بسمه تعالی

آشکار سازی ترک و حفره های درونی اجسام

تهیه و تنظیم : یاسر محسنی بهبهانی

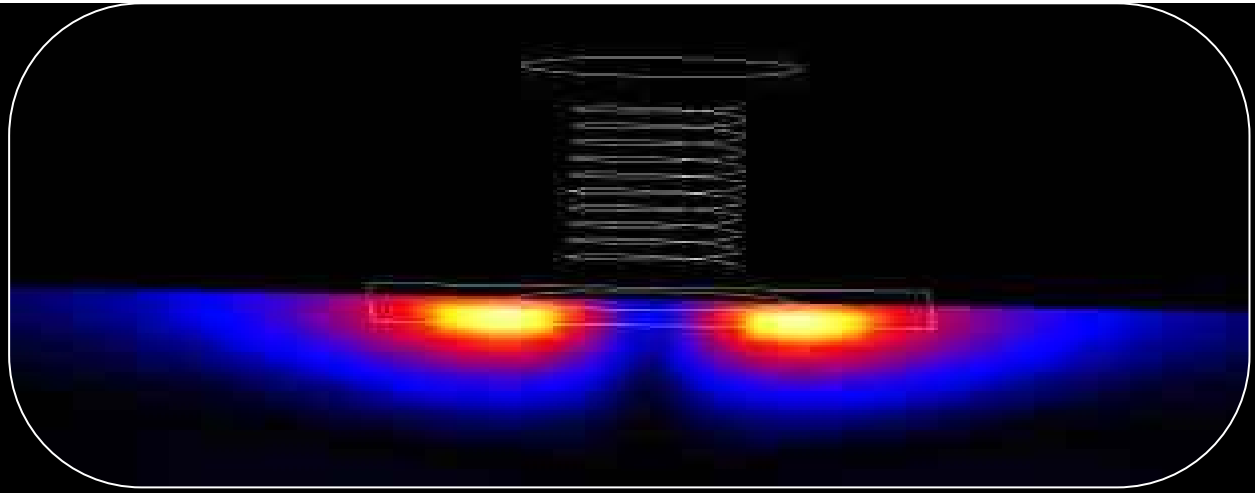
دانشگاه صنعتی خواجه نصیر الدین طوسی
پاییز 86

مقدمه

- خطرات ناشی از وجود ترک و شکافها در صنایع مختلف
- شکافها و حفره های موجود در جوشکاری لوله های گاز
- خوردگی و ترک در جداره های کوره ها و لوله های انتقال نفت
- حفره ها و ترک ها در صنایع هوایی
- روش های جلوگیری از ترک و خوردگی

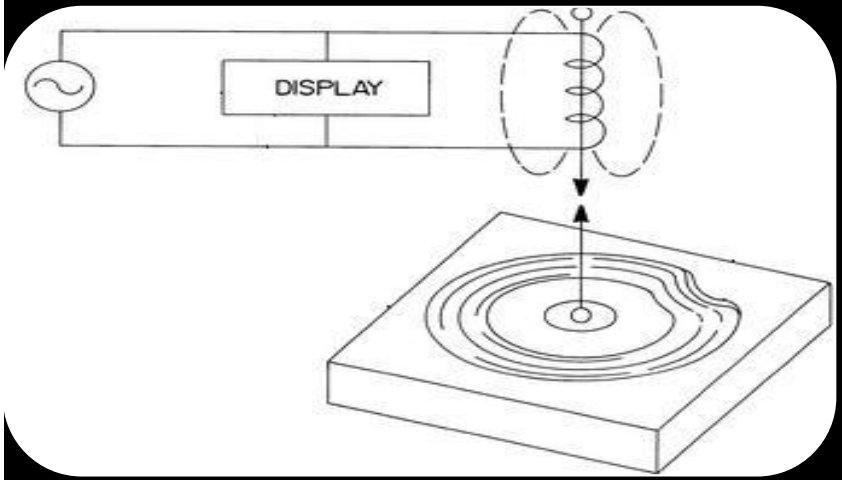
روش های غیر مخرب (NDT) آشکار سازی ترک ها و حفره ها

- استفاده از جریان های گردابی (Eddy Current)
- بکار گیری امواج مافوق صوت (سیستم Ultrasonic)
- Liquid Penetrate Testing (LPT)
- Magnetic Particle Testing (MPT)
- Radiographic Testing (RT)



جریان های گردابی

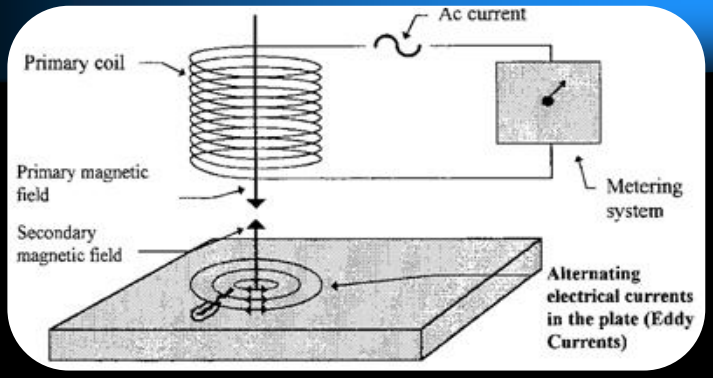
مفهوم جریان گردابی

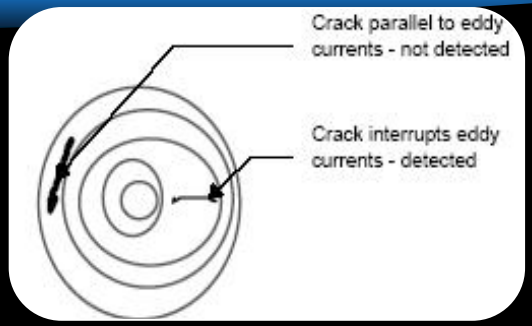


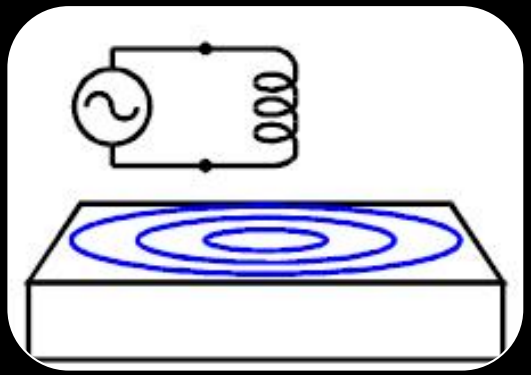
- جریان های گردابی (Eddy Current) جریان های الکتریکی متناوبی می باشند که توانایی القا شدن و حرکت در تمامی هادی های الکتریکی را دارند.
- جریان گردابی درون هادی یک مسیر بسته ای را بدون هیچ وقفه و یا انحرافی دنبال می نماید .
- این جریان ها میدان مغناطیسی در جهت عکس میدان مولد ایجاد می نمایند.

