การปรับปรุงการจัดสมดุลสายการผลิต: กรณีศึกษา โรงงานผลิตตู้แช่เครื่องดื่ม

ธนาการ ประภาสัจจะเวทย์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ปีการศึกษา 2557

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ASSEMBLY LINE BALANCING IMPROVEMENT:
A CASE STUDY OF FREEZER FACTORY

THANAKRAN PRAPASAJJAWET

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS

FOR THE DEGREE OF MASTER OF ENGINEERING

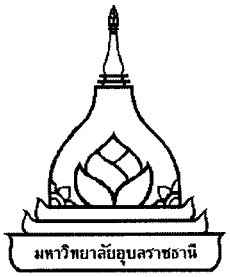
MAJOR IN INDUSTRIAL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

UBON RATCHATHANI UNIVERSITY

ACADEMIC YEAR 2014

COPYRIGHT OF UBON RATCHATHANI UNIVERSITY



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์

เรื่อง การปรับปรุงการจัดสมดุลสายการผลิต: กรณีศึกษา โรงงานผลิตตู้แช่เครื่องดื่ม

ผู้วิจัย นายธนาการ ประภาสัจจะเวทย์

คณะกรรมการสอบ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธารชุดา พันธ์นิกุล	ประธานกรรมการ
รองศาสตราจารย์ ดร.นุชสรา เกรียงกรกฎ	กรรมการ
รองศาสตราจารย์ ดร.ปรีชา เกรียงกรกฎ	กรรมการ
ดร.คลอเคลีย วจนะวิชากร	กรรมการ

อาจารย์ที่ปรึกษา

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.นุชสรา เกรียงกรกฎ)

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.กุลเชษฐ์ เพียรทอง)

คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.อริยาภรณ์ พงษ์รัตน์)

รักษาราชการแทนรองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ปีการศึกษา 2557

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีโดยได้รับความกรุณาอย่างยิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ดร.นุชสรา เกรียงกรกฎ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ได้สละเวลาในการให้คำปรึกษา แนะนำ และตรวจสอบวิทยานิพนธ์เล่มนี้ให้มีความสมบูรณ์ รวมทั้งให้ความรู้ด้านวิชาการอันเป็นแนวทางในการทำวิจัย และแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ตลอดจนปลูกฝังให้ผู้วิจัยมีความมานะพยายาม และเป็นแบบอย่างที่ดีแก่ผู้วิจัยตลอดมา ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธารชุดา พันธ์นิกุล รองศาสตราจารย์ ดร.ปรีชา เกรียงกรกฎ และ ดร.คลอเคลีย วจนะวิชาการ ที่กรุณาร่วมเป็นกรรมการสอบพร้อมทั้งให้คำแนะนำ และข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ของวิทยานิพนธ์ จนทำให้วิทยานิพนธ์นี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ขอขอบพระคุณ คณาจารย์ บุคลากร และเจ้าหน้าที่ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ทุกท่านตลอดจนเจ้าหน้าที่งานบัณฑิตศึกษาของหลักสูตร และคณะ รวมทั้งนักศึกษาปริญญาโท และปริญญาเอกทุกท่าน ที่มีส่วนร่วมช่วยเหลือในการดำเนินงานวิจัยให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ผู้วิจัยต้องขอขอบพระคุณผู้บริหารโรงงานผลิตตู้แช่เครื่องดื่ม ในจังหวัดศรีสะเกษ ที่อนุญาตให้เก็บรวบรวมข้อมูลที่เป็นประโยชน์สำหรับใช้ทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ พร้อมทั้งอนุญาตให้เผยแพร่ผลการศึกษา เพื่อเป็นประโยชน์แก่ผู้ที่สนใจอย่างดียิ่ง รวมทั้งขอขอบพระคุณผู้บริหารสถานศึกษา นำโดย นายอักษรศิลป์ แก้วมหาวงศ์ ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษ และคณะผู้บริหาร พร้อมด้วย หัวหน้าแผนกวิชาเทคนิคการผลิต นายพร บุญคง และนายนพดล สิ้นทุกข์ ที่เปิดโอกาส สนับสนุน ส่งเสริม ให้ข้าพเจ้าได้ศึกษาต่อในครั้งนี้ อีกทั้งขอขอบพระคุณครู ว่าที่ ร.ต.วรพล แปลนนาคสิน นางวิไลลักษณ์ ราญสระน้อย นายสัจจา อินทรสุขศรี พร้อมด้วยคณะคุณครู เจ้าหน้าที่ และบุคลากรทางการศึกษา วิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษ ทุกท่าน ที่สนับสนุน และเป็นกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ขอขอบพระคุณ นายอนุกูล ประภาสัจจะเวทย์ (บิดา) และนางน้ำทิพย์ สราญ (มารดา) ครอบครัว และญาติ ที่เป็นกำลังใจให้การทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ท้ายนี้หากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีข้อบกพร่องหรือผิดพลาด ประการหนึ่งประการใดในการเขียน ผู้วิจัยต้องกราบขออภัยไว้ ณ ที่นี้ด้วย ข้าพเจ้าหวังเป็นอย่างยิ่งว่า วิทยานิพนธ์เล่มนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจในการนำไปเป็นแนวทางปฏิบัติเพื่อให้เกิดประโยชน์ในด้านต่างๆ สืบไป

ธนาการ ประภาสัจจะเวทย์
ผู้วิจัย

บทคัดย่อ

ชื่อเรื่อง : การปรับปรุงการจัดสมดุลสายการผลิต: กรณีศึกษา โรงงานผลิตตู้แช่เครื่องดื่ม
โดย : ธนาการ ประภาสัจจะเวทย์
ชื่อปริญญา : วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา : วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร.นุชสรา เกรียงกรกฎ
คำสำคัญ : การศึกษางาน, การปรับปรุงการจัดสมดุลสายการผลิต, วิธีฮิวริสติกส์, การฉีดโฟม, ตู้แช่เครื่องดื่ม

วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้คือ เพื่อลดความสูญเปล่าในการผลิต โดยการปรับปรุงการจัดสมดุลสายการผลิตของโรงงานผลิตตู้แช่เครื่องดื่มแบบ 2 ประตู ของโรงงานกรณีศึกษา เป็นโรงงานขนาดกลางที่มีอัตราการผลิตตู้แช่เครื่องดื่มเป็นรายใหญ่ในจังหวัดศรีสะเกษ จากการผลิตที่ผ่านมา ทางผู้บริหารพบว่าเกิดปัญหาทางด้านประสิทธิภาพการผลิต ผลผลิตไม่เป็นไปตามแผนการผลิตที่วางไว้ โดยเกิดปัญหาคอขวด (Bottleneck) ไม่สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้อย่างเต็มศักยภาพ นอกจากนี้ ค่าประสิทธิภาพของกระบวนการประกอบตู้แช่เครื่องดื่มในปัจจุบันมีค่าเท่ากับร้อยละ 61.79 ซึ่งยังอยู่ในระดับที่ต่ำ ดังนั้นจึงควรดำเนินการปรับปรุงและแก้ไขปัญหานี้อย่างเร่งด่วน

แนวทางการปรับปรุงโดยประยุกต์หลักการศึกษางาน และเทคนิคการจัดสมดุลสายการผลิต ซึ่งใช้วิธีฮิวริสติกส์ 4 วิธีได้แก่ วิธีการใช้เกณฑ์เวลามากที่สุดมาก่อน (Largest - Candidate Rule) วิธีการของกิลบริดจ์และเวสเตอร์ (Kilbridge and Wester Method) วิธีการใช้น้ำหนักเป็นตัวกำหนดตำแหน่ง (Ranked Positional Weights Method) และการประยุกต์วิธีฮิวริสติกส์โดยรวม (Integration Line Balancing method: ILB) มาช่วยในการจัดสมดุลสายการผลิตที่ดีขึ้น

ผลการศึกษาพบว่ามี 3 วิธีที่ให้ค่าคำตอบที่ดีที่สุดเท่ากัน ได้แก่ วิธีการใช้เกณฑ์เวลามากที่สุดมาก่อน (Largest-Candidate Rule) วิธีการใช้น้ำหนักเป็นตัวกำหนดตำแหน่ง (Ranked Positional Weights Method) และการประยุกต์วิธีฮิวริสติกส์โดยรวม (Integration Line Balancing method: ILB) สามารถลดจำนวนสถานีงานจาก 17 สถานีงาน เหลือ 11 สถานีงาน และลดเวลาสูญเปล่าจาก 194.87 นาที เหลือ 14.87 นาที มีผลทำให้ประสิทธิภาพของสายการผลิต เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 61.79 เป็นร้อยละ 95.49 และประหยัดต้นทุนแรงงาน 4,326.68 บาท/วัน

ABSTRACT

TITLE : ASSEMBLY LINE BALANCING IMPROVEMENT: A CASE STUDY OF FREEZER FACTORY
AUTHOR : THANAKRAN PRAPASAJJAWET
DEGREE : MASTER OF ENGINEERING
MAJOR : INDUSTRIAL ENGINEERING
CHAIR : ASSOC. PROF. NUCHSARA KRIENGKORAKOT, Ph.D.
KEYWORDS : WORK STUDY, ASSEMBLY LINE BALANCING IMPROVEMENT, HEURISTICS, INJECTION FOAM, FREEZER

The purpose of this thesis is to reduce waste in manufacturing. By improving the balance of the production line, the case study is a two-door freezer type. Classified as a medium-sized plant, with a production rate of freezer is the largest in the Sisaket province. According to statistical data of the past, The management found serious problems in production efficiency. Productivity was not follow the production plan and there was the bottleneck in the production line that could not to respond of the customer demand at full capacity. In addition, The efficiency of the freezer assembly process was currently equal to 61.79%, Which it was still at a low level. Then, We should continue to improve and resolve this problem urgently.

The work study and production line balancing technique was applied. And 4 heuristics methods were presented, including the Largest-Candidate Rule, Kilbridge and Wester Method, Ranked Positional Weights Method and Integration Line Balancing method to the optimal solution of a case study.

The results found that there were three ways to provide better solution as well, including the Largest-Candidate Rule, Ranked Positional Weights Method and Integration Line Balancing method could reduced the number of work stations from 17 stations to 11 stations and reduced the idle time of 194.87 minutes to 14.87 minutes. The efficiency of the production line was increased up from 61.79% to 95.49%, and the labor cost was saved to 4,326.68 baht / day.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ฌ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 สมมติฐานในการวิจัย	2
1.4 ขอบเขตของการศึกษา	3
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	3
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.7 แผนดำเนินงานในการวิจัย	4
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ระบบทำความเย็น	6
2.2 ฉนวนกันความร้อน	9
2.3 ผลิตภาพ	13
2.4 ปัญหาทั่วไปในอุตสาหกรรม	16
2.5 กระบวนการแก้ปัญหาโดยทั่วไป	21
2.6 การศึกษาเวลา	28
2.7 การประเมินประสิทธิภาพ	42
2.8 การคำนวณเวลามาตรฐาน	51
2.9 การจัดสมดุลสายการผลิต	53
2.10 เทคนิคในการจัดสมดุลสายการผลิต	57
2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	63

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ศึกษาสภาพปัจจุบันของโรงงานตัวอย่าง 71
3.2 ศึกษากระบวนการผลิตตู้แช่เครื่องดื่มก่อนปรับปรุง 74
3.3 ข้อมูลปริมาณการผลิตตู้แช่เครื่องดื่มฯ 86
3.4 สภาพปัญหสในภาพรวมที่พบ 91
3.5 ข้อมูลสภาพปัจจุบันของสายการผลิต 92
3.6 ศึกษาเวลาในการทำงาน 95
3.7 การจัดสมดุลสายการผลิตก่อนการปรับปรุง 97
3.8 คำนวณหาค่าประสิทธิภาพก่อนการปรับปรุง 98

บทที่ 4 ขั้นตอนดำเนินการจัดสมดุลสายการผลิต

4.1 ศึกษาการจัดสมดุลสายการผลิต 101
4.2 คำนวณเบื้องต้นตามทฤษฎี 108
4.3 วิธีการใช้เกณฑ์เวลามากที่สุดมาก่อน 110
4.4 วิธีของกิลบริดจ์และเวสเตอร์ 118
4.5 วิธีการใช้น้ำหนักเป็นตัวกำหนดตำแหน่ง 126
4.6 การประยุกต์วิธีฮิวริสติกโดยรวม 133

บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 วิเคราะห์ผลการศึกษาการจัดสมดุลสายการผลิต 139
5.2 สรุปผลการจัดสมดุลสายการผลิต 140
5.3 ข้อเสนอแนะในการจัดสมดุลสายการผลิต 141

เอกสารอ้างอิง **142**

ภาคผนวก

ก แผนภูมิการประกอบตู้แช่เครื่องดื่ม 148
ข การหาจำนวนรอบการจับเวลาที่เหมาะสม 160
ค ใบบันทึกการจับเวลา 163
ง การประเมินอัตราความเร็วตามวิธีของ Westinghouse 167
จ ตารางวิเคราะห์เวลาเผื่อของการทำงาน 171
ฉ สรุปข้อมูลการวิเคราะห์เวลาเผื่อของการทำงาน **175**

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ช ตารางสรุปค่าต่างๆ ในการคำนวณเวลามาตรฐาน 180

ประวัติผู้วิจัย **183**

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	แผนดำเนินงานในการวิจัย	4
2.1	แนวทางในการเพิ่มผลิตภาพ	16
2.2	ประโยชน์ของการศึกษางานต่อกลุ่มต่างๆ	21
2.3	ตัวอย่างเอกสารใช้งานในการออกแบบวิธีการทำงาน – นิยามของปัญหา	22
2.4	ตัวอย่างเอกสารใช้งานในการออกแบบวิธีการทำงาน – การวิเคราะห์ปัญหา	23
2.5	ตัวอย่างการประเมินประสิทธิภาพการทำงานบนระดับสเกลต่างๆ	42
2.6	ตัวอย่างการใช้การประเมินของสเกล 0 – 100	43
2.7	คะแนนของการประเมินประสิทธิภาพของระบบ Westing House	44
2.8	ค่าคะแนนในการประเมินประสิทธิภาพของระบบ Objective Rating	46
2.9	เวลาเผื่อตามการศึกษาของ ILO โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของ Normal Time	49
2.10	การจัดงานย่อยเข้าสถานีงานที่ 1	61
2.11	การจัดงานย่อยเข้าสถานีงานที่ 2	62
3.1	รายละเอียดโรงงานตัวอย่าง	71
3.2	ปริมาณการผลิตตู้แช่เครื่องดื่ม ของโรงงานตัวอย่างประจำเดือน กันยายน	87
3.3	ปริมาณการผลิตตู้แช่เครื่องดื่ม ของโรงงานตัวอย่างประจำเดือน ตุลาคม	87
3.3	ปริมาณการผลิตตู้แช่เครื่องดื่ม ของโรงงานตัวอย่างประจำเดือน พฤศจิกายน	88
3.4	ผลผลิตเฉลี่ย และเปอร์เซ็นต์ผลผลิตเฉลี่ยต่อเดือน	89
3.5	อัตราค่าจ้างแรงงานของพนักงานโรงงานตัวอย่าง	90
3.6	ค่าแรงมาตรฐาน และค่าทำงานล่วงเวลา	90
3.7	ขั้นตอนการผลิตตู้แช่เครื่องดื่ม	92
3.8	ข้อมูลเวลาในการทำงานในขั้นตอนการผลิต	95
3.10	ต้นทุนแรงงานสำหรับการผลิตตู้แช่เครื่องดื่ม	99
4.1	ข้อมูลลำดับงานก่อน - หลัง และเวลามาตรฐานของแต่ละงานย่อย	101
4.2	จัดลำดับงานตามเงื่อนไขของเวลา ความสัมพันธ์ และเครื่องจักร	110
4.3	การจัดสมดุลสายการผลิต วิธีการใช้เกณฑ์เวลามากที่สุดมาก่อน	112
4.4	ต้นทุนแรงงานสำหรับการผลิตตู้แช่เครื่องดื่ม	117
4.5	การจัดงานย่อยเข้าสู่สถานีงานตามวิธีของกิลบริดจ์และเวสเตอร์	118
4.6	การจัดสมดุลสายการผลิตโดยใช้วิธีของกิลบริดจ์และเวสเตอร์	121

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.7	คำนวณต้นทุนแรงงานสำหรับการผลิตตู้แช่เครื่องดื่ม	125
4.8	ค่าน้ำหนักของงานย่อยทั้งหมดโดยเรียงจากมากไปน้อยตามลำดับ	126
4.9	การจัดสมดุลสายการผลิตด้วยวิธี Ranked Positional Weights Method	128
4.10	คำนวณต้นทุนแรงงานสำหรับการผลิตตู้แช่เครื่องดื่ม	132
4.11	การจัดงานย่อยเข้าสถานีงานที่ 1	135
4.12	ต้นทุนแรงงานสำหรับการผลิตตู้แช่เครื่องดื่ม	137
4.13	เปรียบเทียบผลการจัดสมดุลสายการผลิตโรงงานผลิตตู้แช่เครื่องดื่ม	138
5.1	เปรียบเทียบผลการจัดสมดุลสายการผลิตโรงงานผลิตตู้แช่เครื่องดื่ม	139

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.1	มูลค่าการส่งออก-นำเข้า ตู้แช่เครื่องดื่ม และส่วนประกอบฯ	1
2.1	แผนภาพความดัน – เอนทานปีแสดงการทำงานของวัฏจักรอัดไอขั้นตอนเดียว	6
2.2	ปัจจัยนำเข้าและผลผลิตของกระบวนการผลิต	19
2.3	องค์ประกอบของการศึกษางาน	28
2.4	แผนภูมิและแผนผังต่างๆ ที่ใช้ในการศึกษาวิธีการทำงาน	31
2.5	Alignment Chart ของการหาค่าจำนวนรอบในการจับเวลา	41
2.6	องค์ประกอบหลักของเวลามาตรฐาน	51
2.7	กราฟแสดงรอบเวลา และภาระงานแต่ละกระบวนการ	55
2.8	กราฟแสดงรอบเวลา และภาระงานแต่ละกระบวนการหลังการปรับปรุง	56
2.9	แผนภาพแสดงลำดับความสัมพันธ์ก่อน - หลัง ของสายการประกอบตัวอย่าง	60
2.10	แผนภาพแสดงตัวอย่างการจัดงานย่อยเข้าสถานีงานที่ 1	61
2.11	แผนภาพแสดงตัวอย่างการจัดงานย่อยเข้าสถานีงานที่ 2	62
3.1	การจัดแผนผังองค์กรของโรงงาน	72
3.2	การจัดเก็บวัตถุดิบของแผนกต่างๆ	74
3.3	การตัดแผ่นโลหะให้ได้ตามขนาดที่กำหนด	75
3.4	การบากชิ้นงานด้วยกรรไกรตัดโลหะแผ่น	75
3.5	การพับขึ้นรูปชิ้นงาน	76
3.6	ชิ้นงานที่ได้จากการปั๊มเจาะรู และปั๊มขึ้นขอบชิ้นงานเรียบร้อยแล้ว	76
3.7	การดัดขึ้นรูปชิ้นงาน	77
3.8	การประกอบชิ้นงานด้วยการเชื่อมไฟฟ้าแบบจุด	77
3.9	การประกอบชิ้นงานด้วยการเชื่อม MIG	77
3.10	การนำชิ้นงานขึ้น Trolley	78
3.11	การทำความสะอาดชิ้นงานก่อนอบ และพ่นสี	78
3.12	การพ่นสีเคลือบผิวชิ้นงาน	79
3.13	การตรวจสอบคุณภาพ และนำชิ้นงานลงจาก Trolley	79
3.14	การจัดเก็บชิ้นงานที่ผ่านการพ่นสีเรียบร้อยแล้ว	79
3.15	การประกอบโครงตู้แช่ฯ ภายใน และภายนอก	79

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
3.15	การประกอบโครงตู้แช่ฯ ภายใน และภายนอก	80
3.16	การประกอบโครงตู้ด้านในเข้ากับโครงตู้ด้านนอก	80
3.17	การล็อกตำแหน่งโครงตู้ด้านในกับด้านนอกฯ	80
3.18	การเทโฟมภายในตู้แช่	81
3.19	การยึดรางชั้นวาง และขอบประตูกลาง	81
3.20	การ Layout ประกอบประตูกระจกหน้าตู้แช่ฯ	81
3.21	การประกอบ และติดตั้งชุดคอยล์เย็น	82
3.22	การประกอบชุดมอเตอร์พัดลมคอยล์เย็น และตะแกรงครอบใบพัด	82
3.23	การประกอบ และติดตั้งชุดคอมเพรสเซอร์	82
3.24	การเชื่อมต่อท่อทางระบบทำความเย็น	83
3.25	การประกอบ และจับยึดป้ายหน้าตู้แช่ฯ	83
3.26	การเชื่อมต่อระบบวงจรไฟฟ้า และรัดสายไฟให้เป็นระเบียบ	83
3.27	การสร้างสุญญากาศในระบบทำความเย็น และตรวจสอบรอยรั่วของระบบ	84
3.28	การเติมสารทำความเย็นเข้าระบบทำความเย็น	84
3.29	การทดสอบวงจรควบคุม และทดสอบการทำงานของตู้แช่ฯ	84
3.30	การตัดแต่งพลาสติก และโฟมส่วนเกินออก	85
3.31	การทำความสะอาดตู้แช่	85
3.32	การบรรจุหีบห่อ	86
3.33	เปรียบเทียบปริมาณการผลิตตู้แช่แต่ละชนิด	88
3.34	ปริมาณการผลิตตู้แช่เครื่องดื่มชนิดต่างๆ	89
3.35	การจัดสมดุลสายการผลิต ก่อนการปรับปรุง	97
3.36	กราฟแสดงความสัมพันธ์ของรอบเวลา และเวลางานแต่ละสถานีงาน	98
4.1	Precedence Diagrams ของการผลิตตู้แช่เครื่องดื่ม	107
4.2	Precedence Diagrams ของการผลิตตู้แช่เครื่องดื่ม	110
4.3	แผนภาพการจัดสมดุลสายการผลิต ด้วยวิธีการใช้เกณฑ์เวลามากที่สุดมาก่อน	115
4.4	แผนภาพการจัดสมดุลสายการผลิตด้วย วิธีการใช้เกณฑ์เวลามากที่สุดมาก่อน	115
4.5	การจัดงานย่อยออกเป็นคอลัมน์	118

สารบัญภาพ (ต่อ)

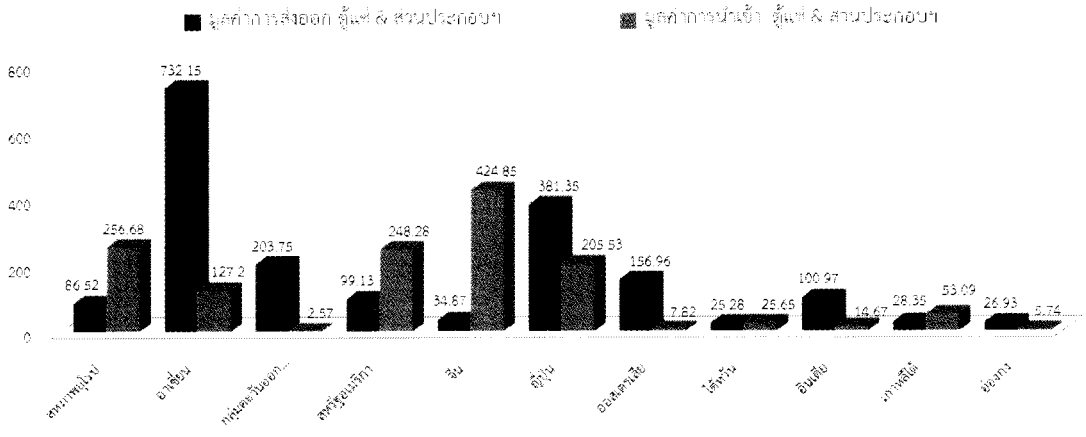
ภาพที่		หน้า
4.6	แผนภาพการจัดสมดุลสายการผลิต วิธีของกิลบริดจ์และเวสเตอร์	123
4.7	แผนภาพสมดุลสายการผลิต วิธีของกิลบริดจ์และเวสเตอร์	123
4.8	แผนภาพการจัดสมดุลสายการผลิต วิธีการใช้น้ำหนักเป็นตัวกำหนดตำแหน่ง	130
4.9	แผนภาพการจัดสมดุลสายการผลิต วิธีการใช้น้ำหนักเป็นตัวกำหนดตำแหน่ง	130
4.10	แผนภาพแสดงลำดับความสัมพันธ์ก่อน - หลัง	134
4.11	แสดงการประยุกต์วิธีฮิวริสติกโดยรวม ในการจัดงานย่อยเข้าสถานีงาน	134
4.12	การจัดสมดุลสายการผลิต วิธีฮิวริสติกโดยรวม	135
4.13	กราฟแสดงเวลาของสถานีงานหลังการจัดสมดุลสายการผลิต	136

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา

อุตสาหกรรมตู้แช่เครื่องดื่ม มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว อันเนื่องมาจากความต้องการทางด้านอุปโภค และบริโภคที่เพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง จึงนับว่าเป็นธุรกิจที่น่าลงทุน และได้ผลตอบรับจากตลาดในทางที่ดี ทำให้มีคู่แข่งทางการตลาดจำนวนมาก และอัตราการแข่งขันสูงเพื่อช่วงชิงส่วนแบ่งทางการตลาดอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ โดยมีทั้งการผลิตเพื่อส่งออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศ และการนำเข้ามาจำหน่ายภายในประเทศ มูลค่าการนำเข้าตู้แช่ ปี 2555 (มกราคม – ตุลาคม) 167.30 ล้านเหรียญสหรัฐ พร้อมด้วยอุปกรณ์ทำความเย็น 86.37 ล้านเหรียญสหรัฐ ส่วนมูลค่าการส่งออกตู้แช่ ปี 2555 (มกราคม – ตุลาคม) 150.59 ล้านเหรียญสหรัฐ พร้อมด้วยอุปกรณ์ทำความเย็น 126.68 ล้านเหรียญสหรัฐ (สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์, 2555)

ตลาดการนำเข้า และส่งออกได้แก่ ประเทศในกลุ่มอาเซียน ฮ่องกง จีน เกาหลีใต้ ไต้หวัน ญี่ปุ่น อินเดีย กลุ่มตะวันออกกลาง สหภาพยุโรป และสหรัฐอเมริกา เป็นต้น แสดงดังภาพที่ 1.1



ภาพที่ 1.1 มูลค่าการส่งออก - นำเข้า ตู้แช่เครื่องดื่ม และส่วนประกอบสำหรับติดตั้งอุปกรณ์ทำความเย็นของไทย กับ ประเทศต่างๆ ระหว่างปี 2548 – 2555

ที่มา: สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์, 2555

โรงงานกรณีศึกษา เป็นโรงงานขนาดกลาง ซึ่งจัดว่าเป็นบริษัทผู้ผลิตตู้แช่เครื่องดื่มรายใหญ่ในจังหวัดศรีสะเกษ จากการผลิตที่ผ่านมา ทางผู้บริหารพบว่าเกิดปัญหาทางด้านการผลิตที่ไม่สามารถผลิตให้ตรงตามแผนที่วางไว้ได้ โดยเกิดปัญหาคอขวด (Bottleneck) ทำให้เกิดการรองาน เกิดงานค้างอยู่ระหว่างการผลิตมาก ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการผลิตต่ำ การผลิตไม่เป็นไปตามแผนที่วางไว้ และเกิดความล่าช้าในการส่งมอบสินค้าให้กับลูกค้าเสมอ จึงไม่สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ดีเท่าที่ควร ปัญหาหลักๆ ที่ทางบริษัทกำลังเผชิญหน้าอยู่ก็คือ ประสิทธิภาพของกระบวนการประกอบตู้แช่เครื่องดื่มต่ำมีผลทำให้การผลิตไม่เป็นไปตามแผนที่วางไว้ และเมื่อใดที่มีการเพิ่มอัตราการผลิตมากขึ้น จะส่งผลให้คุณภาพของสินค้าต่ำลง และเกิดของเสีย ซึ่งต้องนำมาแก้ไขใหม่ทำให้สิ้นเปลืองและสูญเสียทรัพยากรจำนวนมาก ดังนั้นผู้บริหารจึงมีความจำเป็นในการปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการประกอบตู้แช่เครื่องดื่ม ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นเพื่อตอบสนองความพึงพอใจของลูกค้าได้อย่างเต็มศักยภาพ และบรรลุวัตถุประสงค์ของบริษัทที่ได้ตั้งไว้

ดังนั้นจึงได้ประยุกต์หลักการศึกษาการทำงาน และการจัดสมดุลสายการผลิต เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้กับทางโรงงานตัวอย่างเพื่อที่จะลดเวลาสูญเปล่าอันเกิดจากความล่าช้าของงาน การรองานให้น้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ และผลิตสินค้าได้ตามความต้องการ โดยให้เวลาทำงานแต่ละสถานีงานมีค่าใกล้เคียงกันหรือเท่ากัน เพื่อลดเวลาสูญเปล่าในแต่ละสถานีงานให้มีค่าต่ำสุด

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อลดความสูญเปล่าในการผลิต โดยการปรับปรุงการจัดสมดุลสายการผลิตของโรงงานผลิตตู้แช่เครื่องดื่ม

1.3 สมมติฐานในการวิจัย

หลังการปรับปรุงการจัดสมดุลสายการผลิตของกระบวนการประกอบตู้แช่เครื่องดื่มของโรงงานตัวอย่าง กรณีศึกษา มีผลทำให้ความสูญเปล่าที่เกิดในกระบวนการประกอบฯ ลดลงได้

1.4 ขอบเขตของการศึกษา

1.4.1 ในการศึกษางานวิจัยครั้งนี้ มุ่งเน้นไปที่กระบวนประกอบตู้แช่เครื่องดื่มเฉพาะสายการประกอบหลัก ของตู้แช่แบบ 2 ประตู ของโรงงาน กรณีศึกษา ตัวอย่างในจังหวัดศรีสะเกษ เพื่อลดความสูญเปล่าในการผลิต

1.4.2 โดยการประยุกต์หลักการศึกษาเวลา (Time Study) และการจัดสมดุลสายการผลิต มาประยุกต์ใช้ในการวิจัย

1.4.3 ศึกษาวิธีฮิวริสติกส์ 4 วิธีได้แก่ วิธีการใช้เกณฑ์เวลามากที่สุดมาก่อน (Largest-Candidate Rule) วิธีการของกิลบริดจ์และเวสเตอร์ (Kilbridge and Wester Method) วิธีการใช้น้ำหนักเป็นตัวกำหนดตำแหน่ง (Ranked Positional Weights Method) และการประยุกต์วิธีฮิวริสติกส์โดยรวม (Integration Line balancing method: ILB) เพื่อการจัดสมดุลสายการผลิต

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

1.5.1 ศึกษาสภาพปัจจุบัน และเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องในโรงงานตัวอย่างกรณีศึกษา

1.5.2 ศึกษาหลักการ ทฤษฎี และทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.5.3 ศึกษาสภาพปัญหาการจัดสมดุลสายการผลิตในปัจจุบันของโรงงานตัวอย่างกรณีศึกษา

1.5.4 หาแนวทางปรับปรุง โดยใช้วิธีฮิวริสติกส์ 4 วิธี ได้แก่ วิธีการใช้เกณฑ์เวลามากที่สุดมาก่อน (Largest - Candidate Rule) วิธีการของกิลบริดจ์และเวสเตอร์ (Kilbridge and Wester Method) วิธีการใช้น้ำหนักเป็นตัวกำหนดตำแหน่ง (Ranked Positional Weights Method) และการประยุกต์วิธีฮิวริสติกส์โดยรวม (Integration Line balancing method: ILB)

1.5.5 ดำเนินการแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายการผลิต

1.5.6 วิเคราะห์ผลการลดความสูญเปล่าของสายการผลิต เปรียบเทียบผลก่อนและหลังปรับปรุง

1.5.7 สรุปผลการวิจัย ข้อเสนอแนะ

1.5.8 จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 สามารถลดความสูญเปล่าในการผลิตของกระบวนการผลิตตู้แช่เครื่องดื่ม ของโรงงานตัวอย่าง กรณีศึกษาได้

1.6.2 บริษัทได้แนวทางในการจัดสมดุลสายการผลิต เพื่อเป็นทางเลือกในการจัดสมดุลสายการผลิตของตนเองได้

1.6.3 เป็นแนวทางในการลดความสูญเปล่าในอุตสาหกรรมการผลิตอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องได้

1.7 แผนดำเนินงานในการวิจัย ดังแสดงในตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 แผนดำเนินงานในการวิจัย

แผนการดำเนินการวิจัย	2557				2558				
	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.
1. ศึกษาสภาพปัจจุบัน และเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องในโรงงานตัวอย่างกรณีศึกษา	←	→							
2. ศึกษาหลักการ ทฤษฎี และทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง		←	→						
3. ศึกษาสภาพปัญหาการจัดสมดุลสายการผลิตในปัจจุบันของโรงงานตัวอย่างกรณีศึกษา			←	→					
4. หาแนวทางปรับปรุง โดยใช้วิธีฮิวริสติกส์ 4 วิธี				←	→				
5. ดำเนินการแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายการผลิต						←	→		
6. วิเคราะห์ผลการลดความสูญเปล่าของสายการผลิต เปรียบเทียบผลก่อน และหลังปรับปรุง							←	→	
7. สรุปผลการวิจัยข้อเสนอแนะ							←	→	
8. จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์								←	→

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ระบบทำความเย็นและการใช้งาน (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2543)

2.1.1 ระบบทำความเย็นส่วนใหญ่สามารถแบ่งออกตามลักษณะการใช้งาน ได้ดังนี้

2.1.1.1 การทำความเย็นในกระบวนการผลิต

2.1.1.2 การเก็บรักษาและการจำหน่ายอาหาร

2.1.1.3 ระบบปรับอากาศ

แม้ว่าอุปกรณ์ที่ใช้ในงานข้างต้นจะมีหลายรูปแบบแต่มีการทำงานภายใต้วัฏจักรทำความเย็นพื้นฐานเดียวกันชนิดของสภาวะในการจัดเก็บความเย็นหรือกระบวนการผลิตที่ต้องการจะเป็นตัวกำหนดภาวะการทำงานและส่วนประกอบ ที่จะประกอบรวมเข้าไปในระบบทำความเย็นตามที่ออกแบบไว้

2.1.2 แบบของระบบทำความเย็นโดยทั่วไป สามารถแบ่งออกเป็น 4 ชนิด ได้แก่

2.1.2.1 การปรับอากาศโดยการขยายตัวโดยตรง (Direct expansion air cooling)

2.1.2.2 การทำน้ำเย็นโดยการขยายตัวโดยตรง (Direct expansion water cooling)

2.1.2.3 การทำของเหลวเย็นแบบเปียก (Flooded evaporative liquid chilling)

2.1.2.4 ระบบหมุนเวียนด้วยปั๊มแบบเสริมกันหลายตัว (Integrated pumped circulation systems)

2.1.3 กระบวนการทำความเย็น

ระบบทำความเย็นส่วนใหญ่ได้รับการขับเคลื่อนโดยเครื่องจักรกลซึ่งจะทำการดูด และอัดไอสารทำความเย็นไปตามวงจรซึ่งได้รับการซีลไว้ ความร้อนถูกส่งถ่ายและปล่อยทิ้งโดยอาศัยอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน ระบบเหล่านี้ทำงานด้วยวัฏจักรที่เรียกว่า วัฏจักรอัดไอ (Vapor compression cycle) ยังมีระบบทำความเย็นแบบอื่น ๆ ที่สามารถใช้ทำให้เกิดการทำความเย็นได้ เช่น ระบบดูดซึม (Absorption system) ระบบนี้เหมาะสมกับอุตสาหกรรมที่มีความร้อนเหลือใช้ หรือมีน้ำร้อนเหลือจากกระบวนการผลิต เป็นระบบที่ช่วยประหยัดไฟฟ้าและค่าใช้จ่ายบำรุงรักษาต่ำ

2.1.4 วัฏจักรอัดไอ

โดยธรรมชาติแล้วความร้อนจะต้องถ่ายเทจากที่อุณหภูมิสูง ไปสู่ที่อุณหภูมิต่ำในระบบทำความเย็นนั้น จะต้องทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนในทางตรงกันข้าม จะต้องใช้ตัวกลางที่เรียกว่า

สารทำความเย็นซึ่งจะทำการดูดกลืนความร้อนแล้วเกิดการเดือดหรือระเหยที่ความดันต่ำ ทำให้เปลี่ยนสถานะจากของเหลวกลายเป็นไอขึ้น ต่อจากนั้นไอดังกล่าวจะถูกอัดให้มี ความดันสูงขึ้นซึ่งจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นด้วย และจะถ่ายเทความร้อนที่ได้รับมาสู่อากาศรอบข้างพร้อมกับการควบแน่นกลับคืนไปเป็นของเหลว เป็นผลให้เกิดการดูดกลืน หรือดึงความร้อนจากแหล่งความร้อนที่มีอุณหภูมิต่ำ และถ่ายเทความร้อนไปสู่แหล่งความร้อนที่มีอุณหภูมิสูงกว่า

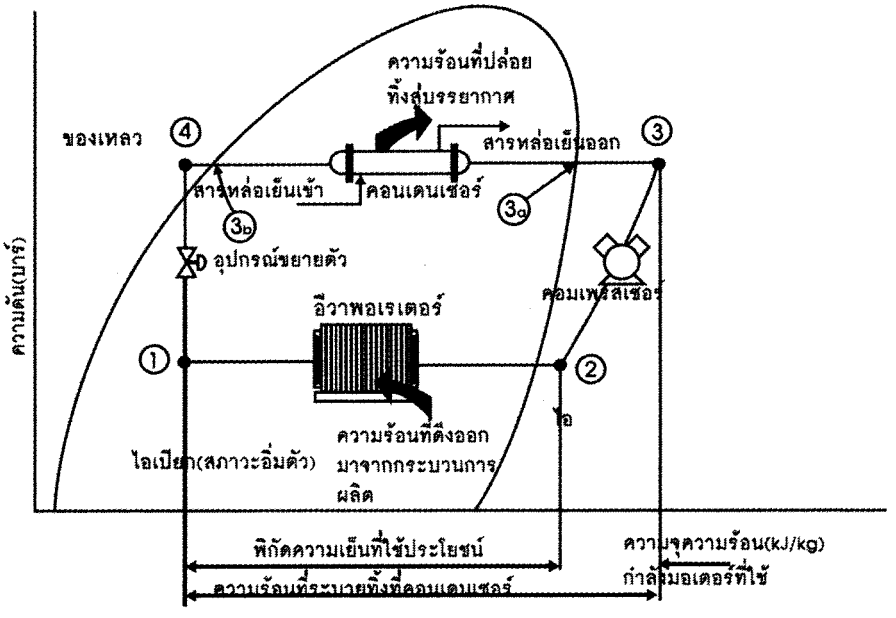
2.1.4.1 มีปัจจัยหลายอย่างที่ทำให้การทำงานของวัฏจักรอัดไอเป็นไปได้ กล่าวคือ

1) อุณหภูมิซึ่งสารทำความเย็นเกิดการเดือดจะแปรผันตามความดัน กล่าวคือ ความดันยิ่งสูงจุดเดือดจะสูงตามไปด้วย

2) เมื่อสารทำความเย็นที่เป็นของเหลวเกิดการเดือดกลายเป็นไอ มันจะดูดความร้อนจากบริเวณโดยรอบ

3) สารทำความเย็นสามารถเปลี่ยนจากไอกลับคืนไปเป็นของเหลว โดยการ ทำให้มันเย็นลง ซึ่งตามปกติจะใช้อากาศหรือน้ำเป็นตัวระบายความร้อน

ในอุตสาหกรรมทำความเย็นมักจะใช้คำว่าระเหยแทนคำว่า “เดือด” ถ้าไอได้รับความร้อนจนมีอุณหภูมิสูงกว่าจุดเดือดจะเรียกว่า “ไอร้อนยวดยิ่งหรือไอดง (Superheated vapor)” และถ้าของเหลวถูกทำให้เย็นลงจนมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิควบแน่นเราเรียกว่า “ของเหลวเย็นยิ่ง (Subcooled liquid)”



ภาพที่ 2.1 แผนภาพความดัน – เอนทาลปีแสดงการทำงานของวัฏจักรอัดไอขั้นตอนเดียว

ที่มา: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน (2543: 4)

การทำงานของระบบทำความเย็นอย่างง่ายถูกแสดงอยู่ในภาพที่ 2.1 แสดงความดันสารทำความเย็น (บาร์) และความจุความร้อน (kJ/kg)

2.1.5 วัฏจักรทำความเย็นสามารถแบ่งการทำงานออกเป็นขั้นตอนต่างๆ ดังต่อไปนี้

2.1.5.1 (1 => 2) สารทำความเย็นที่เป็นของเหลวที่มีความดันต่ำในอีวาพอเรเตอร์จะดูดซับความร้อนจากบริเวณโดยรอบซึ่งตามปกติคืออากาศ น้ำ หรือของเหลว ในกระบวนการผลิตอื่นๆ ในระหว่างกระบวนการดังกล่าว สารทำความเย็น จะเปลี่ยนสถานะจากของเหลวไปเป็นไอ และที่ทางออกของอีวาพอเรเตอร์ สารทำความเย็นจะมีสภาพเป็นไอร้อนยวดยิ่งเล็กน้อย

2.1.5.2 (2 => 3) ไอยวดยิ่งจะเข้าสู่คอมเพรสเซอร์เพื่ออัดเพิ่มความดันให้สูงขึ้น ในขณะเดียวกันอุณหภูมิของสารทำความเย็นจะเพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากพลังงานที่ ป้อนเข้าไปในกระบวนการอัดจะถูกเก็บสะสมอยู่ในสารทำความเย็น

2.1.5.3 (3 => 4) ไอร้อนยวดยิ่งของสารทำความเย็นจะถูกส่งต่อจากทางออกของคอมเพรสเซอร์ไปสู่คอนเดนเซอร์ ในช่วงแรกของกระบวนการระบายความร้อน (3 => 3a) เป็นการลดสภาพไอร้อนยวดยิ่งจากนั้นในช่วงถัดไป (3a => 3b) จะเป็นการเปลี่ยนสถานะจากไอไปเป็นของเหลวของเหลว การระบายความร้อนในกระบวนการนี้ มักจะใช้น้ำหรืออากาศ การลดลงของอุณหภูมิต่อจากนี้ (3b => 4) จะเกิดขึ้นในท่อ และถังพักสารทำความเย็นเหลวทำให้สารทำความเย็นมีสภาพเป็นของเหลว เย็นยิ่งในขณะที่เข้าสู่อุปกรณ์ขยายตัว

2.1.5.4 (4 => 1) ของเหลวเย็นยิ่งความดันสูงจะไหลผ่านอุปกรณ์ขยายตัวซึ่งทำหน้าที่ทั้งลดความดันและควบคุมการไหลของสารทำความเย็นเข้าสู่อีวาพอเรเตอร์จะเห็นได้ว่า คอนเดนเซอร์จะต้องมีความสามารถ ในการระบายความร้อนรวมทั้งจากเครื่องระเหยและคอมเพรสเซอร์ กล่าวคือพลังงานในช่วง (1 => 2) + (2 => 3) จะต้องเท่ากับช่วง (3 => 4) เมื่อไม่มีการสูญเสียความร้อนหรือรับความร้อนที่อุปกรณ์ขยายตัว (Expansion value)

2.1.6 ส่วนประกอบหลักของวัฏจักรอัดไอ

2.1.6.1 อีวาพอเรเตอร์ (Evaporator) คือ อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน ซึ่งได้รับการออกแบบให้ทำการดึงความร้อนออกจากผลิตภัณฑ์ หรือพื้นที่ที่ต้องการทำความเย็น การดึง ความร้อนออกโดยตรงระหว่างผลิตภัณฑ์กับอีวาพอเรเตอร์ โดยปกติ ไม่สามารถจะกระทำได้จึงมักจะต้องมีของไหลอื่นที่เหมาะสม เช่น อากาศ หรือสาร ทำความเย็นทุติยภูมิเป็นตัวกลางถ่ายเทความร้อน ตัวอย่างเช่น ในห้องเย็น หรือชั้นโชว์อาหารในซูเปอร์มาเก็ตนั้น อากาศถูกทำให้เย็นลงที่อีวาพอเรเตอร์แล้ว ถูกจ่ายให้หมุนเวียนไปรอบ ๆ ผลิตภัณฑ์ ความจุของอีวาพอเรเตอร์ จะสัมพันธ์กับผลต่างอุณหภูมิระหว่างสิ่งที่กำลังถูกทำให้เย็นลงกับสารทำความเย็น อัตราการถ่ายเทความร้อนระหว่างสารทำความเย็นกับตัวกลางที่ถูกทำให้เย็นลงปริมาณสารทำความเย็นที่ไหลผ่านอีวาพอเรเตอร์ และปัจจัยเหล่านี้จะถูกควบคุมโดยวัสดุที่ใช้ในการผลิตอีวาพอเรเตอร์ และขนาดทาง กายภาพของมัน อีวาพอเรเตอร์ยิ่งมี

ขนาดใหญ่ ก็จะยิ่งมีความสามารถทำความเย็นสูง และมีประสิทธิภาพของระบบสูง อย่างไรก็ตาม ขนาดจะมีผลต่อราคาด้วย

2.1.6.2 คอมเพรสเซอร์ (Compressor) มีหลายประเภทแตกต่างกัน คอมเพรสเซอร์เป็นอุปกรณ์หลักที่ใช้ไฟฟ้าที่ป้อนให้แก่ระบบทำความเย็น ดังนั้นการเลือกใช้คอมเพรสเซอร์อย่างถูกต้องจึงมีผลกระทบสูงต่อการประหยัดพลังงาน ของระบบ สิ่งที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อประสิทธิภาพของระบบทำความเย็นอยู่ที่การเลือกให้ถูกต้องเหมาะสมกับภาระการทำความเย็น และในกรณีที่ภาระการทำความเย็นมีการแปรเปลี่ยนค่อนข้างมาก ความจุของคอมเพรสเซอร์จะต้องสามารถปรับเปลี่ยนให้สอดคล้องกับการแปรเปลี่ยนดังกล่าวให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้พึงสังเกตว่าการเปลี่ยนแปลงนี้มีผลกระทบอย่างมากต่อความเชื่อถือของระบบ โดยรวมด้วย

2.1.6.3 คอนเดนเซอร์ (Condenser) คอนเดนเซอร์ก็คืออุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนชนิดหนึ่ง ซึ่งมักจะมีโครงสร้างคล้ายกับอีวาพอเรเตอร์ การระบายความร้อนจากสารทำความเย็นจะใช้อากาศ หรือน้ำก็ได้

ปัจจัยที่ควรพิจารณาในการเลือกคอนเดนเซอร์จะคล้ายกับการเลือก อีวาพอเรเตอร์คอนเดนเซอร์ที่มีขนาดใหญ่จะสามารถลดความดันควบแน่น ให้ต่ำลงได้ ซึ่งจะช่วยให้ประสิทธิภาพของระบบดีขึ้น อย่างไรก็ตามราคาของคอนเดนเซอร์จะสูงขึ้นเป็นสัดส่วนกับขนาดของมัน

ในการเลือกคอนเดนเซอร์จะต้องไม่ลืมว่าระบบท่อและการระบายความร้อนโดยอุปกรณ์เก็บคืนความร้อนจะมีการสูญเสียความร้อนอยู่บ้างเล็กน้อย แต่มี คอนเดนเซอร์เป็นอุปกรณ์หลักที่ทำหน้าที่ระบายความร้อนออกจากระบบทำความเย็น ซึ่งเป็นความร้อนที่มาจากอีวาพอเรเตอร์ คอมเพรสเซอร์ และภาระเสริมต่าง ๆ เช่น แสงสว่าง ปั๊ม พัดลม เป็นต้น

2.1.6.4 อุปกรณ์ขยายตัว (Expansion Device) หน้าที่ของอุปกรณ์ขยายตัว คือ ลดความดันของสารทำความเย็นยิ่งไปเป็นความดันของอีวาพอเรเตอร์ควบคุมการไหลของสารทำความเย็น เพื่อรักษาระดับสารทำความเย็นใน เครื่องระเหยให้เพียงพอ เพื่อให้สามารถทำความเย็นได้สูงสุด โดยให้มีเฉพาะไอร้อน ยวดยิ่งเท่านั้นที่เข้าสู่คอมเพรสเซอร์ชนิดของอุปกรณ์ขยายตัวที่ใช้ขึ้นอยู่กับการออกแบบอีวาพอเรเตอร์ เช่น อาจจะเป็นวาล์วขยายตัว (Expansion value) ซึ่งควบคุมอุณหภูมิของสารทำความเย็น ที่ออกจากอีวาพอเรเตอร์หรือเป็นวาล์วลูกลอย ซึ่งทำหน้าที่รักษาระดับสารทำความเย็นให้เหมาะสมที่สุดภายในอีวาพอเรเตอร์ที่มีสารทำความเย็นท่วมขัง

2.1.6.5 สารทำความเย็น (Refrigerant) การเลือกสารทำความเย็นจะถูกกำหนดโดยความต้องการของอุณหภูมิของกระบวนการผลิตหรืออุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ ซึ่งมีผลกระทบอย่างมาก ต่อการออกแบบและการทำงานของระบบทำความเย็น และยังมีประเด็นเกี่ยวกับเรื่องสิ่งแวดล้อมมีกฎหมายเป็นสิ่งที่จะต้องคำนึงถึงเช่นกัน

2.1.6.6 ฉนวน (Insulation) การหุ้มฉนวนที่ดีของระบบท่อและอุปกรณ์ มีความสำคัญต่อการประหยัดพลังงานและความน่าเชื่อถือของระบบทำความเย็น ฉนวนมีความสำคัญเป็นพิเศษสำหรับระบบที่มีอุณหภูมิการระเหยต่ำ ดังนั้นการวางท่อทางดูดผ่านพื้นที่ที่ไม่ได้มีการทำความเย็นจะทำให้อุณหภูมิไอสารทำความเย็นที่เข้าสู่คอมเพรสเซอร์ที่ สูงขึ้นซึ่งมีผลทำให้ประสิทธิภาพของคอมเพรสเซอร์ต่ำลง ดังนั้นฉนวนที่ชำรุดเสียหายหรือการหุ้มฉนวนที่ไม่หนาพอในโครงสร้างของห้อง

2.2 ฉนวนกันความร้อน (ริจิดโฟม อินซูเลชั่น, 2553)

ฉนวนกันความร้อนโดยทั่วไปหมายถึง วัตถุหรือวัสดุที่มีความสามารถในการสกัดกั้นความร้อนไม่ให้ส่งผ่านจากด้านใดด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่งได้โดยง่าย การส่งผ่านความร้อนจากด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่งของวัสดุใดๆ หรือการถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer) ระหว่างวัตถุสามารถเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่ออุณหภูมิของวัตถุทั้งสองมีความแตกต่างกัน

2.2.1 ลักษณะการถ่ายเทความร้อน มี 3 วิธี โดยอาจเกิดขึ้นจากวิธีใดวิธีหนึ่งหรือหลาย ๆ วิธีพร้อมกันได้แก่

2.2.1.1 การนำความร้อน (Conduction) คือ ปรากฏการณ์ที่พลังงานความร้อนถ่ายเทภายในวัตถุหนึ่ง ๆ หรือระหว่างวัตถุสองชิ้นที่สัมผัสกัน โดยมีทิศทางของการเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า โดยที่ตัวกลางไม่มีการเคลื่อนที่

2.2.1.2 การพาความร้อน (Convection) คือ การถ่ายโอนความร้อนที่เกิดจากที่สารใดสารหนึ่ง ได้รับความร้อนแล้ว ความหนาแน่นของอนุภาคน้อยลงขยายตัวลอยตัวสูงขึ้น พร้อมทั้งพาความร้อนไปด้วย ขณะเดียวกันส่วนอื่นที่ยังไม่ได้รับความร้อนยังมีความหนาแน่นของอนุภาคมากกว่าจะเคลื่อนมาแทนที่เป็นแบบนี้ไปเรื่อย ๆ จนสสารนั้นได้รับความร้อนทั่วกันจึงเรียกว่า "การพาความร้อน"

2.2.1.3 การแผ่รังสีความร้อน (Radiation) คือ การถ่ายโอนความร้อนที่เกิดจากแหล่งความร้อนหนึ่งไปยังสารที่มีอุณภูมิต่ำกว่า โดยไม่ต้องอาศัยตัวกลาง เรียกว่า การแผ่รังสีความร้อน

2.2.2 ประเภทของฉนวนกันความร้อน

2.2.2.1 ฉนวนกันความร้อนโพลี่ยูรีเทนโฟม (Polyurethane foam) เป็นฉนวนกันความร้อน/เก็บความเย็นได้ดี

2.2.2.2 ฉนวนกันความร้อนหรือฉนวนสะท้อนความร้อนเซรามิคโค้ตติ้ง เป็นสีเซรามิคลักษณะของเหลวใช้ทา หรือพ่นบนหลังคา ผนังอาคารช่วยสะท้อนความร้อนได้ดี

2.2.2.3 ฉนวนกันความร้อนใยแก้ว (Fiber Glass) ทำมาจากแก้ว หรือเศษแก้วนำมาหลอม และปั่นเป็นเส้นใยละเอียด

2.2.2.4 ฉนวนกันความร้อนเวอร์มิคูไลน์ (Vermiculite)

2.2.2.5 ฉนวนกันความร้อนฟอยล์ (Foil)

2.2.2.6 ฉนวนกันความร้อนแคลเซี่ยมซิลิเกต (Calcium Silicate)

2.2.2.7 ฉนวนกันความร้อนใยเซลลูโลส (Cellulose)

2.2.2.8 ฉนวนกันความร้อนใยแร่ (Minerral Fiber)

2.2.2.9 ฉนวนกันความร้อนโฟมชนิดยืดหยุ่น (Elastomeric Foam)

2.2.2.10 ฉนวนกันความร้อนโฟมโพลีสไตรีน (Polystyrene Foam)

2.2.3 การเลือกใช้ฉนวนกันความร้อนในแต่ละประเภท

ในการเลือกใช้ ฉนวนกันความร้อนให้ถูกต้องจำเป็นต้องเข้าใจถึงกลไกที่เกิดขึ้นภายในฉนวนกันความร้อน ประเภทต่าง ๆ ก่อน ฉนวนกันความร้อนโดยทั่วไปแล้ว เป็นวัสดุที่ประกอบด้วยช่องโพรงขนาดเล็ก ๆ (Close cell) และช่องอากาศภายในวัสดุที่มีลักษณะเป็นแบบปิดทึบ (Totally Enclosed) เรียกว่า ฉนวนมวลสาร (Mass Insulation) นั่นเอง ช่องเล็ก ๆ เหล่านี้อาจเกิดขึ้นจากเกล็ด (Flakes) เส้นใย (Fibers) ปมแข็ง (Nodules of Solids) หรือเซลล์ของตัววัสดุนั้นเอง ยกเว้นฉนวนสะท้อนความร้อน (Reflective Insulation) ดังนั้นการเลือกใช้ฉนวนกันความร้อนแบบใดนั้นต้องปรึกษาผู้รู้หรือกูรูมืออาชีพในงานที่เกี่ยวข้องกับฉนวนกันความร้อนก่อน เพื่อวิเคราะห์ถึงภาพโดยรวม ซึ่งจะทำให้การออกแบบฉนวนกันความร้อนเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและถูกต้องตามหลักวิชาการ ประการสำคัญผลประโยชน์ต่าง ๆ ที่ได้รับจะตกอยู่กับเจ้าของอาคารสถานที่หรือโรงงานที่ติดตั้งฉนวนกันความร้อนโดยตรง คุ้มค่ากับการลงทุนติดตั้ง ได้รับประโยชน์เต็มเม็ดเต็มหน่วยตามที่ต้องการ ในการเลือกใช้ฉนวนความร้อนหรือฉนวนกันความร้อนมีหลักพึงพิจารณาดังนี้

2.2.3.1 ช่วงอุณหภูมิใช้งานที่ฉนวนใช้ได้โดยไม่เสียหายหรือเสื่อมคุณภาพ

2.2.3.2 ค่าการนำความร้อน (Thermal Conductivity) ค่าที่ต่ำกว่าจะลดการสูญเสียพลังงานได้ดีกว่า

2.2.3.3 กำลังการอัดบีบ (Compressive Strength) ควรเลือกที่ฉนวนไม่เสียรูปทรงมาก โดยเทียบจากปริมาณการเสียรูปทรงของฉนวนต่างๆที่ค่าเดียวกันว่ารับกำลังการอัดบีบได้เท่าไร

2.2.3.4 ความทนต่อการติดไฟ

2.2.3.5 โครงสร้างเซลล์ซึ่งจะเป็นสิ่งกำหนดว่าฉนวนจะดูดซับความชื้นยากง่ายเพียงไร

2.2.3.6 รูปแบบของฉนวน กล่าวคือ ความหนาและรูปทรง ซึ่งจะเป็นสิ่งกำหนดว่าฉนวนมีความเหมาะสมกับการนำมาใช้เพียงไร

2.2.4 ประเภทของฉนวนกันความร้อนที่ใช้ในปัจจุบัน

การจำแนกประเภทของฉนวนกันความร้อนหรือฉนวนป้องกันความร้อนมีหลายวิธีแล้วแต่จะยึดถือสมบัติด้านใดของวัสดุมาจำแนก

2.2.4.1 การจำแนกฉนวนกันความร้อนตามโครงสร้าง และหลักการทำงาน สามารถแบ่งออกเป็น 6 ประเภท ดังนี้

1) ฉนวนป้องกันความร้อนชั้นอากาศ (Air) เป็นฉนวนที่ประกอบเป็นพื้นผิวเดียวหรือพื้นผิวหลายชั้นซึ่งมีอากาศอยู่ระหว่างชั้นของพื้นผิว ความต้านทานความร้อนจะเกิดจากชั้นของอากาศในลักษณะนำ ความร้อนหรือพาความร้อนคร่อมระหว่างชั้นอากาศ

2) ฉนวนป้องกันความร้อนแบบเซลล์ (Cellular material) เป็นฉนวนที่มีส่วนประกอบมีลักษณะเป็นเซลล์เล็กๆ ที่ผลึกติดกับเซลล์อื่น ๆ ฉนวนแบบเซลล์ล์ผลิตขึ้นจากแก้ว พลาสติก และยาง ตัวอย่างของฉนวนชนิดนี้ เช่น เซลลูลาร์กลาส (Cellular glass) ยางอิลาสโตเมอร์ (Elastomer) แบบขยายตัว โฟมโพลิสไตรีน โฟมโพลิไอโซไซยานูเรต โฟมโพลิยูรีเทน โฟมโพลิเอทิลีน และโฟมยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์

3) ฉนวนป้องกันความร้อนแบบเส้นใย (Fibrous material) เป็นฉนวนที่มีส่วนประกอบที่เป็นเส้นใยที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเล็ก ๆ จำนวนมาก เส้นใยเหล่านี้อาจนำ มาจากวัสดุอินทรีย์ เช่น เส้นผม ใยพืชต่างๆ หรืออาจทำ จากวัสดุสังเคราะห์ เช่น ใยแก้ว ใยหิน ใยขี้โลหะ ใยอลูมินาซิลิกา แอสเบสทอส (Asbestos) ใยคาร์บอน

4) ฉนวนป้องกันความร้อนแบบเกล็ด (Flake material) เป็นฉนวนที่มีส่วนประกอบที่เป็นอนุภาคขนาดเล็ก อนุภาคหรือเกล็ดเหล่านี้อาจถูกเทเข้าไปในช่องอากาศ หรือทำ ให้เกาะตัวเข้าด้วยกัน เพื่อทำเป็นรูปทรงฉนวนที่แข็ง สามารถใช้งานเป็นฉนวนท่อ หรือใช้งานด้านอื่น ๆ ในลักษณะเป็นบล็อกหรือแผ่นอัด ฉนวนแบบเกล็ดที่รู้จักกันทั่วไปคือ เพอร์ไลต์และเวอร์มิคูไลต์

5) ฉนวนป้องกันความร้อนแบบกรานูลาร์ (Granular material) เป็นฉนวนที่มีส่วนประกอบที่เป็นอนุภาคขนาดเล็ก ซึ่งเป็นโพรงหรือกลวง ซึ่งช่องกลวงเหล่านี้สามารถถ่ายเทอากาศระหว่างกันและกันได้ จึงทำ ให้แตกต่างจากฉนวนแบบเซลล์ วัสดุที่ใช้ทำ ฉนวนชนิดนี้ เช่น แมกนีเซียม แคลเซียมซิลิเคต ดินไดอะตอเมเชียส (Diatomaceous earth) ไม้คอร์ก (Vegetable cork) วัสดุ 3 ชนิดแรก ส่วนใหญ่จะใช้ฉนวนในระบบท่อทางด้านอุตสาหกรรม ส่วนไม้คอร์กจะใช้งานกับการทำ ความเย็นที่อุณหภูมิต่ำ

6) ฉนวนป้องกันความร้อนแผ่นบางผิวสะท้อนรังสี (Reflective foils) ฉนวนที่ประกอบด้วยแผ่นบางขนานที่มีสภาพการสะท้อนรังสีความร้อนสูง หรือสภาพการแผ่รังสีต่ำ โดยแผ่นบางเหล่านี้ช่วยสะท้อนรังสีความร้อนกลับ เนื่องจากผลของการนำ ความร้อนและการพาความร้อนลดลง การประยุกต์ใช้ฉนวนแผ่นบางส่วนใหญ่จะใช้เป็นระบบมากกว่าใช้วัสดุความร้อนลดลง การประยุกต์ใช้ฉนวนแผ่นบางส่วนใหญ่จะใช้เป็นระบบมากกว่าใช้วัสดุชนิดเดียว โดยใช้งานกับวัตถุที่อุณหภูมิสูงเมื่อการถ่ายเทความร้อนชนิดแผ่รังสีความร้อน มีปริมาณมากกว่าการถ่ายเทความร้อน

อีก 2 แบบคือ การนำ และการพา 2 ประเภท หรืออาจมากกว่า 2 ประเภท เพื่อให้ได้สมบัติที่ต้องการ เช่น นำวัสดุประเภทเส้นใยมารวมกับวัสดุประเภทกรานูลาร์จะช่วยเพิ่มความทนของแรงดึงของผลผลิตที่ได้

2.2.4.2 จำแนกฉนวนป้องกันความร้อนตามสารเคมีของวัสดุ

1) ประเภทสารอินทรีย์ ได้แก่ ไม้คอร์ก (Cork board)

2) ประเภทสารอนินทรีย์ ได้แก่ ใยแก้ว (Glass wool) ใยหิน (Rock wool) แคลเซียมซิลิเคต

3) ประเภทโลหะ ได้แก่ อะลูมิเนียมฟอยล์ (Aluminium foil)

2.2.4.3 จำแนกฉนวนป้องกันความร้อนตามหลักฟิสิกส์

1) ประเภทเซลล์ปิด (Closed cell) เช่น ฉนวนยางต่างๆ

2) ประเภทเซลล์เปิด (Open cell) เช่น ใยแก้ว ใยหิน เซรามิก

3) ประเภทสะท้อนแสง(Reflective) เช่น ฟิล์มกรองแสงต่างๆ และอะลูมิเนียมฟอยล์

2.2.4.4 จำแนกฉนวนป้องกันความร้อนตามอุณหภูมิของงานที่จะใช้

1) อุณหภูมิต่ำมาก (Cryogenic range) คือฉนวนที่ใช้งานระหว่างอุณหภูมิ -230˚C ถึง -65˚C

2) อุณหภูมิต่ำ (Low temperature range) คือฉนวนที่ใช้งานระหว่างอุณหภูมิ -65˚C ถึง 100˚C

3) อุณหภูมิปานกลาง (Medium temperature range) คือฉนวนที่ใช้งานระหว่าง 100˚C ถึง 550˚C

4) อุณหภูมิสูง (High temperature range) คือฉนวนที่ใช้งานระหว่างอุณหภูมิ 550˚C ถึง 1,400˚C

5) (R) สภาพการนำ ความร้อน (k) ความหนาแน่นของฉนวนกันความร้อน (ρ) ตาม (American Soceity for Testing and Materials: ASTM) ที่ใช้ในการทดสอบฉนวนแต่ละชนิด รวมทั้งค่าใช้จ่ายเปรียบเทียบในการประยุกต์ใช้งาน

2.2.5 ฉนวนกันความร้อนโพลียูรีเทนโฟม (Polyurethane Foam: P.U.Foam)

โพลียูรีเทนโฟมถือเป็นฉนวนอีกประเภทหนึ่งมีลักษณะเป็นเป็นพลาสติกเหลวชนิดทอร์โมเซ็ตติ้ง (Thermosetting) ที่นิยมนำมาใช้อุตสาหกรรมประเภทต่าง ๆ มากมายและแพร่หลายรวมทั้งงานประดิษฐ์ เช่น ทำเลียนแบบไม้เทียม หรือทำกันชนรถยนต์ ส่วนประกอบภายในรถ เช่น พวงมาลัยและแผงคอนโซล การทำขาเทียม และการสร้างความแข็งแรงให้กับชิ้นงานหรือแม่พิมพ์

(เม็ดโฟมมีขนาดใหญ่กว่า) ตลอดจนการนำมาฉีดเพื่อเป็นฉนวนกันความร้อนฉนวนเก็บความเย็นของห้องเย็น มีลักษณะเป็นของเหลว 2 ชนิด

2.2.5.1 ชนิดที่ 1 มีสีเหลืองคล้ายโพลีเอสเทอร์เรซิ่น เรียกว่า โฟมขาว หรือ โพลิออล (Polyol)

2.2.5.2 ชนิดที่ 2 มีสีน้ำตาลไหม้เกือบดำ เรียกว่า โฟมดำ หรือ ไดไอโซไซยาเนต (Diisocyanate)

2.2.6 การแบ่งกลุ่มโพลียูรีเทนโฟม (Polyurethane Foam) เป็นกลุ่มโพลีเมอร์ที่ใช้กันแพร่หลายเนื่องจาก เป็นวัสดุยืดหยุ่น อ่อนนุ่มจนถึงวัสดุที่มีความแข็งแรง และมีน้ำหนักเบา สามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มด้วยกัน ดังนี้

2.2.6.1 โพลียูรีเทน โฟมชนิดยืดหยุ่น (Flexible polyurethane foam)

2.2.6.2 โพลียูรีเทน โฟมชนิดแข็ง (Rigid polyurethane foam)

2.2.6.3 อิลาสโตเมอร์ (Polyurethane elastomers)

2.2.7 การนำฉนวนกันความร้อนโพลียูรีเทนโฟมไปใช้งานเป็นฉนวนป้องกันความร้อน

ในบรรดาฉนวนกันความร้อนทั้งหลาย ซึ่งมีให้เลือกหลากหลายชนิด ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมและการนำไปใช้งานในแต่ละงานฉนวนกันความร้อนโพลียูรีเทนโฟม เป็นฉนวนกันความร้อนอีกประเภทหนึ่ง ที่ทั่วโลกนิยมนำมาเป็นฉนวนกันความร้อนภายในอาคาร สถานที่ต่างๆ เนื่องจากคุณสมบัติเด่นๆในด้านการป้องกันความร้อนได้ดี ทนทานในการติดตั้งฉนวนกันความร้อนหรือฉนวนป้องกันความร้อนโพลียูรีเทนโฟม สามารถติดตั้งได้หลายตำแหน่ง ชนิดของฉนวนกันความร้อนและลักษณะการติดตั้งอาจจะแตกต่างกันออกไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ในการใช้งานและปริมาณความร้อนที่แต่ละส่วนได้รับซึ่งไม่เท่ากัน เช่น การติดตั้งฉนวนกันความร้อน ในส่วนของหลังคา ซึ่งเป็นส่วนที่ได้รับปริมาณความร้อนจากแสงอาทิตย์ตลอดช่วงเวลากลางวัน ต้องใช้ฉนวนกันความร้อน ที่มีค่าความต้านทานการกันความร้อนสูงกว่า ในส่วนของผนังอาคาร ซึ่งได้รับปริมาณความร้อนน้อยกว่า เป็นต้น

2.3 ผลิตภาพ (Productivity) (รัชต์วรรณ กาญจนปัญญาคม, 2552)

ผลิตภาพ หรืออัตราผลผลิต (Productivity) นี้มักจะได้ยินกันในชื่อเรียกว่า “การเพิ่มผลผลิต” เป็นกุญแจสำคัญไปสู่การพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศ ในเชิงเศรฐศาสตร์ผลิตภาพเป็นดัชนีชี้วัดถึงความมีประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตในรูปแบบของผลผลิตที่ได้ต่อการใช้ทรัพยากรต่าง ๆ ขององค์กร และยังเป็นหัวใจหลักในการวัดมูลค่าเพิ่มของกระบวนการผลิต แม้คำว่าผลิตภาพหรืออัตราผลผลิตจะมีใช้มานานแล้วก็ตาม แต่ก็มีผู้ใช้คำอื่น ๆ ที่มีความหมายคล้ายคลึงกันอีกหลายคำ เช่น ประสิทธิภาพการผลิต หรือการเพิ่มผลผลิต เป็นต้น ซึ่งต่างก็มีความหมายเดียวกันคือ หมายถึง

