

T.C.  
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI



**MEGEP**

(MESLEKİ EĞİTİM VE ÖĞRETİM SİSTEMİNİN  
GÜÇLENDİRİLMESİ PROJESİ)

**METAL TEKNOLOJİSİ**

**TAHRİBATSIZ MUAYENE**

ANKARA, 2006

Milli Eğitim Bakanlığı tarafından geliştirilen modüller;

- Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığının 02.06.2006 tarih ve 269 sayılı Kararı ile onaylanan, Mesleki ve Teknik Eğitim Okul ve Kurumlarında kademeli olarak yaygınlaştırılan 42 alan ve 192 dala ait çerçeve öğretim programlarında amaçlanan mesleki yeterlikleri kazandırmaya yönelik geliştirilmiş öğretim materyalleridir (Ders Notlarıdır).
- Modüller, bireylere mesleki yeterlik kazandırmak ve bireysel öğrenmeye rehberlik etmek amacıyla öğrenme materyali olarak hazırlanmış, denenmek ve geliştirilmek üzere Mesleki ve Teknik Eğitim Okul ve Kurumlarında uygulanmaya başlanmıştır.
- Modüller teknolojik gelişmelere paralel olarak, amaçlanan yeterliği kazandırmak koşulu ile eğitim öğretim sırasında geliştirilebilir ve yapılması önerilen değişiklikler Bakanlıkta ilgili birime bildirilir.
- Örgün ve yaygın eğitim kurumları, işletmeler ve kendi kendine mesleki yeterlik kazanmak isteyen bireyler modüllere internet üzerinden ulaşabilirler.
- Basılmış modüller, eğitim kurumlarında öğrencilere ücretsiz olarak dağıtılır.
- Modüller hiçbir şekilde ticari amaçla kullanılamaz ve ücret karşılığında satılamaz.

# İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER.....	i
AÇIKLAMALAR .....	iii
GİRİŞ .....	1
ÖĞRENME FAALİYETİ-1AALİYETİ - 1 .....	3
1. MALZEME MUAYENESİ.....	3
1.1. Malzemenin Tanımı .....	3
1.1.1. Malzeme Muayenesinin Tanımı ve Önemi .....	3
1.2. Malzeme Muayene Yöntemleri .....	4
1.2.1. Tahribatsız Muayene Yöntemleri .....	4
UYGULAMA FAALİYETİ.....	8
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME.....	9
ÖĞRENME FAALİYETİ-2 .....	12
2. ULTRASONİK KONTROL .....	12
2.1. Ultrasonik Muayene Yöntemi ve Prensipleri .....	13
2.1.1. İletme Yansıma Yöntemi.....	13
2.2.2. Ultrasonik Kaynak Üretici .....	13
2.2.2.1 Osiloskop Ekranını Tanıma.....	13
2.2.3. Ultrasonik Muayenede Kullanılan Dalga Çeşitleri ve Özellikleri.....	14
2.3. Osiloskop Ekranındaki Eko Boyuna Bakarak Hatanın Boyunu, Ekolar Arasındaki Mesafeye Bakarak Hatanın Yerini Doğru Tespit Edebilme.....	14
2.4. İletme Yansıtma Metodunda Paralel Yüzeyle Malzemelerde Malzeme Kalınlığını Tespit Edebilmek Varsa Hatanın Yerini de Doğru Tahmin Edebilme.....	15
2.5. Ultrasonik Muayene Yöntemi ile Yapılabilecek Ölçümler .....	15
2.6. Ultrasonik Muayene Tekniklerinin Üstünlükleri.....	16
UYGULAMA FAALİYETİ.....	17
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME.....	18
ÖĞRENME FAALİYETİ-3 .....	20
3. RÖNTGEN IŞINLARI İLE KONTROL.....	20
3.1. Radyografik Yöntem ile Muayenesinin Tanımı.....	20
3.2. Radyografik Yöntemin Temel Prensipleri ve Donanımı .....	20
3.3. Radyografide Kullanılan Işınımlar ve Işınım Enerjisi.....	21
3.4. X Işınlarının Özellikleri ve Biyolojik Etkileri.....	21
3.5. Radyografik Görüntü Oluşumu .....	23
3.6. Muayene Sonunda Filme Bakarak Kaynak Hatalarını Tespiti .....	24
3.7. Muayene Edilecek Kaynaklı Parçanın Arkasına Kurşun Plaka Yerleştirme ve Radyasyona Karşı Tedbir Alma .....	25
UYGULAMA FAALİYETİ.....	26
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME.....	27
ÖĞRENME FAALİYETİ - 4 .....	29
4. MANYETİK KONTROL.....	29
4.1. Manyetizasyonlanabilen Metaller.....	29
4.2. Manyetizasyon İşlemi ve Yöntemleri.....	29
4.3. Manyetizasyon Akımı .....	29
4.4. Manyetik Kontrol Yönteminde Kullanılan Toz .....	29
4.5. Manyetizasyon Türleri .....	30

4.5.1. Çatallar ( Sürekli Mıknatıslar).....	30
4.5.2 İçinden Akım Geçen Merkezi Sistemler .....	30
4.6. Manyetik Akı Değişiminin Kanıtlanması.....	31
4.6.1. Manyetik Duyarlı Sonda Yöntemi.....	31
4.6.2. Manyetik Toz Yöntemi .....	31
4.7. Malzeme Cinsine, Şekline Boyutuna Göre Manyetik Kontrol Yöntemi Uygulama ...	31
4.8. Tozların Kümelenmesinden, Sapmasından ve Yönünden Kaynak Dikişindeki Hatanın Yerini ve Boyutunu Belirleyebilme .....	32
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME.....	33
ÖĞRENME FAALİYETİ - 5 .....	35
5. BASINÇLA KONTROL.....	35
5.1.Basınçlı Hava Üreteçleri .....	35
5.2. Basınçlı Hava ile Muayene Edilebilen Metaller.....	35
5.3.Basınçlı Hava Uygulama.....	36
5.4. Malzemeye Basınçlı Su Verme .....	36
5.5.Malzemeyi Su Havuzuna Yerleştirme.....	36
5.6. Sızıntı veya Çıkan Hava Boşluğuna Göre Hatanın Yerini ve Boyutunu Tespit Edebilme.....	36
UYGULAMA FAALİYETİ.....	37
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME.....	38
MODÜL DEĞERLENDİRME .....	40
CEVAP ANAHTARLARI.....	41
ÖNERİLEN KAYNAKLAR.....	42
KAYNAKÇA .....	43

# AÇIKLAMALAR

<b>MODÜLÜN KODU</b>	521MMI206
<b>ALAN</b>	<b>Metal Teknolojisi</b>
<b>DAL/MESLEK</b>	<b>Kaynakçılık Isıl İşlemciliği</b>
<b>MODÜLÜN ADI</b>	<b>Tahribatsız Muayene</b>
<b>MODÜLÜN TANIMI</b>	Tahribatsız muayene yöntemlerinin işlendiği bir öğrenim materyalidir.
<b>SÜRE</b>	40/32
<b>ÖNKOŞUL</b>	Temel metal şekillendirmeci modülünü almış olmak
<b>YETERLİK</b>	Tahribatsız muayene yöntemleri ile malzemelerin muayenesini yapmak
<b>MODÜLÜN AMACI</b>	<p><b>Genel amaç</b></p> <p>Bu modül ile gerekli ortam ve ekipman sağlandığında tahribatsız muayene yöntemlerini uygulayabileceksiniz.</p> <p><b>Amaçlar</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Tekniğe uygun olarak penetran sıvı ile kontrol yapabileceksiniz.</li><li>➤ Tekniğe uygun olarak ultrasonik kontrol yapabileceksiniz.</li><li>➤ Tekniğe uygun olarak röntgen ışınları ile kontrol yapabileceksiniz.</li><li>➤ Tekniğe uygun olarak manyetik kontrol yapabileceksiniz.</li><li>➤ Tekniğe uygun olarak basınçla kontrol yapabileceksiniz.</li></ul>
<b>EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI</b>	<p><b>Ortam</b></p> <p>Sınıf, atölye veya grupla çalışabileceği tüm ortamlar, malzeme muayene laboratuvarı.</p> <p><b>Donanım</b></p> <p>Kaynak yapılmış iş parçaları, penetran sıvı, ultrasonik test cihazı, röntgen muayene cihazı, manyetik muayene cihazı, mekaniksel temizleme araçları, basınçlı su üreticisi, basınçlı hava üreticisi ve su havuzu.</p>
<b>ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Modülün içinde yer alan her faaliyetten sonra, verilen ölçme araçlarıyla kazandığınız bilgileri ölçerek kendi kendinizi değerlendirebileceksiniz.</li><li>➤ Öğretmen, modül sonunda size ölçme aracı ( test, çoktan seçmeli, doğru yanlış sorular vb.) uygulayarak modül uygulamaları ile kazandığınız bilgi ve becerileri değerlendirecektir.</li></ul>



# GİRİŞ

**Sevgili Öğrenci,**

Tahribatsız muayeneler, malzemelerdeki iç bünye ve dış yüzey süreksizliklerinin, malzemenin fiziki yapısına zarar vermeden tespit edilmesini sağlar. Günümüzde malzemenin artmış servis güvenilirliği ve daha yüksek kalite talebi, tahribatsız muayene tekniklerinin hızlı kullanılmasıyla sağlanmıştır. Daha hassas hata tanımlaması, daha fazla hızlı muayene, düşük işletme maliyetleri ve gelişmiş taşınabilir cihazlar çok farklı tekniklerin gelişmesini teşvik etmiştir. Bunların sayısı gün geçtikçe hızla genişlemekte ve döküm, dövme, hadde malzemeleri ve kaynaklara yapılan muayene uygulamaları kendine yer edinmektedir. Alanın kazanmış olduğu önem sebebiyle nitelikli yetişmiş elemanlara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu modül sonunda tahribatsız muayene yöntemlerini uygulayabileceksiniz.



# ÖĞRENME FAALİYETİ-1

## AMAÇ

Bu faaliyet sonucunda uygun ortam sağlandığında tekniğe uygun olarak penetran sıvı ile kontrol yapabileceksiniz.

## ARAŞTIRMA

- Malzeme muayenesinin Toplam Kalite Yönetimi çalışmaları içerisindeki önemini araştırınız.
- Yüzey çatlakları ve gözenek hatalarının tespit edilmesinde penetran testinin kullanıldığı üretim sahalarını araştırınız.
- Penetran sıvı testinin avantajlarını araştırınız ve sınıf ortamında arkadaşlarınızla tartışınız

Bu çalışmalarınızı bölgenizdeki sanayi ortamından, yazılı kaynaklardan veya İnternet ortamından da araştırabilirsiniz.

