การพัฒนากระบวนการเชื่อมท่อทองแดงระบบสารทำความเย็น เครื่องปรับอากาศโดยใช้โต๊ะเชื่อมแบบหมุน

Development of Copper Tube Brazing Process for Air Condition Refrigerant System Using Rotation Table

สุพจน์ สิงห์โต

SUPOJ SINGTO

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน (บัณฑิตศึกษา)

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

2558

การพัฒนากระบวนการเชื่อมท่อทองแดงระบบสารทำความเย็น เครื่องปรับอากาศโดยใช้โต๊ะเชื่อมแบบหมุน

Development of Copper Tube Brazing Process for Air Condition Refrigerant System Using Rotation Table

สุพจน์ สิงห์โต

SUPOJ SINGTO

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน (บัณฑิตศึกษา)
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
2558

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ชื่อการค้นคว้าอิสระ การพัฒนากระบวนการเชื่อมท่อทองแดงระบบสารทำความเย็น เครื่องปรับอากาศ โดยใช้โต๊ะเชื่อมแบบหมุน

ชื่อ นามสกุล สุพจน์ สิงห์โต

ชื่อปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน

คณะ วิศวกรรมศาสตร์

อาจารย์ที่ปรึกษา 1. ดร.ณัฐวรพล รัชสิริวัชรบุล
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สหรัตน์ วงษ์ศรีษะ

คณะกรรมการสอบการค้นคว้าอิสระได้ให้ความเห็นชอบการค้นคว้าอิสระฉบับนี้แล้ว

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ มีนคร)

..... กรรมการ
(ดร.ปริญญ์ บุญกนิษฐ)

..... กรรมการและที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สหรัตน์ วงษ์ศรีษะ)

..... กรรมการและที่ปรึกษา
(ดร.ณัฐวรพล รัชสิริวัชรบุล)

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร อนุมัติให้นับการค้นคว้าอิสระฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน (บัณฑิตศึกษา) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิโรจน์ ฤทธิ์ทอง)

วันที่ ..... เดือน .....พ.ศ. .....

ชื่อการค้นคว้าอิสระ การพัฒนากระบวนการเชื่อมท่อทองแดงระบบสารทำความเย็น เครื่องปรับอากาศโดยใช้โต๊ะเชื่อมแบบหมุน
ชื่อ นามสกุล สุพจน์ สิงห์โต
ชื่อปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาและคณะ วิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน (บัณฑิตศึกษา) คณะวิศวกรรมศาสตร์
ปีการศึกษา 2558

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนากระบวนการเชื่อมท่อทองแดงระบบสารทำความเย็น เครื่องปรับอากาศ โดยใช้โต๊ะเชื่อมแบบหมุน (Rotation Brazing Table) การออกแบบที่สำคัญโดยใช้หัวโรตารี่จ่ายก๊าซไนโตรเจน (Rotary Head for Nitrogen) และหัวโรตารี่จ่ายน้ำหล่อเย็น (Rotary Head for Cooling Water) เข้าที่ชุดจิ๊กประกอบท่อ (Assembly Jig) การจ่ายก๊าซไนโตรเจนเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดเขม่าจากการเชื่อมภายในท่อ เพื่อไล่เขม่าที่อาจเกิดขึ้นจากการเชื่อมออกจากระบบท่อ และเพื่อให้ชิ้นงานเย็นตัวเร็วขึ้น ส่วนการจ่ายน้ำหล่อเย็นเพื่อป้องกันไม่ให้ชิ้นส่วนประกอบอื่นๆ เสียหายเนื่องจากความร้อนของการเชื่อม ผลที่ได้จาการออกแบบและสร้างโต๊ะเชื่อมแบบหมุนมาใช้งานแทนการเชื่อมแบบสถานีงาน สามารถลดต้นทุนด้านเครื่องจักร 11.61% คิดเป็นเงิน 46,000 บาทต่อตัว ลดพื้นที่ใช้งาน 8.75 ตารางเมตร คิดเป็นเงินประมาณ 74,375 บาท ความสามารถในการผลิตเพิ่มขึ้น 93.48% ลดปริมาณการใช้ก๊าซไนโตรเจน 98.20% คิดเป็นเงินประมาณ 2,593 บาทต่อเดือน ลดเครื่องมืออุปกรณ์ที่ใช้สนับสนุนการผลิตลงประมาน 75,000 บาทต่อโต๊ะเชื่อมแบบหมุนหนึ่งตัว ลดความเมื่อยล้าเนื่องจาการทำงาน 30.24% คิดเป็นกิจกรรมที่ทำงานด้วยมือลดลง 137 กิจกรรมต่อวัน ลดการใช้วัสดุสิ้นเปลืองจึงสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในรูปแบบของขยะได้ดังเช่น ถุงมือผ้า 1.40 $KgCo_2e$ ต่อปี ถุงมือหนัง 12.5216 $KgCo_2e$ ต่อปี ก๊าซไนโตรเจน 0.1784 $TonCo_2e$ ต่อปี น้ำประปา 0.54 $KgCo_2e$ ต่อปี ทั้งหมดนี้ทำให้สามารถรองรับการแข่งขันและการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของอุตสาหกรรมเครื่องปรับอากาศในอนาคตได้อย่างยั่งยืนต่อไป

คำสำคัญ: โต๊ะเชื่อมแบบหมุน, ชุดหัวโรตารี่, ท่อทองแดงระบบสารทำความเย็น

Independent Study Title Development of Copper Tube Brazing Process for Air Condition Refrigerant System Using Rotation Table
Author Supoj Singto
Degree Master of Engineering
Major Program Sustainable Industrial Management Engineering (Graduate School)
Academic Year 2015

ABSTRACT

The objectives of this research are to develop the welding process of copper tube for refrigeration in air conditioner by using rotation brazing table. The key design is the use of rotary head for nitrogen and rotary head for cooling water in assembly jig, nitrogen discharge to prevent the internal welding soot, to remove the soot that may occur during welding from piping system and to cool down the profile quickly. The result of water cooling to prevent that damage due to the heat of welding. The result from designing and creating of rotation brazing table to substitute stationary welding found that there is the reduction of machine cost by 11.61% or 46,000 Baht/machine, reduction of usage space 8.75 square meters or 74,375 Baht, increase of productivity by 93.48%, reduction of nitrogen consumption by 98.20% or 2,593 Baht/month, reduction of support tool in production 75,000 Baht per one rotation brazing table, reduction of tiredness from working by 30.24% or equal to 137 manual works per day and reduction of usage of consumable material that can cause of greenhouse gas in form of trash such as cloth glove 1.40 KgCo2 per year, leather glove 12.5216 KgCo2 per year, nitrogen gas 0.1784 TonCo2 per year and water 0.54 KgCo2 per year. All of these can support the competition and dynamic change of industrial air conditioner in the future sustainably.

Key word: Rotation Brazing Table, Rotary head, Refrigerant copper tube system

กิตติกรรมประกาศ

การค้นคว้าอิสระฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของอาจารย์ที่ปรึกษาหลักการค้นคว้าอิสระ คือ ดร.ณัฐวรพล รัชสิริวัชรบุล และที่ปรึกษาร่วมผู้ช่วยศาสตราจารย์ สหรัตน์ วงษ์ศรีษะ ที่ได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆของการวิจัยมาโดยตลอด

ขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ มีนคร และดร.ปริญญ์ บุญกนิษฐ ที่สละเวลามาเป็นประธานและกรรมการสอบการค้นคว้าอิสระ พร้อมทั้งให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์

ขอบพระคุณ บริษัท ไฮ-ดิจิท แมนูแฟคเจอริ่ง จำกัด ในความร่วมมือของผู้บริหาร วิศวกร และพนักงานทุกท่านที่สามารถทำให้งานวิจัยบรรลุผลสำเร็จและเกิดประโยชน์สูงสุดกับบริษัทของท่าน

ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง มา ณ โอกาสนี้

สุพจน์ สิงห์โต

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(ก)
Abstract	(ข)
กิตติกรรมประกาศ	(ค)
สารบัญ	(ง)
สารบัญตาราง	(ฉ)
สารบัญภาพ	(ช)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย	3
1.3 ขอบเขตการศึกษา	4
1.4 กรอบแนวความคิด	4
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ	5
1.6 นิยามศัพท์	5
1.7 คำสำคัญ	6
บทที่ 2 การศึกษาอุตสาหกรรมและทบทวนวรรณกรรม	7
2.1 การศึกษาอุตสาหกรรม	7
2.2 เป้าหมายการตลาด	8
2.3 สภาพการแข่งขัน	9
2.4 โอกาส	9
2.5 ทบทวนวรรณกรรม	9
บทที่ 3 การออกแบบเชิงวิศวกรรมและกระบวนการต้นแบบ	12
3.1 การศึกษาเพื่อพัฒนากระบวนการผลิต	12
3.2 แนวคิดการออกแบบ	14
3.3 แนวคิดการออกแบบองค์ประกอบสำคัญ	15
3.4 การออกแบบให้เป็นรูปร่าง	19
3.5 การออกแบบทางวิศวกรรม	22
3.6 โครงสร้างต้นแบบ	29
3.7 รายละเอียดการออกแบบ	30
3.8 รายการเครื่องจักรและอุปกรณ์เพื่อสร้างต้นแบบ	33
3.9 ประมาณค่าใช้จ่าย	38
บทที่ 4 สร้างสร้างต้นแบบและการทดสอบต้นแบบ	39
4.1 การสร้างต้นแบบ	39
4.2 การทดสอบต้นแบบ	40

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.3 การดสอบต้นแบบในสายการผลิต	44
บทที่ 5 ผลการทดสอบ	50
5.1 ทดสอบต้นแบบ	50
5.2 ทดสอบต้นแบบในสายการผลิต	50
บทที่ 6 อภิปรายผล	53
6.1 อภิปรายผล	53
บทที่ 7 สรุปผล	58
7.1 ผลของการสร้างโต๊ะเชื่อมแบบหมุน	58
7.2 ข้อดีโต๊ะเชื่อมแบบหมุน	58
7.3 ประโยชน์	59
7.4 การนำไปใช้ประโยชน์	60
7.5 ประยุกต์ใช้ประโยชน์	60
7.6 ด้านสิ่งแวดล้อม	60
บทที่ 8 ประโยชน์เชิงพาณิชย์	61
8.1 การวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุน	61
8.2 สรุปผลการดำเนินงานอย่างยั่งยืน	63
เอกสารอ้างอิง	64
ภาคผนวก	65
ภาคผนวก ก แบบงาน (English)	66
ภาคผนวก ข เอกสารตีพิมพ์	78
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	92

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
1.1 คาดการณ์ยอดขายเครื่องปรับอากาศในประเทศปี 2559	3
2.1 สรุปการทบทวนวรรณกรรม	10
3.1 ขั้นตอนการทำงานสถานีเชื่อมท่อทองแดงระบบสารทำความเย็น	13
3.2 หน้าที่การทำงานของชิ้นส่วนและอุปกรณ์	21
3.3 รายการวัสดุสร้างต้นแบบ	30
3.4 รายการประมาณค่าใช้จ่ายเพื่อสร้างต้นแบบ	38
4.1 การทดสอบงานต้นแบบ	41
4.2 ตารางเวลางานโดยใช้โต๊ะเชื่อมแบบหมุน	45
4.3 ปริมาณการใช้ก๊าซไนโตรเจน (จากเครื่องมือวัด)	47
4.4 ปริมาณการใช้ก๊าซไนโตรเจน (จากการคำนวณ)	47
4.5 ปริมาณการใช้น้ำ	48
4.6 ขนาดพื้นที่ทำงาน	48
4.7 จำนวนพนักงาน	48
4.8 จำนวนกิจกรรมที่ทำให้เกิดความเมื่อยล้า	49
5.1 เปรียบเทียบความสามารถในการผลิต	50
5.2 เปรียบเทียบปริมาณการใช้ก๊าซไนโตรเจน	51
5.3 เปรียบเทียบปริมาณการใช้น้ำ	51
5.4 เปรียบเทียบพื้นที่ใช้งาน	51
5.5 เปรียบเทียบจำนวนพนักงาน	52
5.6 เปรียบเทียบจำนวนกิจกรรมที่ทำให้เกิดความเมื่อยล้า	52
6.1 ผลการผลิตต้นแบบ	53
6.2 เปรียบเทียบการทดผลการทดสอบ	54
7.1 ข้อดีของโต๊ะเชื่อมแบบหมุน	58
8.1 รายละเอียดข้อมูลการวิเคราะห์มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)	62
8.2 รายละเอียดข้อมูลการวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period)	62
8.3 รายละเอียดข้อมูลการวิเคราะห์อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR)	63

สารบัญภาพ

ภาพ	หน้า
1.1 ชุดท่อทองแดงระบบสารทำความเย็น	1
1.2 ปริมาณส่งออกเครื่องปรับอากาศของไทยสู่ภูมิภาคอาเซียน	2
1.3 ยอดขายเครื่องปรับอากาศในประเทศไทย	2
1.4 โต๊ะเชื่อมแบบสถานีงานและโต๊ะเชื่อมแบบหมุน	3
1.5 ขั้นตอนการพัฒนากระบวนการเชื่อมท่อทองแดงระบบสารทำความเย็น	5
3.1 ระบบท่อสารทำความเย็นเครื่องปรับอากาศ	12
3.2 แสดงงานย่อยสถานีเชื่อท่อทองต่อพนักงาน 1 คน	14
3.3 แนวคิดการออกแบบโต๊ะเชื่อมแบบหมุน	15
3.4 ชุดหัวโรตารี่จ่ายก๊าซไนโตรเจนและวาล์วตัดต่อ	16
3.5 ชุดหัวโรตารี่จ่ายน้ำหล่อเย็น	16
3.6 ระบบน้ำหล่อเย็น	17
3.7 โต๊ะกลมแบบหมุน	18
3.8 ระบบไฟฟ้า	18
3.9 โครงสร้าง	19
3.10 ขั้นตอนการออกแบบโต๊ะเชื่อมแบบหมุน	20
3.11 หัวโรตารี่จ่ายก๊าซไนโตรเจนและน้ำหล่อเย็น	22
3.12 เพลาโรตารี่จ่ายก๊าซไนโตรเจนและน้ำหล่อเย็น	23
3.13 เสื้อโรตารี่จ่ายน้ำหล่อเย็น	23
3.14 เสื้อโรตารี่จ่ายก๊าซไนโตรเจน	24
3.15 เสื้อแบริ่งรองรับชุดโรตารี่	24
3.16 ชุดจ่ายก๊าซไนโตรเจนและน้ำหล่อเย็น	25
3.17 ชุดขับถาดหมุน	26
3.18 ถาดหมุน	26
3.19 ถาดรองน้ำและโครงสร้าง	27
3.20 ระบบน้ำหล่อเย็น	28
3.21 วงจรไฟฟ้า	28
3.22 ต้นแบบโดยรวม	29
3.23 เครื่องกลึง	34
3.24 เครื่องมิลลิ่ง	35
3.25 เครื่องเจียร์เพลากลม	36
3.26 เครื่องเชื่อม	37
3.27 เครื่องเลื่อยแบนซอว์	37

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ	หน้า
4.1 การผลิตและการประกอบ	39
4.2 ภาพต้นแบบสุดท้าย	40
4.3 การทดสอบในสายการผลิต	44
4.4 การเตรียมการทดสอบในสายการผลิต	45
4.5 เครื่องมือวัดปริมาณการใช้ก๊าซในโตเจน	47

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

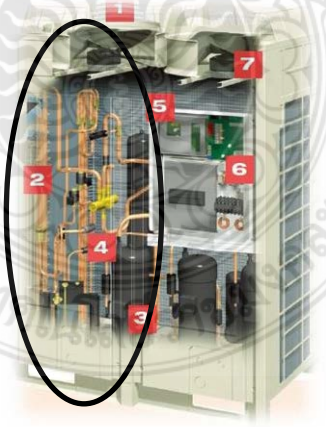
บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

กลุ่มบริษัทผู้นำที่ผลิตเครื่องปรับอากาศ (Air Conditioner) ทั้งขายภายในประเทศและส่งออก ปัจจุบันบริษัทผู้ผลิตเหล่านี้มียอดการผลิตอยู่จำนวนมาก และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง มีผลมาจากความต้องการใช้เครื่องปรับอากาศเพิ่มมากขึ้น ส่งผลทำให้ผู้ผลิตเครื่องปรับอากาศต้อง แข่งขันกันมากขึ้นตามการขยายตัวของอุตสาหกรรมนี้ ทั้งด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์ แข่งขันด้านคิดค้นเทคโนโลยีใหม่ๆ การประหยัดพลังงาน แข่งขันด้านการตลาด และที่สำคัญคือด้านความสามารถในการผลิต (Productivity) เพื่อให้ทันต่อความต้องการของลูกค้า

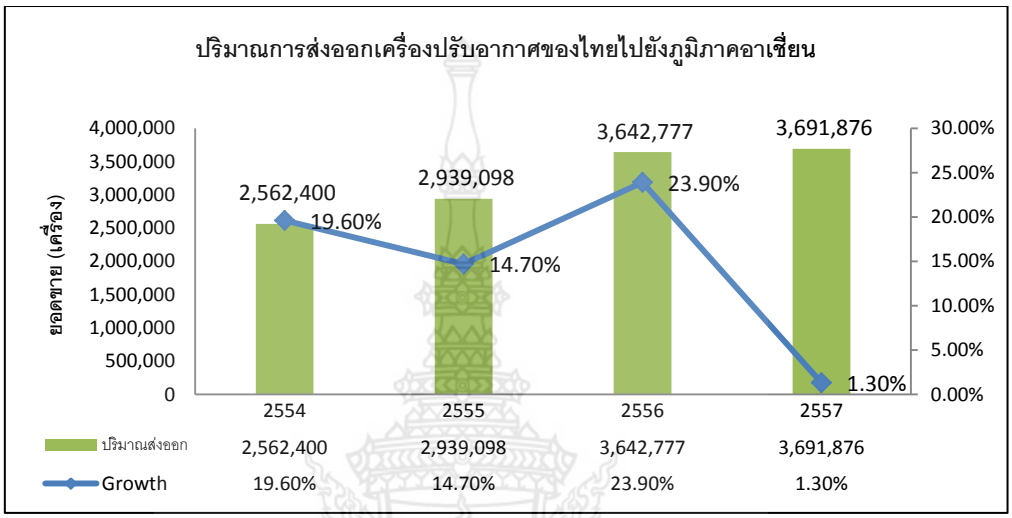
ชุดท่อทองแดงระบบสารทำความเย็นเป็นหัวใจสำคัญของระบบเครื่องปรับอากาศ ชุดนี้เชื่อมประกอบเข้ากับคอมเพรสเซอร์เครื่องปรับอากาศ (Air Compressor) และทั้งหมดติดตั้งอยู่ในชุดคอนเดนซิ่งยูนิท (Condensing Unit) เป็นชุดระบายความร้อนเครื่องปรับอากาศ ดังภาพ 1.1 การผลิตชุดท่อทองแดงระบบสารทำความเย็น (Copper Tube Refrigerant System) ใช้คนประกอบและเชื่อมเป็นแบบสถานีงาน ซึ่งการผลิตแบบสถานีงานไม่สามารถเพิ่มยอดการผลิตได้ ดังนั้นบริษัทผู้ผลิตเครื่องปรับอากาศจึงต้องปรับปรุงกระบวนการนี้เพื่อเพิ่มความสารถในการผลิตให้ได้อย่างยั่งยืนต่อไป



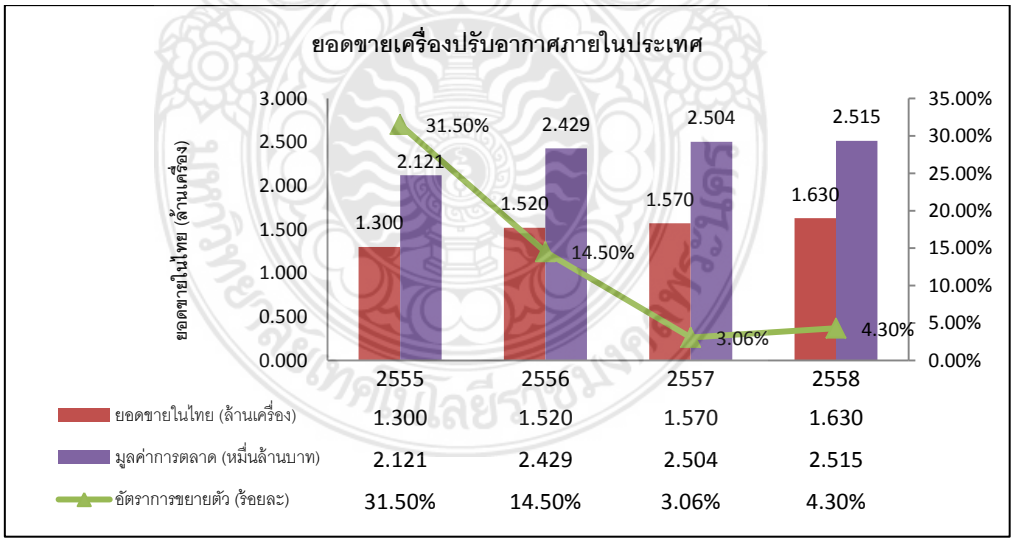
ภาพ 1.1 ชุดท่อทองแดงระบบสารทำความเย็น
ที่มา: http://commercial.daikin.com.au/product-solutions/vrv/vrv-iii-heat-pump

1.1.1 ข้อมูลการขายและแนวโน้มเครื่องปรับอากาศ

จากภาพ 1.2 และ 1.3 เห็นได้ว่าอัตราการขยายตัวที่เติบโตในแต่ละปี รวมถึงยอดขายเครื่องปรับอากาศทั้งภายในประเทศและส่งออกที่มีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง กลุ่มบริษัทผู้ผลิตเครื่องปรับอากาศจึงจำเป็นต้องปรับตัวให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงในทุกมิติของการแข่งขัน



ภาพ 1.2 ปริมาณส่งออกเครื่องปรับอากาศของไทยสู่ภูมิภาคอาเซียน
ที่มา : ศูนย์วิจัยกสิกรไทย



ภาพ 1.3 ยอดขายเครื่องปรับอากาศในประเทศไทย
ที่มา : ศูนย์วิจัยกสิกรไทย

คาดว่า ในปี 2559 ยอดขายเครื่องปรับอากาศในไทยจะมีประมาณ 1.81–1.83 ล้านเครื่อง ขยายตัวราวร้อยละ 4.7–6.1 ชะลอตัวลงจากปี 2558 ซึ่งขยายตัวร้อยละ 7.5 จากปี 2557 สำหรับมูลค่าตลาดในปี 2559 น่าจะแตะระดับประมาณ 26,064 –26,395 ล้านบาท เติบโตร้อยละ 3.6–5.0 จากปี 2558 ที่มีมูลค่าตลาดอยู่ที่ 25,150 ล้านบาท ดังตาราง 1.1

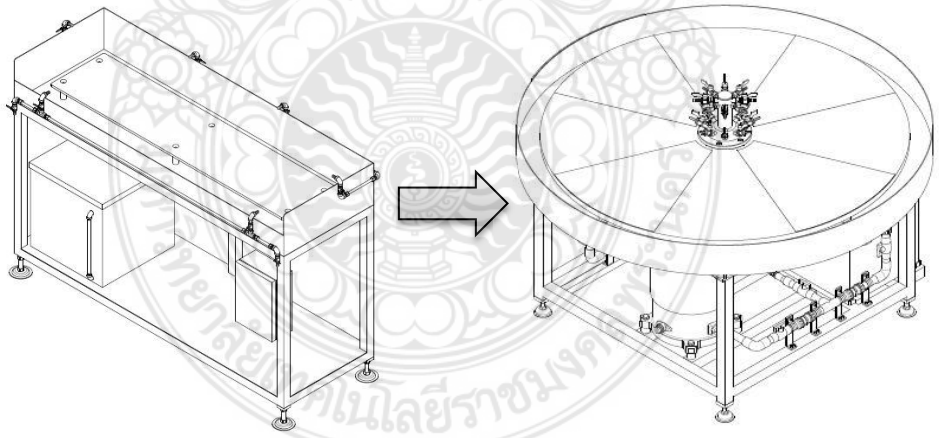
ตาราง 1.1 คาดการณ์ยอดขายเครื่องปรับอากาศในประเทศปี 2559

ปี พ.ศ.	ยอดขายในไทย (ล้านเครื่อง)	อัตราการขยายตัว (ร้อยละ)	มูลค่าการตลาด (ล้านบาท)
2559	1.81-1.83	3.6-5.0	26,064-26,395

ที่มา: ศูนย์วิจัยกสิกรไทย

1.1.2 ความต้องการ

บริษัทผู้ผลิตเครื่องปรับอากาศ ปัจจุบันใช้วิธีการเชื่อมท่อทองแดงระบบสารทำความเย็นเป็นแบบสถานีงาน ใช้พนักงาน 1 คน ทั้งประกอบท่อทองแดงบนจิ๊กประกอบงาน (Assembly Jig) และเชื่อมงาน จึงต้องมีโต๊ะเชื่อมแบบสถานีงานจำนวนมากถึง 30-40 สถานีงาน เพื่อที่จะผลิตงานให้ทันต่อความต้องการ ดังนั้นจะเห็นได้ว่าควรที่จะทำการพัฒนากระบวนการเชื่อมท่อทองแดงระบบสารทำความเย็น โดยการออกแบบสร้างโต๊ะเชื่อมแบบหมุนมาทดแทนเพื่อเพิ่มความสามารถในการผลิต ลดปริมาณโต๊ะเชื่อมแบบสถานีงาน 50% และช่วยสนับสนุนด้านการผลิตกับกลุ่มบริษัทผู้ผลิตเครื่องปรับอากาศได้อีกทางหนึ่ง ดังภาพ 1.4



ภาพ 1.4 โต๊ะเชื่อมแบบสถานีงานและโต๊ะเชื่อมแบบหมุน

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อพัฒนากระบวนการเชื่อมท่อทองแดงระบบสารทำความเย็น เครื่องปรับอากาศ โดยการออกแบบสร้างโต๊ะเชื่อมแบบหมุนมาทดแทนการเชื่อมแบบสถานีงาน

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1.3.1 ศึกษากระบวนการผลิตและวิธีการทำงานเดิม

1.3.2 วิเคราะห์ข้อมูลการผลิตและวิธีการทำงาน เพื่อนำมาปรับปรุงให้ได้ตามเป้าหมาย

1.3.3 ออกแบบกระบวนการผลิตและวิธีการการทำงานใหม่

1.3.4 สร้างต้นแบบของกระบวนการผลิตและวิธีการการทำงานใหม่

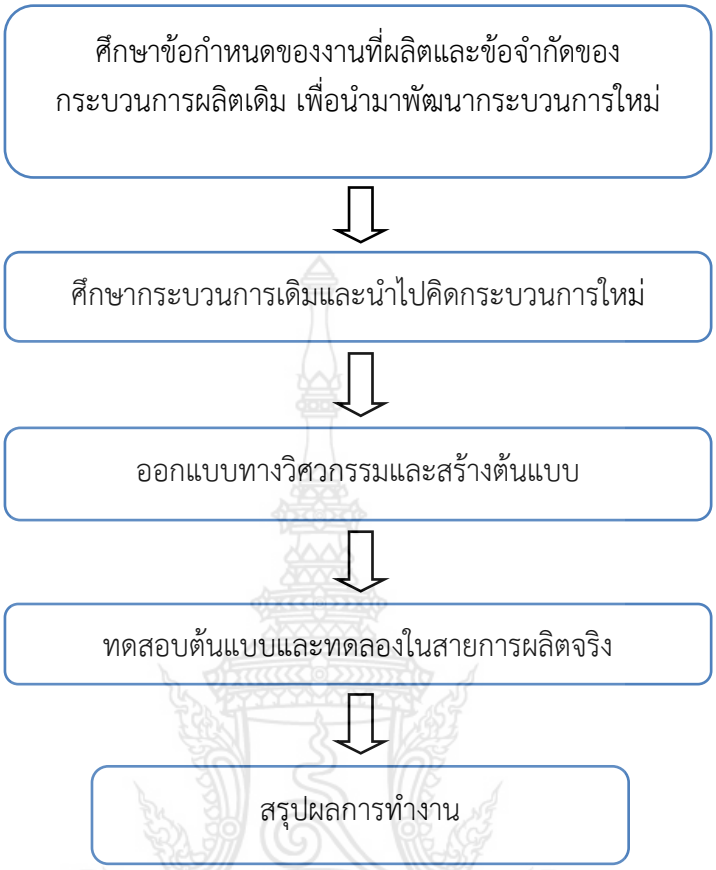
1.3.5 ทดสอบต้นแบบและทดลองในสายการผลิต

1.3.6 วิเคราะห์ประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตแบบใหม่ที่นำมาใช้

1.3.7 สรุปผลการวิจัย

1.4 กรอบแนวความคิด

ทำการศึกษากระบวนการทำงานและวิธีการทำงานปัจจุบันเพื่อหาสาเหตุที่จะนำมาปรับปรุงและพัฒนากระบวนการเชื่อมแบบใหม่ โดยออกแบบสร้างเครื่องจักรหรือจัดหาอุปกรณ์เพื่อมาช่วยสนับสนุนในการพัฒนานี้ ในการออกแบบและสร้างต้นแบบ ต้องทำการศึกษาขั้นตอนและออกแบบการทำงานของเครื่องจักร เพื่อให้ได้ตามข้อกำหนดการใช้งานและเกิดประโยชน์สูงสุดตามขั้นตอน ดังภาพ 1.5



ภาพ 1.5 ขั้นตอนการพัฒนากระบวนการเชื่อมท่อทองแดงระบบสารทำความเย็น

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ

1.5.1 ความสามารถในการผลิตเพิ่มขึ้น 93.48%
1.5.2 ลดปริมาณการใช้ก๊าซไนโตรเจนต่อเดือน 99.1%
1.5.3 ลดปริมาณการใช้น้ำต่อเดือน 50%
1.5.4 ประหยัดเงินลงทุนด้านเครื่องจักร 11.61%
1.5.5 ลดพื้นที่ทำงาน 58.33%
1.5.6 กิจกรรมใช้มือทำงานทั้งหมดลดลง 30.24%

1.6 นิยามศัพท์

Air Conditioner	คือ	เครื่องปรับอากาศ
Productivity	คือ	ความสามารถในการผลิต
Air Compressor	คือ	คอมเพรสเซอร์เครื่องปรับอากาศ
Condensing Unit	คือ	ชุดระบายความร้อนเครื่องปรับอากาศ
Copper Tube Refrigerant System	คือ	ท่อทองแดงระบบสารทำความเย็น

Assembly Jig	คือ	ชุดจิ๊กประกอบงาน
Brazing Rotation Table	คือ	โต๊ะเชื่อมแบบหมุน
Nitrogen gas Rotary	คือ	ชุดโรตารี่จ่ายก๊าซไนโตรเจน
Copper Tube Brazing	คือ	เชื่อมท่อทองแดง
Water cooling Rotary	คือ	ชุดโรตารี่จ่ายน้ำหล่อเย็น

1.7 คำสำคัญ

โต๊ะเชื่อมแบบหมุน, ชุดหัวโรตารี่, ท่อทองแดงระบบสารทำความเย็น

บทที่ 2

การศึกษาอุตสาหกรรมและทบทวนวรรณกรรม

จากบทนำที่กล่าวมาแล้วนั้น จึงทำการศึกษาอุตสาหกรรมและทบทวนวรรณกรรมเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจในการพัฒนากระบวนการเชื่อมท่อทองแดงระบบสารทำความเย็นเครื่องปรับอากาศให้กับกลุ่มอุตสาหกรรมผู้ผลิตเครื่องปรับอากาศ เพิ่มความสามารถในกระบวนการเชื่อมระบบท่อสารทำความเย็น โดยทำการศึกษาอุตสาหกรรม เป้าหมายการตลาด ความต้องการของลูกค้า การแข่งขัน โอกาส และทบทวนวรรณกรรม

2.1 การศึกษาอุตสาหกรรม

ในการศึกษาอุตสาหกรรมของการเชื่อมท่อทองแดงระบบสารทำความเย็นเครื่องปรับอากาศ เพื่อเพิ่มความสามารถในการผลิตนั้นจะต้องมีความรู้ในเรื่องระบบการผลิตและขั้นตอนต่างๆของการเชื่อม โดยต้องทำการศึกษา เพื่อให้ทราบถึงโอกาสในการพัฒนากระบวนการเชื่อมท่อทองแดงระบบสารทำความเย็นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.1.1 การศึกษามูลค่าของอุตสาหกรรม

ศูนย์วิจัยกสิกรไทย (2558) มองว่าตลาดอาเซียนโดยเฉพาะกลุ่ม CLMV+I น่าจะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้ผลิตและจัดจำหน่ายเครื่องปรับอากาศของไทย โดยปัจจุบันไทยมีการส่งออกเครื่องปรับอากาศไปยังอาเซียนสูงถึงร้อยละ 35.7 ของปริมาณส่งออกทั้งหมด ซึ่งนับเป็นปริมาณการส่งออกที่สูงที่สุดเมื่อเทียบกับภูมิภาคอื่นๆ และคาดว่าในปี 2559 ยอดขายเครื่องปรับอากาศในไทยจะมีประมาณ 1.81–1.83 ล้านเครื่อง ขยายตัวประมาณร้อยละ 4.7–6.1 จากปี 2558 โดยมีมูลค่าตลาดประมาณ 26,064–26,395 ล้านบาท เติบโตในกรอบร้อยละ 3.6–5.0 จากปี 2558 ที่มีมูลค่าตลาดอยู่ที่ 25,150 ล้านบาท และคาดว่าปี 2559 กลุ่มตลาดที่มีการแข่งขันสูงคือกลุ่มผู้บริโภคมีรายได้ระดับปานกลางถึงระดับบน ปัจจัยสำคัญในกลุ่มตลาดนี้คือเทคโนโลยีและนวัตกรรมที่เพิ่มจากระบบอินเวอร์เตอร์ซึ่งกลายเป็นคุณสมบัติมาตรฐานของเครื่องปรับอากาศในปัจจุบัน สำหรับผู้บริโภคที่มีกำลังซื้อน้อยก็เป็นกลุ่มตลาดที่มีขนาดใหญ่

การพัฒนากระบวนการเชื่อมท่อทองแดงระบบสารทำความเย็นจึงเป็นอีกทางหนึ่งที่จะช่วยให้บริษัทเหล่านี้สามารถผลิตท่อทองแดงระบบสารทำความเย็นได้มากขึ้นตามความต้องการของยอดขายที่มากขึ้น สำนักข่าวหุ้นอินไซด์ (2558) จากสถิติยอดจำหน่ายเครื่องปรับอากาศของไทยจากสำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรมในช่วง 5 ปีที่ผ่านมาพบว่ายอดขายเครื่องปรับอากาศต่อเดือนในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนพฤษภาคม มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าช่วงอื่นของปีอยู่ที่ร้อยละ 94.0 เนื่องจากอยู่ในช่วงที่สภาพอากาศร้อน ซึ่งเป็นแรงผลักดันการซื้อของผู้บริโภค ส่งผลต่อเนื่องให้ผู้ประกอบการผลิตและจัดจำหน่ายเครื่องปรับอากาศเน้นทำการตลาดอย่างหนักในช่วงเวลาดังกล่าว

2.2 เป้าหมายการตลาด

2.2.1 กลุ่มลูกค้าเป้าหมาย

จากรายชื่อบริษัทกลุ่มผู้ผลิตเครื่องปรับอากาศในประเทศไทยมีอยู่จำนวนมากจึงต้องทำการจำแนกกลุ่มลูกค้าเป้าหมาย ซึ่งจะง่ายต่อการประเมินถึงความต้องการของลูกค้าได้ กลุ่มลูกค้าเป้าหมายจะถูกแบ่งออกเป็นสามกลุ่มที่แตกต่างกันดังนี้

1) กลุ่มลูกค้าผู้ผลิตเครื่องปรับอากาศที่มีเทคโนโลยีสูงและแบรนด์เนมที่ดี
2) กลุ่มลูกค้าผู้ผลิตเครื่องปรับอากาศที่ยังตามเทคโนโลยีมีแบรนด์เนมระดับล่างถึงปานกลาง
3) และกลุ่มลูกค้าที่เป็นผู้รับจ้างผลิตเครื่องปรับอากาศและชิ้นส่วน ภายใต้แบรนด์เนมชั้นนำ

