

กรณีศึกษาการคัดเลือกพนักงานเชื่อมโลหะไฟฟ้า
ของ บริษัท ซีบีไอ (ประเทศไทย) จำกัด
CASE STUDY FOR SELECTION ELECTRIC WELDING EMPLOYEE
OF CBI (THAILAND) CO., LTD

ไพโรจน์ พ่อคำ
ภัทราพรรณ ทิพย์เกตุ
มฤดี ดวงจันทร์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต
กลุ่มวิชาเทคโนโลยีการจัดการอุตสาหกรรม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
ปีการศึกษา 2554

**CASE STUDY FOR SELECTION ELECTRIC WELDING EMPLOYEE
OF CBI (THAILAND) CO., LTD**

**PAIROJ PHOKA
PATRAPAN THIPKATE
MONRUDEE DUANGCHAN**

**A PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF REQUIREMENT
FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF TECHNOLOGY
MAJOR OF INDUSTRIAL MANAGEMENT TECHNOLOGY
BURAPHA UNIVERSITY 2011**

ปริญญานิพนธ์	กรณีศึกษาการคัดเลือกพนักงานเชื่อมโลหะไฟฟ้า
	ของ บริษัท ซีบีไอ (ประเทศไทย) จำกัด
โดย	นายไพโรจน์ พ่อคำ
	นางสาวภัทราพรรณ ทิพย์เกตุ
	นางสาวมลฤดี ดวงจันทร์
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ธนบดี ที่สุด
จำนวนหน้า	81 หน้า
ปีการศึกษา	2554

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา อนุมัติปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต กลุ่มวิชาเทคโนโลยีการจัดการอุตสาหกรรม

.....ประธานกรรมการสอบปริญญานิพนธ์
(อาจารย์ พรชัย ปิ่นสุวรรณ)

.....กรรมการสอบปริญญานิพนธ์
(อาจารย์ สุภาพ ธาราศักดิ์)

.....กรรมการสอบและอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์
(อาจารย์ ธนบดี ที่สุด)

.....ประธานกลุ่มวิชาเทคโนโลยีการจัดการอุตสาหกรรม
(อาจารย์ ยศพนธ์ อินทรจันทร์)

.....ผู้อำนวยการ วิทยาลัยเทคนิคบ้านค่าย
(อาจารย์ กมล ชุ่มเจริญ)

.....ประธานหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต
(ดร. ภาณุวัฒน์ ด้านกลาง)

บทคัดย่อ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้เพิ่มประสิทธิภาพในการคัดเลือกพนักงานเชื่อมโลหะไฟฟ้าและจัดระดับความสามารถของช่างเชื่อม ให้เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ตามหลักเกณฑ์ทางด้านทฤษฎีและปฏิบัติ ผู้วิจัยได้นำการควบคุมพารามิเตอร์ ที่มีความเหมาะสมและความสะดวกในการใช้งาน มาเป็นตัวควบคุมเครื่องเชื่อมไฟฟ้าให้ได้กระแสและแรงดันไฟฟ้าที่เหมาะสม กับชิ้นงานทดสอบเชื่อมแผ่นโลหะ ในขณะที่ช่างเชื่อมทำการทดสอบงานเชื่อมเพื่อเข้าทำงาน ค่าของการปรับควบคุมพารามิเตอร์จะเป็นตัวแสดงผลต่อความเร็วของการเดินลวดเชื่อมไฟฟ้าโดยช่างเชื่อม Travel Speed, ค่าแรงดันไฟฟ้า Voltage, ค่ากำลังกระแสไฟฟ้า Amperage ที่ตั้งค่าเอาไว้ที่เครื่องเชื่อม ซึ่งปัจจัยเหล่านี้จะเป็นผลต่อการซึมลึกของลวดเชื่อมโลหะกับแนวเชื่อมบนชิ้นงานทดสอบ มีค่า Heat Input ต่อชิ้นงานอยู่ในเกณฑ์ตามที่ผู้วิจัยศึกษา ชิ้นงานทดสอบเสร็จสมบูรณ์ผ่านกระบวนการตรวจสอบต่างๆ ทั้งการตรวจสอบด้วยสายตา Visual และการตรวจสอบโดยไม่ทำลายด้วยการฉายรังสี Radiography Testing และจากการนำไปใช้ในงานจริงของการคัดเลือกพนักงานมีผลที่ได้จากหลังการใช้การควบคุมพารามิเตอร์ต่อการคัดเลือกพนักงานเชื่อม ซึ่งผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นสอดคล้องกันว่ามีคุณภาพ ซึ่งได้ค่า IOC เท่ากับ 0.91 และเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยสามารถนำผลวิจัยการคัดเลือกพนักงานเชื่อมโลหะไฟฟ้า นี้ไปใช้งานได้ตรงตามวัตถุประสงค์ และเกิดประสิทธิภาพสูงสุด

คำสำคัญ: พารามิเตอร์ / Travel Speed / Voltage / Amperage / Heat Input / Visual / Radiography Testing

Abstract

This project is purpose use to increase efficiency selective welder and divide grade skill of welder. To meet the standard as theory and performing rule. Researcher dose take parameter control able to properly and facility for usability of work to control electric welding machine to keep electric power and amperage properly with test plate coupon on during welding test. The constant parameter adjustment will show the result compare with speed of welding electrode while welder perform welding that are Travel speed, Voltage and Amperage as setup on welding machine that these factor will effect to deep penetration of electrode with weld bead on test coupon. Heat input valuable dose occurrence not exceed as criterion of researcher study. Test coupon finish good pass to inspections such as visual inspection and non destructive testing by radiography testing. Actually use with the real work for welder qualification test the result after use parameter control which the opinion of expert person is harmoniously for this project be a good quality IOC = 0.91 and accordance to hypothesis be able to use procedure in objective for welder performance test and develop highest efficiency.

Key word: Parameter / Travel Speed / Voltage / Amperage / Heat Input / Visual / Radiography Testing

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากอาจารย์ที่ปรึกษาหลัก อาจารย์ธนบดี ที่สุด ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำแนวทางที่ถูกต้อง และข้อคิดเห็นต่างๆ ในการวิจัยมา โดยตลอด ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบ รวมทั้งให้คำแนะนำ ข้อเสนอแนะและแนวทางแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ในการวิจัยให้ถูกต้อง เหมาะสมและมีคุณภาพ นอกจากนี้ยัง ได้รับความอนุเคราะห์จากท่าน ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคบ้านค่าย ตลอดจนอาจารย์ทุกท่านที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย ทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ ด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์ของปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นกตัญญูทวดเวทิตาแด่บุพการี บวรพจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านทั้งในอดีตและปัจจุบันที่ทำให้ข้าพเจ้าเป็นผู้มีการศึกษา และประสบความสำเร็จมาจนตราบนานเท่านานนี้

ไพโรจน์ พอค้า

ภัทราพรรณ ทิพย์เกตุ

มลฤดี ดวงจันทร์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ii
Abstract	iii
กิตติกรรมประกาศ	iv
สารบัญ	v
สารบัญรูป	x
สารบัญตาราง	xiv
 บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ในการจัดทำโครงการ	5
1.3 ขอบเขตในการจัดทำโครงการ	5
1.4 ประโยชน์และการนำไปใช้งาน	5
1.5 งบประมาณในการจัดทำโครงการ	6
1.6 ตารางปฏิทินการดำเนินการ	6
 บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 กระบวนการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์	8
2.1.1 อุปกรณ์การเชื่อมด้วยกระบวนการ SMAW	8
2.2 การต่อรูปแบบต่างๆ ของชิ้นงานเชื่อมโลหะ การต่อกันของชิ้นงาน 5 รูปแบบ	9
2.2.1 การต่อชิ้นงานแบบต่อชน	9
2.2.2 การต่อชิ้นงานแบบชนมุม	9
2.2.3 การต่อชิ้นงานแบบเกย	9
2.2.4 การต่อชิ้นงานแบบตังฉากหรือตัวที	10
2.2.5 การต่อชิ้นงานแบบขอบทับกัน	10
2.3 รูปแบบงานเชื่อมโลหะ	10
2.3.1 Fillet Weld เป็นการเชื่อมขอบให้ติดกันเกิดเป็นมุม มี 4 แบบ	10
2.3.2 Groove Weld เป็นการเชื่อมงานที่มีร่อง มี 6 แบบ	11
2.3.3 Spot Weld เป็นการเชื่อมจุดระหว่างชิ้นงาน 2 ชิ้น	11

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.4 ตำแหน่งท่าเชื่อมสำหรับงานแผ่นโลหะตามมาตรฐาน	12
2.4.1 ตำแหน่งท่าเชื่อมแบบเชื่อมต่อน	12
2.4.2 ตำแหน่งท่าเชื่อมแบบเชื่อมต่อนฟิลเลท	12
2.4.3 สัญลักษณ์ในงานเขียนแบบ	13
2.5 คุณสมบัติทางกายภาพที่เกี่ยวข้องกับงานเชื่อมโลหะ	14
2.5.1 จุดหลอมเหลว	14
2.5.2 ความสามารถในการเชื่อม	14
2.5.3 ความสามารถในการหลอม	14
2.5.4 ความสามารถในการระเหิด	14
2.5.5 ความนำไฟฟ้า	14
2.5.6 ความต้านทานไฟฟ้า	14
2.5.7 ความนำความร้อน	14
2.5.8 สัมประสิทธิ์ของการขยายตัวเนื่องจากความร้อน	14
2.5.9 ความเปราะเนื่องจากความร้อน	14
2.5.10 ความร้อนสูงเกินปกติ	14
2.6 หลักการของการเชื่อมโลหะไฟฟ้า	15
2.6.1 วงจรไฟฟ้าสำหรับการเชื่อมอาร์คไฟฟ้าแบบมีการปกคลุม	15
2.6.2 ขั้ว	16
2.6.3 กระแสเชื่อม	17
2.7 เครื่องมือ – อุปกรณ์	18
2.7.1 เครื่องเชื่อม/แหล่งพลังงาน	19
2.7.2 มอเตอร์ – เจนเนอเรเตอร์	19
2.7.3 เครื่องเชื่อมหม้อแปลง – เรคตีไฟเออร์กระแสตรง	21
2.7.4 เครื่องเชื่อมหม้อแปลงเรคตีไฟเออร์ ชนิดกระแสสลับ – กระแสตรง	21
2.7.5 หม้อแปลงกระแสสลับ	22
2.7.6 คีมจับลวดเชื่อม	22
2.7.6.1 คีมจับลวดเชื่อมแบบต่าง ๆ	23
2.7.7 สายเคเบิลไฟฟ้า	23

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.7.8 ห่วงยึดปลายสายและขั้วยึดสายดิน (Cable Lugs and Ground Clamps)	24
2.7.9 ลวดเชื่อม	25
2.7.9.1 การควบคุมการอาร์ค	25
2.7.9.2 ส่วนประกอบของวัสดุเคลือบ	25
2.7.9.3 หน้าที่ของวัสดุเคลือบ	25
2.7.10 อุปกรณ์ป้องกันอื่น ๆ	26
2.7.11 ปัจจัยสำคัญ 6 ประการของการเชื่อมไฟฟ้า	27
2.7.12 การเลือกลวดเชื่อม (Correct Electrode)	27
2.8 โลหะที่เหมาะสมกับการเชื่อมไฟฟ้า	27
2.9 การบอกประเภทของลวดเชื่อม	28
2.10 ท่าเชื่อม (Welding Position)	29
2.11 ลักษณะพิเศษเกี่ยวกับไฟฟ้า (Electrical Characteristics)	30
2.12 การเลือกและปรับแต่งกระแสไฟ (Correct Current)	31
2.12.1 ระยะอาร์คหรือแรงเคลื่อน (Correct Arc Length or Voltage)	32
2.12.2 มุมลวดเชื่อม (Correct Electrode Angle)	33
2.12.3 ความเร็วในการเดินลวดเชื่อม (Correct Travel Speed)	34
2.13 การปฏิบัติการเชื่อมไฟฟ้าและเทคนิคการเชื่อม	34
2.13.1 เทคนิคการเชื่อม: เริ่มต้นการอาร์ค	34
2.13.2 เทคนิคการเชื่อม: วิธีการเดินแนวเชื่อมแบบทำราบ	35
2.13.3 เทคนิคการเชื่อม: การเริ่มต้นอาร์คหลังจากการหยุดเชื่อม	35
2.13.4 เทคนิคการเชื่อม: การเชื่อมชิ้นงานแบบต่อเกยทำราบ	37
2.13.5 เทคนิคการเชื่อม: การเชื่อมทำตั้งแบบเคลื่อนที่ลง	39
2.13.6 เทคนิคการเชื่อม: การเชื่อมต่อเกยแนวตั้งเคลื่อนที่ลง	40
2.13.7 เทคนิคการเชื่อม: การเชื่อมแนวตั้ง ทำเหนือศีรษะ	40
2.13.8 เทคนิคการเชื่อม: การเชื่อมรอยเชื่อมต่อชนบากร่อง V ทำระดับ	42
2.14 หลักด้านความปลอดภัย	42
2.14.1 ความปลอดภัยในการเชื่อมไฟฟ้า (Safety in Arc Welding)	43
2.14.2 ข้อปฏิบัติให้เกิดความปลอดภัยในงานเชื่อมไฟฟ้า	44

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีดำเนินการศึกษาและวิจัย

3.1 ข้อกำหนดของงานเชื่อมโลหะ Welding Procedure Specification (WPS)	45
3.2 ประเภทของวัสดุที่ใช้เป็นชิ้นงานในการทดสอบการเชื่อมโลหะ	46
3.3 เครื่องเชื่อมและอุปกรณ์งานเชื่อมโลหะ	47
3.4 ลวดเชื่อมที่ใช้ในการเชื่อมชิ้นงานทดสอบ	47
3.5 ท่าเชื่อมที่ใช้ในการเชื่อมแผ่นโลหะทดสอบตามมาตรฐาน AWS	48
3.6 ช่างเชื่อมฝีมือที่จะทำการทดสอบ	49
3.7 อุปกรณ์ในการใช้ควบคุมพารามิเตอร์ในขณะที่เชื่อมโลหะ	49
3.7.1 คลิปแอมมิเตอร์ เครื่องมือวัดกระแสไฟฟ้า	50
3.7.2 เทอร์โมมิเตอร์ เครื่องมือวัดอุณหภูมิ	51
3.8 การวัดควบคุมพารามิเตอร์และการจดบันทึกสภาพการทดสอบ	51
3.9 การสร้างเครื่องมือในการศึกษา	53
3.10 การทดลองใช้และรวบรวมข้อมูล	55
3.11 การวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผล	55

บทที่ 4 ผลการวิจัย

4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้เชี่ยวชาญ	57
4.1.1 ระดับอายุของผู้เชี่ยวชาญ	57
4.1.2 ระดับการศึกษาของผู้เชี่ยวชาญ	58
4.1.3 ประสบการณ์ทำงานของผู้เชี่ยวชาญ	59
4.2 ผลการวิเคราะห์ความเห็นของผู้เชี่ยวชาญโดยแยกออกเป็นด้านต่างๆ	59
4.2.1 ความเห็นของผู้เชี่ยวชาญในด้านวัตถุประสงค์เพื่อใช้เป็นปัจจัยร่วม ในการคัดเลือกพนักงานเชื่อมโลหะไฟฟ้า	59
4.2.2 ความเห็นของผู้เชี่ยวชาญในด้านวัตถุประสงค์เพื่อนำไปหาประสิทธิภาพ ในการคัดเลือกพนักงานเชื่อมโลหะไฟฟ้า	60
4.3 ผลการวิเคราะห์ความเห็นของผู้เชี่ยวชาญโดยรวมต่อกรณีศึกษาการ คัดเลือกพนักงานเชื่อมโลหะไฟฟ้า	61

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการวิจัย	64
5.2 อภิปรายผล	65
5.3 ข้อเสนอแนะ	65
เอกสารอ้างอิง	66
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก ภาพประกอบการคัดเลือกพนักงานเชื่อมโลหะไฟฟ้า	67
ภาคผนวก ข รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ	73
ภาคผนวก ค แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่ใช้ในการประเมินประสิทธิภาพ ของการคัดเลือกพนักงานเชื่อมโลหะไฟฟ้า	77

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	แสดงภาพการหลอมเหลวของชิ้นงานกับลวดเชื่อมเมื่อเกิดการอาร์คในขณะเชื่อม	8
2.2	แสดงภาพอุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการเชื่อมไฟฟ้า	8
2.3	แสดงภาพการต่อชิ้นงานแบบต่อชน	9
2.4	แสดงภาพการต่อชิ้นงานแบบชนมุม	9
2.5	แสดงภาพการต่อชิ้นงานแบบเกย	9
2.6	แสดงภาพการต่อชิ้นงานแบบตังฉากหรือตัวที่	10
2.7	แสดงภาพการต่อชิ้นงานแบบขอบจรดทับกัน	10
2.8	แสดงภาพรูปแบบการเชื่อมขอบให้ติดกัน	10
2.9	แสดงภาพรูปแบบการเชื่อมงานที่มีร่อง	11
2.10	แสดงภาพรูปแบบการเชื่อมงานแบบเชื่อมจุด	11
2.11	แสดงภาพตำแหน่งท่าเชื่อมต่าง ๆ สำหรับงานเชื่อมแบบต่อชน	12
2.12	แสดงภาพตำแหน่งท่าเชื่อมต่าง ๆ สำหรับงานเชื่อมแบบต่อชนฟิลเลท	12
2.13	แสดงภาพลักษณะตัวอย่างแนวเชื่อมและท่าเชื่อมต่าง	13
2.14	แสดงภาพตัวอย่างสัญลักษณ์งานเชื่อม	13
2.15	แสดงภาพการทำงานของเครื่องเชื่อมวงจรไฟฟ้า	15
2.16	แสดงภาพลักษณะของการอาร์ค	16
2.17	แสดงภาพ A และ B แสดงทิศทางของกระแสสำหรับขั้วแต่ละแบบ	16
2.18	แสดงภาพลักษณะของคลื่นกระแสสลับ 1 รอบ	17
2.19	แสดงภาพลักษณะของคลื่นกระแสตรง	17
2.20	แสดงภาพการเชื่อมไฟฟ้า	17
2.21	แสดงภาพตัวอย่างลวดเชื่อมไฟฟ้า	18
2.22	แสดงภาพแหล่งพลังงานการเชื่อมไฟฟ้า	18
2.23	แสดงภาพเอาต์พุต สโลปสำหรับกระแสที่และโวลเทจคงที่	19
2.24	แสดงภาพเครื่องเชื่อมที่ใช้เครื่องยนต์ขับเคลื่อน	20

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.25 แสดงภาพรูปเครื่องเชื่อมกระแสสลับ.....	20
2.26 แสดงภาพเครื่องเชื่อมกระแสตรงชนิดคอนเรคตีไฟเออร์.....	21
2.27 แสดงภาพเครื่องเชื่อมกระแสสลับ – กระแสตรงแบบหม้อแปลงเรคตีไฟเออร์.....	21
2.28 แสดงภาพเครื่องเชื่อมกระแสสลับแบบหม้อแปลงที่ควบคุมกระแสต่อเนื่องได้.....	22
2.29 แสดงภาพคีมจับลวดเชื่อมมีฉนวนหุ้มตลอด.....	22
2.30 แสดงภาพคีมจับลวดเชื่อมคาร์บอนคู่.....	23
2.31 แสดงภาพคีมจับลวดเชื่อมอาร์ค.....	23
2.32 แสดงภาพโครงสร้างภายในของสาย.....	24
2.33 แสดงภาพหุ้มยึดปลายสายดินและสายลวดเชื่อม.....	25
2.34 แสดงภาพเครื่องป้องกันสวมศีรษะ ป้องกันแสงที่ตามองไม่เห็น.....	26
2.35 แสดงภาพเครื่องแต่งกาย สำหรับงานเชื่อม.....	26
2.36 แสดงภาพตัวกำหนดความหมายของลวดเชื่อม.....	28
2.37 แสดงภาพการเปรียบเทียบความแตกต่างของแนวเชื่อมเมื่อกระแสไฟต่างกัน.....	31
2.38 แสดงภาพลักษณะการเกิด Undercut	31
2.39 แสดงภาพลักษณะการเกิด Overlap	31
2.40 แสดงภาพรูปหน้าตัดและรูปแนวราบของรอยเชื่อมภายใต้สภาวะต่าง ๆ	33
2.41 แสดงภาพการวางมุมของลวดเชื่อมบนแนวเชื่อม	33
2.42 แสดงภาพวิธีอาร์ค 2 วิธี	35
2.43 แสดงภาพตำแหน่งของลวดเชื่อม สำหรับการเชื่อมท่าราบ	35
2.44 แสดงภาพการเริ่มต้นเชื่อมใหม่หลังจากหยุดเชื่อม	36
2.45 แสดงภาพการอาร์คของลวดเชื่อม.....	36
2.46 แสดงภาพลักษณะของแนวเชื่อม	37
2.47 แสดงภาพตำแหน่งลวดเชื่อม สำหรับแนวเชื่อมรูปคลื่น	37
2.48 แสดงภาพตำแหน่งลวดเชื่อม สำหรับรอยต่อเกยท่าราบ	38
2.49 แสดงภาพแนวเชื่อมต่อเกยเชื่อมด้วยลวดเชื่อม DCSP หรือ A.C.....	38
2.50 แสดงภาพขั้นตอนทดสอบรอยต่อเกย	38
2.51 แสดงภาพการทดสอบแบบทำลาย	39

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.52	แสดงภาพตำแหน่งลวดเชื่อมเมื่อเชื่อมแนวเชื่อมเส้นขนานทำตั้งเคลื่อนลง 39
2.53	แสดงภาพแนวเชื่อมเส้นขนานบนแผ่นเรียบทำตั้งเคลื่อนลงด้วยการอาร์ค ลวดเชื่อม DCRP หรือ A. C 39
2.54	แสดงภาพตำแหน่งลวดเชื่อมเชื่อมรอยต่อเกยแนวตั้งเคลื่อนลง 40
2.55	แสดงภาพตำแหน่งลวดเชื่อมเมื่อเชื่อมแนวเส้นขนานทำเหนือศีรษะ 40
2.56	แสดงภาพพื้นฐานการเคลื่อนที่เมื่อเชื่อมทำเหนือศีรษะ 41
2.57	แสดงภาพตำแหน่งของลวดเชื่อม และคีมจับเมื่อทำการเชื่อมทำเหนือศีรษะ 41
2.58	แสดงภาพแนวเชื่อมเส้นขนานทำเหนือศีรษะด้วย DCRP หรือ A.C. 41
2.59	แสดงภาพตำแหน่งลวดเชื่อมเมื่อเชื่อมต่อชนบากร่องตัว V ทำราบ 42
2.60	แสดงภาพแนวเชื่อมต่อชนบากร่องตัว V ทำราบด้วยลวดเชื่อม DCRP หรือ A.C. 42
3.1	แสดงภาพเอกสารข้อกำหนดของการเชื่อมที่ใช้ในการทดสอบการเชื่อมโลหะ 46
3.2	แสดงภาพชิ้นงานประกอบเสร็จพร้อมสำหรับการทดสอบงานเชื่อม 46
3.3	แสดงภาพเครื่องเชื่อมหม้อแปลงเรกติไฟเออร์กระแสตรงพร้อมใช้งานในการทดสอบ 47
3.4	แสดงภาพลวดเชื่อมไฟฟ้าที่ใช้ในการทดสอบงานเชื่อมตาม WPS 48
3.5	แสดงภาพท่าเชื่อมในการทดสอบงานเชื่อมท่า 2G และ 3G 48
3.6	แสดงภาพการทดสอบการเชื่อมแผ่นโลหะโดยช่างเชื่อมฝีมือที่เข้าทำการทดสอบ 49
3.7	แสดงภาพคลิปแอมมิเตอร์สำหรับใช้วัดควบคุมกระแสไฟฟ้าในการทดสอบงานเชื่อม 50
3.8	แสดงภาพเทอร์โมมิเตอร์สำหรับใช้วัดควบคุมอุณหภูมิในการทดสอบงานเชื่อม 51
3.9	แสดงภาพการปรับกระแสไฟฟ้าสำหรับทดสอบงานเชื่อม 52
3.10	แสดงภาพการวัดกระแสไฟฟ้าในการทดสอบงานเชื่อม1 52
3.11	แสดงภาพการวัดกระแสไฟฟ้าในการทดสอบงานเชื่อม2 52
3.12	แสดงภาพการวัดอุณหภูมิในการทดสอบงานเชื่อม 53
3.13	แสดงภาพการจดบันทึกการควบคุมพารามิเตอร์ในการทดสอบงานเชื่อม 53
4.1	แสดงภาพระดับอายุของผู้เชี่ยวชาญ..... 57
4.2	แสดงภาพระดับการศึกษาของผู้เชี่ยวชาญ..... 58
4.3	แสดงภาพประสบการณ์ทำงานของผู้เชี่ยวชาญ..... 59

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.4	แสดงค่า IOC ระดับความเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านวัตถุประสงค์ เพื่อใช้เป็นปัจจัยร่วมในการคัดเลือกพนักงานเชื่อมโลหะไฟฟ้า 60
4.5	แสดงค่า IOC ระดับความเห็นของผู้เชี่ยวชาญในด้านวัตถุประสงค์ เพื่อนำไปหาประสิทธิภาพในการคัดเลือกพนักงานเชื่อมโลหะไฟฟ้า 61
ก.1	แสดงภาพชิ้นงานที่ใช้ในการทดสอบคัดเลือกช่างเชื่อมโลหะไฟฟ้า 68
ก.2	แสดงภาพอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมพารามิเตอร์ของเครื่องเชื่อมไฟฟ้า 68
ก.3	แสดงภาพการตั้งค่า 2G, 3G และ 4G ของชิ้นงานทดสอบ 69
ก.4	แสดงภาพการปรับตั้งกระแสไฟฟ้าของเครื่องเชื่อม 69
ก.5	แสดงภาพการตรวจวัดควบคุมแรงดันกระแสไฟฟ้าของเครื่องเชื่อม 70
ก.6	แสดงภาพการจดบันทึกข้อมูลที่วัดได้จากการควบคุมพารามิเตอร์ 70
ก.7	แสดงภาพการตรวจสอบความสมบูรณ์ของชิ้นงานเชื่อมด้วยสายตา 71
ก.8	แสดงภาพชิ้นงานทดสอบสำเร็จและผ่านการตรวจสอบ 71

