

กรณีศึกษางานเชื่อมโครงสร้างเหล็กและแท่นเจาะ

ณ บริษัท ไทยนิปปอนสตีลฯ จ. สมุทรปราการ

Cast Study of Welding in Structure at Thai Nippon Steel Company,
Samutprakarn

นายไพศาล อินทลี

14041744

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ.....24 ต.ค. 2551
เลขทะเบียน.....05000154
เลขเรียกหนังสือ.....
มหาวิทยาลัยนเรศวร พงศธร 2349

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2549



ใบรับรองโครงการ

หัวข้อโครงการ : กรณีศึกษางานเชื่อม โครงสร้างเหล็กและแท่นเจาะ ณ บริษัท
ไทยนิปปอนสตีลฯ จ. สมุทรปราการ
(Cast Study of Welding in Structure at Thai Nippon Steel
Company, Samutprakarn)

ผู้ดำเนินโครงการ : นายไพศาล อินทลี รหัส 45380190

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ : ดร.ปิยะนันท์ เจริญสวรรค์

ภาควิชา : วิศวกรรมเครื่องกล

ปีการศึกษา : 2549

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธนบุรี อนุมัติให้โครงการฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะกรรมการสอบโครงการ

..... ประธานกรรมการ
(ดร.ปิยะนันท์ เจริญสวรรค์)

..... กรรมการ
(ผศ.ขวัญชัย ไกรทอง)

..... กรรมการ
(อาจารย์หุพงษ์ ช่วยเพ็ญ)

หัวข้อโครงการ	: กรณีศึกษางานเชื่อม โครงสร้างเหล็กและแท่นเจาะ ณ บริษัท ไทยนิปปอนสตีล จ.สมุทรปราการ	
ผู้ดำเนินโครงการ	: นายไพศาล อินทลี	รหัส 45380190
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ	: ดร.ปิยะนันท์ เจริญสุวรรณค์	
ภาควิชา	: วิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร	
ปีการศึกษา	: 2549	

บทคัดย่อ

บริษัท ไทยนิปปอนสตีล เอ็นจิเนียริ่ง แอนด์ คอนสตรัคชั่น คอร์ปอเรชั่น จำกัด เป็นเพียง 1 ใน 2 ของบริษัทในประเทศไทยที่ได้ทำการผลิตและติดตั้ง โครงสร้างเหล็กและแท่นเจาะน้ำมันและก๊าซธรรมชาติในอ่าวไทย ได้ทำการนำเอาเหล็กขนาดใหญ่มาเชื่อมประกอบทำเป็น โครงสร้างโดยสามารถแบ่งออกได้ 2 ส่วนหลักๆ คือ ส่วนของ โครงสร้างเหล็กเรียกว่า “Jacket” และส่วนของแท่นเจาะเรียกว่า “Deck” นอกจากนี้ยังมีส่วนย่อย เช่น เสาเข็ม บันได สะพานและ ราวจับ เป็นต้น

ในโครงการนี้ได้ทำการศึกษาการเชื่อม โครงสร้างเหล็กและแท่นเจาะของแผนก Structure ซึ่งได้ทำการศึกษาการเชื่อมงานของเสาเข็มที่ทำมาจากท่อเหล็กขนาดใหญ่ เส้นผ่าศูนย์กลาง 1219 มม. และหนา 40 มม. โดยยกตัวอย่างทำการศึกษาการเชื่อมงานใน Joint J2 ชิ้นส่วนที่ P4-A1 จากแบบ Drawing No.AQP-SJ-JK-2023A โดยมีข้อกำหนดในการเชื่อมงานของ Joint J2 นี้คือ WPS No.S9 โดยเป็นข้อกำหนดบอกคุณลักษณะและวิธีการเชื่อมงานของ Joint J2 คือ การต่อชิ้นงานแบบต่อชนมีลักษณะการบากร่องแบบคล้ายตัว V ทั้ง 2 ด้านของชิ้นงาน เชื่อมงานด้วยกระบวนการเชื่อมแบบได้ฟลักซ์ใช้ไฟกระแสดตรง โดยกระแสอยู่ในช่วงระหว่าง 520-580 แอมป์ แรงเคลื่อนไฟฟ้า 31-35 โวลต์ ความเร็วการหมุนของท่อ 46-60 ชม.ต่อนาที อัตราการป้อนลวดเชื่อมในการเชื่อม 105-123 ชม.ต่อนาที ท่าเชื่อมที่ใช้ในการเชื่อม คือท่า 1G มีการเดินแนวเชื่อมในแนวตรงไม่มีการส่ายขณะเดินแนวเชื่อม โดยก่อนทำการเชื่อมต้องทำการอุ่นชิ้นงานก่อนเชื่อมที่อุณหภูมิ 107 °C เป็นอย่างน้อย โดยเมื่อทำการเชื่อมชิ้นงานเสร็จเรียบร้อยแล้วจะมีการตรวจสอบแนวเชื่อมแบบไม่ทำลาย ด้วยวิธีการตรวจสอบด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง ซึ่งผลที่ออกมาปรากฏว่าไม่พบจุดบกพร่องใดๆ ในแนวเชื่อม หากในกรณีที่แนวเชื่อมเกิดมีจุดบกพร่องจะต้องทำการแก้ไขข้อบกพร่องเฉพาะจุดบกพร่องนั้นใหม่ตามข้อกำหนด WPS No.S9 เช่นกัน

Project Title : Cast Study of Welding in Structure at Thai Nippon Steel
Company, Samutprakarn

Name : Mr.Prisan Inlee Code 45380190

Project Advisor : Dr.Piyanun Charoensawan

Department : Mechanical Engineering Faculty of Engineering Naresuan
University

Academic Year : 2006

Abstract

Thai Nippon Steel Engineering & Construction Corporation Limited. It's only 1 of 2 company in Thailand to produce and install Jacket and Deck in Gulf of Thailand. Jacket and Deck are made from large steel as welding process, out of Jacket and Deck, there are a part of minor to welding is Pile, a pair of stair, a pier and handrail for example.

This project study about welding in Pile of Structure Section. Pile are produce from large pipe, diameter 1219 mm. and thickness 40 mm. Example for study of welding in joint J2 part P4-A1 from Drawing No.AQP-SJ-JK-2023A. Procedure of welding of joint J2 is WPS No.S9 and there is a characteristic and work instruction for joint J2. It's refer to butt joint and double-v double side , Submerge Arc Welding process and use AC polarity at 520-580 Amp and 31-35 Volt, Travel speed of pipe 46-60 cm./min., Wire feed speed 105-123 cm./min., Welding position 1G and stringer bead and Preheat at 107 °C for minimum. Weld bead can test by Non Destructive Testing after welding complete. Joint J2 is test by Ultrasonic Testing and result is not find discontinuity, if find discontinuity welder must be repair this joint follow WPS No.S9 too.

กิตติกรรมประกาศ

การที่ผู้จัดทำโครงการได้มาปฏิบัติงานการฝึกงาน ณ ไทยนิปอนสตeel เอ็นจิเนียริง แอนด์ คอนสตรัคชั่น คอร์ปอเรชั่น จำกัด (จ.สมุทรปราการ) ตั้งแต่วันที่ 5 มิถุนายน พ.ศ. 2549 ถึงวันที่ 22 กันยายน พ.ศ. 2549 ส่งผลให้ข้าพเจ้าได้รับความรู้และประสบการณ์โดยตรงในการทำงานจริงและระบบการทำงานต่างๆ อีกมากมาย

สำหรับโครงการฉบับนี้ สำเร็จลงได้ด้วยดีเนื่องจากความกรุณาช่วยเหลือของ ดร.ปิยะนันท์ เจริญสวรรค์ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ รวมถึงคณะอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่กรุณาให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะ รวมทั้งตรวจแก้ไขปริญญานิพนธ์

ขอขอบพระคุณ บริษัท ไทยนิปอนสตeel เอ็นจิเนียริง แอนด์ คอนสตรัคชั่น คอร์ปอเรชั่น จำกัด (จ.สมุทรปราการ) ที่ได้ให้โอกาสเข้ามาฝึกงานเพื่อหาประสบการณ์ และเอื้อเฟื้อข้อมูลของบริษัทที่เป็นประโยชน์ต่อการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ คุณวรพล คุณอนุสรณ์ คุณสุริยา คุณนภาพร พี่บัณฑิต พี่สุพันธ์ และพี่ๆ ทุกคนในแผนก Structure ที่ให้ความรู้ความร่วมมือ และให้การสนับสนุนจึงทำให้การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้สำเร็จได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และสมาชิกในครอบครัวทุกคนที่ให้การสนับสนุนให้กำลังใจและค่าใช้จ่าย จึงทำให้การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้สำเร็จได้ด้วยดี

นายไพโรส อินทลี

สารบัญ

	หน้า
ใบรับรองโครงการงาน	ก
บทคัดย่อ	ข
Abstract	ก
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญรูปภาพ	ช
สารบัญตาราง	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ประวัติและรายละเอียดเกี่ยวกับบริษัท	1
1.2 ความสำคัญและที่มา	4
1.3 วัตถุประสงค์	4
1.4 ขอบเขต	4
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน	4
1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	5
1.7 งบประมาณ	5
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	6
2.1 คำศัพท์ คำจำกัดความและความหมายต่างๆ ของงานเชื่อม	6
2.2 รูปร่างรอยต่อ ทำเชื่อมและแนวเชื่อม	11
2.3 สัญลักษณ์งานเชื่อม (Welding Symbol)	22
2.4 การทดสอบแบบไม่ทำลาย (Non-Destructive Testing, NDT)	27
2.5 จุดบกพร่องในแนวเชื่อมและในเหล็ก (Weld and Base Metal Discontinuities)	31
2.6 หน้าที่ความรับผิดชอบของช่างเชื่อม	40
บทที่ 3 วัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือและกระบวนการเชื่อมในงานเชื่อม	43
3.1 ตู้เชื่อม	43
3.2 เครื่องมือการแก้ไข	50
3.3 เครื่องให้ความร้อนแก่ชิ้นงานก่อนการเชื่อม	52
3.4 อุปกรณ์งานเชื่อม	55

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
3.5 กระบวนการเชื่อม	59
3.6 วัสดุสิ้นเปลืองงานเชื่อม	64
บทที่ 4 ผลการศึกษางานเชื่อมและวิเคราะห์	69
4.1 การประกอบชิ้นงาน	73
4.2 การเชื่อมชิ้นงาน	75
4.3 การตรวจสอบแนวเชื่อม	77
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	80
5.1 สรุปผลการศึกษา	80
5.2 ข้อเสนอแนะ	80
บรรณานุกรม	81
ภาคผนวก ก Drawing No. AQP-SJ-JK-2023A	82
ภาคผนวก ข WPS No.S9	84
ภาคผนวก ค PQR No.TWS-113-1G	86
ประวัติผู้ทำโครงการ	90

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 1.1 แสดง โครงสร้างเหล็ก (Jacket)	3
รูปที่ 1.2 แสดง แท่นขุดเจาะ (Deck)	3
รูปที่ 2.1 แสดง Single V Single Side Weld [2]	12
รูปที่ 2.2 แสดง Single Bevel Single Side Weld [2]	12
รูปที่ 2.3 แสดง Double V Double Side Weld [2]	13
รูปที่ 2.4 แสดง Double Bevel Double Side Weld [2]	13
รูปที่ 2.5 แสดง Single V Double Side Weld [2]	14
รูปที่ 2.6 แสดง Single Bevel Double Side Weld [2]	14
รูปที่ 2.7 แสดง Convex Fillet Weld [2]	15
รูปที่ 2.8 แสดง Concave Fillet Weld [2]	15
รูปที่ 2.9 แสดงลักษณะการต่อชิ้นงานในงานเชื่อม [2]	16
รูปที่ 2.10 แสดงตำแหน่งการวางชิ้นงานทำเชื่อมแบบ Fillet Weld ในงานเชื่อม Plate [2]	18
รูปที่ 2.11 แสดงท่าเชื่อมที่เป็น Groove Weld ในงานเชื่อม Plate [2]	19
รูปที่ 2.12 แสดงท่าเชื่อมที่เป็น Groove Weld ในงานเชื่อม ท่อ [2]	20
รูปที่ 2.13 แสดง Stringer Bead [2]	21
รูปที่ 2.14 แสดง Weave Bead [2]	21
รูปที่ 2.15 แสดง Back Step Sequence [2]	21
รูปที่ 2.16 แสดง Boxing Sequence [2]	22
รูปที่ 2.17 แสดง Weld Bead and Weld Layers [2]	22
รูปที่ 2.18 แสดงความหมายของตำแหน่งที่ลูกศรชี้ [2]	23
รูปที่ 2.19 แสดงสัญลักษณ์การบากร่อง (Groove)[2]	23
รูปที่ 2.20 รูปแสดงสัญลักษณ์งานเชื่อม [2]	23
รูปที่ 2.21 รูปแสดงสัญลักษณ์งานเชื่อม [2]	24
รูปที่ 2.22 แสดงการวางสัญลักษณ์แนวเชื่อม [2]	24
รูปที่ 2.23 แสดงสัญลักษณ์และการทำงานของลูกศร Arrow Side และ Other Side กรณีลูกศรหัก [2]	25
รูปที่ 2.24 แสดงสัญลักษณ์และการทำงานของลูกศร Arrow Side และ Other Side [2]	26
รูปที่ 2.25 แสดงวิธีการถ่ายภาพด้วยรังสี [1]	27

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 2.26 แสดงทิศทางการสะท้อนของคลื่นเสียง [1]	28
รูปที่ 2.27 แสดงทิศทางการสะท้อนและผลที่แสดงออกมา [1]	29
รูปที่ 2.28 แสดงการทดสอบด้วยวิธี MT [1]	30
รูปที่ 2.29 แสดงสารแทรกซึมแทรกลงไปในรอบบัพพร้อม [1]	30
รูปที่ 2.30 แสดงสารแทรกซึมลดยออกมาจากรอบบัพพร้อมหลังใส่สาร Developer [1]	31
รูปที่ 2.31 แสดงรอยแตกเปรียบเทียบกับแกนแนวเชื่อม [3]	32
รูปที่ 2.32 แสดงรอยแตกที่ตื้นแนวเชื่อม [3]	33
รูปที่ 2.33 แสดงรอยแตกที่จุดหยุดลวดเชื่อม [3]	33
รูปที่ 2.34 แสดงรอยแตกภายใต้แนวเชื่อม [3]	34
รูปที่ 2.35 แสดงการหลอมละลายไม่สมบูรณ์ [3]	35
รูปที่ 2.36 แสดงการซึมลึกของรอยต่อไม่สมบูรณ์ [3]	36
รูปที่ 2.37 แสดงสิ่งฝังในในแนวเชื่อม [3]	36
รูปที่ 2.38 แสดงลักษณะฟองอากาศในแนวเชื่อม [3]	37
รูปที่ 2.39 แสดงรอยกัดข้าง [3]	38
รูปที่ 2.40 แสดงแนวเชื่อมไม่เต็ม [3]	38
รูปที่ 2.41 แสดงรอยเกย [3]	39
รูปที่ 2.42 แสดง Lamellar Tear [3]	40
รูปที่ 3.1 แสดงเครื่องเชื่อมแบบธรรมดาพลัง	44
รูปที่ 3.2 แสดงเครื่อง OTC 1500 Amp	46
รูปที่ 3.3 แสดงชุดเครื่องเชื่อมอัตโนมัติ	46
รูปที่ 3.4 แสดงการต่อขั้วแบบ DCEP	47
รูปที่ 3.5 แสดงการต่อขั้วแบบ DCEN	47
รูปที่ 3.6 แสดงชุดปรับกระแสของเครื่องเชื่อม Lincoln 1000 Amp (Auto)	48
รูปที่ 3.7 แสดงชุดเก็บและลำเลียงลวดเชื่อม Lincoln 1000 Amp (Auto)	48
รูปที่ 3.8 แสดงถังเก็บและสายลำเลียงลวดเชื่อม Lincoln 1000 Amp (Auto)	49
รูปที่ 3.9 แสดงชุดป้อนลวดเชื่อมและฟลักซ์	49
รูปที่ 3.10 แสดงเครื่องเชื่อม Lincoln 600 Amp	50
รูปที่ 3.11 แสดงชุดเครื่องเชื่อมฟลักซ์คอร์ Lincoln 600 Amp (Semi Auto)	50

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.12 แสดงหัวแก๊สและแท่งลวดแก๊สคาร์บอน	51
รูปที่ 3.13 แสดงเครื่อง Investor Neddy Heater	53
รูปที่ 2.14 แสดงการต่ออุปกรณ์ของเครื่องให้ความร้อน Investor Neddy Heater	54
รูปที่ 3.15 แสดงหัวเผาหัวเผาเดี่ยว (Burner Torch)	54
รูปที่ 3.16 แสดงหัวเผาลูก (Nozzle for Circular Sleeve Burner Flame)	55
รูปที่ 3.17 แสดงหัวเผาแบบครึ่งวงกลม (Circular Sleeve Burner Flame)	55
รูปที่ 3.18 แสดงกระบอกอบลวดเชื่อม	56
รูปที่ 3.19 แสดงหม้อพักลม	57
รูปที่ 3.20 แสดงชอล์กที่ใช้วัดอุณหภูมิ	58
รูปที่ 3.21 แสดงกระบวนการเชื่อมแบบ SMAW	60
รูปที่ 3.22 แสดงแนวเชื่อมจากกระบวนการเชื่อมแบบ SMAW	61
รูปที่ 2.23 แสดงลวดเชื่อมชนิดเบอร์รี่	62
รูปที่ 3.24 แสดงผงฟลักซ์	62
รูปที่ 3.25 แสดงลวดเชื่อมทำการ Arc ได้ฟลักซ์	63
รูปที่ 3.26 แสดงแนวเชื่อมจากกระบวนการเชื่อมแบบ FCAW	64
รูปที่ 3.27 แสดงตู้อบ (Baking) ลวดเชื่อมไฟฟ้า	65
รูปที่ 3.28 แสดงตู้เก็บ (Holding) ลวดเชื่อมไฟฟ้า	66
รูปที่ 3.29 แสดงตู้อบฟลักซ์ SAW ที่ 260 องศา C	67
รูปที่ 3.30 แสดงตู้เก็บฟลักซ์ SAW ที่ 120 องศา C	67
รูปที่ 4.1 แสดง Pile ขึ้นส่วนที่ P4-A1 ที่ Joint J2	69
รูปที่ 4.2 แสดง รูป Joint J2 จากภาคผนวก ก. Drawing No.AQP-SJ-JK-2023A	70
รูปที่ 4.3 แสดงรูปร่างการบาคขึ้นงานที่ความหนา Joint J2 จากงานจริง	70
รูปที่ 4.4 แสดงสัญลักษณ์บนขึ้นงาน	71
รูปที่ 4.5 แสดงวิธีการตัดรอยต่อ โดยใช้หัวตัดแก๊ส	71
รูปที่ 4.6 แสดงการวัดขึ้นงานด้วยเวลเกท	72
รูปที่ 4.7 แสดงการเจียรแต่งขึ้นงาน	72
รูปที่ 4.8 แสดง Roller	73
รูปที่ 4.9 แสดงการเผาก่อนทำการ Tack Weld	74

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.10 แสดงการแบ่งแนว Tack Weld	74
รูปที่ 4.11 แสดงความยาวแนว Tack Weld ต่อ 1 จุด	75
รูปที่ 4.12 แสดงการอุ่นชิ้นงานด้วยหัวเผาแก๊ส	76
รูปที่ 4.13 แสดงกระบวนการเชื่อม SAW ภายนอกท่อ	77
รูปที่ 4.14 แสดงแนวเชื่อมด้านนอกและระยะในการเก็ทและแนวเชื่อมด้านในท่อ	77
รูปที่ 4.15 แสดงแนวเชื่อมของ Joint J2 ที่เชื่อมเสร็จแล้ว	78
รูปที่ 4.16 แสดงวิธีการตรวจสอบแนวเชื่อมแบบ UT	78
รูปที่ 4.17 แสดงหลักการทำงานเครื่องตรวจสอบแนวเชื่อมแบบ UT	78
รูปที่ 4.18 แสดงผลจากจอเมื่อเจอสิ่งบกพร่อง	79
รูปที่ 4.19 แสดงผลของการตรวจแนวเชื่อมแบบ UT	79
รูปที่ ข. WPS No.S9	85
รูปที่ 1ค. PQR No. TWS-113-1G	87
รูปที่ 2ค. PQR No. TWS-113-1G	88
รูปที่ 3ค. PQR No. TWS-113-1G	89

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1.1 แสดงขั้นตอนการศึกษา	5
ตารางที่ 3.1 แสดงขนาดลวดเก๊าท์สัมพันธ์กับกระแส	51
ตารางที่ 3.2 แสดงการควบคุมวัสดุสิ้นเปลืองของลวดเชื่อมไฟฟ้า E-7016	65



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ประวัติและรายละเอียดเกี่ยวกับบริษัท

บริษัทไทยนิปปอนสตีล เอ็นจิเนียริง แอนด์ คอนสตรัคชั่น คอร์ปอเรชั่น จำกัด ได้ก่อตั้งขึ้นเมื่อ ค.ศ. 1987 โดยใช้ชื่อ Nippon Steel Corporation (NSC.) โดยการชักจูงจากผู้นำแห่งโลกการผลิตเหล็ก บริษัทวิศวกรรมต่างๆ และกลุ่มของ ItalThai มารวมกลุ่มกันทำหนังสือว่าจ้างในเมืองไทย ต่อมาได้เปลี่ยนชื่อเป็นบริษัทไทยนิปปอนสตีล เอ็นจิเนียริง แอนด์ คอนสตรัคชั่น คอร์ปอเรชั่น จำกัด หรือมีชื่อเรียกย่อทางการค้าว่า TNS ตั้งอยู่ ณ เลขที่ 390 หมู่ 6 ถนนพ้ายบ้าน ต.พ้ายบ้าน อ.เมือง จ.สมุทรปราการ เป็นบริษัทรับเหมาก่อสร้างซึ่งผลิตแทนชุดเจาะน้ำมันและก๊าซธรรมชาติ ณ ปัจจุบันนี้บริษัทไทยนิปปอนสตีล (TNS) ได้เปิดกิจการมาแล้ว 18 ปี มีโรงงานประกอบ 2 สาขา ได้แก่ AMARA YARD และ BANGPAKONG YARD ผลิตแทนชุดเจาะน้ำมันและก๊าซธรรมชาติ ออกมามากกว่า 60 แท่นในอ่าวไทยซึ่งประกอบด้วยโครงการของ UNOCAL Thailand, PTTEP, PTT, CHEVRON Texaco, ETOC, TECHNIP, POGO, TEPM

การบริหารงานบริษัทไทยนิปปอนสตีลฯ (TNS) ฝ่ายผู้บริหารทำการกำหนดนโยบายและแผนงานตามตามสถานการณ์ที่บริษัทสามารถประมวลโครงการได้ แผนงานส่วนใหญ่จะเป็นระยะสั้นจะทำตามโครงการที่ได้รับและจะแบ่งงานตามต่างๆตามแผนก ของระบบที่บริษัทไทยนิปปอนสตีลฯ กำหนดไว้

หน้าที่ความรับผิดชอบของหน่วยงานต่างๆ

1. **กรรมการผู้จัดการ (Managing Director)** หมายถึง ผู้บริหารสูงสุดขององค์การธุรกิจมีหน้าที่กำหนดนโยบาย เป้าหมาย วัตถุประสงค์ และวางแผนการดำเนินการขององค์กร
2. **ผู้จัดการ (Manager)** หมายถึง ผู้จัดการแผนกต่างๆ มีอำนาจหน้าที่ตามที่ได้รับมอบหมาย และปฏิบัติตามนโยบายเป้าหมาย วัตถุประสงค์ และแผนงานที่ถูกกำหนดไว้
3. **แผนกบุคคล (Personal)** มีหน้าที่สรรหาและบรรจุแต่งตั้งพนักงาน โดยเริ่มตั้งแต่การวางแผนทางด้านแรงงาน สรรหาบุคคลเข้าทำงานให้ตรงกับความสามารถ และให้ตรงกับคุณสมบัติที่แต่ละแผนกต้องการ ทำการฝึกอบรมเพื่อเพิ่มพูนความรู้และทักษะให้กับพนักงาน และเทคโนโลยีใหม่ๆ ในการปฏิบัติงาน การดูแลเอาใจใส่ในเรื่องสวัสดิการ การออกกฎระเบียบให้พนักงานถือปฏิบัติในทิศทางเดียวกัน และปลูกฝังให้พนักงานให้พนักงานรักองค์กรเพื่อสร้างศักยภาพในองค์กร

4. **แผนการเงิน-บัญชี (Accounting)** มีหน้าที่ดูแลเรื่องรายรับรายจ่ายของบริษัท ซึ่งจะต้องเตรียมเอกสาร ตรวจสอบความถูกต้องของเอกสารเพื่อทำงาให้เจ้าหน้าที่ ดูแลด้านการขายสินค้าของบริษัท และการเรียกเก็บเงินจากลูกค้า ดูแลเกี่ยวกับการปิดบัญชีของบริษัท หน้าที่ด้านการเงินคือ การบริหารจัดการสินทรัพย์ทางการเงินขององค์กร ทำการรวบรวมข้อมูลเพื่อวิเคราะห์ถึงผลตอบแทนที่จะได้รับจากการลงทุน เพื่อจัดทำรายงานต่อผู้บริหารเพื่อใช้เป็นข้อมูลต่อการตัดสินใจว่าจะเลือกลงทุนในด้านต่างๆเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด

5. **แผนกจัดซื้อ (Purchase)** มีหน้าที่จัดซื้อและจัดหาวัตถุดิบ เครื่องจักร อุปกรณ์สิ่งของต่างๆให้เป็นไปตามคุณสมบัติที่ต้องการของลูกค้าเพื่อนำมาดำเนินการผลิต

6. **แผนกตรวจสอบคุณภาพ (QA/QC)** มีหน้าที่ควบคุม และตรวจสอบขบวนการผลิตและคุณภาพสินค้าให้มีประสิทธิภาพก่อนส่งให้ลูกค้า

7. **แผนกไฟฟ้า (E&D)** มีหน้าที่รับผิดชอบเกี่ยวกับระบบไฟฟ้า ระบบอุปกรณ์ และระบบสื่อสารทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ที่ผลิต

8. **แผนกโครงสร้าง (Structure)** มีหน้าที่รับผิดชอบเกี่ยวกับงานก่อสร้างโครงสร้างทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ที่ผลิต

9. **แผนกสี (Painting)** มีหน้าที่รับผิดชอบเกี่ยวกับงานสีทั้งหมดของผลิตภัณฑ์

10. **แผนกควบคุมวัสดุ (Material Control)** มีหน้าที่การรับ-การจ่ายวัสดุในการผลิต

11. **แผนกซ่อมบำรุง (Maintenance)** มีหน้าที่ซ่อมบำรุงและรักษาเครื่องมืออุปกรณ์ต่างๆที่อยู่ในองค์กรให้อยู่ในสภาพที่ดีและปลอดภัย

12. **แผนกความปลอดภัย (Safety)** มีหน้าที่กำหนดนโยบายความปลอดภัย อาชีวอนามัย และการป้องกันสิ่งแวดลอม ทรัพยากรธรรมชาติ พนักงานแล้วสด คือเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยเป็นผู้นำในการตรวจตราความปลอดภัยการสำรวจความปลอดภัย และทำนุบำรุง พัฒนาระบบความปลอดภัยให้คำปรึกษา แนะนำ เสนอแนวทางในเรื่องความปลอดภัย ให้การสัมมนา ให้การอบรมฝึกสอนในเรื่องความปลอดภัย เป็นผู้นำให้การจัดทำแผนงานด้านความปลอดภัยและโครงการด้านความปลอดภัยต่างๆ

ผลิตภัณฑ์ (Product)

ผลิตภัณฑ์ ที่บริษัทไทยนิปปอนสตีลฯ (TNS) ได้ผลิต คือ โครงสร้างและแท่นขุดเจาะน้ำมันและก๊าซธรรมชาติ โดยสามารถแยกออกได้เป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของโครงสร้าง เรียกว่า Jacket แสดงดังรูปที่ 1.1 และส่วนของแท่นขุดเจาะซึ่งเรียกว่า Deck แสดงดังรูป 1.2 และนอกจากนี้ ยังมีส่วนย่อยอื่นๆ เช่น เสาเข็ม, สะพาน, บันได หรือ ราวจับ เป็นต้น



รูปที่ 1.1 แสดงโครงสร้างเหล็ก (Jacket)



รูปที่ 1.2 แสดงแท่นขุดเจาะ (Deck)

1.2 ความสำคัญและที่มา

เนื่องจาก บริษัทไทยนิปปอนสตีลฯ (TNS) เป็นบริษัทที่ทำการผลิตโครงสร้างและแท่นเจาะน้ำมันและก๊าซธรรมชาติ โดยนำเหล็กขนาดใหญ่มาประกอบเป็น โครงสร้างขนาดใหญ่ด้วยวิธีการของงานเชื่อมเพราะเป็นวิธีที่มีความคงทน แข็งแรง สามารถรับแรงได้ดี และยังเหมาะสมกับวัสดุที่เป็นโลหะอีกด้วย ซึ่งเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญมากในการผลิต หากการเชื่อมเกิดข้อบกพร่องในแนวเชื่อมอาจเป็นผลทำให้เกิดความเสียหายของโครงสร้างเกิดความเสียหายแตกหักพังทลายของโครงสร้างได้ การเชื่อมของงานโครงสร้างเหล็กจึงมีวิธีการเชื่อม ขั้นตอนการเชื่อม ที่มีความแตกต่างจากงานเชื่อมเหล็กโดยทั่วไป ดังนั้นโครงการนี้จึงทำการศึกษางานเชื่อม โครงสร้างเหล็กและแท่นเจาะน้ำมันและก๊าซธรรมชาติ เพื่อเพิ่มพูนความรู้ให้แก่ข้าพเจ้าเอง และเป็นคู่มือศึกษาเพื่อเป็นความรู้พื้นฐานแก่ผู้ที่สนใจศึกษางานเชื่อม โครงสร้างเหล็กและแท่นเจาะน้ำมันและก๊าซธรรมชาติ ของบริษัทไทยนิปปอนสตีลฯ (TNS)

1.3 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษางานเชื่อม โครงสร้างเหล็กและแท่นเจาะ
2. เพื่อศึกษาหน้าที่การทำงานของอุปกรณ์ที่ใช้ในงานเชื่อม โครงสร้างเหล็กและแท่นเจาะ
3. เพื่อศึกษาวิธีการตรวจสอบของแนวเชื่อม

1.4 ขอบเขต

1. ทำการศึกษาวិธีการ ขั้นตอน ในงานเชื่อมโครงสร้างเหล็กและแท่นเจาะน้ำมันและก๊าซธรรมชาติ ของแผนก Structure บริษัทไทยนิปปอนสตีลฯ
2. ทำการศึกษาข้อกำหนดที่ใช้เป็นมาตรฐานในงานเชื่อม โครงสร้างเหล็กและแท่นเจาะ
3. ทำการศึกษาวิธีการ ขั้นตอน การตรวจสอบแนวเชื่อมของแผนก NDE (Non Destructive Examination)-บริษัทไทยนิปปอนสตีลฯ

1.5 ขั้นตอนการดำเนินการ

1. ค้นคว้าหาข้อมูลเกี่ยวกับงานเชื่อม และข้อกำหนดที่ใช้งานเชื่อม โครงสร้างเหล็กและแท่นเจาะ
2. ออกนํ้างานศึกษาขั้นตอนการทำงานการเชื่อม โครงสร้างเหล็กและแท่นเจาะ
3. รวบรวมข้อมูลที่ได้จากผลการศึกษา

4. สรุปและวิเคราะห์ผลของการศึกษา

ตารางที่ 1.1 แสดงขั้นตอนการศึกษา

กิจกรรม	ม.ย.	ก.ค.	ธ.ค.	ก.ย.	ต.ค.
1. ค้นหาหาข้อมูลเกี่ยวกับงานเชื่อม และข้อกำหนด					
2. ออกหน้างานศึกษาขั้นตอนการทำงานการเชื่อม					
3. รวบรวมข้อมูลที่ได้จากผลการศึกษา					
4. สรุปและวิเคราะห์ผลของการศึกษา					

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. มีความรู้ความเข้าใจงานเชื่อมโครงสร้างเหล็กและแท่นเจาะ
2. มีความเข้าใจในการทำงานของอุปกรณ์ที่ใช้ในงานเชื่อม โครงสร้างเหล็กและแท่นเจาะ
3. มีความรู้ในการตรวจสอบของแนวเชื่อม

1.7 งบประมาณ

1. ค่าวัสดุและอุปกรณ์	500	บาท
2. ค่า Scan ภาพ	50	บาท
3. ค่าจ้างถ่ายเอกสารและเข้าเล่ม	400	บาท
4. ค่าปรินงาน	50	บาท
รวมเป็นเงิน	1,000	บาท

หมายเหตุ : ขออนุมัติด้วยเจตนาทุกรายการ

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎี

2.1 คำศัพท์ คำจำกัดความและความหมายต่างๆ ของงานเชื่อม

WPS ย่อมาจาก Welding Procedure Specification คือ เอกสารที่ได้เขียนขึ้นตามข้อตกลงระหว่างบริษัทเจ้าของงานคือ บริษัท ปตท.สผ. และบริษัท ไทยนิปปอนสตีลฯ เพื่อเป็นข้อกำหนดวิธีการปฏิบัติงานเชื่อมของงานที่จะทำการเชื่อม ซึ่งก็จะมีแตกต่างกันตามรูปร่างของลักษณะของรอยต่อที่ทำการเชื่อม โดยคำศัพท์ที่มักจะพบใน WPS มีความหมายดังนี้

1. Procedure = ขั้นตอน, วิธีการปฏิบัติ
2. Specification = ข้อกำหนดที่ต้องปฏิบัติตาม
3. Client = เจ้าของงาน
4. Support = สิ่งที่น่ามาสนับสนุน
5. PQR = Procedure Qualification Record เป็นเอกสารการบันทึกถึงการรับรองคุณสมบัติของการเขียน WPS
6. Qualification = รับรองคุณสมบัติ, รับรองความสามารถ
7. Record = การบันทึก
8. Rev. = ย่อมาจากคำว่า Revision = การปรับปรุงแก้ไข
9. Code = มาตรฐานที่บังคับใช้เป็นกฎหมายด้านงานเชื่อม
10. GS- General Specification = ข้อกำหนดโดยทั่วไปที่ต้องปฏิบัติตาม
11. AWS ย่อมาจาก American Welding Society = สมาคมการเชื่อมโลหะแห่งประเทศไทย
สหรัฐอเมริกา
12. AWS D1.1 เป็นมาตรฐานที่บังคับใช้เป็นกฎหมายเกี่ยวกับการเชื่อมเหล็กกล้าในงานโครงสร้าง
13. Application = การประยุกต์ใช้, การนำไปใช้งาน
14. Joint = รอยต่อ
15. Butt Joint = รอยต่อชน
16. Corner Joint = รอยต่อด้านมุม
17. Tee Joint = รอยต่อที่เป็นรูปตัวที
18. CJP ย่อมาจาก Complete Joint Penetration = รอยต่อที่ต้องการเชื่อมให้มีความซึมลึกอย่างสมบูรณ์

