



การทดสอบโดยไม่ทำลาย

Non-Destructive Testing

Suranaree University of Technology
Department of Mechanical Engineering

Dr. Teetut Dolwichai

การทดสอบโดยไม่ทำลาย (Non-Destructive Testing)

เป็นการทดสอบคุณสมบัติ สมรรถภาพ และ
ตรวจสอบว่ามีความบกพร่องเกิดขึ้นในวัสดุหรือ
โครงสร้างหรือไม่ โดยไม่ก่อให้เกิดความเสียหาย
ต่อรูปร่าง ขนาด หรือสมบัติของชิ้นทดสอบแต่
อย่างใด

การทดสอบจะใช้หลักการของสมบัติทางฟิสิกส์ เช่น
แสง รังสี ไฟฟ้า แม่เหล็ก อัลตราโซนิก เป็นต้น

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเพิ่มความเชื่อมั่นและคุณภาพของผลิตภัณฑ์
2. เพื่อให้เกิดการปรับปรุงกระบวนการผลิต
3. เพื่อลดต้นทุนการผลิต ในการทดสอบแบบทำลาย
4. อื่น ๆ เช่น เพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้า



ประเภทของการทดสอบ

แบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. การตรวจสอบความบกพร่องภายใน เช่น
 - X-ray
 - Ultrasonic
2. การตรวจสอบความบกพร่องภายนอก เช่น
 - Liquid penetration
 - Eddy current
 - Magnetic particle

- Introduction to NDT

<http://www.ndt-ed.org>

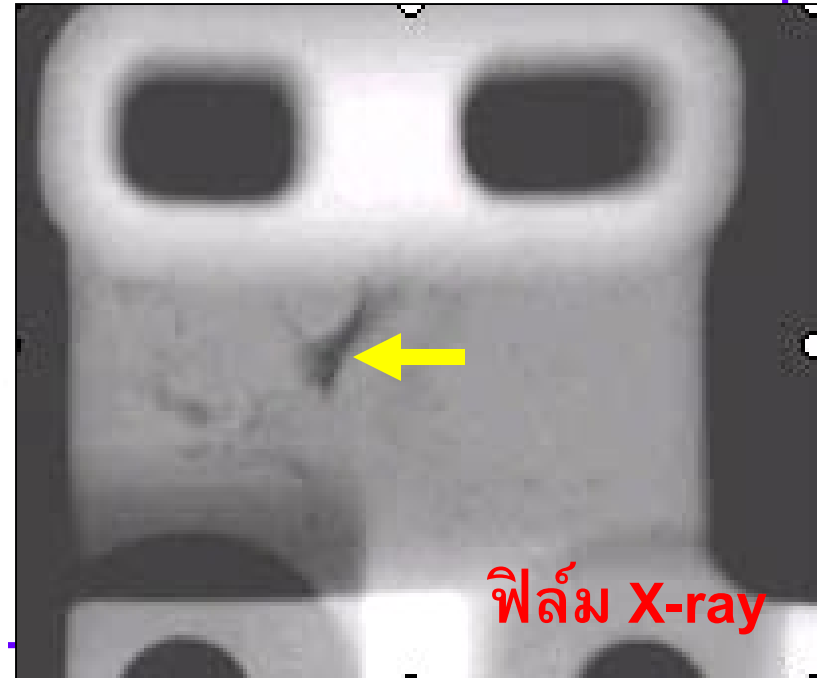
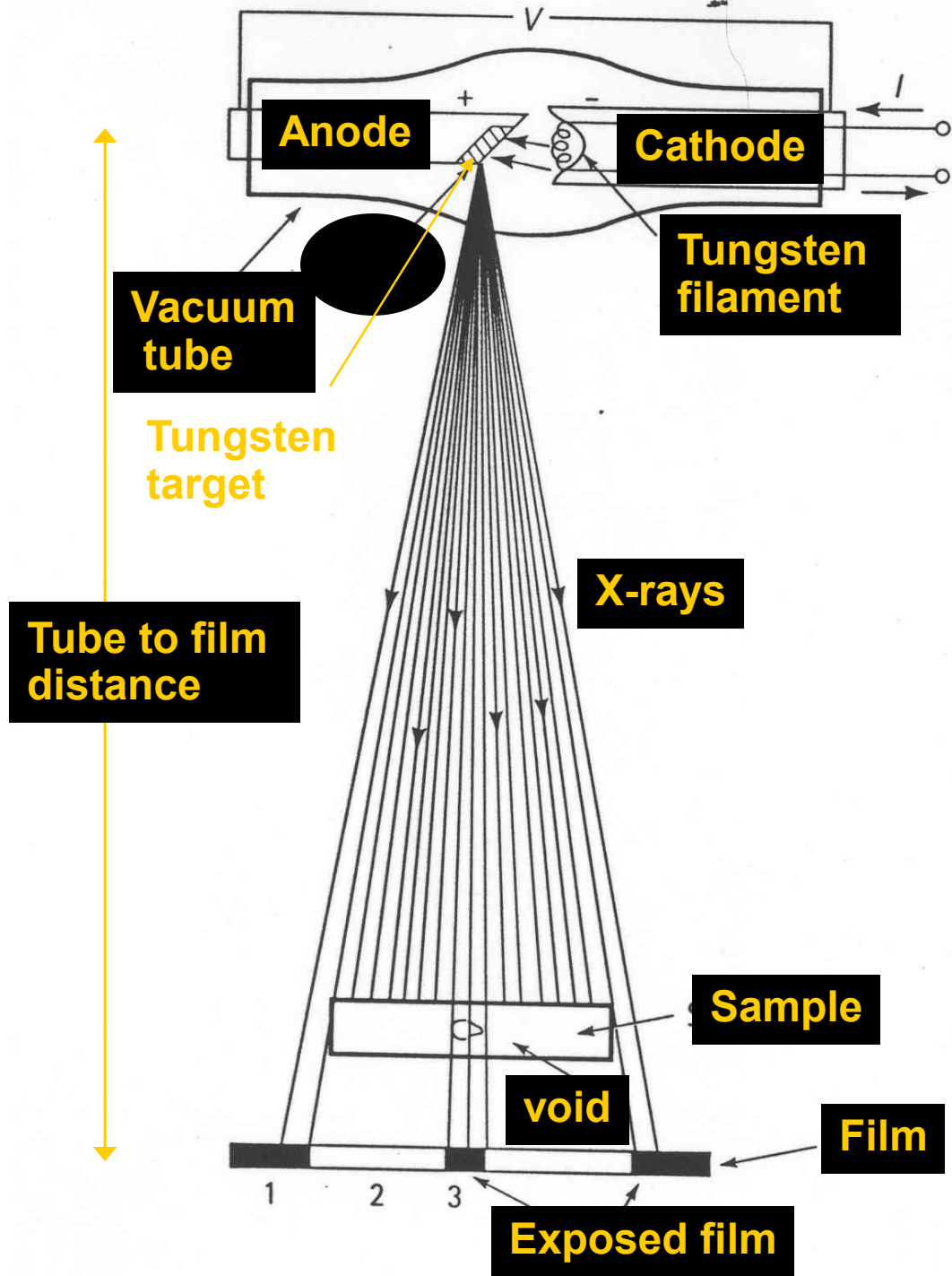
- Website บทเรียนศึกษาด้วยตัวเอง

http://onlineshowcase.tafensw.edu.au/ndt/_common/indx_accessible.htm

1.1 X-ray Radiographic

- เป็นการตรวจสอบว่ามีรูโพรงภายในชิ้นงานหรือไม่
- หลักการ การผ่านได้ของรังสีเอกซ์ในวัตถุทึบแสง ซึ่งมีหลักการเดียวกันกับการใช้ X-ray ในทางการแพทย์
- ภาพ X-ray ที่ได้จะมีขนาดเท่าของจริง
- บริเวณที่เป็นโพรง แสงผ่านได้มากกว่า จะให้สีเข้มกว่า

-
- **X-ray** เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความถี่สูง จะสามารถแทรกซึมโลหะและวัสดุทึบแสงได้
 - ค่าพลังงานของรังสี X จะประมาณ 50 ถึง 10^6 electron volt (eV, $1 \text{ eV} = 1.602 \times 10^{-19} \text{ J}$)
 - การสร้างรังสี X ทำได้โดยการยิงกระทบแผ่นโลหะ ด้วยลำอิเล็กตรอนที่มีความถี่สูง ภายใน **X-ray tube**



ความเข้มของสีที่ปรากฏบนแผ่นฟิล์มจะขึ้นอยู่กับ

1. ความหนาของชั้นงาน
2. พลังงานของรังสีที่ใช้
3. ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนพลังงานของชั้นงาน
4. คุณภาพของฟิล์มที่ใช้ เป็นต้น

ความลึกของการทดสอบโดยใช้ X-ray tubes ของเหล็กกล้า

Tube voltage (kV)	Penetration ability (mm)
150	up to 25
250	up to 70
400	up to 100
1000	5-140

บทเรียน online

-
- Viewing and Interpretation of Radiographs

<http://onlineshowcase.tafensw.edu.au/ndt/content/radiographic/task8/accessible.htm>

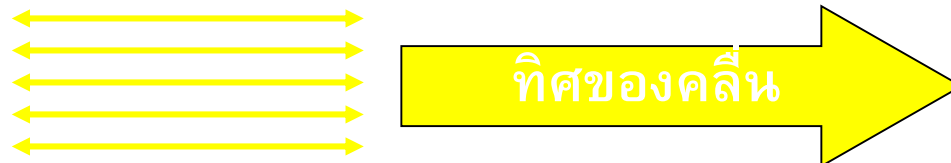
1.2 Ultrasonic test

- ธรรมชาติของคลื่นเสียง จะมีสมบัติยืดหยุ่น (Elastic waves) สามารถผ่านได้ทั้งในของเหลว และ ของแข็ง
- คลื่นอัลตราโซนิก เป็นคลื่นเสียงความถี่สูงกว่า 20,000 Hz ซึ่งมนุษย์ไม่สามารถได้ยินได้
- การวัดจะใช้หลักการสะท้อนกลับของคลื่นในเนื้อวัสดุ
- ความถี่ที่ใช้ในการทดสอบ ประมาณ 0.5 MHz ถึง 20 MHz