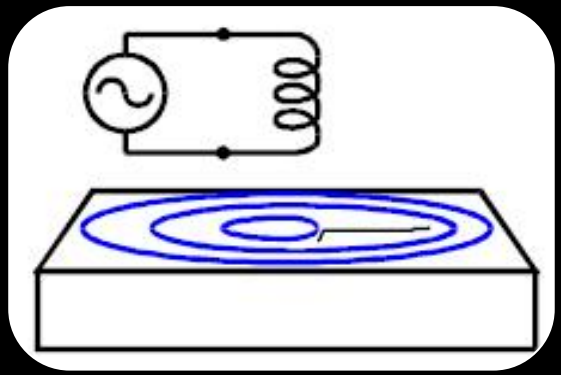
ایده بکار گیری

- جریان گردابی پس از ایجاد به حرکت خود بر روی مسیر بسته ادامه می دهد ، تا زمانی که بطور کلی یک ناپیوستگی در مسیر آن ظاهر شود .
- با برخورد مسیر جریان با ترک ها ، مسیر جریان تغییر نموده و میدان مغناطیسی معکوس آنها نیز تغییر می کند (کاهش می یابد).
- می توان از ایده تغییر میدان مغناطیسی معکوس جریان گردابی برای تشخیص وجود ترک ها در جسم استفاده نمود.
- باید توجه داشت که ترک هایی قابل آشکار سازی می باشند ، که با مسیر های جریان موازی نبوده و در مسیر جریان قرار گیرند.

