

## TAHRIBATSIZ MUAYENE

Tahribatsız malzeme muayene, kalite kontrolün en önemli bir bölümü olup, üretimin tamamlayıcı son kısmıdır. Tahribatsız muayene, incelenen malzemelere herhangi bir zarar vermeden muayene edilerek, dinamik ve statik yapıları hakkında bilgi edinilen muayene yöntemlerinin tümüne verilen addır. Tahribatsız muayene yöntemi ile malzemeler imalat esnasında veya belli bir süre kullandıktan sonra örneğin, korozyon veya aşınma gibi nedenlerden dolayı oluşan çatlak, iç yapıda meydana gelen boşluk, kesit azalması vb. hataların tespiti gerçekleştirilir. Bu işlemlerde, malzemelerden herhangi bir numune alma ihtiyacı yoktur. Testler doğrudan iş parçası üzerinde yapılır ve böylece parçaların % 100 muayenesi gerçekleştirilebilir. Kullanıma uygun olmayan veya kullanıma uygunluğunu yitirmiş olan parçalar çoğunlukla kullanımdan kaldırılır.

Tablo 1. Tahribatsız muayene deneylerinin makina mühendisliği endüstrisinde uygulama alanları.

Uygulama Alanı	İşlevi	Uygulama Örnekleri
<b>Araştırma ve Geliştirme</b>	Malzemelerin yapısal değerlendirilmesi, Üretim ve montaj yöntemlerinin karşılaştırılması ve bulguların değerlendirilmesi.	Metallerin iç yapılarının ve yorulma belirtilerinin incelenmesi, kaynak dikişlerinde çatlakların tespiti.
<b>Üretim Yöntemi Kontrolü</b>	Üretim yöntemi değişkenlerinin belirlenmesi ve kontrolünün sağlanması.	Radyografik ve ultrasonik yöntemle kalınlık ölçme ve imalat parametrelerinin tespiti.
<b>Kalite Kontrolü</b>	Kusurlu parçaların ve anormalliklerin tespiti, Üretim montaj kusurlarının, yerlerinin ve yönteminin değerlendirilmesi.	Zayıf yapışma, kaynaklarda çatlama, metallerde homojen olmayan gözenekler ve malzeme hatalarının belirlenmesi.
<b>Servis Süresince Değerlendirme</b>	Kullanım süresince aşınma ve anormalliklerin erken belirlenmesi.	Depolarda ve borularda korozyonun ve yerinin tespiti, Çeşitli araçlarda erken uyarı sistemleri.

Tahribatsız muayene yöntemleri çeşitli fiziksel prensiplerle, farklı şekillerde uygulanır. Seçilecek yöntem, incelenen malzemenin cinsine ve aranan hata türüne göre belirlenir. Her bir yöntemin diğerine göre üstün tarafları olup, genellikle birbirlerinin tamamlayıcısı durumundadırlar. Tahribatsız muayenede uygulanan yöntemler sırasıyla şu şekilde sıralanabilir:

1. Göz ile Muayene
2. Sıvı Emdirme (Penetran Sıvısı) ile Muayene
3. Girdap akımları (Eddy Akımı) ile Muayene
4. Manyetik Parçacık ile Muayene
5. Ultrasonik Muayene
6. Radyografik (Röntgen) Işınları ile Muayene

## 1. GÖZ İLE MUAYENE

Bir ürünün yüzeyindeki süreksizlikler, yapısal bozukluklar, yüzey durumu gibi kaliteyi etkileyen parametrelerin optik bir yardımcı (büyüteç gibi) kullanarak veya kullanmaksızın muayene edilmesidir.

Gözle muayene çok basit bir metot olarak görünse de en önemli muayene yöntemidir. Genellikle bir başka tahribatsız muayene metodunun uygulanmasından önce yapılması gereken bir çalışmadır. Zaten diğer tahribatsız muayene yöntemleri için hazırlanmış uygulama standartlarının çoğunda da öncelikle gözle muayene yapılması ve bulguların kaydedilmesi istenir.

Bu yöntem, metalik veya metalik olmayan bütün malzemelere uygulanabilir. Muayene yüzeylerine ulaşabilirlik durumuna göre gerektiğinde endoskoplar gibi yardımcı gereçler de kullanılarak uygulanabilir. Çoğu durumda muayene yüzeyi hazırlığı olarak yüzey temizliği yapılması istenmez. Daha doğrusu yüzeyin, beklenen hataların en iyi görüneceği şekilde olması gerekir. Yeterli ışık şartları altında ve uygun bakma açılarında inceleme yapılmalıdır.

## 2. SIVI EMDİRME (PENETRAN SIVISI) İLE MUAYENE

Yüzey hatalarının tespiti için kullanılan bir muayene metodu olup, Tespit edilmek istenilen hataların muayene işlemi uygulanan yüzeyine açık olması gerekir, bu nedenle yüzey altında kalan veya herhangi bir nedenle yüzeyle bağlantısı kesilmiş bulunan hatalar bu metotla tespit edilemez. Metalik veya metalik olmayan bütün malzemelerde aşırı gözenekli olmamaları koşulu ile beklenen yüzey hatalarının tespiti için kullanılabilir.

Yöntemin uygulanacağı test malzemesinin yüzeyi düzgün ve temiz olmalıdır (yüzey temizliğinin uygun yapılmamış olması) aksi taktirde değerlendirmelerde yanılıya düşülebilir. Muayene sonrasında ilave olarak bir son temizlik işlemi gerekebilir. Kimyasal maddelerin kullanımı özel bir özen gerektirmektedir.

