



การลดเวลาการทำงานของการเชื่อมแขนรูดักแบบกึ่งอัตโนมัติ

Boom Semi Auto Welding and Positioner (SAW/P) cycle time reduction

นางสาวณัฐกฤตา กรกมนรัตน์

โครงการสหกิจศึกษาเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

พ.ศ. 2561

การลดเวลาการทำงานของการเชื่อมแขนรชุดักแบบกึ่งอัตโนมัติ

Boom Semi Auto Welding and Positioner (SAW/P) cycle time reduction

นางสาวณัฐกฤตา กรกมนรัตน์

โครงการสหกิจศึกษานี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีไทย - ญี่ปุ่น

ปีการศึกษา 2561

คณะกรรมการสอบ

..... ประธานกรรมการสอบ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ อัญชลี สุพิทักษ์)

..... กรรมการสอบ
(ดร.กรกฎ เหมสถาปัตย์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพล ลิ้มจิระจรัส)

..... ประธานสหกิจศึกษาสาขาวิชา
(รองศาสตราจารย์ ดร.พิศุทธิ์ พงศ์ชัยฤกษ์)

ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีไทย - ญี่ปุ่น

ชื่อโครงการ	การลดเวลาการทำงานของเครื่องเชื่อมแขนรถชุดตกแบบกึ่งอัตโนมัติ Boom Semi Auto Welding and Positioner (SAW/P) cycle time reduction
ผู้เขียน	นางสาวณัฐกฤตา กรกมนรัตน์
คณะวิชา	วิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพล ลิ้มจิระจรัส
พนักงานที่ปรึกษา	นางสาวอริศยา หนูขงค์
ชื่อบริษัท	บริษัทบางกอกโคมัตสุ จำกัด
ประเภทธุรกิจ / สินค้า	1.เชื่อมและประกอบรถชุดตกแบบไฮดรอลิก 2.ผลิตชิ้นส่วนงานหล่อของรถชุดตกและรถโฟล์คลิฟท์

บทสรุป

จากการศึกษาแผนการผลิตส่วนแขนรถชุดตก(Boom) ในปี 2018 ของ Welding Line พบว่า สถานี SAW/P ซึ่งเป็นการเชื่อมแบบกึ่งอัตโนมัติ ใช้เวลาในกระบวนการทำงานนานที่สุด ดังนั้นเพื่อลดเวลาของกระบวนการทำงานในสถานี SAW/P จึงมีการปรับปรุงโดยการ Update software G-Robot จาก C3 ให้เป็น C4 จากการปรับปรุงโดยการ Update software G-Robot สามารถลดเวลาของกระบวนการทำงานในสถานี SAW/P จาก 177 นาที เหลือ 160 นาที หรือคิดเป็น 9.6%

Project's name	Boom Semi Auto Welding and Positioner(SAW/P) cycle time reduction
Writer	Miss. Natkita Kornkamonrat
Faculty	Faculty of Engineering , Industrial Engineering Program
Faculty advisor	Assoc. Prof. Dr. Nuttapol Limjeerajarus
Job Supervisor	Ms. Athitiya Nooyong
Company's name	BANGKOK KOMATSU CO., LTD
Business type / Product	1. Fabrication and Assembly Hydraulic Excavators 2. Casting part for Hydraulic Excavators and Forklift

Summary

According to Welding Line's 2018 plan, the SAW/P is a semi auto welding. Take the longest in the cycle time of line boom. In order to reduce the cycle time in the SAW / P station, it was improved by updating the G-Robot software from C3 to C4. From improvement updating the G-robot software, the cycle time in the SAW / P station can be reduced from 177 minutes to 160 minutes or 9.6%

กิตติกรรมประกาศ

ในการที่ข้าพเจ้าได้เข้ารับการฝึกงานที่บริษัท บางกอกโคมิตส์ จำกัด ตั้งแต่วันที่ 4 มิถุนายน ถึงวันที่ 28 กันยายน 2561 ส่งผลให้ข้าพเจ้าได้รับความรู้ในเรื่องของการทำงานต่างๆ และ ประสบการณ์ที่ดีๆมากมาย โดยรายงานสหกิจเล่มนี้จะเสร็จสมบูรณ์ไม่ได้ถ้าไม่ได้รับความช่วยเหลือในเรื่องข้อมูลต่างๆ จากบุคลากรดังนี้

1. คุณสาโรจน์ ศรีทองนาก
2. คุณภัลลภ หุ่นเก่า
3. คุณอธิติยา หนูยงค์
4. คุณพินิจ ชูโชติ

รวมไปถึงบุคลากรท่านอื่นๆด้วย ที่ได้ช่วยให้คำแนะนำต่างๆ ข้าพเจ้าอยากขอบคุณทุกๆท่าน ที่ให้การช่วยเหลือต่างๆ ทำให้การทำรายงานเล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีตลอดจนการดูแลตลอดการสหกิจศึกษา และให้ความเข้าใจเกี่ยวกับชีวิตการทำงาน และขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพล ลิ้มจิระจรัส อาจารย์ที่ปรึกษาสหกิจศึกษา ที่ให้คำแนะนำแก่ข้าพเจ้าตลอดระยะเวลา 4 เดือน ข้าพเจ้าขอขอบคุณ ไว้ ณ ที่นี้

นางสาวณัฐกฤตา กรกมนรัตน์

ผู้จัดทำ

TNI

สารบัญ

หน้า

บทสรุป.....	ก
Summary.....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญภาพ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ณ

บทที่

1.บทนำ.....	1
1.1 ชื่อและที่ตั้งของสถานประกอบการ.....	1
1.2 ลักษณะธุรกิจของสถานประกอบการ หรือ การให้บริการหลักขององค์กร.....	1
1.3 รูปแบบการจัดองค์กรและการบริหารองค์กร.....	3
1.4 ตำแหน่งและหน้าที่งานที่นักศึกษาได้รับมอบหมาย.....	4
1.5 พนักงานที่ปรึกษา และ ตำแหน่งของพนักงานที่ปรึกษา.....	4
1.6 ระยะเวลาที่ปฏิบัติงาน.....	4
1.7 ที่มาและความสำคัญของปัญหา.....	4

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

1.8 วัตถุประสงค์หรือจุดมุ่งหมายของโครงการ.....	4
1.9 ผลที่คาดว่าจะได้รับจากการปฏิบัติงานหรือโครงการที่ได้รับมอบหมาย.....	5
1.10 นิยามศัพท์เฉพาะ.....	5
2. ทฤษฎีและเทคโนโลยีที่ใช้ในการปฏิบัติงาน.....	6
2.1 ประวัติความเป็นมาของการเชื่อม.....	6
2.2 ประเภทของการเชื่อม.....	7
2.2.1 การเชื่อมอาร์ค.....	7
2.2.2 การเชื่อมแก๊ส.....	20
2.2.3 การเชื่อมด้านทาน.....	26
2.2.4 การเชื่อม Laser.....	27
2.2.5 การเชื่อมเทอร์มิต.....	28
2.3 การปรับปรุงคุณสมบัติแนวเชื่อมหลังการเชื่อม.....	28
2.4 การเชื่อมโดยใช้แขนกลในอุตสาหกรรม.....	29
3. แผนงานการปฏิบัติงานและขั้นตอนการดำเนินงาน.....	39
3.1 แผนงานปฏิบัติงาน.....	39
3.2 รายละเอียดโครงการ.....	39

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

3.3 ขั้นตอนการดำเนินงานที่นักศึกษาปฏิบัติงานหรือโรงงาน.....	40
4. ผลการดำเนินงาน การวิเคราะห์และสรุปผลต่างๆ.....	46
4.1 ผลการดำเนินงาน.....	46
4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	46
5. บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....	49
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน.....	49
5.2 ประโยชน์ที่นักศึกษาได้รับ.....	49
บรรณานุกรม.....	50
ภาคผนวก.....	53
ก. รายงานปฏิบัติงานประจำสัปดาห์.....	54
ข. การทำงาน และ กิจกรรมต่างๆ.....	72
ประวัติผู้จัดทำโครงการ.....	77

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 โรงงานของบริษัทบางกอกโคมิตส์.....	1
1.2 ส่วนประกอบหลักของตัวรถชุดตก.....	2
1.3 ชิ้นส่วนรถชุดตกและรถโฟล์คลิฟต์.....	2
1.4 ภาพแผนผังองค์กรของแผนก Production Engineering.....	3
2.1 การเชื่อมไฟฟ้า (Shielded Metal Arc Welding,SMAW).....	8
2.2 องค์ประกอบการเชื่อมแบบทิก.....	9
2.3 หัวเชื่อมทิก หรือ Gas tungsten arc welding (GTAW).....	10
2.4 แก๊สปกคลุมเหนือบ่อหลอมและบริเวณต่างๆ ในการเชื่อม GMAW.....	15
2.5 ระบบการเชื่อมใต้ฟลักซ์หรือการเชื่อมซับเมอร์จ.....	17
2.6 การเชื่อมแบบ EWS.....	19
2.7 การเชื่อมแก๊ส.....	20
2.8 ถังอะเซติลีน.....	21
2.9 ถังออกซิเจน.....	22
2.10 เกจปรับแรงลมแบบอะเซติลีน.....	23
2.11 เกจปรับแรงลมแบบออกซิเจน.....	23
2.12 หัวเชื่อมออกซี-อะเซติลีน.....	24
2.13 เหล็กทำความสะอาดหัวเชื่อมแก๊ส.....	24
2.14 สายเชื่อมที่ต่อกับถังอะเซติลีนและท่อออกซิเจน.....	25
2.15 หลักการเชื่อมแบบด้านทาน.....	26
2.16 การเชื่อม laser.....	27

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
2. 17 ภาพการเชื่อมรางรถไฟ.....	28
2. 18 การสอนหุ่นยนต์อุตสาหกรรมให้ทำงานเชื่อมโดยสั่งงานผ่านแป้นสอน (ผู้ที่นั่งเป็นคนถือแป้น).....	30
2. 19 โครงสร้างคาร์ทีเซียนหรือโครงสร้างฉาก.....	31
2. 20 โครงสร้างทรงกระบอก ซึ่งสามารถหมุนแขนได้รอบตัว.....	31
2. 21 โครงสร้างเชิงขั้ว.....	32
2. 22 โครงสร้างมนุษย์.....	33
2. 23 ระบบควบคุมหุ่นยนต์.....	35
2. 24 แผงควบคุมหุ่นยนต์ด้วยระบบคอมพิวเตอร์.....	36
2. 25 แผงควบคุมหุ่นยนต์ด้วยระบบคอมพิวเตอร์.....	37
2. 26 หุ่นยนต์อุตสาหกรรมโครงสร้างมนุษย์ที่พัฒนาโดยสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี.....	37
3. 1 แผนงานการฝึกงาน.....	39
3. 2 แผนการผลิตชิ้นส่วน(Boom , Revo Frame , Track Frame) ในปี 2018 ของทางบริษัท.....	40
3. 3 Process Flow ของ Boom.....	41
3. 4 แผนภูมิแสดงการวิเคราะห์ปัญหาใน Boom Line.....	42
3. 5 แผนภูมิขั้นตอนการทำงานของกระบวนการ SAW/P.....	44
3. 6 ลักษณะของการเชื่อม G-Robot C3 และ C4	45
4.1 แผนภูมิ Boom Line ก่อนการปรับปรุง.....	47
4. 2 แผนภูมิ Boom Line หลังการปรับปรุง	48

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ค่าศักย์การแตกตัวเป็นไอของแก๊ส.....	16
3.1 อธิบาย Boom Process.....	41
3.2 ขั้นตอนการทำงานของพนักงานในสถานี SAW/P.....	43
4.1 เวลาการทำงานของ G-Robot C3 และ C4 และ SAW.....	46

TNI

สภำบบัณฑการเทคโนโลยีไทย - ญุ่

THAI - NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ชื่อและที่ตั้งของสถานประกอบการ

บริษัท บางกอกโคมัตสึ จำกัด

ที่ตั้ง 700/21 หมู่ 5 นิคมอุตสาหกรรมอมตะนคร ถนนบางนา-ตราด ตำบลคลองตำหรุ อำเภอ
เมืองชลบุรี จังหวัด ชลบุรี 20000

1.2 ลักษณะธุรกิจของสถานประกอบการ หรือ การให้บริการหลักขององค์กร

ทางบริษัทบางกอกโคมัตสึ เป็นบริษัทที่ทำงานเกี่ยวกับ ผลิตและประกอบรถชุดตกไฮโดรลิก โดย
ทางโรงงานได้แบ่งออกเป็น 3 ส่วนด้วยกัน คือ

1. โรงงานเชื่อม(Fabrication (F1))
2. โรงงานประกอบ(Assembly (F2))
3. โรงงานหล่อ(Casting (F3))



Fabrication (F1)



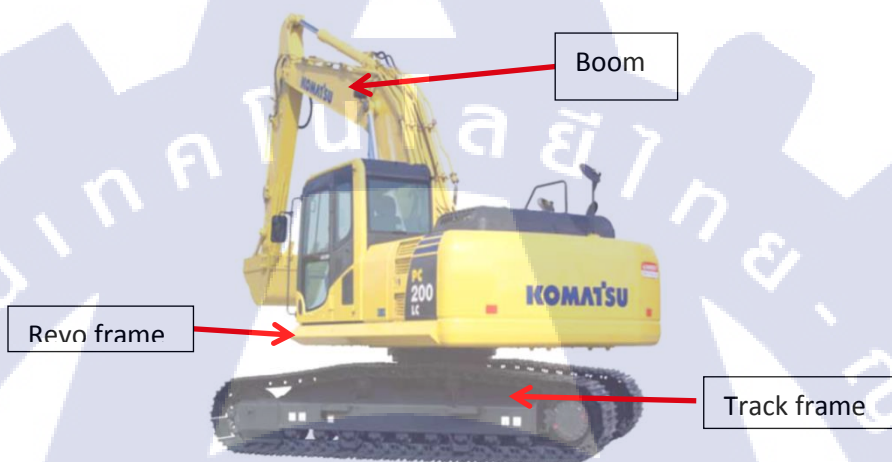
Assembly (F2)



Casting (F3)

ภาพที่ 1.1 โรงงานของบริษัทบางกอกโคมัตสึ

โดยโรงงานเชื่อมจะเป็นโรงงานที่ทำงานเกี่ยวกับ ส่วนประกอบหลักๆของตัวรถขุดก็คือ Boom (ส่วนแขนของรถขุด), Track Frame (ส่วนขับเคลื่อนของรถขุด) และ Revo Frame (ส่วนฐานรองรับเครื่องยนต์และที่นั่งคนขับของรถขุด) แล้ว จะนำส่วนประกอบเหล่านี้ ส่งต่อไปยังโรงงานประกอบเพื่อประกอบเป็นตัวรถขุดดินตะขาบ (HYDRAULIC EXCAVATOR) ส่วน โรงงานหล่อ จะผลิตชิ้นส่วนงานหล่อของรถขุดและชิ้นส่วนงานหล่อรถโฟล์คลิฟต์เพื่อส่งออก



ภาพที่ 1.2 ส่วนประกอบหลักของตัวรถขุด

(Export)

Excavator parts

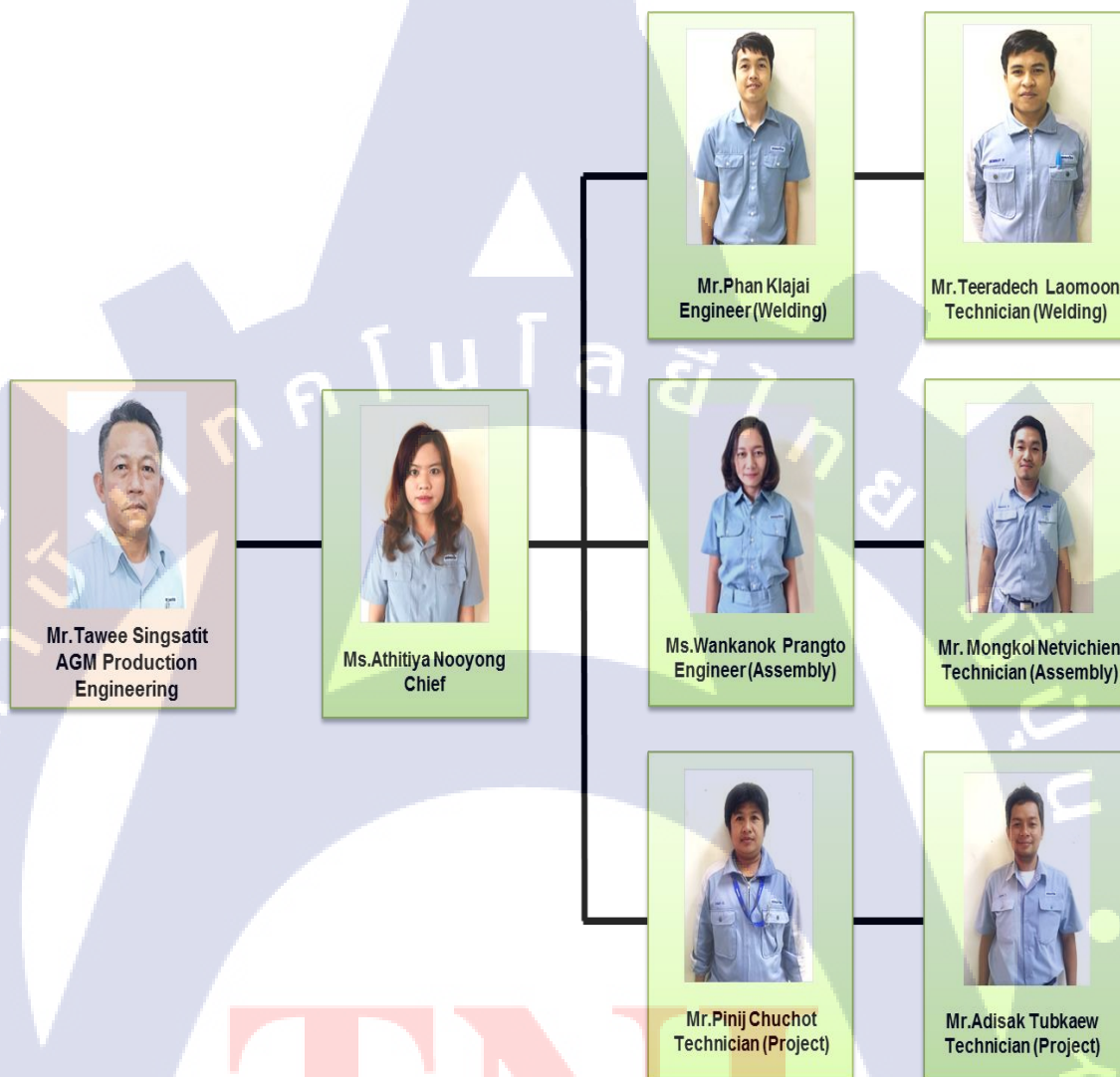


Forklift parts



ภาพที่ 1.3 ชิ้นส่วนรถขุดและรถโฟล์คลิฟต์

1.3 รูปแบบการจัดองค์กรและการบริหารองค์กร



ภาพที่ 1.4 ภาพแผนผังองค์กรของแผนก Production Engineering

1.4 ตำแหน่งและหน้าที่งานที่นักศึกษาได้รับมอบหมาย

ตำแหน่ง นักศึกษาฝึกงาน

หน้าที่ ดูแลในส่วนของการเชื่อม Boom (ส่วนแขนของรถขุดตัก)

