

Okan Üniversitesi MYO

MUTK216

TAHRİBATSIZ MALZEME MUAYENESİ

Ders Yürütücüsü:

Öğr. Gör. Eren Kayaoğlu

eren.kayaoglu@okan.edu.tr

DERS **11**

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~~

# MUTK216 – Tahribatsız Malzeme Muayenesi

## **Girdap Akımları (Eddy Current)**

# TEMEL KAVRAMLAR: **Girdap Akımları**

- **Eddy Akımı** (Girdap Akımları ya da **Foucault Akımı** da denmektedir) **Faraday**'ın **indüksiyon kanunu** sebebiyle, manyetik alan değiştiğinde iletkenlerin içerisinde oluşan çembersel (bir çerçevenin içerisinde başladığı noktaya dönen) elektrik akımıdır.
- Eddy akımı kapalı bir döngünün içerisinde, **manyetik alana dik düzlemlerde akar**. Sabit bir iletkenin içerisinde; AC elektromıknatis veya trafo kullanılarak oluşturulmuş, zamana bağlı değişen bir manyetik alan ile veya sabit bir mıknatısa göre hareketli bir iletken ile oluşturulabilir.
- Belirli bir çerçeve içerisinde oluşan akımın büyüklüğü; manyetik alanın büyüklüğü, çerçevenin alanı, çerçevenin içerisinde oluşmuş manyetik akının anlık değişim miktarı ile doğru, üzerinde aktığı maddenin içdirenciyle ters orantılıdır.

# EDDY CURRENTS

*Video*: Eddy Currents (Girdap Akımları) animasyonlu açıklama

<https://www.youtube.com/watch?v=YELQNyair7Q>

00:14 – 02:36

(See-Thru Science: Eddy Currents)

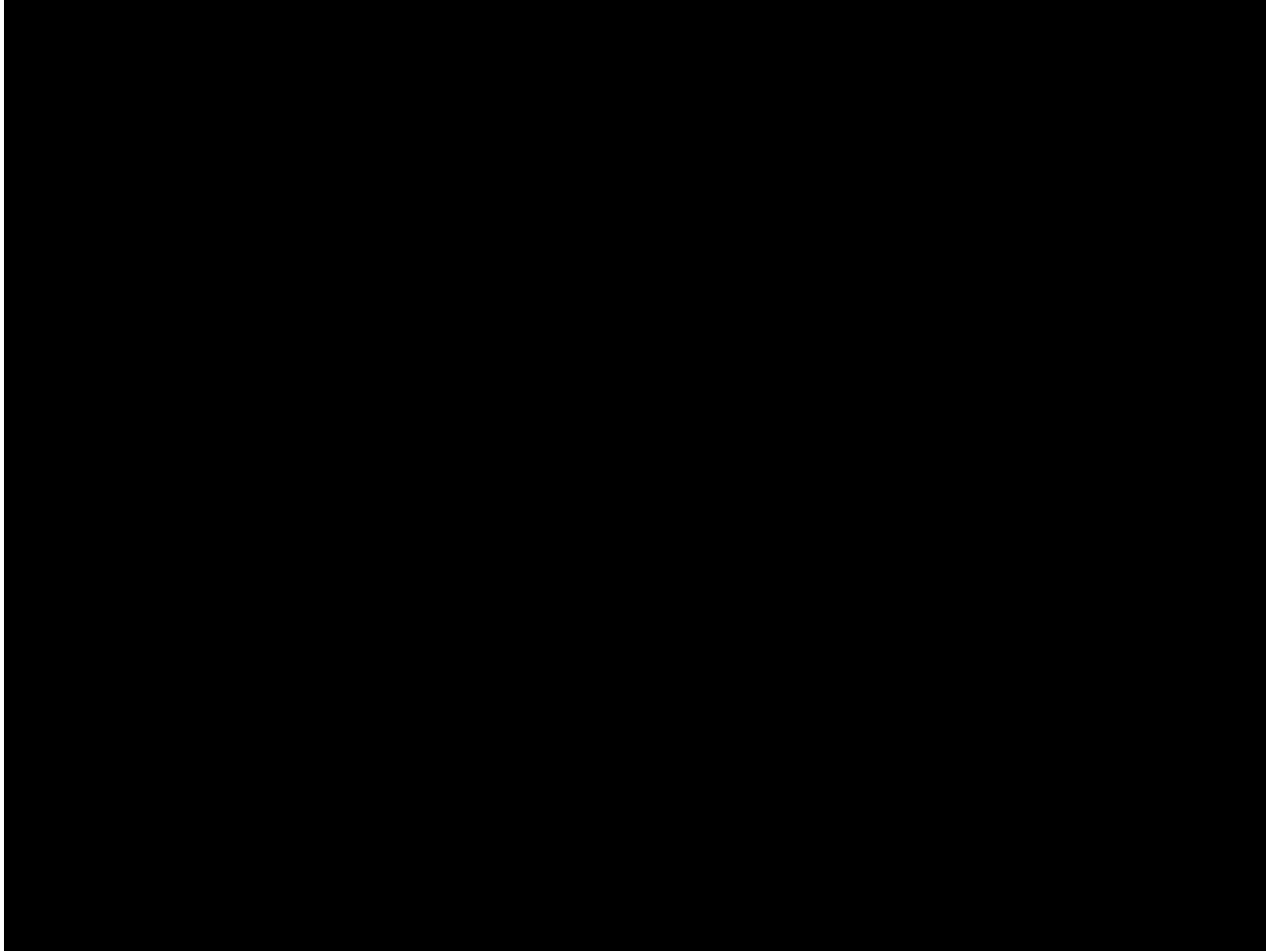
# EDDY CURRENTS

Girdap Akımları nasıl oluşur?

(Faraday Kanunu / Lenz Kanunu)



# Girdap Akımlarının Etkileri

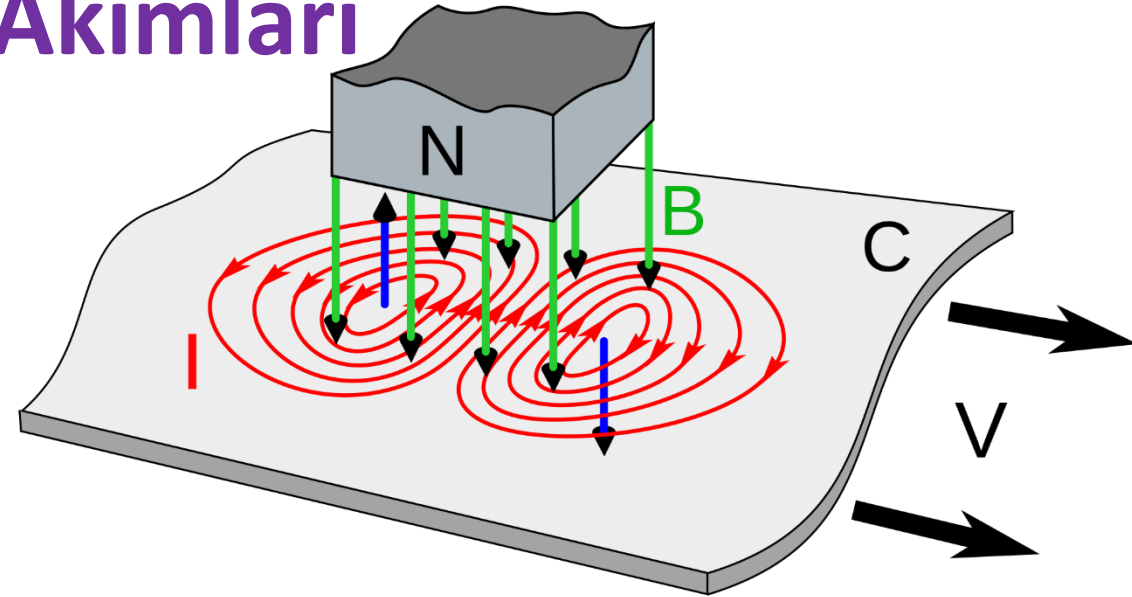


*Örnek Video:* Eddy Current Tubes / <https://www.youtube.com/watch?v=H31K9qcmeMU>

*Örnek Video:* Eddy Current Demo / <https://www.youtube.com/watch?v=Yu1uRvErM80>

## TEMEL KAVRAMLAR: Girdap Akımları

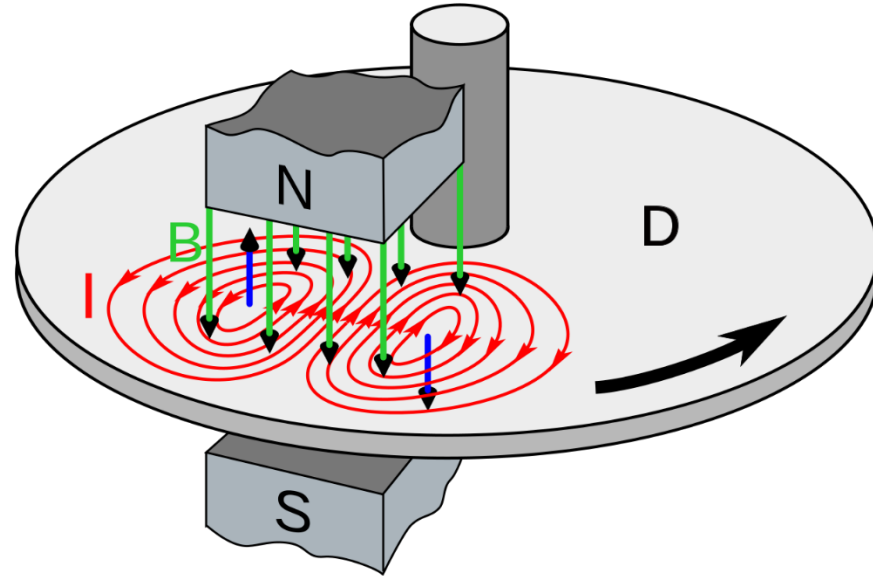
- Lenz yasası sebebiyle, Eddy akımı (*current*), kendisini oluşturan manyetik alana karşı bir manyetik alan oluşturur, yani kendisini oluşturan manyetik alan değişimine karşı çıkar. Örneğin, yüzeyinde oluşan eddy (girdap) akımı sebebiyle, iletken bir yüzey, yakınlarında hareket eden bir mıknatısa çekme kuvveti uygulayabilir.



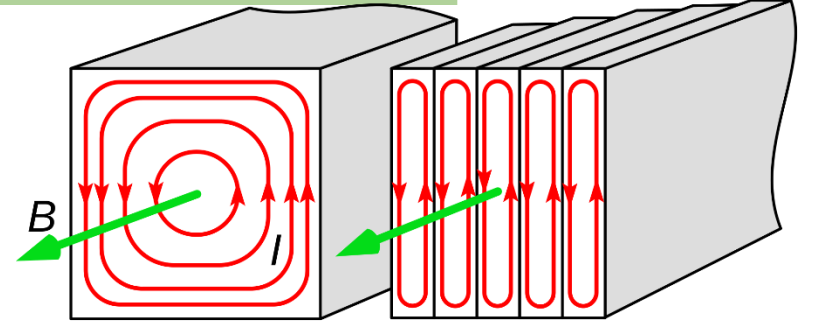
Eddy akımı (*I*, **KIRMIZI**) iletken metal plaka (C), mıknatısın(N) altında hareket ettikçe indüklenmektedir. Manyetik alan(*B*, **YEŞİL**)plakaya doğrudur. **Lenz Yasası** sebebiyle, ilerleyen uçta artan manyetik alan, saat yönünün tersinde bir akıma sebep olmaktadır. Bu akım, yukarı bakan manyetik alan oluşturup, yavaşlatıcı etkiye sebep olur. (*Soldaki MAVİ oklar*). Benzer şekilde, plakanın takip eden kısmında (Sağ taraf), saat yönünde akım ve aşağı bakan manyetik alan oluşmaktadır ki bu da yavaşlatıcıdır(*Sağdaki MAVİ oklar*).

