



การจัดผังการผลิตด้วยเทคโนโลยีกลุ่มสำหรับโรงงานผลิตเครื่องมือแพทย์



โดย
นายรติพล จันทรแพง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรมและการจัดการ
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2559
ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

การจัดผังการผลิตด้วยเทคโนโลยีกลุ่มสำหรับโรงงานผลิตเครื่องมือแพทย์



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรมและการจัดการ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2559

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

PRODUCTION LAYOUT USING GROUP TECHNOLOGY FOR A MEDICAL DEVICE
FACTORY



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree
Master of Engineering Program in Engineering Management
Department of Industrial Engineering and Management
Graduate School, Silpakorn University
Academic Year 2016
Copyright of Graduate School, Silpakorn University

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร อนุมัติให้วิทยานิพนธ์เรื่อง “ การจัดผังการผลิตด้วยเทคโนโลยีกลุ่มสำหรับโรงงานผลิตเครื่องมือแพทย์ ” เสนอโดย นายรติพล จันทร์แพง เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ปานใจ ชารัทสนวงศ์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่.....เดือน..... พ.ศ.....

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชูศักดิ์ พรสิงห์

คณะกรรมการตรวจสอบวิทยานิพนธ์

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

...../...../.....

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทองแท่ง ทองลิ้ม)

...../...../.....

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชูศักดิ์ พรสิงห์)

...../...../.....



57405319 : สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม

คำสำคัญ : เทคโนโลยีกลุ่ม/รูปแบบคอกขวด

รติพล จันทรังษ : การจัดผังการผลิตด้วยเทคโนโลยีกลุ่มสำหรับโรงงานผลิตเครื่องมือแพทย์. อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : ผศ.ดร.ชูศักดิ์ พรสิงห์. 115 หน้า.

งานวิจัยนี้จัดทำขึ้นเพื่อวัตถุประสงค์ในการในการจัดกลุ่มผลิตภัณฑ์จำนวน 8 กลุ่ม จัดวางเครื่องจักรจำนวน 22 เครื่อง โดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีกลุ่มในการปรับปรุงผังการผลิต และออกแบบการจัดวางเครื่องจักรเพื่อประเมินกำลังการผลิตตามผังการผลิตแบบใหม่ได้ด้วยรูปแบบคอกขวดของโรงงานผลิตเครื่องมือแพทย์ตัวอย่าง โดยเลือกกระบวนการผลิตตลอดเก็บเลือด เนื่องจากพบปัญหากระบวนการผลิตที่ไม่ต่อเนื่อง ระยะทางการลำเลียงชิ้นส่วนและผลิตภัณฑ์ที่ซับซ้อน ระยะเวลาการจัดเตรียมการผลิตและเปลี่ยนกระบวนการผลิตใช้เวลานาน โดยผู้วิจัยได้นำวิธีการจัดเทคโนโลยีกลุ่มและรูปแบบคอกขวดมาใช้ในการปรับปรุง เริ่มจากการสร้างกลุ่มของผลิตภัณฑ์ 8 กลุ่ม การจัดวางแผนผังเครื่องจักรจำนวน 22 เครื่อง การจัดทำแผนภาพการไหลของผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิต การจัดกลุ่มตามหลักการของเทคโนโลยีกลุ่ม และการแก้ไขปัญหาคอกขวดตามหลักการของรูปแบบคอกขวด จากการวิจัยพบว่าก่อนการปรับปรุงการเคลื่อนย้ายชิ้นส่วนและผลิตภัณฑ์ไม่สัมพันธ์กับเครื่องจักร การใช้ประโยชน์การผลิตแบบยืดหยุ่นอยู่ที่ 12.07% หลังจาการปรับปรุงตามหลักการของเทคโนโลยีกลุ่มและรูปแบบคอกขวดพบว่าสามารถจัดกลุ่มของผลิตภัณฑ์และเครื่องจักรที่สัมพันธ์กันได้เป็น 3 กลุ่ม ผลิตภัณฑ์มีจำนวนการผลิตเพิ่มขึ้น 3,960 ชุด/เดือน การใช้ประโยชน์การผลิตแบบยืดหยุ่นเพิ่มขึ้นเป็น 44.04% และจากการลงทุน 2,066,666.67 บาท เพื่อปรับปรุงพื้นที่การทำงานจริงสามารถทำให้ผลิตภัณฑ์มีจำนวนการผลิตเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 3,771 ชุด/เดือน และมีอัตราผลตอบแทนการลงทุนเท่ากับ 82.11% โดยสามารถคืนทุนได้ในระยะเวลา 15 เดือน

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรมและการจัดการ

ลายมือชื่อนักศึกษา.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2559

57405319 : MAJOR : ENGINEERING MANAGEMENT
KEY WORD : GROUP TECHNOLOGY/BOTTLENECK MODEL
RATIPHON CHANPHAENG : PRODUCTION LAYOUT USING GROUP
TECHNOLOGY FOR A MEDICAL DEVICE FACTORY. THESIS ADVISOR :
ASST.PROF.CHOOSAK PORNSING,Ph.D.. 115 pp.

The aim of this study was to arrange 8 product groups and organize 22 machines by applied group technology to reform production chart and design machine arrangement for assessed production capacity through latest production chart, the bottleneck model of the medical devices factory in part of blood collection tube production. Owing to the discontinuous process problem, the long range material handling problem, the complicated product design and the preparation processes or changing production takes so long time; therefore, the researcher deployed group technology method and the bottleneck model to solve these problems. The study started with the creation of 8 product groups. Then, the layout diagram of 22 machines was provided. After that, flowchart of the continuous process, group management (based on group technology principal) and the problem solving by using bottleneck model was exploited. The results showed that, before improvement, the part handling was not relate to the machine layout and the utilizing of flexible manufacturing was 12.07%. As the improved process based on the bottleneck model, the results showed that it could categorized product groups and the related machines into 3 groups. The productivity was increase to 3,960 sets/month the utilizing of flexible manufacturing was 44.04% and from 2,066,666.67 Baht investment for improved real working area, there found that can increase average productivity by about 3,771 set/ month and the return of investment rate is 82.11% with 15 months payback period.



Department of Industrial Engineering and Management
Student's signature
Thesis Advisor's signature

Graduate School, Silpakorn University
Academic Year 2016

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เพราะได้รับความกรุณาจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชูศักดิ์ พรสิงห์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ให้ความช่วยเหลือและให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อผู้วิจัย รวมทั้งรองศาสตราจารย์ ดร.ประจวบ กล่อมจิตร ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทองแท่ง ทองลิ่ม ผู้ทรงคุณวุฒิ ที่กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ และข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์แก่ผู้วิจัย ส่งผลให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้ถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณในความกรุณาของท่านเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ ดร.กัญญา ทองสนิท และอาจารย์ ดร.วรฤทัย ชูเทียร ที่กรุณาให้คำแนะนำและแนวทางการทำวิทยานิพนธ์เมื่อครั้งเริ่มเข้ารับการศึกษา อันเป็นประโยชน์สำหรับการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรมทุกท่านที่ให้ความรู้ ให้คำแนะนำและประสบการณ์อันมีค่าแก่ผู้วิจัย ขอขอบพระคุณเจ้าของหนังสือ วารสาร เอกสาร และวิทยานิพนธ์ทุกเล่ม ที่ช่วยให้วิทยานิพนธ์มีความสมบูรณ์ ขอขอบคุณพี่ ๆ เพื่อน ๆ และน้อง ๆ สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรมทุกคนที่ให้คำแนะนำและกำลังใจตลอดมา

ขอขอบพระคุณอาจารย์สุพิมพ์ วงษ์ทองแท้ นายเสรี สุดใจ และนายศุภสิทธิ์ ตันติอุไรรัตน์ ที่ให้คำปรึกษา แนะนำและแนวทางในการเก็บข้อมูลการวิจัย ส่งผลให้ผู้วิจัยสามารถดำเนินการวิจัย จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณภรรยา ญาติ พี่ น้อง และเพื่อนๆทุกคน ที่คอยให้การสนับสนุน และให้กำลังใจอย่างดียิ่งตลอดมา

คุณค่าหรือประโยชน์อันเกิดจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ผู้วิจัยขอน้อมบูชาแต่พระคุณบิดา มารดา ครูอาจารย์ที่อบรมสั่งสอน แนะนำ ให้การสนับสนุนและให้กำลังใจอย่างดียิ่งเสมอมา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ณ
สารบัญภาพ.....	ญ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	4
1.3 ขอบเขตงานวิจัย.....	4
1.4 สมมติฐานของงานวิจัย.....	4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
1.6 กรอบความคิดในการวิจัย.....	5
1.7 นิยามศัพท์.....	5
2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	7
2.1 แนวความคิด.....	7
2.2 การวางผังโรงงาน.....	7
2.3 การวางผังกระบวนการผลิต.....	8
2.4 แผนภูมิกระบวนการ.....	10
2.5 เทคโนโลยีกลุ่ม.....	15
2.6 รูปแบบคอกขวด.....	21
2.7 คู่มือสำหรับผู้ประกอบการผลิตเครื่องมือแพทย์ เพื่อเตรียมตัวเข้าสู่ การรับรองระบบคุณภาพตามหลักเกณฑ์และวิธีการที่ดีในการผลิต เครื่องมือแพทย์.....	27
2.8 พระราชบัญญัติ เครื่องมือแพทย์ พ.ศ. 2551.....	28
2.9 ประเภทเครื่องมือแพทย์ที่ไม่ใช่สำหรับการวินิจฉัยภายนอกร่างกาย ตามความเสียง.....	29
2.10 ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง อนุญาตให้ผลิต พ.ศ. 2559.....	36
2.11 เกณฑ์การตัดสินใจเพื่อการลงทุน.....	37
2.12 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	38
3 วิธีการดำเนินงานวิจัย.....	50
3.1 ศึกษาสภาพโรงงานตัวอย่าง รายละเอียดของชิ้นส่วน ผลิตภัณฑ์ และเครื่องจักรที่ใช้ผลิตในปัจจุบัน.....	50

บทที่	หน้า
3.2 ออกแบบการทดลองตามหลักการของเทคโนโลยีกลุ่มและรูปแบบ คอขวด.....	55
3.3 ปรับปรุงวิธีการทำงานโดยใช้หลักการของเทคโนโลยีกลุ่มและ รูปแบบคอขวด.....	68
3.4 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพก่อนและหลังการปรับปรุง.....	71
3.5 การสรุปผลการวิจัย.....	71
4 ผลการดำเนินงานวิจัย.....	72
4.1 ปรับปรุงวิธีการทำงานโดยใช้หลักการของเทคโนโลยีกลุ่ม.....	72
4.2 การคำนวณประโยชน์ที่ได้รับตามหลักการของรูปแบบคอขวด.....	86
4.2.1 การคำนวณก่อนปรับปรุง.....	90
4.2.2 การคำนวณหลังปรับปรุง.....	96
4.3 การคำนวณผลตอบแทนการลงทุน.....	102
5 สรุปผลการวิจัย.....	106
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	106
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	106
รายการอ้างอิง.....	107
ภาคผนวก.....	110
ประวัติผู้วิจัย.....	115



สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	ประมาณการสัดส่วนประชากรสูงอายุในประเทศไทย.....	1
2.1	สัญลักษณ์สำคัญที่ใช้ในการเขียนแผนภูมิกระบวนการไหล.....	11
2.2	รายการของการดำเนินงานและเวลากระบวนการของเครื่องจักรที่แตกต่างกัน..	46
2.3	ผลการดำเนินงาน.....	46
2.4	การเปรียบเทียบ GMP ของประเทศญี่ปุ่นและข้อกำหนดตามองค์การอาหาร และยาแห่งสหรัฐอเมริกา.....	47
3.1	ชื่อและรหัสชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์.....	51
3.2	การจัดกลุ่มผลิตภัณฑ์.....	55
3.3	การจัดกลุ่มเครื่องจักร.....	56
3.4	ตารางความสัมพันธ์ระหว่างผลิตภัณฑ์และเครื่องจักร.....	57
3.5	ตารางความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องจักรและชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์.....	58
3.6	การจัดรูปแบบเทคโนโลยีกลุ่มของกระบวนการผลิตในปัจจุบัน.....	68
3.7	การจัดรูปแบบคอขวดของกระบวนการผลิตในปัจจุบัน.....	69
4.1	ขั้นตอนที่ 1 ของการจัดรูปแบบคอขวดของกระบวนการผลิต.....	72
4.2	ขั้นตอนที่ 2 ของการจัดรูปแบบคอขวดของกระบวนการผลิต.....	73
4.3	ขั้นตอนที่ 3 ของการจัดรูปแบบคอขวดของกระบวนการผลิต.....	74
4.4	การจัดรูปแบบคอขวดของกระบวนการผลิตหลังการปรับปรุง.....	75
4.5	การจัดกลุ่มความสัมพันธ์ระหว่างผลิตภัณฑ์และเครื่องจักร.....	76
4.6	ระยะทางลำเลียงชิ้นส่วนและการเคลื่อนย้ายผลิตภัณฑ์ (ก่อนปรับปรุง).....	86
4.7	ระยะทางลำเลียงชิ้นส่วนและการเคลื่อนย้ายผลิตภัณฑ์ (หลังปรับปรุง).....	86
4.8	การจัดรูปแบบคอขวดก่อนและหลังการปรับปรุง.....	87
4.9	การคำนวณหาสถานีคอขวดของระบบ (ก่อนปรับปรุง).....	93
4.10	การคำนวณหาสถานีคอขวดของระบบ (หลังปรับปรุง).....	99
4.11	ต้นทุน ราคาขายและกำไรของผลิตภัณฑ์.....	102
4.12	เปรียบเทียบข้อมูลการผลิตที่ได้จริงหลังปรับปรุง.....	104
5.1	อัตราการผลิตสูงสุดของผลิตภัณฑ์ทั้งหมด R_p^* และการใช้ประโยชน์การผลิต แบบยืดหยุ่นโดยรวม \bar{U}_s	106

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	ผังตามกระบวนการผลิต.....	8
2.2	สายการประกอบสินค้า.....	9
2.3	ตัวอย่างแผนภูมิการไหลของกระบวนการผลิต.....	12
2.4	ตัวอย่างแผนภาพการไหลของกระบวนการผลิต.....	13
2.5	ตัวอย่างแผนภูมิการประกอบ.....	14
2.6	ภาพการไหลของเซลล์เครื่องจักร.....	21
2.7	การจัดวางผังการผลิต ก่อนปรับปรุง.....	39
2.8	รายการเครื่องจักร.....	39
2.9	ชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์.....	40
2.10	เส้นทางการไหลของชิ้นส่วน.....	40
2.11	เส้นทางการไหลของวัตถุดิบ ก่อนปรับปรุง.....	41
2.12	ออกแบบเทคโนโลยีกลุ่ม.....	41
2.13	การดำเนินงานตามหลักการของการจัดลำดับกลุ่ม.....	42
2.14	เส้นทางการไหลของวัตถุดิบ หลังปรับปรุง.....	42
2.15	การจัดวางผังการผลิต หลังปรับปรุง.....	43
3.1	ส่วนประกอบหลักของผลิตภัณฑ์หลอดเก็บเลือด.....	51
3.2	การเจาะเก็บเลือดโดยใช้หลอดสุญญากาศ.....	53
3.3	การพลิกคว่ำหลอดเพื่อให้เลือดผสมกับสารกันเลือดแข็งตัว.....	54
3.4	แผนภูมิการประกอบของผลิตภัณฑ์ A ในปัจจุบัน.....	59
3.5	แผนภูมิการประกอบของผลิตภัณฑ์ B ในปัจจุบัน.....	60
3.6	แผนภูมิการประกอบของผลิตภัณฑ์ C ในปัจจุบัน.....	61
3.7	แผนภูมิการประกอบของผลิตภัณฑ์ D ในปัจจุบัน.....	62
3.8	แผนภูมิการประกอบของผลิตภัณฑ์ E ในปัจจุบัน.....	63
3.9	แผนภูมิการประกอบของผลิตภัณฑ์ F ในปัจจุบัน.....	64
3.10	แผนภูมิการประกอบของผลิตภัณฑ์ G ในปัจจุบัน.....	65
3.11	แผนภูมิการประกอบของผลิตภัณฑ์ H ในปัจจุบัน.....	66
3.12	แผนภาพการไหลของกระบวนการผลิตในปัจจุบัน.....	67
4.1	แผนภาพการไหลของกระบวนการผลิตหลังการปรับปรุง.....	76
4.2	แผนภูมิการประกอบของผลิตภัณฑ์ A หลังปรับปรุง.....	77
4.3	แผนภูมิการประกอบของผลิตภัณฑ์ B หลังปรับปรุง.....	78
4.4	แผนภูมิการประกอบของผลิตภัณฑ์ C หลังปรับปรุง.....	79
4.5	แผนภูมิการประกอบของผลิตภัณฑ์ D หลังปรับปรุง.....	80
4.6	แผนภูมิการประกอบของผลิตภัณฑ์ E หลังปรับปรุง.....	81

ภาพที่		หน้า
4.7	แผนภูมิการประกอบของผลิตภัณฑ์ F หลังปรับปรุง.....	82
4.8	แผนภูมิการประกอบของผลิตภัณฑ์ G หลังปรับปรุง.....	83
4.9	แผนภูมิการประกอบของผลิตภัณฑ์ H หลังปรับปรุง.....	84
4.10	การจัดวางผังตามผลิตภัณฑ์ก่อนปรับปรุง.....	85
4.11	การจัดวางผังตามผลิตภัณฑ์หลังปรับปรุง.....	85
4.12	ผังการคำนวณตามหลักการของรูปแบบขวด.....	89



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ในช่วงปี ค.ศ. 2001-2100 องค์การสหประชาชาติได้คาดการณ์ว่า โลกกำลังเข้าสู่ศตวรรษแห่งสังคมผู้สูงอายุ โดยของสังคมผู้สูงอายุแต่ละประเทศจะแตกต่างกันออกไปตามสภาพแวดล้อมของแต่ละประเทศ เช่น การพัฒนาทางเศรษฐกิจ การพัฒนาทางการแพทย์และโภชนาการอาหาร [1] ทั้งนี้ นิยามของผู้สูงอายุตามท้องที่องค์การสหประชาชาติได้ให้ไว้ หมายถึง ประชากรทั้งเพศชายและเพศหญิงที่มีอายุมากกว่า 60 ปีขึ้นไป และได้แบ่งระดับสังคมผู้สูงอายุออกเป็น 3 ระดับ ดังนี้

1. ระดับการก้าวเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุ หมายถึง สังคมหรือประเทศที่มีประชากรอายุ 60 ปีขึ้นไป มากกว่าร้อยละ 10 ของประชากรทั้งประเทศหรือมีประชากรอายุตั้งแต่ 65 ปีมากกว่าร้อยละ 7 ของประชากรทั้งประเทศ แสดงว่าประเทศนั้นกำลังเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุ

2. ระดับสังคมผู้สูงอายุโดยสมบูรณ์ หมายถึง สังคมหรือประเทศที่มีประชากรอายุ 60 ปีขึ้นไป มากกว่าร้อยละ 20 ของประชากรทั้งประเทศหรือมีประชากรอายุตั้งแต่ 65 ปี มากกว่าร้อยละ 14 ของประชากรทั้งประเทศ แสดงว่าประเทศนั้นเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุโดยสมบูรณ์

3. ระดับสังคมผู้สูงอายุอย่างเต็มที่ หมายถึง สังคมหรือประเทศที่มีประชากรอายุ 65 ปีขึ้นไป มากกว่าร้อยละ 20 ของประชากรทั้งประเทศ แสดงว่าประเทศนั้นเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุอย่างเต็มที่

สำหรับประเทศไทยนั้น สำนักงานสถิติแห่งชาติ [2] ได้สรุปว่าประเทศไทยกำลังก้าวเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2548 โดยมีประชากรผู้สูงอายุ ร้อยละ 10.4 ของประชากรทั้งประเทศและคาดการณ์ว่าจะเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุโดยสมบูรณ์ ในปี พ.ศ. 2568 ตามตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 ประมาณการสัดส่วนประชากรสูงอายุในประเทศไทย

ค.ศ.	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030
พ.ศ.	2543	2548	2553	2558	2563	2568	2573
อายุ (ปี)	คาดการณ์ประชากรไทย (%)						
< 15	24.7	22.8	20.5	18.7	16.6	18.0	13.5
15 – 59	66.0	66.8	67.6	67.1	65.9	62.0	61.4
> 60	9.4	10.4	11.9	14.2	17.5	20.0	25.1

ที่มา : เกศรา มัญชุศรี. เหลียวหลัง แลหน้า สังคมไทยเข้าสู่ผู้สูงอายุ. เข้าถึงเมื่อ 7 พฤษภาคม 2559. เข้าถึงได้จาก http://www.prachachat.net/news_detail.php?newsid=1375935

ดังนั้นผู้ประกอบการธุรกิจ SMEs จึงได้รับการสนับสนุนจากกรมส่งเสริมอุตสาหกรรม (กสอ.) อย่างต่อเนื่องเพื่อเป็นการเตรียมความพร้อมเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุ โดยคาดการณ์ว่ากลุ่มสินค้าที่โดดเด่นสำหรับผู้สูงอายุ แบ่งออกเป็น 5 อุตสาหกรรม [3] ได้แก่

1. อุตสาหกรรมอาหารแปรรูปโดยเฉพาะอาหารเพื่อสุขภาพ
2. อุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์
3. อุตสาหกรรมสินค้าไลฟ์สไตล์
4. อุตสาหกรรมเครื่องมือที่ใช้ทางการแพทย์
5. อุตสาหกรรมวัสดุก่อสร้างสำหรับผู้สูงอายุ

จากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่าประเทศไทยได้ประกาศเป็นสังคมผู้สูงอายุตั้งแต่ปี พ.ศ. 2548 และได้เตรียมให้การสนับสนุนธุรกิจอุตสาหกรรมสำหรับผู้สูงอายุเพื่อรองรับการเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุ และอุตสาหกรรมเครื่องมือที่ใช้ทางการแพทย์ก็เป็นอุตสาหกรรมหนึ่งที่ได้รับการสนับสนุน ถือเป็นสิ่งที่ประเทศไทยได้ให้ความสำคัญและพร้อมที่จะดูแลสังคมผู้สูงอายุที่กำลังจะมาถึง

เครื่องมือแพทย์กับผู้ป่วยมีความสัมพันธ์ใกล้ชิดเป็นอย่างมากและรวมไปถึงการรักษาทางการแพทย์เบื้องต้นไปจนถึงระดับการรักษาชีวิตของผู้ป่วย ด้วยเหตุนี้ผู้ป่วยจึงต้องการเครื่องมือแพทย์ที่มีคุณภาพระดับสูง จึงได้ใช้ระบบมาตรฐาน ISO 13485 เป็นระบบการจัดการด้านคุณภาพซึ่งควบคุมตั้งแต่การออกแบบ วิจัย พัฒนา ผลิต และขาย โดยหลายประเทศได้นำข้อกำหนดของระบบนี้ไปใช้เพื่อการจัดการด้านคุณภาพของเครื่องมือแพทย์ เช่น ยุโรป แคนาดา ออสเตรเลีย ซึ่งอุตสาหกรรมเครื่องมือแพทย์ของประเทศไทยก็ได้ใช้ระบบนี้เป็นระบบการจัดการด้านคุณภาพของเครื่องมือแพทย์ด้วยเช่นกัน อุตสาหกรรมเครื่องมือแพทย์จึงถือได้ว่าเป็นอุตสาหกรรมที่ให้ความสำคัญต่อคุณภาพชีวิตของประชากรทั่วโลก

ในปี พ.ศ. 2548 สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (อย.) ได้จัดทำคู่มือของผู้ผลิตเครื่องมือแพทย์ในการปฏิบัติตามหลักเกณฑ์และวิธีการที่ดีในการผลิตเครื่องมือแพทย์ หรือไทย จีเอ็มพี (Thai Good Manufacturing Practice: THAI GMP) โดยมีมาตรฐานสอดคล้องกับระบบมาตรฐาน ISO 13485 เพื่อให้ผู้ผลิตเครื่องมือแพทย์ใช้เป็นแนวทางในการบริหารคุณภาพการผลิตเครื่องมือแพทย์ให้มีคุณภาพ ประสิทธิภาพและมีความปลอดภัยต่อผู้ใช้งาน หลังจากนั้นได้ปรับปรุงและเปลี่ยนชื่อเป็นคู่มือสำหรับผู้ประกอบการผลิตเครื่องมือแพทย์ เพื่อเตรียมตัวเข้าสู่การรับรองระบบคุณภาพตามหลักเกณฑ์และวิธีการที่ดีในการผลิตเครื่องมือแพทย์ ในปี พ.ศ. 2556 [4]

สำหรับโรงงานตัวอย่างที่ใช้ศึกษาการวิจัยในครั้งนี้เป็นโรงงานเครื่องมือแพทย์ในเครือของประเทศไทยซึ่งมีชื่อเสียงในการผลิตผลิตภัณฑ์ทางการแพทย์มากกว่า 30 ปี และ คณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน (Board of Investment: BOI) ได้ให้การส่งเสริมการลงทุนด้วยทุนจดทะเบียน 2,600 ล้านบาท ผลิตภัณฑ์ทางการแพทย์ของโรงงานเครื่องมือแพทย์ตัวอย่าง เป็นแบบที่ใช้ครั้งเดียวแล้วทิ้ง (Disposable) ที่จำหน่ายทั้งในประเทศและต่างประเทศ

ผลิตภัณฑ์หลอดเก็บเลือด (Blood Collection Tube) เป็นผลิตภัณฑ์ของโรงงานเครื่องมือแพทย์ตัวอย่างที่ผู้วิจัยได้นำมาใช้สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ ซึ่งจัดเป็นเครื่องมือแพทย์ประเภทเดียวกับถุงบรรจุโลหิตที่ไม่ใช่เครื่องมือแพทย์สำหรับการวินิจฉัยภายนอกร่างกายตามความเสี่ยงประเภทที่ 1 คือเครื่องมือแพทย์ที่มีความเสี่ยงต่ำ และเป็นเครื่องมือแพทย์ทั้งหมดที่ไม่ได้รูก้าวเข้าไปในร่างกาย ซึ่งใช้สำหรับเป็นทางผ่านหรือเก็บของเหลว เนื้อเยื่อ หรือแก๊ส สำหรับให้สารละลายทางหลอดเลือด (Infusion) หรือการบริหาร (Administration) หรือการนำสาร (Introduction) เข้าสู่ร่างกาย โดยผลิตภัณฑ์นี้ใช้สำหรับเก็บเลือดโดยใช้เข็มชนิดปลายแหลมทั้งสองด้าน ปลายเข็มด้านหนึ่งใช้เจาะเลือดจากเส้นเลือดดำ ส่วนปลายอีกด้านใช้สำหรับแทงลูกยางของหลอดสุญญากาศที่ใช้เก็บเลือด เมื่อเจาะเลือดได้แล้วให้ใช้หลอดสุญญากาศแทงปลายอีกด้าน ความดันของเลือดจะทำให้เลือดพุ่งใส่หลอดเก็บเลือดตามปริมาณของการอัดสุญญากาศฉีดเข้าเส้นเลือดดำ จึงต้องดูแลและควบคุมผลิตภัณฑ์เป็นพิเศษ ดังนั้นผู้ผลิตจึงได้ให้ความสำคัญเป็นพิเศษในการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์เครื่องมือแพทย์เพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิตของผู้ป่วยให้มีชีวิตที่ดียิ่งขึ้น

จากการศึกษาโรงงานตัวอย่าง ผู้วิจัยพบว่าแรกเริ่มโรงงานตัวอย่างได้จัดวางพื้นที่ฝั่งเครื่องจักรแบบตามขนาดของพื้นที่ที่มีอยู่ โดยไม่ได้แบ่งแยกการผลิตของแต่ละผลิตภัณฑ์ ไม่ได้วางแผนการเพิ่มเครื่องจักรในอนาคต เมื่อเครื่องจักรมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นทำให้พื้นที่และการจัดวางเครื่องจักรในปัจจุบันพบปัญหากระบวนการผลิตที่ไม่ต่อเนื่อง ระยะเวลาการลำเลียงชิ้นส่วนและผลิตภัณฑ์ที่ซับซ้อน ระยะเวลาการจัดเตรียมการผลิตและเปลี่ยนกระบวนการผลิตใช้เวลานาน มีปัญหาคอขวด (Bottleneck) เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำเทคโนโลยีกลุ่ม (Group Technology) และรูปแบบคอขวด (Bottleneck Model) เข้ามาช่วยจัดการในการแก้ไขปัญหาดังกล่าว

งานวิจัยนี้จึงเกิดขึ้นโดยการใช้เทคโนโลยีการจัดกลุ่ม (Group Technology) เข้ามาช่วยในการวิจัย ตั้งแต่การกำหนดชื่อและลำดับของชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์ การสร้างกลุ่มของแต่ละผลิตภัณฑ์ การจัดวางแผนฝั่งเครื่องจักร การจัดทำแผนภาพการไหลของผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิต การกำหนดชื่อและลำดับของเครื่องจักร การจัดกลุ่มตามหลักการของ Rank Order Clustering Technique โดยการคำนวณและกำหนดค่าของ Binary Values and Decimal Equivalent และจัดกลุ่มตามลำดับ

ของ Rank หลังจากนั้นก็นำมาคำนวณการหาระยะทางและเวลาที่มีประสิทธิภาพ และการแก้ไขปัญหาคอขวดตามหลักการของรูปแบบคอขวด (Bottleneck Model)

1.2 วัตถุประสงค์

1. จัดกลุ่มผลิตภัณฑ์จำนวน 8 กลุ่ม และจัดวางเครื่องจักรจำนวน 22 เครื่อง โดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีกลุ่มในการปรับปรุงผังการผลิต
2. ออกแบบการจัดวางเครื่องจักรเพื่อประเมินกำลังการผลิตตามผังการผลิตแบบใหม่ได้ด้วยรูปแบบคอขวด

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

1. ขอบเขตประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
การวิจัยนี้เป็นการศึกษาการลำเลียงชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์ การเคลื่อนย้ายผลิตภัณฑ์และการจัดวางเครื่องจักรของกระบวนการผลิต
2. ขอบเขตเนื้อหา
การปรับปรุงพื้นที่การทำงานและการจัดวางเครื่องจักรในการศึกษาครั้งนี้ โดยนำหลักการของเทคโนโลยีกลุ่มและรูปแบบคอขวดมาใช้ในการปรับปรุง
3. ขอบเขตพื้นที่
ระยะเวลาในการเก็บข้อมูล ออกแบบการทดลองแล้วสรุปวิธีการปรับปรุง อยู่ระหว่างเดือนมีนาคมถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2559

1.4 สมมติฐานของงานวิจัย

1. การใช้เทคโนโลยีกลุ่มสามารถทำให้เกิดความสมดุลที่มีประสิทธิภาพในกระบวนการผลิต
2. สามารถใช้รูปแบบคอขวด (Bottleneck Model) ในการแก้ไขปัญหาคอขวดได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. กระบวนการผลิตหลุดเก็บเลือดตัวอย่างที่มีประสิทธิภาพและสมดุลต่อเนื่อง
2. ลดระยะทางในการลำเลียงชิ้นส่วนและผลิตภัณฑ์ด้วยเทคโนโลยีกลุ่ม

3. ระยะทางการลำเลียงชิ้นส่วนและผลิตภัณฑ์ไม่ซับซ้อน ใช้ระยะเวลาการเตรียมการผลิตและเปลี่ยนกระบวนการผลิตตลอดเก็บเลือดตัวอย่างได้รวดเร็วยิ่งขึ้น
4. ขจัดปัญหาคอขวดออกจากกระบวนการผลิตตลอดเก็บเลือด
5. ขยายผลการวิจัยไปยังผลิตภัณฑ์อื่นๆในโรงงานเครื่องมือแพทย์ตัวอย่างได้

1.6 กรอบความคิดในการวิจัย



1.7 นิยามศัพท์

1. เครื่องมือแพทย์ หมายถึง เครื่องมือ เครื่องใช้ เครื่องกล วัสดุที่ใช้ใส่เข้าไปในร่างกายมนุษย์หรือสัตว์ น้ำยาที่ใช้ตรวจในห้องปฏิบัติการ ผลิตภัณฑ์ ซอฟต์แวร์ หรือวัสดุอื่นใด ที่ผู้ผลิตมุ่งหมายเฉพาะสำหรับใช้อย่างหนึ่งอย่างใด ไม่ว่าจะใช้โดยลำพัง ใช้ร่วมกันหรือใช้ประกอบกับสิ่งอื่นใด

2. ถุงบรรจุโลหิต หมายถึง ภาชนะบรรจุทำจากพลาสติกที่มีวัตถุประสงค์สำหรับใช้บรรจุโลหิต และ/หรือส่วนประกอบของโลหิตในกระบวนการบริจาคโลหิต ซึ่งภายในถุงเดี่ยวหรือถุงหลักของถุงชุดมีน้ำยาป้องกันการแข็งตัวของโลหิต
3. Thai Good Manufacturing Practice: THAI GMP หมายถึง หลักเกณฑ์และวิธีการที่ดีในการผลิตเครื่องมือแพทย์
4. เทคโนโลยีกลุ่ม (Group Technology) หมายถึง การจัดชิ้นงานที่มีลักษณะคล้ายกันให้อยู่กลุ่มเดียวกันและกลุ่มชิ้นงานเดียวกันให้ใช้เครื่องจักรกลุ่มเดียวกัน
5. Rank Order Clustering Technique: ROC หมายถึง เทคนิคเฉพาะที่ใช้ในการวิเคราะห์การไหลของการผลิต ซึ่งมีประสิทธิภาพและง่ายด้วยการใช้อัลกอริทึมสำหรับการจัดเครื่องจักรกลุ่มเครื่องจักร
6. อัลกอริทึม (Algorithm) หมายถึง กระบวนการแก้ไขปัญหาที่สามารถอธิบายได้เป็นขั้นตอนที่ชัดเจน เมื่อนำเข้าอะไร แล้วจะต้องได้ผลลัพธ์เช่นไร กระบวนการนี้มีวิธีการแบบเป็นขั้นๆ และมีส่วนที่ต้องทำแบบวนซ้ำ จนกระทั่งเสร็จสิ้นการทำงาน
7. Binary Values หมายถึง ค่าในระบบของเลขฐานสอง
8. Decimal Equivalent หมายถึง ผลลัพธ์ที่ได้ในระบบของเลขฐานสิบ
9. รูปแบบคอขวด (Bottleneck Model) หมายถึง การส่งออกของระบบการผลิตที่มีขีดจำกัดได้รับการผสมผสานของผลิตภัณฑ์ที่ไหลผ่านระบบได้รับการแก้ไข
10. ระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น (Flexible Manufacturing Systems: FMS) หมายถึง กลุ่มเซลล์เครื่องจักรที่ทำงานโดยอัตโนมัติ ซึ่งประกอบด้วยกลุ่มของสถานีการทำงาน การเชื่อมโยงการขนถ่ายและจัดเก็บโดยอัตโนมัติ โดยควบคุมด้วยระบบคอมพิวเตอร์
11. อัตราผลตอบแทนจากการลงทุน (Rate of Return on Investment: ROI) หมายถึง เกณฑ์อัตราผลตอบแทนจากการลงทุนนี้จะวัดค่าของโครงการในรูปอัตราส่วนซึ่งคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของผลประโยชน์สุทธิจากการดำเนินงานต่อการลงทุน
12. Flexsim หมายถึง โปรแกรมแบบจำลองสำหรับการวัดและการวิเคราะห์ของมาตรการการปฏิบัติงานของระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น
13. ห้องปลอดเชื้อ (Clean Room) หมายถึง ห้องที่มีความสะอาดและมีการควบคุมฝุ่นละอองปริมาณอนุภาคและสิ่งปนเปื้อนต่างๆ ไม่ให้เกินระดับที่กำหนดไว้

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวความคิด

ในสถานการณ์ปัจจุบันประเทศต่าง ๆ ทั่วโลกหันมาใส่ใจในสุขภาพเพิ่มมากขึ้น ประกอบกับการแข่งขันทางธุรกิจอุตสาหกรรมเครื่องมือแพทย์ที่มีจำนวนมากทำให้ผู้ผลิตเครื่องมือแพทย์ต้องให้ความสำคัญในด้านคุณภาพเพื่อให้เกิดความพึงพอใจจากลูกค้าและสามารถแข่งขันทางธุรกิจกับผู้ผลิตรายอื่นได้ สำหรับประเทศไทยนั้นก็ได้ประกาศเป็นสังคมผู้สูงอายุตั้งแต่ปี พ.ศ. 2548 เป็นการแสดงให้เห็นถึงการให้ความสำคัญต่อผู้สูงอายุและพร้อมที่จะให้การสนับสนุนในธุรกิจอุตสาหกรรมเครื่องมือแพทย์เพื่อส่งเสริมการดูแลสุขภาพต่อประชาชนทั่วประเทศ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงใช้เทคโนโลยีกลุ่มในการปรับปรุงผังการผลิต ลดระยะทางการลำเลียงชิ้นงาน ลดเวลาในการจัดเตรียมการผลิตและสามารถประเมินกำลังการผลิต เพื่อให้การผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องมือแพทย์มีประสิทธิภาพ ตอบสนองคุณภาพที่ลูกค้าพึงพอใจและส่งมอบได้ทันต่อความต้องการของลูกค้า

2.2 การวางผังโรงงาน

การกำหนดพื้นที่สำหรับปัจจัยการผลิตหรือรูปแบบการวางตำแหน่งการผลิตต่าง ๆ [5] ซึ่งมีกิจกรรมการวางผังโรงงานเป็นกิจกรรมหนึ่งที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ การวางตำแหน่งเครื่องจักร การกำหนดตำแหน่งเครื่องมือต่าง ๆ การกำหนดพื้นที่สำหรับจัดเก็บวัตถุดิบ การกำหนดพื้นที่การทำงานของพนักงาน เป็นต้น เพื่อให้กระบวนการผลิตมีประสิทธิภาพสูงสุดและการให้บริการที่มีความปลอดภัย การออกแบบและการวางผังโรงงาน มีความสำคัญเนื่องจากเหตุผล 3 ประการคือ

1. ต้องใช้ทั้งเงินและเวลา
2. หากผิดพลาดจะเปลี่ยนแปลงได้ยาก เพราะเป็นการวางแผนในระยะยาว
3. มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการผลิตและต้นทุนการผลิต

นอกจากนี้ผังโรงงานที่มีอยู่อาจได้รับการต่อต้านจากพนักงาน ซึ่งทำให้การทำงานไม่มีระบบ โดยทั่วไปการสร้างโรงงานใหม่หรือการปรับปรุงผังกระบวนการผลิตจะมีการออกแบบการวางผังโรงงาน และสาเหตุของการปรับปรุงผังโรงงานมีดังนี้

1. การดำเนินงานที่ไม่มีประสิทธิภาพ เช่น การผลิตที่มีต้นทุนสูง ความขัดข้องในการผลิต
2. เกิดอุบัติเหตุในการทำงานหรือมีลักษณะของความไม่ปลอดภัยในการทำงาน

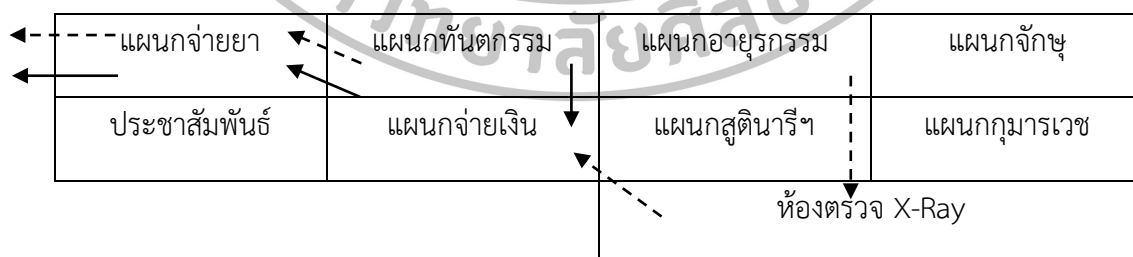
3. รูปแบบของสินค้าหรือบริการมีการเปลี่ยนแปลง
4. การเสนอแบบสินค้าหรือบริการแบบใหม่
5. ปริมาณการผลิตมีการเปลี่ยนแปลง
6. กระบวนการผลิต หรือเครื่องมือมีการเปลี่ยนแปลง
7. สภาวะแวดล้อม หรือกฎหมายข้อบังคับที่เกี่ยวข้องมีการเปลี่ยนแปลง
8. ปัญหาด้านขวัญกำลังใจในการทำงาน เช่น ขาดการติดต่อประสานงานที่ดี

2.3 การวางผังกระบวนการผลิต

ลักษณะของกระบวนการผลิตมีความสัมพันธ์กับผังกระบวนการผลิต [5] ซึ่งสามารถแบ่งกระบวนการผลิตได้หลายประเภท ส่วนผังกระบวนการผลิตสามารถแบ่งได้ 3 ประเภท คือ

1. ผังตามกระบวนการผลิต

กระบวนการผลิตที่จัดวางเครื่องจักรให้เป็นลักษณะหมวดหมู่เป็นการจัดวางผังตามกระบวนการผลิต (Process Layout) เช่น การจัดวางเครื่องบรรจุ การจัดวางเครื่องตัดเครื่องปั๊มสินค้าที่ผลิตจะต้องเคลื่อนย้ายไปตามกระบวนการขั้นตอนการผลิตสินค้าตามการจัดวางผังตามกระบวนการผลิต ดังภาพที่ 2.1 แสดงการจัดวางผังตามกระบวนการผลิต ซึ่งเหมาะสำหรับการผลิตตามคำสั่ง หรือการผลิตแบบไม่ต่อเนื่อง นอกจากนี้ยังมีการจัดวางผังตามกระบวนการผลิตที่พบโดยทั่วไป ได้แก่ ธนาคาร มหาวิทยาลัย ห้างสรรพสินค้า และโรงพยาบาล



ภาพที่ 2.1 ผังตามกระบวนการผลิต

ที่มา : ธาณี อ่วมอ้อ และอมรเทพ เอกะณลิน. การวิเคราะห์ทำเลที่ตั้ง ผังโรงงานและการบริหารห่วงโซ่อุปทาน. กรุงเทพมหานคร: กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2546.

