การประยุกต์ใช้ทฤษฎีข้อจำกัดในกระบวนการผลิตอุปกรณ์ทางการแพทย์

โดย
นายชัยวัฒน์ รอดผล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม แผน ก แบบ ก 2 ปริญญามหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2563
ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

การประยุกต์ใช้ทฤษฎีข้อจำกัดในกระบวนการผลิตอุปกรณ์ทางการแพทย์

โดย
นายชัยวัฒน์ รอดผล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม แผน ก แบบ ก 2 ปริญญามหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2563
ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

AN APPLICATION OF THEORY OF CONSTRAINTS IN A MEDICAL DEVICE PRODUCTION PROCESS

By

MR. Chaiwat RODPHON

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for Master of Engineering (ENGINEERING MANAGEMENT)

Department of INDUSTRIAL ENGINEERING AND MANAGEMENT

Graduate School, Silpakorn University

Academic Year 2020

Copyright of Graduate School, Silpakorn University

หัวข้อ	การประยุกต์ใช้ทฤษฎีข้อจำกัดในกระบวนการผลิตอุปกรณ์ทางการแพทย์
โดย	ชัยวัฒน์ รอดผล
สาขาวิชา	การจัดการงานวิศวกรรม แผน ก แบบ ก 2 ปริญญามหาบัณฑิต
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชูศักดิ์ พรสิงห์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร ได้รับพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.จุไรรัตน์ นันทานิช)

พิจารณาเห็นชอบโดย

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ประจวบ กล่อมจิตร)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชูศักดิ์ พรสิงห์)

.....ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทองแท่ง ทองลิ่ม)

620920039 : การจัดการงานวิศวกรรม แผน ก แบบ ก 2 ปริญญามหาบัณฑิต
คำสำคัญ : ทฤษฎีข้อจำกัด, คอขวด, การสุ่มงาน, ผังคนละเครื่องจักร, การศึกษาเวลา, โปรแกรมเชิงเส้น

นาย ชัยวัฒน์ รอดผล: การประยุกต์ใช้ทฤษฎีข้อจำกัดในกระบวนการผลิตอุปกรณ์ทางการแพทย์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชูศักดิ์ พรสิงห์

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มกำลังการผลิตให้กับโรงงาน ผลิตอุปกรณ์ทางการแพทย์ (Medical Devices) ด้วยการใช้ทฤษฎีข้อจำกัด (Theory of Constraints) และมุ่งเน้นไปที่กระบวนการผลิต โดยนำ 5 ขั้นตอนสำคัญ (5 Focusing Steps) มาประยุกต์ใช้เพื่อระบุปัญหาคอขวด (Bottleneck) ที่เกิดขึ้นในสายการผลิตของโรงงานตัวอย่าง สืบเนื่องจากความต้องการที่เพิ่มสูงขึ้น จึงทำให้ไม่สามารถผลิตงานได้ตามความต้องการของลูกค้า จากการศึกษาสายการผลิตของโรงงานตัวอย่าง พบว่าภาระงานที่เกิดขึ้นในสถานีงานตัดละเอียดด้วยเครื่องกัดเนื้อโลหะ EDM สูงเกินกว่าปริมาณที่สามารถผลิตได้ มีภาระงานคิดเป็น 132.83% คำนวณโดยใช้เทคนิคการศึกษาเวลา และใช้โปรแกรมเชิงเส้นเพื่อหากำลังการผลิตที่เหมาะสมที่สุด พบว่ายังไม่สามารถเพิ่มกำลังการผลิตได้ จากนั้นเมื่อทราบถึงข้อจำกัดที่เกิดขึ้นแล้ว ผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้ การสุ่มงาน เพื่อหาความถี่ของการใช้งานเครื่องจักร พบว่า ในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2563 มีการใช้งานเครื่องจักรเพียงแค่ 54% จากข้อมูลดังกล่าว ผู้วิจัยได้นำไปวิเคราะห์เพิ่มเติมในเรื่องกิจกรรมย่อยที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต โดยการใช้ผังคนและเครื่องจักร พบว่า อัตราการปฏิบัติงานของ พนักงานและเครื่องจักรคิดเป็น 50.68% และ 49.32% ตามลำดับ มีเวลารอคอยเกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ผู้วิจัยจึงได้เสนอแนวทางการแก้ไขด้วยการจัดซื้อฐานรองตัดงานเพิ่ม และจัดการกับกิจกรรมย่อยในสถานีงานตัดละเอียด EDM ใหม่ เพื่อลดเวลาการรอคอยของผู้ปฏิบัติงานและเครื่องจักรให้น้อยที่สุด ผลจากการวิจัยพบว่า เมื่อจัดกิจกรรมย่อยใหม่ อัตราการปฏิบัติงานของ พนักงานและเครื่องจักร เพิ่มขึ้น เป็น 75.51% และ 73.47% ตามลำดับ สามารถลดเวลาการรอคอยได้ และเวลามาตรฐานที่ใช้ผลิตงาน ในสถานีนี้ ลดลงจาก 1.233 นาทีต่อชิ้น เหลือ 0.839 นาทีต่อชิ้น ผู้วิจัย ได้ติดตามผลการผลิต ตั้งแต่เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2563 ถึง เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2564 พบว่า โรงงานตัวอย่างสามารถผลิตงานได้ตามความต้องการของลูกค้า และไม่เกิดการเลื่อนของคอขวด

620920039 : Major (ENGINEERING MANAGEMENT)
Keyword : Theory of Constraints, Bottleneck, Work Sampling, Man-Machine Chart, Time Study, Linear Programming

MR. CHAIWAT RODPHON : AN APPLICATION OF THEORY OF CONSTRAINTS IN A MEDICAL DEVICE PRODUCTION PROCESS THESIS ADVISOR : ASSISTANT PROFESSOR CHOOSAK PORNSING, Ph.D.

This research aims to increase the production of a Medical devices manufacturing by using Theory of Constraints and focusing on the process in production. 5 Focusing Steps was applied to identify the cause of Bottleneck in the production line according to the needs of the customer. From the study, the workload of EDM Cutting process is over its capacity, the load was 132.83% calculated by using Time study technique. Then, the researcher applied a Linear programming to optimize the process but the load was still the same. After the constraints had been revealed the researcher adopted Work sampling to calculate the machine utilization and found that this machine had been used 54% for production in October, 2020. From this information, the researcher deployed it to analyze the elements in this station by using Man-machine chart and the analysis revealed that the utilization of operator and machine were 50.68% and 49.32% respectively and there was an idle time in production. The alternative has been proposed by purchasing a base for cutting process and rearranging the elements for decreasing the idle time of both operator and machine. The results showed that the utilization of operator and machine were increasing, 75.51% and 73.47% respectively, the idle time has decreased and the standard time of this station decreased from 1.233 minutes to 0.839 minutes. The researcher follows up the result on Pilot test from December, 2020 to February, 2021 found that the Medical devices manufacturer can produce the product according to the needs of the customer and does not cause the shifting bottleneck

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีเพราะความอนุเคราะห์จาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชูศักดิ์ พรสิงห์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และเป็นกรรมการในการสอบ อีกทั้งท่านยังกรุณาให้คำปรึกษา แนะแนว ให้ข้อคิดเห็น และแก้ไขร่างฉบับวิทยานิพนธ์มาโดยตลอด ผู้วิจัยจึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ประจวบ กล่อมจิตร ที่กรุณาให้เกียรติเป็นประธานในการสอบวิทยานิพนธ์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทองแท่ง ทองลิ่ม ที่กรุณาให้เกียรติเป็นกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ อีกทั้งยังให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบ และชี้แนวทางที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

ขอขอบพระคุณโรงงานผลิตอุปกรณ์การแพทย์ตัวอย่าง รวมถึงวิศวกร และพนักงานระดับปฏิบัติการที่ได้อนุเคราะห์ และให้การสนับสนุนในการดำเนินงานวิจัย อำนวยความสะดวกในการทดสอบ เก็บข้อมูลเพื่อนำมาวิเคราะห์ทำให้วิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถนำไปต่อยอดและเป็นโยชน์แก่ผู้สนใจในภายภาคหน้า

ชัยวัฒน์ รอดผล

มหาวิทยาลัยศิลปากร

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญภาพ ..... ฎ

บทที่ 1 1

1.1 ที่มาและความสำคัญ 1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 3

1.3 ขอบเขตการศึกษาวิจัย 3

1.4 กรอบแนวคิดงานวิจัย 4

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4

บทที่ 2 5

2.1 ความหมายและความสำคัญของการผลิต 5

2.2 ระบบการผลิต 8

2.3 การควบคุมตารางการผลิต 14

2.4 เทคนิคการศึกษาเวลา 17

2.5 ผังคนและเครื่องจักร 25

2.6 คอขวดในกระบวนการผลิต 26

2.7 ทฤษฎีข้อจำกัด 28

2.8 โปรแกรมเชิงเส้น 34

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง....36
บทที่ 3....38
3.1 ขั้นตอนการเตรียมการ....39
3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน....50
3.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์ผล....52
3.4 ขั้นตอนการสรุปผลการวิจัย....52
บทที่ 4....53
4.1 ระบุข้อจำกัดของสายการผลิต....53
4.2 ใช้ผลประโยชน์จากข้อจำกัด....54
4.3 กำหนดให้ปัจจัยอื่นอยู่ภายใต้การควบคุม....56
4.4 ยกระดับข้อจำกัด....56
4.5 การปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง....62
บทที่ 5....65
5.1 สรุปผลการทดลอง....65
5.2 ข้อเสนอแนะ....66
รายการอ้างอิง....67
ภาคผนวก....70
ประวัติผู้เขียน....85

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 กรอบแนวคิดงานวิจัย....4

ตารางที่ 2 สรุปรอบการทำงาน การคิดค่าแรง ของบริษัท 39

ตารางที่ 3 รายการผลิตภัณฑ์ ความต้องการ และราคาขาย....41

ตารางที่ 4 จำนวนเครื่องจักรของกระบวนการผลิต....45

ตารางที่ 5 เวลามาตรและการแปลงค่า ของกระบวนการ Wire Drawing....46

ตารางที่ 6 เวลามาตรและการแปลงค่า ของกระบวนการ Stranding....46

ตารางที่ 7 เวลามาตรและการแปลงค่า ของกระบวนการ Heat continued....47

ตารางที่ 8 เวลามาตรและการแปลงค่า ของกระบวนการ Chemical Cleaning 47

ตารางที่ 9 เวลามาตรและการแปลงค่า ของกระบวนการ Cut and Core remove....47

ตารางที่ 10 เวลามาตรและการแปลงค่า ของกระบวนการ Laser welding 47

ตารางที่ 11 เวลามาตรและการแปลงค่า ของกระบวนการ EDM Cut....48

ตารางที่ 12 เวลามาตรและการแปลงค่า ของกระบวนการ Assembly and Press....48

ตารางที่ 13 Total Available capacity ของแต่ละกระบวนการ 49

ตารางที่ 14 ความต้องการรวมแปลงค่าของแต่ละกระบวนการ 50

ตารางที่ 15 ร้อยละของภาระงานและสถานะของแต่ละกระบวนการ....53

ตารางที่ 16 วัน และเวลาในการสุ่มเก็บข้อมูล....57

ตารางที่ 17 ข้อมูลการปฏิบัติงาน และการว่างงานของเครื่องตัดละเอียด EDM....57

ตารางที่ 18Man - Machine Chart ของสถานีงานตัดละเอียด EDM ก่อนปรับปรุง....58

ตารางที่ 19 ร้อยละการทำงานของพนักงานและเครื่องจักร ก่อนการปรับปรุง....59

ตารางที่ 20 Man - Machine Chart ของสถานีงานตัดละเอียด EDM หลังปรับปรุง....61

ตารางที่ 21 ร้อยละการทำงานของพนักงานและเครื่องจักร หลังการปรับปรุง 62

ตารางที่ 22 ความต้องการของผลิตภัณฑ์ในเดือน ธันวาคม พ.ศ. 2563 จนถึง กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2564 62

ตารางที่ 23 เวลามาตรและการแปลงค่าใหม่ ของกระบวนการ EDM Cut 63

ตารางที่ 24 ภาระงานที่เกิดขึ้นในแต่ละกระบวนการตลอดเดือน ธันวาคม พ.ศ. 2563 จนถึง กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2564.....64

ตารางที่ 25 การคำนวณหา Total Available capacity ของแต่ละกระบวนการ.....71

ตารางที่ 26 การคำนวณความต้องการแปลงค่าของกระบวนการ Wire Drawing.....71

ตารางที่ 27 การคำนวณความต้องการแปลงค่าของกระบวนการ Stranding.....72

ตารางที่ 28 การคำนวณความต้องการแปลงค่าของกระบวนการ Continued Heat.....72

ตารางที่ 29 การคำนวณความต้องการแปลงค่าของกระบวนการ Chemical Cleaning.....72

ตารางที่ 30 การคำนวณความต้องการแปลงค่าของกระบวนการ Cut and Core remove.....73

ตารางที่ 31 การคำนวณความต้องการแปลงค่าของกระบวนการ Laser welding.....73

ตารางที่ 32 การคำนวณความต้องการแปลงค่าของกระบวนการ ตัดละเอียด EDM.....73

ตารางที่ 33 การคำนวณความต้องการแปลงค่าของกระบวนการ Assembly 1 2 3 และ Press 74

ตารางที่ 34 การสุ่มเก็บข้อมูลแบบสุ่ม จำนวน 10 วัน วันละ 10 ข้อมูลของเครื่องจักร EDM 74

ตารางที่ 35 การคำนวณหา Total Available capacity ของแต่ละกระบวนการ หลังจากการจัดการกับข้อจำกัด โดยคิดจากการทำงาน 3 เดือน.....75

ตารางที่ 36 การคำนวณความต้องการแปลงค่าของกระบวนการ Wire Drawing.....75

ตารางที่ 37 การคำนวณความต้องการแปลงค่าของกระบวนการ Stranding.....76

ตารางที่ 38 การคำนวณความต้องการแปลงค่าของกระบวนการ Continued Heat.....76

ตารางที่ 39 การคำนวณความต้องการแปลงค่าของกระบวนการ Chemical Cleaning.....76

ตารางที่ 40 การคำนวณความต้องการแปลงค่าของกระบวนการ Cut and Core remove.....77

ตารางที่ 41 การคำนวณความต้องการแปลงค่าของกระบวนการ Laser welding.....77

ตารางที่ 42 การคำนวณความต้องการแปลงค่าของกระบวนการ ตัดละเอียด EDM.....77

ตารางที่ 43 การคำนวณความต้องการแปลงค่าของกระบวนการ Assembly 1,2,3 และ Press.....78

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ทางการแพทย์ PTCA Balloon Catheter 1

ภาพที่ 2 ยอดขายและส่งออกของอุปกรณ์ทางการแพทย์ในประเทศไทย 2

ภาพที่ 3 รายได้และกำไรย้อนหลังของโรงงานตัวอย่าง 2

ภาพที่ 4 ตัวอย่างการแบ่งกลุ่มงานเพื่อการสุ่มงานที่ 1 23

ภาพที่ 5 ตัวอย่างการแบ่งกลุ่มงานเพื่อการสุ่มงานที่ 2 24

ภาพที่ 6 จำลองคอขวด 27

ภาพที่ 7 เส้นเวลาของยุตสมัยที่สำคัญในการพัฒนา ทฤษฎีข้อจำกัด 30

ภาพที่ 8 วงจรของ 5 Focusing steps 32

ภาพที่ 9 ตำแหน่งกันชนทั้งสามประเภท 33

ภาพที่ 10 ขั้นตอนการเตรียมการ 38

ภาพที่ 11 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ 40

ภาพที่ 12 กระบวนการรีดลวด เพื่อลดขนาด 41

ภาพที่ 13 เครื่อง Stranding สำหรับขึ้นรูป ผลิตภัณฑ์ 42

ภาพที่ 14 ผลิตภัณฑ์ขึ้นรูป สองชั้น หลังจากถอดแกนกลางออก 42

ภาพที่ 15 เครื่องเชื่อม Laser 43

ภาพที่ 16 เครื่องตัดความยาวละเอียด EDM 44

ภาพที่ 17 เครื่องจักรการประกอบและการกด 44

ภาพที่ 18 การไกลของผลิตภัณฑ์ผ่านกระบวนการผลิต 45

ภาพที่ 19 การดำเนินการ 5 Focusing Steps 50

ภาพที่ 20 กำลังการผลิตและตำแหน่งของคอขวด 54

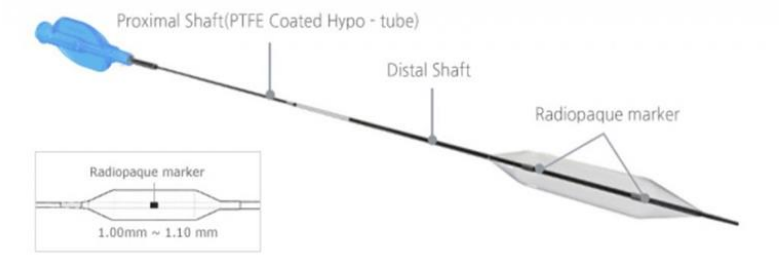
ภาพที่ 21 ผลลัพธ์จากโปรแกรมเชิงเส้น 55

ภาพที่ 22 ภาพจำลองฐานรองตัดงาน 59
ภาพที่ 23 การตัดงานด้วยเครื่องตัดละเอียด EDM.....60
ภาพที่ 24 ภาพจำลองการปฏิบัติงานของพนักงาน 61

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

โรงงานตัวอย่าง เป็นโรงงานผลิตลวดเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบตั้งต้นในการผลิตเครื่องมือทางการแพทย์ ซึ่งมีการผลิตผลิตภัณฑ์หลากหลายกลุ่ม อาทิ กลุ่มโรคหัวใจและเลือด (Cardiology) เช่น ลวดตัวนำพีทีซีเอ (PTCA guide wire) และสายสวนบอลลูนพีทีซีเอ (PTCA balloon catheters) กลุ่มโรคระบบหลอดเลือดและสมอง (Cerebrovascular Systems) เช่น ลวดตัวนำไอวีอาร์ (IVR guide wire) และสายสวนขนาดเล็ก (Micro Catheters) และกลุ่มการตรวจวินิจฉัยหลอดเลือด (Angiography) เช่น สายสวนสำหรับการตรวจวินิจฉัยหลอดเลือด (Catheters for Angiography) เป็นต้น

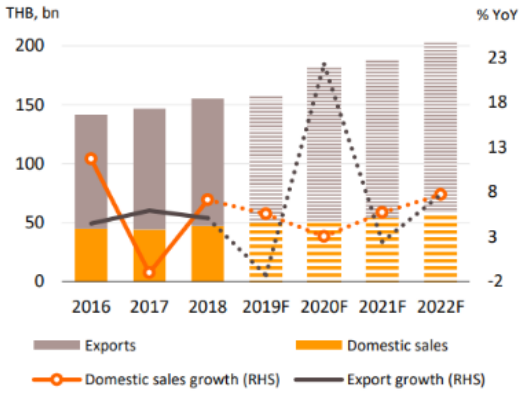


ภาพที่ 1 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ทางการแพทย์ PTCA Balloon Catheter
ที่มา Omoni Health

การคาดการณ์ในปี พ.ศ.2564-2566 ตลาดของธุรกิจนี้ การจำหน่ายภายในประเทศและการส่งออกมีการโตขึ้น 7.5% และ 4.2 % ต่อปีตามลำดับ ดังภาพที่ 2 โดยกลุ่มวัสดุสิ้นเปลืองทางการแพทย์มีแนวโน้มเติบโตต่อเนื่อง ผลจาก (1) ความตระหนักถึงการมีสุขอนามัยที่ดีของประชาชนและการออกมาตรการป้องกันการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัส COVID-19 จากภาครัฐ อาทิ การกำหนดให้บุคลากรทางการแพทย์สวมใส่อุปกรณ์ป้องกันส่วนตัว (2) การขยายตัว ของการให้บริการสาธารณสุข (3) ผลิตภัณฑ์ในกลุ่มนี้เป็นสินค้าจำเป็นที่ใช้งานทั่วไปและเป็นกลุ่มที่ไทยมีศักยภาพด้านวัตถุดิบต้นน้ำ

จำนวนผู้ป่วยต่างชาติมีแนวโน้มกระเตื้องขึ้นในปี 2564-2565 เนื่องจากไทยยังคงมีความได้เปรียบทั้งด้านคุณภาพการบริการและมาตรฐาน การรักษา ประกอบกับโรงพยาบาลของไทยมีความก้าวหน้าและมีความพร้อมด้าน ศูนย์แพทย์เฉพาะทาง โดยเฉพาะการรักษาโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (อาทิ โรคหัวใจ โรคกระดูก และโรคมะเร็ง) ทั้งยังมีศูนย์ดูแลและบริบาลผู้ป่วยสูงอายุที่มีค่าใช้จ่ายต่ำเมื่อเทียบกับประเทศคู่แข่ง (อาทิ สิงคโปร์ และมาเลเซีย) ส่งผลให้ ไทยเป็นหนึ่งในจุดหมายปลายทาง

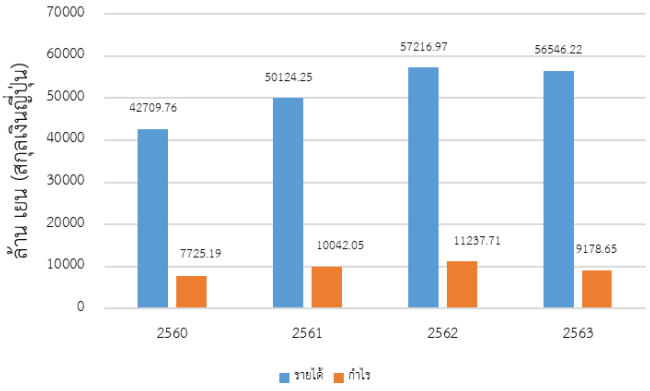
ของนักท่องเที่ยวเชิงการแพทย์เป็นอันดับต้น ๆ ของโลก โดยเฉพาะกลุ่มนักท่องเที่ยวทั่วไปและนักท่องเที่ยวเชิงการแพทย์ (Tourist & Medical tourist)



ภาพที่ 2 ยอดขายและส่งออกของอุปกรณ์ทางการแพทย์ในประเทศไทย

ที่มา Somprawin Manprasert (2021)

ในปัจจุบันผลิตภัณฑ์ทางการแพทย์มีความต้องการเพิ่มมากขึ้น เนื่องจาก เป็นผลิตภัณฑ์ที่ไม่สามารถใช้ซ้ำได้ (Single used equipment) ดังนั้น โรงงานตัวอย่างจึงมีจำนวนการสั่งซื้อเข้ามาอย่างต่อเนื่องในหลาย ๆ ผลิตภัณฑ์ ส่งผลให้ไม่สามารถผลิตงานได้ทันตามกำหนด และทำให้เกิดงานในระหว่างกระบวนการ (Work in process) เกิดความไม่สมดุลขึ้นในสายการผลิต ลักษณะปัญหาที่เกิดขึ้นนี้เรียกได้ว่าเกิดคอขวดในกระบวนการ (Bottlenecks) ซึ่งปัญหาคอขวดที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตถือเป็นข้อจำกัดด้านการผลิตอย่างหนึ่ง ในด้านห่วงโซ่อุปทาน(Supply Chain) คอขวดอาจเกิดได้จากกำลังการผลิตที่ต่ำกว่าความต้องการและ อีกทั้งคอขวดจะเกิดขึ้นเมื่อสายการผลิตส่วนล่าง (Downstream) มีกำลังการผลิตน้อยกว่าสายการผลิตส่วนบน(Upstream)



ภาพที่ 3 รายได้และกำไรย้อนหลังของโรงงานตัวอย่าง

จากการศึกษาข้อมูลด้านงบการเงินพบว่านับตั้งแต่ พ.ศ. 2560 โรงงานตัวอย่างมีรายได้และกำไรเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยรายได้ที่มากที่สุดคือ ปี พ.ศ. 2562 มีรายได้อยู่ที่ 57,216.97 ล้านเยน (16,441.15 ล้านบาท) และมีกำไรอยู่ที่ 11,237.71 ล้านเยน (3,229.13 ล้านบาท) แต่เนื่องจากในปี 2563 ทั่วโลกได้ประสบปัญหา การแพร่กระจายของโคโรน่าไวรัส (Covid-19) ทำให้ รายได้ ปี พ.ศ. 2563 ลดลงเล็กน้อย ลงมาอยู่ที่ 56,546.22 ล้านเยน (16,248.56 ล้านบาท) และกำไรลดลงมาอยู่ที่ 9,178.65 ล้านเยน (2,637.19 ล้านบาท) แต่จากความต้องการที่เพิ่มสูงขึ้น ทำให้โรงงานตัวอย่างมีความจำเป็นอย่างมากในการเตรียมตัวเพื่อตอบรับกับตลาดในอนาคต
(อัตราแลกเปลี่ยน 1 บาท ต่อ 3.48 เยน)

โรงงานตัวอย่างไม่สามารถผลิตงานได้เพียงพอต่อความต้องการของลูกค้าอันเนื่องมาจากข้อจำกัดบางอย่างที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ผู้วิจัยจึงนำทฤษฎีข้อจำกัดมาประยุกต์ใช้เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวให้กับโรงงาน ด้วยการใช้ 5 ขั้นตอนสำคัญ (5 Focusing steps) เพื่อระบุถึงปัญหาและแก้ปัญหาในครั้งนี้ ใช้เทคนิค การศึกษาเวลา (Time study) เพื่อคำนวณหาภาระงานของแต่ละสถานีและระบุสถานีงานที่เกิดปัญหาคอขวด จากนั้นดำเนินการแก้ไขปัญหาดังกล่าวด้วยการคำนวณหากำลังการผลิตที่เหมาะสมด้วยการใช้โปรแกรมเชิงเส้น (Linear programming) สุดท้ายใช้ ดรัม บัฟเฟอร์ โรป (Drum-Buffer-Rope) และ การสุ่มงาน (Work sampling) เพื่อจัดการกับปัญหาคอขวดเพื่อให้เกิดการปรับปรุงอย่างยั่งยืน สามารถทำให้โรงงานมีกำลังการผลิตที่สูงขึ้นและผลิตงานได้เพียงพอต่อความต้องการของลูกค้าในที่สุด

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 ระบุข้อจำกัดของกระบวนการผลิต ด้วยเทคนิคศึกษาเวลา (Time study)

1.2.2 จัดการกับข้อจำกัดที่เกิดขึ้นเพื่อเพิ่มกำลังการผลิต โดยการประยุกต์ใช้ทฤษฎีข้อจำกัด (Theory of Constraints) รวมทั้งจัดสรรการใช้ทรัพยากรให้เหมาะสม (Utilization) และนำเสนอทางเลือก

1.2.3 เพิ่มกำลังการผลิตให้กับโรงงานตัวอย่างด้วยทางเลือกที่เหมาะสมที่สุด

1.3 ขอบเขตการศึกษาวิจัย

ศึกษาสายการผลิตของโรงงานตัวอย่าง ซึ่งผลิตอุปกรณ์ทางการแพทย์ โดยการศึกษาวิจัยนี้ได้มุ่งเน้นการปรับปรุงกระบวนการผลิตในสายการผลิตที่มีภาระงานเกินกว่ากำลังการผลิต โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่ต้องผ่านกระบวนการตัดปลายชิ้นงานด้วยเครื่องกัดเนื้อโลหะ (EDM) โดยใช้หลักการทำงานของกระแสไฟฟ้าที่มีความต่างศักย์สูง ระยะเวลาในการเก็บข้อมูลเริ่มตั้งแต่เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2563 - กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2564

1.4 กรอบแนวคิดงานวิจัย

การศึกษางานวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาเพื่อหาข้อจำกัดที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตและเพื่อหาอัตราการผลิตที่เหมาะสมที่สุด จึงได้กำหนดกรอบแนวคิดเรื่องปัจจัยต่าง ๆ ไว้ดังนี้

ตารางที่ 1 กรอบแนวคิดงานวิจัย

ปัจจัยอิสระ	เครื่องมือ	ปัจจัยตาม
1. สายการผลิตของโรงงานตัวอย่าง • ประเภทและปริมาณของผลิตภัณฑ์ • การใช้เครื่องจักรอย่างเต็มความสามารถ (Machine Utilization) • กำลังคน (Manpower)	1. กระบวนการ 5 ขั้นตอนของทฤษฎีข้อจำกัด (5 Focusing step) 2. Drum Buffer Rope 3. Linear programming 4. Work sampling 5. Man-machine Chart	1. ผลิตผลิตภัณฑ์และปริมาณการผลิตที่เหมาะสม 2. กำจัดปัญหาคอขวดของกระบวนการผลิต 3. เพิ่มกำลังการผลิตเพื่อให้เกิดรายได้สูงที่สุด

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 สามารถระบุปัญหาคอขวดที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต

1.5.2 เสนอและทดสอบวิธีการแก้ปัญหาด้วยผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง

1.5.2 เพิ่มกำลังการผลิตให้กับโรงงาน

มหาวิทยาลัยศิลปากร

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้ผู้วิจัยจะกล่าวถึงทฤษฎีและแนวคิดที่ได้ทำการศึกษาและนำมาใช้ในการช่วยวิเคราะห์ปัญหา ค้นหาสาเหตุซึ่งเป็นปัจจัยที่ทำให้เป้าหมายของโรงไม่เป็นไปตามกำหนดโดยมีหัวข้อดังนี้

2.1 ความหมายและความสำคัญของการผลิต

การผลิต หมายถึง การนำวัตถุดิบตั้งต้นไปผ่านกระบวนการแปรสภาพ อาจจะผ่านกระบวนการใดกระบวนการหนึ่ง หรือผ่านกระบวนการหลายกระบวนการ เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับวัตถุดิบของผู้ผลิต โดยมูลค่าของวัตถุดิบที่เพิ่มขึ้นต้องมีมูลค่ามากกว่าปัจจัยนำเข้าต่าง ๆ (ต้นทุน) เพื่อทำให้เกิดส่วนค่าของราคา และทำให้เกิดกำไร ซึ่งวัตถุดิบที่เรานำไปแปรสภาพต้องตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ ไม่ว่าจะตอบสนองในด้านรูปลักษณ์หรือในด้านการนำวัตถุดิบไปใช้งานต่อ ซึ่งสองสิ่งนี้จะเป็นปัจจัยสำคัญในการออกแบบกระบวนการในการแปรสภาพวัตถุดิบ

โดยที่ วิชิต พามาดี (2549) ได้ให้ความหมายของคำว่าการผลิตว่า “การผลิต (Production) หมายถึง กระบวนการเปลี่ยนแปลงหรือรูปแบบปัจจัยการผลิตให้เป็นการผลิต ได้แก่ สินค้าและบริการต่าง ๆ ซึ่งอาจกล่าวได้ว่า การผลิตเป็นสิ่งที่สำคัญที่ก่อให้เกิดการใช้ปัจจัยการผลิตและก่อให้เกิดสินค้าและบริการต่าง ๆ ขึ้นในระบบเศรษฐกิจ หน่วยเศรษฐกิจที่ทำหน้าที่ในการผลิตก็คือผู้ผลิตหรือหน่วยธุรกิจ ซึ่งมีอยู่หลานประเภท ได้แก่ ผู้ผลิตที่เป็นเจ้าของคนเดียว เช่นเกษตรกร พ่อค้าแม่ค้า ฯลฯ ห้างหุ้นส่วนจำกัด และบริษัท ผู้ผลิตเหล่านี้พยายามหาวิธีการผลิตให้เกิดผลผลิตมากที่สุดเท่า ที่จะทำได้ หรือพยายามทำการผลิตให้เสียต้นทุนต่ำที่สุด เพื่อได้กำไรมากที่สุด”

การผลิตสินค้าที่ได้คุณภาพและตรงตามความต้องการของลูกค้านั้นมีความสำคัญต่อโลจิสติกส์และห่วงโซ่อุปทาน เพื่อที่จะส่งสินค้าภายในระยะเวลาที่กำหนด และประหยัดต้นทุนดังนั้น การจัดการการผลิตจึงเริ่มตั้งแต่การพยากรณ์ โดยอาจใช้เทคนิคและประสบการณ์ของผู้ปฏิบัติงาน หรือเกิดจากการพิจารณาจากสมรรถนะและการออกแบบตารางการผลิต เพื่อให้ทราบข้อมูลสำหรับการบริหารจัดการกระบวนการผลิตทั้งวัตถุดิบจนกระทั่งการกระจายสินค้าให้ถึงมือลูกค้า

ดังนั้นการผลิตที่นำวัตถุดิบเข้ากระบวนการเพื่อแปรสภาพผ่านกระบวนการ จะได้ออกมาเป็นผลิตภัณฑ์ ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้ออกมาต้องมาคุณภาพและตรงต่อความต้องการของลูกค้า และจะต้องคำนึงถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องที่สำคัญนั้นก็คือต้นทุน

2.1.1 ประเภทของการผลิต

2.1.1.1 แบ่งตามลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์

1. การผลิตตามคำสั่งซื้อ (Made-to-order) คือการผลิตตามคำสั่งของลูกค้าหรือผู้บริโภค ซึ่งจะขึ้นอยู่กับคุณลักษณะของสินค้า บริการ หรือผลิตภัณฑ์ และการผลิต การเตรียมวัตถุดิบอาจจะคาดการณ์ได้น้อย หรืออาจจะไม่สามารถคาดการณ์ไว้ล่วงหน้าได้เลย อุปกรณ์ที่ใช้ เครื่องจักรที่ใช้ต้องมีความเอกประสงค์ นอกเหนือจากนั้น ผู้ผลิตจะต้องมีความเชียวชาญสามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าหรือผู้บริโภคได้ในหลากหลายรูปแบบตัวอย่างการผลิตแบบ Made-to-order เช่น ร้านทำผม ร้านตัดเย็บเช่าชุด เป็นต้น

2. การผลิตเพื่อรอจำหน่าย (Made-to-stock) คือการผลิตสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ที่พร้อมขายหรือพร้อมบริโภค เป็นสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ที่มีคุณลักษณะที่เป็นมาตรฐานเดียวกัน ตอบสนองความต้องการของลูกค้าหรือผู้บริโภคกลุ่มใหญ่ การเตรียมการบวนการผลิตและการเตรียมวัตถุดิบสามารถคาดการณ์ไว้ล่วงหน้าได้ ผู้ผลิตต้องผ่านการอบรมที่เป็นมาตรฐาน เพื่อมาทำงานตามหน้าที่ ตัวอย่างของการผลิตเพื่อรอจำหน่ายได้แก่ การผลิตรถยนต์ การผลิตเครื่องใช้ไฟฟ้า เป็นต้น

3. การประกอบรอคำสั่งซื้อ (Assembly-to-order) คือการผลิตส่วนประกอบของสิ้นค้าเพื่อรอประกอบ ซึ่งสินค้าหรือผลิตภัณฑ์สุดท้าย มีหลากหลายรูปแบบ ที่อาจจะใช้ส่วนประกอบที่เหมือนกัน หรือคล้ายกัน แต่กระบวนการประกอบแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับการนำไปใช้การ และความต้องการของลูกค้า การผลิตสินค้าลักษณะแบบนี้มีความจำเพาะอยู่ ผู้ผลิตจึงต้องมีการผลิตชิ้นส่วนย่อย ๆ หรือโมดูล (Module) ไว้ก่อน เมื่อได้รับคำสั่งซื้อจากลูกค้าจึงทำการประกอบโมดูลให้เป็นสินค้าตามลักษณะที่ลูกค้าต้องการจึงนับได้ว่าการผลิตเพื่อรอคำสั่งซื้อได้นำเอาลักษณะของการผลิตเพื่อรอจำหน่ายซึ่งมีการผลิตชิ้นส่วนเป็นโมดูลมาตรฐานที่ใช้ประกอบเป็นสินค้าหลายชนิดรอไว้มาผสมเข้ากับลักษณะของการผลิตตามคำสั่งซื้อซึ่งนำโมดูลมาประกอบ และแต่งเติมรายละเอียดให้สินค้าสำเร็จรูปมีความแตกต่างกันไปตามความต้องการของลูกค้าเฉพาะราย ตัวอย่างการผลิตเพื่อรอคำสั่งซื้อ ได้แก่ การผลิตเครื่องใช้ไฟฟ้า หลายรุ่นที่มีการใช้อะไหล่เหมือนกัน