รายชื่อบริษัทผู้ผลิตเครื่องปรับอากาศและรับจ้างผลิต

1) บจ. ไดกิ้น อินดัสทรีส์ (ประเทศไทย): ผลิตเครื่องปรับอากาศ, เมืองชลบุรี ชลบุรี
2) บจ. ชาร์พ แอพพลายแอนซ์ (ประเทศไทย): ผลิตเครื่องปรับอากาศ, บางประกง ฉะเชิงเทรา
3) บ. ไฮเออร์ อีเล็คทริค (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน): ผลิตเครื่องปรับอากาศ, กบินทร์บุรี ปราจีนบุรี
4) บจ. โตชิบา แคเรียร์ (ประเทศไทย): ผลิตเครื่องปรับอากาศ, ปทุมธานี
5) บจ. เอวีวี: ผลิตเครื่องปรับอากาศ, ไทรน้อย นนทบุรี
6) บจ. บันดลอุตสาหกรรม: ผลิตเครื่องปรับอากาศ ชิ้นส่วนอุปกรณ์เครื่องทำความเย็น, นนทบุรี
7) บจ. ยู.เอ็ม.ไอ.แอร์คอน: ผลิตเครื่องปรับอากาศ อะไหล่ชิ้นส่วน, บางเสาธง สมุทรปราการ
8) บจ. ยูไนเต็ด เทคโนโลยี ดีเวลลอปเมนต์: ผลิตเครื่องปรับอากาศ อะไหล่เครื่องทำความเย็น มอเตอร์ไฟฟ้า บางพลี สมุทรปราการ
9) บจ. ยูนิแฟ้บ อีควิปเมนต์: ผลิตเครื่องปรับอากาศ, บางพลี สมุทรปราการ
10) บจ. มิตซูบิชิ เฮฟวี่ อินดัสตรีส-มหาจักร แอร์ คอนดิชั่นเนอร์ส: ผลิตชิ้นส่วนเครื่องปรับอากาศ เครื่องปรับอากาศ, ลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร
11) บจ. เฟิร์ม กรุ๊ป: ผลิตเครื่องปรับอากาศ, ลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร
12) บจ. ออลเทอร์เนทิฟเอ็นจิเนียริ่ง: ผลิตเครื่องปรับอากาศ คลองสามวา กรุงเทพมหานคร
13) บจ. อัลไพน์: จำกัด ผลิตเครื่องปรับอากาศ และอุปกรณ์, กระทุ่มแบน สมุทรสาคร
14) บจ. เจ.เอส.พี.อินเตอร์ แอร์คอน: ผลิตเครื่องปรับอากาศ, เขาย้อย เพชรบุรี
15) บจ. เลคซัส แอร์อินดัสตรีส์: ผลิตเครื่องปรับอากาศ, สะเดา สงขลา

2.2.2 ความต้องการของลูกค้า

จากการศึกษาบริษัทผู้ผลิตเครื่องปรับอากาศ จึงได้ทราบถึงปัญหาและความต้องการของลูกค้า เป็นส่วนที่ไม่ได้ใช้เทคโนโลยีสูงแต่ขาดความสนใจและการพัฒนาและยังคงเป็นปัญหาให้เห็นอยู่เรื่อยมา ปัจจุบันการผลิตชุดท่อทองแดงระบบสารทำความเย็นไม่ทันต่อความต้องการของลูกค้า จึงมองเห็นว่าถ้าได้มีการนำเสนอที่จะปรับปรุงและพัฒนาสิ่งนี้ก็จะกลายเป็นสิ่งที่ลูกค้าต้องการอย่างยิ่ง

2.3 สภาพการแข่งขัน

2.3.1 ผู้เล่นสำคัญ

ยังไม่มีผู้ที่มาพัฒนากระบวนการเชื่อมท่อทองแดงระบบสารทำความเย็น ซึ่งปัจจุบันผู้ผลิตเครื่องปรับอากาศชั้นนำหลายแห่งยังคงใช้ระบบการเชื่อมแบบสถานีงาน แต่ถ้าต้องเพิ่มกำลังการผลิตก็จะใช้วิธีการเพิ่มสถานีงานตามยอดขาย

2.3.2 การแข่งขัน

มีผู้รับจ้างจำนวนมาก ที่ทำสถานีงานนี้ให้กับบริษัทผู้ผลิตเครื่องปรับอากาศ ส่วนใหญ่จะมุ่งเน้นการทำงานแบบเดิมยังไม่ได้มีการพัฒนาอะไรมากนัก หากมีผู้รับจ้างรายใดสามารถนำเสนอและสามารถพัฒนาให้ได้เห็นเป็นรูปธรรมก็จะเป็นผู้ได้โอกาสนั้นก่อน

2.4 โอกาส

2.4.1 การเลือกโอกาส

การที่จะได้โอกาสจะต้องนำเสนอผลงานและแนวทางการพัฒนาอย่างยั่งยืนเพื่อให้ลูกค้ามั่นใจที่จะนำผลงานไปเพิ่มความสามารถในการผลิต ดังนี้

1) ต้นทุนการพัฒนากระบวนเชื่อมท่อทองแดงระบบสารทำความเย็นลงทุนสูงกว่าแบบสถานีงานเดิมไม่มากนัก แต่สามารถสร้างผลผลิตได้มากกว่าอย่างเห็นได้ชัด
2) สิ่งที่นำเสนอสามารถใช้งานได้ยืดหยุ่นกว่าแบบเดิม
3) สามารถลดค่าใช้จ่ายส่วนอื่นๆได้ เช่นปริมาณการใช้ก๊าซไนโตรเจน เพราะแปรผันโดยตรงกับกระบวนการนี้ และคุ้มทุนระยะสั้น

2.5 ทบทวนวรรณกรรม

2.5.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยนี้เป็นการพัฒนากระบวนการเชื่อท่อทองแดงระบบสารทำความเย็นเครื่องปรับอากาศโดยการศึกษากระบวนการทำงาน และวิธีการทำงานเดิม เพื่อที่จะนำมาปรับปรุงและพัฒนาในด้านต่างๆที่สามารถทำให้เพิ่มความสามารถในการผลิตชิ้นงานได้ตามความต้องการ ดังนั้นจึงต้องศึกษาทฤษฎีและใช้เทคนิคการศึกษางานที่เกี่ยวข้องมาช่วยในงานวิจัยนี้

วัชรินทร์ สิทธิเจริญ (2547:27) ได้กล่าวว่า “การศึกษาเวลาการเคลื่อนที่ (Time and Motion Study)” การศึกษางาน (Work Study) เป็นคำที่ใช้แทนวิธีการต่างๆ จากการศึกษาวิธีการทำงานและการวัดผลงานซึ่งใช้ในการศึกษาวิธีการทำงานอย่างมีระเบียบแบบแผนและพิจารณาองค์ประกอบต่างๆที่มีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานเพื่อปรับปรุงการทำงานนั้นให้ดีขึ้น การศึกษาการทำงานจึงมีความสัมพันธ์โดยตรงจากการเพิ่มผลผลิตที่มีอยู่ ทำให้ต้นทุนในการผลิตต่ำลง ซึ่งการศึกษาประกอบด้วยเทคนิค 2 อย่าง ดังนี้คือ 1) การศึกษาวิธี (Method Study) เป็นการศึกษาที่หาการทำงานที่ง่าย สะดวกรวดเร็ว ประหยัด และมีประสิทธิภาพสูงกว่ามาใช้แทนวิธีการทำงานเดิม 2) การวัดผลงาน (Work Measurement) เป็นการศึกษาเพื่อกำหนดหาเวลามาตรฐาน (Standard Time) ซึ่งเป็นประโยชน์ในแง่ต่างๆเช่นการวางแผนการผลิต การปรับปรุงดุลยภาพของสายการผลิต

มาโนช ริทินโย (2549:1-14) ได้กล่าวพื้นฐานการควบคุมคุณภาพที่สำคัญอย่างหนึ่ง คือการมีข้อมูลทางสถิติ ที่น่าเชื่อถือ ข้อมูลให้เห็นสะท้อนข้อเท็จจริงของการบริหาร การจัดการและการผลิตขององค์กร ข้อมูลนั้นต้องถูกต้องซึ่งมีกระบวนการเก็บข้อมูลการเลือกใช้เครื่องมือที่เหมาะสม สำหรับการเก็บข้อมูลจึงเป็นปัจจัยที่สำคัญประการหนึ่งสำหรับการวิเคราะห์หาจุดบกพร่องในงานสามารถแก้ไขงานได้ด้วยเครื่องมือดังนี้ ใบตรวจสอบ แผนภูมิพาเรโต ฮิตโตแกรม ผังก้างปลา กราฟ แผนภูมิการกระจาย แผนภูมิควบคุม

2.5.2 การทบทวนวรรณกรรม

จากการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อศึกษาหลักการและการวิจัยที่นำมาสู่ช่องว่าง (Gap) ของการพบโอกาส เมื่อเปรียบการทำงานและระบบต่าง ซึ่งบิทไวส์ 2512 เป็นโต๊ะเชื่อมแบบหมุนด้วยมือและยังไม่มีระบบจ่ายน้ำหล่อเย็น ไควิช 2514 เป็นโต๊ะเชื่อมแบบหมุนระบบออโต้แต่ยังมีระบบจ่ายน้ำหล่อเย็นและก๊าซไนโตรเจนที่ทำให้เกิดการทำงานไม่สะดวก ดังตาราง 2.1

ตาราง 2.1 สรุปการทบทวนวรรณกรรม

ผลที่ได้รับ	บิทไวส์ 2515	ไควิช 2514	ไฮ-ดิจิท	ช่องว่างในการทำวิจัย
โครงสร้าง				
- โครงสร้าง, อุปกรณ์ ใช้กับน้ำทำจาก SUS 304, Brass, PVC, Rubber	X	X	X	
- โครงสร้างทั่วไปทำจาก เหล็ก SS400 และทำสี	X	X	X	
ระบบก๊าซไนโตรเจน				
- จ่ายก๊าซไนโตรเจนจากด้านบน		X		ต้องมีพื้นที่ตั้งเสาและทำงานไม่สะดวก
- จ่ายก๊าซไนโตรเจนโดยโรตารี่ในตัวเครื่อง			X	ไม่ต้องเสียพื้นที่ตั้งเสา, ใช้งานสะดวก
- การจ่ายก๊าซไนโตรเจน 8 จุด	X	X	X	
- จ่ายก๊าซไนโตรเจนเฉพาะตำแหน่งที่ต้องการ			X	ประหยัดการใช้ไนโตรเจน
- การก๊าซไนโตรเจน ปิด-เปิด-ปรับได้	X	X	X	
- ติดตั้ง Flow Meter ก๊าซไนโตรเจน		X	X	
- ติดตั้ง Sol. Valve ก๊าซไนโตรเจน			X	ป้องกันการลืมปิดวาล์วก๊าซไนโตรเจน
- ติดตั้ง Flow Indicator ก๊าซไนโตรเจน			X	แสดงไหลก๊าซไนโตรเจน
ระบบน้ำหล่อเย็น				
- ใช้ถังเก็บน้ำ Stainless Steel		X	X	
- ถังรองรับ Stainless Steel		X	X	
- ถังเก็บน้ำติดตั้ง Float less Switch			X	ป้องกันปั๊มน้ำเสียหาย
- ในถังน้ำมีแผ่นกั้น Overflow			X	กันตะกันขนาดใหญ่เข้ากรอง
- ฝาถังน้ำติดตั้งกรองหยาบ			X	ป้องกันเศษวัสดุเข้าถัง
- มีระบบน้ำหล่อเย็นแบบหมุนเวียนมาใช้ใหม่		X	X	
- มีระบบน้ำหล่อเย็น 8 จุด พร้อมวาล์วน้ำ		X	X	
- ใช้ปั๊มน้ำสร้างแรงดัน		X	X	
- ข้างถังน้ำติดตั้งที่ดูระดับน้ำ			X	มองเห็นระดับน้ำที่มีอยู่
- ข้างถังน้ำติดตั้งวาล์วถ่ายน้ำ			X	สะดวกในการเปลี่ยนถ่ายน้ำ
- จ่ายน้ำหล่อเย็นจากด้านบน		X		ต้องมีพื้นที่ตั้งเสาและทำงานไม่สะดวก
- จ่ายน้ำหล่อเย็นโดยโรตารีในตัวเครื่อง			X	ไม่ต้องเสียพื้นที่ตั้งเสา, ใช้งานสะดวก
- น้ำหล่อเย็นปรับปริมาณการไหลได้		X	X	
- ระบบน้ำหล่อเย็นใช้สายยาง		X	X	
- ระบบน้ำหล่อเย็นท่อน้ำ PVC.		X	X	
- ระบบน้ำหล่อเย็นติดตั้งระบบกรองละเอียด			X	ยืดอายุการใช้งานปั๊มน้ำ

ตาราง 2.1 (ต่อ)

ผลที่ได้รับ	บิทไว้ส์ 2515	ไดวิช 2514	ไฮ-ดิจิท	ช่องว่างในการทำวิจัย
- ระบบน้ำหล่อเย็นติดตั้งเซอร์วิสวาล์ว			X	ง่ายต่อการเปลี่ยนอุปกรณ์ ซ่อมบำรุง
ระบบจุดเปลวไฟเชื่อม				
- ระบบ Gas Saver (Auto)	X	X	X	
ระบบขับเคลื่อน				
- ต้นกำลังใช้มอเตอร์เกียร์ทดรอบ		X	X	
- ขับเคลื่อนโดยโซ่		X		โต๊ะหมุนขยับตัวได้ขณะหยุดนิ่ง
- ขับเคลื่อนฟันเฟือง			X	ไม่มีระยะเคลื่อนตัวขณะหยุดนิ่ง
ระบบไฟฟ้า				
- ฟังก์ชั่น Manual			X	ง่ายในการทดสอบระบบ
- ฟังก์ชั่น Auto		X	X	
- ใช้วงจร PLC / รีเลย์		X	X	
- ใช้ Inverter ปรับความเร็วรอบได้		X	X	
- ตั้งเวลาทำงานได้		X	X	
- กำหนดเวลาทำงานโดยใช้มือได้			X	เปลี่ยนเป็นใช้มือควบคุมการหมุนได้

บทที่ 3

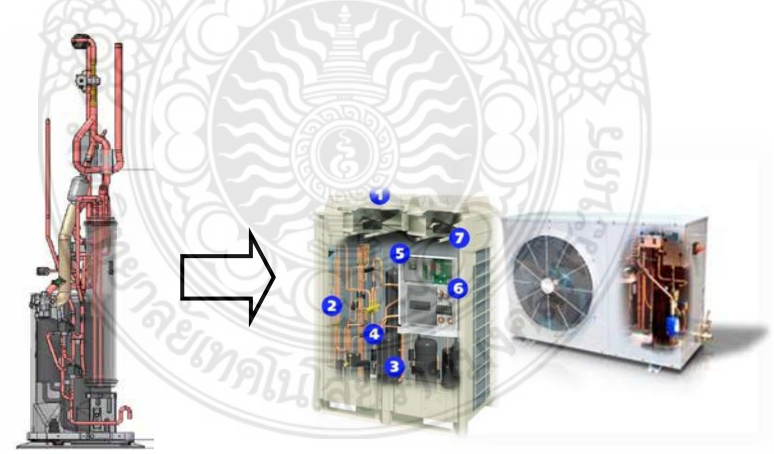
การออกแบบเชิงวิศวกรรมและกระบวนการต้นแบบ

จากการศึกษามูลค่าอุตสาหกรรม การพัฒนาโอกาส ความต้องการของลูกค้าและเป้าหมายการตลาดในบทที่ 2 ซึ่งนำมาสู่การพัฒนากระบวนการเชื่อมท่อทองแดงระบบสารทำความเย็น ดังนั้นจึงต้องทำการศึกษาปัญหาของกระบวนการทำงานเดิม ที่จะนำมาพัฒนาเพื่อเพิ่มความสามารถในการผลิตดังต่อไปนี้

3.1 การศึกษาเพื่อพัฒนากระบวนการผลิต

3.1.1 การศึกษากระบวนการเชื่อมท่อทองแดงระบบสารทำความเย็น

ท่อทองแดงระบบสารทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศเป็นหัวใจสำคัญของระบบทำความเย็น ชุดท่อนี้มีอุปกรณ์ต่างๆที่ทำให้ระบบทำงานได้ ผลิตขึ้นโดยนำชิ้นส่วนทั้งหมดมาประกอบลงบนจิ๊กประกอบงานแล้วเชื่อมด้วยลวดเชื่อมที่ทำจากเงิน ผลิตมาเป็นชุดแล้วส่งต่อไปทดสอบตามกระบวนการด้านคุณภาพ แล้วจึงนำไปประกอบเป็นชุดระบายความร้อนเครื่องปรับอากาศ ดังนั้นจึงต้องทำการศึกษางานกระบวนการเดิม แล้วนำข้อมูลที่ได้มาพัฒนาให้เกิดกระบวนการใหม่ที่ได้ผลดีต่อไป ดังภาพ 3.1



ภาพ 3.1 ระบบท่อสารทำความเย็นเครื่องปรับอากาศ
ที่มา: http://commercial.daikin.com.au/product-solutions/vrv/vrv-iii-heat-pump

จากภาพ 3.1เป็นระบบท่อสารทำความเย็นที่ใช้เวลาทำการผลิตนานที่สุด ดังนั้นจึงนำกระบวนการผลิตงานชุดนี้มาทำการศึกษางานเพื่อพัฒนาให้ได้กระบวนการใหม่

3.1.2 การศึกษางานเดิมที่ทำอยู่

ข้อมูลการทำงานแบบเดิม

1) ความสารถในการผลิตต่อสถานีงาน ปัจจุบันเฉลี่ย 1,105 ชุด/เดือน
2) เป็นสถานีงานที่ทำงานบนโต๊ะเชื่อมอยู่กับที่ มีระบบการจ่ายก๊าซไนโตรเจนและน้ำหล่อเย็น มีหัวเชื่อมจุดเปลวไฟอัตโนมัติ
3) ใช้พนักงาน 1 คน ประกอบระบบท่อสารทำความเย็น เชื่อมงาน หยิบงานออก และเริ่มประกอบท่อใหม่ (2 คนสลับกันทำงานคนละครึ่งวัน เนื่องจากความเมื่อยล้า)
4) การประกอบงานใช้ถุงมือผ้าเพื่อง่ายต่อการประกอบชิ้นส่วนที่เล็ก และเมื่อเชื่อมงานต้องเปลี่ยนเป็นถุงมือสำหรับงานเชื่อมเพื่อป้องกันอันตรายจากความร้อนและเปลวไฟ
5) รถเข็น 3 คัน (สองคันสำหรับใส่ชิ้นส่วนที่นำมาประกอบ และหนึ่งคันสำหรับงานที่เชื่อมแล้ว)

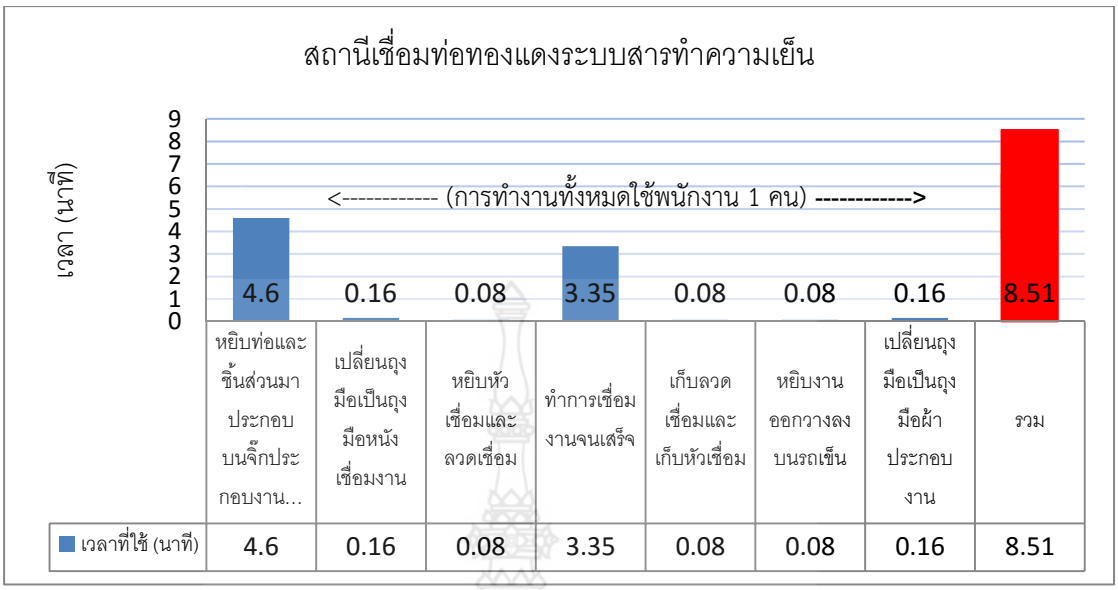
สภาวะเครื่องมืออุปกรณ์

1) จ่ายก๊าซไนโตรเจนเข้าระบบท่อตลอดเวลาที่ปริมาณการไหล 8 ลิตร/นาที
2) น้ำหล่อเย็นเป็นระบบไหลวนกลับมาใช้ใหม่ ใช้ถังน้ำ 100 ลิตร
3) หัวเชื่อมเป็นระบบจุดเปลวไฟอัตโนมัติ (Gas Saver)
4) พื้นที่ทำงาน 7.5 ตารางเมตร (เฉพาะพื้นที่วางโต๊ะเชื่อม พื้นที่ยืนทำงาน และจอดรถเข็น)

ตาราง 3.1 ขั้นตอนการทำงาน สถานีเชื่อมท่อทองแดงระบบสารทำความเย็น

ขั้นตอนการทำงาน	เวลาที่ใช้ (นาที)
1. หยิบท่อและชิ้นส่วนมาประกอบบนจิ๊ก	4.6
2. เปลี่ยนถุงมือเป็นถุงมือหนังเชื่อมงาน	0.16
3. หยิบหัวเชื่อมและลวดเชื่อม	0.08
4. ทำการเชื่อมงานจนเสร็จ	3.35
5. เก็บลวดเชื่อมและเก็บหัวเชื่อม	0.08
6. หยิบงานออกวางลงบนรถเข็น	0.08
7. เปลี่ยนถุงมือเป็นถุงมือผ้าประกอบงาน	0.16
รวม	**8.51**

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยของเวลาที่ได้เป็นค่าเฉลี่ย 20 รอบการผลิต



ภาพ 3.2 แสดงงานย่อยสถานีเชื่อมต่อพนักงาน 1 คน

3.1.3 การวิเคราะห์เพื่อการปรับปรุงกระบวนการทำงาน

จากภาพ 3.2 เป็นการทำงานคนเดียวโดยใช้มือทำงาน เวลาส่วนใหญ่สูญเสียไปกับการประกอบงานเชื่อมงาน วิเคราะห์การทำงานได้คือ การทำงานของกระบวนนี้ทำงาน 1 คน คืองานประกอบ 4.6 นาที เวลาเชื่อมงาน 3.35 นาที และเวลามืออื่นๆ 0.56 นาที รวมทั้งหมด 8.51 นาที/ชุด รอบเวลางานที่ได้เมื่อคูณเวลาเผื่อจะได้ 8.95 นาที/ชุด ถ้าหากเพิ่มพนักงานเพื่อประกอบอีก 1 คน กระบวนการนี้จะสามารถเพิ่มความสามารถในการผลิตได้อีอย่างแน่นอน

3.2 แนวคิดการออกแบบ

จากการวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงกระบวนการทำงานในหัวข้อ 3.1.3 จึงมีแนวคิดที่จะออกแบบโต๊ะเชื่อมทรงกลมที่สามารถหมุนได้เพื่อส่งต่องานประกอบและงานเชื่อมอย่างราบรื่นไม่เสียเวลาการรอ การออกแบบการทำงานใหม่นั้น ต้องศึกษาเกี่ยวกับการข้อกำหนดการเชื่อมท่อทองแดงและขั้นตอนการทำงานให้เข้าใจ เพื่อนำไปคิดค้นออกแบบเครื่องจักรและการเลือกใช้อุปกรณ์มาสนับสนุนการพัฒนานี้

3.2.1 แนวคิดการออกแบบโดยรวม

การออกแบบโต๊ะเชื่อมแบบหมุนมุ่งเน้นการแก้ปัญหากระบวนการเชื่อมท่อทองแดงระบบสารทำความเย็นเครื่องปรับอากาศ โดยให้พนักงานประกอบท่อกับเชื่อมแยกออกจากกัน เพื่อลดเวลาที่สูญเสียไปกับการเคลื่อนไหวและเวลาทำงานด้วยมือ ศึกษาปริมาณการใช้ก๊าซไนโตรเจนโดยออกแบบให้มีการจ่ายก๊าซไนโตรเจนแล้วหยุดจ่าย จะจ่ายในตำแหน่งงานที่จำเป็นต้องใช้เท่านั้น ศึกษาการใช้น้ำหล่อเย็นโดยออกแบบให้นำน้ำมาใช้ใหม่แบบหมุนวน ศึกษางานเพื่อลดความเมื่อยล้าของพนักงาน ลดพื้นที่ทำงาน และเพิ่มความสามารถในการผลิต

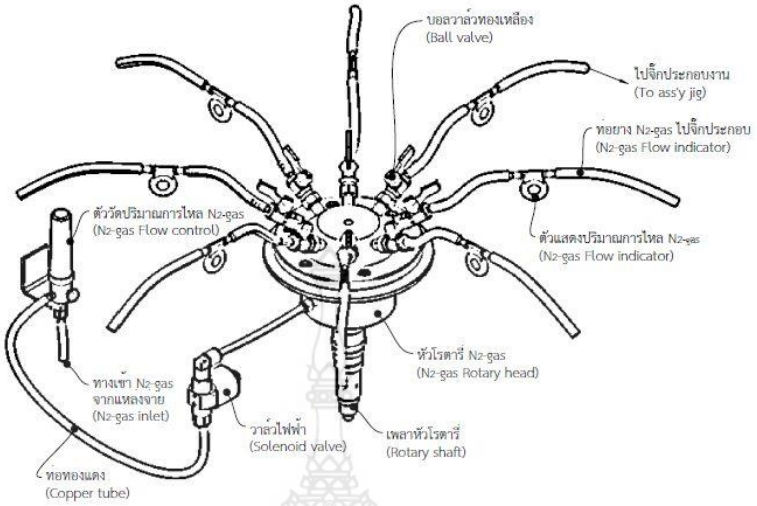
แนวคิดการออกแบบการทำงานของโต๊ะเชื่อมแบบหมุนต้องเป็นไปตามมาตรฐานการเชื่อมท่อทองแดง และสามารถผลิตชิ้นงานออกมาได้ตรงตามมาตรฐานที่กำหนด ดังภาพ 3.3

ภาพ 3.3 แนวคิดการออกแบบโต๊ะเชื่อมแบบหมุน

3.3 แนวคิดการออกแบบขององค์ประกอบสำคัญ

3.3.1 แนวคิดการออกแบบหัวโรตารี่จ่ายก๊าซไนโตรเจน

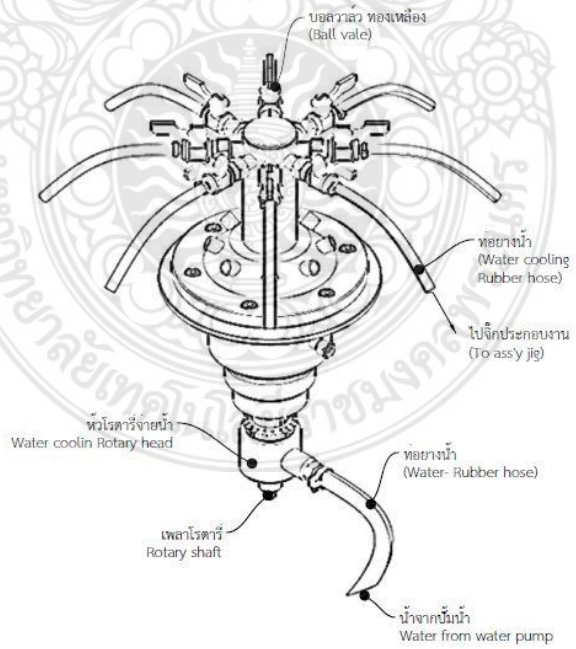
การออกแบบชุดหัวโรตารี่จ่ายก๊าซไนโตรเจน ที่ตำแหน่งก่อนหน้าเชื่อมงานต้องจ่ายก๊าซไนโตรเจนไว้ในท่อทองแดง 5 วินาที ก่อนหมุนไปตำแหน่งเชื่อมงาน และเมื่อหมุนต่อไปที่ตำแหน่งเชื่อม ก็จะจ่ายก๊าซไนโตรเจนอีก 5 วินาทีก่อนเชื่อมงาน และหมุนต่อไปที่ตำแหน่งหยิบงานออก จะจ่ายก๊าซไนโตรเจนอีก 5 วินาที เพื่อไล่เขม่าที่อาจเกิดจากการเชื่อมและเพื่อให้ชิ้นงานเย็นตัวเร็วขึ้นก่อนหยิบงานออกจากจิ๊ก (Assembly Jig) ปริมาณการไหลของก๊าซไนโตรเจนที่จ่ายใช้ประมาณ 8 ลิตรต่อนาที สามารถปรับได้ที่ตัวปรับปริมาณการไหล (Flow Meter) การตัดต่อก๊าซไนโตรเจนโดยใช้วาล์วไฟฟ้า (Solenoid Valve) ควบคุมการทำงานด้วยไฟฟ้า ติดตั้งตัวแสดงการไหล (Flow Indicator) ไว้ที่ท่อยางทุกจุดเพื่อให้ทราบว่าจุดใดมีการไหลของก๊าซไนโตรเจน ดังภาพ 3.4



ภาพ 3.4 ชุดหัวโรตารี่จ่ายก๊าซไนโตรเจนและวาล์วตัดต่อ

3.3.2 แนวคิดการออกแบบหัวโรตารี่จ่ายน้ำหล่อเย็น

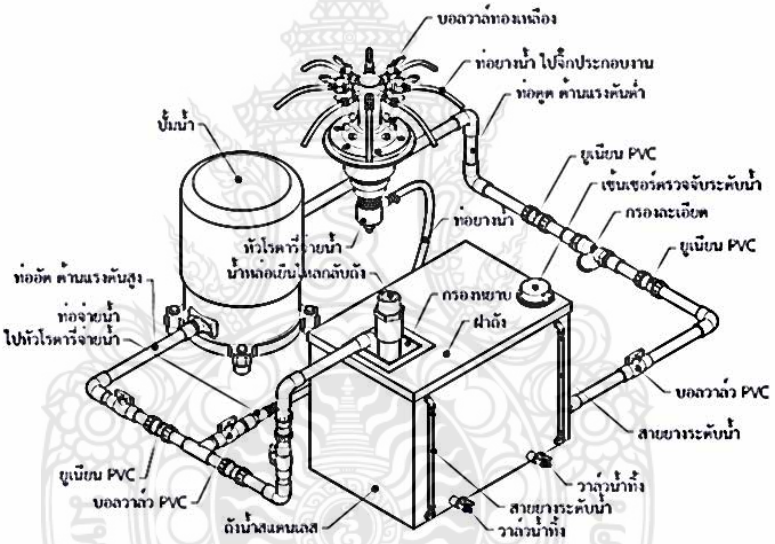
การออกแบบชุดหัวโรตารี่จ่ายน้ำหล่อเย็น จะจ่ายน้ำหล่อเย็นตลอดเวลาขณะเชื่อมท่อทองแดงระบบสารทำความเย็น เพื่อป้องกันไม่ให้ชิ้นส่วนประกอบอื่นๆเสียหายจากความร้อน ใช้ปั๊มน้ำสร้างแรงดัน กำหนดปริมาการไหลโดยบอลวาล์วทองเหลือง ดังภาพ 3.5



ภาพ 3.5 ชุดหัวโรตารี่จ่ายน้ำหล่อเย็น

3.3.3 แนวคิดการออกแบบระบบน้ำหล่อเย็น

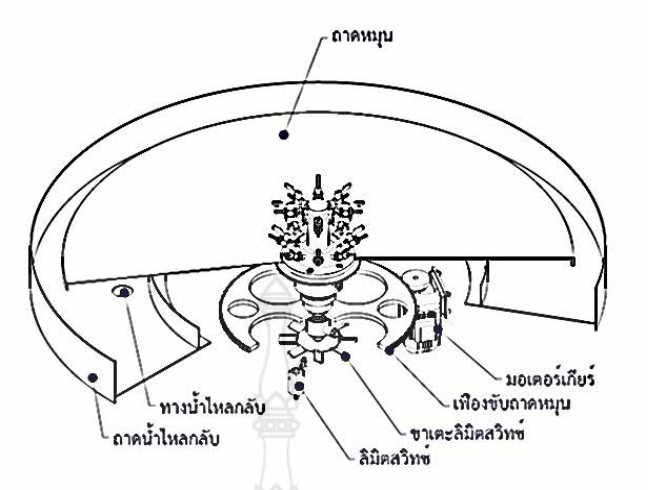
การออกแบบระบบน้ำหล่อเย็น ด้านแรงดันใช้ปั๊มน้ำสร้างแรงดันส่งไปยังชุดหัวโรตารี่แล้วจ่ายผ่านบอลวาล์วทองเหลืองและท่อยางน้ำไปยังจิ๊กประกอบงาน น้ำส่วนเกินจะบายพาส (By Pass) ไหลลงถังน้ำโดยผ่านกรองหยาบบนฝาถัง ส่วนด้านดูดปั๊มจะดูดน้ำจากถังผ่านกรองละเอียดวายสเตนเนอร์ (Y-strainer) แล้วสร้างแรงดันต่อไป น้ำที่ไหลย้อนกลับจากการหล่อเย็นจะไหลกลับมาลงที่กรองหยาบบนฝาถัง ถังน้ำวัสดุทำจากสแตนเลส ที่ฝาถังมีกรองหยาบติดตั้งอยู่และมีอุปกรณ์วัดระดับน้ำ (Float less Switch) ติดตั้งบนฝาถัง ในถังน้ำแบ่งเป็นสองห้องแบบโอเวอร์โฟล์ว (Over Flow) เพื่อดักตะกอน และมีสายยางน้ำเพื่อบอกระดับน้ำอยู่ข้างถังด้านนอก มีวาล์วระบายน้ำติดอยู่ด้านนอกเพื่อเปลี่ยนถ่ายน้ำหรือระบายน้ำเมื่อทำความสะอาดถัง ระบบท่อทางน้ำทั้งหมดเป็นท่อน้ำพีวีซี การเดินท่อใช้ข้อต่อยู-เนี่ยน (Union PVC.) และบอลวาล์วพีวีซี (Ball Valve PVC.) เพื่อง่ายต่อการเปลี่ยนอุปกรณ์หรือการบำรุงรักษา ดังภาพ 3.6



ภาพ 3.6 ระบบน้ำหล่อเย็น

3.3.4 แนวคิดการออกแบบโต๊ะกลมแบบหมุน

การออกแบบโต๊ะหมุนให้มีตำแหน่งหยุด 8 ตำแหน่ง ต้นกำลังใช้มอเตอร์เกียร์ทดรอบโดยขับเคลื่อนให้หมุนโดยฟันเฟือง ปรับความเร็วรอบการหมุนได้โดยใช้อินเวอเตอร์ (Inverter) และกำหนดตำแหน่งหยุดโดยใช้ลิมิตสวิทช์ (Limit switch) ตั้งเวลาหยุดรอการเชื่อมด้วยไทม์เมอร์ (Timer) ถาดน้ำล่างจะอยู่กับที่มีไว้รองรับน้ำหล่อเย็นให้ไหลกลับลงไปที่ถังสแตนเลสด้านล่าง ถาดด้านบนเป็นโต๊ะกลมหมุนใช้วางจิ๊กประกอบงาน ดังภาพ 3.7