1.5 พนักงานที่ปรึกษา และ ตำแหน่งของพนักงานที่ปรึกษา

ชื่อ นางสาวอริติยา หนูยงค์

ตำแหน่ง หัวหน้าแผนกวิศวกรรม

1.6 ระยะเวลาที่ปฏิบัติงาน

4 มิถุนายน 2561 ถึง 28 กันยายน 2561

1.7 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากในปัจจุบันการเชื่อมประกอบชิ้นส่วน Boom (ส่วนแขนของรถขุดตัก) นั้น มีปัญหาเรื่องการใช้เวลานานอยู่ตรงสถานี SAW/P (การเชื่อมกึ่งอัตโนมัติ) เนื่องจากชิ้นส่วนของ Boom มีความต้องการของลูกค้ามากที่สุด โดยสามารถส่ง Boom ให้กับลูกค้า ทั้งแบบชิ้นส่วนและนำไปประกอบให้เป็นรถขุดตัก ทำให้ต้องจัดการควบคุมเวลาการทำงานในสถานีนี้ให้ดีขึ้น ทำให้ปัญหานี้ถูกนำมาเป็น project สหกิจศึกษา

1.8 วัตถุประสงค์หรือจุดมุ่งหมายของโครงการ

1. เพื่อที่จะศึกษากระบวนการทั้งหมดของ Boom (ส่วนแขนของรถขุดตัก)
2. เพื่อจัดการควบคุมเวลาการทำงานในสถานีนี้ให้ดีขึ้น
3. เพื่อที่จะได้รู้จักเครื่องมือที่ใช้ในการทำงานของพนักงาน Semi Auto Welding Positioner (SAW/P)

1.9 ผลที่คาดว่าจะได้รับจากการปฏิบัติงานหรือโครงการที่ได้รับมอบหมาย

1. ทำให้เวลาในการทำงานของกระบวนการ SAW/P ของ Boom ลดลง
2. สามารถทำให้เวลาของกระบวนการใน Process Boom ดีขึ้น
3. ได้นำความรู้ที่ได้เรียนจากห้องเรียนมาปรับและประยุกต์ใช้กับการทำงาน

1.10 นิยามศัพท์เฉพาะ

1. Boom คือ แขนของรถ EXCAVATORS
2. Revo Frame คือ ฐานของรถ EXCAVATORS
3. Track Frame คือ ส่วนล่างของรถ EXCAVATORS
4. SAW/P (Semi Auto Welding and Positioner) คือ การเชื่อมแบบกึ่งอัตโนมัติ

บทที่ 2

ทฤษฎีและเทคโนโลยีที่ใช้ในการปฏิบัติงาน

ในการเชื่อม(Fabrication)นั้น เป็นกระบวนการที่สำคัญใน SAW/P เป็นอย่างมาก ก่อนอื่นต้องเรียนรู้ทฤษฎีของการเชื่อมว่ามีการเชื่อมแบบใดบ้าง โดยได้หัวข้อ มีดังนี้

- 2.1 ประวัติความเป็นมาของการเชื่อม
- 2.2 ประเภทของการเชื่อม
- 2.3 การปรับปรุงคุณสมบัติแนวเชื่อมหลังการเชื่อม
- 2.4 การเชื่อมแบบใช้แขนกลในอุตสาหกรรม

โดยจะศึกษาทฤษฎีของการเชื่อมดังนี้

2.1 ประวัติความเป็นมาของการเชื่อม คือ

การเชื่อม เป็นกระบวนการที่ใช้สำหรับต่อวัสดุ ส่วนใหญ่เป็นโลหะและเทอร์โมพลาสติก โดยให้รวมตัวเข้าด้วยกัน ปกติใช้วิธีทำให้ชิ้นงานหลอมละลาย และการเพิ่มเนื้อโลหะเติมลงในบ่อหลอมละลายของวัสดุที่หลอมเหลว เมื่อเย็นตัวรอยต่อจะมีความแข็งแรง บางครั้งใช้แรงดันร่วมกับความร้อนหรืออย่างเดียว เพื่อให้เกิดรอยเชื่อม ซึ่งแตกต่างกับการบัดกรีอ่อน และการบัดกรีแข็ง ซึ่งไม่มีการหลอมละลายของชิ้นงาน มีแหล่งพลังงานหลายอย่างสำหรับนำมาใช้ในการเชื่อม เช่น การใช้เปลวไฟ แก๊สออกซิเจน, การอาร์กโดยใช้กระแสไฟฟ้า, ลำแสงเลเซอร์, การใช้ข้อเค็ดรอนบีม, การเสียดสี, การใช้คลื่นเสียง เป็นต้น ในอุตสาหกรรมมีการเชื่อมในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน เช่น การเชื่อมในพื้นที่โล่ง, พื้นที่อับอากาศ, การเชื่อมใต้น้ำ, การเชื่อมในพื้นที่อันตราย เช่น ถังเก็บน้ำมันขนาดใหญ่, ภายในโรงงานผลิตสารเคมี และวัตถุไวไฟ การเชื่อมมีอันตรายเกิดขึ้นได้ง่าย จึงควรมีความระมัดระวังเพื่อป้องกันอันตราย เช่น เกิดจากกระแสไฟฟ้า, ความร้อน, สะเก็ดไฟ, ควันท่อเชื่อม, แก๊สพิษ, รังสีอาร์ค, ชิ้นงานร้อน, ฝุ่นละออง

ในยุคเริ่มแรกจนถึงศตวรรษที่ 19 มีการใช้งานเฉพาะการเชื่อมทุบ (Forge welding) เพื่อใช้ในการเชื่อมต่อโลหะ เช่นการทำดาบในสมัยโบราณ วิธีนี้การเชื่อมที่ได้มีความแข็งแรงสูง และ

โครงสร้างของเหล็กมีคุณภาพอยู่ในระดับสูง แต่มีความล่าช้าในการนำมาใช้งานในเชิงอุตสาหกรรม หลังจากนั้นได้มีการพัฒนามาสู่การเชื่อมอาร์ค และการเชื่อมโดยใช้เปลวไฟแก๊สออกซิเจน และหลังจากนั้นมีการ เชื่อมแบบความดันตามมา

เทคโนโลยีการเชื่อมได้มีการพัฒนาอย่างรวดเร็วในศตวรรษที่ 20 ซึ่งอยู่ในช่วงสงครามโลกครั้งที่ 1 และสงครามโลกครั้งที่ 2 เทคโนโลยีการเชื่อมแบบใหม่ ได้มีการเร่งพัฒนาเพื่อรองรับต่อการสู้รบในช่วงเวลานั้น เพื่อทดแทนการต่อโลหะแบบเดิม เช่นการใช้หมุดย้ำซึ่งมีความล่าช้าอย่างมาก กระบวนการเชื่อมด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ (SMAW) เป็นกระบวนการหนึ่งที่เกิดขึ้นมาในช่วงนั้น และกระทั่งปัจจุบัน ยังคงเป็นกรรมวิธีที่ใช้งานกันมากที่สุดในประเทศไทย และประเทศกำลังพัฒนาทั้งหลาย นอกจากโลหะแล้ว ยังมีการเชื่อมวัสดุประเภทอื่นอีก เช่น การเชื่อมพลาสติก การเชื่อมกระจก หรือแก้ว เป็นต้น

2.2 ประเภทของการเชื่อม

โดยการเชื่อมแบ่งออกเป็น 5 ประเภทด้วยกัน คือ

2.2.1 การเชื่อมอาร์ค

การเชื่อมอาร์คเป็นกระบวนการเชื่อมที่ใช้แหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าในการสร้างอาร์คระหว่างอิเล็กโทรดกับชิ้นงานโลหะที่จะเชื่อม กระบวนการเชื่อมอาร์คนี้สามารถแบ่งแยกย่อย ได้อีกหลายกระบวนการ ซึ่งแต่ละกระบวนการมีลักษณะแตกต่างกัน เช่น การกระแสไฟฟ้าที่ใช้มีการใช้ทั้งกระแสตรงและกระแสสลับ อิเล็กโทรดที่ใช้มีทั้งแบบเส้นเปลือย (หมดไปขณะเชื่อม) และไม่เส้นเปลือย (ไม่หมดไปขณะเชื่อม) แนวเชื่อมอาจมีการปกคลุมด้วยแก๊สปกคลุม ที่มีคุณสมบัติเฉื่อยหรือกึ่งเฉื่อย หรืออาจปกคลุมด้วยวัสดุอื่นๆ เช่น แสลดและฟลักซ์ ซึ่งตัวอย่างกระบวนการเชื่อมอาร์คที่เป็นที่รู้จักกันทั่วไปได้แก่

1. Shielded metal arc welding (SMAW)



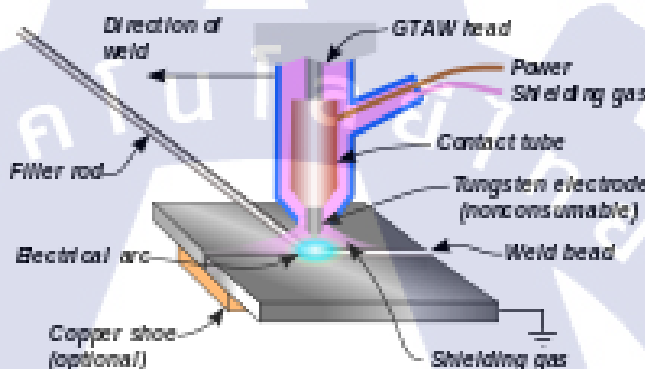
ภาพที่ 2.1 การเชื่อมไฟฟ้า (Shielded Metal Arc Welding, SMAW) [3]

การเชื่อม SMAW หรือรู้จักในชื่อทั่วไปว่า การเชื่อมไฟฟ้า (stick welding or electric welding) ใช้แท่งอิเล็กโทรดหรือรูปเชื่อมที่มีฟลักซ์ (flux) หุ้มอยู่ ฟลักซ์เมื่อแตกตัวและหลอมจะกลายเป็นสแลก (slag) ทำหน้าที่ปกคลุมแนวเชื่อม ป้องกันการเกิดปฏิกิริยากับอากาศและความชื้นรอบแนวเชื่อม ซึ่งจะทำให้เกิดการปนเปื้อน และส่งผลให้คุณสมบัติของแนวเชื่อมไม่ตามที่ออกแบบหรือไม่ได้ตามมาตรฐาน

การเชื่อมโดยใช้ลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ (SMAW) หรือที่เรามักเรียกกันว่า ก้านเชื่อมรูป บางตำรามักเรียกกันว่า Manual Metal Arc (MMA) หรือ Stick Welding การเชื่อมแบบนี้ลวดเชื่อมจะมีฟลักซ์หุ้มภายนอกแกนลวด และกระแสไฟฟ้าจะถูกส่งผ่านแกนลวดเชื่อมไปยังส่วนปลายกระแสไฟฟ้าที่มีทั้งชนิดกระแสตรง(DC) และชนิดกระแสสลับ(AC) การเลือกใช้งานควรเป็นไปตามคำแนะนำของผู้ผลิตลวดเชื่อม โดยปกติจะมีพิมพ์ไว้ข้างกล่องลวด โดยจะมีการชี้บ่ง เช่น ยี่ห้อ, เกรดของลวดเชื่อม, ขนาด x ความยาวลวด, ชนิดกระแสไฟฟ้าที่แนะนำให้ใช้งานในแต่ละท่าเชื่อม, ชนิดฟลักซ์หุ้ม เป็นต้น กระแสไฟฟ้าจะถูกส่งผ่านแหล่งจ่าย โดยทั่วไปจะเป็นเครื่องเชื่อม การเริ่มต้นเชื่อมสำหรับลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ทำได้ 2 วิธี คือการเขี่ยอาร์คและการแตะปลายลวดกับผิวชิ้นงานแล้วยกขึ้นในระยะเวลาที่เหมาะสมเพื่อคงการอาร์คไว้ ขณะอาร์คจะมีความต้านทานระหว่างปลายลวดกับผิวชิ้นงานเกิดเป็นความร้อนที่สูง ซึ่งสูงพอที่จะหลอมละลายได้ทั้งผิวชิ้นงานและปลายลวดเชื่อมให้เกิดการหลอมรวมตัวกันเป็นเนื้อโลหะรอยเชื่อม

เนื่องจากกระบวนการเชื่อมนี้มีความยืดหยุ่น อาศัยอุปกรณ์และการปฏิบัติงานที่ไม่ซับซ้อน ทำให้กระบวนการนี้ใช้อย่างแพร่หลายที่สุด เมื่อเทียบกับกระบวนการเชื่อมอื่นๆ โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมการซ่อมบำรุง และในการก่อสร้างโครงสร้างเหล็กขนาดใหญ่ โลหะที่เชื่อมด้วยกระบวนการนี้โดยมากคือกลุ่มเหล็ก ซึ่งรวมถึงสแตนเลสด้วย นอกจากนี้ โลหะผสม กลุ่มอะลูมิเนียม นิกเกิล และทองแดง ก็ใช้กระบวนการเชื่อมนี้ด้วยเช่นกัน

2. Gas tungsten arc welding (GTAW)



ภาพที่ 2.2 องค์ประกอบของการเชื่อมแบบทิก [4]

การเชื่อมทิก (Tungsten Inert Gas welding, TIG) หรืออีกชื่อหนึ่งคือการเชื่อมอาร์คทั้งสแตนเลสปกคลุม (Gas Tungsten Arc Welding, GTAW) เป็นกระบวนการเชื่อมแบบอาร์คชนิดหนึ่งที่ใช้แท่งอิเล็กโทรดเป็นทั้งสแตนในการเชื่อม บริเวณบ่อหลอมจะมีแก๊สปกคลุมเพื่อป้องกันบ่อหลอมจากการปนเปื้อนหรือการทำปฏิกิริยากับอากาศรอบข้าง แก๊สเฉื่อยที่ใช้กันทั่วไปคืออาร์กอน หรือ ฮีเลียม อย่างไรก็ตามแก๊สฮีเลียมมีราคาแพงกว่าอาร์กอนมาก ในการเชื่อมมีทั้งแบบเติมลวดและไม่เติมลวดลงไป ในบ่อหลอม ในการเชื่อมมีกระแสไฟฟ้านี้เป็นตัวกระตุ้นให้แก๊สที่ปลายทั้งสแตนเลสอิเล็กโทรดกลายเป็นไอออน และทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านระหว่างทั้งสแตนเลสอิเล็กโทรดและบ่อหลอมเห็นเป็นลำพลาสมา

การเชื่อมทิกนี้นิยมใช้กับชิ้นงานที่มีลักษณะบาง ทำจากสแตนเลสสตีล และโลหะกลุ่มที่ไม่ได้มีเหล็กเป็นองค์ประกอบหลักเช่น อะลูมิเนียมอัลลอย แมกนีเซียมอัลลอย ทองแดงอัลลอย นิกเกิลอัลลอย และไทเทเนียมอัลลอย เป็นต้น กระบวนการเชื่อมทิกมีข้อเด่นเหนือกระบวนการเชื่อมอื่นๆ เช่น shielded metal arc welding (SMAW) หรือ gas metal arc welding (GMAW) ในด้านการควบคุม

คุณภาพและความแข็งแรงของแนวเชื่อม แต่ข้อด้อยคือ เป็นกระบวนการเชื่อมที่ต้องอาศัยทักษะของช่างเชื่อมสูง และไม่เหมาะกับแนวเชื่อมขนาดใหญ่ เนื่องจากกระบวนการเชื่อมทำได้ช้า ทีละน้อย

2.1 การประยุกต์ใช้งาน

อุตสาหกรรมการบินและอวกาศเป็นผู้ใช้งานหลักของการเชื่อมทิก มีการใช้กระบวนการนี้อย่างเข้มข้นในอุตสาหกรรมอวกาศยาน อุตสาหกรรมอื่นๆ ก็มีการใช้กระบวนการเชื่อมทิกเช่นกัน โดยมักใช้ในการเชื่อมชิ้นงานที่มีขนาดบาง โดยเฉพาะอย่างยิ่งชิ้นงานที่ไม่ใช่กลุ่มเหล็ก และมีการใช้บ้างในกระบวนการผลิตจักรยาน นอกเหนือจากนี้ กระบวนการเชื่อมทิกยังใช้ในการเชื่อมชิ้นแรกของงานระบบท่อ ใช้เชื่อมเพื่อซ่อมบำรุงเครื่องมือเช่น Mold และ Die ที่ทำจากอะลูมิเนียมและ แมกนีเซียม

2.2 อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องประกอบด้วย

2.2.1 หัวทอร์ชหรือหัวเชื่อม (welding torch)



ภาพที่ 2.3 หัวเชื่อมทิก หรือ Gas tungsten arc welding (GTAW) [4]

