



รายงานการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

การตรวจสอบแนวเชื่อมของโครงสร้างเรือด้วยวิธีการ RT The Inspection Of Weld In Ship Structures Using Radiographic Testing

โดย

นาย พลกุล ทิพยธรรม รหัส 6524100003

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของรายวิชา 151-495 เตรียมสหกิจศึกษา
หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม
ภาคการศึกษาที่ 3 ปีการศึกษา 2567

หัวข้อโครงการ การตรวจสอบแนวเชื่อมของโครงสร้างเรือด้วยวิธีการ RT
The Inspection of Weld in Ship Structures Using Radiographic Testing
(RT)
รายชื่อผู้จัดทำ พลกุล ทิพยธรรม 6524100003
หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล
อาจารย์นิเทศ ดร.ชาญชัย วิรุณฤทธิชัย

อนุมัติให้โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการปฏิบัติสหกิจศึกษาและการศึกษาเชิงบูรณาการกับ
การทำงาน หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม ภาคการศึกษาที่ 3
ปีการศึกษา 2567

คณะกรรมการสอบโครงการ


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


..... ผู้นิเทศ
(เรื่อโท วิกรม ลีสำราญ)


..... กรรมการกลาง
(อาจารย์สมบัติ หิรัญวรรณพงษ์)


..... ผู้ช่วยอธิการบดีและผู้อำนวยการสำนักสหกิจศึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มารุจ ลิ้มปะวัฒน์นะ)

จดหมายนำส่งรายงาน

วันที่ 18 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2568

เรื่อง ขอส่งรายงานการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

เรียน อาจารย์นิเทศ หลักสูตร ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลหลักสูตร 4 ปี

อาจารย์ ดร.ชาญชัย วิรุณฤทธิ์ชัย

ตามที่ นาย พลกุล ทิพยธรรม นักศึกษาหลักสูตร 4 ปี สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม ได้ไปปฏิบัติงานสหกิจศึกษา และการศึกษาเชิงบูรณาการกับการทำงาน ระหว่างวันที่ 19 พฤษภาคม 2568 ถึง 29 สิงหาคม 2568 ในตำแหน่ง ช่างโครงสร้างเรือ ณ โรงงานโลหะแผ่น กองโรงงานเรือเหล็ก อุทการเรือพระจุลจอมเกล้า กรมอุทการเรือ และได้รับมอบหมายจากผู้นิเทศ เรือโท วิกรม ลีสำราญ ให้ศึกษาและทำรายงานเรื่อง การตรวจสอบแนวเชื่อมของโครงสร้างเรือ ด้วยวิธีการตรวจสอบด้วยสายตา

บัดนี้การปฏิบัติสหกิจศึกษาและการศึกษาเชิงบูรณาการกับการทำงานได้สิ้นสุดลงแล้ว นายพลกุล ทิพยธรรม นักศึกษาหลักสูตร 4 ปี สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม จึงขอส่งรายงานดังกล่าวมาพร้อมกันนี้ จำนวน 1 เล่ม เพื่อขอรับคำปรึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

ลงชื่อ พลกุล ทิพยธรรม
(นายพลกุล ทิพยธรรม)

ผู้จัดทำ

กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

การที่ผู้จัดทำได้มาปฏิบัติสหกิจศึกษา ในตำแหน่ง ช่างโครงสร้างเรือ โรงงานโลหะแผ่น กองโรงงานเรือเหล็ก อุทการเรือพระจุลจอมเกล้า กรมอุทการเรือ ตั้งแต่วันที่ 19 พฤษภาคม 2568 ถึง 29 สิงหาคม 2568 ได้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ด้วยดี ส่งผลให้ผู้จัดทำได้รับความรู้ ประสบการณ์ การทำงานต่างๆ และความเข้าใจในชีวิตการทำงานจริง ที่เป็นประโยชน์ต่อการเรียนและสามารถนำ ความรู้ประสบการณ์ที่ได้ไปใช้ในการประกอบอาชีพในอนาคต ด้วยความอนุเคราะห์อย่างยิ่งจากท่าน ที่ให้โอกาสผู้จัดทำเข้ามาปฏิบัติสหกิจศึกษา กรุณาเสียสละเวลาอบรม สอนงาน และช่วยเหลือ ด้านต่างๆ ตลอดระยะเวลาในการปฏิบัติสหกิจศึกษาในครั้งนี้ จึงขอขอบพระคุณอย่างสูงมา ณ ที่นี้ จากการสนับสนุนหลายฝ่าย ดังนี้

1. เรือโท วิกรม ลีสำราญ หัวหน้าช่าง โรงงานโลหะแผ่น กองโรงงานเรือเหล็ก
2. อาจารย์ ดร. ชานูชัย วิรุณฤทธิ์ชัย อาจารย์นิเทศ

และบุคคลที่ไม่ได้กล่าวนามทุกท่าน ที่ได้ให้คำแนะนำในการจัดทำรายงานสหกิจศึกษานับนี้จนเสร็จ สมบูรณ์

ผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่ารายงานฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อ โรงงานโลหะแผ่น กองโรงงาน เรือเหล็ก อุทการเรือพระจุลจอมเกล้า กรมอุทการเรือ และผู้สนใจปฏิบัติสหกิจศึกษาของโรงงาน เพื่อเป็น แนวทางเบื้องต้นในการทำความเข้าใจและพัฒนาโครงการต่อไป รวมทั้งในการค้นคว้าของผู้สนใจทั่วไปด้วย หากรายงานฉบับนี้มีข้อผิดพลาดประการใด ผู้จัดทำก็ขออภัยมา ณ ที่นี้

พลกุล ทิพย์ธรรม

ผู้จัดทำ

29 สิงหาคม 2568

ชื่อโครงการ : การตรวจสอบแนวเชื่อมของโครงสร้างเรือด้วยวิธีการ RT
หน่วยกิต 5 หน่วยกิต
ผู้จัดทำ : พลกุล ทิพย์ธรรม 6524100003
อาจารย์ที่ปรึกษา : ดร. ชาญชัย วิรุณฤทธิ์ชัย
ระดับการศึกษา : ปริญญาตรี
หลักสูตร : วิศวกรรมเครื่องกล
คณะ : วิศวกรรมศาสตร์
ภาคการศึกษา/ ปีการศึกษา : 3/2567

บทคัดย่อ

การตรวจสอบแนวเชื่อมของโครงสร้างเรือเป็นขั้นตอนสำคัญในการประเมินคุณภาพและความมั่นคงแข็งแรงของโครงสร้างโดยรวมงานศึกษานี้มุ่งเน้นการตรวจสอบแนวเชื่อมด้วยเครื่องมือวัดซึ่งเป็นวิธีการที่สามารถประเมินความสมบูรณ์ของแนวเชื่อมได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยไม่ต้องใช้อุปกรณ์ซับซ้อน การศึกษานี้ดำเนินการตรวจสอบแนวเชื่อมในส่วนต่างๆของโครงสร้างเรือเพื่อหาข้อบกพร่องที่อาจเกิดขึ้น เช่นรอยแตก รอยพรุนหรือการเชื่อมไม่ต่อเนื่อง ผลการตรวจสอบพบว่าเมื่อถึงกำหนดการซ่อมทำแนวเชื่อมที่ผ่านการทดสอบยังมีสภาพที่ดีระบบต่างๆที่ไม่ได้พบปัญหามีสภาพที่ดีและพร้อมใช้งานอยู่ตลอดเวลา โดยการตรวจด้วยเครื่องมือวัดสามารถระบุข้อบกพร่องพื้นฐานได้และควรใช้ควบคู่กับวิธีตรวจสอบอื่นในกรณีที่ต้องการความแม่นยำสูง ข้อเสนอแนะจากการศึกษาเน้นให้มีการฝึกอบรมบุคลากรด้านการตรวจสอบเชื่อมอย่างต่อเนื่องและกำหนดแนวทางการตรวจสอบที่เป็นมาตรฐานเพื่อยกระดับความปลอดภัยและคุณภาพของโครงสร้างเรือ

คำสำคัญ : การเชื่อม/การตรวจสอบแนวเชื่อม/มาตรฐานการตรวจสอบแนวเชื่อม



Project Title : The inspection of weld in ship structures using
 Radiographic Testing (RT)
Credit : 5 Credits
By : Mr.Pollakul thippayatham 6524100003
Advisor : Dr.Chanchai Wiroonritichai
Degree : Bachelor of Engineering
Major : Mechanical Engineering
Facult : Engineering
Semester / Academic year : 3/2022

Abstract

Weld seam inspection is a critical process in evaluating the structural integrity and overall quality of ship structures. This study emphasizes the use of measurement-based inspection techniques, which offer an effective and practical approach for assessing weld soundness without the need for highly complex equipment. Inspections were conducted across various sections of the ship's structure to identify potential welding defects such as cracks, porosity, and incomplete fusion. The results indicated that, at the scheduled maintenance intervals, the weld seams that underwent testing remained in satisfactory condition. Structural systems that showed no anomalies were confirmed to be in proper operational status and ready for service. The use of measurement tools proved capable of detecting fundamental welding defects reliably. However, for applications requiring high precision or where critical structural components are involved, it is recommended that these methods be supplemented with more advanced non-destructive testing (NDT) techniques.

Keywords : X-Ray/NDT/Welding Defects/Weld Quality



.....
(Co-op Advisor)

สารบัญ

หน้า

จดหมายนำส่ง	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
บทคัดย่อ	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญรูปภาพ	ฉ
สารบัญภาคผนวก	ช

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ข้อมูลของสถานประกอบการและลักษณะงานที่ได้รับมอบหมาย	1
1.2 ที่มาและความสำคัญ	1
1.3 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.4 ขอบเขตของโครงการ	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2

บทที่ 2 การทบทวนเอกสารงานวิจัย/วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง (Literature)

2.1 แนวเชื่อมในโครงสร้างเรือ	3
2.2 การตรวจสอบแนวเชื่อมด้วยการใช้รังสี	4
2.3 มาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับการตรวจสอบด้วยการเอ็กซเรย์	4
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.5 ประเภทของการเชื่อมที่ใช้ในอุตสาหกรรมการต่อเรือ	5
2.6 เทคนิคการเชื่อมด้วยไฟฟ้า	6
2.7 เทคนิคการเชื่อมด้วยความต้านทาน	11
2.8 กระบวนการเชื่อมเฉพาะทาง	13

สารบัญ

หน้า

บทที่ 3 รายละเอียดการปฏิบัติงาน

3.1	ชื่อและที่ตั้งของสถานประกอบการ	18
3.2	ลักษณะของสถานที่ปฏิบัติงาน	19
3.3	รูปแบบการจัดองค์กรและการบริหารงานขององค์กร	20
3.4	ตำแหน่งและลักษณะงานที่ได้รับมอบหมาย	20
3.5	ชื่อและตำแหน่งงานของพนักงานที่ปรึกษา	20
3.6	ระยะเวลาที่ปฏิบัติงาน	20
3.7	ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน	21
3.8	ระยะเวลาในการดำเนินโครงการ	21
3.9	ขั้นตอนการตรวจสอบแนวเชื่อมของโครงสร้างเรือ	22

บทที่ 4 ผลการปฏิบัติงานตามโครงการ

40

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1	สรุปผลโครงการ	49
5.2	ข้อเสนอแนะ	50

บรรณานุกรม

51

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก	ภาพการนิเทศงานของอาจารย์นิเทศ	53
-----------	-------------------------------	----

ประวัติผู้จัดทำ

56

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 3.1 ผังเวลาการทำงาน	21
ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงการตรวจสอบแนวเชื่อมด้วยการเอ็กซเรย์เพื่อหาข้อบกพร่อง ในแนวเชื่อม	40
ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงการตรวจสอบแนวเชื่อมด้วยการเอ็กซเรย์เพื่อหาข้อบกพร่อง ในแนวเชื่อม	41
ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงการตรวจสอบแนวเชื่อมด้วยการเอ็กซเรย์เพื่อหาข้อบกพร่อง ในแนวเชื่อม	42
ตารางที่ 4.4 ตารางแสดงการตรวจสอบแนวเชื่อมด้วยการเอ็กซเรย์เพื่อหาข้อบกพร่อง ในแนวเชื่อม	43
ตารางที่ 4.5 ตารางแสดงการทดสอบหารอยร้าวจากแนวเชื่อมด้วยวิธีการทดสอบ PRESSURE-TEST	47

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 กระบวนการเชื่อมสตั๊ด	7
รูปที่ 2.2 กระบวนการเชื่อมแก๊ส	8
รูปที่ 2.3 กระบวนการเชื่อมแก๊ส	8
รูปที่ 2.4 กระบวนการเชื่อม TIG	9
รูปที่ 2.5 กระบวนการเชื่อม MIG	11
รูปที่ 2.6 กระบวนการเชื่อม SPOT WELDING	12
รูปที่ 2.7 กระบวนการเชื่อมตะเข็บ	13
รูปที่ 2.8 หลักการเชื่อมเลเซอร์	15
รูปที่ 2.9 กระบวนการเชื่อมเลเซอร์	16
รูปที่ 3.1 สถานที่ตั้งกองโรงงานเรือเหล็ก อุทหารเรือพระจุลจอมเกล้า	18
รูปที่ 3.2 กองโรงงานเรือเหล็ก อุทหารเรือพระจุลจอมเกล้า	19
รูปที่ 3.3 รูปแบบการจัดองค์กรและการบริหารงานขององค์กร	20
รูปที่ 3.4 การตรวจสอบแนวเชื่อมด้วยรังสีเอกซ์	22
รูปที่ 3.5 การเตรียมชิ้นงานก่อนเชื่อม	23
รูปที่ 3.6 การเชื่อมชิ้นส่วนถังน้ำมันที่ติดกับโครงสร้างเรือ (ภาพด้านในเรือ)	24
รูปที่ 3.7 บริเวณที่ทำการเชื่อมถ่ายจากกราบขาวบริเวณข้างเรือ	25
รูปที่ 3.8 การเตรียมชิ้นงานด้านในก่อนทำการตรวจสอบแนวเชื่อมด้วยวิธี RT	26
รูปที่ 3.9 การเตรียมชิ้นงานด้านนอกบริเวณเปลือกเรือชิ้นงานหมายเลข J13-P	27
รูปที่ 3.10 การวางแผนถ่ายภาพ x-ray แนวเชื่อม	28
รูปที่ 3.11 วางแหล่งกำเนิดรังสีและแผ่นฟิล์มให้มีระยะห่างที่เหมาะสม	29
รูปที่ 3.12 การนำแผ่นฟิล์มที่ได้จากการฉายรังสีไปส่งกับตู้ไฟสำหรับดูภาพถ่ายรังสี	30
รูปที่ 3.13 ภาพที่ได้จากการฉายแผ่นฟิล์มกับตู้ไฟสำหรับดูภาพถ่ายรังสีจุดที่1หมายเลข J13PR1	30
รูปที่ 3.14 ภาพที่ได้จากการฉายแผ่นฟิล์มกับตู้ไฟสำหรับดูภาพถ่ายรังสีจุดที่2หมายเลข J10PR1	31
รูปที่ 3.15 ภาพที่ได้จากการฉายแผ่นฟิล์มกับตู้ไฟสำหรับดูภาพถ่ายรังสีจุดที่2หมายเลข J10PR1	32
รูปที่ 3.16 ภาพที่ได้จากการฉายแผ่นฟิล์มกับตู้ไฟสำหรับดูภาพถ่ายรังสีจุดที่2หมายเลข J10PR1	33

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.17 การอ่านสัญลักษณ์ที่ได้จากการบันทึกจากแผ่นฟิล์มเอ็กซเรย์	34
รูปที่ 3.18 ปิดหน้าแปลนและวาล์วต่างๆทุกจุดที่เชื่อมต่อกับถังน้ำมันให้สนิท	35
รูปที่ 3.19 ต่อเกจวัดความดันเข้ากับปั๊มลมและรูเติมน้ำมันให้แน่นหนา	36
รูปที่ 3.20 ปั๊มลมเข้าไปในถัง ประมาณ 0.2 - 0.3 bar. และห้ามใช้แรงดันที่สูงเกินไป	37
รูปที่ 3.21 ปลอยลมเข้าถังจนได้แรงดันตามกำหนดให้ปิดเกจทิ้งไว้	38
รูปที่ 3.22 เปิดวาล์วเพื่อระบายกำลังดันหลังการทดสอบหารอยรั่ว	39
รูปที่ 4.1 ความยาวที่ยอมรับได้ของสิ่งสกปรกที่ฝังในแนวเชื่อมอ้างอิงจากมาตรฐาน มอ.112-0002-0932	44
รูปที่ 4.2 แสดงลักษณะการเกิดรูพรุนในแนวเชื่อม โดยจำแนกตามขนาดและจำนวนที่ตรวจพบ เพื่อใช้อ้างอิงในการประเมินคุณภาพการเชื่อมอ้างอิงจากมาตรฐาน มอ.112-0002-0932	45

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปภาพผนวกที่ 1 นักศึกษาและผู้นิเทศร่วมถ่ายภาพภายในสถานที่กับอาจารย์นิเทศ	54
รูปภาพผนวกที่ 2 นักศึกษาและผู้นิเทศร่วมถ่ายภาพภายในสถานที่กับอาจารย์นิเทศ	55
รูปภาพผนวกที่ 3 นักศึกษาและผู้นิเทศร่วมถ่ายภาพภายในสถานที่กับอาจารย์นิเทศ	55



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ข้อมูลของสถานประกอบการและลักษณะงานที่ได้รับมอบหมาย

1.1.1 อุทหาเรือพระจุลจอมเกล้า 121 ถ.สุขสวัสดิ์ ตำบลแหลมฟ้าผ่า อำเภพระสมุทร
เจดีย์ สมุทรปราการ 10290

1.1.2 ลักษณะสถานประกอบการ อยู่ซ่อมเรือ

1.1.3 ลักษณะงานที่ได้รับมอบหมาย ผู้ตรวจสอบแนวเชื่อมของโครงสร้างเรือ

1.1.4 ตำแหน่งงาน นายพลกุล ทิพยธรรม ได้ปฏิบัติงานในตำแหน่ง ช่างโครงสร้างเรือ

1.1.5 ระยะเวลาปฏิบัติงาน ประมาณ 4 เดือน

1.1.6 ผู้นิเทศและตำแหน่งงาน ร.ท.วิกรม ลีสำราญ ตำแหน่งหัวหน้าช่าง

1.2 ที่มาและความสำคัญ

งานตรวจสอบแนวเชื่อมของโครงสร้างเรือเป็นงานเฉพาะทางที่อยู่ภายใต้สายงานด้านวิศวกรรมต่อเรือและงานควบคุมคุณภาพ Quality Control มีช่างเชื่อมและผู้ตรวจสอบแนวเชื่อมเป็นของตนเองมีการตรวจสอบตลอดขั้นตอนการผลิต ตั้งแต่ก่อนเชื่อม ระหว่างเชื่อม และหลังเชื่อม มีการใช้มาตรฐานและขั้นตอนที่กำหนดไว้ล่วงหน้า (WPS) ใช้เครื่องมือตรวจสอบทั้งแบบทำลายและไม่ทำลาย (NDT) และอาจมีการตรวจสอบแบบสุ่มหรือแบบครบทุกแนวเชื่อมขึ้นอยู่กับระดับความสำคัญของชิ้นงาน

