

Okan Üniversitesi MYO

MUTK216

TAHRİBATSIZ MALZEME MUAYENESİ

Ders Yürütücüsü:

Öğr. Gör. Eren Kayaoğlu

eren.kayaoglu@okan.edu.tr

DERS **10**

MUTK216 – Tahribatsız Malzeme Muayenesi

Ders Sunumları (.pdf) + Kaynaklar

<http://okanuni.eren.xyz>

Web adresinden indirebilirsiniz.

MUTK216 – Tahribatsız Malzeme Muayenesi

TAHRİBATSIZ MUAYENE YÖNTEMLERİ

~~Görsel Muayene~~

~~Akustik Emisyon~~

~~Penetrant Sıvı~~

~~Termografi~~

~~Radyografi~~

Girdap Akımları

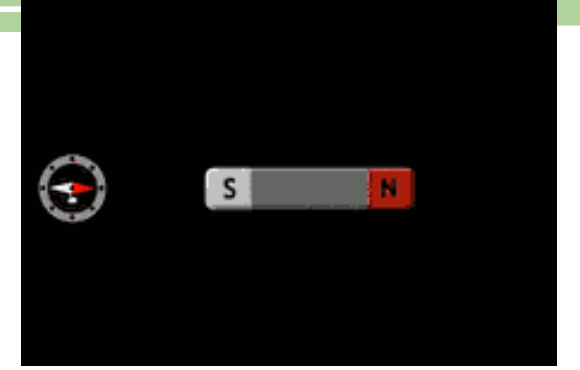
Manyetik Parçacık

~~Ultrasonik Muayene~~

Yüzeysel Metotlar / Manyetik Muayene Yöntemleri

- Ferro-manyetik malzemelerde ve iletken metallerde, **çatlaklar ve boşluklar**, test edilen parçalarda meydana getirilen *manyetik alanlarda (alan çizgilerinde) bozulmalara* neden olur.
- Manyetik Alan Esaslı Yöntemlerin Çeşitleri:
 1. *Manyetik Parçacık (Magnetic Particle Method)*
 2. *Girdap Akımları (Eddy Current Testing)*

TEMEL KAVRAMLAR: **Manyetizma**

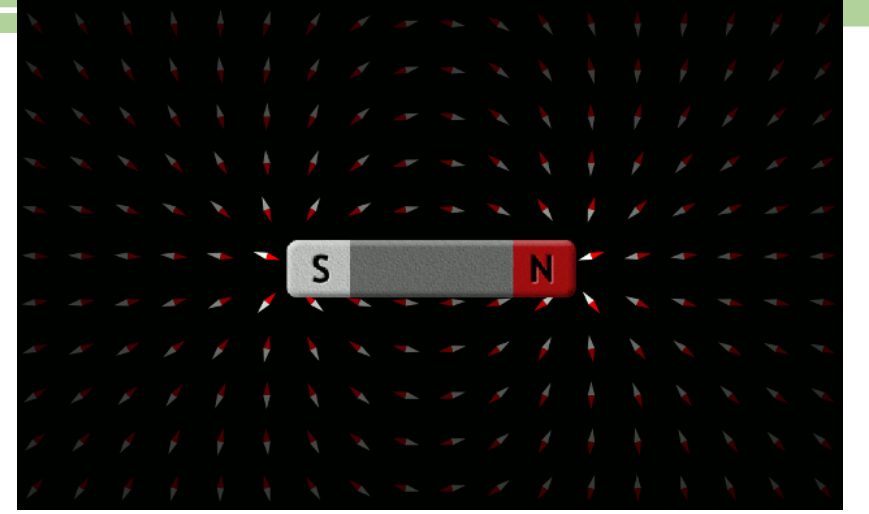


- **Manyetizma**, manyetik alan tarafından oluşturulan fiziksel bir olgudur. **Elektrik akımı ya da temel bir parçacık herhangi bir manyetik alan yaratabilir.** Bu manyetik alan aynı zamanda diğer akımları ve manyetik momentleri de etkiler.
- Manyetik alan her maddeyi belli bir ölçüde etkiler. Kalıcı mıknatıslar üzerindeki etkisi en çok bilinen durumdur. Kalıcı mıknatıslar **ferromanyetizmadan dolayı kalıcı manyetik momente** sahiptir.
- Ferromanyetizma kelimesinde yer alan “ferro” ön eki demir elementinin isminden türetilmiştir. Çünkü kalıcı mıknatıs ilk olarak “manyetit – Fe_3O_4 ” adı verilen demir mineralinin doğal bir formu olarak gözlemlenmiştir.

TEMEL KAVRAMLAR: **Manyetizma**

- Çoğu madde kalıcı manyetik momente sahip değildir. Bazıları manyetik alan tarafından çekilirken (paramanyetizm); bazıları manyetik alan tarafından itilir (diyamanyetizm). Bazılarında ise herhangi bir manyetik alana maruz kaldığında daha karmaşık durumlar olan antiferromanyetizma ve spin camı (*spin glass*) gözlenir. **Manyetik alan tarafından ihmal edilecek ölçüde etkilenen maddeler ise manyetik olmayan maddeler olarak bilinir. Bunlar bakır, alüminyum, gazlar ve plastiklerdir.** Ayrıca, saf oksijen sıvı hale kadar soğutulduğunda manyetik özellikler gösterir.
- Bir maddenin manyetik durumu sıcaklık, basınç, uygulanan manyetik alan gibi faktörlere bağlı olarak değişir. Bu faktörler değiştiğinde, bir madde birden fazla manyetizma özelliği sergileyebilir.

Manyetizma

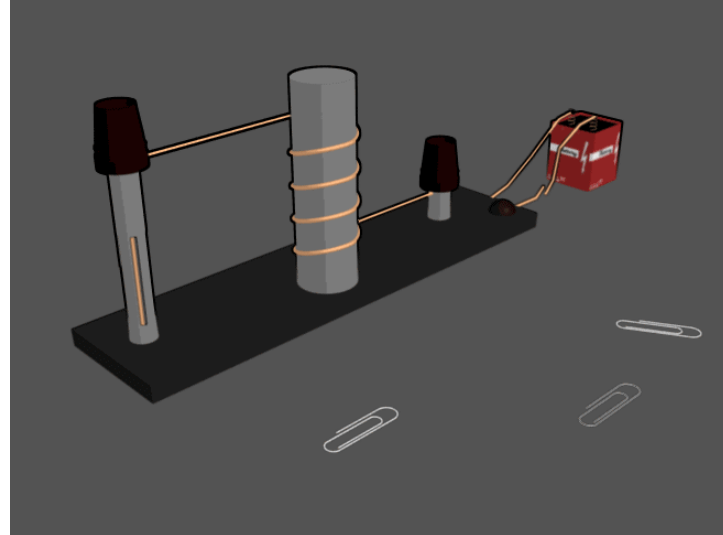


- Mıknatıslar (Ör. Neodimyum – Nd), magnetler veya mıknatıslanmış cisimler, (Fe) **demir**, (Ni) **nikel** ve (Co) **kobalt** gibi malzemelerden yapılmış cisimlere ve başka mıknatıslara **temas gerektirmeyen bir kuvvet** uygular.
- Temas gerektirmeyen kuvvetler alanlar aracılığıyla uygulanır, tıpkı **elektrik alan** ve kütle çekimi gibi. Mıknatısların uyguladığı kuvvet alanına da **manyetik alan** denir.

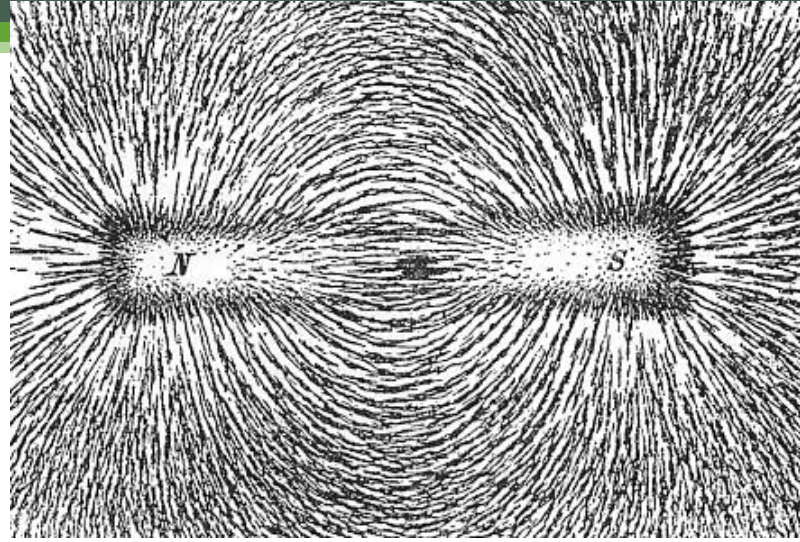
Manyetizma

Elektromıknatıs

- Bir elektromıknatıs, manyetikliği elektrik akımı tarafından üretilen bir mıknatıs çeşididir. Akım durdurulduğunda manyetik alan bunun sonucu olarak yok olur.



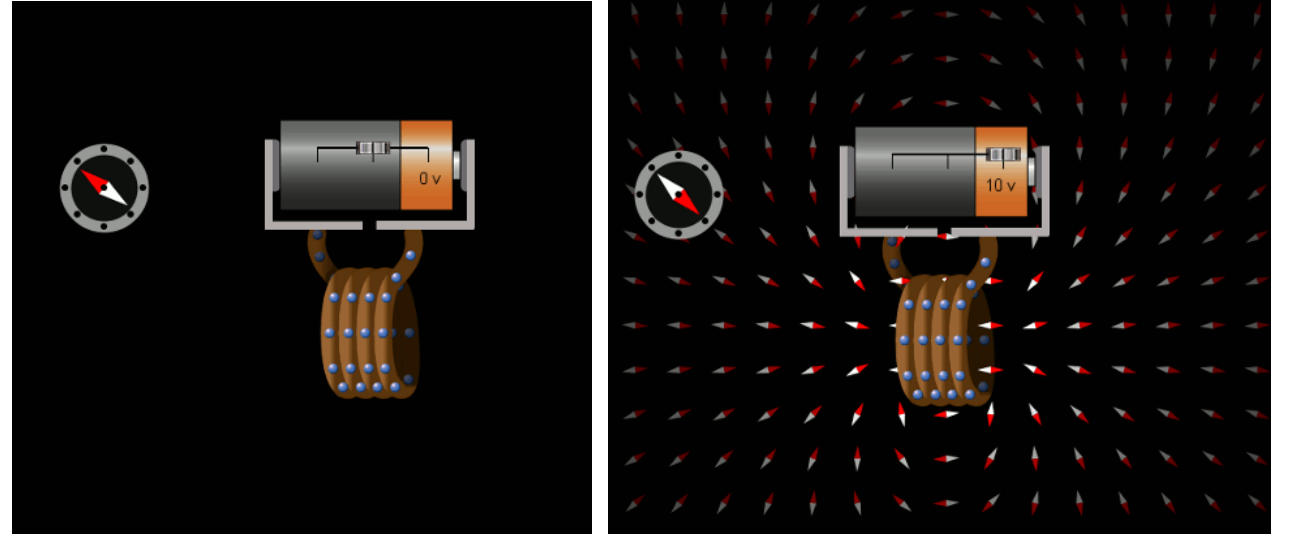
Manyetizma



Manyetik kuvvet

- Manyetizma olgusu, manyetik alan tarafından oluşturulur. Bir elektrik akımı ya da manyetik dipol bir manyetik alan yaratabilir. Bu manyetik alan, **alan içerisinde bulunan başka parçacıklara manyetik kuvvet uygular**.
- Manyetizma, elektriksel olarak yüklü parçacıklar hareket ettiğinde ortaya çıkar. Örneğin elektrik akımı boyunca hareket eden elektronlar ya da atomun çekirdeği etrafında yörüngelerde (*orbitals*) hareket eden elektronlar manyetik alan yaratır.
- Manyetik alan yaratan aynı durumlar – atomda ya da akımda hareket eden elektrik yükü – manyetik alanın kuvvet olarak etkide bulunduğu durumlardır.