ภาพ 3.7 โต๊ะกลมแบบหมุน

3.3.5 แนวคิดการออกแบบระบบไฟฟ้า

การออกแบบระบบไฟฟ้าควบคุม

1) ควบคุม ปั้มน้ำ ตัด-ต่อการทำงานปั้มน้ำโดยใช้แรงดันน้ำเป็นตัวกำหนด

2) ควบคุม ปั้มน้ำ โดยใช้อุปกรณ์วัดระดับน้ำ เพื่อป้องการการเสียหายของปั้มเมื่อระดับน้ำไม่เพียงพอ

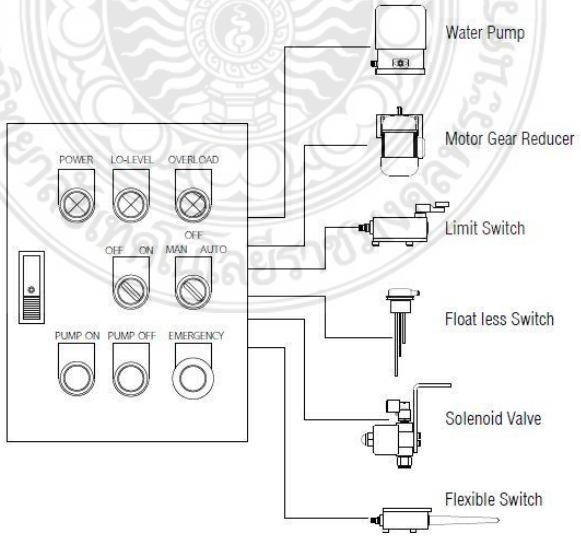
3) ควบคุม มอเตอร์ โดยใช้โอเวอร์โหลด (Over Load) สั่งให้หยุดทำงานเมื่อมีภาระเกินกำลัง

4) ควบคุม ลิมิตสวิทช์ (Limit Switch) เพื่อให้โต๊ะหมุน และหยุดตามตำแหน่งได้ถูกต้อง

5) ควบคุม เฟล็กซิเบิลสวิทช์ (Flexible Switch) เพื่อให้โต๊ะหยุดหมุน และเริ่มหมุน

6) ควบคุม โซลินอยด์วาล์ว (Solenoid Valve) เพื่อตัดต่อการจ่ายก๊าซไนโตรเจน

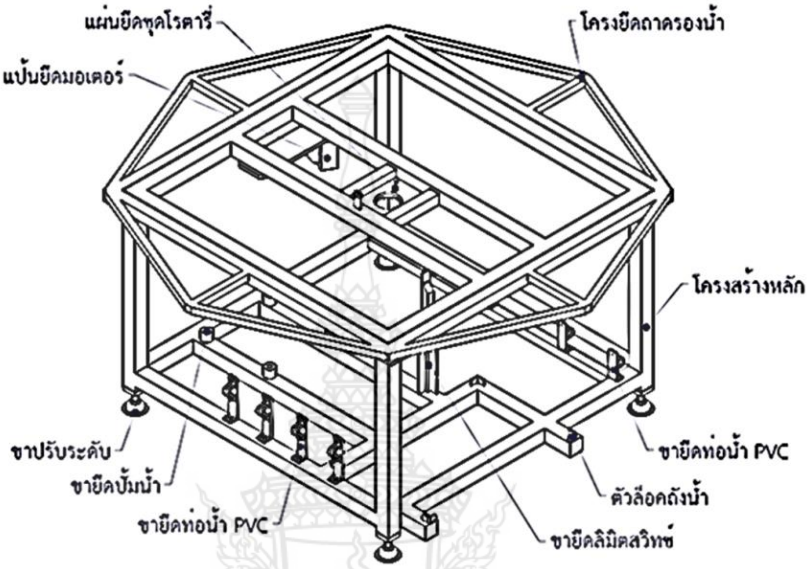
7) ฟังก์ชั่น (Function) การทำงาน ออโตและแมนวล (Auto and Manual) ดังภาพ 3.8



ภาพ 3.8 ระบบไฟฟ้า

3.3.6 แนวคิดการออกแบบโครงสร้าง

การออกแบบโครงสร้างทำจากเหล็กรูปพรรณให้รับน้ำหนักได้ ขนาดต้องไม่ใหญ่กว่าถาดน้ำกลม สามารถปรับระดับความสูงได้ประมาณ +-50 มม. ดังภาพ 3.9

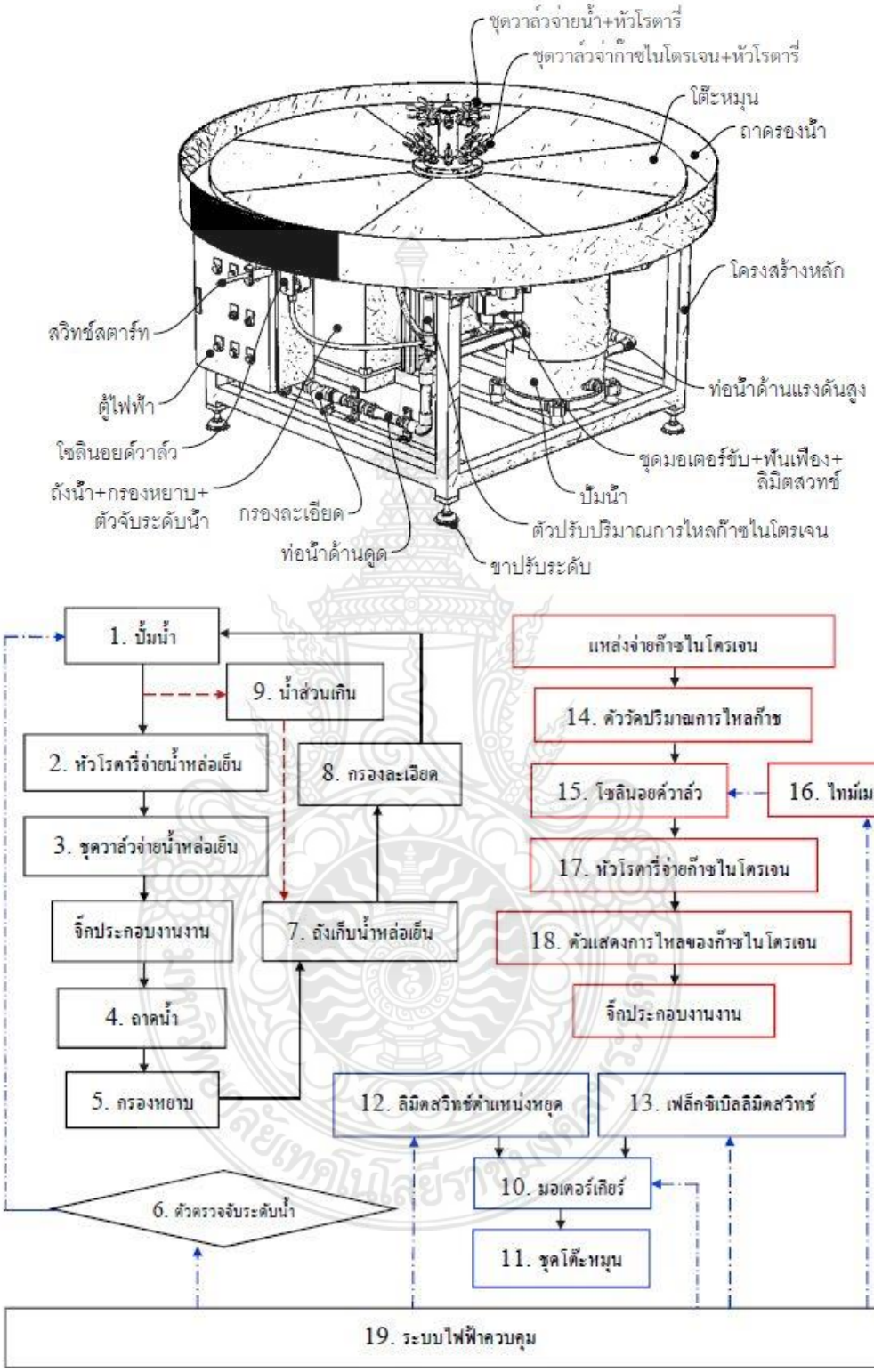


ภาพ 3.9 โครงสร้าง

3.4 การออกแบบให้เป็นรูปร่าง

3.4.1 สถาปัตยกรรมผลิตภัณฑ์

แผนภาพสำหรับการออกแบบโต๊ะเชื่อมแบบหมุน แสดงรายการของระบบย่อยเพื่อให้ทราบถึงขั้นตอนการทำงานต่างๆในแต่ละส่วนที่สำคัญ เช่น ระบบน้ำหล่อเย็น ระบบของก๊าซไนโตรเจน และระบบไฟฟ้าควบคุม ตามคำอธิบายดังภาพ 3.10



ภาพ 3.10 ขั้นตอนการออกแบบโต๊ะเชื่อมแบบหมุน

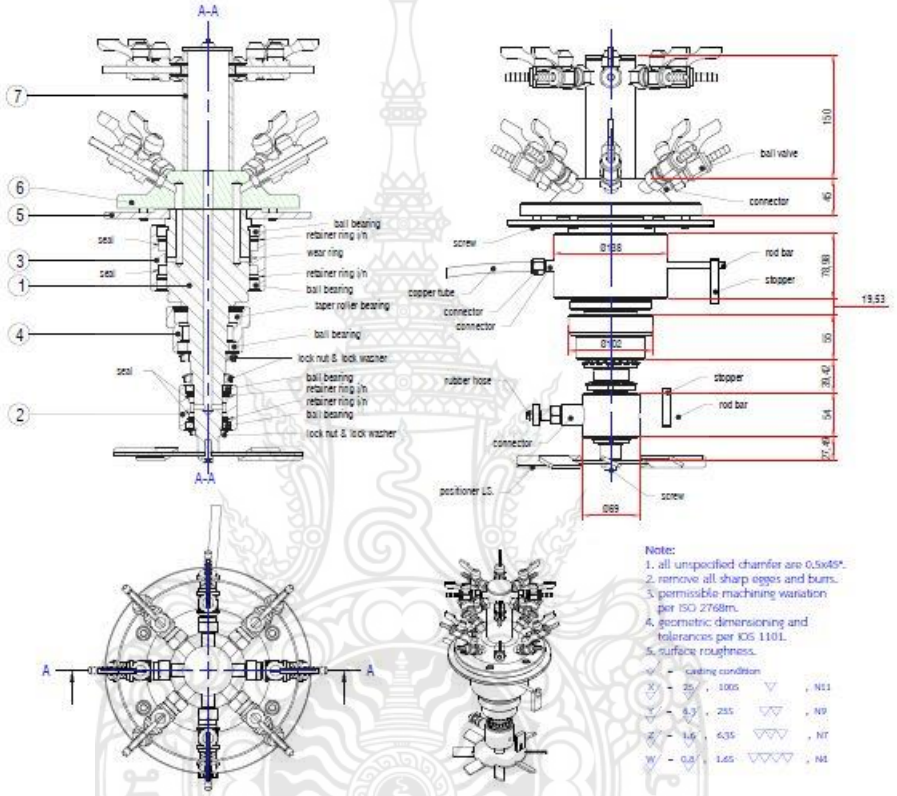
ตาราง 3.2 หน้าที่การทำงานของชิ้นส่วนและอุปกรณ์

ที่	ชื่อชิ้นส่วน	การทำงาน
1	ปั๊มน้ำ	ใช้สร้างแรงดันน้ำเข้าสู่ระบบน้ำหล่อเย็น
2	หัวโรตารี่จ่ายน้ำ	รับน้ำที่มีแรงดันจากปั๊มน้ำเพื่อส่งไปชุดวาล์วจ่ายน้ำหล่อเย็น 8 จุด
3	ชุดวาล์วจ่ายน้ำหล่อเย็น	จ่ายน้ำหล่อเย็น 8 จุด ไปยังจิ๊กประกอบโดยใช้สายยางน้ำ
4	ถาดน้ำ	รองรับน้ำหล่อเย็นที่ใช้แล้วให้ไหลลงกลับไปถังเก็บน้ำ
5	กรองหยาบ	อยู่บนฝาถังน้ำเพื่อดักสิ่งสกปรกไม่ให้เข้าถังเก็บน้ำ
6	ตัวตรวจจับระดับน้ำ	ตรวจจับระดับน้ำในถัง ถ้ามีระดับต่ำกว่าที่กำหนดจะสั่งให้ปั๊มหยุดทำงานเพื่อป้องกันปั๊มน้ำเสียหาย
7	ถังน้ำ	เก็บน้ำให้ปั๊มน้ำดูดไปใช้งาน ในถังแบ่งเป็นสองห้องแบบโอเวอร์โฟล์วเพื่อดักเศษตะกอนขนาดใหญ่
8	กรองละเอียด	Y-Strainer กรองน้ำด้านแรงดันต่ำก่อนปั๊มน้ำดูดไปสร้างแรงดัน
9	น้ำส่วนเกิน	คือน้ำที่ปั๊มสร้างมาเกินความจำเป็น น้ำส่วนนี้จะไหลบายพาสลงถัง
10	มอเตอร์เกียร์	ขับโต๊ะเชื่อมให้หมุนโดยใช้ฟันเฟือง สามารถปรับความเร็วรอบได้ด้วยอินเวอร์เตอร์
11	ชุดโต๊ะหมุน	ติดตั้งกับอยู่เฟืองขับ หัวโรตารี่น้ำหล่อเย็น หัวโรตารี่ก๊าซไนโตรเจน ชุดโต๊ะหมุน ชุดวาล์วจ่ายน้ำหล่อเย็น และชุดวาล์วจ่ายก๊าซไนโตรเจน เพื่อให้หมุนไปพร้อมกัน
12	ลิมิตสวิชท์ตำแหน่งหยุด	เป็นลิมิตสวิทช์เพื่อสั่งให้โต๊ะหยุดหมุนตามตำแหน่งที่กำหนดไว้
13	เฟล็กซิเบิลสวิทช์	ใช้มือปัดที่ก้านสปริงเพื่อสั่งให้โต๊ะหมุนและหยุดทำงานในฟังก์แมนวล
14	ตัววัดปริมาณการไหล ก๊าซไนโตรเจน	วัดปริมาณการใช้งานของก๊าซไนโตรเจนเป็นลิตรต่อนาที และสามารถปรับปริมาณการไหลได้
15	โซลินอยด์วาล์ว	วาล์วไฟฟ้าเพื่อเปิด ปิดการไหลของก๊าซไนโตรเจน
16	ไทม์เมอร์	กำหนดเวลาเปิด-ปิดโซลินอยด์วาล์ว สามารถปรับตั้งเวลาได้
17	หัวโรตารี่จ่ายก๊าซไนโตรเจน	รับก๊าซไนโตรเจนจากแหล่งจ่าย แล้วจ่ายก๊าซไนโตรเจนไปที่ชุดวาล์ว 8 จุด เพื่อส่งไปจิ๊กประกอบงาน
18	ตัวแสดงการไหลของก๊าซไนโตรเจน	เป็นตัวแสดงให้เห็นว่ามีก๊าซไนโตรเจนไหลในท่อโดยเม็ดพลาสติกด้านในจะวิ่งหมุนวนเมื่อมีการไหล
19	ระบบไฟฟ้าควบคุม	เป็นตู้วงจรไฟฟ้าและอุปกรณ์ เพื่อใช้ควบคุมการทำงานของโต๊ะเชื่อมแบบหมุนทั้งระบบ

3.5 การออกแบบทางวิศวกรรม

3.5.1 การออกแบบหัวโรตารี่จ่ายก๊าซไนโตรเจนและน้ำหล่อเย็น

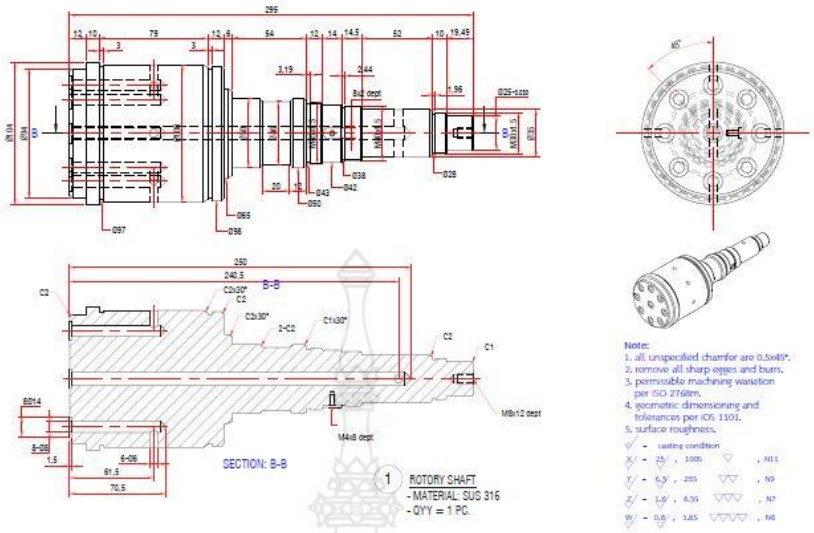
ชุดหัวโรตารี่เป็นชุดจ่ายก๊าซไนโตรเจนและน้ำหล่อเย็น อุปกรณ์ชุดนี้เป็นหัวใจสำคัญของโต๊ะเชื่อมแบบหมุน ชิ้นส่วนที่สัมผัสกับน้ำใช้วัสดุเป็นสแตนเลส ทองเหลือง และยางเพื่อไม่ให้เกิดสนิม ประกอบขึ้นเป็นชุดเดียวกัน ดังภาพ 3.11



ภาพ 3.11 หัวโรตารี่ก๊าซไนโตรเจนและน้ำหล่อเย็น

3.5.2 การออกแบบเพลาโรตารี่

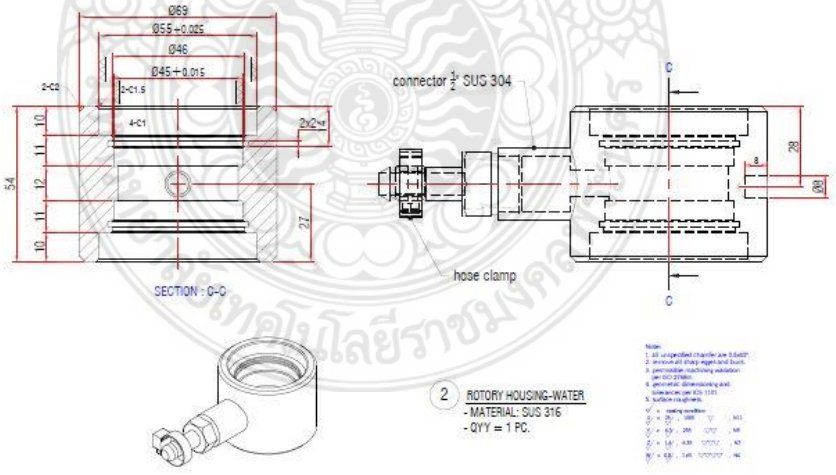
เพลาโรตารี่ เป็นเพลาหลักมีการบอกขนาดและค่าพิกัด โดยด้านเส้นผ่ารอบวงใหญ่ใช้ติดตั้งถาดหมุน ส่วนกลางติดตั้งเสื้อโรตารี่ก๊าซไนโตรเจนและน้ำหล่อเย็น และเสื้อแบริ่งที่สำหรับยึดเพลานี้ วัสดุทำจากสแตนเลส (SUS 316) เพื่อป้องกันการเกิดสนิม กระบวนการขึ้นรูปงานเป็นงานกลึงและเจาะรูเป็นทางเดินของก๊าซไนโตรเจนและน้ำหล่อเย็น จุดที่สัมผัสกับซีลต้องชุบฮาร์ดโครม (Hard Chrome) และเจียร์ผิวเรียบเพื่อป้องกันการรั่วทั้งก๊าซไนโตรเจนและน้ำหล่อเย็น ส่วนด้านล่างใช้ยึดขาเตะลิมิตสวิทช์เพื่อกำหนดตำแหน่งหยุดของถาดหมุน 8 ตำแหน่ง ดังภาพ 3.12



ภาพ 3.12 เพลาโรตารี่ก๊าซไนโตรเจนและน้ำหล่อเย็น

3.5.3 การออกแบบเสื้อโรตารี่น้ำหล่อเย็น

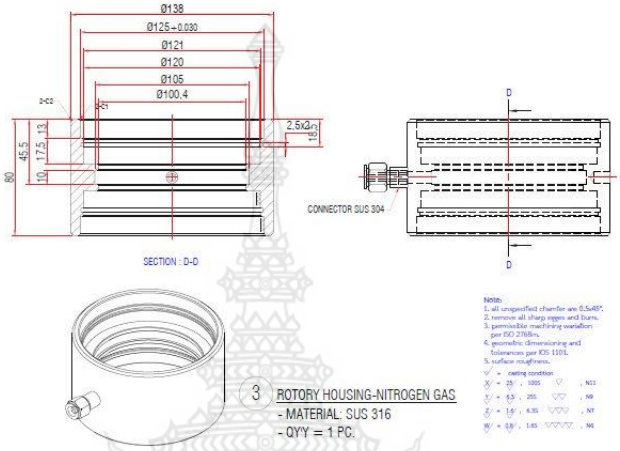
เสื้อโรตารี่น้ำหล่อเย็นใช้เป็นที่ติดตั้งอุปกรณ์จำพวกซีล (seal) สวมอยู่กับเพลาโรตารี่ มีการบอกขนาดและค่าพิกัด วัสดุทำจากสแตนเลส (SUS 316) เพื่อป้องกันการเกิดสนิม กระบวนการขึ้นรูปงานเป็นงานกลึงและเจาะรูเป็นทางเดินของน้ำหล่อเย็น เมื่อเพลาหมุนเสื้อโรตารี่นี้จะต้องไม่หมุนตามเพลา ดังภาพ 3.13



ภาพ 3.13 เสื้อโรตารี่น้ำหล่อเย็น

3.5.4 การออกแบบเสื้อโรตารี่ก๊าซไนโตรเจน

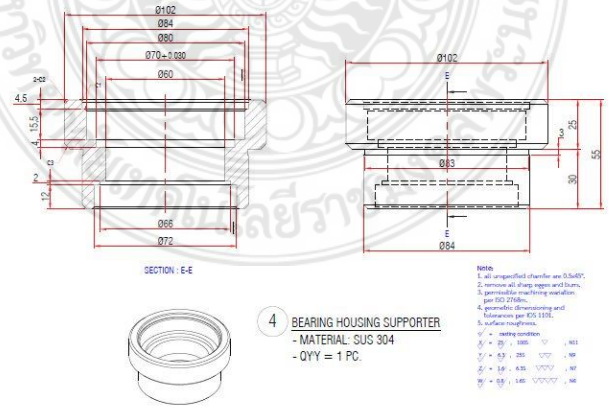
เสื้อโรตารี่ก๊าซไนโตรเจนใช้เป็นที่ติดตั้งอุปกรณ์จำพวกซีล (Seal) และแวร์ริง (Wear Ring) สวมอยู่กับเพลาโรตารี่ มีการบอกขนาดและค่าพิกัด วัสดุทำจากสแตนเลส (SUS 316) เพื่อป้องกันการเกิดสนิม กระบวนการขึ้นรูปงานเป็นงานกลึงและเจาะรูเป็นทางเดินของก๊าซไนโตรเจน เมื่อเพลาหมุนเสื้อโรตารี่นี้จะต้องไม่หมุนตามเพลา ดังภาพ 3.14



ภาพ 3.14 เสื้อโรตารี่จ่ายก๊าซไนโตรเจน

3.5.5 การออกแบบเสื้อแบริ่งรองรับโรตารี่

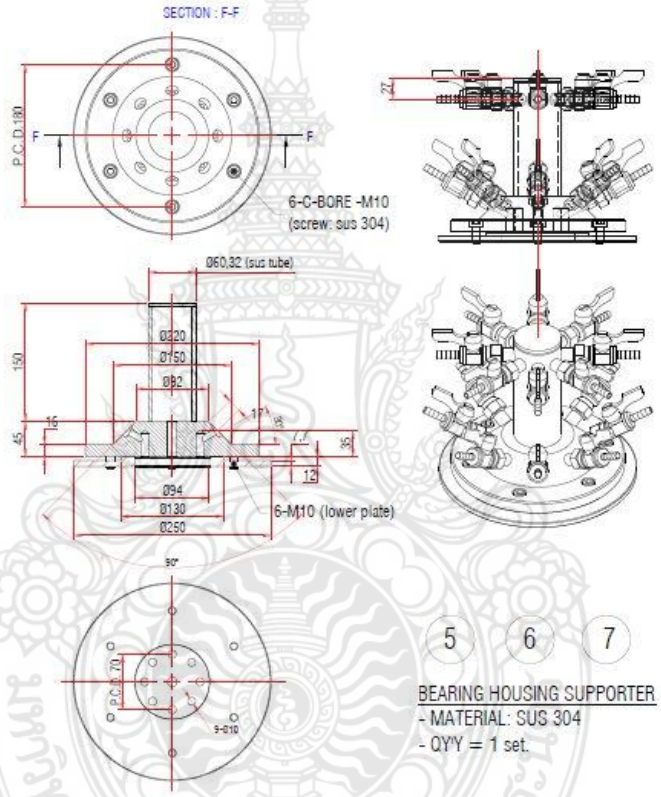
เสื้อแบริ่งรองรับชุดโรตารี่ใช้เป็นที่ติดตั้งแบริ่งสวมอยู่กับเพลาโรตารี่ มีการบอกขนาดและค่าพิกัด วัสดุทำจากเหล็ก (S45C) พ่นทับด้วยสีน้ำมัน กระบวนการขึ้นรูปเป็นงานกลึงและเชื่อมประกอบกับแผ่นเหล็ก ใช้สำหรับเป็นแป้นยึดกับโครงสร้างเพื่อรองรับชุดหัวโรตารี่และถาดหมุน ดังภาพ 3.15



ภาพ 3.15 เสื้อแบริ่งรองรับชุดโรตารี่

3.5.6 การออกแบบชุดจ่ายก๊าซไนโตรเจนและน้ำหล่อเย็น

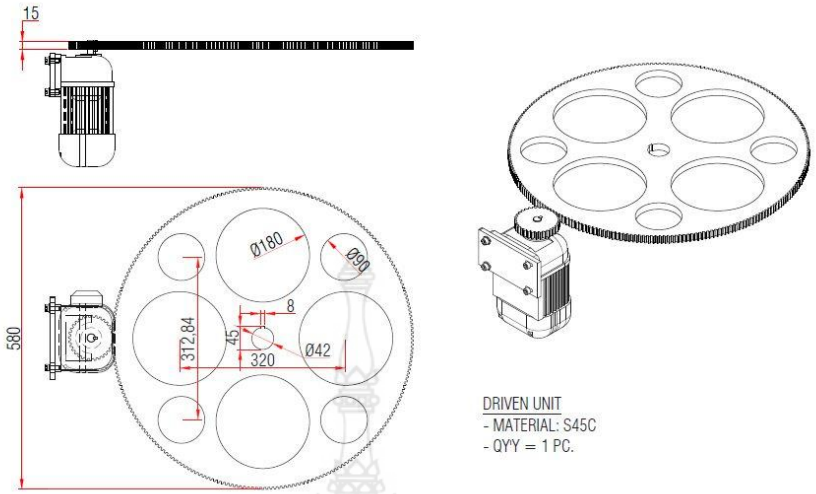
ชุดจ่ายไนโตรเจนและน้ำหล่อเย็นประกอบด้วยแป้นที่ยึดกับด้านบนของเพลาโรตารี่ใช้โอริงเป็นตัวกันรั่ว ด้านบนของแป้นเชื่อมต่อกับท่อสแตนเลสโดยมีบอลวาล์วประกอบอยู่ด้วย 16 ตัว ชุดบนเป็นวาล์วสำหรับก๊าซไนโตรเจน 8 ตัว และชุดล่างเป็นวาล์วสำหรับน้ำหล่อเย็น 8 ตัว มีการบอกขนาดและค่าพิกัด วัสดุทำจากสแตนเลส (SUS 304) บอลวาล์ววัสดุเป็นทองเหลือง การขึ้นรูปงานชุดนี้เป็นงานกลึง เจาะ และเชื่อมประกอบด้วยอาร์กอน การทำงานมีไว้เพื่อจ่ายก๊าซไนโตรเจนและน้ำหล่อเย็นเพื่อการเชื่อมท่อทองแดงระบบสารทำความเย็น ดังภาพ 3.16



ภาพ 3.16 ชุดจ่ายก๊าซไนโตรเจนและน้ำหล่อเย็น

3.5.7 การออกแบบชุดขับถาดหมุน

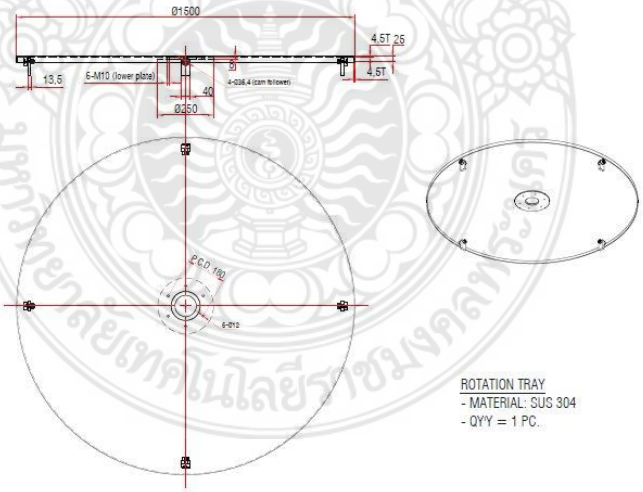
ชุดขับถาดหมุนออกแบบโดยใช้เฟืองขับ เฟืองใหญ่เป็นเฟืองตามยึดติดกับเพลาโรตารี่ เฟืองเล็กเป็นเฟืองขับยึดติดกับมอเตอร์ทดรอบ มีการบอกขนาดและค่าพิกัด วัสดุทำจากเหล็ก (S45C) รมดำ (Black Oxide) กระบวนการขึ้นรูปงานเป็นงานกลึงและกัดเฟือง การทำงานของชุดขับมีไว้เพื่อขับชุดถาดหมุน ดังภาพ 3.17



ภาพ 3.17 ชุดขับถาดหมุน

3.5.8 การออกแบบถาดหมุน

ถาดหมุนออกแบบเป็นทรงแบนกลมยึดติดกับด้านบนของเพลาโรตารี่ มีการบอกขนาดและค่าพิกัด วัสดุทำจากสแตนเลส (SUS 304) ขึ้นรูปงานด้วยการตัดเลเซอร์ (Laser Cutting) และเชื่อมประกอบด้วยอาร์กอน ปีกถาดเสริมความแข็งแรงด้วยแผ่นสแตนเลสแบน ริมขอบถาดด้านล่างรองรับด้วยแคมฟอโลว์เออร์ (Cam Follower) เป็นสินค้ามาตรฐานทำจากวัสดุสแตนเลส การทำงานของถาดหมุนมีไว้เพื่อวางจิ๊กประกอบงาน เพื่อส่งต่องานประกอบและเชื่อม ดังภาพ 3.18

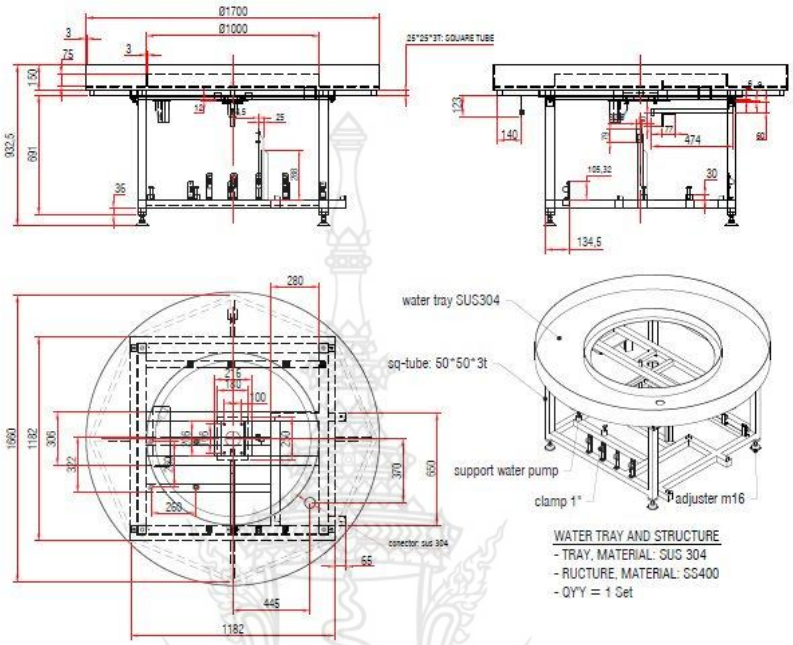


ภาพ 3.18 ถาดหมุน

3.5.9 การออกแบบถาดรองน้ำและโครงสร้าง

ถาดรองน้ำและโครงสร้าง โดยถาดรองน้ำวัสดุทำจากสแตนเลส (SUS 304) ขึ้นรูปงานด้วยการตัดเลเซอร์ (Laser Cutting) และเชื่อมประกอบด้วยอาร์กอน มีการบอกขนาดและค่าพิกัดแสดงดังภาพที่ 3.19 ถาดมีไว้รับน้ำหล่อเย็นที่ล้นมาจากจิ๊กประกอบงาน แล้วมีช่องทางไหลลงสู่ถังเก็บน้ำ ส่วน

โครงสร้างทำจากเหล็กรูปพรรณ (SS400) โดยการเชื่อมประกอบ รวมทั้งขายึดอุปกรณ์ต่างๆ และพ่นทับด้วยสีน้ำมัน มีการบอกขนาดและค่าพิกัด ดังภาพ 3.19

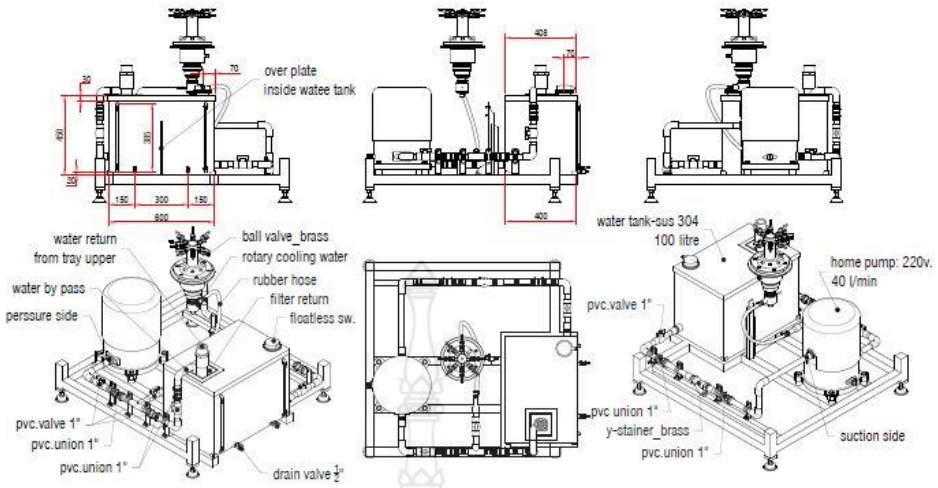


ภาพ 3.19 ถาดรองน้ำและโครงสร้าง

3.5.10 การออกแบบระบบน้ำหล่อเย็น

ระบบน้ำหล่อเย็นประกอบด้วยชิ้นส่วนและอุปกรณ์ตามรายการและหน้าที่การทำงานดังหัวข้อด้านล่าง มีการบอกขนาดและค่าพิกัด ดังภาพ 3.20