หัวทอร์ช หรือหัวเชื่อมทิก คือตัวอุปกรณ์ที่ใช้มือถือขณะเชื่อม เปลวอาร์คที่ใช้หลอมชิ้นงานเกิดขึ้นที่ปลายแท่งทังสเตนที่อยู่ในหัวทอร์ชนี้ แก๊สปกคลุมที่ใช้ในการป้องกันบ่อหลอมก็ถูกปล่อยลงไปที่บ่อหลอมจากหัวทอร์ชนี้เช่นกัน หัวทอร์ชมีทั้งแบบการเชื่อมอัตโนมัติ (Automatic Operation) และการเชื่อมแบบปกติ (Manual Operation) โดยทั่วไปแล้วโครงสร้างของหัวทอร์ชสำหรับการเชื่อมอัตโนมัติและการเชื่อมแบบปกติ นั้น

เหมือนกัน มีข้อแตกต่างที่หัวทอร์ชการเชื่อมปกติจะมีค้ำจับให้ผู้เชื่อมถือได้อย่างสะดวก ส่วนหัวทอร์ชสำหรับการเชื่อมอัตโนมัติจะมีอุปกรณ์สำหรับนำไปจับยึดกับอุปกรณ์สำหรับการเชื่อมอัตโนมัติอื่นๆ สำหรับหัวทอร์ชสำหรับการเชื่อมปกติ มุมระหว่างแกนกลางของค้ำจับและแกนกลางของทั้งสแตนด์อิเล็กโทรดเรียกว่า head angle นั้นสามารถปรับได้ตามความสะดวกของผู้เชื่อม

ทั้งหัวทอร์ชของสำหรับการเชื่อมอัตโนมัติและการเชื่อมปกติ จะมีระบบหล่อเย็นด้วยน้ำหรืออากาศ โดยทั่วไปถ้าการใช้งานที่กระแสไฟฟ้าไม่เกิน 200 แอมแปร์นั้น จะใช้อากาศเป็นตัวหล่อเย็น และจะให้น้ำเป็นตัวหล่อเย็นเมื่อใช้กระแสไฟฟ้าสูงกว่านั้นจนถึงประมาณ 600 แอมแปร์

หัวทอร์ชจะมีการต่อสายไฟฟ้าที่มาจากตัวจ่ายกระแสไฟฟ้า มีท่อ นำแก๊สปกคลุมจากแหล่งจ่ายแก๊ส เช่นถัง หรือระบบท่อ นำแก๊สสำหรับโรงงานขนาดใหญ่ และมีการต่อท่ออากาศหรือน้ำหล่อเย็นขึ้นส่วนภายในหัวทอร์ชทำจากทองแดงผสมหรือทองเหลืองซึ่งสามารถส่งผ่านความร้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตัวทั้งสแตนด์อิเล็กโทรดต้องประกอบอย่างแน่นหนาและตรงศูนย์กลางกับ collet (ตัวยึดจับ) และช่องทางปล่อยแก๊สปกคลุม

ขนาดของหัวฉีด (Nozzle) ของหัวทอร์ชขึ้นอยู่กับปริมาณของแก๊สปกคลุมที่ต้องการ ขนาดของทั้งสแตนด์อิเล็กโทรด และข้อจำกัดด้านพื้นที่ของการทำงาน เช่นระดับความ ยากง่าย ของการเข้าถึงบริเวณที่ต้องการเชื่อมบนชิ้นงาน การเพิ่มขนาดของหัวฉีด จะทำให้ได้บริเวณที่ปกป้องด้วยแก๊สปกคลุมที่กว้างขึ้น

ตัวโครงสร้างภายนอกของหัวทอร์ชทำจากวัสดุจำพวกพลาสติกที่สามารถทนความร้อน เป็นฉนวนความร้อน และไม่นำไฟฟ้า เพื่อป้องกันความร้อนและกระแสไฟฟ้าทำอันตรายต่อผู้ใช้งาน

2.2.2 อิเล็กโทรด

อิเล็กโทรดที่ใช้ในการเชื่อมทิกนั้น ทำจากทั้งสแตนด์ หรือทั้งสแตนด์ผสมกับโลหะอื่นๆ เนื่องจากทั้งสแตนด์มีจุดหลอมเหลวสูงที่สุดในบรรดาโลหะบริสุทธิ์ คือ $3,422^{\circ}\text{C}$ ทำให้ตัวอิเล็กโทรดนี้ไม่หลอมละลายไปในระหว่างการเชื่อม แต่มีการสึกกร่อนเกิดขึ้นบ้าง ผิวของอิเล็กโทรดที่ใช้งานมีทั้งแบบที่ได้รับการทำความสะอาดด้วยกระบวนการทางเคมี และแบบที่ลับ เจียร ตัดแต่ง ด้วยวิธีทางกล โดยทั่วไปอิเล็กโทรดมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.5 – 6.4 mm และมีความยาวอยู่ในช่วง 75-610 mm ทั้งสแตนด์ผสมกับโลหะชนิดอื่น ทำให้

ได้อิเล็กโทรดที่หลากหลาย ซึ่งมีมาตรฐานที่สามารถใช้ในการอ้างอิง และเลือกใช้งานได้ตามตัวอย่างเช่น International Organization for Standardization หรือ American Welding Society ใน ISO 6848 และ AWS A5.12

1. ตัวอย่างทั้งสแตนเลสอิเล็กโทรด

1.1 ทั้งสแตนเลสอิเล็กโทรดบริสุทธิ์ (จัดอยู่ในกลุ่ม WP หรือ EWP) มีราคาถูก เหมาะสำหรับการใช้งานทั่วไป ข้อดีของอิเล็กโทรดกลุ่มนี้คือ ทนต่ออุณหภูมิสูง ได้น้อยกว่ากลุ่มอื่น และมีอัตราการปลดปล่อยอิเล็กตรอนที่น้อยกว่า ไม่เหมาะกับการเชื่อมทิกกระแสดรง เช่นการเชื่อมแมกนีเซียม หรืออะลูมิเนียม เพราะต้องการความร้อนสูง

1.2 ทั้งสแตนเลสอิเล็กโทรดผสม Cerium oxide หรือ Ceria อัลลอยที่นำมาผสมนี้ช่วยปรับปรุงความเสถียรของอาร์ค และทำให้อาร์คเกิดง่ายขึ้น Cerium ที่ผสมนี้ ให้ผลลัพธ์ที่ดี แต่ไม่ดีเท่าการผสม Thorium แต่ข้อดีของ Cerium คือไม่ใช่สารกัมมันตรังสี

1.3 ทั้งสแตนเลสอิเล็กโทรดผสม Lanthanum oxide หรือ lanthana อัลลอยนี้เมื่อนำมาผสมจะให้ผลเช่นเดียวกับ Cerium และไม่ก่อให้เกิดกัมมันตภาพรังสี

1.4 ทั้งสแตนเลสอิเล็กโทรดผสม Thorium oxide หรือ thoria อัลลอยนี้ เมื่อนำมาผสมจะให้อาร์คที่ดีมาก เป็นที่นิยมใช้ แต่มีความเสี่ยงด้านสุขภาพและสิ่งแวดล้อมจากไอและละอองของ thorium เนื่องจากเป็นสารกัมมันตรังสี

1.5 ทั้งสแตนเลสอิเล็กโทรดผสม zirconium oxide หรือ zirconia อัลลอยนี้ เมื่อนำมาผสมจะช่วยเพิ่มความจุกระแสไฟฟ้า ส่งผลให้อาร์คเสถียรมากขึ้น และอายุการใช้งานนานขึ้น

2.2.3 แหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้า

การเชื่อมทิกใช้ไฟฟ้ากระแสตรง จากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสคงที่ (direct constant current power source) ซึ่งหมายถึงแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้ารักษาระดับของกระแสให้คงที่ขณะเชื่อม ซึ่งทำให้ความพลังงานความร้อนที่ปลดปล่อยออกมามีค่าคงที่ แม้ว่าระยะอาร์ค (Arc distance) และแรงดันไฟฟ้าจะเปลี่ยนไป ซึ่งคุณสมบัตินี้มีความสำคัญต่อคุณภาพของงานเชื่อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งกระบวนการเชื่อมแบบปกติ ที่ไม่ใช่ระบบอัตโนมัติ เพราะผู้ใช้งานหรือช่างเชื่อมไม่สามารถรักษาระยะอาร์ค ได้คงที่ตลอดการเชื่อม หากใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้าที่ให้แรงดันคงที่ แต่กระแสไม่คงที่แล้ว เมื่อระยะอาร์คไม่คงที่เนื่องจากช่างเชื่อมไม่สามารถรักษาระยะได้อย่างคงที่ตลอดแนวเชื่อม จะทำให้ความร้อนที่เข้าสู่ชิ้นงานไม่คงที่ตามไปด้วย ซึ่งจะทำให้การเชื่อมนั้นยากขึ้น

การต่อขั้ว บวก ลบ ของกระแสไฟฟ้าในการเชื่อมทิกขึ้นอยู่กับการเชื่อมที่จะถูกเชื่อม การเชื่อมส่วนมากจะใช้การต่อไฟฟ้ากระแสตรงขั้วลบที่หัวทอร์ช และต่อขั้วบวกที่ชิ้นงาน หรือ DCEN เช่นสำหรับการเชื่อมเหล็กกล้า นิกเกิล ไทเทเนียม และโลหะอื่นๆ การต่อขั้วแบบนี้ อิเล็กตรอนจากกระแสไฟฟ้าจะไหลจากทั้งสแตโนอิเล็กโทรดเข้าสู่ชิ้นงานโดยผ่านทางเปลวอาร์ค ทำให้เกิดการแตกตัวเป็นไอออนของแก๊สปกคลุม และให้ความร้อนแก่ชิ้นงาน ในขณะที่ไอออนของแก๊สปกคลุมจะไหลไปหาอิเล็กโทรด ทำให้เกิดการบอกรอกไซด์ จึงต้องคอยกลับแท่งอิเล็กโทรดให้สะอาด และได้รับทรงที่เหมาะสมเสมอๆ

การต่อขั้วไฟฟ้าอีกรูปแบบซึ่งมีการใช้งานไม่มากนัก คือ DCEP ซึ่งคือการต่อกระแสไฟฟ้าขั้วบวกที่ทั้งสแตโนอิเล็กโทรด และต่อขั้วลบที่ชิ้นงาน อิเล็กตรอนจะไหลตรงกันข้ามกับการต่อแบบ DCEN คือจะไหลจากชิ้นงานไปสู่ทั้งสแตโนอิเล็กโทรด การต่อแบบนี้ให้ได้บ่อหลอมที่ตื้นกว่าเมื่อเทียบกับการต่อขั้วอีกแบบ และการต่อขั้วเช่นนี้ทำให้เกิดความร้อนสะสมที่แท่งอิเล็กโทรดมาก จึงจำเป็นต้องใช้อิเล็กโทรดที่มีขนาดใหญ่กว่าการต่ออีกแบบ

ข้อดีของการต่อแบบนี้คือไอออนของแก๊สปกคลุมจะไหลไปสู่พื้นผิวของชิ้นงานและทำปฏิกิริยากับพื้นผิว ช่วยกำจัดออกไซด์ที่ผิวงานทำให้ได้คุณภาพเนื้อเชื่อมที่ดี

การใช้ไฟฟ้ากระแสสลับในการเชื่อมทิก คือเป็นการต่อ ขั้วบวก และลบ ให้แก่ชิ้นงานและอิเล็กโทรด สลับไปมา มักใช้กับการเชื่อม อะลูมิเนียม และแมกนีเซียม เนื่องจาก โลหะดังกล่าวมีชั้นออกไซด์ที่แข็งแรงจึงมีการประยุกต์ใช้คุณสมบัติเด่นเรื่องการกำจัดชั้นออกไซด์ของ DCEP และเพื่อป้องกันไม่ให้อิเล็กโทรดร้อนจนเกินไป จึงใช้คุณสมบัติเด่นของ DCEN ที่ทำให้แท่งอิเล็กโทรดร้อนน้อยกว่า และให้การซึมลึกของบ่อหลอมที่มากกว่า

2.2.4 แก๊สปกคลุม

การเชื่อมทิกมีความจำเป็นต้องใช้แก๊สปกคลุมเพราะ เป็นกระบวนการที่ไม่มี slag หรือวัสดุอื่นใดในการป้องกันบ่อหลอมจากการปนเปื้อนหรือทำปฏิกิริยากับออกซิเจน และไนโตรเจน ความชื้น ที่อยู่โดยรอบบ่อหลอม แก๊สปกคลุมทำหน้าที่ป้องกันการปนเปื้อนดังกล่าว หากปราศจากแก๊สปกคลุมจะทำให้ได้คุณภาพงานเชื่อมที่ต่ำ เช่นทำให้เกิดรอยความไม่ต่อเนื่อง , รอยแตก , รู , ช่องว่าง หรือทำให้โลหะเชื่อมที่ได้มีความเปราะ นอกจากนี้แก๊สปกคลุมยังทำหน้าที่แตกตัวเป็นไอออน เป็นสื่อนำพาอิเล็กตรอนและความร้อนจากหัวทอร์ชเข้าสู่ชิ้นงานทำให้เกิดการหลอมขึ้น

การเลือกชนิดของแก๊สปกคลุมขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่นชนิดของโลหะที่จะถูกเชื่อม การออกแบบรอยต่อ และลักษณะสุดท้ายของเนื้อเชื่อมที่ต้องการหลังเสร็จสิ้นการเชื่อม แก๊สอาร์กอนถูกนำมาใช้เป็นแก๊สปกคลุมมากที่สุดสำหรับการเชื่อมทิก แก๊สฮีเลียมมีใช้บ้างสำหรับการเชื่อมทิก โดยเฉพาะเมื่อต้องการเพิ่มประสิทธิภาพ เช่นความเร็วในการเชื่อม หรือการเชื่อมโลหะที่มีความสามารถในการนำความร้อนได้เป็นอย่างดี เช่น ทองแดง และ อะลูมิเนียม เป็นต้น

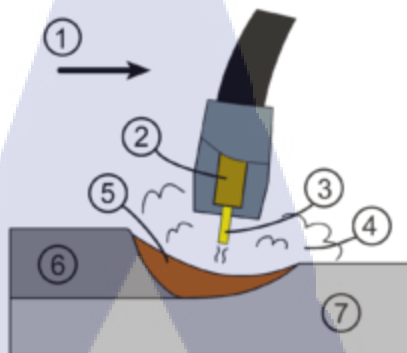
การใช้แก๊สผสมระหว่างอาร์กอนและฮีเลียมก็เป็นที่นิยมในการเชื่อมทิก เพราะเป็นการรวมเอาข้อดีของทั้งสองแก๊สเข้าด้วยกัน สัดส่วนการผสมจะขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งาน

โดยทั่วไปขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของหัวทอร์ชจะเป็นตัวกำหนดอัตราการไหลที่เหมาะสม ระหว่าง 5-20 ลิตรต่อนาที หัวทอร์ชขนาดใหญ่กว่าควรปรับอัตราการไหลของแก๊สให้มากกว่า

1. แก๊สปกคลุมที่ใช้โดยทั่วไป

แก๊สปกคลุมสามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มตามคุณสมบัติ คือ เฉื่อย (inert) และกึ่งเฉื่อย (semi-inert) ในกลุ่มของแก๊สเฉื่อยนั้นมีเพียงสองชนิดที่ใช้งานงานเชื่อมเนื่องจากราคาไม่สูงเกินไปนัก คือแก๊สฮีเลียม และแก๊สอาร์กอน ซึ่งใช้ในกระบวนการเชื่อมทิก (TIG, GTAW) และมิก (MIG, GMAW) สำหรับชิ้นงานโลหะที่ไม่ใช่กลุ่มเหล็ก ส่วนแก๊สกึ่งเฉื่อย ซึ่งอาจเรียกว่า แก๊สปกคลุมแอคทีฟ (Active Shield Gas) ที่นิยมใช้กันได้แก่ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ แก๊สออกซิเจน และแก๊สไฮโดรเจน เป็นต้น แก๊สเหล่านี้ถ้าเข้าสู่แนวเชื่อมในปริมาณมาก จะส่งผลกระทบด้านลบต่อคุณสมบัติของเนื้อเชื่อม แต่หากเข้าสู่แนวเชื่อมในปริมาณเล็กน้อยอย่างเหมาะสม จะช่วยปรับปรุงคุณสมบัติต่างๆ ได้

TNI



ภาพที่ 2.4 แก๊สปกคลุมเหนือบ่อหลอมและบริเวณต่างๆ

ในการเชื่อมGMAW [5]

- (1) ทิศทางการเคลื่อนที่ของหัวเชื่อม
- (2) Contact tube
- (3) Electrode
- (4) แก๊สปกคลุม
- (5) บ่อหลอม
- (6) เนื้อเชื่อมที่แข็งตัวแล้ว
- (7) ชิ้นงาน

2. คุณสมบัติ

คุณสมบัติสำคัญของแก๊สปกคลุมชนิดต่างๆ คือ การนำความร้อนและการถ่ายเทความร้อน ความหนาแน่นเมื่อเทียบกับอากาศ และระดับความสามารถในการแตกตัวเป็นไอออนหรือศักย์ขั้นต่ำในการแตกตัวเป็นไอออน(มีหน่วยเป็น อิเล็กตรอนโวลต์) ความหนาแน่นของแก๊สมีผลปริมาณการใช้งาน แก๊สที่มีความหนาแน่นสูงกว่าอากาศ (หนักกว่าอากาศ) ขณะใช้งาน จะใช้อัตราการไหลที่ต่ำกว่าแก๊สที่มีความหนาแน่นต่ำกว่าอากาศ (เบากว่าอากาศ) ความสามารถในการถ่ายเทความร้อนมีความสำคัญต่อการให้ความร้อนแก่ชิ้นงานเพื่อสร้างบ่อหลอมรอบๆ อาร์ค ระดับความสามารถในการแตกตัวเป็นไอออนมีผลต่อความยาก-ง่าย ในการเริ่มทำให้เกิดเปลวอาร์ค และระดับความเสถียรของอาร์ค แก๊สที่มีศักย์การแตกตัวเป็นไอออนต่ำกว่า อาร์คจะเกิดขึ้นได้ง่ายกว่าเมื่อมีการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า เป็นที่ยอมรับ