19. Complete = เสร็จสิ้นสมบูรณ์
20. Penetration = การซึมลึก, การแทรกซึม
21. Back Gouging = การขุด/เซาะเอาแนวด้านหลังออกเป็นร่อง
22. Single = โสด, ด้านเดียว
23. Double = สองด้าน
24. Bevel = การบากของรอยต่อ
25. Groove = ร่องของรอยต่อ
26. Process = กระบวนการเชื่อม
27. SMAW ย่อมาจาก Shield Metal Arc Welding = การเชื่อมอาร์คด้วยไฟฟ้าบางประเทศใช้
MMA ย่อมาจาก Manual Metal Arc = การเชื่อมอาร์คโดยใช้มือเชื่อม
28. SAW ย่อมาจาก Submerge Arc Welding การเชื่อมอาร์คด้วยขั้วเมอร์ก
29. FCAW ย่อมาจาก Flux Core Arc Welding การเชื่อมอาร์คด้วยฟลักซ์คอร์
30. Type = แบบ, ชนิด
31. Manual = ใช้มือ
32. Base Metal = โลหะฐาน, เหล็กที่นำมาใช้เชื่อม
33. AWS Group No.I, No.II = เป็นกลุ่มของเหล็กกล้าที่นำมาใช้ในการเชื่อมโครงสร้างตามที่
สมาคมเชื่อมโลหะแห่งสหรัฐอเมริกาได้กำหนดเอาไว้ใน code AWS D1.1 เช่น เหล็กกล้า
คาร์บอนต่ำ ASTM A36, API 5L Gr.B จัดอยู่ใน %AWS Group No. I เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ
ASTM A572 Gr.50, API 5L Gr. X52 จัดเป็น AWS Group No. II
34. Combination = การนำมาผสมกัน
35. Equivalent = สมมูล, เทียบเท่ากัน
36. ASTM ย่อมาจาก American Society for Testing and Material = สมาคมการทดสอบวัสดุแห่ง
สหรัฐอเมริกา
37. Thickness = ความหนา
38. Range = ช่วง, ขอบเขต
39. Outside = ด้านนอก, ภายนอก
40. Diameter = เส้นผ่านศูนย์กลาง
41. Consumable = การบริโภค, วัสดุเชื่อมที่หมดไปกับงานเชื่อม
42. Filler metal / welding electrode = โลหะที่ใช้เติม, วัสดุเชื่อม
43. Flux = ฟลักซ์ที่ใช้คลุมแนวเชื่อม

44. Trade name / Brand name = ชื่อสินค้า, ชื่อทางการค้า

45. AWS Classification = การจัดลำดับหรือแบ่งประเภทของลวดเชื่อมตามมาตรฐานของสมาคม

เชื่อมโลหะแห่งสหรัฐอเมริกา ยกตัวอย่างเช่น ลวดเชื่อมไฟฟ้า E-7016

E-7016 เป็นประเภทของลวดเชื่อมไฟฟ้าที่ห่ออะโรกิตตามที่มีความต้านทานแรงดึงของลวดเชื่อม

ไม่น้อยกว่า 70 กิโลปอนด์ต่อตารางนิ้ว สามารถนำไปใช้เชื่อมได้ทุกท่าเชื่อมเป็นลวดที่มีปริมาณไฮโดรเจนผสมอยู่ต่ำ เป็นต้น โดยที่

E = ลวดเชื่อมไฟฟ้าเหล็กกล้าละมุน (mild steel)

70 = ค่าความต้านทานแรงดึงอย่างน้อย 70 กิโลปอนด์ต่อตารางนิ้ว

1 = ตำแหน่งท่าเชื่อม สามารถเชื่อมได้ทุกท่า

6 = ชนิดของสารพอกหุ้มที่มีไฮโดรเจนต่ำและมีส่วนผสมของโปแตสเซียม และ ระบบกระแสไฟฟ้าใช้ได้แก่ AC (กระแสไฟสลับ) หรือ DCEP (กระแสไฟตรงลวดเชื่อมต่อที่ขั้วบวก) ลักษณะการอาร์คปานกลางและการซึมปานกลาง

46. AWS Specification เป็นเอกสารเกี่ยวกับข้อกำหนดกรรมวิธีการผลิตลวดเชื่อมและฟลักซ์ได้แก่ ส่วนผสมทางเคมี, ข้อกำหนดทางคุณสมบัติทางกล โดยทางสมาคมเชื่อมโลหะแห่งสหรัฐอเมริกาคำหนดขึ้น เช่น

- AWS A 5.1 เป็นข้อกำหนดของลวดเชื่อมไฟฟ้าของเหล็กกล้าคาร์บอน

- AWS A 5.17 เป็นข้อกำหนดของลวดเชื่อมและฟลักซ์สำหรับการเชื่อมชั้นเมอร์คของเหล็กกล้าคาร์บอน

- AWS A 5.18 เป็นข้อกำหนดของลวดเชื่อมที่ใช้ก๊าซปกคลุมแนวเชื่อมสำหรับเชื่อมเหล็กกล้าคาร์บอนเช่นการเชื่อมทิก

- AWS A 5.20 เป็นข้อกำหนดของลวดเชื่อมฟลักซ์คอร์ (มีฟลักซ์ผสมอยู่ในแกนของลวด) สำหรับเชื่อมเหล็กกล้าคาร์บอน

47. Electrode/Filler trade name = ชื่อ/ชื่อยี่ห้อ ของลวดเชื่อม เช่น

ลวดเชื่อมไฟฟ้า KOBELB-52U, YAWATA L-55, KOBELB-52

ลวดเชื่อมฟลักซ์ชั้นเมอร์ค LINCOLN L-61, LINCOLN LN-8

ลวดเชื่อมฟลักซ์คอร์ LINCOLN NR-232

ลวดเชื่อมทิก YAWATA YT-28

48. Electrode/Filler diameter = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลวดเชื่อม

49. Position = ตำแหน่ง, ท่าเชื่อม เช่น

F ย่อมาจาก flat เป็นท่าราบ ได้แก่ท่า 1G, 1F

H ย่อมาจาก Horizontal เป็นท่าขนานนอนได้แก่ท่า 2G,2F

V ย่อมาจาก Vertical เป็นท่าเชื่อมแนวตั้งได้แก่ท่า 3G,3F

OH ย่อมาจาก Overhead เป็นท่าเชื่อมเหนือศีรษะได้แก่ 4G,4F

All หมายถึงสามารถเชื่อมได้ทุกท่าเชื่อม

50. Progression = ลักษณะการเดินแนวเชื่อมไปข้างหน้าเช่น

uphill = การเดินแนวไปข้างหน้าในลักษณะเชื่อมขึ้น

Downhill = การเดินแนวไปข้างหน้าในลักษณะเชื่อมลง

51. Preheat = การเผาอุ่นให้ความร้อนแก่ชิ้นงานก่อนทำการเชื่อม

1. Temperature = อุณหภูมิ

2. Min.ย่อมาจาก Minimum = น้อยที่สุด , Max ย่อมาจาก Maximum = มากที่สุด

3. Interpass temperature = อุณหภูมิที่วัดหลังจากการเชื่อมแนวเชื่อมแต่ละแนวเชื่อมเสร็จ

4. PWHT ย่อมาจาก Post Weld Heat Treatment = กระบวนการบำบัดด้วยความร้อนหลังการเชื่อม

52. Holding = การหยุดรอเอาไว้

53. N/A ย่อมาจาก Not Application = ไม่นำไปใช้งาน

54. String bead = การเดินแนวเชื่อมเป็นแนวเส้นตรง

55. Weaving bead = การเดินแนวเชื่อมแบบส่ายลาด

56. Multiple pass = การเชื่อมหลายแนว

57. Single pass = การเชื่อมแนวเดียว

58. Single arc = การเชื่อมโดยใช้หัวเชื่อมอาร์คหัวเดียว

59. Multiple arc = การเชื่อมโดยใช้หัวเชื่อมในการอาร์คหลายหัว

60. Backing = ส่วนที่นำมารองรับในการเชื่อม

61. Root treatment = การกระทำ/ปฏิบัติกับรอยต่อบริเวณแนวไส้

62. Wire brushing = การใช้แปรงลวดขัดทำความสะอาด

63. Needle gun = การใช้เครื่องเจียรปากดินสอ/ หัวบอร์ช

64. Grinding machine = เครื่องเจียร

65. Subsequent pass treatment = การปฏิบัติทำความสะอาดกับรอยเชื่อมหลังจากเชื่อมในแต่ละแนวเสร็จ

66. Chipping = การไล่เอาเศษสแลก, สิ่งเจือปนที่ไม่ต้องการออก

67. Joint configuration = ลักษณะรูปร่างของรอยต่อ

68. Include / Groove angle = มุมของรอยต่อ

ตัวอย่าง มุมของรอยต่อ $60^{\circ} (+10^{\circ}, -5^{\circ})$ หมายถึงมุมของร่องรอยต่อต้องมีค่าอยู่ระหว่าง 55° ถึง 70°

69. Root gap = ระยะห่างระหว่างรอยต่อตรงบริเวณแนวไส้

70. Root face = ระยะผิวหน้าของรอยต่อบริเวณแนวไส้

71. Root pass = แนวเชื่อมแนวยึดไส้

72. Hot pass = แนวเชื่อมแนวที่สองหลังจากเชื่อมแนวยึดไส้ไปแล้ว

73. Fill pass = แนวเชื่อมตั้งแต่แนวที่สามเป็นต้นไปเติมจนเต็มรอยต่อ

74. Cap pass = แนวเชื่อมราดหน้า

75. Travel speed (S) = อัตราเร็วที่ใช้ในการเชื่อม คำนวณได้จากระยะทางที่ใช้ในการเชื่อมหารด้วยเวลาที่ใช้เชื่อม มีหน่วยเป็นเซนติเมตรต่อวินาที (cm/min)

76. Welding current (A) = กระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการเชื่อม มีหน่วยเป็นแอมแปร์ (Ampere) กระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการเชื่อมได้แก่ไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current :DC) กับไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternate Current : AC) ในการเชื่อมด้วยไฟฟ้าสามารถใช้ได้ทั้งกระแสไฟตรงและไฟฟ้ากระแสสลับ

77. Welding voltage (V) = ความต่างศักย์ที่ใช้ในการเชื่อม มีหน่วยเป็นโวลต์ (Volt)

78. Heat input = พลังงานความร้อนที่ให้กับแนวเชื่อมในการทำให้โลหะฐานและลวดเชื่อมหลอมละลายรวมเป็นเนื้อเดียวกัน สามารถคำนวณได้จาก

$\text{กระแสไฟ(A)} \times \text{ความต่างศักย์(V)} \times 60$ มีหน่วยเป็นกิโลจูลต่อเซนติเมตร
 $\text{อัตราเร็วที่ใช้ในการเชื่อม (S)} \times 1000$ (kJ/Cm)

ในการเชื่อมต้องมีการกำหนดช่วงของกระแสไฟ , ความต่างศักย์และอัตราเร็วในการเชื่อมไว้ก็เพราะว่าตัวแปรดังกล่าวเป็นตัวแปรที่สำคัญมีผลต่อค่าพลังงานความร้อนที่ให้แนวเชื่อม ซึ่งจากสูตรการคำนวณหาพลังงานความร้อนจะเห็นได้ว่าถ้าใช้กระแสไฟที่สูง หรือความต่างศักย์สูง หรือความต่างศักย์สูง จะทำให้ค่าพลังงานความร้อนสูง ถ้าใช้อัตราเร็วในการเชื่อมต่ำ (เดินลวดช้า) ก็จะทำให้ค่าพลังงานความร้อนสูงในแนวเชื่อมที่ได้รับพลังงานความร้อนสูงจะทำให้แนวเชื่อมเกิดรอยแตกง่ายขึ้นได้ ดังนั้นจึงไม่ต้องสงสัยเลยว่าทำไมเขาจึงกำหนดความกว้างของแนวเชื่อมเอาไว้ทั้งนี้ก็เพราะว่าการที่ช่างเชื่อมเดินสายลวดเชื่อมมากหรือเดินให้ได้แนวเชื่อมใหญ่ ๆ เพื่อให้งานเสร็จไว้นั้น แสดงว่าช่างเชื่อมต้องใช้กระแสไฟที่แรง , เดินลวดในอัตราเร็วที่ช้า นั่นก็ทำให้เกิดพลังงานความร้อนที่สูงขึ้นได้

79. WFS ย่อมาจาก Wire Feed Speed = เป็นอัตราความเร็วของการป้อนลวดเชื่อมในการเชื่อมด้วยไฟฟ้าจะ ไม่มีการกำหนดตัวแปรนี้เนื่องจากลวดเชื่อมไฟฟ้าไม่สามารถ เชื่อมต่อเนื่องได้ ต้องหยุดเชื่อมเมื่อลวดเชื่อมหมดเส้นอัตราเร็วนี้ใช้หาสำหรับลวดเชื่อมที่มีลักษณะเป็นขดสามารถ เชื่อมงานได้ต่อเนื่องเช่นลวดเชื่อมขั้วเมอร์กและลวดเชื่อมฟลักซ์คอร์

80. Weld metal A- No. เป็นการจำประเภทของส่วนผสมทางเคมีในเนื้อแนวเชื่อมตามที่ กำหนดในมาตรฐานที่บังคับใช้เป็นกฎหมายเกี่ยวกับการรับรองคุณสมบัติงานเชื่อมและการ ประสานของภาชนะบรรจุความดันและหม้อไอน้ำ ของสมาคม

2.2 รูปร่างรอยต่อ ทำเชื่อมและแนวเชื่อม

Joint (รอยต่อ) คือ ลักษณะที่เอาชิ้นงานตั้งแต่ 2 ชิ้นขึ้นไปมาต่อกัน ซึ่งมีอยู่หลายวิธีตามสภาพ ของงาน เช่นการต่อชน การต่อมุม การต่อตั้งฉากกัน โดยการต่อกันแต่ละชนิดนี้ก็มีทั้งแบบบากเป็น ร่องเข้าไปเพื่อให้หน้าเชื่อมเข้าไปมากขึ้น เป็นการเพิ่มความแข็งแรงให้กับแนวเชื่อม เรียกว่า Groove Weld หรือการเชื่อมติดกันโดยพอกออกเป็นรูปสามเหลี่ยม เรียกว่า Fillet Weld โดยที่การต่อแบบ บากเป็นร่อง Groove Weld ยังสามารถแบ่งออกเป็นหลายชนิดซึ่งจะขึ้นอยู่กับสภาพการเชื่อมและ ความหนาของโลหะที่จะเชื่อมอีกเช่น V-Groove , U-Groove , J-Groove , Single-Bevel , Double-Bevel รวมไปถึงมุมของ Bevel , Root Face , Root Gap สิ่งเหล่านี้ล้วนมีความสำคัญต่อการออกแบบ งานเชื่อมทั้งสิ้น

2.2.2 รูปร่างของรอยต่อแบบ Groove Weld

รูปร่างของรอยต่อแบบ Groove สามารถแยกออกได้ 6 แบบ ดังนี้

(1.) Single V Single Side Weld คือ การบากร่องชิ้นงานทั้ง 2 ชิ้น จะมีลักษณะคล้ายตัว V โดยทำการบากร่องเพียงด้านเดียวเท่านั้นแสดงดังรูปที่ 2.1

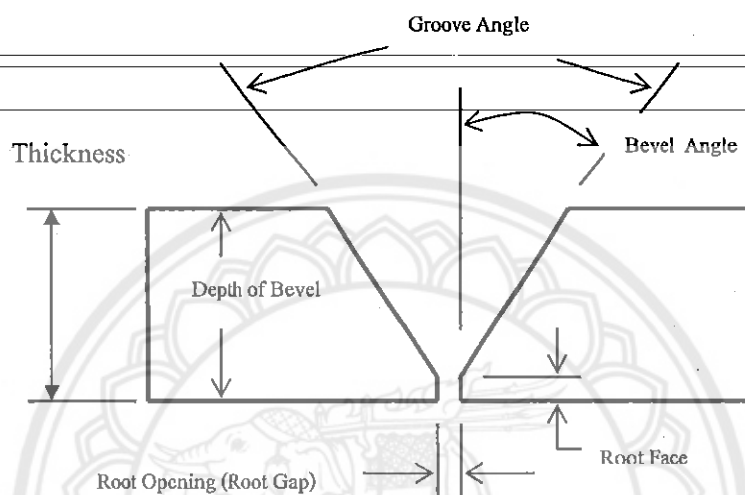
(2.) Single Bevel Single Side Weld คือ การบากร่องชิ้นงาน ชิ้นเดียว และทำการบากร่อง ชิ้นงานด้านเดียวแสดงดังรูปที่ 2.2

(3.) Double V Double Side Weld คือ การบากร่องชิ้นงานทั้ง 2 ชิ้น เป็นรูปตัว V ทั้ง 2 ด้าน โดยแสดงดังรูปที่ 2.3

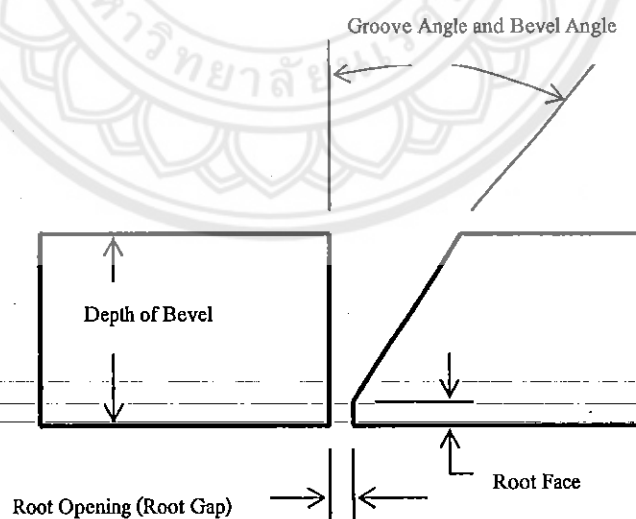
(4.) Double Bevel Double Side Weld คือ การบากร่องชิ้นงาน ชิ้นเดียว และทำการบากร่อง ชิ้นงานทั้ง 2 ด้าน แสดงดังรูปที่ 2.4

(5.) Single V Double Side Weld คือ การบากร่องชิ้นงานด้านหนึ่งก่อน แล้วทำการเชื่อม หลังจากนั้นทำการเผาละลาย เนื้อโลหะโดยใช้เหล็กแท่งคาร์บอนเพื่อบากร่องอีกด้านของชิ้นงาน แล้วจึงทำการเชื่อม แสดงดังรูปที่ 2.5

(6.) Single Bevel Double Side Weld คือ การบากร่องชิ้นงาน ขึ้นเดียวและด้านเดียวก่อน แล้วจึงทำการเผาละลาย เนื้อ โลหะ โดยให้เหล็กแท่งคาร์บอนเพื่อบากร่องอีกด้านของชิ้นงาน แล้วจึงทำการเชื่อม แสดงดังรูปที่ 2.6

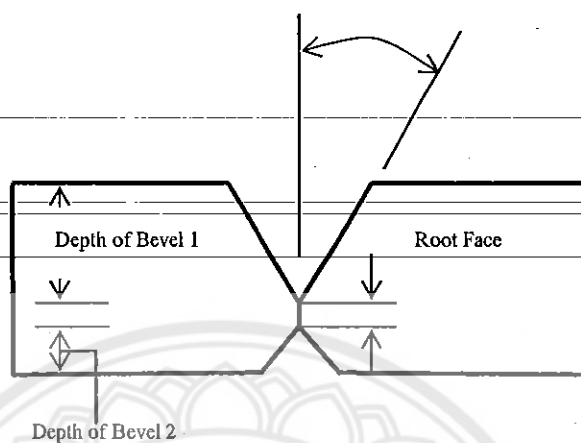


รูปที่ 2.1 แสดง Single V Single Side Weld [2]



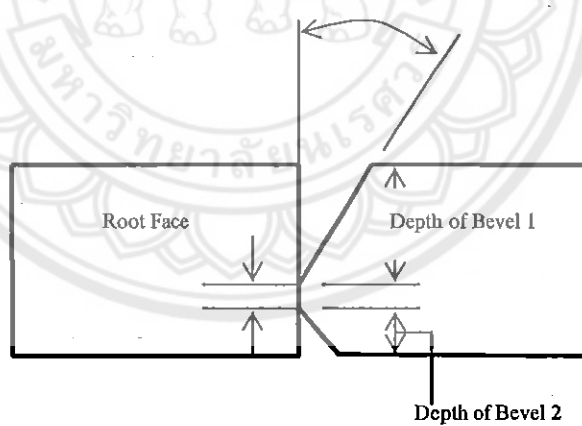
รูปที่ 2.2 แสดง Single Bevel Single Side Weld [2]

Groove Angle and Bevel Angle

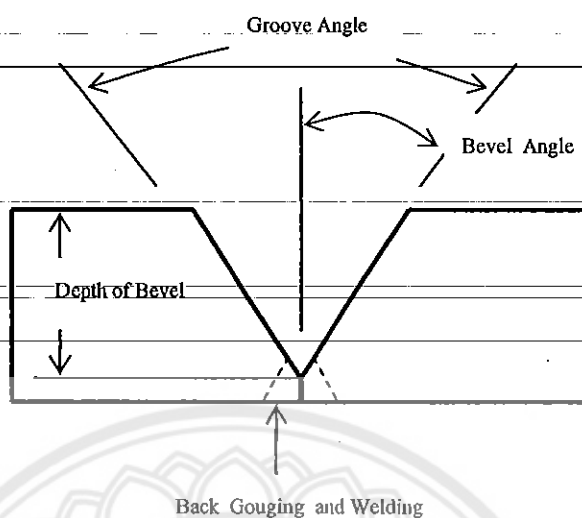


รูปที่ 2.3 แสดง Double V Double Side Weld [2]

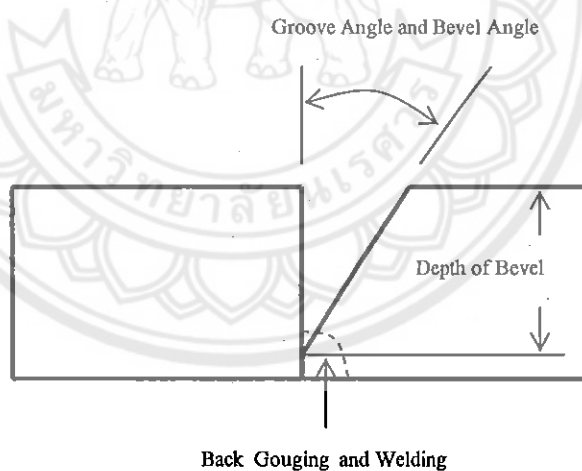
Groove Angle and Bevel Angle



รูปที่ 2.4 แสดง Double Bevel Double Side Weld [2]



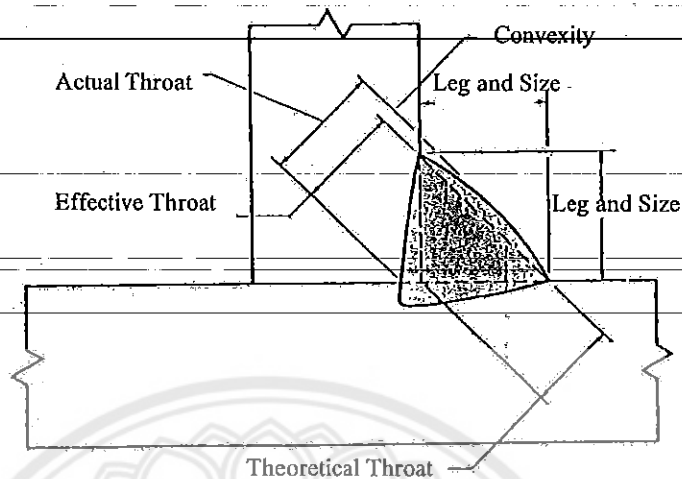
รูปที่ 2.5 แสดง Single V Double Side Weld [2]



รูปที่ 2.6 แสดง Single Bevel Double Side Weld [2]

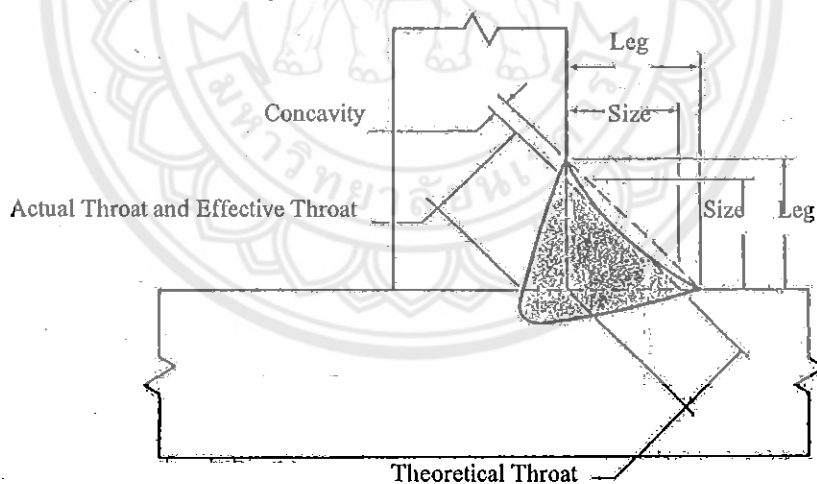
2.2.3 รูปร่างของรอยต่อแบบ Fillet Welds แยกออกได้ออกเป็น 2 แบบ ดังนี้

(1.) Convex Fillet Weld คือ การเชื่อมงาน โดยการพอกเป็นรูปสามเหลี่ยมมุมเกินแนวเชื่อมทางทฤษฎี แต่จะไม่ต่ำกว่าแนวเชื่อมทางทฤษฎี แสดงดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 แสดง Convex Fillet Weld [2]

(2.) Concave Fillet Weld คือ การเชื่อมงาน โดยการพอกเป็นรูปสามเหลี่ยมเว้าต่ำสุดเท่ากับแนวเชื่อมทางทฤษฎี แสดงดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 แสดง Concave Fillet Weld [2]

2.2.4 ชนิดของการต่อในงานเชื่อม รูปร่างลักษณะของการต่อชิ้นงานในงานเชื่อมสามารถแบ่งออกได้ 5 แบบ คือ

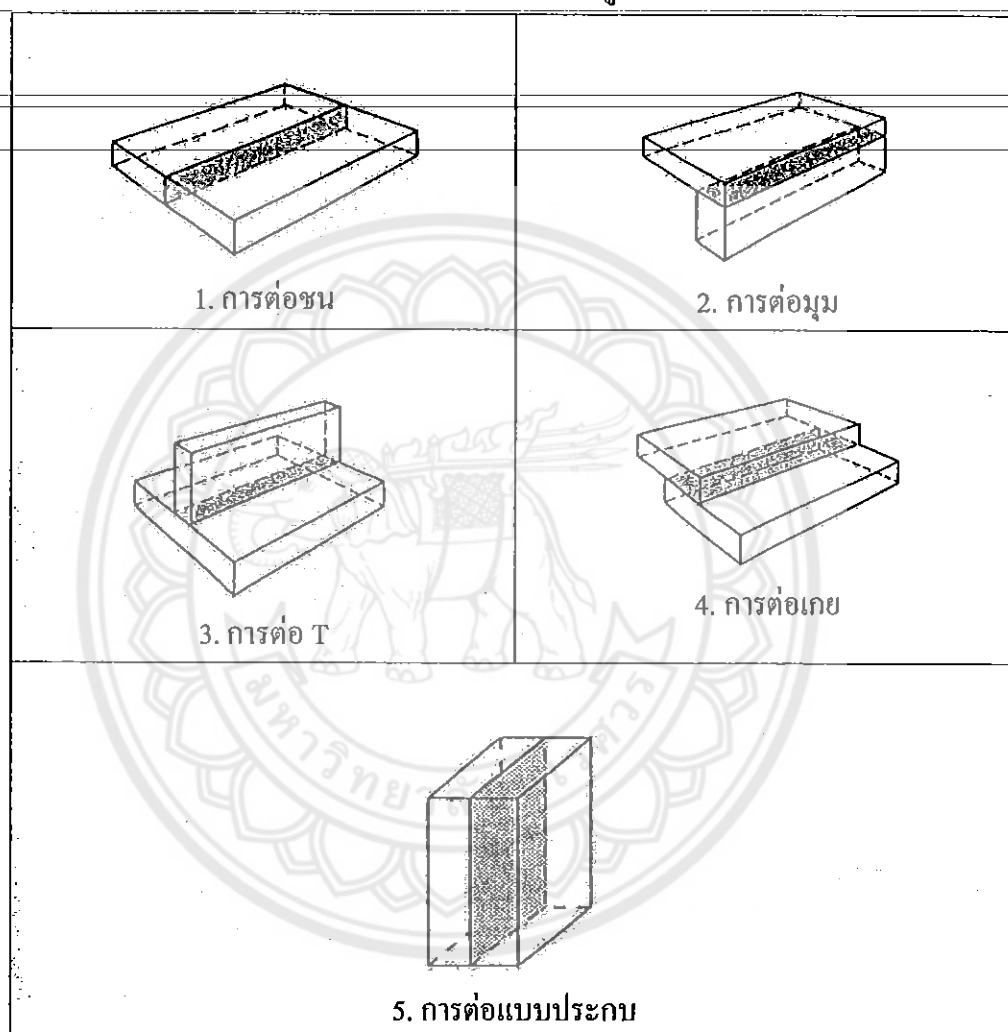
1. การต่อชน
2. การต่อมุม

3. การต่อ T

4. การต่อเกย

5. การต่อแบบประกบ

โดยแสดงให้เห็นลักษณะของรอยต่อได้ แสดงดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 แสดงลักษณะการต่อชิ้นงานในงานเชื่อม [2]

2.2.5 ทำเชื่อมในงานเชื่อมแบบ Fillet Weld สำหรับงานเชื่อม Plate เป็นการเชื่อมงานในชิ้นงานที่เป็น Plate สามารถแบ่งท่าเชื่อมออกได้เป็น 4 ท่าเชื่อม ดังนี้

1. Flat Welding Position คือ การเดินแนวเชื่อมในแนวราบกับพื้นมีทิศทางในการเชื่อมขึ้นและลง เรียกท่าเชื่อมนี้ว่า **1F**

2. Horizontal Welding Position คือ การเดินแนวเชื่อมในแนวนอนมีทิศทางไปทางซ้ายและขวา เรียกท่าเชื่อมนี้ว่า **2F**

3. Vertical Welding Position คือ การเดินแนวเชื่อมในแนวตั้งมีทิศทางการเชื่อมขึ้นและลง เรียกทำเชื่อมนี้ว่า **3F**

4. Overhead Welding Position คือ การเดินแนวเชื่อมเหนือศีรษะในทิศทางขึ้นและลง เรียกทำเชื่อมนี้ว่า **4F**

โดยรูปร่างลักษณะของทำเชื่อมในงานเชื่อมแบบ Fillet Weld สำหรับงานเชื่อม Plate ดังกล่าวแสดงดังรูปที่ 2.10

2.2.6 ทำเชื่อมในงานเชื่อมแบบ Groove Weld สำหรับงานเชื่อม Plate มีลักษณะทำเชื่อมเหมือนกับ ทำเชื่อมในงานเชื่อมแบบ Fillet Weld สำหรับงานเชื่อม Plate แต่ต่างกันตรงที่เป็นงานเชื่อมแบบ Groove Weld และการเรียกทำเชื่อมก็จะเรียกว่า **1G, 2G, 3G และ 4G** โดยแสดงดังรูปที่ 2.11

2.2.7 ทำเชื่อมในงานเชื่อมแบบ Groove Weld สำหรับงานเชื่อมท่อ เป็นการเชื่อมงานโดยชิ้นงานที่เชื่อมคือ ท่อเหล็กขนาดใหญ่ สามารถแบ่งทำเชื่อมออกได้ 5 ทำเชื่อม ดังนี้

1. Flat Welding Position (Pipe Rotate) คือ การเชื่อมงานในแนวราบ โดยที่ชิ้นงานจะมีการหมุนและผู้เชื่อมจะอยู่กับที่ ซึ่งเป็นการเดินแนวเชื่อมโดยที่ชิ้นงานเคลื่อนที่ เรียกทำเชื่อมนี้ว่า **1G**

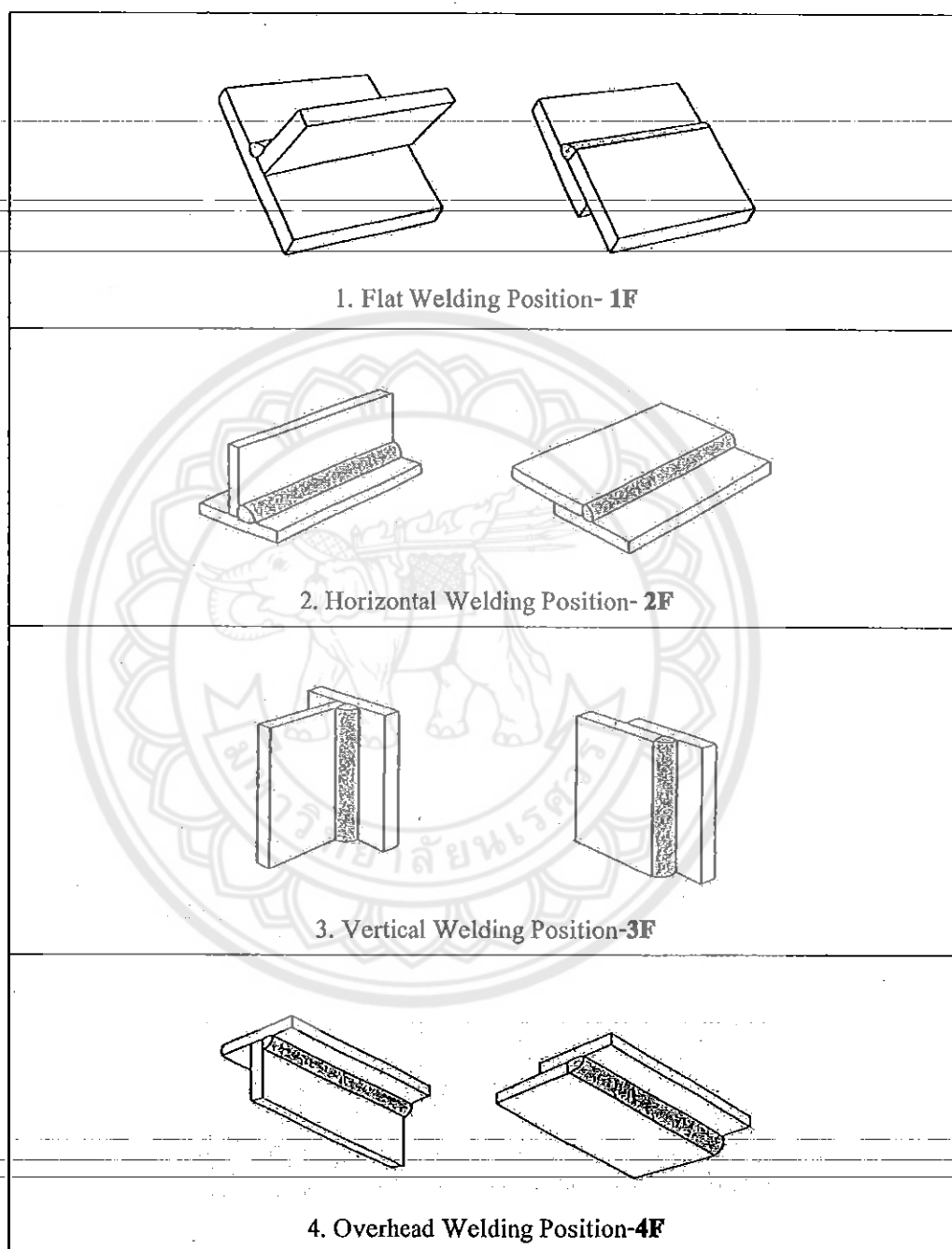
2. Horizontal Welding Position คือ การเดินแนวเชื่อมในแนวนอนมีทิศทางไปทางซ้ายและขวา เรียกทำเชื่อมนี้ว่า **2G**

3. Multiple Welding Position คือ การเดินแนวเชื่อมโดยรอบท่อทั้งในแนวราบ แนวตั้งและเหนือศีรษะ อยู่กับที่เท่านั้น เรียกทำเชื่อมนี้ว่า **5G**