## 1. MALZEME MUAYENESİ

### 1.1. Malzemenin Tanımı

Bir amacı gerçekleştirmek için kullanılan maddelere **malzeme** denir. Çelik konstrüksiyon yapımında kullanılan profiller, otomotiv sektöründe kullanılan çelik, mobilya sektöründe kullanılan kereste vb alanda kullanılan malzemelerdir.

Doğada her amacı gerçekleştirecek malzeme bulunmamaktadır. Yapılan araştırmalar sonucunda istenilen malzemeler bulunabilmektedir. Malzeme bilgisine hakim iyi bir teknik eleman, amaca uygun malzemeyi seçer ve bu malzemenin özelliklerini geliştirerek maksimum fayda sağlayacak şekilde kullanır.

#### 1.1.1. Malzeme Muayenesinin Tanımı ve Önemi

Malzeme muayenesi, malzeme seçimi ve seçilen malzemenin yerinde görev yapıp yapmayacağını anlamak için, veya malzeme özelliklerini belirlemek yapılan deneyler topluluğudur.

Malzeme muayenesinde şu ana noktalar ele alınır.

- Malzemelerin garanti edilmiş özelliklerine ait muayene,
- Malzemelerin işleme özelliklerine ait muayene (teknolojik muayene ),
- İyapının ve kimyasal bileşenlerin muayenesi;
- Ham durumdaki parçalarla hazır parçaların iç hatalarının muayenesi.

Parçanın üretim sırasında geçtiği kademelerde yanlış veya hatalı malzemenin kullanılması engellenir ve hatalı parçanın satışa çıkması da önlenmiş olur. Malzeme muayenesinin diğer bir amacı da şekil değişimine uğrama veya makine parçalarının aşınması halinde hasar nedenlerini açığa çıkarmaktadır.

## 1.2. Malzeme Muayene Yöntemleri

### 1.2.1. Tahribatsız Muayene Yöntemleri

Kullanım amacı için gerekli olan özellikleri bozmadan, hasar vermeden gerektiğinde tüm malzemenin muayenesine imkân veren deneylere tahribatsız muayene yöntemleri denir.

Tahribatsız muayene, incelenen bölgedeki hataların nereden kaynaklandığını bulup üretim başlangıcında hataları düzeltme imkânı verir. Dolayısıyla üretilen malzemenin güvenilirliğini artırır.

Tahribatsız muayene yöntemlerinin iyi bilinmesi, iyapının daha güvenilir şekilde incelenmesine olanak sağlar.

Tahribatsız muayene, parça üzerinde hiçbir hasar veya iz bırakmaz. Bu açıdan tahribatsız muayene yöntemleri bitmiş parçalara uygulanır. Deney sonucunda parçanın hata içerip içermediği belirlenir.

#### 1.2.1.1. Penetran Sıvı İle Kontrol

Yüzey hatalarının tespitinde kullanılan bir yöntemdir. Muayene yüzeyine açık süreksizlikler, içine kapiler etki ile nüfuz etmiş olan penetran sıvısı geliştirici tarafından tekrar yüzeye çekilerek süreksizlik belirtileri elde edilir. Süreksizlikler çatlak türü ise çizgisel belirtiler, gözenek türü ise yuvarlak belirtiler elde edilir.

Endüstrideki metalik veya metalik olmayan bütün malzemelerde beklenen yüzey hatalarının tespiti için kullanılabilir.



Resim 1.1: Penetran testinde kullanılan soldan sağa doğru temizleyici sprej , penetran sprej ve geliştirici sprej

### 1.2.1.2 Temizleme

#### ➤ Kimyasal yol ile temizlik yapma

Kimyasal olarak yüzey temizleyici spreylere ve sıvılara kullanılır. Resimde gösterilen temizleyici spreylere, parça yüzeyindeki kalıntı ve yabancı maddeleri temizlemede kullanılır.



Resim1.2: Temizleme spreyi

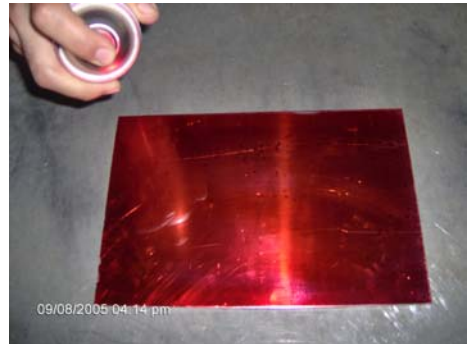
#### ➤ Mekanik yol ile temizlik yapma

Muayene edilecek parça yüzeyini zımpara, fırça v.b gibi mekanik temizleme yapan aletlerle temizleme işlemine mekaniksel yolla temizlik yapma denir.

### 1.2.1.3 Penetran Sıvı Çeşitleri

#### ➤ Renkli penetran sıvılar

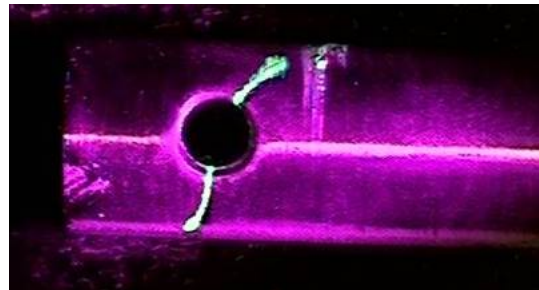
Genellikle penetran sıvılar kırmızı renklidir. Penetran (girici) sıvının özelliği yüzey çatlakları ve boşluklarına girebilmesidir.



Resim1.3: Penetran spreyi

#### ➤ Flüoresan penetran sıvılar

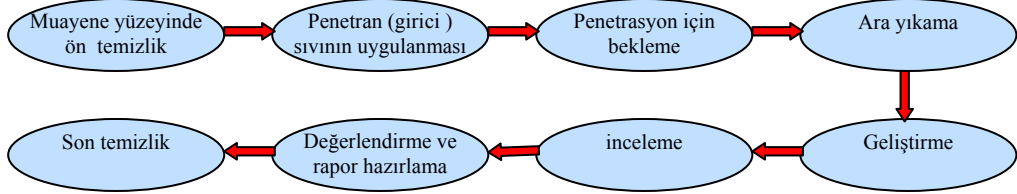
Flüoresan penetran (girici) sıvılar ultraviyole ışınları altında test yapılabilir özelliğe sahiptir.



Resim 1.4: Flüoresan penetran (girici) sıvıyla ultraviyole ışınları altında yapılan test resimleri

### 1.1.1.3 Penetran Sıvının Uygulanması

Temizlenmiş muayene edilecek yüzeye penetran (girici ) sıvı sürülür ve en az 5- 40 dakika arasında sıvının çatlak ve gözeneklere girmesi için beklenir.



Şekil 1.1: Penetran testi işlem sırası



Şekil 1.1: Ultraviyole ışınları altında sıvı emdirerek yapılan muayenenin aşamaları

### 1.1.1.4 Ara Yıkama

Penetran sıvı uygulanan yüzey, temizleyici spreylemlerle veya sıvılarla temizlenir. Nemsiz bir bezle malzeme kurutulur.



Resim1.5: Ara temizleme

### 1.1.1.5 Geliştiriciler

#### ➤ Kuru geliştiriciler

Ara yıkaması yapılmış parçanın yüzeyi emici toz ile sürülür. Toz, parçanın çatlak ve gözenekleri içine girmiş olan penetrant sıvıyı emer. Bunun sonucunda varsa çatlak ve gözenekler ortaya çıkar.



**Resim1.6: Geliştirici sprej**

#### ➤ Sıvı geliştiriciler

Ara yıkaması yapılmış parçanın yüzeyi emici sıvı (devaloper) sürülür. Kuru geliştiricilerdeki gibi çatlak ve gözenekleri ortaya çıkarır.

### 1.1.1.6 Hataların Değerlendirilmesi

Hataların değerlendirilmesi yüzeysel bir muayene yöntemi olduğu için gözle yapılır. Değerlendirmeyi yapacak kişi EN 1289 seviyesinde penetrant sıvı testi sertifikasına sahip uzman olmalıdır.



**Resim1.7: Hata değerlendirme**

## UYGULAMA FAALİYETİ

İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Kontrol edilecek kaynak yerine mekaniksel veya kimyasal ön temizleme yapınız (kabuk, yağ, pas, boya vb)</li><li>➤ (Resim 1.2)</li><li>➤ Genellikle kırmızı renkli penatran sıvıyı sprey, yıkama, fırçayla uygulama yöntemlerinden biriyle yüzeyde ıslanmadık yer kalmayacak şekilde uygulayınız (Resim 1.3).</li><li>➤ Penatran sıvının çatlaklara nüfuz edebilmesi için 5-40 dakika bekleyiniz.</li><li>➤ Ara yıkama işlemini yapınız. (Resim 1.4).</li><li>➤ Nemsiz temiz bir bezle kurutunuz.</li><li>➤ Geliştirici uygulayınız. (Resm 1.6)</li><li>➤ İşlem yapılan bölgeyi gözle ve büyüteç ile inceleyin ve çatlak yerlerin tespitini yapınız. (Resim 1.7)</li><li>➤ Son temizleme işlemini yapınız.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Dikkatli olunuz.</li><li>➤ Emniyet tedbirlerini uygulayınız.</li><li>➤ Eldiven ve iş giysisi kullanınız.</li><li>➤ Meslekle ilgili etik ilkelere uygun davranınız.</li><li>➤ Uyarı: Penatran sıvının uygulanmasında parça sıcaklığının 50°C' nin üzerinde olmaması gerekir.</li></ul>

## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Bu faaliyet kapsamında hangi bilgiler kazandığımızı aşağıdaki soruları cevaplandırarak belirleyiniz.