Manyetizma

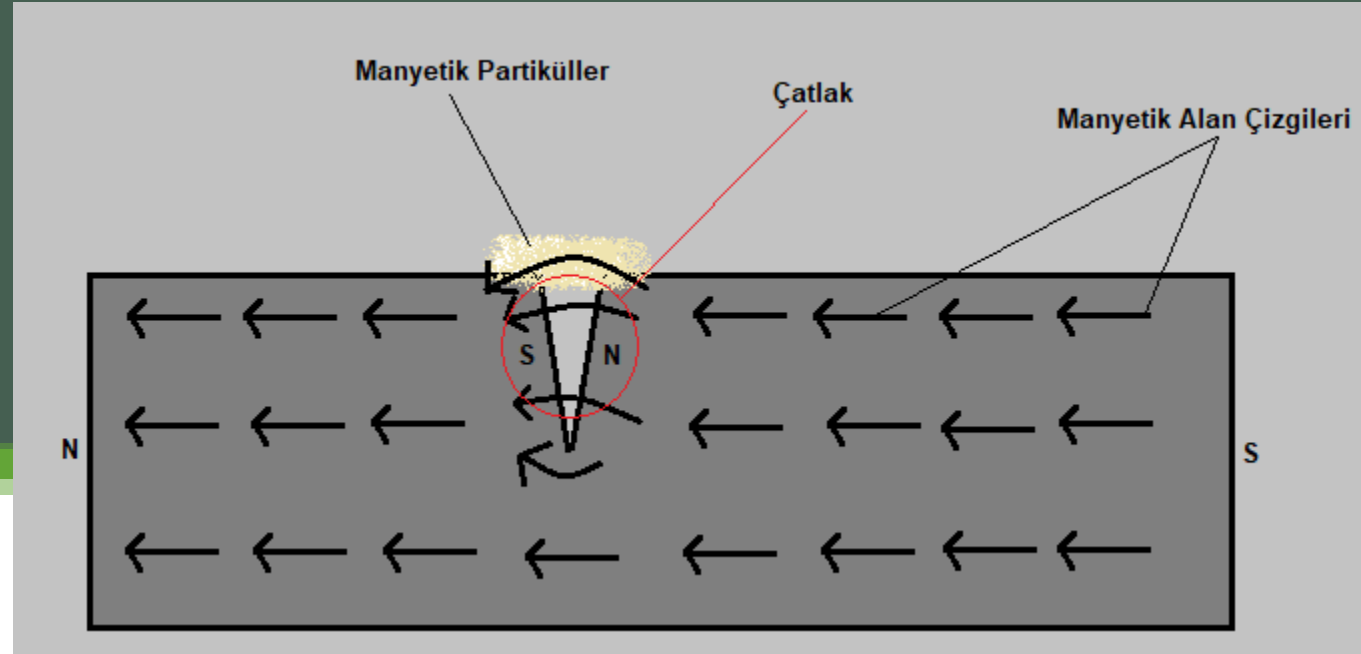


- **Tahribatsız muayene açısından**, manyetik parçacıklar kullanılarak, bunların manyetik kuvvet ve alan çizgileri doğrultusundaki konumlanmalarının gözlenmesi vasıtasıyla malzemelerde yüzey ve yüzey altındaki kusurlarının tespiti yapılmaktadır.

MUTK216 – Tahribatsız Malzeme Muayenesi

Manyetik Parçacık Muayenesi

Manyetik Partikül (Parçacık) Yöntemi



Magnetic Particle Inspection – MPI
Magnetic Particle Testing – MT / MPT

Manyetik Parçacık Muayenesi

- Bu Tahribatsız Muayene (NDT) yöntemi; **ferromanyetik malzemelerdeki (*Demir, Kobalt, Nikel, Çelik*)** yüzey ve yüzeye yakın süreksizliklerin tespit edilmesinde kullanılmaktadır.
- Malzemeye bir manyetik alan ve **süreksizlik üzerinde oluşan kaçak alana** karşı duyarlı, **manyetik toz** uygulamak gerekir.
- Toz, parça yüzeyinde kaçak alan tarafından tutularak **görünür belirtiler** haline getirilir. Süreksizlik belirtilerinin yorumlanması kalifiye operatörler/personel tarafından yapılmalıdır.

Manyetik Parçacık Muayenesi - MT

Tarihçesi

- Manyetik parçacık testi X-Işını testinden bile daha önce yapılıyordu. İngiliz S. M. Saxby 1868 yılında manyetize olmuş silah namlularının pusulaları etkilediğini gözlemlemiştir.
- S. M. Saxby (1868) ve Amerikalı William Hoke (1917) de manyetik belirtilerle silahların namlularında çatlaklar bulmaya çalışmıştır.
- İlk endüstriyel uygulama *Victor de Forest ve Foster Doane* tarafından 1929 yılından sonra yapılmıştır. 1934 yılında *Magnaflux* adında bir şirket kurmuşlardır.

Manyetik Parçacık Testi

Kullanılan EN ve ISO Standartları

Genel:

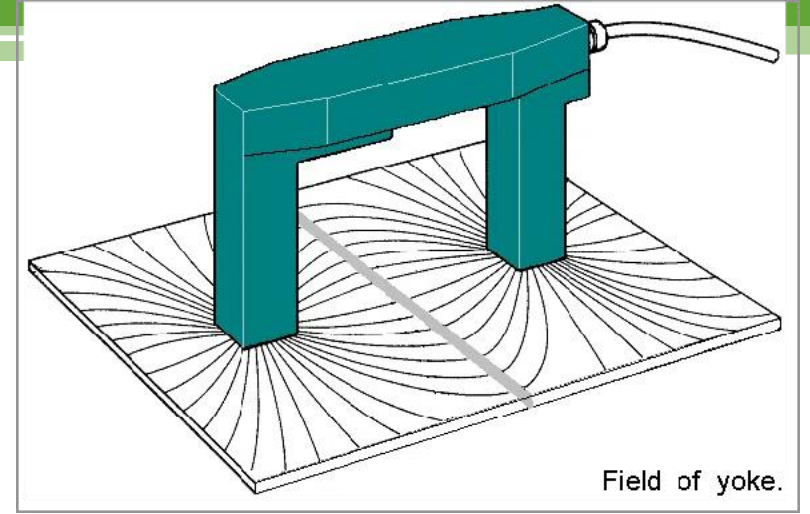
- EN ISO 9934-1 - Tahribatsız muayene - Manyetik Parçacıkla Muayene - Bölüm 1: Genel kurallar
- EN ISO 9934-2 - Tahribatsız muayene - Manyetik Parçacıkla Muayene - Bölüm 2: Tespit ortamı
- EN ISO 9934-3 - Tahribatsız muayene - Manyetik Parçacıkla Muayene - Bölüm 3: Teçhizat
- EN ISO 3059 - Tahribatsız muayene - Penetrantla muayene ve manyetik parçacıkla muayene - İnceleme şartları
- EN 1330-7 - Tahribatsız muayene - Terimler- Bölüm 7: Manyetik parçacık muayenesinde kullanılan terimler

Dökümler:

- EN 1369 - Dökümler-Manyetik parçacık muayenesi

Çelik dövmeler:

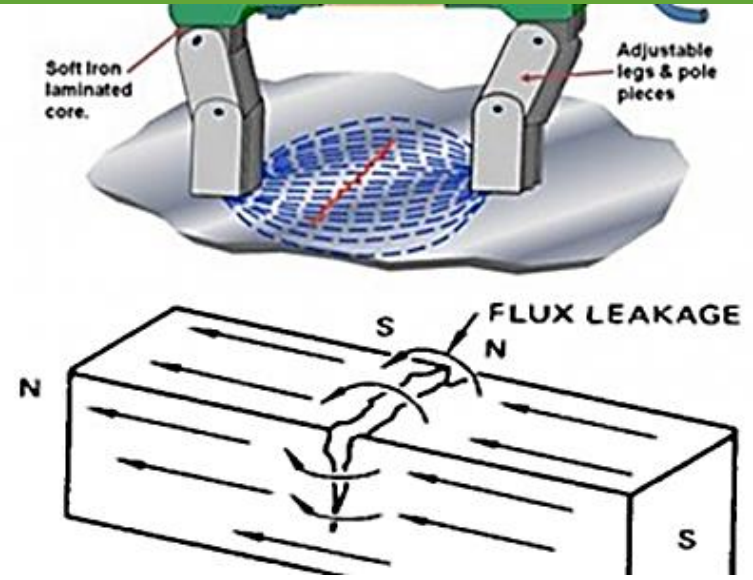
- EN 10228-1 - Çelik dövmelerin tahribatsız muayenesi-Bölüm 1: Manyetik parçacık muayenesi



Manyetik Parçacıkla Muayene

- Yüzey hatalarının tespiti için kullanılan bir muayene metodudur. Hataların muayene yüzeyine açık olması gerekmez (**yüzey altı ve yüzeye yakın hatalar**).
- **Bilimsel Temeli:** Muayene yüzeyine bir manyetik akı uygulanması durumunda yüzeydeki ve yüzeye yakın bulunan süreksizlikler üzerinde, konumlarına bağlı olarak, kaçak akı oluşur. Bu arada muayene yüzeyine ferromanyetik tozlar serpilirse bu tozlar kaçak akılar tarafından çekilerek süreksizlikler üzerinde toplanır. Böylece süreksizliklerin yerleri tespit edilebilir.
- **Uygulama Alanları:** Ferromanyetik bütün malzemelere uygulanabilir.
- **Sınırlamalar:** Ferromanyetik olmayan malzemelere uygulanamaz. Süreksizliğin doğrultusu, uygulanan manyetik alan yönüne uygun açıda değil 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. Genellikle muayene sonucunda mıknatıslık giderimi ve son temizlik gibi ilave işlemler yapılması gerekir.

Manyetik Parçacık Testi



- Manyetik Parçacık Testi, ferromanyetik malzemelerdeki **yüze ve yüze yakın süreksizlikleri** bulmak için bir veya daha fazla manyetik alan kullanılarak uygulanır.
- Manyetik alan kalıcı bir mıknatıs veya elektromıknatıs ile uygulanabilir. Elektromıknatıs ile uygulamada, manyetik alan yalnızca akım uygulanırken mevcuttur.

Manyetik Parçacık Testi

- Manyetik alan, manyetik alanın yönüne bir süreksizlikle karşılaştığında, akı çizgileri, kendilerine ait bir manyetik akı kaçak alanı meydana getirir. Ferromanyetik parçacıklar ("**manyetik parçacıklar**") **parçanın yüzeyine uygulanır** ve parçacıklar **süreksizliğe çekilir**, hava boşluğunu azaltır ve parçanın yüzeyinde görünür bir gösterge oluşturur.
- **Manyetik parçacıklar** kuru bir toz olabilir veya süspansiyon (bir sıvı içerisinde çözünmeden asılı katı) halinde olabilir ve ultraviyole ışık altında görünebilir.

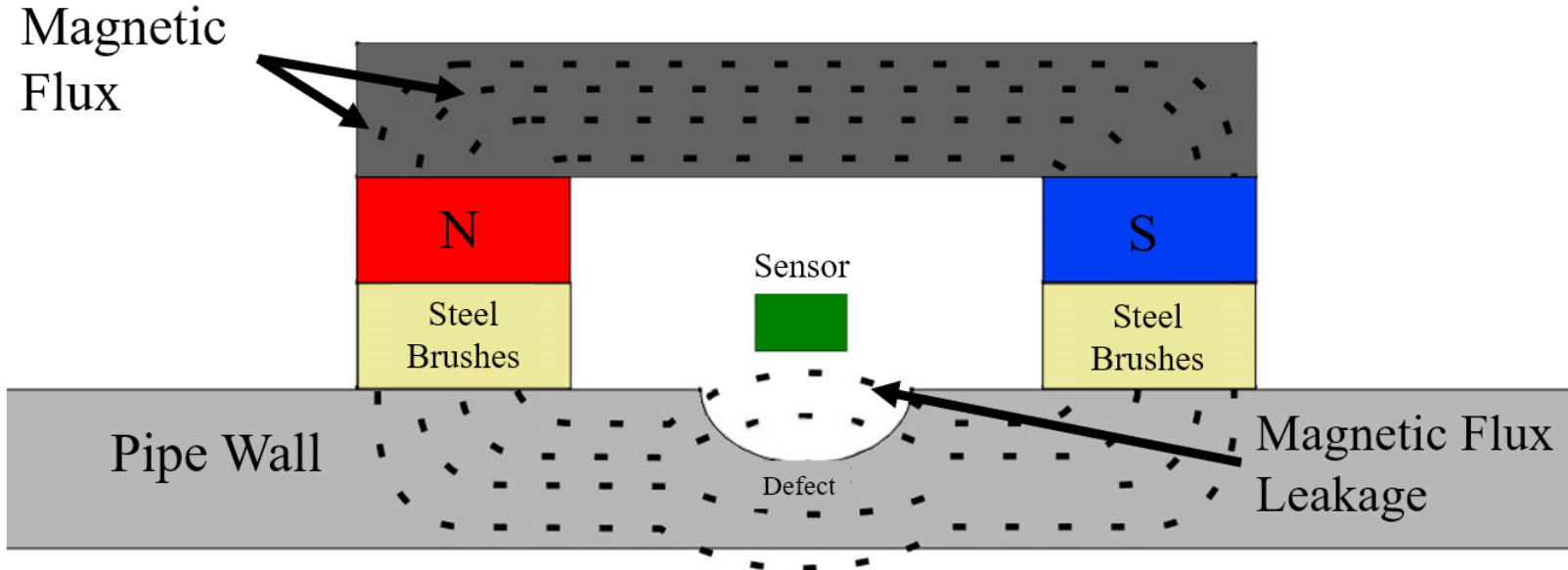
Manyetik Parçacık Testi

- Manyetik Parçacık Testi, yüzeye açık veya yüzeyin hemen altında oluşan hataların tespiti için kullanılan bir muayene yöntemidir.
 - Fotoğraflarda (üstte) manyetik parçacıklı süspansiyon sıvı ile boru hattı muayenesi ve (altta) ultraviyole ışık altında civata muayenesi örnekleri görülmektedir.