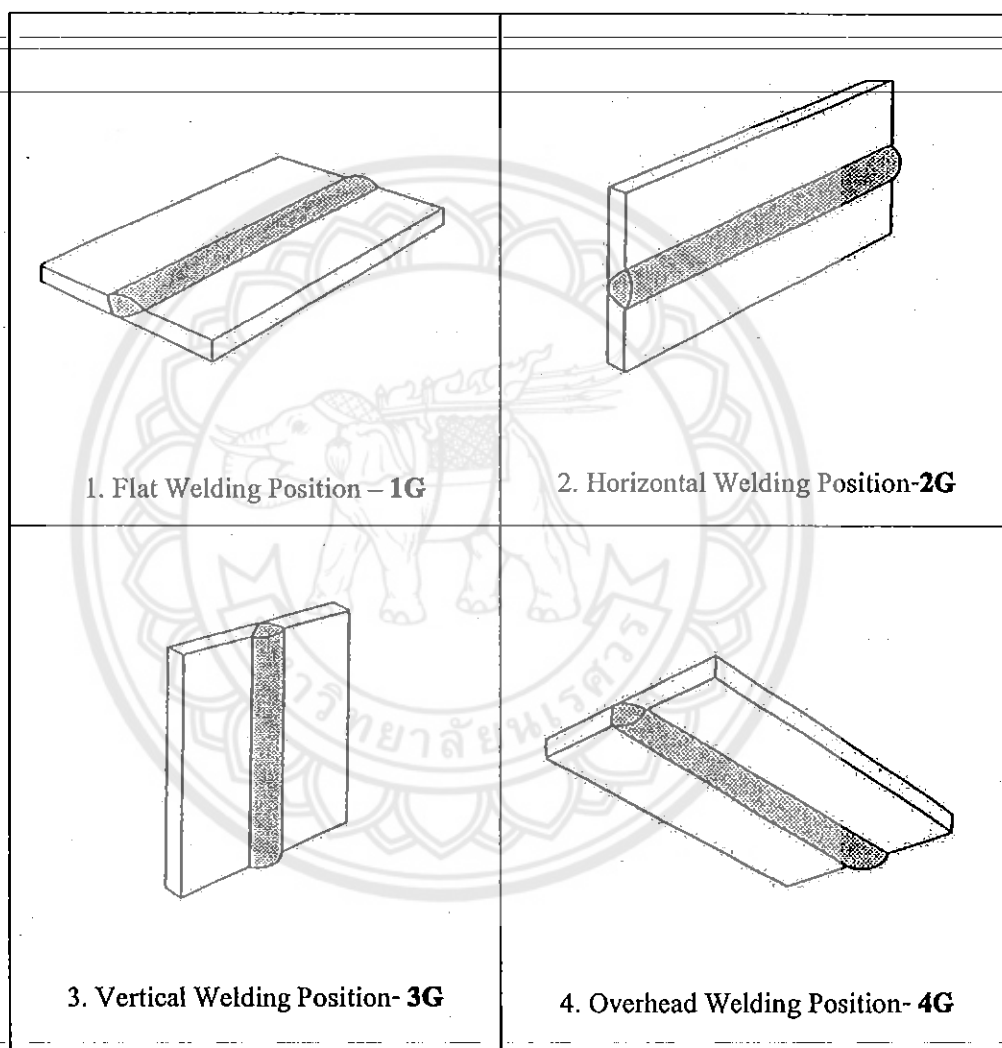
4. Multiple Welding Position คือ การเดินแนวเชื่อมโดยรอบท่อโดยท่อทำมุมในแนวราบ เรียกทำเชื่อมนี้ว่า **6G**

5. Multiple Welding Position with Restriction Ring คือ การเดินแนวเชื่อมโดยรอบท่อเหมือนกับทำเชื่อม 6G และท่อทำมุมในแนวราบ โดยที่สมมติมีชิ้นงาน (วงแหวน) เชื่อมต่อกับท่อที่ทำมุมในแนวราบ เรียกทำเชื่อมนี้ว่า **6GR**

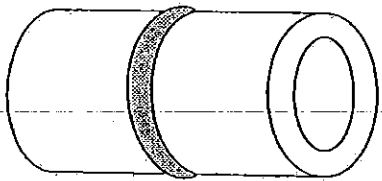
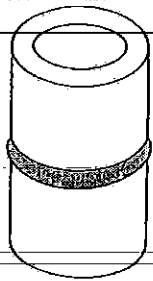
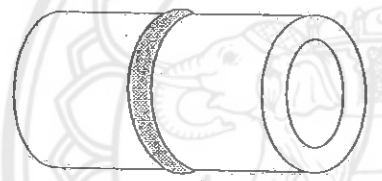
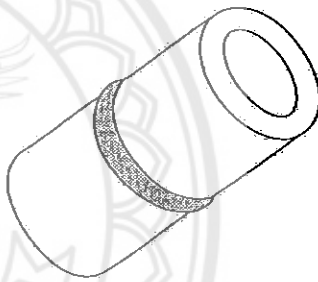
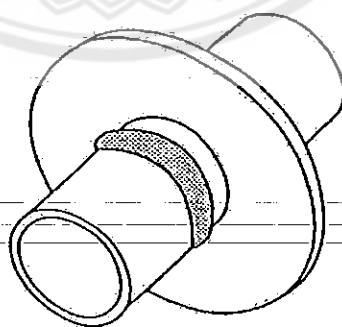
โดยรูปร่างลักษณะของทำเชื่อมในงานเชื่อมแบบ Groove Weld สำหรับงานเชื่อมท่อ ดังกล่าวแสดงดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.10 แสดงตำแหน่งการวางชิ้นงานทำเชื่อมแบบ Fillet Weld ในงานเชื่อม Plate [2]



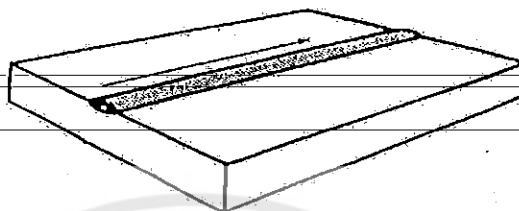
รูปที่ 2.11 แสดงท่าเชื่อมที่เป็น Groove Weld ในงานเชื่อม Plate [2]

 PIPE ROTATED	
1. Flat Welding Position (Pipe Rotated)- 1G	2. Horizontal Welding Position- 2G
 PIPE FIXED 3. Multiple Welding Position (Pipe Fixed)- 5G	 4. Multiple Welding Position- 6G
 5. Multiple Welding Position with Restriction Ring- 6GR	

รูปที่ 2.12 แสดงท่าเชื่อมที่เป็น Groove Weld ในงานเชื่อม ท่อ [2]

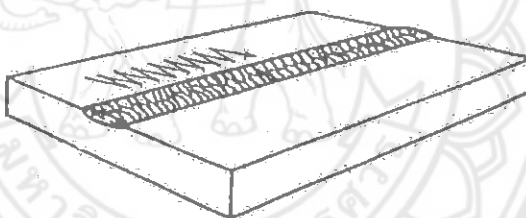
2.2.8 ชนิดของการเดินแนวเชื่อม คือ การเดินแนวเชื่อมขณะทำการเชื่อม แบ่งออกได้ 2 แบบ ดังนี้

(1.) Stringer Bead คือ ชนิดของการเดินแนวเชื่อมที่ไม่มีการส่ายลวดเชื่อมในขณะที่เดินแนวเชื่อม แสดงดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 แสดง Stringer Bead [2]

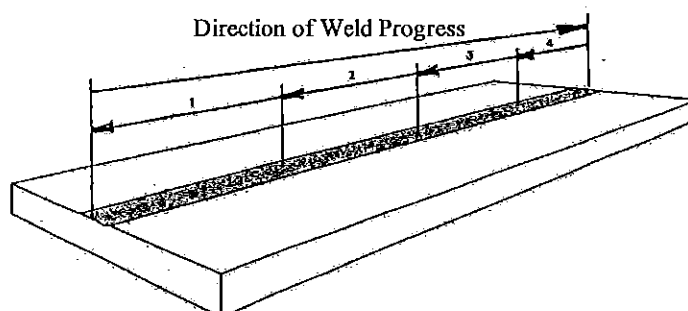
(2.) Weave Bead คือ ชนิดของการเดินแนวเชื่อมที่มีการส่ายลวดเชื่อม ไปมาตามขวาง ในขณะที่เดินลวดเชื่อม แสดงดังรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 แสดง Weave Bead [2]

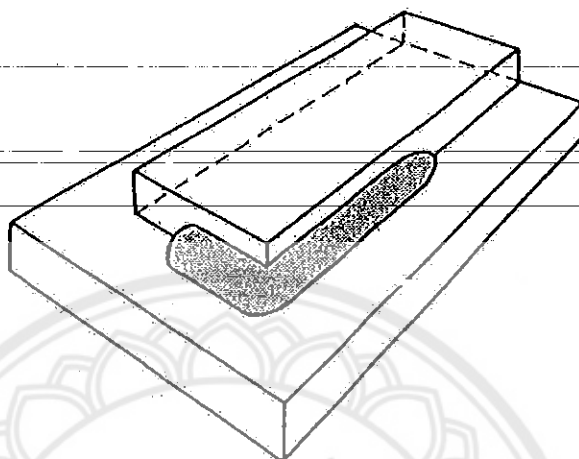
2.2.9 ลำดับขั้นการเชื่อม (Welding Sequence) มีอยู่ด้วยกัน 3 แบบ ดังนี้

(1.) Back Step Sequence คือการเชื่อมที่มีทิศทางการเดินลวดเชื่อมกับทิศทางการเชื่อมสวนทางกัน เพื่อต้องการรักษารูปร่างของ Root Opening ในกรณี One Side Weld แสดงดังรูปที่ 2.15



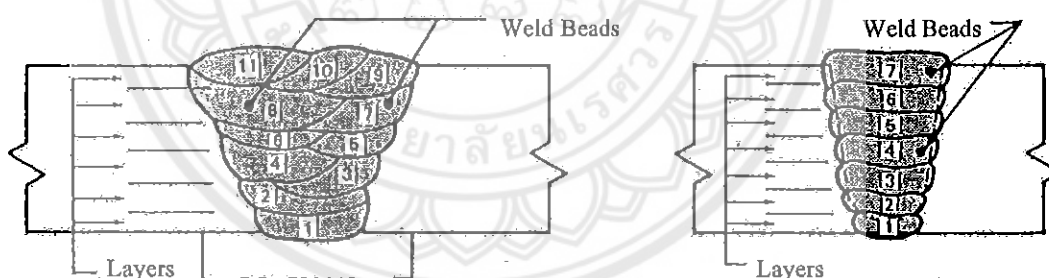
รูปที่ 2.15 แสดง Back Step Sequence [2]

(2.) Boxing Sequence คือ การเชื่อม Fillet Weld รอบๆ มุมของชิ้นงานซึ่งเป็นแนวเชื่อมที่เพิ่มเติมจากของเดิม แสดงดังรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 แสดง Boxing Sequence [2]

(3.) Weld Bead and Weld Layers คือ การเชื่อมงาน โดยให้แนวเชื่อมมีลักษณะเป็นชั้นๆ ในแนวเชื่อม แสดงดังรูปที่ 2.17

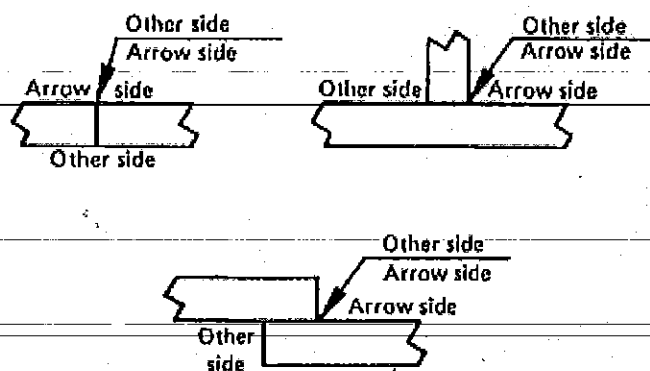


รูปที่ 2.17 แสดง Weld Bead and Weld Layers [2]

2.3 สัญลักษณ์งานเชื่อม (Welding Symbol)

ในการที่ช่างเชื่อมจะเชื่อมงานได้นั้น นอกจากจะมีความสามารถในด้านปฏิบัติแล้วยังต้องมีความรู้เกี่ยวกับสัญลักษณ์งานเชื่อม ตามมาตรฐานสมาคมการเชื่อมโลหะแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา (AWS) ซึ่งเป็นมาตรฐานของงานเชื่อมที่นิยมใช้กันทั่วโลก จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีความรู้ในด้านนี้ด้วย

2.3.1 ความหมายของตำแหน่งที่ถูกตรึง คือ ด้านใดจะเชื่อมด้านลูกศร (Arrow Side) และด้านใดจะเชื่อมด้านอื่นที่ไม่ใช่ด้านลูกศร (Other Side) แสดงดังรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.18 แสดงความหมายของตำแหน่งที่ลูกศรชี้ [2]

2.3.2 สัญลักษณ์พื้นฐานของงานเชื่อม เป็นสัญลักษณ์พื้นฐานที่ใช้ในงานเชื่อม แสดงดังรูป

ที่ 2.19, 2.20 และ 2.21

Groove							
Square	Scarf	V	Bevel	U	J	Flare-V	Flare-bevel

รูปที่ 2.19 แสดงสัญลักษณ์การบากร่อง (Groove) [2]

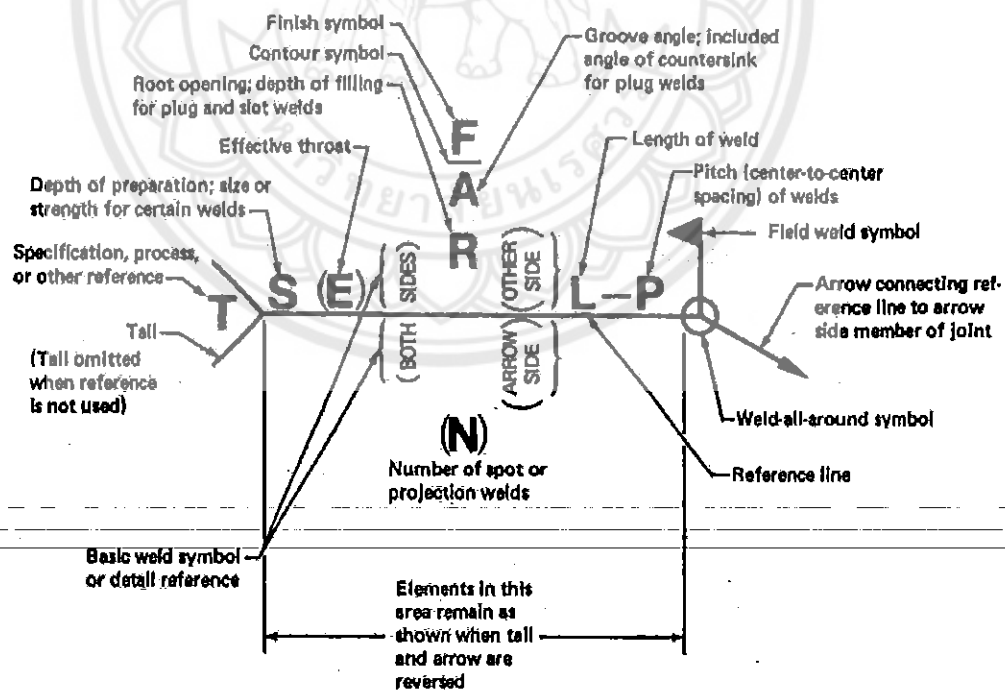
Fillet	Plug or Slot	Stud	Spot or Projection	Seam	Back or Backing	Surfacing	Flange	
							Edge	Corner

รูปที่ 2.20 รูปแสดงสัญลักษณ์งานเชื่อม [2]

Weld all around	Field Weld	Melt Through	Consumable Insert (Square)	Backing or Spacer (Rectangle)	Contour		
					Flush or Flat	Convex	Concave

รูปที่ 2.21 รูปแสดงสัญลักษณ์งานเชื่อม [2]

2.3.3 มาตรฐานของการบ่งชี้หรือวางสัญลักษณ์แนวเชื่อม คือการวางสัญลักษณ์แนวเชื่อมตามตำแหน่งของสัญลักษณ์แนวเชื่อม แสดงดังรูปที่ 2.22



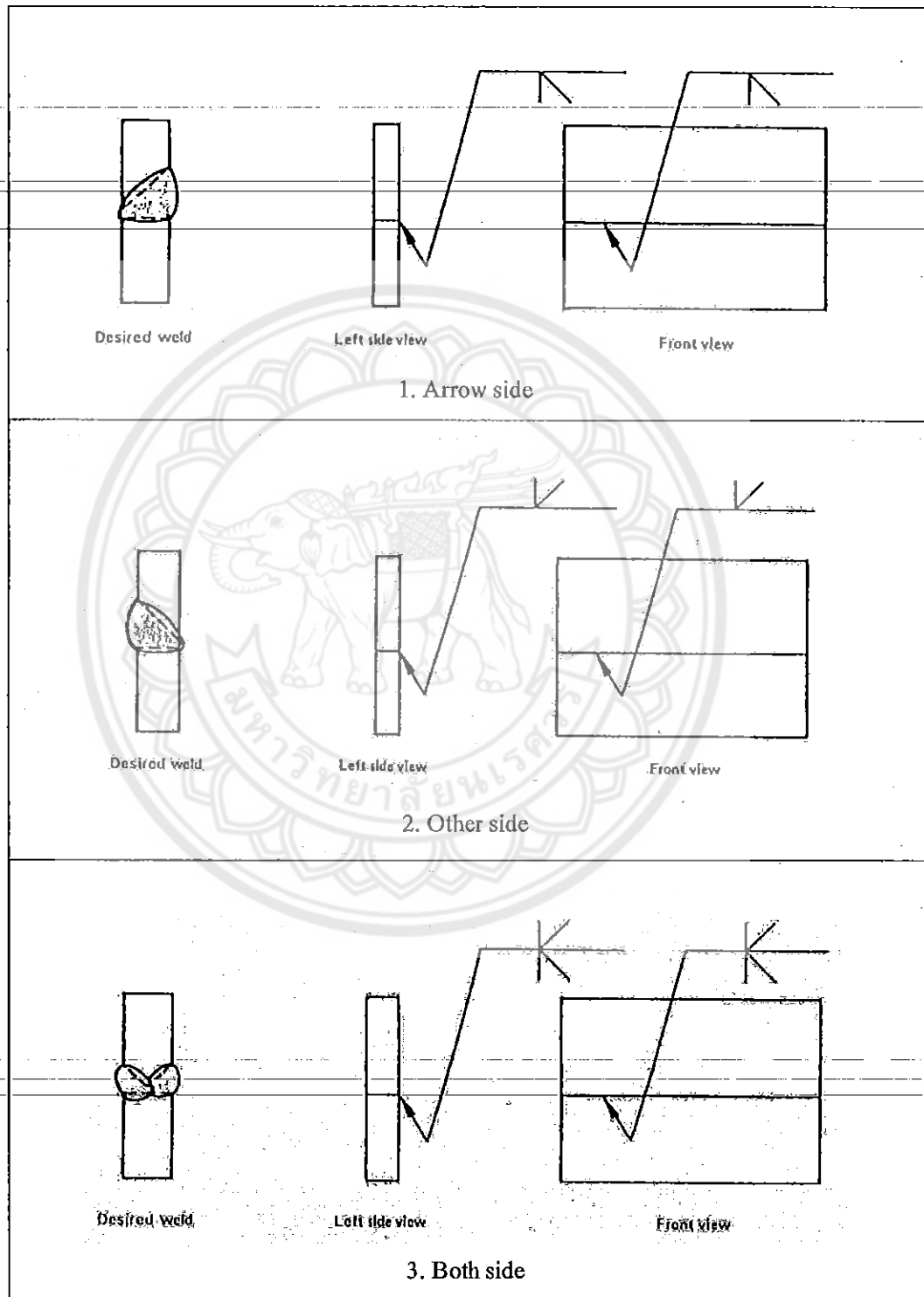
รูปที่ 2.22 แสดงการวางสัญลักษณ์แนวเชื่อม [2]

2.3.4 สัญลักษณ์และการใช้งานของลูกศร Arrow Side และ Other Side กรณีลูกศรหัก ลักษณะของ
การใช้งานลูกศร Arrow Side และ Other Side ยกตัวอย่างการใช้งานดังรูปที่ 2.23

ป.ร.

พ 9897

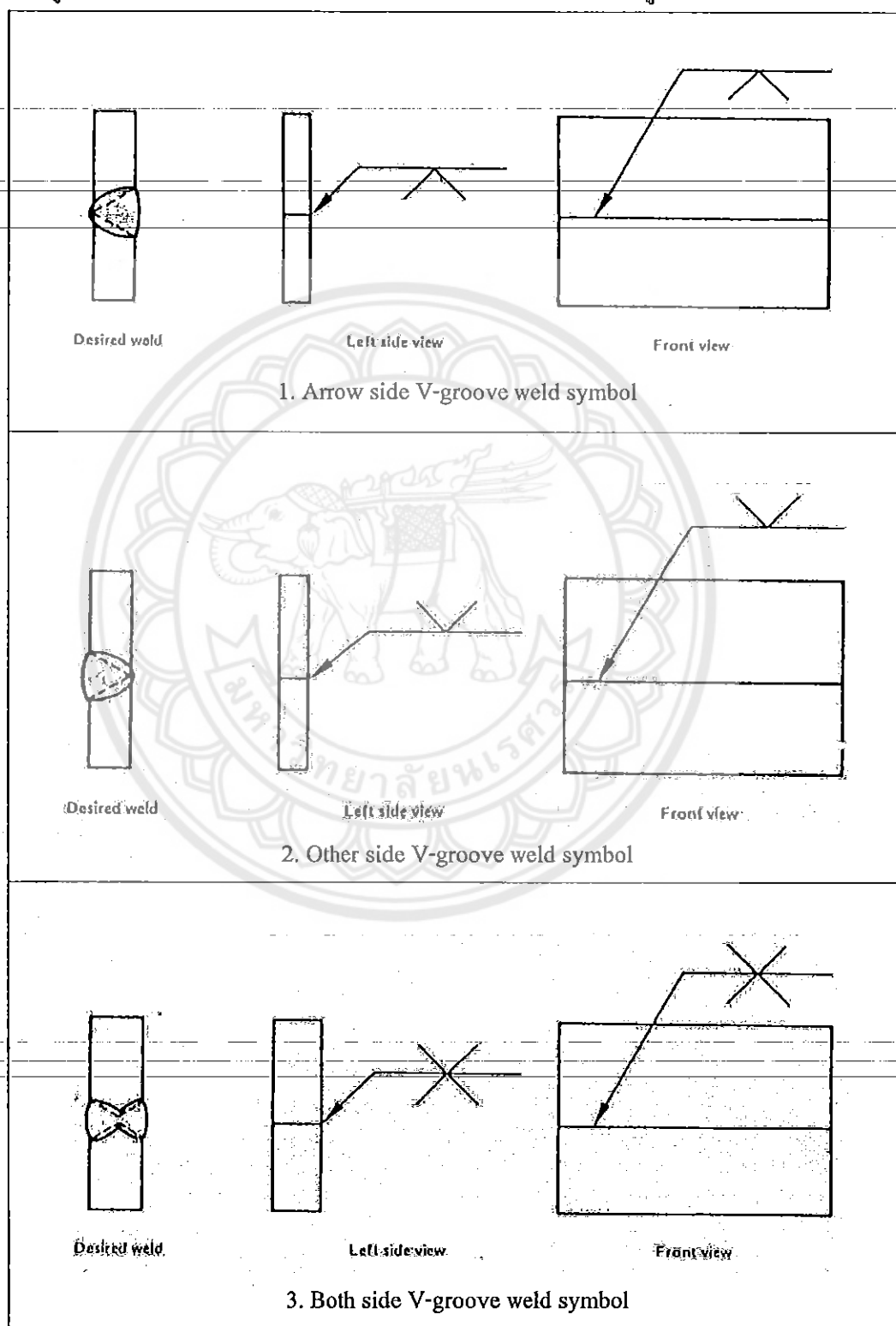
2529



รูปที่ 2.23 แสดงสัญลักษณ์และการใช้งานของลูกศร Arrow Side และ Other Side กรณี
ลูกศรหัก [2]

2.3.5 สัญลักษณ์และการใช้งานของลูกศร Arrow Side และ Other Side ลักษณะของการ

ใช้งานลูกศร Arrow Side และ Other Side ยกตัวอย่างการใช้งานได้ดังรูปที่ 2.24



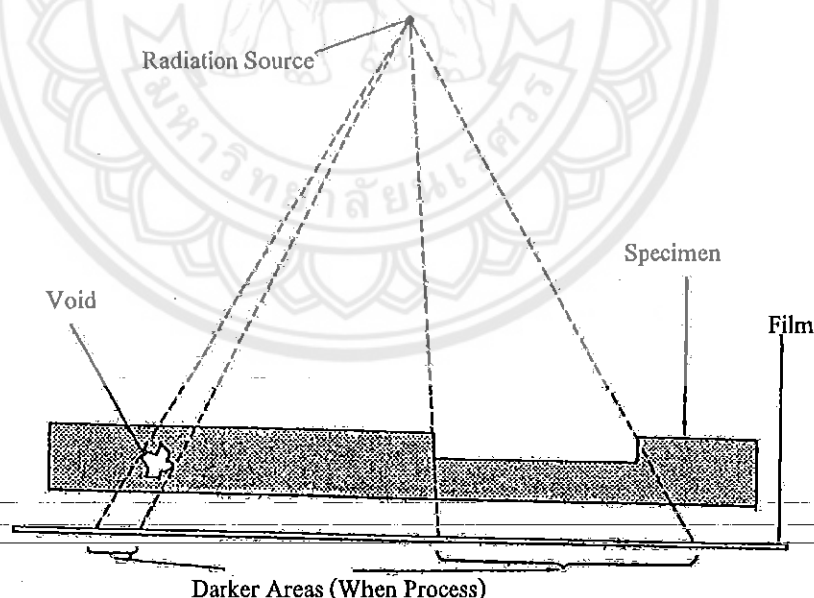
รูปที่ 2.24 แสดงสัญลักษณ์และการใช้งานของลูกศร Arrow Side และ Other Side [2]

2.4 การทดสอบแบบไม่ทำลาย (Non-Destructive Testing, NDT)

การตรวจสอบแบบไม่ทำลาย เป็นวิธีการตรวจสอบวัสดุที่ไม่ต้องทำลาย หรือตัดแปลงชิ้นงานที่จะตรวจสอบและภายหลังการตรวจสอบแล้วหากไม่พบข้อบกพร่องใดๆ หรือข้อบกพร่องที่พบอยู่ในลักษณะที่ยอมรับได้ ก็สามารถนำชิ้นงานนั้นๆ ไปใช้ได้ตามปกติ

2.4.1 การทดสอบด้วยวิธีการถ่ายภาพด้วยรังสี (Radiographic Test, RT)

การทดสอบโดยวิธีการถ่ายภาพด้วยรังสี แสดงดังรูปที่ 2.25 ใช้ทดสอบหารอยบกพร่องทั้งที่อยู่ภายนอก และภายในชิ้นงานในวัสดุหลายชนิดหลายรูปร่างโดยใช้ฟิล์มที่เหมาะสมวางไว้ด้านล่างของชิ้นงาน ตรงข้ามกับแหล่งกำเนิดของรังสี ซึ่งอาจจะเป็น X-Ray หรือ Gamma Ray ก็ได้ ระดับความเข้มของรังสีที่ผ่านชิ้นงานจะเปลี่ยนแปลงไปขึ้นกับสภาพภายในชิ้นงาน ได้แก่ ความหนาแน่น โครงสร้างในชิ้นงาน วัสดุต่างชนิดฝังในหรือแม้แต่ Micro Structure ที่แตกต่างกัน ระดับความเข้มของรังสีนี้จะถูกบันทึกไว้บนฟิล์ม หลังจากให้นำฟิล์มไปล้างตามขั้นตอนแล้วก็จะได้ระดับความดำในฟิล์มที่ต่างๆ กัน บริเวณที่รังสีผ่านไปถึงฟิล์มมาก ฟิล์มจะดำมาก บริเวณที่รังสีผ่านไปถึงฟิล์มน้อย ฟิล์มจะดำน้อย ฟิล์มจะถูกนำไปอ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน



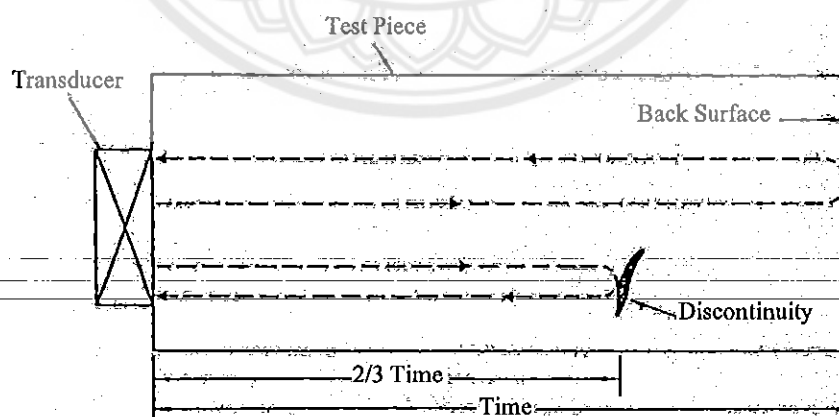
รูปที่ 2.25 แสดงวิธีการถ่ายภาพด้วยรังสี [1]

2.4.2 การทดสอบโดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูง (Ultrasonic Test, UT)

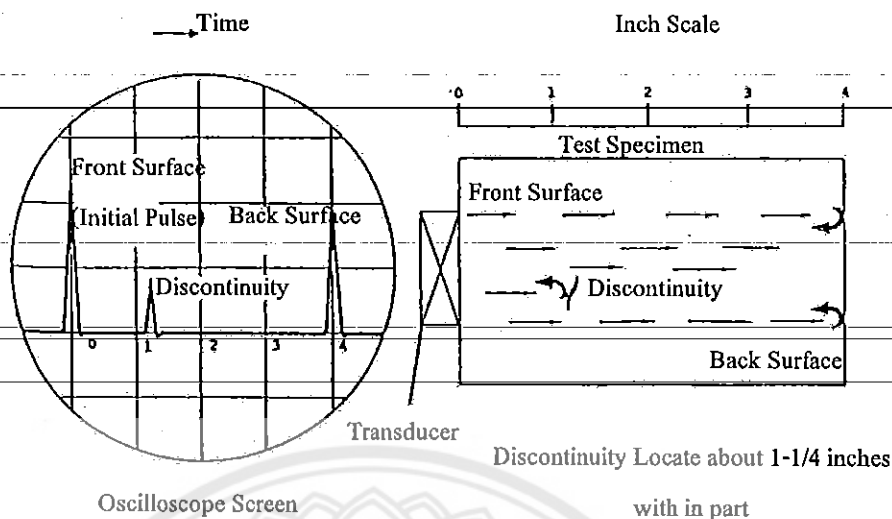
การทดสอบด้วยวิธีนี้ จะใช้คลื่นเสียงความถี่สูงส่งเข้าไปในชิ้นงานที่จะทำการทดสอบ แสดงดังรูปที่ 2.26 เครื่องทดสอบส่วนมากจะใช้ความถี่ระหว่าง 0.5 ถึง 25 Mhz ซึ่งสูงเกินกว่าที่มนุษย์จะได้ยิน (20 Hz ถึง 20 KHz) คลื่นเสียงดังกล่าวเคลื่อนที่เข้าไปในชิ้นงานโดยถูกบั่นทอนพลังงานลงเรื่อยๆ ตามระยะทางที่เคลื่อนที่ไปขึ้นอยู่กับคุณลักษณะของวัสดุชิ้นงาน หัวรับคลื่นเสียงที่รับระดับความแรงของคลื่นเสียงที่เคลื่อนที่ทะลุชิ้นงานไปยังด้านตรงข้ามจะเรียกขบวนการทดสอบนี้ว่า Through Transmission แต่ถ้าหัวรับคลื่นรอรับคลื่นที่สะท้อนจากรอยบกพร่องจะเรียกขบวนการทดสอบแบบนี้ว่า Pulse Echo แสดงดังรูปที่ 2.27

โดยทั่วไปวิธีการทดสอบนี้จะบอกตำแหน่ง และความลึกของรอยบกพร่องได้ ซึ่งอาจจะต้องอาศัยการคำนวณทางตรีโกณมิติเข้ามาช่วย ขนาดของความโตของรอยบกพร่องอาจพิจารณาจากความแรงของคลื่นสะท้อนกลับ แต่อย่างไรก็ตามความแรงของคลื่นสะท้อนกลับไม่ได้ขึ้นกับขนาดของรอยบกพร่องอย่างเดียว แต่ยังขึ้นกับระดับการวางตัว (Orientation) สภาพความหยาบของผิวรอยบกพร่อง ความแตกต่างทางคุณสมบัติทางเสียงของตัวรอยบกพร่องเองกับเนื้อของวัสดุ ยกตัวอย่างเช่น รอยบกพร่องชนิดฟองอากาศ จะมีการสะท้อนคลื่นสูงกว่ารอยบกพร่องชนิดสารฝังใน

คลื่นเสียงความถี่สูงมีการทะลุทะลวงสูงกว่ารังสี X-Ray หรือ Gamma Ray จึงทำให้สามารถทดสอบงานหนาๆ ได้ดีกว่า นอกจากนี้ยังมีความละเอียดที่จะทดสอบหารอยบกพร่องที่มีขนาดเล็กๆ ได้ดีกว่าด้วย



รูปที่ 2.26 แสดงทิศทางการสะท้อนของคลื่นเสียง [1]

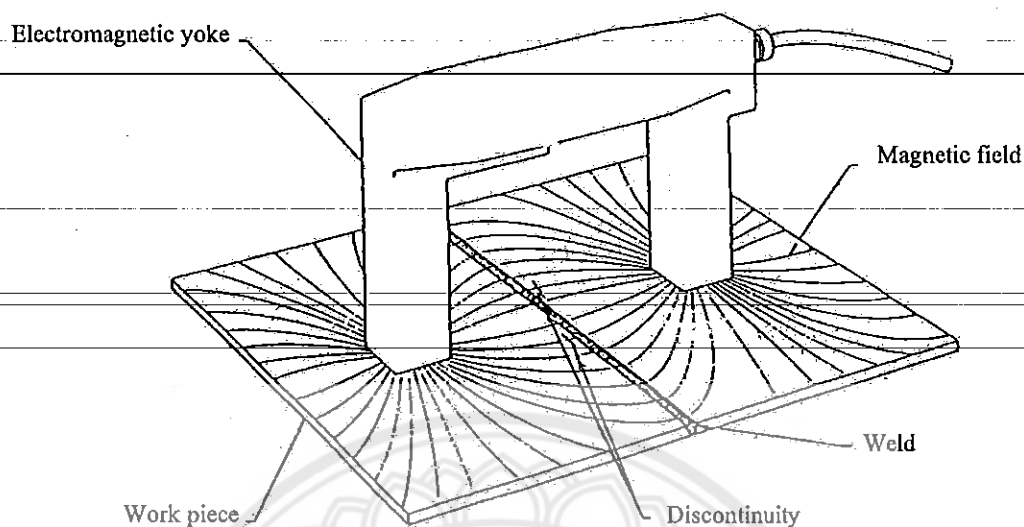


รูปที่ 2.27 แสดงทิศทางการสะท้อนและผลที่แสดงออกมา [1]

2.4.3 การทดสอบโดยใช้อนุภาคแม่เหล็กในสนามแม่เหล็ก (Magnetic Particle Test, MT)

