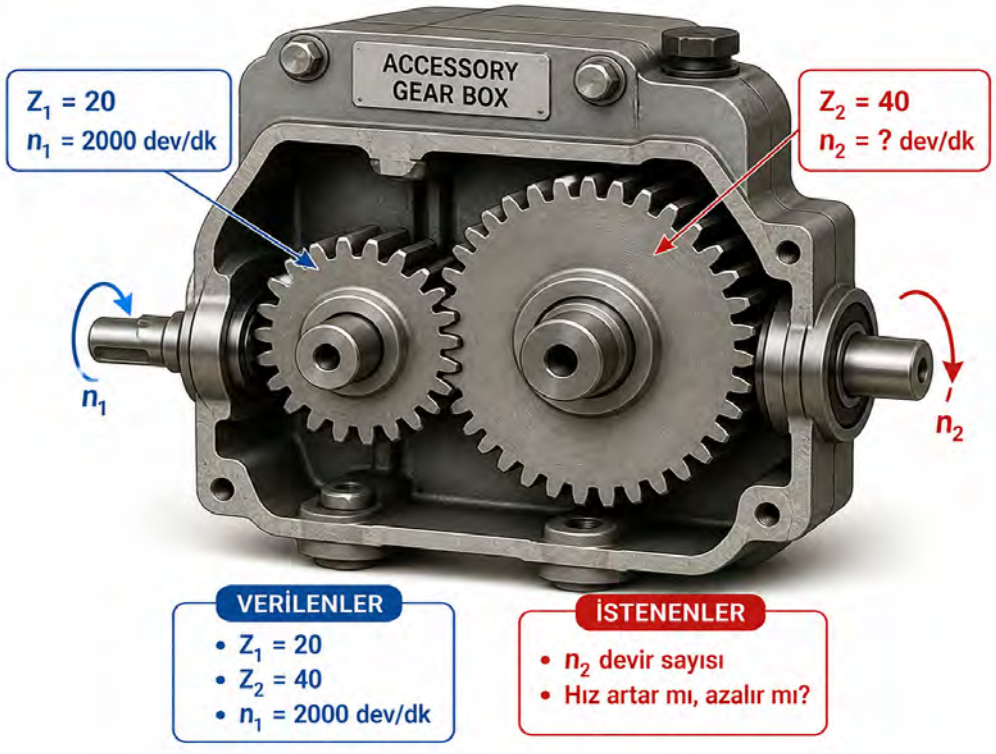
Bugün kullanılan modern dişli sistemlerinin temel prensibi, dişlerin birbirini iterek hareket aktarmasıdır. Bu prensip binlerce yıldır değişmeden kullanılır.

Sonuç olarak teknoloji gelişmiş, hızlar artmış ve sistemler karmaşıklaşmış olsa da gücü aktarma fikri değişmemiştir: Hareket, doğru dişlilerle yönlendirilir.



Görsel 5.51: Dişli çarkların tarihsel gelişimi ve kullanım alanları

SIRA SİZDE



Yukarıdaki görselde dişli çarka ait dişli oranı ve devir sayısı ait değerler verilmiştir. Buna göre

İki Dişli Sisteminde: $Z_1 = 20$ $Z_2 = 40$ $n_1 = 2000$ dev/dk.

Sorular

a. n_2 devir sayısını hesaplayınız.

($n_1 \cdot Z_1 = n_2 \cdot Z_2$) .....

b. Bu sistemde hız artar mı yoksa azalır mı?

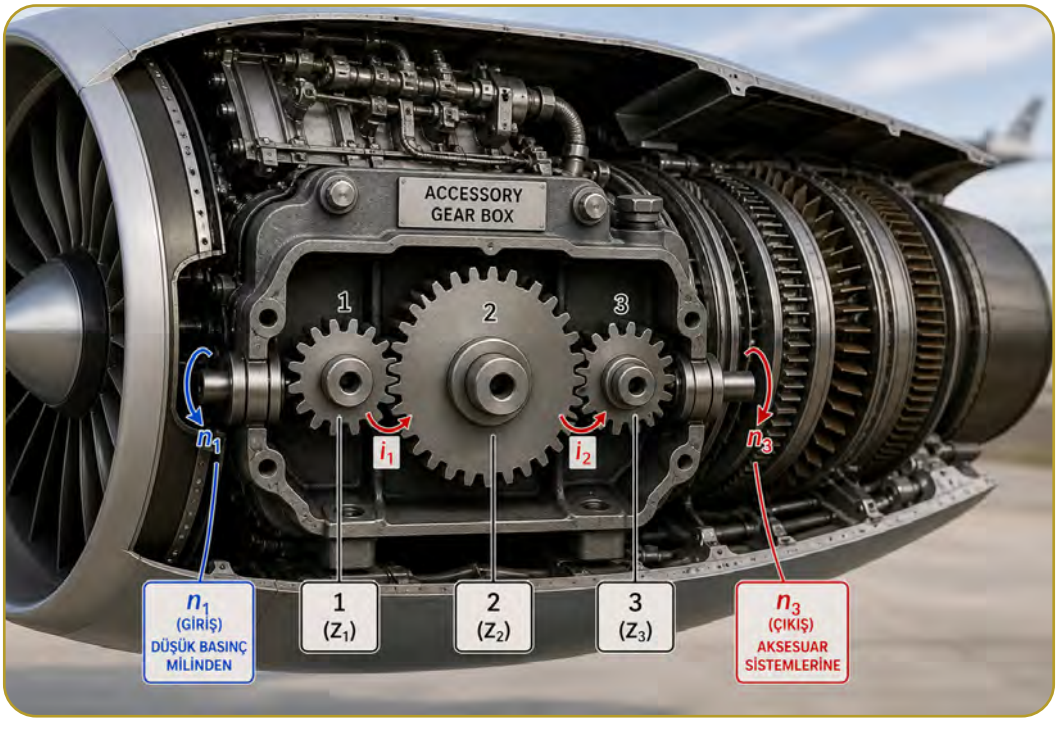
( ) Artar ( ) Azalır

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 5.52).

$$i_3 = i_1 . i_2$$

Birden fazla dişlinin bir amaç uğruna çalıştığı dişli sistemleri redüktör, şanzıman ya da transmisyon olarak isimlendirilir.



Görsel 5.52: Örnek bir dişli sistemi

NOTLAR

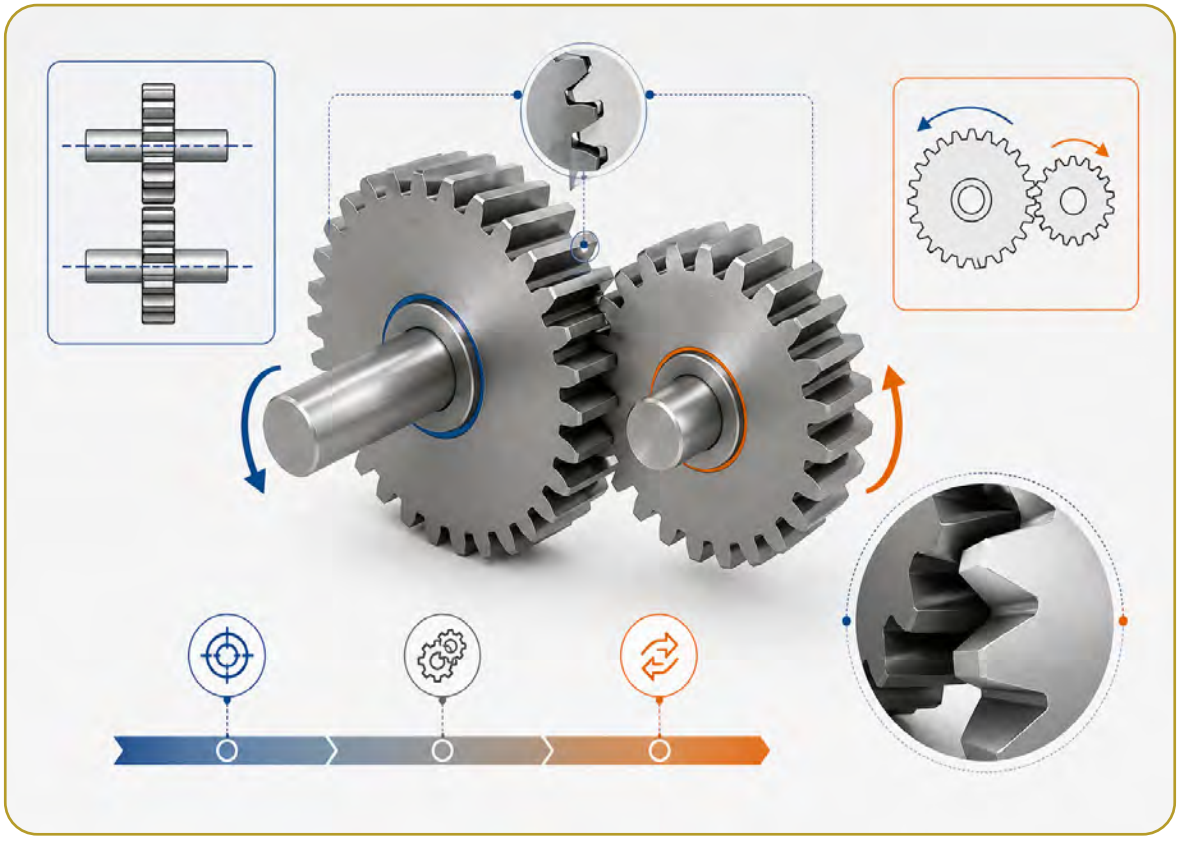
5.3.2.3. Dişli Çeşitleri

Dişli çarklar, diş profili ve çalışma durumuna göre ikiye ayrılır.

a) Dişli Profiline Göre Dişli Çarklar

» **Düz Dişli Çarklar**

Düz dişli çarklar, birbirine paralel olarak eksenlenmiş miller arasında güç ve hareket iletimi gerçekleştirir (Görsel 5.53). 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 5.53: Düz dişli çark

» Helis Dişli Çarklar

Helis dişe sahip çarklarda dişler dönük şekilde imal edilir (Görsel 5.54). Bu dönük form sayesinde miller istenilen pozisyonlarda çalıştırılabilir. Birbiriyle çalışması gereken miller, birbirine paralel ve 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.

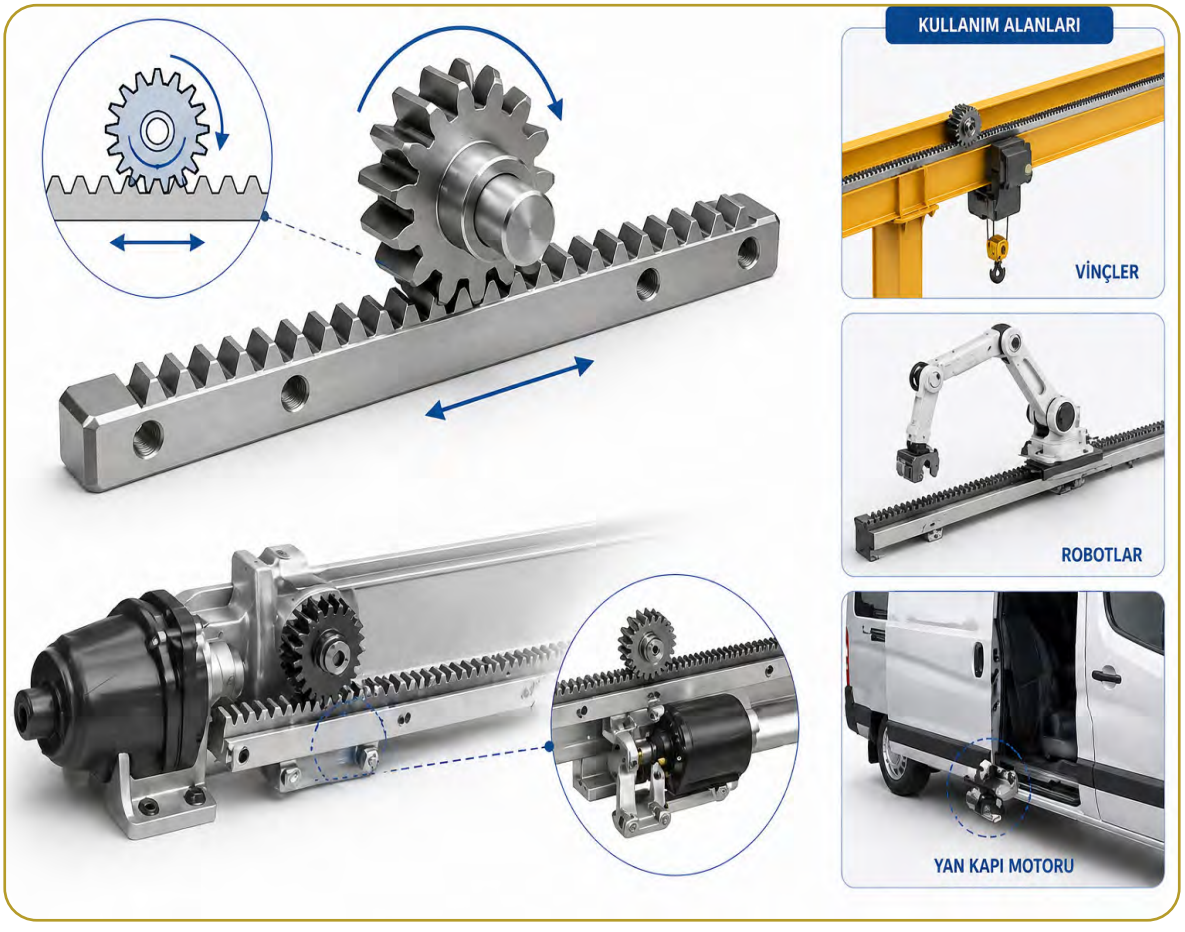


Görsel 5.54: Helisel dişli çark

NOTLAR

» Kremayer Dişli

Doğrusal bir profile sahip çubuklara açılmış dişler ile kremayer dişli imal edilebilir (Görsel 5.55). Vinçler, robotlar gibi doğrusal hareket iletimi gereken yerlerde kremayer dişli kullanılabilir. Günlük hayattaki en yaygın örneği ise minibüs yan kapılarındaki kapı motorlarıdır.

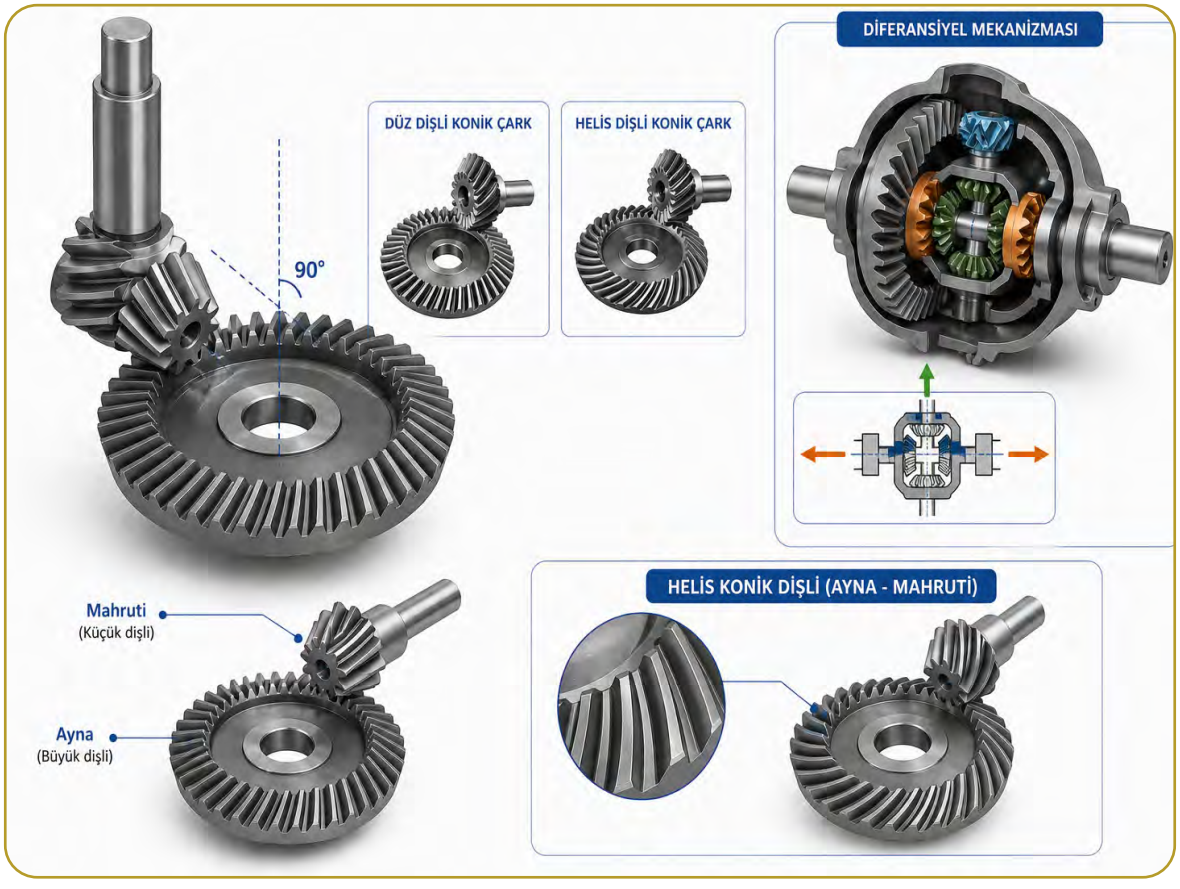


Görsel 5.55: Kremayer dişli

NOTLAR

» 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. Konik dişli çarkın dişleri helis formundaysa ayna-mahruti dişli olarak da adlandırılır (Görsel 5.56). Konik helis dişlinin büyük olanına ayna, küçük olanına ise mahruti denir.

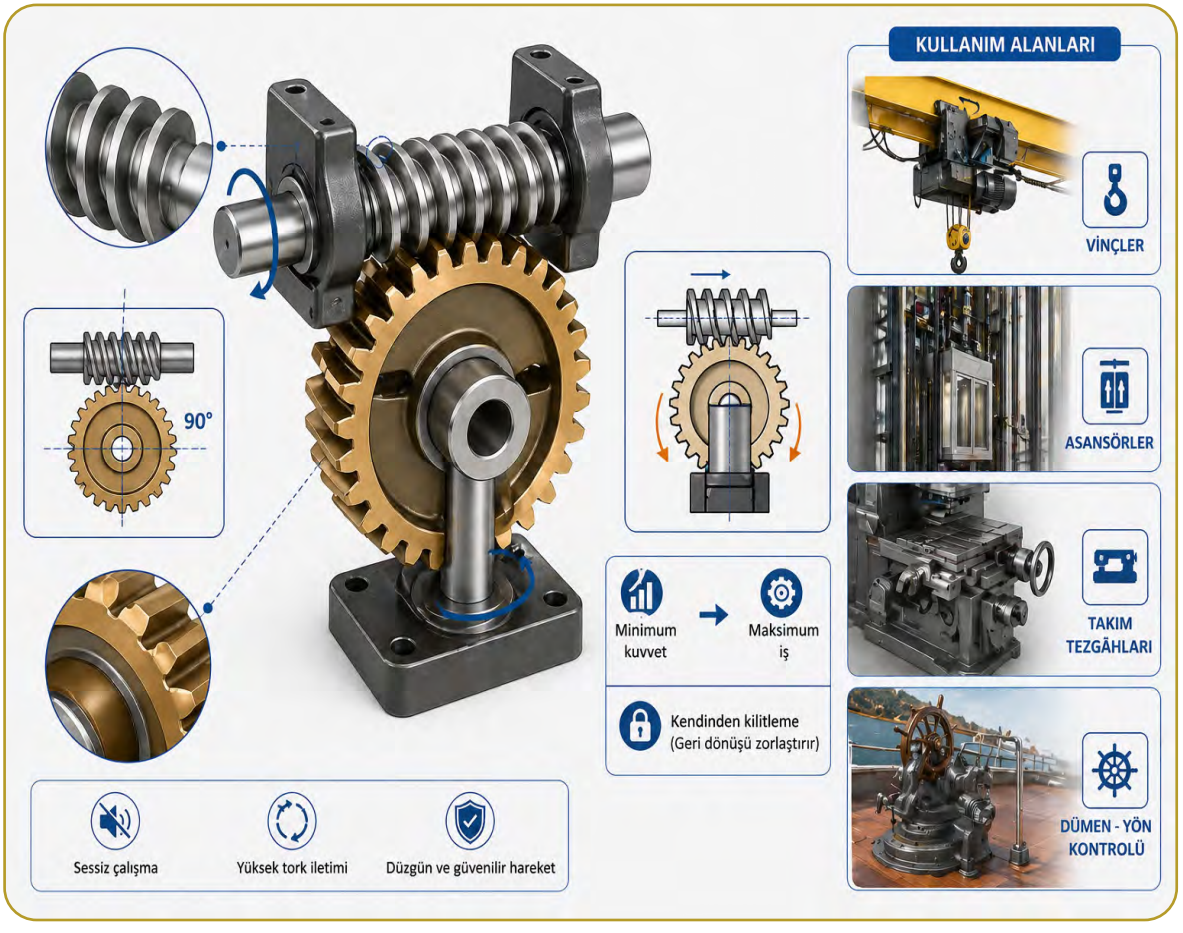


Görsel 5.56: Ayna-mahruti dişli takımı

NOTLAR

» Sonsuz Vida Dişli Sistemi

Üzerine diş açılmış bir sonsuz vida ile dişli çark beraber çalışabilir (Görsel 5.57). 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 5.57: Sonsuz dişli takımı

NOTLAR

MERAKLISINA

Günümüzde dişli çarklar artık sadece klasik yöntemlerle değil yüksek hassasiyetli ve ileri üretim teknolojileriyle imal edilir. Özellikle havacılık ve savunma sanayiinde kullanılan dişliler, mikron seviyesinde toleranslarla üretildiği için üretim süreci en az tasarım kadar kritik hâle gelmiştir.

Geleneksel yöntemlerde dişliler frezeleme, azdırma (hobbing), taşlama gibi işlemlerle üretilirken, modern üretimde bu süreçler CNC kontrollü makinelerle otomatik ve yüksek hassasiyetle gerçekleştirilmektedir. Bu sayede diş profilleri kusursuza yakın doğrulukta elde edilir.

Son yıllarda öne çıkan yöntemlerden biri toz metalürjisidir (powder metallurgy). Bu yöntemde metal tozları kalıplarda sıkıştırılıp sinterlenerek dişli formu elde edilir. Özellikle karmaşık geometrilere sahip dişliler, minimum malzeme kaybıyla üretilebilir (Görsel 5.58).



Görsel 5.58: Dişli üretiminde modern teknolojiler ve üretim süreçleri

Eklemeli imalat (3D metal yazıcılar) teknolojisi de dişli üretiminde kullanılmaya başlanmıştır. Bu yöntem sayesinde iç içe geçmiş karmaşık dişli sistemleri tek parça hâlinde üretilebilir, hafif ama dayanıklı yapılar oluşturulabilir ve prototip üretimi çok kısa sürede gerçekleştirilebilir.

Havacılıkta kullanılan dişlilerde yüzey iyileştirme teknolojileri kritik bir rol oynar. Shot peening (bilyeli dövme) ile yüzey dayanımı artırılır, kaplama teknolojileri (TiN, DLC vb.) ile sürtünme ve aşınma azaltılır, lazer sertleştirme ile yalnızca gerekli bölgeler güçlendirilir.

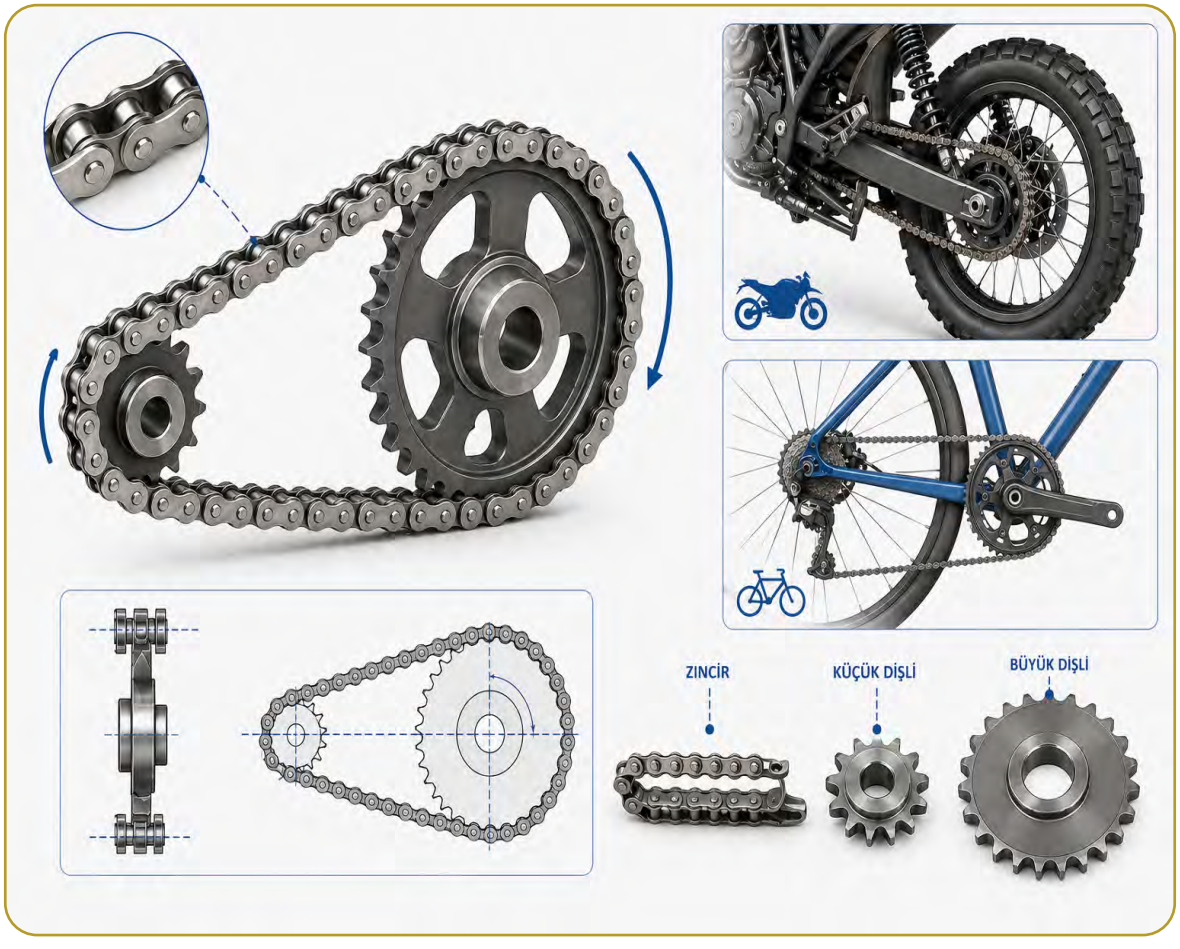
Tüm bu işlemlerden sonra dişliler, tahribatsız muayene yöntemleri (ultrasonik, manyetik parçacık, X-ray) ile kontrol edilerek gözle görülmeyen hatalar tespit edilir.

Son yıllarda bazı uçak motorlarında kullanılan planet dişli sistemleri, insan saç telinden daha küçük toleranslarla çalışacak şekilde üretilmektedir.

Sonuç olarak modern dişli üretimi artık sadece bir imalat süreci değil malzeme bilimi, ileri mühendislik ve yüksek teknoloji birleşimidir.

» Zincir Dişli Çarklar

Dişli çarkların diş profillerine uygun zincirlerle beraber kullanımı mümkündür (Görsel 5.59). En yaygın kullanımı bisikletler ya da motosikletlerdir.

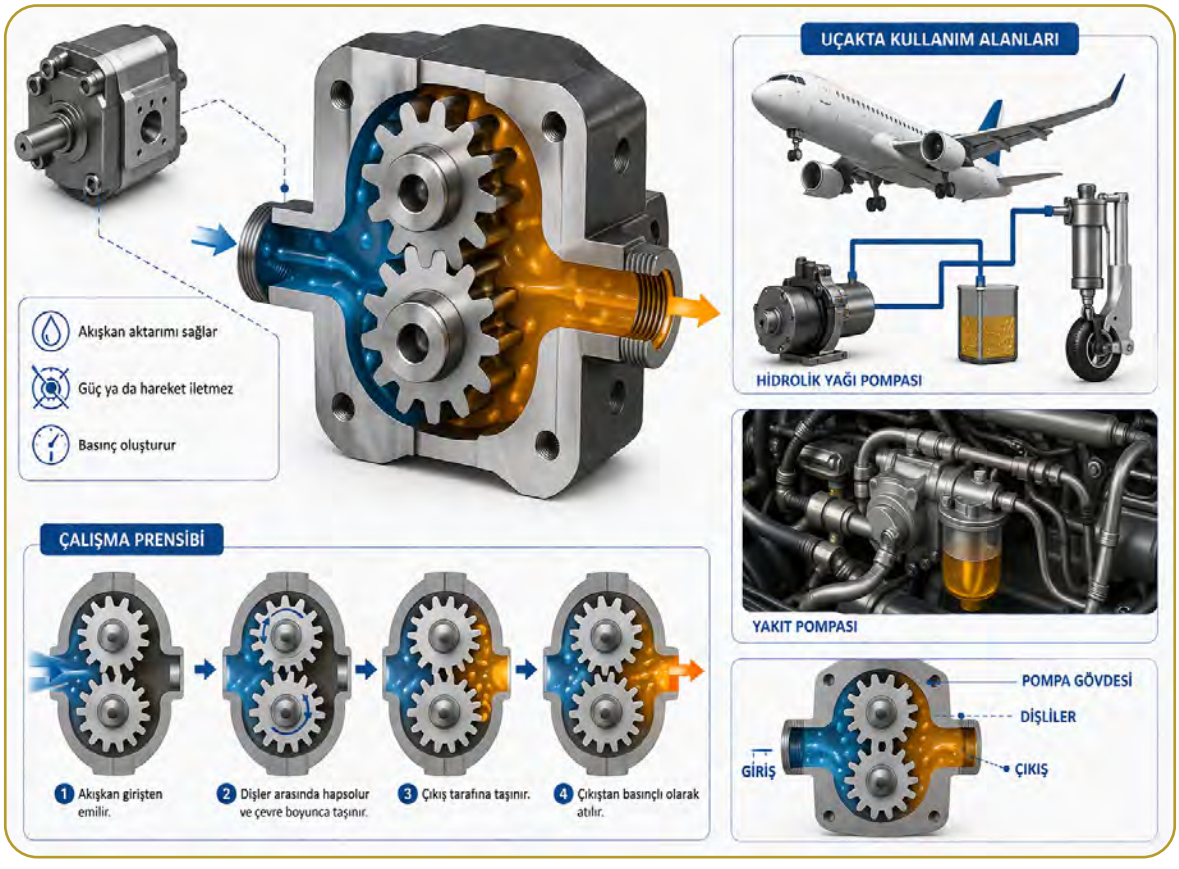


Görsel 5.59: Zincir dişli takımı

NOTLAR

» Pompa Dişli Sistemleri

Akışkan aktarımında kullanılan güç ya da hareket iletmeyen dişli sistemleri pompa dişlileridir. Uçaklarda hidrolik yağı ya da yakıt gibi akışkanların bir noktadan başka bir noktaya basılmasında kullanılan pompalarda bulunur (Görsel 5.60).