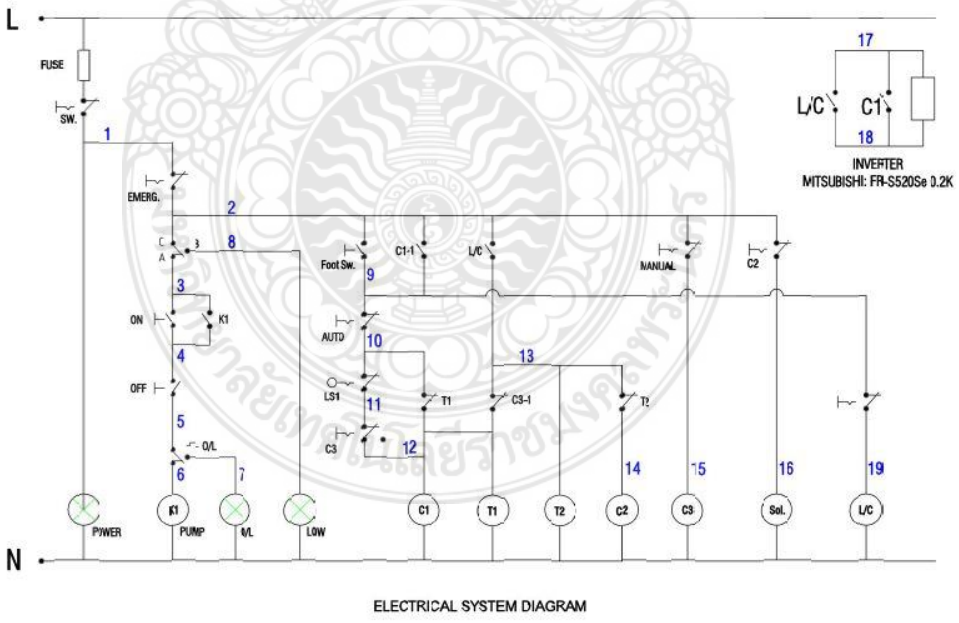
1) ปั๊มน้ำ (Water Pump) เป็นสินค้ามาตรฐาน มีไว้สร้างแรงดันน้ำส่งไปยังโรตารี่น้ำหล่อเย็น
2) ท่อทางน้ำ ประกอบด้วยอุปกรณ์วัสดุทำจากพีวีซีขนาด 1 นิ้ว เช่น ท่อ ข้องอ ข้อลด ยูเนี่ยน หางปลา บอลวาล์ว วายสเตนเนอร์ทองเหลือง สายยางน้ำโปร่งแสง แคล้มป์รัดและอุปกรณ์จับยึดท่อ
3) ถังเก็บน้ำ ทำจากสแตนเลส (SUS 304) ภายในถังมีแผ่นกั้น (Over Flow) บนฝาถังติดตั้งสวิทช์วัดระดับน้ำ (Float Less Switch) ข้างถังด้านนอกติดตั้งสายยางโปร่งแสงเพื่อดูระดับน้ำ และวาล์วน้ำทิ้ง 1/2”จำนวน 2 ชุด



ภาพ 3.20 ระบบน้ำหล่อเย็น

3.5.11 การออกแบบระบบไฟฟ้า

ระบบไฟฟ้าออกแบบเพื่อควบคุมการทำงานอุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น มอเตอร์ไฟฟ้า อินเวอร์เตอร์ ปั๊มน้ำ โซลินอยด์วาล์วตัดต่อก๊าซไนโตรเจน ลิมิตสวิทช์เพื่อการหยุดตำแหน่ง และตัววัดระดับน้ำ ดังภาพ 3.21

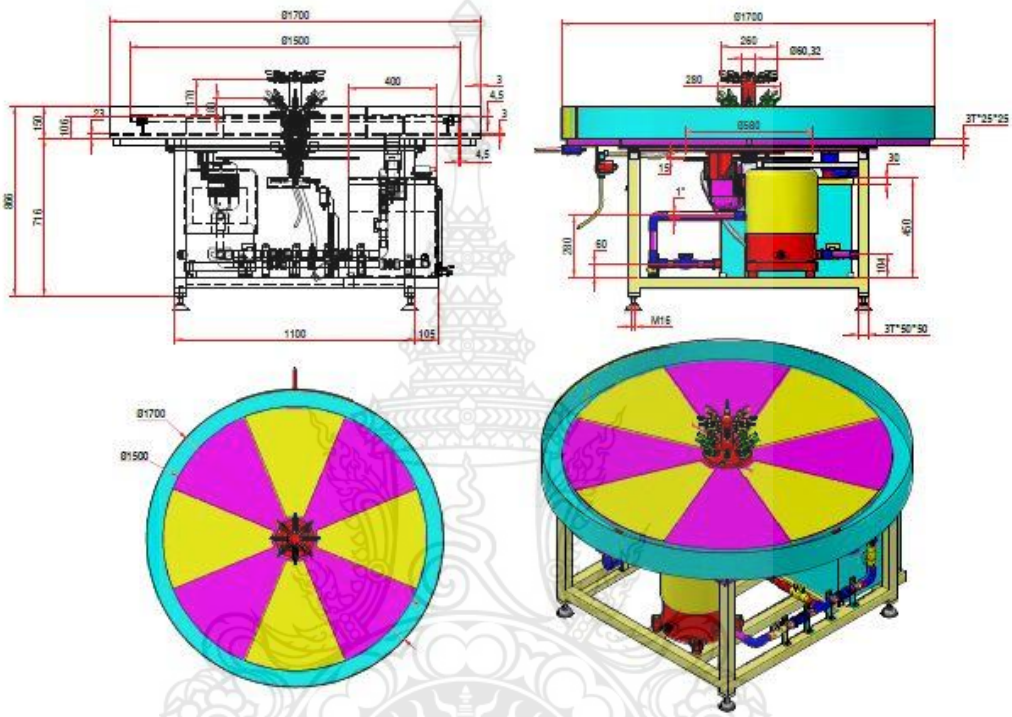


ภาพ 3.21 วงจรไฟฟ้า

3.6 โครงสร้างต้นแบบ

3.6.1 การออกแบบต้นแบบโดยรวม

การออกแบบโดยรวมโต๊ะเชื่อมแบบหมุน ประกอบด้วยอุปกรณ์หลัก เช่น ชุดโรตารี่ก๊าซไนโตรเจนและน้ำหล่อเย็น ชุดขับถาดหมุน ระบบน้ำหล่อเย็น และระบบไฟฟ้าควบคุม ดังภาพ 3.22



ภาพ 3.22 ต้นแบบโดยรวม

3.7 รายละเอียดการออกแบบ

3.7.1 รายการวัสดุ

ตาราง 3.3 รายการวัสดุสร้างต้นแบบ

Item	Materials	Spec.	Model	Qt'y
1	Square tube	SS400	3t*50*50*6000 mm.	3
2	Square tube	SS400	3t*32*32*6500 mm.	1
3	Square tube	SS400	3t*38*38*6000 mm.	1
4	Square tube	SS400	2.5t*25*25*6000 mm.	1
5	Stainless Steel	SUS 304	3t*D.1694, d900 mm.	1
6	Stainless Steel	SUS 304	3t*150*5325 mm.	1
7	Stainless Steel	SUS 304	3t*75*3140 mm.	1
8	Connector	SUS 304	2"	1
9	Stainless Steel	SUS 304	4.5t*D.1491 mm.	1
10	Stainless Steel	SUS 304	3t*25*4712 mm.	1
11	Flat Bar	SS400	6t*32*180 mm.	7
12	O/M clamp	Zn	1"	7
13	Screw + Washer	Std.	M10*32	4
14	Caster U/T	SS400-Zn	6"	4
15	Plate	SS400	12t*200*200 mm.	4
16	Adjuster	SS400-Zn	M16	4
17	Plate	SS400	15t*40*75 mm.	4
18	Flat Bar	SS400	4.5t*25*6000 mm.	1
19	Flat Bar	SS400	4.5t*100*355 mm.	1
20	Angle Steel	SS400	5t*40*40 mm.	1
21	Plate	SS400	9t*40*40 mm.	4
22	Rod	SS400	D.30*40	4
23	Screw Washer	Std.	M10*30	8
24	Plate	SS400	12t*135*200 mm.	1
25	Plate	SS400	12t*180*250 mm.	1

ตาราง 3.3 (ต่อ)

Item	Materials	Spec.	Model	Qt'y
26	Flat Bar	SS400	9t*38*80 mm.	3
27	Screw + Washer	Std.	M8*25	14
28	Plate	SS400	3t*D.250 mm.	1
29	Plate	SS400	3t*45*385 mm.	1
30	Plate	SS400	10t*160*85 mm.	1
31	Motor Gear	Std.	Mitsubishi: GM-S,0.2 KW 200v. #3, RATOI 1/30 50 rpm.	1
32	Limit Switch	Std.	Omron	1
33	Screw	Std.	M4*35	4
34	Driven Gear	Std.	D.85, M2.5, 15t	1
35	Flow meter	Std.	Market	1
36	Screw	Std.	M5*25	1
37	Gear	Std.	D.278.4, M2.5-230T, 15t	1
38	Stainless Steel	SUS 304	D.255*12t mm.	1
39	Stainless Steel	SUS 304	D.230*50t mm.	1
40	Sock-Hex head	SUS 304	M10*25 mm.	6
41	Tube	SUS 304	2"*150 mm.	1
42	Shaft	S45C	D.110*60 mm.	1
43	Plate	SUS 304	D60.4.5 mm.	1
44	Ball valve	Brass	¼"	16
45	Hose Nipple	Brass	¼"	16
46	Clamp	Zn	¼"	16
47	Connector	SUS 304	¼"	18
48	Touch Switch	Std.	Omron	1
49	Sol. Valve	Std.	CKD	1
50	Copper Tube	Std.	D.10*1000 mm.	1
51	Fitting	Std.	#10	3
52	Stainless Steel	SUS 316	D.140*80 mm.	1
53	Stainless Steel	SUS 316	D.110*300 mm.	1

ตาราง 3.3 (ต่อ)

Item	Materials	Spec.	Model	Qt'y
54	Connector	SUS 304	½"	4
55	Ball Bearing	NTN	6820 2RU	2
56	Ball Bearing	NTN	6907 2RU	2
57	Ball Bearing	NTN	6910 ZZ	1
58	Taper roller Bearing	NTN	32010	1
59	Ball Valve	SUS 304	½"	2
60	Seal	NBR	35,45,7	2
61	Seal	NBR	100,120,12	4
62	Wearing	Std.	2.5t*10*350 mm.	1
63	O-Ring	NBR	d.9*2	8
64	Snap Ring	Std.	I/N d.120	2
65	Hose Clamp	Std.	½"	2
66	Lock nut & Washer	Std.	KM9 + MB9	1
67	Lock nut & Washer	Std.	KM8 + MB8	1
68	Stainless Steel	SUS 304	D.70*55 mm.	1
69	Snap Ring	Std.	I/N d.55	2
70	Lock nut & Washer	Std.	KM6 + MB6	1
71	Tank-SUS	SUS 304	2t*400*600*450 mm.	1
72	Stainless Steel	SUS 304	2t*396*300 mm.	1
73	Strainer	SUS 304	2t*130*130*130 mm.	1
74	Home Pump	Std.	Mitsubishi	1
75	Hose Rubber	Clear	½"*2 m.	1
76	Elbow 90	SUS 304	¼"	4
77	Hose Nipple	SUS 304	¼"	4
78	Hose Rubber	Clear	¼"*1 m.	1
79	Hose Clamp	Std.	¼"	4
80	Union	PVC-Blue	1"	4
81	Elbow-PVC	PVC-Blue	1"	4

ตาราง 3.3 (ต่อ)

Item	Materials	Spec.	Model	Qt'y
82	Ball Valve	PVC-Blue	1"	4
83	Strainer	SUS 304	1"	1
84	Connector	SUS 304	1"	2
85	Union	PVC-Blue	1"	6
86	T-way	PVC-Blue	1"	1
87	Reduce	PVC-Blue	1"-1/2"	1
88	Nipple	PVC-Blue	½"	1
89	Nipple	PVC-Blue	1"	8
90	Tube	PVC-Blue	1"	3
91	Connector	SUS 304	2"	1
92	Float less Switch	Omron	2"	1
93	Primer-Enamel	DNT	Gray	1
94	Top Coat-Enamel	DNT	Cream	1
95	Electrical box	Temco	Cream	1
96	Electrical Equipment	Std.	Std. (lot)	1
97	Electrical Accessory	Std.	Std. (lot)	1
98	Inverter	0.2 kw.	Mitsubishi:FR-S520Se 0.2K	1
99	Foot witch	Std.	220V.	1

3.8 รายการเครื่องจักรและอุปกรณ์เพื่อสร้างต้นแบบ

ในการที่จะสร้างต้นแบบนั้น เครื่องจักร เครื่องมือและอุปกรณ์ที่นำมาใช้ในการผลิตมีความสำคัญ เหล่านี้ช่วยสนับสนุนการสร้างต้นแบบ การปรับปรุงแก้ไขต้นแบบ และมีผลกับต้นทุนการสร้างต้นแบบ ดังนั้นการสร้างต้นแบบโต๊ะเชื่อมแบบหมุนจึงต้องใช้เครื่องจักร เครื่องมือและอุปกรณ์ทั้งภายในและภายนอกสถานที่ดังนี้

3.8.1 เครื่องจักร เครื่องมือและอุปกรณ์

1) เครื่องกลึง (Lathe Machine) จำนวน 1 เครื่อง

พร้อมอุปกรณ์สำหรับงานกลึง ใช้สำหรับงานกลึงเพลา ทำเกลียวต่างๆ และงานเจาะรูเพลา ดังภาพ 3.23

Specification:

- ขนาดความยาว 6 ฟุต
- ขนาดเพลา 430x1100 มม.

ภาพ 3.23 เครื่องกลึง
ที่มา: http://sahachaimachinery.lnwshop.com/

2) เครื่องมิลลิ่ง (Milling Machine) จำนวน 1 เครื่อง
พร้อมอุปกรณ์สำหรับงานมิลลิ่งและงานเจาะรู ใช้สำหรับงานเจาะรู ทำเกลียว งานกว้านรู และงานปาดผิวเรียบ ดังภาพ 3.24
Specification:

- โต๊ะงานมีขนาด 254 x 1,270 มม. ร่องตัวT จำนวน 3 ร่อง
- โต๊ะงานเคลื่อนที่ตามแนวยาวด้วยระบบอัตโนมัติได้ 810 มม.
- โต๊ะงานเคลื่อนที่ตามแนวขวางด้วยระบบอัตโนมัติได้ 400 มม.
- โต๊ะงานเคลื่อนที่ขึ้น-ลง ในแนวตั้งได้ 400 มม.
- เพลากัดสามารถเคลื่อนที่ขึ้น-ลงได้ 127 มม.
- สามารถก้มและเงยได้ 30 องศา
- สามารถเอียงได้ทั้งซ้าย-ขวา ข้างละ 45 องศา

ภาพ 3.24 เครื่องมิลลิ่ง
ที่มา: http://www.amida.co.th/?lang=th

3) เครื่องเจียร์เพลากลม (Cylindrical Grinding Machine) จำนวน 1 เครื่อง
ใช้สำหรับงานเจียร์เพลา เนื่องจากต้องการผิวของเพลาที่เรียบป้องกันการรั่วของน้ำ และก๊าซไนโตรเจน ดังภาพ 3.25
Specification:

- พร้อมอุปกรณ์สำหรับงานเจียร์เพลา
- ขนาดเพลา 200 x 800 มม.

ภาพ 3.25 เครื่องเจียร์เพลากลม
ที่มา: http://www.hmtmachinetools.com/

4) เครื่องเชื่อมอาร์กอน, ซีโอทู, ไฟฟ้า (Welding Machine) จำนวน 1 เครื่อง
ใช้สำหรับงานเชื่อมสแตนเลสและเหล็ก ดังภาพ 3.26

Specification:

Power Voltage แรงดันไฟฟ้า,ความถี่ (V,Hz)	3 phase AC380V ±15% ,50-60
Input Capacity (KVA)	6.3
No-Load Voltage แรงดันไฟขณะไร้ภาระ (V)	54
Output-Current Adjustment กระแสไฟเชื่อม (A)	5-250
Rated Output Voltage แรงดันไฟในการเชื่อม (V)	20
Duty Cycle ความสามารถในการทำงาน (%)	60
Efficiency ประสิทธิภาพการทำงาน (%)	85
Power Factor พาวเวอร์ แฟคเตอร์	0.93

ภาพ 3.26 เครื่องเชื่อม
ที่มา: http://www.craft-skill.com/

5) เครื่องเลื่อยสายพาน (Band Saw) 10" หันตัดองศาที่ปากกา จำนวน 1 เครื่อง
ใช้สำหรับตัดวัสดุต่างๆ เช่นเหล็กเพลา เหล็กรูปพรรณ สแตนเลส และอื่นๆ การหันตัดองศาได้ช่วยลดขั้นตอนการทำงานได้เป็นอย่างดี ดังภาพ3.27

Specification:

- 10” สามารถปรับองศาการตัด

ภาพ 3.27 เครื่องเลื่อยแบนซอว์
ที่มา: http://oamyai.tarad.com/

6) เจียร์ 4 นิ้ว และอุปกรณ์การเจียร์ จำนวน 1 ตัว
ใช้สำหรับงานเจียร์เพื่อเก็บความเรียบร้อยผิวงาน เช่นงานเชื่อมต่างๆ
7) ชุดประแจเครื่องมือช่าง จำนวน 1 ชุด
ใช้สำหรับงานถอด ประกอบ
8) ชุดไขควงเครื่องมือช่าง จำนวน 1 ชุด
ใช้สำหรับงานถอด ประกอบ
9) น้ำยาลบรอยเชื่อม จำนวน 1 ชุด
ใช้สำหรับลบรอยเชื่อมงานสแตนเลส
10) น้ำยาขัดผิวสแตนเลส จำนวน 1 ชุด
ใช้สำหรับงานขัดผิวสแตนเลส
11) ชุดกาพ่นสี จำนวน 1 ชุด
ใช้สำหรับพ่นสีงานที่ทำจากเหล็ก
12) เครื่องมืออุปกรณ์เสริมอื่นๆ
เพื่ออำนวยความสะดวกในการปฏิบัติงาน

เครื่องจักร วัสดุและอุปกรณ์ ที่ใช้บริการจากภายนอก

1) งานบริการตัดเลเซอร์ เหล็กและสแตนเลส
2) งานบริการตัด พับ ม้วน แผ่นเหล็กและสแตนเลส
3) งานสั่งซื้อวัตถุดิบ เช่นเหล็กและสแตนเลส
4) งานสั่งซื้ออุปกรณ์ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเลคทรอนิคส์
5) งานสั่งซื้ออุปกรณ์มาตรฐานอื่นๆ

3.9 ประมาณค่าใช้จ่าย

การประมาณค่าใช้จ่ายเพื่อสร้างต้นแบบประเมินราคาแบ่งออกเป็น 9 หัวข้อหลัก โดยมีชิ้นส่วนที่เป็นสินค้ามาตรฐานสามารถจัดซื้อได้ตามท้องตลาด และชิ้นส่วนบางชิ้นที่ต้องจ้างผู้รับเหมาช่วงทำงานตามแบบที่กำหนดให้ไป ดังตาราง 3.4

ตาราง 3.4 รายการประมาณค่าใช้จ่ายเพื่อสร้างต้นแบบ

หัวข้อ	ราคา (บาท)
1. ชุดโรงสร้าง	50,000
2. ชุดหัวโรตารี่	55,000
3. ชุดขับถาดหมุน	50,000
4. ชุดระบบน้ำหล่อเย็น	40,000
5. ชุดระบบไนโตรเจน	12,000
6. ระบบไฟฟ้าควบคุม	40,000
7. ทำสี	6,000
8. ขนส่ง-ติดตั้ง-ทดสอบ	12,000
9. คาแรง-ค่าบริหาร-ค่าโสหุ้ย	85,000
รวม	**350,000**

บทที่ 4

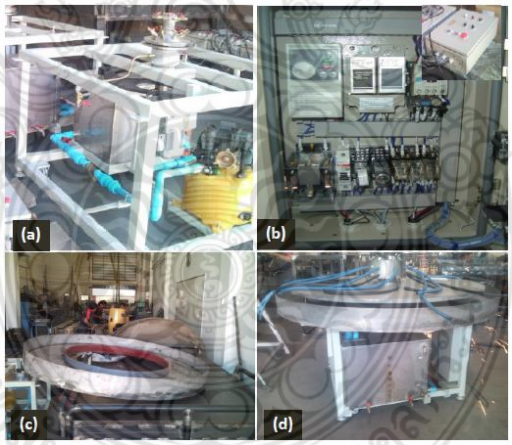
การสร้างต้นแบบและทดสอบต้นแบบ

รายละเอียดการออกแบบทางวิศวกรรมดังที่กล่าวในบทที่ 3 เพื่อที่จะนำมาสร้างต้นแบบให้เป็นงานที่สามารถทำงานได้จริง เพื่อที่จะทำการทดสอบต้นแบบ และทดลองในสายการผลิตของโต๊ะเชื่อมแบบหมุน มีดังนี้

4.1 การสร้างต้นแบบ

4.1.1 การผลิตและการประกอบ

การประกอบต้นแบบโต๊ะเชื่อมแบบหมุน เริ่มต้นจากการขึ้นรูปชิ้นงานส่วนย่อยตามแบบ งานเชื่อมประกอบ งานทำโครงสร้าง งานทำสีชิ้นงาน และงานระบบไฟฟ้า หลังจากนั้นนำชิ้นส่วนย่อยมาประกอบเป็นชุด เมื่องานทั้งหมดเสร็จแล้วจึงนำมาประกอบเป็นงานต้นแบบเพื่อให้ได้โต๊ะเชื่อมแบบหมุนตามแบบที่กำหนดไว้ ดังภาพ 4.1



ภาพ 4.1 การผลิตและการประกอบ

(a) งานติดตั้งชุดโรตารี่ ชุดขับถาดหมุนและชุดระบบน้ำหล่อเย็นเข้ากับโครงสร้าง
(b) งานเดินสายไฟฟ้าระบบไฟฟ้าควบคุม
(c) งานประกอบถาดหมุนและถาดรับน้ำ
(d) งานประกอบทุกส่วนเข้าด้วยกันเป็นโต๊ะเชื่อมแบบหมุน

4.1.2 ต้นแบบสุดท้าย

ต้นแบบสุดท้ายของโต๊ะเชื่อม คือการพัฒนากระบวนการเชื่อมโดยใช้โต๊ะเชื่อมแบบหมุนที่ถูกสร้างขึ้นมาให้ครบข้อกำหนดของกระบวนการผลิตและวิธีการเชื่อมเพื่อให้ได้ผลผลิตที่มากกว่าวิธีการปัจจุบัน และผลิตผลิตภัณฑ์ที่ได้คุณภาพตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ ดังภาพ 4.2

ภาพ 4.2 ต้นแบบสุดท้าย

(a) ต้นแบบโต๊ะเชื่อมแบบหมุนที่ประกอบเสร็จสมบูรณ์แล้ว
(b) ติดตั้งท่อทางก๊าซไนโตรเจนและท่อทางน้ำหล่อเย็น
(c) ติดตั้งอุปกรณ์การเชื่อมและท่อทาง
(d) ต่อสายไฟฟ้าเข้ากับระบบไฟฟ้าของโต๊ะเชื่อมแบบหมุน

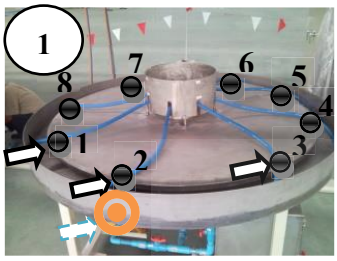
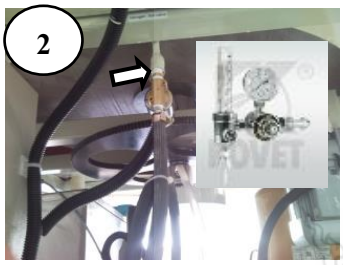
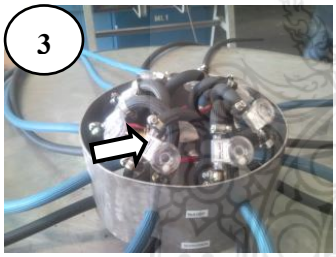
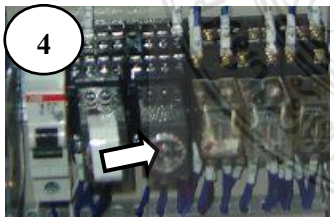
4.2 การทดสอบต้นแบบ

จากกระบวนการสร้างต้นแบบเสร็จแล้วนั้น การทดสอบต้นแบบก็มีความสำคัญ เป็นการทดสอบการทำงานต้นแบบเพื่อให้รู้ว่าสามารถทำงานได้จริงตามที่ออกแบบไว้หรือไม่ อีกทั้งยังอาจจะได้พบข้อบกพร่องจากการทดสอบนี้ด้วย ในบทนี้จะทำการทดสอบต้นแบบ (Prototype Testing) และทดสอบต้นแบบในสายการผลิต (Prototype Testing in Production line) แล้วเก็บผลที่ได้เพื่อนำไปใช้ในการสรุปผลในบทต่อไป

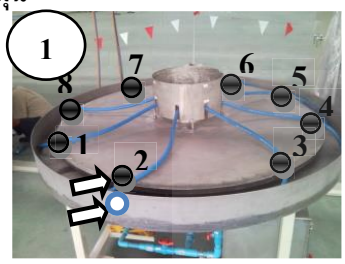
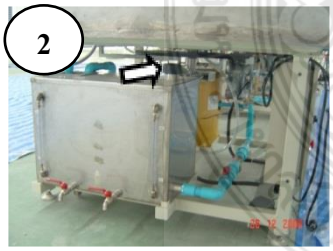
4.2.1 การทดสอบต้นแบบโต๊ะเชื่อม

เมื่อประกอบโต๊ะเชื่อมแบบหมุนต้นแบบเสร็จแล้ว มาถึงวิธีการทดสอบต้นแบบโดยการทดสอบการทำงานระบบต่างๆตามหัวข้อที่กำหนดไว้ในตาราง 4.1 แล้วเก็บผลที่ได้เพื่อนำไปใช้ในการสรุปผลในบทต่อไป

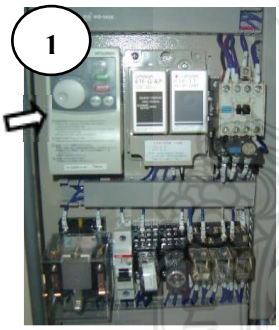
ตาราง 4.1 การทดสอบงานต้นแบบ

หัวข้อทดสอบ	วิธีทดสอบ/เครื่องมือทดสอบ	ผลการทดสอบ
(A) ทดสอบการจ่ายก๊าซไนโตรเจน  Nitrogen gas supply  Flow Meter  Flow indicator  Timer	**<u>การทดสอบ</u>** **(1).** ทดสอบเมื่อถาดหมุนแล้วหยุดทุกครั้งต้องจ่ายก๊าซไนโตเจนที่ตำแหน่ง 1, 2 และ 3 เป็นเวลา 5 วินาทีแล้วหยุด - ดูที่ Flow Indicator **(2).** ทดสอบปริมาณการไหลของก๊าซไนโตเจน 8 ลิตร/นาที - ดูที่ Flow Meter **(3).** ทดสอบเมื่อถาดหมุนแล้วหยุดต้องมีการจ่ายไนโตรเจนทุกครั้ง 5 วินาที แล้วตัดการจ่าย - ดูที่ Flow Indicator **(4).** ทดสอบการตั้งเวลาการจ่ายก๊าซไนโตรเจน 5 วินาที - ดูที่ Timer สามารถปรับตั้งเวลาได้ **<u>เครื่องมือทดสอบ</u>** • **Flow Indicator** • **Flow Meter** • **Timer** • นาฬิกาจับเวลา **<u>การตรวจสอบ</u>** ✓ ในขณะที่ไม่ใช้งานดูที่ Flow Meter จะต้องไม่แสดงการไหลของก๊าซไนโตรเจน	**<u>ผลการทดสอบ</u>** ✓ ทุกครั้งที่ถาดหยุดหมุนมีการจ่ายก๊าซไนโตรเจนที่ตำแหน่งหมายเลข 1, 2 และ3 เป็นเวลา 5 วินาที ✓ ปริมาณการไหลของก๊าซไนโตรเจนอยู่ที่ประมาณ 8 ลิตร/นาที ✓ การจ่ายก๊าซไนโตรเจน 5 วินาที แล้วตัดการจ่าย ✓ สามารถตั้งเวลาได้ที่ Timer ที่ 5 วินาที **<u>ตรวจสอบทั่วไป</u>** ✓ ไม่มีการรั่วไหลของก๊าซไนโตรเจนเมื่อปิดเครื่องจักรไม่ใช้งาน

ตาราง 4.1 (ต่อ)

หัวข้อทดสอบ	วิธีทดสอบ/เครื่องมือทดสอบ	ผลการทดสอบ
(B) ทดสอบตำแหน่งหยุดของถาดหมุน  Position marking	**<u>การทดสอบ</u>** **(1).** ทดสอบตำแหน่งการหยุดของถาดหมุน 8 ตำแหน่ง เมื่อถาดหมุนไปทุก 45 องศา จะต้องหยุดตรงตำแหน่ง - ดูที่มาร์ค ต้องตรงกันเมื่อหยุด **<u>เครื่องมือทดสอบ</u>** • มาร์คตำแหน่งบนถาดหมุนและถาดรับน้ำ **<u>การตรวจสอบ</u>** ✓ ตรวจสอบการทำงานของระบบเฟืองขับถาดหมุน ต้องไม่มีเสียงและหมุนอย่างราบเรียบ	**<u>ผลการทดสอบ</u>** ✓ ถาดหมุนหยุดตรงตำแหน่งทุกครั้ง **<u>ผลการตรวจสอบ</u>** ✓ เฟืองขับทำงานปกติ
(C) ทดสอบระบบน้ำหล่อเย็น Water Pump  Float Less Switch	**<u>การทดสอบ</u>** **(1).** ทดสอบการทำงานปั๊มน้ำ เมื่อมีแรงดันสูงต้องหยุดทำงานและเมื่อแรงดันตกจะทำงานต่อ (ต้องมีการตัด-ต่อการทำงาน) - ดูที่ การทำงานตัด-ต่อของปั๊มน้ำ **(2).** ทดสอบ Float Less Switch เมื่อระดับน้ำลดต่ำลงมาระดับครึ่งถัง ระบบไฟฟ้าตัดการทำงานปั๊มน้ำ และเมื่อเติมน้ำถึงระดับเต็มถังปั๊มจะทำงานได้ - ดูที่ การทำงานตัด-ต่อของปั๊มน้ำ **<u>เครื่องมือทดสอบ</u>** ทดลองปล่อยน้ำทิ้ง และการเติมน้ำ	**<u>ผลการทดสอบ</u>** ✓ ปั๊มน้ำทำงานตามข้อกำหนด ✓ Float Less Switch ทำงานตามข้อกำหนด **<u>ตรวจสอบทั่วไป</u>** ไม่มีการรั่วไหลของน้ำขณะทำงาน

ตาราง 4.1 (ต่อ)

หัวข้อทดสอบ	วิธีทดสอบ/เครื่องมือทดสอบ	ผลการทดสอบ
(C) (ต่อ)	**<u>การตรวจสอบ</u>** ✓ ระดับน้ำดูที่สายยางระดับน้ำข้างถัง ✓ การไหลของน้ำที่สายยาง 8 จุดบนถาดหมุน ✓ วาล์วน้ำทองเหลืองสามารถปิดน้ำได้สนิท ✓ ทดสอบการปิด-เปิดวาล์วน้ำพีวีซีทุกตัว ✓ ตรวจสอบการรั่วซึมของน้ำตามจุดต่อต่างๆ ✓ ตรวจสอบการรั่วปั๊มน้ำ ✓ ตรวจสอบการรั่วถังน้ำ ✓ ตรวจสอบการรั่วถาดรับน้ำ	**<u>ผลการตรวจสอบ</u>** ✓ อยู่ระดับเต็มพร้อมใช้งาน ✓ น้ำไหลปกติ ✓ วาล์วน้ำสามารถปิด-เปิดปกติ ✓ วาล์วน้ำสามารถปิด-เปิดปกติ ✓ ไม่รั่วซึม ✓ ไม่รั่วซึม ✓ ไม่รั่วซึม ✓ ไม่รั่วซึม
(D) ทดสอบฟังก์ของระบบไฟฟ้า  Inverter Flexible Switch	**<u>การทดสอบ</u>** (1). ทดสอบการทำงาน Inverter เพื่อปรับความเร็วรอบมอเตอร์และหาความเร็วรอบที่เหมาะสมกับการใช้งาน โดยการเริ่มหมุนและหยุดโดยไม่ทำให้ชิ้นงานบนจิ๊กประกอบเสียรูปทรง (2). ทดสอบการทำงานของสวิทช์ในโหมด Manual เมื่อแตะ 1 ครั้งถาดหยุด และเมื่อแตะอีกครั้งถาดหมุนต่อได้	**<u>ผลการทดสอบ</u>** ✓ สามารถปรับความเร็วรอบโดยเริ่มจากหยุดนิ่งไปจนถึงความเร็วสูงสุด ✓ สวิทช์ทำงานปกติ

4.3 การทดสอบต้นแบบในสายการผลิต

หลังจากทดสอบการทำงานต้นแบบเสร็จแล้ว จึงเริ่มการทดสอบต้นแบบในสายการผลิตอีกขั้นตอนหนึ่ง โดยนำโต๊ะเชื่อมแบบหมุนต้นแบบไปใช้ในสายการผลิตจริง แล้วเก็บข้อมูลเพื่อสรุปผลในบทต่อไป

ภาพ 4.3 การทดสอบในสายการผลิต

4.3.1 การเตรียมการทดสอบ

จัดพื้นเพื่อวางโต๊ะเชื่อมแบบหมุนในสายการผลิต และจัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์ทั้งหมดที่ต้องใช้เพื่อดำเนินการทดสอบในสายการผลิต ดังภาพ 4.4

1) โต๊ะเชื่อมแบบหมุนต้นแบบ 1 ตัว
2) พนักงานเชื่อม 1 คน
3) พนักงานประกอบ 1 คน
4) เติมน้ำที่ระดับเต็มถังพร้อมใช้งาน
5) ต่อระบบไฟฟ้าเข้ากับตู้ไฟฟ้าของโต๊ะเชื่อม
6) ต่อท่อก๊าซไนโตรเจนเข้ากับโต๊ะเชื่อม
7) ชุดหัวเชื่อม ต่อระบบไฟฟ้า สายออกซิเจน สายแก๊ส พร้อมใช้งาน 1 ชุด
8) กระบอกใส่ลวดเชื่อม และลวดเชื่อมเงิน 1 ชุด
9) ไฟแสงสว่างด้านบนโต๊ะเชื่อม และปล่องดูดควันเชื่อม
10) จิ๊กประกอบงาน 8 ชุด
11) แผ่นกั้นความร้อนระหว่างพนักงานเชื่อมกับพนักงานประกอบ 1 ชุด
12) อุปกรณ์เซฟตี้ส่วนบุคคล (PPE) พนักงานเชื่อมและพนักงานประกอบ
13) รถเข็น พร้อมใส่ชิ้นส่วนเตรียมประกอบ 2 คัน

14) รถเข็นใส่งานเชื่อมเสร็จแล้ว 1 คัน

1) โต๊ะเชื่อมแบบหมุนต้นแบบ 1 ตัว
2) พนักงานเชื่อม 1 คน
3) พนักงานประกอบ 1 คน
4) เติมน้ำที่ระดับเต็มถังพร้อมใช้งาน
5) ต่อระบบไฟฟ้าเข้ากับตู้ไฟฟ้าของโต๊ะเชื่อม
6) ต่อท่อก๊าซไนโตรเจนเข้ากับโต๊ะหมุน
7) ชุดหัวเชื่อมพร้อมอุปกรณ์ 1 ชุด
8) กระบอกใส่ลวดเชื่อมและลวดเชื่อม 1 ชุด
9) ไฟแสงสว่าง และปล่องดูดควันเชื่อม
10) จิ๊กประกอบงาน 4 ชุด
11) แผ่นกั้นความร้อนระหว่างพนักงาน 1 ชุด
12) อุปกรณ์เซฟตี้ PPE
13) รถเข็นใส่ชิ้นส่วนเตรียมประกอบ 2 คัน
14) รถเข็นใส่งานเชื่อมเสร็จแล้ว 1 คัน

ภาพ 4.4 การเตรียมทดสอบในสายการผลิต

4.3.2 ทดสอบความสามารถในการผลิต

กำหนดวิธีทดสอบการเชื่อมท่อทองแดงระบบสารทำความเย็น และเก็บข้อมูลการทดลองได้ ดังตาราง 4.2 เพื่อสรุปผลในบทต่อไป

1) ให้พนักงานผลิตงานก่อนเก็บข้อมูล 5-7 วัน เพื่อให้เกิดทักษะการทำงาน
2) เลือกชุดท่อทองแดงระบบสารทำความเย็นรุ่นที่ใช้เวลาผลิตนานที่สุดมาทดสอบ
3) ระยะเวลาปฏิบัติงานเพื่อเก็บข้อมูล 1 เดือน
4) พนักงาน 2 คน
5) และเครื่องมืออุปกรณ์อื่นๆ ตามหัวข้อ 4.3.1

ตาราง 4.2 ตารางเวลางานโดยใช้โต๊ะเชื่อมแบบหมุน

ขั้นตอนการทำงาน		เวลาที่ใช้ (นาที)
พนักงานประกอบ 1 คน	(ค่าเฉลี่ย)	4.4
พนักงานเชื่อม 1 คน	(ค่าเฉลี่ย)	3.2

การหาความสามารถในการผลิตของโต๊ะเชื่อมแบบหมุนในสายการผลิต

ในสายการผลิตกำหนดวันและเวลา ทำงาน 22 วัน/เดือน (หยุดวันเสาร์-อาทิตย์)

เวลาประชุมตอนเช้า 08.00-08.05 น. = 5 นาที

พักเวลา 10.00-10.10 น. = 10 นาที

พักเวลา 15.00-15.10 น. = 10 นาที
พัก 5ส 16.55-17.00 น. = 5 นาที
เวลาปฏิบัติงานของพนักงาน 1 วัน เป็น 480–(5+10+10+5) = 450 นาที

การกำหนดเวลาเผื่อ

เวลาเผื่อ เป็นเวลาที่เพิ่มให้จากเวลาปกติของพนักงานตามความเหมาะสม
(อ.วันชัย ริจิรวนิช.การศึกษาการทำงาน หลักการและกรณีศึกษาหน้า 376)

1) เวลาเผื่อกิจส่วนตัวของพนักงาน (กิจกรรมที่ไม่ได้กำหนดไว้ในแผนงาน) 1.5%
2) เวลาเผื่อความเมื่อยล้าของพนักงาน (เนื่องจากการยืนตลอดเวลาการทำงาน) 1.5%
3) เวลาเผื่อความล้าช้า (แผนงานการใช้เครื่องจักรและอุปกรณ์ของพนักงาน) 2.0%

รวมเวลาเผื่อ เท่ากับ 5.0%

เวลาปกติ

เวลาปกติ = เวลาเลือก x (ค่าสเกล) / 100 ; ค่าสเกล เท่ากับ 100 คือ อัตราการทำงานปกติ
= 4.4 x (100) / 100 = 4.4
เวลาในสถานีเชื่อมท่อทองแดงนานที่สุด = 4.4 นาที
การหาเวลามาตรฐาน ต่องาน 1 ชิ้น = (เวลาปกติ x 100%) / (100% - % เวลาเผื่อ)
= (4.4 x 100%) / (100% - 5%) = 4.63 นาที

อัตราการผลิต

อัตราการผลิต = เวลาผลิต / รอบการผลิต
อัตราการผลิตต่อชั่วโมง = 60/4.63 = 13 ชุด/ชั่วโมง
อัตราการผลิตต่อวัน = 450/4.63 = 97 ชุด/วัน
อัตราการผลิตต่อเดือน = 9,900/4.63
= 2,138 ชุด/เดือน; ใน 1 เดือนทำงาน 22 วัน
ค่าแรงต่องาน 1 ชิ้น = 300/97 = 3.1 บาท (สมมุติค่าแรง 300 บาท/วัน)

4.3.3 ทดสอบการใช้ก๊าซไนโตรเจน

ติดอุปกรณ์วัดปริมาณการใช้ก๊าซในโตเจน แล้วเก็บผลที่ได้เพื่อนำไปใช้ในการสรุปผลในบทต่อไป ดังภาพ 4.3

Specification:

Product Name: Quantometer QA10 25 GI
Inlet pressure (Pmax 16 bars) : 4 bar (4kg/cm^2
Inlet & Outlet: 1” (DN25)
Flow capacity: Qmin 2 m^3/hr., Qmax 16 m^3/hr.