วิธีการทดสอบนี้ใช้ทดสอบหารอยบกพร่องที่อยู่บนผิว หรือใต้ผิวงานเล็กน้อยในช่วงความลึกไม่เกิน 3 มม. และสามารถใช้ได้กับโลหะที่สามารถทำให้เป็นแม่เหล็กได้เท่านั้น ในหลักการทดสอบจะต้องทำชิ้นงานให้เป็นแม่เหล็กก่อน ซึ่งมีอยู่หลายวิธีเช่นการใช้แม่เหล็กถาวร การใช้แม่เหล็กไฟฟ้าหรือการผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปในชิ้นงานโดยตรง สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจะประกอบด้วยเส้นแรงแม่เหล็กจำนวนมากไหลในชิ้นงานด้วยความสม่ำเสมอในทิศทางที่แน่นอน ถ้าในบริเวณที่มีเส้นแรงแม่เหล็กมีรอยบกพร่องอยู่ ก็จะทำให้การไหลการไหลของเส้นแรงแม่เหล็กไม่สะดวก ซึ่งโดยธรรมชาติของเส้นแรงแม่เหล็กแล้ว จะเลือกไปในทิศทางที่มีความต้านทานต่ำสุด ในกรณีนี้จะมีเส้นแรงแม่เหล็กบางส่วนรั่วไหลออกมาจากชิ้นงานและเกิดเป็นขั้วแม่เหล็กเล็กๆ ขึ้น ถ้าให้ผงเหล็กลงไป ผงเหล็กก็จะเกาะติดอยู่บริเวณที่มีรอยบกพร่อง ทำให้รอยบกพร่องถูกทดสอบพบได้ ดังรูปที่ 2.28 แสดงลักษณะการหารอยบกพร่องด้วยวิธี MT

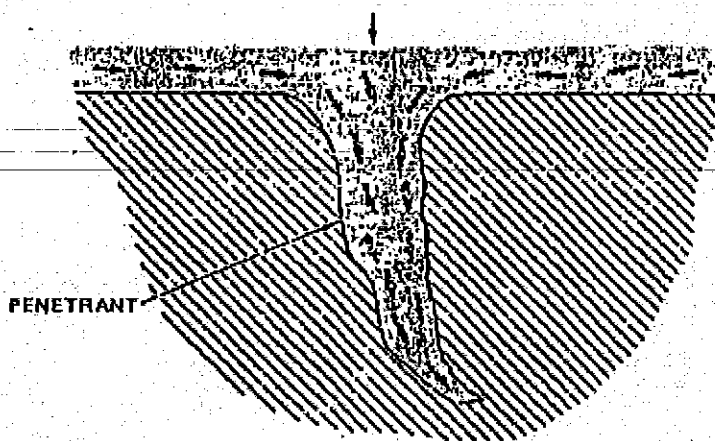
อย่างไรก็ตามการใช้เฉพาะผงเหล็กเพียงอย่างเดียวทำให้การทดสอบหารอยบกพร่องไม่ละเอียดพอ จึงได้มีการนำเอาผงเหล็กมาผสมกับน้ำสบู่เพื่อทำให้เกิดความหล่อลื่นและสามารถที่จะทดสอบหารอยบกพร่องได้ละเอียดกว่าเดิม



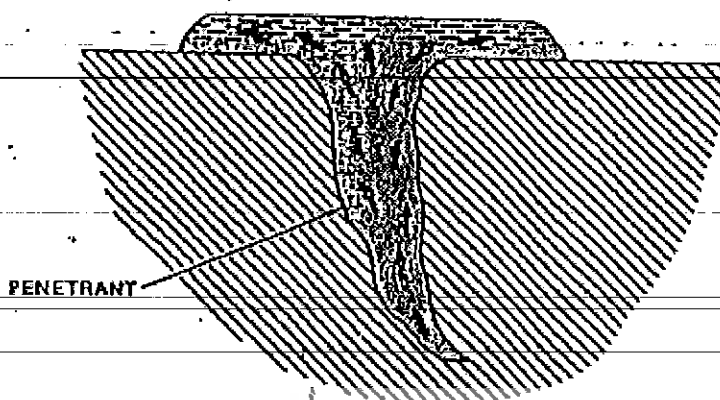
รูปที่ 2.28 แสดงการทดสอบด้วยวิธี MT [1]

2.4.4 การทดสอบแบบใช้สารแทรกซึม (Penetrant Test)

ใช้สำหรับทดสอบหารอยบกพร่องที่เปิดออกสู่ผิวเท่านั้น โดยไม่จำกัดว่าเป็นโลหะ หรือ อโลหะ และไม่จำเป็นต้องเป็นสารแม่เหล็กยกเว้นในวัสดุที่มีความพรุนมาก ในหลักการทดสอบจะใช้สารแทรกซึมซึ่งมีคุณสมบัติในการเปียกผิวชิ้นงานได้ดีแทรกซึมเข้าไปในรอยบกพร่อง แสดงดังรูปที่ 2.29 ส่วนสารแทรกซึมส่วนเกินที่อยู่ตามผิวงาน นอกขอบของรอยจะถูกลบออก หลังจากนั้นจะให้สาร Developer ลงบนผิวงาน เพื่อดึงสารแทรกซึมที่ยังคงค้างในรอยบกพร่องออกมา โดยทั่วไปสารแทรกซึมจะมีสีแดง และ Developer จะมีสีขาว ภาพที่ปรากฏจึงเป็นรอยบ่งชี้ของรอยบกพร่องสีแดงในพื้นสีขาว ดังรูปที่ 2.30



รูปที่ 2.29 แสดงสารแทรกซึมแทรกลงไป ในรอยบกพร่อง [1]



รูปที่ 2.30 แสดงสารแทรกซึมลดยออกมาจากรอยบกพร่องหลังใส่สาร Developer [1]

2.5 จุดบกพร่องในแนวเชื่อมและในเหล็ก (Weld and Base Metal Discontinuities)

ก่อนที่จะทำความเข้าใจในเนื้อหาของจุดบกพร่องในแนวเชื่อมและในเหล็กจะต้องทำความเข้าใจกับความหมายและความแตกต่างของ Discontinuity และ Defect ก่อนเพราะมีความเข้าใจผิดของความหมายของ 2 คำนี้กันอย่างมาก

Discontinuity คือ สิ่งที่ทำให้เกิดความผิดปกติหรือไม่สม่ำเสมอในโลหะหรือแนวเชื่อม ซึ่งเมื่อเทียบกับ Code หรือ Standard และจะยอมรับได้

Defect คือ เป็นส่วนหนึ่งของ Discontinuity ซึ่งเมื่อเทียบกับ Code หรือ Standard และจะยอมรับได้

เมื่อพิจารณาความหมายของคำทั้ง 2 ก็จะสามารถสรุปได้ว่า

1. การจะพิจารณาว่าอะไรคือ Discontinuity หรือ Defect นั้นจะต้องมีมาตรฐานเปรียบเทียบ นั่นคือ Code, Standard หรือ Specification นั้นเอง

2. เมื่อดูความหมายแล้วการตัดสินใจและคำพูดที่ใช้กันบ่อยๆ และให้ถูกต้องคือ

Acceptable Discontinuities หรือ Rejectable Defects

ชนิดของจุดบกพร่อง

2.5.1 รอยแตก (Cracks)

เป็นจุดบกพร่องแรกที่จะกล่าวถึง และเป็นจุดบกพร่องที่อันตรายมากและสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่ม คือ

(1) แบ่งตามลักษณะเฉพาะตัว โดยแบ่งได้ดังนี้

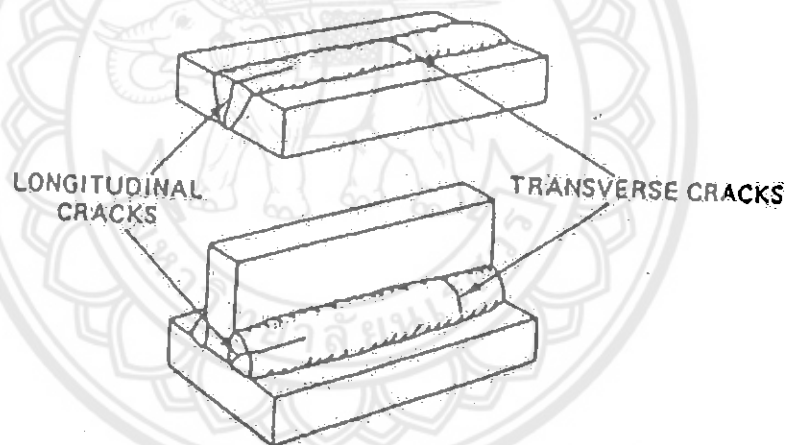
1.1 แตกร้อน (Hot Crack) จะแตกในขณะที่นำโลหะหลอมละลายอยู่โดยทั่วไปจะแตกอยู่ระหว่างขอบเกรน

1.2 แตกเย็น (Cold Crack) จะแตกหลังจากที่โลหะ, แนวเชื่อมเย็นตัวอยู่ที่อุณหภูมิห้องแล้ว. รอยแตกที่เกิดจากการใช้งานของโครงสร้างจะถือว่าเป็น Cold Crack ชนิดหนึ่ง, Delayed หรือ Under bead crack ซึ่งเกิดจากการฝังตัวอย่างช้าๆ ไฮโดรเจน (hydrogen) ก็เป็นชนิดของ Cold crack

(2.) แบ่งตามการวางตัวของรอยแตกเมื่อเปรียบเทียบกับแกนของแนวเชื่อม (Direction) โดยแบ่งดังนี้

2.1 แตกตามยาว (Longitudinal Cracks) ทิศทางของรอยแตกจะวิ่งขนานไปตามแกนของแนวเชื่อม รอยแตกเกิดขึ้นจากการหดตัวของแนวเชื่อมตามขวาง, เกิดจากความเครียดขณะ Structure ที่ใช้งานหรืออาจเกิดจากฟองอากาศที่ฝังตัวตามผิวของแนวเชื่อม ดังรูปที่ 2.31

2.2 แตกตามขวาง (Transverse Crack) ทิศทางของรอยแตกจะตั้งฉากกับแกนของแนวเชื่อม รอยแตกเกิดขึ้นจากการหดตัวของแนวเชื่อมตามขวางดังรูปที่ 2.31



รูปที่ 2.31 แสดงรอยแตกเปรียบเทียบกับแกนแนวเชื่อม [3]

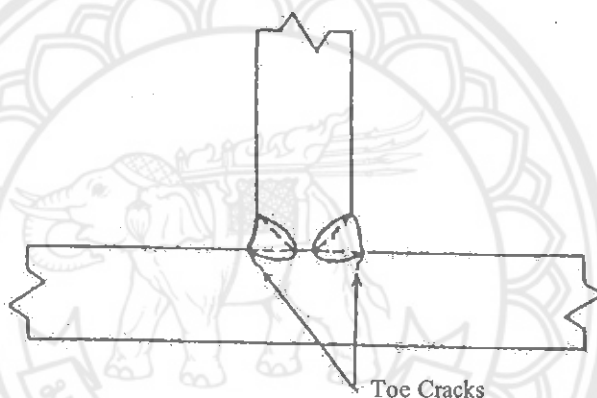
(3.) แบ่งตามตำแหน่งของรอยแตกที่ฝังตัวอยู่ในแนวเชื่อม โดยแบ่งได้ดังนี้

3.1 รอยแตกที่-Throat (Throat Crack) รอยแตกชนิดนี้จะเป็น Longitudinal Crack และถือว่าเป็น Hot Crack. การแตกแบบ Throat Crack จะเกิดจากการงานเชื่อมที่มี ระดับการสามารถเคลื่อนตัวของชิ้นงานขณะเชื่อมสูงด้านขวาง โดยเฉพาะงานที่มีพื้นที่หน้าตัดของแนวเชื่อมน้อยๆ ยกตัวอย่างเช่น แนวเชื่อม Root ที่บาง ๆ , แนวเชื่อม Fillet แบบเว้าเป็นต้น เนื่องจากแนวเชื่อมที่มีพื้นที่หน้าตัดน้อย ๆ จะไม่สามารถรับแรงที่เกิดขึ้นจากการหดตัวตามขวางได้พอซึ่งเป็นผลให้เกิด Throat Crack

3.2 รอยแตกที่ Root (Root crack) รอยแตกชนิดนี้จะเป็น Longitudinal crack ซึ่งจะเกิดขึ้นด้วย ๆ กัน Throat crack คือเกิดจากการหดตัวของแนวเชื่อมซึ่งถือว่าเป็น Hot crack ชนิดหนึ่ง รอยแตกชนิดนี้ โดยปกติจะเกิดขึ้นกับงาน Fit-up ที่ไม่ดี Root Gap ใหญ่เกินไปเป็นผลทำให้ซึ่งความเค้นที่เกิดจากการหดตัวจะทำให้เกิด Root Crack ได้ง่าย

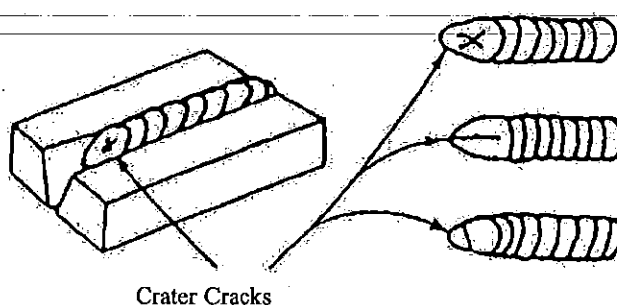
3.3 แตกที่ตีนแนวเชื่อม (Toe crack) โดยปกติจะแตกที่เห็นงานติดกับตีนของแนวเชื่อม การแตกแบบนี้เกิดจากรูปร่าง Joint แนวเชื่อมจะมี Weld Reinforcement หรือ แนวลาดหน้า โดยปกติจะนูนซึ่งจำทำให้เกิดความเค้นบริเวณตีนแนวเชื่อมผสมกับบริเวณตีนแนวเชื่อมจะเป็น Heat affect Zone ซึ่งจะมีโครงสร้างที่เปราะมาก ซึ่งเป็นผลให้เกิดการแตกที่ตีนแนวเชื่อม Toe crack ดังรูปที่

2.32



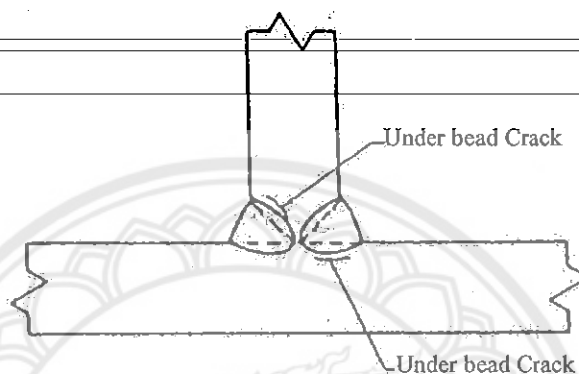
รูปที่ 2.32 แสดงรอยแตกที่ตีนแนวเชื่อม [3]

3.4 รอยแตกที่จุดหยุดลวดเชื่อม (Crater crack) จะเป็นการแตกที่จุดหยุดลวดเชื่อมแต่ละเส้น โดยปกติจะเกิดเมื่อช่างเชื่อมจะหยุดลวดเชื่อมแล้วไม่มีการระมัดระวังการเติมลวดเชื่อมให้เต็มบริเวณจุดหยุด, บริเวณที่หยุดลวดเชื่อมจะเป็นบริเวณที่มีเนื้อโลหะเชื่อมบางผสมผสานกับการหดตัวของโลหะเชื่อมจึงทำให้เกิด Crater crack ดังรูปที่ 2.33



รูปที่ 2.33 แสดงรอยแตกที่จุดหยุดลวดเชื่อม [3]

3.5 รอยแตกภายใต้แนวเชื่อม (Under bead Crack) โดยปกติการแตกชนิดนี้จะเกี่ยวกับ“การปฏิบัติงานเชื่อม”โดยจะวางตัวอยู่ใน Heat- affected zone แทนที่เนื้อโลหะเชื่อม หรืออีกนัยหนึ่งจะฝังตัวอยู่ใน Fusion Line ใน Heat – affected Zone เมื่อดูงานหน้าตัดของแนวเชื่อม Under bead crack จะมีทิศทางขนานกับ Fusion line ของแนวเชื่อม ดังรูปที่ 2.34



รูปที่ 2.34 แสดงรอยแตกภายใต้แนวเชื่อม [3]

Under bead crack จะเป็นรอยแตกชนิดที่อันตรายมาก เพราะรอยแตกชนิดนี้โดยปกติจะเกิดหลังจากการเชื่อมเสร็จแล้วหลาย ๆ ชั่วโมงซึ่งบางครั้งเรียกว่า Delayed cracks. ดังนั้นเมื่อโลหะหรือขบวนการเชื่อมชนิดใดที่จะทำให้เกิด Under bead crack ได้ง่าย

Under bead crack จะเกิดขึ้นจากก๊าซ Hydrogen ที่ฝังตัวอยู่ในเนื้อโลหะเชื่อม ซึ่งก๊าซ Hydrogen จะมาจาก ลวดเชื่อม โลหะชิ้นงาน บรรยากาศภายนอกเป็นต้น ซึ่งขณะทำการเชื่อมอยู่บ่อหลอมละลายของแนวเชื่อมจะดูดเอาก๊าซไฮโดรเจนไว้

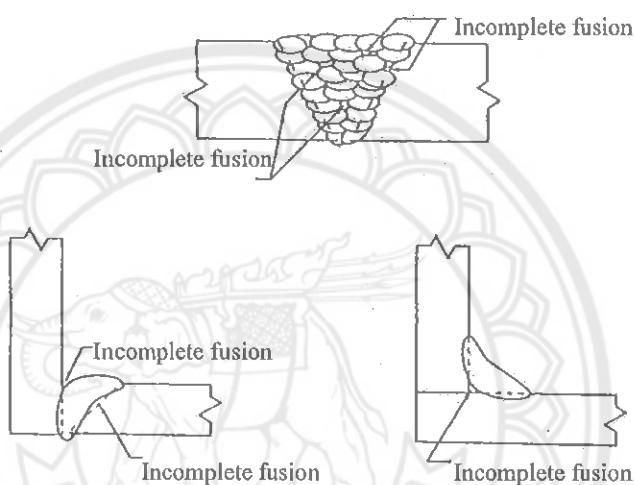
อย่างไรก็ตามขณะที่โลหะเชื่อมกำลังร้อนตัวอยู่ก๊าซไฮโดรเจนจะไม่เป็นอันตรายใด ๆ กับแนวเชื่อมแต่เมื่อแนวเชื่อมเย็นตัวลงสู่อุณหภูมิห้อง Ions ของก๊าซ Hydrogen จะเคลื่อนที่ผ่านเนื้อโลหะไปที่ขอบเกรน (Grain Boundaries) ใน Heat-affected Zone ดังนั้น อะตอมแต่ละกลุ่มของก๊าซ Hydrogen ก็จะรวมตัวกันเป็นโมเลกุลของก๊าซ Hydrogen (H_2) ซึ่งเมื่อก๊าซ Hydrogen รวมตัวกันเข้าจนมีปริมาณมาก ๆ ก็จะมีแรงในการเคลื่อนที่มากและสามารถเคลื่อนผ่านโครงสร้างของโลหะได้และรวมตัวกัน. ซึ่งถ้าโลหะนั้นมีความเหนียว/แข็งแรงไม่พอแรงดันที่เกิดขึ้นจากการรวมตัวของก๊าซ Hydrogen (โมเลกุลของก๊าซ Hydrogen) ก็จะทำให้เกิด Under bead crack ได้

ดังนั้นเพื่อป้องกันการเกิด Under bead crack วิธีที่ดีที่สุด คือ จะต้องกำจัดก๊าซ Hydrogen หรือป้องกันให้เกิดขึ้นน้อยที่สุดระหว่างทำการเชื่อม เช่น เมื่อทำการเชื่อมด้วยขบวนการเชื่อม SMAW จะต้องใช้ Electrode ที่เป็น Low hydrogen electrode จะต้องเก็บลวดเชื่อมดี จะต้องมีการอบลวด

เชื่อมก่อนใช้ เพื่อกำจัดความชื้นออกจากลวดเชื่อม ชิ้นงานที่จะเชื่อมจะต้องสะอาด การPre-heat เป็นอีกวิธีที่กำจัดความชื้นเพื่อป้องกันการแตกชนิดนี้ด้วย

2.5.2 การหลอมละลายไม่สมบูรณ์ (Incomplete Fusion)

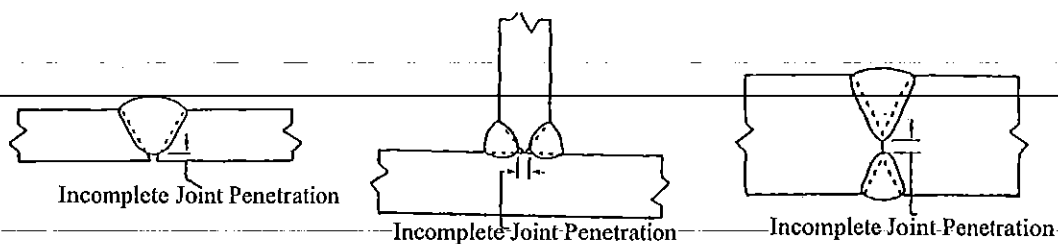
จุดบกพร่องที่เกิดขึ้นจากการหลอมละลายไม่สมบูรณ์ระหว่าง เนื้อโลหะเชื่อมกับชิ้นงาน หรือระหว่างเนื้อโลหะเชื่อมด้วยกันเอง ซึ่งเป็นผลมาจากการวางลวดเชื่อมไม่ถูกต้องโดยตัวช่างเชื่อมเองและโดยปกติ-Incomplete-Fusion เมื่อยัง RT-ดูแล้วจะพบยากมาก ดังรูปที่ 2.35



รูปที่ 2.35 แสดงการหลอมละลายไม่สมบูรณ์ [3]

2.5.3 การซึมลึกของรอยต่อไม่สมบูรณ์ (Incomplete Joint Penetration)

จุดบกพร่องชนิดนี้จะคล้าย ๆ กับ Incomplete Fusion แต่จะเกิดขึ้นกับงานเชื่อมแบบ (Groove Weld) เท่านั้น ซึ่งลักษณะของจุดบกพร่องชนิดนี้จะมีลักษณะคือ เนื้อโลหะเชื่อมหลอมละลายไม่ผ่านความหนาของ Joint งาน โดยปกติจะเป็นบริเวณ Root ของแนวเชื่อม โดยปกติตามมาตรฐานต่างๆ จะไม่สามารถยอมรับจุดบกพร่องประเภทนี้ได้ สาเหตุของการเกิดจุดบกพร่องชนิดนี้จะเหมือนกับ-Incomplete-Fusion คือ เทคนิคการเชื่อมไม่ถูกต้อง การเตรียม Joint Penetration เมื่อเกิดขึ้นจะไม่สามารถยอมรับได้ ดังรูปที่ 2.36



รูปที่ 2.36 แสดงการซึมลึกของรอยต่อไม่สมบูรณ์ [3]

2.5.4 สิ่งฝังใน (Inclusions)

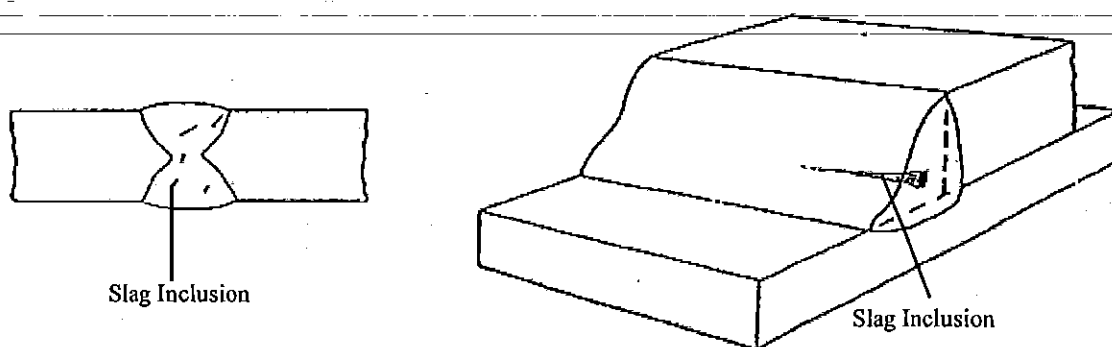
สิ่งฝังใน คือ สิ่งที่แทรกฝังอยู่ในแนวเชื่อมหรือโลหะเช่น Slag Inclusion, Flux Inclusion , Tungsten Inclusion และ Oxide Inclusion. คำว่า Inclusion จะเป็นได้ทั้ง โลหะฝังใน (Metallic Inclusion) หรือไม่เป็นโลหะฝังใน (Non-metallic Inclusion) ก็ได้

(1.) สแลกฝังใน (Slag Inclusion)

สแลกที่ฝังอยู่ในแนวเชื่อมจะเกิดขึ้นจากฟลักซ์ที่ใช้ในการปกคลุมบ่อหลอมละลายของแนวเชื่อม ซึ่งฟลักซ์หลอมเข้ากับแนวเชื่อมขณะที่เป็นน้ำโลหะอยู่ เมื่อฟลักซ์แข็งตัวหรือเรียกอีกอย่างว่า สแลกจะเห็นปรากฏอยู่ในแนวเชื่อมทำให้เนื้อโลหะเชื่อมมีจุดบกพร่องไม่สมบูรณ์ slag Inclusion จะเกิดจากเทคนิคการเชื่อมของช่างเชื่อมไม่ถูกต้อง ลวดเชื่อมที่นำมาใช้ไม่ดี การทำความสะอาดของแนวเชื่อมแต่ละแนวก่อนเริ่มเชื่อมแนวใหม่เนื่องจากความหนาแน่นของสแลก จะน้อยกว่าโลหะเหล็กดังนั้นเมื่อยัง RT มาจุดที่มี slag Inclusion ฝังอยู่จะเป็นสีดำในฟิล์ม RT ดังรูปที่ 2.37

(2.) ทังสเทนฝังใน (Tungsten Inclusion)

เกิดจากขบวนการเชื่อม GTAW ซึ่งใช้ลวด Tungsten ทำให้เกิดการArc เพื่อให้เกิดความร้อน ถ้าลวด Tungsten สัมผัสกับบ่อหลอมละลายก็จะทำให้เกิด Tungsten Inclusion ขึ้น หรือเกิดจากการใช้ลวด Tungsten ไม่เหมาะสม เนื่องจากความหนาแน่นของ Tungsten มีมากกว่าโลหะเหล็ก ดังนั้นเมื่อยัง RT มาจุดที่มี Tungsten Inclusion ฝังอยู่จะเป็นสีขาวในฟิล์ม RT

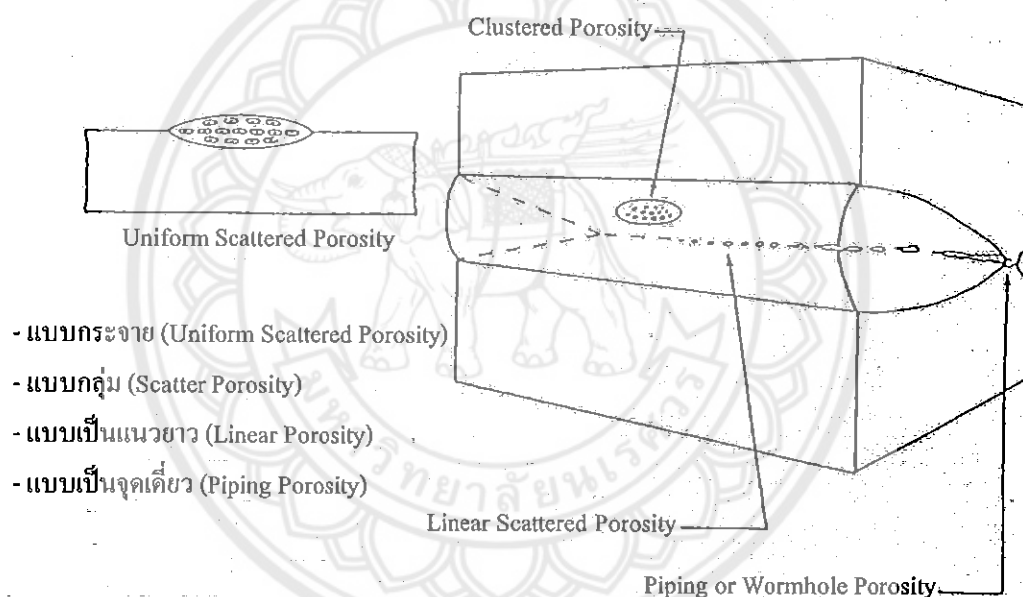


รูปที่ 2.37 แสดงสิ่งฝังในในแนวเชื่อม [3]

2.5.5 ฟองอากาศ (Porosity)

เป็นจุดบกพร่อง “ชนิดเป็นโพรง” ซึ่งเกิดจากก๊าซเข้าไปผสมกับโลหะขณะกำลังแข็งตัวระหว่างการเชื่อม โดยทั่ว ๆ ไป Porosity (ดังรูปที่ 2.38) จะเกิดจากสิ่งสกปรกหรือความเห็นบริเวณแนวเชื่อมซึ่งมาจากत्वเชื่อมหรือโลหะชิ้นงาน แก๊ส Shielding หรืออากาศทั่ว ๆ ไป (ลม) การเกิด Porosity บางครั้งจะเกิดจากเทคนิคการเชื่อมไม่ถูกต้อง เช่น

- ขบวนการเชื่อม SMAW ที่มี Arc Length ยาวเกินไปเมื่อใช้ Low hydrogen electrode
 - ขบวนการเชื่อม SAW ที่ Travel speed เร็วเกินไปจะทำให้เกิด Piping Porosity
- ดังนั้นเพื่อพบว่าแนวเชื่อมมี Porosity เกิดขึ้น หมายความว่าขบวนการเชื่อมที่กำลังปฏิบัติอยู่เกิดผิดปกติ จะต้องมีการแก้ไขเร่งด่วน

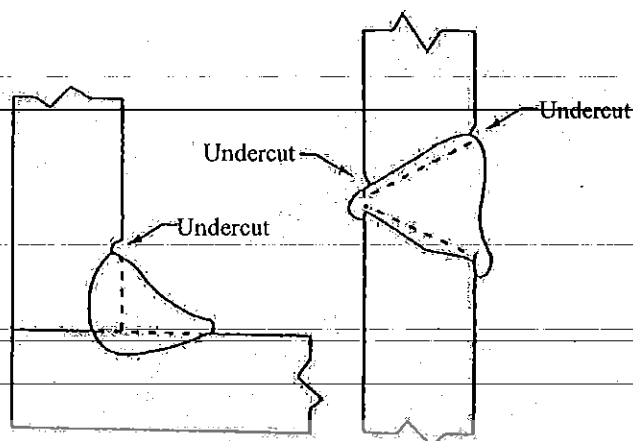


รูปที่ 2.38 แสดงลักษณะฟองอากาศในแนวเชื่อม [3]

2.5.6 รอยกัดข้าง (Undercut)

เป็นจุดบกพร่องที่เกิดขึ้นกับชิ้นงานข้าง ๆ แนวเชื่อม ดังรูปที่ 2.39 ซึ่งโดยทั่วไป Undercut จะเกิดจากเทคนิคในการเชื่อมไม่ถูกต้อง เช่น

- พบมากที่สุด ถ้า Travel Speed เร็วเกินไปอัตราการเติมของत्वเชื่อมจะไม่เพียงพอแต่ความร้อนที่เกิดขึ้นจะไปหลอมละลายชิ้นงานข้าง จึงทำให้เกิด Undercut
- การเชื่อมที่ใช้ความร้อนมากเกินไป (Heat Input สูง, Welding Current สูง) จึงทำให้ชิ้นงานหลอมละลายมากเกินไป
- การใช้त्वเชื่อมไม่ถูกต้อง



รูปที่ 2.39 แสดงรอยกัดข้าง [3]

2.5.7 แนวเชื่อมไม่เต็ม (Under fill)

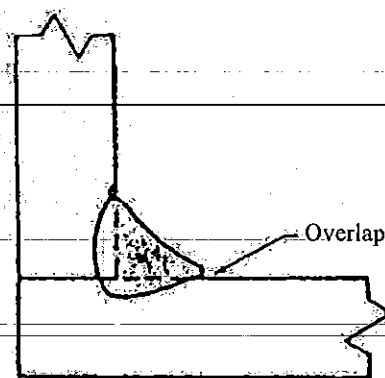
ลักษณะจะคล้ายกับ Undercut คือจะเป็นจุดบกพร่อง ที่ผิวหน้าของแนวเชื่อมหรือชิ้นงานจะทำให้พื้นที่หน้าตัดของชิ้นงานไม่เต็มสมบูรณ์ Under fill จะเกิดขึ้นในเนื้อโลหะเชื่อมส่วน Undercut จะเกิดขึ้นระหว่างเนื้อโลหะกับชิ้นงาน Under fill จะเกิดขึ้นจากโลหะเชื่อมที่ใช้เดิมลงไปเชื่อมไม่เพียงพอ หรืออีกนัยหนึ่งสามารถพูดได้ว่าช่างเชื่อมยังเชื่อมงานไม่เสร็จหรือไม่เข้าใจว่างานเชื่อมว่าถูกต้องจะต้องเชื่อมอย่างไร Under fill จะสามารถเกิดขึ้นได้ทั้งด้าน Cap และด้าน Root ของแนวเชื่อม ดังรูปที่ 2.40



รูปที่ 2.40 แสดงแนวเชื่อมไม่เต็ม [3]

2.5.8 รอยเกย (Overlap)

เป็นจุดบกพร่องที่เกิดที่ผิวหน้าของแนวเชื่อมซึ่งเกิดจากเทคนิคในการเชื่อมไม่ถูกต้อง ซึ่งเกิดจากตัวช่างเชื่อม หรือ Travel speed ช้าเกินไปจึงทำให้โลหะเชื่อมที่หลอมละลายมากเกินไป ทำให้เกิด Overlap ดังรูปที่ 2.41 ซึ่ง Overlap จะเกิดได้ทั้งที่ Cap และ Root ของเชื่อมและทั้ง Fillet และ Groove weld



รูปที่ 2.41 แสดงรอยเชื่อม [3]

2.5.9 Arc Strikes

เป็นจุดบกพร่องที่เกิดขึ้นบนชิ้นงาน จะเกิดจากการ Arc ที่ผิวชิ้นงานห่างจากแนวเชื่อมอาจเกิดจากการตั้งใจทำของช่างเชื่อมหรือเกิดจากความไม่ตั้งใจก็ได้ ขณะที่เกิด Arc Strikes ชิ้นงานจะหลอมละลายและจะเย็นตัวเร็วมากทำให้เนื้อโลหะบริเวณนั้นหดตัวลงซึ่งเมื่อเกิดขึ้นกับเหล็กจำพวก High Strength จะทำให้มี Localized Heat-affected Zone ซึ่งจะทำให้เกิดโครงสร้าง Martensite ซึ่งโครงสร้าง Martensite ซึ่งจะเป็นโครงสร้างที่แข็ง เปราะมากซึ่งจะเป็นผลให้เกิดการแตกได้ (Crack) สาเหตุของการเกิด Arc Strikes จะเกิดจากเทคนิคในการเชื่อมของช่างเชื่อมไม่เหมาะสม ช่างเชื่อมทุกคนจะต้องระมัดระวังไม่ให้เกิดขึ้นและบางครั้งอาจเกิดการ Arc และเกิด Arc Strikes ขึ้นโดยทั่วๆ ไปตาม Code/standard จะไม่ยอมรับ Arc Strikes ดังนั้นเมื่อจุดใดมี Arc Strikes เกิดขึ้นจะต้องมีการทำ MT เพื่อตรวจสอบดูว่าไม่มี Crack

2.5.10 เม็ดไฟ (Spatter)

คือเม็ดของโลหะเชื่อมที่กระเด็นออกมาจากแนวเชื่อมขณะทำการเชื่อมอยู่ ซึ่งไม่รวมตัวกับแนวเชื่อมเลย Spatter ที่เกาะอยู่บนชิ้นงานถ้าหากมีความร้อนสูงพอจะทำให้เกิด Localize heat-affected Zone และทำให้เกิดโครงสร้าง Martensite และอาจทำให้เกิด Crack ได้ทำนองเดียวกับ Arc Strike การเกิด Spatter จะเป็นสาเหตุจาก เกิดจากน้ำโลหะที่หลอมเหลว ถูกแรงกระทำจากเปลว Arc ให้ออกไปนอกรอยเชื่อม แล้วแข็งตัวเป็นเม็ด ค่อนข้างกลมบริเวณข้างรอยเชื่อม