โดยทั่วไปว่าการใช้อาร์กอนและฮีเลียมจะทำให้กระบวนการเชื่อมเกิดอาร์คได้ง่ายและมีเสถียรภาพ

ตารางที่ 2.1 ค่าศักย์การแตกตัวเป็นไอของแก๊ส

แก๊ส	ศักย์ (อิเล็กตรอน โวลต์, ค่าประมาณ)
ฮีเลียม	25
อาร์กอน	16
ไฮโดรเจน	15
ไนโตรเจน	16
คาร์บอนไดออกไซด์	14
ออกซิเจน	12

2.2.6 ข้อดี

- 1.) ให้แนวเชื่อมที่สะอาด และการหลอมละลายลึกที่สมบูรณ์
- 2.) เชื่อมโลหะได้หลายชนิด
- 3.) ความร้อนสะสมในชิ้นงานต่ำกว่ากระบวนการเชื่อมอาร์คแบบอื่น

2.2.7 ข้อเสีย

1. ความเร็วในการเชื่อมต่ำกว่ากระบวนการเชื่อมอาร์คแบบอื่น
2. ต้องใช้ทักษะในการเชื่อมสูง
3. ไม่เหมาะกับการเชื่อมกลางแจ้ง เนื่องจากแก๊สที่ใช้ปกคลุมจะไม่สมบูรณ์เนื่องจากกระแสลม
4. เคลื่อนย้ายค่อนข้างยาก เนื่องจากต้องมีถังแก๊สเฉื่อยที่ใช้ปกคลุมบ่อหลอมละลาย

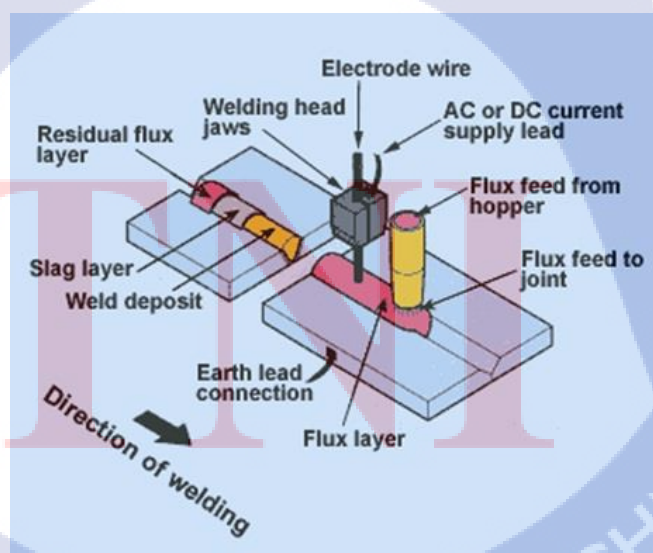
3. Submerged arc welding (SAW)

SAW คือการเชื่อมต่อโลหะด้วยการให้ความร้อนแก่ชิ้นงานที่นำมาต่อด้วยการอาร์คระหว่างลวดเชื่อมกับชิ้นงานเชื่อม อาร์คที่เกิดขึ้นและโลหะที่หลอมเหลวจะถูกปกคลุมด้วยผงฟลักซ์ที่สามารถหลอมละลายได้เพื่อป้องกันการทำปฏิกิริยากับอากาศโดยรอบ นอกจากนั้นผงฟลักซ์จะทำหน้าที่ดังต่อไปนี้

- 1.) ช่วยให้การอาร์คสม่ำเสมอ
- 2.) สมบัติทางกลและทางเคมีของเนื้อเชื่อมสามารถควบคุมได้ด้วยฟลักซ์
- 3.) ช่วยให้คุณภาพแนวเชื่อมดีขึ้น

3.1 กระบวนการเชื่อมใต้ฟลักซ์หรือการเชื่อมซบเมิร์จ (Submerge Arc Welding-SAW)

การเชื่อมซบเมิร์จ มีหลักการทำงานโดยใช้การป้อนอิเล็กโตรดเข้าสู่ชิ้นงานด้วยอัตราเร็วที่ถูกกำหนดไว้ และแท่นของตัวป้อนจะมีการเคลื่อนที่ไปตามแนวเชื่อม โดยอาจจะเป็นการควบคุมแบบอัตโนมัติหรือแบบ Manual ก็ได้ ในระหว่างที่ทำการเชื่อมจะมีการป้อนฟลักซ์เข้าไปบริเวณรอบๆ อิเล็กโตรด เพื่อให้ครอบคลุมบริเวณที่ทำการเชื่อม ซึ่งในช่วงดังกล่าวความร้อนจากการอาร์คจะหลอมละลายบางส่วนของฟลักซ์รวมเข้ากับปลายอิเล็กโตรด และผิวหน้าของชิ้นงานเกิดเป็นบ่อหลอมโลหะขึ้น ซึ่งจะทำให้ฟองอากาศหลุดออกจากบ่อหลอมโลหะ บริเวณเหนือรอยเชื่อมที่ปกคลุมด้วยฟลักซ์ จะได้รับการป้องกันการปนเปื้อนของบรรยากาศเข้าสู่บ่อหลอมโลหะ และฟลักซ์ยังช่วยละลายสิ่งเจือปนในโลหะชิ้นงานและอิเล็กโตรด ให้เกิดการลอยตัวขึ้นที่ผิวด้านบนของรอยเชื่อมนอกจากนั้น ฟลักซ์ ที่เติมเข้าไปอาจช่วยเติมหรือกำจัดโลหะบางชนิดได้ และเมื่อรอยเชื่อมเกิดการเย็นตัวลง ฟลักซ์ที่ผิวหน้าจะแข็งตัวเพื่อทำหน้าที่ปกคลุมรอยเชื่อมอีกชั้นหนึ่ง ซึ่งจำเป็นต้องกำจัดฟลักซ์ ที่ผิวหน้าออกก่อนที่จะทำการเชื่อมในรอบถัดไป ระบบการเชื่อมใต้ฟลักซ์หรือการเชื่อมซบเมิร์จ



ภาพที่ 2.5 ระบบการเชื่อมใต้ฟลักซ์หรือการเชื่อมซบเมิร์จ [6]

3.2 วิธีการใช้งาน

การเชื่อมได้ฟลักซ์หรือการเชื่อมซับเมิร์จ สามารถที่จะใช้ทำการเชื่อมได้ 3 แบบคือ กิ่งอัตโนมัติ อัตโนมัติ , และเครื่องจักร ดังนี้

- 1.) การเชื่อมแบบกิ่งอัตโนมัติ วิธีนี้จะทำการป้อนอิเล็กโตรดโดยใช้ตัวป้อน (Wire Feeder) และป้อนฟลักซ์ จาก ถังบรรจุฟลักซ์ (Hopper) โดยอาศัยแรงโน้มถ่วงเข้าสู่หัวจ่าย ฟลักซ์ การเชื่อมแบบนี้จะใช้อิเล็กโตรดที่มีขนาดเล็กและความเร็วในการเชื่อมปานกลาง และในการควบคุมการเคลื่อนที่อาจทำได้ด้วยมือหรือใช้มอเตอร์ขับเคลื่อนก็ได้
- 2.) การเชื่อมแบบอัตโนมัติ จะทำการเชื่อมโดยใช้เครื่อง ซึ่งไม่จำเป็นต้องมีคนช่วยปรับแต่งใด ๆ ทั้งสิ้น
- 3.) การเชื่อมโดยใช้เครื่อง จะเหมือนแบบอัตโนมัติ แต่ต้องมีคนในการควบคุมตำแหน่งที่จะเชื่อม, เปิด , ปิด , ปรับอัตราเร็วในการเชื่อม

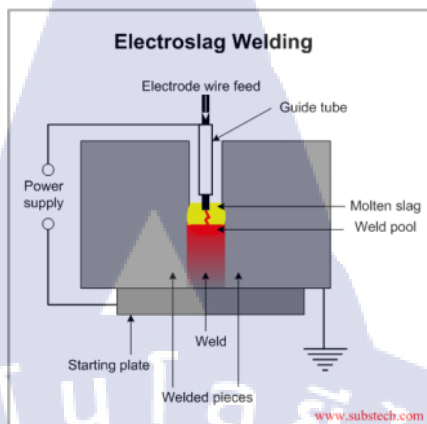
3.3 อุปกรณ์

อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับ การเชื่อมได้ฟลักซ์หรือการเชื่อมซับเมิร์จ มีส่วนประกอบหลัก 5 อย่างคือ

- 1) ระบบจ่ายไฟ (Power Supply)
- 2) ระบบป้อนอิเล็กโตรด
- 3) ระบบจ่ายฟลักซ์
- 4) ระบบควบคุมการเคลื่อนที่
- 5) ระบบควบคุมกระบวนการ

นอกจากนี้อาจมีอุปกรณ์เพิ่มเติมอื่น ๆ ได้อีกเช่น ระบบการดูดฟลักซ์ กลับมาใช้ใหม่ หรือระบบควบคุมตำแหน่ง

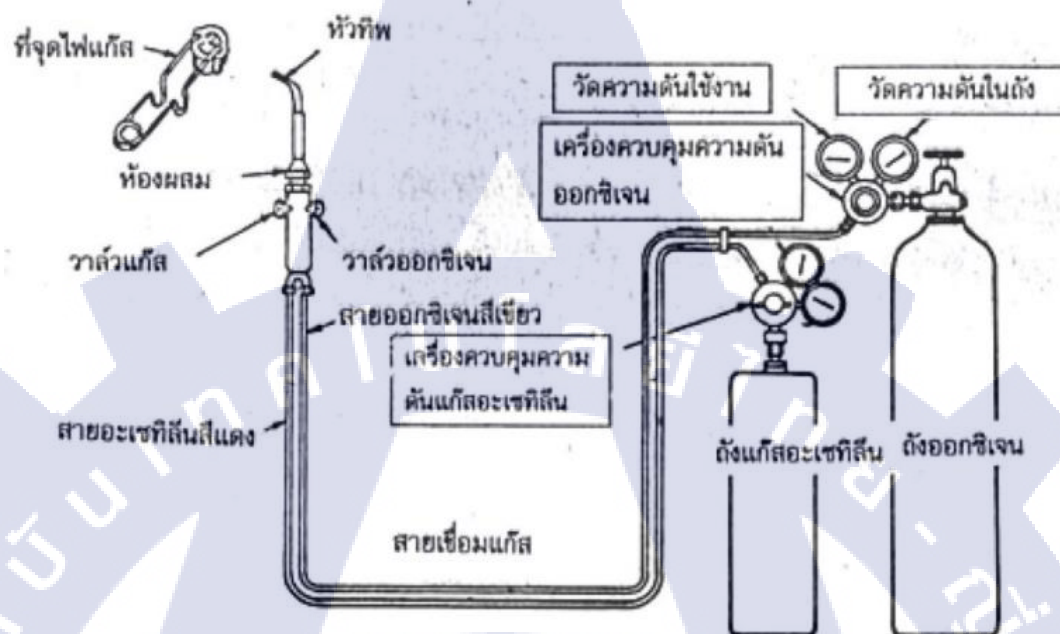
4. Electroslag welding (ESW)



ภาพที่ 2.6 การเชื่อมแบบ EWS [7]

การเชื่อมที่มีเป็น passweldingprocess มีประสิทธิภาพสูง เดียวหนา (มากกว่า 25 มม.ถึง 300 มม.) วัสดุในแนวตั้ง หรือแนวตั้งตำแหน่ง (ESW) เป็นคล้าย toelectrogas เชื่อม แต่ความแตกต่างหลักคือ อาร์คเริ่มต้นในตำแหน่งอื่น ไฟเริ่มหลวไหลลงที่จะเข้าไปที่ตำแหน่งที่ต้องการเชื่อม และจากนั้น เพิ่มฟลักซ์ ฟลักซ์ที่เพิ่มเติมถูกเพิ่มจน ใ้คงดับ molten slag ถึงปลายของอิเล็กโทรด หลวจะแล้วอย่างต่อเนื่องถูกป้อนผ่านท่อคู่มือบริโก (สามารถ oscillate ถ้าต้องการ) ลงในพื้นที่ผิวของชิ้นงานโลหะ และโลหะฟิวเลอร์จะละลายแล้วใช้ความต้านทานไฟฟ้าของตะกรันหลอมละลายที่ causecoalescence หลวและท่อแล้วย้ายค่าไปตามชิ้นงานในขณะที่ทองแดงรองเท้าที่ใส่เข้าที่ก่อนเริ่มการรักษา (สามารถระบายความร้อนด้วยถ้าต้องการ) ใช้เพื่อเก็บการเชื่อมระหว่างแผ่นที่จะเป็นรอยได้ เชื่อมโลหะที่มีใช้ส่วนใหญ่เข้าร่วมส่วนที่หนาหรือแผ่นเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ มันยังสามารถใช้บนโครงสร้างเหล็กถ้ามีปฏิบัติข้อควรระวังบางอย่าง กระบวนการนี้ใช้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (DC) โดยปกติตั้งแต่ 600A และ 40-50V กระแสสูงจำเป็นสำหรับวัสดุหนาเนื่องจากเป็นดับอาร์ค นี้ไม่ได้กระบวนการอาร์ค

2.2.2 การเชื่อมแก๊ส



ภาพที่ 2.7 การเชื่อมแก๊ส [9]

1) หลักการเชื่อมแก๊ส

เป็นขบวนการเชื่อมที่ใช้การเผาไหม้ของแก๊สอะเซทิลีนผสมกับแก๊สออกซิเจน (Oxy-acetylene Welding) เปลวไฟจากการเผาไหม้ที่ปลายหัวเชื่อมแล้วทำให้โลหะหลอมละลายแล้วเติมลวดเชื่อมลงไปบนบ่อน้ำโลหะที่กำลังหลอมละลาย เมื่อปล่อยให้เย็นตัวลงก็จะได้แนวเชื่อมตามต้องการ การเชื่อมแก๊ส นิยมใช้กับงานเชื่อมเบาๆ ที่ใช้เชื่อมโลหะบางๆ เช่น งานเชื่อมเพื่อซ่อมตัวถังรถยนต์ งานเชื่อมท่อแอร์ ท่อไอเสียรถยนต์ หรืองานเชื่อมท่อในอุตสาหกรรมเคมีต่างๆ เป็นต้น

- 2) เครื่องมือและอุปกรณ์ ในการเชื่อมแก๊ส
ในการเชื่อมแก๊สจะต้องมีเครื่องมือและอุปกรณ์ที่จำเป็นดังนี้

2.1 ถังอะเซทิลีน



ภาพที่ 2.8 ถังอะเซทิลีน [10]

ทำจากแผ่นเหล็กมีลักษณะปกติจะใช้เก็บความดันอะเซทิลีนได้เพียง 250 Psi เพราะแก๊สอะเซทิลีนเป็นแก๊สเพลิงถ้าเก็บไว้ที่ความดันสูงโมเลกุลของแก๊สจะเกิดการอัดแน่น ทำให้เกิดความร้อนหรือรั่วซึมได้ง่ายเสี่ยงต่อการลุกติดไฟและระเบิดได้ โดยปกติในถังอะเซทิลีนจะได้วัสดุ รูพรุนและบรรจุอะซิโตนไว้ประมาณ 40%ซึ่งอะซิโตนจะช่วยดูดซึมแก๊สอะเซทิลีนไม่ให้ความดันสูงเกินไปถึงแก๊สอะเซทิลีน ขนาดมาตรฐานมีความจุ 40 ลิตร อัดแก๊สอะเซทิลีนได้จำนวน 6000 ลิตร โดยมีอะซิโตน ช่วยดูดซึมแก๊สไม่ให้ความดันสูงเกินไป และที่ ถังอะเซทิลีนจะมี Safety-Plug ที่หัวถังและก้นถังเพื่อป้องกันการเกิดระเบิดจากความร้อนและความดันที่สูงเกินไป ในระหว่างการขนย้ายถังอะเซทิลีนจะต้องมีฝาท่อครอบหัวถังเพื่อป้องกันการกระแทก ในระหว่างการขนย้ายอีกด้วย เกลียวที่หัวถังจะใช้เป็นเกลียวซ้ายและ ถังอะเซทิลีนมักจะใช้เป็นสัญลักษณ์สีแดงหรือส้ม

2.2 ถังออกซิเจน



ภาพที่ 2.9 ถังออกซิเจน [11]

ทำด้วยแผ่นเหล็กหนาประมาณ 6.4 mm ตีอัดขึ้นรูปไม่มีรอยเชื่อมต่อ แข็งแรงทนต่อความดันสูง เนื่องจากใช้อัดแก๊สออกซิเจนไว้ที่ความดัน 2200-2800 Psi หรือประมาณ 150-170 bar วาล์วหัวถังทำด้วยทองเหลืองตีอัดขึ้นรูป เกลียวข้อต่อที่วาล์วหัวถังจะใช้เป็นเกลียวขวา ก่อนนำมาอัดแก๊สออกซิเจนจะต้องนำไปทดสอบความดันก่อน

2.3 วาล์วปรับความดัน (Pressure Regulators)



ภาพที่ 2. 10 เกจปรับแรงลมแบบอะเซติลีน [12]

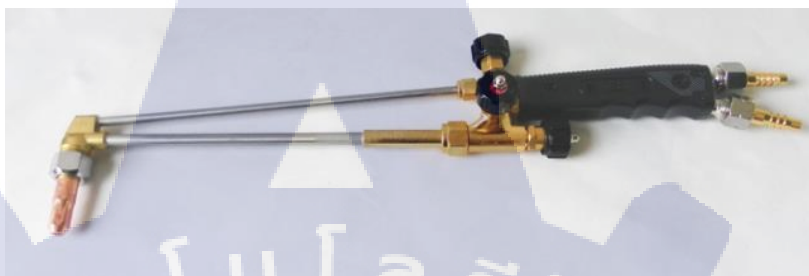


ภาพที่ 2. 11 เกจปรับแรงลมแบบออกซิเจน [12]

