

**T.C.
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI**

UÇAK BAKIM

**UÇAKLARDA TAHRİBATSIZ MUAYENE
525MT0004**

Ankara, 2012

- Bu modül, mesleki ve teknik eğitim okul/kurumlarında uygulanan Çerçeve Öğretim Programlarında yer alan yeterlikleri kazandırmaya yönelik olarak öğrencilere rehberlik etmek amacıyla hazırlanmış bireysel öğrenme materyalidir.
- Millî Eğitim Bakanlığınca ücretsiz olarak verilmiştir.
- PARA İLE SATILMAZ.

İÇİNDEKİLER

AÇIKLAMALAR	IV
GİRİŞ	1
ÖĞRENME FAALİYETİ-1	3
1. TAHRİBATSIZ MUAYENE.....	3
1.1. Tahribatsız Muayene Nedir?	3
1.2. Tahribatsız Muayene Neden Önemlidir?	4
1.3. Malzeme Kusurları.....	5
1.4. Tahribatsız Muayenede Kullanılan Yöntemler ve Uygulama Alanları	5
UYGULAMA FAALİYETİ.....	8
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME.....	9
ÖĞRENME FAALİYETİ-2	10
2. PENETRANT (SIVI GİRİNİM) KONTROLÜ	10
2.1. Tarihçesi.....	11
2.2. Penetrant (Sıvı Girinim) Kontrolü Sınıflandırılması.....	11
2.2.1. Penetrant Tipleri.....	11
2.2.2. Penetrant Hassasiyeti	12
2.2.3. Penetrant Metotları.....	12
2.2.4. Developer (Geliştirici) Uygulama Şekli.....	13
2.3. Penetrant Kontrolünün Uygulanabileceği Malzemeler	13
2.4. Penetrant (Sıvı Girinim) Uygulaması.....	13
2.4.1. Malzeme Yüzeyinin Temizlenmesi.....	13
2.4.2. Penetrant Uygulanması ve Bekleme Zamanı	14
2.4.3. Emülsiferin Uygulanması ve Bekleme Zamanı	14
2.4.4. Malzeme Yüzeyindeki Fazla Penetrantın Temizlenmesi	15
2.4.5. Developer (Geliştirici) Uygulaması	16
2.4.6. Kurutma İşlemi	16
2.4.7. Değerlendirme ve Son Temizlik	16
2.5. Penetrant Kontrolünün Avantajları ve Dezavantajları	17
2.5.1. Avantajları.....	17
2.5.2. Dezavantajları	18
UYGULAMA FAALİYETİ.....	19
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME.....	21
ÖĞRENME FAALİYETİ-3	22
3. MANYETİK PARÇACIK KONTROLÜ.....	22
3.1. Tarihçe.....	23
3.2. Manyetik Parçacık Kontrolünün Prensipleri	23
3.3. Manyetik Parçacık Kontrolünün Uygulanabileceği Malzemeler	25
3.4. Manyetik Parçacık Kontrolünün Uygulanması	25
3.4.1. Manyetizasyon Teknikleri.....	25
3.5. Kontrol Aşaması.....	29
3.6. Demanyetizasyon (Mıknatıslığını Giderme) İşlemi ve Son Temizlik.....	30
3.7. Manyetik Parçacık Kontrolünün Avantajları ve Dezavantajları	32
3.7.1. Avantajları.....	32

3.7.2. Dezavantajları	32
UYGULAMA FAALİYETİ.....	33
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME.....	35
ÖĞRENME FAALİYETİ-4	36
4. EDDY CURRENT (GİRDAP AKIMLARI) KONTROLÜ	36
4.1. Tarihçe.....	37
4.2. Eddy Current (Girdap Akımları) Kontrolünün Prensibi.....	38
4.3. Eddy Current (Girdap Akımları) Kontrolünün Uygulanabileceği Malzemeler.....	39
4.4. Eddy Current (Girdap Akımları) Test Sistemi ve Elemanları	39
4.5. Eddy Current Akımını Etkileyen Malzeme Özellikleri.....	40
4.5.1. Elektriksel İletkenlik	40
4.5.2. Manyetik Geçirgenlik (Permeabilite).....	41
4.5.3. Geometri.....	41
4.5.4. Süreksizlikler	43
4.6. Nüfuziyet Derinliği	43
4.7. Test Şartlarını Etkileyen Faktörler	44
4.7.1. Test Frekansı	44
4.7.2. Manyetik Temas.....	45
4.7.3. Test Bobinin Akımı	45
4.7.4. Sıcaklık.....	45
4.8. Test Probenin Seçimi	45
4.9. Eddy Current Kontrolünün Avantajları ve DezAvantajları.....	46
4.9.1. Avantajları.....	46
4.9.2. Dezavantajları	46
UYGULAMA FAALİYETİ.....	47
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME.....	49
ÖĞRENME FAALİYETİ-5	50
5. ULTRASONİK KONTROLÜ	50
5.1. Tarihçe.....	50
5.2. Ultrasonik Kontrolü Çalışma Prensibi	51
5.3. Ultrasonik Kontrolün Uygulanabileceği Malzemeler	52
5.4. Ultrasonik Test Teknikleri	52
5.4.1. Puls-Echo (Darbe-Yankı) Yöntemi.....	52
5.4.2. Transmisyon Yöntemi.....	56
5.4.3. Rezonans Yöntemi	56
5.4.4. Kontaklama (Temas) Yöntemi.....	57
5.4.5. Otomatik Sistemlerde ve Üretim Alanında Test	57
5.5. Ultrasonik Kontrolün Tarama Şekline Göre Sınıflandırılması.....	58
5.5.1. A-Tarama (A-Ekranı A-Scan).....	58
5.5.2. B-Tarama (B- Ekranı, B- Scan)	58
5.5.3. C- Tarama (C- Ekranı, C- Scan)	59
5.6. Ultrasonik Testinin Avantajları ve DezAvantajları.....	59
5.6.1. Avantajları.....	59
5.6.2. Dezavantajları	59
UYGULAMA FAALİYETİ.....	60
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME.....	62
ÖĞRENME FAALİYETİ-6	63

6. RADYOGRAFİK KONTROL.....	63
6.1. Tarihçe.....	64
6.2. Radyografik Kaynakların Seçimi	64
6.2.1. X-Işınları ile Kontrol.....	65
6.2.2. Gama Işınları.....	67
6.3. Radyografi Filminin Kalitesi.....	68
6.4. Radyoaktif Kaynakların Aktivitesi.....	69
6.5. Radyasyonun Ölçülmesi.....	69
6.6. Kişisel Doz İzlenmesi ve Değerlendirilmesi	71
6.7. Radyasyon Korunması	71
6.8. Radyografik Kontrolün Avantajları ve Dezavantajları	73
6.8.1. Avantajları.....	73
6.8.2. Dezavantajları	73
UYGULAMA FAALİYETİ.....	74
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME.....	76
MODÜL DEĞERLENDİRME	77
CEVAP ANAHTARLARI	78
KAYNAKÇA	81

AÇIKLAMALAR

KOD	525MT0004
ALAN	Uçak Bakım
DAL/MESLEK	Ortak Alan
MODÜLÜN ADI	Uçaklarda Tahribatsız Muayene
MODÜLÜN TANIMI	Uçak parçalarına uygulanan tahribatsız muayene ile ilgili temel bilgilerin verildiği bir öğrenme materyalidir.
SÜRE	40/32
ÖN KOŞUL	Kompozit Malzeme modülünü başarmış olmak
YETERLİK	Uçak parçaları üzerinde tahribatsız muayene yapmak
MODÜLÜN AMACI	<p>Genel Amaç Gerekli atölye ortamı ile tahribatsız muayene kontrol aletleri ve donanımları sağlandığında işletme prosedürlerinde belirtildiği şekilde tahribatsız muayene kontrollerini güvenli, hatasız, amaca ve tekniğine uygun yapabileceksiniz.</p> <p>Amaçlar</p> <ol style="list-style-type: none">1. Tahribatsız muayene tanımlarını tekniğine uygun kavrayabileceksiniz.2. Uçak parçalarında süreksizlikleri işletme prosedürlerinde belirtildiği şekilde penetrant kontrolü ile hatasız olarak tespit edebileceksiniz.3. Uçak parçalarında süreksizlikleri işletme prosedürlerinde belirtildiği şekilde manyetik parçacık ile hatasız olarak tespit edebileceksiniz.4. Uçak parçalarında süreksizlikleri işletme prosedürlerinde belirtildiği şekilde “Eddy Current” yöntemi ile hatasız olarak tespit edebileceksiniz.5. Uçak parçalarında süreksizlikleri işletme prosedürlerinde belirtildiği şekilde ultrasonik kontrol ile hatasız olarak tespit edebileceksiniz.6. Uçak parçalarında süreksizlikleri işletme prosedürlerinde belirtildiği şekilde radyografik kontrol ile hatasız olarak tespit edebileceksiniz.
EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI	<p>Ortam: Sınıf, işletme, kütüphane, tahribatsız muayene laboratuvarı gibi bireysel veya grupta çalışabileceğiniz tüm ortamlar</p> <p>Donanım: Penetrant muayene karanlık kontrol kabini, yoke cihazı, EDDY-CURRENT test sistemi ve problemleri, ultrasonik test cihazı ve problemleri, radyografik X ışınları ile film çeken endüstriyel röntgen ve isovolt cihazları, film çekme ve banyo tekniğine ait tüm aksesuarlar, iş güvenliği ile ilgili donanımlar</p>

**ÖLÇME VE
DEĞERLENDİRME**

Modül içinde yer alan her öğrenme faaliyetinden sonra verilen ölçme araçları ile kendinizi değerlendireceksiniz. Öğretmen modül sonunda ölçme aracı (çoktan seçmeli test, doğru-yanlış testi, boşluk doldurma, eşleştirme vb.) kullanarak modül uygulamaları ile kazandığınız bilgi ve becerileri ölçerek sizi değerlendirecektir.

GİRİŞ

Sevgili Öğrenci,

Tahribatsız muayene yöntemleri, herhangi bir uçak parçasının yapısı, boyutu, imalat ve yapım hataları hakkında bilgi edinmek amacıyla yapının fiziksel ve çalışma özelliklerine zarar verecek herhangi bir hasar oluşturmadan uygulanan muayenelerdir.

Tahribatsız muayeneler endüstride büyük çapta uygulanan seri üretimin vazgeçilmez bir parçasıdır. Bu muayene yöntemlerinin kullanılmaması hâlinde üretimde yapılan hataların farkına varılamaması, üretimde hurdaya çıkabilecek kadar kusurlu ürünler elde etmekle sonuçlanmasına neden olabilir. Bu olgu, doğal olarak üretim harcamalarının artması ile sonuçlanır. Ayrıca ürünlerin kalitesinde her birim için oluşabilecek değişiklikler sonucunda, tüketime belli bir kaliteye sahip ürün sağlanamaz ve ürünlerin kalitesine olan güvence sarsılır. Böyle bir muayene yapılmazsa emniyet faktörleri düşer, kazalar artar, insan hayatı tehlikeye girer.

Tahribatsız muayene yöntemleri, son yıllarda yurdumuzdaki çeşitli endüstriyel atılımların bünyesindeki muayene ve kontrol programlarında gittikçe artan bir biçimde kullanılmakta ve çeşitli muayene problemlerine çözüm getirmektedir. Uçak bakım alanının da tahribatsız muayene yöntemleri Türk Hava Yolları, Hava İkmal Bakım Merkezleri gibi bakım atölyelerinde yapılmaktadır. Ayrıca KOSGEB (Küçük ve Orta Ölçekli Sanayi Geliştirme ve Destekleme İdaresi Başkanlığı) laboratuvarlarında da tahribatsız muayene kontrolleri yapılmaktadır.

Bu modülde uçak bakım alanında yaygın olarak kullanılan tahribatsız muayene yöntemlerinden penetrant (sıvı girinim), manyetik parçacık kontrolü, Eddy Current (girdap akımları) kontrolü, ultrasonik, radyografi kontrolleri hakkında bilgi verilerek avantaj ve dezavantajlarından bahsedilmiştir.

ÖĞRENME FAALİYETİ-1

AMAÇ

Gerekli ortam sağlandığında tahribatsız muayene tanımlarını tekniğine uygun olarak kavrayabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Uçakta kullanılan malzemeleri araştırınız.
- Tahribatlı muayene yöntemlerini araştırınız.
- Çevrenizde tahribatsız muayene yapan işletme veya kurumlar varsa buralarda yapılan uygulamaları araştırınız.
- Tahribatsız muayene NDT, NDI veya NDE gibi isimleri neden almıştır araştırınız.
- Araştırma işlemleri için internet ortamından ve tahribatsız muayene yapan işletme veya kurumlardan bilgi alabilirsiniz. Tahribatsız muayene yapan işletme veya kurumlardaki teknisyenlerden ön bilgi edininiz.

1. TAHRİBATSIZ MUAYENE

1.1. Tahribatsız Muayene Nedir?

Malzeme üzerindeki kusurları ve boyutları o malzemeye zarar vermeden kontrol edilmesidir.

Tahribatsız muayene yöntemlerinin aksine, muayene uygulanan malzeme veya ürünlerin tekrar kullanılması olanaklarını ortadan kaldıran veya kısmen yok eden tekniklere tahribatlı muayene teknikleri adı verilir. Bu teknikler; çekme, basma, burulma, eğme, yorulma, sürünme ve korozyon gibi parçayı tahrip ettikten sonra sonuç veren tekniklerdir. Yani bu teknikler malzemelere hasar verilerek yapılır.

Kullanılacak bütün malzeme ve parçaların tahribatlı olarak denenmesi düşünülemeyeceğine göre bunların bütünü temsil eden yalnız bir veya birkaç tanesi üzerinde yapılan muayenelerden elde edilen sonuçların, bütün geri kalanlar için de aynı olduğunu kabul etmek her zaman mümkün olmaz. Tahribatlı tekniklere dayandırılmış birçok muayene programında sonuçlarda önemli ölçülerde belirsizlik gözlenmiştir.



Resim 1.1: Tahribatsız muayene yapan teknisyen

1.2. Tahribatsız Muayene Neden Önemlidir?

Tahribatsız oluşu ve tahribatlı yöntemlere göre daha hızlı olması hemen hemen her alanda yaygın olarak kullanılmalarını sağlamıştır. Tahribatsız muayene uygulamaları üretim anında sistemler durdurulmadan da yapılabilir ve çoğu uygulamada sonuçlar test esnasında alınmasından dolayı tercih nedeni olmuştur. Parçalar tahrip edilmediği için hurdaya ayrılma durumu yoktur. Aynı parçaya farklı testler uygulanabilir. Parça dağıtılmadan kontrol edilebilir. Test cihazları taşınabilir olup taşınamayan parçaların kontrolü yapılabilir.

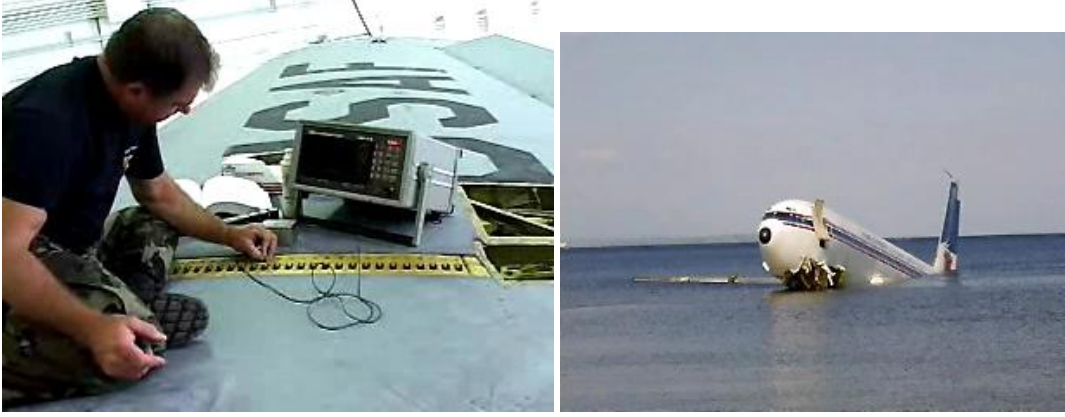


Resim 1.2: Çeşitli tahribatsız muayene uygulamaları

Günümüz teknolojisinde tahribatsız muayene amaçlar aynı olsa da NDT (Non-Destructive Testing), NDE (Non-Destructive Evaluation) ve NDI (Non-Destructive Inspection) gibi isimler almaktadır.

Tahribatsız muayene özellikle uçak bakım alanında hem sivil hem de askeri hava taşıtlarının bakım ve servis sürelerinin azalması açısından oldukça önemlidir. Parçaların boyutları ve geometrik şekilleri nasıl olursa olsun tahribatsız muayene ile kontrol edilebilmektedir.

Gerek uçak yapısı gerekse uçak parçalarının ömrünün uzaması sağlanmış olur. Ayrıca doğru ve güvenilir kontrollerin sonucunda uçak kazaları da en aza indirilir.



Resim 1.3: Tahribatsız muayene uçağın üzerindeki uygulaması ve uçak kazası

1.3. Malzeme Kusurları

Malzemeler üretimleri esnasında çeşitli problemler nedeni ile istemeyen kusurlara sahip olabilir. Bunlar malzemenin görevini yaparken problemlere neden olur. İki çeşit kusur vardır. Bunlar:

- **Hatalar:** Bir süreksizlik belirtisi tolerans ve malzeme şartnamelerine göre "Kabul edilemez." olarak adlandırılıyorsa buna hata denir.
- **Süreksizlik:** Çalışma şartlarında parçanın performansını etkilemiyorsa "Kabul edilebilir." olarak değerlendiriliyorsa buna süreksizlik denir.

1.4. Tahribatsız Muayenede Kullanılan Yöntemler ve Uygulama Alanları

Bütün tahribatsız test yöntemleri iki esas fonksiyonla tanımlanır. Bunlardan biri nüfuziyet, diğeri de algılama fonksiyonudur. Nüfuziyet fonksiyonu, nüfuz edici elemanın test malzemesi içerisine girici ve fiziksel süreksizlikleri algılama elemanına aktarılmasıdır.

Algılama elemanı ise nüfuz edici elemanından aldığı bilgileri test operatörünün algılayacağı bilgiler hâline getirir. Örneğin; radyografide malzemeye nüfuz edici eleman radyasyon, algılayıcı elemanda radyografik filmidir. Film üzerindeki bilgiler kimyasal işlemlerden sonra gözle algılanır belirtiler hâline gelir. Tahribatsız muayene yöntemlerini açıklamadan önce süreksizliklerin malzeme içindeki konumlarını incelersek tahribatsız muayene yöntemlerini daha iyi sınıflandırabiliriz. Malzemedeki süreksizlikler 3 şekilde olabilir. Bunlar:

- Yüzeydeki süreksizlikler: Yüzeyle bağlantısı olan veya yüzeyle açık olan süreksizliklerdir.



Şekil 1.1: Yüzeğe açık süreksizlik

- Yüzeğin altında veya yüzeğe yakın: Yüzeğe yakın süreksizlikleri kapsar.



Şekil 1.2: Yüzeğe yakın süreksizlik

- Malzeme içindeki: Her iki yüzeğden uzak olan süreksizlikler.



Şekil 1.3: Malzeme içindeki süreksizlik

Malzemedeki süreksizliklerin konumu 3 şekilde ele aldığımızı göre bunların nasıl kontrol edileceğini de tahribatsız muayene yöntemlerini genel olarak iki ana bölüme ayırarak mümkündür.

- Yüzeğ yöntemleri; malzemelerin yüzeğinde ve yüzeğ altında, yüzeğe yakın bulunan süreksizlik/ hataların tespitinde uygulanır ve aşağıdaki yöntemleri kapsar.



Resim 1.4: Yüzeğ yöntemleri penetrant (sıvı girinim), manyetik parçacık, eddy current (girdap akımları) kontrolü

- Hacimsel yöntemler; malzemedeki test bölgesinin tamamına nüfuz etmek suretiyle hataların algılanmasını sağlar ve aşağıdaki yöntemleri kapsar.



Resim 1.5: Hacimsel yöntemler (Radyografi ve ultrasonik kontrol)

Süreksizliklerin tiplerini, boyutlarını ve konumlarını belirlemek için her yöntem farklı tekniklerle uygulanabilir. Ayrıca birleşik yöntem adı verilen akustik (ses dalgalarıyla) ve termografik (sıcaklıkla) yöntemlerle de tahribatsız muayeneler yapılmaktadır.