ความสามารถหรือประสิทธิภาพในการเปลี่ยนปัจจัยหรือทรัพยากรต่าง ๆ ที่ใช้ในการผลิตให้เป็นผลิตภัณฑ์หรือบริการที่มีมูลค่าเพิ่มขึ้น

สถาบันเพิ่มผลผลิตแห่งชาติ ซึ่งเป็นองค์กรอิสระสังกัดกระทรวงอุตสาหกรรม ทำหน้าที่หลักในการส่งเสริมสนับสนุนการเพิ่มผลผลิตของประเทศไทย ได้ให้คำอธิบายความหมายของการเพิ่มผลผลิต หมายถึง การใช้ประโยชน์จากทรัพยากรที่มีอยู่อย่างคุ้มค่า อันนำไปสู่การพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development) หรือการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง (Continuous Improvement) ด้วยจิตสำนึกเป็นแรงผลักดัน และใช้เทคนิคและเครื่องมือในการเพิ่มผลผลิต / ผลิตภาพ (Productivity Techniques and tools) เป็นตัวช่วยให้ประสบความสำเร็จ

เนื่องจากผลิตภาพคือดัชนีวัดประสิทธิภาพของการใช้ทรัพยากร ดังนั้นจึงอาจแสดงในรูปของสมการ ดังนี้

$$\text{ผลิตภาพ} = \frac{\text{ผลิตภัณฑ์หรือผลผลิตที่ได้}}{\text{ทรัพยากรที่ใช้ในการผลิต}} \qquad (2.1)$$

หรือ หากใช้อักษรย่ออาจเขียนได้ดังนี้

$$P = \frac{O}{I} \qquad (2.2)$$

โดย P = Productivity (ผลิตภาพ)

O = Output (ผลิตภัณฑ์หรือผลผลิตที่ได้)

I = Input (ทรัพยากรที่ใช้ในการผลิต)

การเพิ่มผลิตภาพ คือการทำให้อัตราส่วนระหว่างผลผลิตที่ได้จากการผลิตกับทรัพยากรที่ใช้ในการผลิตให้สูงขึ้น ซึ่งเป็นเป้าหมายสำคัญอันหนึ่งในการพัฒนาระบบเศรษฐกิจ จึงมีการใช้คำว่า “การเพิ่มผลผลิต” แทนคำว่าผลิตภาพ

การผลิต ที่กล่าวถึงในความหมายของการเพิ่มผลผลิตนี้มิได้หมายถึงเฉพาะการผลิตในภาคของอุตสาหกรรมเท่านั้น แต่ยังรวมถึงการผลิตสินค้าและผลผลิตใดๆ ที่เกิดในระบบเศรษฐกิจทั้งหมด ซึ่งได้แก่ การผลิตในภาคเกษตรกรรม อุตสาหกรรม การบริการต่าง ๆ การธนาคาร การศึกษา การบริการทางการแพทย์และโรงพยาบาล การขนส่ง ตลอดจนการให้บริการสาธารณะต่าง ๆ ซึ่งในทางเศรษฐศาสตร์แล้วถือว่าเป็นกลไกของการสร้างความเติบโตทางเศรษฐกิจทั้งสิ้น หรืออาจกล่าวอีกนัย

หนึ่งได้ว่า “การผลิต” ก็คือ “การทำงาน” ดังนั้น “การเพิ่มผลผลิต” ก็คือ “การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต” หรือ “ประสิทธิภาพในการทำงาน” นั่นเอง

2.3.1 ความสำคัญของการเพิ่มผลิตภาพ

การศึกษาของผู้เชี่ยวชาญในด้านการเพิ่มผลิตภาพพบว่า การเพิ่มผลิตภาพมีความสำคัญต่อการพัฒนาในระดับอุตสาหกรรมและในระดับประเทศหลายประการด้วยกัน ดังนี้

2.3.1.1 ดัชนีการเพิ่มผลิตภาพ มีผลโดยตรงต่อการเพิ่มขึ้นของผลิตภัณฑ์มวลรวมของประเทศ (Gross National Product) ซึ่งเป็นดัชนีที่ชี้ถึงฐานะทางเศรษฐกิจที่ดีขึ้นของประเทศนั้น ๆ ประเทศที่มีอัตราการเพิ่มผลิตภาพสูงมักจะมีระดับมาตรฐานการครองชีพของประชาชนสูงกว่าประเทศที่มีระดับและอัตราการเพิ่มผลิตภาพต่ำกว่า

2.3.1.2 ประเทศที่มีอัตราการเพิ่มผลิตภาพสูงจะมีสถานภาพทางด้านเศรษฐกิจที่ดีกว่าและอัตราเงินเฟ้อต่ำกว่าประเทศที่มีอัตราการเพิ่มผลิตภาพต่ำ เนื่องจากสามารถผลิตสินค้าที่มีมูลค่าสูงและเป็นที่ต้องการของตลาด

2.2.1.3 ประเทศที่มีอัตราการเพิ่มผลิตภาพสูงมักจะมีความสามารถในด้านการแข่งขันที่สูงกว่าในตลาดโลก

จึงเป็นเรื่องที่เห็นได้ชัดว่าการเพิ่มผลิตภาพช่วยยกระดับมาตรฐานการครองชีพของประชาชาติให้สูงขึ้น มีความเป็นอยู่ที่ดีขึ้น มีปัจจัย และบริการต่าง ๆ ที่จำเป็นต่อการครองชีพ ได้แก่ อาหาร เสื้อผ้าเครื่องนุ่งห่ม บ้านเรือนที่อยู่อาศัย สิ่งของเครื่องใช้และเครื่องอุปโภคต่าง ๆ ยารักษาโรคและบริการทางการแพทย์ ความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สิน การคมนาคมและการขนส่ง ตลอดจนบริการทางสังคมอื่นๆ ที่จำเป็น ที่สะดวกรวดเร็วและทำให้เกิดคุณภาพชีวิตโดยรวมของคนในสังคมนั้นดีขึ้นนั่นเอง

2.3.2 การวัดผลิตภาพ

การวัดผลิตภาพสามารถการทำได้หลายระดับ ตั้งแต่ระดับประเทศ ระดับอุตสาหกรรมลงไปจนถึงระดับหน่วยงาน ดังนั้นการวัดผลิตภาพจึงมีอยู่หลายระดับ ดังนี้

2.3.2.1 ผลิตภาพระดับประเทศ มักจะวัดในรูปของผลผลิตมวลรวมของประเทศ หรือรายได้ประชาชาติ

2.3.2.2 ผลิตภาพระดับอุตสาหกรรม มักจะวัดเป็นมูลค่าเพิ่มต่อหน่วยในการผลิต หรือผลิตภาพเชิงรวม

2.3.2.3 ผลิตภาพระดับองค์การ วัดเป็นผลิตภาพมูลค่าเพิ่มต่อแรงงาน กำไรต่อหน่วยลงทุน หรืออัตราการใช้วัตถุดิบต่อหน่วยการผลิต ผลิตภาพการใช้พลังงาน

2.3.2.4 ผลิตภาพระดับหน่วยงาน มักจะวัดเป็นผลิตภาพปัจจัยการผลิต เช่น ผลิตภาพแรงงาน ผลิตภาพเครื่องจักร ผลิตภาพการใช้วัตถุดิบเป็นต้น

2.3.3 แนวทางในการเพิ่มผลิตภาพ

หากพิจารณาจากสมการของการคำนวณผลิตภาพแล้ว อาจกล่าวได้ว่าการปรับปรุงผลิตภาพ คือการเพิ่มอัตราส่วนระหว่างผลิตภัณฑ์และ / หรือบริการที่ได้ต่อทรัพยากรที่ใช้ ซึ่งอาจเกิดขึ้นได้จากทางใดทางหนึ่งใน 5 แนวทางดังนี้

2.3.3.1 เพิ่มผลผลิตโดยใช้ทรัพยากรให้น้อยลง

2.3.3.2 เพิ่มผลผลิตโดยพยายามใช้ทรัพยากรเท่าเดิม

2.3.3.3 เพิ่มผลผลิตโดยใช้ทรัพยากรเพิ่มขึ้น แต่ในสัดส่วนที่น้อยกว่าเดิม

2.3.3.4 คงปริมาณผลผลิตเดิม แต่ใช้ทรัพยากรให้น้อยลง

2.3.3.5 ลดปริมาณผลผลิตโดยใช้ทรัพยากรในสัดส่วนที่น้อยกว่าเดิม

เพื่อให้เข้าใจหลักการข้างต้นชัดเจนยิ่งขึ้น จะใช้สัญลักษณ์แสดงการเพิ่มของผลิตภาพตามแนวทางทั้งห้าดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แนวทางในการเพิ่มผลิตภาพ

แนวทางที่	ผลิตภัณฑ์และ / หรือบริการ	Output	ทรัพยากร	Input
1	เพิ่ม	↑	ลด	↓
2	เพิ่ม	↑	คงที่	↔
3	เพิ่มมากกว่า	↑↑	เพิ่มน้อยกว่า	↑
4	คงที่	↔	ลด	↓
5	ลดน้อยกว่า	↓	ลดมากกว่า	↓↓

ที่มา: รัชต์วรรณ กาญจนปัญญาคม (2552: 9)

วิธีที่ 1 ถึง วิธีที่ 3 นั้นเหมาะสำหรับธุรกิจที่กำลังอยู่ในระดับการเติบโตและมีความต้องการของสินค้าในตลาด แต่หากธุรกิจอยู่ในระดับการทรงตัวหรือถดถอย ก็สามารถดำรงผลิตภาพให้สูงโดยใช้แนวคิดในวิธีที่ 4 และวิธีที่ 5 ได้

2.4 ปัญหาทั่วไปในอุตสาหกรรม

การทำงานในอุตสาหกรรมนั้นมีสาเหตุมากมายที่ก่อให้เกิดความสูญเปล่า ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพการผลิตตกต่ำ และไม่บรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้ เกิดจากสาเหตุต่าง ๆ สามารถสรุปได้ ดังนี้

2.4.1 เกิดของเสียในกระบวนการผลิต การเกิดของเสียในการผลิตนั้นไม่ว่าจะเกิดจากสาเหตุใด ย่อมจะส่งผลกระทบต่อความสูญเสียต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นตั้งแต่การสิ้นเปลืองวัตถุดิบ พลังงาน ค่าเสื่อมของเครื่องจักร ต้นทุนค่าแรงที่เพิ่มขึ้นจากการแก้ไขงานเสีย หรือจากการทำงานล่วงเวลาเพื่อเพิ่มผลผลิต ชดเชยผลิตภัณฑ์ที่เสียไป และความพยายามทั้งหลายที่ต้องใช้ไปในกระบวนการผลิต เป็นการสูญเสียของทรัพยากร และเกิดความสิ้นเปลืองอย่างน่าเสียดายเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้นกว่าที่ควรเป็น

2.4.2 เครื่องจักรขัดข้องหรือชำรุดเสียหายบ่อย ๆ เป็นผลให้ต้องมีการหยุดชะงักของการผลิต และทำให้เกิดของเสีย มักจะเกิดขึ้นกับโรงงานที่ใช้เครื่องจักรกลางเก่ากลางใหม่ และโรงงานที่เครื่องจักรมีอายุการใช้งานมายาวนาน ขาดการบำรุงรักษาที่ดีพอ หรือการใช้เครื่องมือเครื่องจักร โดยขาดความระมัดระวังหรือผิดวิธี ทำให้การผลิตไม่ต่อเนื่อง มีการสะดุดหยุดผลิตบ่อย ๆ มีของเสียในการผลิต ผลผลิตไม่ได้ตามเป้าหมาย บางครั้งทำให้สิ้นเปลืองโสหุ้ยและค่าใช้จ่ายทางอ้อมอื่น ๆ อีก และเป็นผลลัพธ์ให้เกิดต้นทุนสูงขึ้น

2.4.3 เกิดอุบัติเหตุขึ้นเนือง ๆ อุบัติเหตุที่เกิดขึ้นกับโรงงานอุตสาหกรรมมักจะก่อให้เกิดความเสียหายกับทรัพย์สินของโรงงาน ทำให้ต้องหยุดการผลิต คนงานอาจบาดเจ็บพิการ หรือเสียชีวิตตามความรุนแรงของแต่ละกรณี นอกจากนี้ยังมีผลกระทบถึงขวัญกำลังใจในการทำงานของพนักงานคนอื่น ๆ ในโรงงานนั้นด้วย ความสูญเสียทั้งที่ประเมินค่าได้ และประเมินค่ามิได้นี้ย่อมมีผลทำให้ผลผลิตตกต่ำลง

2.4.4 มีการรอคอย ชะงักงันในกระบวนการผลิต หรือเปลี่ยนแปลงการผลิตอยู่เสมอ ๆ การผลิตที่ไม่ราบรื่น มีการรอคอยเพราะชิ้นส่วนและวัสดุจัดส่งไม่ต่อเนื่อง อุปกรณ์เครื่องจักรไม่พร้อมต่อการผลิต ทำให้ประสิทธิภาพการผลิตลดลง การเปลี่ยนแปลงการผลิตบ่อย ๆ อาจเกิดจากการวางแผนการผลิตที่ดี หรือมีการแทรกของคำสั่งเร่งด่วนต่าง ๆ ที่มักส่งผลต่อการปรับสายการผลิต และเป็นเหตุทำให้ผลผลิตตกต่ำ

2.4.5 ขาดระเบียบ และระบบงานที่ดี เช่นคำสั่งงานไม่ชัดเจน ขั้นตอนการทำงานที่ไม่เป็นมาตรฐาน ทำให้มีการทำงานซ้ำซ้อน ผู้ปฏิบัติงานต้องเรียนรู้ขั้นตอนการทำงานใหม่อยู่ตลอดเวลา และต้องใช้ความพยายามในการทำงานให้สำเร็จลุล่วงมากเกินกว่าที่จำเป็น

2.4.6 สัมพันธภาพในหน่วยงานไม่ดี เกิดการเกี่ยงกันในความรับผิดชอบ หรือการโยนกลองกัน ทำให้ขาดน้ำใจของการทำงานร่วมกันเป็นทีม ขาดความร่วมมือช่วยเหลือกันระหว่างพนักงานในแผนกงาน หรือระหว่างแผนกงาน

2.4.7 พนักงานขาดความตั้งใจในการทำงานหรือเฉื่อยชา การขาดความตั้งใจในการทำงานของพนักงานอาจแสดงออกได้ในหลายรูปแบบ เช่น ทำงานไม่ได้มาตรฐาน มาสาย หรือขาดงานเป็นประจำ สร้างความยุ่งยากต่อการผลิตที่มีขั้นตอนต่อเนื่อง แม้จะมีการจูงใจโดยการให้รางวัลหรือ

กำหนดบทลงโทษแล้วก็ไม่ได้ผล ความไม่กระตือรือร้นของพนักงานเป็นเรื่องที่ค่อนข้างจะยุ่งยากซับซ้อน เพราะมีสาเหตุมาจากทั้งปัจจัยภายในและภายนอกองค์การ เมื่อเกิดขึ้นก็จะส่งผลทำให้ผลผลิตตกต่ำลง หรือมีของเสียซ่อนเร้นอยู่ในกระบวนการ

2.4.8 พนักงานไม่สามารถทำงานได้เต็มความสามารถ เกิดจากสภาพแวดล้อมในการทำงานไม่เหมาะสม เช่น ร้อนเกินปกติ มีเสียงดังเกินควร สถานที่ทำงานสกปรก มีฝุ่นละอองมาก การถ่ายเทอากาศไม่เพียงพอ มีสารเคมีที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพร่างกายฟุ้งกระจายอยู่ทั่วไป เป็นต้น การขาดแคลนเครื่องมือและอุปกรณ์ในการทำงานก็เป็นอุปสรรคอีกประการหนึ่งที่ทำให้พนักงานไม่สามารถทำงานได้เต็มความสามารถเช่นกัน

2.4.9 พนักงานทำงานไม่ถูกวิธีและขั้นตอนการทำงาน เกิดจากการปรับเปลี่ยนวิธีการทำงานหรือความไม่รู้ของพนักงาน หรือบางครั้งเพราะเป็นงานง่าย ๆ ที่ผู้ออกแบบกระบวนการคิดว่าไม่จำเป็นต้องมีการสอนงาน ทำให้พนักงานแต่ละคนต้องค้นหาวิธีการทำงานของตนเอง ซึ่งไม่แน่ว่าเป็นการทำงานที่ถูกวิธีและขั้นตอนหรือไม่ และอาจจะส่งผลให้ผลิตภาพตกต่ำกว่าระดับมาตรฐาน

2.4.10 ขั้นตอนวิธีการทำงานที่ขาดประสิทธิภาพ เกิดจากระบบงานที่ออกแบบไว้เดิมไม่ตอบสนองความต้องการหรือการแข่งขันได้ ไม่มีการปรับเทคโนโลยีการผลิตให้ทันสมัย หรืออาจเกิดจากกระบวนการขาดการวิเคราะห์เพื่อพัฒนาปรับปรุงให้ดีขึ้นอยู่เสมอ มีขั้นตอนและวิธีการทำงานมากเกินความจำเป็น มีกิจกรรมที่ไม่สร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่ผลิตภัณฑ์หรือบริการหลักขององค์การ

2.4.11 สาเหตุที่ทำให้ผลผลิตต่ำ

2.4.11.1 อัตราผลผลิตที่ตกต่ำในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมทั้งหลาย สามารถจำแนกเป็นกลุ่มปัญหาต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1) ขาดความชำนาญและทักษะที่จำเป็นในการทำงานนั้น ๆ
2) ไม่เข้าใจความสำคัญและผลกระทบของงานที่ตนทำ
3) ขาดการศึกษาอบรมในความรู้และขั้นตอนที่จำเป็น
4) ขาดการให้คำแนะนำที่ดี

2.4.11.2 ปัญหาจากสภาพแวดล้อมในการทำงาน ได้แก่

1) แสงสว่างในบริเวณการทำงานไม่เพียงพอ
2) อุณภูมิไม่เหมาะสม และการถ่ายเทอากาศไม่ดี
3) ความปลอดภัยในการทำงานไม่ดี
4) ความสัมพันธ์ในหมู่พนักงานไม่ดี

2.4.11.3 ปัญหาจากสาเหตุทางเทคนิคและการวางแผน ได้แก่

1) การวางแผนการผลิตที่ไม่เหมาะสม
2) การใช้เครื่องจักรไม่เหมาะสม

3) ไม่มีมาตรฐานในการผลิต

4) การออกแบบผลิตภัณฑ์ไม่ดี

5) การใช้กระบวนการผลิตที่ไม่ถูกต้อง

6) การจัดวางผังโรงงานที่ไม่ดี

7) สายการผลิตไม่สมดุล

2.4.11.4 ปัญหาจากสิ่งกระตุ้น และองค์ประกอบอื่นๆ ได้แก่

1) โครงสร้างการบริหารขององค์กร และโอกาสในการเลื่อนตำแหน่ง

2) การสั่งการและการบังคับบัญชาของหัวหน้างาน

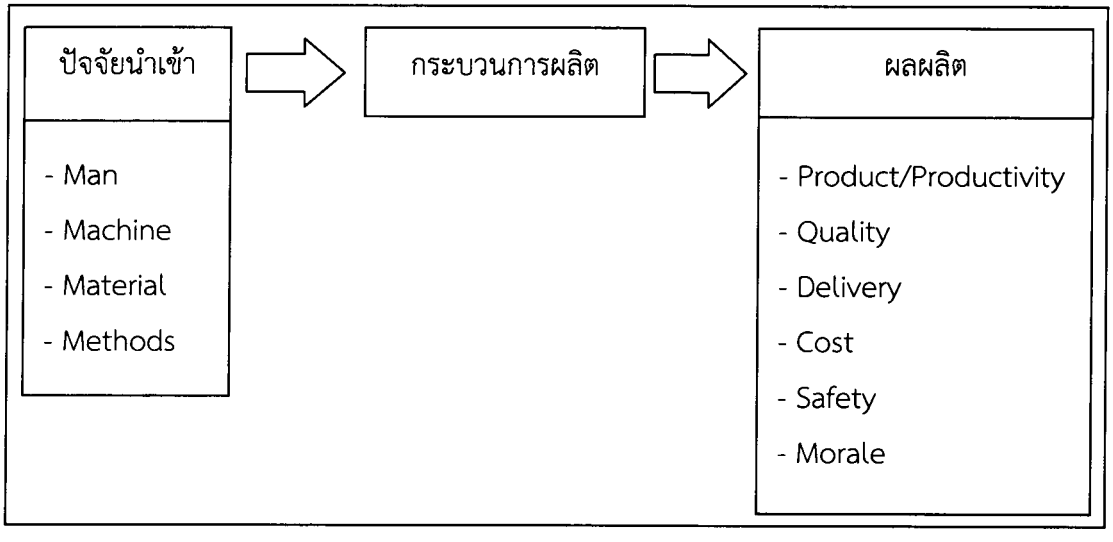
3) อิทธพลจากกลุ่มต่างๆ ในองค์การ

4) ผลตอบแทนและสวัสดิการไม่ทำให้เกิดแรงจูงใจ

5) ปัญหาจากสาเหตุส่วนบุคคล

2.4.12 ความสัมพันธ์ของการศึกษางานกับการเพิ่มผลิตภาพ

หากพิจารณากระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมแล้วจะพบว่า ระบบการผลิตคือการแปลงปัจจัยนำเข้าทั้งหลายให้กลายเป็นผลผลิตที่มีคุณค่า ส่งมอบทันเวลา ในราคาที่เหมาะสม ซึ่งความสัมพันธ์ดังกล่าวอาจแสดงเป็นแผนผังอย่างง่ายดังแสดงในภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 ปัจจัยนำเข้าและผลผลิตของกระบวนการผลิต

ที่มา: รัชต์วรรณ กาญจนปัญญาคม (2552: 15)

จากภาพดังกล่าวจะเห็นได้ว่าคนและวิธีการเป็นปัจจัยนำเข้าที่สำคัญอันหนึ่งในกระบวนการผลิต การพยายามทำให้สัดส่วนของปัจจัยนำเข้าต่อผลผลิตเพิ่มขึ้น ก็คือการปรับปรุงผลิต

ภาพนั่นเอง การศึกษางานเป็นเทคนิคของการวิเคราะห์ขั้นตอนการปฏิบัติงานอย่างถี่ถ้วนเพื่อลดงานที่ด้วยประสิทธิภาพ ออกแบบวิธีการทำงานที่เหมาะสม และกำหนดเป็นมาตรฐานในการปฏิบัติงาน ซึ่งเป็นแนวคิดในการมุ่งเน้นการเพิ่มผลิตภาพโดยตรง การศึกษางานช่วยให้อุตสาหกรรมสามารถกำหนดมาตรฐานวิธีการและมาตรฐานผลผลิต อันเป็นจุดเริ่มต้นของการบริหารจัดการกระบวนการผลิตอย่างมีประสิทธิภาพ

2.4.12.1 ตัวอย่างของการปรับปรุงงานกับการเพิ่มผลิตภาพ

ช่างตัดเสื้อคนหนึ่งสามารถตัดเย็บเสื้อได้วันละ 2 ตัว โดยใช้ผ้า 4 เมตร ต่อมาได้ปรับปรุงวิธีการทำงานใหม่จนสามารถตัดเย็บเสื้อได้เป็น 3 ตัว โดยใช้ผ้า 4.5 เมตร

ผลิตภาพด้านแรงงาน (ก่อนปรับปรุง) = 2 / 12 = 0.167 ตัว / เมตร

ผลิตภาพด้านแรงงาน (หลังปรับปรุง) = 3 / 12 = 0.25 ตัว / เมตร

ผลิตภาพด้านแรงงานเพิ่มขึ้น = 0.25 – 0.167 = 0.083 ตัว / เมตร หรือเท่ากับร้อยละ 49.7

ผลิตภาพด้านการใช้วัสดุ (ก่อนปรับปรุง) = 2/4 = 0.5 ตัว/เมตร

ผลิตภาพด้านการใช้วัสดุ (หลังปรับปรุง) = 3/4.5 = 0.67 ตัว/เมตร

ผลิตภาพด้านการใช้วัสดุเพิ่มขึ้น = 0.67 – 0.5 = 0.17 ตัว/เมตร หรือเท่ากับร้อยละ 34

จากตัวอย่างแสดงให้เห็นว่าอัตราผลผลิตของแรงงานและวัสดุเพิ่มขึ้น โดยการเพิ่มวัตถุดิบและปรับปรุงวิธีการทำงานไปพร้อม ๆ กัน

2.4.13 ประโยชน์ของการศึกษางานในการเพิ่มผลิตภาพ

การเพิ่มผลิตภาพขององค์กรที่ได้ผลในระยะยาวคือ การพัฒนากระบวนการผลิตแบบใหม่ และการติดตั้งอุปกรณ์ที่ทันสมัยกว่าในการผลิต ซึ่งสิ่งเหล่านี้ต้องอาศัยเงินทุนที่สูงและการวางแผนการพัฒนาทักษะบุคลากรให้มีความสามารถในการควบคุมดูแลเครื่องจักรเหล่านี้ควบคู่ไปด้วย การศึกษางานเป็นเครื่องมือสำคัญที่ช่วยในการเพิ่มผลิตภาพในอุตสาหกรรมด้วยการจัดระบบงานใหม่ลดเวลาไร้ประสิทธิภาพต่าง ๆ ออก โดยเสียค่าใช้จ่ายในการลงทุนเครื่องจักรและอุปกรณ์เพียงเล็กน้อย การศึกษางานหรือที่รู้จักกันในชื่อเดิมว่าการศึกษาการเคลื่อนไหวและเวลา เป็นเครื่องมือในการกำหนดมาตรฐานของงาน ซึ่งใช้ประโยชน์ในการวางแผนและการควบคุมการผลิต สามารถใช้ศึกษางานได้ทุกชนิดและทุกภาคส่วนอุตสาหกรรม ไม่ว่าจะเป็นงานประกอบชิ้นส่วนโดยพนักงาน งานที่ผลิตด้วยเครื่องจักร จนกระทั่งถึงงานบริการในโรงพยาบาลและสำนักงาน ดังนั้น การศึกษางานจึงมีประโยชน์ต่อกลุ่มบุคคลต่าง ๆ แสดงดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ประโยชน์ของการศึกษางานต่อกลุ่มต่างๆ

กลุ่มบุคคล	ประโยชน์ที่ได้
ฝ่ายจัดการ	- ลดต้นทุนการผลิต & เพิ่มผลิตภาพ
พนักงาน	- ขั้นตอนการทำงานที่สะดวก ง่าย และปลอดภัย & ค่าตอบแทนที่ยุติธรรม
ลูกค้า และผู้บริโภค	- สินค้ามีคุณภาพในราคาที่ยุติธรรม
การบริหารจัดการองค์กร	- ระบบข้อมูลของกระบวนการทำงานที่ถูกต้อง ได้มาตรฐาน เพื่อใช้ประโยชน์ในการพัฒนา และปรับปรุงองค์กรต่อไป

ที่มา: รัชต์วรรณ กาญจนปัญญาคม (2552: 18)

การนำหลักการและแนวคิดของการศึกษางานไปใช้ในการปรับปรุงงานและระบบงานต่างๆ นอกจากจะส่งผลต่อผลิตภาพของกระบวนการผลิตโดยตรงแล้ว ยังมีส่วนช่วยให้ประสิทธิภาพโดยรวมของระบบอุตสาหกรรมดีขึ้น การส่งเสริมให้เกิดการใช้ในทุกภาคส่วนของอุตสาหกรรมย่อมส่งผลต่อผลิตภาพโดยรวมของประเทศให้ดีขึ้นด้วย

2.5 กระบวนการแก้ปัญหาโดยทั่วไป (General problem solving process)

ในการศึกษางานเพื่อนำไปสู่การออกแบบวิธีการทำงาน (Work Methods Design) และพัฒนางานให้ดีขึ้น (Work Improvement) ได้นั้น ต้องอาศัยทักษะทางด้านการแก้ปัญหา (Problem Solving Skill) ซึ่งเป็นความสามารถพื้นฐานในการเข้าใจโจทย์เชิงเทคนิคและการคิดแบบเชิงวิเคราะห์มาเป็นส่วนประกอบสำคัญ กระบวนการแก้ปัญหาเมื่อฝึกฝนบ่อยๆ จะช่วยให้ผู้ปฏิบัติเกิดแนวคิดที่เป็นระบบและความคิดในเชิงตรรกะที่สมเหตุสมผลตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการแก้ปัญหาโดยทั่วไปประกอบด้วย 5 ขั้นตอนดังนี้

2.5.1 การตั้งนิยามของปัญหา (Problem Definition)

เป็นการค้นคว้าว่าปัญหานั้นเป็นปัญหาที่ควรศึกษาหรือไม่ และให้คำอธิบายปัญหานั้นอย่างชัดเจนสำหรับงานที่กำลังศึกษาอยู่ เช่น ต้นทุนการผลิตสูง ต้องการปรับปรุงการเพิ่มผลผลิต ความต้องการผลผลิตมีแนวโน้มสูงขึ้น มีปัญหาในการจัดส่งสินค้าให้ทัน มีข้อร้องเรียนจากลูกค้าในด้านคุณภาพ เป็นต้น ทั้งนี้โจทย์ในการออกแบบวิธีการทำงานใหม่ต้องมีความชัดเจนตั้งแต่แรกว่าปัญหาที่กำลังวิเคราะห์นั้นคืออะไร มาจากสาเหตุอะไร และเมื่อแก้ปัญหาแล้วจะนำไปสู่ผลสำเร็จในลักษณะอย่างไร ณ ขั้นตอนนี้ควรพิจารณาเงื่อนไขหรือเกณฑ์สำหรับการตัดสินใจ (Criteria) ไปพร้อมกัน เพื่อให้ทราบว่าผลที่ต้องการนั้นคืออะไร เช่นต้องการให้ต้นทุนแรงงานรวมต่ำลงร้อยละ 10% ค่าใช้จ่ายโดยรวมลดลง มีการใช้พื้นที่อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดและให้ผลผลิตมากที่สุด หรือทำให้สามารถผลิต

สิ้นค้าได้เต็มกำลังการผลิต เป็นต้น เพื่อให้การตั้งนิยามของปัญหาได้อย่างครบถ้วนสมบูรณ์ อาจจัดทำในรูปเอกสารใช้งาน หรือ Working Document ดังตัวอย่างในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ตัวอย่างเอกสารใช้งานในการออกแบบวิธีการทำงาน – นิยามของปัญหา

เอกสารใช้งานสำหรับการออกแบบวิธีการทำงาน		
1	นิยามของปัญหา	- อธิบายลักษณะของปัญหา - ตั้งวัตถุประสงค์ของการศึกษา หรือผลกระทบของปัญหางานที่ศึกษา
2	เกณฑ์การตัดสิน	- เงื่อนไขต่าง ๆ ที่จะใช้ตัดสินความสำเร็จ ผลลัพธ์ในการแก้ปัญหานั้น
3	ผลที่ต้องการจากการศึกษา	- ผลผลิตที่เพิ่มขึ้นต่อวัน - การเพิ่มผลผลิตปัจจัยการผลิตที่เพิ่มขึ้น - ปริมาณผลผลิตต่อปี - ระดับคุณภาพที่ดีขึ้น - อัตราการลดต้นทุนต่อหน่วยการผลิต
4	ระยะเวลาสำเร็จของโครงการ	- เวลาสำหรับการออกแบบงาน - เวลาสำหรับติดตั้งอุปกรณ์ และสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ ตลอดจนการทดลองวิธีการทำงานใหม่ - ระยะเวลาจนสามารถผลิตได้เต็มกำลังการผลิตตามวิธีใหม่

ที่มา: รัชต์วรรณ กาญจนปัญญาคม (2552: 37)

2.5.2 การวิเคราะห์ปัญหาและรายละเอียดที่เกี่ยวข้อง (Analysis of Problem)

เป็นขั้นตอนการรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ตลอดจนข้อจำกัดที่จำเป็นต้องคำนึงถึงในการออกแบบวิธีการทำงาน ควรมีข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณการผลิตผลิตภัณฑ์ จำนวนพนักงานในสายการผลิตนั้น ๆ หรือใช้ในแต่ละกิจกรรม เวลาที่ใช้ในการเดินสายการผลิต และระยะเวลาของโครงการหรือเวลาสำหรับการแก้ปัญหานั้น สามารถเขียนในรูปแบบของเอกสารทำการ ดังแสดงตัวอย่างเอกสารไว้ในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ตัวอย่างเอกสารใช้งานในการออกแบบวิธีการทำงาน – การวิเคราะห์ปัญหา

เอกสารใช้งานสำหรับการออกแบบวิธีการทำงาน การวิเคราะห์ปัญหา	
1	ข้อจำกัดของปัญหา เช่น วัตถุดิบ อัตรากำลัง ระดับทักษะ ขีดความสามารถการผลิต ตลอดถึงค่าใช้จ่ายการลงทุนเริ่มแรก
2	เครื่องมือในการวิเคราะห์วิธีการในปัจจุบันซึ่งประกอบด้วย - Production Process Chart - Flow Process Chart และ Flow Diagrams - Trip Frequency Diagrams - Man and Machine Charts - Operation Charts -Simo Charts
2	กำหนดว่ากิจกรรมใดบ้างที่สามารถทำได้ดีกว่า หรือกิจกรรมใดบ้างที่เครื่องจักรสามารถทำงานได้ดีกว่า หรือจะทำร่วมกัน
3	ทบทวนปัญหาเดิมว่ามีการเปลี่ยนแปลงขอบข่ายหรือไม่ หรือมีปัญหาย่อยที่ควรดำเนินการแก้ไขเพิ่มเติม
4	บททวนเกณฑ์การตัดสินใจ และเป้าหมายในการแก้ปัญหา

ที่มา: รัชต์วรรณ กาญจนปัญญาคม (2552: 38)

2.5.3 การพิจารณาค้นหาลู่ทางการแก้ไขที่เป็นไปได้ (Search for Possible Solution)

ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนการหาคำตอบที่เป็นไปได้ภายใต้ข้อจำกัดที่มีอยู่ อาจตั้งเป็นคณะทำงานเพื่อช่วยกันระดมความคิดสร้างสรรค์ การวิเคราะห์เหตุและผลอย่างเป็นระบบหรือโดยการช่วยกันระดมความคิด (Brainstorming) ของบุคคลในคณะทำงานนั้น ในขั้นตอนนี้ยังไม่มีขั้นตอนในการประเมินผลใด ๆ เครื่องมืออื่น ๆ ที่ใช้ในการพิจารณาหาหนทางเลือกอาจมีดังนี้

2.4.3.1 เทคนิคการระดมกำลังสมอง Brainstorming

2.4.3.2 แผนภูมิเหตุและผล Cause - Effect Diagram

2.4.3.3 การใช้ตารางตรวจเช็ค Check Sheet

2.4.3.4 การวิเคราะห์โดยใช้ผัง Decision tree

2.4.3.5 การวิเคราะห์ Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)

2.4.3.6 การวิเคราะห์ Fault Tree Analysis (FTA)

2.4.3.7 การวิเคราะห์ Force – Field Diagram

2.5.4 การประเมินข้อเปรียบเทียบต่าง ๆ เพื่อหาคำตอบที่ดีที่สุด (Evaluation of Alternatives)

เมื่อได้คำตอบในการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้หลากหลายแล้ว ขั้นตอนต่อไปเป็นการพิจารณาเปรียบเทียบข้อดี ข้อเสียของคำตอบเหล่านั้น บางคำตอบอาจตัดทิ้งได้เลยเมื่อพิจารณาแล้วพบว่าไม่เป็นไปตามข้อจำกัดและเกณฑ์การพิจารณาที่วางไว้ ในการประเมินเพื่อหาคำตอบที่ดีที่สุดนั้น นักออกแบบวิธีการทำงานมีข้อที่จะต้องคำนึงถึงดังนี้

2.5.4.1 ไม่มีคำตอบใดที่ถูกต้องที่สุด แต่จะมีหลาย ๆ คำตอบซึ่งเป็นคำตอบที่ดี และสามารถนำไปปฏิบัติได้ การพิจารณาตัดสินใจนั้นอาจใช้วิธีเชิงปริมาณผสมผสานกับองค์ประกอบอื่น สำหรับคำตอบที่ตรงกับเกณฑ์พิจารณาที่ตั้งไว้ตั้งแต่ต้น ส่วนคำตอบที่ไม่เป็นไปตามเกณฑ์พิจารณา แต่หากข้อกำหนดเปลี่ยนไปก็จะเป็นคำตอบที่ดีกว่าได้ก็ควรนำมาพิจารณาร่วมด้วย ดังนั้น ในการประเมินเพื่อหาคำตอบที่ดีที่สุดนั้นจึงมักจะเลือกคำตอบไว้ 3 ประเภท

1) คำตอบในอุดมคติ
2) คำตอบที่นำไปใช้ได้ทันที
3) คำตอบที่อาจใช้ได้ในอนาคตหรือเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงข้อจำกัด เช่น คำตอบที่ดีที่สุดในกรณีที่ผลิตเป็นปริมาณมาก หรือคำตอบที่ดีกว่าเมื่อคุณภาพของวัตถุดิบสูงขึ้น หรือเมื่อโรงงานมีพนักงานที่ได้รับการฝึกฝน และมีทักษะในระดับที่สูงขึ้น เป็นต้น

2.5.4.2 พิจารณาถึงผลที่จะตามมาในอนาคต เช่น เวลาและต้นทุนในการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องมือเครื่องจักรที่ติดตั้งใหม่ ต้นทุนในการเปลี่ยนแบบของผลิตภัณฑ์ หากต้องใช้เครื่องจักรที่สามารถผลิตสินค้าได้หลายขนาด และหลายชนิดแทนเครื่องจักรแบบเก่า

2.5.4.3 พิจารณาถึงปฏิกิริยาตอบรับของผู้ทำงาน วิธีการทำงานที่พิจารณาและเลือกว่าเป็นวิธีที่ดีกว่านั้น ควรจะได้รับความเห็นชอบจากหัวหน้าแผนก หัวหน้างานตลอดจนให้ผู้ที่เกี่ยวข้องยอมรับ เพราะวิธีการทำงานที่วิศวกรออกแบบได้ประเมินว่าดีที่สุดนั้นอาจใช้ไม่ได้ผลเลยถ้าผู้ที่ทำงานโดยตรงเหล่านี้ไม่ยอมรับไปปฏิบัติ

2.5.4.4 เปรียบเทียบคำตอบในเชิงเศรษฐศาสตร์ โดยวิเคราะห์ด้านการเงินทั้งในระยะสั้นและระยะยาว ซึ่งในการวิเคราะห์นี้จำเป็นต้องรู้ถึงต้นทุนเริ่มแรก ต้นทุนดำเนินงานต่อปี อายุการใช้งานที่คาดหวังของเครื่องมือเครื่องจักรที่ใช้และมูลค่าซาก หนึ่งในวิธีการคำนวณเชิงเศรษฐศาสตร์คือการคำนวณจากอัตราผลตอบแทนจากเงินลงทุน (Rate of Return on Investment) เป็นเปอร์เซ็นต์ต่อปี หรือระยะเวลาการคืนทุน (Payback Period) ในบางครั้งคำตอบที่ต้องการคือวิธีการทำงานที่ดีกว่า และช่วยให้ต้นทุนค่าแรงทางตรงต่ำที่สุด ซึ่งในการออกแบบงานยังไม่ได้มีการดำเนินการผลิตจริง ดังนั้นข้อมูลเวลาที่สามารถนำมาใช้เปรียบเทียบกับวิธีการทำงานเดิมได้ สามารถคำนวณได้จากการวิเคราะห์โดยการใช้วิธี Predetermined Motion Time ได้

2.5.4.5 ในกรณีที่มีความจำเป็นอาจต้องสร้างห้องทำงานจำลองขึ้น เพื่อทำการทดลองว่าวิธีการทำงานที่เสนอใหม่เมื่อปฏิบัติจริงแล้วจะมีผลตามที่คำนวณไว้หรือไม่ ห้องปฏิบัติการจำลองนี้นอกจากใช้ทดสอบวิธีการทำงานที่เสนอใหม่แล้ว ยังสามารถใช้เพื่อทดสอบการผลิตในเชิงมวล (Mass Volume) ก่อนการนำไปผลิตจริงต่อไป

2.5.5 การวิเคราะห์กระบวนการ

แผนภูมิเป็นเครื่องมือชิ้นสำคัญที่ใช้ในการบันทึกข้อมูลได้อย่างละเอียด กระชับ พร้อมรายละเอียดที่สำคัญ ๆ เพื่อประโยชน์ในการนำไปสู่การพัฒนาและปรับปรุงกระบวนการทำงานให้ดีขึ้น แผนภูมิที่ดีจะช่วยให้นักวิเคราะห์สามารถมองเห็นภาพของกระบวนการผลิตได้อย่างชัดเจนตั้งแต่ต้นจนจบ แผนภูมิได้ถูกนำมาใช้วิเคราะห์กระบวนการครั้งแรกโดย Frank Gilbreth ในปี ค.ศ.1921 ในการนำเสนอผลงานเรื่อง “Process Charts - First Steps in Finding the One Best Way” ณ ที่ประชุมของสมาคม American Society of Mechanical Engineers (ASME) ตั้งแต่นั้นมาเครื่องมือชิ้นนี้ก็ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย

แผนภูมิส่วนใหญ่จะมีลักษณะเป็นตารางหรือแผนภาพที่มีรูปแบบเป็นมาตรฐานสากล ประกอบด้วยสัญลักษณ์ คำบรรยาย และลายเส้น เพื่อบอกรายละเอียดของขั้นตอนกระบวนการผลิต รูปแบบดังกล่าวถือว่าเป็นตัวกลางในการสื่อสารแลกเปลี่ยนความคิดของผู้เกี่ยวข้องโดยทั่วไป การวิเคราะห์ด้วยแผนภูมิมักเริ่มต้นด้วยการบันทึกรายละเอียดของงานที่จะวิเคราะห์ ระบุขอบข่ายของการวิเคราะห์ มีจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดที่ชัดเจน แผนภูมิแต่ชนิดถูกออกแบบมาเพื่อวัตถุประสงค์ในการใช้งานที่แตกต่างกัน แม้บางครั้งจะสามารถปรับใช้กับงานในรูปแบบอื่นได้ แต่อาจจะไม่มีประสิทธิภาพเท่ากับแผนภูมิที่ออกแบบมาโดยเฉพาะงานดังนั้นผู้ใช้จึงควรเข้าใจข้อดีและข้อจำกัดของแผนภูมิแต่ละประเภทเพื่อการเลือกใช้ให้ถูกต้อง

2.5.5.1 แผนภูมิกระบวนการทำงาน (Operation Process Charts)

เป็นแผนภูมิที่แสดงขั้นตอนการผลิต ตั้งแต่วัตถุดิบเคลื่อนที่เข้าสู่สายการผลิตจนเสร็จสิ้นเป็นผลิตภัณฑ์ โดยบันทึกขั้นตอนการปฏิบัติงานต่าง ๆ ที่ต้องดำเนินการบนวัตถุดิบนั้น เช่น การขนส่ง การตรวจสอบ การทำงานบนเครื่องจักร การประกอบชิ้นส่วน จนกระทั่งสำเร็จออกมาเป็นผลิตภัณฑ์หรือเป็นชิ้นส่วนประกอบ แผนภูมิกระบวนการทำงานอาจเป็นการบันทึกขั้นตอนการผลิตของสินค้าชนิดเดียวภายในแผนกหนึ่ง หรือของสินค้าหลาย ๆ ชนิดภายในแผนกต่างๆ พร้อมๆ กันก็ได้ การแสดงรายละเอียดอาจเป็นรูปแบบของ Flow Chart ที่แสดงโดยกล่องที่ระบุคำบรรยายภายในกล่อง หรือแสดงเป็นแผนภาพ และเนื่องจากแผนภูมิกระบวนการทำงานนี้ส่วนใหญ่มักใช้แสดงขั้นตอนการผลิต ดังนั้นจึงมักถูกเรียกว่า แผนภูมิกระบวนการผลิต (Production Process Chart) เป็นแผนภูมิที่รวมการผลิตทั้งหมดไว้บนกระดาษแผ่นเดียวจึงยังไม่มีรายละเอียดมากพอที่จะใช้ประโยชน์

เพื่อการวิเคราะห์ปรับปรุงกระบวนการได้ แต่กระนั้นแผนภูมิชนิดนี้ก็มีการใช้มากที่สุดชนิดหนึ่ง ความสำคัญของแผนภูมิชนิดนี้ คือ

1) เป็นแผนภูมิเริ่มต้นของการวิเคราะห์แผนภูมิทุกประเภท

2) บอกภาพรวมของกระบวนการผลิตตั้งแต่ต้นจนจบ

3) ใช้สื่อสารกับบุคคลภายนอกที่ต้องการให้เข้าใจกระบวนการผลิตในภาพรวม

4) ใช้เพื่อประกอบการบรรยายภาพรวมของกระบวนการ และเพื่อประโยชน์ของการประชาสัมพันธ์

2.5.5.2 แผนภูมิกระบวนการไหล (Flow Process Charts)

แผนภูมิกระบวนการไหลเป็นแผนภูมิอีกชนิดหนึ่งที่นิยมใช้มากที่สุด แผนภูมินี้ใช้วิเคราะห์ขั้นตอนการไหล (Flow) ของวัตถุดิบ ชิ้นส่วน พนักงาน และอุปกรณ์ ที่เคลื่อนที่ไปในกระบวนการพร้อม ๆ กับกิจกรรมต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น โดยแสดงเป็นสัญลักษณ์และคำบรรยายประกอบลงในแผนภูมิมาตรฐาน

การวิเคราะห์แผนภูมิการไหลนี้ใช้สัญลักษณ์มาตรฐาน 5 ตัวซึ่งกำหนดโดย The American Society of Mechanical Engineers (ASME) ในสหรัฐอเมริกา ดังนี้

○ = Operation หมายถึง การปฏิบัติงานบนชิ้นงาน เกิดขึ้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะหรือคุณสมบัติของชิ้นงาน

⇨ = Transportation หมายถึง การเคลื่อนย้ายวัตถุจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง

□ = Inspection หมายถึง การตรวจสอบคุณภาพของชิ้นงาน หรือการตรวจดูเพื่อให้แน่ใจในลักษณะของชิ้นงาน

D = Delay หมายถึง ความล่าช้าของงาน เนื่องจากมีอุปสรรคมาขัดขวางไม่ให้ขั้นตอนการปฏิบัติงานขั้นต่อไปดำเนินต่อได้

▽ = Storage หมายถึง การเก็บดูแลชิ้นงานอย่างถาวร ซึ่งการเบิกจ่ายควรมีคำสั่ง หรือหนังสือจากผู้เกี่ยวข้อง

แผนภูมิกระบวนการไหล เป็นแผนภูมิที่มีความสำคัญมากที่สุด เป็นการวิเคราะห์รายละเอียดของการทำงานตั้งแต่ต้นจนจบที่มีการใช้สัญลักษณ์มาตรฐานเข้ามาเกี่ยวข้อง มีรายละเอียดของข้อมูลมากพอที่จะใช้วิเคราะห์กระบวนการและเพื่อการปรับปรุงกระบวนการทำงาน ประโยชน์ใช้งานของแผนภูมิชนิดนี้ ได้แก่

1) เป็นแผนภูมิที่จำแนกกิจกรรมต่าง ๆ ออกจากกันเป็น 5 ประเภท โดยเริ่มจากกิจกรรมที่มีมูลค่าเพิ่มได้แก่การปฏิบัติงาน ไปจนถึงกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าอันได้แก่การรอคอยและการเก็บ

2) แยกแยะกิจกรรมของพนักงานออกจากกิจกรรมที่ทำบนผลิตภัณฑ์ ทำให้สามารถมองเห็นจุดเน้นในการวิเคราะห์ได้อย่างชัดเจน

3) เมื่อใช้ควบคู่ไปกับแผนภาพการไหล จะช่วยชี้ชัดให้เห็นการรอคอย และระยะทางการเคลื่อนย้าย

4) สามารถใช้แผนภูมิเดียวกันเพื่อเปรียบเทียบแสดงผลก่อน และหลังการปรับปรุง

2.5.5.3 แผนภูมิการประกอบ (Assembly Process Chart)

เป็นแผนภูมิกระบวนการอีกชนิดหนึ่ง ซึ่งใช้ในกรณีมีชิ้นส่วนต่าง ๆ มาประกอบเข้าด้วยกัน ณ จุดต่าง ๆ ซึ่งแต่ละชิ้นส่วนย่อยสามารถเขียนแสดงเป็นแผนภูมิกระบวนการอีกอันหนึ่งได้ ดังนั้น ในการรวมกันของแผนภูมิกระบวนการย่อยๆ เหล่านี้ก็จะกลายเป็นแผนภูมิการประกอบนั่นเอง ส่วนประโยชน์ของแผนภูมิการประกอบนี้เหมาะสำหรับการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ที่มีชิ้นส่วนหลากหลายมาประกอบกันเป็นจำนวนมาก ซึ่งมีความต้องการในการวิเคราะห์และวางแผนการผลิตชิ้นส่วนให้ทันการในการประกอบ ลักษณะการวิเคราะห์อาจแบ่งออกเป็น 2 แบบ ได้แก่

1) วิเคราะห์โดยใช้สัญลักษณ์ทั้ง 5 ของแผนภูมิการไหล

2) วิเคราะห์เฉพาะขั้นตอนการทำงานและการตรวจสอบ

ข้อมูลจากแผนภูมิการประกอบมักใช้ในการวางแผนการผลิต และติดตามควบคุมกระบวนการผลิตเพื่อให้ทันการณ์พอดี

2.5.5.4 แผนภูมิผลิตภัณฑ์พหุคูณ (Multi - Product Process Chart)

สำหรับโรงงานที่มีการวางผังแบบกระบวนการโดยแบ่งออกเป็นแผนกต่างๆ โดยทั่วไปมักมีการผลิตสินค้าไม่กี่ชนิด แต่ละชนิดผ่าขั้นตอนการผลิตที่คล้ายคลึงกัน หรือต้องอาศัยเครื่องจักรร่วมกัน การวิเคราะห์ขั้นตอนการปฏิบัติงานของผลิตภัณฑ์ต่างๆ จะช่วยให้ทราบปริมาณการเคลื่อนย้ายของผลิตภัณฑ์ในระหว่างแผนก และนำข้อมูลดังกล่าวมาใช้ในการปรับปรุงการวางผังโรงงาน เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการขนถ่ายวัสดุระหว่างจุดต่างๆ ลงได้

2.5.5.5 แผนภูมิการเดินทาง (Travel Chart)

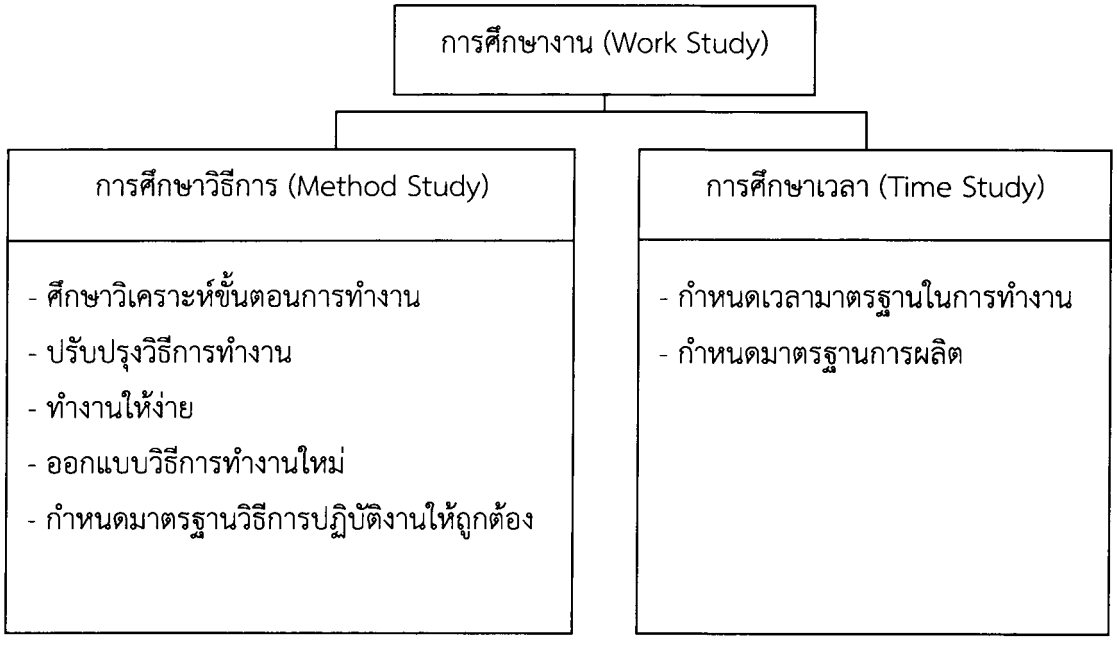
เป็นตารางการคำนวณเพื่อใช้ช่วยในการวิเคราะห์ปริมาณการเคลื่อนย้ายของผลิตภัณฑ์ และวัสดุระหว่างแผนกงานต่าง ๆ แผนภูมิการเดินทางนี้เป็นตารางสี่เหลี่ยมจัตุรัส โดยมีจำนวนช่องเท่ากับจำนวนแผนกงานที่ต้องการวิเคราะห์ ใช้วิเคราะห์ข้อมูลเชิงตัวเลขเกี่ยวกับปริมาการเคลื่อนย้าย จำนวนเที่ยวของการขนย้าย หรือระยะทางของการขนย้ายระหว่างแผนกต่าง ๆ ภายในโรงงาน ข้อมูลที่ได้จะแสดงถึงปริมาณการเคลื่อนย้ายระหว่างแผนก ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์ความใกล้ไกลของแผนกต่าง ๆ และปรับปรุงผังหรือออกแบบผังโรงงานต่อไป แผนภูมิการเดินทางนี้มี

ชื่อเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า แผนภูมิจากถึง (From - to Chart) มีประโยชน์เพื่อใช้ในการปรับปรุงการวางผังและการกำหนดพื้นที่ใช้สอยในแต่ละแผนกโดยดูจากปริมาณที่เคลื่อนย้ายในแต่ละช่วงเวลา

2.6 การศึกษางาน (Work Study)

อีกนัยหนึ่งการศึกษางาน คือการวิเคราะห์ขั้นตอนการทำงานที่ใช้ในการทำงานใด ๆ เพื่อวัตถุประสงค์ในการปรับปรุงประสิทธิภาพในการทำงาน และเพื่อวัดมาตรฐานการปฏิบัติงานนั้นเป็นหน่วยมาตรฐานชั่วโมง ซึ่งพนักงานที่ได้มาตรฐานสามารถทำงานนั้นได้ เพื่อนำไปใช้สร้างแผนการจ่ายค่าตอบแทนอันเหมาะสมและจูงใจให้พนักงานมีผลงานที่ดีกว่ามาตรฐาน

การศึกษางานโดยทั่วไปประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 2 ส่วน ได้แก่การศึกษาวิธีการ (Method Study) และการศึกษาเวลา (Time Study) ดังแสดงไว้ในภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 องค์ประกอบของการศึกษางาน

ที่มา: รัชต์วรรณ กาญจนปัญญาคม (2552: 23)

2.6.1 การศึกษาวิธีการทำงาน (Method study)

การศึกษาวิธีการทำงาน หมายถึงกระบวนการที่ใช้ในการศึกษาและบันทึกวิธีการทำงานเดิมหรือที่จะเสนอแนะขึ้นใหม่อย่างมีขั้นตอนและวิเคราะห์อย่างมีระบบ เพื่อนำไปสู่การพัฒนาวิธีการทำงานที่มีประสิทธิภาพและประสิทธิผล โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของพนักงาน โดยการหาวิธีการทำงานที่ดีกว่า เพื่อลดการใช้วัตถุดิบหรือปริมาณของเสียลง เพื่อปรับปรุง

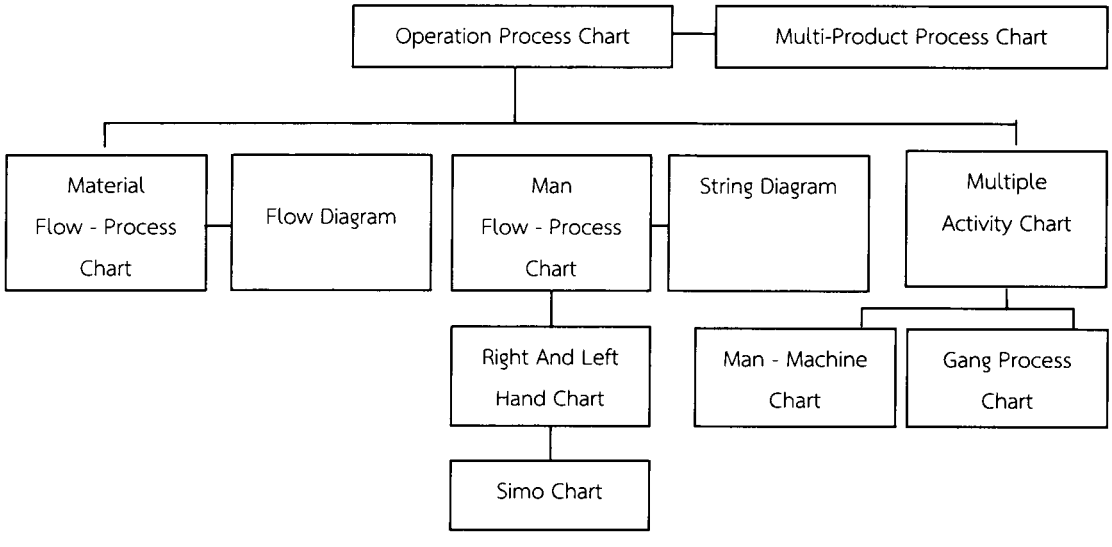
การวางผังโรงงานให้ดีขึ้น เพื่อปรับปรุงสภาพแวดล้อมภายในโรงงานให้ถูกสุขลักษณะ เพื่อหาวิธีการเคลื่อนย้ายวัสดุด้วยอุปกรณ์ที่เหมาะสม เพื่อใช้เครื่องจักรและอุปกรณ์ได้เต็มกำลังการผลิต และเพื่อลดความเมื่อยล้าและอันตรายอันอาจเกิดกับตัวพนักงาน

2.6.1.1 ขั้นตอนการศึกษาวิธีการทำงาน

แนวทางการศึกษาวิธีการทำงานแบ่งออกเป็น 7 ขั้นตอน ได้แก่

1) การเลือกงานที่จะศึกษา งานที่เลือกมาศึกษาเพื่อปรับปรุงวิธีการทำงานนั้นควรจะมีสิ่งบอกเหตุว่าสมควรที่จะปรับปรุง เช่น ปัญหาเกี่ยวกับต้นทุนค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ปัญหาเกี่ยวกับเทคโนโลยีใหม่ที่พัฒนาสูงขึ้น และปัญหาเกี่ยวกับประสิทธิภาพการทำงานของพนักงานมีแนวโน้มลดลงอย่างผิดปกติ

2) การบันทึกวิธีการทำงาน คือการบันทึกขั้นตอนการทำงานจริงที่ทำอยู่ปัจจุบัน ซึ่งการบันทึกนั้นจะต้องอ่านง่าย ผู้อ่านสามารถเข้าใจวิธีการทำงานได้ทันที ควรใช้แผนภูมิและแผนผัง (Diagram) ที่มีแบบฟอร์มเป็นมาตรฐานสากลที่ใช้กันทั่วไป แผนภูมิและแผนผังเหล่านี้จะเป็นรากฐานสำหรับการวิเคราะห์เพื่อพัฒนาวิธีการทำงานที่ดีกว่า แผนภูมิและแผนผังมาตรฐานมีอยู่ด้วยกันหลายชนิด ใช้เป็นเครื่องมือในการบันทึกวิธีการทำงานในการศึกษาการเคลื่อนไหวและเวลา ซึ่งอาจสรุปเป็นกลุ่มตามภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 แผนภูมิและแผนผังต่างๆ ที่ใช้ในการศึกษาวิธีการทำงาน

ที่มา: รัชต์วรรณ กาญจนปัญญาคม (2552: 78)

3) การวิเคราะห์ เป็นการพิจารณารายละเอียดของข้อมูลที่บันทึกไว้โดยใช้เทคนิคการตั้งคำถาม ซึ่งการตั้งคำถามมีอยู่สองลักษณะด้วยกัน คือ

3.1) คำถามปลายเปิด (Open - ended Question) จะประกอบไปด้วยคำถามที่เรียกว่า 5W + 1H ซึ่งเป็นเทคนิคการตั้งคำถามเพื่อวัตถุประสงค์ในการตรวจตราอย่างละเอียด เพื่อให้ทราบต้นเหตุของปัญหา และนำไปสู่การพัฒนาวิธีการทำงานที่ดีกว่า เทคนิคการตั้งคำถามนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้วิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาโดยการตั้งคำถามว่าอย่างไร (How) อย่างต่อเนื่องไปอีกหลายลำดับชั้น ซึ่งในปัจจุบันวิธีการดังกล่าวได้กลายมาเป็นหนึ่งในเครื่องมือ 7 อย่างชุดใหม่ของกลุ่มคิวซี (QC New 7 Tools) ที่ถูกเรียกว่า Why - why Chart หรือ How - how Chart

3.2) คำถามปลายปิด (Close - ended Question) เหมาะสำหรับการพิจารณาตรวจสอบกระบวนการที่มีมาตรฐานอยู่เดิม ส่วนใหญ่จะเป็นคำถามสำเร็จรูป (Checklist) ที่ตั้งไว้อย่างเป็นระบบและต่อเนื่องกัน เช่น ขั้นตอนการตรวจสอบการตั้งเครื่องประจำวัน ขั้นตอนการขนย้ายวัสดุชิ้นส่วน ขั้นตอนการตรวจรับ เป็นต้น

4) การพัฒนาวิธีการทำงานที่ดีกว่า จากการวิเคราะห์โดยตั้งคำถามจะนำไปสู่การปรับปรุงงานโดยอาศัย 4 หลักการที่เรียกสั้น ๆ ว่า ECRS

4.1) ขจัดงานที่ไม่จำเป็นทั้งหมด (Eliminate All Unnecessary Work) หลักการนี้เกิดขึ้นเนื่องจากการวิเคราะห์งานโดยการตั้งคำถาม แล้วพบว่าไม่มีความจำเป็นต้องทำอีกต่อไป เนื่องจากวัตถุประสงค์ได้เปลี่ยนไปจากเดิม หรือเกิดจากการเปลี่ยนแปลงในสภาพแวดล้อมของการทำงานต่างๆ แนวทางในการขจัดงานที่ไม่จำเป็นให้พิจารณาโดยอาศัยหลักการสำคัญ ได้แก่ งานที่ไม่มีมูลค่าเพิ่ม (Non - value - added Activities) นับเป็นเหตุผลที่เหมาะสมที่สุดหากงานที่วิเคราะห์พบว่าไม่มีมูลค่าเพิ่มกับผลิตภัณฑ์ก็ควรขจัดงานนั้นออกไป งานที่ไม่มีวัตถุประสงค์ (Not Valid Objective) หรือเป็นวัตถุประสงค์เก่าที่ไม่มีประโยชน์กับสถานภาพของกระบวนการปัจจุบัน ก็สมควรที่จะถูกขจัดออกไป และงานที่ไม่ตอบสนองความต้องการ (Not Serving Purpose) ในกรณีที่วัตถุประสงค์ของงานนั้นไม่ชัดเจน ให้พิจารณาโดยการตั้งคำถามว่าจะเกิดอะไรขึ้นหากขจัดงานนั้นออกไป หากคำตอบออกมาว่าการไม่ทำงานนั้นเลยจะก่อให้เกิดผลดีกว่า และไม่ก่อให้เกิดผลเสียตามมา ก็ควรตัดการทำงานนั้นออกทันที

4.2) รวมขั้นตอนการปฏิบัติงานเข้าด้วยกัน (Combine Operations or Elements) ในกระบวนการผลิตโดยทั่วไปจะประกอบด้วยขั้นตอนการปฏิบัติงานย่อย หลาย ๆ ขั้นตอนด้วยกัน หลักการดังกล่าวเกิดขึ้นในกระบวนการออกแบบวิธีการทำงานเพื่อให้งานในแต่ละสถานีมีขั้นตอนที่เหมาะสมสำหรับการแบ่งงานตามความชำนาญของคนงาน แต่บางครั้งการแตกขั้นตอนการปฏิบัติงานมากเกินความจำเป็นทำให้เกิดปัญหาอื่นตามมา เช่น ปริมาณงานที่ไม่สมดุลกันในสายการผลิต ขั้นตอนการปฏิบัติงานมีงานค้างหรืองานคอยในระหว่างสายการผลิตสูง และมีงานล่าช้าอันเกิดจากความแตกต่างในทักษะของพนักงานในขั้นตอนการปฏิบัติงานต่าง ๆ การรวมงานอาจ

เกิดขึ้นได้หลายระดับดังนี้ การรวมการเคลื่อนไหว เช่น การหยิบจับตั้งแต่สองชิ้นเข้าด้วยกัน การรวมกิจกรรมตั้งแต่สองขั้นตอนเข้าด้วยกัน การรวมงานของสถานีงานตั้งแต่สองสถานีเข้าด้วยกัน การรวมชิ้นส่วนงานเข้าด้วยกัน

4.3) สลับสับเปลี่ยนลำดับการทำงาน (Change the Sequence of Operation, Rearrange) ในการผลิตสินค้าใหม่มักเริ่มต้นการผลิตในปริมาณน้อย แล้วค่อย ๆ ขยายปริมาณการผลิตเพิ่มขึ้นจนเต็มประสิทธิภาพ เมื่อสายการผลิตมีปริมาณการผลิตเพิ่มขึ้น ลำดับขั้นตอนของการปฏิบัติงานแบบเดิมอาจไม่มีความเหมาะสมที่สุด เนื่องจากสภาพแวดล้อมการทำงานที่เปลี่ยนแปลงไป โดยใช้การตรวจสอบด้วยวิธีการตั้งคำถามอย่างละเอียดเพื่อดูว่าจะสามารถสลับสับเปลี่ยนลำดับขั้นตอนการปฏิบัติงานใหม่ได้หรือไม่ เพื่อให้ง่ายและรวดเร็วขึ้น การใช้แผนภูมิและไดอะแกรมต่าง ๆ บันทึกการทำงานจะช่วยชี้ให้เห็นว่ามีการเสียเวลาและการรอคอยในขั้นตอนใด และสมควรจะเปลี่ยนลำดับขั้นตอนการปฏิบัติงานอย่างไร เพื่อลดการเคลื่อนย้าย และทำให้การไหลของงานเป็นไปอย่างรวดเร็ว

4.4) ทำงานให้ง่ายขึ้น (Simplify the Necessary Operations) ในการวิเคราะห์โดยการตั้งคำถามเพื่อปรับปรุงงาน จะเริ่มตั้งแต่ขจัดงานที่ไม่จำเป็น รวมขั้นตอนการปฏิบัติงาน และสลับสับเปลี่ยนลำดับการปฏิบัติงานแล้ว ท้ายที่สุดจะเหลือแต่งานที่จำเป็นต้องทำ แต่กระนั้นโอกาสในการปรับปรุงงานนั้นคือการพิจารณาหาวิธีการทำงานอย่างอื่นที่ง่ายกว่าและสะดวกรวดเร็วกว่า คำถามที่ตั้งจะขึ้นต้นด้วย “อะไร ที่ไหน เมื่อใด ใคร อย่างไร และทำไม” การพัฒนาวิธีการที่ง่ายขึ้นนี้แม้เป็นทางเลือกสุดท้ายในการปรับปรุงงาน แต่นับว่าเป็นแนวทางที่ยากที่สุด เนื่องจากจำเป็นต้องอาศัยความคิดสร้างสรรค์ของนักวิเคราะห์อย่างยิ่ง และเป็นการต่อยอดความคิดโดยการนำรูปแบบของการปรับปรุงงานในอุตสาหกรรมอื่น ๆ มาปรับใช้

5) การกำหนดมาตรฐาน เมื่อวิเคราะห์วิธีการทำงานโดยการตั้งคำถามอย่างครบถ้วน และเป็นระบบต่อเนื่องแล้วคำตอบสำหรับพัฒนาไปสู่วิธีการทำงานที่ดีกว่าจะค่อยๆ ปรากฏชัดเจนขึ้น ในขั้นนี้จึงเป็นการบันทึกวิธีการทำงานที่เสนอแนะลงบนแผนภูมิและแผนผังต่าง ๆ พร้อมกับตรวจสอบไปด้วยในตัวว่ามีสิ่งใดหลุดรอดไปจากการพอจารณาบ้าง เปรียบเทียบจำนวนครั้งของขั้นตอนการปฏิบัติงาน ระยะทางการเคลื่อนย้าย เวลาที่ประหยัดได้ของวิธีการทำงานที่เสนอแนะเปรียบเทียบกับวิธีการเดิม เพื่อจัดทำรายงานขออนุมัติใช้วิธีการใหม่ต่อผู้บริหาร

