

Malzemelerin NDT kontrolü

Tahribatsız muayene

(Gemi Teknik Personeli için genel bilgi)

Non-destructive Testing

Inspection Methods.

Rev.01/2020

Kasap Mustafa ERDOĞAN,
Yıldız Teknik Üniversitesi Öğretim Görevlisi.
Marine & Offshore Senior Ship & Eng.Surveyor,
B.Sc, C.Eng, MRINA, AWS.

Reference:

Non-Destructive Examination and refreshment course
and workshop, (LR Crawley-London)

Surface Inspection: MPI, Dye Penetrant, Eddy Current,
Ind. Radiography (X Ray & Gama Ray),
Ultrasonic Inspection.US.

Tahribatsız muayene

(Non-destructive testing NDT),

- Tahribatsız muayene yöntemleri malzemeye zarar vermeden, malzeme/kaynak vs. içerisindeki gözenek, çatlak, kusur ve görünmeyen süreksizliklerin veya malzeme yüzeyine açık süreksizliklerin tespitinde kullanılır.
- NDT Testleri yapmak için malzeme dinlenmiş (Kaynak gerilimleri bitmiş) ve ortam sıcaklığında olmalıdır.

Surface Inspection Methods

Malzemelerin yüzeysel kontrolü

1- Dye Liquid Penetrant Inspection, (PT)

(Visible Dye ve Fluorescent Dye Systems)

Sıvı Emdirme (Penetran Sıvısı) ile Muayene,

2- Magnetic Particle Inspection, (MPI)

(Current Flow ve Magnetic Flow Methods)

Manyetik Parçacık ile Muayene ,

3- Eddy Current Testing. (ECT)

Girdap akımları (Eddy Akımı) ile Muayene,

NDT operatör sertifikası:

- NDT (test) sadece sertifikalı ve yeterlikli personel tarafından yapıp raporlanabilir,
- NDT Personeli (Seviye) Level: I, II, III olarak eğitilip yeterliliği değerlendirilir,
- 5 yılda bir (re-freshing) sertifikası yenilenir.
- NDE (Non-Destructive Examination) personelide NDT eğitimini alır sadece NDT operasyonunu ve raporların doğruluğunu kontrol ve kabul eder.

Gemi Teknik Personeli:

- Makine Enspektörü, Baş Mühendis ve diğer Teknik Personel NDT konusunda genel bilgiye sahip olmalıdır çünkü gemilerinde yapılan Havuz , Şaft ve gerekli tamir/tadilat surveyleride yapılan NDT kontrollerini Surveyör ile birlikte Gemi adına izleyip kabul edip onaylamalıdır,
- NDT personeli Tersane adına yaptığı testleri teslim edeceği tek söz sahibi Gemi'dir.

Tahribatsız Muayene yöntemleri,

1. Göz ile Muayene, (VI),
2. Sıvı Emdirme (Penetran Sıvısı) ile Muayene (PT),
3. Manyetik Parçacık ile Muayene (MPI),
4. Girdap akımları (Eddy Akımı) ile Muayene (ECI),
5. Ultrasonik Muayene (US),
(Ultrasonic Thickness Measurement)
6. Radyografik (Röntgen) Işınları ile Muayene,
(X Ray, Gama Ray)

1-Göz ile muayene (Visual Inspection)

Gözle muayene yapacak NDT operatörünün gözlerinin görme yeteneği tam olmalıdır.
(gözlükle veya gözlüksüz)

Çıplak gözle (veya büyüteç ile) yapılan muayene genellikle her tahribatsız muayene (NDT) metodunun uygulanmasından önce yapılması ve bulguların kaydedilmesi gerekir.

Tıp'ta kullanılan ayna yöntemi
Gemilerde genellikle çok kullanılır.



2-Sıvı Emdirme (Penetran Sıvısı) ile Muayene,

Pratik, ekonomik, uygulaması hızlı ve kolaydır.

- Genel olarak malzeme sınırlaması yoktur. Metaller, metal dışı malzemeler, manyetik ve manyetik olmayan malzemeler, iletken ve iletken olmayan malzemeler muayene edilebilir.
- Karmaşık geometrideki malzemelerde kullanılabilir,
- Bütün malzemelerde kullanılabilir, ancak:
Gözenekli/pütürlü malzemeler bu tip muayeneye tabi tutulamaz. (Kumlu döküm yüzeyi gibi)
- Dikkat : Penetrant sıvısı sağlığa zararlı ve yanıcı (Toksosite) olduğundan ortam havalandırılmalıdır.

Dye Penetrant'ın Gemilerde kullanılması

- Dye Penetrant malzemedede sadece yüzeye açılmış çatlakları, görüntüleyebilir,
- IACS ve Class müesseseleri gemilerde kullanılan Ferromagnetik malzemelerde sadece MPI (Magnetic Particle Inspection) kullanılmasına müsaade eder, çünkü MPI Test malzemesinin yüzeyine çıkmayan çatlaklarıda görüntülenebilir,
- Dye Penetrant gemideki sadece Ferromagnetik olmayan ünitelerinde kullanılabilir.



Penetrant muayene yönteminin uygulanma aşamaları

- Ön temizlik: Malzeme yüzeyindeki yabancı maddeleri; yağı, kiri, pası kimyasal solvent ile temizlenir.
- Penetrant tatbiki: Akıcı ve çatlığa nüfus edici kırmızı Penetrant sıvısı yüzeye püskürtülür, veya fırça ile sürülür
- Ortam sıcaklığına göre çatlığı doldurması için beklenir
- 2. temizlik: Malzeme yüzeyindeki kırmızı sıvının fazlalığı (penetrant) temizleme işlemidir. (Solvent püskürtülmez)
- Developer tatbiki: Kalın olmayan püskürtme ile tatbik edilebilir. Çatlaktan sıvıyı emip dışarı çıkarır.
- İnceleme: Floresan sıvı kullanılıp kullanılmadığına göre gözle ya da siyah ışık altında muayene edilir.
- Değerlendirme ve rapor hazırlama.
- Not: Çatlak Developerde görülen ölçülerden daima daha küçüktür.



1 Crack filled with dirt



2 Ideally cleaned



3 Application of penetrant



4 Intermediate cleaning



5 Application of developer



6 Crack indication

Dye Penetrant ile Bronz Pervane testi. (non magnetik)



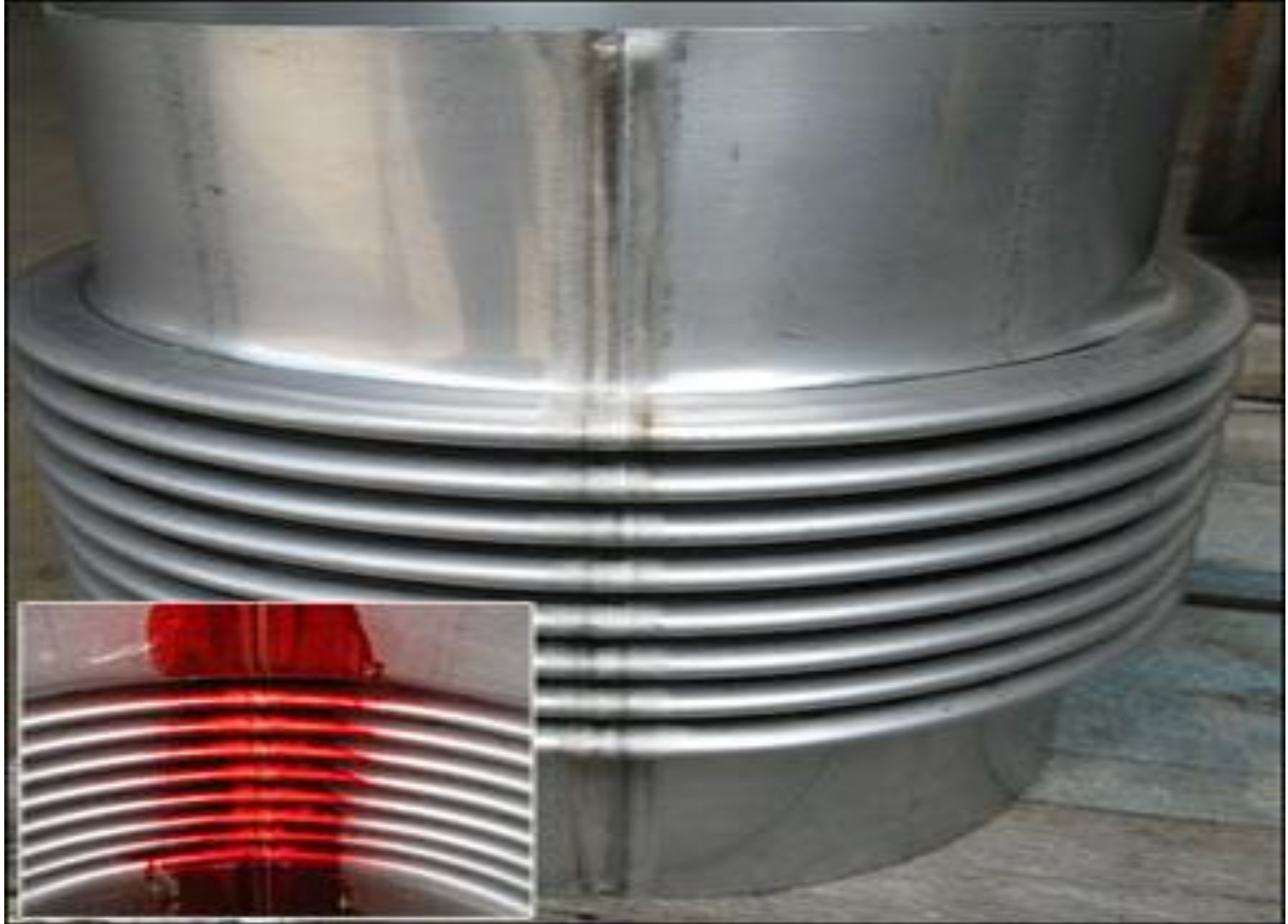
Pelesenk (Lignum vite) yataklı Şaft'ın Bronz Layner Dye-Penetrant testi.