จากการฝึกสหกิจศึกษาตามโครงการสหกิจศึกษาของทางมหาวิทยาลัย ข้าพเจ้าได้เลือกทำในหัวข้อ เรื่อง การตรวจสอบแนวเชื่อมของโครงสร้างเรือ โดยได้ไปฝึกสหกิจศึกษาที่ กองโรงงานเรือเหล็ก กรมอุทหาเรือ และทางผู้ควบคุมงานได้มอบหมายงานให้ตรวจสอบแนวเชื่อม โดยมีขั้นตอนการตรวจสอบตามมาตรฐาน และรายงานการตรวจสอบที่ได้รับจากผู้ควบคุมงาน เพื่อนำไปตรวจสอบตามขั้นตอนอย่างละเอียด

1.3 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1.3.1 เพื่อซ่อมบำรุงและตรวจสอบถึงน้ำมันในเรือ

1.4 ขอบเขตของโครงการ

- 1.4.1 เพื่อให้นักศึกษาได้รับความรู้ขั้นตอนการตรวจสอบแนวเชื่อม
- 1.4.2 เพื่อนำประสบการณ์ในการฝึกสหกิจศึกษามาประยุกต์ใช้ในการทำงานจริง
- 1.4.3 เพื่อให้เข้าใจหลักการทำงานของงานเชื่อม

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 การตรวจสอบด้วยการเอ็กเรย์สามารถระบุปัญหาที่เกิดขึ้นได้เร็ว ทำให้การซ่อมแซมและบำรุงรักษาเป็นไปได้อย่างทันท่วงที ลดการเกิดปัญหาที่ต้องซ่อมแซมในภายหลัง ซึ่งอาจทำให้ต้องหยุดการ ใช้งานเรือหรือทำการซ่อมแซมในระยะเวลาอันยาวนานเพื่อลดค่าใช้จ่ายในกระบวนการบำรุงรักษา โดยการตรวจสอบรอยเชื่อมเบื้องต้นและแก้ไขข้อบกพร่องได้ก่อนที่จะลุกลามไปยังโครงสร้างใหญ่

1.5.2 สามารถตรวจพบข้อบกพร่องภายในแนวเชื่อมได้อย่างแม่นยำ การเอ็กเรย์สามารถแสดงภาพของตำหนิภายในแนวเชื่อมที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าเช่น รอยร้าว ฟองอากาศ การไม่หลอมรวม และ การไม่แทรกซึมที่ไม่เต็มแนว ซึ่งมีผลต่อความแข็งแรงของแนวเชื่อม

1.5.3 ไม่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อชิ้นงาน เนื่องจากเป็นวิธีการตรวจสอบแบบไม่ทำลาย ชิ้นงานจึงยังสามารถนำไปใช้งานต่อได้โดยไม่ต้องซ่อมหรือตัดเปลี่ยนชิ้นงานใหม่

1.5.4 ให้ภาพที่ชัดเจนและตรวจสอบย้อนหลังได้ เพราะภาพถ่ายรังสีสามารถนำมาใช้ในการ วิเคราะห์และบันทึกเป็นหลักฐานเพื่อใช้ในการควบคุมคุณภาพ หรือการตรวจสอบย้อนหลังกรณีเกิด ปัญหาในอนาคต

1.5.5 เพิ่มความมั่นใจในคุณภาพของงานเชื่อม เนื่องจากการทดสอบด้วยการเอ็กเรย์ แสดงให้เห็น ว่างานเชื่อมมีคุณภาพได้มาตรฐานซึ่ง ช่วยลดความเสี่ยงจากความเสียหายที่อาจเกิดขึ้น ในภายหลัง

1.5.6 สนับสนุนการควบคุมคุณภาพและความปลอดภัยในโครงการ การใช้รังสีเอ็กเรย์ในกระบวนการ ตรวจสอบแนวเชื่อมช่วยให้สามารถควบคุมคุณภาพของงานได้ดียิ่งขึ้น โดยเฉพาะในงานที่มีความเสี่ยงสูงเช่นงานโครงสร้าง ถังแรงดัน ท่อส่งก๊าซ และในงานที่ต้องควบคุมคุณภาพสูง

1.5.7 เพิ่มความน่าเชื่อถือให้กับองค์กร การดำเนินการตรวจสอบแนวเชื่อมอย่างมืออาชีพจะ ช่วยเพิ่มความมั่นใจให้กับหน่วยงานที่กำกับดูแล หรือ ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในโครงการ

บทที่ 2

การทบทวนเอกสารงานวิจัย

การตรวจสอบแนวเชื่อมด้วยการเอกซเรย์ (Radiographic Testing - RT) คือเทคนิคการทดสอบแบบไม่ทำลาย (Non-Destructive Testing - NDT) ที่ใช้รังสีเอกซ์หรือรังสีแกมมาทะลุผ่านแนวเชื่อมไปยังแผ่นฟิล์มเพื่อสร้างภาพโครงสร้างภายใน ข้อบกพร่องภายใน เช่น รอยแตก, รูพรุน, หรือการหลอมเหลวไม่สมบูรณ์ จะปรากฏเป็นบริเวณสีเข้มบนฟิล์ม ซึ่งนักแปลภาพรังสีผู้เชี่ยวชาญจะทำการวิเคราะห์เพื่อประเมินคุณภาพของแนวเชื่อม.

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการตรวจสอบแนวเชื่อมด้วยการเอ็กซเรย์ (X-RAY)

1. ทฤษฎีวัสดุเชื่อม (Weld Metallurgy)
2. ทฤษฎีการทดสอบแบบไม่ทำลาย (Non-Destructive Testing Theory - NDT)
3. ทฤษฎีการรับรู้และการมองเห็นของมนุษย์ (Visual Perception Theory)
4. ทฤษฎีมาตรฐานการตรวจสอบแนวเชื่อม
5. ทฤษฎีความน่าเชื่อถือของการตรวจสอบ (Reliability Theory in Inspection)
6. ทฤษฎีความเสียหายและความล้าในโครงสร้าง (Fracture and Fatigue Theory)
7. ทฤษฎีคุณภาพและการควบคุมคุณภาพ (Quality Control Theory)

2.1 แนวเชื่อมในโครงสร้างเรือ

โครงสร้างของเรือประกอบด้วยชิ้นส่วนโลหะจำนวนมากที่เชื่อมต่อกันด้วยกระบวนการเชื่อมโลหะ ซึ่งมีหลายประเภท เช่น การเชื่อมอาร์กโลหะด้วยลวดหุ้มฟลักซ์ (SMAW), การเชื่อมอาร์กแบบใช้แก๊ส (GMAW), และการเชื่อมอาร์กด้วยลวดใต้น้ำยา (SAW) ซึ่งมักใช้ในงานต่อเรือเป็นหลัก

ตำหนิที่อาจพบในแนวเชื่อม ได้แก่:

- 2.1.1 รอยแตกร้าว (Cracks) เกิดจากการเย็นตัวไม่สม่ำเสมอ
- 2.1.2 รูพรุน (Porosity) เกิดจากแก๊สที่ติดอยู่ในแนวเชื่อม
- 2.1.3 สล็กค้ำ (Slag Inclusion) สิ่งแปลกปลอมจากฟลักซ์ที่ไม่ถูกกำจัดออก

2.1.4 การเชื่อมทะลุไม่ถึง (Lack of Penetration) แนวเชื่อมไม่เชื่อมทะลุชิ้นงาน

2.1.5 การเชื่อมเกินขนาด/น้อยเกินไป (Over/Undercut) ความแข็งแรงของโครงสร้างเรือขึ้นอยู่กับคุณภาพของแนวเชื่อมโดยตรง การตรวจสอบและควบคุมคุณภาพแนวเชื่อมจึงเป็นหัวใจสำคัญในการป้องกันอุบัติเหตุทางทะเล

2.2 การตรวจสอบแนวเชื่อมด้วยการใช้รังสี (Radiographic Testing)

การทดสอบโดยใช้รังสี หรือที่เราเรียกกันสั้นๆว่า การทำ RT (Radiographic Testing) คือ การใช้คุณสมบัติเฉพาะของรังสีที่เป็นพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามีอำนาจทะลุทะลวงวัสดุที่มีความหนาและความหนาแน่นที่แตกต่างกันออกไป (ในส่วนนี้อาจจะเรียกว่าวัสดุแต่ละชนิดมีคุณสมบัติการดูดซึมรังสีแตกต่างกันออกไป) ฉายทะลุชิ้นงานที่เราต้องการจะตรวจสอบลงไปยังแผ่นฟิล์มถ่ายภาพที่ไวต่อรังสี

ขั้นตอนการตรวจสอบ

2.2.1 กำหนดชนิดของแหล่งกำเนิดรังสีที่จะนำมาใช้งาน

2.2.2 กำหนดระยะปลอดภัยในการทำงานเพื่อกันอาณาบริเวณให้ผู้ที่ไม่เกี่ยวข้องเข้ามาในบริเวณที่ทำการทดสอบ

2.2.3. หาค่าความหนาทั่วไปของชิ้นงานเพื่อคำนวณหาปริมาณรังสีที่เหมาะสมในการทดสอบ จาก Exposure chart

2.2.4 คำนวณระยะห่างของลำคลื่นรังสีและวางอุปกรณ์วัดคุณภาพรังสี (IQI) ไว้บนชิ้นงานในระยะห่างผล

2.2.5 ติดฟิล์มที่ชิ้นงานที่จะทำการทดสอบ โดยให้แนบกับชิ้นงานมากที่สุดเท่าที่จะทำได้

2.2.6 คำนวณหาค่าความคมชัดของภาพถ่ายรังสี เพื่อกำหนดระยะห่างระหว่างแหล่งกำเนิดรังสีและฟิล์ม (ค่า SFD)

2.2.7 ถ่ายภาพรังสีและนำฟิล์มที่ได้จากการถ่ายภาพรังสีไปเข้ากระบวนการล้างฟิล์มในห้องมืด

2.2.8 อ่านค่าและแปลผลการตรวจสอบโดยใช้ Film viewer

2.3 มาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับการตรวจสอบด้วยการเอ็กซเรย์

มาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับการตรวจสอบแนวเชื่อมด้วยรังสีเอ็กซเรย์ (Radiography) คือ ASTM E94 และ ASTM E1025 สำหรับการจัดทำคู่มือและตัวบ่งชี้คุณภาพของภาพ (IQI) รวมถึง มยผ. 1561-51 ถึง มยผ. 1565-51 สำหรับการตรวจสอบรอยเชื่อมโครงเหล็กเรือในประเทศไทย

นอกจากนี้ DIN EN ISO 5817 และ DIN EN ISO 10042 เป็นมาตรฐานที่ใช้ในการประเมินความบกพร่องของรอยเชื่อมที่ได้จากการตรวจสอบ

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.4.1 การศึกษาความแม่นยำของการตรวจด้วยการเอ็กซเรย์

งานวิจัยของ *Lee et al. (2018)* พบว่าผู้ตรวจที่มีประสบการณ์มากกว่า 5 ปี มีอัตรา การตรวจพบตำหนิที่แม่นยำกว่า 80% ขณะที่ผู้ตรวจใหม่มีความแม่นยำเฉลี่ยเพียง 55% แสดงให้เห็นว่าการฝึกอบรมและประสบการณ์มีผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพ

2.4.2 การเปรียบเทียบ RT กับ NDT อื่นๆ

การเปรียบเทียบ RT (Radiographic Testing) กับ NDT (Non-Destructive Testing) อื่นๆ พบว่า RT เหมาะสำหรับตรวจจบบกพร่องเชิงปริมาตร (Volumetric Defects) และความไม่ต่อเนื่องภายในวัสดุ ส่วน NDT อื่นๆ เช่น UT (Ultrasonic Testing) มีความไวต่อบกพร่องที่ทำมุมฉากกับคลื่นเสียง, MT/PT เหมาะสำหรับบกพร่องบนพื้นผิว, และเทคนิคสมัยใหม่ เช่น PAUT ให้ความละเอียดและถ่ายภาพปริมาตรแบบเรียลไทม์ RT มีข้อจำกัดเรื่องต้นทุนสูง, ความปลอดภัยในการจัดการรังสี, และความไวที่ลดลงในชิ้นงานหนา แต่ก็สามารถทำงานได้กับวัสดุหลากหลายและให้ข้อมูลเชิงปริมาตรที่เทคนิคอื่นอาจตรวจจบบໍได้

2.4.3 เทคโนโลยีเสริม RT

เทคโนโลยีเสริม RT (Radiographic Testing) หรือ การทดสอบด้วยภาพรังสี คือ เทคนิคการตรวจสอบแบบไม่ทำลาย (NDT) ที่ใช้รังสีเอกซ์หรือรังสีแกมมาในการสร้างภาพภายในของชิ้นงาน เช่น แนวเชื่อม เพื่อตรวจหาบกพร่องภายใน เช่น ช่องว่าง รอยร้าว หรือสิ่งแปลกปลอม โดยอาศัยหลักการที่วัสดุที่มีความหนาแน่นต่างกันจะดูดซับรังสีได้ไม่เท่ากัน ทำให้เกิดเป็นภาพขาว-ดำ บนฟิล์มที่แสดงถึงความผิดปกติของเนื้อวัสดุ.

2.5 ประเภทของการเชื่อมที่ใช้ในอุตสาหกรรมต่อเรือ

การเชื่อมถือเป็นกระบวนการที่แพร่หลายที่สุดอย่างหนึ่งในการสร้างเรือ ความก้าวหน้าของเทคโนโลยีการเชื่อมทำให้ภาคการผลิตสามารถเชื่อมได้ทั้งน้ำและกันน้ำมันได้อย่างสมบูรณ์ เมื่อเทียบกับการเชื่อมแบบหมุดย้ำ การเชื่อมด้วยการเชื่อมแน่นสร้างได้ง่ายกว่าและช่วยลดระยะเวลาในรอบโครงการได้ อุตสาหกรรมการต่อเรือมีการเชื่อมหลายประเภท ดังนั้นมาเจาะลึกถึงสามประเภทที่พบบ่อยที่สุดกันดีกว่า ได้แก่ การเชื่อมด้วยอาร์ก การเชื่อมด้วยแก๊ส และการเชื่อมด้วยความต้านทาน

2.6 เทคนิคการเชื่อมด้วยไฟฟ้า

แนวคิดพื้นฐานของการเชื่อมด้วยไฟฟ้า คือการรวมอิเล็กโทรดโลหะเข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้า ทำให้เกิดวงจรปิดเมื่ออิเล็กโทรดสัมผัสกับพื้นผิว กระแสไฟฟ้าจะผ่านช่องว่างโดยที่อิเล็กโทรดอยู่สูงกว่าแผ่นโลหะเล็กน้อย ส่งผลให้เกิดไฟฟ้าอาร์กที่ร้อนจัด ซึ่งจะทำให้โลหะทั้งสองหลอมรวมกันและกลายเป็นหนึ่งเดียว

2.6.1 การป้องกันอาร์ก

องค์ประกอบสำคัญ of ขั้นตอนการเชื่อมด้วยการอาร์กทั้งหมด เพื่อหลีกเลี่ยงการปนเปื้อนของโลหะที่หลอมรวมกัน จึงมีการป้องกันอาร์กจากอากาศโดยรอบ ป้องกันการสัมผัสกับไอน้ำและออกซิเจน ระบบป้องกันสองระบบที่นิยมใช้มากที่สุดในการเชื่อมคือการเชื่อมด้วยอาร์กป้องกันด้วยก๊าซเฉื่อยและการเชื่อมด้วยป้องกันด้วยตะกั่ว

2.6.2 การเชื่อมด้วยอาร์กโลหะแบบป้องกัน

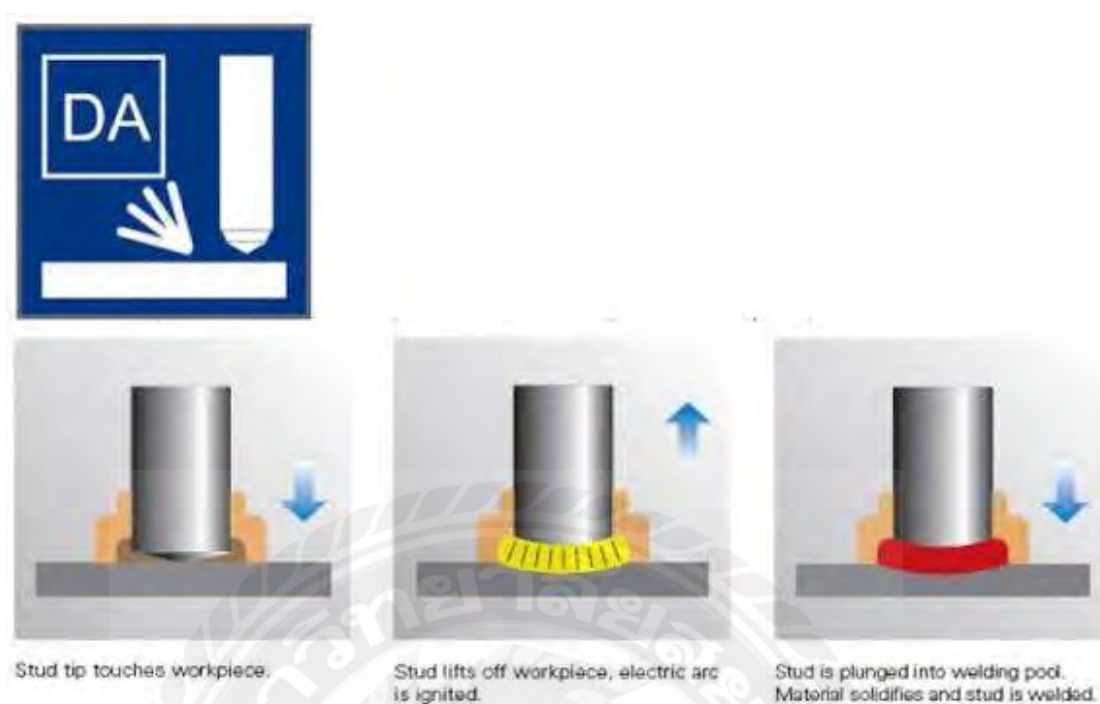
โลหะเติมที่ใช้กันมากที่สุดสำหรับอิเล็กโทรดการต่อเรือคือเหล็กอ่อน สารเคลือบสำหรับแท่งนี้คือซิลิเกต ไฮดรคาร์บอน และออกไซด์ของแร่ และสารเคลือบเหล่านี้จะสร้างชั้นหุ้มแข็งรอบๆ โลหะที่เติมกว่า ชั้นนี้จะสร้างตะกั่ว ทำให้อาร์กเสถียร และป้องกันไม่ให้ข้อต่อเกิดการออกซิไดซ์ การเชื่อมด้วยอาร์กโลหะแบบป้องกันเป็นวิธีที่ดีที่สุดในการผลิตตะแกรง ถัง แฉก และสิ่งของที่คล้ายคลึงกัน

