รายงานการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

การตรวจสอบแนวเชื่อมโครงสร้างเรือ
กรณีศึกษา เรือลากจูง
Weld Inspection of Ship Structures: A Case Study of a Tugboat

โดย

นาย รุ่งเพชร ป้านภูมิ รหัส 6504100004

นาย เอกชัย ประดังเสียง รหัส 6524100008

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของรายวิชา 151-495 สหกิจศึกษา

หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

ภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2568

หัวข้อโครงงาน : การตรวจสอบแนวเชื่อมโครงสร้างเรือ กรณีศึกษา เรือลากจูง
Weld Inspection of Ship Structures: A Case Study of a Tugboat

รายชื่อผู้จัดทำ : รุ่งเพชร ป้านภูมิ 6504100004
: เอกชัย ประดังเสียง 6524100008
หลักสูตร : วิศวกรรมเครื่องกล
อาจารย์นิเทศ : ดร.ชาญชัย วิรุณฤทธิชัย

อนุมัติให้โครงงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการปฏิบัติสหกิจศึกษาและการศึกษาเชิงบูรณาการกับการทำงาน หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม ภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2568

คณะกรรมการสอบโครงงาน

.....อาจารย์นิเทศ
(อาจารย์ ดร. ชาญชัย วิรุณฤทธิชัย)

.....ผู้นิเทศ
(นายณัฐวุฒิ คงขยัน)

.....กรรมการกลาง
(อาจารย์สมบัติ หิรัญวรรณพงษ์)

.....ผู้ช่วยอธิการบดีและผู้อำนวยการสำนักสหกิจศึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มารุจ ลิมปะวัฒนะ)

จดหมายนำส่งรายงาน

วันที่ 12 มกราคม พ.ศ.2569

เรื่อง ขอส่งรายงานการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

เรียน อาจารย์ที่ปรึกษาสหกิจ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
อาจารย์ ดร.ชาญชัย วิรุณฤทธิชัย

ตามที่ นายรุ่งเพชร ป้านภูมิ และ นายเอกชัย ประดังเสียง คณะผู้จัดทำ นักศึกษาภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์เครื่องกล คณะ วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม ได้ไปปฏิบัติงานสหกิจศึกษาเชิงบูรณาการกับการทำงาน ระหว่างวันที่ 12 มกราคม 2569 ถึง วันที่ 1 พฤษภาคม 2569 ในตำแหน่ง วิศวกรตัวเรือ ณ บริษัท เอเชียนมารีน เซอร์วิสส์ จำกัด (มหาชน) และได้รับมอบหมายจากผู้นิเทศ นาย ณัฐวุฒิ คงขยัน ให้ศึกษา และทำรายงานเรื่อง การตรวจสอบแนวเชื่อมโครงสร้างตัวเรือ

บัดนี้การปฏิบัติสหกิจศึกษาได้สิ้นสุดแล้ว นายรุ่งเพชร ป้านภูมิ และ นายเอกชัย ประดังเสียง คณะผู้จัดทำจึงขอส่งรายงานดังกล่าวมาพร้อมกันนี้จำนวน 1 เล่ม เพื่อขอรับคำปรึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

รุ่งเพชร ป้านภูมิ

(นายรุ่งเพชร ป้านภูมิ)
(นายเอกชัย ประดังเสียง)
คณะผู้จัดทำนักศึกษาสหกิจศึกษา
ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล
คณะ วิศวกรรมศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ
(Acknowledgement)

การที่คณะผู้จัดทำได้มาปฏิบัติสหกิจศึกษา ในตำแหน่ง วิศวกรตัวเรือ ณ บริษัท เอเชียนมารีน เซอร์วิสส์ จำกัด (มหาชน) ตั้งแต่วันที่ 12 มกราคม 2569 ถึง 1 พฤษภาคม 2569 ได้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ด้วยดีส่งผลให้ คณะผู้จัดทำ ได้รับความรู้ ประสบการณ์ทำงานต่าง ๆ และความเข้าใจในการทำงานจริงที่เป็นประโยชน์ต่อการเรียน และสามารถนำความรู้ประสบการณ์ที่ได้ไปใช้ในการประกอบอาชีพในอนาคต ด้วยความอนุเคราะห์อย่างยิ่งจาก บริษัท เอเชียนมารีน เซอร์วิสส์ จำกัด (มหาชน) ที่ให้โอกาส คณะผู้จัดทำเข้ามาปฏิบัติสหกิจศึกษา กรุณาเสียสละเวลาอบรม สอนงาน และช่วยเหลือด้านต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาในการปฏิบัติสหกิจศึกษาในครั้งนี้ จึงขอขอบพระคุณอย่างสูงมา ณ ที่นี้ จากการสนับสนุนหลายฝ่าย ดังนี้

1. นาย อำนาจ กองนึก ผู้จัดการฝ่ายการผลิต
2. นาย ณัฐวุฒิ คงขยัน ผู้จัดการแผนกตัวเรือ
3. นาย ระวี ราโคโชติ หัวหน้าส่วนงานเหล็ก (ชำนาญการ)
4. อาจารย์ ดร. ชาญชัย วิรุณฤทธิชัย อาจารย์นิเทศ

และบุคคลที่ไม่ได้กล่าวนามทุกท่าน ที่ได้ให้คำแนะนำในการจัดทำรายงานสหกิจศึกษาฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์

คณะผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่ารายงานฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อ บริษัท เอเชียนมารีน เซอร์วิสส์ จำกัด (มหาชน) และผู้สนใจปฏิบัติสหกิจศึกษาของบริษัท เพื่อเป็นแนวทางเบื้องต้นในการทำความเข้าใจ และพัฒนาโครงงานต่อไป รวมทั้งในการค้นคว้าของผู้สนใจทั่วไปด้วย หากรายงานฉบับนี้มีข้อผิดพลาดประการใด คณะผู้จัดทำก็ขออภัยมา ณ ที่นี้

คณะผู้จัดทำ

รุ่งเพชร ป้านภูมิ

(นายรุ่งเพชร ป้านภูมิ)

(นายเอกชัย ประดังเสียง)

12 มกราคม 2569

ชื่อโครงงาน : การตรวจสอบแนวเชื่อมโครงสร้างเรือ กรณีศึกษา เรือลากจูง
หน่วยกิต : 5 หน่วยกิต
ผู้จัดทำ : รุ่งเพชร ป้านภูมิ 6504100004
: เอกชัย ประดังเสียง 6524100008
อาจารย์ที่ปรึกษา : ดร. ชาญชัย วิรุณฤทธิชัย
ระดับการศึกษา : ปริญญาตรี
หลักสูตร : วิศวกรรมเครื่องกล
คณะ : วิศวกรรมศาสตร์
ภาคการศึกษา/ ปีการศึกษา : 2/2568

บทคัดย่อ

โครงงานนี้ได้ทำการตรวจสอบแนวเชื่อมด้วยวิธี PT บริเวณหูยก Block โครงสร้างตัวเรือ และวิธี UT บริเวณรอยต่อแผ่นเปลือกเรือ เพื่อประเมินคุณภาพของแนวเชื่อมทั้งภายนอกและภายในแนวเชื่อม ผลการตรวจสอบด้วยวิธี PT ในรอบแรกพบข้อบกพร่องประเภท รอยเว้าและรูพรุนบนแนวเชื่อมของหูยก จึงได้ทำการแก้ไขโดยการเจียระไนและเชื่อมซ่อมใหม่ ก่อนทำการตรวจซ้ำอีกครั้ง ผลการตรวจรอบที่สองไม่พบข้อบกพร่องบนแนวเชื่อม แสดงว่าแนวเชื่อมมีคุณภาพและสามารถนำไปใช้งานได้ ส่วนการตรวจสอบด้วยวิธี UT บริเวณรอยต่อแผ่นเปลือกเรือ ในรอบแรกพบค่าในหน้าจอแสดงผลช่องค่าเปอร์เซ็นความสูงของสัญญาณ A%A สูงถึง 71% ซึ่งเกินค่ามาตรฐานที่กำหนด และวิเคราะห์ได้ว่าเกิดจากคราบสแลกฝังในแนวเชื่อม หลังจากดำเนินการแก้ไขโดยการเกาจ์ (Gouge) และเชื่อมใหม่แล้ว ผลการตรวจสอบรอบที่สองพบว่าค่าสัญญาณลดลงอยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้ไม่เกิน 40% จึงสรุปได้ว่าแนวเชื่อมมีการหลอมประสานสมบูรณ์และไม่พบข้อบกพร่องหลงเหลืออยู่ ทำให้โครงสร้างมีความพร้อมต่อการนำไปใช้งานอย่างปลอดภัย

คำสำคัญ : ตรวจสอบแนวเชื่อม/ตรวจสอบความคาดเคลื่อน/มาตรฐานการต่อเรือ

Project Title	:	Weld Inspection of Ship Structures: A Case Study of a Tugboat
Credit	:	5 Credits
By	:	Mr.Rungphet Panphum 6504100004
	:	Mr.Eakkachai Padangseing 6524100008
Advisor	:	Dr.Chanchai Wiroonritichai
Degree	:	Bachelor of Engineering
Major	:	Mechanical Engineering
Faculty	:	Engineering
Semester / Academic year	:	2/2025

Abstract

This project involved weld inspection using the Penetrant Testing (PT) method at the lifting lug area of the ship block structure and the Ultrasonic Testing (UT) method at the ship hull plate joint in order to evaluate both external and internal weld quality. The first PT inspection revealed defects consisting of undercut and porosity on the lifting lug weld. Therefore, the weld was repaired by grinding and rewelding before being re-inspected. The second inspection showed no defects on the weld surface, indicating that the weld quality was acceptable and suitable for further use.

For the UT inspection at the ship hull plate joint, the first inspection showed that the signal amplitude percentage (A%A) displayed on the screen reached 71%, which exceeded the acceptable standard limit. The defect was analyzed as slag inclusion within the weld. After corrective action by gouging and rewelding, the second inspection showed that the signal amplitude decreased to within the acceptable limit of not more than 40%. It can therefore be concluded that the weld achieved proper fusion without any remaining defects, making the structure safe and ready for service.

Keywords: Weld Inspection / Tolerance Inspection / Shipbuilding Standards

สารบัญ

	หน้า
จดหมายนำส่งรายงาน	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
บทคัดย่อ	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ (Abstract)	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญรูปภาพ	ฉ
สารบัญภาคผนวก	ช
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	1
1.3 ขอบเขตของโครงงาน	1
1.4 ประโยชน์คาดว่าจะได้รับ	1
1.5 แผนดำเนินงาน	2
บทที่ 2 การทบทวนเอกสารงานวิจัย/วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง (Literature)	
2.1 ข้อบกพร่องของแนวเชื่อม	3
2.2 การตรวจสอบรอยเชื่อมด้วยวิธี PT (Penetrant Testing)	10
2.3 การตรวจสอบรอยเชื่อมด้วยวิธี UT (Ultrasonic Testing)	16
2.4 การแก้ไขแนวเชื่อมที่มีข้อบกพร่อง	25
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	28
บทที่ 3 รายละเอียดการปฏิบัติงาน	
3.1 ชื่อและที่ตั้งของสถานประกอบการ	30
3.2 ลักษณะของสถานที่ปฏิบัติงาน	31
3.3 รูปแบบการจัดองค์การและการบริหารงานขององค์กร	31

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.4 ตำแหน่งและลักษณะงานที่ได้รับมอบหมาย 32
3.5 ชื่อและตำแหน่งงานของพนักงานที่ปรึกษา 32
3.6 ระยะเวลาที่ปฏิบัติงาน 32
3.7 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน 32
3.8 ระยะเวลาในการดำเนินโครงงาน 33
3.9 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบแนวเชื่อมด้วยวิธี PT 33
3.10 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบแนวเชื่อมด้วยวิธี UT 35
3.11 อุปกรณ์ป้องกัน PPE (Personal Protective Equipment) 37
3.12 ขั้นตอนการตรวจสอบแนวเชื่อมด้วยวิธี PT 39
3.13 ขั้นตอนการตรวจสอบแนวเชื่อมด้วยวิธี UT 43

บทที่ 4 ผลการปฏิบัติงาน

4.1 ผลของการตรวจสอบแนวเชื่อมด้วยวิธี PT 47
4.2 ผลของการตรวจสอบแนวเชื่อมด้วยวิธี UT 49
4.3 สรุปผลการตรวจแนวเชื่อมด้วยวิธี PT บริเวณแนวเชื่อมของตำแหน่งหูยก 50
4.4 สรุปการตรวจสอบเชื่อมด้วยวิธี UT บริเวณรอยต่อแนวเชื่อมเปลือกเรือ 50

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลโครงงาน 51
5.2 ปัญหาที่พบในการปฏิบัติงาน 51
5.3 ข้อเสนอแนะ 51

บรรณานุกรม 52

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก ภาพการนิเทศงานของอาจารย์นิเทศ 53
ภาคผนวก ข เครื่องมือในการทำงานเพิ่มเติม 55
ภาคผนวก ค ภาพขณะปฏิบัติงานจริง 57

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ประวัติผู้จัดทำ	60

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงานตั้งแต่เดือนมกราคม 2569 ถึง เดือนพฤษภาคม 2569	2
ตารางที่ 3.1 ผังเวลาการทำงาน	33

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 แนวเชื่อมที่เกิดรอยแตกขนานไปกับแนว	3
รูปที่ 2.2 แนวเชื่อมที่เกิดรูพรุนขนาดใหญ่บนแนว	4
รูปที่ 2.3 แนวเชื่อมที่เกิดรอยเว้าบริเวณขอบแนว	5
รูปที่ 2.4 แนวเชื่อมที่มีเนื้อโลหะล้นออกมาจากแนว	6
รูปที่ 2.5 แนวเชื่อมที่เกิดการทะลุบริเวณเปลือกเรือ	6
รูปที่ 2.6 สะเก็ดเชื่อมที่กระจายอยู่บริเวณแนวเชื่อม	7
รูปที่ 2.7 แนวเชื่อมที่มีระดับต่ำกว่าผิวชิ้นงาน	7
รูปที่ 2.8 แนวเชื่อมที่นูนสูงเกินไป	8
รูปที่ 2.9 แนวเชื่อมที่มีสแลกฝังอยู่ในแนว	9
รูปที่ 2.10 แนวเชื่อมที่หลอมไม่สมบูรณ์	9
รูปที่ 2.11 แนวเชื่อมที่หลอมทะลุไม่สมบูรณ์	10
รูปที่ 2.12 ตัวอย่างสารแทรกซึมที่ใช้ในงานตรวจสอบแนวเชื่อมหูยก Block โครงสร้างเรือ	11
รูปที่ 2.13 ตัวอย่างน้ำยากำจัดสารแทรกซึมที่ใช้ในงานตรวจสอบแนวเชื่อมหูยก Block โครงสร้างเรือ	12
รูปที่ 2.14 ตัวอย่างดีเวลอปเปอร์ที่ใช้ในงานตรวจสอบแนวเชื่อมหูยก Block โครงสร้างเรือ	12
รูปที่ 2.15 การเจียระไนเพื่อเตรียมพื้นผิวก่อนทำการทดสอบแนวเชื่อมด้วยวิธี PT	13
รูปที่ 2.16 ตัวอย่างแนวเชื่อมที่ผ่านการเตรียมพื้นผิวแล้ว	13
รูปที่ 2.17 ตัวอย่างการทำความอาดแนวเชื่อมก่อนทำการทดสอบแนวเชื่อมด้วยวิธี PT	14
รูปที่ 2.18 ตัวอย่างหลังจากพ่นน้ำยาแทรกซึมลงไปในแนวเชื่อม	15
รูปที่ 2.19 ตัวอย่างหลังจากการพ่นดีเวลอปเปอร์ลงบนผิวแนวเชื่อม	16
รูปที่ 2.20 ลักษณะคลื่นเสียงตามยาว	17
รูปที่ 2.21 ลักษณะคลื่นเสียงตามแนวขวาง	17
รูปที่ 2.22 ลักษณะคลื่นเสียงที่ผิว	18
รูปที่ 2.23 ลักษณะคลื่นแลมบ์ (Lamb Waves)	18
รูปที่ 2.24 ตัวอย่างหัวตรวจสอบที่ใช้ในการทดสอบแนวเชื่อมด้วยวิธี UT	19
รูปที่ 2.25 ตัวอย่างหน้าจอแสดงผลแบบ A-Scan ที่ใช้ในการทดสอบแนวเชื่อมด้วยวิธี UT	20
รูปที่ 2.26 ตัวอย่างสารช่วยสัมผัสที่ใช้ในการทดสอบแนวเชื่อมด้วยวิธี UT	20