ภาพ 4.5 เครื่องมือวัดปริมาณการใช้ก๊าซในโตเจน
ที่มา: http://www.abb-furnace.com/

ตาราง 4.3 ปริมาณการใช้ก๊าซไนโตรเจน (จากเครื่องมือวัด)

ปริมาณการใช้	ลิตร
ผลที่ได้จากอุปกรณ์วัดปริมาณการใช้ก๊าซไนโตรเจน	1,237 ลิตร/เดือน

หมายเหตุ: ผลของการใช้อุปกรณ์วัดปริมาณการใช้ก๊าซไนโตรเจนเทียบกับปริมาณการใช้จากการคำนวณได้ค่าต่างกันอยู่บ้างไม่มากนัก เพราะระบบการใช้งานก๊าซไนโตรเจนของโรงงานใช้ร่วมกับระบบการผลิตอื่นๆจำนวนมากอาจเกิดค่าที่คลาดเคลื่อนได้

การเชื่อมท่อทองแดงระบบสารทำความเย็นต้องใช้ก๊าซไนโตรเจนจ่ายเข้าไปในระบบท่อก่อนทำการเชื่อมเพื่อให้ปกคลุมผิวภายในท่อ ป้องกันไม่ให้เกิดเขม่า การเชื่อมแต่ละครั้งจะปล่อยก๊าซไนโตรเจนที่ปริมาณการไหลประมาณ 8 ลิตร/นาที เป็นเวลาประมาณ 5 วินาที แล้วตัดการจ่ายก๊าซไนโตรเจน ดังตาราง 4.4

ตาราง 4.4 ปริมาณการใช้ก๊าซไนโตรเจน (จากการคำนวณ)

ปริมาณการใช้ก๊าซไนโตรเจน	ลิตร
จ่ายก๊าซไนโตรเจน ในการเชื่อมแต่ละชุด 5 วินาที	0.667 ลิตร
ยอดการผลิต	2,138 ชุด/เดือน
เพราะฉะนั้นปริมาณการใช้ก๊าซไนโตรเจน (2,138 x 0.7)	1,425 ลิตร/เดือน

4.3.4 วิธีทดสอบการใช้น้ำ

เก็บข้อมูลการใช้น้ำเพื่อการหล่อเย็นระยะเวลา 1 เดือนเพื่อสรุปผลในบทต่อไป การเชื่อมท่อทองแดงระบบสารทำความเย็น ต้องใช้น้ำเป็นตัวหล่อเย็นเพื่อป้องกันไม่ให้ชิ้นส่วนประกอบอื่นๆเสียหายเนื่องจากความร้อนของการเชื่อม ในการทดลองนี้ใช้น้ำเป็นระบบหมุนวน ความจุถังน้ำที่เติมใช้งาน 100 ลิตร แต่ขณะใช้งานนั้นปริมาณน้ำอาจลดลงไปบ้างเนื่องจากในกระบวนการผลิตมีความร้อนจากากรเชื่อม และน้ำอาจติดชิ้นงานหรือสิ่งอื่นๆไปด้วย ต้องมีการเติมในระหว่าง 1 เดือนที่ใช้งานและควรเปลี่ยนน้ำเดือนละครั้ง ดังนั้นปริมาณการใช้น้ำประมาณ 150 ลิตร/เดือน ดังตาราง 4.5

ตาราง 4.5 ปริมาณการใช้น้ำ

ปริมาณการใช้	ลิตร/เดือน
การใช้น้ำ	150

4.3.5 หาขนาดพื้นที่ทำงาน

วัดพื้นที่การใช้งานจริงของโต๊ะเชื่อมแบบหมุน 1 ตัว มีพนักงานยืนทำงาน 2 คน และพื้นทีจอดรถเข็น 3 คันเป็นต้น เพื่อสรุปผลในบทต่อไป โต๊ะเชื่อมแบบหมุนมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เมตร มีพนักงานยืนตรงข้ามกันด้านละคน และพื้นทีจอดรถเข็น 3 คัน ขนาด 1.2 x 0.8 เมตร จากการวัดขนาดพื้นที่ใช้งานจริงอยู่ที่ 2.5 x 2.5 เมตร เท่ากับ 6.25 ตารางเมตร ดังตาราง 4.6

ตาราง 4.6 ขนาดพื้นที่ทำงาน

ขนาดพื้นที่	ตารางเมตร
พื้นที่ทำงาน 2.5 x 2.5 เมตร	6.25

4.3.6 จำนวนพนักงาน

เก็บข้อมูลการทำงานของพนักงาน พนักงานประกอบควรมีเท่าไร และพนักงานเชื่อมควรมีเท่าไร เพื่อสรุปผลในบทต่อไป

การนำโต๊ะเชื่อมแบบหมุนมาใช้ ต้องมีพนักงาน 1 คนเพื่อทำหน้าที่ประกอบงาน และพนักงานอีก 1 คนเพื่อทำหน้าที่เชื่อมงาน ดังตาราง 4.7

ตาราง 4.7 จำนวนพนักงาน

จำนวนพนักงาน	คน	เวลางาน (นาที)
พนักงานประกอบ	1	4.4
พนักงานเชื่อม	1	3.2

สรุปการทดลองได้คือ

1) พนักงานประกอบ 1 คนกับพนักงานเชื่อม 1 คน ผลคือพนักงานประกอบใช้เวลาทำงานมากว่า 1.2 นาที กรณีนี้รอบเวลางาน = 4.4 นาที (คูณเวลาเผื่อ = 4.63 นาที)
2) ถ้าเพิ่มพนักงานประกอบเป็น 2 คน รอบเวลางานจะไปอยู่ที่พนักงานเชื่อม = 3.2 นาที (คูณเวลาเผื่อ = 3.37 นาที) ในการผลิตจริงสามารถเลือกได้หากต้องการเพิ่มความสามารถในการผลิตกรณีงานเร่งด่วน

4.3.7 จำนวนกิจกรรมที่ทำให้เกิดความเมื่อยล้า

เก็บข้อมูลการทำงานของพนักงานเกี่ยวกับการเคลื่อนไหว หยิบจับหรือการยกสิ่งของต่างๆ เพื่อนำไปวิเคราะห์และสรุปผลในบทต่อไป

การเชื่อมงาน 1 ชุด ต้องหยิบและวางหัวเชื่อม การเชื่อมงานต้องสวมมือถุงหนังเพราะช่วยป้องกันความร้อนจากการเชื่อมงานและยกงานที่เชื่อมเสร็จแล้วออกจากจิ๊กประกอบ และการประกอบงานต้องสวมถุงมือผ้าเพื่อความสะดวกต่อการจับงานชิ้นเล็กๆมาประกอบ ดังตาราง 4.8

ตาราง 4.8 จำนวนกิจกรรมที่ทำให้เกิดความเมื่อยล้า

กิจกรรม	**วิธีการเดิม 1 คน (ยอด 50 ชุด/วัน)**	**วิธีการใหม่ 2 คน (ยอด 97 ชุด/วัน)**	
	ประกอบและเชื่อม	ประกอบ	เชื่อม
	จำนวน (ครั้ง/วัน)	จำนวน (ครั้ง/วัน)	
การเอื้อมแขวนหัวเชื่อม	50	0	3
การเอื้อมหยิบหัวเชื่อม	50	0	3
การใส่ถุงมือหนัง	50	0	4
การถอดถุงมือหนัง	50	0	4
การใส่ถุงมือผ้า	50	4	0
การถอดถุงมือผ้า	50	4	0
การประกอบงาน	50	97	0
การเชื่อมงาน	50	0	97
การยกชิ้นงานออก	50	0	97
การรถเข็น	3	0	3
รวม (ครั้ง)	453	105	211
	รวม (ครั้ง)	316	

บทที่ 5

ผลการทดสอบ

จากบทที่ผ่านมาได้ทำการทดสอบต้นแบบ (Prototype Testing) และการทดลองต้นแบบในสายการผลิต (Prototype Testing in Production Line) ในบทนี้นำข้อมูลการทดลองที่เก็บได้มาแสดงให้เห็นในหลายๆด้านโดยเฉพาะความสามารถในการผลิต ปริมาการใช้อื่นๆที่เกี่ยวข้องกับการผลิต และสิ่งที่กระทบกับการปฏิบัติงานของพนักงานเป็นต้น

5.1 ทดสอบต้นแบบ

5.1.1 ผลการทดสอบต้นแบบ

ผลที่ได้จากการทดสอบต้นแบบโต๊ะเชื่อมแบบหมุนดังตาราง 4.1 ระบบการทำงานเป็นไปตามข้อกำหนดพร้อมที่จะนำไปทดลองผลิตงานจริงในสายการผลิต เพื่อให้ได้ผลตามวัตถุประสงค์ของการพัฒนานี้

5.2 ทดสอบในสายการผลิต

ผลที่ได้จากการทดลองการนำโต๊ะเชื่อมต้นแบบมาทำงานจริงในสายการผลิต จึงนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับกระบวนการแบบเดิมที่ทำอยู่ แล้วนำมาสรุปเป็นหัวข้อได้ดังต่อไปนี้

5.2.1 ผลการทดสอบความสามารถในการผลิต

จากการเก็บข้อมูลนำมาคำนวณหาความสามารถในการผลิตโดยเปรียบเทียบก่อนและหลังการใช้โต๊ะเชื่อมแบบหมุน (โต๊ะเชื่อมแบสถานีงาน 2 ตัว เทียบกับโต๊ะเชื่อมแบบหมุน 1 ตัว) สรุปได้ว่าความสามารถในการผลิตของวิธีการใหม่เพิ่มขึ้น 93.48% ในด้านการลงทุนการนำโต๊ะเชื่อมแบบหมุนมาใช้งานจะลดต้นทุนได้ 46,000 บาท คิดเป็น 11.61% (ในที่นี้คิดเฉพาะโต๊ะเชื่อมอย่างเดียว ไม่รวมถึงสิ่งอำนวยความสะดวกอื่นๆเช่น ระบบจุดเปลวไฟเชื่อมอัตโนมัติ (Gas Saver) ระบบดูดควันเชื่อม จิ๊กประกอบงาน ระบบท่อน้ำ ระบบท่อก๊าซไนโตรเจน ระบบไฟฟ้า ระบบไฟแสงสว่าง รถเข็นใส่ชิ้นส่วน อุปกรณ์สนับสนุนการผลิต อุปกรณ์ด้านความปลอดภัยโรงงานและส่วนบุคคล ดังตาราง 5.1

ตาราง 5.1 เปรียบเทียบความสามารถในการผลิต

รายการ	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	ความแตกต่าง
ความสามารถการผลิต (ชุด/เดือน)	1,105 (1 ตัว)	2,138 (1 ตัว)	+1,033
ต้นทุนโต๊ะเชื่อม (บาท)	396,000	350,000	-46,000

5.2.2 ผลการทดสอบปริมาณการใช้ก๊าซไนโตรเจน

จากการเก็บข้อมูลนำมาคำนวณหาปริมาณการใช้ก๊าซไนโตรเจน โดยเปรียบเทียบการใช้โต๊ะเชื่อมแบบหมุนก่อนและหลัง สรุปได้ว่าการใช้ก๊าซไนโตรเจนลดลง 99.1% ในด้านของต้นทุนปริมาณการใช้ก๊าซไนโตรเจนลดต้นทุนได้ 5,232.5 บาท/เดือน ดังตาราง 5.2

ตาราง 5.2 เปรียบเทียบปริมาณการใช้ก๊าซไนโตรเจน

รายการ	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	ความแตกต่าง
ปริมาณการใช้ก๊าซไนโตรเจนต่อเดือน (ลิตร/เดือน)	158,400	1,425	-156,975
ต้นทุนปริมาณการใช้ต่อเดือนประมาณ (บาท)	5,280	47.5	-5,232.5

หมายเหตุ: ไนโตรเจนเหลว 5 บาท/ลิตรน้ำ, 1 ลิตรน้ำเท่ากับ 150 ลิตรก๊าซ

5.2.3 ผลการทดสอบปริมาณการใช้น้ำ

จากการเก็บข้อมูลนำมาคำนวณหาปริมาณการใช้น้ำ โดยเปรียบเทียบปริมาณการใช้น้ำก่อนและหลัง สรุปได้ว่าการใช้น้ำลดลง 50% ในด้านของต้นทุนคิดเป็นเงินประมาณ 5 บาท/เดือน ดังตาราง 5.3

ตาราง 5.3 เปรียบเทียบปริมาณการใช้น้ำ

รายการ	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	ความแตกต่าง
ปริมาณการใช้น้ำ (ลิตร/เดือน)	300	150	-150
ต้นทุนปริมาณการใช้ (บาท)	10	5	0

หมายเหตุ: น้ำ 32.5 บาท/ลบ.เมตร

ที่มา: http://www.pwa.co.th/contents/service/tableprice

5.2.4 ผลการหาขนาดพื้นที่ทำงาน

จากการเก็บข้อมูลก่อนและหลังสรุปได้ว่าสามารถลดพื้นที่การใช้งานลงได้ 8.75 ตารางเมตร และในด้านของการลงทุนสามารถลดลงได้ประมาณ 10,625 บาท ดังตาราง 5.4

ตาราง 5.4 เปรียบเทียบพื้นที่ใช้งาน

รายการ	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	ความแตกต่าง
พื้นที่ใช้งาน	15	6.25	-8.75
ต้นทุนการใช้พื้นที่ (บาท)	127,500	53,125	74,375

หมายเหตุ: พื้นที่ 8,500 บาท/ตารางเมตร

5.2.5 ผลการทดสอบจำนวนพนักงาน

จากการเก็บข้อมูล โดยเปรียบเทียบจำนวนพนักงานก่อนและหลังการ สรุปได้ว่าพนักงานเท่าเดิม และในด้านของต้นทุนเท่าเดิม ดังตาราง 5.5

ตาราง 5.5 เปรียบเทียบจำนวนพนักงาน

รายการ	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	ความแตกต่าง
จำนวนพนักงาน	2	2	0
ต้นทุนพนักงาน (บาท)	13,200	13,200	0

5.2.6 ผลการทดสอบจำนวนกิจกรรมที่ทำให้เกิดความเมื่อยล้า

จากการเก็บข้อมูล โดยเปรียบเทียบความเมื่อยล้าจาการทำงานก่อนและหลังการ ดังตาราง 5.6 สรุปได้ว่าจำนวนกิจกรรมทั้งหมดที่ทำให้เกิดความเมื่อยล้า ลดลง 30.24%

ตาราง 5.6 เปรียบเทียบจำนวนกิจกรมที่ทำให้เกิดความเมื่อยล้า

รายการ	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	ความแตกต่าง
กิจกรรม ทั้งหมด (ครั้ง/วัน)	453 (1 ตัว)	316 (1 ตัว)	-137

บทที่ 6

อภิปรายผล

จากแนวคิดการออกแบบเพื่อสร้างโต๊ะเชื่อมแบบหมุนมาใช้งานแทนการเชื่อมแบบสถานีงาน เพื่อเพิ่มความสามารถในการผลิต ลดปริมาณการใช้ก๊าซไนโตรเจน และลดต้นทุนการผลิต การสร้างโต๊ะเชื่อมแบบหมุนในแต่ละขั้นตอนนำมาอภิปรายผลได้ดังนี้

6.1 อภิปรายผล

6.1.1 ผลการออกแบบ

การออกแบบเริ่มจากนำแนวคิดการออกแบบที่วางไว้ มากำหนดหน้าที่การทำงานของชิ้นส่วน กำหนดวัสดุที่เลือกใช้ กำหนดค่าการออกแบบทางวิศวกรรม กำหนดชิ้นส่วนมาตรฐานเพื่อทำการจัดซื้อจัดหา จากนั้นเริ่มออกแบบโดยใช้โปรแกรมเขียนแบบของงานทุกชิ้น เมื่อเสร็จแล้วจึงนำมาประกอบเป็นแบบงานที่สมบูรณ์ แล้วทำการประลองการทำงานโดยโปรแกรมเขียนแบบ เพื่อให้มั่นใจว่าสามารถทำงานได้ตามข้อกำหนดที่วางไว้ได้จริง จากการออกแบบและประลองการทำงานโดยโปรแกรมเขียนแบบงานโต๊ะเชื่อมแบบหมุน ผลการออกแบบตามมาตรฐานทางวิศวกรรมที่ได้นั้น สามารถทำงานได้ตามข้อกำหนด และพร้อมที่จะนำไปสร้างต้นแบบได้อย่างมั่นใจต่อไป

6.1.2 ผลการผลิตต้นแบบ

แบบงานชิ้นส่วนทั้งหมด แบบงานประกอบ และแบบงานระบบไฟฟ้า ทั้งหมดนำมาเริ่มผลิตงานจริง ไปพร้อมๆกัน โดยวิธีการปฏิบัติดังนี้ ดังตาราง 6.1

ตาราง 6.1 ผลการผลิตต้นแบบ

ประเภทงาน	ผลการทำงาน
งานเครื่องกล	ทำการผลิตแยกชิ้นส่วนไว้เพื่อรอประกอบ งานทุกชิ้นผลิตตามค่าทางวิศวกรรมที่กำหนดไว้ โดยมีการตรวจสอบคุณภาพทุกขั้นตอนการผลิต
งานประกอบ	ทำการประกอบงานตามแบบที่กำหนดไว้ และทดลองประกอบงานทุกขั้นตอน
งานไฟฟ้า	เมื่อประกอบงานด้านเครื่องกลเสร็จแล้ว นำระบบไฟฟ้าควบคุมที่เตรียมไว้มาเดินสายไฟเข้ากับอุปกรณ์ทั้งหมดและทำการตรวจสอบความถูกต้องของระบบ

จากการปฏิบัติงานตามขั้นตอนทั้งหมด ผลการทำงานที่ออกมาใช้ระยะเวลาผลิตงาน ประมาณ 15 วัน ก็สามารถสร้างโต๊ะเชื่อมแบบหมุนต้นแบบได้สำเร็จ การวางแผนการทำงานที่เป็นระบบและสอดคล้องกันทำให้ดำเนินการโดยไม่ติดขัด สามารถช่วยลดต้นทุนในการทำงานได้ ทั้งประหยัดค่าใช้จ่ายด้านแรงงาน ค่าใช้จ่ายการแก้ไขงานที่ทำผิดพลาด ค่าวัสดุ และส่งงานให้กับลูกค้าได้ทันตามเวลาที่กำหนด

6.1.3 อภิปรายผลการทดสอบ

จากผลการทดสอบโต๊ะเชื่อมแบบหมุนต้นแบบในบทที่ 5 จึงนำมาอภิปรายผลการพัฒนาวิธีการแบบใหม่เพื่อเปรียบเทียบกับวิธีการแบบเดิม ดังตาราง 6.1

ตาราง 6.2 เปรียบเทียบการทดผลการทดสอบ

หัวข้อ	โต๊ะเชื่อม แบบสถานีงาน	โต๊ะเชื่อม แบบหมุน
การจ่ายน้ำหล่อเย็นไปยังจิ๊กประกอบงาน	• มี 1 หัวจ่าย จ่ายน้ำไปยังจิ๊กประกอบงานตลอดเวลา เนื่องจากบนโต๊ะเชื่อมมีจิ๊กประกอบงานเพียง 1 ชุด ปรับปริมาณการไหลด้วยวาล์วน้ำ	• มี 8 หัวจ่าย จ่ายน้ำไปยังจิ๊กประกอบงานตลอดเวลาเนื่องจากบนโต๊ะเชื่อมมีจิ๊กประกอบงาน 8 ชุด ปรับปริมาณการไหลด้วยวาล์วน้ำ • การทดสอบ สามารถจ่ายน้ำตลอดเวลาทั้ง 8 จุด ในขณะที่โต๊ะต้องหมุนและหยุดตามจุดที่กำหนดได้ • การทดสอบ ระบบสามารถตัดกระแสไฟฟ้าปั๊มน้ำเมื่อปริมาณน้ำในถังไม่เพียงพอ โดยทดลองการปล่อยน้ำออกจากถัง เพื่อป้องกันปั๊มน้ำเสียหาย และเมื่อเติมน้ำให้ได้ระดับเต็มถัง ปั๊มน้ำสามารถทำงานได้ตามปกติ

ตาราง 6.2 (ต่อ)

หัวข้อ	โต๊ะเชื่อม แบบสถานีงาน	โต๊ะเชื่อม แบบหมุน
การจ่ายก๊าซไนโตรเจนไปยังจิ๊กประกอบงาน	• มี 1 หัวจ่าย ใช้ระบบจ่ายก๊าซไนโตรเจนไปยังจิ๊กประกอบงานตลอดเวลา เนื่องจากบนโต๊ะเชื่อมมีจิ๊กประกอบงานเพียง 1 ชุด ปรับปริมาณการไหลด้วยวาล์ว	• มี 8 หัวจ่าย ใช้ระบบจ่ายก๊าซไนโตรเจนไปยังจิ๊กประกอบงาน 5 วินาทีแล้วตัดการจ่ายโดยใช้วาล์วไฟฟ้าและใช้ Timer เป็นตัวกำหนดระยะเวลาจ่าย จ่ายเฉพาะตำแหน่งที่ต้องการเชื่อมงานเท่านั้น และสามารถปรับปริมาณการไหลด้วยวาล์ว • จ่ายก๊าซไนโตรเจนเฉพาะตำแหน่งที่ต้องการเชื่อม เนื่องมาจากการออกแบบหัวโรตารี่มาเป็นพิเศษ ทำให้ประหยัดปริมาณการใช้ก๊าซไนโตรเจนได้อย่างมาก • สามารถตรวจสอบปริมาณการไหลก๊าซไนโตรเจนได้โดยใช้ Flow Meter. • ขณะทำงานสามารถทราบได้ว่ามีการจ่ายก๊าซไนโตนเจน โดยดูได้จาก Flow Indicator. • ใช้วาล์วไฟฟ้าตัดการจ่ายก๊าซไนโตนเจนเพื่อป้องกันการลืมปิดวาล์วหลังเลิกงาน

ตาราง 6.2 (ต่อ)

หัวข้อ	โต๊ะเชื่อม แบบสถานีงาน	โต๊ะเชื่อม แบบหมุน
การหมุนของโต๊ะเชื่อมเพื่อส่งต่องาน	• ไม่มีการหมุนเพื่อส่งต่องาน เพราะพนักงาน 1 คน ต้องประกอบงานและเชื่อมงานด้วย	• มีการส่งต่องานประกอบเสร็จแล้วไปตำแหน่งเชื่อมงาน โดยส่งงาน 8 ครั้งต่อการหมุนหนึ่งรอบ ไม่เสียเวลารองาน และเวลามือ
การใช้พื้นที่ทำงาน	• ใช้พื้นที่ 7.5 ตารางเมตร	• ใช้พื้นที่ 6.25 ตารางเมตร สามารถลดพื้นที่ทำงาน 1.25 ตารางเมตร/ตัว • กรณีโต๊ะหมุน 1 ตัว ใช้แทนโต๊ะแบบสถานีงาน 2 ตัว สามารถลดพื้นที่ทำงาน 8.75 ตารางเมตร
ความสามารถในการผลิต	• 1,105 ชุด/เดือน	• 2,138 ชุด/เดือน • โต๊ะเชื่อมแบบหมุน ได้ความสามารถในการผลิตเพิ่มขึ้น 93.48%

ระบบการจ่ายน้ำหล่อเย็นแบบใหม่โดยใช้โรตารี่ทำให้ไม่ต้องถอดและใส่ท่อน้ำเมื่อจิ๊กเปลี่ยนตำแหน่งโดยโต๊ะหมุน ช่วยลดเวลาทำงานด้วยมือ และพนักงานมีความสะดวกสบายในการทำงาน

ระบบการจ่ายก๊าซไนโตรเจนแบบใหม่โดยใช้โรตารี่ทำให้ไม่ต้องถอดและใส่ท่อก๊าซไนโตรเจนเมื่อจิ๊กเปลี่ยนตำแหน่งโดยโต๊ะหมุน ช่วยลดเวลาทำงานด้วยมือ และพนักงานมีความสะดวกสบายในการทำงาน ระบบจะจ่ายก๊าซไนโตรเจนเฉพาะตำแหน่งที่กำหนดไว้เท่านั้นเพียง 5 วินาที โดยใช้ระบบไฟฟ้าตัดต่อ การไหลของก๊าซไนโตรเจนดูได้จาก Flow Indicator เพื่อให้ทราบว่ามีการจ่ายก๊าซไนโตรเจนก่อนเชื่อมงาน ทั้งหมดของระบบใหม่ช่วยลดปริมาณการใช้ก๊าซไนโตรเจนประมาณ 99.1% และช่วยลดต้นทุนการผลิตได้

ระบบการหมุนของโต๊ะขับด้วยมอเตอร์เกียร์ทด ทำให้พนักงานไม่ต้องประกอบและเชื่อมงานเพียงคนเดียว การหมุนช่วยส่งงานที่ประกอบไปตำแหน่งเชื่อมงานจึงทำให้การผลิตเป็นไปได้ราบรื่นโดยไม่เสียเวลารอต่างๆ

เมื่อนำโต๊ะเชื่อมแบบหมุนมาใช้ 1 ตัว ช่วยลดพื้นที่ทำงานได้ 8.75 ตารางเมตร ในสายการการผลิตจริงต้องใช้จำนวนหลายตัว พื้นที่ที่เหลือสามารถปรับใช้ให้เป็นประโยชน์อื่นๆได้

โต๊ะเชื่อมแบบหมุน 1 ตัว สามารถทดแทนโต๊ะเชื่อมแบบสถานีงานได้ 2 ตัว ช่วยประยัดด้านการลงทุนเครื่องมืออุปกรณ์อื่นๆได้เช่น ระบบจุดเปลวไฟเชื่อมอัตโนมัติ (Gas Saver) ระบบดูดควันเชื่อม

จิ๊กประกอบงาน ระบบท่อน้ำ ระบบท่อก๊าซไนโตรเจน ระบบไฟฟ้า ระบบไฟแสงสว่าง รถเข็นใส่ชิ้นส่วน อุปกรณ์สนับสนุนการผลิต อุปกรณ์ด้านความปลอดภัยโรงงานและส่วนบุคคล

ความสามารถในการผลิตเพิ่มขึ้น 93.48% สามารถผลิตได้ทันความต้องการด้านการขาย และตอบสนองความต้องของลูกค้าได้อย่างยั่งยืน

บทที่ 7

สรุปผล

7.1 ผลของการสร้างโต๊ะเชื่อมแบบหมุน

จากการออกแบบและสร้างโต๊ะเชื่อมแบบหมุนขึ้นมาใช้งานเพื่อเชื่อมท่อทองแดงระบบสารทำความเย็นได้เป็นผลสำเร็จดังผลที่ได้คือ สามารถปฏิบัติการเชื่อมได้เป็นไปตามหลักทฤษฎีและวิธีการเชื่อมท่อทองแดง สามารถสร้างเครื่องจักรเพื่อมาทดแทนวิธีเดิมได้ตามวัตถุประสงค์ของความต้องการเชื่อมงานโดยใช้โต๊ะแบบหมุน สามารถแก้ปัญหาข้อจำกัดการใช้สายส่งน้ำหล่อเย็นและก๊าซไนโตรเจนที่ต้องใช้วิธีถอดเข้า-ออกสายส่ง โดยใช้ระบบโรตารี่มาทดแทน วิธีการทั้งหมดเป็นผลที่ได้จากการคิดค้นและพัฒนาจึงทำให้ได้วิธีการทำงานในรูปแบบใหม่ที่ใช้งานได้อย่างยั่งยืน

7.2 ข้อดีของโต๊ะเชื่อมแบบหมุน

จากการออกแบบและสร้างโต๊ะเชื่อมแบบหมุนมาใช้งานแทนการเชื่อมแบบสถานีงาน มีข้อดีในด้านต่างๆอธิบาย ดังตาราง 7.1

ตาราง 7.1 ข้อดีของโต๊ะเชื่อมแบบหมุน

หัวข้อ	ข้อดีโต๊ะเชื่อมแบบหมุน
ด้านก๊าซไนโตรเจน	• ลดปริมาณการใช้ก๊าซไนโตรเจน โดยสามารถกำหนดจุดจ่ายก๊าซไนโตรเจนให้จ่ายเฉพาะจุดที่ต้องการจ่ายเท่านั้น • สามารถกำหนดระยะเวลาการจ่ายได้ เมื่อเทียบกับแบบเดิมจะจ่ายก๊าซไนโตรเจนตลอดเวลา • ระบบสามารถป้องกันการลืมปิดวาล์วก๊าซไนโตรเจนหลังเลิกใช้งานโดยใช้ระบบไฟฟ้าควบคุม Solenoid Valve เพื่อตัดระบบ • ชุดหัวจ่ายก๊าซไนโตรเจนใช้เป็นแบบโรตารี่ จึงไม่ต้องถอด-ใส่ท่อส่งก๊าซเข้าที่จิ๊กประกอบเมื่อมีการเคลื่อนย้ายตำแหน่งจิ๊กประกอบงานอันเนื่องมาจากการหมุนของโต๊ะ

ตาราง 7.1 (ต่อ)

หัวข้อ	ข้อดีโต๊ะเชื่อมแบบหมุน
ด้านน้ำหล่อเย็น	• ระบบจะตัดการทำงานของปั้มน้ำถ้าปริมาณน้ำในถังสำรองไม่เพียงพอ โดยติดตั้ง Float Less Switch ตรวจจับระดับน้ำในถังสำรอง เพื่อป้องกันปั้มน้ำเสียหาย • ชุดหัวจ่ายน้ำใช้เป็นแบบโรตารี่ จึงไม่ต้องถอด-ใส่ท่อส่งน้ำเข้าที่จิ๊กประกอบเมื่อมีการเคลื่อนย้ายตำแหน่งจิ๊กประกอบงาน อันเนื่องมาจากการหมุนของโต๊ะ • มีระบบกรองหยาบและกรองละเอียด เพื่อยืดอายุการใช้งานปั้มน้ำและอุปกรณ์ของระบบน้ำหล่อเย็น
ด้านการหมุนของโต๊ะ	• ระบบขับถาดหมุนฟังก์ชั่น Auto สามารถกำหนดความเร็วการหมุนและสามารถกำหนดเวลาที่ใช้เชื่อมงานได้ตามต้องการ • ระบบขับถาดหมุนใช้ฟังก์ชั่น Manual สามารถกำหนดความเร็วการหมุน และสามารถกำหนดเวลาเชื่อมงานได้ด้วยผู้เชื่อมเอง
ด้านความเมื่อยล้า	• พนักงานประกอบทำหน้าที่เฉพาะประกอบงาน • พนักงานเชื่อมทำหน้าที่เฉพาะงานเชื่อม
ด้านจำนวนโต๊ะ และพื้นที่ทำงาน	• ลดจำนวนโต๊ะเชื่อมแบบสถานีงานงานได้ เมื่อเทียบความสามารถในการผลิต คือใช้โต๊ะเชื่อมแบบหมุน 1 ตัว แทนโต๊ะเชื่อมแบบสถานีงาน 2 ตัว • มีพื้นที่เพิ่มขึ้นเพื่อทำกิจกรรมด้านอื่น ถ้าหากนำโต๊ะเชื่อมแบบหมุนมาใช้งานจำนวนหลายตัว • สามารถลดเครื่องมืออุปกรณ์ และสิ่งอำนวยความสะดวกในด้านการผลิตได้ ถ้าหากนำโต๊ะเชื่อมแบบหมุนมาใช้งานจำนวนหลายตัว

7.3 ประโยชน์

ประโยชน์ที่ได้รับจากการสร้างโต๊ะเชื่อมแบบหมุนมาใช้เพื่อเชื่อมชุดท่อทองแดงระบบสารทำความเย็นคือ ช่วยลดต้นทุนการผลิตได้อย่างยั่งยืน ทั้งในด้านลดค่าแรงงาน ลดค่าใช้จ่ายวัสดุสิ้นเปลือง ลดค่าใช้จ่ายเครื่องมืออุปกรณ์ ลดพื้นที่ทำงาน เพิ่มความสามารถในการผลิตได้ และเป็นประโยชน์ที่จะตัดสินใจลงทุนต่อไป