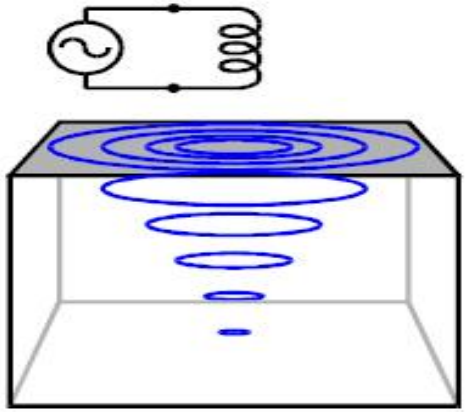


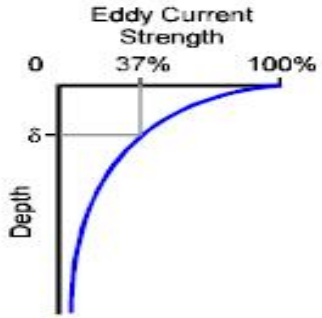






قدرت نفوذ پذیری و آشکاری سازی



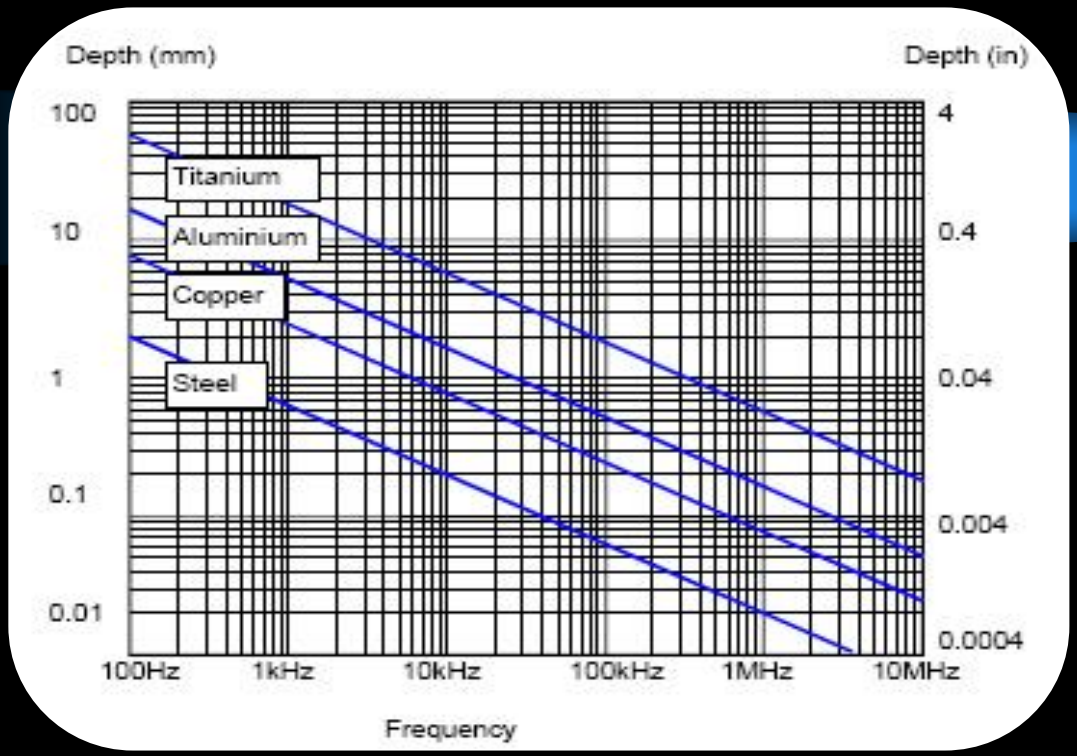


$$Depth = \frac{500}{\sqrt{f_e \mu_r \rho}}$$

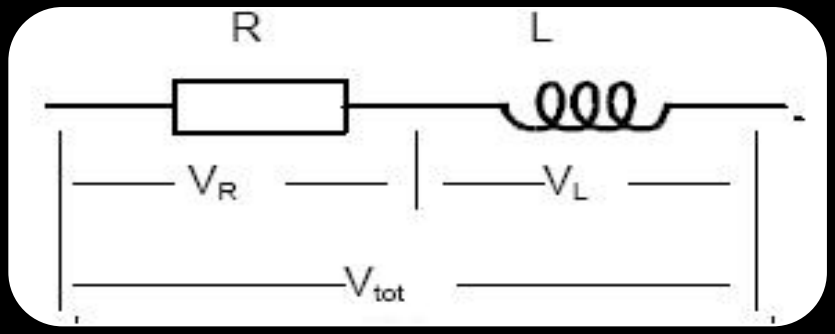
عوامل تعیین کننده میزان نفوذ در جسم

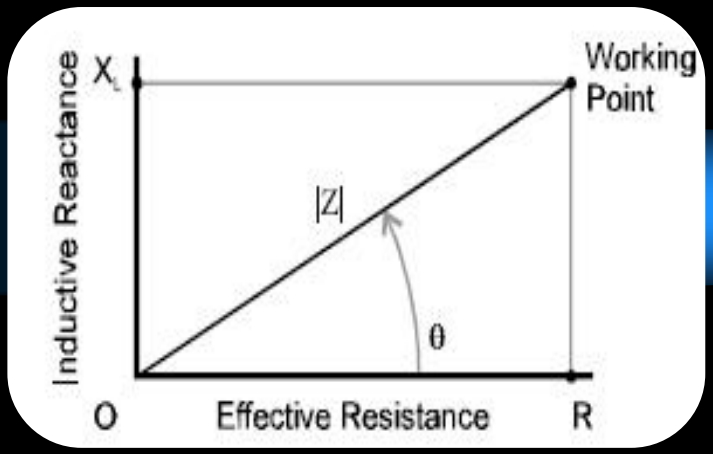
- فرکانس اعمالی جهت ایجاد میدان مغناطیسی
- میزان رسانایی جسم
- میزان نفوذ پذیری مغناطیسی جسم

- کاهش فرکانس ← افزایش میزان نفوذ ← کاهش قدرت آشکار سازی
- فرکانس کاری : یک تا دو کیلوهرتز
- ترکیب Eddy Current و Flux Leakage جهت افزایش حساسیت و عمق نفوذ پذیری
- کاهش عمق نفوذ پذیری با افزایش رسانایی جسم



مدار بهسازی و صفحه امپدانس





امپدانس کویل

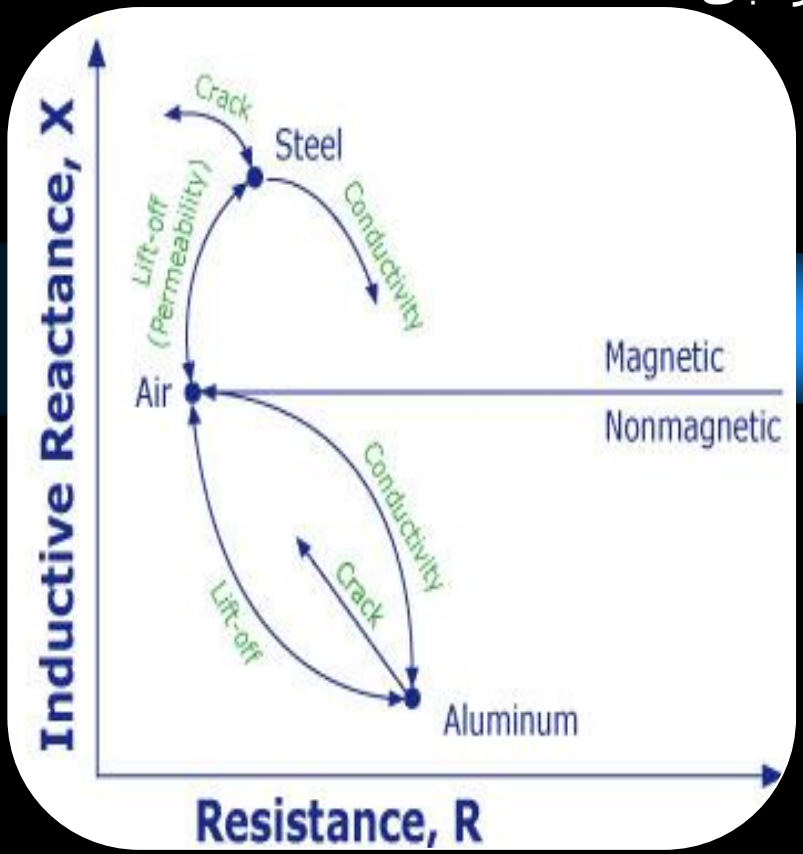
- راکتانس القایی (مقاومت قسمت موهومی)
- ولتاژ القا شده در کویل 90 درجه نسبت به جریان تقدم فاز دارد
- مقاومت سیم کویل
- امپدانس کلی

