

การใช้คลื่นเสียงอัลตราโซนิกเพื่อศึกษารอยบกพร่องในรอยเชื่อมแบบต่อชนของ
เหล็กกล้าไร้สนิมที่อุณหภูมิสูงกว่าบรรยากาศ

**Ultrasonic Study for the Flaw Detectability in Stainless Steel
Butt Welds at Higher Ambient Temperature**

เรวัฒน์ เหล่าไพบูลย์ จินตนา เหล่าไพบูลย์ และ ยุตพงษ์ หาดทรายทอง

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

Raewat Laopaiboon Jintana Laopaiboon and Yuttapong Hadtraytong

Faculty of Science, Ubon Rajathanee University.

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลของการใช้คลื่นเสียงอัลตราโซนิกทดสอบรอยเชื่อมของเหล็กกล้าไร้สนิม ที่อุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิห้อง โดยได้สร้างเตาความร้อนและระบบควบคุมอุณหภูมิเพื่อให้ความร้อนแก่ชิ้นงาน การทดลองได้ใช้หัวตรวจสอบอัลตราโซนิกแบบตรงและแบบมุม 45 องศา ความถี่คลื่น 4 เมกะเฮิร์ต ตรวจสอบรอยบกพร่องชิ้นงานที่อุณหภูมิห้องไปจนถึงอุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส โดยตัวอย่างที่ใช้มีรอยบกพร่องชนิด Lamination, Centre line crack และ Porosity พบว่าตำแหน่งความลึกของรอยบกพร่องเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิของชิ้นงานเพิ่มขึ้น จากการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างสัญญาณตอบรับจากรอยบกพร่องกับอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง พบว่าการลดทอนของสัญญาณตอบรับจะเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น ผู้ตรวจสอบสามารถทดสอบรอยเชื่อม ได้ที่อุณหภูมิสูงกว่าบรรยากาศ จากผลการทดลองดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าเทคนิคการใช้คลื่นเสียงอัลตราโซนิกในงานตรวจสอบรอยบกพร่องในวัสดุนั้น สิ่งที่ผู้ตรวจสอบควรคำนึงถึงขณะปฏิบัติงาน คือ อุณหภูมิของชิ้นงานขณะตรวจสอบ เพื่อมิให้ผลการตรวจสอบเกิดความผิดพลาด อันจะก่อให้เกิดผลเสียหายตามมาภายหลัง

คำสำคัญ อัลตราโซนิก รอยเชื่อมต่อชน

Abstract

This research describes the problems encountered during ultrasonic testing of welds of stainless steel at higher ambient temperature. A furnace and heater control system were produced for stainless steel specimen ultrasonic testing. The direct beam probes and angle beam probes (less than 4 MHz) scanned the specimens at room temperature and higher

temperature zones up to 65° C. The experimental study involved embedment of natural defect lamination, centre line crack and porosity in the stainless steel butt weld. The comparative study was carried out between the depth of defect at ambient temperature and elevated temperature. The analysis of the results have shown that the depth of defect increases as the temperature increases and the attenuation of ultrasound increases as the temperature at the weld zone increases. The inspector can test the weld at higher ambient temperature. The results of the investigation indicate that in using ultrasonic testing for defects, one has to consider the temperature of the material to avoid the errors that would follow afterwards.

Keywords *Ultrasonic, Butt Welds*

บทนำ

การตรวจสอบวัสดุด้วยคลื่นเสียงอัลตราโซนิก เป็นการตรวจสอบแบบไม่ทำลายที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย ทั้งนี้เนื่องจากสามารถตรวจสอบรอยเชื่อมบริเวณที่เข้าถึงได้ยากในโรงงานอุตสาหกรรมได้ ปกติการตรวจสอบรอยเชื่อมด้วยวิธีดังกล่าว จะทำการตรวจสอบที่อุณหภูมิห้อง ทั้งนี้เนื่องจากอุณหภูมิของชิ้นงานมีผลต่อการตรวจสอบโดยวิธีนี้ เช่น ตำแหน่งของรอยบกพร่องจากการวิเคราะห์ที่เปลี่ยนไป ดังนั้นวิธีนี้จึงไม่สามารถนำไปใช้ตรวจสอบรอยเชื่อมของชิ้นงานที่มีอุณหภูมิสูงในโรงงานอุตสาหกรรมที่อาศัยพลังงานความร้อนในการดำเนินงาน เช่น การตรวจสอบรอยเชื่อมของหม้อไอน้ำในโรงงานผลิตอาหารสำเร็จรูปหรือ การตรวจสอบภาชนะความดันในขณะที่เดินเครื่อง การตรวจสอบในปัจจุบันยังจำเป็นต้องมีการหยุดเดินเครื่อง เพื่อให้อุณหภูมิลดลงสู่อุณหภูมิห้อง การที่ต้องหยุดเดินเครื่องดังกล่าว ทำให้โรงงานอุตสาหกรรมต้องสูญเสียทั้งเวลาและมูลค่าทางเศรษฐกิจ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการศึกษาเพื่อพัฒนาเทคนิคการตรวจสอบที่สามารถตรวจสอบรอยบกพร่องของวัสดุได้ ในขณะที่วัสดุมีอุณหภูมิสูง

