



## آزمون جریان گردابی

### Eddy Current Testing (ET)

مدرس: دکتر فرهنگ هنرور  
گروه ساخت و تولید  
دانشکده مهندسی مکانیک  
دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

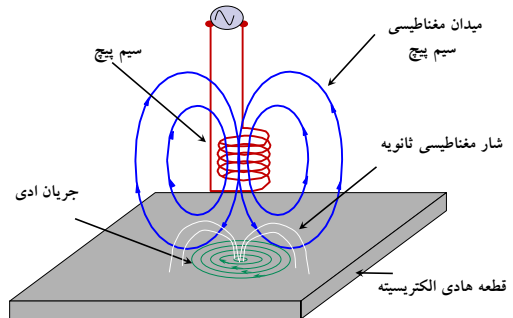
## کلیات

- بر اساس اصول الکترومغناطیس عمل می‌کند.
- تشخیص عيوب با القای جریان گردابی بر روی سطح قطعه
- عيوب سطحی و نزدیک به سطح
- توانایی‌هایی فراتر از عیب‌یابی
- عدم نیاز به آماده‌سازی اولیه سطح
- غیر تماسی
- بسیار سریع
- قابل حمل (پرتابل)
- فقط برای قطعات هادی الکتروسیسته
- امکان بازرسی قطعات پیچیده

## تاریخچه

- 1830 - شناسایی جریانهای گردابی توسط دانشمند فرانسوی J. B. Foucault
- 1864 - میانی روش جریان گردابی بر اساس معادلات ماکسول استوار است که معادلات پیچیده‌ای بوده و فقط در شرایط خاص حل تحلیلی دارند.
- 1879 - اولین استفاده از جریانهای گردابی در NDT توسط D. E. Hughes
- 1950s - استفاده سیستماتیک از آزمون غیرمخرب جریان گردابی (ET) توسط Dr. Federico Förster

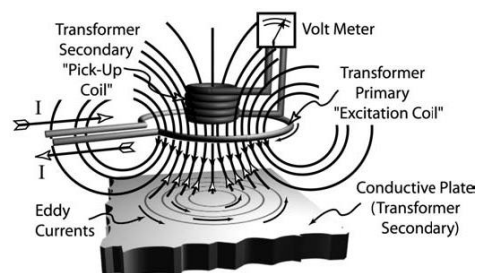
## آزمون جریان گردابی



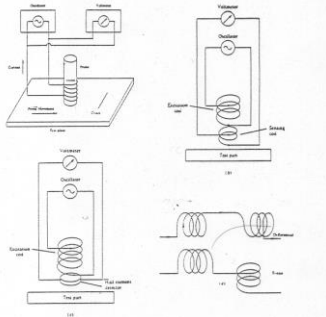
## اصول کلی

- روش جریان گردابی بر اساس القای جریانهای بسته بر روی سطح جسم عمل می‌کند.
- برای القای جریان گردابی بر روی جسم، لازم است که جسم هادی الکتروسیسته باشد.
- جریانهای القایی به علت تغییر یک میدان الکترومغناطیسی نزدیک به قطعه ایجاد میشوند.
- جریانهای القایی نیز به نوبه خود میدانهای مغناطیسی ثانویه‌ای تولید می‌کنند.

## آزمون جریان گردابی



## آزمون جریان گردابی



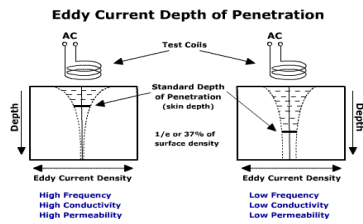
- شناسایی عیوب با:
- اندازه‌گیری تغییرات ولتاژ در سیم‌پیچ اولیه
  - اندازه‌گیری ولتاژ توسط یک سیم‌پیچ ثانویه
  - اندازه‌گیری ولتاژ توسط یک حسگر (مثلا حسگر اثر هال)

محدوده فرکانس در ET بین ۵ تا ۵۰۰ هرتز برای RFEC و بین ۱ کیلوهرتز تا ۲ مگاهرتز برای بازرسی مواد غیرآهنی است.