6) การนำไปใช้ การนำวิธีการทำงานใหม่ไปใช้ควรคำนึงถึงปัญหาอุปสรรคต่างๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นได้ เช่น การยอมรับของพนักงาน การยอมรับของหัวหน้างานหรือแม้แต่จากผู้บริหารเอง กลไกรการสนับสนุนสายการผลิตต่าง ๆ และการเปลี่ยนแปลงที่อาจส่งผลต่อผลผลิต และคุณภาพการผลิต เป็นต้น

7) การดำรงรักษา เมื่อได้นำวิธีการใหม่มาใช้งานแล้ว วิศวกรและผู้ควบคุมควรติดตามดูแลความก้าวหน้าของงาน จนกว่าจะแน่ใจว่าพนักงานทำงานได้ตามวิธีที่เสนอแนะและก่อให้เกิดความมีประสิทธิภาพขึ้นจริง การติดตามอย่างใกล้ชิดโดยเฉพาะอย่างยิ่งในระยะเริ่มต้นนี้มีความสำคัญมาก เพราะมักจะมีปัจจัยตัวแปรเล็ก ๆ น้อย ๆ ที่เกิดขึ้นอย่างไม่คาดคิดเสมอ เช่น อุปกรณ์ที่ออกแบบไว้จับยึดได้ไม่มั่นคง และชิ้นส่วนมาส่งไม่ทันกับความเร็วที่เปลี่ยนไป เป็นต้น

2.6.2 การศึกษาเวลา (Time Study)

การศึกษาเวลา หรือการวัดงาน (Work Measurement) คือเทคนิคในการวัดปริมาณงานออกมาเป็นหน่วยของเวลา หรือจำนวนแรงงานที่ใช้ในการทำงานนั้น ซึ่งมักถูกเรียกโดยทั่วๆไปว่า “การกำหนดเวลามาตรฐาน”

การกำหนดเวลามาตรฐานในการปฏิบัติงานมีมานานตั้งแต่ก่อนสมัยของ Frederick W. Taylor เสียอีก ซึ่งต่อมาได้พัฒนาวิธีการกำหนดเวลามาตรฐานสำหรับใช้ในอุตสาหกรรมจนเป็นที่นิยมแพร่หลายกันมาจนถึงปัจจุบันนี้ เหตุผลที่อุตสาหกรรมให้ความสำคัญกับการกำหนดเวลามาตรฐานในการปฏิบัติงาน ก็เพื่อสามารถใช้ข้อมูลดังกล่าวไปคำนวณหาผลผลิตมาตรฐานในการผลิตจากสมการที่ 2.4

$$\text{ผลผลิตมาตรฐาน (จำนวนชิ้น)} = \frac{\text{เวลาทั้งหมดที่มีในการทำงาน}}{\text{เวลามาตรฐานในการผลิตต่อชิ้น}} \qquad (2.4)$$

ผลผลิตมาตรฐาน คือ ข้อมูลที่มีความสำคัญมากในการบริหารจัดการของโรงงานอุตสาหกรรมทุกแห่ง ในการนำไปใช้เพื่อการวางแผนและการควบคุมการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ หากผลผลิตมาตรฐานดังกล่าวถูกคำนวณมาได้อย่างถูกต้องโดยรวมเอาเวลาค่าเผื่อต่างๆ สำหรับการทำงาน เช่น การล่าช้า การพักเหนื่อย เข้าเป็นส่วนหนึ่งของเวลาที่ใช้ในการผลิตแล้ว ฝ่ายจัดการยังสามารถคำนวณค่าประสิทธิภาพในการทำงานของสายการผลิตได้จากสูตรที่ 2.5

$$\text{ประสิทธิภาพ (\%)} = (\text{ผลผลิตจริง} / \text{ผลผลิตมาตรฐาน}) \times 100\% \qquad (2.5)$$

ซึ่งเป็นดัชนีที่ชี้ให้เห็นถึงความมีประสิทธิภาพของการทำงานภายในโรงงาน ว่าได้เปลี่ยนแปลงไปในทางบวก หรือทางลบอย่างไร

ผลลัพธ์จากการวัดงานมักจะถูกเรียกว่า เวลามาตรฐาน (Standard Time) ซึ่งได้จากการวัดงานโดยทั่วไปจะแบ่งเป็นสองลักษณะ คือ เวลาที่เคยปีน (Did – take - time) และเวลาที่ควรเป็น (Should – take - time)

เวลาที่เคยเป็นมักจะเป็นเวลามาตรฐานที่รวบรวมโดยอาศัยข้อมูลในอดีต ส่วนเวลาที่ควรเป็นจะเป็นการกำหนดเวลามาตรฐานตามเงื่อนไขการทำงานที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขแล้ว การเลือกใช้อันใดอันหนึ่งย่อมขึ้นกับเทคนิคของการวัดงาน ลักษณะงาน และวิจารณญาณของผู้ทำการวัดงาน

2.6.2.1 การศึกษาเวลาโดยตรง (Direct Time Study)

การศึกษาเวลาโดยตรงเป็นวิธีการศึกษาเวลาที่นิยมใช้กันมากที่สุด โดยอาศัยการจับเวลาด้วยนาฬิกาจับเวลาและแผงบันทึกข้อมูล และอาจมีกล้องถ่ายภาพยนตร์ด้วยในบางกรณี เครื่องมือต่าง ๆ ที่ใช้ในการศึกษามีดังนี้

1) นาฬิกาจับเวลา สเกลจับเวลาที่นิยมใช้ในการจับเวลาแบ่งออกเป็น 3 แบบ คือ

1.1) แบบวินาที นาฬิกาแบบนี้หน้าปัดใหญ่ จะแบ่งออกเป็น 60 ช่อง เมื่อเข็มยาวหมุนได้ 1 รอบ จะเท่ากับ 1 นาที และ 1 ช่องเล็กบนหน้าปัดจะเท่ากับ 1/60 นาที หรือ 1 วินาที

1.2) แบบทศนิยมของนาที นาฬิกาแบบนี้หน้าปัดใหญ่จะแบ่งออกเป็น 100 ช่อง 1 ช่องเล็กบนหน้าปัดจะเท่ากับ 1/100 นาที หรือ 0.01 นาที

1.3) แบบทศนิยมของชั่วโมงหน้าปัดใหญ่จะแบ่งออกเป็น 100 ช่องเช่นกัน แต่เมื่อเข็มนาฬิกาหมุนได้ 1 รอบ จะเท่ากับ 1/100 ชั่วโมง หรือ 36 วินาที ดังนั้น 1 ช่องเล็กบนหน้าปัด จะอ่านค่าได้เท่ากับ 1/10,000 ชั่วโมง หรือ 0.0001 ชั่วโมง

2) แผ่นสำหรับรองเวลาบันทึกข้อมูล เนื่องจากการศึกษาเวลาส่วนใหญ่เป็นการเก็บข้อมูลภาคสนาม ซึ่งต้องมีแผ่นกระดานเพื่อใช้รองกระดาษบันทึกข้อมูลเพื่อความสพดวกในการเขียน แผ่นกระดานบันทึกนี้มีตั้งแต่แผ่นกระดานหนีบเอกสารที่มีขายอยู่ทั่วไป จนถึงแผ่นกระดานที่มีที่สำหรับติดนาฬิกาจับเวลาเพื่อความสะดวกในการใช้งาน

3) แบบฟอร์มการบันทึกข้อมูล สำหรับใช้ในการศึกษาเวลา มีดังนี้

3.1) แบบฟอร์มสำหรับบันทึกรายละเอียดในการปฏิบัติงาน

3.2) แบบฟอร์มสำหรับบันทึกข้อมูลเวลา

3.3) แบบฟอร์มสรุปผลการศึกษา

4) เครื่องคิดเลข ใช้สำหรับอำนวยความสะดวกในการคำนวณตัวเลขได้อย่างถูกต้อง และรวดเร็ว

5) กล้องถ่ายวีดีทัศน์ หรือกล้องถ่ายภาพยนตร์ สำหรับกรณีที่ต้องอาศัยการถ่ายภาพยนตร์ช่วยบันทึกรายละเอียดของการทำงาน

6) เครื่องมืออื่น ๆ เช่นเครื่องวัดความเร็วรอบ (Tachometer) ในกรณีที่มีการจับเวลาการทำงานของเครื่องจักร เช่นมีความจำเป็นในการวัดความเร็วรอบของเครื่องจักร เป็นต้น

2.6.2.2 ขั้นตอนการศึกษาโดยตรง แบ่งออกเป็นขั้นตอน ดังนี้

1) การเลือกงาน การศึกษาเวลา จะกระทำหลังจากที่ได้มีการศึกษาวิธีการทำงานแล้ว ซึ่งอาจจะมีการออกแบบหรือปรับปรุงวิธีการทำงานนั้น ๆ ใหม่ จนได้วิธีการทำงานที่ดีที่สุด และจะต้องมั่นใจด้วยว่าพนักงานได้ศึกษาวิธีการทำงานที่ถูกต้องจนเข้าใจดีและฝึกฝนจนเกิดความชำนาญ และให้พนักงานเข้าใจถึงวัตถุประสงค์ของการศึกษาเวลาในการทำงานด้วย จากนั้นก็จะทำการศึกษาเวลา เพื่อหาค่าเวลามาตรฐานในการทำงานนั้น ๆ ต่อไป สำหรับการเลือกงานเพื่อทำการศึกษาเวลา ส่วนใหญ่จะเป็นงานที่มีลักษณะดังนี้

1.1) เป็นงานใหม่ที่ยังไม่เคยทำ และไม่เคยศึกษาเวลามาก่อน เช่น การผลิตชิ้นงานรุ่นใหม่ (New model)

1.2) มีการเปลี่ยนกระบวนการผลิต หรือเปลี่ยนวัสดุใหม่

1.3) มีการร้องเรียนเกี่ยวกับเวลามาตรฐานที่กำหนดว่าไม่เหมาะสม

1.4) จุดงานที่เกิดคอขวด (Bottle Neck) ทำให้การผลิตเกิดการติดขัดและไม่ราบรื่น

1.5) จุดงานที่ต้องการข้อมูลเวลามาตรฐาน เพื่อใช้กำหนดค่าแรงจูงใจ และคิดต้นทุนในการผลิต

1.6) มีการว่างงานของคนงาน หรือเครื่องจักรมากเกินไป

1.7) ค่าใช้จ่ายของการผลิตงานนั้น ๆ สูงเกินไป โดยเฉพาะค่าแรงงาน

2) ผู้ศึกษาเวลา และคนงานที่เหมาะสม

2.1) ผู้ศึกษาเวลา ผู้ที่จะทำการศึกษาเวลา ในการทำงานใด ๆ ควรเป็นผู้ที่มีความรู้และประสบการณ์ในการทำงานในระดับหนึ่ง นั่นคือ ก่อนทำการศึกษาเวลา ก็ควรศึกษาวิธีการทำงานนั้น ๆ ให้แจ่มแจ้ง ทั้งในรายละเอียดของขั้นตอนการทำงาน และรอบเวลาในการทำงาน การเริ่มต้นและสิ้นสุดการทำงานถ้ามีวิธีการที่ดีกว่าก็ควรจะปรับปรุงก่อนที่จะศึกษาเวลา โดยผู้ศึกษาเวลาควรทำงานร่วมกับหัวหน้าแผนกงานนั้น ๆ เพื่อร่วมกันพิจารณาและวิเคราะห์งานร่วมกัน ทั้งการศึกษาวิธีการทำงานและการศึกษาเวลา

2.2) คนงานที่เหมาะสม ในการเลือกคนงานที่เหมาะสมเพื่อจับเวลาการทำงานนั้น ควรเลือกคนงานที่มีความสามารถ มีทักษะและมีความชำนาญงานอยู่ในเกณฑ์ดี และมีสุขภาพแข็งแรง นอกจากนี้ควรพิจารณาถึงความเร็วในการทำงานของคนงานที่เลือก ควรอยู่ในระดับค่าเฉลี่ย หรือสูงกว่าระดับค่าเฉลี่ยเล็กน้อย เพราะถ้าเลือกคนงานที่ทำงานช้า หรือเร็วเกินไป จะทำให้เวลามาตรฐานที่ได้มีค่ามากหรือน้อยเกินจริงซึ่งจะทำให้เกิดปัญหาภายหลัง

เมื่อเลือกพนักงานที่เหมาะสมได้แล้ว ควรอธิบายเหตุผลที่ต้องจับเวลาการทำงานให้พนักงานทราบและเข้าใจ เพราะถ้าเกิดความไม่เข้าใจ อาจทำให้พนักงานทำงานไม่ปกติและ

ไม่เป็นธรรมชาติ คือ ทำงานเร็วไป เพราะเกิดความเครียดและจดจ่อกับงานมากเกินไป หรืออาจทำงานช้าลง เพื่อให้มาตรฐานของงานต่ำลง จะได้ทำงานสบาย

จากนั้นก็เริ่มทำการจับเวลา โดยผู้จับเวลาควรยืนอยู่ด้านหลังของผู้ปฏิบัติงาน ในจุดที่มองเห็นการทำงานของพนักงาน และควรอยู่ห่างพอสมควร เพื่อจะได้ไม่รบกวนการทำงานของพนักงาน และทำการบันทึกเวลาที่ได้ลงในแบบฟอร์มการศึกษาเวลา และนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์หาเวลามาตรฐานต่อไป

3) การแบ่งงานออกเป็นงานย่อย

ในการศึกษาเวลาโดยการจับเวลาของงาน ตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งเสร็จงาน โดยเฉพาะงานที่ต้องใช้เวลาในการทำงานนานเกินไป อาจทำให้ค่าข้อมูลที่ได้เกิดการผิดพลาดและไม่ถูกต้องได้ดังนั้นเพื่อให้เกิดความเหมาะสมในการบันทึกเวลาการทำงาน จึงควรแบ่งงานที่จะศึกษาเวลาออกเป็นงานย่อยๆ เพื่อประโยชน์ ดังนี้คือ

3.1) การแบ่งงานย่อย ทำให้เห็นความบกพร่อง และข้อผิดพลาดในการทำงาน โดยที่การจับเวลาครั้งเดียวทั้งรอบการทำงาน อาจไม่พบความบกพร่องนี้ได้

3.2) นำค่าเวลาที่จับได้ของแต่ละงานย่อยไปเปรียบเทียบกับเวลาของงานย่อยอื่น ๆ ที่มีลักษณะการทำงานคล้ายกันได้

3.3) สามารถกำหนดประสิทธิภาพการทำงานของพนักงานแต่ละงานย่อยได้ ซึ่งทำให้การพิจารณาประสิทธิภาพการทำงานรวมถูกต้องยิ่งขึ้น ส่งผลให้ค่าเวลามาตรฐานที่คำนวณได้ถูกต้องมากขึ้นด้วย

3.4) คำนวณหาเวลามาตรฐานในแต่ละงานย่อยได้ และเมื่อรวมเวลาของงานย่อยเข้าด้วยกัน ก็คือเวลามาตรฐานในการทำงานทั้งหมดนั่นเอง

2.6.2.3 หลักการแบ่งงานย่อย

1) แยกงานที่ทำประจำ (Regular Elements) ออกจากงานที่ทำเป็นครั้งคราว (Irregular Elements) โดยงานที่ทำเป็นประจำจะเกิดทุกรอบการทำงาน เช่น การใส่ชิ้นงานและการเอาชิ้นงานออกจากเครื่อง ส่วนงานที่เกิดเป็นครั้งคราว จะไม่เกิดขึ้นทุกรอบของการทำงาน เช่น การเป่าลมทำความสะอาด การเปลี่ยนดอกสว่าน หรือการตั้งเครื่องจักร ฯลฯ ซึ่งจะแยกจับเวลาต่างหากแล้วนำมาเฉลี่ยรวมเข้าไปภายหลัง

2) เวลางานย่อยแต่ละงาน ควรสั้น แต่ไม่สั้นจนเกินไปจนไม่สามารถจับเวลาได้

3) งานย่อยแต่ละงานควรมีจุดเริ่มต้น และจุดสิ้นสุดที่ชัดเจน

4) แยกงานที่ทำโดยแรงงานคนออกจากงานที่ทำโดยเครื่องจักรให้ชัดเจน

4.1) งานที่ทำโดยคน จะจับเวลาการทำงาน และประเมินประสิทธิภาพในการทำงานตามขั้นตอนการศึกษาเวลา

4.2) ส่วนงานที่ทำโดยเครื่องจักร จะขึ้นอยู่กับการตั้งค่าความเร็ว อัตราการป้อน และความลึกในการตัด ซึ่งจะอยู่นอกเหนือการควบคุมของคน ดังนั้นการประเมินประสิทธิภาพจะคิดให้เป็นร้อยละ 100 เสมอ

2.6.2.4 การจับเวลา

หลังจากที่ทำการแบ่งงานย่อยแล้ว ก็จะทราบจุดเริ่มต้น และจุดสิ้นสุดของแต่ละงานย่อย ก็จะทำการจับเวลา โดยการจับเวลาจะมีอยู่ 2 วิธี คือ

1) การจับเวลาแบบต่อเนื่อง หรือแบบสะสม ผู้ศึกษาจะเริ่มจับเวลาของงานย่อยแรกโดยให้นาฬิกาเดินไปเรื่อย ๆ จนสิ้นสุดงานย่อยที่ 1 ก็ทำการอ่านค่าเวลาและบันทึกลงในแบบฟอร์ม โดยไม่ต้องหยุดเวลา พอสิ้นสุดงานย่อยถัดไป ก็อ่านค่าและบันทึกค่าเวลาจากนาฬิกาอีกทำอย่างนี้ไปเรื่อย ๆ จนเสร็จงาน และสามารถหาเวลาของงานย่อยแต่ละงานได้โดยนำค่าเวลาที่อ่านได้ในแต่ละจุดมาหักลบกับค่าเวลาถัดไป ซึ่งการใช้นาฬิกาจับเวลาแบบสะสมนี้ จะทำให้ได้เร็วและถูกต้องกว่า และลดความผิดพลาดในการจับเวลางานย่อยโดยเฉพาะกรณีที่มีเวลาทำงานสั้น ๆ ข้อเสียคือต้องมาหักลบเวลาเพื่อหาค่าเวลาของงานย่อยแต่ละงานอีกครั้ง

2) การจับเวลาแต่ละงาน โดยการจับเวลางานย่อยในแต่ละงานจากจุดเริ่มต้นจนถึงจุดสิ้นสุดของงานย่อยนั้น ๆ ทำการบันทึกค่าเวลาที่ได้ และทำการกดปุ่มเพื่อให้นาฬิกาเริ่มต้นที่ศูนย์ใหม่เพื่อจับเวลางานย่อยอื่น ๆ ต่อไป ข้อดีสำหรับการจับเวลาแต่ละงานนี้จะทำให้ได้ค่าเวลาที่ใช้จริงของแต่ละงานย่อยทันที และไม่ต้องเสียเวลาทำการหักลบเวลาในภายหลัง ข้อเสียคือผู้ศึกษาต้องกดปุ่มนาฬิกาให้เริ่มศูนย์ใหม่ ในการจับเวลางานย่อยต่อไป แต่ในขณะเดียวกันพนักงานก็ทำงานต่อไปอย่างต่อเนื่อง ทำให้ข้อมูลเวลาที่ได้อาจมีความคลาดเคลื่อนบ้าง

2.6.3 การคำนวณหาจำนวนรอบในการจับเวลา

การศึกษาเวลาโดยการใช้นาฬิกาจับเวลาถือเป็นการสุ่มตัวอย่างรูปแบบหนึ่ง เพียงแต่เป็นการสุ่มบนตัวอย่างเดียวที่มีความต่อเนื่อง ข้อมูลมีความคลาดเคลื่อนอันเนื่องจากความแปรปรวนของงาน ความเร็วของพนักงานในการทำงาน และอาจมีงานย่อยแปลกปลอม (Foreign Element) อื่นๆ ซ่อนเร้นอยู่ ดังนั้นการจับเวลาเพียงรอบเดียว หรือ 2 - 3 รอบ ย่อมไม่ใช่ค่าที่แน่นอนพอที่จะใช้เป็นฐานในการคำนวณเวลามาตรฐานได้ การจับเวลาโดยมีจำนวนข้อมูลที่เหมาะสม นอกจากจะให้ค่ามาตรฐานที่น่าเชื่อถือได้แล้ว ยังทำให้ผู้ที่ศึกษาสามารถนำเวลามาตรฐานที่ได้ไปใช้ด้วยความเชื่อมั่นอีกด้วย

การคำนวณหาจำนวนรอบที่เหมาะสมมีหลายวิธี ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเวลา และค่าความแม่นยำที่ต้องการ แต่ทุกวิธีต้องอาศัยข้อมูลเบื้องต้นจำนวนหนึ่งในการหาค่าประมาณการของค่าตัวแทน (Representative Time) และค่าความคลาดเคลื่อนเพื่อนำมาใช้ในการคำนวณ สูตรการคำนวณจึง

แปรเปลี่ยนไปตามขนาดของข้อมูลเบื้องต้นที่นำมาใช้ โดยในที่นี้จะแทนค่าของขนาดข้อมูลเบื้องต้นนี้ด้วยอักษร n

2.6.3.1 วิธีที่ 1 เมื่อ n มีค่ามากกว่า 30 ข้อมูล

สมมุติว่า ค่าแตกต่างในการบันทึกเวลาแต่ละครั้งเกิดจากสาเหตุของโอกาส (Chance) เพียงอย่างเดียว ดังนั้น ค่า Standard error ของ Mean ของงานย่อย ย่อมเท่ากับ

$$\sigma_{\bar{x}}^2 = \frac{\sigma_1'^2+\sigma_2'^2+\sigma_3'^2+...\sigma_N'^2}{N^2} \quad (2.6)$$

$$\sigma_{\bar{x}}^2 = \frac{N\sigma'^2}{N^2}$$

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma'}{\sqrt{N}} \quad (2.7)$$

โดยที่ $\sigma_{\bar{x}}$ = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการแจกแจงของ $\bar{x}$

σ_N' = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานทั่วไปของงานย่อย หรือเท่ากับ σ'

N = จำนวนข้อมูลที่แท้จริงของการศึกษางานย่อย

แต่ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน หรือ Standard Deviation (σ) คือค่า Root – mean - square Deviation ของค่าเบี่ยงเบนจากค่าเฉลี่ยของมัน นั่นคือ

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2/n}$$

$$= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} x_i^2}{n} - \bar{x}^2} \quad (2.8)$$

โดย $$\bar{x} = \sum_{i=1}^{n} x_i/n \quad (2.9)$$

โดยที่ x_i = ค่าเวลาที่อ่านได้ของแต่ละงานย่อย

$\bar{x}$ = เวลาเฉลี่ยที่ได้จากการคำนวณกลุ่มตัวอย่างของงานย่อย

n = จำนวนข้อมูลที่เก็บตัวอย่างของการศึกษางานย่อย

แทนค่า $\bar{X}$ ในสูตร 2.8 จะได้

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} x_i^2}{n} - \left(\frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n}\right)^2}$$

$$\sigma = \frac{1}{n}\sqrt{n\sum_{i=1}^{n} x_i^2 - (\sum_{i=1}^{n} x_i)^2}$$

ถ้า $\sigma = \sigma'$ และแทนค่าในสูตร 2.7

จะได้ $\sigma_{\bar{x}} = \frac{\frac{1}{n}\sqrt{n\sum_{i=1}^{n} x_i^2 - (\sum_{i=1}^{n} x_i)^2}}{\sqrt{N}}$ (2.10)

ในการจับเวลาของงานชิ้นหนึ่ง ๆ ผู้ทำการศึกษาจะต้องทำการตัดสินใจว่าจะให้ข้อมูลที่ได้มีค่าความคลาดเคลื่อนเท่าใด โดยปกติแล้วในงานของการศึกษาเวลา มักจะตั้งค่าความคลาดเคลื่อนไว้ที่ ±5% โดยให้มีระดับความเชื่อมั่นไม่ต่ำกว่าร้อยละ 95 (95% CI) นั่นคือ มีโอกาสอย่างน้อย 95 ครั้งใน 100 ครั้ง ที่ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ได้จะอยู่ภายในค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกิน ±5% จากค่าที่เป็นจริง

จากสมมติฐานว่ากลุ่มตัวอย่างมากกว่า 30 ข้อมูล จะมีลักษณะการแจกแจงเป็นปกติ (Normal Distribution) ดังนั้น 95% CI คือมีพื้นที่ใต้โค้งเท่ากับร้อยละ 95 ซึ่งจะตรงกับค่า $Z_{\frac{\alpha}{2}}$ หรือเท่ากับ $Z_{0.975}$

$$Z_{\frac{\alpha}{2}} = \frac{\bar{x}-\mu}{\sigma/\sqrt{n}} \quad (2.11)$$

โดยค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกิน ±5% นั่นคือ $|\bar{X} - \mu| = 0.05\bar{X}$ นั่นเอง ดังนั้น จะสามารถแสดงความสัมพันธ์ของสมการข้างต้นได้ว่า

$$0.05\bar{x} = Z_{0.975} \times \sigma_{\bar{x}}$$

แต่ $Z_{0.975} = 1.96$ หรือประมาณ 2

$$\therefore \quad 0.05\frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n} = 2\sigma_{\bar{x}}$$

แทนค่า $\sigma_{\bar{x}}$ จากสูตร 2.10 จะได้

$$0.05\frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n} = 2\frac{\frac{1}{n}\sqrt{n\sum_{i=1}^{n} x_i^2-\left(\sum_{i=1}^{n} x_i\right)^2}}{\sqrt{N}}$$

$$\sqrt{N} = \frac{2}{0.05}\frac{\sqrt{n\sum_{i=1}^{n} x_i^2-\left(\sum_{i=1}^{n} x_i\right)^2}}{\sum_{i=1}^{n} x_i}$$

$$N = \left(\frac{40\sqrt{n\sum_{i=1}^{n} x_i^2-\left(\sum_{i=1}^{n} x_i\right)^2}}{\sum_{i=1}^{n} x_i}\right)^2 \quad (2.12)$$

ขณะเดียวกันสามารถหาค่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูล หรือ Relative Accuracy ได้จากสูตร

$$rel.acc. = \pm\frac{Z_{\frac{\alpha}{2}}\times\sigma_{\bar{x}}}{\bar{x}} \times 100\% \quad (2.13)$$

2.6.3.2 วิธีที่ 2 เมื่อ n มีขนาดน้อยกว่า 30 ข้อมูล

ในกรณีที่ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง มีจำนวนน้อยกว่า 30 ข้อมูล ค่า S^2 หรือ Sample Variance จะมีค่าแปรปรวนสูง ทำให้การแจกแจงของข้อมูลที่ได้ออกมาเป็นรูประฆังแบน ในกรณีนี้ควรใช้ t - Distribution แทน ซึ่งจะมีค่า Standard Error ของข้อมูลเป็นดังนี้

$$S_X = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(\bar{x}_i-\bar{x})^2}{n-1}} \quad (2.14)$$

และ $$S_{\bar{X}} = \frac{S_X}{\sqrt{N}} \quad (2.15)$$

เนื่องจากขนาดของข้อมูลมีน้อย ดังนั้น หรือความแปรปรวนจะแปรเปลี่ยนไปตามขนาดของข้อมูล จึงควรใช้ค่าสถิติ t ในการคำนวณค่าความแปรปรวน

ค่า t หาได้จากสูตร

$$t_{\frac{\alpha}{2},v} = \frac{\bar{x}-\mu}{S_{\bar{x}}} \quad (2.16)$$

ซึ่งค่าของ t นี้แปรผันตามขนาดของข้อมูล หรือ degree of freedom ถ้าต้องการให้ค่า $\bar{x}$ คลาดเคลื่อนจากค่า μ ไม่เกิน ±5% ภายในระดับความเชื่อมั่น 95% จะหาค่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูลได้จาก สูตรค่าความแม่นยำสัมพัทธ์ หรือ $|\bar{x} - \mu|$ ดังนี้

$$rel.acc. = \pm \frac{t_{\frac{\alpha}{2},v} \times S_{\bar{x}}}{\bar{x}} \times 100\% \qquad (2.17)$$

เพื่อเปรียบเทียบกับค่าความคลาดเคลื่อนที่กำหนดไว้ คือ ±5% ถ้ามีค่ามากกว่าก็จะเพิ่มค่าของ *N* ออกไปเรื่อยๆ จนกว่าจะได้ค่าความแม่นยำสัมพัทธ์ตามต้องการ

2.6.3.3 วิธีที่ 3 ใช้ตารางของ Maytag

เป็นวิธีที่คิดขึ้นโดยบริษัท Maytag ในสหรัฐอเมริกา อาศัยหลักการเดียวกันกับวิธีการแจกแจง t - Distribution แต่ได้แปลงเป็นตารางหาค่าโดยประมาณการเพื่อความรวดเร็ว โดยมีขั้นตอนดังนี้

1) จับเวลาเบื้องต้นของการทำงานโดย ถ้าวัฏจักรงานสั้นกว่า 2 นาที ให้จับเวลามา 10 ค่า และถ้าวัฏจักรงานยาวกว่า 2 นาที ให้จับเวลามาเพียง 5 ค่า

2) หาค่าพิสัย R (range) ซึ่งได้จากการเอาค่าเวลาสูงสุด (H) ลบด้วยค่าเวลาต่ำสุดที่อ่านได้ (L)

3) หาค่า $\bar{x}$ ซึ่งได้จากผลรวมของตัวเลขในกลุ่มหารด้วยจำนวนข้อมูล (5 หรือ 10) $\bar{X} = \sum_{i=1}^{n} x_i / n$ หรืออาจจะหาค่าประมาณการได้จากค่าสูงสุด บวกค่าต่ำสุดของกลุ่มแล้วหารด้วยสอง $\frac{H+L}{2}$

4) คำนวณหาค่า $R/\bar{X}$

5) นำค่า $R/\bar{X}$ ที่คำนวณได้ไปเทียบกับค่า $R/\bar{X}$ ที่อยู่ในภาคผนวก ข ดังแสดงในตารางที่ ข.1 เพื่ออ่านค่าจำนวนรอบที่เหมาะสม (N)

6) จับเวลาต่อจนครบตามจำนวนครั้งที่คำนวณได้

ตาราง Maytag นี้มีที่มาจากสมการความสัมพันธ์ของ

$$\sigma' = \frac{\bar{R}}{d_2} \qquad (2.18)$$

โดย σ' = ค่า Unbias estimator of σ for small N

$\bar{R}$ = Average Range

d_2 = Factor for Central Line for Range

2.6.3.4 วิธีที่ 4 ใช้ Alignment Chart เพื่อหาค่า N

การใช้ Alignment Chart เป็นอีกวิธีหนึ่งในการหาค่า N หรือจำนวนรอบที่เหมาะสมในการจับเวลา Alignment Chart แสดงในภาพที่ 2.6 สามารถใช้ในการหาค่าจำนวนรอบสำหรับการศึกษาเวลาที่ต้องการค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกิน ±5% ความคลาดเคลื่อนภายใน 95% ความเชื่อมั่น

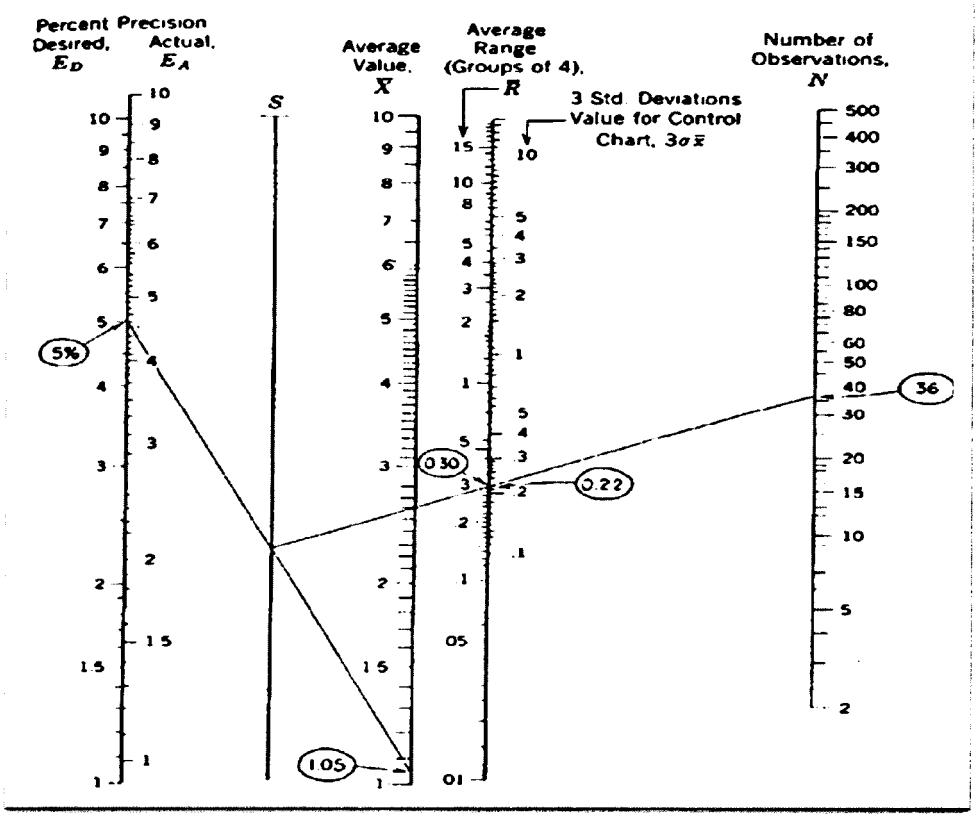
1) วิธีการอ่านค่าจาก Alignment Chart ดังนี้

1.1) กำหนดค่าความคลาดเคลื่อนที่ต้องการ (E_D) บนแกนค่าความแม่นยำ (Percent Precision) และค่าเฉลี่ยของข้อมูล $\bar{X}$ บนแกนค่าเฉลี่ย (Average Value)

1.2) โยงเส้นระหว่างจุดทั้งสองเพื่อไปตัดเส้นสมมติ S

1.3) โยงเส้นระหว่างจุดตัดนี้กับค่าพิสัย ($\overline{R}$) บนแกนค่าพิสัย (Average Range) และลากเลยออกไปจนถึงแกนค่า N จุดที่ตัดแกน N คือค่าจำนวนรอบที่ต้องการ

แผนภูมิเดียวกันนี้สามารถหาค่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูลที่เก็บมาได้โดยการลากเส้นย้อนกลับจากค่า N



ภาพที่ 2.5 Alignment Chart ของการหาค่าจำนวนรอบในการจับเวลา

ที่มา: รัชต์วรรณ กาญจนปัญญาคม (2552: 272)

2.7 การประเมินประสิทธิภาพ (Determining the Rating Factor) (นุชสรา เกรียงกรกฎ, 2555)

ในการศึกษาเวลาการทำงานของพนักงานแต่ละคนย่อมจะมีความแตกต่างกัน ทั้งในเรื่องของความสามารถในการทำงาน ความกระตือรือร้น ความพยายาม และประสิทธิภาพในการทำงานก็จะแตกต่างกันไป บางคนอาจทำงานช้า บางคนทำงานอย่างรวดเร็ว ซึ่งมีผลทำให้การวิเคราะห์เพื่อศึกษาเวลาในการทำงานที่เป็นมาตรฐานจึงทำให้ได้ค่าที่หลากหลายสำหรับการทำงานหนึ่งๆ ดังนั้นส่วนของการประเมินประสิทธิภาพ (Rating Factor) ในการทำงานของพนักงาน จึงเป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องพิจารณา เพื่อเป็นการปรับสภาวะของคนทำงานช้าและเร็ว ให้เทียบเป็นเกณฑ์ที่สภาวะปกติเดียวกันนั่นเอง

2.7.1 การประเมินประสิทธิภาพโดยใช้ระดับสเกลต่างๆ

ในบางครั้งจะอาศัยดุลพินิจของผู้วิเคราะห์เป็นหลัก โดยการประมาณการทำงานของพนักงานอย่างคร่าวๆ ดังนี้

2.7.1.1 ที่สภาวะการทำงานที่เป็นปกติ (Normal pace) จะเทียบประสิทธิภาพการทำงานเป็น 100%

2.7.1.2 สำหรับสภาวะการทำงานเร็ว จะเทียบประสิทธิภาพการทำงานมากกว่าร้อยละ 100 เช่น ร้อยละ 105 หรือ ร้อยละ 110 เป็นต้น

2.7.1.3 สำหรับสภาวะการทำงานช้า จะเทียบประสิทธิภาพการทำงานน้อยกว่าร้อยละ 100 เช่น ร้อยละ 85 หรือ ร้อยละ 90 เป็นต้น

สำหรับตัวอย่างการประเมินประสิทธิภาพการทำงานบนระดับสเกลต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 ตัวอย่างการประเมินประสิทธิภาพการทำงานบนระดับสเกลต่างๆ

สเกล				Description	Comparable Walking speed	
60 - 80	75 - 100	100 -133	0 - 100		mi/h	km/h
0	0	0	0	No. activity.		
40	50	67	50	Very slow ; clumsy, fumbling movement ; operative appears half asleep, with no interest in the job.	2	3.2

ตารางที่ 2.5 ตัวอย่างการประเมินประสิทธิภาพการทำงานบนระดับสเกลต่างๆ (ต่อ)

สเกล				Description	Comparable Walking speed	
60 - 80	75 - 100	100 -133	0 - 100		mi/h	km/h
0	0	0	0	No. activity.		
60	75	100	75	Steady, deliberate, unhurried	3	4.8
80	100	133	100		4	6.4
100	125	167	125		5	8.0
120	150	200	150		6	9.6

ที่มา: นุชสรา เกรียงกรกฎ (2555)

ตัวอย่างการใช้สเกลการประเมินของสเกล 0 – 100 ในการจับเวลาการทำงานของพนักงาน 3 คน ในการทำงานที่เหมือนกัน สามารถประเมินค่าเวลาที่ได้ ดังแสดงตัวอย่างในตารางที่ 2.6

เวลาปกติ = เวลาที่จับได้ x ค่าประสิทธิภาพ

Normal Time = Observed time × Rating factor (2.19)

ตารางที่ 2.6 ตัวอย่างการใช้การประเมินของสเกล 0 – 100

คนงานที่	สภาวะการทำงาน	เวลาที่จับได้ (นาที)	ประเมินประสิทธิภาพ	เวลาปกติ
1	ปกติ	40	100%	40
2	เร็ว	30	133%	40
3	ช้า	50	80%	40

ที่มา: นุชสรา เกรียงกรกฎ (2555)

2.7.2 ระบบของ Westing House

ใช้ครั้งแรกในโรงงาน Westing Electric Company โดยยึดปัจจัยที่มีผลต่อการทำงาน 4 ประการ เพื่อนำมาพิจารณาประกอบในการประเมินประสิทธิภาพการทำงานของพนักงาน ได้แก่

2.6.2.1 ทักษะ (Skill) คือ ความสามารถในการทำงานตามกำหนด

2.6.2.2 ความพยายาม (Effort) คือ ความตั้งใจในการทำงานแต่ละรอบ

2.6.2.3 ความสม่ำเสมอ (Consistency) ในการทำงานแต่ละรอบ

2.6.2.4 สภาพแวดล้อมในการทำงาน (Conditions) คือ สิ่งที่อยู่รอบๆ ในสถานที่ทำงาน ที่มีผลต่อการทำงาน เช่น อุณภูมิ แสงสว่าง ความชื้น เสียง ฯลฯ โดยค่าคะแนนปัจจัยทั้ง 4 จะถูกกำหนดดังแสดงในตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7 คะแนนของการประเมินประสิทธิภาพของระบบ Westing House

Skill			Effort		
+0.15	A1	Super-skill	+0.13	A1	Super-skill
+0.13	A2		+0.12	A2	
+0.11	B1	Excellent	+0.10	B1	Excellent
+0.08	B2		+0.08	B2	
+0.06	C1	Good	+0.05	C1	Good
+0.03	C2		+0.02	C2	
0.00	D	Average	0.00	D	Average
-0.05	E1	Fair	-0.04	E1	Fair
-0.10	E2		-0.08	E2	
-0.16	F1	Poor	-0.12	F1	Poor
-0.22	F2		-0.17	F2	
Condition			**Consistency**		
+0.06	A	Ideal	+0.04	A	Perfect
+0.04	B	Excellent	+0.03	B	Excellent
+0.02	C	Good	+0.01	C	Good
0.00	D	Average	0.00	D	Average
-0.03	E	Fair	-0.02	E	Fair
-0.07	F	Poor	-0.04	F	Poor

ที่มา: Barnes, R.M. (1980: 289)

ตัวอย่างการประเมินประสิทธิภาพ สมมติจากการจับเวลาการทำงานของพนักงานคนหนึ่ง ใช้เวลาในการทำงานเป็น 10 นาที ค่าประเมินประสิทธิภาพโดยใช้ระบบนี้ คือ

Excellent Skill	= B2	= +0.08
Good Effort	= C2	= +0.02
Good Conditions	= C	= +0.02
Good Consistency	= C	= +0.01
	รวม	= +0.13

จากนั้นนำค่าที่ได้ไปรวมกับ 1 จะได้เท่ากับ 1.13 หรือค่าประสิทธิภาพ คือ ร้อยละ 113 ดังนั้นพนักงานใช้เวลาในการทำงานที่สภาวะปกติ เท่ากับ 1.13 × 10 = 11.3 นาที

2.7.3 ระบบ Effort Rating or Speed Rating

โดยยึดความพยายามในการทำงานเป็นหลัก เริ่มจากการกำหนดความเร็วปกติ (Normal speed) เพื่อใช้เป็นเกณฑ์เปรียบเทียบ เช่น กำหนดจาก การแจกไพ่ 52 ใบ ออกเป็น 4 กอง จะใช้เวลาประมาณ 30 วินาที หรือกำนดจากความเร็วในการเดิน โดยสภาพปกติใช้เวลา 4.4 ฟุต/นาที

2.7.3.1 ข้อดี คือวัดความเร็วในการทำงานโดยตรงด้วยมาตรฐานที่แน่นอน

2.7.3.2 ข้อเสีย คือการปรับค่าคะแนนค่อนข้างจะพิจารณายาก เพราะไม่มีหลักเกณฑ์ตายตัว เช่น ในการยกของหนัก จะทำให้ใช้ความเร็วมาตรฐานได้ยาก เพราะมีตัวแปรของน้ำหนักสิ่งของเข้ามาเกี่ยวข้อง ฯลฯ

2.7.4 ระบบ Objective Rating

เป็นผลงานของ M.E Mundel คล้ายกับวิธี Effort Rating โดยแบ่งการประเมินออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ

2.7.4.1 ประเมินประสิทธภาพเฉพาะความเร็ว โดยการเปรียบเทียบกับความเร็วปกติ ไม่มีการปรับค่าคะแนน

2.7.4.2 ประเมินประสิทธิภาพ โดยพิจารณาจากความยากง่ายของงาน (Job difficulty) ใน 6 ด้าน คือ

1) การใช้ส่วนต่างๆ ของร่างกาย (Amount of body used)
2) การใช้แป้นเหยียบ (Foot pedals)
3) การใช้มือทั้งสองข้าง (Bimanual)
4) การใช้สายตาที่สอดคล้องกับมือ (Eye - hand coordination)
5) ความจำเป็นในการขนย้าย (Handling requirement)

6) น้ำหนักที่ยก (Weight)

สำหรับค่าคะแนนในการประเมินประสิทธิภาพ ดังแสดงในตารางที่ 2.8

ตารางที่ 2.8 ค่าคะแนนในการประเมินประสิทธิภาพของระบบ Objective Rating

ลำดับที่	รายละเอียด	เงื่อนไข	คะแนนที่เพิ่ม
1	การใช้ส่วนต่างๆ ของร่างกาย	- ใช้นิ้วทำงานอย่างสบาย	0
		- ใช้ข้อมือ และนิ้วมือ	1
		- ใช้ข้อศอก ข้อมือ และนิ้วมือ	2
		- ใช้แขน	5
		- ใช้ลำตัว	8
		- ใช้เท้ายกของจากพื้น	10
2	การใช้แป้นเหยียบ	ใช้แป้นเหยียบที่มีจุดหมุนนอกเท้า	5
3	การใช้มือทั้งสองข้าง	มือทั้งสองข้างทำงานพร้อมกัน เหมือนกัน แต่แยกกัน	18
4	การใช้สายตาที่สอดคล้องกับมือ	- ใช้สายตาเล็กน้อย	2
		- ดูตลอดเวลา	4
		- ดูอย่างใกล้ชิด	7
		- ดูละเอียดมาก(>1/64นิ้ว)	10
5	ความจำเป็นในการขนย้าย	- ถือ	1
		- จับแบบกด	2
		- ถืออย่างระมัดระวัง	3
		- ของแตกง่ายที่ต้องระวัง	5
6	น้ำหนักที่ยก	- ยกของ 1 ปอนด์	2
		- ยกของ 10 ปอนด์	22
		- ยกของ 20 ปอนด์	37
		- ยกของ 30 ปอนด์	47
		- ยกของ 50 ปอนด์	82

ที่มา: นุชสรา เกรียงกรกฎ (2555)

2.7.5 ระบบ Synthetic Rating

ใช้ประเมินประสิทธิภาพ ความเร็วในการทำงาน กับความเร็วมาตรฐานที่กำหนดไว้ ซึ่งได้จากข้อมูลที่ทราบล่วงหน้า คำนวณได้จาก

$$R = P/A \qquad (2.20)$$

เมื่อ R = ประสิทธิภาพการทำงานของพนักงาน
P = ความเร็วมาตรฐานที่ทราบล่วงหน้า
A = เวลาที่พนักงานใช้ในการทำงาน

ตัวอย่างการคำนวณ งานย่อยหนึ่งจับเวลาได้ 0.14 นาที จากความเร็วมาตรฐานในการทำงานที่มีอยู่ควรทำได้ 0.16 นาที ดังนั้นประสิทธิภาพในการทำงาน คิดเป็น

$$\begin{aligned} R &= P/A \\ &= 0.16/0.14 \\ &= 114\% \end{aligned}$$

2.7.6 ระบบ Physiological Evaluation

เป็นการประเมินประสิทธิภาพการทำงานโดยใช้วิธีทางสรีระวิทยา คือ วัดอัตราการเต้นของหัวใจ (Hearth Rate) หรือ วัดค่าออกซิเจนที่ใช้ในการทำงาน คือ ถ้าทำงานด้วยความเร็วที่เพิ่มขึ้น การเต้นของหัวใจจะสูงขึ้น และการใช้ออกซิเจนจะมากด้วย ทั้งนี้ต้องใช้เครื่องมือและอุปกรณ์พิเศษช่วยในการวัดค่าเหล่านี้ ส่วนใหญ่จะนิยมใช้วิธีการนี้ สำหรับการวัดประสิทธิภาพการทำงาน ในเชิงเออร์กอนอมิกส์ (Ergonomics) หรือ วิศวกรรมมนุษย์ปัจจัย (Human Factors)

2.7.7 การกำหนดค่าเผื่อ (Determining Allowances) (รัชต์วรรณ กาญจนปัญญาคม, 2552)

เนื่องจากเวลาปกติ (Normal Time) ที่หามาได้เป็นเวลาการทำงาน (Working Time) เพียงอย่างเดียว แต่การทำงานทุกอย่างไม่ใช่จะทำโดยไม่มีการหยุดพักผ่อน หรือเกิดเหตุล่าช้าเลย ดังนั้น จึงต้องมีเวลาเผื่อไว้ให้กับกรณีต่าง ๆ ซึ่งสมเหตุสมผล พนักงานจำเป็นต้องมีเวลาสำหรับทำกิจส่วนตัวสำหรับการพักเหนื่อย และสำหรับการสูญเสียอันเนื่องมาจากสาเหตุที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ การกำหนดค่าเผื่อเหล่านี้ควรพิจารณาต่างหากจากส่วนของการให้ค่าปรับอัตราความเร็วในการทำงาน

การกำหนดค่าเผื่ออาจกำหนดเป็นเปอร์เซ็นต์ของเวลาปกติ หรือเป็นเปอร์เซ็นต์ของเวลาทำงานตลอดทั้งวัน ก็สามารถคำนวณได้เช่นกัน ค่าเผื่อเหล่านี้แบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ

2.7.7.1 เวลาเผื่อสำหรับบุคคล

เป็นเวลาเผื่อเพื่อให้พนักงานทำกิจส่วนตัว เช่นไปห้องน้ำ ล้างมือ ดื่มน้ำ ยืดเส้นยืดสาย เป็นต้น เวลาเผื่อส่วนบุคคลนี้แม้ว่าจะแตกต่างกันสำหรับงานต่างๆ โดยขึ้นกับสภาพแวดล้อมและชนิดของงาน โดยทั่วไปแล้วจะอยู่ระหว่างร้อยละ 4.5 - 6.5 แต่ในอุตสาหกรรมทั่วไปมักกำหนดไว้ที่ 5% ของเวลาทั้งหมด ดังนั้นใน 1 วันหากมีเวลาทำงาน 8 ชั่วโมงเต็มหรือเท่ากับ 480 นาที จะมีเวลาเผื่อส่วนบุคคลนี้ = 0.05 × 8 × 60 = 24 นาที ค่าเผื่อสำหรับบุคคลนี้อาจแปรเปลี่ยนไปตามสภาพแวดล้อมได้ เช่น ของ Mundel (Marvin E. Mundel and David L. Danner, 1994) ให้ค่าเผื่อขึ้นกับสภาพแวดล้อมไว้ดังนี้

Comfortable condition	23 นาที/วัน
Warm condition	30 นาที/วัน
Hot, Dusty, Noisy	50 นาที/วัน

ในสภาวะแวดล้อมของการจัดการสมัยใหม่ซึ่งมีสภาพการทำงานที่ค่อนข้างดี ค่าเผื่อส่วนบุคคลนี้ได้ถูกแปลงมาเป็นการพัก 15 นาที ในครึ่งเช้า และอีก 15 นาที ในครึ่งบ่าย หรือที่มักจะเรียกว่าพักรับประทานกาแฟนั่นเอง

2.7.7.2 เวลาเผื่อสำหรับความเครียด

เป็นเวลาเผื่อสำหรับความเหนื่อยล้าเนื่องจากการทำงาน ซึ่งโดยหลักการแล้วไม่ว่างานหนักหรืองานเบาย่อมต้องมีความเหนื่อยล้าเกิดขึ้นทั้งสิ้น ทั้งนี้ อาจเกิดจากความยากและซับซ้อนในการทำงาน ท่าทางในการทำงาน ความน่าเบื่อหน่าย ความซ้ำซากจำเจ ดังนั้น ค่าเผื่อสำหรับความเครียดจึงแบ่งออกเป็นสองส่วน คือ

1) ค่าเผื่อความเครียดพื้นฐาน (Basic Fatigue Allowance) เป็นค่าคงที่สำหรับงานทั่วๆ ไป องค์การแรงระหว่างประเทศ หรือ ILO (วิจิตร ตัณฑสุทธิ์ และคณะ, 2540) ได้กำหนดไว้ที่ร้อยละ 4

2) ค่าเผื่อความเครียดแปรผัน (Variable Fatigue Allowance) ซึ่งจะแปรผันตามลักษณะงาน ได้แก่ การยืน ท่าท่งทำงานที่ผิดปกติ น้ำหนักที่กระทำ สภาพแวดล้อมในการทำงาน ความซ้ำซากของงาน

ค่าเผื่อแปรผันนี้มีหลายหน่วยงานที่พัฒนาขึ้นมา มีค่าที่ละเอียดแตกต่างกันตามความต้องการของผู้ใช้ และอาจมีความแตกต่างสำหรับพนักงานชายหรือพนักงานหญิงในกรณีที่มี

น้ำหนักเกี่ยวข้อง ดังแสดงตัวอย่างในตารางที่ 2.9 เป็นตารางคร่าวๆ ของเวลาเผื่อตามการศึกษาของ ILO โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ ของ Normal Time

ตารางที่ 2.9 เวลาเผื่อตามการศึกษาของ ILO โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของ Normal Time

Allowance	Men(%)	Women(%)
Standing Allowance	2	4
Weight Allowance :		
Weight Encountered (lb) : 5	0	1
10	1	2
20	3	4
40	9	13
50	13	20 (Max.)
70	22	-
Bad Light	2	2
Heat & Humidity		
Cooling Power (Kata thermometer) 12 or more	0	
10	3	
8	10	
6	21	
Fine or Exacting Work	2	2
Noise Level :		
Intermittent, loud	2	2
Intermittent, Very loud	5	5
Mental strain :		
Fairly complex	1	1
Very complex	8	8
Monotony :		
Medium	1	1
High	4	4

ที่มา: วิจิตร ตัณฑสุทธิ์ และคณะ (2540)

ในปัจจุบันนี้โรงงานทั่วไปมักมีเวลาพักเหนื่อยประมาณ 5 – 15 นาที ในช่วงครึ่งเช้า และครึ่งบ่ายของการทำงาน เพื่อให้พนักงานได้คลายความเครียดอยู่แล้ว เวลาพักช่วงสั้นๆ นี้มี

ประโยชน์คือ ลดความแตกต่างในความสามารถการทำงานของพนักงานตลอดทั้งวัน และช่วยให้ระดับการทำงานเพิ่มสูงขึ้น ลดความซ้ำซากจำเจของงาน ทำให้คนงานได้ฟื้นตัวจากความล้าของกล้ามเนื้อบางกลุ่ม และลดการเสียเวลาที่คนงานจะต้องพักในระหว่างการทำงานลง

ในโรงงานซึ่งไม่ได้ใช้ระบบการจ่ายเงินจูงใจตามผลงาน เวลาพักนี้จะถูกหักออกจากเวลาทำงาน แต่โรงงานที่มีการใช้ระบบการจ่ายเงินจูงใจ ค่าเผื่อของความเหนื่อยล้านี้จะถูกนำไปใช้ในการคำนวณเวลามาตรฐาน และอัตราผลผลิตมาตรฐานต่อไป โดยเวลาพักนี้จะไม่นำไปหักออกจากเวลาทำงานปกติ

2.7.7.3 เวลาเผื่อสำหรับความล่าช้า

ความล่าช้าอาจเกิดได้ในหลากหลายรูปแบบ ทั้งแบบหลีกเลี่ยงได้ (Avoidable Delay) และแบบหลีกเลี่ยงไม่ได้ (Unavoidable Delay) ถ้าเป็นความล่าช้าที่หลีกเลี่ยงได้ หรือเพราะเกิดจากการจงใจกระทำก็จะไม่ถูกนำมาคิดในการคำนวณเวลามาตรฐาน แต่ถ้าเป็นความล่าช้าซึ่งหลีกเลี่ยงไม่ได้ก็จะถูกนำมาคิดในการหาเวลามาตรฐาน

1) ตัวอย่างของความล่าช้าแบบหลีกเลี่ยงได้ (Avoidable Delay) บางประการ เช่น การหยอดน้ำมันเครื่องของเครื่องจักรในระหว่างวันทำงานทั้งๆ ที่ควรทำเมื่อเลิกงานแล้ว การเดินไปหยิบชิ้นส่วนวัสดุในขณะที่วัสดุยังใช้ไม่หมด เป็นต้น ส่วนของความล่าช้าที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ (Unavoidable Delay) เช่น ใบมีดหักโดยไม่รู้สาเหตุในขณะที่เครื่องจักรกำลังทำงาน ไฟฟ้าดับ พนักงานส่งของไม่ทัน เป็นต้น

2) สาเหตุบางอย่างที่ทำให้งานล่าช้า ได้แก่ เกิดการเสียของเครื่องมือเครื่องจักรอย่างกะทันหัน เกิดการคอยงานหรือคอยวัสดุที่จะมาป้อน คอยคำสั่งจากหัวหน้างาน การเตรียมงานและการทำความสะอาด และขาดการดูแลรักษาเครื่องมืออย่างสม่ำเสมอ เป็นต้น ความล่าช้าต่างๆ เหล่านี้ถือว่าเกิดจากการด้อยประสิทธิภาพของระบบงาน และการบริหารจัดการ มีผลกระทบทำให้ผลิตภาพตกต่ำลง จึงควรพยายามลดให้เหลือน้อยที่สุด แต่ในขณะที่ยังไม่สามารถหาสาเหตุได้นั้นจึงมีความจำเป็นต้องนำมาใช้คำนวณเวลามาตรฐานเพื่อให้ค่าเวลามาตรฐานน่าเชื่อถือได้ วิธีการกำหนดค่าเผื่อสำหรับความล่าช้ามีอยู่ 2 วิธี

2.1) การศึกษากระบวนการผลิต (Production Study) คือการสังเกตการณ์โดยละเอียดของกระบวนการทำงานนั้นตลอดทั้งวัน เป็นเวลา 1 – 2 วัน เพื่อเก็บข้อมูลว่ามีความล่าช้าใดเกิดขึ้นบ้าง วิธีนี้ค่อนข้างเหนื่อยเพราะผู้สังเกตต้องเก็บข้อมูลตลอดทั้งวัน และยังไม่เป็นการพิสูจน์ว่าข้อมูลความล่าช้าที่เกิดในช่วงเวลานั้นเป็นข้อมูลที่ถูกต้อง และใช้งานได้

2.2) ใช้วิธีการสุ่มงาน (Work Sampling) ซึ่งเป็นวิธีหาเวลามาตรฐานของงานวิธีหนึ่ง แต่เทคนิคเดียวกันนี้สามารถนำมาใช้ศึกษาหาเวลาเผื่อสำหรับความล่าช้าได้

2.8 การคำนวณเวลามาตรฐาน (Standard Time) (นุชสรา เกรียงกรกฎ, 2555)

เวลามาตรฐานจะคำนวณจากเวลาปกติรวมกับค่าของเวลาเผื่อ แสดงดังภาพที่ 2.6

ภาพที่ 2.6 องค์ประกอบหลักของเวลามาตรฐาน

ที่มา: รัชต์วรรณ กาญจนปัญญาคม (2552: 312)

2.8.1 วิธีที่ 1 คำนวณเวลามาตรฐาน สูตรที่ 1

$$Std.T. = NT + A\,(NT)$$

$$= NT\,(1+A) \qquad (2.21)$$

$$A = \%A / 100 \qquad (2.22)$$

โดยที่ Std.T. (Standard Time) = เวลามาตรฐาน

NT (Normal Time) = เวลาปกติ

A (Allowance) = ค่าเวลาลดหย่อน

%A (%Allowance) = เปอร์เซ็นต์ค่าเวลาลดหย่อน

2.8.1.1 ตัวอย่างการคำนวณหาค่าเวลามาตรฐาน สูตรที่ 1

ในการทำงานชิ้นหนึ่ง พนักงานใช้เวลาในการทำงานจริงคิดเป็น 0.80 นาที ค่าประสิทธิภาพการทำงานของพนักงาน เป็น 110% เวลามาตรฐานในการทำงานชิ้นนี้ควรเป็นเท่าไร ถ้าคิดเวลาลดหย่อนร้อยละ 5

จากสูตรที่ 1 $Std.T. = NT(1+A)$

จากค่า $NT = 0.80 \text{ นาที} \times 1.10 = 0.88 \text{ นาที}$

$A = 5/100 = 0.05$

แทนค่าในสูตร Std.T. = 0.88 × (1+0.05)

= 0.924 นาที

2.8.2 วิธีที่ 2 คำนวณเวลามาตรฐาน สูตรที่ 2

$$\text{Std.T.} = \text{NT} \times \text{AF}$$

$$\text{Std.T.} = \text{NT}\left(\frac{100}{100-\%\text{tt. allowance}}\right) \quad (2.23)$$

$$\text{AF} = \left(\frac{100}{100-\%\text{tt. allowance}}\right) \quad (2.24)$$

%tt. allowance = เปอร์เซ็นต์ค่าเวลาลดหย่อนรวม (%Total Allowance)

AF = แฟคเตอร์ค่าเวลาลดหย่อน (Allowance Factor)

2.8.2.1 ตัวอย่างการคำนวณหาค่าเวลามาตรฐาน สูตรที่ 2.23

ในการทำงานชิ้นหนึ่ง พนักงานใช้เวลาในการทำงานจริงคิดเป็น 0.80 นาที ค่าประสิทธิภาพการทำงานของพนักงาน เป็นร้อยละ 110 เวลามาตรฐานในการทำงานชิ้นนี้ควรเป็นเท่าไร ถ้าคิดเวลาลดหย่อนร้อยละ 5

จากสูตรที่ 2 $\text{Std.T.} = \text{NT}\left(\frac{100}{100-\%\text{tt. allowance}}\right)$

จากค่า NT = 0.80 นาที × 1.10 = 0.88 นาที, %A = 5

แทนค่าในสูตร $\text{Std.T.} = 0.88\left(\frac{100}{100-5}\right)$

= 0.88 × 1.053

= 0.927 นาที

จากค่าเวลามาตรฐานที่คำนวณได้ทั้ง 2 สูตร จะได้ค่าที่ใกล้เคียงกัน แต่ถ้าจะคิดเทียบกลับ ดังนี้คือ ถ้าพนักงานทำงานวันละ 8 ชั่วโมง มีค่าเวลาลดหย่อนเป็นร้อยละ 5 (5% ของ 8 ชั่วโมง = 480 × 0.05 = 24 นาที)

ดังนั้น เวลาในการทำงานจริงหลังหักค่าเวลาลดหย่อน = 480 – 24 = 456 นาที

ฉะนั้น พนักงานจะทำงานได้ = 456 / 0.88 = 518 ชิ้นต่อวัน

ดังนั้น เวลาที่ใช้ในการทำงานชิ้นหนึ่ง = 480 / 518 = 0.927 นาทีต่อชิ้น

สรุป จะเห็นว่าการคำนวณหาค่าเวลามาตรฐานโดยใช้สูตร 2.23 จะได้ค่าที่ถูกต้องมากกว่า สูตร 2.21 แต่ในทางปฏิบัติสามารถใช้คำนวณได้ทั้งสองสูตร เนื่องจากค่าที่คำนวณได้มีความใกล้เคียงกันมาก คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ผิดพลาด = (0.002 / 0.926) × 100 = 0.21% โดยในการทำวิจัยในครั้งนี้ผู้ทำวิจัยได้นำสูตรที่ 2.23 มาใช้ในการคำนวณเพื่อให้ได้ค่าเวลามาตรฐานที่มีความถูกต้อง และแม่นยำมากที่สุด

2.9 การจัดสมดุลสายการผลิต (Line Balancing)

2.9.1 คุณลักษณะของสายการผลิต (อภิวุฒิ บรรเทิง และกมลวรรณ ไชยกาล, 2556)

2.9.1.1 การปฏิบัติงานนั้นจะถูกจัดเรียงไปตามลำดับขั้นตอนการผลิต

2.9.1.2 การดำเนินงาน และพนักงานจะมุ่งไปที่การผลิต ผลิตภัณฑ์ชนิดเดียว

2.9.1.3 อุปกรณ์ที่ใช้เป็นแบบจุดประสงค์เฉพาะงาน

2.9.1.4 การเปลี่ยนงานการผลิตจะไม่มีค่าใช้จ่าย และใช้เวลาน้อย

2.9.1.5 การไหลของวัสดุเป็นไปอย่างต่อเนื่อง

2.9.1.6 งานทางด้านการวางแผนการจัดการตารางผลิต และการควบคุมค่อนข้างจะเป็นแบบเดินตรงไปข้างหน้า

2.9.1.7 ของคงคลังระหว่างการผลิตค่อนข้างต่ำ

2.9.2 หลักในการจัดสมดุลสายการผลิต (บรรหาญ ลิลา, 2553)

การจัดสมดุลสายการผลิตเกี่ยวข้องกับขบวนการผลิตที่มีการผลิต ผลิตภัณฑ์เป็นจำนวนมาก สายการประกอบที่มีงานหรือกิจกรรมในการประกอบต้องมีการจัดแบ่งให้กับพนักงาน หรือสถานีงานอย่างเหมาะสม เพื่อให้ปริมาณงานของพนักงานแต่ละคน หรือของแต่ละสถานีงานมีความสมดุลมากที่สุดในขณะที่คุณภาพของงานยังคงเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด

2.9.2.1 กำหนดจำนวนพนักงานหรือสถานีงาน ให้จัดสมดุลสายการผลิตหรือจัดปริมาณงานให้กับพนักงาน หรือสถานีงานให้มีรอบเวลาการผลิต (Cycle Time) น้อยที่สุด ซึ่งหมายถึงการมีอัตราการผลิตสูงนั่นเอง

2.9.2.2 กำหนดรอบเวลาในการผลิตให้ แล้วให้หาจำนวนพนักงาน หรือสถานีงาน หรือสถานีงานอย่างน้อยที่ต้องการ เพื่อที่จะทำงานได้ตามรอบเวลาที่กำหนด เมื่อทราบเวลาของแต่ละงานย่อย ความสัมพันธ์ก่อนหลังของงานย่อย และข้อจำกัดด้านความสามารถของเครื่องจักร อุปกรณ์ พื้นที่เก็บเป็นต้น

2.9.3 การวิเคราะห์สมดุลสายการผลิต (ปรีชา เกรียงกรกฎ, 2555)

ในการจัดสมดุลสายการผลิตจำเป็นต้องทำการวิเคราะห์สายการผลิตที่เราต้องทำการจัดสมดุลสายการผลิตเพื่อทราบถึงขั้นตอน งานย่อย เวลาในการทำงาน และข้อจำกัดต่างๆ ในสายการผลิตนั้นๆ โดยมีขั้นตอนดังนี้

2.9.3.1 แจกแจงงานย่อย และเวลางานย่อยทั้งหมดในสายการผลิต

2.9.3.2 เรียงลำดับความสัมพันธ์ก่อน - หลังของงานย่อย

2.9.3.3 วาดรูปแผนผังของงาน (Precedence Diagram)

2.9.3.4 กำหนดรอบเวลาการผลิต (Cycle Time)

2.9.3.5 จัดสมดุลสายการผลิตโดยใช้ฮิวริสติก (Heuristic)

หลังจากทำการจัดสมดุลโดยใช้ฮิวริสติกแล้วจึงคำนวณหาประสิทธิภาพของสายการผลิต พิจารณาจำนวนสถานีงานน้อยที่สุดตามทฤษฎี หรือระดับประสิทธิภาพสามารถยอมรับได้ให้ใช้จำนวนสถานีงานตามที่พิจารณา แต่ถ้าไม่เป็นไปตามนั้นให้ย้อนกลับไปขั้นตอนที่ 5 โดยอาจใช้วิธีฮิวริสติกอื่นๆ มาจัดสมดุลสายการผลิต

2.9.4 ตัวแปรและสมการที่เกี่ยวข้องในการจัดสมดุลสายการผลิต

สำหรับการจัดสมดุลสายการผลิต ผู้วิจัยควรทราบตัวแปรต่าง ๆ ที่นำมาคำนวณ รวมทั้งสมการที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณ เพื่อหาประสิทภาพ และเปรียบเทียบผลการดำเนินการจัดสมดุลสายการผลิต ก่อนและหลังปรับปรุงอย่างถูกต้อง แสดงดังสมการต่อไปนี้

2.9.4.1 รอบเวลา (Cycle time) (กุสุมา ธรรมนู, 2554)

รอบเวลาเป็นจำนวนเวลา (นาทีหรือวินาที) ที่ระบุไว้เป็นมาตรฐานว่าทุกสายการผลิตจะต้องผลิตให้ได้สินค้าหนึ่งชิ้นภายในช่วงเวลานั้น เวลาของรอบเวลาสามารถคำนวณโดยใช้สูตรสองสูตร โดยในขั้นแรกจะต้องกำหนดผลผลิตที่จำเป็นต่อเดือน จากด้านความต้องการของสินค้าจากนั้นก็ใช้สูตร

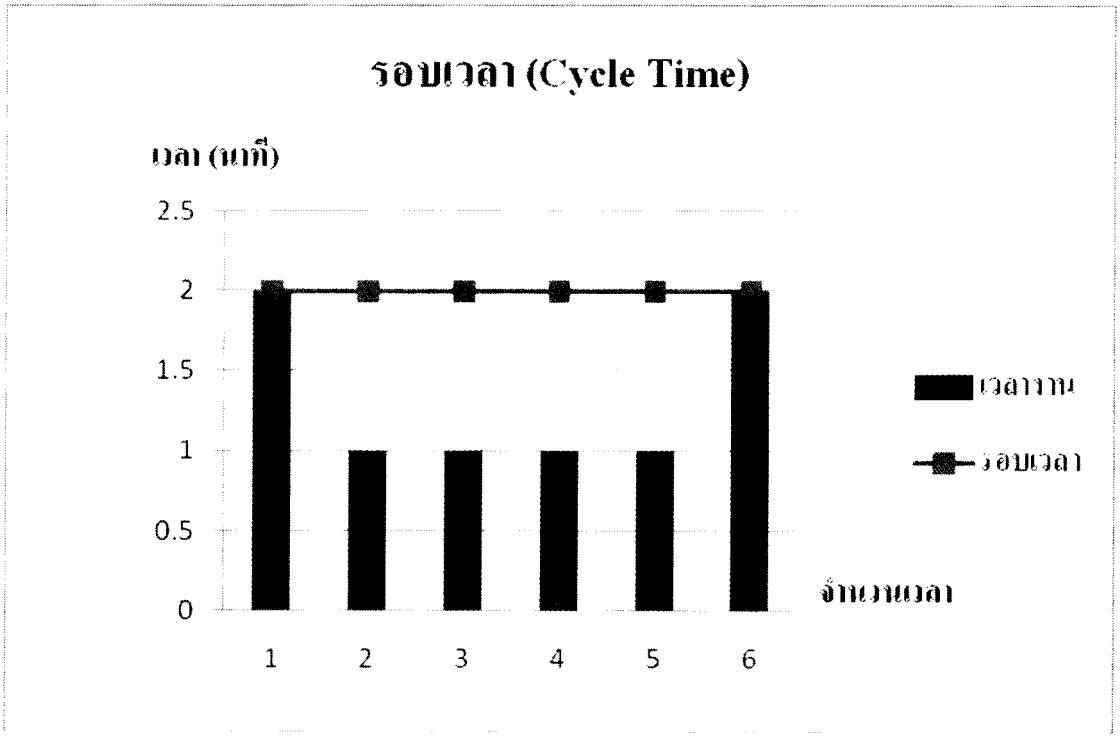
ผลผลิตที่จำเป็นต่อวัน = ผลผลิตที่จำเป็นต่อเดือน / จำนวนวันทำงานในหนึ่งเดือน (2.25)