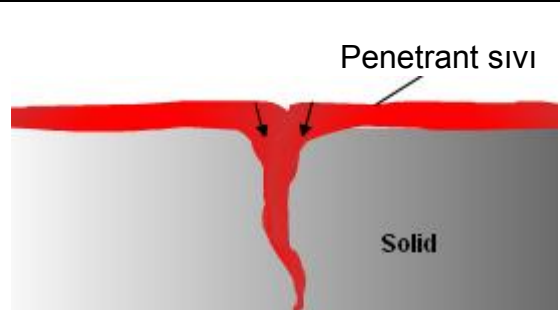
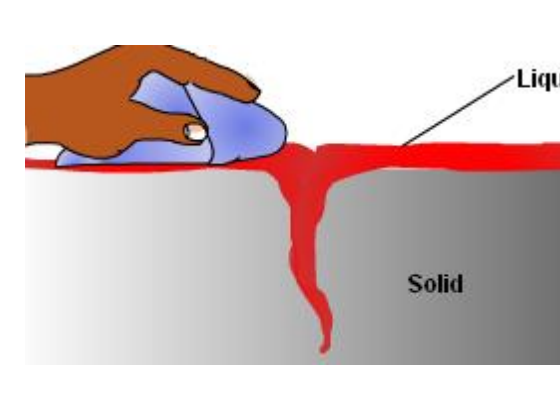
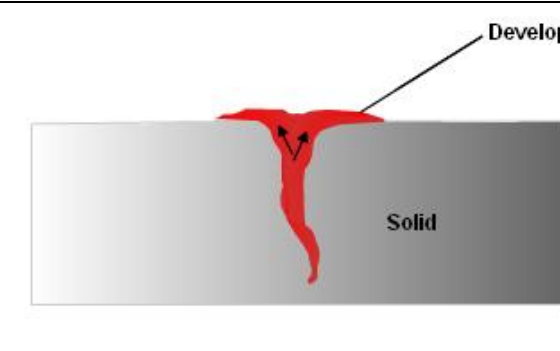


Şekil 1. Penetrant muayene yöntemi uygulanmış iki parça

Bir penetrant sıvı, vizkositesi, yüzey gerilimi ve yoğunluğu ile nitelendirilip, görünürlüğü ise boya veya floresant ile temin edilir. Penetrant testte kullanılan diğer elemanlar ise temizleyici ve developerdir.

#### Penetrant muayene yönteminin uygulanma aşamaları

1. Muayene yüzeyinde ön-temizlik
2. Penetrantın uygulanması
3. Penetrasyon için bekleme
4. Ara-temizlik
5. Geliştirme
6. İnceleme
7. Değerlendirme ve rapor hazırlama
8. Son-temizlik

	<p>Her türlü yağ, kir ve pasdan mekanik yada kimyasal yolla arındırılarak ön temizleme işlemine tabi tutulan numune yüzeyine penetrant sıvı bir film halinde tatbik edilerek, penetrantın kapiler etki ile hatalara yeterince nüfuz edebilmesi için 5-30 dakika arasında beklenilir.</p>
	<p>Yeterince beklenilerek hatalara nüfuz etmiş penetrantın yüzeyde kalan fazla kısmı su, gaz tipi çözücüler veya emulgatör ile temizlenerek incelenen yüzey bez veya sıcak hava üflenilerek kurutulur.</p>
	<p>Hatalara penetrant nüfuz ettirilmiş ve kalıntıları temizlenmiş yüzeye, güçlü emiciliğe sahip ve penetrant ile yeterli kontrasta sahip geliştirici ince bir tabaka halinde incelenecek uygulanır. Yüzeye yayılan geliştirici hatalar içerisindeki penetrantı emerek yüzeye çıkmasını ve geliştirici sayesinde büyütülmüş olarak görülmesini sağlar.</p>

Sekil 2. Penetrant muayenesi işlem kademeleri

## Penetrant Muayenede Kullanılan Malzemeler

Penetrant:

- Renklenmesine göre: Floresan ve floresan olmayan olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.
- Yıkama şekline göre: Su ile yıkanabilen, sonradan su ile yıkanabilen ve solventle yıkanabilen olmak üzere üçe ayrılmaktadır.

Emulgatörler:

Penetrant uygulanmasından sonra su ile yıkanamayan penetrantların özellikle pürüzlü yüzeyden temizlenebilir hale getirilmesi için kullanılan çözücülerdir. Yağlı ve sulu emulgatörler olmak üzere ikiye ayrılırlar.

Temizleyiciler:

Yüzeylerin muayeneye hazırlanmasında ve muayeneden sonra yüzeylerden uzaklaştırılmaları için kullanılan çözücülerdir. Temizleyiciler, su ve solventler (alevlenen ve alevlenmeyen) olarak ikiye ayrılırlar.

Geliştiriciler (developer):

Hatalara emdirilmiş penetrantı görünebilir hale getirmek için kullanılan yüksek emiciliğe sahip çeşitli tozlardır. Geliştiriciler, kuru ve sıvı taşıyıcılı olarak ikiye ayrılırlar.



a

b

c

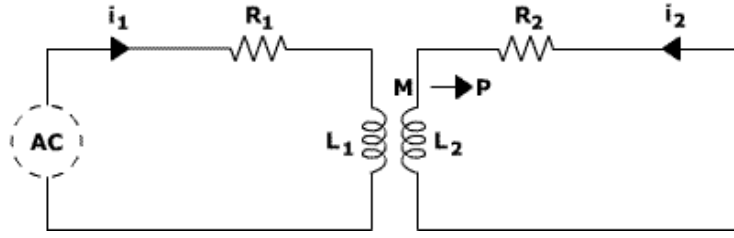
Şekil 3. a) Geliştiricinin uygulanması ve b-c) inceleme

### 3. GİRDAP AKIMLARI (EDDY AKIMI) İLE MUAYENE

Girdap akımları (Eddy-Current) yöntemi yüzey ve yüzeye yakın süreksizliklerin (hatalar) belirlenebilmesi için uygun bir yöntem olup, elektrik iletkenliğine sahip olan bütün metal ve alaşımlarına uygulanabilir. Bu yöntem kullanılarak çatlak, korozyon, iletken bir malzeme üzerindeki boya veya kaplama kalınlığının ölçülmesi ve iletkenlik ölçümü mümkündür.

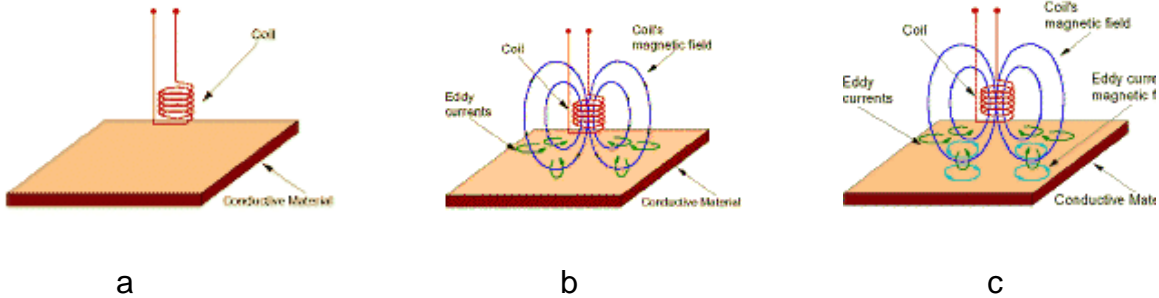
Bir sarımdan değişken akım (AC) geçirildiğinde bu sarım etrafında bir manyetik alan meydana gelir (Şekil 4). Bu sarım elektriksel olarak iletken bir malzeme yüzeyine yaklaştırıldığında, sarımın değişken manyetik alanı malzeme yüzeyinde indüksiyon akımları oluşturur. Bu akımlar kapalı bir devre halinde akarlar ve Girdap akımları olarak

adlandırılırlar. Girdap akımları da kendi manyetik alanlarını yaratırlar. Yaratılan bu ikinci manyetik alan ölçülerek yüzey hataları bulunabilir.