UYGULAMA FAALİYETİ

Malzeme yüzeyindeki süreksizliklerin kontrolünü yapınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none">➤ Kontrolü yapılacak malzemenin yüzeyini temizleyiniz.➤ Yüzeydeki süreksizlikleri kontrol ediniz.➤ Yüzey altında veya yüzeye yakın süreksizlikleri kontrol ediniz.➤ Malzeme içindeki süreksizlikleri kontrol ediniz.	<ul style="list-style-type: none">➤ Kimyasal maddelere karşı ellerinizi, yüzünüzü ve gözlerinizi koruyunuz.➤ Eldiven ve iş giysisi kullanmayı unutmayınız.➤ Yüzeye bağlantısı olan veya yüzeye açık olan süreksizliklerdir.➤ Yüzeye yakın süreksizlikleri kapsar.➤ Her iki yüzeyden uzak olan süreksizlikler.➤ Yüzey yöntemleri; malzemelerin yüzeyinde ve yüzey altında, yüzeye yakın bulunan süreksizlik/hataların tespitinde uygulanır ve aşağıdaki yöntemleri kapsar.➤ Hacimsel yöntemler; malzemede test bölgesinin tamamına nüfuz etmek suretiyle hataların algılanmasını sağlar ve aşağıdaki yöntemleri kapsar.➤ Kontrol edilecek bölgeyi gözle ve büyüteç ile inceleyerek çatlak yerlerin tespitini yapınız ve rapor ediniz.➤ Son temizliği yaptıktan sonra sonuçları arkadaşlarınızla ve öğretmeninizle tartışınız.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki cümlelerin başında boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise D, yanlış ise Y yazınız.

1. () Malzeme üzerindeki kusurları ve boyutları o malzemeye zarar vermeden kontrol edilmesine tahribatsız muayene denir.
2. () Tahribatlı muayene teknikleri ile malzeme tekrar kullanılabilir.
3. () Tahribatsız muayene uygulamalarında test malzemesi sadece bir kere kullanılır.
4. () NDI ile NDT'nin amaçları ve işlemleri aynıdır.
5. () Tahribatsız muayene uygulamalarında test aletleri taşınamaz sabittir.
6. () Tahribatsız muayene uygulamalarında parçanın geometrik şekli çok önemlidir.
7. () Bir süreksizlik belirtisi tolerans ve malzeme şartnamelerine göre "Kabul edilemez." olarak adlandırılıyorsa buna hata denir.
8. () Bütün tahribatsız test yöntemleri iki esas fonksiyonu nüfuziyet ve algılamadır.
9. () Yüzey yöntemleri; malzeme de test bölgesinin tamamına nüfuz etmek suretiyle hataların algılanmasını sağlar.
10. () Manyetik parçacık kontrolü yüzey yöntemlerindedir.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-2

AMAÇ

Gerekli ortam sağlandığında uçak parçalarında süreksizlikleri işletme prosedürlerinde belirtildiği şekilde sıvı girinim (penetrant) kontrolü ile hatasız olarak tespit edebileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Sıvı girinim (penetrant) kontrolünün ülkemizdeki durumunu araştırınız.
- Çevrenizde sıvı girinim (penetrant) kontrolü yapan işletme veya kurumlar varsa buralarda yapılan uygulamaları araştırınız.
- Araştırma işlemleri için internet ortamından ve sıvı girinim (penetrant) kontrolü yapan işletme veya kurumlardan bilgi alabilirsiniz. Sıvı girinim (penetrant) kontrolü yapan işletme veya kurumlardaki bu işlemlerle uğraşan teknisyenlerden ön bilgi ediniz.

2. PENETRANT (SIVI GİRİNİM) KONTROLÜ

Penetrant (sıvı girinim) kontrolü, özel sıvılar yardımıyla malzeme yüzeyindeki çok küçük kılcal çatlakları açığa çıkarmak için kullanılan tahribatsız test yöntemlerinden biridir. Bu muayene, genellikle bitmiş veya kontrol edilecek sökülmüş uçak parçalarının kontrolünde kullanılmaktadır.



Şekil 2.1: Penetrant (sıvı girinim)kontrolünde penetrant boya uygulaması

2.1. Tarihçesi

İlk uygulamalarda camla kaplanmış çömlükler üzerine siyah renkteki karbonun sürülmesi suretiyle çatlaklar kontrol edilmiştir. Dökümlerde ve kaynaklarda görülmeyen çatlakların yağ veya sulandırılmış kireç ile ıslatılarak gözle görünür hâle getirilmesi de ilk uygulamalar arasında yere alır. 1900'lü yılların başlangıcındaki uygulamalar, demir yolları atölyelerinde demir ve çelik parçalarda ağır yağ ve tebeşir tozu kullanılarak yapılmıştır. Bu metotta ağır yağ gaz yağı (kerosene) ile seyreltilip büyük tanklara konur. Test edilecek parçalar, bu tanklarda biraz bekletilip çıkarılır. Dikkatlice yüzeyleri üzerindeki yağlar temizlenir, daha sonra alkolle karıştırılmış tebeşir tozları parçalar üzerine sürülür. Alkol uçtuktan sonra yüzey üzerinde kurumuş tebeşir tozlarına bakılır. Çatlaklar, içlerindeki yağın dışarı çıkması ile belirlenir.



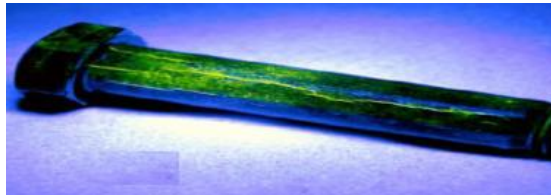
Resim 2.1: Modern su ile yıkanan tip penetrant (sıvı girinim) kontrol kabini

1940'larda mıknatıslanabilen demir ve çeliklerde daha hassas sonuçlar veren manyetik parçacık metodunun uygulanması, penetrant kontrolünün gelişmesine sebep olmuştur. O yıllardan itibaren ABD'de flöresan ve ultraviyole ışın altında çatlakları gösteren boyalar geliştirilmiştir. Metal ve metal olmayan plastik, cam gibi malzemelerin kontrolünde de rahatlıkla kullanılmaktadır.

2.2. Penetrant (Sıvı Girinim) Kontrolü Sınıflandırılması

2.2.1. Penetrant Tipleri

- Tip 1-Flöresanlı boya,
- Tip 2-Gözle görülebilen boya



Resim 2.2: Flöresan boya uygulanmış bir cıvata

2.2.2. Penetrant Hassasiyeti

Hassasiyet dereceleri (Sadece flöresanlı)

- ½ - Çok düşük
- Düşük
- Orta
- Yüksek
- Çok yüksek

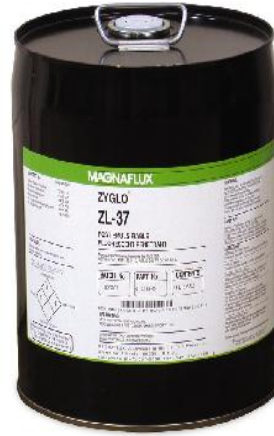
ZL-37 PE Fluorescent Penetrant

(Level 4 – Ultra-High Sensitivity)

ZL-37 is typically used on castings, forgings, and extrusions, rough and machined surfaces to find cracks, seams, laps, laminations and porosity.

Approved Developers: ZP-4B, ZP-9F, ZP-5B, ZP-14A & SKD-S2

Approved Removers: ZR-10B, ZE-4B, SKC-S & SKC-HF



Resim 2.3: Çok yüksek hassasiyete sahip flöresan penetrant boya

2.2.3. Penetrant Metotları

- Metod A - Su ile yıkanabilen
- Metod B - Sonradan emülsiyonlaşabilen (Lipofilik)
- Metod C – Çözücüyle (Solvent) temizlenen
- Metod D - Sonradan emülsiyonlaşabilen (Hidrofilik)



Resim 2.4: Penetrant boyanın yıkanması

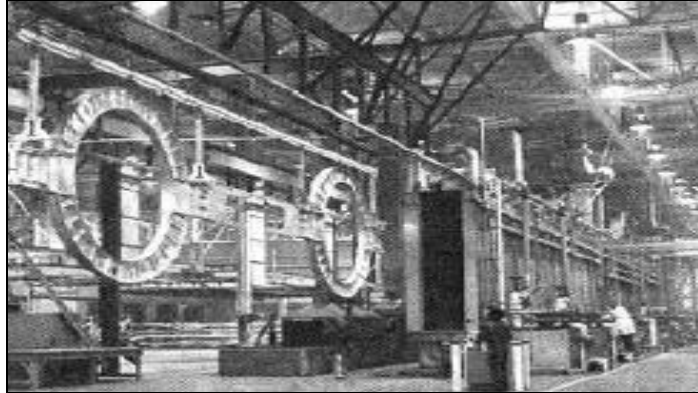
2.2.4. Developer (Geliştirici) Uygulama Şekli

- Form a - Kuru toz
- Form b - Suda çözünebilir
- Form c - Suda süspansiyon
- Form d - Susuz-Tip 1-Flöresanlı boya (sprey)
- Form e - Susuz-Tip 2- Gözle görülebilen boya (sprey)

2.3. Penetrant Kontrolünün Uygulanabileceği Malzemeler

Penetrant yüzeye açık olan süreksizliklerin tespitinde hemen hemen bütün metal ve metal olmayan malzemelere uygulanabilir. Penetrant kontrolünden önce kontrol edilecek yüzeylerin bütün kirliliklerden arınmış olması gerekir. Bu metodun uygulanabileceği malzemelerin bazılarını şöyle sıralayabiliriz:

- Alüminyum ve alaşımları
- Demir ve alaşımları (Çelikler)
- Magnezyum
- Bakır ve alaşımları (Pirinç, bronz)
- Plastik
- Cam
- Titanyum



Resim 2.5: Penetrant (sıvı girinim) kontrolü bütün malzemelere uygulanabilir

2.4. Penetrant (Sıvı Girinim) Uygulaması

2.4.1. Malzeme Yüzeyinin Temizlenmesi

- Penetrant ile muayene işleminde malzeme yüzeyinin temizliği çok önemlidir.
- Kontrol edilecek parçanın bütün yüzeyleri kir, yağ, gres, boya, kaplama malzemeleri, korozyon ürünleri, kaynak artıkları gibi penetrant sıvısının girişini engelleyecek bütün artıklar temizlenmelidir.
- Yapılan temizlik işlemi kontrol edilecek malzemeye zarar vermeden yapılmalıdır.
- Temizleme işlemi:

- Çözücü ile (solvent) temizleme
- Kimyasal temizleme
- Mekanik temizleme
- Kimyasal etch metodu ile temizleme olmak üzere 4 grupta toplanır.

2.4.2. Penetrant Uygulanması ve Bekleme Zamanı

- Malzeme üzerine şartnamelerde belirtilmedikçe bütün yüzeyi penetrantla kaplanmalıdır.
- Penetrantla kaplanmayacak bölgeler koruyucu veya maske ile korunmalıdır.
- Sıvı penetrant malzeme üzerine spreyle, daldırma veya fırça ile uygulanır.



Resim 2.6: Penetrant boya uygulaması

- Penetrant ve çevre ısısı 5°C ile 50°C arasında olmalıdır.
- Çeşitli malzemeler için bekleme zamanları ilgili presedürler gereği tablolar kullanılır.
- Bekleme zamanı uzatılacak olursa işlem yeniden yapılır.

2.4.3. Emülsifierin Uygulanması ve Bekleme Zamanı

- Bu safha sonradan emülsiyonlaşan penetrantlara uygulanır.
- Suyla yıkanabilen ve çözücüyle (solvent) temizlenen penantrantlara uygulanmaz.
- Malzeme penetrant bekleme zamanından sonra (lipofilik penetrantlarda) emülsifiere daldırılır.
- Daha sonra penetrantın emülsiyonlaşması ve fazla emülsifierin süzülmesi için Tip-1'de 3 dakika, Tip-2 için 30 sn. beklenir. Bu süre uzun tutulursa süreksizliklerdeki penetrant yıkanabilir duruma gelir.

- Emülsifier uygulaması daldırılarak veya dökerek yapılır.



Resim 2.7: Emülsifier uygulaması

2.4.4. Malzeme Yüzeyindeki Fazla Penetrantın Temizlenmesi

- Emülsifier bekleme zamanından sonra malzeme yıkama istasyonuna gelir.
- Burada penetrant kalmayınca kadar yıkanır.
- Yüzeyindeki penetrant atıkları black lighth (siyah lamba) ile kontrol edilir.
- Yıkama süresini yeterli temizliği elde edilinceye kadar tutmalıyız.
- Daha fazla tutulduğu zaman çatlakların içindeki penetrantların çıkmasına neden olur.
- Yıkama suyunun basıncı maksimum 40 PSI olmalıdır.



Resim 2.8: Malzeme üzerindeki penetrantın temizlenmesi ve developer (geliştirici) uygulaması

2.4.5. Developer (Geliştirici) Uygulaması

- Developer (geliştirici) fazla penetrant temizlendikten sonra malzeme üzerine sürülerek çatlaklar içindeki penetrantın dışarı çıkmasını sağlar. Developer (geliştirici) sıvısı aynı bir tuvalet kâğıdı gibi penetrantı emmek suretiyle yüzeye doğru çeker.
- Developer (geliştirici) toz, suda çözülmüş (erimiş), suda süspansiyon ve susuz-ıslak olarak uygulayabiliriz.
- Kuru-toz ve susuz-ıslak developer (geliştirici) uygulamadan önce malzeme mutlaka kurutulmalıdır.
- Suda çözülmüş veya süspansiyon olanlar yıkamadan hemen sonra uygulanabilir.

2.4.6. Kurutma İşlemi

- Developer (geliştirici) uyguladıktan sonra malzemenin kurutulma safhasıdır.
- Oda sıcaklığında kuru hava veya kurutma fırınında kurutulmalıdır.



Resim 2.9: Malzemenin developer (geliştirici) uyguladıktan sonra kurutulması

2.4.7. Değerlendirme ve Son Temizlik

- Fırından çıkartılan parçalar soğuyuncaya kadar beklenir.
- Daha sonra karanlık kontrol kabinine alınır.
- Kontrolü yapacak personelin karanlığa alışabilmesi için kontrolden önce odada 3 dakika beklemelidir.



Resim 2.10: Malzemenin beyaz ışık altında kontrol edilmesi

- Siyah ışık şiddeti 38 cm mesafeden 800 mikrowatt/cm² olmalıdır. Kontrol kabindeki beyaz ışık şiddeti 20 lüks/m² olmalıdır.
- Elde edilen çatlak belirtileri şartnamelere göre değerlendirilir.
- Kontrol işleminden sonra son temizlik ilk temizlik gibi bir temizliğe tabi tutularak kontrol işlemi tamamlanır.

2.5. Penetrant Kontrolünün Avantajları ve Dezavantajları

2.5.1. Avantajları

- Ucuz ve donanımı basittir.
- Her türlü malzemeye uygulanabilir.
- Uygulaması oldukça basittir, çabuk sonuç verir.
- Değişik geometrik şekilli, küçük ve büyük yüzeyli parçalara uygulanabilir.
- Çok küçük çatlakları bile ortaya çıkarır.



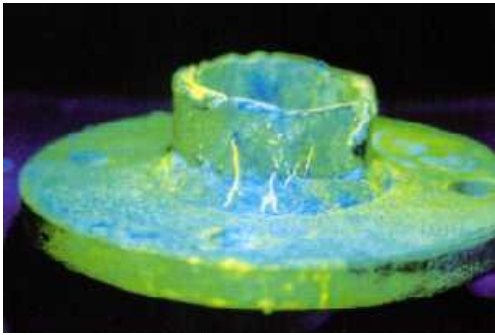
Resim 2.11: Taşınabilir penetrant (sıvı girinim) seti

2.5.2. Dezavantajları

- Sadece yüzeye açık süreksizlikler tespit edilebilir. İç hatalarda kullanılmaz.
- Penetrantı uygulamadan önce yapılan ön temizlemenin çatlakları kapatan etkenleri ortadan kaldıracak şekilde uygun seçilmesi uzmanlık isteyen bir iştir. Bazı durumlarda kimyasal temizleme (etching) gerekir.
- Pürüzlü ve gözenekli yüzeylerde kullanılmaz.
- Çeşitli sebeplerle (dövme, taşlama gibi) ağzı daralmış ve sıkışmış çatlakların değerlendirilmesi güçlük yaratır.

UYGULAMA FAALİYETİ

Süreksizlikleri, işletme prosedürlerinde belirtildiği şekilde sıvı girinim (penetrant) kontrolü ile tespit ediniz.

İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none">➤ Kontrolü yapılacak malzemenin yüzeyini temizleyiniz.➤ Malzeme üzerine penetrant boya uygulayınız.➤ Boyanın kurumasını bekleyiniz.➤ Penetrant boya su ve solventle çözülmüyorsa (Metod B ve Metod D) emülsifierin uygulayarak uygun kuruma zamanını bekleyiniz.➤ Malzeme yüzeyindeki fazla penetrantı temizleyiniz.➤ Yüzeyindeki fazla penetrantın temizlendiği malzeme üzerine süreksizliklerin ortaya çıkması için developer (geliştirici) uygulayınız.  <ul style="list-style-type: none">➤ Developer (geliştirici) uygulanan parçayı kurutunuz.➤ Çatlak veya süreksizlikleri kontrol ediniz.➤ Kontrol işlemini yaptıktan sonra malzeme üzerinde boya kalıntıları kalmayana kadar temizleyiniz.	<ul style="list-style-type: none">➤ Kimyasal maddelere karşı ellerinizi, yüzünüzü ve gözlerinizi koruyunuz.➤ Eldiven ve iş giysisi kullanmayı unutmayınız.➤ Malzeme yüzeyini temizlerken malzemenin cinsine ve işletme prosedürlerine uygun şekilde solvent (çözücü), kimyasal, mekanik veya kimyasal etch metodunu uygulayınız.➤ Penetrant sıvısını kontrol edilecek parçanın yüzeyine fırçayla, spreyle veya daldırma şeklinde uygulayınız.➤ Malzemenin ve uygulanan sıvının cinsine göre sıvının kurumasını bekleyiniz.➤ Emülsifieri (ara yıkama sıvısı) uygulayınız.➤ Parça üzerindeki penetrantı kuru bir pamuklu bir bezle temizleyiniz.➤ Developer (geliştirici) sıvısını penetrantlı kısmın üzerine uygulayınız.➤ Kurutma işlemini prosedürlere uygun şekilde kurutunuz.➤ Kontrol edilecek bölgeyi gözle ve büyüteç ile incelemek çatlak yerlerin tespitini yapınız ve rapor ediniz.➤ Son temizliği yaptıktan sonra sonuçları arkadaşlarınızla ve öğretmeninizle tartışınız.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri		Evet	Hayır
1	Kontrolü yapılacak malzemenin yüzeyini temizlediniz mi?		
2	Malzeme üzerine penetrant boya uyguladınız mı?		
3	Boyanın kurumasını beklediniz mi?		
4	Penetrant boya su ve solventle çözülmüyorsa (Metod B ve Metod D) emülsiferin uygulayarak uygun kuruma zamanını beklediniz mi?		
5	Malzeme yüzeyindeki fazla penetrantı temizlediniz mi?		
6	Yüzeyindeki fazla penetrantın temizlendiği malzeme üzerine süreksizliklerin ortaya çıkması için developer (geliştirici) uyguladınız mı?		
7	Developer (geliştirici) uygulanan parçayı kuruttunuz mu?		
8	Çatlak veya süreksizlikleri kontrol ettiniz mi?		
9	Kontrol işlemini yaptıktan sonra malzeme üzerinde boya kalıntıları kalmayana kadar temizlediniz mi?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “Evet” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki cümlelerin sonunda boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise D, yanlış ise Y yazınız.

1. () Penetrant (sıvı girinim) kontrolü yüzeye yakın olan süreksizliklerin tespitinde kullanılır.
2. () Penetrant (sıvı girinim) kontrolünün ilk uygulamaları demir ve çelik tipi parçalara uygulanmıştır.
3. () Form c - Suda süspansiyon developer (geliştirici) uygulama şeklidir.
4. () Penetrant (sıvı girinim) kontrolü hemen hemen bütün metal ve metal olmayan malzemelere uygulanabilir.
5. () Penetrant (sıvı girinim) kontrolü yapılacak parçanın yüzeylerindeki yağ ve gres penetrant sıvısının girişini engellemez.
6. () Penetrant ve çevre ısısı 25°C ile 100°C arasında olmalıdır.
7. () Çeşitli malzemeler için bekleme zamanları ilgili presedürler gereği tablolar kullanılır.
8. () Emülsiflerin uygulanması suyla yıkanabilen ve çözücüyle (solvent) temizlenen penetrantlara uygulanır.
9. () Developer (geliştirici) fazla penetrant temizlendikten sonra malzeme üzerine sürülerek çatlaklar içindeki penetrantın dışarı çıkmasını sağlar.
10. () Çok küçük çatlakları bile ortaya çıkarması penetrant (sıvı girinim) kontrolünün dezavantajlarından biridir.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-3

AMAÇ

Gerekli ortam sağlandığında uçak parçalarında süreksizlikleri işletme prosedürlerinde belirtildiği şekilde manyetik parçacık kontrolü ile hatasız olarak tespit edebileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Manyetik alan ve mıknatıslanma hakkında araştırma yapınız.
- Çevrenizde manyetik parçacık kontrolü yapan işletme veya kurumlar varsa buralarda yapılan uygulamaları araştırınız.
- Araştırma işlemleri için internet ortamından ve manyetik parçacık kontrolü yapan işletme veya kurumlardan bilgi alabilirsiniz.
- Manyetik parçacık kontrolü yapan işletme veya kurumlarda bu işlemlerle uğraşan teknisyenlerden ön bilgi ediniz.