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 2.27 ตัวอย่างแท่งมาตรฐานสำหรับสอบเทียบที่ใช้ในการทดสอบแนวเชื่อมด้วยวิธี UT 21

รูปที่ 2.28 ตัวอย่างการเตรียมพื้นผิวก่อนทำการทดสอบ 21

รูปที่ 2.29 การทาสารช่วยสัมผัส 23

รูปที่ 2.30 ตัวอย่างค่า RA ที่อยู่บนจอแสดงผล 24

รูปที่ 2.31 ตัวอย่างการวัดระยะ RA 24

รูปที่ 2.32 ตัวอย่างค่า DA ที่อยู่บนจอแสดงผล 25

รูปที่ 2.33 ตัวอย่างแนวเชื่อมที่มีรูพรุน 25

รูปที่ 2.34 ตัวอย่างแนวเชื่อมที่มีรอยแตก 26

รูปที่ 2.35 การ Preheat แผ่นเหล็กก่อนเชื่อม 27

รูปที่ 2.36 ตัวอย่างแนวเชื่อมที่มีแสลกฝังใน 28

รูปที่ 3.1 แผนที่ บริษัท เอเชียน มารีน เซอร์วิสส์ จำกัด (มหาชน) 30

รูปที่ 3.2 บริษัท เอเชียน มารีน เซอร์วิสส์ จำกัด (มหาชน) 31

รูปที่ 3.3 รูปแบบการจัดองค์การและการบริหารงานขององค์กร 31

รูปที่ 3.4 สารแทรกซึม 33

รูปที่ 3.5 สารกำจัดสารแทรกซึมชนิดตัวทำละลาย 34

รูปที่ 3.6 ดีเวลอปเปอร์ 34

รูปที่ 3.7 ผ้าสะอาด 35

รูปที่ 3.8 เครื่องทดสอบด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง 35

รูปที่ 3.9 สารช่วยสัมผัส 36

รูปที่ 3.10 แท่งสำหรับสอบเทียบมาตรฐาน 36

รูปที่ 3.11 หัวตรวจสอบ 37

รูปที่ 3.12 หมวกเซฟตี้ 37

รูปที่ 3.13 แว่นตาป้องกันนิรภัย 38

รูปที่ 3.14 ถุงมือ 38

รูปที่ 3.15 รองเท้าเซฟตี้ 39

รูปที่ 3.16 ตัวอย่างการเจียระไนเตรียมพื้นผิวแนวเชื่อม 39

รูปที่ 3.17 ตัวอย่างแนวเชื่อมหลังเตรียมพื้นผิว 40

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.18 ทำความสะอาดหน้างานด้วยน้ำยาทำละลาย	40
รูปที่ 3.19 พ่นสารแทรกซึม Penetrant ลงบนชิ้นงาน	41
รูปที่ 3.20 เช็ดสารแทรกซึมส่วนเกินออก	41
รูปที่ 3.21 ผลทดสอบหลังพ่นดีเวลอปเปอร์	42
รูปที่ 3.22 ตัวอย่างของผิวงานที่ผ่านการเตรียมพื้นผิว	43
รูปที่ 3.23 ตัวอย่างการตรวจสอบหัวตรวจสอบโดยใช้แท่งสำหรับสอบเทียบมาตรฐาน	44
รูปที่ 3.24 การทาสารช่วยสัมผัส	44
รูปที่ 3.25 ตัวอย่างการเคลื่อนหัวตรวจสอบ	45
รูปที่ 3.26 ผลการทดสอบที่แสดงบนหน้าจอแสดงผล	46
รูปที่ 3.27 ตัวอย่างการวัดระยะ RA	46
รูปที่ 4.1 จุดบกพร่องของแนวเชื่อมหลังจากทดสอบ PT	47
รูปที่ 4.2 ตัวอย่างผลทดสอบวิธี PT ที่มีข้อบกพร่องใด ๆ บนแนวเชื่อม	48
รูปที่ 4.3 ตัวอย่างผลทดสอบวิธี PT ที่มีข้อบกพร่องใด ๆ บนแนวเชื่อม	48
รูปที่ 4.4 ผลการทดสอบแนวเชื่อมด้วยวิธี UT	49
รูปที่ 4.5 ตัวอย่างผลทดสอบวิธี UT ที่มีข้อบกพร่องใด ๆ บนแนวเชื่อม	50

สารบัญภาคผนวก

หน้า

รูปภาคผนวกที่ 1 นักศึกษาและผู้นิเทศร่วมถ่ายภาพหน้าสถานที่ปฏิบัติงานกับอาจารย์นิเทศ ณ วันที่ 26 มกราคม 2569 54

รูปภาคผนวกที่ 2 นักศึกษาและผู้นิเทศปฐมนิเทศภายในสถานที่ปฏิบัติงานกับอาจารย์นิเทศ ณ วันที่ 30 มีนาคม 2569 54

รูปภาคผนวกที่ 3 เกจวัดแนวเชื่อม 56

รูปภาคผนวกที่ 4 ขณะทาสารช่วยสัมผัสเพื่อเตรียมทดสอบ UT 58

รูปภาคผนวกที่ 5 ขณะเคลื่อนหัวทดสอบ UT 58

รูปภาคผนวกที่ 6 ขณะเช็ดน้ำยาแทรกซึมส่วนเกิน 59

รูปภาคผนวกที่ 7 ขณะพ่นน้ำยาแทรกซึม 59

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

อุตสาหกรรมการต่อเรือจำเป็นต้องให้ความสำคัญกับคุณภาพของแนวเชื่อม เนื่องจากแนวเชื่อมเป็นส่วนสำคัญที่ส่งผลต่อความแข็งแรงและความปลอดภัยของโครงสร้างตัวเรือ หากเกิดข้อบกพร่อง เช่น รอยร้าว รูพรุน หรือการหลอมไม่สมบูรณ์ อาจทำให้โครงสร้างเกิดความเสียหายระหว่างการใช้งานได้ บริเวณหูยก (Lifting Lug) ของ Block โครงสร้างตัวเรือ เป็นตำแหน่งที่ใช้รับน้ำหนักในการยกเคลื่อนย้าย จึงต้องมีการตรวจสอบแนวเชื่อมอย่างละเอียด โดยใช้วิธีการทดสอบแบบไม่ทำลายด้วยสารแทรกซึม (PT) เพื่อตรวจหาข้อบกพร่องบนผิวแนวเชื่อม เช่น รอยร้าวและรูพรุน

นอกจากนี้ บริเวณรอยต่อแผ่นเปลือกเรือยังเป็นส่วนสำคัญที่ต้องรับแรงจากการใช้งานจริง จึงจำเป็นต้องตรวจสอบข้อบกพร่องภายในแนวเชื่อมด้วยวิธีคลื่นเสียงความถี่สูง (UT) ซึ่งสามารถตรวจหาสแลกฝัง การหลอมไม่สมบูรณ์ และข้อบกพร่องภายในอื่น ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นโครงงานนี้จึงจัดทำขึ้นเพื่อศึกษาการตรวจสอบแนวเชื่อมด้วยวิธี PT และ UT รวมถึงการวิเคราะห์และแก้ไขข้อบกพร่อง เพื่อให้แนวเชื่อมมีคุณภาพและปลอดภัยตามมาตรฐานการใช้งานของโครงสร้างเรือ

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 ตรวจสอบแนวเชื่อม โครงสร้างตัวเรือ ด้วยวิธี PT

1.2.2 ตรวจสอบแนวเชื่อม โครงสร้างตัวเรือ ด้วยวิธี UT

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1.3.2 การตรวจแนวเชื่อมด้วยวิธี PT (Penetrant Test) บริเวณแนวเชื่อมของตำแหน่งหูยก

1.3.3 การตรวจสอบเชื่อมด้วยวิธี UT (Ultrasonic Test) บริเวณรอยต่อแนวเชื่อมเปลือกเรือ

1.4 ประโยชน์คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 เพื่อให้นักศึกษาได้รับความรู้ขั้นตอนการตรวจสอบแนวเชื่อมโครงสร้างเรือ

1.4.2 เพื่อนำประสบการณ์ในการฝึกสหกิจศึกษามาประยุกต์ใช้ในการทำงานจริง

1.4.3 เพื่อให้เข้าใจหลักการทดสอบความแข็งแรงของแนวเชื่อม

1.5 แผนดำเนินงาน

การศึกษานี้มีระยะเวลาการดำเนินงานทั้ง ตั้งแต่เดือนมกราคม 2569 ถึง เดือนพฤษภาคม 2569

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงานตั้งแต่เดือนมกราคม 2569 ถึง เดือนพฤษภาคม 2569

ขั้นตอนการดำเนินงาน	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน	พฤษภาคม
1.กำหนดหัวข้อโครงงาน	← →				
2.ศึกษาข้อมูล		←	→		
3.รวบรวมข้อมูลของโครงงาน			← →		
4.วิเคราะห์ข้อมูลของโครงงาน			← →		
5.เรียบเรียงข้อมูลและจัดทำโครงงาน			←	→	
6.สรุปและปรับปรุง				← →	

บทที่ 2
การทบทวนเอกสารงานวิจัย

2.1 ข้อบกพร่องของแนวเชื่อม

ข้อบกพร่องของแนวเชื่อม คือ ข้อบกพร่องที่เกิดจากการเชื่อมที่ไม่ได้คุณภาพ ทำให้รอยเชื่อมหรือจุดเชื่อมมีความแข็งแรงลดลง อย่างไรก็ตามการเชื่อมไม่ใช่กระบวนการที่สมบูรณ์แบบ จึงอาจเกิดข้อบกพร่องของรอยเชื่อมได้ ทั้งภายในและภายนอกชิ้นงาน ดังนี้

2.1.1 ข้อบกพร่องของรอยเชื่อมภายนอก (External Welding Defects) คือ ข้อบกพร่องของรอยเชื่อมที่เกิดขึ้นบริเวณภายนอกของแนวเชื่อม และสามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า เช่น รอยแตก รูพรุน หรือรอยเชื่อมที่มีรูปร่างผิดปกติ เป็นต้น

2.1.1.1 รอยแตกร้าว (Cracks) ถือเป็นข้อบกพร่องที่ร้ายแรงที่สุดในงานเชื่อม เพราะรอยแตกสามารถขยายตัวใหญ่ขึ้นได้อย่างรวดเร็ว และอาจทำให้ชิ้นงานเสียหายหรือแตกหักได้ในที่สุด รอยแตกร้าวของแนวเชื่อมสามารถแบ่งตามลักษณะการเกิดได้ เช่น รอยแตกที่เกิดขนานไปกับแนวเชื่อม รอยแตกที่เกิดตัดขวางแนวเชื่อม รอยแตกที่เกิดบริเวณปลายแนวเชื่อม ตรงจุดที่หยุดอาร์กไฟฟ้า นอกจากนี้ รอยแตกร้าวยังแบ่งตามอุณหภูมิที่เกิดได้อีก 2 แบบ คือ

1. รอยแตกร้าวขณะร้อน (Hot Cracks) เกิดขึ้นในช่วงที่โลหะยังมีอุณหภูมิสูงและกำลังแข็งตัว หลังจากการเชื่อม โดยมักเกิดเมื่อโลหะถูกให้ความร้อนสูงมาก สาเหตุหลักคือ ใช้ลวดเชื่อมหรือวัสดุเติมไม่เหมาะสม ชิ้นงานร้อนและเย็นตัวเร็วเกินไป เช่น ในงานเชื่อมเลเซอร์

2. รอยแตกร้าวขณะเย็น (Cold Cracks) เกิดขึ้นหลังจากแนวเชื่อมเย็นตัวแล้ว ซึ่งอาจเกิดหลังเชื่อมเสร็จหลายชั่วโมงหรือหลายวัน

รูปที่ 2.1 แนวเชื่อมที่เกิดรอยแตกขนานไปกับแนว

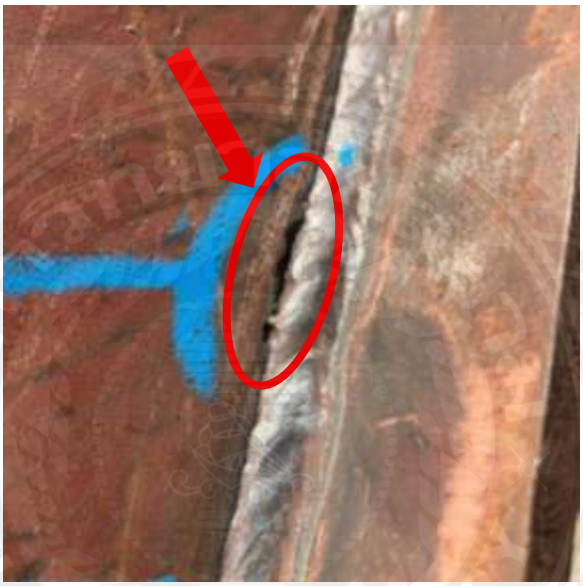
สาเหตุของการเกิดรอยแตกร้าว เช่น ใช้ก๊าซป้องกันที่มีไฮโดรเจนในการเชื่อมโลหะเหล็ก โลหะฐานมีความเหนียวสูงและเกิดความเค้นตกค้าง รอยต่อยึดแน่นเกินไปทำให้โลหะขยายหรือหดตัวไม่ได้ มีปริมาณกำมะถันและคาร์บอนสูงเกินไปในวัสดุ เป็นต้น

2.1.1.2 รูพรุนในรอยเชื่อม (Porosity) คือ การเกิดรูหรือโพรงอากาศภายในแนวเชื่อม ซึ่งเกิดจากฟองก๊าซที่ติดค้างอยู่ในบ่อหลอมละลายของโลหะและไม่สามารถลอยออกมาได้ ปัญหานี้เป็นหนึ่งในข้อบกพร่องที่พบได้บ่อย โดยเฉพาะงานเชื่อมที่ใช้ก๊าซป้องกัน เช่น การเชื่อม TIG (Tungsten Inert Gas Welding) และการเชื่อมธูป (Stick Welding) หากก๊าซป้องกันมีน้อยเกินไป ไม่มีเลย หรือมากเกินไป อาจทำให้โลหะปนเปื้อน ส่งผลให้รอยเชื่อมมีความแข็งแรงลดลง ในกรณีที่รุนแรง อาจเกิดเป็นรูขนาดใหญ่ที่เรียกว่า โพรงแก๊ส (Blow Holes) ซึ่งเกิดจากฟองก๊าซขนาดใหญ่ติดอยู่ในแนวเชื่อม นอกจากนี้ ก๊าซขนาดเล็กบางส่วนอาจผสมกับเนื้อโลหะ ทำให้โครงสร้างของรอยเชื่อมไม่บริสุทธิ์อาจเกิด รูพรุนขนาดเล็กมาก (Pits) เป็นต้น

รูปที่ 2.2 แนวเชื่อมที่เกิดรูพรุนขนาดใหญ่บนแนว

สาเหตุของการเกิดรูพรุน เช่น ผิวชิ้นงานสกปรก มีสนิม น้ำมัน หรือสิ่งปนเปื้อน, เลือกใช้ลวดเชื่อมหรืออิเล็กโทรดไม่เหมาะสม, ก๊าซป้องกันไม่เพียงพอ หรือไม่มีการใช้ก๊าซป้องกัน, ถังก๊าซป้องกันเสียหายหรือใช้งานไม่ถูกต้อง, ตั้งค่ากระแสเชื่อมต่ำหรือสูงเกินไป, ความเร็วในการเชื่อมเร็วเกินไป