### A- OBJEKTİF TESTLER (ÖLÇME SORULARI)

#### Çoktan Seçmeli Sorular

1. Yüzey çatlaklarının belirlenmesi amacıyla hangi sıvı kullanılır?  
A) Solvent  
B) Penetran  
C) Developar  
D) Tiner  
E) Renkli Su
2. Aşağıdakilerden hangisi kılcal çatlakların net olarak görülebilmesi için girici sıvının geliştirilmesi amacıyla kullanılan sıvıdır?  
A) Geliştirici  
B) Yağ  
C) Bakır sülfat  
D) Su  
E) Penetran
3. Penetran sıvının çatlaklara nüfuz edebilmesi için kaç dakika aralığında beklenmelidir?  
A) 1-2  
B) 2-4  
C) 5-40  
D) 40-50  
E) 50-80
4. Bir amacı gerçekleştirmek için kullanılan maddelere .....denir?  
A) Alaşım  
B) Bileşik  
C) Element  
D) Malzeme  
E) Atom
5. Aşağıdaki hatalardan hangisi penetren sıvı testi ile tespit edilebilir.  
A) Kazan köşe kaynaklarındaki gaz boşlukları  
B) Kaynaklı parçanın yüzey çatlakları  
C) Malzemenin iç yapısında olan kalıntılar  
D) Pürüzlü olan malzemenin yüzeyi  
E) Malzemenin iç yapısındaki boşluklar

6. Aşağıdakilerden hangisi malzeme muayenesinde ele alınan ana noktalardandır?  
A) Malzemelerin garanti edilmiş özelliklerine ait muayene  
B) Malzemelerin işleme özelliklerine ait muayene (teknolojik muayene )  
C) İç yapının ve kimyasal bileşenlerin muayenesi  
D) Ham durumdaki parçalarla hazır parçaların iç hatalarının muayenesi  
E) Hepsi
7. Aşağıdakilerden hangisi malzemenin kullanım amacı için gerekli olan özellikleri bozmadan, hasar vermeden gerektiğinde tüm malzemenin muayenesine imkân veren deneydir.  
A) Penetran sıvı testi  
B) Sertlik ölçme  
C) Çekme testi  
D) Eğme testi  
E) Çentik testi

## DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarı ile karşılaştırınız. Doğru cevap sayınızı belirleyerek kendinizi değerlendiriniz. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt yaşadığınız sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrar inceleyiniz

## B. UYGULAMALI TEST

Yaptığınız uygulamayı kontrol listesine göre değerlendirerek, eksik veya hatalı gördüğünüz davranışları tamamlama yoluna gidiniz.

### KONTROL LİSTESİ

DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ	Evet	Hayır
Kontrol edilecek kaynak yerine mekaniksel veya kimyasal ön temizleme (kabuk, yağ, pas, boya vb) yaptınız mı?		
Penatran sıvıyı sprey, yıkama, fırçayla uygulama yöntemlerinden biriyle yüzeyde ıslanmayan yer kalmayacak şekilde uyguladınız mı?		
Penetran sıvının çatlaklara nüfuz edebilmesi için 5-40 dakika beklediniz mi?		
Ara yıkama işlemini yaptınız mı?		
Nemsiz temiz bir bezle kuruttunuz mu?		
Geliştirici uyguladınız mı?		
İşlem yapılan bölgeyi gözle ve büyüteç ile inceleyip çatlak yerlerin tespitini yaptınız mı?		
Son temizleme işlemini yaptınız mı?		
<b>DÜZENLİ VE KURALLARA UYGUN ÇALIŞMA</b>		
Kimyasal maddelere karşı elleri, yüzü ve gözleri korudunuz mu?		
Eldiven ve iş giysisi kullandınız mı?		
Bulduğunuz ortamın tertip ve düzenini kontrol ettiniz mi?		

### DEĞERLENDİRME

Yaptığınız değerlendirme sonunda hayır şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ederek veya araştırarak eksikliklerinizi tamamlayabilirsiniz.

Cevaplarınızın tamamı evet ise bir sonraki faaliyete geçiniz.

# ÖĞRENME FAALİYETİ-2

## AMAÇ

Bu faaliyet sonucunda uygun ortam sağlandığında tekniğe uygun olarak ultrasonik kontrol yapabileceksiniz.

## ARAŞTIRMA

- Ultrasonik muayene yönteminin kullanıldığı alanları araştırınız.
- Ultrasonik muayene yöntemlerinde iş güvenliği kurallarını araştırınız ve sınıf ortamında arkadaşlarınızla tartışınız.

## 2. ULTRASONİK KONTROL

Yüksek frekanslı ses dalgalarıyla malzeme kontrol yöntemidir

Malzeme içine gönderilen yüksek frekanslı ses dalgaları ses yolu üzerinde bir engelle çarparlarsa yansır. Çarpma açısına bağlı olarak yansıyan sinyal alıcı başlığa (prop) gelebilir veya gelmeyebilir. Alıcı başlığa (prop) yansıyan sinyal, ultrasonik muayene cihazının ekranında dalga çizgileri (eko) oluşturur. Yankının konu-muna göre yansıtıcının muayene parçası içindeki koordinatları hesaplanabilir. Ayrıca yankının yüksekliği de yansıtıcının büyüklüğü hakkında bir fikir verir. Yankı sinyalinin şekline bakılarak yansıtıcının türü hakkında da bir yorum yapmak mümkün olabilir.



**Resim 2.1: Ultrasonik laminasyon cihazı ile boru kontrol**

Metalik veya metalik olmayan malzemelerde beklenen hacimsel hatalar ile çatlak türü yüzey hatalarının tespiti için kullanılabilir.

Yüksek frekanslı ses dalgaları piezoelektrik özelliği gösteren kuartz kristallerinin değişen bir akım uygulanırsa , kuartz kristallerinde mekanik titreşimler meydana gelir. Piezoelektrik özelliği olan malzemeye mekanik titreşim verilirse malzemedeki elektrik akımı doğar.

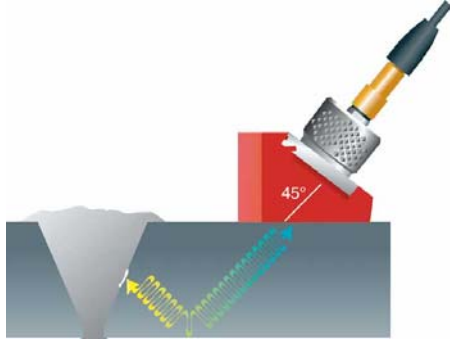
Piezoelektrik özellik , malzemelere verilen elektrik akımı karşısında bu malzemelerde meydana gelen boyut değişmesi olayıdır



Resim 2.2: Üretici ve algılayıcı cihaz (kombine prob)

## 2.1. Ultrasonik Muayene Yöntemi ve Prensipleri

### 2.1.1. İletme Yansıma Yöntemi

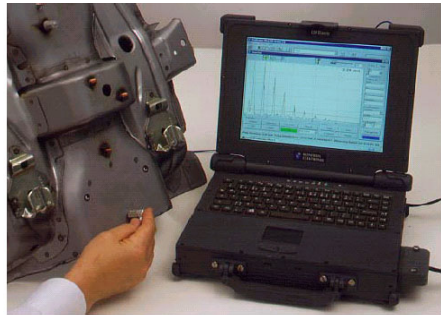


İletme ve yansıma metodu ile muayenesi yapılacak parçaya bir noktadan yüksek frekanslı ses dalgaları gönderilir. Bu dalgalar üretici başlık (prob) tarafından algılanarak osiloskop ekranında ekolar halinde görülür veya üretici başlığın verdiği ses dalgaları alıcı başlık tarafından yakalanarak yine osiloskop ekranında ekolar halinde görülür. Ekolara bakılarak parçada hata bulunup bulunmadığı tespit edilir.

Resim 2.3: Propla kaynaklı parçanın hata tespiti

### 2.2.1.2 Rezonans Metodu

Rezonans yöntemi ile muayenede parça üzerine gönderilen frekans ses dalgaları sabit değildir. Malzemenin doğal frekansı ile vericiden gelen ses dalgalarının frekansı aynı olunca genişlik artar. Genişliğin artışı osiloskop ekranındaki ekoya bakarak dalga boyları arasındaki mesafeden anlaşılır. Bu yöntem paralel yüzeyli malzemelerin kalınlıklarının ölçülmesinde de kullanılır.



Resim 2.3: Direnç kaynaklı parçanın hata tespiti

### 2.2.2. Ultrasonik Kaynak Üretici

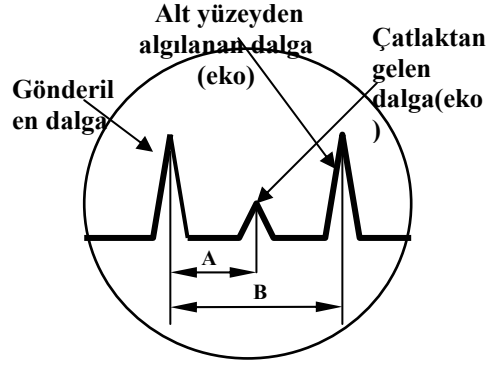
#### 2.2.2.1 Osiloskop Ekranını Tanıma

Sinüs, kare, testere dişi gibi sinyalleri üretebilen araç yardımıyla işaretleri, dalga şekli olarak görmemizi sağlayan cihaza osiloskop denir. Osiloskop ekranı şekil 3.1 de görülmektedir. Osiloskop dikey eksen genişliği (V), yatay ekseninde (T) periyodu ifade eder.

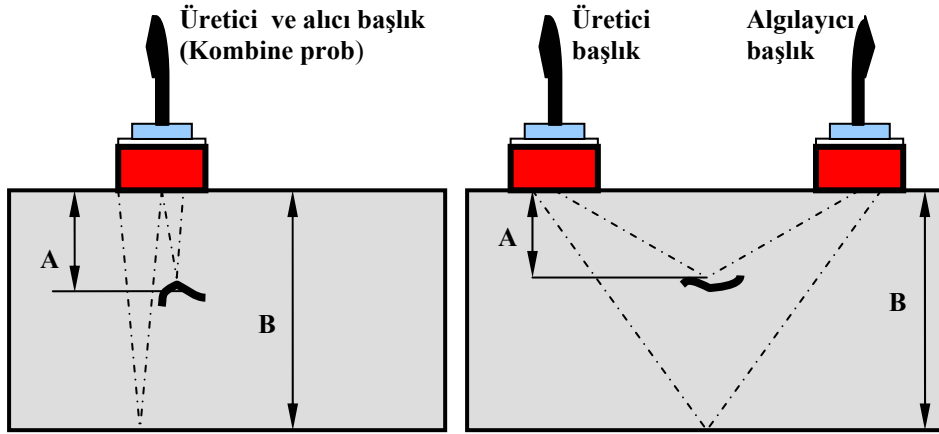


## 2.4. İletme Yansıtma Metodunda Paralel Yüzeyle Malzemelerde Malzeme Kalınlığını Tespit Edebilmek Varsa Hatanın Yerini de Doğru Tahmin Edebilme

Paralel yüzeyle malzemelerin yüzey kalınlığı osiloskop ekranına yansıyan ekoların arasında ki mesafe, malzeme kalınlığının ölçüsüdür. Malzemede hata varsa osiloskop ekranında ilk eko ile son eko arasında kısa bir eko algılanır. Ekoların arasındaki mesafe göstergesinden dalganın yeri tespit edilir. Ekolar arasındaki mesafe şekil 3.3 de gösterilmiştir.