2.6.3 การเชื่อมแบบจมน้ำ

การจุ่มเปิดของส่วนโค้งจะเกิดขึ้นภายใต้ผ้าครอบของฟลักซ์ที่เป็นเม็ด โดยนำไปวางบนรอยเชื่อมก่อนที่ส่วนโค้งจะสัมผัสในระหว่างการเชื่อมแบบจมน้ำเมื่อเคลื่อนตัวไปตามช่วงของรอยเชื่อม ถึงบรรจุดฟลักซ์ที่เป็นเม็ดจะไหลผ่าน ทำให้รอยเชื่อมถูกปกคลุมด้วยชั้นฟลักซ์ หลังจากถึงบรรจุดแล้ว รถเข็นจะเคลื่อนย้ายอิเล็กโทรดโลหะเติม ลูกกลิ้งจะป้อนอิเล็กโทรดอย่างต่อเนื่องด้วยมอเตอร์ที่ควบคุมได้ ซึ่งช่วยให้คุณควบคุมอัตราการป้อนได้ เนื่องจากความสม่ำเสมอของอาร์กและความบริสุทธิ์ของรอยเชื่อม ช่วงเชื่อมเรือจึงใช้การเชื่อมด้วยอาร์กใต้น้ำเป็นเทคนิคการเชื่อมแบบมือลง กระบวนการนี้จะทำให้ปลายอิเล็กโทรดจมน้ำในฟลักซ์ตลอดเวลา เป็นผลให้เกิดอาร์กขึ้นภายในชั้นฟลักซ์ ทำให้แยกตัวออกจากสภาพแวดล้อมได้อย่างสมบูรณ์

2.6.4 การเชื่อมสตั๊ด

เมื่อต้องเชื่อมสลักเกลียวหรือเดือยกับโลหะแม่ การเชื่อมเดือยเป็นตัวเลือกที่ดีที่สุด เนื่องจากเดือยมีความเร็วสูงเมื่อรวมกับกระแสไฟฟ้าทั้งหมด โลหะทั้งสองจึงควรหลอมรวมกันอย่างแนบเนียน หลังจากกดเดือยลงในโลหะแล้ว แหล่งจ่ายไฟจะตัดทันที สำหรับผู้ที่ยึดแผนงานกับผนังกัน พื้นไม้กับแผ่นพื้นจะใช้แนวทางนี้



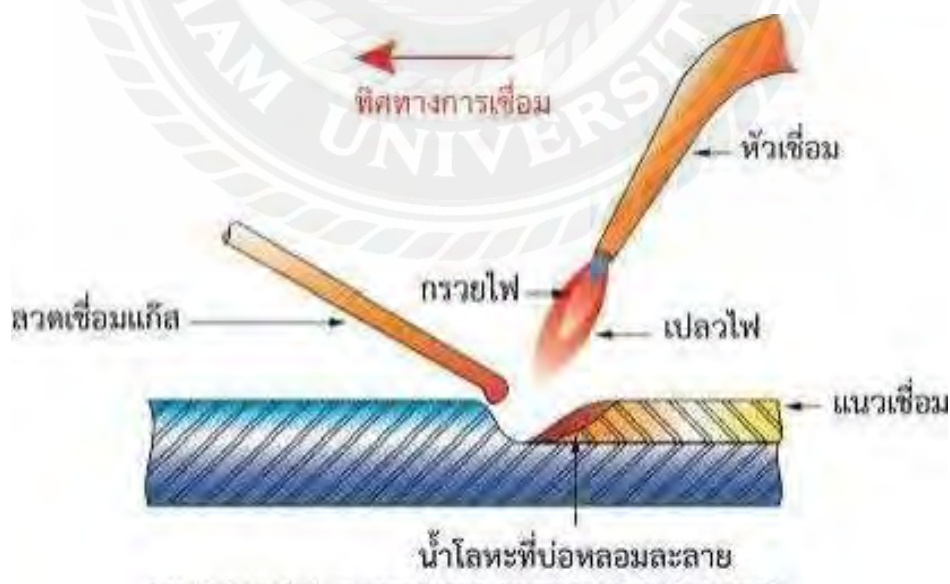
รูปที่ 2.1 กระบวนการเชื่อมสตั๊ด

2.6.5 เทคนิคการเชื่อมด้วยแก๊ส

เทคนิคการเชื่อมแก๊ส คือ การหลอมโลหะให้ติดกันโดยใช้ความร้อนจากเปลวไฟที่เกิดจากการผสมของแก๊สเชื้อเพลิง (เช่น อะเซทิลีน) กับแก๊สออกซิเจน และเติมลวดเชื่อมลงไปในห้องหลอมละลาย จากนั้นปล่อยให้เย็นตัวลงจนเป็นเนื้อเดียวกัน ขั้นตอนสำคัญประกอบด้วย การเตรียมชิ้นงานให้สะอาด การสร้างบ่อหลอมละลายด้วยเปลวไฟ การเคลื่อนหัวเชื่อมอย่างสม่ำเสมอ การเติมลวดเชื่อมให้เหมาะสม และการรักษาความกว้างหัวเชื่อมให้สอดคล้องกับขนาดชิ้นงาน



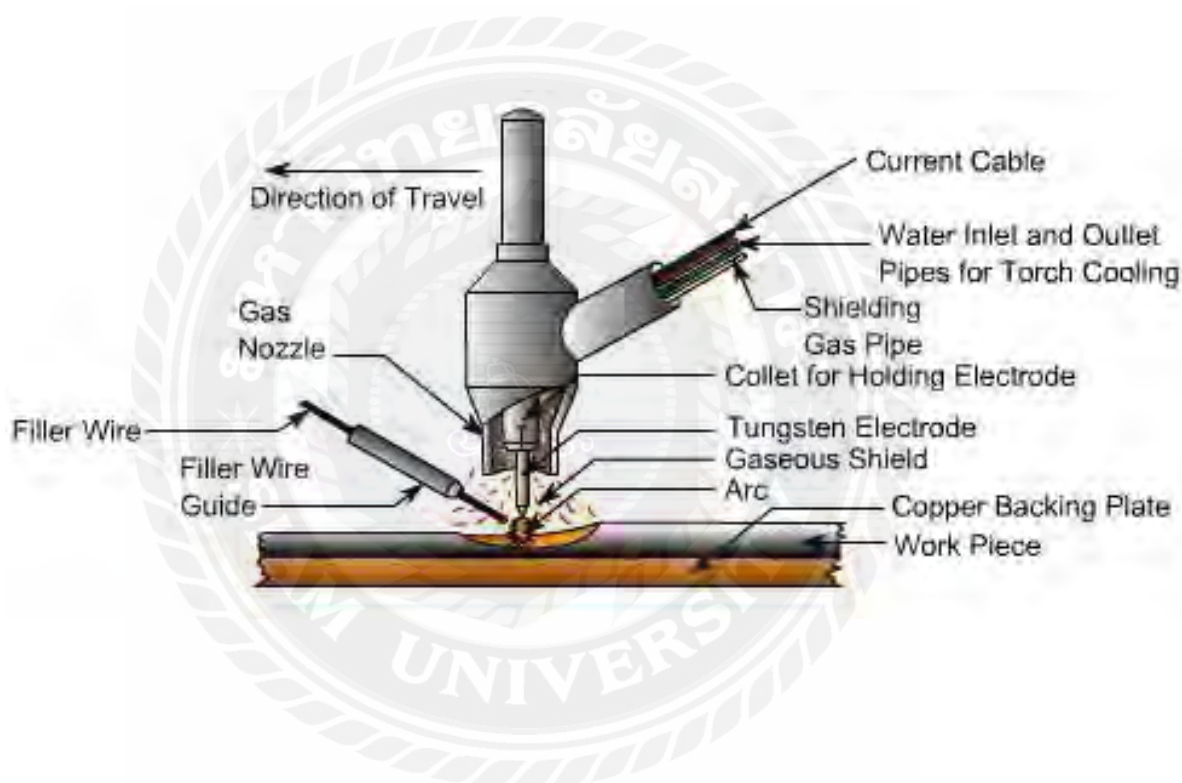
รูปที่ 2.2 กระบวนการเชื่อมด้วยแก๊ส



รูปที่ 2.3 กระบวนการเชื่อมด้วยแก๊ส

2.6.6 การเชื่อม TIG

การเชื่อมด้วยก๊าซเฉื่อยทังสเตน (TIG) เกิดขึ้นเมื่อเกิดอาร์กกระหว่างอิเล็กโทรดทังสเตนที่ไม่สิ้นเปลืองและแผ่นโลหะหลัก หัวฉีดยาจะช่วยให้ก๊าซเฉื่อยไหลผ่านอาร์กอย่างต่อเนื่อง โดยมีอิเล็กโทรดทังสเตนล้อมรอบอยู่ ก๊าซเฉื่อยจะปิดกั้นอาร์กจากออกซิเจน ทำให้อาร์กมีเสถียรภาพและป้องกันไม่ให้เกิดออกซิเดชันในแอ่งเชื่อม การใส่แท่งฟิวเลอร์เข้าไปในอาร์กจะช่วยให้โลหะต่างชนิดหลอมรวมกันได้ ในกรณีส่วนใหญ่ ช่างเชื่อมจะใช้ก๊าซเฉื่อยเป็นอาร์กอนในการเชื่อม TIG เหมาะสำหรับการเชื่อมแผ่นโลหะที่มีความหนาปานกลาง



รูปที่ 2.4 กระบวนการเชื่อม TIG

ข้อดีของการเชื่อม

1. การเชื่อม TIG สามารถทำได้กับ โลหะและโลหะผสมที่แตกต่างกันมากมาย
2. เครื่องเชื่อม TIG มีฟังก์ชันที่ปรับแต่งได้มากมาย เหมาะสำหรับการใช้งานเฉพาะ
3. ใช้ได้กับโลหะที่มีความหนาหลากหลายประเภทและการเชื่อมโลหะที่ซับซ้อน แม้ว่าสำหรับโลหะที่มีความหนามาก การเชื่อม MIG หรือการเชื่อมแบบแท่งจะได้รับความนิยมมากกว่า
4. อิเล็กโทรดที่ไม่สิ้นเปลืองและส่วนโค้งที่เสถียรช่วยให้ควบคุมได้ดีขึ้นและสร้างรอยเชื่อม TIG คุณภาพสูง

5. กระบวนการเชื่อมโลหะด้วยอาร์กก๊าซนี้ใช้ก๊าซที่ปลอดภัย ดังนั้น จึงมีข้อบกพร่องในการเชื่อมน้อยลง

6. การเชื่อม TIG สามารถทำได้ในมุมที่ไม่ถนัด ตัวอย่างเช่น การใช้งานในการเชื่อมส่วนที่ยื่นออกมา ซึ่งหัวเชื่อมจะต้องอยู่ในตำแหน่งที่ไม่ซ้ำใคร

7. สามารถมองเห็นชิ้นงานได้ง่ายเนื่องจากก๊าซป้องกันไม่มีสีและมีควันเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อย

ข้อเสียของการเชื่อม TIG

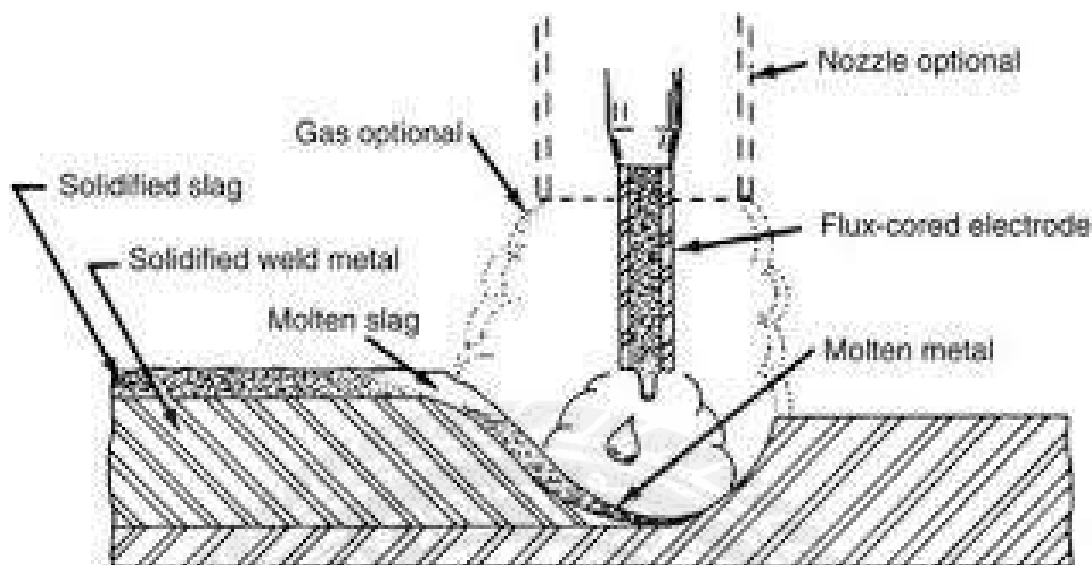
1. การเชื่อม TIG ต้องใช้ทักษะจากผู้ปฏิบัติงานเป็นอย่างมาก
2. ระยะเวลาในการเชื่อมจะยาวนานขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเทียบกับเทคนิคการเชื่อมแบบอื่น
3. การใช้หัวที่ไม่ถูกต้องอาจทำให้แนวเชื่อมปนเปื้อนได้ง่าย
4. ความแข็งแรงของรอยเชื่อมโดยรวมจะลดลงเมื่อขาดการควบคุมปริมาณความร้อนที่ป้อนเข้าไป นอกจากนี้ยังส่งผลเสียต่อโครงสร้างจุลภาคของโลหะ อีกด้วย

5. หากไม่มีสภาพแวดล้อมที่มีการควบคุม โดยเฉพาะสภาพแวดล้อมที่ไม่มีลม การจะรักษาให้ก๊าซไหลผ่านบริเวณเชื่อมอย่างต่อเนื่องอาจเป็นเรื่องยาก

6. เมื่อเทียบกับเทคนิคการเชื่อมอื่นๆ อุปกรณ์และก๊าซเฉื่อยมีราคาแพงกว่า

2.6.7 การเชื่อม MIG

การเชื่อมโลหะด้วยก๊าซเฉื่อย MIG และการเชื่อม TIG มีความคล้ายคลึงกันหลายประการ เนื่องจากอิเล็กโทรดเป็นลวดโลหะเส้นเปลือย ท่อสัมผัสไฟฟ้าจะเชื่อมอิเล็กโทรดทั้งสแตนกับแหล่งจ่ายไฟในคบเพลิงเชื่อม ลูกกลิ้งขับเคลื่อนคู่หนึ่งจะป้อนลวดอิเล็กโทรดเข้าไปในหัวฉีดอย่างต่อเนื่อง โดยเคลื่อนที่ผ่านท่อสัมผัสไฟฟ้า ด้วยสายแยกต่างหากที่ป้อนเข้าไปในคบเพลิง คุณสามารถรักษาการไหลของก๊าซเฉื่อยได้ โดยสร้างชั้นก๊าซเฉื่อยที่ล้อมรอบส่วนโค้งที่เสถียร ก๊าซเฉื่อยที่นิยมใช้มากที่สุดในกระบวนการนี้คือคาร์บอนไดออกไซด์ การเชื่อม MIG เกิดขึ้นระหว่างการผลิตห้องใต้หลังคาอะลูมิเนียมและถังเบรนวางกลมในเรือบรรทุกก๊าซเหลว



รูปที่ 2.5 กระบวนการเชื่อม MIG

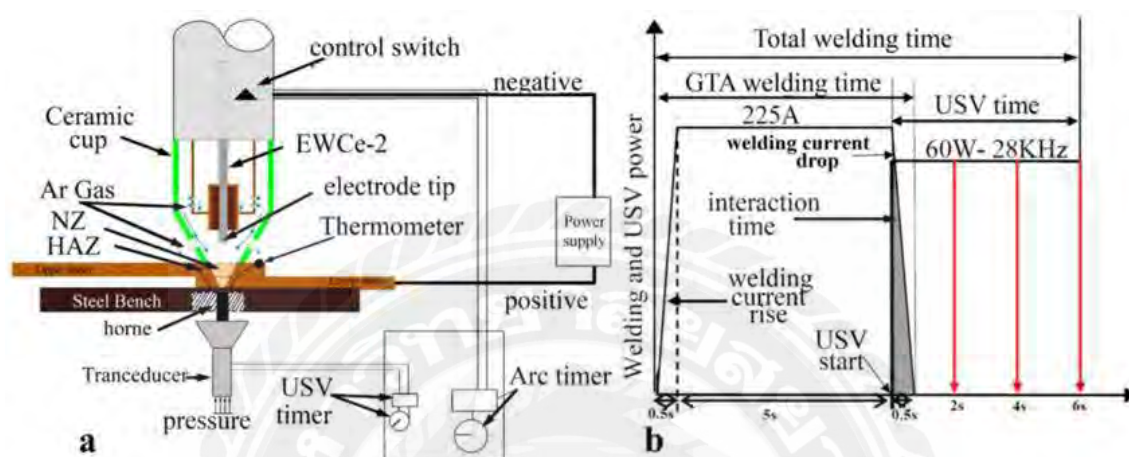
2.7 เทคนิคการเชื่อมด้วยความต้านทาน

การเชื่อมด้วยความต้านทานมักใช้เพื่อเชื่อมชิ้นงานโลหะธรรมดาสองชิ้นเข้าด้วยกัน กระแสไฟฟ้าจะถูกส่งไปยังแผ่นโลหะ (หรือชิ้นงานใดๆ ที่ต้องการเชื่อม) ผ่านอิเล็กโทรดเชื่อมซึ่งให้แรงกับแผ่นโลหะ จากนั้นแรงนี้จะถูกแปลงเป็นความร้อน ความร้อนจะถูกสร้างขึ้นเพื่อให้โลหะหลอมละลายในจุดที่โลหะเชื่อมติดกัน ซึ่งก็คือจุดที่ "มีความต้านทาน" ระหว่างพื้นผิวที่เชื่อม จากนั้นอิเล็กโทรดจะดึงความร้อนออกจากบริเวณที่เชื่อมหลอมเหลว ซึ่งจะสร้างก้อนโลหะที่เชื่อมกัน ณ จุดที่โลหะแข็งตัว แรงจะถูกใช้ก่อน ระหว่าง และหลังจากที่กระแสไฟฟ้าถูกจ่าย ซึ่งจะจำกัดพื้นที่สัมผัส

2.7.1 การเชื่อมจุด (Spot Welding)