วาล์วปรับความดันมีหน้าที่ คือปรับความดันแก๊สจากถังเก็บเพื่อให้พอเหมาะกับความดันที่ต้องการใช้งานและช่วยควบคุมความดันที่หัวเชื่อมให้คงที่ ปกติ 1 ชุดจะมีเกจ 2 ตัว คือ เกจขวาจะวัดความดันของแก๊สและเกจซ้ายจะวัดความดันขณะใช้งาน วาล์วปรับความดันของแก๊สอะเซติลีนกับของแก๊สออกซิเจนจะแตกต่างกัน กล่าวคือ เกลียวข้อต่อของวาล์วปรับความ

ดันอะเซทิลีนจะเป็นเกลียวซ้าย ซึ่งความดันที่ใช้อยู่ที่ 0-250 Psi ส่วนของออกซิเจนจะเป็นแบบเกลียวขวา ช่วงความดันจะอยู่ระหว่าง 0-3000 Psi

2.4 หัวเชื่อมออกซิ-อะเซทิลีน (Oxy-acetylene welding torches)



ภาพที่ 2.12 หัวเชื่อมออกซิ-อะเซทิลีน [13]

หัวเชื่อมชนิดนี้มี ส่วน ประกอบสำคัญคือ ด้านจับ วาล์วปิด-เปิด ห้องผสมแก๊ส และหัวทิพ การใช้งานหลังจากต่อหัวเชื่อมเข้ากับสายเชื่อมแล้ว จะปรับวาล์วปิดเปิด เพื่อควบคุมแก๊สออกซิเจนและอะเซทิลีนจากท่อเชื่อมมายังห้องผสมแก๊สออกซิเจนกับอะเซทิลีน แก๊สที่ผสมกันแล้วจะไหลไปออกที่หัวทิพ ซึ่งทำจากทองแดง เพราะทองแดงทนความร้อนได้ดี

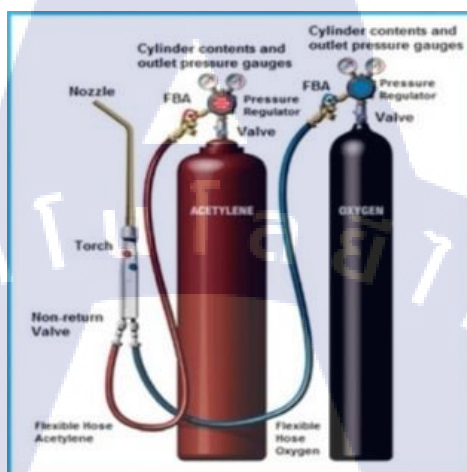
2.5 เหล็กทำความสะอาดหัวเชื่อมแก๊ส (Tip cleaners)



ภาพที่ 2.13 เหล็กทำความสะอาดหัวเชื่อมแก๊ส [14]

เป็นลวดเส้นเล็ก มีหลายขนาด เพื่อให้เลือกใช้ตามขนาดของหัวทูปที่แตกต่างกัน เราใช้เหล็กทำความสะอาดนี้สอดเข้าไปในรูหัวเชื่อมแก๊สเพื่อทำความสะอาดมัน เมื่อหัวทูปมีสะเก็ดเหล็ก หรือเศษเขม่าต่าง ๆ ไปติดอยู่

2.6 ท่อเชื่อม (Hose)



ภาพที่ 2.14 สายเชื่อมที่ต่อกับถังอะเซทิลีนและท่อออกซิเจน [15]

มี 2 ชนิด คือ สายอะเซทิลีนและท่อออกซิเจน

2.6.1 ท่ออะเซทิลีน จะรับแก๊สอะเซทิลีนจากถังอะเซทิลีนไปสู่หัวเชื่อม ท่อนี้จะมีสีแดงที่ปลายท่อจะมีหัวนัทเป็นแบบเกลียวซ้าย

2.6.2 ท่อออกซิเจน จะรับแก๊สออกซิเจนจากถังออกซิเจนไปสู่หัวเชื่อม ท่อนี้จะมีสีดำหรือสีเขียวที่ปลายท่อจะมีหัวนัทเป็นแบบเกลียวขวา

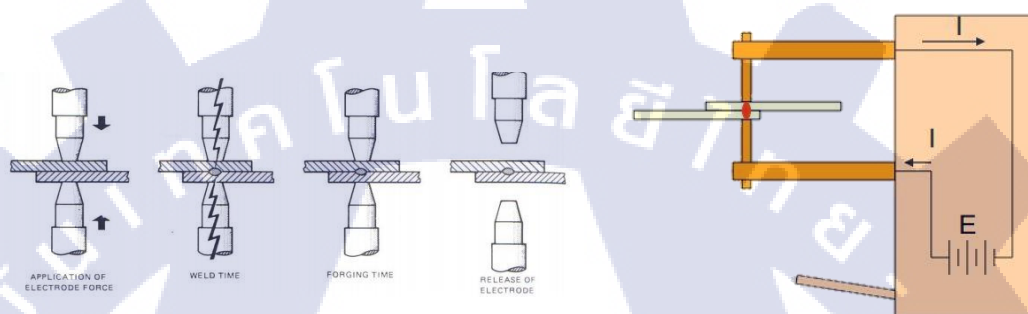
2.7 อุปกรณ์จุดเปลวไฟ (Spark lighter)

เพื่อความสะดวกและความปลอดภัยในการจุดไฟที่หัวเชื่อมแก๊สด้วยมือข้าง ที่เหลือ ขณะที่มืออีกข้างหนึ่งเราถือหัวเชื่อมแก๊สที่พร้อมจะปฏิบัติงาน

2.8 แวนตาเชื่อมแก๊ส (Goggles) กรอบ (Frame)

ของแว่นตาเชื่อมแก๊สทำจากพลาสติก มี 2 เลนส์ เพื่อป้องกันประกายไฟ ควรใส่แว่นตาเชื่อมแก๊สขณะทำการเชื่อม เพราะสะเก็ดไฟที่ร้อนและประกายไฟที่สว่างมากอาจทำให้ตาบอดได้ เลนส์ที่ใช้จะเป็นเลนส์กรองแสงฉาบด้วยสารสีเขียวมีความเข้มข้น ตั้งแต่เบอร์ 1-14 แล้วแต่การใช้งาน

2.2.3 การเชื่อมต้านทาน



ภาพที่ 2.15 หลักการเชื่อมแบบต้านทาน [16]

การเชื่อมต้านทาน (Resistance Welding) เป็นการสร้างความร้อนจากการผ่านกระแสไฟฟ้าผ่านโลหะที่มีความต้านทานไฟฟ้า ซึ่งบริเวณที่มีความต้านทานสูงคือบริเวณรอยที่ผิวโลหะคนละชิ้นมาสัมผัสกัน จะเกิดความร้อนสูงสุด ทำให้โลหะหลอมละลายเกิดเป็นบ่อหลอมเชื่อมต่อโลหะทั้งสองชิ้นเข้าด้วยกันที่มีกระแสไฟฟ้า (1000–100,000 A) ไหลผ่านโลหะ โดยทั่วไปกระบวนการเชื่อมนี้ทำให้เกิดมลพิษต่ำ แต่มีข้อจำกัดด้านการใช้งานที่ไม่หลากหลายกับการใช้งาน และอุปกรณ์ที่มีราคาแพง การเชื่อมจุด (spot weld) เป็นการเชื่อมโดยอาศัยแรงอัด ชนิดหนึ่งที่เป็นที่นิยมใช้งานเชื่อมต่อแผ่นโลหะที่วางซ้อนกันโดยมีความหนาได้ถึง 3 มิลลิเมตรในการเชื่อมนั้น อิเล็กโทรดสองชิ้นจะทำหน้าที่นำกระแสไฟฟ้าเข้าสู่ชิ้นงานและ กดชิ้นงานในเวลาเดียวกัน ข้อดีของกระบวนการนี้คือ ใช้พลังงานน้อยและไม่ทำให้ชิ้นงานเสียรูป ทำงานได้เร็ว ทำเป็นระบบอัตโนมัติได้ง่าย และไม่จำเป็นต้องใช้ลวดเติม แต่ความแข็งแรงของแนวเชื่อมที่ได้จะต่ำกว่าการเชื่อมด้วยกระบวนการอื่นๆ กระบวนการเชื่อมจุดนี้ใช้มากในอุตสาหกรรมรถยนต์ โดยประยุกต์ใช้กับแขนหุ่นยนต์ ในรถยนต์คันหนึ่งอาจมีรอยเชื่อมจุดได้มากถึงหลายพันจุด การเชื่อมตะเข็บ (seam welding) คล้ายกับการเชื่อมจุด แต่มีข้อแตกต่างที่การเชื่อม

แบบตะเข็บนั้น รอยเชื่อมต่อเนื่องเป็นแนว ไม่ได้เป็นจุด เนื่องจากไม่ได้ใช้อิเล็กโตรดรูปแท่งแบบจุด แต่ใช้เป็นลักษณะวงล้อ

2.2.4 การเชื่อม Laser



ภาพที่ 2. 16 การเชื่อม laser [18]

การเชื่อมด้วยลำเลเซอร์ (Laser beam welding, LBW) คือกระบวนการหนึ่งของการเชื่อมวัสดุ โดยใช้พลังงานจากลำเลเซอร์หลอมชิ้นงานบริเวณที่ ลำเลเซอร์ตกกระทบ โดยพลังงานที่เข้าสู่ชิ้นงานมีความหนาแน่นสูง ทำให้สามารถเชื่อมโดยรอยเชื่อมแคบและลึกได้ เหมาะกับการเชื่อมงานที่ต้องการการซึมลึก การเชื่อมด้วยลำเลเซอร์นั้นอาศัยพลังงานความเข้มสูง (ระดับ 1 เมกะวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร) ทำให้ได้บริเวณกระทบร้อน (Heat-Affected Zone, HAZ) ที่มีขนาดเล็ก และมีอัตราการเย็นตัวที่เร็ว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำเลเซอร์ ณ จุดที่เลเซอร์ตกกระทบบนชิ้นงานอยู่ระหว่าง 0.2 มม. ถึง 13 มม.

ในการลดต้นทุนการสังสินค้าใหม่ ด้วยการซ่อมแซมชิ้นงานเดิมด้วยการเชื่อมจุดที่บกพร่อง ก็สามารถนำกลับมาใช้งานได้เหมือนเดิม เพียงแต่ในส่งการส่งเชื่อมผู้ใช้งานต้องแจ้งรายละเอียดให้ชัดเจนเพื่อให้ได้ชิ้นงานที่เหมือนเดิมให้ได้มากที่สุด จากประสบการณ์สามารถประหยัดได้มากกว่า 50%แน่นอน บางชิ้นงานอาจจะถึง 70% ของราคาชิ้นงานใหม่ สรุปง่ายๆว่า แทนที่จะซื้อใหม่เพียงอย่างเดียวเท่านั้น การเชื่อมเลเซอร์เป็นการนำของเดิมมาซ่อมแซมแทนการซื้อใหม่ สามารถลดต้นทุนได้มากทีเดียว หรือบางแห่งก็ใช้ชิ้นที่ซ่อมแซมนี้เป็น spare part อีกด้วย

2.2.5 การเชื่อมเทอร์มิก



ภาพที่ 2.17 ภาพการเชื่อมรางรถไฟ [19]

กระบวนการเชื่อมนี้จะใช้หลักการทางเคมี คือ จะใช้ส่วนผสมของโลหะออกไซด์ (Metal Oxide) และอลูมิเนียม (Aluminum) ซึ่งส่วนผสมทั้งสองจะอยู่ในรูปแบบของผง (Powder) โดยจะใส่ส่วนผสมใน ตัวบรรจุ (Hopper) ของเบ้าหลอม (Crucible) เมื่อส่วนผสมมีความร้อนจะเกิดปฏิกิริยาเคมี ทำให้โลหะหลอมละลายและผลที่ได้คือ โลหะจะแยกตัว ออกจากอลูมิเนียมออกไซด์ ซึ่งเป็นขี้ตระกรัน (Slag) โดยอาศัยคุณสมบัติ เฉพาะตัวของมัน เองคือมีน้ำหนักมากกว่าตกลงมาด้านล่าง ประกอบกับมีความร้อนที่สูง ทำให้สามารถเชื่อมแท่งโลหะทั้งสองให้ติดกันได้

2.3 การปรับปรุงคุณสมบัติแนวเชื่อมหลังการเชื่อม

1. การเคาะเพื่อคลายตัว (Peening)

เป็นการปฏิบัติงานทางกลของโลหะ โดยหมายถึงการตีด้วยหัวค้อนหรือการยิงด้วยเม็ดวัสดุ (shot peening) การเคาะเพื่อคลายตัวเป็นกระบวนการทำงานเย็น มันโน้มน้าวให้เกิดการขยายของผิวโลหะงานที่เย็น เนื่องด้วยเหตุนี้ การผ่อนคลายความเค้นแรงดึง และ/หรือความเค้นอัดภายใน การเคาะเพื่อคลายตัวยังกระตุ้นให้เกิดการแข็งตัวคงเหลือ (strain hardening) ของผิวโลหะ

การเคาะคลายด้วยมือ (hand peening) กระทำหลังการเชื่อมเพื่อคลายความเค้นแรงดึง ซึ่งเกิดขึ้นในเนื้อรอยเชื่อมและรอบๆ โลหะงานจากการเย็นตัว ระดับการลดลงของความเค้นแรงดึงอย่างน้อยที่สุดคือบริเวณที่เกิดขึ้นใกล้ผิวรอยเชื่อมเท่านั้น การเคาะคลายด้วยมีแนวโน้มให้ความแข็งแรงสูงขึ้นในเนื้อเชื่อมและงานบางอย่างควรหลีกเลี่ยง ด้วยเหตุผลนี้การเคาะคลายด้วยทั่วไปไม่ถูกยอมรับจากโค้ดส่วนใหญ่, มาตรฐานหรือข้อกำหนด (เช่น ASME B31.3 หมวด 328.51 (d) ทุกๆรูปแบบของการเคาะคลายตัวถูกก่อนการนำมาใช้งานบนเนื้อเชื่อมต้องเนินการตามข้อกำหนดของการทดสอบชิ้นงาน

ชิ้นงานที่ดำเนินการทดสอบกระบวนการทำงานเชื่อมนั้น ตัวแปรที่จำเป็นทั้งหมดนั้น จะถูกใช้เพื่อการผลิตงานเชื่อม ถ้าหากเนื้อเชื่อมถูกเคาะคลายตัวระหว่างการทดสอบ กระบวนการของขั้นตอนการเชื่อม การทดสอบทางกลซึ่งตามมาของขั้นตอนจะแสดงให้เห็น คุณสมบัติทางกลของเนื้อเชื่อม คุณสมบัติทางกลเหล่านี้ ต้องเข้ากันได้กับคุณสมบัติทางกลของวัสดุซึ่งจะเชื่อมเข้าด้วยกัน ถ้ามันไม่ได้ดำเนินการมีการสอบตกและขั้นตอนการเชื่อมนั้น ไม่ถูกยอมรับที่จะใช้ในการเชื่อม การเคาะคลายตัวถูกนำมาใช้ในการการผลิตงานเชื่อมที่ถูก กำหนดให้กระทำเท่านั้นอีก

2. กระบวนการทางความร้อน

กระบวนการทางความร้อนหลังการเชื่อม (post-welded heat treatment) มีเพื่อลดความเค้นตกค้าง และเพิ่มความแข็งแรงให้กับแนวเชื่อม

2.4 การเชื่อมโดยใช้แขนกลในอุตสาหกรรม

1. หลักการทำงานของหุ่นยนต์อุตสาหกรรม

การทำงานของหุ่นยนต์อุตสาหกรรมประกอบด้วย 2 ส่วนใหญ่ๆ ได้แก่ ระบบทางกลของหุ่นยนต์ และระบบควบคุมหุ่นยนต์ ระบบทางกล หมายถึง ส่วนที่เป็นโครงสร้าง และส่วนที่ทำให้กำลังขับเคลื่อนหุ่นยนต์ ส่วน ระบบควบคุม ประกอบด้วย ระบบบังคับการทำงานหุ่นยนต์ ระบบป้อนข้อมูลกลับ ตลอดจนการสอนหุ่นยนต์ให้ทำงานตามชุดคำสั่ง

2. ระบบทางกลของหุ่นยนต์อุตสาหกรรม

ระบบทางกลของหุ่นยนต์อุตสาหกรรมที่สำคัญมี 3 ประการ คือ ลักษณะโครงสร้างของหุ่นยนต์ อุปกรณ์ให้กำลังขับเคลื่อนหุ่นยนต์ และมือหุ่นยนต์

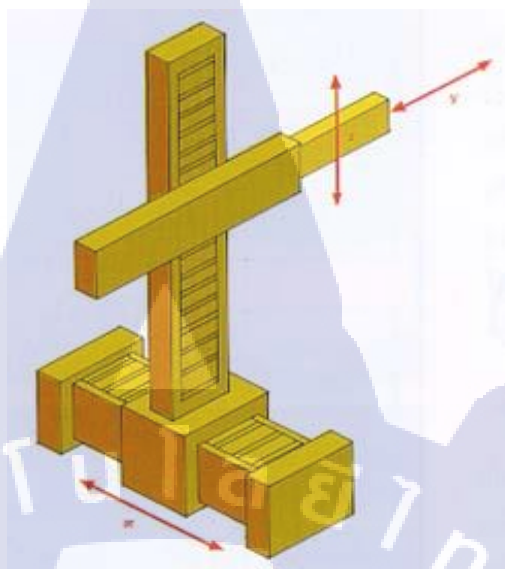


ภาพที่ 2.18 การสอนหุ่นยนต์อุตสาหกรรมให้ทำงานเชื่อมโดยสั่งงานผ่าน
เป็นสอน(ผู้ที่นั่งเป็นคนถือแป้น) [20]