2.1.1.2 แบ่งตามลักษณะของระบบการผลิตและปริมาณการผลิต

การผลิตแบบโครงการ (Project Manufacturing) เป็นการผลิตที่มีลักษณะเฉพาะ เป็นการผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีราคาแพง และขนาดใหญ่ ขึ้นกับความต้องการของผู้บริโภคหรือลูกค้าเฉพาะรายโดยการสร้างหรือการผลิต อาจจะมีการแบ่งทำสัญญาเป็นฉบับๆ เพื่อรองรับการติดตามความคืบหน้าของโครงการ การผลิตในลักษณะแบบนี้จะเป็นการผลิตที่ใช้เวลานานและผลิตในจำนวนที่น้อย หรืออาจจะผลิตแค่ครั้งเดียว ตัวอย่างเช่น การสร้างเขื่อน การสร้างทางด่วน การต่อเรือดำน้ำ การต่อเครื่องบิน เป็นต้น มีการสร้างสถานที่ตั้งของโครงการภายในบริเวณที่มีการผลิตหรือก่อสร้างเครื่องจักรที่ใช้มีขนาดใหญ่ถึงใหญ่มากจึงมีการเคลื่อนย้ายน้อย หรืออาจจะไม่เคลื่อนย้ายออกเลย

ตลอดทั้งโครงการ อุปกรณ์ที่ใช้ต้องคำนึงถึงเรื่องการขนย้ายเมื่อเสร็จสิ้นโครงการ ผู้ผลิตต้องมีความชำนาญหรือเชียวชาญสูง ต้องมีประสบการณ์หรือความรู้เฉพาะทาง แรงงานต้องผ่านการอบรมอย่างดีทั้งในเรื่องของวิธีการดำเนินงานและความปลอดภัย (Safety)

การผลิตแบบไม่ต่อเนื่อง (Job Shop หรือ Intermittent Production) เป็นการผลิตเป็นรอบ(Lot) ซึ่งการผลิตแบบนี้ออกมาตอบสนองความต้องการของลูกค้าหรือผู้บริโภคที่มีความต้องการยังไม่แน่นอนและหลากหลาย มีการเปลี่ยนคุณลักษณะของสินค้าที่บ่อย ตัวอย่างเช่น ความหนา ความยาว สี เป็นต้น ผลผลิตที่ได้ไม่ได้คำนึงถึงความเป็นมาตรฐานเพราะมีการเปลี่ยนแปลงอยู่บ่อยครั้ง เครื่องจักรอุปกรณ์ต่าง ๆ จะถูกรวมกันตามหน้าที่การใช้งานไว้ในสถานีการผลิตแยกเป็นหมวดหมู่อยู่ตามส่วนต่าง ๆ ของผังโรงงานในจุดที่จะสามารถทำให้กระบวนการผลิตทุกผลิตภัณฑ์สามารถดำเนินไปตามขั้นตอนการผลิตที่กำหนดไว้อย่างคล่องตัว การเดินเครื่องจักรผลิตจะผลิตสินค้าชนิดหนึ่งจนได้ปริมาณตามที่ต้องการแล้วจึงเปลี่ยนไปผลิตสินค้าชนิดอื่นโดยใช้เครื่องจักรชุดเดิม

2.1.2 ข้อมูลที่ใช้ในการผลิตและการดำเนินงานขององค์การ

ข้อมูลการผลิต/การดำเนินงาน (production/operations data) เป็นข้อมูลจากกระบวนการผลิตหรือการให้บริการ ซึ่งจะแสดงภาพปัจจุบันของระบบการผลิตของธุรกิจว่ามีประสิทธิภาพมากน้อยเพียงใด และมีปัญหาอย่างไรในการดำเนินงาน ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนในการแก้ปัญหาและการพัฒนาประสิทธิภาพการดำเนินงานในอนาคต

ข้อมูลสินค้าคงคลัง (inventory data) บันทึกปริมาณวัตถุดิบและสินค้าสำเร็จรูปเก็บไว้ในโกดังโดยผู้จัดการต้องพยายามจัดให้มีสินค้าคงคลังในปริมาณไม่เกินความจำเป็นหรือขาดแคลนเมื่อเกิดความต้องการขึ้น

ข้อมูลจากผู้ขายวัตถุดิบ (supplier data) เป็นข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณ คุณสมบัติ และราคาวัตถุดิบ ช่องทางและต้นทุนในการลำเลียงวัตถุดิบ ปัจจุบันระบบแลกเปลี่ยนข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์ (electronic data interchange) หรือที่เรียกว่า EDI ช่วยให้การประสานงานระหว่างผู้ขายวัตถุดิบ ธุรกิจ และลูกค้ามีประสิทธิภาพมากขึ้น

ข้อมูลแรงงานและบุคลากร (labor force and personnel data) ข้อมูลเกี่ยวกับพนักงานในสายการผลิตและปฏิบัติการ เช่น อายุ การศึกษา และประสบการณ์ เป็นต้น ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการจัดบุคลากรให้สอดคล้องกับงาน ขณะที่ข้อมูลภายนอกเกี่ยวกับตลาดแรงงานจะเป็นประโยชน์ในการวางแผนและจัดหาแรงงานทดแทน และการกำหนดอัตราค่าจ้างอย่างเหมาะสม

กลยุทธ์องค์การ (corporate strategy) แผนกลยุทธ์ขององค์การจะเป็นแม่บทและแนวทางในการกำหนดกลยุทธ์การผลิตแลการดำเนินงานให้มีประสิทธิภาพ

2.2 ระบบการผลิต

การผลิตเป็นกระบวนการที่ทำให้เกิดการสร้างสิ่งหนึ่งสิ่งใดขึ้นมาจากการใช้ทรัพยากรหรือปัจจัยการผลิตที่มีอยู่ การดำเนินการผลิตจะเป็นไปตามลำดับขั้นตอนของการกระทำก่อนหลัง กล่าวคือ จากวัตถุดิบที่มีอยู่จะถูกแปลงสภาพให้เป็นผลผลิตที่อยู่ในรูปตามต้องการ เพื่อให้การผลิตบรรลุวัตถุประสงค์ดังกล่าวนั้น จึงจำเป็นต้องมีการจัดการให้อยู่ในรูปของระบบการผลิต ซึ่งประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ 3 ส่วน คือ ปัจจัยการผลิต (input) กระบวนการแปลงสภาพ และผลผลิต (output) ที่อาจเป็นสินค้า และบริการ โดย เฉลิมชนม์ พูนสวน (2550) ได้สรุปไว้ดังนี้

การผลิตที่มีประสิทธิภาพนั้น จะต้องคำนึงถึงปัจจัยด้านปริมาณ คุณภาพ เวลา และราคา ซึ่งทั้งหมดนี้จะต้องนำมารวมไว้ในระบบการผลิต โดยมีการวางแผนและควบคุมการผลิตเป็นแกนกลาง กิจกรรมต่าง ๆ ที่อยู่ในระบบการผลิตนั้นสามารถจำแนกได้เป็น 3 ขั้นตอน คือ การวางแผน (planning) การดำเนินงาน (operation) และการควบคุม (control)

1. การวางแผน เป็นขั้นตอนของการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีอยู่ และวางแผนการใช้ทรัพยากรให้ตรงตามเป้าหมายที่ต้องการ และเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ในแผนการผลิตจะกำหนดเป้าหมายย่อยไว้ในแผนกต่าง ๆ ในเทอมของเวลาที่กำหนดไว้ก่อนล่วงหน้า และจากเป้าหมายย่อย ๆ ที่ถูกกำหนดขึ้นเหล่านี้ ถ้าประสบผลสำเร็จก็จะส่งผลไปยังเป้าหมายที่ต้องการ

2. การดำเนินงาน เป็นขั้นตอนของการดำเนินการ จะเริ่มต้นได้ก็ต่อเมื่อรายละเอียดต่าง ๆ ในขั้นตอนการวางแผนได้ถูกกำหนดไว้ในแผนการผลิตเรียบร้อยแล้ว

3. การควบคุม เป็นขั้นตอนของการตรวจตราให้คำแนะนำและติดตามผลเกี่ยวกับการดำเนินงาน โดยใช้การป้อนกลับของข้อมูล (feed-back information) ในทุก ๆ ขณะที่งานก้าวหน้าไป ผ่านกลไกการควบคุม (control mechanism) โดยที่กลไกนี้จะทำหน้าที่ปรับปรุงแผนงาน และเป้าหมายเพื่อให้เป็นที่เชื่อแน่ได้ว่าจะบรรลุเป้าหมายหลัก

ในการผลิตโดยทั่วไป จะประกอบไปด้วย 3 ส่วนด้วยกัน คือ ปัจจัยการผลิต (input) ได้แก่ คน (man) วัตถุดิบ (materials) เครื่องจักร (machines) พลังงาน (energy) เงิน (money) ข่าวสารข้อมูล (information) ส่วนกระบวนการผลิต (process) ได้แก่ การเตรียมวัตถุดิบต่าง ๆ การนำส่วนประกอบต่าง ๆ เข้าด้วยกันการสร้างรูปทรง การตกแต่ง รูปทรงตลอดทั้งการบรรจุผลิตภัณฑ์เพื่อการจำหน่าย และส่วนที่เป็นผลผลิต (output) ได้แก่ ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป (products) ซึ่งผลผลิตจะออกมาในรูปของสินค้าหรือบริการ ซึ่งรวมเรียกว่า ระบบการผลิต

2.2.1 ประเภทของระบบการผลิต

ระบบการผลิตอุตสาหกรรม แบ่งออกเป็นระบบใหญ่ ๆ ได้ 2 ระบบ คือ

2.2.1.1 ระบบการผลิตแบบช่วงตอน (intermittent production system)

ระบบการผลิตแบบช่วงตอน เป็นการผลิตแบบไม่สม่ำเสมอ หรือผลิตตามคำสั่งของลูกค้า (order manufacturing) เป็นการผลิตที่วัตถุดิบไม่เลื่อนไหลไปตามสายการผลิต การผลิตจะผลิตเป็นช่วง ๆ หรือเป็นตอน เมื่อดำเนินการผลิตครบทุกกิจกรรมการผลิต ก็จะได้ชิ้นงานหรือผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปขึ้นมา เช่น การกลึงชิ้นงาน งานผลิตงานก่อสร้าง การผลิตโต๊ะเกาอี้ เป็นต้น การผลิตแบบช่วงตอนนี้ ระบบการผลิตเป็นไปตามความเหมาะสมของผู้ดำเนินงานการติดตั้งเครื่องจักร ก็จะติดตั้งตามกรรมวิธีการผลิต จึงเป็นผลทำให้มีความต้องการการใช้พื้นที่ในการเก็บวัสดุในการผลิตมากขึ้น ทั้งนี้เพราะการผลิตระบบนี้มีจุดพักงานหลายจุดและในการผลิตแบบนี้ผู้ผลิตจะต้องกำหนดวิธีการขนย้ายวัสดุให้เหมาะสมจึงจะทำให้การผลิตมีประสิทธิภาพและในการวางระบบการผลิตแบบช่วงตอนนี้จะก่อให้เกิดประสิทธิภาพนี้ผู้ผลิตจะต้องกำหนดแนวทางการผังโรงงาน ให้สอดคล้องกับระบบการผลิตด้วย การวางผังโรงงานที่เหมาะสมกับระบบการผลิตแบบช่วงตอนนี้ คือ การวางผังโรงงานแบบตามกระบวนการผลิต (process layout)

ลักษณะการผลิตแบบช่วงตอน มีลักษณะดังนี้

1. มีอุปกรณ์และกระบวนการผลิตที่ยืดหยุ่น (flexible) ได้สามารถผลิตสินค้าได้หลายแบบ
2. ลักษณะของปัจจัยการผลิตจะเปลี่ยนแปลงไปเสมอตามลักษณะงานแต่ละชิ้น
3. ลักษณะการผลิต จะเปลี่ยนแปลงไปเสมอตามลักษณะงานแต่ละชิ้น
4. การไหลหรือการเคลื่อนย้ายของงานจะไม่ติดต่อกัน มักจะมีการพักวัตถุดิบหรือรอคอยวัตถุดิบการผลิตทุกจุดปฏิบัติงาน
5. คนงานที่ปฏิบัติงาน จะต้องมีความสามารถในระดับปานกลางไปจนถึงระดับสูง

2.2.1.2 ระบบการผลิตแบบต่อเนื่อง (continuous production system)

ระบบการผลิตแบบต่อเนื่อง เป็นระบบที่มีการไหลของวัตถุดิบต่อเนื่องตามสายการผลิต (line production) เช่น โรงพิมพ์ พิมพ์หนังสือ โรงงานผลิตอาหารกระป๋อง การผลิตแก้วของโรงงานผลิตแก้ว บุหรี่ ไม้อัด น้ำตาล เป็นต้น ลักษณะที่ดีของระบบการผลิตต่อเนื่องก็คือใช้พื้นที่ในโรงงานได้ประโยชน์คุ้มค่าเต็มประสิทธิภาพ เพราะพื้นที่ส่วนใหญ่ใช้เป็นพื้นที่ในกระบวนการผลิตของสายการผลิตเหลือพื้นที่ในการเก็บวัตถุดิบเล็กน้อย และการขนย้ายวัตถุดิบในสายการผลิต ก็จะใช้การขนย้ายแบบตายตัว เช่น ใช้สายพาน (conveyers) ขนย้ายวัตถุดิบในโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ ในระบบการผลิตแบบต่อเนื่อง ผู้ผลิตจะต้องวางผังโรงงานให้สอดคล้องกับระบบการผลิต ผังของโรงงานอุตสาหกรรมที่สอดคล้องกับระบบการผลิตแบบต่อเนื่องที่ใช้กันมากก็คือ การวางผังโรงงานแบบชนิดของผลิตภัณฑ์ (product layout)

ลักษณะการผลิตแบบต่อเนื่อง มีลักษณะการผลิตดังนี้

1. มีอุปกรณ์และกระบวนการผลิตมาตรฐาน
2. ลักษณะของปัจจัยการผลิต จะมีมาตรฐานแน่นอนไม่เปลี่ยนแปลงชนิดหรือส่วนประกอบ
3. ลำดับการผลิตแน่นอน
4. การไหลหรือการเคลื่อนย้ายของงานมักจะใช้สายพาน (conveyor belts)
5. การป้อนงานเข้าหน่วยผลิตแต่ละหน่วย จะใช้กฎเกณฑ์ตามลำดับมาก่อนเข้าก่อน
6. ผลิตสินค้ามาตรฐานได้ทีละมาก ๆ (mass production)

ในส่วนนี้ได้กล่าวถึง ในส่วนกระบวนการผลิต หรือการแปรสภาพของวัตถุดิบที่นำเข้าสู่กระบวนการผลิต จนออกมาเป็นผลิตภัณฑ์ ซึ่งในลักษณะของการแปรสภาพวัตถุดิบนั้นมีด้วยกัน 3 ลักษณะ ดังนี้

ลักษณะที่ 1 การแปรสภาพการผลิตแบบต่อเนื่องตลอดการผลิต หรือแบบอนุกรม (series sub-system)

ลักษณะที่ 2 การแปรสภาพการผลิตแบบขนาน (parallel sub-system)

ลักษณะที่ 3 การแปรสภาพการผลิตแบบผสม (integrate sub-system)

2.2.2 การวางแผนการผลิต

การวางแผนการผลิต คือ การเตรียมวิเคราะห์งานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตสินค้าหรือบริการ โดยศึกษาขั้นตอนการผลิตตั้งแต่แรกเริ่มจนสิ้นสุดการผลิต รวมถึงอุปกรณ์ เครื่องจักรในการผลิตต่าง ๆ ที่จำเป็นต้องใช้ในการผลิต เพื่อให้การผลิตมีประสิทธิภาพ

การวางแผนการผลิตเป็นกระบวนการในการทำให้กลยุทธ์การผลิตมีความชัดเจน โดยการสรุปภาพรวมของการผลิตในช่วงเวลาที่นาน โดยเฉพะอย่างยิ่งการตัดสินใจต่อความคาดหวังในการตอบสนองของสังคม ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อความคาดหวังดังกล่าวได้แก่ ขีดความสามารถด้านแรงงานซึ่งมีความสำคัญมากกว่าขีดความสามารถของเครื่องจักร และปัญหาที่สำคัญที่ต้องมีการวางแผนการผลิตคือขีดความสามารถด้านสถานที่และแรงงานที่ไม่เหมาะสมกับความต้องการของลูกค้า ซึ่งเกิดจากการการจัดการตารางเวลา (Schedule) สำหรับภาคการบริการการกำหนดระยะเวลาเป็นขีดความสามารถของธุรกิจ

กระบวนการในการวางแผนการผลิตจะเริ่มต้นจากการออกแบบโครงการที่เหมาะสมเพื่อให้โครงการสามารถดำเนินการได้อย่างต่อเนื่อง โดยในแต่ละโครงการจะออกแบบการผลิตตามแต่ละผลิตภัณฑ์ไปที่แต่ละแผนกซึ่งทำงานบนสายการผลิตที่ใหญ่ที่มีเครื่องจักรหลายประเภท แต่เครื่องจักรทุกชนิดก็อาจไม่มีความจำเป็นสำหรับการผลิตทั้งหมด ซึ่งกระบวนการนี้จะต้องมีการวิเคราะห์ว่าเครื่องจักรใดมีความจำเป็นสำหรับกระบวนการผลิตบ้าง เมื่อวิเคราะห์ความจำเป็นในการใช้เครื่องจักร

ในสายการผลิตแล้วก็จะทำให้สามารถออกแบบเส้นทางการผลิต (Line flow) และ กระบวนการที่ต่อเนื่อง (continuous processes) อันประกอบไปด้วยผลิตภัณฑ์ชุด (bulk products), มีความเป็นอัตโนมัติสูง (high levels of automation), และเกี่ยวข้องกับการใช้แรงงานคนโดยตรงน้อย (little direct labor)

2.2.2.1 การวิเคราะห์ระบบงานวางแผนการผลิต

พื้นฐานของงานด้านการวางแผนการผลิตนั้นมีโครงสร้างที่สามารถพิจารณาได้เป็นระบบ ระบบงานนี้จะมีการไหลเวียนของข้อมูลด้านการผลิตเกิดขึ้น โดยที่ข้อมูลดังกล่าวนี้มีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกับทุกหน่วยงานในองค์การแบะเป็นกลไกไกสำคัญ สำหรับการควบคุมการดำเนินงานด้านการผลิต จะพบว่าการวางแผนการผลิตนั้นมีลำดับขั้นที่สามารถแยกย่อยได้ตามช่วงเวลา คือ การวางแผนการผลิตระยะยาว ระยะกลาง และระยะสั้น ซึ่งในแต่ละลำดับขั้นนั้นก็จะมีจุดประสงค์และหัวข้อที่เป็นองค์ประกอบของการวางแผนแตกต่างกันดังนี้

1. การวางแผนการผลิตระยะยาว (Long-term Production Planning) การวางแผนการผลิตระยะยาว หมายถึง การวางแผนการผลิตในช่วงเวลามากกว่า 1 ปีขึ้นไป โดยทั่วไปแล้วจะอยู่ระหว่าง 3-5 ปีซึ่งเป็นการวางแผนระดับกลยุทธ์ (Strategic Level) โดยมีจุดประสงค์เพื่อการตัดสินใจในการเตรียมความพร้อมด้านกำลังการผลิตสำหรับการดำเนินการในอนาคต เช่น อาคาร สถานที่ เครื่องจักรหลัก หรือสาธารณูปโภคของโรงงาน เป็นต้น

2. การวางแผนการผลิตระยะกลาง (Mid-term Production Planning) การวางแผนการผลิตระยะกลาง หมายถึง การวางแผนการผลิตในช่วงเวลาระหว่าง 1-12 เดือนข้างหน้าซึ่ง เป็นการวางแผนระดับการจัดการ (Managerial Level) มีจุดประสงค์เพื่อจัดสรรการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ให้สามารถเกิดผลอย่างเต็มที่ในกระบวนการผลิต คำว่าทรัพยากรในที่นี่หมายถึงสิ่งที่เป็นปัจจัยสำหรับการผลิต เช่นวัตถุดิบ แรงงาน เครื่องจักรและเครื่องมือ เป็นต้น การวางแผนการผลิตระยะกลางนี้จะมีหัวข้อที่เป็นองค์ประกอบสำคัญ ดังนี้

การวางแผนความต้องการวัสดุ (Material Requirement Planning : MRP) การวางแผนความต้องการวัสดุ (MRP) เป็นเทคนิคในการจัดการเกี่ยวกับความต้องการวัตถุดิบ ชิ้นส่วนประกอบและวัสดุอื่น ๆ เพื่อให้สามารถรู้ถึงปริมาณความต้องการในแต่ละช่วงเวลาและสามารถจัดหาได้อย่างเพียงพอและทันเวลากับความต้องการในทุก ๆ ขั้นตอนการผลิต โดยข้อมูลจากตารางการผลิตหลัก (MPS) ซึ่งจะบอกถึงสิ่งที่จะต้องผลิตว่ามีจำนวนเท่าไหร่ในเวลาใด จากนั้นจะพิจารณาถึงส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ที่จะผลิตว่าประกอบด้วยวัตถุดิบชิ้นส่วน ชิ้นส่วนประกอบและวัสดุอื่น ๆ เพื่อจะใช้ในการจัดหา โดยจะต้องดูข้อมูลปริมาณจากในคลังวัสดุที่มีช่วงเวลาที่ใช้ในการจัดหา ผลิตภัณฑ์ที่มีขั้นตอนการผลิตซับซ้อน มีชิ้นส่วนประกอบต่าง ๆ เป็นจำนวนมากจะใช้คอมพิวเตอร์เขามาช่วยในการ

คำนวณ ซึ่งจะทำให้รวดเร็วและถูกต้องมากขึ้น เทคนิคนี้จะประยุกต์ใช้กับระบบการผลิตแบบไม่ต่อเนื่อง Job Shop แต่จะไม่ประยุกต์ใช้กับระบบการผลิตแบบต่อเนื่อง

การวางแผนความต้องการกำลังการผลิต (Capacity Requirement Planning : CRP) เป็นการจัดทำแผนที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดกำลังการผลิตที่จำเป็นสำหรับแต่ละสถานีงาน (Working Station) เช่น แรงงาน เครื่องจักรหรือปัจจัยการผลิตทางกายภาพอื่น ๆ ว่าควรจะต้องมีปริมาณเท่าไหร่ และต้องการในช่วงเวลาใดโดยจะรับข้อมูลความต้องการวัสดุจาก MRP มาทำการประเมินผลเกี่ยวกับภาระงาน (Work Load) ของสถานีงานต่าง ๆ ว่ามีความเหมาะสมหรือไม่ ทั้งนี้เพื่อให้สามารถมั่นใจได้ว่ากำลังการผลิตที่มีอยู่ และกำลังการผลิตที่ต้องการในช่วงเวลานั้นมีความสมดุลเพียงพอสำหรับแต่ละหน่วยงาน โดยพยายามไม่ให้เกิดเหตุการณ์ที่มีภาระงานมากเกินไป มีภาระงานน้อยเกินไปหรือเกิดคอขวด (Bottleneck)

3. การวางแผนการผลิตระยะสั้น (Short-Term Production Planning)

การวางแผนการผลิตระยะสั้น หมายถึง การวางแผนการผลิตที่มีช่วงเวลาเป็นรายสัปดาห์หรือรายวันขึ้นอยู่กับปริมาณงานและความซับซ้อนของกระบวนการผลิต เป็นการวางแผนระดับปฏิบัติการที่มีจุดประสงค์เพื่อจัดเตรียมกำหนดเวลาในการทำงานให้กับทรัพยากรการผลิตที่เกี่ยวข้อง เช่น แรงงานเครื่องจักร เครื่องมือ รวมทั้งช่วงเวลาในการปฏิบัติงานของแต่ละสถานีงานด้วย การวางแผนการผลิตระยะสั้นนี้จะมุ่งเน้นเรื่องการจัดตารางการผลิต (Production Scheduling) เป็นหลัก ซึ่งถือเป็นลำดับขั้นสุดท้ายของระบบการวางแผนการผลิตโดยจะต้องมีความยืดหยุ่นตัวได้ค่อนข้างสูง เพื่อให้สอดคล้องกับสถานภาพของกระบวนการผลิต

2.2.3 แนวทางการปรับปรุงสำหรับการวางแผนการผลิต

2.2.3.1 แนวทางการปรับปรุงการวางแผนการผลิตระยะยาว

การใช้เทคนิคในการพยากรณ์โดยวิธีทางคณิตศาสตร์ ร่วมกับการใช้ดุลพินิจของผู้มีประสบการณ์ประกอบกับ เพื่อลดความคลาดเคลื่อนของอุปสงค์ที่มีความผันแปรจากลูกค้าและความสามารถในการผลิตที่จะมีการเตรียมการไว้สำหรับอนาคตการตัดสินใจในเรื่องของกำลังการผลิตจะต้องมีความน่าเชื่อถือ และดำเนินไปอย่างมีหลักการ ซึ่งมีขั้นตอนที่สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ทำการประเมินกำลังการผลิตที่ต้องการในช่วงเวลา 3-5 ปีข้างหน้าให้สอดคล้องกับปริมาณอุปสงค์จากการพยากรณ์

2. กำหนดช่องว่าง (Define Gaps) ระหว่างค่าประมาณของกำลังการผลิตที่ต้องการกับกำลังการผลิต

3. กำหนดทางเลือก (Define for Alternatives) เพื่อแก้ไขปัญหาของช่องว่างดังกล่าว

4. พิจารณาทางเลือกโดยใช้เทคนิคการตัดสินใจ (Decision Technique) มาประเมินเพื่อหาทางเลือกที่ดีที่สุด

กลยุทธ์ที่ใช้สำหรับการวางแผนกำลังการผลิตระยะยาวสามารถพิจารณาได้ดังนี้

1. การใช้เทคนิคสำรองขนาดกำลังการผลิต (Sizing Capacity Sparing Technique)

2. การใช้ทฤษฎีของข้อจำกัด (Theory of Constraint)

3. กลยุทธ์เรื่องเวลาและการขยายตัว (Timing and Expansion Strategy)

2.2.3.2 แนวทางการปรับปรุงการผลิตระยะกลาง

การใช้เทคนิคการพยากรณ์โดยใช้วิธีวิเคราะห์อนุกรมเวลา (Time Series Analysis) เพื่อลดความคลาดเคลื่อนของอุปสงค์ที่มีความผันแปรจากลูกค้า เพื่อให้สามารถคงสถานภาพทางการผลิตภายใต้ข้อกำหนดที่มีอยู่ได้ซึ่งโดยทั่วไปมีวิธีที่นำมาปฏิบัติอยู่ 2 วิธีดังนี้

วิธีที่ 1 คือ การปรับเปลี่ยนแผนการผลิตโดยวิธีเฉลี่ยน้ำหนัก (Weighted Average Method)

วิธีที่ 2 คือการปรับระดับสม่ำเสมอ (Leveling Method)กลยุทธ์ที่ใช้สำหรับการวางแผนกำลังการผลิตระยะกลางสามารถพิจารณาได้ดังนี้

1. กลยุทธ์การไล่ตาม (Chase Strategy) และกลยุทธ์การักษาระดับ (Level Strategy) สำหรับการวางแผนการผลิตรวม

2. การใช้เทคนิคในการใช้ของหมด (Run-Out Time Technique) และการใช้เทคนิคในการผลิตจำนวนมากไว้ก่อน เพื่อให้ต้นทุนต่อหน่วยสำหรับการจัดตารางการผลิตหลัก

3. การใช้เทคนิคการกำหนดขนาดของการผลิตแต่ละคราว (Lot Sizing Technique) สำหรับการจัดตารางการผลิต

2.2.3.3 แนวทางการปรับปรุงการวางแผนการผลิตระยะสั้น

การใช้เทคนิคจัดสมดุลในสายการผลิต เพื่อรองรับผลกระทบจากปัญหาด้านปัจจัยการผลติที่ไม่มีเสถียรภาพการใช้หลักเกณฑ์ในการกำหนดงานสำหรับการจัดตารางการผลิต เพื่อลดผลกระทบจากการเปลี่ยนรุ่นการผลิตในแต่ละสถานีงานหรือหน่วยผลิตการใช้หลักเกณฑ์ของการจัดลำดับงานอย่างมีเหตุผล (Heuristic Approach) ประกอบกับการพิจารณาสภาวะของกระบวนการผลิตบนพื้นฐานของความเป็นจริง เพื่อลดผลกระทบจากการปรับแผนการผลิตในระยะกลาง โดยมีหลักเกณฑ์ที่นิยมใช้ดังนี้

1. เข้าก่อนทำก่อน (First Come – First Serve: FCFS)

2. ทำงานที่ใช้เวลาน้อยที่สุดก่อน (Shortest Processing Time: SPT)

3. ทำงานที่ใช้เวลามากทีสุดก่อน (Longest Processing Time: LPT)

4. ทำงานที่มีกำหนดส่งเร็วที่สุดก่อน (Earliest Due date: EDD)

5. ทำงานที่เวลาเหลือน้อยที่สุดก่อน (Minimum Slack Time: MST)

6. เข้าทีหลังทำก่อน (Last Come – First Served: LCFS)

2.3 การควบคุมตารางการผลิต

การควบคุมการผลิตคือ การติดตามผลและรายงานความก้าวหน้าของงาน เพื่อให้เจ้าของวิศวกร หรือผู้ควบคุม สามารถมองเห็นได้อย่างชัดเจนถึงผลงานที่ทำได้ จะได้ทราบถึงอัตราความก้าวหน้าของงานที่ทำได้เมื่อเทียบกับงานที่ได้วางไว้ การควบคุมการผลิตเป็นกิจกรรมที่เกิดขึ้นภายหลังจากที่ได้มีการวางแผนการผลิตเรียบรอยแล้ว และอยู่ในช่วงที่การผลิตกำลังดำเนินงานอยู่จนกระทั่งเสร็จเรียบร้อยตามแผน ซึ่งในขั้นตอนของการวางแผนเป็นเพียงการจัดระบบงานเพื่อใช้ระบบงานที่มีอยู่ ยังไม่ได้ลงมือทำตามแผน ซึ่งในช่วงของการดำเนินงานต่าง ๆ ปัญหาและอุปสรรคต่าง ๆ อาจเกิดขึ้นในกระบวนการผลติ ปัญหาและอุปสรรคดังกล่าวนี้อาจจะเกิดจากวัสดุอุปกรณ์หรือกำลังคนมีไม่พอตามแผนที่กำหนดไว้ วัตถุดิบหรือชิ้นส่วนมาส่งช้ากว่ากำหนด หรืออาจเกิดจากเครื่องมือเครื่องจักรขัดข้องใช้งานไม่ได้ เป็นต้น นอกจากนั้นยังมีเรื่องของความต้องการที่เพิ่มขึ้นของลูกค้า เช่น การขอเปลี่ยนกำหนดวันส่งมอบงาน หรือขอเปลี่ยนในรายละเอียดของการผลิตสินค้า เป็นต้น ซึ่งในกรณีดังกล่าวนี้อาจทำให้เราต้องมีการแก้ไขปรับปรุงตารางการผลิตเสียใหม่ เพื่อให้สอดคล้องกับสภาพการณ์ที่เปลี่ยนแปลงไปดังนั้น พอจะกล่าวได้ว่าการควบคุมการผลิตก็คือเพื่อทำให้การผลิตและการบริหารสามารถเสร็จทันตามเวลาในปริมาณที่กำหนดตามแผนการผลิตดังนั้น การที่จะทำให้กิจกรรมด้านการควบคุมการผลิต

ได้ผลสำเร็จตามเป้าหมายจะต้องประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญๆ ดังนี้

1. การบันทึกและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับความก้าวหน้าของงาน

2. วิเคราะห์ความก้าวหน้าของงาน โดยเปรียบเทียบกับแผนการผลิตที่ได้วางไว้

3. ดำเนินการเปลี่ยนแปลงการผลิต หรือปรับปรุงตารางการผลิตตามความจำเป็น ซึ่งจะนำไปสู่เป้าหมายที่ต้องการ

4. วิเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ หลังจากเสร็จสิ้นงานการผลิตแต่ละครั้ง เพื่อใช้ในการพัฒนาและปรับปรุงการวางแผนและควบคุมการผลิตให้มีประสิทธิภาพสูงยิ่งขึ้น

เทคนิคที่ใช้จะแสดงความก้าวหน้าของงานแต่ละชนิดเทียบกับเวลาที่ใช้ทำ สำหรับในที่นี่จะนำเสนอถึงเทคนิคที่ใช้ในการควบคุมบางชนิดที่เป็นที่รู้จักและนิยมใช้กันคือ แผนภูมิแกนต์ (Gantt Chart) และการจัดสมดุลสายการผลิต

2.3.1 การควบคุมด้วยแผนภูมิแกนต์

แบบของแผนภูมิที่ใช้แสดงความก้าวหน้าของงานแบบหนึ่งที่นิยมใช้กันทั่วไปก็คือ แบบแผนภูมิของแกนต์ ซึ่งนอกจากจะใช้แผนภูมินี้ในการกำหนดรายละเอียดตารางการทำงานดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ยังใช้เป็นเครื่องมือในการติดตามความก้าวหน้าของแผนการที่วางไว้ได้อีกด้วยประโยชน ของแผนภูมิแกนต์นั้นก็คือ สะดวกและง่ายและเป็นที่เข้าใจโดยทั่วไปของผู้ที่เกี่ยวข้อง แผนภูมิของแกนต์ที่

ใช้ในการกำหนดรายละเอียดตารางการทำงานจะใช้ในการติดตามผลและรายงานความก้าวหน้าของงานไปด้วย

2.3.2 การควบคุมโดยการจัดสมดุลสายการผลิต

ลักษณะของงานสายผลิตบางชนิด จะสามารถมองเห็นได้ชัดว่ามีขั้นตอนการผลิตที่ต้องกระทำซ้ำ ๆกันและเหมือนกันเช่น ลักษณะของการประกอบต่าง ๆ ซึ่งประกอบด้วยชิ้นส่วนหลายๆ ชิ้น แต่ละชิ้นมันจะแยกกันไปตามแผนกต่าง ๆ ตามกรรมวิธีที่มีอยู่ และสุดท้ายก็จะนำมารวมกันที่สายงานประกอบเพื่อประกอบเป็นรูปผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป ในการควบคุมและติดตามผลงานว่าในขณะหนึ่งงานงานต่าง ๆ ได้ดำเนินไปตามกำหนดการที่วางไว้ได้หรือไม่ มีงานใดที่ล่าช้าต้องเร่งให้เร็วนี้ วิธีที่มีประโยชน์สำหรับการตรวจสอบเพื่อควบคุมการผลิตในลักษณะนี้ก็คือ การจัดสมดุลสายการผลิตเพื่อให้สถานีงานที่ทำงานเร็วหันมาช่วยสถานีที่ทำงานช้า โดยเป้าหมายอยู่ที่การประกอบไม่ใช่อยู่ที่ความเร็วของแต่ละชิ้นส่วนเมื่อผลจากการรายงานและตรวจสอบความก้าวหน้าของงาน ได้ตรวจพบว่าผลผลิตที่เกิดขึ้นจริงผิดพลาดไปจากแผนงานที่กำหนดไว้ ผู้ควบคุมการผลิตจะต้องหาสาเหตุของข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น และทำการแก้ไขและปรับปรุงตารางการทำงานใหม่ เพื่อให้ทันความต้องการที่ได้กำหนดไว้ซึ่งในการแก้ไขอาจทำได้ดังนี้

1. จัดตารางการทำงานล่วงเวลาเพิ่มขึ้น
2. เพิ่มกะในการทำงานเป็นพิเศษ
3. โอนงานบางส่วนให้แก้ผู้รับเหมารายอื่นรับไปทำ
4. ในกรณีที่วัสดุขาดแคลน อาจทำการเร่งกำหนดการส่งของเข้ามาให้เร็วขึ้น
5. จัดหาคนงานเพิ่มขึ้น
6. จัดหาเครื่องมือเครื่องจักรเพิ่มขึ้น หรือหาเครื่องจักรที่มีประสิทธิภาพสูงกว่า