Ultrasonic wave

เมื่อคลื่นอัลตราโซนิกเกิดการสะท้อน จะเกิดคลื่นสะท้อนอยู่ 2 ลักษณะ คือ

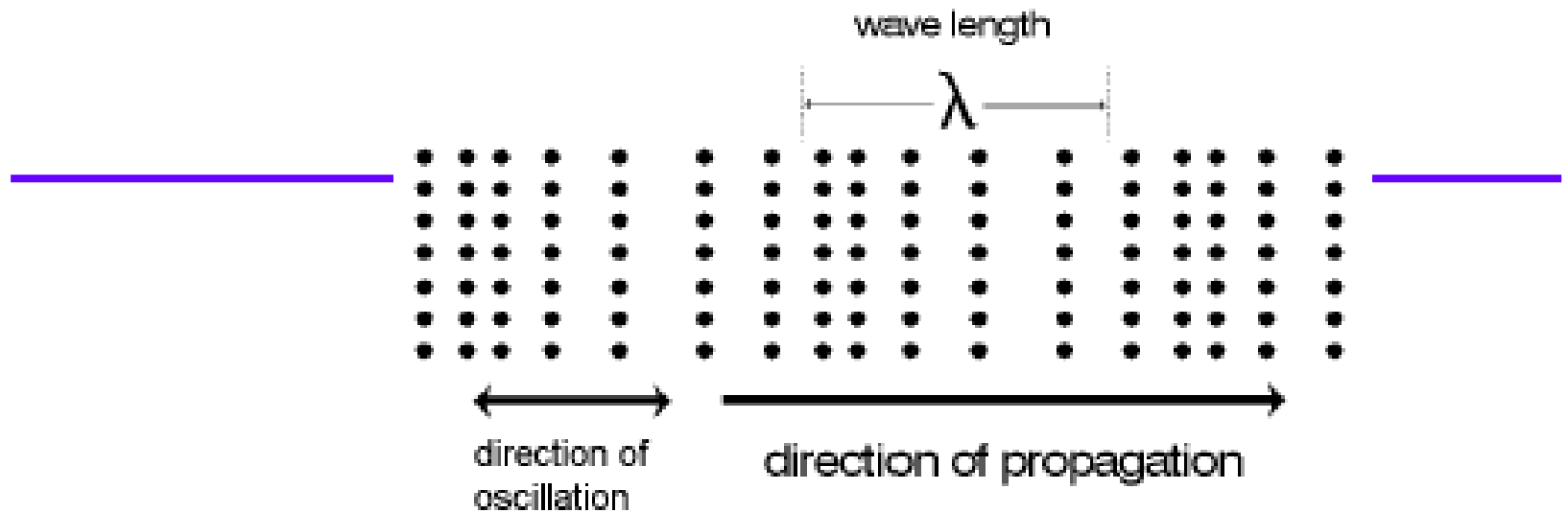
1. **คลื่นตามยาว (Longitudinal wave)** อนุภาคตัวกลางจะเคลื่อนที่ขนานกับทิศของคลื่น, ในน้ำและอากาศ จะมีเฉพาะคลื่นตามยาว



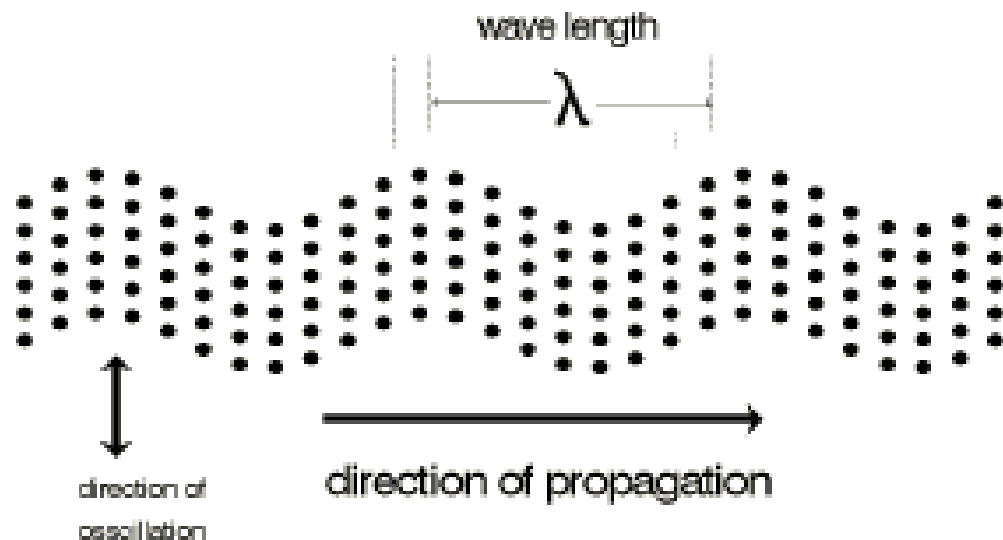
2. **คลื่นตามขวาง (Transverse wave)** อนุภาคตัวกลางจะเคลื่อนที่ที่ตั้งฉากกับทิศของคลื่น จะมีเฉพาะในของแข็ง



คลื่นตามยาว (Longitudinal wave)



คลื่นตามขวาง (Transverse wave)



- คลื่นอัลตราโซนิก จะผ่านได้ในวัสดุ แต่จะผ่านได้น้อยในอากาศ

Medium	Longitude Velocity, (m/s)	Wavelengths (mm) for 1.25 MHz
Air (15°C)	330	0.26
Water	1430	1.14
Oil	1740	1.39
Aluminium	6190	4.95
Copper	4600	3.68
Steel	5810	4.65
Polyethylene	2340	1.87 ₁₅

- อัตราของการเกิดคลื่น, ความยาวคลื่น และ การสะท้อนกลับของคลื่น จะขึ้นอยู่กับสมบัติของวัสดุต่อไปนี้

1. The modulus of elasticity, E

2. The density, ρ

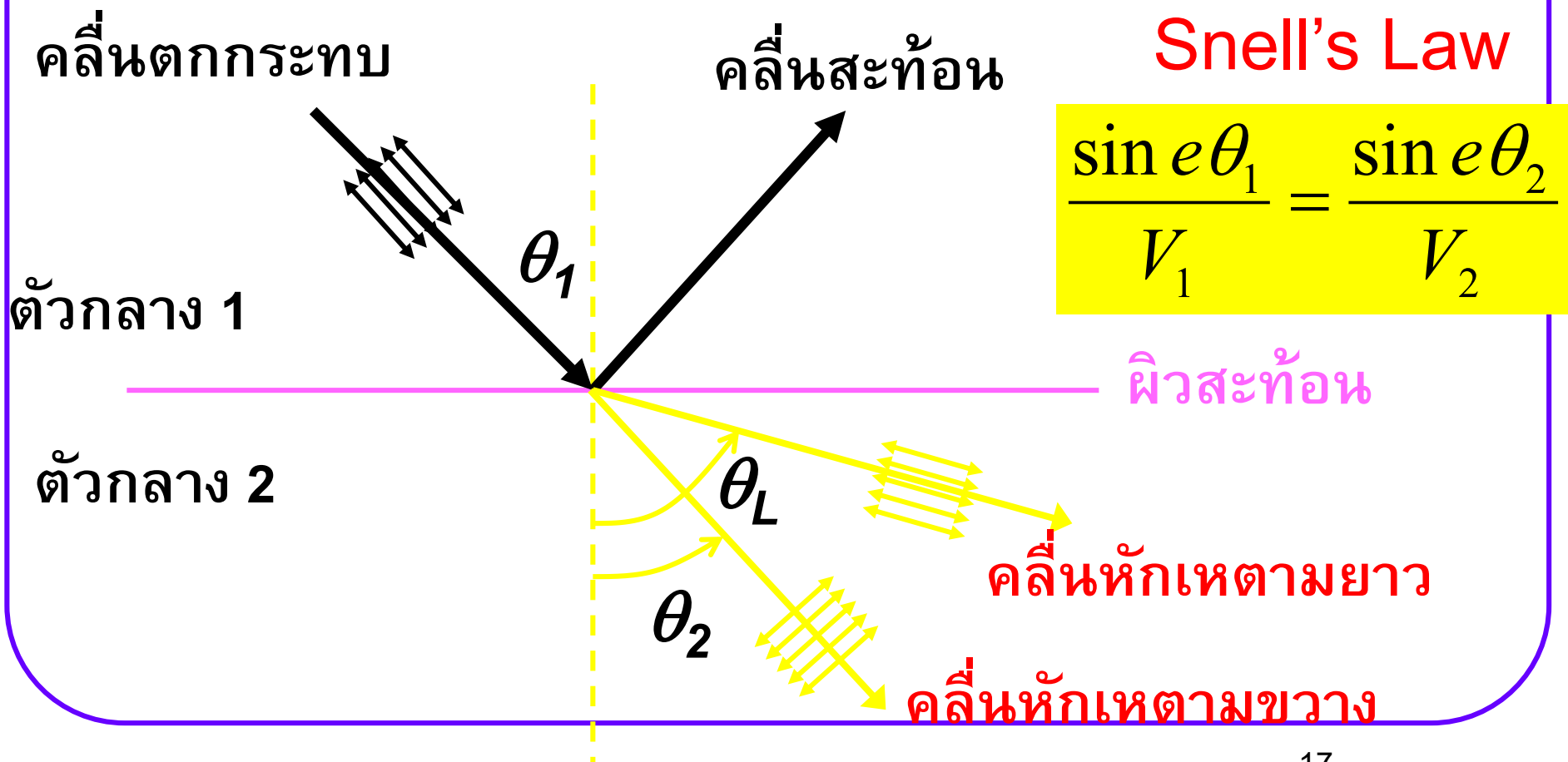
ความเร็วคลื่นในของแข็งตามยาว, V_c จะมีค่าเท่ากับ