Şekil 4. Girdap akımlarında etkileşim

Şekil 5 girdap akımları yönteminin uygulanış adımlarını şematik olarak göstermektedir. Bu şekilde a- bir alternatif akım bobini ve iş parçasını, b- uyarılan bobinde oluşan değişken manyetik alanın malzeme yüzeyinde dairesel girdap akımlarının oluşturulmasını, c- bobinde oluşan manyetik alan ile etkileşime girerek bu manyetik alana zıt yönde ikinci bir manyetik alan oluşumunu göstermektedir. Test parçasında girdap akımlarının olduğu bölgede bir süreksizlik var ise, test malzemesi ve süreksizlik arasındaki elektrik direnci farkından dolayı akımlar farklı bir yörünge izlemek durumunda kалаacaktır. Bu farklılık bobin (prob) tarafından algılanarak süreksizlik değerlendirilir.



Şekil 5. Girdap akımları ile muayene: a) Bobin, b) Bobinde manyetik alan oluşumu, c) Manyetik alan incelenen parça etkileşimi



a

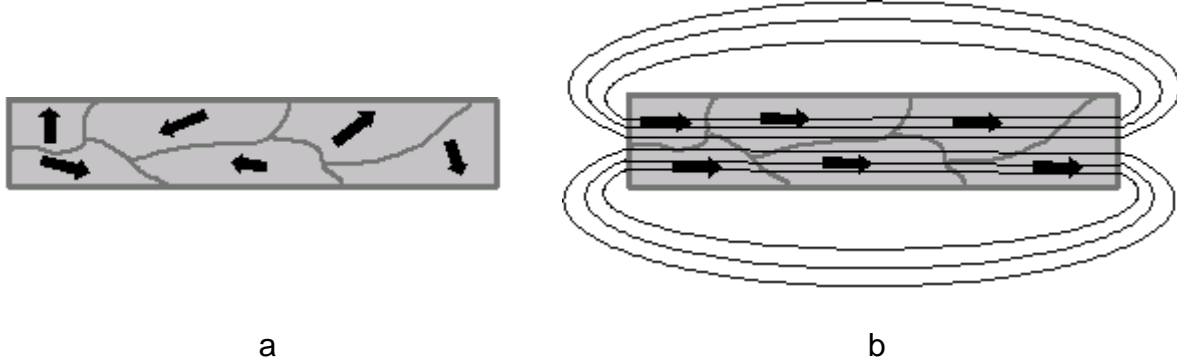


b

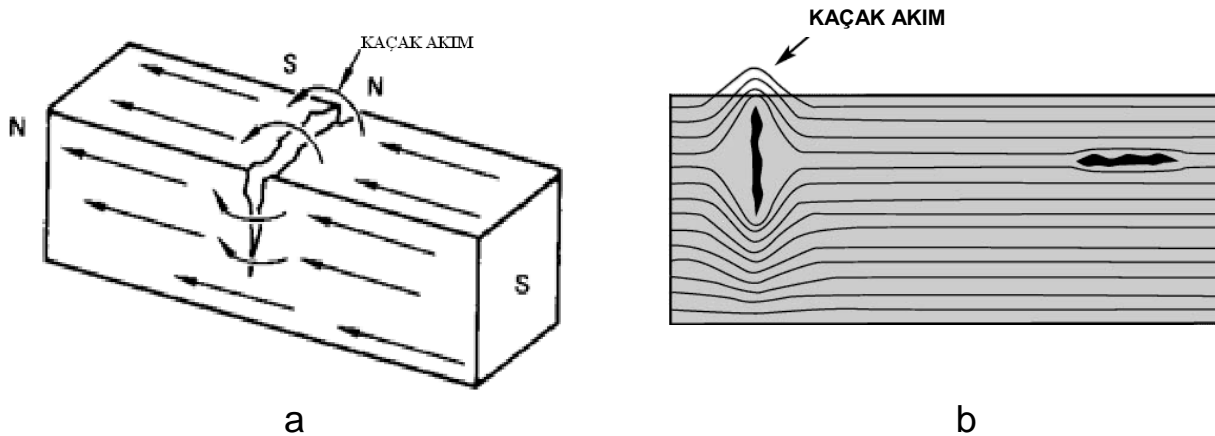
Şekil 6. Bir girdap akımla muayene cihazının görünümü: a) cihaz, b) çeşitli problemler

#### 4. MANYETİK PARÇACIK İLE MUAYENE

Manyetik parçacık yöntemi yüzey ve yüzeye yakın hataların tespitinde ve yerlerinin belirlenmesi işleminde kullanılan oldukça basit, hızlı ve düşük maliyetle uygulanabilirliğinden dolayı ferromanyetik malzemelere uygulanan oldukça geniş bir kullanıma sahiptir. Bu yöntemde yüzey hatalarının belirlenebilmesi hatanın boyutuna ve yüzeye yakınlığına bağlı olup sadece ferromanyetik yani mıknatıslanabilen malzemelere uygulanır. Yöntemin temel esası incelenen malzemenin manyetikleştirilmesi esasına dayanmaktadır. Manyetikleştirme işlemi, parçadan elektrik akımı veya doğrudan manyetik akı geçilerek gerçekleştirilir. Ferromanyetik malzemeler bu manyetik akıya hiç bir direnç göstermezler aksine bu manyetik akının geçmesine katkıda bulunurlar (Şekil 7). Şekil 8'den de görüleceği gibi eğer manyetik alan içerisinde hata varsa, hatadaki boşluk alan çizgilerini engelleyecek ve saptıracaktır. Bu durum hata üzerinde yoğun bir kaçak akım oluşturur ve kaçak akımın büyüklüğü hatanın buyutu ile doğru orantılıdır.