7.4 การนำไปใช้ประโยชน์

จากการสร้างโต๊ะเชื่อมแบบหมุนขึ้นมาได้เป็นผลสำเร็จ สามารถนำไปใช้ประโยชน์เพื่อแก้ปัญหาเรื่องการผลิตในส่วนของกระบวนการเชื่อมท่อทองแดงระบบสารทำความเย็นเครื่องปรับอากาศ ที่ผลิตไม่ทันกับความต้องการของตลาด ทั้งผลิตขายภายในประเทศและส่งออก และเป็นประโยชน์ที่ดีกับกลุ่มบริษัทผู้ผลิตเครื่องปรับอากาศที่คิดจะนำโต๊ะเชื่อมแบบหมุนไปประยุกต์ใช้งานเพื่อเป็นการพัฒนาอย่างต่อเนื่องให้กับองค์กร

7.5 ประยุกต์ใช้ประโยชน์

โต๊ะเชื่อมแบบหมุนที่สร้างขึ้นมา นอกจากนำไปใช้กับการเชื่อมท่อทองแดงระบบสารทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศแล้ว ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับอุตสาหกรรมผู้ผลิตระบบท่อระบบสารทำความเย็นขนาดใหญ่ เช่นระบบทำความเย็นของชิลเลอร์ (Schiller) ระบบทำความเย็นห้องแช่แข็ง (Freezer) ที่เชื่อมระบบท่อสารทำความเย็นผลิตจากวัสดุเป็นท่อสแตนเลส และท่ออลูมิเนียมได้ด้วย

7.6 ด้านสิ่งแวดล้อม

ลดการใช้วัสดุสิ้นเปลือง จากการเก็บข้อมูลการใช้ถุงมือผ้าสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในรูปแบบของขยะได้ 1.40 $KgCo_2e$ ต่อปี ถุงมือหนังสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในรูปแบบของขยะได้ 12.5216 $KgCo_2e$ ต่อปี ปริมาณการใช้ก๊าซไนโตรเจนสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 0.1784 $TonCo_2e$ ต่อปี ปริมาณการใช้น้ำประปาสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 0.54 $KgCo_2e$ ต่อปี

บทที่ 8

ประโยชน์เชิงพาณิชย์

แนวโน้มของอุตสาหกรรมเครื่องปรับอากาศมียอดขายสูงขึ้นทุกปี บริษัทผู้ผลิตเครื่องปรับอากาศจึงต้องแข่งขันกันสูงขึ้น สิ่งที่ต้องทำคือการพัฒนาผลิตภัณฑ์และเทคโนโลยี พัฒนากระบวนการผลิต การส่งมอบ รวมถึงด้านการตลาด และความพึงพอใจของลูกค้าอย่างยั่งยืน จากการแข่งขันในด้านการประหยัดพลังงาน เครื่องปรับอากาศใช้ระบบอินเวอร์เตอร์ในการทำงานซึ่งกลายเป็นคุณสมบัติมาตรฐานของเครื่องปรับอากาศในปัจจุบัน ผู้ผลิตเครื่องปรับอากาศทั้งหลายจึงเริ่มคิดค้นเทคโนโลยีและนวัตกรรมใหม่ๆเพิ่มให้กับสินค้าเพื่อให้เป็นข้อได้เปรียบในอนาคต ระบบท่อสารทำความเย็นจึงต้องมีการพัฒนาโดยใส่ชิ้นส่วนและอุปกรณ์เพิ่มขึ้นตามเทคโนโลยีที่เปลี่ยนไป ส่งผลให้ต้องเพิ่มความสามารถในการผลิตท่อทองแดงระบบสารทำความเย็นซึ่งเป็นระบบที่สำคัญของเครื่องปรับอากาศ เพื่อให้ทันกับการแข่งขัน ยอดขาย และความต้องการของลูกค้าที่เพิ่มขึ้น

8.1 การวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุน (Playback Period) และอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR)

ทำตารางการคำนวณหาระยะเวลาคืนทุน (Playback Period) และอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) โดยหาค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV: Net Present Value) เพื่อหาค่าที่ทำให้ NPV เท่ากับศูนย์

Cash in flow	คือ	รายได้หรือรายรับที่เข้าบริษัท
Cash out flow	คือ	รายจ่ายทั้งหมดของบริษัท
Net cash flow	คือ	กระแสเงินสดสุทธิ หรือค่าผลต่างระหว่างรายรับ กับ รายจ่าย
Net CF Commulative	คือ	ผลรวมสะสมของ Net cash flow แบบปกติ
PW (Present Worth)	คือ	ค่าของเงินปัจจุบัน
PW Commulative	คือ	ผลรวมสะสมของ Net cash flow แบบคิดอัตราดอกเบี้ย

ใช้อัตราดอกเบี้ยการกู้ยืมเงินอัตราดอกเบี้ยเท่ากับ 10 ผลของการคำนวณหามูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV: Net Present Value) จากตาราง 8.1 พบว่าธุรกิจนี้มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) มีค่าเท่ากับ 101,477,735 บาท

ตาราง 8.1 รายละเอียดข้อมูลการวิเคราะห์มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)

Year	Cash in flow	Cash out flow	Net CF	(P/F,i%,n)	PW
0	0	-1,032,200	- 1,032,200	1.0000	- 1,032,200
1	27,368,224	0	27,368,224	0.9052	24,774,057
2	27,368,224	0	27,368,224	0.8194	22,425,784
3	27,368,224	0	27,368,224	0.7417	20,300,098
4	27,368,224	0	27,368,224	0.6714	18,375,901
5	27,368,224	0	27,368,224	0.6078	16,634,094
				NPV	**+ 101,477,735**

ผลของการคำนวณหาระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) ได้จากการคำนวณหาช่วงเวลาที่ NPV มีค่าเท่ากับศูนย์ จึงต้องนำค่ากระแสเงินสดสุทธิแบบมีอัตราดอกเบี้ยแต่ละปีมารวมกันเป็นผลรวมกระเงินสดสุทธิ (PW) จึงจะได้ระยะเวลาคืนทุนที่ประมาณ 15 วัน ดังตาราง 8.2

ตาราง 8.2 รายละเอียดข้อมูลการวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period)

Year	Net CF	Net CF Com	PW	PW Comm
0	-1,032,200	- 1,032,200	- 1,032,200	- 1,032,200
1	27,368,224	26,336,024	24,774,057	23,741,857
2	27,368,224	53,704,248	22,425,784	46,167,641
3	27,368,224	81,072,473	20,300,098	66,467,739
4	27,368,224	108,440,697	18,375,901	84,843,641
5	27,368,224	135,808,921	16,634,094	101,477,735

ระยะเวลาคืนทุนอยู่ที่ 15 วัน (แบบคิดอัตราดอกเบี้ย)

$$\mathrm{P/B} = \frac{(\mathrm{X}-0)}{(1-0)} = \frac{0-(-1{,}032200)}{23{,}741{,}857-(-1{,}032{,}200)}$$

$$= \frac{1{,}032{,}200}{24{,}774{,}057} + 0$$

$$= 0.0416 \text{ ปี}$$

$$= 0.4999 \text{ เดือน} \quad = 15 \text{ วัน}$$

ผลของการคำนวณหาอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) พิจาณาจากค่าอัตราดอกเบี้ยที่ทำให้ NPV มีค่าเท่ากับศูนย์ ซึ่งได้ค่าอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) ที่ 2651.5% ดังตาราง 8.3

ตาราง 8.3 รายละเอียดข้อมูลการวิเคราะห์อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR)

Assume		I = 2650%		I = 2652%	
year	Net Cf	(P/F,i%,n)	PW1	(P/F,i%,n)	PW2
0	- 1,032,200	1.0000	- 1,032,200	1.000	- 1,032,200
1	27,368,224	0.0364	995,208	0.036	994,485
2	27,368,224	0.0013	36,189	0.001	36,137
3	27,368,224	0.0000	1,316	0.000	1,313
4	27,368,224	0.0000	48	0.000	48
5	27,368,224	0.0000	2	0.000	2
			563		- 216

$$\text{IRR} = \frac{(\text{X} - 2{,}650)}{(2{,}652 - 2{,}650)} = \frac{0 - 563}{(-216 - 563)}$$

$$= (2)\frac{-563}{-779} + 2{,}650$$

$$= 2651.5$$

8.2 สรุปผลการดำเนินงานอย่างยั่งยืน

การวิเคราะห์อุตสาหกรรมครั้งนี้ เป็นการศึกษาอุตสาหกรรมเครื่องปรับอากาศ เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจในการเลือกใช้โต๊ะเชื่อมแบบหมุนมาใช้ในกระบวนการผลิตเพื่อเชื่อมท่อทองแดงระบบสารทำความเย็นเครื่องปรับอากาศ จนได้โอกาสการเพิ่มความสามารถในการผลิต (Productivity) ทำให้สามารถผลิตงานได้ตามแผนการผลิต (Planning) ได้จำนวนสินค้าทันตามความต้องการของแผนการตลาด (Marketing Plan) และส่งมอบสินค้าได้ตามความต้องการของลูกค้า (Customer Needs) ได้เป็นผลสำเร็จ โดยเริ่มจากการศึกษางานกระบวนการผลิตเดิมและข้อมูลเดิมที่มีอยู่ แล้วนำมาปรับปรุงให้ได้กระบวนการผลิตวิธีใหม่ โดยออกแบบเป็นโต๊ะเชื่อมแบบหมุน แล้วนำแบบงานที่ได้มาทำการสร้างต้นแบบ เมื่อประกอบต้นแบบเสร็จจึงเริ่มการทดสอบต้นแบบ และทดลองผลิตในสายการผลิตจริง ผลที่ได้สามารถเพิ่มความสามารถการผลิตได้ 93.48% ลดปริมาณการใช้ก๊าซไนโตรเจน 99.1% ระยะเวลาคืนทุนอยู่ที่ 15 วัน (แบบคิดอัตราดอกเบี้ย) มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ที่ 101,477,735บาท มีค่าอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) ที่ 2,651.5% ดังนั้นการเลือกใช้โต๊ะเชื่อมแบบหมุนสมควรลงทุนเนื่องจาก NPV > 0 และ IRR > มากกว่าอัตราดอกเบี้ย

เอกสารอ้างอิง

มาโนช ริทินโย. 2551. **การศึกษางาน (Work Study).** มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ นครราชสีมา

ประวิทย์ สุดประเสริฐ. **ระบบเครื่องปรับอากาศงานเชื่อมท่อทองแดง งานเชื่อมแก๊ส.**โรงเรียนศูนย์ฝึกวิชาชีพระยะสั้น ซอยเอกชัย 93/1 ถนนเอกชัย

ไพบูลย์ แย้มเผื่อน. 2546. **เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม (Engineering Economy).** กรุงเทพฯ: บจ. ซีเอ็ดยูเคชั่น (มหาชน)

วัชรินทร์ สิทธิเจริญ. 2547. **การศึกษางาน.** พิมพ์ครั้งที่ 1, กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์,

วันชัย ริจิรวนิช. 2545. **การศึกษาการทำงาน หลักการและกรณีศึกษา.** พิมพ์ครั้งที่ 3 กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย

สมศักดิ์ สุโมตยกุล. **เครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศ.**กรุงเทพฯ: บจ. ซีเอ็ดยูเคชั่น (มหาชน)

ศูนย์วิจัยกสิกรไทย.2558. **เครื่องปรับอากาศตลาดอาเซียนโดยเฉพาะกลุ่ม.** ศูนย์วิจัยกสิกรไทย.

ศูนย์วิจัยกสิกรไทย .2558 .**ยอดขายเครื่องปรับอากาศในไทย มูลค่าตลาด.**ศูนย์วิจัยกสิกรไทย.

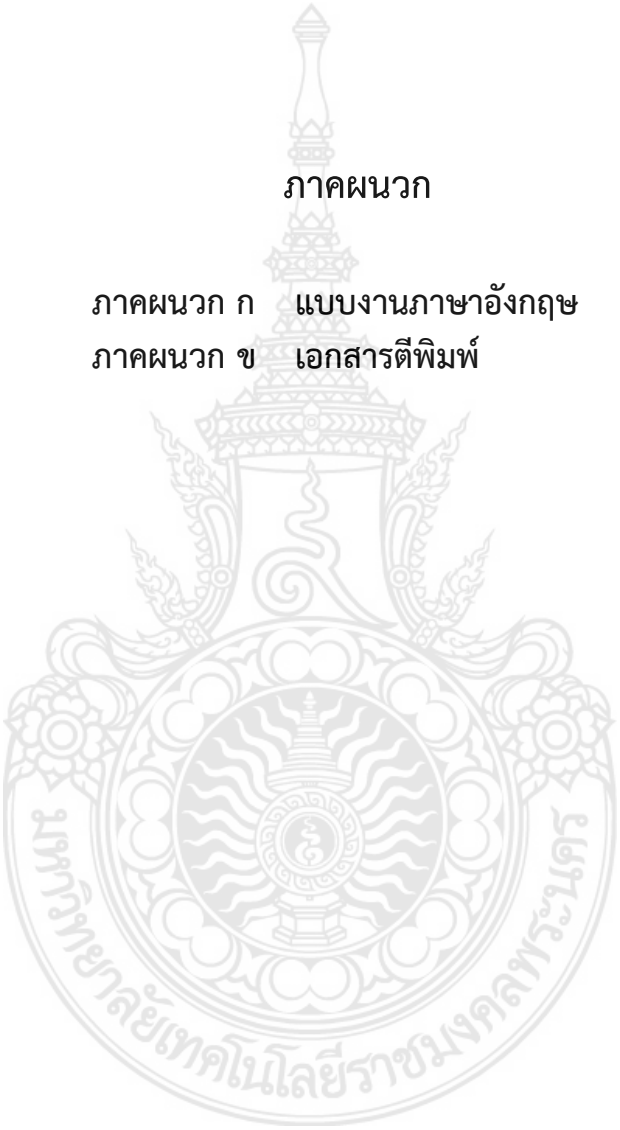
ศูนย์วิจัยกสิกรไทย . 2559. **ยอดขายเครื่องปรับอากาศในไทย มูลค่าตลาด.**ศูนย์วิจัยกสิกรไทย.

CHAN S. PARK. Fundamentals of Engineering Economics .Pearson Education, Inc. Upper Saddle River. New Jersey 07458

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก แบบงานภาษาอังกฤษ

ภาคผนวก ข เอกสารตีพิมพ์



ภาคผนวก ก
แบบงาน (English)

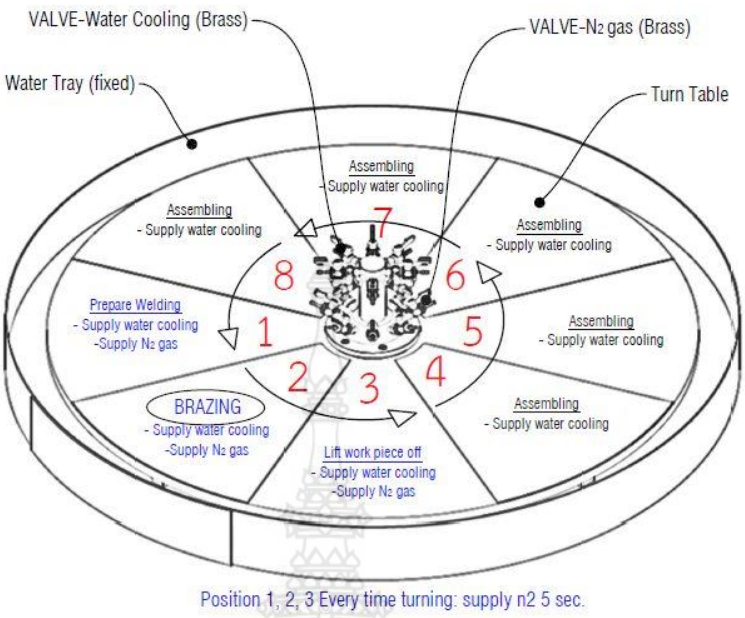


Figure 3.3 The Desing Concept Rotation Table for Brazing

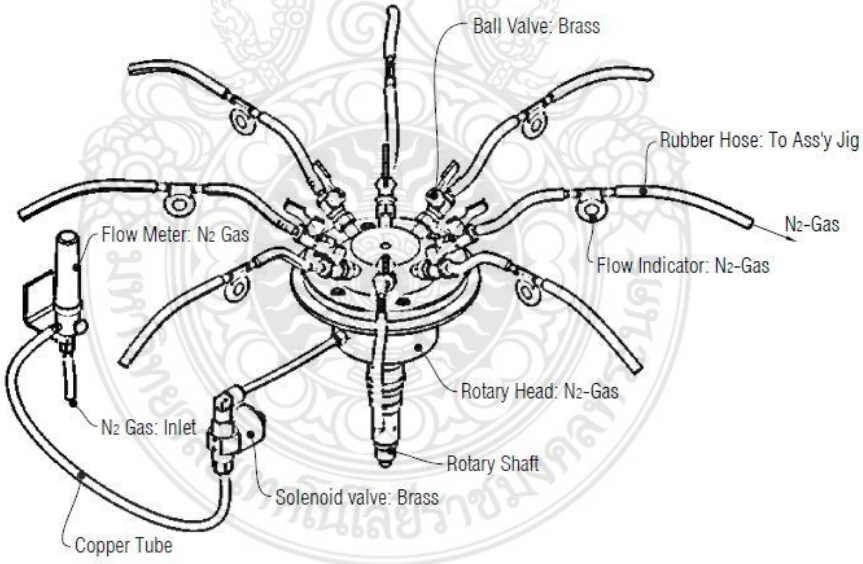


Figure 3.4 Nitrogen Gas Rotary Head and Solenoid Valve

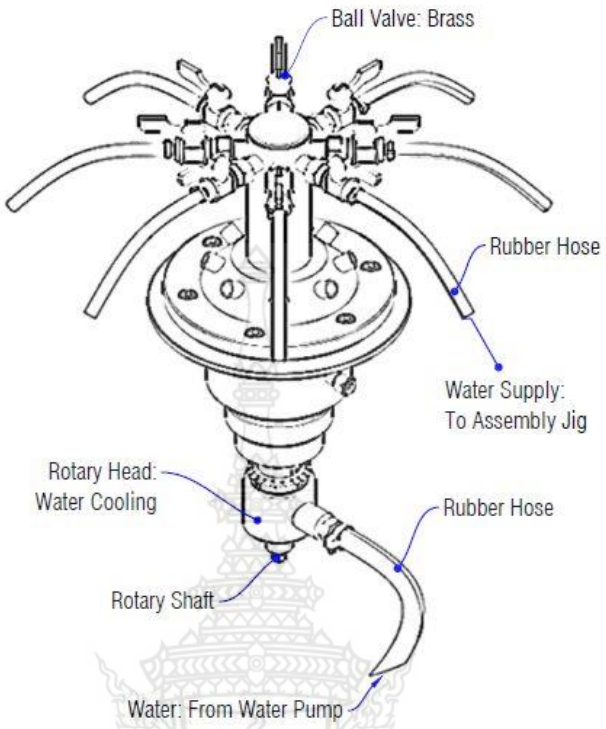


Figure 3.5 Water Cooling Rotary Head

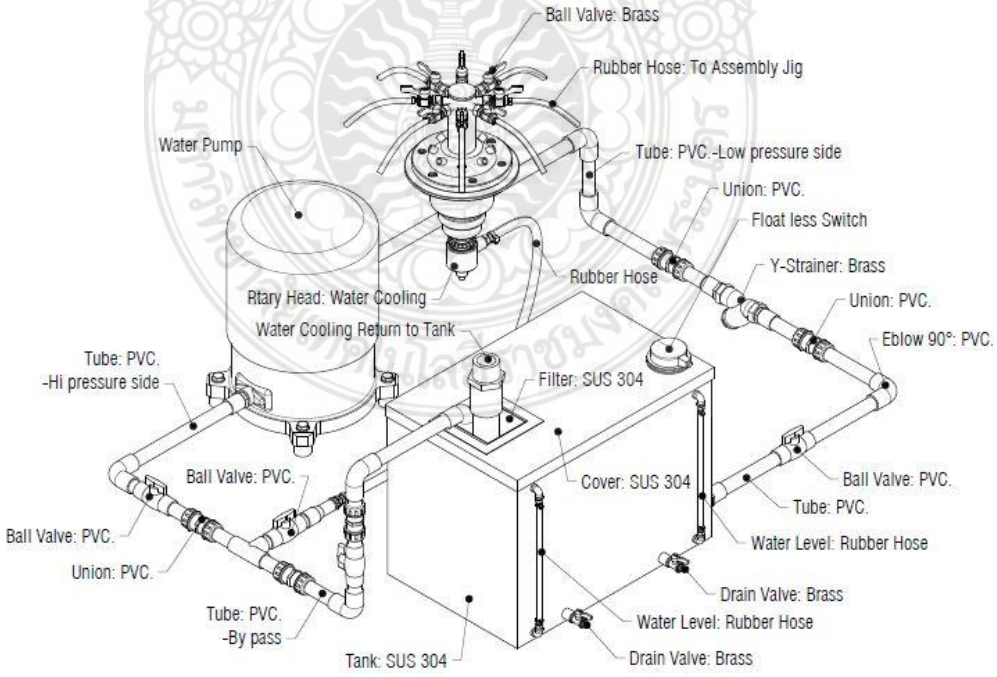


Figure 3.6 Water Cooling System

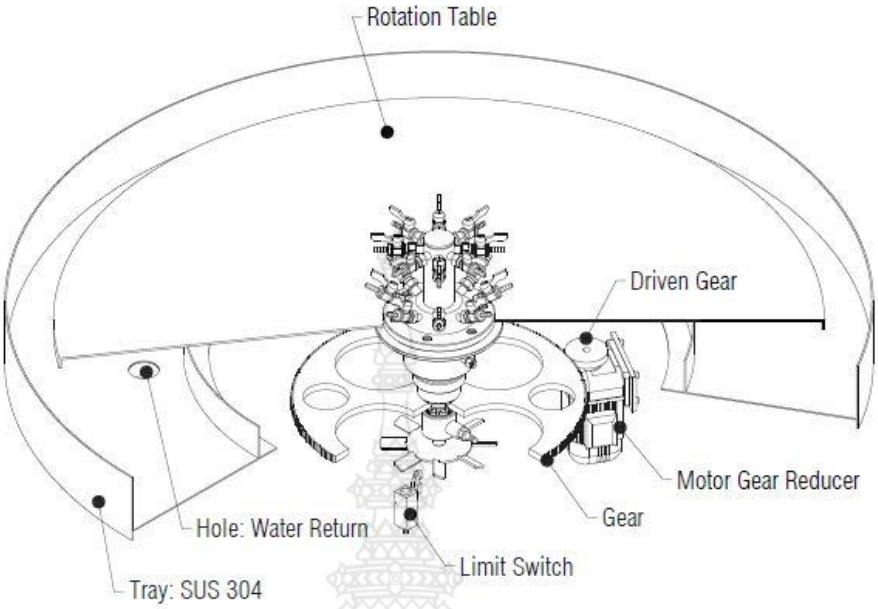


Figure 3.7 Rotation table

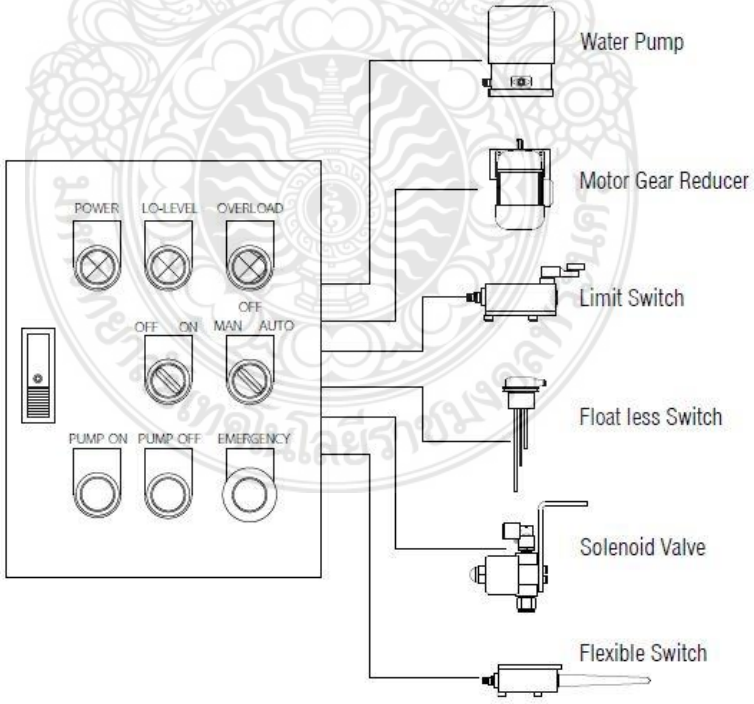


Figure 3.8 Electrical Control System

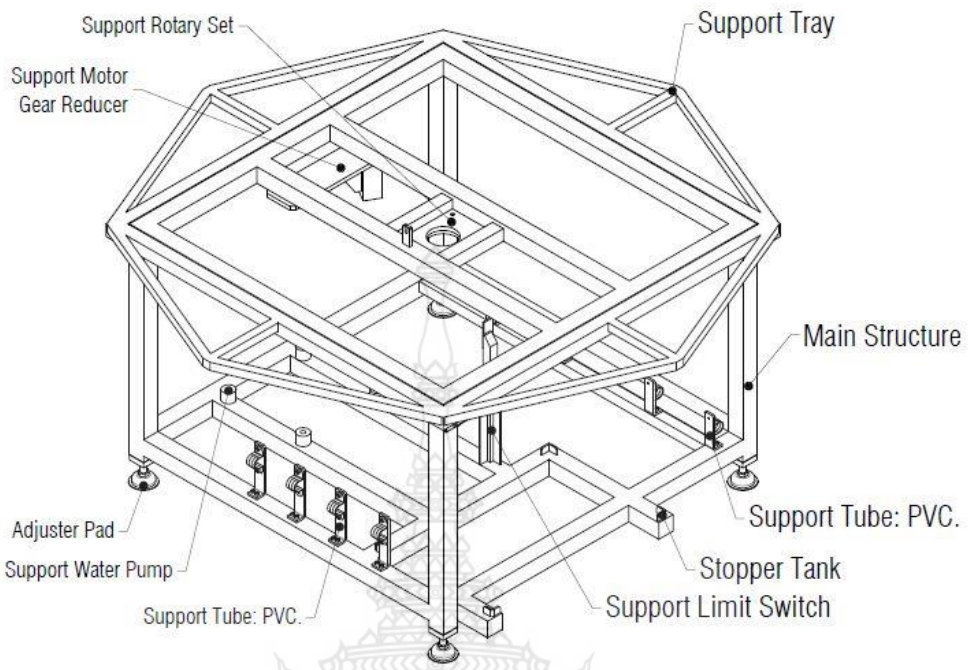
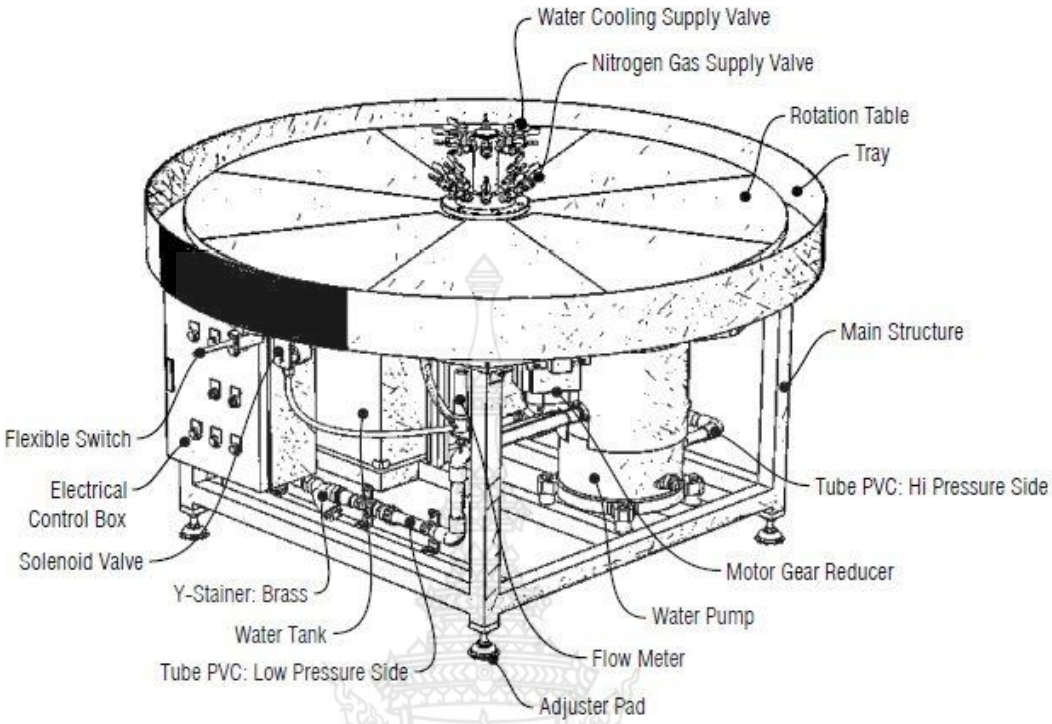