## Girdap Akımları

- Bu etki Eddy Akımı Frenlerinde aktif olarak kullanılmaktadır. Bu fren, dönen nesnelere, cihazı kapattığımızda hızlı bir şekilde durdurmamızı sağlar.



## Girdap Akımları



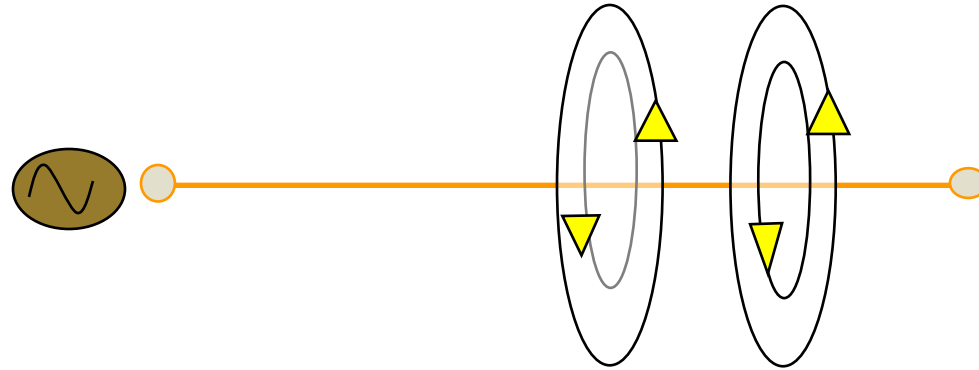
- Direnç üzerinde akan akımın ısı olarak enerji kaybına sebep olması yüzünden; eddy akımı, alternatif akım indüktörleri, trafoları, elektrik motorları ve elektrik jeneratörlerindeki enerji kaybının önemli sebeplerinden biridir. Bunları engellemek amacıyla katmanlı manyetik çekirdekler kullanılmaktadır.
- Eddy akımı ayrıca indüksiyon fırınlarında nesnelere ısıtmak amacıyla, metal objelerdeki çatlakları/kırıkları ve **hatalı kısımları tespit etmek amacıyla, eddy-akımı test cihazlarında** kullanılmaktadır.

## Girdap Akımları

- Eddy Akımı ifadesi, suda kürek çekerken oluşan analogik olarak benzeyen akımlardan ismini almaktadır. Kürek çekerken suda oluşan yerel türbülanslar, anlık kalıcı burgaçlara, diğer ismiyle “Eddi”lere sebep olur.
- Eddy akımıysa iletkenin kendi indüktansı sebebiyle, analogik olarak benzer anlık yükselmelere sebep olmaktadır.
- **Lenz Yasaları**, bir iletken üzerinde indüklenmiş akımın, kendisini oluşturan manyetik alan değişimine karşı yönde aktığını söyler. Eddy akımı, bu manyetik alana karşı çıkacak şekilde ikinci bir manyetik alan oluşturur ve iletken üstündeki akıyı engelleyecek harici akıya sebep olur.

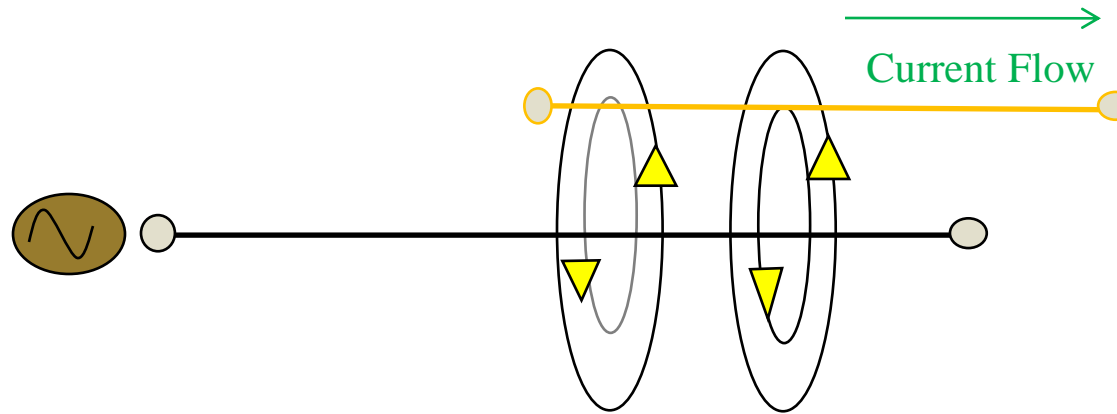
# TEMEL KAVRAMLAR: Elektromanyetik İndüksiyon

- Girdap akımları, elektromanyetik indüksiyon adı verilen bir süreçle oluşturulur.
- Bakır tel gibi bir iletkene alternatif akım uygulandığında, iletkenin içinde ve çevresinde bir manyetik alan oluşur.
- Bu manyetik alan, alternatif akım maksimuma yükseldikçe genişler ve akım sıfıra düştüğünde daralır (çöker).



# TEMEL KAVRAMLAR: Elektromanyetik İndüksiyon

- Bu değişen manyetik alanın yakınına başka bir elektrik iletkeni getirilirse, ters etki meydana gelir.
- İkinci iletkenden geçen manyetik alan, bu ikinci iletkende "indüklenmiş" (uyarılmış, tesir edilmiş) bir akımın akmasına neden olacaktır.
- Girdap akımları, indüklenmiş akımların bir şeklidir.



# Girdap Akımları

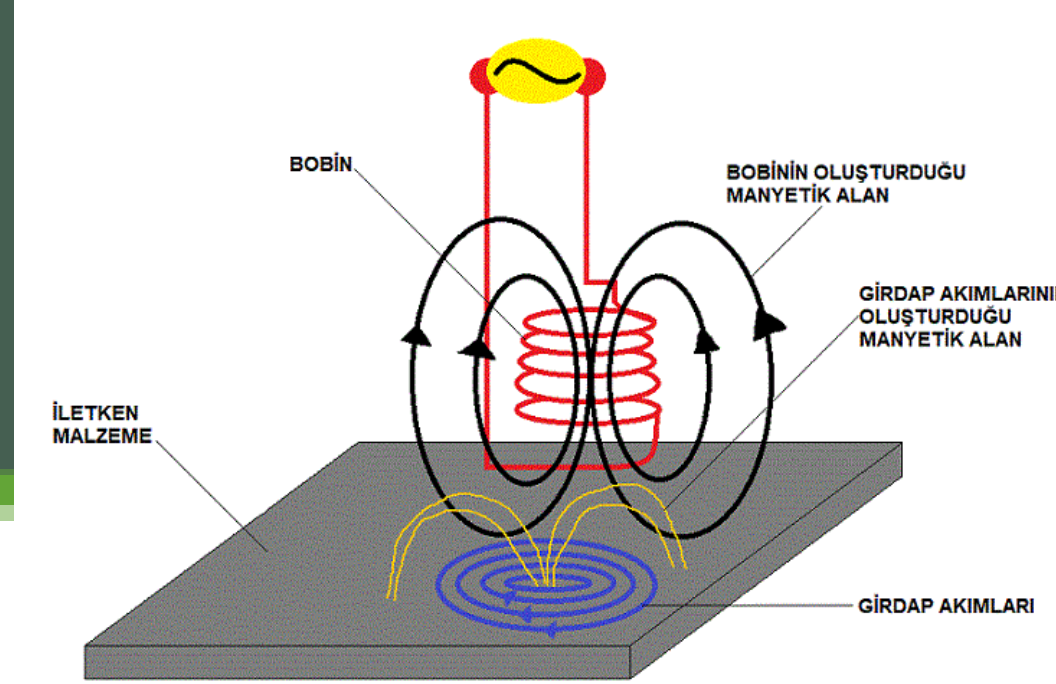
## Uygulamaları

- Metal dedektörleri
- Manyetik olmayan metallerde iletkenlik mesafesi ölçümü
- Elektrik metreler (elektromekanik indüksiyon metreleri)
- İndüksiyon ısınması
- Yakınlık sensörü (yer değiştirme sensörü)
- Otomatlar (bozuk paraların tespitinde)
- **Kaplama kalınlığı ölçümleri**
- Eddy akımı ayracı ile metalleri ayırabilmek için
- Mekanik hız ölçerler
- **Malzemelerdeki kusurların tespitinde**

## Girdap Akımları

- Uçaklarda tahribatsız muayene açısından Eddy-Current tekniği, yapıda yer alan iletken malzemelerin testlerinde kullanılmaktadır.
- Malzeme kusurları, gözle görülemeyen hasarlar vb. tespitinde faydalanılır.
- Test cihazları ile oluşturulan girdap akımlarında, malzemedeki hata ve süreksizlikler nedeniyle, oluşan değişim ve düzensizliklerin ölçülmesi esasına dayanılır.

# Girdap Akımları Muayenesi



Eddy Current Testing / Eddy Current Inspection  
ET / ECT

## Girdap Akımları Yöntemi

- Muayene edilecek parça içerisinde girdap akımları oluşturulur (*eddy currents due to electromagnetic induction*).
- Bu akımlar, malzemenin kimyasal yapısı, alaşım yapısı, kristal yapısı, malzeme içindeki kalıntılar ve hatalar, malzemenin sertliği, mekanik işlem derecesi, malzemenin sıcaklığı ve kafes kusurlarının etkilediği elektrik iletkenliği, magnetik geçirgenliği gibi özelliklerden etkilenir.

# Girdap Akımları Yöntemi

- Girdap akımlarının yukarıda verilen birçok faktörden etkilenmesi, bir taraftan ilgili yöntemde yüksek duyarlılık sağlarken, diğer taraftan bu kadar fazla etkenin getirdiği bir de karmaşa söz konusudur.
- Önce etkenlerin tümü iletken malzemenin elektrik iletkenliği ve magnetik geçirgenliğinde toplanmakta ve sonra bu iki büyüklükten magnetik geçirgenlik ayıklanarak (eliminasyon), geriye kalan tek büyüklük, elektrik iletkenliğine bağlı olarak girdap akımlarının değişimi incelenip, parça içinde olup biten hakkında bilgi edinilmektedir.