2.1.1.3 รอยเว้าบริเวณขอบแนวเชื่อม (Undercut) ร่องลึกหรือรอยเว้าบริเวณขอบแนวเชื่อมที่เกิดจากการที่โลหะบริเวณขอบถูกหลอมละลายมากเกินไป แต่ไม่ได้มีเนื้อโลหะเติมเข้าไปทดแทนอย่างเพียงพอ ลักษณะจะเหมือน ขอบแนวเชื่อมถูกกัดเป็นร่อง ตามแนวรอยเชื่อม ทำให้บริเวณนั้นบางลงและอ่อนแอลง Undercut มักเกิดบริเวณ “ขอบแนวเชื่อม” (Toe of Weld) หรือบริเวณรอยหลอมรวมของแนวเชื่อมหลายชั้น (Fusion Face ในงานเชื่อมหลายแนว) นอกจากนี้ น้ำ สิ่งสกปรก หรือความชื้นสามารถเข้าไปสะสมในร่องได้ง่าย ทำให้บริเวณนั้นเกิดสนิมและการกัดกร่อนได้เร็วขึ้น



รูปที่ 2.3 แนวเชื่อมที่เกิดรอยเว้าบริเวณขอบแนว

สาเหตุหลักของการเกิดรอยเว้าบริเวณขอบแนวเชื่อม มีอยู่ 2 อย่าง คือ

1. ใช้กระแสไฟเชื่อมสูงเกินไป ทำให้ขอบรอยต่อหลอมละลายมากเกินและไหลลงไปในแนวเชื่อม

2. เติมลวดเชื่อมหรือเนื้อโลหะไม่เพียงพอ ทำให้บริเวณขอบแนวเชื่อมเกิดรอยเว้า รอยเหล่านี้จะทำให้เกิดการสะสมความเค้น เมื่อชิ้นงานรับแรงซ้ำ ๆ หรือเกิดความล้า (Fatigue) จึงมีโอกาสแตกร้าวได้ง่าย

2.1.1.4 เนื้อโลหะเชื่อมล้น (Overlap) คือ ข้อบกพร่องที่เกิดจากเนื้อโลหะเชื่อมล้นออกมารอบแนวเชื่อม โดยโลหะที่ล้นออกมานั้นไม่ได้หลอมรวมเข้ากับแผ่นโลหะที่เป็นชิ้นงานอย่างสมบูรณ์ อาจทำให้เกิดร่องเล็ก ๆ บริเวณใต้เนื้อโลหะที่ล้นออก ส่งผลให้เกิดสนิมในร่องและทำแนวเชื่อมอ่อนแอลงหลังจากนี้

รูปที่ 2.4 แนวเชื่อมที่มีเนื้อโลหะล้นออกมาจากแนว

สาเหตุของการเกิดเนื้อโลหะเชื่อมล้น เช่น ใช้วิธีการเชื่อมไม่ถูกต้อง, เลือกวัสดุหรือลวดเชื่อมไม่เหมาะสม, เตรียมผิวโลหะก่อนเชื่อมไม่ดี หรือผิวงานไม่เหมาะสมสำหรับการเชื่อม

2.1.1.5 แนวเชื่อมทะลุ (Burn-Through) คือ ข้อบกพร่องที่เกิดเมื่อการเชื่อมทะลุผ่านความหนาของโลหะทั้งหมด จนเกิดเป็นรูเปิดบนชิ้นงาน ปัญหานี้มักพบได้บ่อยในการเชื่อมโลหะแผ่นบาง เพราะความร้อนจากการเชื่อมสูงเกินไป ทำให้โลหะละลายทะลุออกไป ลักษณะของข้อบกพร่องนี้คือจะเห็นเป็นรูหรือช่องเปิดบริเวณแนวเชื่อม ทำให้ชิ้นงานอ่อนแอและใช้งานไม่ได้ตามต้องการ

รูปที่ 2.5 แนวเชื่อมที่เกิดการทะลุบริเวณเปลือกเรือ

สาเหตุของการเกิดแนวเชื่อมทะลุ เช่น ใช้กระแสไฟเชื่อมสูงเกินไปทำให้โลหะละลายมากเกินจนทะลุ, ช่องว่างบริเวณรากแนวเชื่อม (Root Gap) กว้างเกินไป, เนื้อโลหะบริเวณรากแนวเชื่อม (Root Face) มีความหนาไม่เพียงพอทำให้รับความร้อนไม่ไหวและละลายทะลุง่าย

2.1.1.6 สะเก็ดเชื่อม (Spatter) คือ ข้อบกพร่องในการเชื่อมที่เกิดจากเม็ดโลหะหลอมละลายกระเด็นออกจากแนวเชื่อมไปติดบนผิวชิ้นงาน เมื่อเม็ดโลหะเหล่านี้เย็นตัวลง จะเกาะติดอยู่บนพื้นผิวโลหะ ทำให้ผิวงานไม่เรียบและดูไม่สวยงาม โดยทั่วไป Spatter มักไม่ส่งผลต่อความแข็งแรงของแนวเชื่อมมากนัก แต่จำเป็นต้องเสียเวลาและค่าใช้จ่ายในการขัดหรือทำความสะอาดออกภายหลัง

รูปที่ 2.6 สะเก็ดเชื่อมที่กระจายอยู่บริเวณแนวเชื่อม

สาเหตุของการเกิดสะเก็ดเชื่อม เช่น ระยะอาร์ก (Arc Length) ยาวเกินไป, ใช้กระแสไฟเชื่อมสูงเกินไป, การป้องกันบริเวณที่ได้รับความร้อนไม่เหมาะสม, ใช้ขั้วไฟฟ้า (Polarity) ไม่ถูกต้อง ซึ่งอาจทำให้เกิดการกระเด็นของโลหะมากผิดปกติ

2.1.1.7 แนวเชื่อมต่ำกว่าระดับผิวชิ้นงาน (Underfill) คือ ข้อบกพร่องที่เกิดจากการเติมเนื้อโลหะเชื่อมลงในรอยต่อไม่เพียงพอ ทำให้แนวเชื่อมต่ำกว่าระดับผิวชิ้นงานและยังมีบางส่วนของแผ่นเหล็กที่หลอมรวมไม่สมบูรณ์ บริเวณที่เชื่อมไม่เต็มเหล่านี้ แม้จะมีขนาดเล็กก็สามารถกลายเป็นจุดสะสมความเค้นและเพิ่มโอกาสเกิดการแตกร้าวได้เมื่อชิ้นงานรับแรง

รูปที่ 2.7 แนวเชื่อมที่มีระดับต่ำกว่าผิวชิ้นงาน

สาเหตุของการเกิดแนวเชื่อมต่ำกว่าระดับผิวชิ้นงาน เช่น ใช้กระแสไฟเชื่อมต่ำเกินไป ความเร็วในการเชื่อมสูงเกินไป, วางแนวเชื่อม (Weld Bead) ไม่ถูกตำแหน่ง, เชื่อมแต่ละชั้นบางเกินไป ในงานเชื่อมหลายแนว (Multi-Pass Welding)

2.1.1.8 แนวเชื่อมนูนสูง (Excess Reinforcement) หรือ (Overfilled) คือ ข้อบกพร่องที่เกิดจากการเติมเนื้อโลหะเชื่อมมากเกินไป จนแนวเชื่อมนูนสูงเกินความจำเป็น ข้อบกพร่องนี้ถือว่าเป็นลักษณะตรงข้ามกับ Underfill เพราะมีการเติมลวดเชื่อมหรือโลหะเติมมากเกินไปในรอยต่อเมื่อแนวเชื่อมนูนมากเกินไป จะทำให้เกิดการสะสมความเค้นสูงบริเวณขอบแนวเชื่อมซึ่งอาจทำให้เกิดรอยแตกร้าวได้ง่ายเมื่อชิ้นงานรับแรง

รูปที่ 2.8 แนวเชื่อมที่นูนสูงเกินไป

สาเหตุของการเกิดแนวเชื่อมนูนสูง เช่น ความเร็วในการเชื่อมต่ำเกินไป, ใช้วิธีการเชื่อมหรือเทคนิคไม่ถูกต้อง, มีฟลักซ์ (Flux) บนลวดเชื่อมมากเกินไป

2.1.2 ข้อบกพร่องของรอยเชื่อมภายใน (Internal Welding Defects) คือ ข้อบกพร่องภายในรอยเชื่อมที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า มักเกิดอยู่ภายในเนื้อโลหะหรือภายในแนวเชื่อม ข้อบกพร่องประเภทนี้ต้องใช้วิธีตรวจสอบพิเศษ เช่น การเอกซเรย์ (X-Ray), การใช้คลื่นความถี่ (Ultrasonic Testing) หรือการทดสอบแบบไม่ทำลาย (NDT) เพื่อค้นหาความผิดปกติภายในรอยเชื่อม

2.1.2.1 คราบสแลกฝังในแนวเชื่อม (Slag Inclusion) คือ สแลก (Slag) ปะปนอยู่ภายในแนวเชื่อม จะทำให้ความแข็งแรงและโครงสร้างของโลหะลดลง ส่งผลให้แนวเชื่อมเปราะ แตกหักง่าย และคุณภาพของงานเชื่อมลดลง

รูปที่ 2.9 แนวเชื่อมที่มีสแลกฝังอยู่ในแนว

สาเหตุของการเกิดคราบสแลกฝังในแนวเชื่อม เช่น มุมการเชื่อมหรือความเร็วในการเคลื่อนหัวเชื่อมไม่ถูกต้อง ทำให้สแลกไหลออกจากแนวเชื่อมได้ไม่ดี, ทำความสะอาดผิวงานหรือขอบรอยเชื่อมไม่เพียงพอก่อนเริ่มเชื่อมทำให้มีสิ่งสกปรกตกค้าง, ใช้กระแสเชื่อมต่ำเกินไป ส่งผลให้โลหะได้รับความร้อนไม่เพียงพอ และสแลกติดค้างอยู่ในแนวเชื่อม

2.1.2.2 การหลอมไม่สมบูรณ์ (Incomplete Fusion) คือ ข้อบกพร่องของงานเชื่อมที่เกิดจากโลหะหลอมละลายเชื่อมติดกันได้ไม่สมบูรณ์ ทำให้เกิดช่องว่างหรือรอยแยกในบริเวณแนวเชื่อม สาเหตุหลักเกิดจากช่างเชื่อมไม่สามารถหลอมละลายโลหะฐาน (Base Metal) ให้รวมตัวกับเนื้อแนวเชื่อมได้อย่างเต็มที่ จึงทำให้แนวเชื่อมยึดติดกันไม่ดีและความแข็งแรงลดลง

รูปที่ 2.10 แนวเชื่อมที่หลอมไม่สมบูรณ์

สาเหตุของการเกิดการหลอมไม่สมบูรณ์ เช่น ใช้ความร้อนในการเชื่อมต่ำเกินไปทำให้โลหะหลอมละลายไม่เพียงพอ, มุมรอยต่อ มุมหัวเชื่อม หรือแนวเดินแนวเชื่อมไม่ถูกต้อง, บ่อหลอมเชื่อม (Weld Pool) มีขนาดใหญ่เกินไป ทำให้ควบคุมการหลอมรวมของโลหะได้ยาก

2.1.2.3 การหลอมทะลุไม่สมบูรณ์ (Incomplete Penetration) มักเกิดในการเชื่อมแบบชน (Butt Welding) โดยแนวเชื่อมไม่สามารถเติมโลหะให้ทะลุตลอดความหนาของรอยต่อได้ ทำให้บริเวณรากแนวเชื่อม (Root) ยังเชื่อมติดกันไม่สมบูรณ์ ผลที่เกิดขึ้นคือ แนวเชื่อมมีความแข็งแรงลดลง และอาจแตกร้าวหรือเสียหายได้ง่ายเมื่อรับแรง

รูปที่ 2.11 แนวเชื่อมที่หลอมทะลุไม่สมบูรณ์

สาเหตุของการเกิดการหลอมทะลุไม่สมบูรณ์ เช่น ใช้เทคนิคการเชื่อมไม่ถูกต้อง, เลือกขนาดลวดเชื่อมหรือลวดอิเล็กโทรดไม่เหมาะสม, อัตราการเติมเนื้อเชื่อมต่ำเกินไป ทำให้โลหะเติมไม่เพียงพอในการเชื่อมทะลุรอยต่อ

2.2 การตรวจสอบรอยเชื่อมด้วยวิธี PT (Penetrant Testing)

การตรวจสอบแบบ PT (Penetrant Testing) เป็นการทดสอบโดยวิธีสารแทรกซึมที่สะดวกและง่ายกว่าวิธีอื่น ใช้ได้กับวัสดุเกือบทุกชนิดที่ไม่มีรูพรุน โดยอาศัยหลักการดูดซึมของเหลวเข้าไปในรอยความไม่ต่อเนื่องที่เปิดสู่ผิวเท่านั้น จึงไม่สามารถทดสอบรอยที่อยู่ใต้ผิวได้ แม้จะเป็นวิธีที่ง่ายแต่ต้องปฏิบัติตามขั้นตอนอย่างเคร่งครัด โดยเฉพาะการทำความสะอาดชิ้นงานเพื่อไม่ให้มีสิ่งแปลกปลอมขวางกั้นรอยร้าว นอกจากนี้ต้องระวังสารผสมในน้ำยาไม่ให้ทำลายชิ้นงาน เช่น การทดสอบเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนไนท์ (Austenitic Stainless Steel) ต้องปราศจากคลอรีน (Chlorine) และฟลูออรีน (Fluorine) ส่วนโลหะผสมนิกเกิล (Nickel Alloy) ต้องปราศจากซัลเฟอร์ (Sulfur) โดยการทดสอบแนวเชื่อมด้วยวิธี PT จะสามารถเห็นข้อบกพร่องของแนวเชื่อมได้หลายอย่าง เช่น รูพรุน รอยแตกร้าว เป็นต้น

2.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบแนวเชื่อมด้วยวิธี PT มีดังต่อไปนี้

2.2.1.1 สารแทรกซึมชนิดย้อมสี (Color Contrast Dye) เป็นสารแทรกซึมชนิดที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า โดยปกติจะมีสีแดงเพื่อตัดกับสีของดีเวลอปเปอร์ (Developer) ซึ่งเป็นสีขาว สาเหตุที่ใช้สีแดงตัดกับสีขาวเนื่องจากทำให้เกิดการมองเห็นได้ชัดเจนที่สุด แสงที่ใช้ช่วยในการมองเห็นเป็นแสงสี

จากไฟฟ้าแสงสว่างหรือแสงจากดวงอาทิตย์ ซึ่งความเข้มของแสงจะต้องไม่ต่ำกว่า 1000 lx ตามมาตรฐาน ASME 2004 (American Society of Mechanical Engineers 2004) ความไวในการทดสอบ (Sensitivity) จะน้อยกว่าการใช้สารแทรกซึมชนิดวาวแสงเล็กน้อยแต่อย่างไรก็ตาม โดยทั่วไปในงานสนามมักเลือกใช้สารแทรกซึมชนิดย้อมสี เพราะไม่ต้องจัดทำในบริเวณที่ทดสอบเป็นที่มืดนั่นเอง

รูปที่ 2.12 ตัวอย่างสารแทรกซึมที่ใช้ในงานตรวจสอบแนวเชื่อมหูยก Block โครงสร้างเรือ

2.2.1.2 สารกำจัดสารแทรกซึมชนิดตัวทำละลาย (Solvent-Removable) ในระบบ Solvent-Removable ตัวน้ำยาทำละลาย (Solvent Cleaner) จะทำหน้าที่หลัก 2 อย่างด้วยกลไกทางเคมีที่แตกต่างกัน:

1. การทำความสะอาด (Pre-Cleaning Process) กลไก Solubilization ตัวทำละลายเคมีจะเข้าไปสลายพันธะของสิ่งสกปรกจำพวกสารอินทรีย์ เช่น คราบน้ำมัน เจลหล่อลื่น หรือจาระบี ที่อุดตันอยู่ภายในรอยแตก (Discontinuity) ให้ละลายรวมสารเป็นเนื้อเดียวกับ น้ำยาทำละลาย เพื่อให้ผ้าเช็ดดึงออกมาได้ การระเหยตัว (Evaporation Rate) น้ำยาทำละลายที่ดีต้องมีอัตราการระเหยที่เร็วพอเหมาะ (High Volatility) เพื่อให้มั่นใจว่าจะไม่มีสารเคมีเหลวตกค้างอยู่ภายในรอยแตก เพราะหากมีน้ำยาทำละลายค้างอยู่ มันจะไปกันไม่ให้น้ำยาแทรกซึมสีแดงไหลลงไปได้