ข้อดีของการจัดวางผังตามกระบวนการผลิต

1. สามารถใช้เครื่องจักรและแรงงานคนได้อย่างเต็มที่

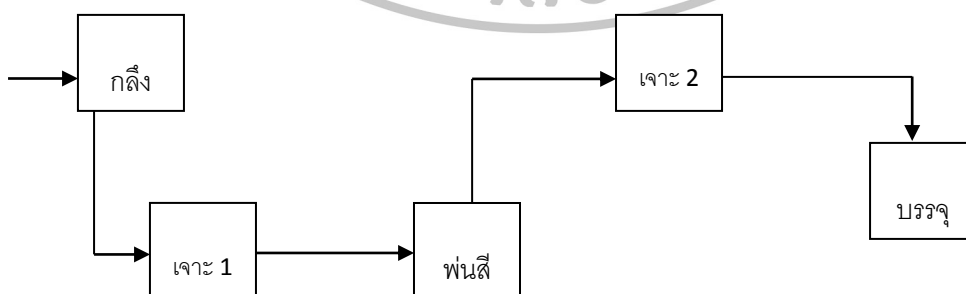
2. ความยืดหยุ่นของระบบการผลิตในการเปลี่ยนแปลงปริมาณการผลิต หรือการออกแบบผลิตภัณฑ์ใหม่ หรือการเปลี่ยนแปลงรูปแบบผลิตภัณฑ์
3. เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ผลิตมีหลายชนิดที่สามารถใช้เครื่องมือ เครื่องจักรชนิดเดียวกัน ทำให้การลงทุนในเครื่องจักรและอุปกรณ์ลดน้อยลง

ข้อเสียของการจัดวางผังตามกระบวนการผลิต

1. เสียเวลาและแรงงานจำนวนมากในการเคลื่อนย้ายผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากกระบวนการหนึ่งไปยังอีกกระบวนการหนึ่ง จนอาจต้องใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ในการขนย้ายวัสดุเพิ่มมากขึ้น
2. ต้องวางแผนเป็นอย่างดีในการจัดงานให้กับเครื่องมือและเครื่องจักร เนื่องจากเครื่องมือและเครื่องจักรใช้สำหรับผลิตภัณฑ์หลายชนิด
3. ความแตกต่างของชนิดสินค้าทำให้เครื่องมือและเครื่องจักร ต้องปรับเปลี่ยนบ่อยครั้ง เนื่องจากโดยทั่วไปปริมาณการผลิตสินค้าแต่ละชนิดมีปริมาณน้อย

2. ผังตามผลิตภัณฑ์

การจัดวางเครื่องจักรตามลำดับ เพื่อใช้ในการผลิตสินค้าหรือการให้บริการสินค้า หรือการผลิตสินค้าแต่ละชนิดสามารถใช้เครื่องจักรเฉพาะความต้องการใช้เครื่องจักร เป็นการจัดวางผังตามผลิตภัณฑ์ (Product Layout) หรือกล่าวได้ว่า สินค้าที่ผลิตในแต่ละชนิดจะผลิตสินค้าโดยไม่ใช้เครื่องจักรร่วมกัน ดังภาพ 2.2 แสดงการจัดวางผังตามผลิตภัณฑ์ ซึ่งเหมาะสำหรับการผลิตแบบต่อเนื่อง ซึ่งจะพบมากในโรงงานประกอบชิ้นส่วนต่าง ๆ เช่น การประกอบแผงวงจรไฟฟ้า การประกอบชิ้นส่วนเครื่องยนต์ เป็นต้น



ภาพที่ 2.2 สายการประกอบสินค้า

ที่มา : ธาณี อ่วมอ้อ และอมรเทพ เอกะณลิน. การวิเคราะห์ทำเลที่ตั้ง ผังโรงงานและการบริหารห่วงโซ่อุปทาน. กรุงเทพมหานคร: กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2546.

ข้อดีของการจัดวางผังตามผลิตภัณฑ์

1. ปริมาณการผลิตสินค้ามีอัตราการผลิตที่สูง
2. สามารถผลิตสินค้าได้เป็นจำนวนมาก ทำให้ต้นทุนการผลิตต่อหน่วยลดต่ำลง
3. พนักงานมีความชำนาญขึ้น ทำให้การฝึกอบรมพนักงานมีต้นทุนที่ต่ำลงและใช้เวลาลดลง
4. การขนย้ายวัสดุมีต้นทุนลดลง

ข้อเสียของการจัดวางผังตามผลิตภัณฑ์

1. เกิดความยุ่งยากในการเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิตและการขนย้ายเครื่องจักร เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงชนิดของสินค้าใหม่
2. การผลิตเกิดความล่าช้า การใช้งานเครื่องจักรและแรงงานได้ไม่เต็มที่ ถ้าไม่จัดสายการผลิตให้สมดุล
3. เครื่องจักรและอุปกรณ์ไม่สามารถใช้ร่วมกันได้ ทำให้ต้องใช้เงินลงทุนเป็นจำนวนมาก

3. ผังแบบผลิตภัณฑ์อยู่กับที่

การจัดวางผลิตภัณฑ์ให้อยู่กับที่เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีขนาดใหญ่ จึงต้องใช้การเคลื่อนย้ายเครื่องจักร วัสดุ และแรงงานเข้ามาทำการผลิต เป็นการจัดวางผังแบบผลิตภัณฑ์อยู่กับที่ (Fixed – Position Layout) ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ ได้แก่ การสร้างรถไฟ จรวด เครื่องบินหรืออาคารต่าง ๆ เป็นต้น การสร้างอาคารนั้น ไม่สามารถที่จะเคลื่อนย้ายมาหาเครื่องมือได้ จึงต้องมีการวางผังแบบผลิตภัณฑ์อยู่กับที่ ทำให้การเคลื่อนย้ายวัสดุ เครื่องมือและเครื่องจักรจะมีความสะดวกและประหยัดค่าใช้จ่ายมากกว่าการเคลื่อนที่ผลิตภัณฑ์มาหาเครื่องจักร เครื่องมือต่าง ๆ

2.4 แผนภูมิกระบวนการ (Process Charts)

เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการบันทึกข้อมูลได้อย่างละเอียด [6] ประกอบด้วยสัญลักษณ์ คำบรรยาย และลายเส้นเพื่อบอกรายละเอียดของขั้นตอนกระบวนการผลิต เพื่อช่วยให้สามารถมองเห็นภาพของกระบวนการผลิตได้อย่างชัดเจนตั้งแต่ต้นจนจบ และนำไปสู่การพัฒนาและปรับปรุงกระบวนการทำงานให้ดีขึ้น โดยแผนภูมิที่ผู้วิจัยได้นำมาใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัยมีรูปแบบดังต่อไปนี้

1. แผนภูมิกระบวนการไหล (Flow Process Chart)

แผนภูมิตำใช้วิเคราะห์ขั้นตอนการไหล (Flow) ของวัตถุดิบ ชิ้นส่วน พนักงานและอุปกรณ์ ที่เคลื่อนไปในกระบวนการพร้อม ๆ กับกิจกรรมต่าง ๆ โดยใช้สัญลักษณ์มาตรฐาน 5 สัญลักษณ์ ซึ่งกำหนดโดยสมาคมวิศวกรรมเครื่องกลแห่งสหรัฐอเมริกา (American Society for Mechanical Engineering: ASME) ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 สัญลักษณ์สำคัญที่ใช้ในการเขียนแผนภูมิกระบวนการไหล

สัญลักษณ์	ขั้นตอน	รายละเอียด
○	การทำงาน Operation	การทำงานใด ๆ ที่วัตถุถูกทำให้เปลี่ยนลักษณะ การเตรียมวัตถุเพื่องานขั้นตอนต่อไป
⇒	การขนส่ง Transportation	การเคลื่อนวัตถุจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง พนักงานกำลังเดิน
D	การคอย Delay	การเก็บวัสดุชั่วคราวระหว่างการปฏิบัติงาน การคอยเพื่อให้งานขั้นตอนต่อไปเริ่มขึ้น
□	การตรวจสอบ Inspection	ตรวจสอบคุณลักษณะของวัตถุ ตรวจสอบคุณภาพหรือปริมาณ
▽	การเก็บ Storage	การเก็บวัสดุไว้ในสถานที่ถาวรซึ่งรอคำสั่งเคลื่อนย้าย การเก็บชิ้นส่วนที่รอเป็นเวลานาน

แนวทางการวิเคราะห์แผนภูมิกระบวนการไหล

- 1 กำหนดวัตถุประสงค์ในการวิเคราะห์ให้ชัดเจน เช่น เพื่อลดปริมาณการเคลื่อนย้าย หรือเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต เป็นต้น
- 2 ชั่งงับกระบวนการที่ต้องการศึกษาพร้อมทั้งรายละเอียดของกระบวนการ
- 3 กำหนดว่าเป็นการวิเคราะห์การไหลของเรื่องใดเรื่องหนึ่ง ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ พนักงาน เครื่องมือหรืออุปกรณ์
- 4 เริ่มวิเคราะห์จากจุดเริ่มต้นของการไหล บันทึกงานตามที่เกิดขึ้นจริงโดยใช้สัญลักษณ์กำกับกิจกรรมที่เกิดขึ้นอย่างละเอียดทุกขั้นตอนพร้อมบรรยายสั้น ๆ ถึงลักษณะงานที่เกิดขึ้น
- 5 เก็บข้อมูลรายละเอียดที่เกี่ยวข้อง
- 6 โยงเส้นระหว่างสัญลักษณ์จากบนลงล่าง
- 7 สร้างขั้นตอนการปฏิบัติงานลงในตาราง สรุปผล

ประโยชน์ใช้งานของแผนภูมิกระบวนการไหล

- 1 เป็นแผนภูมิที่จำแนกกิจกรรมต่าง ๆ ออกจากกันเป็น 5 ประเภท โดยเริ่มจาก กิจกรรมที่มีมูลค่าเพิ่มได้แก่การปฏิบัติงาน ไปจนถึงกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่า
- 2 แยกแยะกิจกรรมของพนักงานออกจากกิจกรรมที่ทำบนผลิตภัณฑ์ ทำให้สามารถมองเห็นจุดเน้นในการวิเคราะห์ได้อย่างชัดเจน
- 3 ใช้ควบคู่ไปกับแผนภาพการไหล จะช่วยชี้ให้เห็นการรอคอยและระยะทางการเคลื่อนย้าย
- 4 สามารถใช้แผนภูมิเดียวกันเพื่อเปรียบเทียบแสดงผลก่อนและหลังการปรับปรุง

Flow Process Chart

Location : Pythology lab		Summary			
Activity : Routine work		Event	Present	Proposed	Savings
Date: Dec. 10, 2005		Operation	7		
Operator : P.K	Analyst : R.K	Transport	8		
Method and Type:		Delay	1		
Method: <u>Present</u> Proposed		Inspection	1		
Type: <u>Operator</u> Material Machine		Storage	1		
Layout <input type="checkbox"/> Sin 1 <input type="checkbox"/> Sin 2 <input type="checkbox"/> Microscope		Time (min) for 2 patients	21.7		
<input type="checkbox"/> Patient		Distance	48 m		
<input type="checkbox"/>		Cost			

Event Description	Symbol	Time (in Minutes)	Distance	Remarks
Own seat	○ → D □ ▽			
To work station 1	○ → D □ ▽	1.0	10 m	
Get new syringe and open syringe wrapper	○ → D □ ▽	1.5		
To patient	○ → D □ ▽	0.2	2 m	
Take blood sample	○ → D □ ▽	2.2		
To work station 2	○ → D □ ▽	0.2	2 m	
Take glass plate and drop blood sample on plate	○ → D □ ▽	0.8		
To work station 1	○ → D □ ▽	0.6	5 m	
Get new syringe and Open syringe wrapper	○ → D □ ▽	1.5		
To next patient	○ → D □ ▽	0.2	2 m	
Take blood sample	○ → D □ ▽	2.2		
To work station 2	○ → D □ ▽	0.2	2 m	
Take glass plate and drop blood sample on plate	○ → D □ ▽	0.8		
Take 2 glass plates to microscope	○ → D □ ▽	0.5	5 m	
Samples	○ → D □ ▽	1.8		
To own seat	○ → D □ ▽	2.0	20 m	
Record result in register	○ → D □ ▽	1.0		
Wait for patients	○ → D □ ▽	5.0		Average
To Work Station 1	○ → D □ ▽	1.0	10 m	Next cycle

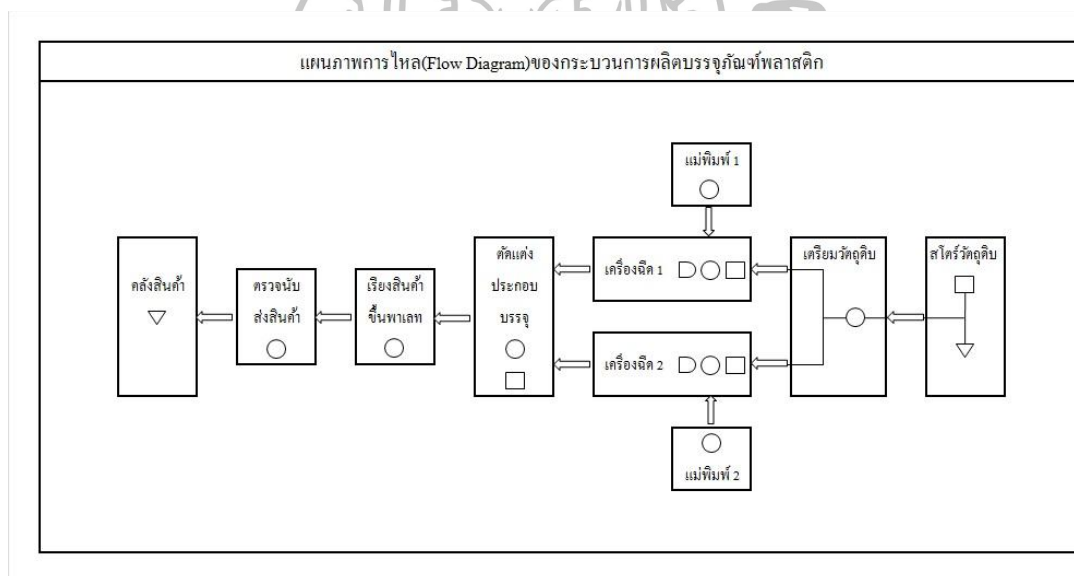
ภาพที่ 2.3 ตัวอย่างแผนภูมิการไหลของกระบวนการผลิต

ที่มา : Example flow process charts. **Man/Worker Type Flow Process Chart**. Accessed May 7, 2016. Available from <https://es.slideshare.net/rahulmeshram14/example-flow-process-charts/7>

2. แผนภาพการไหล (Flow Diagram)

แผนภาพการไหลเป็นแผนภาพแสดงที่ตั้งของเครื่องจักร สถานที่ทำกิจกรรมต่าง ๆ สอดคล้องกับที่ได้บันทึกไว้ในแผนภูมิการไหลของกระบวนการผลิต (Flow Process Chart) และมีการระบุเส้นทางการเคลื่อนที่ของพนักงานหรือวัสดุ โดยมีขั้นตอนดังนี้

- 1 เขียนแบบแปลนของอาคาร ในแผนที่ที่ต้องการจะศึกษา
- 2 เขียนสัญลักษณ์กิจกรรมต่าง ๆ ลงในแบบให้ตรงกับที่กำหนดไว้ในแผนภูมิการไหลของกระบวนการผลิต
- 3 เขียนเส้นทางการเคลื่อนที่ของพนักงานหรือวัสดุในแผนภาพ



ภาพที่ 2.4 ตัวอย่างแผนภาพการไหลของกระบวนการผลิต

3. แผนภูมิการประกอบ (Assembly Process Chart)

ใช้ในกรณีที่มีชิ้นส่วนต่าง ๆ มาประกอบเข้าด้วยกัน ณ จุดต่าง ๆ ซึ่งแต่ละชิ้นส่วนย่อยสามารถเขียนแสดงเป็นแผนภูมิกระบวนการอีกอันหนึ่งได้ ดังนั้นในการรวมกันของแผนภูมิกระบวนการย่อย ๆ เหล่านี้จะกลายเป็นแผนภูมิการประกอบได้

แนวทางการวิเคราะห์แผนภูมิประกอบ

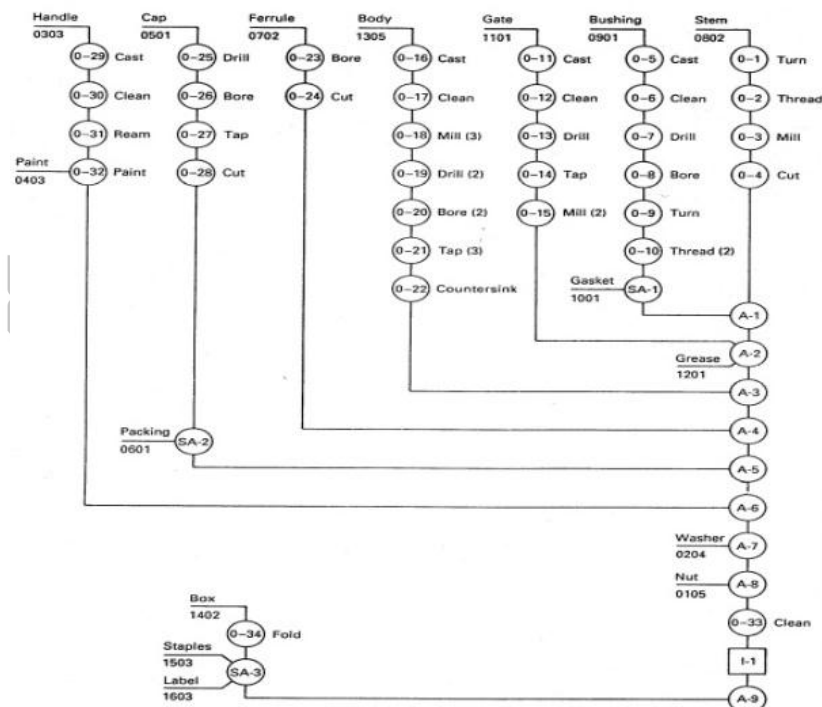
- 1 กำหนดวัตถุประสงค์ในการวิเคราะห์ให้ชัดเจน เช่น ต้องการศึกษาเพื่อดูรายละเอียดขั้นตอนการทำงาน หรือเพื่อการจัดสมดุลสายการผลิต

2. ชี้แจงกระบวนการที่ต้องการศึกษาพร้อมทั้งรายละเอียดของกระบวนการ
3. ชี้แจงชิ้นส่วนหลักที่นำมาประกอบพร้อมทั้งวิเคราะห์ขั้นตอนการทำงานสำคัญ ๆ ของแต่ละชิ้นส่วนและจุดที่ชิ้นส่วนมาบรรจบกับกระบวนการหลัก
4. ระบุรายละเอียดข้อมูลอื่น ๆ ที่ต้องการ เช่น จำนวนชิ้น เวลา ชื่อขั้นตอน เป็นต้น

ประโยชน์ใช้งานของแผนภูมิการประกอบ

แผนภูมิการประกอบนี้เหมาะสำหรับการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ที่มีชิ้นส่วนหลากหลายมาประกอบกันเป็นจำนวนมาก ซึ่งมีความต้องการในการวิเคราะห์และวางแผนการผลิตชิ้นส่วนให้ทันการในการประกอบ ลักษณะการวิเคราะห์อาจแบ่งออกได้เป็นสองแบบคือ

1. วิเคราะห์โดยใช้สัญลักษณ์ทั้ง 5 ของแผนภูมิการไหล
2. วิเคราะห์เฉพาะขั้นตอนการทำงานและการตรวจสอบ



ภาพที่ 2.5 ตัวอย่างแผนภูมิการประกอบ

ที่มา : R.C.Meshram. **Lecture 2 process charts work study**. Accessed May 7, 2016.
Available from <https://www.slideshare.net/rahulmeshram14/lecture-2-process-charts-work-study>

2.5 เทคโนโลยีกลุ่ม (Group Technology)

หลักการของ Group Technology

1. ชิ้นงานที่มีลักษณะคล้ายกันให้อยู่กลุ่มเดียวกันเรียก “กลุ่มครอบครัว หรือ กลุ่มชิ้นงาน” (Part Families)
2. การแบ่งกลุ่มคล้ายกันทางลักษณะการออกแบบหรือคล้ายกันทางลักษณะการผลิต
3. กลุ่มชิ้นงานเดียวกันให้ใช้เครื่องจักรกลุ่มเดียวกัน กลุ่มเครื่องจักรเรียก “เซลล์” (Cell)

แผนผังการจัดการผลิตแบบกลุ่ม (Group Technology Layout) เครื่องมือและเครื่องจักรจะถูกจัดกลุ่มตามชิ้นส่วนการผลิตที่มีความเหมือนกัน ทำให้ไม่เกิดการกระจุกกระจายในการผลิต ซึ่งจะทำให้การผลิตเร็วขึ้น การขนถ่ายลำเลียงน้อยลง จำนวนงานที่รอการผลิตน้อยลง และเวลาในการเตรียมการผลิต (Set-Up Time) ผลิตภัณฑ์ใหม่ของเครื่องจักรลดน้อยลง

การจัดกลุ่มของผลิตภัณฑ์ในรูปของเทคโนโลยีกลุ่ม (Group Technology) หรือการผลิตตามกลุ่มชิ้นงาน (Part family manufacturing) เพื่อสร้างความยืดหยุ่นต่อการตอบสนองความต้องการที่หลากหลายของลูกค้าและลดเวลาการตั้งเครื่อง

เทคโนโลยีกลุ่ม [7] เป็นปรัชญาการผลิตในชิ้นงานที่คล้ายกันและรวมกลุ่มกันเพื่อใช้ประโยชน์จากความคล้ายคลึงกันของชิ้นงานในการออกแบบและการผลิตส่วนที่คล้ายกันถูกจัดให้เป็นส่วนหนึ่งของผลิตภัณฑ์ ซึ่งแต่ละส่วนหนึ่งในผลิตภัณฑ์มีคุณสมบัติการออกแบบที่คล้ายกันและ / หรือลักษณะการผลิต ประสิทธิภาพจะประสบความสำเร็จโดยการจัดอุปกรณ์การผลิตที่เป็นกลุ่มเครื่องหรือเซลล์เพื่ออำนวยความสะดวกในการไหลของงานทั่วไป การจัดกลุ่มอุปกรณ์การผลิตเข้าสู่เซลล์เครื่องซึ่งแต่ละเซลล์มีความเชี่ยวชาญในการผลิตของชิ้นงานที่คล้ายกัน เรียกว่าการผลิตแบบเซลล์ การผลิตแบบเซลล์เป็นตัวอย่างของการผลิตรูปแบบผสม

เทคโนโลยีกลุ่มมีประโยชน์อย่างมากกับบริษัทรวมถึงผลประโยชน์ที่ได้รับ

1. ส่งเสริมมาตรฐานของเครื่องมือและการเตรียมการ
2. งานจัดการวัสดุจะลดลงเพราะชิ้นส่วนจะถูกย้ายภายในเซลล์เครื่องมากกว่าภายในโรงงาน
3. การวางแผนกระบวนการผลิตและการจัดตารางการผลิตทำได้ง่าย
4. เวลาในการเตรียมการผลิตลดน้อยลง
5. ขั้นตอนการทำงานไม่ยุ่งยาก

6. เกิดความพึงพอใจในการทำงานร่วมกันของผู้ปฏิบัติงาน

7. เทคโนโลยีกลุ่มช่วยให้งานที่มีคุณภาพที่สูงขึ้น

เทคโนโลยีกลุ่ม หรือ GT เป็นเทคนิคการผลิต ซึ่งคืองานที่มีความคล้ายคลึงกันในเรขาคณิต กระบวนการผลิตและ / หรือฟังก์ชันที่มีการผลิตในสถานที่หนึ่งโดยใช้จำนวนเล็ก ๆ ของเครื่องจักร หรือกระบวนการ GT อยู่บนพื้นฐานของหลักการทั่วไปว่าปัญหาจำนวนมากที่คล้ายกันและโดยการจัดกลุ่มปัญหาที่คล้ายกันเป็นทางออกเดียวที่สามารถพบว่าชุดของปัญหาที่เกิดขึ้นจึงช่วยประหยัดเวลา

ขั้นตอนในการทำ Group Technology

ประเมินแบบของผลิตภัณฑ์ทั้งหมดที่มีอยู่ในปัจจุบัน และสร้างกลุ่มของชิ้นงานขึ้น วิธีการสร้างกลุ่มของชิ้นงานมีหลายวิธี

สำหรับชิ้นงานแต่ละกลุ่มให้สร้างแนวทางในการออกแบบ (Design Guidelines) และกำหนดพารามิเตอร์ร่วมภายในกลุ่มของชิ้นงานนั้นๆ โดยพิจารณาจากความคล้ายคลึงกันในการผลิตและการออกแบบ

ใช้แนวทางในการออกแบบที่สร้างขึ้นในขั้นตอนที่ 2 เพื่อออกแบบผลิตภัณฑ์ใหม่ทุกรุ่นที่จะพัฒนาขึ้นในอนาคต ในทางปฏิบัติทีมงานควรออกแบบตามพารามิเตอร์ร่วมเหล่านั้น เพื่อให้สามารถใช้ประโยชน์จาก Group Technology ได้เต็มที่

วิธีการสร้างกลุ่มของชิ้นงาน

วิธีที่ 1 เป็นการตรวจสอบด้วยสายตาแต่มีข้อจำกัดเมื่อใช้กับชิ้นส่วนจำนวนมาก

วิธีที่ 2 Production Flow Analysis เป็นการจัดกลุ่มชิ้นส่วนโดยวิเคราะห์จากขั้นตอนการทำงาน และการไหลของชิ้นส่วนในกระบวนการผลิต ชิ้นส่วนที่ต้องผ่านขั้นตอนการทำงานและเส้นทางการไหลของงานเดียวกันจะถูกจัดไว้ในกลุ่มเดียวกัน

วิธีที่ 3 ระบบการติดตั้งรหัสชิ้นส่วน (Part classification and coding system) เป็นวิธีการจัดกลุ่มชิ้นส่วนที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดและใช้มากที่สุดในปัจจุบัน วิธีนี้ ทำได้โดยตั้งรหัสชิ้นส่วน (Classification code) ตามระบบที่กำหนดขึ้น

รหัสชิ้นงาน

รหัสที่ตั้งตามคุณลักษณะ (Attribute – based coding หรือ Polycodes)

รหัสที่ตั้งตามลำดับชั้นความสำคัญ (Hierarchical-based coding หรือ Monocodes)

ในการจัดกลุ่ม Part Families จำเป็นต้องมีระบบการตั้งรหัสชิ้นงานและการแยกประเภท ซึ่งรหัสชิ้นงานจะบอกถึงรูปร่าง ลักษณะเด่น วัสดุ ความคลาดเคลื่อนและอื่นๆ

การวิเคราะห์ปริมาณการผลิตแบบเซลล์ูลาร์ (Quantities Analysis in Cellular Manufacturing)

จำนวนของเทคนิคปริมาณที่ได้รับการพัฒนาขึ้นเพื่อจัดการกับพื้นที่ที่มีปัญหาในกลุ่มเทคโนโลยีและการผลิตแบบเซลล์ูลาร์

การจัดกลุ่มชิ้นงานและเครื่องจักรโดยวิธีการจัดลำดับกลุ่ม (Grouping Parts and Machines by Rank Order Clustering: ROC)

การจัดลำดับกลุ่ม (ROC) เทคนิคเฉพาะที่ใช้ในการวิเคราะห์การไหลของการผลิต ซึ่งมีประสิทธิภาพและง่ายด้วยการใช้อัลกอริทึมสำหรับการจัดกลุ่มเครื่องจักรแบบเซลล์ อัลกอริทึมจะขึ้นอยู่กับการจัดเรียงแถวและคอลัมน์ของเมทริกซ์เครื่องจักรและชิ้นงาน โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ในแถวของเมทริกซ์อ่านชุดของ 1 และ 0 (รายการที่ว่าง = 0) จากซ้ายไปขวาเป็นเลขฐานสอง อันดับของแถวในลำดับที่มีค่าลดลงในกรณีที่มีอันดับแถวในลำดับเดียวกันมีค่าเท่ากันในเมทริกซ์ปัจจุบัน
2. นับจากบนลงล่างเป็นลำดับของแถวเดียวกับลำดับที่กำหนดไว้ในขั้นตอนก่อนหน้าหรือไม่ ถ้าใช่ให้ไปที่ขั้นตอนที่ 7 ถ้าไม่ใช่ให้ทำตามขั้นตอนต่อไป
3. เรียงลำดับแถวในชิ้นงาน-เครื่องจักรของเมทริกซ์โดยการลดลำดับ เริ่มต้นจากด้านบน
4. ในแต่ละคอลัมน์ของเมทริกซ์ อ่านชุดของ 1 และ 0 (รายการที่ว่าง = 0) จากบนลงล่างเป็นเลขฐานสอง อันดับคอลัมน์ในลำดับที่มีค่าลดลง ในกรณีที่เท่ากัน อันดับคอลัมน์ในลำดับเดียวกันก็อยู่ในเมทริกซ์ปัจจุบัน
5. นับจากซ้ายไปขวาเป็นลำดับของคอลัมน์เดียวกับลำดับที่กำหนดไว้ในขั้นตอนก่อนหน้าหรือไม่ ถ้าใช่ให้ไปที่ขั้นตอนที่ 7 ถ้าไม่ใช่ให้ทำตามขั้นตอนต่อไป
6. เรียงลำดับคอลัมน์ในชิ้นงาน-เครื่องจักรของเมทริกซ์โดยรายการเหล่านั้นในการลดลำดับ เริ่มต้นด้วยคอลัมน์ด้านซ้าย ไปที่ขั้นตอนที่ 1
7. หยุด

ตัวอย่างวิธีการจัดลำดับกลุ่ม [7] (ดัดแปลงมาจาก Quantitative Analysis in Cellular Manufacturing) โดยใช้เทคนิคการจัดลำดับกลุ่มของซึ้นงาน-เครื่องจักรแสดงในรูปแบบเมทริกซ์

Machine	Part								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	1			1				1	
2					1				1
3			1		1				1
4		1				1			
5	1							1	
6			1						1
7		1				1	1		

ขั้นตอนที่ 1

Machine	Part									Binary Values	Rank
	A	B	C	D	E	F	G	H	I		
1	1			1				1		290	1
2					1				1	17	7
3			1		1				1	81	5
4		1				1				136	4
5	1							1		258	2
6			1						1	65	6
7		1				1	1			140	3

ขั้นตอนที่ 2 และ 3

Machine	Part									Binary Values	Rank
	A	B	C	D	E	F	G	H	I		
1	1			1				1		2 ⁶	
5	1							1		2 ⁵	
7		1				1	1			2 ⁴	
4		1				1				2 ³	
3			1		1				1	2 ²	
6			1						1	2 ¹	
2					1				1	2 ⁰	
Decimal Equivalent	96	24	6	64	5	24	16	96	7		
Rank	1	4	8	3	9	5	6	2	7		

ขั้นตอนที่ 4

Machine	Part								
	A	H	D	B	F	G	I	C	E
1	1	1	1						
5	1	1							
7				1	1	1			
4				1	1				
3							1	1	1
6							1	1	
2							1		1

การจัดกลุ่มของเครื่องจักรในเซลล์เทคโนโลยีกลุ่ม (Arranging Machines in a GT Cell)

หลังจากจัดกลุ่มโดยวิธีการจัดลำดับกลุ่มปัญหาต่อมาคือการจัดเครื่องจักรตามความสมเหตุสมผล

ทฤษฎีของ Hollier ทฤษฎีนี้ใช้ผลรวมของ “From” และ “To” ของแต่ละเครื่องจักรใน เซลล์ ทฤษฎีนี้สามารถทำตามขั้นตอนได้ดังนี้

1. พิจารณา From-To จากข้อมูล ข้อมูลที่มีอยู่แสดงให้เห็นตัวเลขของชิ้นส่วนระหว่าง เครื่องจักรในเซลล์
2. ตรวจสอบผลรวม "From" และ "To" สำหรับแต่ละเครื่องจักร คือผลที่ได้โดยการรวม ทั้งหมดของ "From" และ "To" สำหรับแต่ละเครื่องจักร
 - 1 "From" คือผลรวมสำหรับเครื่องจักรจะถูกกำหนดโดยการเพิ่มรายการในแถว
 - 2 "To" คือผลรวมถูกพบโดยการเพิ่มรายการในคอลัมน์ที่สอดคล้องกัน
3. กำหนดเครื่องจักรไปยังเซลล์ขึ้นอยู่กับผลรวมที่น้อยที่สุดของ "From" หรือ "To" ผลบวก เครื่องจักรที่มีผลรวมน้อยที่สุดจะถูกเลือก
 - 1 ถ้าผลรวมค่าน้อยที่สุดคือ "To" แล้วเครื่องจักรจะอยู่ที่จุดเริ่มต้นของลำดับ
 - 2 ถ้าผลรวมค่าน้อยที่สุดคือ "From" แล้วเครื่องจักรจะอยู่ที่ส่วนท้ายของลำดับ

หลักเกณฑ์ของ Tie breaker

- 3 ถ้าเงื่อนไขเกิดขึ้นระหว่างผลรวมค่าน้อยที่สุดของ "To" หรือผลรวมค่าน้อยที่สุดของ "From" แล้วเครื่องจักรที่มีผลรวมค่าน้อยที่สุดของ "From / To" คือส่วนที่ถูกเลือก
- 4 หากทั้ง "To" และ "From" มีผลรวมเท่ากัน ค่าน้อยสุดลำดับถัดไปจะถูกเลือก
- 5 ถ้าผลรวมน้อยที่สุดของ “To” มีค่าเท่ากับผลรวมน้อยที่สุดของ “From” แล้วทั้งสอง เครื่องจักรจะถูกเลือกและวางไว้ที่จุดเริ่มต้นและจุดสุดท้าย
4. จัดทำข้อมูล From-To หลังจากแต่ละเครื่องจักรมีการเลือกโครงสร้างของ From-To โดยการกำจัดแถวและคอลัมน์ที่สอดคล้องกับเครื่องจักรที่เลือกและคำนวณผลรวมของ "From" และ "To"
5. ทำซ้ำขั้นตอนที่ 3 และ 4 จนกว่าจะครบทุกเครื่องจักร

ตัวอย่างการจัดกลุ่มของเครื่องจักรในเซลล์เทคโนโลยีกลุ่ม [7] (Arranging Machines in a GT Cell)

สมมติเครื่องจักร 4 เครื่อง 1, 2, 3, และ 4 ได้รับการระบุในเซลล์ GT ของเครื่องจักรวิเคราะห์ 50 ชิ้นงานของเครื่องจักร มีผลรวม From-To แสดงในตาราง โดยใช้วิธี Hollier

From - To Chart

	To :	1	2	3	4
From :	1	0	5	0	25
	2	30	0	0	15
	3	10	40	0	0
	4	10	0	0	0

ขั้นตอนแรก

	To :	1	2	3	4	"From" Sums
1	0	5	0	25		30
2	30	0	0	15		45
3	10	40	0	0		50
4	10	0	0	0		10
	50	45	0	40		135

ขั้นตอนที่ 2 นำเครื่องจักรที่ 3 ออก

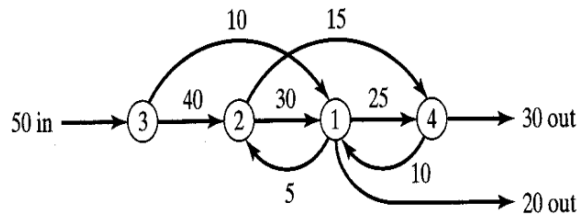
	To :	1	2	4	"From" Sums
1	0	5	25		30
2	30	0	15		45
4	10	0	0		10
	40	5	40		

ขั้นตอนที่ 3 นำเครื่องจักรที่ 2 ออก

	To :	1	4	"From" Sums
1	0	25		25
4	10	0		10
	10	25		

ได้ผลการจัดลำดับเครื่องจักรคือ 3 -> 2 -> 1 -> 4

แผนภาพการไหลของเซลล์เครื่องจักรในตัวอย่างแสดงดังภาพที่ 2.6 การไหลของชิ้นงานที่เข้าและออกจากเซลล์



ภาพที่ 2.6 ภาพการไหลของเซลล์เครื่องจักร

ที่มา : Mikell P. Groover. **Chapter 15 Group Technology and Cellular Manufacturing**. Textbook Automation, Production Systems, and Computer Integrated Manufacturing, 2002.

2.6 รูปแบบคอขวด (Bottleneck Model)

ในรูปแบบนี้การนำออกของระบบการผลิตที่มีข้อจำกัดสูง [8] นั้นคือการผสมผสานของผลิตภัณฑ์ที่มีข้อจำกัดสูง กำหนดให้การผสมผสานของผลิตภัณฑ์ไหลได้ทั้งหมดระบบเป็นที่ถาวร

1. การผสมผสานของชิ้นส่วน (Part Mix)

$$\sum_{j=1}^p p_j = 1.0 \quad (2.1)$$

เมื่อ p_j คือ ส่วนการนำออกของระบบทั้งหมดของรูปแบบ j

p คือ จำนวนรวมทั้งหมดของรูปแบบชิ้นส่วนที่แตกต่างกันที่ทำในจำนวนรวม

ทั้งหมดของรูปแบบชิ้นส่วนที่แตกต่างกันที่ทำในช่วงเวลาของระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นที่สนใจ

2. สถานีการทำงานและการให้บริการ (Workstation and Servers)

มีความเป็นไปได้ที่จะมีเครื่องจักร 2 เครื่อง หรือมากกว่าที่มีความสามารถในการดำเนินงานแบบเดียวกัน

เมื่อ s_i คือ จำนวนการให้บริการที่สถานีการทำงาน i เมื่อ $i = 1, 2, \dots, n$

3. การกำหนดเส้นทางของกระบวนการ (Process routing)

การกำหนดเส้นทางของกระบวนการกำหนดลำดับของการดำเนินงานสถานีการทำงานที่จะดำเนินงานและเวลาของการดำเนินงานที่เชื่อมโยงกัน

เมื่อ t_{ijk} คือ เวลาดำเนินงานที่เป็นเวลาทั้งหมดที่เป็นหน่วยของการผลิตของการให้บริการในสถานีการทำงานที่ยังดำเนินงานอยู่

i คือ สถานี

j คือ ชิ้นงานหรือผลิตภัณฑ์

k คือ การต่อเนื่องกันของการดำเนินการ

4. ระบบขนถ่ายการทำงาน (Work handling system)

ระบบขนถ่ายการทำงานกำหนดให้ $n + 1$ และ S_{n+1} คือ จำนวนของผู้ให้บริการในการจัดการระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น

5. เวลาการเคลื่อนย้าย (Transport time)

เมื่อ t_{n+1} คือ เวลาการขนส่งที่ต้องเคลื่อนย้ายส่วนหนึ่งจากสถานีการทำงานหนึ่งไปยังสถานีการทำงานต่อไปในการกำหนดเส้นทางกระบวนการ

6. ความถี่ในการดำเนินงาน (Operation frequency)

เป็นการกำหนดให้เป็นจำนวนที่คาดการณ์เวลาดำเนินงานที่กำหนดในเส้นทางของกระบวนการที่จะดำเนินการสำหรับแต่ละหน่วยงาน เช่น การตรวจสอบจะดำเนินการทุกๆ 4 หน่วย โดยความถี่สำหรับการดำเนินงาน คือ 0.25

เมื่อ f_{ijk} คือ ความถี่ในการดำเนินงานสำหรับการดำเนินงานของ k ในแผนกระบวนการ j ที่สถานี i

พารามิเตอร์ระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น (Flexible Manufacturing Systems Operational Parameters)

ภาระการทำงานเฉลี่ยสำหรับสถานีที่กำหนดจะถูกกำหนดเป็นเวลารวมเฉลี่ยของการใช้เวลาที่สถานีต่อชิ้นงานจะถูกคำนวณเป็น

$$WL_i = \sum_j \sum_k t_{ijk} f_{ijk} p_j \quad (2.2)$$

เมื่อ WL_i คือ ภาระงานเฉลี่ยสำหรับสถานี i (นาทีก)

t_{ijk} คือ เวลาการดำเนินงาน k ในกระบวนการ j ที่สถานี i (นาทีก)

f_{ijk} คือ ความถี่การดำเนินงาน k ในผลิตภัณฑ์ j ที่สถานี i

P_j คือ อัตราส่วนผลิตภัณฑ์แบบผสมสำหรับผลิตภัณฑ์ j

ค่าเฉลี่ยของจำนวนการเคลื่อนย้ายจะเท่ากับจำนวนค่าเฉลี่ยของการดำเนินงานในขั้นตอนการกำหนดเส้นทางลดลง 1

$$n_t = \sum_i \sum_j \sum_k f_{ijk} p_j - 1 \quad (2.3)$$

เมื่อ n_t คือ จำนวนของการเคลื่อนย้าย

การคำนวณภาระการทำงานของระบบการจัดการ

$$WL_{n+1} = n_t t_{n+1} \quad (2.4)$$

เมื่อ WL_{n+1} คือ ภาระงานของระบบการจัดการ (นาทีก)

n_t คือ จำนวนของการเคลื่อนย้าย

t_{n+1} คือ เวลาการเคลื่อนย้าย (นาทีก)

การวัดประสิทธิภาพของระบบ (System Performance Measures)

สมมติฐาน:

1. ระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นเป็นการผลิตในอัตราที่เป็นไปได้สูงสุด
2. อัตราถูกจำกัดโดยสถานีคอขวดในระบบ (ภาระงานสูงสุดต่อผู้ให้บริการ)

ภาระงานต่อผู้ให้บริการคือ WL_i/s_i (2.5)

คอขวดเป็นการระบุโดยการหาค่าสูงสุดของอัตราส่วนระหว่างสถานีทั้งหมด

กำหนดให้ WL^*, s^* และ t^* คือภาระงานที่เหมือนกัน จำนวนของผู้ให้บริการและเวลาการ

ดำเนินงานสำหรับสถานีที่เป็นคอกขวิด

อัตราการผลิตแบบยืดหยุ่นสูงสุดของผลิตภัณฑ์ทั้งหมดคือ

$$R_p^* = \frac{s^*}{WL^*} \quad (2.6)$$

สมการข้างต้นเป็นผลถ้าการผสมของผลิตภัณฑ์เป็นค่าคงที่

อัตราการผลิตผลิตภัณฑ์ที่สามารถหาได้โดยการเพิ่มจำนวน R_p^* โดยอัตราส่วนการผสมส่วนที่เกี่ยวข้องคำนวณได้เป็น

$$R_{pj}^* = p_j(R_p^*) = p_j \frac{s^*}{WL^*} \quad (2.7)$$

เมื่อ R_{pj}^* คือ อัตราการผลิตสูงสุดของรูปแบบผลิตภัณฑ์ j (ชุด/นาที่)

p_j คือ อัตราส่วนของการผสมผลิตภัณฑ์สำหรับรูปแบบผลิตภัณฑ์ j

การใช้ประโยชน์เฉลี่ยของแต่ละสถานีการทำงานเป็นสัดส่วนของเวลาผู้ให้บริการที่สถานีที่มีการทำงานและไม่มีการทำงานคำนวณได้เป็น

$$U_i = \frac{WL_i}{s_i} (R_p^*) = \frac{WL_i}{s_i} \frac{s^*}{WL^*} \quad (2.8)$$

เมื่อ U_i คือ การใช้ประโยชน์ของสถานี i

WL_i คือ ภาระงานของของสถานี i (นาที่/ชุด)

s_i คือ จำนวนของผู้ให้บริการที่สถานี i

R_p^* คือ อัตราส่วนการผลิตทั้งหมด (ชุด/นาที่)

การใช้ประโยชน์ของสถานีที่เป็นคอกขวิดเป็น 100% ที่ R_p^*

การใช้สถานีเฉลี่ยรวมทั้งระบบการเคลื่อนย้ายคำนวณได้เป็น

$$\bar{U} = \frac{\sum_{i=1}^{n+1} U_i}{n+1} \quad (2.9)$$

เมื่อ \bar{U} คือ ค่าเฉลี่ยที่ไม่ได้นำมาพิจารณาของการใช้ประโยชน์ของสถานีการทำงาน

การวัดที่มีประสิทธิภาพคือการใช้ระบบการผลิตโดยรวมซึ่งจะขึ้นอยู่กับจำนวนของผู้ให้บริการในแต่ละสถานีคำนวณได้เป็น

$$\bar{U}_s = \frac{\sum_{i=1}^n s_i U_i}{\sum_{i=1}^n s_i} \quad (2.10)$$

เมื่อ \bar{U}_s คือ การใช้ประโยชน์การผลิตแบบยืดหยุ่นโดยรวม
จำนวนของผู้ให้บริการในแต่ละสถานีคำนวณได้เป็น

$$BS_i = WL_i(R_p^*) = WL_i \frac{s^*}{WL^*} \quad (2.11)$$

เมื่อ BS_i คือ จำนวนของผู้ให้บริการเฉลี่ยที่สถานี i

WL_i คือ ภาระงานที่สถานี i

ตัวอย่างการคำนวณของรูปแบบคอขวด [8] (ดัดแปลงมาจาก Problem 16.1 Bottleneck Model)

เซลล์ผลิตที่ยืดหยุ่นประกอบด้วย 2 สถานีการทำงานเพิ่มสถานีขนถ่าย/ไม่ขนถ่าย สถานีขนถ่าย/ไม่ขนถ่ายเป็นสถานีที่ 1 สถานีที่ 2 ดำเนินการกัดและประกอบของหนึ่งผู้ให้บริการ (เครื่องกัด CNC 1 เครื่อง) สถานีที่ 3 มีหนึ่งการให้บริการดำเนินการเจาะ (เครื่องเจาะ CNC 1 เครื่อง) ทั้ง 3 สถานีติดต่อเชื่อมโยงกันด้วยระบบการสัมผัสชิ้นงาน เวลาการขนถ่ายเฉลี่ย 2.5 นาที เซลล์ผลิตที่ยืดหยุ่นผลิต 3 ชิ้นงาน A, B และ C โดยอัตราส่วนผสมและกระบวนการผลิตสำหรับทั้ง 3 ชิ้นงานได้แสดงในตารางด้านล่าง ความถี่ในการดำเนินงาน $f_{jk} = 1.0$ สำหรับการดำเนินงานทั้งหมด คำนวณหา

- ก. อัตราการผลิตสูงสุดของเซลล์ผลิตที่ยืดหยุ่น
- ข. อัตราการผลิตของแต่ละผลิตภัณฑ์
- ค. ประโยชน์ของแต่ละเครื่องจักรในระบบ
- ง. จำนวนของผู้ให้บริการของแต่ละสถานี

Part j	Part mix p_j	Operation k	Description	Station i	Process time
					t_{jk} (min)
A	0.2	1	Load	1	3
		2	Mill	2	20
		3	Drill	3	12
		4	Unload	1	2
B	0.3	1	Load	1	3
		2	Mill	2	15
		3	Drill	3	30
		4	Unload	1	2
C	0.5	1	Load	1	3
		2	Drill	3	14
		3	Mill	2	22
		4	Unload	1	2

วิธีทำ (ก.)