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ตารางแสดงสัญลักษณ์งานเขียนแบบที่ใช้แทนงานเชื่อม	13
2.2 ตารางแสดงการเลือกขนาดสายเชื่อมที่ถูกต้อง	24
2.3 ตารางแสดงลักษณะเฉพาะตัวของโลหะเชื่อมของลวดเชื่อมแบบต่าง ๆ	28
2.4 ตารางแสดงความหมายของตัวเลขตัวสุดท้ายในระบบการแบ่งประเภท ของลวดเชื่อม AWS	29
2.5 ตารางแสดงการแบ่งลักษณะลวดเชื่อมที่เหมาะสมกับท่าเชื่อมต่าง ๆ	30
2.6 ตารางแสดงค่ากระแสต่าง ๆ ที่แปรตามชนิดและขนาดของลวดเชื่อม (สำหรับปรับที่เครื่องเชื่อม)	32
4.1 ตารางแสดงผลการประเมินกรณีศึกษาการคัดเลือกพนักงานเชื่อม โดยผู้เชี่ยวชาญ 15 ท่าน ทั้ง 9 จุดประเมิน	62
4.2 ตารางแสดงผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญโดยรวมต่อกรณีศึกษาการคัดเลือก พนักงานเชื่อมโลหะไฟฟ้า	63

บทที่ 1

บทนำ

การเชื่อมโลหะในวงการอุตสาหกรรมนั้นมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องนับจากอดีตมาจนถึงปัจจุบัน โดยประวัติและความเป็นมาของการเชื่อม มีมานานกว่า 3000 ปี โดยแรกเริ่มนั้นการเชื่อมเกิดจากการหลอมละลายโลหะในแอ่งหลอมละลายของช่างตีเหล็ก แล้วนำมาตีประสานรวมให้เป็นเนื้อโลหะเดียวกัน เมื่อโลหะที่ได้จากการหลอมและผ่านการทุบตีประสานเย็นตัวลงก็จะได้โลหะที่ติดซึ่งกันและกัน ซึ่งเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นและเป็นผลที่พอใช้ได้และใช้กันในสมัยโบราณของยุคสมัยนั้น การพัฒนาของการเชื่อมเริ่มนับตั้งแต่ประมาณปี คริสต์ศักราช 1801 ที่ Sir Humphrey Davy เป็นผู้ค้นพบว่า การอาร์คจะเกิดขึ้นจากขั้วทั้งสองของวงจรไฟฟ้า ซึ่งมีแรงเคลื่อนไฟฟ้าสูง ทั้งนี้โดยการนำเอาขั้วทั้งสองเข้ามาใกล้กันหลังจากนั้นเกือบ 30 ปีต่อมา Nicolas Bernados และ Stanislas Oiszewski ได้ค้นพบโดยการใช้แท่งถ่านคาร์บอนมาใช้ทำหน้าที่เป็นลวดเชื่อมโดยต่อเข้ากับขั้วบวก ส่วนชิ้นงานต่อเข้ากับขั้วลบของวงจรกระแสไฟฟ้าตรง เมื่อขั้วไฟฟ้าทั้งสองเข้ามาใกล้กัน จะมีการส่งถ่ายกระแสไฟฟ้า ทำให้เกิดความร้อนซึ่งทำให้เกิดการหลอมละลาย

ค.ศ. 1988 เซอร์เนอร์ (Zerner) ใช้แท่งคาร์บอนคู่โค้งงอปลายเข้าหากัน ทำให้เกิดเส้นแรงแม่เหล็ก ทำให้กำลังการอาร์คแรง

ค.ศ. 1892 สลาเวียนอฟ (Slavianoff) ได้นำเอาแกนลวดโลหะมาใช้แทนลวดเชื่อมและให้ตัวลวดโลหะหลอมละลายตัวมันเอง เพื่อเป็นเนื้อโลหะเชื่อมเป็นครั้งแรก

ค.ศ. 1901 เฟาช์ (Fouche) และฟิคาร์ด (Ficard) ประยุกต์นำเอาเปลวไฟที่เกิดจากแก๊สออกซิเจนและอะเซทิลีนมาใช้ในการเชื่อมเป็นครั้งแรก

ค.ศ. 1907 คเจลล์เบิร์ก (Kjellberg) ได้ประดิษฐ์ลวดเชื่อมที่มีสารพอกหุ้มขึ้นมาใช้แทนลวดเชื่อมเปลือย สารพอกหุ้มเรียกว่า Fluxes

สมัยนั้นการหุ้ม Fluxes จะหุ้มเพียงบาง ๆ เพื่อให้การอาร์คคงที่สม่ำเสมอมากกว่าที่จะทำให้แนวเชื่อมมีความบริสุทธิ์

จนกระทั่ง ค.ศ. 1921 จึงมีการหุ้ม Fluxes Strohmenger ซึ่งใช้ Blue Asbestos ผสม Sodium Silicate หรือ Waterglass เพื่อเป็นตัวยึดเหนี่ยว นับเป็นลวดเชื่อมชนิดแรกที่ทำให้แนวเชื่อมบริสุทธิ์ปราศจากมลทินต่าง ๆ

ปัจจุบันลวดเชื่อมหุ้ม Fluxes ได้พัฒนาขึ้นมาเป็นลำดับ และให้ส่วนผสมที่แตกต่างกันไป

1.1 กระบวนการเชื่อม (Welding Process)

จากการการแบ่งประเภทของการเชื่อมโลหะตามสมาคมการเชื่อมอเมริกา (American Welding Society: AWS) มี 6 ประเภท คือ

1.1.1 การเชื่อมแก๊ส (Oxy fuel gas Welding: OFW) ประกอบด้วยกรรมวิธีการเชื่อมต่าง ๆ ดังนี้

- 1.1.1.1 การเชื่อมออกซิอะเซทิลีน-อากาศ (Air acetylene welding: AAW)
- 1.1.1.2 การเชื่อมออกซิอะเซทิลีน (Oxy acetylene welding: OAW)
- 1.1.1.3 การเชื่อมออกซิไฮโดรเจน (Oxy hydrogen welding: OHW)
- 1.1.1.4 การเชื่อมแก๊สใช้แรงกด (Pressure gas welding: OHW)
- 1.1.2 การเชื่อมด้วยความต้านทาน (Resistance Welding: PGW)
 - 1.1.2.1 การเชื่อมวาบ (Flash Welding: FW)
 - 1.1.2.2 การเชื่อมปมยื่น (Projection Welding: HFRW: PW)
 - 1.1.2.3 การเชื่อมตะเข็บ – ความถี่สูง
(Resistance Seam Welding – High Frequency: RSEW – HIF)
 - 1.1.2.4 การเชื่อมตะเข็บ – เหนี่ยวนำ
(Resistance Seam Welding – Induction: RSEW – I)
 - 1.1.2.5 การเชื่อมจุด (Resistance Spot Welding: RSW)
 - 1.1.2.6 การเชื่อมอัฟเสท (Upset Welding: UW)
 - 1.1.2.7 การเชื่อมอัฟเสท-ความถี่สูง (Upset Welding – High Frequency: UW-HF)
 - 1.1.2.8 การเชื่อมอัฟเสทเหนี่ยวนำ (Upset Welding – Induction: UW-I)
- 1.1.3 การเชื่อมอาร์ก (Arc Welding: AW) ประกอบด้วยกรรมวิธีต่างๆ ดังนี้
 - 1.1.3.1 การเชื่อมไฮโดรเจนอะตอม (Atomic Hydrogen Welding: AHW)
 - 1.1.3.2 การเชื่อมอาร์กเปลือย (Bare Metal Arc Welding: BMAW)
 - 1.1.3.3 การเชื่อมอาร์กคาร์บอน (Carbon Arc Welding: CAW)
 - 1.1.3.3.1 ใช้แก๊ส (Carbon Arc Welding – Gas: CAW-G)
 - 1.1.3.3.2 ใช้สารพอกหุ้ม (Carbon Arc Welding – Shielded: CAW – S)
 - 1.1.3.3.3 ใช้แท่งคู่ (Carbon Arc Welding – Twin: CAW-T)
 - 1.1.3.4 การเชื่อมไฟฟ้าแก๊สคลุม (Electro Gas – Welding: EGW)
 - 1.1.3.5 การเชื่อมอาร์กหลอดไส้ฟลักซ์ (Flux Cored Arc Welding: FCAW)
 - 1.1.3.6 การเชื่อมอาร์กโลหะแก๊สคลุม (Gas Metal Arc Welding: GMAW)
 - 1.1.3.7 การเชื่อมอาร์กโลหะแก๊สคลุม – อาร์กพัลส์
(Gas Metal Arc Welding – Pulsed Arc: GMAW– P)
 - 1.1.3.8 การเชื่อมอาร์กโลหะแก๊สคลุม – อาร์กลัดวงจร
(Gas Metal Arc Welding – Short Circuiting Arc: GMAW – S)
 - 1.1.3.9 การเชื่อมอาร์กทังสเตนแก๊สคลุม (Gas Tungsten Arc Welding: GTAW)
 - 1.1.3.10 การเชื่อมอาร์กทังสเตนแก๊สคลุม – อาร์กพัลส์
(Gas Tungsten Arc Welding – Pulsed Arc: GTAW – P)
 - 1.1.3.11 การเชื่อมอาร์กพลาสมา (Plasma Arc Welding: PAW)
 - 1.1.3.12 การเชื่อมใต้ฟลักซ์ (Submerged Arc Welding: SAW)

- 1.1.3.13 การเชื่อมอาร์กโลหะหุ้มฟลักซ์ (Shielded Metal Arc Welding: SMAW)
- 1.1.3.14 การเชื่อมสลัก (Stud Welding: SW)
- 1.1.4 การเชื่อมในสถานะของแข็ง (Solid State Welding: SSW) ประกอบด้วยกรรมวิธีต่างๆ ดังนี้
 - 1.1.4.1 การเชื่อมกดเย็น (Cold Welding: CW)
 - 1.1.4.2 การเชื่อมแพร่ (Diffusion Welding: DFW)
 - 1.1.4.3 การเชื่อมอัดระเบิด (Explosion Welding: EXW)
 - 1.1.4.4 การเชื่อมทุบ (Forge Welding: FOW)
 - 1.1.4.5 การเชื่อมอัลตราโซนิก (Ultrasonic Welding: USW)
 - 1.1.4.6 การเชื่อมเสียดทาน (Friction Welding: FRW)
 - 1.1.4.7 การเชื่อมกดร้อน (Hot Pressure Welding: HPW)
 - 1.1.4.8 การเชื่อมหมุน (Roll Welding: ROW)
- 1.1.5 การเชื่อมแบบอื่นๆ (Other – Welding) ประกอบด้วยกรรมวิธีต่างๆ ดังนี้
 - 1.1.5.1 การเชื่อมด้วยลำอิเล็กตรอน (Electron Beam Welding: EBW)
 - 1.1.5.2 การเชื่อมไฟฟ้าสแลกคลุม (Electro slag welding: ESW)
 - 1.1.5.3 การเชื่อมแบบโฟลว์ (Flow Welding: FLOW)
 - 1.1.5.4 การเชื่อมเหนี่ยวนำ (Induction Welding: IW)
 - 1.1.5.5 การเชื่อมด้วยเลเซอร์ (Laser Beam Welding: LBW)
 - 1.1.5.6 การเชื่อมเทอร์มิต (Thermit Welding: TW)
 - 1.1.5.7 การเชื่อมกระทบ (Percussion Welding: PEW)
- 1.1.6 การเชื่อมประสาน (Brazing: B) ประกอบด้วยกรรมวิธีในการเชื่อมประสานแบบต่างๆ ดังนี้
 - 1.1.6.1 การเชื่อมประสานเป็นกลุ่ม (Block Brazing: BB)
 - 1.1.6.2 การเชื่อมประสานแพร่ (Diffusion Brazing: DFB)
 - 1.1.6.3 การเชื่อมประสานแบบจุ่ม (Dip Brazing: DB)
 - 1.1.6.4 การเชื่อมประสานในเตา (Furnace Brazing: FB)
 - 1.1.6.5 การเชื่อมประสานเหนี่ยวนำ (Induction Brazing: IB)
 - 1.1.6.6 การเชื่อมประสานอินฟราเรด (Infrared Brazing: IRB)
 - 1.1.6.7 การเชื่อมประสานด้วยความต้านทาน (Resistance Brazing: RB)
 - 1.1.6.8 การเชื่อมประสานด้วยเปลวไฟ (Torch Brazing: TB)
 - 1.1.6.9 การเชื่อมประสานคาร์บอนอาร์ก (Twin Carbon Arc Brazing: TCAW)

ในงานเชื่อมโลหะที่มีการปฏิบัติงานอยู่ในปัจจุบันของโครงการต่างๆ ในภาคส่วนของโรงงานอุตสาหกรรม นั้น ส่วนใหญ่ที่เลือกใช้จะมี 2 กระบวนการเชื่อม คือ

1. กระบวนการเชื่อมแก๊ส
2. กระบวนการเชื่อมไฟฟ้า

จากกระบวนการเชื่อมข้างต้นจะมีการใช้เครื่องเชื่อมที่ใช้ในโครงการโดยจะแบ่งได้เป็น 3 ส่วนหลักๆ คือ

1. การเชื่อมโดยใช้เครื่องเชื่อมที่มีการออกแบบให้เชื่อมโดยอัตโนมัติ เครื่องเชื่อมจะทำงานครบวงจรโดยเป็นทั้งแหล่งพลังงานและทำการเชื่อมเองโดยใช้การป้อนข้อมูลผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์
2. การเชื่อมโดยใช้เครื่องเชื่อมที่มีการออกแบบให้เชื่อมแบบกึ่งอัตโนมัติ เครื่องเชื่อมจะทำการเชื่อมงานโดยมีผู้ควบคุมการเชื่อมดูแลกระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้าของเครื่องในขณะปฏิบัติงานเชื่อม
3. การเชื่อมโดยใช้เครื่องเชื่อมเป็นแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าและช่างเชื่อมโลหะเป็นผู้ปฏิบัติงานเชื่อม

การรับสมัครช่างเชื่อมโลหะเพื่อเข้ามาทำงานในโครงการนั้นจะมีการทดสอบฝีมือของช่างเชื่อมโลหะโดยขึ้นอยู่กับลักษณะของงานนั้นๆว่าจะใช้ช่างเชื่อมโลหะมาทำการเชื่อมงานโลหะเช่น งานแผ่นโลหะจำพวกถังหรืองานเกี่ยวกับท่อส่งความดันสูงก็จะมีประกบประเภทของชิ้นงานที่จะใช้ทำการทดสอบและกระบวนการเชื่อมที่จะใช้ทำการทดสอบออกไปอีกตามมาตรฐาน AWS (American Welding Society) ที่ส่วนใหญ่ทางส่วนอุตสาหกรรมหรือโรงงานต่างๆนำมาใช้กันอย่างแพร่หลาย

ในที่นี้จะนำการเชื่อมโลหะที่ใช้กระบวนการเชื่อมไฟฟ้าที่เชื่อมกับแผ่นโลหะ และการใช้เครื่องเชื่อมโลหะไฟฟ้าและมีช่างเชื่อมโลหะเป็นผู้ปฏิบัติงานมาทำเป็นสื่อการสอนสำหรับพัฒนาช่างเชื่อมโลหะที่จะต้องมีการทดสอบฝีมืองานเชื่อมก่อนรับเข้าทำงานในโครงการ การทดสอบฝีมือช่างเชื่อมโลหะโดยใช้การเชื่อมไฟฟ้าเพียงอย่างเดียว นั้นจะมีการทดสอบกับชิ้นงานโดยมีการตั้งท่าสอบแบบต่างๆหลายท่าตามที่มาตรฐานกำหนดว่าต้องเชื่อมด้วยท่าเชื่อมแบบใด ท่าเชื่อมนั้นสามารถที่จะครอบคลุมงานเชื่อมลักษณะแนวใดและรวมถึงการใช้หลักการและเทคนิคในการเชื่อมเพื่อที่จะมีความสามารถทำการแยกระดับฝีมือของช่างเชื่อมที่เข้ามาทำการทดสอบฝีมือช่างเชื่อมโลหะนั้นได้

จากการทดสอบฝีมือช่างเชื่อมโลหะไฟฟ้าที่ผ่านมาในอดีตมีปัญหาที่เกิดขึ้นในขณะทำการทดสอบงานเชื่อมเพื่อคัดเลือกช่างเชื่อมฝีมือของแต่ละโรงงานนั้นๆ ซึ่งมีสิ่งสำคัญเป็นสาเหตุทำให้การทดสอบการเชื่อมกับชิ้นงานทดสอบนั้นเกิดจากสาเหตุ 2 ประการ คือ

1. ทักษะฝีมือของช่างเชื่อมโลหะไฟฟ้าที่เข้าทำการทดสอบไม่เพียงพอและการฝึกฝนฝีมือยังไม่พร้อมสำหรับงานเชื่อมทดสอบชนิดนั้น ซึ่งในขณะที่ช่างเชื่อมทำการทดสอบผู้ควบคุมการทดสอบที่ทำการดูแลงานทดสอบจะสามารถสังเกตและควบคุมเพื่อหยุดงานทดสอบนั้นถ้าช่างเชื่อมที่ทำการทดสอบขาดคุณสมบัติขณะปฏิบัติการทดสอบจริง แสดงว่าช่างเชื่อมผู้นั้นไม่ผ่านการทดสอบต้องไปทำการฝึกฝนมาใหม่เพื่อขอทดสอบฝีมือในการเข้าทำงานเชื่อมโลหะไฟฟ้าในครั้งต่อไป
2. ช่างเชื่อมโลหะไฟฟ้าที่มีฝีมือและทักษะดีแต่ผิดพลาดในการปรับกระแสไฟฟ้าการตั้งค่ากำลังไฟฟ้าที่อยู่บนของเครื่องเชื่อมไฟฟ้าที่ไม่คงที่ส่งผลให้เกิดการหลอมละลายของลวดเชื่อมไฟฟ้าและการซึมลึก

ของแนวเชื่อมที่ตัวชิ้นงานทดสอบไม่สมบูรณ์ทำให้ชิ้นงานของช่างเชื่อมที่เข้าทำการทดสอบฝีมือเพื่อเข้าทำงานนั้นไม่ผ่านการตรวจสอบเบื้องต้นโดยการตรวจสอบด้วยสายตาต่อชิ้นงานทดสอบ รวมไปถึงไม่ผ่านการตรวจสอบโดยไม่ทำลายด้วยวิธีการฉายรังสีเพื่อค้นหาจุดบกพร่องของชิ้นงานทดสอบส่งผลให้ช่างเชื่อมผู้เข้าทำการทดสอบไม่ผ่านการคัดเลือกเพื่อเข้าทำงาน

จากสาเหตุดังกล่าวข้างต้นสาเหตุที่ 2 นี้เป็นสาเหตุของปัญหาที่น่าสนใจและมีความเป็นไปได้ในการแก้ปัญหาเพื่อพัฒนาการทดสอบฝีมือของช่างเชื่อมโลหะไฟฟ้าและสามารถช่วยทำให้การผ่านการคัดเลือกของช่างเชื่อมโลหะไฟฟ้ามีจำนวนเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นกลุ่มผู้ศึกษาจึงนำสาเหตุที่ 2 นี้มาทำการค้นคว้าศึกษาและนำเสนอในบทต่อไป

2. วัตถุประสงค์ในการจัดทำโครงการ

- 2.1 เพื่อศึกษาหลักการเชื่อมไฟฟ้าและประเภทของรอยต่อของงานเชื่อมโลหะและทำเชื่อม 1G, 2G, 3G และ 4G ตามมาตรฐานของกรมพัฒนาฝีมือแรงงาน
- 2.2 เพื่อศึกษาการทดสอบมาตรฐานฝีมือช่างเชื่อมโลหะก่อนเข้าปฏิบัติงานโดยใช้หลักการควบคุมของพารามิเตอร์ตามมาตรฐานของกรมพัฒนาฝีมือแรงงาน
- 2.3 เพื่อจัดระดับฝีมือช่างเชื่อมโลหะไฟฟ้าที่เข้าทำการทดสอบงานเชื่อมโดยใช้พารามิเตอร์ควบคุมที่เครื่องเชื่อม เพื่อให้เครื่องเชื่อมทดสอบนั้นมีมาตรฐานอยู่ในระดับเดียวกัน

3. ขอบเขตในการจัดทำโครงการ

- 3.1 เป็นกรณีศึกษาการทดสอบมาตรฐานฝีมือช่างเชื่อมโลหะเพื่อใช้ในการทดสอบการเชื่อมไฟฟ้าของช่างเชื่อมโลหะที่จะทำการทดสอบมาตรฐานฝีมือ ให้ได้ตรงตามมาตรฐาน AWS เพื่อเข้าทำงานในบริษัท ซีบีไอ (ประเทศไทย) จำกัด

4. ประโยชน์และการนำไปใช้งาน

- 4.1 สามารถนำการศึกษาและค้นคว้านี้มาใช้ร่วมกับทักษะของช่างเชื่อมโลหะได้ตามมาตรฐานกรมพัฒนาฝีมือแรงงาน
- 4.2 ช่างเชื่อมโลหะที่ได้รับการศึกษาจากการค้นคว้านี้สามารถพัฒนาทักษะในการเชื่อมโลหะเพื่อเป็นช่างเชื่อมโลหะที่ได้ตามมาตรฐานเป็นที่ต้องการของภาคอุตสาหกรรม

5. บทประมาณในการจัดทำโครงการ

ที่	รายการ	ค่าใช้จ่าย	หมายเหตุ
1	ค่าหนังสือทฤษฎีอ้างอิง	1,000-	
2	ค่าใช้จ่ายในการทำชิ้นงาน	6,500-	
3	ค่าจัดรูปเล่มโครงงาน	6,000-	
รวมค่าใช้จ่าย		13,500-	

6. ตารางปฏิบัติการดำเนินการ

รายละเอียด	พ.ศ.2554						พ.ศ.2555			
	ก.ค	ส.ค	ก.ย	ต.ค	พ.ย	ธ.ค	ม.ค	ก.พ	มี.ค	เม.ย
1. เลือกหัวข้อการทำโครงการ	↔									
2. นำเสนอหัวข้อการค้นคว้าวิจัย		↔								
3. สํารวจงานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง				↔						
4. ศึกษารวบรวมข้อมูล						↔				
5. วิเคราะห์ข้อมูลจากการค้นคว้า							↔			
6. สรุปและจัดทำรายงาน								↔		
7. นำเสนอ โครงการ									↔	
8. จัดทำและส่งรูปเล่ม										↔

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

หลักการของการเชื่อมโลหะ

กระบวนการเชื่อมโลหะที่นิยมกันอยู่ในปัจจุบัน ได้แก่

1. กระบวนการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์
(Shield Metal Arc Welding Process, SMAW)
2. กระบวนการเชื่อมใต้อฟลักซ์ (Submerged Arc Welding Process, SAW)
3. กระบวนการเชื่อมโลหะก๊าซคลูม (Gas Metal Arc Welding Process, GMAW)
4. กระบวนการเชื่อมอาร์คทังสเตนก๊าซคลูม (Gas Tungsten Arc Welding Process, GTAW)
5. กระบวนการเชื่อมโลหะด้วยก๊าซออกซิ-อะเซทิลีน
(The Oxy-acetylene Welding Process, OAW)
6. กระบวนการเชื่อมพลาสมา (Plasma Arc Welding Process, PAW)

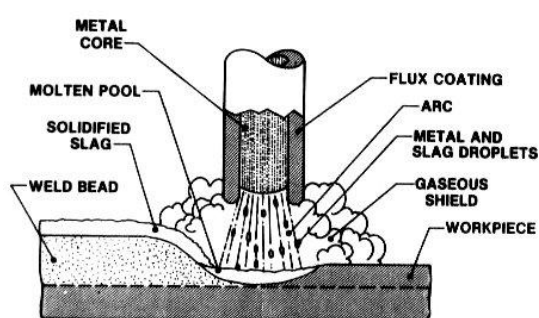
จากหลักการกระบวนการเชื่อมต่างๆข้างต้นผู้ศึกษาได้นำเอาเฉพาะกระบวนการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ (Shield Metal Arc Welding Process, SMAW) มาใช้เป็นกระบวนการหลักสำหรับโครงการนี้ซึ่งมีทฤษฎีและข้อปฏิบัติที่มีสาระสำคัญดังนี้

1. กระบวนการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์
(Shield Metal Arc Welding Process, SMAW)
2. การต่อรูปแบบต่างๆของชิ้นงานเชื่อมโลหะ
3. รูปแบบของงานเชื่อมโลหะ (Types of Welds)
4. ตำแหน่งท่าเชื่อมสำหรับงานแผ่นโลหะตามมาตรฐาน American Welding Society (AWS)
5. คุณสมบัติทางกายภาพที่เกี่ยวข้องกับงานเชื่อมโลหะ
6. หลักการของการเชื่อมโลหะไฟฟ้า
7. เครื่องมือและอุปกรณ์
8. โลหะที่เหมาะสมกับการเชื่อมไฟฟ้า
9. การบอกประเภทของลวดเชื่อม
10. ท่าเชื่อม (Welding Position)
11. ลักษณะพิเศษเกี่ยวกับไฟฟ้า (Electrical Characteristics)

12. การเลือกและปรับแต่งกระแสไฟ (Correct Current)
13. การปฏิบัติการเชื่อมไฟฟ้าและเทคนิคการเชื่อม
14. หลักด้านความปลอดภัย

2.1 กระบวนการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ (Shield Metal Arc Welding Process, SMAW)