การเชื่อม Spot Welding เป็นการเชื่อม Resistance ชนิดหนึ่งที่เป็นที่นิยมใช้งาน เชื่อมต่อแผ่นโลหะที่วางซ้อนกันโดยมีความหนาได้ถึง 3 มิลลิเมตร ในการเชื่อมนั้น อิเล็กโทรดสองชิ้นจะทำหน้าที่นำกระแสไฟฟ้าเข้าสู่ชิ้นงานและ กดชิ้นงานในเวลาเดียวกัน ข้อดีของกระบวนการนี้คือ ใช้พลังงานน้อย และไม่ทำให้ชิ้นงานเสียรูปทรงได้เร็ว ทำเป็นระบบอัตโนมัติได้ง่าย และไม่จำเป็นต้องใช้ลวดเติม แต่ความแข็งแรงของแนวเชื่อมที่ได้จะต่ำกว่าการเชื่อมด้วยกระบวนการอื่นๆ กระบวนการเชื่อม spot weld นี้ใช้มากให้อุตสาหกรรมรถยนต์ โดยประยุกต์ใช้กับแขนหุ่นยนต์ ในรถยนต์คันหนึ่งอาจมีรอยเชื่อม spot ได้มากถึงหลายพันจุด การเชื่อม seam welding คล้ายกับการ

เชื่อม spot แต่มีข้อแตกต่างที่การเชื่อมแบบ seam นั้น รอยเชื่อมต่อเนื่องเป็นแนวไม่ได้เป็นจุด เนื่องจากไม่ได้ใช้อิเล็กโทรดรูปแท่งแบบ spot weld แต่ใช้เป็นลักษณะวงล้อ

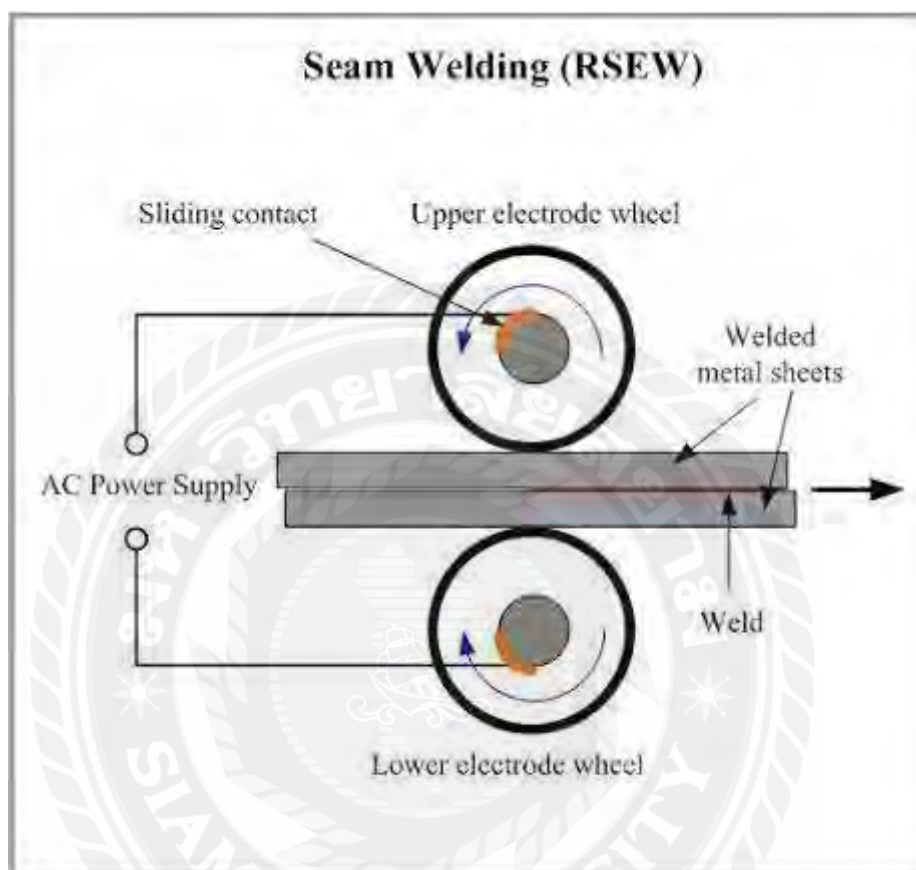


รูปที่ 2.6 กระบวนการเชื่อม Spot Welding

2.7.2 การเชื่อมตะเข็บ Seam Welding

กระบวนการเชื่อมแบบด้านทานอีกวิธีหนึ่งคือการเชื่อมแบบตะเข็บ ซึ่งอิเล็กโทรดทองแดงที่ออกแบบมาอย่างเหมาะสมจะกดระหว่างแผ่นโลหะเพื่อสร้างโซนที่มีความต้านทานสูง เนื่องจากมีความต้านทานไฟฟ้าสูง กระแสไฟฟ้าที่ผ่านบริเวณนี้จะทำให้เกิดความร้อน การหลอมโลหะจึงถูกนำมาใช้ในการผลิตการเชื่อมแบบตะเข็บ การเชื่อมตะเข็บด้วยความต้านทานเป็นรูปแบบหนึ่งของการเชื่อมจุดด้วยความต้านทาน โดยมีความแตกต่างหลักอยู่ที่อิเล็กโทรดเชื่อมเป็นล้อขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์แทนที่จะเป็นแท่งคงที่ วิธีการเชื่อมนี้เหมาะสมอย่างยิ่งสำหรับการผลิตแผ่นโลหะ โดยจะส่งกระแสไฟฟ้าผ่านแผ่นโลหะที่จะเชื่อมเข้าด้วยกันในขณะที่ยึดแผ่นโลหะเข้าด้วยกันด้วยแรงทางกลในลักษณะซ้อนทับระหว่างอิเล็กโทรดทองแดงที่ขึ้นรูปไว้ เช่นเดียวกับการเชื่อมด้วยความต้านทานประเภทอื่น การหลอมรวมจะเกิดขึ้นที่พื้นผิวแผ่นโลหะสัมผัสกัน เนื่องจากเป็นจุดที่มีความต้านทานไฟฟ้าสูงสุด และด้วยเหตุนี้จึงเป็นจุดที่ความร้อนเกิดขึ้นสูงสุด ความร้อนจากล้ออิเล็กโทรดรูปแผ่นดิสก์จะสร้างรอยเชื่อมอย่างต่อเนื่องขณะที่ชิ้นงานถูกป้อนระหว่างล้อ ส่งผลให้เกิดการเชื่อมแบบด้านทาน การหมุนหรือการเชื่อมแบบตะเข็บไม่ปิดผนึกการเชื่อมตะเข็บด้านทานอาจใช้การเคลื่อนที่แบบไม่

ต่อเนื่อง โดยที่ไม่ได้กำหนดความเร็วของลูกกลิ้งไว้ล่วงหน้า หรือการเชื่อมตะเข็บแบบเคลื่อนที่ต่อเนื่อง โดยที่ความเร็วของลูกกลิ้งอิเล็กโทรดจะถูกกำหนดไว้ล่วงหน้าก่อนที่จะจ่ายกระแสไฟฟ้า



รูปที่ 2.7 กระบวนการเชื่อมตะเข็บ

2.7.3 การฉายภาพ

การเชื่อมแบบฉายภาพใช้แรงดันและกระแสไฟฟ้าเพื่อเชื่อมต่อนั้นส่วนโลหะสองชิ้นขึ้นไปเพื่อให้เกิดการสัมผัสสูงสุดที่จุดที่กำหนดหนึ่งจุดขึ้นไป ทำให้การเชื่อมมีประสิทธิภาพด้านพลังงานมากขึ้นและมีความแข็งแรงของรอยเชื่อมเพิ่มขึ้น

2.8 กระบวนการเชื่อมเฉพาะทาง

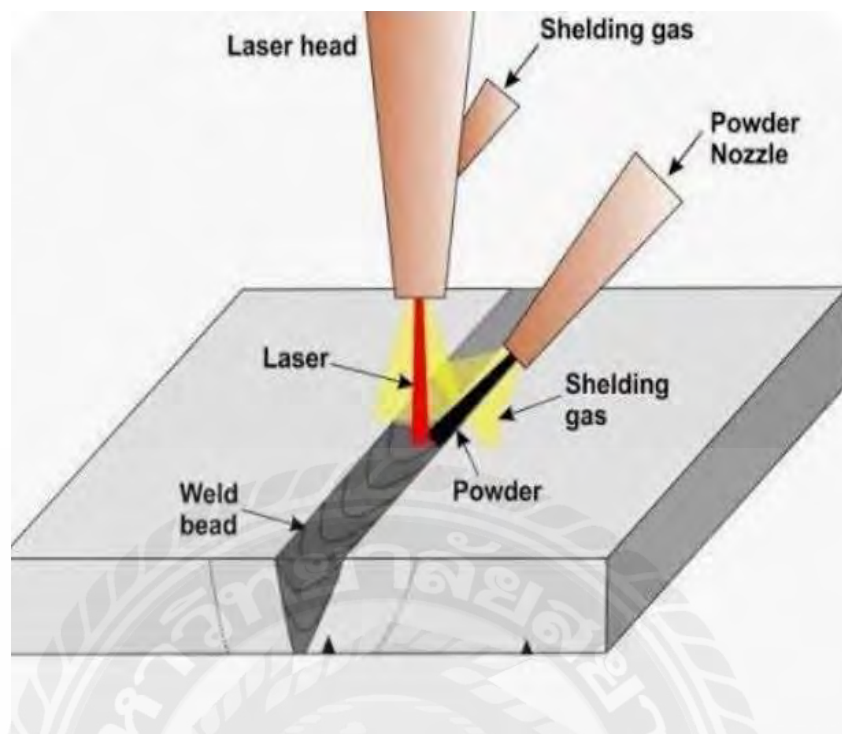
2.8.1 พลาสมา

สำหรับโลหะที่มีความบางมาก ช่างเชื่อมอาจใช้เทคนิคการเชื่อมด้วยพลาสมา โดยพลาสมาจะถูกเผาเข้าไปในรอยเชื่อม เพื่อเพิ่มอุณหภูมิและป้องกันการเชื่อม วิธีนี้จะเหมือนกับการเชื่อม TIG เพียงแต่อิเล็กโทรดทั้งสแตนเลสจะไม่สัมผัสกับพลาสมา กระบวนการเชื่อมด้วยอาร์กพลาสมาหมุนรอบหลักการของการอาร์กกระหว่างอิเล็กโทรดทั้งสแตนเลสที่ไม่สั่นเปลืองและชิ้นงาน

หัวฉีดพลาสติกมีคุณลักษณะการออกแบบที่เป็นเอกลักษณ์ โดยที่อิเล็กโทรดจะอยู่ภายในตัวคบเพลิง ซึ่งจะทำให้พลาสติกสามารถออกจากคบเพลิงโดยแยกออกจากของก๊าซป้องกัน นอกจากนี้การเปิดหัวฉีดที่แคบยังช่วยเพิ่มอัตราการไหลของก๊าซพลาสติก ทำให้สามารถเจาะลึกได้มากขึ้น แม้ว่าโดยทั่วไปแล้ว โลหะเดิมจะอยู่ที่ขอบด้านหน้าของแอ่งเชื่อม แต่จะไม่เป็นเช่นนั้นเมื่อทำการเชื่อมแบบรูทพาสความซับซ้อนของหัวเชื่อมพลาสติกทำให้แตกต่างจากการเชื่อมด้วยอาร์กทั้งสแตนเลสหัวเชื่อมพลาสติกทำงานภายใต้อุณหภูมิที่สูงมากซึ่งอาจทำให้หัวฉีดละลายได้ จึงจำเป็นต้องระบายความร้อนด้วยน้ำอยู่เสมอ แม้ว่าหัวเชื่อมเหล่านี้สามารถใช้งานด้วยมือได้ แต่ในปัจจุบันปืนเชื่อมพลาสติกที่ทันสมัยส่วนใหญ่ได้รับการออกแบบมาเพื่อการเชื่อมอัตโนมัติข้อบกพร่องที่พบบ่อยที่สุดที่เกี่ยวข้องกับการเชื่อมพลาสติกคือ การรวมตัวของทั้งสแตนและการตัดได้ การรวมตัวของทั้งสแตนเกิดขึ้นเมื่อกระแสเชื่อมเกินขีดความสามารถของอิเล็กโทรดทั้งสแตนและหยดทั้งสแตนขนาดเล็กติดอยู่ในโลหะเชื่อม การตัดได้มักเกิดขึ้นกับการเชื่อม PAW แบบรูทญแจ และสามารถหลีกเลี่ยงได้โดยใช้ฟลักซ์ที่เปิดใช้งาน

2.8.2 การเชื่อมเลเซอร์

วิธีการเชื่อมด้วยเลเซอร์เป็นที่นิยมในอุตสาหกรรมใหม่ เนื่องจากต้องใช้ความร้อนน้อยกว่าและลดการเสียรูปจากการเชื่อม คาร์บอนไดออกไซด์หรือผลึกที่ประกอบด้วยนีโอติเมียม อิตเทรียม อะลูมิเนียม การ์เน็ต จะสร้างเลเซอร์ขึ้นมารวมการเชื่อมแบบจำกัดการนำไฟฟ้าจะเกิดขึ้นเมื่อความหนาแน่นของพลังงานโดยทั่วไปน้อยกว่า 105 W/cm^2 ลำแสงเลเซอร์จะถูกดูดซับเฉพาะที่พื้นผิวของวัสดุและไม่ทะลุผ่านเข้าไป การเชื่อมแบบจำกัดการนำไฟฟ้ามักจะแสดงอัตราส่วนความกว้างต่อความลึกที่สูงการเชื่อมด้วยเลเซอร์มักจะทำได้โดยใช้ความหนาแน่นของพลังงานที่สูงกว่า โดยใช้กลไกรูทญแจ เมื่อลำแสงเลเซอร์ถูกโฟกัสไปที่จุดที่มีพลังงานน้อยพอที่จะสร้างความหนาแน่นของพลังงานโดยทั่วไป $> 106\text{-}107 \text{ W/cm}^2$ วัสดุในเส้นทางของลำแสงจะไม่เพียงแต่ละลายเท่านั้น แต่ยังระเหยไปด้วย ก่อนที่ความร้อนจำนวนมากจะถูกกำจัดออกไปด้วยการนำไฟฟ้า จากนั้นลำแสงเลเซอร์ที่โฟกัสจะทะลุเข้าไปในชิ้นงานจนเกิดโพรงที่เรียกว่า "รูทญแจ" ซึ่งเต็มไปด้วยไอโลหะ (ซึ่งในบางกรณีอาจแตกตัวเป็นไอออนจนเกิดเป็นพลาสมา) ไอระเหยหรือพลาสมาขยายตัวนี้มีส่วนช่วยในการป้องกันไม่ให้ผนังหลอมละลายของรูทญแจพังทลายลงไปในโพรงนี้ยิ่งไปกว่านั้น การเชื่อมลำแสงเลเซอร์เข้ากับชิ้นงานได้รับการปรับปรุงให้ดีขึ้นอย่างมากด้วยการสร้างรูทญแจนี้ จากนั้นจึงทำการเชื่อมแบบเจาะลึกได้โดยการเคลื่อนรูทญแจไปตามข้อต่อที่จะเชื่อมหรือย้ายข้อต่อเทียบกับลำแสงเลเซอร์ ส่งผลให้ได้รอยเชื่อมที่มีอัตราส่วนความลึกต่อความกว้างสูงภายใต้แรงตึงผิว วัสดุหลอมเหลวบางส่วนที่ขอบด้านหน้าของรูทญแจจะไหลไปรอบๆ โพรงรูทญแจไปทางด้านหลัง จากนั้นจึงเย็นตัวลงและแข็งตัวเพื่อสร้างรอยเชื่อมซึ่งจะทำให้รอยเชื่อมมีรูปแบบเชฟรอนชี้ไปด้านหลังสู่จุดเริ่มต้นของรอยเชื่อม



รูปที่ 2.8 กระบวนการเชื่อมเลเซอร์



รูปที่ 2.9 กระบวนการเชื่อมเลเซอร์

2.8.3 การเชื่อมแบบเทอร์มิต

การเชื่อมด้วยเทอร์มิตเหมาะสำหรับงานที่ต้องการใช้การตีเหล็กขึ้นใหญ่เข้าด้วยกัน การสร้างชิ้นส่วนขนาดใหญ่ เช่น ท้ายเรืออาจเป็นเรื่องยากหากไม่สามารถเชื่อมด้วยเทอร์มิตได้ โลหะผสมอะลูมิเนียมและเหล็กออกไซด์จะให้ความร้อนสำหรับขั้นตอนนี้

2.8.4 การเชื่อมแบบแรงเสียดทาน

วิธีนี้มักพบในตู้ต่อเรือ โดยแรงเสียดทานจะเกิดขึ้นระหว่างหมุดหมุนและแผ่นโลหะหลักซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดความร้อน ข้อดีของขั้นตอนการเชื่อมนี้คือความสะดวกในแนวตั้ง ซึ่งช่วยให้สามารถเชื่อมข้อต่อเปลือกด้านข้างระหว่างบล็อกเรือด้วยแรงเสียดทานได้

2.8.5 การเชื่อมผ่านหลายครั้ง

เมื่อเชื่อมแผ่นโลหะที่มีความกว้างมากกว่า 6 มิลลิเมตร จำเป็นต้องเชื่อมหลายรอบเพื่อเติมช่องว่างระหว่างแผ่นโลหะและเจาะทะลุได้อย่างสมบูรณ์ จำเป็นต้องเชื่อมหลายรอบเมื่อทำการเชื่อมแบบร่องลึกที่มีมุมเอียงระหว่างแผ่นโลหะมาก