Şekil 7. Metalik malzemelerin manyetik davranışı: a) Manyetik olmayan malzeme, b) Manyetik malzeme

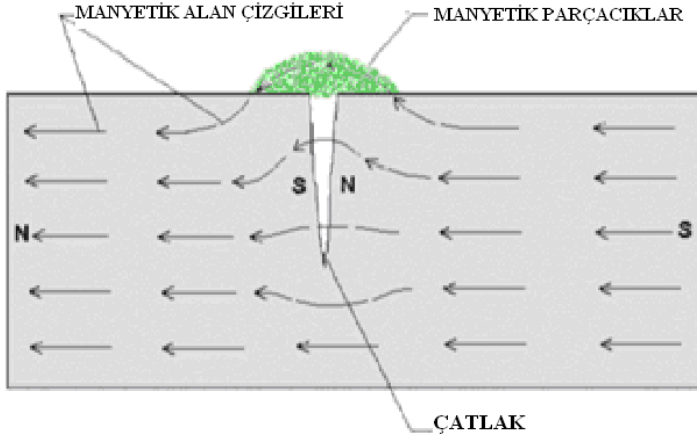


Şekil 8. Manyetik alan çizgileri a) yüzeysel, b) yüzey altı

Bünyesinde hata bulunan bir malzeme yüzeyine manyetik alan uygulanmış durumda, yüzeye ferromanyetik tozlar serpilirse bu tozlar hataların bulunduğu bölgelerde oluşan kaçak akımlar tarafında çekilerek bu süreksizlikler üzerinde toplanarak kaçak akımın geçişi



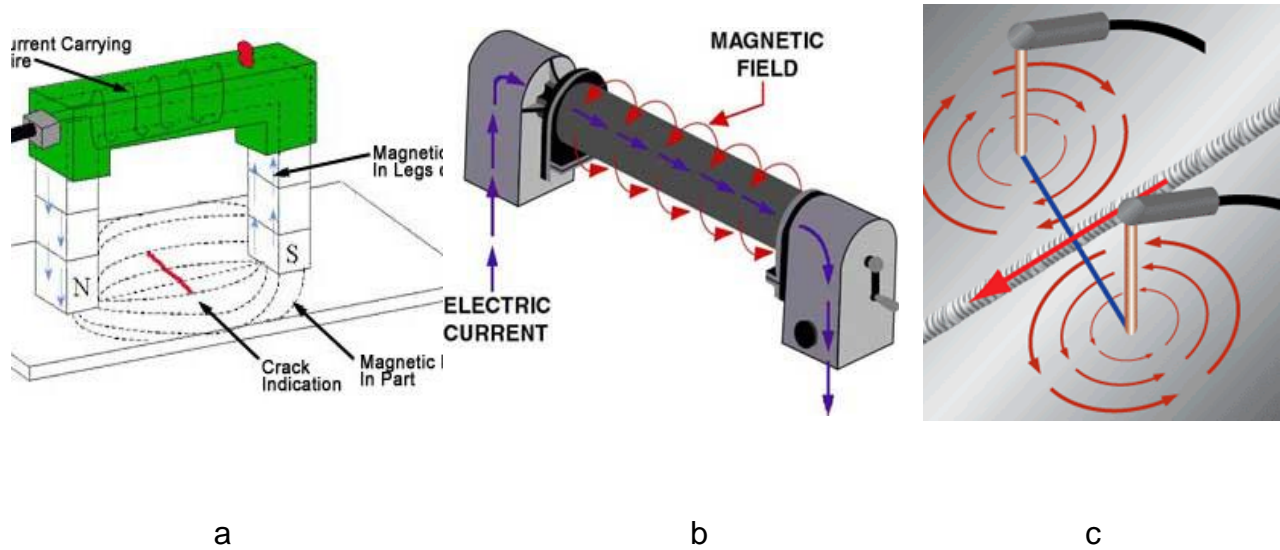
için köprü oluştururlar. Böylece, mevcut süreksizliklerin yerleri tespit edilmiş olunur. Şekil 9 manyetik parçacık yönteminin şematik uygulamasını göstermektedir.



Şekil 9. Manyetik parçacık yönteminin şematik görünümü

Ferromanyetik olmayan malzemelere uygulanamaz. Süreksizlik uygulanan manyetik alan yönüne uygun açıda konumlanmamış durumda ise belirlenemez. Büyük parçalar için çok yüksek mıknatıslama akımları gerekebilir. Muayene yüzeyinin çok pürüzlü olması sonucu olumsuz etkiler. Muayene yüzeyinde boya veya kaplama varsa bunun kalınlığı muayene sonucunu doğrudan etkiler. Manyetik tozlar kuru ise un görünümünde toz şeklindedir. Tozlar, kullanıldıkları yere göre yaş ve kuru olarak iki tiptedir. Ayrıca, bu tozlar kullanılacakları zemin ile kontrast oluşturacak renkte veya floresans içerikli olarak seçilirler.

Bu yöntemle parça üzerinden geçirilen akım yönüne paralel veya oluşan manyetik Alana dik olan en az 10  $\mu\text{m}$  derinliğinde, en az 1  $\mu\text{m}$  genişliğinde ve 0,2 mm boyundaki yüzeyel ve yüzeyin en fazla 40  $\mu\text{m}$  altındaki hatalar belirlenebilir.



Şekil 10. Manyetik parçacık yöntemleri a) Elektro bobbin ile manyetikleştirme, b) Enine manyetikleştirme, c) Hareketli elektrot kullanımı

## Manyetik parçacık yönteminin uygulanış aşamaları

1. Muayene yüzeyinde ön temizlik
2. Gerekliyse mıknatıslık giderimi
3. Mıknatıslama akımının uygulanması
4. Ferromanyetik tozların püskürtülmesi
5. Mıknatıslama akımının kesilmesi
6. İnceleme
7. Değerlendirme ve rapor hazırlama
8. Mıknatıslık giderimi ve son temizlik