# Girdap Akımları Yöntemi

- Pratikte girdap akımları (*eddy current*) yönteminde direkt girdap akımları ölçülmeyip, girdap akımlarının kullanılan bobinin empedansına (*direnç*) etkisi sonucu bobin geriliminde (*coil voltage*) oluşan değişiklikler ölçülerek muayene gerçekleştirilir.
- Bobin empedansı, iletkenliğe, dolayısıyla elektriksel dirence, magnetik geçirgenliğe, **prob** – malzeme uzaklığına, malzeme hatalarına (hata tipi, hata yeri, hata büyüklüğü vs.) frekansa, bobin çapı, bobin uzunluğu ve bobin sarım sayısına bağlıdır. Hata tespitini sağlayan bobin voltajı bu parametrelere bağlıdır.

# Girdap Akımları Yöntemi

- Malzeme hatası dışındaki parametrelerin, elimine edilip, **sadece hatadan gelen sinyal** hata tespitinde **etkili olmalıdır**. Bazı parametrelerin elimine edilmesi için, her test işleminden önce **faz ve frekans ayarı yapılması gerekir**.
- Girdap akımı yöntemi bir **karşılaştırma metodu** olduğundan, test cihazı her test işleminin başında, **standart kalibrasyon bloklarından** faydalanılarak, testi yapılacak parçaya uygun şekilde kalibre edilmelidir.

# Girdap Akımları Muayenesi

## Tarihçesi

- Eddy Current testi *Michael Faraday*'in 1831 yılında **elektromanyetik indüksiyon** keşfi ile başlamıştır. *Faraday* 1800'lü yılların başında İngiltere'de bir kimyagerdi ve elektromanyetik indüksiyon, elektromanyetik rotasyon, manyeto-optik etki ve ters mıknatıslığı keşfetmesiyle saygınlık kazanmıştır.
- 1879 yılında, *Hughes* adında başka bir bilim adamı bir bobini farklı iletkenliğe ve geçirgenliğe sahip olan metaller ile temas ettirince bobinin özelliklerinde değişiklikler olduğunu tespit etmiştir.
- İkinci Dünya Savaşına kadar bu yöntemler materyallerin testi için kullanılmamıştır. 1950 ve 1960'larda özellikle havacılık ve nükleer endüstride olmak üzere birçok uygulama yapılmıştır.

# Girdap Akımları Muayenesi – Eddy Current Testing (ET)

## Kullanılan EN ve ISO Standartları

### **Genel:**

EN ISO 15548-1 - Tahribatsız muayene - Girdap akımı ile muayene - Teçhizat özellikleri ve doğrulama - Bölüm 1: Cihaz özellikleri ve doğrulama

EN ISO 15548-2 - Tahribatsız muayene - Girdap akımları muayenesi - Teçhizat karakteristikleri ve sağlaması - Bölüm 2: Prob özellikleri ve doğrulama

EN ISO 15548-3 - Tahribatsız muayene - Girdap akımları muayenesi - Teçhizat karakteristikleri ve sağlaması - Bölüm 3: Sistem özellikleri ve doğrulama

EN ISO 15549 - Tahribatsız muayene - Girdap akımları muayenesi - Genel kurallar

### **Kaynaklar:**

EN ISO 17643 - Kaynakların tahribatsız muayenesi - Karmaşık düzlem analizi ile kaynakların girdap akım muayenesi

### **Borular:**

EN 1971-1 - Bakır ve bakır alaşımları - Dikişsiz yuvarlak bakır ve bakır alaşımı borulardaki kusurların ölçümü için girdap akım muayenesi - Bölüm 1: Çevreleyen bir bobinle dış yüzeyde deney

EN 1971-2 - Bakır ve bakır alaşımları - Dikişsiz yuvarlak bakır ve bakır alaşımı borulardaki kusurların ölçümü için girdap akım muayenesi - Bölüm 2: İç yüzeyde iç problu yöntem

# Girdap Akımları Muayenesi – Eddy Current Testing (ET)

## Bilimsel Temeli

Bir sarımdan değişken akım (AC) geçirildiğinde bu sarım etrafında bir manyetik alan meydana gelir. 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 ikincil manyetik alan ölçülerek yüzey hataları bulunabilir, malzemenin iletkenlik, geçirgenlik gibi parametreleri belirlenebilir.

## Uygulama Alanları

Bu metot elektriksel olarak iletken olan bütün malzemelerde (bakır, alüminyum, vb.) yüzey ve yüzey altı süreksizliklerinin tespiti için kullanılır. Girdap akımları muayenesi metodu ile ayrıca elektriksel iletkenlik veya manyetik geçirgenlik gibi özelliklere dayanarak malzemelerin sınıflandırılması da mümkündür. Bunlardan başka kaplama kalınlığı veya ince metal levhaların kalınlığı ölçümleri de yapmak mümkündür.

# Girdap Akımları Muayenesi – Eddy Current Testing (ET)

## Sınırlamalar

Elektriksel olarak iletken olmayan malzemelere uygulanamaz. Ferromanyetik malzemelerin muayenesi için özel prosedürler gerekir. Nüfuziyet derinliği sınırlıdır. Muayene sonucu tarama yönüne bağlı olduğundan uygun olmayan yönlerde tarama sonunda bazı hatalar gözlenemeyebilir. Diğer yöntemlere kıyasla kullanıcının eğitim ve tecrübesine daha fazla bağlıdır. Yüzey şartları muayene sonucunu çok etkiler. Düzenek için özel referans standart bloklara ihtiyaç vardır.

## Uygulaması

Muayene yüzeyinde çatlak türü belirtiler aranıyorsa daha hassas oldukları için genellikle **diferansiyel prob** adı verilen problarla tarama yapılır, ama **absolut prob**larla da çatlak türü hataları tespit etmek mümkündür. Absolut problar daha çok malzeme karakterizasyonu ve kaplama kalınlığı ölçümü için kullanılır. Kalınlık ölçümü için "lift-off" etkisinden faydalanılır. Bunun için önce cihaz kalibre edilmelidir. Kalibrasyon için kullanılacak kalınlıklar, ölçülecek kalınlığa yakın ve biraz daha büyük bir değer ve biraz daha küçük bir değer olacak şekilde seçilmelidir. Muayene parçasının manyetik geçirgenliği veya elektriksel iletkenliği ölçümü ile karakterizasyonu yapılacaksa yine absolut problar kullanılır ve cihaz değerleri bilinen referans bloklar yardımı ile ölçüm öncesinde kalibre edilmelidir.

## Girdap Akımları Yöntemi / Uygulanması

1. Bir enerji bobini metal bir parçanın yüzeyine yakınlaştırıldığında, sarımın değişken manyetik alanı malzeme üzerinde girdap akımları oluşturur.
2. Bu akımlar orijinal manyetik alana karşı eğilimde manyetik alan kurar.
3. Numuneye yakın bobinin empedansı numunede indüklenen indüksiyon akımlarının varlığından etkilenir.
4. Numunedeki girdap akımları kusur veya malzeme çeşitliliği ile bozulduğunda, bobin empedansı değişir.
5. Bu değişiklik ölçülür, kusur veya malzeme durumu ve türünü verecek şekilde gösterilir.

## Girdap Akımları Yöntemi / Uygulanması

- a. Eddy-Current yöntemi, yüzey ve yüzeye yakın hataların belirlenebilmesi için uygun bir yöntemdir.
- b. Elektrik iletkenliğine sahip olan bütün metal ve alaşım malzemelere uygulanabilmektedir.
- c. Girdap akımları muayenesi yöntemi ile ayrıca elektriksel iletkenlik veya manyetik geçirgenlik gibi özelliklere dayanarak malzemelerin sınıflandırılması, ayrıca kaplama kalınlığı veya ince metal levhaların kalınlık ölçümlerini de yapmak mümkündür.

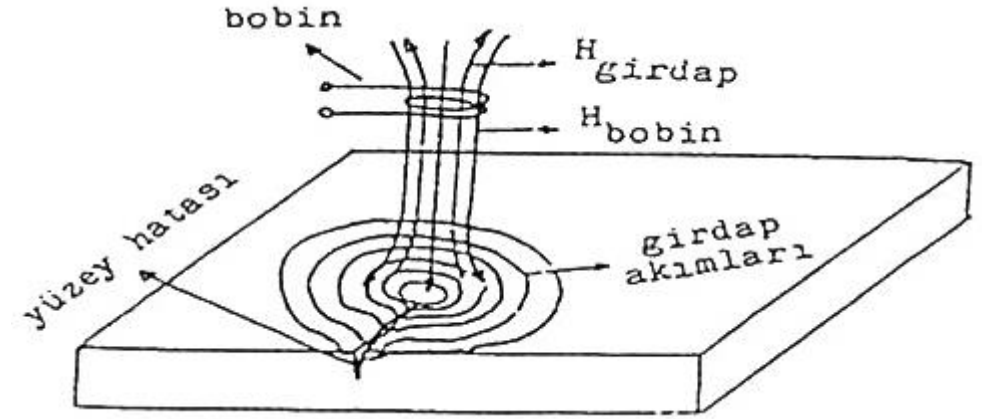
# Girdap Akımları Yöntemi / Uygulanması

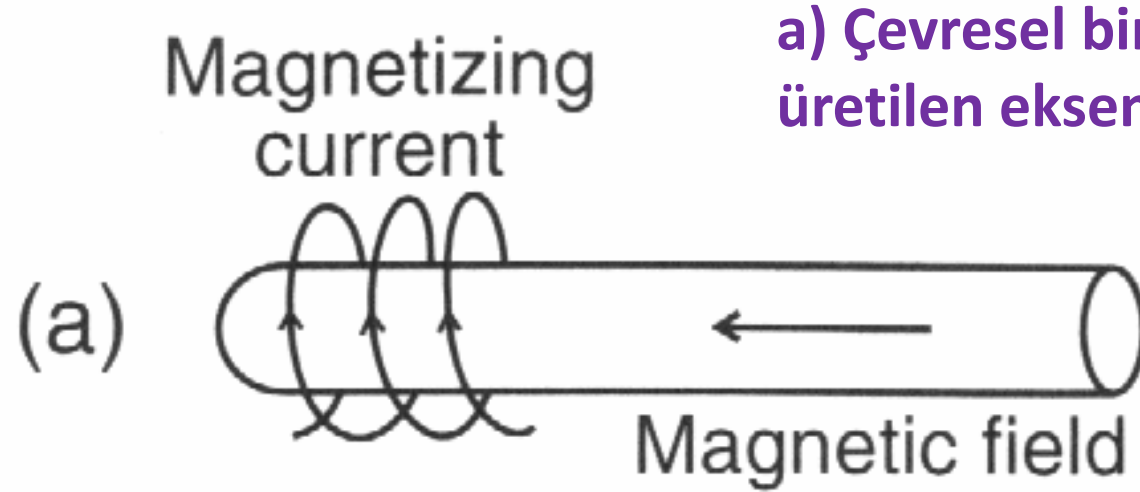
- i. Bu Tahribatsız Muayene (NDT) yöntemi genel olarak bir üreteç (jeneratör), bir test bobini ve bir gösterge (endikatör) ile çalışmaktadır. Üreteç, manyetik alanı yaratan test bobinine değişken **(alternatif) akım (AC)** sağlamaktadır.
- ii. Değişken manyetik alan, iletken test parçasında girdap akımlarını indükler. İndüklenen bu **girdap akımları (eddy current)** bobinin manyetik alanına zıt yönde ikinci bir manyetik alan meydana getirir.
- iii. Test parçasının özelliklerindeki bir değişim veya bir süreksizlik elektrik direncinde bir değişikliğe neden olur ve akım miktarını dolayısıyla da manyetik alanı değiştirir. Göstergeden (ibre / katot ışını tüpü / LCD ekran), malzemenin, girdap akımlarını ne şekilde etkilediği izlenir ve kaydedilir.