รอบเวลา = จำนวนชั่วโมงทำงานในหนึ่งวัน / ผลผลิตที่จำเป็นต่อวัน (2.26)

โดยรอบเวลาจะถูกกำหนดด้วยสายการผลิตที่ใช้เวลามากที่สุด เมื่อได้ค่าของรอบเวลาแล้ว ต้องทำการวัดรอบเวลาของแต่ละกระบวนการ หรือแต่ละผู้ปฏิบัติงาน (ระยะเวลาตั้งเริ่มการทำงานของผู้ปฏิบัติงานจนกระทั่งเสร็จสิ้นการทำงานในหนึ่งรอบ) และรอบเวลาในแต่ละงานย่อยของผู้ปฏิบัติงานเพื่อทำการปรับรอบเวลาแล้วหาจำนวนคนที่ต้องการ โดยใช้ คนน้อยที่สุด ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นที่ถูกต้อง และมีประสิทธิภาพ โดยจะนำหลักการดังกล่าวไปวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการผลิต และปรับเรียบการผลิต เพื่อลดความสูญเปล่าจากการผลิตที่มากเกินไป

2.9.4.2 วิธีการปรับรอบเวลา (กุสุมา ธรรมนู, 2554)

หลังจากได้ค่าของรอบเวลา ของแต่ละกระบวนการ หรือเวลาภาระของผู้ปฏิบัติงานนำมาสร้างให้อยู่ในรูปของกราฟแท่งดังตัวอย่างภาพที่ 2.7

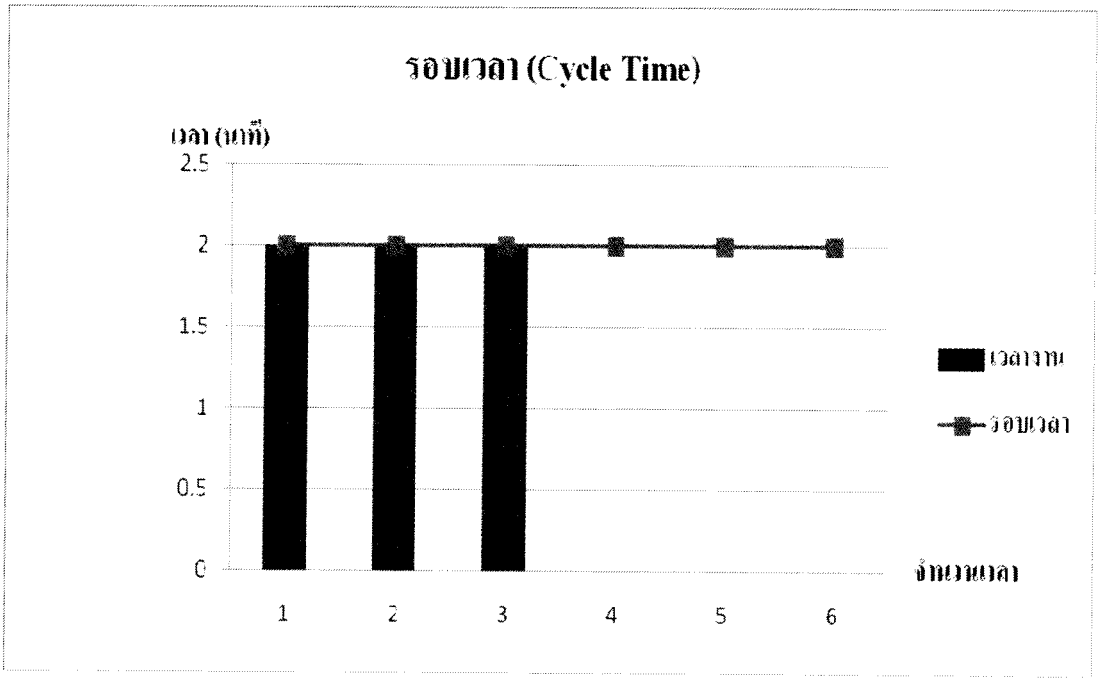


ภาพที่ 2.7 กราฟแสดงรอบเวลา และภาระงานแต่ละกระบวนการ

ที่มา: กุสุมา ธรรมนู (2554: 16)

จากภาพที่ 2.8 ในแนวนอน (แกน - X) จะแสดงจำนวนผู้ปฏิบัติงาน และในแนวตั้ง (แกน - Y) จะแสดงถึงเวลาที่แต่ละผู้ปฏิบัติงานใช้ และเส้นตรงจะแสดงรอบเวลา ซึ่งจะเห็นได้ว่าบางกระบวนการผลิตเร็ว บางกระบวนการผลิตช้า ในขณะที่ รอบเวลายังเหลืออยู่ ที่ 2 นาที แต่ผู้ปฏิบัติงานที่ใช้มี หกคนถ้ารวมเวลาทั้งหมดที่ใช้จะเท่ากับ 8 นาที จากการสังเกตจะเห็นว่าในบางกระบวนการจะมีเวลาเหลืออยู่ ซึ่งทำให้ เกิดความสูญเปล่า ดังนั้นจึงมี ความต้องการที่จะปรับปรุง

โดยตั้งเป้าหมายลดรอบเวลาทั้งหมดจาก 8 นาที เหลือ 6 นาที โดยจะทำหารจำนวนผู้ปฏิบัติงานที่ต้องใช้จาก จำนวนรอบเวลาทั้งหมดที่ต้องการหารด้วยรอบเวลาจะได้ “6/2” เท่ากับ 3 คน ก็จะได้กราฟแสดงเวลารอบเวลา และภาระงานใหม่ดังภาพที่ 2.8



ภาพที่ 2.8 กราฟแสดงรอบเวลา และภาระงานแต่ละกระบวนการหลังการปรับปรุง
ที่มา: กุสุมา ธรรมนู (2554: 15)

2.9.4.3 จำนวนสถานีงานที่น้อยที่สุดโดยทฤษฎี (Theoretical Minimum, TM) คือการคำนวณหาจำนวนสถานีงานที่น้อยที่สุดก่อนการทำจัดสมดุลสายการผลิต หาได้จากสมการดังนี้

$$TM = \sum T/C \qquad (2.27)$$

กำหนดให้

$\sum T$ = เวลาของงานย่อยทั้งหมดรวมกัน

C = รอบเวลาการผลิต

2.9.4.4 ประสิทธิภาพการผลิต (Efficiency) ประสิทธิภาพสายการผลิต คือ ตัวเลขบ่งบอกถึงความสมบูรณ์ของการสมดุลสายการผลิต ซึ่งหาได้จากสมการนี้

$$\text{Efficiency} = (\Sigma T \times 100) / NC \qquad (2.28)$$

กำหนดให้ $\sum T$ = เวลาที่ใช้ในสถานีงานทั้งหมด

N = จำนวนสถานีงานทั้งหมด

C = รอบเวลาการผลิต

2.9.4.5 ประสิทธิภาพที่หายไป (Balance Delay = BD) เป็นเครื่องใช้ชี้ให้ทราบถึงประสิทธิภาพของสายการผลิตที่หายไป คำนวณได้จาก

$$BD\ (\%) = 100 - Efficiency \tag{2.29}$$

2.9.4.6 เวลาว่างที่เกิดขึ้น (Idle Time) คือเวลาว่างงาน หรือเวลาที่สูญเปล่าที่เกิดขึ้นในการผลิต คำนวณได้จากสมการดังนี้

$$Idle\ Time = NC - \Sigma T \tag{2.30}$$

กำหนดให้ $\sum T$ = เวลาที่ใช้ในสถานีงานทั้งหมด

N = จำนวนสถานีงานทั้งหมด

C = รอบเวลาการผลิต

2.10 เทคนิคในการจัดสมดุลสายการผลิต

วิธีการที่ใช้ในการแก้ปัญหาเกี่ยวกับการจัดสมดุลสายการผลิตจะเป็นแบบฮิวริสติก (Heuristic) คืออาศัยสามัญสำนึกมากกว่าที่จะเป็นการพิสูจน์ทางคณิตศาสตร์ เทคนิคการจัดสมดุลสายการผลิตได้มีการค้นคว้าและตีพิมพ์เผยแพร่ตั้งแต่ปี พ.ศ.2497 เป็นต้นมา โดยการจัดสมดุลสายการผลิตมีหลายวิธี แต่วิธีที่จะนำมาประยุกต์ใช้ในวิจัยฉบับนี้ จะนำเสนอ 3 วิธี ได้แก่ วิธีใช้เกณฑ์เวลามากที่สุดมาก่อน, วิธีการของกิลบริดจ์ และเวสเตอร์ และวิธีใช้น้ำหนักเป็นตัวกำหนดตำแหน่ง (ณัฐกานต์ วีรานันต์, 2550; ยุทธพงษ์ อดทน, 2552; อภิวุฒิ บรรเทิง และกมลวรรณ ไชยกาล, 2556) เนื่องจากวิธีดังกล่าวเป็นวิธีที่เหมาะสมกับข้อจำกัดของสภาพปัญหาในการจัดสมดุลสายการผลิต สำหรับโรงงานตัวอย่างและเป็นวิธีที่นิยมใช้ในการจัดสมดุลสายการผลิตอย่างแพร่หลาย อีกทั้งยังมีวิธีที่ผู้ทำวิจัยได้ทำการประยุกต์ขึ้นอีก 1 วิธี เรียกว่าการประยุกต์วิธีฮิวริสติกโดยรวม ดังนั้นจึงรวมวิธีทั้งหมดในการทำวิจัยครั้งนี้เป็น 4 วิธี ดังนี้

2.10.1 วิธีใช้เกณฑ์เวลามากที่สุดมาก่อน (Largest - Candidate Rule)

วิธีนี้เป็นวิธีพื้นฐานโดยไม่ต้องอาศัยการคำนวณ ใช้กับงานที่มีจำนวนงานย่อยไม่มากนัก หรือมีกระบวนการน้อยซึ่งจะเพิ่มงานเข้าสถานีตามลำดับก่อน - หลัง กรณีที่มีงานเวลามากสุดหลายงานก็จะเลือกงานใดงานหนึ่งจัดเข้าสถานี

เป็นวิธีการหาคำตอบสำหรับปัญหาการจัดสมดุลสายการผลิตอย่างง่าย เริ่มต้นด้วยการเลือกงานย่อยเพื่อจัดเข้าสถานีงาน โดยดูจากค่าเวลาในการดำเนินการเป็นหลัก ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

2.10.1.1 ลงรายการงานย่อยทั้งหมดโดยเรียงงานย่อยที่มีค่าเวลางานสูงสุดไปหาต่ำสุด

2.10.1.2 จัดงานย่อยลงสถานีงานแรกโดยพิจารณางานย่อยที่มีค่าเวลามากสุดก่อนจึงทำการเลือกงานย่อยที่เป็นไปได้ลงในสถานีงาน โดยพิจารณาถึงลำดับก่อนหน้าของงาน แต่ผลบวกของเวลาในการดำเนินงานรวมในแต่ละสถานีงานต้องไม่เกินรอบเวลา

2.10.1.3 จัดงานย่อยลงในสถานีงานอื่นๆ เช่นเดียวกับในข้อ 2

2.10.1.4 ดำเนินงานจนครบทุกสถานีงาน

2.10.2 วิธีการของกิลบริดจ์ และเวสเตอร์ (Kilbridge and Wester Method)

วิธีของกิลบริดจ์ และเวสเตอร์ เป็นวิธีการคำนวณประสิทธิภาพ ซึ่งจะใช้กับสายการผลิตที่มีจำนวนงานย่อยไม่มากนัก โดยจะเริ่มต้นด้วยการเลือกงานย่อยที่มาจัดสถานีตามแผนผังลำดับขั้นตอน ส่วนของงานที่อยู่ช่วงต้นจะทำการจัดเข้าสถานีงานก่อน โดยพยายามรวมงานย่อยให้ได้เวลาใกล้เคียงกับรอบเวลามากที่สุด

การเลือกงานจะเลือกงานที่ไม่มีงานก่อนหน้ามาทำการจัดก่อน โดยจะต้องไม่ขัดกับลำดับขั้นงาน

2.10.2.1 เขียนแผนภาพแสดงลำดับก่อนหลังของงาน โดยใช้การกำหนดคอลัมน์ (Column)

2.10.2.2 เรียงงานย่อยตามคอลัมน์ (Column) สำหรับงานย่อยที่อยู่ได้มากกว่าหนึ่งคอลัมน์ ให้บอกคอลัมน์ที่อยู่ได้ทั้งหมดด้วย

2.10.2.3 จัดงานย่อยให้สถานีงานโดยเริ่มจากงานย่อยในคอลัมน์หนึ่ง จัดตามลำดับของคอลัมน์

2.10.3 วิธีใช้น้ำหนักเป็นตัวกำหนดตำแหน่ง (Ranked Positional Weights Method)

วิธี RPW วิธีนี้พัฒนามาจากกฎเกณฑ์การกำหนดตำแหน่งโดยใช้ค่าสูงสุดกับวิธีกิลบริดจ์และเวสเตอร์เข้าด้วยกัน ซึ่งเรียกว่าวิธีการใช้น้ำหนักเป็นตัวกำหนดตำแหน่ง หลักการคือการคิดน้ำหนักในแต่ละส่วนงาน โดยใช้ค่าเวลาในการดำเนินงานของส่วนงานต่างๆ กับค่าที่อยู่ตอนหน้าของผังลำดับงานหลังจากนั้นจึงจัดส่วนของงานลงในสถานีงานตามลำดับค่าของ RPW ขั้นตอนการดำเนินงานสรุปได้คือ

2.10.3.1 คำนวณหาค่า RPW สำหรับแต่ละงานย่อยโดยการรวมค่าเวลาในการดำเนินงานของงานย่อยนั้นๆ กับงานย่อยที่ตามหลังทั้งหมดตามข่ายงานแนวของลูกศรของผังลำดับงาน

2.10.3.2 ลงรายการส่วนของงานทั้งหมดตามลำดับ RPW โดยจัดให้งานที่มีค่า RPW สูงสุดไว้ด้านบน พร้อมทั้งบอกเวลาในแต่ละงานย่อย และแสดงรายการงานย่อยที่อยู่ก่อนหน้าด้วย

2.10.3.3 จัดงานย่อยลงสถานีงานตามค่า RPW โดยพยายามหลีกเลี่ยงข้อจำกัดต่างๆ เกี่ยวกับลำดับงานก่อนหน้า และรอบเวลา

2.10.4 การประยุกต์วิธีฮิวริสติกโดยรวม (Integration Line balancing method: ILB)

จากประสบการณ์ของผู้ทำวิจัยเกี่ยวกับการปรับปรุงการจัดสมดุลสายการผลิต พบว่าแต่ละวิธีที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหาเกี่ยวกับการจัดสมดุลสายการผลิตนั้น ล้วนมีเอกลักษณ์ที่โดดเด่นของแต่ละวิธี และในทางกลับกันก็มีขีดจำกัดในการใช้งานด้วยเช่นกัน ดังนั้นผู้ทำการวิจัยจึงนำวิธีการแก้ปัญหาเกี่ยวกับการจัดสมดุลสายการผลิตแบบฮิวริสติกส์ (Heuristics) จำนวน 3 วิธี มาประยุกต์ใช้ในการจัดงานย่อยเข้าในแต่ละสถานีงานแบบผสมผสานโดยพิจารณาเลือกวิธีที่ทำให้เวลาว่าง (Idle time) ของสถานีงานนั้นๆ มีค่าต่ำสุด เป็นไปตามลำดับความสัมพันธ์ก่อนหลัง และมีความเหมาะสมกับการนำไปปฏิบัติงานได้จริง เป็นหลัก เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการจัดงานย่อยเข้าสู่สถานีงานนั้นๆ ทำเช่นเดียวกันนี้จนครบทุกสถานีงานก็เป็นอันเสร็จสิ้นขั้นตอนในการจัดสมดุลย์สายการผลิต ด้วยการประยุกต์วิธีฮิวริสติกโดยรวม (Integration Line Balancing Method: ILB)

2.10.4.1 ขั้นตอนการดำเนินงานสรุปได้ดังนี้

1) เขียนแผนภาพแสดงลำดับความสัมพันธ์ก่อนหลัง (Precedence Diagram)

2) ทำสัญลักษณ์เส้นประล้อมรอบงานย่อยที่มีการใช้เครื่องจักรเครื่องเดียวกัน

3) สำหรับงานย่อยที่สามารถทำได้พร้อมกับงานย่อยอื่นๆ หลายตำแหน่ง ให้ทำสัญลักษณ์วงกลมเส้นประภายในระบุหมายเลขลำดับงานย่อยนั้น ไปยังตำแหน่งที่จะทำพร้อมกับงานย่อยอื่นๆ ได้ในทุกๆ ตำแหน่ง

4) จัดงานย่อยเข้าสู่สถานีงานโดยนำวิธีการแก้ปัญหาเกี่ยวกับการจัดสมดุลสายการผลิตแบบฮิวริสติกส์ (Heuristics) จำนวน 3 วิธี มาประยุกต์ใช้ในการจัดงานย่อยเข้าในแต่ละสถานีงานแบบผสมผสานโดยพิจารณาเลือกวิธีที่ทำให้เวลาว่าง (Idle time) ของสถานีงานนั้นๆ มีค่าต่ำสุด เป็นไปตามลำดับความสัมพันธ์ก่อนหลัง มีความเหมาะสมกับการนำไปปฏิบัติงานได้จริง คำนึงถึงข้อจำกัดต่างๆ เช่น เครื่องจักร เครื่องมือ และอุปกรณ์ต่างๆ ที่มีอยู่อย่างจำกัด และเวลาของสถานีงานจะต้องไม่เกินรอบเวลาการผลิต ทำเช่นเดียวกันนี้จนครบทุกสถานีงานก็เป็นอันเสร็จสิ้นขั้นตอนในการจัดสมดุลย์สายการผลิต ด้วยการประยุกต์วิธีฮิวริสติกโดยรวม (Integration Line

Balancing Method: ILB) ซึ่งในการทำวิจัยครั้งนี้ผู้ทำวิจัยเสนอวิธีที่เป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลาย และเป็นวิธีที่เหมาะสมกับสภาพของกระบวนการผลิตของกรณีศึกษา จำนวน 3 วิธีได้แก่

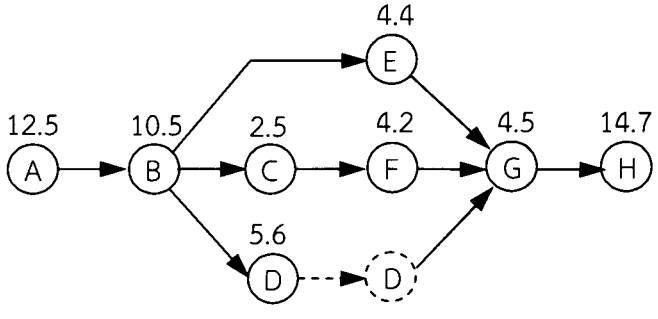
4.1) วิธีใช้เกณฑ์เวลามากที่สุดมาก่อน (Largest - Candidate Rule)

4.2) วิธีการของกิลบริดจ์ และเวสเตอร์ (Kilbridge and Wester Method)

4.3) วิธีใช้น้ำหนักเป็นตัวกำหนดตำแหน่ง (Ranked Positional Weights)

5) การจัดงานย่อยเข้าสถานีงานสามารถใช้วิธีดังกล่าวแบบผสมผสานในการจัดงานย่อยร่วมกันได้โดยคำนึงถึงความสามารถลดเวลาสูญเปล่าของสถานีนั้นๆ ให้มีค่าต่ำสุดเป็นหลัก หลังจากการจัดงานเข้าสถานีโดยการประยุกต์วิธีฮิวริสติกโดยรวม (Integration Line balancing method: ILB) ดังกล่าวมาแล้วนั้น จึงคำนวณหาค่าประสิทธิภาพสายการผลิต ประสิทธิภาพที่หายไป เวลาสูญเปล่าที่เกิดขึ้น และคำนวณต้นทุนแรงงานต่อวัน ตามลำดับ

2.10.4.2 ตัวอย่างในการประยุกต์วิธีฮิวริสติกโดยรวม (Integration Line Balancing Method: ILB) สำหรับการสมดุลสายการผลิต กรณีศึกษา โดยการจัดงานย่อยเข้าในแต่ละสถานีงานด้วยวิธีที่หลากหลายแบบผสมผสาน จากงานวิจัยผู้วิจัยได้เสนอแนวทางการจัดสมดุลสายการผลิตแบบฮิวริสติกส์ (Heuristics) จำนวน 3 วิธี ได้แก่ วิธีใช้เกณฑ์เวลามากที่สุดมาก่อน (Largest-Candidate Rule) วิธีการของกิลบริดจ์ และเวสเตอร์ (Kilbridge and Wester Method) และวิธีใช้น้ำหนักเป็นตัวกำหนดตำแหน่ง (Ranked Positional Weights) เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการจัดงานย่อยเข้าในแต่ละสถานีงานแบบผสมผสานในการจัดง่านย่อยร่วมกันได้โดยคำนึงถึงความสามารถลดเวลาสูญเปล่าของสถานีนั้นๆ ให้มีค่าต่ำสุด และเป็นไปตามลำดับความสัมพันธ์ก่อนหลัง มีความเหมาะสมกับการนำไปปฏิบัติงานได้จริง คำนึงถึงข้อจำกัดต่าง ๆ จากภาพที่ 2.9 แสดงแผนภาพแสดงลำดับความสัมพันธ์ก่อน - หลัง ของสายการประกอบตัวอย่าง เพื่อใช้ประกอบในการอธิบายให้ผู้ที่สนใจงานวิจัยฉบับนี้สามารถเข้าใจมากยิ่งขึ้น



ภาพที่ 2.9 แผนภาพแสดงลำดับความสัมพันธ์ก่อน - หลัง ของสายการประกอบตัวอย่าง

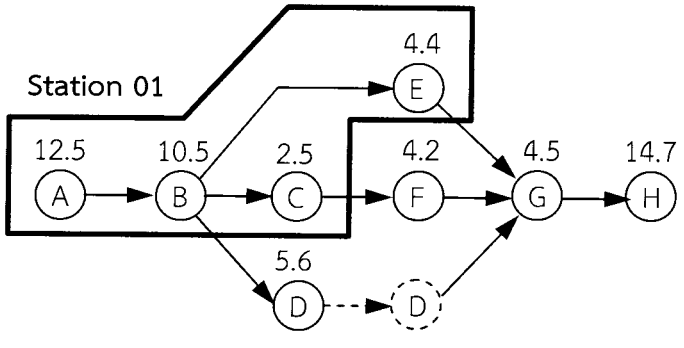
2.10.4.3 การประยุกต์วิธีฮิวริสติกโดยรวม (Integration Line Balancing Method: ILB) สำหรับการจัดงานย่อยเข้าสถานีงานตัวอย่าง

1) การจัดงานย่อยเข้าสถานีงานที่ 1 ได้ดังต่อนี้ (กำหนดรอบเวลาการผลิตเท่ากับ 30 นาที)

ตารางที่ 2.10 การจัดงานย่อยเข้าสถานีงานที่ 1

วิธีฮิวริสติก	ลำดับงานย่อย	การรวมเวลางานย่อย	เวลาสถานีงาน (นาที)	เวลาสูญเปล่า (นาที)	เลือกวิธีจัดงานย่อยสถานีงานที่ 1
K&W	A,B,C	12.5 + 10.7 + 2.5	25.5	4.5	×
LCR	A,B,D	12.5 + 10.5 + 5.6	28.6	1.4	×
RPW	A,B,C,F	12.5 + 10.5 + 2.5 + 4.2	29.7	0.3	×
K&W + RPW	(A,B,C) + (E)	(12.5 + 10.5 + 2.5) + (4.4)	29.9	0.1	✓ (เวลาสูญเปล่าต่ำสุด)

จากตารางที่ 2.10 ตัวอย่างการจัดงานย่อยเข้าสถานีงานที่ 1 สามารถจัดได้ 4 วิธี และสามารถสรุปเวลาของสถานีงานในแต่ละวิธีดังนี้ วิธีการของกิลบริดจ์ และเวสเตอร์ (K&W) = 25.5 นาที, วิธีใช้เกณฑ์เวลามากที่สุดมาก่อน (LCR) = 28.6 นาที, วิธีใช้น้ำหนักเป็นตัวกำหนดตำแหน่ง (RPW) = 29.7 นาที และ วิธีการของกิลบริดจ์และเวสเตอร์ผสมผสานกับวิธีใช้น้ำหนักเป็นตัวกำหนดตำแหน่ง (K&W + RPW) = 29.9 นาที จากการพิจารณาเวลาแต่ละสถานีพบว่าการจัดสถานีงานวิธีที่ 4 ด้วยวิธีผสมผสานโดยใช้วิธีการของกิลบริดจ์และเวสเตอร์ผสมผสานกับวิธีใช้น้ำหนักเป็นตัวกำหนดตำแหน่ง (K&W + RPW) มีผลทำให้เวลาสูญเปล่ามีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.1นาที ดังนั้นจึงพิจารณาวิธีวิธีการของกิลบริดจ์และเวสเตอร์ผสมผสานกับวิธีใช้น้ำหนักเป็นตัวกำหนดตำแหน่ง (K&W + RPW) นี้มาใช้ในการจัดงานย่อยเข้าสถานีงานที่ 1 การจัดสถานีงานที่ 1 แสดงดังภาพที่ 2.10



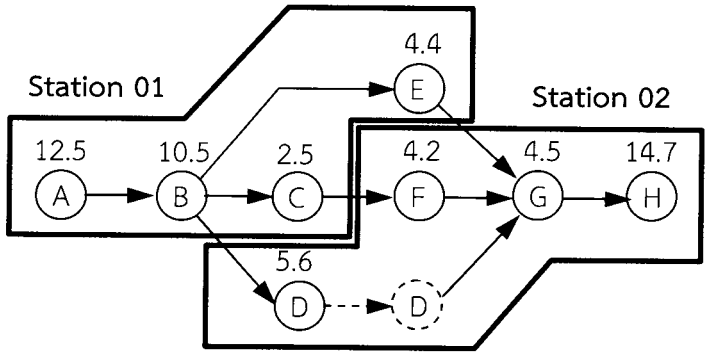
ภาพที่ 2.10 แผนภาพแสดงตัวอย่างการจัดงานย่อยเข้าสถานีงานที่ 1

2) การจัดงานย่อยเข้าสถานีงานที่ 2 ได้ดังต่อนี้ (กำหนดรอบเวลาการผลิต เท่ากับ 30 นาที)

ตารางที่ 2.11 การจัดงานย่อยเข้าสถานีงานที่ 2

วิธีฮิวริสติก	ลำดับงานย่อย	การรวมเวลางานย่อย	เวลาสถานีงาน (นาที)	เวลาสูญเปล่า (นาที)	เลือกวิธีจัดงานย่อยสถานีงานที่ 2
K&W	D,F,G,H	5.6 + 4.2 + 4.5 + 14.7	29	1	✓
LCR	D,F,G,H	5.6 + 4.2 + 4.5 + 14.7	29	1	✓
RPW	D,F,G,H	5.6 + 4.2 + 4.5 + 14.7	29	1	✓

จากตารางที่ 2.11 ตัวอย่างการจัดงานย่อยเข้าสถานีงานที่ 2 สามารถจัดได้ 3 วิธี และสามารถสรุปเวลาของสถานีงานในแต่ละวิธีดังนี้ วิธีการของกิลบริดจ์ และเวสเตอร์ (K&W) = 29 นาที, วิธีใช้เกณฑ์เวลามากที่สุดมาก่อน (LCR) = 29 นาที และ วิธีใช้น้ำหนักเป็นตัวกำหนดตำแหน่ง (RPW) = 29 นาที จากการพิจารณาเวลาแต่ละสถานีพบว่าการจัดสถานีงานทั้ง 3 วิธี มีค่าเวลาสูญเปล่าต่ำสุดเท่ากันคือ 1 นาที ดังนั้นจึงสามารถพิจารณาเลือกใช้วิธีใดวิธีหนึ่งก็ได้ใน 3 วิธีนี้ เนื่องจากมีลำดับงานย่อย และเวลาสูญเปล่าเท่ากัน การจัดสถานีงานที่ 2 แสดงดังภาพที่ 2.11



ภาพที่ 2.11 แผนภาพแสดงตัวอย่างการจัดงานย่อยเข้าสถานีงานที่ 2

2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กรุงพล โชติสุวรรณ (2549) ใช้เทคนิคการจำลองแบบปัญหาในสายการผลิตอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้า แล้วใช้วิธี COMSOAL มาช่วยในการจัดสมดุลสายการผลิต ผลการจำลองแบบปัญหาพบว่าการจัดสมดุลสายการผลิตแบบหลายผลิตภัณฑ์จะให้ประสิทธิภาพสายการผลิต และจำนวนผลผลิตที่ดีกว่า เนื่องจากการผลิตแบบผลิตภัณฑ์เดียวนั้นจะใช้เวลาในการปรับสายการผลิตของผลิตภัณฑ์ทั้ง 6 รุ่น รวมทั้งสิ้น 3,600 วินาที แต่การจัดสมดุลสายการผลิตแบบหลายผลิตภัณฑ์นั้นจะเสียเวลาในการปรับสายการผลิตครั้งแรกครั้งเดียวเพียง 600 วินาที

กัณศิริ กิตติภากร (2553) จากการปรับปรุงการจัดกระบวนการผลิต ด้วยเทคนิคการปรับปรุงงาน การป้องกันการผิดพลาด และทำการจัดสมดุลสายการผลิต ทำให้สามารถลดจำนวนพนักงานจากเดิม 19 คน เหลือ 10 คน มีผลทำให้อัตราผลผลิตด้านแรงงานเพิ่มขึ้นจากเดิมร้อยละ 111.76 และค่าการใช้ประโยชน์เฉลี่ยของพนักงานเพิ่มขึ้นจากเดิมร้อยละ 25.47 โดยไม่ทำให้ผลผลิตลดลง และยังสามารถรองรับปริมาณการผลิตที่อาจเพิ่มขึ้นจากปริมาณคำสั่งซื้อเดิมถึงร้อยละ 25

กุลธิดา อาษากิจ (2553) ศึกษาการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตชิ้นส่วนอุปกรณ์กำเนิดสัญญาณความถี่ด้วยเทคนิคการศึกษางาน โดยใช้เทคนิคการศึกษางาน โดยกระบวนการที่มีปัญหานั้นทางผู้วิจัยได้สอบถามและมีการให้น้ำหนักคะแนนปัญหา ร่วมกับหัวหน้างานพบว่ากระบวนการที่เป็นปัญหาในการผลิตคือกระบวนการประกอบ และกระบวนการประทับตรา จากนั้นใช้แผนผังก้างปลาหาสาเหตุของปัญหา และร่วมกันหาแนวทางแก้ไขโดยในส่วนของกระบวนการประกอบปัญหาที่พบคือการรองานจากกระบวนการเคลือบ และขั้นตอนการทำงานที่ซ้ำซ้อน การแก้ปัญหาโดยใช้หลักการ ECRS โดยการออกแบบเครื่องมือใหม่ และกระบวนการทำการประทับตราพบปัญหาจากการรองานจากการเสียเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรการแก้ปัญหาโดยใช้หลักการป้องกันความผิดพลาด (POKAYOKE) มาประยุกต์ใช้กับการเปลี่ยนตรายางเพื่อลดเวลาการปรับตั้งเครื่องจักร มีการปรับปรุงกระบวนการประกอบโดยการออกแบบชุดรับงานของเครื่องประกอบให้สามารถรองรับแผ่นเฟรมได้หลายรูปแบบ และออกแบบให้สามารถนำแผ่นเฟรมที่ใช้ในกระบวนเคลือบเข้าเครื่องประกอบได้โดยตรง ทำให้สามารถลดขั้นตอนการทำงานลงจาก 14 ขั้นตอน เหลือ 11 ขั้นตอน ลดเวลาในการทำงานลงร้อยละ 22.69 ส่วนกระบวนการประทับตราทำการปรับปรุงโดยการกำหนดจุดวาง และใช้อุปกรณ์ช่วยการกำหนดจุดตรายางที่จะทำการประทับลงบนแท่นวางตรายาง ทำให้พนักงานสามารถปรับตั้งตรายางได้รวดเร็ว และแม่นยำมากขึ้นร้อยละ 72.22 และลดเวลาในการทำงานลงเหลือร้อยละ 22.68

กุสุมา ธรรมนุ (2554) ลดความสูญเปล่าในกระบวนการผลิตตัวเชื่อมต่อสายไฟในรถยนต์ โดยใช้เทคนิค แผนภูมิก้างปลา กราฟพาเรโต การศึกษาการทำงานโดยใช้แผนภูมิคน – เครื่องจักร เพื่อหาสาเหตุที่แท้จริงของปัญหา และวิเคราะห์โดยหลักการ 3T พบว่าสามารถลดความสูญเปล่าจากการรอคอยของพนักงานลงจากร้อยละ 88.96 เหลือเพียงร้อยละ 16.37 และสามารถเพิ่มผลผลิตของพนักงานต่อคนต่อเดือนจาก 1,007,197 ชิ้นต่อเดือน เป็น 2,387,176 ชิ้นต่อเดือน

คมสัน พิมลยรรยง (2551) ศึกษา และประยุกต์ใช้วิธีการแอนท์โคโลนีออพติไมเซชัน เพื่อแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบโดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อ ลดความแปรปรวนของภาระงาน ลดเวลาว่างงานรวม และลดจำนวนสถานีงาน โดยได้นำปัญหาตัวอย่างที่ศึกษา (6 งาน 11 งาน 31 งาน 39 งาน และ 54 งาน) ผลการทดลองพบว่า การลดรอบการผลิตเพื่อลดเวลาว่างงานรวม รูปแบบการเดินของมด รูปแบบของข้อมูลที่ใช้สุ่มอย่างมีเหตุผล ค่าพารามิเตอร์ของแอนท์โคโลนีออพติไมเซชัน มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ในปัญหาขนาด 11 งาน, 31 งาน, 39 งาน และ 54 งาน โดยภาพรวมแล้วแอนท์โคโลนีออพติไมเซชัน สามารถหาคำตอบได้ดีกว่า เจเนติกอัลกอริทึม และกฎการจัดลำดับงาน 2 กฎ ได้แก่การเลือกงานที่เวลาน้อยสุดก่อน และการเลือกงานที่เวลามากสุดก่อน นอกจากนี้พบว่าโดยทั่วไปแล้ว แอนท์ซิสเต็มเบสแรงค์ มีประสิทธิภาพในการหาคำตอบมากที่สุดเมื่อเทียบกับ แอนท์ซิสเต็ม อีลิติสท์แอนท์ซิสเต็ม แมกซ์มินแอนท์ซิสเต็ม และแอนท์โคโลนีซิสเต็ม

จงกล เอี่ยมมิ (2543) ได้ศึกษาแนวทางในการนำเอาเจนเนติกอัลกอริทึม (Genetic Algorithms: GAs) มาประยุกต์ใช้ในการหาคำตอบของปัญหาการจัดสมดุลสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้มีจำนวนสถานีงานน้อยที่สุด และเกิดเวลาว่างงานรวมน้อยที่สุด รวมทั้งยังได้ศึกษา และทดสอบหาพารามิเตอร์ที่มีผลต่อประสิทธิภาพของเจนเนติกอัลกอริทึมซึ่งได้แก่ ขนาดของประชากร วิธีการครอสโอเวอร์ ความน่าจะเป็นในการครอสเวอร์ และความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น แล้วนำพารามิเตอร์ที่ได้ไปแก้ปัญหาตัวอย่างของการจัดสมดุลสายการประกอบผลิตภัณฑ์แบบผสม

ณัฐกานต์ วีรานันต์ (2550) ได้ศึกษาการพัฒนาประสิทธิภาพกระบวนการผลิตโดยการจัดสมดุลสายการผลิต กรณีศึกษา: โรงงานผลิตตู้แช่เครื่องดื่ม โดยมุ่งไปในเรื่องการจัดสมดุลสายการผลิตของตู้แช่ 2 ประตู มีช่องแช่แข็ง โดยมีการประยุกต์เทคนิคการศึกษาการทำงาน และเทคนิคการจัดสมดุลสายการผลิต 3 วิธี ได้แก่วิธีของค่าเวลาสูงสุด (Largest Candidate Rule) วิธีของกิลบริดจ์และเวสเตอร์ (Kilbridge and Wester) และวิธีใช้ลูกโซ่ยาวที่สุด ทำการเปรียบเทียบแล้วเลือกวิธีที่เหมาะสมที่สุด ผลการวิจัยพบว่าวิธีของกิลบริดจ์และเวสเตอร์ (Kilbridge and Wester) เป็นวิธีที่เหมาะสมกับกรณีศึกษามากที่สุด สามารถจัดสถานีงานได้ทั้งหมด 16 สถานีงาน รอบของเวลาในการผลิตสูงสุดต่อตู้จากเดิม 120 นาที ลดลงเป็น 78.48 นาที หรือลดลงไป 41.52 นาที โดยสามารถปรับลดพนักงานลง

จาก 21 คน เป็น 18 คน ลดลงไป 3 คน ประสิทธิภาพการผลิตเพิ่มขึ้นจากเดิมร้อยละ 50.10 เป็นร้อยละ 78.91 หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 28.81 คิดเป็นมูลค่าต้นทุนแรงงานที่ลดลงต่อเดือนจากเดิม 109,166.75 บาท เป็น 94,166.75 บาท หรือลดลงประมาณ 15,000 บาทต่อเดือน

ณัฐพล ภู่สว่าง (2555) ศึกษาการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตของกระบวนการผลิตกระเทียมเจียว โดยนำเทคนิคการศึกษางานเพื่อหาเวลามาตรฐานของแต่ละกระบวนการผลิต แล้วจึงนำมาใช้ในการจัดสมดุลสายการผลิตใหม่โดยให้สอดคล้องกับกำลังการผลิตที่ต้องการในแต่ละวัน ส่งผลให้ประสิทธิภาพการผลิตเพิ่มขึ้นร้อยละ 97.60 ต่อวัน

นรินทร์ จึงจำเริญกิจ (2553) ได้ศึกษาการจัดสมดุลสายการผลิตในสายการประกอบเสื้อผ้าสำเร็จรูปภายใต้เงื่อนไขเวลาไม่คงที่ โดยนำคอมพิวเตอร์เข้ามาประยุกต์ใช้จัดสมดุล ด้วยวิธี COMSOAL พบว่าการจัดสมดุลการผลิตแบบหลายผลิตภัณฑ์ และมอบหมายงานโดยวิธีการปรับเรียบภาระงานมีประสิทธิภาพการจัดสมดุลดีกว่าวิธีอื่นๆ และให้อัตราการผลิตเฉลี่ยเพิ่มขึ้นร้อยละ 63.64 และใช้เวลาในการจัดต่อครั้งน้อยลงร้อยละ 91.21 เมื่อเทียบกับวิธีเดิม

นุชสรา เกรียงกรกฎ (2550) พัฒนาวิธีการเมตาฮิวริสติก โดยใช้วิธีระบบมดแบบแม็กมินร่วมกับวิธีโลคอลเสิร์ช สำหรับแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายการประกอบขนาดกลาง และขนาดใหญ่ แบบเส้นตรง และแบบตัวยูประเภทที่ 1 ที่มีการผลิตสินค้าชนิดเดียว และทราบค่ารอบเวลาการผลิตที่แน่นอน

นุชสรา เกรียงกรกฎ และปรีชา เกรียงกรกฎ (2555) ได้พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อปรับปรุงการจัดสมดุลสายการประกอบโดยใช้วิธีฮิวริสติก 4 วิธีในการแก้ปัญหา ได้แก่ Ranked Position Weight, Maximum Task Time, Minimum Task Time และ Greedy Randomized ผลการวิจัยพบว่ามี 3 วิธีที่ให้ค่าผลลัพธ์ดีที่สุดเท่ากัน ได้แก่ Ranked Position Weight, Maximum Task Time และ Greedy Randomized จำนวนสถานีงานลดลงจาก 17 สถานีงาน เหลือ 12 สถานีงาน และค่าประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 55.48 เป็นร้อยละ 78.60 ผลการทดลองพบว่าวิธีที่ได้พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพมาก เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีเมตาฮิวริสติกอื่นๆ สามารถให้คำตอบที่เหมาะที่สุด หรือเป็นคำตอบที่ดีได้

พันรวี ทรัพย์อุดม (2552) ศึกษาการจัดสมดุลสายการประกอบแบบสองด้าน เริ่มจากการใช้เทคนิคการวัดผลงาน (Work Measurement) รวมถึงการจัดลำดับความสัมพันธ์ของงาน มีการประยุกต์ใช้วิธีฮิวริสติก (RPWT, MAXDUR, MINDUR และ MAXFOL) และพัฒนาโปรแกรมเข้ามาช่วยในการจัดสมดุล จากการวิเคราะห์พบว่าวิธีการของ MINDUR ให้คำตอบโดยรวมที่ดีกว่าวิธีอื่นๆ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สำหรับคำตอบที่ได้โปรแกรมที่ประยุกต์ใช้วิธีการของ MINDUR มีประสิทธิภาพสายการประกอบเท่ากับร้อยละ 87.64 เพิ่มขึ้นจากเดิมร้อยละ 29.14 รวมไปถึงจำนวนสถานีกิจกรรมรวมลดลง 10 สถานี

พุทธสุภาพร ธรรมวิเศษ (2553) ศึกษาการปรับปรุงกระบวนการตรวจสอบชิ้นงานในฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ โดยการปรับปรุงประสิทธิภาพในกระบวนการตรวจสอบ คัดแยกชิ้นงานที่เสียออกจากงานที่ดี และทำความสะอาดในผลิตภัณฑ์ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟของบริษัทกรณีศึกษาอีกทั้งเพื่อจัดทำมาตรฐานการทำงานใหม่ มีขั้นตอนการดำเนินการประกอบด้วยการศึกษาสภาพทั่วไปของกระบวนการผลิต ศึกษาสภาพปัจจุบันของปัญหา วิเคราะห์กระบวนการผลิตโดยใช้แผนภูมิกระบวนการไหล และปรับปรุงวิธีการทำงานด้วย 4 หลักการคือ ECRS จากนั้นนำเสนอแนวทางการปรับปรุง ทดลองนำไปใช้ สรุปผลการทดลองเปรียบเทียบ และจัดเป็นมาตรฐานการทำงาน พบว่าผลจากการนำวิธีการทำงานที่ปรับปรุงใหม่ไปทดลองใช้ ทำให้มีกำลังการผลิตเพิ่มขึ้นร้อยละ 57.44 และทำให้มีกำลังการผลิตเพิ่มขึ้นจากเดิมร้อยละ 9.19

ภาณุภัณฑ์ ภาระเวช และระพีพันธ์ ปิตาคะโส (2556) ศึกษาวิธีการดิฟเฟอร์เรนเชียลอิโวลูชั่นเริ่มจากการสร้างเวคเตอร์เริ่มต้นโดยการสุ่มจำนวนจริง แล้วจึงปรับปรุงคำตอบโดยการผ่าเหล่า การข้ามสายพันธุ์ และทำการคัดเลือก จากการวิจัยนี้พิจารณาประยุกต์ใช้วิธีผ่าเหล่า 3 วิธี ได้แก่ “DE/rand”, “DE/Best/1” และ “DE/Rand-to-Best/1” มาใช้ร่วมกับวิธีข้ามสายพันธุ์ 2 วิธีได้แก่ Binomial Crossover และ Exponential Crossover 2 Position ในการจัดสมดุลสายการประกอบแบบเส้นตรงประเภทที่ 1 (Simple Assembly Line Balancing Problem Type 1: SALBP - 1) ที่มีงาน 7-111 งานจำนวน 64 ปัญหา จากการทดลองพบว่าการใช้วิธี “DE/Best/1” ร่วมกับวิธี Exponential Crossover ให้คำตอบที่ดีที่สุดในเวลาที่รวดเร็วที่สุดจำนวน 59 ปัญหา ซึ่งถือได้ว่าเป็นวิธีการปรับปรุงคำตอบที่มีประสิทธิภาพมากวิธีหนึ่ง

เมธัส หีบเงิน (2549) ศึกษาการพัฒนาประสิทธิภาพในการผลิตโดยการปรับปรุงกระบวนการผลิต กรณีศึกษา โรงงานทำตู้น้ำเย็น จากการศึกษาพบว่าปัจจุบันทางโรงงานตัวอย่างมีปัญหาด้านการผลิตไม่เป็นไปตามแผนที่วางไว้ในแต่ละเดือน พบปัญหาด้านการผลิตที่ไม่สามารถผลิตได้ตามแผนการผลิตที่วางไว้ เกี่ยวข้องกับเรื่องการจัดการด้านการทำงาน และปัญหาคอขวด จึงทำให้เกิดการรองานเนื่องจากการผลิตที่ไม่สมดุลกันในสายการผลิต ทำให้ขั้นตอนในการทำงานเกิดงานที่อยู่ในระหว่างการผลิต ขึ้น จึงทำให้เกิดปัญหาในการผลิตไม่ตรงตามแผนการผลิต หลังจากการพัฒนาประสิทธิภาพในสายการผลิต โดยการใช้วิธีการศึกษาการทำงาน การวัดงาน การปรับปรุงประสิทธิภาพ และการจัดสมดุลสายการผลิต แล้วพบว่าสามารถลดขั้นตอนในการทำงานจากเดิม 63 ขั้นตอนเหลือ 57 ขั้นตอน สามารถลดเวลามาตรฐานในการผลิตจากเดิม 49.14 นาทีต่อตู้ เป็น 43.85 นาทีต่อตู้ สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตจากเดิมร้อยละ 72.90 เป็นร้อยละ 83.09 คิดเป็นมูลค่าการลดลงของการสูญเสียผลประโยชน์จากเดิม 336,179 บาท เป็น 271,235 บาท หรือสามารถลดลง 64,943 บาทต่อเดือน

ยุทธพงษ์ อดทน (2552) จากการศึกษาการจัดสมดุลสายการผลิตแบบหลายผลิตภัณฑ์ โดยใช้ 4 วิธีได้แก่ วิธีจัดน้ำหนักคะแนน วิธีจัดงานย่อยที่มีเวลางานย่อยมากที่สุดก่อน วิธีคอมโซล และวิธีกิลบริดจ์และเวสเตอร์ พบว่าวิธีที่เหมาะสมที่สุดคือ วิธีจัดน้ำหนักคะแนน สามารถจัดสถานีงานได้ 12 สถานี ประสิทธิภาพร้อยละ 78.65 แต่ต้องเพิ่มพนักงาน 1 อัตรา จากเดิม 49 คน เป็น 50 คน และสามารถคืนทุนได้ภายใน 11.14 วัน จะได้ผลตอบแทนในการลงทุนคิดเป็นร้อยละ 3,231.17 บาทของมูลค่าเสียโอกาส ระยะทางการไหลของงานรวม 3,277.00 เมตร

วรพจน์ ศรีเกิน (2551) ศึกษาการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต โดยใช้เทคนิคการศึกษางานและเทคนิคสมดุลการผลิต ในกระบวนการผลิตกระเป๋าหนังเล็กของบริษัทธนูลักษณ์ จำกัด (มหาชน) ทำการสำรวจข้อมูลสภาพการทำงานแบบเดิม พบว่ามีสถานีงาน 9 สถานี มีเวลาว่างงานร้อยละ 41.54 มีประสิทธิภาพการจัดสายการผลิตร้อยละ 58.46 มีผลผลิตเฉลี่ย 92 ชิ้นต่อวัน และมีประสิทธิภาพในการผลิตร้อยละ 16.17 จากข้อมูลพบว่าการจัดสถานีงาน และสมดุลการผลิตยังไม่เหมาะสม ผู้วิจัยได้ใช้เทคนิคการศึกษางานเพื่อหาเวลามาตรฐาน ของแต่ละสถานีงาน จากนั้นเวลามาตรฐานมาจัดสมดุลการผลิตใหม่ เพื่อให้สอดคล้องกับกำลังการผลิตในแต่ละวัน และดำเนินการปรับปรุง จากการดำเนินการปรับปรุงพบว่าประสิทธิภาพการผลิตเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 22.26 เวลาว่างงานลดลงเป็นร้อยละ 24.8 และประสิทธิภาพการจัดสายการผลิตเพิ่มเป็นร้อยละ 75.16 และสามารถผลิตได้เพิ่มขึ้นเป็น 105 ชิ้นต่อ รวมถึงประสิทธิภาพยังเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 19.77 จากผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมทางสถิติพบว่าผลผลิตเฉลี่ยในแต่ละวันเพิ่มขึ้นร้อยละ 14.13 อย่างมีนัยสำคัญ

วิลาสินี ศิริธร (2556) ศึกษาการเพิ่มผลผลิตในกระบวนการเย็บของโรงงานตัดเย็บเสื้อผ้าสำเร็จรูปแห่งหนึ่ง ในจังหวัดอุบลราชธานี โดยทำการวิเคราะห์และพัฒนาวิธีการปรับตั้งเครื่องจักรอย่างรวดเร็ว โดยเรียกวิธีนี้ว่า “Apparel SMED” หลังจากนำมาประยุกต์ใช้กับกรณีศึกษาแล้วพบว่าทำให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น เช่น ผลิตภัณฑ์รุ่น 419883 สามารถลดเวลาการเปลี่ยนรุ่นการผลิตลงร้อยละ 92.5 ผลผลิตเพิ่มขึ้นจากเดิม 21 ตัวต่อชั่วโมง เป็น 25 ตัวต่อชั่วโมง จำนวนขั้นตอนการผลิตลดลงจาก 29 ขั้นตอนเหลือ 27 ขั้นตอน รอบเวลาเวลามาตรฐานลดลงจาก 35.28 นาทีต่อตัว เป็น 27.38 นาทีต่อตัว รวมทั้งคุณภาพของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 83 เป็นร้อยละ 88 เป็นต้น

สมพร โรจนประดิษฐ์กุล (2552) ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการประกอบ ชุดคอยล์ร้อนในอุตสาหกรรมเครื่องปรับอากาศ ได้ศึกษาสายการประกอบชุดคอยล์ร้อน รุ่น CSCD 48-60 ซึ่งเป็นรุ่นที่มียอดการผลิตสูง พบปัญหาเกี่ยวกับเวลาในแต่ละสถานีงานที่แตกต่างกัน ทำให้มีเวลาสูญเปล่าในสายการประกอบมากถึง 33 ชั่วโมงแรงงานต่อวัน หรือเทียบเป็นมูลค่าสูญเปล่าประมาณ 309,375 บาทต่อปี ซึ่งสถานีงานบรรจุภัณฑ์เป็นสถานีงานที่มีรอบเวลามากสุด ทำให้เกิดต้นทุนในการผลิตสูงตามมา โดยใช้หลักการศึกษางาน ศึกษาเวลา หลักการของประสิทธิภาพการเคลื่อนที่ ออกแบบเครื่องมือช่วยบรรจุภัณฑ์ และยังใช้การจัดงานให้ไกล้เคียงกันได้ โดยมีวัตถุประสงค์ในการเพิ่มประสิทธิภาพการ

ประกอบมากกว่าร้อยละ 20 จากการศึกษาและปรับปรุงในสายการประกอบนั้น ทำให้เวลาสูญเปล่าลดลงร้อยละ 51.22 หรือเป็นมูลค่าที่ลดลง 160,312 บาทต่อปี ประสิทธิภาพในสายการประกอบเพิ่มขึ้นเท่ากับร้อยละ 26.32 ทำให้ผลได้สุทธิหลังการปรับปรุงเพิ่มขึ้น 6,000,000 บาทต่อปี สามารถประหยัดค่าแรงได้ 250,000 บาทต่อปี และสามารถวัดระยะเวลาในการคืนทุนได้ภายใน 2 วัน

สัณฐิวัชร สำราญอยู่ดี (2554) ศึกษาการออกแบบการทดลองเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในกระบวนการฉีดโฟมพลาสติกชนิดโพลิโพรพิลีน ของโรงงานกรณีศึกษาพบว่ามีปริมาณของเสียที่ไม่ได้มาตรฐานในลักษณะร่วม (Fusion) ถึงร้อยละ 13 ต่อการผลิตแต่ละครั้ง จากการวิเคราะห์พบว่าปัจจัยที่ส่งผลกระทบที่ทำให้เกิดของเสียได้แก่ แรงดันไอน้ำในการขึ้นรูป ระยะเวลาการให้ไอน้ำ และระยะเวลาการเป่าเม็ดโฟมลงแม่พิมพ์ ผู้วิจัยได้ออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลแบบ 3 ระดับ และทำซ้ำทั้งหมด 3 ครั้ง ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ผลการทดลองพบว่าระดับปัจจัยที่ทำให้เกิดของเสียน้อยที่สุดคือ แรงดันไอน้ำในการขึ้นรูปที่ 3.5 บาร์ ระยะเวลาในการให้ไอน้ำที่ 30 นาที และเวลาการเป่าเม็ดโฟมลงแม่พิมพ์ 2 วินาที จึงนำปัจจัยดังกล่าวมาปรับใช้ในกระบวนการผลิตจริงจำนวน 20 ล็อต พบของเสียเพียงร้อยละ 2 ซึ่งสามารถลดของเสียลักษณะร่วนได้ประมาณ 28,212 ชิ้นต่อปี คิดเป็นการลดมูลค่าการสูญเสียได้ถึงปีละ 423,180 บาท

สุภาภรณ์ สุวรรณรังษี (2551) จากการทดลองแก้ปัญหาตัวอย่างการจัดสมดุลสายงานการประกอบแบบผลิตภัณฑ์เดียวจำนวน 4 ตัวอย่างที่ได้จากการสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้องด้วยวิธีการค้นหาแบบตาบูเชิงพันธุ์ทาง (Hybrid Tabu Search: HTS) แล้วนำผลการทดสอบเปรียบเทียบกับวิธี COMSOAL พบว่าวิธี HTS สามารถค้นหาคำตอบของปัญหาตัวอย่างได้ดีกว่า วิธี COMSOAL ในทุกกรณี โดยค่าความแปรปรวนของภาระงานที่ลดลงมากที่สุด จากคำตอบที่ได้จากวิธี HTS เปรียบเทียบกับวิธี COMSOAL มีค่าเท่ากับร้อยละ 96.73

อภิวุฒิ บรรเทิง และกมลวรรณ ไชยกาล (2556) ศึกษาการจัดสมดุลสายการผลิตโรงงานตัดเย็บเสื้อผ้าสำเร็จรูปแห่งหนึ่ง ในจังหวัดอุบลราชธานี โดยใช้วิธีฮิวริสติกส์ 3 วิธี ได้แก่วิธีของค่าเวลาสูงสุด (Largest Candidate Rule) วิธีของกิลบริดจ์และเวสเตอร์ (Kilbridge and Wester) และวิธีใช้ลูกโซ่ยาวที่สุด (Ranked Positional Weight Method) พบว่าผลการวิจัยให้ค่าผลลัพธ์เท่ากัน คือจำนวนสถานีงานลดลงจาก 14 สถานีงาน เหลือ 11 สถานีงาน และทำให้ค่าประสิทธิภาพของสายการผลิตเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 55.86 เป็นร้อยละ 71.10

อภิสรา คงวิชญคุปต์ (2549) มีจุดมุ่งหมายในการพัฒนาอัลกอริทึมแบบฮิวริสติกสำหรับการจัดสายสมดุลการผลิตแบบโมดูลล่าร์ มีการแบ่งการออกแบบเป็น 3 ขั้นตอนได้แก่การจัดแต่ละโมดูลาร์ออกเป็นสถานี การจัดพนักงานเข้าสถานี และการจัดสายสมดุลในระดับโมดูล่าร์ ทำให้เกิดการโยกย้ายพนักงานไปช่วยทำงานในสถานีงานที่เป็นคอขวด ทำให้สามารถผลิตชิ้นงานได้ใกล้เคียงกัน

อรกานต์ อินทะจักร (2552) จากการศึกษาพบว่าการจัดสมดุลสายการผลิต สามารถเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิต เช่นสามารถลดขั้นตอนการทำงานในกระบวนการผลิตน้ำดื่มชนิดถังลงร้อยละ 15 และชนิดขวดร้อยละ 20 สามารถลดรอบเวลาการผลิตในกระบวนการผลิตน้ำดื่มชนิดถังลงร้อยละ 22 และชนิดขวดร้อยละ 23 สามารถลดรอบเวลาของสินค้าต่อชิ้นในกระบวนการผลิตน้ำดื่มชนิดถังลงร้อยละ 53 และชนขวดร้อยละ 23 เป็นต้น นอกจากนี้เมื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตแล้วสามารถลดต้นทุนในกระบวนการผลิตได้โดยสามารถลดจำนวนพนักงานลงได้ร้อยละ 17 ส่งผลให้สามารถลดต้นทุนลงได้ร้อยละ 19 ต่อปี และใช้ระยะเวลาในการคืนทุนจากการลงทุนซื้อเครื่องจักรเครื่องใหม่เป็นเวลา 208 วัน

อุกฤษฎ์ อัชชโคสิต (2539) ศึกษาการจัดสมดุลสายการผลิตด้วยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น โดยใช้เทคนิคของ Hoffman, COMSOAL, Ranked Positional Weight และการจัดสมดุลการผลิตด้วยประสบการณ์ของหัวหน้างาน ผลการทดสอบพบว่าเทคนิคของ Hoffman ทำให้เกิดเวลาว่างงานน้อยที่สุด มีผลทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นร้อยละ 13 การเกิดงานค้างในกระบวนการผลิตลดลงร้อยละ 52 และทำให้โรงงานสามารถลดค่าใช้จ่ายลงได้ 756,000 บาทต่อปี จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องงานวิจัยในเรื่องเกี่ยวกับการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ในโรงงานอุตสาหกรรมอื่นๆ ก็มีผู้วิจัยได้ให้ความสนใจในกรณีศึกษาอยู่อย่างต่อเนื่อง โดยใช้หลักการทางวิศวกรรมอุตสาหการ มาประยุกต์เพื่อการปรับปรุง ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ศึกษา และประยุกต์ใช้หลักการการศึกษาการทำงาน และการจัดสมดุลสายการผลิต เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตให้กับโรงงานตัวอย่าง

เอกรัฐชัย ยวดยิ่ง (2555) ศึกษาการใช้เทคนิคการศึกษางานสำหรับการเพิ่มผลิตภาพการผลิตพาเลทเหล็ก แนวทางในการปรับปรุงด้วยการจับเวลาการทำงานโดยตรงเพื่อหาเวลามาตรฐานของแต่ละกระบวนการพบว่ากระบวนการที่มีเวลามาตรฐานการทำงานมากที่สุดหรือเป็นจุดคอขวดในระบบการผลิตพาเลทเหล็ก คือกระบวนการเชื่อมเต็มแนวหลังจากนั้นจึงค้นหาปัญหาและทำการปรับปรุงแก้ไขด้วยการกำจัดเวลาสูญเปล่าเพื่อลดเวลามาตรฐานการผลิตในกระบวนการเชื่อมเต็มแนว โดยมีการเพิ่มอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานขณะที่พนักงานปฏิบัติงานเชื่อมเต็มแนว พร้อมทั้งเพิ่มการอบรมพนักงานเพื่อให้ความรู้ ความเข้าใจ และสร้างความมั่นใจแก่พนักงานมากขึ้น ผลจากการปรับปรุง สามารถลดเวลามาตรฐานการผลิตพาเลทเหล็กต่อชิ้นลง จากเวลาเดิมคือ 126.31 นาที เป็น 112.48 นาที หรือคิดเป็นร้อยละ 10.95 และมีผลทำให้ผลิตภาพกระบวนการผลิตเพิ่มขึ้นร้อยละ 28.77 และส่งผลให้รายได้เพิ่มขึ้น 1,965,600 บาทต่อปี

Dalgobind Mahto , Anjani Kumar (2008) National Institute of Technology (INDIA) ศึกษาการประยุกต์การวิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริง ในการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ และการเพิ่มผลผลิต การระบุสาเหตุหลักสำหรับคุณภาพ และเพิ่มผลผลิต ปัญหาที่เกี่ยวข้องเป็นปัญหาสำคัญในกระบวนการผลิต มันเป็นปัญหาที่ท้าทายทางวิศวกรรมมาก โดยเฉพาะการผลิตที่มีหลายขั้นตอน ซึ่ง

จำนวนสูงสุดของกระบวนการ และกิจกรรมดำเนินการ อย่างไรก็ตามมันอาจจะใช้อย่างง่ายดายในแต่ละอย่างก็ได้ และการตั้งค่าแต่ละค่า และการทำงานในทุกกระบวนการผลิต ในงานวิจัยฉบับนี้ วิธีการระบุสาเหตุหลัก ถูกนำมาใช้เพื่อกำจัดข้อบกพร่องของขนาดในการตัด ด้วยเครื่องตัดด้วยแก๊สออกซิเจนแบบอัตโนมัติ และลดการปฏิเสธชิ้นงานลงจากร้อยละ 11.87 เป็นร้อยละ 1.92 โดยเฉลี่ย ในการศึกษารายละเอียดของการทดลองถูกแสดงให้เห็นประสิทธิผล ของระเบียบวิธีการที่นำเสนอ

Spann, Adams and Rahman (1997) พบว่าอุตสาหกรรมขนาดกลาง และขนาดเล็ก ที่มีการประยุกต์ใช้การผลิตแบบลีน ส่วนมากจะมุ่งเน้นปรับปรุงเกี่ยวกับคุณภาพ รอบเวลา และการตอบสนองต่อลูกค้าเป็นหลัก โดยมีการประยุกต์ใช้เครื่องมือร่วมกับการผลิตแบบลีน เช่น กิจกรรม 5ส. การควบคุมโรงงานด้วยสายตา การสร้างทีมงาน การใช้เครื่องมือทางด้านคุณภาพ การรักษาเชิงป้องกัน โดยรวม การลดเวลาในการติดตั้งเครื่องจักร การจัดสมดุลสายการผลิต การไหลแบบชิ้นเดียว และการใช้ระบบคัมบัง

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

บทนี้จะกล่าวถึงประวัติ และสภาพโดยทั่วไปของโรงงานตัวอย่าง กระบวนการผลิตที่ดำเนินการอยู่ ณ ปัจจุบัน สภาพปัญหาที่เกิดขึ้นในโรงงานตัวอย่าง นอกจากนี้ยังแสดงขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยโดยอาศัยทฤษฎีที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 2

3.1 ศึกษาสภาพปัจจุบันของโรงงานตัวอย่าง

3.1.1 ข้อมูลเบื้องต้นของโรงงานตัวอย่าง

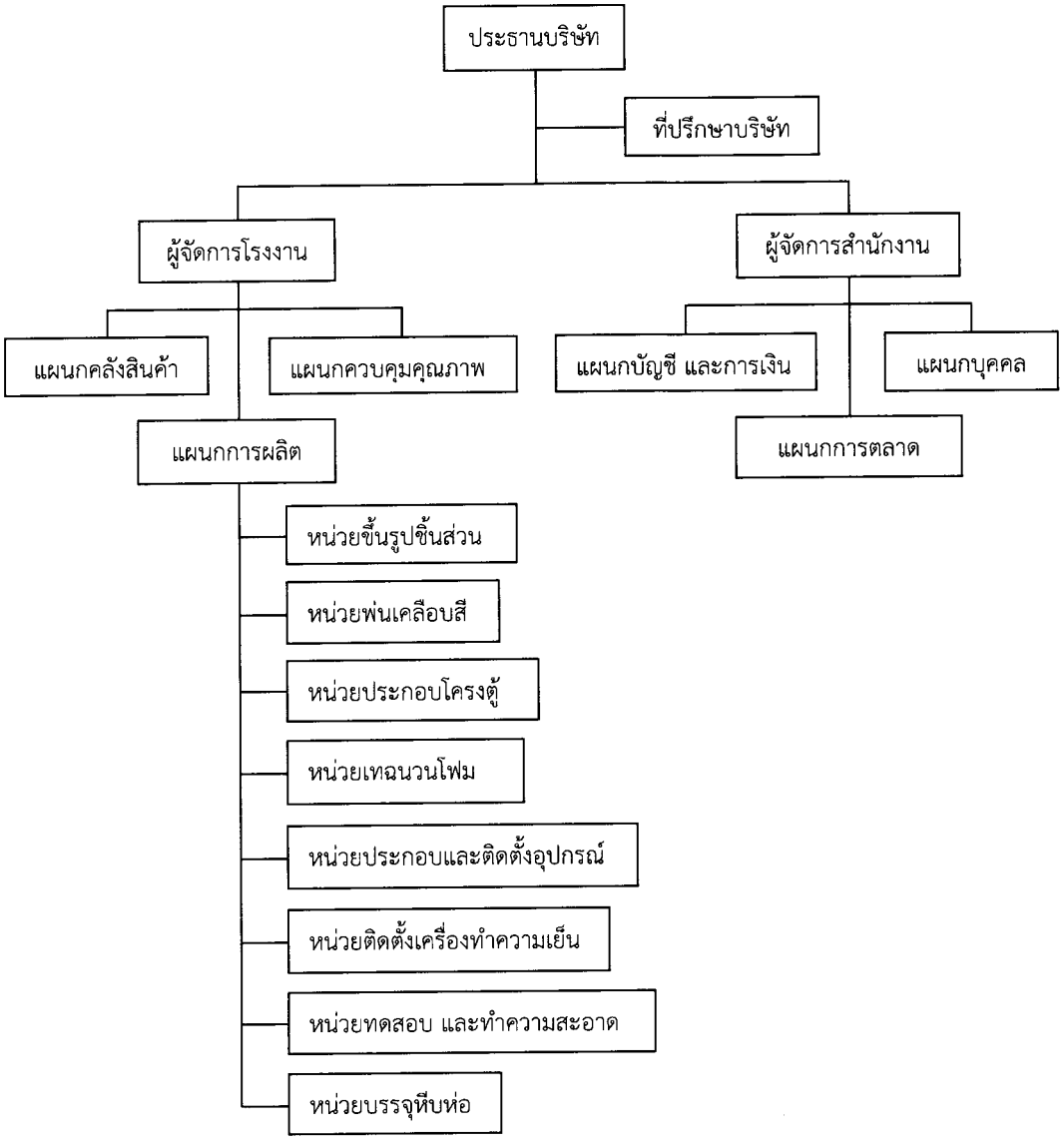
โรงงานตัวอย่างที่ผู้วิจัยทำการศึกษาในครั้งนี้ เป็นโรงงานผลิตตู้แช่เครื่องดื่ม มีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดโรงงานตัวอย่าง

ประเภทธุรกิจ	ผู้ผลิต และจำหน่ายตู้แช่, ตู้มินิมาร์ท, เครื่องครัว, เครื่องกรองน้ำ, ราวบันได, เครื่องใช้สแตนเลส, อุปกรณ์โรงพยาบาล, ชั้นวางสินค้า, เคาร์เตอร์คิดเงิน
ก่อตั้งเมื่อ	ปี พ.ศ. 2553
ทุนจดทะเบียน	2,000,000 ล้าน
พื้นที่โรงงาน	5,400 ตารางเมตร
วันทำงาน	ทำการวันจันทร์ – วันศุกร์ เวลา 08:00 - 17:00 น.
ระบบคุณภาพ	ISO 9001:2000

3.1.2 แผนผังองค์กร (Organization Chart)

การจัดแผนผังองค์กรของโรงงานตัวอย่าง แสดงดังภาพที่ 3.1 ของโรงงานตัวอย่างแสดงในรูปโครงสร้างองค์กร มีการกำหนดงาน และหน้าที่รับผิดชอบ



ภาพที่ 3.1 การจัดแผนผังองค์กรของโรงงาน

3.1.3 การบริหารงานภายในองค์กร มีการแบ่งการบริหารงานออกเป็น 3 ส่วนหลักๆ โดยมีรูปแบบการบริหารดังภาพที่ 3.1

3.1.3.1 ที่ปรึกษาประทานบริษัท

3.1.3.2 ผู้จัดการสำนักงาน บริหารจัดการแผนกที่เกี่ยวข้อง 3 แผนก ได้แก่

1) แผนกการตลาด (Marketing Department) ประกอบด้วย

1.1) ฝ่ายขาย (Sale Section) ดูแลงานด้านการขายในต่างประเทศ

1.2) ฝ่ายออกแบบ (Design & Speciality Ceramic Section) ดูแลงานด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ตามคำสั่งของลูกค้า