$$z = \sqrt{R^2 + X_L^{\,2}}$$

$$Tan\theta = \frac{X_L}{R}$$

صفحه امپدانس

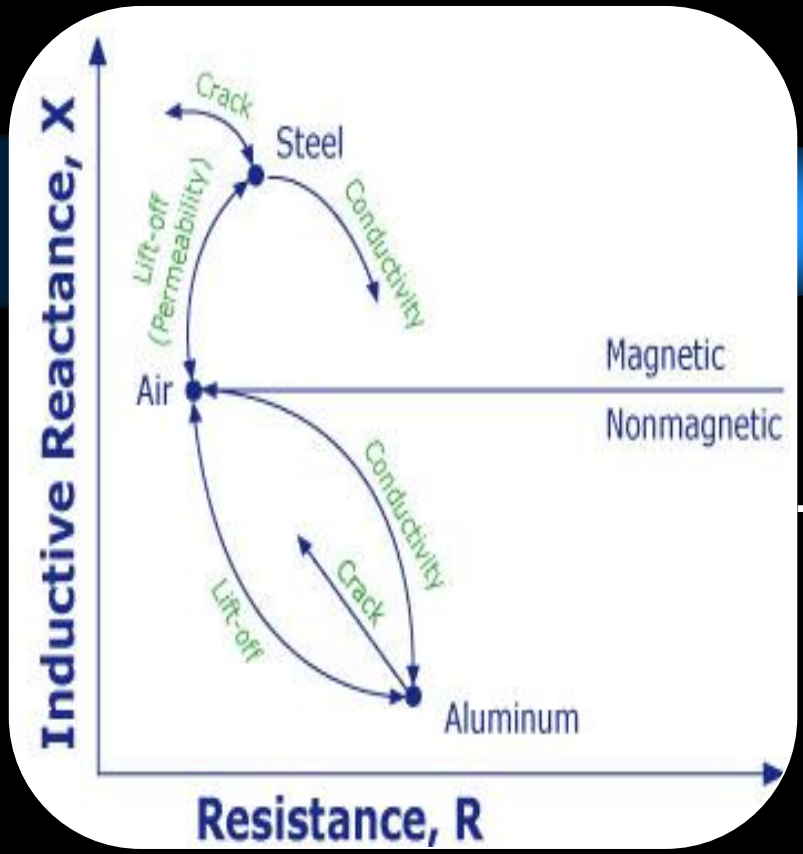
- نقطه اولیه در صفحه امپدانس و دوری کویل (پروب) از سطح جسم
- نزدیکی کویل (پروب) به جسم و ایجاد جریان های گردابی
- صرف توان در کویل برای ایجاد جریان های گردابی و افزایش مقاومت کویل
- تشکیل و افزایش میدان مغناطیسی معکوس جریان های گردابی ، کاهش میدان برایند و کاهش راکتانس القایی (برای مواد غیر مغناطیسی)
- رسیدن به نقطه تعادل ثانویه



صفحه امپدانس برای هر یک از اجسام دارای مسیر و مشخصه خاصی است

مثالی از آلیمینیوم

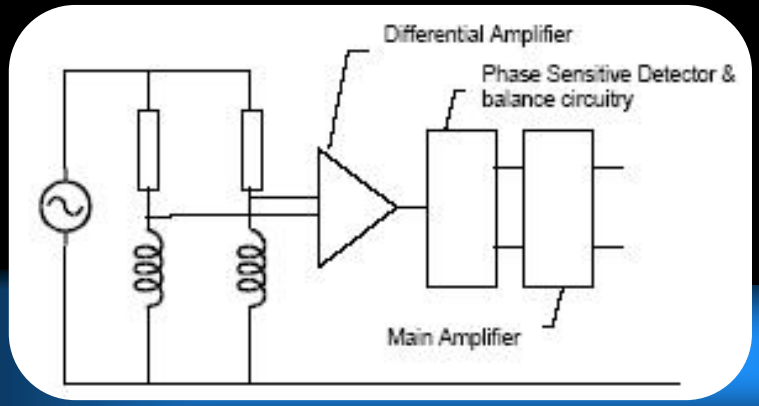
- حرکت از نقطه Air به سمت نقطه تعادل Aluminum
- برخورد مسیر جریان ها با ترک و کاهش جریان های گردابی
- صرف توان کمتر در کویل برای ایجاد جریان ها ی گردابی در جسم و کاهش مقاومت
- کاهش میدان معکوس Eddy Current ، افزایش میدان برایند و افزایش راکتانس القایی
- حرکت به سمت نقطه اولیه متناسب با ابعاد ترک
- اتصال کامل پروب به جسم و حفظ فاصله یکسان هنگام اسکن جسم



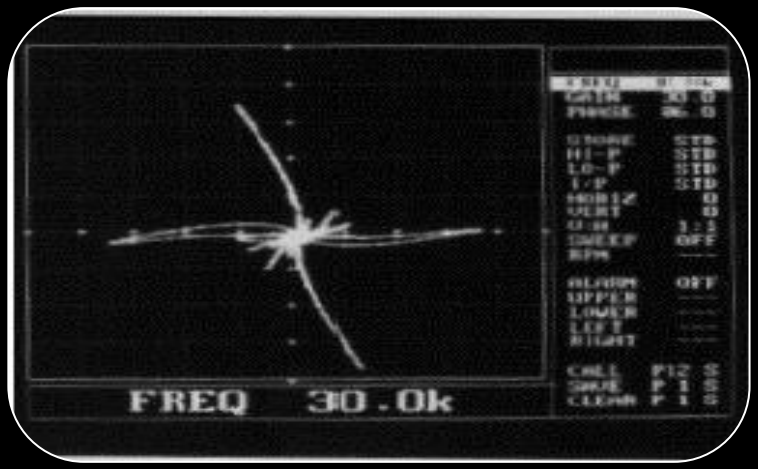
در مواد مغناطیسی با نزدیکی کویل به جسم ،
به دلیل خاصیت مغناطیسی جسم تحت آزمایش و
افزایش میدان برایند،راکتانس القایی افزایش می یابد.

خروجی پروب

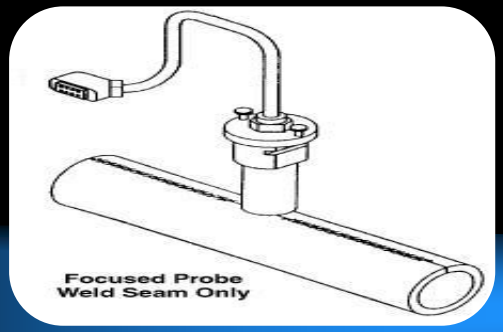
- بکارگیری در مدار پل
(مقاومت تعادل ، امپدانس تعادل در نقطه ثانویه می باشد)