# Girdap Akımları

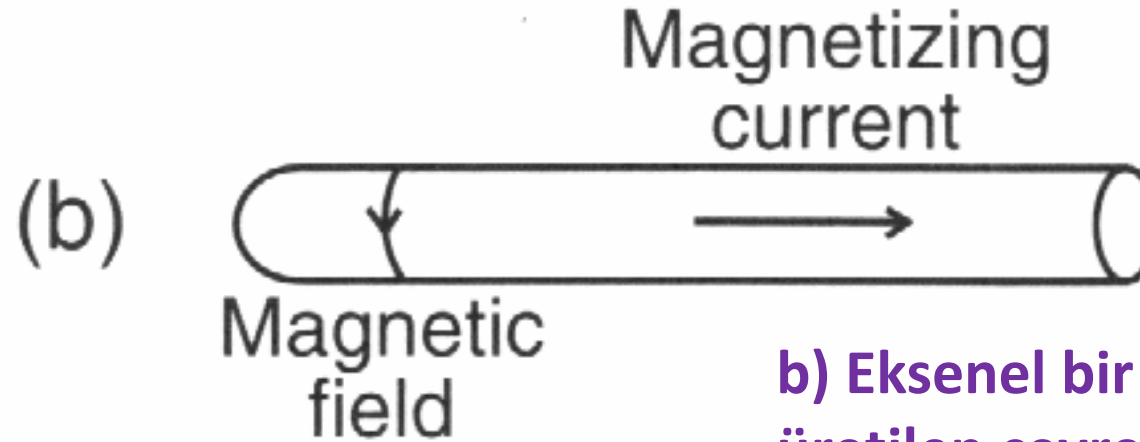
Girdap akımı testi aşağıdaki amaçlar için kullanılabilir:

- ✓ **İletken malzemelerde** yüzey ve yüzey altı hatalarının tespit edilmesinde.
- ✓ İletken malzeme üzerindeki iletken olmayan kaplama kalınlığının (örneğin, boya) ölçülmesinde.
- ✓ Metalik bileşenlerin elektrik iletkenliklerinin ölçülmesinde.



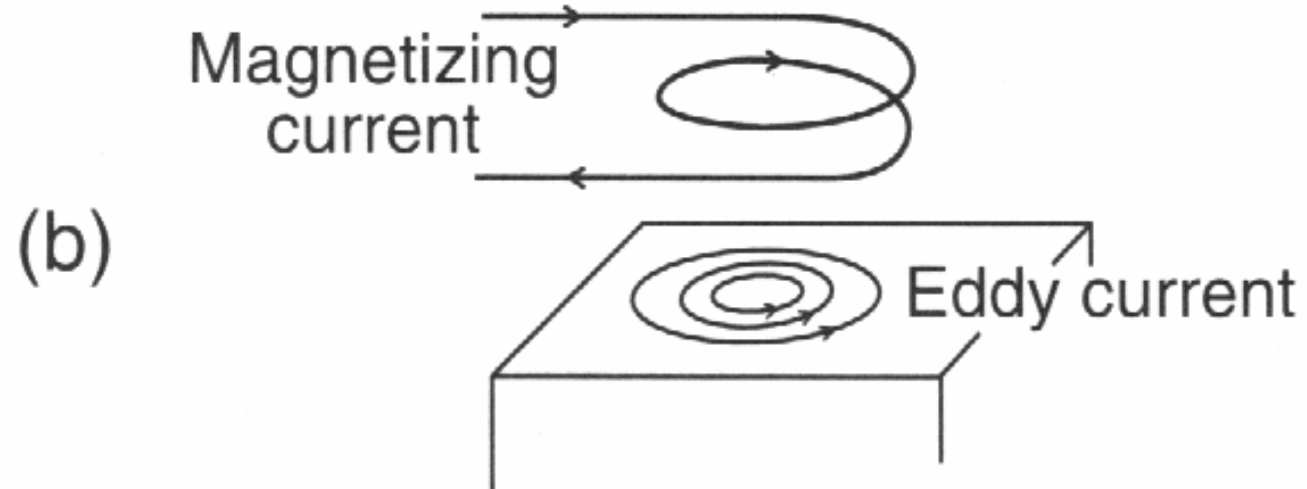
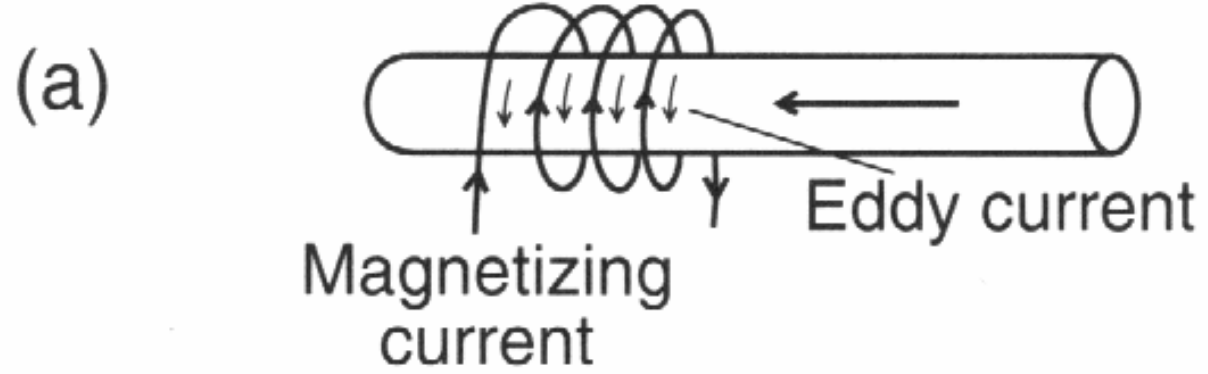


a) Çevresel bir elektrik akımı tarafından üretilen aksenal bir manyetik alan



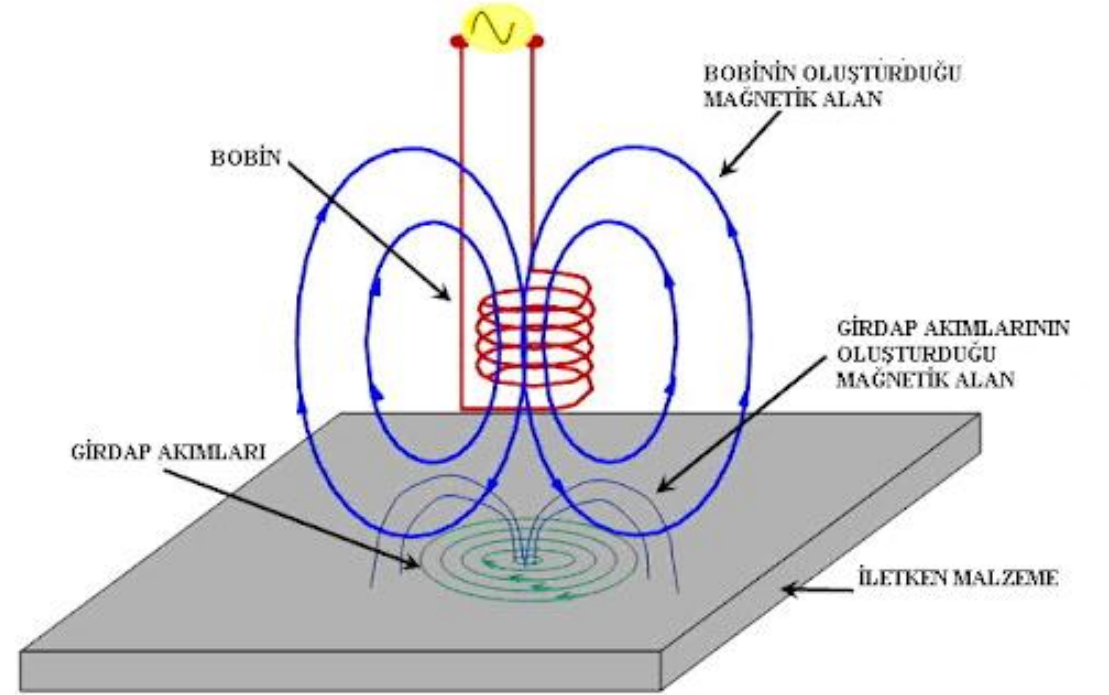
b) Aksenal bir elektrik akımı tarafından üretilen çevresel bir manyetik alan

# Uygulanan bir manyetik alan tarafından girdap akımının üretilmesi



# GİRDAP AKIMLARI

- Bobin sargılarından geçirilen elektrik akımı vasıtasıyla, yakında konumlanan düz bir parçanın yüzeyinde girdap akımı oluşumu

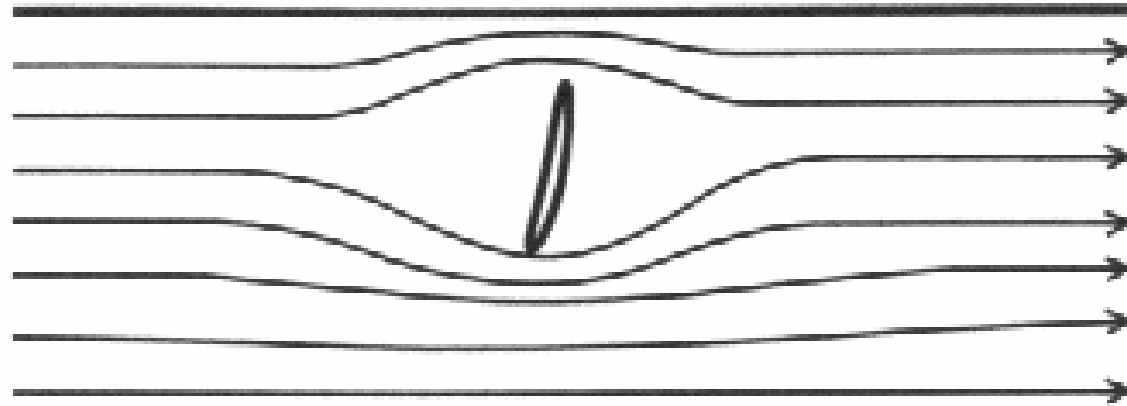
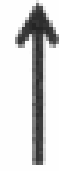


# GİRDAP AKIMLARI

- Tahribatsız muayene uygulamalarında girdap akımı prob ve bobinleri ile birkaç Hertz'den (Hz) birkaç MHz'e değişen belirli frekans aralıklarında, malzemelerin elektromanyetik alanlara cevabı ölçülür.
- Bu cevaplardan; sertlik, sertlik derinliği, kalınlık, korozyon kalınlığı bilgisi ve porozite, yüzey çatlakları gibi hatalar çıkartılabilir.
- İletken metal malzemelerin testinin yanı sıra grafit (karbon) ve epoksi kompozit gibi **düşük iletkenlikteki malzemelerde de** uygulanabilir.
- Otomotiv sektörü, uçak endüstrisi, güç santrallerinde; kalite kontrol, muayene, bakım işlerinde ve proses kontrollerinde kullanılmaktadır.