$$V_c = \left(\frac{E(1-\nu)}{(1+\nu)(1-2\nu)\rho} \right)^{\frac{1}{2}}$$

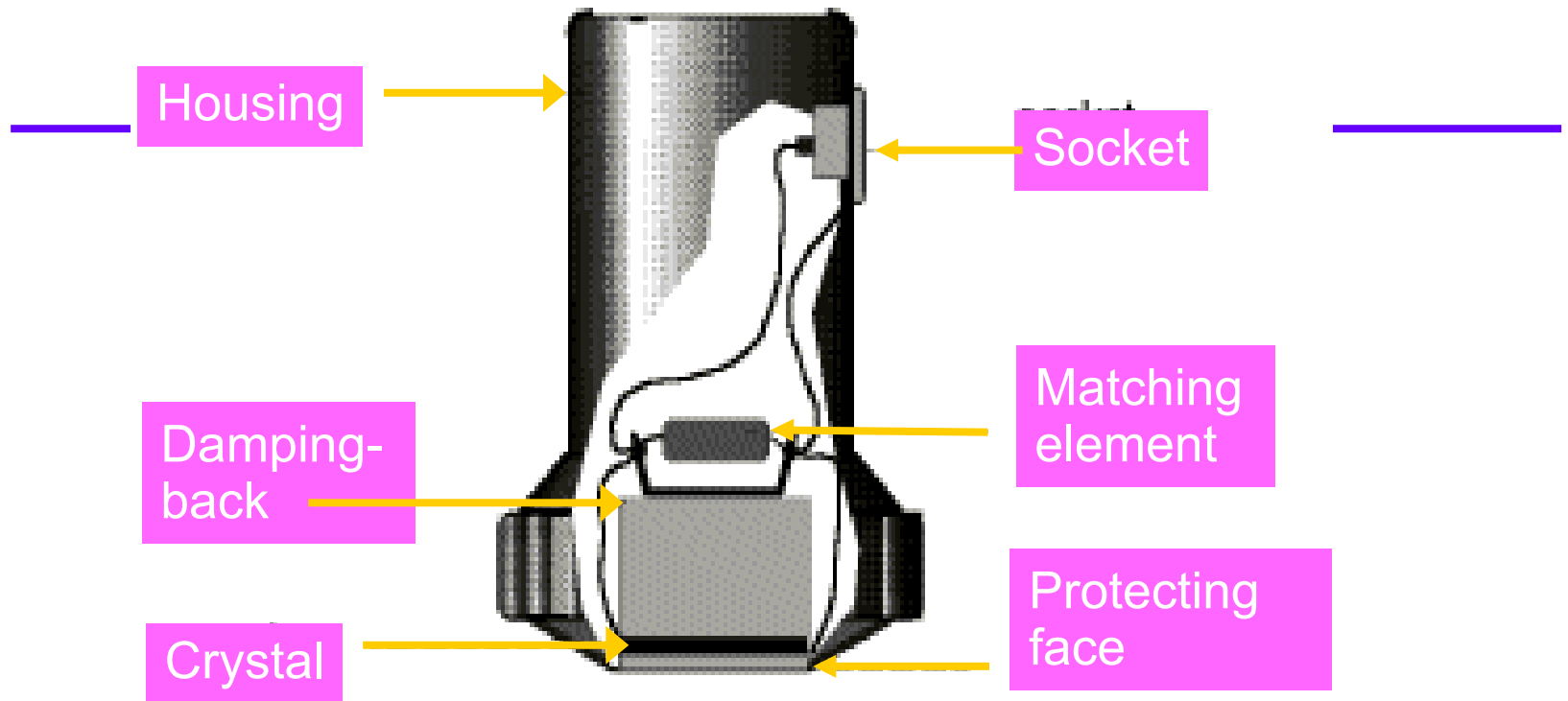
ν คือ Poisson's ratio

การสะท้อนกลับของคลื่น "Refraction"

การวัด: ใช้หลักการการสะท้อนกลับของคลื่นตามขวาง โดยที่ $\theta_L = 90^\circ$

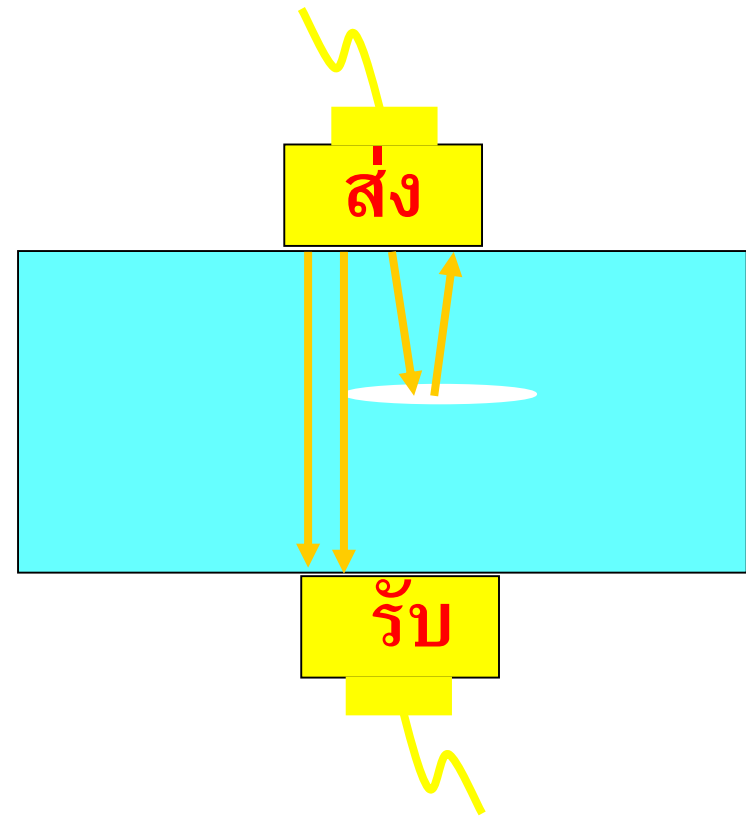
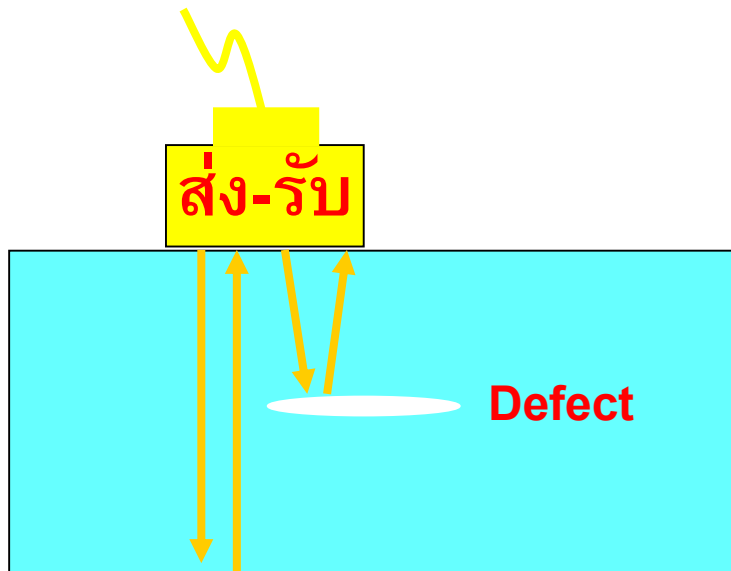


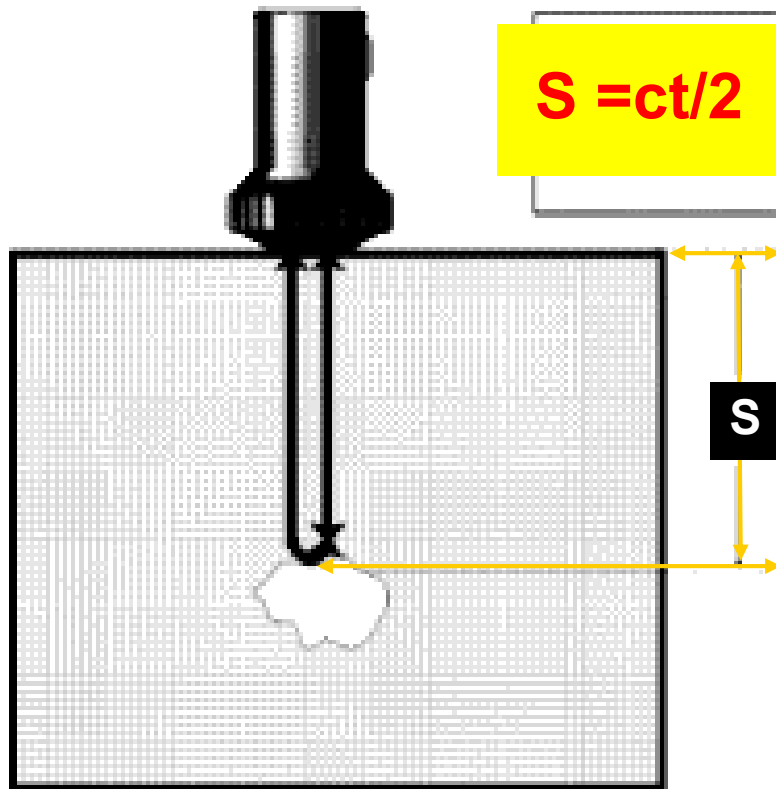
ส่วนประกอบของหัววัด



ใช้ผลึกของวัสดุ Piezoelectric เช่น Quartz เป็น Transducer
ซึ่งสามารถเปลี่ยนการสั่นสะเทือนทางไฟฟ้าเป็นการสั่นสะเทือนทางกล
เกิดเป็นคลื่นไหวความถี่ที่ต้องการ

- หัวตรวจวัดจะมีตัวเดียวหรือ 2 ตัวก็ได้ ขึ้นกับความหนา และความสามารถในการเข้าถึงของชิ้นงาน