กระบวนการเชื่อมเกิดจากการอาร์คระหว่างปลายลวดเชื่อมไฟฟ้า (Electrode) กับชิ้นงาน (Base Metal) ทำให้เกิดความร้อนอันรุนแรง (ประมาณ $3,300^{\circ}\text{C}$ – $5,500^{\circ}\text{C}$) เฝ้านโลหะงานตรงจุดที่อาร์คให้หลอมละลายเป็นแอ่ง ขณะเดียวกันปลายลวดเชื่อมก็หลอมละลายและหยดเติมลงไปแอ่งนั้น



รูปที่ 2.1 แสดงภาพการหลอมเหลวของชิ้นงานกับลวดเชื่อมเมื่อเกิดการอาร์คในขณะที่เชื่อม

2.1.1 อุปกรณ์ การเชื่อมด้วยกระบวนการ SMAW

อุปกรณ์การเชื่อมโลหะที่ใช้ในการเชื่อมไฟฟ้ามีหลายอย่างซึ่งจะแจกแจงรายละเอียดในหัวข้อถัดไป

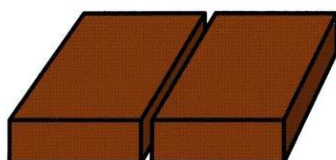


รูปที่ 2.2 แสดงภาพอุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการเชื่อมไฟฟ้า

2.2 การต่อรูปแบบต่าง ๆ ของชิ้นงานเชื่อมโลหะ การต่อกันของชิ้นงาน 5 รูปแบบ (5 Types of Joints)

2.2.1 การต่อชิ้นงานแบบต่อชน (Butt joint)

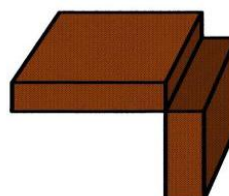
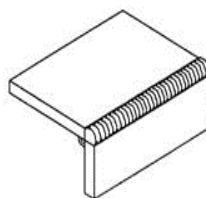
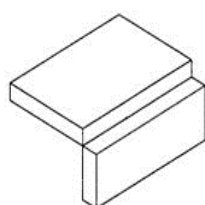
- วางชิ้นงาน 2 ชิ้นแนวเดียวกัน
- เอาขอบมุมชนกัน



รูปที่ 2.3 แสดงภาพการต่อชิ้นงานแบบต่อชน

2.2.2 การต่อชิ้นงานแบบชนมุม (Corner joint)

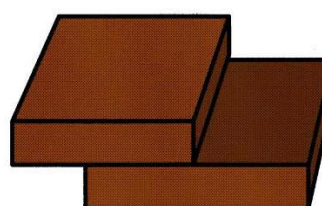
- วางชิ้นงาน 2 ชิ้นเอามุมใดมุมหนึ่งชนกัน
- ทำมุมต่อกัน



รูปที่ 2.4 แสดงภาพการต่อชิ้นงานแบบชนมุม

2.2.3 การต่อชิ้นงานแบบเกย (Lap joint)

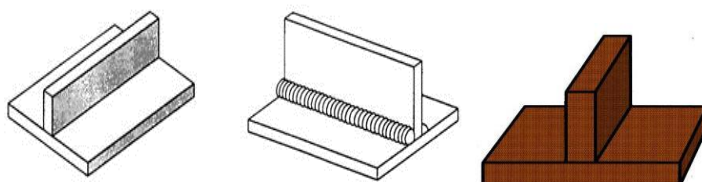
- วางชิ้นงาน 2 ชิ้นเหลื่อมๆ กัน



รูปที่ 2.5 แสดงภาพการต่อชิ้นงานแบบเกย

2.2.4 การต่อชิ้นงานแบบตั้งฉากหรือตัวที (Tee joint)

- วางชิ้นงาน 2 ชิ้น ในลักษณะตั้งฉาก
- เหมือนรูปตัว “T”



รูปที่ 2.6 แสดงภาพการต่อชิ้นงานแบบตั้งฉากหรือตัวที

2.2.5 การต่อชิ้นงานแบบขอบทับกัน (Edge joint)

- วางชิ้นงาน 2 ชิ้น เอาขอบจรดทับกัน

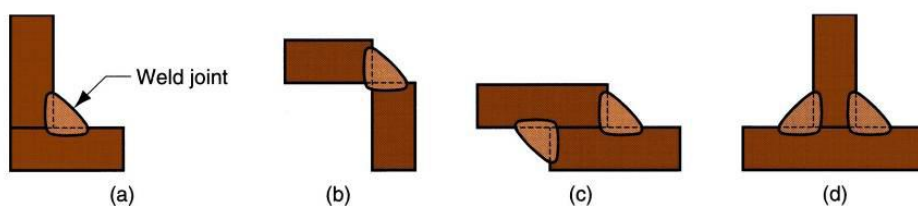


รูปที่ 2.7 แสดงภาพการต่อชิ้นงานแบบขอบจรดทับกัน

2.3 รูปแบบงานเชื่อมโลหะ (Types of Welds)

2.3.1 Fillet Weld เป็นการเชื่อมขอบให้ติดกันเกิดเป็นมุม มี 4 แบบ

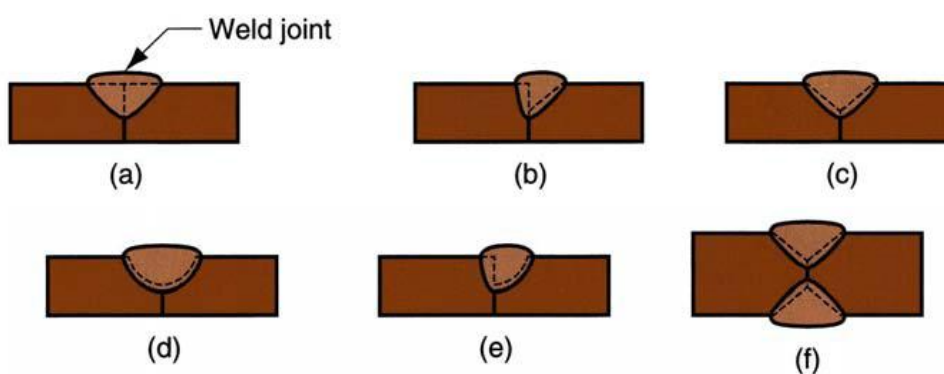
- เชื่อมมุมด้านใน
- เชื่อมมุมด้านนอก
- เชื่อมมุมด้านนอก 2 ฝั่ง
- เชื่อมมุมรูปตัว “T”



รูปที่ 2.8 แสดงภาพรูปแบบการเชื่อมขอบให้ติดกัน

2.3.2 Groove Weld เป็นการเชื่อมงานที่มีร่อง มี 6 แบบ

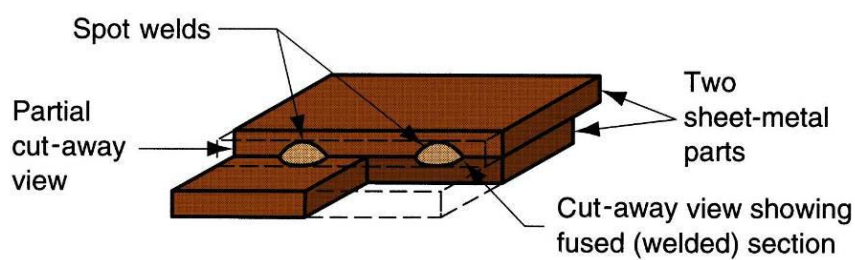
- เชื่อมร่อง 1 ด้าน
- เชื่อมปาก 1 บาก
- เชื่อมร่องรูปตัว "V" 1 ด้าน
- เชื่อมร่องรูปตัว "U" 1 ด้าน
- เชื่อมร่องรูปตัว "J" 1 ด้าน
- เชื่อมร่องรูปตัว "V" 1 คู่



รูปที่ 2.9 แสดงภาพรูปแบบการเชื่อมงานที่มีร่อง

2.3.3 Spot Weld เป็นการเชื่อมจุดระหว่างชิ้นงาน 2 ชิ้น

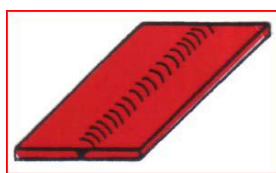
- วางชิ้นงาน 2 ชิ้น ในลักษณะขนานกันแล้วเชื่อมจุด



รูปที่ 2.10 แสดงภาพรูปแบบการเชื่อมงานแบบเชื่อมจุด

2.4 ตำแหน่งท่าเชื่อมสำหรับงานแผ่นโลหะตามมาตรฐาน American Welding Society (AWS)

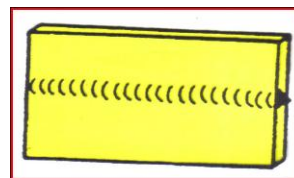
2.4.1 ตำแหน่งท่าเชื่อมแบบเชื่อมต่อน (Butt Weld)



ท่าราบ
(PA Flat)



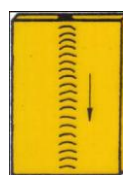
ท่าเหนือหัว
(PE Overhead)



ท่าระดับหรือท่าขนาน
(PC Horizontal Vertical)



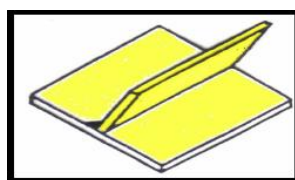
ท่าตั้งขึ้น
(PF Vertical Upwards)



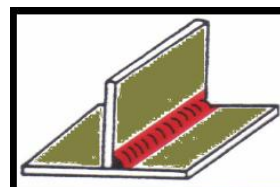
ท่าตั้งลง
(PG Vertical Downwards)

รูปที่ 2.11 แสดงภาพตำแหน่งท่าเชื่อมต่างๆสำหรับงานเชื่อมแบบต่อน

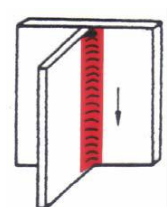
2.4.2 ตำแหน่งท่าเชื่อมแบบเชื่อมต่อนฟิลเลท (Fillet Weld)



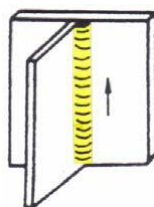
ท่าราบ
(PA Flat)



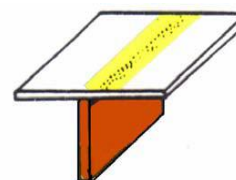
ท่าระดับหรือท่าขนาน
(PB Horizontal Vertical)



ท่าตั้งลง
(PG Vertical Downwards)



ท่าตั้งขึ้น
(PF Vertical Upwards)



ท่าเหนือหัว
(PD Horizontal Overhead)

รูปที่ 2.12 แสดงภาพตำแหน่งท่าเชื่อมต่างๆสำหรับงานเชื่อมแบบต่อนฟิลเลท

2.5 คุณสมบัติทางกายภาพที่เกี่ยวข้องกับงานเชื่อมโลหะ

2.5.1 จุดหลอมเหลว (Melting point)

- อุณหภูมิที่สารเปลี่ยนแปลงจากของแข็งเป็นของเหลว
- เหล็กกล้ามีจุดหลอมเหลวประมาณ 1,482 °C

2.5.2 ความสามารถในการเชื่อม (Weld ability)

- เป็นความสามารถของโมเลกุลของสารโลหะที่ยึดเหนี่ยวกันภายใต้แรงดัน

2.5.3 ความสามารถในการหลอม (Fusibility)

- ความง่ายที่โลหะจะหลอมตัว

2.5.4 ความสามารถในการระเหิด (Volatility)

- ความง่ายของสารที่จะกลายเป็นไอ

2.5.5 ความนำไฟฟ้า (Electrical conductivity)

- ความสามารถของสารในการนำกระแสไฟฟ้า

2.5.6 ความต้านทานไฟฟ้า (Electrical resistance)

- ความต้านทานของเส้นลวด

2.5.7 ความนำความร้อน (Thermal conductivity)

- ความสามารถของสารในการนำความร้อนที่ไหลผ่านโลหะยาวขณะเชื่อม

2.5.8 สัมประสิทธิ์ของการขยายตัวเนื่องจากความร้อน

(Coefficient Of thermal expansion)

- การขยายตัวของโลหะเมื่อได้รับความร้อน
- การหดตัวเมื่อเย็นลง

2.5.9 ความเปราะเนื่องจากความร้อน (Hot shortness)

- วัสดุเปราะแตกง่ายเมื่อร้อน

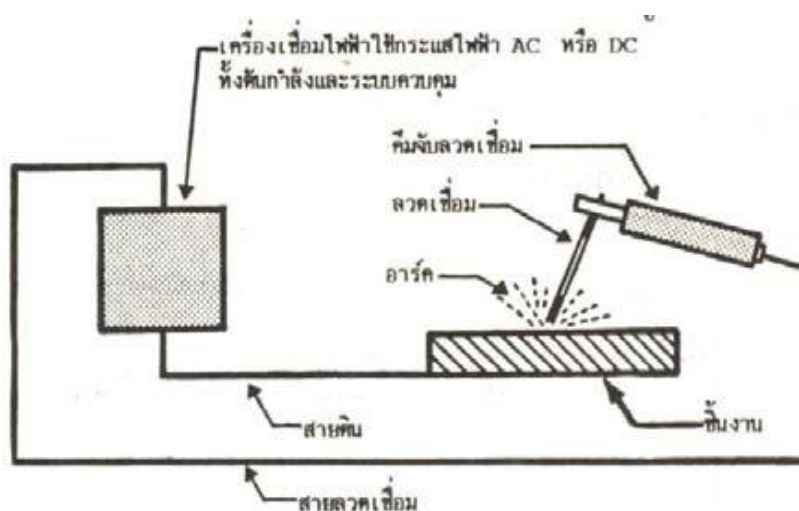
2.5.10 ความร้อนสูงเกินปกติ (Overheating)

- เมื่อโลหะได้รับความร้อนสูงเกินจุดวิกฤต จะทำให้คุณสมบัติทางกลลดลงอย่างรวดเร็ว

2.6 หลักการของการเชื่อมโลหะไฟฟ้า

- การเชื่อมไฟฟ้าแบบอาร์คโลหะปกคลุม
- ชื่อภาษาอังกฤษ เรียกว่า Shielded metal-arc-welding, SMAW
- การเผาไหม้และการแยกสลายของลวดเชื่อม เกิดก๊าซปกคลุมทัวปลายลวดเชื่อมและบ่อหลอม
- เป็นกระบวนการอาร์คของกระแสไฟฟ้าระหว่างลวดเชื่อม กับโลหะงาน

2.6.1 วงจรไฟฟ้าสำหรับการเชื่อมอาร์คไฟฟ้าแบบมีการปกคลุม



รูปที่ 2.15 แสดงภาพการทำงานของการทำงานของการเชื่อมวงจรไฟฟ้า

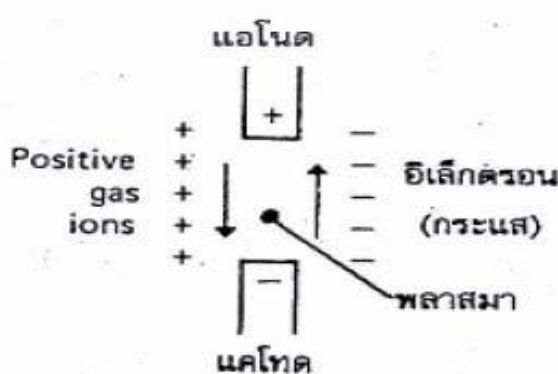
ความร้อนจากไฟฟ้าจะทำให้โลหะงานและลวดเชื่อม อยู่ในสภาวะหลอมเหลว อุณหภูมิอยู่ในช่วง $6000^{\circ}\text{F} - 9000^{\circ}\text{F}$ ($3315^{\circ}\text{C} - 4982^{\circ}\text{C}$) ใช้กระแสไฟฟ้าเป็นพลังงาน มี 2 แบบ คือ

2.6.1.1 แบบความต้านทาน (Resistance welding)

2.6.1.2 แบบอาร์ค (Arc welding)

- กระแสไฟฟ้าผ่านช่องว่างในบรรยากาศของแก๊สจากตัวนำไฟฟ้าตัวหนึ่งไปยังตัวนำไฟฟ้าอีกตัวหนึ่ง เรียกว่า “อาร์ค”
- มีความร้อนประมาณ $10,000 - 12,000$ องศาฟาเรนไฮต์
- บริเวณอาร์คสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 บริเวณ ได้แก่
แคโทด (Cathode)
แอโนด (Anode)
ลพาร์ค (Arc Plasma)

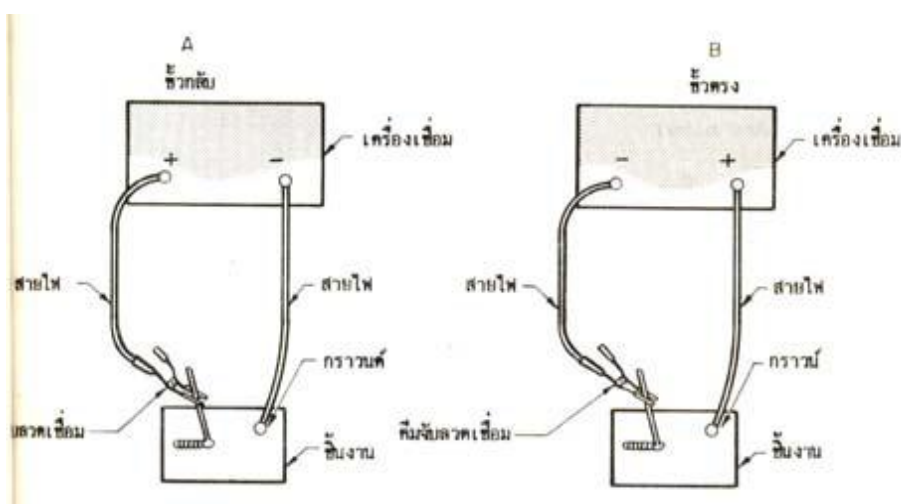
- ความร้อนที่เกิดขึ้นที่ขั้วของแคโทดเกิดจากอิออนบวกวิ่งกระแทกผิวหน้าของแคโทด
- ส่วนความร้อนที่ขั้วแอโนดเกิดจากอิเล็กตรอนวิ่งกระแทกแอโนด



รูปที่ 2.16 แสดงภาพลักษณะของการอาร์ค

2.6.2 ขั้ว (Polarity)

- ขั้วเป็นตัวกำหนดทิศทางกระแสไหล ซึ่งจะออกเป็น DCPR หรือ DCSP ในวงจร D.C. (กระแสจะไหลในทิศทางเดียว) เส้นหนึ่งเป็นบวก เส้นหนึ่งเป็นลบ
- ในวงจร A.C. จะไม่มีขั้ว

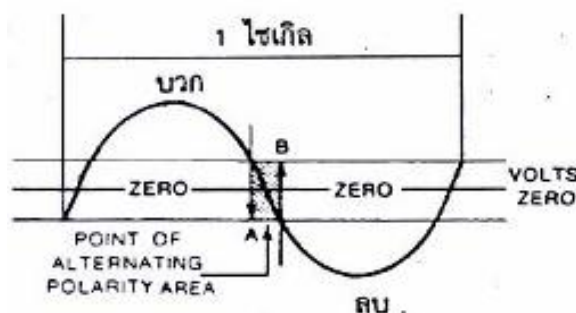


รูปที่ 2.17 แสดงภาพ A และ B แสดงทิศทางของกระแสสำหรับขั้วแต่ละแบบ

2.6.3 กระแสเชื่อม (Welding Current) มีอยู่ 2 ชนิด คือ

2.6.3.1 กระแสสลับ (Alternating Current, AC)

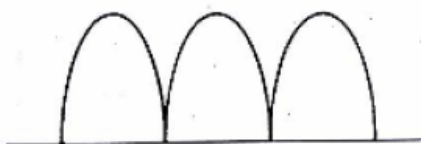
- เครื่องเชื่อมจะเป็นตัวจ่ายกระแสไฟสลับมีทิศทางการเคลื่อนที่สลับกันเป็นคลื่นมีความถี่ 50 Hz (1 วินาทีจะมี 50 รอบ)



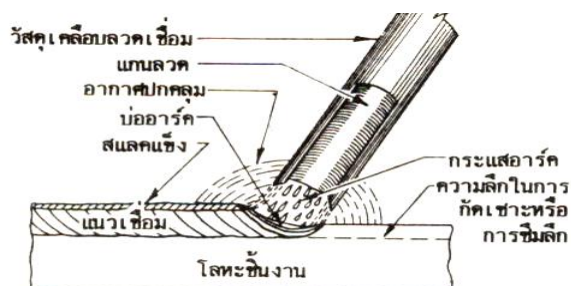
รูปที่ 2.18 แสดงภาพลักษณะของคลื่นกระแสสลับ 1 รอบ

2.6.3.2 กระแสตรง (Direct Current, DC)

- เป็นกระแสที่มีอิเล็กตรอนเคลื่อนที่ในทิศทางตามยาวของตัวนำในทิศทางเดียวกัน
- การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนนั้น เปรียบเสมือนน้ำประปาที่ไหลในท่อ
- กระแสไฟสลับมีการเปลี่ยนขั้ว 100 Hz ไม่มีการเปลี่ยนแปลงขั้ว



รูปที่ 2.19 แสดงภาพลักษณะของคลื่นกระแสตรง



รูปที่ 2.20 แสดงภาพการเชื่อมไฟฟ้า

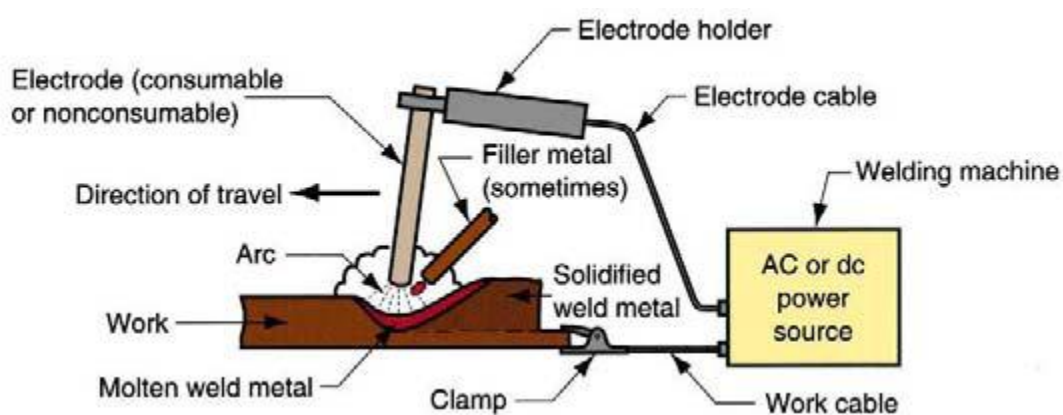
- แก๊สที่ปกคลุมทำให้การอาร์คมีเสถียรภาพและลดเม็ดน้ำโลหะ
- โลหะหลอมใหม่ในบ่อเชื่อมจะปกคลุมโดยฟลักซ์
- เมื่อเย็นตัวแล้วฟลักซ์จะแข็งและเปราะ เรียกว่า “สแลก (Slag)”
- แกนโลหะของลวดเชื่อม เป็นตัวจ่ายโลหะเชื่อม



ลวดเชื่อมทำหน้าที่เป็นตัวนำกระแสไฟฟ้าและละลายเป็นเนื้อโลหะ
รูปที่ 2.21 แสดงภาพตัวอย่างลวดเชื่อมไฟฟ้า

2.7 เครื่องมือ – อุปกรณ์

- เครื่องเชื่อม / แหล่งพลังงาน
- คีมจับลวดเชื่อม
- สายเคเบิลไฟฟ้า
- ลวดเชื่อม
- ชิ้นงาน

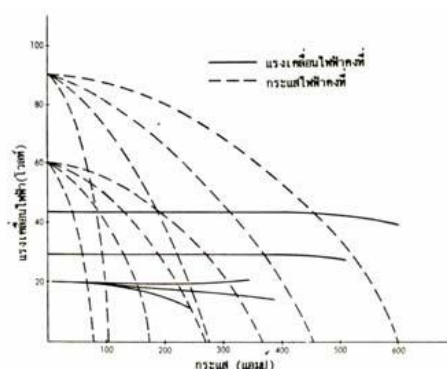


รูปที่ 2.22 แสดงภาพแหล่งพลังงานการเชื่อมไฟฟ้า

2.7.1 เครื่องเชื่อม / แหล่งพลังงาน (Type of Power Source)

เครื่องเชื่อมจะแบ่งเป็น 2 ประเภทตามชนิดของสิ่งเหล่านี้นี้คือ

2.7.1.1 เอาท์พุทสโลป (output slop) ซึ่งอาจจะเป็นแบบกระแสคงที่หรือไม่ก็เป็นแบบโวลเทจคงที่



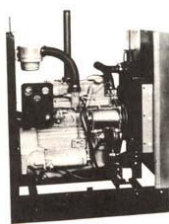
รูปที่ 2.23 แสดงภาพเอาท์พุท สโลปสำหรับกระแสคงที่และโวลเทจคงที่

2.7.1.2 แหล่งพลังงาน โดยทั่วไปแบ่งเป็น 3 แบบ

- มอเตอร์-เจนเนอเรเตอร์
- หม้อแปลง – เรคตีไฟเออร์กระแสตรง หรือ กระแสสลับ – กระแสตรง
- หม้อแปลงกระแสสลับ

2.7.2 มอเตอร์-เจนเนอเรเตอร์

- ขับโดยมอเตอร์กระแสตรงหรือกระแสสลับ ผลิต กระแสเอาท์พุทเป็นกระแสตรง กระแสสลับ โดยมากจะเป็นแบบกระแสคงที่
- ประกอบด้วยมอเตอร์กระแสสลับเจนเนอเรเตอร์กระแสตรง / กระแสสลับและตัวกระตุ้นแม่เหล็ก สามารถใช้ในสถานที่ที่ไม่มีไฟฟ้าได้



เครื่องเชื่อมที่ใช้เครื่องยนต์ขับ



เครื่องเชื่อมที่ใช้เครื่องยนต์ขับ
ขนาด 400 แอมแปร์กระแสตรง

รูปที่ 2.24 แสดงภาพเครื่องเชื่อมที่ใช้เครื่องยนต์ขับ

เครื่องเชื่อมกระแสลับที่ใช้เครื่องยนต์ขับสามารถผลิตกระแสไฟฟ้ากระแสสลับยามฉุกเฉินสำหรับให้แสงสว่าง และเครื่องมือต่าง ๆ

- เชื้อเพลิงที่ใช้ เช่น น้ำมันดีเซล เบนซิน แก๊ส
- มีลักษณะ
 1. มีอำนาจในการทะลุทะลวงสูง
 2. เชื่อมโลหะได้ทุกชนิดที่สามารถเชื่อมได้
 3. มีความยืดหยุ่น สามารถเชื่อมได้ทุกท่าเชื่อม /ทุกตำแหน่ง
 4. มีความทนทาน



รูปที่ 2.25 แสดงภาพรูปเครื่องเชื่อมกระแสลับ

2.7.2.1 จุดที่ควรเน้นการบำรุงรักษา

- แปรงถ่าน หน้าของคอมพิวเตอรืจุดสัมผัสของสตาร์ทเตอร์และคอนโทรลรีโอสแตท

2.7.3 เครื่องเชื่อมหม้อแปลง – เเรกติไฟเออร์กระแสดรง

- ใช้หม้อแปลงเพื่อลดโวลเทจอินพุทไปที่โวลเทจเอาท์พุทที่ใช้เชื่อมผ่านเรกติไฟเออร์เพื่อเปลี่ยน A.C. เป็น D.C.