## Bir kusur etrafındaki girdap akımı yollarının bozulması

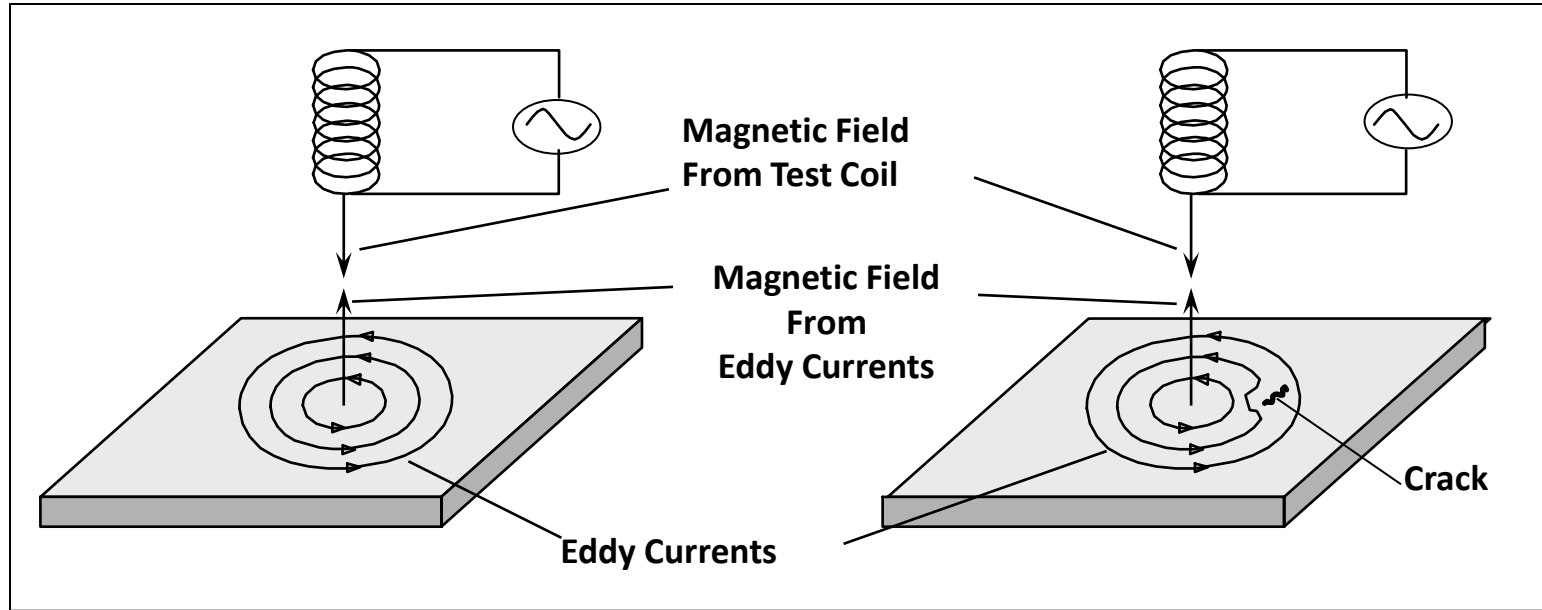
Magnetic field induced  
by eddy current



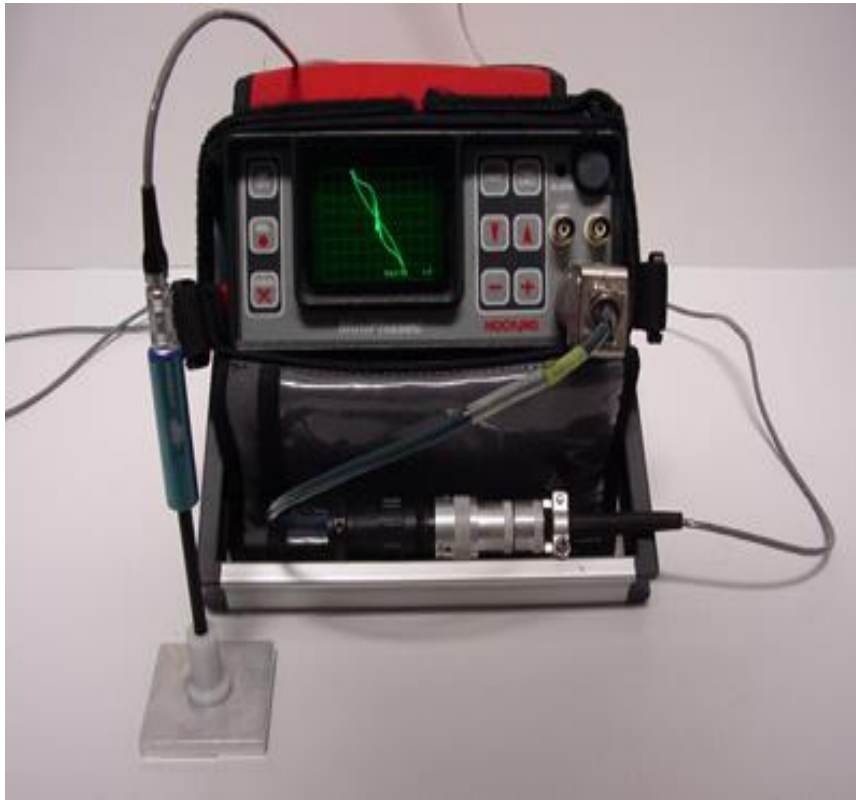
Eddy current paths

# Çatlak Tespiti (*Crack Detection*)

- Çatlak tespiti, girdap akımı yönteminin başlıca kullanımlarından biridir.
- Çatlaklar girdap akımlarının dairesel akış modellerinde bozulmaya neden olur ve güçlerini zayıflatır.
- Güçteki bu değişiklik, çatlak konumunun tespit edilmesini sağlar.



# Girdap Akımları Test Ekipmanları



# Girdap Akımları Muayenesi / Prob Türleri

## *Differential Probes / Diferansiyel Prob*

Diferansiyel problemler, diferansiyel sinyalleri ölçer. Yani herhangi iki nokta arasındaki farkı ölçerler. Diferansiyel problemler, iki sinyal arasındaki farkı tipik bir tek uçlu alıcı girişine gönderilebilecek bir voltaja dönüştürmek için bir diferansiyel yükseltici kullanır.

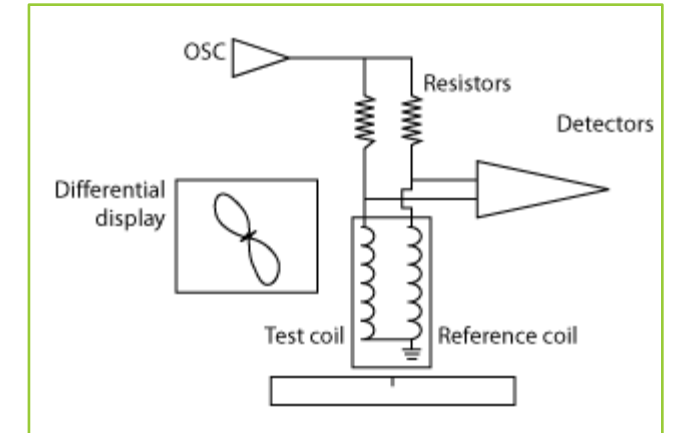
## *Absolute Probes / Absolut Prob*

Mutlak problemler genellikle girdap akımlarını oluşturmak ve girdap akımı alanındaki değişiklikleri algılamak için kullanılan tek bir test bobinine sahiptir. AC bobinden geçirilir ve bu, bobinin içinde ve çevresinde genişleyen ve çöken bir manyetik alan oluşturur.

# Girdap Akımları Muayenesi / Prob Türleri

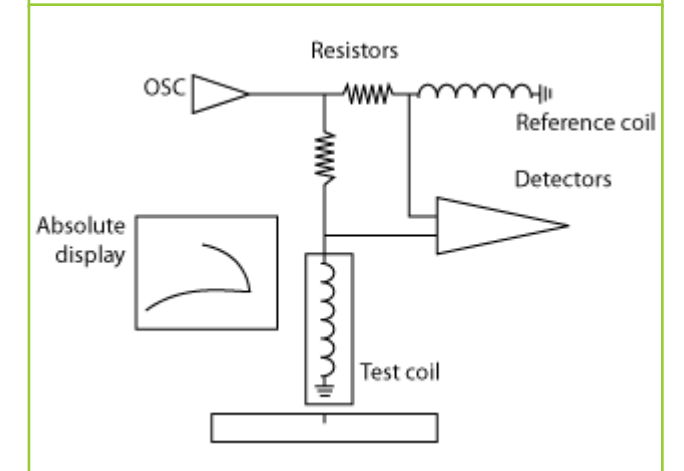
## *Differential Probes / Diferansiyel Prob*

Diferansiyel problarda birden fazla bobin yer alır.



## *Absolute Probes / Absolut Prob*

Mutlak probda tek bir test bobini yer alır.



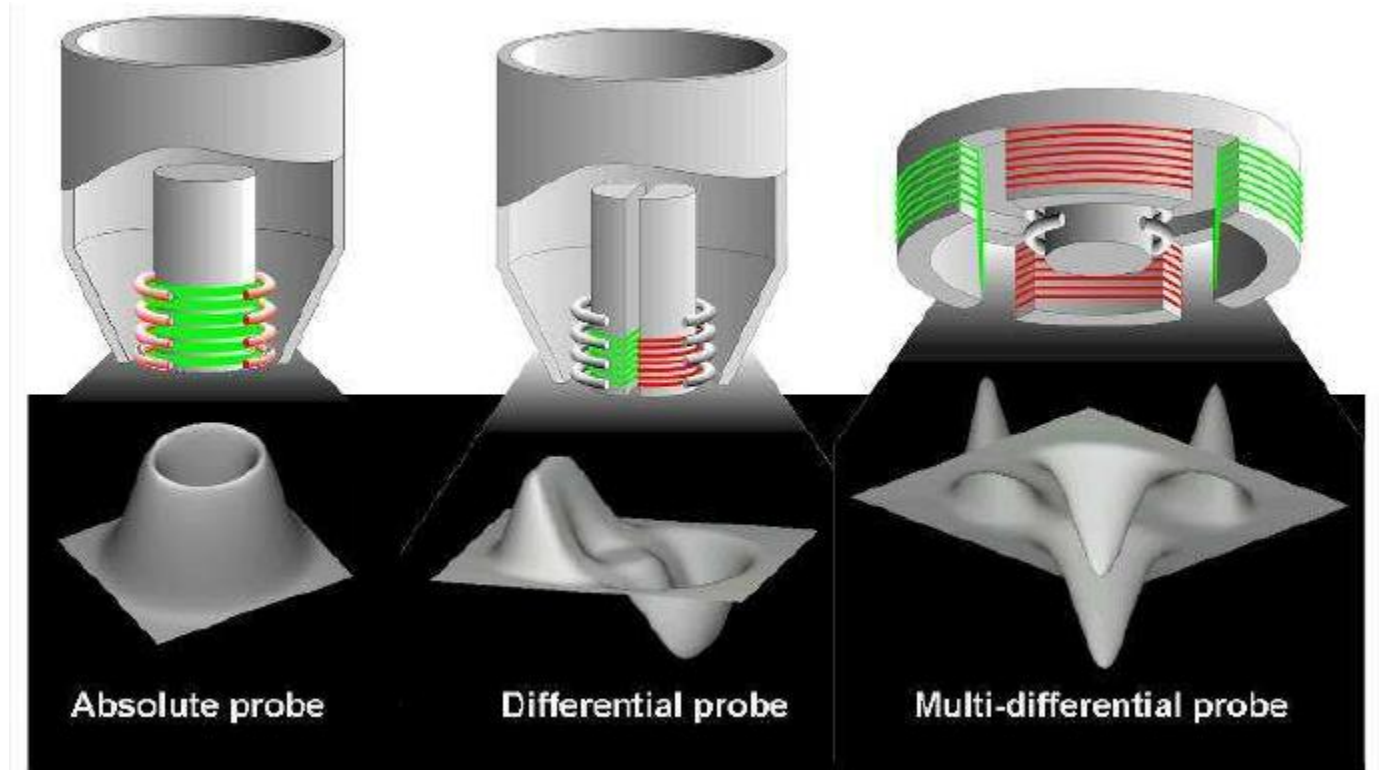
# Girdap Akımları Muayenesi / Prob Türleri