Propeller blade tips yenilendikten sonra.



Paslanmaz Çelik Baca Expansion'ı testi.





LNG/LPG Stainless Steel flexible borunun elik flange TIG kaynak testi, testten sonra kaynak yerinin paslanmaması için özel pasta ile pasifize edilmelidir.



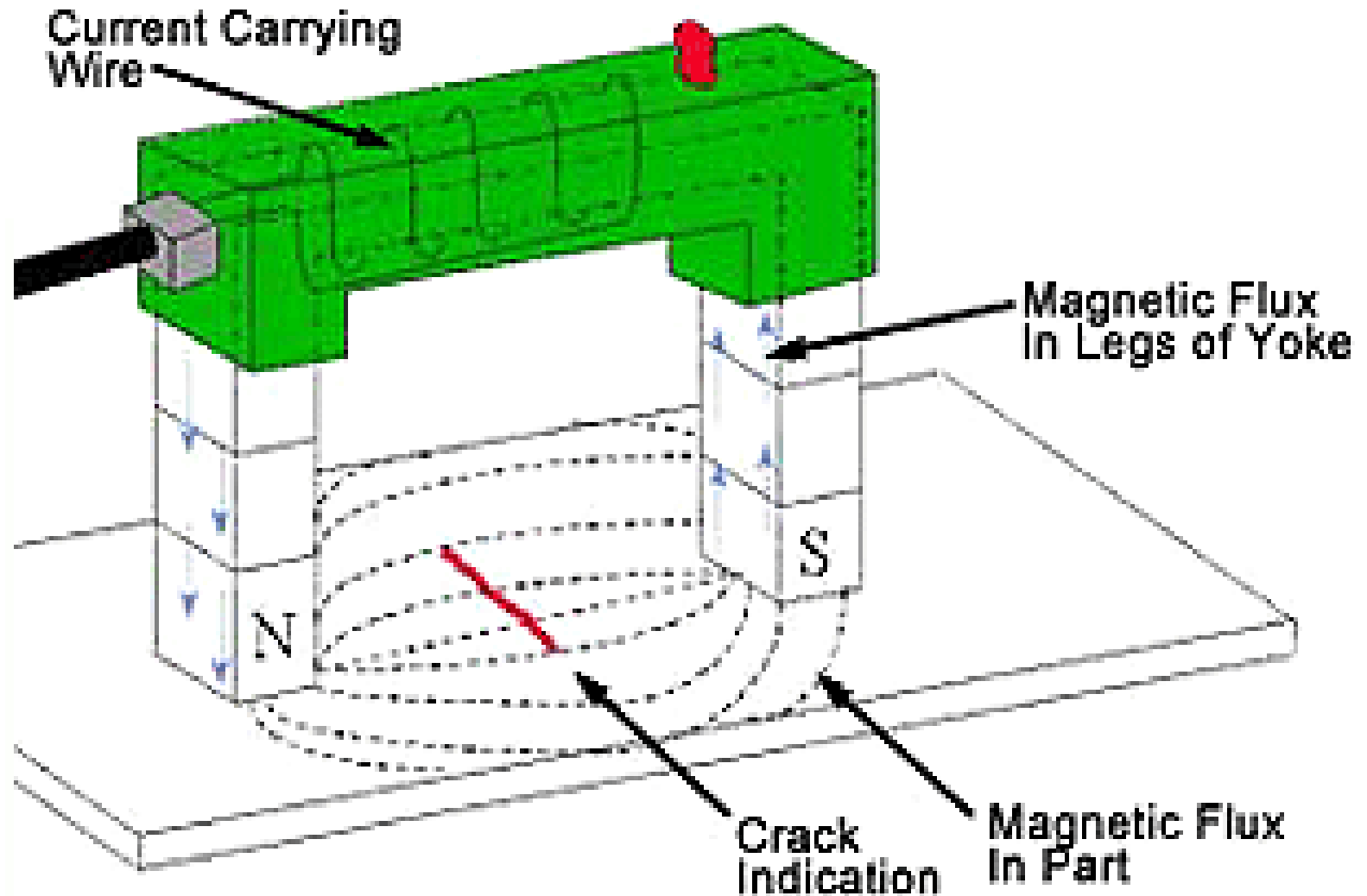
Paslanmaz Çelik Cooler petek testi.



3. Manyetik Parçacık ile Muayene (MPI),

- Sadece Ferromanyetik (mıknatıslanabilir) malzemenin muayenesi bu yöntemle yapılabilir. Elektrikli (DC-AC) Yoke veya Naturel (Permanent) Mıknatıs kullanılır,
- Genellikle demir partikülleri, kuru toz veya bir sıvı (manyetik mürekkep) içinde süspansiyon haline - mıknatıslama akımı hala akarken uygulanır,
- Muayeneden sonra malzemedeki kalan manyetik etki parçaların dönme sırasında üzerine yapışan tozlardan hasarlanmaması için De-magnetize edilmesi gerekir.
- Muayene malzemesinin yüzeyini Yoke cihazı ile 90 derecelik hareketlerle taranarak manyetik akımların çatlak olabilecek alanları tarayıp tam bulunması gerekir.

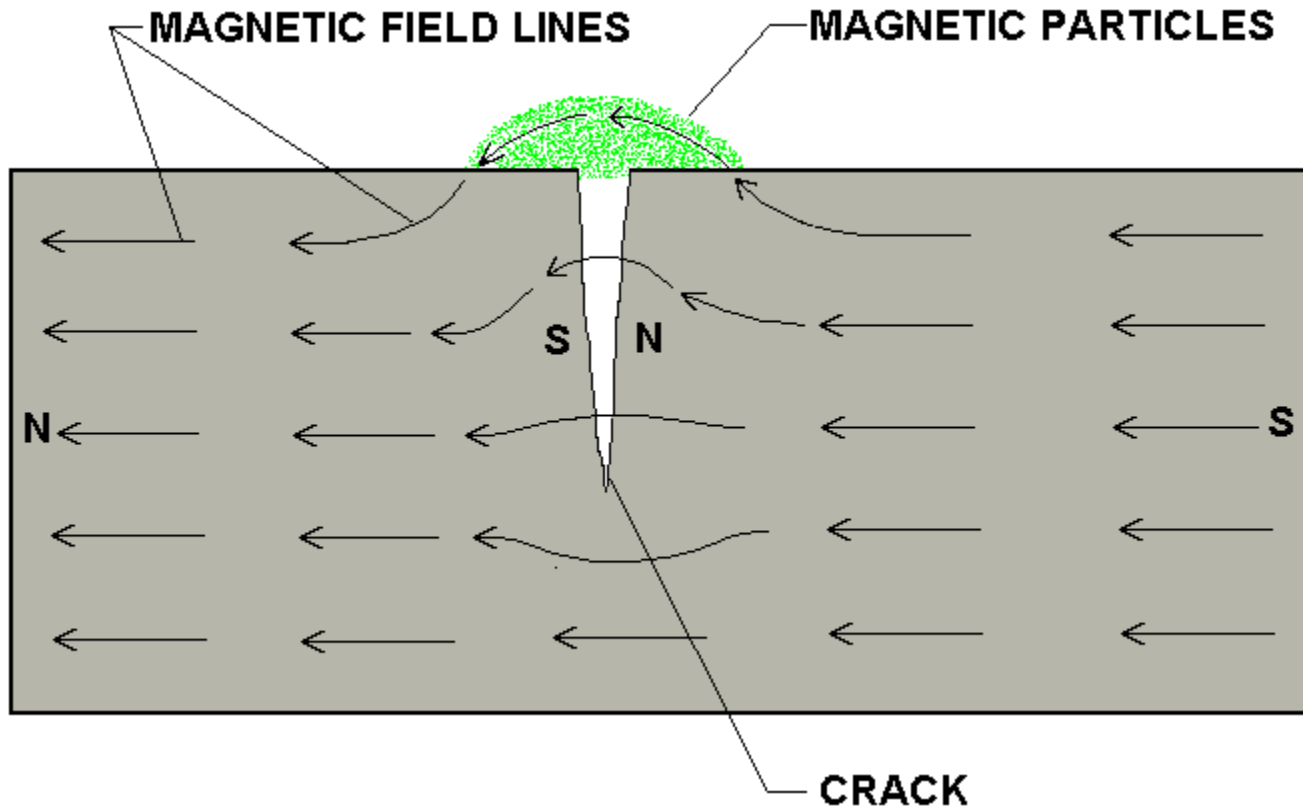
Magnetic Yoke (AC-DC) cihazı.