2.5.11 Lamination

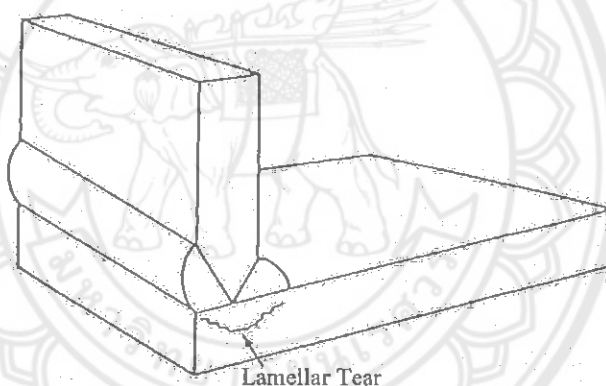
จุดบกพร่องชนิดนี้จะเกิดระหว่างการผลิตเหล็กซึ่งจะเป็น Nonmetallic Inclusions การเกิด Lamination ที่เหล็กอาจจะสามารถพบได้ขณะที่ทำการตัดด้วยความร้อนจากการตัดเพียงพอที่จะไปเป็นจุดบกพร่องชนิดนี้ วิธีจะตรวจสอบเพื่อหา Lamination ในเนื้อโลหะที่ดีที่สุด คือการใช้ UT ซึ่ง RT จะไม่สามารถตรวจพบจุดบกพร่องชนิดนี้ได้

ถ้า Lamination เกิดขึ้นที่เนื้อเหล็กที่นำมาเชื่อมจะทำให้เกิดปัญหากับงานเชื่อมได้ เช่น

- Lamination สามารถขยายตัวแนวเชื่อมและทำให้เกิด Crack ได้
- ก๊าซ Hydrogen ที่อยู่ใน Lamination จะเข้ามารวมตัวกับแนวเชื่อมและทำให้เกิด Under bead Crack ได้

2.5.12 Lamellar Tear

Lamellar Tear กับ Lamination จะมีความแตกต่างกันคือ Lamellar Tear จะเกิดจากการเชื่อม ส่วน Lamination จะเกิดจากขบวนการผลิตของเหล็ก Lamellar Tear จะถือว่าเป็นจุดบกพร่องที่เกิดกับชิ้นงานชนิดหนึ่ง มีลักษณะแสดงดังรูปที่ 2.42 จะเกิดกับงานที่มีความเค้นสูงในแนวแกน Z (Z direction) หรือ Through-thickness direction เนื่องจากการหดตัวจะเกิดการฉีกบริเวณเนื้อชิ้นงาน โดยปกติจะห่างจาก Heat-affected Zone ออกไปและจะขนานกับแนว Fusion Weld



รูปที่ 2.42 แสดง Lamellar Tear [3]

2.6 หน้าที่ความรับผิดชอบของช่างเชื่อม

1. ช่างเชื่อมต้องทำความสะอาดผิวงานเชื่อมก่อนทำการเชื่อม เช่น สนิท น้ำ น้ำมัน จารบี สี ฯลฯ เพื่อให้ได้คุณสมบัติของงานเชื่อมที่ดีมีคุณภาพ
2. ช่างเชื่อมต้องรับผิดชอบในการตกแต่งผิวงาน ร่องเก็บ ก่อนปฏิบัติการเชื่อม เนื่องจากการ Fit-up จะมีระยะพิคคความเผื่อ ซึ่งอาจจะไม่เหมาะสมกับการเชื่อมจริง ฉะนั้นช่างเชื่อมต้องตกแต่งบริเวณผิวงานให้ได้เหมาะสมกับการเชื่อมของตัวเอง
3. กรณีแนวเชื่อมฟิลเล็ท T-Joint ที่มีเก็บห่างเกิน 1.6 มม. ช่างเชื่อมจะต้องบวกเพิ่มขนาดของแนวเชื่อมเท่ากับระยะของเก็บที่ห่าง
4. ช่างเชื่อมจะต้องควบคุมอุณหภูมิก่อนการเชื่อมและระหว่างการเชื่อมอย่างเคร่งครัด

4.1 อุณหภูมิก่อนการเชื่อมจะต้องเผื่อให้ได้ความร้อนของเนื้อเหล็ก ไม่ใช่เฉพาะตรงจุดที่เชื่อมแต่จะต้องเผื่ออุณหภูมิที่ด้านตรงข้ามที่จะเชื่อมหากกระทำไม่ได้ ก็สามารถทำการวัดในด้านที่จะเชื่อมแต่ต้องห่างจากบริเวณแนวเชื่อมอย่างน้อย 3 นิ้ว

4.2 อุณหภูมิระหว่างการเชื่อมจะต้องควบคุมไม่ให้ต่ำกว่าอุณหภูมิก่อนเชื่อมแต่ต้องไม่มากกว่า 280 หรือ 300 องศา ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประเภทของงานและตามข้อกำหนดของ WPS

5. ช่างเชื่อมจะต้องคำนึงถึงลวดเชื่อมที่จะนำมาใช้ จะต้องปฏิบัติตามคำสั่งของหัวหน้างานหรือข้อกำหนดของงานเชื่อม (ซึ่งจะมีอยู่ใน WPS)

6. ช่างเชื่อมต้องปฏิบัติตาม WPS (ระเบียบปฏิบัติและข้อกำหนดที่ใช้ในการเชื่อม) อย่างเคร่งครัด

7. ช่างเชื่อมจะต้องเอารอยแตกหรือข้อบกพร่องอื่น ๆ ออกจากแนว Tack ก่อน ทำการเชื่อมจริงเสมอ

8. ช่างเชื่อมจะต้องทำความสะอาดและกำจัดข้อบกพร่องก่อนที่จะทำการเชื่อมในแนวต่อไป

9. ช่างเชื่อมจะต้องเอาฟองอากาศออกทันทีเมื่อพบเห็นในขณะที่เชื่อมหรือเมื่อเสร็จงานเชื่อม

10. การหยุดลวด จะต้องหยุดแบบที่แนวเชื่อมออกมาสมบูรณ์(แล้วแต่วิธีการของแต่ละบุคคล)

11. ทุกครั้งก่อนเชื่อมแนวต่อไป จะต้องทำความสะอาดอย่างดีแต่บางกรณีอาจยกเว้นหากเป็นแนวเชื่อม Fillet ในแนวนานอน แต่ช่างเชื่อมต้องได้รับความเห็นชอบจากหัวหน้างาน

12. ขนาดของแนวเชื่อมได้จะต้องเป็นไปตามข้อกำหนดตามแบบ ความสูงได้สูงสุดไม่ควรเกิน 3 มม. สำหรับงาน Structure เช่น TKY, NRACEBUTT JOINT. ซึ่งเป็นงานเชื่อมด้านเดียวและซึมลึก 100%

13. ความสูงของแนวเชื่อมลาดหน้า จะต้องอยู่ระหว่างที่ 1.6-3.25 มม. ความกว้างไม่ควรเกิน 2.5 เท่าของขนาดลวดเชื่อม เช่น (ลวด 3.2x2.5 = 8mm.) หรือ (4.0x2.5 = 10 mm.) เป็นต้น

14. แนวกัดไม่ควรที่จะให้มีในงานเชื่อม โดยเฉพาะงานเชื่อมที่เป็นชิ้นส่วนหลัก

15. แนวเชื่อมที่เป็นแนวได้ สำหรับงานเชื่อมที่เชื่อมด้านเดียวจะต้องรักษาควบคุมให้แนวเชื่อมซึมลึก และหลอมละลายอย่างสมบูรณ์

16. แนวเชื่อมที่มีการตรวจสอบแบบไม่ทำลายแล้วพบข้อบกพร่อง เช่น สลักฝังในและฟองอากาศ จะต้องเอาออกให้หมดและทำการเชื่อมซ่อมให้เป็นเนื้อเดียวกัน

17. แนวเชื่อมที่มีการตรวจสอบแบบไม่ทำลายแล้วพบข้อบกพร่องรอยแตก การซ่อมจะต้องได้รับการอนุมัติจากหัวหน้างาน (และจะต้องได้รับการอนุญาตจากเจ้าของงานก่อน) และต้องมีระเบียบปฏิบัติในการซ่อมอย่างถูกต้อง

18. ถ้าหากเป็นไปได้ควรที่จะเชื่อมในท่าที่สะดวกและถนัดที่สุด เพื่อจะได้แนวเชื่อมที่มีคุณภาพดี

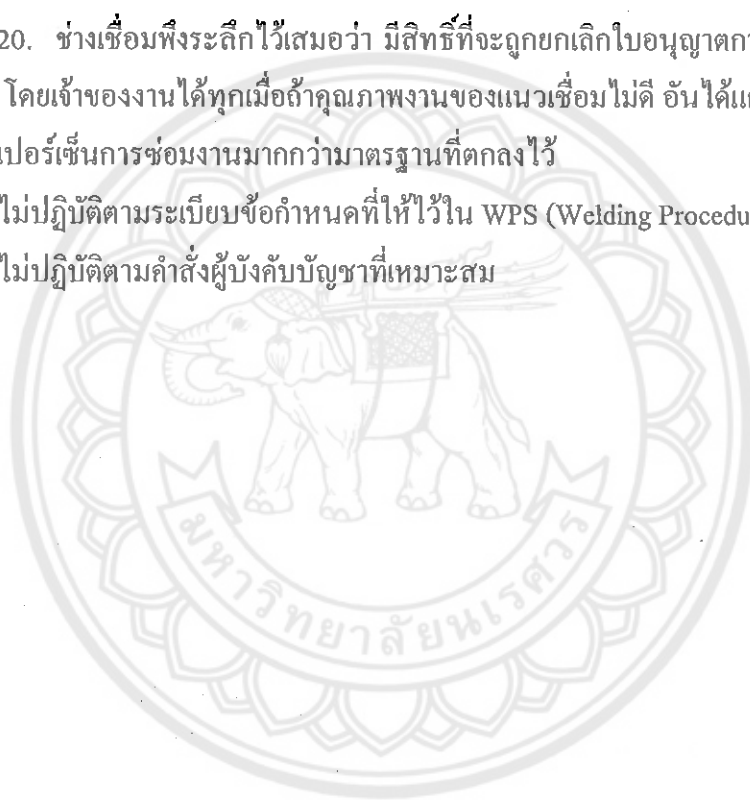
19. แนวเชื่อมจะต้องผ่านการตรวจสอบด้วยสายตา 100% โดยช่างเชื่อมเองก่อนย้ายออกจากบริเวณที่เชื่อม

20. ช่างเชื่อมพึงระลึกไว้เสมอว่า มีสิทธิ์ที่จะถูกยกเลิกใบอนุญาตการเชื่อม หรือใบรับรองการเชื่อมโดยเจ้าของงานได้ทุกเมื่อถ้าคุณภาพงานของแนวเชื่อมไม่ดี อันได้แก่

เปอร์เซ็นต์การซ่อมงานมากกว่ามาตรฐานที่ตกลงไว้

ไม่ปฏิบัติตามระเบียบข้อกำหนดที่ให้ไว้ใน WPS (Welding Procedure Specification)

ไม่ปฏิบัติตามคำสั่งผู้บังคับบัญชาที่เหมาะสม



บทที่ 3

วัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือและกระบวนการเชื่อมในงานเชื่อม

การใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ที่เหมาะสมกับลักษณะของงานที่เราจะนำมาใช้นั้นแตกต่างกันหลายประเภทแต่ละชนิดกันไปตามลักษณะของงานที่ทำและการใช้เครื่องมือให้เหมาะสมและถูกต้องกับชนิดของงานนั้นก็มีความสำคัญต่องานเชื่อมที่ออกมาด้วย ในส่วนของบทนี้จึงได้ทำการศึกษาวัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือและกระบวนการเชื่อมในงานเชื่อม จากการศึกษาที่หน้างานจริง และจากข้อมูลของทางบริษัทไทยนิปปอนสตีลฯ สามารถจะสรุปวัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือและกระบวนการเชื่อมในงานเชื่อม ได้ดังนี้

3.1 ผู้เชื่อม

ในการใช้เครื่องเชื่อมมีวิธีที่ต้องปฏิบัติเหมือนกัน ก็เพื่อความปลอดภัยของผู้ใช้งานเอง โดยมีวิธีการใช้ดังนี้

- (1) ก่อนจะเปิดสวิตช์ ควรตรวจสอบให้แน่ใจก่อนว่าตำแหน่งของกระแสเชื่อมควรอยู่ที่ตำแหน่งต่ำสุด
- (2) ระวังอย่าให้สัมผัสลวดเชื่อมแตะกับชิ้นงานที่จะเชื่อมโดยไม่จำเป็นซึ่งอาจทำให้เครื่องเชื่อมรับภาระเกินกำลัง
- (3) โขกสวิตช์ไปจุด เปิด ควรอยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้องจริงๆ มิฉะนั้นอาจเกิดความเสียหายแก่ขดลวดภายในเครื่องได้
- (4) หมุนด้ามมือจับปรับกระแสไฟ และดูเข็มชี้ขนาดการใช้กระแสไฟว่าเคลื่อนไปมาตามที่ปรับหรือไม่ เมื่อหมุนด้ามจับปรับกระแสตามเข็มนาฬิกากระแสไฟจะเพิ่มขึ้นและเมื่อหมุนด้ามจับปรับกระแสไฟทวนเข็มนาฬิกากระแสไฟจะลด
- (5) การเลือกใช้กระแสไฟกับขนาดของลวดเชื่อม จะมีแสดงไว้ตามมาตรฐานของลวดเชื่อมที่ระบุไว้ที่ท่อที่บรรจุลวดเชื่อมขนาดความหนาของชิ้นงาน วิธีการเชื่อมและความสามารถในการเชื่อม

ประเภทของเครื่องเชื่อมแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ดังนี้

3.1.1 เครื่องเชื่อมกระแสไฟสลับ (AC)

ข้อดีของการใช้กระแสไฟสลับ

1. ให้อายุเชื่อมเกิดการซึมลึกดีปานกลาง

2. ราคาถูก

3. ประสิทธิภาพและคุณภาพของรอยเชื่อมดี

4. ไม่เกิดการสปลกให้เปลวอาร์คเบี่ยงเบน

สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. เครื่องเชื่อมแบบธรรมดา ใช้ในงานเชื่อมไฟฟ้าเครื่องเชื่อมที่ใช้ คือ เครื่องเชื่อม พลัง 300 Amp หรือ 500 Amp โดยประกอบด้วยอุปกรณ์สำคัญดังนี้

- แกนเหล็กอ่อนนำกระแสซึ่งประกอบด้วยแผ่นเหล็กอ่อนบางๆ มาประกอบกันมีอยู่ 2

ส่วน คือ แกนเหล็กนำกระแส และแกนเหล็กเปลี่ยนแปลงกระแส

- ขดลวดมีอยู่ 2 ชุด คือ ปฐมภูมิและทุติยภูมิ

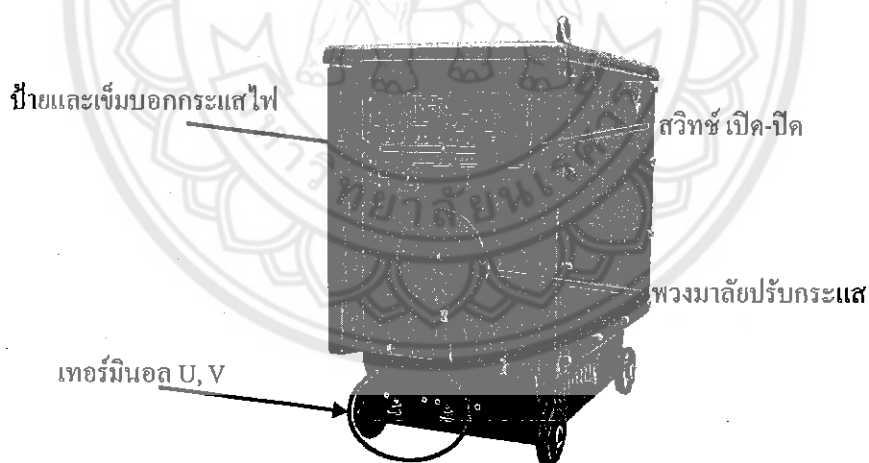
- สวิตช์ เปิด-ปิด

- พวงมาลัยปรับกระแส

- เทอร์มินอล U ต่อกับชิ้นงาน, V ต่อหัวเชื่อม

- ป้ายและเข็มบอกกระแสไฟ

โดยแสดงดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แสดงเครื่องเชื่อมแบบธรรมดาพลัง

2. เครื่องเชื่อมแบบรีโมท มักใช้ในงานเชื่อมไฟฟ้ามีขนาดเล็ก มีลักษณะคล้ายกับเครื่องเชื่อมแบบธรรมดา สามารถใช้รีโมทปรับกระแสได้ ซึ่งได้แก่ เครื่องเชื่อม Daiden 500 Amp เป็นเครื่องเชื่อมที่มีความปลอดภัยกว่าเครื่องเชื่อมแบบธรรมดาเพราะมีสายดินต่อกับเครื่องเชื่อมโดยตรงเหมาะสำหรับการทำงานในสถานที่อับชื้น สถานที่ที่ไม่มีความสะดวกในการทำงานเช่นภายในท่อ ดังนั้นควรมีการตรวจสอบ ระวังอันตรายในอุปกรณ์งานเชื่อม ดังนี้

- สายดินไฟฟ้า เครื่องจักรไฟฟ้าอาจจะมีกระแสไฟฟ้ารั่วได้โดยเกิดจากอุบัติเหตุที่ไม่คาดคิดดังนั้นจึงต้องทำให้เครื่องจักรเหล่านี้มีกราวด์ เพื่อป้องกันไฟฟ้าช็อตเข้าตัวคน จุดต่อสายดินอยู่ด้านซ้ายของขั้วต่อสายด้านหน้าตู้เชื่อม สายดินควรเป็นสายไฟฟ้าขนาด 14 ตร.มม.
- การจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้า กระแสที่ใช้เหมือนกับตู้เชื่อมไฟฟ้ากระแสสลับทั่วไป ขนาดของสายไฟขึ้นกับกระแสไฟเชื่อมที่ใช้แต่กรณีที่ใช้เต็มอัตรากระแสไฟ ควรใช้สายไฟขนาด 38 ตร.มม.
- การต่อสายเชื่อมขั้ว B ต่อกับชิ้นงาน ขั้ว V ต่อหัวเชื่อม

ข้อควรจำ

- (1.) ในการปรับกระแสไฟเชื่อมด้วยรีโมทหรือปุ่มสวิตช์จะมีการหมุนกลับของตัวปรับกระแสเมื่อมอเตอร์ได้หมุนจนสุดแล้ว (สำหรับมอเตอร์จะหยุดหมุนภายใน 2 วินาทีหลังจากหยุดกดปุ่ม หรือหยุดรีโมทคอนโทรล)
- (2.) เช็คการทำงานของระบบป้องกันไฟฟ้าช็อตโดยการกดปุ่ม "Test"
- (3.) การทำงานของชุดป้องกันไฟฟ้าลัดวงจร และชุดรีโมทคอนโทรล สายเชื่อมจะต้องต่อกับชิ้นงานและหัวเชื่อมอย่างมั่นคง และหน้าสัมผัสที่ดี (ไม่มีสีหรือสนิม)

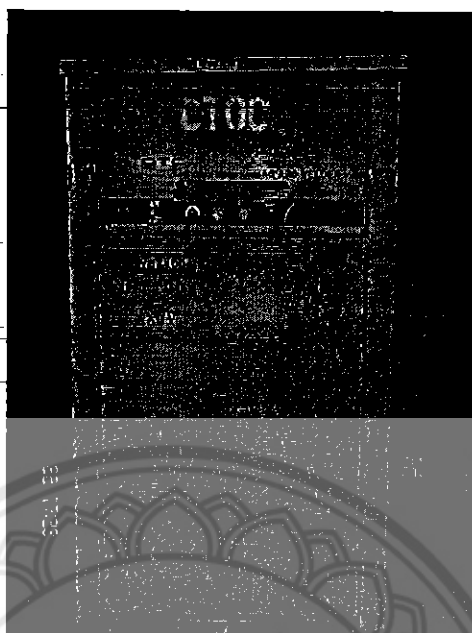
ข้อควรระวัง

- (1.) ควรแน่ใจว่าต่อสายดินสำหรับการเชื่อมแล้ว
- (2.) ควรแน่ใจว่าจุดต่อสายเชื่อมทุกจุดยึดแน่นดีแล้ว จุดต่อสายไฟฟ้าที่ไม่มีอะไรผิดปกติ ควรใช้ฉนวนเทปหรือวัสดุฉนวนอื่นพันหุ้มไว้
- (3.) ไม่ควรใช้สายไฟเชื่อมขณะยังม้วนขดอยู่ เพราะกระแสไฟจะเคลื่อนได้ยาก ค่าของกระแสไฟฟ้าที่จ่ายออกมาจะไม่ถูกต้อง

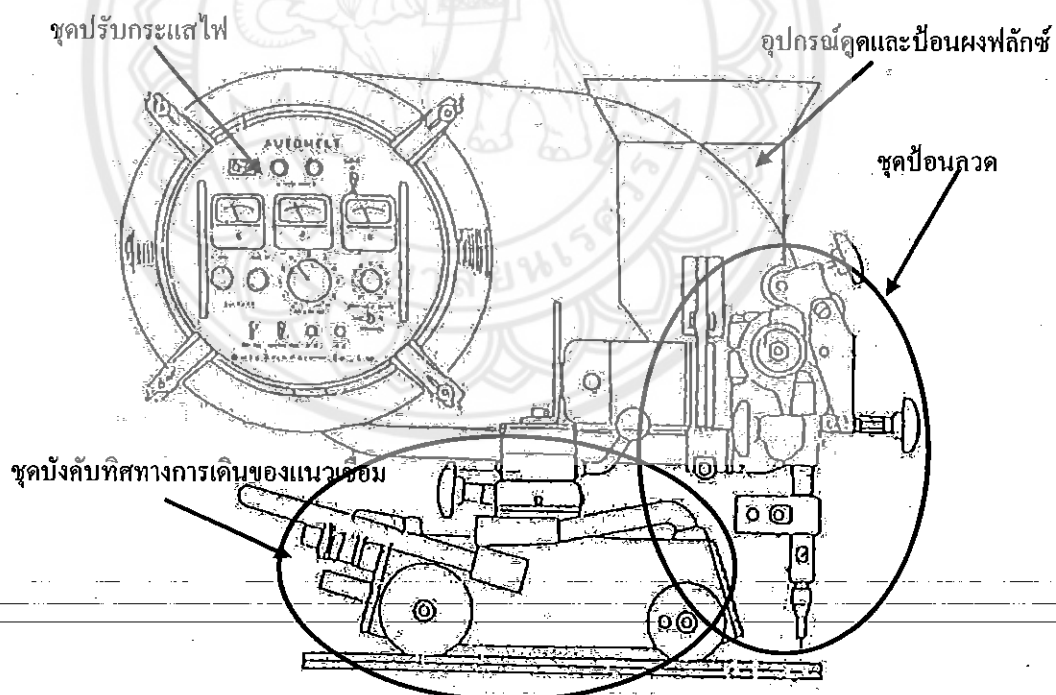
3. เครื่องเชื่อมแบบอัตโนมัติ (AUTO) สามารถแยกออกเป็น 2 ส่วน คือ เครื่องแปลงไฟกระแสสูง คือเครื่อง OTC 1500 Amp แสดงดังรูปที่ 3.2 และชุดเครื่องเชื่อม อัต โนมัติ

สำหรับชุดเครื่องเชื่อมอัต โนมัตินั้นสามารถแยกอุปกรณ์ที่สำคัญได้ 4 ส่วน แสดงดังรูปที่ 3.3 คือ

- (1.) ชุดป้อนลวด
- (2.) ชุดปรับกระแสไฟ
- (3.) ชุดบังคับทิศทางเดินของแนวเชื่อม
- (4.) อุปกรณ์ป้อนผงฟลักซ์



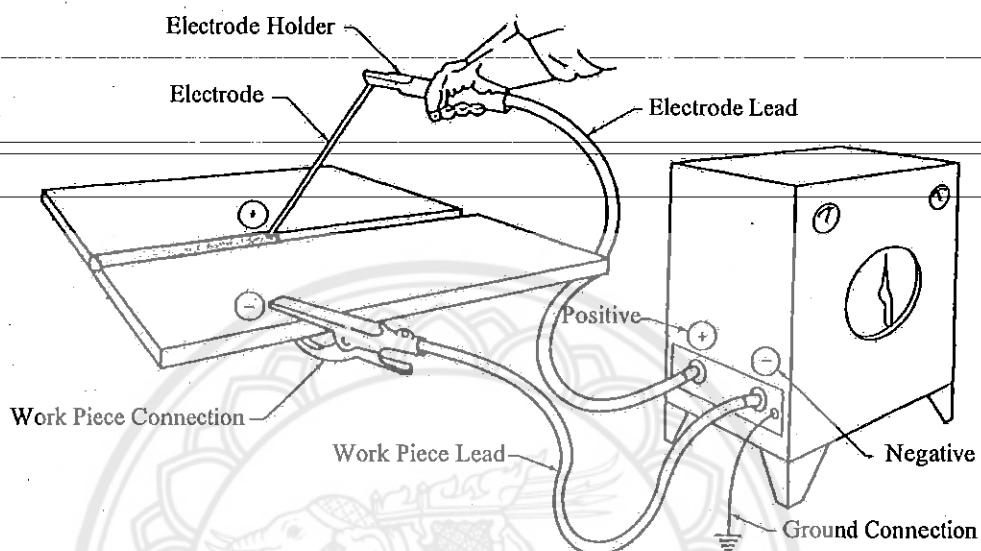
รูปที่ 3.2 แสดงเครื่อง OTC 1500 Amp



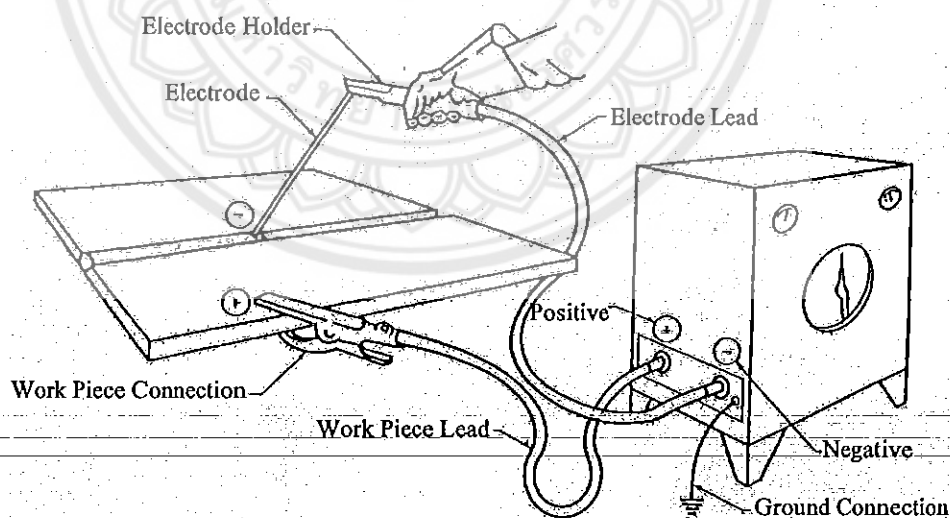
รูปที่ 3.3 แสดงชุดเครื่องเชื่อมอัตโนมัติ

3.1.2 เครื่องเชื่อมกระแสไฟตรง (DC) สำหรับเครื่องเชื่อมกระแสไฟตรงนั้นสามารถแยกการต่อของขั้วของกระแสไฟฟ้ากับเครื่องเชื่อมได้อีก 2 แบบคือการต่อขั้วแบบกระแสตรงด้านบวก

(Direct Current Electrode Positive, DCEP) แสดงดังรูปที่ 3.4 และ การต่อขั้วแบบกระแสตรงด้านลบ (Direct Current Electrode Negative, DCEN) แสดงดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.4 แสดงการต่อขั้วแบบ DCEP



รูปที่ 3.5 แสดงการต่อขั้วแบบ DCEN

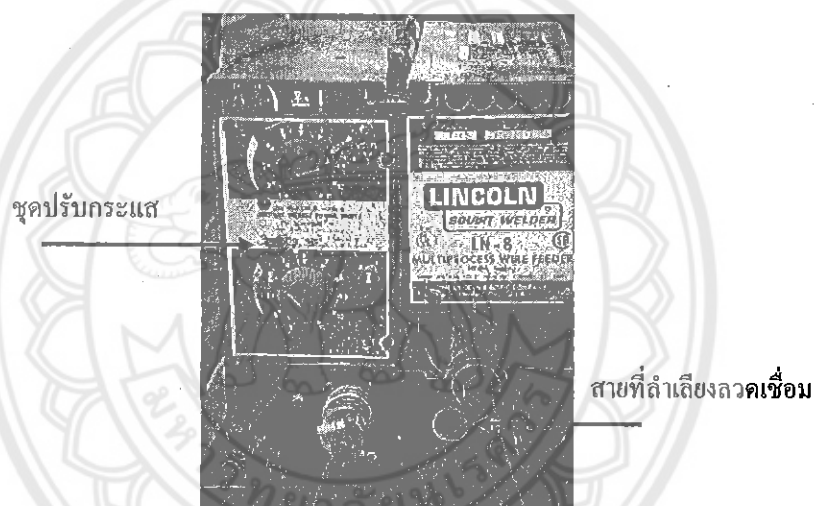
ข้อดีของการใช้ไฟฟ้ากระแสตรง

คือ แนวเชื่อมมีการซึมลึกดี

สำหรับเครื่องเชื่อมกระแสตรงที่มีใช้อยู่ในแผนก Structure มีอยู่ 2 ประเภท

1. เครื่องเชื่อม Lincoln 1000 Amp (Auto) ใช้ในกระบวนการเชื่อมแบบจับแนอร์ค (SAW) โดยสามารถแยกได้ออกเป็น 2 ส่วนคือ เครื่องแปลงไฟกระแสสูง Lincoln 1000 Amp และชุดเครื่องเชื่อมอัตโนมัติ Lincoln ซึ่งมีส่วนประกอบที่สำคัญคือ

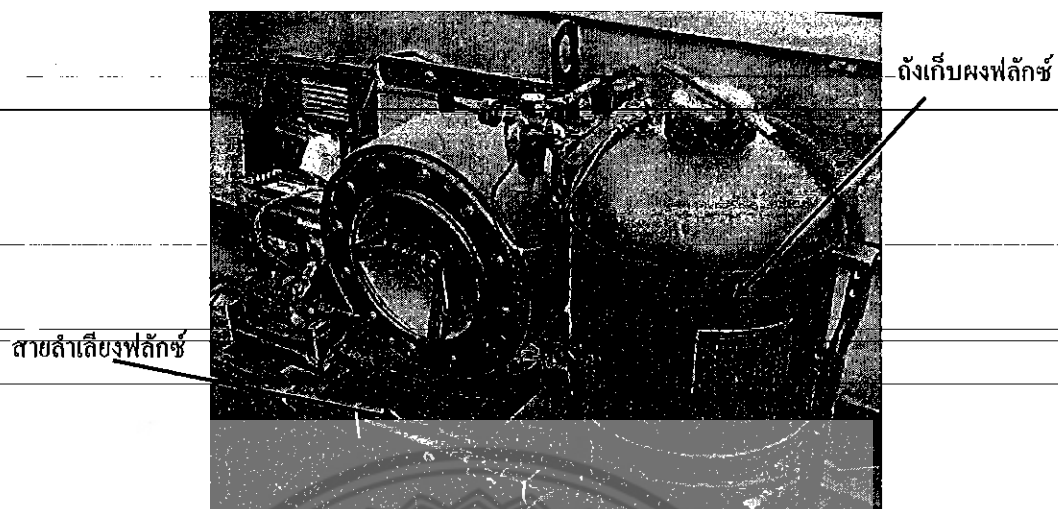
- (1.) ชุดปรับกระแส มีหน้าที่ปรับกระแสที่ใช้เชื่อม ดังรูปที่ 3.6
- (2.) ชุดเก็บและลำเลียงลวดเชื่อม มีหน้าที่เก็บลวดเชื่อมมีลักษณะเป็นวงล้อ ดังรูปที่ 3.7
- (3.) ถังเก็บผงฟลักซ์เชื่อม ดังรูปที่ 3.8
- (4.) ชุดป้อนลวดเชื่อมและฟลักซ์ โดยลวดเชื่อมและฟลักซ์จะออกมาทางนี้ ดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.6 แสดงชุดปรับกระแสของเครื่องเชื่อม Lincoln 1000 Amp (Auto)



รูปที่ 3.7 แสดงชุดเก็บและลำเลียงลวดเชื่อม Lincoln 1000 Amp (Auto)

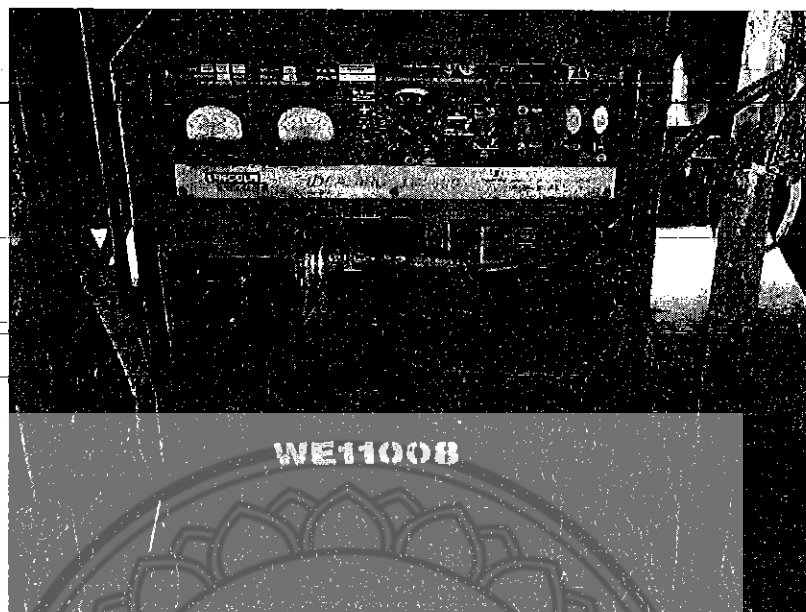


รูปที่ 3.8 แสดงถังเก็บและสายลำเลียงลวดเชื่อม Lincoln 1000 Amp (Auto)

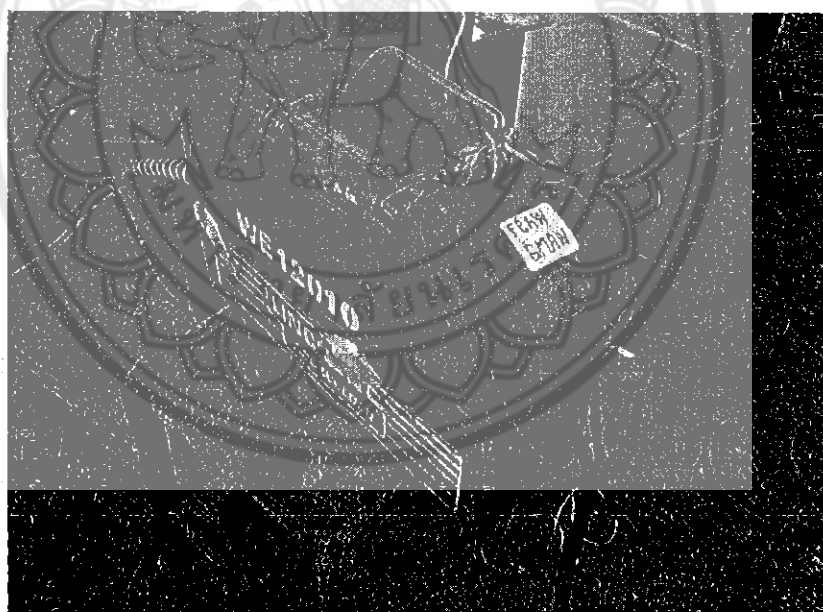


รูปที่ 3.9 แสดงชุดป้อนลวดเชื่อมและฟลักซ์

2. เครื่องเชื่อม Lincoln 600 Amp (Semi Auto) ใช้ในกระบวนการเชื่อมแบบ ฟลักซ์คอล์ สามารถแยกอุปกรณ์ได้ 2 ส่วน คือ เครื่องแปลงไฟกระแสดสูง Lincoln 600 Amp ดังรูปที่ 3.10 และ เครื่องเชื่อม Lincoln 600 Amp (Semi Auto) ดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.10 แสดงเครื่องเชื่อม Lincoln 600 Amp