2.7.3.1 ชิ้นส่วนพื้นฐาน

- หม้อแปลงสำหรับบังคับกระแสสลับซึ่งผ่านเข้าเครื่อง
- เเรกติไฟเออร์ซึ่งเปลี่ยนกระแสสลับเป็นกระแสดรง



รูปที่ 2.26 แสดงภาพเครื่องเชื่อมกระแสดรงซิลิคอนเรกติไฟ

2.7.4 เครื่องเชื่อมหม้อแปลงเรกติไฟเออร์ ชนิดกระแสสลับ - กระแสดรง

ให้เลือกระหว่างกระแสสลับและ กระแสดรงและขั้วบวกและขั้วลบ

1. ควบคุมกระแสดต่อเนื่อง
2. ควบคุมขั้ว
3. สวิตช์ไฟฟ้ากำลัง
4. ควบคุมระยะ



รูปที่ 2.27 แสดงภาพเครื่องเชื่อมกระแสสลับ – กระแสดรงแบบหม้อแปลงเรกติไฟเออร์

2.7.5 หม้อแปลงกระแสสลับ

- ใช้หม้อแปลงไฟฟ้าลดโวลเทจอินพุตเป็นโวลเทจที่ใช้ในการเชื่อม
- ลักษณะของกระแสสลับ คือ การย้อนกลับของกระแสในทุก ๆ 1/120 นาที
- เหมาะสมกับการเชื่อมร่องและรอยเชื่อมโลหะแผ่นหนาราบและทำเชื่อมลง



รูปที่ 2.28 แสดงภาพเครื่องเชื่อมกระแสสลับแบบหม้อแปลงที่ควบคุมกระแสต่อเนื่องได้

2.7.6 คีมจับลวดเชื่อม (Electrode holders)

- เป็นตัวนำกระแสจากเคเบิลไปยังลวดเชื่อม มีฉนวนหุ้มเพื่อป้องกันความร้อน
- คีมควรทำจากโลหะที่มีสภาพการนำไฟฟ้าสูง
- การหนีบลวดจะต้องหนีบอย่างมั่นคงทุกที่ ทุกมุม
- การหนีบต้องหนีบง่ายมีน้ำหนักเบา สมดุลดี
- ขนาดของคีมต้องสมดุลกับเครื่องเชื่อมเช่น เครื่องเชื่อมขนาด 400 แอมแปร์ ต้องใช้คีมจับที่ใหญ่กว่าที่ใช้กับเครื่องเชื่อมขนาด 200 แอมแปร์



รูปที่ 2.29 แสดงภาพคีมจับลวดเชื่อมมีฉนวนหุ้มตลอด

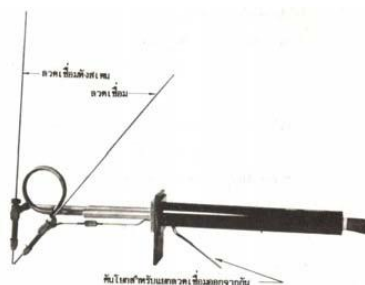
2.7.6.1 คีมจับลวดเชื่อม แบบต่าง ๆ

การเชื่อมคาร์บอนจะร้อนกว่าลวดเชื่อมโลหะดังนั้นจึงต้องใช้กลไกการจับลวดเชื่อมที่แตกต่างกัน ซึ่งมีขนาดใหญ่กว่าคีมจับ ลวดเชื่อมโลหะ



รูปที่ 2.30 แสดงภาพคีมจับลวดเชื่อมคาร์บอนคู่

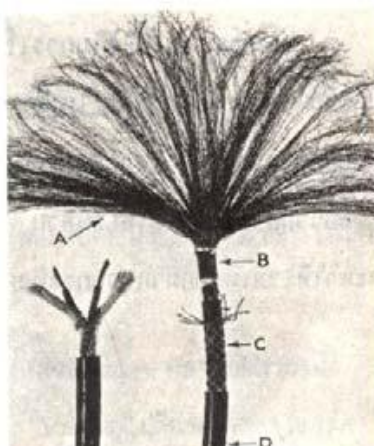
การอาร์คแบบนี้จะปกคลุมด้วยไฮโดรเจน ซึ่งป้องกันความสกปรกจากอากาศ และส่งผ่านความร้อนไปยังชิ้นงาน การอาร์คจะเกิดขึ้นระหว่าง 2 ลวดเชื่อม อุณหภูมิ 4148 °C



รูปที่ 2.31 แสดงภาพคีมจับลวดเชื่อมอาร์ค

2.7.7 สายเคเบิลไฟฟ้า

- เป็นสายที่ทนต่อการส่งผ่านกระแสได้ดีที่เครื่องเชื่อมควรจะต้องสายดินเอาไว้ด้วยเพื่อป้องกันการช็อต
- ถ้าจำนวนกระแสและระยะทางมากขึ้นขนาดของสายก็จะใหญ่ขึ้น
- ความต้านทานลดลงถ้าสายเล็กลง
- สายยาวมากจะทำให้โวลเทจตกมาก



รูปที่ 2.32 แสดงภาพโครงสร้างภายในของสาย

ตารางที่ 2.2 แสดงการเลือกขนาดสายเชื่อมที่ถูกต้อง

ความยาวสูงสุดของสายเชื่อมที่ใช้ (ฟุต)							
กระแสไฟฟ้าเป็น แอมแปร์	50	75	100	125	150	175	200
100	2	2	2	2	1	1/0	1/0
150	2	2	1	1/0	2/0	2/0	3/0
200	2	1	1/0	2/0	3/0	4/0	4/0
250	2	1/0	2/0	3/0	4/0		
300	1	2/0	3/0	4/0			
350	1/0	3/0	4/0				
400	1/0	3/0	4/0				
450	2/0	3/0					
500	3/0	4/0					

2.7.8 ห่วงยึดปลายสายและขั้วยึดสายดิน (Cable Lugs and Ground Clamps)

- ขั้วต่อสายดินและสายเคเบิลต้องใช้ช่วงปลายสายไฟที่เหมาะสม
- ยึดให้แน่น ขั้วต่อที่หลวมจะทำให้ห่วงร้อนและจะหลอมโลหะที่ยึดสายกับห่วง อาจทำให้ไหม้ได้
- ปลายอีกด้านหนึ่งต่อกับคีมจับลวดเชื่อม ปลายด้านหนึ่งของสายดินต่อกับชิ้นงาน



รูปที่ 2.33 แสดงภาพห่วงยึดปลายสายดินและสายลวดเชื่อม

2.7.9 ลวดเชื่อม

ลวดเชื่อมที่นำมาใช้จะต้องเข้ากันได้กับความต้านทานแรงและคุณสมบัติของโลหะชิ้นงานแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ

1. แบบลวดเชื่อมเคลือบ

2. แบบลวดเชื่อมเปลือย

- การใช้ลวดเชื่อมเคลือบ จะดีกว่า ลวดเชื่อมเปลือย เพราะวัสดุที่เคลือบจะป้องกันการอาร์คและปกคลุมโลหะเชื่อมจากบรรยากาศในช่วงหลอมเหลว

ลวดเชื่อมสำหรับการเชื่อมไฟฟ้าแบ่งตามเงื่อนไขการใช้งานดังนี้

- ต้านทานแรงกระแทกอย่างรุนแรง
- ต้านทานการสึกอย่างรุนแรง
- ต้านทานการสึกและการกัดกร่อนที่อุณหภูมิสูง
- ต้านทานการสึกเมื่อแรงกระแทกปานกลาง
- ต้านทานเมื่อแรงกระแทกปานกลาง จนถึงอย่างหนัก

2.7.9.1 การควบคุมการอาร์ค

- วัสดุเคลือบทำให้เริ่มต้นอาร์คได้ง่าย / อาร์คได้คงที่ตลอดการทำงาน
- ลวดเชื่อมที่ใหญ่ขึ้นจะต้องใช้การควบคุมการอาร์คที่ดีขึ้น

2.7.9.2 ส่วนประกอบของวัสดุเคลือบ

- ชนิดของวัสดุเคลือบจะมีผลต่อระยะอาร์ค และ โวลท์เทจ รวมทั้งตำแหน่งเชื่อม

2.7.9.3 หน้าที่ของวัสดุเคลือบ

- ช่วยการปกคลุมและปกคลุมโลหะหลอมเหลวด้วยสแลคหลอมเหลว
- กำจัดออกไซด์และสารมลทิน
- ทำให้อัตราการเย็นตัวช้าลง ทำให้รอยเชื่อมมีความเหนียว
- ทำให้เริ่มต้นอาร์คได้ง่าย มีเสถียรภาพ
- ควบคุมรูปร่างและลักษณะของรอยเชื่อมได้
- เพิ่มความเร็วในการเชื่อม

2.7.10 อุปกรณ์ป้องกันอื่น ๆ



เครื่องป้องกันมือถือ

โดยทั่วไปใช้กับผู้ตรวจสอบหรือผู้ควบคุม



เครื่องป้องกันชนิดเปิด-ปิดเลนส์ด้านหน้าได้



รูปที่ 2.34 แสดงภาพเครื่องป้องกันสวมศีรษะ ป้องกันแสงที่ตามองไม่เห็น คืออัลตราไวโอเล็ต และอินฟราเรด ที่เกิดจากการอาร์ค จะทำอันตรายแก่ตาถ้าไม่สวมเครื่องป้องกัน

- แวนตากันแสง ต้องมีน้ำหนักระบายอากาศได้ดีให้ความสบาย
- เสื้อที่ใช้เป็นวัสดุที่ต้านทานไฟ
- เสื้อที่ทำจากโลหะหนัก จะใช้ป้องกันรังสี
- เสื้อป้องกันช่วยป้องกันไม่ให้ผู้เชื่อมได้รับอันตรายจากประกายไฟและความร้อน



เสื้อป้องกันช่วยป้องกันไม่ให้ผู้เชื่อมได้รับอันตรายจากประกายไฟและความร้อน



ส่วนเครื่องแต่งกายที่ทำด้วยหนังทั้งชุด จะป้องกันอันตรายต่าง ๆ ที่จะเกิดแก่ร่างกาย

รูปที่ 2.35 แสดงภาพเครื่องแต่งกาย สำหรับงานเชื่อม

2.7.11 ปัจจัยสำคัญ 6 ประการของการเชื่อมไฟฟ้า

1. การเลือกลวดเชื่อม (Correct Electrode)
2. ท่าเชื่อม (Welding Position)
3. การเลือกและปรับแต่งกระแสไฟ (Correct Current)
4. ระยะอาร์คหรือแรงเคลื่อน (Correct Arc Length or Voltage)
5. มุมลวดเชื่อม (Correct Electrode Angle)
6. ความเร็วในการเดินลวดเชื่อม (Correct Travel Speed)

2.7.12 การเลือกลวดเชื่อม (Correct Electrode)

การเลือกขนาดลวดเชื่อม เพื่อใช้กับงานต้องพิจารณาสิ่งต่อไปนี้

- การออกแบบรอยต่อ
- ความหนาของวัสดุ จะต้องใช้ลวดเชื่อมใหญ่ขึ้นสำหรับวัสดุหนาขึ้น
- ความหนาของชั้นรอยเชื่อม ซึ่งในทำرابโลหะจะพอกได้มากกว่าทำแนวตั้งและทำเหนือศีรษะ
- ทำเชื่อม ทำเชื่อมแนวราบและแนวนอนควรใช้ลวดเชื่อมที่ใหญ่กว่าทำแนวตั้งและทำเหนือศีรษะ
- ปริมาณกระแส ยิ่งปริมาณกระแสมาก ขนาดของลวดเชื่อมก็ต้องใหญ่ขึ้น
- ความชำนาญของผู้เชื่อม
- คุณสมบัติทางกลและส่วนผสมของชิ้นงาน
- โลหะที่เหมาะสมกับการเชื่อมไฟฟ้า

2.8 โลหะที่เหมาะสมกับการเชื่อมไฟฟ้า

- โลหะประเภทเหล็กกล้าคาร์บอน
- เหล็กกล้าอัลลอยด์ต่ำ
- เหล็กกล้าไร้สนิม
- เหล็กต้านทานความร้อน

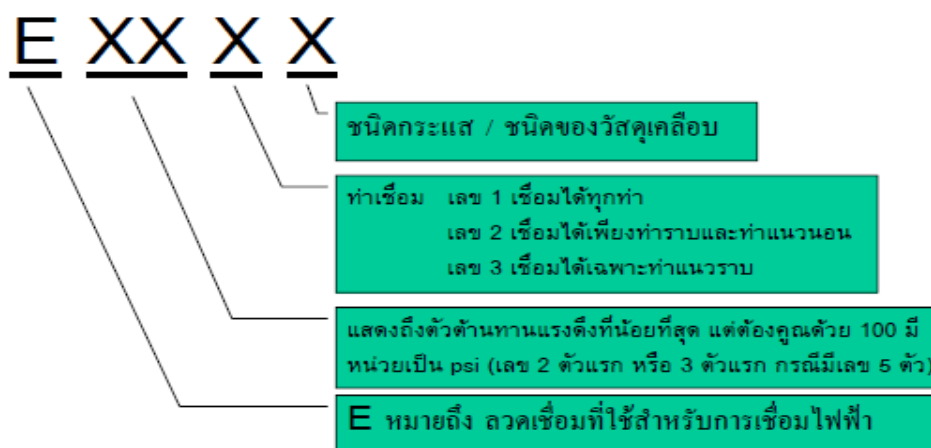
หมายเหตุ: เหล็กกล้าชนิดต้านทานแรงสูงก็สามารถเชื่อมได้ด้วยวิธีนี้โดยการให้ความร้อนก่อน (Preheating)

ตารางที่ 2.3 ตารางแสดงลักษณะเฉพาะตัวของโลหะเชื่อมของลวดเชื่อมแบบต่าง ๆ

	โลหะเชื่อมของลวดเชื่อมแบบแท่ง	โลหะเชื่อมของลวดโลหะขึ้นงาน	เชื่อมแบบมีวัสดุเคลือบ
ความเค้นสูงสุด (psi)	50 – 60,000	60 – 75,000	55 – 70,000
จุดล้า (psi)	38 – 45,000	45 – 60,000	30 – 32,000
ระยะยืด (%) ใน 2 นิ้ว	5.0 – 10.0	20.0 – 40.0	30.0 – 40.0
ระยะยืดดัดอิสระ (%)	10.0 – 20.0	35.0 – 60.0	-
พื้นที่ลดลง (%)	8.0 – 20.0	35.0 – 65.0	60.0 – 70.0
ความหนาแน่น(gm/cm ³)	7.5 – 7.7	7.80 – 7.85	7.85
ขีดจำกัดของความคงทน (psi)	12 – 18,000	26 – 30,000	26 – 30,000
การกระแทก ft./lb	5-15	40-70	50 - 80

2.9 การบอกประเภทของลวดเชื่อม

ขึ้นต้นด้วย E นำหน้า และประกอบด้วยตัวเลข 4 หรือ 5 ตัว โดย



รูปที่ 2.36 แสดงภาพตัวกำหนดความหมายของลวดเชื่อม

ตารางที่ 2.4 แสดงความหมายของตัวเลขตัวสุดท้ายในระบบการแบ่งประเภทของลวดเชื่อม AWS

ระบุชื่อ	กระแส	ชนิดของการปกคลุม
E 6010	DCRP เท่านั้น	สารอินทรีย์
E 6011	DCRP หรือ a.c.	สารอินทรีย์
E 6012	DCSP หรือ a.c.	รัทไทล์
E 6013	DCSP, DCRP หรือ a.c.	รัทไทล์
E 7014	DCSP, DCRP หรือ a.c.	รัทไทล์ ผงเหล็ก (30%)
E 7015	DCRP เท่านั้น	ไฮโดรเจนต่ำ
E 7016	DCRP หรือ a.c.	ไฮโดรเจนต่ำ
E 7018	DCRP หรือ a.c.	ไฮโดรเจนต่ำ ผงเหล็ก (25%)
E 7020	DCSP, DCRP หรือ a.c.	เหล็กออกไซด์สูง
E 7024	DCSP, DCRP หรือ a.c.	รัทไทล์ / ผงเหล็ก 50%
E 8027	DCSP, DCRP หรือ a.c.	แร่ / ผงเหล็ก (50%)
E 7028	DCRP หรือ a.c.	ไฮโดรเจนต่ำ / ผงเหล็ก (50%)

ตัวอย่าง

E 6010

E หมายถึง ลวดเชื่อมอาร์คไฟฟ้า

60 หมายถึง 60,000 psi

1 หมายถึง เชื่อมได้ทุกท่า

0 หมายถึง กระแส DCRP เท่านั้น ใช้ สารอินทรีย์เป็นวัสดุเคลือบ

2.10 ท่าเชื่อม (Welding Position)

- ท่าเชื่อมเป็นตัวพิจารณาในการเลือก ลวดเชื่อมที่สำคัญ
- ลวดเชื่อมหลายชนิดใช้กับท่าแนวราบเพียงอย่างเดียว
- ชนิดท่าเชื่อมมีผลต่อราคาการเชื่อม
- ท่าเชื่อมที่ประหยัดที่สุดคือท่าแนวราบ, ท่าแนวนอน, แนวตั้ง และท่าเหนือศีรษะประหยัดน้อยที่สุด

ตารางที่ 2.5 แสดงตารางการแบ่งลักษณะลวดเชื่อมที่เหมาะสมกับท่าเชื่อมต่าง ๆ

ลำดับ	ลวดเชื่อม	ลักษณะท่าเชื่อม	หมายเหตุ
1	E XX20, E XX24, E XX27, E XX28	ท่าแนวราบ	
2	E XX15, E XX16, E XX18, E XX12, E XX13, E XX20, E XX24, E XX27, E XX28	ท่าแนวราบ ท่าแนวนอน	E 6012 ใช้กับกระแสตรง ขั้วกลับหรือสลักก็ได้ มักใช้กับงานประติรูปเหล็กกล้าชนิดต่าง ๆ จะมีความเสถียรภาพ รอยเชื่อมที่ได้มักเกิดการซึมลึก
3	E XX10(ใช้ดีที่สุด) E XX11, E XX16, E XX18	ท่าแนวตั้ง ท่าเหนือศีรษะ	E 6010 มักใช้ได้ดีกับงานโครงสร้าง E 6011 ใช้เหมือนกับ E 6010 แต่ใช้กับกระแสสลับ
4	E XX12, E XX13,	ท่าแนวตั้งที่ลดลง (จะใช้เชื่อมได้ง่ายที่สุด)	

2.11 ลักษณะพิเศษเกี่ยวกับไฟฟ้า (Electrical Characteristics)

การเพิ่มของความร้อนจากการนำกระแสไฟฟ้า หรือการเพิ่มปริมาณของแนวเชื่อมที่อยู่บนชิ้นงานเชื่อมต่อระยะของแนวเชื่อมที่มากเกินไปเกินความต้องการ ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการที่ไม่สามารถควบคุมระบบคลื่นไฟฟ้าในการหลอมละลายของแนวในขณะเชื่อม หรือเกิดการควบคุมคลื่นไฟฟ้าได้มาจากสูตรดังต่อไปนี้

2.11.1 การนำความร้อนจากการนำกระแสไฟฟ้า Heat input [J/in. (J/mm)]

= $\frac{\text{กำลังไฟฟ้า} \times \text{กระแสไฟฟ้า} \times 60 \text{ วินาที}}$

ความเร็วในการเดินลวด [in./min (mm/min)]

2.11.2 ปริมาณของแนวเชื่อมที่ต้องการ มี 2 ลักษณะคือ

2.11.2.1 การเพิ่มขนาดของน้ำหยดลวดในขณะเชื่อมต่อระยะความยาวของลวดเชื่อม

2.11.2.2 การลดระยะความยาวของน้ำหยดเชื่อมต่อระยะความยาวของลวดเชื่อม

โดยทั้ง 2 แบบมาจากการนำความกว้างของน้ำหยดลวด x ความหนา

2.12 การเลือกและปรับแต่งกระแสไฟ (Correct Current)

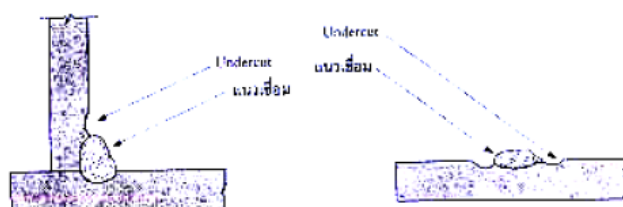
การปรับกระแสสูง-ต่ำขึ้นอยู่กับ

- ขนาดของชิ้นงาน
- ลักษณะงาน
- ชนิดของลวดเชื่อม



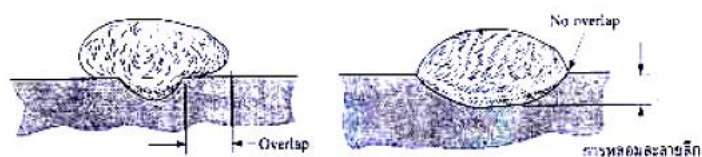
รูปที่ 2.37 แสดงภาพการเปรียบเทียบความแตกต่างของแนวเชื่อมเมื่อกระแสไฟต่างกัน

การปรับกระแสไฟสูงเกินไปจะทำให้บ่อหลอมละลายกว้างไม่สม่ำเสมอ ควบคุมยากเป็นเหตุให้เกิดรอยแหว่งที่ขอบแนวเชื่อม เรียกว่า Undercut



รูปที่ 2.38 แสดงภาพลักษณะการเกิด Undercut

การปรับกระแสต่ำเกินไปจะเกิดรอยนูนขึ้น คือ โลหะลวดเชื่อมไม่หลอมละลายเป็นเนื้อเดียวกันกับชิ้นงานจะเกิดในบริเวณขอบของแนวเชื่อมเช่นกัน เรียกว่า Overlap



รูปที่ 2.39 แสดงภาพลักษณะการเกิด Overlap

ตารางที่ 2.6 ตารางแสดงค่ากระแสต่าง ๆ ที่แปรตามชนิดและขนาดของลวดเชื่อม
(สำหรับปรับที่เครื่องเชื่อม)

เส้นผ่าศูนย์กลางของ ลวดเชื่อม	ช่วงกระแส (แอมแปร์)								
	ชนิดของลวดเชื่อม								
	E6010, E6011DC+	E6012	E6013	E6020	E6027	E7014	E7015, E7016	E7018	E7024,E 7028
1/16	-	20-40	20-40	-	-	-	-	-	-
5/64	-	25-60	25-60	-	-	-	-	-	-
3/32	40 - 80	35-85	45-90	-	-	80-125	65-110	70-100	100-145*
1/8	75-125	80-140	80-130	100-150	125-185	110-160	100-150	115-165	140-190
5/32	110-170	110-190	105-180	130-190	160-240	150-210	140-200	150-220	180-250
3/16	140-215	140-240	150-230	175-250	210-300	200-275	180-255	200-275	230-305
7/32	170-250	200-300	210-300	225-310	250-350	260-340	240-320	260-340	275-365
1/4	210-320	250-400	250-350	275-375	300-420	330-415	300-390	315-400	335-430
5/16	275-425	300-500	320-430	340-450	375-475	390-500	375-475	375-470	400-525*

2.12.1 ระยะอาร์คหรือแรงเคลื่อน (Correct Arc Length or Voltage)