Görsel 5.60: Pompa dişli sistemi

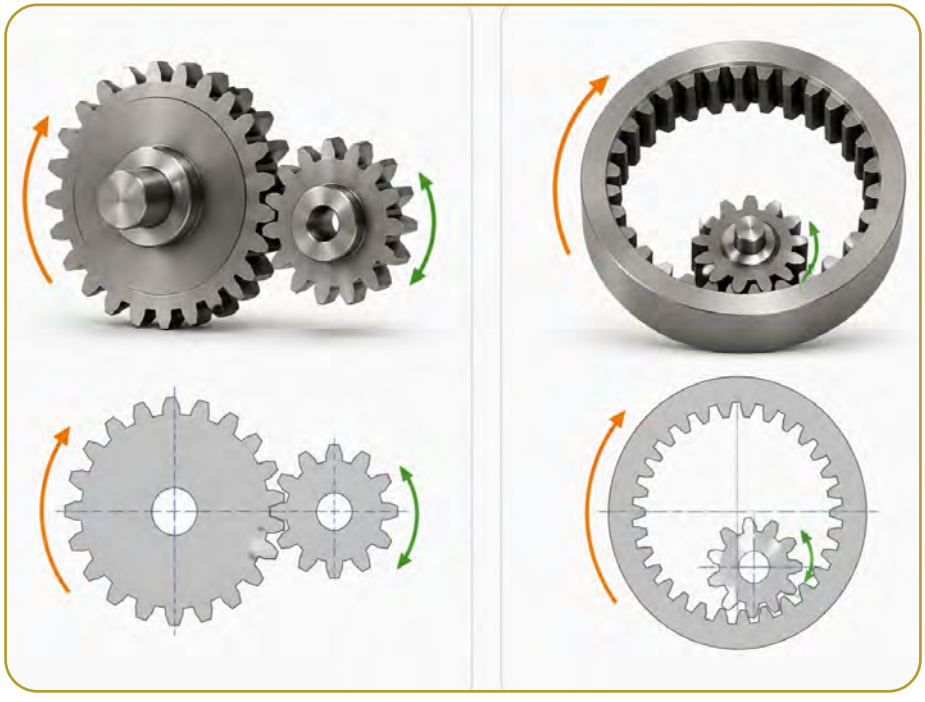
NOTLAR

b) Çalışma Durumuna Göre Dişli Çarklar

Dişli çarklarda dişler silindirik bir malzemenin üzerine ya da içine açılır (Görsel 5.61).

» **Dıştan Dişli Çarklar:** Dişleri, silindirik bir malzemenin dışından açılan çarklardır.

» **İçten Dişli Çarklar:** Dişleri, silindirik bir malzemenin içinden açılan çarklardır.



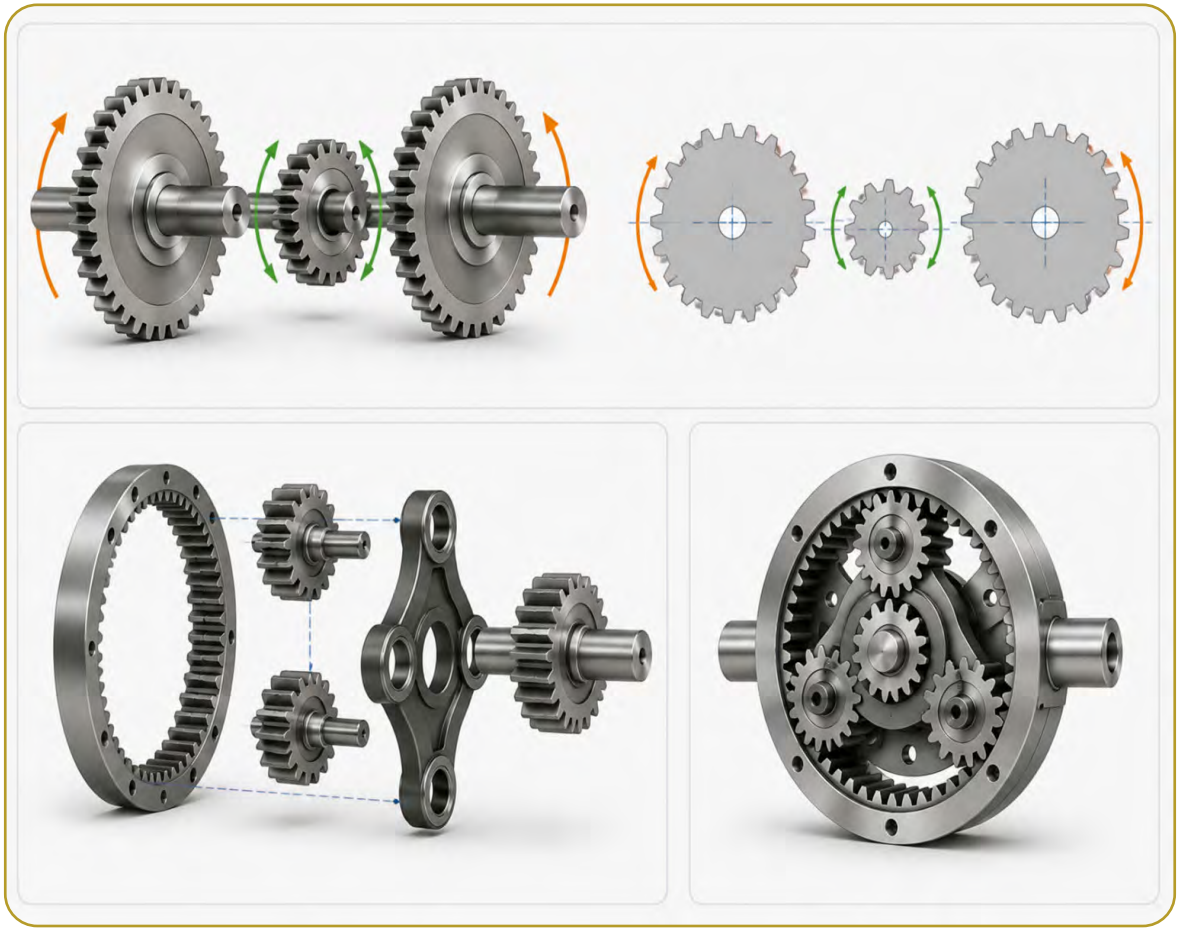
Görsel 5.61: Çalışma durumuna göre dişli çarkların hareket ilişkisi

NOTLAR

c) Diğer Dişli Türleri

» **Vasat (İdler) Dişliler:** İki 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 5.62).



Görsel 5.62: Vasat (idler) dişliler ve kafes (planet) dişli sistemi

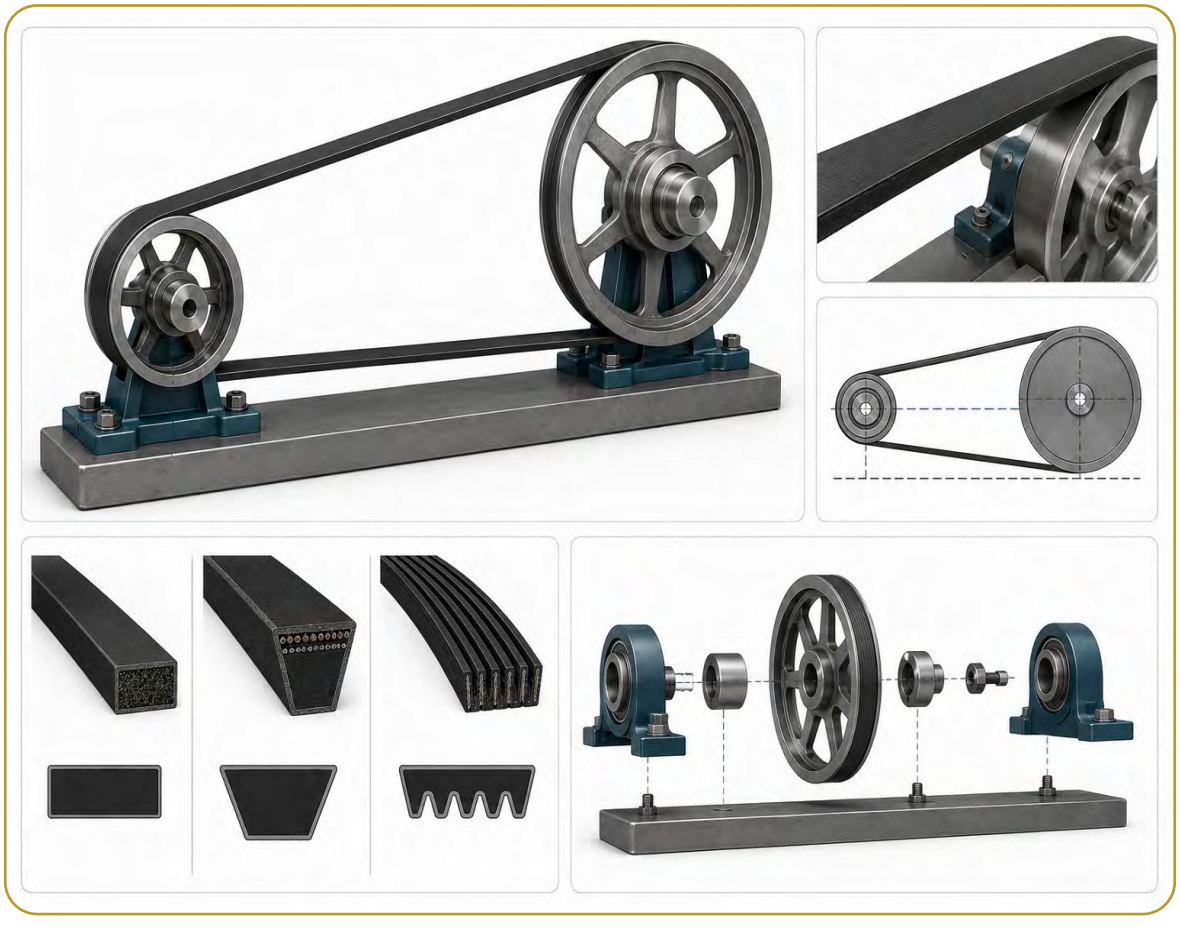
NOTLAR

5.3.3. Kayış-Kasnak Düzenekleri, Zincir ve Zincir Dişlileri (Sprocketler)

Kayış-kasnak düzenekleri ile zincir ve zincir dişlileri, hareket ve gücün miller arasında güvenli ve verimli şekilde iletilmesini sağlayan transmisyon elemanlarıdır. Kullanım amacına ve çalışma koşullarına göre farklı özelliklerde tasarlanan bu sistemler, havacılıkta birçok mekanik düzeneğin çalışmasında önemli görev üstlenir.

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 5.63). Aralarındaki mesafelerin fazla olduğu miller için kullanılır.

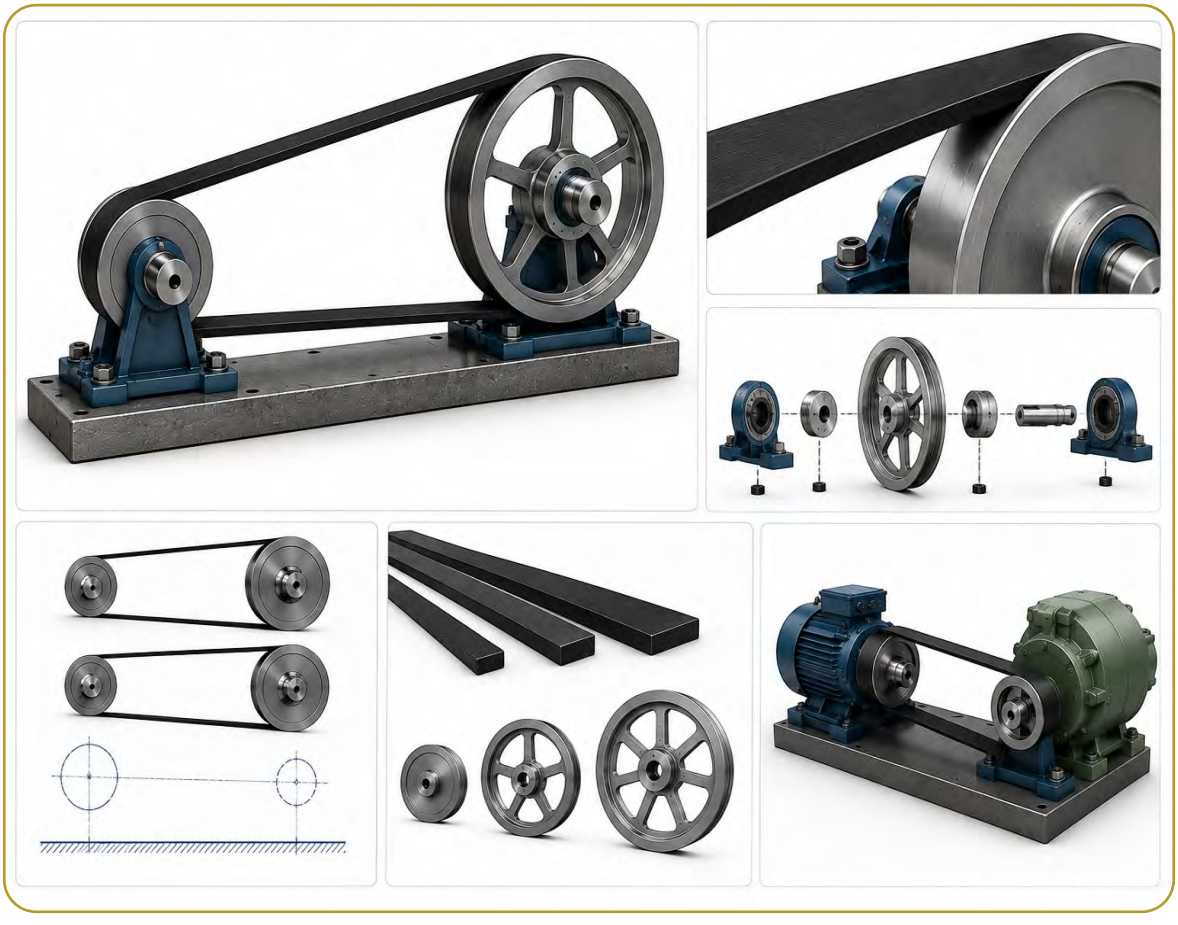


Görsel 5.63: Kayış kasnak sistemi

Kayış profillerine göre düz kayış, V kayış gibi isimler alır. Kasnaklar; yaygın olarak dökme demirden, kayışlar ise plastik türevi malzemelerden imal edilir. Kayışlar kaliteli ve esnek malzemelerden üretilmelidir. Bu durum güç ve hareket iletimi için çok önemlidir.

» Düz Kayış-Kasnak

Düz kayış ve kasnak profili, ismi gibi düz bir forma sahiptir (Görsel 5.64). En temel kayış-kasnak düzeneğidir.



Görsel 5.64: Düz kayış

NOTLAR

» V Kayış-Kasnak

Kayış kesiti V harfine benzemektedir (Görsel 5.65). Bu form sayesinde temas yüzeyi artacağı için güç ve hareket iletimi iyileşecektir. V şeklinde açı değişkenlik gösterebilir.



Görsel 5.65: V kayış-kasnak

NOTLAR

» Yuvarlak Kayış-Kasnak

Kayış kesiti yuvarlatılmış bir formdadır. Küçük ev aletlerinde yoğunlukla kullanılır. Bu kasnaklarda daha küçük yüklerin iletilmesi amaçlanır (Görsel 5.66).

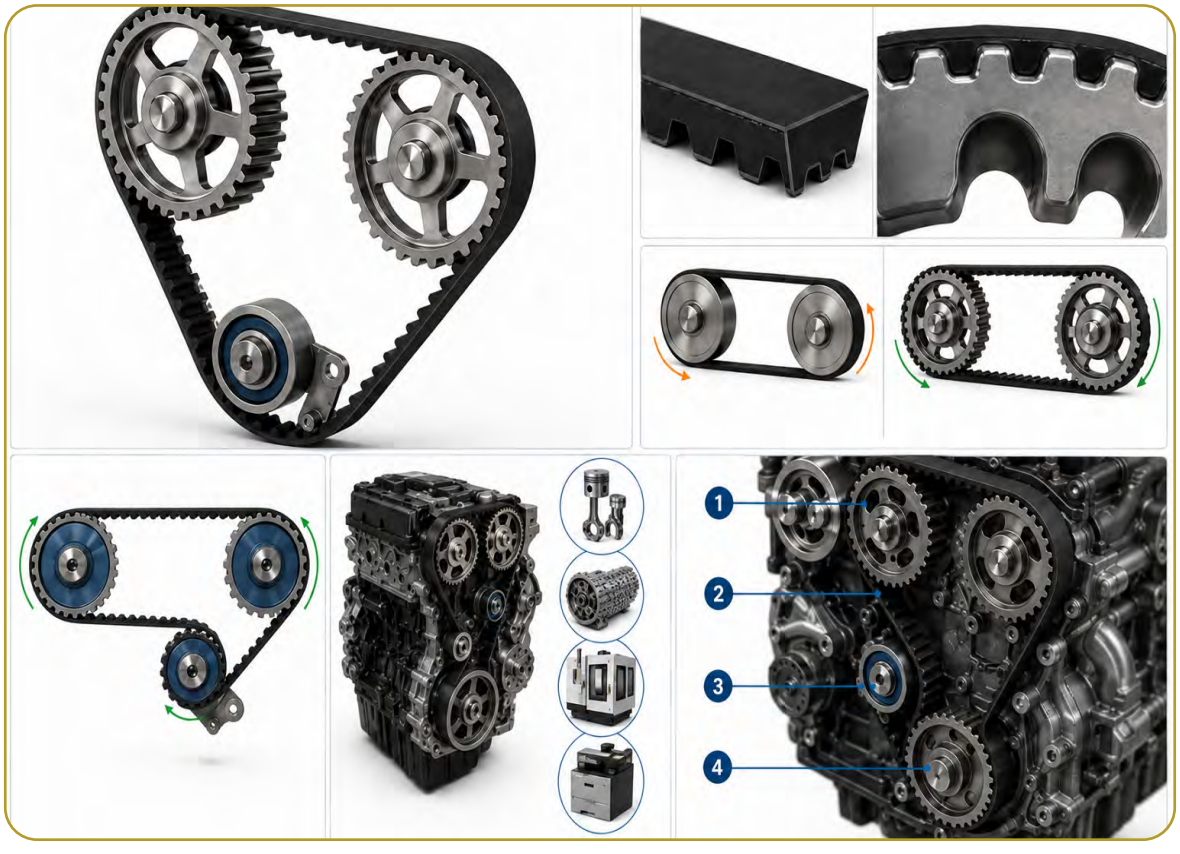


Görsel 5.66: Yuvarlak kayış-kasnak

NOTLAR

» Triger Kayışları ve Dişli Kasnaklar

Bu kayış-kasnak düzeneğinde kayış ve kasnak üzerine açılmış dişler bulunur (Görsel 5.67). Diğer tüm kayış-kasnak düzenekleri temas alanındaki statik sürtünmeyle hareket ve güç aktarır. Buna rağmen diğer tiplerde bir miktar da olsa kaymalar ydiğer bir ifadeyle 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 5.67: Triger kayış kasnak düzeneği

NOTLAR

» Gergi Kasnakları

Kayışlar esnek yapıdadır. Çalışma sırasındaki sürtünmelerden kaynaklı olarak ısınır ve daha da gevşer. Bunu önlemek ve kayışları gergin hâle getirebilmek için gergi kasnakları kullanılır (Görsel 5.68). Gergi kasnakları yük iletimini amaçlamaz. Gerginin yetersiz ya da fazla olması kayış ömrünü ve yük iletimini kötü yönde etkiler.



Görsel 5.68: 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 bulunur. 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 (Görsel 5.69).



Görsel 5.69: Zincir dişlileri

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 kuruyabilir. 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 donanımlar 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 (Görsel 5.70).



Görsel 5.70: Transmisyonların bakım ve kontrolleri

5.3.4.1. Transmisyon Elemanlarında Karşılaşılan 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 aşın-

ma 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 ekipman 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 (Görsel 5.71).



Görsel 5.71: Dişlilerin gözle kontrolü ve temizliği

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. Çünkü ölçüm aletlerinden doğan yanlış ölçüm sonrasında yapılan herhangi bir işlem güvenilir olmayacaktır (Görsel 5.72).



Görsel 5.72: Dişlilerin ölçü aletleri ile kontrolü

SIRA SİZDE

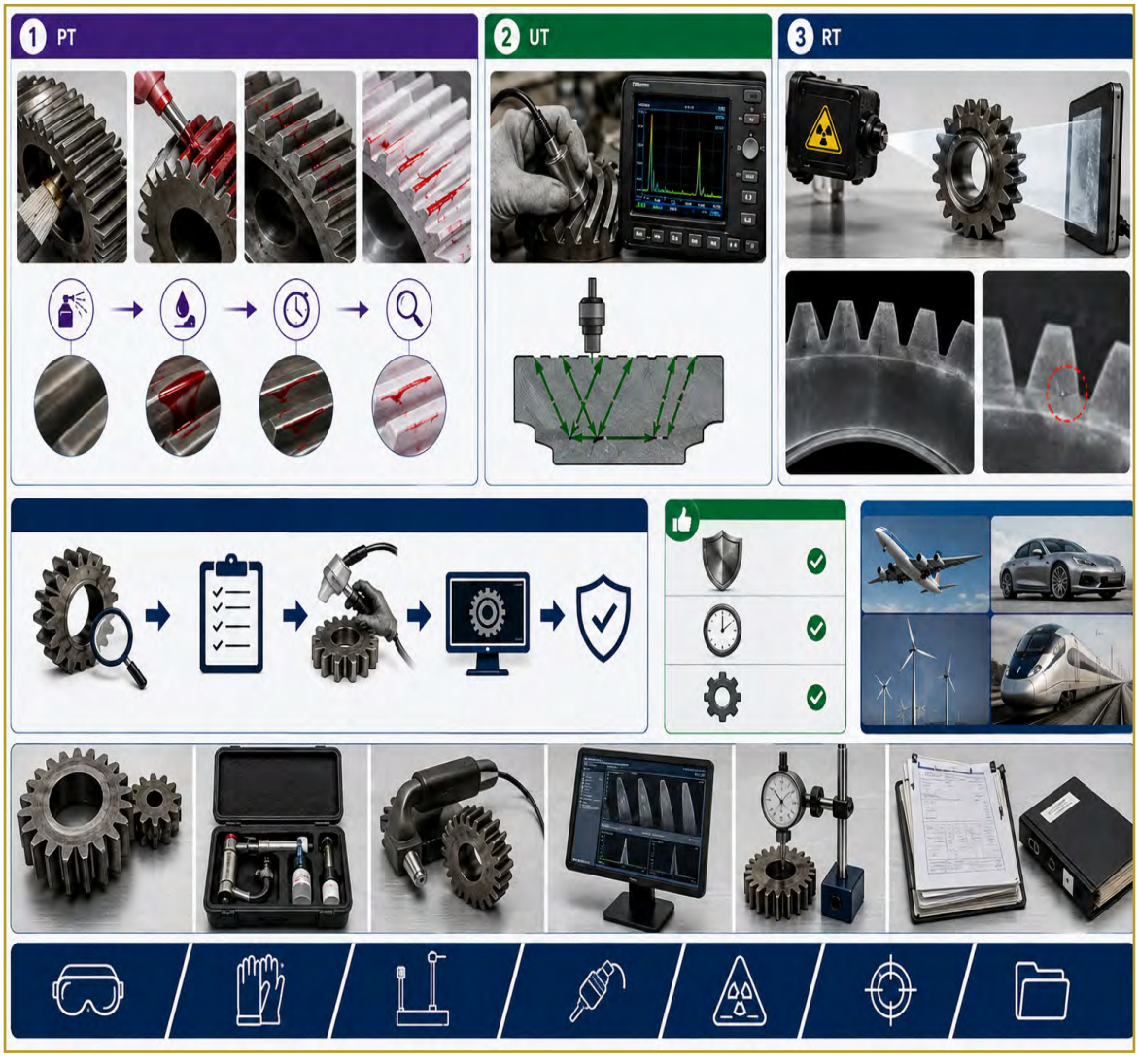
Aşağıdaki görselde verilen durumlar için en uygun sistemi yazınız.



NOTLAR

5.3.4.4. Dişlilerin Tahribatsız Muayene Metotlarıyla Kontrolü

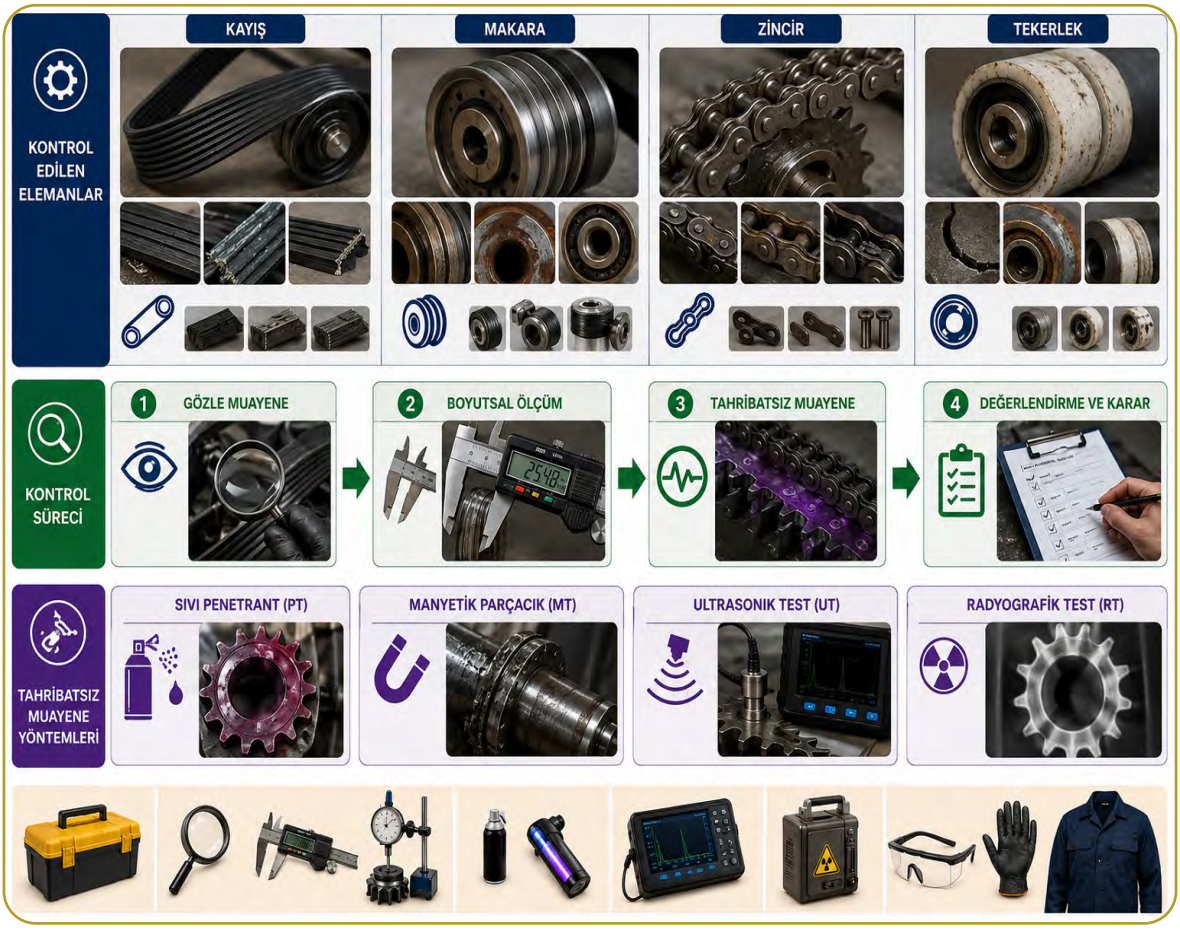
Gözün veya mekanik ölçüm aletlerinin ayırt edemeyeceği çatlaklar ya da iç hasarlar çeşitli tahribatsız muayene metotları ile incelenmelidir. Özellikle sıvı penetrant uygulaması ile yüzeydeki çatlaklar fark edilebilir. Ultrasonik veya radyografik metotlarla gözün göremeyeceği noktalardaki kusurlar belirlenebilir ve gerekli önlemler alınabilir (Görsel 5.73).



Görsel 5.73: Dişlilerin tahribatsız muayene metotları ile kontrolü

5.3.5. Kayış, Makara, Zincir ve Tekerleklerin Kontrolü

Kayış, makara, zincir, 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 (Görsel 5.74).



Görsel 5.74: Kayış, makara, zincir ve tekerleklerin kontrolü

NOTLAR

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 hem gözle muayene hem de tahribatsız muayene metotlarıyla yapılmalıdır. Bağlantı elemanlarının hasarları ve korozyon etkileri kontrol edilmelidir (Görsel 5.75).



Görsel 5.75: Dişli çarkların, kollu tertiplerin ve it-çek kol sistemlerinin kontrolü

NOTLAR

10. UYGULAMA

Adı:	Çok Kademeli Dişli Sistemlerini İnceleme
Amaç:	Çok kademeli dişli sistemlerinin hareket iletimindeki görevlerini ve çalışma prensiplerini incelemek
Süre:	2 ders saati

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 ekipman kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı vb. tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Atölyede bulunan çok kademeli dişli sistemini inceleyiniz.
- Sistemdeki tahrik ve tahrik edilen dişlileri belirleyiniz.
- Dişlilerin dönüş yönlerini gözlemleyiniz.
- Hareketin bir dişliden diğerine nasıl iletildiğini inceleyiniz.
- Dişli sisteminin kullanım amacını ve sağladığı avantajları arkadaşlarınızla tartışınız.
- Gözlemlerinizi not ederek sonuçları değerlendiriniz.

DEĞERLENDİRME

Çalışmanız öğretmeniniz tarafından ortak derecelendirme formu ile değerlendirilecektir. Karekodu kullanarak ortak derecelendirme formuna ulaşabilirsiniz.