รูปที่ 3.11 แสดงชุดเครื่องเชื่อมฟลักซ์คอร์ Lincoln 600 Amp (Semi Auto)

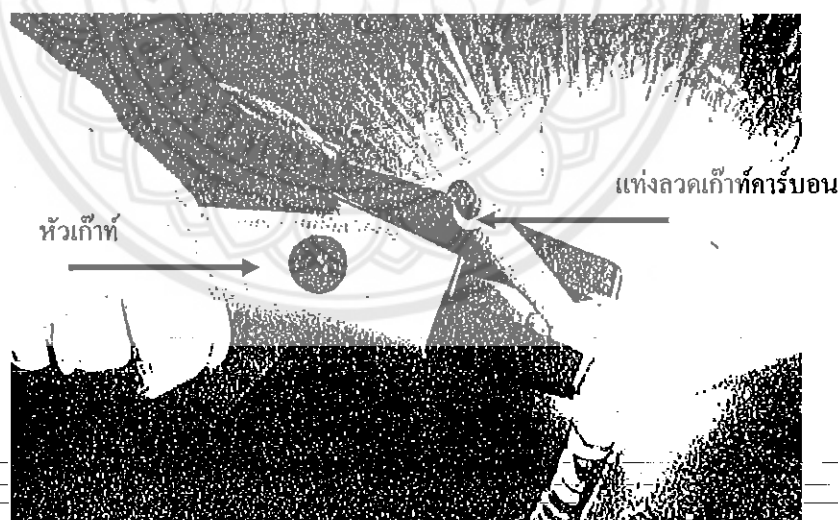
3.2 เครื่องมือการแก้ไข

การแก้ไข คือ การเอาเนื้อโลหะออก มีหลักการทำงานโดยแท่งลวดแก้ไขคาร์บอนจะทำการ Arc หลอมละลายเนื้อโลหะออกพร้อมกันนั้นเพื่อทำการเชื่อมตามข้อกำหนด หรือเพื่อการซ่อมงานในแนวเชื่อมที่เกิดสิ่งผิดปกติในเนื้อของแนวเชื่อมนั้น เครื่องมือในการแก้ไขมีอุปกรณ์ 3 ชนิด ใช้ไฟกระแสดตรง (DC)

1. เครื่องแปลงไฟกระแสสูง Lincoln 600 Amp มีหน้าที่จ่ายกระแสในการหลอมละลายแท่งลวดเก็ทคาร์บอน โดยกระแสที่ให้จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับขนาดของแท่งลวดเก็ทคาร์บอน ซึ่งมีใช้อยู่ 3 ขนาด คือ 6.4 mm, 7.8 mm, 9.5 mm แสดงดังตารางที่ 3.1
2. เครื่องคอมเพรสเซอร์ มีหน้าที่ในการอัดลมเป่าส่วนที่ละลายของโลหะและสิ่งเจือปนออกจากชิ้นงาน โดยสายลมจะต่อพ่วงกับสายหัวเก็ท ลมจะออกตรงช่องของหัวเก็ท
3. หัวเก็ท มีหน้าที่ยึดจับแท่งลวดเก็ทคาร์บอนเพื่อทำการ Arc เพื่อหลอมละลายเนื้อโลหะ โดยการเก็ทที่มีคุณภาพที่เหมาะสม แสดงดังรูป 3.12

ตารางที่ 3.1 แสดงขนาดลวดเก็ทสัมพันธ์กับกระแส

ขนาดของลวดเก็ท (mm)	แอมป์ต่ำสุด (Amp)	แอมป์สูงสุด (Amp)
6.4	200	400
7.8	250	450
9.5	350	600



รูปที่ 3.12 แสดงหัวเก็ทและแท่งลวดเก็ทคาร์บอน

หลักการในการเก็ทชิ้นงาน

การเก็ทมีวัตถุประสงค์ เพื่อเป็นการขุดเอาสิ่งมลทินหรือสิ่งที่ไม่ต้องการฝังอยู่ในเนื้อแนวเชื่อม และเพื่อเอาเนื้อโลหะออกสำหรับการเชื่อมออกซึ่งรวดเร็วกว่าวิธีอื่น การควบคุมความลึกในการเก็ท ที่ถูกต้องควรจะทำดังต่อไปนี้

1. ก่อนจะทำกาเร้าที่เร้าต้องทราบความหนาของชิ้นงานที่เร้าที่ก่อน โดยการวัดความหนาหรืออ้างอิงตามแบบ
2. ดูแลพิจารณาการซึมลึกของแนวเชื่อม ปกติจะดูจากไส้ของแนวเชื่อมนั่นเองว่ามีออกมามากหรือน้อยเท่าใด
3. วางแผนเร้าที่ โดยการแบ่งส่วนเป็นช่วง ๆ เพื่อทำความเข้าใจในการทำงาน
4. กำหนดทิศทางการเร้าที่เพื่อป้องกันอันตรายจากสะเก็ดไฟที่จะกระเด็นมาถูกตัว
5. รักษาความตรงของร่องแนวเร้าที่และองศาของมุมให้มีขนาดที่ใกล้เคียง เพื่อการเจียรแต่งจะทำต่อได้ง่ายและรวดเร็วขึ้น
6. ในระหว่างการเร้าที่จะต้องมีเกจวัดมุมองศาหมั้นทำการวัดและเร้าที่แต่งร่องอยู่เสมอ
7. การเร้าที่งานจะต้องไล่กาสแลก ไม่ให้บังการมองเห็นของช่างเร้าที่ถ้ามีจะต้องรีบกำจัดออกทันที
8. การเร้าที่ต้องจำเป้าหมายและแยกแยะว่าสิ่งใดคือสแลกและเนื้อเหล็ก เพราะว่าเนื้อเหล็กจะละลายออกมาพร้อมกับสแลก ถ้าไม่ดูให้ดีจะเกิดการเสียหายได้
9. บริเวณส่วนปลายและส่วนหัวของแนวเร้าที่จะต้องโค้งทำมุมอยู่ในระหว่าง 45° ทำในระหว่างการเร้าที่ได้พร้อม ๆ กัน
10. ทำการเจียรแต่งมุม Bevel ให้เรียบร้อยไม่ควรเป็นคลื่น ๆ
11. ทำการซ่อมกันหลุมโดยการเชื่อมซ่อมหลังจากนั้นเจียรเรียบอีกครั้ง
12. หากจุดใดที่เกิดรอยทะลุแล้วจะต้องเจียรแต่งรอยทะลุให้สะอาด และดบแต่งร่องให้ดีก่อนเชื่อมทับลงไปและรอยที่ทะลุนี้จะต้องเชื่อมแก้ไขทั้ง 2 ด้าน ไม่ควรแก้ด้านเดียว เพราะอาจแก้แล้วแต่ยังไม่หมดก็ได้ การพิจารณาความลึกในการเร้าที่ทำงานเชื่อมตามปกติทั่ว ๆ ไป เช่น Pile, Leg, Plate ต่าง ๆ จะพบว่าการเร้าที่ที่ดีนั้นจะต้องออกสิ่งมลทินต่าง ๆ ออกให้หมดจากเนื้อแนวเชื่อม โดยต้องดูด้วยตัวของช่างเร้าที่เอง หากเร้าที่ออกไม่หมดเมื่อเชื่อมทับลงไปแล้วหลังจากนั้นเราทำ UT-RT ดูที่แนวเชื่อมนั้นจะพบว่าสแลกฝังตัวอยู่ในนั้น

3.3 เครื่องให้ความร้อนแก่ชิ้นงานก่อนการเชื่อม

มีหน้าที่ให้ความร้อนแก่ชิ้นงานก่อนที่จะทำการเชื่อม เพื่อลดการแตกร้าวอันเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอย่างรวดเร็วทั้งก่อนและหลังการเชื่อมเพื่อให้อุณหภูมิค่อยๆ ลดลงอย่างช้าๆ ป้องกันชิ้นงานหดตัวและเกิดแรงต้านภายในเนื้อแนวเชื่อม และนอกจากนี้ยังช่วยในการปรับปรุงคุณสมบัติทางกล เช่นความเหนียวด้วย การที่จะเผาหรือไม่เผาก่อนเชื่อมนั้นขึ้นอยู่กับ

ความต้องการ ความหนาของชิ้นงาน ส่วนผสมทางเคมีของชิ้นงาน อุณหภูมิแวดล้อมและส่วนผสม
ไฮโดรเจนของลวดเชื่อม ซึ่งขึ้นอยู่กับ WPS

ภายในแผนก Structure มีเครื่องให้ความร้อนอยู่ 2 แบบ คือ

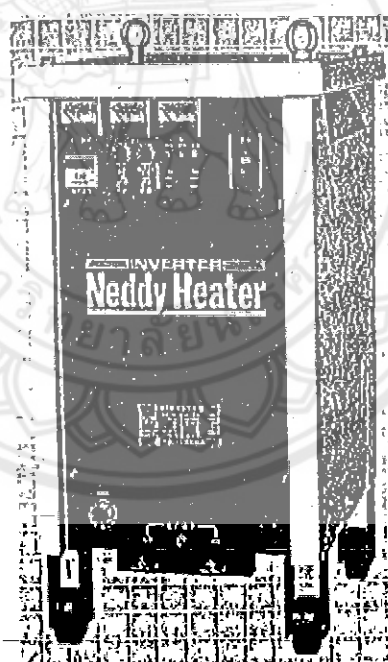
3.3.1 เครื่องให้ความร้อน Investor Neddy Heater โดยสามารถแยกอุปกรณ์ออกได้

ออกเป็น 3 ส่วน

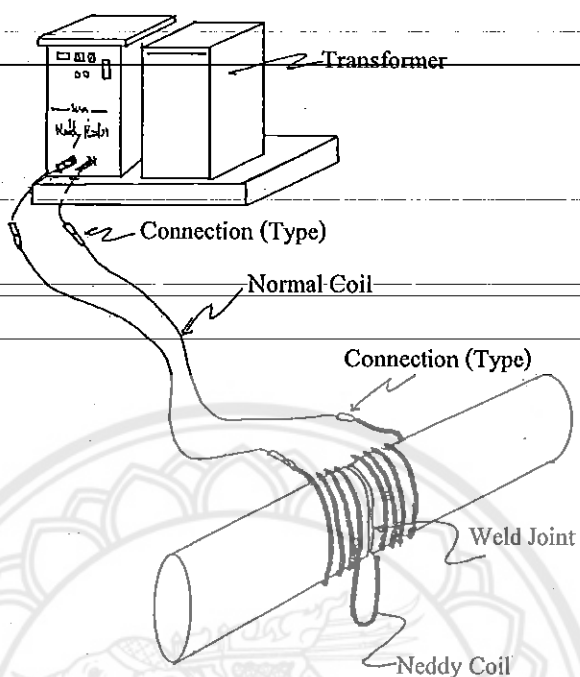
1. เครื่อง Investor Neddy Heater คือ จ่ายกระแสไฟฟ้าที่จะให้ความร้อนกับชิ้นงาน แสดง
ดังรูปที่ 3.12

2. สายเชื่อม Normal Coil คือ สายเชื่อมต่อระหว่างเครื่อง Investor Neddy Heater กับ สาย
ทองแดงหุ้มฉนวนไฟเบอร์

3. สายทองแดงหุ้มฉนวนไฟเบอร์ (Neddy Coil) คือ สายที่มีหน้าที่ให้ความแก่ชิ้นงาน
โดยลักษณะการวางของอุปกรณ์การให้ความร้อนกับชิ้นงานแสดงดังรูปที่ 2.14



รูปที่ 3.13 แสดงเครื่อง Investor Neddy Heater

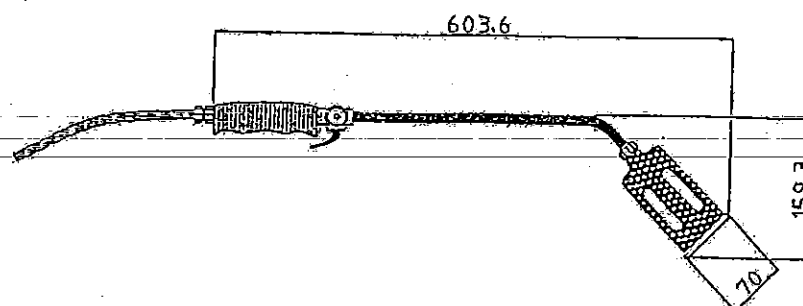


รูปที่ 2.14 แสดงการต่ออุปกรณ์ของเครื่องให้ความร้อน Investor Neddy Heater

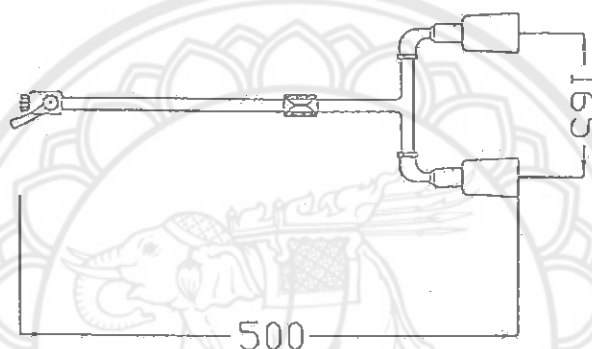
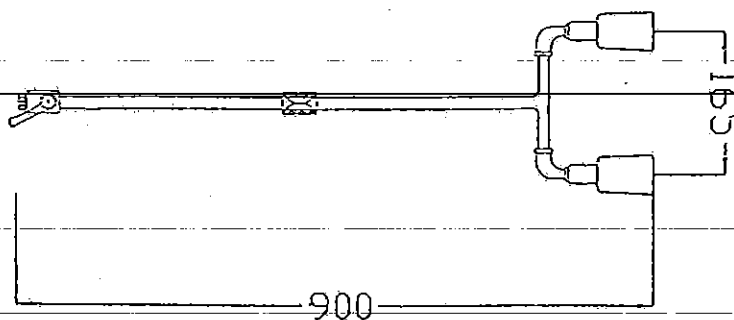
3.3.2 เครื่องให้ความร้อนแบบใช้แก๊สเผา มีหน้าที่ให้ความร้อนโดยใช้แก๊สเผาชิ้นงาน ซึ่งมี

หัวเผาที่มีลักษณะต่างกัันดังนี้

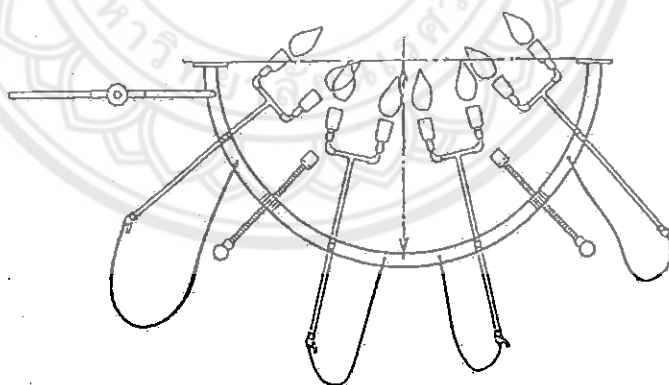
1. หัวเผาเดี่ยว (Burner Torch) แสดงดังรูปที่ 3.15
2. หัวเผาคู่ (Nozzle for Circular Sleeve Burner Flame) แสดงดังรูปที่ 3.16
3. หัวเผาแบบครึ่งวงกลม (Circular Sleeve Burner Flame) แสดงดังรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.15 แสดงหัวเผาทorch (Burner Torch)



รูปที่ 3.16 แสดงหัวเผาตู้ (Nozzle for Circular Sleeve Burner Flame)



รูปที่ 3.17 แสดงหัวเผาแบบครึ่งวงกลม (Circular Sleeve Burner Flame)

3.4 อุปกรณ์งานเชื่อม

นอกจากอุปกรณ์ป้องกันของช่างเชื่อมที่เป็นพื้นฐาน เช่น เฝ้ายกันไฟ ปกอกแขน ถุงมือ หน้ากากเชื่อม ที่กรองฝุ่น แวนตา รองเท้าบูทหัวเหล็ก และค้อนเคาะสแลกแล้วยังมีอุปกรณ์อีกหลายชนิดที่มีหน้าที่ในงานเชื่อมต่างๆ ดังนี้

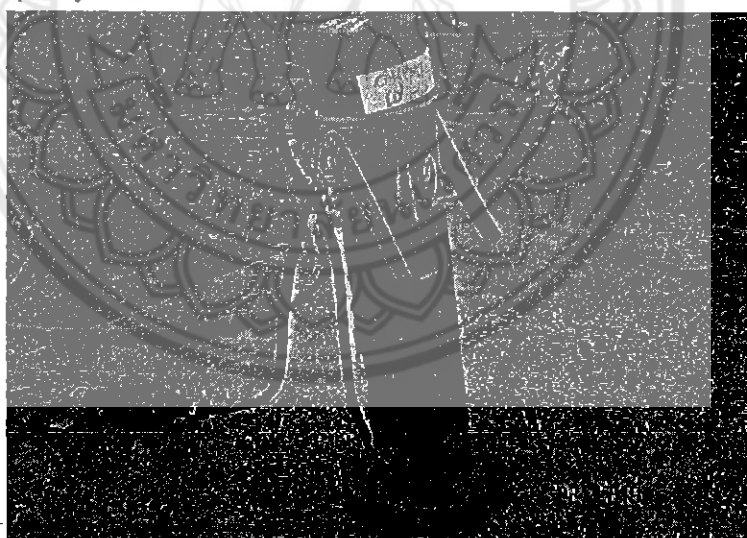
3.4.1 กระบอบอบลวดเชื่อมไฟฟ้า (Ing Dryer) ใช้สำหรับอบลวดเชื่อมไฟฟ้า เอาไว้ใส่ลวดเชื่อมเพื่อรักษาอุณหภูมิของลวดเชื่อมซึ่งจะต้องอยู่ที่ระหว่าง 60-100 °C มีระบบการทำงานคือเมื่อเสียบ Plug ของ กระบอบอบลวดกระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านลวดทำความร้อนและกระบอบอบลวดก็จะร้อน ที่อุณหภูมิ 70-120 °C โดยแสดงดังรูปที่ 3.18

การตรวจเช็กก่อนนำไปใช้งาน

- (1.) เช็กสภาพสายไฟ ปลั๊ก ว่ามีจุดที่ชำรุดหรือไม่
- (2.) เช็กตัวโครงกระบอบว่าอยู่ในสภาพที่ใช้งานได้หรือไม่
- (3.) เสียบปลั๊กแล้วตรวจดูว่าร้อนหรือได้อุณหภูมิหรือไม่

วิธีการบำรุงรักษา

- (1.) หมั่นดูแลทำความสะอาด
- (2.) เวลานำไปใช้ไม่ควรนำไปตั้งไว้ที่เปียกชื้น เพราะอาจทำให้ไฟช็อตได้ เนื่องจากวงจรอยู่ข้างล่างกระบอบ
- (3.) อย่าโยนหรืออย่าให้ตกลงมาจากที่สูง เพราะจะทำให้ Thermostat เคลื่อนตัว อาจจะทำให้อุณหภูมิไม่ร้อนหรือร้อนจัดได้ และอาจทำให้ตัวกระบอบเสียหายได้



รูปที่ 3.18 แสดงกระบอบอบลวดเชื่อม

3.4.2 สายไฟพ่วง เป็นสายไฟไว้สำหรับต่อพ่วงไว้สำหรับใช้ในโรงงาน โดยจะต้องหมั่นตรวจเช็กไม่ให้มีรอยร้าวหรือชำรุด และห้ามแช่น้ำโดยเด็ดขาด

3.4.3 สายลม เป็นสายลมที่ใช้ในโรงงาน ซึ่งจะต่อกับหม้อพัดลมใหญ่ และเป็นสายเชื่อมระหว่างสก็ดลมกับหม้อพัดลม ควรมีการตรวจเช็กรอยร้าวอย่างสม่ำเสมอ ระมัดระวังอย่าให้โดนความ

ร้อนโดยเฉพาะถูกไฟจากงานเชื่อมหรือเก๊าทะต้องซ่อมทันทีเมื่อมีรอยร้าว โดยเฉพาะตรงข้อต่อ (หัวจับ)อย่าให้ทรายเข้า และไม่ควรวางบนพื้นดิน

3.4.4 สก๊กลม เป็นอุปกรณ์ในการช่วยเคาะสแลกแนวเชื่อม โดยเฉพาะแนวเชื่อมที่อยู่ในร่อง แก๊ปที่แคบและจี๊สแลกแห้ง เช่น งานเชื่อม Plate ของ SAW บนแผง Deck รวมถึงงานเชื่อมที่อยู่ใน ร่องซึมลึก (Full penetration) สก๊กลมจึงเป็นเครื่องมือที่ช่วยอำนวยความสะดวกให้ทำงานเร็วขึ้น สก๊กลมเป็นอุปกรณ์ที่ต้องใช้ลมขับเคลื่อนซึ่งก็มีน้ำปนมาด้วย— เพราะฉะนั้นการหล่อลื่น อย่างสม่ำเสมอเป็นสิ่งจำเป็นในการบำรุงรักษาอย่างช่ง โดยการนำไปผ่านน้ำมันที่หม้อพักลมใหญ่ และต้องไม่เก็บลื้มไว้ในตู้เครื่องมือเป็นเวลานาน จะทำให้เป็นสนิม ไม่ใช่ควรส่งคืนทันทีเพราะเป็น อุปกรณ์ที่มีราคาแพง

3.4.5 หม้อพักลม เป็นอุปกรณ์ที่มีหน้าที่พักลมจาก Compressor และเป็นอุปกรณ์ซึ่งมีสาย หล่อลื่นน้ำมันอยู่ในหม้อ แสดงดังรูปที่ 3.19



รูปที่ 3.19 แสดงหม้อพักลม

3.4.6 สายเชื่อม เป็นอุปกรณ์หลักของงานเชื่อม ควรมีการเลือกใช้สายให้ถูกต้องกับความ ด้านทานและประเภทของงาน เพราะมีผลกับความร้อนของสายซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดการละลายของ สายได้ โดยเฉพาะงานเก๊าทห้ามใช้สายเล็กเป็นอันขาดอย่างน้อยให้เลือกใช้สายที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง ไม่ต่ำกว่า 70 มม. เวลาเชื่อมงานจะต้องไม่ให้สายที่เหลือมีวนอยู่จะต้องคลี่สายออกจากกัน ไม่เช่นนั้นจะเป็นสาเหตุให้สายละลาย สายเชื่อมที่มีรอยถลอกชำรุดจะต้องให้รีบรื้อถ้าเกิดการ อารักกับชิ้นงานหลักจะเป็นสาเหตุของความเสียหาย อาจถึงขั้น Reject ชิ้นงานหรือตัวบุคคล

ข้อต่อสายเชื่อมจะต้องสวมให้แน่นสนิททุกครั้ง เพราะถ้าสวมไม่แน่นจะเป็นสาเหตุให้เกิดการอาร์ค และตามมาด้วยความร้อนสูงและสายเชื่อมละลาย จนถึงอาร์คขึ้นงานและเป็นสาเหตุให้เกิดไฟไหม้ได้ถ้าไม่มีใครพบเห็นปลายข้อต่อที่ไม่มีการสวมต่อกัน ไม่ควรวางบนพื้นดินจะเป็นเหตุให้มีเม็ดทรายหรือดินเข้าไปในข้อต่อและทำให้การต่อใช้งานเป็นไปไม่สนิท หัวเล็บบรอยต่อที่มีการชำรุดแล้วไม่มีการซ่อมจะเป็นสาเหตุให้เกิดการลุกลามไปทำให้ข้อต่ออื่น ๆ เสียหายไปด้วย จึงไม่ควรนำมาใช้จนกว่าจะได้ผ่านการซ่อมแซมให้เหมาะสมที่สุด

3.4.7 ขอลัดกวัดอุณหภูมิ ต้องมีให้ครบตามข้อกำหนดของ WPS โดยปกติแล้ว ขอลัดกวัดอุณหภูมิที่มีใช้อยู่ที่ 66, 107 และ 149 °C การใช้ต้องใช้ตามที่ WPS กำหนดก่อนลงมือเชื่อมต้องเผาก่อนและใช้ขอลัดกวัดอุณหภูมิชนิดที่ขึ้นงาน ถ้าขอลัดละลายก็สามารถลงมือเชื่อมได้ทันทีโดยการเผาขึ้นงานจะต้องเผาดูตามที่ WPS กำหนดไว้เท่านั้น ในการใช้ขอลัดกวัดขึ้นงานให้ปีละระยะห่างจากแนวที่จะเชื่อมประมาณ 3-4 นิ้ว โดยแสดงดังรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.20 แสดงขอลัดที่ใช้วัดอุณหภูมิ

3.4.8 เข็มขัดเซฟตี้ ต้องใช้เมื่อทำงานบนที่สูงเกิน 2 เมตร ขึ้นไป

3.4.9 เครื่องเจียรและหินเจียร ใช้ในการเจียรเพื่อทำความสะอาดหรือเจียรแต่งงานเชื่อมที่ทำการเชื่อมเสร็จแล้ว ก่อนใช้เครื่องเจียรต้องตรวจสอบดูสภาพของเครื่องเจียรด้วยว่าเครื่องนั้นอยู่ในสภาพที่สมบูรณ์หรือไม่ เครื่องเจียรจะต้องมีการค้ำบังใบหินเจียร มีค้ำมจับ และมีตัวเปิดปิดลมที่สามารถล็อกได้ ลักษณะของการจับหินเจียรที่ถูกต้องในการเจียรต้องทำมุมกับชิ้นงานอย่างน้อย 30° ขึ้นไปกับชิ้นงานที่เราจะเจียร

หินเจียรที่ใช้กับงานเจียรนั้นจะต้องใช้ให้ถูกต้องกับงาน

โดยที่ใช้อยู่ในปัจจุบันในแผนก

Structure มีอยู่ 3 ขนาด คือ

(1.) ขนาด 4 นิ้ว อย่างบาง, หนา

(2.) ขนาด 5 นิ้ว อย่างบาง, หนา

(3.) ขนาด 7 นิ้ว อย่างบาง, หนา และ ใบตัด 7 นิ้ว

การใช้ใบหินเจียรนั้นเราต้องใช้ให้ถูกวิธีและขั้นตอนของการปฏิบัติ เช่น การใช้หินเจียรลม เมื่อเวลาที่เรากำลังเปลี่ยนใบใหม่นั้นเราต้องถอดเอาจับลมที่เสียบเข้ากับตุลของหินเจียรออกให้เรียบร้อย ก่อน แล้วใช้ประแจจับตัวล็อก แล้วจึงใช้ประแจหกเหลี่ยมขันใบหินเจียรออก ซึ่งถ้าไม่ถอดสายลม ออกก่อนอาจจะทำให้เกิดอันตรายได้

ชิ้นงานที่ควรเจียรนั้นต้องดูว่าลักษณะชิ้นงานก่อนว่าสมควรจะใช้ใบเจียรแบบไหน ที่จะนำไปใช้งาน เช่นใบหนาควรนำไปเจียรกับชิ้นงานที่มีแนวเชื่อมสูงเกินขนาดตามความต้องการและมีพื้นที่กว้างมาก ซึ่งควรใช้ใบหนาเจียร ส่วนใบบางนั้นควรใช้เฉพาะแต่ง Root Gap และ Slag ฝังข้างแนวเชื่อมรวมทั้งใช้แต่งแนวเชื่อมที่กดขอบและแนวลาดหน้าเท่านั้น ถ้านำไปใช้เจียรกับชิ้นงานที่มีความหนาผิดปกติ อาจทำให้ใบหินเจียรแตกหรือหลุดออกมาทำให้เกิดอันตรายได้ ดังนั้น ก่อนทำการเจียรงานใดๆ ควรสวมอุปกรณ์ป้องกันทุกครั้ง เช่น แวนครอบหมวก ถุงมือหนัง และ อุปกรณ์ที่เหมาะสมกับงานแต่ละประเภท

3.5 กระบวนการเชื่อม

หน้าที่ของฟลักซ์

- ปกคลุมโลหะหลอมเหลวด้วยแก๊สและสแลกที่เกิดจากฟลักซ์
- ทำการผสมเคมีและธาตุเข้ากับเนื้อเชื่อม
- มีอิทธิพลต่อการอาร์ก ได้แก่ การจุดอาร์ก การเกิดไอออน อาร์กสม่ำเสมอ แรงดันอาร์ก

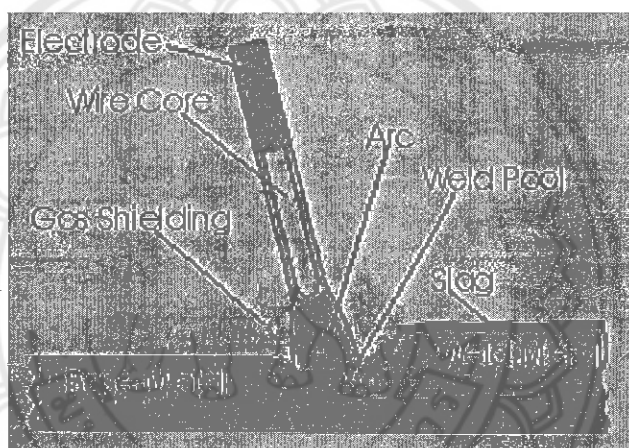
- มีอิทธิพลต่อรูปร่างรอยเชื่อม
- มีอิทธิพลต่อการใช้ลวดเชื่อม ได้แก่ การไหลของตัวนำโลหะ
- มีอิทธิพลต่อการซึมลึก
- ควบคุมคุณสมบัติทางเคมีและทางกลของเนื้อเชื่อม

กระบวนการเชื่อมในงานเชื่อมของแผนก Structure มีอยู่ด้วยกัน 3 กระบวนการเชื่อม ดังนี้

3.5.1 Shield Metal Arc Welding (SMAW) คือ งานเชื่อมไฟฟ้า ซึ่งเป็นกระบวนการเชื่อมที่นิยมใช้งานกันอย่างกว้างขวาง โดยแกนกลางทำด้วยโลหะถูกห่อหุ้มด้วยฟลักซ์ ซึ่งมีหน้าที่ช่วย

ในการหลอมละลายลวดเชื่อม ฟลักซ์จะหลอมละลายกลายเป็นสเลก ดังรูปที่ 3.21 ดังนั้นหลังจากเชื่อมงานเสร็จแล้วจึงต้องเคาะเอาสเลกออกจากเนื้อเชื่อม ซึ่งก็จะได้แนวเชื่อมดังรูปที่ 3.22

การเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ เครื่องเชื่อมจะเป็นแหล่งกำเนิดหรือเป็นเครื่องผลิตพลังงานไฟฟ้าทั้งกระแสตรงและกระแสสลับ ขึ้นอยู่กับชนิดของเครื่องเชื่อมนั้นๆ โดยกระแสไฟตรงมีทิศทางการไหลไปทางเดียวอย่างต่อเนื่อง เครื่องเชื่อมกระแสตรงจะเชื่อมโลหะแผ่นได้ง่าย สะเก็ดโลหะกระเด็นน้อย เชื่อมได้ง่าย ได้ทุกท่าเชื่อม แต่จะเกิดการ Arc blow ได้ง่าย ส่วนกระแสสลับทิศทางการไหลของกระแสจะสลับไปมาในวงจร โดยเริ่มจากศูนย์แล้วค่อยๆเพิ่มขึ้นไปในทิศทางหนึ่งแล้วกลับมายังศูนย์ไปเพิ่มขึ้นอีกทิศทางหนึ่ง แล้วกลับมายังศูนย์อีก เป็นเช่นนี้สลับกันไปมา



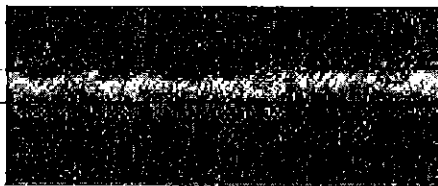
รูปที่ 3.21 แสดงกระบวนการเชื่อมแบบ SMAW

ข้อดีของงานเชื่อมแบบ SMAW

1. สะดวกต่อการใช้งาน ราคาไม่แพง สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก
2. ลวดเชื่อมสามารถหลอมละลายด้วยฟลักซ์ของลวดเชื่อมเอง
3. สามารถเชื่อมได้ทุกท่าเชื่อม

ปัญหาของแนวเชื่อมที่อาจเกิดขึ้น

1. การกัดขอบ (Undercut)
2. การหลอมละลายไม่สมบูรณ์ (Incomplete Fusion)
3. สเลกฝังใน (Slag Inclusions)
4. รอยแตกร้าว (Crack)
5. ฟองอากาศ (Porosity)



รูปที่ 3.22 แสดงแนวเชื่อมจากกระบวนการเชื่อมแบบ SMAW

3.5.2 Submerged Arc Welding (SAW) คือ กระบวนการเชื่อมใต้ฟลักซ์ โดยที่ลวดเชื่อมจะถูกฟลักซ์ปกคลุมและเกิดการ Arc ใต้ฟลักซ์ขึ้น ดังรูปที่ 3.25 เป็นกระบวนการเชื่อมที่มีประสิทธิภาพสูง มากแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลักๆ คือลวดเชื่อมขั้วเมิร์จ เป็นลวดเชื่อมเปลือยแกนกลางทำด้วยโลหะมีลักษณะเป็นม้วน ดังรูปที่ 3.23 ส่วนที่ 2 คือฟลักซ์มีลักษณะเป็นผง ดังรูปที่ 3.24 ซึ่งทำหน้าที่ปกคลุมแนวเชื่อมเพื่อให้แนวเชื่อมมีคุณภาพที่ดี ยกตัวอย่างเช่น ช่วยทำให้เกิดการอาร์คที่สม่ำเสมอ ช่วยกำจัดออกไซด์และทำให้เนื้อเชื่อมบริสุทธิ์ขึ้น เป็นต้น อีกทั้งยังสามารถเชื่อมได้เร็วและให้แนวเชื่อมที่มีคุณภาพดีสม่ำเสมอตลอดแนวเชื่อม

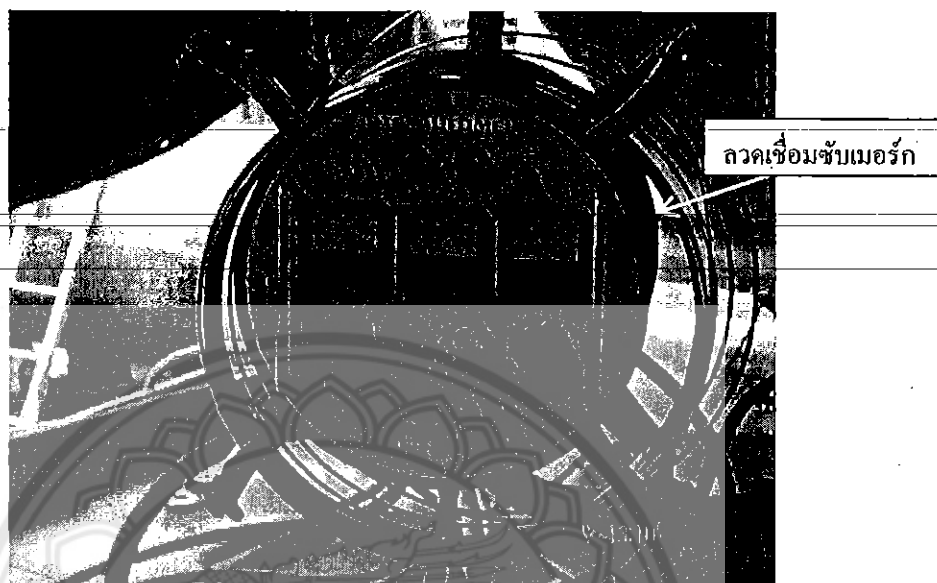
ในการเชื่อมลวดเชื่อมจะถูกป้อนจากขดลวดสู่บริเวณบ่อหลอมละลาย และฟลักซ์ชนิดเม็ดจะป้อนมาปกคลุมบริเวณบ่อหลอมละลายเอาไว้ ซึ่งฟลักซ์บางส่วนจะหลอมละลายกลายเป็นสแลกปกคลุมบ่อหลอมละลาย ขณะที่ฟลักซ์ไม่หลอมละลายจะถูกนำกลับมาใช้ใหม่ การ Arc จะเกิดขึ้นใต้ฟลักซ์ จึงไม่สามารถมองเห็นการ Arc ได้ในขณะที่เชื่อม