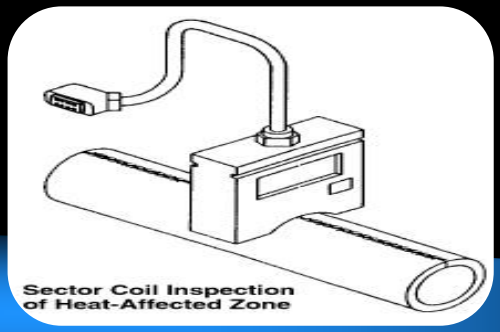


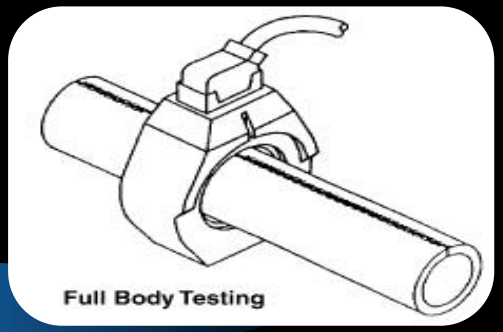
- مانیتورینگ مستقیم صفحه امپدانس



موقعیت پروب



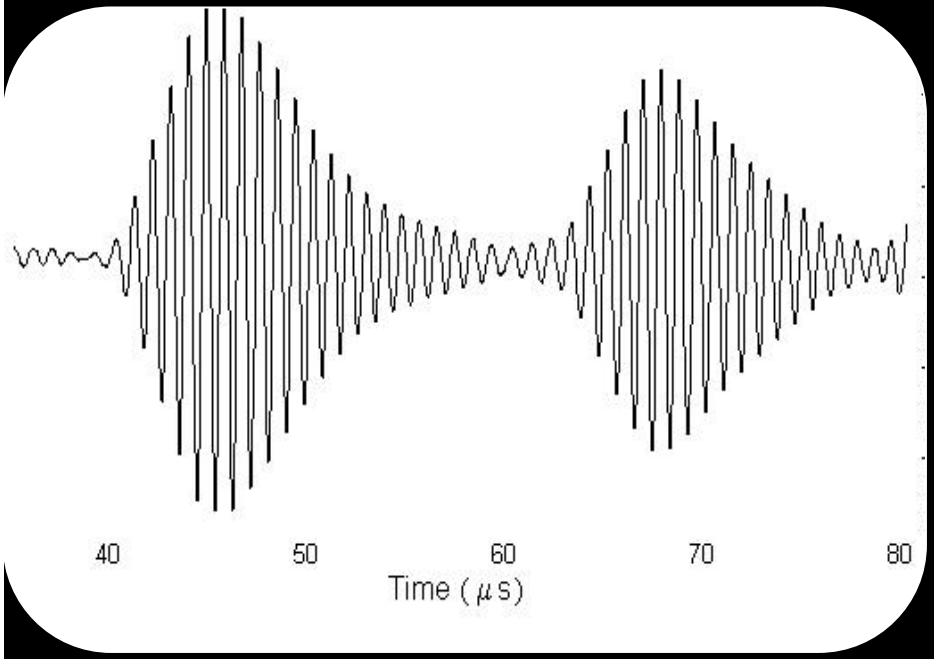




انواع پروب

پروب های سطحی
پروب های اسکن شکاف
پروب های قطر درونی
پروب های قطر بیرونی

Ultrasonic



مفهوم امواج مافوق صوت

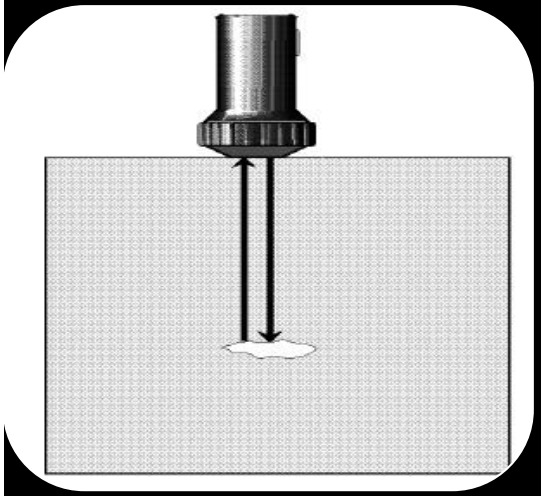
- امواجی با فرکانس بالاتر از رنج شنوایی انسان
- بین 20KHz تا 25MHz
- دارای کاربرد های بسیار در صنایع گوناگون
- قابلیت تمرکز ، انعکاس و پخش شدن
- قابلیت نفوذ در تمامی اجسام