## عوامل موثر بر آزمون جریان گردابی

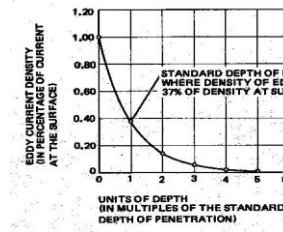
- عوامل الکترومغناطیس (عمق نفوذ را معین میکند)
  - فرکانس منبع (excitation frequency)
  - هدایت الکتریکی قطعه (conductivity)
  - تراوایی مغناطیس قطعه (permeability)
- عوامل فیزیکی
  - شعاع پیچچه تحریک و شعاع پیچچه گیرنده در قطعات گرد
  - تعداد دور حلقه های پیچچه
  - میزان نزدیکی پیچچه تحریک با پیچچه گیرنده به قطعه (lift-off)
  - ابعاد قطعه نظیر ضخامت و یا شعاع
  - نزدیکی سیستم به لبه های قطعه

## عمق نفوذ

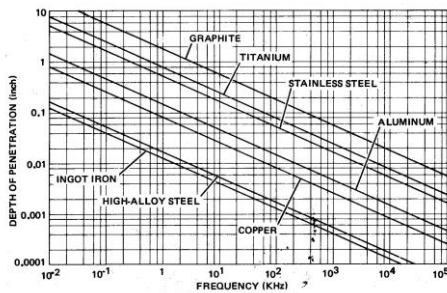


Acknowledgements to Iowa State Univ.

## عمق نفوذ



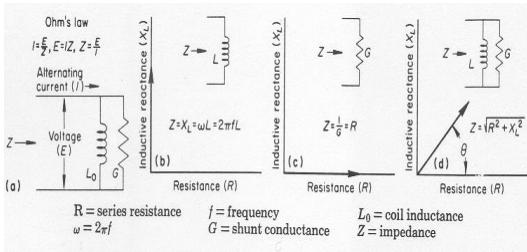
## رابطه عمق نفوذ و فرکانس تحریک



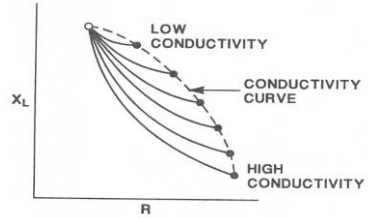
## کاربردهای ET

- اندازه گیری هدایت الکتریکی، تراوایی مغناطیسی، اندازه دانه بندی، چگونگی عملیات حرارتی، سختی و ابعاد فیزیکی
- تشخیص عیوبی چون ترک، مک، آخال و ...
- جدا کردن قطعات غیر همجنس از هم
- اندازه گیری پوشش غیررسانا بر روی جسم رسانا یا پوشش غیرمغناطیسی روی سطح مغناطیسی