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาการใช้คลื่นเสียงอัลตราโซนิกในการตรวจสอบรอยเชื่อมของเหล็กที่อุณหภูมิต่างกัน
2. ศึกษาการใช้ couplant ในสภาวะที่ชิ้นงานตรวจสอบมีอุณหภูมิสูง
3. ศึกษาผลของอุณหภูมิที่มีต่อค่าความเข้มของสัญญาณความเร็วของคลื่นเสียงอัลตราโซนิกในวัสดุ และค่าคงที่ของวัสดุตรงบริเวณรอยเชื่อม (ค่าอัตราส่วนพัลส์ของ ค่าเชียร์โมดูลัส และค่ายังโมดูลัส) และผลของอุณหภูมิที่มีต่อรูปสัญญาณตอบรับที่แสดงลักษณะของรอยบกพร่อง

วัสดุ อุปกรณ์

1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำระบบควบคุมอุณหภูมิ

1.1. ออปแอมป์	1	ตัว
1.2. ทรานซิสเตอร์	2	ตัว
1.3. ตัวต้านทาน - ขนาด 1 k	1	ตัว
- ขนาด 11 k	2	ตัว
- ขนาด 27 k	2	ตัว
1.4. ชุดเทอร์โมคอปเปิล	1	ชุด
1.5. Power supply – แบบดิจิทัล	1	เครื่อง
- แบบอนาล็อก	1	เครื่อง
1.6. ขดลวดนำไฟฟ้า	1	ขด
1.7. แผ่นฉนวน	1	แผ่น
1.8. แผ่นเซรามิก	1	แผ่น

2 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจสอบ

2.1. แท่งเหล็กขนาดเล็กเบอร์ 4	1	แท่ง
2.2. ชุดตรวจสอบรอยบกพร่อง	1	ชุด
2.3. เครื่องตรวจสอบด้วยคลื่นอัลตราโซนิก	1	เครื่อง
2.4. หัวตรวจสอบ - แบบหัวตรง	1	อัน
- แบบหัวมุม 45 องศา	1	อัน
2.5. แท่งปรับเทียบมาตรฐาน	1	แท่ง
2.6. Couplant - น้ำมัน	1	ถ้วย
- กิลีเซอลีน	1	ถ้วย

3 ชิ้นตัวอย่างเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 304 เชื่อมแบบต่อชน

ที่มีรอยบกพร่องประเภท	Lamination	1	ชิ้น
	Centre line crack	1	ชิ้น
	Porosity	1	ชิ้น

วิธีการทดลอง

1. การสร้างเตาความร้อนและระบบควบคุมเตาความร้อน

1.1 การสร้างเตาความร้อน

ได้สร้างเตาความร้อนโดยใช้ขดลวดความร้อนขดเป็นสปริง บรรจุลงในแผ่นฉนวนความร้อนใยหินที่เซาะเป็นร่องในแนวตามยาวขนานกัน โดยให้ขดลวดสปริงฝังอยู่ภายในฉนวน