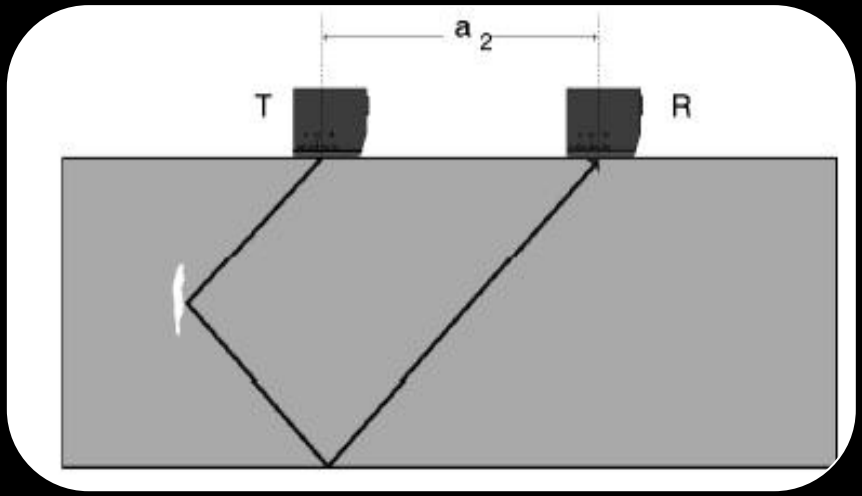
مبدل های آلتراسونیک

- کریستال های پیزوالکتریک
- فرستنده امواج مافوق صوت
- گیرنده امواج مافوق صوت

روش های بکار گیری

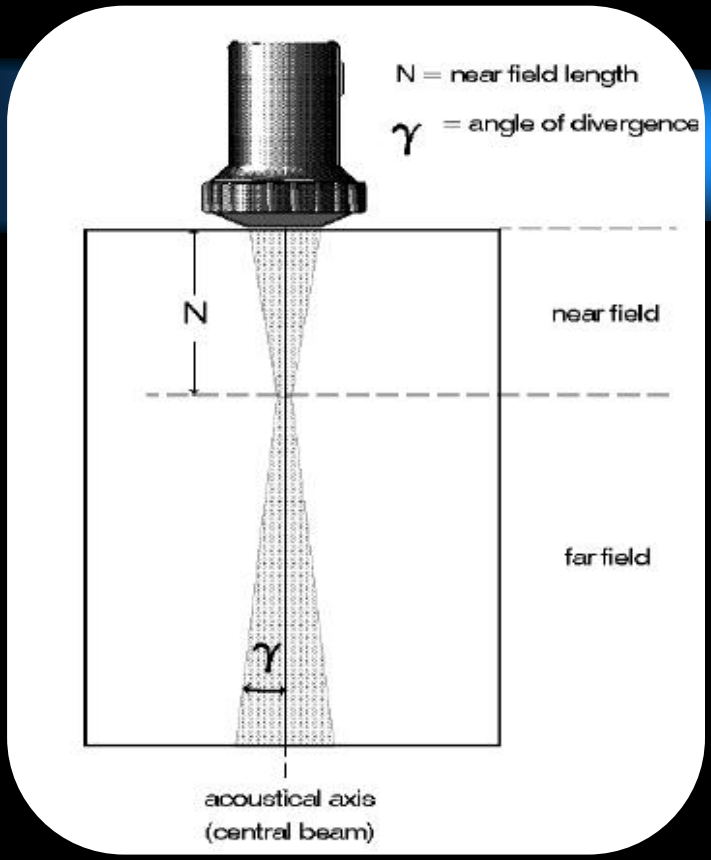
- روش pulse-echo (وجود فرستنده و گیرنده در یک پروب)
- روش through-transmission (فاصله مبدل های گیرنده و فرستنده متناسب با ابعاد حفره و ترک





فرکانس سنسور آلتراسونیک

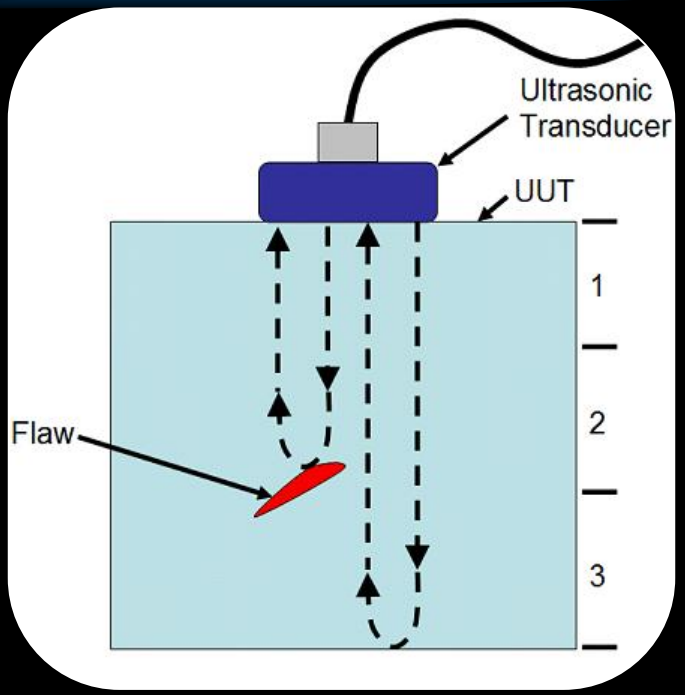
- رنج فرکانسی بین 400KHz و 25MHz
- بسته به ابعاد حفره ، عمق حفره ها و عمق نفوذ امواج ، ابعاد و فاز جسم
- با افزایش فرکانس دقت سنسور افزایش یافته ولی از نفوذ آن کاسته می شود

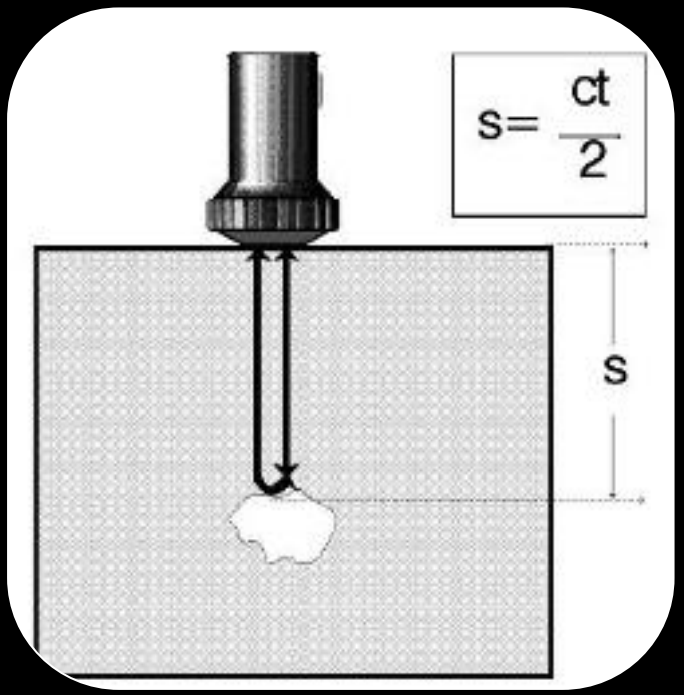


اختلاف زمانی امواج

- نفوذ پذیری امواج مافوق صوت در جسم
- قرار گیری پروب بر روی جسم و ارسال امواج به درون آن
- انعکاس امواج از سطوح فوقانی و تحتانی جسم
- انعکاس امواج هنگام برخورد با حفره های درونی جسم
- بازگشت موج و برخورد با گیرنده آلتراسونیک پروب
- تشخیص حفره و عمق آن