กิจกรรมของการควบคุมการผลิตและติดตามความก้าวหน้า เป็นกิจกรรมที่ต้องทำอย่างต่อเนื่องและตลอดไปตราบเท่าที่การผลิตยังคงดำเนินอยู่ และเป็นส่วนสำคัญที่จะทำให้การผลิตสามารถดำเนินไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตลอดจนมีผลทำให้ได้รับความเชื่อถือจากลูกค้ามากยิ่งขึ้น นอกจากเทคนิคที่ใช้ในการควบคุมการผลิตตามที่ได้กล่าวมาแล้ว การควบคุมเกี่ยวกับข้อมูลการผลิตก็เป็นส่วนสำคัญ ซึ่งการส่งผ่านข้อมูลจากหน่วยงานหนึ่งไปยังอีกหน่วยงานหนึ่งจะต้องถูกต้องและทันต่อความต้องการที่จะใช้จริง นอกจากนั้นผู้ที่ควบคุมการผลิตจะต้องมีมาตรการในการป้องกันความล่าช้าในการส่งมอบ กล่าวคือจะต้องพยายามทำการผลิตตามแผนงานที่ได้กำหนดไว้อย่างเคร่งครัด

2.3.3 ปรับปรุงวิธีการมอบหมายงาน

ประการแรกในการมอบหมายงานให้กับผู้อยู่ใต้บังคับบัญชานั้น เมื่อมอบงานปัจจุบันให้ไปแล้วจะต้องมอบหมายงานถัดไปและงานที่ถัดไปอีก 1 งานด้วย ในการส่งงานนั้น ปกติจะทำโดยใช้ใบสั่งงาน ในกรณีนี้จะทำป้ายรับใบสั่งงานขึ้น ใบสั่งงานของปัจจุบันจะเสียบไว้ที่ช่องส่วนหนึ่ง ส่วนงาน

ถัดไปและงานถัดไปอีกจะถูมอบหมายโดยเสียบแยกช่องกันจากนั้น ผู้ปฏิบัติงานหรือผู้ควบคุมงานจะต้องตรวจสอบว่า งานถัดไปและงานถัดไปอีกนั้น มีวัสดุอุปกรณ์และเครื่องไม้เครื่องมืออยู่พร้อมหรือไม่ ถ้าเรามอบหน่วยงานให้ผู้บังคับบัญชาเฉพาะงานปัจจุบันเท่านั้น เมื่องานนั้นเสร็จสิ้นลงและจะมอบงานถัดไปให้ แต่ปรากฏว่าอุปกรณ์ที่จำเป็น เช่น สว่าน ไม่มีหรือวัสดุมีไม่เพียงพอ ก็จะทำให้ผู้ปฏิบัติงานต้องเสียเวลารอ เพื่อไม่ให้เรื่องทำนองนี้เกิดขึ้น จะต้องมีการส่งมอบงานล่วงหน้าและมีการตรวจสอบและจัดหาของที่จำเป็นต้องใช้ไว้ให้พร้อมเพรียง

2.3.4 ตรวจสอบความก้าวหน้าหรือความล่าช้าของงาน

โดยดูจากวันเริ่มงาน การพิจารณาสภาพความก้าวหน้าหรือความล่าช้าของงานให้ตัดสินจากวันเริ่มงาน เพื่อที่จะให้งานเสร็จสิ้นลงตามแผนนั้นจะต้องตรวจสอบให้แน่ชัดว่างานนั้นจะต้องเริ่มทำตั้งแต่เมื่อไหร่ถ้าไปตรวจสอบว่างานนั้นจะเสร็จตามแผนหรือไม่ในตอนที่ใกล้จะจบแผน ก็อาจจะช้าเกินไป ดังนั้น จะต้องมีการกำหนดวันเริ่มงานและเวลาเริ่มงานไว้ แล้วควบคุมดูแลให้มีการเริ่มงานตามแผนที่ได้วางไว้ ถ้ารู้ตัวว่าเริ่มงานช้าไปเมื่อใกล้กำหนดส่งมอบก็อาจจะสายเกินไปที่จะแก้ไขอะไรได้ทัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งชิ้นส่วนที่สั่งให้กิจการภายนอกจัดให้จะต้องตรวจสอบให้มีการรักษาเวลาส่งมอบให้ตรงเวลา โดยทำการตรวจสอบวันเริ่มงานให้ดีเพราะโดยทั่วไปแล้วกิจการผู้รับเหมางานมักจะไม่แจ้งความล่าช้าของงาน จนกว่าจะใกล้กำหนดเวลาที่จะต้องส่งมอบงาน

ดังนั้นในการควบคุมวันเริ่มงานของกิจการผู้รับเหมานั้นเราจะใช้ระบบมาทัน (ComeUp) ซึ่งเป็นแผ่นบัตร (ComeUpCard) ที่ได้กำหนดวันที่ที่จะต้องเริ่มงานนั้นสามารถส่งมอบได้ทันเวลาโดยจะเรียงบัตรนั้นตามวันที่ ยกตัวอย่างเช่น เมื่อดึงบัตรของวันที่ 15 เมษายน ออกมา ในบัตรนั้นก็จะมีการเขียนงานซึ่งจะต้องเริ่มทำในวันนี้ไว้หรือบัตรวันที่ 16 เมษายน ก็จะมีการเขียนงานที่จะต้องเริ่มทำในวันที่ 16ไว้โดยเราเรียกบัตรนี้ว่า บัตรมาทัน (ComeUpCard)

2.3.5 การดำเนินการตรวจรับของที่เข้ามาโดยเร็ว

ผู้ควบคุมการผลิตจะต้องตรวจรับชิ้นส่วนหรือวัตถุดิบที่เข้ามาในหน่วยงานของตนโดยเร็ว ถ้าเป็นไปได้ก็ควรตรวจสอบเสียทันทีที่ของเข้ามา มักจะพบว่าชิ้นส่วนหรือวัตถุดิบที่ได้รับเข้ามามันจะมีความบกพร้องหรือต้องแก้ไขข้อบกพร้องที่ค้นพบกันในเวลาปฏิบัติงานจนเริ่มรู้สึกว่าน่าตรวจสอบกันตั้งแต่เวลาที่รับของเข้ามา สำหรับกรณีที่มีหน่วยตรวจสอบชิ้นงานที่ว่าจ้างจากภายนอกหรือชิ้นงานที่เข้ามาจากขั้นตอนการผลิตล่วงหน้านั้นมันจะไม่ค่อยพบปัญหาเช่นนี้ชิ้นส่วนหรือวัตถุดิบที่เข้ามาในวันนั้นควรจะได้รับการตรวจ โดยผู้ควบคุมงานหรือพนักงานอื่น ๆ ในวันนั้นหรือวันถัดไปโดยเร็ว

2.3.6 การประสานงานกับขั้นตอนการผลิตก่อนและหลัง

ผู้ควบคุมงานจะต้องรู้ว่าขั้นตอนการผลติก่อนหน้าและหลังความรับผิดชอบของตนมีความราบรื่นหรือไม่ ถ้าขั้นตอนก่อนหน้าล่าช้าและจะมีผลกระทบต่อหน่วยผลิตของตนหรือไม่ ทั้งนี้เพื่อจะได้วางมาตรการรับมือไว้ตั้งแต่เนิ่น ๆ นอกจากนั้นแล้วในบางครั้งขั้นตอนที่อยู่ถัดไป อาจมีความ

ต้องการที่จะให้เร่งงานเร็วขึ้นจากแผนงานเดิมที่เคยวางเอาไว้ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากมีการปรับปรุงการผลิต ในกรณีเช่นนี้เราอาจจำเป็นที่จะต้องตอบสนองค์วามต้องการของขั้นตอนที่อยู่ถัดไป คำพูดที่ว่า “ต้องนึกอยู่เสมอว่าขั้นตอนถัดนั้นเป็นลูกค้า” เป็นคำเตือนใจที่เน้นในด้านการควบคุมคุณภาพแต่ก็สามารถจะนำใช้กับการควบคุมคุณภาพ แต่ก็สามารถจะนำมาใช้กับการควบคุมเวลาส่ง มอบงานได้

2.3.7 การรายงานความล่าช้า

ถึงแม้ว่าเราจะใช้วิธีการหรือมาตรการต่าง ๆ ในการควบคุมเวลาส่งมอบแล้วก็ตาม บางครั้งก็ไม่อาจหลีกเลี่ยงความล่าช้าได้ ดังนั้น การรายงานความล่าช้าจึงควรได้มีการดำเนินการโดยเร็วเพื่อจะได้วางมาตรการการแก้ไปได้ทันเวลาโดยทั่วไปแล้วเรามักไม่อยากให้คนอื่นรู้ถึงความล่าช้าหรืออุปสรรคของเรา และไม่อยากที่จะให้ผู้บังคับบัญชารู้ โดยมักจะวางมาตรการแก้ไขกันเองอย่างเงียบๆ ในขณะที่ไม่มีใครรู้เหมือนกับไม่มีอะไรเกิดขึ้น แต่สิ่งนี้ไม่เป็นผลดีต่อการควบคุมความก้าวหน้าในการผลิต การแก้ไขปัญหาด้วยตนเองนั้นถ้าเป็นไปอย่างเรียบร้อยก็ไม่เป็นไร แต่มีตัวอย่างให้เห็นอยู่บ่อย ๆ ที่กลับกลายเป็นการสรางปัญหาเพิ่มขึ้น เช่น การพยายามที่ซ่อมเครื่องจักร

ที่ชำรุดให้สามารถทำงานได้ชั่วคราวด้วยตนเอง ผลปรากฏว่าเครื่องจักรกลับยิ่งชำรุดมากขึ้น ทำให้ต้องเสียเวลาในการซ่อมนานขึ้น และเกิดความล่าช้ามากยิ่งขึ้นผู้ควบคุมงานจะต้องรายงานให้ผู้บังคับบัญชา หรือผู้รับผิดชอบในขั้นตอนการผลิตถัดไปทราบโดยทันทีที่คิดว่าจะเกิดความล่าช้าขึ้น ไม่ใช่ไปรายงานตอนที่ได้เกิดความล่าช้าในการส่งมอบของขึ้นแล้วดังนั้น ถ้าวันเริ่มงานมีความล่าช้าเกิดขึ้นให้รายงานให้ผู้ที่เกี่ยวข้องทราบทันทีในเวลานั้น

2.4 เทคนิคการศึกษาเวลา

การศึกษาเวลาเทคนิคการวัดผลงาน (Work Measurement) ที่ใช้ได้ง่ายกระบวนการไม่ซับซ้อนและข้อมูลการวัดผลงานมีความน่าเชื่อถือมากคือเทคนิคการศึกษาเวลา (Time Study) ของ Federic W.Taylor ซึ่งได้รับความนิยมใช้งานอย่างแพร่หลายจนถึงปัจจุบันในระยะแรกการศึกษาเวลาจะมุ่งในการกำหนดหาเวลามาตรฐานเพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการกำหนดค่าจ้างแรงงานที่ยุติธรรมในแผนการจ่ายเงินจูงใจต่อมาจึงได้มีการขยายขอบเขตการใช้งานและเป็นประโยชน์ใช้งานได้อย่างหลากหลายโดยเฉพาะในทางการผลิตจะใช้ประโยชน์ในการส่งเสริมการเพิ่มผลผลิต โดย สุนทรีลักษณ์ สุวรรณฤทธิ์ (2558) สรุปไว้ดังนี้

2.4.1 หลักพื้นฐานของการศึกษาเวลา

การศึกษาเวลามีหลักการพื้นฐานซึ่งกำหนดขึ้นมาได้จากคำนิยามประโยชน์การใช้งานองค์ประกอบของการศึกษาเวลาและขั้นตอนของการศึกษาเวลาความเข้าใจหลักการพื้นฐานของการศึกษาเวลาจะช่วยให้สามารถเข้าใจกระบวนการของการศึกษาเวลาข้อ จำกัด และเงื่อนไขที่จำเป็น

ในการศึกษาเวลาอุปสรรคที่อาจจะเกิดขึ้นจากการไม่ได้รับความร่วมมือจากคนงานรวมทั้งกระบวนการกำหนดหาเวลามาตรฐานได้อย่างถูกต้องและสามารถประยุกต์ใช้เวลามาตรฐานเพื่อให้เกิดประโยชน์ในการจัดการทางการผลิตได้อย่างกว้างขวาง

2.4.2 ความหมายของการศึกษาเวลา

“การศึกษาเวลา” คือเทคนิคการวัดผลงานซึ่งมีกระบวนการเพื่อกำหนดหาเวลาในการทำงานโดยคนงานที่เหมาะสมซึ่งทำงานในอัตราที่ปกติภายใต้เงื่อนไขมาตรฐานในการวัดผลงานโดยมีผลลัพธ์ของการวัดผลงานเรียกว่า“เวลามาตรฐาน” จากคำนิยามของการศึกษาเวลาเราพอกำหนดหลักการพื้นฐานของการศึกษาเวลาได้ดังต่อไปนี้

1. การศึกษาเวลาจะต้องใช้กระบวนการในการหาเวลาในการทำงาน
2. คนงานที่ใช้ศึกษาในการศึกษาเวลาจะต้องเป็นคนงานที่มีความเหมาะสม
3. คนงานที่ใช้ศึกษาต้องทำงานในอัตราปกติ
4. ต้องมีเงื่อนไขมาตรฐานในการวัดผลงาน
5. ผลลัพธ์ของการศึกษาเวลาคือเวลามาตรฐานของการทำงาน

กระบวนการศึกษาเวลาจะได้กล่าวโดยละเอียดเป็นขั้นตอนของการศึกษาเวลาซึ่งจะต้องมีอุปกรณ์การจับเวลากระบวนการแบ่งแยกย่อยงานเทคนิคการจับเวลาและขั้นตอนในการกำหนดเวลามาตรฐาน คนงานที่ใช้เป็นหุ่นสำหรับการศึกษาเวลาจะต้องเป็นคนงานที่มีความรู้ความสามารถในการทำงานที่จะศึกษาเป็นอย่างดีโดยมีประสบการณ์หรือผ่านการฝึกฝนจนคล่องแคล่วในการทำงานที่จะใช้ศึกษาเวลาการทำงานระหว่างการศึกษาเวลาจะต้องไม่ติดขัดจนไม่สามารถจะเก็บบันทึกข้อมูลเวลาทำงานได้อย่างถูกต้องให้ความร่วมมือในการทำงานอย่างปกติไม่ช้าไม่เร็วเกินไปไม่ปิดบังข้อมูลที่มีผลกระทบต่อการทำงานไม่กระทำการใด ๆ ที่จะทำให้ข้อมูลที่เก็บบันทึกเวลาผิดไปจากความเป็นจริงเพื่อให้ได้ข้อมูลเวลาซึ่งใช้เป็นมาตรฐานสำหรับคนส่วนใหญ่ได้ในการศึกบาเวลาเงื่อนไขมาตรฐานที่ต้องคำนึงถึงคือมาตรฐานการกัดเวลามาตรฐานเครื่องมือวัดศาลาและมาตรฐานการทำงานการวัดเวลาจะต้องมีความน่าเชื่อถือและมีความมั่นคงสม่ำเสมอเครื่องมือที่ใช้วัดก็เช่นกันถ้าเป็นเครื่องมือที่ทันสมัยและมาตรฐานการโอที่สอดคล้องกันก็จะยิ่งดีและส่วนสุดท้ายคือมาตรฐานการทำงานซึ่งจะต้องครอบคลุมตั้งแต่วิธีการทำงานสถานที่ทำงานระยะเวลาทำงานและสภาพแวดล้อมในการทำงานองค์ประกอบของการทำงานเหล่านี้จะต้องได้มาตรฐานก่อนการศึกษาเวลา

การกำหนดเวลามาตรฐานของการทำงานจะประกอบด้วยเวลาที่บันทึกได้จากการทำงานซึ่งจะต้องคำนวณหาเวลาที่ใช้เป็นค่าตัวแทนของเวลาของการทำงานหรือ“ ค่าเวลาที่เลือก (Selected Time) "เมื่อประเมินตามอัตราความเร็วของการทำงานของคนงานและมีการปรับค่าการประเมินแล้วจะได้เป็น“ค่าเวลาปกติ (Normal time)” และเมื่อมีการเพิ่มเวลาเพื่อสำหรับความเมื่อยล้าจะได้ค่าเวลาเป็น“เวลามาตรฐาน (Standard Time)

2.4.3 ประโยชน์ของการศึกษาเวลา

ประโยชน์ของการศึกษาเวลาพอสรุปได้ดังนี้

1. ใช้ในการกำหนดค้นทุนมาตรฐานและจัดเตรียมงบประมาณรวมทั้งการสร้างระบบศูนย์กำไร

2. ประมาณการต้นทุนการผลิตเพื่อกำหนดราคาผลิตภัณฑ์

3. ใช้ในการจัดสมดุลของสายการผลิตเพื่อเพิ่มผลผลิตและประสิทธิภาพการใช้งานคนงานและเครื่องจักร

4. ใช้เป็นข้อมูลในการจัดแผนการผลิตและการกำหนดงานผลิต

5.ใช้เป็นมาตรฐานเวลาในการทำงานเพื่อควบคุมต้นทุนการผลิตและการกำหนดอัตราค่าจ้างแรงงานรวมทั้งการจัดแผนการจ่ายเงินจูงใจ

6. ใช้ประกอบการศึกษาวิธีการทำงานเพื่อเปรียบเทียบวัดผลงานก่อนและหลังการปรับปรุงวิธีการทำงาน

2.4.4 องค์ประกอบของการศึกษาเวลา

องค์ประกอบของการศึกษาเวลาประกอบด้วย

1. ผู้บริหารและหัวหน้าคนงาน

- ควรจะเข้าใจงานและประโยชน์ของการศึกษาเวลา
- ควรให้การสนับสนุนการศึกษาเวลาอย่างแท้จริง
- พร้อมแก้ไขปัญหาและอุปสรรคของการศึกษามาลา
- ควรชี้แจงให้คนงานเข้าใจจุดประสงค์และขั้นตอนของการศึกมาเวลา
- การร่วมมือกับผู้สึกบาเวลาเพื่อให้ได้ข้อมูลการศึกบาบาลาที่มีความถูกต้อง

2. คนงาน

- คนงานต้องเป็นคนงานที่สมำเสมอ
- อัตราการทำงานของคนงานต้องอยู่ในเกณฑ์เฉลี่ยหรือสูงกว่าเฉลี่ยเล็กน้อย
- ควรเป็นคนงานที่เหมาะสม คือมีความเฉลียวฉลาด แข็งแรง มีความรู้และความ ชำนาญในการที่ จะศึกษา
- ให้คนงานทำงานตามปกติที่เคยทำ ทำงานโดยอิสระไม่เกร็งและให้มีการพัก ตามปกติ
- สำหรับวิธีการทำงานใหม่ให้คำงานฝึกทำงานในช่วงระยะเวลาหนึ่งจนเกิดความ ชำนาญก่อน จึงเริ่มศึกษาเวลาได้
- คนงานต้องเข้าใจเป้าหมายของการศึกษาเวลา และให้ความร่วมมือในการศึกษา เวลา

3. ผู้ศึกษาเวลา

- จะต้องเข้าใจวัตถุประสงค์ของการศึกษาเวลา และต้องอธิบายให้ทุก ๆ คนที่เกี่ยวข้องเข้าใจ

- จะต้องมีมารยาทและมนุษย์สัมพันธ์ที่ดี

- ให้หยุดการจับเวลาชั่วคราวถ้ารู้สึกว่าคนงานไม่ได้ทำงานโดยปกติ

- ให้พบหัวหน้าคนงานในกรณีที่พบว่าคนงานไม่ร่วมมือ

- ไม่จับเวลาโดยที่คนงานไม่รู้ตัวหรือไม่อยู่ในมุมที่คนงานไม่เห็น

4. เครื่องมือจับเวลาและแบบฟอร์มต่าง ๆ

- ให้เตรียมเครื่องมือจับเวลา เช่น นาฬิกาจับเวลาหรือกล้องถ่ายภาพวีดิทัศน์

- แบบฟอร์มที่จะใช้งานต่าง ๆ ต้องเหมาะสมชัดเจนและใช้งานได้สะดวก

- มีการตรวจเครื่องมือจับเวลาให้แน่ใจว่าใช้งานได้

- มีการตรวจสอบเครื่องใช้อื่น ๆ ให้พร้อม

5. วิธีการทำงานและองค์ประกอบทางการผลิตของงานที่จะศึกษา

- ให้ตรวจสอบวิธีการทำงานที่เป็นมาตรฐานและคนงานมีการทำงานตามวิธีการ ทำงานมาตรฐานอย่างถูกต้อง

- ให้ตรวจสอบเงื่อนไขการทำงานต่าง ๆ เช่น สถานที่ทำงาน เครื่องมือและอุปกรณ์ และสภาพแวดล้อมของการทำงาน เพื่อให้ได้เงื่อนไขของการศึกษาเวลาเป็นไป ตามมาตรฐานเดียวกับวิธีการทำงานมาตรฐาน

- ตรวจสอบองค์ประกอบทางการผลิตอื่น ๆ เช่น วัสดุที่ใช้ต้องถูกต้องตามข้อกำหนด ของผลิตภัณฑ์คุณภาพของชิ้นส่วนที่ใช้ผลิตต้องเป็นที่น่าพอใจ ความเร็วของ เครื่องจักรเป็นไปตามที่กำหนด

2.4.5 การกำหนดเวลาเผื่อ

การคำนวณเวลาปกติจากการใช้เวลาเลือกเมื่อปรับด้วยค่าองค์ประกอบการประเมิน จะยังถือเป็นเวลามาตรฐานไม่ได้เนื่องจากยังไม่ได้ครอบคลุมเวลาเผื่อสำหรับ

1. เวลาเผื่อกิจส่วนตัว (Personal allowance)

2. เวลาเผื่อความเมื่อยล้า (Fatigue allowance)

3. เวลาเผื่อความล่าช้า (Delay allowance)

“เวลาเผื่อ” จึงเป็นเวลาที่เพิ่มให้จากเวลาปกติของคนงานที่เหมาะสมเพื่อกิจธุระส่วนตัวเพื่อการลดความเมื่อยล้าและเผื่อสำหรับความล่าช้าของกิจกรรมการรอต่าง ๆ เวลาเผื่อเพื่อกิจธุระส่วนตัว เช่น เข้าห้อง น้ำล้างมือ ดื่มน้ำ ฯลฯ จะถูกกำหนดให้มากหรือ น้อยขึ้นอยู่กับลักษณะความหนักเบาของงาน ระยะเวลาทำงาน เงื่อนไขการทำงาน ฯลฯ เวลาเผื่อ สำหรับกิจธุระส่วนตัวอาจสูงกว่า 5 % ของเวลาปกติ *การทำงาน 8 ชั่วโมง/วัน โดยไม่มีการพักเลยจะมีเวลาที่เป็นกิจส่วนตัว 2-5 % *เวลาเผื่อส่วนตัวจะต้องสูงขึ้นถ้าเงื่อนไขการทำงานเลวลง เช่น งานหนัก ร้อน ฝุ่นจัด เสียงดัง เหม็น ชื้น ฯลฯ

ในการศึกษาเวลาเพื่อกำหนดเวลามาตรฐาน จะใช้กระบวนการปรับค่าเวลาของทุก ๆ งานย่อยด้วยค่าองค์ประกอบการประเมินและค่าเวลาเผื่อและได้ค่าเวลามาตรฐานเวลาของแต่ละงานย่อย รวมเวลามาตรฐานของทุก ๆ งานย่อยเป็นเวลามาตรฐานของงานหรือจะใช้กระบวนการหาค่าองค์ประกอบการประเมินเฉลี่ยแล้วเอาผลรวมของเวลาเลือกมาหาเวลาปกติและหาเวลามาตรฐาน ของงานโดยการปรับค่าเวลาเผื่อ

2.4.6 ความหมายของกำลังการผลิต

- กำลังการผลิต (Capacity) คือ ขีดความสามารถของ คนงาน เครื่องจักร หน่วยผลิต แผนหรือองค์กรในการผลิตผลผลิตต่อ หน่วยเวลา (เป็นปริมาณของงานที่สามารถทำได้ในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งที่ กำหนดไว้) กำลังการผลิตเป็นอัตราการทำงานไม่ใช่ปริมาณของงานที่ ทำได้

- กำลังการผลิตที่ต้องการ (Capacity required) คือความสามารถของระบบหรือทรัพยากรที่จำเป็นในการสร้างผลลัพธ์ที่ต้องการในช่วงเวลาที่กำหนด คำที่เกี่ยวข้องอย่างใกล้ชิดกับกำลังการผลิตที่ต้องการคือภาระ (Load) นี่คือจำนวนงานที่ออกและวางแผนที่กำหนดให้กับสถานที่สำหรับช่วงเวลาหนึ่ง ๆ มันคือผลรวมของกำลังการผลิตที่ต้องการทั้งหมดดังสมการที่ 1

$$Load\ (\%) = \frac{Demand}{Available\ capacity} \qquad \text{สมการที่ (1)}$$

- กำลังการผลิตที่นำไปใช้ได้ (Capacity Available) คือขีดความสามารถของระบบหรือทรัพยากรในการผลิตผลผลิต ออกมาได้ต่อช่วงเวลา กำลังการผลิตที่นำไปใช้ได้จะขึ้นอยู่กับรายละเอียด ข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์ (ความยาก-ง่าย) ส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ โรงงาน และจำนวนเครื่องจักร รวมทั้งความอุตสาหะพยายามในการ ทำงาน (Work Effort) ดังสมการที่ 2

$$Available\ capacity = \frac{Available\ Time}{Standard\ Time} \qquad \text{สมการที่ (2)}$$

- เวลาที่ใช้ทำงาน (Available Time) คือ จำนวนชั่วโมง ของหน่วยผลิตที่สามารถนำมาใช้ในการทำงาน ซึ่งขึ้นอยู่กับจำนวน เครื่องจักร จำนวนคนงาน และชั่วโมงการปฏิบัติงานในแต่ละกะหรือแต่ละวัน

- เวลามาตรฐาน (Standard Time) เวลาที่ต้องใช้ผู้ปฏิบัติงานที่มีคุณสมบัติเหมาะสมซึ่งทำงานตามปกติเพื่อทำงานสามารคำนวณได้จาก Standard time = Normal time + Allowance

- เวลาปกติ Normal time คือ เวลาการทำงานโดยเฉลี่ยที่อัตราความเร็วในการทำงานแบบปกติ และไม่มีปัจจัยใดเข้ามารบกวนให้ต้องหยุดพัก หรือติดขัด

- เวลาเผื่อ (Allowance) หมายถึง ปริมาณของเวลาที่ชดเชยส่วนของเวลาที่สูญเสียไปอันเนื่องมาจากปัจจัยที่ไม่ก่อให้เกิดงาน เช่น เวลาหยุดพักของพนักงานเมื่อเกิดความเหนื่อย หรือทำธุระส่วนตัว เวลาที่สูญเสียเนื่องจากสภาพแวดล้อม อย่างเช่น มีฝนตก ทำให้ต้องหยุดการทำงาน เป็นต้น

เวลาเผื่อที่ยอมให้มีอยู่ 3 อย่างคือเวลาเผื่อสำหรับบุคคล (personal allowance) เวลาเผื่อสำหรับความเครียด (fatigue allowance) เวลาเผื่อสำหรับความล่าช้า (delay or contingency)

2.4.7 การสุ่มงาน (Work sampling)

การสุ่มงาน คือ วิธีการทำเปอร์เซ็นต์ที่เกิดขึ้นของเวลาที่ใช้ไปในขั้นตอนต่างๆ เพื่อปฏิบัติงานอันหนึ่งโดยอาศัยสถิติและการไปเฝ้าสังเกตโดยการสุ่มด้วยวิธีการสุ่มงานผู้สังเกตหนึ่งคน สามารถเก็บและบันทึกเวลาของพนักงาน หรือเครื่องจักรจำนวนหลายๆ เครื่องได้พร้อมกัน ในขณะที่ผู้ขับเวลาหนึ่งคนสามารถศึกษาและบันทึกเวลาของพนักงานเพียงหนึ่งคน ด้วยวิธีการศึกษาเวลาหรือจับเวลาโดยตรง และเนื้อโสม ได้ให้ความหมายไว้ว่า การสุ่มงาน คือกระบวนการสังเกตอย่างเพียงพอบนกิจกรรมของผู้ปฏิบัติงาน เพื่อการประเมินสัดส่วนของเวลาที่ผู้ปฏิบัติงานนั้นใช้ไปบนกิจกรรมต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับงาน ทั้งนี้วัตถุประสงค์หลักของการสุ่มงานคือการประเมินว่าเวลาในหนึ่งวันของผู้ปฏิบัติงานได้ใช้เวลาสำหรับการปฏิบัติงานจริง ๆแล้วเป็นสัดส่วนเท่าใด (ชูศักดิ์ พรสิงห์, 2562a)

โดยหลักพื้นฐานในทฤษฎีการสุ่มทางสถิติ คือหลักการที่ว่าหากมีการสุ่มตัวอย่างจำนวนครั้งมาก ผลของการศึกษาในทางสถิติจะมีความแม่นยำมากขึ้น ดังนั้นในการสุ่มงานจำเป็นต้องเริ่มจากการหาจำนวนครั้งของการสุ่มงานที่เพียงพอในทางสถิติเพื่อทำให้มั่นใจได้ว่าผลของการศึกษามีความน่าเชื่อถือในทางสถิติ

เทคนิคการสุ่มงานโดยทั่วไปแล้วไม่ได้เหมาะกับงานทุกงานในอุตสาหกรรม Groover ได้แนะนำเพิ่มเติมสำหรับงานที่เหมาะกับการใช้เทคนิคการสุ่มงานเพื่อวัดงานดังนี้

1. ต้องมีเวลาเพียงพอที่ให้ดำเนินการสุ่มงาน : เทคนิคการสุ่มงานนั้นโดยทั่วไปจะต้องใช้เวลาพอสมควรในการวัดงาน อาจจะเป็นสัปดาห์ หรือหลายๆสัปดาห์ ทั้งนี้เพื่อให้ได้จำนวนข้อมูลที่มากเพียงพอต่อค่าความมั่นใจ และมีความผิดพลาดไม่เกิดค่าที่ได้ออกแบบไว้

2. มีงานหลายงานที่ต้องการวัดงาน : โดยทั่วไปแล้วหากมีกิจกรรมหลากหลายหรือมีสถานีงานหลากหลาย เทคนิคการสุ่มงานจะเหมาะมากกว่าการศึกษางานโดยตรง ในทางตรงข้ามกัน หากมีกิจกรรมเพียงกิจกรรมเดียวที่ต้องการศึกษา การศึกษาเวลาโดยตรงจะให้ค่าที่แม่นยำมากกว่า

3. มีรอบเวลาที่ยาวพอสมควร : งานที่ต้องการศึกษาต้องมีรอบเวลาหรือวัฏจักรเวลาที่ยาวนานพอสมควร

4. ต้องไม่เป็นงานซ้ำ ๆ มากจนเกินไป : งานที่ต้องการศึกษาไม่ควรเป็นงานสั้นๆ ที่ปฏิบัติซ้ำๆ กัน แต่ควรเป็นงานที่มีงานย่อยมากพอสมควร

ขั้นตอนโดยทั่วไปของการสุ่มงานจะเป็นดังนี้

1. ตั้งวัตถุประสงค์ของการศึกษา : ลำดับแรกต้องมีการจัดตั้งวัตถีประสงค์ในการศึกษาด้วยวิธีการสุ่มงาน

2. กำหนดงานที่ต้องการศึกษา : บ่งชี้กระบวนการ ผู้ปฏิบัติงาน วัตถุดิบที่เกี่ยวข้องในการสุ่มงาน

3. กำหนดวิธีการวัดผลการศึกษา : เป็นการบ่งชี้ว่าผลการศึกษาการสุ่มงานครั้งนี้เพื่ออะไร อย่างน้อยต้องสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่ได้ตั้งไว้ตั้งแต่แรก

4. สร้างช่วงเวลาที่จะศึกษา : ต้องกำหนดช่วงเวลาที่ต้องการศึกษา เวลาเริ่มศึกษา และเวลาหยุดการศึกษาให้ชัดเจน

5. นิยามกิจกรรมที่จะศึกษา : เป็นการกำหนดคุณลักษณะ (Attribute) ของการสุ่มงาน เช่น หากมีการศึกษา การใช้ประโยชน์จากเครื่องจักรสูงสุด (Machine Utilization) กิจกรรมที่เกี่ยวข้อง คือ เวลาการปฏิบัติงาน เวลาว่างงาน และเวลาหยุดเครื่องจักร เป็นต้น

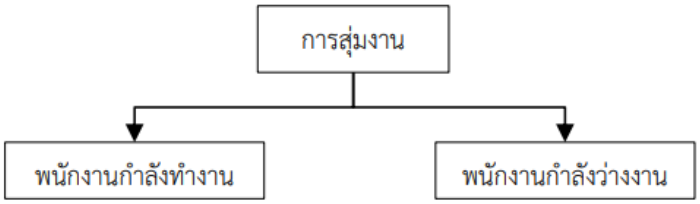
6. คำนวณจำนวนครั้งที่ต้องสำรวจ : เพื่อให้ผลการศึกษามีความแม่นยำมากขึ้น (วัดโดยระดับความเชื่อมั่น) จึงต้องมีการหาจำนวนครั้งที่ต้องการทำการสำรวจ ถ้าหากการคาดเดาไม่สามารถทำได้ อาจมีการสำรวจเบื้องต้นก่อนเพื่อมาคำนวณหาจำนวนครั้งที่เหมาะสม

7. จัดตารางที่ต้องสุ่มงาน : โดยปกติจะใช้หลักการสำรวจด้วยจำนวนครั้งที่เท่าๆกัน ภายในช่วงเวลาที่ต้องการศึกษาเช่น ต้องสำรวจด้วยจำนวน 800 ครั้ง ในช่วงเวลา 20 วัน ดังนั้น ต้องสำรวจ 40 ครั้ง / วัน จากนั้นจึงใช้ตารางสุ่มในการกำหนดเวลาอย่างสุ่มที่จะเข้าไปสำรวจในแต่ละวัน

8. แต้งผู้ปฏิบัติงานและผู้เกี่ยวข้อง : ก่อนการสุ่มงานจริงต้องมีการแจ้งแก่ผู้ที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับวัตถุประสงค์ของการสำรวจและวิธีการสำรวจและวิธีการที่จะเข้าไปสำรวจ

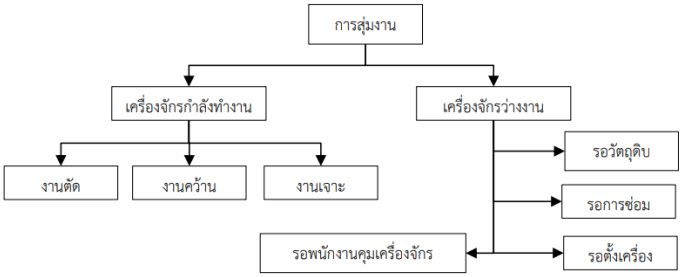
9. บันทึกข้อมูลของการสุ่มงาน : ถึงการสุ่มงานจะเป็นกระบวนการที่ไม่ซับซ้อน การให้ความรู้ความเข้าใจกับผู้สุ่มงานก็ยังเป็นสิ่งจำเป็นอยู่ดี การสุ่มงานจะต้องกระทำ ณ พื้นที่เดิมตลอดการศึกษา ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้

10. สรุปข้อมูล : หลังจากได้ข้อมูลการสุ่มงานครบถ้วนแล้ว จำเป็นต้องมีการสรุปข้อมูลในทางสถิติ



ภาพที่ 4 ตัวอย่างการแบ่งกลุ่มงานเพื่อการสุ่มงานที่ 1

ที่มา ชูศักดิ์ พรสิงห์ (2562a)



ภาพที่ 5 ตัวอย่างการแบ่งกลุ่มงานเพื่อการสุ่มงานที่ 2

ที่มา ชูศักดิ์ พรสิงห์ (2562a)