อัตราส่วนของสถานีคือ WL_i / s_i

Station	WL_i / s_i
1 (load/unload)	$5.0/1 = 5.0$ min.
2 (mill)	$19.5/1 = 19.5$ min ← คอขวด
3 (drill)	$18.4/1 = 18.4$ min.
4 (material handling)	$7.5/1 = 7.5$ min.

คอขวดคือสถานีที่ 2 มีอัตราส่วนสูงสุด $(R_p^*) = 1/19.5 \cdot 0.05128$ ชิ้น/นาที = 3.077 ชิ้น/ชั่วโมง

(ข.)

$$R_{pA} = 0.01026 \text{ ชิ้น/นาที} = 0.6154 \text{ ชิ้น/ชั่วโมง}$$

$$R_{pB} = 0.01538 \text{ ชิ้น/นาที} = 0.9231 \text{ ชิ้น/ชั่วโมง}$$

$$R_{pC} = 0.02564 \text{ ชิ้น/นาที} = 1.5385 \text{ ชิ้น/ชั่วโมง}$$

(ค.)

$$U_1 = 25.6\% \quad U_2 = 100\%$$

$$U_3 = 94.4\% \quad U_4 = 38.5\%$$

(ง.)

$$BS_1 = 0.256 \text{ servers} \quad BS_2 = 1.0 \text{ servers}$$

$$BS_3 = 0.944 \text{ servers} \quad BS_4 = 0.385 \text{ servers}$$

2.7 คู่มือสำหรับผู้ประกอบการผลิตเครื่องมือแพทย์ เพื่อเตรียมตัวเข้าสู่การรับรองระบบคุณภาพตามหลักเกณฑ์และวิธีการที่ดีในการผลิตเครื่องมือแพทย์ [4]

ในปี พ.ศ. 2556 ได้ปรับปรุงคู่มือสำหรับผู้ประกอบการผลิตเครื่องมือแพทย์ เพื่อเตรียมตัวเข้าสู่การรับรองระบบคุณภาพตามหลักเกณฑ์และวิธีการที่ดีในการผลิตเครื่องมือแพทย์ เพื่อความทัดเทียมมาตรฐานสากล โดยแบ่งข้อกำหนดออกเป็น 5 หมวด ดังนี้

“หมวดที่ 1 ระบบบริหารงานคุณภาพ

ข้อ 2 ข้อกำหนดทั่วไป (Quality Management System)

ข้อ 3 ข้อกำหนดด้านเอกสาร (General Requirements)

หมวดที่ 2 ความรับผิดชอบของฝ่ายบริหาร (Management responsibility)

ข้อ 4 นโยบายคุณภาพ (Quality Policy)

ข้อ 5 วัตถุประสงค์ด้านคุณภาพ (Quality Objectives)

ข้อ 6 อำนาจหน้าที่และความรับผิดชอบ (Authority and Responsibility)

ข้อ 7 ตัวแทนฝ่ายบริหาร (Management Representative)

หมวดที่ 3 การจัดการทรัพยากร (Resource Management)

ข้อ 8 ทรัพยากรบุคคล (Human Resources)

ข้อ 9 โครงสร้างพื้นฐาน (Human Resources)

ข้อ 10 สภาพแวดล้อมในการทำงาน (Work Environment)

หมวดที่ 4 การผลิต (Manufacturing)

ข้อ 11 การวางแผน (Planning)

ข้อ 12 ข้อกำหนดเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ (Requirement Related to the Product)

ข้อ 13 การออกแบบและพัฒนา (Design and Development) (ถ้ามี)

ข้อ 14 การจัดซื้อ (Purchasing)

ข้อ 15 การดำเนินการผลิตและการบริการ (Production and Service) - ข้อกำหนดทั่วไป

ข้อ 16 การดำเนินการผลิตและการบริการ (Production and Service) - ข้อกำหนดเฉพาะ

ข้อ 17 การตรวจสอบความถูกต้องของกระบวนการผลิตและการบริการ

ข้อ 18 การซึ่บและการสอบกลับได้

ข้อ 19 ทรัพย์สินของลูกค้า

ข้อ 20 การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์

ข้อ 21 การควบคุมเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจสอบและทดสอบ (Control of Inspection and Testing Devices)

หมวดที่ 5 การตรวจสอบ การทดสอบ และการแก้ไข (Inspection and Corrective Action)

ข้อ 22 การตรวจสอบและทดสอบผลิตภัณฑ์ (Inspection and Testing of Product)

ข้อ 23 การตรวจติดตามภายใน (Internal Audit)

ข้อ 24 การควบคุมผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด (Control of Nonconforming product)

ข้อ 25 การปฏิบัติการแก้ไข (Corrective Action)”

2.8 พระราชบัญญัติ เครื่องมือแพทย์ พ.ศ. 2551 [9]

“มาตรา 4 ในพระราชบัญญัตินี้ “เครื่องมือแพทย์” หมายความว่า

1 เครื่องมือ เครื่องใช้ เครื่องกล วัตถุที่ใช้ใส่เข้าไปในร่างกายมนุษย์หรือสัตว์ น้ำยาที่ใช้ตรวจในห้องปฏิบัติการ ผลิตภัณฑ์ ซอฟต์แวร์หรือวัตถุอื่นใด ที่ผู้ผลิตมุ่งหมายเฉพาะสำหรับใช้อย่างหนึ่งอย่างใดดังต่อไปนี้ ไม่ว่าจะใช้โดยลำพัง ใช้ร่วมกันหรือใช้ ประกอบกับสิ่งอื่นใด

ก ประกอบโรคศิลปะ ประกอบวิชาชีพเวชกรรม ประกอบวิชาชีพการพยาบาลและการผดุงครรภ์ ประกอบวิชาชีพทันตกรรม ประกอบวิชาชีพเทคนิคการแพทย์ ประกอบวิชาชีพกายภาพบำบัด และประกอบวิชาชีพการสัตวแพทย์ตามกฎหมาย ว่าด้วยการนั้นหรือประกอบวิชาชีพทางการแพทย์และสาธารณสุขอื่นตามที่รัฐมนตรีประกาศกำหนด

ข วินิจฉัย ป้องกัน ติดตาม บำบัด บรรเทา หรือรักษา โรคของมนุษย์หรือสัตว์

- ค วินิจฉัย ติดตาม บำบัด บรรเทา หรือรักษา การบาดเจ็บของมนุษย์หรือสัตว์
- ง ตรวจสอบ ทดแทน แก้ไข ดัดแปลง พยุง ค้ำ หรือจุนด้านกายวิภาคหรือกระบวนการทางสรีระของร่างกายมนุษย์หรือสัตว์
- จ ประคับประคองหรือช่วยชีวิตมนุษย์หรือสัตว์
- ฉ คุมกำเนิด หรือช่วยการเจริญพันธุ์ของมนุษย์หรือสัตว์
- ช ช่วยเหลือหรือช่วยชดเชยความทุพพลภาพหรือพิการของมนุษย์หรือสัตว์
- ซ ให้ข้อมูลจากการตรวจสิ่งส่งตรวจจากร่างกายมนุษย์หรือสัตว์ เพื่อวัตถุประสงค์ทางการแพทย์หรือการวินิจฉัย
- ณ ทำลายหรือฆ่าเชื้อสำหรับเครื่องมือแพทย์
- 2 อุปกรณ์ หรือส่วนประกอบของเครื่องมือ เครื่องใช้ เครื่องกล ผลิตภัณฑ์ หรือวัตถุตาม (1)
- 3 เครื่องมือ เครื่องใช้ เครื่องกล ผลิตภัณฑ์ หรือวัตถุอื่นที่รัฐมนตรีประกาศกำหนดว่าเป็นเครื่องมือแพทย์”

2.9 ประเภทเครื่องมือแพทย์ที่ไม่ใช่สำหรับการวินิจฉัยภายนอกร่างกายตามความเสี่ยง

“สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา พ.ศ.2558 [10] ได้ประกาศเรื่องการจัดประเภทเครื่องมือแพทย์ที่ไม่ใช่เครื่องมือแพทย์สำหรับการวินิจฉัยภายนอกร่างกายตามความเสี่ยง เพื่อให้การควบคุมและกำกับดูแลเครื่องมือแพทย์เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและสอดคล้องกับการควบคุมเครื่องมือแพทย์ในระดับภูมิภาคอาเซียนและสากล จึงเห็นสมควรจำแนกเครื่องมือแพทย์ที่ไม่ใช่เครื่องมือแพทย์สำหรับการวินิจฉัยภายนอกร่างกายตามความเสี่ยง เพื่อให้การใช้เครื่องมือแพทย์เป็นไปอย่างปลอดภัยและการคุ้มครองผู้บริโภคเป็นไปอย่างเหมาะสม เลขาธิการคณะกรรมการอาหารและยาจึงออกประกาศให้จัดประเภทเครื่องมือแพทย์ที่ไม่ใช่เครื่องมือแพทย์สำหรับการวินิจฉัยภายนอกร่างกายตามความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้น จากต่ำไปสูง ดังต่อไปนี้

- 1 เครื่องมือแพทย์ประเภทที่ 1 หมายความว่า เครื่องมือแพทย์ที่มีความเสี่ยงต่ำ
- 2 เครื่องมือแพทย์ประเภทที่ 2 หมายความว่า เครื่องมือแพทย์ที่มีความเสี่ยงปานกลางระดับต่ำ
- 3 เครื่องมือแพทย์ประเภทที่ 3 หมายความว่า เครื่องมือแพทย์ที่มีความเสี่ยงปานกลาง

ระดับสูง

4 เครื่องมือแพทย์ประเภทที่ 4 หมายความว่า เครื่องมือแพทย์ที่มีความเสี่ยงสูง

การจัดประเภทเครื่องมือแพทย์ที่ไม่ใช่เครื่องมือแพทย์สำหรับการวินิจฉัยภายนอกร่างกาย ตามความเสี่ยงสามารถแบ่งหลักเกณฑ์ได้ดังนี้

เครื่องมือแพทย์ที่ไม่ได้รุกรานเข้าไปในร่างกาย (Non-Invasive Medical Devices)

หลักเกณฑ์ที่ 1 เครื่องมือแพทย์ทั้งหมดที่ไม่ได้รุกรานเข้าไปในร่างกาย ซึ่งสัมผัสกับผิวหนังที่มีบาดแผล

จัดเป็นเครื่องมือแพทย์ประเภทที่ 1 หากมุ่งหมายเพื่อใช้ปิดบาดแผล (Mechanical Barrier) โดยกีดกันหรือดูดซับของเหลวที่ไหลซึมออกจากบาดแผลเท่านั้น ตัวอย่างเช่น เครื่องมือแพทย์ที่ใช้ในการรักษาบาดแผลแบบปฐมภูมิ (Primary Intent)

จัดเป็นเครื่องมือแพทย์ประเภทที่ 2 หากมุ่งหมายเพื่อใช้กับบาดแผลที่มีการฉีกขาดถึงชั้นหนังแท้รวมถึงเครื่องมือแพทย์ที่มุ่งหมายสำหรับการจัดการสภาพแวดล้อมจุลภาค (Microenvironment) ของบาดแผล

จัดเป็นเครื่องมือแพทย์ประเภทที่ 3 หากมุ่งหมายเพื่อใช้กับบาดแผลที่มีการฉีกขาดถึงชั้นหนังแท้และสามารถรักษาบาดแผลแบบทุติยภูมิ (Secondary Intent) เท่านั้น

หลักเกณฑ์ที่ 2 เครื่องมือแพทย์ทั้งหมดที่ไม่ได้รุกรานเข้าไปในร่างกาย ซึ่งใช้สำหรับเป็นทางผ่านหรือเก็บ

ของเหลวของร่างกาย หรือเนื้อเยื่อของร่างกาย

ของเหลวอื่น หรือ

แก๊ส

จัดเป็นเครื่องมือแพทย์ประเภทที่ 1 หากมุ่งหมายสำหรับให้สารละลายทางหลอดเลือด (Infusion) หรือการบริหาร (Administration) หรือการนำสาร (Introduction) เข้าสู่ร่างกาย

จัดเป็นเครื่องมือแพทย์ประเภทที่ 2 หากเชื่อมต่ออยู่กับเครื่องมือแพทย์ที่มีกำลังประเภทที่ 2 หรือประเภทที่สูงกว่า

จัดเป็นเครื่องมือแพทย์ประเภทที่ 2 หากเครื่องมือแพทย์นั้นมุ่งหมายสำหรับใช้ในการ

เป็นทางผ่านของเลือด หรือ

เก็บหรือเป็นทางผ่านของของเหลวอื่นในร่างกาย หรือ

เก็บอวัยวะ บางส่วนของอวัยวะ หรือเนื้อเยื่อของร่างกาย

จัดเป็นเครื่องมือแพทย์ประเภทที่ 3 หากเป็นถุงบรรจุโลหิต

หลักเกณฑ์ที่ ๓ เครื่องมือแพทย์ทั้งหมดที่ไม่ได้รูก้ำเข้าไปในร่างกายซึ่งมุ่งหมายสำหรับใช้ปรับปรุงองค์ประกอบทางชีวภาพ หรือทางเคมีของ

เลือด หรือ

ของเหลวอื่นในร่างกาย หรือ

ของเหลวอื่น

จัดเป็นเครื่องมือแพทย์ประเภทที่ 3 หากมุ่งหมายสำหรับให้สารละลายทางหลอดเลือดเข้าสู่ร่างกาย (Infusion)

จัดเป็นเครื่องมือแพทย์ประเภทที่ 2 หากการรักษาประกอบด้วยการกรองการปั่นเหวี่ยง (Centrifuging) หรือการแลกเปลี่ยนแก๊สหรือความร้อน

หลักเกณฑ์ที่ 4 เครื่องมือแพทย์อื่นทั้งหมดที่ไม่ได้รูก้ำเข้าไปในร่างกายนอกเหนือจากหลักเกณฑ์ที่ 1-3 จัดเป็นเครื่องมือแพทย์ประเภทที่ 1

เครื่องมือแพทย์ที่รูก้ำเข้าไปในร่างกาย (Invasive Medical Devices)

หลักเกณฑ์ที่ 5 เครื่องมือแพทย์ทั้งหมดที่รูก้ำเข้าไปในร่างกายผ่านช่องเปิดของร่างกาย (โดยไม่รวมการรูก้ำเข้าไปในร่างกายด้วยวิธีทางศัลยกรรม)

ไม่ได้มุ่งหมายเพื่อเชื่อมต่อเข้ากับเครื่องมือแพทย์ที่มีกำลัง หรือ

มุ่งหมายเพื่อเชื่อมต่อกับเครื่องมือแพทย์ประเภทที่ 1 เท่านั้น

จัดเป็นเครื่องมือแพทย์ประเภทที่ 1 หากมุ่งหมายให้ใช้งานชั่วคราว

จัดเป็นเครื่องมือแพทย์ประเภทที่ 2 หากมุ่งหมายให้ใช้กับผิวหนังนอกของลูกนัยน์ตา หรือมีแนวโน้มต่อการถูกดูดซึมโดยเยื่อบุผิวที่มีลักษณะเป็นเมือก

จัดเป็นเครื่องมือแพทย์ประเภทที่ 2 หากมุ่งหมายให้ใช้งานระยะสั้น

จัดเป็นเครื่องมือแพทย์ประเภทที่ 1 หากมุ่งหมายให้ใช้งานระยะสั้นในช่องปากจนถึงช่องคอ ช่องหูจนถึงแก้วหูหรือช่องจมูก

จัดเป็นเครื่องมือแพทย์ประเภทที่ 3 หากมุ่งหมายให้ใช้งานระยะยาว

จัดเป็นเครื่องมือแพทย์ประเภทที่ 2 หากมุ่งหมายให้ใช้งานระยะยาวในช่องปากจนถึงช่องคอ ในช่องหูจนถึงแก้วหูหรือช่องจมูก และไม่มีแนวโน้มต่อการถูกดูดซึมโดยเยื่อผิวที่มีลักษณะเป็นเมือก

เครื่องมือแพทย์ทั้งหมดที่รูก้าเข้าไปในร่างกายผ่านช่องเปิดของร่างกาย (โดยไม่รวมการรูก้าเข้าไปในร่างกายด้วยวิธีทางศัลยกรรม) ที่มุ่งหมายเพื่อเชื่อมต่อกับเครื่องมือแพทย์ที่มีกำลังประเภทที่ 2 หรือประเภทที่สูงกว่าจัดเป็นเครื่องมือแพทย์ประเภทที่ 2

หลักเกณฑ์ที่ 6 เครื่องมือแพทย์รูก้าเข้าไปในร่างกายด้วยวิธีทางศัลยกรรมทั้งหมดที่มุ่งหมายสำหรับใช้งานชั่วคราวจัดเป็นเครื่องมือแพทย์ประเภทที่ 2

หากเป็นเครื่องมือแพทย์ทางศัลยกรรมที่นำกลับมาใช้ใหม่จัดเป็นเครื่องมือแพทย์ประเภทที่ 1

หากมุ่งหมายให้จ่ายพลังงานในรูปแบบของการแผ่รังสีที่ก่อให้เกิดการแตกตัวของไอออน จัดเป็นเครื่องมือแพทย์ประเภทที่ 3 หรือ

หากมุ่งหมายให้ผลทางชีวภาพ หรือถูกดูดซึมทั้งหมดหรือส่วนใหญ่จัดเป็นเครื่องมือแพทย์ประเภทที่ 3

หากมุ่งหมายเพื่อบริหารยาโดยเป็นระบบนำส่ง (Delivery System) และดำเนินการในลักษณะที่จะก่อให้เกิดอันตรายโดยพิจารณาจากรูปแบบการใช้งาน จัดเป็นเครื่องมือแพทย์ประเภทที่ 3 หรือ

หากมุ่งหมายให้สัมผัสโดยตรงกับระบบประสาทส่วนกลาง จัดเป็นเครื่องมือแพทย์ประเภทที่ 4 หรือ

หากมุ่งหมายเพื่อวินิจฉัยโรค ติดตาม หรือแก้ไขความบกพร่องของหัวใจ หรือระบบไหลเวียนโลหิตส่วนกลางผ่านการสัมผัสโดยตรงกับส่วนดังกล่าวของร่างกาย จัดเป็นเครื่องมือแพทย์ประเภทที่ 4

หลักเกณฑ์ที่ 7 เครื่องมือแพทย์รูก้ำเข้าไปในร่างกายด้วยวิธีทางศัลยกรรมทั้งหมดที่มุ่งหมายสำหรับใช้งานระยะสั้น จัดเป็นเครื่องมือแพทย์ประเภทที่ ๒

หากมุ่งหมายเพื่อบริหารยา จัดเป็นเครื่องมือแพทย์ประเภทที่ 3

หากมุ่งหมายเพื่อทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีในร่างกาย (ยกเว้นเครื่องมือแพทย์ที่ใส่ในฟัน) จัดเป็นเครื่องมือแพทย์ประเภทที่ 3

หากมุ่งหมายเพื่อจ่ายพลังงานในรูปแบบของการแผ่รังสีที่ก่อให้เกิดการแตกตัวของไอออน จัดเป็นเครื่องมือแพทย์ประเภทที่ 3

หากมุ่งหมายเพื่อให้ผลทางชีวภาพ หรือถูกดูดซึมทั้งหมดหรือส่วนใหญ่จัดเป็นเครื่องมือแพทย์ประเภทที่ 4

หากมุ่งหมายเพื่อสัมผัสโดยตรงกับระบบประสาทส่วนกลาง จัดเป็นเครื่องมือแพทย์ประเภทที่ 4 หรือ

หากมุ่งหมายเพื่อวินิจฉัยโรค ติดตาม หรือแก้ไขความบกพร่องของหัวใจ หรือของระบบไหลเวียนโลหิตส่วนกลางผ่านทางสัมผัสโดยตรงกับส่วนเหล่านี้ของร่างกาย จัดเป็นเครื่องมือแพทย์ประเภทที่ 4

หลักเกณฑ์ที่ 8 เครื่องมือแพทย์ที่ฝังในร่างกายทั้งหมด และรูก้ำเข้าไปในร่างกายด้วยวิธีทางศัลยกรรมที่มุ่งหมายสำหรับใช้งานระยะยาว จัดเป็นเครื่องมือแพทย์ประเภทที่ 3

หากมุ่งหมายเพื่อใส่ในฟัน จัดเป็นเครื่องมือแพทย์ประเภทที่ 2 หรือ

หากมุ่งหมายเพื่อสัมผัสโดยตรงกับหัวใจ ระบบไหลเวียนโลหิตส่วนกลาง หรือระบบประสาทส่วนกลาง จัดเป็นเครื่องมือแพทย์ประเภทที่ 4 หรือ

หากมุ่งหมายเพื่อประคับประคองหรือช่วยชีวิต จัดเป็นเครื่องมือแพทย์ประเภทที่ 4 หรือ

หากมุ่งหมายเพื่อเป็นเครื่องมือแพทย์ที่ฝังในร่างกายที่มีกำลัง จัดเป็นเครื่องมือแพทย์ประเภทที่ 4 หรือ

หากมุ่งหมายเพื่อให้ผลทางชีวภาพ หรือถูกดูดซึมทั้งหมดหรือส่วนใหญ่จัดเป็นเครื่องมือแพทย์ประเภทที่ 4 หรือ

หากมุ่งหมายเพื่อบริหารยา จัดเป็นเครื่องมือแพทย์ประเภทที่ 4 หรือ

หากมุ่งหมายเพื่อทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีในร่างกาย (ยกเว้น เครื่องมือแพทย์ที่ใส่ในฟัน) จัดเป็นเครื่องมือแพทย์ประเภทที่ 4 หรือ

หากเป็นเต้านมเทียมที่ฝังในร่างกาย จัดเป็นเครื่องมือแพทย์ประเภทที่ 4
เครื่องมือแพทย์ที่มีกำลัง (Active Medical Devices)

หลักเกณฑ์ที่ 9 (1) เครื่องมือแพทย์ที่มีกำลังที่ใช้ในการรักษาทั้งหมดที่มุ่งหมายเพื่อบริหารหรือแลกเปลี่ยนพลังงาน จัดเป็นเครื่องมือแพทย์ประเภทที่ 2

หากมุ่งหมายเพื่อบริหารหรือแลกเปลี่ยนพลังงานเข้าสู่หรือรับออกจากร่างกายซึ่งมีแนวโน้มว่าจะเกิดอันตรายรวมถึงการแผ่รังสีที่ก่อให้เกิดการแตกตัวของไอออน เมื่อพิจารณาจากธรรมชาติ ความหนาแน่น และตำแหน่งที่บริหารหรือแลกเปลี่ยนพลังงาน จัดเป็นเครื่องมือแพทย์ประเภทที่ 3

หลักเกณฑ์ที่ 9 (2) เครื่องมือแพทย์ที่มีกำลังทั้งหมดที่มุ่งหมายเพื่อควบคุมหรือติดตามสมรรถนะของเครื่องมือแพทย์ที่มีกำลังที่ใช้ในการรักษาประเภทที่ 3 หรือมุ่งหมายเพื่อทำให้เกิดผลโดยตรงต่อสมรรถนะของเครื่องมือแพทย์นั้น จัดเป็นเครื่องมือแพทย์ประเภทที่ 3

หลักเกณฑ์ที่ 10 (1) เครื่องมือแพทย์ที่มีกำลังที่มุ่งหมายสำหรับการวินิจฉัย จัดเป็นเครื่องมือแพทย์ประเภทที่ 2

หากมุ่งหมายเพื่อจ่ายพลังงานที่ถูกดูดกลืนโดยร่างกายมนุษย์ (ยกเว้นเครื่องมือแพทย์ที่ใช้เพื่อให้แสงกับร่างกายผู้ป่วยอย่างเดียว ซึ่งแสงอยู่ในช่วงสเปกตรัมที่มองเห็นหรือใกล้อินฟราเรด จัดเป็นเครื่องมือแพทย์ประเภทที่ 1) หรือ

หากมุ่งหมายเพื่อทำให้เกิดเป็นภาพการกระจายของสารเภสัชรังสีในร่างกาย (Radiopharmaceuticals) หรือ

หากมุ่งหมายเพื่อวินิจฉัยหรือติดตามกระบวนการทางสรีรวิทยาที่สำคัญต่อชีวิตโดยตรง (Vital Physiological Processes)

หากมุ่งหมายเฉพาะเพื่อ

ติดตามปัจจัยทางสรีรวิทยาที่สำคัญต่อชีวิต (Vital Physiological Parameters) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว ทำให้เกิดผลที่เป็นอันตรายเฉียบพลันต่อผู้ป่วย ตัวอย่างเช่น การเปลี่ยนแปลงสมรรถนะของหัวใจ การหายใจ การทำงานของระบบประสาทส่วนกลาง หรือ

วินิจฉัยทางคลินิกเพื่อแสดงว่าผู้ป่วยอยู่ในสภาวะอันตรายเฉียบพลัน จัดเป็นเครื่องมือแพทย์ประเภทที่ 3

หลักเกณฑ์ที่ 10 (2) เครื่องมือแพทย์ที่มีกำลังที่มุ่งหมายเพื่อปล่อยรังสีที่ก่อให้เกิดการแตกตัวของไอออน (Ionizing Radiation) และมุ่งหมายเพื่อเป็นรังสีวินิจฉัยหรือรังสีรักษา (Interventional Radiology) รวมถึงเครื่องมือแพทย์ที่ควบคุมหรือติดตามเครื่องมือแพทย์ดังกล่าว หรือเครื่องมือแพทย์ที่มีผลโดยตรงต่อสมรรถนะของเครื่องมือแพทย์นั้น จัดเป็นเครื่องมือแพทย์ประเภทที่ 3

หลักเกณฑ์ที่ 11 เครื่องมือแพทย์ที่มีกำลังทั้งหมดที่มุ่งหมายเพื่อบริหารและ/หรือขจัดยา ของเหลวในร่างกาย หรือสารอื่น เข้าหรือออกจากร่างกาย จัดเป็นเครื่องมือแพทย์ประเภทที่ 2

เครื่องมือแพทย์ตามวรรคข้างต้นหากมีแนวโน้มก่อให้เกิดอันตราย จัดเป็นเครื่องมือแพทย์ประเภทที่ 3 โดยพิจารณาจากธรรมชาติของสาร ส่วนของร่างกายที่เกี่ยวข้อง รูปแบบและช่องทางของการบริหารหรือขจัดออก

หลักเกณฑ์ที่ 12 เครื่องมือแพทย์ที่มีกำลังที่ไม่เข้าข่ายหลักเกณฑ์ดังกล่าวข้างต้น จัดเป็นเครื่องมือแพทย์ประเภทที่ 1

หลักเกณฑ์เพิ่มเติม

หลักเกณฑ์ที่ 13 เครื่องมือแพทย์ที่มียา (ตามกฎหมายว่าด้วยยา) เป็นส่วนประกอบรวมเข้าไปเป็นส่วนหนึ่งของเครื่องมือแพทย์เพื่อช่วยเสริมการทำงานของเครื่องมือแพทย์ต่อร่างกาย จัดเป็นเครื่องมือแพทย์ประเภทที่ 4

หลักเกณฑ์ที่ 14 เครื่องมือแพทย์ทั้งหมดที่ผลิตหรือมีสิ่งเหล่านี้ประกอบอยู่จัดเป็นเครื่องมือแพทย์ประเภทที่ 4

เซลล์เนื้อเยื่อ และ/หรือ อนุพันธ์ที่มาจากสัตว์ซึ่งไม่สามารถเจริญเติบโตได้หรือ

เซลล์เนื้อเยื่อ และ/หรือ อนุพันธ์ของจุลินทรีย์หรือจากการรวมโครงสร้างของยีนชั้นใหม่

หากเครื่องมือแพทย์นั้นผลิตหรือมีส่วนของเนื้อเยื่อหรืออนุพันธ์ของสัตว์ที่ไม่มีชีวิต (Non-Viable Animal Tissues) รวมเข้าไว้ด้วย และสัมผัสกับผิวหนังปกติ (intact skin) เท่านั้น จัดเป็นเครื่องมือแพทย์ประเภทที่ 1

หลักเกณฑ์ที่ 15 เครื่องมือแพทย์ทั้งหมดที่มุ่งหมายเฉพาะเพื่อใช้สำหรับทำให้เครื่องมือแพทย์ปราศจากเชื้อ หรือฆ่าเชื้อเมื่อสิ้นสุดขั้นตอน จัดเป็นเครื่องมือแพทย์ประเภทที่ 3

หากมุ่งหมายเพื่อฆ่าเชื้อเครื่องมือแพทย์ก่อนสิ้นสุดกระบวนการปราศจากเชื้อ หรือก่อนการฆ่าเชื้อในระดับที่สูงขึ้นไปจัดเป็นเครื่องมือแพทย์ประเภทที่ 2 หรือ

หากมุ่งหมายเฉพาะเพื่อการฆ่าเชื้อ การทำความสะอาด การชะล้าง หรือการทำให้ชุ่มชื้นสำหรับเลนส์สัมผัส จัดเป็นเครื่องมือแพทย์ประเภทที่ 3

หลักเกณฑ์ที่ 16 เครื่องมือแพทย์ทั้งหมดที่ใช้สำหรับการคุมกำเนิด หรือป้องกันโรคติดต่อจากการมีเพศสัมพันธ์จัดเป็นเครื่องมือแพทย์ประเภทที่ 3

หากเป็นเครื่องมือแพทย์ที่ฝังในร่างกายหรือรูกล้าเข้าไปในร่างกายระยะยาว จัดเป็นเครื่องมือแพทย์ประเภทที่ 4”

2.10 ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง ถุงบรรจุโลหิต พ.ศ. 2559 [11]

“อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 5 วรรคหนึ่ง มาตรา 6 (1) (3) (4) (5) และ (13) มาตรา 44 วรรคสอง และมาตรา 45 วรรคสอง แห่งพระราชบัญญัติเครื่องมือแพทย์ พ.ศ. 2551 รัฐมนตรีว่าการกระทรวงสาธารณสุขโดยคำแนะนำของคณะกรรมการเครื่องมือแพทย์จึงออกประกาศไว้ดังต่อไปนี้

ข้อ 1 ให้ยกเลิกประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง ถุงบรรจุโลหิต พ.ศ. 2556 ลงวันที่ 10 กรกฎาคม พ.ศ. 2556

ข้อ 2 ถุงบรรจุโลหิตมนุษย์ หมายความว่า ภาชนะบรรจุทำจากพลาสติกที่มีวัตถุประสงค์สำหรับใช้บรรจุโลหิตและ/หรือส่วนประกอบของโลหิตมนุษย์ในกระบวนการบริจาคโลหิต ซึ่งภายในถุงเดี่ยวหรือถุงหลักของถุงชุดมีน้ำยาป้องกันการแข็งตัวของโลหิต ส่วนถุงอื่น ๆ ที่มีใช้ถุงหลักของถุงชุดอาจมีน้ำยารักษาสภาพโลหิตหรือส่วนประกอบของโลหิตด้วยก็ได้ โดยมีอุปกรณ์ Needle, Collecting Tube, Port และอาจมีหรือไม่มีอุปกรณ์ประกอบอื่นก็ได้ เช่น Transfer Tube, Associated Container, Filter, Diversion Pouch เป็นต้น ทั้งนี้ มิให้หมายความรวมถึง ถุงบรรจุโลหิตซึ่งเป็นส่วนประกอบหนึ่งในชุดเจาะเก็บโลหิตเฉพาะส่วน (Apheresis Set or System)

ข้อ 3 ให้ถุงบรรจุโลหิตมนุษย์เป็นเครื่องมือแพทย์ที่ผู้ผลิต ผู้นำเข้า หรือผู้ขายต้องได้รับใบอนุญาต

ข้อ 4 ถุงบรรจุโลหิตมนุษย์ต้องมีมาตรฐานและข้อกำหนดเป็นไปตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมภาชนะพลาสติกปราศจากเชื้อสำหรับบรรจุโลหิต และส่วนประกอบของโลหิตมาตรฐานเลขที่ มอก. 1298 - 2555 หรือที่จะประกาศใช้ต่อไป หรือมาตรฐานระหว่างประเทศ เช่น มาตรฐานองค์การระหว่างประเทศว่าด้วยภาชนะพลาสติกสำหรับบรรจุ

โลหิตและส่วนประกอบของโลหิตมนุษย์ (Plastics Collapsible Containers for Human Blood and Blood Components - ISO 3826) หรือมาตรฐานอื่นที่เทียบเท่า ยกเว้นข้อกำหนดในเรื่องเครื่องหมายและฉลาก ให้เป็นไปตามข้อ ๗ ของประกาศฉบับนี้

ข้อ 5 ทุบบรรจุโลหิตมนุษย์ต้องผลิตโดยผู้ผลิตที่ได้รับการรับรองระบบคุณภาพการผลิตสำหรับผลิตภัณฑ์ดังกล่าว ตามมาตรฐานระดับประเทศหรือมาตรฐานระหว่างประเทศ เช่น หลักเกณฑ์และวิธีการที่ดีในการผลิต (GMP) มาตรฐานองค์กรระหว่างประเทศว่าด้วยการมาตรฐานระบบบริหารคุณภาพสำหรับการผลิตเครื่องมือแพทย์ (Medical Devices -- Quality Management Systems -- Requirements for Regulatory Purposes - ISO 13485) เป็นต้น

ข้อ 6 น้ำยาป้องกันการแข็งตัวของโลหิตหรือน้ำยารักษาสภาพโลหิตหรือส่วนประกอบของโลหิตให้มีมาตรฐานเป็นไปตามข้อกำหนดในตำรายาที่รัฐมนตรีประกาศตามกฎหมายว่าด้วยยา หรือกรณีน้ำยาที่ไม่ได้อยู่ในตำรายาที่รัฐมนตรีประกาศ ให้ผู้ผลิตหรือผู้นำเข้าแจ้งข้อกำหนดหรือมาตรฐานพร้อมวิธีทดสอบและแสดงเอกสารหลักฐานยืนยันว่าน้ำยาได้ตามมาตรฐานและข้อกำหนดนั้น”

2.11 เกณฑ์การตัดสินใจเพื่อการลงทุน

เกณฑ์การตัดสินใจเพื่อการลงทุนมี 2 ประเภท [12] ได้แก่

1. เกณฑ์การตัดสินใจเพื่อการลงทุนแบบไม่ปรับค่าของเวลา

เป็นเกณฑ์ที่ไม่นำเวลาเข้ามาเป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดมูลค่าของเงินตรา (Value of Money) อันจะมีผลให้มูลค่าของเงินในอนาคต (Future Value) เท่ากับมูลค่าของเงินในปัจจุบัน (Present Value) โดยใช้เกณฑ์การตัดสินใจดังนี้

1. ระยะคืนทุน (Payback Period) เกณฑ์ระยะคืนทุนเป็นเกณฑ์ที่คำนึงระยะเวลาที่มีผลประโยชน์สุทธิจากการดำเนินงาน เท่ากับค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรกของโครงการ

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\text{ค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรก}}{\text{ผลประโยชน์สุทธิเฉลี่ยต่อปี}} \quad (2.12)$$

- 2 อัตราผลตอบแทนจากการลงทุน (Rate of Return on Investment: ROI) เกณฑ์อัตราผลตอบแทนจากการลงทุนนี้จะวัดค่าของโครงการในรูปอัตราส่วนซึ่งคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของผลประโยชน์สุทธิจากการดำเนินงานต่อการลงทุน

$$ROI = \frac{\text{ผลประโยชน์สุทธิจากการดำเนินการ}}{\text{ค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรก}} \times 100 \quad (2.13)$$

2. เกณฑ์ตัดสินใจเพื่อการลงทุนแบบปรับค่าเวลา

เป็นกระบวนการซึ่งมูลค่าที่คิดเป็นเงินของต้นทุนผลประโยชน์ และผลประโยชน์สุทธิของโครงการที่เกิดขึ้นในระยะเวลาต่าง ๆ กันในอนาคตถูกปรับให้มาอยู่ในเวลาปัจจุบัน ซึ่งเรียกว่ามูลค่าปัจจุบัน

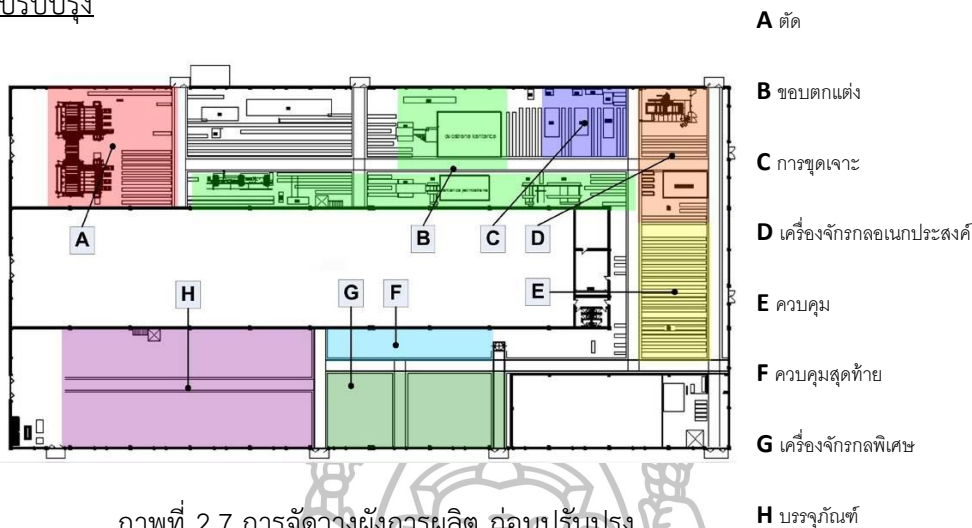
2.12 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Nikola Suzić – Branislav Stevanov – Ilija Ćosić – Zoran Anišić – Nemanja Sremčev (2012) [13]

ใช้กลยุทธ์การปรับแต่งการผลิตในบริษัทผลิตเฟอร์นิเจอร์ จำเป็นที่จะต้องมีการใช้งานที่มีประสิทธิภาพของกลยุทธ์การปรับปรุง แสดงให้เห็นถึงความจำเป็นในการที่จะผลิตสิ่งที่ลูกค้าต้องการในราคาที่ต่ำและทันเวลาที่กำหนด วิธีการหนึ่งในการบรรลุเป้าหมายนี้คือการใช้วิธีการเทคโนโลยีกลุ่มโดยการสร้างผลิตภัณฑ์และกลุ่มเซลล์เครื่องและลดความซับซ้อนวัสดุจุดมุ่งหมายของการศึกษาคือการแสดงการประยุกต์ใช้การวิเคราะห์การไหลของการผลิตในกระบวนการของการแปลงเป็นบริษัทผลิตเป็นระบบที่นำเสนอประโยชน์ของการทำงานร่วมกันสร้างขึ้นโดยใช้เทคโนโลยีกลุ่มและการวิเคราะห์การไหลของการผลิตในการทำให้การผลิตได้ตามกำหนด

เลือกสรรผลิตภัณฑ์ทั้งหมดที่ผลิต แยกชิ้นส่วนจำนวน 440 เพื่อการสร้าง 16 กลุ่ม กำหนดเส้นทางของชิ้นส่วนและเครื่องจักรที่มีอยู่ในระบบเพื่อนำไปสู่การสร้างแผนภาพการไหลของวัสดุสำหรับกลุ่ม ออกแบบเทคโนโลยีกลุ่มตามหลักการของการจัดลำดับกลุ่ม (ROC)

ก่อนปรับปรุง



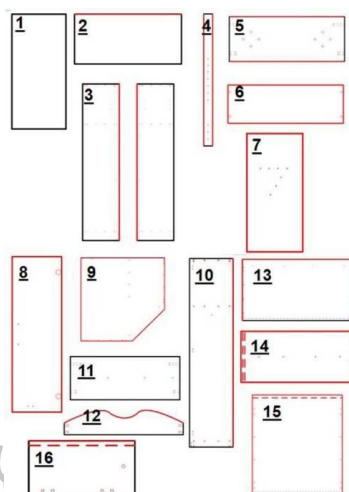
ภาพที่ 2.7 การจัดวางผังการผลิต ก่อนปรับปรุง

ที่มา : Nikola Suzić, Branislav Stevanov, and others. “Customizing Products through Application of Group Technology : A Case Study of Furniture Manufacturing.” *Journal of Mechanical Engineering* 58(2012)12: 725.

Machine	Machine name
1	Cutting machine
2	One side edging machine
3	Two side edging machine with gutter making
4	Two side edging machine
5	Two side edging machine
6	Drilling machine
7	Drilling machine
8	Drilling machine
9	Multi-purpose machining center (drilling cutting)
10	Drilling machining center
11*	Visual control of parts and manual finishing
12*	Final control of products
13* +	Special machining
14*	Packaging

ภาพที่ 2.8 รายการเครื่องจักร

ที่มา : Nikola Suzić, Branislav Stevanov, and others. “Customizing Products through Application of Group Technology : A Case Study of Furniture Manufacturing.” *Journal of Mechanical Engineering* 58(2012)12: 727.