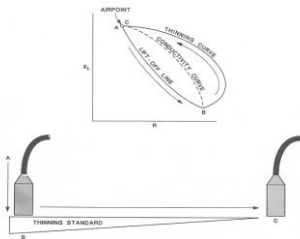
### نمودار فاز



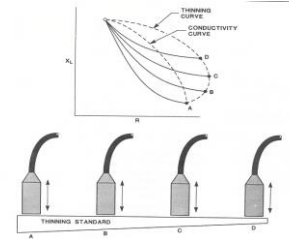
### منحنی فاز



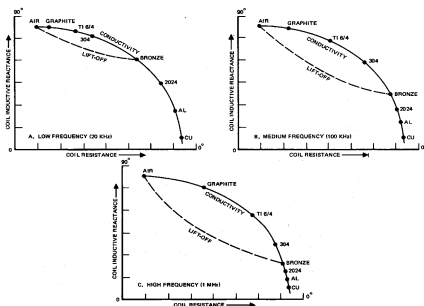
### اثر کاهش ضخامت



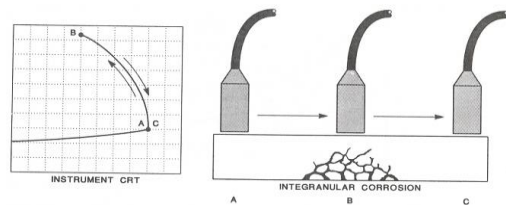
### اثر کاهش ضخامت



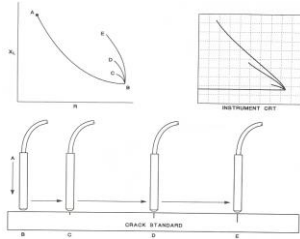
### تأثیر افزایش فرکانس



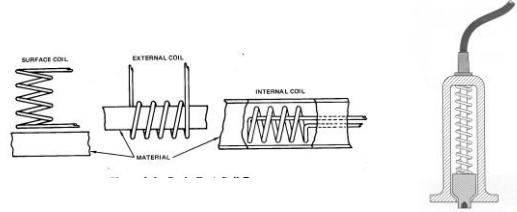
### وجود عیب



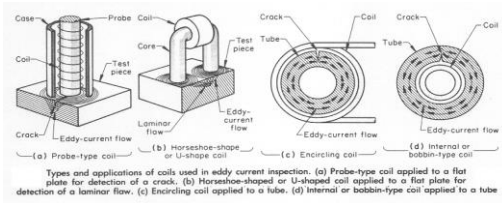
### عیوب مختلف



### پروبها



### پروب ET

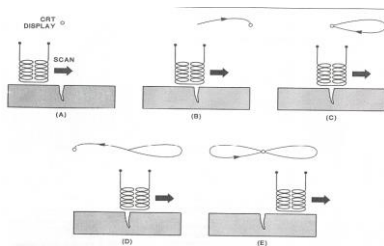


### پروبها



Acknowledgements to Iowa State Univ.

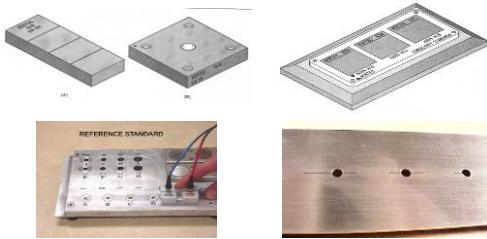
### پروب تفاضلی (differential)



### دستگاه ET

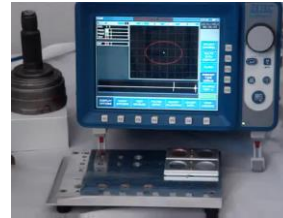


## صفحات مرجع

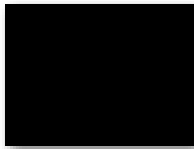


Acknowledgements to Iowa State Univ.

## انجام ET



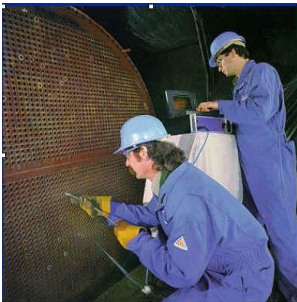
## دستگاه ET



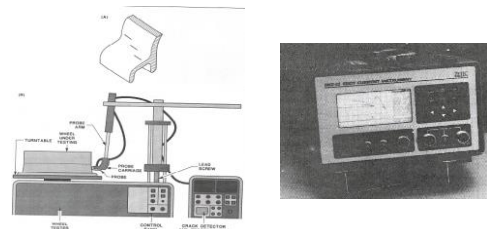
## جداسازی فلزات از هم (sorting)



## بازرسی لوله های بویلر



## آزمون اتوماتیک





## مزایای ET

- ایمن است
- سریع است
- حساسیت به پارامترهای مختلف مثل هدایت الکتریکی و تراوایی مغناطیسی قطعه آنرا برای اندازه گیری این پارامترها هم مناسب میسازد
- امکان بکارگیری در محدوده وسیعی از دما
- وجود پروبهای بسیار کوچک برای کاربردهای خاص
- وزن دستگاه کم و قابل حمل است
- قیمت نه چندان زیاد



## محدودیت‌های ET

- فقط قطعات هادی الکتریسیته
- فقط عیوب سطحی و نزدیک به سطح
- نسبت به پارامترهای زیادی حساس است و این امر تفسیر نتایج را دشوار میسازد
- تغییر فاصله پروب از سطح (lift-off) روی نتایج موثر است
- فقط ترکهای عمود بر جهت جریان گردابی قابل تشخیص هستند