2.8.6 การเชื่อมติด

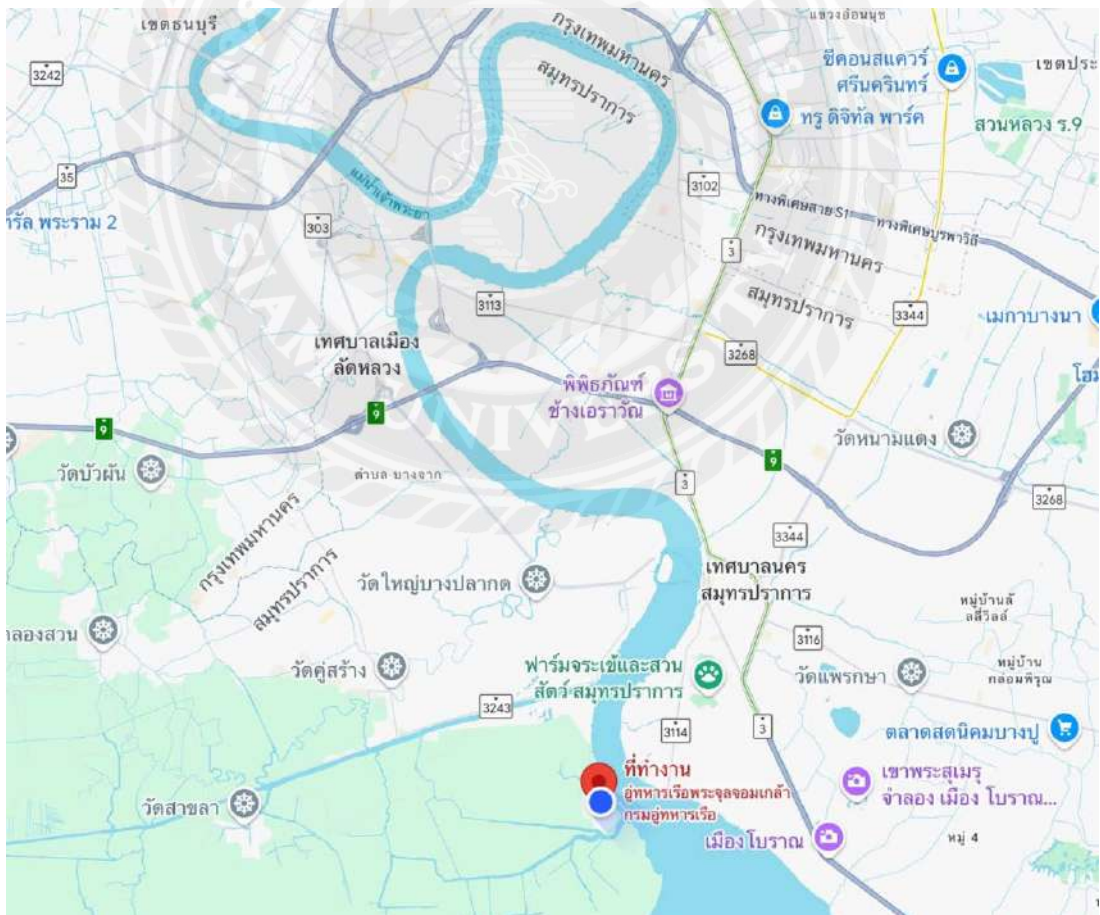
การเชื่อมแบบ Tack Weld คือการเชื่อมแบบเส้นเล็กๆ ที่ทำเป็นช่วงๆ โดยใช้ขั้วไฟฟ้าเดียวกันกับการเชื่อมแบบหลัก ก่อนทำการเชื่อม จะต้องเชื่อมแบบ Tack Weld เป็นระยะๆ ตลอดความยาวของรอยเชื่อม เพื่อป้องกันไม่ให้แผ่นโลหะแยกออกจากกันเนื่องจากอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงในระหว่างการเชื่อมแบบหลัก อิเล็กโทรดช่วยเชื่อมโลหะเข้าด้วยกันในกระบวนการนี้โดยการส่งกระแสไฟฟ้าผ่านชิ้นงานที่ได้รับความร้อนในพื้นที่ เช่นเดียวกับการเชื่อมอื่นๆ การเชื่อมแบบนี้ยังเกี่ยวข้องกับการใช้ความร้อนและแรงดันอีกด้วย คุณสมบัติสำคัญของการเชื่อมแบบจุดติดที่ประสบความสำเร็จคือการวางจุดเชื่อมจุดเล็กๆ ทั่วทั้งชิ้นส่วนโลหะของส่วนประกอบ การเชื่อมแบบยึดติดขนาดเล็กช่วยป้องกันการบิดงอและความร้อนสูงเกินไปบนชิ้นงานก่อนการเชื่อมแบบถาวร โดยปกติแล้ว การเชื่อมแบบนี้จะมีความยาวระหว่าง $\frac{1}{2}$ นิ้วถึง $\frac{3}{4}$ นิ้วแต่ไม่เกิน 1 นิ้ว ซึ่งจะช่วยให้อุปกรณ์เรียบร้อย นอกจากนี้ ยังเหมาะสมอย่างยิ่งสำหรับใช้ในงานผลิตปริมาณน้อย โดยมักทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ยึดในงานดังกล่าว

บทที่ 3

รายละเอียดการปฏิบัติงาน

3.1 ชื่อและที่ตั้งของสถานประกอบการ

ชื่อ : กองโรงงานเรือเหล็ก อุ้ทหารเรือพระจุลจอมเกล้า กรมอุ้ทหารเรือ
สถานที่ตั้ง : 121 ถ.สุขสวัสดิ์ ต.แหลมฟ้าผ่า อ.พระสมุทรเจดีย์
จว.สมุทรปราการ 10290
โทรศัพท์ : 02-475-6642
Website : www.dockyard.navy
E-mail : Royalthainavywhite@gmail.com



รูปที่ 3.1 แผนที่ กองโรงงานเรือเหล็ก อุ้ทหารเรือพระจุลจอมเกล้า กรมอุ้ทหารเรือ

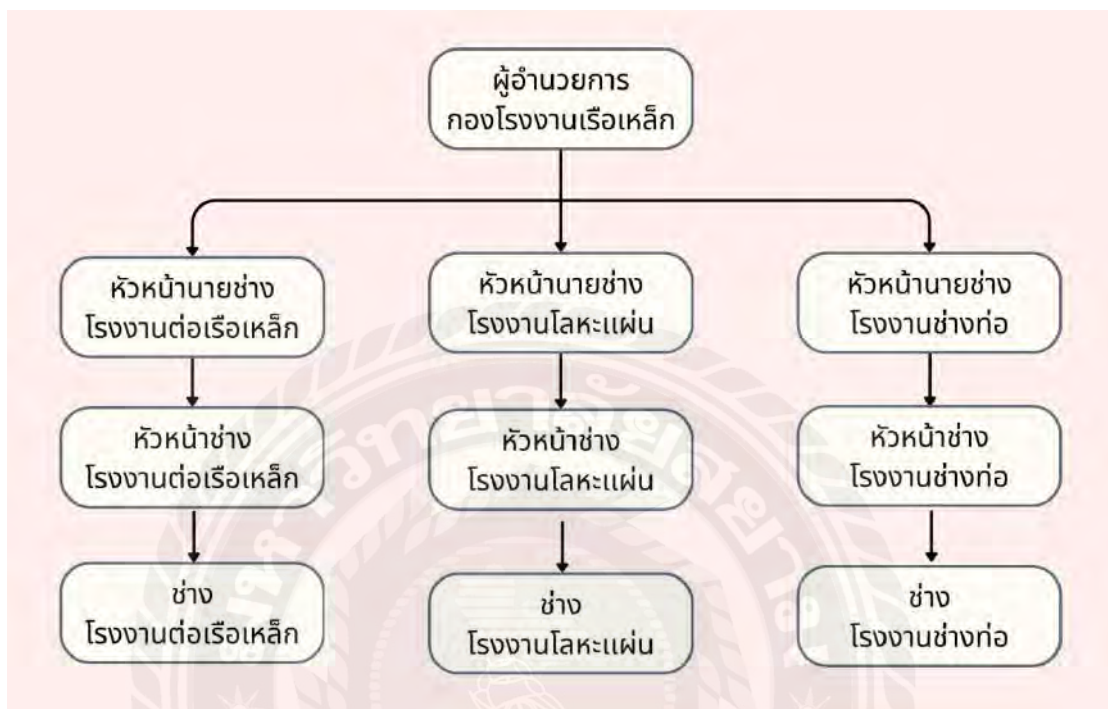
3.2 ลักษณะของสถานที่ปฏิบัติงาน

อุทหารเรือพระจุลจอมเกล้า กรมอุทหารเรือ ประกอบกิจการซ่อม สร้างเรือ และสิ่งอำนวยความสะดวกภายในเรือ มีความเฉพาะทางเนื่องจากเป็นงานเกี่ยวกับยานพาหนะทางน้ำที่มีขนาดใหญ่และต้องการสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมในการบำรุงรักษา ซ่อมแซม หรือดัดแปลงภายในตัวเรือ ให้มีความพร้อมในการใช้งานจริง



รูปที่ 3.2 กองโรงงานเรือเหล็ก อุทหารเรือพระจุลจอมเกล้า กรมอุทหารเรือ

3.3 รูปแบบการจัดองค์การและการบริหารงานขององค์กร



รูปที่ 3.3 รูปแบบการจัดองค์การและการบริหารงานขององค์กร

3.4 ตำแหน่งและลักษณะงานที่ได้รับมอบหมาย

ตำแหน่งที่นักศึกษาที่รับผิดชอบ : ช่างโครงสร้างเรือ (ช่างเชื่อม)

ลักษณะงานที่ได้รับมอบหมาย : ทำการตรวจสอบแนวเชื่อมของโครงสร้างเรือ
และตรวจสอบงานร่วมกับพนักงานที่ปรึกษา

3.5 ชื่อและตำแหน่งงานของพนักงานที่ปรึกษา

ชื่อพนักงานที่ปรึกษา : เรือโทวิกรม ลีสำราญ

ตำแหน่ง : Chief technician position

3.6 ระยะเวลาที่ปฏิบัติงาน

เริ่มปฏิบัติงาน : วันที่ 22 พฤษภาคม พ.ศ. 2568

สิ้นสุดปฏิบัติงาน : วันที่ 1 กันยายน พ.ศ. 2568

3.7 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

3.7.1 ปรีกษาอาจารย์ที่ปรึกษาและพนักงานพี่เลี้ยง

ปรึกษาถึงหัวข้อโครงการในเรื่องต่างๆที่ได้ฝึกปฏิบัติและสามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้
ในทางวิศวกรรม

3.7.2 ตั้งชื่อหัวข้อโครงการ

นำชื่อหัวข้อโครงการไปเสนออาจารย์ที่ปรึกษาและพนักงานที่ปรึกษา

3.7.3 รวบรวมข้อมูล

รวบรวมข้อมูลและรายละเอียดต่างๆในการตรวจสอบแนวเชื่อมของโครงสร้างเรือ

3.7.4 ลงปฏิบัติงานสถานที่จริง

ทำการตรวจสอบตามเอกสารการตรวจสอบแนวเชื่อมตามมาตรฐานและทำการ
ถ่ายภาพขณะทำงานเพื่อใช้แนบในโครงการสหกิจ

3.7.5 นำข้อมูลที่รวบรวมทั้งหมดมาจัดทำเล่มโครงการ

3.8 ระยะเวลาในการดำเนินโครงการ

ตารางที่ 3.1 ผังเวลาการทำงาน

ขั้นตอนการดำเนินงาน	พฤษภาคม 2568	มิถุนายน 2568	กรกฎาคม 2568	สิงหาคม 2568	กันยายน 2568
1.กำหนดหัวข้อโครงการ	←→				
2.ศึกษาข้อมูล		←→			
3.รวบรวมข้อมูลของ โครงการ				←→	
4.วิเคราะห์ข้อมูลของ โครงการ				←→	
5.เรียบเรียงข้อมูลและ จัดทำโครงการ				←→	
6.สรุปและปรับปรุง					←→

3.9 ขั้นตอนการตรวจสอบแนวเชื่อมด้วยรังสีเอกซ์



รูปที่ 3.4 การตรวจสอบแนวเชื่อมด้วยรังสีเอกซ์

เป็นการตรวจสอบหารอยบกพร่องภายในชิ้นงานจากภาพถ่ายรังสี โดยการใช้รังสีผ่านชิ้นงานไปยังฟิล์มที่วางอยู่อีกด้านหนึ่งของชิ้นงาน ซึ่งจากการที่ชิ้นงานมีความหนาแน่นต่างกันตามความหนา การที่ชิ้นงานมีความไม่ต่อเนื่องอยู่ เปรียบเสมือนชิ้นงานบริเวณนั้นบางกว่าบริเวณรอบข้าง จึงเกิดความแตกต่างของความเข้มของฟิล์ม ทำให้สามารถตรวจสอบความไม่ต่อเนื่องในชิ้นงานได้ โดยวิธีการทดสอบแบบนี้นิยมใช้อย่างแพร่หลายในการตรวจสอบแนวเชื่อมท่อและถังรับแรงดันสูง ชนิดของรังสีที่ใช้ในอุตสาหกรรม ได้แก่ รังสีเอ็กซ์ (X-ray) และแกมมา (Gamma X-Ray) จากธาตุกัมมันตรังสี Iridium 192 และ Selenium 75 เป็นต้น

ขั้นตอนที่1 การเตรียมชิ้นงานก่อนทำการเชื่อม



รูปที่ 3.5 การเตรียมชิ้นงานก่อนการเชื่อม

การเตรียมชิ้นงานก่อนการเชื่อมมีขั้นตอนสำคัญคือ การทำความสะอาด พื้นผิวโลหะให้ปราศจากสิ่งสกปรก น้ำมัน จาระบี สนิม หรือสี, การตกแต่งแนวเชื่อม ให้มีรูปทรงตามที่ต้องการ การจัดตำแหน่ง และยึดชิ้นงานให้มั่นคง และ การตรวจสอบความปลอดภัย ของพื้นที่และอุปกรณ์ก่อนเริ่มงาน การเตรียมที่ถูกต้องจะช่วยให้ได้รอยเชื่อมที่มีคุณภาพดีและป้องกันอันตรายระหว่างการทำงาน

ขั้นตอนที่ 2 การเชื่อมชิ้นส่วนถังน้ำมันที่ติดกับโครงสร้างเรือ



รูปที่ 3.6 การเชื่อมชิ้นส่วนถังน้ำมันที่ติดกับโครงสร้างเรือ(ภาพด้านในเรือ)

กระบวนการเชื่อม (Welding) คือ กระบวนการที่ทำให้ชิ้นงานสองชิ้นติดกัน โดยใช้ความร้อนหรือแรงดัน เพื่อให้วัสดุหลอมละลายและรวมเป็นเนื้อเดียวกัน หรือใช้การเพิ่มวัสดุเติมลงไปในแอ่งหลอมเหลว เมื่อเย็นตัวรอยต่อจะมีความแข็งแรง

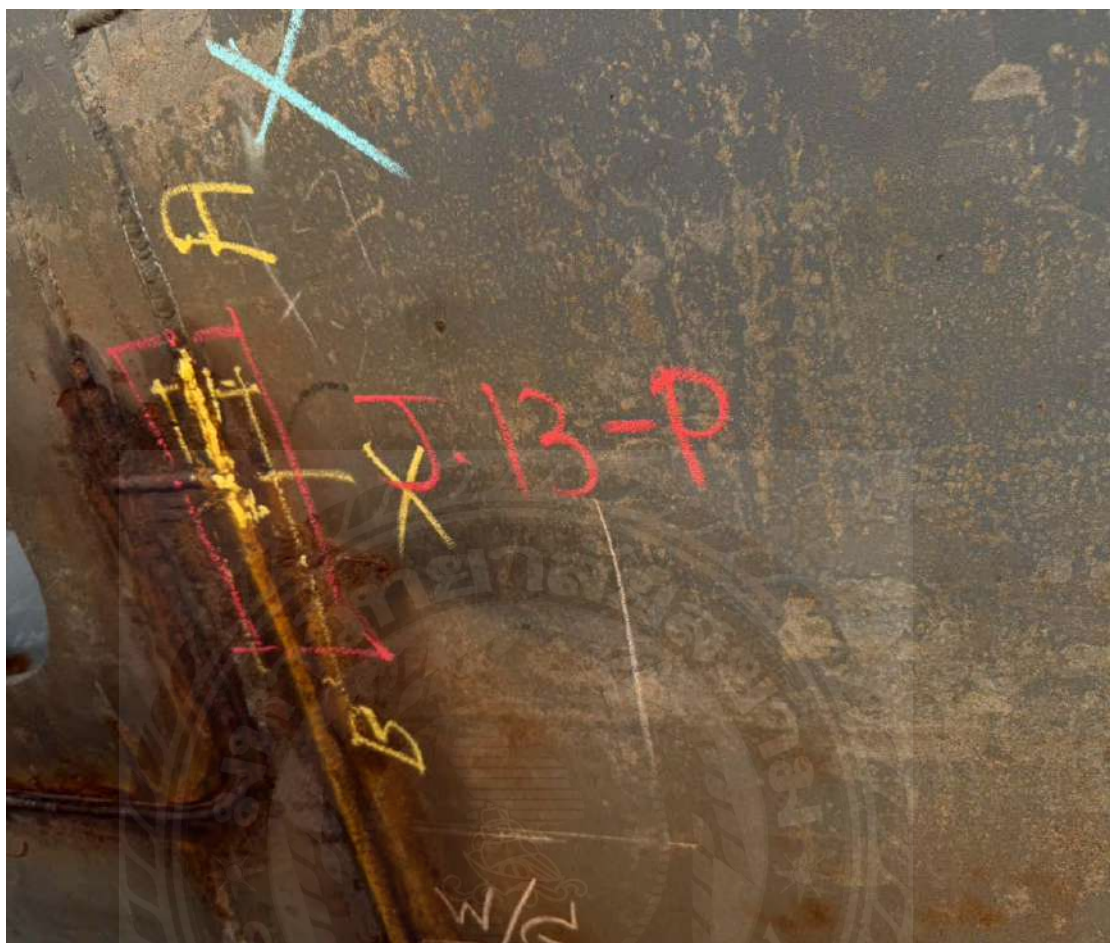


รูปที่ 3.7 ถังน้ำมันบริเวณที่ทำการเชื่อมและทำการทดสอบ

ขั้นตอนที่ 3 การเตรียมชิ้นงานก่อนการตรวจสอบด้วยวิธี RT



รูปที่ 3.8 การเตรียมชิ้นงานด้านในถังน้ำมันก่อนการตรวจสอบด้วยวิธี RT



รูปที่ 3.9 การเตรียมชิ้นงานด้านนอกบริเวณเปลือกเรือส่วนถังน้ำมันหมายเลขชิ้นงาน J13-P

การเตรียมชิ้นงานก่อนการตรวจสอบด้วยวิธี RT (Radiographic Testing) ส่วนใหญ่ไม่จำเป็นต้องมีการเตรียมผิวชิ้นงานมากนัก เนื่องจากรังสีสามารถทะลุผ่านผิววัสดุได้อยู่แล้ว อย่างไรก็ตาม ควรทำความสะอาดผิวชิ้นงานจากสิ่งสกปรก เช่น คราบน้ำมัน หรือจาระบี เพื่อป้องกันการบดบังหรือสร้างเงาที่ไม่ต้องการในฟิล์มรังสี และควรพิจารณาความหนาแน่นของวัสดุเพื่อเลือกชนิดของรังสีที่เหมาะสม

ขั้นตอนที่ 4 การวางแผนถ่ายภาพ X-ray แนวเชื่อม



รูปที่ 3.10 การวางแผนถ่ายภาพ X-ray แนวเชื่อม

การวางแผนถ่ายภาพ X-ray แนวเชื่อม ประกอบด้วย การตรวจสอบเอกสาร การเลือกเทคนิค และมุมฉายรังสีให้เหมาะสมกับชิ้นงาน และมาตรฐานการกำหนดตำแหน่งแหล่งกำเนิดรังสีและฟิล์มให้ถูกต้อง การใช้สารเร่งภาพและตัวควบคุมคุณภาพ (เช่น IQI) เพื่อให้ได้ภาพที่ชัดเจนและแม่นยำ และการวางแผนการบันทึกข้อมูลตำแหน่งของรอยเชื่อมอย่างละเอียดก่อนเริ่มปฏิบัติงานจริง