การกำหนดกิจกรรมที่ต้องการสุ่มจะต้องมีการศึกษาอย่างรอบคอบ พิจารณาขอบเขตของการศึกษาและทบทวนวัตถุประสงค์ของการศึกษาครั้งนี้ว่าต้องการอะไรจากการสุ่มงานครั้งนี้บ่าง ซึ่งวัตถุประสงค์โดยทั่วไปคือ การศึกษาการว่างงาน (Idle) และการทำงาน (Working) ของทรัพยากรการผลิตที่มีอยู่ เช่น คน เครื่องจักร ของการผลิตหนึ่งๆ กรณีที่เราต้องการศึกษาอัตราส่วนระหว่างการว่างงานและการทำงานของพนักงานคนหนึ่ง สามารถแบ่งกลุ่มได้ดังภาพที่ 4 แต่ถ้าหากการสุ่มงานมีวัตถุประสงค์ที่ซับซ้อนกว่านั้น เช่นต้องการสุ่มเครื่องจักรว่าทำงานหรือว่างงานเป็นอัตราส่วนเท่าใด นอกจากนั้นต้องการทราบด้วยว่าในช่วงทำงานนั้น ทำงานประเภทใดบ้าง เช่น งานตัดหรืองานคว้านหรืองานเจาะ และในช่วงที่ว่างงานนั้นมีสาเหตุมาจากอะไรบ้างเป็นอัตราส่วนเท่าใด เช่น รอการซ่อมอยู่หรือรอวัตถุดิบ หรือพนักงานคุมเครื่องจักรหายไป เป็นต้น ซึ่งแสดงให้เห็นภาพได้ดังภาพที่ 5

การคำนวณเวลามาตรฐานจากเทคนิคการสุ่ม หรือการหาเวลาเฉลี่ยของการทำงานชิ้นหนึ่งๆ เช่น งานตั้งเครื่องจักร งานทำความสะอาดเครื่องจักร เป็นต้น อย่างไรก็ตามเวลามาตรฐานที่ได้จากการสุ่มงานจะมีความไม่เที่ยงตรงสูงเมื่อเทียบกับการวัดงานด้วยวิธีอื่น ๆ เช่นการศึกษาเวลาโดยตรง ดังนั้นจึงไม่ควรใช้การสุ่มงานเพื่อหาเวลามาตรฐานมากำหนดค่าแรง และค่าแรงจูงใจ เนื่องจากเป็นเรื่องละเอียดอ่อนต้องใช้ควาแม่นยำในการวิเคราะห์มาก เราจะทำการวิเคราะห์ทั้งเวลามาตรฐานในการผลิตชิ้นงาน

การหาเวลาโดยเฉลี่ยนของการทำงานงานหนึ่ง สิ่งที่แตกต่างกันระหว่างสองเรื่องนี้ก็คือการหาเวลาโดยเฉลี่ยจะไม่มีการให้อัตราประสิทธิภาพของพนักงาน แต่เป็นเพียงการหาค่าเวลาอย่างง่ายๆ ดังนั้นวิธีนี้จึงเหมาะกับงานที่ นาน ๆจะมีการปฏิบัติซักครั้งหนึ่ง เช่น การตั้งเครื่องจักรเพื่อเป็นรุ่นการผลิต เป็นต้น ส่วนการหาเวลามาตรฐานของการผลิตชิ้นงานจะเหมาะกับงานทำซ้ำ ๆ ซึ่งต้องมีการรวมอัตราประสิทธิภาพของพนักงานเข้าไปในการวิเคราะห์ด้วย

การคำนวณเวลามาตรฐาน

เมื่อต้องการหาเวลามาตรฐานจากเทคนิคการสุ่มงาน ผู้วิเคราะห์ต้องตัดสินใจในเรื่องอัตรามประสิทธิภาพในขณะที่ทำการสุ่มงาน อาจเป็นการยากเนื่องจากการสุ่มงานอาจกินเวลาเป็นสัปดาห์

หรือยาวนานหลายสัปดาห์ แต่การตัดสินใจเรื่องอัตราประสิทธิภาพต้องกระทำ ณ ขนะใดขณะหนึ่ง ดังนั้นการให้อัตราการประสิทธิภาพต้องกระทำอย่างรอบคอบและเป็นที่ยอมรับของทุกฝ่าย อนึ่งกลุ่มงานที่เป็นการว่างงาน (Idle Time) หรือการรอคอย (Waiting time) จะไม่มีการให้อัตราประสิทธิภาพแต่อย่างใด สมการ แสดงถึงการคำนวณหาเวลามาตรฐานของการทำงาน

$$ST = \frac{TT \times P_i \times PR_i}{Q_i} + AL_i \qquad \text{สมการที่ (3)}$$

การหาเวลาโดยเฉลี่ย

ในการสุ่มงานเพื่อหาเวลาโดยเฉลี่ยของการทำงานใดงานหนึ่ง (Task) เหมาะสำหรับงานที่มีการทำซ้ำไม่บ่อยนัก เช่นการตั้งเครื่องจักร การเปลี่ยนใบมีดกลึง เป็นต้น การคำนวณหาเวลาโดยเฉลี่ยสามารถแสดงได้ดังสมการ

$$T_{ci} = \frac{TT \times P_i}{Q_i} \qquad \text{สมการที่ (4)}$$

โดยที่ TT = เวลารวมทั้งหมดที่ใช้ในการสุ่มงาน

P_i = อัตราส่วนของกลุ่มงานที่สนใจศึกษา

PR_i = อัตราประสิทธิภาพที่ให้กับการทำงานที่สนใจศึกษา

Q_i = ปริมาณชิ้นงานที่ผลิตได้จากกลุ่มงานที่สนใจศึกษา

AL_i = ค่าเผื่อสำหรับการทำงานนี้

2.5 ผังคนและเครื่องจักร

ผังคนและเครื่องจักรใช้อธิบายการทำงานร่วมกันระหว่างคนและเครื่องจักรที่มีการผลัดกันทำงานเป็นจังหวะ นั่นคือเครื่องจักรจะหยุดรอเมื่อผู้ปฏิบัติงานกำลังติดตั้งหรือเคลื่อนชิ้นงานออกจากเครื่องจักร และผู้ปฏิบัติงานต้องหยุดรอ เมื่อเครื่องจักรกำลังทำงาน ด้วยการนี้เราต้องการลดการรอคอยของทั้งคนและเครื่องจักรให้มากที่สุด และต้องการให้เครื่องจักรเดินเครื่องใกล้เคียงกับกำลังการผลิตให้มากที่สุดเท่าที่เป็นไปได้ (ชูศักดิ์ พรสิงห์, 2562b)

ซึ่งการจัดทำแผนผังของคนและเครื่องจักร จะให้ความสำคัญกับกิจกรรมย่อย ที่เกิดขึ้นในสถานีงานนั้น โดยจำนวนคนและเครื่องจักร อาจจะมีตั้งแต่ หนึ่งคน กับหนึ่งเครื่องขึ้นไป จุดมุ่งหมายเพื่อดูสัดส่วนการเสียเวลาคอยของคน หรือเวลารอคอยของเครื่องจักรที่สูญเปล่า ไม่ก่อให้เกิดการผลิต หรืออาจจะสามารถศึกษาดูเพิ่มเติมได้ว่าเราควรลด หรือเพิ่มจำนวนคน หรือเครื่องจักรในการทำงานหรือไม่ โดยประเภทของกิจกรรมที่เกิดขึ้นจะถูกแบ่งออกเป็นลักษณะต่าง ๆ ดังนี้

กิจกรรมอิสระ เป็นกิจกรรมที่ พนักงาน และเครื่องจักร ปฏิบัติงานแยกจากกันโดยชัดเจน โดยถ้าเป็นของพนักงาน จะเป็นกิจกรรมที่สามารถโยกย้ายหรือสลับตำแหน่งได้ ส่วนถ้าเป็นเครื่องจักรจะเป็นกิจกรรมที่เครื่องจักรนั้นกำลังเดินเครื่องอยู่ โดยที่ไม่ต้องอาศัยพนักงาน มาควบคุม

กิจกรรมร่วมกัน เป็นกิจกรรมที่ เครื่องจักรและพนักงานต้องปฏิบัติงานพร้อมกัน และเกี่ยวเนื่องกัน โดยถ้าเป็นกิจกรรมร่วมสำหรับพนักงาน พนักงานจะไม่สามารถโยกย้าย สับเปลี่ยนได้อย่างอิสระ สำหรับเครื่องจักร จะหมายถึงการเดินเครื่องจักรที่ต้องอาศัยการควบคุมจากพนักงาน หรืออาจจะเป็นการว่างงานที่ต้องรับการควยคุมจากพนักงานเช่น การติดตั้งอุปกรณ์ลงบนเครื่องจักร เป็นต้น

กิจกรรมว่างงาน คือการไม่มีกิจกรรม ไม่มีให้กับ ทั้งในส่วนของพนักงาน และเครื่องจักร และกิจกรรมว่างงานนี้จะไม่ก่อให้เกิดผลผลิตขึ้นในกิจกรรม ถือเป็นความว่างเปล่า เช่น การรอคอย เป็นต้น

การคำนวณหาร้อยละการทำงานเพื่อนำมาวิเคราะห์ มีแนวทางการดำเนินการ โดยเริ่มจากการ การทำบันทึกเวลาของแต่ละกิจกรรม ทั้งของพนักงานที่ปฏิบัติงาน และของเครื่องจักร โดยแยกกิจกรรมออกเป็นสามประเภท คือ กิจกรรมอิสระ กิจกรรมร่วมกัน และกิจกรรมว่างงาน การบันทึกกิจกรรมต้องบันทึกให้ครบรอบวัฏจักร(Cycle) เพื่อสามารถหาเวลาวัฏจักร(Cycle time) ของการผลิตงานได้ จากนั้น เริ่มวิเคราะห์กิจกรรมต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในสถานีงาน ทั้งของพนักงาน และเครื่องจักร เมื่อวิเคราะห์แล้วพบจุดอ่อนของ สถานีงาน พบว่า เกิดกิจกรรมการว่างงานที่มากเกินไป ทั้งของพนักงาน และเครื่องจักร จึงจำเป็นต้องพัฒนาวิธีการทำงานใหม่ๆ และกิจกรรมต่าง ๆ ลงบนผังคนและเครื่องจักร จากนั้น ให้คำนวณหา ร้อยละของการทำงาน ทั้งของคนและเครื่องจักร เพื่อที่จะสามารถทราบได้ว่า การผลิต นั้นเกิดการทำงานคิดเป็นร้อยเท่าไหร่ และเกิดการว่างงานข้นร้อยละเท่าไหร่ การคำนวณสามารถทำได้ดังสมการที่ 5

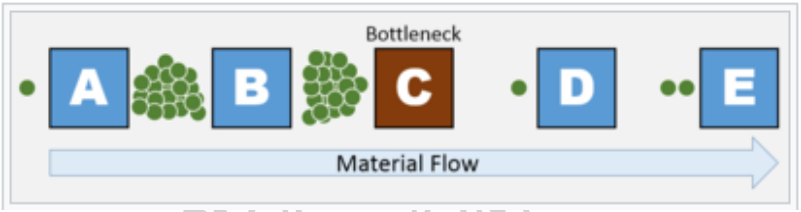
$$\%Utilization = \frac{Working\ time}{Cycle\ time} \qquad \text{สมการที่ (5)}$$

2.6 คอขวดในกระบวนการผลิต

คำจำกัดความคอขวดในกระบวนการผลิตคือ สถานีงาน หรือพื้นที่ปฏิบัติงาน ที่ได้รับภาระการผลิตเกิดกว่ากำลังผลิตของสถานีงานนั้น ๆ หรือสถานีงานที่ใช้เวลามากที่สุดในการผลิต ซึ่งเป็นที่มาของสาเหตุที่ทำให้สายการผลิตเกิดหยุดชะงักได้ และเกิดการล่าช้า คอขวด เป็นตัวกำหนดผลผลิตที่จะได้จากกระบวนการผลิต ทั้งนี้ยังเป็นตัวกำหนดของรอบเวลาในการผลิตอีกด้วย และจุดที่เกิดคอขวดขึ้นนี้ จะถูกเรียกว่าจุดวิกฤต

คอขวดถือว่าเป็นข้อจำกัดหนึ่งที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตแต่อาจจะมีขอบเขตที่แคบกว่าส่วนข้อจำกัดจะมีขอบเขตที่ กว้างกว่า และคอขวดอาจจะเป็นจุดใดจุดหนึ่งของข้อจำกัด แสดงในภาพที่ 6 ได้แสดงถึงการไหลของวัตถุดิบในสายการผลิต ที่มีคอขวดเกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ซึ่งก่อนที่เราจะทำการแก้ไขปรับปรุงกระบวนการผลิตที่เกิดคอขวด เราต้องรู้ถึงจุดหรือกระบวนการที่เกิดคอขวดขึ้นเสียก่อน เพราะถ้าแก้ปัญหาได้ไม่ตรงจุดกระบวนการที่เกิดคอขวดแล้ว อาจจะสร้างปัญหา

เพิ่มขึ้นมากกว่าเก่าก็เป็นได้ ซึ่งการผลิตในโรงงานหนึ่งๆ อาจจะมีคอขวดที่เกิดขึ้นในกระบวนการหลายจุด จากภาพที่ 6 จากจุด A ถึง จุด E การไหลของวัตถุดิบจะช้าลงเรื่อย ๆ เพราะกำลังการผลิตในแต่ละกระบวนการไม่เท่ากัน และจะช้าที่สุดก็คือจุด C เมื่อสังเกตุจะทราบว่าซึ่งวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุดนั้นก็คือแก้ปัญหาจากจุดที่เกิดคอขวดแคบที่จุดเสียก่อน นั้นก็คือ จุด C และเมื่อพิจารณาดูแล้วพบว่าจุดนี้ทำให้อัตราการไหลของระบบผลิตมีความช้าลงเรื่อย ๆ เมื่อเทียบกับจุดอื่น ๆ ในระบบ เมื่อผ่านจุด C มาแล้ว จะเป็นจุด D และจุด E ซึ่งมีกำลังการผลิตที่มากกว่า แต่ถึงกระนั้นก็ไม่สามารถเพิ่มกำลังการผลิตให้สูงขึ้นได้ หรือกล่าวอีกอย่างหนึ่งคือ จุด C เป็นจุดที่ควบคุมเวลาการผลิตของทั้งระบบ



ภาพที่ 6 จำลองคอขวด

ที่มา Christoph Roser (2016)

เมื่อเราทราบถึงจุดที่เป็นปัญหา จุดที่เป็นตัวกำหนดรอบในการผลิตแล้ว การแก้ปัญหา ก็จะเริ่มจากจุดนั้นเป็นจุดแรก นั้นก็คือจุด C ก่อน ถ้าเราสามารถเพิ่มกำลังการผลิตตรงจุด C ได้ คงคลังบริเวณจุด B จะลดลงและเมื่อเรามีการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง สามารถขยายช่องแคบตรงจุด C ได้มากพอ จุด C จะไม่ใช่ปัญหาคอขวดอีกต่อไป

หากเราแก้ปัญหาคอขวดที่เกิดขึ้นในกระบวนการได้ไม่ตรงจุด ตัวอย่างเช่น แก้ปัญหาคอขวดโดยการเพิ่มกำลังการผลิตตรงจุด A D และ E หรือเพิ่มกำลังการผลิตของกระบวนการผลิตก่อนหน้า (Upstream) คอขวดที่เกิดขึ้นตรงจุด C จะไม่ได้รับการแก้ไขและสิ่งที่แย่ไปกว่านั้น จะเป็นการเพิ่มปัญหาให้กับสายการผลิตทั้งสายอีกด้วย จะเกิดการกระจุดกันของชิ้นส่วนที่จุด B เกิดสินค้าคงคลังจำนวนมาก ซึ่งจะไม่ตอบโจทย์กับจุดประสงค์ และในทำนองเดียวกันการเพิ่มกำลังการผลิตในสายการผลิตข้างล่าง (Downstream) อาจจะเพิ่มช่วยเรื่องกำลังการผลิตได้เพียงเล็กน้อยแต่สุดท้ายแล้วก็ต้องรอสินค้าจาก จุดที่เป็นคอขวดอยู่ดี

การเลือกวิธีในการแก้ไขปัญหาคอขวดที่เกิดขึ้นในกระบวนการมีด้วยกันหลายวิธี แต่วิธีหนึ่งที่สามารถทำได้ทันทีนั้นก็คือการสร้างทางเลือกที่จุด C-D-E ทำได้โดยการศึกษาปริมาณของงานทั้งหมดที่จะผ่านเข้าในบริเวณที่เกิดคอขวดโดยให้พิจารณาว่ามีงานกลุ่มใดบางที่จะสามารถโยกย้ายไปยังเส้นทางอื่นเพื่อลดปริมาณของงานตรงบริเวณนั้น การโยกย้ายหรือแบ่งงานตรงบริเวณคอขวดโดยการสร้างทางเบี่ยงเป็นการลดปริมาณงานตรงคอขวด จะส่งผลให้การไหลของงานไหลได้ดีขึ้นลดปริมาณสินค้าคงคลัง

2.7 ทฤษฎีข้อจำกัด

2.7.1. วิวัฒนาการของทฤษฎีข้อจำกัด

ในปัจจุบันนี้ บริษัทส่วนใหญ่เผชิญกับการแข่งขันระดับโลก ซึ่งบริษัทต่าง ๆ เหล่านี้จำเป็นต้องหาหลักปรัชญาที่เหมาะสมกับกลยุทธ์เพื่อประโยชน์อันสูงสุดของบริษัทและบริษัทควรทำความเข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้างในรูปแบบของกระบวนการไม่ว่าจะเป็นฝ่ายการผลิตหรือฝ่ายการบริการ จากเหตุการณ์ที่กล่าวมา ทฤษฎีข้อจำกัด (Theory of constrains; TOC) เป็นทฤษฎีที่สำคัญ ที่จะให้ความสำคัญกับ จุดอ่อนของวงจร ซึ่งจุดอ่อนนั้นก็อาจจะหมายถึงคอขวด (bottlenecks) ของทั้งบริษัท และทฤษฎีนี้ยังสามารถกำหนดความสัมพันธ์ของคอขวดได้อีกด้วย

ทฤษฎีข้อจำกัดแบบดังเดิมจะใช้เพื่อวางแผนกระบวนการการผลิต และจัดการทรัพยากรต่าง ๆ แต่ทฤษฎีนี้ก็ได้รับการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องตามเทคโนโลยีและการแข่งขันของตลาดในโลกของธุรกิจ จวบจนปัจจุบัน มันสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในมุมมองของปรัชญาการจัดการ (management philosophy) และยังสามารถบูรณาการกับระบบบัญชีต้นทุน และมันไม่สำคัญว่าธุรกิจของคุณจะอยู่ในภาคส่วนใด ก็สามารถประยุกต์ใช้ทฤษฎีข้อจำกัดได้เพราะทฤษฎีนี้มีพื้นฐานมาจากการปรับปรุงเกือบสามสิบปีที่ผ่านมาทฤษฎีนี้ประสบความสำเร็จในการดำเนินงานเกือบทุกภาคส่วนและเกือบทุกบริษัท

ทฤษฎีข้อจำกัด มีพื้นฐานจากความคิดที่ว่าทุก ๆ ระบบจะมีคอขวดอย่างน้อยอยู่หนึ่งจุด ซึ่งสามารถกำหนดได้ว่าเป็น สถานการณ์ประเภทใดก็ได้ที่ขัดขวางไม่ให้ระบบไปถึงระดับที่มีประสิทธิภาพสูงสุดตามวัตถุประสงค์ การศึกษาของ Watson et (2007) สามารถแบ่งประวัติของทฤษฎีข้อจำกัด ได้ 5 สมัยดังนี้

1. สมัย The optimized production technology (1979-1984)

ในปี 1979 เมื่อ Goldratt ได้นำเสนอวิธีการที่ชื่อว่า “Optimized Production Technology (OPT)” ที่จะเพิ่มผลผลิตให้กับบริษัท ซึ่งไม่สามรถบรรลุเป้าหมายได้เพราะว่าข้อจำกัดของทรัพยากร มันได้รับความสนใจเป็นอย่างมากในประเทศอเมริกาและเริ่มใช้ในบริษัทอย่างรวดเร็ว แต่ยังคงติดปัญหาทางตรรกะที่ไม่สามารถถูกถอดออกมาได้อย่างชัดเจน นักวิชาการจึงยังไม่ได้ให้ความสนใจและยังคงใช้วิธีการดังเดิมต่อไป

2. สมัย The goal (1984-1990)

OPT เคยประสบความสำเร็จมากแต่ปัญหาหลักคือ ทำไมมันไม่ได้รับความสนใจมากเพียงพอ นั้นเป็นเพราะยังขาดความเข้าใจเกี่ยวกับ การสร้างตาราง OPT อย่างไรก็ตาม Goldratt and Cox (1984) ได้เผยแพร่หนังสือที่มีชื่อว่า “The Goal” ซึ่งเปรียบเหมือนกัน เครื่องมือทางการตลาดที่จะให้ความรู้กับผู้บริหารและเหล่าพนักงานเกี่ยวกับ OPT ถึงแม้ว่าในหนังสือจะให้ความรู้มากมายเกี่ยวกับ

คนงานในโรงงานโดยใช้ OPT มันกลับกลายมาเป็นหนังสือที่ขายดีในหมวดนวนิยายเชิงธุรกิจซึ่งอธิบายเกี่ยวกับ ฮิวริสติกและเทคนิคที่เป็นรากฐานของ ทฤษฎีข้อจำกัด

หนังสือ The Goal ได้อธิบายถึง 5 ขั้นตอนที่สำคัญ (the Five Focusing Steps; 5FS) หลักการของ ทฤษฎีข้อจำกัด ที่ประกอบด้วย 5FS จะถูกเรียกกว่าเป็นกระบวนการการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง (On-Going Improvement) ซึ่งขั้นตอนทั้งห้ามีดังนี้ (Goldratt and Cox, 1984; Goldratt and Cox, 1992) (i) ระบุข้อจำกัดของระบบ (identify the system's constraint), (ii) ตักตวงผลประโยชน์จากข้อจำกัด (decide how to exploit the system's constraint), (iii) ทำให้ปัจจัยอื่นอยู่ภายใต้การตัดสินใจ (subordinate everything else to the above decision), (iv) ยกระดับข้อจำกัดขึ้นมา (elevate the system's constraint), (v) ถ้าขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่งก่อนหน้าสามารถทำให้ข้อจำกัดหมดไปได้ ให้กลับไปที่ขั้นตอน1 (if in any of the previous steps a constraint is broken, go back to step 1) ซึ่ง Ronen and Spector (1992) ได้เพิ่มเติมเกี่ยวกับกระบวนการการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องโดยการเพิ่มขั้นตอนก่อนหน้าที่จะทำ 5FS นั้นก็คือ (i) ให้ระบุถึงเป้าหมาย (define the system's goal) และ (ii) กำหนดวิธีการตรวจวัดประสิทธิภาพเชิงสากล (determine the global performance measures.)

จากที่ได้กล่าวไปข้างต้น ทฤษฎีข้อจำกัด ให้ความสำคัญกับปรัชญาการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องโดยการจัดการกับข้อจำกัด ขณะที่จัดการกับข้อจำกัดนั้น คำถามพื้นฐานสามข้อจำเป็นต้องตอบให้ได้ นั้นคือ (i) จะเปลี่ยนอะไร? (what to change?), (ii) จะเปลี่ยนไปเป็นอะไร? (what to change to) และ (iii) เปลี่ยนแปลงได้อย่างไร? (how to cause change?) ทฤษฎีข้อจำกัด ของ Goldratt ให้ความสำคัญเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงและห้าขั้นตอนความสำคัญจำเป็นต้องคำนึงถึงด้วยคำถามพื้นฐานสามคำถามที่เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงซึ่งผู้บริหารทุกคนควรทราบ การกำหนดสิ่งที่จะเปลี่ยนเพื่อตรวจหาข้อจำกัด การกำหนดว่าจะเปลี่ยนไปเป็นอะไรโดยการกำหนดวิธีการตักตวงผลประโยชน์จากข้อจำกัดและควบคุมปัจจัยอื่น และการจะกำหนดสาเหตุการเปลี่ยนคือขั้นตอนการยกระดับ (Dettmer, 1997)

หนังสือ The Goal ได้พัฒนาวิธีการกำหนด (scheduling methodology) ภายใต้ ทฤษฎีข้อจำกัด ที่เรียกว่า ดรัม-บัพเฟอร์-โรป (drum-buffer-rope: DBR) ซึ่งเทคนิคนี้ได้กำหนดให้ข้อจำกัดหรือ ดรัม เป็นตัวกำหนดรอบการผลิตของผลิตภัณฑ์ โรป คือกลไกการไหลของวัตถุดิบ ส่วนบัพเฟอร์นั้นได้ถูกกำหนดไว้อย่างมีกลยุทธ์เพื่อที่ยังคงกำหนดวันส่งของไว้ได้ตามเดิม และเพื่อป้องกันไม่ให้วัตถุดับไม่พอ (Watson, 2006)

3. สมัย The haystack syndrome (1990-1994)

ทฤษฎีข้อจำกัด เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพแต่ต้องได้รับการรับรองด้วยระบบการวัดผลที่มีประสิทธิภาพ เหตุผลพื้นฐานคือทุก ๆ บริษัทต้องการการวัดผลของการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องที่มี

ประสิทธิภาพในระบบของพวกเขา หลักการคิดนี้นำไปสู่การพัฒนา ระบบการวัดประสิทธิภาพที่เน้นกระบวนการ (process-focused performance measurement system.) ระบบนี้มุ่งเน้นองค์กรในการดำเนินการที่ปรับปรุงประสิทธิภาพทางการเงินโดยรวม ทฤษฎีข้อจำกัด มีทั้งการตรวจวัดทางการเงิน และการตรวจวัดทางการดำเนินงาน ประสิทธิภาพทางการเงินวัดด้วย กำไรสุทธิ (net profit) การคืนทุน (return on investment) เงินหมุนเวียน (cash flow) ซึ่งเป็นวิธีการตรวจวัดประสิทธิภาพแบบสากล.

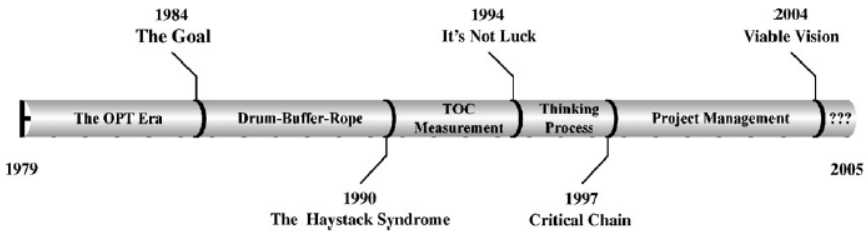
4. สมัย The it's not luck (1994-1997)

ในปี 1994 Goldratt ได้เผยแพร่หนังสือใหม่ที่มีชื่อว่า "It's not Luck" ซึ่งนำเสนอเส้นทางการค้นพบวิธีการกำหรับกระบวนการที่ซับซ้อน ซึ่งเครื่องมือนี้ถูกเรียกว่า " Thinking processes" เครื่องมือใหม่นี้ได้มุ่งเน้นไปที่ต้นตอของปัญหาและจัดเตรียมวิธีการแก้ปัญหาสำรอง

5. สมัย The critical chain

ในปี 1990 วิธีการสำหรับโครงการการกำหนดและการควบคุม (scheduling and controlling projects) มีพื้นฐานมาจากแนวคิดของทฤษฎีข้อจำกัด และ การจัดการโครงการห่วงโซ่วิกฤติ (critical chain project management: CCPM) ได้ถูกนำมาใช้. แต่น่าเสียดายที่ แนวคิดห่วงโซ่วิกฤต (Critical chain) ยังคงไม่ได้รับความนิยมจนกระทั้งปี 1997 Goldratt's Critical Chain ได้ปรากฏขึ้น

CCPM คือการประยุกต์ 5FS ใช้ในการจัดการโครงการ (Project management), การใช้งานบัฟเฟอร์ (employing buffers) ณ จุดควบคุมวิกฤติเพื่อที่จะยกระดับประสิทธิภาของโครงการให้ดียิ่งขึ้นด้วยการป้องกันและการจัดความแปรผันของเวลาการทำงานให้เสร็จสมบูรณ์ในเชิงรุก อย่างไรก็ตามความแตกต่างสามประการที่ปรากฏขึ้นคือ วิธีการกำหนดเวลากิจกรรม วิธีการใช้บัฟเฟอร์ และการกำจัดข้อขัดแย้งของทรัพยากร (Watson, 2006)



ภาพที่ 7 เส้นเวลาของยุตสมัยที่สำคัญในการพัฒนา ทฤษฎีข้อจำกัด

ที่มา Kevin J. Watson (2006)

2.7.2 กรอบความคิดของทฤษฎีข้อจำกัด

กรอบแนวคิดของทฤษฎีข้อจำกัดสามารถสรุปได้ดังนี้ ทุก ๆ ระบบต้องมีข้อจำกัดอย่างน้อยหนึ่งอย่าง แต่ถ้าเกิดระบบไม่มีข้อจำกัด พบว่าระบบนั้นสามารถทำกำไรให้กับองค์กรได้อย่างไม่กำจัด ซึ่งข้อจำกัดหมายถึง สิ่งที่จำกัดประสิทธิภาพของระบบจากความสำเร็จเมื่อเทียบกับเป้าหมาย การมีอยู่ของข้อจำกัดเปรียบเสมือนโอกาสในการปรับปรุง ซึ่งจะตรงข้ามกับความคิดทั่วไป ทฤษฎีข้อจำกัดให้มุมมองของข้อจำกัดว่าเป็นสิ่งที่ดีเพราะข้อจำกัดกำหนดประสิทธิภาพของระบบ การยกระดับข้อจำกัดของระบบอย่างค่อยเป็นค่อยไปจะช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบ

ทฤษฎีข้อจำกัด มีส่วนประกอบหลักๆอยู่สองส่วนด้วยกัน ส่วนแรกคือปรัชญา ซึ่งคือช่วยสนับสนุนหลักการทำงานของ ทฤษฎีข้อจำกัด ประกอบไปด้วย 5FS ของการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง, DBR วิธีการกำหนด และระบบการจัดการข้อมูลบัพเฟอร์ ส่วนที่สองคือ วิธีการทั่วไปในการตรวจสอบวิเคราะห์ และแก้ปัญหาที่ซับซ้อนเรียกว่า Thinking process นอกจากนี้ทฤษฎีข้อจำกัด ยังกำหนดการวัดประสิทธิภาใหม่ซึ่งค่อนข้างแตกต่างจากระบบบัญชีต้นทุนแบบเดิม

2.7.3 วิธี 5 ขั้นตอนสำคัญ (5 Focusing Steps)

วิธี 5 ขั้นตอนสำคัญ (5 focusing steps) ซึ่งให้ความสำคัญกับการปรับปรุงกระบวนการอย่างต่อเนื่อง มีพื้นฐานมาจากการสืบหาข้อจำกัดที่มีอยู่ในระบบ

ขั้นตอนที่ 1 ระบุข้อจำกัดของระบบ (Identify the system’s constraint(s).)

เนื่องจากข้อจำกัดของระบบเป็นตัวกำหนดประสิทธิภาพของระบบ มันก็เป็นไปตามหลักเหตุผลที่ว่า ประสิทธิภาพของระบบที่สูงที่สุดสามารถเกิดขึ้นได้ด้วยการรู้ว่าข้อจำกัดขององค์กรอยู่ตรงส่วนไหน ดังนั้นการระบุข้อจำกัดมีอยู่ควรกระทำเป็นอย่างแรก

ขั้นตอนที่ 2 การตักตวงผลประโยชน์จากข้อจำกัด (Decide how to exploit the system’s constraint(s).)

การจัดการแบบเก่าเมื่อเราพบข้อจำกัดของระบบเราจะกำจัดมันโดยทันทีด้วยวิธีการใช้เงินเข้าไปแก้ปัญหาที่จุดนั้น ไม่ว่าอย่างไรก็ตามเมื่อเราสามารถทำลายข้อจำกัดหนึ่งลงได้แล้ว ก็จะมีข้อจำกัดใหม่เกิดขึ้น ขั้นตอนที่สองของ 5FS คือการตักตวงผลประโยชน์จากข้อจำกัด พยายามหาจุดเหมาะสมของข้อจำกัดที่มี ขั้นตอนนี้จะถูกใช้เมื่อจัดการกับข้อจำกัดทางกายภาพ

ขั้นตอนที่ 3 ทำให้ปัจจัยอื่นอยู่ภายใต้การตัดสินใจ (Subordinate everything else to the above decision.)