Manyetik Parçacık Testi

- Bu yöntemin temel prensibi; Muayene yüzeyine bir **manyetik akı** (*Magnetic flow techniques*) veya **akım** (*Current flow techniques*) uygulandıktan sonra herhangi bir süreksizlikle karşılaşılması durumunda manyetik dalgaların malzeme yüzeyinde yoğunlaşarak taşmasıdır (Kaçak akı / *magnetic flux leakage*).

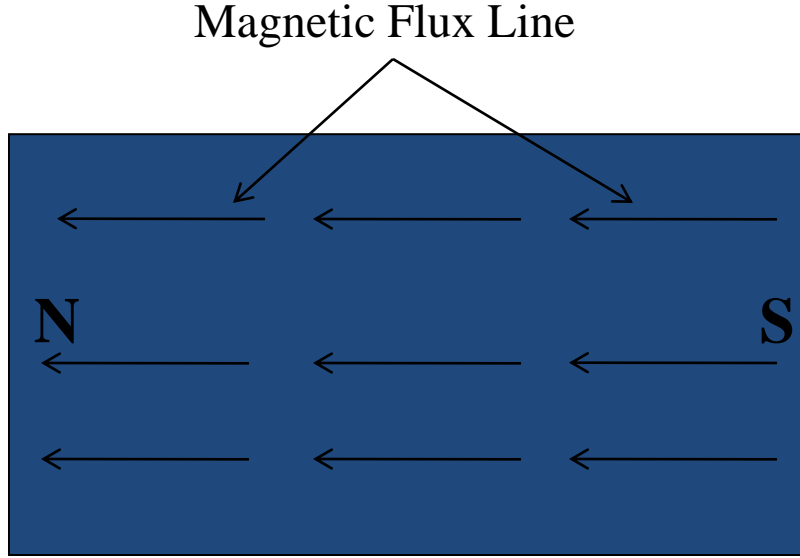


Manyetik Parçacık Testi

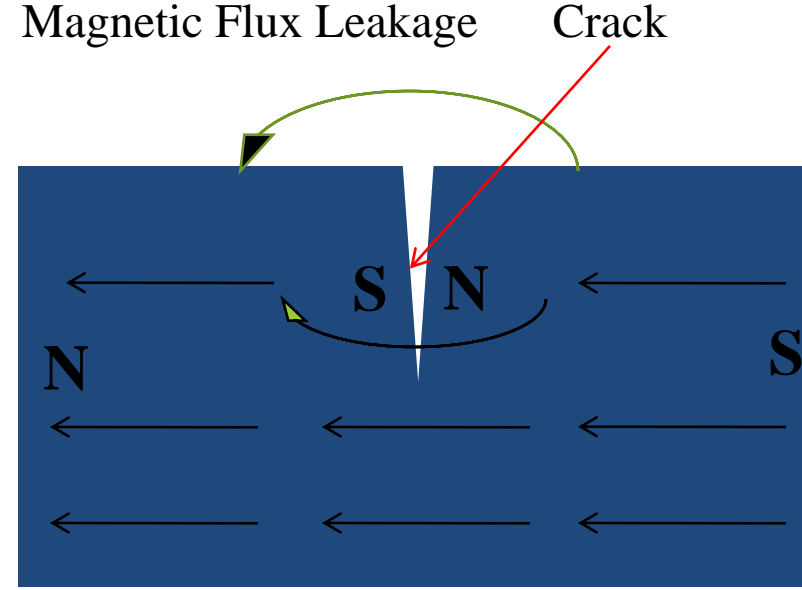
- Fon boyası, demir tozu vb. yardımcı ekipmanlar kullanılarak süreksizlikler görünür hale gelir ve kusurlar tespit edilmiş olur.
- Bu yöntemin uygulanabilmesi için parçanın mutlaka ferromanyetik (mıknatıslanabilir) olması gerekmektedir. Yani paslanmaz, kompozit vb. malzemelere bu yöntemin uygulanması imkânsızdır ve bu durumda süreksizlik tespit etmek için alternatif test yöntemleri uygulanmalıdır.
- Endüstride kaynaklı imalat, döküm vb. sektörlerde en çok kullanılan manyetik test yöntemi “Portable electromagnet (Manyetik Yoke)” ‘dir.



MPT'nin Temel Prensipleri



Şekil.1: Çatlaksız Manyetize Metal



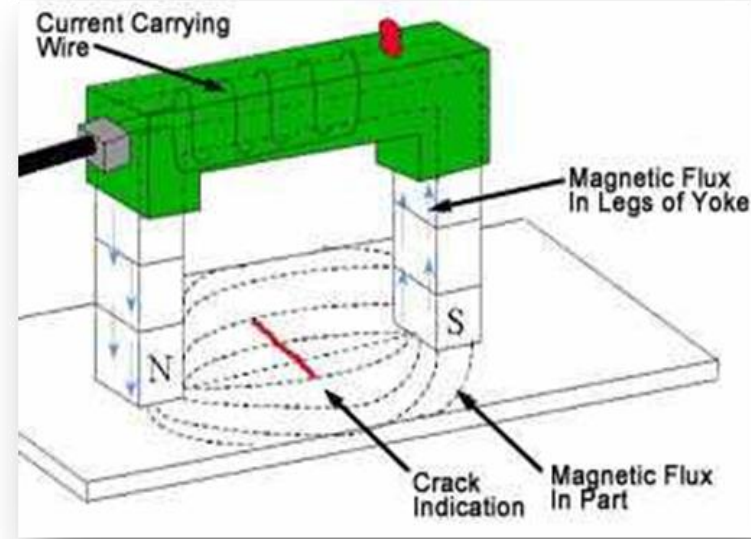
Şekil.2: Çatlaklı Manyetize Metal

1* İlk şekilde manyetize edilmiş metalde çatlak yoktur ve sadece bir kuzey kutbu ve bir güney kutbu olmak üzere toplam iki kutup vardır.

2* İkinci şekilde, manyetize metalde bir çatlak vardır ve çatlak noktasında başka (yeni) bir kuzey ve güney kutbu oluşur ve manyetik akı sızıntısı meydana gelir.

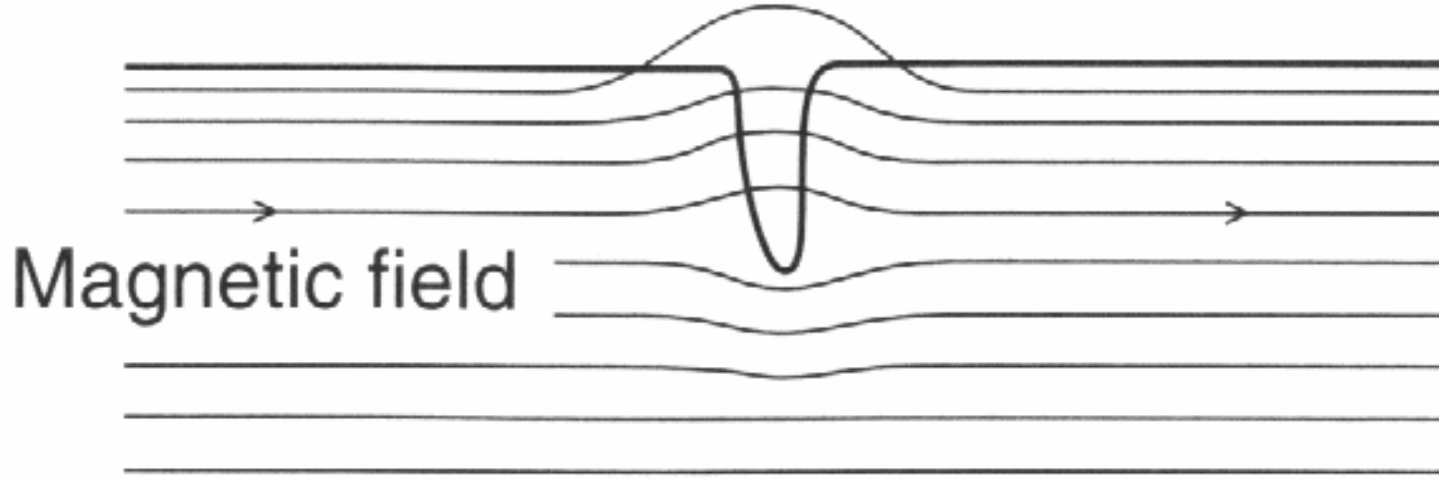
Manyetik Parçacık Muayenesi

Manyetik parçacık testindeki ilk adım, test bileşenini bir MPT ekipmanı ile manyetize etmektir. Yüzeyde veya yüzeye yakın herhangi bir kusur varsa, kusurlar bir sızıntı alanı oluşturacaktır.



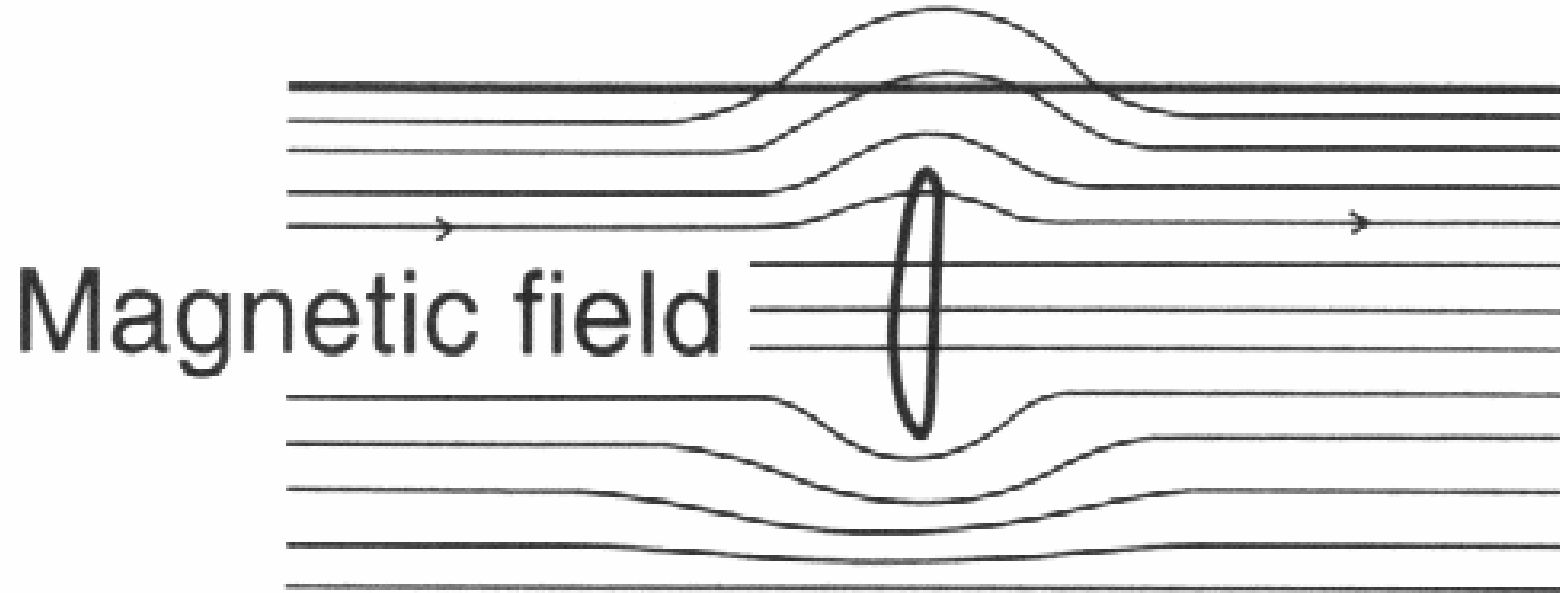
Daha sonra, numuneye bir boya pigmenti ile kaplanmış ince öğütülmüş demir parçacıkları uygulanır. Bu parçacıklar manyetik akı sızıntı alanlarına çekilir ve doğrudan kusurlar üzerinde bir gösterge oluşturacak şekilde kümelenir. Bu gösterge, uygun aydınlatma koşulları altında görsel olarak tespit edilebilir.