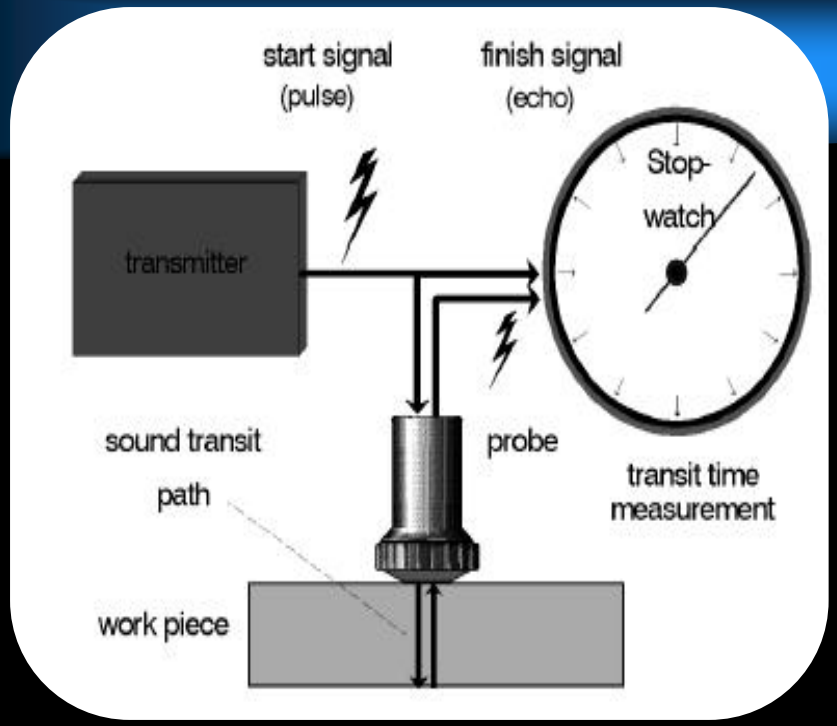
pulse-echo method



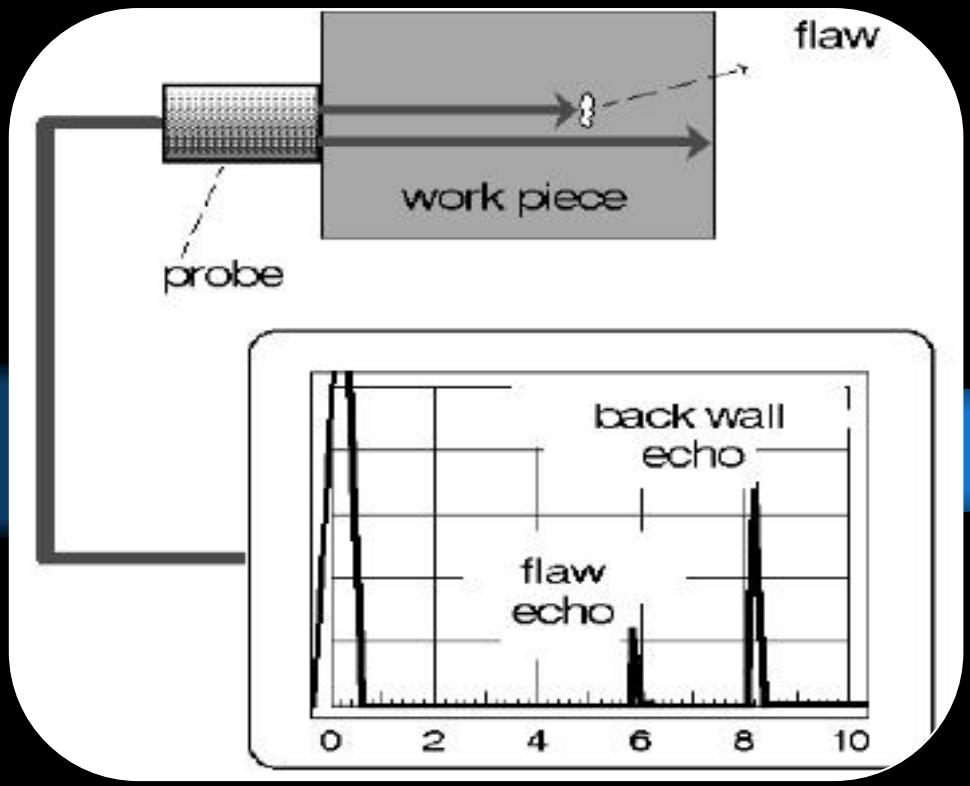


زمان سنجی

- بکارگیری زمان سنج
- همزمانی زمان سنج با پالس الکتریکی فرستنده
- توقف زمان سنج با برخورد موجهای بازگشتی (انعکاس از سطح تحتانی و یا انعکاس از حفره) به گیرنده و تولید پالسهای الکتریکی



خروجی سیستم



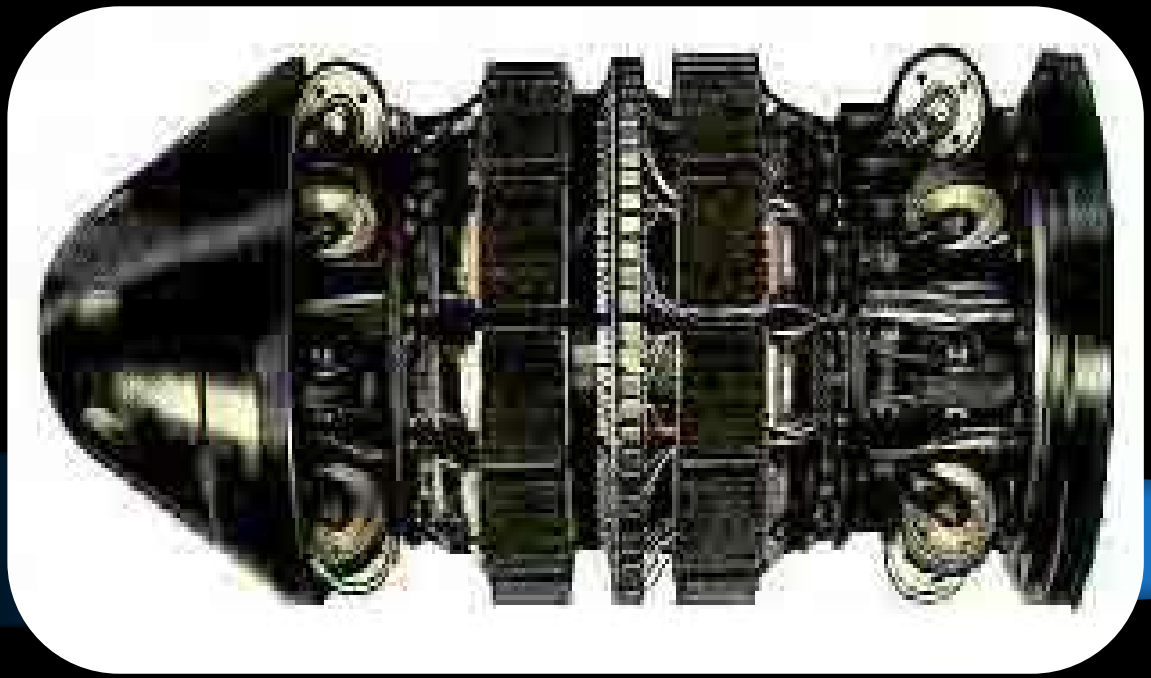
مانیتورینگ بر روی صفحه اسکوپ
- پیک اولیه
- پیک بازگشتی (دامنه کمتر)
- پیک حفره (پیک میانی)
- تشخیص حفره ، ابعاد و عمق آن

و یا استفاده از میکروکنترلر و تعریف وقفه های مناسب و استخراج اختلاف زمانی و اطلاعات حفره با بکارگیری تایمر ها.