Şekil 3.3: Hatanın ekranda görünüşü



Şekil 3.4: Tek ve çift başlıkla çalışma

## 2.5. Ultrasonik Muayene Yöntemi ile Yapılabilecek Ölçümler

- Boyut ölçülmesi (kalınlık gibi)
  - Boy ve kalınlık
  - Ultrasonik termometre (bir çubuğun sıcaklıkta boyut değiştirmesi tespit edilebilir).
  - Yüzey sertliğinin ölçülmesi
- Özelliklerin tespiti
  - a- Elastik modülü
  - b- Tane büyüklüğü, ayrışan fazlar, kalıntılar, soğuk ve sıcak işlem dereceleri
  - c- İç gerilmelerin tespiti
- Hataların (süreksizlerin ) tespiti

## **2.6. Ultrasonik Muayene Tekniklerinin Üstünlükleri**

- Malzemedeki hataları üç boyutlu olarak tespit etmek mümkündür.
- Uygulama kolaylığı mevcuttur.
- Malzeme içerisindeki hataların tespitinde hassastır.
- Sarf malzemesi daha azdır.
- Özellikle kalın parçalarda, düzlemsel hataların daha duyarlı bir şekilde belirlenmesini sağlar.

## UYGULAMA FAALİYETİ

İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ İletme yansıtma metodunda malzemeye verici başlık tarafından yüksek frekanslı ses dalgası gönderiniz. (<b>Resim 2.2</b>)</li><li>➤ Geri yansıyan dalgaları başlık aracılığı ile algılayarak osiloskop ekranında ekolar halinde görünüz (<b>Resim 2.2</b>).</li><li>➤ Eğer hata varsa osiloskop ekranında hatanın yerini ve büyüklüğünü tespit ediniz (<b>Şekil 3.2</b>).</li><li>➤ Rezolans metodunda ise malzemeye başlık aracılığı ile devamlı değişen frekanslar gönderiniz.</li><li>➤ Yansımalara göre osiloskop ekranından malzemenin kalınlığını tespit edip ve eğer varsa hatanın nerede olduğunu tahmin ediniz. (<b>Şekil 3.3</b>)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Dikkatli olunuz.</li><li>➤ Emniyet tedbirlerini uygulayınız.</li><li>➤ Eldiven ve iş giysisi kullanınız.</li><li>➤ Mesleği ile ilgili etik ilkelere uygun davranınız.</li></ul>

## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Bu faaliyet kapsamında hangi bilgiler kazandığımızı aşağıdaki soruları cevaplandırarak belirleyiniz.

### A- OBJEKTİF TESTLER (ÖLÇME SORULARI)

1. Yüksek frekanslı ses dalgalarıyla yapılan malzeme kontrol yöntemine ne denir?  
A) Penetran sıvı kontrol  
B) X ışınları ile kontrol  
C) Manyetik parçacık ile kontrol  
D) Ultrasonik kontrol  
E) Basınçla kontrol
2. Ultrasonik titreşimler yardımıyla hatanın hesaplanmasında cihazın hangi kısmından yararlanır?  
A) Osiloskop ekranı  
B) Üretici başlık  
C) Kombine başlık  
D) Alıcı başlık  
E) Kuvartz kristalleri
3. Aşağıdakilerden hangisi ultrasonik muayenenin üstünlüklerinden biridir?  
A) Muayene için iyi yetişmiş eleman olması gerekir.  
B) Yüzeyi pürüzlü düzgün olmayan parçalar muayenesi yapılır.  
C) Malzeme içindeki hataların tespitinde hassastır  
D) Yüzey hataları görülür.  
E) Titreşimleri parça yüzeyine iletebilmek için ilave tabakaya gerek yoktur.
4. Ultrasonik enerji hangi maddenin titreşmesiyle oluşur?  
A) Kuvarz  
B) Mangan  
C) Karbon  
D) Cobalt  
E) Bakır
5. Ultrasonik muayenede ilk dalga ile son dalga arasındaki mesafe malzemenin hangi özelliğini gösterir?  
A) Malzeme hacmini verir.  
B) Hatanın büyüklüğünü gösterir.  
C) Hatanın yerini gösterir.  
D) Malzeme kalınlığını gösterir.  
E) Hata hacmini gösterir.

### DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarı ile karşılaştırınız. Doğru cevap sayınızı belirleyerek kendinizi değerlendiriniz. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt yaşadığınız sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrar inceleyiniz

## B. UYGULAMALI TEST

Yaptığınız uygulamayı kontrol listesine göre değerlendirerek, eksik veya hatalı gördüğünüz davranışları tamamlama yoluna gidiniz.

### KONTROL LİSTESİ

DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ	Evet	Hayır
İletme yansıtma metodunda malzemeye verici başlık tarafından yüksek frekanslı ses dalgası gönderiniz mi?		
Geri yansıyan dalgaları başlık aracılığı ile algılayarak osiloskop ekranında ekolar halinde gördünüz mü?		
Eğer hata varsa osiloskop ekranında hatanın yerini ve büyüklüğünü tespit ettiniz mi?		
Rezonans metodunda ise malzemeye başlık aracılığı ile devamlı değişen frekanslar gönderdiniz mi?		
Yansımalara göre osiloskop ekranından malzemenin kalınlığını tespit ettiniz mi?		
Hatanın nerede olduğunu tahmin ettiniz mi?		
<b>DÜZENLİ VE KURALLARA UYGUN ÇALIŞMA</b>		
Dikkatli oldunuz mu?		
Emniyet tedbirlerini uyguladınız mı?		
Mesleğe uygun kıyafet giydiniz mi?		
Çalışma alanını tertipli-düzenli kullandınız mı?		
Uygun araçları seçip tekniğine uygun kullandınız mı?		
Zamanı iyi kullandınız mı?		

### DEĞERLENDİRME

Yaptığınız değerlendirme sonunda hayır şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ederek veya araştırarak eksikliklerinizi tamamlayabilirsiniz.

Cevaplarınızın tamamı evet ise bir sonraki faaliyete geçiniz.

# ÖĞRENME FAALİYETİ-3

## AMAÇ

Bu faaliyet sonucunda uygun ortam sağlandığında tekniğe uygun olarak röntgen ışınları ile kontrol yapabileceksiniz.

## ARAŞTIRMA

- Radyografik yöntemin tercih edilmesinin nedenlerini araştırınız.
- Radyografik kontrolde parçaların hatalarının nasıl görüldüğü ile ilgili bir yer gezerek inceleyiniz.
- Radyasyonun insan sağlığı üzerine etkilerini ve korunma metotlarını araştırınız ve bunu sınıf ortamında paylaşınız.

## 3. RÖNTGEN IŞINLARI İLE KONTROL

### 3.1. Radyografik Yöntem ile Muayenenin Tanımı

Yüksek enerjili elektromanyetik dalgalar (ışınım) pek çok malzemeye nüfuz edebilirler. Belli bir malzemeye nüfuz eden ışınım malzemenin diğer tarafına konan ışınım duyarlı filmleri de etkileyebilir. Bu filmler daha sonra banyo işlemine tabi tutulduklarında ışınımın içinden geçen malzemenin iç kısmının görüntüsü ortaya çıkar. Bu görüntü, malzeme içindeki boşluklar veya kalınlık / yoğunluk değişiklikleri nedeniyle oluşur. Malzemenin içinin bu şekilde görüntülenmesi **radyografi** olarak adlandırılır. Bu yöntemle yapılan değerlendirmeye de **radyografik muayene** denir. Eğer malzemenin arka tarafına film yerine bir detektör konup malzemedan geçen ışınım toplanarak bir monitöre aktarılırsa bu teknik de **radyoskopi** olarak adlandırılır.

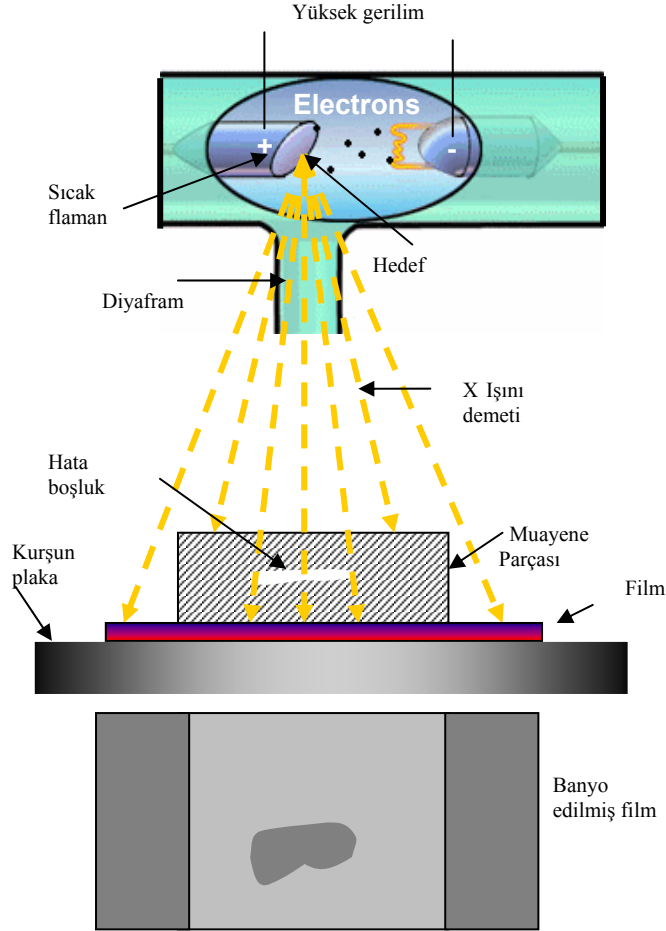
Muayenelerin sağlıklı ve güvenilir sonuçlar verebilmesi için standartlara göre yapılması gerekir. Bu standartlar malzeme cinsine ve/veya ürün türüne göre hazırlanmıştır. Ayrıca muayenenin yapılışına yönelik uygulama standartları ile kabul edilebilir seviyelerinin verildiği uygulama standartları vardır. Muayene parçasının özelliklerine göre uygun standartlar belirlenerek muayene yapılır.

Metalik veya metalik olmayan bütün malzemelerde beklenen hacimsel ve yüzey hatalarının tespiti için kullanılabilir.