Manyetik Parçacık Muayenesi



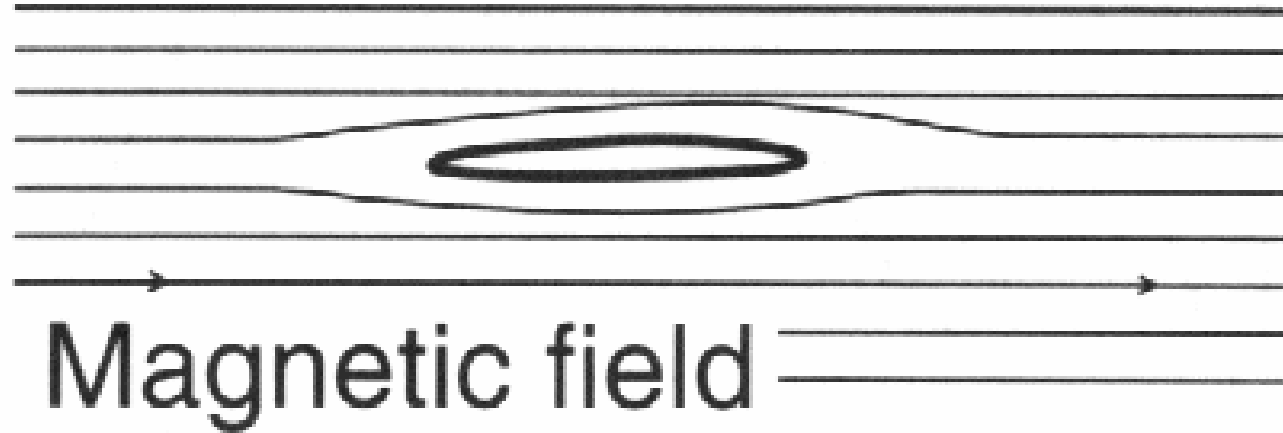
Manyetik bir malzemedeki yüzey çatlakları nedeniyle manyetik akı çizgilerinin bozulması

Manyetik Parçacık Muayenesi



**Yüzey altı kusuru nedeniyle
manyetik akı çizgilerinin bozulması**

Manyetik Parçacık Muayenesi



Kusurun uzunluğu uygulanan manyetik alana paralel olduğunda manyetik akı çizgilerindeki çok az bozulma

Manyetik Parçacık Testi / **Uygulama**

Uygulama kullanılan iki tip metot vardır:

- **Birinci metot** Siyah - Beyaz olarak adlandırılan beyaz bir fon boyası ve manyetize edicinin oluşturduğu manyetik alandan etkilenen demir ya da demir oksit tozu içeren siyah manyetik sprej kullanılarak gerçekleştirilir. Bu işlemde temiz malzeme yüzeyine önce beyaz fon boyası püskürtülür ve kuruması beklenir. Ardından 'yoke' veya manyetize edici ekipman muayene parçasını manyetize eder ve siyah manyetik sprej uygulanır. Manyetize edicinin oluşturduğu manyetik alan sayesinde siyah sprej içinde bulan parçacıklar yüzey ya da yüzeye çok yakın hataların bulunduğu bölgeye doğru yönelir ve bir gösterge oluşturur.
- **İkinci metot** uygulama adımlarını kısaltan ve daha yüksek hassasiyet sağlayan floresan etkili manyetik sprejler kullanılır. Bu yöntemde uygulama için gerekli sarf yalnızca floresan etkili manyetik parçacık sprejidir. Manyetize edicinin parçayı manyetize ettiği sırada 'sprej', kontrol etmek istenilen alana uygulanır ve UV ışık altında kontroller gerçekleştirilir.

Manyetik Parçacık Muayenesi

Uygulama Aşamaları

1. Muayene yüzeyinde ön-temizlik
2. Gerekiyorsa 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



Manyetik Parçacık Testi / **Uygulama**

Uygulamada Dikkat Edilecek Hususlar:

- **Kuru** veya **Islak** Yöntem Seçimi
- **Partiküllerin Manyetik Özellikleri**
- **Parçacıkların Büyüklüğü**
- **Parçacıkların Şekli**
- **Görünebilirlik** (kontrast)
- **Süreksizliklerin Doğrultuları**



Manyetik Parçacık Testi / **Uygulama**

Manyetik Parçacıkların Taşıyıcısına Göre Sınıflandırma

- ***Kuru Yöntem:*** **Magnetik parçacıklar hava ile taşınırlar.** Kuru parçacıklar renkli veya floresan madde ile kaplı olabilirler. Pürüzlü yüzeylerin muayenesi ve yüzey altı hataların tespitinde çok hassastır. Kuru parçacıkların yüzeye homojen dağılımına dikkat edilmelidir. Yaklaşık 300 °C sıcaklığa kadar çalışılabilir. **Kuru yöntem solunum yolları için zararlıdır.**

Manyetik Parçacık Testi / **Uygulama**

Manyetik Parçacıkların Taşıyıcısına Göre Sınıflandırma

- **Islak Yöntem:** Manyetik parçacıklar bir sıvı tarafından taşınır. Sıvı olarak su veya düşük viskoziteli bir petrol türevi kullanılabilir. Manyetik parçacıklar kırmızı ve siyah renklerde veya floresan madde ile kaplanmış halde kullanılırlar. Islak yöntemde daha küçük süreksizliklerin algılanması mümkündür. Kuru metoda göre pahalıdır. Yaklaşık 60 °C malzeme sıcaklığına kadar çalışılabilir. Daha yüksek sıcaklıklarda taşıyıcı sıvı buharlaşması veya alevlenmesi olabilir.

Manyetik Parçacık Testi / **Uygulama**

Magnetik Toz (Parçacık / Partikül)

- **Magnetik Özellikler:**
 - Magnetik parçacıkların **kalıcı ve zorlayıcı mıknatıslığı olmamalı** veya düşük olmalıdır. Bu özellik parçacıkların mıknatıs haline gelip test parçasının hatasız kısımlarına yapışmasını önleyerek, tekrar tekrar kullanılmalarını sağlar.
 - Parçacıkların magnetik geçirgenliklerinin (permeabilite) yüksek olması gerekir. Bu sayede parçacıklar kolayca magnetize edilip, süreksizlik üzerinde köprü oluşturarak süreksizliği belirlenebilir hale getirebilir.

Manyetik Parçacık Testi / **Uygulama**

Magnetik Toz (Parçacık / Partikül)

- **Parçacık Büyüklüğü:** Kuru parçacıklar genellikle kaba hataların ve pürüzlü yüzeylerin testinde kullanıldığı için iri taneli, ıslak parçacıklar ise, daha küçük hataların ve düzgün yüzeylerin testinde kullanıldığı için ince taneli olarak üretilirler. İnce taneli parçacıklar zayıf alanlar tarafından tutulabilir ve hatayı belirgin hale getirebilirler. Islak parçacıkların büyüklüğü 3-8 mikrometre arasında değişir.
- **Parçacık Şekli:** Uzun, ince parçacıklar yuvarlak parçacıklara göre test parçası hatalarında oluşan kutuplaşmalarda daha kuvvetli tutunurlar. Zıt kutupların birbirini çekmesinden dolayı, kuzey ve güney kutuplu ince parçacıklar, yuvarlak parçacıklara göre daha düzgün partikül çizgileri oluştururlar. Fakat yuvarlak parçacıklar yüzey üzerinde daha düzgün şekilde dağılırlar. Bu sebeple hatalar en hassas, yuvarlak ve uzun parçacıkların bir karışımını kullanarak tespit edilebilir.

Manyetik Parçacık Testi / **Uygulama**

Magnetik Toz (Parçacık / Partikül)

- **Görünebilirlik (kontrast)**: Kontrast yan yana bulunan iki farklı renk veya tondaki noktanın göz tarafından ayırt edilebilirliğidir. Küçük bir hata üzerinde toplanan parçacıkların oluşturacağı görüntünün kolay seçilebilmesi için, parçacıkların test parçası yüzey rengi ile iyi bir kontrast teşkil edecek renkte seçilmesi gerekir. Islak parçacıklar genellikle kırmızı (Fe_2O_3) veya siyah (Fe_3O_4) renkte olurlar. Kuru parçacıklar ise kırmızı, siyah, yeşil renklere olabilir. Parçacıklar floresan boya ile kaplanabilir. Karanlık odada ultraviyole ışık kullanılabilir. Floresan boya kaplı partiküller daha pahalı olup, hem kuru hem de ıslak uygulanabilirler.

Manyetik Parçacık Testi / Uygulama

Uygulamada süreksizliklerin (hatalar) olası doğrultuları göz önüne alınmalıdır:

- Manyetik parçacık testinde dikkat edilmesi gereken nokta manyetize edicinin konumu nedeniyle sadece o yöndeki hataları gösterebilmesidir. Bu yüzden manyetize edici, eğer 'yoke' gibi iki temas noktası arasında manyetik alan oluşturuyor ise **bir kaç farklı konumlama ile farklı yönlerde bulunan hatalar** tespit edilebilir.

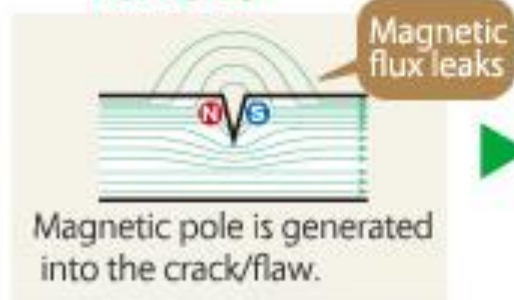


Manyetik Parçacık Testi / Uygulama Aşamaları

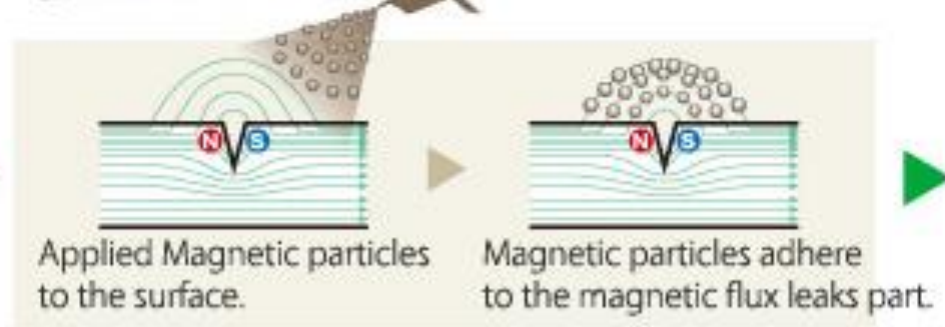
1 PRETREATMENT (Cleaning, etc.)