Figure 3.9 Structural



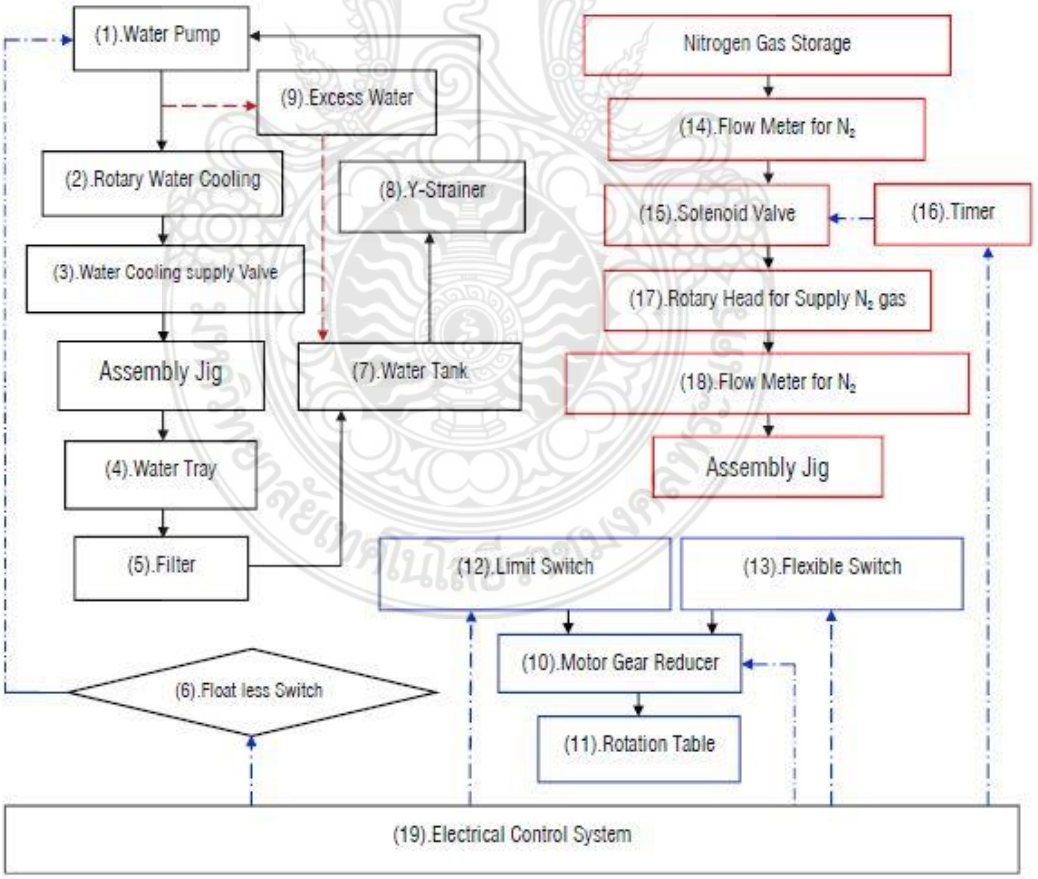


Figure 3.10 Step of Design Rotation Brazing Table

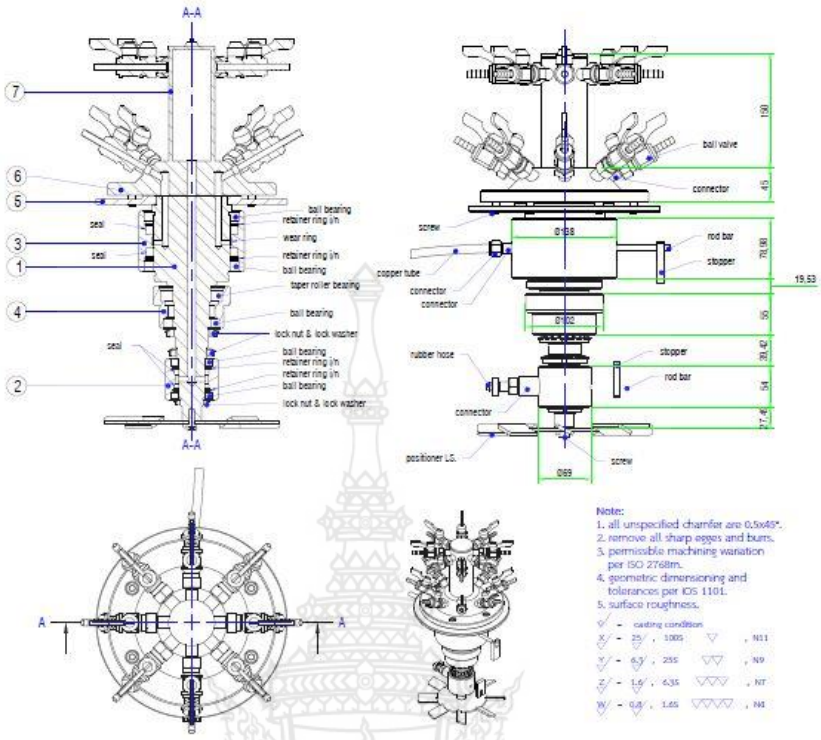


Figure 3.11 Rotary Head of Nitrogen Gas and Water Cooling

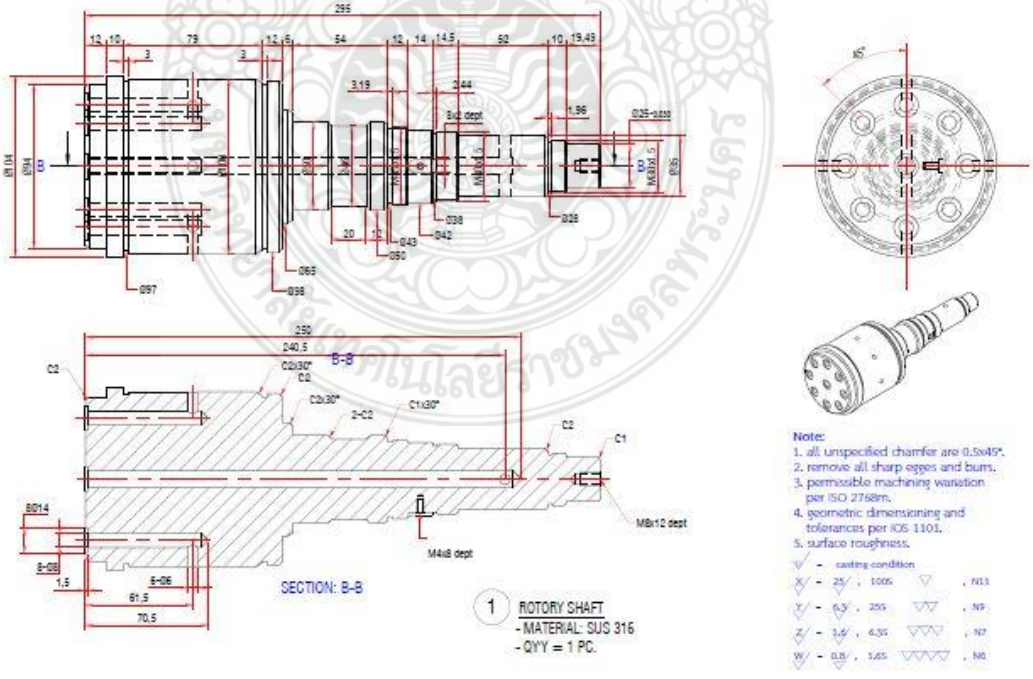


Figure 3.12 Rotary Shaft Nitrogen Gas and Water Cooling

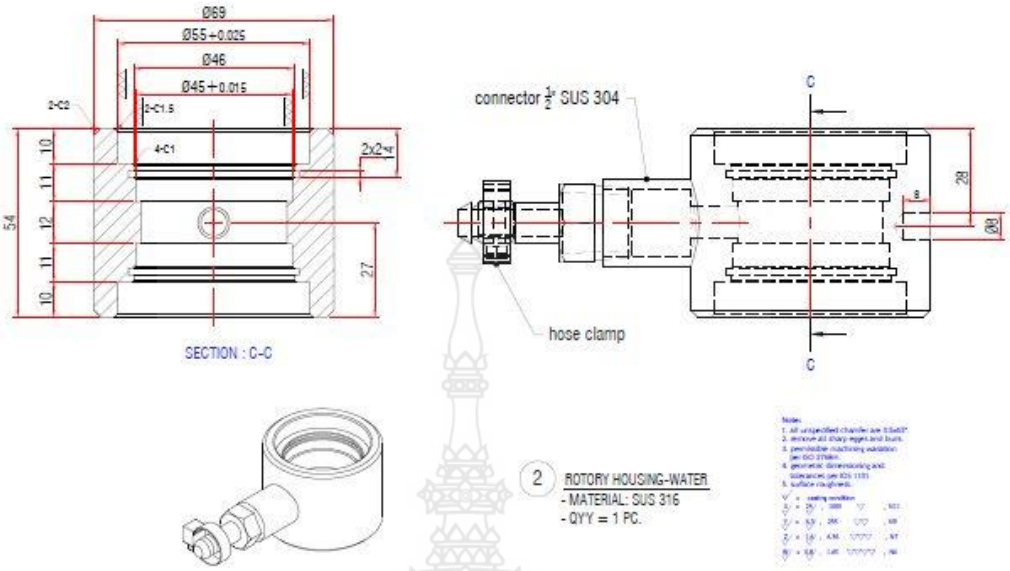


Figure 3.13 Rotary Housing Water Cooling

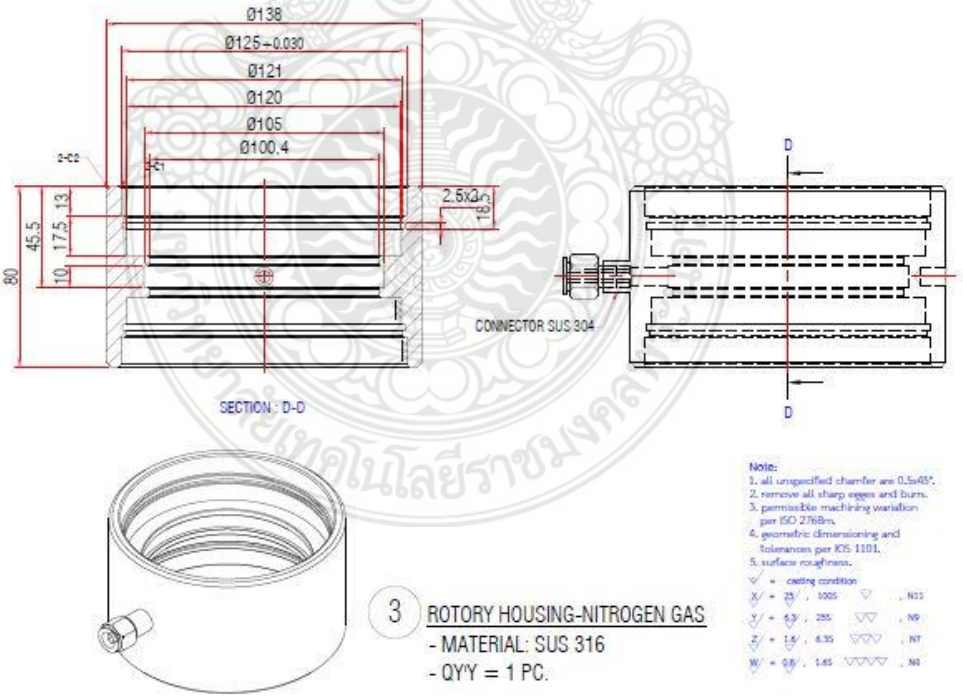


Figure 3.14 Rotary Housing Nitrogen Gas

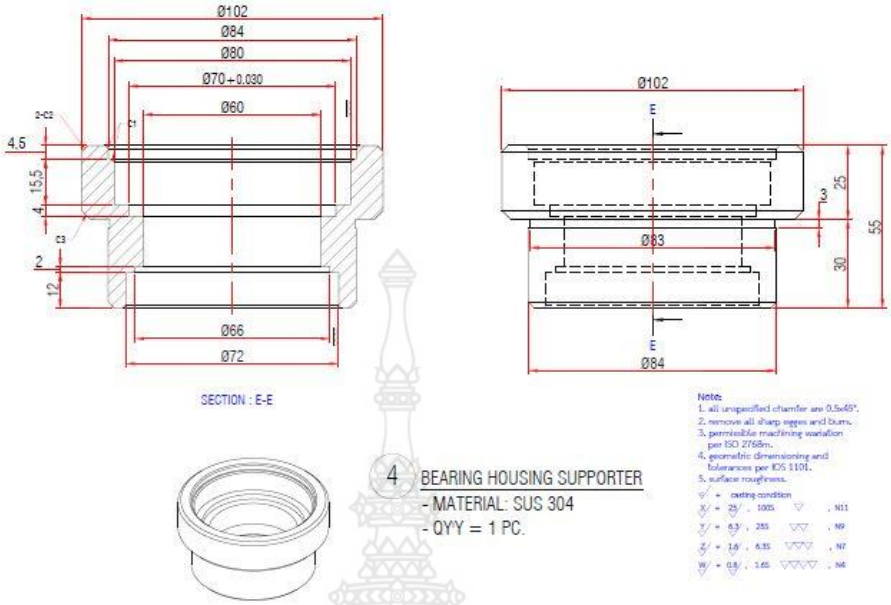


Figure 3.15 Bearing Housing Support Rotary Head

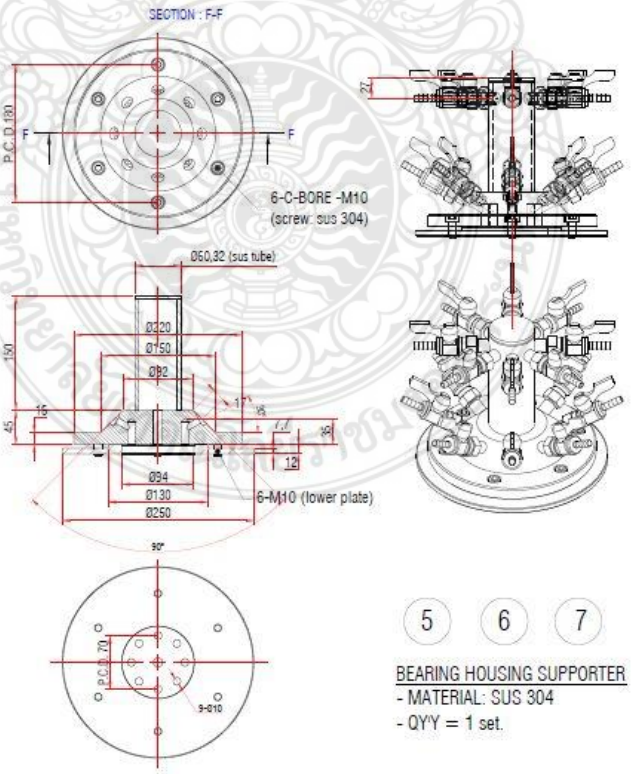


Figure 3.16 Supply Set Nitrogen Gas and Water Cooling

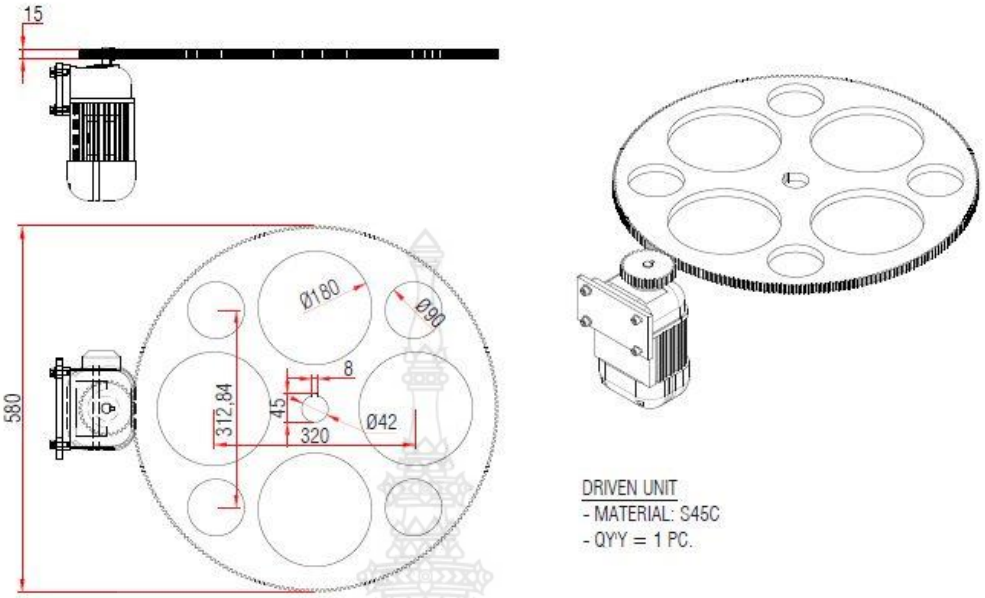


Figure 3.17 Rotation Table Driven

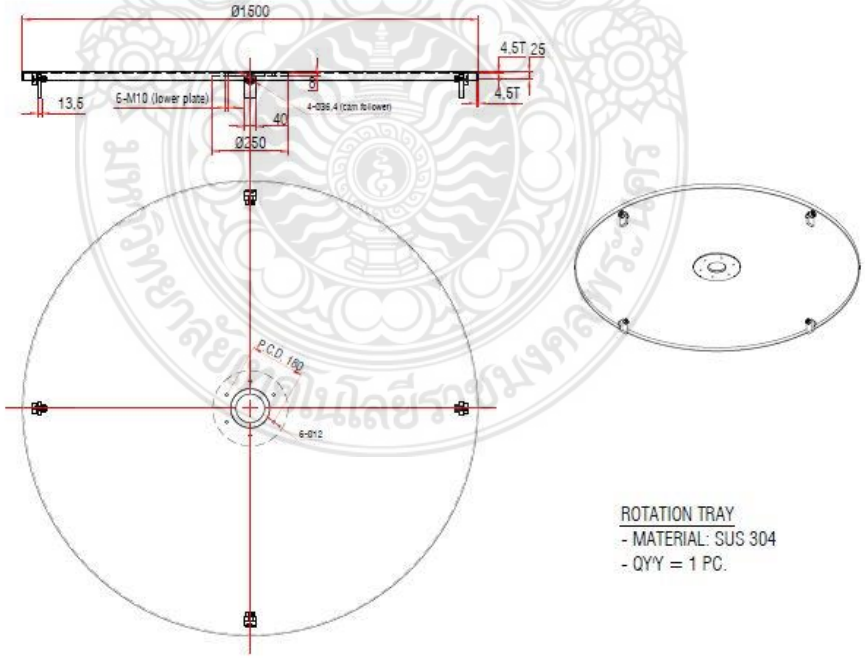


Figure 3.18 Rotation Table

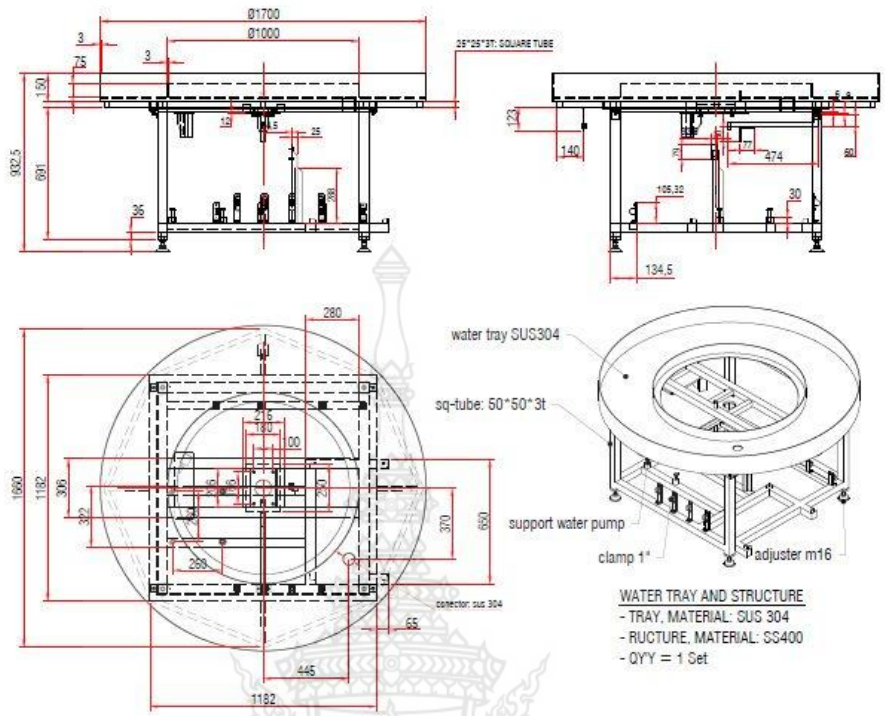


Figure 3.19 Water Tray and Structure

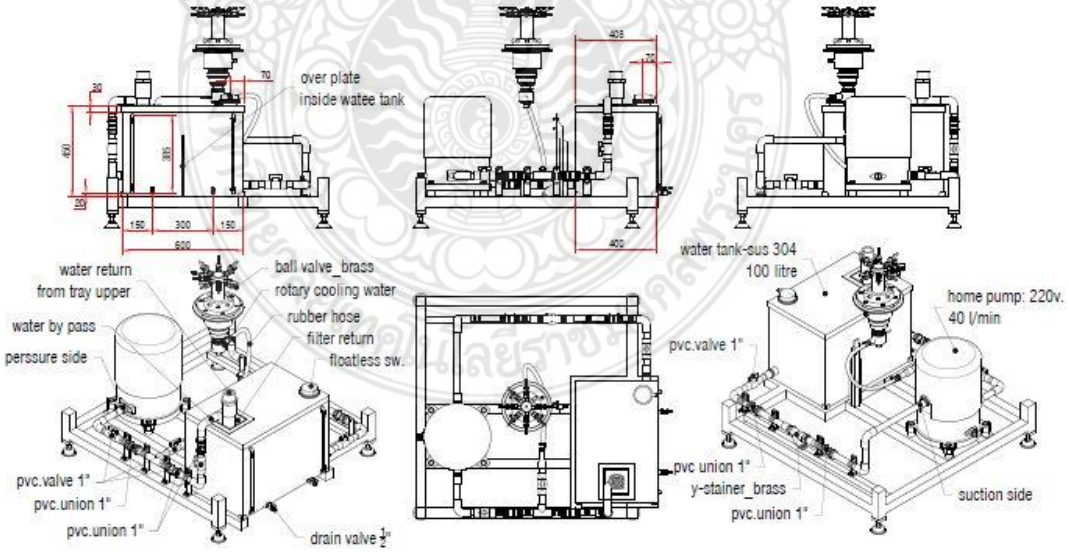


Figure 3.20 Water Cooling System

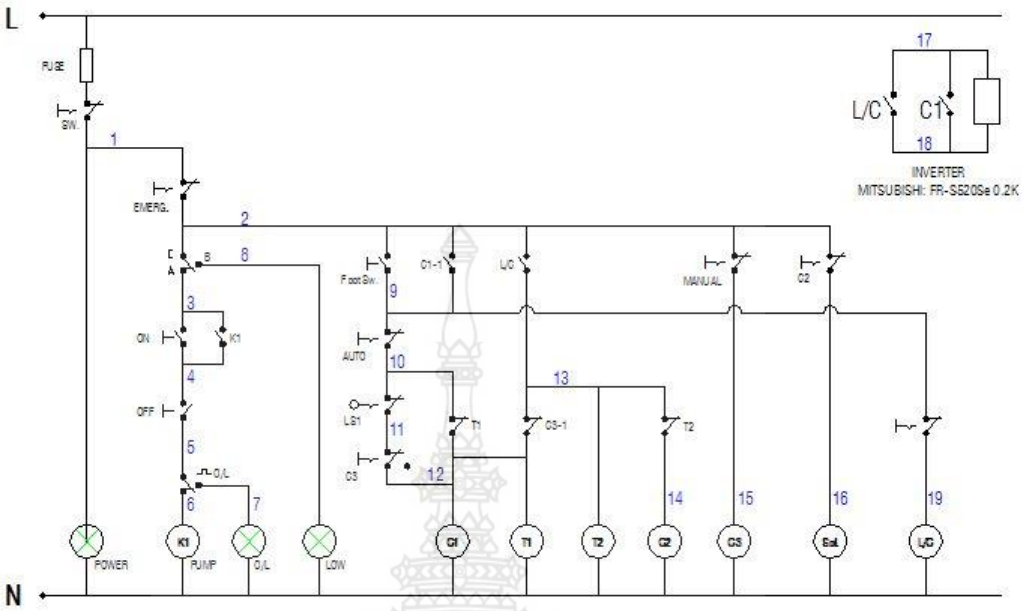


Figure 3.21 Electrical Circuit Diagram

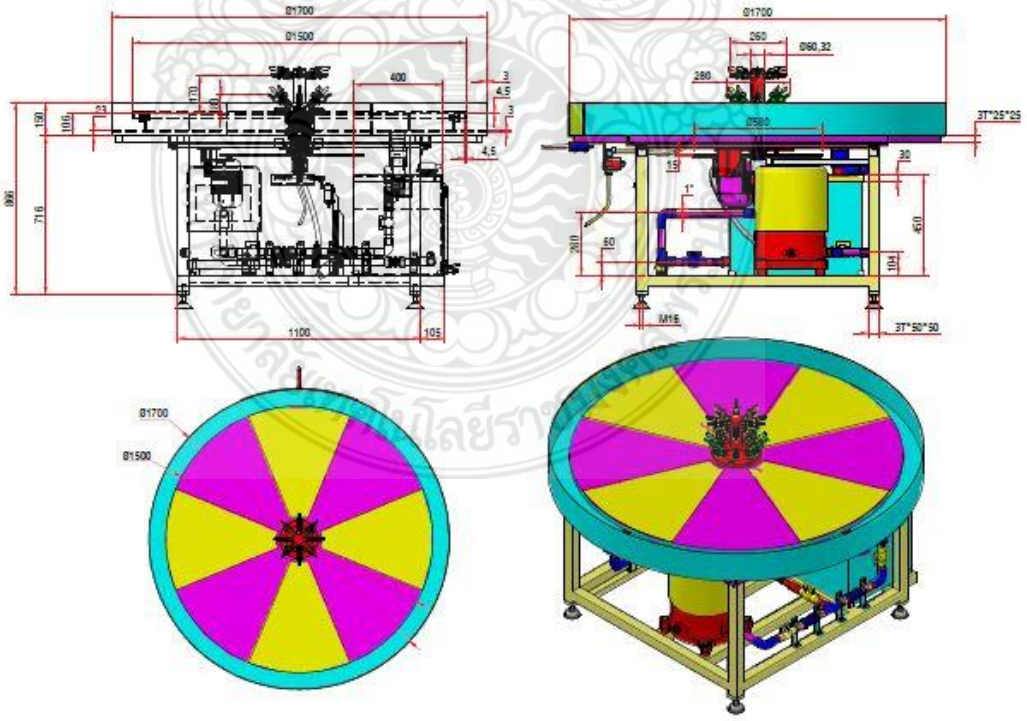


Figure 3.22 Overall Prototype

ภาคผนวก ข
เอกสารตีพิมพ์

ภาพ ข-1 หน้าปกเอกสารตีพิมพ์ การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานทางวิศวกรรม นวัตกรรม และการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน ครั้งที่ 4 ประจำปี พ.ศ.2558

สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย และ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ขอมอบเกียรติบัตรนี้เพื่อแสดงว่า

สุพจน์ สิงโต และ ณัฐวรพล รัชสิริวัชรบุล

เรื่อง การพัฒนากระบวนการเชื่อมท่อทองแดงระบบสารทำความเย็น เครื่องปรับอากาศ โดยใช้โต๊ะเชื่อมแบบหมุน

Development of Copper Tube Brazing for Refrigerant System of Air Condition By Rotation Brazing Table

ได้เข้าร่วมการประชุมวิชาการ ได้รับการตีพิมพ์และนำเสนอผลงานทางวิศวกรรม

นวัตกรรมและการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน ครั้งที่ 4 ประจำปี 2558

The 4th Conference on Sustainable Industrial Innovation and Management 2015

ในวันที่ 2 ตุลาคม 2558

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ถนัดนิ วงษ์ศรีษะ

รองคณบดีฝ่ายวางแผน คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ประธานคณะกรรมการจัดการประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานทางวิศวกรรม

นวัตกรรมและการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน ครั้งที่ 4

ภาพ ข-2 เกียรติบัตร การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานทางวิศวกรรม
นวัตกรรมและการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน ครั้งที่ 4 ประจำปี พ.ศ.2558

การพัฒนากระบวนการเชื่อมท่อทองแดงระบบสารทำความเย็นเครื่องปรับอากาศ โดยใช้โต๊ะเชื่อมแบบหมุน

Development of Copper Tube Brazing for Refrigerant System of Air Condition By Rotation Brazing Table

สุพจน์ สิงห์โต[1*], ณัฐวรพล รัชสิริวัชรบุล[2]

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800
spsingto@yahoo.com
[2] บริษัท ผลิตเครื่องปรับอากาศ จำกัด
[3] ฝ่ายวิศวกรรม บริษัท ไฮ-ดิจิท แมนูแฟคเจอริ่ง จำกัด spsingto@yahoo.com

Supoj Singto[1*] , Natworapol Rachsiriwatcharabul[2]

[1] Department of Sustainable Industrial Management Engineering, Faculty of Engineering ,
Rajamangala University of Technology PhraNakhon , Bangkok
1381 Pracharaj 1 Road Bangsue Bangkok 10800

[3] Air Conditioning Products Co.Ltd.
[3] Engineering Dept. Hi-Digit Manufacturing Co.,Ltd.

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนากระบวนการเชื่อมท่อทองแดงระบบสารทำความเย็นเครื่องปรับอากาศ เพื่อเพิ่มความสามารถการผลิต ไม่ให้เกิดของเสียในกระบวนการผลิตอันเนื่องมาจากการรั่วซึมที่จุดเชื่อม การเกิดเขม่าจากการเชื่อมตกค้างอยู่ในระบบท่อ ด้วยการออกแบบโต๊ะเชื่อมแบบหมุน โดยมีระบบชุดหัวโรตารี่จ่ายก๊าซไนโตรเจนและน้ำหล่อเย็นเข้าที่ชุดจิ๊กประกอบท่อ (Assembly Jig) หลักการคือชุดหัวโรตารี่ (Rotary head) จ่ายไนโตรเจน 5 วินาที ก่อนโต๊ะจะหมุนไปตำแหน่งเชื่อมงานเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดเขม่าจากการเชื่อม และจ่ายไนโตรเจนอีกครั้งในตำแหน่งงานต่อไปหลังจากเชื่อมงานเสร็จแล้วอีก 5 วินาที เพื่อไล่เขม่าที่อาจจะเกิดขึ้นออกจากระบบท่อและเพื่อทำให้ชิ้นงานเย็นตัวเร็วขึ้น ส่วนระบบน้ำหล่อเย็นมาจากชุดหัวโรตารี่เดียวกันจะจ่ายน้ำหล่อเย็นตลอดเวลาไปที่ชุดจิ๊กประกอบท่อเป็นระบบน้ำหมุนวนมาใช้ใหม่ การใช้โต๊ะเชื่อมแบบหมุนช่วยเพิ่มความสามารถในการผลิตเพิ่มขึ้น/วัน/คน 50.9% ความสามารถในการผลิตเพิ่มขึ้นต่อเดือน/สถานีงาน 352.8% ปริมาณการใช้ก๊าซไนโตรเจนลดลงต่อเดือน 82.3% ปริมาณการใช้น้ำหล่อเย็นลดลงต่อเดือน 44.4% ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการพัฒนาโต๊ะเชื่อมแบบหมุนมาใช้ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการลงทุน เพราะช่วยลดขั้นตอนและมีจุดคุ้มทุนระยะสั้น

คำสำคัญ: โต๊ะเชื่อมแบบหมุน; ชุดหัวโรตารี่; ท่อระบบสารทำความเย็น

* ผู้ติดต่อหลัก (Corresponding author)

RMUTP 6th FTI National Conference Industrial Management Engineering

Abstract
The purpose of this research aims to develop the copper tube brazing system for refrigerant of air conditioners. To increase production capacity, No waste in the production process due to the leakage points, the soot from welding remains in the piping system by design of Rotation Brazing Table to resolve all issues by a Rotary Head delivers nitrogen gas and water into the assembly jig. The principle is the rotary supply nitrogen gas for 5 seconds before turning to next brazing station for prevents soot from brazing, and supply nitrogen gas again after brazing complete in next station for 5 seconds to blown away the soot that may arise out of the copper tube and make the work piece cool faster. The water cooling system is derived from the same rotary heads to coolant through of assembly jig by the swirling water use. Using a Rotation Brazing Table is to increase productivity/day/person 50.9%. Increase productivity/month/workstation 352.8%. Reduce of nitrogen gas usage/month 82.3%. And Reduce of water usage/month 44.4%. Thus, the development concept of Rotation Brazing Table to use is useful for investment because help to reduce working processes and short time of breakeven point.

Key word: Rotation Brazing Table; Rotary head; Refrigerant tube system

1. บทนำ (Introduction)

อุตสาหกรรมเครื่องปรับอากาศมีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อยๆเนื่องจากภาวะอากาศที่ร้อนอบอ้าวในช่วงฤดูร้อนโดยมีอุณหภูมิถึง 44 C และจากอสังหาริมทรัพย์ที่เติบโตอย่างรวดเร็ว ความต้องการของกลุ่ม CLMV+I (กัมพูชา ลาว พม่า เวียดนาม+อินโดนีเซีย) มีความต้องการใช้เครื่องปรับอากาศสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องในภูมิภาคอาเซียนถึงร้อยละ 35.7 ของปริมาณส่งออกเครื่องปรับอากาศทั้งหมด ซึ่งนับเป็นปริมาณการส่งออกที่สูงเมื่อเทียบกับภูมิภาคอื่นๆ ยอดขายเครื่องปรับอากาศในประเทศไทยคาดว่าในปี 2558 จะมียอดขาย 1.71-1.77 ล้านเครื่อง ขยายตัวร้อยละ 6.2-10.4 จากปี 2557 มีมูลค่าตลาดประมาณ 24,840 - 25,720 ล้านบาท [1] ส่งผลทำให้เครื่องปรับอากาศต้องปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อเพิ่มความสามารถในการแข่งขันให้มากขึ้นตามการขยายตัวของอุตสาหกรรมดังกล่าว

จากข้อมูลของบริษัทผู้ผลิตเครื่องปรับอากาศพบว่าในกระบวนการเชื่อมท่อทองแดงระบบสารทำความเย็นเครื่องปรับอากาศต้องการเพิ่มกำลังการผลิตแต่ต้องเพิ่มสถานีงานสามเท่าตัวในกระบวนการเชื่อมนี้ ทั้งยังต้องเพิ่มเครื่องมือและอุปกรณ์อีกจำนวนมากจึงสามารถผลิตงานได้ทันกับความต้องการกับยอดขาย

จากปัญหาของการทำงานแบบเดิมโดยใช้พนักงานคนเดียวทั้งประกอบงานและเชื่อมงานซึ่งเสียเวลาไปกับการเคลื่อนไหวของร่างกายเพื่อเตรียมชิ้นงานก่อนเชื่อม การเตรียมชิ้นส่วนงานโดยรถเข็นเมื่อชิ้นงานหมด การหยิบชิ้นงานที่เชื่อมเสร็จแล้วออก การหยิบจับหัวเชื่อมและลวดเชื่อม และการเปลี่ยนถุงมือผ้ากับถุงมือหนัง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นในการพัฒนากระบวนการเชื่อมท่อทองแดงระบบสารทำความเย็น เพื่อนำมาสนับสนุนเรื่องความสามารถในการผลิตเพื่อให้ได้เป็นไปตามความต้องการ

2. วิธีการวิจัย (Research Methodology) และทฤษฎีงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยนี้เป็นการและพัฒนากระบวนการเชื่อมระบบท่อทองแดงระบบสารทำความเย็นเครื่องปรับอากาศ โดยการศึกษากระบวนการทำงาน และวิธีการทำงานเดิม เพื่อที่จะนำมาปรับปรุงและพัฒนาในด้านต่างๆที่ทำให้สามารถเพิ่มความสามารถในการผลิตชิ้นงานได้ตามความต้องการ ดังแสดงดังภาพที่ 1

วัชรินทร์ สิทธิเจริญ [2] (2547:27) ได้กล่าวว่า “การศึกษา เวลาการเคลื่อนที่ (Time and Motion Study)” การศึกษางาน (Work Study) เป็นคำที่ใช้แทนวิธีการต่างๆ จาก การศึกษาวิธีการทำงานและการวัดผลงาน ซึ่งใช้ในการศึกษาวิธีการทำงาน

อย่างมีระเบียบแบบแผนและพิจารณาองค์ประกอบต่างๆ ที่มีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานเพื่อปรับปรุงการทำงานนั้นให้ดีขึ้น การศึกษาการทำงานจึงมีความสัมพันธ์โดยตรงจากการเพิ่มผลผลิตที่มีอยู่ ทำให้ต้นทุนในการผลิตต่ำลง ซึ่งการศึกษาประกอบด้วยเทคนิค 2 อย่าง ดังนี้คือ, 1) การศึกษาวิธี (Method Study) เป็นการศึกษาที่หาการทำงานที่ง่าย สะดวกรวดเร็ว ประหยัด และมีประสิทธิภาพสูงกว่ามาใช้แทนวิธีการทำงานเดิม 2) การวัดผลงาน (Work Measurement) เป็นการศึกษาเพื่อกำหนดหาเวลามาตรฐาน (Standard Time) ซึ่งเป็นประโยชน์ในแง่ต่างๆ เช่น การวางแผนการผลิต การปรับปรุงดุลยภาพของสายการผลิต

มาโนช ริทินโย [3] (2549:1-14) ได้กล่าวพื้นฐานการควบคุมคุณภาพที่สำคัญอย่างหนึ่ง คือ การมีข้อมูลทางสถิติ ที่น่าเชื่อถือ ข้อมูลให้เห็นสะท้อนข้อเท็จจริงของการบริหารการจัดการและการผลิตขององค์กร ข้อมูลนั้นต้องถูกต้อง ซึ่งมีกระบวนการเก็บข้อมูล การเลือกใช้เครื่องมือที่เหมาะสม สาหรับการเก็บข้อมูลจึงเป็นปัจจัยที่สำคัญประการหนึ่งสำหรับการวิเคราะห์หาจุดบกพร่องในงาน สามารถแก้ไขงานได้ด้วยเครื่องมือดังนี้ ใบตรวจสอบ แผนภูมิพาเรโต ฮิตโตแกรม ผังก้างปลา กราฟ แผนภูมิการกระจาย แผนภูมิควบคุม

วิธีการเดิมแบบเดิม

ขั้นตอนการทำงาน	เวลา(วินาที)
1. ประกอบชิ้นส่วนบนจิ๊กและตรวจสอบงาน	240
2. เปลี่ยนถุงมือเป็นถุงมืองานเชื่อม	10
3. ทำการเชื่อมงาน	81
4. หยิบชิ้นงานออกจากจิ๊กประกอบงาน	16
5. เปลี่ยนถุงมือเป็นถุงมือผ้า	10
รวม	357

** ใช้พนักงาน 2 คนต่อสถานีงาน คนแรกทำงาน 8.00-12.00 น. คนที่สอง ทำงาน 13.00-17.00 น. ** (ให้คิดเป็น พนักงาน 1 คน)

พนักงาน 1 คน

ประกอบท่อและอื่นๆ = 272 วินาที = 4.6 นาที

ทำการเชื่อม= 81 วินาที = 1.35 นาที

รวมเวลาทั้งหมด = 357 วินาที = 5.95 นาที / ชุด

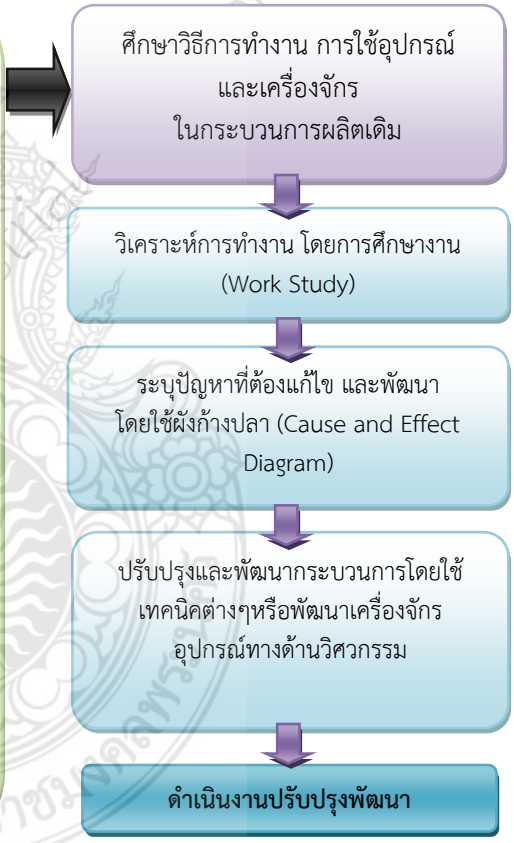
เวลาปฏิบัติงาน

ประชุมตอนเช้า 8.00-8.05 = 5 นาท เวลาพัก 10.00-10.10 = 10 นาที

เวลาพัก 10.00-10.10 = 10 นาที เวลาพัก 15.00-15.10 = 10 นาที

เวลาทำ 5 ส 16.55-17.00 = 5 นาที เวลาเผื่อ = 5%

เวลาปฏิบัติงานทั้งหมด 1 วัน 480-(5+10+10+5) = 450 นาที

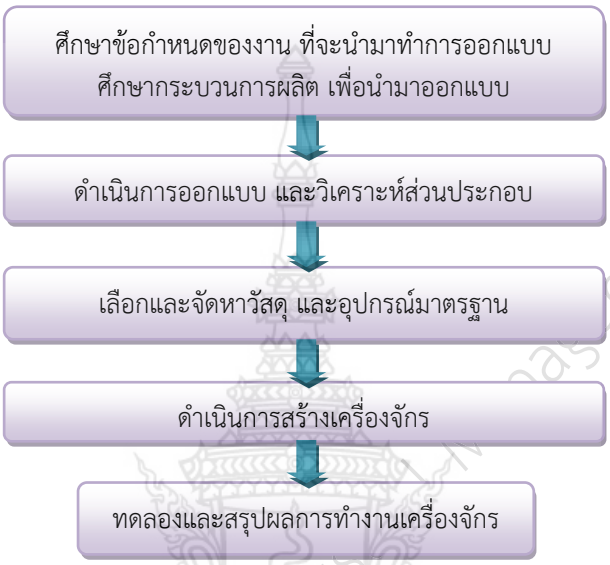


ภาพที่ 1 ขั้นตอนการหาสาเหตุและแก้ปัญหา

จากภาพที่ 1 ใช้วิธีการศึกษางาน และวิเคราะห์จุดบกพร่องในงาน พบว่าเวลาส่วนใหญ่จะใช้ไปกับการประกอบงานและเวลาเปลี่ยนถุงมือถึง 4.6 นาที และเวลาในการเชื่อมงาน 1.35 นาที การทำงานไม่สามารถใช้พนักงานเกินกว่า 1 คนทำงานได้ซึ่งจะเกิดการรองานกัน พนักงานเกิดความเมื่อยล้า เสียเวลาสลับเปลี่ยนถุงมือ สรุปผลการวิเคราะห์งานควรจะต้องจัดหาเครื่องมือเครื่องจักร หรืออุปกรณ์มาช่วยในการแก้ปัญหานี้ต่อไป