ขั้นตอนนี้จะจัดการกับทุกสิ่งที่ไม่ใช่ข้อจำกัดซึ่งต้องการให้พวกมันทำงานสนับสนุนข้อจำกัด แต่ต้องไม่ทำอะไรเกินกว่านั้น ขั้นตอนที่สามจะจัดการสิ่งที่ไม่ใช่ข้อจำกัดด้วยกฎของการบริหาร พร้อมกับวางแผนในการตักตวงผลประโยชน์จากข้อจำกัด จากนั้นให้องค์กรจัดสรรส่วนที่ไม่ใช่ข้อจำกัด เพื่อ

ทำให้ข้อจำกัดเกิดการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด แล้วประเมิณผล ถ้าข้อจำกัดยังมีอยู่ในระบบให้ดำเนินการขั้นตอนที่ 4 แต่ถ้าเกิดข้อจำกัดถูกทำลายลงแล้ว ให้ข้ามไปข้อที่ห้าได้เลย

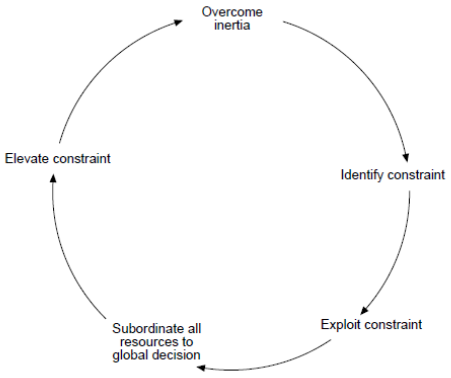
ขั้นตอนที่ 4 ยกระดับข้อจำกัด (Elevate the system's constraint(s))

ถ้าองค์กรดำเนินการมาถึงขั้นตอนที่สี่ หมายความว่า ขั้นตอนที่สองและสามยังไม่เพียงพอต่อการทำลายข้อจำกัดที่มี ณ จุด ๆ นี้ให้องค์กรยกระดับข้อจำกัดขึ้นด้วยกรรมวิธีอะไรก็ได้ที่จะสามารถทำลายข้อจำกัดได้ มันอาจจะเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงที่ยิ่งใหญ่เช่น การปรับโครงสร้างองค์กร การขยายการลงทุน หรือการปรับปรุงทุน เนื่องจากการลงทุนทั่วไปจะเป็นการลงทุนล่วงหน้า ดังนั้นองค์กรต้องมั่นใจว่าข้อจำกัดจะไม่ถูกทำลายในขั้นตอนที่หนึ่งถึงขั้นตอนที่สาม ก่อนที่จะเริ่มดำเนินการขั้นตอนที่ 5 ถ้าขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่งก่อนหน้าสามารถทำให้ข้อจำกัดหมดไปได้ ให้กลับไปที่ขั้นตอน1 (if in any of the previous steps a constraint is broken, go back to step 1)

ในส่วนแรกของขั้นตอนนี้คือทำให้ ทฤษฎีข้อจำกัด เป็นกระบวนการต่อเนื่อง ส่วนที่ส่วนคือคิดอยู่เสมอว่าไม่มีนโยบายไหนหรือวิธีแก้ปัญหาไหนจะเหมาะสมหรือถูกต้องตลอดไป เป็นสิ่งสำคัญสำหรับองค์กรที่ต้องตระหนักว่า เมื่อสภาพแวดล้อมของธุรกิจเปลี่ยนไป นโยบายของธุรกิจนั้น ๆ จำเป็นต้องระบุใหม่ต้องตอบสนองค์วามเปลี่ยนแปลง ความล้มเหลวในขั้นตอนที่ห้า อาจจะทำให้องค์กรเกิดความล้มเหลวได้

2.7.4 ดรัม บัพเฟอร์ โรบ และ การจัดการบัพเฟอร์

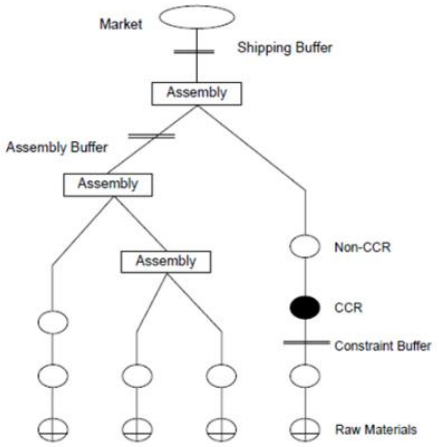
ในการดำเนินการตามระบบโลจิสติกส์ของ ทฤษฎีข้อจำกัด ถูกควบคุมด้วย กระบวนการ DBR และถูกจัดการด้วย เวลากันชน (Time buffer) การเปรียบเปรยนี้เกิดขึ้นในปี 1984 โดยถูกเขียนไว้ในหนังสือ The Goal. โดยที่ดรัมคือระบบกำหนดหรือรอบการทำงานของข้อจำกัด โรปทำให้เกิดการสื่อสารระหว่างจุดควบคุมวิกฤติเพื่อทำให้แน่ใจว่าระบบงานทำงานสอดคล้องกัน. บัพเฟอร์คือคงคลังที่ถูกวางไว้อย่างมีกลยุทธ์เพื่อป้องกันผลผลิตของระบบจากความแปรปรวนที่เกิดขึ้น



ภาพที่ 8 วงจรของ 5 Focusing steps

ที่มา Shams-Ur Rahman (1998)

กระบวนการ DBR จัดให้มีกลไกเพื่อที่จะป้องกันผลผลิตทั้งหมดของระบบด้วยการใช้ Time buffer. การใช้ Time buffer เป็นระบบข้อมูลเพื่อจัดการและปรับปรุงผลผลิตอย่างมีประสิทธิภาพ โดยการใช้งานจะถูกอ้างอิงมาจากวิธีการจัดการบัฟเฟอร์. Time buffer จะแสดงข้อมูลตามประสิทธิภาพที่วางแผนไว้และประสิทธิภาพที่เกิดขึ้นจริงอีกทั้งยังถูกใช้เพื่อติดตามคงคลังในส่วนสถานีงานก่อนหน้าของทรัพยากรที่ถูกป้องกันไว้เพื่อที่จะเปรียบเทียบประสิทธิภาพงานที่เกิดขึ้นจริงและประสิทธิภาพของงานที่วางแผนไว้ โดย Time buffer จะถูกแบ่งออกเป็นสามประเภทสำหรับการจัดการบัฟเฟอร์ดังนี้



ภาพที่ 9 ตำแหน่งกันชนทั้งสามประเภท

ที่มา Shams-Ur Rahman (1998)

2.7.4.1 กันชนข้อจำกัด (Constraint Buffer):

ประกอบไปด้วยชิ้นส่วนงานที่รอเข้าสู่กระบวนการถัดไป จะอยู่ บริเวณส่วนหน้าของทรัพยากรข้อจำกัดการผลิต (capacity constraint resource: CCR) ซึ่งถ้ามีการจัดการอย่างถูกต้อง CCR จะไม่ใช่คอขวดแต่ถ้ามีการจัดการที่ไม่ดี มันสามารถกลายมาเป็นข้อจำกัดได้

2.7.4.2 กันชนการประกอบ (Assembly buffers):

ประกอบไปด้วยชิ้นส่วนงานที่รอประกอบ ซึ่งไม่ได้ในสายการผลิตของ CCR แต่จำเป็นต้องประกอบกับชิ้นส่วนของสายการผลิตที่มาจาก CCR

2.7.4.3 กันชนการขนส่ง (Shipping buffers):

ประกอบไปด้วยผลิตภัณฑ์ที่คาดหวังไว้ว่าจะต้องผลิตเสร็จและจัดส่งในเวลาที่แน่นอน

จะสังเกตได้ว่า กันชนการประกอบไม่จำเป็นต้องมีอยู่ในทุก ๆ การดำเนินการประกอบ แต่มันจะเกิดขึ้นเฉพาะก่อนหน้าสถานงานประกอบที่มีสายการผลิตมาจากสายการผลิตที่เกิด CCR ประกอบกับสายการผลิตที่ไม่เกิด CCR กันชนข้อจำกัดถูกวางให้อยู่หน้าสถานีงานที่เกิด CCR และกันชนการขนส่งจะถูกวางให้อยู่ในกระบวนการสุดท้าย การใช้เวลากันชนในการจัดการบัพเฟอร์สามารถช่วยระบุสาเหตุของการหยุดชะงักโดยไม่ส่งผลกระทบต่อผลผลิต ยิ่งไปว่านั้น การลดขนาดของบัพเฟอร์อย่างต่อเนื่อง รอบเวลาการผลิตลดลงจะทำให้เวลารอสินค้าลดลงได้เช่นเดียวกัน

2.8 โปรแกรมเชิงเส้น

2.8.1. บทบาทของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการตัดสินใจดำเนินงาน

ความก้าวหน้าในการวิจัยธุรกิจและวิศวกรรม และเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ได้นำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการจัดการมากขึ้น แบบจำลองบ่งบอกถึงคุณสมบัติที่สำคัญของวัตถุประสงค์ ระบบ และปัญหาโดยใช้ข้อมูลที่สำคัญ. การวิเคราะห์และการจัดการกับแบบจำลองทำให้ทราบถึงข้อมูลเชิงลึกว่าระบบจริง ๆทำงานอย่างไรภายใต้เงื่อนไขต่าง ๆ จากการจำลองนี้ทำให้เราสามารถกำหนดหาระแบบออกแบบที่ดีที่สุดได้ (Ncert, 2019)

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์มีค่าใช้จ่ายที่ไม่สูง รวดเร็วและแม่นยำกว่าการสร้างและจัดการกับระบบจริง สมมติว่าเราต้องการหาส่วนผสมของเศษกระดาษจากเศษกระดาษเหลือใช้ เพื่อเราผลิตกระดาษแข็งและให้เกิดต้นทุนที่ต่ำที่สุด บริษัทต้องทดลองส่วนผสมที่ต่างกันหลายๆครั้ง ต้องตรวจสอบคุณภาพและ คำนวณต้นทุน ถ้าบริษัทไม่สามารถทดสอบได้ทุก ๆส่วนผสม ส่วนผสมที่ดีที่สุดอาจจะไม่ถูกค้นพบ อีกทางเลือกหนึ่ง ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เราสามารถหาส่วนผสมที่เป็นไปได้และผลิตงานได้ตรงตามความต้องการภายใต้ต้นทุนที่ต่ำที่สุด ดังนั้นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ให้ผลลัพธ์ที่เร็วกว่าและราคาต่ำกว่าการทดลองทำจริง

การหาสถานที่ตั้ง กำหนดการและสายการเดินรถ กำหนดการของงานและเครื่องจักร ส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ ปัญหาการจัดการคงคลัง ถูกสร้างขึ้นมาให้เป็นแบบจำลองที่เหมาะสมที่สุดภายใต้เงื่อนไข ซึ่งเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์จะช่วยหาวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุดด้วยกฎเกณฑ์บางอย่าง วิธีการแก้ปัญหาเหล่านี้ถูกกำหนดจากการตั้งค่าเงื่อนไขทางคณิตศาสตร์

โปรแกรมเชิงเส้นเป็นแบบจำลองการเพิ่มประสิทธิภาพที่มีข้อจำกัด โดยทำตามข้อกำหนดสามประการคือตัวแปรตัดสินใจต้องดำเนินการอย่างต่อเนื่อง ซึ่งข้อมูลอาจจะเป็นค่าใด ๆก็ได้ภายใต้พื้นที่ที่ถูกจำกัดสมการเป้าหมายต้องเป็นสมการเชิงเส้น ฝั่งซ้ายมือของสมการข้อจำกัดต้องเป็นสมการเส้นตรง

2.8.2. ตัวอย่างของปัญหาโปรแกรมเชิงเส้น

2.8.2.1. ปัญหาการผลิต (Manufacturing problem)

ในปัญหาเหล่านี้ พวกเราสามารถกำหนดหน่วยการผลิตที่แตกต่างกัน ต้องผลิตและขายภายใต้บริษัท โดยที่แต่ละผลิตภัณฑ์ต้องการ กำลังคน ชั่งโมงการทำงานของเครื่องจักร พื้นที่การจัดเก็บชิ้นค้า และอื่น ๆ ที่แน่นอน เพื่อสร้างผลกำไรสูงสุดให้แก่บริษัท

2.8.2.2 ปัญหาอาหาร (Diet problems)

ในปัญหาเหล่านี้ พวกเรากำหนดจำนวนของส่วนประกอบของสารอาหารที่แตกต่างกัน ด้วยต้นทุนที่ต่ำที่สุด โดยที่ต้องมีส่วนประกอบของอาหารขั้นต่ำตามที่กำหนดไว้

2.8.2.3 ปัญหาการขนส่ง (Transportation problems)

ในปัญหาเหล่านี้ พวกเรากำหนดตารางการขนส่งเพื่อที่จะหาเส้นทางที่ประหยัดที่สุดในการขนส่ง สามารถทำได้ทั้งการขนส่งภายในโรงงานหรือระหว่างโรงงานก็ได้ (Chapter 12)

2.8.3 การสร้างสูตรโปรแกรมเชิงเส้น

การกำหนดสูตรของแบบจำลองคือส่วนที่สำคัญและยากที่สุดเพื่อใช้แก้ปัญหาในงานจริงซึ่งถ้าวิธีการแม่นยำไม่มากพอจะทำให้ปัญหาไม่ได้รับการแก้ไขได้อย่างตรงจุด การนำปัญหามากำหนดสูตรมันไม่ง่ายแต่สามารถทำได้โดยวิธีดังนี้

ขั้นตอนการสร้างสูตรโปรแกรมเชิงเส้น

2.8.3.1. ระบุและกำหนดตัวแปรตัดสินใจของปัญหา

กำหนดตัวแปรให้เสร็จสมบูรณ์และเที่ยงตรงที่สุด ระบุหน่วยของการวัดให้ชัดเจนรวมทั้งหน่วยของเวลาด้วย ตัวอย่างเช่น ถ้าตัวแปรคือปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่ผลิต มันควรจะถูกระบุอยู่ในหน่วย ตันต่อชั่วโมง หน่วยต่อวัน หรือหน่วยที่เหมาะสม

2.8.3.2. กำหนดเป้าหมาย

จำเป็นต้องกำหนดกฎเกณฑ์เพื่อประเมินทางเลือกในการแก้ปัญหา เป้าหมายจะอยู่ในรูปของผลรวมของการคูณตัวแปรด้วยค่าสัมประสิทธิ์ที่เหมาะสมบางอย่าง ตัวอย่างเช่นค่าสัมประสิทธิ์อาจจะเป็นกำไรต่อหน่วยการผลิต ระยะทางต่อหน่วยการขนส่ง หรือต้นทุนต่อพนักงานหนึ่งคนที่ถูกจ้าง

2.8.3.3. การระบุและแสดงข้อจำกัดที่เกี่ยวข้องทั้งหมดในรูปแบบทางคณิตศาสตร์

การสร้างข้อจำกัดให้ออกมาอยู่ในรูปของตัวอักษรจะง่ายกว่าการคิดออกมาให้อยู่ในรูปแบบของสมการทางคณิตศาสตร์ ข้อจำกัดที่ถูกเขียนออกมานั้นจะแบ่งเป็นส่วนประกอบขององค์ประกอบพื้นฐาน จากนั้นต้องแทนตัวเลขค่าสัมประสิทธิ์ที่เหมาะสม และชื่อของตัวแปรเพื่อสร้างสมการ ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นบ่อยคือการใช้ตัวแปรที่ไม่ได้ถูกกำหนดไว้ในปัญหาซึ่งไม่ถูกต้อง ความผิดพลาดนี้มักเกิดจากสาเหตุที่เราไม่ได้ระบุตัวแปรให้ถูกต้อง

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Endang Prasetyaningsih (2019) ได้ทำการศึกษาความไม่สมดุลของสายการผลิตในโรงงานผลิตรองเท้าแห่งหนึ่งด้วยวัตถุประสงค์คือการเพิ่มกำลังการผลิตให้กับโรงงานผลิตรองเท้าโดยการลดความไม่สมดุลของสายการผลิต ได้นำเทคนิคการศึกษาเวลาและทฤษฎีข้อจำกัดมาประยุตก์ใช้เพื่อจัดการกับปัญหาคอขวดที่เกิดขึ้นอีกทั้งยังใช้ โปรแกรมเชิงเส้นเข้ามาเพื่อหากำลังการผลิตที่เหมาะสม จากการศึกษาพบว่า เกิดคอขวดขึ้นในกระบวนการผลิต มีความไม่สมดุลถึง 18.96% จากนั้นได้เสนอแนวการแก้ไขโดยให้ทำงานล่วงเวลา 3 ชั่วโมงต่อ 1 วัน สามารถจัดการกับคอขวดที่เกิดขึ้นได้ ลดความไม่สมดุลของสายการผลิตลงมาเหลทอ 4.28%

C Saleh (2018) ได้ทำการศึกษากระบวนการผลิตของโรงงานสื่อสิ่งพิมพ์ จากการเก็บข้อมูลพบว่ายอดการผลิตนั้นยังไม่เป็นไปตามเป้าหมายของโรงงาน จึงได้ทำการวิจัยโดยมีวัตถุประสงค์คือเพื่อจัดการกับปัญหาคอขวดที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต และทำให้ผลผลิตเป็นไปตามเป้าหมายของโรงงาน ผู้วิจัยได้ใช้ทฤษฎีข้อจำกัด และการศึกษาเวลา เพื่อระบุถึงปัญหาคอขวดที่เกิดขึ้นในกระบวนการ พบว่า กระบวนการลามิเนต (Laminating process) มีภาระงานสูงถึง 179% จากนั้นได้นำเสนอทางออก พบว่าการจัดซื้อเครื่องจักรใหม่สามารถลดภาระงานลงมาเหลือ 90% และเพิ่มกำไรให้โรงงานสูงถึง 22.15%

Ercüment Okutmuşa (2016) ได้ทำการศึกษา เพื่อเพิ่มยอดขายและกำไรให้กับโรงงานผลิตเครื่องเรือน โดยใช้เทคนิคการศึกษาเวลา และการใช้ทฤษฎีข้อจำกัด เพื่อจัดการกับปัญหาคอที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต จากการศึกษาพบว่า สถานีงานประกอบ (Montage) มีภาระงานเกินอยู่ที่ 115% ทำให้ไม่สามารถผลิตงานได้ทันตามเป้าหมาย จากนั้นผู้วิจัยได้นำเสนอทางออกโดยการจัดซื้อเครื่องจักรใหม่ นั้นคือเครื่อง Auto jigsaw พบว่าสามารถลดภาระงานลงมาได้เหลือ 87% และสามารถเพิ่มกำไรให้กับบริษัทถึง 42%

บรรลือ ชัยสมตระกูล (2544) ศึกษาวิธีการเพิ่มกำลังการผลิตของโรงงานผลิตเครื่องเรือนขนาดใหญ่แห่งหนึ่ง โดยใช้ทฤษฎีข้อจำกัด จากการศึกษาพบว่า ข้อจำกัดที่เกิดขึ้นอยู่ที่ฝ่าย ตกแต่งและบรรจุสินค้า มีความเร็วในการทำงานเพียง 49 ลูกบาศก์เมตร ต่อวัน ในขณะที่ฝ่ายอื่น ๆ สามารถผลิตได้ 70 -100 ลูกบาศก์เมตรต่อวันทำให้เกิดคอขวดขึ้นในกระบวนการผลิต โดยสามารถปรับปรุงได้ด้วยวิธีการ ปรับสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมกับการทำงานยิ่งขึ้น เช่น เพิ่มแสงสว่าง การถ่ายเทอากาศ และกำหนดแบบชองชิ้นงานให้ชัดเจน และเข้าใจง่าย พบว่าเมื่อปรับปรุงแล้วสามารถ เพิ่มผลผลิตให้กับโรงงานได้สูงถึง 61% สามารถลดเวลาการทำงานล่วงเวลาได้ถึง 20 % และสามารถลดของเสียได้ถึง 50 %

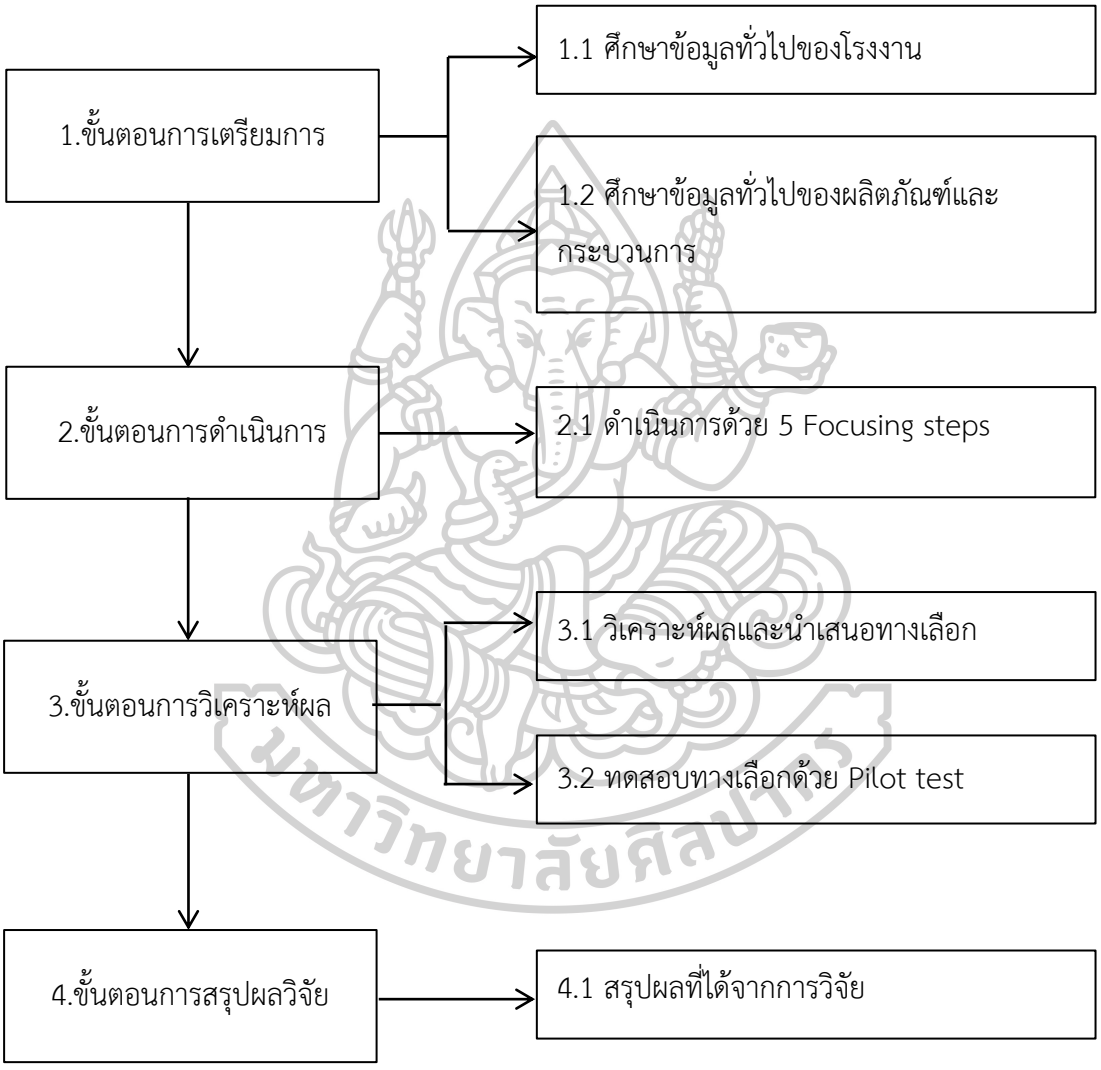
มณฑา อดุลย์บดี (2551) ได้ทำการศึกษา เพื่อปรับปรุงขั้นตอนการวางแผนการผลิตวงจรรวม โดยนำหลักการของทฤษฎีข้อจำกัดมาประยุกต์ใช้ โดยโรงงานตัวอย่างมีปัญหาเรื่องการส่งมอบ

ผลิตภัณฑ์ที่ไม่สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ตรงเวลา จึงจำเป็นต้องปรับปรุงขั้นตอนการวางแผนการผลิตให้เหมาะสม จากการวิเคราะห์เบื้องต้นพบว่าสาเหตุหลักมาจากผลผลิตที่ได้ไม่เป็นไปตามแผนการผลิตที่คาดการณ์ไว้ เนื่องจากมีปัญหาด้านการวางแผนการผลิต และการควบคุมการผลิต ผู้วิจัยได้ออกแบบและปรังปรุงขั้นตอนการว่างแผนการผลิตใหม่ และสร้างระบบใหม่ในการจัดการกับข้อจำกัดของสายการผลิต ผลจากการวิจัยพว่า สามารถลดความแปรปรวนของเวลาที่ใช้ในการผลิตลงจากเดิม 2.307 เหลือเพียง 0.975 และอัตราการหมุนเวียนของงานระหว่างทำ ลดลงจากเดิม 23.5 วัน เหลือ 7.6 วัน รวมทั้งความแม่นยำของแผนการผลิตที่กำหนดไว้ กับจำนวนผลผลิตที่ได้จริงจากเดิม 76% เพิ่มเป็น 99% ทำให้ส่งมอบผลิตภัณฑ์ได้ตรงตามกำหนดเวลาที่ลูกค้าต้องการ

วรพจน์ ศรีวจนโรจน์ (2551) ได้ทำการศึกษาเพิ่มเพิ่มกำลังการผลิตให้กับโรงงานผลิตนมพาสเจอไรส์โดยการประยุกต์ใช้ทฤษฎีข้อจำกัด พบว่าในปี พ.ศ. 2550 โรงงานตัวอย่างมีกำลังผลิตเฉลี่ย 140 ตันต่อวัน โดยกระบวนการก่อนการปรับปรุง มี 3 กระบวนการคือกระบวนการผสม, กระบวนการฆ่าเชื้อและกระบวนการบรรจุโดย มีกำลังการผลิต 7.8, 11, และ 17 ตันต่อชั่วโมงตามลำดับ และมีค่าการใช้เครื่องจักร 73%, 47% และ 27% ตามลำดับ และก่อนปรับปรุงมีการทำงานล่วงเวลาอยู่ที่ 4200ชั่วโมงต่อเดือน จากการศึกษาพบว่ากระบวนการผสมเป็นกระบวนการที่มีข้อจำกัดจึงได้คิดวิธีการเพิ่มกำลังการผลิตโดยการ ย้ายพนักงานเข้ามาทำงานเพิ่ม 1 คน ให้หัวหน้าหน้าแผนกเบิกวัตถุดิบล่วงหน้าก่อนทำการผสมอย่างน้อย 2ชั่วโมง เพื่อลดเวลาการรอคอยในการเตรียมวัตถุดิบ และ โอนย้ายปั๊มที่เหมาะสมกับวัตถุดิบที่มีความหนืบสูงที่มีอยู่มาใช้แทนที่การใช้รอกยกถังแล้วเท หลังจากการปรับปรุงพบว่า กระบวนการผสมมีกำลังการผลิตเพิ่มขึ้นเป็น 8.1 ตันต่อชั่วโมง และชั่วโมงการทำงานล่วงเวลาลดลงเหลือ 3900 ชั่วโมงต่อเดือน

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

ในการศึกษางานวิจัยในครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อเพิ่มกำลังการผลิตให้กับโรงงานผลิตอีปกรณ์ทางการแพทย์แห่งหนึ่งโดยให้นำทฤษฎีข้อจำกัดมาประยุกต์ใช้และหาทางเลือกให้กับโรงงานโดยมีขั้นตอนในการดำเนินงานดังต่อไปนี้



ภาพที่ 10 ขั้นตอนการเตรียมการ

โดยจากภาพที่ 10 ขั้นตอนการวิจัยได้ถูกแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.1 ขั้นตอนการเตรียมการ

3.1.1 ข้อมูลทั่วไปของโรงงานตัวอย่าง

โรงงานผลิตเครื่องมือแพทย์และอุปกรณ์สัญชาติญี่ปุ่น เริ่มดำเนินธุรกิจในประเทศไทยเมื่อปี พ.ศ. 2532 ด้วยทุนจดทะเบียน 270 ล้านบาท โดยปัจจุบัน ได้ดำเนินการผลิตมาอย่างต่อเนื่องด้วยการเติบโตของตลาดที่ตอบรับกับโลกสมัยใหม่มากยิ่งขึ้น โรงงานได้ผลิต พัฒนา และขายผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์หลายอย่างถูกใช้เพื่อไปประกอบเป็นอุปกรณ์ทางการแพทย์ และอุปกรณ์ในอุตสาหกรรม โดยมีวัตถุดิบตั้งต้นเป็นลวด

โรงงานตัวอย่างมีการเติบโตอย่างต่อเนื่องซึ่งตอนนี้สามารถขยายตลาดไปได้ถึง 110 ประเทศทั่วโลก โดยมีจุดแข็งคือ ระบบการผลิตแบบบูรณาการที่ครอบคลุมทุกอย่างตั้งแต่ผลิตวัตถุดิบตั้งต้นจนไปถึงผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป โดยเริ่มแรก ในปี พ.ศ. 2519 โรงงานเป็นเพียงแค่โรงงานเล็ก ๆ ที่รับผลิตและขายเชือกสแตนเลสชั้นดี (Ultra-fine stainless steel ropes) ที่ใช้ในอุปกรณ์ทางอุตสาหกรรมในเมืองโอซากา ประเทศญี่ปุ่น ต่อมาโรงงานได้เข้าสู่ธุรกิจที่พัฒนาอุปกรณ์ทางการแพทย์ จนสามารถมีเทคโนโลยีเป็นของตนเอง และยังถือเป็นจุดแข็งของโรงงานที่สามารถทำยอดขายเพิ่มขึ้นได้ในทุกปี

ปัจจุบันโรงงานในไทยมีด้วยกันทั้งหมด 2 โรงงาน นั้นคือโรงงานที่ผลิตอุปกรณ์ทางการแพทย์และโรงงานที่ผลิตอุปกรณ์ในอุตสาหกรรม ซึ่งโรงงานแห่งนี้มีพนักงาน 3,200 คน โดยจะมีการผลิตตลอด 24 ชั่วโมงไม่มีหยุด และรอบของการทำงาน แบ่งออกเป็น 2 กะ นั้นก็คือ กะเช้าเริ่มทำงาน 07.40-16.40 และ กะกลางคืนเริ่มทำงาน 19.40-04.40 การทำงานล่วงเวลาของกะเช้า จะเริ่มตอน 17.00-19.40 และกะกลางคืนจะเริ่มตอน 05.00-07.40 เวลาในการทำงานล่วงเวลาคิดเป็น 160 นาที เท่ากันทั้งสองกะ การทำงานจะมีเวลาพักให้ 15 นาทีในทุก ๆ 2 ชั่วโมง และพักทานอาหารกลางวันเป็นเวลา 55 นาที โดยรอบการพักเป็นดังนี้ 10.00-10.15, 15.00-15.15, 22.00-22.15 และ 03.00-03.15 จะเป็นเวลาพักระหว่างทำงาน ส่วน 12.05-13.00 และ 00.05-01.00 จะเป็นพักทานอาหาร และกำหนดให้มีเวลาเผื่อ 60 นาที เพื่อประชุมต่อกะ, รับงานเข้า ส่งงานออก และนับจำนวนยอด ดังนั้น เวลาการทำงานในหนึ่งวันคิดเป็น 395 นาที ต่อกะ เวลาการทำงานและเวลาพักแสดงดังตารางที่ 2 จำนวนวันทำงานของโรงงานจะทำงาน ตามรอบปฏิทินของโรงงานในปี 2563 มีวันทำงานทั้งหมด 255 วัน และมีอัตราค่าจ้างของพนักงานระดับปฏิบัติการอยู่ที่ 331 บาทต่อวัน

ตารางที่ 2 สรุปรอบการทำงาน การคิดค่าแรง ของบริษัท

กะทำงาน	เข้า - ออก	พัก 1	พักทานข้าว	พัก 2	ล่วงเวลา
กลางวัน	07.40-16.40	10.00-10.15	12.05-13.00	15.00-15.15	17.00-19.40
กลางคืน	19.40-04.40	22.00-22.15	00.05-01.00	03.00-03.15	05.00-07.40

3.1.2. ศึกษาข้อมูลผลิตภัณฑ์และความต้องการ

โรงงานตัวอย่างได้พัฒนาผลิตภัณฑ์ชนิดใหม่ ๆ เพิ่มมากขึ้นเพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการของลูกค้า และเพื่อคิดค้นนวัตกรรมที่เป็นของโรงงานเอง ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวกับการผ่าตัดและการรักษา (Medical Product) จะเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความเชื่อใจจากลูกค้า และมีความต้องการเพิ่มขึ้นในทุก ๆ ปี โดยเฉพาะ Medical product กลุ่มการรักษาโดยใช้ลวดตัวนำหรือสายสวน (Guide wire and Catheter treatment) ตัวอย่างผลิตภัณฑ์

1. ลวดตัวนำเพื่อการขยายหลอดเลือดหัวใจตีบด้วยบอลลูน (PTCA Guide Wires): PTCA Guide Wire ถูกใช้เพื่อสอดเข้าไปในหลอดเลือดที่อุดตันหรือตีบทำหน้าที่เป็นตัวนำทางอุปกรณ์ทางการแพทย์เช่นสายสวนบอลลูน PTCA และขดลวดที่ใช้สำหรับการรักษาสายสวนในพื้นที่ต้องการรักษา

2. สายสวนเพื่อการขยายหลอดเลือดหัวใจตีบด้วยบอลลูน (PTCA Guiding Catheters): ท่อที่สอดเข้าไปในหลอดเลือดจากจุดระหว่างบริเวณที่เจาะและทางเข้าของหลอดเลือดหัวใจ ถูกนำทางด้วยอุปกรณ์ทางการแพทย์ เช่นสายนำ PTCA และสายสวน PTCA ไปยังทางเข้าของหลอดเลือดหัวใจ

3. บอลลูนเพื่อการขยายหลอดเลือดหัวใจตีบ (PTCA Balloon Catheters): สายสวนใช้สำหรับเปิดหลอดเลือดที่อุดตันหรือตีบ สอดเข้าไปในเส้นเลือดตามสายนำ PTCA จะเปิดหลอดเลือดภายในโดยการปั๊ม

จากการเก็บข้อมูลพบว่า ผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่ที่มีความต้องการสูงจะเป็นผลิตภัณฑ์ที่ต้องมีการตัดกำหนดความยาวด้วยเครื่องตัดละเอียด Electrical Discharge Machine หรือ EDM ผู้วิจัยจึงได้เลือกผลิตภัณฑ์ที่มียอดการสั่งผลิตในทุก ๆ เดือนของปี พ.ศ. 2563 และจำนวนการสั่งนั้นต้องไม่น้อยกว่าค่าคาดการณ์ที่โรงงานตั้งไว้นั้นก็คือ 25,480 ชิ้นต่อปี โดยชื่อของผลิตภัณฑ์ ความต้องการผลิตภัณฑ์ของปี พ.ศ. 2563 และราคาขาย แสดงดังตารางที่ 3

(a) PTCA Guide Wires (b) PTCA Guiding Catheters (c) PTCA Balloon Catheters

ภาพที่ 11 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์

ที่มา Asahi Intecc

ตารางที่ 3 รายการผลิตภัณฑ์ ความต้องการ และราคาขาย

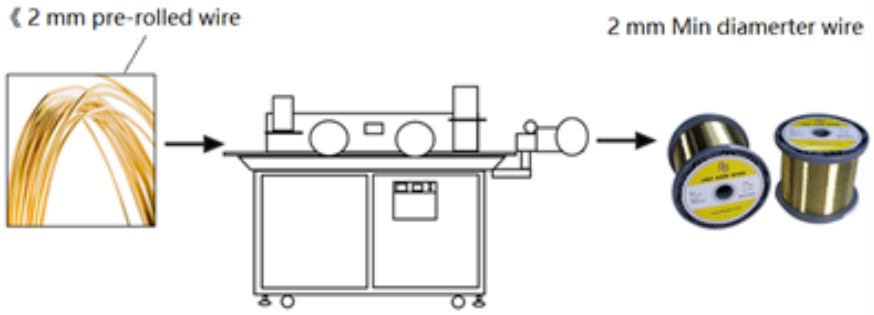
ผลิตภัณฑ์	ความต้องการปี พ.ศ. 2563 (ชิ้น)	ราคาขาย (บาท)
M-TC-1300	42,480	1,442
M-TC-1500	50,520	2,162
M-TC-1700	56,160	1,543
M-TC-1800	43,440	1,364
M-GX-650	29,160	2,450

3.1.3. ศึกษากระบวนการผลิต

ระบบการผลิตภายในโรงงาน เป็นระบบการผลิตแบบผสมผสาน เนื่องจากโรงงานเป็นโรงงานขนาดใหญ่และมีฐานของลูกค้าเป็นจำนวนมาก และทางโรงงานพยายามที่จะตอบสนองความต้องการของลูกค้าอย่างเต็มกำลัง ไม่ว่าจะเป็น การผลิตจำนวนมาก (Mass production) การผลิตตามคำสั่งซื้อ (Made-to-order) หรือ การผลิตเพื่อรอจำหน่าย (Made-to-stock) เป็นต้น โดยกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์ที่นำมาวิจัยมีดังต่อไปนี้

1. กระบวนการรีดลวด (Wire Drawing process)

กระบวนการ Wire Drawing เป็นกระบวนการลดขนาดของหน้าตัด ผลิตภัณฑ์เส้นลวด ให้เล็กลงโดยการดึงผ่านแม่พิมพ์ (Die) จำนวน Die และขนาดของ Die ที่ใช้จะขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ โดยงานที่ได้ออกมาจะถูกพันอยู่รอบกระสวย (Bobbin) จะมีการผลิตลวดอยู่ 3 ชนิดที่แตกต่างกันเพื่อจะนำเข้าสู่กระบวนการขึ้นรูปเชือก (Rope) โดยขนาดใหญ่สุดจะถูกนำมาเป็นแกนกลาง (Core) ส่วนขนาดรองลงมาจะถูกนำมาขึ้นรูปเป็น Rope ชั้นนอก และลวดขนาดเล็กสุดจะถูกนำมาขึ้นรูปเป็น Rope ชั้นใน โดยกระบวนการนี้มีเครื่องจักรอยู่ทั้งหมด 12 เครื่อง



ภาพที่ 12 กระบวนการรีดลวด เพื่อลดขนาด

ที่มา Mti Corporation

2. กระบวนการขึ้นรูปเชือก (Rope stranding process)

กระบวนการ Rope stranding เป็นกระบวนการนำลวดมาสานขึ้นรูปโดยจะมีลวดแกนกลาง (Wire Core) ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดขนาดของ เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน (Inner Diameter) และมีลวดรอบนอก (Side Wire) ซึ่งจะเป็นโครงสร้างหลักของผลิตภัณฑ์ ลักษณะงานจะถูกขึ้นรูปเป็นสองชั้น โดยทั้งสองชั้นจะมีทิศทางเกลียวสลับกันเพื่อเพิ่มการส่งแรงบิดให้กับปลายงานผลิตภัณฑ์ทั้งสองด้าน และลวดชั้นนอกจะมีขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่กว่าลวดชั้นใน โดยกระบวนการนี้มีเครื่องจักรอยู่ทั้งหมด 6 เครื่อง

ภาพที่ 13 เครื่อง Stranding สำหรับขึ้นรูป ผลิตภัณฑ์

ที่มา Hejian Baohong.

ภาพที่ 14 ผลิตภัณฑ์ขึ้นรูป สองชั้น หลังจากถอดแกนกลางออก

ที่มา (Asahi Intecc.)