Dijital yayınlarda karekodun üstüne tıklayarak içeriğe ulaşabilirsiniz.

11. UYGULAMA

Adı:	Aksesuar Dişli Kutusunu Sökme ve Kontrol Etme
Amaç:	Uçak motoru aksesuar dişli kutusunu söküp dişli çarkları incelemek, dişlilerin çalışma özelliklerini belirlemek ve fiziksel durumlarını kontrol etmek
Süre:	2 ders saati

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 ekipman kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı vb. tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Aksesuar dişli kutusunun dış yüzeyini inceleyiniz ve çalışma alanını hazırlayınız.
- Uygun sökme-takma el aletlerini kullanarak dişli kutusunu sökünüz.
- Dişli çarkları yerlerinden çıkararak temizleyiniz.
- Dişli çarkların düz dişli, helisel dişli veya diğer türlerden hangisi olduğunu belirleyiniz.
- Diş yüzeylerini büyüteç yardımıyla inceleyerek yüzeylerde aşınma, kırık, çatlak veya hasar olup olmadığını kontrol ediniz.
- Gerekli boyutsal kontrolleri kumpas kullanarak gerçekleştiriniz.
- Dişlilerin görevlerini ve kullanım özelliklerini inceleme formuna kaydediniz.
- Kontrol sonuçlarını değerlendirerek raporlayınız.

DEĞERLENDİRME

Çalışmanız öğretmeniniz tarafından ortak derecelendirme formu ile değerlendirilecektir. Karekodu kullanarak ortak derecelendirme formuna ulaşabilirsiniz.

Dijital yayınlarda karekodun üstüne tıklayarak içeriğe ulaşabilirsiniz.

12. UYGULAMA

Adı:	Dişli Çarkların Boyutsal Kontrolü
Amaç:	Dişli çarkların temel boyutlarını uygun ölçme aletleri kullanarak ölçmek ve teknik verilere göre değerlendirmek
Süre:	2 ders saati

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 ekipman kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı vb. tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Ölçüm öncesinde dişli çarkın yüzeyini temizleyiniz ve gözle kontrol ediniz.
- Ölçülecek dişli elemanlarını (dış çap, göbek çapı, diş kalınlığı vb.) belirleyiniz.
- Her ölçüm için uygun ölçme aletini seçiniz.
- Kumpas, mikrometre ve mihengir kullanarak ölçümleri gerçekleştiriniz.
- Ölçüm sonuçlarını ölçü kontrol formuna kaydediniz.
- Elde edilen değerleri teknik katalog veya verilen referans ölçülerle karşılaştırınız.
- Tespit ettiğiniz uygunsuzlukları ve olası nedenlerini değerlendiriniz.

DEĞERLENDİRME

Çalışmanız öğretmeniniz tarafından ortak derecelendrime formu ile değerlendirilecektir. Karekodu kullanarak ortak derecelendirme formuna ulaşabilirsiniz.

Dijital yayınlarda karekodun üstüne tıklayarak içeriğe ulaşabilirsiniz.

5.4. BORU VE BAĞLANTILARININ BAKIMI VE ONARIMI

Boru ve bağlantı elemanlarının güvenli şekilde çalışabilmesi için düzenli bakım ve doğru onarım uygulamalarının yapılması gerekir. Bakım sırasında borular ve bağlantıları sızıntı, çatlak, korozyon, ezilme ve gevşeme gibi olumsuzluklar açısından kontrol edilir. Tespit edilen hasarlar, bakım prosedürlerine uygun yöntemlerle giderilir veya gerekli durumlarda parça değişimi yapılır.

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 5.77.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 (Görsel 5.76):



Görsel 5.76: Uçaklardaki düz ve bükülebilir borular ve bağlantı elemanları

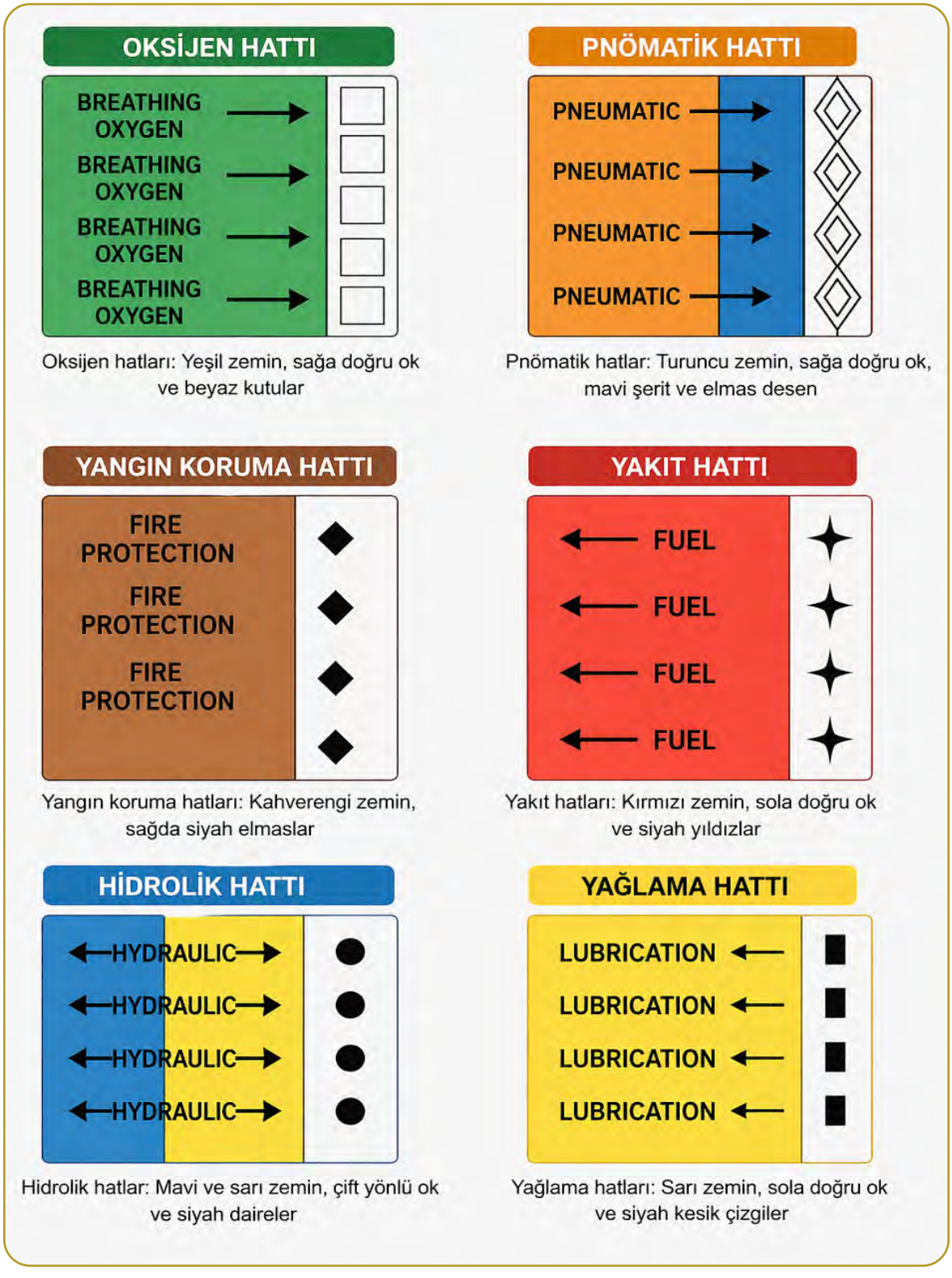


Görsel 5.77.a: Çeşitli hortum tipleri



Görsel 5.77.b: Çeşitli boru tipleri

Borularla çalışmak için öncelikle bilinmesi 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 olmalıdır (Görsel 5.78).

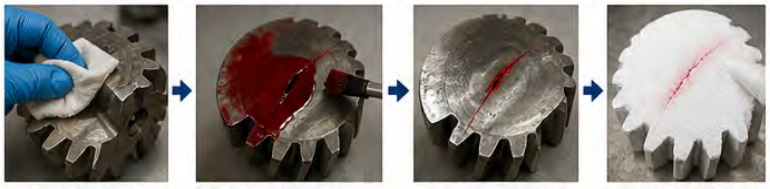


Görsel 5.78: Boru hattı etiketleri

SIRA SİZDE

Aşağıdaki görselleri inceleyiniz ve eksik bırakılan kontrol / muayene adımlarını uygun şekilde tamamlayınız.

1 YÜZEY KONTROLÜ (PENETRANT MUAYENE)



1. Yüzey Temizleme — 2. Penetrant Uygulama — 3. Bekleme Süresi — 4. Geliştirici Uygulama ve Çatlak Tespiti

Eksik adımı yazınız:

.....

2 İÇ YAPI KONTROLÜ (ULTRASONİK / RADYOGRAFİK)



Ultrasonik Test



Radyografik Test (X-Ray)

Bu yöntemin amacı nedir?

.....

3 GÖZLE MUAYENE



Tespit edilen kusur türünü yazınız:

.....

4 ÖLÇÜ KONTROLÜ



Bu işlem neden yapılır?

.....

5 BORU VE HAT TANIMLAMA



Bu işaretlemelerin amacı nedir?

.....

5.4.2. Borularda Oluşan Hasarlar

Uçak sistemlerinde kullanılan borular; titreşim, basınç, sıcaklık değişimleri ve dış etkenler nedeniyle zamanla hasar görebilir. Borular üzerinde meydana gelen ezilme, çatlak, delinme, aşınma, korozyon gibi hasarlar akışkanın güvenli şekilde taşınmasını engelleyebilir. Ayrıca boru bağlantı noktalarında oluşabilecek gevşemeler ve sızıntılar sistem performansını olumsuz etkileyerek arızalara neden olabilir. Bu nedenle bakım faaliyetleri sırasında boruların ve bağlantı elemanlarının görsel olarak kontrol edilmesi, tespit edilen hasar ve kaçakların bakım kayıtlarına işlenerek gerekli onarımların yapılması büyük önem taşır.

5.4.3. Boru Bağlantı Elemanları

Boruları birbirine bağlamak için çeşitli birleştiriciler (fittings) kullanılır. Birleştiriciler; rakor, dirsek, T bağlantı gibi birçok isimlendirmeye sahiptir (Görsel 5.79). Bunların yanında "quick diconnect (çabuk ayrılan)" birleştiriciler vardır. Amaç, birleştirme ve ayırma işlemlerini çok daha hızlı ve güvenilir bir hâle getirmektir.



Görsel 5.79: Boru bağlantı elemanları

5.4.4. Borulardaki Standart Birleştirmeler

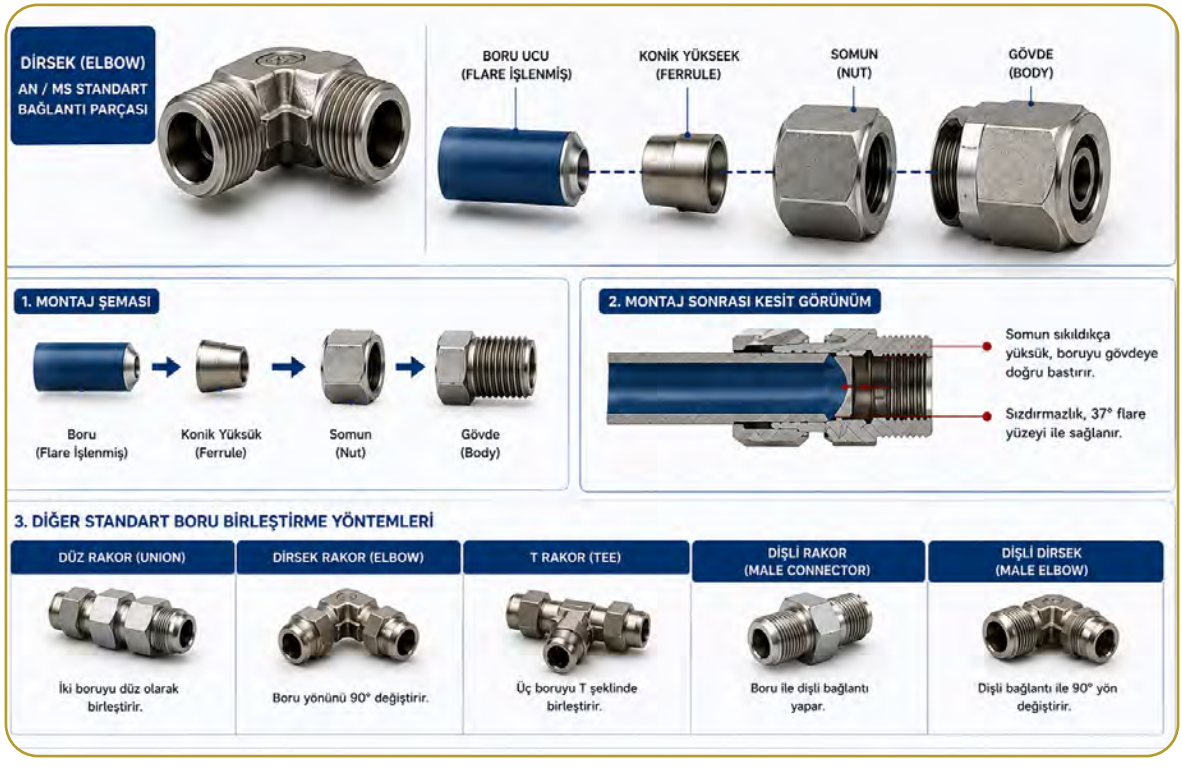
Borular ve birleştiricileri havacılıkta belli standartlar dâhilinde imal edilmelidir. Bu standartlardan birisi AN (Air Force-Navy) olarak adlandırılan Hava Kuvvetleri ve Donanma Standartları, diğeri ise MS (Military Standart) olarak bilinen askerî standartlardır. Havacılık standartlarının kökü Amerikan 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 veya 32 derecelik havşa açılarak yapılan uygulamalar bulunur. 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 5.80).

Havşa açma işlemi özel borulama ekipmanıyla yapılır. Boru, öncelikle uygun ebatta kesilir ve daha sonrasında kullanılacağı yere göre bükülür. Havşa işlemi, bu adımlardan sonra gelir. Bu adımlar daha sonra detaylarıyla açıklanacaktır.



Görsel 5.80: Sleeve ve boru bağlantısı

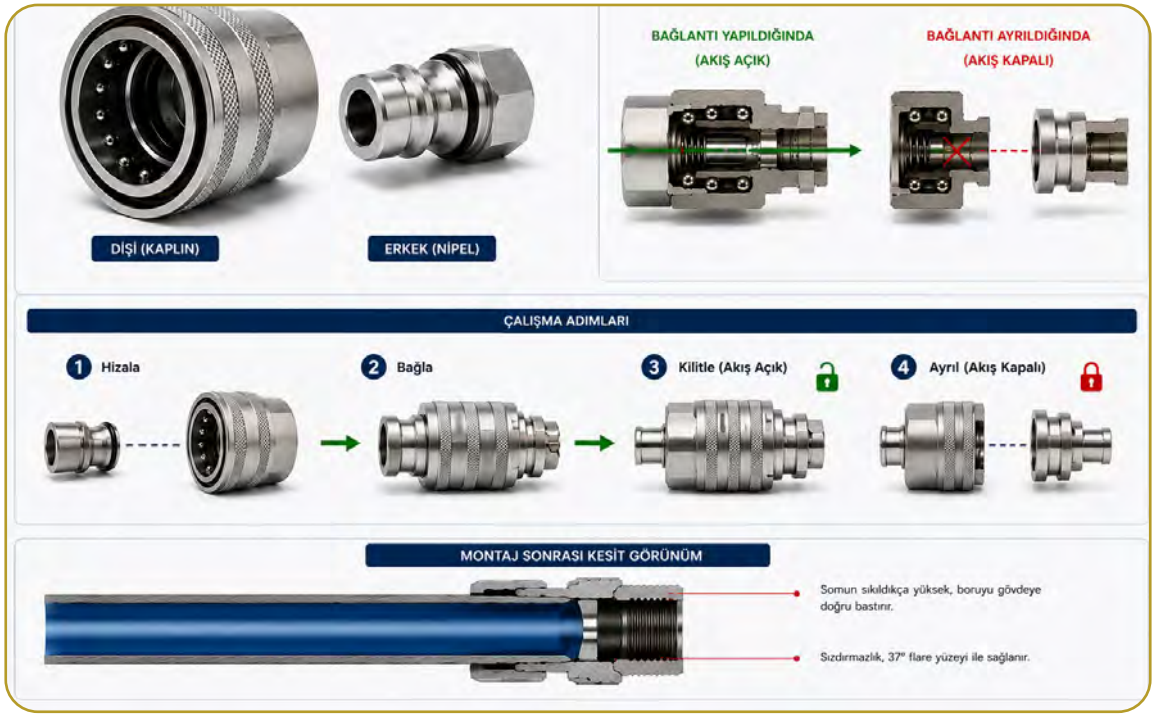
5.4.4.2. Presli Boru Kavramaları

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 kısaltır. İsminden de anlaşılacağı üzere çabuk ayrılabilen bağlantı elemanları sayesinde boruların birbirine montajı ve ayrılması çok kısa sürede gerçekleşebilir (Görsel 5.81).

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 vermez. 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 oluşur.

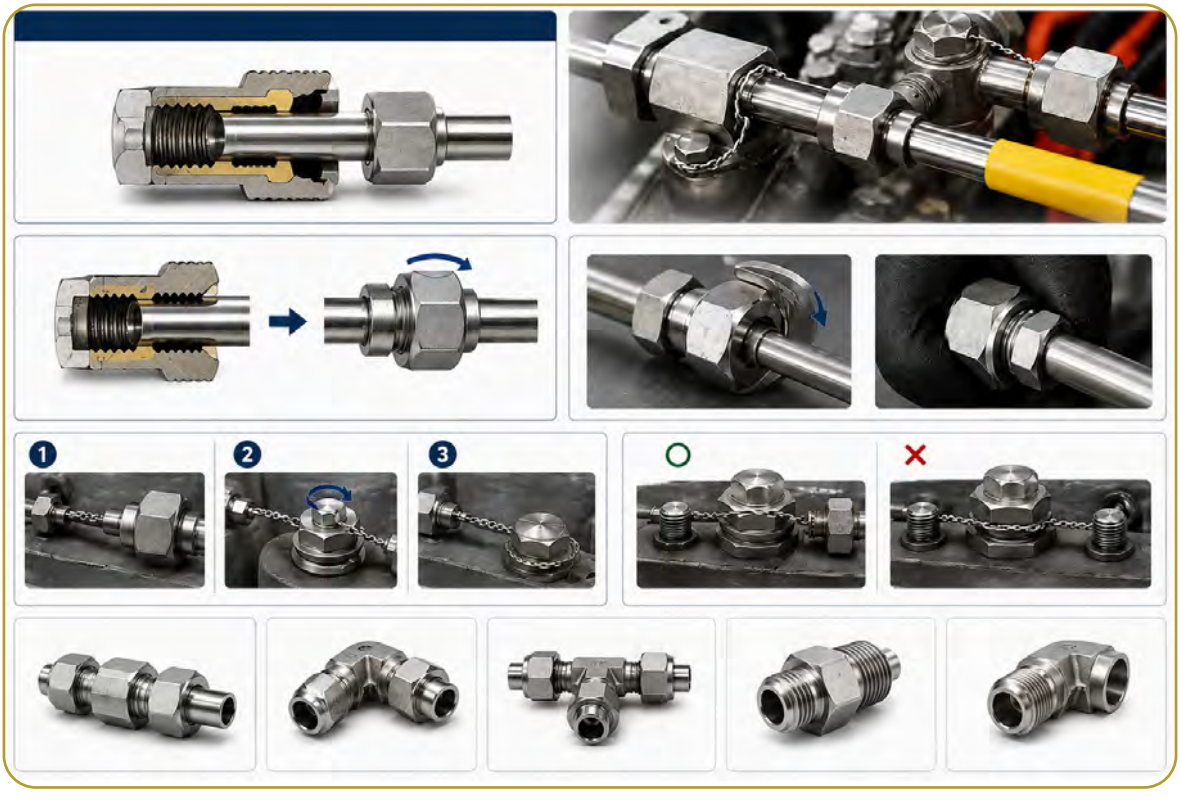


Görsel 5.81: Quick disconnect

NOTLAR

5.4.4.4. Kilit Tasarımı

Rakorun, boruya geçtikten sonra vidalı yapısı sayesinde döndürülmesiyle akışkan sızıntılarının önlendiği bir bağlantı metodudur (Görsel 5.82). Bazı bağlantılar bir anahtar yardımıyla yapılırken bazı bağlantılar için el kuvveti yeterli olur. Bu tür bağlantılarda emniyet teli uygulaması yapılmalıdır.

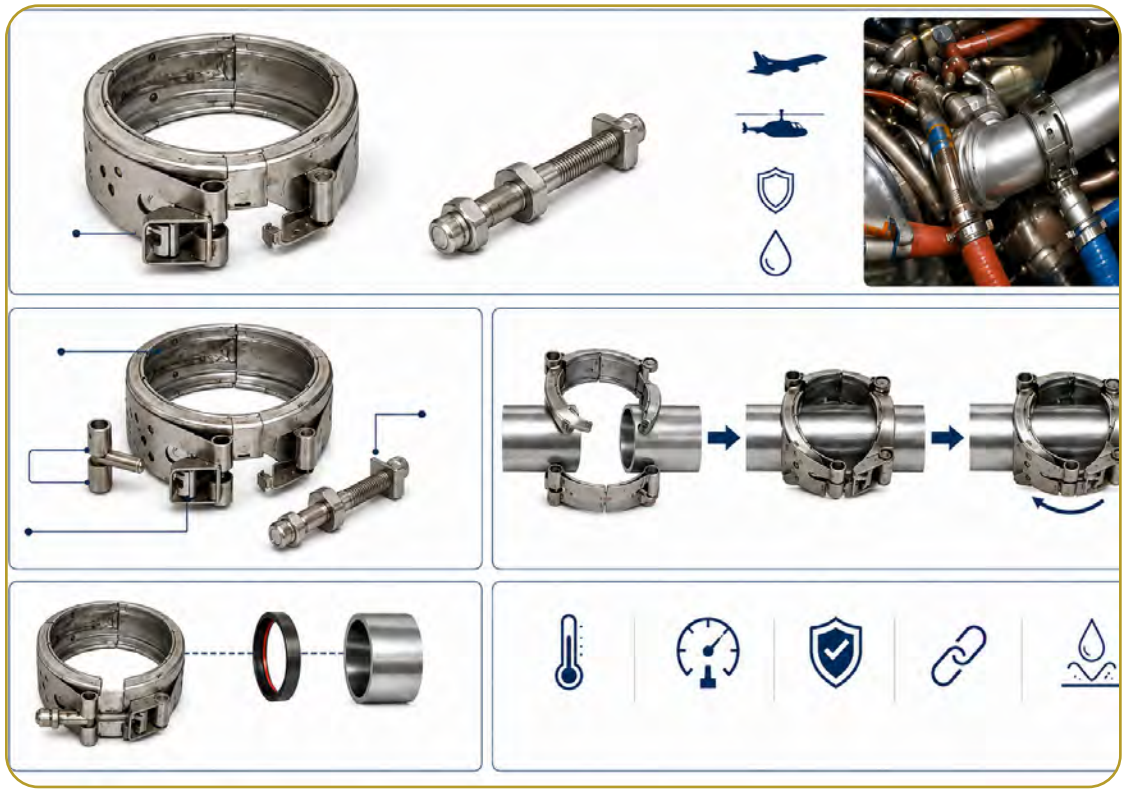


Görsel 5.82: Kilit (vidalı) tasarım

NOTLAR

5.4.4.5. Kelepçeli Boru Kavramaları

Özellikle basınç ve sıcaklığın yüksek olduğu bağlantılarda, birleştirme elemanı olarak kullanılır (Görsel 5.83). 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.

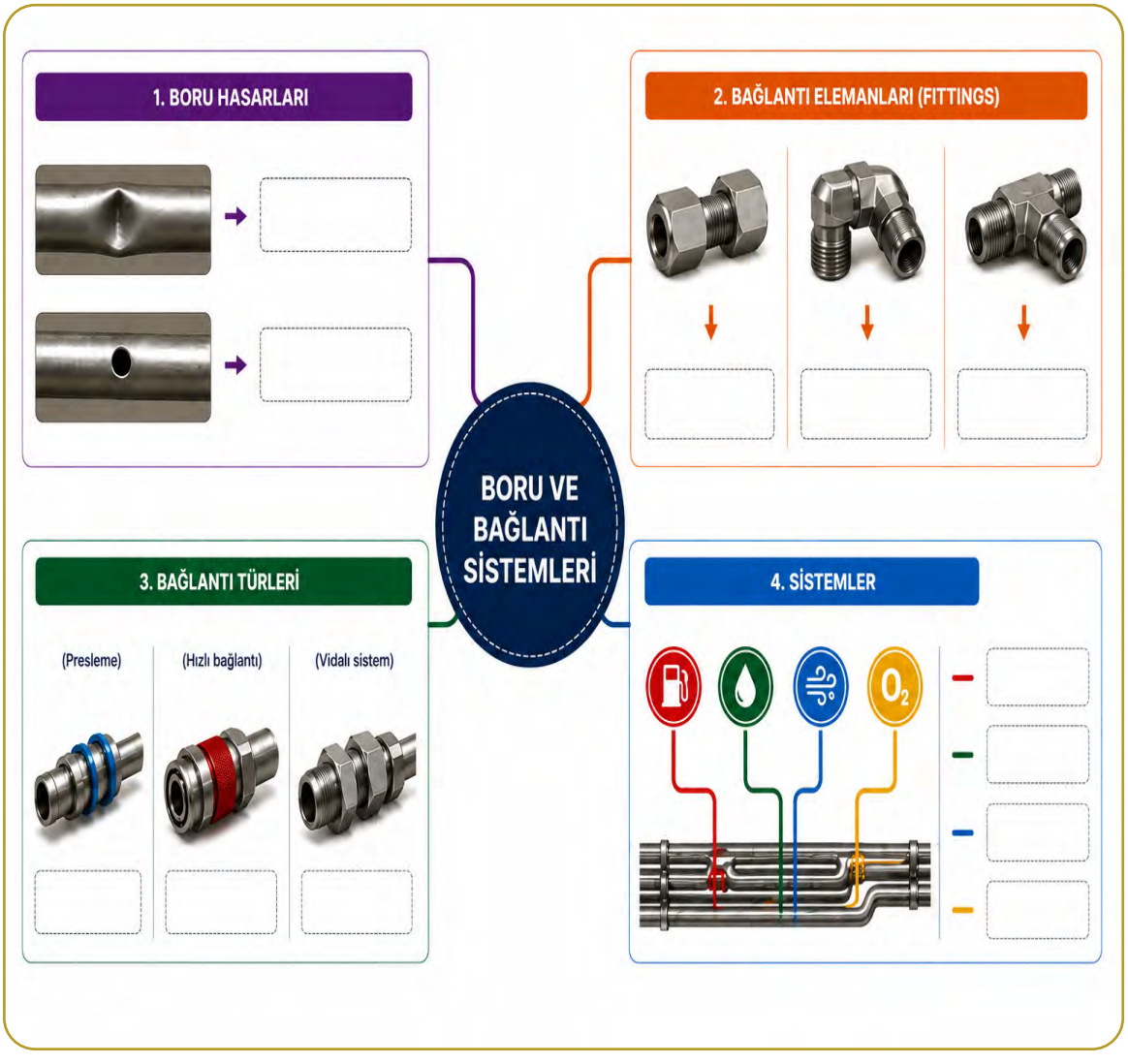


Görsel 5.83: Boru kelepçesi

NOTLAR

SIRA SİZDE

Aşağıdaki görseli inceleyiniz ve kavram haritasını tamamlayınız.



5.4.5. Borular ve Hortumlar

Borular; metal, plastik, 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.

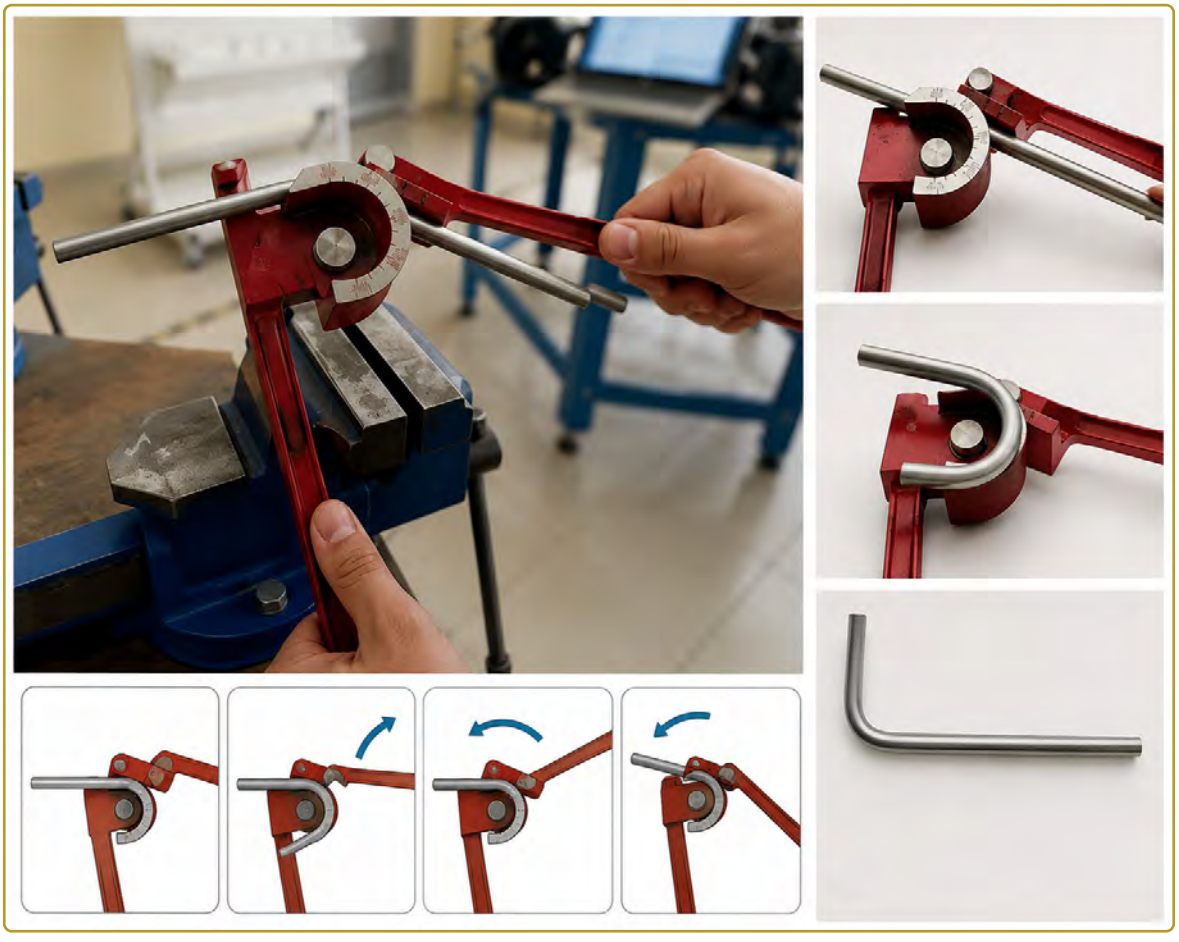
Hortumlar; plastik maddelerden yapılan, içinden bir yerden başka bir yere sıvı ya da gaz akıtmakta kullanılan, uçları açık, değişik çaplarda ve uzunlukta olabilen, içi boş silindir şeklindeki elemanlardır.