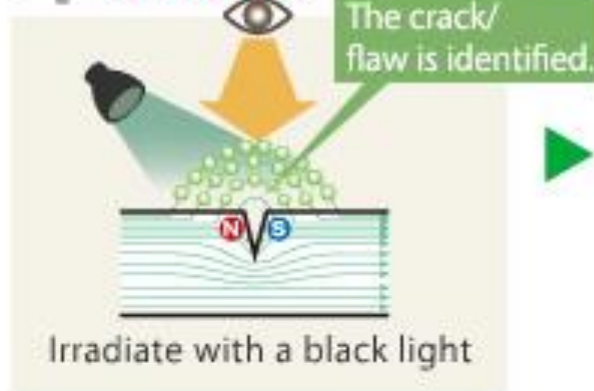
2 MAGNETIZATION OF WORKPIECE TO BE INSPECTED



3 APPLYING MAGNETIC PARTICLE



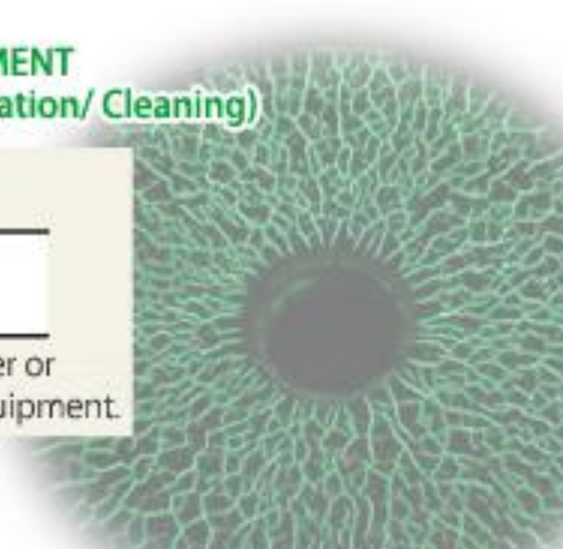
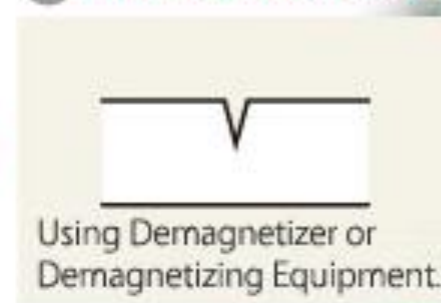
4 OBSERVATION (DETECTION)



5 DETECT FOR CRACK/FLAW



6 POST-TREATMENT (Demagnetization/ Cleaning)



Manyetik Parçacık Muayenesi / **Uygulama Aşamaları**

(1) Muayene yüzeyinde ön-temizlik (*pretreatment, cleaning etc.*)

Gerekliyorsa mıknatıslık giderimi (*demagnetization*)

(2) Mıknatıslama akımının uygulanması (*magnetization*)

(3) Ferromanyetik tozların püskürtülmesi (*applying magnetic particles*)

Mıknatıslama akımının kesilmesi

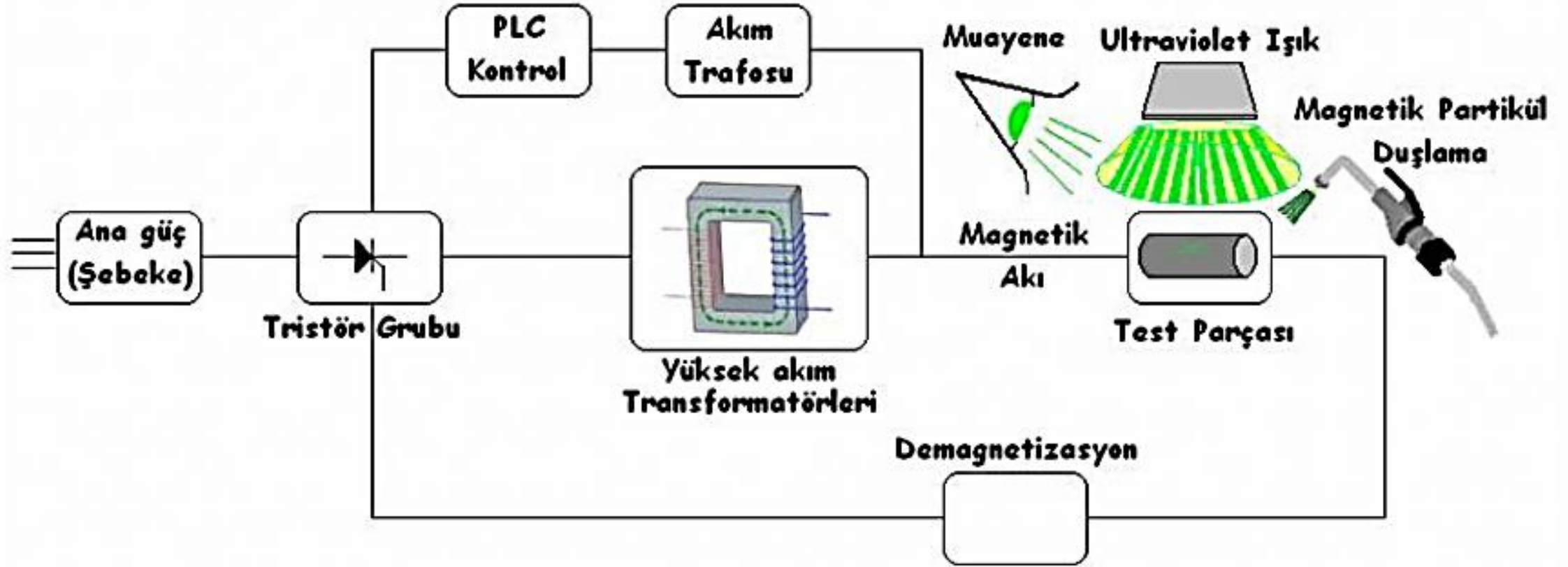
(4)(5) İnceleme (*observation, detection*)

Değerlendirme ve rapor hazırlama (*evaluation, reporting*)

(6) Mıknatıslık giderimi ve son-temizlik (*demagnetization, post-treatment, cleaning*)

Manyetik Parçacık Testi / Uygulama Aşamaları

Standart Magnetik Partikül Test Akış Şeması



Şekil Standart Magnetik Partikül Test akış şeması

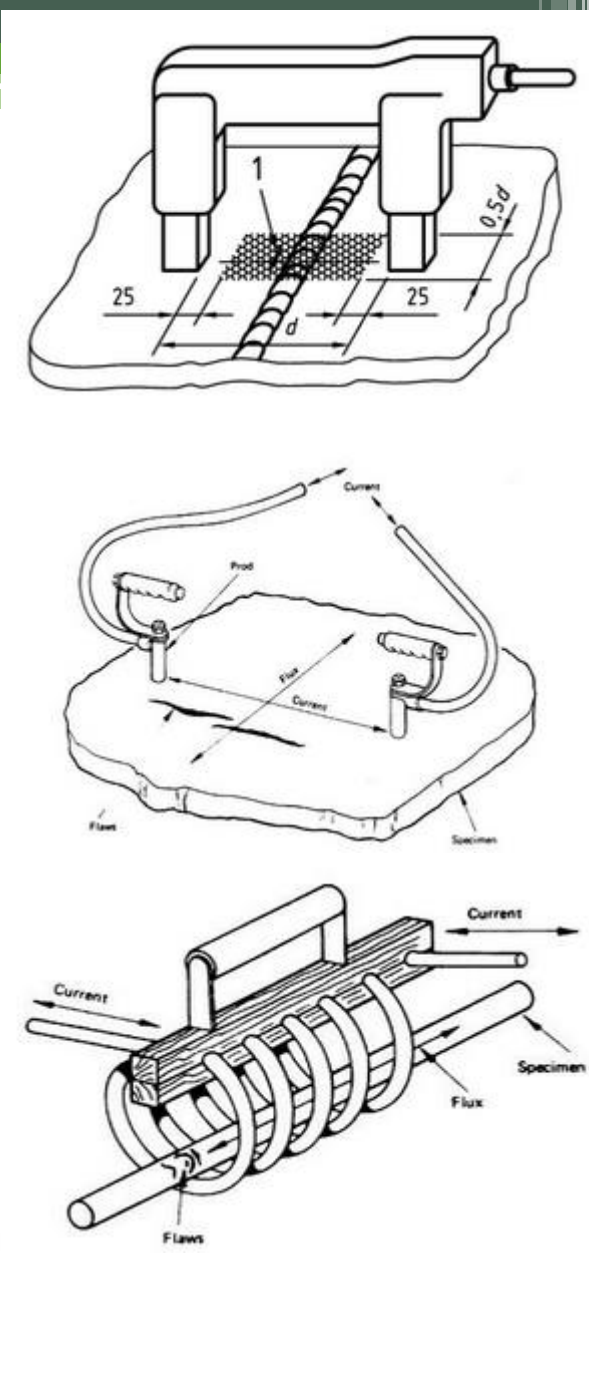
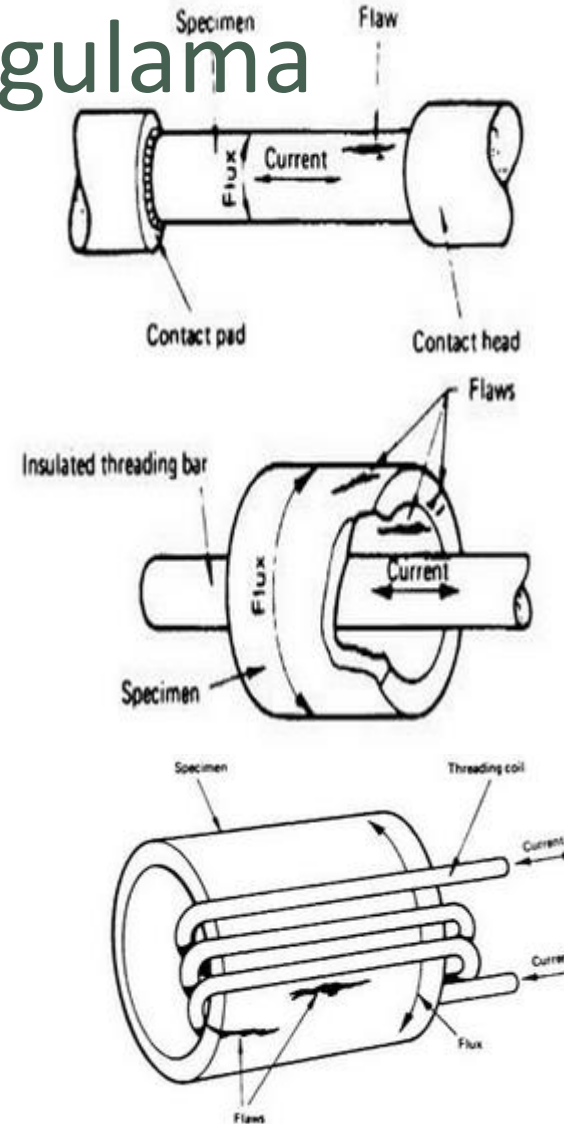
Manyetik Parçacık Testi / Uygulama

Elektrik Akımı Geçirme Teknikleri

- Eksenel Akım Geçişi
- Problardan Akım Geçişi
- İndüklenmiş Akım Geçişi

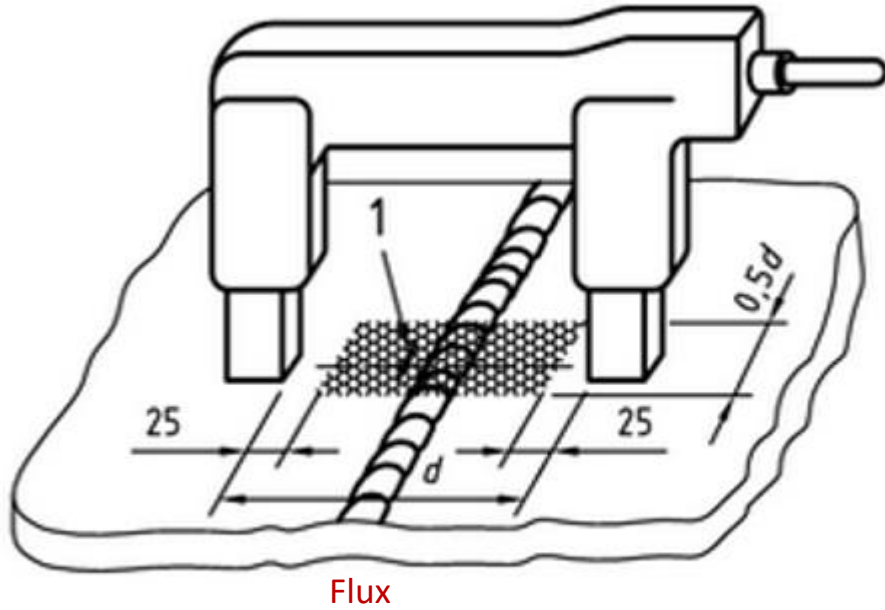
Manyetik Akı Geçirme Teknikleri

- Tel iletken
- Bitişik iletken/iletkenler
- Sabit tesis
- Taşınılabılır elektromıknatıs (Yoke)
- Esnemez sargı
- Esnek sargı