## Diferansiyel Prob ve Çoklu-Diferansiyel Prob

birden fazla bobin

## Mutlak Prob

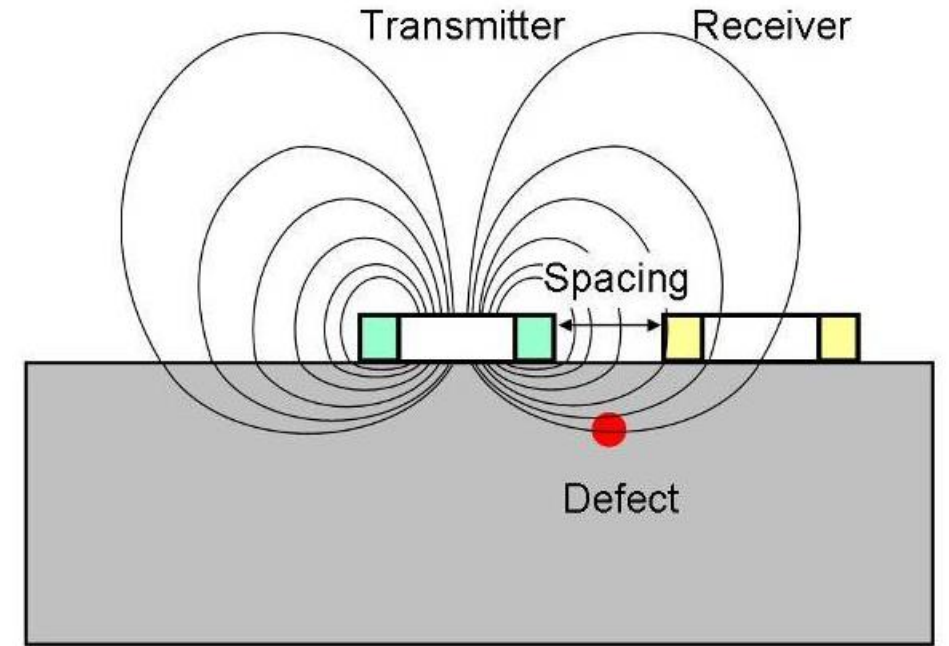
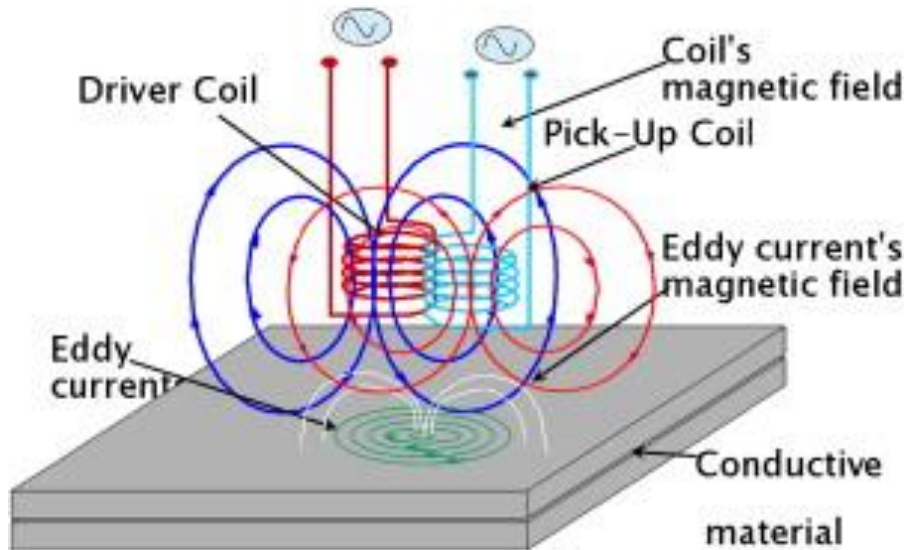
tek bobin