### 3.2. Radyografik Yöntemin Temel Prensipleri ve Donanımı

Işınım şiddetinin azalmasına üç temel faktör etki eder; ışının kat ettiği malzemenin cinsi, kalınlığı ve kullanılan ışınım dalga boyu. Üniform şiddetli bir ışın demeti sabit

kalınlıkta bir demir levha üzerine gönderildiğinde, levhanın diğer tarafında şiddeti daha zayıf ama yine üniform olan bir ışın demeti görülür.



Şekil 3.1: X ışını ile yapılan muayene

### 3.3. Radyografide Kullanılan Işınım ve Işınım Enerjisi

Radyografik muayene için çeşitli ışınım kaynakları kullanılabilir. Bu kaynaklar X-ışını tüpleri veya gama ( $\gamma$ ) ışını üreten izotoplar olabilir. Endüstriyel radyografide kullanılan X-ışını enerji aralığı genellikle 50 kV – 350 kV arasındadır. Işınlama enerjisi ışınlanacak malzemenin cinsine ve kalınlığına bağlı olarak değişir. En çok bilinen ve kullanılan gama kaynakları ise Ir 192, Co 60'tır. Bunlardan başka Se 75, Yb 169 Tm 170 gibi izotoplar da endüstriyel radyografi alanında kullanılmaktadır.

### 3.4. X Işınlamının Özellikleri ve Biyolojik Etkileri

Röntgen ışınlarının çelikte 80 mm'ye, bakırda 50 mm'ye ve alüminyumda 400 mm'ye kadar kalınlık içinden geçme özelliği vardır.

X-ışınları (röntgen ışınları), X-ışını tüplerinde elektriksel olarak üretilirler. Endüstride kullanılan gama ışınları ise Ir-192, Co-60 vb izotopların bozunması sonucunda elde edilirler. X ve gama ışınlarının ayrımı gerçekte tarihseldir ve bu iki ışınım türünün özellikleri arasında üretim ve oluşum şekli dışında hiç bir fark yoktur.

Radyasyonun ses, ısı, ışık etkileri yoktur, gözle görülemezler, duyulamazlar, hissedilemezler yani hiçbir duyu organımızla algılayamayacağımız bir tehlikedir. Yüksek enerjileri, nüfuz etme kapasiteleri ve iyonlaştırma özelliklerinden dolayı kolaylıkla canlı organizmalara nüfuz edip, organizmaları oluşturan hücrelere zarar verebilirler.

#### ➤ Radyasyonun Biyolojik Etkileri

Radyasyonun organizmaya olan etkileri akut ve kronik şekilde olmaktadır. Akut etkiler insanda radyasyona maruz kalımdan kısa bir süre sonra klinik bulgular ile ortaya çıkmaktadırlar. Bunlar merkezi sinir sistemi (100 Sv ve üzeri), gastrointestinal (10-100 Sv) ve hematopoietik (2-10 Sv) sendromlardır.

Radyasyonun ışınlanmadan hemen sonra ve yıllar sonra gözlenen etkiler olmak üzere iki türlü biyolojik etkisi vardır.

#### **Erken Etkiler**

**Tüm vücutta yüksek radyasyon dozu durumu:** Günler veya haftalar içinde ölüm olasıdır.

**Yüksek dozda belirli bir bölgenin ışınlanması durumu:** Ciltte kızarıklık ve yanıklar oluşur

Bu tür yüksek dozlar, kazara kapalı kaynaklara doğrudan el ile temas edilmesi veya X-ışını cihazların çalışması sırasında belirli bir süre yakında bulunulması ile meydana gelebilir.

#### **Gecikmiş Etkiler**

**Vücutta herhangi bir bölümünün düşük radyasyon dozuna maruz kalınması durumu:** Erken belirtileri yoktur. Risk düzeyi, alınan radyasyon dozu ile orantılıdır (kanser ve kalıtsal hastalıklar).

- Vücudun soğurduğu radyasyon miktarı "doz" olarak ölçülür.
- Doz limitleri sağlık üzerine olası etkilerin risklerini sınırlamak için belirlenir.
- Radyografçı, doz limitleri ile ilgili güvenlik standartlarını karşılaştırmak için doz hızlarını ölçer.
- Hatta pratikte mümkün en düşük dozun alınması için limitlerin altındaki değerler gereklidir.

Doz hızları  $7.5 \mu\text{Sv/saat}$ ' ten büyük alanlar kontrollü alanlar olarak işaretlenerek düzenli olarak radyasyon ölçümü yapılır.

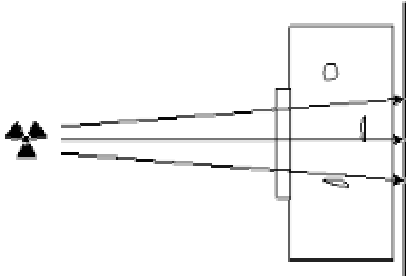
Doz hızları  $2.5 \mu\text{Sv/saat}$ 'ten büyük alanlar gözetimli alanlar olarak işaretlenerek düzenli olarak radyasyon ölçümü yapılır.



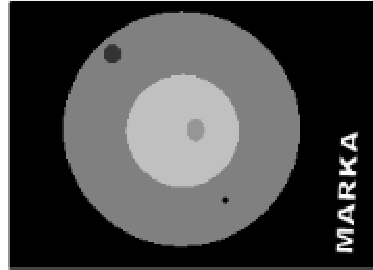
Resim 3.1: Radyograf doz ölçümü

### 3.5. Radyografik Görüntü Oluşumu

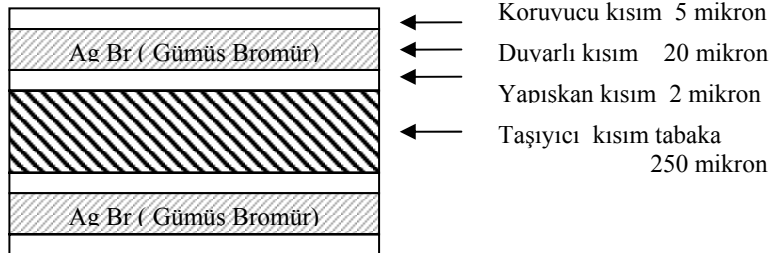
Radyografik yöntemde görüntü oluşumu; muayene edilecek parçadan geçme özelliğine sahip ışınlar malzemeden geçişi sırasında zayıflamaktadır. Malzemedeki hatalardan dolayı ışınlar emilmeden geçer. Malzemenin hatasız olan kısmından geçen ışınlar emildiklerinden dolayı malzeme altına yerleştirilen filmde az etki bırakırlar. Hatalı olan kısımdan emilmeden geçen ışınlar filmde daha fazla etki bırakmasıyla, film üzerinde radyografik görüntü oluşur. Görüntü oluşumu şekil3.2'de gösterilmiştir.



Şekil 3.2: Hatalı parçanın radyografik görüntü oluşumu



Radyografik görüntünün oluştuğu filmlerin yapısı, her iki yüzeyi duyarlı olan simetrik bir yapıya sahiptir. Duyarlı tabakayı oluşturan Ag Br ( Gümüş Bromür ) büyüklüğü ve miktarı fotoğraf özelliğini belirtir. Yüzeydeki Ag Br miktarı artarsa belirli bir poz müddetinde daha çok kararma yani fotografik yoğunluk sağlanır.



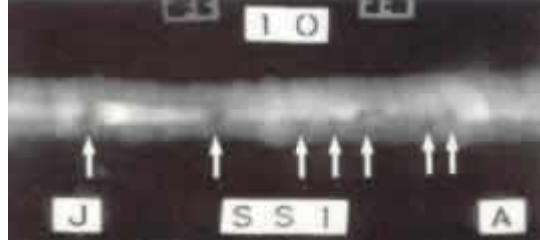
Şekil 3.3: Endüstriyel bir radyografik filmin yapısı

### 3.6. Muayene Sonunda Filme Bakarak Kaynak Hatalarını Tespiti

Muayene sonunda filme bakarak kaynak hataları tablo 3.1’de verilen radyografik görüntülerine bakılarak tespit edilir.

Hata	Tanım	Radyografik Görüntüsü
A. Gaz Boşlukları A2. Porozite	Yakalanan gazlardan dolayı oluşan boşluklar Yakalanan gazlardan dolayı oluşan uzun veya boru şeklinde boşluklar	Keskin siyah çevresi yuvarlak görüntüler Keskin siyah yuvarlak veya hatanın değişimine bağlı olarak uzun gölgeler
B. Curuf Ba. Değişik Şekillerde Bb. Curuf Hataları Bc. Kaynak Dikiş Tekniği Hataları Bd. Malzemenin Kötü Kesilmesinden	Kaynak dikişi sırasında yakalanan curuf veya diğer yabancı malzemeler. Yakalanan boşluklar içinde bulunan curuf veya yabancı madde Kaynak dikişi sırasındaki tekniğin hatalarından oluşan curuf Keski ile aşınmadan veya kötü şekillendirilmesinden dolayı oluşan curuf	Koyu gölgeler veya gelişi güzel şekiller Kaynak dikiş kenarına paralel sürekli koyu çizgiler Kaynak dikişinin dışında keskin içinde düzgün olmayan iki paralel koyu çizgi
C. Birleşme Eksikliği	Kaynak malzemesi ile ana malzeme arasındaki kaynak dikişi sırasında birleşme eksikliğinden dolayı oluşan iki boyutlu hata	Keskin kenarlı ince koyu çizgi
D. Kaynak Dikişi	Kaynak dikiş kökünde birleşme eksikliği veya kökün kaynak ile tam doldurulamaması	Kaynak dikişinin orta koyu sürekli veya kesikli çizgi
E. Çatlaklar Ea. Boyuna Çatlaklar Eb. Enine Çatlaklar	Metal içindeki kırıklardan oluşan kesikler	Düz ince koyu çizgi
F. Alt Oyuklar	Kaynak dikişi boyunca malzeme yüzünde oluşan kanal veya yiv	Kaynak dikişi boyunca geniş ve yayılan koyu çizgi

**Tablo 3.1: Kaynak hataları tanımı ve radyografik görüntüleri**



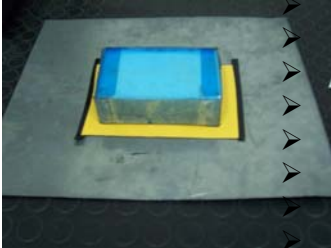


**Resim 3.2:**Bu radyografi filmindeki ok işaretli kaynaklar kusurları gösterir.

### **3.7. Muayene Edilecek Kaynaklı Parçanın Arkasına Kurşun Plaka Yerleştirme ve Radyasyona Karşı Tedbir Alma**

Muayene edilecek kaynaklı parçaların ve filmin arka kısmına radyografik ışını bünyesinde yok etmesi için belirli bir kalınlıkta kurşun levhalar yerleştirilir.