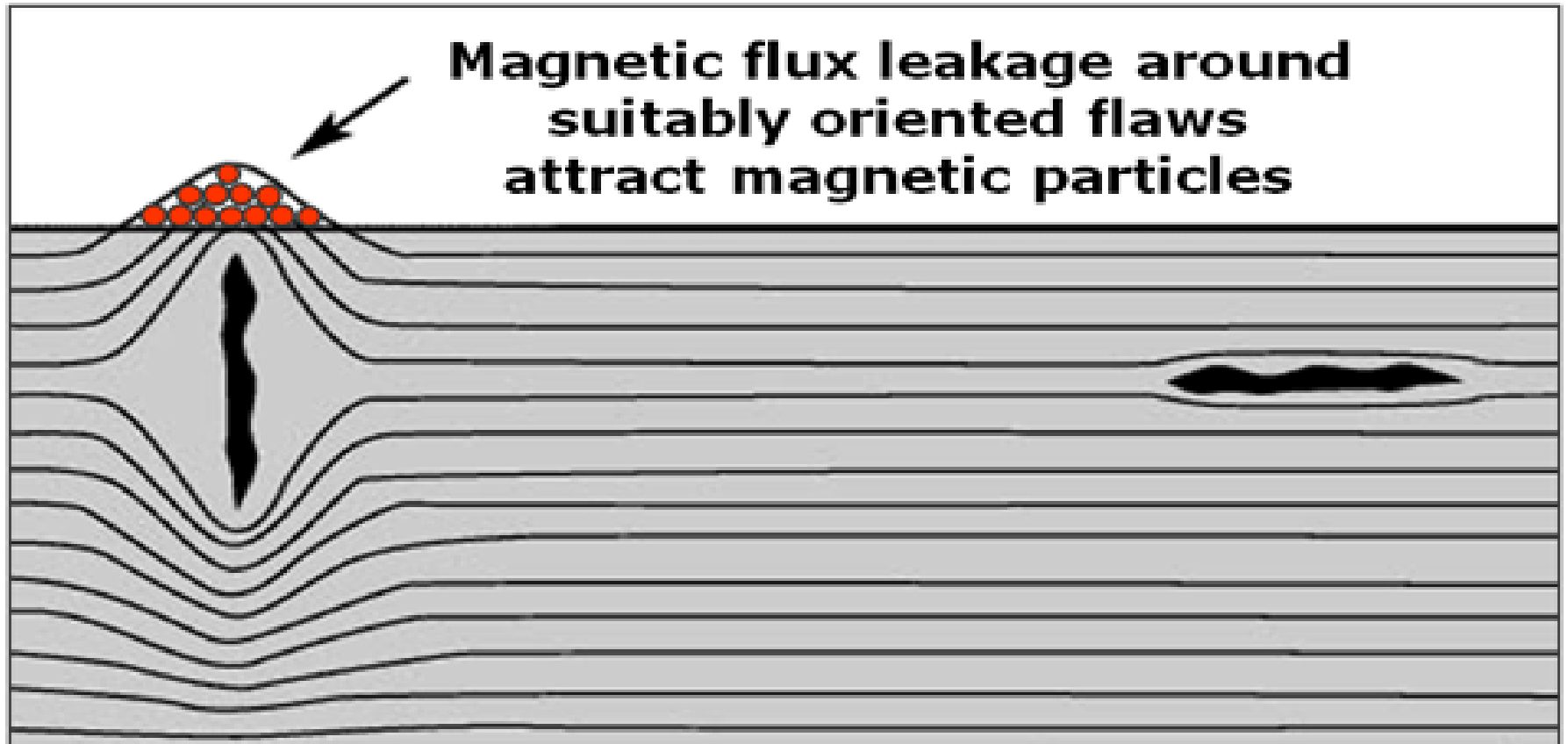
AC Yoke cihazı ile MPI çatlak testi.