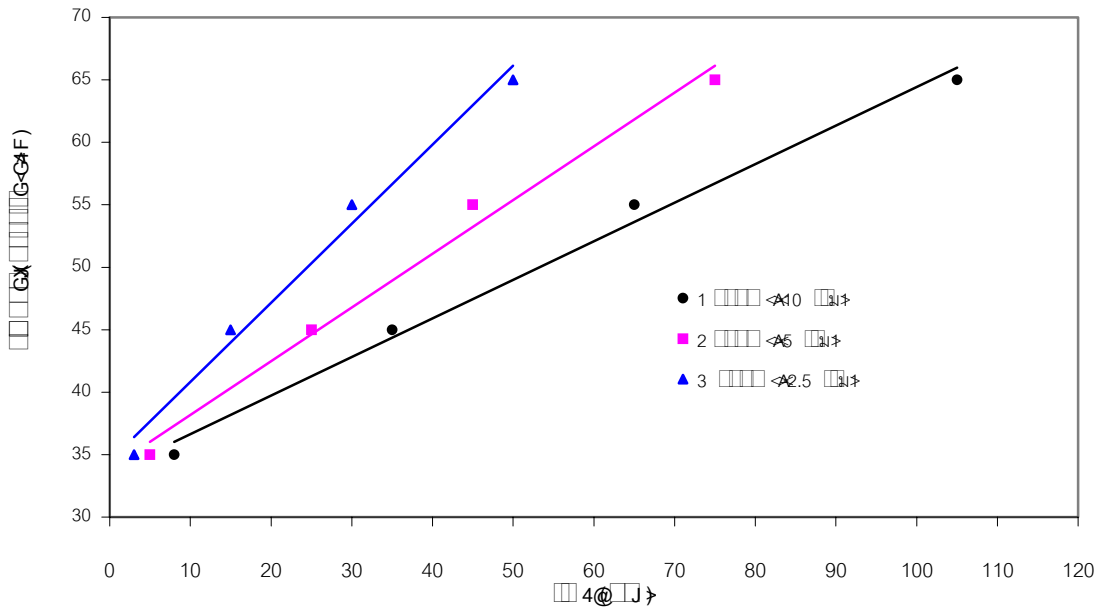
1.2 การสร้างระบบควบคุมเตาความร้อน

ระบบที่สร้างขึ้นประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนวัดและควบคุมความร้อน กับส่วนจ่ายกำลังไฟฟ้า

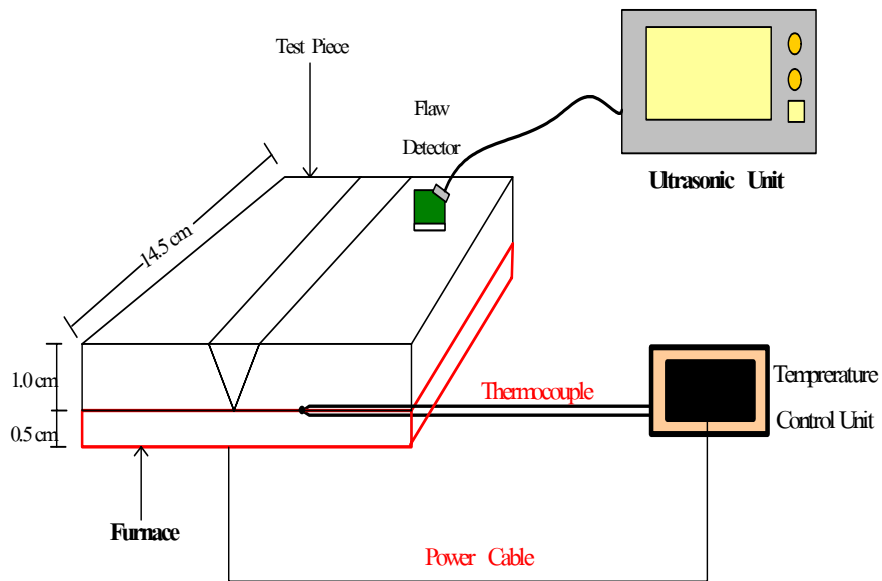
- ส่วนวัดและควบคุมอุณหภูมิ ใช้เครื่องควบคุม CHINO รุ่น LT203 ใช้กับเทอร์โมคัปเปิลชนิดเค สัญญาณควบคุมเป็นแบบ SSR DRIVER
- ส่วนจ่ายกำลังไฟฟ้าใช้ AC/DC Power Supply Model – RG-303 maximum output current 3 ADC maximum output voltage 30 VDC

2. การทดสอบเตาความร้อนและระบบควบคุมเตาความร้อน

ได้ทำการทดลองเปลี่ยนแปลงค่ากระแสไฟฟ้า และความต้านทานของขดลวดสปริงของเตาความร้อนบันทึกเวลาการเพิ่มอุณหภูมิของความร้อน จากอุณหภูมิห้องถึงอุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส โดยได้ทำการทดลองเปลี่ยนแปลงค่าดังกล่าว 3 เทคนิคดังนี้ คือ ที่ 1 แอมแปร์ 10 โอห์ม 2 แอมแปร์ 5 โอห์ม และ 3 แอมแปร์ 2.5 โอห์ม ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับอุณหภูมิของเตาความร้อน เมื่อเปลี่ยนแปลงค่ากระแสไฟฟ้าและความต้านทานของขดลวดสปริง