## UYGULAMA FAALİYETİ

İŞLEM BASAMAKLARI	ÖNERİLER
<p>➤ Film ve radyasyon kaynağını hazırlayınız.</p>  <p><b>Resim 3.3: Film kaynağını hazırlama</b></p>	<p>➤ Radyasyona karşı tedbir alınınız.</p> <p>➤ Dikkatli olunuz.</p> <p>➤ Emniyet tedbirlerini uygulayınız</p> <p>➤ Eldiven ve iş giysisi kullanınız.</p> <p>➤ Meslekle ilgili etik ilkelere uygun davranınız.</p>
<p>➤ Parça kalınlığı ve cinsine göre uygulama zamanı, ışın çeşidi ve voltajı belirleyiniz.</p>  <p><b>Resim 3.4: ışın ve voltaj uygulama için el kumanda paneli</b></p>	
<p>➤ Muayene edilecek kaynaklı parçanın arkasına kurşun plaka yerleştiriniz ve radyasyona karşı tedbir alınınız</p> <p>➤ Malzemenin arkasına film yerleştiriniz.</p>  <p><b>Resim 3.5: Malzeme ile hazırlanan film</b></p>	
<p>Malzemeye belirlenen sürede radyasyon veriniz. (Resim 3.1)</p> <p>➤ Filmi banyo ediniz. (Şekil 3.3)Film üzerinden kaynak hatalarının yerini, boyutunu ve şeklini tespit ediniz.</p>	

## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Bu faaliyet kapsamında hangi bilgiler kazandığımızı aşağıdaki soruları cevaplandırarak belirleyiniz.

### A- OBJEKTİF TESTLER (ÖLÇME SORULARI)

#### Çoktan Seçmeli Sorular

- Endüstriyel radyoskopide ışınların elektriksel olarak üretildiği ışın aşağıdakilerden hangisidir?  
A) Beta B) Alfa C) Gama D) X ışını E) Hiçbiri
- Gaz boşluklarının film üzerindeki radyografik görüntüsü aşağıdakilerden hangisidir?  
A) Keskin, siyah, çevresi yuvarlak gölgeler  
B) Koyu gölgeler  
C) Keskin kenarlı çizgi  
D) Düz ince koyu çizgi  
E) Yayılan koyu çizgi
- X ışınları ile malzeme muayenesinde aşağıdakilerden hangisi dikkate alınmaz?  
A) Malzeme cinsi  
B) Malzemenin kalınlığı  
C) X ışınlarını gönderme mesafesi  
D) Işın tüpüne uygulanacak gerilim  
E) Malzemenin genişliği
- Birleşme eksikliği hatası film üzerindeki radyografik görüntüsü aşağıdakilerden hangisidir?  
A) Yayılan koyu çizgi  
B) Koyu gölgeler  
C) Keskin kenarlı çizgi  
D) Düz ince koyu çizgi  
E) Keskin, siyah, çevresi yuvarlak gölgeler
- Çatlak hatası film üzerindeki radyografik görüntüsü aşağıdakilerden hangisidir?  
A) Düz ince koyu çizgi  
B) Koyu gölgeler  
C) Keskin kenarlı çizgi  
D) Yayılan koyu çizgi  
E) Keskin, siyah, çevresi yuvarlak gölgeler  
F)

### DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarı ile karşılaştırınız. Doğru cevap sayınızı belirleyerek kendinizi değerlendiriniz. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt yaşadığınız sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrar inceleyiniz

## B. UYGULAMALI TEST

Yaptığınız uygulamayı kontrol listesine göre değerlendirerek, eksik veya hatalı gördüğünüz davranışları tamamlama yoluna gidiniz.

### KONTROL LİSTESİ

DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ	Evet	Hayır
Film ve radyasyon kaynağını hazırladınız mı?		
Parça kalınlığı ve cinsine göre uygulama zamanı, ışın çeşidi ve voltajı belirlediniz mi?		
Muayene edilecek kaynaklı parçanın arkasına kurşun plaka yerleştirdiniz mi?		
Radyasyona karşı tedbir aldınız mı?		
Malzemenin arkasına film yerleştirdiniz mi?		
Malzemeye belirlenen sürede radyasyon verdiniz mi?		
Filmi banyo ettiniz mi?		
Film üzerinden kaynak hatalarının yerini, boyutunu ve şeklini tespit ettiniz mi?		
<b>DÜZENLİ VE KURALLARA UYGUN ÇALIŞMA</b>		
Radyasyona karşı tedbir alıp dikkatli oldunuz mu?		
Emniyet tedbirlerini uyguladınız mı?		
Mesleğe uygun kıyafet giydiniz mi?		
Çalışma alanını tertipli-düzenli kullandınız mı?		
Uygun araçları seçip tekniğine uygun kullandınız mı?		
Zamanı iyi kullandınız mı?		

### DEĞERLENDİRME

Yaptığınız değerlendirme sonunda hayır şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ederek veya araştırarak eksikliklerinizi tamamlayabilirsiniz.

Cevaplarınızın tamamı evet ise bir sonraki faaliyete geçiniz.

# ÖĞRENME FAALİYETİ-4

## AMAÇ

Bu faaliyet sonucunda uygun ortam sağlandığında tekniğe uygun olarak manyetik kontrol yapabileceksiniz.

## ARAŞTIRMA

- Manyetik kontrol yönteminin uygulandığı alanları araştırınız ve sınıf içinde konuyu arkadaşlarınızla tartışınız.

## 4. MANYETİK KONTROL

Manyetik kontrol; manyetik (mıknatıslanabilir ) malzemelerden yapılmış parçanın yüzeyinde veya yüzeye yakın bir yerde bulunan çatlak, boşluk, katmer, damar ve metalik olmayan yabancı maddelerin belirlenmesinde uygulanan tahribatsız muayene yöntemidir. Bu yöntemle ancak mıknatıslanabilen metal malzemelerin kontrolü yapılabilir.

### 4.1. Mıknatıslanabilen Metaller

Mıknatıslanabilen metaller periyodik sistemde üç değerli demir ( Fe ) , nikel (Ni) ve kobalt (Co) elementleridir. Bu elementler manyetikleşebilme özelliğine sahiptirler

### 4.2. Manyetizasyon İşlemi ve Yöntemleri

Manyetik kontrolü yapılacak malzeme önce özel bir düzenek yardımıyla mıknatıslandırılır. Mıknatıslanmış malzemenin yüzeyine ince toz halinde manyetik malzeme püskürtülür veya ince yağ içerisinde emülsiyon yapılmış demir tozu bulunan manyetik malzeme akıtılır. Manyetik akının kuvvet çizgileri boyunca demir tozları sıralanır. Malzemede hata varsa manyetik tozlar hatanın bulunduğu yerde kümelenir.

### 4.3. Manyetizasyon Akımı

Manyetizasyon dalgalı ve doğru akım olarak kullanılabilir. Dalgalı akım ile yapılan kontrollerde yüzey altındaki çatlaklar tespit edilemez. Bu yüzden doğru akım üreten cihazlar yüzey altındaki çatlaklar da tespit edilebildiği için doğru akım tercih edilir.

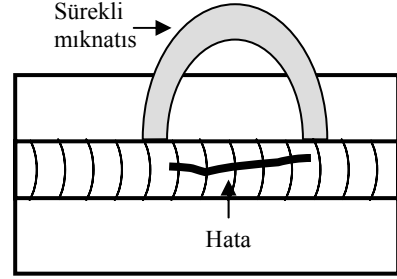
### 4.4. Manyetik Kontrol Yönteminde Kullanılan Toz

Manyetik kontrol yönteminde genellikle demir tozu (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) kullanılır. Dağılma bölgesinde toz parçacıkları köprü şeklinde çatlak üzerine yapışıp kalır ve hatanın yeri görülür.

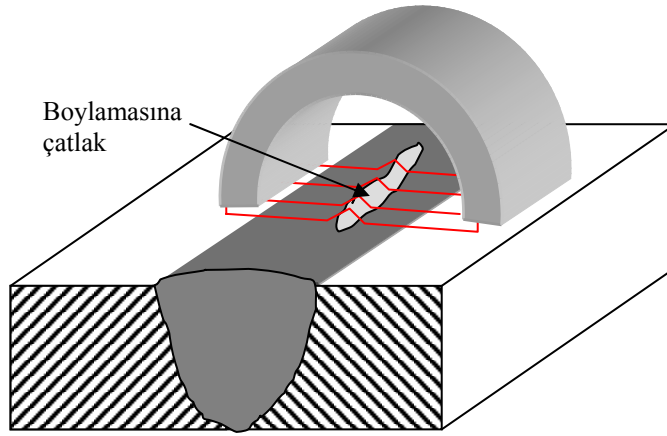
## 4.5. Manyetizasyon Türleri

### 4.5.1. Çatallar ( Sürekli Mıknatıslar)

Çatal sürekli mıknatıslar daha çok yüzey çatlaklarının belirlenmesinde kullanılır. Çatlağın manyetik akım çizgilerine paralel olması halinde çatlağı görmek mümkün değildir. Bundan dolayı parçanın enine ve boyuna şekillerdeki gibi muayene edilmesi gerekir.



Şekil 4.1: Sürekli mıknatıs

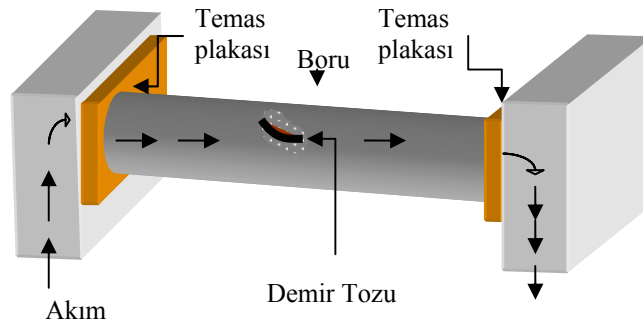


Şekil 4.2: Sürekli mıknatısla kaynak bölgesinin taranması

### 4.5.2 İçinden Akım Geçen Merkezi Sistemler

Genellikle boru millerin manyetik tozla kontrol edilmesi amacıyla içinden akım verilen yöntemler tercih edilir. Akım, temas plakaları arasına bağlanmış parçalara verilerek devre tamamlanır.