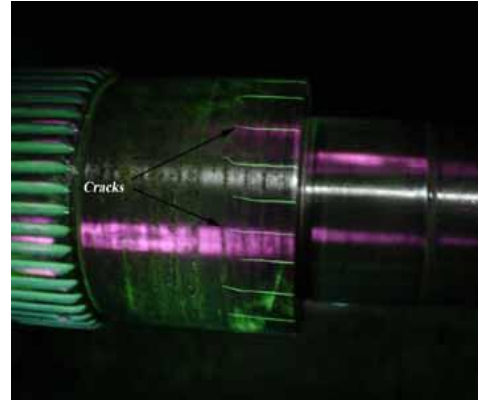
a



b



c



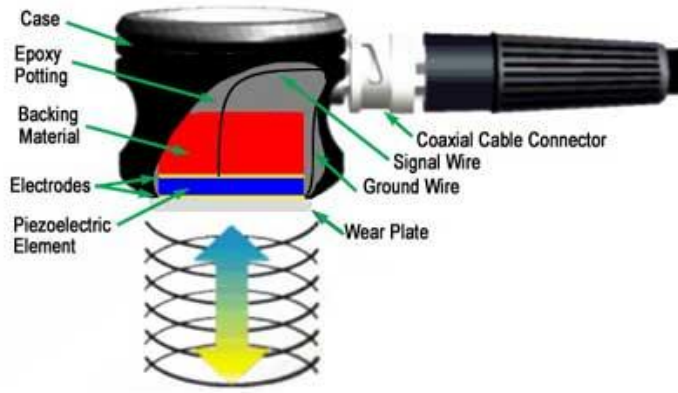
d

Şekil 11. Manyetik parçacık muayenesi uygulanmış çeşitli parçaların fotoğrafları; a) Kaynak dikişi, b) Yatak zarfı, c) Menteşe, d) Tahrik mili

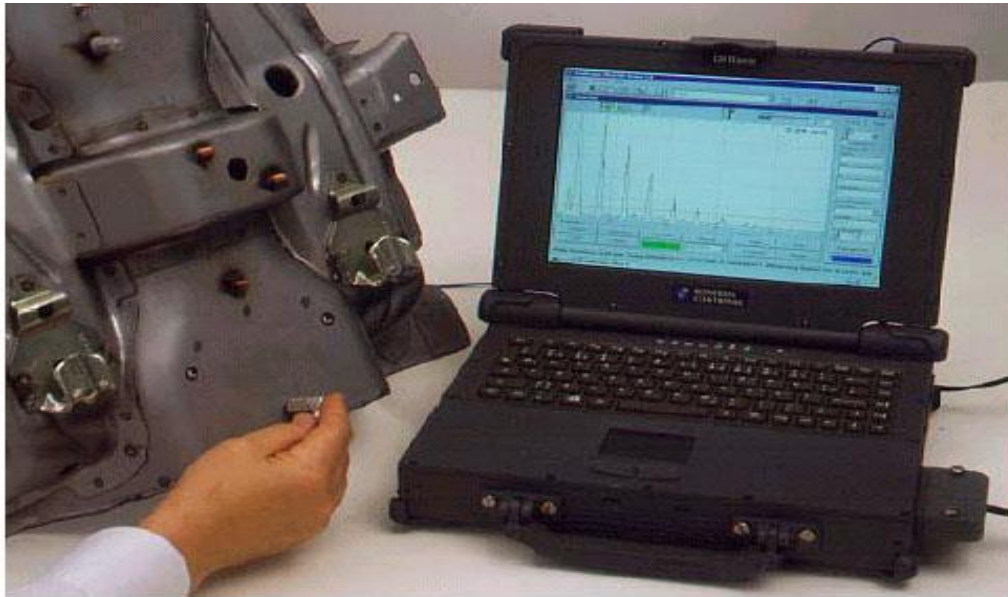


## 5. ULTRASONİK DALGALAR İLE MUAYENE

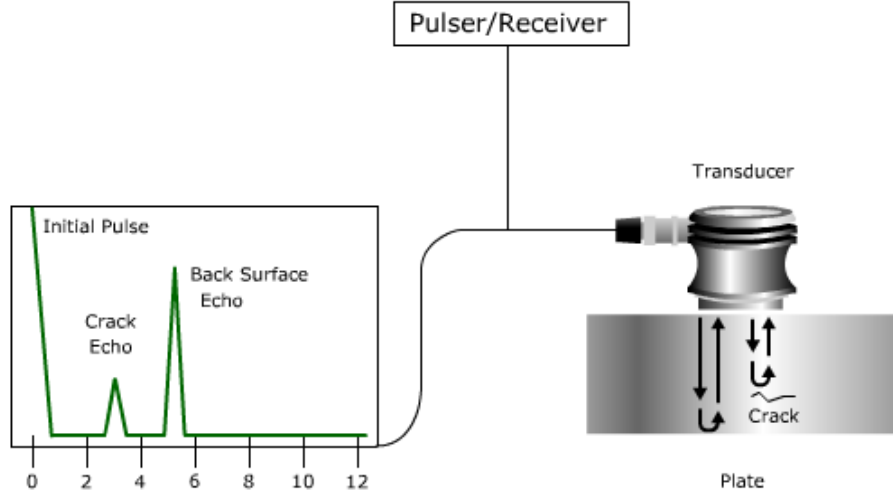
Bu tahribatsız muayene yönteminde incelenmek istenilen malzemedeki süreksizlikleri tespit edebilmek için mayene probu tarafından üretilen yüksek frekanstaki (0.1-20 MHz) ses üstü dalgalarının test malzemesi içerisinde yayılması ve bir süreksizliğe çarptıktan sonra tekrar proba yansması ve böylece prob tarafından algılanması temeline dayanmaktadır. Tipik bir ultrasonik probun yapısı Şekil 12'de görülmektedir. Prob tarafından algılanan dalgalar (piezoelektrik olay ile) elektrik sinyallerine dönüştürülür ve katod ışınları tübü ekranında malzeme içyapısının habercisi olan yankılar (ekolar) şeklinde görülür. Ekran üzerinde gözlenen ekoların konumları ve genlikleri süreksizliğin bulunduğu yer ve boyutları hakkında bilgi verir (Şekil 13 ve 14).