5.4.6. Boru Bükme ve Ağız Açma İşlemleri

Bükme, talaş kaldırmadan ve parçanın yüzey alanını değiştirmeden, metal bir parçanın belirli bir eksen etrafında makine elemanları yardımıyla şekillendirilmesi işlemidir. Eğme ise parçanın bir baskı elemanı ve kalıp kullanılarak istenilen forma dönüştürülmesi işlemidir.

5.4.6.1 Bükme Aparatları

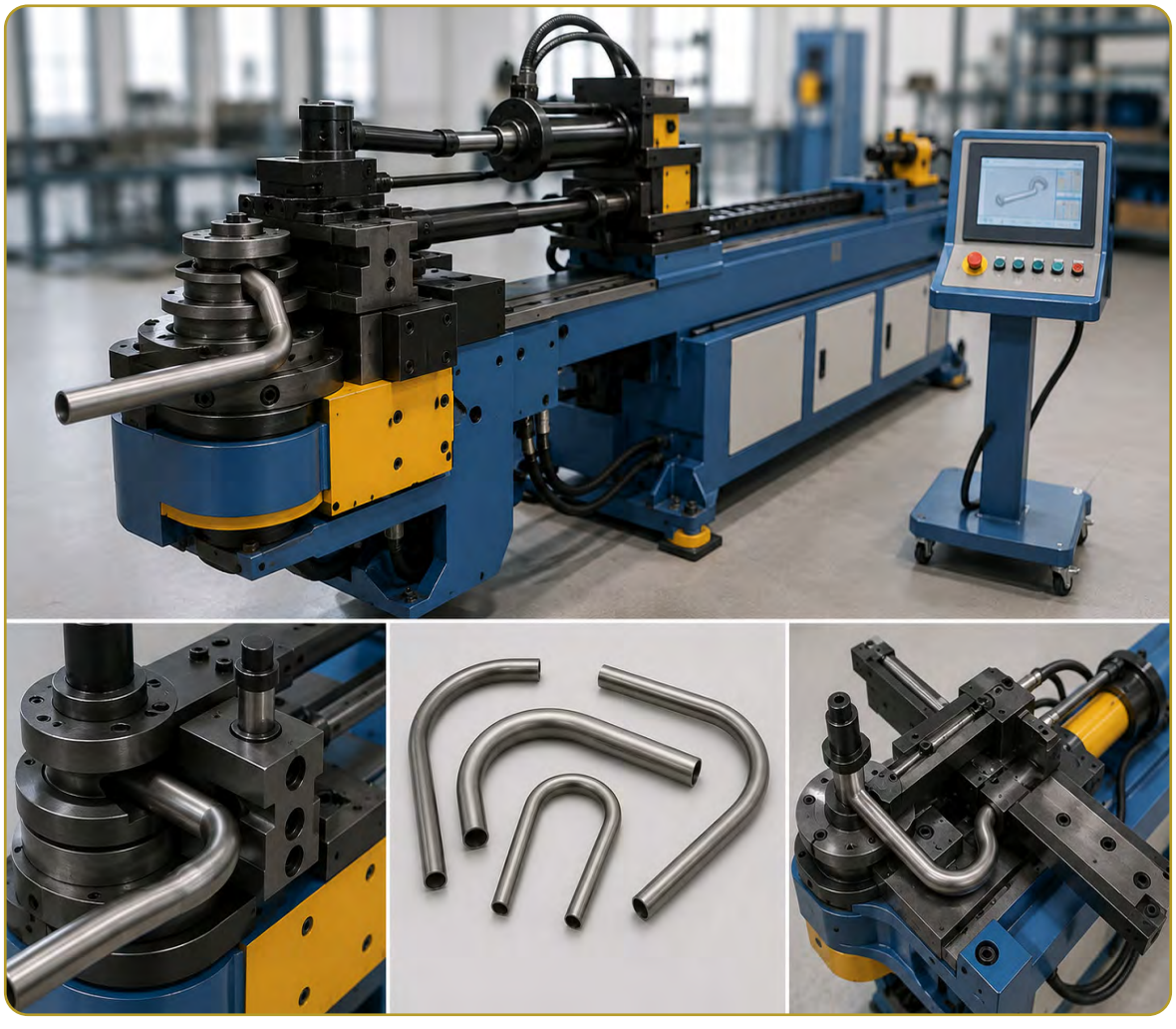
Bükme aparatları, iz düşüm alanı küçük ya da uzun ve ince kesitli parçaların istenilen açı ve geometrik formda bükülmesini sağlamak amacıyla kullanılan yardımcı takım ve düzeneklerdir (Görsel 5.84).



Görsel 5.84: Boru bükme uygulaması

5.4.6.2 Boru Bükme Makineleri

Boru bükme makineleri, metal boruların belirli açı ve bükme yarıçaplarında şekillendirilmesi amacıyla kullanılan tezgâhlardır. Bu makineler, boruya kontrollü kuvvet uygulayarak talaş kaldırmadan kalıcı şekil değişikliği oluşturur ve borunun kesitinde ezilme, buruşma veya çatlama oluşmasını en aza indirecek şekilde çalışır (Görsel 5.85). Manuel, hidrolik ve CNC kontrollü tipleri bulunan boru bükme makineleri; havacılıkta yakıt, hidrolik, pnömatik ve çevresel kontrol sistemlerine ait boru hatlarının üretiminde ve bakımında yaygın olarak kullanılır. Bükme işlemi sırasında borunun çapı, et kalınlığı, bükme yarıçapı ve bükme açısı, elde edilecek parçanın boyutsal doğruluğunu, mekanik dayanımını ve akış performansını doğrudan etkiler.

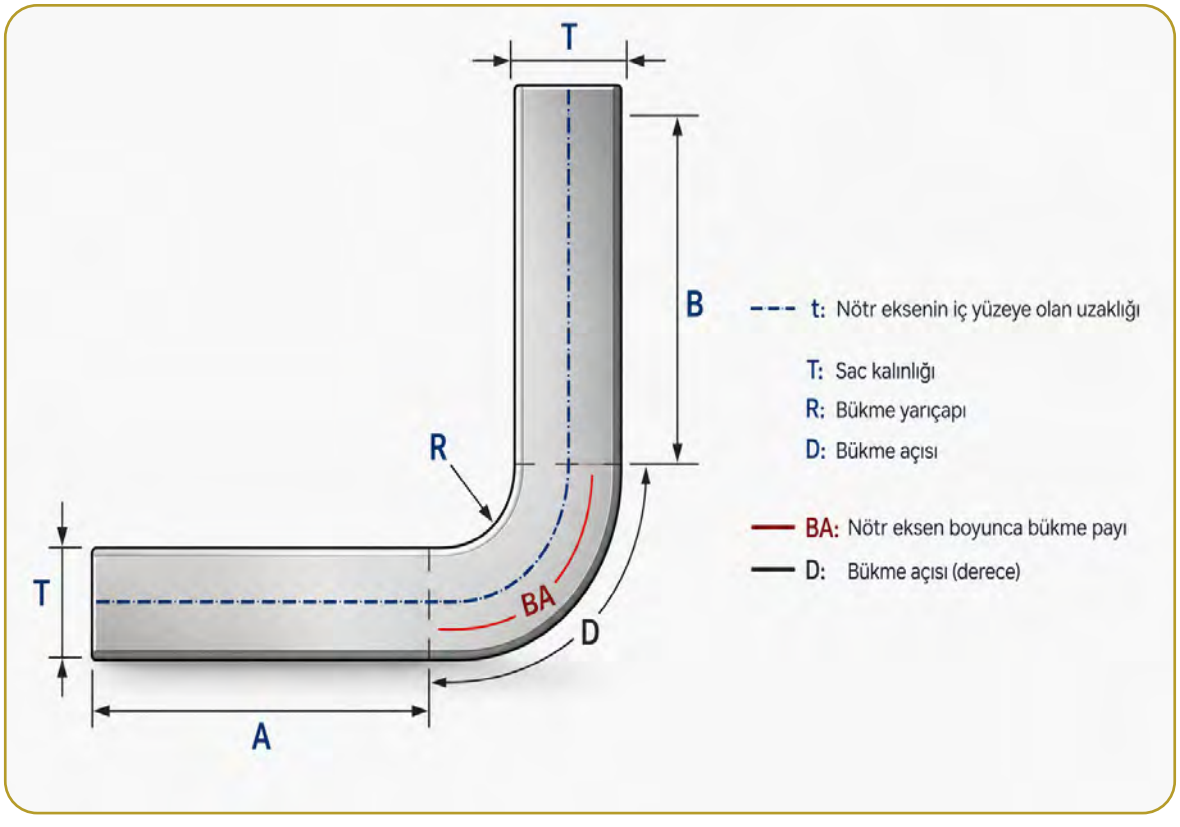


Görsel 5.85: Boru bükme makineleri

5.4.6.3 Bükülerek Şekillendirmede Boy Hesabı

Boru parçalarında bükme hesabı yapılmasının amacı, bükme sırasında oluşan boy değişimlerini doğru şekilde belirlemektir. Bükme işlemi sırasında borunun dış lifleri uzarken iç lifleri kısalır ve eksen boyunca nötr bir bölge oluşur. Bu nedenle borunun kesme boyu, yalnızca teknik resimde verilen doğrusal ölçüler esas alınarak belirlenemez. Doğru ölçülerde ve istenilen geometrik özelliklere sahip bir boru elde edebilmek için bükme yarıçapı, bükme açısı ve boru çapı dikkate alınarak bükme hesabı yapılması gerekir.

Bükme işlemi sırasında malzemenin dış yüzeyi uzarken iç yüzeyi kısalır. Bu iki bölge arasında boy değişiminin meydana gelmediği bölge nötr eksen olarak adlandırılır. Sac levhanın bükülmemiş durumdaki toplam açınım boyu (LT), nötr eksen esas alınarak hesaplanır (Görsel 5.86).



Görsel 5.86: Boru bükme hesabı

5.4.6.4 Büküm Hesabı

Toplam açınım boyu (LT), aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanır.

$$LT = A + B + BA$$

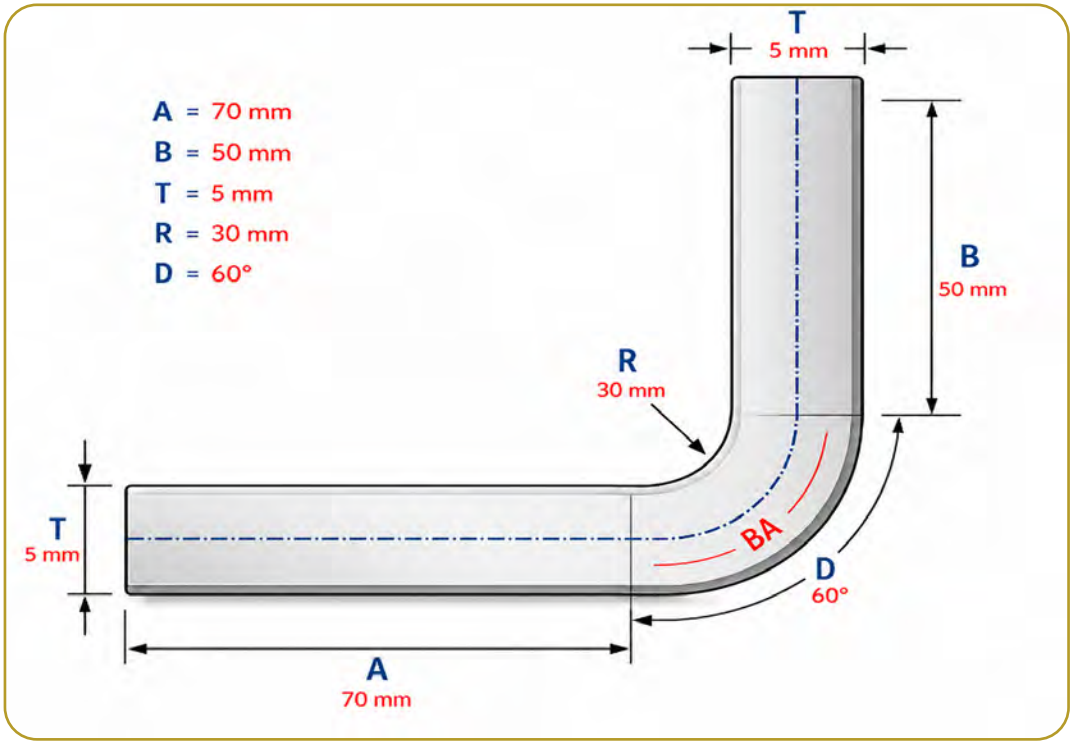
Burada BA (Bend Allowance), parçanın bükülen kısmındaki nötr eksen boyunca oluşan bükme payını ifade eder. BA değeri aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

$$BA = (\pi \times D / 180) \times (t + R)$$

Burada t değeri aşağıdaki esaslara göre belirlenir:

R < 2T ise t = 0,33T, 2T ≤ R ≤ 4T ise t = 0,40T , R > 4T ise t = 0,50T

5. Örnek



Yukarıdaki görselde ölçüleri verilen bükülmüş borunun A, B, T, R ve D değerlerini kullanarak toplam açınım boyunu (LT) hesaplayınız.

Çözüm:

R = 30 mm > 4T = 20 mm

t = 0,50 × 5 = 2,5 mm

BA = (3,14 × 60 / 180) × (30 + 2,5) = 34,02 mm

LT = A + B + BA

LT = 70 + 50 + 34,02 = 154,02 mm

Borularla çalışma yaparken kesme, bükme ve ağız açma işleri kesinlikle özel borulama ekipmanı ile yapılmalıdır (Görsel 5.87). 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 hususdur.



Görsel 5.87: Boru kesme ve havşa açma aletleri

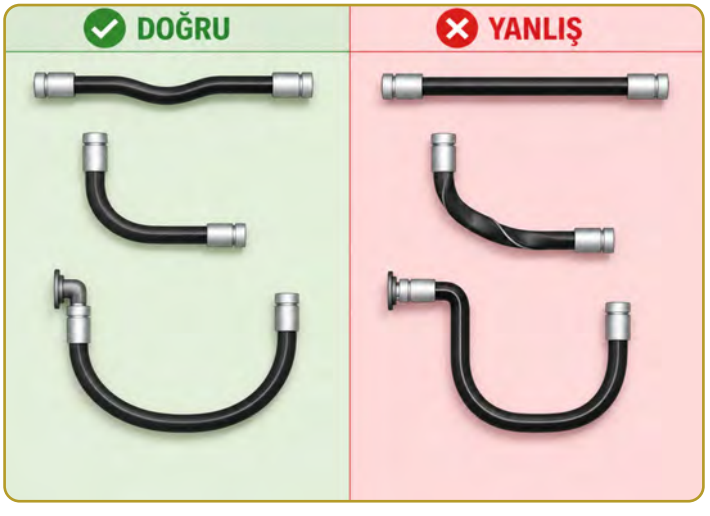
5.4.7. İnce Boruların ve Hortumların Kontrolü

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 borularda kaçak testleri yapılmalıdır. Hortumlarda da aynı işlemler uygulanmalıdır. Bunun yanında hortumlar yerleştirilirken bükülmemeli ya da düz bir hat üzerindeyse gergin bırakılmamalıdır (Görsel 5.88).



Görsel 5.88: Hortumların yerleşimi

13. UYGULAMA

Adı:	Uçakta Kullanılan Boruların Tanımlanması ve Sınıflandırılması
Amaç:	Dişli çarkların temel boyutlarını uygun ölçme aletleri kullanarak ölçmek ve teknik verilere göre değerlendirmek
Süre:	2 ders saati

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 ekipman kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı vb. tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Uçak veya motor üzerindeki boru hatlarını inceleyiniz.
- Boruların üzerindeki renk kodlarını, işaretlemeleri ve tanıtıcı bilgileri kontrol ediniz.
- Boruların imal edildiği malzeme türünü belirleyiniz.
- Boruların taşıdığı akışkanı (yakıt, yağ, hidrolik sıvı, hava vb.) tespit ediniz.
- Boru güzergâhlarını takip ederek kullanım amaçlarını belirleyiniz.
- Elde ettiğiniz bilgileri boru inceleme formuna kaydediniz.
- Boruları malzeme türü ve taşıdığı akışkana göre sınıflandırarak sonuçları değerlendiriniz.

DEĞERLENDİRME

Çalışmanız öğretmeniniz tarafından ortak derecelendrime formu ile değerlendirilecektir. Karekodu kullanarak ortak derecelendirme formuna ulaşabilirsiniz.

Dijital yayınlarda karekodun üstüne tıklayarak içeriğe ulaşabilirsiniz.

14. UYGULAMA

Adı:	Boru Bağlantı Elemanlarını Tanıma ve Kontrol Etme
Amaç:	Uçaklarda kullanılan boru bağlantı elemanlarını tanımak, kullanım amaçlarını belirlemek ve fiziksel durumlarını kontrol etmek
Süre:	2 ders saati

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 ekipman kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı vb. tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Uçak veya uçak motoru üzerindeki boru hatlarını inceleyiniz.
- Boru bağlantılarında kullanılan rakor, somun, manşon ve bağlantı elemanlarını tespit ediniz.
- Bağlantı elemanlarının kullanım yerlerini ve görevlerini belirleyiniz.
- El feneri ve kontrol aynası kullanarak bağlantılarda gevşeklik, hasar, çatlak veya korozyon olup olmadığını kontrol ediniz.
- Gerekli ölçümleri kumpas kullanarak gerçekleştiriniz.
- Tespit ettiğiniz bağlantı elemanlarını türlerine göre sınıflandırarak inceleme formuna kaydediniz.
- Elde ettiğiniz bulguları değerlendiriniz.

DEĞERLENDİRME

Çalışmanız öğretmeniniz tarafından ortak derecelendirme formu ile değerlendirilecektir. Karekodu kullanarak ortak derecelendirme formuna ulaşabilirsiniz.

Dijital yayınlarda karekodun üstüne tıklayarak içeriğe ulaşabilirsiniz.

15. UYGULAMA

Adı:	Boru ve Bağlantılarının Sökülmesi, Takılması ve Kontrolü
Amaç:	Uçaklarda kullanılan boru ve bağlantılarının sökme-takma işlemlerini ve hasarların kontrolünü yapmak
Süre:	2 ders saati

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 ekipman kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı vb. tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Sökülecek boru hattını ve bağlantı elemanlarını belirleyiniz.
- Uygun el aletlerini seçerek çalışma alanını hazırlayınız.
- Boru bağlantılarını zarar vermeden sökünüz.
- Sökülen boru ve bağlantı elemanlarını temizleyiniz.
- Boru yüzeylerini ve bağlantı elemanlarını gözle muayene ederek çatlak, ezik, korozyon, aşınma veya deformasyon olup olmadığını kontrol ediniz.
- Tespit edilen kusurları kontrol formuna kaydediniz.
- Boru ve bağlantı elemanlarını uygun yöntemlerle tekrar monte ediniz.
- Montaj sonrasında bağlantıların doğruluğunu ve sağlamlığını kontrol ediniz.
- İşlem sonuçlarını değerlendirerek raporlayınız.

DEĞERLENDİRME

Çalışmanız öğretmeniniz tarafından ortak derecelendrime formu ile değerlendirilecektir. Karekodu kullanarak ortak derecelendirme formuna ulaşabilirsiniz.

Dijital yayınlarda karekodun üstüne tıklayarak içeriğe ulaşabilirsiniz.

16. UYGULAMA

Adı:	Boru Kesme ve Boru Bükme İşlemlerini Yapma
Amaç:	Uçaklarda kullanılan borular üzerinde kesme, bükme ve havşa açma işlemlerini teknik kurallara uygun olarak gerçekleştirmek.
Süre:	1 saat

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 ekipman kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı vb. tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- İşlem yapılacak boruyu seçiniz ve ölçülerini belirleyiniz.
- Kesim yapılacak noktaları işaretleyiniz.
- Boru kesme aparatı kullanarak boruyu istenilen ölçüde kesiniz.
- Kesim sonrasında boru ucunda oluşan çapakları temizleyiniz.
- Boru bükme aparatı kullanarak boruyu verilen açıya göre bükünüz.
- Bükülen borunun şekil ve ölçülerini kontrol ediniz.
- Havşa açma aparatı kullanarak boru ucuna uygun havşayı oluşturunuz.
- Tamamlanan borunun boyutlarını ve işçilik kalitesini kontrol ediniz.
- Sonuçları kontrol formuna kaydediniz.

DEĞERLENDİRME

Çalışmanız öğretmeniniz tarafından ortak derecelendirme formu ile değerlendirilecektir. Karekodu kullanarak ortak derecelendirme formuna ulaşabilirsiniz.

Dijital yayınlarda karekodun üstüne tıklayarak içeriğe ulaşabilirsiniz.

5.5. KUMANDA KABLOLARININ BAKIMI VE ONARIMI

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 5.89).



Görsel 5.89: 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 tipinde her biri 19 telden oluşan 7 adet demet olduğu anlamına gelir.

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 bulunur.

5.1.1.1. Esnek Olmayan Kablolar

Makaralarla hareket ve kuvvet iletiminin sağlanmadığı noktalarda esnek olmayan kablolar kullanılır. Bu kablolar 1x7 ve 1x19 şeklinde isimlendirilenlerdir. Tek bir demete sahip ve nispeten az sayıda tel barındıran kablolar esnek olmayan kablolardır (Görsel 5.90).



Görsel 5.90: Esnek olmayan kablolar

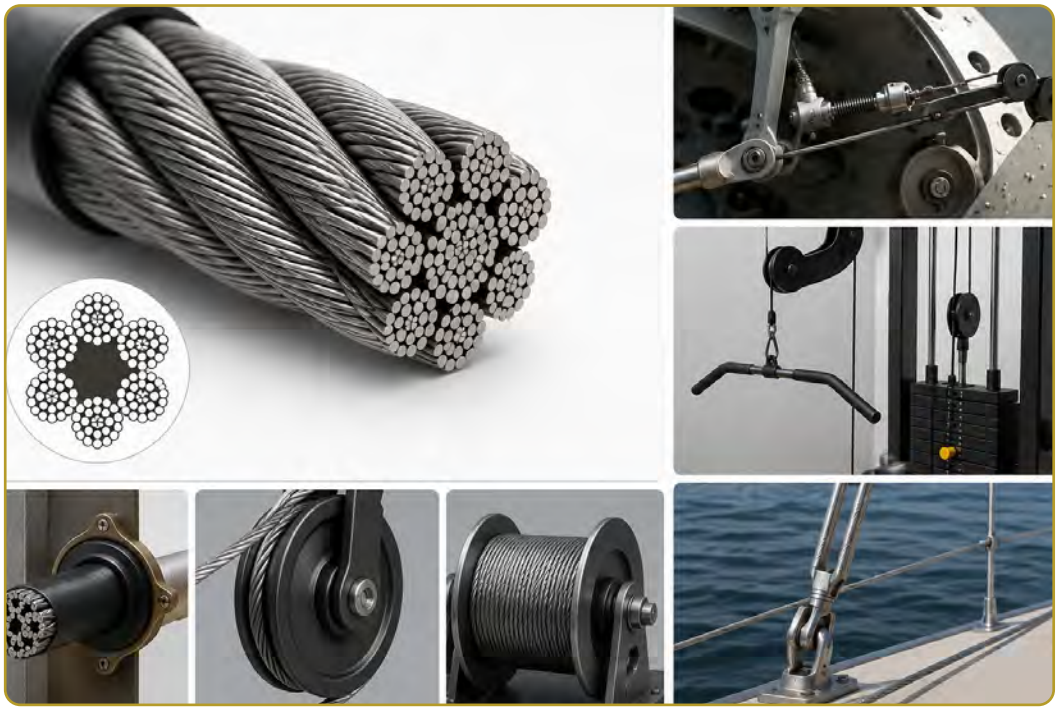
5.5.1.2. Esnek kablolar

7x7 şeklindeki kablolar esnek kablo standardına dâhildir. Bu kablolar; her birinde 7 tel sarılmış olan, 7 demetten meydana getirilmiştir.

NOTLAR

5.5.1.3. Çok Esnek Kablolar

7x19 şeklindeki kablolar çok esnektir. Her birinden 19 adet tel geçmekte olan 7 demetin birbiriyle spiral olarak sarılmasıyla elde edilmiştir (Görsel 5.91).



Görsel 5.91: Çok esnek kablolar

» **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 (Görsel 5.92).



Görsel 5.92: Lockclad kablolar

» **Naylon Kaplı Kablolar**

Bu kabloların etrafına plastik türevi bir tür naylon sarılmıştır. Korozyona karşı dayanım, bu şekilde artırılmıştır (Görsel 5.93).



Görsel 5.93: Naylon kaplı kablolar

5.5.2. Makara ve Kablo Sistemi Elemanları

Kumanda kablo sistemlerinin güvenli ve kesintisiz çalışabilmesi için kabloların yönlendirilmesi, desteklenmesi ve korunması gerekir. Bu amaçla sistem içerisinde makaralar, kılavuzlar, tamburlar ve çeşitli yardımcı elemanlar kullanılır. Bu elemanlar, kumanda hareketlerinin doğru şekilde iletilmesini sağlayarak uçuş emniyetine katkıda bulunur.

5.5.2.1. 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 5.94).

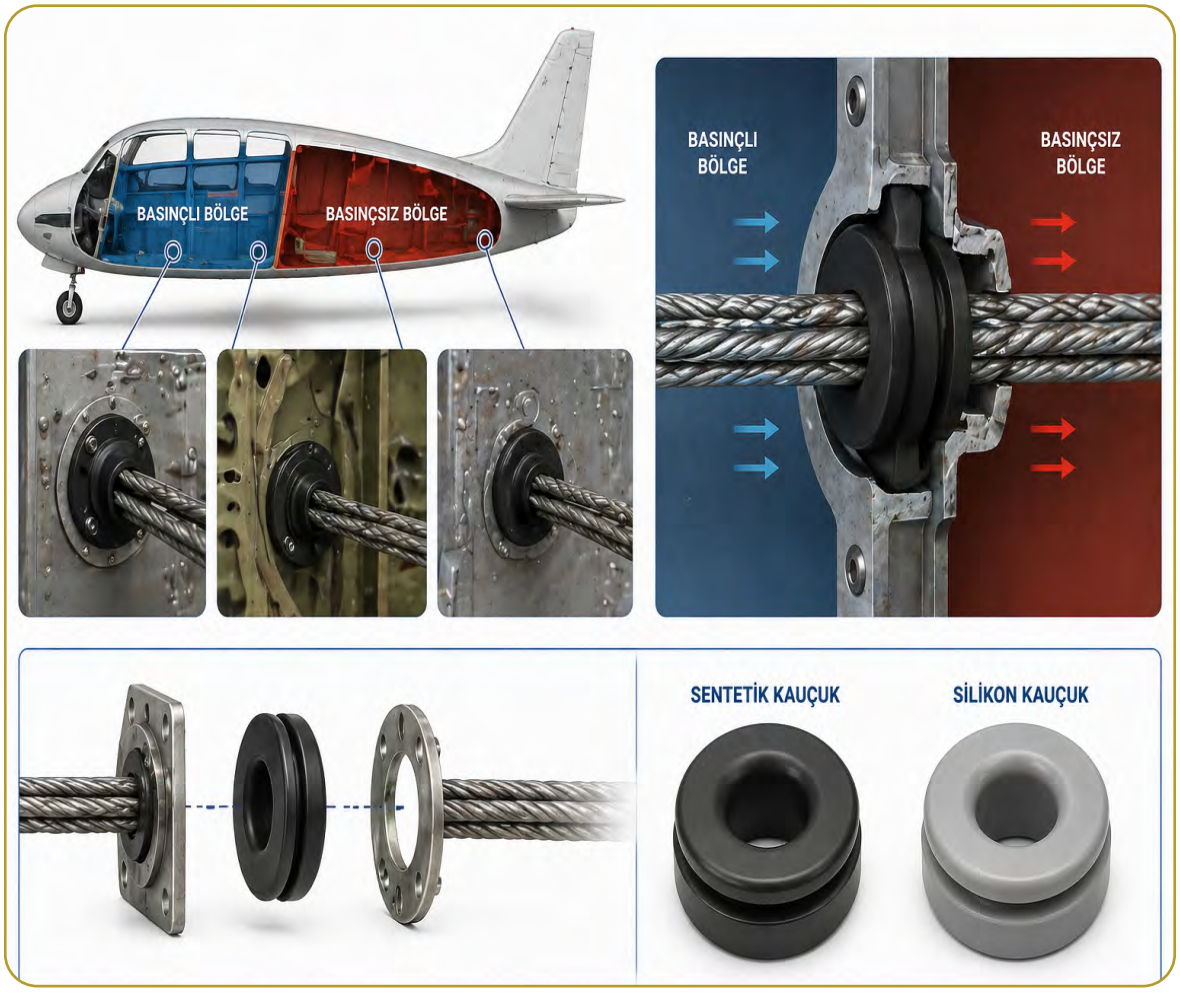


Görsel 5.94: Kumanda kablosu ve makara sistemi

NOTLAR

5.5.2.2. Basınç Contaları

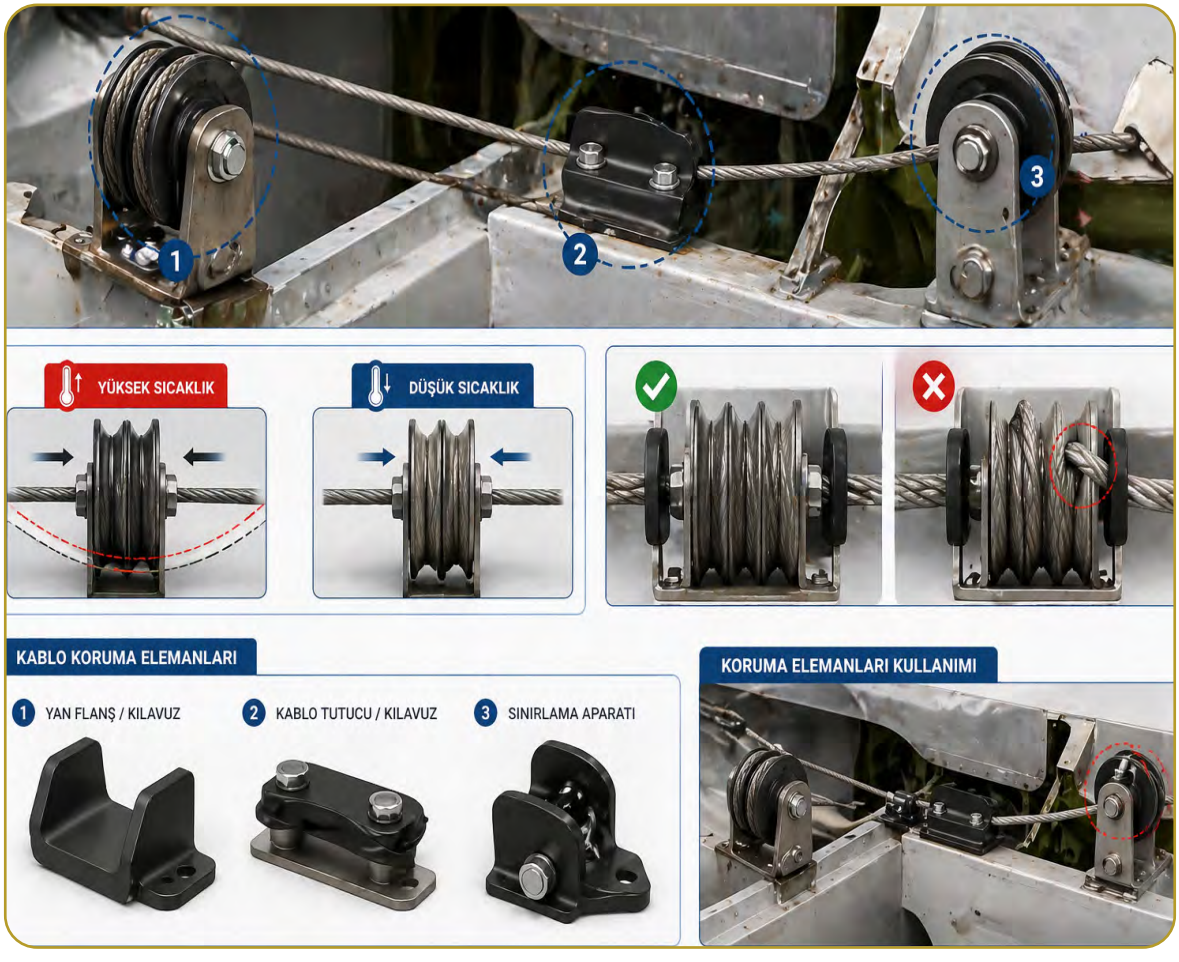
Uçak içerisinde basınçlandırılmış ve basınçlandırılmamış birçok bölge bulunur. Kullanılan kablo hattı ise bu bölgelerden geçebilir. Basınç bölgeleri arasındaki geçişlerde, kablolarda kullanılan yağlayıcıları sızdırmamak için basınca dayanıklı contalar gerekir. Bu contalar sentetik ya da silikon kauçuktan imal edilir (Görsel 5.95).