รูปที่ 2 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์การทดลอง

จากรูปที่ 1 พบว่า ที่เทคนิคการพันขดลวดสปริงให้มีความต้านทาน 2.5 โอห์มและจ่ายกระแสไฟฟ้า 3 แอมแปร์ ได้อัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิของเตาสูงที่สุด จึงเลือกใช้เทคนิค ดังกล่าว ทั้งนี้ เพื่อประหยัดเวลาในการทดลองเพิ่มอุณหภูมิให้แก่ชิ้นงาน

3. การศึกษา couplant ที่เหมาะสมกับการนำไปงาน

ได้ทำการทดลองโดยติดตั้งอุปกรณ์ตามรูปที่ 2 ปลดอยสัญญาณคลื่นเสียงอัลตราโซนิกลงในชิ้นงานเหล็กกล้าไร้สนิมที่มีการเชื่อมแบบต่อชนโดย scan หัวอัลตราโซนิกตามแนวรอยเชื่อม สังเกตความเข้มของสัญญาณที่ปรากฏบนหน้าจอ Ultrasonic Unit ทำการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิการทดลอง และชนิดของ couplant โดยเลือกใช้ กลิเซอรอลและน้ำมันเครื่องเกรด 10W-40

4. การศึกษาผลของอุณหภูมิที่มีต่อค่าความเร็วคลื่นเสียงอัลตราโซนิกในวัสดุ

ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 3 ใช้น้ำมันเครื่องเป็น couplant ใช้อหัวตรวจสอบแบบตรงและหัวตรวจสอบแบบมุม 45 องศา สังเกตความเร็วของคลื่นเสียงบนหน้าจอ Ultrasonic Unit เมื่อเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่ให้แก่ชิ้นงานตั้งแต่ 23 - 65 องศาเซลเซียส

5. การศึกษาผลของอุณหภูมิที่มีต่อค่าขั้วโมดูลัสของวัสดุ และค่าอัตราส่วนพัลส์ของ

คำนวณหาค่าขั้วโมดูลัสของวัสดุที่อุณหภูมิของวัสดุต่าง ๆ กัน โดยใช้สมการดังนี้

$$E = 4(\rho C_T^2) \left\{ \left[\frac{3}{4} - (C_T / C_L)^2 \right] / \left[1 - (C_T / C_L)^2 \right] \right\}$$

เมื่อ E คือ ค่าขั้วโมดูลัสของวัสดุ C_T คือ ความเร็วคลื่นตามขวาง

ρ คือ ความหนาแน่นของวัสดุ C_L คือ ความเร็วคลื่นตามยาว
และคำนวณหาค่าเชิษฐ์โมดูลัสโดยใช้สมการ

$$\mu = \rho C_T^2$$

เมื่อ μ คือ ค่าเชิษฐ์โมดูลัสของวัสดุ

$$v = \frac{\frac{1}{2} - (C_T / C_L)^2}{1 - (C_T / C_L)^2}$$

และคำนวณหาอัตราส่วนพัลส์ของโดยใช้สมการ

เมื่อ v คือค่าอัตราส่วนพัลส์ของ

5. การศึกษาผลของอุณหภูมิที่มีต่อรอยบกพร่องชนิดต่าง ๆ

ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 3 โดยใช้ชิ้นงานที่มีรอยบกพร่องแบบต่าง ๆ และใช้หัวตรวจสอบแบบตรงและหัวตรวจสอบแบบมุม 45 องศา สังเกตรูปร่างของสัญญาณตอบรับและตำแหน่งของรอยบกพร่อง