Şekil 12. Tipik bir ultrasonik probun yapısı

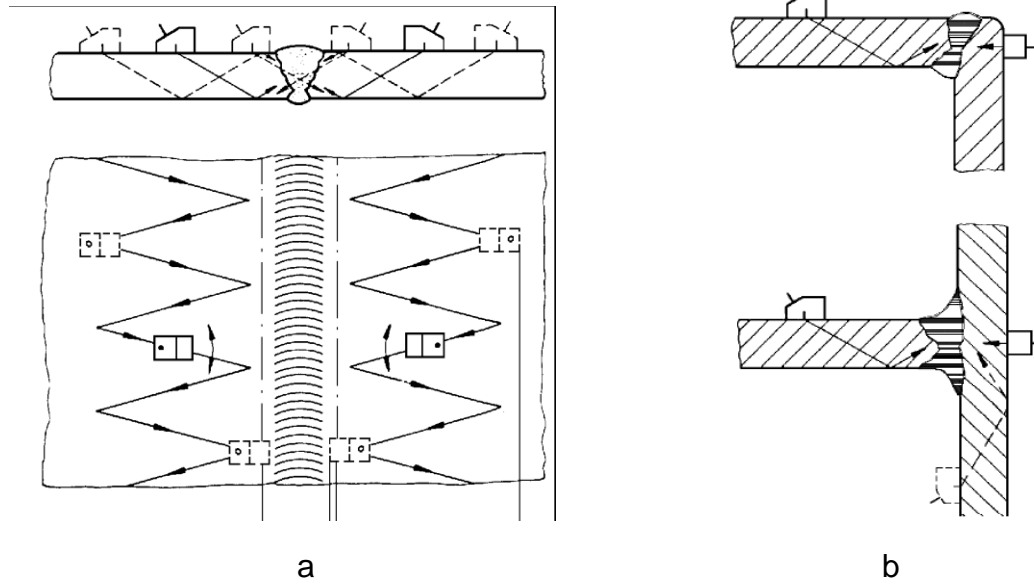


Şekil 13. Modern bir ultrasonik muayene cihazının görünümü



Şekil 14. Ultrasonik muayene yönteminin çalışma prensibi

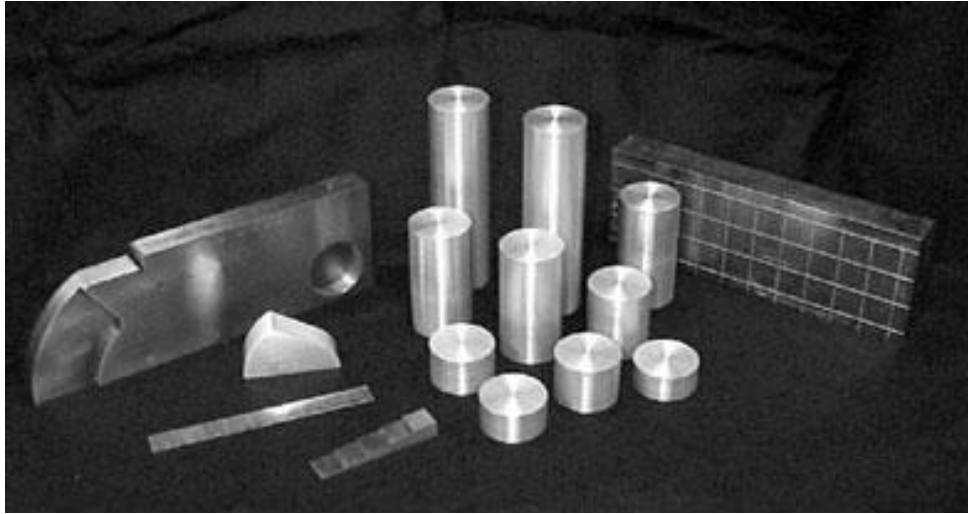
Metalik veya metalik olmayan malzemelerde beklenen hacimsel hatalar ile çatlak türü yüzey hatalarının tespiti için kullanılabilir. Süreksizlikler ultrasonik demete dik doğrultuda olduklarından en iyi şekilde algılanırlar, kaba taneli yapılar özellikle östenitik malzemeler için ultrasonik yöntem uygulanması zordur. Malzeme içine gönderilen yüksek frekanslı ses dalgaları ses yolu üzerinde bir engele çarpması durumunda yansır. Çarpma açısına bağlı olarak yansıyan sinyal alıcı proba gelebilir veya gelmeyebilir (Şekil 15). Alıcı proba ulaşan yansıyan sinyal ultrasonik muayene cihazının ekranında bir yankı belirtisi oluşturur. Yankının konumuna göre yansıtıcının muayene parçası içindeki koordinatları hesaplanabilir. Ayrıca yankının yüksekliği de yansıtıcının büyüklüğü hakkında fikir verir. Yankı sinyalinin şekline bakılarak yansıtıcının türü hakkında da bir yorum yapmak mümkün olabilir.



Şekil 15. İncelenen parça üzerindeki prob konumuna göre yansıma şekilleri

Muayene parçasında ses hızı ve ses zayıflatması özelliklerinin bölgesel olarak güçlü değişimler göstermesi durumunda doğru değerlendirme yapmak güçleşir. İri tane yapısı veya soğurma nedeniyle ses zayıflamasının çok fazla olduğu malzemelerde muayene bazen imkansız olabilir. Muayene için ulaşılabilir durumda yeterince geniş bir yüzey hazırlanmalıdır. Yüzey durumu muayene parametrelerini doğrudan etkiler. İnce parçaların muayenesi nispeten güçtür. Ses demeti eksenine paralel konumlanmış düzlemsel süreksizliklerin tespiti mümkün olmaz. Genellikle referans standard bloklara ihtiyaç vardır. Bu bloklar toplu olarak Şekil 16'da görülmektedir. Yüksek frekanslı ses dalgaları prob adı verilen bir parça içindeki piezoelektrik özellikteki kristal tarafından üretilir. Metalik malzemelerin ultrasonik muayenesinde kullanılan frekans aralığı 500 kHz ile 10 MHz arasında olabilir. Muayene parçasının mikroyapı özelliklerine göre uygun frekans belirlenir. Prob muayene yüzeyine temas ettirildiğinde ses dalgalarının malzeme içine nüfuz edebilmesi için (ses dalgaları boşlukta yayılamaz) uygun bir temas sıvısı (yağ, gres, su, vb.) kullanılmalıdır. Prob muayene yüzeyinde gezdirilerek parça geometrisinden kaynaklanan yankıların konumları ve yükseklikleri değerlendirilerek hata çözümlenmesi yapılır.

Ultrasonik muayene için en yaygın kullanılan dalga türleri boyuna (basınç) ve enine (kesme) dalgalardır. Normal prob denilen sıfır derece giriş açısına sahip problemlerle çalışılırken malzeme içinde ilerleyen dalgalar boyuna dalgalardır. Açılı problemler ise malzeme içine genellikle 45°, 60° ve 70° giriş açısı ile (bu değerler çelik malzeme içindir) enine dalgalar gönderir.