Görsel 5.95: Basınç contaları

» Kablo Korumaları

Sıcaklığın kablo gibi elemanlar üzerindeki etkileri göz ardı edilmemelidir. Sıcaklık değişimlerinden kaynaklı kablo bollaşmaları meydana gelebilir. Kabloların makaralardaki yataklarından ayrılmamaları için çeşitli koruma elemanları kullanılır (Görsel 5.96).



Görsel 5.96: Kablo korumaları

NOTLAR

» Kablo Kılavuzları

Kablolar, düz bir hatta ilerlemesi gereken elemanlardır (Görsel 5.97). Bu hatların üzerindeki yolların tayin edilebilmesi için kılavuzlar kullanılır. Kılavuzlar kablolardan daha yumuşak malzemelerden imal edilir. Bu sayede kablolarda aşınma meydana gelmez.

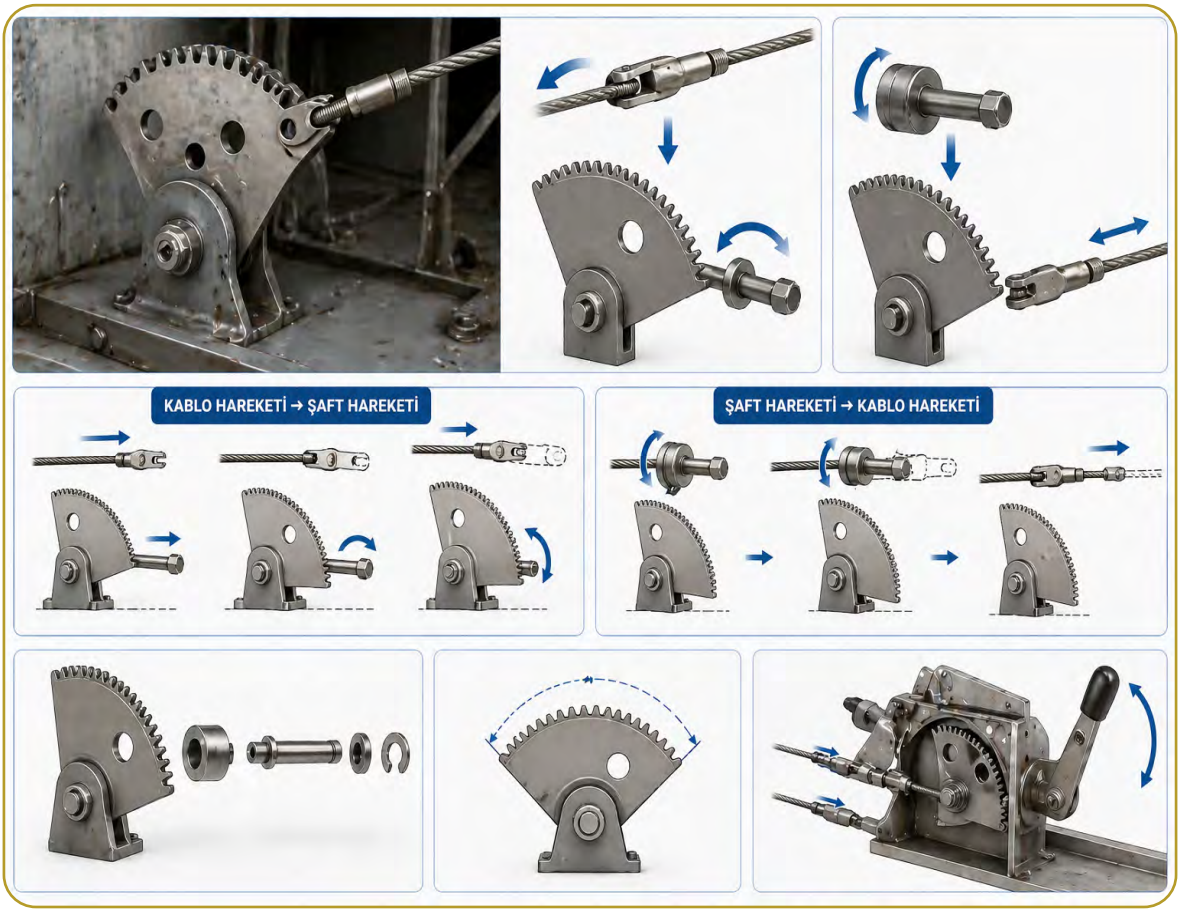


Görsel 5.97: Kablo kılavuzları

NOTLAR

» Kadranlar (Quadrants)

Dairesel forma sahip makine elemanlarıdır. Bu elemanlar sayesinde kablo hareketi bir şaft ya da mil hareketine, şaft hareketi ise kablo hareketine çevrilebilir (Görsel 5.98).

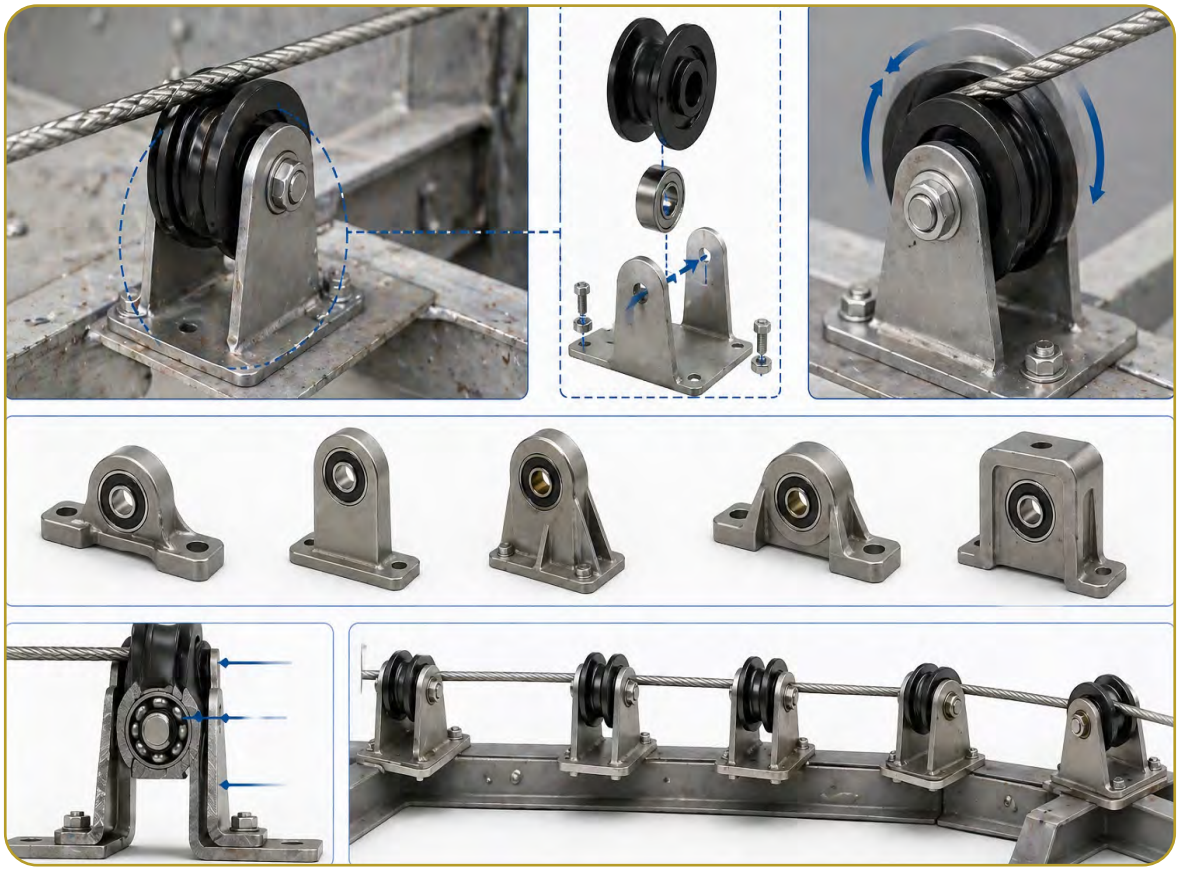


Görsel 5.98: Kablo kılavuzları

NOTLAR

» Makara Destekleri

Makara destekleri ya da diğer bir ismiyle braketler, makara merkezlerinde bulunan ve makaraların dönme hareketi için yataklık eden elemanlardır (Görsel 5.99).

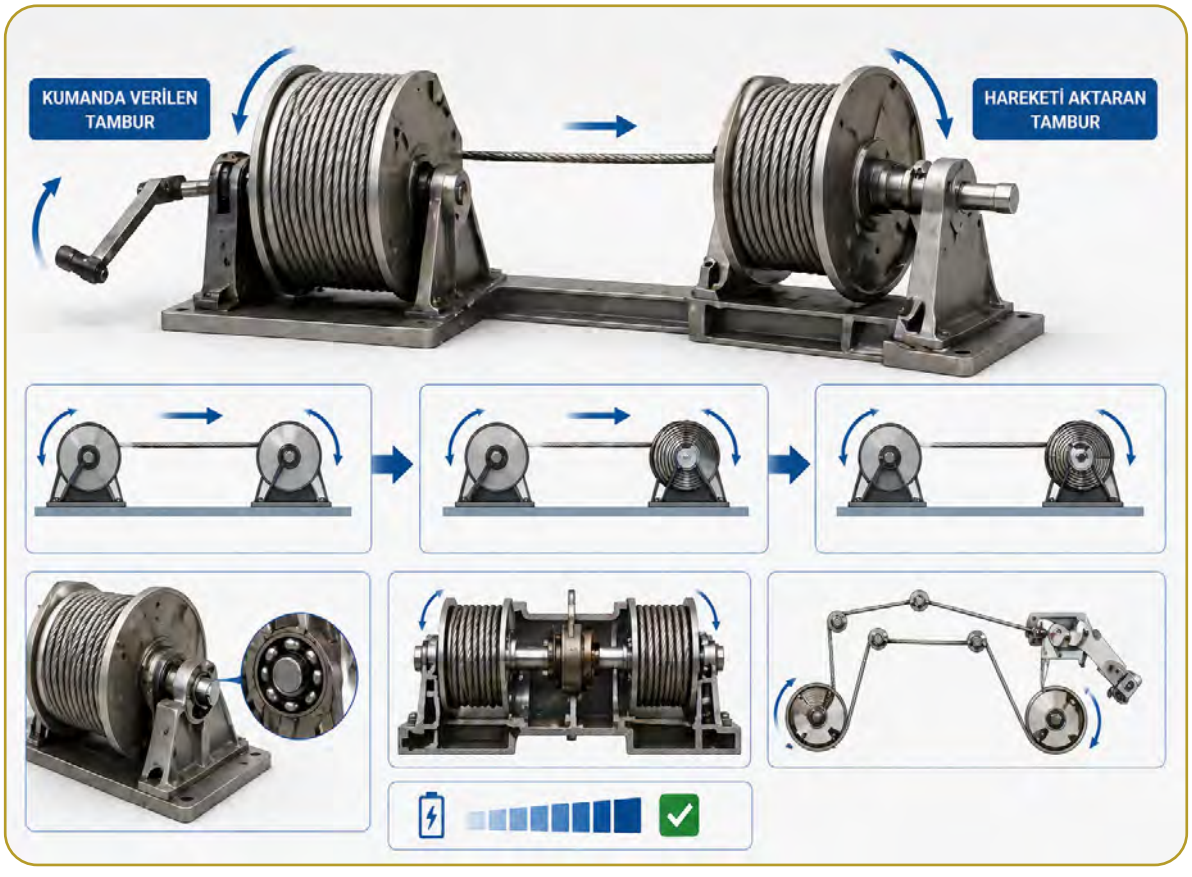


Görsel 5.99: Makara destekleri

NOTLAR

» Tamburlar

Makara mantığıyla çalışan tamburlar (drums, dramz), karşılıklı olarak iki adettir. Birlikte çalışan tamburlardan biri kumanda verilen, diğeri ise hareketi aktaran kısımdır. Tamburların birinden açılan kablo diğerine sarılarak kullanılabilir bir enerji depolanır (Görsel 5.100).

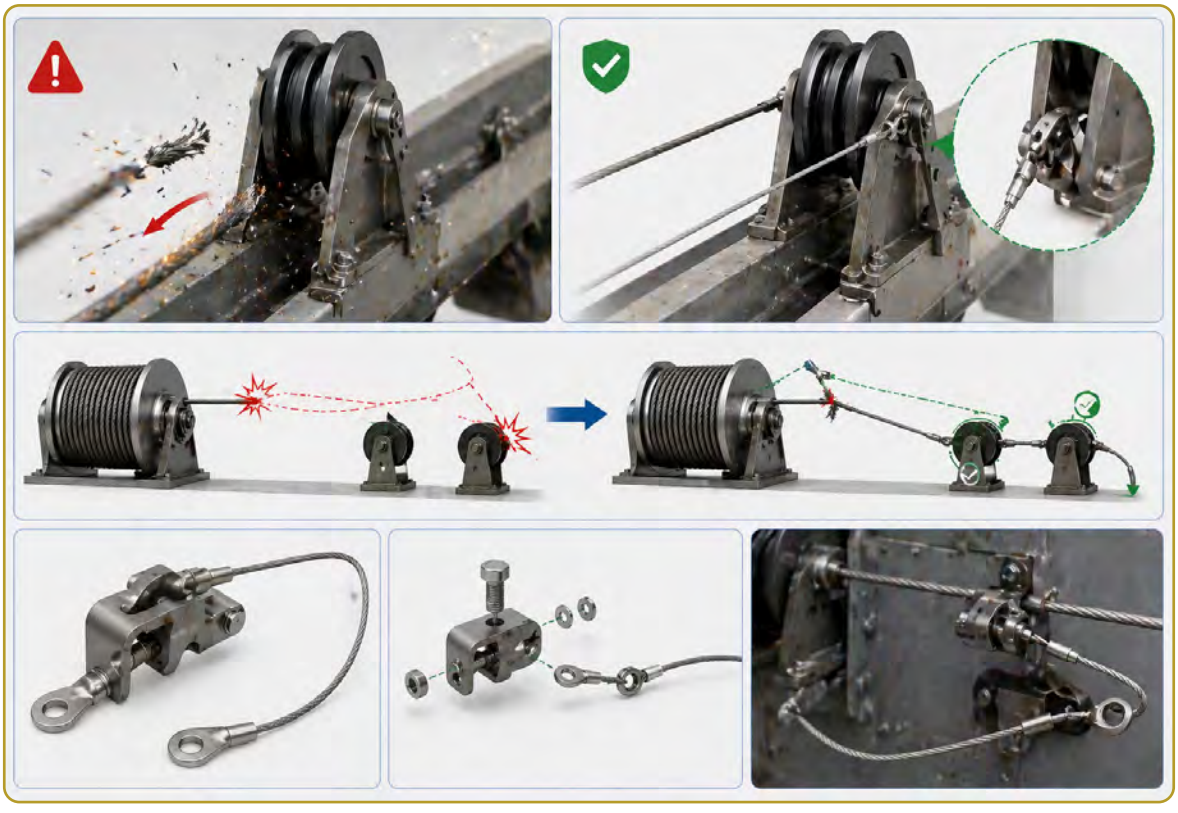


Görsel 5.100: Tamburlar

NOTLAR

» Quick Stop

Kumanda kablolarında, oluşan hasarlardan kaynaklı kopmalar meydana gelebilir. Bu kopmalar ile yüksek derece bir enerji açığa çıkar. Kablo salınarak etrafındaki makara, tambur gibi elemanlara zarar verir. Bunu engellemek için quick stoplar kullanılır. Stop elemanıyla kablo arasına emniyet teli uygulamasıyla gerçekleştirilir (Görsel 5.101).

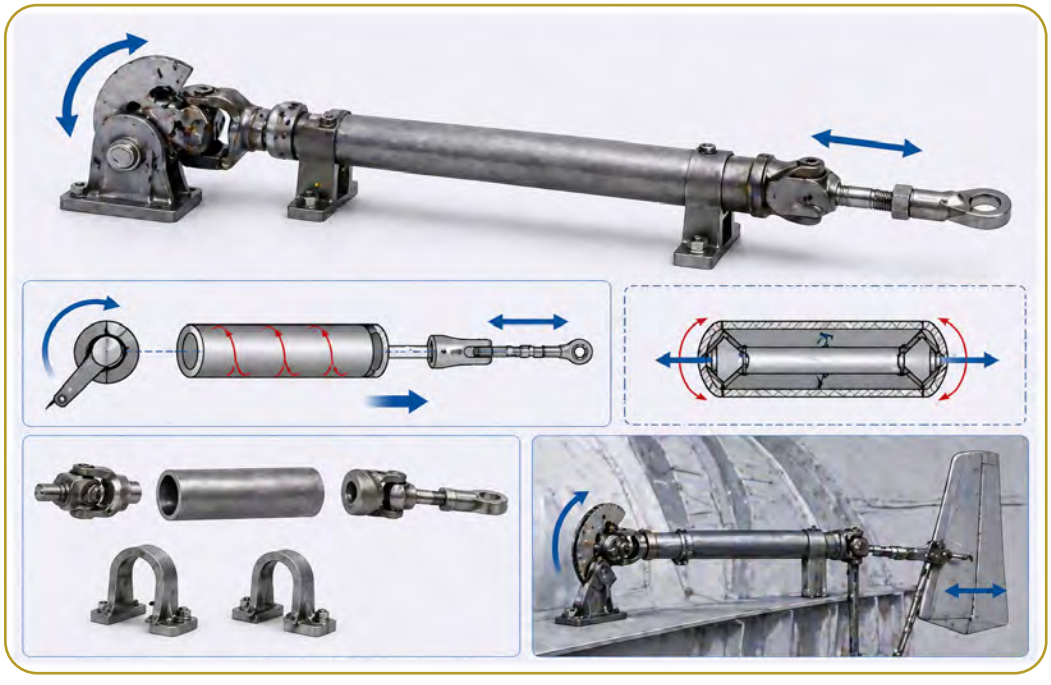


Görsel 5.101: Quick stop

NOTLAR

» Tork Tüpleri

Dairesel bir hareketi, doğrusal harekete çeviren elemanlardır. Burulma kuvvetlerine karşı dayanımlı imal edilmelidir (Görsel 5.102).



Görsel 5.102: Tork tüpleri

» Kablo Muhafazaları

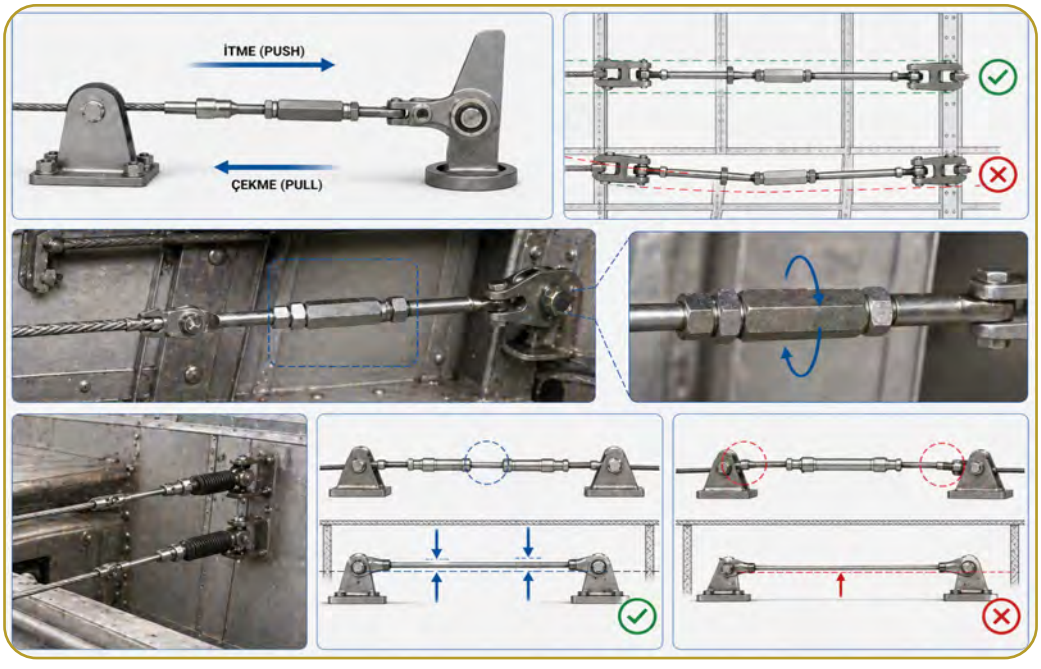
Riskli bölgelerde hasar görmemesi için kabloların içinden geçirildiği boru elemanlarıdır (Görsel 5.103).



Görsel 5.103: Kablo muhafazaları

» **İt-Çek Sistemleri (Rotlar)**

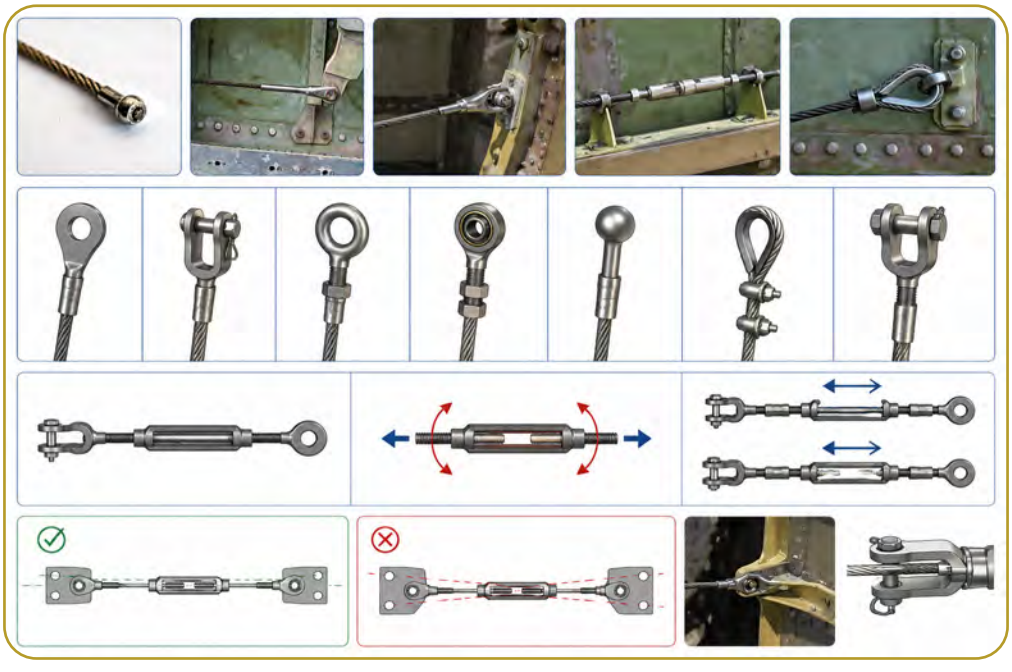
Kumanda kabloları, itme veya çekme hareketiyle çalışır. Bu doğrusal hareketi sağlayabilmek için kullanılan destek elemanlarına rot denir (Görsel 5.104). Ayrıca sistemin düzgün çalışması için gerekli boşlukların alınması da bu rotlar sayesinde olur.



Görsel 5.104: Rot bağlantıları

5.5.3. Uç Bağlantıları, Gergi Elemanları ve Dengeleme Düzenleri (Compensation)

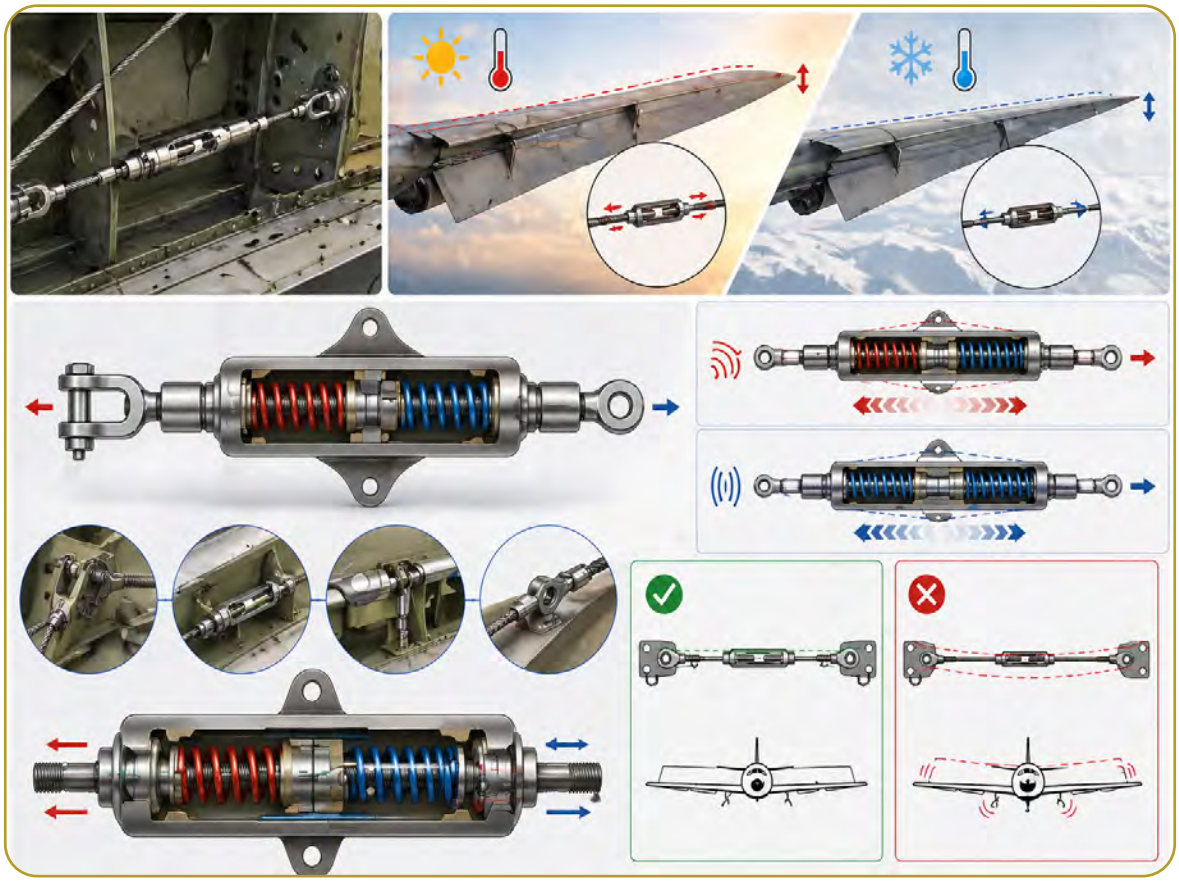
Uç Bağlantı Parçaları: Kablolar, istenilen hareketleri iletmek için uç noktalarından AN veya MS standartlarına göre bağlanmalıdır. Aşağıda çeşitli uç bağlantı metotları gösterilmiştir (Görsel 5.105).



Görsel 5.105: Uç bağlantı çeşitleri

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.

Kablo Gerilimi Dengeleme Düzenekleri: Uçağın tüm yapısal elemanları gibi kablolar da farklı malzemelerden imal edilmiş olabilir (Görsel 5.106). 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.