3. MANYETİK PARÇACIK KONTROLÜ

Manyetik parçacık kontrolü, mıknatıslanabilen malzemelerde, malzemenin yüzeyinde ve yüzeyine yakın yerlerdeki süreksizlikleri tespit etmede kullanılan tahribatsız test metodlarından biridir.



Resim 3.1: Manyetik parçacık kontrolünde mıknatıslık önemli yer tutar

3.1. Tarihçe

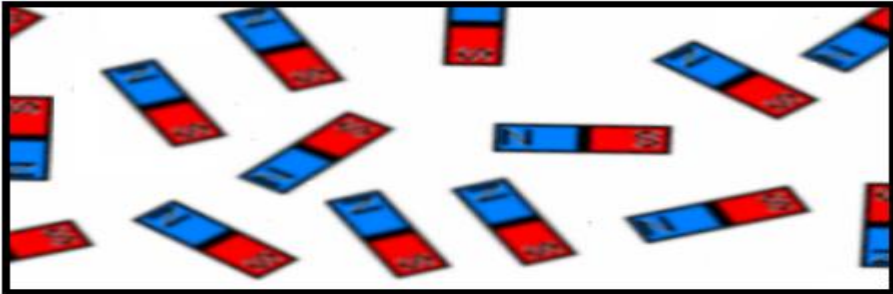
Mıknatıslanma özelliğini bir mineral üstünde ilk fark eden eski Yunanlılar olmuştur. 1920'li yılların başlarında William Hoke metaller üzerindeki çatlakların renkli manyetik parçacıklarla tespit olunabileceğini keşfetmiştir.



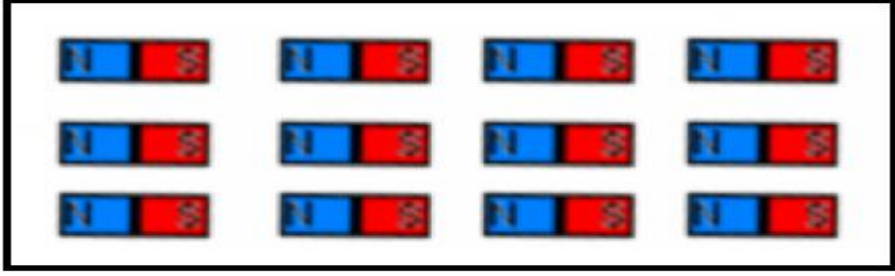
Resim 3.2: Manyetik parçacık kontrolünün yapıldığı ilk cihaz

3.2. Manyetik Parçacık Kontrolünün Prensibi

Manyetik parçacık testinin esasını kontrol edilecek olan malzemelerin mıknatıslanabilme özelliğine sahip olması teşkil eder. Kontrol edilecek olan malzemeye cihaz tarafından akım verilerek malzemenin mıknatıslanması sağlanır. Mıknatıslanması sonucunda rastgele dizilmiş moleküller, düzgün sıralı bir şekilde geçer ve bir mıknatıs görevi yapar.

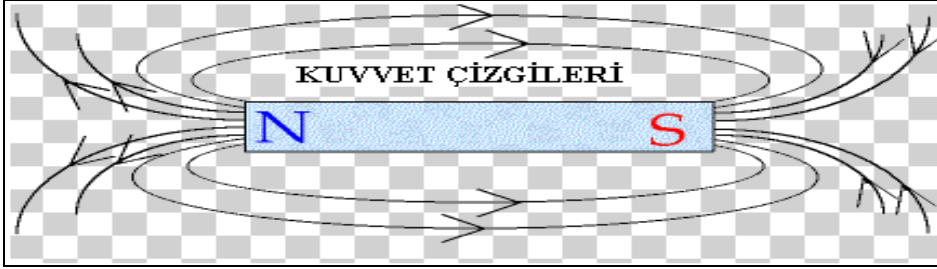


Şekil 3.1: Malzemelere akım verilmeden önce molekülün yapısı



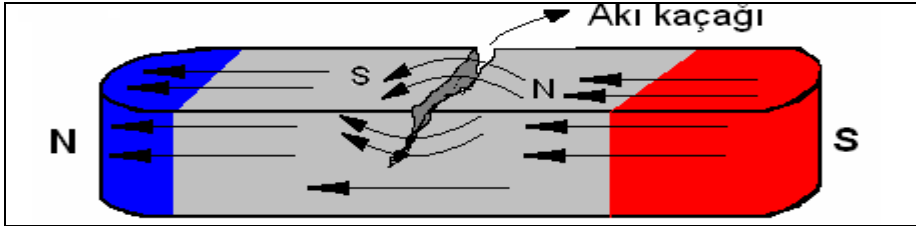
Şekil 3.2: Malzemenin belirli bir akım geçirildikten sonra malzemedeki moleküllerin yapısı

Moleküller bu şekilde dizildiğinde demir parçaları bir kuzey ve bir güney kutbuna sahip olacaktır. Her molekülün kuvvetlerinin toplamına eşit bir toplam kuvvet ortaya çıkar.



Şekil 3.3: Kuvvet çizgileri ve hareketi

Şekil 3.3'te görüldüğü gibi bir mıknatısın etrafında kuvvet çizgilerinin belirli bir yönü vardır. Bunlar, kuzeyden (north) çıkar, güneyden (south) girer ve mıknatısın içinde güneyden (south) kuzeye doğru yoluna devam eder. Manyetik kuvvet çizgileri devamlı ve daima kapalı bir çevrim oluşturur. Kuvvet çizgileri birbirini kesmez ve diğer kuvvet çizgileri ile çakışmaz. Bir mıknatısın etrafında kuvvet çizgilerinin etkisinin görüldüğü alana manyetik alan denir. Yukarıdaki çizgilerin hepsi, mıknatısın etrafındaki manyetik alanı oluşturur. Manyetik alan, mıknatısın uçlarında daha yoğundur. Malzemeye akım verilip malzemede manyetik bir alan oluşturduktan sonra eğer malzeme süreksizlikler var ise süreksizliklerde de N-S kutupları oluşur.

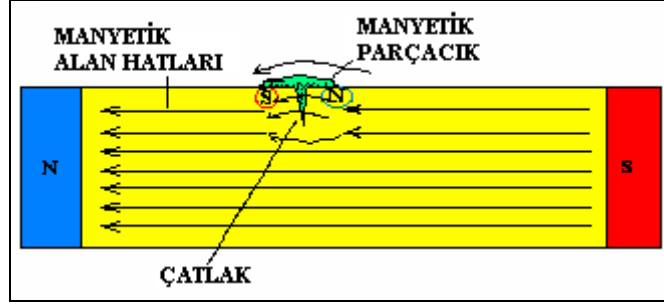


Şekil 3.4: Manyetik akı kaçakları

Şekil 3.4'te görüldüğü gibi süreksizlik bulunan malzemelerde bir akı kaçağı oluşmaktadır.

Bu akı kaçakları, malzeme yüzeyine uygulanan demir tozlarını süreksizlik üzere toplar. Eğer süreksizlik yok ise demir tozları kuru olan malzeme yüzeyinde toplanmadan malzeme yüzeyini terk edecektir.

İkinci olarak demir tozları taşıyıcı bir sıvı içinde süspansiyon (karışım) hâde bulunur ve bu sıvı içinde flöresan maddede bulunur. Bu sıvı mıknatıslandırılmış malzeme üzerine dökülerek veya sıkılarak eğer var ise süreksizliklerin üzerinde demir tozlarının toplanmasına neden olur.



Şekil 3.5: Manyetik parçacık kontrolünde demir tozlarının durumu

3.3. Manyetik Parçacık Kontrolünün Uygulanabileceği Malzemeler

Manyetik parçacık kontrolünün prensibi, test parçası içinde manyetik alan meydana getirmeye dayanır. Bundan dolayı kontrol edilecek olan malzemelerin iyi mıknatıslaması gerekir. Ferromagnetik malzemeler en iyi mıknatıslanabilen malzemelerdir. Demir, çeliklerin birçoğu; nikel, kobalt ve bunların alaşımlarının çoğu ferromagnetik malzemelerdir. Manyetik olmayan malzemeler, bakır ve alaşımları, alüminyum ve alaşımları, magnezyum, titan ve bazı paslanmaz çelikler.

3.4. Manyetik Parçacık Kontrolünün Uygulanması

3.4.1. Manyetizasyon Teknikleri

Bu metotla muayene olunacak parçanın önce manyetikleştirilmesi ve muayene bitince de bu manyetikliğin kaldırılması gerekir. Test parçasının manyetizasyonu için çeşitli teknikler vardır. Bu teknikler, test parçası içinde meydana gelen manyetizasyona göre boyuna ve dairesel olmak üzere iki grupta toplanır.

3.4.1.1. Boyuna Manyetizasyon

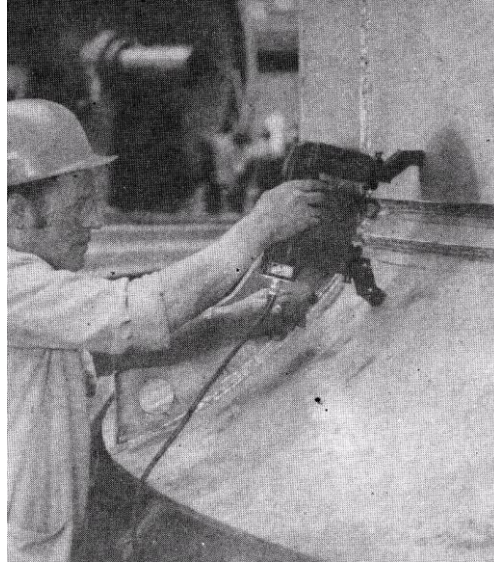
- **Kalıcı mıknatıslarla veya elektromıknatıslarla manyetizasyon**

Bu yöntemde test yüzeyi ile temas “U” şeklindeki bir kelepçe (yoke) ile sağlanır.



Resim 3.3: Yoke cihazı

Temas yüzeyleri, parçanın bu kısımlarında mevcut manyetik alanın kuzey ve güney kutuplarını oluşturur. Yukarıdaki Resim 3.3'te görüldüğü gibi manyetik akı çizgileri iki kutbu birleştiren doğruya paraleldir ve bu doğruya dik olan çatlakların algılanması maksimumdur.



Resim 3.4: Yoke cihazı ile manyetik alan oluşturulması

➤ **Bobin ile manyetizasyon**

Test edilecek parça, enerji verilmiş bobinin iç yüzeyine yakın olacak şekilde yerleştirilir. Çünkü bobin etrafında dönen kuvvet çizgileri yönünden dolayı burada manyetik alan maksimumdur. Parça eksenini boyunca manyetize edilir ve bu yüzden en büyük hassasiyet bizzat eksene dik olan çatlaklar için geçerlidir. Bobin ile muayene edilebilecek en uzun parça uzunluğu 460 mm'dir.



Resim 3.5: Bobin ile manyetizasyon işlemi

3.4.1.2. Dairesel Miknatıslanma

➤ İç iletken ile manyetizasyon

Bu manyetizasyon ortası delik parçalar için uygundur. Parça içine bir iletken yerleştirilir. Enerji verildiğinde etrafındaki boşlukta dairesel manyetik alan meydana gelir.



Resim 3.6: Dişli çark gibi delikli parçaların manyetizasyonu

➤ Bağlantılı bobinle manyetizasyon

Bu tip manyetizasyon parçasının duvarı etrafına bir kablo sararak yapılır. Maksimum hassasiyet, test parçasının eksenine boyunca olan çatlaklar için elde edilir.



Resim 3.7: Bağlantılı bobin ile manyetizasyon

➤ **Temas kafaları ile manyetizasyon**

Farklı kesitlere sahip parçalarda (Örneğin, içi boş borular) manyetizasyon her bir kesitin gerçek çapına göre hesaplanmalıdır. Dairesel olmayan kesitlerde maksimum köşegen göz önüne alınır. Çapta çok fazla değişim var ise geniş kısmı test etmek için gereken akım dar kısım için çok fazla gelebilir ve arada ısı oluşur. Bu ısı, asıl işlem görmüş parçaların mekanik özelliklerini etkileyebilir. Bu durumda, büyük kısımları manyetize ederken uçlara akım verilmemelidir. Şekil 3.8’de görüldüğü gibi bakır ayırıcılarla manyetizasyon yapılır.



Resim 3.8: Bakır ayırıcılar ile silindirik parçaların manyetizasyonu

➤ **Prodlarda manyetizasyon**

Bu teknikte bir güç kaynağına bağlı portatif elektrotlarla parçanın bu elektrotlar arasında kalan kısmından elektrik akımı bölgesel bir manyetizasyon meydana getirilir. Manyetizasyon, malzemeden akım geçirilerek temas alanlarında meydana gelen zıt dairesel alanların birleşiminden ve iki prod arasında meydana gelen dairesel manyetizasyondan oluşur.



Resim 3.9: Manyetizasyon meydana getiren prodlar ve manyetizasyon işlemi

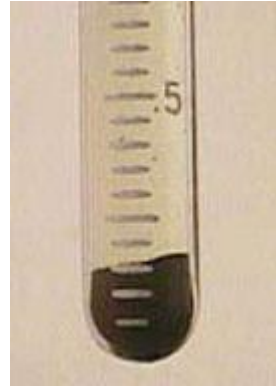
Manyetizasyon, temas noktaları arasındaki merkezi doğruda maksimumdur ve bunlardan geçen çizgilere dik olacak şekilde şekil de yönelir. Burada, maksimum hassasiyetin temas noktalarını birleştiren doğruya paralel olan çatlaklar için olacağı anlaşılır.

Manyetizasyon durumları, prodlar arasındaki uzaklığa ve manyetizasyon akımına bağlıdır. Prodlar arasındaki uzaklık 80-120 mm arasında değişir. Daha büyük mesafeler kullanılmaz. Çünkü o zaman temas noktaları arasındaki merkezî doğrunun ortasında akı yoğunluğu aşırı derecede düşebilir ve bu da muayene hassasiyetini düşürecektir. 80 mm'den düşük uzaklıklardan sakınmak gerekir. Aksi takdirde temas noktalarından dairesel yollar oluşur ve bunlar küçük belirtileri engelleyebilir. Manyetizasyon akım miktarı, prodlar arasındaki uzaklığa (Amp/mm) ve parça kalınlığına göre aşağıdaki tabloya göre yapılır.

<u>Parça kalınlığı (mm)</u>	<u>Prodlar arası uzaklık başına akım (Amp/mm)</u>
≥ 20	4-5
< 20	3.6-4.4

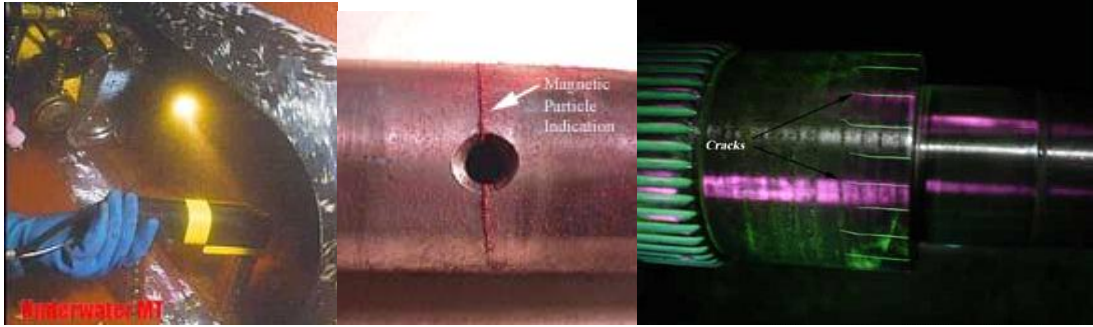
3.5. Kontrol Aşaması

Malzeme mıknaatılandıktan ve üzerine kuru demir tozu veya flöresan sıvısı ile birlikte süspansiyon hâlindeki demir tozları malzeme üzerine uygulandıktan sonra kontrol işlemine geçilir.



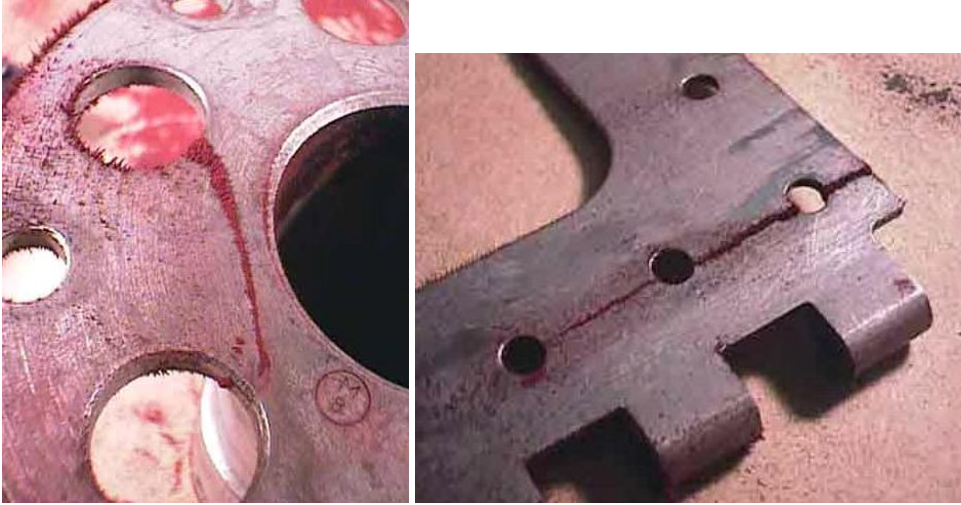
Resim 3.10: Flöresan sıvısı ve demir tozları

Siyah ışık ile yapılan kontrol ortamdaki beyaz ışık şiddeti, üretici firmanın verdiği değerlerde olmalıdır. Bu şartlar altında malzeme kontrol edildiğinde çatlaklar var ise fluorezan olmayan demir tozları beyaz ışık altında malzeme yüzeyine toplanmış olarak fluorezanlı demir tozlarının da siyah ışık altında sarı-yeşil karışımı bir renkte belirti keskin bir belirti olarak görülecektir. Aşağıdaki resimlerde örnekler verilmiştir.



Resim 3.11: Manyetik tanecik kontrolü ve malzeme üzerindeki çatlaklar

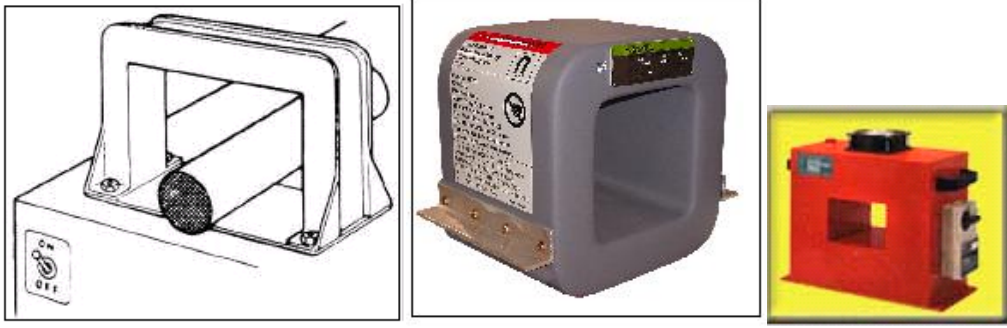
Elde edilen belirtiler standart veya şartnamelere göre değerlendirilir. Standart veya şartnamenin verdiği değerin altında belirtiler (süreksizlik) kabul edilir. Bu değerin üzerindeki süreksizlikler de hata olarak değerlendirilir.



Resim 3.12: Manyetik tanecik kontrolünde demir tozlarının çatlaklar üzerindeki görünüşleri

3.6. Demanyetizasyon (Mıknatıslığını Giderme) İşlemi ve Son Temizlik

Ferromagnetik malzemeler, manyetik parçacık testinin odak noktasıdır ve bu malzemeler retentivite (mıknatıslığı tutma yöntemi) ile karakterize edilir. Bu yüzden test edilen parçada belli bir artık alan kalır ve bunun derecesi malzemenin kimyasal kompozisyonuna ve yapısına bağlıdır. Aşağıdaki resimde demanyetizasyon işleminin gerçekleştirilmesi gösterilmektedir.



Resim 3.13: Demanyetizasyon işleminin uygulanışı ve demanyetizasyon aletleri

Bazı durumlarda, artık manyetik alan parçanın özel fonksiyonunu bozabilir veya daha sonraki fabrikasyon işlemlerinden güçlükler çıkabilir. Örneğin, demagnetizasyon aşağıdaki durumlarda gerekir.

- Parça daha sonra işlenirken talaşlar parçanın yüzeyine veya alete yapışabilir.
- Daha sonra elektrik ark kaynağı yapılırken kuvvetli artık alanlar ark alevini gitmesi gereken yerlerden başka yere saptırabilir.
- Hareketli yerlerde güçlükler çıkabilir. Örneğin, bilyeli yataklarda ve çark dişlilerinde metal parçalarını tutar.
- Tanecikleri tutarlar ve bu da daha sonra kaplama veya boya yapılacaksa bu işlemleri etkiler.