2. การล้างน้ำยาแดงส่วนเกิน (Intermediate Removal Process) การเจือจางแบบจำกัดพื้นที่ (Controlled Dilution) ในขั้นตอนนี้ เราต้องการล้างเฉพาะน้ำยาสีแดงที่อยู่บนผิวหน้าชิ้นงาน (Background) แต่ต้องเหลือเนื้อน้ำยาไว้ในรอยแตกช่างเทคนิคจึงต้องฉีดน้ำยาทำละลายใส่ผ้าเพื่อให้ผ้าทำหน้าที่เซตตัวเป็น ตัวดูดซับ และใช้กลไกการละลายสารแบบสัมผัสพื้นผิว (Surface-Contact Dissolution) หากเราฉีดน้ำยาทำละลายลงชิ้นงานโดยตรง น้ำยาน้ำยาทำละลาย

จะมีความสามารถในการแทรกซึมสูงเช่นกัน มันจะวิ่งลงไปผสมและเจือจาง (Dilute) น้ำยาแดงในรอยแตก ทำให้ความเข้มข้นของสีจางลงจนตรวจไม่พบ

รูปที่ 2.13 ตัวอย่างน้ำยากำจัดสารแทรกซึมที่ใช้ในงานตรวจสอบแนวเชื่อมหูยก Block โครงสร้างเรือ

2.2.1.3 ดีเวลอปเปอร์แบบแห้ง (Dry Developer) คือ สารเคมีที่ใช้ดึงสารแทรกซึมออกจากรอยแตกเพื่อสร้างภาพบ่งชี้ความไม่ต่อเนื่อง มีลักษณะเป็นผงละเอียดสีขาวคล้ายชอล์ก ใช้เคลือบบนผิวชิ้นงานที่แห้งสนิทด้วยวิธีพ่นหรือจุ่ม เหมาะสำหรับระบบทดสอบอัตโนมัติและทำความสะอาดออกได้ง่าย

รูปที่ 2.14 ตัวอย่างดีเวลอปเปอร์ที่ใช้ในงานตรวจสอบแนวเชื่อมหูยก Block โครงสร้างเรือ

2.2.2 วิธีทดสอบแนวเชื่อมด้วยวิธี PT มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

2.2.2.1 การเตรียมพื้นผิวแนวเชื่อม (Pre-Cleaning) เป็นขั้นตอนที่สำคัญ ก่อนทำการทอดสอบแนวเชื่อจะต้องเตรียมพื้นผิวแนวเชื่อมให้สะอาด เพราะแนวเชื่อมอาจจะมี คราบน้ำมัน คราบสนิม ฝุ่นผงเหล็ก หรือสะเก็ดเชื่อม สิ่งสกปรกเหล่านี้ถ้าไม่ทำความสะอาด อาจจะทำให้ผลการทดสอบแนวเชื่อมคลาดเคลื่อนได้ การเตรียมพื้นผิวสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การเจียระไน การปัดกวาดฝุ่น หรือใช้น้ำยากำจัดสารแทรกซึมเช็ดออก เป็นต้น

รูปที่ 2.15 การเจียระไนเพื่อเตรียมพื้นผิวก่อนทำการทดสอบแนวเชื่อมด้วยวิธี PT

รูปที่ 2.16 ตัวอย่างแนวเชื่อมที่ผ่านการเตรียมพื้นผิวแล้ว

2.2.2.2 การทำความสะอาดแนวเชื่อมด้วยน้ำยาตัวทำละลาย (Solvent Cleaning) หลังจากทำการเตรียมพื้นผิวไปแล้ว ต้องใช้น้ำยาทำละลายทำความสะอาดแนวเชื่อมอีกครั้งเพื่อความสะอาดและความมั่นใจว่าจะไม่มีฝุ่น หรือผงเหล็กตกค้างอยู่บนแนวเชื่อม โดยทำการฉีดน้ำยาทำละลายลงบนชิ้นงานโดยตรงหรือผ้าสะอาดแล้วเช็ดที่แนวเชื่อมให้สะอาด โดยผ้าที่ใช้จะต้องไม่มีขุย ขน เพราะขุยจากผ้าอาจจะหลุดตกค้างอยู่บนแนวเชื่อมได้

รูปที่ 2.17 ตัวอย่างการทำความอาดแนวเชื่อมก่อนทำการทดสอบแนวเชื่อมด้วยวิธี PT

2.2.2.3 การพ่นน้ำยาแทรกซึม (Applying Penetrant) เป็นขั้นตอนการพ่นน้ำยาแทรกซึมลงบนแนวเชื่อม โดยการพ่นน้ำยาแทรกซึมจะต้องยกหัวพ่นห่างจากแนวเชื่อมประมาณ 20-30 cm เพื่อป้องกันการฟุ้งกระจายของน้ำยาและคุมปริมาณของน้ำยาได้ง่าย หากพ่นใกล้แนวเชื่อมจนเกิดไปอาจทำให้ปริมาณน้ำยาเยอะเกินความจำเป็นได้ หลังจากพ่นเสร็จให้ปล่อยทิ้งไว้อย่างน้อย 15 นาที เพื่อปล่อยให้น้ำยาแทรกซึม ซึมลงไปในรอยความไม่ต่อเนื่องของแนวเชื่อม

รูปที่ 2.18 ตัวอย่างหลังจากพ่นน้ำยาแทรกซึมลงไปในแนวเชื่อม

2.2.2.4 การกำจัดน้ำยาแทรกซึมส่วนเกิน (Excess Penetrant Remove) เป็นขั้นตอนการกำจัดน้ำยาแทรกซึมส่วนเกิน โดยการใช้น้ำยาทำละลายฉีดลงบนผ้าแล้วค่อย ๆ เช็ดน้ำยาแทรกซึมส่วนเกินบนผิวชิ้นงานและผิวแนวเชื่อมออก การกำจัดน้ำยาแทรกซึมส่วนเกิดออกจะต้องไม่ใช้ Solvent Cleaner ฉีดลงบนผิดแนวเชื่อมลงไปตรง ๆ เพราะ อาจจะทำให้น้ำยาทำละลายล้างน้ำยาแทรกซึมที่ซึมลงไปรอยความไม่ต่อเนื่องออกจนหมด จนทำให้ผลการทดสอบนั้นคลาดเคลื่อนหรือผิดเพี้ยนไปได้

2.2.2.5 การใช้ดีเวลอปเปอร์ (Apply Developer) หลังจากกำจัดน้ำยาแทรกซึมส่วนเกิดออกแล้วให้ใช้ดีเวลอปเปอร์ฉีดลงบนผิวแนวเชื่อมทั้งหมด โดยต้องยกหัวพ่นห่างจากแนวเชื่อมประมาณ 20 cm เพื่อป้องกันการฟุ้งกระจายและควบคุมปริมาณของน้ำยา หลังจากนั้นปล่อยทิ้งไว้อย่างน้อย 10 นาที เพื่อปล่อยให้ดีเวลอปเปอร์ทำปฏิกิริยากับน้ำยาแทรกซึม โดยการดูดน้ำยาแทรกซึมที่อยู่ในรอยความไม่ต่อเนื่องที่เหลืออยู่ในรอยความไม่ต่อเนื่องให้ออกมาเป็นสีแดง ดังรูปที่ 2.19

รูปที่ 2.19 ตัวอย่างหลังจากการพ่นดีเวลอปเปอร์ลงบนผิวแนวเชื่อม

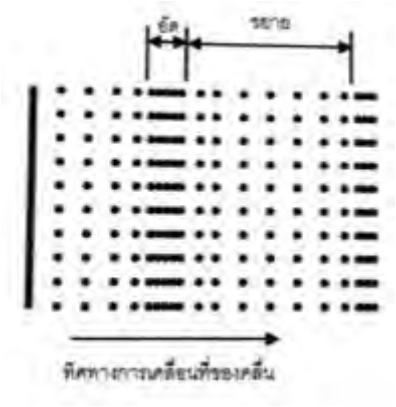
2.2.2.6 บันทึกและวิเคราะห์ผลการทดสอบ (Record and Inspection) จากรูปที่ 2.19 จะเห็นได้ว่าหลังพ่นดีเวลอปเปอร์ลงบนผิวแนวเชื่อมแล้วจะปรากฏจุดที่เป็นสีแดงเข้ม เนื่องจากแนวเชื่อมนั้นเกิด รอยเว้าบนข้างเชื่อม (Undercut) และ รูพรุน (Porosity) ทั้งนี้ยังมีจุดอื่น ๆ อีกให้ลองสังเกตุและวิเคราะห์ดี ๆ เพราะจุดที่มีสีแดงอ่อนอาจเกิดจากการทำความสะอาดไม่หมด หรืออาจเป็นรูพรุนขนาดเล็กมาก ๆ หลังจากวิเคราะห์เสร็จแล้ว ให้บันทึกผลโดยการถ่ายภาพแล้วแจ้งช่างที่เกี่ยวข้องแก้ไขแนวเชื่อมทันที

2.3 การตรวจสอบรอยเชื่อมด้วยวิธี UT (Ultrasonic Testing)

การทดสอบด้วยคลื่นอัลตราโซนิก เป็นวิธีการตรวจสอบแบบไม่ทำลายที่ใช้คลื่นเสียงความถี่สูงส่งผ่านเข้าไปในวัสดุ เพื่อตรวจสอบความไม่ต่อเนื่องหรือข้อบกพร่องภายในชิ้นงาน เช่น รอยแตกร้าว รูพรุน การหลอมไม่สมบูรณ์ หรือสแลกฝังในแนวเชื่อม คลื่นเสียงที่ใช้ในการทดสอบ UT จะมีความถี่สูงกว่าช่วงการได้ยินของมนุษย์ โดยทั่วไปอยู่ในช่วง 0.5–25 MHz เมื่อคลื่นเสียงเดินทางเข้าไปในวัสดุแล้วกระทบกับรอยตำหนิหรือผิวสะท้อน คลื่นจะสะท้อนกลับมายังหัวตรวจ (Transducer) จากนั้นเครื่อง UT จะประมวลผลและแสดงผลบนหน้าจอ

2.3.1 คลื่นที่ใช้ในการตรวจสอบ UT สามารถแบ่งได้หลายประเภท ดังนี้

2.3.1.1 คลื่นเสียงตามยาว (Compressional or Longitudinal Waves) อนุภาคของตัวกลางจะมีการสั่นสะเทือนหรือเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกับการเคลื่อนที่ของคลื่นเสียง จะมีช่วงอัดและขยายสลับกันไป ซึ่งถ้าวัดระดับพลังงานจะปรากฏออกมาในรูปคลื่นชายน์ คือ มีพลังงานสูงในช่วงอัด และลดลงในช่วงขยายสลับกันไป

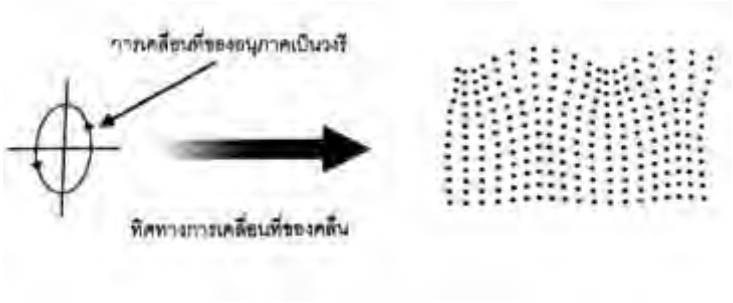


รูปที่ 2.20 ลักษณะคลื่นเสียงตามยาว

2.3.1.2 คลื่นเสียงตามขวาง (Transverse of Shear Waves) อนุภาคของตัวกลางจะมีการสั่นสะเทือนหรือเคลื่อนที่ไปในทิศทางตั้งจากกับทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นเสียง มีความเร็วประมาณเท่ากับ 0.5 เท่าของคลื่นเสียงตามยาว คลื่นเสียงตามขวางจะสามารถเคลื่อนที่ในวัตถุที่เป็นของแข็งได้ เนื่องจากมีความต้านต่อแรงเฉือน

รูปที่ 2.21 ลักษณะคลื่นเสียงตามแนวขวาง

2.3.1.3 คลื่นเสียงที่ผิว (Surface Waves of Rayleigh Waves) คลื่นผิวเกิดจากการสั่นสะเทือนจะเคลื่อนที่ไปตามพื้นผิว ซึ่งการเคลื่อนที่ของอนุภาคมีลักษณะเป็นวงรี ซึ่งจะประกอบด้วยคลื่น 2 ชนิดรวมกัน คือคลื่นเสียงตามยาวและคลื่นเสียงตามขวาง คลื่นผิวมีความเร็วประมาณ 0.9 เท่าของคลื่นเสียงตามขวาง โดยที่คลื่นเสียง สามารถแพร่ลึกลงไปในเนื้อของวัสดุจากผิวด้านบนได้ประมาณ หนึ่งความยาวคลื่นเสียง ดังแสดงในรูปที่ 2.22



รูปที่ 2.22 ลักษณะคลื่นเสียงที่ผิว

2.3.1.4 คลื่นแลมบ์ (Lamb Waves) หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าคลื่นเพลท (Plate Wave) เกิดขึ้นในวัตถุที่มีความหนาใกล้เคียงกันกับความยาวคลื่น คลื่นแลบ์มี 2 รูปแบบคือ

- แบบไม่สมมาตร (Asymmetrical or Wending Waves)
- แบบสมมาตร (Symmetrical Waves)

รูปที่ 2.23 ลักษณะคลื่นแลมบ์ (Lamb Waves)

2.3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำสอบแนวเชื่อมด้วยวิธี UT ประกอบไปด้วย

2.3.2.1 เครื่องกำเนิดสัญญาณ (Pulser Receiver) เครื่องกำเนิดสัญญาณเป็นส่วนสำคัญของเครื่อง UT ทำหน้าที่สร้างสัญญาณไฟฟ้าแรงดันสูงในช่วงเวลาสั้น ๆ แล้วส่งไปยังหัวตรวจ (Transducer) เพื่อเปลี่ยนเป็นคลื่นอัลตราโซนิกเข้าสู่ชิ้นงาน เมื่อคลื่นเสียงสะท้อนกลับจากภายในชิ้นงาน เครื่องส่วนนี้จะทำหน้าที่รับสัญญาณกลับ (Receiver) และขยายสัญญาณเพื่อส่งต่อไปยังระบบประมวลผลและแสดงผลบนหน้าจอ

2.3.2.2 หัวตรวจสอบ (Transducer / Probe) หัวตรวจสอบเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญที่สุดของระบบ UT ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นคลื่นเสียงอัลตราโซนิก และรับคลื่นสะท้อนกลับมาแปลงเป็นสัญญาณไฟฟ้าอีกครั้ง

รูปที่ 2.24 ตัวอย่างหัวตรวจสอบที่ใช้ในการทดสอบแนวเชื่อมด้วยวิธี UT

2.3.2.3 หน้าจอแสดงผล (Display Unit) เมื่อหัวตรวจสอบ (Probe) ส่งคลื่นอัลตราโซนิกเข้าสู่ชิ้นงาน คลื่นจะเดินทางภายในวัสดุด้วยความเร็วคงที่ เมื่อคลื่นกระทบกับข้อบกพร่องหรือผิวสะท้อนจะเกิดการสะท้อนกลับมายังหัวตรวจ จากนั้นเครื่อง UT จะคำนวณเวลาในการเดินทางของคลื่นและแสดงผลเป็นสัญญาณบนหน้าจอ การแสดงผลของหน้าจอก็จะแบ่งออกเป็น 3 แบบคือ