3. ลักษณะ โครงสร้างของหุ่นยนต์

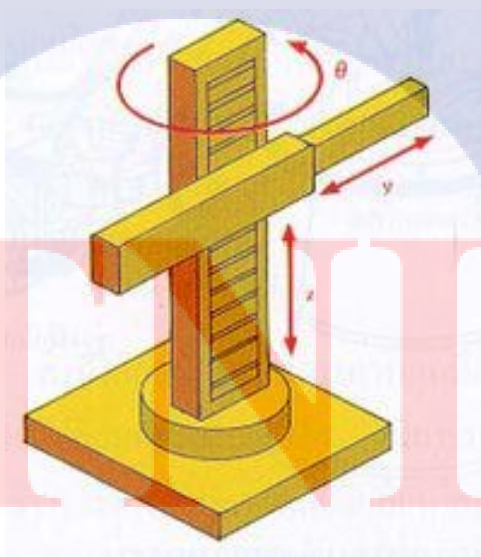
เนื่องจากหุ่นยนต์อุตสาหกรรมได้รับการออกแบบสร้างขึ้นมา เพื่อทำหน้าที่แทนคน ดังนั้น ลักษณะการออกแบบจึงมักจะเป็นส่วนบนของลำตัวมนุษย์ ประกอบด้วยหัวไหล่ แขน และมือ โดยปกติแล้ว มักออกแบบเป็นแขนเดียว ในบางแบบได้ออกแบบให้แขนเคลื่อนที่อยู่บนทางเลื่อนได้ อาจจำแนกโครงสร้างของหุ่นยนต์ได้ 4 แบบ คือ

3.1 โครงสร้างคาร์ทีเซียน หรือฉาก (cartesian or rectangular) เป็นโครงสร้างที่ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ที่วางไว้ตั้งฉากซึ่งกันและกัน 3 ส่วน ซึ่งทำให้สามารถเคลื่อนที่ไปยังจุดที่ต้องการได้



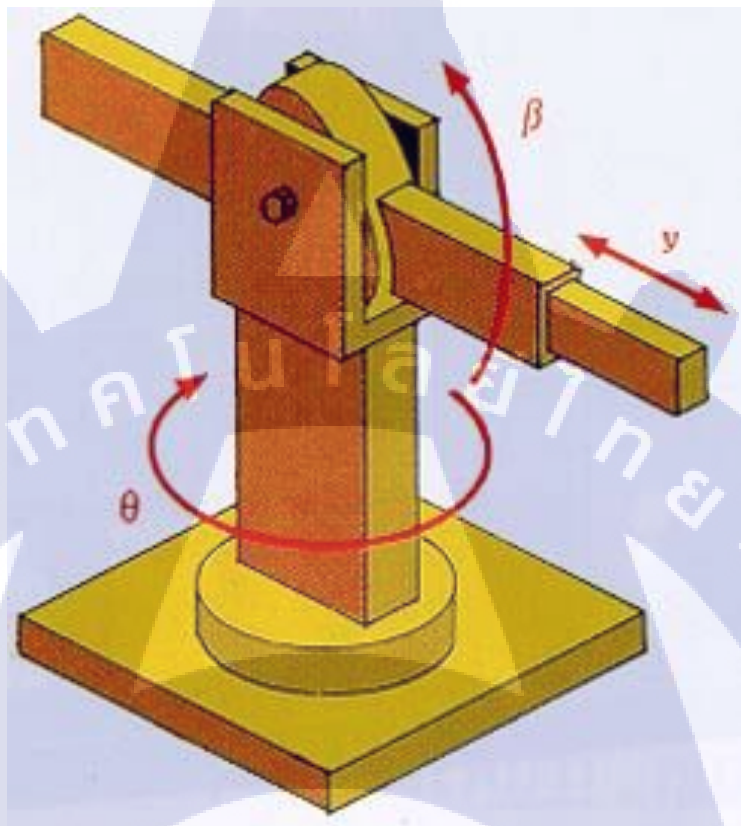
ภาพที่ 2. 19 โครงสร้างคาร์ทีเซียนหรือโครงสร้างฉาก [20]

3.2 โครงสร้างทรงกระบอก (cylindrical) มีแกนเกาะกับแกนกลาง ซึ่งเป็นหลัก แขนนั้นสามารถเคลื่อนที่ขึ้นลงหมุนรอบแกน และสามารถบิดและหดได้



ภาพที่ 2. 20 โครงสร้างทรงกระบอก ซึ่งสามารถหมุนแขนได้รอบตัว [20]

3.3 โครงสร้างเชิงขั้ว (polar) มีลำตัวที่บิดได้ มีแขนที่หมุนและยืดหดได้

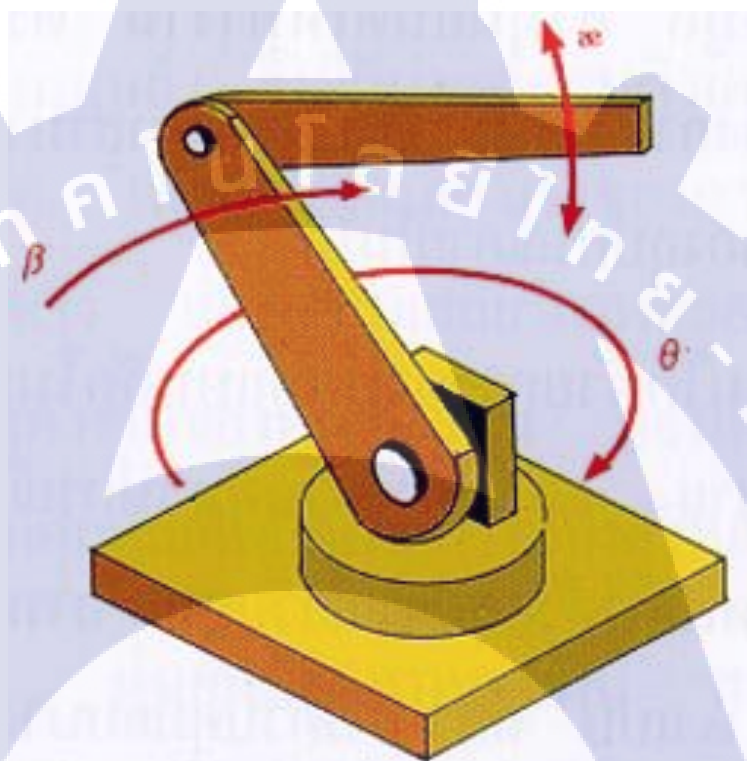


ภาพที่ 2. 21 โครงสร้างเชิงขั้ว [20]

TNI

THAI - NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY

3.4 โครงสร้างมนุษย์ (antropomorphic) เป็นโครงสร้างที่เลียนแบบโครงสร้างของมนุษย์ ในหุ่นยนต์อุตสาหกรรม มีลักษณะเป็นส่วนบนของลำตัวมนุษย์ ประกอบด้วยหัวไหล่ แขนท่อนบน แขนท่อนล่าง ข้อมือและมือ ลักษณะการเคลื่อนที่ด้วยระบบไฮดรอลิก และระบบเซอร์โวมอเตอร์กระแสตรง



ภาพที่ 2.22 โครงสร้างมนุษย์ [20]

4. อุปกรณ์ให้กำลังขับเคลื่อนของหุ่นยนต์

ในปัจจุบันมีอุปกรณ์ให้กำลังขับเคลื่อนหุ่นยนต์อยู่ 3 ชนิด คือ มอเตอร์กระแสไฟตรง นิวแมติก และ ไฮดรอลิก

4.1 มอเตอร์กระแสไฟตรง คือ อุปกรณ์ขับเคลื่อนหมุนรอบตัวเองได้ ด้วยพลังงานจาก กระแสไฟตรง เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ได้สะดวก ง่ายต่อการควบคุม และตำแหน่งแม่นยำ ปัญหาสำคัญคือ มีกำลังจำกัด และมีปัญหาในการนำหุ่นยนต์ที่ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าไปใช้ในบริเวณที่มีวัตถุไวไฟ เช่น งานพ่นสี เป็นต้น

4.2 นิวเมติก เป็นระบบที่ขับเคลื่อนทางตรง ทางโค้งหรือหมุนได้ ด้วยแรงอัดของลม เป็นอุปกรณ์ที่ราคาถูกลง และยุ่งยากน้อยที่สุด ปัญหาที่สำคัญอยู่ที่การควบคุมความเร็ว และ ตำแหน่ง

4.3 ไฮดรอลิก เป็นระบบที่ขับเคลื่อนด้วยแรงอัดของน้ำมัน เป็นอุปกรณ์ที่ราคาแพง ให้กำลังสูง มีอุปกรณ์อยู่หลายแบบ สามารถเลือกใช้ให้เหมาะสมกับงานได้ เช่น การเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง หรือแบบหมุน เป็นต้น ระบบการควบคุมมักใช้ไฟฟ้า แต่เนื่องจากใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่น้อย และใช้กำลังไฟฟ้าต่ำมาก จึงสามารถใช้หุ่นยนต์ที่ขับเคลื่อนด้วยระบบไฮดรอลิกกับบริเวณที่วัตถุไวไฟได้

ใน พ.ศ. 2528 มีแนวโน้มที่จะนำมอเตอร์กระแสไฟตรง มาใช้เป็นอุปกรณ์ขับเคลื่อนหุ่นยนต์ อุตสาหกรรมมากขึ้น เนื่องจากการพัฒนามอเตอร์กระแสไฟตรง ให้ใช้กับหุ่นยนต์อุตสาหกรรมได้ดีขึ้นในด้านความเร็ว ความแม่นยำของการหยุด และการยกน้ำหนัก

5. มือหุ่นยนต์

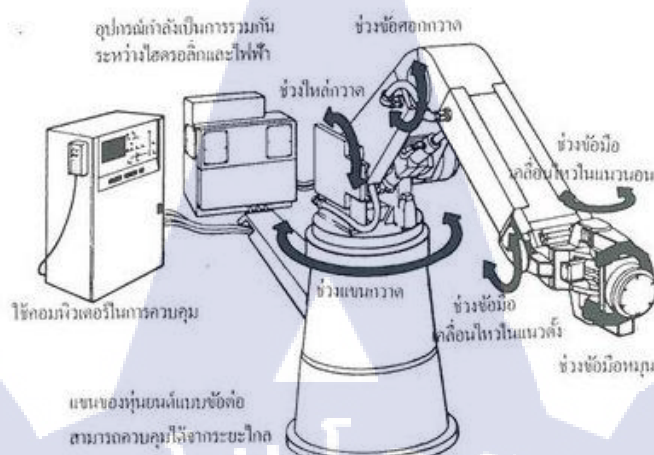
มือหุ่นยนต์จะยึดติดกับส่วนของหุ่นยนต์ที่เป็นข้อมือ (wrist) ซึ่งสามารถหมุนได้อย่างอิสระ 3 แนวแกน คือ แกนบิดในระนาบที่ตั้งฉากกับปลายแขน แกนงอขึ้นลงจะหมุนใน ระนาบที่ตั้งฉากกับพื้น และแกนส่ายจะหมุนในระนาบที่ขนานกับแกน อย่างไรก็ตามลักษณะการใช้งานส่วนใหญ่จะทำงานเพียง 2 ทิศทางเท่านั้น เช่น หุ่นยนต์ที่ใช้ในงานเชื่อมในลักษณะที่สมมาตร จะให้ความอิสระของข้อมือเพียง 2 แกนเท่านั้น อย่างไรก็ตาม ในกรณีงานที่ค่อนข้างยุ่งยาก อาจใช้ถึง 3 แกนข้อสำคัญของข้อมือ โดยจะต้องสร้างให้มีความมั่นคง และมีน้ำหนักน้อยที่สุด

6. ระบบควบคุมหุ่นยนต์อุตสาหกรรม

ระบบควบคุมเป็นส่วนที่สำคัญที่สุดของหุ่นยนต์ ทำหน้าที่เป็นสมองเก็บข้อมูล สั่งหุ่นยนต์ให้ทำงาน ตรวจสอบ และควบคุมตำแหน่งการทำงาน ในบางเครื่องสามารถตรวจสอบความผิดปกติของอุปกรณ์ภายในได้

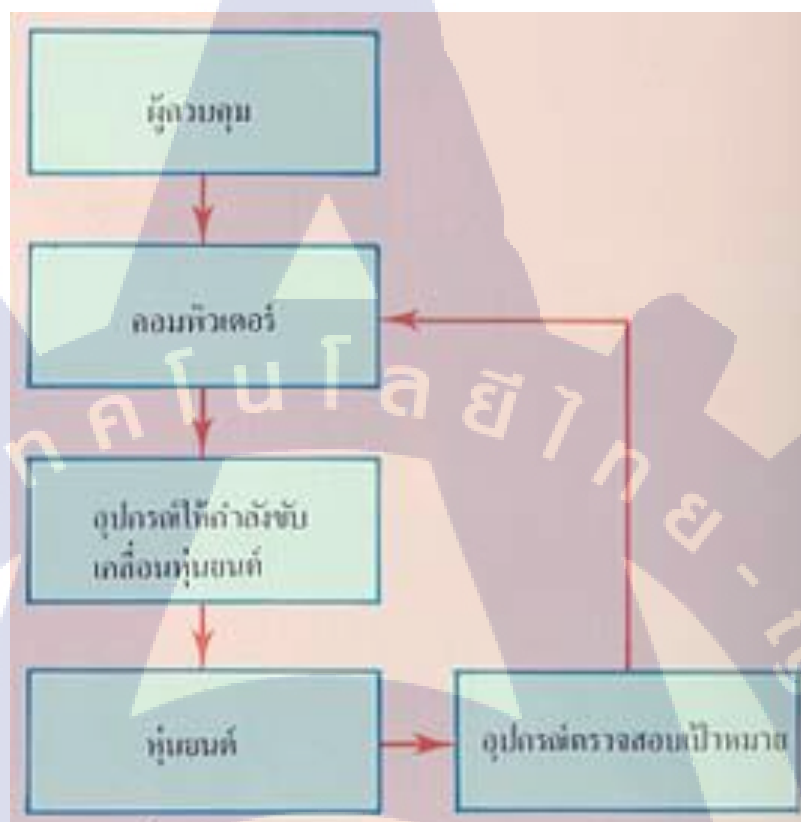
TNI

THAI-NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY



ภาพที่ 2.23 ระบบควบคุมหุ่นยนต์ [20]

หุ่นยนต์จะทำงานได้ด้วยการควบคุมแบบอัตโนมัติ โดยมีการกำหนดเป้าหมาย และมีการควบคุมอุปกรณ์ให้ทำงานตามเป้าหมาย ที่กำหนดไว้ ด้วยอุปกรณ์ควบคุม การทำงานของอุปกรณ์ควบคุมมี 2 แบบ คือ การควบคุมแบบวงจรถัด และการควบคุมแบบวงจรถัด สำหรับการควบคุมแบบวงจรถัดนั้น อุปกรณ์ควบคุมจะคอยตรวจสอบเปรียบเทียบกับเป้าหมาย และควบคุมให้ได้ผลที่ถูกต้องตลอดเวลา หุ่นยนต์แบบนี้ จึงจำเป็นต้องมีอุปกรณ์ตรวจสอบเป้าหมายด้วย แต่ในการควบคุมแบบวงจรถัด อุปกรณ์ควบคุมจะดำเนินการ โดยมีได้ตรวจสอบเป้าหมาย เช่น ถ้านาย ก เคยเดินได้ ก้าวละ 50 เซนติเมตร เมื่อได้รับคำสั่งให้เดินเป็นระยะทาง 5 เมตร นาย ก ก็จะเดินไป 10 ก้าว อย่างนี้เรียกว่า นาย ก เดิน โดยใช้การควบคุมแบบวงจรถัด ซึ่งอาจเกิดความผิดพลาดขึ้นได้ แต่ถ้านาย ก ใช้ไม้เมตรวัดระยะทางที่เดินไป 10 ก้าว นั้นด้วยว่า ได้ 5 เมตร ถูกต้องหรือไม่ ถ้าไม่ถูกต้อง นาย ก จะเดินหน้า หรือถอยหลังให้ได้ ระยะทาง 5 เมตร พอดี อย่างนี้เรียกว่า นาย ก เดิน โดยใช้การควบคุมแบบวงจรถัด จะเห็นได้ว่า หุ่นยนต์ที่มีการควบคุมแบบวงจรถัดจะสร้างได้ยากกว่า แต่ให้ผลที่แน่นอน



ภาพที่ 2.24 แผนผังควบคุมหุ่นยนต์ด้วยระบบคอมพิวเตอร์ [20]

ถ้าเราลองมองไปรอบๆ ตัว ก็จะพบว่า ทุกสิ่งทุกอย่างก็ตกอยู่ในสถานะของการควบคุม และถูกควบคุมทั้งสิ้น แม้แต่สถานะของธรรมชาติ ต่างก็พยายามควบคุมกันเอง เพื่อให้พบกับจุดสมดุลตลอดเวลา นับแต่สิ่งที่ใกล้ตัวที่สุดคือ การทำงานของร่างกาย จนกระทั่งการทำงานของหุ่นยนต์ ต่างก็ต้องอาศัยอุปกรณ์ควบคุมทั้งสิ้น ในการควบคุม จำเป็นต้องทราบตัวแปรต่างๆ ที่มาเกี่ยวข้องอยู่ตลอดเวลา เช่น เมื่อต้องการการร่อนน้ำให้ได้ครึ่งถังพอดี ขั้นแรก จะต้องนำถังน้ำไปเตรียมไว้ที่ก๊อก ขึ้นต่อไปคือ การเปิดปิดลิ้น (valve) เพื่อให้ น้ำไหลลงถัง ในขณะเดียวกัน เราจะต้องใช้สายตาตรวจวัดระดับน้ำ หากประมาณเกือบได้ตามเป้าหมาย เราจึงเริ่มปรับลิ้นก๊อก เพื่อให้ปริมาณการไหลลดลง และปิดก๊อก จนกระทั่งหยุดไหล เมื่อระดับน้ำถึงครึ่งพอดี คราวนี้ลองใหม่ ถ้าบังเอิญไหลปล่อยให้น้ำไหลจนเกินครึ่งถึง สิ่งที่ต้องกระทำคือ การเทน้ำส่วนที่เกินออกจนได้ระดับตามกำหนด