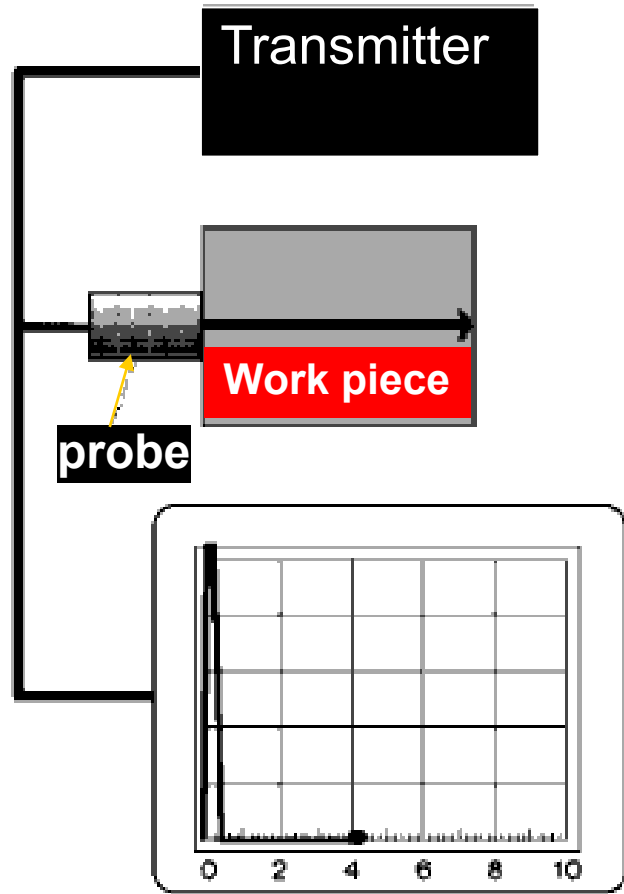


s = sound path [mm]

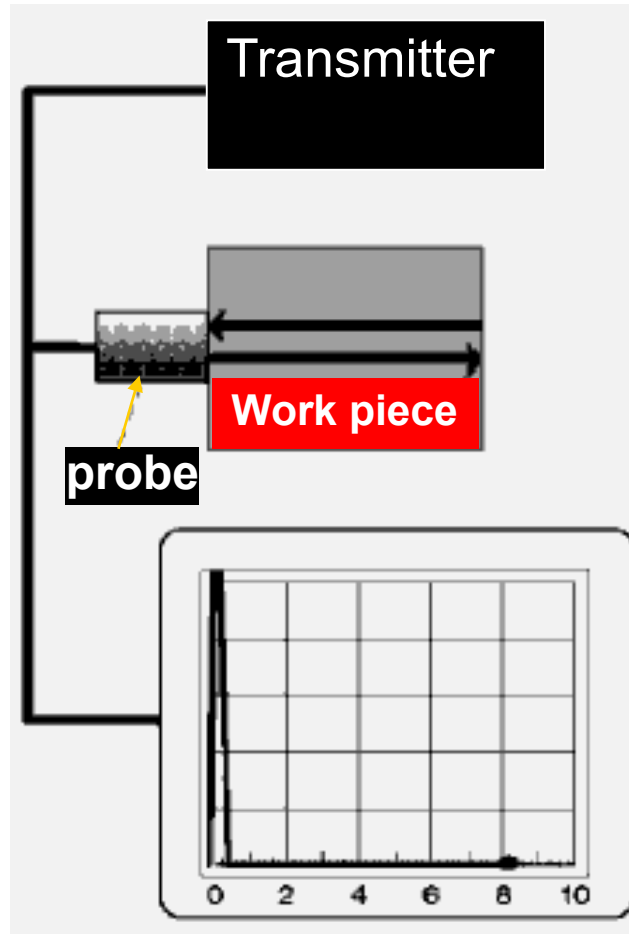
c = sound velocity [km/s]

t = time of flight (ms)

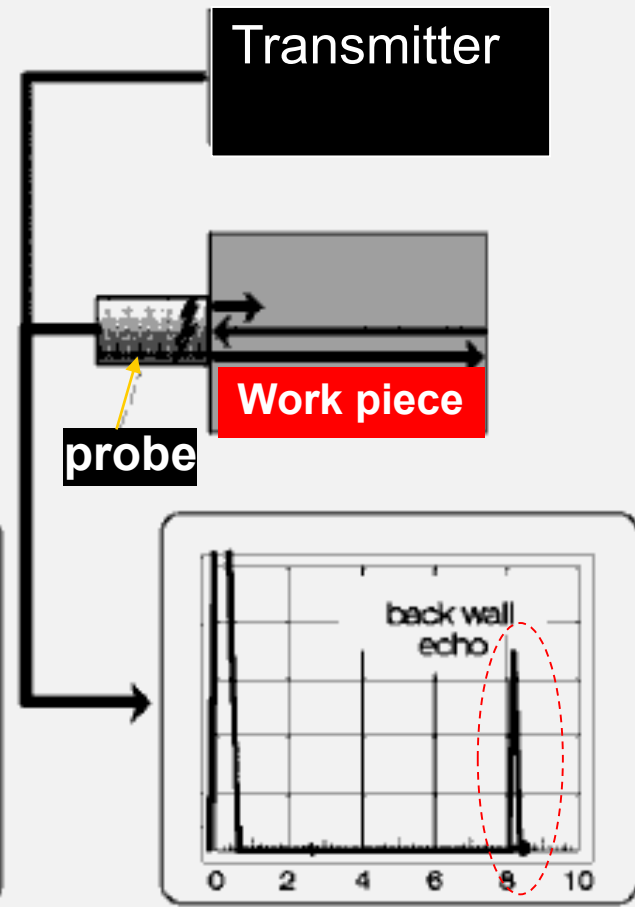
No Flaw



1



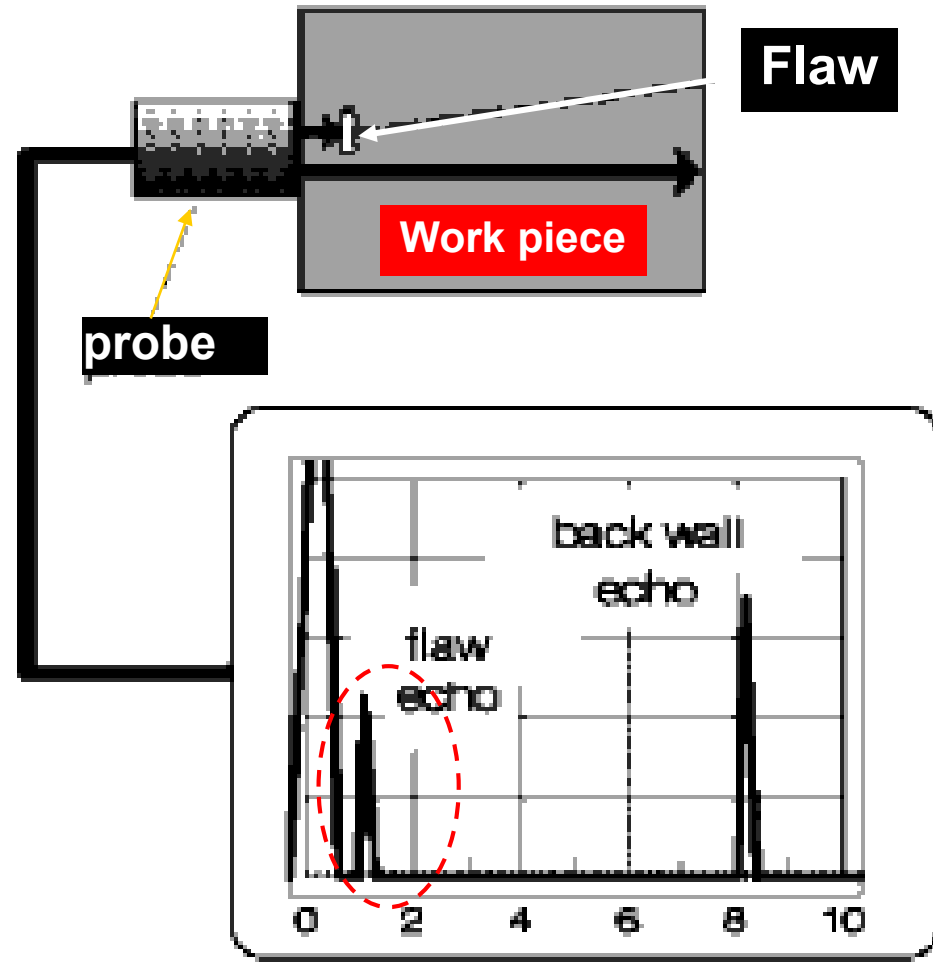
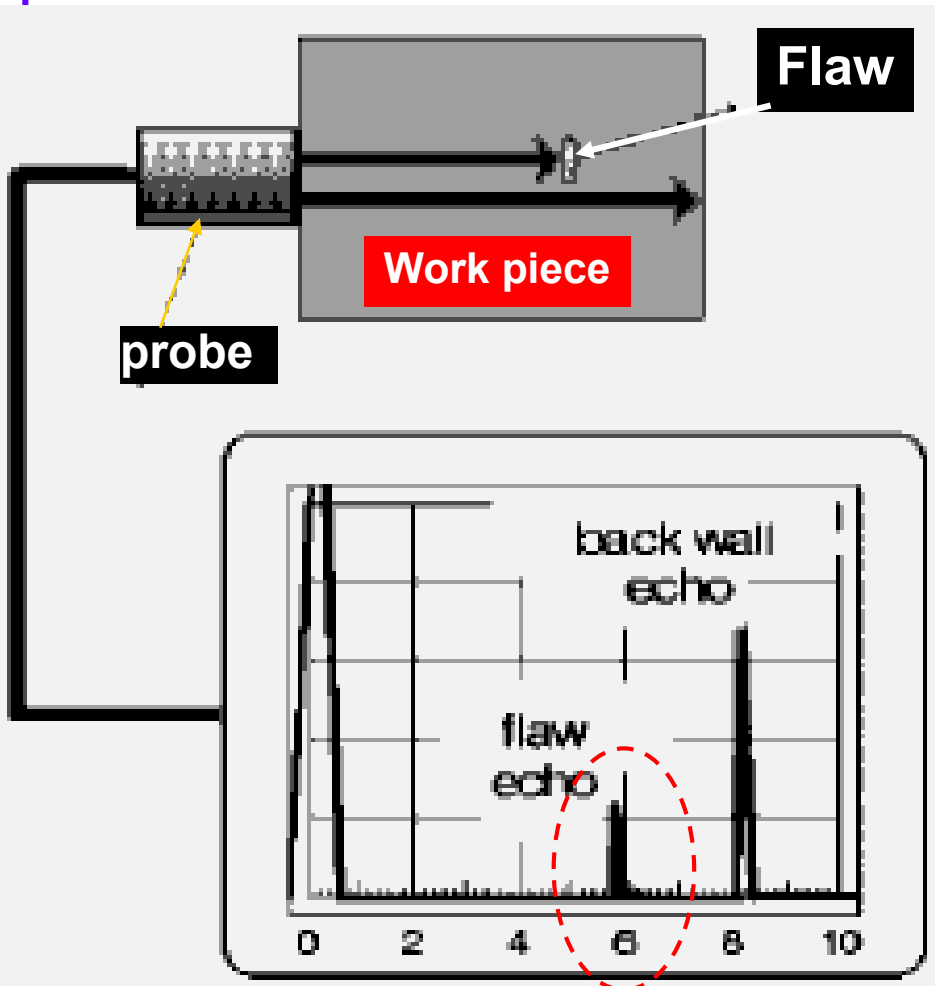
2