แรงเคลื่อนจะขึ้นอยู่กับระยะอาร์ค

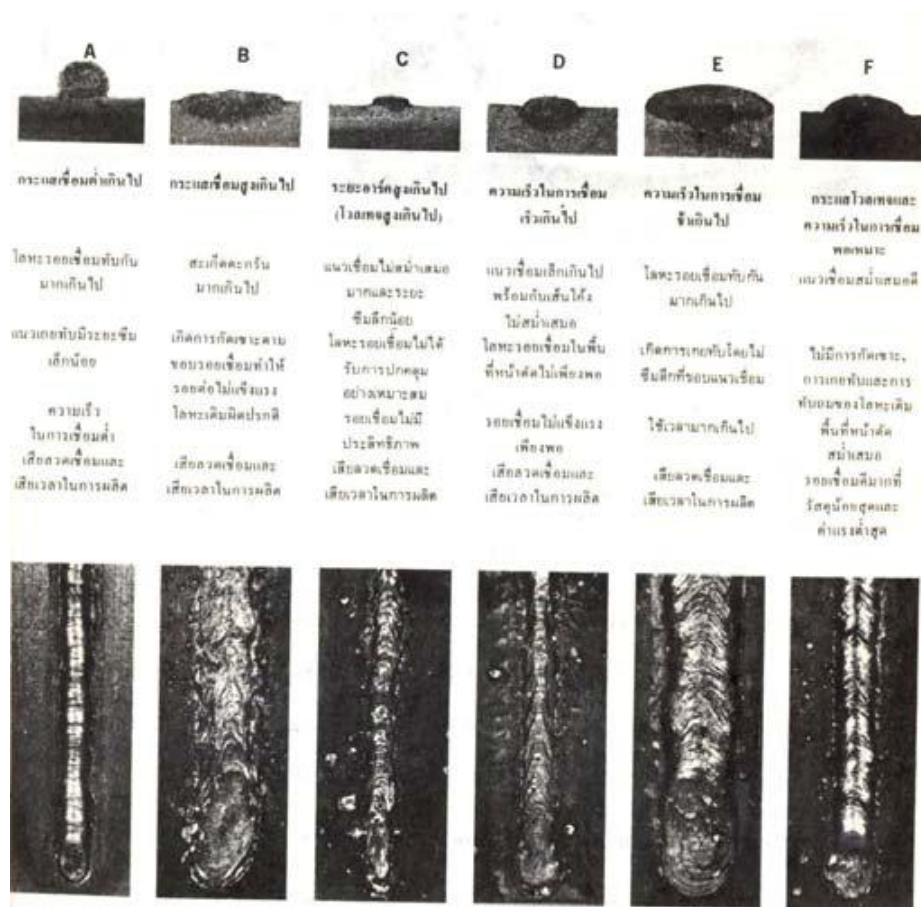
- ถ้าระยะอาร์คยาวหรือห่างเพิ่มขึ้น แรงเคลื่อนก็จะเพิ่มขึ้นตาม
- ถ้าระยะอาร์คสั้นลง แรงเคลื่อนก็จะลดลงด้วย

ระยะห่างของการอาร์ค

ถ้ามากเกินไป จะทำให้แนวเชื่อมกว้าง ไม่เรียบร้อยและมีเม็ดโลหะกระเด็นการซึมลึกน้อย

ถ้าสั้นเกินไป จะทำให้แนวเชื่อมไม่สม่ำเสมอ ไม่เรียบร้อย ปลายลวดเชื่อมติดชิ้นงานง่าย การซึมลึกน้อย รอยเชื่อมแคบและนูน (มักเหมาะกับตำแหน่งทำเชื่อมตั่ง และทำเหนือศีรษะ เพราะน้ำโลหะไม่ย้อย) ผลของการ อาร์คโบลว (Arc blow)

หมายเหตุ : Arc Blow คือ การโค้งออกไปจากเส้นทางการอาร์คเนื่องจากแรงสนามแม่เหล็ก

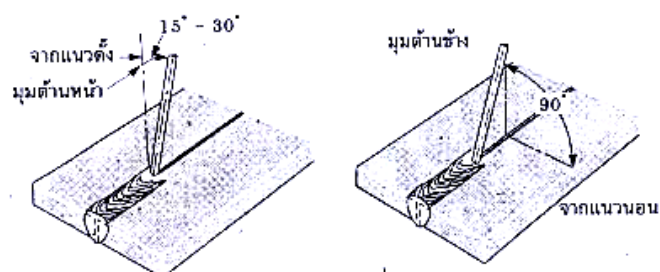


รูปที่ 2.40 แสดงภาพรูปหน้าตัดและรูปแนวราบของรอยเชื่อมภายใต้สภาวะต่าง ๆ

2.12.2 มุมลวดเชื่อม (Correct Electrode Angle)

ถ้ามุมลวดเชื่อมไม่ถูก แนวเชื่อมที่ออกมาจะไม่ดี

- ถ้าทำมุมกับแผ่นงานน้อยเกินไป แนวเชื่อมแบน กว้าง การซึมลึกไม่ดี
- ถ้าทำมุมกับแผ่นงานมากเกินไป แนวเชื่อมจะเล็ก เชื่อมได้ยาก การซึมลึกไม่ดี



รูปที่ 2.41 แสดงภาพการวางมุมของลวดเชื่อมบนแนวเชื่อม

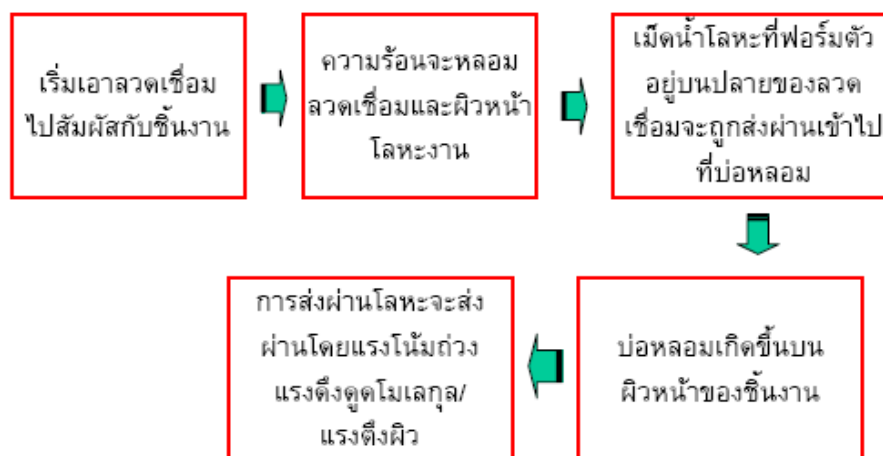
ลักษณะของมุมลวดเชื่อมขึ้นอยู่กับลักษณะรอยต่อและตำแหน่งท่าเชื่อมของชิ้นงาน

2.12.3 ความเร็วในการเดินลวดเชื่อม (Correct Travel Speed)

- ถ้าเดินเร็วเกินไปจะได้แนวเชื่อมที่เล็กเกินไป การซึมน้อย ความแข็งแรงที่ได้จากการเชื่อมน้อย
- ถ้าเดินลวดเชื่อมช้าเกินไป จะได้แนวเชื่อมใหญ่ โลหะเชื่อมไปกองอยู่มาก ทำให้สิ้นเปลืองและเสียเวลา

2.13 การปฏิบัติการเชื่อมไฟฟ้าและเทคนิคการเชื่อม

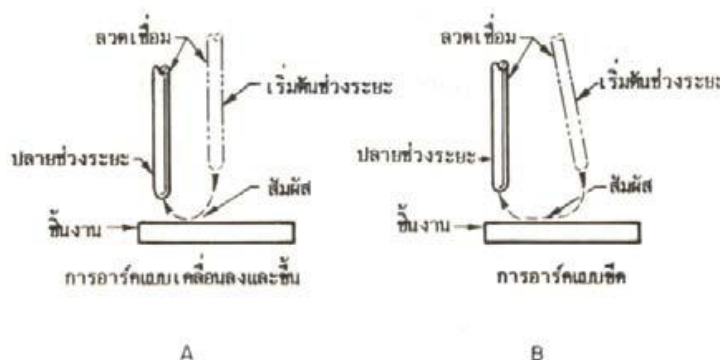
ขั้นตอนการเชื่อมไฟฟ้าที่ถูกต้อง



1. เตรียมแผ่นโลหะ
2. เตรียมชิ้นงาน
3. ทำเครื่องหมายด้วยเหล็กนำศูนย์
4. เตรียมลวดเชื่อม
5. จัดชิ้นงานและทำเชื่อมตามความเหมาะสม
6. ปฏิบัติการเชื่อม
7. เคาสแลคออก เอาแปรงขัด และตรวจสอบ

2.13.1 เทคนิคการเชื่อม : เริ่มต้นการอาร์ค

- การอาร์คเกิดขึ้นโดยการแตะแผ่นโลหะเบา ๆ ด้วยลวดเชื่อม
- ทำการยกลวดเชื่อมขึ้น (ถ้าดึงลวดเชื่อมออกไม่เร็วพอ จะติดกับแผ่นโลหะ)

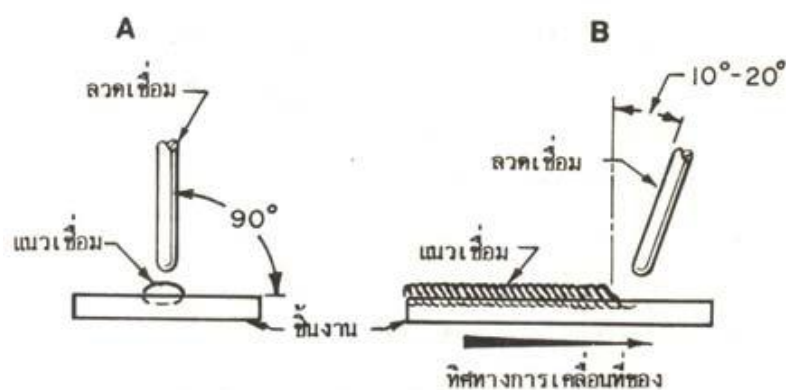


รูปที่ 2.42 แสดงภาพวิธีอาร์ค 2 วิธี

ถ้าติดกับแผ่นโลหะ สามารถทำให้หลุดได้โดยการสะบัดข้อมือ

2.13.2 เทคนิคการเชื่อม: วิธีการเดินแนวเชื่อมแบบทำราบ

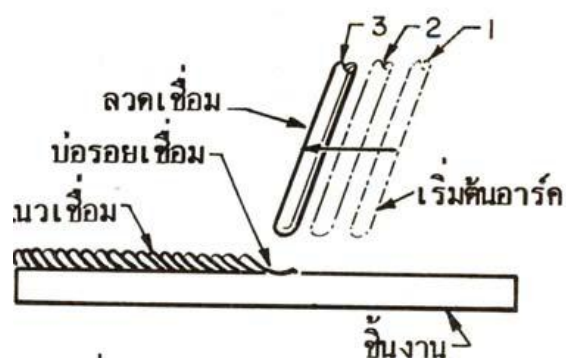
- จับลวดทำมุม 90° กับแผ่นโลหะ แล้วเอียงไปทางทิศการเชื่อม $10^\circ - 20^\circ$
- ปรับกระแสอย่างให้มากเกินไปจนเกิด Arc blow
- ระยะอาร์คต้องคงที่
- ความเร็วคงที่ ถ้าเร็วเกินไปจะทำให้รอยเชื่อมแคบ



รูปที่ 2.43 แสดงภาพตำแหน่งของลวดเชื่อม สำหรับการเชื่อมทำราบ ความลึกของบ่อ จะชี้ให้เห็นถึงการซึมลึก (บริเวณปลายของแนวเชื่อม)

2.13.3 เทคนิคการเชื่อม: การเริ่มต้นอาร์คหลังจากการหยุดเชื่อม

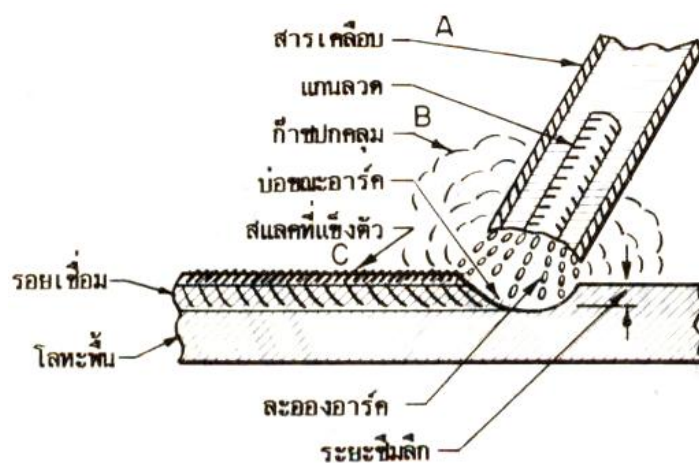
- ถ้าการอาร์คหยุดลง จะต้องทำการอาร์คใหม่ทางด้านหน้าของบ่อ
- เคลื่อนลวดเชื่อมข้ามบ่อ ไปที่ขอบด้านหน้าของแนวเชื่อม
- ถ้าเคลื่อนกลับมากเกินไปจะทำให้โลหะเชื่อมซ้อนกันเป็นชั้นหนา



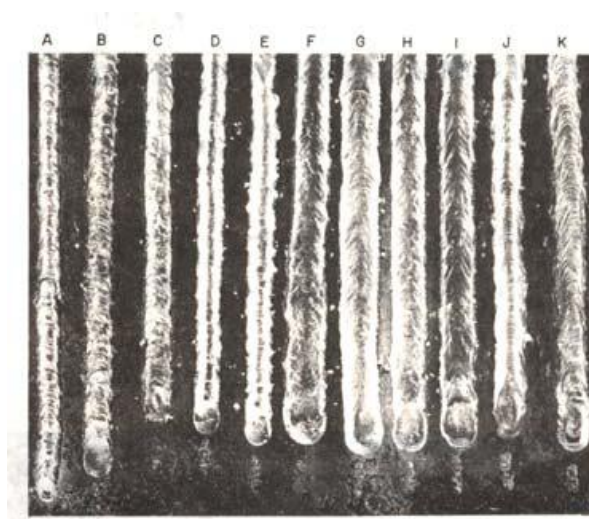
รูปที่ 2.44 แสดงภาพการเริ่มต้นเชื่อมใหม่หลังจากหยุดเชื่อม

2.13.3.1 ลักษณะการอาร์คของลวดเชื่อม

- ตำแหน่ง A สารเคลือบถูกใช้ไปในอัตราที่น้อยกว่าแกนลวด ดังนั้นมันจึงหุ้มแกนลวดไว้เพื่อป้องกันลวดและอาร์คและควบคุมทิศทางการอาร์ค
- ตำแหน่ง B แก๊สที่ปกคลุมเกิดขึ้นโดยการเผาไหม้ของสารเคลือบ
- ตำแหน่ง C สแลคที่เกิดขึ้นเหนือรอยเชื่อม



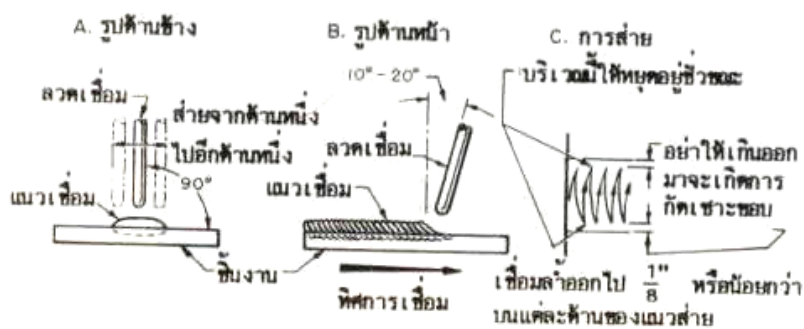
รูปที่ 2.45 แสดงภาพการอาร์คของลวดเชื่อม



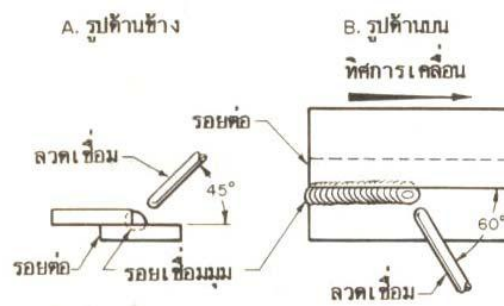
รูปที่ 2.46 แสดงภาพลักษณะของแนวเชื่อม

2.13.4 เทคนิคการเชื่อม: การเชื่อมชิ้นงานแบบต่อเกยทำราบ

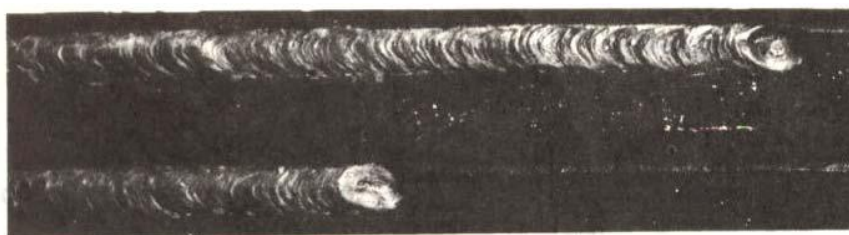
- ระยะอาร์คค่อนข้างสั้น
- ลวดเชื่อม ควรจะชี้ไปที่โคนของรอยต่อและผิวระนาบ
- เคลื่อนที่กลับไปกลับมาไปตามแนวเส้นแนวเชื่อม
- ถ้าช้ามากเกินไป จะทำให้โลหะเชื่อมพอก เกิดความเค้นหนาแน่น



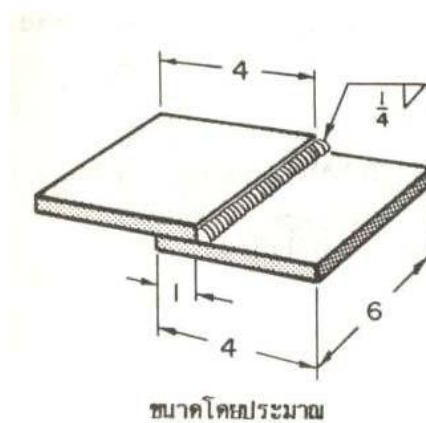
รูปที่ 2.47 แสดงภาพตำแหน่งลวดเชื่อมสำหรับแนวเชื่อมรูปคลื่น



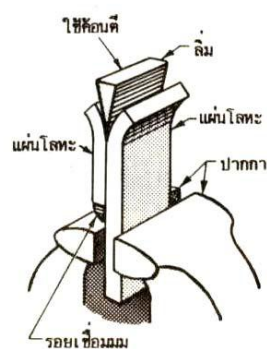
รูปที่ 2.48 แสดงภาพตำแหน่งลวดเชื่อม สำหรับรอยต่อเกยทำราบ



รูปที่ 2.49 แสดงภาพแนวเชื่อมต่อเกยเชื่อมด้วยลวดเชื่อม DCSP หรือ A. C.



รูปที่ 2.50 แสดงภาพชิ้นทดสอบรอยต่อเกย



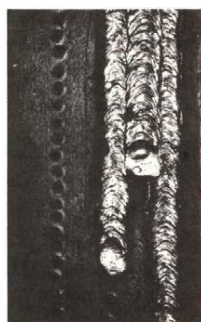
รูปที่ 2.51 แสดงภาพการทดสอบแบบทำลาย คือ การใช้ค้อนตอกเพื่อดูผิวหน้าของรอยแตก เช่น รอยเชื่อมไม่เป็นรู การซึมลึกที่โคน รอยเชื่อมไม่กระเทาะลอก

2.13.5 เทคนิคการเชื่อม: การเชื่อมทำดัดแบบเคลื่อนที่ลง

- เอียงลวดเชื่อม 90° กับผิวแผ่นโลหะ
- เอียงลวดเชื่อม 30° ในทิศการเคลื่อนที่
- คงระยะอาร์คให้สั้นมาก ๆ เพื่อสแลคจะไม่วิ่งนำหน้ารอยเชื่อมพอก



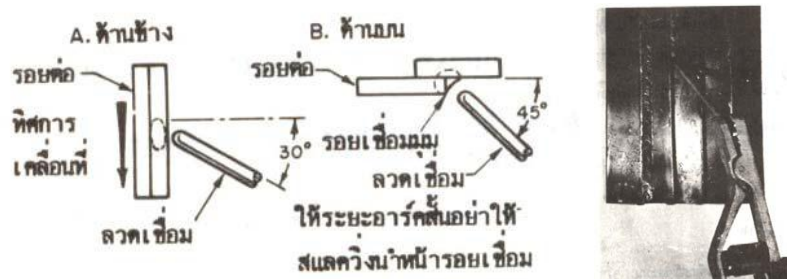
รูปที่ 2.52 แสดงภาพตำแหน่งลวดเชื่อมเมื่อเชื่อมแนวเชื่อมเส้นขนานทำดัดเคลื่อนลง



รูปที่ 2.53 แสดงภาพแนวเชื่อมเส้นขนานบนแผ่นเรียบทำดัดเคลื่อนลงด้วยการอาร์คลวดเชื่อม DCRP หรือ A. C

2.13.6 เทคนิคการเชื่อม: การเชื่อมต่อเกยแนวตั้งเคลื่อนที่ลง

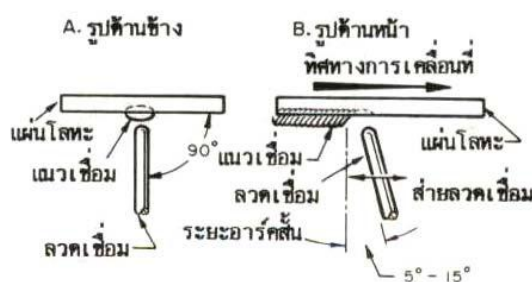
- ปรับกระแสให้สูง
- เอียงลวดเชื่อม 300 ลงไปตามทิศทางการเคลื่อนที่
- ระยะอาร์คควรสั้นและเคลื่อนที่ลวดเชื่อมค่อนข้างสม่ำเสมอ
- จะไม่สายลวดเชื่อม / เคลื่อนที่ค่อนข้างเป็นวงกลม



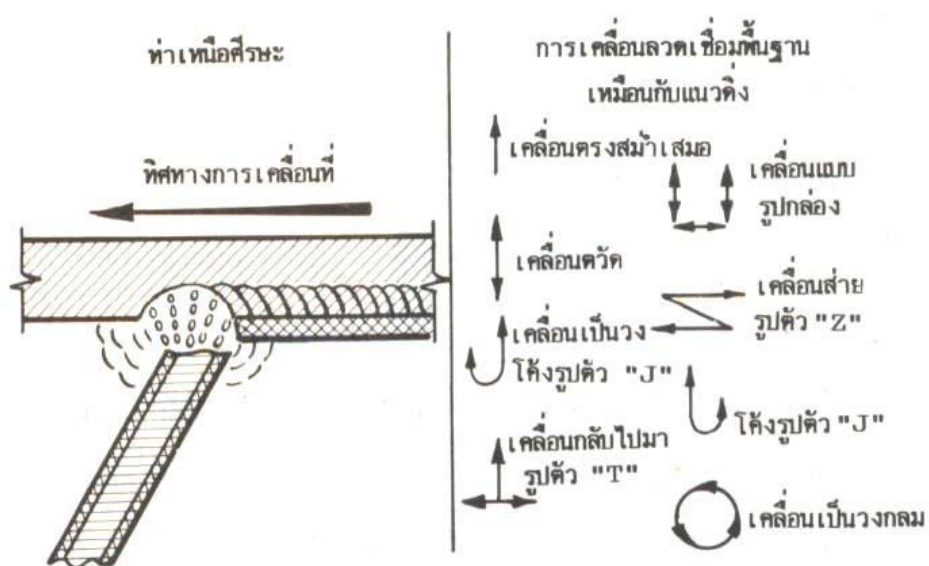
รูปที่ 2.54 แสดงภาพตำแหน่งลวดเชื่อมเชื่อมรอยต่อเกยแนวตั้งเคลื่อนลง

2.13.7 เทคนิคการเชื่อม: การเชื่อมแนวตั้ง ทำเหนือศีรษะ

- ปรับกระแสให้พอเหมาะ (d.c. ที่ 120 -170 แอมแปร์ หรือ a.c. ที่ 130 – 190 แอมแปร์)
- เอียงลวดเชื่อม 90° กับแผ่นโลหะ เมื่อมองจากด้านข้าง และเอียงทำมุม 5° - 15° ในทิศการเชื่อม
- เคลื่อนลวดเชื่อมในลักษณะสาย



รูปที่ 2.55 แสดงภาพตำแหน่งลวดเชื่อมเมื่อเชื่อมแนวเส้นขนานทำเหนือศีรษะ



รูปที่ 2.56 แสดงภาพพื้นฐานการเคลื่อนที่เมื่อเชื่อมทำเหนือศีรษะ

- อย่าให้บ่อหลอมหลอมมากเกินไป
- ถ้าบ่อหลอมโลหะร้อนเกินไป ให้เคลื่อนลวดเชื่อมออกไปข้างหน้าอย่างรวดเร็ว



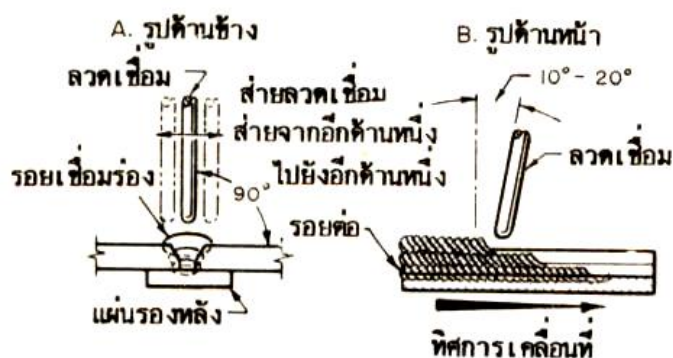
รูปที่ 2.57 แสดงภาพตำแหน่งของลวดเชื่อม และคีมจับเมื่อทำการเชื่อมทำเหนือศีรษะ



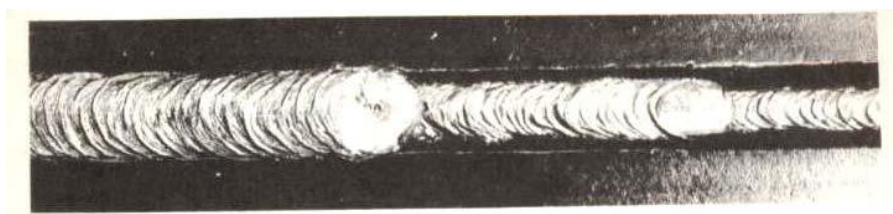
รูปที่ 2.58 แสดงภาพแนวเชื่อมเส้นขนานทำเหนือศีรษะด้วย DCRP หรือ A.C.