Resim 3.14: Sabit demanyetizasyon tezgâhları

Demanyetizasyon işlemi yapıldıktan sonra malzemenin molekül yapısı eski şekline (düzensiz) geri döner. Eğer aynı malzemede hem boyuna hem de dairesel mıknatıslama yapılacak ise ince dairesel mıknatıslandırır (kafalar arasında) daha sonra boyuna mıknatıslandırılır (bobin içinde). Çünkü bobin içinde yapılan mıknatıslandırmada kullanılan değeri bobin sarım sayısından dolayı daha yüksek olacaktır. Demanyetizasyon işlemi bir anlamda malzemenin demir tozlarından kurtulması olduğu için temizlik anlamına da gelir.

Bunun dışında malzemenin hazırlık kısmındaki ilk temizleme işlemi gibi bir işleme tabi tutmak gerekir. Aksi takdirde malzeme yüzeyinde kalabilecek demir tozları ileride parça

serviste iken büyük hasarlara neden olabilir. Bunun için demanyetizasyon ve son temizliğin önemi de büyüktür.

3.7. Manyetik Parçacık Kontrolünün Avantajları ve Dezavantajları

3.7.1. Avantajları

- Ucuzdur.
- Kaba yüzey temizliği yeterlidir.
- Yabancı maddelerle dolmuş çatlaklar da algılanabilir.

3.7.2. Dezavantajları

- Sadece ferromagnetik malzemelere uygulanabilir.
- Alüminyum, bakır ve titanyum alaşımlarına uygulanamaz.
- Temas noktalarında ısınma ve ark (erime) meydana gelir.
- Bazen muayeneden sonra kontrol edilen parçanın tamamen manyetik özelliğinin kalkması istenebilir.
- Malzeme üzerindeki boya veya kaplama malzemeleri testin hassasiyetini azaltabilir.

UYGULAMA FAALİYETİ

Uçak parçalarında süreksizlikleri işletme prosedürlerinde belirtildiği şekilde manyetik parçacık kontrolü ile tespit ediniz.

İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none">➤ Kontrolü yapılacak malzemenin yüzeyini temizleyiniz.➤ Muayene yapılacak parçada mıknatıs veya elektrik akımı yardımıyla manyetik alan oluşturunuz.➤ Mıknatıslanan parça yüzeyine manyetize olan demir tozlarını serpiniz veya yağ içerisine emülsiyon yapılmış manyetik malzemeyi akıtınız.➤ Tozların manyetik kuvvetler doğrultusunda dizilmesini sağlayınız.➤ Eğer parçada hata varsa tozların kümelenmesinden, sapmasından ve yönünden hatanın yerini ve boyutunu belirleyiniz.➤ Kontrol işlemi bittikten sonra malzeme üzerinde manyetik alan kalmaması için demanyetizasyon işlemi uygulayınız.	<ul style="list-style-type: none">➤ Elektrikle manyetik alan oluştururken elektrik kazalarına karşı gerekli emniyet tedbirlerinizi alınız.➤ Eldiven ve iş giysisi kullanmayı unutmayınız.➤ Kontrol edilecek malzemenin mıknatıslanabilen bir malzeme olmasına dikkat ediniz.➤ Malzeme yüzeyini malzemenin cinsine ve işletme prosedürlerine uygun şekilde temizleyiniz.➤ Manyetize tozları veya flöresan boyalı manyetize tozları parçanın tamamına yerleşecek şekilde uygulayınız.➤ Manyetik tozların manyetik kuvvetler doğrultusunda yerleştiriniz.➤ Manyetik tozların parça üzerindeki izlerinden hata varsa gözleyiniz.➤ Parça üzerindeki manyetize tozları temizleyiniz. Üzerinde kalabilecek parçaların diğer parçalara zarar vereceğini unutmayınız.➤ Parçanın üzerinde mıknatıslık kalmayana kadar demanyetizasyon işlemi yapınız.➤ Gözlemlerinizi rapor ederek öğretmen ve arkadaşlarınızla tartışınız.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri		Evet	Hayır
1	Kontrolü yapılacak malzemenin yüzeyini temizlediniz mi?		
2	Muayene yapılacak parçada mıknatıs veya elektrik akımı yardımıyla manyetik alan oluşturdunuz mu?		
3	Mıknatıslanan parça yüzeyine manyetize olan demir tozlarını serptiniz mi veya yağ içerisine emülsiyon yapılmış manyetik malzemeyi akıttınız mı?		
4	Tozların manyetik kuvvetler doğrultusunda dizilmesini sağladınız mı?		
5	Eğer parçada hata varsa tozların kümelenmesinden, sapmasından ve yönünden hatanın yerini ve boyutunu belirlediniz mi?		
6	Kontrol işlemi bittikten sonra malzeme üzerinde manyetik alan kalmaması için demanyetizasyon işlemi uyguladınız mı?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “Evet” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki cümlelerin sonunda boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise D, yanlış ise Y yazınız.

1. () Manyetik parçacık kontrolü malzemenin yüzeyinde ve yüzeyine yakın yerlerdeki süreksizlikleri tespit etmeden kullanılır.
2. () Kontrol edilecek olan malzemenin sabit mıknatıs ile mıknatıslanması sağlanır.
3. () Mıknatıslarda kuvvet çizgileri güneyden (south) çıkar, kuzeyden (north) girer.
4. () Demir tozları ferromanyetik olduğu için manyetik tanecik kontrolünde kullanılır.
5. () Manyetik parçacık kontrolünde test parçası içinde meydana gelen sadece boyuna manyetizasyon kontrol edilir.
6. () Manyetik parçacık kontrolünde prodlar arasındaki uzaklık 80-120 mm arasında değişir.
7. () Demanyetizasyon işlemi ile hareketli yerlerde çalışan parçalarda meydana gelecek güçlükler ortadan kaldırılır.
8. () Manyetik parçacık kontrolü oldukça pahalı bir kontroldür.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-4

AMAÇ

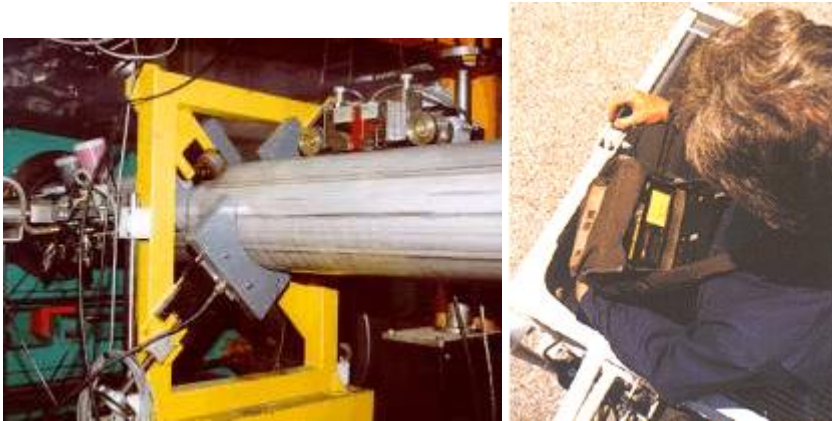
Gerekli ortam sağlandığında uçak parçalarında süreksizlikleri işletme prosedürlerinde belirtildiği şekilde eddy current (girdap akımları) kontrolü ile hatasız olarak tespit edebileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Faraday kanunlarını araştırınız.
- Çevrenizde eddy current (girdap akımları) kontrolü yapan işletme veya kurumlar varsa buralarda yapılan uygulamaları araştırınız.
- Araştırma işlemleri için internetten ve eddy current (girdap akımları) kontrolü yapan işletme veya kurumlardan bilgi edinebilirsiniz.
- Eddy current (girdap akımları) manyetik parçacık kontrolü yapan işletme veya kurumlardaki bu işlerle uğraşan teknisyenlerden ön bilgi ediniz.

4. EDDY CURRENT (GİRDAP AKIMLARI) KONTROLÜ

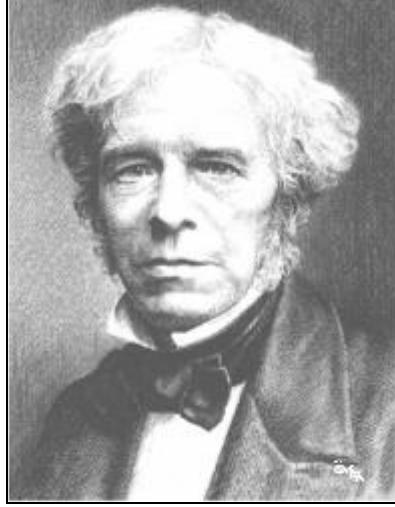
Yüzey yöntemlerinden olan eddy current (girdap akımları) yüzey ve yüzey altı hatalarında elektrik iletkenliğinin kullanıldığı uygun bir tahribatsız muayene yöntemidir.



Resim 4.1: Eddy current (girdap akımı) uygulamaları

4.1. Tarihçe

Girdap akımları kontrolünün temelleri Michael Faraday'ın 1831'de öne sürdüğü elektromanyetik kuramına dayanır ama temel prensip 1879'larda Huhges'e dayanır.



Resim 4.2: Michael Faraday (1791-1867)

Bunun bir tahribatsız muayene metodu olarak geliştirilmesi için ilk teşebbüsler ise II. Dünya Savaşı öncesi yıllarda nükleer ve uçak sanayisinin gelişmesiyle yapılır. Endüstriyel muayene metodu olarak tanınıp yerleşmesi yaklaşık olarak 1950 senesinden sonradır.

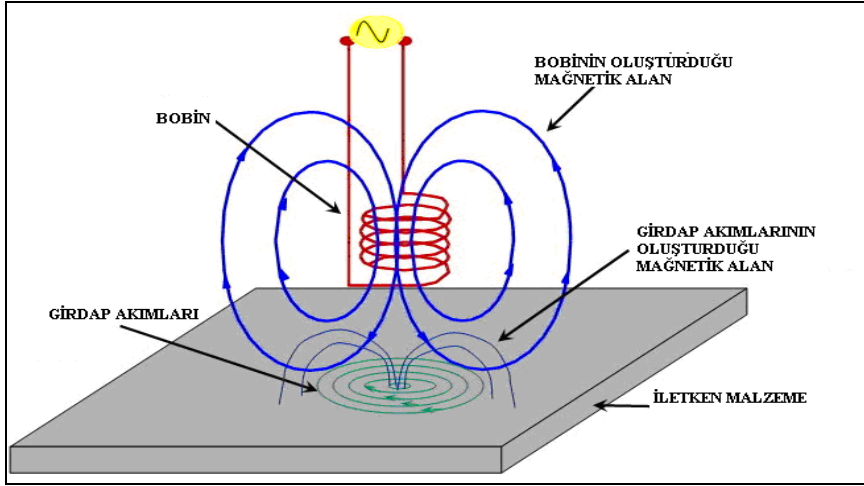
Daha sonraki yıllarda gelişerek günümüzde hem analog hem de dijital daha hassas ölçümler yapan cihazlar geliştirilmiştir.



Resim 4.3: Dijital ve analog eddy current cihazları

4.2. Eddy Current (Girdap Akımları) Kontrolünün Prensibi

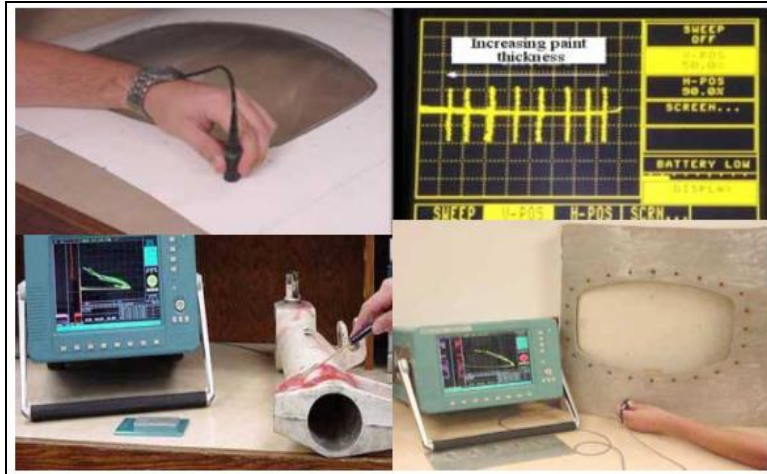
Eddy current kontrolünün prensibi, bir alternatif akımın bobini tarafından oluşturulan değişken manyetik alanın malzeme yüzeyinde dairesel girdap akımlarını endüklemesine dayanır. Endüklenen bu girdap akımlarının olduğu bölgede bir süreksizlik var ise test malzemesi ve süreksizlik arasındaki elektrik direnci farkından dolayı akımlar farklı bir yörünge izleyeceklerdir. Bu farklılık, bobin tarafından algılanır. Aşağıdaki şekilde bu olay görülmektedir.



Şekil 4.1: Eddy current çalışma prensibi

Hata testinden başka girdap akımları aşağıdaki amaçlar içinde uygulanır.

- Kaplama kalınlığı ölçümü
- Elektrik iletkenliği ölçümü
- Metallerin kimyasal biçimlerine göre sınıflandırılması



Resim 4.4: Uçak parçaları üzerinde eddy current kontrolü uygulamaları

4.3. Eddy Current (Girdap Akımları) Kontrolünün Uygulanabileceği Malzemeler

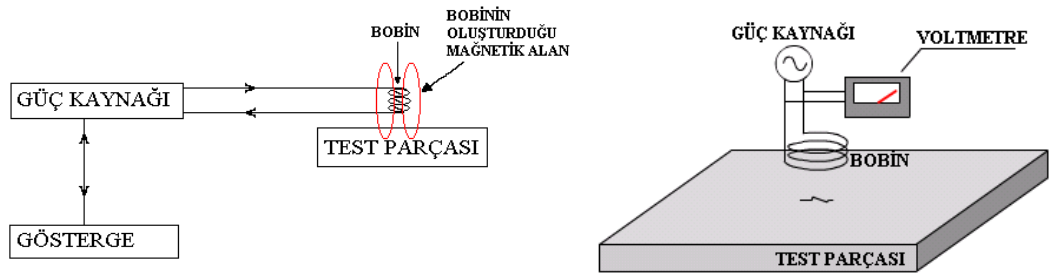
Bu yöntem elektrik iletkenliğine sahip bütün metal ve alaşımlarına uygulanabilir. Ancak ferromagnetik olmayan malzemelerde daha etkindir.



Resim 4.5: Uçak üzerinde eddy current uygulamaları

4.4. Eddy Current (Girdap Akımları) Test Sistemi ve Elemanları

Bir eddy current kontrol sistemi esas olarak bir alternatif akım üreticisi, verici ve alıcı olarak çalışan tespit bobini ve sonuçların gösterildiği sinyal göstergesi elemanlarından oluşur. Aşağıdaki şekilde test sistemi şekil ile ifade edilmiştir.



Şekil 4.2: Eddy current test sistemi elemanları

Burada göz önünde bulundurulması gerekli en önemli husus, test malzemenin manyetik veya manyetik olmayan bir malzeme olabileceği fakat mutlak elektrik iletkenliğine sahip olması gerektiğidir.



Resim 4.6: Eddy current test cihazı

4.5. Eddy Current Akımını Etkileyen Malzeme Özellikleri

4.5.1. Elektriksel İletkenlik

İletkenlik; malzemelerde elektronların akış kabiliyetinin bir ölçüsüdür. İletkenlik arttıkça verilen bir sürede malzemeden geçen elektrot sayısı artar. Her malzemenin kendine has bir iletkenlik değeri vardır.

İletkenlik üzerine etkisi olan değişkenler şunlardır:

- Kimyasal birleşim
- Isıl işlem
- Soğuk işlem
- Sıcaklık

Gümüş, altın yüksek iletkenliğe, karbon düşük iletkenliğe sahiptir. Eddy akımları bir iletken malzemeye uygulanan alternatif magnetik alan tarafından oluşturulan elektron akışıdır.

Dolayısı ile malzemenin iletkenliği arttıkça oluşacak girdap (eddy) akımları da artacaktır. İletkenlik ölçüleri güç olduğundan daha basit ve kullanışlı % olarak IACS (International Annealed Copper Standart – Uluslararası Sertleştirilmiş Bakır Standartları) değeri birim olarak seçilmiştir. Birimin esası elektrolitik safloktaki (% 99,999 bakır içeren) bakırın iletkenliğinin % 100 IACS olarak kabul edilmesine dayanır. Diğer metallerin iletkenlikleri buna göre kıyaslanarak ölçülür.

Aşağıdaki tabloda çeşitli metal alaşımlarının çeşitli iletkenlik değerleri verilmiştir.

MALZEME	İLETKENLİK (megmho/inc)	İLETKENLİK IACS%	SICAKLIK C°
Alüminyum Esaslı			
1060-0	0.913	62.0	20
2024-T3	0.174	30.0	20
5054-0	0.516	35.0	20
6061-T6	0.589	40.0	20
7075-T6	0.442	30.0	20
Bakır Esaslı %99.9	1.473	100.0	20
Tavlanmış Bakır			
Tavlanmış pirinç	0.412	28.0	20
Tavlanmış %5lik Alüminyum	0.250	17.0	20
Tavlanmış %5lik Fosfor	0.221	15.0	20
Magnezyum esaslı saf tavlanmış	0.560	38.0	--
Nikel Esaslı Tavlanmış % 99.4	0.265	18.0	20

Tablo 4.1: Bazı malzemelerin iletkenlik değerleri

4.5.2. Manyetik Geçirgenlik (Permeabilite)

Malzemenin mıknatıslanabilme kabiliyetinin ölçüsüne **manyetik geçirgenlik** denir. Başka bir deyişle **permeabilite** bir malzemenin manyetik akı geçişine izin verme kabiliyetinin bir ölçüsüdür. B/H oranı ile tanımlanır. B manyetik akı yoğunluğu, H manyetik alan kuvvetini gösterir.

4.5.3. Geometri

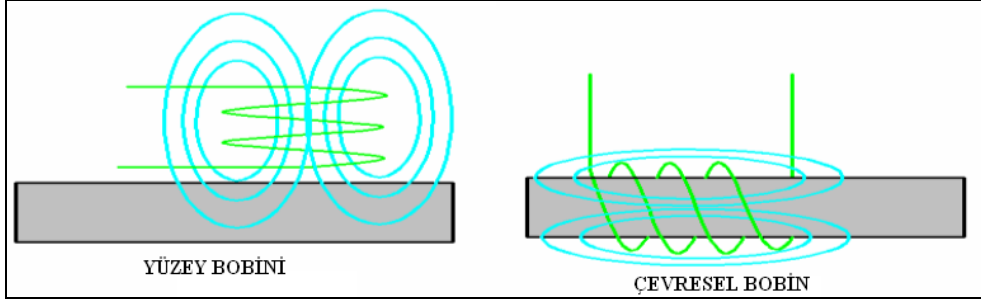
4.5.3.1. Malzeme Kalınlığı

Girdap akımları kalın malzemelere nüfuz edemez ancak yüzeye yakın yerlere nüfuz edebilir.

4.5.3.2. Aralık Etkisi

İçinden akım geçen bir yüzey probu iletken malzemedan belirli bir uzaklıkta havada tutulduğunda bobin empedansı belirli bir değerdedir. Probu malzemeye yaklaştırdığımızda bu değer değişecektir. Çünkü prob malzemeye yaklaştıkça bobin alanının şiddeti malzeme üzerinde kendini daha fazla hissettirecek, empedans değeri sürekli bir değişim gösterecektir. Bu değişim malzemedan gelecek olan birçok belirtiyi engelleyecektir.

4.5.3.3. Kenar ve Uç Etkisi



Şekil 4.3: Test malzemesinin kenar ve uç kısımlarında oluşan eddy current akımları azalmakta

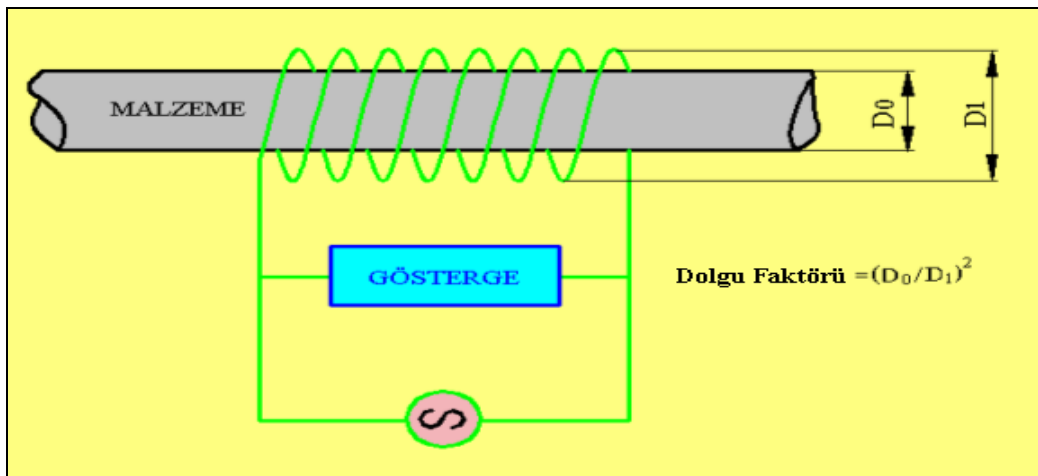
Yukarıdaki şekilde görüldüğü gibi eddy akımları, probu malzemenin kenarına yaklaştığında veya sona ulaştığında bozulur. Bu bozulma sonucunda yanlış sonuçlar ortaya çıkar. Bu etki yüzeysel malzemelerde **kenar etkisi** olarak adlandırılır. Kenar etkisi genellikle test bobini civarına manyetik zırların sarılması ile ve bobinin çapının küçülmesi ile azalabileceği uç etkisi de bobin uzunluğunun kısaltılması ile azaltılabilir.