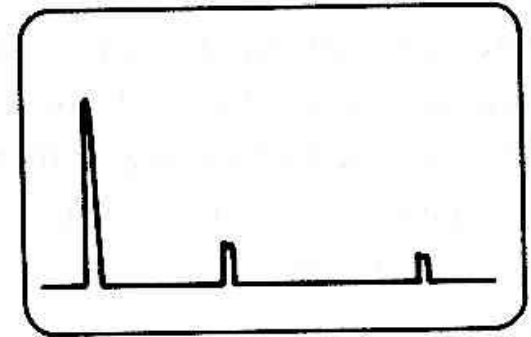
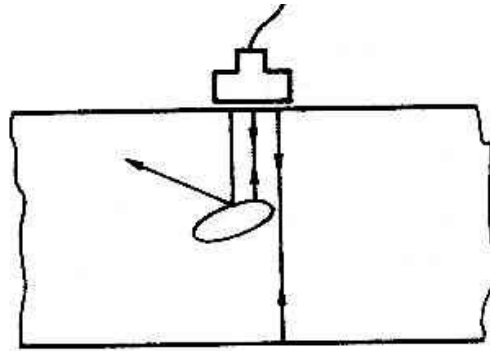
3

Back wall echo

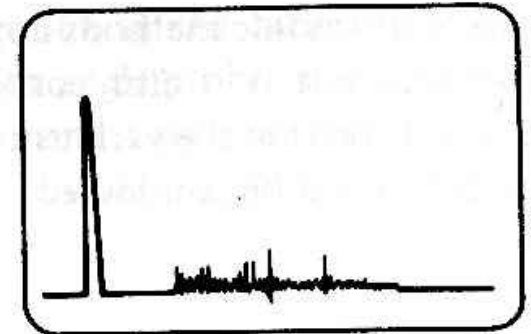
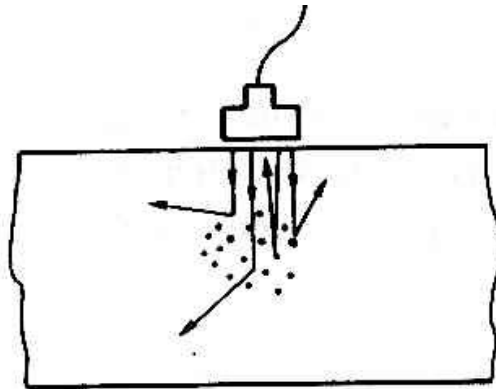
Flaw Detection



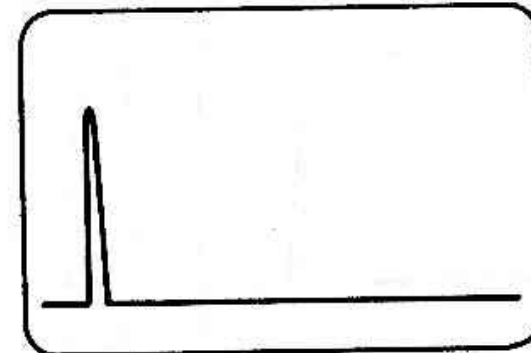
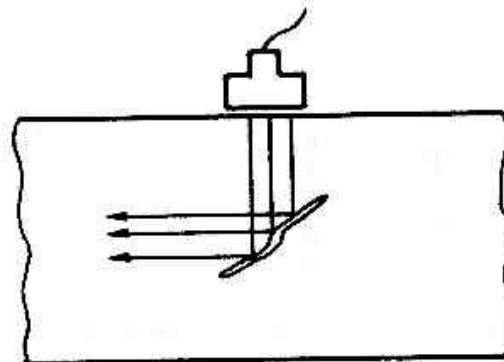
Elliptical defect



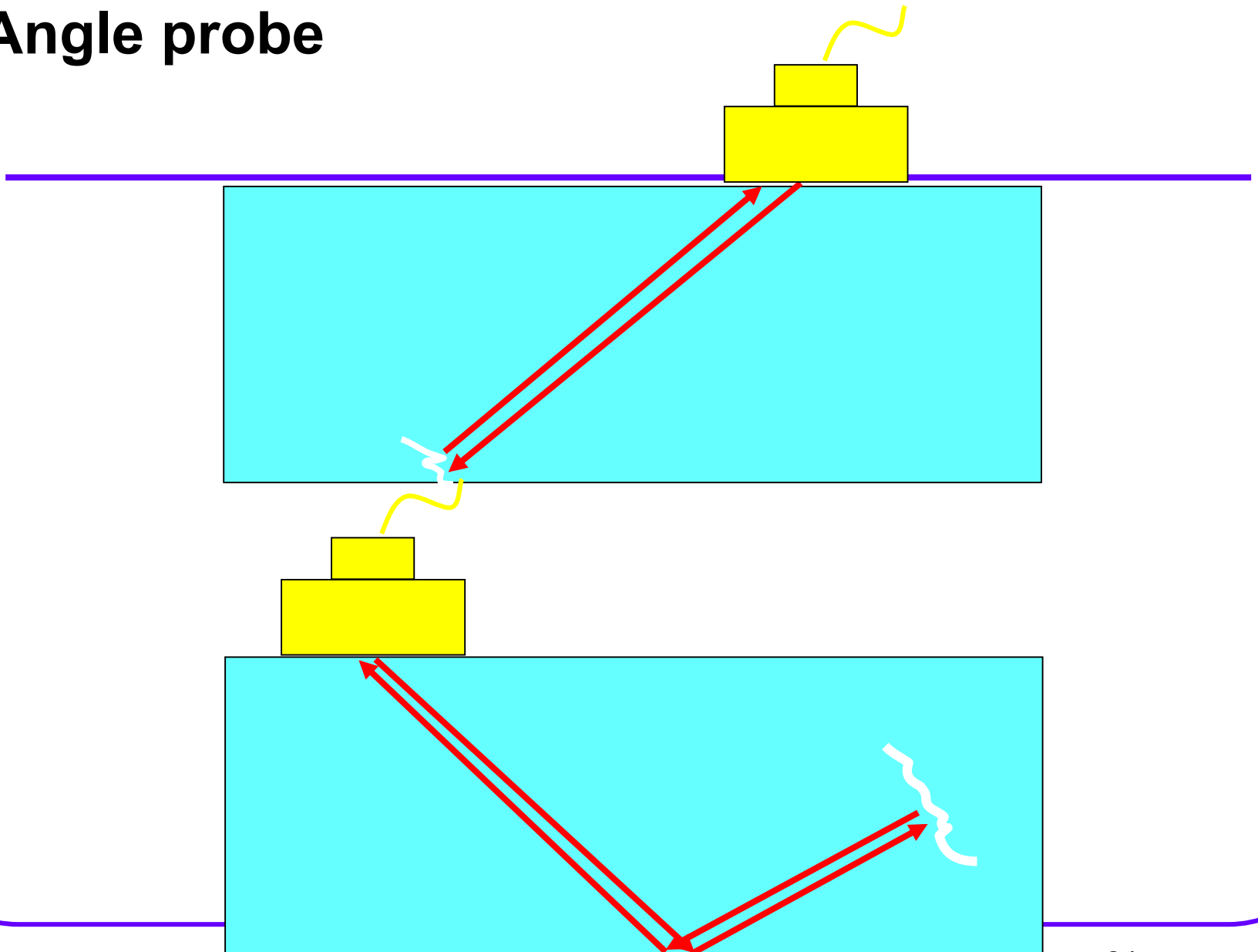
Micro-porosity



Angled defect



Angle probe



บทเรียน online

- Fundamentals of Ultrasonic Imaging and Flaw Detection

<http://zone.ni.com/devzone/cda/tut/p/id/3368>

2.1 Liquid Penetrant Inspection

ใช้ตรวจสอบรอยร้าวเล็ก ๆ ที่ผิวชิ้นงานที่มองด้วยตาเปล่าไม่เห็น
แต่ความลึกของรอยตำหนิไม่สามารถทราบได้

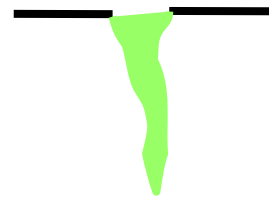
รอยร้าวที่มักเกิดที่ผิว เช่น

- รอยร้าวจากอุณหภูมิ
- รอยร้าวจากการเจียรไน
- รุ้อากาศ
- รอยร้าวจากความเครียด เป็นต้น

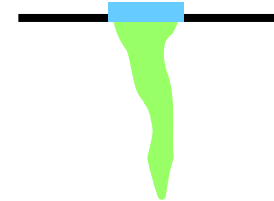
วิธีการ

1. ทำความสะอาดผิวชั้นหนังหนา
2. ใช้ของเหลวทาให้ทั่วผิวหน้าให้ซึมลงไปใรรอยแยก ทิ้งไว้สักระยะ 3-20 นาที
3. ขจัดส่วนที่อยู่เฉพาะผิวหน้าออกไป
4. ใช้สารละลายอีกชนิดหนึ่งดูดของเหลวที่ซึมลงไปใรรอยแยกออกมา ทำให้มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า