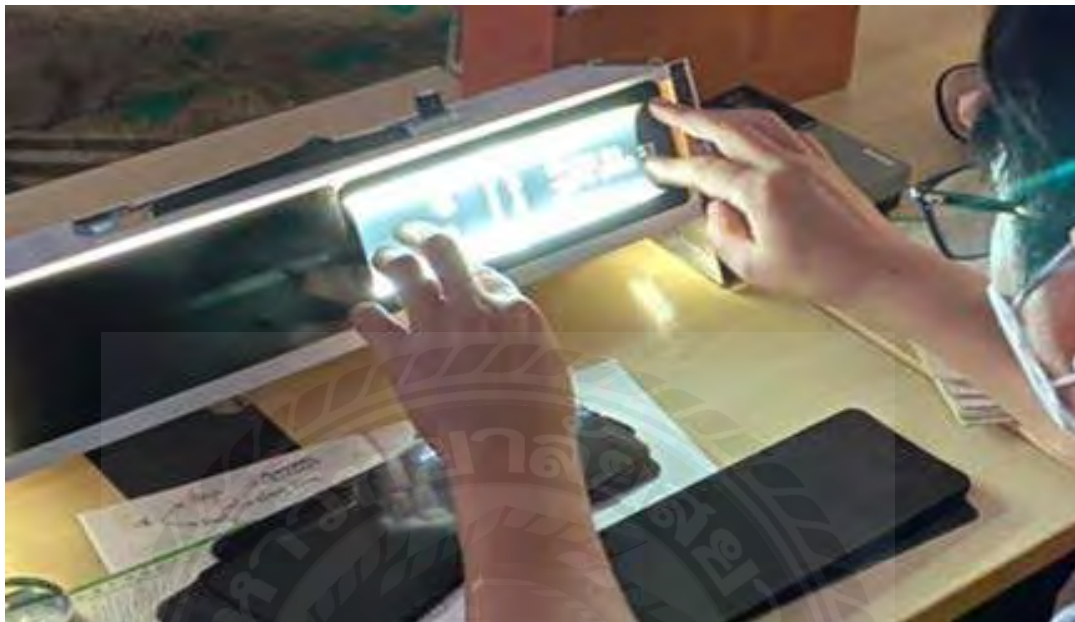
ขั้นตอนที่ 5 จัดวางอุปกรณ์สำหรับการวางแหล่งกำเนิดรังสีและแผ่นฟิล์มให้มีระยะห่างที่เหมาะสม



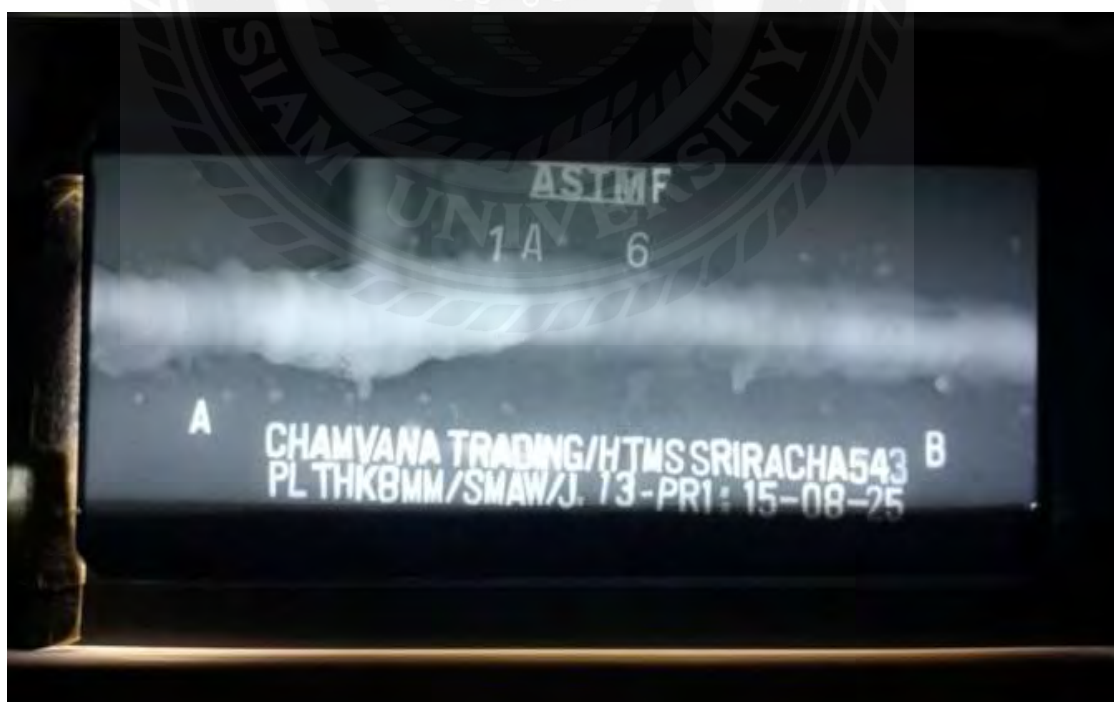
รูปที่ 3.11 วางแหล่งกำเนิดรังสีและแผ่นฟิล์มให้มีระยะห่างที่เหมาะสม

การทำ RT (Radiographic Testing) คือการใช้คุณสมบัติเฉพาะของรังสีที่เป็นพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามีอำนาจทะลุทะลวงวัสดุที่มีความหนาและความหนาแน่นที่แตกต่างกันออกไป (ในส่วนนี้วัสดุแต่ละชนิดมีคุณสมบัติการดูดซึมรังสีแตกต่างกันออกไป) ฉายทะลุชิ้นงานที่เราต้องการจะตรวจสอบลงไปยังแผ่นฟิล์มถ่ายภาพที่ไวต่อรังสี ก่อนเริ่มทำการฉายรังสีเจ้าหน้าที่จะทำการเข้าเคลือบพื้นที่โดยรอบเพื่อป้องกันการเกิดอันตรายจากการฉายรังสี

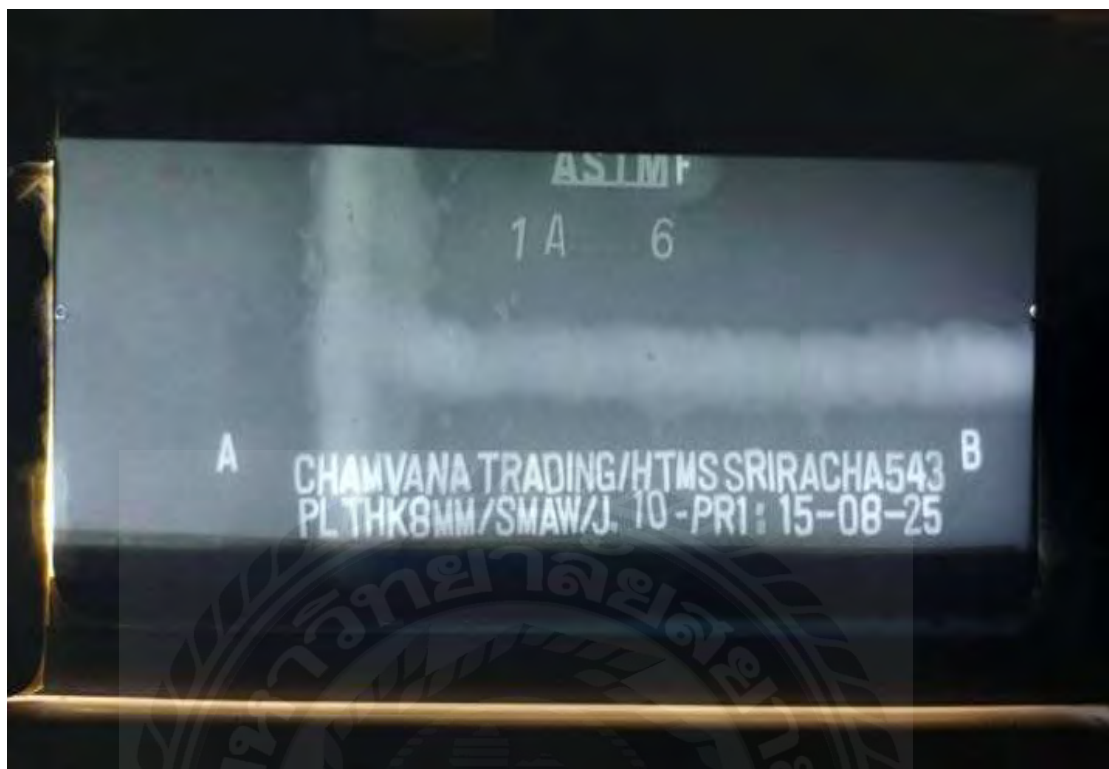
ขั้นตอนที่ 6 การนำฟิล์มไปส่องกับตู้ไฟแสงสว่างที่ใช้สำหรับดูภาพถ่ายรังสี



รูปที่ 3.12 การนำแผ่นฟิล์มที่ได้จากการฉายรังสีไปส่องกับตู้ไฟสำหรับดูภาพถ่ายรังสี



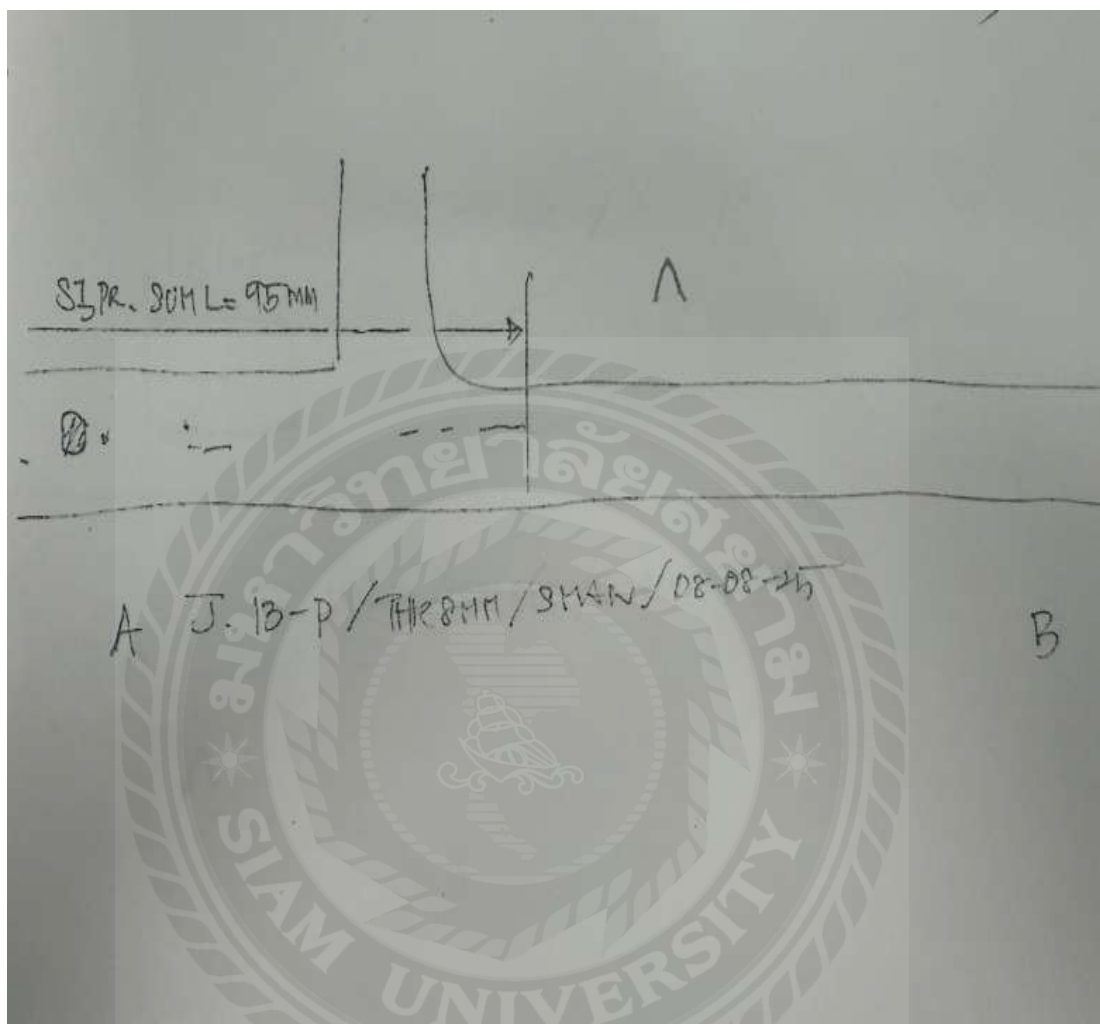
รูปที่ 3.13 ภาพที่ได้จากการฉายแผ่นฟิล์มกับตู้ไฟสำหรับดูภาพถ่ายรังสีจุดที่ 1 หมายเลข J13PR1



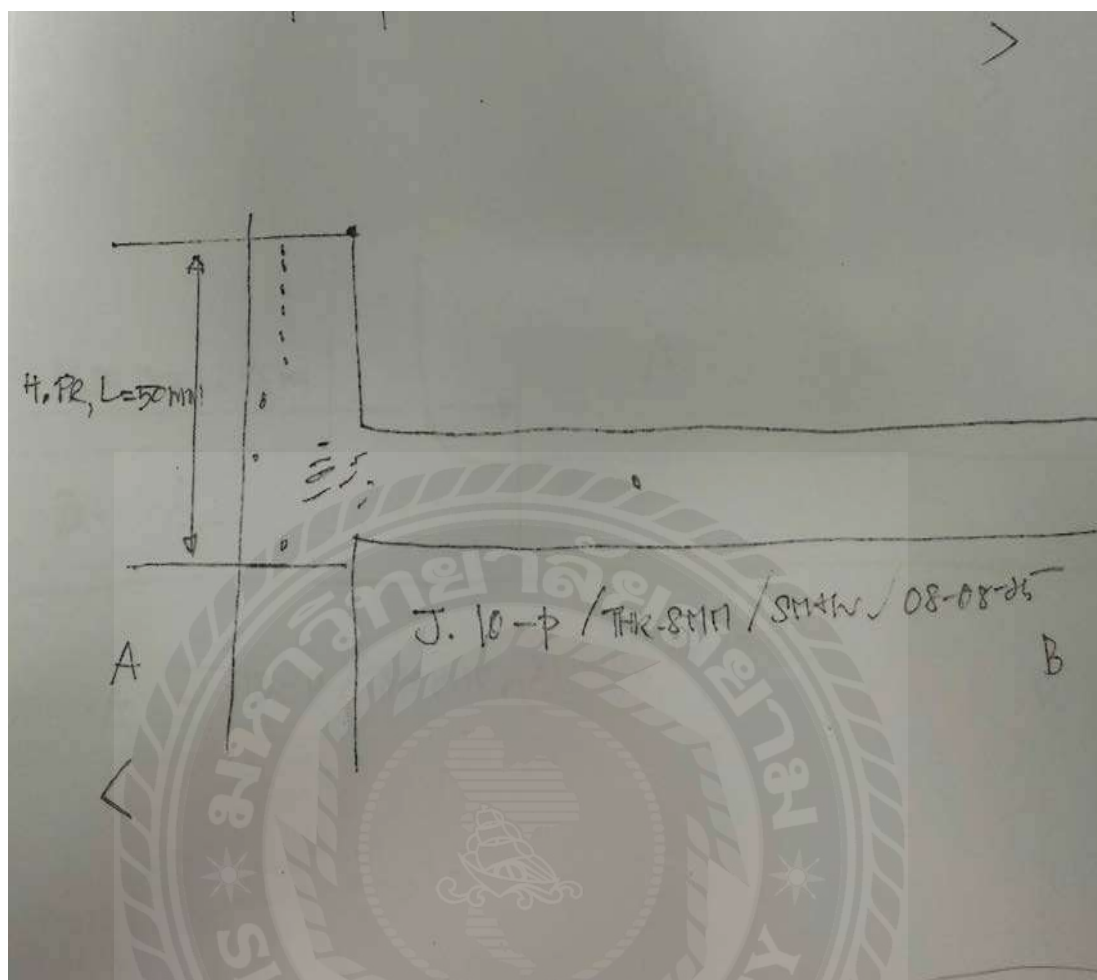
รูปที่ 3.14 ภาพที่ได้จากการฉายแผ่นฟิล์มกับตู้ไฟสำหรับดูภาพถ่ายรังสีจุดที่ 2 หมายเลข J10PR1

เมื่อฉายรังสีเรียบร้อยแล้วภาพที่ได้จากการทดสอบด้วยรังสี จะให้ภาพในลักษณะขาว-ดำ หรือที่เรียกว่า Monochrome Negative โดยในบริเวณที่มีความหนาน้อยกว่าบริเวณอื่น (รังสีทะลุผ่านได้มากกว่า) ภาพจะออกมาเป็นสีดำเข้ม ในทางกลับกันหากชิ้นงานอยู่ในสภาพปกติและมีความหนาเท่ากันตลอดทั้งชิ้นงาน (รังสีทะลุผ่านได้น้อยกว่า) ภาพจะออกเป็นสีขาวกว่าบริเวณอื่น ในการแปลผลของภาพการทดสอบด้วยรังสี จะต้องนำฟิล์มไปส่องกับตู้ไฟแสงสว่างที่ใช้สำหรับดูภาพถ่ายรังสี โดยเฉพาะที่มีค่าความสว่างของแสงไฟตามมาตรฐานกำหนด ภาพถ่ายรังสีจะแสดงภาพจุดบกพร่องภายในชิ้นงานอย่างชัดเจน ซึ่งจะสามารถบอกความกว้างหรือความโตของจุดบกพร่องได้แต่จะไม่สามารถระบุความลึกได้

ขั้นตอนที่ 7 นำภาพที่ได้จากการฉายรังสีมาบันทึกลงในกระดาษ

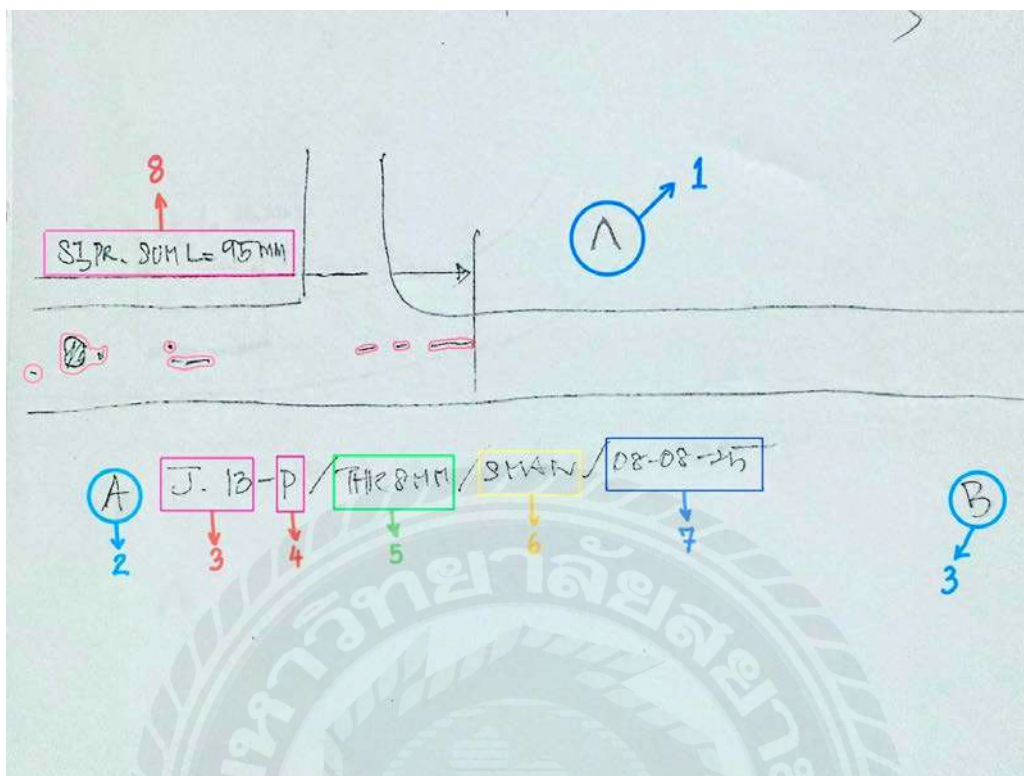


รูปที่ 3.15 ภาพที่ได้จากการฉายแผ่นฟิล์มกับตู้ไฟสำหรับดูภาพถ่ายรังสีจุดที่ 2 หมายเลข J10PR1