1.3) ฝ่ายจัดซื้อ (Purchasing Section) ดูแลงานด้านการจัดซื้อ

1.4) ฝ่ายผลิตภัณฑ์พิเศษ (Specialty Production Section) ดูแลงานด้านการจัดทำผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเฉพาะ

2) แผนกบัญชี และการเงิน (Accounting & Finance Department) ดูแลงานด้านการเงินและบัญชี

3) แผนกบริหารงานทรัพยากรมนุษย์ (HR & Administration Department) ประกอบด้วย

3.1) ฝ่ายทรัพยากรบุคคล (HP Section) ดูแลงานด้านทรัพยากรบุคคล

3.2) ฝ่ายคอมพิวเตอร์และการสื่อสาร (IT Section) ดูแลงานด้านคอมพิวเตอร์ และการสื่อสาร

3.1.3.3 ผู้จัดการโรงงาน บริหารจัดการแผนกที่เกี่ยวข้อง 3 แผนก ได้แก่

1) แผนกการผลิต (Production Department) รับผิดชอบงานด้านการผลิต การวางแผนการผลิตในโรงงาน มี 8 หน่วยย่อย ดังต่อไปนี้

1.1) หน่วยขึ้นรูปชิ้นส่วน

1.2) หน่วยพ่นเคลือบสี

1.3) หน่วยประกอบโครงตู้

1.4) หน่วยเทฉนวนโฟม

1.5) หน่วยประกอบและติดตั้งอุปกรณ์

1.6) หน่วยติดตั้งเครื่องทำความเย็น

1.7) หน่วยทดสอบ และทำความสะอาด

1.8) หน่วยบรรจุหีบห่อ

2) แผนกควบคุมคุณภาพ (Quality control Department) ดูแลงานด้านการควบคุม และตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ คุณภาพวัตถุดิบ

3) แผนกคลังสินค้า (Warehouse Department) ดูแลงานด้านการเบิกจ่าย จัดเก็บวัตถุดิบ และสิ้นค้าคงคลัง การจัดส่งสินค้า

แผนกที่ผู้วิจัยเข้าไปทำการวิจัยในครั้งนี้คือ แผนกการผลิต (Production Department)

3.2 ศึกษากระบวนการผลิตตู้แช่เครื่องดื่มแบบสองประตูก่อนการปรับปรุง

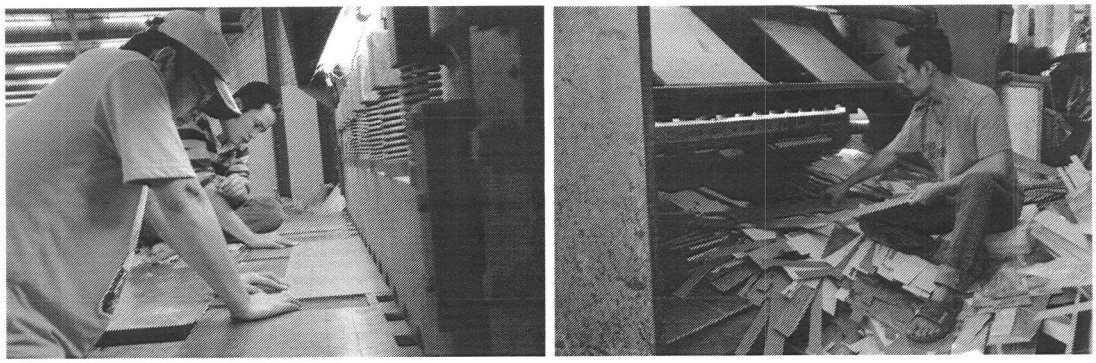
ในหัวข้อนี้กล่าวถึงลักษณะของการทำงานซึ่งแบ่งเป็นแผนก ตามขั้นตอนการทำงานที่มีในปัจจุบัน แสดงรูปขั้นตอนการผลิตออกเป็นแผนก

3.2.1 แผนกตรวจรับ และส่งมอบวัตถุดิบ มีหน้าที่ตรวจรับวัตถุดิบที่ฝ่ายจัดซื้อสั่งเข้ามาแล้วนำไปส่งมอบให้กับแผนกต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยจะมีการวางวัตถุดิบไว้บริเวณใกล้เคียงกับแผนกที่ต้องการใช้วัตถุดิบชนิดนั้นๆ ครั้งละจำนวนมาก โดยมอบให้แผนกที่ต้องใช้วัตถุดิบชนิดนั้นๆ มีหน้าที่เก็บรักษาการจัดเก็บวัตถุดิบของแผนกต่าง ๆ ดังในภาพที่ 3.2

ภาพที่ 3.2 การจัดเก็บวัตถุดิบของแผนกต่าง ๆ

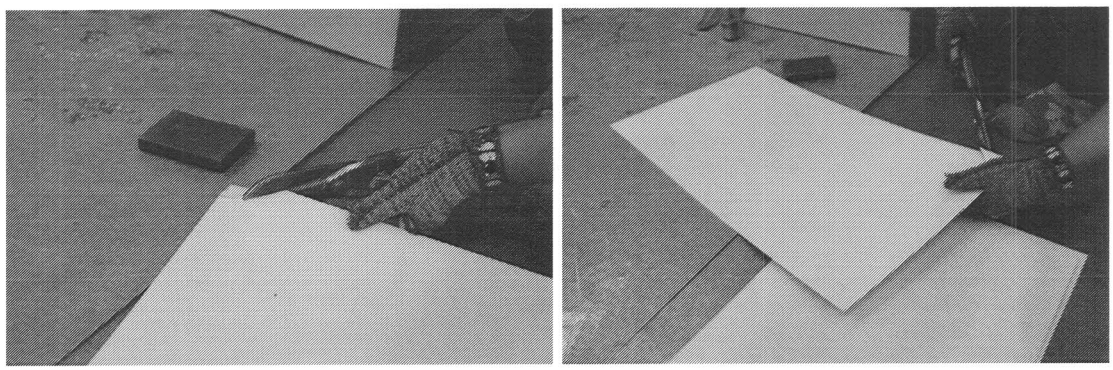
3.2.2 แผนกขึ้นรูปชิ้นส่วนตู้แช่เครื่องดื่ม เป็นแผนกที่ผลิตชิ้นส่วนต่าง ๆ เพื่อที่จะส่งให้กับแผนกพ่นสี และแผนกประกอบชิ้นส่วนตามลำดับ โดยมีการแบ่งเป็นฝ่ายต่าง ๆ ดังนี้

3.2.2.1 ฝ่ายตัดโลหะแผ่น มีหน้าที่ตัดโลหะแผ่นให้ได้ขนาดตามแบบที่กำหนดของชิ้นงานแต่ละชิ้น ด้วยเครื่องตัดโลหะแผ่น โดยใช้พนักงาน 2 คน ปฏิบัติงานอยู่หน้าเครื่องตัดโลหะแผ่นเพื่อช่วยในการเล็งระยะแนวตัด และป้อนโลหะแผ่นเข้าสู่เครื่องตัด แล้วจึงทำการกดสวิตซ์เพื่อทำการตัด ส่วนชิ้นงานที่ถูกตัดแล้วจะตกลงด้านหลังเครื่องตัด โดยจะมีคนงานอีก 1 คน ทำหน้าที่คัดแยก และรวบรวมส่งให้กับพนักงานขนวัสดุเพื่อนำไปส่งยังขั้นตอนต่อไป การตัดแผ่นโลหะให้ได้ตามขนาดที่กำหนด ดังในภาพที่ 3.3



ภาพที่ 3.3 การตัดแผ่นโลหะให้ได้ตามขนาดที่กำหนด

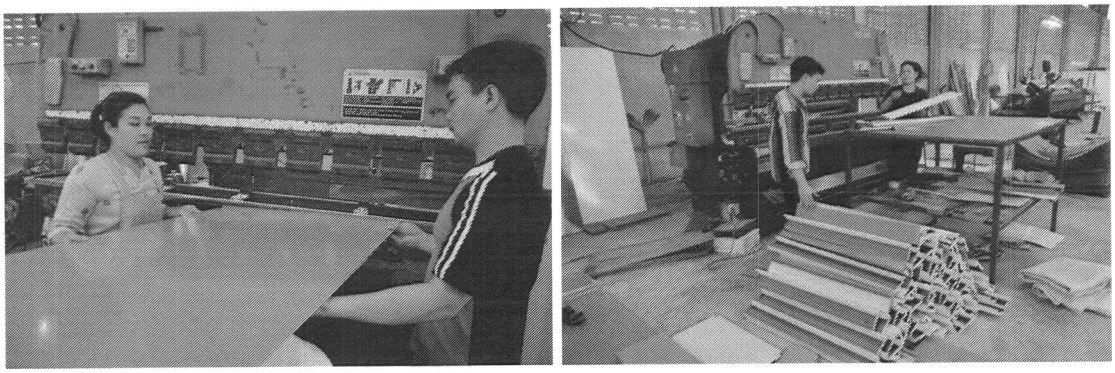
3.2.2.2 ฝ่ายบากขอบรอยพับ มีหน้าที่บากขอบเข้ามุมบริเวณแนวรอยพับของชิ้นงาน ซึ่งมุมในการบากชิ้นงานจะมีความสัมพันธ์กับองศาในการพับขึ้นรูปชิ้นงาน โดยจะต้องทำการบากขอบของชิ้นงานต่างๆ ให้ถูกต้องตามแบบที่กำหนด การบากชิ้นงานสามารถใช้กรรไกรตัดโลหะแผ่นด้วยมือหรือใช้เครื่องเพรสในการบากชิ้นงานก็ได้ขึ้นอยู่กับความหนา และชนิดของโลหะแผ่นที่จะนำมาขึ้นรูป ถ้าชิ้นงานมีขนาดไม่ใหญ่มากนักจะใช้คนงาน 1 คน แต่ถ้าชิ้นงานมีขนาดใหญ่จะใช้คนงาน 2 คน ซึ่งหลังจากทำการบากเรียบร้อยแล้ว ก็จะส่งให้กับฝ่ายพับเป็นลำดับต่อไป การบากชิ้นงานด้วยกรรไกรตัดโลหะแผ่น ดังในภาพที่ 3.4



ภาพที่ 3.4 การบากชิ้นงานด้วยกรรไกรตัดโลหะแผ่น

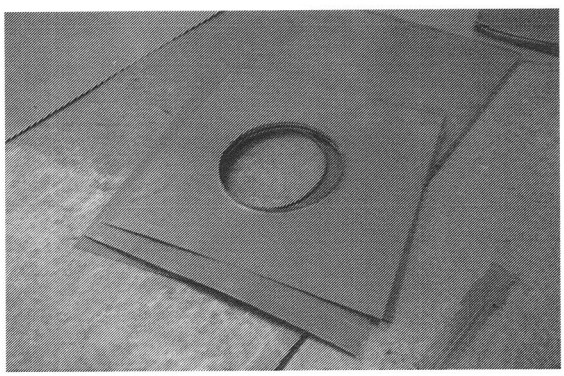
3.2.2.3 ฝ่ายพับ มีหน้าที่ขึ้นรูปชิ้นงาน และพับตะเข็บรอยต่อชิ้นงาน ตามแบบที่กำหนด โดยสังเกตจุดที่มีการบากเอาไว้แต่ละจุด รวมทั้งต้องใช้เครื่องมือดัดขอบ และเคาะบริเวณมุมรอยต่อของชิ้นงานเพื่อให้การพับเข้ามุมมีความสมบูรณ์มากขึ้น เนื่องจากการพับมีผลทำให้ขอบรอยพับเกิดการบิดงอ หรือเสียรูปได้ง่าย หากไม่รีบแก้ไขในขั้นตอนนี้จะส่งผลกระทบกับการประกอบในขั้นตอน

ต่อไปภายหลัง โดยถ้าผ่านการพ่นสีไปแล้วจึงค่อยนำมาแก้ไขก็จะทำได้ยากมากขึ้น และจะมีผลกระทบกับคุณภาพผิวของชิ้นงาน การพับขึ้นรูปชิ้นงาน ดังในภาพที่ 3.5



ภาพที่ 3.5 การพับขึ้นรูปชิ้นงาน

3.2.2.4 ฝ่ายปั๊มเจาะรู และปั๊มขึ้นขอบ มีหน้าที่ นำโลหะแผ่นชิ้นงานที่ตัดได้ขนาดแล้วไปปั๊มเจาะรูด้วยเครื่องเพรส และขึ้นขอบชิ้นงาน เช่น ฝาครอบพัดลมกระจายความเย็น เป็นต้น ชิ้นงานที่ได้จากการปั๊มเจาะรู และปั๊มขึ้นขอบชิ้นงานเรียบร้อยแล้ว ดังในภาพที่ 3.6

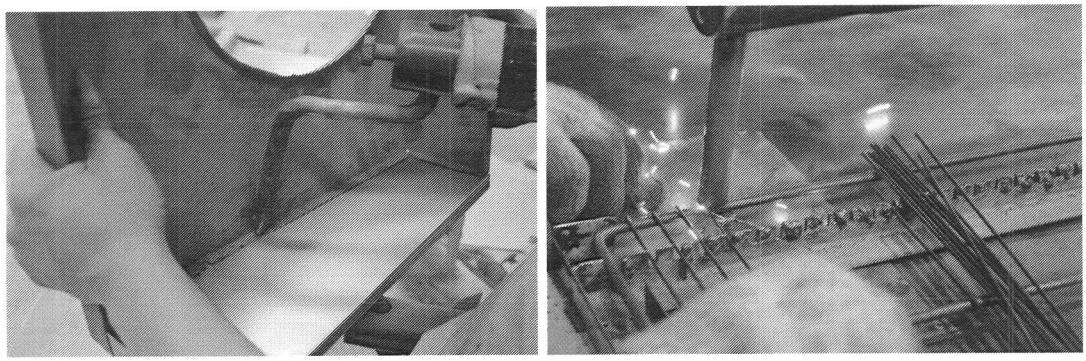


ภาพที่ 3.6 ชิ้นงานที่ได้จากการปั๊มเจาะรู และปั๊มขึ้นขอบชิ้นงานเรียบร้อยแล้ว

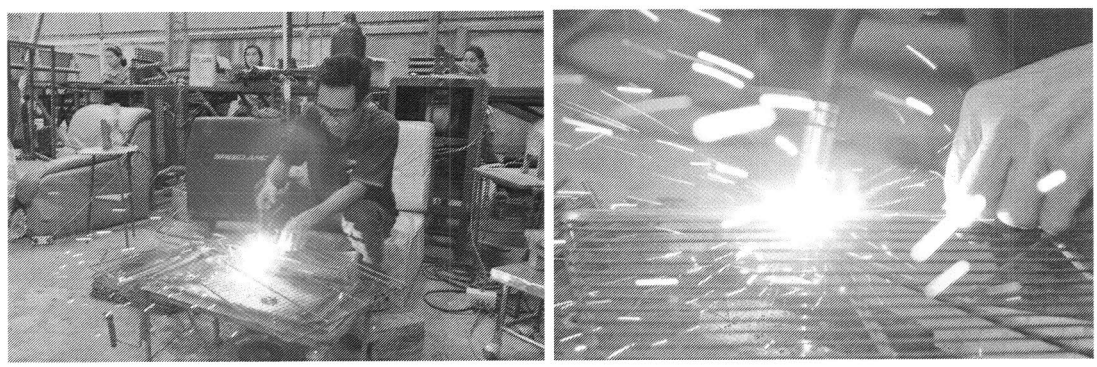
3.2.2.5 ฝ่ายดัดขึ้นรูปชิ้นงานมีหน้าที่ดัดขึ้นรูปส่วนประกอบและโครงของตะแกรงชั้นวางภายในตู้แช่ แล้วจึงส่งต่อให้กับฝ่ายเชื่อม แผนกพ่นสี และแผนกประกอบเป็นลำดับต่อไป การดัดขึ้นรูปชิ้นงาน ดังในภาพที่ 3.7

ภาพที่ 3.7 การดัดขึ้นรูปชิ้นงาน

3.2.2.6 ฝ่ายเชื่อมจุดไฟฟ้ามีหน้าที่ในการประกอบชิ้นส่วนต่าง ๆ ให้เป็นชิ้นงานสำเร็จรูปก่อนจะส่งให้แผนกพ่นสี และแผนกประกอบในลำดับต่อไป โดยลักษณะการเชื่อมจะมีความแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับประเภทของชิ้นงาน เช่นฝาครอบพัดลมกระจายความเย็น และตะแกรงชั้นวางของภายในตู้แช่เป็นต้น การประกอบชิ้นงานด้วยการเชื่อมไฟฟ้าแบบจุด ดังในภาพที่ 3.8 และการประกอบชิ้นงานด้วยการเชื่อม MIG (Metal Inert Gas Welding) ดังในภาพที่ 3.9



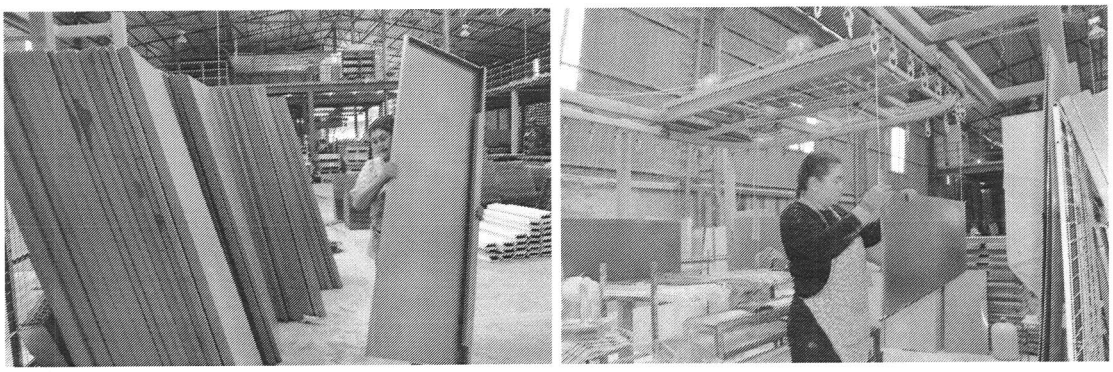
ภาพที่ 3.8 การประกอบชิ้นงานด้วยการเชื่อมไฟฟ้าแบบจุด



ภาพที่ 3.9 การประกอบชิ้นงานด้วยการเชื่อม MIG

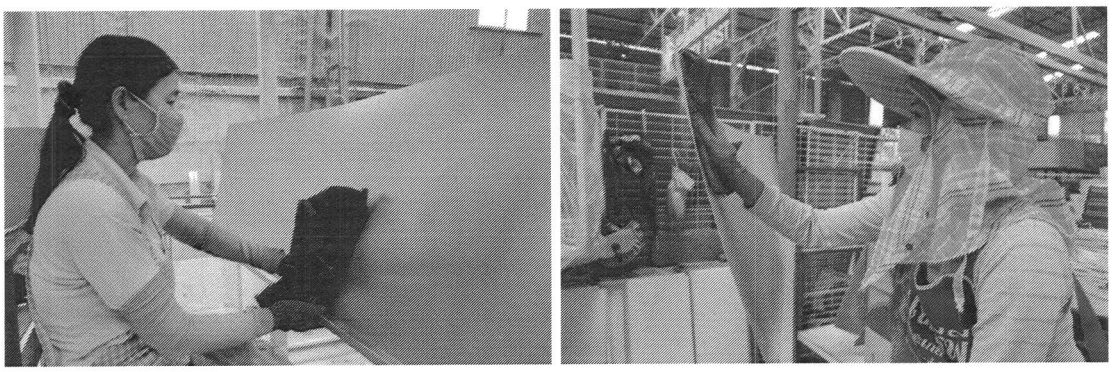
3.2.3 แผนกพ่นสี มีหน้าที่แต่งผิวชิ้นงานสำเร็จด้วยการพ่นสีเคลือบผิวชิ้นงาน โดยจะนำชิ้นงานจากแผนกขึ้นรูปชิ้นส่วนตู้แช่เครื่องดื่ม มาตรวจสอบ ทำความสะอาด และนำไปเข้าเครื่องพ่นสี โดยมีการแบ่งเป็นฝ่ายต่างๆ ดังนี้

3.2.3.1 ฝ่ายโหลดชิ้นงานขึ้น Trolley มีหน้าที่เคลื่อนย้ายชิ้นงานที่จะทำการพ่นสีมายังจุดโหลดชิ้นงาน แล้วนำตะขอเกี่ยวชิ้นงานขึ้นบน Trolley โดยมีการรักษาระยะห่างอย่างเหมาะสมและสม่ำเสมอเพื่อให้จุดพ่นสี พ่นได้ทั่วถึง และต่อเนื่อง การนำชิ้นงานขึ้น Trolley ดังในภาพที่ 3.10



ภาพที่ 3.10 การนำชิ้นงานขึ้น Trolley

3.2.3.2 ฝ่ายทำความสะอาดผิวชิ้นงานก่อนพ่นสี มีหน้าที่ขัดผิวงานโดยใช้กระดาษทรายพร้อมทั้งใช้ผ้าเช็ดทำความสะอาดผิวชิ้นงานก่อนอบไล่ความชื้น พ่นสี และอบสี ตามลำดับ การทำความสะอาดชิ้นงานก่อนอบ และพ่นสี ดังในภาพที่ 3.11

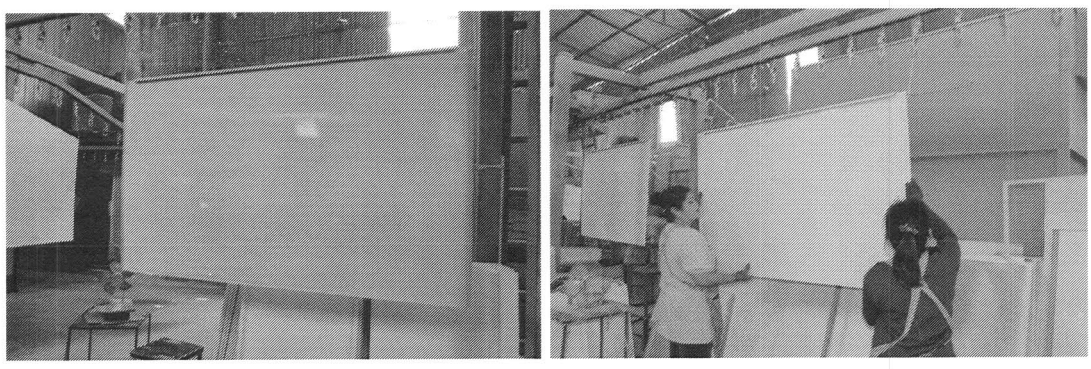


ภาพที่ 3.11 การทำความสะอาดชิ้นงานก่อนอบ และพ่นสี

3.2.3.3 ฝ่ายพ่นสี มีหน้าที่พ่นสีเคลือบผิวโลหะให้ทั่วชิ้นงาน และสม่ำเสมอ ทั้งด้านหน้าและด้านหลังของชิ้นงาน โดยพนักงานจะสามารถควบคุมการเคลื่อนที่ของ Trolley ให้ช้าลงได้ขึ้นอยู่

กับขนาดของชิ้นงาน เนื่องจากชิ้นงานขนาดใหญ่จะมีพื้นที่ในการพ่นสีมาก ซึ่งต้องใช้เวลาในการพ่นสีเพื่อให้ทั่วถึง และสม่ำเสมอมากขึ้นเช่นกัน การพ่นสีเคลือบผิวชิ้นงาน ดังในภาพที่ 3.12 ส่วนการตรวจสอบคุณภาพ และนำชิ้นงานลงจาก Trolley ดังในภาพที่ 3.13 และการจัดเก็บชิ้นงานที่ผ่านการพ่นสีเรียบร้อยแล้ว ดังในภาพที่ 3.14

ภาพที่ 3.12 การพ่นสีเคลือบผิวชิ้นงาน

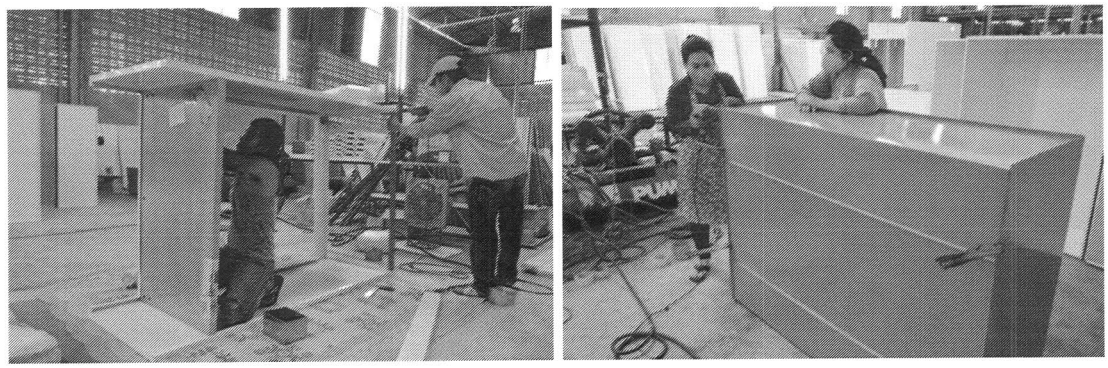


ภาพที่ 3.13 การตรวจสอบคุณภาพ และนำชิ้นงานลงจาก Trolley

ภาพที่ 3.14 การจัดเก็บชิ้นงานที่ผ่านการพ่นสีเรียบร้อยแล้ว

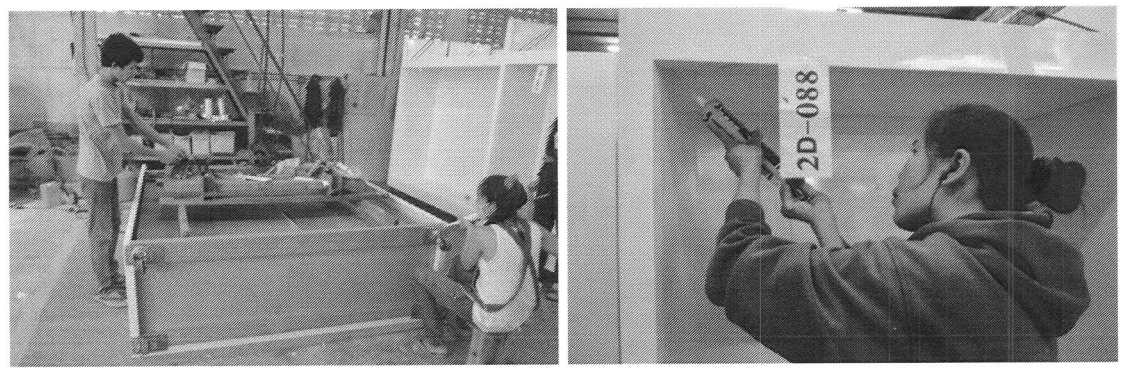
3.2.4 แผนกประกอบตู้แช่

เมื่อทำการผลิตชิ้นส่วนเรียบร้อยแล้วนั้นขั้นตอนต่อไป จึงนำชิ้นส่วนต่างๆ ที่ผลิต และผ่านการตรวจสอบแล้ว นำมาประกอบเป็นโครงตู้แช่ด้านใน และด้านนอกด้วยหมุดย้ำ การประกอบโครงตู้แช่ฯ ภายใน และภายนอก ดังในภาพที่ 3.15

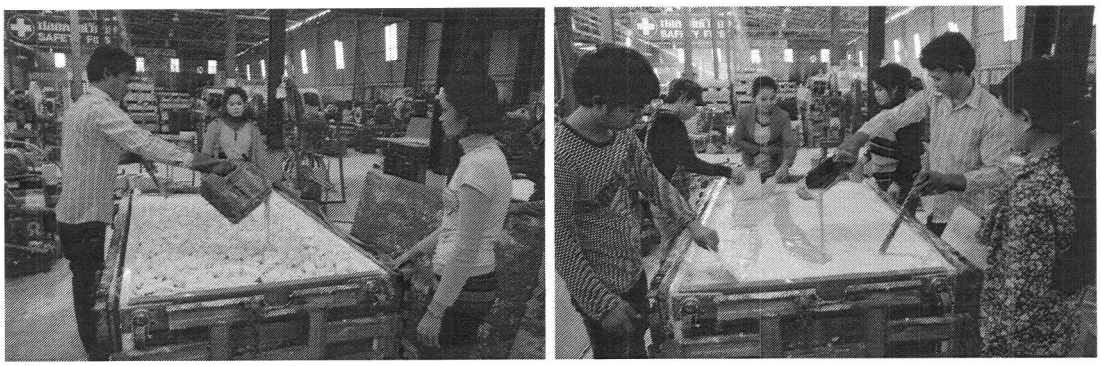


ภาพที่ 3.15 การประกอบโครงตู้แช่ฯ ภายใน และภายนอก

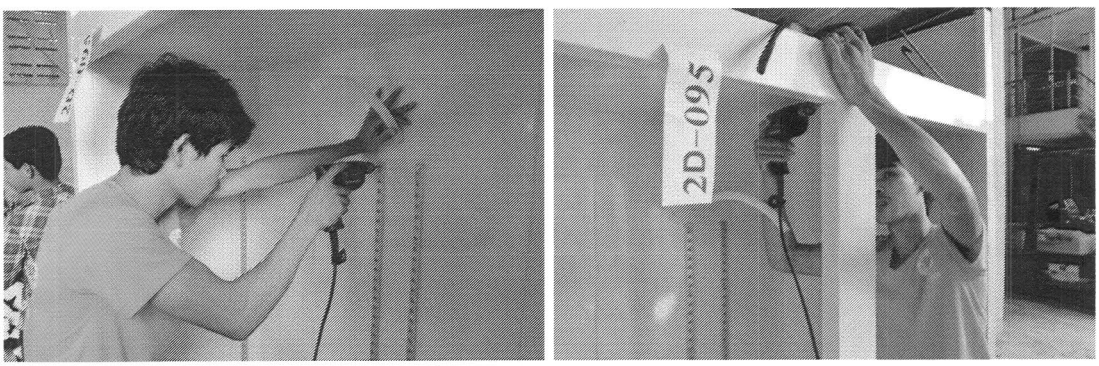
ภาพที่ 3.16 การประกอบโครงตู้ด้านในเข้ากับโครงตู้ด้านนอก



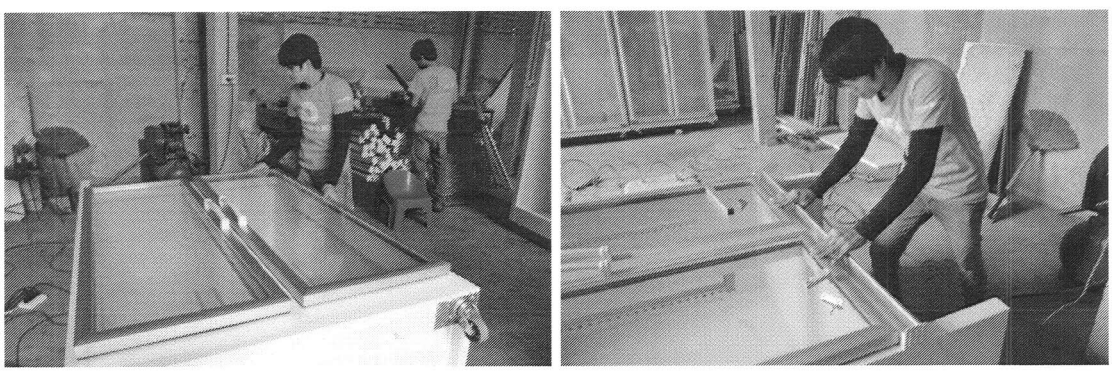
ภาพที่ 3.17 การล็อกตำแหน่งโครงตู้ด้านในกับด้านนอก และการฉีดซิลิโคนยาแนวตะเข็บรอยต่อ



ภาพที่ 3.18 การเทโฟมภายในตู้แช่



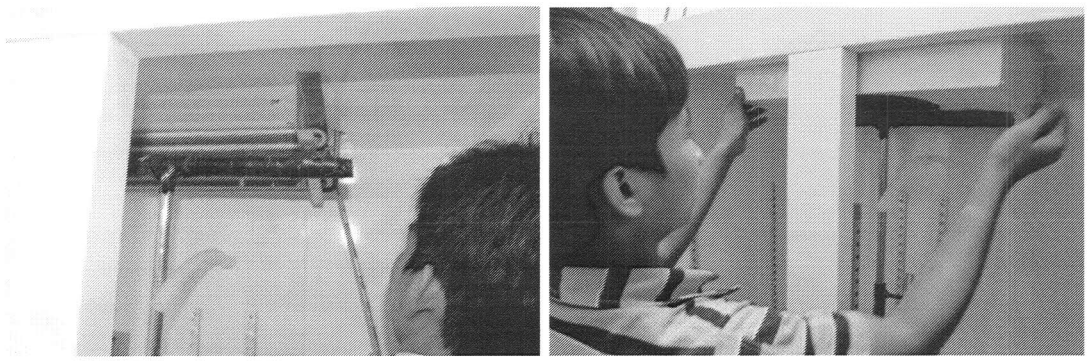
ภาพที่ 3.19 การยึดรางชั้นวาง และขอบประตูกลาง



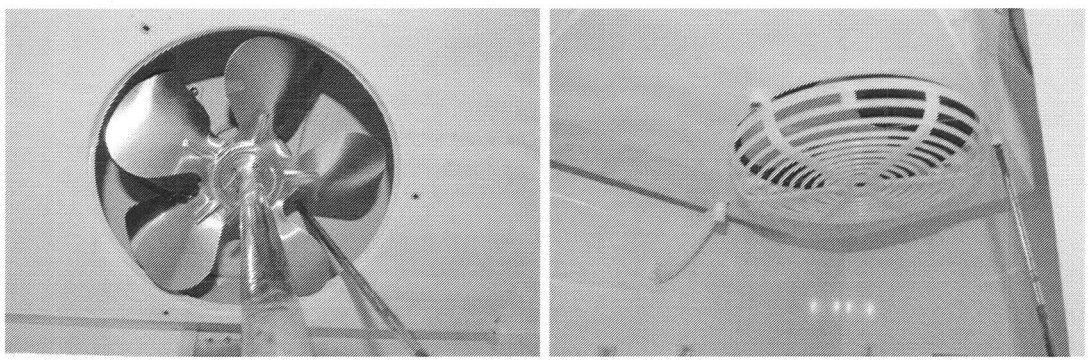
ภาพที่ 3.20 การ Layout ประกอบประตูกระจกหน้าตู้แช่ฯ

3.2.5 แผนกติดตั้งอุปกรณ์

แผนกติดตั้งอุปกรณ์เป็นแผนกที่ติดตั้งอุปกรณ์ทั่ว ๆ ไปเช่น รางน้ำ คอยล์เย็น หลอดไฟ ตู้แช่แข็ง ซึ่งขั้นตอนการติดตั้งอุปกรณ์ มีพนักงานในแผนกจำนวน 2 คน



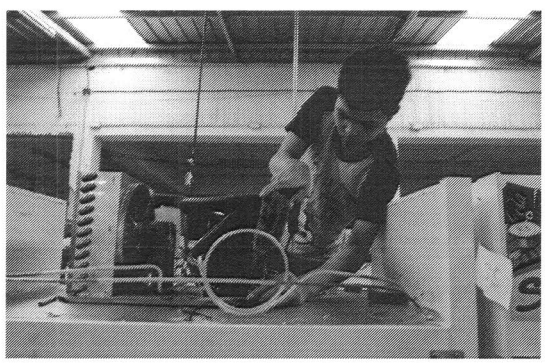
ภาพที่ 3.21 การประกอบ และติดตั้งชุดคอยล์เย็น



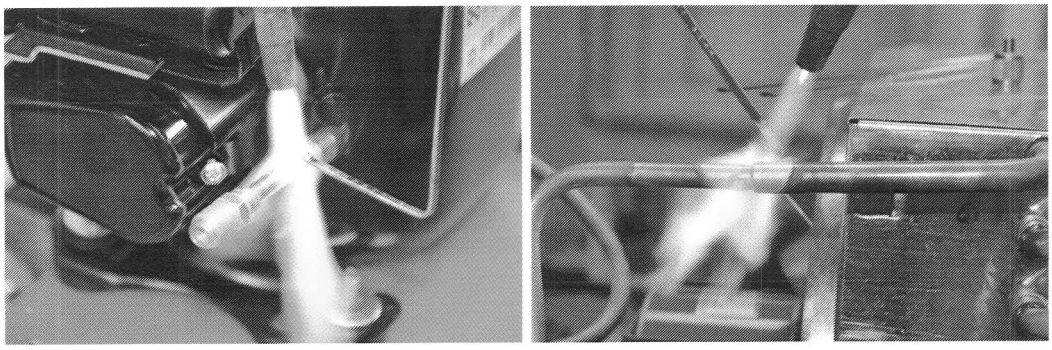
ภาพที่ 3.22 การประกอบชุดมอเตอร์พัดลมคอยล์เย็น และตะแกรงครอบใบพัด

3.2.6 แผนกติดตั้งเครื่องทำความเย็น

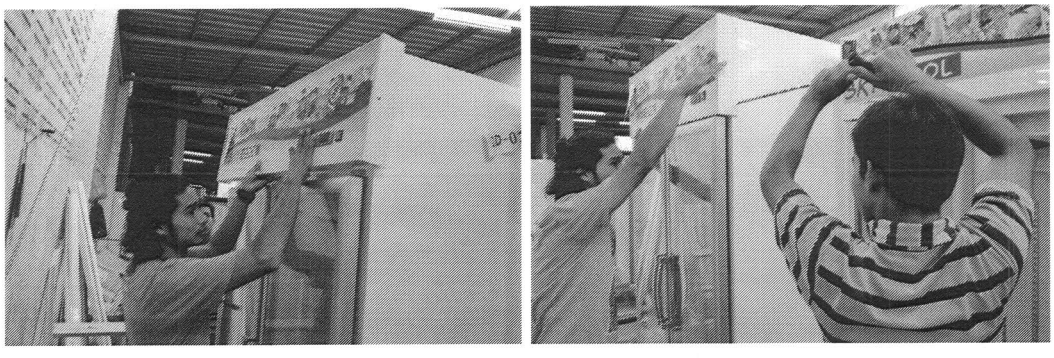
แผนกติดตั้งเครื่องทำความเย็นเป็นแผนกที่มีการประกอบ ชุดคอยล์ร้อน คอมเพรสเซอร์ เครื่องทำความเย็น และจอควบคุมอุณหภูมิ ซึ่งขั้นตอนการติดตั้งเครื่องทำความเย็น มีพนักงานในแผนกจำนวน 4 คน



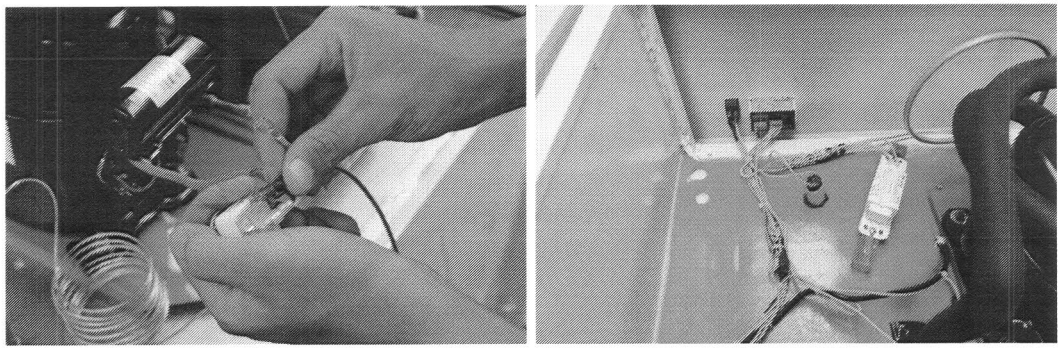
ภาพที่ 3.23 การประกอบ และติดตั้งชุดคอมเพรสเซอร์



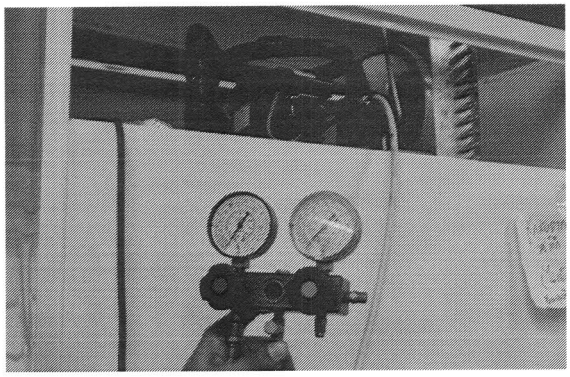
ภาพที่ 3.24 การเชื่อมต่อท่อทางระบบทำความเย็น



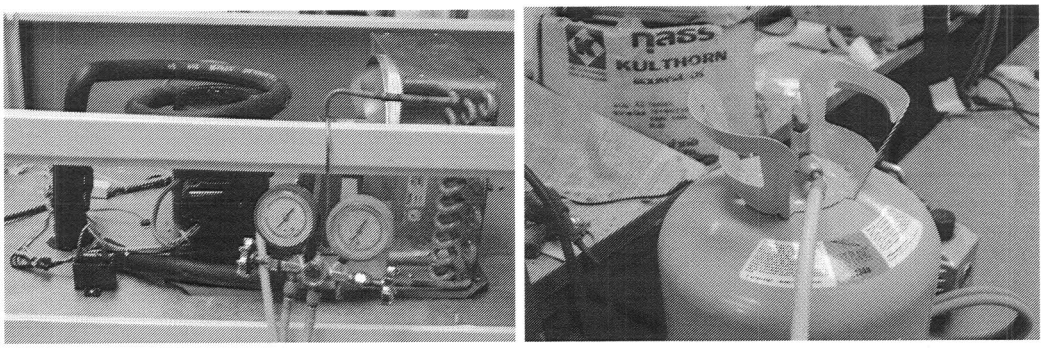
ภาพที่ 3.25 การประกอบ และจับยึดป้ายหน้าตู้แช่ฯ



ภาพที่ 3.26 การเชื่อมต่อระบบวงจรไฟฟ้า และรัดสายไฟให้เป็นระเบียบ



ภาพที่ 3.27 การสร้างสุญญากาศในระบบทำความเย็น และตรวจสอบรอยรั่วของระบบ



ภาพที่ 3.28 การเติมสารทำความเย็นเข้าระบบทำความเย็น

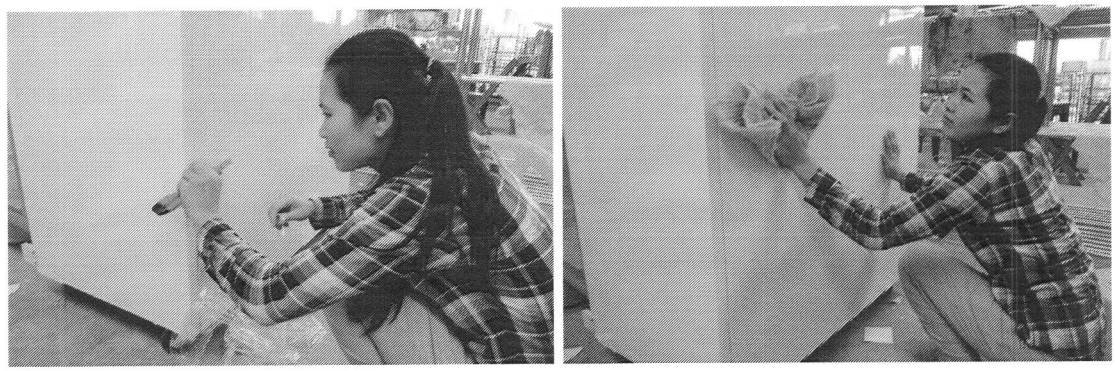
3.2.7 แผนกทดสอบวงจรควบคุม และทดสอบการทำงานของตู้แช่ฯ

เป็นแผนกที่มีขั้นตอนการตรวจสอบระบบวงจรควบคุม และระบบทำความเย็น มีการตั้งอุณหภูมิ และตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบทำความเย็นว่าได้อุณหภูมิที่ตั้งไว้หรือไม่ โดยจะมีการตั้งอุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบหลายระดับ มีจำนวนพนักงาน 4 คน

ภาพที่ 3.29 การทดสอบวงจรควบคุม และทดสอบการทำงานของตู้แช่ฯ

3.2.8 แผนกทำความสะอาดตู้แช่

เป็นแผนกที่ทำความสะอาด และเก็บรายละเอียดส่วนเกินต่าง ๆ ที่เกิดจากขบวนการผลิต มีการตัดแต่งพลาสติก โฟม ส่วนเกินในจุดต่าง ๆ ทุกจุด รวมทั้งใช้น้ำยาขัดล้างทำความสะอาดคราบสกปรกต่าง ๆ จนสะอาดเรียบร้อย ปล่อยไว้จนแห้งสนิทดี แล้วจึงทำการส่งมอบให้กับแผนกประกอบชั้นวาง และติดสติ๊กเกอร์รับประกัน และบาร์โค้ด ต่อไปมีจำนวนพนักงาน 2 คน



ภาพที่ 3.30 การตัดแต่งพลาสติก และโฟมส่วนเกินออก

ภาพที่ 3.31 การทำความสะอาดตู้แช่

3.2.9 แผนกบรรจุหีบห่อ

เป็นแผนกสุดท้ายของกระบวนการประกอบตู้แช่ ด้วยการคุมพลาสติกกันรอยขีดข่วน และคราบสกปรกต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้นก่อนถึงมือลูกค้า มีจำนวนพนักงาน 2 คน

ภาพที่ 3.32 การบรรจุหีบห่อ

ผู้วิจัยได้สร้างแผนภูมิการประกอบตู้แช่เครื่องดื่ม โดยละเอียดดังแสดงในภาคผนวก ก

3.3 ข้อมูลปริมาณการผลิตตู้แช่เครื่องดื่มของโรงงานตัวอย่างก่อนปรับปรุง

ข้อมูลปริมาณการผลิต ที่ได้จากสายการผลิตตู้แช่เครื่องดื่มของโรงงานตัวอย่างก่อนการปรับปรุง โรงงานจะผลิตตู้แช่ 4 ประเภท คือ ตู้แช่เครื่องดื่ม 1 ประตู, แช่เครื่องดื่ม 2 ประตู, แช่เครื่องดื่ม 3 ประตู, และตู้แช่เครื่องดื่ม 4 ประตู ดังแสดงในตารางที่ 3.2 ถึง ตารางที่ 3.4

สำหรับกรณีศึกษาโรงงานตัวอย่างนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเฉพาะตู้แช่เครื่องดื่ม 2 ประตู เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีอัตราการผลิตสูงที่สุด และกำลังประสบมีปัญหาทางด้านประสิทธิภาพการผลิตอยู่ในระดับต่ำ ผลผลิตไม่เป็นไปตามแผนการผลิตที่วางไว้ เกิดปัญหาคอขวด (Bottleneck) และไม่สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้อย่างเต็มศักยภาพ

ตารางที่ 3.2 ปริมาณการผลิตตู้แช่เครื่องดื่ม ของโรงงานตัวอย่างประจำเดือนกันยายน พ.ศ.2557

วันที่ / ชนิดตู้แช่เครื่องดื่ม	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	ผลผลิตรวมต่อเดือน(ตู้)	ค่าเฉลี่ยผลผลิตต่อวัน(ตู้)	เปอร์เซ็นต์ผลผลิตต่อเดือน
ตู้แช่เครื่องดื่ม 1 ประตู	2	0	5	0	0			0	1	0	2	0			0	2	0	0	3			0	0	3	0	1			0	4	23.00	1.05	5.74
ตู้แช่เครื่องดื่ม 2 ประตู	**16**	**14**	**16**	**16**	**16**			**16**	**18**	**15**	**16**	**16**			**18**	**15**	**16**	**16**	**16**			**16**	**18**	**13**	**18**	**16**			**16**	**16**	**353.00**	**16.05**	**88.03**
ตู้แช่เครื่องดื่ม 3 ประตู	0	0	0	0	2			0	0	1	0	0			0	0	0	0	0			0	0	2	0	0			0	0	5.00	0.23	1.25
ตู้แช่เครื่องดื่ม 4 ประตู	0	2	0	3	0			0	0	2	0	2			0	1	0	4	0			0	0	2	0	2			0	2	20.00	0.91	4.99

ที่มา: ฝ่ายผลิต โรงงานตัวอย่าง (2556)

จากตารางที่ 3.2 แสดงให้เห็นว่าปริมาณผลผลิตของตู้แช่เครื่องดื่มแบบ 2 ประตู มีเปอร์เซ็นต์ผลผลิตสูงที่สุด เท่ากับร้อยละ 88.03 ประจำเดือน กันยายน พ.ศ.2557 ส่วนตู้แช่เครื่องดื่มแบบ 1 ประตู เท่ากับร้อยละ 5.74 เครื่องดื่มแบบ 3 ประตู เท่ากับร้อยละ 1.25 และเครื่องดื่มแบบ 4 ประตู เท่ากับร้อยละ 4.99 ตามลำดับ

ตารางที่ 3.3 ปริมาณการผลิตตู้แช่เครื่องดื่ม ของโรงงานตัวอย่างประจำเดือน ตุลาคม พ.ศ.2557

วันที่ / ชนิดตู้แช่เครื่องดื่ม	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	ผลผลิตรวมต่อเดือน(ตู้)	ค่าเฉลี่ยผลผลิตต่อวัน(ตู้)	เปอร์เซ็นต์ผลผลิตต่อเดือน
ตู้แช่เครื่องดื่ม 1 ประตู	0	3	0			0	0	0	2	0			0	0	0	0	2			0	0	3	0	0			0	0	0	0	2	12	0.52	2.99
ตู้แช่เครื่องดื่ม 2 ประตู	**18**	**15**	**14**			**18**	**15**	**18**	**16**	**16**			**16**	**18**	**16**	**15**	**16**			**18**	**15**	**15**	**15**	**16**			**16**	**18**	**16**	**15**	**14**	**369**	**16.04**	**91.79**
ตู้แช่เครื่องดื่ม 3 ประตู	0	0	2			0	0	2	0	0			0	0	2	0	0			0	3	0	0	0			0	0	0	1	0	10	0.43	2.49
ตู้แช่เครื่องดื่ม 4 ประตู	0	2	0			0	1	0	0	0			0	0	0	3	0			0	0	0	1	0			0	0	4	0	0	11	0.48	2.74

ที่มา: ฝ่ายผลิต โรงงานตัวอย่าง (2556)

จากตารางที่ 3.3 แสดงให้เห็นว่าปริมาณผลผลิตของตู้แช่เครื่องดื่มแบบ 2 ประตู มีเปอร์เซ็นต์ผลผลิตสูงที่สุด เท่ากับร้อยละ 91.79 ประจำเดือน ตุลาคม พ.ศ.2557 ส่วนตู้แช่เครื่องดื่มแบบ 1 ประตู เท่ากับร้อยละ 2.99 เครื่องดื่มแบบ 4 ประตู เท่ากับร้อยละ 2.74 และเครื่องดื่มแบบ 3 ประตู เท่ากับร้อยละ 2.49 ตามลำดับ

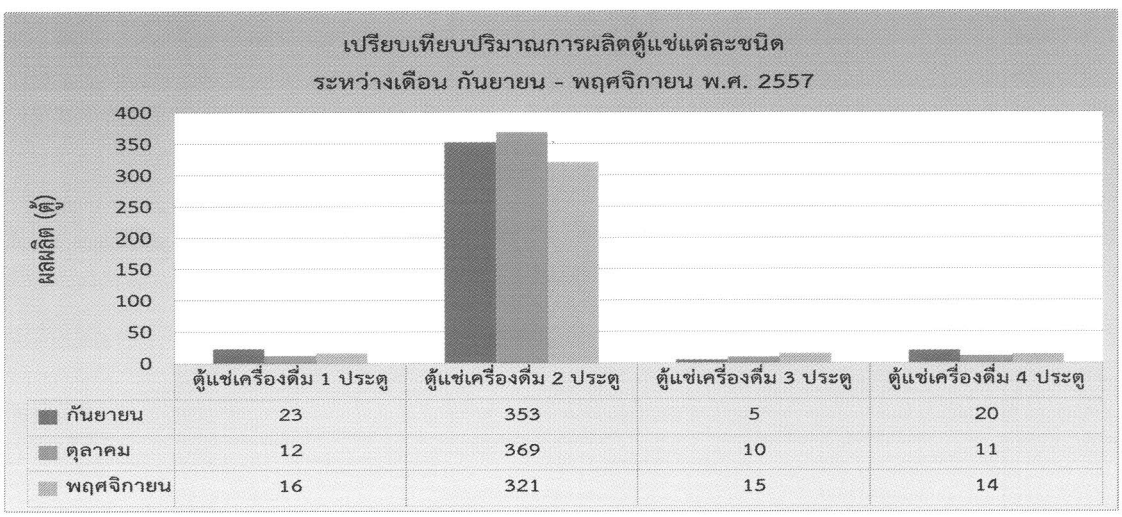
ตารางที่ 3.4 ปริมาณการผลิตตู้แช่เครื่องดื่ม ของโรงงานตัวอย่างประจำเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2557

วันที่ / ชนิดตู้แช่เครื่องดื่ม	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	ผลผลิตรวมต่อเดือน(ตู้)	ค่าเฉลี่ยผลผลิตต่อวัน(ตู้)	เปอร์เซ็นต์ผลผลิตต่อเดือน
ตู้แช่เครื่องดื่ม 1 ประตู			0	4	0	0	0			0	0	2	0	0			0	0	0	0	4			6	0	0	0	0			16	0.80	4.37
ตู้แช่เครื่องดื่ม 2 ประตู			18	14	18	13	18			15	18	16	18	11			18	16	20	12	14			12	20	20	12	18			321	16.05	87.70
ตู้แช่เครื่องดื่ม 3 ประตู			0	0	0	3	0			1	0	0	0	5			0	2	0	0	0			0	0	0	4	0			15	0.75	4.10
ตู้แช่เครื่องดื่ม 4 ประตู			0	0	0	2	0			0	0	0	0	4			0	0	0	6	0			0	0	0	2	0			14	0.70	3.83

ที่มา: ฝ่ายผลิต โรงงานตัวอย่าง (2556)

จากตารางที่ 3.3 แสดงให้เห็นว่าปริมาณผลผลิตของตู้แช่เครื่องดื่มแบบ 2 ประตู มีเปอร์เซ็นต์ผลผลิตสูงที่สุด เท่ากับร้อยละ 87.70 ประจำเดือน พฤศจิกายน พ.ศ.2557 ส่วนตู้แช่เครื่องดื่มแบบ 1 ประตู เท่ากับร้อยละ 4.37 เครื่องดื่มแบบ 3 ประตู เท่ากับร้อยละ 4.10 และเครื่องดื่มแบบ 4 ประตู เท่ากับร้อยละ 3.83 ตามลำดับ

จากข้อมูลปริมาณการผลิตที่ได้จากสายการผลิต ข้างต้น เป็นข้อมูลแสดงปริมาณการผลิตระหว่างเดือน กันยายน ถึงเดือน พฤศจิกายน พ.ศ.2557 สามารถนำมาสรุป และเปรียบเทียบการผลิตตู้แช่เครื่องดื่มทั้ง 4 ชนิด แสดงดังภาพที่ 3.33



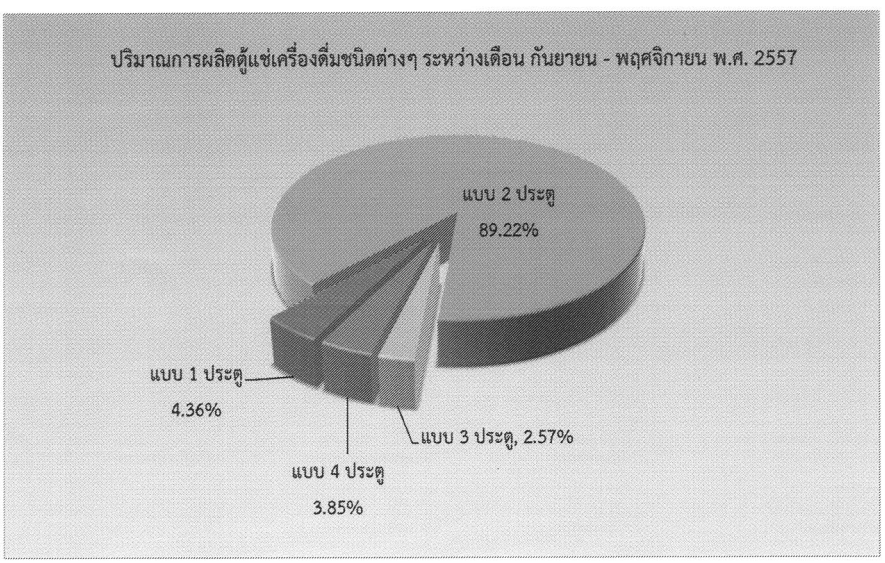
ภาพที่ 3.33 เปรียบเทียบปริมาณการผลิตตู้แช่แต่ละชนิด ระหว่างเดือนกันยายน – พฤศจิกายน พ.ศ.2557

ข้อมูลผลผลิตเฉลี่ย และเปอร์เซ็นผลผลิตเฉลี่ยต่อเดือนของตู้แช่เครื่องดื่มทั้ง 4 ชนิด ระหว่างเดือนเดือน กันยายน – พฤศจิกายน พ.ศ.2557 พบว่า ตู้แช่เครื่องดื่ม 2 ประตู มีผลผลิตสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 347.67 ตู้ต่อเดือน คิดเป็นร้อยละ 89.22 รองลงมาได้แก่ ตู้แช่เครื่องดื่ม 1 ประตู มีผลผลิต 17 ตู้ต่อเดือน คิดเป็นร้อยละ 4.36 ตู้แช่เครื่องดื่ม 4 ประตู มีผลผลิต 15 ตู้ต่อเดือน และตู้แช่เครื่องดื่ม 3 ประตู มีผลผลิตเฉลี่ย 10 ตู้ต่อเดือน คิดเป็นร้อยละ 2.57 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 ผลผลิตเฉลี่ย และเปอร์เซ็นต์ผลผลิตเฉลี่ยต่อเดือน ระหว่างกันยายน – พฤศจิกายน พ.ศ.2557

ผลผลิต (ตู้) พ.ศ.2557 / ชนิดตู้แช่เครื่องดื่ม	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	รวม	ผลผลิตเฉลี่ยต่อเดือน (ตู้)	เปอร์เซ็นต์ผลผลิตต่อเดือน
ตู้แช่เครื่องดื่ม 1 ประตู	23	12	16	51	17.00	4.36
ตู้แช่เครื่องดื่ม 2 ประตู	353	369	321	1,043	347.67	89.22
ตู้แช่เครื่องดื่ม 3 ประตู	5	10	15	30	10.00	2.57
ตู้แช่เครื่องดื่ม 4 ประตู	20	11	14	45	15.00	3.85

จากปริมาณการผลิตตู้แช่เครื่องดื่มทั้ง 4 ชนิด ที่ผลิตระหว่างเดือน กันยายน ถึง พฤศจิกายน พ.ศ.2557 นำข้อมูลมาสร้างเป็นแผนภูมิเพื่อแสดงให้เห็นปริมาณการผลิตของตู้แช่เครื่องดื่มชนิดต่างๆ ได้อย่างชัดเจนมากขึ้น แสดงดังภาพที่ 3.34



ภาพที่ 3.34 ปริมาณการผลิตตู้แช่เครื่องดื่มชนิดต่างๆ ระหว่างเดือน กันยายน – พฤศจิกายน พ.ศ.2557

จำนวนพนักงานในสายการผลิตก่อนการปรับปรุงทั้งหมด 80 คน แบ่งเป็นพนักงานรายวันที่มาจาก ราชอาณาจักรกัมพูชา จำนวน 30 คน พนักงานรายวันเป็นคนไทย จำนวน 20 คน และพนักงานรายเดือนคนไทย จำนวน 30 คน โดยมีอัตราค่าจ้างแรงงานแสดงดังตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 อัตราค่าจ้างแรงงานของพนักงานโรงงานตัวอย่าง

พนักงาน	จำนวน (คน)	ค่าแรงต่อเดือน (บาท)	ค่าแรงต่อวัน (บาท)	รวม (บาท)	หมายเหตุ
รายวัน	30	-	270	8,100	ราชอาณาจักรกัมพูชา
รายวัน	20	-	300	6,000	ประเทศไทย
รายเดือน	30	9,500	316.67	9,500.10	ประเทศไทย
รวมค่าแรงงานของพนักงานทั้งหมดต่อวัน				23,600.10	

ที่มา: ฝ่ายทรัพยากรบุคคล โรงงานตัวอย่าง (2556)

จากอัตราค่าจ้างแรงงานของพนักงานโรงงานตัวอย่าง ได้นำมาสรุปเป็นต้นทุนแรงงานของพนักงานทั้งหมดในสายการประกอบตู้แช่เครื่องดื่มแบบ 2 ประตู ดังแสดงในตารางที่ 3.6 แสดงให้ทราบว่าค่าแรงมาตรฐานของพนักงานในสายการประกอบตู้แช่เครื่องดื่ม 2 ประตู เท่ากับ 23,600.10 บาทต่อวัน ดังแสดงในตารางที่ 3.7

ตารางที่ 3.7 ค่าแรงมาตรฐาน และค่าทำงานล่วงเวลา ของพนักงานทั้งหมดในกระบวนการผลิตต่อวัน

พนักงาน	จำนวนพนักงาน (คน)	ค่าแรงมาตรฐานต่อวัน (บาท)	ค่าทำงานล่วงเวลา 1 ชั่วโมง (บาท)	ค่าทำงานล่วงเวลา 2 ชั่วโมง (บาท)	ค่าทำงานล่วงเวลา 3 ชั่วโมง (บาท)
รายวัน (กัมพูชา)	30	8,100.00	1518.75	3037.50	4556.25
รายวัน (ไทย)	20	6,000.00	1125.00	2250.00	3375.00
รายเดือน (ไทย)	30	9,500.10	1781.28	3562.50	5343.00
รวม	80	23,600.10	4425.03	8850.00	13,275.09

ที่มา: ฝ่ายทรัพยากรบุคคล โรงงานตัวอย่าง (2556)

3.4 สภาพปัญหาในภาพรวมที่พบ

3.4.1 ปัญหาด้านการผลิต

3.4.1.1 โรงงานกรณีศึกษา ประสบปัญหาด้านกำลังการผลิตต่ำ ซึ่งไม่สามารถตอบสนองความต้องการของตลาดที่กำลังขยายตัวเพิ่มมากขึ้นได้ ทำให้เสียส่วนแบ่งทางการตลาดไปอย่างน่าเสียดาย เกิดคอขวดในสายการผลิต มีงานค้างอยู่ในสายการผลิตจำนวนมาก และในกระบวนการผลิตบางกระบวนการเกิดสภาวะการว่างงานของพนักงาน

3.4.1.2 การจัดงานย่อยเข้าสถานีงาน จะอาศัยประสบการณ์ในอดีตของหัวหน้างานเป็นหลัก บางครั้งการจัดสถานีงานในสายการผลิตมีผลทำให้ประสิทธิภาพการผลิตลดลง

3.4.2 ปัญหาด้านคุณภาพ

กระบวนการพ่นสี มักพบปัญหาบริเวณผิวชิ้นงานที่ทำการพ่นสี และอบสีแล้วเกิดฟองอากาศละเอียดๆ เป็นกลุ่มๆ ซึ่งสามารถสังเกตเห็นได้อย่างชัดเจน ทำให้ชิ้นงานไม่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพ และต้องถูกนำกลับมาขัดสี และพ่นสีใหม่เกิดการทำงานซ้ำซ้อน

3.4.3 ปัญหาด้านทรัพยากรบุคคล

3.4.3.1 ปัญหาด้านประสิทธิภาพในการสื่อสาร ระหว่างหัวหน้างาน และพนักงาน ไม่สูงมากนักเนื่องจากพนักงานส่วนมากเกินกว่า 50% เป็นคนจากประเทศกัมพูชา

3.4.3.2 พนักงานมีความชำนาญเฉพาะงานที่ทำประจำเท่านั้น เมื่อมีพนักงานบางคนลางาน หรือขาดงานจึงหาคนทำแทนได้ยาก ต้องใช้เวลาเรียนรู้งานนานพอสมควร และมักเกิดข้อผิดพลาดในการทำงานในช่วงเริ่มต้นเรียนรู้งาน

3.4.4 ปัญหาด้านวัสดุ

3.4.4.1 คุณภาพของโลหะแผ่นที่นำมาทำโครงตู้ฯ ไม่สม่ำเสมอ คือบางครั้งโลหะที่นำเข้ามาใช้ในกระบวนการผลิตเป็นสนิม ทำให้ต้องเสียเวลาในการขัดทำความสะอาดมากเป็นพิเศษ

3.4.4.2 โลหะแผ่นบางล็อต มีการเคลือบสีพื้นมาก่อนแล้วทำให้ สีที่พ่นไม่ติดผิว และเกิดปัญหาสีเกาะติดพื้นผิวได้ไม่สม่ำเสมอ

3.4.4.3 การบริหารจัดการเรื่องวัสดุคงคลังยังไม่ดีเท่าที่ควร คือมักจะขาดการตรวจสอบจำนวนวัสดุแต่ละชนิด มีผลทำให้วัสดุบางชนิดหมด และต้องเสียเวลาในการรอการสั่งซื้อวัสดุโดยเปล่าประโยชน์มีผลทำให้การผลิตหยุดชะงัก

จากสภาพปัญหาในด้านต่างๆ ที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น ทางประธานบริษัทได้ให้น้ำหนักกับการแก้ ปัญหาเพื่อลดเวลาสูญเปล่าที่เกิดขึ้นในสายการผลิต เนื่องจากการสมดุลของสายการผลิตยังมีปัญหาที่ส่งผลให้ประสิทธิภาพของสายการผลิต ยังมีค่าไม่สูงมากนัก ผู้ทำวิจัยจึงหาแนวทางเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของสายการผลิตให้สูงขึ้น

ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษาข้อมูลสภาพปัจจุบันของสายการผลิต ซึ่งจะได้อธิบายรายละเอียดต่อไป

3.5 ข้อมูลสภาพปัจจุบันของสายการผลิต

3.5.1 ชิ้นงานและสายการผลิตที่เลือกศึกษา

โดยเลือกศึกษาวิธีการทำงานสายการประกอบหลัก ของตู้แช่แบบ 2 ประตู โดยผลิตภัณฑ์ดังกล่าวนี้เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมของตลาดเป็นอย่างมาก ซึ่งในปัจจุบันสายการประกอบมีกำลังการผลิตจำนวน 16 เครื่องต่อวัน หรือเท่ากับ 80 เครื่องต่อสัปดาห์ โดยโรงงานมีวันทำงาน 5 วันต่อสัปดาห์ พนักงานทำงาน 8 ชั่วโมงต่อวัน มีสถานีงานทั้งหมด 17 สถานี มีพนักงานในสายการผลิตทั้งหมด 80 คน มีเครื่องจักรในการผลิตทั้งหมด 6 เครื่อง ได้แก่

3.5.1.1 Jig & Fixture ล็อกตำแหน่ง จำนวน 1 เครื่อง

3.5.1.2 Jig & Fixture เทโฟม จำนวน 2 เครื่อง

3.5.1.3 เครื่องเชื่อมแก๊สอะเซทิลีน จำนวน 1 เครื่อง

3.5.1.4 เครื่องปั๊มสุญญากาศ จำนวน 1 เครื่อง

3.5.1.5 เครื่องเติมสารทำความเย็น จำนวน 1 เครื่อง

พนักงานจะทำงานร่วมกับเครื่องจักรในบางกระบวนการผลิต เช่น กระบวนการล็อกตำแหน่งโฟม และกระบวนการเทโฟม เป็นต้น พนักงานปฏิบัติหน้าที่ประจำที่ตนเองถนัดส่วนพนักงานใหม่ หรือมีทักษะไม่มากนักจะให้ปฏิบัติหน้าที่ในกระบวนการประกอบย่อยเกี่ยวกับขั้นตอนการเตรียมชิ้นงาน

3.5.2 ขั้นตอนในการผลิต ผลิตภัณฑ์ตู้แช่เครื่องดื่ม

ในการศึกษาขั้นตอนการผลิต ผลิตภัณฑ์ตู้แช่เครื่องดื่ม ซึ่งขั้นตอนที่ศึกษามาเป็นขั้นตอนการประกอบหลักทั้งหมด โดยจะแสดงขั้นตอนการประกอบดังตารางที่ 3.8

ตารางที่ 3.8 ขั้นตอนการผลิตตู้แช่เครื่องดื่ม

สถานีงาน	งานที่	ขั้นตอนการผลิต	เครื่องจักร	พนักงาน (คน)
1	1	โหลดโครงตู้ด้านนอกลงสายการผลิต	-	2
	2	ติดตั้งท่อคอยล์ร้อน และประกอบแผ่นเหล็กเสริมยึดประตูด้านใน	-	1
2	3	ประกอบชุดฐานล้อลูกกลิ้ง	-	1
	4	วางตำแหน่งตัวรองระดับโครงตู้ด้านใน	-	1
	5	นำโครงตู้ด้านในประกอบเข้ากับโครงตู้ด้านนอก	-	3

ตารางที่ 3.8 ขั้นตอนการผลิตตู้แช่เครื่องดื่ม(ต่อ)