4.5.3.4. Dolgu Faktörü (Fill Faktörü)

Çevresel veya iç problemler ile kontrol edilecek yüzey arasındaki boşluğun ölçüsüne **dolgu faktörü** denir. Çevresel veya iç problemler için aralık etkisi değerine dolgu faktörü deyimini kullanılır.

Dolgu faktörü çevresel problemlerle silindirin çapına ve bobinin iç çapına bağlıdır. Dolgu faktörü şu eşitlikle tanımlanır.

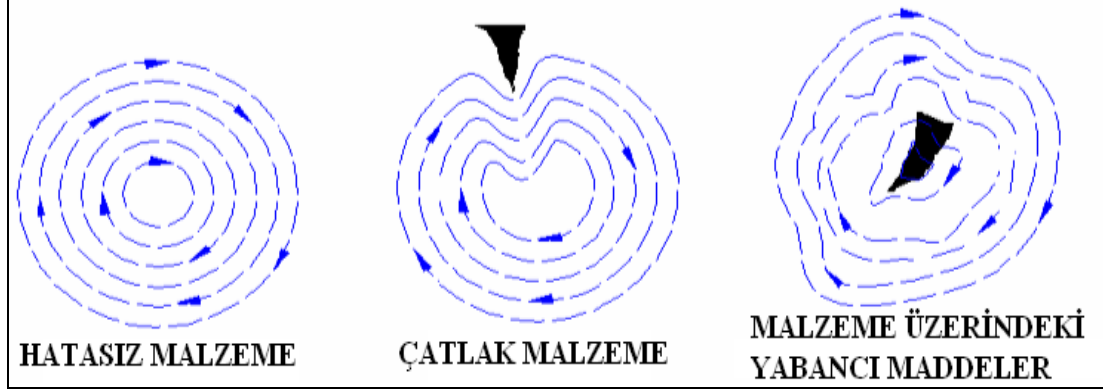
$$N = D_0^2 / D_1^2$$



Şekil 4.4: Dolgu faktörü

4.5.4. Süreksizlikler

İletken bir malzemedeki süreksizlikler, girdap akımlarının akışını etkiler. Süreksizlikler; üretim esnasında malzeme üzerindeki yabancı maddeler (curuf), gözenekler, gaz boşluğu, kullanım esnasında meydana gelen çatlaklardan kaynaklanabilir. Girdap akımları süreksizliklerin etrafından dolaşır. Böylece alanda bir değişime sebep olarak göstergede bir ibre sapması verir.



Şekil 4.5: Malzemeler üzerinde çatlak ve yabancı madde etkisi

4.6. Nüfuziyet Derinliği

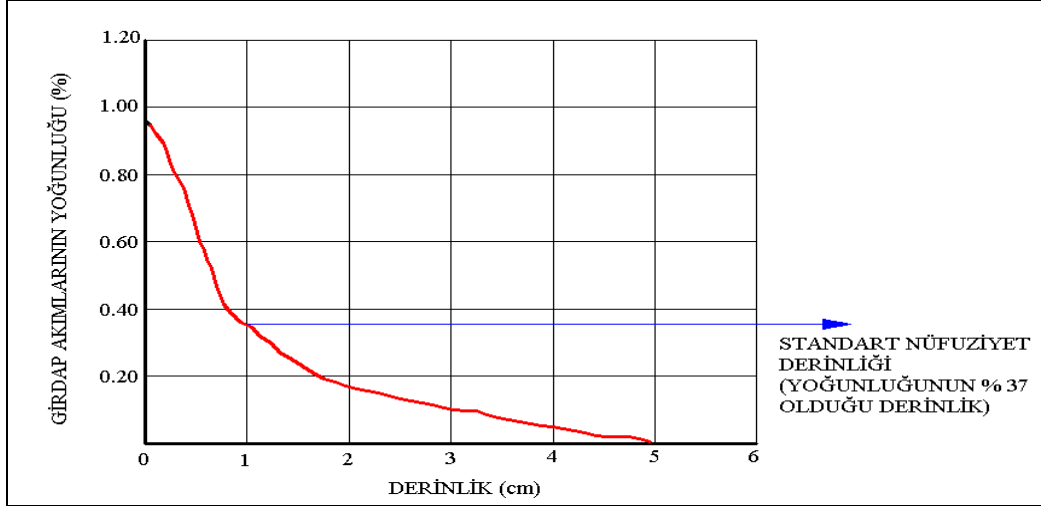
Eddy current kontrolü yapılan test malzemesi içinde her yere eşit olarak yayılamaz. Akım yoğunluğu yüzeyde ve yüzeyden az aşağıda en fazladır. Eddy current akımlarının nüfuziyet derinliğine ve yüzeydeki şiddetine test değişikliklerinin etkisi aşağıdaki tabloda verilmiştir.

FAKTÖR	DEĞİŞİKLİK TİPİ	YÜZEY ŞİDDETİNE ETKİ	NÜFUZİYET DERİNLİĞİNE ETKİ
İletkenlik(Conductivity)	ARTAR AZALIR	ARTAR AZALIR	AZALIR ARTAR
Sıcaklık (Temperature)	ARTAR AZALIR	AZALIR ARTAR	ARTAR AZALIR
Manyetik Geçirgenlik	ARTAR AZALIR	ARTAR AZALIR	AZALIR ARTAR
Parçanın Şekli (Geometry Of Part)	-	DEĞİŞİR	DEĞİŞİR
Süreksizlik (Discontinuity)	-	DEĞİŞİR	DEĞİŞİR
Frekans (Frequency)	ARTAR AZALIR	ARTAR AZALIR	ARTAR AZALIR

Tablo 4.2: Eddy current akımlarının test değişikliklerine etkisi

Aşağıdaki grafikte eddy current akımlarının yoğunluğunun derinlikle değişimi görülmektedir. Yüzeyden aşağılara inildikçe akım yoğunluğu azalacaktır. Yüzeyden çok

aşağıda ise akım sıfıra yaklaşır. Nüfuziyet derinliği frekansın artması ile azalacağından test frekansının uygun seçimi girdap akımı testinde büyük önem taşır.

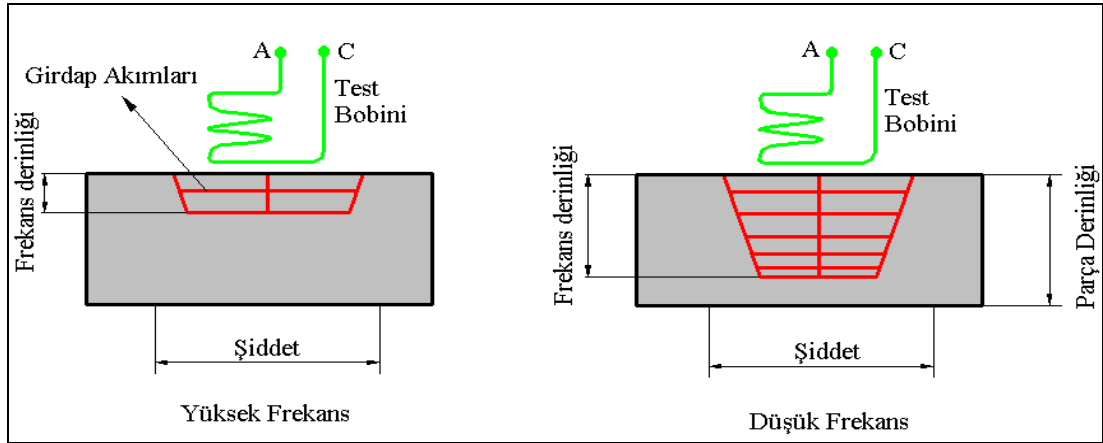


Şekil 4.6: Eddy current akımlarının yoğunluğunun derinlikle değişimi

4.7. Test Şartlarını Etkileyen Faktörler

4.7.1. Test Frekansı

Diğer değişkenler sabit tutulduğunda frekans yükseldikçe nüfuziyet derinliği azalır. Eddy akımları yüzeye toplanır. Buna **deri etkisi (skin effect)** denir. Frekansın seçiminde nüfuziyet derinliği, tarama hızı gibi faktörler de dikkate alınmalıdır. Şekil incelendiğinde frekansın yükselmesi ve dalma derinliğinin azalması görülmektedir.



Şekil 4.7: Frekansın teste etkisi

4.7.2. Manyetik Temas

Test parçası ile test bobini ile oluşturulan değişken manyetik alanın ilişkisine **manyetik temas** adı verilir. Bobinin manyetik alanının kuvveti parçadan uzaklaştıkça düşer. Bu nedenle test parçasındaki girdap akımlarının şiddeti, bobin ile temas parçası arasındaki uzaklığa göre değişir. Manyetik bağlantının seviyesi test bobinin boyutuna ve şekline, parçanın yüzey durumuna ve şekline, test parçası üzerindeki yüzey kaplamasının mevcudiyetine bağlıdır.

4.7.3. Test Bobinin Akımı

Tüm diğer değişkenler sabit tutularak test bobininin akımı artırıldığında parçaya tatbik edilen manyetik alan kuvveti artacaktır.

4.7.4. Sıcaklık

Daha önceki konularda değinildiği gibi sıcaklık gerek malzemelerin iletkenliği gerekse manyetik özellikleri üzerine etki eden bir parametredir. Sıcaklığın düşmesi ise iletkenliği artırır. Sıcaklığın manyetik özellikler üzerine etkisi vardır.

Belirli bir sıcaklıktan (curie noktasından) sonra manyetizma yok olur. Sıcaklığın etkisiyle parçanın yüzeyindeki girdap akımlarının şiddeti düşer ve nüfuziyet derinliği artar.

Curie noktası: Ferromagnetik malzemelerin magnetikliğini kaybettiği (nonmagnetik) ve dış kaynaklarla mıknatıslanamayacak duruma gelmesidir.

4.8. Test Probonun Seçimi

Eddy current akımlarının probunun seçimindeki faktör kullanımdaki amaca bağlıdır. Küçük çaplı prob küçük hataların tespitinde çok daha iyi bir ayırt etme kabiliyeti sağlanacaktır.

Daha büyük çaplı prob kütleli özellikler için daha iyi bir netice verecektir. Genel olarak kullanılan ve prob boyutunun seçiminde yardımcı olan bir ifade ise **bobin çapı, aranan hata boyutunun iki katından daha büyük olmalıdır**. Hata tipine göre hangi tip prob seçiminin yapılacağı aşağıdaki tabloda görülebilir.



Resim 4.6: Çeşitli eddy current test probları

4.9. Eddy Current Kontrolünün Avantajları ve DezAvantajları

4.9.1. Avantajları

- Test şartları test yerine göre isteğe bağlı olarak uyarlanabilir.
- Malzemenin durumunu hemen gösterir, belirtinin gelişmesi için zamana ihtiyaç yoktur.
- Cihazlar çoğunlukla kendinden şarjlı veya pilli olduğundan portatiftir.
- Test cihazı ile malzeme arasındaki manyetik alan bağlantısının malzemeye zarar vermez.

4.9.2. Dezavantajları

- Test metodunun doğruluğu malzemenin etrafındaki değişkenlerin önlenmesi ve teknisyenin becerisine bağlıdır.
- Sadece iletken malzemelere uygulanır.
- Ölçüm derinliği 1 1/4 inç ile sınırlandırılmıştır.
- Ferromanyetik metallerin testi bazen zordur.

UYGULAMA FAALİYETİ

Uçak parçalarında süreksizlikleri işletme prosedürlerinde belirtildiği şekilde eddy current (girdap akımları) kontrolü ile tespit ediniz.

İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none">➤ Uygun test parçasını seçiniz.➤ Kontrolü yapılacak malzemenin yüzeyini temizleyiniz.➤ Malzeme boyutlarına göre uygun test cihazını seçiniz.➤ Test problemlerini bağlayınız.➤ Test cihazını çalıştırınız.➤ Problemleri test parçası üzerine bağlayarak ve malzeme yüzeyinde ve yüzeye yakın süreksizlikleri kontrol ediniz.  <ul style="list-style-type: none">• Test cihazı ekranındaki görüntüleri	<ul style="list-style-type: none">➤ Elektrikle manyetik alan oluştururken elektrik kazalarına karşı gerekli emniyet tedbirlerinizi alınız.➤ Eldiven ve iş giysisi kullanmayı unutmayınız.➤ Kontrol edilecek malzemenin aşağıdaki özelliklerine dikkat ediniz:<ul style="list-style-type: none">• Elektriksel iletkenlik• Manyetik geçirgenlik• Geometrik şekli• Hatanın cinsi➤ Malzeme yüzeyini malzemenin cinsine ve işletme prosedürlerine uygun şekilde temizleyiniz.➤ Problemleri test parçası üzerinde işletmenin prosedürlerine göre veya üretici firmanın belirttiği şekilde gezdiriniz.➤ Test cihazı ekranından hata kontrolü yapınız.➤ Gözlemlerinizi rapor ederek öğretmeninizle ve arkadaşlarınızla tartışınız. 

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri		Evet	Hayır
1	Uygun test parçasını seçtiniz mi?		
2	Kontrolü yapılacak malzemenin yüzeyini temizlediniz mi?		
3	Malzeme boyutlarına göre uygun test cihazını seçtiniz mi?		
4	Test problemlerini bağladınız mı?		
5	Test cihazını çalıştırdınız mı?		
6	Problemleri test parçası üzerine bağlayarak ve malzeme yüzeyinde ve yüzeye yakın süreksizlikleri kontrol ettiniz mi?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “Evet” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki cümlelerin sonunda boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise D, yanlış ise Y yazınız.

1. () Eddy current kontrolünün prensibi, bir alternatif akımın bobini tarafından oluşturulan değişken manyetik alanın malzeme yüzeyinde dairesel girdap akımlarını endüklemesine dayanır.
2. () Eddy current kontrolü sadece hata testinde kullanılır.
3. () Eddy current kontrolü bütün metal ve alaşımlarına uygulanabilir.
4. () İletkenliğin sıcaklıkla ilişkisi vardır.
5. () Malzemenin mıknatıslanabilme kabiliyetinin ölçüsüne manyetik geçirgenlik (permeabilite) denir.
6. () Parçanın bütün yüzeylerinde doğru sonuç verir.
7. () Çevresel veya iç problemler ile kontrol edilecek yüzey arasındaki boşluğun ölçüsüne dolgu faktörü denir.
8. () Eddy current kontrolünde akım yoğunluğu parçanın bütün yüzeyinde aynıdır.
9. () Bobin çapı, aranan hata boyutunun iki katından daha büyük olmalıdır.
10. () Eddy current kontrolünde test cihazları sabit cihazlardır.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-5

AMAÇ

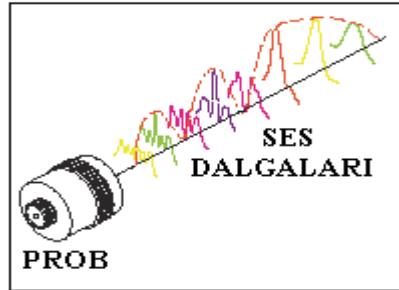
Gerekli ortam sağlandığında uçak parçalarında süreksizlikleri işletme prosedürlerinde belirtildiği şekilde ultrasonik kontrolü ile hatasız olarak tespit edebileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Ses ve ses dalgalarını araştırınız.
- Çevrenizde ultrasonik kontrolü yapan işletme veya kurumlar varsa buralarda yapılan uygulamaları araştırınız.
- Araştırma işlemleri için internetten ve ultrasonik kontrolü yapan işletme veya kurumlardan bilgi edinebilirsiniz.
- Ultrasonik kontrol yapan işletme veya kurumlardaki bu işlerle uğraşan teknisyenlerden ön bilgi alınız.

5. ULTRASONİK KONTROLÜ

Hacimsel yöntemlerden biri olan ultrasonik kontrolünün test prensibi, prob tarafından üretilen yüksek frekanstaki ses dalgalarının test malzemesi ortamında yayılması ve bir süreksizliğe çarptıktan sonra tekrar proba yansması esasına dayanır.



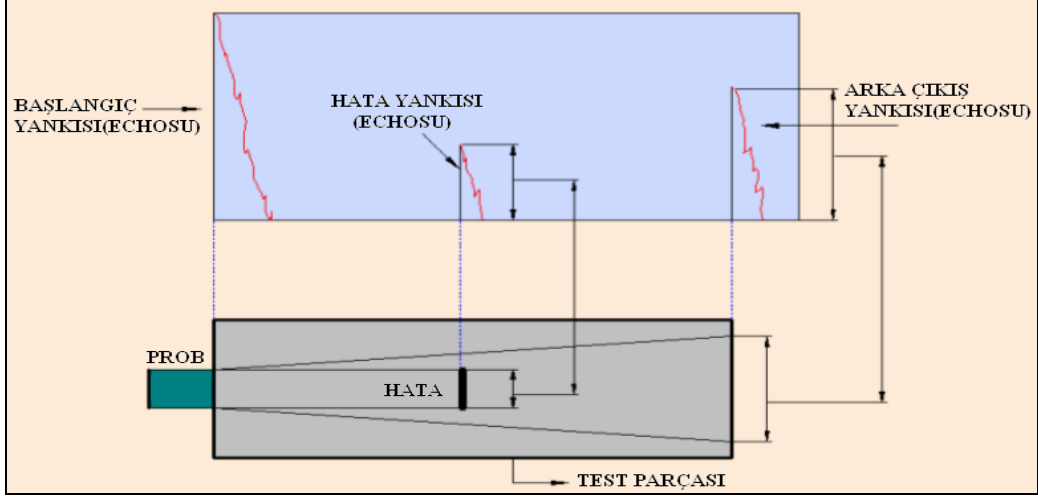
Şekil 5.1: Problarda ses dalgaları

5.1. Tarihçe

Ultrasonik dalgaların malzeme içi hataların deteksiyonunda kullanılması ilk defa 1931 yılında bir Alman patenti ile başlar. İlk ticari cihazlar 1940 senelerinde endüstriye yayılmaya başlamıştır. Elektronikğin gelişimi bu tekniğin pratik bir muayene metodu olarak gelişmesine büyük katkısı olmuştur. Şimdi tahribatsız muayenenin temel metotlarından biri hâline gelmiştir.

5.2. Ultrasonik Kontrolü Çalışma Prensibi

Prob tarafından algılanan dalgalar elektrik sinyallerine dönüştürülür ve katot ışınları tübü ekranında malzeme iç yapısının habercisi olan yankılar hâlinde görülür. Ekran üzerinde gözlenen yankıların konumları ve genlikleri hatanın bulunduğu yer ve boyutları hakkında bilgi verir. Aşağıdaki şekilde bunu açık ve net olarak görebiliriz.



Şekil 5.2: Ultrasonik kontrolde prob ile hata kontrolü

Ultrasonik yöntemle bütün hatalar hassasiyet sınırları dâhilinde test edilebilir. Hatalar ultrasonik demete dik doğrultuda olduğunda en iyi şekilde algılanır. Ultrasonik kontrolünde kullanılan bazı ifadeleri bilmek bize kolaylık sağlar. Bunlar:

Frekans (f): Bir parçacığın saniyedeki titreşim sayısı olup birimi (Hz)'dir. $1 \text{ Hz} = 1 \text{ s}^{-1}$

Dalga boyu (λ): Aynı titreşim fazında bulunan iki komşu parçacık arasındaki mesafe olup birimi (m)'dir.

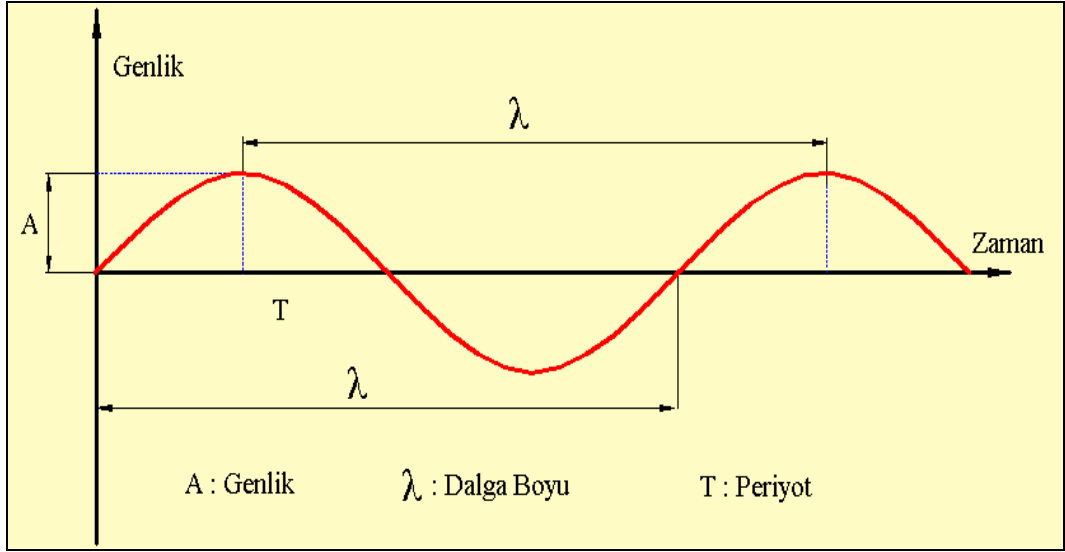
Periyot (T): Bir titreşimin tamamlanması için geçen süre olup frekansın tersine eşittir.

$$T = 1 / f \text{ (sn)}$$

Yayılma hızı (C): Belli bir dalga fazının birim zamanda aldığı yol miktarı olup dalga boyu ile frekansın çarpımına eşittir. Buna faz hızı da denir.

$$C = \lambda \times f \text{ (m/sn)}$$

Frekansları birbirine yakın olan dalgaların oluşturduğu grubun yayılma hızına ise grup hızı denir. Dispersion, yani ses hızının frekansa bağlılığı söz konusu değil ise faz hızı grup hızına eşittir. Genlik, dalga boyu ve periyot arasındaki ilişkinin şekil ile ifadesi, aşağıda Şekil 5.3'te gösterilmiştir.