ข้อดีของงานเชื่อมแบบ SAW

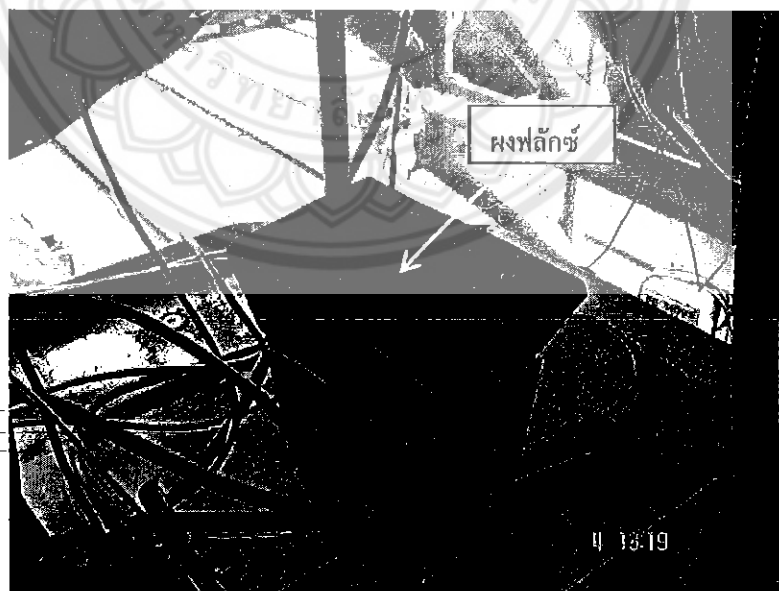
1. มีความต่อเนื่องในการเชื่อมที่คงที่แน่นอน
2. มีคุณภาพของแนวเชื่อมสูง
3. ง่ายต่อการทำงานของช่างเชื่อม
4. ช่วยให้เคาะสแลกออกง่าย

ปัญหาของแนวเชื่อมที่อาจเกิดขึ้น

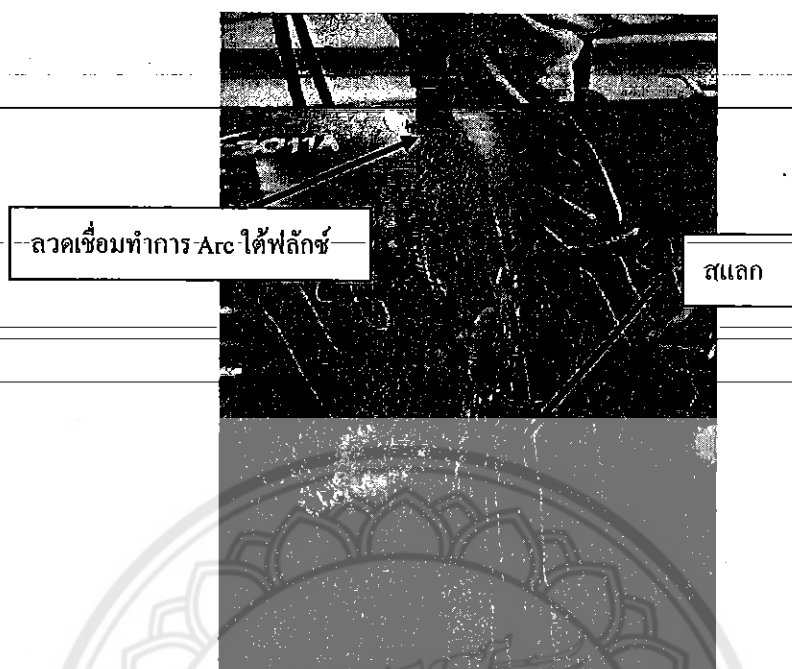
1. รอยแตกร้าว (Crack)
2. ฟองอากาศ (Porosity)
3. สแลกฝังใน (Slag Inclusions)
4. การกัดขอบ (Undercut)



รูปที่ 3.23 แสดงลวดเชื่อมจับเมอร์ก



รูปที่ 3.24 แสดงผงฟลักซ์



รูปที่ 3.25 แสดงลวดเชื่อมทำการ Arc ได้ฟลักซ์

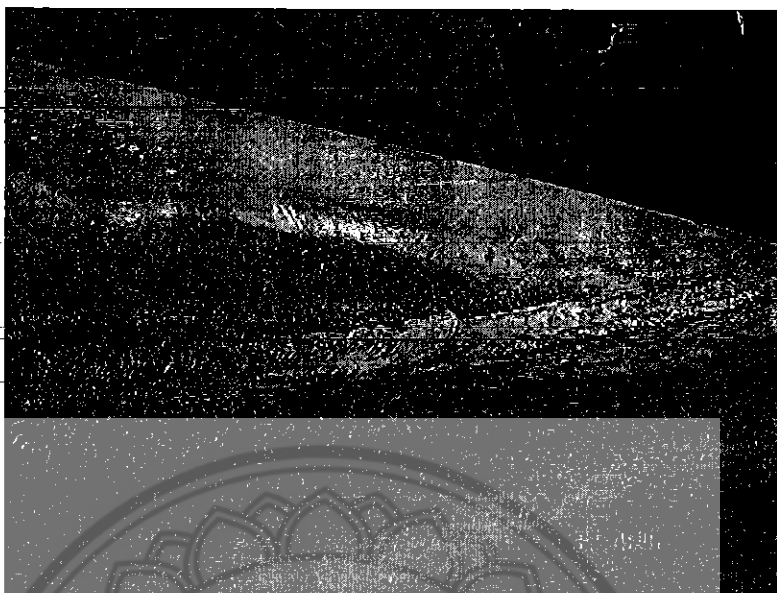
3.5.3 Flux Cored Arc Welding (FCAW) คือ เป็นกระบวนการเชื่อมที่มีลวดเชื่อมที่มีแกนโลหะกลวง ภายในบรรจุด้วยสารพอกหุ้ม มีลักษณะเป็นขั้ว มีจุดเด่นคือสามารถเชื่อมงานได้เร็ว และมีคุณภาพสูง แต่ลวดเชื่อมจะมีราคาค่อนข้างสูง เมื่อเชื่อมงานเสร็จแนวเชื่อมที่ได้จะมีลักษณะดังรูปที่ 3.26

ข้อดีของงานเชื่อมแบบ FCAW

1. สามารถเชื่อมได้ทุกท่าเชื่อม
2. เนื้องานที่เชื่อมออกมามีคุณภาพดี
3. มีความต่อเนื่องในการเชื่อมที่คงที่ แม่นอนสูงกว่าแบบ SMAW
4. ง่ายต่อการทำงานของช่างเชื่อม

ปัญหาของแนวเชื่อมที่อาจเกิดขึ้น

1. รอยแตกร้าว (Crack)
2. ฟองอากาศ (Porosity)
3. สแลกฝังใน (Slag Inclusions)
4. การกัดขอบ (Undercut)
5. การหลอมละลายไม่สมบูรณ์ (Incomplete Fusion)
6. การซึมลึกไม่สมบูรณ์ (Incomplete joint penetration)



รูปที่ 3.26 แสดงแนวเชื่อมจากกระบวนการเชื่อมแบบ FCAW

3.6 วัสดุสิ้นเปลืองงานเชื่อม

ชนิดของลวดเชื่อม, ฟลักซ์ ลวดเชื่อม ลวดและฟลักซ์ที่ใช้ในงานจะต้องเลือกในการผลิตที่มีคุณสมบัติทางกลต้องเหมือนกับโลหะชิ้นงานหรือตรงตามข้อกำหนดของ WPS

3.5.1 ลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ (ลวดเชื่อมไฟฟ้า)

การเชื่อมหุ้มฟลักซ์ที่ใช้ในงานเชื่อมโครงสร้างหลักจะต้องเป็นลวดเชื่อมไฮโดรเจนต่ำ ไฮโดรเจนที่บรรจุในเนื้อโลหะเชื่อมจะต้องไม่เกิน 10 มม. ต่อ 1 กรัม การเลือกชนิดของลวดเชื่อมจะต้องเลือกจากการรายชื่อที่ผ่านการอนุมัติจากการตรวจสอบ และจะต้องได้รับการอนุมัติจากเจ้าของงานก่อนที่จะเลือกไปใช้ที่หน้างาน ลวดเชื่อมจะต้องใช้ภายใต้กำหนด ทำเชื่อม และการใช้พารามิเตอร์ จะต้องทำตามคำแนะนำจากบริษัทผู้ผลิต ระเบียบปฏิบัติ การควบคุมการเก็บวัสดุสิ้นเปลืองและการปฏิบัติก่อนการนำไปใช้งานวัสดุงานเชื่อม ยกตัวอย่างเช่น ลวดเชื่อมไฟฟ้า

E-7016 ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 แสดงการควบคุมวัสดุสิ้นเปลืองของลวดเชื่อมไฟฟ้า E-7016

ประเภทของ ลวด	ยี่ห้อของลวดเชื่อม Brand name	อุณหภูมิของ ตู้อบ	อุณหภูมิ ของตู้เก็บ	ระยะเวลาที่ใช้ เมื่อนำออกจาก ตู้อบ	ลวดที่ผ่านการอบเกิน 1 ครั้ง จะต้องแยกสี
AWS Class		Baking	Holding	ตู้อบ	
ลวดเชื่อม	KOBE-LB52U	300-500 °C	120-150 °C	4 ช.ม. ขณะใช้	อบครั้งที่1 ใช้สีเดิม
ไฟฟ้า	KOBE-LB52U	ก่อนนำไปใช้	เตรียมพร้อม	งานและอยู่ใน	อบครั้งที่2 ใช้สีแดง
E-7016	NITTESU L-55 YAWATA L-55 ยี่ห้ออื่นที่คล้ายกัน	งาน 1 ช.ม. ดัง รูปที่ 3.27	ใช้งาน ดัง รูปที่ 3.28	กระบอกอบที่ อุณหภูมิ 60- 100 °C หลังจาก 4 ช.ม. จะต้อง ส่งคืน Store	อบครั้งที่3 ใช้สีเหลือง ใช้เชื่อมงาน support Yard Facility Only



รูปที่ 3.27 แสดงตู้อบ (Baking) ลวดเชื่อมไฟฟ้า



รูปที่ 3.28 แสดงตู้เก็บ (Holding) ลวดเชื่อมไฟฟ้า

3.5.2 ลวดและฟลักซ์สำหรับงานเชื่อมชั้นเมอร์ก

ลวดและฟลักซ์ที่ใช้ในการเชื่อมจะต้องเป็นแบบพื้นฐาน การเก็บและการใช้ลวดและฟลักซ์จะต้องทำตามคำแนะนำจากบริษัทผู้ผลิต การเลือกใช้ฟลักซ์และลวด จะต้องกำหนดขอบเขตของคุณสมบัติทางเคมีตามที่กำหนด โดยคุณสมบัติทางกลจะต้องเหมือนกับโลหะชิ้นงานตามข้อกำหนดและจะต้องส่งให้เจ้าของงานทำการอนุมัติ

ข้อกำหนดการเก็บลวดและฟลักซ์และการปฏิบัติก่อนนำไปใช้งาน

(1.) ลวดจะต้องเก็บไว้ในกล่องที่ปิดสนิทซึ่งลมและความชื้นจะเข้าไม่ได้ เก็บในที่แห้ง อุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 20°C ฟลักซ์ชั้นเมอร์ก เมื่อนำออกจากถุงแล้วก่อนนำไปใช้งานจะต้องอบ ในตู้อบ Baking รูปที่ 3.29 ที่อุณหภูมิอย่างน้อย 260°C เป็นเวลา 1 ชม. ก่อนนำไปใช้งาน ส่วนที่เหลือให้ อบไว้ในตู้อบ Holding รูปที่ 3.30 120°C

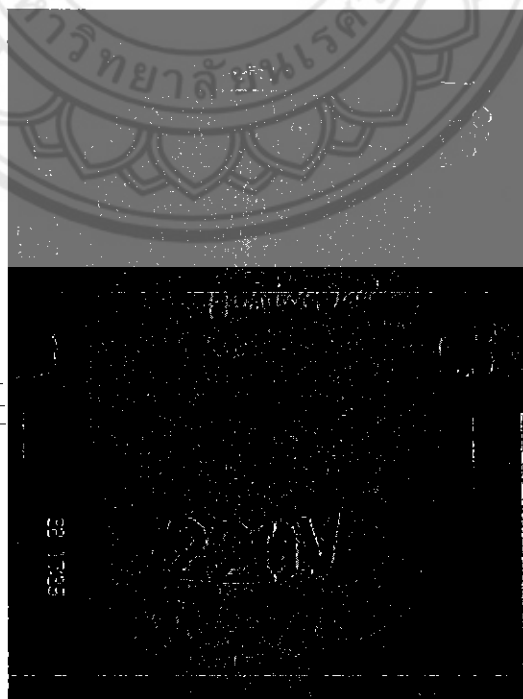
(2.) ฟลักซ์เก่าที่ผ่านการใช้งานครั้งที่ 1 แล้วเมื่อนำกลับมาใช้ใหม่ จะต้องผ่านการกรองเพื่อเอาเศษสิ่งเจือปนอื่น ๆ ออกให้หมดก่อน แล้วจึงนำไปผสมกับฟลักซ์ใหม่ในอัตราส่วน 50:50 % และผ่านกระบวนการอบให้ความร้อนตามกระบวนการเดียวกับฟลักซ์ใหม่ คือ อบที่ 260°C 1 ชั่วโมง และ Holding ไว้ที่ 120°C

(3.) ลวดเชื่อมชั้นเมอร์ก เมื่อนำออกมาใช้งานแล้วส่วนที่เหลือข้างเชื่อมจะต้องดูแลและเก็บอย่างมิดชิดไม่ให้สัมผัสความชื้นจะเป็นสนิม โดยให้เก็บไว้ในถุงพลาสติกและใส่กล่อง ถ้าเป็นไปได้

ได้จะต้องพยายามใช้ให้หมดเมื่อแกะกล่องและเมื่อลวดที่เหลื่อใช้และเก็บไว้เป็นเวลานานจนเกิดสนิม ไม่สามารถนำกลับมาเชื่อมงานได้อีก



รูปที่ 3.29 แสดงตู้อบฟลักซ์ SAW ที่ 260 °C



รูปที่ 3.30 แสดงตู้เก็บฟลักซ์ SAW ที่ 120 °C

3.5.3 ลวดเชื่อม ฟลักซ์คอร์ (FCAW Wire Electrode)

ลวดเชื่อม FCAW ของใหม่จะเก็บอยู่ในกล่องปิดผนึกอย่างดี และเก็บในที่ที่มีอุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 20 °C และเมื่อมีการนำออกมาใช้งาน ช่างเชื่อมจะต้องเบิกมาให้พอใช้เฉพาะวันเท่านั้น ไม่ควรให้เหลือที่หน้างาน ถ้ามีเหลือใช้ไม่หมดในวันนั้น ๆ ช่างเชื่อมจะต้องนำไปใส่ตู้อบที่อุณหภูมิ 50-60 °C ห้ามเหลือทิ้งไว้ใน Feeder เป็นอันขาด เพราะเมื่อลวดเป็นสนิมไม่สามารถนำมาใช้งานได้

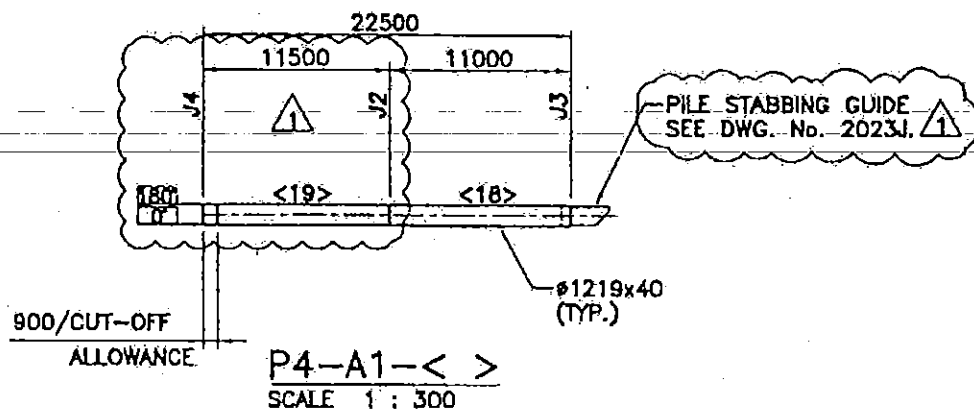


บทที่ 4

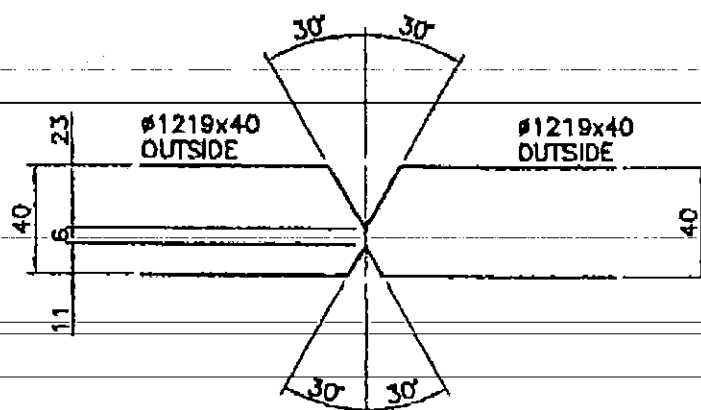
ผลการศึกษางานเชื่อมและวิเคราะห์

ในการศึกษางานเชื่อมโครงสร้างเหล็กและแท่นเจาะนั้น ในความเป็นจริงแล้ว ไม่สามารถที่จะทำการศึกษางานเชื่อมทุก Joint ได้ เนื่องจากในช่วงที่เข้าไปศึกษางานเชื่อมแผนก Structure บริษัท ไทยนิปปอนสตีลฯ จะต้องเข้าไปทำการศึกษามาตาม Course ที่ทางแผนกได้วางไว้ อีกทั้งยังมีข้อจำกัดของระยะเวลาในการศึกษา โดยได้มีโอกาสเข้าไปศึกษาในช่วงที่ทำการศึกษาในการเชื่อมงานของ Pile ใน Joint J2 โดยในการเชื่อมงานทุก Joint จะมีข้อกำหนดที่ใช้ในการปฏิบัติงานเชื่อม โดยเขียนขึ้นระหว่างบริษัทเจ้าของงาน คือ บริษัทปตท.สผ. กับบริษัทผู้รับงาน คือ บริษัทไทยนิปปอนสตีลฯ และเรียกข้อกำหนดนี้ว่า WPS ซึ่งเป็นข้อกำหนดในการปฏิบัติงานเชื่อม โดยเป็นข้อกำหนดที่เขียนขึ้นเพื่อเป็นมาตรฐานในงานเชื่อมที่เจ้าของงานจะยอมรับงานภายใน WPS จะกำหนดบอกลักษณะของ Joint ที่จะเชื่อม ทำเชื่อม กระบวนการเชื่อม วัสดุที่ทำการเชื่อม ลวดเชื่อม และฟลักซ์ที่ใช้เชื่อม รวมถึงค่าที่ของกระแสที่ใช้ในขณะเชื่อม โดยในการที่จะเขียนข้อกำหนด WPS ได้นั้นต้อง Procedure Qualification Record (PQR) เป็นเอกสารรับรองในการเขียน WPS

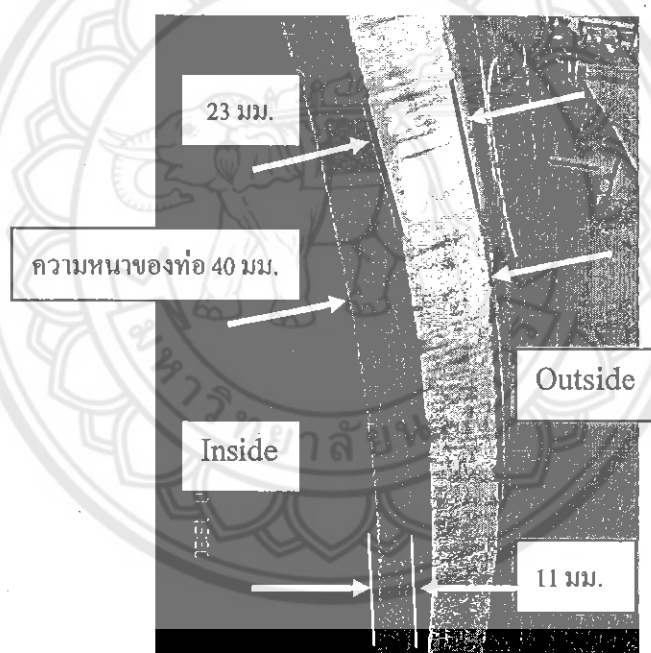
Joint ของ Pile (เสาเข็ม) ทำจากท่อเหล็กขนาดใหญ่ขนาด มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 1219 มม. และท่อหนา 40 มม. มีหน้าที่เป็นตัวยึด Jacket ที่เป็นโครงสร้างคอยรับน้ำหนัก Deck ที่ติดตั้งกลางทะเล โดย Joint ที่ได้ทำการศึกษาคือ Joint J2 ดังรูปที่ 4.1 และ 4.2 จากภาคผนวก ก. Drawing No.AQP-SJ-JK-2023A และดังรูปที่ 4.3 แสดง Joint J2 ที่ได้ทำการปากชิ้นงานเรียบร้อยแล้ว โดยใน Joint J2 นี้มีข้อกำหนด WPS No.S9 จากภาคผนวก ข. รูปที่ ก. ที่เป็นข้อกำหนดในงานเชื่อม Joint J2



รูปที่ 4.1 แสดง Pile ชิ้นส่วนที่ P4-A1 ที่ Joint J2

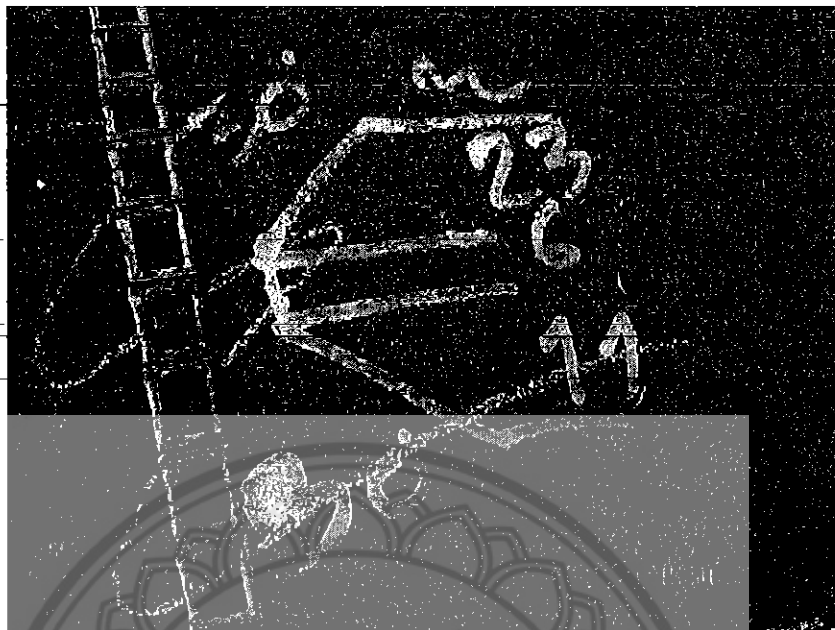


รูปที่ 4.2 แสดง รูป Joint J2 จากภาคผนวก ก. Drawing No.AQP-SJ-JK-2023A

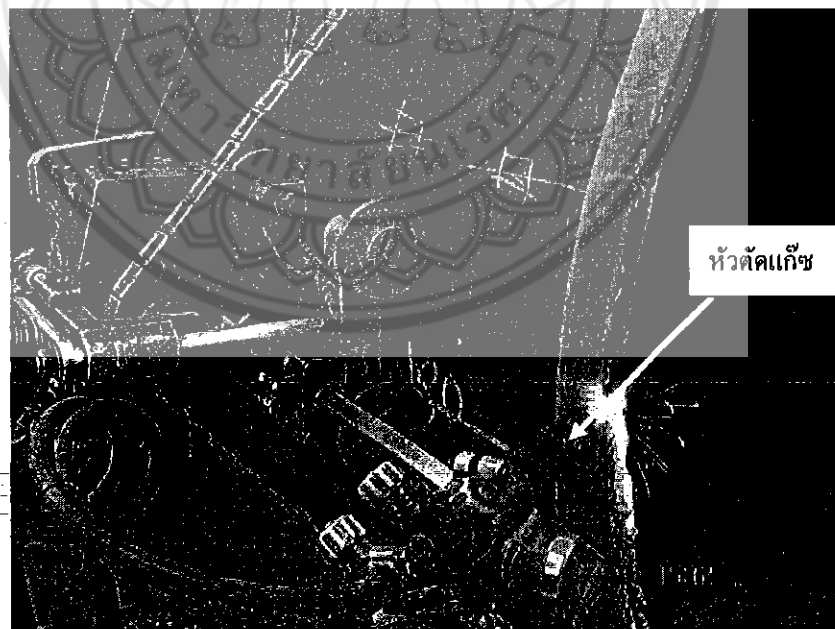


รูปที่ 4.3 แสดงรูปร่างการบากชิ้นงานที่ความหนา Joint J2 จากงานจริง

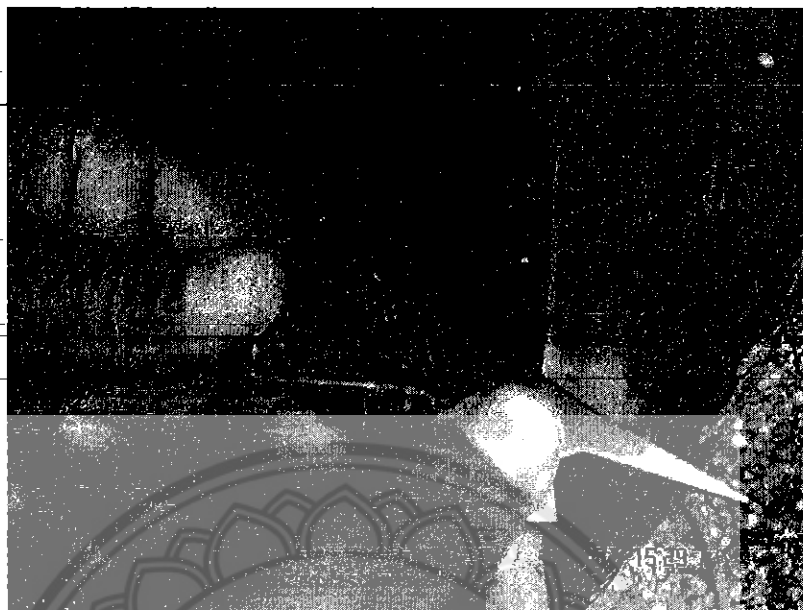
จากรูปที่ 4.2 รูป Joint J2 จากภาคผนวก ก. Drawing No.AQP-SJ-JK-2023A เป็นรอยต่อแบบ Double V Double Side Weld โดยขั้นตอนนี้ ช่างตัดเหล็กจะทำการตัดเหล็กตามเครื่องหมายที่ได้ทำสัญลักษณ์ไว้ที่ชิ้นงาน ดังรูปที่ 4.4 และทำการตัดโดยใช้หัวแก๊สตัดชิ้นงาน ดังรูปที่ 4.5 แล้วจึงทำการวัดด้วยเวลเกทเพื่อตรวจสอบขนาด ดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.4 แสดงสัญลักษณ์บนชิ้นงาน

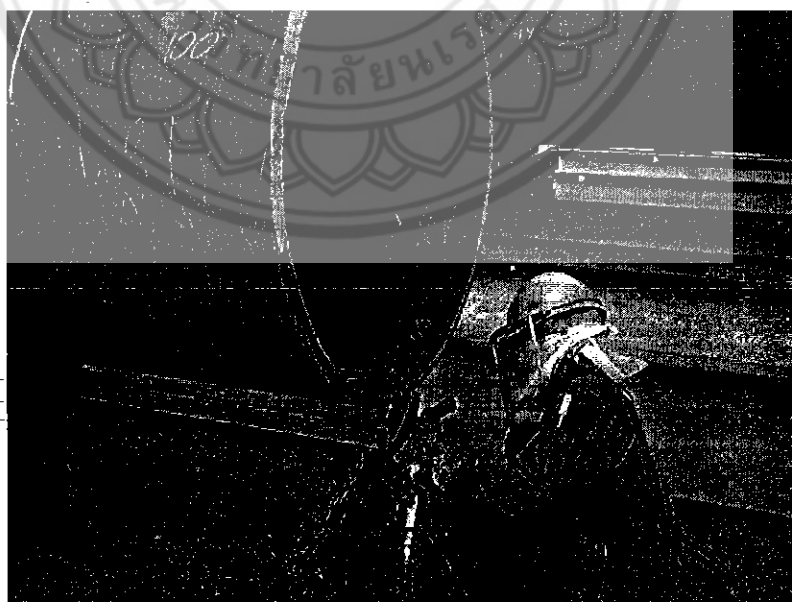


รูปที่ 4.5 แสดงวิธีการตัดรอยต่อ โดยใช้หัวตัดแก๊ส



รูปที่ 4.6 แสดงการวัดชิ้นงานด้วยเวลเกท

เมื่อตัดได้มุมตามแบบแล้วช่างเชื่อมจะต้องทำการเจียรแต่งทำความสะอาดและเพื่อความสวยงามของรอยต่อ ดังรูปที่ 4.7 หลังจากนั้นช่างประกอบจะทำการยกชิ้นงานมาวางประกอบกันให้ได้ระดับกับชิ้นงาน

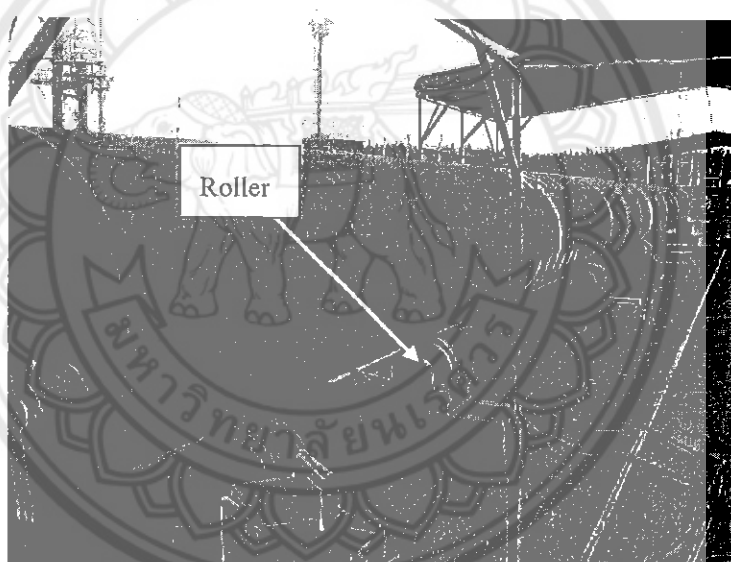


รูปที่ 4.7 แสดงการเจียรแต่งชิ้นงาน

4.1 การประกอบชิ้นงาน

1. เตรียม Roller เพื่อที่จะประกอบ Pile ให้สามารถทำงาน Tack Weld หรือสามารถปรับระดับได้ เมื่อวางท่อนลงบน Support หรือ Roller จะต้องวางให้แนว Long-seam (แนวปิดของท่อที่เกิดจากการผลิตจากโรงงาน) ไม่ให้ชนกันโดยต้องห่างกันอย่างน้อย 90° แต่ส่วนใหญ่จะนิยมใช้อ้างอิงที่ 180°

2. ในการตั้งชิ้นงานทำโดยการหมุน Roller ให้เข้ามาหากัน ให้ชิ้นงานชิดกัน ตามระยะที่กำหนด และสามารถปรับระดับความสูง ตำแหน่งโดยใช้แม่แรงต่อกับท่อปรับระดับได้และตัว Roller สามารถที่จะหมุนและสามารถขยับไปมาตามแนวยาวท่อได้ แสดงดังรูปที่ 4.8

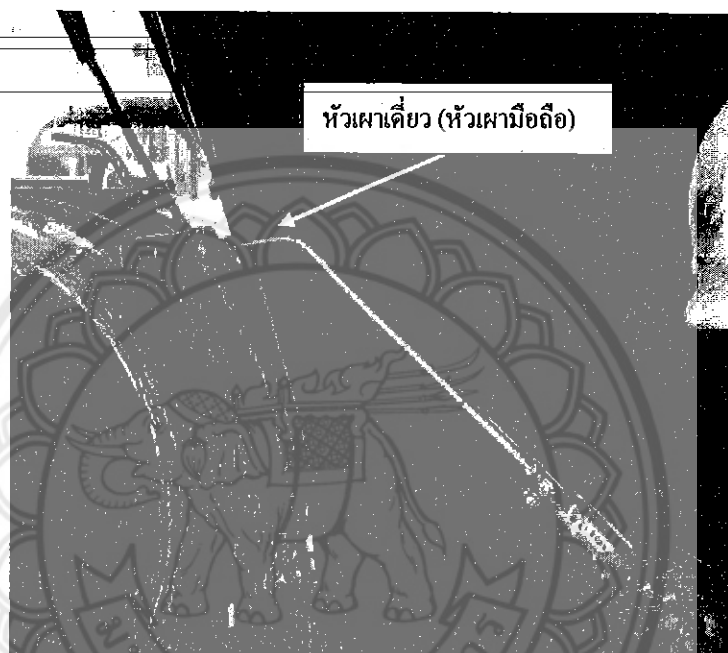


รูปที่ 4.8 แสดง Roller

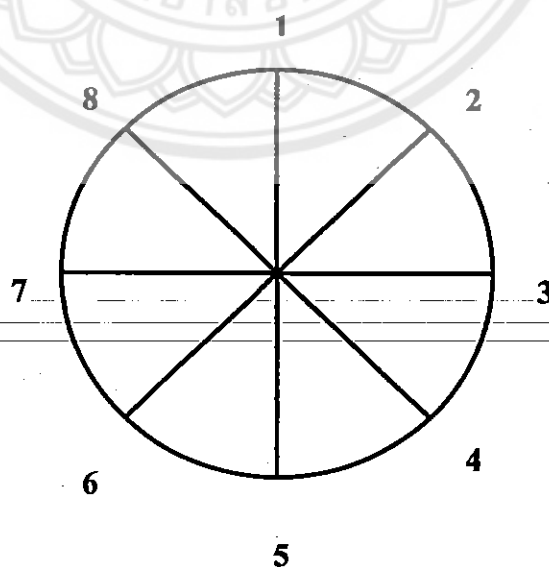
3. เมื่อได้ระยะแล้ว จึงทำการ Tack Weld (เป็นการยึดชิ้นงานโดยการเชื่อมก่อนทำการเชื่อมจริง) ชิ้นงาน ซึ่งการ Tack Weld ต้องทำตามที่ได้กำหนดไว้ โดยการอุ่นชิ้นงานก่อนทำการ Tack โดยใช้หัวเผามือถือ (หัวเผาคีเยว) ในการอุ่นชิ้นงานได้ ดังรูปที่ 4.9