A-Scan เป็นการแสดงผลในรูปกราฟสองมิติ ประกอบไปด้วย

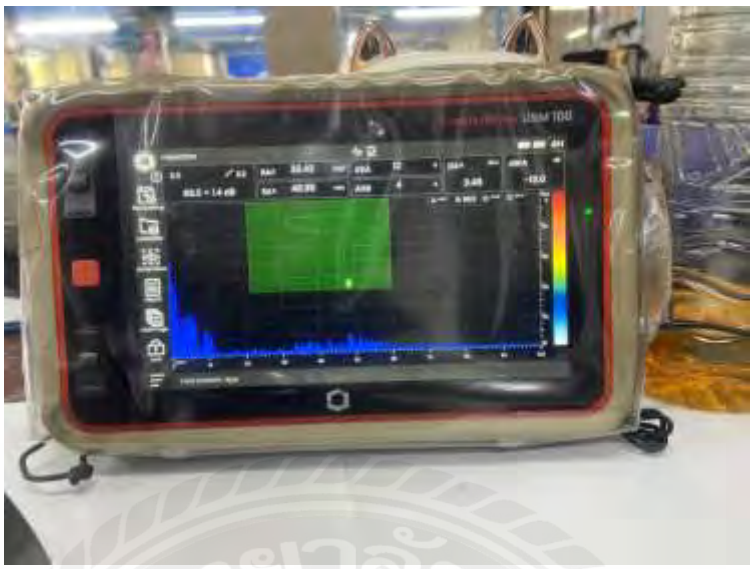
- แกนนอน (Horizontal Axis) แสดงระยะทางหรือเวลา
- แกนตั้ง (Vertical Axis) แสดงความสูงของสัญญาณ

B-Scan เป็นการแสดงผลแบบ ภาพตัดขวาง (Cross-sectional View) ลักษณะคล้ายการมองชิ้นงานจากด้านข้าง ประกอบไปด้วย

- แกนนอน คือ ระยะทางที่หัวตรวจเคลื่อนที่
- แกนตั้ง คือ ความลึกภายในชิ้นงาน
- ความเข้มหรือสี คือ ความแรงของสัญญาณสะท้อน

C-Scan เป็นการแสดงผลแบบ ภาพมองจากด้านบน (Top View) คล้ายแผนที่ของพื้นที่ตรวจสอบ

- แกน X คือ แนวยาว ใช้บอกตำแหน่งของหัวตรวจในทิศทางการสแกนหลัก
- แกน Y คือ แนวกว้าง ใช้บอกตำแหน่งด้านข้างของพื้นที่ตรวจสอบ
- สีหรือความเข้ม คือ ความแรงของสัญญาณหรือความลึก



รูปที่ 2.25 ตัวอย่างหน้าจอแสดงผลแบบ A-Scan ที่ใช้ในการทดสอบแนวเชื่อมด้วยวิธี UT

2.3.2.4 สารช่วยสัมผัส (Couplant) คือ สารที่ใช้เชื่อมต่อระหว่างหัวตรวจกับผิวชิ้นงาน เพื่อช่วยให้คลื่นเสียงเดินทางเข้าสู่ชิ้นงานได้ดี เนื่องจากอากาศเป็นตัวกลางที่ขัดขวางการส่งผ่านคลื่นเสียงอย่างมาก หากไม่มีสารช่วยสัมผัส คลื่นจะสะท้อนกลับเกือบทั้งหมด ทั้งนี้มาสามารถใช้ น้ำมันหรือแป้งเปียกแทนได้หากไม่มีเจลช่วยสัมผัส

รูปที่ 2.26 ตัวอย่างสารช่วยสัมผัสที่ใช้ในการทดสอบแนวเชื่อมด้วยวิธี UT

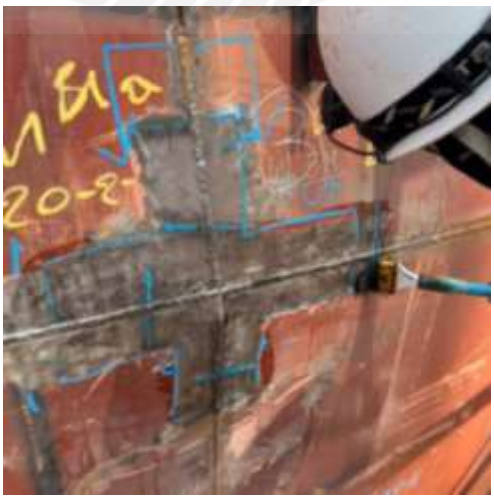
2.3.2.5 แท่งมาตรฐานสำหรับสอบเทียบ (Calibration Block) เป็นแท่งมาตรฐานไว้สำหรับสอบเทียบหาจุดศูนย์กลางลำคลื่นของหัวตรวจสอบ (Probe Index) เพื่อหามุมองศาที่แท้จริงของหัวตรวจสอบแบบเอียง และตั้งระยะทดสอบ แท่งสอบเทียบมาตรฐาน V1

แท่งมาตรฐาน V1 นั้น จะสามารถใช้ทดสอบความสามารถในการแยกแยะ และสำหรับไว้ตั้งค่ากำลังขยายสำหรับการทดสอบตามมาตรฐาน AWS D1.1 (American Welding Society D1.1) ได้

รูปที่ 2.27 ตัวอย่างแท่งมาตรฐานสำหรับสอบเทียบที่ใช้ในการทดสอบแนวเชื่อมด้วยวิธี UT

2.3.3 วิธีทดสอบแนวเชื่อมด้วยวิธี UT มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

2.3.3.1 การเตรียมพื้นผิว (Pre - Cleaning) ก่อนทำการทดสอบแนวเชื่อมด้วยวิธี UT จะต้องผ่านการ Visual เบื้องต้นก่อนว่าแนวเชื่อมไม่มีข้อบกพร่องภายนอกใด ๆ หลังจากนั้นให้ทำการเจียรไนคราบสกปรกออกให้หมด ไม่ว่าจะเป็น คราบสนิมและสี ต้องขัดออกจนเห็นเนื้อโลหะ ดังรูปที่ 2.28 โดยต้องขัดสีรอบ ๆ แนวเชื่อมออก อย่างน้อยข้างละ 15 cm เพื่อทำให้พื้นผิวเรียบ เพราะการเคลื่อนหัวตรวจสอบจะได้ไม่ติดขัดและง่ายต่อการเคลื่อนหัวตรวจสอบ



รูปที่ 2.28 ตัวอย่างการเตรียมพื้นผิวก่อนทำการทดสอบ

2.3.3.2 ขั้นตอนการตั้งค่าเครื่อง Ultrasonic Testing

1. การเปิดเครื่องและตรวจสอบสภาพอุปกรณ์ เริ่มต้นโดยเปิดเครื่อง UT และตรวจสอบความพร้อมของอุปกรณ์ทั้งหมด เช่น สายสัญญาณ หัวตรวจสอบและขั้วต่อ (Connector) ว่าอยู่ในสภาพสมบูรณ์ ไม่มีรอยแตกร้าวหรือการหลวมของขั้วต่อ หลังจากนั้นให้ตรวจสอบแบตเตอรี่หรือแหล่งจ่ายไฟของเครื่อง เพื่อป้องกันปัญหาไฟฟ้าขัดข้องระหว่างการตรวจสอบ ซึ่งอาจส่งผลให้ข้อมูลสูญหายหรือค่าการตรวจสอบผิดพลาดได้

2. การเลือกชนิดหัวตรวจสอบ (Probe) ผู้ตรวจสอบต้องเลือกหัวตรวจสอบ ให้เหมาะสมกับลักษณะงาน เช่น การตรวจแนวเชื่อมมักใช้ Angle Probe มุม 45°, 60° หรือ 70° โดยพิจารณาจากความหนาและรูปแบบของแนวเชื่อม การเลือกความถี่ของหัวตรวจสอบก็มีความสำคัญเช่นกัน โดยความถี่สูงจะให้ความละเอียดดีแต่ทะลุผ่านวัสดุได้ไม่ลึก ส่วนความถี่ต่ำจะทะลุผ่านได้ลึกกว่าแต่ความละเอียดลดลง

3. การตั้งค่าความเร็วของคลื่น (Velocity) คือ Velocity ค่าความเร็วของคลื่นเสียงในวัสดุ ซึ่งมีผลโดยตรงต่อการคำนวณระยะทางและความลึกของข้อบกพร่อง ผู้ใช้งานต้องตั้งค่าให้ตรงกับชนิดวัสดุที่ตรวจสอบ เช่น เหล็กกล้าคาร์บอนจะมีค่าประมาณ 5920 m/s สำหรับคลื่น Longitudinal หากตั้งค่า Velocity ไม่ถูกต้อง จะทำให้ตำแหน่งจุดบกพร่อง ที่แสดงบนหน้าจอคลาดเคลื่อน ส่งผลต่อความแม่นยำในการประเมินผลการตรวจสอบ

4. การตั้งค่าช่วงระยะทาง (Range) คือช่วงระยะทางที่แสดงบนหน้าจอ UT โดยต้องกำหนดให้ครอบคลุมความหนาของชิ้นงานและระยะเดินทางของคลื่นเสียงทั้งหมด ตัวอย่างเช่น หากชิ้นงานหนา 25 mm และใช้หัว Angle Probe แบบ Skip ระยะ Range อาจต้องตั้งไว้ 100–200 mm เพื่อให้เห็นสัญญาณสะท้อนกลับของคลื่น (Echo) ได้ครบทุกช่วงการสะท้อน

5. การตั้งค่าการขยายสัญญาณ (Gain) หรือ (Sensitivity Gain) เป็นการปรับความไวของเครื่อง UT เพื่อเพิ่มหรือลดความสูงของสัญญาณสะท้อนกลับของคลื่นบนหน้าจอ การตั้งค่าค่าการขยายสัญญาณที่เหมาะสมจะช่วยให้สามารถมองเห็นจุบกพร่องได้ชัดเจนโดยไม่เกิดสัญญาณรบกวน (Noise) มากเกินไป โดยทั่วไปจะทำการปรับค่าการขยายสัญญาณจาก Reference Echo บนแท่งสอบเทียบมาตรฐานให้ได้ระดับที่มาตรฐานกำหนด เช่น 80% Full Screen Height (FSH)

6. การตรวจสอบจุดปล่อยคลื่น (Beam Exit Point) และมุมของหัวตรวจสอบ (Angle Probe) การตรวจสอบจุดปล่อยคลื่นและมุมของหัวตรวจสอบเป็นขั้นตอนสำคัญในการทำงานด้วยมุมของหัวตรวจสอบ โดยใช้แท่นสอบเทียบมาตรฐาน IIW Block หรือ V1 Block เป็นตัวอ้างอิง ผู้ตรวจสอบจะเลื่อนหัวตรวจสอบบนแท่นสอบเทียบมาตรฐาน เพื่อหาสัญญาณสะท้อนกลับของคลื่นสูงสุด จากนั้นตรวจสอบว่าจุดปล่อยคลื่น และมุมของหัวหัวตรวจสอบ อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้องตามมาตรฐานหรือไม่

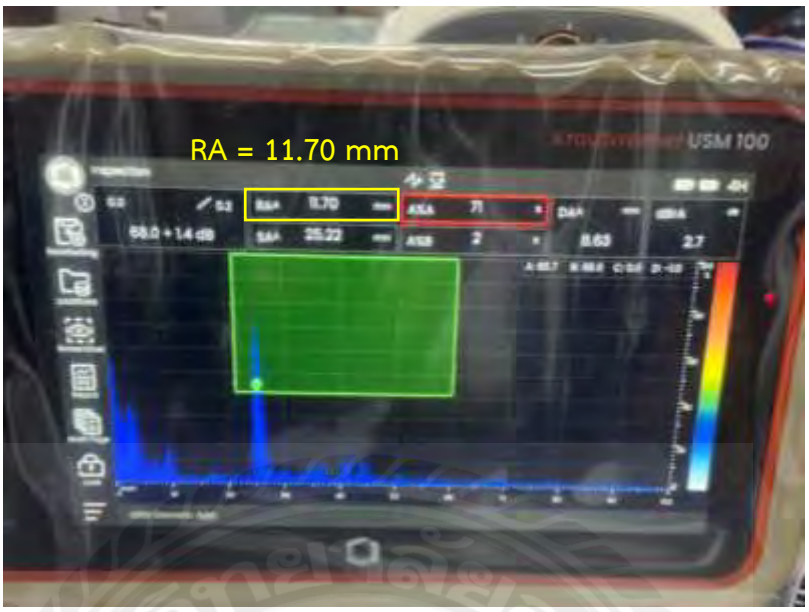
2.3.3.3 ทาสารช่วยสัมผัส (Couplant) ให้ทาสารช่วยสัมผัสให้ทั่วบริเวณที่เตรียมพื้นผิวไว้ เพื่อป้องกันอากาศและคลื่นอื่น ๆ เข้าไปรบกวนคลื่น Ultrasonic

รูปที่ 2.29 การทาสารช่วยสัมผัส

2.3.3.4 การเคลื่อนหัว Probe ต้องทำอย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอ ไม่ควรเลื่อนเร็วเกินไป เพราะอาจทำให้พลาดสัญญาณ defect ที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาสั้น ๆ นอกจากนี้ผู้ตรวจสอบต้องคอยสังเกตการเปลี่ยนแปลงของ Echo บนหน้าจอ A-Scan ตลอดเวลา

2.3.3.5 การอ่านค่าตำแหน่งจุดบกพร่อง จะมีค่าที่สำคัญดังต่อไปนี้

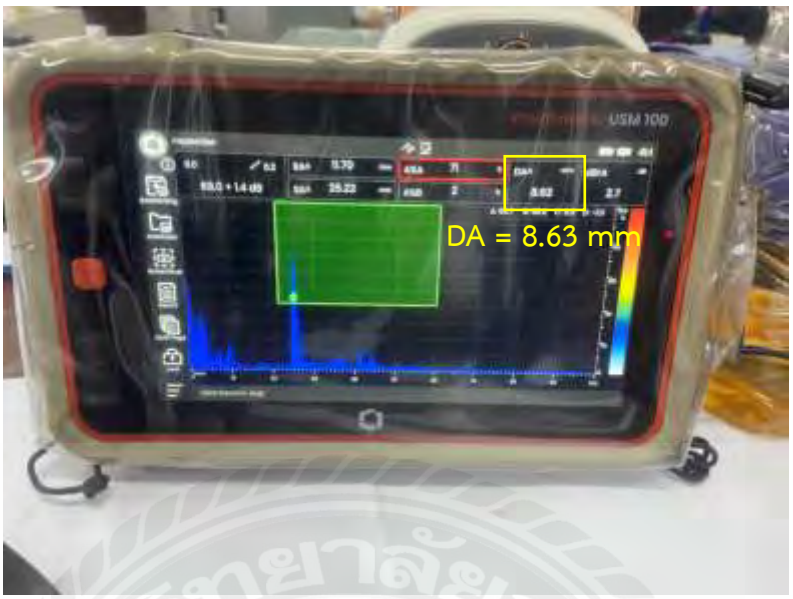
1. ค่า RA (Range) เป็นค่าที่เกี่ยวข้องกับระยะตำแหน่งของ Echo ที่เครื่องคำนวณจากการเดินทางของคลื่น Ultrasonic ภายในชิ้นงานมีหน่วยเป็น mm โดยจะบอกระยะของข้อบกพร่องจริงนับจากหัวตรวจสอบออกไปดังรูปที่ 2.31 จะเห็นได้ว่าระยะห่างแนวขวางจะอยู่ที่ 11.70 mm



รูปที่ 2.30 ตัวอย่างค่า RA ที่อยู่บนจอแสดงผล

รูปที่ 2.31 ตัวอย่างการวัดระยะ RA

2. ค่า DA (Depth Actual) เป็นค่าความลึกจริงของตำแหน่งที่เกิด Echo หรือ Defect จากผิวชิ้นงานมีหน่วยเป็น mm จากรูปที่ 2.32 จะเห็นๆได้ว่ามีความลึกอยู่ที่ 8.63 mm



รูปที่ 2.32 ตัวอย่างค่า DA ที่อยู่บนจอแสดงผล

2.4 การแก้ไขแนวเชื่อมที่มีข้อบกพร่อง

2.4.1 การแก้ไขแนวเชื่อมที่บกพร่องหลังจาก Penetrant Testing (PT)

2.4.1.1 รูพรุน (Porosity) ในงานเชื่อมเกิดจากแก๊ส (เช่น ไฮโดรเจน, ไนโตรเจน, ออกซิเจน) ถูกขังอยู่ในบ่อหลอมเหลวขณะแข็งตัว ทำให้อ่อนแอ สาเหตุหลักคือการปนเปื้อน (สนิม , น้ำมัน, ความชื้น), ระบบก๊าซปกคลุมบกพร่อง, หรือใช้กระแสไฟสูงเกินไป แก้ไขได้โดยทำความสะอาดผิวงาน, ตรวจสอบก๊าซและหัวฉีด