Görsel 5.106: Kablo gerilimi dengeleme düzenekleri

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

Nikopres Bağlantısı: Bir manşon olan nikopres ile kablo ucunda bir büküm yapılarak kullanışlı bir uç elde edilebilir (Görsel 5.107). 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.

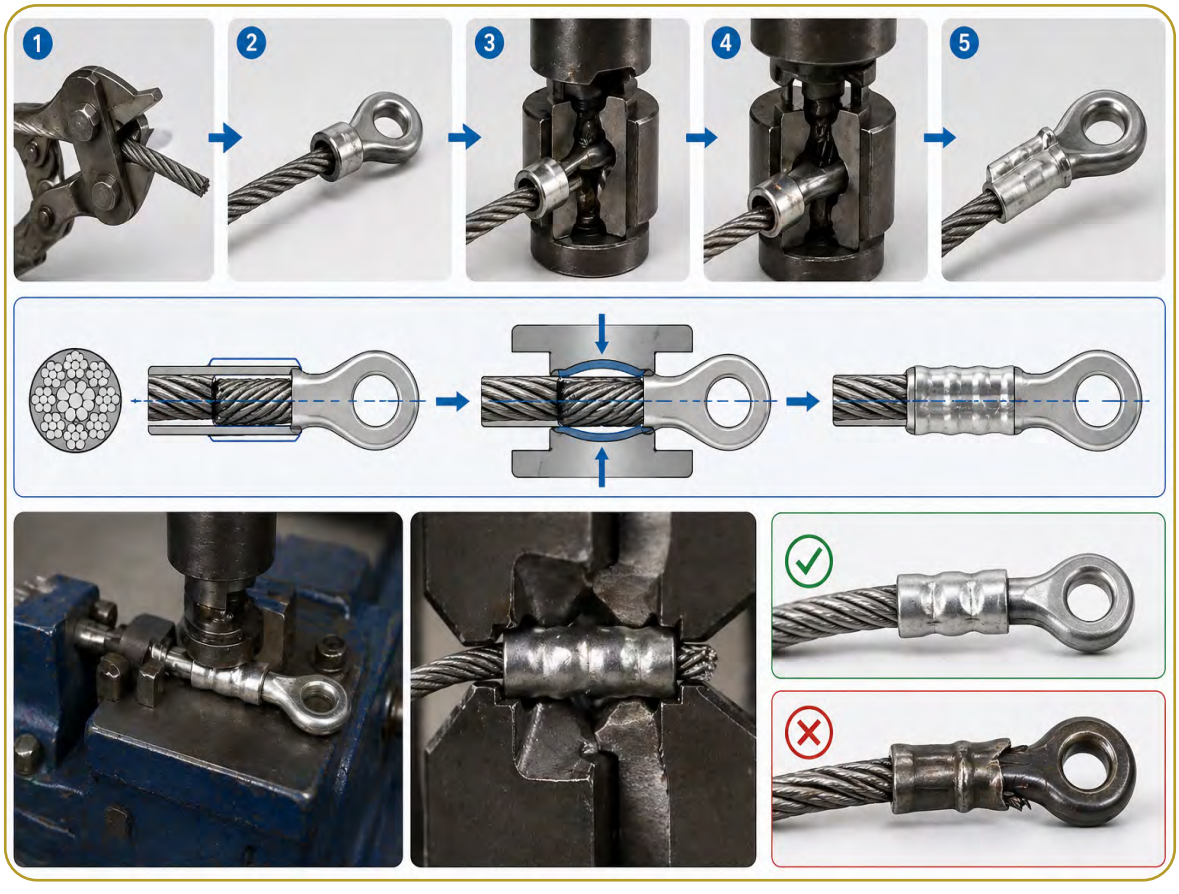


Görsel 5.107: Nikopres bağlantısı

NOTLAR

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 denir..

İşlem, öncelikle uygun boyda kablonun kesilmesiyle başlar. Daha sonrasında uç bağlantısı yapılır ve uygun ölçüdeki dövme aparatıyla malzemeler dövülerek birbirine kenetlenir (Görsel 5.108).



Görsel 5.108: Uç bağlantılarının alıştırılması

NOTLAR

5.5.5. Bükülebilir Kablolar ve Uçak Hareketli Kumanda Sistemleri

Uçağın havadayken istenilen yöne gitmesini sağlayan uçuş kumandaları ve yerdeyken kullanılan iniş takımları bükülebilir kablolarla desteklenen sistemlerdir.

Uçak kanatlarında bulunan aileron ve spoilerlar ile kuyrukta bulunan elevator ve rudder gibi uçuş kumanda yüzeylerindeki elemanlara bükülebilir kablolar ile hareket iletimi sağlanır (Görsel 5.109).



Görsel 5.109: Uçuş kumanda yüzeyleri

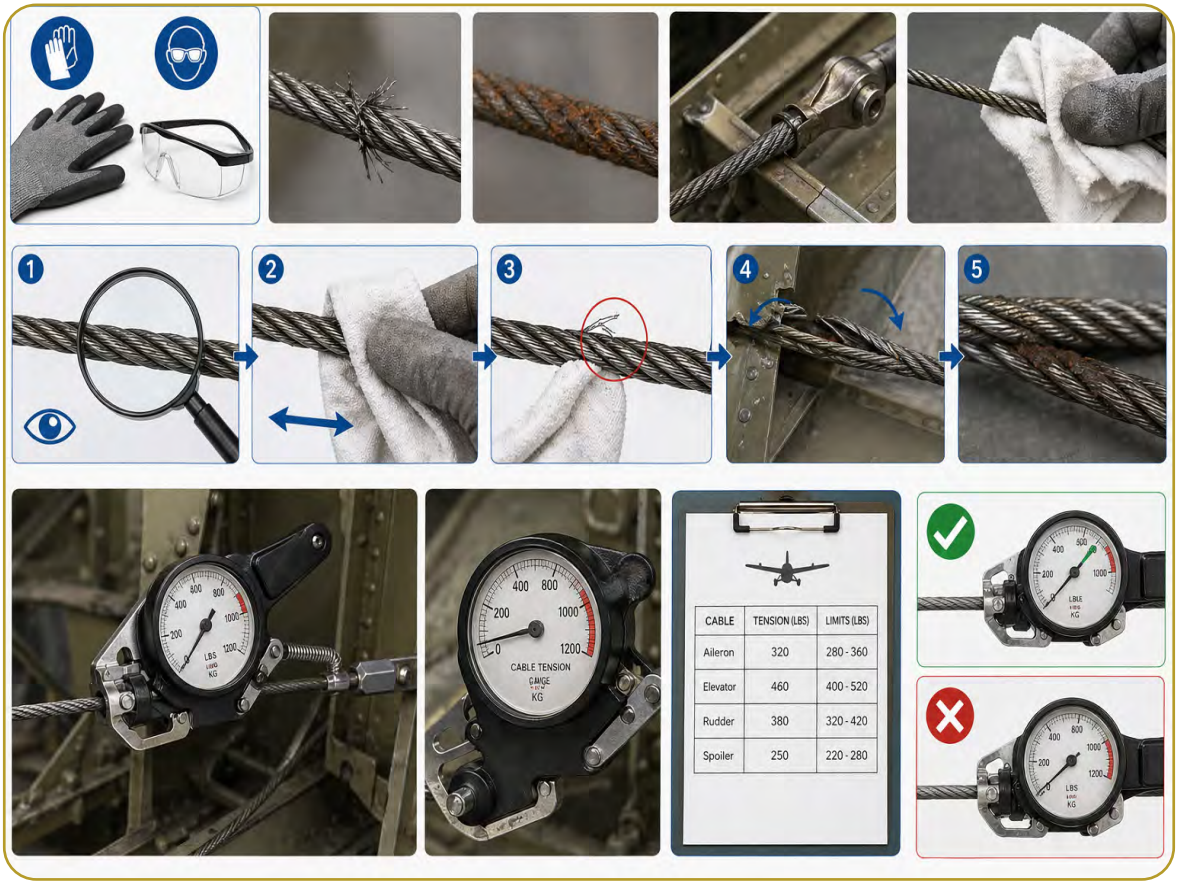
5.5.6. Kumanda Kablolarının Kontrol ve Testleri

Kablolarla çalışırken iş güvenliği ve sağlığı açısından eldiven, 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 gerekir (Görsel 5.110). Cihaz kablo üzerine takılarak gerginlik ölçümü sağlanabilir. Elde edilen sonuçlar ise bakım el kitapları ya da talimatlarla karşılaştırılarak uygunluğu kontrol edilmelidir.



Görsel 5.110: Tansiyometre

17. UYGULAMA

Adı:	Kumanda Kablolarında Gerginlik Ölçümü Yapma
Amaç:	Uçak kumanda kablolarının gerginliğini ölçerek sonuçları bakım el kitabında belirtilen değerlerle karşılaştırmak ve uygunluğunu değerlendirmek.
Süre:	2 ders saati

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 ekipman kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı vb. tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Ölçümü yapılacak kumanda kablosunu belirleyiniz.
- Kabloda gözle görülebilen hasar, aşınma veya gevşeklik olup olmadığını kontrol ediniz.
- Bakım el kitabından ilgili kabloya ait gerginlik değerlerini inceleyiniz.
- Tansiyometreyi kablo üzerine uygun şekilde yerleştiriniz.
- Kablo gerginliğini ölçerek değeri okuyunuz.
- Ölçüm sonucunu kontrol formuna kaydediniz.
- Ölçülen değeri bakım el kitabındaki limitlerle karşılaştırınız.
- Kablonun kullanım için uygun olup olmadığını değerlendiriniz.
- Sonuçları raporlayınız.

DEĞERLENDİRME

Çalışmanız öğretmeniniz tarafından ortak derecelendrime formu ile değerlendirilecektir. Karekodu kullanarak ortak derecelendirme formuna ulaşabilirsiniz.

Dijital yayınlarda karekodun üstüne tıklayarak içeriğe ulaşabilirsiniz.

5.6. ELEKTRİK KABLOLARI VE KONNEKTÖR UYGULAMALARI

Uçak elektrik tesisatları genellikle tek telli (single-wire) sistem prensibine göre tasarlanır. Bu sistemde elektrik enerjisinin iletimi için yalnızca bir iletken kullanılır, akımın geri dönüş yolu ise uçağın metal gövdesi üzerinden sağlanır. Bu yöntem, kablo ağırlığının azaltılmasına ve sistemin daha verimli hâle getirilmesine katkı sağlar.

5.6.1. Uçak Elektrik Tesisatları

Uçak elektrik tesisatlarının tasarımı, üretimi ve sertifikasyon süreçleri çeşitli ulusal ve uluslararası standartlar ile düzenlenir. Bu alanda yaygın olarak kullanılan başlıca standart ve kuruluşlar şunlardır:

- Boeing Aircraft Company (BAC)
- McDonnell Douglas Corporation (MDC)
- Aeronautical Radio, Inc. (ARINC)
- Federal Aviation Regulations (FAR)
- British Civil Airworthiness Requirements (BCAR)
- Military Wiring Specifications (MIL-W)
- International Organization for Standardization (ISO)

Bu standartlar ve düzenlemeler; uçak elektrik tesisatlarının güvenilirlik, emniyet, performans ve bakım gereksinimlerini belirleyerek havacılık sektöründe ortak bir uygulama çerçevesi oluşturmaktadır.

5.6.2. Kablo Türleri

Hava araçlarında kullanılmak üzere farklı amaçlara yönelik çeşitli kablo tipleri geliştirilmiştir. Bir kablonun seçimi; kullanım amacı, çalışma koşulları ve montaj yapılacağı bölgeye göre belirlenir. Modern hava araçlarında elektrik sistemleri oldukça kapsamlıdır ve toplam kablo uzunluğu kilometrelerce olabilir. Bu nedenle kablo seçiminde ağırlık, dayanıklılık ve performans önemli kriterlerdir. Kablo boyutunda yapılacak küçük iyileştirmeler bile ağırlık ve hacim açısından önemli avantajlar sağlayabilir.

5.6.2.1. Uçak Kablolarının Temel Özellikleri

Uçaklarda kullanılan kabloların, havacılık ortamının zorlu çalışma koşullarına uygun özelliklere sahip olması gerekmektedir. Bu kabloların 600 V'a kadar çalışma gerilimine dayanıklı, yakıt, yağ, hidrolik sıvı ve diğer kimyasallar gibi çeşitli sıvılara karşı dirençli, montaj ve bakım işlemlerini kolaylaştıracak düzeyde yüksek esnekliğe sahip, titreşim ve mekanik zorlanmalara karşı yüksek mekanik dayanım gösterebilen ve hava aracının toplam ağırlığını en aza indirebilmek amacıyla hafif yapıda olması beklenmektedir. Bu özellikler, elektrik tesisatının güvenilirliğini artırırken uçuş emniyetinin sağlanmasına da önemli katkı sunmaktadır.

Uçaklarda yüksek sıcaklığa maruz kalan bölgelerde, çalışma sıcaklığına uygun özel yalıtım malzemelerine sahip kablolar kullanılmaktadır. Bu kapsamda, 150 °C'ye kadar olan uygulamalarda normal sıcaklık tipi kablolar, 250 °C'ye kadar olan uygulamalarda yüksek sıcaklık tipi kablolar ve 400 °C'ye kadar sıcaklığa maruz kalan bölgelerde ise yangına dayanıklı tip kablolar tercih edilmektedir. Kabloların çalışma ortamının sıcaklık koşullarına uygun seçilmesi, yalıtım malzemesinin özelliklerini koruması, elektriksel arızaların önlenmesi ve uçak elektrik sistemlerinin güvenli ve uzun ömürlü çalışması açısından büyük önem taşır.

5.6.2.2. Kabloların Yapısı

Uçak elektrik tesisatlarında iletken malzemesi olarak genellikle bakır ve alüminyum kullanılır. Bakır, yüksek sıcaklık bölgeleri de dâhil olmak üzere genel amaçlı uygulamalarda tercih edilir. Alüminyum, aynı akımı taşıyabilmek için daha büyük kesit gerektirmesine rağmen düşük ağırlığı nedeniyle özellikle büyük hava araçlarında kullanılır. Alüminyumun daha yüksek elektriksel direnci, daha büyük çaplı iletkenlerle telafi edilir.

Askerî uygulamalarda ise çoğunlukla **MIL (Military Specification)** standartlarına uygun kablolar tercih edilmektedir. Not: Bu bölümde "tel (wire)" ifadesi, tek damarlı bir iletkeni veya küçük kesitli çok telli iletkenleri ifade etmek için kullanılır.

Kablo, tek bir dış kılıf içerisinde bulunan büyük kesitli çok telli iletkenlerden veya birden fazla iletkenden oluşan elektrik iletim elemanıdır. Kablo seçiminde dikkate alınması gereken en önemli özelliklerden biri **akım taşıma kapasitesidir**. Akım taşıma kapasitesi, bir kablonun aşırı ısınmaya neden olmadan güvenli şekilde taşıyabileceği akım miktarını ifade eder. Bu kapasite; kablo yalıtımının kabul edilemez düzeyde bozulmasına yol açacak sıcaklık artışı oluşturmadan ve belirlenen gerilim düşümü sınırlarını aşmadan taşınabilecek maksimum akım değeridir. Bu nedenle uçak elektrik tesisatlarında kullanılacak kabloların kesiti ve tipi belirlenirken akım taşıma kapasitesi, sıcaklık koşulları ve gerilim düşümü kriterleri birlikte değerlendirilmelidir.

Örneğin bir uçakta kokpit gösterge aydınlatma devresi 5 A akım çekmektedir. Bu devrede 20 AWG kesitindeki bir kablo güvenle kullanılabilirken, aynı kablonun 15 A akım çeken bir elektrik motoru veya yakıt pompası devresinde kullanılması iletkenin aşırı ısınmasına, yalıtım malzemesinin zarar görmesine ve sistem güvenilirliğinin azalmasına neden olabilir. Bu nedenle kablo seçimi yapılırken devrenin akım ihtiyacına uygun kesitte kablo tercih edilmelidir. Farklı kablo kesitlerine ait akım taşıma kapasiteleri aşağıdaki tabloda verilmiştir (Tablo 5.12).

Tablo 5.12: Tel Boyutları (Wire Sizes)

AN (AWG) Boyutu	Kod No.	Kesit Alanı (mm^2)	Tel Sayısı
AN-24	2	0,25	19
AN-22	4	0,4	19
AN-20	8	0,6	19
AN-18	10	1	19
AN-16	12	1,2	19
AN-14	20	2	19
AN-12	30	3	37
AN-10	50	5	37
AN-8	90	9	37
AN-6	140	14	117
AN-4	220	22	182
AN-2	340	34	201
AN-1	530	53	322
AN-0	650	65	416
AN-000	850	85	513
AN-0000	1070	107	660

5.6.2.3. Uçaklarda Çevresel Bölgeler

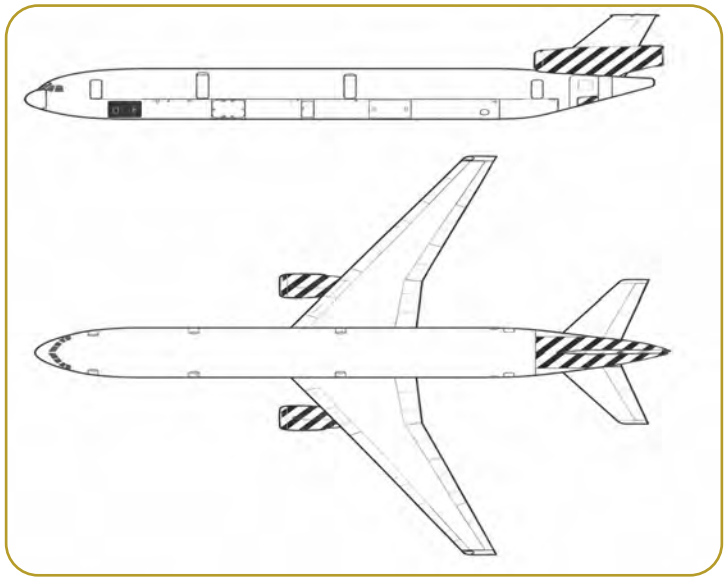
Uçak elektrik kabloları, hava aracının farklı bölgelerinde ve farklı çevresel koşullar altında çalışacak şekilde tasarlanır. Bu nedenle kullanılacak kablonun tipi, montaj yapılacağı bölgenin sıcaklık, nem, titreşim ve kimyasal etkilere maruz kalma durumuna göre seçilmelidir.

Örneğin motor bölgesinde kullanılacak bir kablo ile teker yuvasında (wheel well) kullanılacak bir kablonun özellikleri aynı olmayabilir. Bu nedenle uçak içerisinde çeşitli çevresel bölgeler tanımlanmıştır ve kablo seçimi bu bölgelere göre yapılır. Uçakta yüksek titreşimli ve yüksek sıcaklıklı bölgeler aşağıdaki tabloda gösterilmiştir (Tablo 5.13).

Tablo 5.13: Uçak Çevresel Bölgeleri

Yüksek Titreşimli Bölgeler (Mavi)	Yüksek Sıcaklıklı Bölgeler (Kırmızı)
Motor	Motor
Pilon veya Motor Taşıyıcı Yapısı	Pilon veya Motor Taşıyıcı Yapısı
APU Bölmesi	APU Bölmesi
Teker Yuvası	İklimlendirme Bölmesi
Kanat	
Basınçlandırılmış Bölgelerin Arkası	

Uçak elektrik tesisatlarında kablo seçimi yapılırken çevresel bölgenin özellikleri dikkate alınmalı; özellikle yüksek sıcaklık ve yüksek titreşimin bulunduğu bölgelerde uygun yalıtım ve koruma özelliklerine sahip kablolar kullanılmalıdır (Görsel 5.111).



Görsel 5.111: MD11 Uçağındaki yüksek titreşim ve yüksek sıcaklık bölgeleri

5.6.3. Özel Amaçlı Kablolar

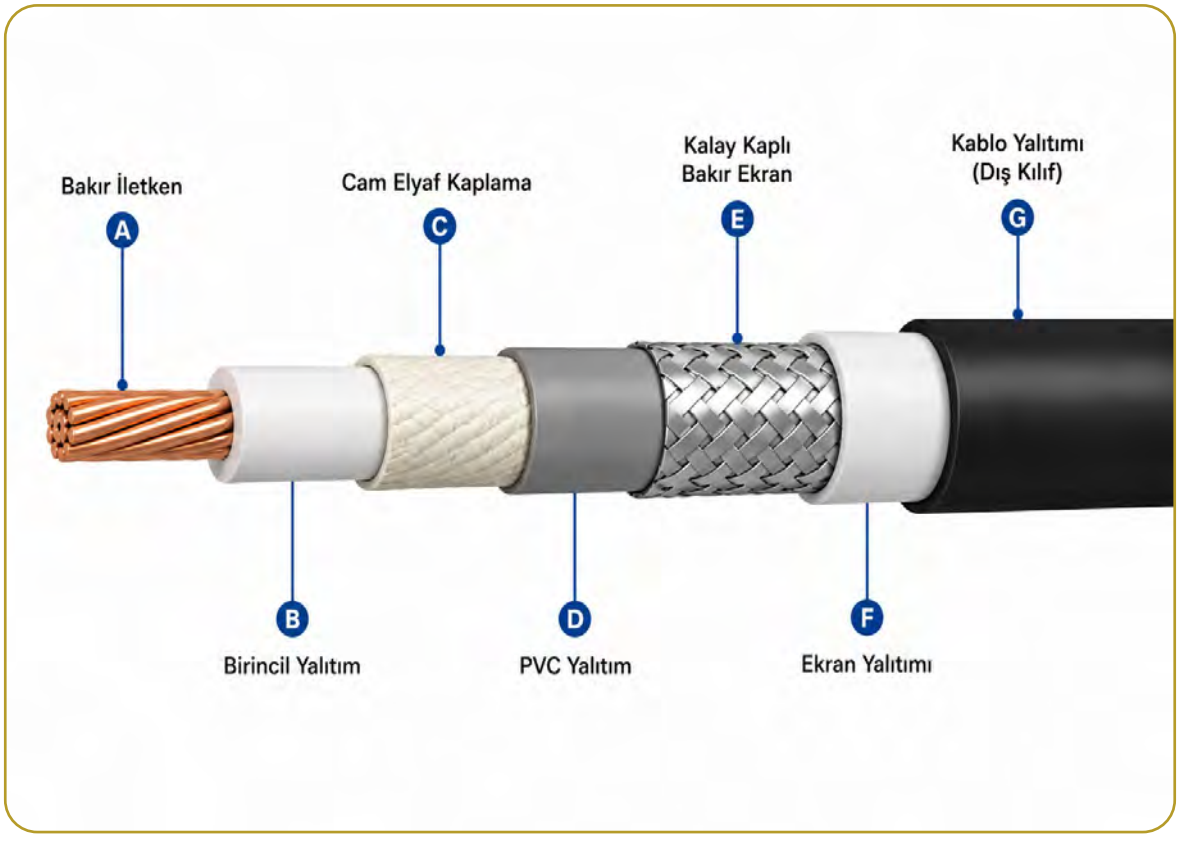
Uçak elektrik sistemlerinde, çalışma ortamı ve kullanım amacına bağlı olarak farklı özelliklere sahip özel kablolar kullanılmaktadır. Bu kablolar, güvenilir sinyal iletimi, çevresel etkilere dayanım ve sistem performansının korunması amacıyla tasarlanmıştır. Bu bölümde havacılıkta yaygın olarak kullanılan özel amaçlı kablo türleri tanıtılmaktadır.

5.6.3.1. Ekranlı (Shielded) Kablolar

Ekranlı kablolar, hassas sinyaller taşıyan iletkenleri dış etkilerden ve elektromanyetik girişimlerden korumak amacıyla kullanılır. Bu sayede elektrik alanlarından kaynaklanan parazitler önlenir. Ekranlı kablolar; bilgisayar kabloları, ses ve video devreleri, modern elektronik giriş devreleri ve mikrofon sistemleri gibi hassas sinyal iletiminin gerekli olduğu uygulamalarda kullanılır. Bu kablolar, tek damarlı ekranlı iletken, bükülü ve ekranlı iletken çifti veya çok damarlı ekranlı kablo yapısında üretilebilir (Görsel 5.112). Topraklama döngülerini (ground loop) önlemek için ekran yalnızca bir uçtan topraklanmalıdır. Ekranlı kablolarda, topraklama döngülerinin oluşmasını ve buna bağlı parazitlerin meydana gelmesini önlemek amacıyla ekran yalnızca bir uçtan topraklanır. Ekranlı kablolarda bulunan katmanlar ve bunlara ait kodlar aşağıdaki tabloda verilmiştir (Tablo 5.14).

Tablo 5.14: Ekranlı Kabloda Kullanılan Bileşenler

Kod	Açıklama
A	Bakır iletken
B	Birincil yalıtım
C	İkincil yalıtım
D	PVC yalıtım
E	Kalay kaplı bakır ekran
F	Ekran yalıtımı
G	Kablo yalıtımı

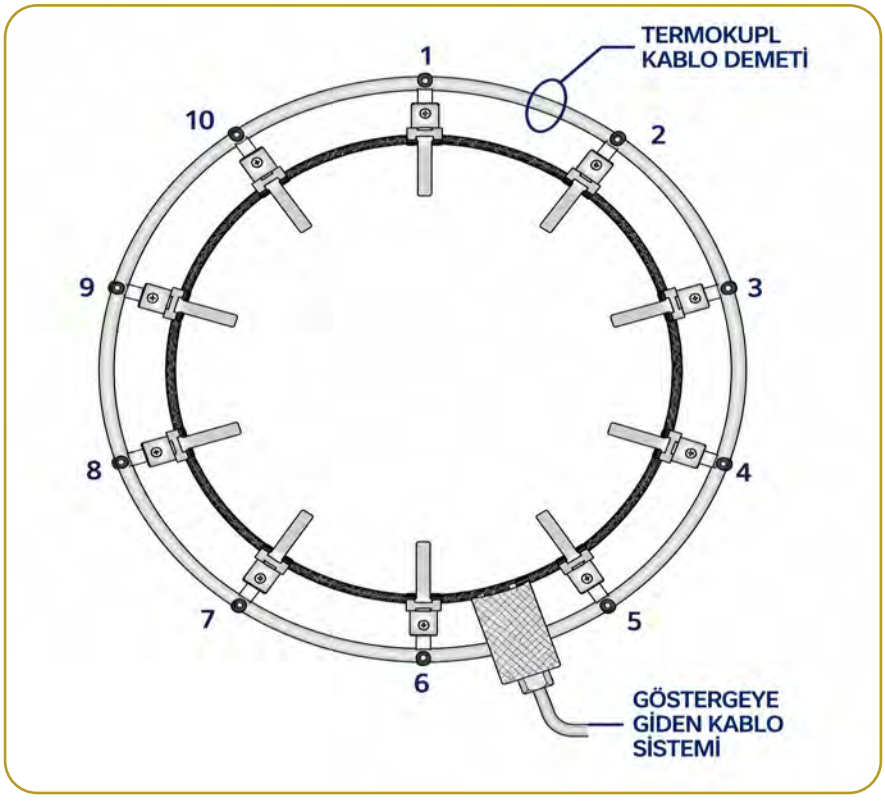


Görsel 5.112: Ekranlı (shielded) kablolar

5.6.3.2. Termokupl Kabloları (Thermocouple Cables)

Termokupl kabloları, silindir kapak sıcaklık göstergeleri ve türbin motorlarının türbin giriş sıcaklığı göstergeleri gibi sıcaklık ölçüm sistemlerinde kullanılır. Termokupl kablolarında kullanılan iletken metaller, sıcaklık ölçümünün doğru yapılabilmesi için termokupl sensörlerinde kullanılan metallerle aynı malzemelerden seçilir. Silindir kapak sıcaklığının ölçülmesinde bakır ve konstantan kullanılırken, egzoz gazı sıcaklığının ölçülmesinde kromel ve alümel alaşımları kullanılır.

Doğru sıcaklık ölçümü yapılabilmesi için termokupl sensör elemanları ve iletkenler birçok noktada bir araya getirilerek tek bir gaz sıcaklık probu oluşturulur. Kablo demetlerinde kullanılan yalıtım malzemesi genellikle silikon kauçuk veya PTFE (Politetrafloroetilen) emdirilmiş cam elyafıdır (Görsel 5.113).



Görsel 5.113: Termokupl kablo demetinin montajı

5.6.3.3. Kapton Yalıtımı

Kapton yalıtım malzemesi, iletkenlere ekstrüzyon veya sargı (sarım) yöntemiyle uygulanır. Kapton, DuPont tarafından geliştirilen aromatik bir poliimid malzeme olup özellikle havacılık ve uzay uygulamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır.

Kapton yalıtımı, –269 °C ila +400 °C arasındaki sıcaklıklarda mekanik kararlılığını koruyabilmesi sayesinde çok düşük ve çok yüksek sıcaklıklarda güvenilir performans sağlar. Ayrıca yüksek mekanik dayanım, üstün yalıtım özellikleri ve çevresel etkilere karşı direnç sunar.

Kapton malzemesi; çoğu kimyasala, çözücüye ve yağlayıcıya karşı yüksek dayanım gösterir, düşük gaz geçirgenliğine sahiptir ve aşınmaya karşı dirençli yapısıyla ağırlık tasarrufu sağlar. Ayrıca kolay şekillendirilebilir ve yapıştırılabilir özellikte olup geniş sıcaklık aralıklarında esnekliğini korur. Düşük nem emme oranı ve düşük termal genleşme katsayısı sayesinde zorlu çalışma koşullarında güvenilir performans sunar. Kapton, transformatörlerde kullanılan mıknatıs tellerinin yalıtımında, uzay araçlarının dış yüzeylerinde ve elektriksel arıza durumlarında ek koruma gerektiren uygulamalarda kullanılmaktadır. Ayrıca yangına dayanıklı kabloların ve baskılı devrelerin birincil yalıtım malzemelerinden biridir.