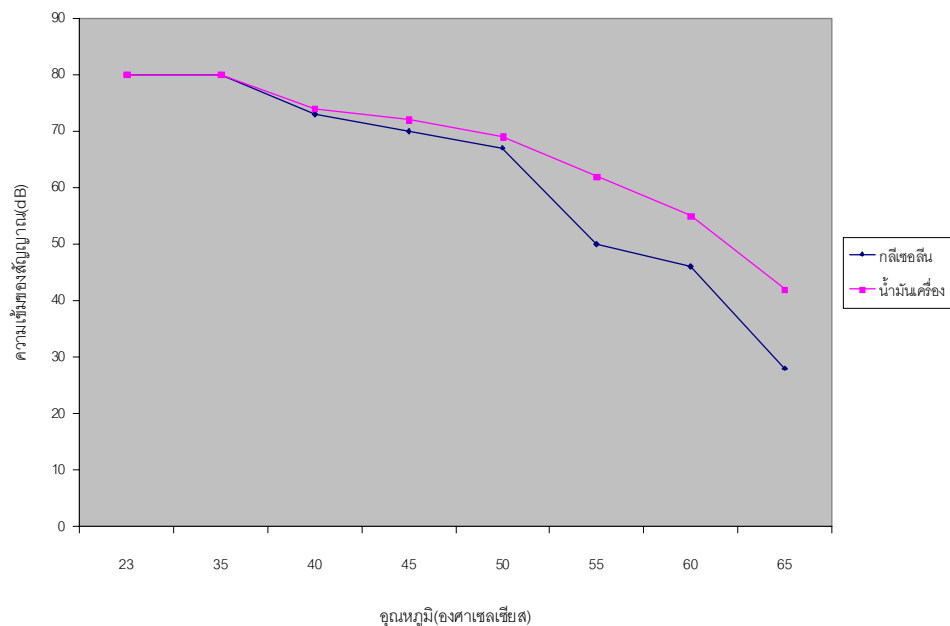
ผลการทดลอง

1. การเลือก couplant ที่เหมาะสม

จากการทดลองหาความเข้มของสัญญาณคลื่นเสียงอัลตราโซนิก โดยใช้หัวตรวจสอบแบบมุม 45 องศา ได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบผลการทดลองที่ใช้กิลีเซอรีนกับน้ำมันเครื่อง เป็น couplant

อุณหภูมิชิ้นงาน(° C)	ความเข้มของสัญญาณ (dB)	
	กิลีเซอรีน	น้ำมันเครื่อง
23	80	80
35	80	80
40	73	74
45	70	72
50	67	69
55	50	62
60	46	55
65	28	42



รูปที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจุดหนุมิกับความเข้มของสัญญาณคลื่นเสียงอัลตราโซนิกเมื่อใช้ ก๊ลิเซอลีนและน้ำมันเครื่องเกรด 10W-40 เป็น couplant

จากรูปที่ 3 พบว่าจุดหนุมิมีผลต่อการลดทอดความเข้มของสัญญาณ โดยที่เมื่อจุดหนุมิเพิ่มขึ้น ความเข้มของสัญญาณจะลดลง ทั้งกรณีใช้ก๊ลิเซอลีน และน้ำมันเครื่องเกรด 10W-40 เป็น couplant การลดทอดของสัญญาณจะไม่แตกต่างกันมากในช่วงจุดหนุมิต่ำกว่า 50 องศาเซลเซียส ส่วนช่วงจุดหนุมิสูงกว่า 50 องศาเซลเซียสการลดทอดของสัญญาณ กรณีใช้ก๊ลิเซอลีน สัญญาณจะลดลงมากกว่ากรณีใช้น้ำมันเครื่อง ดังนั้น ในการทดลองจึงได้เลือกใช้ใช้น้ำมันเครื่องเป็นตัว couplant

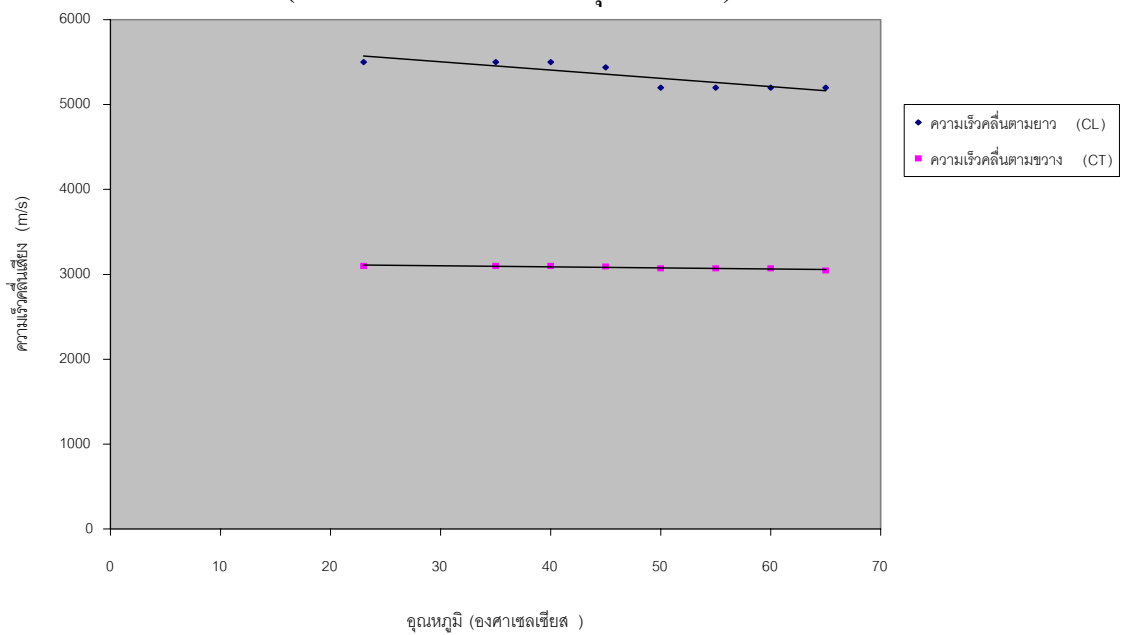
2. ผลการศึกษาความเร็วคลื่นเสียงเมื่ออุณหภูมิของชิ้นงานเปลี่ยนแปลง