ภาพที่ 2. 25 แผงควบคุมหุ่นยนต์ด้วยระบบคอมพิวเตอร์ [20]

วิธีการข้างต้นนี้ คือ การควบคุมอัตโนมัติแบบวงจรปิดอย่างสมบูรณ์ ตัวแปรของกระบวนการ คือ อัตราการไหล ระดับน้ำ และสถานะของลิ้น ระดับน้ำจะแปรผันไปตามการปิดเปิดลิ้น อุปกรณ์ที่ทำให้เกิดกระบวนการคือ มือ ส่วนอุปกรณ์ที่ใช้ตรวจสอบตัวแปร และส่งสัญญาณกลับคือ ตา ศูนย์กลาง หรือหัวใจของการควบคุม ให้กระบวนการเป็นไปตามขั้นตอน และดำเนินไปสู่เป้าหมายตลอดจนการตัดสินใจก็คือ สมอง



ภาพที่ 2. 26 หุ่นยนต์อุตสาหกรรมโครงสร้างมนุษย์ที่พัฒนาโดยสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี [20]

สิ่งที่ได้กล่าวมาเป็นการควบคุมที่กระทำขณะตัวแปรเกิดการเปลี่ยนแปลงไม่เรื้อรัง ในกระบวนการที่ดำเนินไปอย่างช้าๆ จะสามารถควบคุมด้วยมือหรือเครื่องมือพื้นฐานได้ แต่สำหรับกระบวนการที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว และต้องการเป้าหมายที่มีความถูกต้อง แม่นยำ เราจะไม่สามารถควบคุมด้วยมือได้ เพื่อหลีกเลี่ยงความล่าช้า และไม่สม่ำเสมอของมนุษย์ จึงมีผู้นำเอาคอมพิวเตอร์มาประยุกต์เข้ากับหุ่นยนต์ เพื่อให้เกิดผลสำเร็จของการควบคุม อย่างเที่ยงตรง รวดเร็ว และอยู่ในเสถียรภาพตลอดเวลา ในการควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์นั้น คอมพิวเตอร์หนึ่งเครื่องอาจจะควบคุมหุ่นยนต์ได้มากกว่าหนึ่งตัว ในเวลาเดียวกัน



TNI

บทที่ 3

แผนงานการปฏิบัติงานและขั้นตอนการดำเนินงาน

3.1 แผนงานปฏิบัติงาน

No.	Activity	Status	2018																
			Jun				Jul				Aug					Sep			
			W1	W2	W3	W4	W1	W2	W3	W4	W1	W2	W3	W4	W5	W1	W2	W3	W4
1	Safety training	Plan	→																
		Actual	→																
2	learning about component of Hydraulic Excavators	Plan	→	→															
		Actual	→	→															
3	Learning about Document in Production Engineering	Plan			→	→													
		Actual			→	→													
4	QCC Training	Plan				→													
		Actual				→													
5	Topic Selection	Plan				→													
		Actual				→													
6	Collect Data	Plan				→	→	→	→	→									
		Actual				→	→	→	→	→									
7	Data Analysis	Plan									→	→	→	→	→				
		Actual									→	→	→	→	→				
8	Summary of activity	Plan	→	→	→	Plan												→	→
		Actual	→	→	→	Actual												→	→

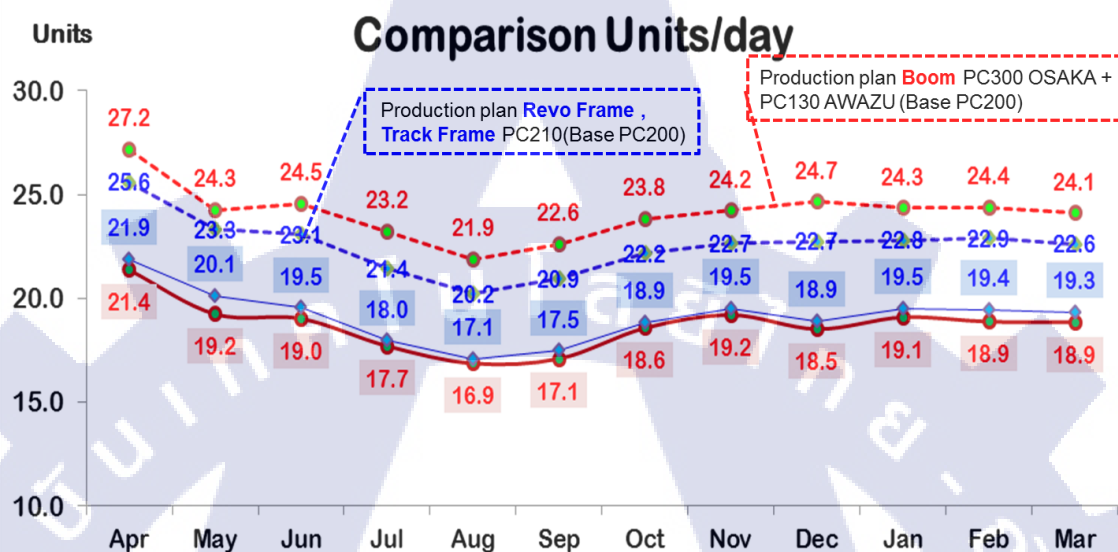
ภาพที่ 3.1 แผนงานการฝึกงาน

3.2 รายละเอียดโครงการ

โครงการเล่มนี้ จะเป็นการศึกษาในกระบวนการของ SAW ของการผลิต Boom(แขนของรถขุด ตัก) ว่าสามารถทำการลดเวลาการทำงานให้เวลาไม่เกิน pitch time ได้หรือไม่

3.3 ขั้นตอนการดำเนินงานที่นักศึกษาปฏิบัติงานหรือโรงงาน

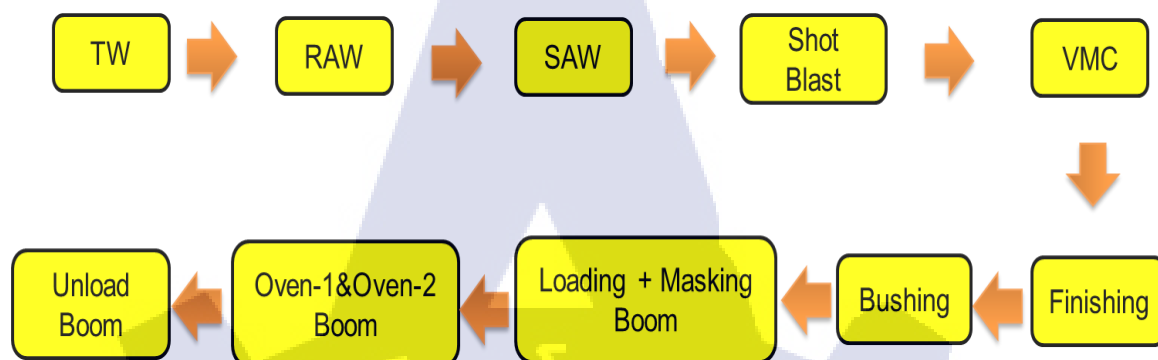
1. ศึกษาในแผนการผลิตของ Boom , Revo Frame , Track Frame ในปี 2018



ภาพที่ 3.2 แผนการผลิตชิ้นส่วน(Boom , Revo Frame , Track Frame) ในปี 2018 ของทางบริษัท

บางกอกโมบิลิตี

2. ทำการศึกษาเกี่ยวกับ Boom Line ว่ามีกระบวนการอะไรบ้าง



ภาพที่ 3.3 Process Flow ของ Boom

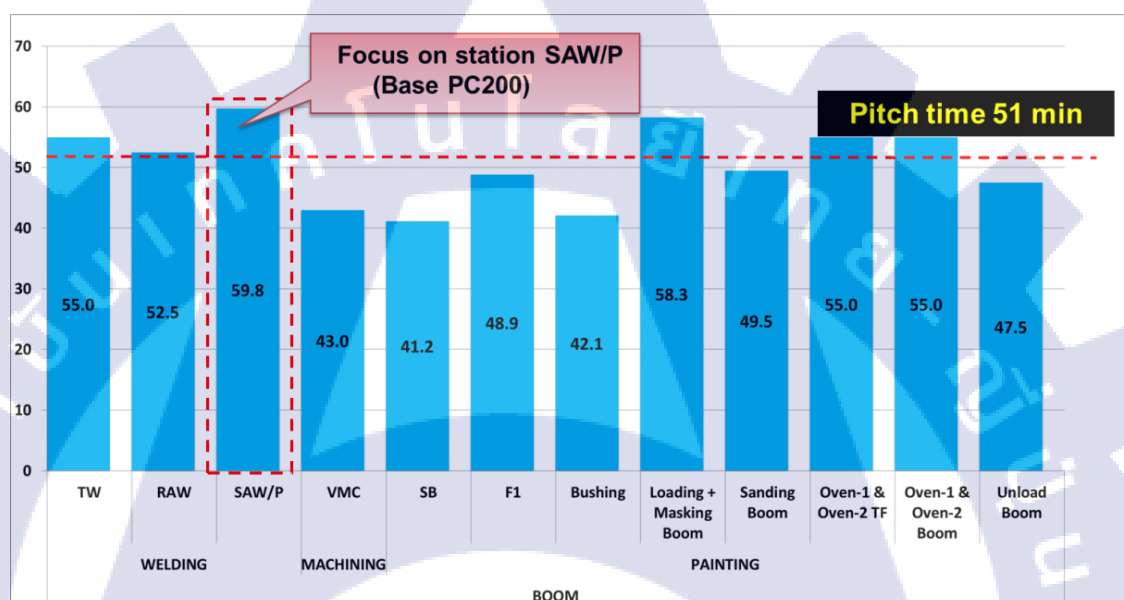
จากภาพ จะอธิบายเกี่ยวกับ Process Flow ของ Boom ทั้งหมด ซึ่งความหมายของแต่ละ Process มี ดังนี้

ตารางที่ 3.1 อธิบาย Boom Process

Process	การทำงาน
TW ย่อมาจาก Tack Welding	การประกอบชิ้นส่วนแต่ละชิ้นของ Boom โดยการ ใช้คนเชื่อมให้ติดกัน
RAW ย่อมาจาก Robot Arc Welding	การเชื่อมแนวยาว โดยการ ใช้แขนกล
SAW/P ย่อมาจาก Semi Auto Welding Positioner	การเชื่อมเก็บแนว ที่แขนกลไม่สามารถเก็บได้ และแก้ไขแนวเชื่อมของแขนกล โดยใช้คนในการทำงาน ควบคู่กับการใช้จิกเพื่อหมุนชิ้นงานไปใน ตำแหน่งที่ต้องการ
Shot Blast	การขัดผิว Boom โดยการ ใช้เม็ดเหล็กในการทำ
VMC ย่อมาจาก Vertical Machining Center	การ MACHINE
Finishing	การตรวจ Boom ในแผนก Welding ครั้งสุดท้าย ก่อนจะเข้าไปใน conveyer ไปทำสี
Bushing	การ Bush ตรงส่วน Boss A

Process	การทำงาน
Masking	การกำหนดจุดที่ไม่ต้องพ่นสี
Oven	การอบ

3. วิเคราะห์ปัญหาใน Boom Line ว่ามีเวลาใน Process ไหนบ้างที่เกิน แล้วจึงนำมาวิเคราะห์หาค่า



ภาพที่ 3.4 แผนภูมิแสดงการวิเคราะห์ปัญหาใน Boom Line

TNI

THAI-NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY

4. ศึกษาในกระบวนการทำงานของ SAW/P

ตารางที่ 3.2 ขั้นตอนการทำงานของพนักงานในสถานี SAW/P

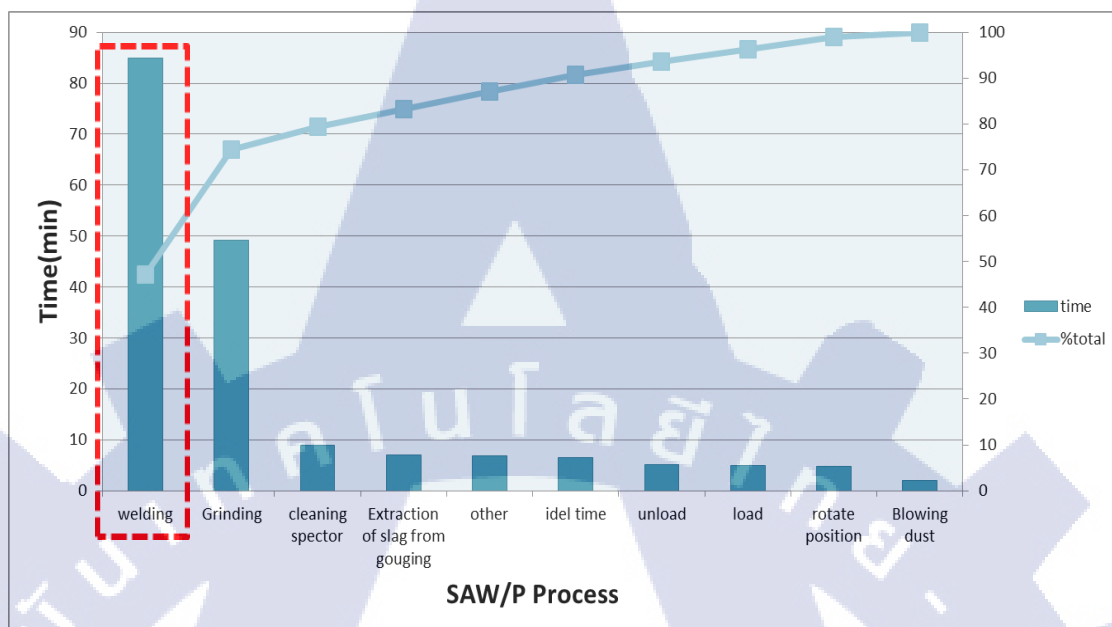
ขั้นตอนการทำงาน SAW/P	เวลา(นาทื)
Load & Clamping	5
หมุนpositioner	4.7
เชื่อม	84.88
สกัดสแลกที่เกิดจากการเค้	7.06
ทำความสะอาดเม็ดเชื่อม(เม็ดสเปกเตอร์)	8.87
เป่าฝุ่น	3.07
เจียร	49.17
อื่นๆ	6.86
idle time	6.49
Unload & Unclamping	5.1

5. ศึกษาเรื่อง G-Robot และ SAW/P

6. สรุปผลที่ได้จากการปรับปรุง

3.3.1 ขั้นตอนการเก็บข้อมูล

จากการที่ไปศึกษาในกระบวนการทำงานของพนักงานจาก ตารางที่ 3.2 ในกระบวนการSAW/P ทำให้ทราบถึงปัญหาของกระบวนการทำงานดังนี้

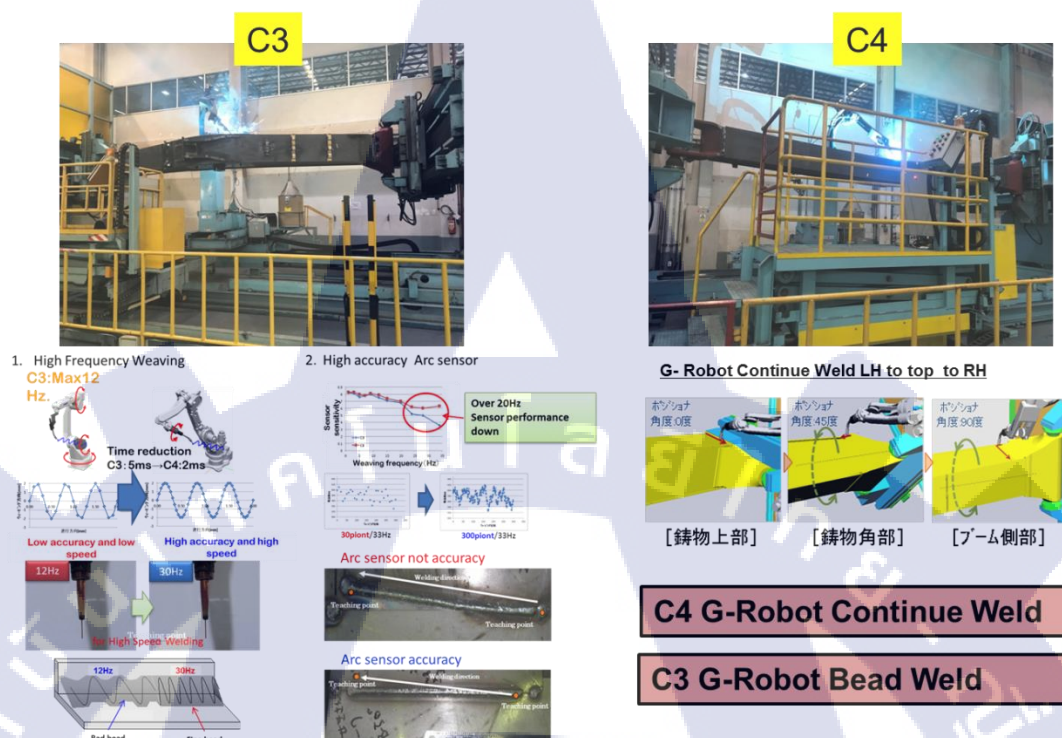


ภาพที่ 3.5 แผนภูมิขั้นตอนการทำงานของกระบวนการ SAW/P

จากแผนภูมิขั้นตอนการทำงานของกระบวนการ SAW/P Boom นั้น ทำให้ทราบถึงปัญหาว่า กระบวนการไหนใช้เวลาในการทำมากที่สุด จะเห็นได้ว่า การเชื่อม(Welding) ใช้เวลาในกระบวนการทำงานมากที่สุด จึงเลือกเรื่องการเชื่อม(Welding) มาทำการปรับปรุง

3.3.2 การปรับปรุงใน SAW/P Process

ปรับปรุงเรื่องการเชื่อม ซึ่งทำการเลือกศึกษาในส่วนของ G-Robot C3 และ C4 จาก การที่ได้ศึกษามาแล้วได้รายละเอียดดังนี้