- وجود بیش از صدها هزار کیلومتر خطوط انتقال آب ، نفت و گاز در ایران
- خطرات و زیانهای اقتصادی ، زیست محیطی و .... ناشی از خوردگی و ترک در این خطوط
- روش های جلوگیری از بروز خوردگی
- بازرسی مداوم خطوط و ترمیم بموقع آن

- بازرسی خطوط با روش های مختلف آشکار سازی از جمله Ultrasonicو Flux Leakage
- طولانی بودن خطوط ،عبور خطوط در زیر زمین و عدم دسترسی به آن برای آشکار سازی

خطوط انتقال نفت و گاز



PIG های هوشمند

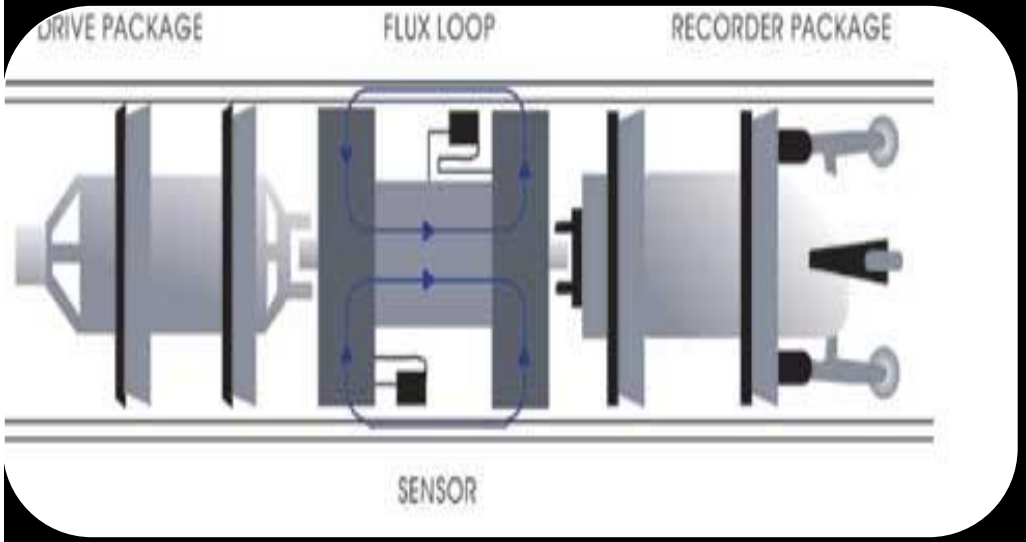
- حرکت در داخل خطوط انتقال در مسافت های طولانی
- جمع آوری ضایعات و پاکیزه نمودن جداره درونی لوله
- آشکار سازی ترک ها و خوردگی های خط انتقال با اتصال انواع سنسور های آشکار ساز به آن

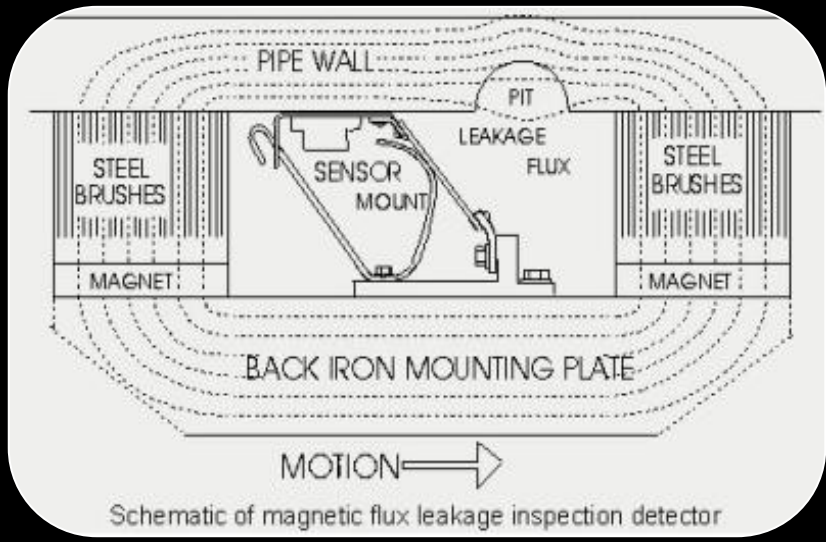
اتصال رشته حسگر های آلتراسونیک

- اتصال حساسه ها به انتهای PIG
- هر حسگر شامل فرستنده و گیرنده می باشد(روش pulse-echo)
- پوشش کامل جداره داخلی لوله
- افزایش تعداد حسگرها ← افزایش دقت آشکار سازی
- اسکن بخش به بخش خط انتقال
- تشخیص وجود ترک و خوردگی و عمق آنها در جداره داخلی و خارجی
- ارسال اطلاعات به مرکز ذخیره سازی (در نوک سیستم) و یا ارسال Online آنها

استفاده از سنسورهای Flux Leakage

- ایجاد دو قطب N و S و میدان مغناطیسی
- عبور میدان از جداره خط انتقال و تولید مدار مغناطیسی
- پوشش کامل جداره داخلی با حسگر های Flux Leakage
- تغییر میدان مغناطیسی با رسیدن به خوردگی
- ارسال سیگنال از طرف حسگر ها
- ثبت اطلاعات در مرکز ذخیره سازی





Schematic of magnetic flux leakage inspection detector

شرکت های فعال در زمینه NDT