3. กระบวนการอบความร้อนต่อเนื่อง (Heat continued process)

กระบวนการ Continued heat เป็นการนำงานที่ผ่านการขึ้นรูปด้วยเครื่อง Stranding แล้วนำมาให้ความร้อน เพื่อควบคุมความแข็งแรง (Tensile strength) ของผลิตภัณฑ์ โดยจะมีการควบคุมความเร็วในการผ่านความร้อน และอุณหภูมิในการให้ความร้อน ซึ่งทั้งสองตัวแปรนี้จะส่งผลต่อค่า Tensile Strength โดยกระบวนการนี้มีเครื่องจักรอยู่ทั้งหมด 3 เครื่อง

4. กระบวนการล้างน้ำยาเคมี (Chemical cleaning process)

กระบวนการ Chemical cleaning จะอาศัยหลักการกัดกร่อนของเนื้อผิวงาน หรือเรียกอีกอย่างได้ว่า Electro-polishing เป็นการทำความสะอาดรอยดำบนชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการอบความร้อนต่อเนื่องมา อาศัยน้ำยาเคมี ซึ่งทำหน้าที่เป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์ (Electrolyte) โดยกระบวนการนี้มีเครื่องจักรอยู่ทั้งหมด 3 เครื่อง

5. กระบวนตัดและถอดแกนกลาง (Core remove process)

สถานีงานนี้จะประกอบไปด้วยสองกระบวนการนั้นก็คือกระบวนการตัดงานหยาบ (Rough Cut) ซึ่งเป็นการตัดงานให้เกินกว่าความยาวที่ต้องการ เผื่อระยะไว้ประมาณด้านละ 20 มิลลิเมตร เพื่อที่จะทำการปลอกชิ้นงานก่อนถอดแกนกลางออก อีกกระบวนการหนึ่งนั้นก็คือกระบวนการถอดแกนกลาง (Core remove) ซึ่งเป็นกระบวนการที่ดึงแกนกลางออกเพื่อให้เหลือโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ไว้ โดยกระบวนการนี้มีเครื่องจักรอยู่ทั้งหมด 8 เครื่อง

6. กระบวนการเชื่อม (Laser welding process)

กระบวนการเชื่อม เป็นกระบวนการที่ทำให้งานทั้งสองชั้น ติดกันด้วยความร้อน ตรงปลายงาน เพื่อไม่ให้งานเกิดเป็นครีบ หรือปลายงานแตกออกจากกัน โดยปัจจัยในการเชื่อมจะมีอยู่สองปัจจัย นั้นก็คือ กำลังไฟฟ้า (Volt) และ พัลส์ (Pulse) ทั้งสองจะเป็นตัวกำหนดการซึมลึกของแนวรอยเชื่อม และการหลอมละลายของชิ้นงาน โดยกระบวนการนี้มีเครื่องจักรอยู่ทั้งหมด 3 เครื่อง

ภาพที่ 15 เครื่องเชื่อม Laser

ที่มา Rise Laser

7. กระบวนการตัดละเอียด EDM (EDM Cut process)

กระบวนการตัดละเอียด EDM หรือ Electrical Discharge Machine เป็นกระบวนการตัดกำหนดความยาวของงานตามข้อกำหนด โดยพนักงานต้องนำผลิตภัณฑ์ มาเรียงลงบนฐานรองตัดงานตามจำนวนที่ได้กำหนดไว้ และนำฐานรองตัดงานไปติดตั้งลงบนเครื่องตัด EDM ซึ่งการตัดจะเป็นการตัดงานด้วยกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านลวดตัดงาน (Wire) ทำให้เกิดความร้อนขึ้นแต่ความร้อนจะถูก

ควบคุมด้วยน้ำ (Cooling) เพื่อไม่ให้เกิดความร้อนสะสมที่มากเกินไป โดยเครื่องสามารถตัดงานได้แบบอัตโนมัติ การตัดจะสามารถกำหนดความยาวของงานได้ตามต้องการ โดยกระบวนการนี้มีเครื่องจักรอยู่ทั้งหมด 1 เครื่อง

ภาพที่ 16 เครื่องตัดความยาวละเอียด EDM
ที่มา Engineering Articles

8. กระบวนการประกอบ และ กระบวนการกด (Assembly and Pressing)

กระบวนการประกอบ เป็นการนำ Rope ที่ผ่านกระบวนการตัดละเอียดแล้ว นำมาประกอบกับส่วนประกอบ หรือ กดขึ้นรูป โดยชิ้นส่วนที่จะนำมาประกอบหรือกดขึ้นรูปได้แก่ ถุงลม Balloon และหมุด Terminal ซึ่งจะมีลักษณะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์สุดท้าย โดยเครื่องประกอบจะถูกแบ่งออกเป็นสามเครื่องดังนี้ ประกอบ 1 (Assembly 1), ประกอบ 2 (Assembly 2) และ ประกอบ 3 (Assembly 3) ส่วนการกดขึ้นรูปจะมีเพียงแค่เครื่องเดียว แต่จะแตกต่างกันที่ขนาดของ Terminal ที่จะมาประกอบเข้ากับ Rope

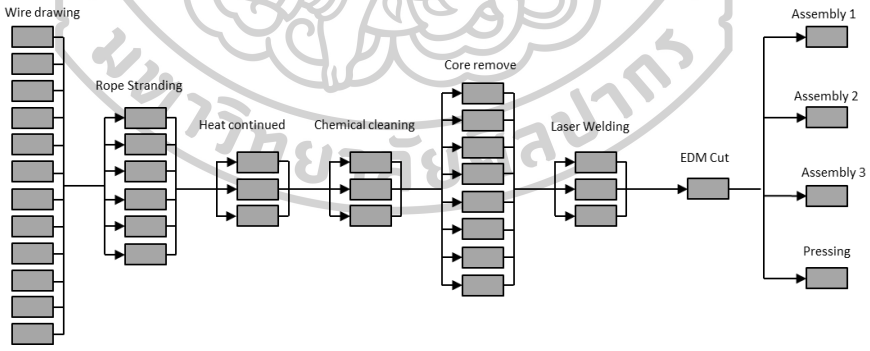
(a) เครื่อง Balloon catheter fluting (b) เครื่อง Servo Press

ภาพที่ 17 เครื่องจักรการประกอบและการกด
ที่มา (a) Msi (b) Delta.

สำหรับกระบวนต่าง ๆ และจำนวนเครื่องจักรที่ได้กล่าวไปนั้น สรุปออกมาได้ตามตารางที่ 4 โดยข้อมูลส่วนนี้ สามารถนำไปคำนวณหา ปริมาณงานที่เครื่องจักรสามารถผลิตงานได้ (Available Capacity) เพื่อเป็นประโยชน์ในการคำนวณหาร้อยละภาระงานของแต่ละสถานี ส่วนการไหลของกระบวนการแสดงดังภาพที่ 18

ตารางที่ 4 จำนวนเครื่องจักรของกระบวนการผลิต

ลำดับ	ชื่อกระบวนการ	จำนวนเครื่องจักร
1	รีดลวด (Wire drawing)	12
2	ขึ้นรูปเชือก (Rope Stranding)	6
3	อบความร้อนต่อเนื่อง (Heat continued)	3
4	ล้างน้ำยาเคมี (Chemical cleaning)	3
5	ตัดและถอดแกนกลาง (Core remove)	8
6	เชื่อม (Laser welding)	3
7	ตัดละเอียด EDM (EDM Cut)	1
8	ประกอบ 1 (Assembly 1)	1
9	ประกอบ 2 (Assembly 2)	1
10	ประกอบ 3 (Assembly 3)	1
11	กดขึ้นรูป (Pressing)	1



ภาพที่ 18 การไกลของผลิตภัณฑ์ผ่านกระบวนการผลิต

3.1.4 การประยุกต์ใช้ เทคนิคการศึกษาเวลา

การนำเทคนิคการศึกษาเวลามาประยุตก์ใช้เพื่อช่วยคำนวณหาปริมาณภาระงานในแต่ละสถานีการผลิต สามารถ ระบุ หรือบ่งชี้ถึงปัญหาคอขวดที่เกิดขึ้นในกระบวกการผลิตได้ เป็นสาเหตุที่ทำให้ไม่สามารถผลิตงานได้เพียงพอต่อความต้องการ การคำนวณหาร้อยละภาระงานของแต่ละสถานี

คำนวณได้จากความต้องการผลิต (Demand) หารด้วยกำลังการผลิตของเครื่องจักร (Available capacity)

1. เวลามาตรฐาน

จากการเก็บข้อมูลการผลิตของผลิตภัณฑ์ดังตารางที่ 3 โดยทำการเก็บข้อมูลย้อนหลัง 3 รอบการผลิต ของทุกกระบวนการ เพื่อคำนวณหาเวลามาตรฐานที่ใช้ผลิตงานในแต่ละผลิตภัณฑ์ โดยทำการตรวจสอบจากยอดการผลิตที่เกิดขึ้นจริง และเวลาที่ใช้ผลิตงานจริงของแต่ละกระบวนการ วิธีการคำนวณสามารถคำนวณได้จากเวลาที่ใช้ในการผลิตงานหารด้วยปริมาณงานที่ผลิตจากมูลใบบันทึกคุณภาพงาน (Production record) จะได้เวลามาตรฐานที่ใช้ผลิตงานต่อหนึ่งชิ้น และจากการเก็บข้อมูลยังพบอีกว่า เวลามาตรฐานของงานแต่ละผลิตภัณฑ์ใช้เวลาผลิตไม่เท่ากัน ดังนั้นจึงมีการแปลงค่าเปรียบเทียบโดยให้เทียบกับผลิตภัณฑ์ที่มีเวลามาตรฐานมากที่สุดของกระบวนการนั้น ๆ เพื่อจะนำไปใช้ประโยชน์ในการคำนวณหาร้อยละของภาระงานในแต่ละสถานีโดยจะคำนวณในเนื้อหาถัดไป เวลามาตรฐานและการแปลงค่าของแต่ละกระบวนการ แสดงดังตารางที่ 5 ถึง 12

ตารางที่ 5 เวลามาตรและการแปลงค่า ของกระบวนการ Wire Drawing

กระบวนการ	ผลิตภัณฑ์	เวลามาตรฐาน (นาที)	การแปลงค่า
Wire Drawing	M-TC-1300	3.511	0.723
	M-TC-1500	4.052	0.834
	M-TC-1700	4.592	0.945
	M-TC-1800	4.861	1.000
	M-GX-650	1.757	0.362

ตารางที่ 6 เวลามาตรและการแปลงค่า ของกระบวนการ Stranding

กระบวนการ	ผลิตภัณฑ์	เวลามาตรฐาน (นาที)	การแปลงค่า
Stranding	M-TC-1300	0.867	0.723
	M-TC-1500	1.000	0.834
	M-TC-1700	1.133	0.945
	M-TC-1800	1.200	1.000
	M-GX-650	0.867	0.723

ตารางที่ 7 เวลามาตรและการแปลงค่า ของกระบวนการ Heat continued

กระบวนการ	ผลิตภัณฑ์	เวลามาตรฐาน (นาที)	การแปลงค่า
Heat Con	M-TC-1300	0.261	0.435
	M-TC-1500	0.300	0.500
	M-TC-1700	0.567	0.945
	M-TC-1800	0.600	1.000
	M-GX-650	0.260	0.434

ตารางที่ 8 เวลามาตรและการแปลงค่า ของกระบวนการ Chemical Cleaning

กระบวนการ	ผลิตภัณฑ์	เวลามาตรฐาน (นาที)	การแปลงค่า
Chemical Cleaning	M-TC-1300	0.260	0.434
	M-TC-1500	0.300	0.500
	M-TC-1700	0.567	0.945
	M-TC-1800	0.600	1.000
	M-GX-650	0.260	0.434

ตารางที่ 9 เวลามาตรและการแปลงค่า ของกระบวนการ Cut and Core remove

กระบวนการ	ผลิตภัณฑ์	เวลามาตรฐาน (นาที)	การแปลงค่า
Cut and Core remove	M-TC-1300	4.896	0.979
	M-TC-1500	5.005	1.000
	M-TC-1700	4.991	0.998
	M-TC-1800	4.979	0.995
	M-GX-650	4.824	0.964

ตารางที่ 10 เวลามาตรและการแปลงค่า ของกระบวนการ Laser welding

กระบวนการ	ผลิตภัณฑ์	เวลามาตรฐาน (นาที)	การแปลงค่า
Laser welding	M-TC-1300	1.647	1.000
	M-TC-1500	1.545	0.939
	M-TC-1700	1.554	0.944
	M-TC-1800	1.571	0.954
	M-GX-650	1.534	0.932

ตารางที่ 11 เวลามาตรและการแปลงค่า ของกระบวนการ EDM Cut

กระบวนการ	ผลิตภัณฑ์	เวลามาตรฐาน (นาที)	การแปลงค่า
EDM Cut	M-TC-1300	1.181	0.958
	M-TC-1500	1.203	0.976
	M-TC-1700	1.233	1.000
	M-TC-1800	1.214	0.985
	M-GX-650	1.184	0.960

ตารางที่ 12 เวลามาตรและการแปลงค่า ของกระบวนการ Assembly and Press

กระบวนการ	ผลิตภัณฑ์	เวลามาตรฐาน (นาที)	การแปลงค่า
Assembly 1	M-TC-1300	1.616	0.828
	M-TC-1500	1.953	1.000
Assembly 2	M-TC-1700	2.041	1.000
Assembly 3	M-TC-1800	2.128	1.000
Press	M-GX-650	4.281	1.000

2. กำลังการผลิต (Available capacity)

กำลังการผลิต สามารถหาได้จาก (วันทำงานต่อปี) x (เวลาทำงาน ÷ เวลามาตรฐาน) แต่เนื่องจากเครื่องจักรของแต่ละสถานีงานผลิตงานหลายชนิด ทำให้มีเวลามาตรฐานในการผลิตงานแต่ละชนิดไม่เท่ากัน นั้นดังจึงนำเวลามาตรฐานที่มีค่ามากที่สุดมาคำนวณ ตัวอย่างการคำนวณกระบวนการล้างน้ำยาเคมีจะสามารถคำนวณได้ดังนี้ (255x395)÷0.6 ซึ่งจะมีค่าเท่ากับ 167,875 ชิ้นต่อปีต่อเครื่องต่อกะทำงาน และเมื่อต้องการหา Total Available capacity จะสามารถหาได้จาก (Available capacity x จำนวนเครื่องจักรหรือสถานีงาน x จำนวนกะทำงาน) ตัวอย่างเช่น Total available capacity ของกระบวนการล้างน้ำยาเคมีจะคำนวณได้จาก (167,875x3x2) จะมีค่าเท่ากับ 1,007,250 ชิ้นต่อปี ข้อมูล Total Available capacity แสดงดังตารางที่ 13 และวิธีการคำนวณ Total Available capacity โดยวิธรการคำนวณอย่างละเอียด จะแสดงในภาคผนวกตารางที่ 25

ตารางที่ 13 Total Available capacity ของแต่ละกระบวนการ

ลำดับ	ชื่อกระบวนการ	Total Available capacity (ชิ้น)
1	รีดลวด (Wire drawing)	497,346
2	ขึ้นรูปเชือก (Rope Stranding)	1,007,250
3	อบความร้อนต่อเนื่อง (Heat continued)	1,007,250
4	ล้างน้ำยาเคมี (Chemical cleaning)	1,007,250
5	ตัดและถอดแกนกลาง (Core remove)	321,983
6	เชื่อม (Laser welding)	367,036
7	ตัดละเอียด EDM (EDM Cut)	163,326
8	ประกอบ 1 (Assembly 1)	103,135
9	ประกอบ 2 (Assembly 2)	98,725
10	ประกอบ 3 (Assembly 3)	94,680
11	กดขึ้นรูป (Pressing)	47,057

3. ความต้องการ

ความต้องการของผลิตภัณฑ์ที่แสดงดังตารางที่ 3 ไม่สามารถนำมาคำนวณ เพื่อหาร้อยละภาระงานได้ เนื่องจาก Total available capacity คำนวณมาจากค่าเวลามาตรฐานของผลิตภัณฑ์ที่มากที่สุด ดังนั้นจึงมีการแปลงค่าความต้องการเพื่อเทียบเป็นอัตราส่วนเช่นกัน โดยนำความต้องการคูณด้วยค่าคงที่แปลงค่า ตัวอย่างการคำนวณเพื่อหาค่าความต้องการแปลงค่าของกระบวนการล้างเคมีในการผลิตผลิตภัณฑ์ M-TC-1300 สามารถคำนวณได้ดังนี้ (42480x0.434) จะมีค่าเท่ากับ 18,806 ชิ้น เป็นต้น เมื่อคำนวณครบทุกผลิตภัณฑ์แล้ว จึงจะสามารถหาความต้องการแปลงค่ารวมของกระบวนการล้างเคมีได้

จากตัวอย่างดังกล่าว ต้องคำนวณหาความต้องการแปลงค่าของทุกกระบวนการเพื่อนำข้อมูลส่วนนี้มาคำนวณคิดค่า หาร้อยละของภาระงานที่เกิดขึ้นในแต่ละสถานี และสุดท้าย เมื่อคำนวณหาภาระงานที่เกิดขึ้นได้แล้ว ก็จะทราบได้ว่า ข้อจำกัด หรือคอขวดที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต เกิดขึ้นที่กระบวนการไหนบ้าง โดยวิธีการคำนวณความต้องการแปลงค่าของแต่ละกระบวนการ แสดงดังภาคผนวกตารางที่ 26 ถึง 33 และความต้องการรวมแปลงค่าของแต่ละกระบวนการสรุปดังตาราง 14

ตารางที่ 14 ความต้องการรวมแปลงค่าของแต่ละกระบวนการ

ลำดับ	ชื่อกระบวนการ	ความต้องการรวมแปลงค่า (ชิ้น)
1	รีดลวด (Wire drawing)	179,916
2	ขึ้นรูปเชือก (Rope Stranding)	190,443
3	อบความร้อนต่อเนื่อง (Heat continued)	152,907
4	ล้างน้ำยาเคมี (Chemical cleaning)	152,865
5	ตัดและถอดแกนกลาง (Core remove)	219,490
6	เชื่อม (Laser welding)	211,555
7	ตัดละเอียด EDM (EDM Cut)	216,947
8	ประกอบ 1 (Assembly 1)	85,694
9	ประกอบ 2 (Assembly 2)	56,160
10	ประกอบ 3 (Assembly 3)	43,440
11	กดขึ้นรูป (Pressing)	29,160

3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ในขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนการนำข้อมูลมาสังเคราะห์และวิเคราะห์ เพื่อให้ทราบถึงปัญหาที่แท้จริงและสามารถหาแนวทางเพื่อเป็นทางออกหรือแก้ไข ลดค่าใช้จ่ายหรือเพิ่มกำลังการผลิตให้กับโรงงานได้ โดยขั้นตอนนี้สามารถแบ่งออกได้ดังนี้

ภาพที่ 19 การดำเนินการ 5 Focusing Steps

ที่มา Kate Eby. (2017)

3.2.1 ดำเนินการ 5 Focusing Steps

ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่สำคัญมากเพราะเป็นขั้นที่ต้องนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษามาดำเนินการ เพื่อให้ทราบถึงปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการ รวมไปถึงการวิเคราะห์หาทางแก้ปัญหาให้กับโรงงาน โดยขั้นตอนของ 5 Focusing steps จะประกอบไปด้วยขั้นตอนย่อยดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ระบุข้อจำกัดของระบบ

ในขั้นตอนที่ 1 การจะระบุถึงข้อจำกัดและการที่จะสามารถทราบถึงข้อจำกัดที่มีอยู่ในระบบได้จำเป็นต้องมีการคำนวณหากำลังการผลิตของสถานีงานในแต่ละสถานี คำนวณหาภาระงานที่เกิดขึ้นและทำการเปรียบเทียบกันโดยใช้ข้อมูลจากขั้นตอนการเตรียมการ เพื่อจะสามารถทราบและระบุถึงข้อจำกัดที่เกิดขึ้นในสายการผลิตได้

ขั้นตอนที่ 2 การใช้ประโยชน์จากข้อจำกัด

ในขั้นตอนที่ 2 เมื่อทราบถึงข้อจำกัดที่มีอยู่ในสายการผลิตแล้ว จึงต้องหาวิธีการใช้ประโยชน์จากข้อจำกัดที่มีให้เกิดประโยชน์สูงที่สุด เพื่อลดความเป็นข้อจำกัด หรืออีกความหมายหนึ่งก็คือ ลดคอขวดที่ เกิดขึ้นในสายการผลิต ซึ่งการลดข้อจำกัดดังกล่าว สามารถกระทำได้หลากหลายวิธี ไม่ว่าจะเป็นการเพิ่มกำลัง การผลิต การปรับแต่งสายการผลิตให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ตลอดจนการอบรมพนักงานที่ทำงานในส่วนงานที่เกิดข้อจำกัด เพื่อให้เกิดความเข้าใจในเนื้องานมากยิ่งขึ้น เมื่อกำลังการผลิต มีค่ามากกว่า ภาระงานแล้วจึงจะสามารถลดความเป็นข้อจำกัดที่เกิดขึ้นได้ในสถานีงานนั้น ๆ แต่ถ้าปรับปรุงแล้ว ภาระงานที่เกิดขึ้นยังมีมากกว่า กำลังการผลิต จึงมีความจำเป็นในการลดคำสั่งปริมาณการผลิตในสถานีงานดังกล่าว

การนำเทคนิค โปรแกรมเชิงเส้น (Linear programming) มาประยุกต์ใช้ ในการคำนวณหากำลังการผลิตที่เหมาะสม (Optimal production) เพื่อก่อให้เกิดกำไรสูงสุดแก่โรงงานตัวอย่าง เป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ซึ่งนำมาใช้แก้ปัญหาด้วยข้อจำกัดที่มี โดยในการศึกษาครั้งนี้ จะประยุกต์ใช้เพื่อหาปริมาณการผลิตของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดเพื่อก่อให้เกิดมูลค่าสูงสุดของโรงงาน

ขั้นตอนที่ 3 ทำให้ปัจจัยอื่นอยู่ภายใต้การตัดสินใจ

ในขั้นตอนที่ 3 คือการทำให้ปัจจัยอื่นที่ไม่เกี่ยวข้อง อยู่ในสภาวะที่สามารถตัดสินใจได้หรือพูดอีกอย่างหนึ่งคือการควบคุมทุกอย่างให้อยู่ภายใต้แนวทางที่ได้ดำเนินการใช้ประโยชน์กับข้อจำกัดให้ได้อย่างเต็มที่ ไม่ว่าจะเป็นสายผลิตก่อนหน้าสถานีงานที่มีข้อจำกัด, สายผลิตหลังจากสถานีงานที่มีข้อจำกัด หรือการป้อนวัตถุดิบ เข้าสถานีงานที่มีข้อจำกัดหรือการจัดการสถานีงานที่มีข้อจำกัดโดยการเพิ่มกระบวนการบางอย่างเข้าไปทำให้กำลังการผลิตเพิ่มสูงขึ้น เพื่อรับรองได้ว่ากระบวนการดังกล่าวจะไม่เกิดการสูญเสียเวลาโดยไม่เกิดการเดินงานดังนั้นจึงต้องมีเครื่องมือที่ใช้ในการวางแผนการผลิตให้ได้ตามแผนที่วางเอาไว้นั้นคือ เทคนิคการวางแผนแบบ Drum-Buffer-Rope โดยที่ Drum คือสถานีงานที่เกิดคอขวด จะเป็นตัวกำหนดรอบการผลิตของทั้งสายการผลิต Buffer จะเป็น

กันชนที่เกิดขึ้นหน้าสถานีงานที่เกิดคอขวด ส่วน Rope จะเป็นการสื่อสารระหว่างสถานีงาน เพื่อให้ทุกอย่างทำงานสอดคล้องกัน

ขั้นตอนที่ 4 ยกระดับข้อจำกัด

ในขั้นตอนที่ 4 การยกระดับข้อจำกัด หรือการลดความเป็นข้อจำกัด ในขั้นตอนนี้จะทำการเสนอ ออกมาเป็นทางเลือก เพื่อเป็นการพิจารณาอย่างละเอียดว่าแต่ละทางเลือกมีค่าใช้จ่ายเท่าไหร่ สามารถเพิ่มกำลังการผลิตได้เท่าไหร่ และสามารถตีออกมาเป็นมูลค่าได้เท่าไหร่ โดยการลดความเป็นข้อจำกัดสามารถกระทำได้ตัวอย่างเช่นการซื้อเครื่องจักรใหม่เพื่อเป็นการเพิ่มกำลังการผลิต วิธีการนี้เป็นการลงทุนที่ใช้เงินค่อนข้างสูงจึง มีความจำเป็นที่จะต้องพิจารณาให้รอบคอบไม่ว่าจะเป็นในเรื่องของแนวโน้มตลาด คู่แข่ง สภาพ ตลาดปัจจุบันและอนาคต สภาพเศรษฐกิจ และการคืนทุน

การจ้างพนักงานทำงานล่วงเวลา หรือ Overtime วิธีการนี้เป็นวิธีการที่ลงทุนน้อยกว่าวิธีแรก แต่เป็นวิธีที่มีค่าใช้จ่ายในระยะยาว และมีความเสี่ยงเมื่อพนักงานลาออกหรือพนักงานไม่พออาจจะส่งผลให้การผลิตไม่สามารถผลิตได้ตามยอดคำสั่งซื้อ เพิ่มความสามารถของเครื่องจักรเดิมที่มีอยู่ด้วยการใช้ประโยชน์ของเครื่องจักรอย่างสูงสุด (Machine Utilization) ลดเวลาการว่างงานสูญเปล่า ทั้งของผู้ปฏิบัติงานและเครื่องจักร เป็นต้น

ขั้นตอนที่ 5 ถ้าขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่งก่อนหน้าสามารถทำให้ข้อจำกัดหมดไปได้ ให้กลับไปที่ขั้นตอน 1

ในขั้นตอนที่ 5 เป็นการปรับปรุงแบบต่อเนื่อง เนื่องจากข้อจำกัดปัจจุบันได้รับการแก้ไขแล้ว จึงได้ดำเนินการหาข้อจำกัดต่อไปที่มีอยู่ในระบบ ด้วยวิธีการแบบเดิม คือไปเริ่มต้นในขั้นตอนแรก ซึ่งการปรับปรุงครบทั้ง 5 ขั้นตอนนี้เป็นการปรับปรุงโดยใช้ทฤษฎีข้อจำกัด และเป็นการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง

3.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์ผล

เมื่อเราทราบถึงปัญหา และวิธีในการแก้ปัญหาแล้ว ต้องวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบทางออกในแต่ละทางว่าจะสามารถเพิ่มกำลังการผลิต หรือสร้างมูลค่าได้เป็นจำนวนเท่าไหร่ หรือในแง่ของการลงทุนของแต่ละทางออกว่าต้องใช้เงินลงทุนเพิ่มเติมเท่าไหร่ ถึงจะสามารถแก้ปัญหานี้ได้

นำเสนอทางเลือกที่ดีที่สุด เป็นทางเลือกที่สามารถเพิ่งกำลังการผลิต สร้างมูลค่าให้กับโรงงานมากที่สุด และ ทดลองผลิตด้วยผลิตภัณฑ์ต้นแบบ (Pilot test)

3.4 ขั้นตอนการสรุปผลการวิจัย

เปรียบเทียบผล ก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงว่าจะสามารถเพิ่มผลผลิตให้กับโรงงาน รวมไปถึงเสนอข้อแนะนำในการทำวิจัยในครั้งนี้เพื่อสามารถนำไปใช้ประโยชน์

บทที่ 4
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การประยุกต์ใช้ทฤษฎีข้อจำกัดมาเพื่อจัดการกับปัญหาคอขวดที่เกิดขึ้นในกระบวนการ สามารถทำได้โดยใช้ 5 ขั้นตอนสำคัญ (5 Focusing steps) การดำเนิน 5 ขั้นตอนสำคัญ ทำให้สามารถระบุข้อจำกัดที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต และสามารถแก้ไขปัญหาอีกทั้งยังหาทางออกให้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เกิดการพัฒนาและปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง สามารถกระทำได้ดังนี้

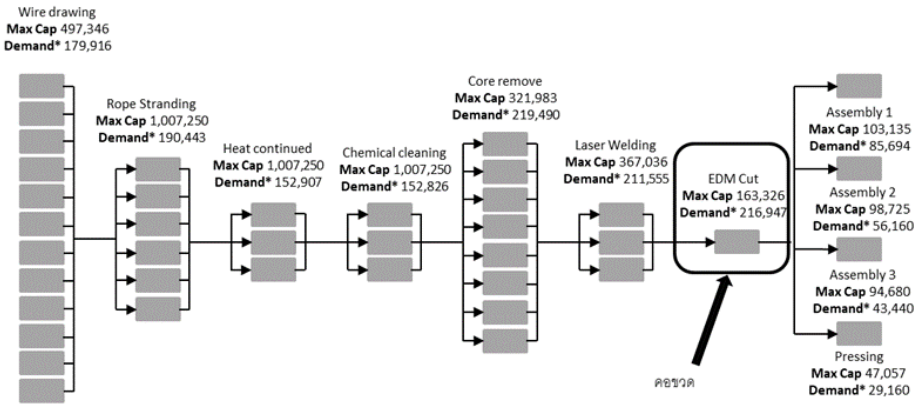
4.1 ระบุข้อจำกัดของสายการผลิต

ข้อจำกัดสามารถหาได้จากร้อยละของภาระงานที่เกิดขึ้นในแต่ละกระบวนการ จากสมการ %Load เท่ากับ ((Demand) ÷ (Available capacity)) x 100 เพื่อจะทราบได้ว่ามีคอขวดเกิดขึ้นอยู่ในกระบวนการผลิต จะสังเกตได้จากเมื่อปริมาณความต้องการมีมากกว่ากำลังผลิต จึงทำให้ปริมาณความต้องการงานมากเกินไป โดยสถานะของคอขวดในแต่ละกระบวนแสดงดังตารางที่ 15

ตารางที่ 15 ร้อยละของภาระงานและสถานะของแต่ละกระบวนการ

กระบวนการ	ความต้องการแปลงค่ารวม	กำลังผลิตที่นำไปใช้ได้	ร้อยละภาระงาน	สถานะ
รีดลวด	179,916	497,346	36.18	ไม่เกิดคอขวด
ขึ้นรูปเชือก	190,443	1,007,250	18.91	ไม่เกิดคอขวด
อบความร้อนต่อเนื่อง	152,907	1,007,250	15.18	ไม่เกิดคอขวด
ล้างน้ำยาเคมี	152,865	1,007,250	15.18	ไม่เกิดคอขวด
ตัดและดึงแกนกลาง	219,490	321,983	68.17	ไม่เกิดคอขวด
เชื่อม	211,555	367,036	57.64	ไม่เกิดคอขวด
ตัดละเอียด EDM	216,947	163,326	132.83	คอขวด
ประกอบ 1	85,694	103,135	83.09	ไม่เกิดคอขวด
ประกอบ 2	56,160	98,725	56.89	ไม่เกิดคอขวด
ประกอบ 3	43,440	94,680	45.88	ไม่เกิดคอขวด
กดขึ้นรูป	29,160	47,057	61.97	ไม่เกิดคอขวด

โดยที่ภาพรวมกระบวนการผลิต ของผลิตภัณฑ์ที่ต้องผ่านกระบวนการตัดละเอียดด้วยเครื่อง EDM แสดงดังภาพที่ 20



ภาพที่ 20 กำลังการผลิตและตำแหน่งของคอขวด

4.2 ใช้ผลประโยชน์จากข้อจำกัด

ขั้นตอนการใช้ผลประโยชน์เป็นการบริหารทรัพยากรที่มีอยู่เพื่อให้เกิดผลกำไรสูงสุด โดยโปรแกรมเชิงเส้นถูกนำมาเพื่อประยุกต์ใช้ ข้อจำกัดที่เกิดขึ้นคือคอขวดในกระบวนการตัดละเอียด EDM ไม่สามารถผลิตได้ตามความต้องการ ดังนั้นวัตถุประสงค์คือการเพิ่มกำไรให้สูงสุด กล่าวคือต้องจัดการให้มีการเลือกผลิตภัณฑ์และผลิตในปริมาณที่สูงที่สุดเท่าที่ระบบสามารถทำได้ โดยปริมาณการผลิตของแต่ละกระบวนการจะต้องไม่เกิน Available capacity ปริมาณการผลิตในแต่ละผลิตภัณฑ์ต้องไม่เกินความต้องการ และต้องไม่ต่ำกว่าการผลิตขั้นต่ำ โดยสามารถเขียนออกมาให้ได้อยู่ในสมการคณิตศาสตร์ดังนี้

สมการเป้าหมาย (Objective function)

Maximize

$$Z = 1{,}442X_1 + 2{,}162X_2 + 1{,}543X_3 + 1{,}364X_4 + 2{,}450X_5 \quad \text{สมการที่ (6)}$$

สมการเงื่อนไข (Subject to)

$$0.723X_1 + 0.834X_2 + 0.945X_3 + X_4 + 0.362X_5 \leq 497{,}346 \quad \text{สมการที่ (7)}$$

$$0.723X_1 + 0.834X_2 + 0.945X_3 + X_4 + 0.723X_5 \leq 1{,}007{,}250 \quad \text{สมการที่ (8)}$$

$$0.435X_1 + 0.5X_2 + 0.945X_3 + X_4 + 0.434X_5 \leq 1{,}007{,}250 \quad \text{สมการที่ (9)}$$

$$0.434X_1 + 0.5X_2 + 0.945X_3 + X_4 + 0.434X_5 \leq 1{,}007{,}250 \quad \text{สมการที่ (10)}$$

$$0.979X_1 + X_2 + 0.998X_3 + 0.995X_4 + 0.964X_5 \leq 321{,}983 \quad \text{สมการที่ (11)}$$

$$X_1 + 0.939X_2 + 0.944X_3 + 0.954X_4 + 0.932X_5 \leq 367{,}036 \quad \text{สมการที่ (12)}$$

$$0.958X_1 + 0.976X_2 + X_3 + 0.985X_4 + 0.96X_5 \leq 163{,}326 \quad \text{สมการที่ (13)}$$

$$0.828X_1 + X_2 \leq 103{,}135 \quad \text{สมการที่ (14)}$$

$$X_3 \leq 98{,}725 \quad \text{สมการที่ (15)}$$

$$X_3 \leq 98{,}725 \qquad \text{สมการที่ (16)}$$

$$X_4 \leq 94{,}680 \qquad \text{สมการที่ (17)}$$

$$X_5 \leq 47{,}057 \qquad \text{สมการที่ (18)}$$

$$X_1 \leq 42{,}480 \qquad \text{สมการที่ (19)}$$

$$X_2 \leq 50{,}520 \qquad \text{สมการที่ (20)}$$

$$X_3 \leq 56{,}160 \qquad \text{สมการที่ (21)}$$

$$X_4 \leq 43{,}440 \qquad \text{สมการที่ (22)}$$

$$X_5 \leq 29{,}160 \qquad \text{สมการที่ (23)}$$

$$X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 \geq 22{,}000 \qquad \text{สมการที่ (24)}$$

โดยกำหนดให้X_1, X_2, X_3, X_4 และ X_5 คือผลิตภัณฑ์ M-TC-1300, M-TC-1500, M-TC-1700, M-TC-1800 และ M-GX-650 ตามลำดับ สมการที่ (7) คือสมการเป้าหมาย โดยมีสมการที่ (8) ถึง (18) เป็นเงื่อนไขของกำลังการผลิตในแต่ละกระบวนการ สมการที่ (19) ถึง (23) เป็นเงื่อนไขของความต้องการของแต่ละผลิตภัณฑ์ และสมการที่ (24) เป็นเงื่อนไขของกำลังการผลิตที่ต่ำที่สุดในแต่ละผลิตภัณฑ์

การคำนวณเพื่อแก้ปัญหาเชิงเส้นด้วยเงื่อนไขดังกล่าว ได้ทำการใช้ Excel solver โดยตั้งค่าเลือก Solving method แบบ Simplex LP จากการใช้ Solver ได้ผลลัพธ์ดังนี้ M-TC-1300 (X_1) 22,020 ชิ้น , M-TC-1500 (X_2) 50,520 ชิ้น , M-TC-1700 (X_3) 43,277 ชิ้น , M-TC-1800 (X_4) 22,000 ชิ้น และ M-GX-650 (X_5) 29,142 ชิ้น สามารถสร้างรายได้ สูงถึง 309,159,391 บาท แสดงดังภาพที่ 21