Malzemenin Çatlak kısmının kutuplaşması



Yüzeye açılmamış bir çatlağın MPI Testindeki görüntüsü



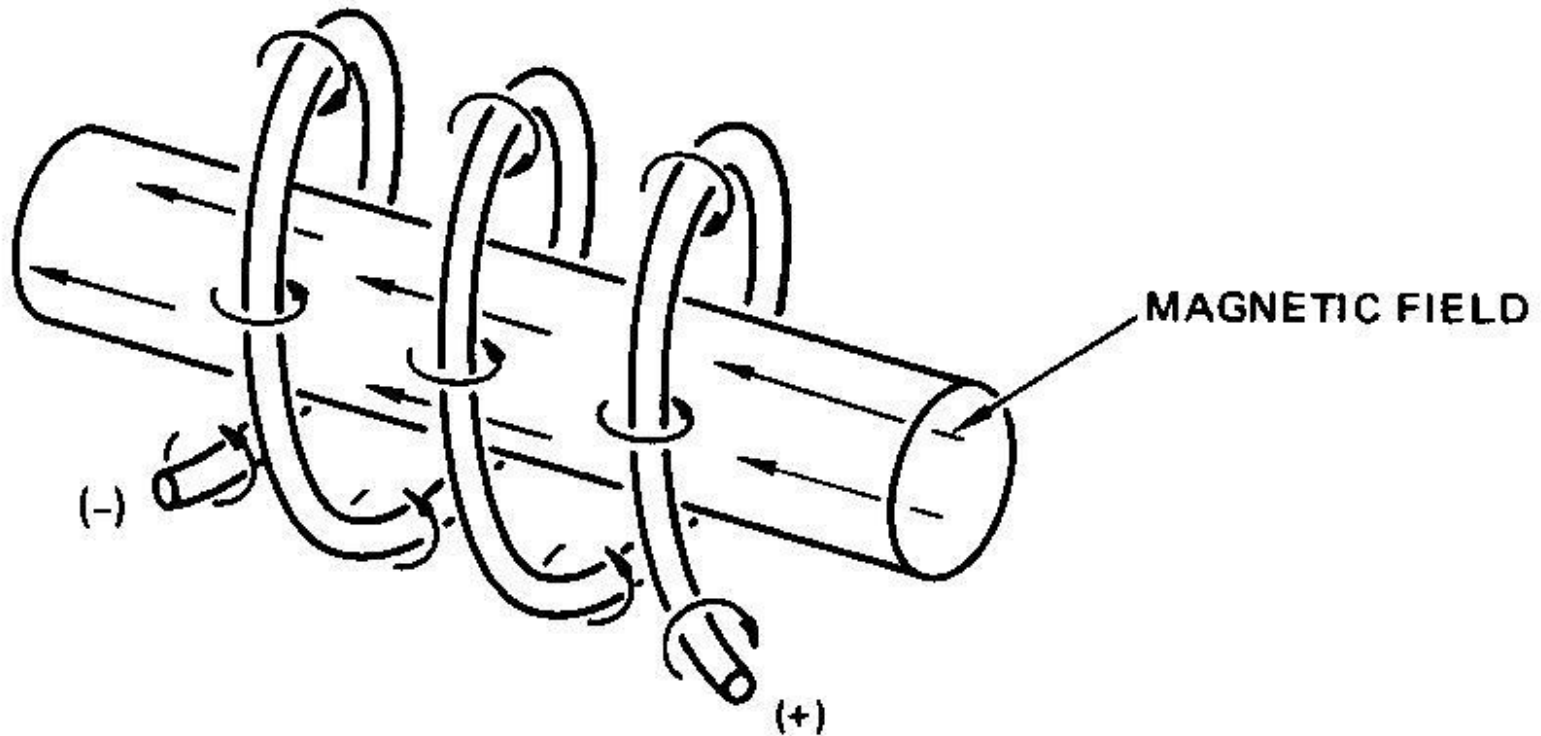
Natural Permanent Magnet



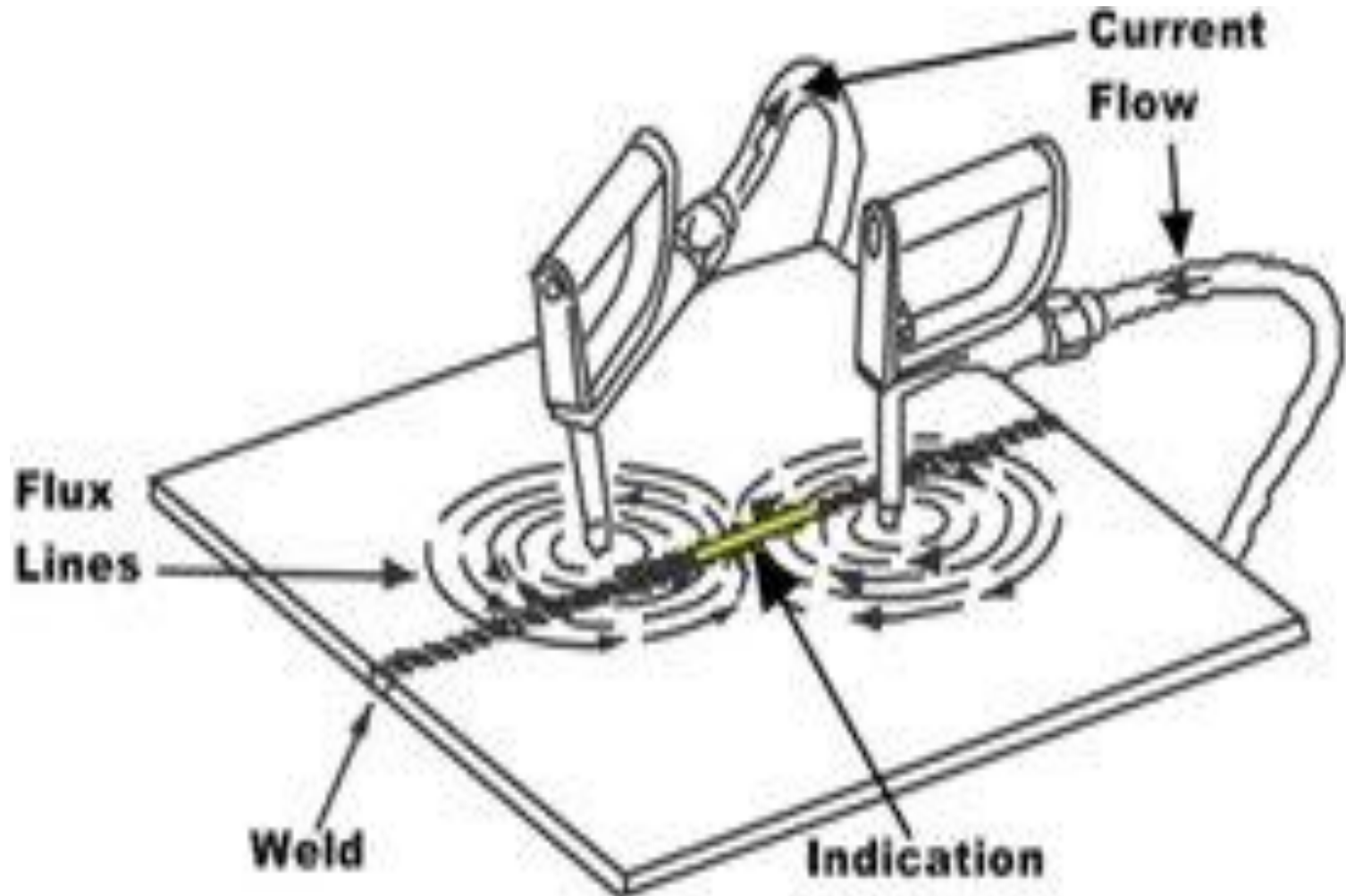
Permanent Magnet Yoke

- Permanent (Natural Mıknatıs) Yoke:
- Seyyardır, ergonomik, her yerde kullanılabilir,
- Hafiftir, taşınması kolaydır,
- Harici güç kaynağı ihtiyacı yoktur, kuvvetlidir,
- Kıvılcım yapma ihtimali yoktur, yanıcı, tehlikeli bölgelerde kullanılabilir.
- Birbirine halat ile bağlı ve bir bütündür.
- Standartlara uygundur.

Coil ve Prods MPI Metodları



Prods uçları malzemeye direct elektrik verirken spark yapıp hasar verebilir,

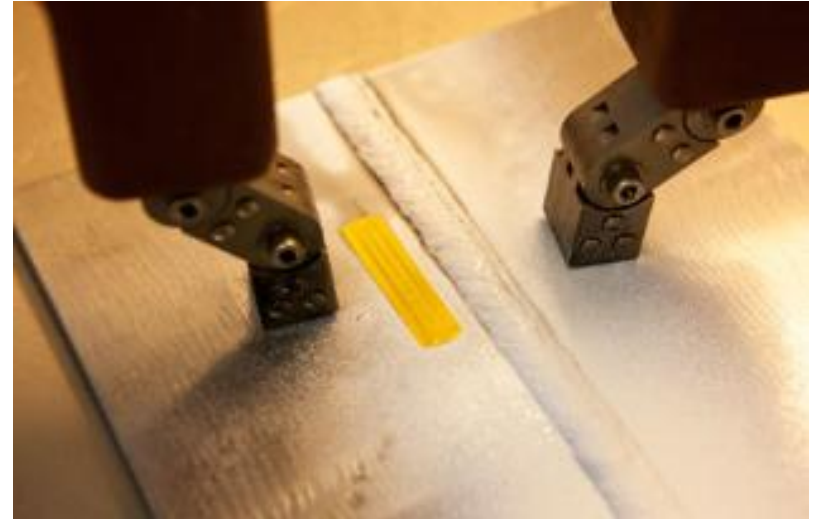


Elektrikli (DC-AC) Yoke veya Naturel (Permanent) Miknatıs kullanılması

- Muayene yüzeyinin pas, kir ve yağdan tamamen kimyasallar ile temizlenip kurutulması gerekir,
- Yüzey seçilen cihazla Miknatıslandırılır, ve kalibre edilir:
 - 1-Kuru Toz Metodu: (Dry Powder) Yüzeye koyu Gri veya Renkli Fluorescant toz serpilir ve karanlıkta özel lamba ile çatlak etrafına kümelenen toz hataları gösterir,
 - 2-İslak Metod: Yüzey max. 40 mikron fon olarak beyaza boyanır, ve üzerine sprej sıkılır, sprej içindeki siyah demir granülleri çatlak civarında kümelenerek hatayı gösterir, bu metot daha çok Permanent Miknatıslar için tercih edilir, gün ışığında, sahada her yerde kullanılır.

MPI kalibre cihazı,

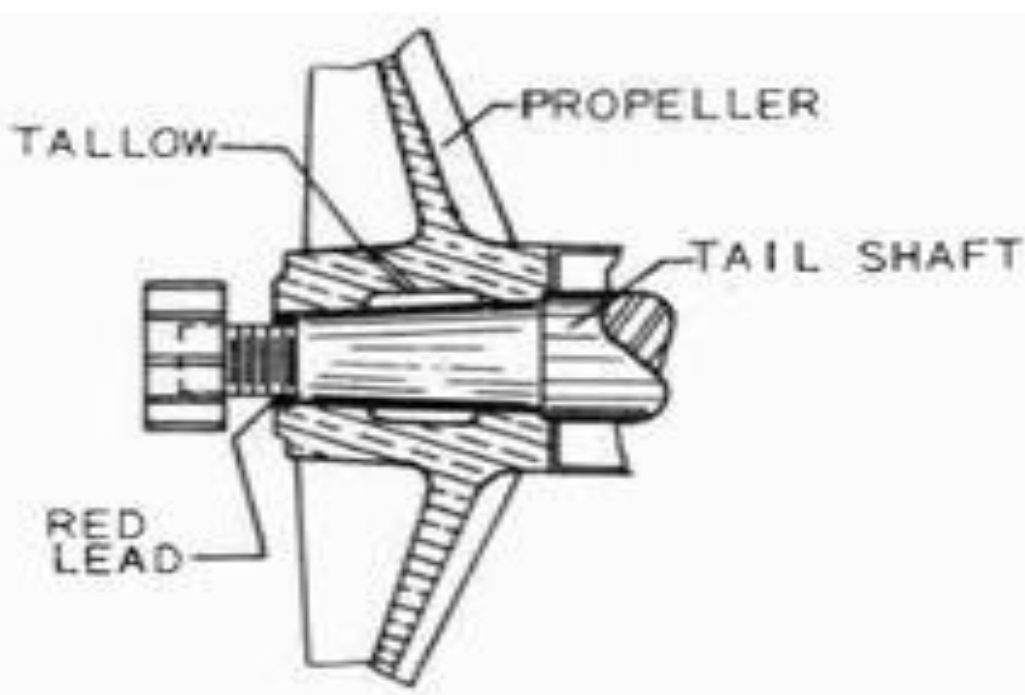
Her testten önce, her türlü MPI cihazının malzemeye yeterli Magnetik akım verdiğini kontrol için test malzemesi üzerinde kalibrasyon testi yapılmalıdır. (Magnaflux Magnetic Flux Indicators, Type G, ASTM E 1444-11, Ek A3)



Pervane Şaft koniğinin MPI testi.



Pervane Koniđi (Kamalı-kamasız).