ตารางที่ 2 แสดงผลการทดลองหาความเร็วคลื่นเสียงเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลง

อุณหภูมิ(° C)	ความเร็วคลื่นเสียงอัลตราโซนิก (m/s)	
	C _L	C _T
23	5500.09	3097.09
35	5500.09	3097.09
40	5500.09	3097.09
45	5436.87	3090.62
50	5197.89	3070.62
55	5197.89	3070.62
60	5197.89	3070.62
65	5197.89	3044.60

C_L คือ ความเร็วคลื่นตามยาว (กรณีใช้หัวตรวจสอบแบบตรง)

C_T คือ ความเร็วคลื่นตามขวาง (กรณีใช้หัวตรวจสอบแบบมุม 45 องศา)



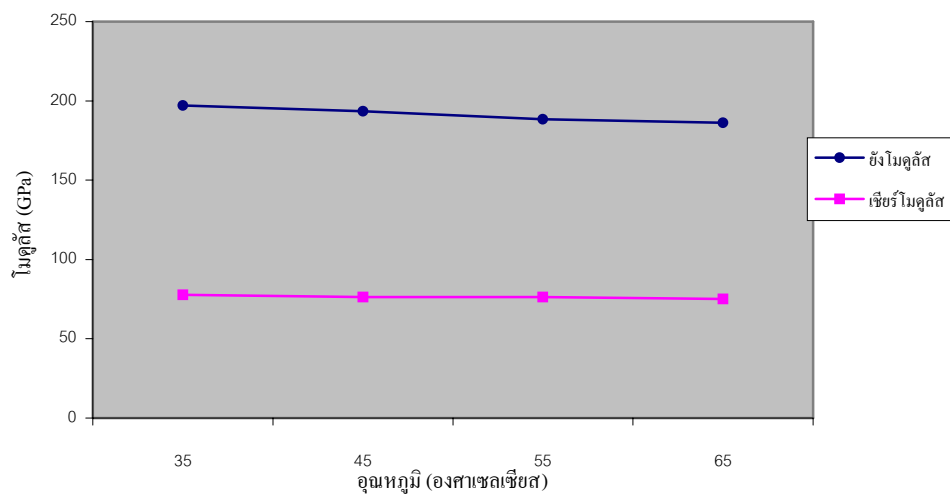
รูปที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับความเร็วคลื่นเสียงอัลตราโซนิก

จากรูปที่ 4 พบว่าเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนความเร็วคลื่นเสียงเปลี่ยนแปลงดังนี้ คือ เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นความเร็วลดลงประมาณ 0.13 เปอร์เซ็นต์/ $^{\circ}\text{C}$ และ 1.70 เปอร์เซ็นต์/ $^{\circ}\text{C}$ กรณีใช้หัววัดแบบตรงและแบบมุม 45° ตามลำดับ

3. ผลการศึกษาหาค่ายังโมดูลัสของวัสดุ ค่าเชิษฐ์โมดูลัส ค่าเชิษฐ์โมดูลัสและค่าอัตราส่วนพิวส์ซง

ตารางที่ 3 ค่ายังโมดูลัสของวัสดุ ค่าเชิษฐ์โมดูลัส ค่าเชิษฐ์โมดูลัสและค่าอัตราส่วนพิวส์ซง จากการคำนวณ

T($^{\circ}\text{C}$)	E(Pa)	μ (Pa)	ν
35	197.15 X 10^{12}	77.75 X 10^{12}	0.2679
45	193.49 X 10^{12}	76.42 X 10^{12}	0.2658
55	188.32 X 10^{12}	76.42 X 10^{12}	0.2320
65	186.16 X 10^{12}	75.13 X 10^{12}	0.2388