# Girdap Akımları Muayenesi / Prob Türleri

*Örnek Görseller:*

İki bobin ile hata tespiti



# Farklı Prob Türleri



**Absolute Probes**



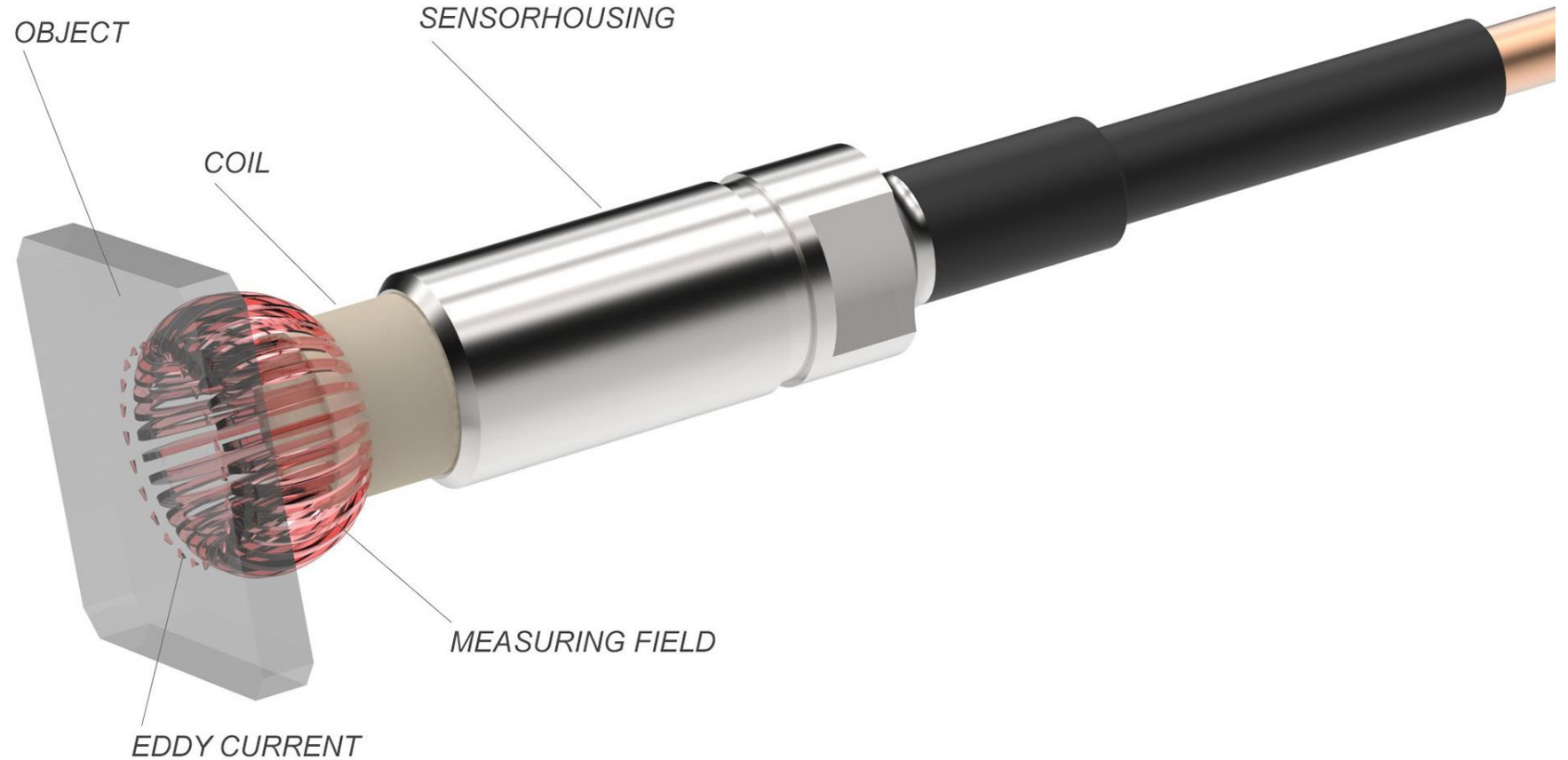
**Surface Probes**



**Bobbin Probes**

# Girdap Akımları Muayenesi / **Prob**

*Örnek Görsel:*  
ECT prob yapısı

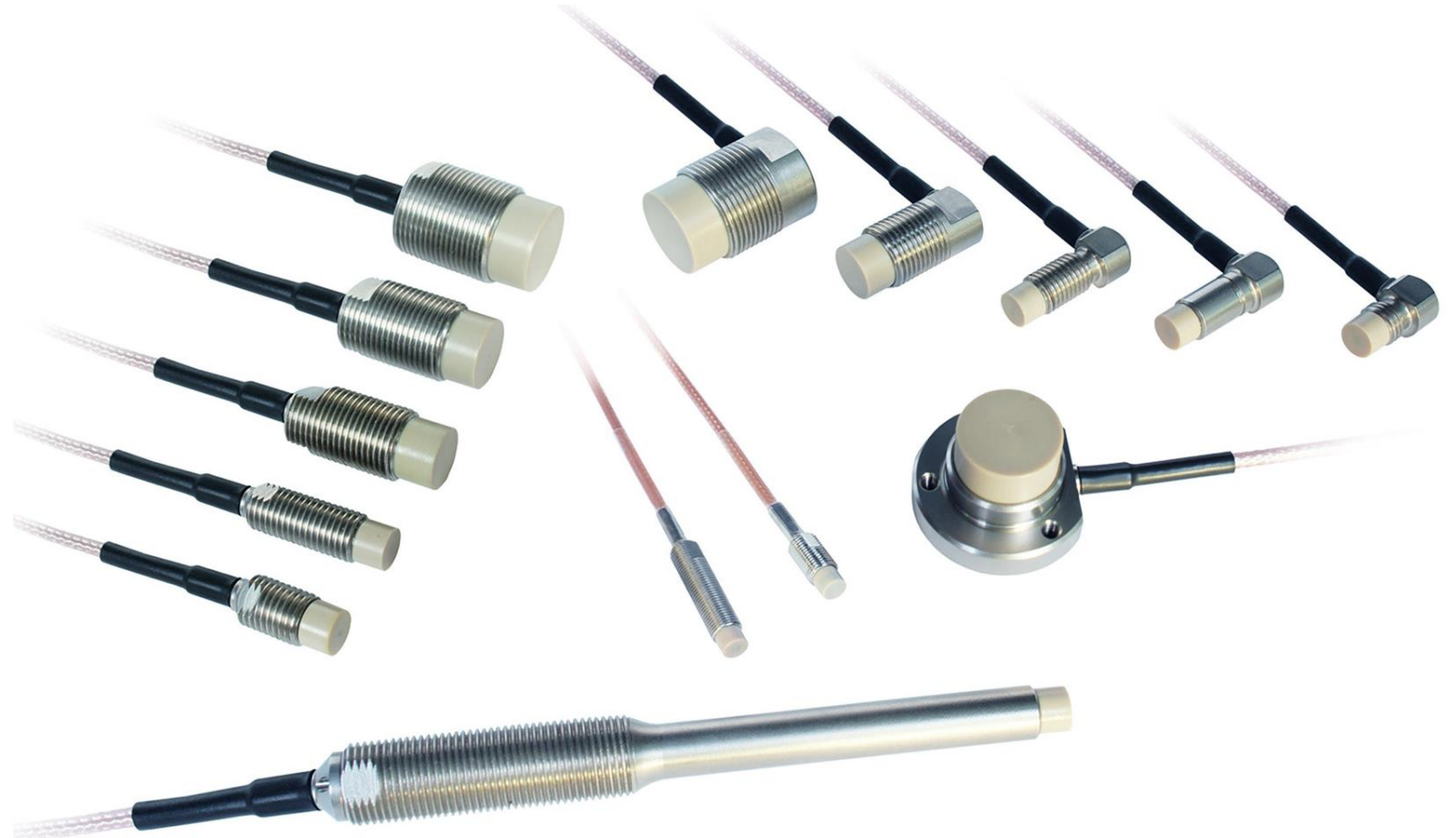


# Girdap Akımları Muayenesi / **Prob**

## *Örnek Görsel:*

### Çeşitli Eddy Current probları

- -60 °C ile 180 °C sıcaklık aralığında çalışabilme
- Yağ, su, antifriz bulaşmış, yalıtkan yüzeylerde temassız ölçüm imkanı



# Girdap Akımları Muayenesi / **Prob**

## Örnek Görsel:

Döner Prob

(*Rotating Probes*)

- Bağlama elemanı deliklerinin girdap akımları ile muayenesi Uçak Bakım Endüstrisinde rutin olarak gerçekleştirilir.
- Cıvata deliği muayenesi, havşa muayenesi, yüksek hızlı yüzey muayenesi vb.

Döner prob test blokları

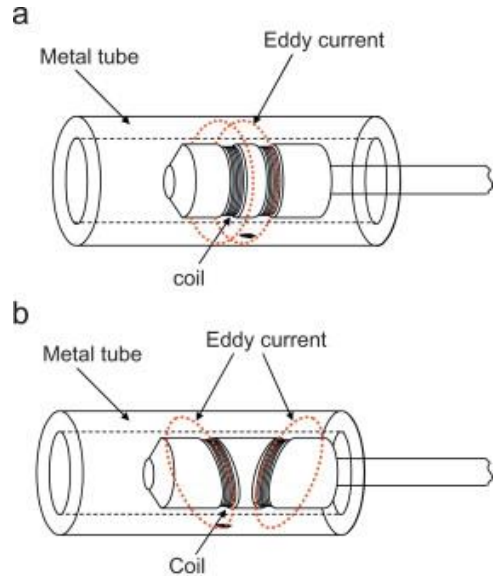
(*Rotating Probe Test Blocks – Multi Hole*)



# Girdap Akımları Muayenesi / **Prob**

*Örnek Görsel:*

Özel şekilli probalar (*special probes*) >>>



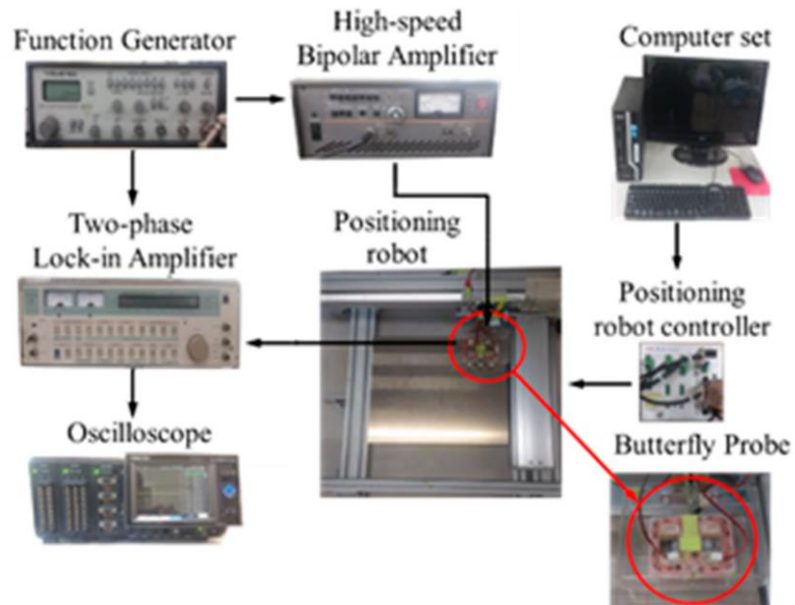
<<< Eğimli sargı  
(*inclined coil*) ECT probu



# Girdap Akımları Muayenesi / Çeşitli Donanım

## Örnek GörSEL:

Kontrol ve sürücü kartları  
(*controllers and drivers*)



# Girdap Akımları Muayenesi

## Üstünlükleri / Avantajları

- Hafif ve taşınabilir cihazlar, ayarlanması (*set-up*) basit
- Temas maddesi gerektirmez, **temassız muayene** imkânı sağlar
- Ekstra sarf malzemesi gerektirmez
- Hatalara karşı çok duyarlı, küçük hataların tespiti yapılabilir
- Hataların boyutsal analizi veya kaplama kalınlığı için oldukça duyarlı
- Tekrar edilebilir
- Yüksek tarama hızı kullanılabilir
- Hızlı muayene imkânı ve yüksek doğruluk oranı
- Yüksek sıcaklıkta çalışma imkanı
- Güvenli bir metot

# Girdap Akımları Muayenesi

## Sınırlamaları / Dezavantajları

- Sadece metaller gibi **iletken malzemelerin testinde** kullanılır
- Sadece yüzeye yakın ve yüzeyin hemen altındaki hatalar tespit edilebilir
- Elektrik prensipleri ve matematik konusunda **iyi bir akademik temel gerektirir**
- Yüzey bozukluklarına karşı çok duyarlı olup, **düzgün bir test yüzeyi** gerektirir
- Yüzey altı hatalarının tespitinde, manyetik olmayan veya az manyetik malzemelerde kullanılabilir; örneğin, karbon çeliğine uygulanamaz, ferromanyetik malzemeler özel şartlarda test edilebilir
- Çatlağın darlığı (bitişikliği) ve girdap akımlarının çatlağa veya çizgisel süreksizliklere göre **doğrultusu tespit edilebilirliği** (*detectability*) etkiler (**doğrultu etkisi**)
- Titreşim ve darbe gibi etkiler hata tespitini zorlaştırır

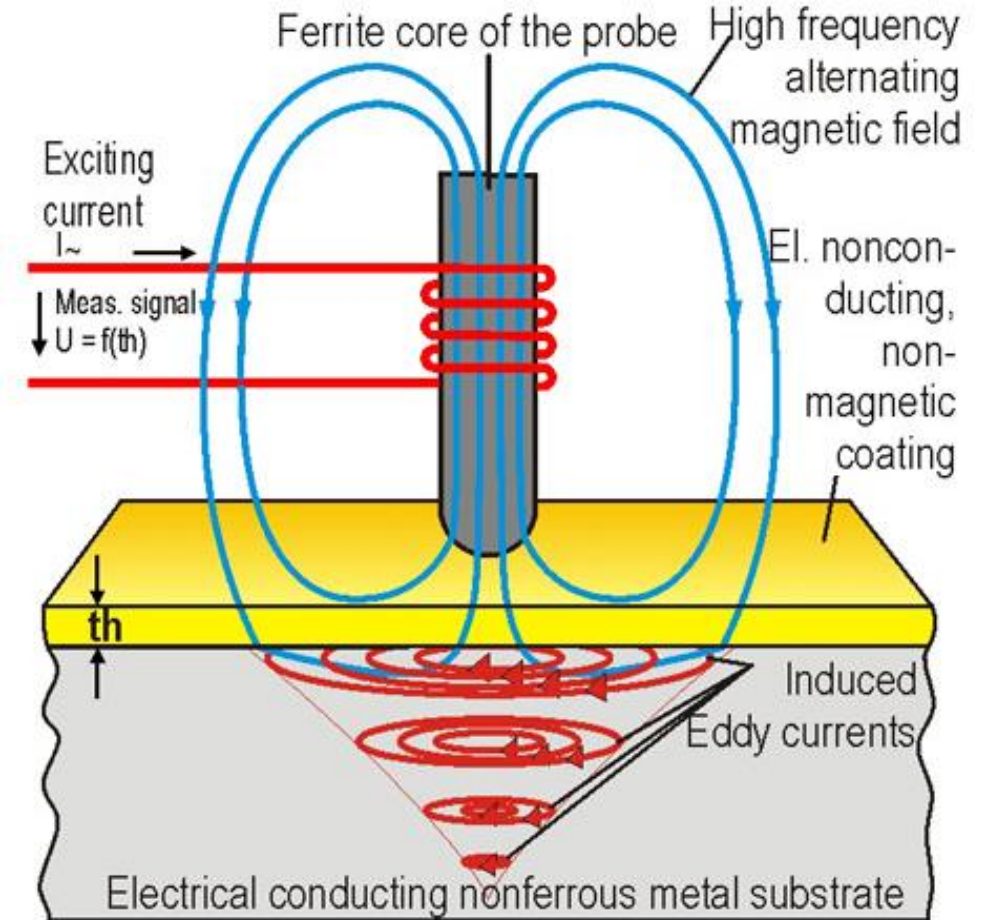
# Girdap Akımları ile Muayene Uygulamaları