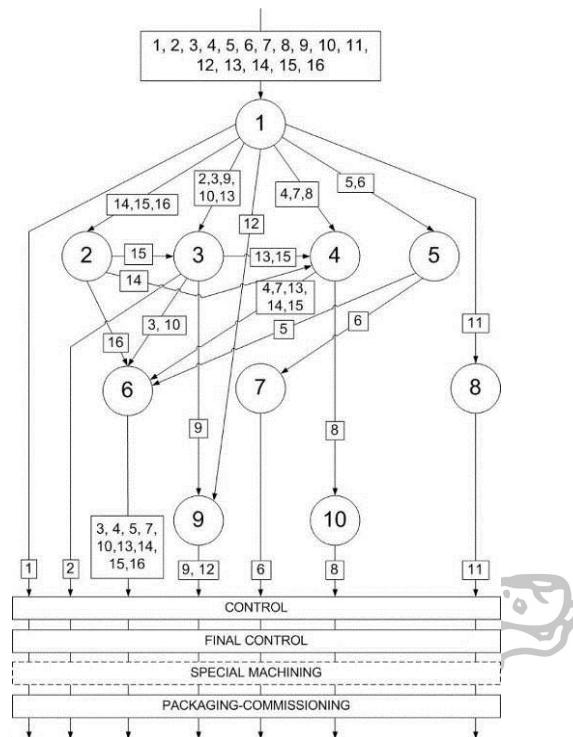
ภาพที่ 2.9 ชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์

ที่มา : Nikola Suzić, Branislav Stevanov, and others. “Customizing Products through Application of Group Technology : A Case Study of Furniture Manufacturing.” *Journal of Mechanical Engineering* 58(2012)12: 727.

Part Group	Technology sequence*
1	1
2	1-3
3	1-3-6
4	1-4-6
5	1-5-6
6	1-5-7
7	1-4-6
8	1-4-10
9	1-3-9
10	1-3-6
11	1-8
12	1-9
13	1-3-4-6
14	1-2-4-6
15	1-2-4-6
16	1-2-6

ภาพที่ 2.10 เส้นทางการไหลของชิ้นส่วน

ที่มา : Nikola Suzić, Branislav Stevanov, and others. “Customizing Products through Application of Group Technology : A Case Study of Furniture Manufacturing.” *Journal of Mechanical Engineering* 58(2012)12: 728.



ภาพที่ 2.11 เส้นทางไหลของวัตถุดิบ ก่อนปรับปรุง

ที่มา : Nikola Suzić, Branislav Stevanov, and others. “Customizing Products through Application of Group Technology : A Case Study of Furniture Manufacturing.” *Journal of Mechanical Engineering* 58(2012)12: 728.

Machine	Part Group															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1*	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
2														•	•	•
3		•	•						•	•			•			
4				•	•	•	•	•					•	•	•	
5																
6										•			•	•	•	•
7			•	•	•	•	•									
8											•					
9									•			•				
10								•								

ภาพที่ 2.12 ออกแบบเทคโนโลยีกลุ่ม

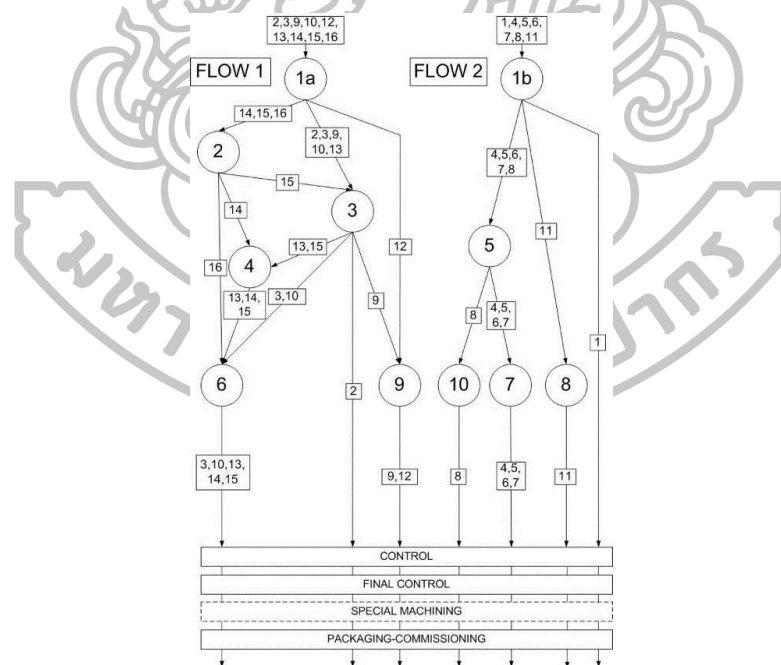
ที่มา : Nikola Suzić, Branislav Stevanov, and others. “Customizing Products through Application of Group Technology : A Case Study of Furniture Manufacturing.” *Journal of Mechanical Engineering* 58(2012)12: 728.

หลังปรับปรุง

Machine	Part Group															
	14	15	16	13	2	3	9	10	12	4	5	6	7	8	11	1
1a	•	•	•	•	•	•	•	•	•							
2	•	•	•													
3				•	•	•	•	•								
4	•	•		•												
6	•	•	•	•		•		•								
9							•	•								
1b										•	•	•	•	•	•	•
5										•	•	•	•	•		
7										•	•	•	•			
8															•	
10														•		

ภาพที่ 2.13 การดำเนินงานตามหลักการของการจัดลำดับกลุ่ม (ROC)

ที่มา : Nikola Suzić, Branislav Stevanov, and others. “Customizing Products through Application of Group Technology : A Case Study of Furniture Manufacturing.” *Journal of Mechanical Engineering* 58(2012)12: 728.



ภาพที่ 2.14 เส้นทางการไหลของวัตถุดิบ หลังปรับปรุง

ที่มา : Nikola Suzić, Branislav Stevanov, and others. “Customizing Products through Application of Group Technology : A Case Study of Furniture Manufacturing.” *Journal of Mechanical Engineering* 58(2012)12: 729.



ภาพที่ 2.15 การจัดวางผังการผลิต หลังปรับปรุง

ที่มา : Nikola Suzić, Branislav Stevanov, and others. “Customizing Products through Application of Group Technology : A Case Study of Furniture Manufacturing.” *Journal of Mechanical Engineering* 58(2012)12: 730.

การดำเนินการตามหลักการ GT ได้นำระบบไปสู่รูปแบบใหม่ดังนี้ ลดเวลาการเตรียมการผลิต ลดความซับซ้อนของการไหลของวัสดุในระบบ ลดความซับซ้อนของคำสั่งซื้อเข้ามาในระบบ ลดเวลาการขนส่งในระบบ ลดปริมาณการผลิตยังไม่เสร็จและการรอคอยระหว่างการผลิต

Ajay Singholi, Deepti Chhabra¹, Mohammad Ali (2010) [14]

ได้วิจัยกรณีศึกษาของบริษัทที่จะนำเสนอผลงานแนะนำวิธีการปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานบางอย่างสำหรับระบบที่มีความยืดหยุ่นในการผลิต การศึกษาจะขึ้นอยู่กับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่แสดงในวรรณคดีที่จะประเมินค่าประสิทธิภาพที่เป็นไปได้ เช่น อัตราการผลิตสูงสุดให้ช่วงเวลาและการใช้ประโยชน์โดยรวม ใช้ความพยายามที่จะนำเสนอการออกแบบที่มีอยู่ให้ดีขึ้นสำหรับระบบการผลิตที่มีความยืดหยุ่นในบริษัทเพื่อการออกแบบและประสิทธิภาพต่างๆพร้อมการประเมินพารามิเตอร์ที่ใช้และปรับปรุงตามแบบระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น (FMS) ให้ดียิ่งขึ้น

เป็นบริษัทที่มีความเชี่ยวชาญในการผลิตวาล์วหลายประเภท (เช่น วาล์วเซ็ค วาล์วผีเสื้อ ฯลฯ) การศึกษามุ่งมั่นที่จะดำเนินการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการทำงานของระบบที่มีความยืดหยุ่นที่มีอยู่ของการผลิตโดยใช้เทคนิคการสร้างแบบจำลอง การวิเคราะห์คาดการณ์กลยุทธ์สำหรับการปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบ

การศึกษาทำตามวิธีการวิจัยมาตรฐานแบบสอบถามได้รับการออกแบบและหมุนเวียนในพนักงานระดับต่างๆของบริษัท และทำให้ข้อมูลเป็นสูตร FMS ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการผลิตวาล์ว

ตรวจสอบบวาล์ว FMS ได้รับการศึกษาเป็นกรณีมาตรฐานของงานผลิต รายละเอียดการออกแบบและกระบวนการผลิตพร้อมทั้งเวลา

ภาระงานเฉลี่ย

ประเมินผลการดำเนินงานมาตรการต่างๆเริ่มด้วยการคำนวณภาระงานเฉลี่ยในแต่ละสถานีนงานของ FMS ซึ่งถูกกำหนดให้เป็นเวลารวมเฉลี่ยของแต่ละสถานีเพื่อช่วยระบุคอขวดในระบบ คำนวณโดย

$$WL_i = \sum_j \sum_k t_{ijk} f_{ijk} p_j \quad (2.14)$$

ประมาณค่าสถานีคอขวด

FMS ที่สถานีเป็นคอขวดจะคำนวณโดยอัตราส่วน

$$WL_i / s_i \quad (2.15)$$

อัตราการผลิตสูงสุดของชิ้นงานทั้งหมด

อัตราการผลิตสูงสุด (ชิ้นต่อนาที) ชิ้นส่วนทั้งหมดจะถูกจำกัดโดยสถานีคอขวดและคำนวณเป็นอัตราส่วนของ

$$R_p^* = \frac{s^*}{WL^*} \quad (2.16)$$

อัตราการผลิตเฉพาะส่วน (ชิ้นงานประเภท j) สามารถทำได้โดยการคูณ R_p^* โดยอัตราส่วนการผสมส่วนที่เกี่ยวข้องของ (P_j)

$$R_{pj}^* = P_j (R_p^*) = P_j \frac{s^*}{WL^*} \quad (2.17)$$

การใช้ประโยชน์ของแต่ละสถานีนงาน

ใช้ประโยชน์การเฉลี่ยของแต่ละสถานีนงาน มีการกำหนดเป็นระยะเวลาบริการที่สถานีที่มีการทำงานและไม่ได้ใช้งาน การใช้ประโยชน์จากสถานีคอขวดจะเป็น 100% ที่ R_p^* เมื่อพิจารณาจากการใช้ U_i แสดงได้เป็น

$$U_i = \frac{WL_i}{s_i} (R_p^*) = \frac{WL_i}{s_i} \frac{s^*}{WL^*} \quad (2.18)$$

เฉลี่ยการใช้สถานี U_{av} สามารถทำได้โดยการคำนวณค่าเฉลี่ยสำหรับทุกสถานีรวมถึงระบบการขนส่ง

$$U_{av} = \frac{\sum_{i=1}^{n+1} U_i}{n + 1} \quad (2.19)$$

การใช้ประโยชน์ FMS โดยรวม

ตัวชี้วัดประสิทธิภาพการทำงานที่มีประโยชน์มากและสามารถคำนวณโดยใช้น้ำหนักค่าเฉลี่ยพิจารณาจำนวนการบริการที่แต่ละสถานี (n) โดยไม่ต้องใช้ระบบขนส่ง ใช้ประโยชน์ FMS โดยรวมในกรณีที่ได้รับการคำนวณ

$$U_{Overall} = \frac{\sum_{i=1}^n s_i U_i}{\sum_{i=1}^n s_i} \quad (2.20)$$

จากการศึกษาวิจัยพบว่ามีผลสำคัญในการบริหารจัดการ ฝ่ายบริหารจะได้รับความเข้าใจที่ดีขึ้นและแนวทางในการพิจารณาตัดสินใจต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในการดำเนินการปรับปรุงและการลงทุนในสถานที่ใหม่ ผลลัพธ์เหล่านี้และผลการวิจัยยังได้รับการส่งต่อไปยังผู้บริหารของ บริษัท เพื่อวัตถุประสงค์ในการวิเคราะห์ดำเนินการต่อไป สภาพการใช้งานอื่น ๆ ของระบบ

B.Santhosh Kumar, Dr.V.Mahesh, B.Satish Kumar (2015) [15]

ระบบการผลิตที่มีความยืดหยุ่น (Flexible Manufacturing Systems : FMS) เป็นระบบการผลิตอย่างบูรณาการ ความสัมพันธ์ระหว่างส่วนประกอบที่มีความซับซ้อนมาก วิธีการเขียนโปรแกรมทางคณิตศาสตร์เป็นเรื่องยากมากที่จะแก้ปัญหาสำหรับระบบที่ซับซ้อนมากเพื่อจำลองของ FMS ที่มีการใช้กันอย่างแพร่หลายในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของมาตรการ นอกจากนี้ยังมีส่วนประกอบ FMS มีความซับซ้อนมากและมีราคาแพง หาก FMS จะต้องมีการดำเนินการก็จะดีกว่าในการวิเคราะห์ผลการดำเนินงานโดยใช้สถานการณ์จำลองที่เกี่ยวข้องกับการสูญเสียเงินทรัพยากรและเวลาของแรงงาน ในฐานะที่เป็นแบบฉบับที่ไม่ต่อเนื่อง FMS ระบบเหตุการณ์ได้รับการศึกษาในด้านต่างๆ เช่นการสร้างแบบจำลองและการวิเคราะห์ผลการดำเนินงาน ในบทความนี้เป็นแนวคิดและการดำเนินการสร้างโปรแกรมแบบจำลอง (Flexsim) สำหรับการวัดและการวิเคราะห์ของมาตรการการปฏิบัติงานของ FMS ถูกนำไปใช้ เทคนิคทางคณิตศาสตร์อื่น ๆ กำหนดไว้อย่างดีเช่นเทคนิคคอคอดยังได้ถูกนำไปใช้เพื่อวัตถุประสงค์ในการเปรียบเทียบและการตรวจสอบผลการจำลอง ตัวอย่าง FMS ได้รับการพิจารณาและรูปแบบ flexsim และแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ได้รับการสร้าง วัตถุประสงค์การปฏิบัติงานหลายคนได้รับใช้ในการประเมินประสิทธิภาพของระบบ และได้พบว่าเทคนิคการจำลองจะง่ายต่อการวิเคราะห์ระบบการผลิตที่ซับซ้อน

FlexSim เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ที่มีประสิทธิภาพที่ช่วยให้วิศวกรและนักวางแผนตัดสินใจในการออกแบบและการดำเนินงานของระบบด้วย FlexSim คุณสามารถสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ 3 มิติของระบบในชีวิตจริงแล้ว การศึกษาระบบที่อยู่ในกรอบเวลาที่สั้นลงและค่าใช้จ่ายน้อยกว่าด้วยระบบที่เกิดขึ้นจริงในฐานะที่เป็น "what-if" เครื่องมือในการวิเคราะห์, FlexSim ให้ข้อเสนอแนะเชิงปริมาณเกี่ยวกับจำนวนของโซลูชันที่นำเสนอที่จะช่วยให้คุณได้อย่างรวดเร็วหรือในการแก้ปัญหาที่เหมาะสม ที่มีภาพเคลื่อนไหวกราฟิก FlexSim ของจริงและรายงานผลการดำเนินงานที่กว้างขวางคุณสามารถแจ้งปัญหาและประเมินทางเลือกในการแก้ปัญหาในระยะเวลาสั้น ๆ โดยใช้การจำลอง FlexSim ระบบก่อนที่มันจะถูกสร้างขึ้นมาเพื่อทดสอบหรือนโยบายการดำเนินงานก่อนที่พวกเขาจะดำเนินการจริงคุณจะไม่เสียเวลาหลายข้อผิดพลาดที่มักจะพบในการเริ่มต้นของระบบใหม่ การปรับปรุงที่ก่อนหน้านี้ใช้เวลาหลายเดือนหรือทั้งปีของการทดลองและข้อผิดพลาดเพื่อให้บรรลุในเรื่องของวันและเวลาที่ใช้ FlexSim

ตารางที่ 2.2 รายการของการดำเนินงานและเวลากระบวนการของเครื่องจักรที่แตกต่างกัน

Part j	Part Mix P_j	Operation K	Description	Station i	Process time t_{ijk} (min)
A	0.4	1	Load	1	4
		2	Mill	2	30
		3	Drill	3	10
		4	Unload	1	2
B	0.6	1	Load	1	4
		2	Mill	2	40
		3	Drill	3	15
		4	Unload	1	2

ที่มา : B.Santhosh Kumar, V.Mahesh, B.Satish Kumar,. "Modeling and Analysis of Flexible Manufacturing System with FlexSim." **International Journal of Computational Engineering Research (IJCER)** 5, 10 (2015): 4.

ตารางที่ 2.3 ผลการดำเนินงาน

Solution Techniques	Utilization	
	Flexsim	Bottle-neck model
Operations		
Milling	0.9865	0.9989
Drilling	0.7162	0.7225

ที่มา : B.Santhosh Kumar, V.Mahesh, B.Satish Kumar,. "Modeling and Analysis of Flexible Manufacturing System with FlexSim." **International Journal of Computational Engineering Research (IJCER)** 5, 10 (2015): 5.

Sujith Kumar . M, Vishal Gupta. N*, Balamuralidhara.V, Srirupa Biswas, T. M. Pramod Kumar, Naga Krishna Teja. I (2011) [16]

ข้อกำหนดตามองค์การอาหารและยาแห่งสหรัฐอเมริกาและ GMP ของประเทศญี่ปุ่น ครอบคลุมทุกด้านของการผลิตจากวัสดุที่เริ่มต้นกับอาคารสถานที่ อุปกรณ์และการฝึกอบรมและสุขอนามัยส่วนบุคคลให้กับเจ้าหน้าที่ GMP ของการผลิตยาชนิดเม็ดได้รับการออกแบบเพื่อให้มั่นใจว่าทั้งหมดเป็นอย่างดี การดำเนินการตามมาตรฐาน GMP คือการลงทุนในการผลิตยาชนิดเม็ดที่มีคุณภาพดี แสดงให้เห็นการสนับสนุนทางอุตสาหกรรมและกฎระเบียบที่มีอำนาจสำหรับระบบคุณภาพยาชนิดเม็ดที่มีประสิทธิภาพเพื่อเพิ่มคุณภาพและความพร้อมของยาชนิดเม็ดทั่วโลกในความสนใจของสุขภาพของประชาชน การดำเนินการตามมาตรฐาน GMP ตลอดวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ควรอำนวยความสะดวกในการสร้างสรรค์นวัตกรรมและพัฒนาอย่างต่อเนื่องและเสริมสร้างความเชื่อมโยงระหว่างการพัฒนาชนิดเม็ดและกิจกรรมการผลิต นอกจากนี้ยังช่วยในการเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการและคุณภาพของผลิตภัณฑ์โดยการนำปัจจุบัน

ตารางที่ 2.4 การเปรียบเทียบ GMP ของประเทศญี่ปุ่นและข้อกำหนดตามองค์การอาหารและยาแห่งสหรัฐอเมริกา

หัวข้อ	GMP ประเทศญี่ปุ่น	GMP ประเทศสหรัฐอเมริกา
องค์กรและบุคลากร	บุคคลผู้รับผิดชอบในการดำเนินการผลิตและควบคุมคุณภาพ จะต้องปฏิบัติหน้าที่อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพต่อองค์กรของสถานที่การผลิตเป็นไปตามกฎที่กำหนด	ไม่ได้กำหนดไว้อย่างชัดเจน
อาคารและสิ่งอำนวยความสะดวก	บริษัทญี่ปุ่นจะเปลี่ยนเครื่องแต่งกายด้านในทั้งหมด มีห้องน้ำที่สะอาด การซักรีดชุดพนักงานและการจัดเก็บชุดพนักงานจะไม่ให้มีอนุภาคใดๆติดอยู่ที่ชุด	บริษัทของสหรัฐอเมริกาโดยทั่วไปไม่มีการเปลี่ยนเครื่องแต่งกายด้านใน แต่มีบทบัญญัติในการทำความสะอาดหรือเก็บไม่ให้มีอนุภาคใด ๆ
เครื่องมือ	การสร้างและรักษาระบบที่เกี่ยวกับการผลิตของผลิตภัณฑ์ในแต่ละการผลิต	การผลิตต้นแบบและบันทึกการควบคุมต้องบันทึกแยกของแต่ละการผลิต
การผลิตและควบคุม	บันทึกการตรวจการเสาะหาเครื่องมือ อุปกรณ์ พื้นที่การผลิตตลอดจนสถานีงาน	ไม่ได้กำหนด
การควบคุมวัตถุดิบ	สถานที่จัดเก็บให้สำรองการจัดเก็บอย่างน้อยที่สุดสองเท่าของปริมาณที่จำเป็นต่อความต้องการในแต่ละการผลิต	ไม่ได้ระบุถึง

ตารางที่ 2.4 การเปรียบเทียบ GMP ของประเทศญี่ปุ่นและข้อกำหนดตามองค์การอาหารและยาแห่งสหรัฐอเมริกา (ต่อ)

หัวข้อ	GMP ประเทศญี่ปุ่น	GMP ประเทศสหรัฐอเมริกา
การควบคุมบรรจุภัณฑ์และฉลาก	สถานที่จัดเก็บผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมของแต่ละการผลิต การบรรจุและฉลาก การควบคุมแต่ละหน่วยที่ได้รับ การจัดส่งและการรักษานันทิก	ไม่มีการดำเนินการในเรื่องของการควบคุม การรับและการส่งมอบและรักษานันทิก
ห้องปฏิบัติการควบคุม	บริษัทญี่ปุ่นตอบสนองต่อข้อร้องเรียนสินค้าตามผลของการตรวจสอบตามมาตรฐานที่มีการสื่อสารไปยังผู้ร้องเรียนโดยการเข้าชมนส่วนบุคคลให้กับผู้ร้องเรียนจากประธานของบริษัทด้านคุณภาพ การทบทวนข้อบกพร่องที่พบและคำอธิบายของบริษัท มีการดำเนินการเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดขึ้นเกิดขึ้นอีกครั้ง	การร้องเรียนสินค้าได้รับการจัดการโดยการควบคุมคุณภาพและการรับประกันส่วนบุคคลเท่านั้น
การฝึกอบรม	รายงานความคืบหน้าของการฝึกอบรมให้กับผู้จัดการการผลิต การสร้างและรักษานันทิกของการดำเนินงานของการฝึกอบรม	ไม่มีการเขียนรายงานแนวทางที่เฉพาะเจาะจงจะให้ความสำคัญมากในการสร้างแรงจูงใจและการจัดการ
การขังสารเคมี	ไม่มีข้อมูลเฉพาะเกี่ยวกับการขังน้ำหนัสารเคมี	ตู้ดูดควันสำหรับแต่ละตู้ควรมีพื้นที่ 14 × 15 ตารางฟุต ควรมีความจุ 4500 cfm ที่มีความเร็วการดูดที่มากกว่า 150 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที
การบีบอัด	ไม่มีข้อมูลเฉพาะเกี่ยวกับการบีบอัดยาเม็ด	แรงบีบอัดยาเม็ดควรมีอย่างน้อย 450 cfm และความเร็วมากกว่า 3000 ฟุตต่อนาที
การควบคุมการเปลี่ยนแปลง	การประเมินผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์จากการเปลี่ยนแปลงต้องได้รับการอนุมัติจากแผนกคุณภาพที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงที่มีการทำขึ้นกับผลของการประเมินผลและการรักษานันทิกของการประเมินผลและการอนุมัติ	ไม่ได้กล่าวถึงข้อมูลเกี่ยวกับการควบคุมการเปลี่ยนแปลง

ที่มา : Sujith Kumar . M, Vishal Gupta. And others. “Compilation of key GMP requirements in us and Japan for Tablet Manufacturing.” **International Journal of Drug Development & Research**, October-December, Vol. 3, Issue 4, ISSN 0975-9344 (2011): 45-54.

หลักเกณฑ์ GMP ไม่ได้กำหนดคำแนะนำเกี่ยวกับวิธีการผลิตสินค้า พวกเขาเป็นชุดของหลักการทั่วไปที่ต้องปฏิบัติในระหว่างการผลิต เมื่อบริษัทตั้งค่าโปรแกรมที่มีคุณภาพและกระบวนการผลิตอาจจะมีหลายวิธีที่จะสามารถตอบสนองความต้องการ GMP เป็นความรับผิดชอบของบริษัทในการกำหนดกระบวนการที่มีคุณภาพมีประสิทธิภาพมากที่สุดและมีประสิทธิภาพ

โดยทั่วไปมีจำนวนของความคล้ายคลึงกันในแง่ของเนื้อหาในเอกสารที่ประเทศสหรัฐอเมริกาและญี่ปุ่น

ประเทศญี่ปุ่น GMP ให้รายละเอียดงานที่อธิบายรายละเอียดหน้าที่และความรับผิดชอบของสมาชิกต่างๆของพนักงานการจัดการที่สำคัญในบริษัทยาชนิดเม็ด สามารถอธิบายบทบาทและหน้าที่ของตัวจัดการควบคุมการผลิต, ผู้จัดการฝ่ายควบคุมคุณภาพและผลิตภัณฑ์รักษาความปลอดภัยเภสัชกร ญี่ปุ่นผลิตภัณฑ์รักษาความปลอดภัยเภสัชกรเป็นอย่างดีมีประสิทธิภาพเทียบเท่ากับยุโรป "บุคคลที่มีคุณสมบัติ" บริษัท ยาญี่ปุ่นก็พบว่าแนวคิดของการปฏิบัติตามมาตรฐาน GMP ตามที่มันเป็นที่เข้าใจกันในที่เกือบจะไม่รู้จักกันโดยสิ้นเชิง แต่คุณภาพของผลิตภัณฑ์ของประเทศญี่ปุ่นเป็นอะไรที่ดีกว่าที่พบในประเทศทางทวีปยุโรปและสหรัฐอเมริกา

ดังนั้นการทำความเข้าใจความเหมือนและความแตกต่างระหว่างความต้องการ GMP สำหรับการผลิตยาเม็ดและความต้องการทั่วไปที่ใช้ในการผลิตยาเม็ดโดยประเทศที่มีการควบคุมจะเป็นประโยชน์ต่อบริษัทฯของทั้งสองประเทศและประเทศที่มีการควบคุม



บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการใช้เทคโนโลยีการจัดกลุ่ม (Group Technology) เพื่อช่วยในการวิจัย การจัดกลุ่มตามหลักการของ Rank Order Clustering Technique โดยการคำนวณและกำหนดค่าของ Binary Values and Decimal Equivalent และจัดกลุ่มตามลำดับของ Rank หลังจากนั้นก็คำนวณหาระยะทางและเวลาที่มีประสิทธิภาพ และการหาอัตราการผลิตตามหลักการของรูปแบบคอขวด (Bottleneck Model) ในการวิจัยนี้ต้องศึกษาลำดับขั้นตอนการผลิตตลอดเก็บเลือดและการไหลของกระบวนการผลิตเพื่อให้ได้การแก้ไขที่ถูกต้องและมีประสิทธิภาพ โดยกำหนดขั้นตอนการดำเนินงานเบื้องต้นไว้ดังนี้

1. ศึกษาสภาพโรงงานตัวอย่าง รายละเอียดของชิ้นส่วน ผลิตภัณฑ์และเครื่องจักรที่ใช้ผลิตในปัจจุบัน
2. ออกแบบการทดลองตามหลักการของเทคโนโลยีกลุ่มและรูปแบบคอขวด
3. ปรับปรุงวิธีการทำงานโดยใช้หลักการของเทคโนโลยีกลุ่มและรูปแบบคอขวด
4. เปรียบเทียบประสิทธิภาพก่อนและหลังการปรับปรุง
5. สรุปผลการวิจัย

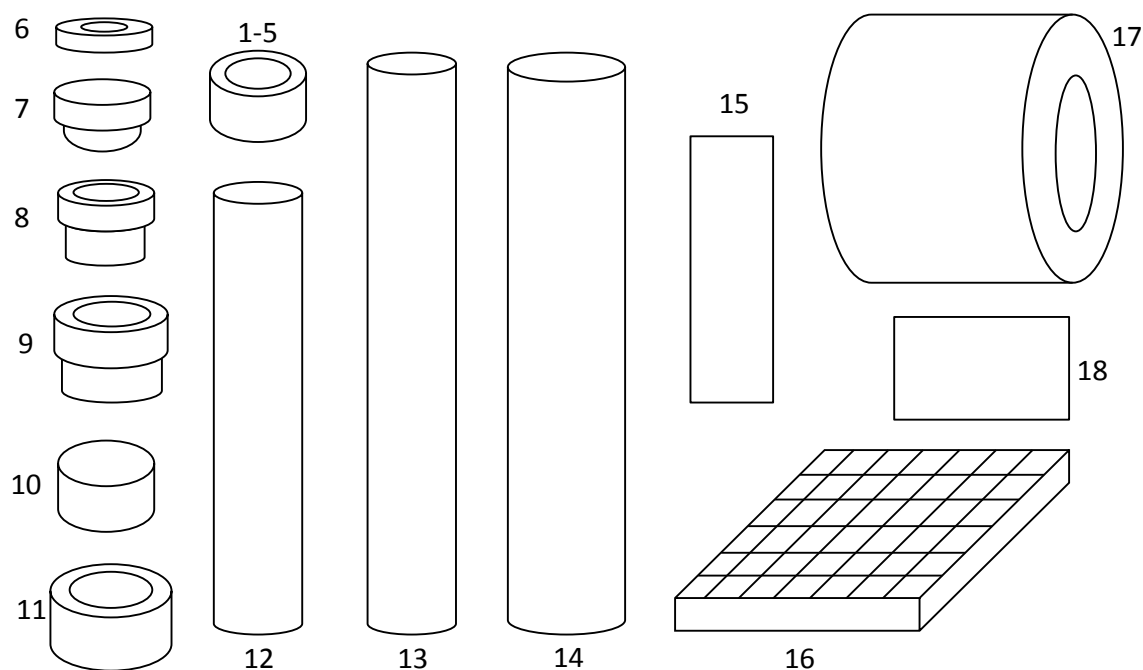
3.1 ศึกษาสภาพโรงงานตัวอย่าง รายละเอียดของชิ้นส่วน ผลิตภัณฑ์และเครื่องจักรที่ใช้ผลิตในปัจจุบัน

3.1.1 สภาพโรงงานตัวอย่าง

โรงงานตัวอย่างที่ใช้ศึกษาการวิจัยในครั้งนี้เป็นโรงงานเครื่องมือแพทย์ในเครือของประเทศญี่ปุ่น มีจำนวนพนักงานประมาณ 5,000 คน แบ่งระบบการจัดการออกเป็น 7 ฝ่าย และแยกเป็นแผนกต่าง ๆ จำนวน 30 แผนก ในที่นี้ 4 ฝ่ายจะเป็นในส่วนของการผลิตและแบ่งออกเป็น 16 แผนกผลิต ลักษณะการปฏิบัติงานของฝ่ายผลิตจะปฏิบัติงานภายในห้องปลอดเชื้อ (Clean Room) ทั้งหมดที่ต้องสะอาดและปลอดเชื้อโรคต่าง ๆ เพื่อความสะอาดและปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ที่มีต่อผู้ใช้งาน ผลิตภัณฑ์ทางการแพทย์ของโรงงานเครื่องมือแพทย์ตัวอย่าง เป็นแบบที่ใช้ครั้งเดียวแล้วทิ้ง (Disposable) ที่จำหน่ายทั้งในประเทศและต่างประเทศ สำหรับการวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยผลิตภัณฑ์ของแผนกผลิตตลอดเก็บเลือด

3.1.2 รายละเอียดของผลิตภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์หลอดเก็บเลือด (Blood Collection Tube: BCT) ใช้สำหรับเก็บเลือด โดยมี ส่วนประกอบหลักของผลิตภัณฑ์ดังแสดงในภาพที่ 3.1 และรายการชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์ดังแสดงใน ตารางที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 ส่วนประกอบหลักของผลิตภัณฑ์หลอดเก็บเลือด

ตารางที่ 3.1 ชื่อและรหัสชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์

No. Part	Part Name	No. Part	Part Name	No. Part	Part Name
1	Safety Cap - RD	7	Rubber Cap	13	Tube 13 x 100 mm.
2	Safety Cap - BE	8	Rubber Stopper - M	14	Tube 16 x 100 mm.
3	Safety Cap - GY	9	Rubber Stopper - L	15	Code Sticker
4	Safety Cap - GN	10	Double Safety Cap - RY	16	Package Tray
5	Safety Cap - VT	11	Double Safety Cap - VT(L)	17	Film Roll
6	Cap - RY	12	Tube 13 x 75 mm.	18	Label

1. Safety Cap – RD จุกปิดชั้นนอกสีแดงสำหรับหลอดเก็บเลือดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 13 มิลลิเมตร เป็นพลาสติกช่วยป้องกันการฟุ้งกระจายของเลือดขณะเปิด-ปิด
2. Safety Cap – BE จุกปิดชั้นนอกสีฟ้าสำหรับหลอดเก็บเลือดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 13 มิลลิเมตร เป็นพลาสติกช่วยป้องกันการฟุ้งกระจายของเลือดขณะเปิด-ปิด
3. Safety Cap – GY จุกปิดชั้นนอกสีเทาสำหรับหลอดเก็บเลือดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 13 มิลลิเมตร เป็นพลาสติกช่วยป้องกันการฟุ้งกระจายของเลือดขณะเปิด-ปิด
4. Safety Cap – GN จุกปิดชั้นนอกสีเขียวสำหรับหลอดเก็บเลือดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 13 มิลลิเมตร เป็นพลาสติกช่วยป้องกันการฟุ้งกระจายของเลือดขณะเปิด-ปิด
5. Safety Cap – VT จุกปิดชั้นนอกสีม่วงสำหรับหลอดเก็บเลือดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 13 มิลลิเมตร เป็นพลาสติกช่วยป้องกันการฟุ้งกระจายของเลือดขณะเปิด-ปิด
6. Cap – RY วงแหวนสีเหลืองสำหรับประกอบเข้ากับจุกปิดชั้นนอก 2 ชั้น สีแดง
7. Rubber Cap จุกยางสำหรับประกอบเข้ากับจุกปิดชั้นนอกสีแดงของหลอดเก็บเลือดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 13 มิลลิเมตร ป้องกันการรั่วซึมของของเหลวและอากาศ
8. Rubber Stopper – M จุกปิดชั้นในสำหรับประกอบเข้ากับจุกปิดชั้นนอกของหลอดเก็บเลือดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 13 มิลลิเมตร เป็นยางปิดได้สนิทไม่มีการรั่วซึมของของเหลวและอากาศ สามารถป้องกันการสัมผัสเลือดหรือละอองเลือด (Aerosols) ในขณะเปิด-ปิดจุกหลอด
9. Rubber Stopper – L จุกปิดชั้นในสำหรับประกอบเข้ากับจุกปิดชั้นนอกของหลอดเก็บเลือดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มิลลิเมตร เป็นยางปิดได้สนิทไม่มีการรั่วซึมของของเหลวและอากาศ สามารถป้องกันการสัมผัสเลือดหรือละอองเลือด (Aerosols) ในขณะเปิด-ปิดจุกหลอด
10. Double Safety Cap – RY จุกปิดชั้นนอก 2 ชั้น สีแดงสำหรับหลอดเก็บเลือดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 13 มิลลิเมตร เป็นพลาสติกช่วยป้องกันการฟุ้งกระจายของเลือดขณะเปิด-ปิด
11. Double Safety Cap - VT(L) จุกปิดชั้นนอกสีม่วงสำหรับหลอดเก็บเลือดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มิลลิเมตร เป็นพลาสติกช่วยป้องกันการฟุ้งกระจายของเลือดขณะเปิด-ปิด
12. Tube 13 x 75 mm. หลอดเก็บเลือด เป็นพลาสติกขนาด 13 x 75 มิลลิเมตร มีขีดและตัวเลขบอกปริมาตร ติดอยู่ที่ด้านข้างของหลอด

13. Tube 13 x 100 mm. หลอดเก็บเลือด เป็นพลาสติกขนาด 13 x 100 มิลลิเมตร มีขีดและตัวเลขบอกปริมาตร ติดอยู่ที่ด้านข้างของหลอด
14. Tube 16 x 100 mm. หลอดเก็บเลือด เป็นพลาสติกขนาด 16 x 100 มิลลิเมตร มีขีดและตัวเลขบอกปริมาตร ติดอยู่ที่ด้านข้างของหลอด
15. Code Sticker ฉลากแสดงรายละเอียดรุ่นของการผลิต วันหมดอายุและสามารถเขียนข้อมูลต่าง ๆ บนฉลากได้ ติดอยู่ที่ด้านข้างของหลอด
16. Package Tray ภาชนะสำหรับบรรจุหลอดเก็บเลือด เป็นถาดพลาสติกลักษณะเป็นช่องใส่จำนวน 50 ช่อง
17. Film Roll ฟิล์มสำหรับปิดคลุมหลอดเก็บเลือดที่บรรจุในถาดเพื่อป้องกันเชื้อโรค ฝุ่น ละอองและการปนเปื้อนต่าง ๆ
18. Label ฉลากสำหรับพิมพ์แถบบันทึกข้อมูล (Bar Code and QR Code)

วิธีการใช้ผลิตภัณฑ์หลอดเก็บตัวอย่างเลือด [17] (BCT)

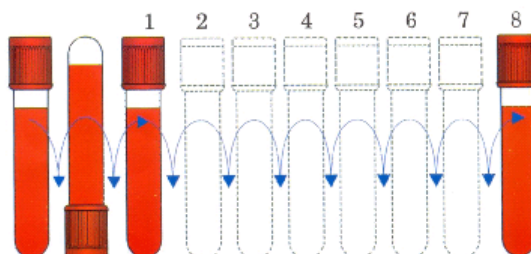
1. ใช้เข็มปลายแหลมสองด้าน ปลายเข็มด้านหนึ่งจะใช้เจาะเลือดจากเส้นเลือดดำ ส่วนปลายอีกด้านใช้แทงจุกยางของหลอดสุญญากาศที่ใช้เก็บเลือด
2. เมื่อเจาะเลือดได้แล้ว จึงใช้หลอดสุญญากาศแทงปลายอีกด้าน ความดันเลือดจะทำให้เลือดพุ่งใส่หลอดตามปริมาณของการอัดสุญญากาศ ดังแสดงในภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 การเจาะเก็บเลือดโดยใช้หลอดสุญญากาศ

ที่มา : Health Mthai Team. **หมอสันต์ แนะนำ เจาะเลือด ตรวจสุขภาพ ไม่จำเป็นต้องอดน้ำ**. เข้าถึงเมื่อ 27 สิงหาคม 2559. เข้าถึงได้จาก <http://health.mthai.com/howto/health-care/10988.html>

3. พลิกคว่ำหลอดกลับไปมาเบาๆ ประมาณ 4-6 ครั้ง เพื่อให้เลือดผสมกับสารกันเลือดแข็ง จนสารกันเลือดแข็งละลายในเลือดจนหมด ดังแสดงในภาพที่ 3.3



ภาพที่ 3.3 การพลิกคว่ำหลอดเพื่อให้เลือดผสมกับสารกันเลือดแข็งตัว

ที่มา : ภาควิชาพยาธิวิทยาคลินิก คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล. คู่มือการส่งตรวจทางห้องปฏิบัติการ. เข้าถึงเมื่อ 6 สิงหาคม 2559. เข้าถึงได้จาก <http://www.si.mahidol.ac.th/th/manual/Project/page3-03.htm>

4. ตรวจสอบโดยการคว่ำกลับไปมาแล้วพบว่าเลือดไม่แข็งตัว นำไปทดสอบภายในเวลาที่กำหนด ไม่ควรเกิน 2 ชั่วโมง ถ้ายังไม่ทำการทดสอบทันที ควรเก็บไว้ในตู้เย็นอุณหภูมิ 4 °C

3.1.3 เครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต

เครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตมีจำนวนทั้งหมด 22 เครื่อง แบ่งออกเป็น 3 กระบวนการ โดยมีรายละเอียดของเครื่องจักรและการผลิตดังนี้

กระบวนการที่ 1 Cap Assembly Machine มีจำนวน 8 เครื่อง เป็นขั้นตอนแรกของการผลิตโดยเป็นกระบวนการประกอบจุกปิดหลอดเก็บเลือด ซึ่งเป็นเครื่องจักรที่นำชิ้นส่วน Safety Cap หรือ Double Safety Cap ประกอบเข้ากับ Rubber จำนวน 7 เครื่อง และเครื่องจักรที่นำชิ้นส่วน Safety Cap หรือ Double Safety Cap ประกอบเข้ากับ Cap และ Rubber จำนวน 1 เครื่อง โดยการประกอบทั้ง 2 แบบ ชิ้นส่วน Rubber จะเคลือบด้วย Silicone เพื่อช่วยป้องกันการฟุ้งกระจายของเลือดขณะเปิด-ปิดจุก และขณะเปิด-จุกต้องไม่แยกจากกันออกเป็น 2 ชั้น

กระบวนการที่ 2 Collection Tube Assembly Machine มีจำนวน 8 เครื่อง การผลิตขั้นต่อมาเป็นขั้นตอนการประกอบชุดหลอดเก็บเลือด ซึ่งเป็นเครื่องจักรที่นำชุดชิ้นส่วนของ Safety Cap หรือ Double Safety Cap ประกอบเข้ากับ Tube และผ่านขั้นตอนทำให้ชุดหลอดเก็บเลือดเป็นแบบหลอดสุญญากาศ ซึ่งแต่ละเครื่องจะบรรจุสารกันเลือดแข็งตัวเข้าไปภายในหลอดเก็บเลือดที่ต่างชนิดกัน โดยสารกันเลือดแข็งตัวที่ใช้ของแต่ละเครื่องจะขึ้นอยู่กับสีของจุกปิดหลอดเก็บเลือด

กระบวนการที่ 3 Seal Machine มีจำนวน 6 เครื่อง ขั้นตอนสุดท้ายเป็นขั้นตอนการนำชุดหลอดเก็บเลือดห่อคลุมด้วยฟิล์มเพื่อป้องกันการปนเปื้อนต่าง ๆ โดยเป็นเครื่องจักรห่อคลุมฟิล์มจำนวน 3 เครื่อง และเครื่องจักรห่อคลุมฟิล์มพร้อมพิมพ์แถบบันทึกข้อมูล (Bar Code หรือ QR Code) จำนวน 3 เครื่อง แล้วส่งไปยังกระบวนการบรรจุผลิตภัณฑ์ต่อไป

3.2 ออกแบบการทดลองตามหลักการของเทคโนโลยีกลุ่มและรูปแบบคอกขวด

การออกแบบตามหลักการของเทคโนโลยีกลุ่มต้องเริ่มด้วยการแบ่งกลุ่มของผลิตภัณฑ์และกลุ่มของเครื่องจักรโดยมีรายละเอียด ดังแสดงในตารางที่ 3.2 และ 3.3

ตารางที่ 3.2 การจัดกลุ่มผลิตภัณฑ์

Product Group	Product Name	Safety Cap	Tube (mm.)	Additive	Remark
A	BCT-RD75	Red	13 x 75	Clot Activator	
B	BCT-RD100	Red	13 x 100	Clot Activator	
C	BCT-RY100R	Red	13 x 100	Clot Activator and Gel	Double Safety Cap
D	BCT-VT75R	Violet	13 x 75	K ₂ EDTA (Spay Dry)	Double Safety Cap
E	BCT-VT100R	Violet	16 x 100	K ₃ EDTA (Spay Dry)	Double Safety Cap
F	BCT-BE75	Blue	13 x 75	3.2% Sodium Citrate	Double Safety Cap
G	BCT-GY75	Gray	13 x 75	Potassium Oxalate and Sodium Fluoride	Double Safety Cap
H	BCT-GN75	Green	13 x 75	Lithium Heparin	Double Safety Cap

จากตารางที่ 3.2 เป็นการจัดผลิตภัณฑ์ทั้งหมด 8 ประเภท ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 8 กลุ่ม โดยแบ่งตามคุณลักษณะเฉพาะของแต่ละผลิตภัณฑ์ดังนี้

1. กลุ่ม A เป็นหลอดพลาสติกสุญญากาศขนาด 13 x 75 มม. จุกปิดสีแดงและมีสารกันเลือดแข็งตัว