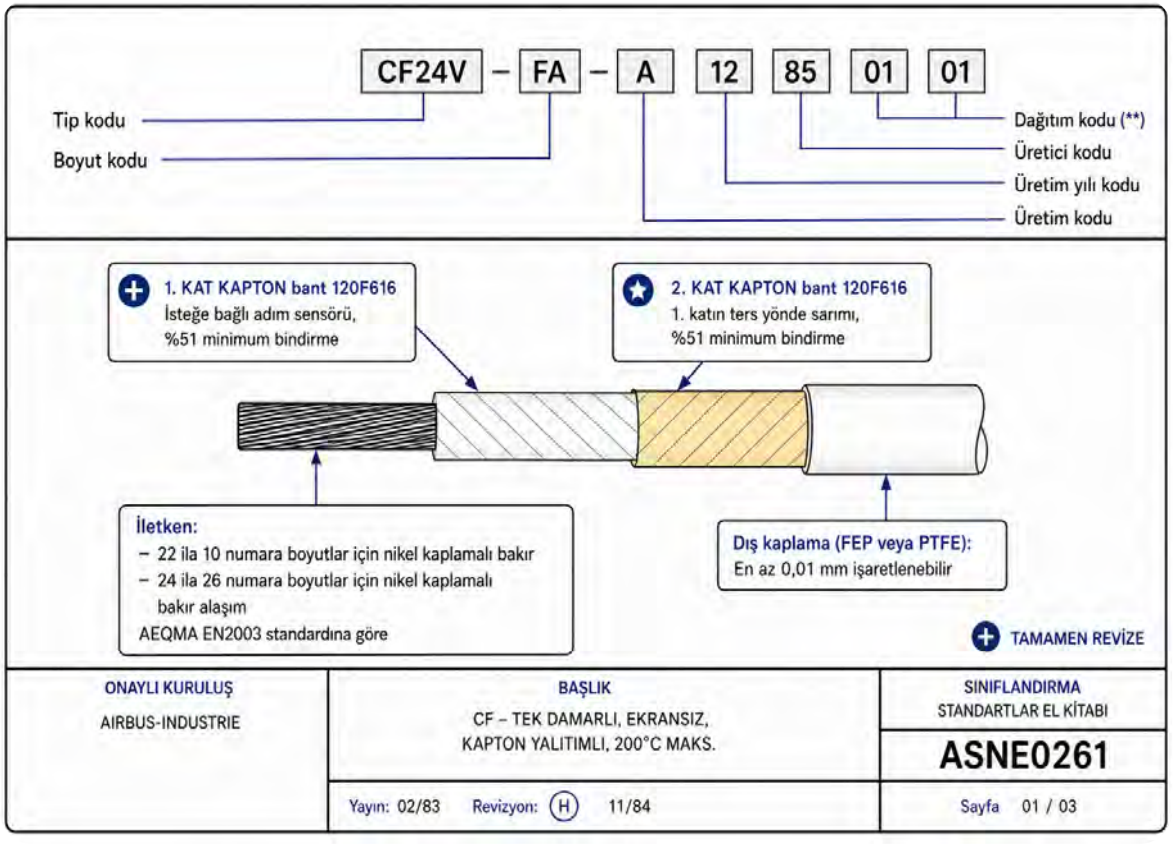
5.6.3.4. Kapton Tel

Günümüzde birçok uçak kablo üreticisi, tek başına veya başka malzemelerle birlikte Kapton yalıtımlı kablolar üretmektedir. Kablolarda kullanılan tek veya çift katmanlı Kapton sargılar, belirli bir noktada gerekli yalıtım kalınlığını sağlayacak şekilde üst üste bindirilerek uygulanır.

Kapton yalıtımı genellikle alt katmanda politetrafloroetilen (PTFE) bulunan bir yapı ile birlikte kullanılır. Bazı genel havacılık kablolarında yaklaşık 0,06 inç (0,15 mm) toplam yalıtım kalınlığı elde edilir. Kapton doğal olarak kehribar (amber) rengindedir. Ancak koruyucu yüzey kaplamaları ile farklı renklerde üretilebilir ve üzerine baskı uygulanabilir.Hibrit kablo tipleri, Kapton, PTFE (Politetrafloroetilen), FEP (Florlu Etilen Propilen) ve cam elyafı gibi farklı yalıtım malzemelerinin çeşitli kombinasyonlarından oluşur (Görsel 5.114). Motor bölgesindeki yüksek sıcaklık koşullarında, kritik elektrik devrelerinde Kapton esaslı hibrit yalıtıma sahip kablolar kullanılır. Farklı Kapton yalıtım kombinasyonlarının maksimum çalışma sıcaklıkları aşağıdaki tabloda verilmiştir (Tablo 5.15).

Tablo 5.15: Kapton Yalıtımı

Maksimum Sıcaklık	Malzeme
150 °C	Kapton
200 °C	Kapton / FEP
200 °C	Kapton / PTFE
200 °C	PTFE / FEP / Kapton
200 °C	PTFE / FEP / Kapton / FEP
260 °C	PTFE / Kapton / PTFE
260 °C	Kapton / Cam Elyafı / PTFE



Görsel 5.114: Üretici tanımlama kodu

5.6.3.5. Yüksek Sıcaklık Yangın İkaz Kabloları

Bu uygulamada yalnızca yüksek sıcaklığa dayanıklı bir kablo kullanılmalıdır. Kullanılan kablonun MIL-W-25038 askerî standardına uygun olması gerekmekir. Normal sıcaklıkta 1040 °C'a kadar dayanıklı olan bu kablo, diğer taraftan alev etkisi altında 5 dakika boyunca 1093 °C sıcaklığa dayanabilmektedir. Dış yalıtım rengi genellikle kırmızıdır, ancak bazı uygulamalarda beyaz renk de kullanılır (Görsel 5.115).



Görsel 5.115: Yangın ikaz kabloları

NOTLAR

5.6.3.6. Koaksiyel Kablolar (Coaxial Cables)

Koaksiyel kablolar, başlıca radyo frekansı (RF) uygulamalarında kullanılır. Yaygın kullanım alanları arasında radyo anten kabloları ve yakıt miktarı gösterge sistemleri yer alır. Koaksiyel kablolar iki iletkenden oluşur. İçte bulunan iletken; bakır, kalay kaplı bakır veya kullanım amacına bağlı olarak gümüş ya da altın kaplı bakır olabilir. İletken malzemesi, gerekli iletkenlik seviyesine göre seçilir (Görsel 5.116).

Koaksiyel kabloların merkezinde tek bir iletken bulunur ve bu iletken, genellikle hava aralıklı dielektrik yalıtım veya katı malzemeden yapılmış bir yalıtım tabakası ile çevrelenir. Dış iletken ise örgü, tüp veya spiral tel şeklinde olup iç yalıtımın etrafını tamamen sarar. Dış iletken veya örgü yapı, kabloyu sıvıların girişine, mekanik hasarlara ve elektriksel etkilenmelere karşı korur. Bu amaçla dış kaplama malzemesi olarak çoğunlukla PVC (Polyvinyl Chloride – Polivinil Klorür) kullanılır. Koaksiyel kabloların her iki ucu da topraklanır. Özellikle anten uygulamalarında kablo uzunluğu kritik öneme sahiptir ve belirlenen uzunluk değiştirilmemelidir.



Görsel 5.116: Tek koruma katmanlı koaksiyel anten kablosu

5.6.4. Kablo Tanımlama

Kurulum ve bakım işlemlerini kolaylaştırmak amacıyla tüm kablolar kalıcı ve okunabilir şekilde işaretlenmelidir. Kablo tanımlama numarası, harf ve rakamların birleşiminden oluşur. Kablo tanımlama bilgileri genellikle aşağıdaki unsurları içerir.

- Sisteme ait bilgi
- Kablo kesiti (boyutu)
- Kablo numarası
- Kablolama şemasıyla ilişkilendirilen diğer bilgiler

Bu bilgiler, özel bir işaretleme makinesi kullanılarak kablo üzerine basılır. İşaretlerin arasındaki mesafe normalde 15 cm (6 inç) olup gerektiğinde ayarlanabilir. Dış koruyucu kılıfı veya yalıtımı bulunmayan kablolarda işaretleme doğrudan kablo üzerine uygulanamaz. Bu durumda, işaretlemenin yapılabilmesi için kablonun etrafına şeffaf yalıtım malzemesinden bir manşon geçirilir. Aşağıdaki kablo türleri genellikle işaretlenmez:

- Ekranlı kablolar
- Termokupl kabloları
- Çok damarlı kablolar
- Yüksek sıcaklığa dayanıklı kablolar (işaretlenmesi zor olan yalıtıma sahip)

Bazı üreticiler, kabloların tanımlanmasında farklı işaretleme yöntemleri kullanabilmektedir.

5.6.4.1. Kodlama Sistemi

Kablo tanımlama sistemi; sistem numarası, sistem bilgisi, kablo numarası, kablo kesiti, kablo boyutu (AWG – American Wire Gauge) ile renk veya faz bilgisinden oluşmaktadır (Görsel 5.117). Bu bilgiler bir araya getirilerek her kablonun benzersiz şekilde tanımlanması sağlanır.



Görsel 5.117: Kablo kodlama

5.6.4.2. Sistem Kodu (System Code)

Tanımlama numarası, sistem harf kodu ile başlar. Birden fazla sistem aynı sistem numarasını kullanıyorsa sistem numarasından sonra sistem harfleri eklenir.

5.6.4.3. Kablo Numarası (Wire Number)

Aynı elektriksel potansiyele sahip tüm kablo kesitleri aynı kablo numarasını kullanır. Ancak potansiyelin bilgisayarlar, lambalar, anahtarlar veya diğer bileşenler nedeniyle değişmesi durumunda kablo numarası da değişir.

5.6.4.4. Kesit Numarası (Section Number)

Bir kablo kesiti harflerle kodlanır. Kodlama, devre kesicisi ve sonlandırma noktası arasında A harfi ile başlar ve sonraki her kesitte harf sırası ilerler. Kesit sonlandırma noktaları şunlardır:

- Terminal şeritleri
- Fişler ve prizler (konnektörler)
- Ek bağlantıları (splice)

Aynı elektriksel potansiyele sahip tüm kablolar aynı kablo numarasını taşır ancak farklı kesitler için farklı kesit harfleri kullanılır. Kablo kesitleri alfabetik sıraya göre tanımlanır. Güç kablolarında faz bağlantılarını belirtmek için A, B ve C harfleri, nötr bağlantıyı belirtmek için ise N harfi kullanılır.

5.6.4.5. Örnek Kablo Tanımlama Kodu

Uçak elektrik kabloları, teknik özelliklerini gösteren standart tanımlama kodları ile işaretlenir. Örneğin 2L88A18RD kodu, kablonun ait olduğu sistemi, kesitini ve rengini ifade eder. Kablo tanımlama kodunun bileşenleri Tablo 5.16'da verilmiştir.

Tablo 5.16: Kablo Tanımlama Kodunun Bileşenleri

Kod Bölümü	Açıklama
2	Sistem No.: 2
L	Sistem: Aydınlatma Sistemi (Lighting)
88	Kablo Numarası: 88
A	Kesit Numarası: A
18	Kablo Boyutu: 18 AWG (American Wire Gauge)
RD	Renk Kodu: Kırmızı (Red)

Kodun Açılımı: Kablo tanımlama kodlarında kullanılan harf kodları, kablonun bağlı olduğu elektrik veya elektronik sistemi belirtmek amacıyla standart olarak tanımlanmıştır. Bu kodlar sayesinde kablonun hangi sistemde kullanıldığı kolaylıkla belirlenebilir ve bakım, onarım ile arıza giderme işlemleri daha hızlı ve güvenli şekilde gerçekleştirilebilir. Uçak elektrik tesisatlarında kullanılan sistem tanımlama harfleri ve bunların ifade ettiği sistemler aşağıdaki tabloda verilmiştir (Tablo 5.17).

Tablo 5.17: Harf Kodları

Harf Kodu	Açıklama
A	Otomatik Pilot (**Auto Pilot**)
C	Yüzey Kontrolleri (**Surface Controls**)
D	Uçuş ve Motor Dışı Enstrümanlar (**Instruments Other than Flight or Engine Instruments**)
E	Motor Enstrümanları (**Engine Instruments**)
F	Uçuş Enstrümanları (**Flight Instruments**)
G	İniş Takımı (**Landing Gear**)
H	Isıtma, Havalandırma ve Buz Çözme (**Heating, Ventilating and De-Icing**)
J	Ateşleme (**Ignition**)
K	Motor Kontrolleri (**Engine Controls**)
L	Aydınlatma (**Lighting**)
M	Muhtelif (**Miscellaneous**)
N	Atanmamış / Nötr (**Unassigned (Neutral)**)
P	Doğru Akım Gücü (**DC Power**)
Q	Yakıt ve Yağ (**Fuel and Oil**)
R	Radyo (Seyrüsefer ve Haberleşme) (**Radio (Navigation and Communication)**)
RA	Aletli İniş Sistemi (**Instrument Landing**)
RF	İrtibat – VHF Haberleşme (**Liaison (VHF Comm)**)
RL	İrtibat – HF Haberleşme (**Liaison (HF Comm)**)

RM	İşaret Vericisi (**Marker Beacon**)
RN	Seyrüsefer Sistemleri (**Navigation Systems**)
RP	Radyo Gücü (**Radio Power**)
RT	Teleprinter Sistemi (**Teleprinter System**)
RV	VHF Haberleşme Sistemi (**VHF Comm System**)
RX	Kayıt Cihazı (**Recorder**)
RZ	Sesli Haberleşme / İnterkom (**Audio Interphone**)
S	Radar (**Radar**)
SA	Radyo Altimetre (**Radio Altimeter**)
SN	Radar Seyrüsefer (**Radar Navigation**)
SX	Hava Trafik Kontrolü (**ATC – Air Traffic Control**)
SY	Trafik Çarpışma Önleme Sistemi (**TCAS – Traffic Collision Avoidance System**)
T	Özel Elektronik Sistemler (**Special Electronics**)
TD	Yolcu Anons Sistemi (**Passenger Address**)
TL	Görsel Yaklaşma Sistemi (**Visual Approach System**)
TN	Ataletsel Seyrüsefer Sistemi (**INS – Inertial Navigation System**)
TP	Özel Elektronik Güç (**Special Electronic Power**)
TW	Hava Radarı (**Weather Radar**)
TZ	Yolcu Eğlence Sistemi (**Passenger Entertainment**)
V	DC Güç ve DC Kontrol (**DC Power and DC Control**)
W	İkaz ve Acil Durum Sistemleri (**Warning and Emergency**)
X	Alternatif Akım Gücü (**AC Power**)
Z	Yedekler (**Spares**)

Uçak elektrik tesisatlarında kullanılan renk kodları, iletkenlerin hızlı ve doğru şekilde tanımlanmasını sağlar. Uçak elektrik tesisatlarında kullanılan renk ve faz kodları aşağıdaki tabloda verilmiştir (Tablo 5.18).

Tablo 5.18: Kullanılan Renk Kodları

Kod	Renk / Anlamı
RD	Kırmızı (**Red**)
BL	Mavi (**Blue**)
YE	Sarı (**Yellow**)
GR	Yeşil (**Green**)
WH	Beyaz (**White**)
AL	Alüminyum (**Aluminium**)
A	Faz A (**Phase A**)
B	Faz B (**Phase B**)
C	Faz C (**Phase C**)
N	Nötr, Toprak (**Neutral, Ground**)

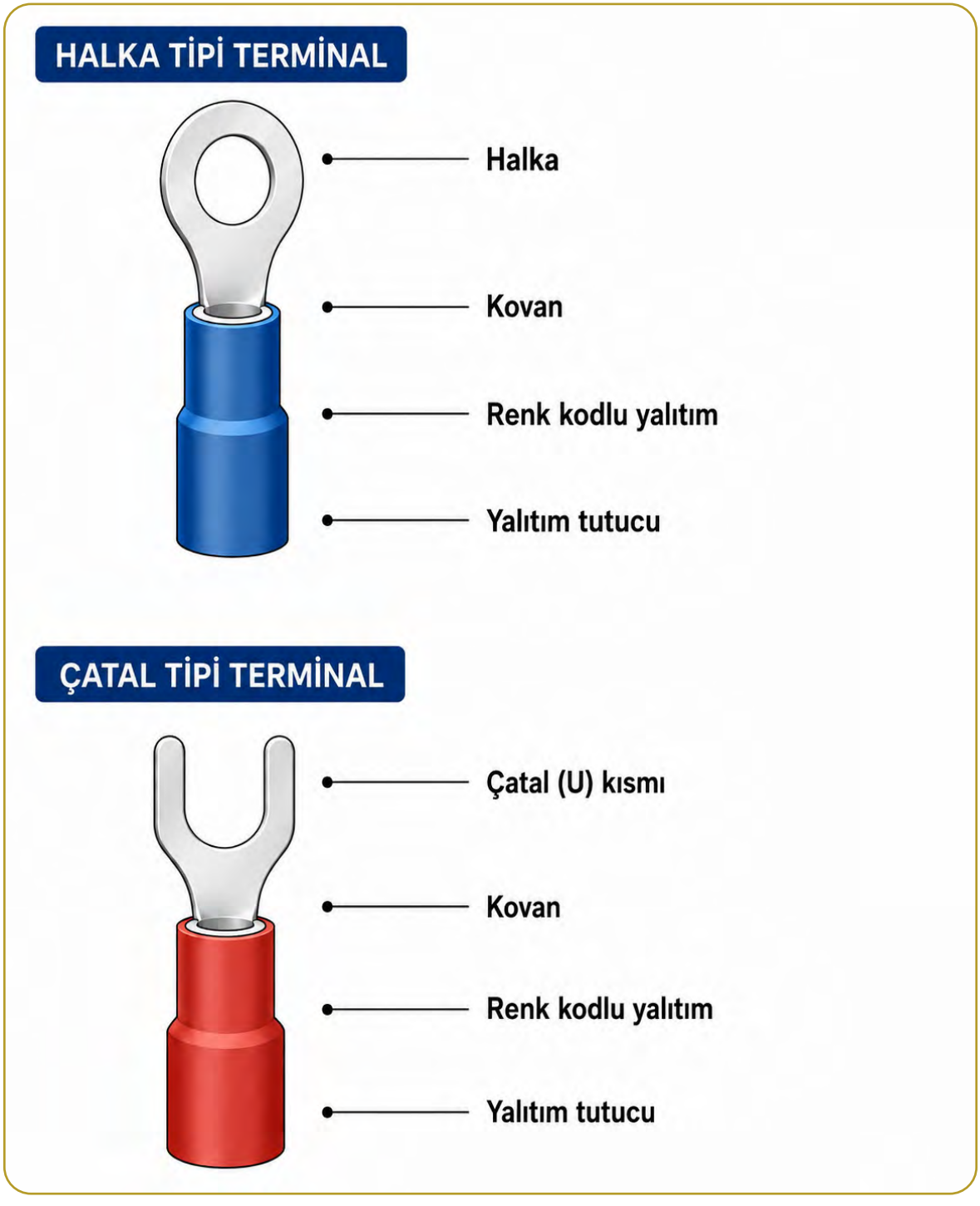
5.6.5. Kablo Bağlantı Elemanları

Uçak elektrik tesisatlarında kullanılan bağlantı elemanları, elektrik devrelerinin oluşturulması ve sistem bileşenlerinin birbirine bağlanmasında önemli görev üstlenmektedir. Bu bölümde, havacılık uygulamalarında kullanılan temel kablo bağlantı elemanları ve bunların kullanım özellikleri açıklanmaktadır.

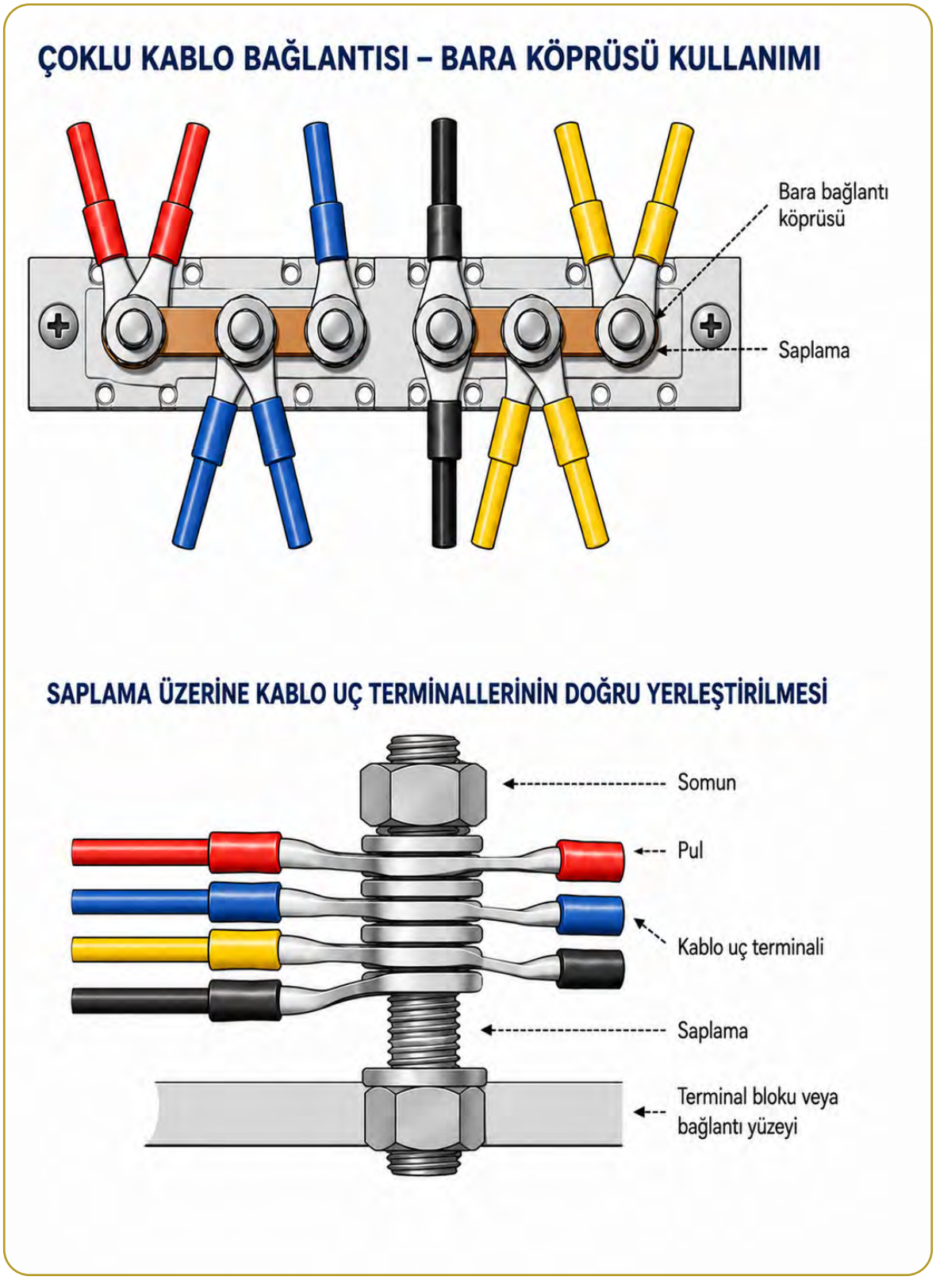
5.6.5.1. Kablo Uç Terminalleri (Wire Terminals)

Terminal şeritlerine bağlanan tüm kablolarda, önceden yalıtılmış kıvrım (krimp) terminalleri kullanılır (Görsel 5.118). Bu terminallerde, terminalin yalıtımı iletkenin yalıtımına kadar uzanır ve kablonun sıyrılmış kısmını tamamen örter. Böylece iletken ile terminal arasında güvenli ve dayanıklı bir elektriksel bağlantı sağlanır. Terminalin etrafındaki yalıtım, kabloya zarar vermeden güvenli bir şekilde tutunmasını sağlayacak biçimde sıkıştırılır (Görsel 5.119). Bu yöntem, titreşim nedeniyle meydana gelebilecek kablo kopmalarını önlemeye yardımcı olur. Kullanılan terminal tipi, terminalin bağlanacağı kablo kesitine göre belirlenir (Görsel 5.120). Genel havacılık uygulamalarında;

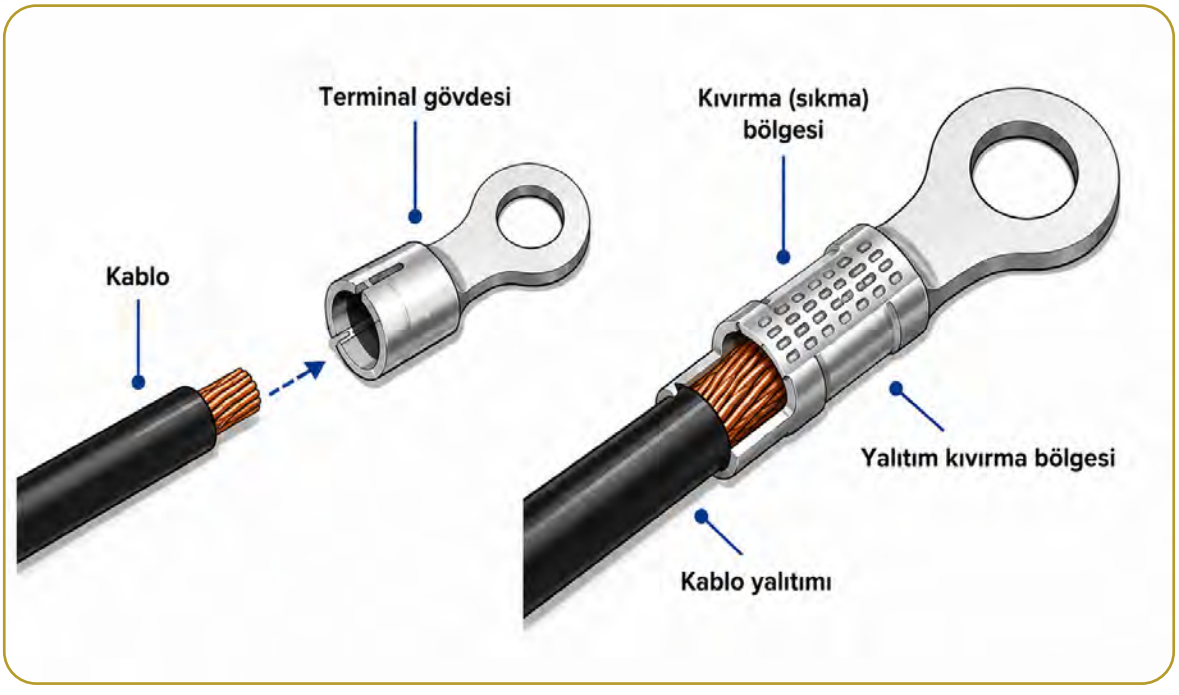
- küçük sarı terminaller, 26–22 AWG kablolar için
- orta boy sarı terminaller, 20–18 AWG kablolar için
- büyük sarı terminaller ise 16–10 AWG kablolar için kullanılır.



Görsel 5.118: Terminal tipleri



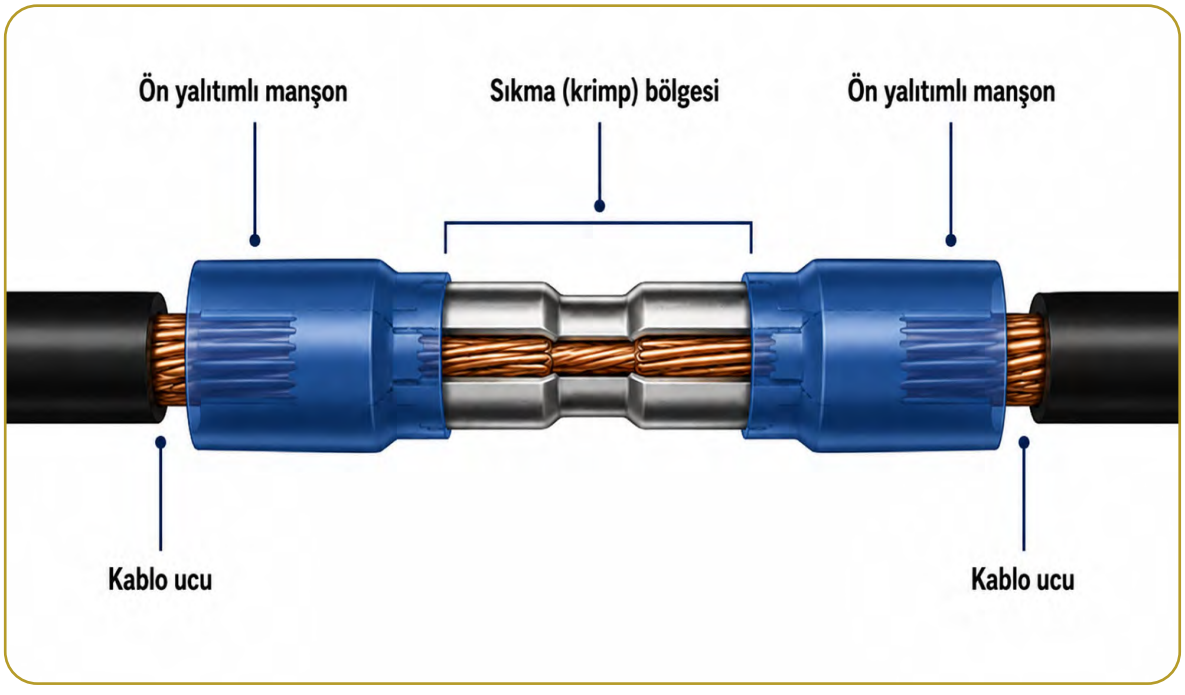
Görsel 5.119: Çoklu bağlantı tipleri



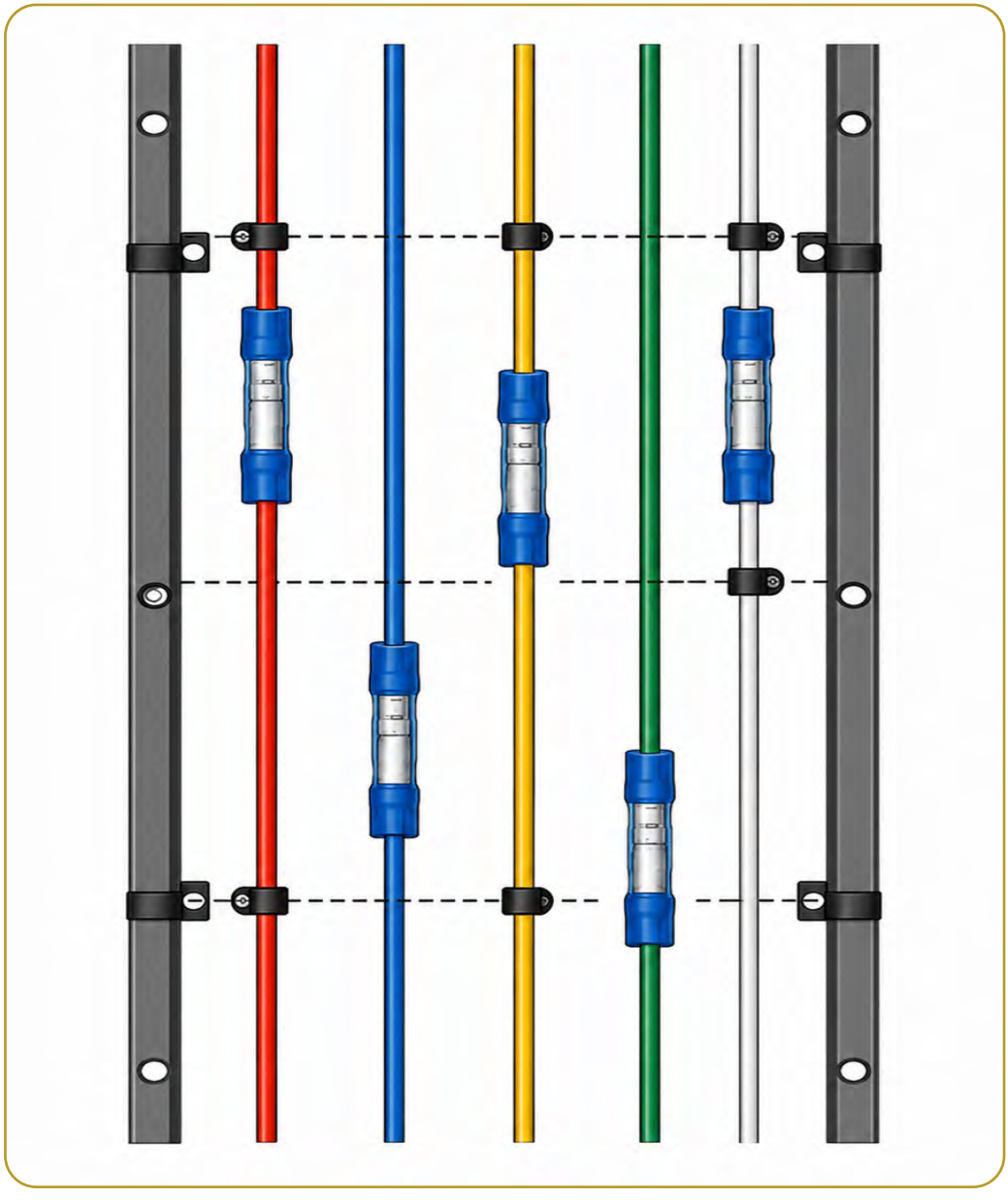
Görsel 5.120: Halka tip kablı terminali

5.6.5.2. Kablo Ekleri (Wire Splices)

Günümüzde kabloları birleştirmek için, iletken uçlarını birbirine sarıp lehimlemek yerine önceden yalıtılmış, lehimsiz ek manşonları (splice) kullanmak yaygın bir uygulamadır (Görsel 5.121). Bu tür eklerin yapılabilmesi için önce kablonun yalıtımı sıyrılır ve iletken uçlar ek manşonunun içine yerleştirilir. Daha sonra uygun bir sıkma (krimp) işlemi uygulanarak güvenli ve dayanıklı bir bağlantı elde edilir. Kablo demetleri içerisinde, bağlantı noktaları veya diğer ayırma noktalarında belirli miktarda boş kablo bırakılmalıdır. Bir demet içerisindeki birden fazla kablonun eklenmesi gerektiğinde ise ek noktalarının aynı hizada olmaması için ekler demet boyunca farklı konumlara dağıtılmalıdır (Görsel 5.122).