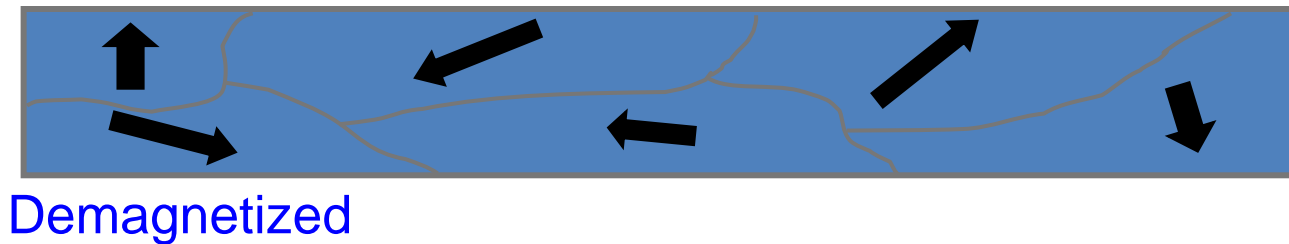
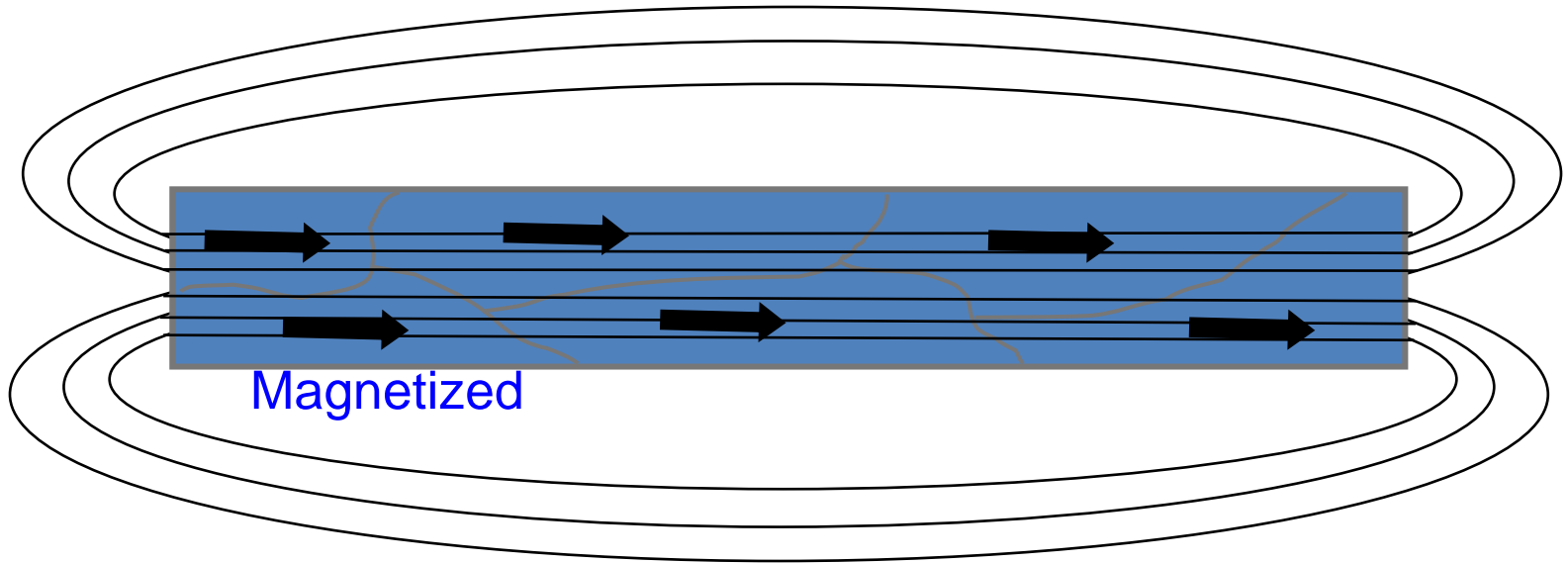


Şaft ve Pervane konik birleşim yeri çatlağı.

Ana Makinanın bütün burulma gücü şaftın pervane ile tapering açısının en geniş yerindeki daire çevresinde oluşur. Çatlaklar Ahead/Astern burulması ile 45° olduğu görülür.



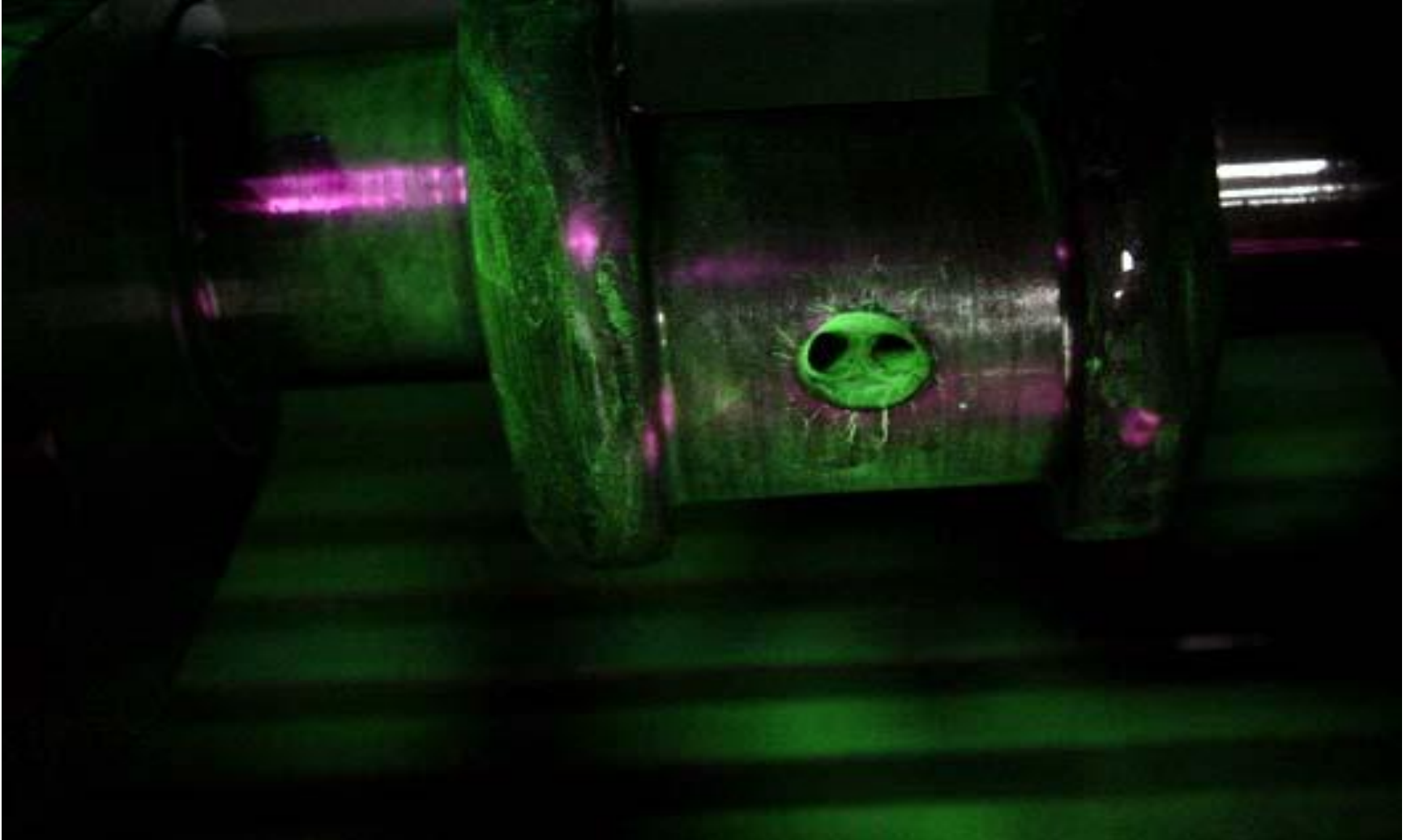
Test sırasında malzemenin Magnetik akım şekli ve De-Magnetize edildikten sonraki magnetik yapısı (notralize hali)



De-magnetize nasıl yapılır,

- DC akım Magnetic Yoke ve Permanent Magnet ile yapılan MPI testi neticesinde malzemedede oluşan kalıcı mıknatıslığı yok etmek için MPI testi sırasında kullanılan cihazların kutuplarını yer değiştirip aynı süre ile tutmak gerekir,
- Malzemedeki yapıyı düzeltmek için Sürveyör çekici (150 gr.) ile malzemeyi rezonansa getirinceye kadar hafifçe vurulur.

Fluorescent ışık altında MPI testi.
(Krank Şaft pin yağlama deliği)



Çekiç Çatlak Testi

- Küçük boyuttaki Krankpin yatak Saplaması, kazan safety valve yayı, çeşitli pin, ve parçalar kendir halat ile havada tutulur, surveyör çekici (100-150 gr.) ile bir defa vurulur, eğer malzemedede çatlak yok ise çekiç vuruşundan oluşan ses rezonans halinde devam eder, malzemedede çatlak varise iki farklı malzeme sesi yani tok bir ses verir ve hemen kesilir devam etmez. Keskin radüslü dişli, pin gibi ve sıkıştırdıkça uzayan saplama gibi bütün malzemeler mutlaka NDT veya en azından pratik olarak çekiç testi yapılip bağlanmalıdır.

Piston Rod and Crank Pin Bolts testi.



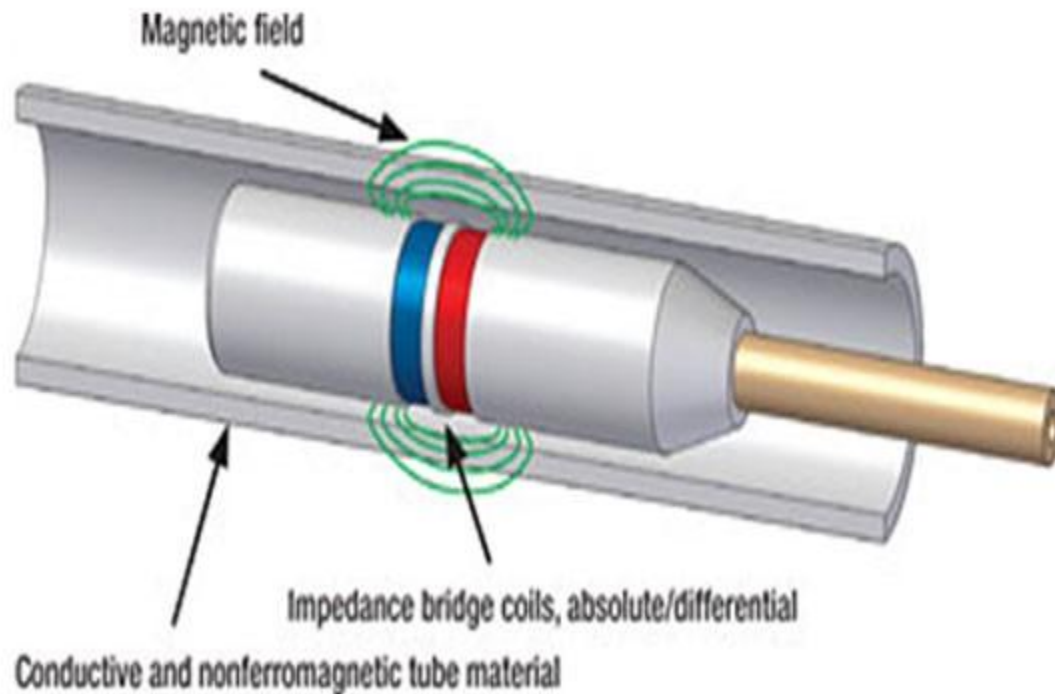
D Tipi Stim Kazanın Cehennemliğinde Su Borusu duvarında MPI testi



4. Girdap akımları (Eddy Akımı) ile Muayene,

- Eddy-current testi her türlü iletken malzemedeki sorunları tespit etmek için kullanılan elektromanyetik endüksiyon bir sistemdir.
- Eddy-Current testi ile malzemenin yüzeyinde veya yüzeyine yakın çok küçük çatlaklar algılanabilir.
- Fazla hazırlık gerekmez ve geometrik açıdan zor yüzeyler incelenebilir. Ayrıca, elektrik iletkenliği ve kaplama kalınlığı ölçümü için yararlıdır. Test cihazları taşınabilir, hemen geribildirim sağlar ve cihazın malzemeye temas etmesi gerekmez.