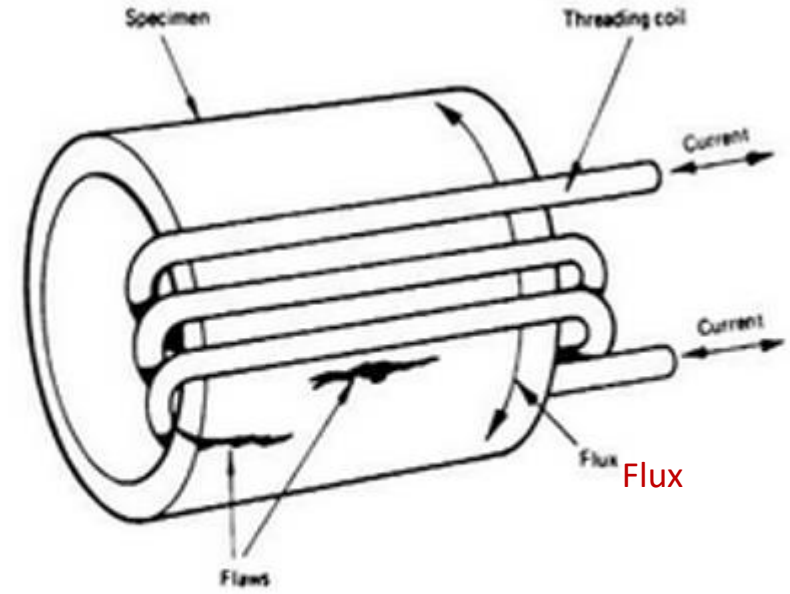


Manyetik Parçacık Testi

- Akı (*Flux*) ve Akım (*Current*) Geçirme Teknikleri



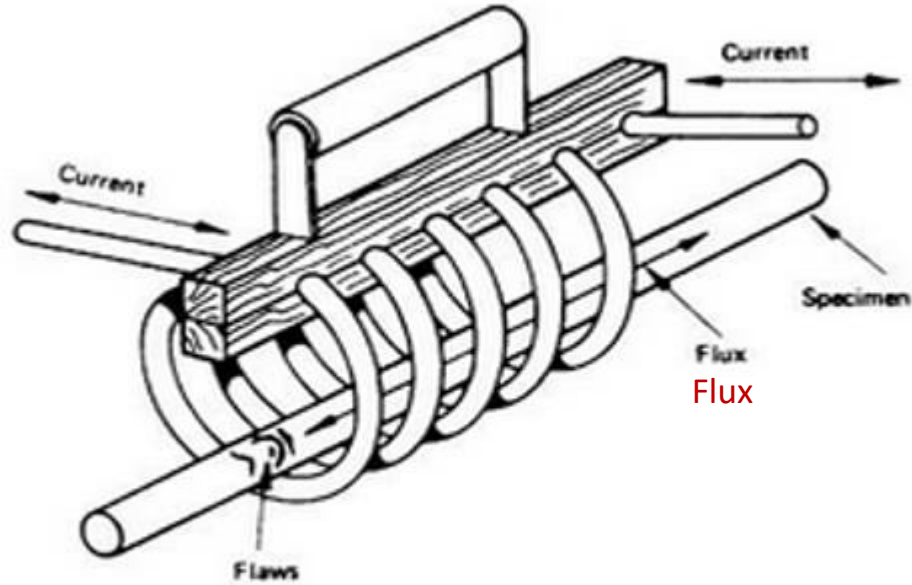
Taşınabilir elektromıknatıs (Yoke)



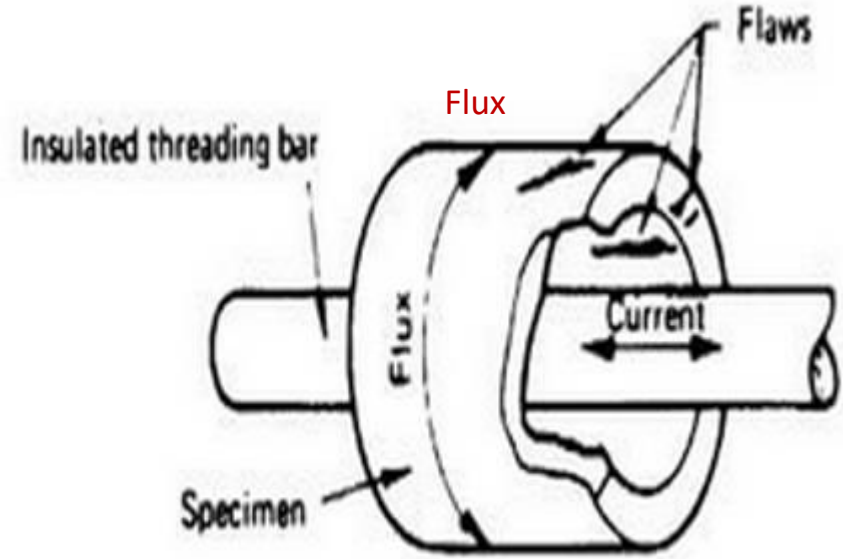
Esnek sargı

Manyetik Parçacık Testi

- Akı (*Flux*) ve Akım (*Current*) Geçirme Teknikleri



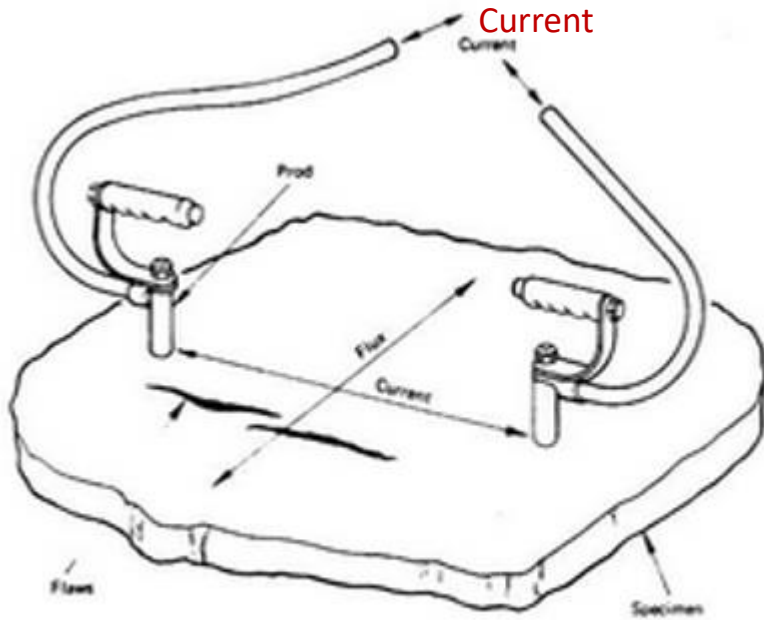
Esnemez sargı



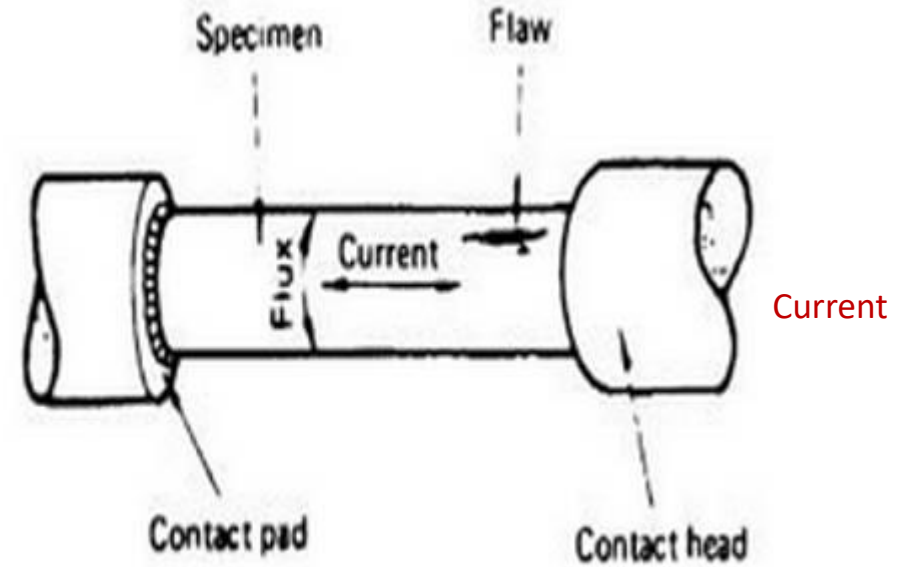
Tel iletken

Manyetik Parçacık Testi

- Akı (*Flux*) ve Akım (*Current*) Geçirme Teknikleri



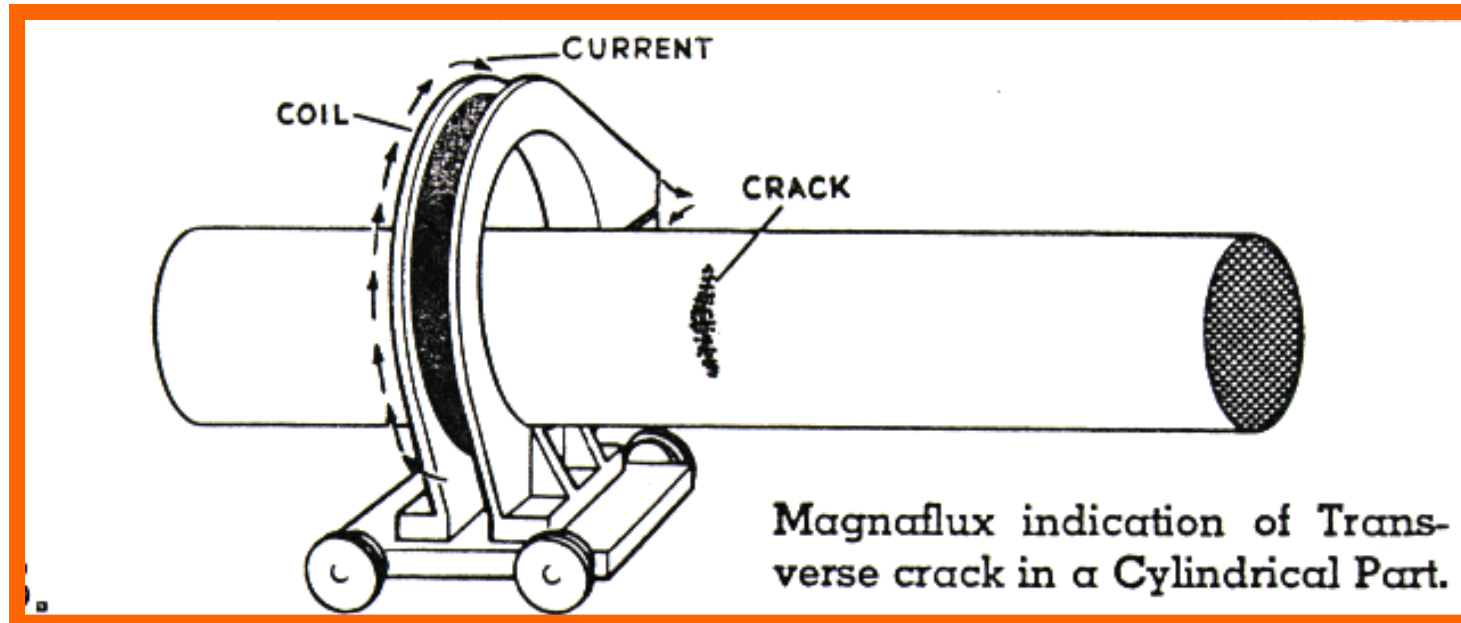
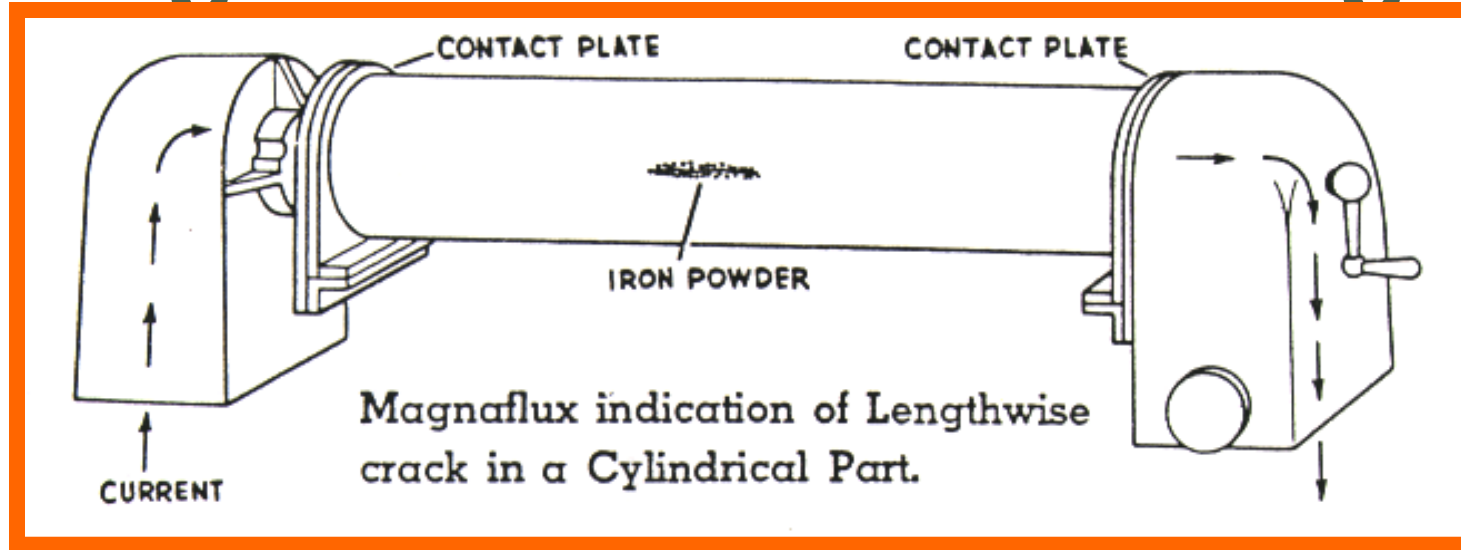
Problardan Akım Geçişi