สถานีงาน	งานที่	ขั้นตอนการผลิต	เครื่องจักร	พนักงาน (คน)
3	6	ตรวจสอบ และปรับตำแหน่งโครงตู้ด้านใน และด้านนอก	Jig & Fixture ล็อกตำแหน่ง	2
	7	จับยึดตำแหน่งโครงตู้ด้านใน และด้านนอกด้วย Jig & Fixture	Jig & Fixture ล็อกตำแหน่ง	2
	8	ผสม และเทโฟมล็อกระยะด้านบนและด้านล่าง ปล่อยให้โฟมเซ็ตตัว	Jig & Fixture ล็อกตำแหน่ง	1
	9	เคลื่อนย้าย Jig & Fixture ออกจากตู้แช่	Jig & Fixture ล็อกตำแหน่ง	2
4	10	ติดฟิล์มกันโฟมเปื้อนขอบตู้แช่	-	1
	11	Layout เจาะรู และเดินท่อระบายน้ำทิ้ง	-	1
	12	ฉีดซิลิโคน ยาแนวตะเข็บรอยต่อใต้ฐานตู้แช่	-	1
5	13	ฉีดซิลิโคน ยาแนวตะเข็บรอยต่อภายในตู้แช่ทั้งหมด	-	1
	14	นำโครงที่เทโฟมล็อกตำแหน่งแล้วจับยึดด้วย Jig & Fixture เทโฟม	Jig & Fixture เทโฟม	5
	15	เทโฟมด้านข้างให้เต็มทั้ง 4 ด้าน พร้อมกดโฟมขอบข้างให้เข้าเต็มแนวตะเข็บรอยพับด้านใน แล้วปล่อยให้โฟมเซ็ตตัว	Jig & Fixture เทโฟม	4
	16	ตัดแต่งโฟมส่วนเกินขอบด้านข้างออก	Jig & Fixture เทโฟม	3
6	17	นำเศษโฟมเทรองพื้นหลังตู้แช่ แล้วย่อยให้เป็นชิ้นเล็กๆ	Jig & Fixture เทโฟม	3
	18	เทโฟมรองพื้นหลังตู้แช่ให้ทั่วบริเวณแล้วปิดด้วยแผ่น Jig & Fixture กดโฟม รอจนกว่าโฟมเซ็ตตัว	Jig & Fixture เทโฟม	5
	19	นำแผ่น Jig & Fixture กดโฟม ออกแล้วตัดโฟมที่ล้นขอบข้างตู้แช่ออก	Jig & Fixture เทโฟม	3
	20	เทโฟมหลังตู้แช่ชั้นสุดท้าย ปิดฝาหลัง แล้วใช้ Jig & Fixture กดจนกว่าโฟมเซ็ตตัว	Jig & Fixture เทโฟม	5
	21	นำตู้แช่ออกจาก Jig & Fixture	Jig & Fixture เทโฟม	5
	22	ลอกฟิล์มกันโฟมเปื้อนขอบด้านข้างออก	-	1

ตารางที่ 3.8 ขั้นตอนการผลิตตู้แช่เครื่องดื่ม (ต่อ)

สถานีงาน	งานที่	ขั้นตอนการผลิต	เครื่องจักร	พนักงาน (คน)
7	23	Layout และติดตั้งรางยึดชั้นวางภายในตู้แช่	-	2
	24	Layout ประกอบ และติดตั้งขอบประตูกลาง	-	1
	25	ประกอบ และติดตั้งรางยึดชั้นวางเข้ากับขอบประตูกลาง	-	1
8	26	Layout และติดตั้งประตูตู้แช่ซ้าย และขวา	-	1
	27	Layout เจาะรู และยึดลางน้ำเข้ากับขอบประตูด้านล่าง	-	1
	28	เป่าลมร้อนขอบยาง และทดสอบการทำงานของประตู	-	1
9	29	Layout เจาะรู และติดตั้งชุดคอยล์เย็น ฝาครอบคอยล์เย็น และประกอบเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ	-	1
10	30	ประกอบชุดมอเตอร์พัดลมคอยล์เย็น ตะแกรงครอบใบพัด และต่อท่อระบายน้ำทิ้ง	-	1
	31	ติดตั้งชุดไฟส่องสว่างภายในตู้แช่	-	1
11	32	Layout เจาะรู และยึดชุดคอมเพรสเซอร์ด้านบนตู้แช่	-	2
	33	เชื่อมต่อท่อทางชุดคอมเพรสเซอร์เข้ากับชุดคอยล์เย็นด้วยการเชื่อมแก๊สอะเซทิลีน	เครื่องเชื่อมแก๊สอะเซทิลีน	1
12	34	ประกอบ และติดตั้งป้ายหน้าตู้แช่	-	1
	35	เชื่อมต่อระบบวงจรสายไฟฟ้า พร้อมรัดสายไฟฟ้าให้เป็นระเบียบ	-	1
13	36	ปั๊มดูดอากาศออกจากระบบให้เป็นสุญญากาศ พร้อมตรวจสอบระบบ	เครื่องปั๊มสุญญากาศ	1
	37	เติมสารทำความเย็น และตรวจสอบแรงดัน	เครื่องเติมสารทำความเย็น	1
14	38	ทดสอบระบบวงจรควบคุม และระบบทำความเย็น	-	2
	39	ทดสอบระบบการทำงานของตู้แช่ตามเงื่อนไขต่างๆ ที่กำหนด	-	2
15	40	ทำความสะอาดตู้แช่	-	2
16	41	ประกอบชั้นวางภายในตู้	-	1
	42	ติดสติ๊กเกอร์รับประกัน บาร์โค้ด	-	1
17	43	บรรจุหีบห่อ	-	2
รวม				80

3.6 ศึกษาเวลาในการทำงาน

จากการเก็บข้อมูลในการทำงาน พบว่าภายในสายการผลิตตู้แช่เครื่องดื่ม มีการจัดสายการผลิตตามประสบการณ์ทำงานของผู้ประกอบการ ปัญหาที่พบคือกระบวนการผลิตขาดสมดุล ส่งผลทำให้เกิดปัญหาคอขวด (Bottleneck) ของสายการผลิต งานวิจัยฉบับนี้จึงมุ่งเน้นการปรับปรุงการจัดสมดุลสายการผลิต เพื่อให้สายการผลิตมีประสิทธิภาพสูงขึ้น โดยเริ่มจากการศึกษาเวลาการทำงานของงานย่อยในแต่ละขั้นตอนการประกอบ เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาจัดสมดุลสายการผลิตให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น โดยได้ทำการจับเวลาการทำงานในทุกขั้นตอนการผลิตทั้งหมด 17 สถานีงาน โดยจับเวลาทั้งหมด 10 รอบด้วยกัน แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยทุกงานย่อย แสดงดังตารางที่ 3.9 โดยรายละเอียดการบันทึกผลการจับเวลา ดังรายละเอียดในภาคผนวก ข

ตารางที่ 3.9 ข้อมูลเวลาในการทำงานในขั้นตอนการผลิต

สถานีงาน	งานที่	บันทึกการจับเวลา (นาที)										เวลาเฉลี่ย (นาที)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	1	2.45	2.20	2.48	2.25	2.43	2.47	2.27	2.33	2.35	2.43	2.37
	2	6.96	7.36	7.88	7.48	8.13	7.79	7.66	8.23	8.09	7.01	7.66
2	3	9.52	10.05	9.35	9.42	9.37	10.20	9.82	9.33	9.55	10.25	9.69
	4	1.92	2.00	1.95	1.82	2.08	1.93	1.83	2.03	1.73	1.92	1.92
	5	2.65	2.81	2.76	2.80	2.76	2.80	2.80	2.76	2.88	2.65	2.77
3	6	4.99	4.80	5.14	5.00	4.75	4.79	4.70	4.79	5.19	4.95	4.91
	7	4.42	4.55	4.62	4.55	4.43	4.54	4.38	4.43	4.40	4.50	4.48
	8	9.01	9.79	9.81	9.28	9.73	9.01	9.69	9.19	8.69	8.74	9.29
	9	3.28	3.10	3.22	3.05	3.25	3.23	3.30	3.20	3.27	3.15	3.21
4	10	3.73	3.84	3.34	3.18	3.68	3.79	3.58	3.43	3.44	3.89	3.59
	11	4.04	3.84	3.70	3.37	3.84	3.50	3.87	3.80	4.14	3.77	3.79
	12	7.35	7.40	6.92	7.44	6.65	7.05	7.49	6.52	6.92	7.05	7.08
5	13	12.20	11.95	11.37	12.12	10.87	12.12	11.37	11.70	11.37	12.04	11.71
	14	4.74	4.97	4.54	4.34	4.96	4.54	4.71	4.27	4.46	4.83	4.64
	15	8.55	7.45	7.89	9.27	8.30	9.19	8.80	8.64	9.02	8.64	8.58
	16	5.85	5.54	5.99	5.75	5.89	5.52	5.75	5.89	5.72	5.25	5.72
6	17	7.56	7.49	7.56	7.69	7.46	6.92	7.66	7.79	7.49	7.62	7.52
	18	9.06	8.96	10.31	10.17	9.33	8.93	9.79	9.05	9.15	10.71	9.55
	19	4.02	4.44	3.90	4.02	4.47	4.45	4.44	4.50	4.40	4.45	4.31
	20	8.52	7.43	7.52	8.60	8.17	8.77	7.35	8.27	7.52	8.27	8.04
	21	3.85	3.52	3.69	3.79	3.42	3.72	3.77	3.50	3.40	3.50	3.62
	22	1.02	1.08	0.97	1.07	1.05	1.00	1.02	1.05	0.93	0.97	1.02

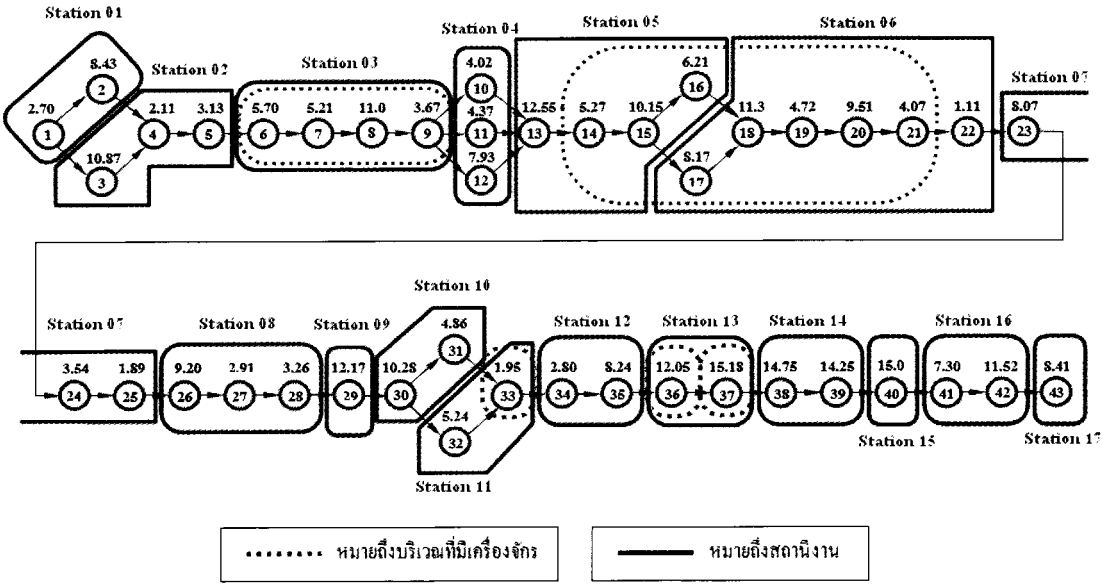
ตารางที่ 3.9 ข้อมูลเวลาในการทำงานในขั้นตอนการผลิต (ต่อ)

สถานีงาน	งานที่	บันทึกการจับเวลา (นาที)										เวลาเฉลี่ย (นาที)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
7	23	7.47	7.28	7.23	6.50	6.63	7.17	7.27	7.17	7.27	6.83	7.08
	24	3.17	3.00	3.13	3.33	3.03	2.80	3.37	3.23	3.28	3.23	3.16
	25	1.55	1.68	1.65	1.75	1.72	1.63	1.78	1.62	1.68	1.80	1.69
8	26	7.48	7.65	7.60	8.48	7.57	7.73	7.07	8.57	7.07	8.48	7.77
	27	2.45	2.80	2.82	2.40	2.83	2.85	2.42	2.57	2.45	2.42	2.60
	28	3.02	3.27	2.73	2.97	2.78	3.05	2.67	2.93	2.68	3.02	2.91
9	29	10.00	10.60	10.95	9.90	10.10	10.90	10.55	10.60	10.75	10.30	10.47
10	30	9.02	8.72	9.27	9.02	8.92	9.77	9.11	9.56	8.87	9.52	9.18
	31	4.03	4.22	3.97	4.52	4.22	4.08	4.03	4.43	4.47	4.28	4.23
11	32	4.86	4.58	4.39	4.64	4.88	4.64	4.74	4.83	4.46	4.73	4.68
	33	1.38	1.62	1.57	1.48	1.42	1.62	1.45	1.43	1.57	1.65	1.52
12	34	2.44	2.38	2.48	2.61	2.54	2.39	2.56	2.43	2.61	2.51	2.50
	35	7.44	6.74	7.07	7.57	7.44	7.71	7.67	6.84	7.07	6.79	7.23
13	36	10.44	11.09	10.71	10.18	11.18	10.18	11.11	10.31	10.21	11.13	10.65
	37	13.23	12.96	14.06	13.69	13.23	13.89	13.43	13.03	13.23	13.49	13.42
14	38	13.42	12.10	13.18	13.25	11.95	13.32	12.48	11.82	13.22	13.18	12.79
	39	11.87	12.92	12.31	11.12	12.47	11.74	12.77	13.21	12.31	12.77	12.35
15	40	13.15	13.15	13.55	14.05	13.25	13.71	13.10	13.75	13.35	13.44	13.45
16	41	6.50	6.48	6.40	6.53	6.45	6.48	6.63	6.55	6.60	6.53	6.52
	42	9.78	10.01	10.21	9.89	10.01	9.73	9.89	10.26	10.09	10.01	9.99
17	43	7.75	6.85	7.07	7.82	6.95	6.90	7.30	7.75	6.87	7.82	7.31

จากตารางการเก็บข้อมูลจากสายการผลิตตัวอย่างทำให้ทราบข้อมูลงานย่อยต่างๆ ในการผลิตและเวลาในการผลิตจากการจับเวลา 10 ครั้ง แล้วนำมาคิดเป็นเวลาเฉลี่ยของแต่ละงานย่อยเพื่อนำไปคำนวณหาเวลาการทำงานปกติ (Normal Time) เวลามาตรฐาน (Standard Time) ดังตารางที่ 3.10 โดยรายละเอียดการกำหนดค่า Rating Factor และ Allowance Factor รวมทั้งการคำนวณหาเวลาปกติ และเวลามาตรฐาน ดังรายละเอียดในภาคผนวก ค – จ ตามลำดับ และข้อมูลของเวลามาตรฐานของการผลิตในขั้นตอนต่างๆ จะอธิบายรายละเอียดในบทที่ 4 ต่อไป

3.7 การจัดสมดุลสายการผลิตก่อนการปรับปรุง

แสดงการจัดสมดุลสายการผลิต ก่อนการปรับปรุงโดยอาศัยประสบการณ์เป็นหลัก โดยมีสถานีงานจำนวน 17 สถานี แสดงดังภาพที่ 3.35



ภาพที่ 3.35 การจัดสมดุลสายการผลิต ก่อนการปรับปรุง

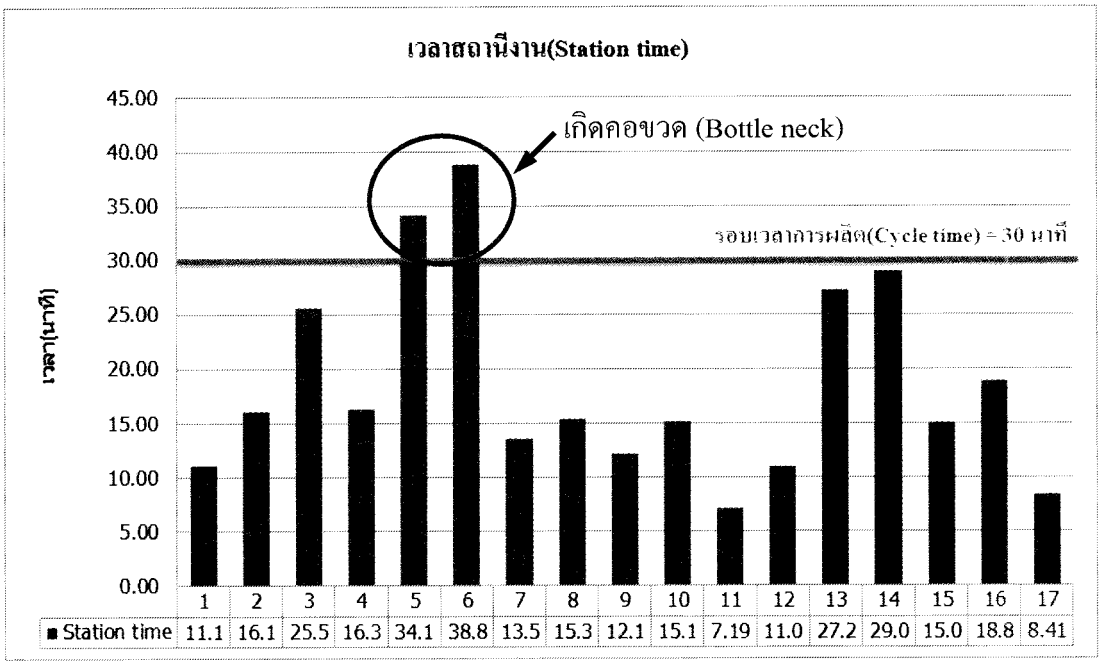
จากตารางที่ 3.10 ได้ค่าเวลามาตรฐาน (Standard Time) ของงานย่อยทั้งหมด 43 งานย่อย รวมเวลามาตรฐานทั้งหมดเท่ากับ 315.13 นาที โดยมีการจัดสมดุลสายการผลิต จำนวน 17 สถานีงาน โรงงานมีกำลังการผลิตตู้แช่เครื่องดื่มได้ปีละ 4,000 ตู้ หนึ่งปีทำงาน 50 สัปดาห์ๆ ละ 40 ชั่วโมง ดังนั้นจึงสามารถคำนวณรอบเวลาในการผลิต (Cycle time) ได้ดังนี้

รอบเวลา = จำนวนชั่วโมงทำงานในหนึ่งวัน/ผลผลิตที่จำเป็นต่อวัน

รอบเวลา = (50 สัปดาห์ ต่อ ปี x 40 ชม.ต่อ สัปดาห์ x 60 นาที) / 4,000 ตู้ต่อปี

= 30 นาที ต่อ ตู้

หลังจากที่ผู้วิจัยได้ทำการคำนวณหาเวลามาตรฐานในการจัดสมดุลสายการผลิต ก่อนการปรับปรุง และได้คำนวณรอบเวลาในการผลิตแล้วนั้นจึงนำมาสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ของรอบเวลา และเวลางานแต่ละสถานีงาน (ก่อนการปรับปรุง) แสดงดังภาพที่ 3.36



ภาพที่ 3.36 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของรอบเวลา และเวลางานแต่ละสถานีงาน (ก่อนการปรับปรุง)

จากภาพที่ 3.36 พบว่าสถานีงานที่ 5 คือสถานีฉีดซิลิโคนยาแนวรอยต่อ จับยึดโครงตู้ด้วย Jig & Fixture เพื่อเทโฟมข้างตู้พร้อมทั้งตัดแต่งเนื้อโฟมส่วนที่เกินออก ใช้เวลาในการทำงาน 34.1 นาที และสถานีงานที่ 6 คือสถานีเทและย่อยเศษโฟมรองพื้นหลังตู้ เทโฟมแล้วกดด้วย Jig & Fixture แล้วจึงนำตู้แช่ออกจาก Jig & Fixture รวมทั้งลอกฟิล์มกันเปื้อนขอบข้างออก ใช้เวลาในการทำงาน 38.8 นาที จะเกิดงานคอขวด (Bottle neck) ขึ้นที่สถานีงานที่ 6 ส่งผลให้สถานีงานที่ 1 ถึง 5 เกิดงานระหว่างกระบวนการ (Work In Process) และสถานีงานที่ 7 ถึง 17 จะเกิดการรอคอยชิ้นงาน (Waiting) ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทำการปรับสมดุลสายการผลิต เพื่อให้แต่ละสถานีงานมีเวลาการทำงานที่ใกล้เคียงกันมากขึ้น โดยก่อนการปรับปรุง สามารถคำนวณหาค่าประสิทธิภาพของสายการผลิต ดังกล่าว

3.8 คำนวณหาค่าประสิทธิภาพก่อนการปรับปรุง

การกำหนดรอบเวลาการผลิต กำหนดจากอัตราการผลิต คือ 30 นาที สามารถนำมาคำนวณหาประสิทธิภาพการผลิต ประสิทธิภาพที่หายไป เวลาว่างที่เกิดขึ้น และต้นทุนแรงงาน โดยแสดงวิธีการคำนวณดังต่อไปนี้

3.8.1 ประสิทธิภาพในการผลิต (Efficiency) ที่ 17 สถานีงาน

$$\text{Efficiency} = (\Sigma T \times 100) / NC$$

ΣT = เวลาที่ใช้ในสถานีทั้งหมด = 315.13 นาที

N = จำนวนสถานีงาน = 17 สถานี

C = รอบเวลาการผลิต = 30 นาที

จะได้ Efficiency = (315.13 นาที x 100) / (17 สถานี x 30 นาที)

= 61.79 %

3.8.2 ประสิทธิภาพที่หายไป (Balance Delay = BD)

BD = 100 – Efficiency

= 100 – 61.79

= 38.21 %

3.8.3 เวลาสูญเปล่าที่เกิดขึ้น (Idle time)

Idle Time = NC – ΣT

Idle Time = (17 สถานี x 30 นาที) – 315.13 นาที

= 194.87 นาที

3.8.4 คำนวณต้นทุนแรงงานต่อวัน

ตารางที่ 3.10 ต้นทุนแรงงานสำหรับการผลิตตู้แช่เครื่องดื่ม (พนักงานจำนวน 80 คน ทำงาน 8 ชั่วโมงต่อวัน)

ที่	พนักงาน	จำนวน (คน)	ค่าแรงต่อเดือน (บาท)	ค่าแรงต่อวัน (บาท)	ค่าแรงต่อวัน คูณด้วย จำนวนพนักงาน (บาท)	ต้นทุน แรงงานรวม ต่อวัน (บาท)
1	รายวัน	30	-	270	8,100.00	23,600.10
2	รายวัน	20	-	300	6,000.00	
3	รายเดือน	30	9,500	316.67	9,500.10	

ที่มา: ฝ่ายทรัพยากรบุคคล โรงงานตัวอย่าง (2556) แสดงดังตารางที่ 3.5

จากการคำนวณพบว่า ค่าประสิทธิภาพของสายการผลิตก่อนปรับปรุง มีค่าเท่ากับร้อยละ 61.79 ค่าประสิทธิภาพความสมดุลที่หายไปเท่ากับร้อยละ 38.21 มีเวลาสูญเปล่าเกิดขึ้นคิดเป็นร้อยละ 194.87 นาที และมีต้นทุนแรงงานที่ต้องใช้ในกระบวนการผลิตก่อนปรับปรุง จำนวน 23,600.10 บาท ต่อวัน

ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการหาวิธีในการจัดสมดุลสายการผลิต ให้กับสายการผลิตตู้แช่ ดังกล่าวให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น จึงทำการศึกษาวิธีการจัดสมดุลสายการผลิตเพื่อที่จะได้นำวิธีการทางด้านฮิวริสติกส์ (Heuristics) เข้ามาใช้ในการจัดสมดุลสายการผลิต ซึ่งจะกล่าววิธีที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหาในหัวข้อต่อไป

บทที่ 4
ขั้นตอนดำเนินการจัดสมดุลสายการผลิต

4.1 ศึกษาการจัดสมดุลสายการผลิต

หลังจากที่ได้ศึกษาการจัดสมดุลสายการผลิต ทำให้สามารถคำนวณรอบเวลาการผลิต ประสิทธิภาพสายการผลิต พบว่าค่าประสิทธิภาพของการจัดสมดุลสายการผลิตก่อนปรับปรุงมีค่าค่อนข้างต่ำ ดังนั้นจึงนำวิธีฮิวริสติกส์ (Heuristics) เพื่อนำมาช่วยในการจัดสมดุลสายการผลิต ให้มีประสิทธิภาพในการผลิตเพิ่มขึ้นซึ่งก่อนจะนำฮิวริสติกส์ เข้ามาใช้ในการจัดสมดุลสายการผลิตนั้น ต้องทำการวิเคราะห์ข้อมูลก่อน จึงจะนำฮิวริสติกส์ เข้ามาใช้ในขั้นตอนต่อไป

4.1.1 หลักการจัดสมดุลสายการผลิต

4.1.1.1 แจกแจงงานย่อย และเวลางานย่อยทั้งหมดในสายการผลิต เริ่มจากการแจกแจงงานย่อยทั้งหมดในสายการผลิต และจับเวลาในขั้นตอนการผลิตทุกขั้นตอนในสายการผลิต โดยใช้นาฬิกาจับเวลาการทำงานของพนักงานทุกงานย่อย คำนวณจำนวนตัวอย่าง คำนวณค่าเฉลี่ย คำนวณเวลาปกติ และหาค่าเวลามาตรฐานของแต่ละงานย่อย แสดงดังตารางที่ 4.1

4.1.1.2 เรียงลำดับความสัมพันธ์ขั้นตอนกระบวนการทำงานก่อน - หลัง ของงานย่อยทุกๆ งานย่อย แสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลลำดับงานก่อน - หลัง และเวลามาตรฐานของแต่ละงานย่อย

งานย่อย	ลำดับงานก่อนหน้า	เวลามาตรฐาน (นาที)	รหัสเครื่องจักร	จำนวนพนักงาน	ลำดับความสัมพันธ์
1	-	2.70	-	2	ทำงานย่อยที่ 1 เป็นลำดับแรกด้วยการวางราบกับพื้นโดยหงายด้านหน้าขึ้น
2	1	8.43	-	1	งานย่อยที่ 2 & 3 สามารถทำพร้อมกันได้ แต่จะต้องทำต่อจากงานย่อยที่ 1 เนื่องจากงานย่อยที่ 2 ติดตั้งท่อคอยล์ร้อน&ประกอบแผ่นเหล็กเสริมยึดประตูโครงตู้ด้านใน ส่วนงานย่อยที่ 3 เป็นการประกอบชุดลูกกลิ้งด้านนอกโครงตู้
3	1	10.87	-	1	

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลลำดับงานก่อน - หลัง และเวลามาตรฐานของแต่ละงานย่อย (ต่อ)

งานย่อย	ลำดับงานก่อนหน้า	เวลามาตรฐาน (นาที)	รหัสเครื่องจักร	จำนวนพนักงาน	ลำดับความสัมพันธ์
4	2, 3	2.11	-	1	งานย่อยที่ 4 ต้องทำต่อจากงานย่อยที่ 2 & 3 เสร็จแล้วเนื่องจากต้องยกโครงตู้ด้านนอกตั้งขึ้นเพื่อวางตัวรองระดับลงบนพื้นล่างด้านในโครงตู้
5	4	3.13	-	3	งานย่อยที่ 5 ต้องทำต่อจากงานย่อยที่ 4 เพราะว่าต้องวางตัวรองระดับแล้วจึงนำโครงตู้ด้านในประกอบเข้ากับโครงตู้ด้านนอกได้
6	5	5.70	POM.06	2	งานย่อยที่ 6 ต้องทำต่อจากงานย่อยที่ 5 เนื่องจากเป็นขั้นตอนตรวจสอบ และปรับตำแหน่งโครงตู้ด้านใน&ด้านนอกร่วมกันเพื่อให้ได้ตำแหน่งและรูปทรงที่ถูกต้อง
7	6	5.21	POM.06	2	ง่านย่อยที่ 7 ต้องทำต่อจากงานย่อยที่ 6 เนื่องจากต้องผ่านการตรวจสอบตำแหน่งก่อนจึ่งจะทำการจับยึดโครงตู้ทั้ง 2 ด้วย Jig & Fixture
8	7	11.00	POM.06	1	งานย่อยที่ 8 ต้องทำต่อจากงานย่อยที่ 7 เพราะต้องจับยึดตำแหน่งโครงตู้ทั้ง 2 ด้วย Jig & Fixture ให้ได้ตำแหน่งเสียก่อนจึงจะเทโฟมเพื่อล็อกตำแหน่งลงไปจะกระทั่งโฟมเซ็ตตัว (โฟมมีแรงดันที่เกิดขึ้นจากการขยายตัว)
9	8	3.67	POM.06	2	งานย่อยที่ 9 ทำต่อจากงานย่อยที่ 8 เมื่อโฟมเซ็ตตัวเต็มที่แล้วจึงทำการเคลื่อนย้าย Jig & Fixture ออก

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลลำดับงานก่อน - หลัง และเวลามาตรฐานของแต่ละงานย่อย (ต่อ)

งานย่อย	ลำดับงานก่อนหน้า	เวลามาตรฐาน (นาที)	รหัสเครื่องจักร	จำนวนพนักงาน	ลำดับความสัมพันธ์
10	9	4.02	-	1	งานย่อยที่ 10,11 & 12 สามารถทำพร้อมกันได้ แต่จะต้องทำต่อจากงานย่อยที่ 9 เพราะงานย่อยที่ 10 เป็นการติดฟิล์มกันโฟมเปื้อนขอบตู้ งานย่อยที่ 11 เป็นการLayout เจาะรู& เดินท่อน้ำทิ้ง ส่วนงานย่อยที่ 12 คือการฉีดซิลิโคนยาแนวตะเข็บใต้ฐานตู้
11	9	4.37	-	1	
12	9	7.93	-	1	
13	10, 11, 12	12.55	-	1	งานย่อยที่ 13 ต้องทำต่อจากงานย่อยที่ 10,11 & 12 เนื่องจากต้องตั้งตู้ขึ้นเพื่อฉีดซิลิโคน ยาแนวตะเข็บรอยต่อภายในตู้ด้านหน้า
14	13	5.27	FOM.14-A & B	5	งานย่อยที่ 14 ทำต่อจากงานย่อยที่ 13 นำโครงที่เทโฟมล็อกตำแหน่งแล้วจับยึดด้วย Jig & Fixture
15	14	10.15	FOM.14-A & B	4	งานย่อยที่ 15 ทำต่อจากงานย่อยที่ 14 เทโฟมด้านข้างให้เต็มทั้ง 4 ด้าน พร้อมกดโฟมขอบข้างให้เข้าเต็มแนวตะเข็บรอยพับด้านใน แล้วปล่อยให้โฟมเซ็ตตัว
16	15	6.21	FOM.14-A & B	3	งานย่อยที่ 16 & 17 สามารถทำพร้อมกันได้ แต่จะต้องทำต่อจากงานย่อยที่ 15 เนื่องจากงานย่อยที่ 16 เป็นการตัดแต่งโฟมส่วนเกินขอบข้างออก ส่วนงานย่อยที่ 17 เป็นการนำเศษโฟมเทรองพื้นหลังตู้แช่แล้วย่อยให้เป็นชิ้นเล็กๆ
17	15	8.17	FOM.14-A & B	3	
18	16, 17	11.30	FOM.14-A & B	5	งานย่อยที่ 18 ทำต่อจากงานย่อยที่ 16&17 เป็นการเทโฟมรองพื้นหลังตู้ให้ทั่วบริเวณแล้วปิดด้วยแผ่น Jig & Fixture กดโฟม รอจนกว่าโฟมเซ็ตตัว

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลลำดับงานก่อน - หลัง และเวลามาตรฐานของแต่ละงานย่อย (ต่อ)

งานย่อยที่	ลำดับงานก่อนหน้า	เวลามาตรฐาน (นาที)	รหัสเครื่องจักร	จำนวนพนักงาน	ลำดับความสัมพันธ์
19	18	4.72	FOM.14-A & B	3	งานย่อยที่ 19 ทำต่อจากงานย่อยที่ 18 โดยการนำแผ่น Jig & Fixture กดโฟม ออกแล้วตัดแต่งโฟมที่ล้นขอบข้างออกให้เรียบร้อย
20	19	9.51	FOM.14-A & B	5	งานย่อยที่ 20 ทำต่อจากงานย่อยที่ 19 โดยการ เทโฟมหลังตู้แช่ชั้นสุดท้าย ปิดฝาหลัง แล้วใช้ Jig & Fixture กดจนกว่าโฟมเซ็ตตัว
21	20	4.07	FOM.14-A & B	5	งานย่อยที่ 21 ทำต่อจากงานย่อยที่ 20 โดยการนำตู้แช่ออกจาก Jig & Fixture
22	21	1.11	-	1	งานย่อยที่ 22 ทำต่อจากงานย่อยที่ 21 เป็นการลอกฟิล์มกันเปื้อนขอบข้างตู้ออก
23	22	8.07	-	2	งานย่อยที่ 23 ทำต่อจากงานย่อยที่ 22 ทำการ Layout และติดตั้งรางยึดชั้นวางภายในตู้แช่
24	23	3.54	-	1	งานย่อยที่ 24 ทำต่อจากงานย่อยที่ 23 Layout ประกอบ และติดตั้งขอบประตูกลาง
25	24	1.89	-	1	งานย่อยที่ 25 ทำต่อจากงานย่อยที่ 24 ทำการประกอบ และติดตั้งรางยึดชั้นวางเข้ากับขอบประตูกลาง
26	25	9.20	-	1	งานย่อยที่ 26 ทำต่อจากงานย่อยที่ 25 ทำการ Layout และติดตั้งประตูตู้ด้านซ้าย และขวา
27	26	2.91	-	1	งานย่อยที่ 27 ทำต่อจากงานย่อยที่ 26 ทำการLayout เจาะรู และยึดลางน้ำเข้ากับขอบประตูด้านล่าง

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลลำดับงานก่อน - หลัง และเวลามาตรฐานของแต่ละงานย่อย (ต่อ)

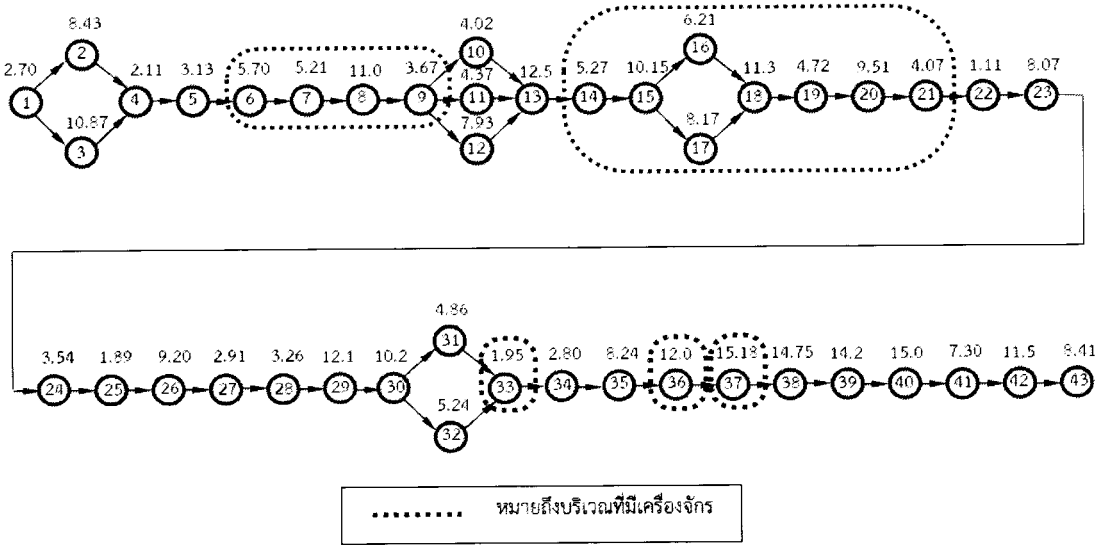
งานย่อยที่	ลำดับงานก่อนหน้า	เวลามาตรฐาน (นาที)	รหัสเครื่องจักร	จำนวนพนักงาน	ลำดับความสัมพันธ์
28	27	3.26	-	1	งานย่อยที่ 28 ทำต่อจากงานย่อยที่ 27 ทำการเป่าลมร้อนขอบยาง และทดสอบการทำงานของประตู
29	28	12.17	-	1	งานย่อยที่ 29 ทำต่อจากงานย่อยที่ 28 โดยการ Layout เจาะรู เพื่อติดตั้งชุดคอยล์เย็น ฝาครอบคอยล์เย็น และประกอบเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ
30	29	10.28	-	1	งานย่อยที่ 30 ทำต่อจากงานย่อยที่ 29 ทำการประกอบชุดมอเตอร์พัดลมคอยล์เย็น ตะแกรงครอบใบพัด และต่อท่อระบายน้ำทิ้ง
31	30	4.86	-	1	งานย่อยที่ 31 & 32 สามารถทำพร้อมกันได้ แต่จะต้องทำต่อจากงานย่อยที่ 30 เนื่องจากงานย่อยที่ 31 เป็นการทำการติดตั้งชุดไฟส่องสว่างภายในตู้แช่ และงานย่อยที่ 32 เป็นการ Layout เจาะรู และยึดชุดคอมเพรสเซอร์ด้านบนตู้แช่
32	30	5.24	-	2	
33	31,32	1.95	WD-34	1	งานย่อยที่ 33 ทำต่อจากงานย่อยที่ 31&32 เป็นการเชื่อมต่อท่อทางชุดคอมเพรสเซอร์เข้ากับชุดคอยล์เย็นด้วยการเชื่อมแก๊สอะเซทิลีน
34	33	2.80	-	1	งานย่อยที่ 34 ทำต่อจากงานย่อยที่ 33 โดยการ ประกอบ และติดตั้งป้ายหน้าตู้แช่
35	34	8.24	-	1	งานย่อยที่ 35 ทำต่อจากงานย่อยที่ 34 โดยการเชื่อมต่อระบบวงจรสายไฟฟ้า พร้อมรัดสายไฟฟ้าให้เป็นระเบียบ
36	35	12.05	VCP-36	1	งานย่อยที่ 36 ทำต่อจากงานย่อยที่ 35 ทำการปั๊มดูดอากาศออกจากระบบให้เป็นสุญญากาศ พร้อมตรวจสอบระบบ

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลลำดับงานก่อน - หลัง และเวลามาตรฐานของแต่ละงานย่อย (ต่อ)

งานย่อยที่	ลำดับงานก่อนหน้า	เวลามาตรฐาน (นาที)	รหัสเครื่องจักร	จำนวนพนักงาน	ลำดับความสัมพันธ์
37	36	15.18	AR-37	1	งานย่อยที่ 37 ทำต่อจากงานย่อยที่ 36 ทำการเติมสารทำความเย็น และตรวจสอบแรงดัน
38	37	14.75	-	2	งานย่อยที่ 38 ทำต่อจากงานย่อยที่ 37 ทำการทดสอบระบบวงจรควบคุม และระบบทำความเย็น
39	38	14.25	-	2	งานย่อยที่ 39 ทำต่อจากงานย่อยที่ 38 ทำการทดสอบระบบการทำงานของตู้แช่ตามเงื่อนไขต่างๆ ที่กำหนด
40	39	15.06	-	2	งานย่อยที่ 40 ทำต่อจากงานย่อยที่ 39 โดยการทำความสะอาดตู้แช่
41	40	7.30	-	1	งานย่อยที่ 41 ทำต่อจากงานย่อยที่ 40 ทำการประกอบชั้นวางภายในตู้
42	41	11.52	-	1	งานย่อยที่ 42 ทำต่อจากงานย่อยที่ 41 โดยการติดสติ๊กเกอร์รับประกัน และบาร์โค้ด ต่างๆ ตามตำแหน่งที่กำหนด
43	42	8.41	-	2	งานย่อยที่ 43 เป็นงานย่อยสุดท้ายและทำต่อจากงานย่อยที่ 42 คือการบรรจุหีบห่อเพื่อรอส่งให้ลูกค้า
รวม			6	80	

จากตารางที่ 4.1 ทำให้เราทราบลำดับความสัมพันธ์ของงานทุก ๆ งานย่อย และสามารถนำลำดับความสัมพันธ์ดังกล่าวไปประยุกต์ใช้ในการสร้าง Precedence Diagrams ของกระบวนการผลิตตู้แช่เครื่องดื่ม แสดงดังภาพที่ 4.4 อีกทั้งยังเป็นประโยชน์ต่อการนำไปจัดสมดุลสายการผลิต อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

4.1.1.3 ทำการสร้างแผนภาพความสัมพันธ์ของงานย่อยตามลำดับก่อน - หลัง แสดงดังภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 Precedence Diagrams ของการผลิตตู้แช่เครื่องดื่ม

จากภาพที่ 4.1 มีจำนวนงานย่อยทั้งหมด 43 งานย่อย โดยมีการแสดงเส้นทางความสัมพันธ์ของงานย่อยต่างๆ และเวลาของงานย่อย (นาที) ทุกงานในกระบวนการผลิตตู้แช่เครื่องดื่มไว้อย่างชัดเจน

4.1.1.4 กำหนดรอบเวลาการผลิต (Cycle time: C)

การกำหนดรอบเวลาในการผลิต ควรคำนึงถึงอัตราการผลิต (Production Rate) เพื่อตอบสนองความต้องการของการสั่งผลิต โดยสามารถคำนวณเพื่อหารอบเวลาการผลิตตู้แช่เครื่องดื่มได้จากสูตรดังต่อไปนี้

รอบเวลา = จำนวนชั่วโมงทำงานในหนึ่งวัน/ผลผลิตที่จำเป็นต่อวัน (4.1)

โรงงานมีกำลังการผลิตตู้แช่เครื่องดื่มได้ปีละ 4,000 ตู้ หนึ่งปีทำงาน 50 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 40 ชั่วโมง ดังนั้นจึงสามารถคำนวณรอบเวลาในการผลิต (Cycle time) ได้ดังนี้

รอบเวลา = จำนวนชั่วโมงทำงานในหนึ่งวัน/ผลผลิตที่จำเป็นต่อวัน

รอบเวลา = (50 สัปดาห์ ต่อ ปี x 40 ชม.ต่อ สัปดาห์ x 60 นาที) / 4,000 ตู้ต่อปี

= 30 นาที ต่อ ตู้

4.1.1.5 การจัดสมดุลโดยวิธีใช้ฮิวริสติก (Heuristic)

หลังจากได้ทำการศึกษาวิธีเกี่ยวกับ ฮิวริสติก ที่จะนำมาใช้ในการจัดสมดุลสายการผลิตให้กับสายการผลิตตู้แช่เครื่องดื่ม ซึ่งได้ทำการเลือกวิธีการจัดสมดุลสายการผลิต ที่มีความนิยมนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายได้แก่ วิธี Largest - Candidate Rule (LCR), วิธี Kilbridge and Wester Method (K&W), วิธี Ranked Positional Weight Method (RPW) และวิธีการประยุกต์วิธีฮิวริสติกโดยรวม (Integration Line Balancing Method: ILB) นำมาใช้ในการจัดสมดุลสายการผลิตต่อไป

4.2 คำนวณเบื้องต้นตามทฤษฎี

รอบเวลาการผลิตที่ได้จากการคำนวณโดยใช้อัตราการผลิตเท่ากับ 30 นาที นำมาคำนวณเบื้องต้นตามทฤษฎี เป็นการหาค่าต่างๆเบื้องต้น ก่อนที่จะทำการจัดสมดุลสายการผลิต โดยใช้ฮิวริสติก เป็นการคำนวณหาสถานีงานน้อยที่สุดโดยทฤษฎี คำนวณหาประสิทธิภาพการผลิต ประสิทธิภาพที่หายไป และเวลาว่างที่เกิดขึ้นโดยได้แสดงการคำนวณดังต่อไปนี้

4.2.1 จำนวนสถานีน้อยสุดโดยทฤษฎี (Theoretical Minimum: TM)

$$TM = 315.13 \text{ นาที} / 30 \text{ นาที}$$

$$= 10.50 \text{ สถานี}$$

แสดงว่าต้องแบ่งการทำงานออกเป็นสถานีอย่างน้อย 11 สถานี

4.2.2 ประสิทธิภาพในการผลิต (Efficiency) ที่ 11 สถานี

$$\text{Efficiency} = (\Sigma T \times 100) / NC$$

ΣT = เวลาที่ใช้ในสถานีทั้งหมด = 315.13 นาที

N = จำนวนสถานีงาน = 11 สถานี

C = รอบเวลาการผลิต = 30 นาที

จะได้

$$\text{Efficiency} = (315.13 \text{ นาที} \times 100) / (11 \text{ สถานี} \times 30 \text{ นาที})$$

$$= 95.49 \%$$

4.2.3 ประสิทธิภาพที่หายไป (Balance Delay: BD)

$$BD = 100 - \text{Efficiency}$$
$$= 100 - 95.49$$
$$= 4.51\%$$

4.2.4 เวลาสูญเปล่าที่เกิดขึ้น (Idle time)

$$\text{Idle Time} = NC - \Sigma T$$
$$= (11 \text{ สถานี} \times 30 \text{ นาที}) - 315.13 \text{ นาที}$$
$$= 14.87 \text{ นาที}$$

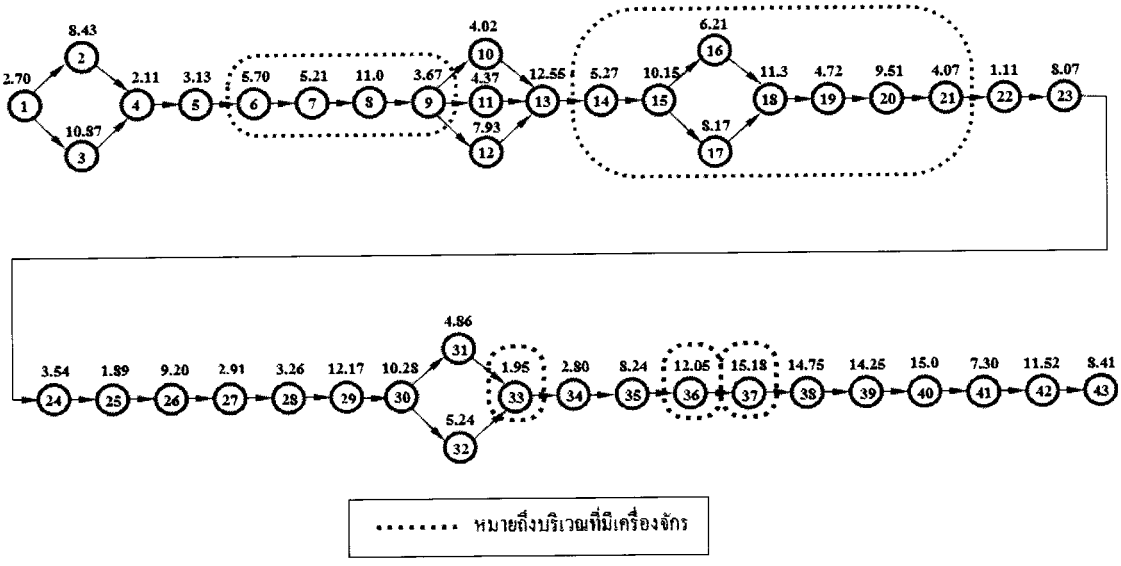
จากข้อมูลการจัดสมดุลสายการผลิตตู้แช่เครื่องดื่ม ที่ได้จากการคำนวณทางทฤษฎี พบว่า ผลรวมของเวลางานทั้งหมด เท่ากับ 315.13 นาที มีสถานีงานทั้งหมด 11 สถานี รอบเวลาการผลิต 30 นาที ประสิทธิภาพสายการผลิตร้อยละ 95.49 ประสิทธิภาพที่หายไปร้อยละ 4.51 และเวลาว่างที่เกิดขึ้น 14.87 นาที

หลังจากที่ได้ทำการหาค่าประสิทธิภาพสายการผลิตตามทฤษฎีแล้ว จากนั้นเป็นการประยุกต์ใช้วิธีการทางด้านฮิวริสติกส์ (Heuristics) เพื่อช่วยในการจัดสมดุลสายการผลิต ในกระบวนการผลิตตู้แช่เครื่องดื่ม ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น

4.3 วิธีการใช้เกณฑ์เวลามากที่สุดมาก่อน (Largest - Candidate Rule)

เป็นวิธีการที่ใช้เกณฑ์การเลือกเวลาที่มากที่สุดก่อน ซึ่งจะแสดงการจัดสมดุลสายการผลิตดังต่อไปนี้

4.3.1 นำ Precedence Diagrams ของสายการผลิตตู้แช่เครื่องดื่ม มาเพื่อประกอบการสร้างตารางแจกแจงงานย่อย แสดงดังภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.2 Precedence Diagrams ของการผลิตตู้แช่เครื่องดื่ม

4.3.2 สร้างตารางเรียงเวลางานย่อยจากมากไปหาน้อย พิจารณาตามลำดับความสัมพันธ์ของงานก่อน - หลัง และเครื่องจักรที่ใช้ด้วย แสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 จัดลำดับงานตามเงื่อนไขของเวลา ความสัมพันธ์ และเครื่องจักร

ลำดับที่	งานย่อย	ลำดับงานก่อนหน้า	รหัสเครื่องจักร	เวลามาตรฐาน (นาที)
1	1	-	-	2.70
2	3	1	-	10.87
3	2	1	-	8.43
4	4	2, 3	-	2.11
5	5	4	-	3.13
6	6	5	POM.06	5.70

ตารางที่ 4.2 จัดลำดับงานตามเงื่อนไขของเวลา ความสัมพันธ์ และเครื่องจักร (ต่อ)

ลำดับที่	งานย่อย	ลำดับงานก่อนหน้า	รหัสเครื่องจักร	เวลามาตรฐาน (นาที)
7	7	6	POM.06	5.21
8	8	7	POM.06	11.00
9	9	8	POM.06	3.67
10	12	9	-	7.93
11	11	9	-	4.37
12	10	9	-	4.02
13	13	10, 11, 12	-	12.55
14	14	13	FOM.14-A & B	5.27
15	15	14	FOM.14-A & B	10.15
16	17	15	FOM.14-A & B	8.17
17	16	15	FOM.14-A & B	6.21
18	18	16, 17	FOM.14-A & B	11.30
19	19	18	FOM.14-A & B	4.72
20	20	19	FOM.14-A & B	9.51
21	21	20	FOM.14-A & B	4.07
22	22	21	-	1.11
23	23	22	-	8.07
24	24	23	-	3.54
25	25	24	-	1.89
26	26	25	-	9.20
27	27	26	-	2.91
28	28	27	-	3.26
29	29	28	-	12.17
30	30	29	-	10.28
31	32	30	-	5.24
32	31	30	-	4.86
33	33	31,32	WD-34	1.95

ตารางที่ 4.2 จัดลำดับงานตามเงื่อนไขของเวลา ความสัมพันธ์ และเครื่องจักร (ต่อ)

ลำดับที่	งานย่อย	ลำดับงานก่อนหน้า	รหัสเครื่องจักร	เวลามาตรฐาน (นาที)
34	34	33	-	2.80
35	35	34	-	8.24
36	36	35	VCP-36	12.05
37	37	36	AR-37	15.18
38	38	37	-	14.75
39	39	38	-	14.25
40	40	39	-	15.06
41	41	40	-	7.30
42	42	41	-	11.52
43	43	42	-	8.41

4.3.3 สร้างตาราง และจัดงานเข้าสถานีโดยจะเลือกงานย่อยที่มีเวลามากที่สุดก่อนโดยต้องไม่ขัดกับความสัมพันธ์ลำดับก่อน-หลังของงาน ดังที่แสดงในตารางที่ 4.3 เป็นการจัดสมดุลสายการผลิตวิธีการใช้เกณฑ์เวลามากที่สุดมาก่อน (Largest - Candidate Rule) เวลางานทั้งหมด 315.13 นาที รอบเวลาการผลิต 30 นาที

ตารางที่ 4.3 การจัดสมดุลสายการผลิต วิธีการใช้เกณฑ์เวลามากที่สุดมาก่อน (Largest - Candidate Rule)

สถานี	Candidate	เลือก	เวลามาตรฐาน (นาที)	รหัสเครื่องจักร	เวลาสถานี (นาที)	เวลาสูญเปล่า (นาที)
1	1	1	2.70		27.24	2.76
	2,3	3	10.87			
	2	2	8.43			
	4	4	2.11			
	5	5	3.13			

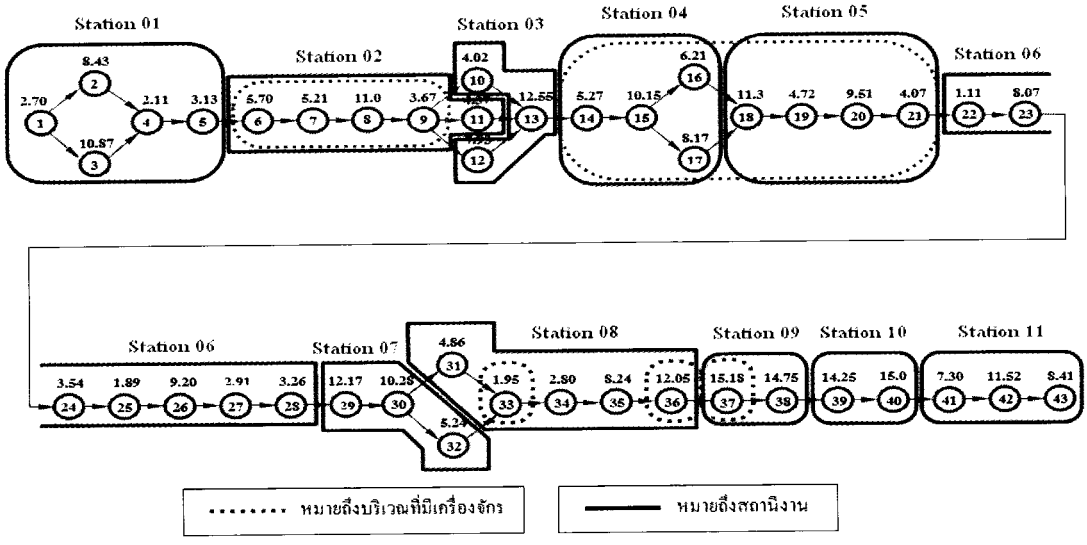
ตารางที่ 4.3 การจัดสมดุลสายการผลิต วิธีการใช้เกณฑ์เวลามากที่สุดมาก่อน (Largest-Candidate Rule) (ต่อ)

สถานี	Candidate	เลือก	เวลามาตรฐาน (นาที)	รหัสเครื่องจักร	เวลาสถานี (นาที)	เวลาสูญเปล่า (นาที)
2	6	6	5.70	POM.06	29.95	0.05
	7	7	5.21	POM.06		
	8	8	11.00	POM.06		
	9	9	3.67	POM.06		
	10,11,12	11	4.37			
3	10,12	12	7.93		24.50	5.50
	10	10	4.02			
	13	13	12.55			
4	14	14	5.27	FOM.14-A&B	29.80	0.20
	15	15	10.15	FOM.14-A&B		
	17,16	17	8.17	FOM.14-A&B		
	16	16	6.21	FOM.14-A&B		
5	18	18	11.30	FOM.14-A&B	29.60	0.40
	19	19	4.72	FOM.14-A&B		
	20	20	9.51	FOM.14-A&B		
	21	21	4.07	FOM.14-A&B		
6	22	22	1.11		29.98	0.02
	23	23	8.07			
	24	24	3.54			
	25	25	1.89			
	26	26	9.20			
	27	27	2.91			
	28	28	3.26			

ตารางที่ 4.3 การจัดสมดุลสายการผลิต วิธีการใช้เกณฑ์เวลามากที่สุดมาก่อน (Largest - Candidate Rule) (ต่อ)

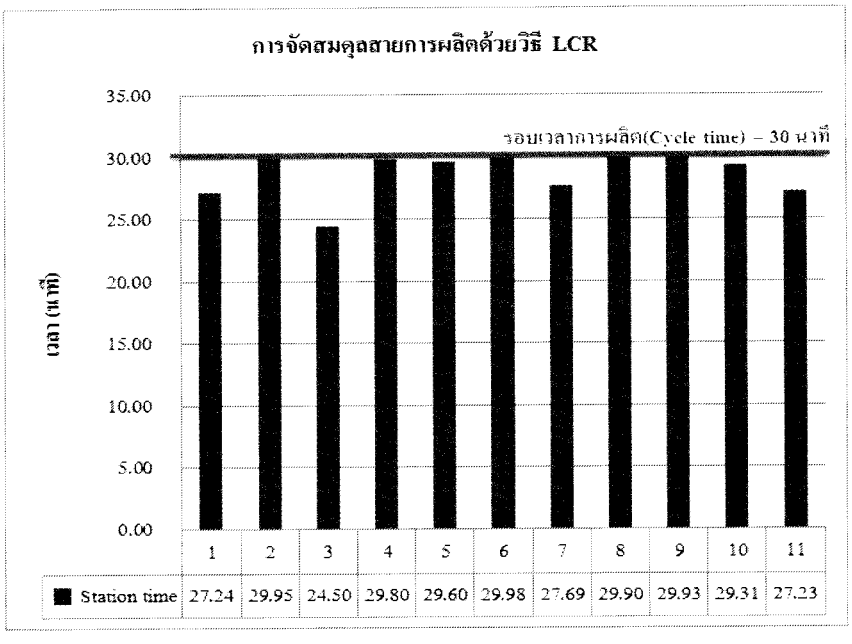
สถานี	Candidate	เลือก	เวลามาตรฐาน (นาที)	รหัสเครื่องจักร	เวลาสถานี (นาที)	เวลาสูญเปล่า (นาที)
7	29	29	12.17		27.69	2.31
	30	30	10.28			
	31,32	32	5.24			
8	31	31	4.86		29.90	0.10
	33	33	1.95	WD-34		
	34	34	2.80			
	35	35	8.24	VCP-36		
	36	36	12.05	AR-37		
9	37	37	15.18		29.93	0.07
	38	38	14.75			
10	39	39	14.25		29.31	0.69
	40	40	15.06			
11	41	41	7.30		27.23	2.77
	42	42	11.52			
	43	43	8.41			
รวม		43	315.13	6	315.13	14.87

จากตารางที่ 4.3 แสดงให้เห็นการจัดงานย่อยเข้าสถานีงาน (Station) โดยจะเลือกจัดงานย่อยเข้าสถานีงานโดยพิจารณาเวลางานย่อยที่มากที่สุดก่อน หากสถานีงานใดมีจำนวนงานย่อยที่สามารถจัดเข้าได้มากกว่าหนึ่งงานย่อย ก็จะเลือก งานย่อยที่มีเวลามากที่สุดก่อนตามหลักของ วิธีการใช้เกณฑ์เวลามากที่สุดมาก่อน (Largest - Candidate Rule) และต้องไม่ขัดตามเงื่อนไขของลำดับงานก่อน-หลังโดยผลจากการจัดสมดุลสายการผลิต วิธีการใช้เกณฑ์เวลามากที่สุดมาก่อน ด้วยวิธีการใช้เกณฑ์เวลามากที่สุดมาก่อน (Largest - Candidate Rule) แสดงดังภาพที่ 4.3



ภาพที่ 4.3 แผนภาพการจัดสมดุลสายการผลิต ด้วยวิธีการใช้เกณฑ์เวลามากที่สุดมาก่อน (Largest - Candidate Rule)

หลังจากการจัดสมดุลสายการผลิตด้วยวิธีการใช้เกณฑ์เวลามากที่สุดมาก่อนนำค่าเวลาของแต่ละสถานีมาสร้างกราฟจะเห็นได้ว่ากราฟเวลาของแต่ละสถานีงานมีความสมดุลกันมากขึ้น สังเกตได้จากเวลาสถานีที่ใกล้เคียงกันและอยู่ภายในรอบเวลาการผลิตทุกสถานีแสดงดังภาพที่ 4.4



ภาพที่ 4.4 แผนภาพการจัดสมดุลสายการผลิตด้วย วิธีการใช้เกณฑ์เวลามากที่สุดมาก่อน (Largest - Candidate Rule)

4.3.4 หลังจากการจัดงานย่อยเข้าสถานีโดยวิธีการใช้เกณฑ์เวลามากที่สุดมาก่อน (Largest – Candidate Rule) ดังกล่าวมาแล้วนั้น จึงคำนวณหาค่าประสิทธิภาพสายการผลิต ประสิทธิภาพที่หายไป และเวลาว่างที่เกิดขึ้นตามลำดับ

4.3.5 คำนวณหาประสิทธิภาพของสายการผลิต ประสิทธิภาพที่หายไป เวลาสูญเปล่าที่เกิดขึ้น และคำนวณต้นทุนแรงงานต่อวัน จากข้อมูลตารางการจัดสมดุลสายการผลิตโดยใช้วิธีการใช้เกณฑ์เวลามากที่สุดมาก่อน (Largest - Candidate Rule) ในการจัดสถานีงาน คำนวณได้ดังนี้

4.3.5.1 ประสิทธิภาพในการผลิต (Efficiency) ที่ 11 สถานี

$$\text{Efficiency} = (\Sigma T \times 100) / NC$$

ΣT = เวลาที่ใช้ในสถานีทั้งหมด = 315.13 นาที

N = จำนวนสถานีงาน = 11 สถานี

C = รอบเวลาการผลิต = 30 นาที

จะได้

$$\text{Efficiency} = (315.13 \text{ นาที} \times 100) / (11 \text{ สถานี} \times 30 \text{ นาที})$$
$$= 95.49\ \%$$

4.3.5.2 ประสิทธิภาพที่หายไป (Balance Delay: BD)

$$BD = 100 - \text{Efficiency}$$
$$= 100 - 95.49$$
$$= 4.51\%$$

4.3.5.3 เวลาสูญเปล่าที่เกิดขึ้น (Idle time)

$$\text{Idle Time} = NC - \Sigma T$$
$$= (11 \text{ สถานี} \times 30 \text{ นาที}) - 315.13 \text{ นาที}$$
$$= 14.87 \text{ นาที}$$

4.3.5.4 คำนวณต้นทุนแรงงานต่อวัน

ตารางที่ 4.4 ต้นทุนแรงงานสำหรับการผลิตตู้แช่เครื่องดื่ม (พนักงานจำนวน 65 คน ทำงาน 8 ชั่วโมงต่อวัน)

ที่	พนักงาน	จำนวน (คน)	ค่าแรงต่อเดือน (บาท)	ค่าแรงต่อวัน (บาท)	ค่าแรงต่อวัน คูณด้วย จำนวนพนักงาน (บาท)	ต้นทุน แรงงานรวม ต่อวัน (บาท)
1	รายวัน	22	-	270	5,940.00	19,273.42
2	รายวัน	17	-	300	5,100.00	
3	รายเดือน	26	9,500	316.67	8,233.42	

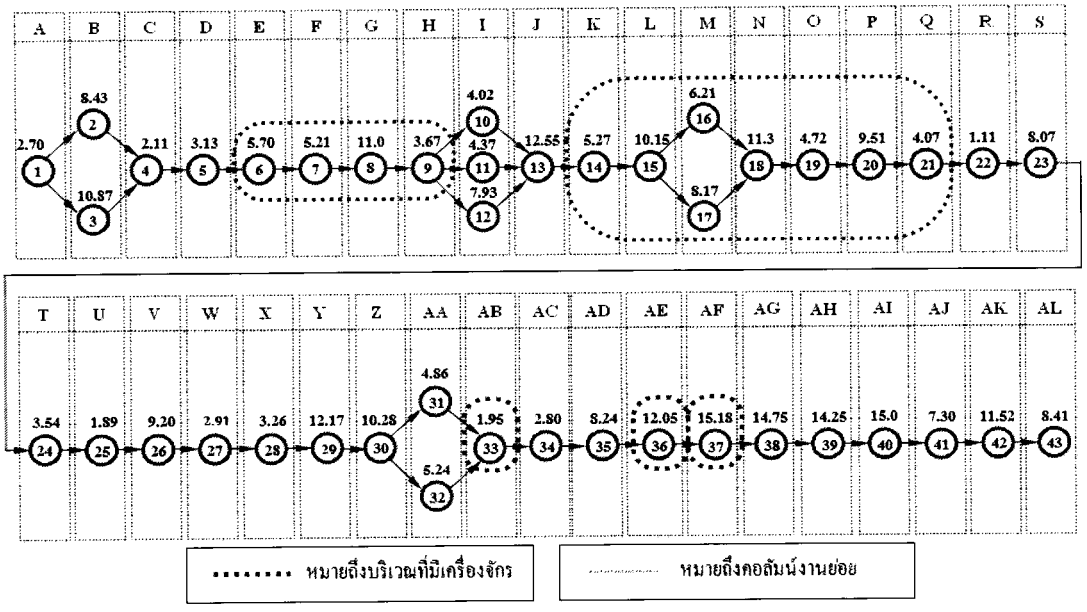
ที่มา: ฝ่ายทรัพยากรบุคคล โรงงานตัวอย่าง (2556) แสดงดังตารางที่ 3.5

จากการจัดสมดุลสายการผลิตด้วย วิธีการใช้เกณฑ์เวลามากที่สุดมาก่อน (Largest - Candidate Rule) จะได้จำนวน 11 สถานีงาน ผลรวมของเวลางานทั้งหมด เท่ากับ 315.13 นาที รอบเวลาการผลิต 30 นาที ประสิทธิภาพสายการผลิตร้อยละ 95.49 ประสิทธิภาพที่หายไปร้อยละ 4.51 เวลาสูญเปล่าที่เกิดขึ้น 14.87 นาที มีต้นทุนแรงงาน 19,273.42 บาทต่อวัน และใช้เครื่องจักร 6 เครื่อง

4.4 วิธีของกิลบริดจ์และเวสเตอร์ (Kilbridge and Wester Method)

เป็นวิธีที่ใช้รูป Precedence Diagram โดยดูจากงานที่อยู่ในคอลัมน์แรกจะถูกเลือกก่อน และงานด้านบนจะถูกเลือกก่อนงานด้านล่างในคอลัมน์เดียวกัน แต่ต้องไม่ขัดกับความสัมพันธ์ของงานตามลำดับก่อน - หลัง

4.4.1 ใช้รูป Precedence Diagram ช่วยในการพิจารณา โดยจะแยกเป็นคอลัมน์ เพื่อใช้ในการพิจารณาจัดสมดุลสายการผลิตแสดงดังภาพที่ 4.5



ภาพที่ 4.5 การจัดงานย่อยออกเป็นคอลัมน์

หลังการจัดงานย่อยออกเป็นคอลัมน์แล้วทำการรวมเวลาในการทำงานของงานย่อยที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกัน เพื่อใช้ตัดสินใจในการจัดงานย่อยเข้าสู่สถานีงาน แสดงดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 การจัดงานย่อยเข้าสู่สถานีงานตามวิธีของกิลบริดจ์และเวสเตอร์

คอลัมน์	งานย่อย	ลำดับงานก่อนหน้า	เวลางานย่อย (นาที)	รหัสเครื่องจักร
A	1	-	2.70	-
B	2	1	8.43	-
	3	1	10.87	-

ตารางที่ 4.5 การจัดงานย่อยเข้าสู่สถานีงานตามวิธีของกิลบริดจ์และเวสเตอร์ (ต่อ)

คอลัมน์	งานย่อย	ลำดับงานก่อนหน้า	เวลางานย่อย (นาที)	รหัสเครื่องจักร
C	4	2, 3	2.11	-
D	5	4	3.13	-
E	6	5	5.70	POM.06
F	7	6	5.21	POM.06
G	8	7	11.00	POM.06
H	9	8	3.67	POM.06
I	10	9	4.02	-
	11	9	4.37	-
	12	9	7.93	-
J	13	10, 11, 12	12.55	-
K	14	13	5.27	FOM.14-A & B
L	15	14	10.15	FOM.14-A & B
M	16	15	6.21	FOM.14-A & B
	17	15	8.17	FOM.14-A & B
N	18	16, 17	11.30	FOM.14-A & B
O	19	18	4.72	FOM.14-A & B
P	20	19	9.51	FOM.14-A & B
Q	21	20	4.07	FOM.14-A & B
R	22	21	1.11	-
S	23	22	8.07	-
T	24	23	3.54	-
U	25	24	1.89	-
V	26	25	9.20	-
W	27	26	2.91	-
X	28	27	3.26	-
Y	29	28	12.17	-
Z	30	28	10.28	-

ตารางที่ 4.5 การจัดงานย่อยเข้าสู่สถานีงานตามวิธีของกิลบริดจ์และเวสเตอร์ (ต่อ)

คอลัมน์	งานย่อย	ลำดับงานก่อนหน้า	เวลางานย่อย (นาที)	รหัสเครื่องจักร
AA	31	30	4.86	-
	32	30	5.24	-
AB	33	31,32	1.95	WD-34
AC	34	33	2.80	-
AD	35	34	8.24	-
AE	36	35	12.05	VCP-36
AF	37	36	15.18	AR-37
AG	38	37	14.75	-
AH	39	38	14.25	-
AI	40	39	15.06	-
AJ	41	40	7.30	-
AK	42	41	11.52	-
AL	43	42	8.41	-