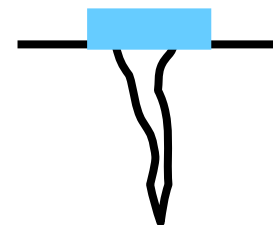
1. ทาสารละลายแทรกซึม



2. ล้างส่วนเกินออก



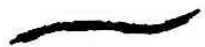
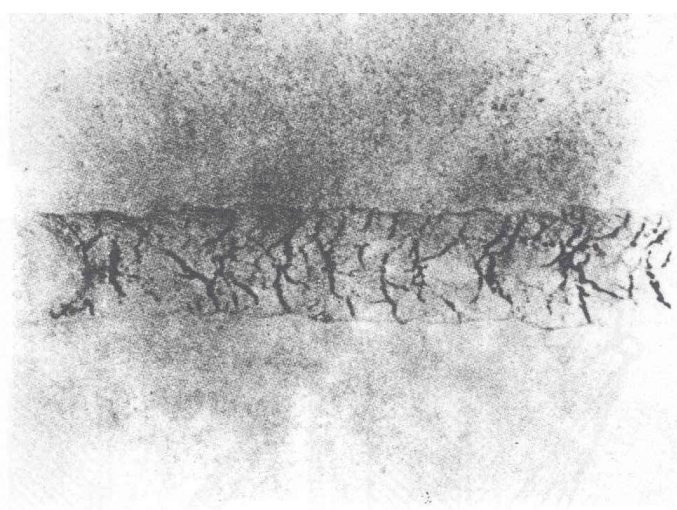
3. สารละลายถูกดูดซับขึ้นมาที่ผิวด้วยสารตัวที่ 1



4. มองเห็นรอยแยกด้วยตาเปล่า

- **The penetrant used is often loaded with a fluorescent dye and the inspection is done under UV light to increase test sensitivity.**

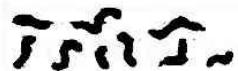




รอยร้าวจากความเย็น



รอยร้าวจากความร้อน



รอยร้าวจากการเจียรระไน



รอยร้าวรอยใหญ่



รูอากาศขนาดต่างกัน



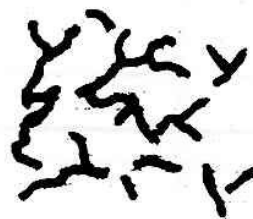
กลุ่มรูอากาศ



ฟองเกรน (sponge grain)



แผลรูอากาศใหญ่



รอยร้าวเกิดจากความเครียด

What are the advantages and disadvantages of penetrant examination in non-destructive examination?

- ชิ้นงานไม่ถูกทำลาย
- ทำได้ง่าย สะดวก รวดเร็ว
- สามารถทำให้มองเห็น ด้วยตาเปล่า
- เทคนิคไม่ซับซ้อน
- ประหยัด

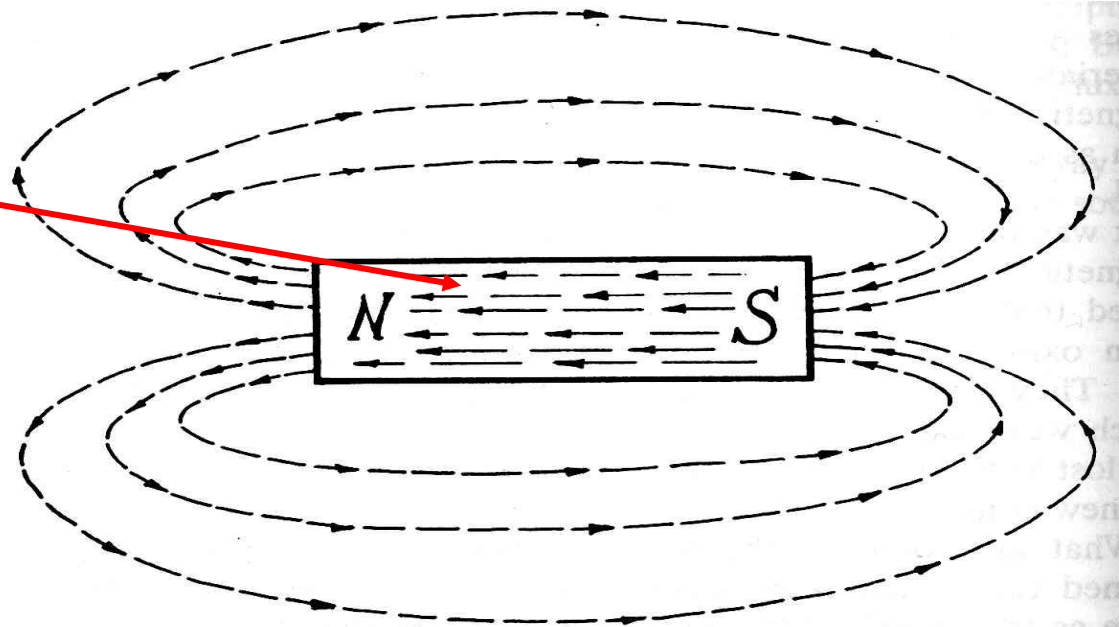
- ไม่สามารถทราบความลึกของรอยร้าวได้
- ไม่สามารถตรวจสอบบริเวณที่เข้าไม่ถึงได้
- สารเคมีอาจเสื่อมประสิทธิภาพได้

What are the principles of penetrant examination in non-destructive examination?

2.2 Magnetic Particle Inspection

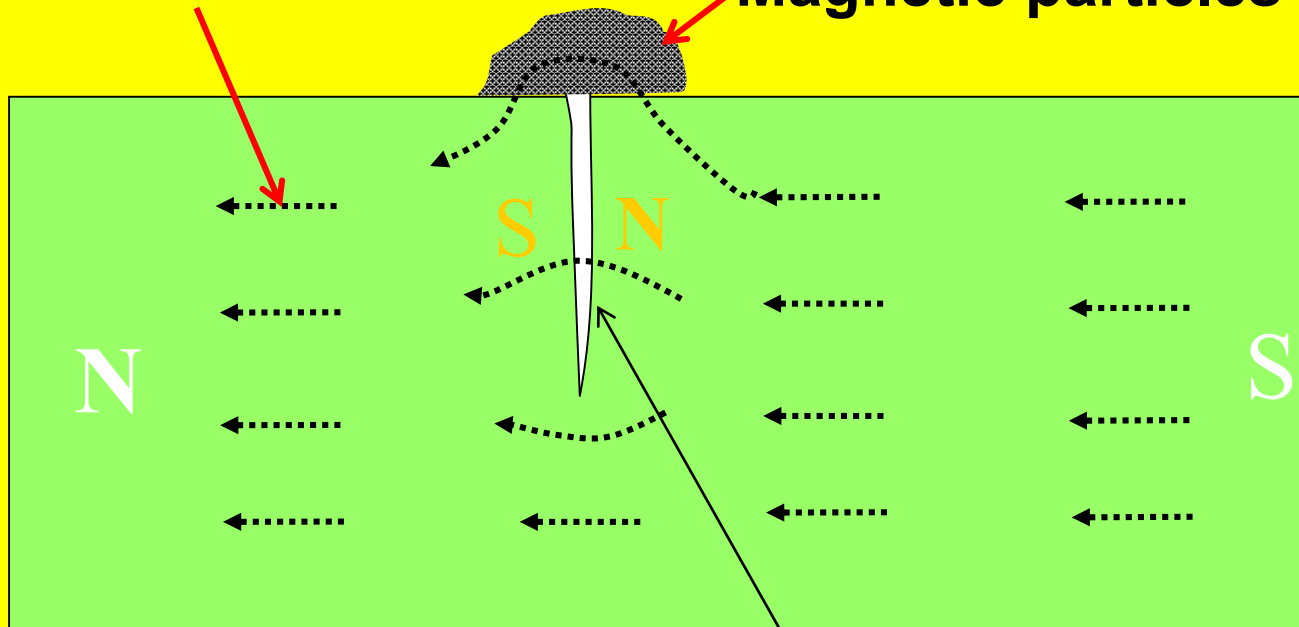
- เป็นการทดสอบเพื่อหารอยร้าวบริเวณผิวของชิ้นงาน โดยใช้หลักการของแม่เหล็ก