รูปที่ 3.16 ภาพที่ได้จากการฉายแผ่นฟิล์มกับตู้ไฟสำหรับดูภาพถ่ายรังสีจุดที่ 2 หมายเลข J10PR1

เมื่อนำฟิล์มไปส่องกับตู้ไฟแสงสว่างที่ใช้สำหรับดูภาพถ่ายรังสีโดยเฉพาะ ที่มีค่าความสว่างของแสงไฟตามมาตรฐานกำหนด ภาพถ่ายรังสีจะแสดงภาพจุดบกพร่องภายในชิ้นงานอย่างชัดเจน ซึ่งจะสามารถบอกความกว้างหรือความโตของจุดบกพร่องได้จึงนำภาพที่ได้มาร่างลงบนกระดาษเพื่อที่จะสามารถระบุจุดบกพร่องของแนวเชื่อม โดยละเอียดเพื่อทำการแก้ไข



รูปที่ 3.17 การอ่านสัญลักษณ์ที่ได้จากการบันทึกจากแผ่นฟิล์มเอ็กซเรย์

หมายเลข 1 หัวลูกศรจะชี้ไปทางหัวเรือ

หมายเลข 2 ตัวอักษร A หมายถึงหัวฟิล์มเอ็กซเรย์ / ตัวอักษร B หมายถึงท้ายฟิล์มเอ็กซเรย์

หมายเลข 3 J.13 หมายถึง หมายเลข JOINT ที่ 13

หมายเลข 4 ตัวอักษร P หมายถึง PORT (กราบซ้าย)

หมายเลข 5 ตัวอักษร THK 8mm. หมายถึงความหนาแผ่นเหล็ก 8 มิลลิเมตร

หมายเลข 6 ตัวอักษร SMAW หมายถึง Shielded Metal Arc Welding หรือกระบวนการเชื่อมด้วยลวดเชื่อม

หมายเลข 7 ตัวอักษร 08-08-25 หมายถึงวันที่ที่จดบันทึก

หมายเลข 8 ตัวอักษร SI หมายถึง SLAG INCLUSION หรือ มีตะกอนฝังในแนวเชื่อม

ตัวอักษร PR หมายถึง POROSITY หรือ มีรูพรุนในแนวเชื่อม

ตัวอักษร SUML 95 mm หมายถึง ความยาวของข้อบกพร่องทั้งหมด 95 มิลลิเมตร

3.10 หลังการตรวจสอบด้วยการเอ็กเรย์แล้วให้ทำการทดสอบ PRESSURE TEST ต่อเพื่อดูรอยรั่วของถัง

3.10.1 ขั้นตอนที่ 1 ปิดหน้าแปลนและวาล์วต่าง ๆ ทุกจุดที่เชื่อมต่อกับถังน้ำมันให้สนิท และติดตั้งเกจวัดความดันที่รูเติมน้ำมัน (VENTFO SERVICE TANK)



รูปที่ 3.18 ปิดหน้าแปลนและวาล์วต่าง ๆ ทุกจุดที่เชื่อมต่อกับถังน้ำมันให้สนิท

3.10.2 ขั้นตอนที่ 2 ต่อเกจวัดความดันเข้ากับปั๊มลมและรูเติมน้ำมันให้แน่นหนา



รูปที่ 3.19 ต่อเกจวัดความดันเข้ากับปั๊มลมและรูเติมน้ำมันให้แน่นหนา

3.10.3 ขั้นตอนที่ 3 ป้อนลมเข้าไปในถัง ประมาณ 0.2 - 0.3 bar. ห้ามใช้แรงดันสูงเกินไป เพราะอาจทำให้ถังเสียรูป หรือ ร้าวได้



รูปที่ 3.20 ป้อนลมเข้าไปในถัง ประมาณ 0.2 - 0.3 bar. และห้ามใช้แรงดันที่สูงเกินไป

3.10.4 ขั้นตอนที่ 4 สังเกตค่าความดันที่เกจ ทดสอบถึงไว้เป็นระยะเวลาอย่างน้อยที่สุด 30 นาที หรือนานกว่านั้น เพื่อหาจุดที่อาจมีการรั่วซึม



รูปที่ 3.21 เมื่อปล่อยลมเข้าถึงจนได้แรงดันตามกำหนดให้ปิดเกจทิ้งไว้

3.10.5 ขั้นตอนที่ 5 ตรวจสอบหารอยรั่วด้วยการใช้น้ำสบู่ทาบริเวณแนวเชื่อม หากมีไม่มีฟองอากาศผุดขึ้นและแรงดันคงที่แสดงว่าไม่มีรอยรั่ว หากตรวจพบฟองอากาศหรือแรงดันลดลงต่อเนื่องแสดงว่าเกิดรอยรั่วนแนวเชื่อม



รูปที่ 3.22 เปิดวาล์วเพื่อระบายกำลังดันหลังการทดสอบหารอยรั่ว

บทที่ 4

ผลการปฏิบัติงานตามโครงการ

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงการตรวจสอบแนวเชื่อมด้วยการเอ็กซเรย์เพื่อหาข้อบกพร่องในแนวเชื่อม

ตำแหน่งที่ตรวจสอบ	มีรูพรุน POROSITY	มีอินเตอร์คัท UNDER CUT	ผลการตรวจสอบ		หมายเหตุ
			ผ่าน	ไม่ผ่าน	
ถึงน้ำมันชนิดติดกับแผ่นเปลือกเรือหมายเลขชิ้นงาน J10PR1 จุดที่ 1 แผ่น A-6 ความยาวแนวเชื่อมที่พบข้อบกพร่องความยาว 95 mm					
1. แนวเชื่อมทำราบ (1G) ความหนาแผ่นเหล็ก 8 mm. ความสูงแนวเชื่อม 1/16 in			✓		ตรวจไม่พบข้อบกพร่องในแนวเชื่อม
2. แนวเชื่อมทำขนานนอน (2G) ความหนาแผ่นเหล็ก 8 mm. ความสูงแนวเชื่อม 1/16 in			✓		ตรวจไม่พบข้อบกพร่องในแนวเชื่อม
3. แนวเชื่อมทำเชื่อมขึ้น (3G) ความหนาแผ่นเหล็ก 8 mm. ความสูงแนวเชื่อม 1/16 in	✓			✓	ตรวจพบรูพรุนขนาด 5mm ให้ทำการแก้ไข
4. แนวเชื่อมทำเหนือศรีษะ (4G) ความหนาแผ่นเหล็ก 8 mm. ความสูงแนวเชื่อม 1/16 in			✓		ตรวจไม่พบข้อบกพร่องในแนวเชื่อม

หมายเหตุ : เกณฑ์การตรวจสอบรอยเชื่อมประสานตัวเรืออ้างอิงจาก มาตรฐาน มอ.ร.112-0002-0932

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงการตรวจสอบแนวเชื่อมด้วยการเอ็กเรย์เพื่อหาข้อบกพร่องในแนวเชื่อม

ตำแหน่งที่ตรวจสอบ	มีรอยแตก CRACKS	มีสแลคฝังใน SLAG INCLUSION	ผลการ ตรวจสอบ		หมายเหตุ
			ผ่าน	ไม่ ผ่าน	
ถึงน้ำมันชนิดติดกับแผ่นเปลือกเรือหมายเลขชิ้นงาน J10PR1 จุดที่ 2 แผ่น A-6 ความยาวแนวเชื่อม ที่พบข้อบกพร่องความยาว 95 mm					
1. แนวเชื่อมทำราบ (1G) ความหนาแผ่นเหล็ก 8 mm. ความนูนแนวเชื่อม 1/16 in			✓		ตรวจไม่พบ ข้อบกพร่อง ในแนวเชื่อม
2. แนวเชื่อมทำขนานนอน (2G) ความหนาแผ่นเหล็ก 8 mm. ความนูนแนวเชื่อม 1/16 in			✓		ตรวจไม่พบ ข้อบกพร่อง ในแนวเชื่อม
3. แนวเชื่อมทำเอียงขึ้น (3G) ความหนาแผ่นเหล็ก 8 mm. ความนูนแนวเชื่อม 1/16 in		✓		✓	ตรวจพบสแลคฝัง ในแนวเชื่อม ขนาด 1-3mm จำนวน 8จุดให้ ทำการแก้ไข*
4. แนวเชื่อมทำเหนือศรีษะ (4G) ความหนาแผ่นเหล็ก 8 mm. ความนูนแนวเชื่อม 1/16 in			✓		ตรวจไม่พบ ข้อบกพร่อง ในแนวเชื่อม

หมายเหตุ : เกณฑ์การตรวจสอบรอยเชื่อมประสานตัวเรืออ้างอิงจาก มาตรฐาน มอว.112-0002-0932

ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงการตรวจสอบแนวเชื่อมด้วยการเอ็กเรย์เพื่อหาข้อบกพร่องในแนวเชื่อม

ตำแหน่งที่ตรวจสอบ	มีรูพรุน POROSITY	มีอันเดอร์คัท UNDER CUT	ผลการตรวจสอบ		หมายเหตุ
			ผ่าน	ไม่ผ่าน	
ถึงน้ำมันชนิดติดกับแผ่นเปลือกเรือหมายเลขชิ้นงาน J10PR1 จุดที่ 1 แผ่น A-6 ความยาวแนวเชื่อมพบข้อบกพร่องความยาว 50 mm					
1. แนวเชื่อมทำราบ(1G) ความหนาแผ่นเหล็ก 8 mm. ความนูนแนวเชื่อม 1/16 in			✓		ตรวจไม่พบข้อบกพร่องในแนวเชื่อม
2. แนวเชื่อมทำขนานนอน (2G) ความหนาแผ่นเหล็ก 8 mm. ความนูนแนวเชื่อม 1/16 in	✓			✓	ตรวจพบรูพรุนขนาด 3mm จำนวน 1 จุด
3. แนวเชื่อมทำเอียงขึ้น (3G) ความหนาแผ่นเหล็ก 8 mm. ความนูนแนวเชื่อม 1/16 in	✓			✓	ตรวจพบกลุ่มรูพรุนขนาด 1-2 mm จำนวน 1 จุด
4. แนวเชื่อมทำเหนือศรีษะ (4G) ความหนาแผ่นเหล็ก 8 mm. ความนูนแนวเชื่อม 1/16 in			✓		ตรวจไม่พบข้อบกพร่องในแนวเชื่อม

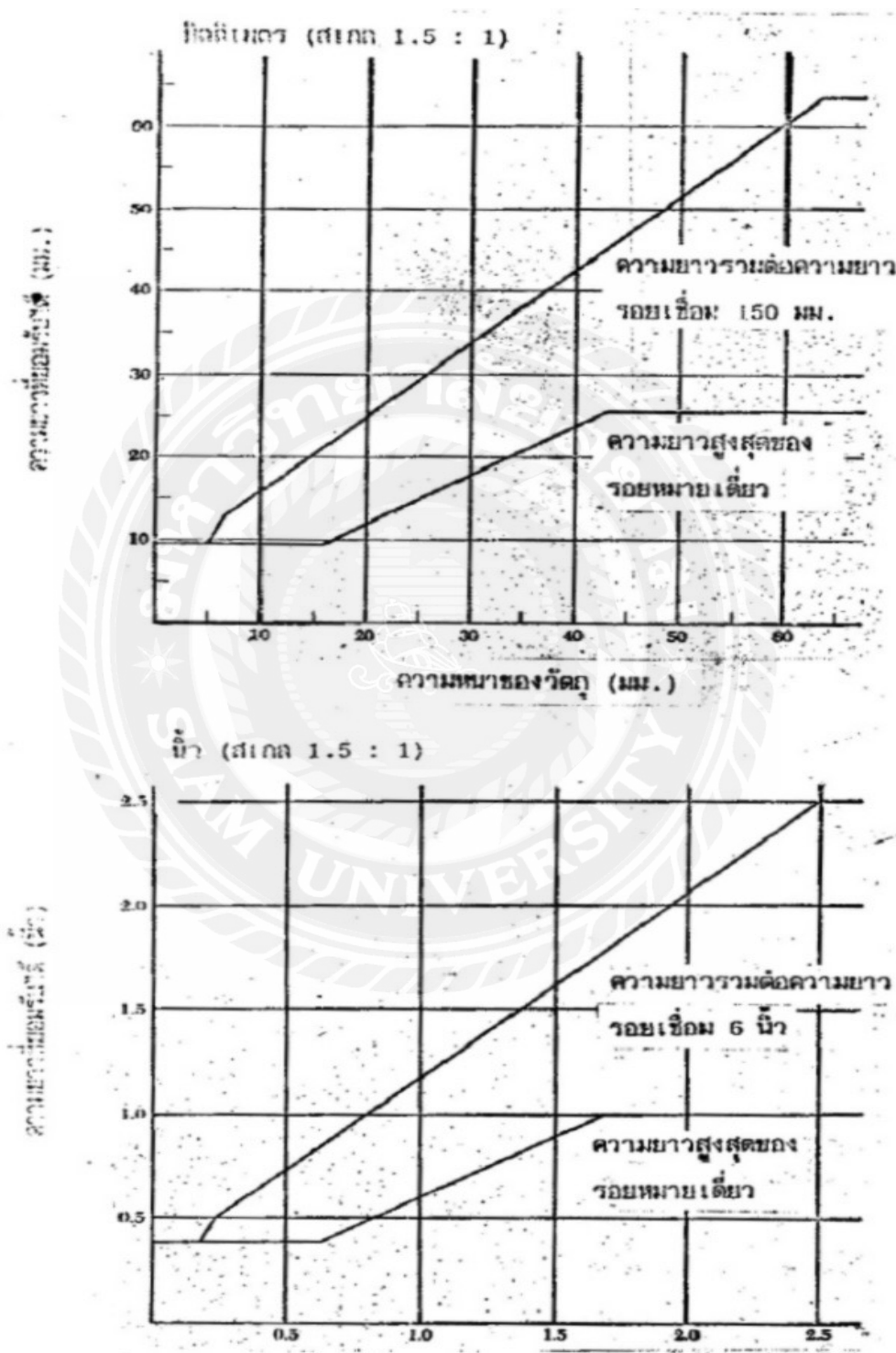
หมายเหตุ : เกณฑ์การตรวจสอบรอยเชื่อมประสานตัวเรืออ้างอิงจาก มาตรฐาน มอว.112-0002-0932

ตารางที่ 4.4 ตารางแสดงการตรวจสอบแนวเชื่อมด้วยการเอ็กเรย์เพื่อหาข้อบกพร่องในแนวเชื่อม

ตำแหน่งที่ตรวจสอบ	มีรอยแตก CRACKS	มีสแลคฝัง ใน SLAG INCLUSION	ผลการตรวจสอบ		หมายเหตุ
			ผ่าน	ไม่ผ่าน	
ถึงน้ำมันชนิดติดกับแผ่นเปลือกเรือหมายเลขชิ้นงาน J10PR1 จุดที่ 2 แผ่น A-6 ความยาวแนวเชื่อมที่พบข้อบกพร่องความยาว 50 mm					
1. แนวเชื่อมทำราบ(1G) ความหนาแผ่นเหล็ก 8 mm.			✓		ตรวจไม่พบข้อบกพร่องในแนวเชื่อม
2. แนวเชื่อมทำขนานนอน (2G) ความหนาแผ่นเหล็ก 8 mm.		✓		✓	ตรวจพบสแลคฝังในแนวเชื่อมขนาด 1mm จำนวน 1 จุด
3. แนวเชื่อมทำเอียงขึ้น (3G) ความหนาแผ่นเหล็ก 8 mm.		✓		✓	ตรวจพบสแลคฝังในแนวเชื่อมขนาด1-3mm จำนวน 8จุด
4. แนวเชื่อมทำเหนือศรีษะ (4G) ความหนาแผ่นเหล็ก 8 mm.			✓		ตรวจไม่พบข้อบกพร่องในแนวเชื่อม

หมายเหตุ : เกณฑ์การตรวจสอบรอยเชื่อมประสานตัวเรืออ้างอิงจาก มาตรฐาน มอว.112-0002-0932

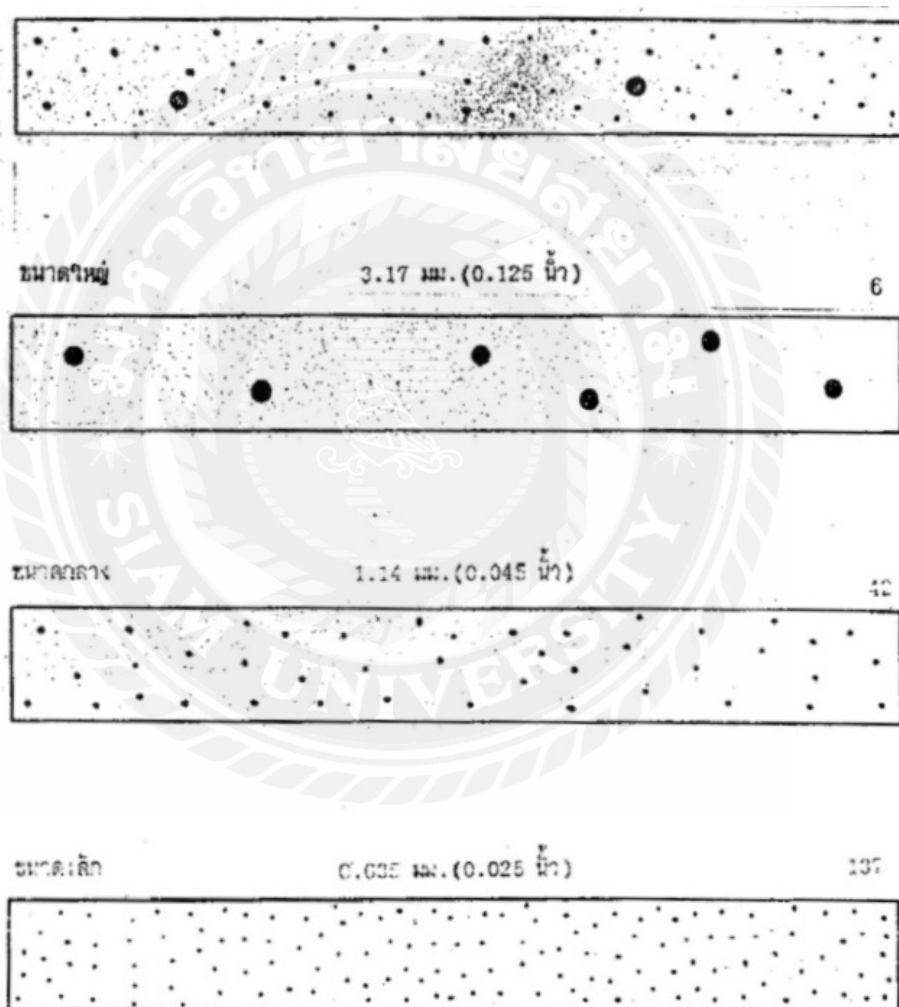
ความยาวรวมของสิ่งสกปรกที่ฝังในแนวเชื่อมต่อนำไปรวมกับการหลอมละลายที่ไม่สมบูรณ์และการละลายซึ่มลึกที่ไม่สมบูรณ์ที่ผ่านการประเมินตามรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ความยาวที่ยอมรับได้ของสิ่งสกปรกที่ฝังในแนวเชื่อมอ้างอิงจากมาตรฐาน มอ.112-0002-0932