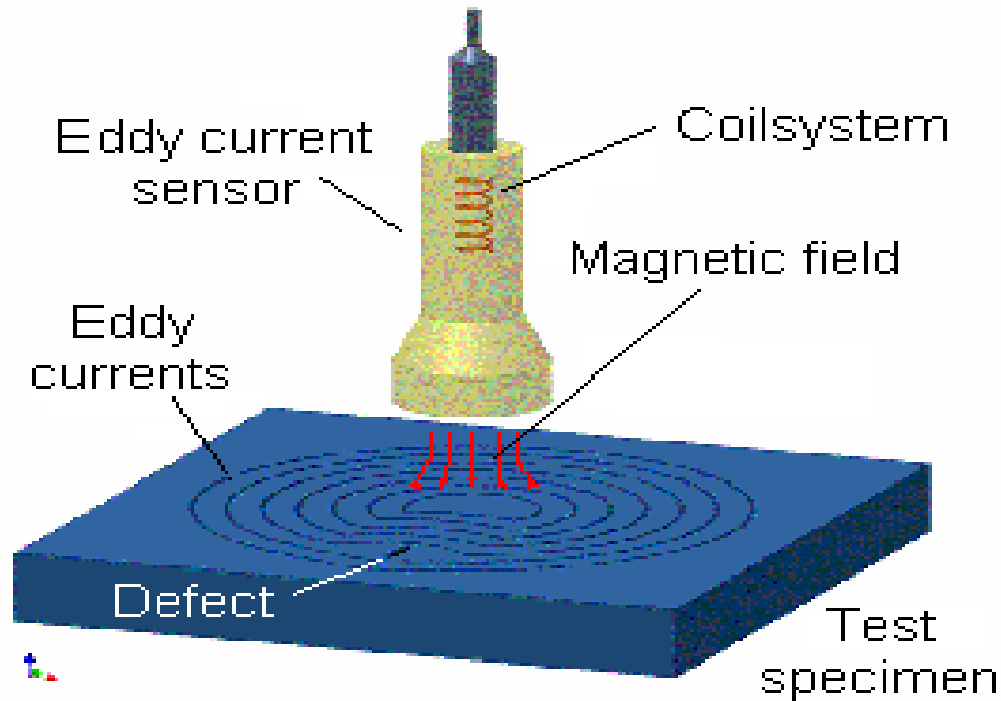
Eddy Current muayene Prob'u.



Eddy Current Inspection

(Girdap Akımları ile Muayene)

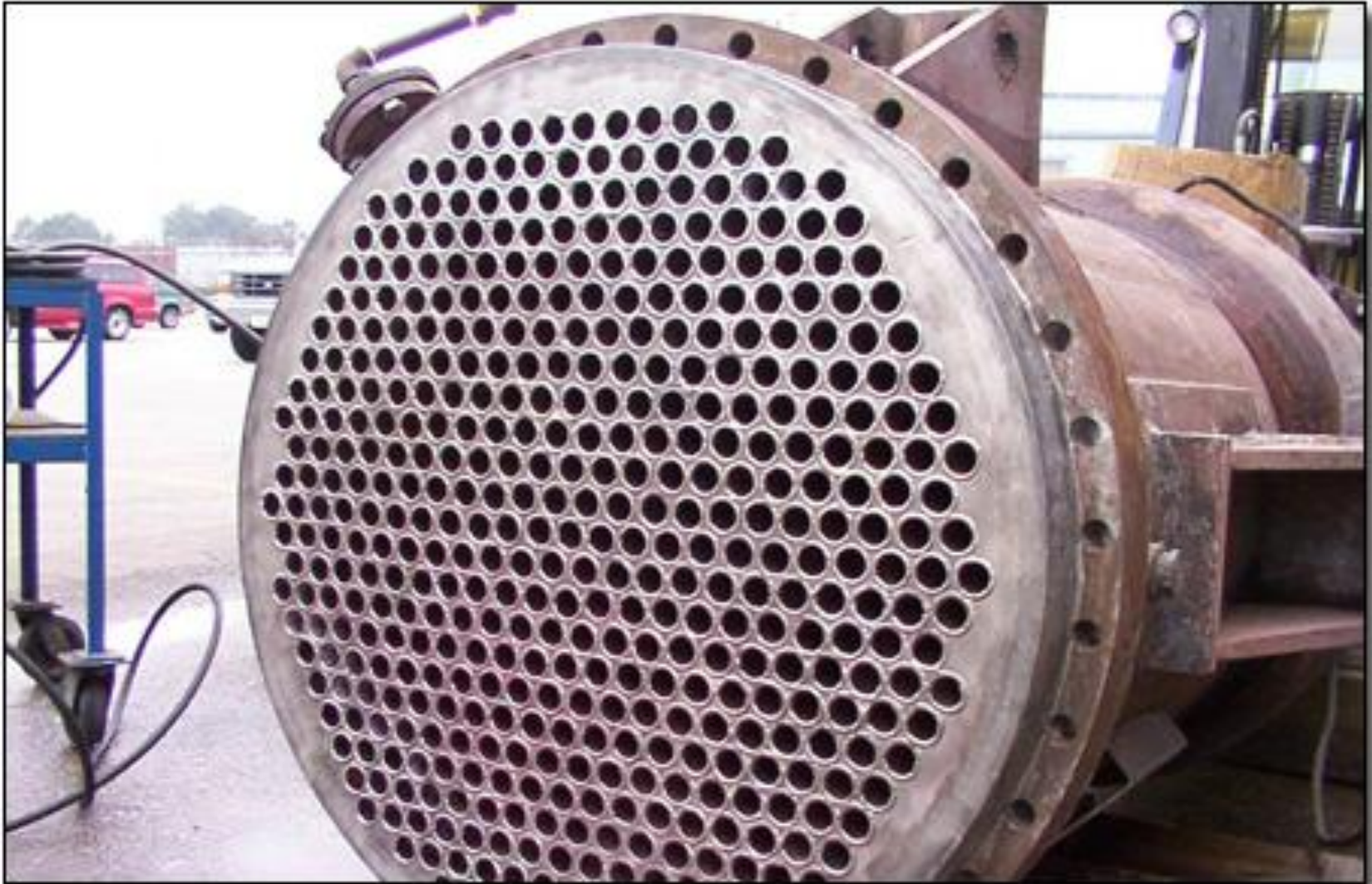
Yüzeysel çatlak muayenesi yapıldığı gibi boya ve kaplama üzerindende çatlak görülebilir.



Eddy Current ile Kazan Borusu (elik) atlak testi

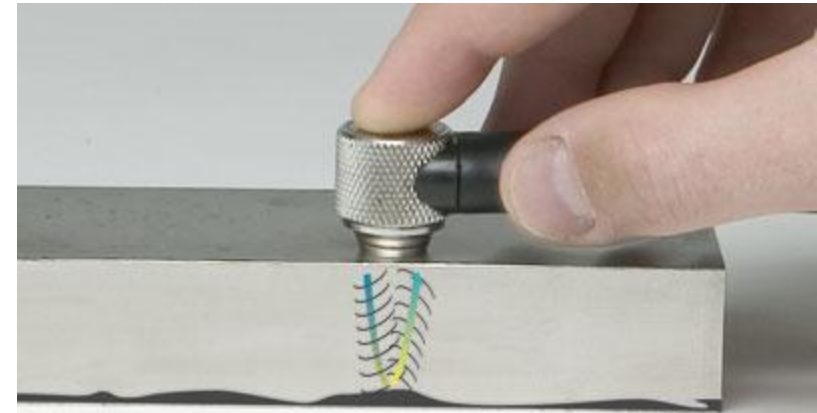


Eddy Current ile Kondenser Borusu (Bronz) çatlak testi



5-Ultrasonic Thickness Measurement (UTM)

Her türlü malzemenin (Çelik, Bakır, GRP vs) kalınlık ölçüsü alınabilir, Kalınlığı ölçülecek malzemenin Frekansı ayarlanır, basamak şeklindeki Kalibre bloku ile veya mekanik olarak Kumpasla ölçülebilen malzeme kalınlığına göre cihaz kalibre edilir, Proben bir yanından gönderilen Ultrasonik ses dalgaları malzemenin arka tarafından yansırarak geri gelir probun diğer yarısı tarafından algılanır ve kalınlık ekranda belirlenir.