2.13.8 เทคนิคการเชื่อม: การเชื่อมรอยเชื่อมต่อชนบากร่อง V ทำระดับ

- ปรับกระแสให้สูง
- จับลวดเชื่อมมุม 90° รอยต่อ แล้วเอียงไป $10^\circ - 20^\circ$
- สายแนวเชื่อมเล็กน้อย



รูปที่ 2.59 แสดงภาพตำแหน่งลวดเชื่อมเมื่อเชื่อมต่อชนบากร่องตัว V ทำราบ



รูปที่ 2.60 แสดงภาพแนวเชื่อมต่อชนบากร่องตัว V ทำราบด้วยลวดเชื่อม DCRP หรือ A.C.

2.14 หลักด้านความปลอดภัย

ข้อควรระวังในการทำงานทั่วไปในโรงงาน (General Shop Precautions)

1. การแต่งกายต้องเรียบร้อยไม่รุ่มร่าม
2. สวมแว่นตานิรภัยเมื่อต้องการเจียร, การเชื่อม, การสกัด, หรือทำงานในลักษณะที่งานอยู่เหนือศีรษะ
3. ควรระมัดระวังเมื่อต้องใช้เครื่องมือที่มีคมหรือยาว ซึ่งอาจเป็นเหตุให้เกิดอันตรายได้
4. อย่าทำงานเชื่อมหรืออยู่ใกล้เตาไป ถ้ามีสิ่งของที่ติดไฟได้พกติดตัวอยู่
5. ถ้าจะทำการแก้ไขอุปกรณ์ไฟฟ้า จะต้องถอดปลั๊ก หรือปิดสวิตช์ไฟฟ้าก่อนทุกครั้ง
6. ก่อนจะหยิบหรือจับชิ้นงาน ต้องแน่ใจว่าชิ้นงานนั้นไม่ร้อน ควรทำเครื่องหมายไว้บนชิ้นงานที่ยังร้อนอยู่เมื่อนำออกมาจากห้องเชื่อมหรือบริเวณที่ทำงานเชื่อม

7. ใช้คีมหรืออุปกรณ์จับชิ้นงานในการจับหรือเคลื่อนย้ายชิ้นงานที่ร้อนไม่ใช่ถุงมือหนังหีบจับ เพราะอาจไหม้ได้
8. ปรับเครื่องมือ – อุปกรณ์ต่าง ๆ ให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งานเช่นเดิมหลังจากทำงานเสร็จแล้วทุกครั้ง
9. ควรทราบถึงหน้าที่ วิธีการใช้อุปกรณ์ เครื่องมือ และเครื่องจักรต่าง ๆ เป็นอย่างดีก่อนจะใช้งาน

2.14.1 ความปลอดภัยในการเชื่อมไฟฟ้า (Safety in Arc Welding)

2.14.1.1 อันตรายจากกระแสไฟฟ้า

- ผู้ปฏิบัติงานมีโอกาสที่จะถูกกระแสไฟฟ้าไหลผ่านร่างกายได้ ถ้าอุปกรณ์ในการเชื่อมเกิดการชำรุด
- ขณะที่ผู้ปฏิบัติงานเชื่อมเป็นสื่อที่ดีของไฟฟ้า เช่น ทำการเชื่อมในที่ชื้นแฉะหรือ ตัวผู้ปฏิบัติงานเปียกชื้น เป็นต้น

2.14.1.2 อันตรายจากรังสีหรือแสงสว่างจ้าจากการอาร์ค

- การอาร์คด้วยไฟฟ้าขณะทำการเชื่อม จะทำให้เกิดแสงสว่างจ้า และประกอบด้วยรังสีที่มีอันตรายอยู่ 2 ชนิด คือ

2.14.1.2.1 รังสีอัลตราไวโอเลต (Ultra-Violet Radiation)

เป็นรังสีที่มีความเข้มของแสงมากเกินกว่าจะสามารถมองด้วยตาเปล่าได้ในระยะใกล้ เมื่อตาของผู้ปฏิบัติงานหรือผู้อื่นที่อยู่ใกล้เคียงบริเวณทำการเชื่อมได้รับรังสีนี้โดยที่ไม่มีอุปกรณ์ป้องกันรังสี ก็จะทำให้เกิดอาการเจ็บตา ตาอักเสบ บวมแดง น้ำตาไหล อาการเหล่านี้เรียกว่า “Arc eye”

อาการจะเริ่มปรากฏเมื่อได้รับรังสีไปแล้วประมาณ 6 ชั่วโมง และอาการนี้จะหายไปเองภายใน 12-24 ชั่วโมง แล้วแต่ความมากน้อยของรังสีที่ได้รับ รังสีนี้ยังทำอันตรายต่อผิวหนังทำให้ผิวหนังบริเวณที่ได้รับรังสีคล้ำ หรือ ผิวไหม้

2.14.1.2.2 รังสีอินฟราเรด (Infrared Radiation)

เป็นรังสีที่เชื่อกันว่าเป็นผลทำให้เกิดต่อกระจกได้ ป้องกันโดยใช้ กระจกกรองแสง (Filter lens) ลดความเข้มของแสงสามารถทำให้มองเห็น การอาร์ค และนัยน์ตาไม่ได้รับอันตรายจากรังสีนั้นๆ ส่วนผิวหนังก็ใช้อุปกรณ์ ปกปิด เช่น ถุงมือหนัง, เสื้อหนัง, ปกอกแขนหนัง เป็นต้น

2.14.1.3 อันตรายจากควัน

- การอาร์คความร้อน ทำให้ลวดเชื่อมหลอมละลายและเผาไหม้ฟลักซ์
- เกิดควันซึ่งมีพิษต่อร่างกายสำหรับผู้สูดควัน
- บริเวณนี้ถือว่ามีปริมาณของออกซิเจนที่น้อยมาก อาจเป็นอันตรายได้

ดังนั้นในการเชื่อมบริเวณที่แคบ ๆ หรือถูกปิดกั้นการถ่ายเทของอากาศก็จะทำให้เกิดอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงานเชื่อมอย่างมากทีเดียว วิธีการป้องกันอันตรายจากควันพิษ นิยมใช้พัดลมดูดระบายอากาศ หรือชุดท่อลมดูดระบายอากาศ

2.14.2 ข้อปฏิบัติให้เกิดความปลอดภัยในงานเชื่อมไฟฟ้า

1. ตรวจสอบชิ้นส่วน อุปกรณ์เพื่อให้แน่ใจว่าทุกชิ้นส่วนอยู่ในสภาพดี ไม่มีไฟฟ้ารั่ว ปิดเครื่องเชื่อมทุกครั้งเมื่อทำงานเสร็จ หรือจะทำการเคลื่อนย้ายเครื่องเชื่อม
2. สวมหน้ากากเชื่อมทุกครั้งเมื่อทำการเชื่อม และใช้กระจกรองแสง (filter lens) เบอร์ที่เหมาะสมกับความเข้มของแสง
3. ตรวจสอบระบบเครื่องมือ อุปกรณ์ ในการทำงานเชื่อมให้พร้อม เช่น ฉนวนหุ้มสายไฟฟ้า จุดต่อของเครื่องกับสายเชื่อม สายดิน เป็นต้น ยามองการเชื่อมด้วยตาเปล่า
4. สวมอุปกรณ์ป้องกันในการเชื่อมไฟฟ้า เช่น ถุงมือหนัง ปลอกแขนหนัง เสื้อหนัง เป็นต้น
5. ควรมีฉากป้องกันแสงจากการอาร์ค เพื่อมิให้รบกวนผู้อื่น
6. ควรเปลี่ยนหรือซ่อมหัวจับลวดเชื่อมเมื่อชำรุดหรือไหม้ไฟ
7. เมื่อทำการเชื่อมเสร็จแล้วให้เอาลวดเชื่อมออกจากหัวจับลวดเชื่อมและแขวนหัวจับลวดเชื่อมให้พ้นจากสายดิน
8. บริเวณทำงานไม่ควรเปียกชื้น เพราะเป็นสาเหตุให้ไฟฟ้าดูดได้
9. บริเวณทำงานไม่ควรมีสิ่งของอื่นเกะกะ รวมทั้งวัสดุไวไฟ และวัสดุที่ติดไฟได้ง่าย เช่น น้ำมัน กระดาษ เชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ เป็นต้น

บทที่ 3

วิธีดำเนินการศึกษาและวิจัย

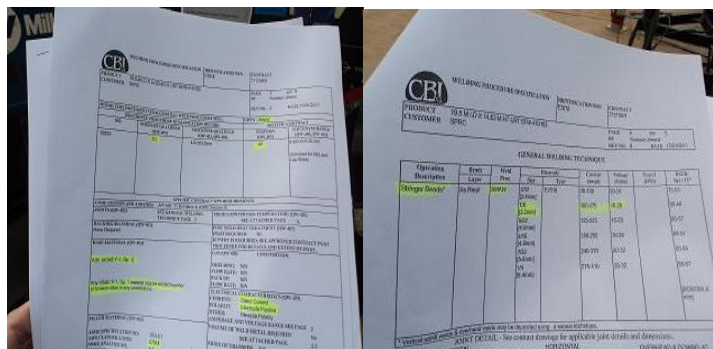
การคัดเลือกช่างเชื่อมโลหะไฟฟ้านั้นจะต้องมีการนำข้อกำหนดของงานเชื่อมของแต่ละงานนั้นๆ มาเป็นตัวนำหลักเพื่อที่จะสามารถทราบได้ในข้อเบื้องต้นว่าเป็นวัสดุชนิดไหนต้องใช้สิ่งใดมาเป็นตัวนำในการหลอมวัสดุทั้งสองชิ้นเข้าด้วยกัน ในที่นี้จากการที่จะทำการทดสอบได้เลือกชนิดการเชื่อมโลหะไฟฟ้าซึ่งสามารถแจกแจงการเตรียมการเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

1. ข้อกำหนดของงานเชื่อมโลหะ Welding Procedure Specification (WPS)
2. ประเภทของวัสดุที่ใช้เป็นชิ้นงานในการทดสอบการเชื่อมโลหะ
3. เครื่องเชื่อมและอุปกรณ์งานเชื่อมโลหะ
4. ลวดเชื่อมที่ใช้ในการเชื่อมชิ้นงานทดสอบ
5. ท่าเชื่อมที่ใช้ในการเชื่อมแผ่นโลหะทดสอบตามมาตรฐาน AWS
6. ช่างเชื่อมฝีมือที่จะทำการทดสอบ
7. อุปกรณ์ในการใช้ควบคุมพารามิเตอร์ในขณะที่เชื่อมโลหะ
8. การวัดควบคุมพารามิเตอร์และการจดบันทึกสภาพการทดสอบ
9. การสร้างเครื่องมือในการศึกษา
10. การทดลองใช้และรวบรวมข้อมูล
11. การวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผล

3.1 ข้อกำหนดของงานเชื่อมโลหะ (Welding Procedure Specification, WPS)

จากการที่ทำการศึกษาและวิจัยในการเพิ่มประสิทธิภาพในการทดสอบงานเชื่อมฝีมือเพื่อที่จะนำไปใช้กับชิ้นงานของจริงที่ต้องการเชื่อมเป็นแผ่นโลหะเหล็กกล้าคาร์บอนความหนาไม่เกิน 20 มิลลิเมตร และเป็นงานก่อสร้างถังรองรับน้ำที่มีแรงดันและอุณหภูมิสูง จากแบบแปลนที่ออกแบบโดยวิศวกรวัสดุที่ใช้ความจำเพาะของแต่ละสิ่งที่เกี่ยวเนื่องกันและความเหมาะสมในการเชื่อมของถังที่จะก่อสร้างการนำข้อกำหนดในการเชื่อมที่ถูกต้องมาใช้กับวัสดุที่มีคุณสมบัติตรงกันคือ ข้อกำหนดการเชื่อม E7018 หรือข้อกำหนดการเชื่อมด้วยลวด E7018 ตามมาตรฐาน AWS มาใช้ในการทดสอบจากการทดสอบฝีมือของช่างเชื่อมที่ผ่านมาไม่ได้นำข้อกำหนดของงานเชื่อมมาใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างเต็มที่

ดังนั้นในการศึกษาการคัดเลือกพนักงานเชื่อมโลหะไฟฟ้านี้จึงอ้างอิงข้อกำหนดนี้เป็นตัวนำในการทดสอบเพื่อให้เกิดผลในการศึกษาและวิจัย



รูปที่ 3.1 แสดงภาพเอกสารข้อกำหนดของการเชื่อมที่ใช้ในการทดสอบการเชื่อมโลหะ

3.2 ประเภทของวัสดุที่ใช้เป็นชิ้นงานในการทดสอบการเชื่อมโลหะ

หลังจากเลือกข้อกำหนดการเชื่อมที่เหมาะสมกับงานเชื่อมชิ้นงานจริงแล้ว พิจารณาจากวัสดุที่ใช้เป็นเหล็กกล้าคาร์บอนชนิด A36 นำชิ้นงานที่จะทำเป็นแบบทดสอบงานเชื่อมมาตัดให้ได้ขนาดตามมาตรฐาน AWS ขนาดกว้าง 4 นิ้ว (100 มิลลิเมตร) และ ยาว 6 นิ้ว (150 มิลลิเมตร) เป็นอย่างน้อย ความหนา 15 มิลลิเมตร เจียรแต่งปากหน้าร่องสำหรับต่อชนประกอบแบบ เชื่อมร่อง 1 ด้าน รูปตัว V หรือ Single V ทำมุมรวมไม่เกิน 60 องศา และมีช่องระยะห่างระหว่างการต่อชนไม่เกิน 3 มิลลิเมตร สำหรับตรวจเช็คการหลอมละลายและซึมลึกกระหว่างชิ้นงานทั้งสองแผ่นในขณะที่ทำการทดสอบ ประกอบและทำการเชื่อมแผ่นเหล็กประกบด้านหลังกันการดึงตัวของชิ้นงานในขณะที่เชื่อมที่มีความร้อนสูงบนชิ้นงาน หลังจากนั้นนำชิ้นงานขึ้นแท่นพร้อมสำหรับการทดสอบงานเชื่อมโลหะ



รูปที่ 3.2 แสดงภาพชิ้นงานประกอบเสร็จพร้อมสำหรับการทดสอบงานเชื่อม

3.3 เครื่องเชื่อมและอุปกรณ์งานเชื่อมโลหะ

เครื่องเชื่อมและอุปกรณ์ต่างๆของงานเชื่อมโลหะในการทดสอบนี้นั้นได้ใช้เครื่องมือที่มีตามเทคโนโลยีปัจจุบันของโรงงานอุตสาหกรรมโดยมีรายละเอียดต่างๆดังต่อไปนี้

- 3.3.1 เครื่องเชื่อมหม้อแปลงเรกติไฟเออร์กระแสตรง ขนาด 500 แอมแปร์
- 3.3.2 คีมจับหรือหัวจับลวดเชื่อม
- 3.3.3 คีมจับสายดิน
- 3.3.4 สายเคเบิลไฟฟ้า ฉนวนหุ้ม PVC
- 3.3.5 ชุดป้องกันสะเก็ดไฟและถุงมือเชื่อมไฟฟ้า
- 3.3.6 หน้ากากเชื่อมและเลนส์กรองแสง
- 3.3.7 กระบอกอบลวดเชื่อม
- 3.3.8 แปรงเหล็กสำหรับทำความสะอาดแนวเชื่อม



รูปที่ 3.3 แสดงภาพเครื่องเชื่อมหม้อแปลงเรกติไฟเออร์กระแสตรงพร้อมใช้งานในการทดสอบ

3.4 ลวดเชื่อมที่ใช้ในการเชื่อมชิ้นงานทดสอบ

การเลือกลวดเชื่อมที่จะทำการทดสอบนั้นอ้างอิงจากข้อกำหนดการเชื่อมที่ระบุไว้โดยลวดเชื่อมที่จะใช้คือลวดเชื่อม E7018 มีคุณสมบัติคือเป็นลวดเชื่อมไฟฟ้าแบบเคลือบหรือหุ้มฟลักซ์ ชนิดไฮโดรเจนต่ำ ใช้เชื่อมต่อชิ้นงานที่เป็นวัสดุชนิดเหล็กกล้าคาร์บอน มีตัวต้านทานแรงดึงน้อย และสามารถเชื่อมได้ทุกท่าใช้ได้กับเครื่องเชื่อมทั้งกระแสตรงและกระแสสลับ



รูปที่ 3.4 แสดงภาพลวดเชื่อมไฟฟ้าที่ใช้ในการทดสอบงานเชื่อมตาม WPS

3.5 ทำเชื่อมที่ใช้ในการเชื่อมแผ่นโลหะทดสอบตามมาตรฐาน AWS

ทำเชื่อมที่ใช้ในการทดสอบงานเชื่อมแผ่นโลหะแบบต่อชนมีร่องรูปตัว V ตามมาตรฐาน American Welding Society (AWS) และมาตรฐานของกรมพัฒนาฝีมือแรงงาน มีอยู่ 4 ทำคือ

1. ทำเชื่อมต่อชนแนวราบ 1G
2. ทำเชื่อมต่อชนแนวระดับหรือแนวข้าง 2G
3. ทำเชื่อมต่อชนแนวตั้ง 3G
4. ทำเชื่อมต่อชนแนวเหนือหัว 4G

การทำการทดสอบงานเชื่อมโลหะทดสอบตามการดำเนินการศึกษานี้ได้เลือกนำมาทำการทดสอบทั้งหมด 3 ทำคือ 2G, 3G และ 4G เนื่องจากทำดังกล่าวทั้ง 3 ทำนั้นครอบคลุมทำเชื่อมแนวราบ 1G ตามมาตรฐานที่กำหนดและเป็นการลดเวลาในการศึกษาในขั้นตอนปฏิบัติและลดค่าใช้จ่ายในการทดสอบในครั้งนี้



รูปที่ 3.5 แสดงภาพทำเชื่อมในการทดสอบงานเชื่อมทำ 2G และ 3G

3.6 ช่างเชื่อมฝีมือที่จะทำการทดสอบ

ช่างเชื่อมฝีมือที่จะทำการทดสอบในการเชื่อมแผ่นโลหะต้องผ่านการฝึกฝนโดยผ่านการอบรมและทดสอบฝีมือมาจากกรมพัฒนาฝีมือแรงงานหรือผ่านการทดสอบเข้าทำงานภายใต้ระบบอุตสาหกรรม การก่อสร้างโดยมีมาตรฐานการเชื่อมที่รองรับเช่นมาตรฐาน AWS หรือ มาตรฐานอุตสาหกรรมการเชื่อม อื่นๆที่เชื่อถือได้ตามแต่ที่มาตรฐานของประเทศนั้นๆนำมาเป็นแบบแผนของการปฏิบัติงานในแต่ละ โครงการก่อสร้างนั้นๆ

ช่างเชื่อมฝีมือที่จะทำการทดสอบและมีสิทธิในการทำการทดสอบต้องมีคุณสมบัติดังนี้

1. ผ่านการฝึกสอนและผ่านการทดสอบฝีมือมาก่อนที่จะเข้ารับการทดสอบ
2. มีทักษะในการเชื่อมโลหะในท่าที่ต้องการทดสอบงานเชื่อม
3. มีฝีมือในงานเชื่อมโลหะนั้นๆตรงตามที่ต้องการทดสอบต้องการ
4. เข้าใจและรู้วิธีการในงานเชื่อมโลหะที่จะทดสอบ
5. มีความอดทนต่อสภาวะการทำงานที่อยู่ในอุณหภูมิที่ร้อน
6. เข้าใจหลักความปลอดภัยในการทำงานเชื่อมโลหะ
7. มีความขยันและใฝ่หาความรู้และวิธีการใหม่เพื่อพัฒนาทักษะในงานเชื่อมโลหะ



รูปที่ 3.6 แสดงภาพการทดสอบการเชื่อมแผ่นโลหะโดยช่างเชื่อมฝีมือที่เข้าทำการทดสอบ

3.7 อุปกรณ์ในการใช้ควบคุมพารามิเตอร์ในขณะเชื่อมโลหะ

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำการศึกษากการพัฒนาการทดสอบฝีมือช่างเชื่อมนี้เป็นเครื่องมือสำคัญในการทำการทดสอบเนื่องจากหลักปฏิบัติที่ผิดก่อนหน้าในการทำการทดสอบคือการเชื่อมโลหะในแต่ละครั้งจะมีการปรับเปลี่ยนกระแสไฟฟ้าโดยช่างเชื่อมที่กระทำการเชื่อมอยู่เมื่อเชื่อมและสังเกตเห็นน้ำ ลวดเชื่อมในขณะหลอมเหลวผ่านแว่นกรองแสงแล้วมีการหลอมเร็วก็จะให้คนที่อยู่ใกล้กับเครื่องเชื่อม ไฟฟ้าหรือผู้ช่วยช่างทำการปรับกระแสไฟฟ้าให้ทั้งมีเพิ่มและลดกระแสไฟในขณะทำการเชื่อมซึ่งอาจมี

การผิดพลาดเนื่องจากกระแสไฟฟ้าที่สูงหรือต่ำเกินไปขัดกับการใช้ข้อกำหนดของงานเชื่อมซึ่งมีการระบุสิ่งที่จะต้องทำตามและมีการทดสอบผ่านการตรวจสอบจนเป็นผลลัพธ์ที่เป็นรูปแบบตามมาตรฐานของงานเชื่อมแล้วดังนั้นการใช้เครื่องมือนี้จึงเป็นปัจจัยหลักที่จะทำให้เกิดการศึกษาในการเชื่อมที่ส่งผลต่องานเชื่อมในวัตถุประสงค์นี้

อุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมพารามิเตอร์ของงานเชื่อมโลหะไฟฟ้ามีดังนี้

1. คลิปแอมมิเตอร์ เครื่องมือวัดกระแสไฟฟ้า
2. เทอร์โมมิเตอร์ เครื่องมือวัดอุณหภูมิ

3.7.1 คลิปแอมมิเตอร์ เครื่องมือวัดกระแสไฟฟ้า

ในขณะที่มีการเชื่อมชิ้นงานทดสอบในแต่ละท่าและในแต่ละแนวจะเริ่มนำคลิปแอมมิเตอร์มาวัดกระแสไฟฟ้าของเครื่องเชื่อมโดยใช้เป็นตัวคอนโทรลกระแสไฟฟ้าเพื่อการหลอมละลายและการซึมลึกของลวดเชื่อมกับชิ้นงานทดสอบให้เป็นไปตามข้อกำหนดรายละเอียดของงานเชื่อมตามขั้นตอนของทฤษฎีนำมาใช้ในงานปฏิบัติจริง การควบคุมกระแสไฟฟ้าจากการปรับที่เครื่องเชื่อมเพื่อให้อยู่ในย่านกระแสที่ต้องการแล้ว ตัววัดคลิปแอมมิเตอร์และค่าที่อ่านที่วัดได้จะนำมาเพื่อเป็นตัวเปรียบเทียบว่าแหล่งพลังงานของเครื่องเชื่อมนั้นมีกระแสไฟฟ้าที่จ่ายจากเครื่องไปสู่สายเคเบิลไฟฟ้าจนครบวงจรไปสู่ยังชิ้นงานนั้นเป็นไปตามที่ต้องการจริงหรือไม่แล้วทำการจดบันทึกข้อมูลเพื่อทำการรวบรวม



รูปที่ 3.7 แสดงภาพคลิปแอมมิเตอร์สำหรับใช้วัดควบคุมกระแสไฟฟ้าในการทดสอบงานเชื่อม

3.7.2 เทอร์โมมิเตอร์ เครื่องมือวัดอุณหภูมิ

ในการเชื่อมทดสอบชิ้นงานนั้นเพื่อป้องกันความร้อนที่เกินความต้องการที่มีผลต่อชิ้นงานในขณะทำการทดสอบ ที่จะส่งผลเสียต่อคุณสมบัติของวัสดุเกิดการดึงตัวและโมเลกุลของวัสดุเปลี่ยนไปทำให้เกิดความไม่สมบูรณ์ในการเชื่อมประสาน จึงมีการนำเทอร์โมมิเตอร์หรือเครื่องวัดอุณหภูมิเข้ามาร่วมใช้ในการทดสอบชิ้นงานด้วยในระหว่างการทดสอบเพื่อที่จะได้หยุดการเดินลวดเชื่อมก่อนที่ชิ้นงานจะมีความร้อนสะสมเกินไป



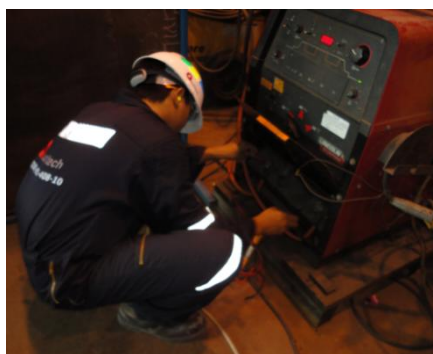
รูปที่ 3.8 แสดงภาพเทอร์โมมิเตอร์สำหรับใช้วัดควบคุมอุณหภูมิในการทดสอบงานเชื่อม

3.8 การวัดควบคุมพารามิเตอร์และการจดบันทึกสภาพการทดสอบ

การวัดควบคุมพารามิเตอร์ใช้พื้นฐานในการวัดมาจากข้อกำหนดรายละเอียดของงานเชื่อมก่อนเริ่มทำการทดสอบงานเชื่อมตั้งค่านานกระแสไฟฟ้า และแรงดันไฟฟ้าที่เครื่องเชื่อมตามข้อกำหนดของงานเชื่อม เชื่อมทดสอบกับวัสดุที่ต่อสายดินให้ครบวงจรแล้วทำการเชื่อมแบบทดลองกระแสไฟฟ้า นำคลิปแอมมิเตอร์จับทดลองที่สายเชื่อมทั้งที่ต้นสายติดกับเครื่องเชื่อมเพื่อตรวจสอบดูความแตกต่างของกระแสไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าซึ่งเป็นการตรวจสอบและตั้งค่าเครื่องมือในการควบคุมพารามิเตอร์ในการทดสอบด้วย เมื่อเริ่มทำการทดสอบงานเชื่อมทำการจับเวลาตั้งแต่เริ่มเชื่อมขึ้นงานตรวจวัดกระแสไฟฟ้า และแรงดันไฟฟ้า อุณหภูมิ และความเร็วในขณะที่ทำการเชื่อมทดสอบต่อชิ้นงานโดยตรวจวัดแต่ละชั้นแนวเชื่อมตามข้อกำหนดงานเชื่อมตรวจสอบโดยละเอียดและทำการบันทึก