2. กลุ่ม B เป็นหลอดพลาสติกสุญญากาศขนาด 13 x 100 มม. จุกปิดสีแดงและมีสารกันเลือดแข็งตัว
3. กลุ่ม C เป็นหลอดพลาสติกสุญญากาศขนาด 13 x 100 มม. จุกปิดเป็นแบบ 2 ชั้น สีแดง (วงแหวนสีเหลือง) ชั้นนอกเป็นพลาสติก ชั้นในเป็นยางและมีสารกันเลือดแข็งตัวชนิด Clot Activator and Gel
4. กลุ่ม D เป็นหลอดพลาสติกสุญญากาศขนาด 13 x 75 มม. จุกปิดเป็นแบบ 2 ชั้น สีม่วง ชั้นนอกเป็นพลาสติก ชั้นในเป็นยางและมีสารกันเลือดแข็งตัวชนิด K₂EDTA (Spay Dry)
5. กลุ่ม E เป็นหลอดพลาสติกสุญญากาศขนาด 16 x 100 มม. จุกปิดเป็นแบบ 2 ชั้น สีม่วง ชั้นนอกเป็นพลาสติก ชั้นในเป็นยางและมีสารกันเลือดแข็งตัวชนิด K₃EDTA (Spay Dry)
6. กลุ่ม F เป็นหลอดพลาสติกสุญญากาศขนาด 13 x 75 มม. จุกปิดเป็นแบบ 2 ชั้น สีฟ้า ชั้นนอกเป็นพลาสติก ชั้นในเป็นยางและมีสารกันเลือดแข็งตัวชนิด 3.2% Sodium Citrate
7. กลุ่ม G เป็นหลอดพลาสติกสุญญากาศขนาด 13 x 75 มม. จุกปิดเป็นแบบ 2 ชั้น สีเทา ชั้นนอกเป็นพลาสติก ชั้นในเป็นยางและมีสารกันเลือดแข็งตัวชนิด Potassium Oxalate and Sodium Fluoride
8. กลุ่ม H เป็นหลอดพลาสติกสุญญากาศขนาด 13 x 75 มม. จุกปิดเป็นแบบ 2 ชั้น สีเขียว ชั้นนอกเป็นพลาสติก ชั้นในเป็นยางและมีสารกันเลือดแข็งตัวชนิด Lithium Heparin

ตารางที่ 3.3 การจัดกลุ่มเครื่องจักร

M/C. No.	M/C. Name	M/C. No.	M/C. Name
1	Safe Cap 1	12	Tube 3
2	Double Safe Cap 5	13	Tube 4
3	Tube 8	14	Tube 5
4	Double Safe Cap 4	15	Tube 6
5	Tube 7	16	Tube 10
6	Safe Cap 3	17	Pack 7 (Bar code)
7	Safe Cap 4	18	Pack 4 (QR Code)
8	Safe Cap 5	19	Pack 2
9	Safe Cap 6	20	Pack 5
10	Safe Cap 7	21	Pack 6
11	Tube 9	22	Pack 3 (QR Code)

จากตารางที่ 3.3 เป็นการจัดกลุ่มเครื่องจักรตามลำดับการจัดวางเครื่องจักรในปัจจุบันจำนวน 22 เครื่อง โดยเครื่องจักรมีหน้าที่การทำงานตามชื่อของแต่ละเครื่องจักรดังนี้

1. เครื่องจักร Safe Cap 1 ถึง 7 และ Double Safe Cap 4 ถึง 5 อยู่ในกระบวนการ Cap Assembly Machine มีหน้าที่ในการผลิตเพื่อประกอบจุกปิดหลอดพลาสติกสุญญากาศ
2. เครื่องจักร Tube 1 ถึง 10 อยู่ในกระบวนการ Collection Tube Assembly Machine มีหน้าที่ในการผลิตเพื่อประกอบจุกปิดหลอดพลาสติกสุญญากาศเข้ากับตัวหลอดพลาสติกสุญญากาศ
3. เครื่องจักร Pack 2 ถึง 7 (แบบธรรมดา แบบ Bar Code และแบบ QR Code) อยู่ในกระบวนการ Seal Machine มีหน้าที่ห่อคลุมชุดผลิตภัณฑ์ด้วยฟิล์มพร้อมพิมพ์แถบบันทึกข้อมูลสำหรับแบบ Bar Code และแบบ QR Code

หลังการแบ่งกลุ่มของผลิตภัณฑ์และเครื่องจักรเสร็จสมบูรณ์ ลำดับถัดไปจะเป็นการจัดกลุ่มของผลิตภัณฑ์ ชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์และเครื่องจักรที่สัมพันธ์กันให้อยู่กลุ่มเดียวกันโดยสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 3.4 และ 3.5

ตารางที่ 3.4 ตารางความสัมพันธ์ระหว่างผลิตภัณฑ์และเครื่องจักร

Product Group	Machine Sequence
A	1 , 16 , 19
B	10 , 15 , 21
C	4 , 5 , 22
D	9 , 14 , 17
E	2 , 3 , 18
F	8 , 13 , 21
G	7 , 12 , 20
H	6 , 11 , 20

จากตารางที่ 3.4 ผลิตภัณฑ์แต่ละประเภท (ตามตารางที่ 3.2) ที่ผ่านกระบวนการผลิตของแต่ละเครื่องจักร (ตามตารางที่ 3.3) จะถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มความสัมพันธ์เดียวกัน ยกตัวอย่างเช่น ผลิตภัณฑ์กลุ่ม A (BCT-RD75) ขั้นตอนแรกเริ่มต้นด้วยการผลิตจุกปิดที่เครื่องจักรที่ 1 (Safe Cap 1) ขั้นตอนที่ 2 เป็นการนำจุกปิดเข้าสู่กระบวนการประกอบเข้ากับหลอดสุญญากาศที่เครื่องจักรที่ 16 (Tube 10) และขั้นตอนสุดท้ายเป็นการห่อคลุมด้วยฟิล์มที่เครื่องจักรที่ 19 (Pack 2) เป็นต้น

ตารางที่ 3.5 ตารางความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องจักรและชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์

M/C No.	Relate Part	M/C No.	Relate Part
1	1 , 7	12	12 , 15 , 16
2	9 , 11	13	12 , 15 , 16
3	14 , 15 ,16	14	12 , 15 , 16
4	6 , 8 , 10	15	13 , 15 , 16
5	13 , 15 , 16	16	12 , 15 , 16
6	4 , 8	17	17 , 18
7	3 , 8	18	17 , 18
8	2 , 8	19	17
9	5 , 8	20	17
10	1 , 7	21	17
11	12 , 15 , 16	22	17 , 18

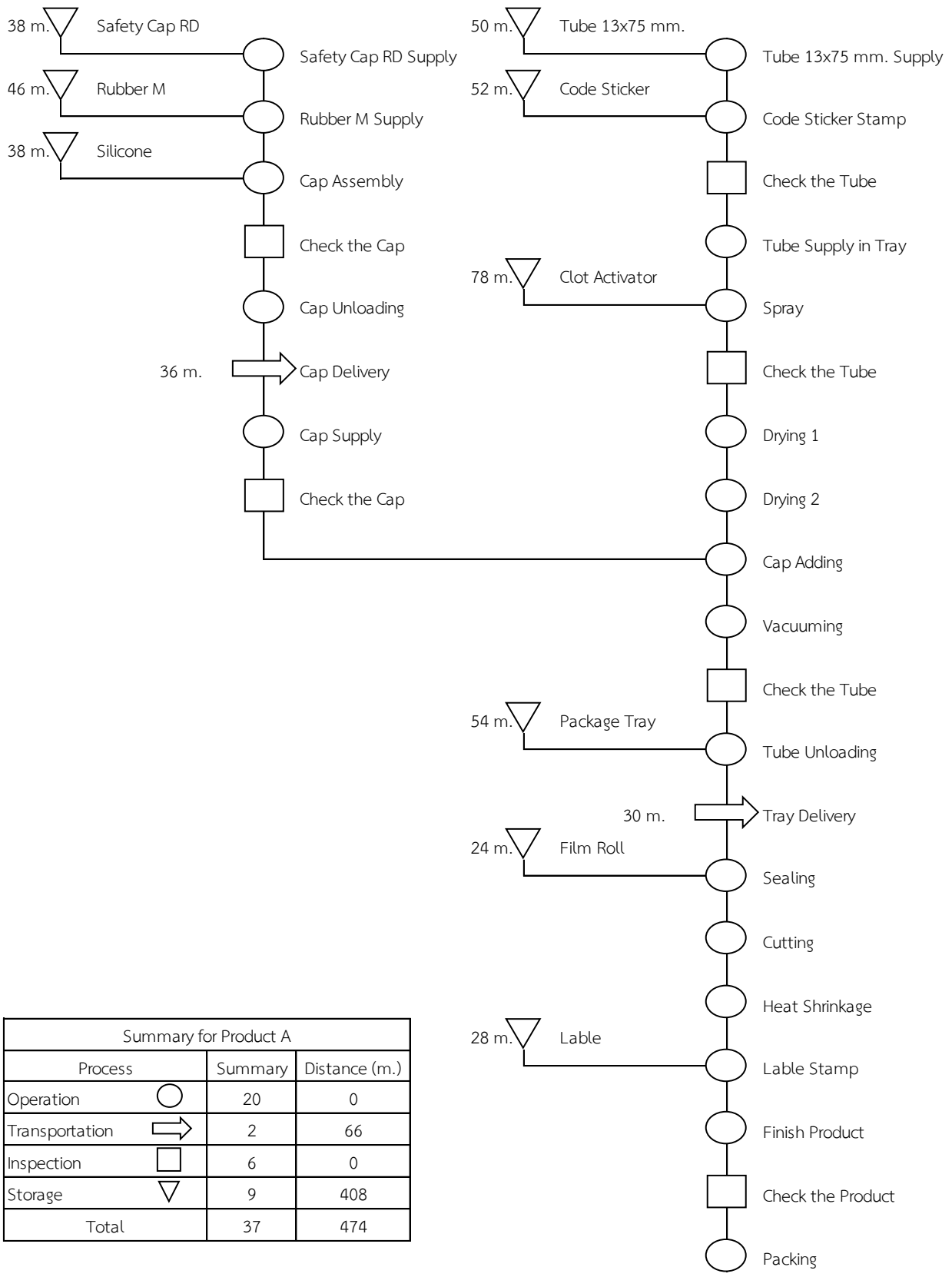
จากตารางที่ 3.5 ชิ้นส่วนของแต่ละผลิตภัณฑ์ (ตามตารางที่ 3.1) ที่ถูกลำเลียงเข้าสู่กระบวนการผลิตเพื่อการประกอบผลิตภัณฑ์ (ตามตารางที่ 3.4) ที่เครื่องจักรเดียวกันจะถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มความสัมพันธ์เดียวกัน ยกตัวอย่างเช่น

เครื่องจักรที่ 1 ชิ้นส่วน (1) Safety Cap – RD และชิ้นส่วน (7) Rubber Cap จะถูกลำเลียงเข้ามาผลิตเพื่อประกอบเป็นจุกปิดสำหรับผลิตภัณฑ์กลุ่ม A

เครื่องจักรที่ 16 ชิ้นส่วน (12) Tube 13 x 75 mm. และชิ้นส่วน (15) Code Sticker จะถูกลำเลียงเข้ามาเพื่อผลิตเป็นหลอดสุญญากาศแล้วบรรจุลงในชิ้นส่วน (16) Package Tray สำหรับผลิตภัณฑ์กลุ่ม A

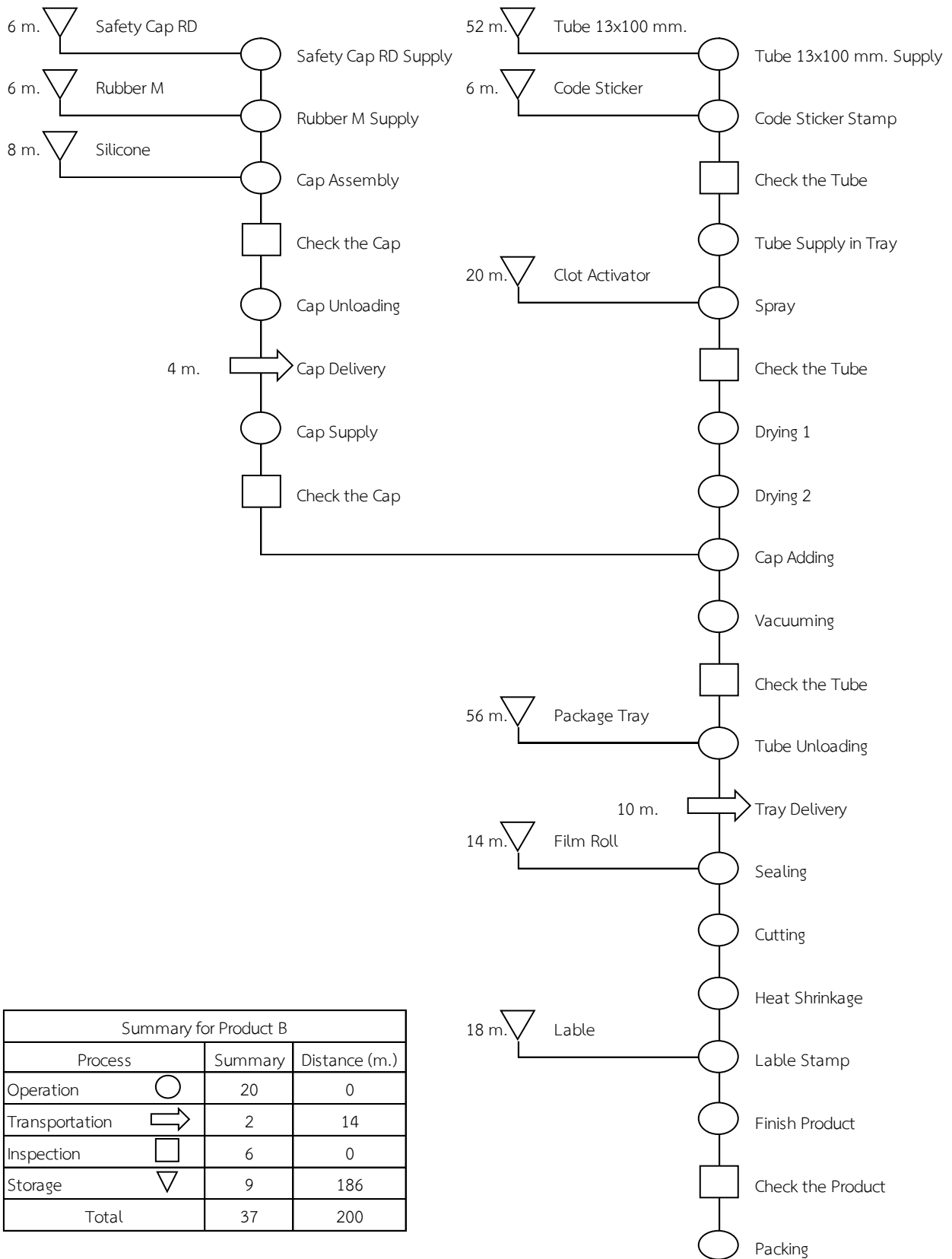
เครื่องจักรที่ 19 ชิ้นส่วน (17) Film Roll จะถูกลำเลียงเข้ามาเพื่อกระบวนการห่อคลุมสำหรับผลิตภัณฑ์กลุ่ม A เป็นต้น





ความสัมพันธ์ของผลิตภัณฑ์กับเครื่องจักรและความสัมพันธ์ของเครื่องจักรกับชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์ทำให้สามารถแสดงแผนภูมิการประกอบผลิตภัณฑ์ในปัจจุบันได้ดังภาพที่ 3.4 ถึง 3.11



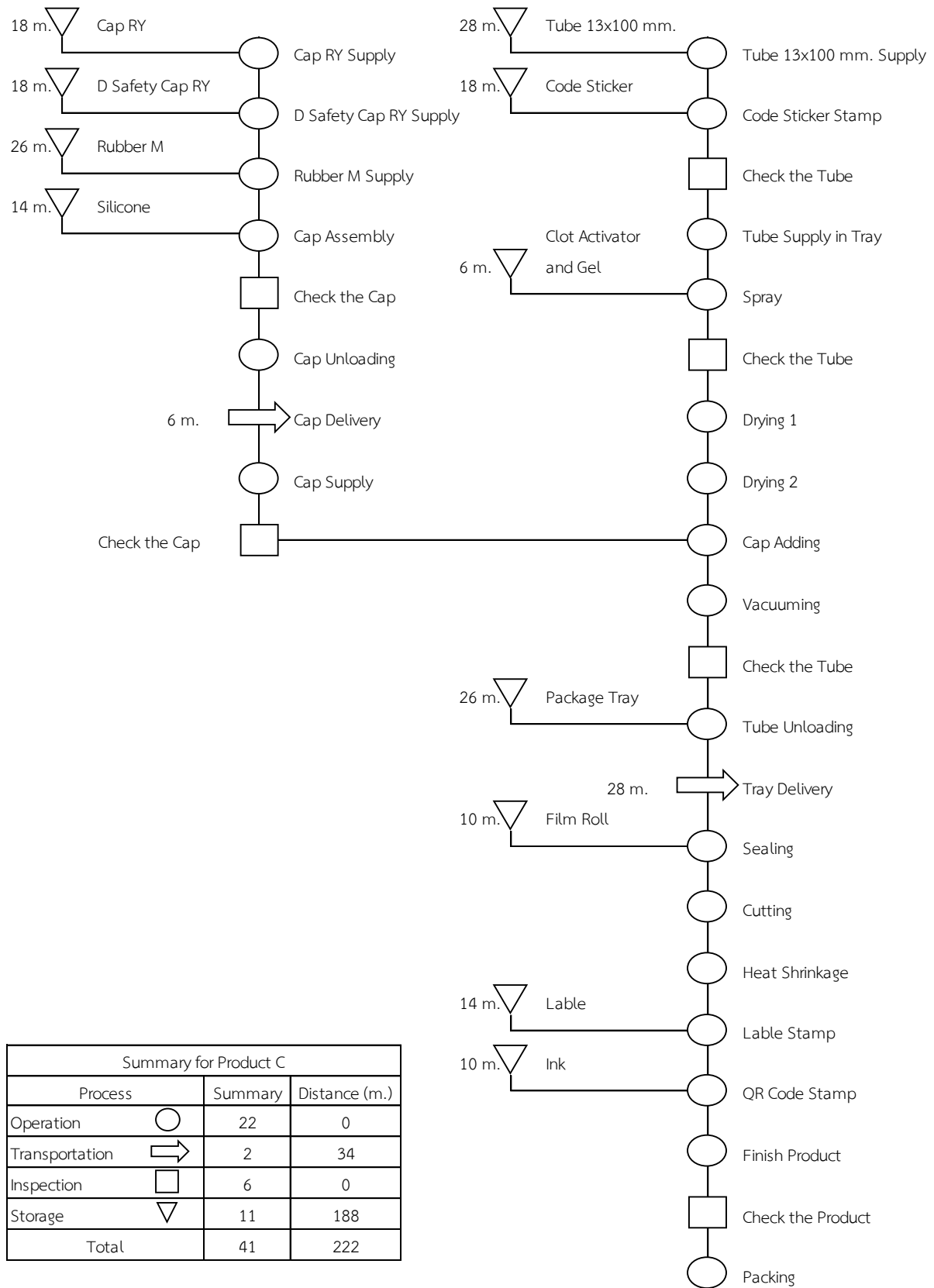
Summary for Product A			
Process	Summary	Distance (m.)	
Operation	○	20	0
Transportation	➡	2	66
Inspection	□	6	0
Storage	▽	9	408
Total		37	474

ภาพที่ 3.4 แผนภูมิการประกอบของผลิตภัณฑ์ A ในปัจจุบัน



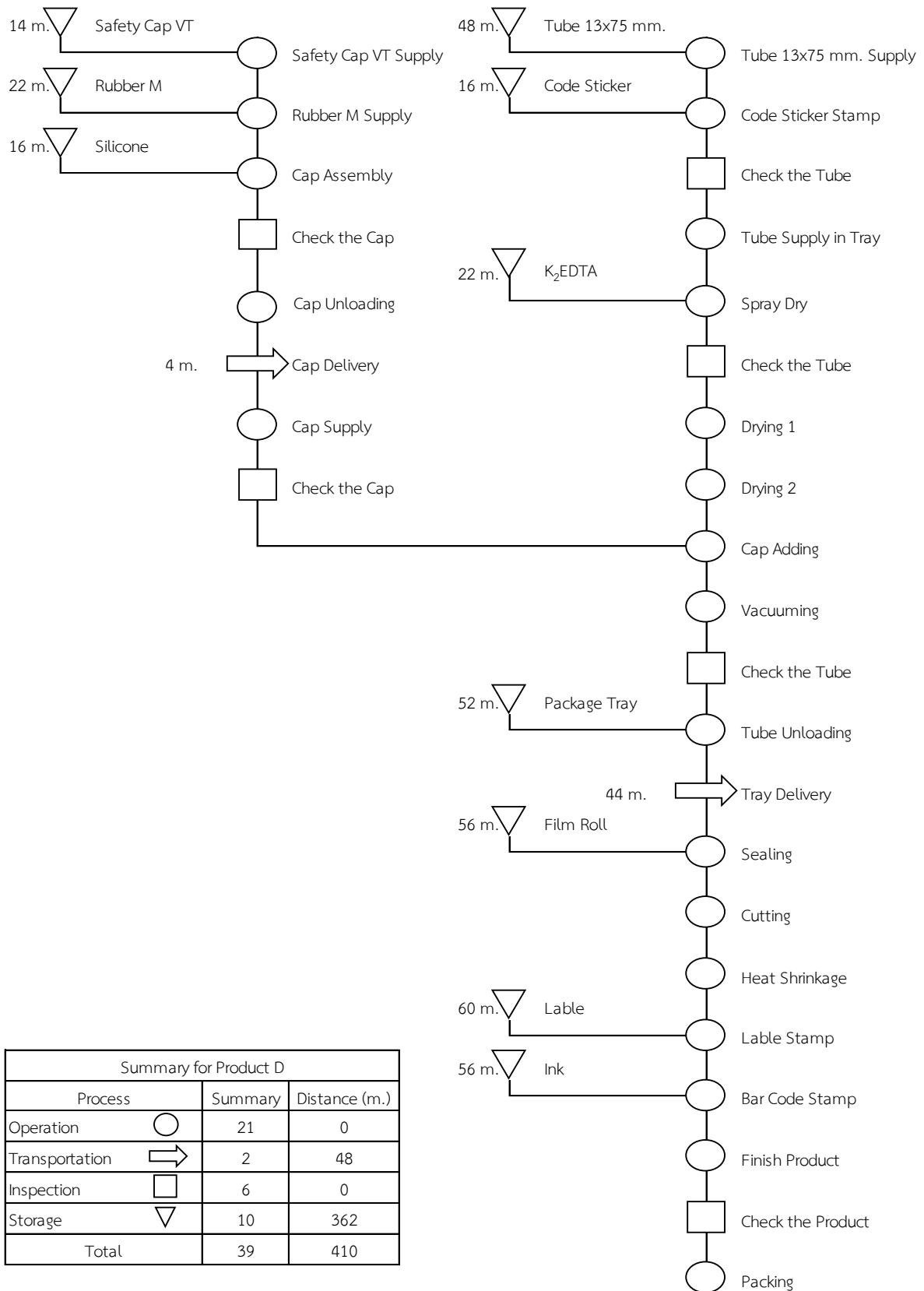
Summary for Product B		
Process	Summary	Distance (m.)
Operation 	20	0
Transportation 	2	14
Inspection 	6	0
Storage 	9	186
Total	37	200

ภาพที่ 3.5 แผนภูมิการประกอบของผลิตภัณฑ์ B ในปัจจุบัน

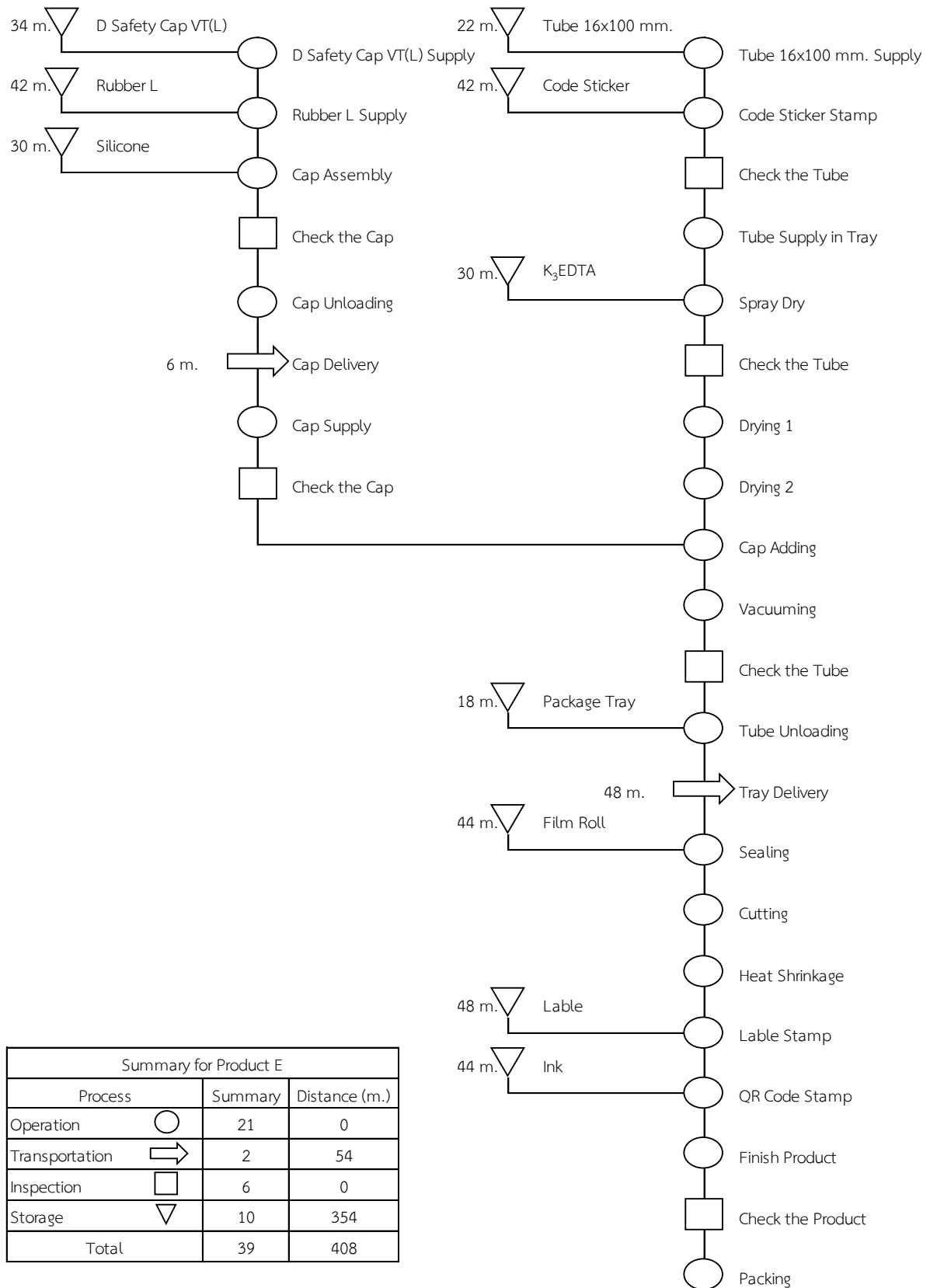






Summary for Product C		
Process	Summary	Distance (m.)
Operation ○	22	0
Transportation ⇨	2	34
Inspection □	6	0
Storage ▽	11	188
Total	41	222

ภาพที่ 3.6 แผนภูมิการประกอบของผลิตภัณฑ์ C ในปัจจุบัน

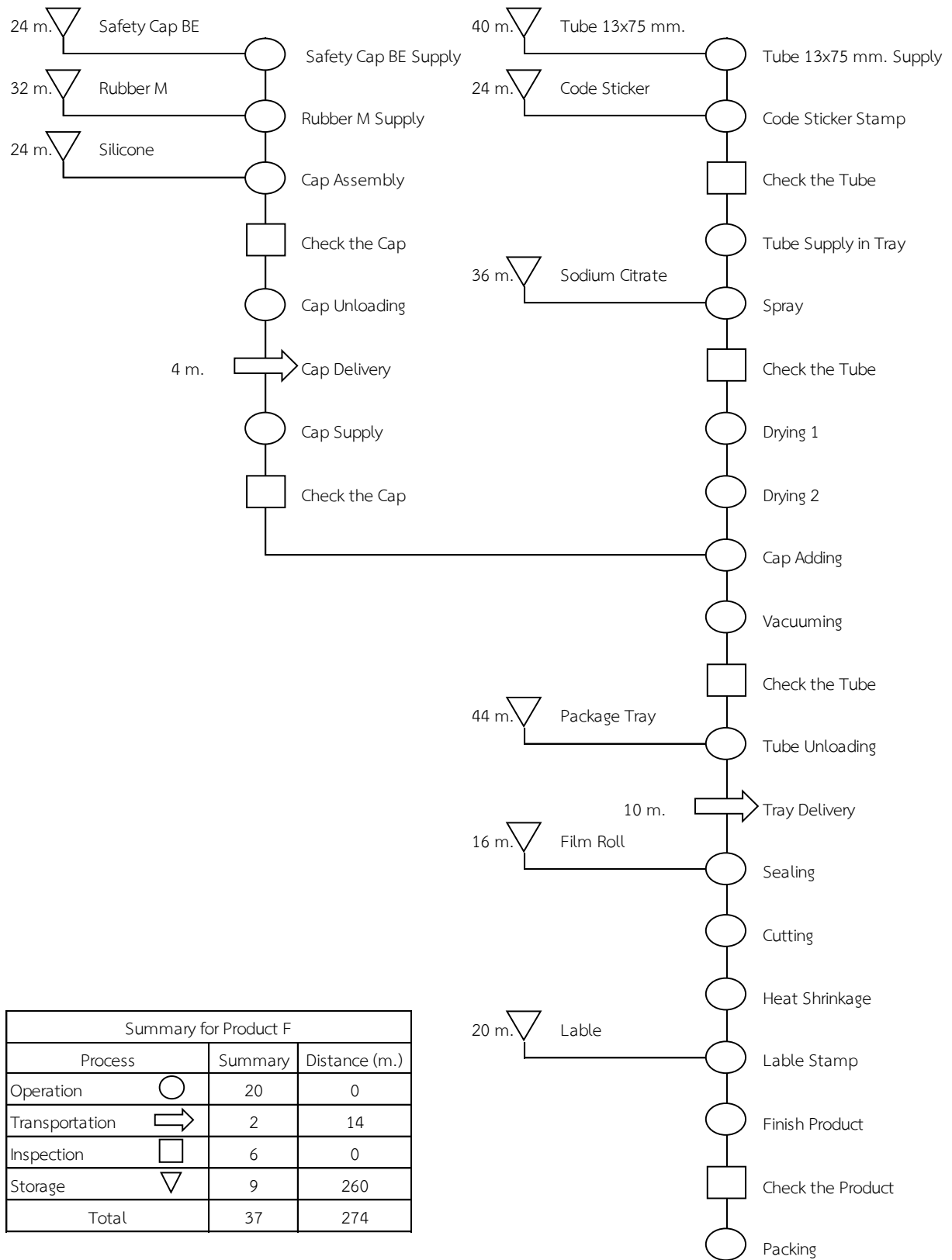


ภาพที่ 3.7 แผนภูมิการประกอบของผลิตภัณฑ์ D ในปัจจุบัน



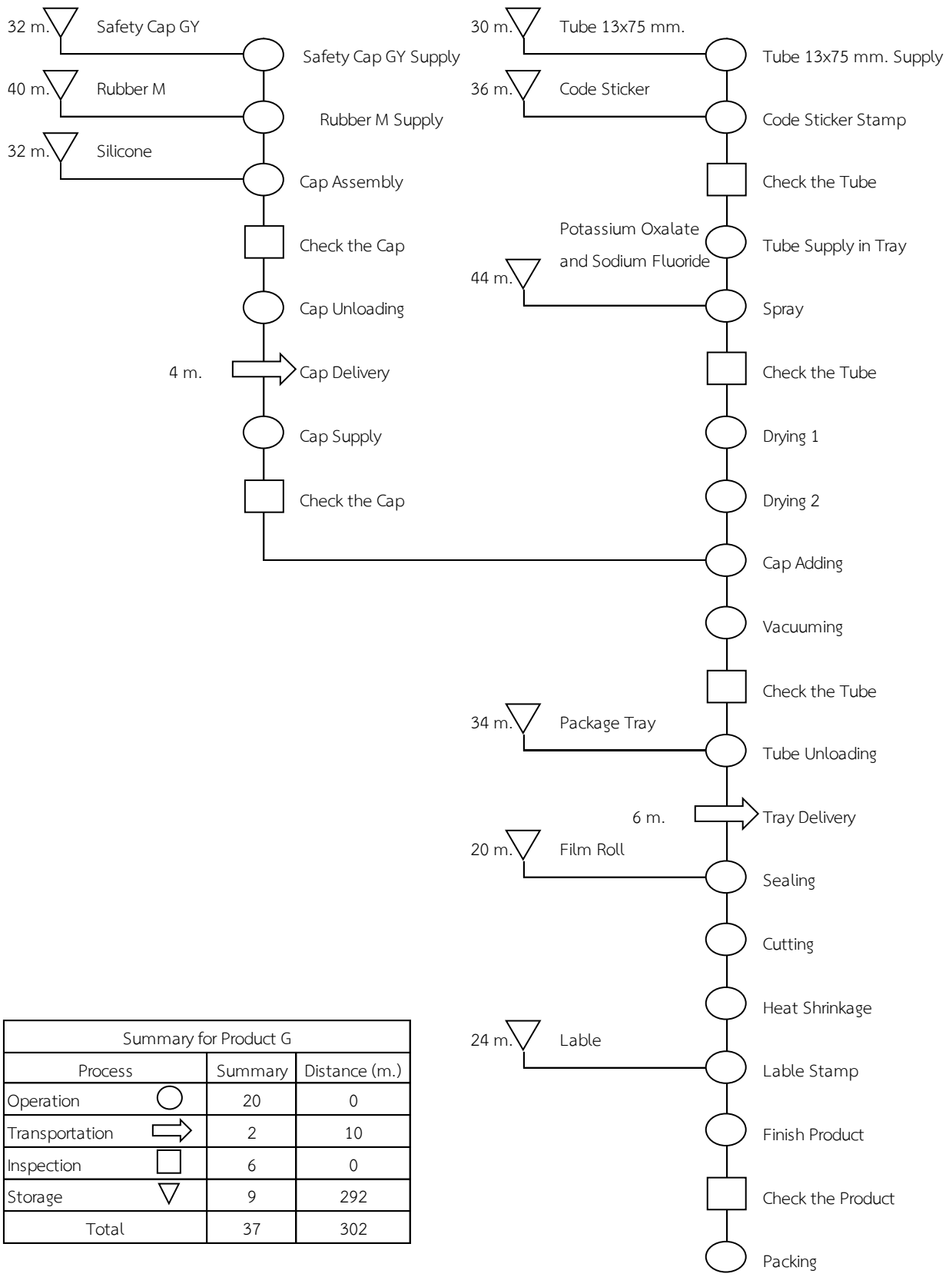
Summary for Product E		
Process	Summary	Distance (m.)
Operation 	21	0
Transportation 	2	54
Inspection 	6	0
Storage 	10	354
Total	39	408

ภาพที่ 3.8 แผนภูมิการประกอบของผลิตภัณฑ์ E ในปัจจุบัน



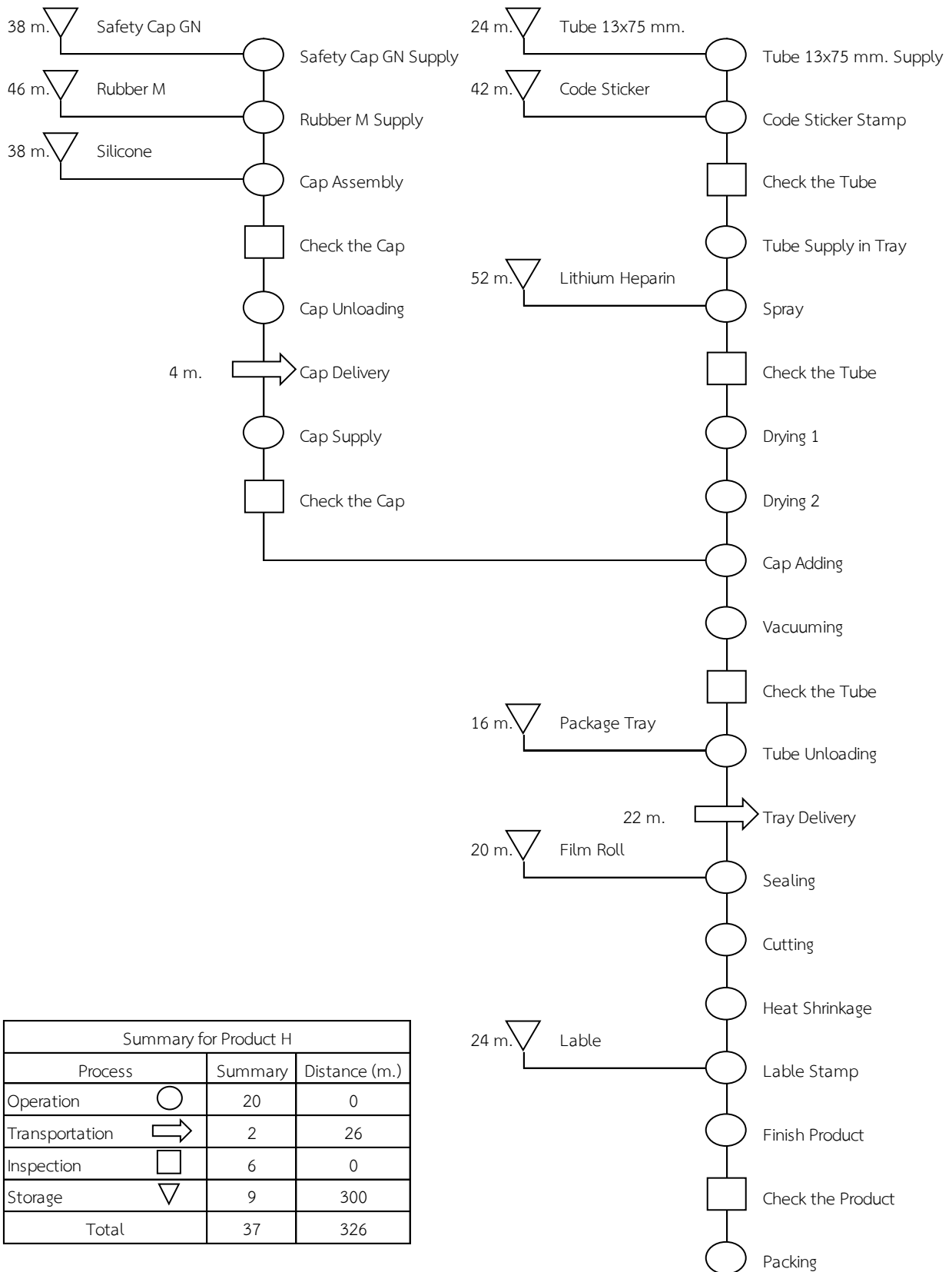
Summary for Product F			
Process		Summary	Distance (m.)
Operation	○	20	0
Transportation	➡	2	14
Inspection	□	6	0
Storage	▽	9	260
Total		37	274

ภาพที่ 3.9 แผนภูมิการประกอบของผลิตภัณฑ์ F ในปัจจุบัน



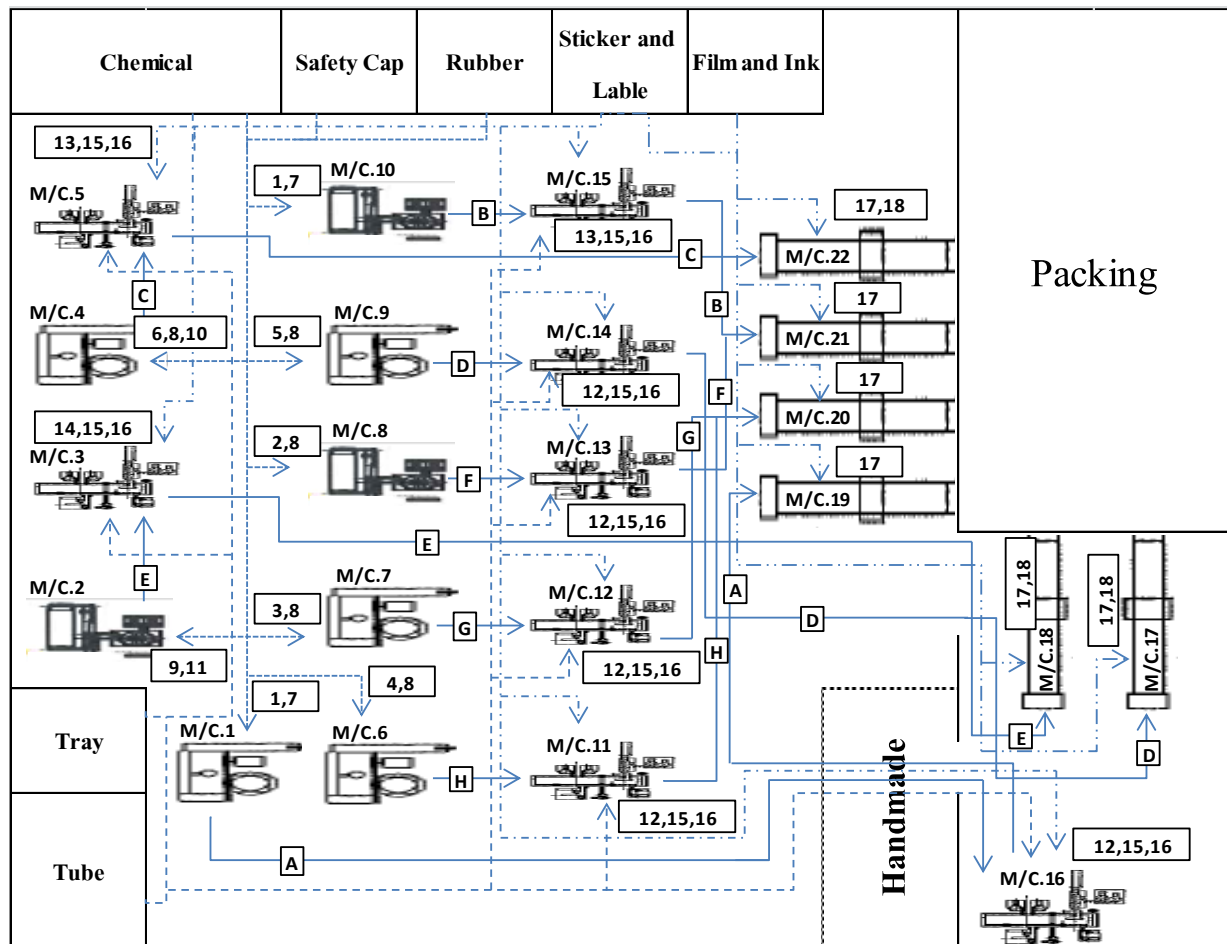
Summary for Product G			
Process	Summary	Distance (m.)	
Operation	○	20	0
Transportation	➡	2	10
Inspection	□	6	0
Storage	▽	9	292
Total		37	302