Su altı Ultrasonik sac kalınlık ölçümü.



Gemi, Kazan, Boru, Makine vs. malzeme kalınlıklarının ölçülmesi.

Kalınlık ölçüm Firmalarının IACS Class onaylı, çalışanların Level II sertifikalı, Cihazlarının kalibreli ve boya üzerinden ölçebilen cihaz olması gerekir. Ölçülen nokta etrafı kalem boya ile daire içine alınır ve kalınlık tekrar kontrolü için yazılır



Ultrasonik Malzeme ve Kaynak içi testi

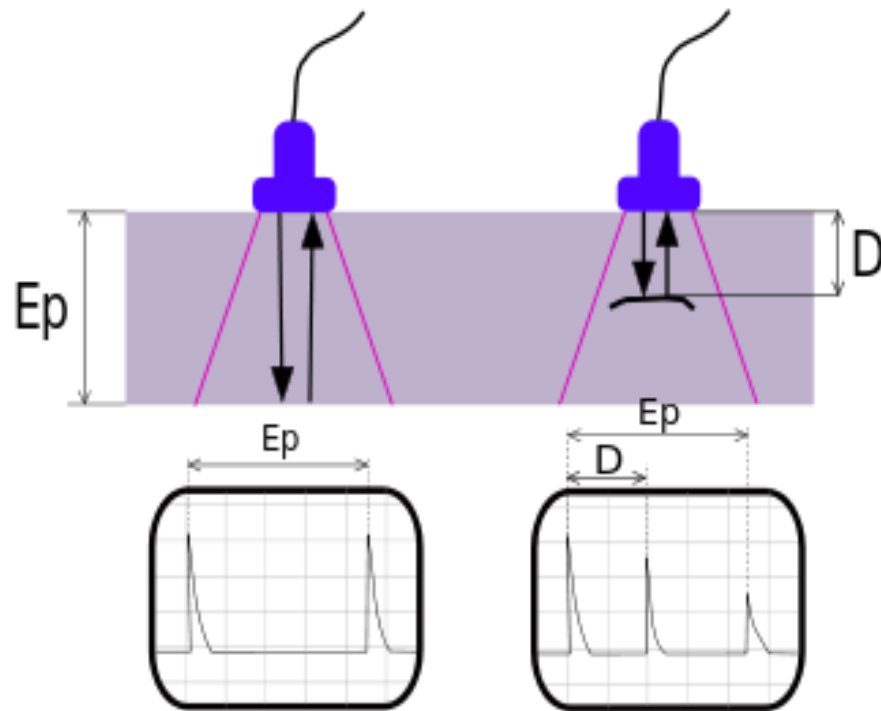


Ultrasonik test cihazı,

Yüzey işlemleri bitmiş malzemelerde açılı prob ile kullanılır,
Ses dalgası 2 MHz-10MHz arasındadır
Cihaz diagram çizebilir ve print edilebilir.



Ultrasonik malzeme/Kaynak test metodu



Offshore Petrol platformu Ultrasonik kaynak kontrolü



6-Industrial Radiography

Radyografik (Röntgen) Işınları ile Tahribatsız Muayene, Radyografik metallerin yaydığı Radyasyon ışıkları her türlü malzemedен geçebilir, bu ışınların geçişi sırasındaki test malzeme/kaynak vs. içerisindeki gözenek, çatlak, kusur ve görünmeyen süreksizliklerin Film üzerinde yaptığı görüntüde tespit edilir, iki çeşit Röntgen ışığı kullanılır.

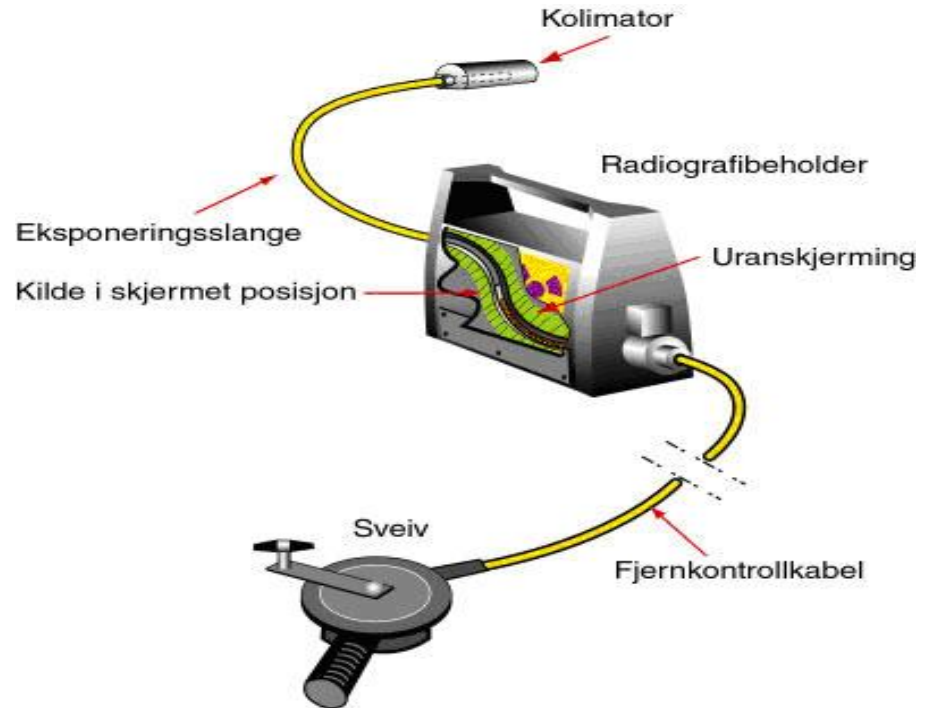
a- Gama –Ray.

(Gama Ray Isotopes: Iridyum-192 ve Cobalt-60)

b- X-Ray,

(X-Ray tüpü kullanılır)

Gama-ray Isotope taşıma cihazı: Cihaz içerisinde Iridyum-172 veya Cobalt-60 çekirdeği kullanılır, Cihaz içinde Radyasyon geçirmeyen Kurşun kütle vardır, Isotope “S” şeklinde bir kesit içinde bulunur, Isotope içerdeyken Radyasyon dışarı sızdırmaz. Cihazın uçlarındaki teleskopik borular ile Isotope röntgen yapılacak yere taşınır, işlem sonu cihazın içine geri çekilir,

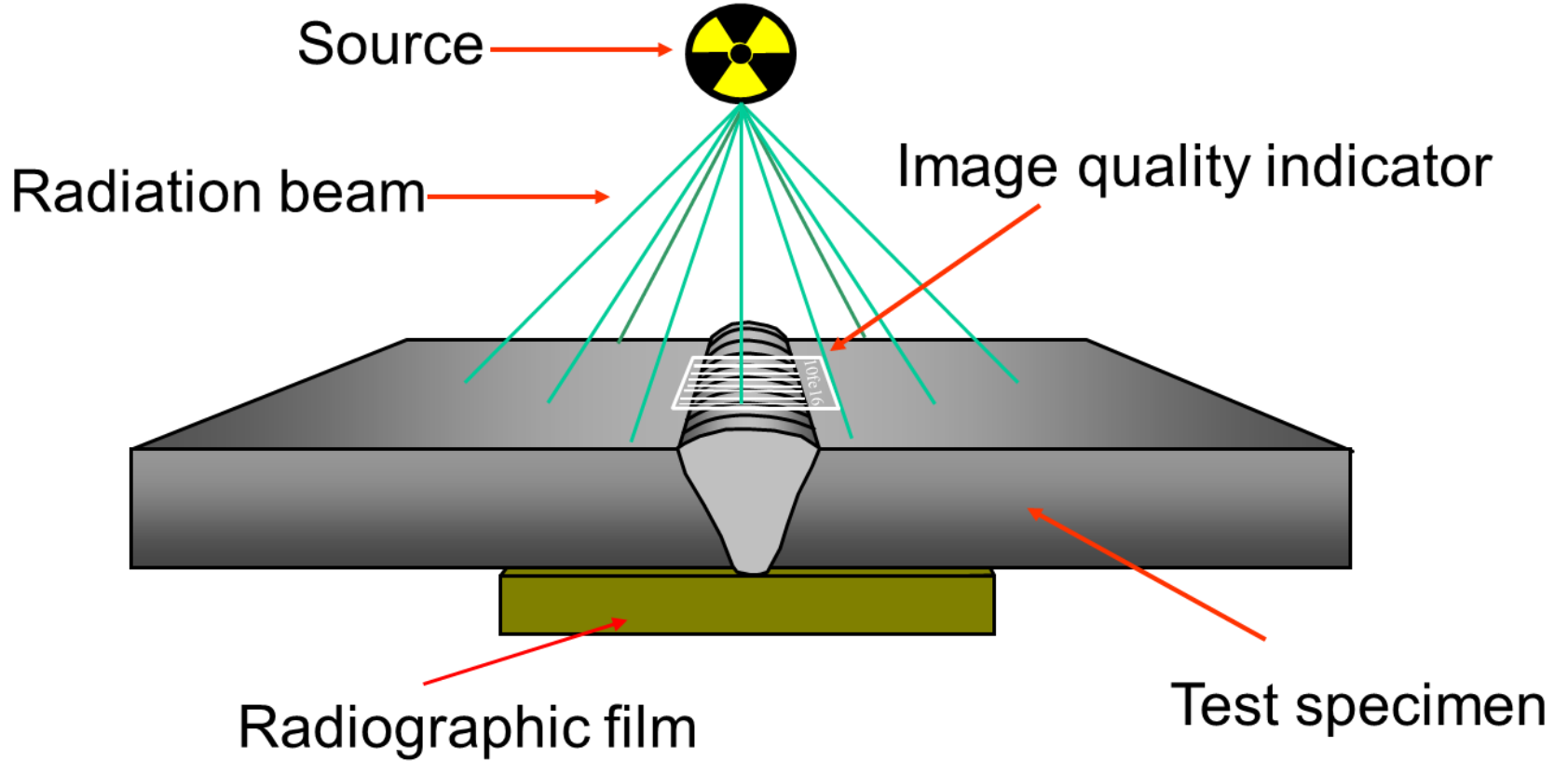


Gama-Ray ölçümü.