4.4.2 เป็นการจัดสถานีงานโดยพิจารณาขั้นงานย่อยที่อยู่ในคอลัมน์แรกจะถูกเลือกเข้าสถานีงานก่อนเมื่อผ่านเกณฑ์ข้อแรกแล้วแต่มีงานย่อยมากกว่าหนึ่งงานในคอลัมน์เดียวกันจะเลือกงานย่อยที่อยู่ด้านบนสุดก่อน แล้วจึงพิจารณาเลือกงานย่อยในลำดับถัดลงมาในคอลัมน์เดียวกันนั้นจนครบทุกตัว แล้วจึงไปเริ่มจัดงานย่อยงานอื่นในคอลัมน์ถัดไป แต่ในการเลือกงานย่อยเข้าสถานีงานต้องไม่เลือกงานเข้าสถานีจนเกินรอบเวลาในการผลิต

4.4.3 คำนวณเวลาที่เหลือจากการจัดงานเข้าสถานี หากจัดงานเข้าไม่ได้เนื่องจากเวลางานย่อยรวมเกินรอบเวลาการผลิต ให้เพิ่มสถานีงานใหม่ขึ้นเป็นลำดับต่อไป

4.4.4 พิจารณาว่าจัดงานเข้าสถานีงานหมดทุกงานย่อยแล้วหรือไม่ หากครบแล้วก็หยุด และได้ผลการจัดสมดุลสายการผลิตดังแสดงดังตารางที่ 4.6 ต่อไป

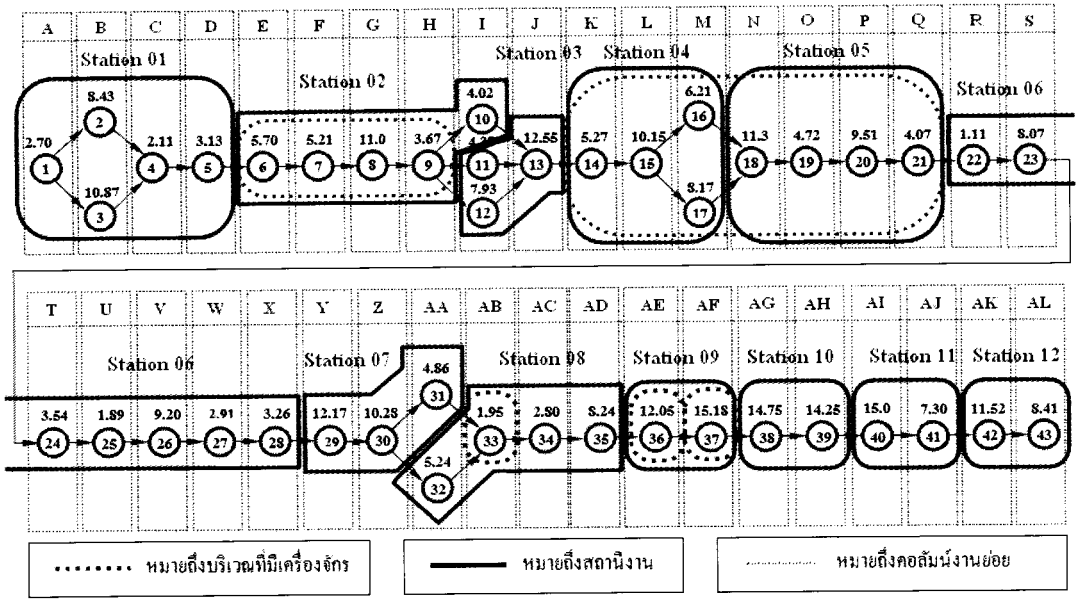
ตารางที่ 4.6 การจัดสมดุลสายการผลิตโดยใช้วิธีของกิลบริดจ์และเวสเตอร์ เวลางานทั้งหมด 315.13 นาที รอบเวลาในการผลิต 30 นาที

สถานี	คอลัมน์	Candidate	เลือก	เวลามาตรฐาน (นาที)	รหัสเครื่องจักร	เวลาสถานีงาน (นาที)	เวลาสูญเปล่า (นาที)
1	A	1	1	2.70	-	27.24	2.76
	B	2,3	2	8.43	-		
		3	3	10.87	-		
	C	4	4	2.11	-		
	D	5	5	3.13	-		
2	E	6	6	5.70	POM.06		
	F	7	7	5.21	POM.06		
2	G	8	8	11.00	POM.06	29.60	0.40
	H	9	9	3.67	POM.06		
	I	10,11,12	10	4.02	-		
3	I	11,12	11	4.37	-	24.85	5.15
		12	12	7.93	-		
	J	13	13	12.55	-		
4	K	14	14	5.27	FOM.14-A & B	29.80	0.20
	L	15	15	10.15	FOM.14-A & B		
	M	16,17	16	6.21	FOM.14-A & B		
		17	17	8.17	FOM.14-A & B		
5	N	18	18	11.30	FOM.14-A & B	29.60	0.40
	O	19	19	4.72	FOM.14-A & B		
	P	20	20	9.51	FOM.14-A & B		
	Q	21	21	4.07	FOM.14-A & B		

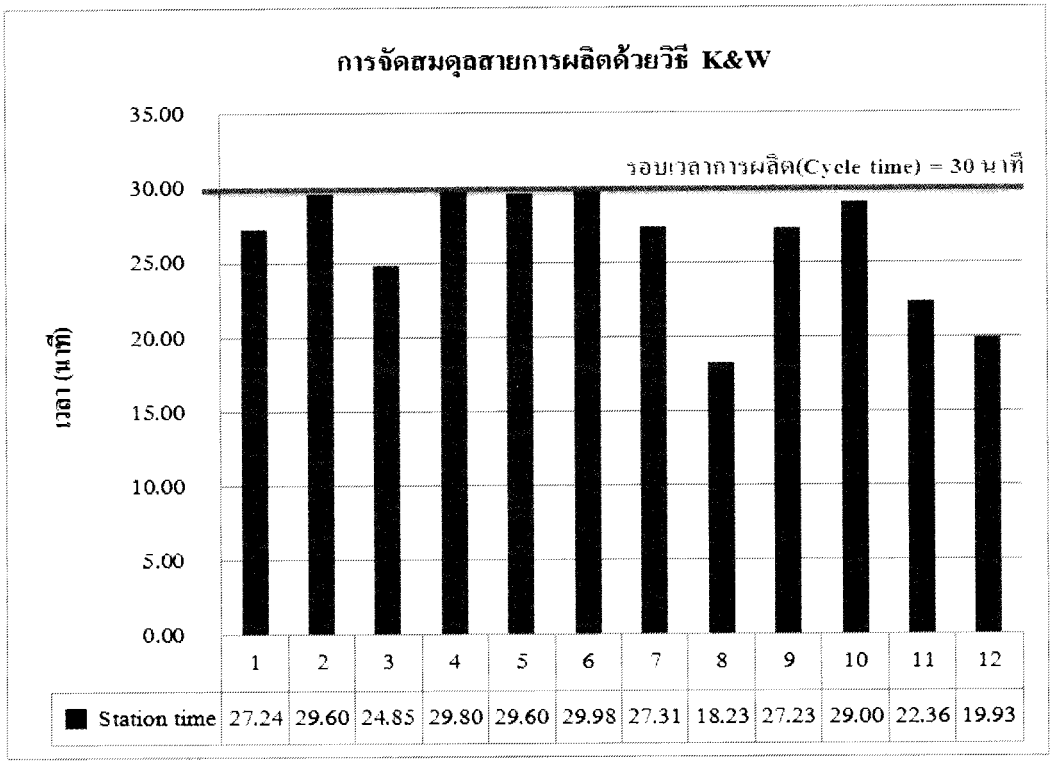
ตารางที่ 4.6 การจัดสมดุลสายการผลิตโดยใช้วิธีของกิลบริดจ์และเวสเตอร์ (ต่อ)

สถานี	คอลัมน์	Candidate	เลือก	เวลามาตรฐาน (นาที)	รหัสเครื่องจักร	เวลาสถานงาน(นาที)	เวลาสูญเปล่า (นาที)
6	R	22	22	1.11	-	29.98	0.02
	S	23	23	8.07	-		
	T	24	24	3.54	-		
	U	25	25	1.89	-		
	V	26	26	9.20	-		
	W	27	27	2.91	-		
	X	28	28	3.26	-		
7	Y	29	29	12.17	-	27.31	2.69
	Z	30	30	10.28	-		
	AA	31,32	31	4.86	-		
8	AA	32	32	5.24	-	18.23	11.77
	AB	33	33	1.95	WD-34		
	AC	34	34	2.80	-		
	AD	35	35	8.24	-		
9	AE	36	36	12.05	VCP-36	27.23	2.77
	AF	37	37	15.18	AR-37		
10	AG	38	38	14.75	-	29.00	1.00
	AH	39	39	14.25	-		
11	AI	40	40	15.06	-	22.36	7.64
	AJ	41	41	7.30	-		
12	AK	42	42	11.52	-	19.93	10.07
	AK	43	43	8.41	-		
รวม			43	315.13	6	315.13	44.87

จากตารางที่ 4.6 แสดงให้เห็นการจัดงานย่อยเข้าสถานีงาน ด้วยวิธีของกิลบริดจ์และเวสเตอร์ โดยพิจารณาขั้นงานย่อยที่อยู่ในคอลัมน์แรกจะถูกเลือกเข้าสถานีงานก่อน เมื่อผ่านเกณฑ์ข้อแรกแล้วแต่มีงานย่อยมากกว่าหนึ่งงานในคอลัมน์เดียวกันจะเลือกงานย่อยที่อยู่ด้านบนสุดก่อน แล้วจึงพิจารณาเลือกงานย่อยในลำดับถัดลงมาในคอลัมน์เดียวกันนั้นจนครบทุกตัว แล้วจึงไปเริ่มจัดงานย่อยงานอื่นในคอลัมน์ถัดไป แต่ในการเลือกงานย่อยเข้าสถานีงานต้องไม่เลือกงานเข้าสถานีจนเกินรอบเวลาในการผลิต พิจารณาว่าจัดงานเข้าสถานีงานหมดทุกงานย่อยแล้วหรือไม่ หากครบแล้วก็หยุด แสดงดังแผนภาพที่ 4.6



ภาพที่ 4.6 แผนภาพการจัดสมดุลสายการผลิต วิธีของกิลบริดจ์และเวสเตอร์ (Kilbridge and Wester Method)



ภาพที่ 4.7 แผนภาพสมดุลสายการผลิต วิธีของกิลบริดจ์และเวสเตอร์ (Kilbridge and Wester Method)

4.4.5 หลังจากการจัดงานเข้าสถานีโดยวิธีของกิลบริดจ์และเวสเตอร์ (Kilbridge and Wester Method) ดังกล่าวมาแล้วนั้น จึงคำนวณหาค่าประสิทธิภาพของสายการผลิต ประสิทธิภาพที่หายไป เวลาสูญเปล่าที่เกิดขึ้น และคำนวณต้นทุนแรงงานต่อวัน จากข้อมูลตารางการจัดสมดุลสายการผลิต โดยใช้วิธีของกิลบริดจ์และเวสเตอร์ (Kilbridge and Wester Method) ในการจัดสถานีงาน คำนวณได้ดังนี้

4.4.5.1 ประสิทธิภาพในการผลิต (Efficiency) ที่ 12 สถานี

$$\text{Efficiency} = (\Sigma T \times 100) / NC$$

ΣT = เวลาที่ใช้ในสถานีทั้งหมด = 315.13 นาที

N = จำนวนสถานีงาน = 12 สถานี

C = รอบเวลาการผลิต = 30 นาที

จะได้

$$\text{Efficiency} = (315.13 \text{ นาที} \times 100) / (12 \text{ สถานี} \times 30 \text{ นาที})$$
$$= 87.54\ \%$$

4.4.5.2 ประสิทธิภาพที่หายไป (Balance Delay: BD)

$$BD = 100 - \text{Efficiency}$$
$$= 100 - 87.54$$
$$= 12.46\%$$

4.4.5.3 เวลาสูญเปล่าที่เกิดขึ้น (Idle time)

$$\text{Idle Time} = NC - \Sigma T$$
$$= (12 \text{ สถานี} \times 30 \text{ นาที}) - 315.13 \text{ นาที}$$
$$= 44.87 \text{ นาที}$$

4.4.5.4 คำนวณต้นทุนแรงงานต่อวัน

ตารางที่ 4.7 คำนวณต้นทุนแรงงานสำหรับการผลิตตู้แช่เครื่องดื่ม (พนักงานจำนวน 72 คน ทำงาน 8 ชั่วโมงต่อวัน)

ที่	พนักงาน	จำนวน (คน)	ค่าแรงต่อเดือน (บาท)	ค่าแรงต่อวัน (บาท)	ค่าแรงต่อวัน คูณด้วย จำนวนพนักงาน (บาท)	ต้นทุน แรงงานรวม ต่อวัน (บาท)
1	รายวัน	26	-	270	7,020.00	21,286.76
2	รายวัน	18	-	300	5,400.00	
3	รายเดือน	28	9,500	316.67	8,866.76	

ที่มา: อ้างอิงอัตราค่าจ้างแรงงานของพนักงานโรงงานตัวอย่างแสดงดังตารางที่ 3.5

จากการจัดสมดุลสายการผลิตด้วยวิธีของกิลบริดจ์และเวสเตอร์ (Kilbridge and Wester Method) จะได้จำนวน 12 สถานีงาน ผลรวมของเวลางานทั้งหมด เท่ากับ 315.13 นาที รอบเวลาการผลิต 30 นาที ประสิทธิภาพสายการผลิตร้อยละ 87.54 ประสิทธิภาพที่หายไปร้อยละ 12.46 เวลาสูญเปล่าที่เกิดขึ้น 44.87 นาที มีต้นทุนแรงงาน 21,286.76 บาทต่อวัน ใช้เครื่องจักร 6 เครื่อง

4.5 วิธีการใช้น้ำหนักเป็นตัวกำหนดตำแหน่ง (Ranked Positional Weights Method)

เป็นวิธีใช้เกณฑ์น้ำหนักเป็นตัวกำหนดตำแหน่ง ก่อนทำการจัดสมดุลสายการผลิตด้วยวิธีการใช้น้ำหนักเป็นตัวกำหนดตำแหน่ง (RPW) จะต้องทำการหาค่าน้ำหนักของงานย่อยก่อนทุกครั้ง

4.5.1 หาน้ำหนัก คือการคำนวณเวลางานย่อยนั้นๆ รวมกับเวลาของงานย่อยทั้งหมดที่ตามหลังตามแผนผัง Precedence Diagrams แสดงค่าน้ำหนักที่คำนวณแล้วแสดงดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ค่าน้ำหนักของงานย่อยทั้งหมดโดยเรียงจากมากไปน้อยตามลำดับ

งานที่	ลำดับงานก่อนหน้า	รหัสเครื่องจักร	เวลางานย่อย (นาที)	ค่าน้ำหนัก (RPW)
1	-	-	2.70	315.13
2	1	-	8.43	301.56
3	1	-	10.87	304.00
4	2, 3	-	2.11	293.13
5	4	-	3.13	291.02
6	5	POM.06	5.70	287.89
7	6	POM.06	5.21	282.19
8	7	POM.06	11.00	276.98
9	8	POM.06	3.67	265.98
10	9	-	7.93	253.92
11	9	-	4.37	250.36
12	9	-	4.02	250.01
13	10, 11, 12	-	12.55	245.99
14	13	FOM.14-A & B	5.27	233.44
15	14	FOM.14-A & B	10.15	228.17
16	15	FOM.14-A & B	8.17	211.81
17	15	FOM.14-A & B	6.21	209.85
18	16, 17	FOM.14-A & B	11.30	203.64
19	18	FOM.14-A & B	4.72	192.34
20	19	FOM.14-A & B	9.51	187.62
21	20	FOM.14-A & B	4.07	178.11
22	21	-	1.11	174.04
23	22	-	8.07	172.93

ตารางที่ 4.8 ค่าน้ำหนักของงานย่อยทั้งหมดโดยเรียงจากมากไปน้อยตามลำดับ (ต่อ)

งานที่	ลำดับงานก่อนหน้า	รหัสเครื่องจักร	เวลางานย่อย (นาที)	ค่าน้ำหนัก (RPW)
24	23	-	3.54	164.86
25	24	-	1.89	161.32
26	25	-	9.20	159.43
27	26	-	2.91	150.23
28	27	-	3.26	147.32
29	28	-	12.17	144.06
30	29	-	10.28	131.89
31	30	-	5.24	116.75
33	30	-	4.86	116.37
34	31,32	WD-34	1.95	111.51
32	33	-	2.80	109.56
35	34	-	8.24	106.76
36	35	VCP-36	12.05	98.52
37	36	AR-37	15.18	86.47
38	37	-	14.75	71.29
39	38	-	14.25	56.54
40	39	-	15.06	42.29
41	40	-	7.30	27.23
42	41	-	11.52	19.93
43	42	-	8.41	8.41

4.5.2 การจัดสมดุลสายการผลิต วิธีการจัดงานย่อยเข้าสถานีงานนั้นจะพิจารณาเลือกงานย่อยที่มีค่าน้ำหนักมากกว่าเข้าสถานีงานก่อนโดยต้องไม่ขัดกับลำดับความสัมพันธ์ของงานย่อยก่อน - หลัง เมื่อเลือกงานย่อยเข้าสถานีงานต้องมีเวลางาย่อยรวมกันไม่เกินรอบเวลาการผลิต ดังแสดงการจัดงานย่อยเข้าสถานีงานแสดงดังตารางที่ 4.9 เป็นการจัดสมดุลสายการผลิตด้วยวิธีการใช้น้ำหนักเป็นตัวกำหนดตำแหน่ง (Ranked Positional Weights Method)

เวลางานทั้งหมด 315.13 นาที รอบเวลาในการผลิต 30 นาที

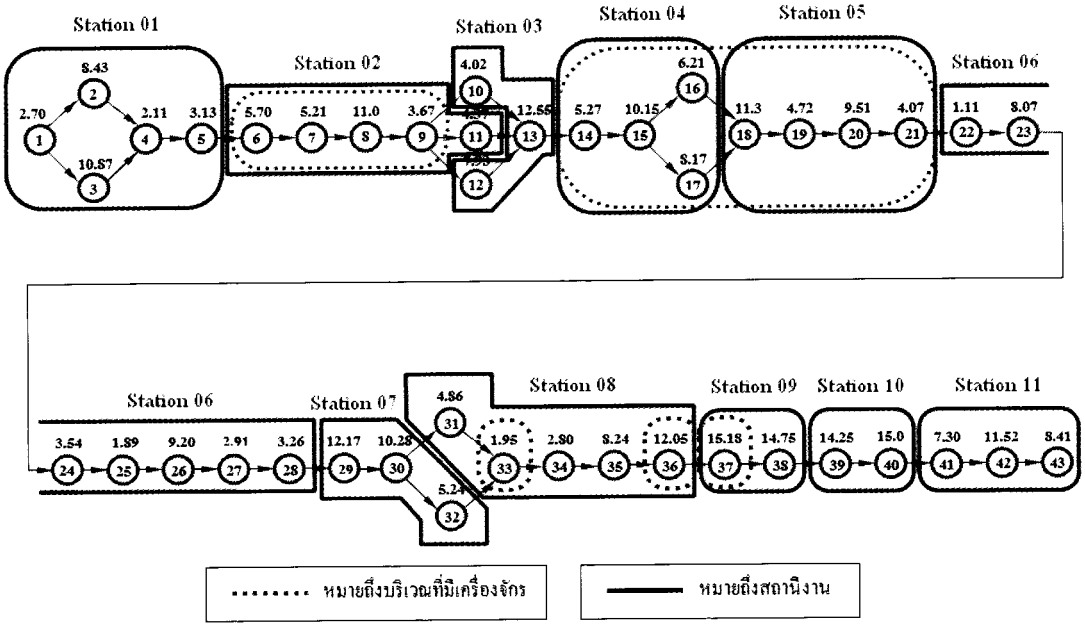
ตารางที่ 4.9 การจัดสมดุลสายการผลิตด้วยวิธีการใช้น้ำหนักเป็นตัวกำหนดตำแหน่ง (Ranked Positional Weights Method)

สถานีงาน	งานย่อย	RPW	งานก่อนหน้า	รหัสเครื่องจักร	เวลามาตรฐาน (นาที)	เวลาสถานีงาน (นาที)	เวลาสูญเปล่า (นาที)
1	1	315.13	-	-	2.70	27.24	2.76
	2	301.56	1	-	8.43		
	3	304.00	1	-	10.87		
	4	293.13	2,3	-	2.11		
	5	291.02	4	-	3.13		
2	6	287.89	5	POM.06	5.70	29.95	0.05
	7	282.19	6	POM.06	5.21		
	8	276.98	7	POM.06	11.00		
	9	265.98	8	POM.06	3.67		
	11	250.36	9	-	4.37		
3	12	253.92	9	-	7.93	24.50	5.50
	10	250.01	9	-	4.02		
	13	245.99	10,11,12	-	12.55		
4	14	233.44	13	FOM.14-A&B	5.27	29.80	0.20
	15	228.17	14	FOM.14-A&B	10.15		
	17	211.81	15	FOM.14-A&B	8.17		
	16	209.85	15	FOM.14-A&B	6.21		
5	18	203.64	16, 17	FOM.14-A&B	11.30	29.60	0.40
	19	192.34	18	FOM.14-A&B	4.72		
	20	187.62	19	FOM.14-A&B	9.51		
	21	178.11	20	FOM.14-A&B	4.07		
6	22	174.04	21	-	1.11	29.98	0.02
	23	172.93	22	-	8.07		
	24	164.86	23	-	3.54		
	25	161.32	24	-	1.89		
	26	159.43	25	-	9.20		
	27	150.23	26	-	2.91		
	28	147.32	27	-	3.26		

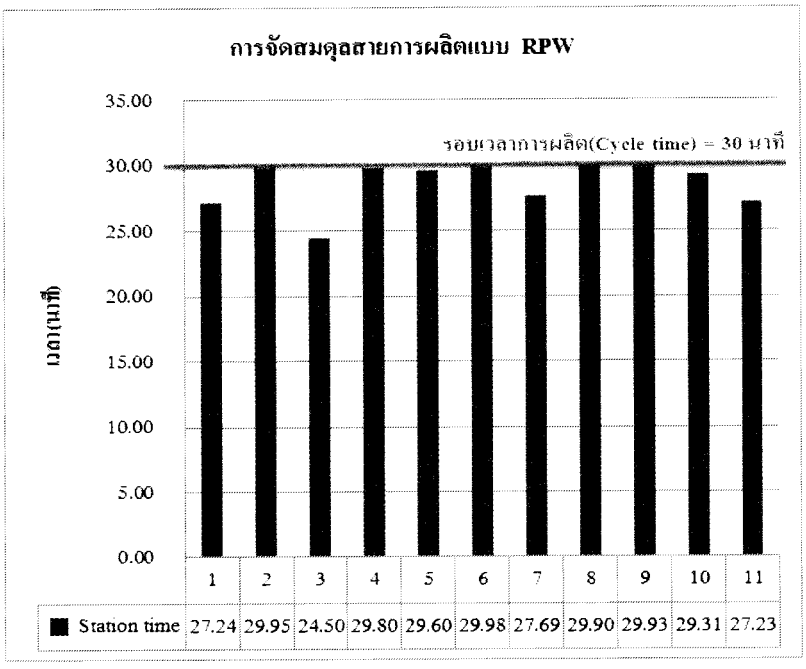
ตารางที่ 4.9 การจัดสมดุลสายการผลิตด้วยวิธีการใช้น้ำหนักเป็นตัวกำหนดตำแหน่ง (Ranked Positional Weights Method) (ต่อ)

สถานีงาน	งานย่อย	RPW	งานก่อนหน้า	รหัสเครื่องจักร	เวลามาตรฐาน (นาที)	เวลาสถานีงาน (นาที)	เวลาสูญเปล่า (นาที)
7	29	144.06	28	-	12.17	27.69	2.31
	30	131.89	29	-	10.28		
	32	116.75	30	-	5.24		
8	31	116.37	30	-	4.86	29.90	0.10
	33	111.51	31,32	WD-34	1.95		
	34	109.56	33	-	2.80		
	35	106.76	34	-	8.24		
	36	98.52	35	VCP-36	12.05		
9	37	86.47	36	AR-37	15.18	29.93	0.07
	38	71.29	37	-	14.75		
10	39	56.54	38	-	14.25	29.31	0.69
	40	42.29	39	-	15.06		
11	41	27.23	40	-	7.30	27.23	2.77
	42	19.93	41	-	11.52		
	43	8.41	42	-	8.41		
รวม			43	6	315.13	315.13	14.87

จากตารางที่ 4.9 แสดงให้เห็นการจัดงานย่อยเข้าสถานีงาน (Station) โดยการคำนวณหาค่า RPW สำหรับแต่ละงานย่อยโดยการรวมค่าเวลาในการดำเนินงานของงานย่อยนั้นๆ กับงานย่อยที่ตามหลังทั้งหมดตามข่ายงานแนวของลูกศรของผังลำดับงาน และลงรายการส่วนของงานทั้งหมดตามลำดับ RPW โดยจัดให้งานที่มีค่า RPW สูงสุดไว้ด้านบน พร้อมทั้งบอกเวลาในแต่ละงานย่อย และแสดงรายการงานย่อยที่อยู่ก่อนหน้าด้วย แล้วจึงจัดส่วนของงานลงสถานีงานตามค่า RPW โดยพยายามหลีกเลี่ยงข้อจำกัดเกี่ยวกับลำดับงานก่อนหน้า และรอบเวลา วิธีใช้น้ำหนักเป็นตัวกำหนดตำแหน่ง (Ranked Positional Weights Method) แสดงดังภาพที่ 4.7



ภาพที่ 4.8 แผนภาพการจัดสมดุลสายการผลิต วิธีการใช้น้ำหนักเป็นตัวกำหนดตำแหน่ง (Ranked Positional Weights Method)



ภาพที่ 4.9 แผนภาพการจัดสมดุลสายการผลิต วิธีการใช้น้ำหนักเป็นตัวกำหนดตำแหน่ง (Ranked Positional Weights Method)

4.5.3 คำนวณหาค่าประสิทธิภาพสายการผลิต ประสิทธิภาพที่หายไป เวลาสูญเปล่าที่เกิดขึ้น และคำนวณต้นทุนแรงงานต่อวัน ตามลำดับ หลังจากการจัดงานเข้าสถานีโดยวิธีการใช้น้ำหนักเป็นตัวกำหนดตำแหน่ง (Ranked Positional Weights Method) ดังกล่าวมาแล้วนั้น

4.5.3.1 ประสิทธิภาพในการผลิต (Efficiency) ที่ 11 สถานี

$$\text{Efficiency} = (\Sigma T \times 100) / NC$$

ΣT = เวลาที่ใช้ในสถานีทั้งหมด = 315.13 นาที

N = จำนวนสถานีงาน = 11 สถานี

C = รอบเวลาการผลิต = 30 นาที

จะได้

$$\text{Efficiency} = (315.13 \text{ นาที} \times 100) / (11 \text{ สถานี} \times 30 \text{ นาที})$$
$$= 95.49\ \%$$

4.5.3.2 ประสิทธิภาพที่หายไป (Balance Delay: BD)

$$BD = 100 - \text{Efficiency}$$
$$= 100 - 95.49$$
$$= 4.51\%$$

4.5.3.3 เวลาสูญเปล่าที่เกิดขึ้น (Idle time)

$$\text{Idle Time} = NC - \Sigma T$$
$$= (11 \text{ สถานี} \times 30 \text{ นาที}) - 315.13 \text{ นาที}$$
$$= 14.87 \text{ นาที}$$

4.5.3.4 คำนวณต้นทุนแรงงานต่อวัน

ตารางที่ 4.10 คำนวณต้นทุนแรงงานสำหรับการผลิตตู้แช่เครื่องดื่ม (พนักงานจำนวน 65 คน ทำงาน 8 ชั่วโมงต่อวัน)

ที่	พนักงาน	จำนวน (คน)	ค่าแรงต่อเดือน (บาท)	ค่าแรงต่อวัน (บาท)	ค่าแรงต่อวัน คูณด้วย จำนวนพนักงาน (บาท)	ต้นทุน แรงงานรวม ต่อวัน (บาท)
1	รายวัน	22	-	270	5,940.00	19,273.42
2	รายวัน	17	-	300	5,100.00	
3	รายเดือน	26	9,500	316.67	8,233.42	

ที่มา: ฝ่ายทรัพยากรบุคคล โรงงานตัวอย่าง (2556) แสดงดังตารางที่ 3.5

จากการจัดสมดุลสายการผลิตด้วยวิธีการใช้น้ำหนักเป็นตัวกำหนดตำแหน่ง (Ranked Positional Weights Method) จะได้จำนวน 11 สถานีงาน ผลรวมของเวลางานทั้งหมด เท่ากับ 315.13 นาที รอบเวลาการผลิต 30 นาที ประสิทธิภาพสายการผลิตร้อยละ 95.49 ประสิทธิภาพที่หายไปร้อยละ 4.51 เวลาสูญเปล่าที่เกิดขึ้น 14.87 นาที มีต้นทุนแรงงาน 19,273.42 บาทต่อวัน และใช้เครื่องจักร 6 เครื่อง

4.6 การประยุกต์วิธีฮิวริสติกโดยรวม (Integration Line balancing method: ILB)

จากประสบการณ์ของผู้ทำวิจัยเกี่ยวกับการปรับปรุงการจัดสมดุลสายการผลิต พบว่าแต่ละวิธีที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหาเกี่ยวกับการจัดสมดุลสายการผลิตนั้น ล้วนมีเอกลักษณ์ที่โดดเด่นของแต่ละวิธี และในทางกลับกันก็มีขีดจำกัดในการใช้งานด้วยเช่นกัน ดังนั้นผู้ทำการวิจัยจึงนำวิธีการแก้ปัญหาเกี่ยวกับการจัดสมดุลสายการผลิตแบบฮิวริสติก (Heuristic) จำนวน 3 วิธี มาประยุกต์ใช้ในการจัดงานย่อยเข้าในแต่ละสถานีงานแบบผสมผสานโดยพิจารณาเลือกวิธีที่ทำให้เวลาว่าง (Idle time) ของสถานีงานนั้นๆ มีค่าต่ำสุด เป็นไปตามลำดับความสัมพันธ์ก่อนหลัง และมีความเหมาะสมกับการนำไปปฏิบัติงานได้จริง เป็นหลัก เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการจัดงานย่อยเข้าสู่สถานีงานนั้นๆ ทำเช่นเดียวกันนี้จนครบทุกสถานีงานก็เป็นอันเสร็จสิ้นขั้นตอนในการจัดสมดุลย์สายการผลิต ด้วยการประยุกต์วิธีฮิวริสติกโดยรวม (Integration Line Balancing Method: ILB)

4.6.1 ขั้นตอนการดำเนินงานสรุปได้ดังนี้

4.6.1.1 เขียนแผนภาพแสดงลำดับความสัมพันธ์ก่อนหลัง (Precedence Diagram)

4.6.1.2 ทำสัญลักษณ์เส้นประล้อมรอบงานย่อยที่มีการใช้เครื่องจักรเครื่องเดียวกัน

4.6.1.3 สำหรับงานย่อยที่สามารถทำพร้อมกับงานย่อยอื่น ๆ ได้หลาย ๆ ตำแหน่ง ให้ทำสัญลักษณ์วงกลมเส้นประภายในระบุหมายเลขลำดับงานย่อยนั้น ไปยังตำแหน่งที่จะทำพร้อมกับงานย่อยอื่น ๆ ได้ในทุก ๆ ตำแหน่ง

4.6.1.4 จัดงานย่อยเข้าสู่สถานีงานโดยนำวิธีการแก้ปัญหาเกี่ยวกับการจัดสมดุลสายการผลิตแบบฮิวริสติกส์ (Heuristics) จำนวน 3 วิธี มาประยุกต์ใช้ในการจัดงานย่อยเข้าในแต่ละสถานีงานแบบผสมผสานโดยพิจารณาเลือกวิธีที่ทำให้เวลาว่าง (Idle time) ของสถานีงานนั้น ๆ มีค่าต่ำสุด เป็นไปตามลำดับความสัมพันธ์ก่อนหลัง มีความเหมาะสมกับการนำไปปฏิบัติงานได้จริง คำนึงถึงข้อจำกัดต่าง ๆ เช่น เครื่องจักร เครื่องมือ และอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่มีอยู่อย่างจำกัด และเวลาของสถานีงานจะต้องไม่เกินรอบเวลาการผลิต ทำเช่นเดียวกันนี้จนครบทุกสถานีงานก็เป็นอันเสร็จสิ้นขั้นตอนในการจัดสมดุลย์สายการผลิต ด้วยการประยุกต์วิธีฮิวริสติกโดยรวม (Integration Line Balancing Method: ILB) ซึ่งในการทำวิจัยครั้งนี้ผู้ทำวิจัยเสนอวิธีที่เป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลาย และเป็นวิธีที่เหมาะสมกับสภาพของกระบวนการผลิตของกรณีศึกษา จำนวน 3 วิธีได้แก่

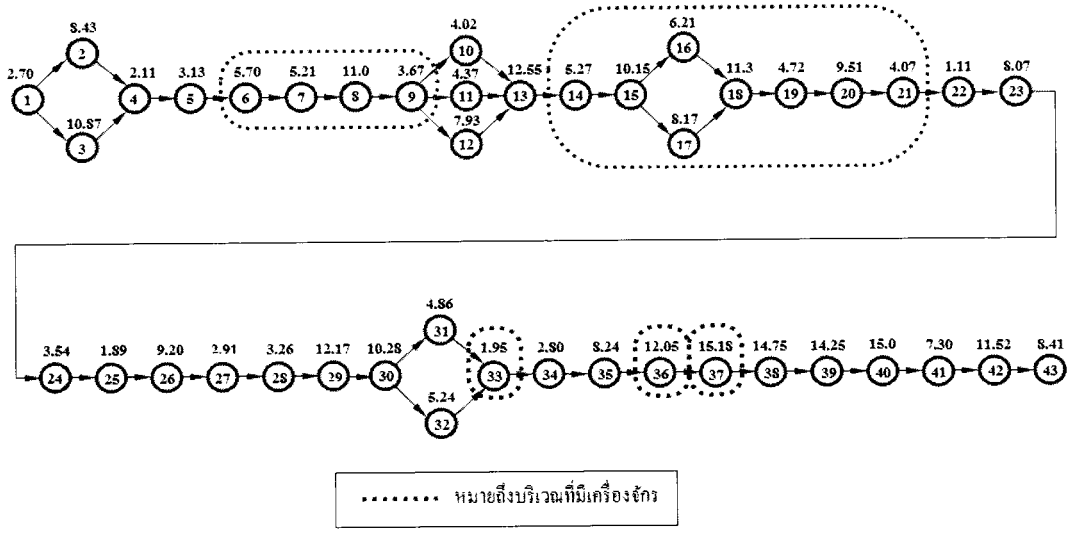
1) วิธีใช้เกณฑ์เวลามากที่สุดมาก่อน (Largest - Candidate Rule)

2) วิธีการของกิลบริดจ์ และเวสเตอร์ (Kilbridge and Wester Method)

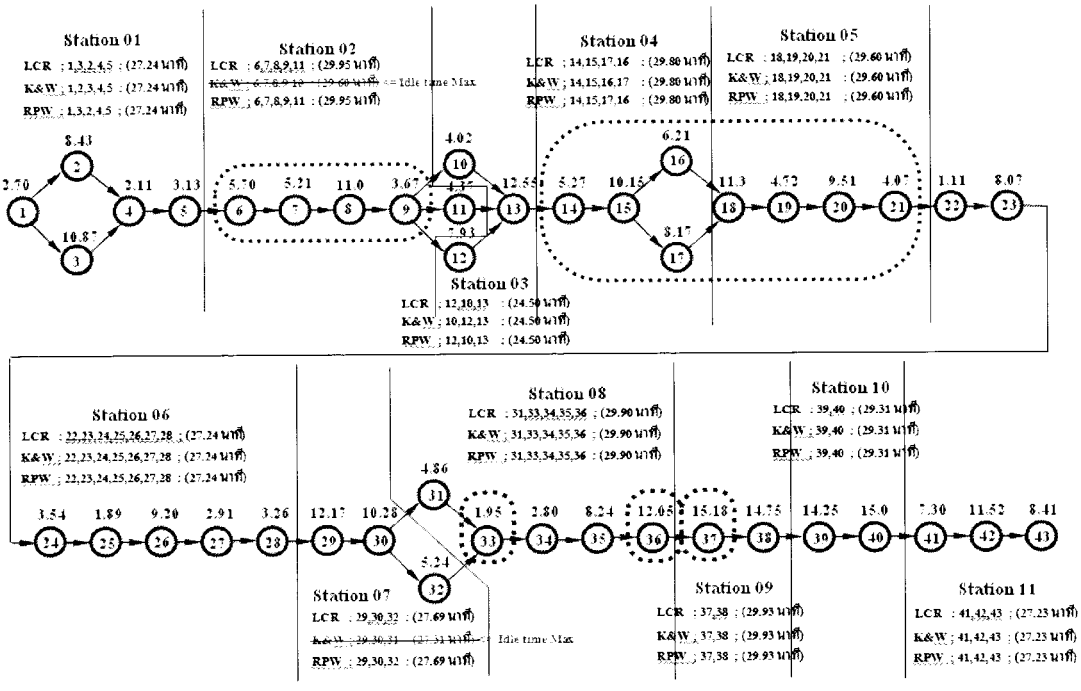
3) วิธีใช้น้ำหนักเป็นตัวกำหนดตำแหน่ง (Ranked Positional Weights)

4.6.1.5 การจัดงานย่อยเข้าสถานีงานสามารถใช้วิธีดังกล่าวแบบผสมผสานในการจัดงานย่อยร่วมกันได้โดยคำนึงถึงความสามารถลดเวลาสูญเปล่าของสถานีนั้น ๆ ให้มีค่าต่ำสุดเป็นหลัก หลังจากการจัดงานเข้าสถานีโดยการประยุกต์วิธีฮิวริสติกโดยรวม (Integration Line balancing

method: ILB) ดังกล่าวมาแล้วนั้น จึงคำนวณหาค่าประสิทธิภาพสายการผลิต ประสิทธิภาพที่หายไป เวลาสูญเปล่าที่เกิดขึ้น และคำนวณต้นทุนแรงงานต่อวัน ตามลำดับ โดยมีแผนภาพแสดงลำดับความสัมพันธ์ก่อน - หลัง ของสายการประกอบตู้แช่เครื่องดื่ม แสดงดังภาพที่ 4.10



ภาพที่ 4.10 แผนภาพแสดงลำดับความสัมพันธ์ก่อน - หลัง (Precedence Diagram)



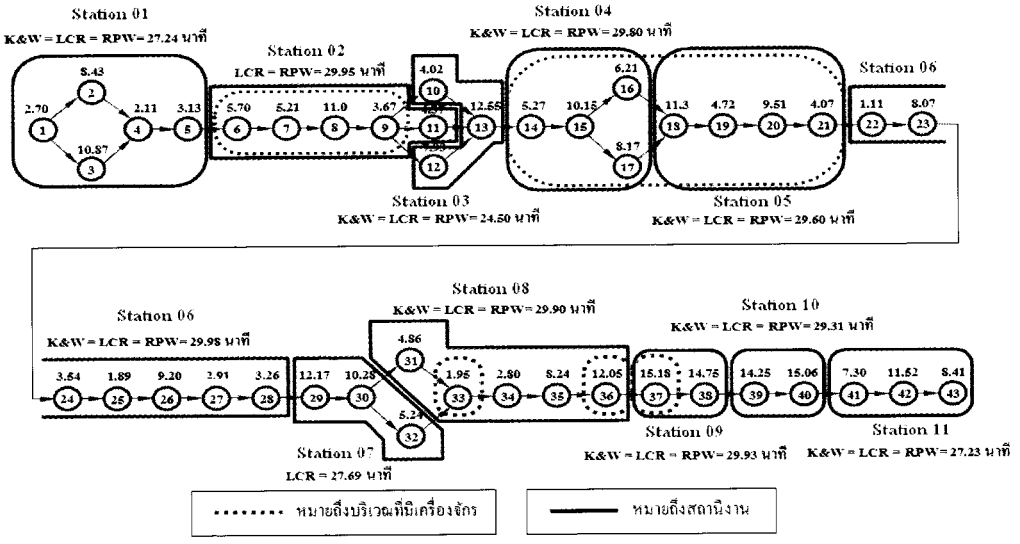
ภาพที่ 4.11 การประยุกต์วิธีฮิวริสติกโดยรวม ในการจัดงานย่อยเข้าสถานีงาน

จากแผนภาพที่ 4.11 แสดงการประยุกต์วิธีฮิวริสติกโดยรวม ในการจัดงานย่อยเข้าสถานีงาน ในแต่ละสถานีงานจนครบทุกสถานีงาน โดยผู้วิจัยจะนำเสนอหลักการจัดสถานีงานที่ 1 โดยการประยุกต์วิธีฮิวริสติกโดยรวม แสดงดังตารางที่ 4.11

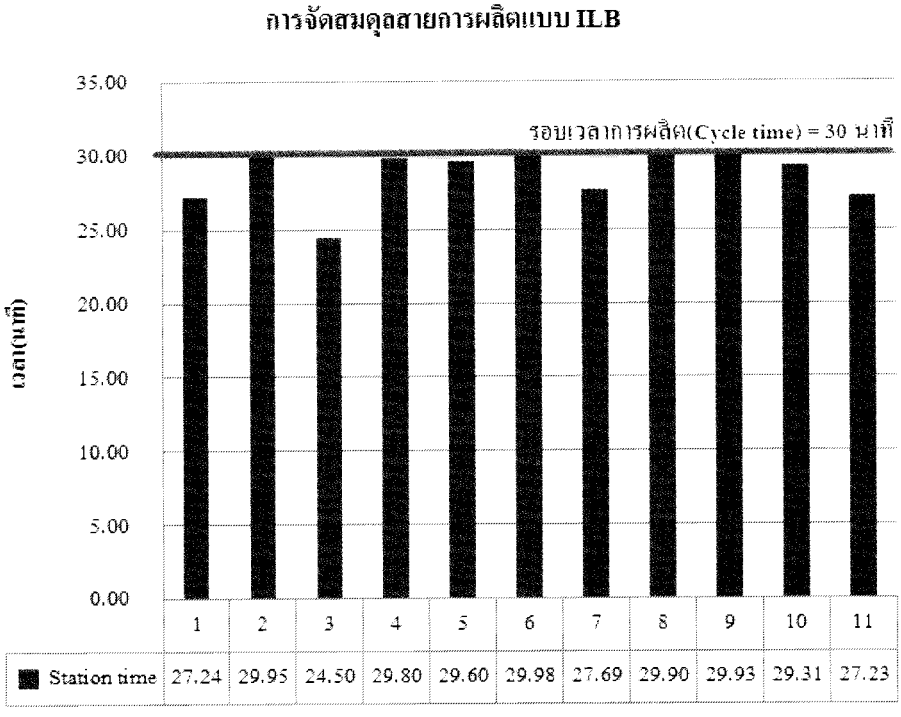
ตารางที่ 4.11 การจัดงานย่อยเข้าสถานีงานที่ 1

วิธีฮิวริสติก	ลำดับงานย่อย	การรวมเวลางานย่อย	เวลาสถานีงาน (นาที)	เวลาสูญเปล่า (นาที)	เลือกวิธีจัดงานย่อยสถานีงานที่ 1
LCR	1,3,2,4,5	2.7 + 10.87 + 8.43 + 2.11 + 3.13	27.24	2.76	✓
K&W	1,2,3,4,5	2.7 + 8.43 + 10.87 + 2.11 + 3.13	27.24	2.76	✓
RPW	1,3,2,4,5	2.7 + 10.87 + 8.43 + 2.11 + 3.13	27.24	2.76	✓

จากตารางที่ 4.11 ตัวอย่างการจัดงานย่อยเข้าสถานีงานที่ 1 สามารถจัดได้ 3 วิธี และสามารถสรุปเวลาของสถานีงานในแต่ละวิธีดังนี้ วิธีใช้เกณฑ์เวลามากที่สุดมาก่อน (LCR) = 27.24 นาที , วิธีการของกิลบริดจ์ และเวสเตอร์ (K&W) = 27.24 นาที และวิธีใช้น้ำหนักเป็นตัวกำหนดตำแหน่ง (RPW) = 27.24 นาที จากการพิจารณาเวลาแต่ละสถานีพบว่าการจัดสถานีงานทั้ง 3 แบบ มีค่าเวลาสูญเปล่าต่ำสุดเท่ากันคือ 2.76 นาที ดังนั้นจึงสามารถพิจารณาเลือกใช้วิธีใดวิธีหนึ่งก็ได้ใน 3 วิธีนี้ เนื่องจากมีเวลาสูญเปล่าเท่ากัน และไม่ขัดต่อลำดับความสัมพันธ์ก่อน – หลัง ของงาน ส่วนการจัดงานย่อยเข้าสถานีงานอื่นๆ ก็สามารถทำตามหลักการประยุกต์วิธีฮิวริสติกโดยรวมนี้เช่นเดียวกัน หลังจากการจัดงานย่อยเข้าสู่สถานีงานทุกสถานีแล้ว สามารถแสดงดังภาพที่ 4.12



ภาพที่ 4.12 การจัดสมดุลสายการผลิต โดยการประยุกต์วิธีฮิวริสติกโดยรวม (Integration Line Balancing Method: ILB)



ภาพที่ 4.13 กราฟแสดงเวลาของสถานีงานหลังการจัดสมดุลสายการผลิตด้วยการประยุกต์วิธีฮิวริสติกโดยรวม

4.6.2 หลังจากการจัดงานเข้าสถานีโดยการประยุกต์วิธีฮิวริสติกโดยรวม (Integration Line Balancing Method: ILB) ดังกล่าว จึงคำนวณหาค่าประสิทธิภาพสายการผลิประสิทธิภาพที่หายไป เวลาสูญเปล่าที่เกิดขึ้น และคำนวณต้นทุนแรงงานต่อวัน ดังต่อไปนี้

4.6.2.1 ประสิทธิภาพในการผลิต (Efficiency) ที่ 11 สถานี

$$\text{Efficiency} = (\Sigma T \times 100) / NC$$

ΣT = เวลาที่ใช้ในสถานีทั้งหมด = 315.13 นาที

N = จำนวนสถานีงาน = 11 สถานี

C = รอบเวลาการผลิต = 30 นาที

จะได้

$$\text{Efficiency} = (315.13 \text{ นาที} \times 100) / (11 \text{ สถานี} \times 30 \text{ นาที})$$

$$= 95.49\ \%$$

4.6.2.2 ประสิทธิภาพที่หายไป (Balance Delay: BD)

$$BD = 100 - Efficiency$$
$$= 100 - 95.49$$
$$= 4.51\%$$

4.6.2.3 เวลาสูญเปล่าที่เกิดขึ้น (Idle time)

$$Idle\ Time = NC - \Sigma T$$
$$= (11 \text{ สถานี} \times 30 \text{ นาที}) - 315.13 \text{ นาที}$$
$$= 14.87 \text{ นาที}$$

4.6.2.4 คำนวณต้นทุนแรงงานต่อวัน

ตารางที่ 4.12 คำนวณต้นทุนแรงงานสำหรับการผลิตตู้แช่เครื่องดื่ม (พนักงานจำนวน 65 คน ทำงาน 8 ชั่วโมงต่อวัน)

ที่	พนักงาน	จำนวน (คน)	ค่าแรงต่อเดือน (บาท)	ค่าแรงต่อวัน (บาท)	ค่าแรงต่อวัน คูณด้วย จำนวนพนักงาน (บาท)	ต้นทุน แรงงานรวม ต่อวัน (บาท)
1	รายวัน	22	-	270	5,940.00	19,273.42
2	รายวัน	17	-	300	5,100.00	
3	รายเดือน	26	9,500	316.67	8,233.42	

ที่มา: ฝ่ายทรัพยากรบุคคล โรงงานตัวอย่าง (2556) แสดงดังตารางที่ 3.5

จากการใช้การจัดสมดุลสายการผลิตด้วยวิธีการประยุกต์วิธีฮิวริสติกโดยรวม (Integration Line Balancing Method: ILB) จะได้จำนวน 11 สถานีงาน ผลรวมของเวลางานทั้งหมด เท่ากับ 315.13 นาที รอบเวลาการผลิต 30 นาที ประสิทธิภาพสายการผลิตร้อยละ 95.49 ประสิทธิภาพที่หายไปร้อยละ 4.51 เกิดเวลาสูญเปล่า 14.87 นาที มีต้นทุนแรงงาน 19,273.42 บาท และใช้เครื่องจักร 6 เครื่อง

จากการใช้ฮิวริสติกส์ทั้ง 4 วิธีเข้ามาช่วยในการจัดสมดุลสายการผลิตในโรงงานผลิตตู้แช่เครื่องดื่ม สามารถเปรียบเทียบผลการดำเนินการที่ได้ดังตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 เปรียบเทียบผลการจัดสมดุลสายการผลิตโรงงานผลิตตู้แช่เครื่องดื่ม

รายการ	ก่อนจัดสมดุลสายการผลิต	ทฤษฎี	หลังจัดสมดุลสายการผลิต			
			วิธี K&W	วิธี LCR	วิธี RPW	วิธี ILB
จำนวนสถานีงาน	17	11	12	11	11	11
จำนวนเครื่องจักร	6	6	6	6	6	6
จำนวนพนักงาน	80	-	72	65	65	65
Efficiency %	61.79	95.49	87.54	95.49	95.49	95.49
Balance Delay %	38.21	4.51	12.46	4.51	4.51	4.51
Idle Time (min.)	194.87	14.87	44.87	14.87	14.87	14.87
ต้นทุนแรงงานรวม (บาท/วัน)	(1) 23,600.10	-	(2) 21,286.76	(3) 19,273.42	(4) 19,273.42	(5) 19,273.42
สามารถประหยัดค่าแรงงาน			(1) - (2) 2,313.34	(1) - (3) 4,326.68	(1) - (4) 4,326.68	(1) - (5) 4,326.68

จากตารางที่ 4.13 เปรียบเทียบให้เห็นผลของการจัดสมดุลสายการผลิตโดยใช้ฮิวริสติกส์ทั้ง 4 วิธี ได้ผลคือ การใช้ฮิวริสติกวิธี K&W สามารถลดจำนวนสถานีงานจากเดิมจำนวน 17 สถานี ลดลงเหลือ 12 สถานี สามารถลดจำนวนพนักงานลงจากเดิม 80 คน ลดลงเหลือ 72 คนสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต จากเดิมร้อยละ 61.79 เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 87.54 ประสิทธิภาพที่หายไป จากเดิมร้อยละ 38.21 ลดลงเหลือร้อยละ 12.46 เกิดต้นทุนแรงงาน 21,286.76 บาทต่อวัน

ส่วนอีก 3 วิธี ได้แก่ วิธี LCR วิธี RPW และวิธี ILB สามารถลดจำนวนสถานีงานลงจากเดิม 17 สถานีงาน เหลือเพียง 11 สถานีงานเท่ากัน สามารถลดจำนวนพนักงานลงจากเดิม 80 คน ลดลงเหลือจำนวน 65 คน สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต จากเดิมร้อยละ 61.79 เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 95.49 เท่ากันทั้ง 3 วิธี ประสิทธิภาพที่หายไป จากเดิมร้อยละ 38.21 ลดลงเหลือร้อยละ 4.51 เท่ากันทั้ง 3 วิธี และเกิดต้นทุนแรงงาน 19,273.42 บาทต่อวัน

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการจัดสมดุลสายการผลิตกระบวนการผลิตตู้แช่เครื่องดื่ม จากวิธีฮิวริสติกส์ ทั้ง 4 วิธี ได้ผลแสดงดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบผลการจัดสมดุลสายการผลิตโรงงานผลิตตู้แช่เครื่องดื่ม

รายการ	ทฤษฎี	ก่อน จัดสมดุล สายการผลิต	หลังจัดสมดุลสายการผลิต			
			วิธี K&W	วิธี LCR	วิธี RPW	วิธี ILB
จำนวนสถานีงาน	11	17	12	11	11	11
จำนวนเครื่องจักร	6	6	6	6	6	6
จำนวนพนักงาน (คน)	-	80	72	65	65	65
Efficiency (เปอร์เซ็นต์)	95.49	61.79	87.54	95.49	95.49	95.49
Balance Delay (เปอร์เซ็นต์)	4.51	38.21	12.46	4.51	4.51	4.51
Idle Time (นาที)	14.87	194.87	44.87	14.87	14.87	14.87
ต้นทุนแรงงานรวม (บาท/วัน)	(1) 23,600.10	-	(2) 21,286.76	(3) 19,273.42	(4) 19,273.42	(5) 19,273.42
สามารถประหยัดค่าแรงงาน (บาท/วัน)			(1) - (2) 2,313.34	(1) - (3) 4,326.68	(1) - (4) 4,326.68	(1) - (5) 4,326.68

5.1 วิเคราะห์ผลการศึกษาการจัดสมดุลสายการผลิต จากตารางที่ 5.1 ดังนี้

5.1.1 วิธีของกิลบริดจ์และเวสเตอร์ (Kilbridge and Wester Method) จากการนำวิธีจัดสมดุลสายการผลิตตู้แช่เครื่องดื่ม โดยใช้วิธีของกิลบริดจ์และเวสเตอร์ (Kilbridge and Wester Method) พบว่าจะได้จำนวน 12 สถานีงาน ผลรวมของเวลางานทั้งหมด เท่ากับ 315.13 นาที รอบเวลาการผลิต 30 นาที ประสิทธิภาพสายการผลิตร้อยละ 87.54 ประสิทธิภาพที่หายไปร้อยละ 12.46 เวลาสูญเปล่าที่เกิดขึ้น 44.87 นาที มีต้นทุนแรงงาน 21,286.76 บาทต่อวัน ใช้เครื่องจักรจำนวน 6 เครื่อง

5.1.2 การจัดสมดุลสายการผลิต วิธีการใช้เกณฑ์เวลามากที่สุดมาก่อน (Largest - Candidate Rule) จากการจัดสมดุลสายการผลิตตู้แช่เครื่องดื่ม โดยใช้วิธีการใช้เกณฑ์เวลามากที่สุดมาก่อน (Largest - Candidate Rule) พบว่าวิธีการใช้วิธีเกณฑ์เวลามากที่สุดมาก่อน (Largest - Candidate Rule) จัดได้จำนวน 11 สถานีงาน ผลรวมของเวลางานทั้งหมด เท่ากับ 315.13 นาที รอบเวลาการผลิต 30 นาที ประสิทธิภาพสายการผลิตร้อยละ 95.49 ประสิทธิภาพที่หายไปร้อยละ 4.51 เวลาสูญเปล่าที่เกิดขึ้น 14.87 นาที มีต้นทุนแรงงาน 19,273.42 บาทต่อวัน และใช้เครื่องจักรจำนวน 6 เครื่อง

5.1.3 วิธีการใช้น้ำหนักเป็นตัวกำหนดตำแหน่ง (Ranked Positional Weights Method) จากการจัดสมดุลสายการผลิตตู้แช่เครื่องดื่ม โดยใช้วิธีการใช้น้ำหนักเป็นตัวกำหนดตำแหน่ง (Ranked Positional Weights Method) พบว่าได้จำนวน 11 สถานีงาน ผลรวมของเวลางานทั้งหมด เท่ากับ 315.13 นาที รอบเวลาการผลิต 30 นาที ประสิทธิภาพสายการผลิตร้อยละ 95.49 ประสิทธิภาพที่หายไปร้อยละ 4.51 เวลาสูญเปล่าที่เกิดขึ้น 14.87 นาที มีต้นทุนแรงงาน 19,273.42 บาทต่อวัน และใช้เครื่องจักรจำนวน 6 เครื่อง

5.1.4 วิธีการประยุกต์วิธีฮิวริสติกโดยรวม (Integration Line Balancing Method: ILB) จากการจัดสมดุลสายการผลิตตู้แช่เครื่องดื่ม โดยใช้วิธีการประยุกต์วิธีฮิวริสติกโดยรวม (Integration Line Balancing Method: ILB) พบว่าได้จำนวน 11 สถานีงาน ผลรวมของเวลางานทั้งหมด เท่ากับ 315.13 นาที รอบเวลาการผลิต 30 นาที ประสิทธิภาพสายการผลิตร้อยละ 95.49 ประสิทธิภาพที่หายไปร้อยละ 4.51 เวลาสูญเปล่าที่เกิดขึ้น 14.87 นาที มีต้นทุนแรงงาน 19,273.42 บาท และใช้เครื่องจักรจำนวน 6 เครื่อง

5.2 สรุปผลการจัดสมดุลสายการผลิต

จากผลการวิจัยที่ได้จากการจัดสมดุลสายการผลิตที่ได้ผลตามตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบให้เห็นผลของการจัดสมดุลสายการผลิตโดยใช้ฮิวริสติกส์ทั้ง 4 วิธีได้ผลคือ การใช้ฮิวริสติกวิธีของกิลบริดจ์และเวสเตอร์ (Kilbridge and Wester Method) สามารถลดจำนวนสถานีงานจากเดิม 17 สถานี ลดลงเหลือ 12 สถานี สามารถลดจำนวนพนักงานลงจากเดิม 80 คน ลดลงเหลือ 72 คนสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต จากเดิมร้อยละ 61.79 เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 87.54 ประสิทธิภาพที่หายไปจากเดิมร้อยละ 34.35 ลดลงเหลือร้อยละ 12.46

ส่วนอีก 3 วิธีได้แก่ วิธีการใช้เกณฑ์เวลามากที่สุดมาก่อน (Largest - Candidate Rule), วิธีการใช้น้ำหนักเป็นตัวกำหนดตำแหน่ง (Ranked Positional Weights Method) และวิธีการประยุกต์วิธีฮิวริสติกโดยรวม (Integration Line Balancing Method: ILB) สามารถลดจำนวนสถานีงานจากเดิม 17 สถานี ลดลงเหลือ 11 สถานี สามารถลดจำนวนพนักงานลงจากเดิม 80 คน ลดลง

เหลือ 65 คน สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต จากเดิมร้อยละ 61.79 เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 95.49 และทำให้ประสิทธิภาพที่หายไป ลดลงจากเดิมร้อยละ 34.35 เหลือร้อยละ 4.51 เท่ากันทั้ง 3 วิธี

5.3 ข้อเสนอแนะในการจัดสมดุลสายการผลิต

จากที่ได้ทำการศึกษากระบวนการผลิตเพื่อจัดสมดุลสายการผลิตในกระบวนการประกอบตู้แช่เครื่องดื่ม ของโรงงานตัวอย่างได้ข้อเสนอแนะดังต่อไปนี้

5.3.1 วิธีการจัดสมดุลสายการผลิตที่ได้นำมาประยุกต์ใช้ในการจัดสมดุลสายการผลิต นอกจากนี้ยังมีวิธีการทางฮิวริสติกส์ อีกหลายวิธีที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ตามความเหมาะสมกับสภาพปัญหาต่างๆ เพื่อลดความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นในสายการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5.3.2 สถานประกอบการควรพิจารณานำวิธีการประยุกต์วิธีฮิวริสติกโดยรวม (Integration Line Balancing Method: ILB) นี้ลงไปสู่แนวทางปฏิบัติเพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตให้ดียิ่งขึ้น

5.3.3 เนื่องจากสายการผลิตของโรงงานตัวอย่างนี้เป็นสายการผลิตแบบเส้นตรงธรรมดา การนำวิธีการประยุกต์วิธีฮิวริสติกโดยรวม (Integration Line Balancing Method: ILB) มาใช้จึงได้ค่าประสิทธิภาพเท่ากับวิธีที่ได้ค่าประสิทธิภาพสูงสุดเท่านั้น ดังนั้นผู้ทำการวิจัยจึงขอเสนอแนะให้มีการนำวิธีการประยุกต์วิธีฮิวริสติกโดยรวม (Integration Line Balancing Method: ILB) นี้ไปทดลองใช้ในการจัดสมดุลสายการผลิตรูปแบบต่าง ๆ รวมทั้งสายการผลิตที่มีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงการจัดสมดุลสายการผลิต เพื่อลดความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นในสายการผลิตให้อยู่ในระดับต่ำที่สุด ซึ่งจะส่งผลให้สายการผลิตมีประสิทธิภาพสูงยิ่งขึ้นนั่นเอง

5.3.4 ควรมีการนำหลักเศรษฐศาสตร์การเคลื่อนไหว และหลักการขนถ่ายวัสดุ มาประยุกต์ใช้เพื่อลดความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นในสายการผลิตให้อยู่ในระดับต่ำที่สุด ซึ่งจะส่งผลให้สายการผลิตมีประสิทธิภาพสูงยิ่งขึ้นนั่นเอง

เอกสารอ้างอิง

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. **การประหยัดพลังงานในระบบทำความเย็น.** นนทบุรี: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2543.

กรุงพล โชติสุวรรณ. **การจัดสมดุลสายการผลิตแบบหลายชนิดโดยใช้การจำลอง: กรณีศึกษาสายการผลิตอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้า.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2549.

กัณศิริ กิตติภากร. **การจัดสมดุลสายการผลิตและการวางแผนทรัพยากรโดยใช้การจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ กรณีศึกษา อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์อาหาร.** การค้นคว้าอิสระปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2553.

กุลธิดา อาษากิจ. **การปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตชิ้นส่วนอุปกรณ์กำเนิดสัญญาณความถี่ด้วยเทคนิคการศึกษางาน.** การค้นคว้าอิสระปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2553.

กุสุมา ธรรมนุ. **การลดความสูญเปล่าจากการรอคอยของพนักงานควบคุมเครื่องประกอบอัตโนมัติ กรณีศึกษา โรงงานผลิตตัวเชื่อมต่อสายไฟในรถยนต์.** สารนิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2554.

คมสัน พิมลยรรยง. **การประยุกต์ใช้แอนท์โคโลนีออพติไมเซชันเพื่อแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2551.

จงกล เอี่ยมมิ. **การประยุกต์ใช้เจนเนติกอัลกอริทึมในการจัดสมดุลสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสม.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543.

ณัฐกานต์ วีรานันต์. **การพัฒนาประสิทธิภาพกระบวนการผลิตโดยการจัดสมดุลสายการผลิต กรณีศึกษา โรงงานผลิตตู้แช่เครื่องดื่ม.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2550.

ณัฐพล ภู่สว่าง. **การปรับปรุงผลิตภาพโดยเทคนิคการจัดสมดุลสายการผลิตกระเทียมเจียวของห้างหุ้นส่วนจำกัด คำธาราการ์ลิค แอนด์ โพรเซสฟูดส์ จังหวัดลำพูน.** วิทยานิพนธ์ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2555.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

นรินทร์ จึงจำเริญกิจ. **การจัดสมดุลสายการผลิตแบบหลายผลิตภัณฑ์ภายใต้เงื่อนไขเวลาไม่คงที่ในการผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูป.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553.

นุชสรา เกรียงกรกฎ. **การศึกษางานอุตสาหกรรม.** อุบลราชธานี: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2555.

นุชสรา เกรียงกรกฎ และปรีชา เกรียงกรกฎ. "โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการจัดสมดุลสายการประกอบ กรณีศึกษา โรงงานผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูป จ.อุบลราชธานี", **วิศวกรรมสาร มข.** 39(2): 131-138; เมษายน-มิถุนายน, 2555.

นุชสรา เกรียงกรกฎ. **วิธีการเมตาฮิวริสติกสำหรับปัญหาการจัดสมดุลสายการประกอบ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2550.

บรรหาญ ลิลา. **การวางแผนและควบคุมการผลิต.** กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ท้อป จำกัด, 2553.

ปรีชา เกรียงกรกฎ. **การวางแผนและควบคุมการผลิต.** อุบลราชธานี: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2555

พันรวี ทรัพย์อุดม. **การจัดสมดุลสายการประกอบแบบสองด้าน ในโรงงานประกอบรถยนต์.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2552.

พุทธสุภาพร ธรรมวิเศษ. **การปรับปรุงกระบวนการตรวจสอบชิ้นงานในฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่.** ปัญหาพิเศษปริญญาอุตสาหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2553.

ภาณุภัณฑ์ ภาระเวช และระพีพันธ์ ปิตาคะโส. "การแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายการประกอบโดยวิธีการดิฟเฟอร์เรนเชียลอิโวลูชั่น", **วารสารเทคโนโลยีอุตสาหกรรม.** 3(6): 13-20; กรกฎาคม - ธันวาคม, 2556.

เมธัส หีบเงิน. **การพัฒนาประสิทธิภาพในการผลิตโดยการปรับปรุงกระบวนการผลิต กรณีศึกษาโรงงานทำตู้น้ำเย็น.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2549.

ยุทธพงษ์ อดทน. **แนวทางการจัดสมดุลสายการผลิต กรณีศึกษา โรงงานโคมไฟฟ้า.** ปัญหาพิเศษปริญญาอุตสาหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2552.

รัชต์วรรณ กาญจนปัญญาคม. **การศึกษางานอุตสาหกรรม.** กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ท้อป, 2552.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

ริจิดโฟม อินซูเลชั่น. (2553). "ความหมายของฉนวนกันความร้อน", **เกี่ยวกับฉนวนกันความร้อนโพลียูรีเทนโฟม.** http://www.rf-foam.com. 15 ตุลาคม, 2557.

ริจิดโฟม อินซูเลชั่น. (2553). "ฉนวนกันความร้อน โพลียูรีเทนโฟม (พียูโฟม)", **เกี่ยวกับฉนวนกันความร้อนโพลียูรีเทนโฟม.** http://www.rf-foam.com. 15 ตุลาคม, 2557.

ริจิดโฟม อินซูเลชั่น. (2553). "ประเภทของฉนวนป้องกันความร้อน / ฉนวนกันความร้อน", **เกี่ยวกับฉนวนกันความร้อนโพลียูรีเทนโฟม.** http://www.rf-foam.com. 15 ตุลาคม, 2557.

วรพจน์ ศรีเกิน. **การปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตโดยใช้เทคนิคการศึกษางานและเทคนิคสมดุลการผลิตในกระบวนการการผลิตกระเป๋าเล็กของบริษัทธนูลักษณ์จำกัด (มหาชน).** การค้นคว้าอิสระปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2551.

วิจิตร ตัณฑสุทธิ์ และคณะ. **การศึกษางาน.** กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์, 2540.

วิลาสินี ศิริธร. **การเพิ่มผลผลิต: กรณีศึกษาโรงงานตัดเย็บเสื้อผ้าสำเร็จรูป จังหวัดอุบลราชธานี.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2556.

สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์. **รายงานสถานการณ์เศรษฐกิจอุตสาหกรรมเครื่องใช้ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์.** 2555.

สมพร โรจนประดิษฐ์กุล. **การเพิ่มประสิทธิภาพการประกอบ ชุดคอยล์ร้อน ในอุตสาหกรรมเครื่องปรับอากาศ กรณีศึกษา โรงงานผลิตเครื่องปรับอากาศตัวอย่าง.** สารนิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2552.

สัณฐิวัชร สำราญอยู่ดี. **การออกแบบการทดลองเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในกระบวนการฉีดโฟมพลาสติกชนิดโพลิโพรพิลีน.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2554.

สุภาภรณ์ สุวรรณรังษี. **การจัดสมดุลสายงานการประกอบโดยใช้การค้นหาแบบตาบูเชิงพันทาง.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2551.

อภิวุฒิ บรรเทิง และกมลวรรณ ไชยกาล. **การศึกษาเพื่อจัดสมดุลสายการผลิตในขั้นตอนการเย็บของโรงงานผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูป.** รายงานโครงการปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2556.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

อภิสรา คงวิชญคุปต์. **การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับจัดสมดุลสายการผลิตแบบโมดูล่าร์.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2549.

อรกานต์ อินทะจักร. **การปรับปรุงประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตโดยใช้เทคนิคการจัดสมดุลสายการผลิตเพื่อลดต้นทุนและพัฒนาขีดความสามารถในการแข่งขันของธุรกิจ กรณีศึกษา น้ำดื่มศิรดา อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง.** วิทยานิพนธ์ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง, 2552.

อุกฤษฏ์ อัชชโคสิต. **การปรับปรุงสมดุลการผลิต กรณีศึกษาการผลิตยกทรง.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2539.

เอกรัฐชัย ยวดยิ่ง. **การใช้เทคนิคการศึกษางานสำหรับการเพิ่มผลิตภาพการผลิตพาเลทเหล็ก.** สารนิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2552.

Barnes, R.M.. **Motion and Time Study.** New York: John Wiley and Sons Inc., seventh edition, 1980.