ภาพที่ 3.10 แผนภูมิการประกอบของผลิตภัณฑ์ G ในปัจจุบัน



ภาพที่ 3.11 แผนภูมิการประกอบของผลิตภัณฑ์ H ในปัจจุบัน

จากความสัมพันธ์ของผลิตภัณฑ์กับเครื่องจักร ความสัมพันธ์ของเครื่องจักรกับชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์และแผนภูมิการประกอบผลิตภัณฑ์ในปัจจุบันทำให้สามารถแสดงแผนภาพการไหลของกระบวนการผลิตดังภาพที่ 3.12



ภาพที่ 3.12 แผนภาพการไหลของกระบวนการผลิตในปัจจุบัน

จากภาพที่ 3.12 แสดงให้เห็นถึงกระบวนการผลิตที่ไม่ต่อเนื่อง ระยะทางการลำเลียงชิ้นส่วนและผลิตภัณฑ์ที่ซับซ้อน ยกตัวอย่างเช่น ผลิตภัณฑ์กลุ่ม A เริ่มต้นการผลิตด้วยเครื่องจักรที่ 1 เมื่อผลิตเสร็จเรียบร้อยแล้วจะถูกเคลื่อนย้ายไปผลิตเพื่อการประกอบที่เครื่องจักรที่ 16 โดยมีระยะทางห่างกันมากและขั้นตอนสุดท้ายจะเคลื่อนย้ายย้อนกลับไปห่อคลุมด้วยฟิล์มที่เครื่องจักรที่ 19 เป็นต้น

3.3 ปรับปรุงวิธีการทำงานโดยใช้หลักการของเทคโนโลยีกลุ่มและรูปแบบคอขวด

3.3.1 จัดความสัมพันธ์ของข้อมูลผลิตภัณฑ์และเครื่องจักร เพื่อจัดรูปแบบของเทคโนโลยีกลุ่ม [7] โดยข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กันจะใส่เลข 1 และกำหนดค่าของ Binary Values ของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่มีทั้งหมด 8 กลุ่ม เริ่มตั้งแต่กลุ่มแรกจะมีค่า 2^0 ไปจนถึง 2^8 และคำนวณผลรวมของ Decimal Equivalent ในแต่ละเครื่องจักรและจัดลำดับค่าของ Rank ที่ได้ดังตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 การจัดรูปแบบเทคโนโลยีกลุ่มของกระบวนการผลิตปัจจุบัน

Machine No.	Machine Name	Product								Decimal Equivalent	Rank
		BCT-RD75	BCT-RD100	BCT-RY100 R	BCT-VT75R	BCT-VT100 R	BCT-BE75	BCT-GY75	BCT-GN75		
		A	B	C	D	E	F	G	H		
1	Safe Cap 1	1								128	1
2	Double Safe Cap 5					1				8	13
3	Tube 8					1				8	14
4	Double Safe Cap 4			1						32	7
5	Tube 7			1						32	8
6	Safe Cap 3								1	1	21
7	Safe Cap 4							1		2	19
8	Safe Cap 5						1			4	16
9	Double Safe Cap 3				1					16	10
10	Safe Cap 6		1							64	5
11	Tube 9								1	1	22
12	Tube 3							1		2	20
13	Tube 4						1			4	17
14	Tube 5				1					16	11
15	Tube 6		1							64	6
16	Tube 10	1								128	2
17	Pack 7 (Barcode)				1					16	12
18	Pack 4 (QR Code)					1				8	15
19	Pack 2	1								128	3
20	Pack 5							1	1	3	18
21	Pack 6		1				1			68	4
22	Pack 3 (QR Code)			1						32	9

3.3.2 กำหนดผลิตภัณฑ์ (j) , การดำเนินงาน (k) , หน้าที่งาน , สถานีงาน (i) เวลาของกระบวนการ (t_{ijk}) และความถี่ของการดำเนินงาน (f_{ijk}) เพื่อจัดรูปแบบคอขวด [8] ดังตารางที่ 3.7

ตารางที่ 3.7 การจัดรูปแบบคอกวดของกระบวนการผลิตในปัจจุบัน

Part j	Part Mix p_j	Operation k	Description	Station i	Process Time t_{ijk} (min)	Frequency f_{ijk}
A	0.09	1	Load 1	1	24.4	1
		2	Safe Cap	2	1	1
		3	Inspect 1	3	1	0.2
		4	Cap Delivery	4	7.2	1
		5	Load 2	5	46.8	1
		6	Tube	6	4	1
		7	Inspect 2	7	4	1
		8	Tray Delivery	8	6	1
		9	Load 3	9	10.4	1
		10	Pack	10	0.5	1
		11	Inspect 3	11	0.5	1
		12	Unload	12	0.5	1
B	0.1	1	Load 1	1	4	1
		2	Safe Cap	2	1	1
		3	Inspect 1	3	1	0.2
		4	Cap Delivery	4	0.8	1
		5	Load 2	5	26.8	1
		6	Tube	6	4	1
		7	Inspect 2	7	4	1
		8	Tray Delivery	8	2	1
		9	Load 3	9	6.4	1
		10	Pack	10	0.5	1
		11	Inspect 3	11	0.5	1
		12	Unload	12	0.5	1
C	0.11	1	Load 1	1	15.2	1
		2	Safe Cap	2	1	1
		3	Inspect 1	3	1	0.2
		4	Cap Delivery	4	1.2	1
		5	Load 2	5	15.6	1
		6	Tube	6	4	1
		7	Inspect 2	7	4	1
		8	Tray Delivery	8	5.6	1
		9	Load 3	9	6.8	1
		10	Pack	10	0.5	1
		11	Inspect 3	11	0.5	1
		12	Unload	12	0.5	1
D	0.12	1	Load 1	1	10.4	1
		2	Safe Cap	2	1	1
		3	Inspect 1	3	1	0.2
		4	Cap Delivery	4	0.8	1
		5	Load 2	5	27.6	1
		6	Tube	6	4	1
		7	Inspect 2	7	4	1
		8	Tray Delivery	8	8.8	1
		9	Load 3	9	34.4	1
		10	Pack	10	0.5	1
		11	Inspect 3	11	0.5	1
		12	Unload	12	0.5	1

ตารางที่ 3.7 การจัดรูปแบบคอขวดของกระบวนการผลิตในปัจจุบัน (ต่อ)

Part j	Part Mix p_j	Operation k	Description	Station i	Process Time t_{ijk} (min)	Frequency f_{ijk}
E	0.13	1	Load 1	1	21.2	1
		2	Safe Cap	2	1	1
		3	Inspect 1	3	1	0.2
		4	Cap Delivery	4	1.2	1
		5	Load 2	5	22.4	1
		6	Tube	6	4	1
		7	Inspect 2	7	4	1
		8	Tray Delivery	8	9.6	1
		9	Load 3	9	27.2	1
		10	Pack	10	0.5	1
		11	Inspect 3	11	0.5	1
		12	Unload	12	0.5	1
F	0.14	1	Load 1	1	16	1
		2	Safe Cap	2	1	1
		3	Inspect 1	3	1	0.2
		4	Cap Delivery	4	0.8	1
		5	Load 2	5	28.8	1
		6	Tube	6	4	1
		7	Inspect 2	7	4	1
		8	Tray Delivery	8	2	1
		9	Load 3	9	7.2	1
		10	Pack	10	0.5	1
		11	Inspect 3	11	0.5	1
		12	Unload	12	0.5	1
G	0.15	1	Load 1	1	20.8	1
		2	Safe Cap	2	1	1
		3	Inspect 1	3	1	0.2
		4	Cap Delivery	4	0.8	1
		5	Load 2	5	28.8	1
		6	Tube	6	4	1
		7	Inspect 2	7	4	1
		8	Tray Delivery	8	1.2	1
		9	Load 3	9	8.8	1
		10	Pack	10	0.5	1
		11	Inspect 3	11	0.5	1
		12	Unload	12	0.5	1
H	0.16	1	Load 1	1	24.4	1
		2	Safe Cap	2	1	1
		3	Inspect 1	3	1	0.2
		4	Cap Delivery	4	0.8	1
		5	Load 2	5	26.8	1
		6	Tube	6	4	1
		7	Inspect 2	7	4	1
		8	Tray Delivery	8	4.4	1
		9	Load 3	9	8.8	1
		10	Pack	10	0.5	1
		11	Inspect 3	11	0.5	1
		12	Unload	12	0.5	1

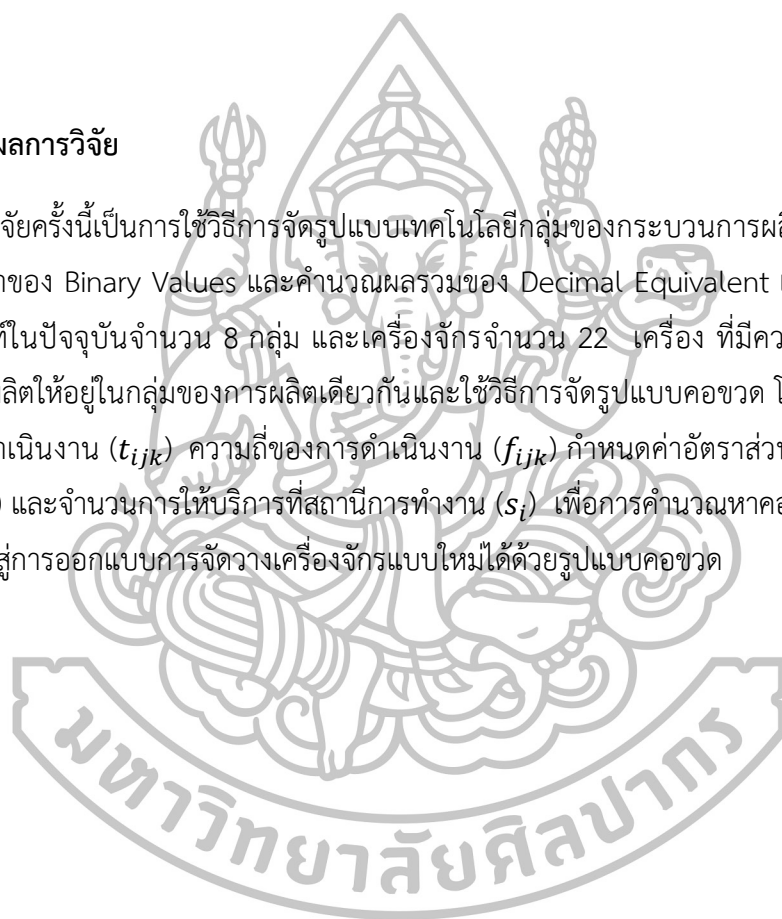
3.4 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพก่อนและหลังการปรับปรุง

3.4.1 คำนวณหาระยะทางและเวลาของกระบวนการหลังการปรับปรุงเพื่อเปรียบเทียบกับก่อนการปรับปรุงตามแบบเทคโนโลยีกลุ่ม

3.4.2 คำนวณหาจุดที่เป็นคอขวดหลังการปรับปรุงเพื่อเปรียบเทียบกับก่อนการปรับปรุงตามรูปแบบคอขวด

3.5 การสรุปผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการใช้วิธีการจัดรูปแบบเทคโนโลยีกลุ่มของกระบวนการผลิตปัจจุบัน โดยการกำหนดค่าของ Binary Values และคำนวณผลรวมของ Decimal Equivalent เพื่อการจัดกลุ่มของผลิตภัณฑ์ในปัจจุบันจำนวน 8 กลุ่ม และเครื่องจักรจำนวน 22 เครื่อง ที่มีความสัมพันธ์ทางกระบวนการผลิตให้อยู่ในกลุ่มของการผลิตเดียวกันและใช้วิธีการจัดรูปแบบคอขวด โดยการคำนวณค่าเวลาการดำเนินงาน (t_{ijk}) ความถี่ของการดำเนินงาน (f_{ijk}) กำหนดค่าอัตราส่วนของผลิตภัณฑ์แบบผสม (p_j) และจำนวนการให้บริการที่สถานีการทำงาน (s_i) เพื่อการคำนวณหาคอขวดของระบบเป็นการนำไปสู่การออกแบบการจัดวางเครื่องจักรแบบใหม่ได้ด้วยรูปแบบคอขวด



บทที่ 4

ผลการดำเนินงานวิจัย

4.1 ปรับปรุงวิธีการทำงานโดยใช้หลักการของเทคโนโลยีกลุ่ม

ขั้นตอนที่ 1 จัดความสัมพันธ์ของข้อมูลผลิตภัณฑ์และเครื่องจักร เพื่อจัดรูปแบบของเทคโนโลยีกลุ่ม โดยข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กันจะใส่เลข 1 และกำหนดค่าของ Binary Values ของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่มีทั้งหมด 8 กลุ่ม เริ่มตั้งแต่กลุ่มแรกจะมีค่า 2^0 ไปจนถึง 2^8 และคำนวณผลรวมของ Decimal Equivalent ในแต่ละเครื่องจักรและจัดลำดับค่าของ Rank ที่ได้ ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ขั้นตอนที่ 1 ของการจัดรูปแบบคอกวดของกระบวนการผลิต

Machine No.	Machine Name	Binary Values								Decimal Equivalent	Rank
		Product									
		BCT-RD75	BCT-RD100	BCT-RY100 R	BCT-VT75R	BCT-VT100 R	BCT-BE75	BCT-GY75	BCT-GN75		
A	B	C	D	E	F	G	H				
1	Safe Cap 1	1								128	1
2	Double Safe Cap 5					1				8	13
3	Tube 8					1				8	14
4	Double Safe Cap 4			1						32	7
5	Tube 7			1						32	8
6	Safe Cap 3								1	1	21
7	Safe Cap 4							1		2	19
8	Safe Cap 5						1			4	16
9	Safe Cap 6				1					16	10
10	Safe Cap 7		1							64	5
11	Tube 9								1	1	22
12	Tube 3							1		2	20
13	Tube 4						1			4	17
14	Tube 5				1					16	11
15	Tube 6		1							64	6
16	Tube 10	1								128	2
17	Pack 7 (Barcode)				1					16	12
18	Pack 4 (QR Code)					1				8	15
19	Pack 2	1								128	3
20	Pack 5							1	1	3	18
21	Pack 6		1				1			68	4
22	Pack 3 (QR Code)			1						32	9

ขั้นตอนที่ 2 เรียงลำดับค่า Decimal Equivalent ของขั้นตอนที่ 1 ในแต่ละเครื่องจักรจากค่ามากไปหาน้อย และกำหนดค่าของ Binary Values ของเครื่องจักรทั้งหมด 22 เครื่อง เริ่มตั้งแต่เครื่องจักรที่มีค่า Decimal Equivalent ของขั้นตอนที่ 1 น้อยที่สุดไปหาค่ามากที่สุด เครื่องจักรที่มีค่าน้อยที่สุดจะมีค่า 2^0 ไปจนถึงค่ามากที่สุด 2^{21} และคำนวณผลรวมของ Decimal Equivalent ในแต่ละผลิตภัณฑ์และจัดลำดับค่าของ Rank ที่ได้ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ขั้นตอนที่ 2 ของการจัดรูปแบบคอขวดของกระบวนการผลิต

Machine No.	Machine Name	Product								Binary Values
		BCT-RD75	BCT-RD100	BCT-RY100R	BCT-VT75R	BCT-VT100R	BCT-BE75	BCT-GY75	BCT-GN75	
		A	B	C	D	E	F	G	H	
1	Safe Cap 1	1								2097152
16	Tube 10	1								1048576
19	Pack 2	1								524288
21	Pack 6		1					1		262144
10	Safe Cap 7		1							131072
15	Tube 6		1							65536
4	Double Safe Cap 4			1						32768
5	Tube 7			1						16384
22	Pack 3 (QR Code)			1						8192
9	Safe Cap 6				1					4096
14	Tube 5				1					2048
17	Pack 7 (Barcode)				1					1024
2	Double Safe Cap 5					1				512
3	Tube 8					1				256
18	Pack 4 (QR Code)					1				128
8	Safe Cap 5						1			64
13	Tube 4						1			32
20	Pack 5							1	1	16
7	Safe Cap 4							1		8
12	Tube 3							1		4
6	Safe Cap 3								1	2
11	Tube 9								1	1
Decimal Equivalent		3670016	458752	57344	7168	896	262240	28	3	
Rank		1	2	4	5	6	3	7	8	

ขั้นตอนที่ 3 จัดลำดับค่าของ Rank ที่ได้ของขั้นตอนที่ 2 ของผลิตภัณฑ์ทั้ง 8 กลุ่ม และคำนวณผลรวมของ Decimal Equivalent ในแต่ละเครื่องจักรและจัดลำดับค่าของ Rank ที่ได้ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ขั้นตอนที่ 3 ของการจัดรูปแบบคอกวดของกระบวนการผลิต

Machine No.	Machine Name	Binary Values								Decimal Equivalent	Rank	
		128	64	32	16	8	4	2	1			
		BCT-RD75	BCT-RD100	BCT-BE75	BCT-RY100 R	BCT-VT75R	BCT-VT100 R	BCT-GY75	BCT-GN75			
		A	B	F	C	D	E	G	H			
1	Safe Cap 1	1									128	1
16	Tube 10	1									128	2
19	Pack 2	1									128	3
21	Pack 6		1	1							96	4
10	Safe Cap 7		1								64	5
15	Tube 6		1								64	6
8	Safe Cap 5			1							32	7
13	Tube 4			1							32	8
4	Double Safe Cap 4				1						16	9
5	Tube 7				1						16	10
22	Pack 3 (QR Code)				1						16	11
9	Safe Cap 6					1					8	12
14	Tube 5					1					8	13
17	Pack 7 (Barcode)					1					8	14
2	Double Safe Cap 5						1				4	15
3	Tube 8						1				4	16
18	Pack 4 (QR Code)						1				4	17
20	Pack 5							1	1		3	18
7	Safe Cap 4							1			2	19
12	Tube 3							1			2	20
6	Safe Cap 3								1		1	21
11	Tube 9								1		1	22

ขั้นตอนที่ 4 จัดกลุ่มของผลิตภัณฑ์และเครื่องจักรที่มีความสัมพันธ์กันให้อยู่ในกลุ่มเดียวกันดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 การจัดรูปแบบคอบวดของกระบวนการผลิตหลังการปรับปรุง

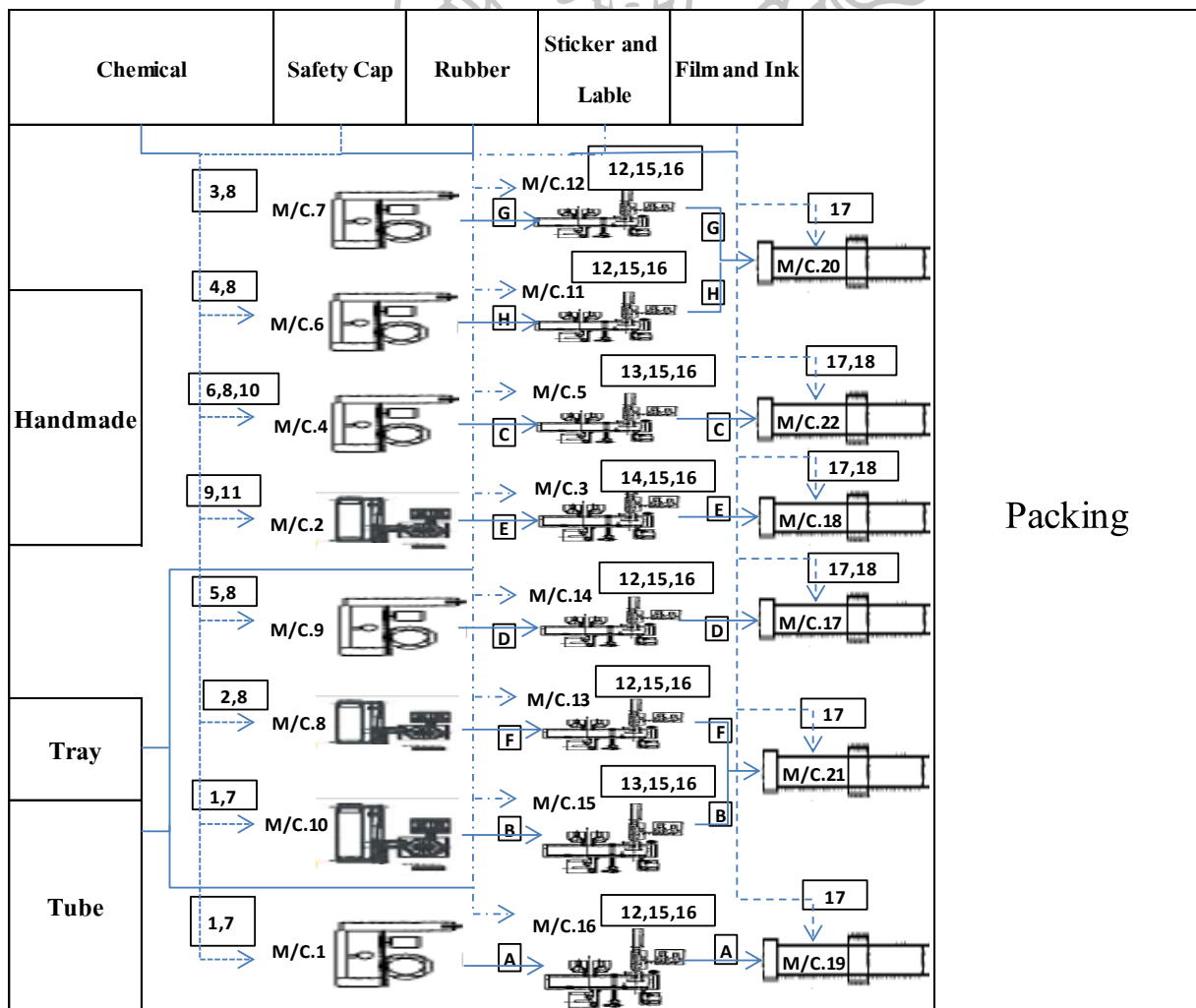
Machine No.	Machine Name	Product								Binary Values
		BCT-RD75	BCT-RD100	BCT-BE75	BCT-RY100R	BCT-VT75R	BCT-VT100R	BCT-GY75	BCT-GN75	
		A	B	F	C	D	E	G	H	
1	Safe Cap 1	1								2097152
16	Tube 10	1								1048576
19	Pack 2	1								524288
21	Pack 6		1	1						262144
10	Safe Cap 7		1							131072
15	Tube 6		1							65536
8	Safe Cap 5			1						32768
13	Tube 4			1						16384
4	Double Safe Cap 4				1					8192
5	Tube 7				1					4096
22	Pack 3 (QR Code)				1					2048
9	Safe Cap 6					1				1024
14	Tube 5					1				512
17	Pack 7 (Barcode)					1				256
2	Double Safe Cap 5						1			128
3	Tube 8						1			64
18	Pack 4 (QR Code)						1			32
20	Pack 5							1	1	16
7	Safe Cap 4							1		8
12	Tube 3							1		4
6	Safe Cap 3								1	2
11	Tube 9								1	1
Decimal Equivalent		3670016	458752	311296	14336	1792	224	28	3	

จากการใช้เทคโนโลยีกลุ่มในการจัดความสัมพันธ์ของผลิตภัณฑ์และเครื่องจักรสามารถแบ่งกลุ่มได้ออกเป็น 3 กลุ่ม ดังตารางที่ 4.5

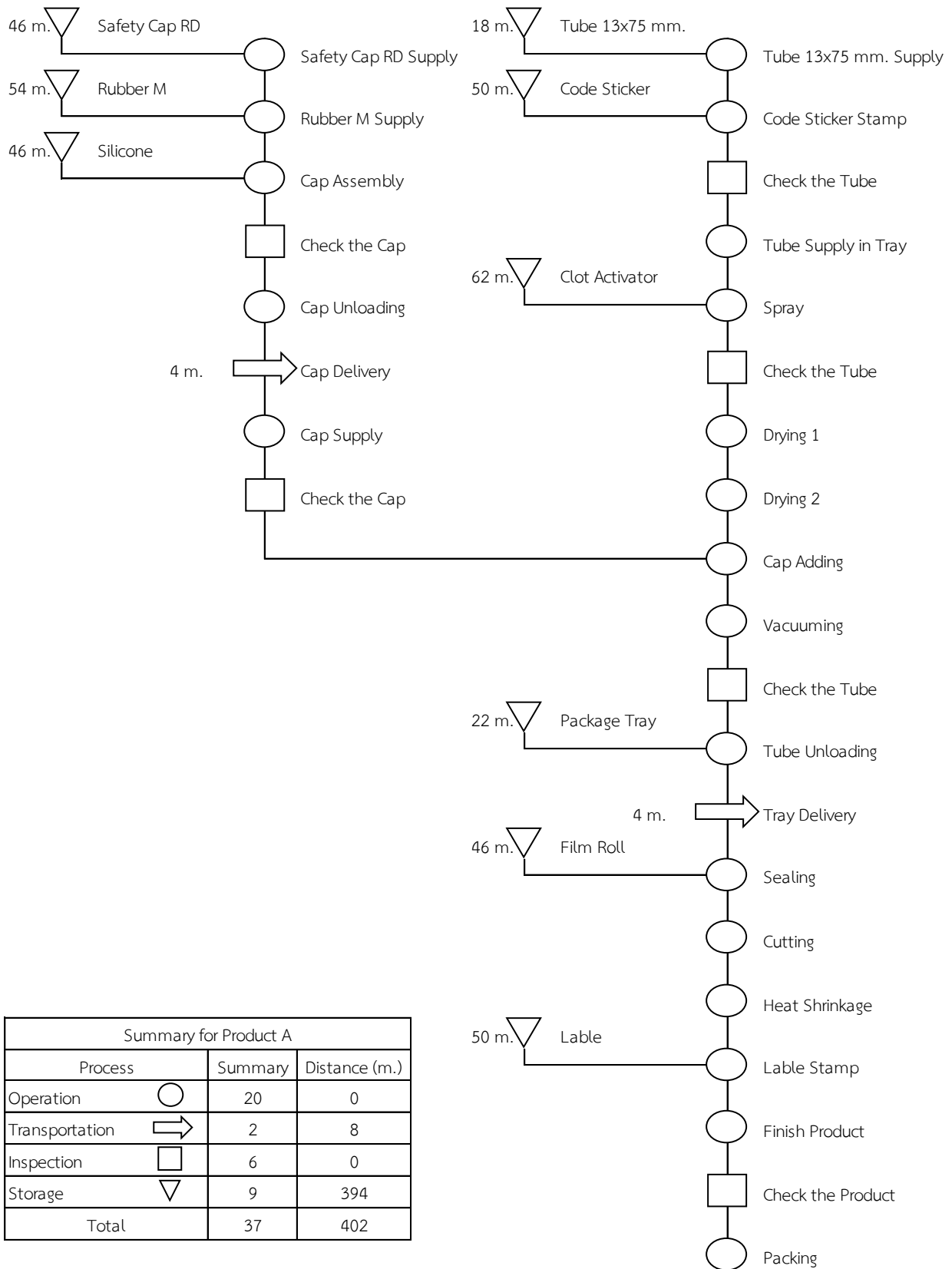
ตารางที่ 4.5 การจัดกลุ่มความสัมพันธ์ระหว่างผลิตภัณฑ์และเครื่องจักร

Group	Product	Machine
1	A, B, F	1, 8, 10, 13, 15, 16, 19, 21
2	C, D, E	2, 3, 4, 5, 9, 14, 17, 18, 22
3	G, H	6, 7, 11, 12, 20

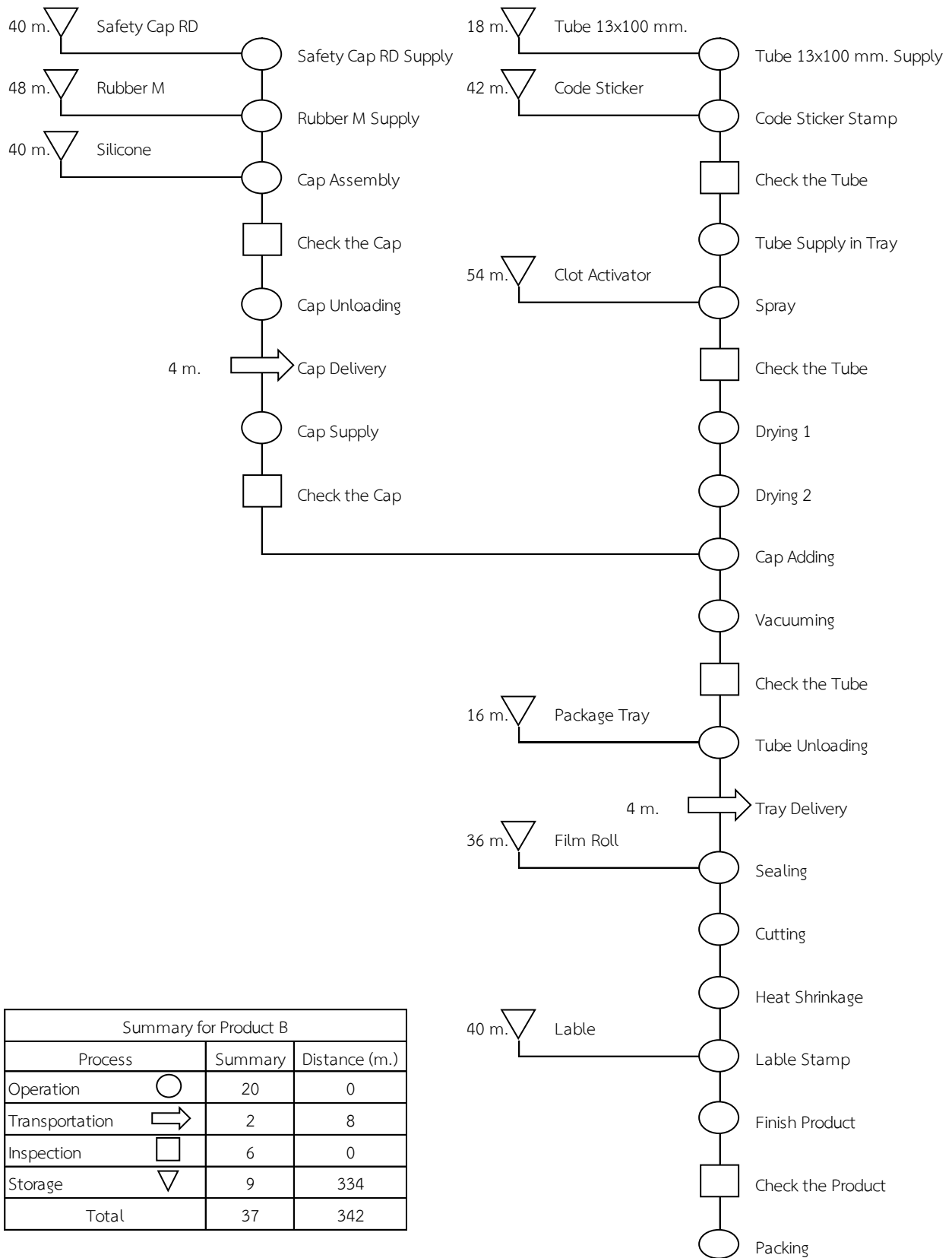
จากความสัมพันธ์ของผลิตภัณฑ์กับเครื่องจักรและความสัมพันธ์ของเครื่องจักรกับชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์ทำให้สามารถแสดงแผนภาพการไหลของกระบวนการผลิตและแผนภูมิการประกอบผลิตภัณฑ์หลังการปรับปรุงได้ดังภาพที่ 4.1 ถึง 4.9







ภาพที่ 4.1 แผนภาพการไหลของกระบวนการผลิตหลังการปรับปรุง

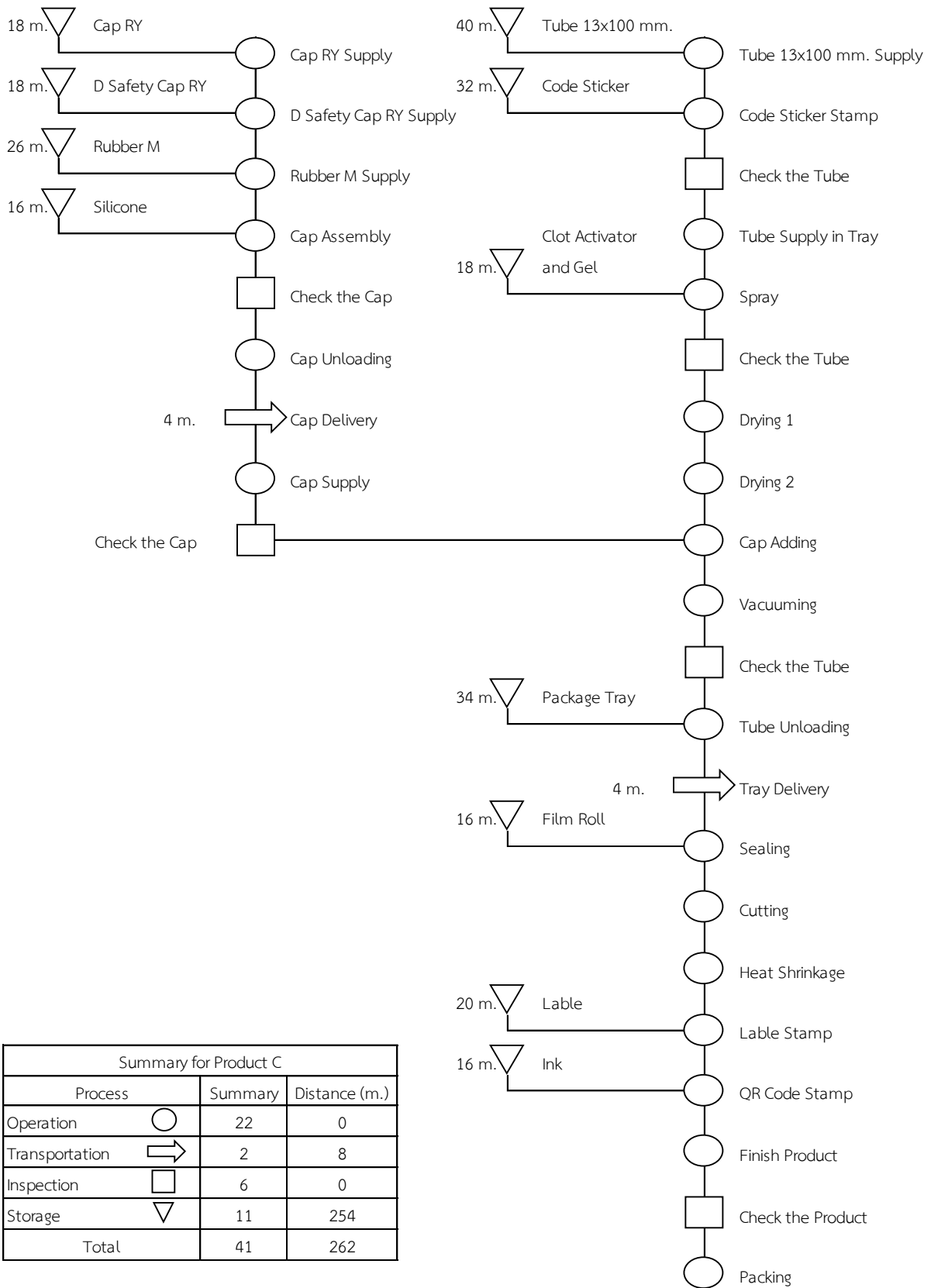


ภาพที่ 4.2 แผนภูมิการประกอบของผลิตภัณฑ์ A หลังปรับปรุง

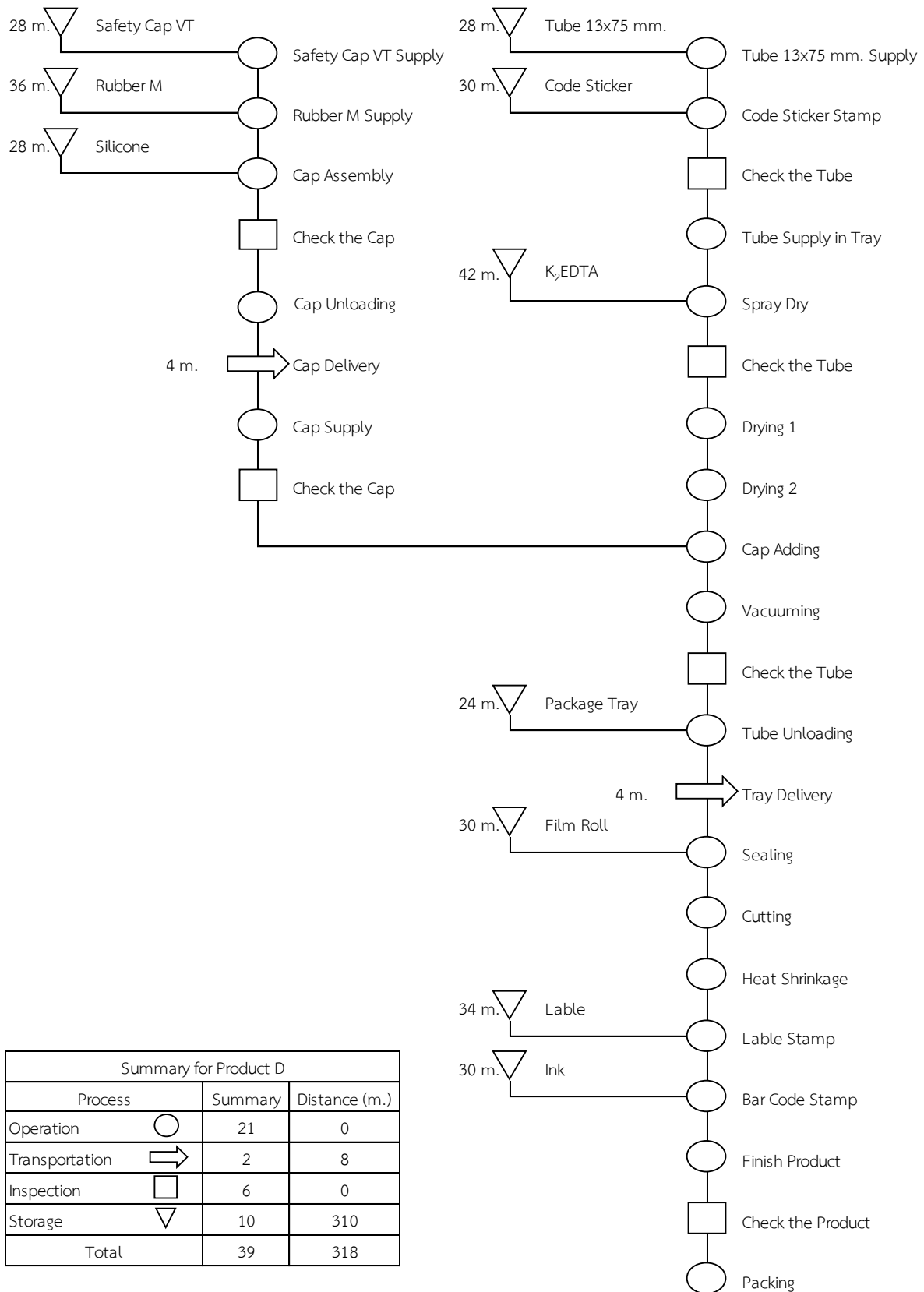


Summary for Product B			
Process	Summary	Distance (m.)	
Operation 	20	0	
Transportation 	2	8	
Inspection 	6	0	
Storage 	9	334	
Total	37	342	

ภาพที่ 4.3 แผนภูมิการประกอบของผลิตภัณฑ์ B หลังปรับปรุง

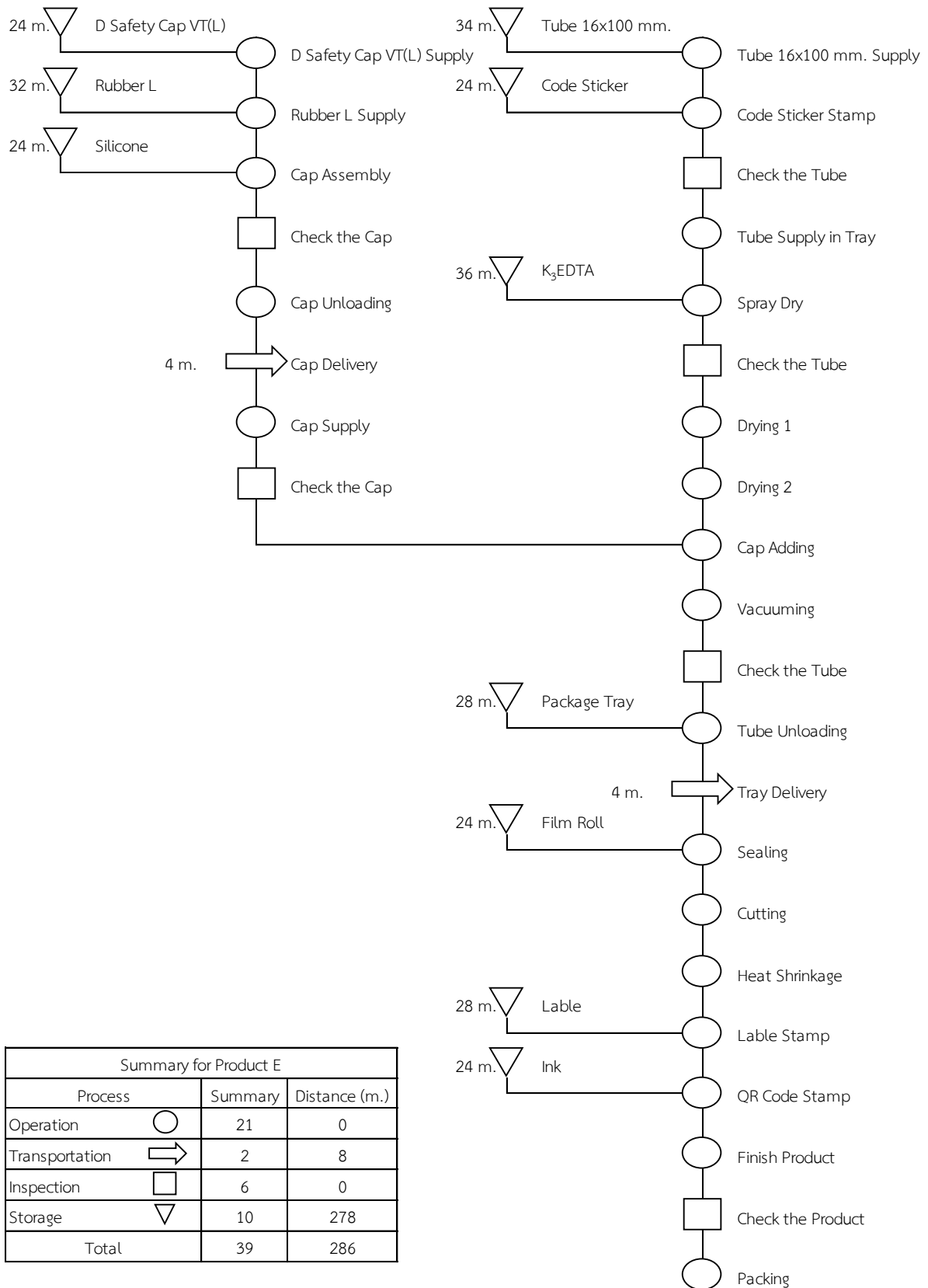


ภาพที่ 4.4 แผนภูมิการประกอบของผลิตภัณฑ์ C หลังปรับปรุง

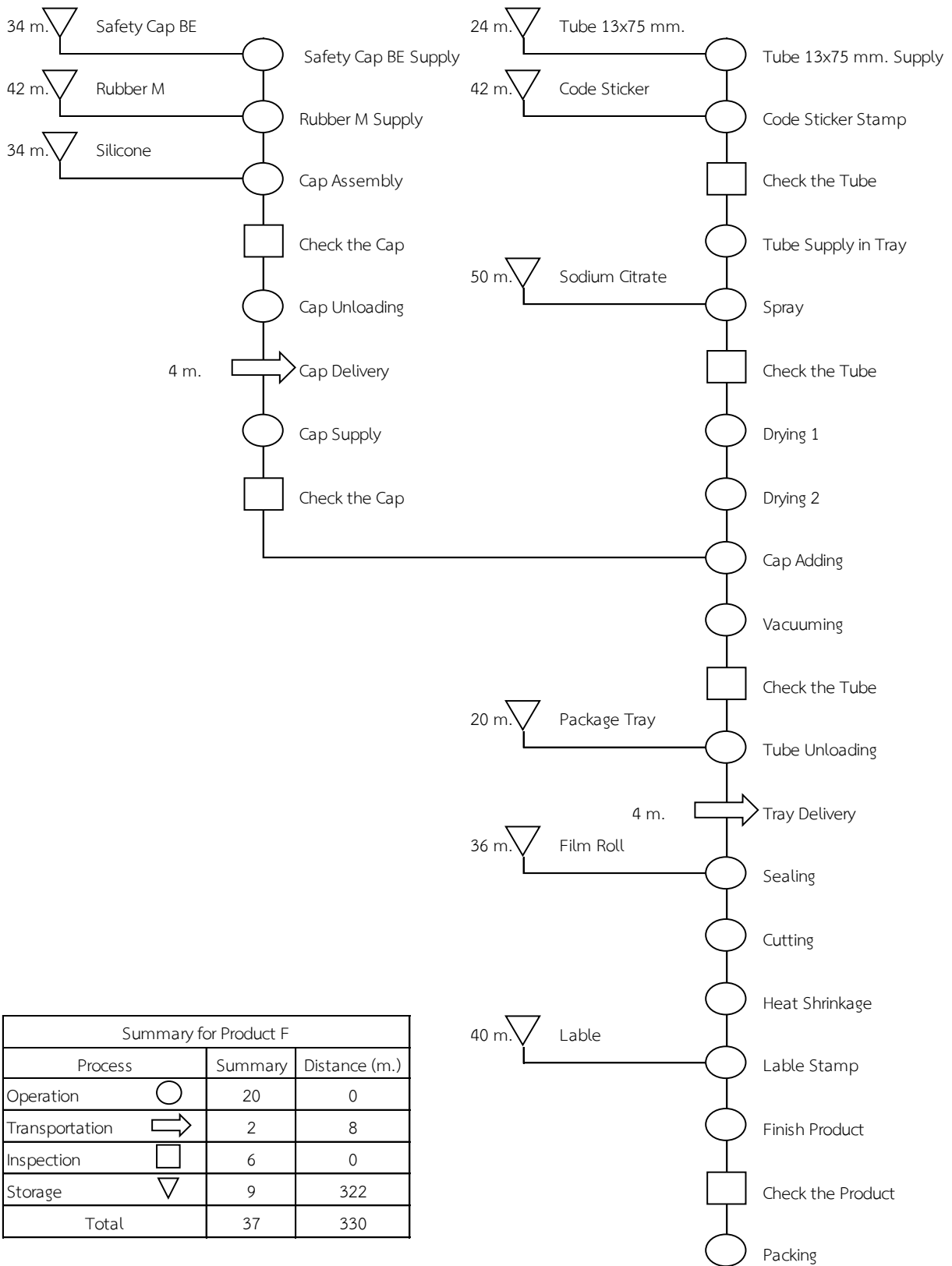


Summary for Product D		
Process	Summary	Distance (m.)
Operation ○	21	0
Transportation →	2	8
Inspection □	6	0
Storage ▽	10	310
Total	39	318