รูปที่ 2.33 ตัวอย่างแนวเชื่อมที่มีรูพรุน

วิธีการแก้ไขและป้องกัน Porosity

1. ทำความสะอาด: ขัดสนิม น้ำมัน และสิ่งสกปรกออกจากผิวงานก่อนเชื่อมเสมอ

2. ตรวจสอบก๊าซ: ตรวจสอบอัตราการไหลของก๊าซ (Flow Rate) ให้เหมาะสม และเช็คข้อต่อเพื่อป้องกันก๊าซรั่ว

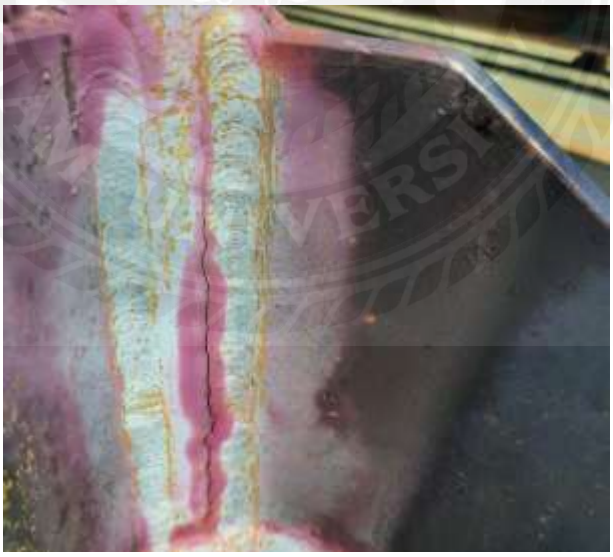
3. ทำความสะอาดหัวเชื่อม: หมั่นเคาะสะเก็ดไฟออกจากหัวฉีด (Nozzle) และเปลี่ยน Contact Tip หากเสื่อมสภาพ

4. ควบคุมระยะอาร์ค: รักษาระยะห่างระหว่างลวดเชื่อมกับชิ้นงานให้เหมาะสม ไม่สูงเกินไป

5. ลดความชื้น: อบลวดเชื่อม (สำหรับงานที่ใช้ลวดเชื่อมธูปหรือฟลักซ์) เพื่อไล่ความชื้นก่อนใช้งาน

6. ป้องกันลม: ใช้ฉากกั้นลมในกรณีที่เชื่อมกลางแจ้ง

2.4.1.2 รอยแตก (Cracks) การเชื่อมแล้วเกิดรอยแตก คือข้อบกพร่องร้ายแรงที่เกิดจากความเค้นสูงเกินไปขณะเย็นตัว หรือมีไฮโดรเจนสะสม สาเหตุหลักคือการตั้งค่าไฟไม่เหมาะสม, ลวดเชื่อมชื้น, อัตราการเย็นตัวเร็วเกินไป หรือการออกแบบรอยต่อไม่ดี แก้ไขได้โดยการ Preheat (อุ่นชิ้นงาน), ควบคุมความร้อน (Heat Input), และเลือกใช้ลวดเชื่อมที่เหมาะสม



รูปที่ 2.34 ตัวอย่างแนวเชื่อมที่มีรอยแตก

แนวทางป้องกันและแก้ไข

1. Preheat (อุ่นชิ้นงาน): ช่วยลดอัตราการเย็นตัว และช่วยให้ไฮโดรเจนหนีออกมาได้ก่อนโลหะแข็งตัว

รูปที่ 2.35 การ Preheat แผ่นเหล็กก่อนเชื่อม

2. การควบคุมความร้อน (Heat Input): ไม่ใช้ไฟแรงเกินไป และเชื่อมด้วยความเร็วที่เหมาะสม

3. การเลือกใช้ลวดเชื่อม: ใช้ลวดเชื่อมประเภท Hydrogen ต่ำ (Low Hydrogen) และอบลวดเชื่อมก่อนใช้งาน

4. การทำความสะอาด: ขจัดคราบไขมัน สนิม หรือสิ่งสกปรกออกจากผิวชิ้นงานก่อนเชื่อม

5. การออกแบบรอยต่อ: หลีกเลี่ยงมุมที่แหลมคมเกินไปเพื่อลดการสะสมความเค้น

2.4.2 การแก้ไขแนวเชื่อมที่บกพร่องหลังจาก Ultrasonic Testing (UT)

2.4.2.1 แสลกฝังในแนวเชื่อม (Slag Inclusion) การมีสารที่ไม่ใช่โลหะปะปนอยู่ในแนวเชื่อม สิ่งเหล่านี้เรียกว่า คราบแสลก (Slag) ส่งผลให้ความแข็งแรงและโครงสร้างของโลหะลดลง แสลกสามารถเกิดขึ้นได้ระหว่างรอบการเชื่อมหรือบนพื้นผิวของแนวเชื่อมเอง ข้อบกพร่องมักเกิดจาก การทำความสะอาดขอบรอยเชื่อมไม่ดีพอ ความหนาแน่นของกระแสไฟในการเชื่อมต่ำ การกำหนดมุมเชื่อมที่ไม่ถูกต้อง และความเร็วในการเคลื่อนที่ของหัวเชื่อมไม่เหมาะสม

รูปที่ 2.36 ตัวอย่างแนวเชื่อมที่มีแสลกฝังใน

แนวทางป้องกัน

1. เพิ่มความหนาแน่นของกระแสไฟในการเชื่อม
2. ทำความสะอาดขอบรอยเชื่อมก่อนเริ่มงาน
3. ขจัดสแลกออกหลังจากเชื่อมแต่ละชั้น

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.5.1 การตรวจสอบงานเชื่อมท่อระบบดับเพลิง ด้วยวิธีการ Penetrant Testing และ Hydrostatic Test (อ้างอิงจากบรรณานุกรม ในหัวข้อที่ (2))

ปัจจุบันในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล มีการก่อสร้างอาคารสูงเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมากไม่ว่าจะเป็นสำนักงาน คอนโด อุตสาหกรรมต่างๆ ควรมีการคำนึงถึงความปลอดภัยในด้านอุบัติเหตุ ที่เกิดจากอัคคีภัย จะเห็นได้ว่าในปัจจุบันในประเทศไทยมีการเกิดอัคคีภัยอยู่บ่อยครั้งและเพิ่มขึ้น รุนแรงขึ้นทุกปีซึ่งทำให้เกิดความเสียหายทั้งทรัพย์สินและคร่าชีวิตผู้คนไปอย่างมหาศาล เพื่อเป็น การป้องกันและแนวทางการศึกษา ผู้จัดทำจึงมีการตรวจสอบระบบป้องกันและป้องกันอัคคีภัยจาก การฝึกสหกิจศึกษา บริษัท บี.กริมเพาเวอร์ (เอไออีเอ็มทีพี) จำกัด ทางบริษัทจึงได้มอบหมายให้ทำการตรวจสอบ งานเชื่อมท่อดับเพลิงที่อาคาร 115 kV GIS REMOTESUBSTATION ด้วยวิธี Penetrant Testing และ Hydro Static Test ตามมาตรฐานของวิศวกรรมแห่งประเทศไทยและมาตรฐานสากล National Fire Protection Association (NFPA) , American Society of Mechanical Engineers (ASME) จากการตรวจสอบพบว่า

ของวิธีการตรวจสอบที่ 1 แบบ Penetrant Testing กาตรวจสอบ แบบสุ่มสี่ครั้งได้ดำเนินการขึ้น โดยไม่พบการรั่วไหลของท่อ และพบว่า ในกรณีของวิธีการ ตรวจสอบที่ 2 แบบ Hydro Static Test การตรวจสอบได้ดำเนินการขึ้น ที่แรงดัน 200 psi เป็นเวลา 2 ชั่วโมง โดยไม่พบการรั่วไหลของท่อ เนื่องจากช่างเชื่อมมีความชำนาญเฉพาะทางในด้านการเชื่อม

2.5.2 การตรวจสอบแนวเชื่อมของโครงสรางเรือดวยวิธีการ RT (อ้างอิงจากบรรณานุกรม ในหัวข้อที่ (1))

การตรวจสอบแนวเชื่อมของโครงสรางเรือเปนขั้นตอนสำคัญในการประเมินคุณภาพและความ มั่นคงแข็งแรงของโครงสรางโดยรวมงานศึกษานี้มุงเนนการตรวจสอบแนวเชื่อมดวยเครื่องมือวัดซึ่งเปน วิธีการที่สามารถประเมินความสมบูรณของแนวเชื่อมไดอยางมีประสิทธิภาพโดยไมตองใชอุปกรณซับซอน การศึกษานี้ดำเนินการตรวจสอบแนวเชื่อมในสวนตาง ๆ ของโครงสรางเรือเพื่อหาขอบกพรองที่อาจเกิดขึ้น เชนรอยแตกราว รอยพรุนหรือการเชื่อมไมตอเนื่องผลการตรวจสอบพบวาเมื่อถึงกำหนดการซอมทำแนว เชื่อมที่ผานการทดสอบยังมีสภาพที่ดีระบบต่างๆที่ไมไดพบปญหามีสภาพที่ดีและพรอมใชงานอยูตลอดเวลา โดยการตรวจดวยเครื่องมือวัดสามารถระบุขอบกพรองพื้นฐานไดและควรใชควบคูกับวิธีตรวจสอบอื่นใน กรณีที่ตองการความแมนยำสูง ขอเสนอแนะจากการศึกษาเนนใหมีการฝกอบรมบุคลากรดานการ ตรวจสอบเชื่อมอย่างตอเนื่องและกำหนดแนวทางการตรวจสอบที่เปนมาตรฐานเพื่อยกระดับความ ปลอดภัยและคุณภาพของโครงสรางเรือ

บทที่ 3
รายละเอียดการปฏิบัติงาน

3.1 ชื่อและที่ตั้งของสถานประกอบการ

ชื่อ : บริษัท เอเชียน มารีน เซอร์วิสส์ จำกัด (มหาชน)

สถานที่ตั้ง : 128 หมู่3 ถ.สุขสวัสดิ์ แขวงแหลมฟ้าผ่า เขตพระสมุทรเจดีย์ สมุทรปราการ 10290

โทรศัพท์ : 02-815-2060

Website : https://www.asimar.com

รูปที่ 3.1 แผนที่ บริษัท เอเชียน มารีน เซอร์วิสส์ จำกัด (มหาชน)

3.2 ลักษณะของสถานที่ปฏิบัติงาน

บริษัท เอเชียน มารีน เซอร์วิสส์ จำกัด (มหาชน) ประกอบอู่ต่อเรืองานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่

รูปที่ 3.2 บริษัท เอเชียน มารีน เซอร์วิสส์ จำกัด (มหาชน)

3.3 รูปแบบการจัดองค์การและการบริหารงานขององค์กร

รูปที่ 3.3 รูปแบบการจัดองค์การและการบริหารงานขององค์กร

3.4 ตำแหน่งและลักษณะงานที่ได้รับมอบหมาย

ตำแหน่งที่นักศึกษาที่รับผิดชอบ : นักศึกษาฝึกงานวิศวกรรมตัวเรือ (งานเหล็ก)

ลักษณะงานที่ได้รับมอบหมาย : ทำการตรวจสอบโครงสร้างตัวเรือซัพพอร์ตตามไซต์งานร่วมกับพนังงานที่ปรึกษา

3.5 ชื่อและตำแหน่งงานของพนักงานที่ปรึกษา

ชื่อพนักงานที่ปรึกษา : นายณัฐวุฒิ คงขยัน

ตำแหน่ง : ผู้จัดการ

3.6 ระยะเวลาที่ปฏิบัติงาน

เริ่มปฏิบัติงาน : วันที่ 12 มกราคม พ.ศ. 2569

สิ้นสุดปฏิบัติงาน : วันที่ 1 พฤษภาคม พ.ศ. 2569

3.7 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

3.7.1 ปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษาและพนักงานพี่เลี้ยง

ปรึกษาถึงหัวข้อโครงงานในเรื่องต่าง ๆ ที่ได้ฝึกปฏิบัติและสามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้

3.7.2 ตั้งชื่อหัวข้อโครงงาน

นำชื่อหัวข้อโครงงานไปเสนออาจารย์ที่ปรึกษาและพนักงานที่ปรึกษา

3.7.3 รวบรวมข้อมูล

รวบรวมข้อมูลและรายละเอียดต่าง ๆ ในการตรวจสอบแนวเชื่อมด้วยการ PT (Penetrant Test) และ UT (Ultrasonic Test) บริเวณโครงสสร้างตัวเรือ

3.7.4 ลงปฏิบัติงานสถานที่จริง

ทำการตรวจสอบตามเอกสารการตรวจสอบแนวเชื่อมโครงสร้างตัวเรือตามมาตรฐาน และทำการถ่ายภาพขณะทำงานเพื่อใช้แนบในโครงงานสหกิจศึกษา

3.7.5 นำข้อมูลที่รวบรวมทั้งหมดมาจัดทำเล่มโครงงาน

3.8 ระยะเวลาในการดำเนินโครงงาน

ตารางที่ 3.1 ผังเวลาการทำงาน

ขั้นตอนการดำเนินงาน	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน	พฤษภาคม
1.กำหนดหัวข้อโครงงาน	← →				
2.ศึกษาข้อมูล	←	→			
3.รวบรวมข้อมูลของโครงงาน			← →		
4.วิเคราะห์ข้อมูลของโครงงาน			← →		
5.เรียบเรียงข้อมูลและจัดทำโครงงาน			←	→	
6.สรุปและปรับปรุง				← →	

3.9 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบแนวเชื่อมด้วยวิธี PT

3.9.1. สารแทรกซึม (Penetrant)

รูปที่ 3.4 สารแทรกซึม

3.9.2 สารกำจัดสารแทรกซึมชนิดตัวทำละลาย (Solvent Cleaner)

รูปที่ 3.5 สารกำจัดสารแทรกซึมชนิดตัวทำละลาย

3.9.3 ดีเวลอปเปอร์ (Developer)

รูปที่ 3.6 ดีเวลอปเปอร์

3.9.4 ผ้าสะอาด

รูปที่ 3.7 ผ้าสะอาด

3.10 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบแนวเชื่อมด้วยวิธี UT

3.10.1 **เ**ครื่องทดสอบด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง (Ultrasonic Flaw Detector)

รูปที่ 3.8 เครื่องทดสอบด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง

3.10.2 สารช่วยสัมผัส (Couplant)

รูปที่ 3.9 สารช่วยสัมผัส

3.10.3 แท่งสำหรับสอบเทียบมาตรฐาน (Calibration Blocks)

รูปที่ 3.10 แท่งสำหรับสอบเทียบมาตรฐาน

3.10.4 หัวตรวจสอบ (Probe)

รูปที่ 3.11 หัวตรวจสอบ

3.11 อุปกรณ์ป้องกัน PPE (Personal Protective Equipment)

3.11.1 หมวกเซฟตี้

รูปที่ 3.12 หมวกเซฟตี้

3.11.2 แว่นตาป้องกันนิรภัย

รูปที่ 3.13 แว่นตาป้องกันนิรภัย

3.11.3 ถุงมือ

รูปที่ 3.14 ถุงมือ

3.11.4 รองเท้าเซฟตี้

รูปที่ 3.15 รองเท้าเซฟตี้

3.12 ขั้นตอนการตรวจสอบแนวเชื่อมด้วยวิธี PT

3.12.1 การเตรียมพื้นผิวแนวเชื่อม (Cleaning) ทำการเจียระไนปัดแนวให้สะเก็ดเชื่อม สนิม คราบน้ำมัน ออกให้หมด หลังจากนั้นใช้ผ้าหรือไม้กวาดมาปัดฝุ่น ผงเหล็กออกให้หมดก่อนทำการทดสอบ โดยต้องทำให้แนวเชื่อมสะอาดที่สุดดังรูปที่ 3.17

รูปที่ 3.16 ตัวอย่างการเจียระไนเตรียมพื้นผิวแนวเชื่อม

รูปที่ 3.17 ตัวอย่างแนวเชื่อมหลังเตรียมพื้นผิว

3.12.2 การทำความสะอาดแนวเชื่อม ใช้น้ำยาทำละลายทำความสะอาดแนวเชื่อม โดยทำการฉีดน้ำยาทำละลายลงบนชิ้นงานโดยตรงหรือผ้าสะอาดแล้วเช็ดที่แนวเชื่อมให้สะอาด โดยผ้าที่ใช้จะต้องไม่มีขุย ขน เพราะขุยจากผ้าอาจจะหลุดตกค้างอยู่บนแนวเชื่อมได้