Parçanın içinden akım geçmesiyle manyetikleşmiş malzeme üzerine sürülen manyetik tozlar hatanın olduğu yerde kümelenir (Şekil 4.3' de görüldüğü gibi )



Şekil 4.3: İçinden akım geçen deney cihazı

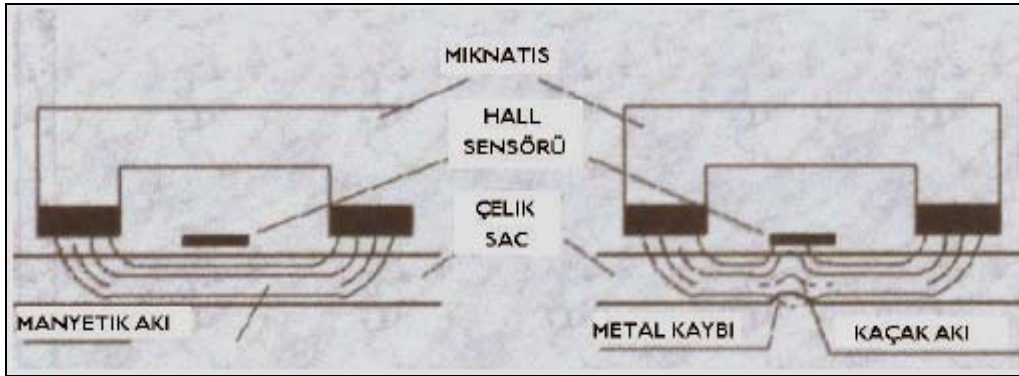
## 4.6. Manyetik Akı Değişiminin Kanıtlanması

Mıknatıslanmış hatasız bir plakada manyetik akı şiddeti geometri boyunca aynıdır. Buna karşılık, örneğin korozyon kaynaklı metal kaybına uğramış bir plakada, incelenen olduğu bölgede manyetik akının doğrusallığı bozulmakta ve bir miktar manyetik akı, plaka dışına itilmektedir. Şekil 4.4'de gösterildiği gibi manyetik akının değişimi kanıtlanmış olur.

### 4.6.1. Manyetik Duyarlı Sonda Yöntemi

Manyetik duyarlı sonda yöntemi ,incelenen malzemede oluşturulan manyetik akının, düşük manyetik geçirgenli bir bölge ile karşılaştığında kaçak akı oluşturmasına ve bu kaçak akının sistem tarafından algılanmasına dayanır (Şekil 4.4).: Dolayısıyla kaçak manyetik akım metodu yalnızca yüksek manyetik geçirgenliğe sahip düşük alaşımlı karbon çeliklerinde verimli olarak uygulanabilir. Malzeme, bir mıknatıs sayesinde ve manyetik doymuşluğa yakın bir seviyede mıknatıslanır.

Manyetik duyarlı sonda yöntemi cihazlarında genellikle güçlü doğal mıknatıslar kullanılır, ancak bazen elektro mıknatıslar ya da her ikisinin kombinasyonundan oluşan sistemler de kullanılmaktadır.



Şekil 4.4:Sürekli mıknatıs ve sensörler ile kontrol edilen hatalı ve hatasız paçalar

### 4.6.2. Manyetik Toz Yöntemi

Manyetik toz yönteminde ise manyetikleşen malzeme bünyesinde çatlak ve diğer hataların olduğu bölgede tozun kümelenmesi ile hatanın yeri tespit edilir.

## 4.7. Malzeme Cinsine, Şekline Boyutuna Göre Manyetik Kontrol Yöntemi Uygulama

Mıknatıslanabilen metallerin hepsine manyetik kontrolleri uygulanabilir. Malzemelerin yüzey çatlakları, boşluğu gibi hataları akım veren cihazlar ve sürekli mıknatıslarla kontrol edebiliriz. malzemelerin fazla derinde olmayan boşluklarını da doğru akım veren cihazlarla kontrol edebiliriz.

#### 4.8. Tozların Kümelenmesinden, Sapmasından ve Yönünden Kaynak Dikişindeki Hatanın Yerini ve Boyutunu Belirleyebilme

Manyetik yöntemle kontrol yapacak kişi tozların kümelenmesinden hatanın yerini farklı yönlerde tarama yaparak hatanın boyutunu tespit eder.

#### UYGULAMA FAALİYETİ

İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Malzeme yüzeyini temizleyip parlatınız.</li><li>➤ Muayene yapılacak kaynaklı parçada mıknatıs veya elektrik akımı yardımıyla manyetik alan oluşturunuz.</li><li>➤ (Şekil 4.1 – 4.2)</li><li>➤ Mıknatıslanan kaynak dikişi yüzeyine manyetize olan toz serpiniz veya yağ içerisine emülsiyon yapılmış manyetik malzemeyi akıtınız.</li><li>➤ Tozların manyetik kuvvetler doğrultusunda dizilmesini sağlayınız.</li><li>➤ Eğer kaynak dikişinde hata varsa tozların kümelenmesinden, sapmasından ve yönünden hatanın yerini ve boyutunu belirleyiniz.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Dikkatli olunuz.</li><li>➤ Emniyet tedbirlerini uygulayınız.</li><li>➤ Eldiven ve iş giysisi kullanınız.</li><li>➤ Meslekle ilgili etik ilkelere uygun davranınız.</li></ul>

## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Bu faaliyet kapsamında hangi bilgiler kazandığınızı aşağıdaki soruları cevaplandırarak belirleyiniz.

### A- OBJEKTİF TESTLER (ÖLÇME SORULARI)

#### Çoktan Seçmeli Sorular

1. Manyetik akı ile test yöntemi aşağıdaki malzemelerden hangisine yapılır?  
A) Alüminyum B) Pirinç C) Bakır D) Çelik E) Bronz
2. Mıknatıs akısı ile hangi hata türü bulunamaz?  
A) Akı yönüne paralel çatlaklar  
B) Akı yönüne dik çatlaklar  
C) Gözenekler  
D) Katmerler  
E) Damarlar
3. Manyetik muayene sonunda hata nasıl tespit edilir?  
A) Tozların kümelenmesi ile  
B) Tozların yayılması ile  
C) Tozların enlemesine açılması ile  
D) Tozların akım çizgileri boyunca yayılması  
E) Hepsi
4. Aşağıdaki hatalardan hangisi dalgalı akımla yapılan manyetik muayenede ortaya çıkar?  
A) Yüzey altındaki boşluklar  
B) Yüzey altındaki yabancı maddeler  
C) Akı yönüne dik çatlaklar  
D) Yüzey altındaki çatlaklar  
E) Yüzey altındaki çekme boşlukları
5. Sürekli mıknatıslarla manyetik muayene işlemi hangi yönlerde yapılmalıdır?  
A) Enine  
B) Boyuna  
C) Enine ve Boyuna  
D) Çapraz  
E) Uzaklaştırarak

### DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarı ile karşılaştırınız. Doğru cevap sayınızı belirleyerek kendinizi değerlendiriniz. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt yaşadığınız sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrar inceleyiniz

## B. UYGULAMALI TEST

Yaptığınız uygulamayı kontrol listesine göre değerlendirerek, eksik veya hatalı gördüğünüz davranışları tamamlama yoluna gidiniz.

### KONTROL LİSTESİ

DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ	Evet	Hayır
Malzeme yüzeyini temizleyip parlattınız mı?		
Parça kalınlığı ve cinsine göre uygulama zamanı, ışın çeşidi ve voltajı muayene yapılacak kaynaklı parçada mıknatıs veya elektrik akımı yardımıyla manyetik alan oluşturduğunuz mu?		
Mıknatıslanan kaynak dikişi yüzeyine manyetize olan toz serpiniz veya yağ içerisine emülsiyon yapılmış manyetik malzemeyi akıtınız mı?		
Tozların manyetik kuvvetler doğrultusunda dizilmesini sağladınız mı?		
Kaynak dikişinde hata varsa tozların kümelenmesinden, sapmasından ve yönünden hatanın yerini ve boyutunu belirlediniz mi?		
<b>DÜZENLİ VE KURALLARA UYGUN ÇALIŞMA</b>		
Emniyet tedbirlerini uyguladınız mı?		
Mesleğe uygun kıyafet giydiniz mi?		
Çalışma alanını tertipli-düzenli kullandınız mı?		
Uygun araçları seçip tekniğine uygun kullandınız mı?		
Zamanı iyi kullandınız mı?		

### DEĞERLENDİRME

Yaptığınız değerlendirme sonunda hayır şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ederek veya araştırarak eksikliklerinizi tamamlayabilirsiniz.

Cevaplarınızın tamamı evet ise bir sonraki faaliyete geçiniz.

# ÖĞRENME FAALİYETİ-5

## AMAÇ

Bu faaliyet sonucunda uygun ortam sağlandığında tekniğe uygun olarak basınçla kontrol yapabileceksiniz.

## ARAŞTIRMA

- Basınçla kontrolün yapıldığı ürün çeşitleri araştırınız.
- Basınçla kontrolün amacını araştırın ve sınıf içinde arkadaşlarınızla tartışınız.

## 5. BASINÇLA KONTROL

Basınç altında çalışan kazan, boru ve vana üretiminin yapıldığı sektörlerde tahribatsız olarak basınçla kontrol yöntemi kullanılır. Üretilen her parçaya işletme basıncının en az 1,5 katı sıvı veya gaz basıncı belirli sürede uygulanması işlemi basınçla kontrol olarak tanımlanır. Kalitelere, çaplara ve et kalınlıklarına göre borulara uygulanan hidrostatik (sıvı basıncı) test basınçları aşağıda verilen formüle göre hesaplanır.

$$P = \frac{2000 \times S \times t}{D}$$

P = Hidrostatik test basıncı (KPa)

S = Minimum gerilme kuvveti (MPa)

t = Et kalınlığı (mm)

D = Dış çap (mm)

### 5.1. Basınçlı Hava Üreteçleri

Basınçlı hava üreteci olarak içinde yüksek basınç depo edebilen kompresörler, tanklar kullanılır. Bu üreteçler basıncı istenen değerde gönderen basınç ünitelerine sahiptir.

### 5.2. Basınçlı Hava ile Muayene Edilebilen Metaller

Basınçlı hava ile küçük çaplı çelik borular, kazanların ve içi boş malzemelere muayenesi yapılabilir.

### **5.3.Basınçlı Hava Uygulama**

Su havuzunun içine yerleştirilen boruların iki ucu kapatılır. Kapakların birinde boruya hava basıncı gönderilecek valf sistemi vardır. Bu sistemde borulara kullanma basınçlarının üzerinde hava basıncı uygulanır. Uygulanan basınçla hatalı bölgelerden kabarcık çıkmasıyla hatanın yeri tespit edilir.