# GİRDAP AKIMLARI UYGULAMASI

## KAPLAMA KALINLIĞI ÖLÇÜMÜ

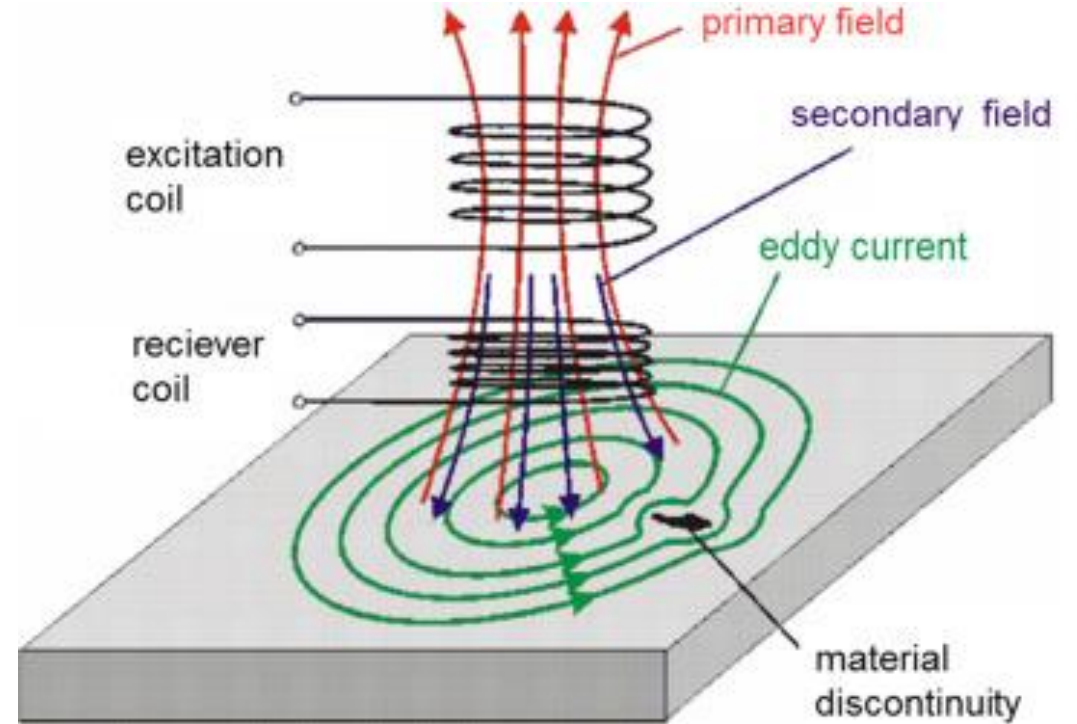
- Kaplama kalınlık ölçümü (iletken malzeme üzerindeki yalıtkan malzemenin kalınlığının tespiti)



# GİRDAP AKIMLARI UYGULAMASI

- Malzeme içerisinde indüklenen girdap akımı (*Eddy Current*) ile kusur veya süreksizlik (*discontinuity*) tespiti

- *Excitation Coil: Tahrik Bobini >>>*
- *Receiver Coil: Algılama Bobini >>>*



# GİRDAP AKIMLARI UYGULAMASI

*Örnek Görseller:*

Uçak gövdesi üzerinde Eddy Current Muayenesi >>>

Eddy Current ile kaynak dikişi muayenesi



# GİRDAP AKIMLARI UYGULAMASI

*Örnek Görseller:*

İletkenlik probu (*conductivity probe*) ile muayene >>>

İletkenlik test blokları, referans olarak kalibrasyon için kullanılır >>>



# GİRDAP AKIMLARI UYGULAMASI

*Örnek Görsel:*

Otomatik jant (*wheel*) muayene sistemi



# GİRDAP AKIMLARI UYGULAMASI

*Video:* Eddy Current Yöntemi ile Muayene

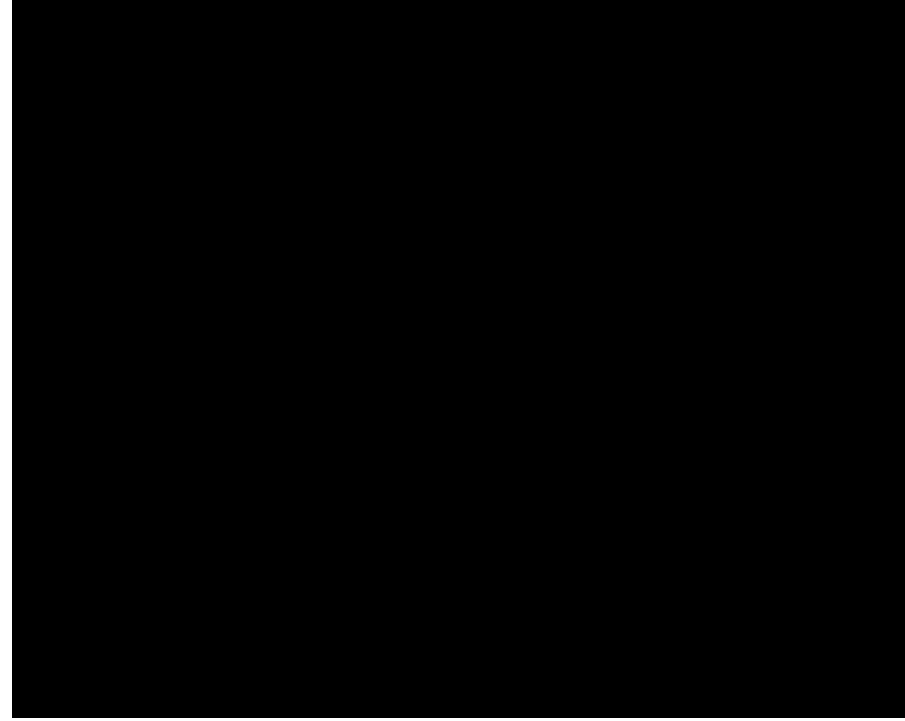
[https://www.youtube.com/watch?v=D5BnBzf2F\\_o](https://www.youtube.com/watch?v=D5BnBzf2F_o)

03:35 – 10:00

(Eddy current testing in Aerospace)

# GİRDAP AKIMLARI UYGULAMASI

Uçaklarda  
Eddy Current  
Muayene  
Yöntemi  
Kullanılan  
Yerler



# GİRDAP AKIMLARI UYGULAMASI

*Video:* Eddy Current Yöntemi ile Jant ve Deliklerin Muayenesi

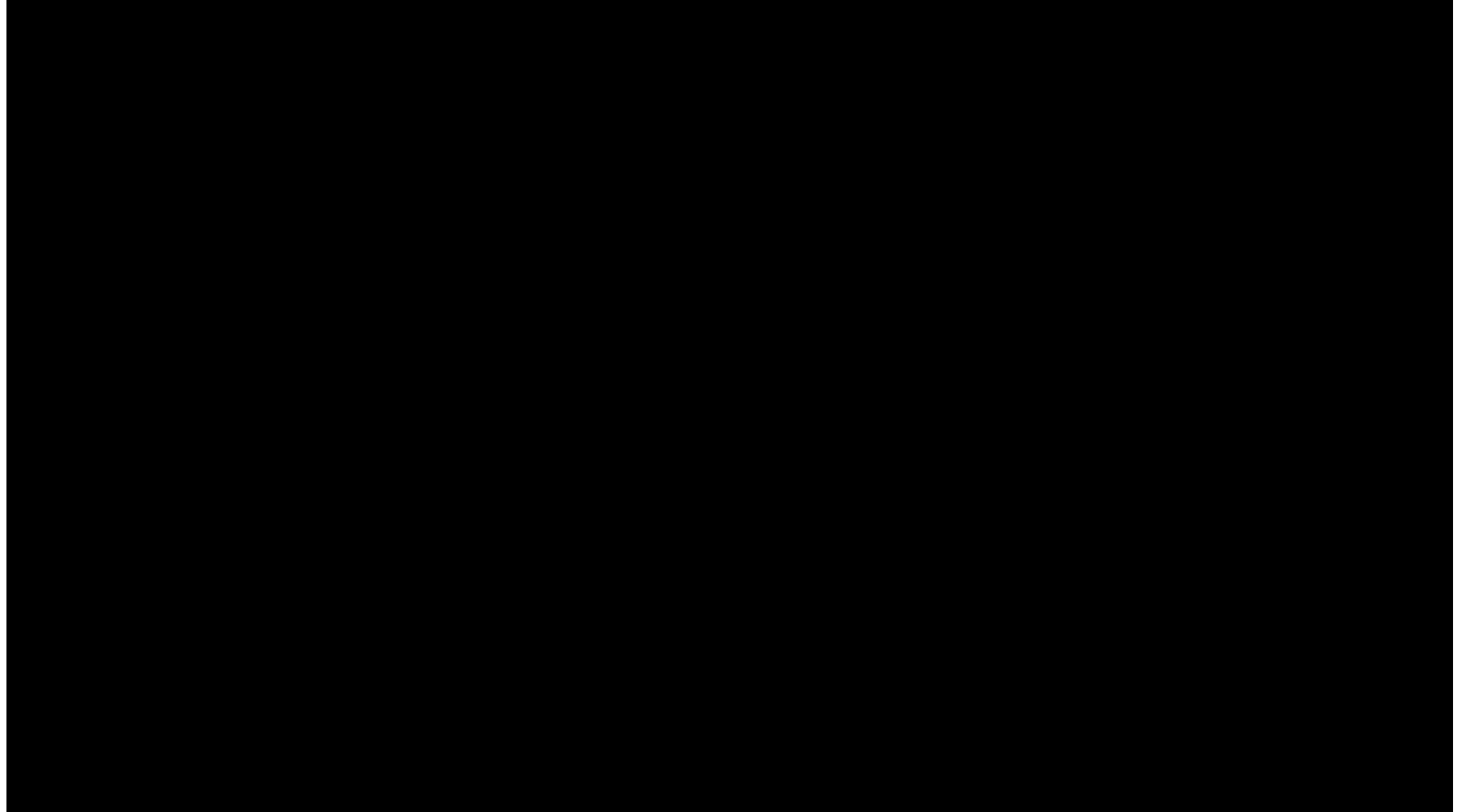
[https://www.youtube.com/watch?v=t\\_5oeri9JGs](https://www.youtube.com/watch?v=t_5oeri9JGs)

00:30 – 06:10

(Eddycon C for aircraft testing using eddy current)

# GİRDAP AKIMLARI UYGULAMASI

Jant ve  
Deliklerin  
Muayenesi



# GİRDAP AKIMLARI UYGULAMASI

*Video:* Eddy Current Eşanjör Boru Kontrolü (*Weldcheck*)  
(Girdap Akımları) - info@ndtteknik.com

<https://www.youtube.com/watch?v=li83R485YzYW>

00:00 – 02:00

(Diferansiyel Prob ile Boru İçi Muayene)

# GİRDAP AKIMLARI UYGULAMASI

Eddy Current ile  
Eşanjör Borusu Kontrolü

(Borudaki süreksizliklerin ve korozyonun tespiti)



# 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.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](https://aybu.edu.tr/mranjbar/dosya_listesi-297-531-mce-476---nondestructive-testing-methods.html) (MCE 476 - Doç.Dr. Mostafa RANJBAR)
- [https://tr.wikipedia.org/wiki/Eddy\\_ak%C4%B1m%C4%B1](https://tr.wikipedia.org/wiki/Eddy_ak%C4%B1m%C4%B1)
- [https://www.ktu.edu.tr/dosyalar/14\\_03\\_00\\_aca05.pdf](https://www.ktu.edu.tr/dosyalar/14_03_00_aca05.pdf)
- [https://www.karldeutsch.de/KD\\_RMG\\_EN\\_M1.html](https://www.karldeutsch.de/KD_RMG_EN_M1.html)
- [https://www.karldeutsch.de/PDF/Prospekte/P%204015%20E%2004\\_07.pdf](https://www.karldeutsch.de/PDF/Prospekte/P%204015%20E%2004_07.pdf)
- <https://www.eddycurrentprobe.com/>
- <https://ethernde.com/probes>