พื้นที่รวมของรูพรุนให้ไม่เกิน 43.2 ตร.มม.ต่อความยาวรอยเชื่อม 150 มม.(0.007 ตร.นิ้ว ต่อความยาวรอยเชื่อม 6 นิ้ว)

	เส้นผ่านศูนย์กลางรูพรุน	จำนวนรูพรุนที่ยอมรับได้
ชนิดของรูพรุน	2.17 มม. (0.125 นิ้ว)	2
หลายขนาดคละกัน	1.14 มม.(0.045 นิ้ว)	13
	0.635 มม.(0.025 นิ้ว)	44



รูปที่ 4.2 แสดงลักษณะการเกิดรูพรุนในแนวเชื่อม โดยจำแนกตามขนาดและจำนวนที่ตรวจพบ
เพื่อใช้อ้างอิงในการประเมินคุณภาพการเชื่อมอ้างอิงจากมาตรฐาน มอ.ร.112-0002-0932

ขั้นตอนเมื่อแนวเชื่อมไม่ผ่านการตรวจสอบ

1. ระบุและบันทึกตำแหน่งข้อบกพร่อง
 - 1.1 ทำเครื่องหมายบนชิ้นงานหรือโครงสร้าง
 - 1.2 บันทึกลงในรายงาน พร้อมแนบภาพอิเล็กทรอนิกส์ประกอบ
2. วิเคราะห์ชนิดและสาเหตุของข้อบกพร่องเช่น รุพ-runเกิดจากความชื้น/แก๊ส, รอยร้าวจากความร้อนสะสม, undercut จากการควบคุมกระแสเชื่อมไม่เหมาะสม
3. กำหนดแนวทางการซ่อมแซม (Repair Procedure)
 - 3.1 ชัด/เจียรเอาส่วนแนวเชื่อมที่มีข้อบกพร่องออก
 - 3.2 เชื่อมซ่อมใหม่ตามขั้นตอนการเชื่อม (WPS: Welding Procedure Specification) ที่ได้รับการอนุมัติ
 - 3.3 เลือกช่างเชื่อมที่มีคุณสมบัติ (Qualified Welder)
4. ทำการซ่อมแซมแนวเชื่อม
 - 4.1 ใช้ลวดเชื่อมหรือวิธีเชื่อมที่เหมาะสมกับวัสดุ
 - 4.2 ควบคุมพารามิเตอร์การเชื่อม (กระแส, ความร้อน, ความเร็ว) ให้ถูกต้อง
5. ตรวจสอบซ้ำ (Re-test)
 - 5.1 ตรวจสอบด้วยวิธีเอ็กเรย์ซ้ำที่ตำแหน่งซ่อม
 - 5.2 ถ้ายังไม่ผ่าน ให้ทำซ้ำขั้นตอนการซ่อมและตรวจสอบ จนกว่าจะได้ตามเกณฑ์มาตรฐาน
- 6.การอนุมัติผล
 - 6.1 ถ้าแนวเชื่อมผ่านการตรวจสอบซ้ำ → บันทึกผลเป็น “ผ่าน”
 - 6.2 ถ้าไม่สามารถซ่อมจนผ่านได้ → อาจต้องตัดเปลี่ยนชิ้นส่วนนั้น

ตารางที่ 4.5 ตารางแสดงการทดสอบหารอยรั่วจากแนวเชื่อมด้วยวิธีการทดสอบ PRESSURE TEST

ตำแหน่งที่ตรวจสอบ	ความดันที่ใช้ ในการทดสอบ	เวลาที่ใช้ ในการทดสอบ	ผลการ ตรวจสอบ		ผลการ ทดสอบ
			ผ่าน	ไม่ ผ่าน	
ถึงน้ำมันชนิดติดกับแผ่นเปลือกเรือ(ตรวจทั้งถัง)					
1. แนวเชื่อมท่าราบ(1G)	0.3 bar (ไม่เกิน0.5 bar)	30 นาที		✓	ตรวจพบ ฟองสบู่ และแรงดัน ตก (ต้องแก้ไข*)
2. แนวเชื่อมท่าขนานนอน (2G)	0.3 bar (ไม่เกิน0.5 bar)	30 นาที	✓		ไม่พบฟอง สบู่ และแรงดัน ไม่ตก
3. แนวเชื่อมท่าเชื่อมขึ้น(3G)	0.3 bar (ไม่เกิน0.5 bar)	30 นาที	✓		ไม่พบฟอง สบู่ และแรงดัน ไม่ตก
4. แนวเชื่อมท่าเหนือศรีษะ (4G)	0.3 bar (ไม่เกิน0.5 bar)	30 นาที	✓		ไม่พบฟอง สบู่ และแรงดัน ไม่ตก

ขั้นตอนเมื่อการตรวจสอบ PRESSURE TEST ไม่ผ่าน

1. ระบุจุดรั่ว (Leak Location)
 - 1.1 ใช้น้ำสบู่ / ฟองสบู่ฉีดพ่นบริเวณแนวเชื่อม → ฟองสบู่ฟุดขึ้นตรงตำแหน่งรั่ว
 - 1.2 ใช้เครื่องตรวจจับการรั่ว (Leak Detector) เพื่อหาจุดที่แม่นยำ
2. บันทึกผลการตรวจสอบ
 - 2.1 ทำเครื่องหมายบนแนวเชื่อมตรงตำแหน่งที่รั่ว
 - 2.2 บันทึกลงในรายงาน พร้อมระบุสภาพการทดสอบ (แรงดันลม, ระยะเวลา, วิธีตรวจ)
3. เตรียมการซ่อมแซมแนวเชื่อม
 - 3.1 เลียร์หรือลบแนวเชื่อมบริเวณที่รั่วออก
 - 3.2 ตรวจสอบความสะอาด ไม่ให้มีสนิม คราบน้ำมัน หรือสิ่งแปลกปลอม
4. ซ่อมแซมแนวเชื่อม (Repair Welding)
 - 4.1 ทำการเชื่อมซ่อมตามขั้นตอน WPS (Welding Procedure Specification)
 - 4.2 เลือกช่างเชื่อมที่มีคุณสมบัติ
 - 4.3 ควบคุมพารามิเตอร์ให้เหมาะสม เช่น กระแส, ความเร็วเชื่อม, แก๊สป้องกัน
5. ตรวจสอบซ้ำ (Re-test)
 - 5.1 ทำการ Air Leak Test ซ้ำในบริเวณที่ซ่อม
 - 5.2 ถ้ายังไม่ผ่าน ให้ซ่อมแซมใหม่จนกว่าจะผ่านตามมาตรฐาน
6. การอนุมัติผล
 - 6.1 หากผ่าน → บันทึกผลเป็น “ผ่าน”
 - 6.2 หากไม่สามารถซ่อมจนผ่านได้ → อาจต้อง ตัดเปลี่ยนชิ้นงาน หรือใช้วิธีตรวจสอบซ้ำด้วย NDT

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลโครงการ

จากการตรวจสอบแนวเชื่อมด้วยการเอ็กซเรย์ (Radiographic Testing) ซึ่งเป็นการใช้รังสีเอ็กซ์หรือรังสีแกมมาทะลุผ่านชิ้นงานเพื่อสร้างภาพโครงสร้างภายใน ทำให้เราสามารถตรวจหาข้อบกพร่องภายในที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า การวิเคราะห์ภาพถ่ายเอ็กซเรย์ที่ได้ช่วยให้สามารถประเมินคุณภาพของงานเชื่อมได้อย่างละเอียดและแม่นยำ จากผลการตรวจสอบ พบว่าแนวเชื่อมมีคุณภาพดีในภาพรวม แต่ก็มีข้อบกพร่องบางประการที่ควรให้ความสำคัญเพื่อยกระดับความน่าเชื่อถือและความปลอดภัยของชิ้นงาน

5.1.1 ฟองอากาศ (Porosity): พบฟองอากาศขนาดเล็กกระจายอยู่เป็นกลุ่มตามแนวเชื่อม บ่งชี้ว่าอาจมีการควบคุมก๊าซป้องกันการเชื่อมที่ไม่เหมาะสม หรือมีความชื้นในลวดเชื่อมหรือบนผิวชิ้นงานมากเกินไป ฟองอากาศเหล่านี้แม้จะไม่ได้ส่งผลกระทบต่อความแข็งแรงของงานเชื่อมอย่างมีนัยสำคัญในทันที แต่ก็อาจกลายเป็นจุดเริ่มต้นของความเสียหายเมื่อชิ้นงานต้องรับแรงเค้นหรือแรงกระแทกในระยะยาว

5.1.2 การรวมตัวของสแลก (Slag Inclusion): ตรวจพบการรวมตัวของสแลกในบางตำแหน่ง โดยเฉพาะบริเวณรอยต่อระหว่างชั้นการเชื่อม ซึ่งเป็นผลมาจากการทำความสะอาดที่ไม่สมบูรณ์ก่อนการเชื่อมชั้นถัดไป การรวมตัวของสแลกที่ขวางการไหลของโลหะเชื่อมนี้จะทำให้ความแข็งแรงของแนวเชื่อมลดลงอย่างชัดเจน และอาจกลายเป็นจุดเริ่มต้นของรอยร้าวในภายหลัง

5.1.3 การหลอมละลายไม่สมบูรณ์ (Lack of Fusion): พบในบางจุดที่ขอบของแนวเชื่อมไม่ได้หลอมรวมเข้ากับเนื้อชิ้นงานอย่างสมบูรณ์ ซึ่งเกิดจากความร้อนในการเชื่อมที่ไม่เพียงพอ หรือการเคลื่อนที่ของหัวเชื่อมที่เร็วเกินไป ทำให้ไม่มีการเชื่อมต่อที่เป็นเนื้อเดียวกันระหว่างโลหะเชื่อมและชิ้นงาน ซึ่งเป็นข้อบกพร่องที่ร้ายแรงที่ลดความสามารถในการรับแรงของแนวเชื่อม

5.1.5 การเชื่อมไม่ซึมลึก (Lack of Penetration): ตรวจพบว่าบางส่วนของแนวเชื่อมไม่ได้หลอมละลายจนทะลุถึงรากของแนวเชื่อม ซึ่งเกิดจากการปรับกระแสไฟหรือความเร็วในการเชื่อมที่ไม่เหมาะสม ทำให้แนวเชื่อมขาดความแข็งแรงและไม่สามารถรับแรงได้เต็มที่ตามที่ควรจะเป็น

5.1.6 รอยร้าว (Cracks): ไม่พบรอยร้าว ที่ร้ายแรงในแนวเชื่อม ซึ่งเป็นข้อดีที่แสดงให้เห็นว่าการควบคุมอุณหภูมิและความร้อนในระหว่างการเชื่อมและการเย็นตัวของชิ้นงานได้ดี

5.2 ข้อเสนอแนะ

เพื่อการยกระดับคุณภาพของงานเชื่อมและลดข้อบกพร่องที่พบ ควรพิจารณาและดำเนินการตามข้อเสนอแนะดังนี้

5.2.1 การควบคุมความชื้น: ควรจัดเก็บและอบลวดเชื่อมตามมาตรฐานที่กำหนดก่อนการใช้งาน เพื่อลดความชื้นซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดฟองอากาศ

5.2.2 ปรับปรุงการทำความสะอาด: ควรเน้นการทำความสะอาดแนวเชื่อมระหว่างการเชื่อมแต่ละชั้นให้ละเอียดขึ้น เพื่อกำจัดสแลกที่ตกค้างออกให้หมด

5.2.3 ควบคุมพารามิเตอร์การเชื่อม: ควรตรวจสอบและปรับกระแสไฟและความเร็วในการเชื่อมให้เหมาะสม เพื่อให้มั่นใจว่าการหลอมละลายและการซึมลึกเป็นไปอย่างสมบูรณ์

5.2.4 การฝึกอบรมเพิ่มเติม: จัดให้มีการฝึกอบรมพนักงานเชื่อมอย่างต่อเนื่องในเรื่องเทคนิคการเชื่อมที่ถูกต้อง และการควบคุมคุณภาพในทุกขั้นตอน การแก้ไขข้อบกพร่องเหล่านี้จะช่วยให้แนวเชื่อมมีความแข็งแรงและทนทานตามมาตรฐานที่กำหนด ลดความเสี่ยงในการเกิดความเสียหายในอนาคตและเพิ่มความน่าเชื่อถือให้กับงานในภาพรวม

5.2.5 การทำความสะอาด: ให้ความสำคัญกับการทำความสะอาดแนวเชื่อมระหว่างการเชื่อมแต่ละชั้นให้ละเอียดมากขึ้น เพื่อกำจัดสแลกและสิ่งสกปรกอื่น ๆ ที่อาจตกค้าง

5.2.6 การปรับปรุงเทคนิคการเชื่อม: ควรมีการตรวจสอบและปรับพารามิเตอร์การเชื่อม เช่น กระแสไฟและความเร็วในการเชื่อม ให้เหมาะสมกับชนิดของวัสดุและความหนาของชิ้นงาน เพื่อให้มั่นใจว่าการหลอมละลายและการซึมลึกเป็นไปอย่างสมบูรณ์

5.2.7 การฝึกอบรมบุคลากร: ควรจัดให้มีการฝึกอบรมพนักงานเชื่อมอย่างต่อเนื่องในเรื่องเทคนิคการเชื่อมที่ถูกต้อง และการควบคุมคุณภาพในทุกขั้นตอน

บรรณานุกรม

- กรมอุทกหารเรือ. (2559). มาตรฐานงานเชื่อมเรือและโครงสร้างโลหะ. กรุงเทพมหานคร: กรมอุทกหารเรือ.
- วิรัช วรรณประเสริฐ. (2560). “การประยุกต์ใช้รังสีเอกซ์ในการตรวจสอบแนวเชื่อมของโครงสร้างทางเรือ.” วารสารวิศวกรรมเครื่องกลและการผลิต, 9(2), 45-53.
- สมาคมการเชื่อมแห่งประเทศไทย. (2562). การทดสอบแบบไม่ทำลาย (NDT) สำหรับงานเชื่อม. กรุงเทพฯ: สมาคมการเชื่อมแห่งประเทศไทย.
- สถาบันมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2565). มาตรฐานการทดสอบแบบไม่ทำลายของแนวเชื่อมโลหะ: การทดสอบด้วยรังสีเอกซ์และแกมมา. กรุงเทพฯ: สมอ.
- American Bureau of Shipping. (2545). คู่มือการตรวจสอบแนวเชื่อมโครงสร้างเรือด้วยวิธีไม่ทำลาย. ฮุสตัน: ABS.
- Baldev Raj, T. Jayakumar, & M. Thavasimuthu. (2545). การทดสอบแบบไม่ทำลายเชิงปฏิบัติ (Practical Non-Destructive Testing). นิวเดลี: Narosa Publishing House.
- Hellier, C. (2555). คู่มือการทดสอบแบบไม่ทำลาย (Handbook of Nondestructive Evaluation). แปลโดย คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ: แมคกรอว์-ฮิลล์.
- International Organization for Standardization. (2565). ISO 17636-1: การทดสอบแบบไม่ทำลายของแนวเชื่อม การทดสอบด้วยรังสี ส่วนที่ 1: เทคนิคเอกซเรย์และแกมมาเรย์โดยใช้ฟิล์ม. เจนีวา: ISO.
- International Organization for Standardization. (2565). ISO 17636-2: การทดสอบแบบไม่ทำลายของแนวเชื่อม การทดสอบด้วยรังสี ส่วนที่ 2: เทคนิคเอกซเรย์และแกมมาเรย์โดยใช้เครื่องตรวจจับดิจิทัล. เจนีวา: ISO.

Kamal Basha, S. & Nambiar, A. (2568). “การพัฒนาระบบตรวจจับรอยบกพร่องในแนวเชื่อมสำหรับงานอุ้ตต่อเรือโดยใช้โครงข่ายประสาทเชิงลึก.” วารสารวิจัยทางวิศวกรรม, 18 (2).

Rebello, J. M. A., Vieira, A. P., & Lopes, R. T. (2549). “การวิเคราะห์รูปแบบรอยบกพร่องแนวเชื่อมที่ได้จากการทดสอบด้วยรังสีเอกซ์.” วารสารวิศวกรรมวัสดุ.

Xu, Y., Li, H., & Wang, J. (2562). “เทคนิคการใช้รังสีเอกซ์ในการตรวจสอบแนวเชื่อมสำหรับอุตสาหกรรมต่อเรือ.” วารสารการออกแบบและการผลิตเรือ, 35(3), 210-218.

Zhou, Y., Shi, K., & Hao, G. (2568). “โมเดลปัญญาประดิษฐ์สำหรับการจำแนกและแยกขอบเขตความบกพร่องในภาพเอ็กซ์เรย์แนวเชื่อม.” วารสารปัญญาประดิษฐ์ประยุกต์, 12 (1).



ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ภาพประกอบการทำงาน



รูปภาคผนวกที่ 1 นักศึกษาและผู้นิเทศร่วมถ่ายภาพภายในสถานที่กับอาจารย์นิเทศ



รูปภาคผนวกที่ 2 นักศึกษาและผู้นิเทศร่วมถ่ายภาพภายในสถานที่กับอาจารย์นิเทศ



รูปภาคผนวกที่ 3 นักศึกษาและผู้นิเทศร่วมถ่ายภาพภายในสถานที่กับอาจารย์นิเทศ

ประวัติผู้จัดทำ



ชื่อ-นามสกุล	นายพลกุล ทิพยธรรม
รหัสนักศึกษา	6524100003
คณะ	วิศวกรรมศาสตร์
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกล
ที่อยู่	190/111 แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพมหานคร
อีเมล	pollakul.thi@siam.edu
เบอร์	0890463762
ประวัติการศึกษา	มัธยมศึกษาตอนต้น : โรงเรียนทวิธาภิเศก มัธยมศึกษาตอนปลาย : โรงเรียนช่างฝีมือทหาร ปริญญาตรี : มหาวิทยาลัยสยาม