Magnetic lines
of flux



**Magnetic field
lines**

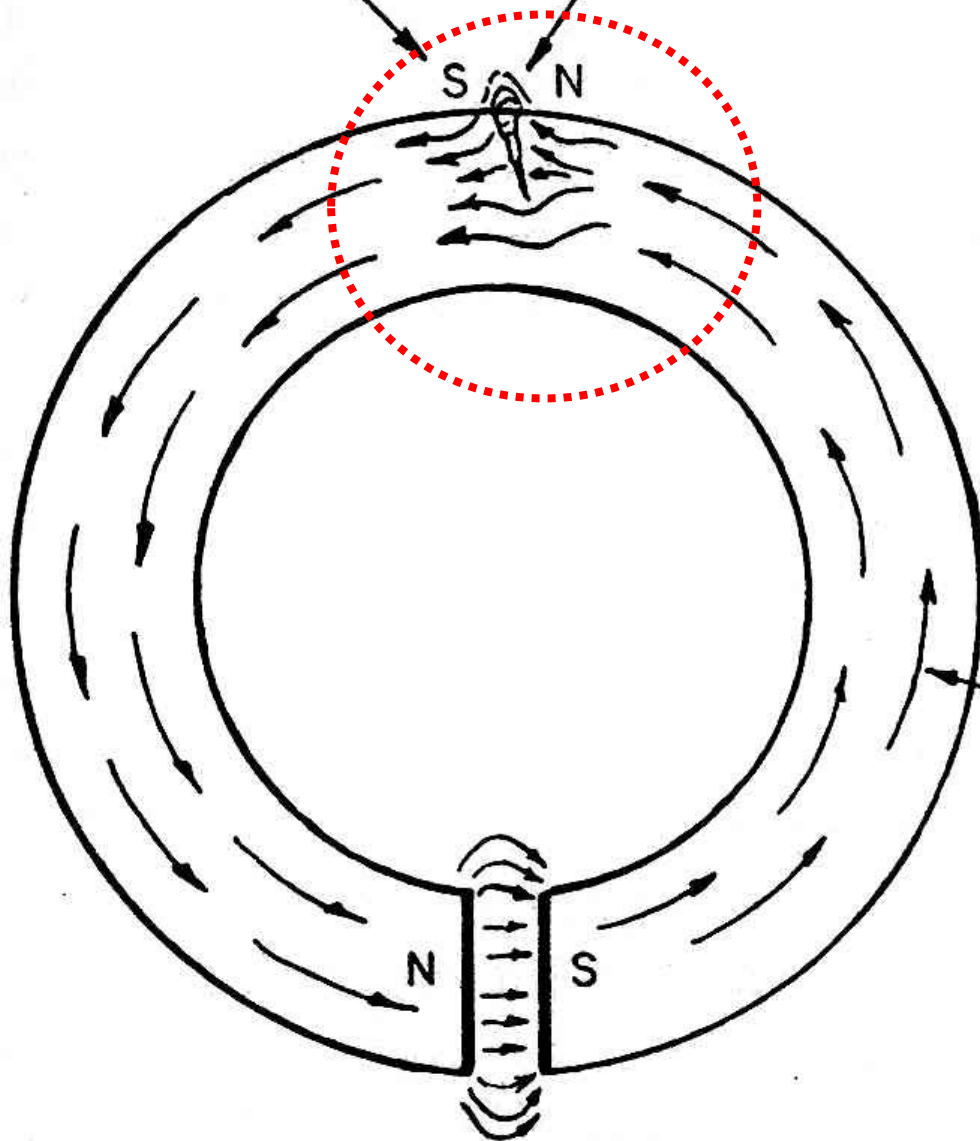
Magnetic particles



crack

Localized
Magnetic Poles

Leakage
Flux Field



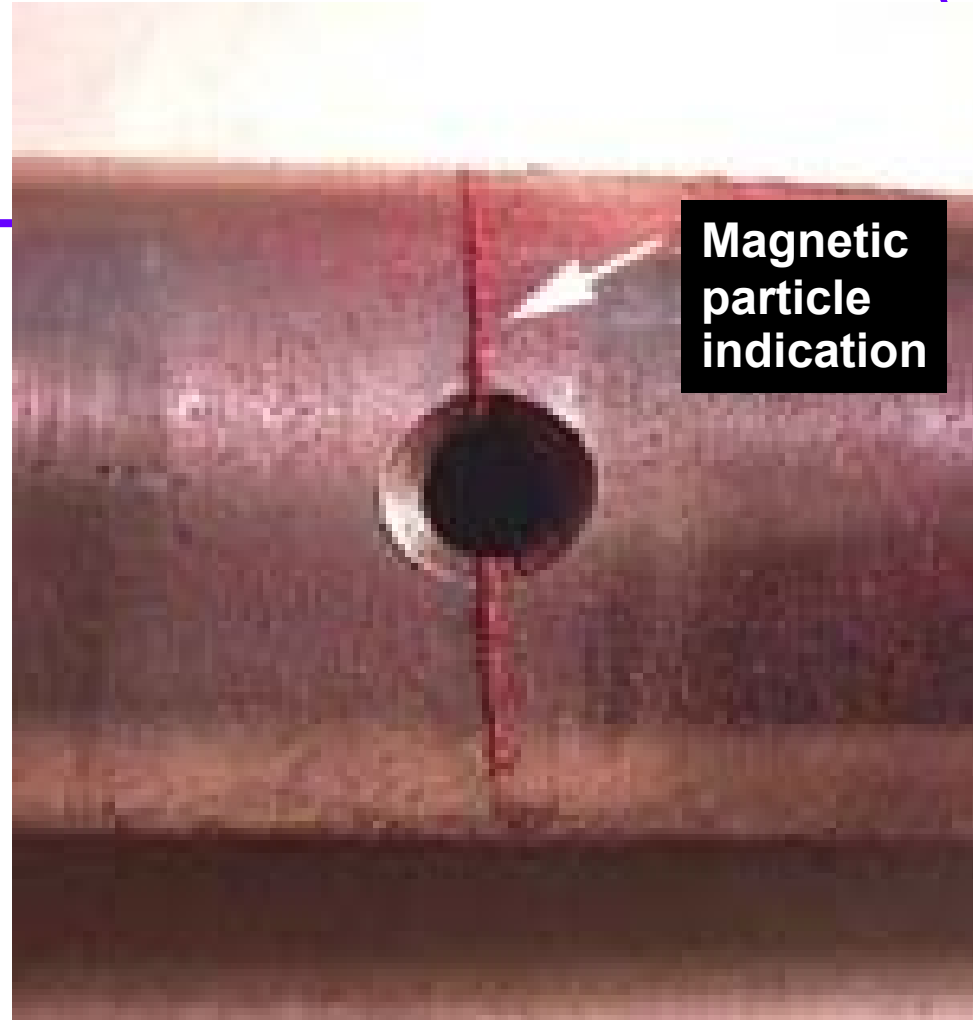
Internal
Circular
Magnetic
Field

วิธีการทดสอบ

1. เหนี่ยวนำให้วัสดุที่จะทดสอบมีสนามแม่เหล็ก
2. จากนั้นจึงใช้ผงเหล็กเคลือบสีเรืองแสงไปรยลงบนผิวชิ้นงาน
3. บริเวณรอยร้าว รอยแตก จะทำให้การไหลของแม่เหล็กขัดข้อง หรือความเป็นแม่เหล็กอ่อนตัวลง ผงโลหะก็จะรวมตัวกันบริเวณรอยแยกนั้น และจะสามารถมองเห็นได้ภายใต้แสงสว่าง



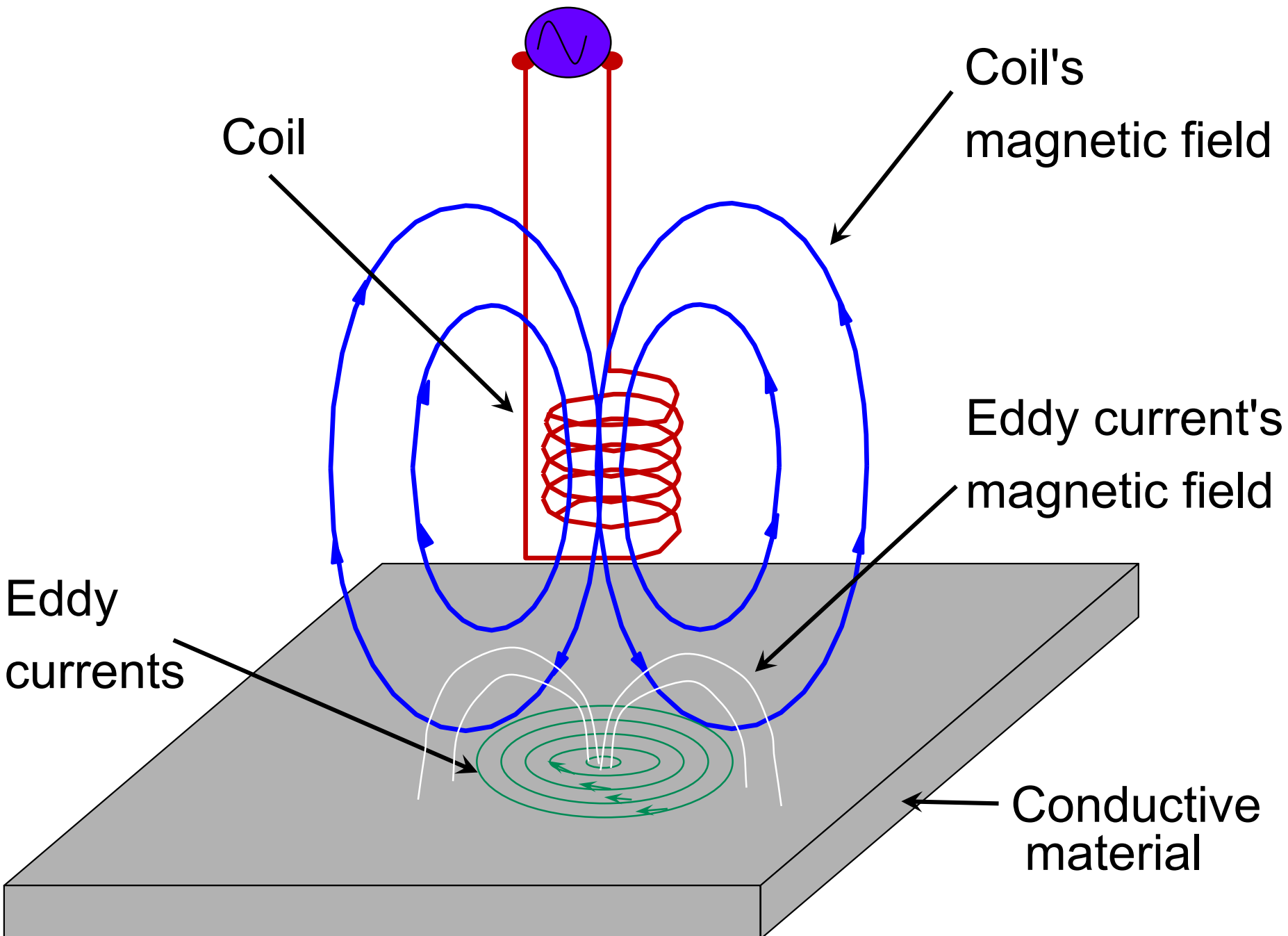
Before



After

2.3 Eddy current testing

- หลักการของการเกิด **electromagnetic field** (สนามแม่เหล็กไฟฟ้า)
- จุดบกพร่องต่าง ๆ เช่น รอยร้าว และสารเจือปน จะมีค่า **electrical conductivity** ต่างไปจากเนื้อโลหะ และจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของ **electromagnetic field**
- สามารถตรวจ รอยตำหนิได้ทั้งบริเวณผิว และภายในผิวที่ลึกไม่เกิน 5 mm