รูปที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับค่ายังโมดูลัสของวัสดุ

จากรูปพบว่าค่าโมดูลัสของวัสดุมีค่าลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก 35°C ไปเป็น 65°C โดยค่ายังโมดูลัสลดลง 5.6 % ส่วนค่าเชิษฐ์โมดูลัสจะมีค่าลดลงประมาณ 3.4 % และค่าอัตราส่วนพิวส์ซงจะลดลงจาก 0.2679 เป็น 0.2388

4. การศึกษาผลของอุณหภูมิที่มีต่อรอยบกพร่องชนิดต่าง ๆ

4.1 รอยบกพร่องชนิด Lamination ทดลองโดยใช้หัวตรวจสอบตรง และใช้น้ำมันเครื่องเกรด 10W-40 เป็น couplant ได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงผลการตรวจสอบรอยบกพร่องชนิด Lamination

อุณหภูมิใช้งาน (° C)	ตำแหน่งของรอยบกพร่อง (mm)	ความเข้มของสัญญาณ (dB)
23	5.12	80
35	5.12	78
40	5.20	76
45	5.20	75
50	5.28	71
55	5.92	69
60	6.00	67
65	6.00	64

เนื่องจากรอยบกพร่องชนิดนี้สามารถตรวจสอบได้ง่ายโดยใช้หัวตรวจสอบตรง จากผลการทดลองพบว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก 23 °C เป็น 65 °C จะทำให้ตำแหน่งความลึกของรอยบกพร่องลึกมากขึ้น 15% สำหรับความเข้มของสัญญาณ (dB) จะลดลง 20 % เนื่องจากอุณหภูมิมิมีผลต่อระยะทางที่คลื่นเสียงเคลื่อนที่ในวัสดุ

4.2 รอยบกพร่องชนิด Centre line crack ทดลองโดยใช้หัวตรวจสอบแบบมุม 45 ° และใช้น้ำมันเครื่องเกรด 10 W-40 เป็น couplant ได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงผลการตรวจสอบรอยบกพร่องชนิด Centre line crack

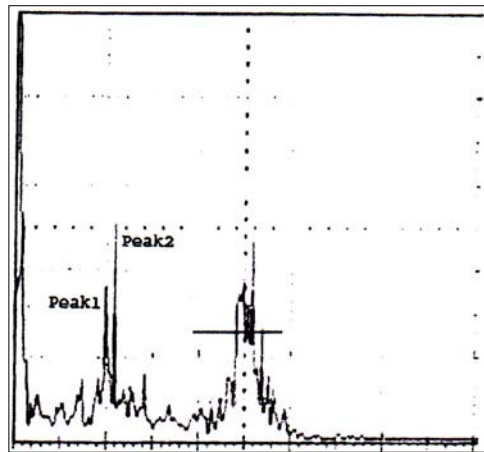
อุณหภูมิชิ้นงาน ($^{\circ}\text{C}$)	ตำแหน่งของรอยบกพร่อง (mm)	ความเข้มของสัญญาณ (dB)
23	1.17	80
35	1.17	68
40	1.17	62
45	0.61	48
50	0.61	37
55	0.61	29
60	0.61	23
65	0.04	16

จากผลการทดลองเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก 23°C เป็น 65°C จะทำให้ตำแหน่งความลึกของรอยบกพร่องจากผิวชิ้นงานเพิ่มขึ้น 1.9 % สำหรับความเข้มของสัญญาณ(dB) จะลดลง 80 % เนื่องจากผลของอุณหภูมิ

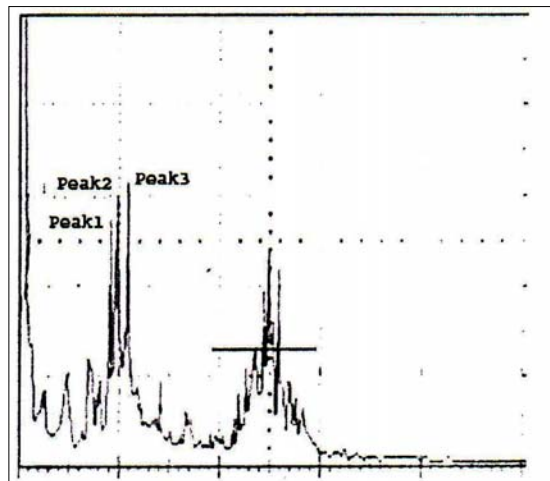
4.3 รอยบกพร่องชนิด Porosity ทดลองโดยใช้หัวตรวจสอบแบบมุม 45° และใช้น้ำมันเครื่องเกรด 10 W-40 เป็น couplant ได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 6 และรูปที่ 6-7