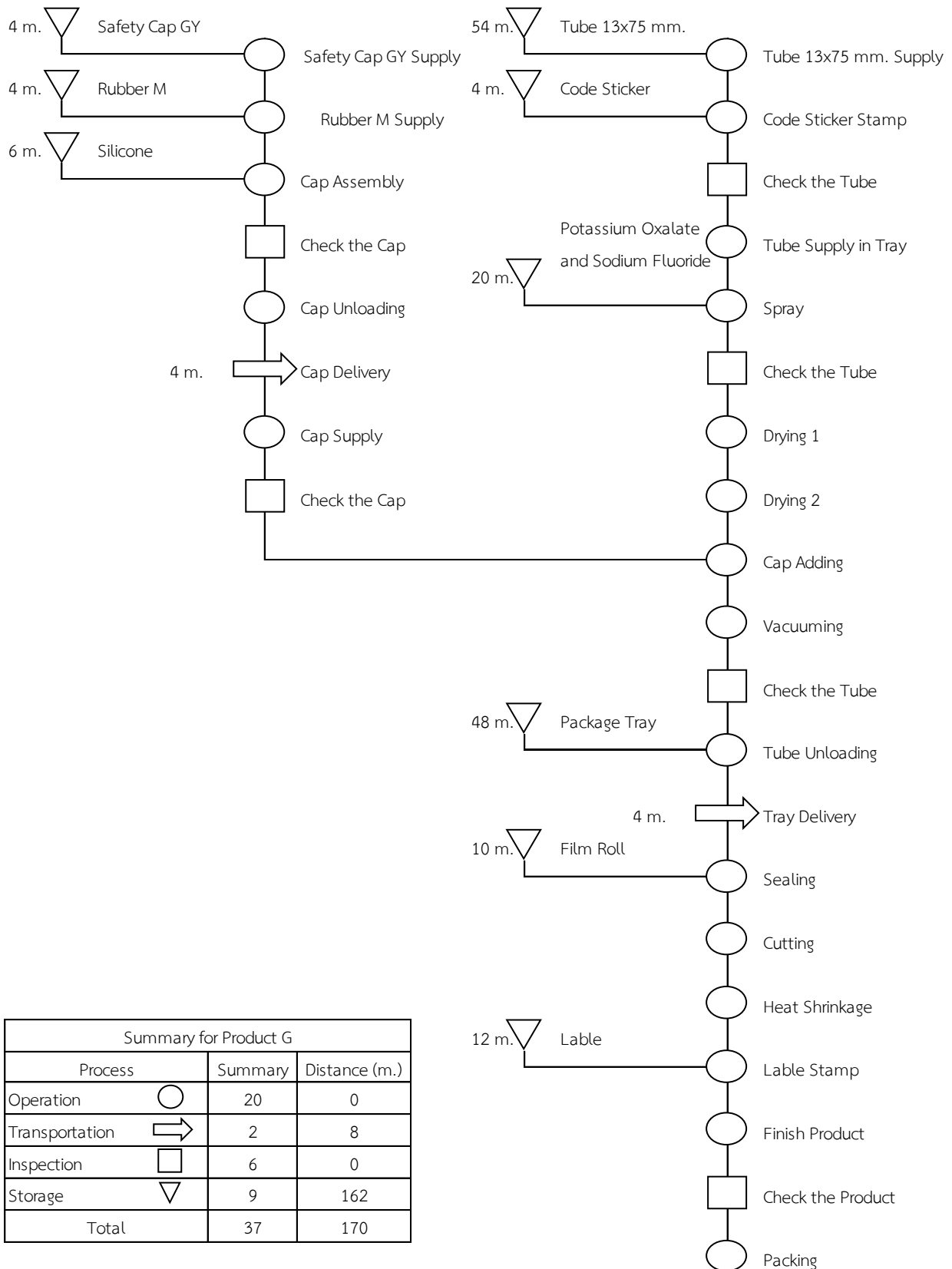
ภาพที่ 4.5 แผนภูมิการประกอบของผลิตภัณฑ์ D หลังปรับปรุง



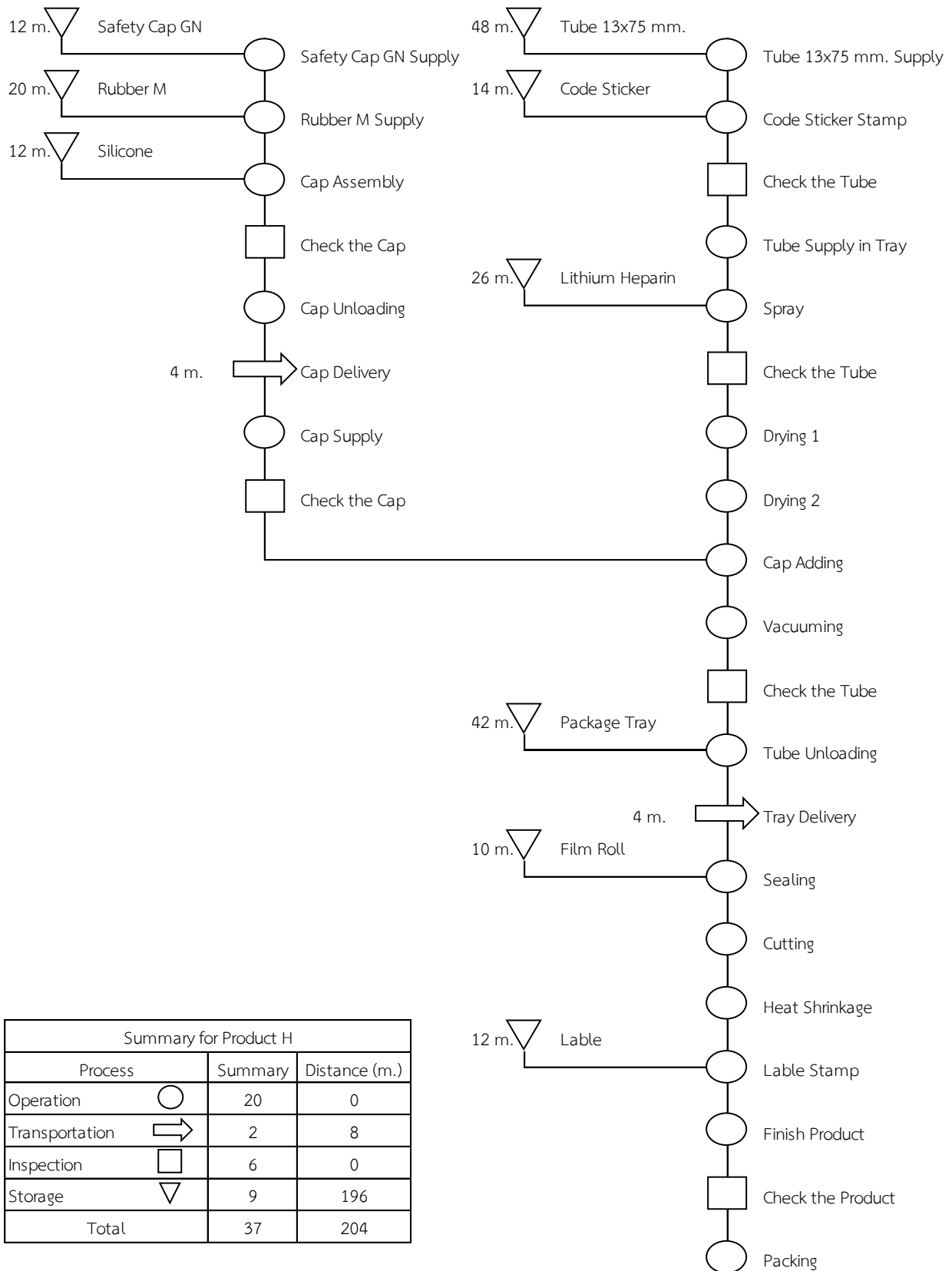
ภาพที่ 4.6 แผนภูมิการประกอบของผลิตภัณฑ์ E หลังปรับปรุง



ภาพที่ 4.7 แผนภูมิการประกอบของผลิตภัณฑ์ F หลังปรับปรุง

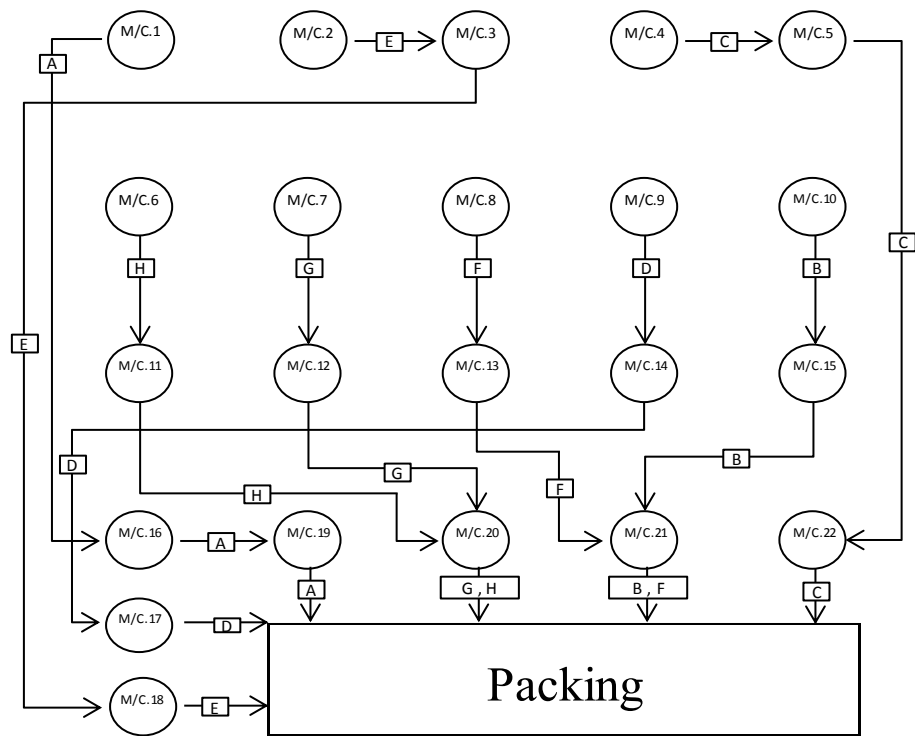


ภาพที่ 4.8 แผนภูมิการประกอบของผลิตภัณฑ์ G หลังปรับปรุง

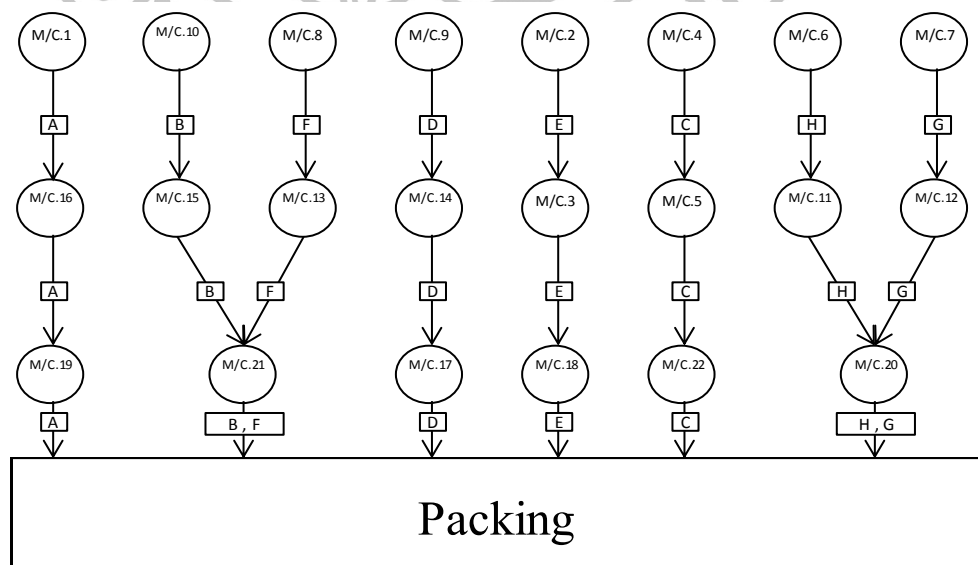


ภาพที่ 4.9 แผนภูมิการประกอบของผลิตภัณฑ์ H หลังปรับปรุง

ความสัมพันธ์ของผลิตภัณฑ์กับเครื่องจักรสามารถแสดงการจัดวางผังตามผลิตภัณฑ์ก่อนและหลังการปรับปรุง ดังแสดงในภาพที่ 4.10 และ 4.11



ภาพที่ 4.10 การจัดวางผังตามผลิตภัณฑ์ก่อนปรับปรุง



ภาพที่ 4.11 การจัดวางผังตามผลิตภัณฑ์หลังปรับปรุง

จากการปรับปรุงโดยใช้หลักการของเทคโนโลยีกลุ่มสามารถเปลี่ยนแปลงระยะทางการลำเลียงขึ้นส่วนของผลิตภัณฑ์ ระยะทางการเคลื่อนย้ายผลิตภัณฑ์ โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 4.6 และ 4.7

ตารางที่ 4.6 ระยะทางการลำเลียงขึ้นส่วนและการเคลื่อนย้ายผลิตภัณฑ์ (ก่อนปรับปรุง)

Process	Products Distance (m.)								
	A	B	C	D	E	F	G	H	Total
Operation ○	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transportation →	66	14	34	48	54	14	10	26	266
Inspection □	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Storage ▽	408	186	188	362	354	260	292	300	2350
Total	474	200	222	410	408	274	302	326	2616

ตารางที่ 4.7 ระยะทางการลำเลียงขึ้นส่วนและการเคลื่อนย้ายผลิตภัณฑ์ (หลังปรับปรุง)

Process	Products Distance (m.)								
	A	B	C	D	E	F	G	H	Total
Operation ○	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transportation →	8	8	8	8	8	8	8	8	64
Inspection □	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Storage ▽	394	334	254	310	278	322	162	196	2250
Total	402	342	262	318	286	330	170	204	2314

จากตารางที่ 4.6 และ 4.7 พบว่าผลิตภัณฑ์ B C และ F มีผลรวมของระยะทางการลำเลียงขึ้นส่วนและการเคลื่อนย้ายผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นเนื่องจากการเปลี่ยนตำแหน่งการจัดวางเครื่องจักรตามกลุ่มซึ่งอยู่ห่างจากพื้นที่จัดเก็บขึ้นส่วน จึงทำให้ระยะทางการลำเลียงขึ้นส่วนเพิ่มมากขึ้น

ทั้งนี้ จากตารางที่ 4.6 พบว่าระยะทางการลำเลียงขึ้นส่วนและการเคลื่อนย้ายผลิตภัณฑ์ (ก่อนปรับปรุง) โดยรวม 2,616 เมตร และตารางที่ 4.7 พบว่าระยะทางการลำเลียงขึ้นส่วนและการเคลื่อนย้ายผลิตภัณฑ์ (หลังปรับปรุง) โดยรวม 2,314 เมตร แสดงให้เห็นว่าระยะทางโดยรวมลดลง 302 เมตร

4.2 การคำนวณประโยชน์ที่ได้รับตามหลักการของรูปแบบคอกขวด

การจัดรูปแบบคอกขวดเริ่มต้นด้วยการแบ่งผลิตภัณฑ์ออกเป็นกลุ่มเฉพาะของแต่ละผลิตภัณฑ์ กำหนดค่าอัตราส่วนของผลิตภัณฑ์แบบผสม Part Mix ของทุกผลิตภัณฑ์รวมกันให้มีค่าเท่ากับ 1 กำหนดลำดับ Operation และ Station ตามลำดับสถานีการทำงาน ระบุสถานีการทำงานตามลำดับลงใน Description คำนวณเวลาการทำงานแต่ละสถานีการทำงานทั้งไปและกลับของแต่ละผลิตภัณฑ์ลงใน Process Time และกำหนดความถี่การดำเนินงานของแต่ละสถานีการทำงานลงใน Frequency ดังตารางที่ 4.8

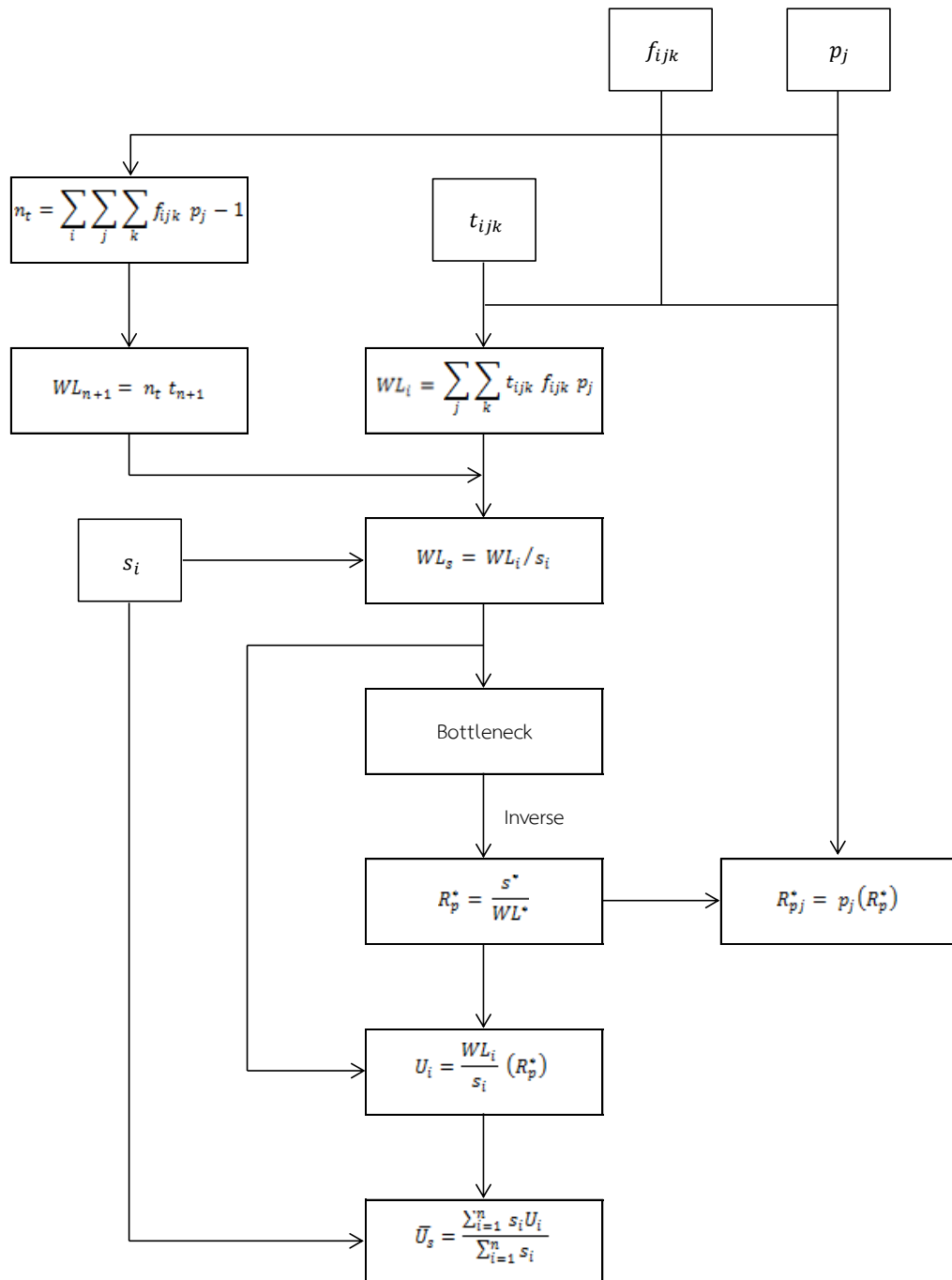
ตารางที่ 4.8 การจัดรูปแบบคอขวดก่อนและหลังการปรับปรุง

Part j	Part Mix p_j	Operation k	Description	Station i	Process Time t_{ijk} (min) Before	Process Time t_{ijk} (min) After	Frequency f_{ijk}
A	0.09	1	Load 1	1	24.4	29.2	1.0
		2	Safe Cap	2	1	1	1.0
		3	Inspect 1	3	1	1	0.2
		4	Cap Delivery	4	7.2	0.8	1.0
		5	Load 2	5	46.8	30.4	1.0
		6	Tube	6	4	4	1.0
		7	Inspect 2	7	4	4	1.0
		8	Tray Delivery	8	6	0.8	1.0
		9	Load 3	9	10.4	19.2	1.0
		10	Pack	10	0.5	0.5	1.0
		11	Inspect 3	11	0.5	0.5	1.0
		12	Unload	12	0.5	0.5	1.0
B	0.10	1	Load 1	1	4	25.6	1.0
		2	Safe Cap	2	1	1	1.0
		3	Inspect 1	3	1	1	0.2
		4	Cap Delivery	4	0.8	0.8	1.0
		5	Load 2	5	26.8	26	1.0
		6	Tube	6	4	4	1.0
		7	Inspect 2	7	4	4	1.0
		8	Tray Delivery	8	2	0.8	1.0
		9	Load 3	9	6.4	15.2	1.0
		10	Pack	10	0.5	0.5	1.0
		11	Inspect 3	11	0.5	0.5	1.0
		12	Unload	12	0.5	0.5	1.0
C	0.11	1	Load 1	1	15.2	15.6	1.0
		2	Safe Cap	2	1	1	1.0
		3	Inspect 1	3	1	1	0.2
		4	Cap Delivery	4	1.2	0.8	1.0
		5	Load 2	5	15.6	24.8	1.0
		6	Tube	6	4	4	1.0
		7	Inspect 2	7	4	4	1.0
		8	Tray Delivery	8	5.6	0.8	1.0
		9	Load 3	9	6.8	10.4	1.0
		10	Pack	10	0.5	0.5	1.0
		11	Inspect 3	11	0.5	0.5	1.0
		12	Unload	12	0.5	0.5	1.0
D	0.12	1	Load 1	1	10.4	18.4	1.0
		2	Safe Cap	2	1	1	1.0
		3	Inspect 1	3	1	1	0.2
		4	Cap Delivery	4	0.8	0.8	1.0
		5	Load 2	5	27.6	24.8	1.0
		6	Tube	6	4	4	1.0
		7	Inspect 2	7	4	4	1.0
		8	Tray Delivery	8	8.8	0.8	1.0
		9	Load 3	9	34.4	18.8	1.0
		10	Pack	10	0.5	0.5	1.0
		11	Inspect 3	11	0.5	0.5	1.0
		12	Unload	12	0.5	0.5	1.0

ตารางที่ 4.8 การจัดรูปแบบคอขวดก่อนและหลังการปรับปรุง (ต่อ)

Part j	Part Mix p_j	Operation k	Description	Station i	Process Time t_{ijk} (min) Before	Process Time t_{ijk} (min) After	Frequency f_{ijk}
E	0.13	1	Load 1	1	21.2	16	1.0
		2	Safe Cap	2	1	1	1.0
		3	Inspect 1	3	1	1	0.2
		4	Cap Delivery	4	1.2	0.8	1.0
		5	Load 2	5	22.4	24.4	1.0
		6	Tube	6	4	4	1.0
		7	Inspect 2	7	4	4	1.0
		8	Tray Delivery	8	9.6	0.8	1.0
		9	Load 3	9	27.2	15.2	1.0
		10	Pack	10	0.5	0.5	1.0
		11	Inspect 3	11	0.5	0.5	1.0
		12	Unload	12	0.5	0.5	1.0
F	0.14	1	Load 1	1	16	22	1.0
		2	Safe Cap	2	1	1	1.0
		3	Inspect 1	3	1	1	0.2
		4	Cap Delivery	4	0.8	0.8	1.0
		5	Load 2	5	28.8	27.2	1.0
		6	Tube	6	4	4	1.0
		7	Inspect 2	7	4	4	1.0
		8	Tray Delivery	8	2	0.8	1.0
		9	Load 3	9	7.2	15.2	1.0
		10	Pack	10	0.5	0.5	1.0
		11	Inspect 3	11	0.5	0.5	1.0
		12	Unload	12	0.5	0.5	1.0
G	0.15	1	Load 1	1	20.8	2.8	1.0
		2	Safe Cap	2	1	1	1.0
		3	Inspect 1	3	1	1	0.2
		4	Cap Delivery	4	0.8	0.8	1.0
		5	Load 2	5	28.8	25.2	1.0
		6	Tube	6	4	4	1.0
		7	Inspect 2	7	4	4	1.0
		8	Tray Delivery	8	1.2	0.8	1.0
		9	Load 3	9	8.8	4.4	1.0
		10	Pack	10	0.5	0.5	1.0
		11	Inspect 3	11	0.5	0.5	1.0
		12	Unload	12	0.5	0.5	1.0
H	0.16	1	Load 1	1	24.4	8.8	1.0
		2	Safe Cap	2	1	1	1.0
		3	Inspect 1	3	1	1	0.2
		4	Cap Delivery	4	0.8	0.8	1.0
		5	Load 2	5	26.8	26	1.0
		6	Tube	6	4	4	1.0
		7	Inspect 2	7	4	4	1.0
		8	Tray Delivery	8	4.4	0.8	1.0
		9	Load 3	9	8.8	4.4	1.0
		10	Pack	10	0.5	0.5	1.0
		11	Inspect 3	11	0.5	0.5	1.0
		12	Unload	12	0.5	0.5	1.0

การคำนวณตามรูปแบบคอขวด เริ่มจากการคำนวณภาระงานเฉลี่ยในแต่ละสถานี (WL_i) ค่าเฉลี่ยของจำนวนการเคลื่อนย้าย (n_t) ภาระการทำงานของระบบ (WL_{n+1}) หาสถานีคอขวดของระบบ (WL_s) อัตราการผลิตแบบยืดหยุ่นสูงสุดของผลิตภัณฑ์ทั้งหมด (R_p^*) อัตราการผลิตของแต่ละผลิตภัณฑ์ (R_{pj}^*) การใช้ประโยชน์เฉลี่ยของแต่ละสถานีการทำงาน (U_i) และการใช้ประโยชน์การผลิตแบบยืดหยุ่นโดยรวม (\bar{U}_s) โดยสามารถจัดผังการคำนวณได้ดังภาพที่ 4.12



ภาพที่ 4.12 ผังการคำนวณตามหลักการของรูปแบบคอขวด

4.2.1 การคำนวณก่อนปรับปรุง

จากสมการที่ 2.2 การคำนวณภาระงานเฉลี่ยในแต่ละสถานีจะถูกกำหนดให้เป็นเวลารวมเฉลี่ยของสถานี

$$WL_i = \sum_j \sum_k t_{ijk} f_{ijk} p_j$$

เมื่อ (t_{ijk}) คือ ค่าเวลาการดำเนินงาน (f_{ijk}) คือ ความถี่ของการดำเนินงาน และ (p_j) คือ ค่าอัตราส่วนของผลิตภัณฑ์แบบผสม สามารถแสดงวิธีการคำนวณได้ดังนี้

$$WL_1 = (t_{1A1})(f_{1A1})(p_A) + (t_{1B1})(f_{1B1})(p_B) + (t_{1C1})(f_{1C1})(p_C) + (t_{1D1})(f_{1D1})(p_D) + (t_{1E1})(f_{1E1})(p_E) + (t_{1F1})(f_{1F1})(p_F) + (t_{1G1})(f_{1G1})(p_G) + (t_{1H1})(f_{1H1})(p_H)$$

เมื่อ t_{1A1}, \dots, t_{1H1} คือ ค่าเวลาการดำเนินงานทั้งไปและกลับ (หน่วยเป็นนาที) ของสถานีที่ 1 (Load 1) ของแต่ละผลิตภัณฑ์ ตามลำดับ

f_{1A1}, \dots, f_{1H1} คือ ความถี่ของการดำเนินงานของสถานีที่ 1 (Load 1) ของแต่ละผลิตภัณฑ์ ตามลำดับ

p_A, \dots, p_H คือ ค่าอัตราส่วนของผลิตภัณฑ์แบบผสม (Part Mix) ของแต่ละผลิตภัณฑ์ ตามลำดับ

$$WL_1 = (24.4)(1.0)(0.09) + (4)(1.0)(0.10) + (15.2)(1.0)(0.11) + (10.4)(1.0)(0.12) + (21.2)(1.0)(0.13) + (16)(1.0)(0.14) + (20.8)(1.0)(0.15) + (24.4)(1.0)(0.16) = 17.536 \text{ min}$$

$$WL_2 = (t_{2A2})(f_{2A2})(p_A) + (t_{2B2})(f_{2B2})(p_B) + (t_{2C2})(f_{2C2})(p_C) + (t_{2D2})(f_{2D2})(p_D) + (t_{2E2})(f_{2E2})(p_E) + (t_{2F2})(f_{2F2})(p_F) + (t_{2G2})(f_{2G2})(p_G) + (t_{2H2})(f_{2H2})(p_H)$$

เมื่อ t_{2A2}, \dots, t_{2H2} คือ ค่าเวลาการดำเนินงานทั้งไปและกลับ (หน่วยเป็นนาที) ของสถานีที่ 2 (Safe Cap) ของแต่ละผลิตภัณฑ์ ตามลำดับ

f_{2A2}, \dots, f_{2H2} คือ ความถี่ของการดำเนินงานของสถานีที่ 2 (Safe Cap) ของแต่ละผลิตภัณฑ์ ตามลำดับ

p_A, \dots, p_H คือ ค่าอัตราส่วนของผลิตภัณฑ์แบบผสม (Part Mix) ของแต่ละผลิตภัณฑ์ ตามลำดับ

$$WL_2 = (1.0)(1.0)(0.09) + (1.0)(1.0)(0.10) + (1.0)(1.0)(0.11) + (1.0)(1.0)(0.12) + \\ (1.0)(1.0)(0.13) + (1.0)(1.0)(0.14) + (1.0)(1.0)(0.15) + (1.0)(1.0)(0.16) = 1.0 \text{ min}$$

$$WL_3 = (1.0)(0.2)(0.09) + (1.0)(0.20)(0.10) + (1.0)(0.2)(0.11) + (1.0)(0.2)(0.12) + \\ (1.0)(0.2)(0.13) + (1.0)(0.2)(0.14) + (1.0)(0.20)(0.15) + (1.0)(0.22)(0.16) = 0.2 \text{ min}$$

$$WL_4 = (7.2)(1.0)(0.09) + (0.8)(1.0)(0.10) + (1.2)(1.0)(0.11) + (0.8)(1.0)(0.12) + \\ (1.2)(1.0)(0.13) + (0.8)(1.0)(0.14) + (0.8)(1.0)(0.15) + (0.8)(1.0)(0.16) = 1.472 \text{ min}$$

$$WL_5 = (46.8)(1.0)(0.09) + (26.8)(1.0)(0.10) + (15.6)(1.0)(0.11) + (27.6)(1.0)(0.12) + \\ (22.4)(1.0)(0.13) + (28.8)(1.0)(0.14) + (28.8)(1.0)(0.15) + (26.8)(1.0)(0.16) = 27.472 \text{ min}$$

$$WL_6 = (4.0)(1.0)(0.09) + (4.0)(1.0)(0.10) + (4.0)(1.0)(0.11) + (4.0)(1.0)(0.12) + \\ (4.0)(1.0)(0.13) + (4.0)(1.0)(0.14) + (4.0)(1.0)(0.15) + (4.0)(1.0)(0.16) = 4.0 \text{ min}$$

$$WL_7 = (4.0)(1.0)(0.09) + (4.0)(1.0)(0.10) + (4.0)(1.0)(0.11) + (4.0)(1.0)(0.12) + \\ (4.0)(1.0)(0.13) + (4.0)(1.0)(0.14) + (4.0)(1.0)(0.15) + (4.0)(1.0)(0.16) = 4.0 \text{ min}$$

$$WL_8 = (6)(1.0)(0.09) + (2)(1.0)(0.10) + (5.6)(1.0)(0.11) + (8.8)(1.0)(0.12) + (9.6)(1.0)(0.13) \\ + (2)(1.0)(0.14) + (1.2)(1.0)(0.15) + (4.4)(1.0)(0.16) = 4.824 \text{ min}$$

$$WL_9 = (10.4)(1.0)(0.09) + (6.4)(1.0)(0.10) + (6.8)(1.0)(0.11) + (34.4)(1.0)(0.12) + \\ (27.2)(1.0)(0.13) + (7.2)(1.0)(0.14) + (8.8)(1.0)(0.15) + (8.8)(1.0)(0.16) = 13.724 \text{ min}$$

$$WL_{10} = (0.5)(1.0)(0.09) + (0.5)(1.0)(0.10) + (0.5)(1.0)(0.11) + (0.5)(1.0)(0.12) + \\ (0.5)(1.0)(0.13) + (0.5)(1.0)(0.14) + (0.5)(1.0)(0.15) + (0.5)(1.0)(0.16) = 0.5 \text{ min}$$

$$WL_{11} = (0.5)(1.0)(0.09) + (0.5)(1.0)(0.10) + (0.5)(1.0)(0.11) + (0.5)(1.0)(0.12) + \\ (0.5)(1.0)(0.13) + (0.5)(1.0)(0.14) + (0.5)(1.0)(0.15) + (0.5)(1.0)(0.16) = 0.5 \text{ min}$$

$$WL_{12} = (0.5)(1.0)(0.09) + (0.5)(1.0)(0.10) + (0.5)(1.0)(0.11) + (0.5)(1.0)(0.12) + \\ (0.5)(1.0)(0.13) + (0.5)(1.0)(0.14) + (0.5)(1.0)(0.15) + (0.5)(1.0)(0.16) = 0.5 \text{ min}$$

จากสมการที่ 2.3 ค่าเฉลี่ยของจำนวนการเคลื่อนย้ายจะเท่ากับจำนวนค่าเฉลี่ยของการดำเนินงานใน
ขั้นตอนการกำหนดเส้นทางลบลง 1

$$n_t = \sum_i \sum_j \sum_k f_{ijk} p_j - 1$$

เมื่อ (f_{ijk}) คือ ความถี่เฉลี่ยของการดำเนินงาน และ (p_j) คือ ค่าอัตราส่วนของผลิตภัณฑ์แบบผสม สามารถแสดงวิธีการคำนวณได้ดังนี้

$$n_t = (f_A)(p_A) + (f_B)(p_B) + (f_C)(p_C) + (f_D)(p_D) + (f_E)(p_E) + (f_F)(p_F) + (f_G)(p_G) + (f_H)(p_H) - 1$$

เมื่อ f_A, \dots, f_H คือ ความถี่เฉลี่ยของการดำเนินงานทุกสถานีของแต่ละผลิตภัณฑ์ ตามลำดับ

p_A, \dots, p_H คือ ค่า อัตราส่วนของผลิตภัณฑ์แบบผสม (Part Mix) ของแต่ละผลิตภัณฑ์ตามลำดับ

$$n_t = (11.2)(0.09) + (11.2)(0.10) + (11.2)(0.11) + (11.2)(0.12) + (11.2)(0.13) + (11.2)(0.14) + (11.2)(0.15) + (11.2)(0.16) - 1 = 10.2 \text{ min}$$

จากสมการที่ 2.4 จำนวนภาระการทำงานของระบบ

$$WL_{n+1} = n_t t_{n+1}$$

เมื่อ t_{n+1} คือ เวลาการเคลื่อนย้ายของระบบ สามารถแสดงวิธีการคำนวณได้ดังนี้

$$WL_{13} = (n_t)(t_{4A4} + t_{8A8} + t_{4B4} + t_{8B8} + t_{4C4} + t_{8C8} + t_{4D4} + t_{8D8} + t_{4E4} + t_{8E8} + t_{4F4} + t_{8F8} + t_{4G4} + t_{8G8} + t_{4H4} + t_{8H8})$$

เมื่อ t_{4A4}, \dots, t_{4H4} คือ ค่าเวลาการเคลื่อนย้ายทั้งไปและกลับ (หน่วยเป็นนาที) ของสถานีที่ 4 (Cap Delivery) ของแต่ละผลิตภัณฑ์ ตามลำดับ

t_{8A8}, \dots, t_{8H8} คือ ค่าเวลาการเคลื่อนย้ายทั้งไปและกลับ (หน่วยเป็นนาที) ของสถานีที่ 8 (Tray Delivery) ของแต่ละผลิตภัณฑ์ ตามลำดับ

$$WL_{13} = (10.2)(7.2+6+0.8+2+1.2+5.6+0.8+8.8+1.2+9.6+0.8+2+0.8+1.2+0.8+4.4) = 542.64 \text{ min}$$

จากสมการที่ 2.5 จำนวนหาสถานีคอกขวดของระบบ (ภาระงานสูงสุดของผู้ให้บริการ) คอกขวดเป็นการหาค่าสูงสุดของอัตราส่วนระหว่างสถานีทั้งหมด

$$WL_s = WL_i/s_i$$

เมื่อ s_i คือ จำนวนการให้บริการที่สถานีการทำงาน

ยกตัวอย่างเช่น สถานีที่ 1 (Load 1) จำนวนการให้บริการของผลิตภัณฑ์ A B D E F G H มีการให้บริการผลิตภัณฑ์ละ 3 บริการ สำหรับผลิตภัณฑ์ C มีการให้บริการจำนวน 4 บริการ ทำให้ผล

รวมการให้บริการทั้งหมดของสถานีที่ 1 เท่ากับ 25 บริการจาก 8 ผลิตภัณ์ คัดเป็นค่าเฉลี่ยของจำนวนการให้บริการได้เท่ากับ 3.125 บริการ สามารถแสดงวิธีการคำนวณได้ดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 การคำนวณหาสถานีคอขวดของระบบ (ก่อนปรับปรุง)

Station	WL_i / S_i (min)
1 Load 1	$17.536/3.125 = 5.612$
2 Safe Cap	$1.0/1 = 1.0$
3 Inspect 1	$0.2/1 = 0.2$
4 Cap Delivery	$1.472/1 = 1.472$
5 Load 2	$27.472/4 = 6.868$
6 Tube	$4.0/1 = 4.0$
7 Inspect 2	$4.0/1 = 4.0$
8 Tray Delivery	$4.824/1 = 4.824$
9 Load 3	$13.724/2.375 = 5.779$
10 Pack	$0.5/1 = 0.5$
11 Inspect 3	$0.5/1 = 0.5$
12 Unload	$0.5/1 = 0.5$
13 Material Handling	$542.64/16 = 33.915$

Bottleneck

จากตารางที่ 4.9 สถานีคอขวดคือสถานีที่ 13 (Material Handling) เนื่องจากมีอัตราส่วนระหว่างสถานีสูงที่สุด

จากสมการที่ 2.6 คำนวณอัตราการผลิตแบบยืดหยุ่นสูงสุดของผลิตภัณ์ทั้งหมด

$$R_p^* = \frac{s^*}{WL^*}$$

เมื่อ s^* คือ จำนวนของผู้ให้บริการสำหรับสถานีที่เป็นคอขวด

WL^* คือ ภาระงานเฉลี่ยสำหรับสถานีที่เป็นคอขวด

สามารถแสดงวิธีการคำนวณได้ดังนี้

$$R_p^* = 16/542.64 = 0.0295 \text{ set/min} = 1.7691 \text{ sets/hr.}$$

จากสมการที่ 2.7 คำนวณอัตราการผลิตของแต่ละผลิตภัณ์

$$R_{pj}^* = p_j(R_p^*)$$

เมื่อ p_j คือ ค่าอัตราส่วนของผลิตภัณ์แบบผสม

R_p^* คือ อัตราการผลิตแบบยืดหยุ่นสูงสุดของผลิตภัณ์ทั้งหมดจากการคำนวณสมการที่ 2.6 (ก่อนปรับปรุง)