### **5.4. Malzemeye Basınçlı Su Verme**

Üretilen boru, kazan ve vanalara üretim yerinde hidrostatik (sıvı basıncı) testi uygulanır.

### **5.5.Malzemeyi Su Havuzuna Yerleştirme**

Basınç testi yapılacak malzeme uygulanacak malzeme iki ağız kapatan sistemde su havuzuna yerleştirilir. Yeterli görülen minimum test basınçları ASTM A53 standardına göre basınç uygulanır. Uygulana basınç isteğe göre belirtilen standarttan daha az olmamak kaydıyla yüksek basınçlarda da test edilebilir.

### **5.6. Sızıntı veya Çıkan Hava Boşluğuna Göre Hatanın Yerini ve Boyutunu Tespit Edebilme**

Uygulanan basınç türü sıvı ise hatanın olduğu yer parçada sızıntı şeklinde ortaya çıkar.

Uygulanan basınç türü hava veya gaz ise özel algılayıcı (separtörler) veya su havuzunda çıkan kabarcıkları yardımıyla hatanın yeri tespit eldir.

## UYGULAMA FAALİYETİ

İşlem basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Basınçlı su yönteminde boru ya da kabın içerisine basınçlı su gönderiniz.</li><li>➤ Kaynak dikişinin olduğu alana kullanma basıncının üzerine kadar zorlayınız.</li><li>➤ Eğer varsa sızıntılar gözlenir ve hatanın nerede olduğu belirlenir.</li><li>➤ Basınçlı hava yönteminde kontrolü yapılacak malzemeyi su havuzuna koyunuz</li><li>➤ Su içindeki malzemeye hava üreticinde basınçlı hava veriniz.</li><li>➤ Eğer hata varsa çıkan hava kabarcıklarından hatanın nerede olduğu belirleyiniz</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Dikkatli olunuz.</li><li>➤ Emniyet tedbirlerini uygulayınız.</li><li>➤ Eldiven ve iş giysisi kullanınız.</li><li>➤ Meslekle ilgili etik ilkelere uygun davranınız.</li></ul>

## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Bu faaliyet kapsamında hangi bilgiler kazandığımızı aşağıdaki soruları cevaplandırarak belirleyiniz.

### A- OBJEKTİF TESTLER (ÖLÇME SORULARI)

#### Çoktan Seçmeli Sorular

1. Borulara ve kazanların kaynak dikişlerini kontrol etmek amacıyla , kullanma basıncının en az kaç katı basınç testi yapılabilir?  
A) 2/1 B) 3/2 C) 1/1 D) 1/2 E) 1/3
2. Aşağıdakilerden hangisi Üretimi yapılan parçadan alınan örnekler incelenerek, gereç hakkında değerlendirmeler yapan muayene yöntemidir?  
A) Ultrasonik muayene  
B) Radyografik muayene  
C) Mikroskopik muayene  
D) Tahribatlı muayene  
E) Tahribatsız muayene
3. Basınçla kontrol yöntemi hangi tür malzemelere uygulanır?  
A) Çelik borulara  
B) İçi dolu makine parçalarına  
C) Takım çeliklerine  
D) Alüminyum plakalara  
E) Kaynaklı levha malzemelere
4. Hava basıncıyla kontrol işleminde hata nasıl anlaşılır?  
A) Hava kabarcığı ile  
B) Su sızıntısı ile  
C) Gaz algılayıcısı ile  
D) Sıvı algılayıcısı ile  
E) Hepsi
5. Basınçla kontrol yöntemi uygulanacak parçalara yapılması gereken işlemde biri değildir?  
A) Parçanın kullanma basıncını bilmek  
B) Parçanın boşluklarını açık bırakmak  
C) Su havuzuna yerleştirmek.  
D) Kullanma basıncının üzerinde basınç vermek  
E) Basınç uygulama süresine uymak

### DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarı ile karşılaştırınız. Doğru cevap sayınızı belirleyerek kendinizi değerlendiriniz. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt yaşadığınız sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrar inceleyiniz

## B. UYGULAMALI TEST

Yaptığınız uygulamayı kontrol listesine göre değerlendirerek, eksik veya hatalı gördüğünüz davranışları tamamlama yoluna gidiniz.

### KONTROL LİSTESİ

DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ	Evet	Hayır
Basınçlı su yönteminde boru ya da kabin içerisine basınçlı su gönderdiniz mi?		
Kaynak dikişinin olduğu alan kullanma basıncının üzerine kadar zorladınız mı?		
Eğer varsa sızıntıları gözleyip ve hatanın nerede olduğu belirlediniz mi?		
Basınçlı hava yönteminde kontrolü yapılacak malzeme su havuzuna koydunuz mu?		
Su içindeki malzemeye hava üreticinde basınçlı hava verdiniz mi?		
Eğer hata varsa çıkan hava kabarcıklarından hatanın nerede olduğu belirlediniz mi?		
<b>DÜZENLİ VE KURALLARA UYGUN ÇALIŞMA</b>		
Emniyet tedbirlerini uyguladınız mı?		
Mesleğe uygun kıyafet giydiniz mi?		
Çalışma alanını tertipli-düzenli kullandınız mı?		
Uygun araçları seçip tekniğine uygun kullandınız mı?		
Zamanı iyi kullandınız mı?		

### DEĞERLENDİRME

Yaptığınız değerlendirme sonunda hayır şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ederek veya araştırarak eksikliklerinizi tamamlayabilirsiniz.

Cevaplarınızın tamamı evet ise modül değerlendirmeye geçiniz.

# MODÜL DEĞERLENDİRME

## PERFORMANS TESTİ (YETERLİK ÖLÇME)

Modül ile kazandığınız yeterliği aşağıdaki kriterlere göre ölçünüz.

### KONTROL LİSTESİ

DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ	Evet	Hayır
Penatran sıvı ile malzemelerin muayenesini yapmak A) Penetran sıvı testinde işlem sırasını takip ederek test işlemini yaptınız mı? B) Penetran sıvı testinde iş güvenliği kurallarına uydunuz mu?		
Ultrasonik yöntemle malzeme muayenesini yapmak A) Ullrasonik yöntemle malzemenin muayenesini yaptınız mı? B) Muayene işlemini yaparken işlem sırasını doğru uyguladınız mı? C) Ultrasonik muayenede güvenlik kurallarına uydunuz mu?		
Rontgen ışınları ile malzeme muayenesi yapmak A) Rontgen ışınları ile malzeme muayenesi yaptınız mı? B) Rontgen ışınları ile malzeme muayenesi işleminde radyasyona karşı tedbir aldınız mı? C) Rontgen ışınları ile malzemenin muayenesi için işlem sırasını doğru uyguladınız mı?		
Manyetik parçacık ile malzeme muayenesi yapmak A) Manyetik parçacık yöntemi ile malzemenin muayenesini kurallarına uygun yaptınız mı? B) İş güvenliği kurallarına uydunuz mu?		
Basınçla kontrol yöntemini uygulamak A) Sıvı basınç testini doğru uyguladınız mı? B) Hava basınç testini doğru uyguladınız mı?		

### DEĞERLENDİRME

Yapılan değerlendirme sonunda hayır cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız modülü tekrar ediniz.

Bütün cevaplarınız evet ise modülü tamamladınız, tebrik ederiz. Öğretmeniniz size çeşitli ölçme araçları uygulayacaktır. Öğretmeninizle iletişime geçiniz.

# CEVAP ANAHTARLARI

## ÖĞRENME FAALİYET 1'İN CEVAP ANAHTARI

1.	B
2.	A
3.	C
4.	D
5.	B
6.	E
7.	A

## ÖĞRENME FAALİYET 2'NİN CEVAP ANAHTARI

1.	D
2.	A
3.	C
4.	A
5.	D

## ÖĞRENME FAALİYET 3'ÜN CEVAP ANAHTARI

1.	D
2.	A
3.	E
4.	C
5.	A

## ÖĞRENME FAALİYET 4'ÜN CEVAP ANAHTARI

1.	D
2.	A
3.	A
4.	C
5.	C

## ÖĞRENME FAALİYET 5'İN CEVAP ANAHTARI

1.	B
2.	D
3.	A
4.	C
5.	B

Cevaplarınızı cevap anahtarları ile karşılaştırarak kendinizi değerlendiriniz.

## ÖNERİLEN KAYNAKLAR

- ANIK Selahaddin (İ.T.Ü.) **1000 Soruda Kaynak Teknolojisi Cilt 2, Birsen** Yayınevi, İstanbul, 1993.
- ANIK Selahaddin (İ.T.Ü.) **Malzeme Bilgisi ve Muayenesi** Birsen Yayınevi, İstanbul, 2000.
- BAYDUR Galip, **Malzeme**, Anadolu Üniversitesi Yayınevi, Eskişehir, 1998.
- [www.taek.gov.tr](http://www.taek.gov.tr). (Türkiye Atom Enerjisi Kurumu)
- [www.rontgensan.com.tr](http://www.rontgensan.com.tr)
- [www.metalurji.org.tr](http://www.metalurji.org.tr)
- [www.wtndt.metu.edu.tr](http://www.wtndt.metu.edu.tr)
- [www.ndt.com.tr](http://www.ndt.com.tr)
- [www.mekon-ndt.com](http://www.mekon-ndt.com)
- [www.tesko-ndt.com](http://www.tesko-ndt.com)
- [www. İtu.edu.tr](http://www.İtu.edu.tr)
- [www. tse.gov.tr](http://www.tse.gov.tr)

## KAYNAKÇA

- ANIK Selahaddin (İ.T.Ü.) **1000 Soruda Kaynak Teknolojisi Cilt 2, Birsen** Yayınevi, İstanbul, 1993.
- ANIK Selahaddin (İ.T.Ü.) **Malzeme Bilgisi ve Muayenesi** Birsen Yayınevi, İstanbul, 2000.
- BAYDUR Galip, Malzeme, Anadolu Üniversitesi Yayınevi, Eskişehir, 1998.
- GÜNGÖR Yasin, Malzeme **Bilgisi**, Beta Yayınevi, İstanbul,2001.
- ONARAN KAŞİF, Malzeme **Bilimi**, Çağlayan Kitapevi, İstanbul,1993.
- ÖZKARA Hamdi, Metal **İşleri Meslek Teknolojisi 2**, İlksan Matbaacılık, Ankara, 1996.
- SARAÇ Mahmut, **Yayımlanmamış Ders Notları**, Bilecik,2005
- SERFİÇELİ Y. Saip, Metal **İşleri Meslek Teknolojisi II**, S.H.Ç.E.K. Basımevi, Ankara, 2001.