Maximize	309,159,391	บาท

	M-TC-1300	M-TC-1500	M-TC-1700	M-TC-1800	M-GX-650
ราคา	1442	2162	1543	1364	2450
กำลังผลิตต่ำสุด	22000	22000	22000	22000	22000
เงื่อนไข	>=	>=	>=	>=	>=
ผลลัพธ์	22020	50520	43277	22000	29142
เงื่อนไข	<=	<=	<=	<=	<=
ความต้องการ	42480	50520	56160	43440	29160

กระบวนการ	สัดส่วนการแปลงค่า					ผลลัพธ์กำลังการผลิต	เงื่อนไข	กำลังผลิตที่สามารถทำได้
รีดลวด	0.723	0.834	0.945	1	0.362	131500	<=	497346
ขึ้นรูปเชือก	0.723	0.834	0.945	1	0.723	142021	<=	1007250
อบความร้อนต่อเนื่อง	0.435	0.5	0.945	1	0.434	110383	<=	1007250
ล้างน่ายาเคมี	0.434	0.5	0.945	1	0.434	110361	<=	1007250
ตัดและดึงคอ	0.979	1	0.998	0.995	0.964	165251	<=	321983
เชื่อม	1	0.939	0.944	0.954	0.932	158460	<=	367036
ตัดละเอียด EDM	0.958	0.976	1	0.985	0.96	163326	<=	163326
ประกอบ 1	0.828	1				68753	<=	103135
ประกอบ 2			1			43277	<=	98725
ประกอบ 3				1		22000	<=	94680
กดขึ้นรูป					1	29142	<=	47057

ภาพที่ 21 ผลลัพธ์จากโปรแกรมเชิงเส้น

จากการใช้โปรแกรมเชิงเส้น ยังไม่สามารถลดขนาดของคอขวดที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตได้ เพียงแต่ จะช่วยจัดสรรทรัพยากรให้ผลิตงานที่เกิดมูลค่าการขายสูงสุด เพื่อจัดการกับปัญหาคอขวดให้หมดสิ้น จึงจำเป็นต้องดำเนินการขั้นตอนถัดไป

4.3 กำหนดให้ปัจจัยอื่นอยู่ภายใต้การควบคุม

การทำให้ปัจจัยอื่นอยู่ภายใต้การควบคุมนั้นคือการควบคุมสถานีงานอื่นที่ไม่ได้เกิดคอขวดสามารถผลิตงานได้ตามข้อจำกัดที่มีอยู่ เพราะถ้าสั่งผลิตงานในสถานีที่มีกำลังผลิตสูงให้ได้จำนวนปริมาณที่มาก ก็ไม่สามารถเพิ่มกำลังการผลิตได้

การนำโปรแกรมเชิงเส้นเข้ามาประยุกต์เพื่อหากำลังการผลิตที่เหมาะสมพบว่า ถึงแม้จะผลิตงานอย่างเต็มกำลังตามเงื่อนไขที่มีอยู่ ก็ไม่สามารถกำจัดคอขวดให้หมดไปได้ โดยในสถานีงานตัดละเอียด EDM มีความต้องการงานแปลงค่าอยู่ที่ 216,947 ชิ้น แต่มีกำลังการผลิตอยู่เพียงแค่ 163,326 ชิ้น จึงมีส่วนต่างอยู่ 53,621 ชิ้น

วิธีการจัดการกับข้อจำกัดที่เกิดขึ้นนี้ทำได้โดยการใช้ ดรัม บัพเฟอร์ และ โรป ขั้นแรกต้องการดรัม หรือตัวกำหนดจังหวะให้กับระบบ เป็นสถานีงานที่มีกำลังการผลิตต่ำที่สุด ซึ่งก็คือสถานีงานที่เกิดคอขวดนั้นเอง โรป คือเชือกสื่อสารที่จะคอยควบคุมสถานีงานก่อนหน้าสถานีงานคอขวดเพื่อให้สถานีงานเหล่านั้นผลิตงานได้สอดคล้องกับข้อจำกัดที่เกิดขึ้น ส่วนบัพเฟอร์คือกันชน จะอยู่หน้าสถานีงานคอขวด ซึ่งสามารถคำนวนได้จาก กำลังการผลิตที่ต้องการลบด้วยกำลังการผลิตที่พร้อมใช้งาน ซึ่งจากการคำนวนพบว่ามีบัพเฟอร์เกิดขึ้น 53,621 ชิ้น

ในสถานีงานตัดละเอียด EDM มีเวลามาตรฐานในการตัดงานอยู่ 1.233 นาทีต่องานหนึ่งชิ้น ดังนั้นเมื่อต้องการงาน 53,621 ชิ้น จะแปลงกลับมาเป็นเวลาได้ที่ 66,115 นาที

4.4 ยกระดับข้อจำกัด

จากการคำนวณและเก็บข้อมูลพบว่าสถานีงานตัดละเอียด EDM เป็นสถานีงานที่เกิดคอขวดทำให้ไม่สามารถผลิตงานได้ตามความต้องการ การยกระดับข้อจำกัด เป็นการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นอย่างมีสิทธิภาพ โดยอาศัยทรัพยากร หรือข้อจำกัดที่มีอยู่ทำให้เกิดการใช้งานเพื่อก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดของโรงงานตัวอย่าง

4.4.1. การใช้ประโยชน์ของเครื่องจักร

ในขั้นตอนแรกของการยกระดับข้อจำกัด เริ่มจากการสุ่มงานเพื่อตรวจสอบว่าทรัพยากรที่มีอยู่ว่าเกิดการใช้งานอย่างเต็มกำลังแล้วหรือไม่ จากการสุ่มเก็บข้อมูลการใช้งานของเครื่องจักร EDM จำนวน 100 ข้อมูล โดยการสุ่มวันทำงาน 10 วัน และเก็บข้อมูลวันละ 10 ข้อมูล โดยแบ่งเป็นข้อมูลก่อนพักกลางวัน 5 ข้อมูล และหลังพักกลางวันอีก 5 ข้อมูล ถ้าผลของการการสุ่มเกิดขึ้นในเวลาพัก 1 หรือ เวลา พัก 2 จะทำการปัดข้อมูลให้ไปเก็บหลังพักนั้น ๆ ในการสุ่มข้อมูลดังกล่าว มีจุดประสงค์เพื่อ

นำมาคำนวณหาการใช้ประโยชน์ของเครื่องจักร (Machine Utilization) โดยการสุ่ม จะใช้โปรแกรม Excel ในการสุ่มวัน และเวลา เพื่อเก็บข้อมูลของเดือน ตุลาคม พ.ศ. 2563 แสดงดังตารางที่ 16

ตารางที่ 16 วัน และเวลาในการสุ่มเก็บข้อมูล

วันที่เก็บข้อมูล	เวลาในการสุ่มเก็บข้อมูล									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
02/10/2020	08:49	09:36	10:44	10:55	11:35	12:15	12:53	13:52	15:33	15:48
08/10/2020	08:03	09:21	10:12	11:18	11:54	13:04	13:19	14:01	15:00	16:32
09/10/2020	08:00	08:01	08:17	10:19	11:55	13:42	14:10	15:23	15:50	16:50
12/10/2020	08:28	09:46	10:56	11:01	11:43	14:01	15:25	16:09	16:30	16:51
14/10/2020	08:53	09:27	09:30	10:07	11:09	13:56	13:56	15:02	16:07	16:36
16/10/2020	08:30	08:48	09:06	09:56	10:08	12:13	12:38	13:21	15:17	16:11
19/10/2020	09:10	09:18	10:11	10:21	11:18	12:06	12:50	13:31	14:11	16:29
21/10/2020	09:31	09:43	10:27	11:01	11:05	13:06	15:12	16:31	16:35	16:47
26/10/2020	08:07	09:40	10:38	10:45	11:52	13:28	14:02	14:42	15:04	16:00
28/10/2020	08:44	08:47	09:46	10:47	11:29	12:10	13:21	15:05	16:47	16:49

หลังจากกำหนดวันและเวลาการเก็บข้อมูลได้แล้ว ก็เริ่มเก็บข้อมูล โดยกำหนดให้ W คือสัญลักษณ์ของการปฏิบัติงาน (Work) ส่วน สัญลักษณ์ I คือการรอคอยของเครื่องจักรระหว่างปฏิบัติงาน (Idle time) จากการเก็บข้อมูล ตามวันและเวลาที่กำหนดไว้ ได้ข้อมูลดังภาคผนวกตารางที่ 35 และการสรุปข้อมูลการปฏิบัติงานและการว่างงานของเครื่องจักรแสดงดังตารางที่ 17

ตารางที่ 17 ข้อมูลการปฏิบัติงาน และการว่างงานของเครื่องตัดละเอียด EDM

สถานะ	02/10/2020	08/10/2020	09/10/2020	12/10/2020	14/10/2020	16/10/2020	19/10/2020	21/10/2020	26/10/2020	28/10/2020	รวม
Work	5	5	4	6	7	6	4	6	6	5	54
Idle	5	5	6	4	3	4	6	4	4	5	46

การเก็บข้อมูลจากตาราง 17 ทำให้ทราบได้ว่าการใช้ประโยชน์ของเครื่องตัดละเอียด EDM ยังไม่สามารถจัดการให้เกิดการใช้งานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ การสุ่มเก็บข้อมูล Machine utilization พบการใช้งาน 54 % และยังมี Idle time ของเครื่องจักรเกิดขึ้น 46 % ซึ่งเมื่อพิจารณาดูแล้วพบว่า ถ้าสามารถจัดการให้เกิดการใช้งานของเครื่องจักรที่สูงขึ้น หรือเต็มกำลัง ก็จะสามารถเพิ่มกำลังการผลิตให้กับระบบ และลดขนาดของคอขวดที่เกิดขึ้นอยู่ในสายการผลิตได้ จากนั้นจึงได้

ศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับ กิจกรรมย่อย (Sub-work) ของสถานีงานตัดละเอียด EDM ด้วยการประยุกต์ใช้ Man – Machine Chart โดยศึกษาจากผลิตภัณฑ์ที่ใช้เวลาการผลิตสูงที่สุดนั้นก็คือ M-TC-1700 โดยกิจกรรมย่อย และเวลาที่ใช้ในการผลิต แสดงดังตารางที่ 18

ตารางที่ 18Man - Machine Chart ของสถานีงานตัดละเอียด EDM ก่อนปรับปรุง

ลำดับ	กิจกรรมย่อย			
	พนักงาน	เวลา (s)	เครื่องจักร	เวลา (s)
1	นำชิ้นงานจัดเรียงลงบนฐานรองตัดงาน	17	ว่างงาน	17
2	ติดยึดฐานรองตัดงานกับฐานเครื่องตัด EDM	3	ถูกติดตั้ง	3
3	ตั้งค่าพิกัดการตัดบนหน้าจอ	5	ถูกใช้งาน	5
4	ว่างงาน	36	ตัดชิ้นงาน	36
5	ถอยลวดตัดออกจากฐาน	2	ถูกใช้งาน	2
6	ถอดฐานรองตัดงานออกจากเครื่องตัด EDM	3	ถูกใช้งาน	3
7	ถอดชิ้นงานออกจากฐานรองตัด	3	ถอนการติดตั้ง	3
8	ตรวจสอบปลายชิ้นงาน	4	ว่างงาน	4

จากกิจกรรมย่อยที่เกิดขึ้นของสถานีงานตัดละเอียดพบว่าเกิดการรอคอยที่สูญเปล่าของทั้งผู้ปฏิบัติงานและเครื่องจักร โดยขั้นตอนที่ 1 และ 8 เกิดการรอคอยของเครื่องจักรขึ้น ขั้นตอนที่ 1 เครื่องจักรรอคอยพนักงาน ขณะที่พนักงานนำชิ้นงานจัดเรียงลงบนฐานตัดงาน ทำให้เกิดเวลาทำงานที่สูญเปล่า ขั้นตอนที่ 8 พนักงานตรวจสอบปลายชิ้นงาน เครื่องจักรเกิดการรอคอยที่สูญเปล่าอีกเช่นกันเนื่องจากขาดการทำงานที่ต่อเนื่อง และในขั้นตอนที่ 4 เป็นการรอคอยของพนักงาน ขณะที่เครื่องจักรทำการตัดชิ้นงานอยู่นั้น ผู้ปฏิบัติงานเกิดการรอคอย

เมื่อพบว่ามีเวลาการรอคอยเกิดขึ้นในสถานีงานตัดละเอียด EDM ทั้งของผู้ปฏิบัติงาน และของเครื่องจักร จึงคำนวณหา Utilization เพื่อดูว่า ในกระบวนการนี้ มีการปฏิบัติงาน ของพนักงานและการใช้เครื่องจักร คิดเป็นร้อยละเท่าไหร่ เพื่อเป็นประโยชน์ในการปรับปรุง ลดเวลาการรอคอยที่เกิดขึ้นในขั้นตอนถัด โดยการคิด ร้อยละการทำงานของพนักงาน และเครื่องจักร แสดงดังตารางที่ 19

ดังนั้นจากข้อมูลดังกล่าว พบพนักงานมีการปฏิบัติงานอยู่เพียง 50.68 % ส่วนเครื่องจักรมีการทำงานอยู่เพียง 49.32 % ทางผู้วิจัยจึงได้แก้ไขปัญหาดังกล่าวโดยการสั่งซื้อฐานรองตัดชิ้นงานเพิ่มเพื่อให้พนักงานสามารถจัดเรียงขนาดในรอบถัดไปลงบนฐานรองตัด และให้พนักงานตรวจสอบปลายชิ้นงานของชิ้นงานรอบก่อนหน้าในขณะที่เครื่องจักรกำลังปฏิบัติงานอยู่ จะช่วยลดเวลาในการรอคอย

ทั้งในส่วนของเครื่องจักร และผู้ปฏิบัติงานได้ และสามารถเพิ่มกำลังการผลิต ให้ตอบสนองกับความต้องการผลิตอีกด้วย

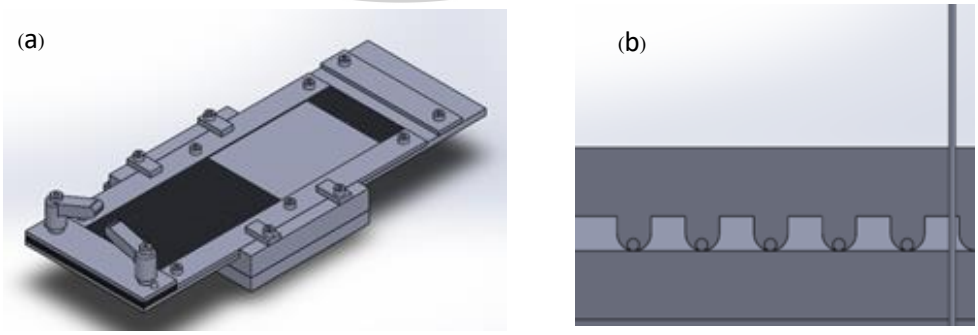
ตารางที่ 19 ร้อยละการทำงานของพนักงานและเครื่องจักร ก่อนการปรับปรุง

หัวข้อ	เวลา (วินาที)	
	พนักงาน	เครื่องจักร
เวลาที่ใช้ในการผลิต	73	73
เวลาปฏิบัติงาน	37	36
เวลาว่างงาน	36	37
ร้อยละการทำงาน	50.68%	49.32%

4.4.2. จัดการกับปัญหาคอขวดด้วยการเพิ่มกำลังการผลิต

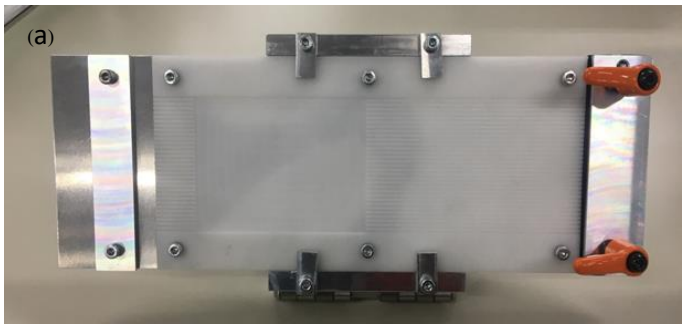
หลังจากที่ทราบถึงปัญหา และการจัดการกับข้อจำกัดแล้วพบว่าการจัดซื้อฐานรองตัดสามารถเพิ่มกำลังการผลิต โดยสามารถลดเวลาการรอคอยของผู้ปฏิบัติงาน และเครื่องจักรได้ จากนั้นผู้วิจัยได้ออกแบบฐานรองตัดให้เหมาะสมกับการใช้งานปัจจุบัน มีการคำนึงถึงปริมาณการตัดในหนึ่งรอบ และระยะห่างของชิ้นงานในการตัด โดยการตัดงาน ลวดนำไฟฟ้าจะไม่สามารถสัมผัสชิ้นงานได้พร้อมกันสองชิ้น เพราะจะทำให้ประสิทธิภาพในการตัดลดลงและเกิดของเสียได้ในที่สุด โดยฐานรองตัดออกแบบตามภาพที่ 22

จากการออกแบบและเขียนใบเสนอราคาของฐานรองตัดเพื่อจัดซื้อพบว่าการแก้ไขปัญหาด้วยการจัดซื้อฐานรองตัด ใช้เงินลงทุน 86,540 บาท โดยเป็นการลงทุนซื้อฐานรองตัดเพียงครั้งเดียว ฐานรองตัดงาน และการติดตั้งฐานรองตัดงานกับเครื่องจักร EDM แสดงดังภาพที่ 23 จากนั้นจึงจัดการกับ กิจกรรมย่อยในสถานี โดยกำหนดให้สอดคล้องกับความต้องการผลิต และลดเวลาการรอคอยของเครื่องจักร และผู้ปฏิบัติงานให้ได้มากที่สุด



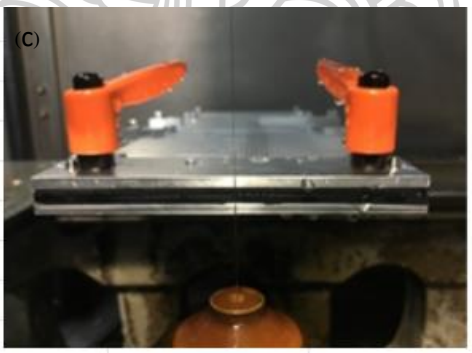
(a) ออกแบบฐานรองตัดงาน (b) ภาพหน้าตัดของฐานรองตัดงาน

ภาพที่ 22 ภาพจำลองฐานรองตัดงาน



(a) ฐานรองตัดงาน

(b) ประกอบฐานตัดงานเข้ากับฐานของเครื่องจักร EDM



(c) การตัดงานด้วยเครื่องจักร EDM

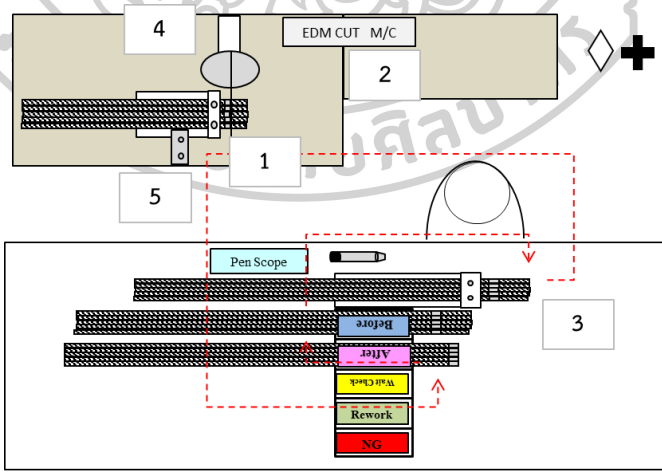
ภาพที่ 23 การตัดงานด้วยเครื่องตัดละเอียด EDM

การจัดการกับกิจกรรมย่อย เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานกับเครื่องจักร สามารถทำงานได้โดยไม่ต้องเสียเวลารอคอยที่สูญเปล่า จัดการได้โดย ให้ปฏิบัติตามการไหลของกระบวนการดังนี้ รอบแรกของการผลิต พนักงานจะต้องจัดเรียงชิ้นงานลงบนฐานรองตัด หลังจากนั้นให้พนักงานปฏิบัติงาน ต่อโดยการนำฐานรองตัดที่มีชิ้นงานไปยึดกับเครื่องจักร และตั้งค่าพิกัดการตัด จากนั้นเมื่อเครื่องจักรทำงานให้พนักงานนำชิ้นงานรอบถัดไปมาจัดเรียงลงฐานรองตัดอันใหม่ที่เพิ่งจัดซื้อมาเพื่อเพิ่มกำลังการผลิต เมื่อเครื่องจักรตัดงานเสร็จแล้ว ให้ถอดฐานรองตัดออกจากเครื่องจักร และนำฐานรองตัดงานอันใหม่ที่

ได้จัดเรียงงานไว้เสร็จแล้วนำไปยึดกับเครื่องตัด และตั้งค่าพิกัดการตัด จากนั้น ให้เครื่องจักรเริ่มตัดงานรอบถัดไป พนักงานถอดชิ้นงานที่ตัดแล้วออกจากฐานรองตัด และตรวจสอบปลายของชิ้นงานหลังจากตัดแล้ว จากนั้นจัดเรียงชิ้นงานรอบถัดไปลงฐานรองตัดที่ว่างงาน และให้ปฏิบัติแบบนี้ต่อไป จะสามารถลดเวลาการรอคอยของผู้ปฏิบัติงาน และเครื่องจักรได้ ลำดับการปฏิบัติงานสรุปไว้ในตารางที่ 20 และ การจำลองการปฏิบัติงาน แสดงดังภาพที่ 24

ตารางที่ 20 Man - Machine Chart ของสถานีงานตัดละเอียด EDM หลังปรับปรุง

ลำดับ	กิจกรรมย่อย			
	ผู้ปฏิบัติงาน	เวลา (s)	เครื่องจักร	เวลา (s)
1	ติดยึดฐานรองตัดงานกับฐานเครื่องตัด EDM	3	ถูกติดตั้ง	3
2	ตั้งค่าพิกัดการตัดบนหน้าจอ	5	ถูกใช้งาน	5
3	ถอดชิ้นงานรอบก่อนหน้าออกจากฐานรองตัด	3	ตัดชิ้นงาน	36
	ตรวจสอบปลายชิ้นงานของรอบก่อนหน้า	4		
	นำชิ้นงานของรอบถัดไปจัดเรียงลงบนฐานรองตัดงาน	17		
	ว่างงาน	12		
4	ถอยลวดตัดออกจากฐาน	2	ถูกใช้งาน	2
5	ถอดฐานรองตัดงานออกจากเครื่องตัด EDM	3	ถูกใช้งาน	3



ภาพที่ 24 ภาพจำลองการปฏิบัติงานของพนักงาน

เมื่อคำนวณหาร้อยละการทำงานของพนักงานและเครื่องตัดละเอียด EDM หลังจากการปรับปรุงพบว่า พนักงานและ เครื่องจักร มีการทำงานเพิ่มขึ้น โดยหลังจากการปรับปรุง ร้อยละการ

ทำงานของพนักงานเพิ่มขึ้นมาเป็น 75.51 % ส่วนร้อยละการทำงานของเครื่องจักร เพิ่มขึ้นมาเป็น 73.47 % แสดงดังตารางที่ 21

ตารางที่ 21 ร้อยละการทำงานของพนักงานและเครื่องจักร หลังการปรับปรุง

หัวข้อ	เวลา (วินาที)	
	พนักงาน	เครื่องจักร
เวลาที่ใช้ในการผลิต	49	49
เวลาปฏิบัติงาน	37	36
เวลาว่างงาน	12	13
ร้อยละการทำงาน	75.51%	73.47%

4.5 การปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง

จากข้อจำกัดที่เกิดขึ้นคือปัญหาคอขวดในกระบวนการตัดละเอียด EDM เนื่องมาจากความต้องการผลิตมีมากกว่ากำลังผลิต จึงไม่สามารถผลิตงานได้ตามความต้องการ การยกระดับข้อจำกัดคือการแก้ปัญหาโดยวิธีการเพิ่มกำลังการผลิต ด้วยการจัดซื้อฐานรองตัดงานเพิ่ม เพื่อลดเวลาการรอคอยที่สูญเปล่าของเครื่องจักรและผู้ปฏิบัติงาน และจากการแก้ไขปัญหาคอขวดในกระบวนการผลิต ข้อควรคำนึงคือ การเลื่อนของคอขวด (shifting bottleneck) โดยคอขวดที่ถูกจัดการจากกระบวนการผลิตหนึ่ง สามารถย้ายไปเกิดในกระบวนการผลิตอื่นได้ ถ้ามีการจัดการที่ไม่เพียงพอ ดังนั้น การตรวจสอบ เพื่อทราบได้ว่า คอขวดในสายการผลิตของโรงงานตัวอย่าง ได้ถูกจัดการอย่างสมบูรณ์แล้ว ทางผู้วิจัยจึงได้ติดตามผลการปรับปรุงดังกล่าว โดpกำหนดระยะการติดตามผลไว้ ทั้งสิ้น 3 เดือน โดยเริ่มจากเดือน ธันวาคม พ.ศ. 2563 จนถึง กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2564 และในเดือนดังกล่าวมียอดการสั่งซื้อของผลิตภัณฑ์ดังตารางที่ 22

ตารางที่ 22 ความต้องการของผลิตภัณฑ์ในเดือน ธันวาคม พ.ศ. 2563 จนถึง กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2564

เดือน	ธ.ค.-63	ม.ค.-64	ก.พ.-64	รวม
M-TC-1300	3,720	3,530	3,235	10,485
M-TC-1500	3,850	3,920	4,440	12,210
M-TC-1700	4,780	4,635	4,370	13,785
M-TC-1800	3,790	3,620	3,130	10,540
M-GX-650	2,800	2,140	2,195	7,135

จากการปรับปรุงเพื่อเพิ่มกำลังการผลิตโดยการจัดซื้อฐานรองตัดงาน ในกระบวนการตัดละเอียด EDM ทำให้เวลามาตรฐานของสถานีงานนี้เปลี่ยนไป และสามารถผลิตงานได้เร็วขึ้น พบว่าก่อนปรับปรุง ผลิตภัณฑ์ที่มีเวลามาตรฐานสูงที่สุดในกระบวนการนี้ คือ M-TC-1700 คิดเป็น 1.233

นาที ต่อชิ้น จากการเก็บข้อมูลจริงหลังการปรับปรุง โดยผลิต 3 รอบการผลิต พบว่าเวลามาตรฐานที่ใช้ในการตัดงานที่มากที่สุดยังคงเป็น M-TC-1700 แต่สามารถลดเวลามาตรฐานลงมาได้เหลือ 0.839 นาทีต่อชิ้น ทั้งนี้เวลาที่ลดลงเกิดมาจากการจัดการให้เกิดเวลารอคอยของเครื่องจักรและผู้ปฏิบัติงานน้อยที่สุด โดยการจัดซื้อฐานรองตัดงานเพิ่ม

เมื่อเก็บข้อมูลของเวลามาตรฐานใหม่ที่เกิดขึ้นในกระบวนการตัดละเอียด EDM ได้แล้ว มีความจำเป็นต้องแปลงค่า เพื่อจะนำไปคำนวณหา Total Available capacity ในรอบเดือน ธันวาคม พ.ศ. 2563 – กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2564 นำสัดส่วนการแปลงค่า เพื่อไปแปลงค่าความต้องการรวม และสุดท้าย เพื่อตรวจสอบปัญหาคอขวดที่ยังหลงเหลือโดยคำนวณร้อยละของปริมาณงานหลังจากการปรับปรุง ว่ายังหลงเหลือคอขวดในกระบวนการผลิตใดอีกหรือไม่ โดยที่เวลามาตรฐานและการแปลงค่าของกระบวนการตัด EDM แสดงดังตารางที่ 23

การคำนวณเพื่อหา Total Available capacity ในกรอบเวลาสามเดือน โดยคิดวันทำงาน 24 วันต่อหนึ่งเดือน แสดงดังภาคผนวกตารางที่ 35 และ การคำนวณหาความต้องการรวมแปลงค่าของทั้งสามเดือนในแต่ละกระบวนการ แสดงดังภาคผนวกตารางที่ 36 ถึง 43

ตารางที่ 23 เวลามาตรและการแปลงค่าใหม่ ของกระบวนการ EDM Cut

กระบวนการ	ผลิตภัณฑ์	เวลามาตรฐาน (นาที)	การแปลงค่า
EDM	M-TC-1300	0.773	0.922
	M-TC-1500	0.766	0.913
	M-TC-1700	0.839	1.000
	M-TC-1800	0.782	0.932
	M-GX-650	0.813	0.968

จากการคำนวณหาร้อยละของภาระงานใหม่หลังจากปรับปรุงตามตารางที่ 24 พบว่า สถานีงานที่มีภาระงานสูงสุดคือ สถานีงาน ตัดละเอียด EDM โดยมีภาระงานอยู่ที่ร้อย 82.62% ซึ่งหมายความว่า ทุกสถานีงานหลังจากการปรับปรุงแล้ว มีกำลังการผลิตสูงกว่าความต้องการ ปัญหาคอขวดได้ถูกกำจัดไปในที่สุด และจากการทดสอบผลิตงานจริงพบว่า ปริมาณงานของเดือน ธันวาคม พ.ศ. 2563 – กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2564 สามารถผลิตได้ตามเป้าหมายที่วางเอาไว้ และไม่เกิดการเคลื่อนย้ายของคอขวดในกระบวนการผลิต

ตารางที่ 24 ภาระงานที่เกิดขึ้นในแต่ละกระบวนการตลอดเดือน ธันวาคม พ.ศ. 2563 จนถึง กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2564

ลำดับ	ชื่อกระบวนการ	ความต้องการรวมแปลงค่า (ชิ้น)	Total Available capacity (ชิ้น)	ร้อยละภาระงาน
1	รีดลวด (Wire drawing)	43,915	128,725	34.12%
2	ขึ้นรูปเชือก (Rope Stranding)	46,491	260,700	17.83%
3	อบความร้อนต่อเนื่อง (Heat continued)	37,330	260,700	14.32%
4	ล้างน้ำยาเคมี (Chemical cleaning)	37,320	260,700	14.32%
5	ตัดและถอดแกนกลาง (Core remove)	53,600	83,337	64.32%
6	เชื่อม (Laser welding)	51,671	94,998	54.39%
7	ตัดละเอียด EDM (EDM Cut)	51,330	62,128	82.62%
8	ประกอบ 1 (Assembly 1)	20,892	26,694	78.26%
9	ประกอบ 2 (Assembly 2)	13,785	25,553	53.95%
10	ประกอบ 3 (Assembly 3)	10,540	24,506	43.01%
11	กดขึ้นรูป (Pressing)	7,135	12,180	58.58%

มหาวิทยาลัยศิลปากร

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การศึกษาสายการผลิตในโรงงานตัวอย่าง ของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ต้องผ่านกระบวนการตัดละเอียดด้วยเครื่อง EDM ด้วยทฤษฎีข้อจำกัด โดยนำ 5 ขั้นตอนสำคัญ (5 focusing steps) เข้ามาประยุตก์ใช้เพื่อก่อให้เกิดการจัดการกับปัญหาคอขวดได้อย่างมีประสิทธิภาพ และดำเนินการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองสรุปได้ว่า

1. การระบุข้อจำกัดด้วย 5 ขั้นตอนสำคัญ โดยเริ่มจากการคำนวณหาร้อยละของภาระงานในแต่ละสถานีพบว่า สถานีงานตัดละเอียดด้วยเครื่องตัด EDM มีความต้องการสูงกว่ากำลังการผลิต ทำให้ไม่สามารถผลิตงานได้ตามความต้องการ โดยสถานีงานนี้มีภาระงานอยู่ที่ 132.83 % โดยมีการประยุกต์ใช้โปรแกรมเชิงเส้น เพื่อหาปริมาณการผลิตของแต่ละผลิตภัณฑ์ เพื่อก่อให้เกิดรายได้สูงสุดแก่บริษัท แต่พบว่า ยังไม่สามรถผลิตได้ตามความต้องการของลูกค้า

2. การจัดการกับปัญหาคอขวดได้อย่างมีประสิทธิภาพ เริ่มจากดำเนินการสุ่มงาน (Work sampling) เพื่อตรวจสอบความถี่ของการใช้งานเครื่องจักร พบว่า เครื่องตัด EDM มีการว่างงานที่สูญเปล่าถึง 46% ในเดือน ตุลาคม พ.ศ. 2563 จากการศึกษากิจกรรมย่อยของกระบวนและจัดการทำผังคนและเครื่องจักรพบว่าคนและเครื่องจักรมีอัตราการทำงานคิดเป็น 50.68% และ 49.32 % ตามลำดับ พบว่าถ้าจัดซื้อฐานรองตัดงานเพิ่ม จะสามารถเพิ่มกำลังการผลิต โดยลดเวลาการรอคอยของเครื่องจักร และผุ้ปฏิบัติงานได้ โดยลงทุน 86,540 บาท หลังจากนั้นจึงกำหนดกิจกรรมย่อยในกระบวนการนี้ใหม่ เพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการเพิ่มกำลังการผลิต

3. จากการติดตามผลด้วย Pilot test พบว่า อัตราการทำงานของคนและเครื่องจักรเพิ่มขึ้นคิดเป็น75.51% และ 73.47 % ตามลำดับทำให้เวลามาตรฐานของการผลิตผลิตภัณฑ์ M-TC-1700 ในกระบวนการตัดละเอียดด้วยเครื่อง EDM ลดลงจาก 1.233 นาที ต่อชิ้น เหลือ 0.839 นาทีต่อชิ้น และจากการติดตามผลการผลิตในเดือน ธันวาคม พ.ศ. 2563 – กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2564 พบว่าภาระของเครื่องจักร ลดลงจาก132.83 % เหลือ 82.62 % ทำให้การผลิตงานในเดือนดังกล่าว สามารถผลิตงานได้ตามความต้องการและไม่เกิดการเคลื่อนย้ายของคอขวดในกระบวนการผลิต

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 งานวิจัยนี้ เป็นการศึกษาสายการผลิตของโรงงานตัวอย่างของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการตัดละเอียดด้วยเครื่องตัด EDM และมีการติดตามผลผลิตในเดือน ธันวาคม พ.ศ. 2563 – กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2564 ซึ่งอาจไม่เพียงพอ ควรติดตามผลผลิตในระยะยาว

5.2.2 การคำนวณหาปริมาณภาระงานของแต่ละสถานี อาจมีความคลาดเคลื่อนอันเนื่องมาจากเครื่องจักรบางเครื่อง จะถูกใช้ในการผลิต ผลิตภัณฑ์อื่นที่อยู่นอกเหนือการวิจัย

5.2.3 การนำ Drum-Buffer-Rope หรือ 5 Focusing steps ไปประยุกต์ใช้กับหน่วยงานอื่นหรือบรรจุเข้าเป็นกิจกรรมกลุ่ม จะส่งเสริมให้องค์กร เกิดการพัฒนาและปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง ทำให้องค์กรเติบโต ตอบรับกับความต้องการที่เพิ่มขึ้นในอนาคต

มหาวิทยาลัยศิลปากร

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

เฉลิมชนม์ พูนสวน. (2550). **การจัดลำดับงานและตารางการผลิตที่เหมาะสมในระบบไมโครซอฟท์ ไดนามิค เอเอ็ก รุ่นที่ 4 ,Optimize Scheduling with Microsoft Dynamics AX 4.** วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ สืบค้นเมื่อ เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2563สืบค้นได้จาก http://uc.thailis.or.th/Catalog/BibItem.aspx?BibID=b00184809

ชูศักดิ์ พรสิงห์. (2562a). **Work sampling [เอกสารคำสอน].** สืบค้นเมื่อ เดือน มิถุนายน พ.ศ. 2563 สืบค้นได้จาก https://elearning.su.ac.th/pluginfile.php/224843/mod_resource/content/1/11_การสุ่มงานและข้อมูล

ชูศักดิ์ พรสิงห์. (2562b). **ผังคนและเครื่องจักร (Man & Machine chart)** สืบค้นเมื่อ เดือน มิถุนายน พ.ศ. 2563 สืบค้นได้จาก https://elearning.su.ac.th/pluginfile.php/222277/mod_resource/content/1/05_การวิเคราะห์กระบวนการ.pdf

บรรลือ ชัยสมตระกูล. (2544). **การเพิ่มผลผลิตด้วยทฤษฎีข้อจำกัด : กรณีศึกษาโรงงานผลิตเครื่องเรือน, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต**. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ สืบค้นเมื่อ เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2563 สืบค้นได้จาก https://dric.nrct.go.th/index.php?/Search/SearchDetail/121607

มณฑา อดุลย์บดี. (2551). **การประยุกต์หลักการของทฤษฎีข้อจำกัดเพื่อปรับปรุงขั้นตอนการวางแผนการผลิตวงจรรวม** วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สืบค้นเมื่อ พฤษภาคม 2563 สืบค้นได้จาก http://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/72749

วรพจน์ ศรีวจนโรจน์. (2551). **การเพิ่มกำลังการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมโดยใช้ทฤษฎีข้อจำกัด กรณีศึกษา โรงงานผลิตนมพาสเจอไรส์** วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ สืบค้นเมื่อ พฤษภาคม 2563สืบค้นได้จาก http://library.kmutnb.ac.th/dcms/x-mie0087.pdf

วิชิต พามาดี. (2549). **ระบบการผลิต [เว็บบล็อก]** สืบค้นเมื่อ เดือน มีนาคม พ.ศ. 2563 สืบค้นได้จาก https://www.mtk.ac.th/ebook/forum_posts.asp?TID=1691

สุนทรีลักษณ์ สุวรรณฤทธิ์. (2558). **การประยุกต์ใช้การศึกษางานเพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตอุตสาหกรรมพลาสติก กรณีศึกษา บริษัท ซังอา (ไทย) จำกัด**. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ สืบค้นเมื่อ เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2563สืบค้นได้จาก http://uc.thailis.or.th/Catalog/BibItem.aspx?BibID=b01650814

ภาษาอังกฤษ

Asahi Intecc. **Product [Web homepage].** Retrieved June, 2020 Retrieved from http://www.asahi-intecc.co.jp/en/product/

Asahi Intecc. **Torque Coil. [Web homepage].** Retrieved June, 2020. Retrieved from https://components.asahi-intecc.com/us/products/cable-tubes

C Saleh. (2018). **Profit Optimization through the Application of Theory of Constraints (TOC): A Case Study in Printing Company.** Retrieved May, 2020. Retrieved from https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/530/1/012045/pdf

Christoph Roser. (2016). **Bottleneck.** Retrieved Mar, 2020. Retrieved from https://en.wikipedia.org/wiki/Bottleneck_(production)

Delta. **Servo Press [Web homepage].** Retrieved June, 2020. Retrieved from https://www.deltaww.com/en-US/products/Electric-Servo-Press/4605)

Endang Prasetyaningsih. (2019). **Bottleneck Reduction at The Shoes Production Line using Theory of Constraints Approach.** Industrial Engineering Program Study Universitas Islam Bandung Bandung, Indonesia. Retrieved May, 2020. Retrieved from DOI: 10.1109/ICSECC.2019.8907023

Engineering Articles. **EDM machine.** Retrieved June, 2020 Retrieved from https://www.engineeringarticles.org/electrical-discharge-machine-edm-types-advantages-and-disadvantages/

Ercüment Okutmuşa. (2016). **USING THEORY OF CONSTRAINTS FOR REACHING OPTIMAL PRODUCT MIX: AN APPLICATION IN THE FURNITURE SECTOR.** Department of Tourism Management, Alanya Alaaddin Keykubat Universitesi, Merkez Mah. Sigorta Cad. Kestel Alanya, Antalya, Turkey Retrieved May, 2020.