รูปที่ 3.9 แสดงภาพการปรับกระแสไฟฟ้าสำหรับทดสอบงานเชื่อม



รูปที่ 3.10 แสดงภาพการวัดกระแสไฟฟ้าในการทดสอบงานเชื่อม1



รูปที่ 3.11 แสดงภาพการวัดกระแสไฟฟ้าในการทดสอบงานเชื่อม2



รูปที่ 3.12 แสดงภาพการวัดอุณหภูมิในการทดสอบงานเชื่อม



รูปที่ 3.13 แสดงภาพการจดบันทึกการควบคุมพารามิเตอร์ในการทดสอบงานเชื่อม

3.9 การสร้างเครื่องมือในการศึกษา

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างเครื่องมือในการศึกษา เป็นแบบประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งมีขั้นตอนในการสร้างแบบประเมินดังนี้

3.9.1 วิเคราะห์ลักษณะของข้อมูลที่ต้องการ

เป็นขั้นแรกของการสร้างแบบประเมิน ก็คือทำการวิเคราะห์ลักษณะของข้อมูลที่ต้องการในการวิจัย โดยวิเคราะห์จากจุดประสงค์การวิจัย กำหนดโครงสร้างของเนื้อหาแบบสอบถาม แบ่งออกเป็น 3 ตอนคือ

ตอนที่ 1 เป็นข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญซึ่งเป็นแบบเลือกตอบ

ตอนที่ 2 เป็นข้อมูลแบบสอบถามคิดเห็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า โดยแบ่งออกเป็น 3 ระดับ

- | | |
|----|--|
| +1 | หมายถึง แน่ใจว่าจุดประเมินวัดได้ตรงตามที่ระบุไว้จริง |
| 0 | หมายถึง ไม่แน่ใจว่าจุดประเมินวัดได้ตรงตามที่ระบุไว้จริง |
| -1 | หมายถึง แน่ใจว่าจุดประเมินไม่ได้วัดได้ตรงตามที่ระบุไว้จริง |

ตอนที่ 3 เป็นคำถามแบบปลายเปิดสำหรับผู้ตอบแบบสอบถาม แสดงความคิดเห็นเพิ่มเติมและให้ข้อเสนอแนะต่างๆ

3.9.2 กำหนดรูปแบบของคำถาม

ศึกษาวิธีการสร้างแบบสอบถามจากตำรา หรืองานวิจัยอื่น แล้วกำหนดรูปแบบของแบบสอบถาม

3.9.3 เขียนแบบสอบถามฉบับร่าง

ลงมือเขียนแบบสอบถามฉบับร่าง ตามโครงสร้างของเนื้อหาของแบบสอบถาม และตามหลักในการสร้าง และรูปแบบที่กำหนดไว้

3.9.4 ให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณา

นำแบบสอบถามไปให้ผู้เชี่ยวชาญในด้านที่จะศึกษา และด้านวัดผลพิจารณาความถูกต้องของข้อคำถามแต่ละข้อ แล้วนำเอาข้อวิจารณ์เหล่านั้นมาพิจารณาแก้ไขให้เหมาะสม

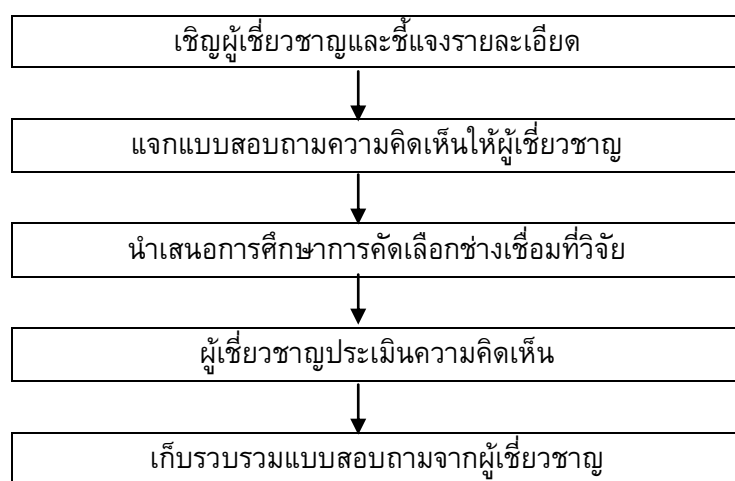
3.9.5 ทดลองใช้ และปรับปรุง

นำแบบสอบถามไปทดลองใช้กับผู้ที่มิใช่ลักษณะคล้ายกลุ่มตัวอย่าง หรือกลุ่มประชากรจำนวน 15 คน เพื่อพิจารณาความชัดเจนของข้อคำถามต่างๆ ปัญหาที่อาจจะพบในขณะตอบ แล้วนำข้อวิจารณ์เหล่านั้นมาพิจารณาแก้ไขปรับปรุงแบบสอบถามให้เหมาะสม

3.9.6 พิมพ์แบบสอบถามฉบับจริง

3.10 การทดลองใช้และรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลการประเมินหาประสิทธิภาพของการคัดเลือกช่างเชื่อมไฟฟ้าโดยการเก็บข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญที่ได้จากแบบประเมินความคิดเห็น จำนวน 15 ชุด ที่ผู้วิจัยได้จัดทำขึ้นมาประเมินผล ซึ่งมีขั้นตอนในการเก็บรวบรวมข้อมูลดังนี้



แสดงขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยผู้เชี่ยวชาญ

3.11 การวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผล

การวิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผลการวิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

3.11.1 ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล

เพื่อหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างผลที่ได้จากการทดลองกับค่าทางทฤษฎีจากผู้เชี่ยวชาญ และเก็บรวบรวมข้อมูลโดยคิดเป็นค่าเฉลี่ย (IOC)

สถิติที่ใช้ในการคำนวณ และวิเคราะห์ข้อมูล มีดังนี้

$$\text{สูตร IOC} = \frac{\sum R}{N}$$

เมื่อ IOC = คือ ค่าดัชนีความสอดคล้องตามสมมติฐานของการวิจัย
 $\sum R$ = คือ ค่าผลรวมของคะแนนจากผู้เชี่ยวชาญ
 N = คือ จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

3.11.2 การวิเคราะห์ดำเนินการเป็นขั้นตอน ดังนี้

3.11.2.1 นำแบบสอบถาม และโครงการกรณีศึกษาการคัดเลือกพนักงานเชื่อมโลหะไฟฟ้าไปให้ผู้เชี่ยวชาญแต่ละคนพิจารณาถึงความเห็นว่าจะประเมินแต่ละข้อวัดได้ตรงตามที่ระบุไว้หรือไม่ โดยกำหนดคะแนนความคิดเห็นไว้ ดังนี้

+1	หมายถึง	แน่ใจว่าจุดประเมินวัดได้ตรงตามที่ระบุไว้จริง
0	หมายถึง	ไม่แน่ใจว่าจุดประเมินวัดได้ตรงตามที่ระบุไว้จริง
-1	หมายถึง	แน่ใจว่าจุดประเมินไม่ได้วัดได้ตรงตามที่ระบุไว้จริง

3.11.2.2 บันทึกผลการพิจารณาความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเนื้อหาวิชาแต่ละคนในแต่ละข้อแล้วหาคะแนนผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมดเป็นรายข้อแทนค่าสูตร

3.11.2.3 กำหนดคะแนนจุดตัด เพื่อที่จะหาค่าคะแนนที่ต่ำที่สุดที่ยอมรับว่าแบบสอบถามสามารถวัดได้ตรงตามที่ระบุไว้ และเนื่องจากเกณฑ์การยอมรับนี้ต้องไม่เปลี่ยนแปลงไปตามจุดประเมินแต่ละข้อ ดังนั้นจึงกำหนดคะแนนจุดตัดเท่ากันหมดทุกข้อคือเท่ากับ 0.5

3.11.2.4 แปลความหมายดัชนีความสอดคล้องระหว่างการคัดเลือกช่างเชื่อม
โลหะไฟฟ้ากับจุดประเมิณ ถ้าค่าดัชนีที่คำนวณได้มากกว่า หรือเท่ากับ 0.5 แสดงว่า แน่ใจว่าจุด
ประเมิณวัดได้ตรงตามที่ระบุไว้จริง ถ้าค่าดัชนีที่คำนวณได้น้อยกว่า 0.5 แสดงว่า แน่ใจว่าจุด
ประเมิณไม่สามารถวัดได้ตามที่ระบุไว้จริง

บทที่ 4

ผลการศึกษาและวิจัย

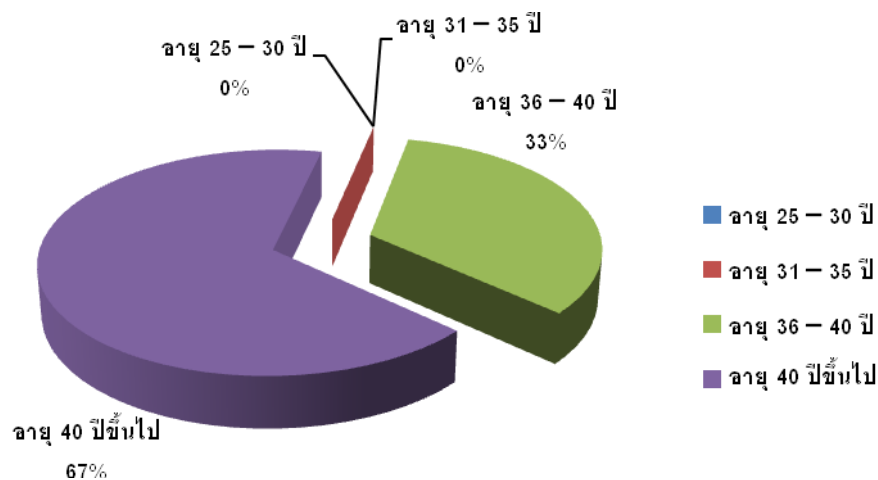
จากการดำเนินการตามวัตถุประสงค์ของโครงการ ผู้จัดทำได้เก็บรวบรวมข้อมูลทั้งหมดที่ได้จากการทดลอง และแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อการคัดเลือกพนักงานเชื่อมโลหะไฟฟ้าจำนวน 15 ชุด แล้วนำมาวิเคราะห์ข้อมูลว่าผู้เชี่ยวชาญมีความสอดคล้องกันในระดับใด โดยแสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามความคิดเห็นในรูปของกราฟ และตารางประกอบคำบรรยายโดยแบ่งผลการศึกษออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

1. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้เชี่ยวชาญ
2. ผลการวิเคราะห์ความเห็นของผู้เชี่ยวชาญโดยแยกออกเป็นด้านต่าง ๆ
3. ผลการวิเคราะห์ความเห็นของผู้เชี่ยวชาญโดยรวมต่อกรณีศึกษาการคัดเลือกพนักงานเชื่อมโลหะไฟฟ้า

4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้เชี่ยวชาญ

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้เชี่ยวชาญ ผู้ศึกษาได้แบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 3 ส่วนดังนี้

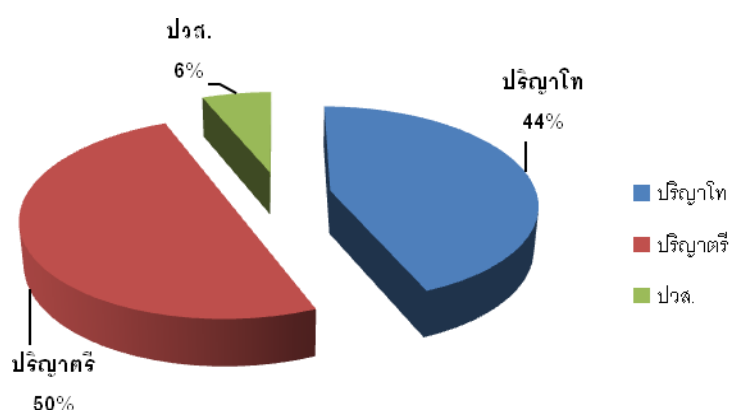
4.1.1 ระดับอายุของผู้เชี่ยวชาญ



รูปที่ 4.1 แสดงภาพระดับอายุของผู้เชี่ยวชาญ

จากรูปที่ 4.1 พบว่าผู้เชี่ยวชาญที่ใช้ในการประเมินคุณภาพของกรณีศึกษาการคัดเลือกพนักงานเชื่อมโลหะไฟฟ้า มีอายุระหว่าง 25-30 ปี จำนวน 0 คน มีอายุระหว่าง 31-35 ปี จำนวน 0 คน มีอายุระหว่าง 36-40 ปี จำนวน 5 คน และอายุระหว่าง 40 ปีขึ้นไป จำนวน 10 คนซึ่งถือได้ว่าผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด มีวุฒิเพียงพอในการประเมินคุณภาพของกรณีศึกษาการคัดเลือกพนักงานเชื่อมโลหะไฟฟ้า

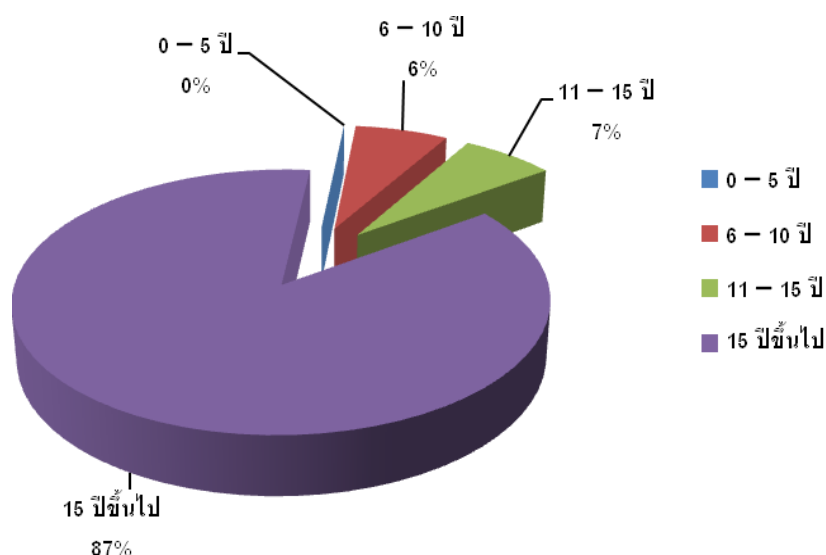
4.1.2 ระดับการศึกษาของผู้เชี่ยวชาญ



รูปที่ 4.2 แสดงภาพระดับการศึกษาของผู้เชี่ยวชาญ

จากรูปที่ 4.2 พบว่าผู้เชี่ยวชาญที่ใช้ในการประเมินคุณภาพของกรณีศึกษาการคัดเลือกพนักงานเชื่อมโลหะไฟฟ้า จบการศึกษาระดับปริญญาโท จำนวน 8 คน เป็นระดับปริญญาตรี จำนวน 6 คน และเป็นระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง จำนวน 1 คน ซึ่งถือได้ว่าผู้เชี่ยวชาญสามารถประเมินคุณภาพของกรณีศึกษาการคัดเลือกพนักงานเชื่อมโลหะไฟฟ้า โดยใช้วิจารณญาณของผู้เชี่ยวชาญได้เอง

4.1.3 ประสบการณ์ทำงานของผู้เชี่ยวชาญ

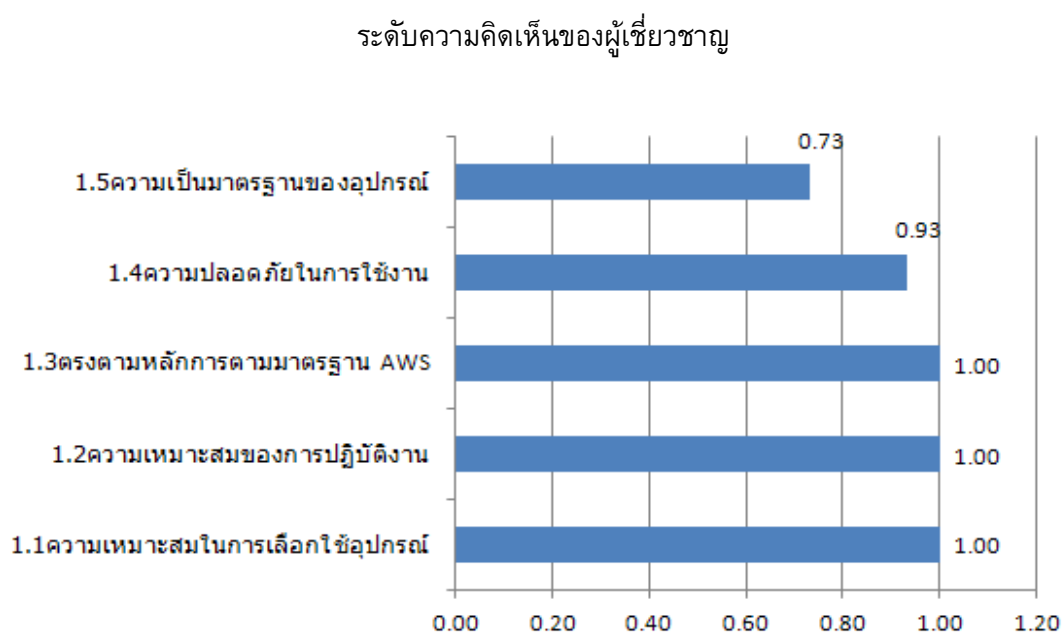


รูปที่ 4.3 แสดงภาพประสบการณ์ทำงานของผู้เชี่ยวชาญ

จากรูปที่ 4.3 พบว่าผู้เชี่ยวชาญที่ใช้ในการประเมินคุณภาพของกรณีศึกษาการคัดเลือกพนักงานเชื่อมโลหะไฟฟ้า มีประสบการณ์ในการทำงาน 0-5 ปี จำนวน 0 คน มีประสบการณ์ในการทำงาน 6-10 ปี จำนวน 1 คน มีประสบการณ์ในการทำงาน 11-15 ปี จำนวน 1 คน และมีประสบการณ์ในการทำงานมากกว่า 15 ปีขึ้นไป จำนวน 13 คน ซึ่งถือได้ว่าผู้เชี่ยวชาญมีประสบการณ์อยู่ในเกณฑ์ที่ดี

4.2 ผลการวิเคราะห์ความเห็นของผู้เชี่ยวชาญโดยแยกออกเป็นด้านต่าง ๆ

4.2.1 ความเห็นของผู้เชี่ยวชาญในด้านวัตถุประสงค์เพื่อใช้เป็นปัจจัยร่วมในการคัดเลือกพนักงานเชื่อมโลหะไฟฟ้า

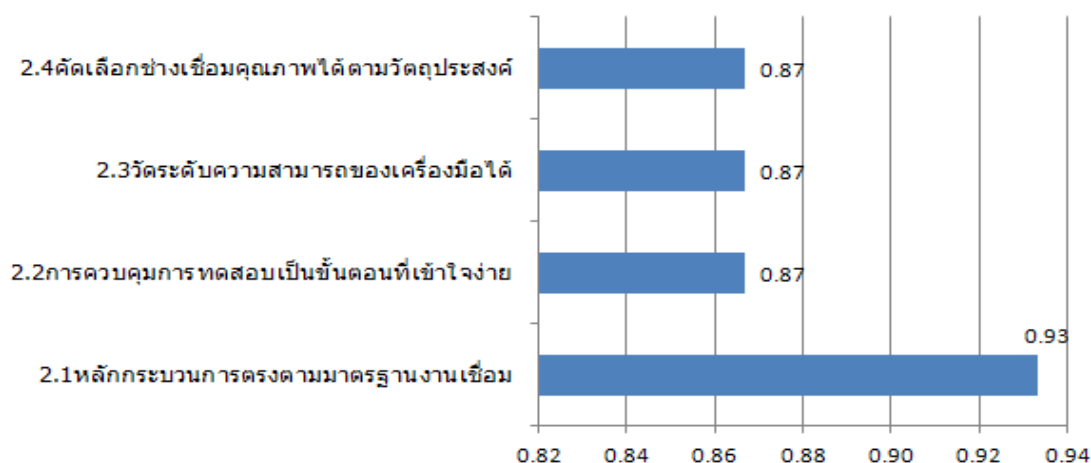


รูปที่ 4.4 แสดงภาพค่า IOC ระดับความเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านวัตถุประสงค์
เพื่อใช้เป็นปัจจัยร่วมในการคัดเลือกพนักงานเชื่อมโลหะไฟฟ้า

จากรูปที่ 4.4 พบว่าผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นสอดคล้องกันในด้านวัตถุประสงค์เพื่อใช้เป็นปัจจัยร่วมในการคัดเลือกพนักงานเชื่อมโลหะไฟฟ้า โดยผลการตอบแบบสอบถามของผู้เชี่ยวชาญมีค่า IOC อยู่ในระดับเกินกว่า 0.7 ได้แก่ ความเหมาะสมในการเลือกใช้อุปกรณ์, ความเหมาะสมของการปฏิบัติงาน, ตรงตามหลักการตามมาตรฐาน AWS, ความปลอดภัยในการใช้งาน และความเป็นมาตรฐานของอุปกรณ์ มีค่า IOC อยู่ในระดับ สูงกว่า 0.80 ซึ่งค่า IOC โดยรวมอยู่ในระดับ 0.93 ซึ่งหมายความว่าผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นสอดคล้องกันว่าค่าดัชนีนี้มีความสอดคล้องกันตามสมมติฐานของการทำโครงการ อยู่ในระดับดี

4.2.2 ความเห็นของผู้เชี่ยวชาญในด้านวัตถุประสงค์เพื่อนำไปหาประสิทธิภาพในการคัดเลือกพนักงานเชื่อมโลหะไฟฟ้า

ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ



รูปที่ 4.5 แสดงภาพค่า IOC ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญในด้านวัตถุประสงค์เพื่อนำไปหาประสิทธิภาพในการคัดเลือกพนักงานเชื่อมโลหะไฟฟ้า

จากรูปที่ 4.5 พบว่าผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นสอดคล้องกันในด้านวัตถุประสงค์เพื่อนำไปหาประสิทธิภาพในการคัดเลือกพนักงานเชื่อมโลหะไฟฟ้า โดยผลการตอบแบบสอบถามของผู้เชี่ยวชาญมีค่า IOC อยู่ในระดับ เกินกว่า 0.80 ได้แก่ หลักกระบวนการตรงตามมาตรฐานงานเชื่อม, การควบคุมการทดสอบเป็นขั้นตอนที่เข้าใจง่าย, วัดระดับความสามารถของเครื่องมือได้ และคัดเลือกช่างเชื่อมคุณภาพได้ตามวัตถุประสงค์ ซึ่งหมายความว่าผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นสอดคล้องกันว่าค่าดัชนีมีความสอดคล้องกันตามสมมติฐานของการทำโครงการ อยู่ในระดับดี

4.3 ผลการวิเคราะห์ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญโดยรวมต่อกรณีศึกษาการคัดเลือกพนักงานเชื่อมโลหะไฟฟ้า

หลังจากผู้เชี่ยวชาญได้ประเมินคุณภาพของกรณีศึกษาการคัดเลือกพนักงานเชื่อมโลหะไฟฟ้า โดยใช้แบบสอบถามผลการประเมิน เป็นดังนี้

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงผลการประเมินกรณีศึกษาการคัดเลือกพนักงานเชื่อมโดยผู้เชี่ยวชาญ 15 ท่าน
ทั้ง 9 จุด ประเมิน

จำนวนผู้เชี่ยวชาญ																	
จุด ประเมิน	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Sum	IOC
1.1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	15	1.00
1.2	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	15	1.00
1.3	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	15	1.00
1.4	+1	+1	+1	+1	+1	+1	0	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	14	0.93
1.5	+1	0	0	0	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	0	+1	+1	11	0.73
2.1	0	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	14	0.93
2.2	+1	+1	+1	+1	+1	+1	0	+1	0	+1	+1	+1	+1	+1	+1	13	0.87
2.3	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	0	+1	+1	+1	0	+1	+1	13	0.87
2.4	+1	+1	+1	+1	+1	+1	-1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	13	0.87

จากตารางที่ 4.1 ตารางแสดงผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 15 ท่าน ที่ทำการประเมินกรณีศึกษาการคัดเลือกพนักงานเชื่อมโลหะไฟฟ้า ทั้ง 9 จุดประเมินตามแบบสอบถามที่ผู้จัดทำได้ทำขึ้น และได้ผลการประเมิน ดังนี้

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญโดยรวมต่อกรณีศึกษาการคัดเลือกพนักงานเชื่อมโลหะไฟฟ้า

จุดประเมิน	IOC
1	1.00
2	1.00
3	1.00
4	0.93
5	0.73
6	0.93
7	0.87
8	0.87
9	0.87
$IOC = \frac{\sum R}{N} = 0.91$	

จากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญต่อกรณีศึกษาการคัดเลือกพนักงานเชื่อมโลหะไฟฟ้าโดยรวมที่ได้จากการประเมินทั้งหมด 9 จุดประเมิน ได้ค่า IOC เท่ากับ 0.91 แสดงให้เห็นว่าผู้เชี่ยวชาญทั้ง 15 ท่าน มีความเห็นสอดคล้องกันว่ากรณีศึกษาการคัดเลือกพนักงานเชื่อมโลหะไฟฟ้ามีคุณภาพ และประสิทธิภาพในการคัดเลือกพนักงานเชื่อม สามารถนำไปใช้เป็นปัจจัยร่วมในการจัดระดับฝีมือพนักงานเชื่อมได้ตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย เพราะค่า IOC ของจุดประเมินเท่ากับ 0.91 ซึ่งเกณฑ์ดังกล่าวนี้ผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นสอดคล้องกันว่ากรณีศึกษาการคัดเลือกพนักงานเชื่อมโลหะไฟฟ้าสามารถนำไปใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ และเป็นไปตามสมมุติฐานของการวิจัย