ภาพที่ 3.6 ลักษณะของการเชื่อม G-Robot C3 และ C4

จากภาพสรุปในเรื่องของ G-Robot ได้ดังนี้

1. G-Robot C3 จะเป็นการเชื่อมทีละแนว
2. G-Robot C4 จะเป็นการเชื่อมแบบต่อเนื่อง

บทที่ 4

ผลการดำเนินงาน การวิเคราะห์และสรุปผลต่างๆ

4.1 ผลการดำเนินงาน

จากผลการดำเนินงานที่จะทำการลดเวลาใน Line Boom จากการเลือก ลดเวลาในกระบวนการ SAW/P ในการปรับปรุงนั้นจะเป็นเรื่องของการเชื่อม โดยจะทำการ Update software G-Robot C3 ให้เป็น C4 โดยทำการจับเวลาในแต่ละส่วนของได้ดังนี้

ตารางที่ 4.1 เวลาการทำงานของ G-Robot C3 และ C4 และ SAW

No.	Description [PC200-8M0 (A25)]	Time Study(Min)		
		C3 G-Robot	C4 G-Robot	Reduce
1	G- Robot	180	173	7
2	SAW	177	160	17

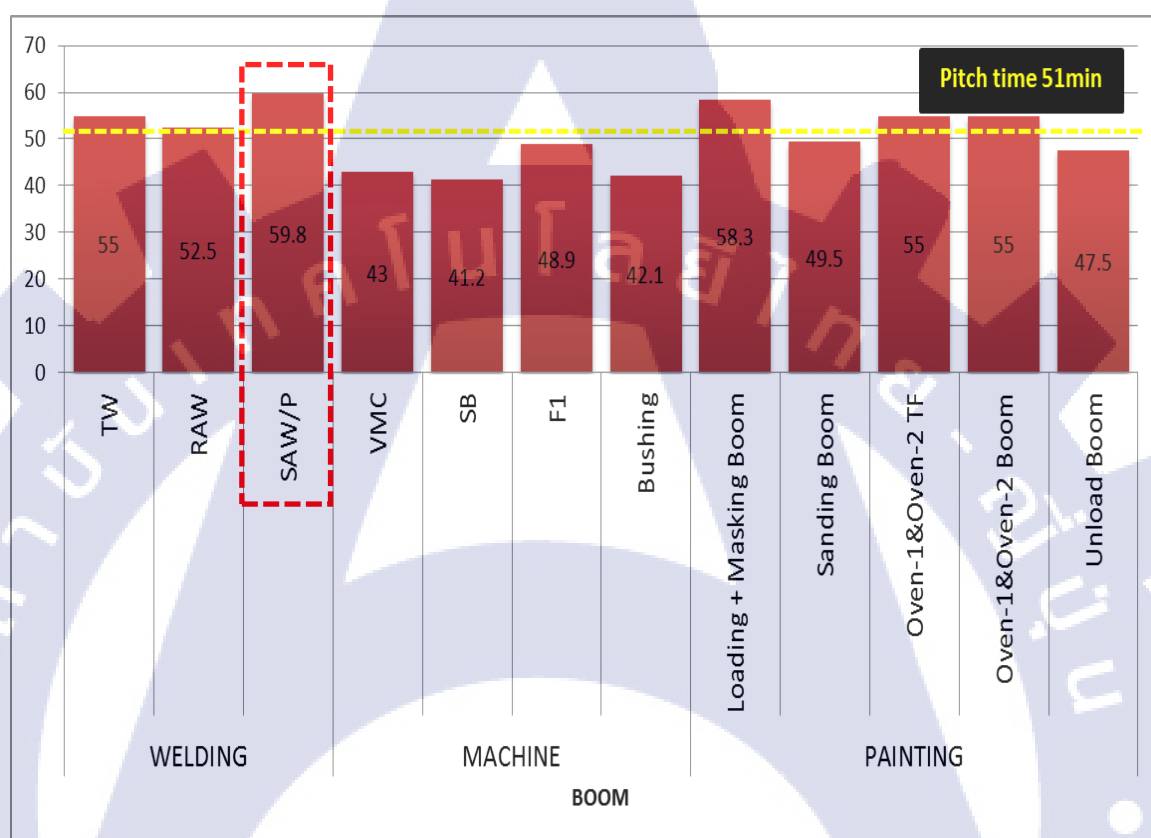
4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

จากการที่ได้ศึกษาในเรื่องของ G-Robot C3, C4 และศึกษากระบวนการทำงานในสถานี SAW/P หลังจากนั้นทำการจับเวลากระบวนการทำงานของทั้ง G-Robot และ SAW/P ได้ดังนี้

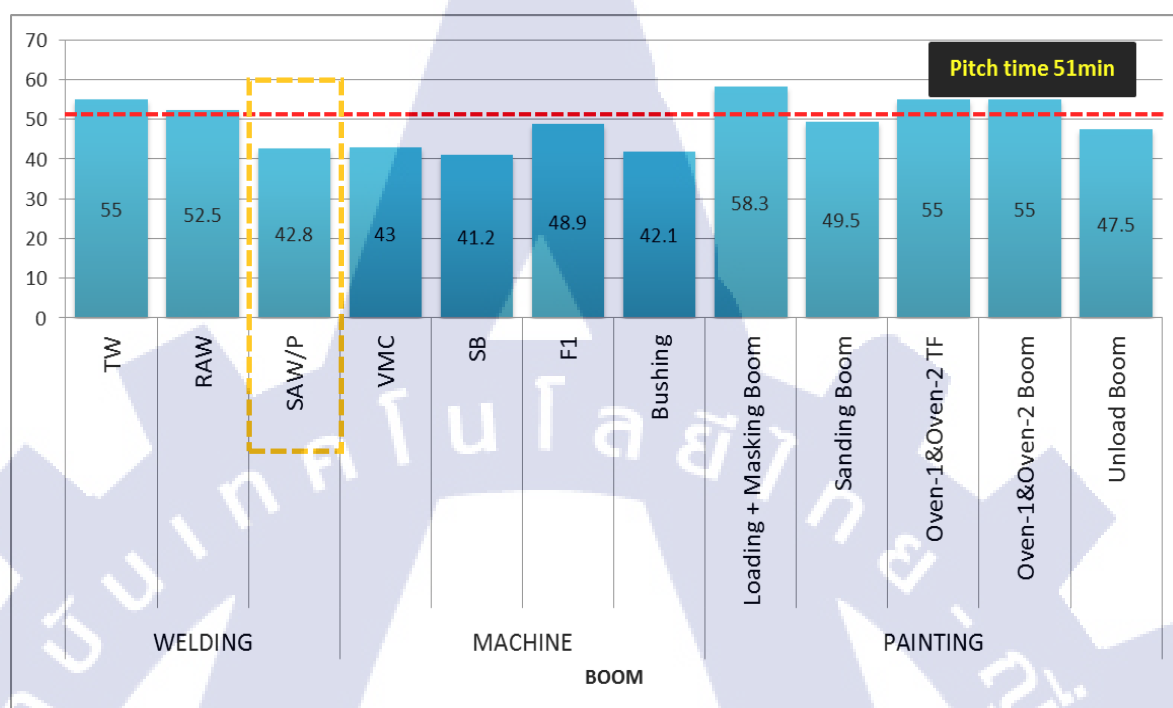
จาก Boom ที่ผ่านการเชื่อมแบบ G-Robot C3 ใช้เวลาการทำงาน 180 นาที หลังจากนั้น เข้าสถานี SAW/P พนักงานจะใช้เวลาในกระบวนการทำงาน 177 นาที

จาก Boom ที่ใช้ G-Robot C4 ใช้เวลาการทำงาน 173 นาที แล้วเข้าสถานี SAW/P พนักงานจะใช้เวลาในกระบวนการทำงาน 160 นาที

ถ้าทำการ Update software G-Robot จาก C3 ให้เป็น C4 สามารถลดเวลาในการบวนการทำงานได้ 17 นาที หลังจากนั้นนำเวลาที่ลดได้จากการปรับปรุง โดยจะดูจากกระบวนการทั้งหมดของ Boom Line ทั้งก่อนและหลังการปรับปรุง ได้จาก ภาพที่ 4.1 และ ภาพที่ 4.2 ดังนี้



ภาพที่ 4.1 แผนภูมิ Boom Line ก่อนการปรับปรุง



ภาพที่ 4.2 แผนภูมิ Boom Line หลังการปรับปรุง

จากแผนภูมิใน Boom Line ทำให้เห็นว่า การที่ผู้วิจัยได้ ทำการลดเวลาในกระบวนการทำงานของสถานี SAW/P นั้น ทำให้ได้ลดเวลาได้ จาก 59.8 นาที เหลือ 42.8 นาที ทำให้เวลาในกระบวนการของสถานี SAW/P ลดลงซึ่ง และยังสามารถทำให้เวลาในกระบวนการทำงานของ SAW/P ต่ำกว่า Pitch time คือ 51 นาที แต่เมื่อกลับมาดูใน Line Boom ซึ่งจริงๆแล้ว ยังมีเวลาในกระบวนการทำงาน ของ Loading + Masking Boom ใช้เวลาในกระบวนการทำงานทั้งหมด 58.3 นาที ซึ่งเกิน Pitch time คือ 51 นาที เนื่องจากผู้วิจัยใช้ระยะเวลาในการศึกษาและปรับปรุงในสถานีนี้มากเกินไป ทำให้เมื่อสามารถลดเวลากระบวนการของสถานี SAW/P ได้ แต่เวลาใน Boom Line ยังติดอยู่ที่สถานีของ Loading + Masking Boom

บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

จากการทำการปรับปรุงในเรื่องของการ Update software G-Robot จาก C3 ให้เป็น C4 ซึ่งสามารถลดเวลากระบวนการ SAW/P ได้ทั้งหมด 17 นาที แต่ถ้ามองกระบวนการทำงานทั้งหมดของ Line Boom นั้นยังไม่สามารถทำให้กระบวนการทำงานใช้เวลาไม่เกิน Pitch time ได้ เนื่องจากผู้วิจัยใช้ระยะเวลาในการปรับปรุงในสถานี SAW/P มากเกินไป ทำให้เมื่อลดเวลาการทำงานได้แล้ว แต่ยังมีกระบวนการที่ใช้เวลาในการทำงานที่สูงที่สุดใน Line Boom หรือ เวลาในกระบวนการกินเส้น Pitch time อยู่ ทำให้ต้องทำการปรับปรุงกระบวนการนั้นต่อไป

5.2 ประโยชน์ที่นักศึกษาได้รับ

1. ได้รับความรู้เกี่ยวกับ Process Flow ทั้งหมดใน Welding Line
2. ได้รับความรู้เกี่ยวกับกระบวนการทำงานของ SAW/P
3. ได้รับความรู้ในเรื่องเครื่องมือของการเชื่อม
4. ได้ฝึกในเรื่องของการตรงต่อเวลา และ การปฏิบัติในกฎระเบียบของทางบริษัทที่กำหนดไว้

บรรณานุกรม

- [1] ชาคร จิตรุ่งเรืองศิลป์ ,ประวัติการเชื่อม [Online], Available :
<https://sites.google.com/site/ngancheuxmloha/prawatikar-cheuxm-loha> [2018 Oct 11].
- [2] A.patcharoen ,การเชื่อม [Online], Available :
<https://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B9%80%E0%B8%8A%E0%B8%B7%E0%B9%88%E0%B8%AD%E0%B8%A1> [2018 Sep 24]
- [3] บริษัท เทอร์มอล แมคคานิกส์ จำกัด ,การเชื่อมอาร์คโดยใช้อิเล็กโตรดหุ้มฟลักซ์ (SMAW) [Online], Available : <http://www.thermal-mech.com/knowledge.php?id=31> [2018 Sep 28]
- [4] ไม่ปรากฏชื่อผู้แต่ง ,การเชื่อมทิก [Online], Available :
<https://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B9%80%E0%B8%8A%E0%B8%B7%E0%B9%88%E0%B8%AD%E0%B8%A1%E0%B8%97%E0%B8%B4%E0%B8%81> [2018 Sep 28]
- [5] Nathaniel C. Sheetz ,แก๊สปกคลุม [Online], Available :
<https://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B9%81%E0%B8%81%E0%B9%8A%E0%B8%AA%E0%B8%9B%E0%B8%81%E0%B8%84%E0%B8%A5%E0%B8%B8%E0%B8%A1> [2018 Oct 11].
- [6] บริษัท เทอร์มอล แมคคานิกส์ จำกัด ,กระบวนการเชื่อมใต้ฟลักซ์หรือการเชื่อมขั้วมืจ (Submerge Arc Welding-SAW) [Online], Available : <http://thermatech.co.th/?p=3740&lang=th> [2018 Sep 28]
- [7] Dr. Dmitri Kopeliovich ,การเชื่อมแบบ EWS [Online], Available :
http://www.substech.com/dokuwiki/doku.php?id=electroslag_welding_esw [2018 Oct 11]
- [8] จีวรธร บุตโรโสภา ,งานเชื่อมแก๊ส (Gas Welding) [Online], Available :
<https://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0> [2018 Sep 28]
- [9] bussara chollaharn ,อุปกรณ์เชื่อมแก๊ส [Online], Available : http://sky-horse-argon-welding.blogspot.com/2011/01/blog-post_27.html [2018 Oct 13]

- [10] SHANGHAI ETERNAL FAITH INDUSTRY CO.,LTD ,ถังแก๊สอะเซทิลีน [Online], Available :
https://seficgas.en.alibaba.com/company_profile.html?spm=a2700.md_th_TH.cordpanyb.13.6103140ejGgcTl [2018 Oct 11].
- [11] ร้านสรรพยา ออนไลน์ , ถังออกซิเจน [Online], Available :
http://www.sappaya.net/store/item.php?rec_no=3129 [2018 Oct 11]
- [12] SIAM GLOBAL GROUP CO.,LTD , เกจปรับแรงดันลมอะเซทิลีน-ออกซิเจน [Online], Available : https://www.sgb.co.th/index.php?route=product/product&product_id=969 [2018 Oct 11]
- [13] SIJIBOSI Hand Tools Co., LTD. Store , หัวเชื่อมออกซี-อะซีทีลีน [Online], Available :
https://www.aliexpress.com/store/product/free-shipping-BOSI-new-Plastic-HandleInjection-Type-Oxygen-Acetylene-Welding-Cutting-Torch/702729_32279764567.html [2018 Oct 11]
- [14] บริษัท ราสต้า วิซ่าไทย จำกัด , เหล็กทำความสะอาดหัวเชื่อมแก๊ส [Online], Available :
<http://www.rastavesa.co.th/new-vs-tip-cleaner.html> [2018 Sep 24]
- [15] Partita asoksakul , สายที่เชื่อมต่อกับถังอะเซทิลีนและท่อออกซิเจน [Online], Available :
<https://pantip.com/topic/33113352> [2018 Sep 24]
- [16] ไม่ปรากฏชื่อผู้แต่ง , การเชื่อมด้านทาน, [Online], Available :
<http://www.siampart.com/content/file/tips/0915161473907419.pdf> [2018 Oct 11]
- [17] SheldonZheng , กระบวนการเชื่อม Laser [Online], Available : <http://th.vasden-zirconia.com/info/working-principle-of-laser-welding-machine-20604613.html> [2018 Oct 11]
- [18] EIT บริการเชื่อมเลเซอร์ แม่พิมพ์ ชิ้นงานแตกหัก สึกหรือ เปลา , เชื่อม laser [Online], Available : <http://market.kapook.com/product-70053> [2018 Sep 30]

- [19] Eak Thuenil ,การเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต [Online], Available :
<https://www.facebook.com/media/set/?set=a.1073973595994501.1073742233.222323771159492&type=3> [2018 Sep 28]
- [20] นายบัณฑิต สุวรรณกุลและคณะ ,การเชื่อมต่อโดยใช้แบนด์ในอุตสาหกรรม [Online], Available :
<http://kanchanapisek.or.th/kp6/sub/book/book.php?book=11&chap=7&page=t11-7-infodetail03.html>
[2018 Oct 11].
- [21] Kittichai Sojiphan , การศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างจุลภาคของเหล็กแรงรถไฟที่ผ่านกระบวนการเชื่อมเทอร์มิก [Online] ,Available :
file:///C:/Users/VOSTRO/Downloads/MahidolRail4_NAC2017_TonTySek_Presentation.pdf
[2018 Oct 13]



ภาคผนวก

TNI



ภาคผนวก ก

รายงานปฏิบัติงานประจำสัปดาห์

TNI



ภาคผนวก ข.
การทำงาน และ กิจกรรมต่างๆ

TNI



การอบรมความปลอดภัยของโรงงาน

TNI

THAI-NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY



การอบรมเรื่องการทำ QCC

TNI

THAI-NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY



การทดลอง Auto Shot Blast ของ Boom ก่อน การส่งมอบงาน



การไปดูการวัดค่าความเรียบผิวหลังจากการใช้ MACHINE ผิวหน้า Track Frame

TNI

THAI - NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY

ประวัติผู้ทำโครงการ

ชื่อ – สกุล

นางสาวณัฐกฤตา กรมนรัตน์



วัน เดือน ปีเกิด

13 มิถุนายน 2540

ประวัติการศึกษา

ระดับมัธยมศึกษา

มัธยมศึกษาตอนต้น พ.ศ. 2552 - 2555

โรงเรียนปริชาณาศาสตร์

มัธยมศึกษาตอนปลาย พ.ศ. 2555 - 2558

โรงเรียนบ้านสวน(จันทนุสรณ์)

ระดับอุดมศึกษา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม พ.ศ.2558 - ปัจจุบัน

สถาบันเทคโนโลยีไทย – ญี่ปุ่น

ประวัติการฝึกอบรม

1. Marketing a Strategy and Planning ณ สถาบันเทคโนโลยีไทย - ญี่ปุ่น

2. OTRS Software ณ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

3.อบรมความปลอดภัย ณ บริษัท บางกอกโคมัตสึ จำกัด

4. อบรม QCC ณ บริษัท บางกอกโคมัตสึ จำกัด