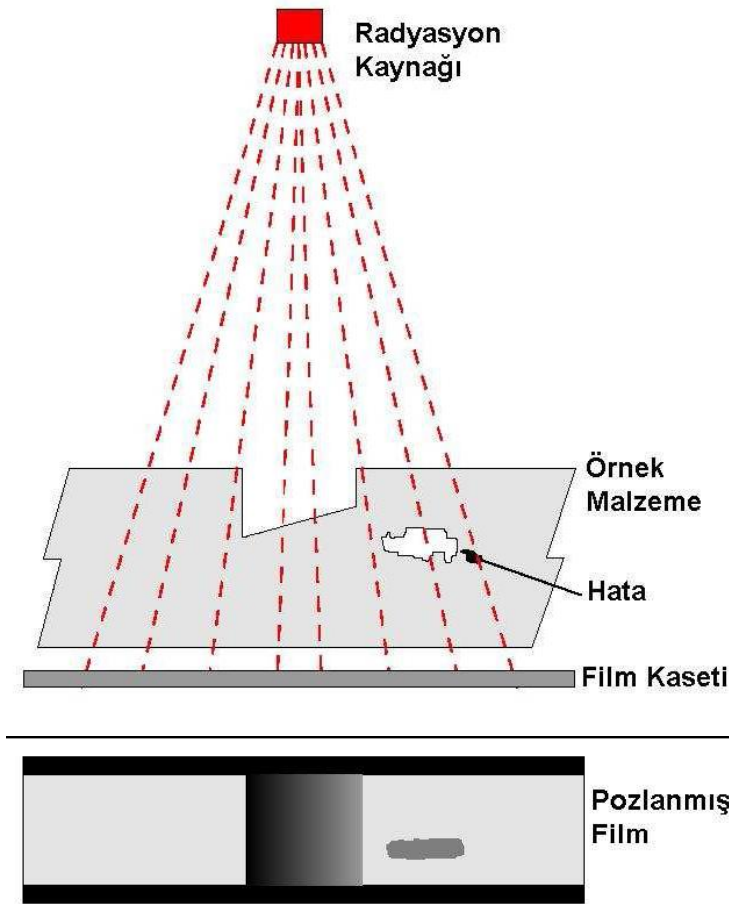


Şekil 16. Ultrasonik muayenede kullanılan çeşitli kalibrasyon blokları

## 6. RADYOGRAFİK MUAYENE YÖNTEMİ

Radyografik muayene yöntemi, oldukça hassas bir muayene yöntemi olması ve muayene sonuçlarının kalıcı olarak kaydedilebilir olmasından dolayı sanayide en yaygın olarak kullanılan tahribatsız muayene yöntemlerinden biridir.

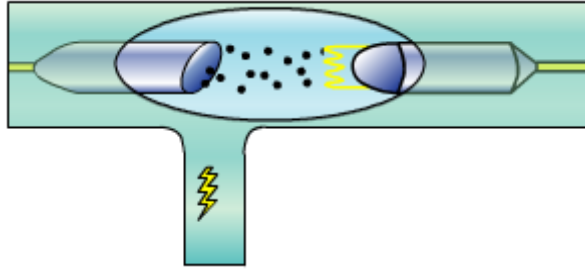
Test parçası bir kaynaktan çıkan radyasyon demeti (x veya gama ışınları) ile ışınlanır. Radyasyon malzeme içinden geçerken malzemenin özelliğine bağlı olarak belli oranda yutulur ve sonra parçanın arka yüzeyine yerleştirilmiş olan filme ulaşarak filmi etkiler. Süreksizlikler radyasyonu farklı zayıflatacaklarından, süreksizliklerin olduğu bölgelerden geçen radyasyonun şiddeti ve film üzerinde oluşturacağı kararma da farklı olacaktır. Filmin banyo işleminden sonra film üzerindeki kararmalar süreksizliklerin belirtisi olarak görünür hale gelir (Şekil 17).



Şekil 17. Radyografik muayenenin çalışma prensibi

Bu yöntem ferromagnetik olan ve ferromagnetik olmayan metaller ve diğer tüm malzemelere uygulanır. X ışınları malzemelere zarar vermeden iç yapılarını inceleme olanağı sağladığından, tahribatsız muayenede yaygın olarak kullanılmaktadırlar. X ışınının üretiminde kullanılan tüpün şematik resmi Şekil 18'den görülmektedir. X ya da gama

ışınlarıyla malzemelerdeki kalınlık değişimleri, yapısal değişiklikler, içteki hatalar, montaj detayları tespit edilebilmektedir.



Şekil 18. Bir x ışını tüpünün şematik görünümü

Elektriksel olarak üretilen x ışınları ve radyoaktif izotoplardan yayılan gama ışınları, içerisinde geçtikleri malzeme tarafından absorbe edilirler. Kalınlığın artmasıyla beraber absorbe edilen miktarda artar. Dolayısıyla, daha yoğun malzemede daha fazla radyasyon absorbe edilir. X ve gama ışınları elektromanyetik dalgalar olup aralarındaki fark dalga boylarının farklı olmasıdır. X ve gama ışınlarının dalga boyları çok küçük olduğundan gözle görülemezler ve malzemelerden geçebilme yetenekleri vardır. X ve gama ışınları, ışık ile benzer özelliklere sahip olup, film üzerindeki gümüş bromür kristallerini etkiler. Filme ulaşan radyasyon yoğunluğu oranına göre bir görüntü oluştururlar. Endüstriyel radyografide en temel kural, malzemenin bir tarafında ışın kaynağının, diğer tarafında ise bir algılayıcının (detektör) bulunmasıdır. Radyasyon kaynağı olarak x yada gama ışın kaynağı, detektör olarak da film kullanılmaktadır. Radyasyon kaynağının enerjisi malzemenin yutacağından daha yüksek güçte seçilmelidir. Enerjinin geçebilme kabiliyetini belirleyen parameter ışığın dalga boyudur. Dalga boyu küçüldükçe nüfuz edebilme gücü artar. X ışını radyografisinde x ışınlarının nüfuziyet gücü, x ışın tüpüne uygulanan voltaj ile ayarlanır. Malzemeyi geçerek diğer tarafa ulaşan ışınları algılayan film genellikle ışık geçirmez bir zarf içerisine konularak test edilen malzemenin arka tarafına yerleştirilmektedir. Burada dikkat edilmesi gereken kural zarfın ön yüzeyi ışınları kolaylıkla geçirebilecek malzemeden yapılmış olmasıdır. X ışınlarının film üzerinde oluşturduğu görüntü, normal bir ışık kaynağının oluşturduğu gölgeye benzemektedir. Gölgeden farklı olarak malzemenin kalınlığına ve yoğunluğuna bağlı olarak film üzerinde oluşan görüntünün yoğunluğunda değişmektedir. Görüntünün netliği ve büyüklüğü, radyasyon kaynağının büyüklüğüne, radyasyon kaynağının filme olan uzaklığına, malzemenin filme olan mesafesine bağlıdır. Kaset içerisindeki film, test parçasının arkasına yerleştirildikten sonra belli bir süre x ışınları ile pozlanır. Pozlanmış film, banyo edildikten sonra kararma miktarına bakılır. Filmin kararması kısaca yoğunluk olarak adlandırılmaktadır. Filmde farklı yoğunlukların olması, test edilen parçada farklı yapıların olduğunu göstermektedir. Filmin fazla radyasyon alan kısımları daha fazla kararır. Bunun anlamı, bu bölgede film yoğunluğu yüksektir. Örneğin, malzemenin incelenen bölgesinde bir boşluk varsa, ışın bu boşluğu kayıpsız olarak geçecek ve dolayısıyla film üzerinde bu bölge daha siyah olarak görülecektir. Filmin sağlıklı okunup değerlendirilebilmesi için ışıklı film okuma cihazları kullanılmalıdır ve ayrıca, uygulanan muayene yönteminin yeterli olup olmadığını, görüntü kalite seviyesini (hassasiyetini) belirleyebilmek için delikli, telli ve basamaklı olarak üç tipte