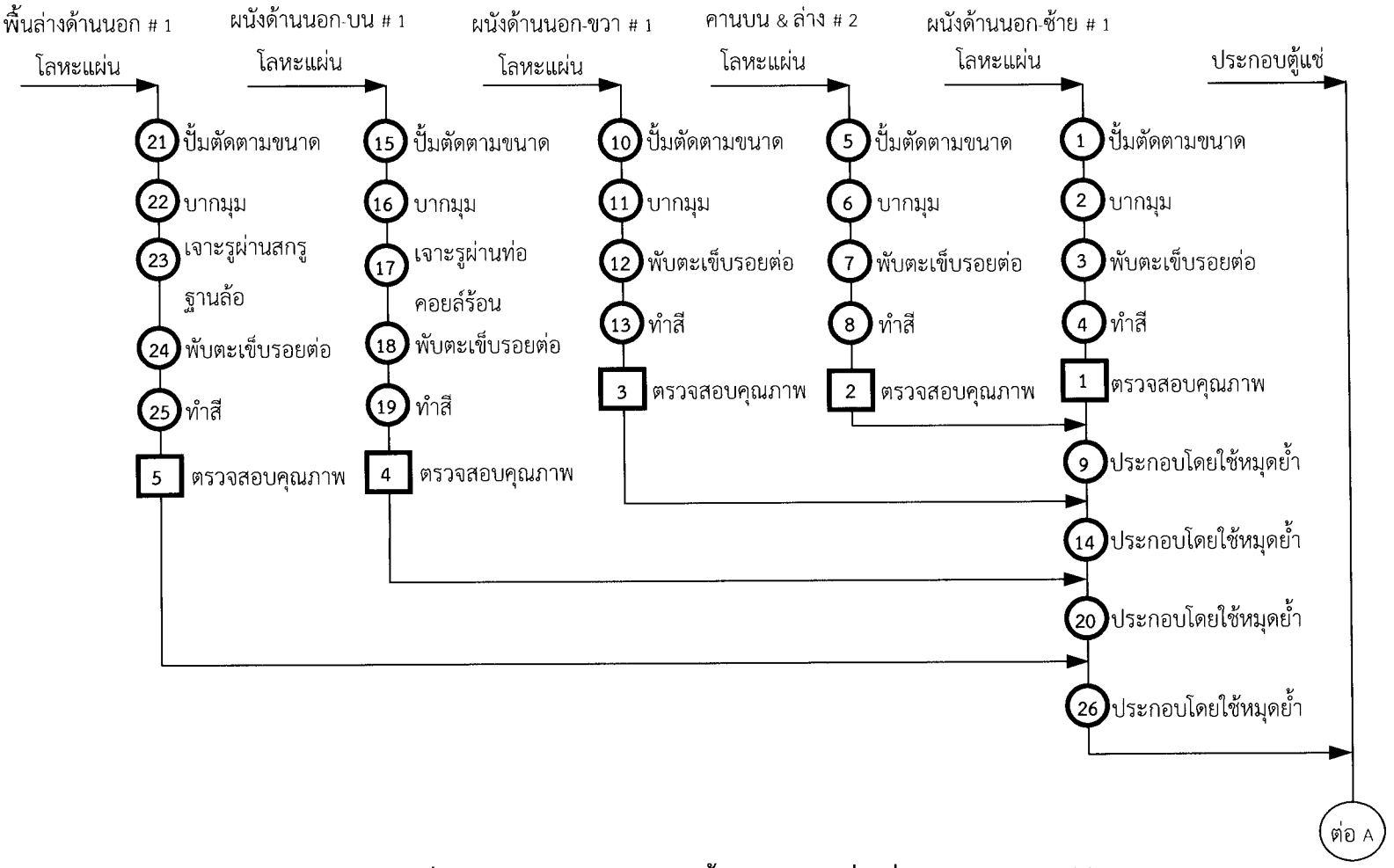
Dalgobind Mahto and Anjani Kumar. "Application of root cause analysis in improvement of product quality and productivity", **Journal of Industrial Engineering and Management.** 2008: 16-53; December, 2008.

Marvin E. Mundel and David L. Danner. Motion and Time Study, Improving Productivity. **Prentice Hall International Editions.** 7th ed. 1994.

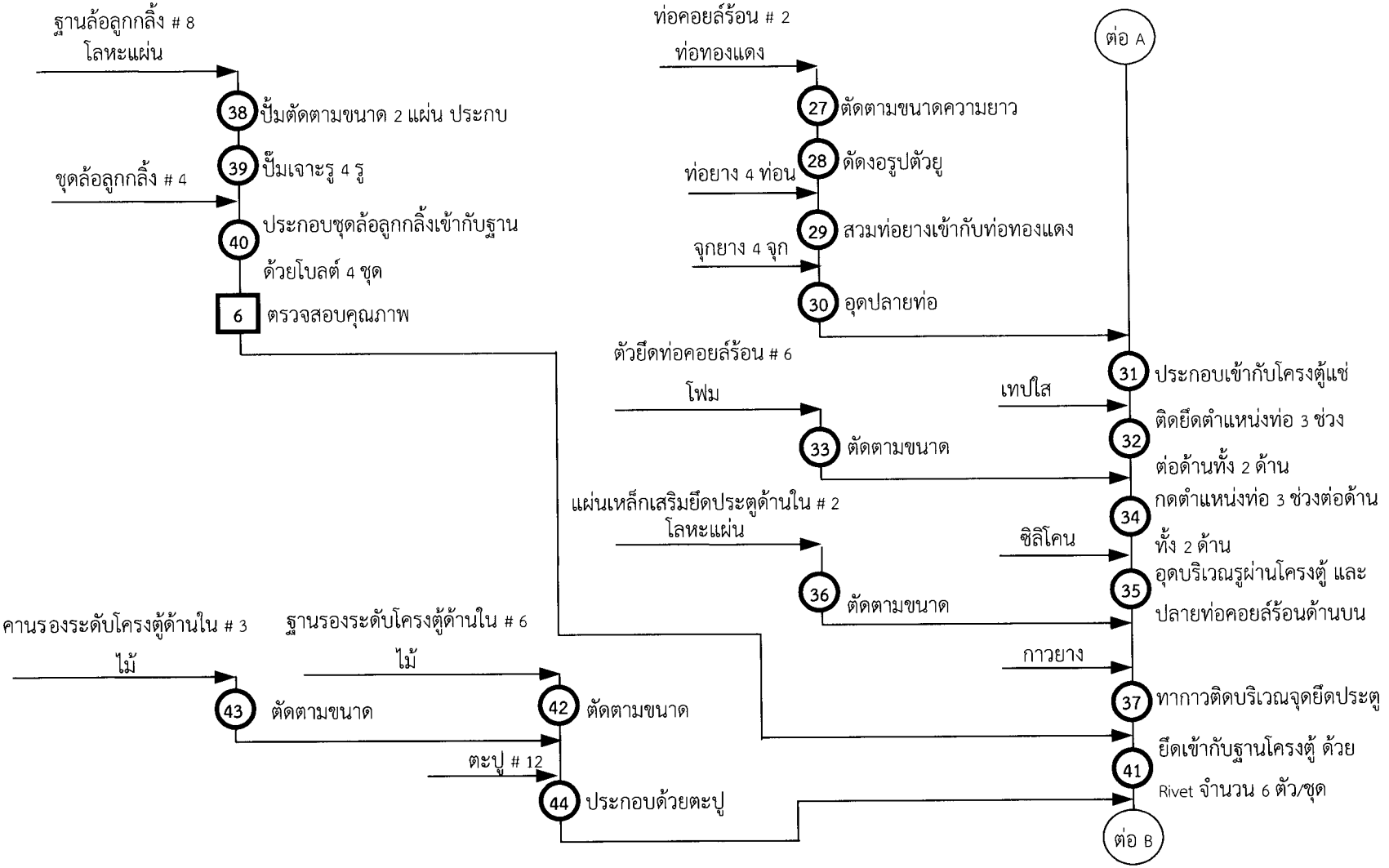
Spann, M., Adams, M. and Rahman, M. Transferring Lean Manufacturing to Small Manufacturers, **The Role of NIST-MEP**. 1997: 1-4, 1997.

ภาคผนวก

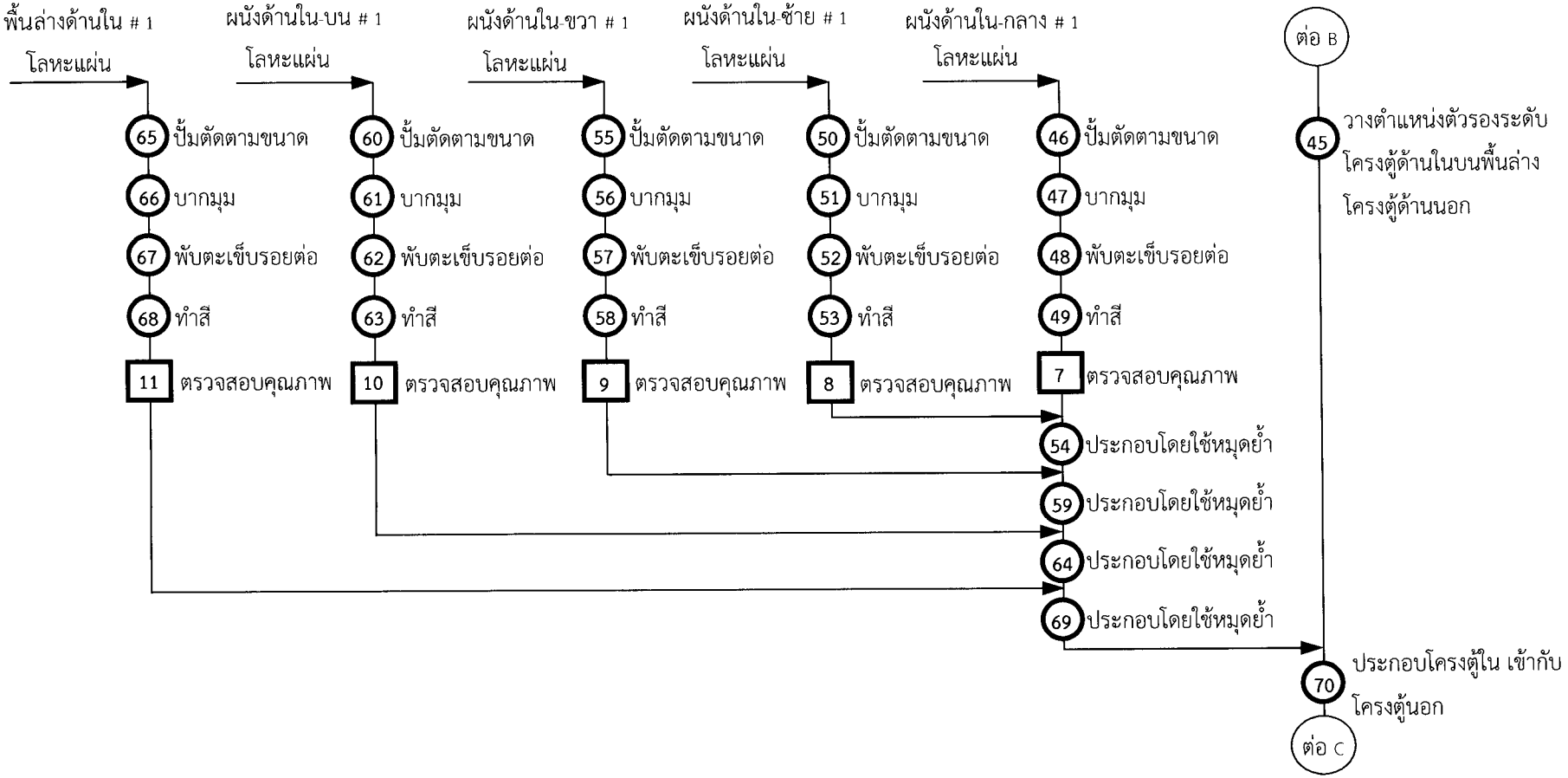
ภาคผนวก ก
แผนภูมิการประกอบตู้แช่เครื่องดื่ม



ภาพที่ ก.1 แผนภูมิการประกอบชิ้นส่วนตู้แช่เครื่องดื่ม ประกอบโครงตู้ด้านนอก

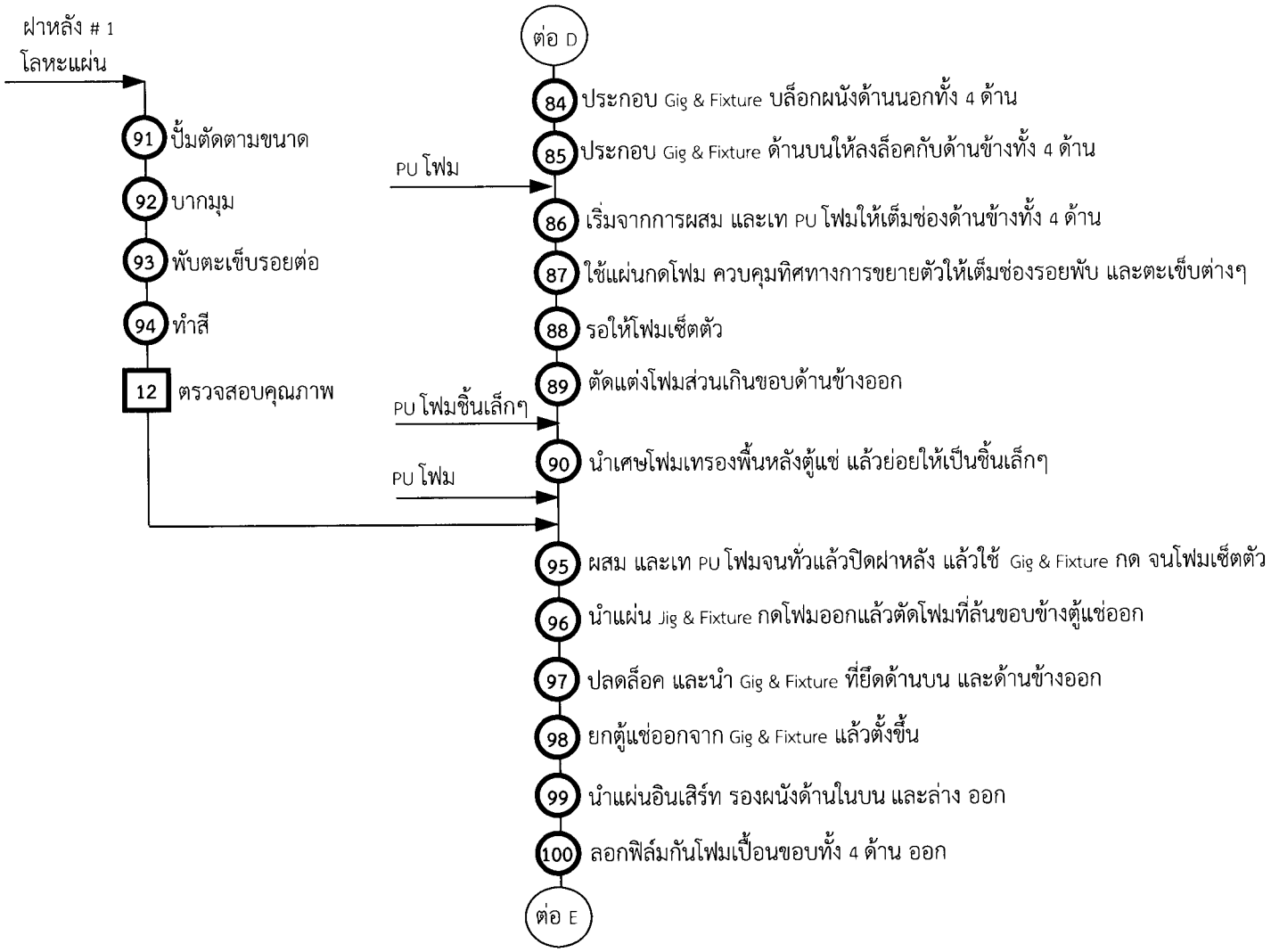


ภาพที่ ก.1 แผนภูมิการประกอบชิ้นส่วนตู้แช่เครื่องดื่ม ติดล้อเข้ากับโครงตู้ด้านนอก (ต่อ)

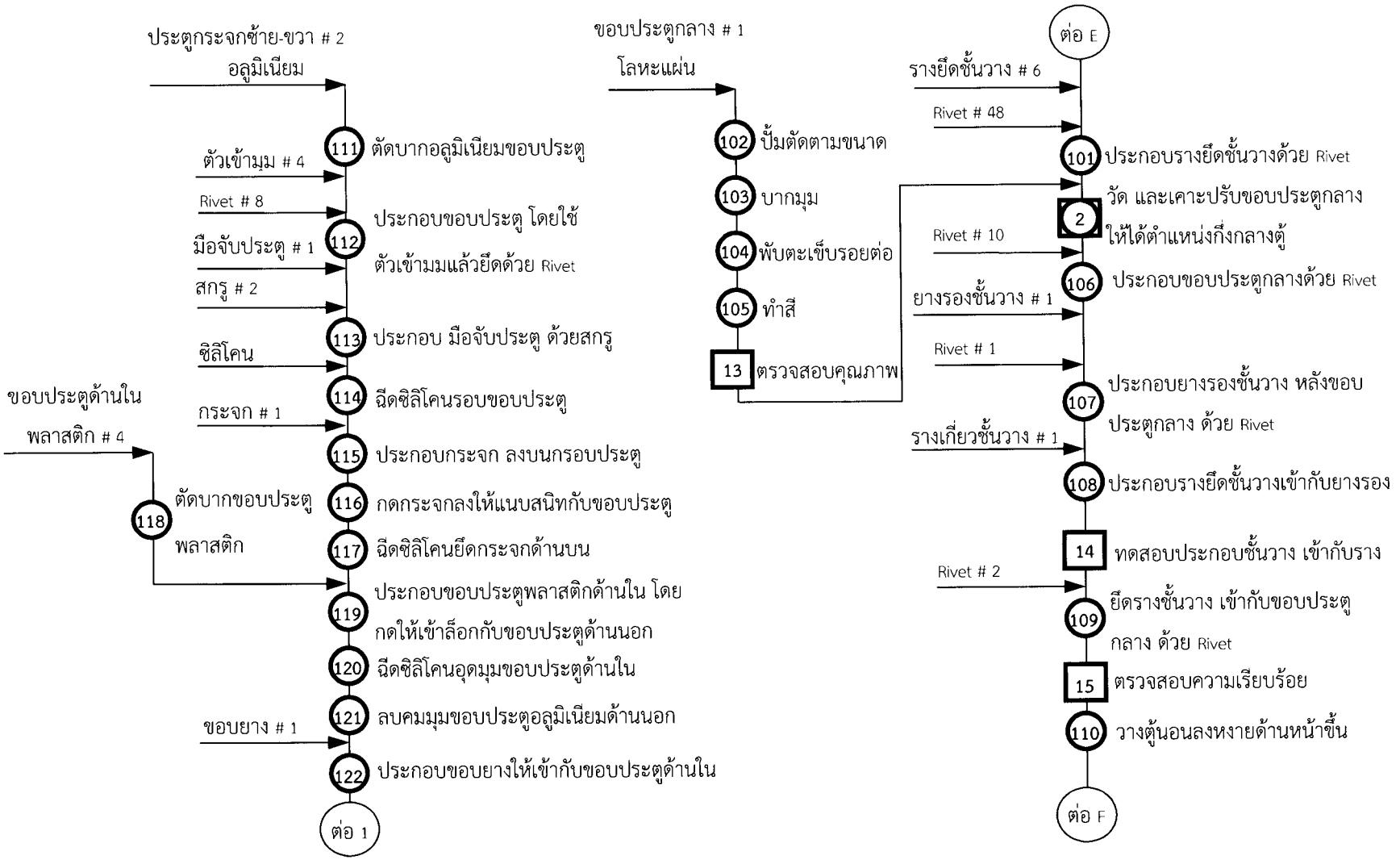


ภาพที่ ก.1 แผนภูมิการประกอบชิ้นส่วนตู้แช่เครื่องดื่ม ประกอบโครงตู้ด้านใน เข้ากับโครงตู้ด้านนอก (ต่อ)

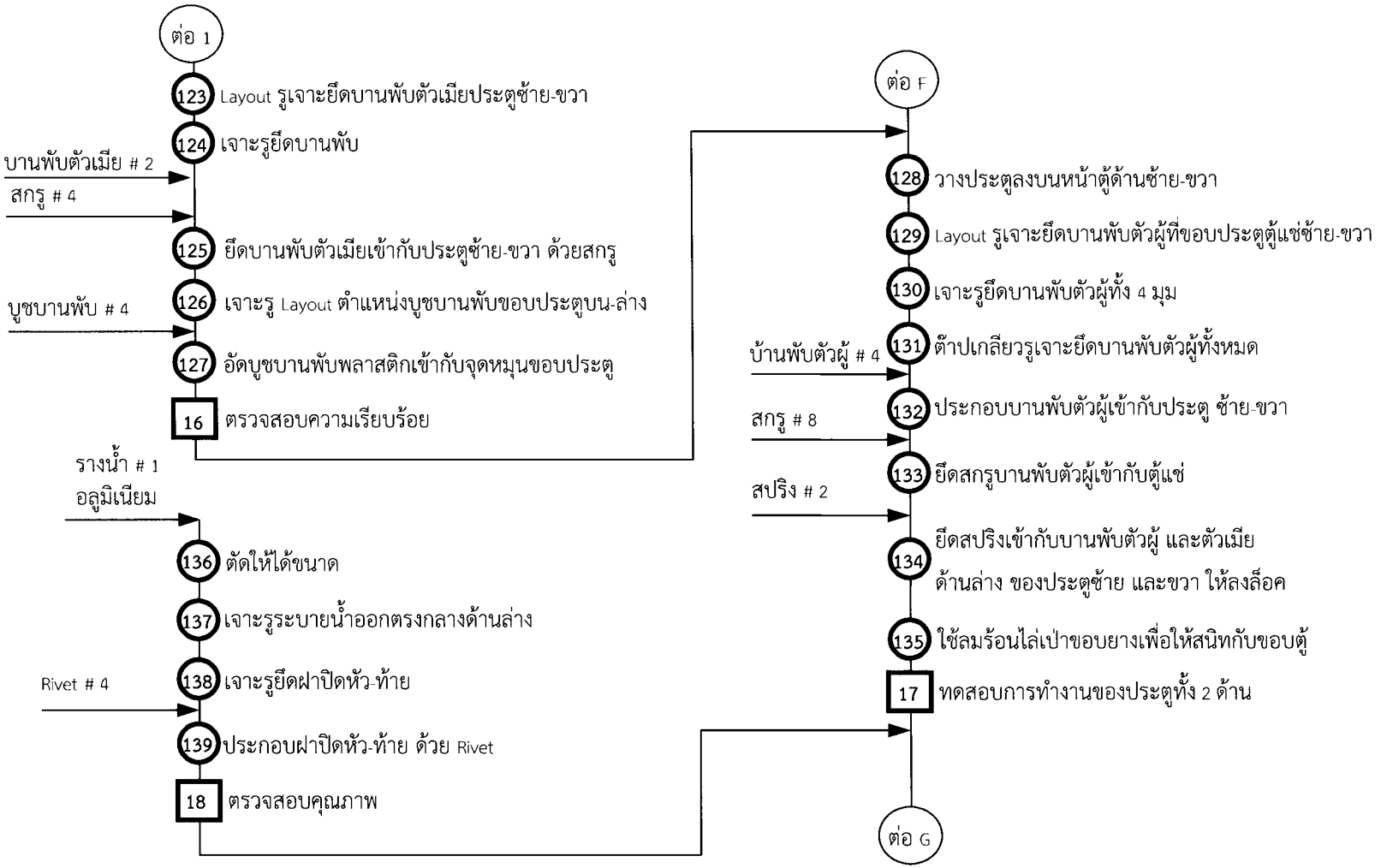
ภาพที่ ก.1 แผนภูมิการประกอบชิ้นส่วนตู้แช่เครื่องดื่ม เทโฟมยึดตำแหน่ง ฉีดซิลิโคนยาแนวตะเข็บรอยต่อ (ต่อ)



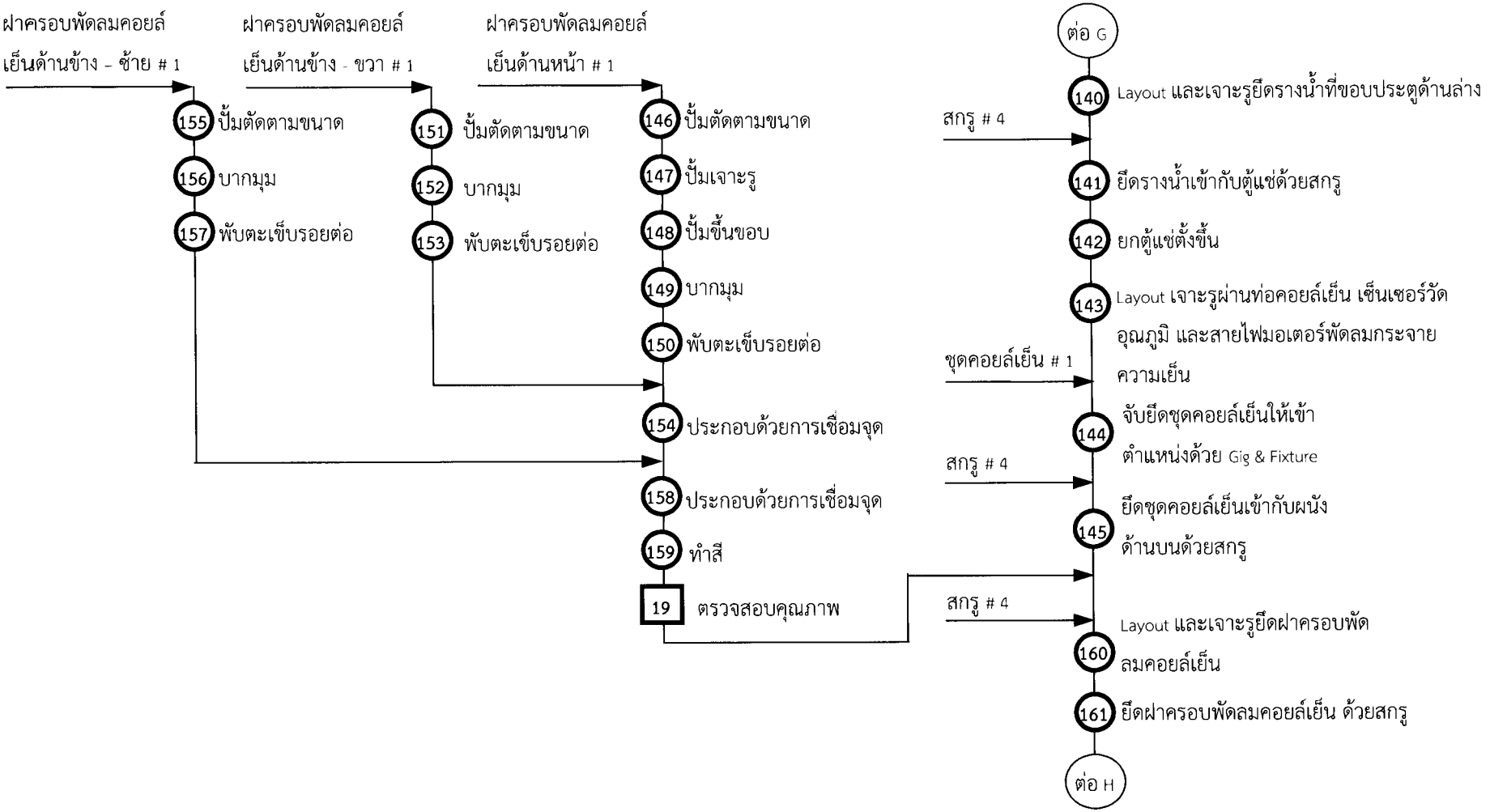
ภาพที่ ก.1 แผนภูมิการประกอบชิ้นส่วนตู้แช่เครื่องดื่ม ขั้นตอนการเทโฟมข้างตู้ และหลังตู้ (ต่อ)



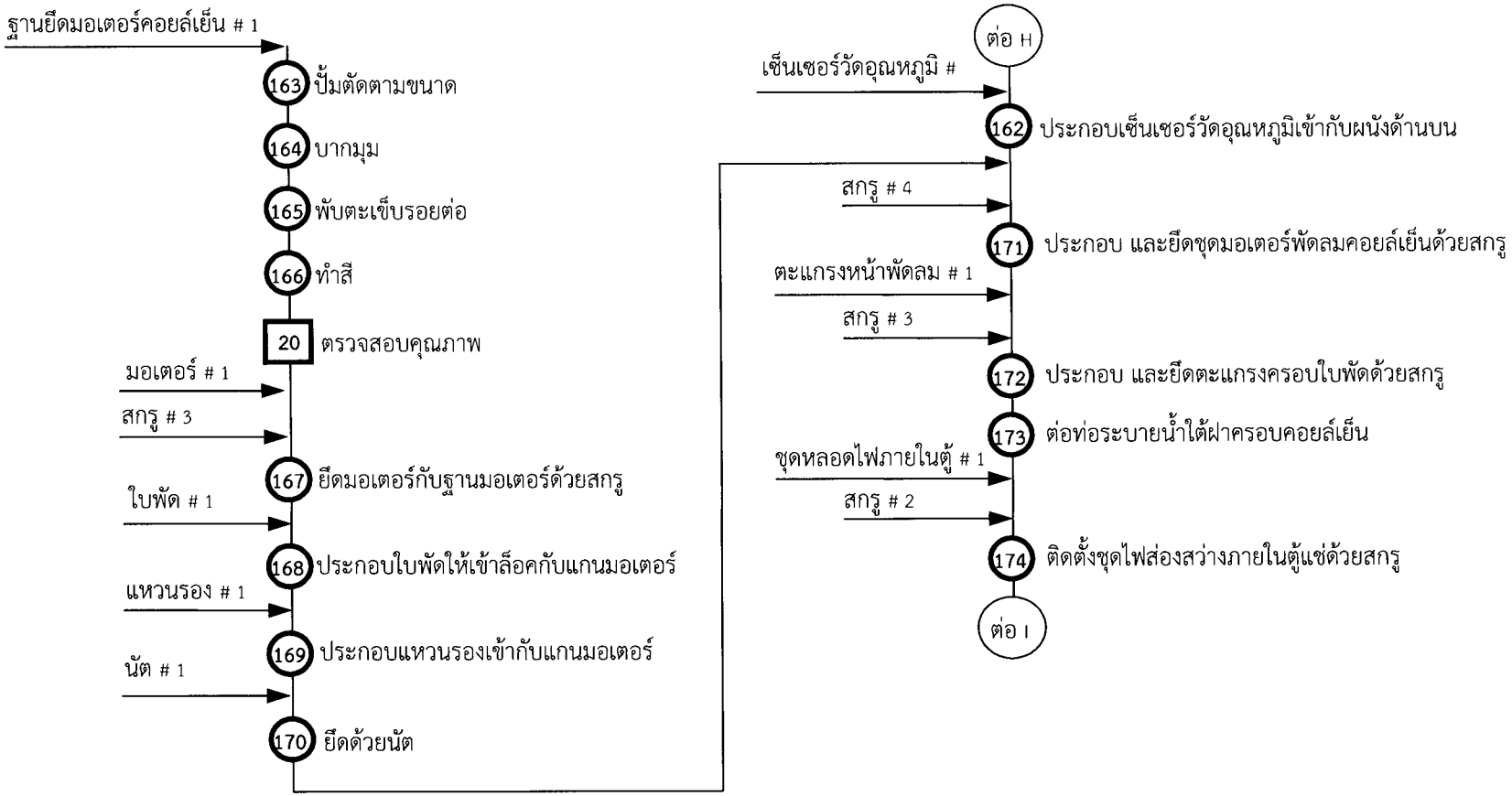
ภาพที่ ก.1 แผนภูมิการประกอบชิ้นส่วนตู้แช่เครื่องดื่ม ขั้นตอนการประกอบรางชั้นวาง (ต่อ)



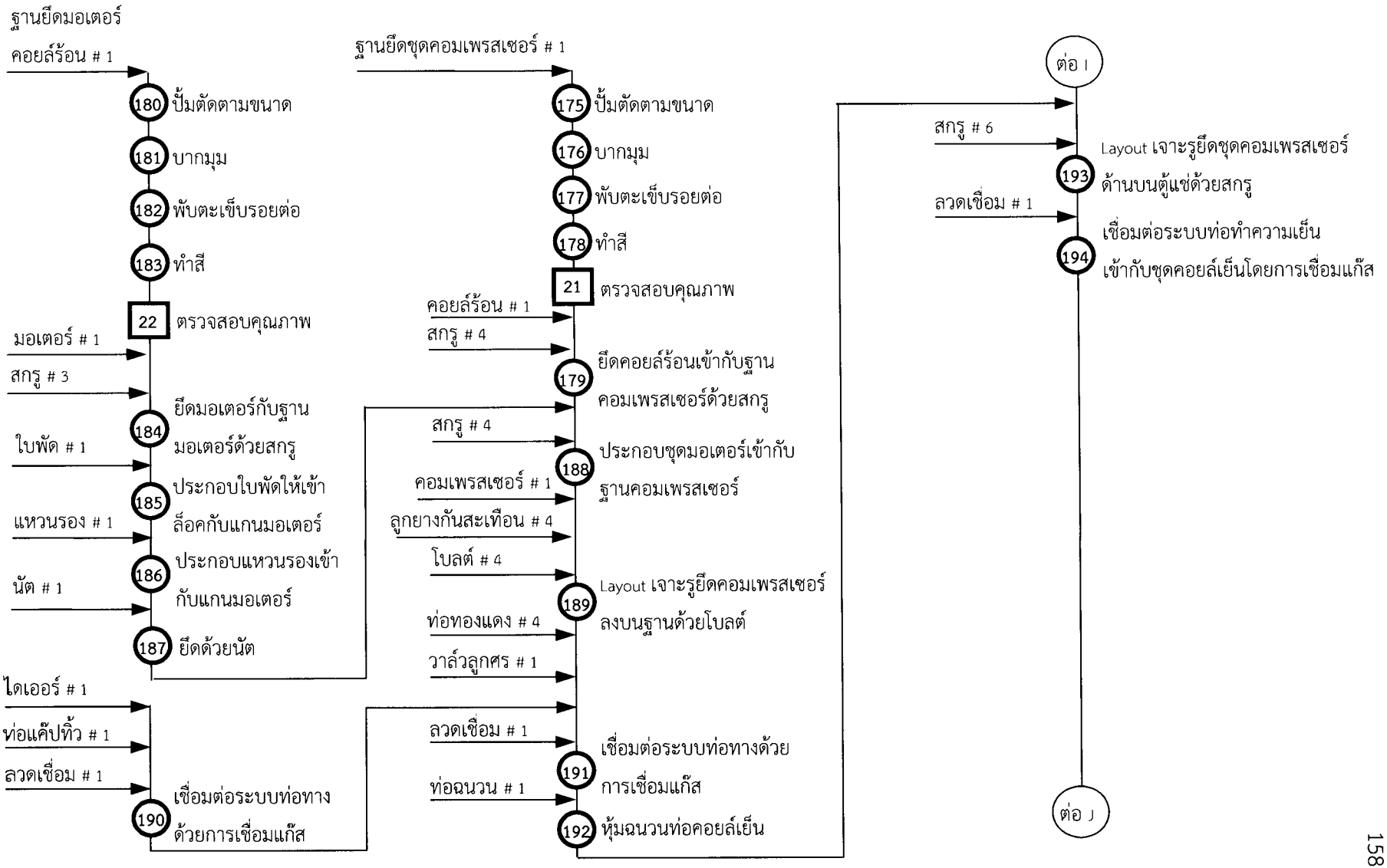
ภาพที่ ก.1 แผนภูมิการประกอบชิ้นส่วนตู้แช่เครื่องดื่ม ขั้นตอนการยึดบานพับตัวเมียเข้ากับประตูด้านซ้าย - ขวา (ต่อ)



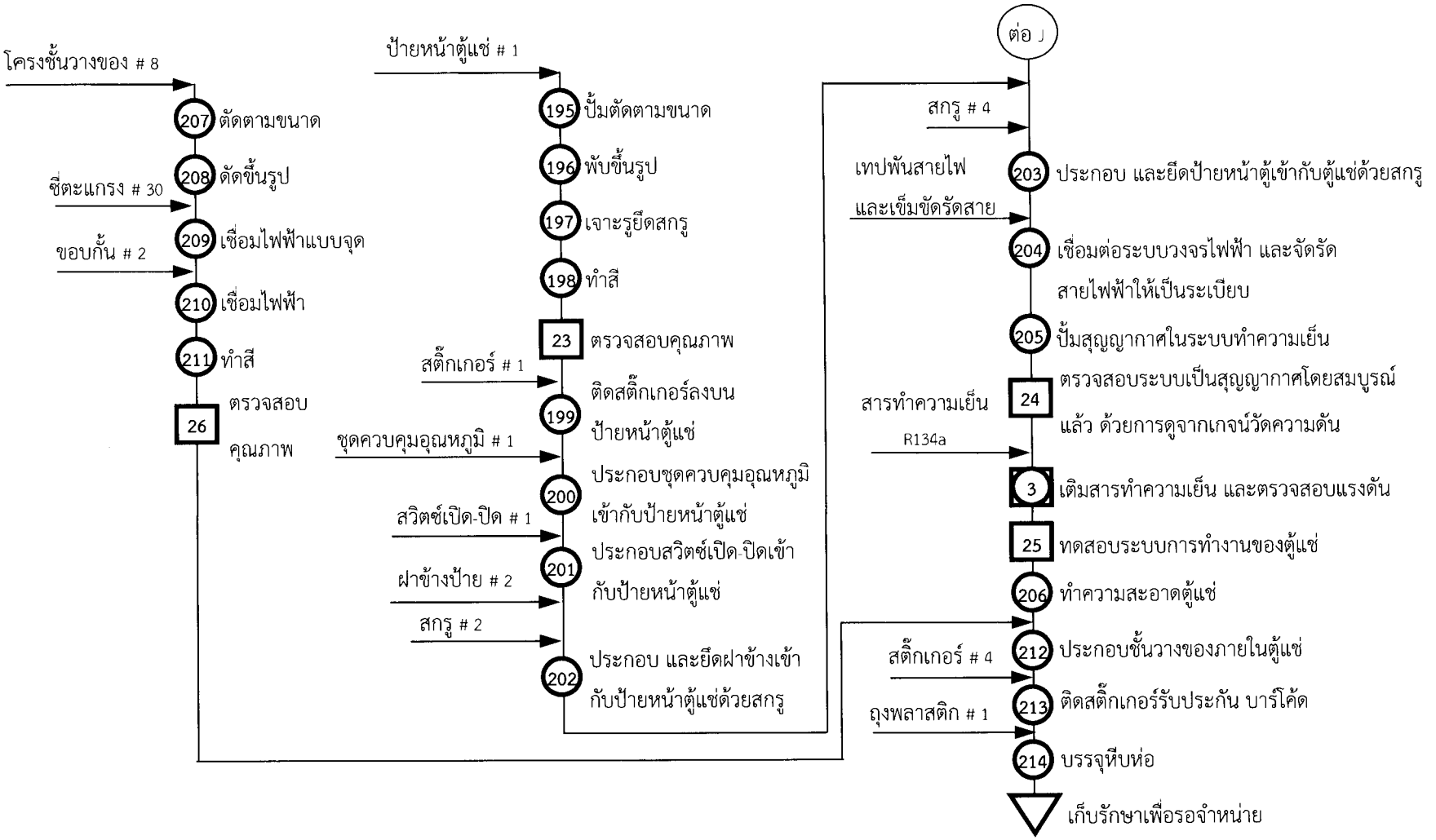
ภาพที่ ก.1 แผนภูมิการประกอบชิ้นส่วนตู้แช่เครื่องดื่ม ขั้นตอนการประกอบคอล์ยเย็น และฝาครอบพัดลม (ต่อ)



ภาพที่ ก.1 แผนภูมิการประกอบชิ้นส่วนตู้แช่เครื่องดื่ม ขั้นตอนการประกอบชุดพัดลมคอยล์เย็น และตะแกรงครอบพัดลม (ต่อ)



ภาพที่ ก.1 แผนภูมิการประกอบชิ้นส่วนตู้แช่เครื่องดื่ม ขั้นตอนการประกอบชุดคอยล์ร้อน (ต่อ)



ภาพที่ ก.1 แผนภูมิการประกอบชิ้นส่วนตู้แช่เครื่องดื่ม ขั้นตอนการประกอบป้ายหน้าตู้ - บรรจุหีบห่อ (ต่อ)

ภาคผนวก ข
การหาจำนวนรอบการจับเวลาที่เหมาะสม

ตารางที่ ข.1 การหาจำนวนรอบที่เหมาะสมโดยประมาณสำหรับค่าความคลาดเคลื่อน ±5% ภายใน 95% ของความเชื่อมั่น

$\frac{R}{\bar{x}}$	ข้อมูลจากกลุ่ม		$\frac{R}{\bar{x}}$	ข้อมูลจากกลุ่ม		$\frac{R}{\bar{x}}$	ข้อมูลจากกลุ่ม	
	5	10		5	10		5	10
0.10	3	2	0.42	52	30	0.74	162	93
0.12	4	2	0.44	57	33	0.76	171	98
0.14	6	3	0.46	63	36	0.78	180	103
0.16	8	4	0.48	68	39	0.80	190	108
0.18	10	6	0.50	74	42	0.82	199	113
0.20	12	7	0.52	80	46	0.84	209	119
0.22	14	8	0.54	86	49	0.86	218	125
0.24	17	10	0.56	93	53	0.88	229	131
0.26	20	11	0.58	100	57	0.90	239	138
0.28	23	13	0.60	107	61	0.92	250	143
0.30	27	15	0.62	114	65	0.94	261	149
0.32	30	17	0.64	121	69	0.96	273	156
0.34	34	20	0.66	129	74	0.98	284	162
0.36	38	22	0.68	137	78	1.00	296	169
0.38	43	24	0.70	145	83			
0.40	47	27	0.72	153	88			

หมายเหตุ : สำหรับค่าความคลาดเคลื่อน ±10% ภายใน 95% ของความเชื่อมั่นให้หารตัวเลขใน ตารางที่ 2.5 ด้วย 4

ตัวอย่างการคำนวณหาจำนวนรอบที่เหมาะสม

การจับเวลา 10 ครั้ง ได้เวลาดังนี้ 2.45, 2.20, 2.48, 2.43, 2.27 นาที จงคำนวณหาจำนวนครั้งในการจับเวลาที่เหมาะสม ถ้าต้องการระดับความเชื่อมั่นที่ 95% ค่าความละเอียดแม่นยำ $\pm$5% โดยใช้วิธีของ Maytag ซึ่งมีขั้นตอนการคำนวณดังนี้

1) รอบเวลาการทำงานมากกว่า 2 นาที จึงเลือกใช้การบันทึกเวลาแบบ 5 ครั้ง
2) หาค่าพิสัย R = H - L = 2.48 – 2.20 = 0.28
3) หาค่าเฉลี่ย $\bar{x}$ จากสูตร $\frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n}$ = 11.83/5 = 2.37
4) หาค่า $\frac{R}{\bar{x}}$ = 0.28/2.37 = 0.12
5) หาจำนวนครั้งที่ต้องจับเวลาโดยการเทียบตารางที่ 2.5 จะได้ ประมาณ 4 ครั้ง
6) แสดงว่าการบันทึกเวลาจำนวน 5 ครั้งนั้นเพียงพอแล้ว

ภาคผนวก ค
ใบบันทึกการจับเวลา

ตารางที่ ค.1 ขั้นตอนการผลิตตู้แช่เครื่องดื่ม

ใบบันทึกการจับเวลา TIME STUDY OBSERVATION SHEET											Page NO. TS. NO.	
ชื่อผลิตภัณฑ์ : รุ่น :	กระบวนการ : ประกอบตู้แช่เครื่องดื่ม							วันที่ เวลาเริ่ม สิ้นสุด				
ขนาดการผลิต : แผนก :	ขั้นตอน :							ผู้ปฏิบัติงาน ( ) ชาย ( ) หญิง อายุงาน ปี				
สาย :	วิธีการ ( ) ปัจจุบัน ( ) ปรับปรุง							ผู้จับเวลา : นายธนาการ ประภาสัจจะเวทย์				
รายงานสถานที่ทำงาน : มีแสงพอประมาณ มีเสียงเครื่องจักรดังเป็นจังหวะ มีฝุ่นและร้อนพอสมควร								เครื่องจักร : อุปกรณ์ :				
งาน	จำนวนพนักงาน (คน)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	AVG.
1	2	2.45	2.20	2.48	2.25	2.43	2.47	2.27	2.33	2.35	2.43	2.37
2	1	6.96	7.36	7.88	7.48	8.13	7.79	7.66	8.23	8.09	7.01	7.66
3	1	9.52	10.05	9.35	9.42	9.37	10.20	9.82	9.33	9.55	10.25	9.69
4	1	1.92	2.00	1.95	1.82	2.08	1.93	1.83	2.03	1.73	1.92	1.92
5	3	2.65	2.81	2.76	2.80	2.76	2.80	2.80	2.76	2.88	2.65	2.77
6	2	4.99	4.80	5.14	5.00	4.75	4.79	4.70	4.79	5.19	4.95	4.91
7	2	4.42	4.55	4.62	4.55	4.43	4.54	4.38	4.43	4.40	4.50	4.48
8	1	9.01	9.79	9.81	9.28	9.73	9.01	9.69	9.19	8.69	8.74	9.29
9	2	3.28	3.10	3.22	3.05	3.25	3.23	3.30	3.20	3.27	3.15	3.21
10	1	3.73	3.84	3.34	3.18	3.68	3.79	3.58	3.43	3.44	3.89	3.59
11	1	4.04	3.84	3.70	3.37	3.84	3.50	3.87	3.80	4.14	3.77	3.79
12	1	7.35	7.40	6.92	7.44	6.65	7.05	7.49	6.52	6.92	7.05	7.08
13	1	12.20	11.95	11.37	12.12	10.87	12.12	11.37	11.70	11.37	12.04	11.71
14	5	4.74	4.97	4.54	4.34	4.96	4.54	4.71	4.27	4.46	4.83	4.64

ตารางที่ ค.1 ขั้นตอนการผลิตตู้แช่เครื่องดื่ม (ต่อ)

ใบบันทึกการจับเวลา TIME STUDY OBSERVATION SHEET		Page NO. TS. NO.
ชื่อผลิตภัณฑ์ : รุ่น :	กระบวนการ : ประกอบตู้แช่เครื่องดื่ม	วันที่ เวลาเริ่ม สิ้นสุด
ขนาดการผลิต : แผนก :	ขั้นตอน :	ผู้ปฏิบัติงาน ( ) ชาย ( ) หญิง อายุงาน ปี
สาย :	วิธีการ ( ) ปัจจุบัน ( ) ปรับปรุง	ผู้จับเวลา : นายธนาการ ประภาสัจจะเวทย์
รายงานสถานที่ทำงาน : มีแสงพอประมาณ มีเสียงเครื่องจักรดังเป็นจังหวะ มีฝุ่น และร้อนพอสมควร		เครื่องจักร : อุปกรณ์ :

งาน	จำนวนพนักงาน (คน)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	AVG.
15	4	8.55	7.45	7.89	9.27	8.30	9.19	8.80	8.64	9.02	8.64	8.58
16	3	5.85	5.54	5.99	5.75	5.89	5.52	5.75	5.89	5.72	5.25	5.72
17	3	7.56	7.49	7.56	7.69	7.46	6.92	7.66	7.79	7.49	7.62	7.52
18	5	9.06	8.96	10.31	10.17	9.33	8.93	9.79	9.05	9.15	10.71	9.55
19	3	4.02	4.44	3.90	4.02	4.47	4.45	4.44	4.50	4.40	4.45	4.31
20	5	8.52	7.43	7.52	8.60	8.17	8.77	7.35	8.27	7.52	8.27	8.04
21	5	3.85	3.52	3.69	3.79	3.42	3.72	3.77	3.50	3.40	3.50	3.62
22	1	1.02	1.08	0.97	1.07	1.05	1.00	1.02	1.05	0.93	0.97	1.02
23	2	7.47	7.28	7.23	6.50	6.63	7.17	7.27	7.17	7.27	6.83	7.08
24	1	3.17	3.00	3.13	3.33	3.03	2.80	3.37	3.23	3.28	3.23	3.16
25	1	1.55	1.68	1.65	1.75	1.72	1.63	1.78	1.62	1.68	1.80	1.69
26	1	7.48	7.65	7.60	8.48	7.57	7.73	7.07	8.57	7.07	8.48	7.77
27	1	2.45	2.80	2.82	2.40	2.83	2.85	2.42	2.57	2.45	2.42	2.60
28	1	3.02	3.27	2.73	2.97	2.78	3.05	2.67	2.93	2.68	3.02	2.91
29	1	10.00	10.60	10.95	9.90	10.10	10.90	10.55	10.60	10.75	10.30	10.47

ตารางที่ ค.1 ขั้นตอนการผลิตตู้แช่เครื่องดื่ม (ต่อ)

ใบบันทึกการจับเวลา TIME STUDY OBSERVATION SHEET								Page NO. TS. NO.				
ชื่อผลิตภัณฑ์ : รุ่น :		กระบวนการ : ประกอบตู้แช่เครื่องดื่ม						วันที่ เวลาเริ่ม สิ้นสุด				
ขนาดการผลิต : แผนก :		ขั้นตอน :						ผู้ปฏิบัติงาน ( ) ชาย ( ) หญิง อายุงาน ปี				
สาย :		วิธีการ ( ) ปัจจุบัน ( ) ปรับปรุง						ผู้จับเวลา : นายธนาการ ประภาสัจจะเวทย์				
รายงานสถานที่ทำงาน : มีแสงพอประมาณ มีเสียงเครื่องจักรดังเป็นจังหวะ มีฝุ่น และร้อนพอสมควร								เครื่องจักร : อุปกรณ์ :				
งาน งานย่อย	จำนวน พนักงาน (คน)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	AVG.
30	1	9.02	8.72	9.27	9.02	8.92	9.77	9.11	9.56	8.87	9.52	9.18
31	1	4.03	4.22	3.97	4.52	4.22	4.08	4.03	4.43	4.47	4.28	4.23
32	2	4.86	4.58	4.39	4.64	4.88	4.64	4.74	4.83	4.46	4.73	4.68
33	1	1.38	1.62	1.57	1.48	1.42	1.62	1.45	1.43	1.57	1.65	1.52
34	1	2.44	2.38	2.48	2.61	2.54	2.39	2.56	2.43	2.61	2.51	2.50
35	1	7.44	6.74	7.07	7.57	7.44	7.71	7.67	6.84	7.07	6.79	7.23
36	1	10.44	11.09	10.71	10.18	11.18	10.18	11.11	10.31	10.21	11.13	10.65
37	1	13.23	12.96	14.06	13.69	13.23	13.89	13.43	13.03	13.23	13.49	13.42
38	2	13.42	12.10	13.18	13.25	11.95	13.32	12.48	11.82	13.22	13.18	12.79
39	2	11.87	12.92	12.31	11.12	12.47	11.74	12.77	13.21	12.31	12.77	12.35
40	2	13.15	13.15	13.55	14.05	13.25	13.71	13.10	13.75	13.35	13.44	13.45
41	1	6.50	6.48	6.40	6.53	6.45	6.48	6.63	6.55	6.60	6.53	6.52
42	1	9.78	10.01	10.21	9.89	10.01	9.73	9.89	10.26	10.09	10.01	9.99
43	2	7.75	6.85	7.07	7.82	6.95	6.90	7.30	7.75	6.87	7.82	7.31

ภาคผนวก ง
การประเมินอัตราความเร็วตามวิธีของ Westinghouse

ตารางที่ ง.1 คะแนนขององค์ประกอบต่างๆ ในการประเมินอัตราความเร็วตามวิธีของ Westinghouse

Skill (ทักษะหรือความชำนาญ)			Effort (ความพยายาม)		
+0.15	A1	Super skill	+0.13	A1	Excessive
+0.13	A2		+0.12	A2	
+0.11	B1	Excellent	+0.10	B1	Excellent
+0.08	B2		+0.08	B2	
+0.06	C1	Good	+0.05	C1	Good
+0.03	C2		+0.02	C2	
0.00	D	Average	0.00	D	Average
-0.05	E1	Fair	-0.04	E1	Fair
-0.10	E2		-0.08	E2	
-0.16	F1	Poor	-0.12	F1	Poor
-0.22	F2		-0.17	F2	
Condition (สภาพเงื่อนไขการทำงาน)			**Consistency (ความสม่ำเสมอ)**		
+0.06	A	Ideal	+0.04	A	Perfect
+0.04	B	Excellent	+0.03	B	Excellent
+0.02	C	Good	+0.01	C	Good
0.00	D	Average	0.00	D	Average
-0.03	E	Fair	-0.02	E	Fair
-0.07	F	Poor	-0.04	F	Poor

ทักษะ หรือ Skill คือความชำนาญในงานที่ทำ

ความพยายาม หรือ Effort คือความตั้งใจหรือความใส่ใจในการทำงานนั้น

สภาพเงื่อนไขการทำงาน หรือ Conditions คือสภาพแวดล้อมโดยทั่วไปในการทำงานนั้นๆ

ความสม่ำเสมอ หรือ Consistency คือการรักษาความเร็วหรือจังหวะ หรือระดับของผลงานในการทำงานระบบการประเมินนี้บางครั้งถูกเรียกว่า ระบบ LMS ตามชื่อของผู้คิดค้นขึ้นคือ Lowry, Maynard และ Stegemerten

ตารางที่ ง.2 การประเมินอัตราความเร็วตามวิธีของ Westinghouse

สถานีงาน	งานย่อยที่	จำนวนพนักงาน (คน)	องค์ประกอบความเร็ว				รวม	Rating (%)	Rating factor
			Skill	Effort	Conditions	Consistency			
1	1	2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100	1.00
	2	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100	1.00
2	3	1	0.00	0.02	0.00	0.00	0.02	102	1.02
	4	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100	1.00
	5	3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100	1.00
3	6	2	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	101	1.01
	7	2	0.00	0.02	0.00	0.00	0.02	102	1.02
	8	1	0.00	0.02	0.00	0.01	0.03	103	1.03
	9	2	0.00	0.02	0.00	0.00	0.02	102	1.02
4	10	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100	1.00
	11	1	0.03	0.00	0.00	0.00	0.03	103	1.03
	12	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100	1.00
5	13	1	0.00	-0.04	0.00	-0.02	-0.06	94	0.94
	14	5	0.00	0.00	-0.03	0.00	-0.03	97	0.97
	15	4	0.03	0.02	-0.03	0.00	0.02	102	1.02
	16	3	0.00	0.00	-0.03	0.00	-0.03	97	0.97
6	17	3	0.00	0.00	-0.03	0.00	-0.03	97	0.97
	18	5	0.03	0.02	-0.03	0.00	0.02	102	1.02
	19	3	0.00	0.00	-0.03	0.00	-0.03	97	0.97
	20	5	0.03	0.02	-0.03	0.00	0.02	102	1.02
	21	5	0.00	0.00	-0.03	0.00	-0.03	97	0.97
	22	1	0.00	0.00	-0.03	0.00	-0.03	97	0.97

ตารางที่ ง.2 การประเมินอัตราความเร็วตามวิธีของ Westinghouse (ต่อ)

สถานีงาน	งานย่อยที่	จำนวนพนักงาน (คน)	องค์ประกอบความเร็ว				รวม	Rating (%)	Rating Factor
			Skill	Effort	Conditions	Consistency			
7	23	2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100	1.00
	24	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100	1.00
	25	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100	1.00
8	26	1	0.03	0.00	0.00	0.00	0.03	103	1.03
	27	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100	1.00
	28	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100	1.00
9	29	1	0.00	0.02	0.00	0.00	0.02	102	1.02
10	30	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100	1.00
	31	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100	1.00
11	32	2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100	1.00
	33	1	0.03	0.02	-0.03	0.00	0.02	102	1.02
12	34	1	0.00	0.02	0.00	-0.02	0.00	100	1.00
	35	1	0.00	0.02	0.00	-0.02	0.00	100	1.00
13	36	1	0.03	0.00	0.00	-0.02	0.01	101	1.01
	37	1	0.03	0.00	0.00	-0.02	0.01	101	1.01
14	38	2	0.03	0.00	0.00	0.00	0.03	103	1.03
	39	2	0.03	0.00	0.00	0.00	0.03	103	1.03
15	40	2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100	1.00
16	41	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100	1.00
	42	1	0.03	0.00	0.00	0.00	0.03	103	1.03
17	43	2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100	1.00

ภาคผนวก จ
ตารางวิเคราะห์เวลาเผื่อของการทำงาน

ตารางที่ จ.1 ตารางวิเคราะห์เวลาเผื่อของการทำงาน

ตารางวิเคราะห์เวลาเผื่อของการทำงาน	
ผู้วิเคราะห์ : นายธนาการ ประภาสัจจะเวทย์	**วันที่ :**
แผนก :	**กระบวนการ :**
1 เวลาเผื่อคงที่	เปอร์เซ็นต์
1.1 เวลาส่วนเผื่อสำหรับทำกิจส่วนตัว	5
1.2 เวลาส่วนเผื่อสำหรับความเมื่อยล้าเบื้องต้น	4
2 เวลาส่วนเผื่อแปรผัน	
2.1 เวลาส่วนเผื่อสำหรับการยืน	2
2.2 เวลาส่วนเผื่อสำหรับท่าทางที่ผิดปกติ	
2.2.1 ชนิดเบา	0
2.2.1 ต้องงอตัวหรือแอ่น	2
2.2.1 ต้องนอนลงยืดตัว	7
2.3 ใช้แรงกล้ามเนื้อเกี่ยวกับน้ำหนัก(ยก ลาก ผลัก)	
5 ปอนด์	0
10 ปอนด์	1
15 ปอนด์	2
20 ปอนด์	3
25 ปอนด์	4
30 ปอนด์	5
35 ปอนด์	7
40 ปอนด์	9
45 ปอนด์	11
50 ปอนด์	13
60 ปอนด์	17
70 ปอนด์	22

ตารางที่ จ.1 ตารางวิเคราะห์เวลาเผื่อของการทำงาน (ต่อ)

ตารางวิเคราะห์เวลาเผื่อของการทำงาน	
ผู้วิเคราะห์ : นายธนาการ ประภาสัจจะเวทย์	**วันที่ :**
แผนก :	**กระบวนการ :**
2.4 แสงสว่าง	เปอร์เซ็นต์
2.4.1 สลัวน้อยต่ำกว่ากำหนด	0
2.4.2 สลัวมาก	2
2.4.3 ไม่เพียงพอ	5
2.5 สภาพอากาศร้อน และชื้น แปรปรวนมาก	0 – 10
2.6 งานที่ต้องการความเอาใจใส่	
2.6.1 เล็กน้อย	0
2.6.2 ปานกลาง	2
2.6.3 ต้องการมาก	5
2.7 ระดับเสียง	
2.7.1 เบาและต่อเนื่องอยู่ในระดับเดียว	0
2.7.2 ดัง และเป็นจังหวะช่วง	2
2.7.3 ดังมาก และเป็นจังหวะช่วง	5
2.7.4 เสียงดังมาก และรุนแรง	5
2.8 สภาพความตึงเครียดทางจิตใจ	
2.8.1 งานเบาและซับซ้อนเล็กน้อย	1
2.8.2 งานซับซ้อนและต้องการความเอาใจใส่	4
2.8.3 งานยุ่งยากซับซ้อนมาก	8
2.9 ความซ้ำซาก	
2.9.1 น้อย	0
2.9.2 ปานกลาง	1
2.9.3 มาก	4

ตารางที่ จ.1 ตารางวิเคราะห์เวลาเผื่อของการทำงาน (ต่อ)

ตารางวิเคราะห์เวลาเผื่อของการทำงาน	
ผู้วิเคราะห์ : นายธนาการ ประภาสัจจะเวทย์	**วันที่ :**
แผนก :	**กระบวนการ :**
2.10 ความน่าเบื่อ	เปอร์เซ็นต์
2.10.1 ค่อนข้างน่าเบื่อ	0
2.10.2 น่าเบื่อหน่าย	2
2.10.3 น่าเบื่อหน่ายมาก	5
2.11 การใช้สายตา	
2.11.1 ปกติกับงานไม่ยุ่งยาก	0
2.11.2 ปกติกับงานที่ยุ่งยาก	2
2.11.3 เพ่งสายตากับงานปกติไม่ยุ่งยาก	4
2.11.3 เพ่งสายตากับงานที่ยุ่งยาก	10
2.12 เครื่องป้องกันอันตราย	
2.7.1 ไม่มีหรือมีแต่ผ้ากันเปื้อน	0
2.7.2 ถุงมือ	1 – 3
2.7.3 ชุดปฏิบัติการที่มีน้ำหนักมาก	10 - 20
2.7.4 หน้ากาก	10 - 20

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	TOTAL PERCENTAGE

สรุป

เปอร์เซ็นต์

1 เวลาส่วนเผื่อคงที่

1.1 เวลาส่วนเผื่อสำหรับทำภารกิจส่วนตัว

1.2 เวลาส่วนเผื่อสำหรับความเมื่อยล้าเบื้องต้น

2 เวลาส่วนเผื่อแปรผัน

3 เวลาเผื่อสำหรับความล่าช้า

4 อื่นๆ

ภาคผนวก ฉ
สรุปข้อมูลการวิเคราะห์เวลาเผื่อของการทำงาน

ตารางที่ ฉ.1 วิเคราะห์เวลาเผื่อของการทำงาน

สถานีงาน	งานย่อยที่	จำนวนพนักงาน (คน)	วิเคราะห์เวลาเผื่อการทำงาน														รวม (%)	Allowance factor
			1.1	1.2	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	2.10	2.11	2.12		
1	1	2	5	4	2	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	14	1.14
	2	1	5	4	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	10	1.10
2	3	1	5	4	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	10	1.10
	4	1	5	4	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	10	1.10
	5	3	5	4	2	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	13	1.13
3	6	2	5	4	2	0	1	0	0	2	0	1	0	0	0	0	15	1.15
	7	2	5	4	2	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	14	1.14
	8	1	5	4	2	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	1	15	1.15
	9	2	5	4	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	12	1.12
4	10	1	5	4	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	12	1.12
	11	1	5	4	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	12	1.12
	12	1	5	4	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	12	1.12

ตารางที่ ฉ.1 วิเคราะห์เวลาเผื่อของการทำงาน (ต่อ)

สถานีงาน	งานย่อยที่	จำนวนพนักงาน (คน)	วิเคราะห์เวลาเผื่อการทำงาน														รวม (%)	Allowance factor
			1.1	1.2	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	2.10	2.11	2.12		
5	13	1	5	4	2	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	14	1.14
	14	5	5	4	2	0	2	0	0	2	0	1	1	0	0	0	17	1.17
	15	4	5	4	2	0	0	0	0	2	0	1	1	0	0	1	16	1.16
	16	3	5	4	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	12	1.12
6	17	3	5	4	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	12	1.12
	18	5	5	4	2	0	1	0	0	2	0	1	0	0	0	1	16	1.16
	19	3	5	4	2	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	13	1.13
	20	5	5	4	2	0	1	0	0	2	0	1	0	0	0	1	16	1.16
	21	5	5	4	2	0	3	0	0	0	0	1	1	0	0	0	16	1.16
	22	1	5	4	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	12	1.12

ตารางที่ ฉ.1 วิเคราะห์เวลาเผื่อของการทำงาน (ต่อ)

สถานีงาน	งานย่อยที่	จำนวนพนักงาน (คน)	วิเคราะห์เวลาเผื่อการทำงาน														รวม (%)	Allowance factor
			1.1	1.2	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	2.10	2.11	2.12		
7	23	2	5	4	2	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	14	1.14
	24	1	5	4	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	12	1.12
	25	1	5	4	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	12	1.12
8	26	1	5	4	2	0	1	0	0	2	0	1	0	0	0	0	15	1.15
	27	1	5	4	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	12	1.12
	28	1	5	4	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	12	1.12
9	29	1	5	4	2	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	14	1.14
10	30	1	5	4	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	12	1.12
	31	1	5	4	2	0	1	0	0	2	0	1	0	0	0	0	15	1.15
11	32	2	5	4	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	12	1.12
	33	1	5	4	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	4	10	26	1.26

ตารางที่ ฉ.1 วิเคราะห์เวลาเผื่อของการทำงาน (ต่อ)

สถานีงาน	งานย่อยที่	จำนวนพนักงาน (คน)	วิเคราะห์เวลาเผื่อการทำงาน														รวม (%)	Allowance factor
			1.1	1.2	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	2.10	2.11	2.12		
12	34	1	5	4	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	12	1.12
	35	1	5	4	2	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	14	1.14
13	36	1	5	4	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	12	1.12
	37	1	5	4	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	12	1.12
14	38	2	5	4	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	12	1.12
	39	2	5	4	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	12	1.12
15	40	2	5	4	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	12	1.12
16	41	1	5	4	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	12	1.12
	42	1	5	4	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	12	1.12
17	43	2	5	4	2	0	1	0	0	2	0	1	0	0	0	0	15	1.15

ภาคผนวก ช
ตารางสรุปค่าต่างๆ ในการคำนวณเวลามาตรฐาน

ตารางที่ ช.1 ตารางสรุปค่าต่างๆ ในการคำนวณเวลามาตรฐาน

งานย่อยที่	เวลาเฉลี่ย	Rating factor	Normal Time	Allowance Factor	Standard Time
1	2.37	1.00	2.370	1.14	2.70
2	7.66	1.00	7.660	1.10	8.43
3	9.69	1.02	9.884	1.10	10.87
4	1.92	1.00	1.920	1.10	2.11
5	2.77	1.00	2.770	1.13	3.13
6	4.91	1.01	4.959	1.15	5.70
7	4.48	1.02	4.570	1.14	5.21
8	9.29	1.03	9.569	1.15	11.00
9	3.21	1.02	3.274	1.12	3.67
10	3.59	1.00	3.590	1.12	4.02
11	3.79	1.03	3.904	1.12	4.37
12	7.08	1.00	7.080	1.12	7.93
13	11.71	0.94	11.007	1.14	12.55
14	4.64	0.97	4.501	1.17	5.27
15	8.58	1.02	8.752	1.16	10.15
16	5.72	0.97	5.548	1.12	6.21
17	7.52	0.97	7.294	1.12	8.17
18	9.55	1.02	9.741	1.16	11.30
19	4.31	0.97	4.181	1.13	4.72
20	8.04	1.02	8.201	1.16	9.51
21	3.62	0.97	3.511	1.16	4.07
22	1.02	0.97	0.989	1.12	1.11
23	7.08	1.00	7.080	1.14	8.07
24	3.16	1.00	3.160	1.12	3.54
25	1.69	1.00	1.690	1.12	1.89
26	7.77	1.03	8.003	1.15	9.20
27	2.60	1.00	2.600	1.12	2.91

ตารางที่ ช.1 ตารางสรุปค่าต่างๆ ในการคำนวณเวลามาตรฐาน (ต่อ)

งานย่อยที่	เวลาเฉลี่ย	Rating factor	Normal Time	Allowance Factor	Standard Time
28	2.91	1.00	2.910	1.12	3.26
29	10.47	1.02	10.679	1.14	12.17
30	9.18	1.00	9.180	1.12	10.28
31	4.23	1.00	4.230	1.15	4.86
32	4.68	1.00	4.680	1.12	5.24
33	1.52	1.02	1.550	1.26	1.95
34	2.50	1.00	2.500	1.12	2.80
35	7.23	1.00	7.230	1.14	8.24
36	10.65	1.01	10.757	1.12	12.05
37	13.42	1.01	13.554	1.12	15.18
38	12.79	1.03	13.174	1.12	14.75
39	12.35	1.03	12.721	1.12	14.25
40	13.45	1.00	13.450	1.12	15.06
41	6.52	1.00	6.520	1.12	7.30
42	9.99	1.03	10.290	1.12	11.52
43	7.31	1.00	7.310	1.15	8.41

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ นายธนาการ ประภาสัจจะเวทย์

ประวัติการศึกษา พ.ศ.2540 – 2541 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
อุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีขนถ่ายวัสดุ (เกียรตินิยมอันดับ 2)
พ.ศ.2538 – 2539 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาช่างกลโรงงาน (สร้างเครื่องกล)
พ.ศ.2536 – 2537 วิทยาลัยเทคนิคปทุมธานี ประกาศนียบัตรวิชาชีพ
สาขาช่างกลโรงงาน
พ.ศ.2533 – 2535 โรงเรียนธรรมศาสตร์คลองหลวงวิทยาคม
มัธยมศึกษาตอนต้น

ประวัติการทำงาน พ.ศ.2548 – ปัจจุบัน
วิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษ สถาบันการอาชีวศึกษาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 4
สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ อำเภอเมือง
จังหวัดศรีสะเกษ
พ.ศ.2546 – 2548 บริษัท เบลตัน อินดัสตรี (ประเทศไทย) จำกัด
ตำแหน่ง วิศวกรการผลิต
พ.ศ.2542 – 2545 บริษัท แคล – คอมพ์ อีเล็คโทรนิคส์ (ประเทศไทย)
จำกัด (มหาชน) วิศวกรการผลิต อาวุโส

ตำแหน่ง ครูพิเศษสอน แผนกวิชาเทคนิคการผลิต

สถานที่ทำงานปัจจุบัน วิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษ สถาบันการอาชีวศึกษาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 4
สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ ถนนกสิกรรม
อ.เมืองฯ จ.ศรีสะเกษ 33000 โทร. 045-612886, 045-631369 ต่อ 141
โทรสาร 045-612698