2.1 วิธีดำเนินงาน

จากการศึกษากระบวนการทำงานและวิธีการทำงานปัจจุบันเพื่อหาสาเหตุที่จะนำมาปรับปรุงและพัฒนากระบวนการเชื่อม แสดงตามภาพที่ 1 ผลการศึกษาที่ได้รับคือต้องพัฒนากระบวนการเชื่อมโดยสร้างเครื่องจักรและอุปกรณ์เพื่อมาช่วยสนับสนุนในการพัฒนานี้ ด้วยการออกแบบและสร้างโต๊ะเชื่อมแบบหมุนมาใช้งาน ในการออกแบบและสร้างต้องทำการศึกษาขั้นตอนและออกแบบการทำงานของเครื่องจักร เพื่อให้ได้ตามข้อกำหนดการใช้งานและเกิดประโยชน์สูงสุด ตามขั้นตอน ดังแสดงตามภาพที่ 2

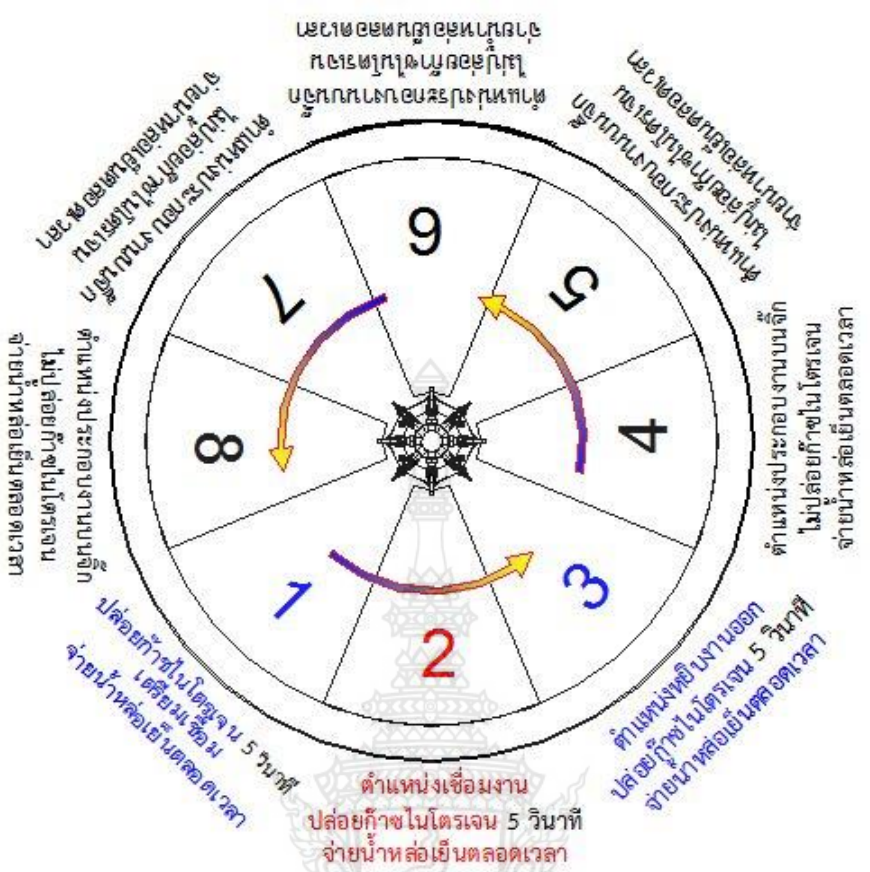


ภาพที่ 2 ขั้นตอนการออกแบบและสร้างเครื่องจักร

2.2 การดำเนินการออกแบบและทดสอบโต๊ะเชื่อมแบบหมุน

การออกแบบเพื่อพัฒนากระบวนการเชื่อมโดยใช้โต๊ะเชื่อมแบบหมุน โดยต้องให้มีความสามารถในการผลิตเพิ่มขึ้นตามความต้องการ และลดต้นทุนในการผลิตได้อีกด้วย จะเป็นประโยชน์อย่างดีกับผู้ที่จะนำงานวิจัยนี้ไปใช้

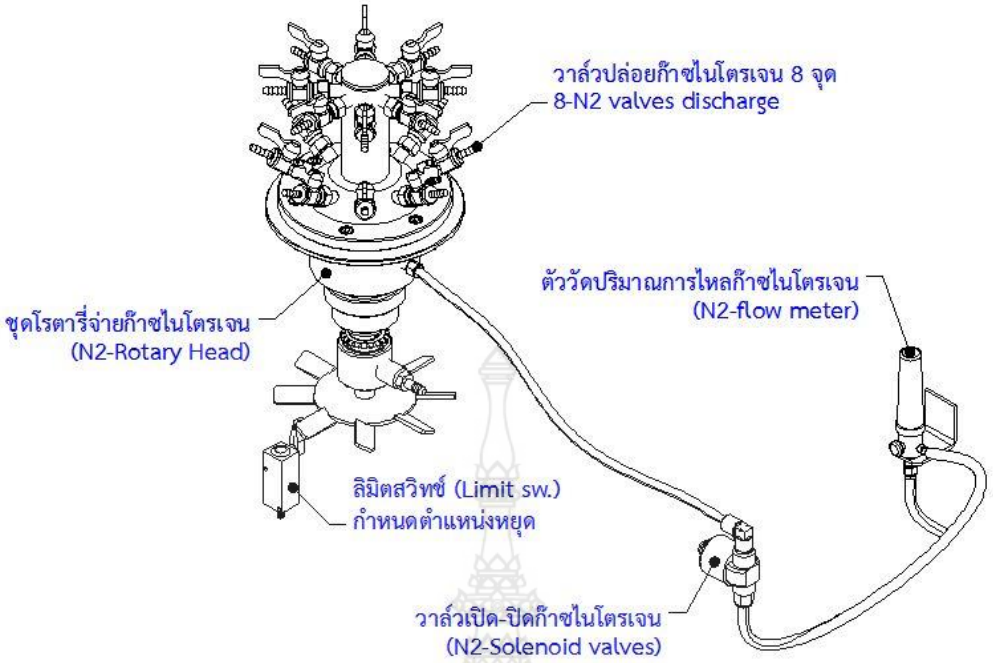
จากภาพที่ 3, เป็นการอธิบายหลักการออกแบบคือ การทำงานโต๊ะหมุนจะหมุนทวนเข็มนาฬิกา โต๊ะมีการหมุนและหยุดได้ 8 ตำแหน่งต่อ 1 รอบ โดยแต่ละตำแหน่งจะทำงานคือ ตำแหน่งที่ 4, 5, 6, 7, 8 เป็นตำแหน่งประกอบระบบท่อสารทำความเย็นก่อนเชื่อม, ตำแหน่ง 1 ปล่อยก๊าซไนโตรเจนเข้าไป 5 วินาทีแล้วตัดการปล่อยเพื่อเตรียมการเชื่อม ตำแหน่ง 2 ปล่อยก๊าซไนโตรเจนเข้าไป 5 วินาที แล้วตัดการปล่อย ตำแหน่งนี้เป็นตำแหน่งเชื่อมงาน ตำแหน่ง 3 ปล่อยก๊าซไนโตรเจนเข้าไป 5 วินาที เพื่อไล่เขม่าที่อาจเกิดขึ้นจากการเชื่อม และช่วยทำให้ชิ้นงานเย็นลงแล้วตัดการปล่อย ตำแหน่งนี้หยิบชิ้นงานออก (ทุกขั้นตอนของการหมุน ตำแหน่งที่ 1, 2, 3 จะปล่อยก๊าซไนโตรเจนเพียง 5 วินาที ที่ปริมาณการไหล 8 ลิตร/นาที พร้อมกันแล้วตัดการปล่อยก๊าซไนโตรเจน ส่วนระบบน้ำหล่อเย็นจะปล่อยเข้าจิ๊กประกอบงานตลอดเวลาโดยใช้ระบบน้ำหมุนวนกลับมาใช้ใหม่ หลักการทำงานต้องสามารถเลือกได้ทั้งการทำงานแบบ Auto และ Manual



ภาพที่ 3 หลักการออกแบบการทำงานของโต๊ะเชื่อมแบบหมุน

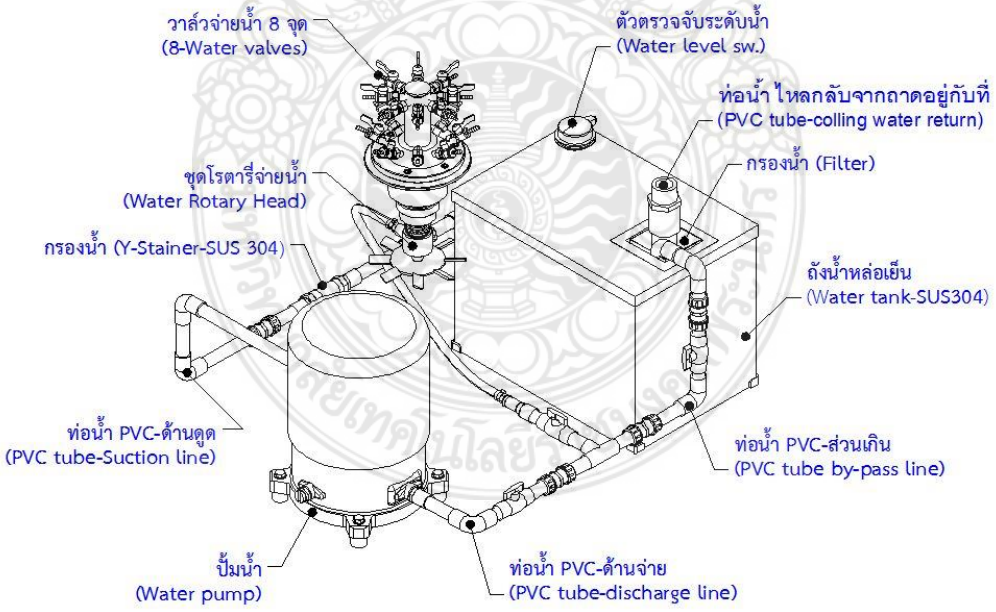
นายคนิต แวงเลิศ [4] วิชาเครื่องทำความเย็นและปรับอากาศ 1 รหัส 2104-2110 ในหัวข้อการเชื่อมเงิน (Silver Brazing) การเชื่อมเงิน ใช้ในงานซ่อมและติดตั้งเครื่องทำความเย็น การเชื่อมเงินสามารถทำได้ง่ายและรอยเชื่อมทนทานแข็งแรงมาก เป็นที่นิยมใช้กันโดยทั่วไป ลวดเงินเชื่อมมีส่วนผสมของเงินประมาณ 35 –45 % อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการบัดกรีหรือเชื่อมนั้นใช้แก๊สออกซิเจน และแก๊สอะซิทิลินผสมกัน และจะให้ความร้อนพอที่จะสามารถบัดกรีหรือเชื่อมท่อทองแดงให้ติดกันได้ ในขณะทำการเชื่อมควรใช้ก๊าซไนโตรเจนปล่อยผ่านเข้าไปในท่อประมาณ 5 psig ทั้งนี้เพื่อป้องกันอันตรายจากการระเบิด และไนโตรเจนจะไม่ทำปฏิกิริยากับท่อทองแดงขณะให้ความร้อน ทำให้ภายในท่อสะอาด

2.2.1 การออกแบบสร้างชุดโรตารี่เพื่อควบคุมการปล่อยก๊าซไนโตนเจนเข้าจิ๊กประกอบงาน โดยต้องสามารถกำหนดอัตราการไหลได้ด้วยอุปกรณ์วัดอัตราการไหล (Flow meter) และวาล์วมือ (Hand valve) โดยต่อท่อสายยางเข้ากับกับจิ๊กประกอบงาน (Assembly Jig) กำหนดระยะเวลาการปล่อยก๊าซไนโตรเจนด้วยตัวตั้งเวลา (Timer) ตั้งเวลา 5 วินาที และมีการปิด-เปิดการจ่ายก๊าซไนโตรเจนโดยใช้วาล์วไฟฟ้า (Solenoid valve) เป็นตัวควบคุมการตัดต่อ ดังแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ชุดโรตารี่และระบบจ่ายก๊าซไนโตรเจน

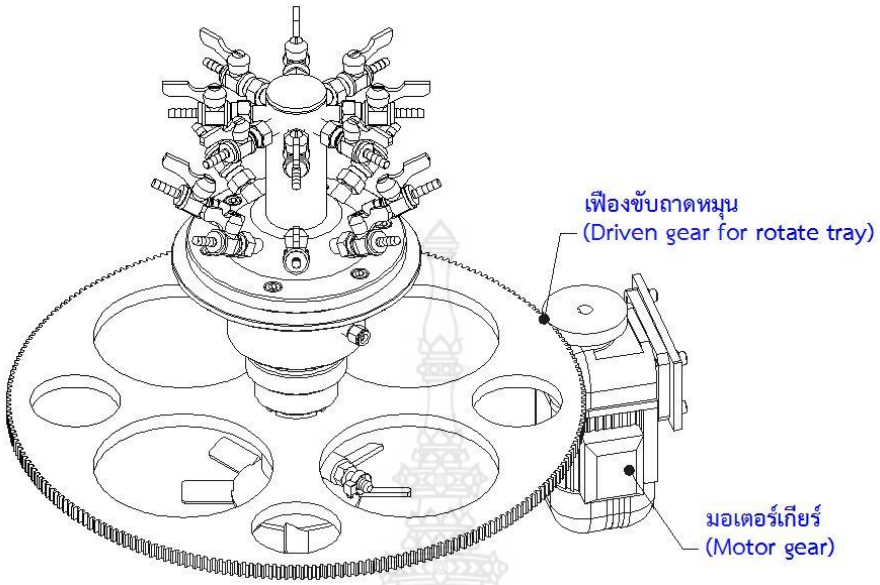
2.2.2 การออกแบบสร้างชุดโรตารี่จ่ายน้ำหล่อเย็นไปที่จิ๊กประกอบงาน โดยออกแบบให้น้ำหล่อเย็นสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ด้วยการทำงานโดยใช้ปั๊มน้ำและถังเก็บน้ำ สามารถควบคุมอัตราการไหลด้วยวาล์วมือโดยต่อท่อสายยางเข้ากับกับจิ๊กประกอบงาน น้ำหล่อเย็นจะถูกกำหนดให้ไหลตลอดเวลา ดังแสดงในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ชุดโรตารี่และระบบจ่ายน้ำหล่อเย็น

2.2.3 การออกแบบสร้างชุดขับโต๊ะเชื่อมแบบหมุนโดยใช้มอเตอร์เกียร์ทด ใช้ขับด้วยฟันเฟือง สามารถปรับความเร็วได้ด้วยตัวควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ (Inverter) ความเร็วการหมุนของโต๊ะเชื่อมควรปรับให้เหมาะกับการใช้งานโดยเวลา

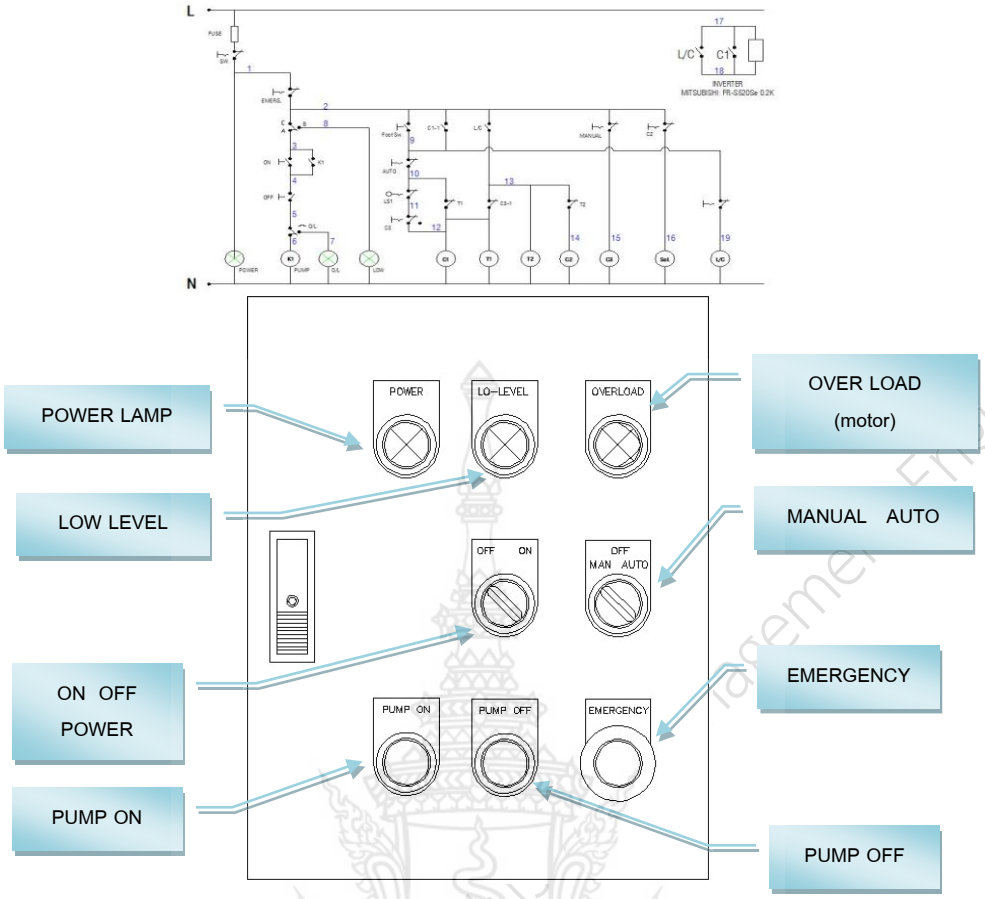
โต๊ะหมุนเริ่มออกตัวและหยุดโดยไม่ทำให้จิ๊กประกอบงานเคลื่อนตัวหรือล้มเพราะจะทำให้งานที่วางอยู่บนจิ๊กประกอบงานเสียรูปทรงได้ ดังแสดงในภาพที่ 6



ภาพที่ 6 ชุดขับถาดหมุน

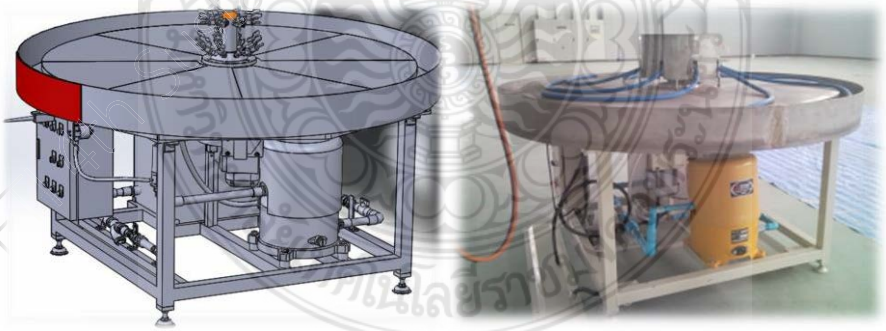
2.2.4 ศึกษาวิธีการออกแบบวงจรไฟฟ้าเพื่อควบคุมการทำงานโต๊ะเชื่อมแบบหมุน ออกแบบวงจรโดยใช้ระบบรีเลย์ มีฟังก์ชั่นการทำงานทั้ง Auto และ Manual ใช้ไฟฟ้า 1 เฟส 220V. ดังแสดงในภาพที่ 7

- สวิทช์เลือกปิด-เปิด (OFF/ON Power Selector Switch) ใช้ปิด-เปิดระบบไฟฟ้าควบคุมการทำงานโต๊ะเชื่อมแบบหมุน
- ไฟสัญญาณ (Power Lamp) แสดงการใช้งานว่าระบบไฟฟ้าควบคุมการทำงานโต๊ะเชื่อมแบบหมุนปิดหรือเปิดอยู่
- สวิทช์เลือกการทำงานแบบแมนวล-ออโต้ (AUTO/MANUAL Selector Switch) สำหรับเลือกการทำงานได้ 2 แบบ คือถ้าเลือกการทำงานแบบแมนวล พนักงานต้องกดสวิทช์ให้โต๊ะหมุนเองด้วยมือแต่จะหยุดเองเมื่อถึงตำแน่งหยุด และการทำงานแบบออโต้โต๊ะจะหมุนและหยุดเอง สามารถตั้งเวลาหยุดรอได้
- สวิทช์หยุดฉุกฉิน (Emergency Switch) กดปุ่มเมื่อเกิดปัญหาฉุกเฉิน และเมื่อปลดล็อคปุ่มนี้ก็สามารถทำงานต่อไปได้ตามปกติ
- สวิทช์เปิดปั๊มน้ำ (Pump ON push button switch) ใช้กดเพื่อให้ปั๊มน้ำทำงาน
- สวิทช์ปิดปั๊มน้ำ (Pump OFF push button switch) ใช้กดเพื่อให้ปั๊มน้ำหยุดทำงาน
- ไฟสัญญาณ (Low Level Lamp) เมื่อมีสัญญาไฟสว่างขึ้นแสดงว่าระดับน้ำในถังไม่เพียงพอ ให้เติมน้ำโดยดูที่ระดับน้ำข้างถัง ให้เติมตามระดับที่กำหนด
- โอเวอร์โหลด (Over Load) เมื่อมีสัญญาไฟสว่างขึ้นแสดงว่ามอเตอร์ขับถาดหมุนทำงานผิดปกติ มีไว้เพื่อป้องกันมอเตอร์เสียหาย



ภาพที่ 7 วงจรไฟฟ้าควบคุมที่ใช้ทำงาน

2.2.5 จากการศึกษาข้อมูลวิธีการออกแบบสร้างโต๊ะเชื่อมแบบหมุน และดำเนินการสร้างให้ออกมาเป็นผลสำเร็จถูกต้องตามข้อกำหนดของวิธีการเชื่อมตามมาตรฐานของการผลิตชิ้นงาน ดังแสดงในภาพที่ 8



ภาพที่ 8 ต้นแบบโต๊ะเชื่อมแบบหมุน

2.2.6 ทดสอบระบบการจ่ายก๊าซไนโตรเจน ปรับปริมาณการไหล Flow meter ไว้ที่ 8 ลิตรต่อนาที ตั้งเวลาการจ่ายก๊าซไนโตรเจน 5 วินาทีแล้วตัดการจ่าย แล้วทดลองให้โต๊ะหมุนทำงานเป็นไปตามข้อกำหนดที่วางไว้

2.2.7 ทดสอบระบบการจ่ายน้ำหล่อเย็น ปรับปริมาณการไหลของน้ำได้เริ่มตั้งแต่การไม่ไหลเลยถึงปริมาณการไหลที่เกินความต้องการ ปริมาณความต้องการจริงขึ้นอยู่กับขนาดของจิ๊กประกอบงานต้องให้ไหลเอ่อจนน้ำล้นออกจากจิ๊กประกอบงานเพียงเล็กน้อยตลอดเวลา

2.2.8 ทดสอบชุดขับถาดหมุน การขับเคลื่อนถาดหมุนและการหยุดได้อย่างไม่มีปัญหา สามารถตั้งเวลาในการเปลี่ยนตำแหน่งแต่ละครั้ง ไม่ส่งผลทำให้จิ๊กประกอบงานขยับหรือล้ม ตำแหน่งของการหยุดตรงตำแหน่งตามที่ต้องการ

2.2.9 อุปกรณ์ที่ใช้ระบบไฟฟ้าควบคุม และวงจรไฟฟ้าทำงานได้ถูกต้องตามฟังก์ชั่นที่วางไว้

3. ผลของการทดลองการเปรียบเทียบผลก่อนและหลังการใช้โต๊ะเชื่อมแบบหมุน

ผลการทดลองใช้โต๊ะเชื่อแบบหมุนในการเชื่อมท่อทองแดงระบบสารทำความเย็นเครื่องปรับอากาศ โดยกำหนดให้ทดลองเชื่อมชุดท่อทองแดงระบบสารทำความเย็นที่ใช้เวลาในการทำงานนานที่สุด ซึ่งผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบกระบวนการทำงานแบบเดิม **16 สถานีงาน** กับกระบวนการหลังพัฒนา (โดยรวม)

กระบวนการเดิม 16 สถานีงาน		**กระบวนการหลังพัฒนา** (โดยรวม)
สถานีงานเดิมมีทั้งหมด	16 สถานีงาน	ลดได้เหลือ 10 สถานีงาน (ลดลง 2 สถานีงาน)
จำนวนพนักงานทั้งหมด	32 คน	ลดได้เหลือ 30 คน (ลดลง 2 คน)
ยอดการผลิต (ชุด/เดือน)	28,800	130,400 (เพิ่มขึ้น 101,600 ชุด)
พื้นที่ทำงาน	145 ตรม.	90 ตรม. (ลดลง 55 ตรม.)
ปริมาณการใช้ก๊าซไนโตรเจน (ลิตร/เดือน)	1,440,000	254,400 (ลดลง 1,185,600 ลิตร)
ปริมาณการใช้น้ำ (ลิตร/เดือน)	3,600	2,000 (ลดลง 1,600 ลิตร)

** กระบวนการเดิมใช้พนักงาน 2 คนต่อสถานีงาน คนแรกทำงาน 8.00-12.00 น. คนที่สอง ทำงาน 13.00-17.00 น. ** (ให้คิดเป็น พนักงาน 1 คน)

4. อภิปรายผล (Discussion)

4.1 กระบวนการหลังการพัฒนาสามารถลดได้ 6 สถานีงาน ดังนั้นสถานีงานแบบใหม่อาจจะใช้จริงไม่ถึง 10 สถานีงาน ขึ้นอยู่กับแผนการผลิตที่ต้องการ

4.2 กระบวนการหลังการพัฒนาสามารถลดพนักงานได้ 2 คน ดังนั้นจำนวนพนักงานอาจจะลดลงได้มากกว่า 2 คน ขึ้นอยู่กับจำนวนการใช้สถานีงานแบบใหม่ และแผนการผลิตที่ต้องการ

4.3 กระบวนการหลังการพัฒนาสามารถเพิ่มความสามารถในการผลิตได้ประมาณ 101,600 ชุด/เดือน ดังนั้นอาจใช้กระบวนการผลิตแบบใหม่ไม่ถึง 10 สถานีงาน ขึ้นอยู่กับแผนการผลิตที่ต้องการ

4.4 กระบวนการหลังการพัฒนาสามารถลดพื้นที่การทำงานได้ประมาณ 55 ตรม. หรือลดพื้นที่ได้มากกว่าขึ้นอยู่กับจำนวนการใช้สถานีงานแบบใหม่

4.5 กระบวนการหลังการพัฒนาสามารถลดปริมาณการใช้ก๊าซไนโตรเจนได้ 1,185,600 ลิตร ขึ้นอยู่กับจำนวนการใช้สถานีงานแบบใหม่

4.6 กระบวนการหลังการพัฒนา สามารถลดปริมาณการใช้น้ำได้ประมาณ 1,600 ตรม. หรือลดได้มากกว่าขึ้นอยู่กับจำนวนการใช้สถานีงานแบบใหม่

จากกระบวนการเดิมใช้พนักงาน 2 คนต่อสถานีงาน คนแรกทำงาน 8.00-12.00 น. คนที่สอง ทำงาน 13.00-17.00 น. (ให้คิดเป็น พนักงาน 1 คน) มี 16 สถานีงานใช้พนักงาน 32 คน

กระบวนการแบบใหม่ใช้พนักงาน 3 คนต่อสถานีงาน คิดที่พนักงาน 30 คนจะได้สถานีงานแบบใหม่ 10 สถานีงานเมื่อนำมาเปรียบเทียบกันจะ เห็นได้ว่าความสามารถในการผลิตเพิ่มขึ้น สามารถลดปริมาณการใช้ก๊าซไนโตรเจน สามารถลดปริมาณการใช้น้ำ และสามารถลดพื้นที่ทำงาน ในทางปฏิบัติจริงใช้กระวนการแบบใหม่ไม่ถึง 10 สถานีงาน จะใช้เท่าไรนั้นขึ้นอยู่กับแผนการผลิตที่ต้องการจริง

5. สรุปผล (Conclusion)

จากการเก็บข้อมูลกระบวนการหลังการพัฒนาการใช้งานโต๊ะเชื่อมแบบหมุน ในกระบวนการเชื่อมท่อทองแดงระบบสารทำความเย็นเครื่องปรับอากาศ ในชุดชิ้นงานที่ใช้เวลาในการผลิตนานสุดเป็นเวลา 1 เดือน ผลที่ได้ออกมาคือ

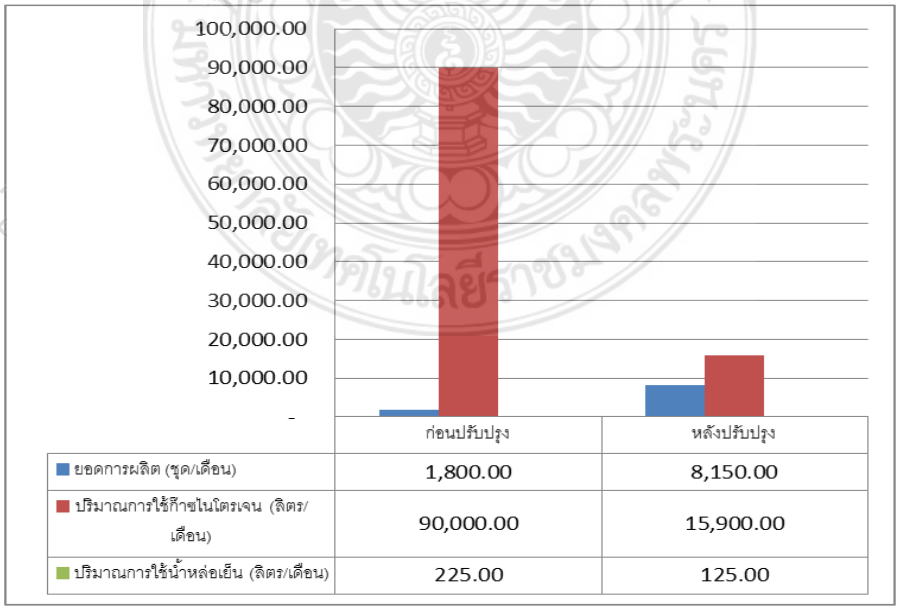
ตารางที่ 2 เปรียบเทียบกระบวนการทำงานแบบเดิมกับกระบวนการหลังพัฒนา (ที่ **1 สถานีงาน)**

หัวข้อ	จำนวนสถานีงาน	กระบวนการเดิม	กระบวนการหลังพัฒนา	ผลต่าง	
จำนวนพนักงานต่อ (คน)	1	1	3	+2	เพิ่มขึ้น 200%
ยอดการผลิต ชุด/วัน (ต่อเดือน)	1	72 (1,800)	326 (8,150)	+ 254	เพิ่มขึ้น 352.8%
การใช้ก๊าซ N_2 ลิตร/วัน (ต่อเดือน)	1	3,600 (90,000)	636 (15,900)	-2,964	ลดลง 82.3%
การใช้น้ำ ลิตร/เดือน	1	225	125	-100	ลดลง 44.4%

** กระบวนการเดิมใช้พนักงาน 2 คนต่อสถานีงาน คนแรกทำงาน 8.00-12.00 น. คนที่สอง ทำงาน 13.00-17.00 น. ** (ให้คิดเป็น พนักงาน 1 คน)

วิเคราะห์ตารางเปรียบเทียบกระบวนการทำงานแบบเดิมกับกระบวนการหลังพัฒนา (ที่ 1 สถานีงาน) ที่ได้จากการพัฒนากระบวนการเชื่อมเมื่อใช้โต๊ะเชื่อมแบบหมุน

- ความสามารถในการผลิต เพิ่มขึ้น/เดือน 352.8%
- ปริมาณการใช้ก๊าซไนโตรเจน ลดลง/เดือน 82.3%
- ปริมาณการใช้น้ำหล่อเย็น ลดลง/เดือน 44.4%
- กระบวนการแบบเดิมพนักงาน 1 คนผลิตได้ 72 ชุด/วัน
- กระบวนการแบบใหม่พนักงาน 3 คนผลิตได้ 326 ชุด/วัน (326/3 = 108.7 ชุด/วัน/คน) คิดเป็นความสามารถในการผลิตเพิ่มขึ้น 50.9%)
- กระบวนการแบบใหม่พนักงาน 3 คน สามารถสลับกันเชื่อมได้ จึงลดความเมื่อยล้าจากการทำงานได้
- ไม่ต้องมีการถอดเปลี่ยนถุงมือขณะทำงาน เพราะแยกหน้าที่ทำงานออกจากกันระหว่างงานประกอบกับงานเชื่อม



ภาพที่ 9 กราฟเปรียบเทียบกระบวนการทำงานแบบเดิมกับกระบวนการหลังพัฒนา ต่อ 1 สถานีงาน

การพัฒนากระบวนการเชื่อมท่อทองแดงระบบสารทำความเย็นเครื่องปรับอากาศโดยใช้โต๊ะเชื่อมแบบหมุน เป็นอีกทางเลือกหนึ่งหากนำไปใช้จะเป็นประโยชน์กับบริษัทผู้ผลิตเครื่องปรับอากาศรายใหญ่หลายบริษัท เพื่อเพิ่มความสามารถในกระบวนการผลิต ลดต้นทุนการผลิต และเป็นประโยชน์กับบริษัทผู้ผลิตชิ้นส่วนระบบท่อสารทำความเย็นที่ส่งให้กับบริษัทผู้ผลิตรายใหญ่ในอุตสาหกรรมนี้อีกจำนวนมาก

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้บริหารและเจ้าหน้าที่ บริษัท ไฮ-ดิจิท แมนูแฟคเจอริ่ง จำกัด ที่ให้งบประมาณทั้งหมดเพื่อสนับสนุนงานวิจัยนี้ รวมถึงคณะอาจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่กรุณาให้คำปรึกษาการทำงานวิจัยนี้มาโดยตลอด

7. เอกสารอ้างอิง

[1] ศูนย์วิจัยกสิกรไทย สืบค้นเมื่อ 11 มิถุนายน 2558, เรื่องตลาดเครื่องปรับอากาศไทยมีสัญญาณฟื้นตัว จาก http://www.tnamcot.com/content/159564

[2] วัชรินทร์ สิทธิเจริญ. 2547 “การศึกษางาน (Work Study)”. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ. : โอเดียนส์สโตร์: 27

[3] มาโนช ริทินโย. 2549 “เอกสารคำสอนการศึกษางาน ”. นครราชสีมา. : สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ: 1-14 คณะวิศวกรรมศาสตรและสถาปัตยกรรมศาสตร. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน. 2549.

[4] คนิต แวงเลิศ. 2553 “วิชาเครื่องทำความเย็นและปรับอากาศ 1 รหัส 2104-2110” 5 https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=ZGVmYXVsdGRvbWFpbnxrcnVrYW5pdDAxfGd4OjVkOTlmMDliM2UwNmMyZmM

RMUTP & FTI 4th Sustainable Industrial Management Engineering

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ นามสกุล นายสุพจน์ สิงห์โต
วัน เดือน ปีเกิด 1 พฤศจิกายน 2513
ภูมิลำเนา 5/325 หมู่ 19 ต.บางพลีใหญ่ อ.บางพลี จ.สมุทรปราการ 10540
ประวัติการศึกษา

วุฒิการศึกษา	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ	วิทยาลัยเทคนิคปทุมธานี	2532
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	วิทยาลัยเทคนิคสมุทรปราการ	2534
ปริญญาตรี	สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล	2539

ตำแหน่งและสถานที่ทำงานปัจจุบัน
กรรมการผู้จัดการ: บริษัท ไฮ-ดิจิท แมนูแฟคเจอริ่ง จำกัด
888/1 หมู่ 19 ต. บางพลีใหญ่ อ. บางพลี จ. สมุทรปราการ 10540

ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ

ปี พ.ศ.	ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ
2558	บทความวิชาการเรื่อง “การพัฒนากระบวนการเชื่อมท่อทองแดงระบบสารทำความเย็นเครื่องปรับอากาศ โดยใช้โต๊ะเชื่อมแบบหมุน” : การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานทางวิศวกรรม นวัตกรรมและการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน ประจำปี พ.ศ. 2558