Şekil 5.3: Genlik, dalga boyu ve periyot

5.3. Ultrasonik Kontrolün Uygulanabileceği Malzemeler

Ultrasonik kontrolünde tabii tutulacak malzemelerin düzeyinin düzgün olması, iç yapısında aşırı porozite (gözeneklilik) ve tane selliğinin olması ultrasonik kontrolüne kolaylık sağlar. Fakat ultrasonik kontrolünün bazı istisnalar hariç bütün malzemelere uygulayabiliriz. Ultrasonik kontrolü yapılacak malzemenin yapısına ve şekline göre frekans ve prob lar seçilmelidir. Bu seçim kontrolün sıhhatli yapılabilmesi için çok önemlidir.

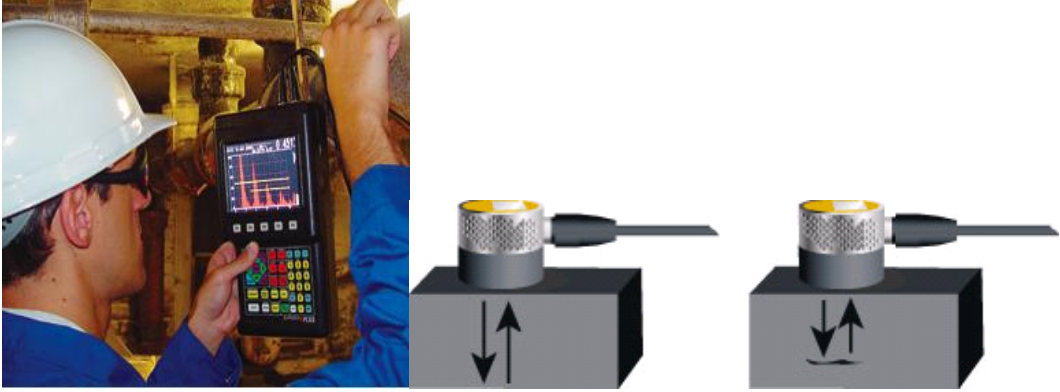
5.4. Ultrasonik Test Teknikleri

Ultrasonik testinde uygulanan teknikler üç parametre göz önüne alınarak sınıflandırılabilir. Bunlar; ölçülmek istenen fiziksel büyüklük (genlik, faz, zaman), ses üretim şekli (sürekli, darbe) ve süreksizliklerin etki şekli (yansıtıcı, gölgeleyici, ses üretici) olarak yapılabilir. Test tekniği bu parametreler göz önüne alınarak seçilir.

5.4.1. Puls-Echo (Darbe-Yankı) Yöntemi

Puls-echo yöntemi, prob tarafından yayılan ses dalgalarının malzeme içindeki bir süreksizliğe çarpıp geri yansiyarak tekrar proba ulaşması esasına dayanır.

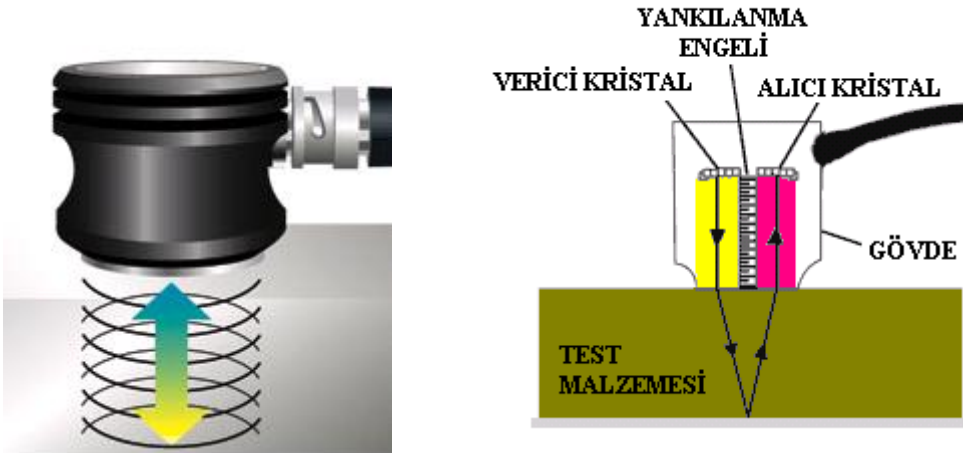
Bu yöntemde ölçülen büyüklükler ses basıncı genliği ve puls'un girdap dönüşü süresi (time of flight) olup süreksizlik bir yansıtıcı (reflektör) olarak etki eder.



Resim 5.1: Puls-Echo (darbe-yanki) yöntemi

5.4.1.1. Doğrudan Kontak Yoluyla Kontrol

Probu test malzemesi yüzeyine, bir ara sıvısı vasıtası ile doğrudan temas ettirildiği test şeklidir. Tek kristalli prob kullanıldığında prob hem alıcı hem de verici olarak çalışır. Çift kristalli problarda ise alıcı ve verici ayrıdır.



Şekil 5.4: Doğrudan kontak yoluyla kontrol

Algılanan hata echo'sunun genliği aşağıdaki etkenlere bağlıdır:

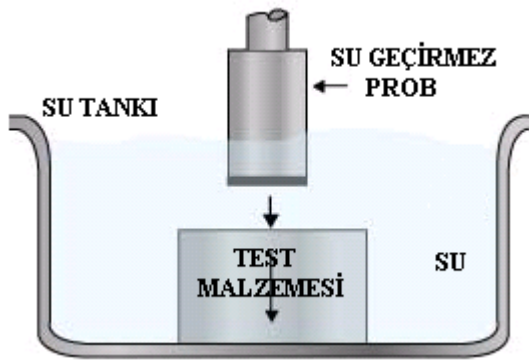
- Üretilen sesin enerjisi
- Verici kristalin yön karakteristiği
- Hatanın boyutu
- Hatanın yüzey yapısı
- Hatanın yeri
- Alıcı kristalin yön karakteristiği (çift kristalli ise)
- Yansıma ve kontak kayıpları
- Absorbsiyon ve saçılmadan dolayı zayıflama
- Hatanın önünde bulunabilecek hataların ses dalgalarını gölgelemesi



Resim 5.2: Ultrasonik test cihazı ile parça kalınlığının ölçümü

5.4.1.2. Daldırma Yoluyla Kontrol

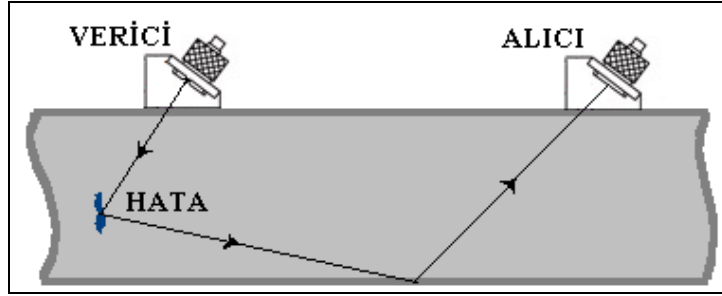
Daldırma tekniğinde prob ve test parçası bir su tankının içerisine daldırılır. Bu amaç için özel su sızdırmaz problar kullanılır. Daldırma yoluyla kontrol aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.



Resim 5.3: Daldırma yoluyla malzeme kontrolü

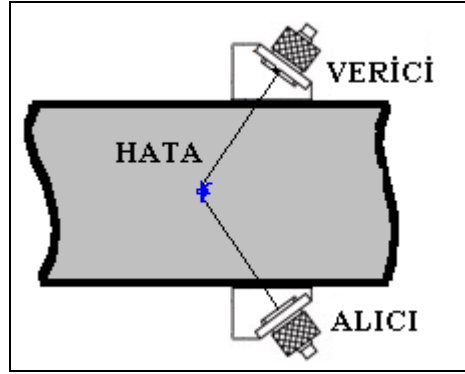
5.4.1.3. Çift Prob Tekniği (Tandem veya Ardışık)

İki prob kullanılan tandem tekniğinde, problardan biri tarafından gönderilen ultrasonik dalgalar önce hatada ve sonra arka yüzeyden yansdıktan sonra alıcı proba ulaşır.



Şekil 5.4: Çift proba malzeme yüzeyinden hata kontrolü

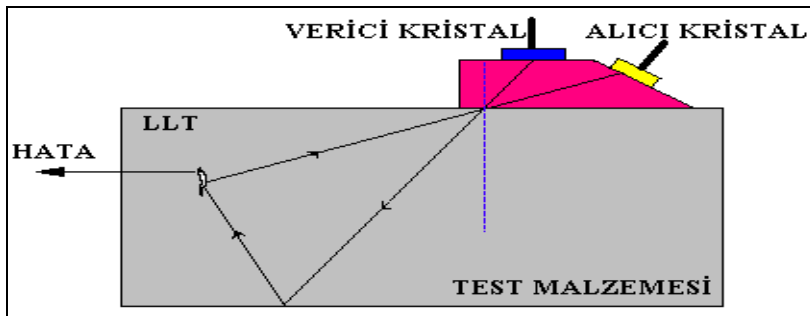
Problar birbirine özel bir düzeneyle bağlanmış olup aralarındaki mesafe ses açılarına bağlıdır. Çift prob tekniği problar malzemenin karşılıklı yüzeylerine yerleştirilmek suretiyle de uygulanabilir. Burada hata yansıtıcı olarak etki eder. Aşağıdaki şekilde görüldüğü gibidir.



Şekil 5.5: Çift proba karşılıklı yüzeylerden hata kontrolü

5.4.1.4. LLT (Long – Long – Trans) Tekniği

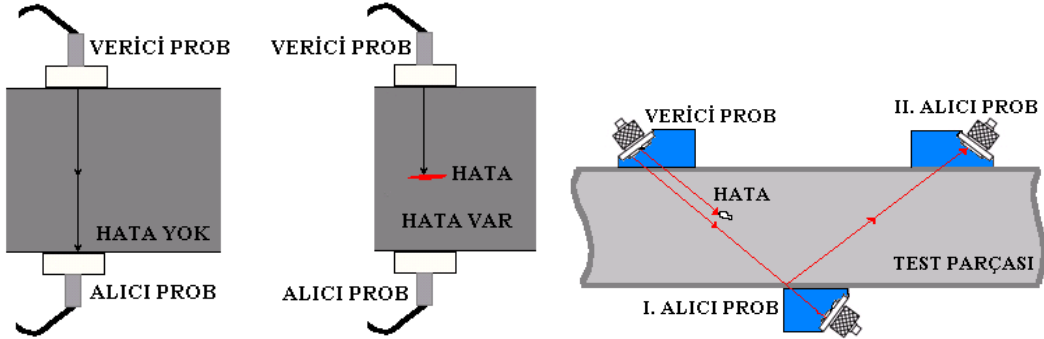
LLT (Long – Long – Trans) tekniği aynı taban bloğu üzerine farklı açılarda yerleştirilmiş iki kristalli özel problarla yapılır. Verici probtan gönderilen boyuna dalgalar (Long) malzeme içerisinde yüzey dik doğrultuda bulunan hatalara çarpar. Hata yüzeyinde dalga dönüşümü meydana gelir. Yani boyuna dalgalara dönüşür. Alıcı kristal sadece enine dalgaları (trans) algılar. Hata yansıtıcı olarak etki eder. LLT tekniği malzemelerin dış yüzeyinin testi için daha uygundur. Tandem tekniklerinden daha üstündür. Aşağıdaki şekilde LLT tekniği gösterilmiştir.



Şekil 5.6: LLT tekniği

5.4.2. Transmisyon Yöntemi

Transmisyon tekniğinde biri verici diğeri alıcı olan iki prob kullanılır. Problardan biri tarafından gönderilen ses dalgalarının algılayıcı proba ulaşmadan önce bir süreksizlik tarafından gölgelenmesi esasına dayanır. Aşağıdaki şekilde transmisyon tekniği gösterilmektedir.



Şekil 5.7: Transmisyon yöntemi ile hata kontrolü

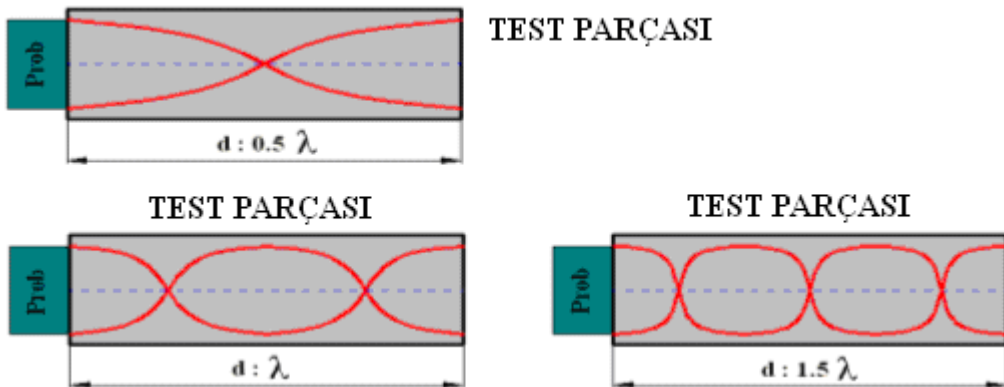
5.4.3. Rezonans Yöntemi

Dışarıdan uygulanan tek bir darbenin etkisi ile serbest titreşen bir yapı rezonans frekansı ile titreşir ve titreşim sıfıra ininceye kadar frekans aynı kalır. Test parçası içinde rezonansın oluşması için ön ve arka yüzeylerinden gelen yansımaların büyük kayıplar olamaması, yansımadan sonra dalgaların yine geldikleri doğrultuda geri dönmeleri, başka yönlere saparak kaybolmamaları gerekir.

Yani test parçası paralel yüzü ve yüzeyleri pürüzsüz olmalıdır. Test parçasının boyu yarım dalga boyuna veya bunun tam katlarına eşitse rezonans meydana gelir. Rezonans tekniği şekil ve formül ile ifadesi aşağıdaki gibidir.

$$d = N \times \lambda / 2 \quad d = N \times c / 2 \times f \quad N = 1, 2, 3, 4$$

$d =$ Parça boyu $N =$ Katsayı



Şekil 5.8: Rezonans yönteminde çeşitli dalga boylarında frekanslar

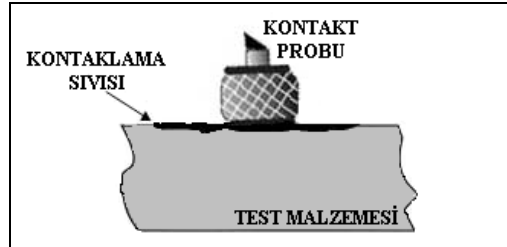
Rezonans yönteminin en verimli uygulaması kalınlık ölçümüdür. Rezonans yöntemi katlama kalınlığının ölçümünde ve kaplama tabakasının ana malzemeye yapışma hatalarının tespitinde de uygulanır. Fakat mikron (1/1000 mm) mertebesinde hassas değildir. Malzeme hatası testinde uygulanması oldukça zordur ve fazla yaygınlaşmamıştır.

5.4.4. Kontaklama (Temas) Yöntemi

Ultrasonik enerji ara düzeyde büyük kayıplara uğramaktadır. Kontaklama ultrasonik probda üretilen ses enerjisini test malzemesi ortamına iletmek için bir ara maddesi ile yapılan işlemdir. Ara yüzey kayıplarını aşağıdaki şekilde sıralamak mümkündür.

- Yüzey pürüzlülüğü (1/10 dalga boyundan küçük olmalı)
- Yüzey temizliğinin yetersizliği
- Yüzeydeki oksit veya boya tabakaları
- Yüzey eğriliği
- Kontak maddesinin cinsi ve homojenliği

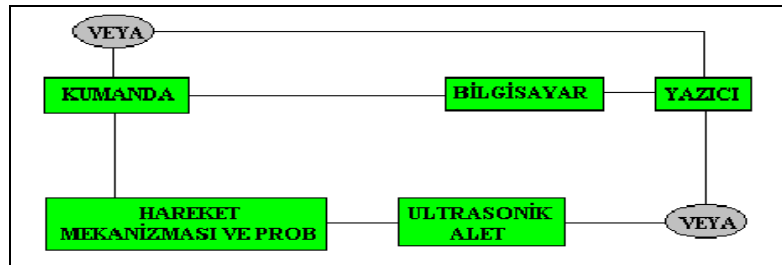
Su ve yağ en çok kullanılan kontak sıvıdır. Ayrıca gliserin, gres, vazelin ve balda kontak amacıyla kullanılır. Parlak yüzeylerde düşük viskoziteli yağlar, pürüzlü yüzeylerde ise koyu yağlar kullanılır. Kontaklama işlemi, doğrudan kontaklama tekniğinde çok ince bir sıvı film tabakası sayesinde yapılır. Daldırma tekniğinde ise kontaklamayı su yapar ve prob ile test parçası arasında belli bir su aralığı vardır. Bu teknik homojen bir kontaklama sağladığı gibi probun sürtünmeden dolayı aşınması önlenir.



Şekil 5.9: Kontak yönteminin uygulanması

5.4.5. Otomatik Sistemlerde ve Üretim Alanında Test

Test işlemlini hızlandırmak ve anında değerlendirme yapabilmek amacıyla otomatik sistemler geliştirilmiştir. Otomatik sistemler genel olarak probu hareket ettiren bir mekanizma ve kumandası, ultrasonik alet, bilgisayar ve yazıcıdan meydana gelir. Otomatik bir ultrasonik sisteminin blok diyagramı aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.



Şekil 5.10. Üretim alanlarında test işlemi sistemi

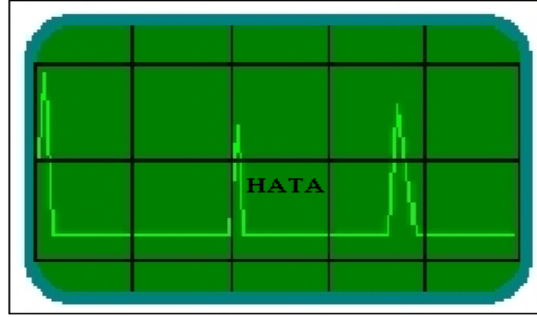
Otomatik sistemler, üretim bantlarında test operatörüne gerek kalmaksızın malzemelerin testlerinde kullanılır. Test yüzeyi çok büyük olan malzemeler, insanın giremediği kaplar veya konumlar, nükleer santral bileşenleri otomatik sistemlerin kullanıldığı örneklerden bazılarıdır.

5.5. Ultrasonik Kontrolün Tarama Şekline Göre Sınıflandırılması

Bir ultrasonik cihazı ile hatanın yeri ve genişliği farklı şekillerde gösterilebilir. A, B ve C tarama yöntemleridir.

5.5.1. A-Tarama (A-Ekranı A-Scan)

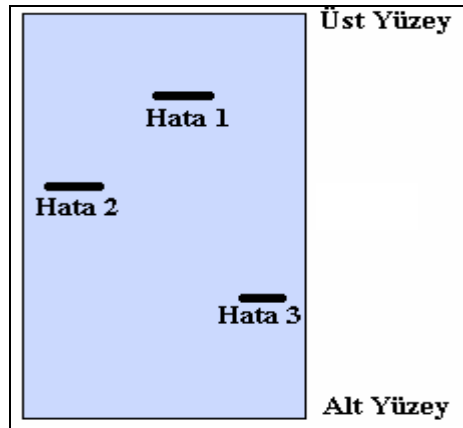
A- ekran alışagelmış bir teknik olup endüstriyel ultrasonik cihazlar A-ekrana göre dizayn edilmiştir. Bu teknikte ekranın yatay skalası malzeme kalınlığı cinsinden zamanı, dikey skalası da genişliğini gösterir. Aşağıdaki şekildeki gibi.