Eksenel Akım Geçişi

Magnetic Particle Testing

- Akım ile Manyetik Akı meydana getirilmesi



Alternatif Akım (AC) ile Demanyetizasyon

- Yüzey ve yüzeyin hemen altındaki küçük ve ince hataların hassas tespit edilmesi için alternatif akımla manyetizasyon kullanılır.
- Oluşan kalıcı manyetikliği gidermek için de yine alternatif akımla beslenen bobinlerden faydalanılır. Bobin veya parça birbirinden uzaklaşırken manyetik alanın yönü ve şiddeti sürekli değiştiğinden demanyetizasyon kolaylıkla yapılabilmektedir.
- Demanyetizasyon (*demagnetizing*) bobinlerinde parçanın bobinin etkin alanının dışarısına çıkartılması gerekir. Bu yapılmazsa parçada ilave kalıcı mıknatıslık oluşturulması da söz konusu olabilir.
- Alternatif akım demanyetizasyonu, PLC ve kontrol kartları ile kumanda edilen tristör devreleri ile kolaylıkla yapılabilmektedir.

Doğru Akım (DC) ile Demanyetizasyon

- Boyutları ve kütlesi büyük parçalarda yüzey altındaki hataların (boşluk vs.) tespiti için doğru akım tercih edilmektedir. Yüzey etkisinin (*skin effect*) ortadan kalkmasıyla, akımın şiddetine bağlı olarak manyetik alan daha derinlere nüfuz edebilmektedir.
- Kalıcı mıknatıslığın giderilmesi için böyle bir durumda doğru akım kullanılması gereklidir. Doğru akım kullanılması durumunda ise akımın şiddetinin ve yönünün değiştirilebilmesi şarttır.
- Akımın yön değiştirme sıklığı yaklaşık '1 Hz' civarında tutulmalıdır. Doğru akım demanyetizasyonu oldukça zor ve uzun zaman alan bir işlemdir. Bu amaçla özel cihaz ve düzeneklere ihtiyaç duyulmaktadır.

Manyetik Parçacık Muayenesi

Üstünlükler / Avantajları

- Hızlı, nispeten basit ve hemen sonuç veren bir yöntemdir.
- Detaylı temizliğe ihtiyaç duymaz ve ince boya tabakaları üzerine uygulanabilir. (50 μ m'a kadar)
- Parça geometrisinin sınırlaması, boyut ve şekil kısıtlaması azdır.
- Ferromanyetik malzemelerdeki ince ve sığ yüzeysel çatlakların tespit edilmesi için en iyi yöntemdir.
- Genelde ucuz ve portatif bir yöntemdir.

Manyetik Parçacık Muayenesi

Sınırlamalar / Dezavantajları

- Sadece ferromanyetik (mıknatıslanabilen) malzemelere uygulanabilir.
- AC veya DC akımla çalışan ekipmanların kullanılması gereklidir. Bazı durumlarda pahalı bir yöntem olabilir.
- Manyetik alanın yönü ve şiddeti önemlidir. Kusurların yönüne uygun açıda olmalıdır.
- Sadece yüzey ve yüzeye yakın süreksizlikleri tespit eder.
- Yanma ihtimali: Bazen yüksek akım gerektirir. Test parçasının yanması olasılığı vardır. Büyük parçalar için çok yüksek mıknatıslama akımları gerekebilir.
- Parça genellikle demanyetize edilmelidir ve bu zor olabilir. Son temizlik gerekebilir.
- Muayene yüzeyinin çok pürüzlü olması sonucu olumsuz etkiler. Muayene yüzeyinde boya veya kaplama varsa bunun kalınlığı muayene sonucunu doğrudan etkiler.

Manyetik Parçacık Testi / Donanım ve Ekipman

- Manyetik Parçacık Testinde manyetize edici olarak farklı yöntemler uygulanabilir. Bunlar yokeler, bobinler, proplar, doğal mıknatıslar gibi ekipmanlar olabilir.
- Manyetik parçacık testinde kullanılan ekipmanlar sadece manyetize ediciler değildir. Aynı zamanda manyetik alanın yönelimini gösteren castrol strips, berthold indicator ve pie gauge gibi ekipmanlar, MTU block gibi doğal manyetize aksesuarlar ve manyetik alan şiddetini ölçen Manyetik Alan Ölçer (Gaussmetre) ve Manyetik Kalıntı Ölçer (Magnetometre) gibi cihaz ve ekipmanlar Manyetik Parçacık Muayenesi için gerekli ekipmanlar olarak sayılabilir.

MANYETİK PARÇACIK TEST EKİPMANLARI

Gaussmetre

- Gaussmetreler manyetik alan yoğunluğunu ölçen aletlerdir. Dijital ve analog çeşitleri vardır.
- Malzemelerin mıknatıslarının alınması sonrası malzeme üzerinde kalan artık mıknatısiyetin ölçülmesinde kullanılır.
- Kalibrasyonlu ve kalibrasyonsuz olmak üzere ikiye ayrılır.
- Manyetik parçacık muayenesi sonrası oluşan kalıntı mıknatıslığın şiddetini ölçmeye yarayan cihazlardır.



MANYETİK PARÇACIK TEST EKİPMANLARI

Manyetik Alan İndikatörü

- Manyetik parçacık kontrolünde malzemenin mıknatıslandırılması sonrası, hangi yönde mıknatıslandırıldığını yani **mıknatıs kutupları yönünü** (N ve S kutupları) gösterir.
- ASME ve Berthold olmak üzere iki çeşidi vardır.



MANYETİK PARÇACIK TEST EKİPMANLARI

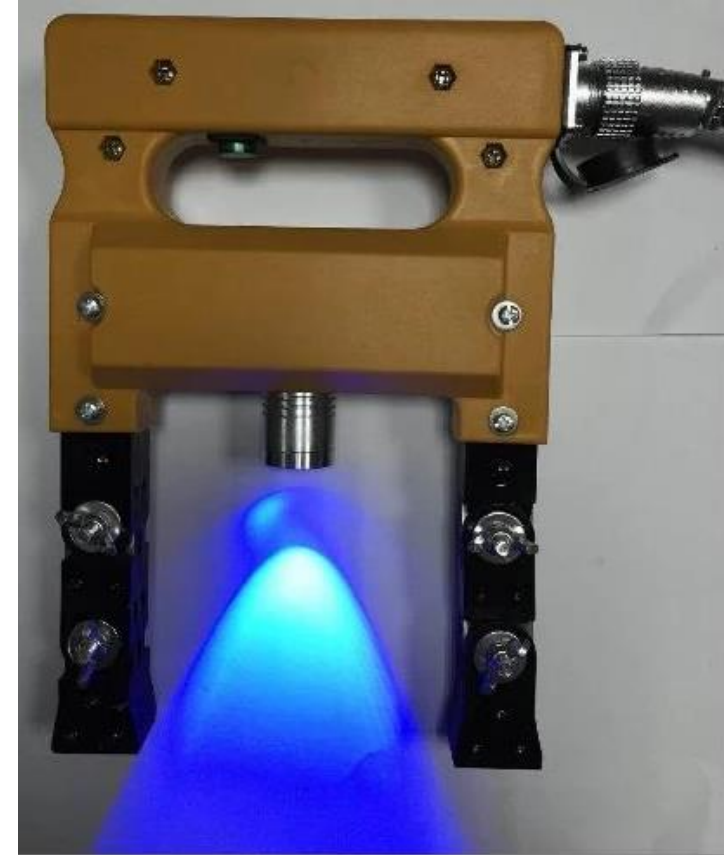
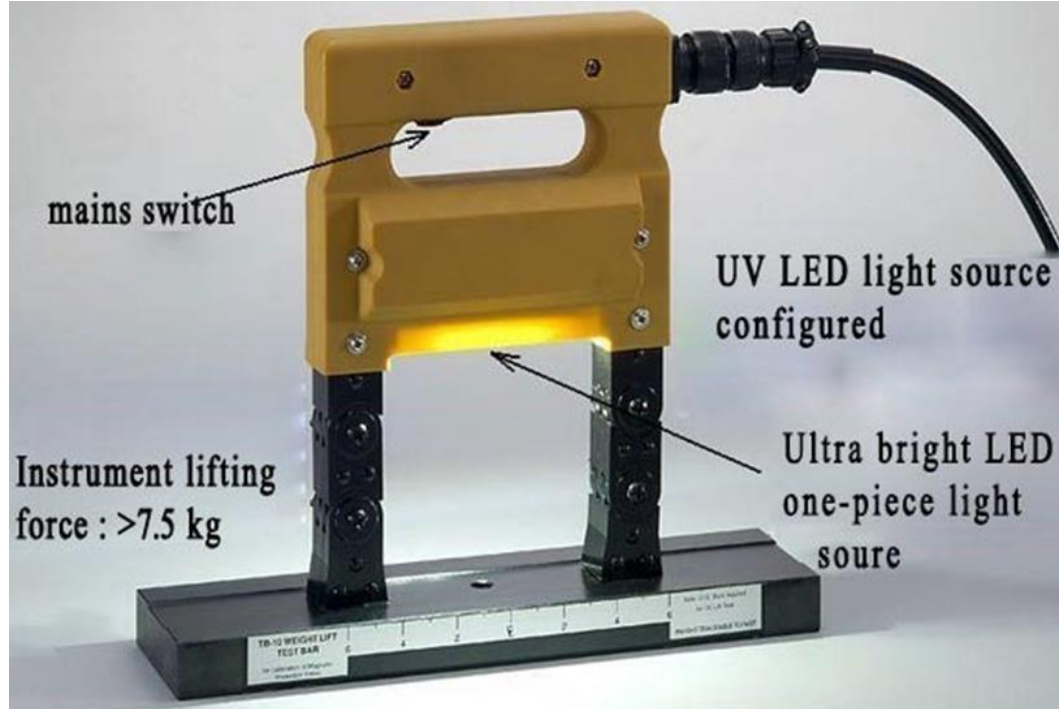


El Manyeti (Yoke)

- Taşınabilir elektromıknatis görevini gerçekleştiren el manyeti (yoke), malzeme boyunca **istenilen iki nokta arasında manyetik akı (flux) oluşması sağlar**. Gönderilen manyetik akı, hatanın bulunduğu bölgede kaçak akı alanı oluşturur ve yüzeye püskürtülmüş metal demir tozunun kaçak akının bulunduğu bölgede yoğunlaşmasını sağlar. **Hata uzunluğu ve yönlenmesinin belirlenmesi** uygulamalarında kullanılabilir.



MANYETİK PARÇACIK TEST EKİPMANLARI



El Manyeti (Yoke)

- UV ışık kaynağına sahip yoke tipleri de vardır. Kaldırma kuvveti (*lifting force*) donanım seçim özelliklerinden biridir.