สามารถแสดงวิธีการคำนวณได้ดังนี้

$$R_{pA}^* = (p_A)(R_p^*)$$

$$R_{pA}^* = (0.09)(0.0295) = 0.00265 \text{ set/min} = 0.159 \text{ set/hr.}$$

$$R_{pB}^* = (0.10)(0.0295) = 0.00295 \text{ set/min} = 0.177 \text{ set/hr.}$$

$$R_{pC}^* = (0.11)(0.0295) = 0.00324 \text{ set/min} = 0.195 \text{ set/hr.}$$

$$R_{pD}^* = (0.12)(0.0295) = 0.00354 \text{ set/min} = 0.212 \text{ set/hr.}$$

$$R_{pE}^* = (0.13)(0.0295) = 0.00383 \text{ set/min} = 0.230 \text{ set/hr.}$$

$$R_{pF}^* = (0.14)(0.0295) = 0.00413 \text{ set/min} = 0.248 \text{ set/hr.}$$

$$R_{pG}^* = (0.15)(0.0295) = 0.00442 \text{ set/min} = 0.265 \text{ set/hr.}$$

$$R_{pH}^* = (0.16)(0.0295) = 0.00472 \text{ set/min} = 0.283 \text{ set/hr.}$$

จากสมการที่ 2.8 คำนวณการใช้ประโยชน์เฉลี่ยของแต่ละสถานีการทำงาน เป็นสัดส่วนของเวลาผู้ให้บริการที่สถานีที่มีการทำงานและไม่มีการทำงาน

$$U_i = \frac{WL_i}{s_i} (R_p^*)$$

เมื่อ WL_i คือ ภาระงานเฉลี่ยในแต่ละสถานีจากการคำนวณสมการที่ 2.2 (ก่อนปรับปรุง)

s_i คือ จำนวนการให้บริการที่สถานีการทำงานจากการคำนวณสมการที่ 2.5 (ก่อนปรับปรุง)

R_p^* คือ อัตราการผลิตแบบปัดหุ่ยสูงสุดของผลิตภัณฑ์ทั้งหมดจากการคำนวณสมการที่ 2.6 (ก่อนปรับปรุง)

สามารถแสดงวิธีการคำนวณได้ดังนี้

$$U_1 = (WL_1/s_1)(R_p^*)$$

$$U_1 = (17.536/3.125)(0.0295) = 0.1655 = 16.55\%$$

$$U_2 = (1.0/1)(0.0295) = 0.0295 = 2.95\%$$

$$U_3 = (0.2/1)(0.0295) = 0.0059 = 0.59\%$$

$$U_4 = (1.472/1)(0.0295) = 0.0434 = 4.34\%$$

$$U_5 = (27.472/4)(0.0295) = 0.2025 = 20.25\%$$

$$U_6 = (4.0/1)(0.0295) = 0.1179 = 11.79\%$$

$$U_7 = (4.0/1)(0.0295) = 0.1179 = 11.79\%$$

$$U_8 = (4.824/1)(0.0295) = 0.1422 = 14.22\%$$

$$U_9 = (13.724/2.375)(0.0295) = 0.1704 = 17.04\%$$

$$U_{10} = (0.5/1)(0.0295) = 0.0147 = 1.47\%$$

$$U_{11} = (0.5/1)(0.0295) = 0.0147 = 1.47\%$$

$$U_{12} = (0.5/1)(0.0295) = 0.0147 = 1.47\%$$

$$U_{13} = (585.2/16)(0.0295) = 1.0 = 100\%$$

จากสมการที่ 2.10 คำนวณการใช้ประโยชน์การผลิตแบบยืดหยุ่นโดยรวม

$$\bar{U}_s = \frac{\sum_{i=1}^n s_i U_i}{\sum_{i=1}^n s_i}$$

เมื่อ U_i คือ การใช้ประโยชน์เฉลี่ยของแต่ละสถานประกอบการจากการคำนวณสมการที่ 2.8 (ก่อนปรับปรุง) สามารถแสดงวิธีการคำนวณได้ดังนี้

$$\bar{U}_s = (s_1 U_1 + s_2 U_2 + s_3 U_3 + s_4 U_4 + s_5 U_5 + s_6 U_6 + s_7 U_7 + s_8 U_8 + s_9 U_9 + s_{10} U_{10} + s_{11} U_{11} + s_{12} U_{12}) / (s_1 + s_2 + s_3 + s_4 + s_5 + s_6 + s_7 + s_8 + s_9 + s_{10} + s_{11} + s_{12})$$

$$\begin{aligned} \bar{U}_s &= ((3.125 \times 0.1655) + (1 \times 0.0295) + (1 \times 0.0059) + (1 \times 0.0434) + (4 \times 0.2025) + (1 \times 0.1179) \\ &+ (1 \times 0.1179) + (1 \times 0.1422) + (2.375 \times 0.1704) + (1 \times 0.0147) + (1 \times 0.0147) + \\ &(1 \times 0.0147)) / 18.50 = 0.1207 = 12.07\% \end{aligned}$$

4.2.2 การคำนวณหลังปรับปรุง

จากสมการที่ 2.2 การคำนวณภาระงานเฉลี่ยในแต่ละสถานีจะถูกกำหนดให้เป็นเวลารวมเฉลี่ยของสถานี

$$WL_i = \sum_j \sum_k t_{ijk} f_{ijk} p_j$$

เมื่อ (t_{ijk}) คือ ค่าเวลาการดำเนินงาน (f_{ijk}) คือ ความถี่ของการดำเนินงาน และ (p_j) คือ ค่าอัตราส่วนของผลิตภัณฑ์แบบผสม สามารถแสดงวิธีการคำนวณได้ดังนี้

$$WL_1 = (t_{1A1})(f_{1A1})(p_A) + (t_{1B1})(f_{1B1})(p_B) + (t_{1C1})(f_{1C1})(p_C) + (t_{1D1})(f_{1D1})(p_D) + (t_{1E1})(f_{1E1})(p_E) + (t_{1F1})(f_{1F1})(p_F) + (t_{1G1})(f_{1G1})(p_G) + (t_{1H1})(f_{1H1})(p_H)$$

เมื่อ t_{1A1}, \dots, t_{1H1} คือ ค่าเวลาการดำเนินงานทั้งไปและกลับ (หน่วยเป็นนาที) ของสถานีที่ 1 (Load 1) ของแต่ละผลิตภัณฑ์ ตามลำดับ

f_{1A1}, \dots, f_{1H1} คือ ความถี่ของการดำเนินงานของสถานีที่ 1 (Load 1) ของแต่ละผลิตภัณฑ์ ตามลำดับ

p_A, \dots, p_H คือ ค่าอัตราส่วนของผลิตภัณฑ์แบบผสม (Part Mix) ของแต่ละผลิตภัณฑ์ ตามลำดับ

$$WL_1 = (29.2)(1.0)(0.09) + (25.6)(1.0)(0.10) + (15.6)(1.0)(0.11) + (18.4)(1.0)(0.12) + (16)(1.0)(0.13) + (22)(1.0)(0.14) + (2.8)(1.0)(0.15) + (8.8)(1.0)(0.16) = 16.1 \text{ min}$$

$$WL_2 = (t_{2A2})(f_{2A2})(p_A) + (t_{2B2})(f_{2B2})(p_B) + (t_{2C2})(f_{2C2})(p_C) + (t_{2D2})(f_{2D2})(p_D) + (t_{2E2})(f_{2E2})(p_E) + (t_{2F2})(f_{2F2})(p_F) + (t_{2G2})(f_{2G2})(p_G) + (t_{2H2})(f_{2H2})(p_H)$$

เมื่อ t_{2A2}, \dots, t_{2H2} คือ ค่าเวลาการดำเนินงานทั้งไปและกลับ (หน่วยเป็นนาที) ของสถานีที่ 2 (Safe Cap) ของแต่ละผลิตภัณฑ์ ตามลำดับ

f_{2A2}, \dots, f_{2H2} คือ ความถี่ของการดำเนินงานของสถานีที่ 2 (Safe Cap) ของแต่ละผลิตภัณฑ์ ตามลำดับ

p_A, \dots, p_H คือ ค่า อัตราส่วนของผลิตภัณฑ์แบบผสม (Part Mix) ของแต่ละผลิตภัณฑ์ ตามลำดับ

$$WL_2 = (1.0)(1.0)(0.09) + (1.0)(1.0)(0.10) + (1.0)(1.0)(0.11) + (1.0)(1.0)(0.12) + \\ (1.0)(1.0)(0.13) + (1.0)(1.0)(0.14) + (1.0)(1.0)(0.15) + (1.0)(1.0)(0.16) = 1.0 \text{ min}$$

$$WL_3 = (1.0)(0.2)(0.09) + (1.0)(0.20)(0.10) + (1.0)(0.2)(0.11) + (1.0)(0.2)(0.12) + \\ (1.0)(0.2)(0.13) + (1.0)(0.2)(0.14) + (1.0)(0.20)(0.15) + (1.0)(0.22)(0.16) = 0.2 \text{ min}$$

$$WL_4 = (0.8)(1.0)(0.09) + (0.8)(1.0)(0.10) + (0.8)(1.0)(0.11) + (0.8)(1.0)(0.12) + \\ (0.8)(1.0)(0.13) + (0.8)(1.0)(0.14) + (0.8)(1.0)(0.15) + (0.8)(1.0)(0.16) = 0.8 \text{ min}$$

$$WL_5 = (30.4)(1.0)(0.09) + (26)(1.0)(0.10) + (24.8)(1.0)(0.11) + (24.8)(1.0)(0.12) + \\ (24.4)(1.0)(0.13) + (27.2)(1.0)(0.14) + (25.2)(1.0)(0.15) + (26)(1.0)(0.16) = 25.96 \text{ min}$$

$$WL_6 = (4.0)(1.0)(0.09) + (4.0)(1.0)(0.10) + (4.0)(1.0)(0.11) + (4.0)(1.0)(0.12) + \\ (4.0)(1.0)(0.13) + (4.0)(1.0)(0.14) + (4.0)(1.0)(0.15) + (4.0)(1.0)(0.16) = 4.0 \text{ min}$$

$$WL_7 = (4.0)(1.0)(0.09) + (4.0)(1.0)(0.10) + (4.0)(1.0)(0.11) + (4.0)(1.0)(0.12) + \\ (4.0)(1.0)(0.13) + (4.0)(1.0)(0.14) + (4.0)(1.0)(0.15) + (4.0)(1.0)(0.16) = 4.0 \text{ min}$$

$$WL_8 = (0.8)(1.0)(0.09) + (0.8)(1.0)(0.10) + (0.8)(1.0)(0.11) + (0.8)(1.0)(0.12) + \\ (0.8)(1.0)(0.13) + (0.8)(1.0)(0.14) + (0.8)(1.0)(0.15) + (0.8)(1.0)(0.16) = 0.8 \text{ min}$$

$$WL_9 = (19.2)(1.0)(0.09) + (15.2)(1.0)(0.10) + (10.4)(1.0)(0.11) + (18.8)(1.0)(0.12) + \\ (15.2)(1.0)(0.13) + (15.2)(1.0)(0.14) + (4.4)(1.0)(0.15) + (4.4)(1.0)(0.16) = 12.116 \text{ min}$$

$$WL_{10} = (0.5)(1.0)(0.09) + (0.5)(1.0)(0.10) + (0.5)(1.0)(0.11) + (0.5)(1.0)(0.12) + \\ (0.5)(1.0)(0.13) + (0.5)(1.0)(0.14) + (0.5)(1.0)(0.15) + (0.5)(1.0)(0.16) = 0.5 \text{ min}$$

$$WL_{11} = (0.5)(1.0)(0.09) + (0.5)(1.0)(0.10) + (0.5)(1.0)(0.11) + (0.5)(1.0)(0.12) + \\ (0.5)(1.0)(0.13) + (0.5)(1.0)(0.14) + (0.5)(1.0)(0.15) + (0.5)(1.0)(0.16) = 0.5 \text{ min}$$

$$WL_{12} = (0.5)(1.0)(0.09) + (0.5)(1.0)(0.10) + (0.5)(1.0)(0.11) + (0.5)(1.0)(0.12) + \\ (0.5)(1.0)(0.13) + (0.5)(1.0)(0.14) + (0.5)(1.0)(0.15) + (0.5)(1.0)(0.16) = 0.5 \text{ min}$$

จากสมการที่ 2.3 ค่าเฉลี่ยของจำนวนการเคลื่อนย้ายจะเท่ากับจำนวนค่าเฉลี่ยของการดำเนินงานใน
ขั้นตอนการกำหนดเส้นทางลบลง 1

$$n_t = \sum_i \sum_j \sum_k f_{ijk} p_j - 1$$

เมื่อ (f_{ijk}) คือ ความถี่เฉลี่ยของการดำเนินงาน และ (p_j) คือ ค่าอัตราส่วนของผลิตภัณฑ์แบบผสม สามารถแสดงวิธีการคำนวณได้ดังนี้

$$n_t = (f_A)(p_A) + (f_B)(p_B) + (f_C)(p_C) + (f_D)(p_D) + (f_E)(p_E) + (f_F)(p_F) + (f_G)(p_G) + (f_H)(p_H) - 1$$

เมื่อ f_A, \dots, f_H คือ ความถี่เฉลี่ยของการดำเนินงานทุกสถานีของแต่ละผลิตภัณฑ์ ตามลำดับ

p_A, \dots, p_H คือ ค่า อัตราส่วนของผลิตภัณฑ์แบบผสม (Part Mix) ของแต่ละผลิตภัณฑ์ตามลำดับ

$$n_t = (11.2)(0.09) + (11.2)(0.10) + (11.2)(0.11) + (11.2)(0.12) + (11.2)(0.13) + (11.2)(0.14) + (11.2)(0.15) + (11.2)(0.16) - 1 = 10.2 \text{ min}$$

จากสมการที่ 2.4 จำนวนภาระการทำงานของระบบ

$$WL_{n+1} = n_t t_{n+1}$$

เมื่อ t_{n+1} คือ เวลาการเคลื่อนย้ายของระบบ สามารถแสดงวิธีการคำนวณได้ดังนี้

$$WL_{13} = (n_t)(t_{4A4} + t_{8A8} + t_{4B4} + t_{8B8} + t_{4C4} + t_{8C8} + t_{4D4} + t_{8D8} + t_{4E4} + t_{8E8} + t_{4F4} + t_{8F8} + t_{4G4} + t_{8G8} + t_{4H4} + t_{8H8})$$

เมื่อ t_{4A4}, \dots, t_{4H4} คือ ค่าเวลาการเคลื่อนย้ายทั้งไปและกลับ (หน่วยเป็นนาที) ของสถานีที่ 4 (Cap Delivery) ของแต่ละผลิตภัณฑ์ ตามลำดับ

t_{8A8}, \dots, t_{8H8} คือ ค่าเวลาการเคลื่อนย้ายทั้งไปและกลับ (หน่วยเป็นนาที) ของสถานีที่ 8 (Tray Delivery) ของแต่ละผลิตภัณฑ์ ตามลำดับ

$$WL_{13} = (10.2)(0.8+0.8+0.8+0.8+0.8+0.8+0.8+0.8+0.8+0.8+0.8+0.8+0.8+0.8+0.8+0.8+0.8) = 130.56 \text{ min}$$

จากสมการที่ 2.5 จำนวนหาสถานีคอคขวดของระบบ (ภาระงานสูงสุดของผู้ให้บริการ) คอคขวดเป็นการหาค่าสูงสุดของอัตราส่วนระหว่างสถานีทั้งหมด

$$WL_s = WL_i/s_i$$

เมื่อ s_i คือ จำนวนการให้บริการที่สถานีการทำงาน

ยกตัวอย่างเช่น สถานีที่ 1 (Load 1) จำนวนการให้บริการของผลิตภัณฑ์ A B D E F G H มีการให้บริการผลิตภัณฑ์ละ 3 บริการ สำหรับผลิตภัณฑ์ C มีการให้บริการจำนวน 4 บริการ ทำให้ผลรวม

การให้บริการทั้งหมดของสถานีที่ 1 เท่ากับ 25 บริการจาก 8 ผลิตภัณ์ คัดเป็นค่าเฉลี่ยของจำนวนการให้บริการได้เท่ากับ 3.125 บริการ สามารถแสดงวิธีการคำนวณได้ดังตารางที่ 4.10

$$WL_s = WL_i/s_i$$

ตารางที่ 4.10 การคำนวณหาสถานีคอขวดของระบบ (หลังปรับปรุง)

Station	WL_i / S_i (min)
1 Load 1	$16.1/3.125 = 5.152$
2 Safe Cap	$1.0/1 = 1.0$
3 Inspect 1	$0.2/1 = 0.2$
4 Cap Delivery	$0.8/1 = 0.8$
5 Load 2	$25.96/4 = 6.49$
6 Tube	$4.0/1 = 4.0$
7 Inspect 2	$4.0/1 = 4.0$
8 Tray Delivery	$0.8/1 = 1.02$
9 Load 3	$12.116/2.375 = 5.101$
10 Pack	$0.5/1 = 0.5$
11 Inspect 3	$0.5/1 = 0.5$
12 Unload	$0.5/1 = 0.5$
13 Material Handling	$130.56/16 = 8.16$

Bottleneck

จากตารางที่ 4.10 สถานีคอขวดคือสถานีที่ 13 (Material Handling) เนื่องจากมีอัตราส่วนระหว่างสถานีสูงที่สุด

จากสมการที่ 2.6 คำนวณอัตราการผลิตแบบยืดหยุ่นสูงสุดของผลิตภัณ์ทั้งหมด

$$R_p^* = \frac{s^*}{WL^*}$$

เมื่อ s^* คือ จำนวนของผู้ให้บริการสำหรับสถานีที่เป็นคอขวด

WL^* คือ ภาระงานเฉลี่ยสำหรับสถานีที่เป็นคอขวด

สามารถแสดงวิธีการคำนวณได้ดังนี้

$$R_p^* = 16/130.56 = 0.1225 \text{ set/min} = 7.3529 \text{ sets/hr.}$$

จากสมการที่ 2.7 คำนวณอัตราการผลิตของแต่ละผลิตภัณ์

$$R_{pj}^* = p_j(R_p^*)$$

เมื่อ p_j คือ ค่าอัตราส่วนของผลิตภัณ์แบบผสม

R_p^* คือ อัตราการผลิตแบบยืดหยุ่นสูงสุดของผลิตภัณฑ์ทั้งหมดจากการคำนวณสมการที่ 2.6 (หลังปรับปรุง)

สามารถแสดงวิธีการคำนวณได้ดังนี้

$$R_{pA}^* = (p_A)(R_p^*)$$

$$R_{pA}^* = (0.09)(0.1225) = 0.01103 \text{ set/min} = 0.662 \text{ set/hr.}$$

$$R_{pB}^* = (0.10)(0.1225) = 0.01225 \text{ set/min} = 0.735 \text{ set/hr.}$$

$$R_{pC}^* = (0.11)(0.1225) = 0.01348 \text{ set/min} = 0.809 \text{ set/hr.}$$

$$R_{pD}^* = (0.12)(0.1225) = 0.01471 \text{ set/min} = 0.882 \text{ set/hr.}$$

$$R_{pE}^* = (0.13)(0.1225) = 0.01593 \text{ set/min} = 0.956 \text{ set/hr.}$$

$$R_{pF}^* = (0.14)(0.1225) = 0.01716 \text{ set/min} = 1.029 \text{ sets/hr.}$$

$$R_{pG}^* = (0.15)(0.1225) = 0.01838 \text{ set/min} = 1.103 \text{ sets/hr.}$$

$$R_{pH}^* = (0.16)(0.1225) = 0.01961 \text{ set/min} = 1.176 \text{ sets/hr.}$$

จากสมการที่ 2.8 คำนวณการใช้ประโยชน์เฉลี่ยของแต่ละสถานีการทำงาน เป็นสัดส่วนของเวลาผู้ให้บริการที่สถานีที่มีการทำงานและไม่มีการทำงาน

$$U_i = \frac{WL_i}{s_i} (R_p^*)$$

เมื่อ WL_i คือ ภาระงานเฉลี่ยในแต่ละสถานีจากการคำนวณสมการที่ 2.2 (หลังปรับปรุง)

s_i คือ จำนวนการให้บริการที่สถานีการทำงานจากการคำนวณสมการที่ 2.5 (หลังปรับปรุง)

R_p^* คือ อัตราการผลิตแบบยืดหยุ่นสูงสุดของผลิตภัณฑ์ทั้งหมดจากการคำนวณสมการที่ 2.6 (หลังปรับปรุง)

สามารถแสดงวิธีการคำนวณได้ดังนี้

$$U_1 = (WL_1/s_1)(R_p^*)$$

$$U_1 = (16.1/3.125)(0.1225) = 0.6314 = 63.14\%$$

$$U_2 = (1.0/1)(0.1225) = 0.1225 = 12.25\%$$

$$U_3 = (0.2/1)(0.1225) = 0.0245 = 2.45\%$$

$$U_4 = (0.8/1)(0.1225) = 0.0980 = 9.8\%$$

$$U_5 = (25.96/4)(0.1225) = 0.7953 = 79.53\%$$

$$U_6 = (4.0/1)(0.1225) = 0.4902 = 49.02\%$$

$$U_7 = (4.0/1)(0.1225) = 0.4902 = 49.02\%$$

$$U_8 = (0.8/1)(0.1225) = 0.0980 = 9.8\%$$

$$U_9 = (12.116/2.375)(0.1225) = 0.6252 = 62.52\%$$

$$U_{10} = (0.5/1)(0.1225) = 0.0613 = 6.13\%$$

$$U_{11} = (0.5/1)(0.1225) = 0.0613 = 6.13\%$$

$$U_{12} = (0.5/1)(0.1225) = 0.0613 = 6.13\%$$

$$U_{13} = (130.56/16)(0.1225) = 1.0 = 100\%$$

จากสมการที่ 2.10 คำนวณการใช้ประโยชน์การผลิตแบบยืดหยุ่นโดยรวม

$$\bar{U}_s = \frac{\sum_{i=1}^n s_i U_i}{\sum_{i=1}^n s_i}$$

เมื่อ U_i คือ การใช้ประโยชน์เฉลี่ยของแต่ละสถานประกอบการจากการคำนวณสมการที่ 2.8 (หลังปรับปรุง) สามารถแสดงวิธีการคำนวณได้ดังนี้

$$\bar{U}_s = (s_1 U_1 + s_2 U_2 + s_3 U_3 + s_4 U_4 + s_5 U_5 + s_6 U_6 + s_7 U_7 + s_8 U_8 + s_9 U_9 + s_{10} U_{10} + s_{11} U_{11} + s_{12} U_{12}) / (s_1 + s_2 + s_3 + s_4 + s_5 + s_6 + s_7 + s_8 + s_9 + s_{10} + s_{11} + s_{12})$$

$$\begin{aligned} \bar{U}_s &= ((3.125 \times 0.6314) + (1 \times 0.1225) + (1 \times 0.0245) + (1 \times 0.0980) + (4 \times 0.7953) + (1 \times 0.4902) \\ &+ (1 \times 0.4902) + (1 \times 0.0980) + (2.375 \times 0.6252) + (1 \times 0.0613) + (1 \times 0.0613) + \\ &(1 \times 0.0613)) / 18.50 = 0.4404 = 44.04\% \end{aligned}$$

4.3 การคำนวณผลตอบแทนการลงทุน (ROI)

ตารางที่ 4.11 ต้นทุน ราคาขายและกำไรของผลิตภัณฑ์

Product	Cost/Set	25%	Sale/Set	Profit/Set
A	40	10	50	10
B	45	11.25	56.25	11.25
C	55	13.75	68.75	13.75
D	50	12.5	62.5	12.5
E	60	15	75	15
F	50	12.5	62.5	12.5
G	50	12.5	62.5	12.5
H	50	12.5	62.5	12.5
Sum	400	100	500	100
Ave	50	12.5	62.5	12.5

คำนวณมูลค่าก่อนการปรับปรุง (ตามการคำนวณ)

ต้นทุนเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ 1 ชุด (50 ชิ้น) เท่ากับ 50 บาท

ราคาขายเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ 1 ชุด (50 ชิ้น) เท่ากับ 62.50 บาท

กำไรเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ 1 ชุด (50 ชิ้น) $62.50 - 50$ เท่ากับ 12.50 บาท

ระยะเวลาการผลิตต่อวันเท่ากับ 24 ชั่วโมง

จำนวนวันทำงานต่อเดือนเท่ากับ 30 วัน

จำนวนผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ต่อเดือนเท่ากับ 640,000 ชุด

คำนวณมูลค่าที่ได้หลังการปรับปรุง (ตามการคำนวณ)

ต้นทุนเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ 1 ชุด (50 ชิ้น ; คิดเฉพาะค่าวัตถุดิบ) เท่ากับ 25 บาท

ราคาขายเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ 1 ชุด (50 ชิ้น) เท่ากับ 62.50 บาท

กำไรเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ 1 ชุด (50 ชิ้น) เท่ากับ $62.50 - 25 = 37.50$ บาท

จากการคำนวณอัตราการผลิต (R_p^*) มีค่ามากกว่าก่อนปรับปรุงเท่ากับ 5.5 ชุด/ชั่วโมง

ระยะเวลาการผลิตต่อวันเท่ากับ 24 ชั่วโมง

จำนวนวันทำงานต่อเดือนเท่ากับ 30 วัน

คำนวณมูลค่าที่ได้หลังการปรับปรุงต่อเดือน $37.50 \times 5.5 \times 24 \times 30$ เท่ากับ 148,500 บาท

คำนวณต้นทุน

ต้นทุนการเคลื่อนย้ายเครื่องจักรเท่ากับ 0 บาท (ทีมช่างเป็นผู้เคลื่อนย้ายจึงไม่เสียค่าใช้จ่าย)

ต้นทุนของการหยุดผลิตเพื่อการเคลื่อนย้ายเครื่องจักรเป็นเวลา 7 วัน เท่ากับ 1,866,666.67 บาท

ต้นทุนค่าขยายพื้นที่การบรรจุ (Packing) เท่ากับ 200,000 บาท

รวมต้นทุนที่ใช้ในการปรับปรุง $1,866,666.67 + 200,000$ เท่ากับ 2,066,666.67 บาท

คำนวณระยะเวลาคืนทุน (ตามการคำนวณ)

จากสมการที่ 2.12

$$\begin{aligned} \text{ระยะเวลาคืนทุน} &= \frac{\text{ค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรก}}{\text{ผลประโยชน์สุทธิเฉลี่ยต่อปี}} \\ &= \frac{2,066,666.67}{148,500 \times 12} \\ &= 1.16 \text{ ปี หรือ } 14 \text{ เดือน} \end{aligned}$$

คำนวณผลตอบแทนการลงทุน: ROI (ตามการคำนวณ)

จากสมการที่ 2.13

$$\begin{aligned} \text{ROI} &= \frac{\text{ผลประโยชน์สุทธิจากการดำเนินการ}}{\text{ค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรก}} \times 100 \\ &= \frac{148,500 \times 12}{2,066,666.67} \times 100 \\ &= 86\% \end{aligned}$$

จากค่าผลตอบแทนการลงทุนตามการคำนวณ แสดงให้เห็นว่าในช่วงระยะเวลาการคืนทุน 14 เดือน จะได้ผลประโยชน์สุทธิจากการดำเนินงาน $2,066,666.67 \times 86\%$ เท่ากับ 1,777,333.34 บาท ต่อปี

หลังการปรับปรุงการจัดผังการผลิตด้วยเทคโนโลยีกลุ่มในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2559 ผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบอัตราการผลิตที่ได้จริงก่อนและหลังการปรับปรุง โดยใช้ข้อมูลการผลิตระหว่างเดือนมกราคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2559 เปรียบเทียบกับข้อมูลการผลิตระหว่างเดือนมกราคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2560 ดังแสดงในตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 เปรียบเทียบข้อมูลการผลิตที่ได้จริงหลังปรับปรุง

เดือน (วันทำงาน)	อัตราการผลิตที่ได้จริง (ชุด)		
	พ.ศ. 2559	พ.ศ. 2560	ผลต่าง
มกราคม (29 วัน)	614,419	618,333	3,914
กุมภาพันธ์ (27 วัน)	572,855	576,483	3,628
ค่าเฉลี่ย/เดือน (28 วัน)	593,637	597,408	3,771

จากตารางที่ 4.12 แสดงให้เห็นว่าอัตราการผลิตที่ได้จริงมีอัตราเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 3,771 ชุด/เดือน มีค่าน้อยกว่าผลตามการคำนวณที่ 30 วันทำงาน ซึ่งจะมีอัตราการผลิตที่เพิ่มขึ้น 3,960 ชุด/เดือน เนื่องจากการทำงานจริงมีจำนวนวันทำงานเฉลี่ยเท่ากับ 28 วัน/เดือน จึงทำให้อัตราการผลิตที่ได้จริงเพิ่มขึ้นมีอัตราน้อยกว่าอัตราการผลิตที่เพิ่มขึ้นตามการคำนวณ 189 ชุด/เดือน

คำนวณมูลค่าที่ได้หลังการปรับปรุง (การผลิตจริง)

ต้นทุนเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ 1 ชุด (50 ชิ้น ; คิดเฉพาะค่าวัตถุดิบ) เท่ากับ 25 บาท

ราคาขายเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ 1 ชุด (50 ชิ้น) เท่ากับ 62.50 บาท

กำไรเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ 1 ชุด (50 ชิ้น) เท่ากับ $62.50 - 25 = 37.50$ บาท

อัตราการผลิตเฉลี่ยที่ได้จริง (28 วันทำงาน) เพิ่มขึ้นเท่ากับ 3,771 ชุด/เดือน

คำนวณมูลค่าที่ได้หลังการปรับปรุงต่อเดือน $37.50 \times 3,771$ เท่ากับ 141,412.50 บาท

คำนวณระยะเวลาคืนทุน (การผลิตจริง)

จากสมการที่ 2.12

$$\begin{aligned} \text{ระยะเวลาคืนทุน} &= \frac{\text{ค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรก}}{\text{ผลประโยชน์สุทธิเฉลี่ยต่อปี}} \\ &= \frac{2,066,666.67}{141,412.50 \times 12} \\ &= 1.22 \text{ ปี หรือ 15 เดือน} \end{aligned}$$

คำนวณผลตอบแทนการลงทุน: ROI (การผลิตจริง)

จากสมการที่ 2.13

$$\begin{aligned} \text{ROI} &= \frac{\text{ผลประโยชน์สุทธิจากการดำเนินการ}}{\text{ค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรก}} \times 100 \\ &= \frac{141,412.50 \times 12}{2,066,666.67} \times 100 \\ &= 82.11\% \end{aligned}$$

ค่าผลตอบแทนการลงทุนที่คำนวณได้จากการผลิตจริง แสดงให้เห็นว่าในช่วงระยะเวลาการคืนทุน 15 เดือน จะได้ผลประโยชน์สุทธิจากการดำเนินงาน $2,066,666.67 \times 82.11\%$ เท่ากับ 1,696,940 บาท/ปี

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย

5.1 สรุปผลการวิจัย

การวัดประสิทธิภาพโดยใช้รูปแบบคอกวดหลังการจัดเทคโนโลยีกลุ่ม ดังแสดงในตารางที่ 5.1 พบว่าอัตราการผลิตแบบยืดหยุ่นของผลิตภัณฑ์ทั้งหมดมีอัตราเพิ่มขึ้น 5.5 ชุด/ชั่วโมง ซึ่งมีอัตราการผลิตจริงที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อเดือนได้ 3,771 ชุด/เดือน และการใช้ประโยชน์การผลิตแบบยืดหยุ่นโดยรวมเพิ่มขึ้นจากเดิม 31.97%

ตารางที่ 5.1 อัตราการผลิตสูงสุดของผลิตภัณฑ์ทั้งหมด R_p^* และการใช้ประโยชน์การผลิตแบบยืดหยุ่นโดยรวม \bar{U}_s

	Before	After	Diff
R_p^* (sets/hr)	1.7691	7.3529	5.5
\bar{U}_s (%)	12.07	44.04	31.97

การวิจัยครั้งนี้สามารถบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้

1. สามารถจัดกลุ่มผลิตภัณฑ์จำนวน 8 กลุ่ม ลดลงเหลือ 3 กลุ่ม และจัดวางเครื่องจักรจำนวน 22 เครื่อง โดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีกลุ่มในการปรับปรุงผังการผลิต
2. ออกแบบการจัดวางเครื่องจักรเพื่อประเมินกำลังการผลิตตามผังการผลิตแบบใหม่ได้ด้วยรูปแบบคอกวด

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยพบว่าการดำเนินงานวิจัยยังไม่มีขยายผลถึงหน่วยงานอื่น ผู้วิจัยจึงได้มีข้อเสนอแนะดังต่อไปนี้

1. ปัญหาคอกวดสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา จึงควรมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง
2. ถ้ามีการอธิบายถึงหลักการและประโยชน์ที่ได้รับให้พนักงานเข้าใจ จะทำให้พนักงานสามารถนำไปขยายผลสำหรับกระบวนการทำงานต่างๆได้
3. การใช้หลักการของเทคโนโลยีกลุ่มและรูปแบบคอกวดสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ในทุกกระบวนการของอุตสาหกรรม

รายการอ้างอิง

- [1] มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. (2557). บทความเรื่อง สังคมผู้สูงอายุ: นัยต่อการพัฒนาเศรษฐกิจ.
- [2] กรมสรรพากร. (2558). วารสารความรู้เกี่ยวกับภาษีอากร สรรพากรสาส์น. บทความเรื่อง ก้าวสู่สังคมสูงอายุ: สังคมผู้สูงอายุ...ประเทศไทยพร้อมหรือยัง.
- [3] อรรถกา สืบบุญเรือง. (2557). **แนะนำ 5 กลุ่มอุตสาหกรรมยอดฮิตสำหรับผู้สูงอายุ**. กรุงเทพมหานคร: กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม (กสอ.).
- [4] สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. (2556). คู่มือสำหรับผู้ประกอบการผลิตเครื่องมือแพทย์ เพื่อเตรียมตัวเข้าสู่การรับรองระบบคุณภาพตามหลักเกณฑ์และวิธีการที่ดีในการผลิตเครื่องมือแพทย์.
- [5] ธาณี อ่วมอ้อ และอมรเทพ เอกะนลิน. (2546). **การวิเคราะห์ทำเลที่ตั้ง ผังโรงงานและการบริหารห่วงโซ่อุปทาน**. กรุงเทพมหานคร: กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม.
- [6] จันทร์ศิริ สิงห์เถื่อน. (2551). **การวิเคราะห์กระบวนการ (Process Analysis)**. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [7] Mikell P. Groover. (2002). **Chapter 15 Group Technology and Cellular Manufacturing**. Textbook Automation, Production Systems, and Computer Integrated Manufacturing.
- [8] Mikell P. Groover. (2002). **Chapter 16 Flexible Manufacturing System**. Textbook Automation, Production Systems, and Computer Integrated Manufacturing.
- [9] พระราชบัญญัติเครื่องมือแพทย์. (2551). ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 125 ตอนที่ 43 ก หน้า 26.
- [10] ประกาศสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. (2558). การจัดประเภทเครื่องมือแพทย์ที่ไม่ใช่เครื่องมือแพทย์สำหรับการวินิจฉัยภายนอกร่างกายตามความเสี่ยง.
- [11] ประกาศกระทรวงสาธารณสุข. (2559). ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 133 ตอนพิเศษ 79 ง หน้า 11-12.

- [12] ทฤทัย มีนะพันธ์. (2544). **หลักการวิเคราะห์โครงการ : ทฤษฎีและวิธีปฏิบัติเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ**. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [13] Nikola Suzić, Branislav Stevanov, and others. (2012). “Customizing Products through Application of Group Technology : A Case Study of Furniture Manufacturing.” **Journal of Mechanical Engineering** 58(2012)12: 724-731.
- [14] Ajay Singholi, Deepti Chhabra, Mohammad Ali,. (2010). “Towards improving the performance of flexible manufacturing system: a case study.” **Journal of Industrial Engineering and Management (JIEM)**, 3(1): 87-115.
- [15] B.Santhosh Kumar, V.Mahesh, B.Satish Kumar,. (2015). “Modeling and Analysis of Flexible Manufacturing System with FlexSim.” **International Journal of Computational Engineering Research (IJCER)** 5, 10: 1-6.
- [16] Sujith Kumar . M, Vishal Gupta. And others. (2011). “Compilation of key GMP requirements in us and Japan for Tablet Manufacturing.” **International Journal of Drug Development & Research**, October-December, Vol. 3, Issue 4, ISSN 0975-9344: 45-54.
- [17] บุญศรี มหาภิตติคุณ. (2552). **การเจาะเก็บเลือดและการใช้สารกันเลือดแข็ง (Method of blood collection and use of anticoagulant)**. กรุงเทพมหานคร: คณะสหเวชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- เกศรา มัญชุศรี. (2559). **เหลียวหลัง แลหน้า สังคมไทยเข้าสู่ผู้สูงอายุ**. เข้าถึงเมื่อ 7 พฤษภาคม. เข้าถึงได้จาก http://www.prachachat.net/news_detail.php?newsid=1375935637
- Example flow process charts. (2016). **Man/Worker Type Flow Process Chart**. Accessed May 7. Available from <https://es.slideshare.net/rahulmeshram14/example-flow-process-charts/7>
- R.C.Meshram. (2016). **Lecture 2 process charts work study**. Accessed May 7. Available from <https://www.slideshare.net/rahulmeshram14/lecture-2-process-charts-work-study>

Health Mthai Team. (2559). หมอสันต์ แนะ เจาะเลือด ตรวจสอบสุขภาพ ไม่จำเป็นต้องอดน้ำ. เข้าถึงเมื่อ 27 สิงหาคม. เข้าถึงได้จาก <http://health.mthai.com/howto/health-care/10988.html>

ภาควิชาพยาธิวิทยาคลินิก คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล. (2559). คู่มือการส่งตรวจทางห้องปฏิบัติการ. เข้าถึงเมื่อ 6 สิงหาคม. เข้าถึงได้จาก <http://www.si.mahidol.ac.th/th/manual/Project/page3-03.htm>





ภาคผนวก

การพัฒนาตนเอง

เข้าร่วมประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม ประจำปี 2558 จัดโดย ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรมและการจัดการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร ระหว่าง วันที่ 6-7 สิงหาคม 2558 ณ โรงแรมดิ เอ็มเมอรัลด์ กรุงเทพมหานคร ภายใต้หัวข้อ “Academics – Industrial Research Collaborations in order to be Excellence in ASEAN”

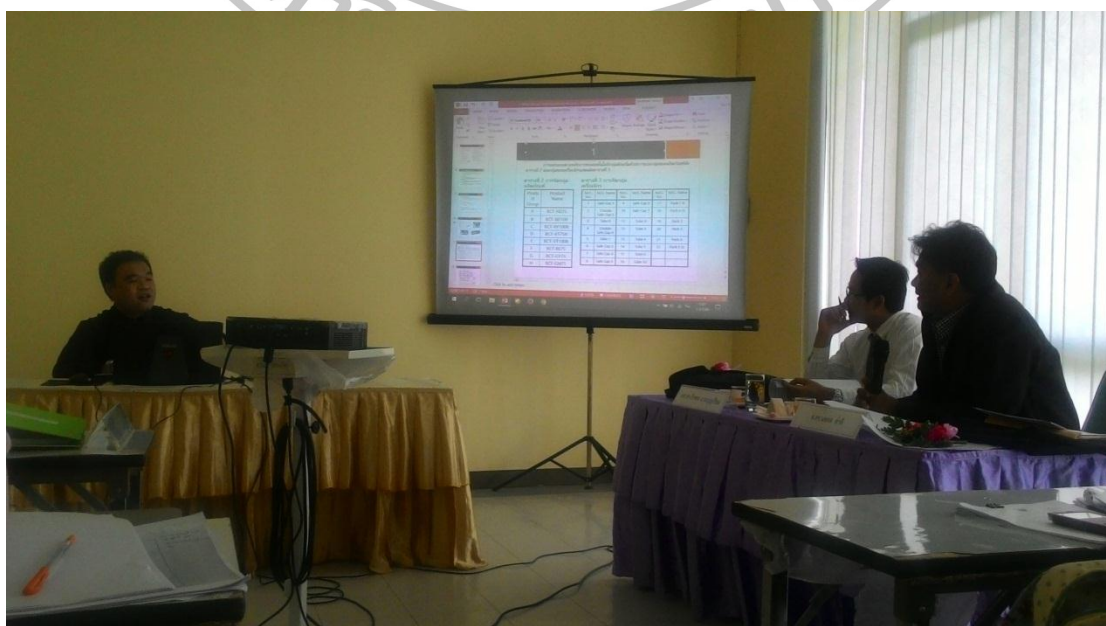


เข้าร่วมประชุมวิชาการบัณฑิตศึกษาระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 6 จัดโดย บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร ระหว่าง วันที่ 11-12 กรกฎาคม 2559 ณ ศูนย์สันสกฤตศึกษามหาวิทยาลัยศิลปากร กรุงเทพมหานคร ภายใต้หัวข้อ “สหวิทยาการสร้างสรรค์เพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน”



เข้าร่วมประชุมและนำเสนอผลงานวิจัยภาคบรรยายในการประชุมวิชาการระดับชาติราชภัฏหมู่บ้านจอมบึงวิจัย ครั้งที่ 5 จัดโดย สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง วันที่ 1 มีนาคม 2560 ณ อาคารศูนย์ภาษาและศูนย์คอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง จ.ราชบุรี ภายใต้หัวข้อ “สร้างองค์ความรู้ สู่ห้องเที่ยวไทย เศรษฐกิจก้าวไกล สังคมไทยยั่งยืน”

ผู้ทรงคุณวุฒิ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วีรพล นามบุญเรือง และ ดร.นพดล อ่ำดี มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง









มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง
มอบเกียรติบัตรนี้ไว้เพื่อแสดงว่า
นายรติพล จันทร์แพง

ได้นำเสนอผลงานวิจัยภาคบรรยาย ในการประชุมวิชาการระดับชาติ "ราชภัฏหมู่บ้านจอมบึงวิจัย ครั้งที่ ๕"
 เรื่อง การจัดทำงบประมาณการผลิตด้วยเทคโนโลยีกลุ่มสำหรับโรงงานผลิตเครื่องมีอแพทช์

ให้ไว้ ณ วันที่ ๑ มีนาคม พ.ศ. ๒๕๖๐
 ณ มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง


 (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชัยภาพร โปคงเอวรศักดิ์)
 ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา


 (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชัยภาพร โปคงเอวรศักดิ์)
 อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ – สกุล	นายรติพล จันทรแพง
ที่อยู่	372/3 หมู่ 9 ต.พงสวาย อ.เมือง จ.ราชบุรี
ที่ทำงาน	บริษัท นิโปร (ประเทศไทย) จำกัด ต.บางนมโค อ.เสนา จ.พระนครศรีอยุธยา
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2547	สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร
พ.ศ. 2557	ศึกษาต่อระดับปริญญาโท สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรมและการจัดการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และ เทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร
ประวัติการทำงาน	
พ.ศ. 2548 – 2549	เจ้าหน้าที่ควบคุมการผลิต บริษัท โภคา ฟีด จำกัด ต.ดอนยายหอม อ.เมือง จ.นครปฐม
พ.ศ. 2549 – 2551	วิศวกรฝ่ายผลิต บริษัท ปิคนิคพลาสติก อินดัสเทรียล จำกัด ต.บางซ้าย อ.บางซ้าย จ.พระนครศรีอยุธยา
พ.ศ. 2551 – 2554	ผู้ช่วยผู้จัดการแผนกผลิต บริษัท ปิคนิคพลาสติก อินดัสเทรียล จำกัด ต.บางซ้าย อ.บางซ้าย จ.พระนครศรีอยุธยา
พ.ศ. 2554 – 2558	ผู้จัดการแผนกผลิต บริษัท ปิคนิคพลาสติก อินดัสเทรียล จำกัด ต.บางซ้าย อ.บางซ้าย จ.พระนครศรีอยุธยา
พ.ศ. 2558 – 2559	ผู้จัดการแผนกควบคุมคุณภาพ บริษัท ปิคนิคพลาสติก อินดัสเทรียล จำกัด ต.บางซ้าย อ.บางซ้าย จ.พระนครศรีอยุธยา
พ.ศ. 2559 – ปัจจุบัน	หัวหน้าแผนกผลิต บริษัท นิโปร (ประเทศไทย) จำกัด ต.บางนมโค อ.เสนา จ.พระนครศรีอยุธยา