Retrieved from https://doi.org/10.1016/j.intele.2016.02.005

Hejian Baohong. **Stranding Machine.** Retrieved June, 2020. Retrieved from http://thai.stranding-machine.com/sale-11048621-cable-machine-tubular-stranding-machine-for-copper-aluminum-conductor.html

Kate Eby. (2017). **Theory of constraints.** . Retrieved June, 2020 Retrieved from https://www.smartsheet.com/all-about-theory-of-constraints

Kevin J. Watson. (2006). **Theory of Constraints.** Retrieved June, 2020. Retrieved https://doi.org/10.1016/j.jom.2006.04.004

Msi. **Balloon catheter fluting.** Retrieved June, 2020 Retrieved from https://msi.equipment/product/balloon-catheter-fluting/

Mti Corporation. **Drawing Machine.** Retrieved June, 2020 Retrieved from https://www.mtixtl.com/YLJ-WD-6.aspx

Ncert. (2019). **Linear Programming.** Retrieved April, 2020 Retrieved from https://ncert.nic.in/textbook/pdf/lemh206.pdf

Omoni Health. **PTCA balloon catheter.** Retrieved June, 2020. Retrieved from https://www.omnia-health.com/product/ptca-balloon-catheter-0

Rise Laser. **Laser welding Machine.** Retrieved June, 2020 Retrieved from http://thai.shdlaser.com/sale-10420692-300w-hand-held-laser-welding-equipment-mini-yag-laser-spot-welding-machine.html

Shams-Ur Rahman. (1998). **Theory of Constraints.** Retrieved June, 2020. Retrieved DOI:10.1108/01443579810199720

Somprawin Manprasert. (2021). **THAILAND INDUSTRY OUTLOOK.** Retrieved January, 2021. Retrieved from https://www.krungsri.com/getmedia/a8518a8e-30a8-47e8-8a0c-acb5e9201a94/SO_Industry_Outlook_2021_2023_210108_

ภาคผนวก

ตารางที่ 25 การคำนวณหา Total Available capacity ของแต่ละกระบวนการ

กระบวนการ	จำนวนเครื่องจักร	วันทำงาน	เวลาในการทำงาน(นาที)	จำนวนกะ	เวลามาตรฐาน	Total Available capacity
Wire drawing	12	255	395	2	4.861	497,346
Rope Stranding	6	255	395	2	1.200	1,007,250
Heat continued	3	255	395	2	0.600	1,007,250
Chemical cleaning	3	255	395	2	0.600	1,007,250
Core remove	8	255	395	2	5.005	321,983
Laser welding	3	255	395	2	1.647	367,036
EDM Cut	1	255	395	2	1.233	163,326
Assembly 1	1	255	395	2	1.953	103,150
Assembly 2	1	255	395	2	2.041	98,725
Assembly 3	1	255	395	2	2.128	94,680
Pressing	1	255	395	2	4.281	47,057

ตารางที่ 26 การคำนวณความต้องการแปลงค่าของกระบวนการ Wire Drawing

กระบวนการ	ผลิตภัณฑ์	ความต้องการ	การแปลงค่า	ความต้องการแปลงค่า
Wire Drawing	M-TC-1300	42480	0.723	30,714
	M-TC-1500	50520	0.834	42,134
	M-TC-1700	56160	0.945	53,072
	M-TC-1800	43440	1	43,440
	M-GX-650	29160	0.362	10,556
ความต้องการแปลงค่ารวม				179,916

ตารางที่ 27 การคำนวณความต้องการแปลงค่าของกระบวนการ Stranding

กระบวนการ	ผลิตภัณฑ์	ความต้องการ	การแปลงค่า	ความต้องการแปลงค่า
Stranding	M-TC-1300	42480	0.723	30,714
	M-TC-1500	50520	0.834	42,134
	M-TC-1700	56160	0.945	53,072
	M-TC-1800	43440	1	43,440
	M-GX-650	29160	0.723	21,083
ความต้องการแปลงค่ารวม				190,443

ตารางที่ 28 การคำนวณความต้องการแปลงค่าของกระบวนการ Continued Heat

กระบวนการ	ผลิตภัณฑ์	ความต้องการ	การแปลงค่า	ความต้องการแปลงค่า
Con Heat	M-TC-1300	42480	0.435	18,479
	M-TC-1500	50520	0.5	25,260
	M-TC-1700	56160	0.945	53,072
	M-TC-1800	43440	1	43,440
	M-GX-650	29160	0.434	12,656
ความต้องการแปลงค่ารวม				152,907

ตารางที่ 29 การคำนวณความต้องการแปลงค่าของกระบวนการ Chemical Cleaning

กระบวนการ	ผลิตภัณฑ์	ความต้องการ	การแปลงค่า	ความต้องการแปลงค่า
Chemical Cleaning	M-TC-1300	42480	0.434	18,437
	M-TC-1500	50520	0.5	25,260
	M-TC-1700	56160	0.945	53,072
	M-TC-1800	43440	1	43,440
	M-GX-650	29160	0.434	12,656
ความต้องการแปลงค่ารวม				152,865

ตารางที่ 30 การคำนวณความต้องการแปลงค่าของกระบวนการ Cut and Core remove

กระบวนการ	ผลิตภัณฑ์	ความต้องการ	การแปลงค่า	ความต้องการแปลงค่า
Cut and Core remove	M-TC-1300	42480	0.979	41,588
	M-TC-1500	50520	1	50,520
	M-TC-1700	56160	0.998	56,048
	M-TC-1800	43440	0.995	43,223
	M-GX-650	29160	0.964	28,111
ความต้องการแปลงค่ารวม				219,490

ตารางที่ 31 การคำนวณความต้องการแปลงค่าของกระบวนการ Laser welding

กระบวนการ	ผลิตภัณฑ์	ความต้องการ	การแปลงค่า	ความต้องการแปลงค่า
Laser welding	M-TC-1300	42480	1	42,480
	M-TC-1500	50520	0.939	47,439
	M-TC-1700	56160	0.944	53,016
	M-TC-1800	43440	0.954	41,442
	M-GX-650	29160	0.932	27,178
ความต้องการแปลงค่ารวม				211,555

ตารางที่ 32 การคำนวณความต้องการแปลงค่าของกระบวนการ ตัดละเอียด EDM

กระบวนการ	ผลิตภัณฑ์	ความต้องการ	การแปลงค่า	ความต้องการแปลงค่า
ตัดละเอียด EDM	M-TC-1300	42480	0.958	40,696
	M-TC-1500	50520	0.976	49,308
	M-TC-1700	56160	1	56,160
	M-TC-1800	43440	0.985	42,789
	M-GX-650	29160	0.96	27,994
ความต้องการแปลงค่ารวม				216,947

ตารางที่ 33 การคำนวณความต้องการแปลงค่าของกระบวนการ Assembly 1 2 3 และ Press

กระบวนการ	ผลิตภัณฑ์	ความต้องการ	การแปลงค่า	ความต้องการแปลงค่า
Assembly 1	M-TC-1300	42480	0.828	35,174
	M-TC-1500	50520	1	50,520
ความต้องการแปลงค่ารวม				85,694
Assembly 2	M-TC-1700	56160	1	56,160
Assembly 3	M-TC-1800	43440	1	43,440
Press	M-GX-650	29160	1	29,160

ตารางที่ 34 การสุ่มเก็บข้อมูลแบบสุ่ม จำนวน 10 วัน วันละ 10 ข้อมูลของเครื่องจักร EDM

วันที่	Status	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
02/10/2020	W	/	/	-	/	-	-	-	/	/	-
	I	-	-	/	-	/	/	/	-	-	/
08/10/2020	W	-	-	/	/	/	/	-	/	-	-
	I	/	/	-	-	-	-	/	-	/	/
09/10/2020	W	/	-	-	-	/	/	-	/	-	-
	I	-	/	/	/	-	-	/	-	/	/
12/10/2020	W	/	-	/	-	/	-	-	/	/	/
	I	-	/	-	/	-	/	/	-	-	-
14/10/2020	W	/	/	-	/	/	/	/	-	-	/
	I	-	-	/	-	-	-	-	/	/	-
16/10/2020	W	/	/	/	-	-	/	-	/	/	-
	I	-	-	-	/	/	-	/	-	-	/
19/10/2020	W	-	-	/	-	-	-	/	/	-	/
	I	/	/	-	/	/	/	-	-	/	-
21/10/2020	W	/	/	-	-	/	-	/	-	/	/
	I	-	-	/	/	-	/	-	/	-	-
26/10/2020	W	/	/	-	/	-	-	/	/	-	/
	I	-	-	/	-	/	/	-	-	/	-
28/10/2020	W	-	/	/	-	/	/	-	-	-	/
	I	/	-	-	/	-	-	/	/	/	-

ตารางที่ 35 การคำนวณหา Total Available capacity ของแต่ละกระบวนการ หลังจากการจัดการกับข้อจำกัด โดยคิดจากการทำงาน 3 เดือน

กระบวนการ	จำนวนเครื่องจักร	วันทำงาน	เวลาในการทำงาน (นาที)	จำนวนกะ	เวลามาตรฐาน	Total Available capacity
Wire drawing	12	66	395	2	4.861	625,680
Rope Stranding	6	66	395	2	1.200	312,840
Heat continued	3	66	395	2	0.600	156,420
Chemical cleaning	3	66	395	2	0.600	156,420
Core remove	8	66	395	2	5.005	417,120
Laser welding	3	66	395	2	1.647	156,420
EDM Cut	1	66	395	2	0.839	52,140
Assembly 1	1	66	395	2	1.953	52,140
Assembly 2	1	66	395	2	2.041	52,140
Assembly 3	1	66	395	2	2.128	52,140
Pressing	1	66	395	2	4.281	52,140

ตารางที่ 36 การคำนวณความต้องการแปลงค่าของกระบวนการ Wire Drawing

กระบวนการ	ผลิตภัณฑ์	ความต้องการ	การแปลงค่า	ความต้องการแปลงค่า
Wire Drawing	M-TC-1300	10485	0.723	7,581
	M-TC-1500	12210	0.834	10,183
	M-TC-1700	13785	0.945	13,027
	M-TC-1800	10540	1	10,540
	M-GX-650	7135	0.362	2,583
ความต้องการแปลงค่ารวม				43,915

ตารางที่ 37 การคำนวณความต้องการแปลงค่าของกระบวนการ Stranding

กระบวนการ	ผลิตภัณฑ์	ความต้องการ	การแปลงค่า	ความต้องการแปลงค่า
Stranding	M-TC-1300	10485	0.723	7,581
	M-TC-1500	12210	0.834	10,183
	M-TC-1700	13785	0.945	13,027
	M-TC-1800	10540	1	10,540
	M-GX-650	7135	0.723	5,159
ความต้องการแปลงค่ารวม				46,491

ตารางที่ 38 การคำนวณความต้องการแปลงค่าของกระบวนการ Continued Heat

กระบวนการ	ผลิตภัณฑ์	ความต้องการ	การแปลงค่า	ความต้องการแปลงค่า
Con Heat	M-TC-1300	10485	0.435	4,561
	M-TC-1500	12210	0.5	6,105
	M-TC-1700	13785	0.945	13,027
	M-TC-1800	10540	1	10,540
	M-GX-650	7135	0.434	3,097
ความต้องการแปลงค่ารวม				37,330

ตารางที่ 39 การคำนวณความต้องการแปลงค่าของกระบวนการ Chemical Cleaning

กระบวนการ	ผลิตภัณฑ์	ความต้องการ	การแปลงค่า	ความต้องการแปลงค่า
Chemical Cleaning	M-TC-1300	10485	0.434	4,550
	M-TC-1500	12210	0.5	6,105
	M-TC-1700	13785	0.945	13,027
	M-TC-1800	10540	1	10,540
	M-GX-650	7135	0.434	3,097
ความต้องการแปลงค่ารวม				37,320

ตารางที่ 40 การคำนวณความต้องการแปลงค่าของกระบวนการ Cut and Core remove

กระบวนการ	ผลิตภัณฑ์	ความต้องการ	การแปลงค่า	ความต้องการแปลงค่า
Cut and Core remove	M-TC-1300	10485	0.979	10,265
	M-TC-1500	12210	1	12,210
	M-TC-1700	13785	0.998	13,757
	M-TC-1800	10540	0.995	10,487
	M-GX-650	7135	0.964	6,878
ความต้องการแปลงค่ารวม				53,600

ตารางที่ 41 การคำนวณความต้องการแปลงค่าของกระบวนการ Laser welding

กระบวนการ	ผลิตภัณฑ์	ความต้องการ	การแปลงค่า	ความต้องการแปลงค่า
Laser welding	M-TC-1300	10485	1	10,485
	M-TC-1500	12210	0.939	11,465
	M-TC-1700	13785	0.944	13,013
	M-TC-1800	10540	0.954	10,055
	M-GX-650	7135	0.932	6,650
ความต้องการแปลงค่ารวม				51,671

ตารางที่ 42 การคำนวณความต้องการแปลงค่าของกระบวนการ ตัดละเอียด EDM

กระบวนการ	ผลิตภัณฑ์	ความต้องการ	การแปลงค่า	ความต้องการแปลงค่า
ตัดละเอียด EDM	M-TC-1300	10485	0.921	9,660
	M-TC-1500	12210	0.913	11,148
	M-TC-1700	13785	1	13,785
	M-TC-1800	10540	0.932	9,824
	M-GX-650	7135	0.969	6,914
ความต้องการแปลงค่ารวม				51,330

ตารางที่ 43 การคำนวณความต้องการแปลงค่าของกระบวนการ Assembly 1,2,3 และ Press

กระบวนการ	ผลิตภัณฑ์	ความต้องการ	การแปลงค่า	ความต้องการแปลงค่า
Assembly 1	M-TC-1300	10485	0.828	8,682
	M-TC-1500	12210	1	12,210
ความต้องการแปลงค่ารวม				20,892
Assembly 2	M-TC-1700	13785	1	13,785
Assembly 3	M-TC-1800	10540	1	10,540
Press	M-GX-650	7135	1	7,135

M/C NO	RA (%)	DATE	PRODUCTION AND INSPECTION RECORD FOR WIRE DRAWING (บันทึกการผลิตและการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ Wire Drawing)	SIAM PNB		PAGE
				P/O NO.		1 OF 2

Item :	Length(m) :	Standard No Ref.	Tensile M/C	B/b size	Coil No	Net Weight	Issue by	Checked by	Operator by	Operator by (Night)
Lot No :	Net(kg) :	ATT - Ver.								

No	Type and Diameter of R/M	Heat Lot	Inspection No	Raw material From									
1				T	I	INDIA	TAIWAN						
2				T	I	INDIA	TAIWAN						
3				T	I	INDIA	TAIWAN						
4				T	I	INDIA	TAIWAN						
5				T	I	INDIA	TAIWAN						

R/M No.	R/M No.	R/M No.	R/M No.	R/M No.
Sub Lot: B/b	Sub Lot: B/b	Sub Lot: B/b	Sub Lot: B/b	Sub Lot: B/b
30% : NG : B/b	30% : NG : B/b	30% : NG : B/b	30% : NG : B/b	30% : NG : B/b

ตัวอย่างใบบันทึกการผลิต

Order by		
☐ ROPE	☐ EXPORT (OSAKA)	
☐ MC	☐ EXPORT (HANOI)	
☐ I-PROCESS	☐ EXPORT (CEBU)	
☐ WD-HEAT	☐ EXPORT M-PACKING	
☐ SHAFT		
☐ OTHER_____		

T/S B/L Standard					
T/S	N/mm²	B/L :	N		
Actual					
Sub Lot:	Sub Lot:	Sub Lot:	Sub Lot:	Sub Lot:	
T/S : N/mm²	T/S : N/mm²	T/S : N/mm²	T/S : N/mm²	T/S : N/mm²	
B/L : N	B/L : N	B/L : N	B/L : N	B/L : N	

Remark :

No. Dies	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1st Dies set	
Standard Dies																								New	Used
Sub Lot : ____	R N	R N	R N	R N	R N	R N	R N	R N	R N	R N	R N	R N	R N	R N	R N	R N	R N	R N	R N	R N	R N	R N	R N		
Sub Lot : ____	R N	R N	R N	R N	R N	R N	R N	R N	R N	R N	R N	R N	R N	R N	R N	R N	R N	R N	R N	R N	R N	R N	R N	Standard Dies check by	
Sub Lot : ____	R N	R N	R N	R N	R N	R N	R N	R N	R N	R N	R N	R N	R N	R N	R N	R N	R N	R N	R N	R N	R N	R N	R N		
Sub Lot : ____	R N	R N	R N	R N	R N	R N	R N	R N	R N	R N	R N	R N	R N	R N	R N	R N	R N	R N	R N	R N	R N	R N	R N		
Sub Lot : ____	R N	R N	R N	R N	R N	R N	R N	R N	R N	R N	R N	R N	R N	R N	R N	R N	R N	R N	R N	R N	R N	R N	R N		

For short length label.	Issue tag by	Check tag by	Stick tag by

WIRE DRAWING GROUP	PRODUCTION AND INSPECTION RECORD FOR WIRE DRAWING (บันทึกการผลิตและการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ Wire Drawing)	M/C NO	RA (%)	PAGE	2 OF 2 ( )
				DATE	

B/b Size / B/b No.	Sub Lot	Start Time	Change Dies Size	Change Dies Total (Pcs)	Diameter (mm) Tolerance mm. Start 1	2	3	Finish 1	2	3	Size mm Tolerance mm.		Ovality Standard ≤ mm. Ovality (mm x 10-3) S	F	Curl Standard ≥ mm. Curl S	F	Color STD. Color F	Travers e STD. Traverse F	Zara & Butsu STD. Zara & Butsu S	F	Tension STD. Tension F	Balance weight ME-T Weight (kg/B/b)	Meter Setting ME-T M Adjust Value Meter Finish	Tension ME-T Tension Standard Start Tension Setting (CN)	Speed Standar ME-T m/min Actual Speed (m/min)	Micrometer ME-T	Scale ME-T	Special Inspection ME-T ATT Ver. Special Inspec.	B/b Appearance	Sign Operator S	F	Problem in process

ตัวอย่างใบบันทึกการผลิต

Remark.	Reviewed by	Checked by
☐ Control Diameter Item Rope ①.....②.....③.....		
☐ Quality Control by..... Skill Level		
☐ Next Dies Changed ..... Pcs		

ROPE SECTION	**Wire Forming Production Records for Medical Product (บันทึกการดีเกลียวสำหรับผลิตภัณฑ์ทางการแพทย์)**					
Item name (ชื่อผลิตภัณฑ์)					Stranding Lot (ดีเกลียวล็อท)	
Machine Number		Date (วันที่)			SOP No.(มาตรฐานวิธีการปฏิบัติงาน	ATS-0110 Ver._____
Structure(โครงสร้าง)		Direction(ทิศทางเกลียว)			Production standard (มาตรฐานการผลิต)	ATS-_____Ver.____
Postfrom Size(ขนาดโพสฟอร์ม)	No: Size:	Wave Seting (จำนวนคลื่น)			Standard Auto Gear (มาตรฐานเกียร์)	ATS-_____Ver.____
Preforming No	☐ Preform ☐ Guide	Number of Tooth	A=		Other Standard (มาตรฐานอื่นๆ)	
ขนาดพรีฟอร์ม	No: Size:	(จำนวนฟัน)	B=		P/O (หมายเลขออเดอร์)	
Die Set Top (ดายบน)	No: Size:	☐ Meter Lock	L=_____M		Instruction No.(สั่งผลิตหมายเลข)	
Die Set Bottom (ดายล่าง)	No: Size:	☐ Auto Gear			หมายเหตุ:	
R/M Type(ประเภทวัตถุดิบ)	1)	2)				
Next process (ทำเครื่องหมาย✓)	☐ Heat ☐ Chemical ☐ oven	Bobbin Size(ขนาดโบบิ้น)				
Job status (สถานะงาน)	☐ Mass Product ☐ Prototype	☐ Test (งานทดลอบ)				

R/M Side Wire (วัตถุดิบรอบนอก)

LOT No.	No.	B/B no	ACTUAL	R/M LOT No.	LOT No.	No.	B/B no	ACTUAL	R/M LOT No.
	1					10			
	2					11			
	3					12			
	4					13			
	5					14			
	6					15			
	7					16			
	8					17			
	9					18			

R/M Core Wire (วัตถุดิบแกนกลาง)

LOT No.	B/B no	R/M LOT No.	Q'ty(m)

Break Tension standard (N)
dc_____
core_____
Side_____
core_____
ME_____
Side_____
core_____
ME_____
Side_____
core_____
ME_____

ตัวอย่างใบบันทึกการผลิต

Bobbin No. (ลำดับบ้อบบิ้น)	∅ O.D CHECK	O.D Standard Check (mm) (Ref.(การวัดขนาดโรป) ATS-0189) Standard (mm)				Min:		เครื่องมือวัด หมายเลข	Pitch Standard (mm)		Min:		เครื่องมือวัด หมายเลข
						Max:			Pitch Seting	Pitch Actual Check (mm)							
		1	2	3	Ave.					1	2	3	4	5	Ave.		
	Start						ME-										ME-
	Finish						ME-										ME-
	Start						ME-										ME-
	Finish						ME-										ME-
	Start						ME-										ME-
	Finish						ME-										ME-

STRANDING QUALITY CHECK RECORD (บันทึกการตรวจสอบคุณภาพดีเกลียว) Ref. ATS-0150

Date(วันที่)	Time (เวลา)	Operator (ผู้รับผิดชอบ)	Q'ty(m) (จำนวน)	Bobbin No. (ลำดับบ้อบบิ้น) → ☐ Standard	Zara(ความหยาบ)	Butsu(รูปร่าง)	Moko(ขึ้นเหลี่ยม)	Uki(การโป่ง)	Proform (การดัดรัว)	Cutting (การตัด)	Cast(ความโค้ง)	Tension(ความตึง)	Color(สีงาน)	Gap(ช่องว่าง)	Side wire (ลวดรอบ)	Kizu(รอยแผล)	Traverse (การขึ้นลง)	Twist (การบิดตัว)	Appearance check (ตรวจสอบลักษณะทั่วไป)	Check by (พนักงานผู้ตรวจสอบ)
			Start																	
			Start																	
			Start																	

☐ ครอตรวจสอบ ☐ ไม่ครอตรวจสอบ หมายเหตุ:

	Approved By	Reviewed By	Operator

ROPE SECTION (ROPE GROUP)	CONTINUOUS HEATING ROPE RECORD (บันทึกการอบโรปต่อเนื่อง)	DATE_____

HEATING M/C / หมายเลขเครื่องจักร	PE-S_____	ITEM NAME (ชื่องาน)		P/O No.	

Temperature /อุณหภูมิ (c°)			Pipe No.	Standard	Conditions Heating Continuous / เงื่อนไขการอบต่อเนื่อง				Twist Heat Continuous / เงื่อนไขการบิดอบต่อเนื่อง			Procedure (ขั้นตอนวิธีการปฏิบัติงาน)	ATS-_____Ver.____
Heater Zone	Standard (ค่ามาตรฐาน)	Actual (ค่าจริงที่ได้)			Setting Speed (m/min) (ความเร็ว)	Winding Tension (ความตึงด้านหน้า)	Weight Tension (แรงถ่วงเครื่อง) Unit____	Weight No. (ลูกตุ้มน้ำหนักหมายเลข)	Twist Tension (ความตึงถ่วงเครื่อง) (N)	Twist Speed (RPM) (ความเร็วรอบบิด)	Twist Direction (ทิศทางบิด)	Specification Std. (มาตรฐานการผลิต)	ATS-_____Ver.____
Zone 1												Other:(อื่นๆ) Prototype	☐ EXCEL DATA FROM OSAKA
Zone 2								ME-S				Inspection standard (มาตรฐานตรวจสอบ)	ATS-0150 Ver. _____ ☐ อื่นๆ_____
Zone 3								ME-S				Instruction No.(สั่งผลิตหมายเลข)	
Zone 4								ME-S				☐ Mass product ☐ Prototype ☐ Test (งานทดลอง)	
Gas (L/min) / (อัตราการไหลของแก๊ส)	≥ 4.0							ME-S				Next Proces ☐ QA ☐ Chemica ☐ Ultrasonic(GEO) ☐ อื่นๆ	
วิธีการปรับแรงดันแก๊ส Ref.SOP ATS-2674 Ver.____								ME-S				หมายเหตุ:	Confirmed by / Setting by
Gas type (ชนิดแก๊ส) N2 25% + H2 75%								ME-S					
Roller check (ตรวจสอบโรลเลอร์) ☐ ปกติ			Measuring No.				PE-S		ME-S				

PIPE No.	Heating Lot No (ล็อทการผลิต)	RAW MATERIAL LOT No. (ล็อทวัตถุดิบ)	Start Finish Time	QTY START (m)	LOSS (m)	QTY FINISH (m)	QUALITY CHECK RECORD / บันทึกการตรวจสอบคุณภาพ																Operator by (ผู้ปฏิบัติงาน)
							(ST/UNARD)	ZARA (ระยะห่าง)	BUTSU (ปุ่มนูน)	MOKO (ขดลวด)	UKI (ความโปร่งใส)	PREFORM (ขดลวดดัด)	CUTTING (ตัดปลาย)	CAST (ความหล่อ)	CORE OVER (ชั้นใน)	COLOR (สี)	TWIST (ลวดบิดเกลียว)	TRAVERSE (ลวดพันห่อ)	B/L (N) ☐ (ความแข็งแรง) ☐ LS (%)	O.D DIAMETER STD._____mm Min_____ Max_____mm				Appearance Check (ตรวจสอบลักษณะทั่วไป)	
																				1	2	3	Ave.		
							START																		
							FINISH																		
							START																		
							FINISH																		
							START																		
							FINISH																		
							START																		
							FINISH																		
							START																		
							FINISH																		
							START																		
							FINISH																		

ตัวอย่างใบบันทึกการผลิต

h Standard(mm)_____Min_____Max_____ / Strand Structure_____

Pipe						
Start	1)	1)	1)	1)	1)	1)
	2)	2)	2)	2)	2)	2)
	3)	3)	3)	3)	3)	3)
	Ave.	Ave.	Ave.	Ave.	Ave.	Ave.
Qty Strand จำนวนเส้น						
Finish	1)	1)	1)	1)	1)	1)
	2)	2)	2)	2)	2)	2)
	3)	3)	3)	3)	3)	3)
	Ave.	Ave.	Ave.	Ave.	Ave.	Ave.
Qty Strand จำนวนเส้น						

Measuring Equipment (อุปกรณ์เครื่องมือวัด)		
หัวข้อที่ตรวจสอบ	อุปกรณ์ที่ใช้	หมายเลขที่ใช้
ค่าแรงดึง	Tensile Testing Machine	ME-
ไดมิเตอร์	Micrometer	ME-
ระยะ Pitch	Microscope	ME-
อื่นๆ:		

หมายเหตุ:

APPROVED BY	REVIEWED BY	OPERATED BY

ROPE SECTION	CHEMICAL CLEANING RECORD FOR ROPE (บันทึกการล้างเคมีสำหรับงาน ROPE)	Date: Machine name : PE-S

Item name / ชื่อผลิตภัณฑ์					R/M Name /ชื่อวัตถุดิบ				
เอกสารมาตรฐานวิธีการปฏิบัติงาน Standard operation procedure(SOP)	ATS. Ver.	เอกสารมาตรฐานการผลิต Standard Specification	ATS. Ver.	มาตรฐานอื่นที่เกี่ยวข้อง Other Specification		P/O No.		Instruction No. สั่งผลิตหมายเลข	

Chemical Cleaning Conditions (เงื่อนไขการล้างเคมี)

Topic	จำนวนรอบสำหรับล้างเคมี				Temp (C°) (อุณหภูมิ)	Weight check (ตุ้มน้ำหนัก)	Current(Amp) (กระแสไฟ)	Speed (m/min) (ความเร็ว)	Ultrasonic (L,M,H)	PH (ค่าความเป็นกรด,ด่าง)	Solder (ตะกั่ว) เครื่องทดสอบครั้งที่ PE-5
	Thank 1 (Chemical)	Thank 2 (Soft worter)	Thank 3 (Soft worter)	Heater							
Standard(ค่ามาตรฐาน						g / kg					ตะกั่วต้องประสานดีดี
Actual(ค่าจริง)						g / kg					
Remark:								Measuring Equipment / อุปกรณ์เครื่องมือวัด →		ME-R433	ATS-2412 Ver.

CHEMICAL NAME (ชื่อสารเคมีที่ใช้)	Setting by
☐	
☐ ☐ OTHER อื่นๆ	
CHEMICAL LOT	Check by
Bobbin Size	

QUALITY CHECK RECORD / บันทึกการตรวจสอบคุณภาพ

No.	Chemical lot (ล็อทล้างเคมี)	Raw material Lot (ล็อทวัตถุดิบ)	QTY Start (m)	QTY Loss (m)	QTY Finish (m)	Chemical Time	ค่ากระแสไฟที่ใช้ (Amp.)	Before chemical Twist check	Standard	Zara (ความเรียบ)	Buto (เป็นเม็ด)	Moko (เป็นคลื่น)	Uki (การโปร่งของเส้น)	Preform (การเกาะตัว)	Cutting (ปลายที่ถูกตัด)	Cast (ความตรง) (mm)	CORE OVER (ชั้น)	Color (สี)	Twist (การบิดตัว)	Solder Check (ตรวจสอบการบัดกรี)	Winding Tension (N) (แรงดึง)	O.D Diameter (ขนาดรอบรอบนอก) (mm)	Breaking Load(N) (แรงดึง)	Appearance Check (ตรวจสอบลักษณะภายนอก)	Operator (พนักงานผู้ปฏิบัติ)
						Start Finish	NO.1,2																		
1						Start																			
						Finish																			
2						Start																			
						Finish																			
3						Start																			
						Finish																			
4						Start																			
						Finish																			
5						Start																			
						Finish																			
6						Start																			
						Finish																			

ตัวอย่างใบบันทึกการผลิต

หมายเหตุ:		Quality Problems: ระบุปัญหาคุณภาพอื่นๆที่พบ		Equipment / Measurement tool เอกสารมาตรฐานอ้างอิงอื่นๆ →	ME-	ME-	☐ ตรวจสอบสภาพทั่วไป ด้วย โดยขยายแล้วบันทึกผลเป็น OK,X

Approved by	Confirmed by

Order sheet and Production Record

(ใบสั่งการผลิต และบันทึกผลการผลิตสำหรับงานต้นแบบ)

Customer Name / ชื่อลูกค้า :	Code Name / ชื่อรหัส :	Q'ty / จำนวน :
Item Name / ชื่อผลิตภัณฑ์ :	Lot No./ ล็อทการผลิต :	
R/M Name / ชื่อวัตถุดิบ :	R/M Lot No. / ล็อทวัตถุดิบ :	Pcs
R/M Name Confirmed by รับรองชื่อวัตถุดิบโดย :	R/ M Lot No. Confirmed by รับรองล็อทวัตถุดิบโดย :	Confirmed by รับพิจชอบโดย / Issued by ออกเอกสารโดย
Reviewed Meeting Date วันที่ประชุม :	Ref. Document No. หมายเลขเอกสารอ้างอิงการประชุม :	

ตัวอย่างใบบันทึกการผลิต

	Production and Inspection Process ขั้นตอนการผลิตและตรวจสอบ	Date วันที่ผลิต	Operator ผู้ปฏิบัติงาน	Machine เครื่องจักร	Use Time / เวลาที่ใช้(Min) Start	Finish	Total	Q'ty จำนวน	Good งานดี	NG งานเสีย	Remarks /Topic of Detail หมายเหตุ / รายละเอียด
1	Doc. No. _____ Ver. Doc. No. _____ Ver.							Pcs	Pcs	Pcs	Spec _____ mm Actual _____ mm Check by _____
2	Doc. No. _____ Ver. Doc. No. _____ Ver.							Pcs	Pcs	Pcs	
3	Doc. No. _____ Ver Doc. No. _____ Ver.							Pcs	Pcs	Pcs	

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นายชัยวัฒน์ รอดผล
วัน เดือน ปี เกิด	22 พฤษจิกายน 2537
สถานที่เกิด	โรงพยาบาลหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา
วุฒิการศึกษา	โรงเรียนหาดใหญ่วิทยาลัยสมบูรณ์กูลกันยา 2/1 ถนนเพชรเกษม ตำบลหาดใหญ่ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90110 ระดับอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และวัสดุ สาขาวิชา วิศวกรรมวัสดุ
ที่อยู่ปัจจุบัน	166/73 the kith lite บางกะดี ตำบลบางกะดี อำเภอเมืองปทุมธานี จังหวัดปทุมธานี

มหาวิทยาลัยศิลปากร