Görsel 5.121: Kablo eki birleştirme manşonu (splice)



Görsel 5.122: Kablo demeti içerisindeki eklerin kademeli yerleştirilmesi

5.6.5.3. Pimler ve Soketler (Kontaklar)

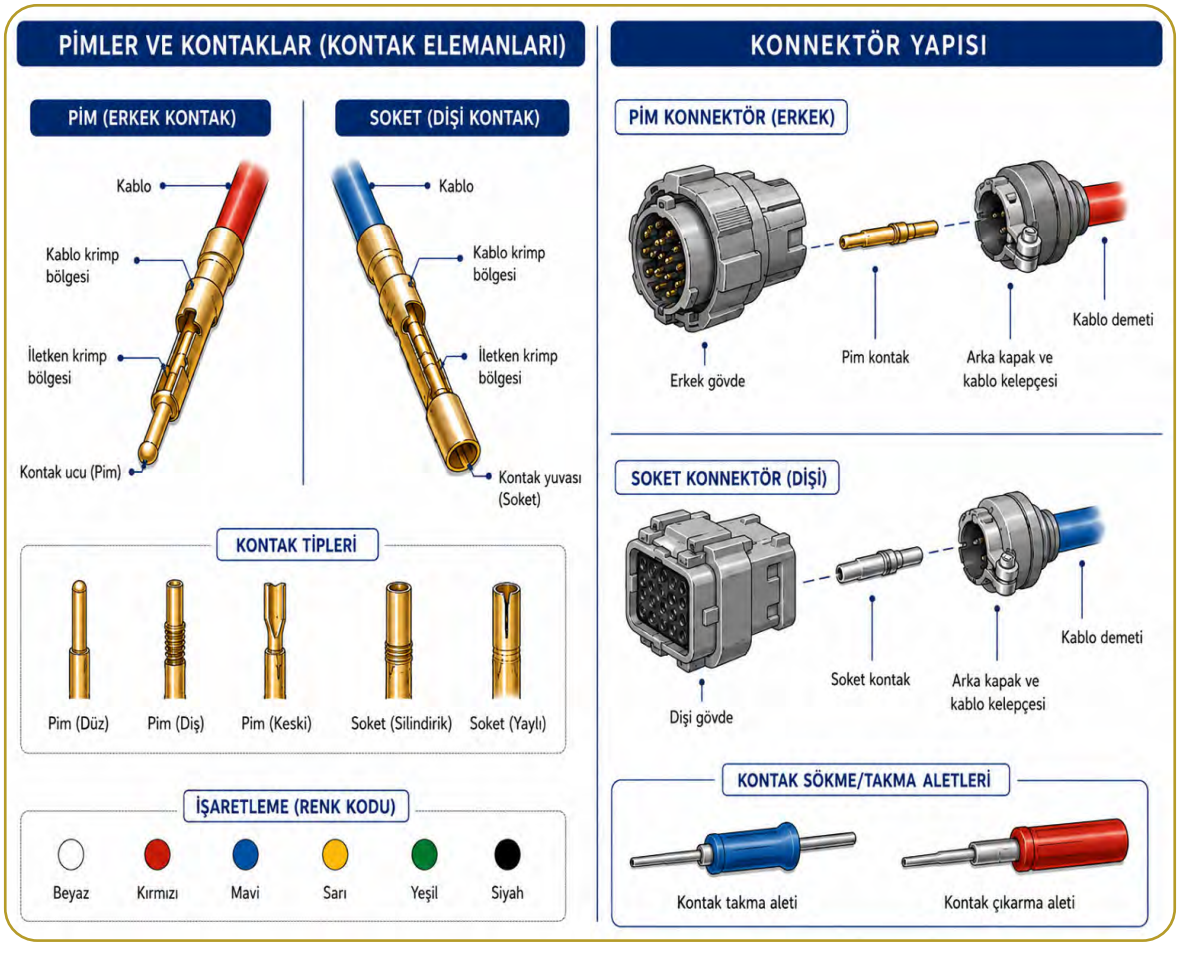
Konnektörlerin temel yapı taşlarını oluşturan pim ve soketler, elektriksel bağlantının güvenli ve kesintisiz şekilde gerçekleştirilmesini sağlayan kontak elemanlarıdır.

a) Pins and Sockets (Contacts)

Bakım işlemlerini kolaylaştırmak amacıyla, kabloların hızlı ve güvenli şekilde ayrılıp yeniden bağlanmasına olanak sağlayan konnektörler kullanılır. Konnektörler genellikle iki ayrı parçadan oluşur: pimler (pins) ve soketler (sockets/receptacles). Bir konnektör içerisindeki her kablo, bir kontak elemanına sonlandırılır. Bu kontak elemanı pim veya soket tipinde olabilir.

b) Pim ve Soket Kontakları

Pimler ve kontaklar lehimli tipte olabilse de günümüzde daha yaygın olarak krimplenmiş (sıkmalı) tipte kullanılmaktadır (Görsel 5.123). Kontaklar, aşağıdaki nedenlerle genellikle konnektör gövdesine takılmadan önce kablolara bağlanır: Kablo boyutu, konnektör gövdesinin kabul edebileceğinden daha büyük olabilir. Kontağın boyutu ve şekli, kablonun içinden geçirilmesine izin vermeyebilir. Kontaklar, özel takma ve çıkarma aletleri kullanılarak sonlandırıldıkları konnektör gövdesine yerleştirilir ve gerektiğinde çıkarılabilir.



Görsel 5.123: Elektriksel kontaklar

NOTLAR

5.6.5.4. Fişler ve Soketler (Plugs and Receptacles)

Bakım amacıyla uçak kablolarının sık sık ayrılıp yeniden bağlanmasının gerektiği durumlarda fişler (plug) ve soketler (receptacle) kullanılır (Görsel 5.124). Fişler ile soketler arasındaki elektriksel bağlantı, kontaklar (pimler ve soketler) aracılığıyla sağlanır. Elektriksel bağlantı, genellikle önceden krimplenmiş kontakların fiş ve soket gövdelerine yerleştirilmesiyle oluşturulur. Bu bağlantı noktalarında aşağıdaki yöntemler kullanılabilir:

- Dişli bağlantı (Threaded coupling)
- Süngü tipi bağlantı (Bayonet coupling)

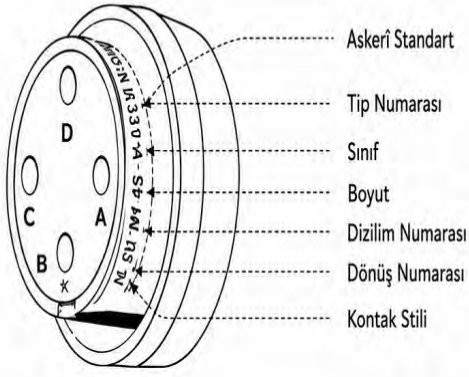
Fişler ile soketlerin doğru şekilde bağlanabilmesi ve kontakların hasar görmesini önlemek amacıyla bazı tasarımlarda kılavuz pimler (guide pins) kullanılır. Kontakların uçlarına bağlanan kablolar, fiş veya soket gövdesine yerleştirilmeden önce ilgili kontaklara krimplenir. Daha sonra pimler ve soketler, özel takma/çıkarma aletleri kullanılarak konnektör gövdesine monte edilir. Askerî standart konnektörlerde ürün numarası; konnektörün tipi, sınıfı, boyutu ve diğer teknik özelliklerini tanımlayan kodlardan oluşur (Görsel 5.125). Kontak üretiminde yaygın olarak kullanılan malzemeler:

- Alüminyum alaşımı (genel kullanım amaçlı)
- Kadmiyum kaplamalı paslanmaz çelik (yüksek sıcaklık uygulamaları için)



Görsel 5.124: Fiş ve soket çeşitleri

ASKERÎ STANDART



SINIF	UYGULAMA	GÖVDE
A	Genel Amaçlı	Katı Alüminyum Alaşım
B	Genel Amaçlı	Katı Alüminyum Alaşım
C	Basınçlandırılmış	Katı Alüminyum Alaşım
D	Çevresel Dayanımlı	Katı Alüminyum Alaşım
K	Yangına ve Aleve Dayanıklı	Katı Çelik

PRİZ (RECEPTACLE)



FİŞ (PLUG)



Görsel 5.125: Ürün numarası

NOTLAR

18. UYGULAMA

Adı:	Nikopres İşlemi Yapma
Amaç:	Nikopres manşon kullanarak çelik kablolarda güvenli ve uygun uç bağlantısı oluşturmak
Süre:	2 ders saati

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 ekipman kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı vb. tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Kullanılacak çelik kabloyu ve uygun nikopres manşonu seçiniz.
- Kabloyu istenilen ölçüde kesiniz.
- Kablo ucunu nikopres manşon içerisinden geçirerek bağlantı halkasını oluşturunuz.
- Manşonun doğru konumda olduğundan emin olunuz.
- Nikopres sıkma pensesini kullanarak manşonu teknik kurallara uygun şekilde sıkınız.
- Bağlantının düzgünlüğünü ve sıkılığını kontrol ediniz.
- Gözle muayene yaparak bağlantıda deformasyon veya uygunsuzluk olup olmadığını inceleyiniz.
- Bağlantı sonucunu kontrol formuna kaydediniz.
- İşlem sonunda çalışma alanını düzenleyiniz.

DEĞERLENDİRME

Çalışmanız öğretmeniniz tarafından ortak derecelendirme formu ile değerlendirilecektir. Karekodu kullanarak ortak derecelendirme formuna ulaşabilirsiniz.

Dijital yayınlarda karekodun üstüne tıklayarak içeriğe ulaşabilirsiniz.

19. UYGULAMA

Adı:	Konnektör Kontaklarının Krimplenmesi ve Montajı
Amaç:	Uçak elektrik tesisatlarında kullanılan konnektör kontaklarının uygun krimp yöntemiyle sonlandırılması ve bunun konnektör gövdesine montajının yapmak
Süre:	1 ders saati

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 ekipman kullanınız.
- Kesici, delici, yanıcı vb. tehlike barındıran makine ve alanlarda dikkatli olunuz.
- Öğretmeninizin gerekli gördüğü diğer iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.

UYGULAMA DETAYLARI

- Uygun AWG boyutunda uçak kablosu hazırlayınız. Kablo ucundaki yalıtımı uygun uzunlukta sıyırınız.
- Pim veya soket kontağını kabloya yerleştiriniz. Krimp pensesi kullanarak kontağı kabloya sonlandırınız.
- Krimplenmiş kontağın sağlamlığını çekme kontrolü ile doğrulayınız.
- Kontağı uygun konnektör gövdesine yerleştiriniz.
- Takma ve çıkarma aparatları kullanarak montaj işlemini tamamlayınız.
- Konnektörün mekanik ve elektriksel bütünlüğünü kontrol ediniz.

DEĞERLENDİRME

Çalışmanız öğretmeniniz tarafından ortak derecelendirme formu ile değerlendirilecektir. Karekodu kullanarak ortak derecelendirme formuna ulaşabilirsiniz.

Dijital yayınlarda karekodun üstüne tıklayarak içeriğe ulaşabilirsiniz.

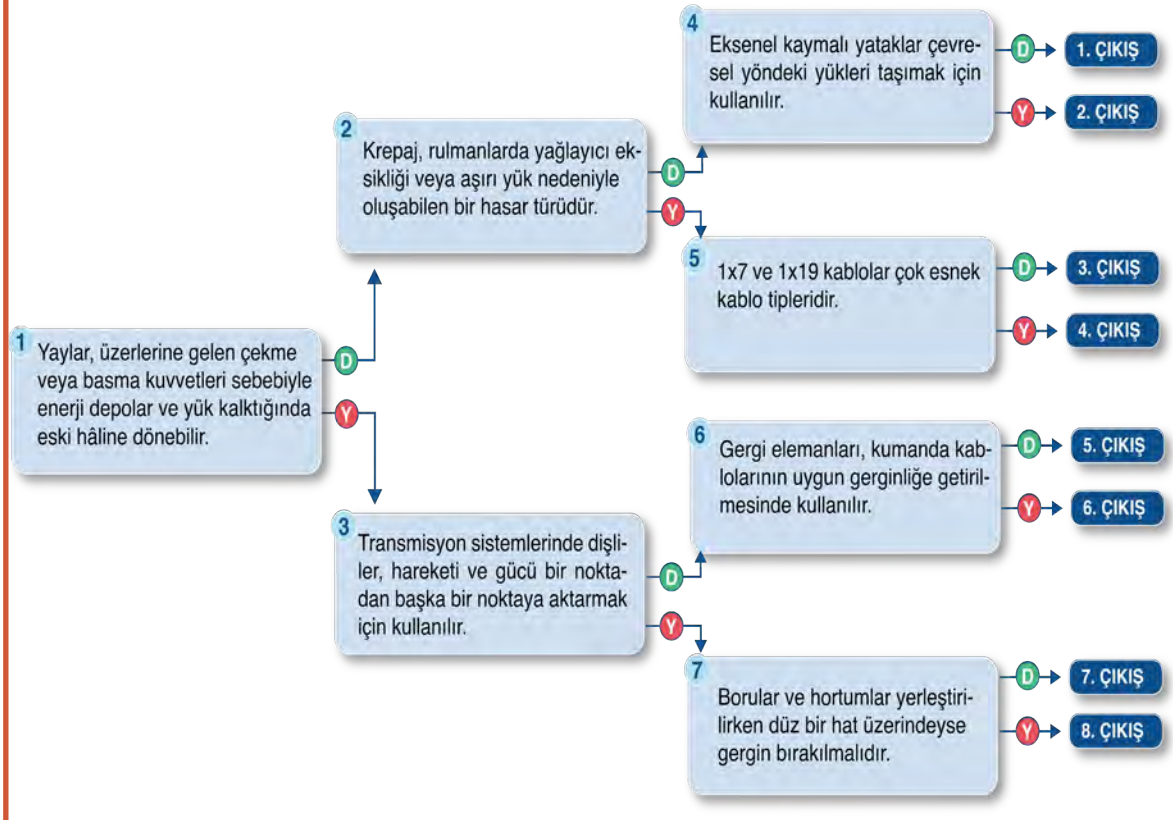
ÖZ DEĞERLENDİRME

Bu uygulamada kendinizi değerlendirmeniz için öz değerlendirme formu hazırlanmıştır. Öz değerlendirme formuna ulaşmak için karekodu okutabilirsiniz.

Dijital yayınlarda karekodun üstüne tıklayarak içeriğe ulaşabilirsiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A) Aşağıda (D) / (Y) önermeleri içeren tanılayıcı dallanmış ağaç verilmiştir. Verilen önermenin doğru olduğunu düşünüyorsanız (D), yanlış olduğunu düşünüyorsanız (Y) seçeneğini işaretlemeniz gerekmektedir. İlk önermeden başlayarak yapacağınız seçimlerle ve oklar yönünde ilerleyerek çıkış noktasını bulunuz.



B) Aşağıdaki soruların doğru cevabını işaretleyiniz.

1. Bir öğrenci, uçakta kullanılan farklı yayların çalışma durumlarını inceler. Bir yay basma kuvvetiyle sıkışmakta, bir yay çekme kuvvetiyle uzamakta, bir yay ise burulma etkisiyle dönme hareketine karşı direnç göstermektedir. Öğrenci listesinde "kurulma" ifadesini de kuvvet türü olarak yazmıştır. Buna göre öğrencinin listesinde yer alan hangi ifade yaylara etki eden temel kuvvetlerden biri değildir?

A) Basma B) Burulma C) Çekme D) Kesme E) Kurulma

2. Aşağıdakilerden hangisi yay çeşidi değildir?

A) Disk B) Helisel C) Kavrama D) Spiral E) Yaprak

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

3. Bir öğrenci, bakım yapılan bir mekanizmada kullanılan yataklama elemanlarını inceler. Bilyeli, iğne tipi, kaymalı ve silindirik makaralı elemanların yataklama amacıyla kullanıldığını belirler. Aşağıdakilerden hangisi bir rulman çeşidi değildir?

A) Bilyeli

B) Fırça makaralı

C) İğne tipi

D) Kaymalı

E) Silindirik makaralı

4. Bir bakım personeli, yatak üzerinden elektrik akımı geçtiğini tespit eder. İnceleme sonucunda yatak yüzeyinde akım geçişine bağlı noktasal izler, yüzey bozulmaları ve korozyon belirtileri görülür. Bu durumda oluşan kusur aşağıdakilerden hangisidir?

A) Aşınma

B) Çukurcuklanma

C) Elektriksel korozyon

D) Krepaj

E) Pullanma

5. Bir öğrenci, dişli çark üzerinde bölüm dairesini inceler. Bölüm dairesi üzerinde bir dişin başladığı noktadan sonraki dişin başladığı noktaya kadar olan yay uzunluğunu ölçer. Bu ölçü aşağıdakilerden hangisidir?

A) Adım B) Diş kalınlığı C) Diş sayısı D) Diş üstü dairesi E) Modül

6. Bir teknisyen, bir makinede güç aktarımı için kayış seçimi yapacaktır. Seçilecek kayışın düşük maliyetli, esnek yapılı, aşınmaya dayanıklı ve güvenilir olması beklenmektedir. Ancak kayışlarda sürtünme katsayısının düşük olması istenen bir durum değildir çünkü güç aktarımı için yeterli sürtünme gereklidir. Buna göre aşağıdakilerden hangisi kayıştan istenen özelliklerden biri 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. Bir uçak bakım uygulamasında boru ucuna bağlantı yapılacaktır. Sızdırmazlığı ve bağlantı güvenliğini artırmak amacıyla borunun ucuna konik biçim verilir. Boruların ucuna açılan bu konik form aşağıdakilerden hangisidir?

A) Çabuk ayrılan eleman B) Havşa C) Kelepçe D) Manşon E) Sleeve

8. Bir bakım dokümanında kumanda kablosunun yapısı "7x7" olarak belirtilmiştir. Öğrenci, bu ifadenin kablodaki demet ve tel sayısını gösterdiğini öğrenir. Buna göre 7x7 ifadesi aşağıdakilerden hangisini belirtir?

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. Bir uçakta kumanda kablolarının gövde içinde belirlenen hat üzerinden güvenli şekilde ilerlemesi gerekmektedir. Kablonun sürtünmeden, takılmadan ve yanlış yönde ilerlemeden çalışması için güzergâhı yönlendiren elemanlar kullanılır. Bu görevi yapan eleman aşağıdakilerden hangisidir?

A) Basınç contası

B) Kadran

C) Kablo kılavuzları

D) Kablo korumaları

E) Makara

10. Bir kumanda kablosunda zamanla form bozukluğu oluşmuş ve kablo gerginliği istenen değerin dışına çıkmıştır. Sistemin güvenli çalışması için kablo gerginliği uygun yönde yeniden ayarlanmalıdır. Bu işlemde kullanılan eleman aşağıdakilerden hangisidir?

A) Gergi elemanları

B) Nikopres bağlantısı

C) Kablo gerilimi dengeleme düzenekleri

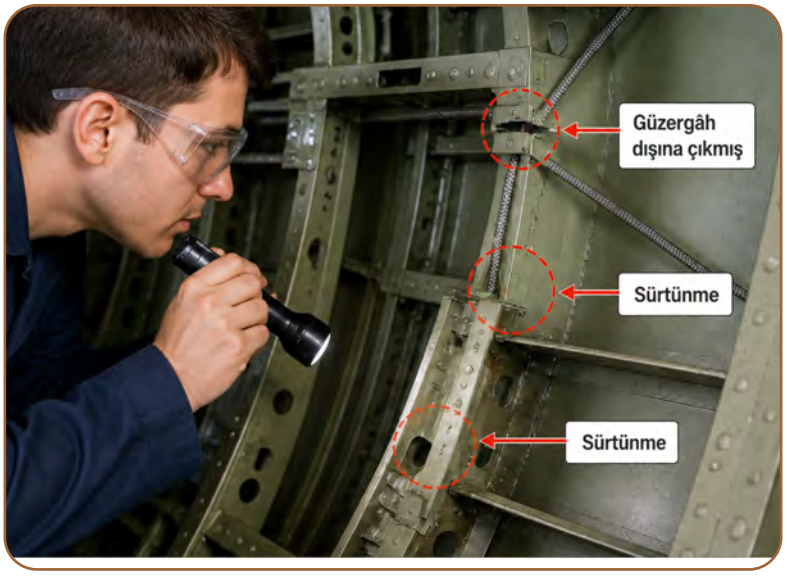
D) Uç bağlantı parçaları

E) İt-çek sistemleri

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

C) Aşağıdaki soruları, verilen senaryo ve görsellere göre cevaplandırınız.

1. Bir uçak bakım öğrencisi, kumanda kablosunun güzergâh dışına çıktığını ve bazı noktalarda sürtünmeye maruz kaldığını gözlemlemiştir.



Bu durum hangi elemanın eksik, hatalı veya uygunsuz kullanıldığını gösterir? Açıklayınız.

.....

.....

2. Bir rulman yatağında elektrik akımına bağlı yüzey bozulmaları görülmüştür.



Bu arıza türünü yazınız ve nedenini kısaca açıklayınız.

.....

.....

KAYNAKÇA

- 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 Matbaası.
- 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.
- MEB, Meslekî ve Teknik Eğitim Genel Müdürlüğü, Uçak Bakım Alanı Çerçeve Öğretim Programı, Ankara, 2026.
- 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: Millî Eğitim Basım Evi.
- Timings, R. L. (1995). *Malzeme Teknolojisi-Seviye 3.* Longman Yayınevi.
- Türk Dil Kurumu. (2019). *Yazım Kılavuzu.* Ankara: Türk Dil Kurumu Yayınları.
- Türk Dil Kurumu. (2011). *Türkçe Sözlük.* Ankara: Türk Dil Kurumu Yayınları.

Bu kaynakça APA 7.0 standardına göre yazılmıştır.

CEVAP ANAHTARI

Cevap anahtarlarına bu karekodu okutarak ulaşabilirsiniz.

Dijital dokümanlarda karekodun üzerine tıklayarak içeriğe ulaşabilirsiniz.



GÖRSEL KAYNAKÇA

Kitabın görsel kaynakçasına bu karekodu okutarak ulaşabilirsiniz.

Dijital dokümanlarda karekodun üzerine tıklayarak içeriğe ulaşabilirsiniz.




TÜRK DÜNYASI HARİTASI
Bağımsız Türk Devletleri
Türk Cumhuriyetleri, Türk Bölgeleri
Türk Toplulukları
0 250 500 1,000 1,500 2,000 Km
TÜRK CUMHURİYETLERİ, TÜRK BÖLGELERİ
1 GAGAVUZ YERİ
2 KARAÇAY-ÇERKESYA
3 KABARDİN-BALKARYA C.
4 DAĞISTAN C.
5 ÇUVAŞİSTAN C.
6 TATARİSTAN C.
7 BAŞKURT C.
8 KARAKALPAKİSTAN C.
9 ALTAY C.
10 HAKASYA C.
TÜRK TOPLULUKLARI
a Avrupa'daki Türkler
b Kosova Türkleri
c Yunanistan Türkleri
ç Bulgaristan Türkleri
d Romanya Türkleri
e Suriye Türkmenleri
f Irak Türkmenleri
g İran Türkleri
h Afganistan Türkmenleri
ı Pakistan Türkmenleri
i Hindistan Türkmenleri
j Çin H. C. Türkleri
k Moğolistan Türkleri
l Rusya Federasyonu Türkleri
ÜLKE KISALTMALARI
ARNAVUTLUK ARN
BELÇİKA BEL
BOSNA - HERSEK BH
GÜNEY KIBRIS RUM YÖNETİMİ GKRY
HIRVATİSTAN HRV
İSVİÇRE İS
KARADAĞ KD
KOSOVA KS
KUZEY KIBRIS TÜRK CUMHURİYETİ KKTC
KUZEY MAKEDONYA KMKD
LİHTENŞTAYN LİH
SIRBİSTAN SR
RUSYA FEDERASYONU
TÜRKİYE
KAZAKİSTAN
TÜRKMENİSTAN
ÖZBEKİSTAN
KIRGIZİSTAN
TACİKİSTAN
AZERBAYCAN
GÜRCİSTAN
ERMENİSTAN
İRAN
AFGANİSTAN
PAKİSTAN
HİNDİSTAN
ÇİN HALK CUMHURİYETİ
MOĞOLİSTAN
SİNCAN UYGUR ÖZERK BÖLGESİ
TUVA C.
SAHA (YAKUT) C.
SURİYE
IRAK
SUUDİ ARABİSTAN
YEMEN
UMMAN
BİRLEŞİK ARAP EMİRLİKLERİ
KATAR
KUVEYT
BANGLADEŞ
Barents Denizi
Kara Denizi
Norveç Denizi
Ohotsk Denizi
Bering Denizi
Akdeniz
Karadeniz
Hazar Denizi
Umman Denizi
Yemen Denizi
Kızıldeniz
Ankara
Moskova
Astana
Bişkek
Taşkent
Aşkabat
Tahran
Kabil
İslamabad
Yeni Delhi
Pekin
Ulanbator
Riyad
Muskat
Dakka


TÜRKİYE'NİN MÜLKİ İDARE BÖLÜMLERİ İLE KARA VE DENİZ KOMŞULARI HARİTASI
BAŞKENT
Ankara
İL MERKEZİ
Elazığ
GÖL
ÜLKE SINIRI
ÖZERK BÖLGE SINIRI
AKARSU
0 50 100 200 300 400 Km
KARADENİZ
AKDENİZ
EGE DENİZİ
MARMARA DENİZİ
HAZAR DENİZİ
ROMANYA
UKRAYNA
RUSYA FEDERASYONU
BULGARİSTAN
YUNANİSTAN
GÜRCİSTAN
ERMENİSTAN
AZERBAYCAN
NAHÇIVAN Ö.C. (AZERBAYCAN)
İRAN
IRAK
SURİYE
LİBYA
MISIR
İSRAİL
LÜBNAN
FİLİSTİN
Batı Şeria
Doğu Kudüs
Gazze Şeridi
KUZEY KIBRIS TÜRK CUMHURİYETİ
GÜNEY KIBRIS RUM YÖNETİMİ
Lefkoşa
Erenköy
Bükreş
Sofya
Atina
Beyrut
Şam
Bağdat
Tel Aviv
Tiflis
Erivan
Sinop
Samsun
Ordu
Giresun
Trabzon
Rize
Artvin
Ardahan
Kars
Iğdır
Ağrı
Erzurum
Erzincan
Sivas
Tunceli
Bingöl
Muş
Bitlis
Van
Elazığ
Malatya
Diyarbakır
Batman
Siirt
Şırnak
Hakkâri
Mardin
Şanlıurfa
Gaziantep
Adıyaman
Kahramanmaraş
Osmaniye
Adana
Kilis
Hatay
Mersin
Antalya
Isparta
Burdur
Denizli
Muğla
Aydın
Manisa
İzmir
Uşak
Afyonkarahisar
Kütahya
Eskişehir
Balıkesir
Çanakkale
Gökçeada
Bursa
Yalova
İstanbul
Tekirdağ
Edirne
Kırklareli
Bilecik
Kocaeli
Sakarya
Düzce
Bolu
Zonguldak
Bartın
Karabük
Kastamonu
Çankırı
Çorum
Amasya
Tokat
Yozgat
Kırıkkale
Ankara
Kırşehir
Nevşehir
Aksaray
Niğde
Konya
Karaman
Kayseri
Gümüşhane
Bayburt
Tuz Gölü
Van Gölü
Urumiye Gölü
Kızılırmak N.
Yeşilırmak N.
Çoruh N.
Kura N.
Aras N.
Fırat N.
Dicle N.
Seyhan N.
Ceyhan N.
Sakarya N.
Meriç N.
Tuna N.
Büyük Menderes N.
Küçük Menderes N.
Gediz N.
Göksu N.
Asi N.
Süveyş K.
Nil N.