บทที่ 5

สรุปผล อภิปราย และข้อเสนอแนะ

การศึกษาวิจัย เรื่องกรณีศึกษาการคัดเลือกพนักงานเชื่อมโลหะไฟฟ้ามีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ในการควบคุมการคัดเลือกการทดสอบช่างเชื่อมก่อนเข้าทำงาน โดยที่สามารถคัดเลือกพนักงานเชื่อมได้ตามต้องการ และสามารถจัดระดับฝีมือของช่างเชื่อมได้ ซึ่งมีการตั้งสมมติฐานว่า ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญมีความสอดคล้องกันในด้านคุณภาพของกรณีศึกษา โดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งแบบสอบถามเป็นประมาณค่า 3 ระดับ ซึ่งระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญมีค่า IOC เท่ากับ 0.91 ซึ่งถือได้ว่า ผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นสอดคล้องกันในด้านคุณภาพของกรณีศึกษาการคัดเลือกพนักงานเชื่อมโลหะไฟฟ้า สำหรับการวิจัยครั้งนี้ผู้จัดทำสามารถสรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ ดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

ข้อมูลจากแบบสอบถามความเห็นที่ได้ประเมิน โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 15 ท่าน ซึ่งผู้เชี่ยวชาญได้มีความเห็นต่อกรณีศึกษาการคัดเลือกพนักงานเชื่อมโลหะไฟฟ้า เพื่อใช้เป็นปัจจัยร่วมในการทำการทดสอบ โดยผู้จัดทำสามารถแยกสรุปผลการประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญออกเป็นประเด็นต่างๆได้ดังนี้

5.1.1 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญในด้านวัตถุประสงค์เพื่อใช้เป็นปัจจัยร่วมในการคัดเลือกพนักงานเชื่อมโลหะไฟฟ้า ผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นสอดคล้องกันว่า ความเหมาะสมในการเลือกใช้อุปกรณ์ , ความเหมาะสมของการปฏิบัติงาน, ตรงตามหลักการตามมาตรฐาน AWS, ความปลอดภัยในการใช้งาน , ความเป็นมาตรฐานของอุปกรณ์ ในระดับค่า IOC เท่ากับ 0.93 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดไว้

5.1.2 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญในด้านวัตถุประสงค์เพื่อนำไปหาประสิทธิภาพในการคัดเลือกพนักงานเชื่อมโลหะไฟฟ้า ผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นว่า กรณีศึกษาการคัดเลือกพนักงานเชื่อมโลหะไฟฟ้า มีหลักการตรงตามมาตรฐานงานเชื่อม, การควบคุมการทดสอบเป็นขั้นตอนที่เข้าใจง่าย, วัดระดับความสามารถของเครื่องมือได้, สามารถคัดเลือกช่างเชื่อมคุณภาพได้ตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ และสอดคล้องกันในทุกจุดประเมิน ในระดับค่า IOC เท่ากับ 0.88 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดไว้

5.2 อภิปรายผล

ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อกรณีศึกษาการคัดเลือกพนักงานเชื่อมโลหะไฟฟ้า เพื่อใช้เป็นปัจจัยร่วมในการทดสอบคัดเลือกช่างเชื่อม ส่วนใหญ่มีความเห็นสอดคล้องกันว่า การคัดเลือกพนักงานเชื่อมโลหะไฟฟ้า มีคุณภาพ สามารถนำไปใช้ในการคัดเลือก ได้จริง เฉลี่ยแล้วมีความคิดเห็นว่าการคัดเลือกพนักงานเชื่อมโลหะไฟฟ้านี้มีคุณภาพ แน่ใจว่าจุดประเมินวัดวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ได้จริง และสามารถอภิปรายผลประเด็นที่ผู้เชี่ยวชาญแน่ใจว่าจุดประเมินวัดวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ได้จริง และไม่แน่ใจว่าจุดประเมินวัดวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ได้จริง ดังนี้

5.2.1 จุดประเมินที่ผู้เชี่ยวชาญแน่ใจว่าจุดประเมินวัดวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ได้จริง คือจุดประเมินความเหมาะสมในการเลือกใช้อุปกรณ์, ความเหมาะสมของการปฏิบัติงาน, ตรงตามหลักการตามมาตรฐานAWS มีความชัดเจน ซึ่งอาจเป็นเพราะว่า การคัดเลือกพนักงานเชื่อมนี้ มีการเลือกใช้คุณสมบัติของอุปกรณ์ที่เหมาะสมกับสภาพการใช้งาน และมีประสิทธิภาพในการใช้งานสูง

5.2.2 จุดประเมินที่ผู้เชี่ยวชาญไม่แน่ใจว่าจุดประเมินวัดวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ได้จริง คือจุดประเมินที่บอกถึง ความปลอดภัยในการใช้งาน และความเป็นมาตรฐานของอุปกรณ์ ซึ่งอาจเป็นเพราะเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยอาจจะไม่ได้ทำการสอบเทียบเครื่องมือให้ได้ตามค่ามาตรฐาน และจากการวิจัยไม่ได้บ่งชี้ถึงความปลอดภัยในการใช้งานอย่างชัดเจน

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

กรณีศึกษาการคัดเลือกพนักงานเชื่อมโลหะไฟฟ้านี้ ผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นว่า

5.3.1.1 เครื่องมือวัดที่ใช้ควรมีเอกสารอ้างอิงการปรับตั้งค่ามาตรฐาน

(Calibration Certificate) ด้วย

5.3.1.2 การคัดเลือกพนักงานเชื่อมโลหะไฟฟ้าจะต้องใช้ความรู้พื้นฐานและประสบการณ์ประกอบเข้าด้วยกันในการทดสอบและคัดเลือกซึ่งผู้จัดทำโครงการนี้มีความรู้พื้นฐานและประสบการณ์อย่างดีจึงสามารถสรุปโครงการได้เป็นอย่างดีและเหมาะสม

5.3.1.3 เอกสารอ้างอิงข้อกำหนดของการเชื่อมควรวางในเอกสารการวิจัยอย่างชัดเจนให้สามารถอ่านรายละเอียดข้อกำหนดของเอกสารได้

เอกสารอ้างอิง

- ไพฑูรย์ วชิรวงศ์ภิญโญ. งานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น ปีที่พิมพ์ กันยายน 2548
- สบสันต์ อุตกฤษฎ์, อำนาจ ช่อตรง, รุ่งโรจน์ ศรีจามร งานเชื่อมและตัดโลหะด้วยแกสออกซิเจน-อะซิทีลีน
- พิมพ์ครั้งที่ 1 ปีที่พิมพ์ มกราคม 2521
- ศาสตราจารย์บุญญศักดิ์ ใจจงกิจ คณิตศาสตร์ช่าง ช่างเชื่อม ช่างหล่อ ช่างท่อ ช่างโลหะแผ่น ช่างเหล็กสร้าง พิมพ์ครั้งที่ 1 พ.ศ. 2521
- เว็บไซต์ www.supradit.com/contents/metal/Data/2/2.html
- เว็บไซต์ www.mtec.or.th/images/users/78/55FAQ_Arc.../01_Welding.pdf

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
ภาพประกอบการคัดเลือกพนักงานเชื่อมโลหะไฟฟ้า
ของ บริษัท ซีบีไอ (ประเทศไทย) จำกัด



รูปที่ ก 1 แสดงภาพชิ้นงานที่ใช้ในการทดสอบคัดเลือกช่างเชื่อมโลหะไฟฟ้า



รูปที่ ก 2 แสดงภาพอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมพารามิเตอร์ของเครื่องเชื่อมไฟฟ้า



รูปที่ ก 3 แสดงภาพการตั้งท่า 2G, 3G และ 4G ของชิ้นงานทดสอบ



รูปที่ ก 4 แสดงภาพการปรับตั้งกระแสไฟฟ้าของเครื่องเชื่อม



รูปที่ ก 5 แสดงภาพการตรวจวัดควบคุมแรงดันกระแสไฟฟ้าของเครื่องเชื่อม

CBIT WELDING PARAMETER RECORD

Welder ID	Amp	Volts	Travel Speed (mm/min)	Electrode	Gas	Shielding Gas	Weld Type	Weld Position	Weld Length (mm)	Weld Date
W001	200	100	10	1/8" 3/16" 6000/1	Ar	Ar	GTAW	1G	100	10/10/10
W002	150	80	15	1/8" 3/16" 6000/1	Ar	Ar	GTAW	1G	100	10/10/10
W003	100	60	20	1/8" 3/16" 6000/1	Ar	Ar	GTAW	1G	100	10/10/10
W004	80	50	25	1/8" 3/16" 6000/1	Ar	Ar	GTAW	1G	100	10/10/10
W005	60	40	30	1/8" 3/16" 6000/1	Ar	Ar	GTAW	1G	100	10/10/10
W006	40	30	35	1/8" 3/16" 6000/1	Ar	Ar	GTAW	1G	100	10/10/10
W007	200	100	10	1/8" 3/16" 6000/1	Ar	Ar	GTAW	1G	100	10/10/10
W008	150	80	15	1/8" 3/16" 6000/1	Ar	Ar	GTAW	1G	100	10/10/10
W009	100	60	20	1/8" 3/16" 6000/1	Ar	Ar	GTAW	1G	100	10/10/10
W010	80	50	25	1/8" 3/16" 6000/1	Ar	Ar	GTAW	1G	100	10/10/10
W011	60	40	30	1/8" 3/16" 6000/1	Ar	Ar	GTAW	1G	100	10/10/10
W012	40	30	35	1/8" 3/16" 6000/1	Ar	Ar	GTAW	1G	100	10/10/10
W013	200	100	10	1/8" 3/16" 6000/1	Ar	Ar	GTAW	1G	100	10/10/10
W014	150	80	15	1/8" 3/16" 6000/1	Ar	Ar	GTAW	1G	100	10/10/10
W015	100	60	20	1/8" 3/16" 6000/1	Ar	Ar	GTAW	1G	100	10/10/10
W016	80	50	25	1/8" 3/16" 6000/1	Ar	Ar	GTAW	1G	100	10/10/10
W017	60	40	30	1/8" 3/16" 6000/1	Ar	Ar	GTAW	1G	100	10/10/10
W018	40	30	35	1/8" 3/16" 6000/1	Ar	Ar	GTAW	1G	100	10/10/10
W019	200	100	10	1/8" 3/16" 6000/1	Ar	Ar	GTAW	1G	100	10/10/10
W020	150	80	15	1/8" 3/16" 6000/1	Ar	Ar	GTAW	1G	100	10/10/10
W021	100	60	20	1/8" 3/16" 6000/1	Ar	Ar	GTAW	1G	100	10/10/10
W022	80	50	25	1/8" 3/16" 6000/1	Ar	Ar	GTAW	1G	100	10/10/10
W023	60	40	30	1/8" 3/16" 6000/1	Ar	Ar	GTAW	1G	100	10/10/10
W024	40	30	35	1/8" 3/16" 6000/1	Ar	Ar	GTAW	1G	100	10/10/10
W025	200	100	10	1/8" 3/16" 6000/1	Ar	Ar	GTAW	1G	100	10/10/10
W026	150	80	15	1/8" 3/16" 6000/1	Ar	Ar	GTAW	1G	100	10/10/10
W027	100	60	20	1/8" 3/16" 6000/1	Ar	Ar	GTAW	1G	100	10/10/10
W028	80	50	25	1/8" 3/16" 6000/1	Ar	Ar	GTAW	1G	100	10/10/10
W029	60	40	30	1/8" 3/16" 6000/1	Ar	Ar	GTAW	1G	100	10/10/10
W030	40	30	35	1/8" 3/16" 6000/1	Ar	Ar	GTAW	1G	100	10/10/10

Amp x Volt x 60 / (Travel speed x 1000)

รูปที่ ก 6 แสดงภาพการจดบันทึกข้อมูลที่วัดได้จากการควบคุมพารามิเตอร์



รูปที่ ก 7 แสดงภาพการตรวจสอบความสมบูรณ์ของชิ้นงานเชื่อมด้วยสายตา



รูปที่ ก 8 แสดงภาพชิ้นงานทดสอบสำเร็จและผ่านการตรวจสอบ

ภาคผนวก ข
รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

ผู้เชี่ยวชาญที่ใช้ในการประเมินคุณภาพของการคัดเลือกพนักงานเชื่อมโลหะไฟฟ้ามีรายชื่อดังต่อไปนี้

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ	ข้อมูลของผู้เชี่ยวชาญ
1. นาย เปรมยศ ผักสีม่วง	อายุ 48 ปี ระดับการศึกษา ปริญญาโท สาขา วิศวกรรมเครื่องกล ตำแหน่ง ผู้จัดการแผนกโครงการ สถานที่ทำงานบริษัท ปตท. เคมีคอล กรุ๊ป จำกัด มหาชน ประสบการณ์การทำงาน 20 ปี
2. นาย กิตติพงษ์ นกดารา	อายุ 39 ปี ระดับการศึกษา ปริญญาโท สาขา วิศวกรรมเครื่องกล ตำแหน่ง ผู้จัดการแผนก RELIABILITY สถานที่ทำงานบริษัท สตาร์บิโตรเลียม จำกัด ประสบการณ์การทำงาน 17 ปี
3. นาย พิสิฐ พุทธิพงษ์	อายุ 39 ปี ระดับการศึกษา ปริญญาโท สาขา วิศวกรรมเครื่องกล ตำแหน่ง ผู้จัดการแผนก RELIABILITY สถานที่ทำงานบริษัท ปตท. เคมีคอล กรุ๊ป จำกัด มหาชน ประสบการณ์การทำงาน 17 ปี
4. นาย สุชาติ บุษพาเจริญ	อายุ 42 ปี ระดับการศึกษา ปริญญาโท สาขา วิศวกรรมเครื่องกล ตำแหน่ง วิศวกรฝ่ายตรวจสอบ สถานที่ทำงานบริษัท สตาร์บิโตรเลียม จำกัด ประสบการณ์การทำงาน 18 ปี
5. นาย อติเรก เขียวเจริญ	อายุ 43 ปี ระดับการศึกษา ปริญญาโท สาขา วิศวกรรมเครื่องกล ตำแหน่ง วิศวกรฝ่ายตรวจสอบ สถานที่ทำงานบริษัท ปตท. เคมีคอล กรุ๊ป จำกัด มหาชน ประสบการณ์การทำงาน 18 ปี

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ	ข้อมูลของผู้เชี่ยวชาญ
6. นาย สมาน มุฮัมหมัดฮุสเซน	อายุ 42 ปี ระดับการศึกษา ปริญญาตรี สาขา วิศวกรรมเครื่องกล ตำแหน่ง ผู้จัดการโครงการ สถานที่ทำงานบริษัท ซีบีไอ (ประเทศไทย) จำกัด ประสบการณ์การทำงาน 18 ปี
7. นาย ภูมิพัฒน์ บัวสรวง	อายุ 38 ปี ระดับการศึกษา ปริญญาโท สาขา วิศวกรรมเครื่องกล ตำแหน่ง ผู้จัดการตรวจสอบเครื่องกล สถานที่ทำงานบริษัท ปตท. เคมีคอล กรุ๊ป จำกัด มหาชน ประสบการณ์การทำงาน 18 ปี
8. นาย สุรสันต์ จิวน้อย	อายุ 46 ปี ระดับการศึกษา ปริญญาตรี วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ตำแหน่ง ผู้จัดการฝ่ายควบคุมคุณภาพ สถานที่ทำงานบริษัท ซีบีไอ (ประเทศไทย) จำกัด ประสบการณ์การทำงาน 20 ปี
9. นาย โกวิท ร่องแก้ว	อายุ 45 ปี ระดับการศึกษา ปริญญาโท สาขา วิศวกรรมเครื่องกล ตำแหน่ง วิศวกรฝ่ายตรวจสอบ สถานที่ทำงานบริษัท สตาร์บิโตรเลียม จำกัด ประสบการณ์การทำงาน 18 ปี
10. นาย เชาวลิต ชูทอง	อายุ 42 ปี ระดับการศึกษา ปริญญาตรี สาขา วิศวกรรมเครื่องกล ตำแหน่ง Weld QA/QC Engineer สถานที่ทำงานบริษัท ซีบีไอ (ประเทศไทย) จำกัด ประสบการณ์การทำงาน 14 ปี

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ	ข้อมูลของผู้เชี่ยวชาญ
11. นาย ประสิทธิ์ โสดาพรหม	อายุ 36 ปี ระดับการศึกษา ปริญญาตรีวิชาชีพชั้นสูง ตำแหน่ง วิศวกรแผนกควบคุมคุณภาพ สถานที่ทำงานบริษัท ซีบีไอ (ประเทศไทย) จำกัด ประสบการณ์การทำงาน 17 ปี
12. นาย มนัส สาริบุตร	อายุ 45 ปี ระดับการศึกษา ปริญญาตรี สาขา วิศวกรรมเครื่องกล ตำแหน่ง ผู้จัดการแผนกควบคุมคุณภาพ สถานที่ทำงานบริษัท ซีบีไอ (ประเทศไทย) จำกัด ประสบการณ์การทำงาน 20 ปี
13. นาย อภิสิทธิ์ศักดิ์ นาเมืองรักษ์	อายุ 40 ปี ระดับการศึกษา ปริญญาตรี สาขา วิศวกรรมเครื่องกล ตำแหน่ง วิศวกรฝ่ายวางแผน สถานที่ทำงานบริษัท ซีบีไอ (ประเทศไทย) จำกัด ประสบการณ์การทำงาน 17 ปี
14. นาย ณรงค์ ชูวิเชียร	อายุ 40 ปี ระดับการศึกษา ปริญญาโท สาขา วิศวกรรมเครื่องกล ตำแหน่ง วิศวกรฝ่ายตรวจสอบ สถานที่ทำงานบริษัท สตาร์บิโตรเลียม จำกัด ประสบการณ์การทำงาน 15 ปี
15. นาย ศรีสกุล เดชศักดิ์ดา	อายุ 36 ปี ระดับการศึกษา ปริญญาตรี สาขา วิศวกรรมเครื่องกล ตำแหน่ง วิศวกรฝ่ายตรวจสอบ สถานที่ทำงานบริษัท สตาร์บิโตรเลียม จำกัด ประสบการณ์การทำงาน 8 ปี

ภาคผนวก ค

แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่ใช้ในการประเมิน
ประสิทธิภาพการคัดเลือกพนักงานเชื่อมโลหะไฟฟ้า
ของ บริษัท ซีบีไอ (ประเทศไทย) จำกัด

รายนามผู้เชี่ยวชาญ

ชื่อ นาย _____ สกุล _____ อายุ _____ ปี
สถานที่ทำงาน _____
ตำแหน่ง _____
วุฒิการศึกษา _____
สาขาที่จบ _____
วุฒิการศึกษา _____
สาขาที่จบ _____
ความรู้เชี่ยวชาญด้าน _____ ประสบการณ์ _____ ปี

แบบสอบถาม
เรื่องกรณีศึกษาการคัดเลือกพนักงานเชื่อมโลหะไฟฟ้า
ของ บริษัท ซีบีไอ (ประเทศไทย) จำกัด

☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆

แบบสอบถามชุดนี้จัดทำขึ้น โดยขอความกรุณาท่านตอบแบบสอบถามตามความเป็นจริง เพื่อเป็นข้อมูลในการนำไปประเมินเพื่อพัฒนาการคัดเลือกพนักงานเชื่อมโลหะไฟฟ้าให้มีประสิทธิภาพต่อไป คำตอบของท่านจะได้รับการประมวลผลและวิเคราะห์ในภาพรวมซึ่งจะไม่ส่งผลกระทบต่อตัวท่านแต่ประการใด

แบบสอบถามชุดนี้แบ่งเป็น 3 ตอน คือ

ตอนที่ 1 ข้อมูลของผู้ตอบแบบสอบถาม

ตอนที่ 2 ความเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อการคัดเลือกพนักงานเชื่อมโลหะไฟฟ้า
 ของ บริษัท ซีบีไอ (ประเทศไทย) จำกัด

ตอนที่ 3 ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

ตอนที่ 1 ข้อมูลของผู้ตอบแบบสอบถาม

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง ☐ ที่ตรงกับความเป็นจริงมากที่สุด

1. อายุ

☐ 25 – 30 ปี

☐ 31 – 35 ปี

☐ 36 – 40 ปี

☐ 40 ปีขึ้นไป

2. ระดับการศึกษา

☐ ต่ำกว่าปริญญาตรี

☐ ปริญญาตรี

☐ ปริญญาโท

☐ สูงกว่าปริญญาโท

3. ประสบการณ์ทางด้านการปฏิบัติงาน

☐ 0 – 5 ปี

☐ 6 – 10 ปี

☐ 11 – 15 ปี

☐ 15 ปีขึ้นไป

**แบบประเมินความสอดคล้องของการใช้กรณีศึกษาการคัดเลือกพนักงานเชื่อมโลหะไฟฟ้า
ของ บริษัท ซีบีไอ (ประเทศไทย) จำกัด**

ตอนที่ 2 ความเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อการคัดเลือกพนักงานเชื่อมโลหะไฟฟ้า
ของบริษัท ซีบีไอ (ประเทศไทย) จำกัด

คำชี้แจง โปรดแสดงความคิดเห็นของท่านที่มีต่อการคัดเลือกพนักงานเชื่อมโลหะไฟฟ้าของ
บริษัท ซีบีไอ (ประเทศไทย) จำกัด โปรดพิจารณาว่าจุดประเมินแต่ละหัวข้อต่อไปนี้ วัดตรงตาม
จุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ระบุไว้หรือไม่ แล้ววัดผลการพิจารณาของท่าน โดยทำเครื่องหมาย
(/) ลงในช่องคะแนนที่พิจารณาตามความเห็นของท่าน

คะแนนการพิจารณา

ช่อง +1 หมายถึง แน่ใจว่าจุดประเมินวัดได้ตรงตามที่ระบุไว้จริง

ช่อง 0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าจุดประเมินวัดได้ตรงตามที่ระบุไว้จริง

ช่อง -1 หมายถึง แน่ใจว่าจุดประเมินไม่ได้วัดได้ตรงตามที่ระบุไว้จริง

แบบประเมินความสอดคล้องของผู้เชี่ยวชาญ

วัตถุประสงค์	จุดประเมิน	คะแนนการพิจารณา		
		+1	0	-1
1. เพื่อใช้เป็นปัจจัยร่วมในการ คัดเลือกพนักงานเชื่อมโลหะ ไฟฟ้า	1.1 ความเหมาะสมในการเลือกใช้อุปกรณ์			
	1.2 ความเหมาะสมของการปฏิบัติงาน			
	1.3 ตรงตามหลักการตามมาตรฐาน AWS			
	1.4 ความปลอดภัยในการใช้งาน			
	1.5 ความเป็นมาตรฐานของอุปกรณ์			

วัตถุประสงค์	จุดประเมิน	คะแนนการพิจารณา		
		+1	0	-1
2.เพื่อนำไปหาประสิทธิภาพในการคัดเลือกพนักงานเชื่อมโลหะไฟฟ้า	2.1หลักการตรงตามมาตรฐานงานเชื่อม			
	2.2 การควบคุมการทดสอบเป็นขั้นตอนที่เข้าใจง่าย			
	2.3 วัดระดับความสามารถของเครื่องมือได้			
	2.4 คัดเลือกช่างเชื่อมคุณภาพได้ตามวัตถุประสงค์			

ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

ลงชื่อ -----

(-----)

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	: นาย ไพโรจน์ พอค้า
ปริญญานิพนธ์	: การศึกษาการคัดเลือกพนักงานเชื่อมโลหะไฟฟ้า ของ บริษัท ซีบีไอ (ประเทศไทย) จำกัด
สาขา	: เทคโนโลยีการจัดการอุตสาหกรรม
ประวัติการศึกษา	: มัธยมศึกษา โรงเรียนคำเขื่อนแก้วชนูปถัมภ์ อ.คำเขื่อนแก้ว จ.ยโสธร : ปวช. วิทยาลัยเทคนิคยโสธร อ.เมือง จ.ยโสธร : ปวส. วิทยาลัยเทคนิคลำปาง อ.เมือง จ.ลำปาง
สถานที่ทำงาน	: บริษัท ซีบีไอ (ประเทศไทย) จำกัด

ประวัติผู้เขียน (ต่อ)

ชื่อ : นางสาว ภัทราพรรณ ทิพย์เกต
ปริญญานิพนธ์ : กรณีศึกษาการคัดเลือกพนักงานเชื่อมโลหะไฟฟ้า
ของ บริษัท ซีบีไอ (ประเทศไทย) จำกัด
สาขา : เทคโนโลยีการจัดการอุตสาหกรรม
ประวัติการศึกษา : มัธยมศึกษา โรงเรียนวัดป่าประดู่ จ.ระยอง
: ปวช. เทคนิคบริหารธุรกิจกรุงเทพ จ.กรุงเทพมหานคร
: ปวส. วิทยาลัยเทคนิคระยอง จ.ระยอง
สถานที่ทำงาน : บริษัท พีทีที อาซาฮี เคมิคอล จำกัด จ.ระยอง

ประวัติผู้เขียน (ต่อ)

ชื่อ	: นางสาว มลฤดี ดวงจันทร์
ปริญญานิพนธ์	: การศึกษาการคัดเลือกพนักงานเชื่อมโลหะไฟฟ้า ของ บริษัท ซีบีไอ (ประเทศไทย) จำกัด
สาขา	: เทคโนโลยีการจัดการอุตสาหกรรม
ประวัติการศึกษา	: มัธยมศึกษา โรงเรียนบ้านค่าย อ.บ้านค่าย จ.ระยอง : ปวช. เทคโนโลยีภาคตะวันออก (อี.เทค) อ.พานทอง จ.ชลบุรี : ปวส. เทคโนโลยีภาคตะวันออก (อี.เทค) อ.พานทอง จ.ชลบุรี
สถานที่ทำงาน	: กิจการส่วนตัว