Tersane ve gemide yapılacak X-Ray veya Gama-Ray ölçüm yeri ve zamanı bütün personele duyurulmalıdır, test yeri 20 metre çapında koruma altına alınmalı ikaz işaretleri, bantları ile belirtilmeli ve görevli bulunmalıdır.



Gama-Ray Inspection method.



Not: Gemilerin tamirinde kullanılan Sac'lar WPS/PQR'a uygun, IACS Class sertifikalı ve Sac içerisinde Nükleer atık olmadığı belirtilmelidir.

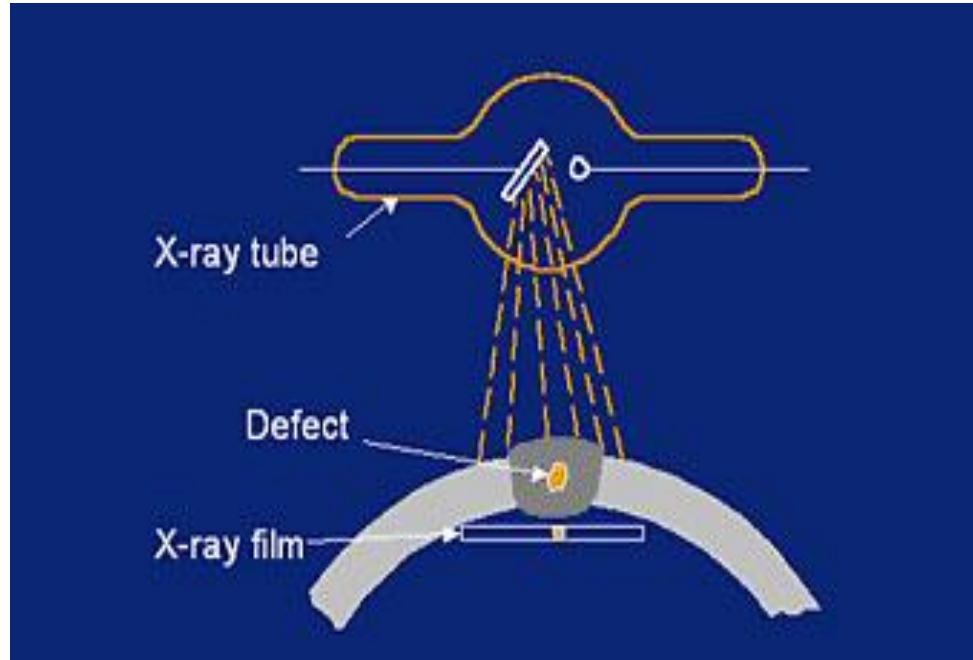
X-Ray Cihazı.

X-Ray cihazın Tersane ve Gemilerde taşınması ve yerine ayarlanması zor olduğundan sadece fabrika tesislerinde, laboratuvarlarda kullanılır (Cihaz: boy 60/70 cm, 30/35 kg)



X-Ray Inspection metod.

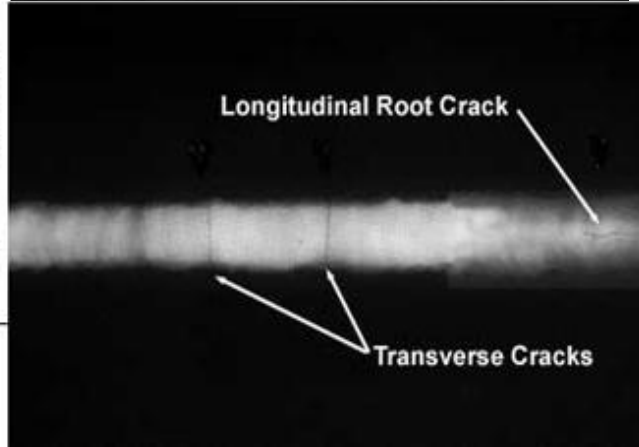
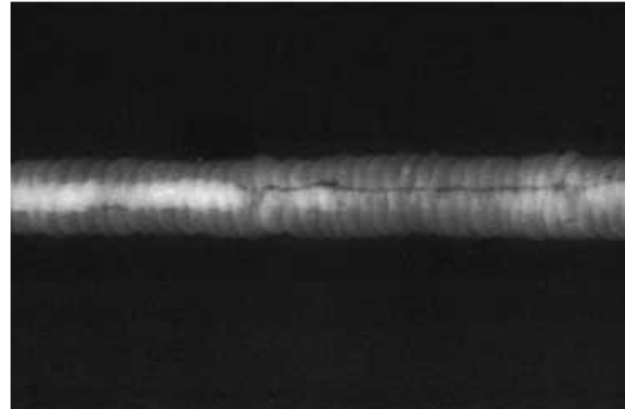
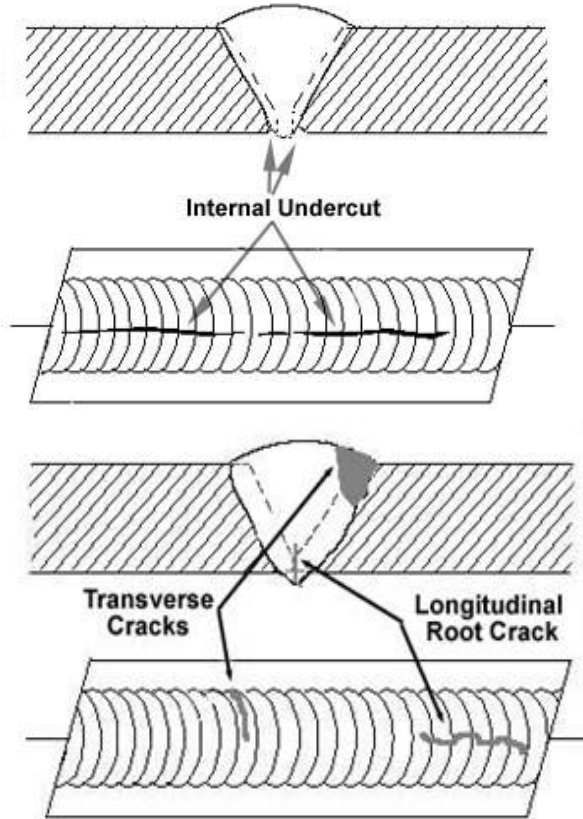
Tıp'ta Hastanelerde kullanılan rontgen cihazı ile aynı prensipte çalışır, elektrik verildiğinde Tüpün bir ucundan (+) akım diğer uca (-) giderken ortadaki Tungsten aynadan Elektronların oluşturduğu Radyasyon ışını yansıyarak test yapılacak objeye ve test filmine geçer sonra film değerlendirilir, Elektrik kapatıldığında Radyasyon biter.



X-Ray/Gama-Ray Film Interpretation

Röntgen film değerlendirmesi sadece sertifikalı Level II ve Level III Operatörleri tarafından yapılabilir.

Çatlak veya eksik kaynaktan daha çok Radyasyon ışığı geçtiğinden filmde koyu olarak görülür.



Film ön değerlendirmesinde aşağıdaki yazıların kurşun harflerle yazılmış görüntüleri kontrol edilmelidir.

- 1- Film numarası,
- 2- Film ismi (ekildięi yer),
- 3- Film tarihi,
- 4- Film mesafesi (bařlama bitme işaretleri), (A-B veya 1-2)
- 5- Film isotop cinsi vs.
- 6- Film Density,
- 7- IQI Sensitivity,

Not: Film çekilecek yere özel elik mühür ve numarator ile markalanınca aynı yazıların filmde görülmesi gerekir.

Sayın okuyucularım:

Gemilerin Havuz (Bottom inspection), Şaft surveyleri ve her türlü tamirlerde, Gemi Makinaları İşletme Mühendisleri , Gemi İnşa Mühendisleri ve gemi personelinin Tahribatsız muayene (NDT) konusunda kendi sağlıkları ve Geminin emniyetli seyiri için yaptığı çalışmalarına yardımcı olmak için , Uluslararası tersanelerde yaptığım çalışma, eğitim ve kazandığım “Bilgi birikimi, araştırmalarımı ve Tecrübelerimi” sizler ile paylaşmak istedim,

Faydalı oldumsa ne mutlu bana,

Denizcilerin Gemiye girerken ve çıkarken söyledikleri gibi:

“Allah selamet versin bütün Denizcilere”

Saygılarımla,

Kasap Mustafa Erdoğan,

Gemi Mak. ve Gemi İnşa Müh.