Şekil 5.11: A-tarama

5.5.2. B-Tarama (B- Ekranı, B- Scan)

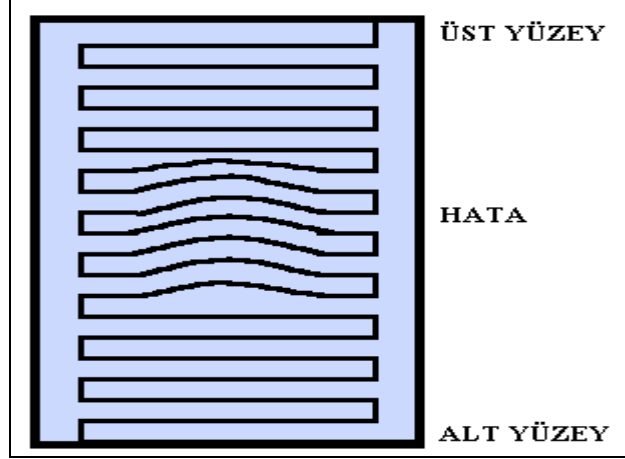
B-tarama tekniğinde, sadece genişliği belli bir frekans yüksekliği aşan hatalar kaydedilir. Hata yankılarının zamanı (time of flight) test parçasının x ve y koordinatına göre çizilir. Bu işlem için yazıcı kullanılır. Aşağıdaki şekildeki gibi.



Şekil 5.12: B- tarama

5.5.3. C- Tarama (C- Ekranı, C- Scan)

C-ekran tekniğinde test parçasının yüzeyi X-Y düzlemi olarak tanınır. Başlangıç yankısı ile arka yüzey yankısı arasında istenen bölgede bir pencere ve bir eşik açılır. Prob malzemenin X-Y düzleminde belli adım aralıklarında hareket ettirilir. Belli bir frekans yüksekliği aşan hata gerginlikleri kaydedilir. Bu işlem için yazıcı kullanılır.



Şekil 5.13: C- tarama

5.6. Ultrasonik Testinin Avantajları ve DezAvantajları

5.6.1. Avantajları

- Küçük hataların tespitinde çok hassas sonuçlar verir.
- Çok kalın malzemelerin kontrolünde kullanılabilir.
- Süreksizliğin yeri ve boyutları hakkında net sonuçlar verir.
- Test süresi kısadır.
- Test Yapılacak parçanın tek yüzeyi yeterli olabilir.

5.6.2. Dezavantajları

- Testi yapılacak olan parçanın değişik geometrik şekilleri,
- Parça üzerindeki porozite (gözenekler), yabancı maddeler veya üzerindeki çökeltiler, değerlendirmelerde hatalı sonuçlar verebilir.

UYGULAMA FAALİYETİ

Uçak parçalarında süreksizlikleri işletme prosedürlerinde belirtildiği şekilde ultrasonik kontrolü ile hatasız olarak tespit ediniz.

İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none">➤ Kontrolü yapılacak malzemenin yüzeyini temizleyiniz.➤ Malzeme boyutlarına ve cihazın kapasitesine uygun test metodunu seçiniz.➤ Daldırma yoluyla kontrol yapılacaksa uygun sıvıyı seçiniz.➤ Test problemlerini cihaza bağlayınız.➤ Test cihazını çalıştırınız.➤ Problemleri kontrol edilecek parça üzerine bağlayınız.➤ Test cihazı ekranındaki yankıları izleyerek hata tespiti yapınız.	<ul style="list-style-type: none">➤ Ultrasonik kontrol için gerekli emniyet tedbirlerini uygulayınız.➤ Eldiven ve iş giysisi kullanmayı unutmayınız.➤ Parçanın boyutlarına, test cihazının kapasitesine dikkat ediniz.➤ Kontrol edilecek malzemeye yüksek frekansta ses dalgalarını gönderebilmek için problemleri doğru yerleştiriniz.➤ Daldırma metoduyla test yapılacaksa uygun sıvıyı seçiniz.➤ Hata yankılarının genliğinden kesin sonuç alınabilmesi için;<ul style="list-style-type: none">• Üretilen sesin enerjisine,• Verici kristalin yön karakteristiğine,• Hatanın boyutuna,• Hatanın yüzey yapısına,• Hatanın yerine,• Alıcı kristalin yön karakteristiğine (çift kristalli ise),• Yansıma ve kontak kayıplarına,• Absorbsiyon ve saçılmadan dolayı zayıflamaya,• Hatanın önünde bulunabileceğine,• Hataların ses dalgalarını gölgelemesine dikkat ediniz.➤ Test cihazında yankıları izleyerek hata kontrolü yapınız.➤ Gözlemlerinizi rapor ederek öğretmen ve arkadaşlarınızla tartışınız.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri		Evet	Hayır
1	Kontrolü yapılacak malzemenin yüzeyini temizlediniz mi?		
2	Malzeme boyutlarına ve cihazın kapasitesine uygun test metodunu seçtiniz mi?		
3	Daldırma yoluyla kontrol yapılacaksa uygun sıvıyı seçtiniz mi?		
4	Test problemlerini cihaza bağladınız mı?		
5	Test cihazını çalıştırdınız mı?		
6	Probları kontrol edilecek parça üzerine bağladınız mı?		
7	Test cihazı ekranındaki yankıları izleyerek hata tespiti yaptınız mı?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “Evet” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki cümlelerin sonunda boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise D, yanlış ise Y yazınız.

1. () Hacimsel yöntemlerden biri olan ultrasonik kontrolünün test prensibi, prob tarafından üretilen yüksek frekanstaki ses dalgalarının test malzemesi ortamında yayılması ve bir süreksizliğe çarptıktan sonra tekrar proba yansması esasına dayanır.
2. () Ultrasonik kontrolde başlangıç ve bitiş echosu(yankı) genliği oldukça yüksektir.
3. () Frekans ve periyot birbirine eşittir.
4. () Algılanan hata echo'sunun genliği hatanın yerine bağlıdır.
5. () Ultrasonik kontrolde ses dalgaları alıcı ve verici problara direk geliyorsa çift prob yöntemi, açılı geliyorsa rezonans yöntemidir.
6. () Parça kalınlığı ölçümünde en verimli yöntem rezonans yöntemidir.
7. () Kontaklama temas yönteminde, parlak yüzeylerde kalın yağlar, pürüzlü yüzeylerde ince yağlar kullanılır.
8. () Endüstriyel ultrasonic test cihazları A-ekrana göre dizayn edilmiştir.
9. () Otomatik sistemlerde genel olarak, probu hareket ettiren bir mekanizma ve kumandası bulunur.
10. () Küçük hataların tespitinde çok hassas sonuç vermez.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-6

AMAÇ

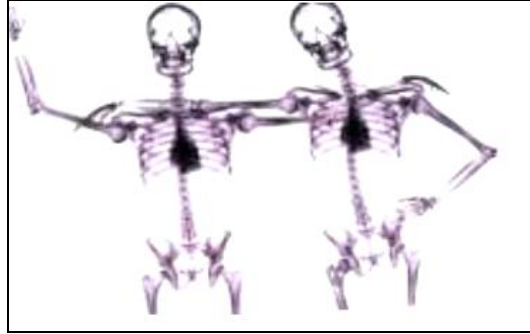
Gerekli ortam sağlandığında uçak parçalarında süreksizlikleri işletme prosedürlerinde belirtildiği şekilde radyografik kontrol ile hatasız olarak tespit edebileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Radyaktif kaynakları ve elementleri araştırınız.
- Radyasyonun zararları hakkında araştırma yapınız.
- Çevrenizde radyografik kontrol yapan işletme veya kurumlar varsa buralarda yapılan uygulamaları araştırınız.
- Araştırma işlemleri için internetten ve radyografik kontrol yapan işletme veya kurumlardan bilgi edinebilirsiniz.
- Radyografik kontrol yapan işletme veya kurumlardaki bu işlemlerle uğraşan teknisyenlerden ön bilgi ediniz.

6. RADYOGRAFİK KONTROL

Hacimsel yöntemlerden olan radyografik kontrolün prensibi de yine iki esas fonksiyonla tanımlanır. Bunlar nüfuz edici ve algılayıcıdır. Burada nüfuz edici eleman X ve gama ışınları, algılayıcı elemanda filmlerdir.



Resim 6.1: Radyografik kontrol hem tıpta hem de endüstride vazgeçilmez bir kontrol

Radyografik kontrol endüstriyel alanda oldukça yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Örneğin, X ve gama ışınlarından yararlanılarak röntgen filmleri çekilen endüstriyel ürünlerin (Borular, buhar kazanları, uçak parçaları vs.) herhangi bir hata içerip içermediği tespit edilebilmektedir. Bu işlemler, özel olarak imal edilmiş X ışını üreten veya gama ışını yayan radyoizotop içeren cihazlarla yapılmaktadır. X ışını ile yapılan çalışmalar X ışını grafi, gama ışınları ile yapılan çalışmalar ise gama grafi olarak her ikisi birden **radyografi** olarak adlandırılır.



Resim 6.2: Radyografik kontrolün endüstriyel uygulamaları

6.1. Tarihçe

Tahribatsız muayenelerin en eskilerinden biri olan radyografi kontrolün tarihçesi 1895 yılında X-ışınlarının Wilhelm Conrad roentgen tarafından keşfedilmesine kadar dayanır. Başlangıçta X-ışınları genellikle tıbbi radyografide kullanılmıştır. Radyografiyi 1930 yılında ilk defa Amerikan Donanması kaynak dikişlerinin kontrolünde bir endüstriyel tahribatsız muayene metodu olarak tanımıştır.



Resim 6.3: Wilhelm Conrad roentgen ve ilk radyografik uygulama

İkinci Dünya Savaşı'ndan sonra gamma ışınlarının ve yaklaşık olarak 1960'lı yıllardan sonra da nötronların kullanılmaya başlanması ile endüstriyel radyografinin sınırları çok genişlemiştir.

6.2. Radyografik Kaynakların Seçimi

Birçok radyografik kaynağı olmasına rağmen pratikte radyografi için uygun kaynak çok azdır. Kaynak seçimine, kaynak boyutu, radyografi cihazının taşınabilirliği, büyüklüğü, radyografi yapılacak cismin taşınabilirliği ve kaynak enerjisi etki eder. Radyografik kontrolde kullanılan X ve gama ışınlarının üretimi dışındaki bütün özellikleri aynıdır. X ve Gama ışınları elektromagnetik radyasyondur. X ve gama ışınları elektromagnetik yayılan ışınların bir kısmını kaplar. Elektromagnetik radyasyonlar dalga ve tanecik yapısına sahiptir.

X ve gama ışınları kısa dalga boyludur. Dalga boyu buların enerjilerini ve dolayısı ile giricilik güçlerini tayin eder. Dalga boyu ile giricilik arasında ters orantı vardır. Dalga boyu arttıkça giricilik gücü azalır ve dalga boyu küçüldükçe giricilik artar.

Genel olarak X ve gama ışınları;

- Fotoğraf filmine etki eder.
- Bazı malzemelerde floresans ve fosfloresans meydana getirir.
- Elektrik ve magnetik alandan etkilenmez.
- Doğrusal olarak hareket eder.
- Işık hızıyla hareket eder.
- Canlı dokulara zarar verebilir.
- Bazen dalga, bazen tanecik karakterinde gözükmürler.

X ve gama ışınları arasındaki tek fark yukarıda bahsedildiği gibi oluşum (üretim) yerleridir. X-ışınları bir jeneratör (elektrik kaynağı) vasıtasıyla X-ışını tüplerinde oluşur, gama ışınları ise radyo aktif bozunum sırasında meydana gelir.

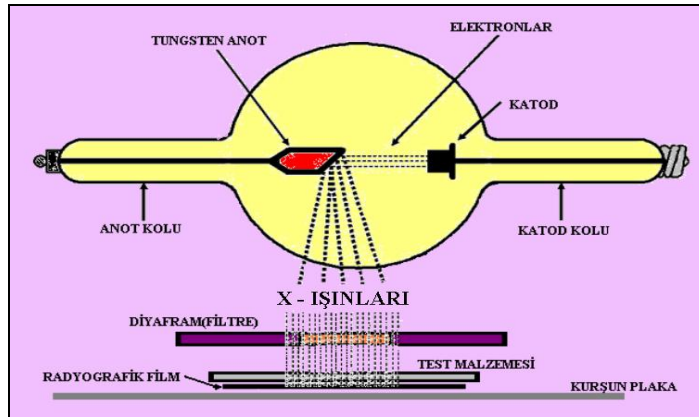
6.2.1. X-ışınları ile Kontrol

X-ışınları X-ışını tüpünde üretimi elektronların yüksek hızda bombardımanı sonucu oluşur ve üretilen X-ışınları endüstriyel radyogafide kullanılabilir. Şekil 6.1’de X-ışınlarının X-ışın tüplerinde meydana geldiği kısımlar görülmektedir.

Şekilde de görüldüğü gibi odaklama kabı (Tunsten Anot), telden (Katot) çıkan elektronları aşağı doğru yönlendirir. Burdaki çarpışma ile yüksek ısı ve X-ışınları meydana gelir. Yüksek ısı yağ veya su gibi soğutmalı sistemler ile soğutulur. Oluşan X-ışınları diyaframdan geçerek test malzemesi üzerine gönderilir. Işınlar radyografik film üzerine yansır ve test malzemesi hakkında bilgi verir. Film üzerinden geçen X-ışınları kurşun plaka tarafından emilir.

X-ışını üretiminde en önemli iki kontrol şunlardır:

- X-ışını demetinin enerjisi veya giricilik gücü
- X-ışını demetinin şiddeti



Şekil 6.1: X-ışınları üretimi ve malzeme kontrolü

X-ışınının enerjisi, bizim açımızdan X-ışınının bir malzeme içinde giriciliğini gösterir. Hedefe gelen elektronların hızı arttırılırsa hedefe çarpma kuvvetleri artacak ve bu şekilde daha kısa boylu yani girici X-ışınları elde edilecektir.

Yüksek Hızlı Elektronlar	Kısa boylu X-ışınları Yüksek enerjili X-ışınları
	Uzun dalga boylu X-ışınları Düşük enerjili X-ışınları

*Dikkat edilirse yüksek hızlı elektronlar hem düşük enerjili hem de yüksek enerjili ışınlar üretir.

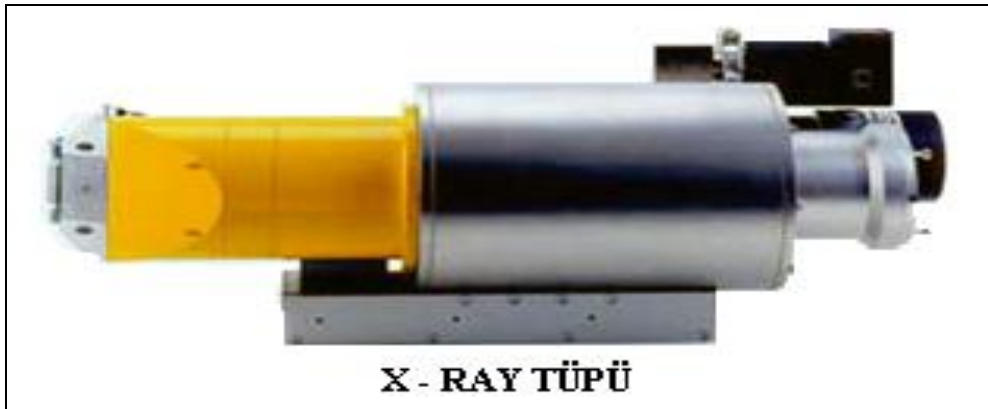
Düşük hızlı elektronlar	Uzun dalga boylu X-ışınları Düşük enerjili X-ışınları
-------------------------	--

X-ışınlarının enerjisi (gircilik gücü) X – ışın tüplerine uygulanan voltajla doğrudan ilişkilidir. Voltaj artarsa dalga boyu küçülür ve gircilik(enerjisi) artar. X-ışınlarının şiddeti ise belli bir zaman aralığında birim alandan geçen veya birim alana çarpan ışınların sayısıdır.

X-ışınlarının endüstriyel alanda çok geniş bir uygulama alanı vardır. Bu uygulamalar cihaz kapasitesine, uygulanan malzemelere ...vb. faktörlere bağlı olarak değişir.

VOLTAJ	UYGULAMA
50 kV	Odun, plastik ve yaklaşık ¼ inç kalınlığındaki çelik
100 kV	Hafif metaller, alaşımlar ve ½ inç kalınlığındaki çelik
150 kV	Hafif metallerin kalın kesitleri, alaşımlar, 1 inç kalınlığındaki çelik
250 kV	Bakır ve 2 inç kalınlığındaki çelik
1000-2000 kV	5-8 inç kalınlığında çok ağır demir ve demir dışı kesitler

Tablo 6.1: X-ışınları değerleri ve uygulama alanları



Resim 6.4: X-ışınları tüpü

X-ışınlarının farklı tiplerdeki radyasyon enerjilerini tanımlayabilmek için elektron-volt (eV) adı verilen birim kullanılır. Bir voltluk potansiyel farkı ile hızlandırılmış bir elektronun enerjisine bir elektron-volt denir. Böylelikle 1000 volt, 1000 eV'a kadar olan enerji yayan X-

ışınları üretecektir. 10 000 volt, 10 000 eV'a kadar olan enerji yayan X-ışınları yaratacaktır. Elektron-voltların katları aşağıdaki gibidir.

1000 eV = 1 kiloelektron-volt (1 keV)

10000 eV = 10 kiloelektron-volt (10 keV)

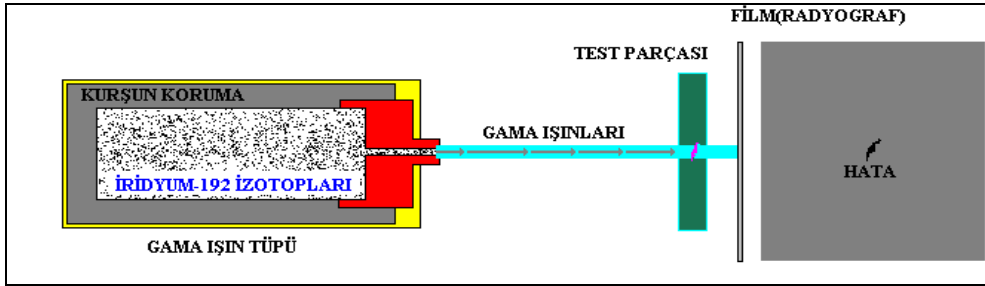
1000000 eV = 1 megaelektron-volt (1 MeV)

6.2.2. Gama Işınları

Radyoaktif elementlerin (radyum, iridyum, sezyum vb.) çekirdeklerinin parçalanması (radyoizotop) ile elde edilen gama ışınları endüstriyel ve tıbbi radyografide kullanılır.

Radyum-226 elementi radyografi için ilk kullanılan radyoizotoptu. Daha sonraları yapay izotoplar elde edildi. Bunlar daha güçlü, verimli ve ucuzdu. Kobalt-60 elde edilince radyum-226'dan vazgeçildi ve iridyum-192 elde edilince birçok uygulamada kobalt-60 yerine iridyum-192 kullanılmaya başlandı.

Daha sonra sezyum-137 ve talyum-170 elde edilmesiyle ince kenarlı çelik kaynaklarının testi problem olmaktan çıkmıştır. Fakat Sezyum-137 kaynağının boyutu büyük olduğundan dolayı radyografide kullanımı zamanla azaldı.



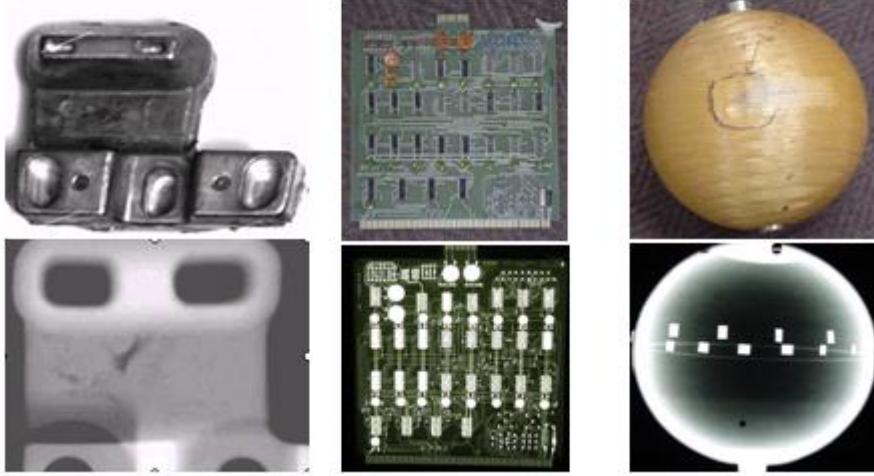
Şekil 6.2: Gama ışınları üretimi ve malzeme kontrolü

Gama ışınlarının üretimi yukarıda şekildeki görüldüğü gibi 10-50 mm arasında kalınlığı değişen kurşun korumalar içinde çeşitli radyoaktif elementlerin çekirdeklerinin parçalanması ile oluşturulur. Oluşan gama ışınları test malzemesi üzerinden geçerek film üzerine yansıtılır.