รูปที่ 3.18 ทำความสะอาดหน้างานด้วยน้ำยาทำละลาย

3.12.3 การใช้สารแทรกซึม (Apply Penetrant) ทำการพ่นสารแทรกซึมลงบนแนวเชื่อม การพ่นสารแทรกซึมจะต้องยกหัวพ่นให้ห่างจากแนวเชื่อมประมาณ 20-30 cm เพราะอาจจะทำให้เกิดละอองกระจาย และทำให้ปริมาณสารแทรกซึมนั้นมากเกินไป หลังจากนั้นต้องปล่อยให้สารแทรกซึม

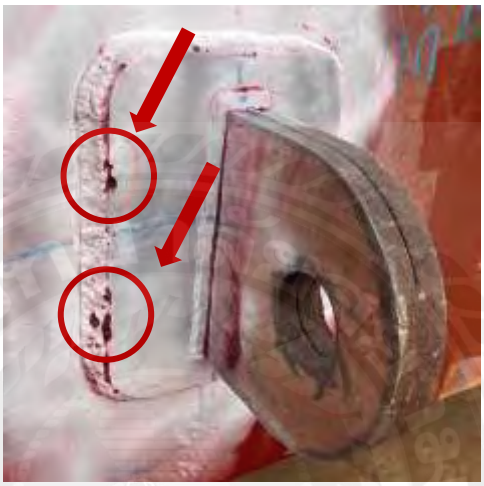
อยู่บนผิวงานเพียงพอที่จะทำให้สารแทรกซึม ซึมลงในรอยความไม่ต่อเนื่องที่จะทดสอบ ประมาณ 10-15 นาที

รูปที่ 3.19 พ่นสารแทรกซึม Penetrant ลงบนชิ้นงาน

3.12.4 การกำจัดสารแทรกซึมส่วนเกิน (Excess Penetrant Removing) จะต้องกำจัดสารแทรกซึมส่วนเกินบริเวณผิวหน้าชิ้นงานออก โดยการเช็ดออกจะต้องไม่มากเกินไปหรือน้อยเกินไป เพราะอาจจะทำให้ผลการทดสอบคลาดเคลื่อน หรือทำให้มองไม่เห็นจุดบกพร่องของแนวเชื่อม จะต้องเช็ดออกในระดับพอดี เพื่อให้เหลือแค่สารที่ซึมเข้าไปในบริเวณรอยความไม่ต่อเนื่องของแนวเชื่อม

รูปที่ 3.20 เช็ดสารแทรกซึมส่วนเกินออก

3.12.5 การใช้ดีเวลอปเปอร์ (Apply Developer) หลังจากกำจัดน้ำยาแทรกซึมส่วนเกิดออกแล้วให้ใช้ดีเวลอปเปอร์ฉีดลงบนผิวแนวเชื่อมทั้งหมด โดยต้องยกหัวพ่นห่างจากแนวเชื่อมประมาณ 20 cm เพื่อป้องกันการฟุ้งกระจายและควบคุมปริมาณของน้ำยา หลังจากนั้นปล่อยทิ้งไว้อย่างน้อย 10 นาที เพื่อปล่อยให้ดีเวลอปเปอร์ทำปฏิกิริยากับน้ำยาแทรกซึม โดยการดูดน้ำยาแทรกซึมที่อยู่ในรอยความไม่ต่อเนื่องที่เหลืออยู่ในรอยความไม่ต่อเนื่องให้ออกมาเป็นสีแดง ดังรูปที่ 3.21



รูปที่ 3.21 ผลทดสอบหลังพ่นดีเวลอปเปอร์

3.12.6 บันทึกและวิเคราะห์ผลการทดสอบ (Record and Inspection) จากรูปที่ 3.21 จะเห็นได้ว่าหลังพ่นดีเวลอปเปอร์ลงบนผิวแนวเชื่อมแล้วจะปรากฏจุดที่เป็นสีแดงเข้ม เนื่องจากแนวเชื่อมนั้นเกิดรอยเว้าข้างแนวเชื่อมและรูพรุน ทั้งนี้ยังมีจุดอื่น ๆ อีกให้ลองสังเกตุและวิเคราะห์ดี ๆ เพราะจุดที่มีสีแดงอ่อนอาจเกิดจากการทำความสะอาดไม่หมด หรืออาจเป็นรูพรุนขนาดเล็กมาก ๆ หลังจากวิเคราะห์เสร็จแล้ว ให้บันทึกผลโดยการถ่ายภาพแล้วแจ้งช่างที่เกี่ยวข้องแก้ไขแนวเชื่อมทันที

3.12.7 การทำความสะอาดหลังการทดสอบ (Post Cleaning) เป็นการทำความสะอาดดีเวลอปเปอร์ที่ผิวงานและสารแทรกซึมที่อยู่ในรอยความไม่ต่อเนื่องออก โดยการใช้น้ำยาทำละลายพ่นและเช็ดดีเวลอปเปอร์ออกให้หมด

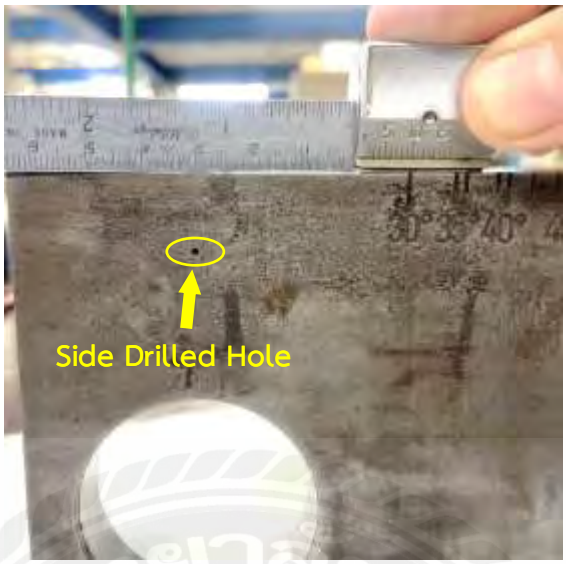
3.13 ขั้นตอนการตรวจสอบแนวเชื่อมด้วยวิธี UT

ขั้นตอนการทดสอบโดย Ultrasonic Testing ภายในรอยเชื่อมต่อชนแบบบากร่องด้านเดียว ที่ไม่มีแผ่นรองหลังมีดังต่อไปนี้

3.13.1 การเตรียมพื้นผิว (Cleaning) ก่อนทำการทดสอบแนวเชื่อมด้วยวิธี UT จะต้องผ่านการ Visual เบื้องต้นก่อนว่าแนวเชื่อมไม่มีข้อบกพร่องภายนอกใด ๆ หลังจากนั้นให้ทำการ เจียรไนคราบสกปรกออกให้หมด ไม่ว่าจะเป็น คราบสนิมและสี ต้องขัดออกจนเห็นเนื้อโลหะ ดังรูปที่ 3.22 โดยต้องขัดสีรอบ ๆ แนวเชื่อมออก อย่างน้อยข้างละ 15 cm เพื่อทำให้พื้นผิวเรียบ เพราะการเคลื่อนหัวตรวจสอบจะได้ไม่ติดขัดและง่ายต่อการเคลื่อนหัวตรวจสอบ

รูปที่ 3.22 ตัวอย่างของผิวงานที่ผ่านการเตรียมพื้นผิว

3.13.2 การตรวจสอบหัวตรวจสอบ (Probe) โดยการเคลื่อนหัวตรวจสอบบนแท่งสำหรับสอบเทียบมาตรฐานจนกว่าจะเจอตำแหน่งรู Radius หรือ Side Drilled Hole โดยการดูช่องระยะห่าง RA (Range) ในเครื่องตรวจสอบ แล้วลองใช้ไม้บรรทัดวัดระยะของหัวตรวจสอบและรู Radius บนแท่งสำหรับสอบเทียบมาตรฐาน ว่าตรงกับค่าในเครื่องตรวจสอบหรือไม่ หลังจากนั้นให้ดูสเกลบนหัวตรวจสอบว่าจุดไหนตรงกับองศาของหัวตรวจสอบที่ใช้ จุดนั้นจะเป็นจุดปล่อยคลื่น Ultrasonic



รูปที่ 3.23 ตัวอย่างการตรวจสอบหัวตรวจสอบโดยใช้แท่งสำหรับสอบเทียบมาตรฐาน

3.13.3 การตั้งค่าความหนาของชิ้นงาน ก่อนทำการตรวจสอบแนวเชื่อมด้วยวิธี UT จะต้องมีการตั้งค่าความหนาในเครื่องตรวจให้เหมาะกับชิ้นงาน เพราะถ้าตั้งค่าผิดจะทำให้ผลตรวจคลาดเคลื่อน

3.13.4 การตั้งค่าประเภทวัสดุชิ้นงาน โดยต้องใส่วัสดุให้ตรงกับชิ้นงาน เพราะความหนาแน่นของวัสดุของแต่ละประเภทมีค่าไม่เท่ากัน หากใส่ไม่ตรงอาจทำให้ผลตรวจสอบคลาดเคลื่อน

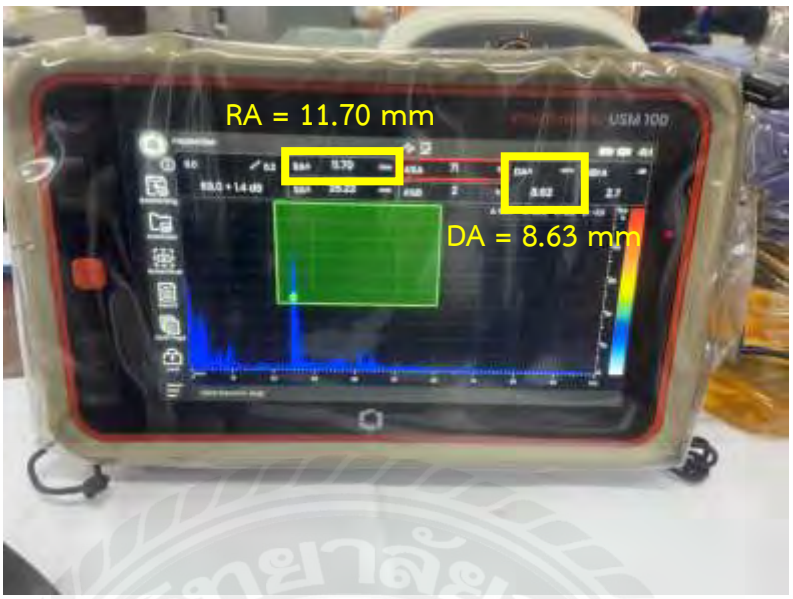
3.13.5 ทาสารช่วยสัมผัส ให้ทาสารช่วยสัมผัสให้ทั่วบริเวณที่เตรียมพื้นผิวไว้ เพื่อป้องกันอากาศและคลื่นอื่น ๆ เข้าไปรบกวนคลื่น Ultrasonic

รูปที่ 3.24 การทาสารช่วยสัมผัส

3.13.6 การสแกนหาจุดบกพร่องภายในแนวเชื่อม โดยการเคลื่อนหัวตรวจสอบเป็นรูปฟันปลา ตามรูปที่ 3.25 หมายเลข 1 จนกว่าจะเจอจุดบกพร่อง เมื่อเคลื่อนหัวตรวจสอบจนเจอจุดบกพร่องให้ส่ายหัวตรวจสอบเล็กน้อยทางด้านที่ติดกับแนวเชื่อมไปทาง ซ้าย-ขวา ตามรูปที่ 3.25 หมายเลข 2 เพื่อหาขนาดและยืนยันตำแหน่งของจุดบกพร่อง

รูปที่ 3.25 ตัวอย่างการเคลื่อนหัวตรวจสอบ

3.13.7 การอ่านค่าตำแหน่งจุดบกพร่อง ให้ดูค่าที่หน้าจอแสดงผลในช่อง RA เพื่อดูระยะจุดบกพร่องแนวขวางของแนวเชื่อมหน่วยเป็น mm แล้วลองวัดระยะห่างจริงตามรูปที่ 2.27 ว่าค่าระยะจุดบกพร่องจากหน้าจอแสดงผลอยู่ตรงจุดไหนของแนวเชื่อม เมื่อได้ระยะแนวขวางของแนวเชื่อมแล้ว ให้ดูค่า DA (Depth Actual) บนหน้าจอแสดงผลเพื่อดูความลึกของจุดบกพร่องว่ามีความลึกเท่าไหร่ โดยค่าความลึกมีหน่วยเป็น mm



รูปที่ 3.26 ผลการทดสอบที่แสดงบนหน้าจอแสดงผล

รูปที่ 3.27 ตัวอย่างการวัดระยะ RA

บทที่ 4 ผลการปฏิบัติงาน

4.1 ผลของการตรวจสอบแนวเชื่อมด้วยวิธี PT

4.1.1 ผลการตรวจสอบแนวเชื่อมด้วยวิธี PT ที่มีจุดบกพร่องของแนวเชื่อม

จากรูปที่ 4.1 คือผลจากการทดสอบแนวเชื่อมด้วยวิธี PT จะเห็นได้ว่ามีจุดบกพร่องที่เป็นรอยเว้าข้างแนวเชื่อม (Undercut) และ รูพรุน (Porosity)

รูปที่ 4.1 จุดบกพร่องของแนวเชื่อมหลังจากทดสอบ PT

วิธีการแก้ไข คือ ต้องทำการกำจัดแนวเชื่อมบริเวณที่มีจุดบกพร่อง ด้วยเครื่องเจียระไน (Grinding) โดยการเจียระไนลึกลงไปจนกว่าไม่เห็นจุดบกพร่องนั้น

ข้อควรระวัง คือ ห้ามเจียระไนลึกเกินจนชิ้นงานบาง หรือแนวเชื่อมทะลุ ต้องเปิดร่องให้เชื่อมซ่อมได้

4.1.2 ลักษณะผลการตรวจสอบแนวเชื่อมด้วยวิธี PT ที่ไม่มีจุดบกพร่อง ผลการทดสอบของวิธี PT หากไม่มีจุดบกพร่องหรือรอยความไม่ต่อเนื่อง จะไม่เกิดสีแดงจากปฏิกิริยาของดีเวลอปเปอร์ที่ดูดสารแทรกซึมออกมาให้เห็น โดยจะเห็นเป็นสีขาวล้วนของดีเวลอปเปอร์เท่านั้น ลักษณะแบบนี้ถือว่าเป็นแนวเชื่อมที่สมบูรณ์แบบ

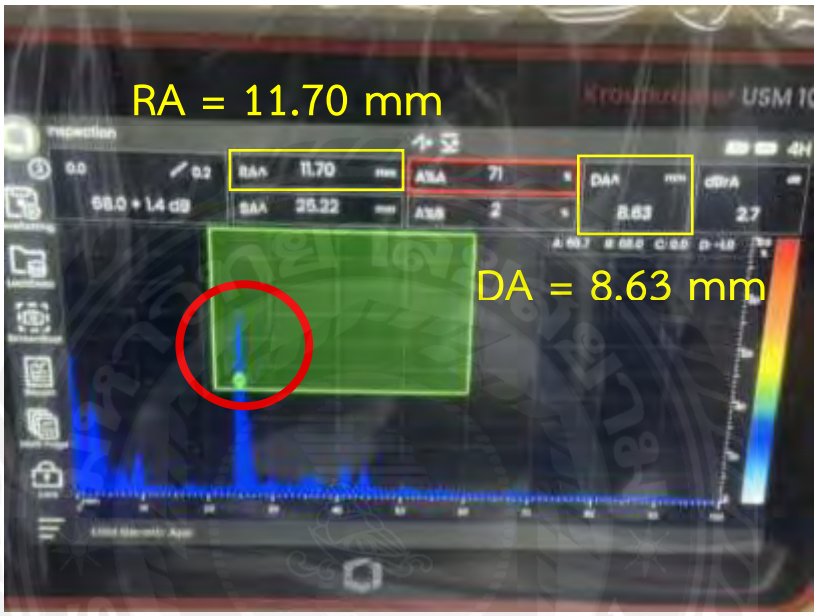
รูปที่ 4.2 ตัวอย่างผลทดสอบวิธี PT ที่มีข้อบกพร่องใด ๆ บนแนวเชื่อม