4. ในการ Tack Weld จะต้องทำการ Tack Weld เฉพาะด้านนอกเท่านั้น สำหรับ Pile โดยสามารถแบ่งจุดในการ Tack งานได้ โดยแบ่งท่อออกเป็น 8 ส่วน เท่าๆ กัน (แบ่งจากเส้นรอบวงท่อ) ดังรูปที่ 4.10 เมื่อได้จุดต่างๆ จึงทำการวัดออกไปข้างละ 10 ซม. จะได้ความยาวรวม 20 ซม. ดังรูปที่ 4.11

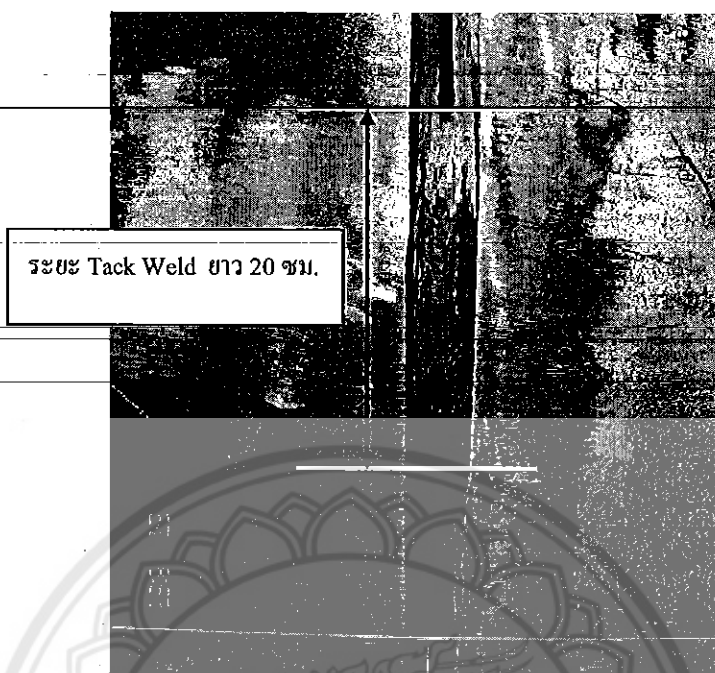
5. ทำความสะอาดพื้นผิวที่จะทำการ Tack Weld อีกครั้ง ด้วยแปรงปัดหรือใช้การเจียรเอาคราบสนิมออกบางส่วน ทำการอุ่นชิ้นงาน ตาม WPS No.S9 กำหนดไว้ และทำการตรวจเช็คโดยการใช้อัลตราซาวด์อุณหภูมิ ซึ่กลงบนชิ้นงาน โดยให้ห่างจากแนวเชื่อมประมาณ 75 มม. หรือด้านตรงข้ามทุกจุดที่มีการเชื่อม



รูปที่ 4.9 แสดงการเผาก่อนทำการ Tack Weld



รูปที่ 4.10 แสดงการแบ่งแนว Tack Weld



รูปที่ 4.11 แสดงความยาวแนว Tack Weld ต่อ 1 จุด

6. ทำการเชื่อมเมื่อได้คุณสมบัติตามที่กำหนด ต้องเชื่อมให้ได้แนวเชื่อมขนาด 1 ซม. ยาว 20 ซม. ในทุกจุดเมื่อเชื่อมเสร็จแล้ว ให้หัวหน้างานตรวจเช็คดูว่าต้องแก้ไขหรือต้องเชื่อมเพิ่มหรือไม่ สำหรับแนว Tack Weld ให้เคาะสแลกออกอย่างเดี๋ยวนั้นไม่จำเป็นต้องเจียร

7. เมื่อทำการประกอบเสร็จแล้วต้องทำความสะอาดพื้นที่ข้างๆ Bevel โดยเริ่มจากรอยต่อประมาณ 2 นิ้ว ทั้ง ซ้ายและขวาของแนวเชื่อม และเพื่อให้แน่ใจว่าฟลักซ์ขับเมอร์กที่ผ่านการเชื่อมแล้วจะสะอาดสามารถนำกลับมาใช้ได้ใหม่อีก

4.2 การเชื่อมชิ้นงาน

1. เตรียมอุปกรณ์ในการเชื่อม ซึ่งสำหรับ Joint นี้เป็นการเชื่อมแบบ SAW โดยใช้ไฟกระแสสลับ หม้อแปลงไฟกระแสสูง-OTC-1500-Amp-เครื่องเชื่อมอัตโนมัติ-ลวดเชื่อม-และฟลักซ์ขับเมอร์ก F7A2-EM12K ใช้ทำเชื่อม 1G โดยที่จะมีการหมุนส่วนชุดเครื่องเชื่อมยึดอยู่กับที่

2. เตรียมอุปกรณ์ให้ความร้อนแก่ชิ้นงาน ซึ่ง Joint นี้ใช้หัวเผาในการให้ความร้อน แสดงดังรูปที่ 4.10 และใช้ข้อดักที่อุณหภูมิ 107 องศาเซลเซียส ตามข้อกำหนดของ WPS No.S9 และก่อนลงมือทำการเผาชิ้นงานต้องทำความสะอาดชิ้นงานก่อน โดยไม่ให้มีน้ำ คราบน้ำมัน หรือสนิมติดอยู่เสร็จแล้วจึงจะสามารถทำการเผาชิ้นงานให้ได้อุณหภูมิที่ 107 องศาเซลเซียส



ทิศทางการหมุนของท่อ

รูปที่ 4.12 แสดงการอุ่นขึ้นงานด้วยหัวเผาแก๊ส

3. การตั้งค่า Welding Parameter ต้องทำตาม WPS No.S9 ดังนี้

3.1 กระแสไฟฟ้า 520-580 Amp

3.2 แรงเคลื่อนไฟฟ้า 31-35 Volt

3.3 ความเร็วของท่อ 48-60 cm/min.

4. การตั้งค่าเครื่องเชื่อมและอัตราการป้อนของลวดเชื่อม

4.1 Tip hole = 4.0 mm (+0.3-0 mm) ซึ่งในกรณีใช้ลวดเชื่อม SAW ที่เส้นผ่าศูนย์กลาง 4.0 mm

4.2 Electrode set back = 5 mm

4.3 Stand distance = 15-20 mm

5. จากนั้นจึงเริ่มทำการเชื่อมงาน โดยทำการเชื่อมด้านนอกของท่อนก่อนซึ่งในการเชื่อมนี้เป็นการเชื่อมโดยทำเชื่อม 1G โดยที่ท่อจะหมุนและเครื่องเชื่อมอยู่กับที่แสดงดังรูปที่ 4.12

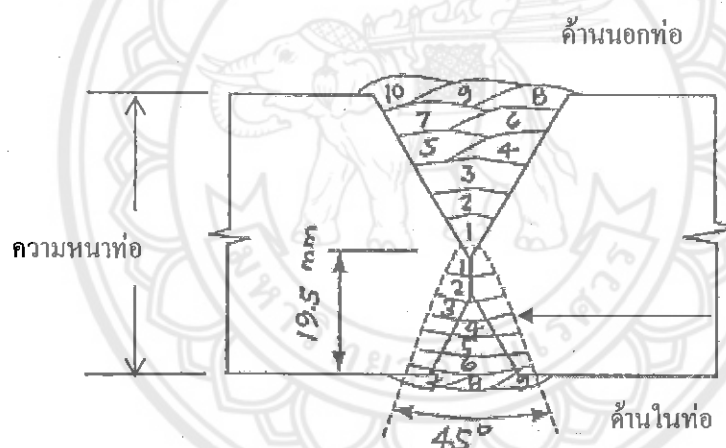
6. เมื่อเชื่อมงานด้านนอกเสร็จแล้วจึงทำการแก้ที่ด้านใน โดยก่อนที่จะแก้ที่ ต้องทำการเผาอุ่นเช่นเดียวกับด้านนอก

7. ในการแก้ที่ จะเป็นการเอาเนื้อของโลหะออกตามเส้นประ เมื่อทำการแก้ที่เสร็จแล้วต้องทำความสะอาดแนวแก้ที่ก่อนทำการเชื่อมภายในท่อ แล้วจึงทำการเชื่อมด้านในแสดงดังรูปที่ 4.13

8. เมื่อทำการเชื่อมงานเสร็จ ต้องทำความสะอาดแนวเชื่อมด้วยแปรงหรือใบขัดไล่หินเจียรรอบๆ แนวเชื่อมและต้องปล่อยให้แนวเชื่อมเย็นตัวในอากาศ



รูปที่ 4.13 แสดงกระบวนการเชื่อม SAW ภายนอกท่อ



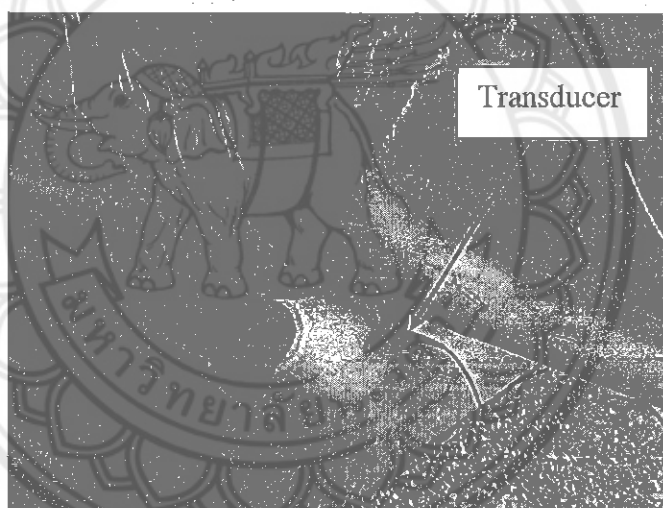
รูปที่ 4.14 แสดงแนวเชื่อมด้านนอกและระยะในการแก้ที่และแนวเชื่อมด้านในท่อ

4.3 การตรวจสอบแนวเชื่อม

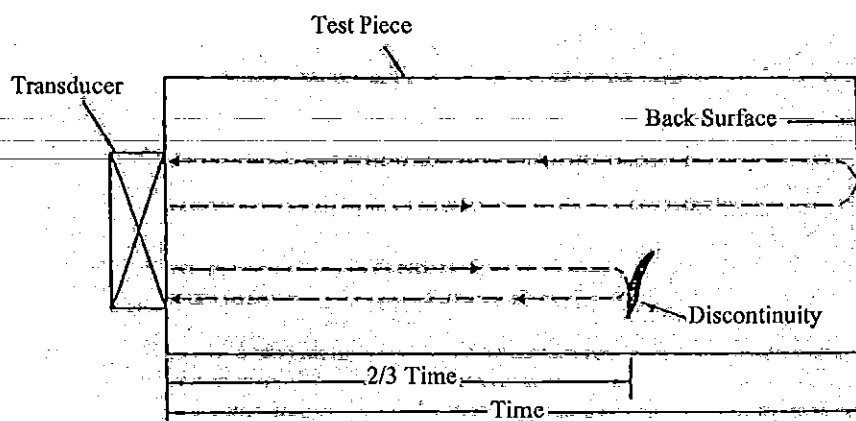
เมื่อการเชื่อมงานเสร็จสิ้นแล้วแสดงดังรูปที่ 4.14 จะมีการตรวจสอบแนวเชื่อมที่ทำการเชื่อมแบบไม่ทำลาย (NDT) ซึ่งใน Joint J2 นี้ได้ทำการตรวจสอบโดยวิธีการทดสอบแบบ UT เป็นการทดสอบแนวเชื่อมโดยใช้หลักการสะท้อนกลับด้วยคลื่นของเสียง โดยส่งคลื่นเสียงความถี่สูงเข้าไปในชิ้นงานด้วย Transducer แสดงดังรูปที่ 4.15 และแสดงดังรูปที่ 4.16 เพื่อสะท้อนกลับออกมายังจอแสดงผล แสดงดังรูปที่ 4.17 แสดงผลหากพบจุดบกพร่องในแนวเชื่อม ซึ่งเมื่อนำมาเทียบกับผลที่ได้ทำการตรวจสอบ แสดงดังรูปที่ 4.18 แล้วผลปรากฏว่าไม่มีจุดบกพร่องใดในแนวเชื่อมของ Joint J2 นี้



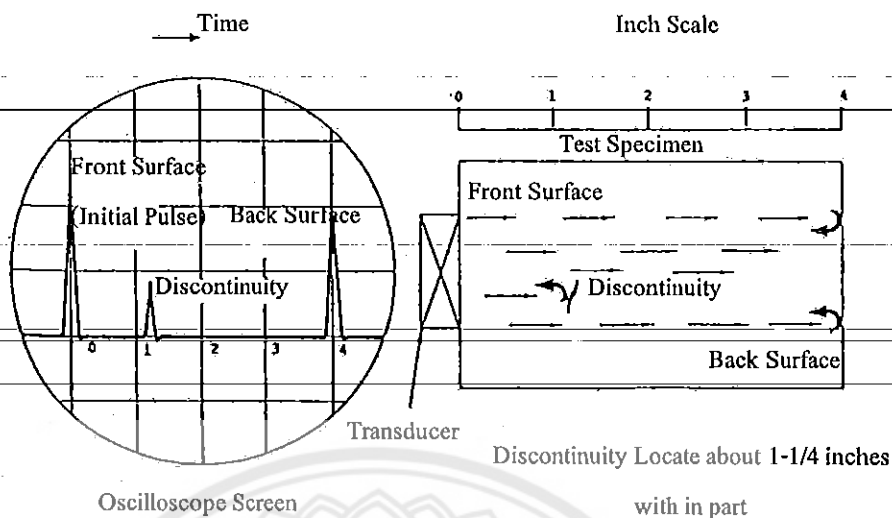
รูปที่ 4.15 แสดงแนวเชื่อมของ Joint J2 ที่เชื่อมเสร็จแล้ว



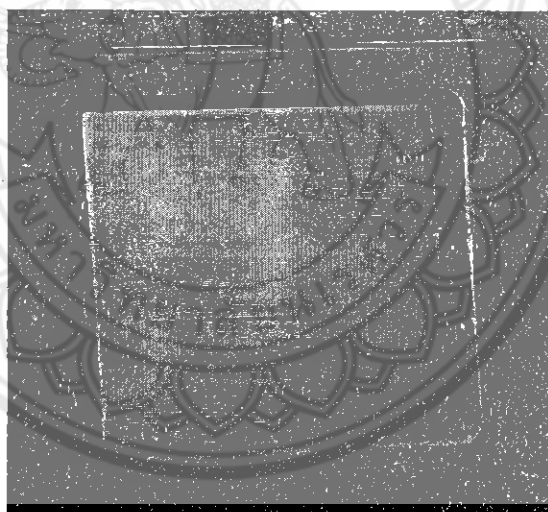
รูปที่ 4.16 แสดงวิธีการตรวจสอบแนวเชื่อมแบบ UT



รูปที่ 4.17 แสดงหลักการทำงานของเครื่องตรวจสอบแนวเชื่อมแบบ UT



รูปที่ 4.18 แสดงผลจากจอเมื่อเจอจุดบกพร่อง



รูปที่ 4.19 แสดงผลของการตรวจแนวเชื่อมแบบ UT

หากกรณีพบจุดบกพร่องในแนวเชื่อม ผู้ตรวจแนวเชื่อมจะต้องทำเครื่องหมายไว้และทำการบันทึกลงในรายงาน แล้วจึงทำการแจ้งให้แผนก QC มาดูและทำการตรวจเช็คอีกครั้ง จากนั้นแผนก QC แจ้งให้ช่างเชื่อมของแผนก Structure ทำการแก้ไขจุดบกพร่องที่ได้ทำเครื่องหมายไว้ และทำการแก้ไขเฉพาะที่จุดบกพร่อง โดยทำการเชื่อมงานตาม WPS No.S9 เช่นกัน

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

5.1.1 ในการปฏิบัติการเชื่อมงานของ Joint J2 จะต้องทำตามข้อกำหนด WPS No.S9 เพราะจะทำให้ผลของแนวเชื่อมที่ออกมามีคุณภาพ และการปฏิบัติตาม WPS ยังเป็นผลต่อการ ขอมรับงานว่าได้ปฏิบัติตามข้อตกลงนี้ไว้หรือไม่

5.1.2 อุปกรณ์และเครื่องมือของงานเชื่อมจะต้องใช้ให้ตรงกับหน้าที่ของอุปกรณ์และเครื่องมือ นั้น เพราะหากใช้งานไม่ตรงกับหน้าที่ของอุปกรณ์และเครื่องมือ นั้น อาจทำให้เกิดความเสียหายของอุปกรณ์และชิ้นงาน หรืออาจทำให้เกิดอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงานเองได้

5.1.3 ในการตรวจสอบแนวเชื่อมของ Joint J2 ได้ทำการตรวจสอบด้วย การตรวจสอบแบบ UT ด้วยการส่งคลื่นเสียงความถี่สูงเข้าไปในแนวเชื่อมของชิ้นงาน ซึ่งสามารถที่จะทำการตรวจหาจุดบกพร่องได้ทั้งภายในและภายนอกของแนวเชื่อมได้อย่างละเอียด ซึ่งผลที่ได้คือไม่มีจุดบกพร่องในแนวเชื่อมของ Joint J2

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ในการเชื่อมงานทุกกระบวนการควรเชื่อมให้พอดีกับขอบเขตตามที่ WPS ได้กำหนดไว้ ไม่ควรเชื่อมงานเกินมากๆ แล้วค่อยกลับมาเจียร ซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองวัสดุโดยเปล่าประโยชน์ ทั้ง ลวดเชื่อมหรือฟลักซ์ หากมีความจำเป็นต้องมีการเจียรงาน ให้ใช้ดุลยพินิจในการเจียรเฉพาะที่จำเป็นเท่านั้น

5.2.2 เมื่องานเชื่อมไม่ผ่าน ควรหาสาเหตุของความผิดพลาดของงานว่าเกิดจากอะไร เพื่อปรับปรุงและแก้ไข ตามขั้นตอนที่ถูกต้อง และเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดขึ้นอีก

บรรณานุกรม

- [1]บริษัทไทยนิปปอนสตีล เอ็นจิเนียริง แอนด์ คอนสตรัคชั่น คอร์ปอเรชัน จำกัด.เอกสารการทดสอบแบบไม่ทำลาย.สมุทรปราการ: บริษัทไทยนิปปอนสตีล เอ็นจิเนียริง แอนด์ คอนสตรัคชั่น คอร์ปอเรชัน จำกัด, 2549
- [2]บริษัทไทยนิปปอนสตีล เอ็นจิเนียริง แอนด์ คอนสตรัคชั่น คอร์ปอเรชัน จำกัด.เอกสารขั้นตอนการปฏิบัติงานเชื่อมโครงสร้างเหล็ก.สมุทรปราการ: บริษัทไทยนิปปอนสตีล เอ็นจิเนียริง แอนด์ คอนสตรัคชั่น คอร์ปอเรชัน จำกัด, 2549
- [3]บริษัทไทยนิปปอนสตีล เอ็นจิเนียริง แอนด์ คอนสตรัคชั่น คอร์ปอเรชัน จำกัด.เอกสารปัญหาในแนวเชื่อมของงานเชื่อม.สมุทรปราการ: บริษัทไทยนิปปอนสตีล เอ็นจิเนียริง แอนด์ คอนสตรัคชั่น คอร์ปอเรชัน จำกัด, 2549
- [4]American Welding Society.AWS D1.1 : Structural Welding Code-Steel .USA : American Welding Society, 2006
- [5]www.hobartwelders.com,16/08/2006
- [6]www.welderengineer.com,16/08/2006





Welding Procedure Specification



Thai Nippon Steel

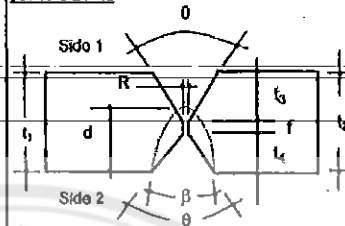
Project	Arih Construction Project Phase III Campaign 2	WPS No.	S8	Rev. No.	0
Client	PTT Exploration & Production Public Co., Ltd.	PQR No.	TWS-113-1G	Page	1 of 1
Specification	AGS-10 Rev. 1 and TS-9 Rev. 0	Date	14-Jun-05		
Code	AWS D1.1 2004				
Application	For site welding of WPG Flange to Flange, Main Pile, Jacket Log to Can				

WELDING PROCESS AND POSITION

Welding Process	SAW
Welding Position	1G
Welding Progression	N/A

JOINT DESIGN

Joint Type	Butt Joint
Joint Groove	Double Vee
Backing	Yes (See Backing Material)
Backing Material	Base Metal (Side 1) & Weld Metal (Side 2)
Edge Preparation	Gas Cutting & Grinding

JOINT DETAIL

θ	$60^\circ \pm 5^\circ$
R	0mm (Note 6)
f	0.0 (+1.0, 0) mm.
t ₁	20.0 ~ 50.8 mm.
t ₂	20.0 ~ 50.8 mm.
t ₃	1/3 t ₁
t ₄	2/3 t ₁ - f
β	$50^\circ (\pm 6^\circ)$
d	t ₄ + 8 mm.

MATERIAL

Spec/Grade	AWS D1.1 Group I & II or approved equivalent grade
Carbon Equivalent	0.43% Max.
Diameter	24"OD and Above
Thickness	20.0 ~ 50.8 mm.

PREHEAT

Preheat Temperature	
Thk - Up to 38.1 mm.	65 °C Min.
Thk > 38.1 mm.	107 °C Min.
Interpass Temperature	218 °C Max.
Preheat Method/Maintenance	Heating Torch or Electrical Heating Pad
Preheat Check	Digital Thermometer or Temp. Indicating Crayon

Thickness (Thk) is the thicker of the two(2) base metal.

POST WELD HEAT TREATMENT

PWHT Method	N/A
Soaking Temperature	N/A
Soaking Time	N/A
Heating Rate	N/A
Cooling Rate	N/A

WELDING CONSUMABLES

F No.	6
A No.	1
AWS Specification	A5.17
Electrode-Flux Class	F7A2-EM12K
Gas Shielding / Composition	N/A
Gas Shielding Flow Rate	N/A
Backing Gas / Composition	N/A
Backing Gas Flow Rate	N/A
Trade Name/Manufacturer	Lincoln L-61 / Flux 860 / Lincoln Electric Co. (Australia)

WELDING TECHNIQUE

Stringer / Weave Bead	Stringer
Single / Multiple Pass	Multiple Pass
Single / Multiple Arc	Single Arc
Cleaning Method	Grinding / Chipping / Brushing
Gouging Method	Air Carbon Arc Gouging to remove root weld (See Note 1)
Tungsten Electrode Class	N/A
Orifice of Gas cup size	N/A
Peening	N/A
Electrode Stick-out	25 ~ 35 mm.
Electrode (Transverse) Angle	$90^\circ \pm 3^\circ$
Electrode Angle (Normal to Travel Direction)	$90^\circ \pm 5^\circ$

Weld Pass	Welding Process	Filler Metal			Welding Current			Travel Speed (cm/min)	Wire Feed Speed(cm/min)	Heat Input (KJ/cm)
		AWS Class	Trade Name	Dia. (mm)	Type/Polarity	Amps	Voltage			
Side 1										
Root	SAW	F7A2-EM12K	Lincoln L-61/Flux860	4.0	AC or DC-RP	520 ~ 570	31 ~ 35	48 ~ 60	105 ~ 123	15 ~ 23
Hot	SAW	F7A2-EM12K	Lincoln L-61/Flux860	4.0	AC or DC-RP	520 ~ 580	31 ~ 35	48 ~ 59	105 ~ 123	15 ~ 23
Fill	SAW	F7A2-EM12K	Lincoln L-61/Flux860	4.0	AC or DC-RP	520 ~ 580	31 ~ 35	48 ~ 58	105 ~ 123	15 ~ 24
Cap	SAW	F7A2-EM12K	Lincoln L-61/Flux860	4.0	AC or DC-RP	520 ~ 560	31 ~ 35	48 ~ 59	105 ~ 123	15 ~ 24
Side 2. Backgouged root and remove all carburized surface to sound metal before welding this side.										
Fill	SAW	F7A2-EM12K	Lincoln L-61/Flux860	4.0	AC or DC-RP	500 ~ 560	31 ~ 35	48 ~ 64	105 ~ 123	15 ~ 25
Cap	SAW	F7A2-EM12K	Lincoln L-61/Flux860	4.0	AC or DC-RP	520 ~ 580	31 ~ 35	46 ~ 58	105 ~ 123	15 ~ 24

- Note: 1. All carbon, copper and other debris, including carburized metal shall be removed by grinding or wire brushing until sound metal is achieved.
 2. Bevel surface shall be free from rust, oil, paint and other contaminants prior to welding.
 3. Maximum size of weld bead shall be 22 mm.
 4. Welding shall not be carried out when the weather conditions are unfavorable and likely to impact the quality of welds.
 5. Weld tabs shall be used for starting and stopping the arc. No strike shall be permitted outside the weld area.
 6. If root gap is open, deposit one pass for backing purposes using the SAW process and an approved electrode at side 2. The weld thickness shall not exceed 4mm. This seal weld shall be completely removed by gouging during deposition of weld at side 2.

Prepared and Approved By

Reviewed/Approved By

Approved By

Contractor

Third Party

Company

รูปที่ ๖. WPS No.S9



Thai Nippon Steel Engineering & Construction Corp., Ltd.

Procedure Qualification Record (PQR)

Certified

True Copy

PQR No. TWS-113-1G

Page 1 of 3

Welder Name	MR. MONTREE	Date	March 14, 2002
Welder ID	N/A	Welding Process	SAW
Location	Thai Nippon Steel	Process Type	Automatic

BASE METAL			
Material Spec / Grade	API 2H Gr. 50	To	API 2H Gr. 50
As-Delivery Condition	Normalized	To	Normalized
AWS Material Group No.	II	To	II
Material P No.	N/A	To	N/A
Material S No.	N/A	To	N/A
Coupon Dimension	Plate 40 mm	To	Plate 40 mm
Manufacturer	DILLINGER HUTTE	To	DILLINGER HUTTE
Heat No.	95548	To	95548
Carbon Equivalent	0.41%	To	0.41%

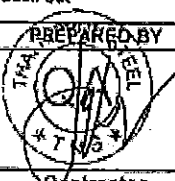
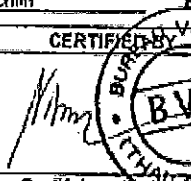
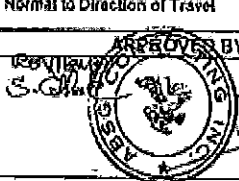
WELDING CONSUMABLE			
Electrode Classification (AWS)	E6012K	Electrode-Flux Class (AWS)	F7A2-E6012K
AWS Specification	A 5.17	Manufacturer	Lincoln Electric Co. (Australia)
Filler Metal Size	4.0 mm	Trade Name	LINCOLN 850
A No.	1	Batch No.	KNF 01
F No.	6	Shielding Gas / Composition	N/A
Manufacturer	Lincoln Electric Co. (Australia)	Shielding Gas Flow Rate	N/A
Trade Name	LINCOLN L-61	Backing Gas / Composition	N/A
Batch No.	DMK 06	Backing Gas Flow Rate	N/A

POSITION			
Welding Position	1G	Welding Progression	N/A

PREHEAT		POST WELD HEAT TREATMENT (PWHT)	
Preheat Temperature (Min)	107 °C	PWHT Method	N/A
Preheat Method	Propane Gas Burner Type	Heating Rate	N/A
Preheat Check	Digital Thermometer	Soaking Temperature	N/A
Interpass Temperature (Max)	163 °C	Soaking Time	N/A
		Cooling Rate	N/A

ELECTRICAL CHARACTERISTICS			
Current	AC	Polarity	N/A
Amperage	500 ~ 550	Voltage	31.8 ~ 35.4

TECHNIQUE		Single / Multiple Electrode	
Single / Multiple Pass	Multiple Pass	Weave Road	N/A
Stringer Bead	All	Tungsten Electrode Size	N/A
Tungsten Electrode Type	N/A	Wire Feed Speed	105 ~ 119 cm/min
Mode of Metal Transfer	N/A	Oscillation	N/A
Orifice Gas Cup Size	N/A	Poening	N/A
Method of Back Gouging	Carbon Arc Air Gouging	Electrode(Transverse) Angle	90°
Electrode Stick-Out	25-30mm	Electrode Angle Normal to Direction of Travel	90°

PREPARED BY  Contractor	CERTIFIED BY  Certifying Authority	APPROVED BY  Company / 2-1-05
--	---	--

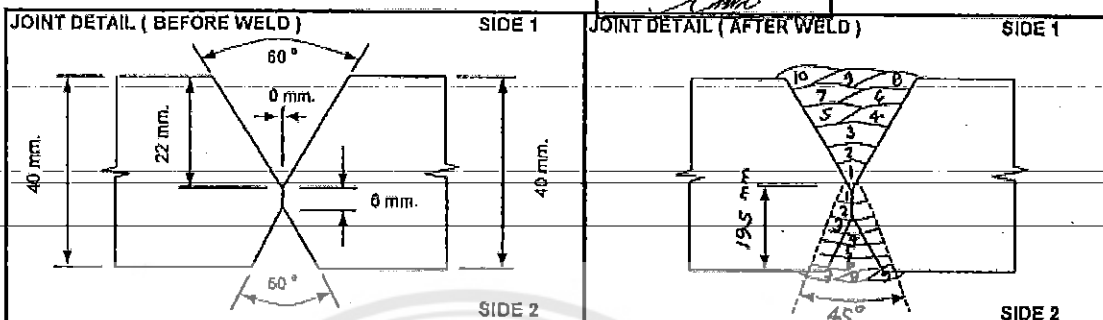
รูปที่ 1ก. PQR No. TWS-113-1G

Thal Nippon Steel Engineering & Construction Corp., Ltd.
Procedure Qualification Record (PQR)

PQR No. TWS-113-1G

Certified
True Copy

Page 2 of 3



WELDING PARAMETERS

Layer No.	Weld Pass	Welding Process	Filler Metal			Welding Current		Voltage	Travel Speed (cm/min)	Wire Feed Speed (cm/min)	Heat Input (kJ/cm)	Inter pass Temp (°C)
			AWS Class	Trade Name	Size (mm)	Type / Polarity	Amperage					
SIDE 1												
1	1	SAW	F7A2-EM12K	Lincoln L-61 / 860	4.0	AC	547	35.3	64.16	112	21.39	107
2	2	SAW	F7A2-EM12K	Lincoln L-61 / 860	4.0	AC	553	33.5	51.14	116	21.74	160
3	3	SAW	F7A2-EM12K	Lincoln L-61 / 860	4.0	AC	535	34.1	42.58	117	25.71	163
4	4	SAW	F7A2-EM12K	Lincoln L-61 / 860	4.0	AC	530	35.4	57.87	112	19.45	152
4	5	SAW	F7A2-EM12K	Lincoln L-61 / 860	4.0	AC	530	34.4	48.53	118	22.54	148
5	6	SAW	F7A2-EM12K	Lincoln L-61 / 860	4.0	AC	528	34.7	46.30	118	23.74	158
5	7	SAW	F7A2-EM12K	Lincoln L-61 / 860	4.0	AC	538	34.8	56.81	117	19.77	160
6	8	SAW	F7A2-EM12K	Lincoln L-61 / 860	4.0	AC	549	34.9	52.30	117	21.98	108
6	9	SAW	F7A2-EM12K	Lincoln L-61 / 860	4.0	AC	534	34.8	51.08	113	21.83	147
6	10	SAW	F7A2-EM12K	Lincoln L-61 / 860	4.0	AC	535	34.8	63.07	107	20.81	149
Side 2, Backgouged root and grind to sound metal before welding this side												
1	1	SAW	F7A2-EM12K	Lincoln L-61 / 860	4.0	AC	500	32.7	56.63	116	17.32	111
2	2	SAW	F7A2-EM12K	Lincoln L-61 / 860	4.0	AC	503	31.9	52.25	105	18.43	112
3	3	SAW	F7A2-EM12K	Lincoln L-61 / 860	4.0	AC	508	32.1	47.83	118	21.66	118
4	4	SAW	F7A2-EM12K	Lincoln L-61 / 860	4.0	AC	535	32.3	40.57	118	25.58	134
5	5	SAW	F7A2-EM12K	Lincoln L-61 / 860	4.0	AC	534	31.8	40.18	119	25.35	112
6	6	SAW	F7A2-EM12K	Lincoln L-61 / 860	4.0	AC	543	34.4	44.20	113	25.36	113
7	7	SAW	F7A2-EM12K	Lincoln L-61 / 860	4.0	AC	539	34.2	49.44	114	22.37	107
7	8	SAW	F7A2-EM12K	Lincoln L-61 / 860	4.0	AC	548	32.2	52.52	118	20.16	110
7	9	SAW	F7A2-EM12K	Lincoln L-61 / 860	4.0	AC	551	32.3	53.17	118	20.08	129

PREPARED BY THAL NIPPON STEEL Contractor	CERTIFIED BY BUREAU VERITAS BVT Certifying Authority	APPROVED BY THAL NIPPON STEEL Company
---	---	--

Thai Nippon Steel Engineering & Construction Corp., Ltd.

Procedure Qualification Record (PQR)

PQR No. TWS-113-1G

Certified
True Copy

TNS : 

Page 3 of 3

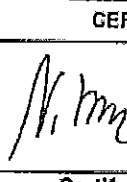
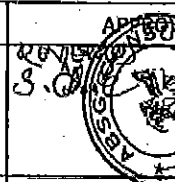
NON DESTRUCTIVE TEST

TYPE OF TEST	RESULT	REFERENCE REPORT NO.	REMARKS
Visual Inspection	Acceptable	013	N/A
Radiography Testing	Acceptable	RTS-WPQT-012	N/A
Ultrasonic Testing	Acceptable	UTS-WPQT-010	N/A
Magnetic Particle Testing	Acceptable	MTS-WPQT-008	N/A
Dye Penetrant Testing	N/A	N/A	N/A

DESTRUCTIVE TEST

TYPE OF TEST	RESULT	REFERENCE REPORT NO.	REMARKS
Tensile	Acceptable	310/45	N/A
Side Bend	Acceptable	310/45	N/A
Face Bend	N/A	N/A	N/A
Root Bend	N/A	N/A	N/A
Fillet Break	N/A	N/A	N/A
Nick Break	N/A	N/A	N/A
Charpy Impact Energy	Acceptable	310/45	N/A
Hardness	Acceptable	310/45	N/A
Macro Structure	Acceptable	310/45	N/A
Micro Structure	N/A	N/A	N/A
H ₂ S Embrittlement (SSCC)	N/A	N/A	N/A
Crack Tip Opening Displacement (CTOD)	N/A	N/A	N/A
Pitting Corrosion	N/A	N/A	N/A
Intergranular Corrosion	N/A	N/A	N/A
Ferrite Count	N/A	N/A	N/A
Chemical Analysis	N/A	N/A	N/A

We, the undersigned, certify that the statements in this record are correct and that the test welds were prepared, welded and tested in accordance with the requirement of section 4 of AWS D1.1:2000, SP-STR-311 Rev.1, THAI-3D-GEN-14-06-0002 Rev. 13/C and THAI-3D-GEN-14-06-0003 Rev. 12/C

PREPARED BY  Contractor	CERTIFIED BY  Certifying Authority	APPROVED BY  Company 12-1-6
--	---	--

รูปที่ 3ก. PQR No. TWS-113-1G

ประวัติผู้ทำโครงการ

นายไพศาล อินหลี่

เกิดเมื่อ วันที่ 29 มกราคม พ.ศ. 2526

บ้านเลขที่ 76 หมู่ 17 ต.สันมะเค็ด อ.พาน จ.เชียงราย 57120

ประวัติการศึกษา : จบมัธยมศึกษาตอนต้นจาก โรงเรียนสิริมาตย์เทวี-ด.เมืองพาน อ.พาน

จ.เชียงราย

จบมัธยมศึกษาตอนปลายจาก โรงเรียนพานพิทยาคม ด.เมืองพาน อ.พาน

จ.เชียงราย