Resim 6.5: Uzaktan kumanda edilen gama ışın tüpü ve elde taşınabilen gama ışın tüpleri

Gama ışınları çok kısa dalga boyuna ve yüksek frekansa sahiptirler. Bu özellikleri ile malzemelerin içerisindeki kristal kafes boşluklarından geçerler. Eğer malzemenin iç yapısında bir çatlak veya boşluk varsa bu kısımlardan geçen gama ışınları hiçbir tepkiyle karşılaşmaz ve daha yoğun olarak film tabakasına ulaşır. Çatlak veya boşluk olan kısımların görüntüsü film tabakası üzerinde daha açık renkte oluşmaktadır.



Resim 6.7: Bazı parçalar ve radyografik filmleri

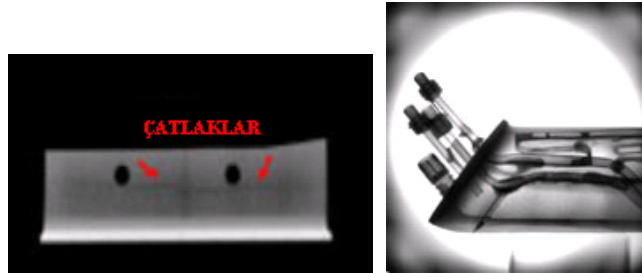
Aşağıdaki tabloda ise bazı elementlerin radyoizotoplarının X-ışını eşdeğer enerjileri verilmiştir.

RADYOİZOTOP	X-IŞINI EŞDEĞER ENERJİSİ(keV)
Kobalt-60	2000-3000
Radyum-226	1000-2000
Sezyum-137	600-1500
İridyum-192	150-800
Talyum-170	30-150

Tablo 6.2: Bazı radyoaktif elementlerin x-ışın değeri karşılığı

6.3. Radyografi Filminin Kalitesi

Her radyografi teknisyeninin aklından hiç çıkmaması gereklikli olan şey mümkün olan şartlar altında en iyi radyografi elde etmektir.



Resim 6.8: Radyografik film üzerinde bazı uçak parçalarının görünüşü

Bir (rayograf) filmin kalitesi 4 faktörde tayin edilir. Bunlar:

- Minimum sapma
- Uygun yoğunluk
- Yüksek netlik
- Yüksek kontrast

İdeal bir filmde çarpıklık minimum olmalı veya hiç olmamalıdır. Netliği yüksek olmalı. Numunenin kenarları kenarları filmde keskin görülmeli, eğer film üzerinde numunenin kenarlarının görüntüsü keskin olarak görünmüyorsa bu bölgede oluşacak süreksizlikler görülmeyebilir. Film mümkün olan en yüksek kontrasta sahip olmalıdır. Yüksek kontrastta küçük süreksizlikler daha iyi görünür. Film uygun yoğunluğa sahip olmalı. Radyograf yoğunluğu çok yüksek olursa filmde yeterli ışık geçmeyeceğinden süreksizlikler görülmeyebilir. Eğer yoğunluk yeterli değilse küçük süreksizlikler görülmeyebilir.

6.4. Radyoaktif Kaynakların Aktivitesi

Aktivite; radyoaktif maddenin belirli bir zaman aralığındaki bozunma miktarıdır. Bir radyoaktif kaynağın aktivitesi becquerel (Bq) ile ölçülür.

1 Becquerel, atomun saniyedeki parçalanma sayısıdır. Endüstriyel ve tıbbi uygulamalarda, genellikle binlerce veya milyonlarca becquerel aktiviteli kapalı kaynaklar kullanılır. Bu büyük sayıları ifade etmenin en uygun yöntemi, aşağıdaki değerleri kullanmaktır.

1 000 becquerel,	1 kilobecquerel (1 KBq);
1 000 000 becquerel,	1 megabecquerel (1 MBq);
1 000 000 000 becquerel,	1 gigabecquerel (1 GBq);
1 000 000 000 000 becquerel,	1 terabecquerel (1 TBq) şeklinde yazılır.

Tablo 6.3: Becquerel ve üst katları

6.5. Radyasyonun Ölçülmesi

Radyasyon gözle görülmez, hissedilmez ya da vücut tarafından herhangi bir yolla algılanmaz. Daha önce bahsedildiği gibi radyasyon sonucu doku tarafından alınan enerjiye bağlı olarak insan dokusuna hasar verir. İnsan vücudunun kısım ya da kısımlarında enerji alınmasını ifade etmek için kullanılan terim "DOZ" dur.

Dozun yeni birimi **Gray** (Gy)'dir. Fakat radyasyon korunması uygulamalarında biyolojik etkileri de dikkate almak için kullanılan birim ise **sievert** (Sv)'dir. X ve gama ışını radyasyonu için 1 sievert, 1 gray'e karşılık gelir.

Radyasyon görevlileri için en önemli donanım, radyasyon ölçüm cihazıdır. Kişilerin maruz kaldığı radyasyon dozlarının ölçümünde film badge (film kartı) veya dozimetre gibi cihazlar hâlen kullanılmaktadır.

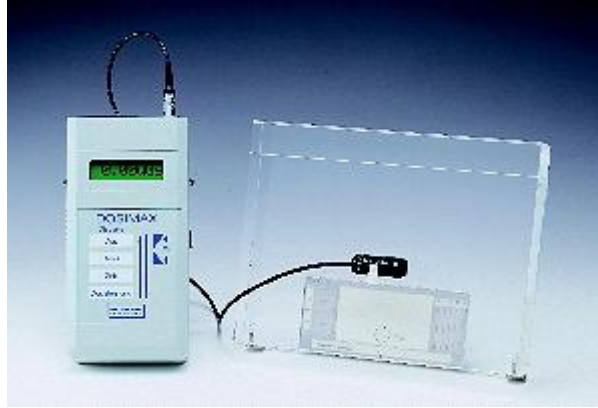


Resim 6.9: Dozimetre

Bu amaç için iki tip alet kullanılabilir; bunlar **doz şiddeti** ölçüm cihazları ve **dozimetre**lerdir. Yeni üretilen doz şiddeti ölçüm cihazları, genellikle mikrosievert/saat ($\mu\text{Sv/h}$) okuyacak şekilde kalibre edilir.

Fakat daha önceleri üretilmiş olan pek çok alet hâlen eski birim olan milirem/saat (mrem/h) okuyacak şekilde kalibre edilmiştir.

Aralarındaki bağıntı ise $10\mu\text{Sv/saat} = 1 \text{ mrem/saattir}$.



Resim 6.10: Dozimetre ile radyasyon kontrolü

Radyasyon doz şiddeti ölçüm cihazlarının çoğu pil ile çalışır ve bazılarında pilin durumunu göstermek üzere test anahtarı vardır. Kullanıcılara, uzun süre anahtarı pil kontrol durumunda bırakılmaması ve cihazın kullanılmadığı zaman kapatılması tavsiye edilmelidir. Aksi takdirde, piller gereksiz kullanılmış olacaktır.

Cihaz, çalışıp çalışmadığını kontrolü için uygun şekilde zırhlanmış düşük aktiviteli bir kaynağa yaklaştırılarak tutulmalıdır. Ayrıca bazı cihazların içinde söz konusu test için küçük sabit bir kalibrasyon kaynağı bulunur. Çalışanlar test kaynaklarını kullanmaları için bilgilendirilmelidir. Çünkü bu kontroller hem onların deneyimlerini artırır hem de güven

vererek olası bir hatanın erken fark edilmesini sağlar. Önemli olan, hatalı bir alet ile yapılan ölçümlere güvenmenin büyük bir tehlike doğurabileceğinin bilinmesidir.

6.6. Kişisel Doz İzlenmesi ve Değerlendirilmesi

Denetimli alanlarda çalışanlar için kişisel doz izlemesi yapılır. Radyoaktif bulaşma olasılığı olan yerlerde çalışanların tüm vücut sayımları belli aralıklarla yapılarak kayıtları tutulur. Kişilerin maruz kaldığı ışınlanma miktarını belirlemek için film dozimetreler, TLD dozimetreler, optik (laserle okunan AIO 3) dozimetreler, cep iyonizasyon odacıkları ve diğer küçük radyasyon dedektörleri gibi kişisel ölçüm cihazları kullanılır. Bu cihazların çoğu kullanım boyunca alınan integral etkin doz eşdeğerini verir. Dozimetreler kurşun önlüğün dışına yakaya takıldığı takdirde baş ve boynun aldığı dozları verir. Genellikle 0.1-0.2 mSv'in üzerindeki dozları ölçerler. Tüm personel için dozimetre değerlerinin kayıtları düzenli bir şekilde saklanmalı ve takip edilmelidir.



Resim 6.11: Kişisel dozimetreler

6.7. Radyasyon Korunması

Radyasyon konusunda gerek radyasyonla çalışan teknisyen gerekse çevrede bulunanlar çok dikkatli olmalıdır. Teknisyen ışınlanmaya geçmeden önce radyasyon üreten cihazların veya radyoaktif madde bulunduran, kullanılan veya depolanan laboratuvar ve bu gibi yerlerde uyarı işaretlerini herkesin görebileceği şekilde asılmalıdır. Yüksek radyasyon seviyesinin olabileceği alanlarda ayrıca ışıklı ve sesli uyarıcıların olması ve interlock sistemlerinin de bulunması gereklidir. Zorunlu kalınmadıkça yaklaşmamalı ve o bölgede fazla bulunmamalıdır.



Resim 6.12: Radyasyon bölgelerini gösterir afiş ve logolar

Radyasyonun canlılar üzerindeki somatik ve genetik etkileri vardır. Bunlar; radyasyona maruz kalmış kişilerde kişinin ömrü boyunca ortaya çıkan etkilere **somatik etkiler** adı verilir.



Resim 6.13: Bir X- ışınları laboratuvarı

Radyasyonun somatik etkisi radyasyonun dozuna, doz hızına ve vücudun radyasyona maruz kalan kısmına bağlıdır. Radyasyonun üreme işlevinde rolü olan hücreleri etkileyerek sonuçlarının kişinin çocuk ve torunlarında görüldüğü etkilere **genetik etkiler** denmektedir.

Aşağıdaki tabloda radyasyon değerleri ve bunların insan üzerindeki etkileri verilmiştir.

MİKTARI(Sy)	GÖRÜNEN KLİNİKSEL ETKİLER
0-0,25	Gözlenebilir hiçbir kliniksel etkisi yok
0,25-1,0	Kan tablosundaki küçük değişiklikler dışında gözlenebilen bir etki yok
1,0-2,0	Yorgunluk, iştahsızlık, kusmalar, kan tablosundaki orta derecede değişiklikler
2,0-6,0	2 saat veya daha fazla sürede kusmalar (3 Sv veya daha fazla doz alanlar), iç kanamalar ve enfeksiyonlar, kan tablosunda büyük değişiklikler. 2 hafta içinde saçlarda dökülmeler (3 Sv.in üzerinde doz alanlar). Alınan doza göre 1 ay ile 1 yıl arasında %20 ile %100 oranında iyileşme
6,0-10	1 saat veya daha kısa sürede kusmalar, kan tablosunda değişiklikler, iç kanama ve enfeksiyonlar. 2 ay içinde %80 ile %100 oranında ölüm, sağ kalanların iyileşmesi uzun bir sürede mümkün olmaktadır.

Tablo 6.4: Radyasyon değerleri ve insan üzerinde görünen kliniksel etkiler

6.8. Radfyografik Kontrolün Avantajları ve Dezavantajları

6.8.1. Avantajları


- Bütün malzemelerin kontrolünde kullanılır.
- Gözle görülmeyen süreksizlikleri ortaya çıkarır.
- İmalat hatalarını ve hatasız parçaları açığa çıkarır.
- İstenildiği zaman film üzerindeki görüntüleri gözle görünür şekilde korumak ve arşivlemek mümkündür.

6.8.2. Dezavantajları

- Fiziksel ve ekonomik sınırlamaları vardır (pahalıdır).
- Radyasyon saçtığı için olabildiğince az kullanılabilmesi gereklidir.
- Malzemenin yoğunluğu ve kalınlığı ölçüm değerlerini etkiler.
- Değişik geometrik şekilleri olan parçalarda uygulanması zordur.

UYGULAMA FAALİYETİ

Uçak parçalarında süreksizlikleri işletme prosedürlerinde belirtildiği şekilde radyografik kontrol ile tespit ediniz.

İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none">➤ Radyoaktif filmi ve radyasyon kaynağını hazırlayınız.➤ Parça kalınlığı ve cinsine göre uygulama zamanı, ışın çeşidi ve voltajını belirleyiniz.➤ Muayene edilecek parçanın arkasına kurşun plaka yerleştirerek radyasyona karşı emniyet tedbirlerinizi alınız.➤ Malzemenin arkasına radyoaktif filmi yerleştiriniz.➤ Malzemeye belirlenen sürede X-ışını veya gama ışını veriniz.➤ Radyoaktivite işlemi bittikten sonra filmi banyo ediniz.➤ Film üzerinden kaynak hatalarının yerini, boyutunu ve şeklini tespit ediniz. 	<ul style="list-style-type: none">➤ www.taek.gov.tr adresinden radyasyon hakkında daha geniş bilgi alabilirsiniz.➤ Radyasyona karşı gerekli tedbirleri alınız.➤ Çevrenize gerekli ışık, afiş ve logoları yerleştiriniz.➤ Eldiven ve iş giysisi kullanmayı unutmayınız.➤ Radyasyon kaynağını hazırlayınız.➤ Malzemede X ışınlarını kullanıyorsanız cihazı çalıştırınız.➤ Malzemede gama ışınlarını kullanıyorsanız cihazı çalıştırınız.➤ Film banyo ediniz.➤ Film üzerinden kaynak hatalarının yerini, boyutunu ve şeklini tespit ediniz.➤ Gözlemlerinizi rapor ederek öğretmen ve arkadaşlarınızla tartışınız.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri		Evet	Hayır
1	Radyoaktif filmi ve radyasyon kaynağını hazırladınız mı?		
2	Parça kalınlığı ve cinsine göre uygulama zamanı, ışın çeşidi ve voltajını belirlediniz mi?		
3	Muayene edilecek parçanın arkasına kurşun plaka yerleştirilerek radyasyona karşı emniyet tedbirlerinizi aldınız mı?		
4	Malzemenin arkasına radyoaktif filmi yerleştirdiniz mi?		
5	Malzemeye belirlenen sürede X-ışını veya gama ışını verdiniz mi?		
6	Radyoaktivite işlemi bittikten sonra filmi banyo ettiniz mi?		
7	Film üzerinden kaynak hatalarının yerini, boyutunu ve şeklini tespit ettiniz mi?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “Evet” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki cümlelerin sonunda boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise D, yanlış ise Y yazınız.

1. () Genel olarak X ve gama ışınları, fotoğraf filmine etki eder.
2. () X-Işınları ile kontrolde odaklama kabı (tungsten katod), telden (anot) çıkan elektronları aşağı doğru yönlendirir.
3. () Radyoaktif elementlerin (radyum, iridyum, sezyum vb.) çekirdeklerinin parçalanması (radyoizotop) ile elde edilen gama ışınları tıbbi radyografide kullanılmaz.
4. () Gama ışınları çok kısa dalga boyuna ve yüksek frekansa sahiptir.
5. () İdeal bir radyografi (film) için yoğunluk önemli değildir.
6. () Bir radyoaktif kaynağın aktivitesi becquerel (Bq) ile ölçülür.
7. () İnsan vücudunun kısım ya da kısımlarında enerji alınmasını ifade etmek için kullanılan terim doz' dur.
8. () Yüksek radyasyon seviyesinin olabileceği alanlarda sadece afiş ve logoların olması yeterlidir.
9. () Radyasyonun canlılar üzerindeki somatik ve genetik etkileri vardır. Bunlar: Radyasyona maruz kalmış kişilerde kişinin ömrü boyunca ortaya çıkan etkilere genetik etkiler adı verilir.
10. () Bütün malzemelerin kontrolünde kullanılır.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise "Modül Değerlendirme"ye geçiniz.

MODÜL DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki cümlelerin sonunda boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise D, yanlış ise Y yazınız.

1. () Malzeme üzerindeki kusurları ve boyutları o malzemeye zarar vermeden kontrol edilmesine tahribatsız muayene denir.
2. () Tahribatlı muayene teknikleri ile malzeme tekrar kullanılabilir.
3. () Tahribatsız muayene uygulamalarında test malzemesi sadece bir kere kullanılır.
4. () NDI ile NDT'nin amaçları ve işlemleri aynıdır.
5. () Tahribatsız muayene uygulamalarında test aletleri taşınmaz sabittir.
6. () Penetrant(sıvı girinim) kontrolü yüzeye yakın olan süreksizliklerin tespitinde kullanılır.
7. () Penetrant (sıvı girinim) kontrolünün ilk uygulamaları demir ve çelik tipi parçalara uygulanmıştır.
8. () Form c - suda süspansiyon developer (geliştirici) uygulama şeklidir.
9. () Penetrant (sıvı girinim) kontrolü hemen hemen bütün metal ve metal olmayan malzemelere uygulanabilir.
10. () Penetrant (sıvı girinim) kontrolü yapılacak parçanın yüzeylerindeki yağ ve gres penetrant sıvısının girişini engellemez.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki modüle geçmek için öğretmeninize başvurunuz.

CEVAP ANAHTARLARI

ÖĞRENME FAALİYETİ 1'İN CEVAP ANAHTARI

1.	DOĞRU
2.	YANLIŞ
3.	YANLIŞ
4.	DOĞRU
5.	YANLIŞ
6.	YANLIŞ
7.	DOĞRU
8.	DOĞRU
9.	YANLIŞ
10.	DOĞRU

ÖĞRENME FAALİYETİ 2'NİN CEVAP ANAHTARI

1.	YANLIŞ
2.	DOĞRU
3.	DOĞRU
4.	DOĞRU
5.	YANLIŞ
6.	YANLIŞ
7.	DOĞRU
8.	YANLIŞ
9.	DOĞRU
10.	YANLIŞ

ÖĞRENME FAALİYETİ 3'ÜN CEVAP ANAHTARI

1.	DOĞRU
2.	YANLIŞ
3.	YANLIŞ
4.	DOĞRU
5.	YANLIŞ
6.	DOĞRU
7.	DOĞRU
8.	YANLIŞ

ÖĞRENME FAALİYETİ 4'ÜN CEVAP ANAHTARI

1.	DOĞRU
2.	YANLIŞ
3.	YANLIŞ
4.	DOĞRU
5.	DOĞRU
6.	YANLIŞ
7.	DOĞRU
8.	YANLIŞ
9.	DOĞRU
10.	YANLIŞ

ÖĞRENME FAALİYETİ 5'İN CEVAP ANAHTARI

1.	DOĞRU
2.	DOĞRU
3.	YANLIŞ
4.	DOĞRU
5.	YANLIŞ
6.	DOĞRU
7.	YANLIŞ
8.	DOĞRU
9.	DOĞRU
10.	YANLIŞ

ÖĞRENME FAALİYETİ 6'NIN CEVAP ANAHTARI

1.	DOĞRU
2.	YANLIŞ
3.	YANLIŞ
4.	DOĞRU
5.	YANLIŞ
6.	DOĞRU
7.	DOĞRU
8.	YANLIŞ
9.	YANLIŞ
10.	DOĞRU

MODÜL DEĞERLENDİRME'NİN CEVAP ANAHTARI

1	DOĞRU
2	YANLIŞ
3	YANLIŞ
4	DOĞRU
5	YANLIŞ
6	YANLIŞ
7	DOĞRU
8	DOĞRU
9	DOĞRU
10	YANLIŞ

KAYNAKÇA

- BAYCIK Handan, **Tahribatsız Muayeneler Ders Notları**, Z.K.Ü. Müh. Fak. Mak. Müh. Böl, Zonguldak, 2002.
- ÇAKMAK Mehmet, Erciyes Üniversitesi Sivil Havacılı Yüksek Okulu
- **Bitirme Tezi**, Kayseri, 2005.
- **Endüstriyel Tahribatsız Muayene (NDI) El Kitabı**, 2. Hava İkmal Bakım Merkezi Komutanlığı, Kayseri, Aralık 1994.
- ERYÜREK B, **Hasar Analizi**, İTÜ Makine Fakültesi, Makine Fakültesi ve İmalat Teknolojisi Anabilim Dalı, Birsen Yayınevi, İstanbul
- GÜLEÇ Ş., **Malzeme Ders Notları**, İTÜ Makine Fakültesi Ofset Atölyesi, İstanbul.
- GÜNGÖR Yasin, **Malzeme Bilgisi**, İstanbul, Ağustos, 2003.
- ONARAN K, **Malzeme Bilimi**, Genişletilmiş 4. Baskı, Bilim Teknik Yayınevi, İstanbul, 1993.
- TEKİZ Y, **Tahribatsız Deneyler**, İTÜ Makine Fakültesi Ofset Atölyesi, İstanbul, 1984.
- Timings R. L, **Malzeme Teknolojisi – Seviye 3**, Longman London, 1985.
- YÖK, **Endüstriyel Eğitim Projesi**, YÖK Matbaası, Ankara, 1995.
- <http://www.kosgeb.gov.tr> (22.12.2010/ 13.00)
- <http://www.ndt-ed.org> (22.12.2010/ 13.00)
- <http://www.taek.gov.tr> (22.12.2010/ 13.00)