olan penetrametreler kullanılmalıdır. Radyografik muayene yönteminin avantaj ve dezavantajları aşağıdaki şekilde sıralanabilir.

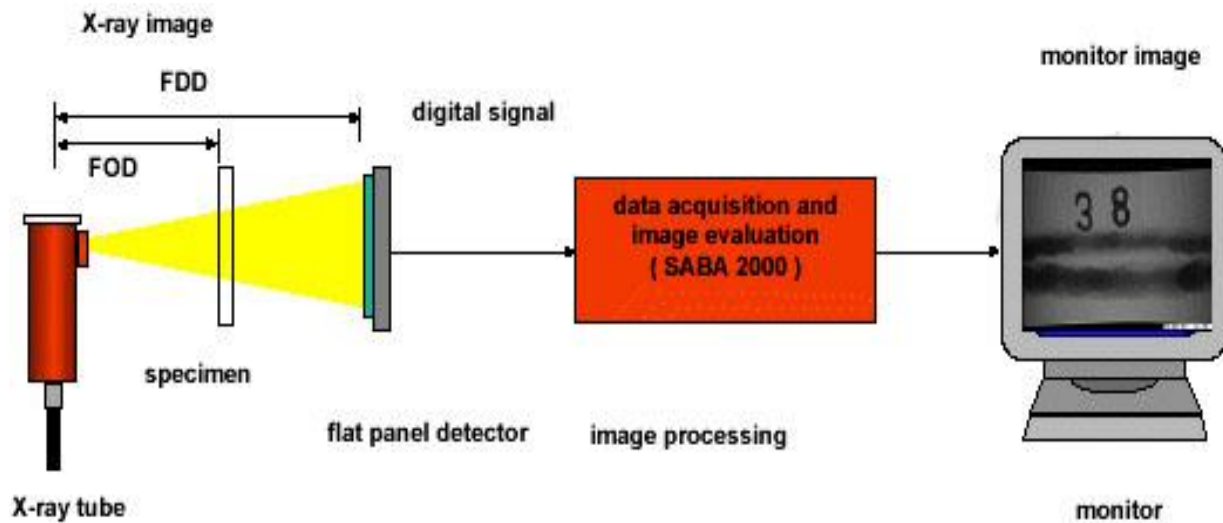
#### Avantajları

- Sonuç resim olarak görüntülenir.
- □ Test ortamından farklı bir yerde ve zamanda görülebilecek kalıcı kayıt sağlar.
- □ İnce parçalar için uygundur.
- □ Hassasiyet her film üzerinde gösterilmektedir.
- □ Herhangi bir malzemede uygulanabilir.

#### Dezavantajları

- Genel olarak kalın parçalarda uygun değildir.
- □ Sağlık için zararlı olabilir.
- İki boyutlu hatalar için direkt ısın gereklidir.
- □ Filmin pozlanması ve görüntülenmesi gereklidir.
- Otomasyona uygun değildir.
- □ Yüzey hataları için uygun değildir.
- □ Yüzeyin altındaki hatanın derinliği hakkında bilgi vermez.

Radyasyon kaynağı x ışını veya gama ışını olabilir. Bu görüntü malzeme içindeki boşluklar veya kalınlık / yoğunluk değişiklikleri nedeniyle oluşur. Malzemenin iç yapısının bu şekilde görüntülenmesi radyografik muayene olarak adlandırılır. Eğer malzemenin arka tarafına film yerine radyografik bir dedektör yerleştirilerek malzemeden geçen ışınım algılanarak bir monitöre aktarılması durumunda teknikte **Radyoskopi** olarak adlandırılan yöntem elde edilir. Radyoskopi yönteminin şematik görünümü şekil 19'de verilmiştir. Bu yöntem sayesinde metalik veya metalik olmayan bütün malzemelerde beklenen hacimsel ve yüzey hatalarının tespiti anlık olarak belirlenip ekranda görüntülenerek, kalıcı olarak kaydedilebilir.



Şekil 19. Radyoskopi yönteminin şematik görünümü



## KAYNAKLAR

1. Tekiz Y., Tahribatsız Deneyler, İTÜ Makina Fakültesi, 1984
2. Albayrak M., Kaynak Dikişlerinin Kontrol ve Muayenesi, İGDAŞ, 1997
3. <http://www.ndt-ed.org>, 28. 02. 2007
4. <http://www.wtndt.metu.edu.tr>, 28. 02. 2007
5. TÜRK LOYDU, İstanbul
6. TS EN 571, EN 13018 – Tahribatsız muayene-Gözle muayene
7. ISO 3057 - Tahribatsız muayene
8. TS EN 444, TS EN 462 – Tahribatsız muayene-Metalik malzemelerin X ve gama ışınlarıyla radyografik muayenesi için genel prensipler
9. TS 5415 - Tahribatsız muayene metodları
10. TS 7481 - Tahribatsız muayene
11. EN 13860-1 – Tahribatsız muayene-Girdap akımları muayenesi
12. EN 1712, EN 1713– Kaynakların tahribatsız muayenesi