รูปที่ 4.3 ตัวอย่างผลทดสอบวิธี PT ที่มีข้อบกพร่องใด ๆ บนแนวเชื่อม

4.2 ผลของการตรวจสอบแนวเชื่อมด้วยวิธี UT

4.2.1 ผลการตรวจสอบแนวเชื่อมด้วยวิธี UT ที่มีจุดบกพร่องของแนวเชื่อม

จากรูปที่ 4.1 คือผลจากการทดสอบแนวเชื่อมด้วยวิธี UT จะเห็นได้ว่ามีจุดที่กราฟพุ่งสูงเกินเข้ามาในกรอบสีเขียวที่เป็นช่วงระยะของจุดบกพร่องที่ยอมรับไม่ได้ โดยมีค่า ระยะแนวขวางของแนวเชื่อม RA อยู่ที่ 11.70 mm และ ค่าความลึก DA อยู่ที่ 8.63 mm

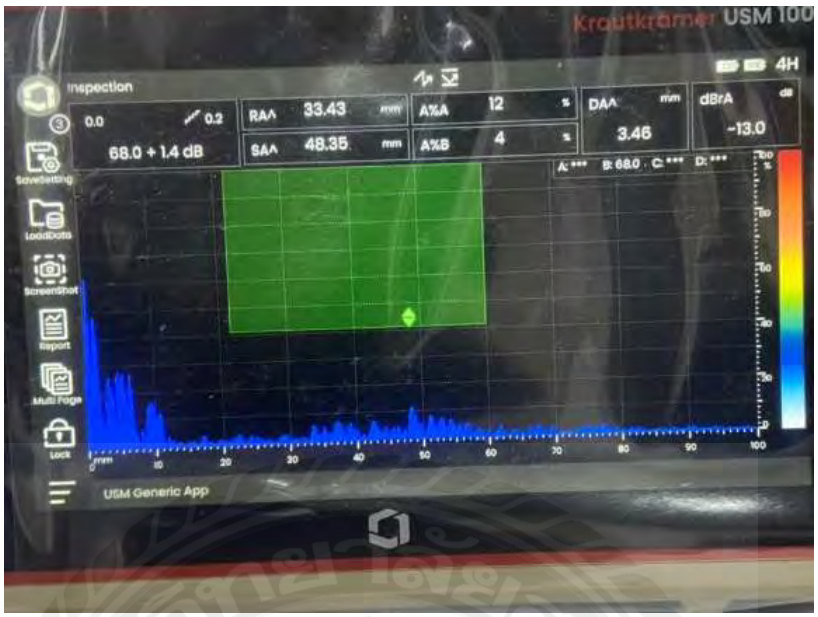


รูปที่ 4.4 ผลการทดสอบแนวเชื่อมด้วยวิธี UT

วิธีการแก้ไข คือ ต้องทำการกำจัดแนวเชื่อมบริเวณที่มีจุดบกพร่อง ด้วยเครื่องเจียรไน (Grinding) โดยการเจียรไนลึกลงไปจนกว่าไม่เห็นจุดบกพร่องนั้น

ข้อควรระวัง คือ ห้ามเจียระไนลึกเกินจนชิ้นงานบาง หรือแนวเชื่อมทะลุ ต้องเปิดร่องให้เชื่อมซ่อมได้

4.2.2 ลักษณะผลการตรวจสอบแนวเชื่อมด้วยวิธี UT ที่ไม่มีจุดบกพร่อง บนหน้าจอแสดงผลจะไม่มีเส้นกราฟใดที่พุ่งสูงขึ้นมาอยู่ในกรอบสีเขียวที่เป็นช่วงระยะของจุดบกพร่องที่ยอมรับไม่ได้ ดังรูปที่ 4.5 ลักษณะกราฟแบบนี้ถือว่าเป็นแนวเชื่อมที่สมบูรณ์แบบ



รูปที่ 4.5 ตัวอย่างผลทดสอบวิธี UT ที่มีข้อบกพร่องใด ๆ บนแนวเชื่อม

4.3 สรุปผลการตรวจแนวเชื่อมด้วยวิธี PT บริเวณแนวเชื่อมของตำแหน่งหูยก

ขั้นตอนการตรวจสอบแนวเชื่อมด้วยวิธี PT เหมาะสมกับการตรวจจุดบกพร่องภายนอกแนวเชื่อม จึงสรุปได้ว่าผลการตรวจสอบแนวเชื่อมบริเวณหูยกนั้น พบว่ารอบที่หนึ่งนั้นมีข้อบกพร่องโดยแสดงเป็นจุดสีแดงที่เกิดจากปฏิกิริยาของดีเวลอปเปอร์และน้ำยาแทรกซึม พบข้อบกพร่องที่วิเคราะห์เป็น รอยเว้าบริเวณขอบแนวเชื่อมและรูพรุนบนแนวเชื่อม หลังจากนั้นได้ทำการแก้ไขโดยการเจียระไนแนวเชื่อมแล้วทำการเชื่อมใหม่อีกครั้ง พร้อมกับตรวจสอบรอบที่สอง ปรากฏว่าผลตรวจเป็นสีขาวล้วนที่มาจากดีเวลอปเปอร์เท่านั้น แสดงให้เห็นว่าไม่พบข้อบกพร่องบนแนวเชื่อมของหูยก จึงสามารถนำหูยกไปใช้งานต่อได้

4.4 สรุปผลการตรวจสอบเชื่อมด้วยวิธี UT บริเวณรอยต่อแนวเชื่อมเปลือกเรือ

ขั้นตอนการตรวจสอบแนวเชื่อมด้วยวิธี UT เหมาะสมกับการตรวจจุดบกพร่องภายในแนวเชื่อม ผลการตรวจสอบบริเวณรอยต่อแนวเชื่อมเปลือกเรือพบว่ารอบที่หนึ่งนั้น หน้าจอแสดงผลมีค่าเปอร์เซ็นต์ความสูงของสัญญาณช่อง A%A เท่ากับ 71 % ซึ่งเกินเกณฑ์มาตรฐาน (เกณฑ์มาตรฐานยอมรับได้ คือ 40 %) และวิเคราะห์ได้ว่ากราฟแสดงให้เห็นว่าเป็น คราบสแลกฝังในแนวเชื่อม หลังจากนั้นได้ทำการแก้ไขโดยการเจียระไนหรือ การเกาจ์ (Gouge) แนวเชื่อมแล้วทำการเชื่อมใหม่อีกครั้ง พร้อมกับตรวจสอบรอบที่สอง ปรากฏว่าหน้าจอแสดงผลค่าเปอร์เซ็นต์ความสูงของสัญญาณช่อง A%A ไม่เกิน 40 % ซึ่งอยู่ในค่าที่ยอมรับได้ จึงเป็นการยืนยันว่าแนวเชื่อมของเปลือกเรือมีการหลอมที่สมบูรณ์ไม่พบข้อบกพร่อง

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลโครงงาน

โครงงานนี้ได้ทำการตรวจสอบแนวเชื่อมด้วยวิธี PT บริเวณหูยก Block โครงสร้างตัวเรือ และวิธี UT บริเวณรอยต่อแผ่นเปลือกเรือ เพื่อประเมินคุณภาพของแนวเชื่อมทั้งภายนอกและภายในแนวเชื่อม ผลการตรวจสอบด้วยวิธี PT ในรอบแรกพบข้อบกพร่องประเภท รอยเว้าและรูพรุนบนแนวเชื่อมของหูยก จึงได้ทำการแก้ไขโดยการเจียระไนและเชื่อมซ่อมใหม่ ก่อนทำการตรวจซ้ำอีกครั้ง ผลการตรวจรอบที่สองไม่พบข้อบกพร่องบนแนวเชื่อม แสดงว่าแนวเชื่อมมีคุณภาพและสามารถนำไปใช้งานได้ ส่วนการตรวจสอบด้วยวิธี UT บริเวณรอยต่อแผ่นเปลือกเรือ ในรอบแรกพบค่าในหน้าจอแสดงผลช่องค่าเปอร์เซ็นต์ความสูงของสัญญาณ A%A สูงถึง 71% ซึ่งเกินค่ามาตรฐานที่กำหนด และวิเคราะห์ได้ว่าเกิดจากคราบสแลกฝังในแนวเชื่อม หลังจากดำเนินการแก้ไขโดยการเกาจ์ (Gouge) และเชื่อมใหม่แล้ว ผลการตรวจสอบรอบที่สองพบว่าค่าสัญญาณลดลงอยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้ไม่เกิน 40% จึงสรุปได้ว่าแนวเชื่อมมีการหลอมประสานสมบูรณ์และไม่พบข้อบกพร่องหลงเหลืออยู่ ทำให้โครงสร้างมีความพร้อมต่อการนำไปใช้งานอย่างปลอดภัย

5.2 ปัญหาที่พบในการปฏิบัติงาน

5.2.1 ในทำการ PT test ทำความสะอาดหน้างานไม่สะอาดพอ จึงทำให้ผลที่แสดงออกมานั้นคลาดเคลื่อนหรือผิดพลาดไป

วิธีการแก้ไข ทำความสะอาดหน้างานให้สะอาดพอ และเริ่มทดสอบใหม่

5.2.2 ในทำการ UT test น้ำหนักมือในการกดหัวตรวจสอบไม่สม่ำเสมอ จึงทำให้ค่าที่อ่านคลาดเคลื่อนได้

วิธีการแก้ไข ควรควบคุมน้ำหนักมือในการกดของผู้ตรวจให้สม่ำเสมอ

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ก่อนเริ่มปฏิบัติงานต้องวางแผนงาน โดยปรึกษาหัวหน้างานก่อนเริ่มทดสอบ

5.3.2. ก่อนเริ่มปฏิบัติงานตรวจสอบ ควรจัดเตรียมความพร้อมของชิ้นงานและรวมถึงอุปกรณ์เครื่องมือตั้งค่าให้พร้อมใช้งานจริง ก่อนเริ่มงานตรวจสอบ

บรรณานุกรม

(1) พลกุล ทิพยธรรม. (2568). การตรวจสอบแนวเชื่อมของโครงสร้างเรือด้วยวิธีการ RT [รายงานปฏิบัติงานสหกิจศึกษา]. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม.

(2) ศรัญ. (2564). การตรวจสอบงานเชื่อมท่อระบบดับเพลิง ด้วยวิธีการ Penetrant Testing และ Hydro Static Test [รายงานปฏิบัติงานสหกิจศึกษา]. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม.

(3) อาษา ประทีปเสน. (2554). การทดสอบโดยไม่ทำลายในงานเชื่อมและงานวิจัย. โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

(4) American Society for Testing and Materials. (2019). ASTM E164-19: Standard practice for ultrasonic contact examination of weldments. ASTM International.

(5) Fractory. (ม.ป.ป.). Welding defects: Types, causes and prevention. สืบค้นเมื่อ 1 กุมภาพันธ์ 2569, จาก https: //fractory.com/welding-defects-types-causes-prevention

(6) Naichangmashare. (2025, June 18). Ultrasonic testing inspection test. สืบค้นเมื่อ 1 กุมภาพันธ์ 2569, จาก https://naichangmashare.com/2025/06/18/ultrasonic-testing-inspection-test

(7) Ultrasonic Testing Handbook. (n.d.). *Calibration methods*. สืบค้นเมื่อ 26 พฤษภาคม 2026, จาก Ultrasonic Testing Handbook

ภาคผนวก ก

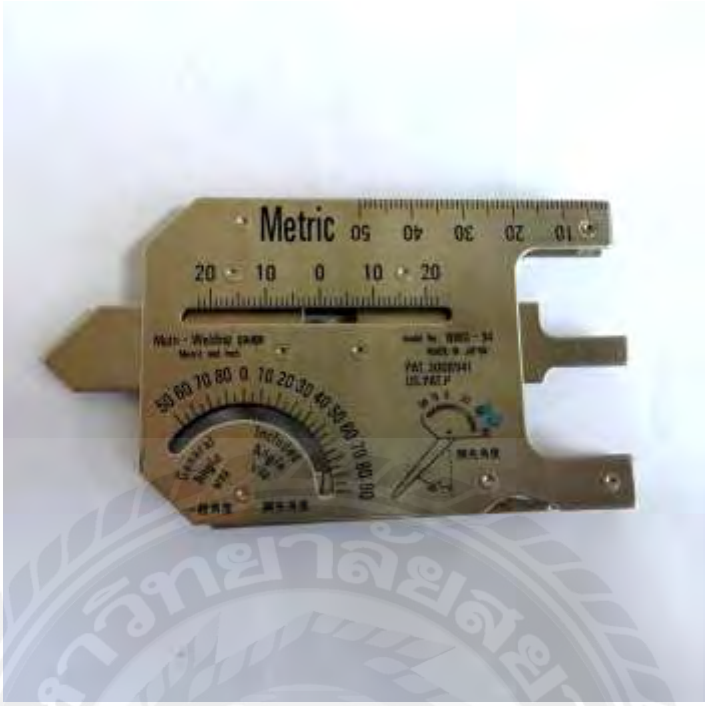
ภาพงานนิเทศงานของอาจารย์ที่ปรึกษา

รูปภาคผนวกที่ 1 นักศึกษาและผู้นิเทศร่วมถ่ายภาพหน้าสถานที่ปฏิบัติงานกับอาจารย์นิเทศ ณ วันที่ 26 มกราคม 2569

รูปภาคผนวกที่ 2 นักศึกษาและผู้นิเทศปฐมนิเทศภายในสถานที่ปฏิบัติงานกับอาจารย์นิเทศ ณ วันที่ 30 มีนาคม 2569

ภาคผนวก ข

เครื่องมือในการทำงานเพิ่มเติม



รูปภาคผนวกที่ 3 เกจวัดแนวเชื่อม

ภาคผนวก ค

ภาพขณะปฏิบัติงานจริง

รูปภาคผนวกที่ 4 ขณะทาสารช่วยสัมผัสเพื่อเตรียมทดสอบ UT

รูปภาคผนวกที่ 5 ขณะเคลื่อนหัวทดสอบ UT

รูปภาคผนวกที่ 6 ขณะเช็ดน้ำยาแทรกซึมส่วนเกิน

รูปภาคผนวกที่ 7 ขณะพ่นน้ำยาแทรกซึม

ประวัติผู้จัดทำ

ชื่อ-นามสกุล	นายรุ่งเพชร ป้านภูมิ
รหัสนักศึกษา	6504100004
คณะ	วิศวกรรมศาสตร์
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกล
ที่อยู่	75 ซ.เอกชัย 66 แยก 1-2 เขตบางบอน แขวงคลองบางพราน กทม. 10150
อีเมล	rungphet.pan@siam.edu
เบอร์	094-330-5444
ประวัติการศึกษา	มัธยมศึกษาตอนต้น : โรงเรียนพระยามนธาตุราชศรีพิจิตร หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) : วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม ปริญญาตรี : มหาวิทยาลัยสยาม

ชื่อ-นามสกุล	นายเอกชัย ประดังเสียง
รหัสนักศึกษา	6524100008
คณะ	วิศวกรรมศาสตร์
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกล
ที่อยู่	98/465 หมู่บ้านคิวดิสติก ซอย 14/1 แขวง บางจาก เขต พระประแดง จังหวัด สมุทรปราการ
อีเมล	eakkachai_pra@siam.edu
เบอร์	06-4719-6365
ประวัติการศึกษา	มัธยมศึกษาตอนต้น : โรงเรียนอำนวยวิทย์
	มัธยมศึกษาตอนปลาย : โรงเรียนราชประชาสมาสัย ฝ่ายมัธยม รัชดาภิเษก ในพระบรมราชูปถัมภ์
	ปริญญาตรี : มหาวิทยาลัยสยาม

https://drive.google.com/drive/folders/1b-EYuWLIt-wKTED8JNeI5V12GksUaAy1?usp=sharing

รายงานการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

การตรวจสอบแนวเชื่อมโครงสร้างเรือ

กรณีศึกษา เรือลากจูง

Weld Inspection of Ship Structures: A Case Study of a Tugboat

โดย

นาย รุ่งเพชร ป้านภูมิ รหัส 6504100004

นาย เอกชัย ประดังเสียง รหัส 6524100008

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของรายวิชา 151-495 สหกิจศึกษา

หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

ภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2568