ตารางที่ 6 แสดงผลการตรวจสอบรอยบกพร่องชนิด Porosity

อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)	Peak 1		Peak 2		Peak 3	
	ตำแหน่งของ รอยบกพร่อง (mm)	ความเข้มของ สัญญาณ (dB)	ตำแหน่งของ รอย บกพร่อง (mm)	ความเข้มของ สัญญาณ (dB)	ตำแหน่งของ รอย บกพร่อง (mm)	ความเข้มของ สัญญาณ (dB)
23	6.63	80	2.10	77	-	-
35	6.63	69	2.10	68	-	-
40	6.06	56	2.10	40	-	-
45	6.06	47	2.10	37	-	-
50	6.06	35	2.10	27	-	-
55	5.50	29	2.10	25	0.16	14
60	5.50	25	2.10	23	0.16	23
65	5.50	20	1.54	14	0.16	25



รูปที่ 6 แสดงลักษณะสัญญาณของ Porosity ที่อุณหภูมิห้อง



รูปที่ 7 แสดงลักษณะสัญญาณของ Porosity ที่อุณหภูมิสูงขึ้น

จากการทดลองรอยบพร่องชนิด porosity กระจายเป็นกลุ่ม ๆ ในแนวเชื่อมโดยสังเกต peak ที่ปรากฏหน้าจอ Ultrasonic Unit ดังรูปที่ 6 เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น peak ที่ปรากฏหน้าจอจะเปลี่ยนไป ดังแสดงในรูปที่ 7 โดยความเข้มของสัญญาณ peak ที่ 1 และ 2 จะลดลง 75% และ 85% ตามลำดับ ส่วน peak ที่ 3 จะปรากฏที่อุณหภูมิประมาณ 55°C เป็นต้นไปทั้งนี้เนื่องจากกระยะทางที่คลื่นเสียงอัลตราโซนิกเคลื่อนที่ในวัสดุเปลี่ยนไป ถ้าคำนวณหามุมของหัวตรวจสอบที่ใช้โดยใช้ตรีโกณมิติปรากฏว่ามุมที่ได้มีค่าเท่ากับ 48.14 องศา เมื่ออุณหภูมิ 65 องศา แสดงว่ามุมของหัวตรวจสอบเปลี่ยนไป 3.14

องศา เนื่องมาจากผลของอุณหภูมิ นอกจากนั้นยังพบว่าตำแหน่งความลึกของรอยบกพร่องมากกว่าเดิม

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองพบว่าอุณหภูมิมีผลต่อตำแหน่งของรอยบกพร่อง คือ เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ผลการตรวจสอบตำแหน่งรอยบกพร่องผิดไปจากเดิม โดยที่กรณีรอยบกพร่องชนิด Lamination, ชนิด Centre Line Crack และ ชนิด Porosity พบว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจากอุณหภูมิห้องไปจนถึง 65 องศาเซลเซียส ทำให้ตำแหน่งความลึกของรอยบกพร่องมากกว่าเดิม 15 เปอร์เซ็นต์ 80 เปอร์เซ็นต์ และ 17 เปอร์เซ็นต์ (peak 1) ตามลำดับ

จากผลการทดลองดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าเทคนิคการใช้คลื่นเสียงอัลตราโซนิกในงานตรวจสอบรอยบกพร่องในวัสดุนั้นสิ่งที่ผู้ตรวจสอบควรคำนึงถึงขณะปฏิบัติงาน คือ อุณหภูมิของชิ้นงานขณะตรวจสอบ เพื่อมิให้ผลการตรวจสอบเกิดความผิดพลาดอันจะก่อให้เกิดผลเสียหายตามมาภายหลัง

เอกสารอ้างอิง

- R.J.pardikar, **Ultrasonic Study for the Flaw Detectability in Ferritic Butt Welds at High Temperature**, [<http://www.nde2002.org>]. 5-7/12/2002.
- P.J.Shull,2002. **Nondestructive Evaluation**, The Pennsylvania State University Altoona, Pennsylvania,
- J.Krautkramer,1990. **Ultrasonic Testing of Material**, Springer-Verlag Berlin Heidelberg Germany,
- A.S.Birks,1991. **Nondestructive Testing Handbook Volume 7 Ultrasonic Testing**, American society for nondestructive testing.
- Sonaspexion International Ltd., **Weld Flaw Radiographs and Product Showcase**, Sonaspexion International Ltd.,UK