Coil

Coil's magnetic field

Eddy current's magnetic field

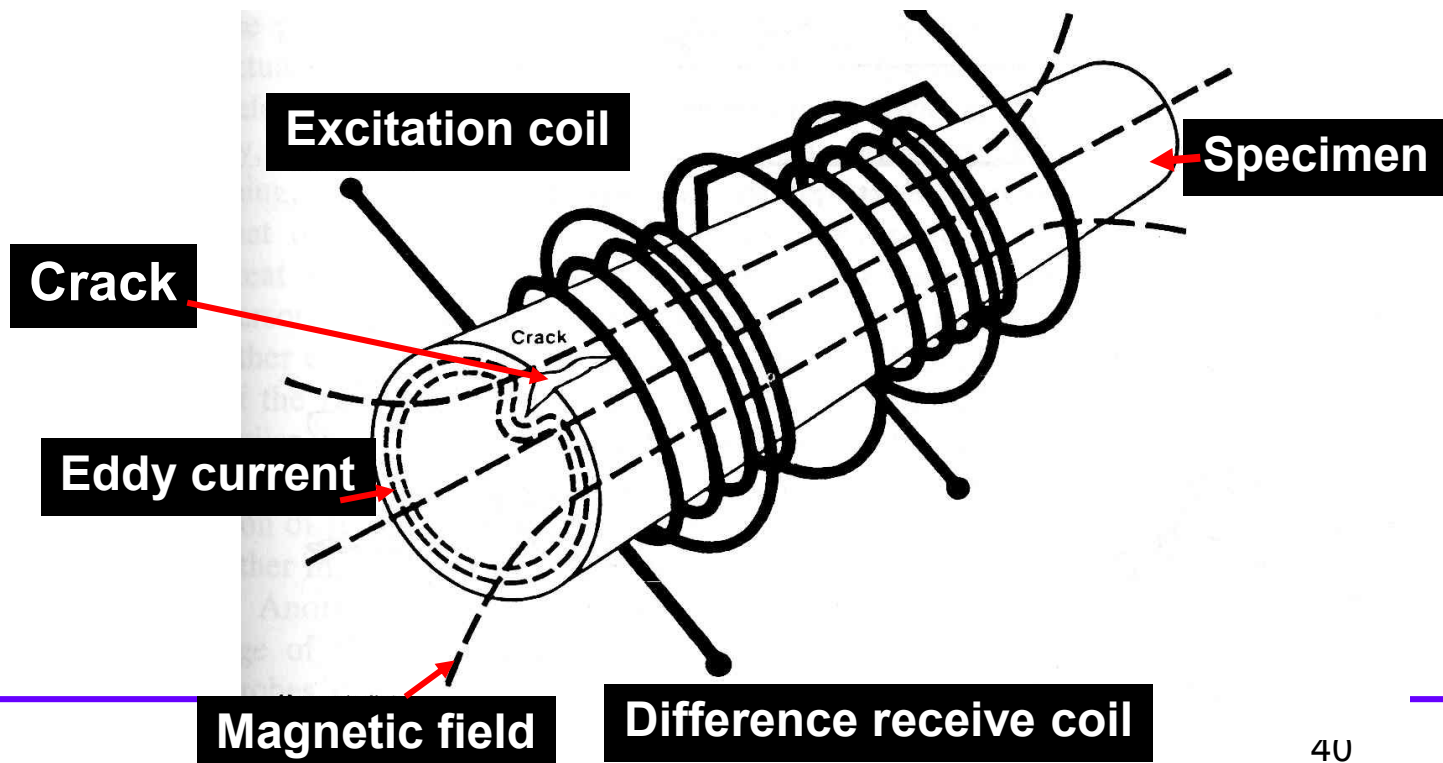
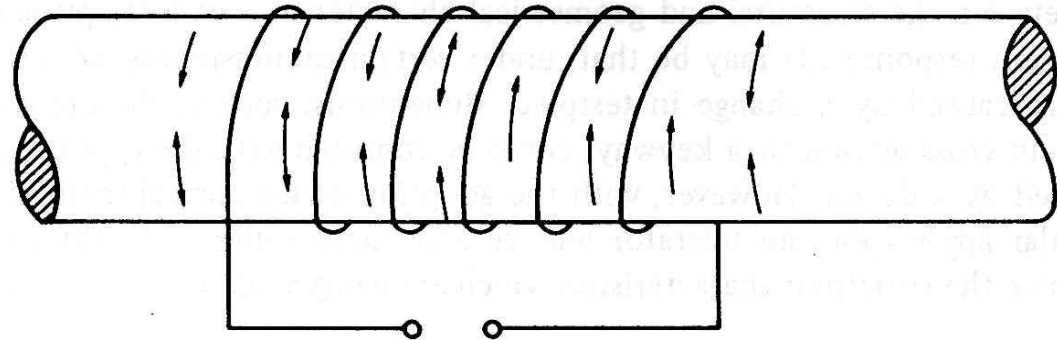
Eddy currents

Conductive material

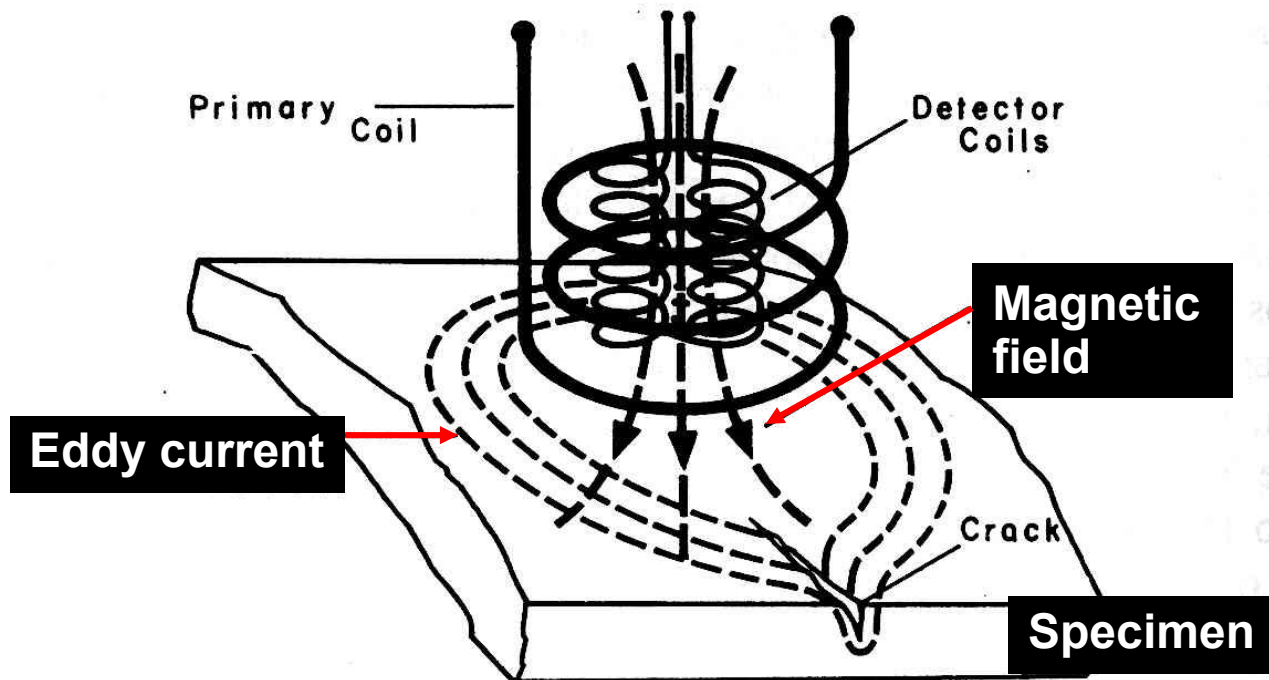
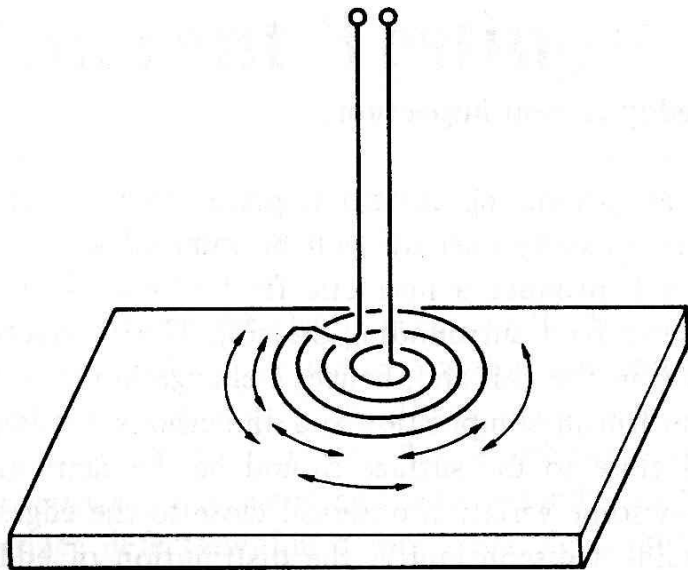
วิธีการทดสอบ

1. เมื่อนำขดลวดเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน มาวางใกล้ชิ้นงานที่เป็นเหล็ก ขดลวดจะเหนี่ยวนำเกิด สนามแม่เหล็ก และเกิด กระแสไหลวน เป็นวงรอบ ๆ
2. ถ้าหากวงของกระแสเกิด การเบี่ยงเบน ก็จะทราบได้ว่ามี รอยบกพร่องที่ผิว ที่เป็นตัวขัดขวางการไหลของกระแส

Eddy current solenoid coil



Pancake-type coil



การประยุกต์ใช้งานของ NDT

- ทดสอบวัตถุดิบ เช่น ใงาน forging, casting Extrusion เป็นต้น
- ทดสอบในระหว่างกระบวนการผลิต เช่น ใงาน machining, welding, grinding, heat treating เป็นต้น
- ทดสอบในระหว่างการใช้งาน เพื่อทดสอบหา cracking, corrosion, Erosion/wear และ heat damage เป็นต้น

ตัวอย่างการประยุกต์การใช้งาน

- **Power plants** ในโรงงานไฟฟ้า จะมีกำหนดปิดเพื่อตรวจสอบเป็นระยะ

ตัวอย่างการตรวจสอบ เช่น จะทำการตรวจสอบหาความเสียหายที่เกิดจากการกัดกร่อนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (Heat exchanger) ด้วยวิธี Eddy current

-
- การตรวจสอบสายเคเบิล จะทดสอบด้วย **visual inspection** และ **Electromagnetic** เพื่อระบุการเกิดรอยร้าวของลวดเคเบิล หรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการยก

การตรวจสอบความหนา
ของผนัง ถังบรรจุน้ำมัน
ที่อาจจะบางลงเนื่องจาก
การกัดกร่อน จะใช้
หุ่นยนต์ขนาดเล็กที่ปีน
กำแพงได้พร้อมติดตั้ง
หัววัดคลื่นอัลตราโซนิก



Due date