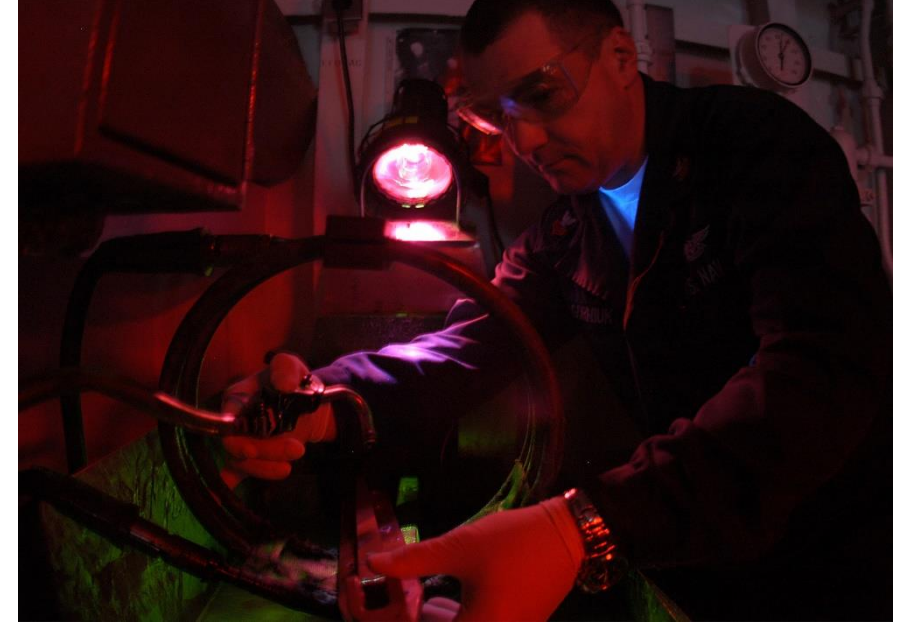
MANYETİK PARÇACIK TEST EKİPMANLARI



Demanyetizasyon Bobini

- Parça manyetize edildikten sonra demanyetize edilmesi gerekir. Bu, mıknatıslama ekipmanının tersi yönde çalışan özel ekipman gerektirir. Mıknatıslanma normalde, tepe akımına çok hızlı ulaşan ve parçayı mıknatıslanmış halde bırakarak anında kapanan yüksek bir akım darbesi ile yapılır. Bir parçanın manyetikliğini gidermek için gereken akım veya manyetik alan, parçayı manyetize etmek için kullanılan akım veya manyetik alana eşit veya daha büyük olmalıdır. Akım veya manyetik alan daha sonra yavaşça sıfıra düşürülerek parçanın manyetikliği giderilir. Artık manyetizma tespitinin genel yöntemi Gauss metre kullanmaktır.

MANYETİK PARÇACIK TEST EKİPMANLARI



MPI Makinesi

- Manyetik Parçacık Muayene Makinesi
<<< *Örnek GörSEL*: 910 mm bobin çaplı, ıslak yatay test cihazı

MANYETİK PARÇACIK TEST EKİPMANLARI



UV Işık ve Magnetic Aerosol Sprey

- UV ışık kaynağı
- Floresan manyetik partikül spreyi
- Temizleyici (*NDT-approved solvent cleaner/remover*)



MANYETİK PARÇACIK TEST EKİPMANLARI



UV Metre ve Lux Metre

- **UV Metre:** Floresan boyalı, manyetik parçacık ve sıvı penetrant yöntemlerinde çatlakların tespiti için standartlara göre muayene yüzeylerindeki UV ışık şiddeti belli bir değerin üzerinde ölçülebilmelidir. **UV metre ile parça muayene yüzeyindeki UV ışık şiddeti ölçülür.**
- **Lux Metre:** Manyetik parçacık ve sıvı penetrant yöntemlerinde standartlar gereğince gün ışığı parça muayene yüzeyinde belli değer aralığında olmalıdır. **Lux metre ile muayene yüzeyindeki gün ışığı aydınlatma şiddeti Lux cinsinden ölçülür.**

Manyetik Parçacık Muayenesi Uygulama Örnekleri



Manyetik Parçacık Muayenesi – Uygulama Örnekleri

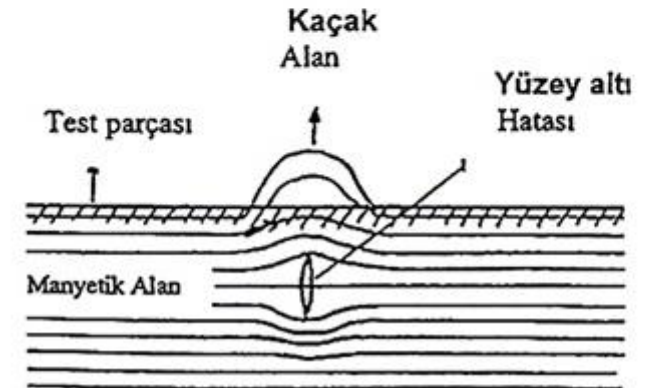
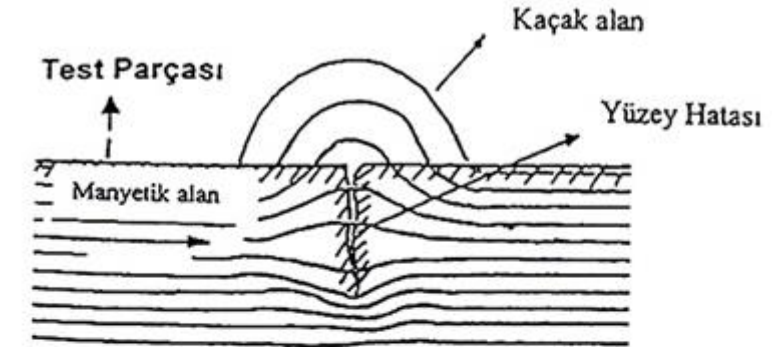
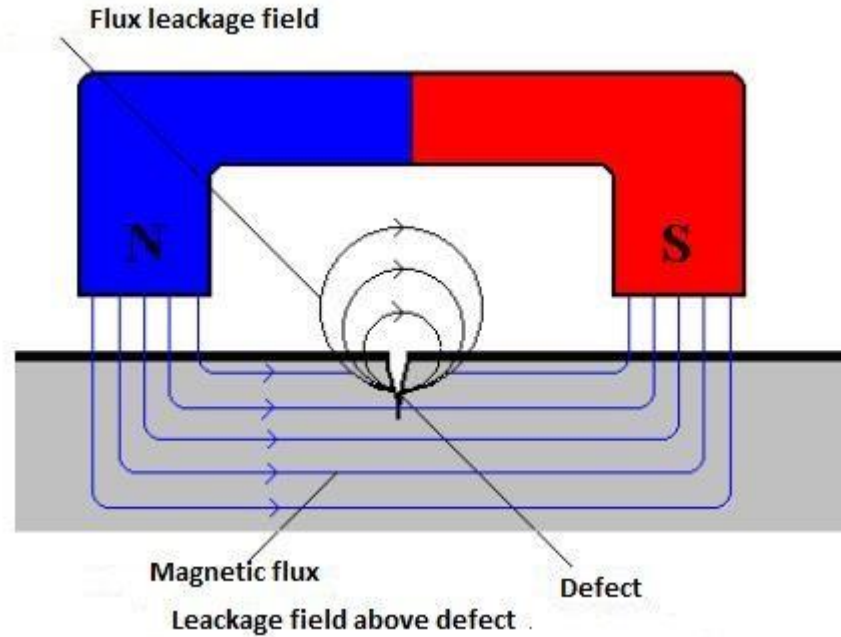
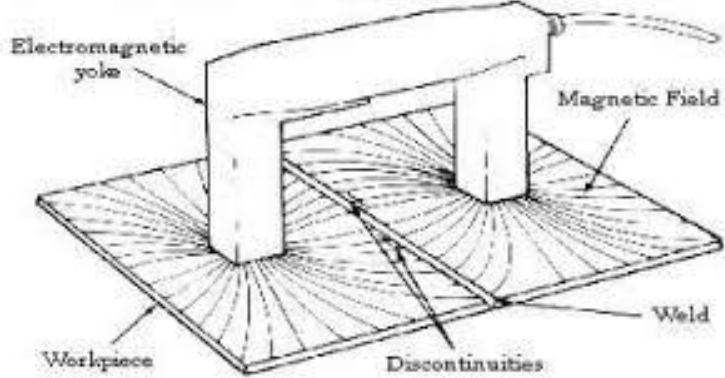
Örnek Görsel:
Yoke / El Manyeti
ile muayene



Manyetik Parçacık Muayenesi – Uygulama Örnekleri

Yoke / El Manyeti ile muayene

Magnetic Particle Inspection



Manyetik Parçacık Muayenesi – Uygulama Örnekleri

Örnek Görseller: Yoke ve manyetik partikül içeren sprej ile muayene



Manyetik Parçacık Muayenesi – Uygulama Örnekleri

- Kaynak dikişi muayenesi



Boru Kaynağında Manyetik Parçacık Testi



1. Önce kaynak bağlantısı MPT ekipmanı tarafından manyetize edilir.
2. Daha sonra toz halde (ince öğütülmüş) demir parçacıkları manyetize edilmiş kaynak bağlantısına uygulanır (üzerine püskürtülür).

Boru Kaynağında Manyetik Parçacık Testi

Demir tozları, kaynak bağlantısındaki kusurlarda meydana gelen manyetik akı sızıntısı çevresinde kümelenir.

**Kümelenmeler
(Cluster)**



MANYETİK PARÇACIK UYGULAMASI

Video: Manyetik Parçacık Yöntemi ile Parça Muayenesi

<https://www.youtube.com/watch?v=qpgcD5k1494>

00:05 – 03:40

(Magnetic Particle Inspection)

MANYETİK PARÇACIK UYGULAMASI

Manyetik
Parçacık
Yöntemi ile
inceleme

Nondestructive
Testing

Magnetic Particle Inspection



MANYETİK PARÇACIK UYGULAMASI

Video: Şarjlı Manyetik Yoke ile Ağırlık Kaldırma Testi

https://www.linkedin.com/posts/ndtteknik_ndt-ndtteknik-tahribatsaftzmuayene-activity-6681845735291420673-j74M

00:00 – 01:37

(Donanım tanıtım)

MANYETİK PARÇACIK UYGULAMASI

Şarjlı Manyetik
Yoke ile Ağırlık
Kaldırma Testi
(Donanım
tanıtım)



Kaynakça:

- Tahribatsız Malzeme Muayenesi Cilt-1, Doç. Dr. Özlem Karadeniz, Prof. Dr. Süleyman Karadeniz, [MMO Yayınları](#) 685-1, İzmir, 2018
- <http://www.ndtteknik.com/ndt-kutuphane.html> (Tarih: 07.02.2020)
- <https://www.szutest.com.tr/tahribatsiz-muayeneler> (Tarih: 01.02.2020)
- <http://ndt.wtndt.metu.edu.tr/tahribatsiz-muayene-yontemleri> (Tarih: 01.02.2020)
- <https://www.linkedin.com/company/ndtteknik/posts/?feedView=images>
- https://www.ktuweb.com/page_showdoc?course=ME367&dopage=study
- <https://www.ktunotes.in/ktu-non-destructive-testing-me367-notes/>
- https://aybu.edu.tr/mranjbar/dosya_listesi-297-531-mce-476---nondestructive-testing-methods.html (MCE 476 - Doç.Dr. Mostafa RANJBAR)
- https://www.ktu.edu.tr/dosyalar/14_03_00_aca05.pdf
- <https://www.enkon.com.tr/manyetik-parcacik-muayenesi-mpi/>
- http://www.csmmuhendislik.com/manyetik_parcacik.html
- <http://www.epsilon-ndt.com/urun-gruplarimiz/manyetik-parcacik-test-ekipmanlari>
- <https://tr.wikipedia.org/wiki/Manyetizma>
- <https://tr.wikipedia.org/wiki/M%C4%B1knat%C4%B1sl%C4%B1k>
- <https://fizikdersi.gen.tr/miknatis-nedir-miknatislanma-cesitleri-nelerdir/>
- https://en.wikipedia.org/wiki/Magnetic_flux_leakage
- https://en.wikipedia.org/wiki/Magnetic_particle_inspection