สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

กรณีศึกษาการพัฒนาระบบการผลิตสายเคเบิลควบคุมยานยนต์ ด้วยระบบการผลิตแบบลีน

APPLICATION OF LEAN MANUFACTURING SYSTEM: A CASE STUDY OF CONTROL CABLE

วีระศักดิ์ ชนะรุ่งเรืองกิจ
VEERASAK CHANARUNGRUENGKIJ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2560

b.12863506
i.

สขหมู่ 148009
เลขทะเบียน
วัน.เดือน.ปี 16 ต.ค. 2560

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมระบบและข้อมูล
วิทยาลัยนวัตกรรมการผลิตขั้นสูง
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2560
KMITL-2017-AMI-M-001-002

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

APPLICATION OF LEAN MANUFACTURING SYSTEM: A CASE STUDY OF CONTROL CABLE

VEERASAK CHANARUNGRUENGKIJ

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING IN INFORMATION AND SYSTEM ENGINEERING
COLLEGE OF ADVANCED MANUFACURING INNOVATION
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2017

KMITL-2017-AMI-M-001-001
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2017
COLLEGE OF ADVANCED MANUFACTURING INNOVATION
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิทยาลัยนวัตกรรมการผลิตขั้นสูง
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์	กรณีศึกษาการพัฒนาสายเคเบิลควบคุม ด้วยระบบการผลิตแบบลีน
Thesis Title	APPLICATION OF LEAN MANUFACTURING SYSTEM : A CASE STUDY OF CONTROL CABLE
นักศึกษา	นายวีระศักดิ์ ชนะรุ่งเรืองกิจ
รหัสประจำตัว	58609008
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมระบบและข้อมูล
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร.อนรรฆพล แสนทน
หมายเลขวิทยานิพนธ์	KMITL-2017-AMI-M-001-002

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
รองศาสตราจารย์ ดร.เสมยศ	เกียรติวินิโล	
รองศาสตราจารย์ ดร.ปิติเชต	สู้รักษา	
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิทยา	มณีธรรม	
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยวัฒน์	ทะทอง	
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนรรฆพล	แสนทน	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ 18 พฤษภาคม 2560 เวลา 11.30 - 13.30 น.
สถานที่สอบ อาคารเฉลิมพระเกียรติ 55 พรรษา สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี

วิทยาลัยนวัตกรรมการผลิตขั้นสูง รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริเดช บุญแสง)
คณบดี วิทยาลัยนวัตกรรมการผลิตขั้นสูง

วันที่ 15 มิถุนายน พ.ศ. 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	กรณีศึกษาการพัฒนาระบบการผลิตสายเคเบิลควบคุมยานยนต์ด้วยระบบการผลิตแบบลีน
นักศึกษา	นายวีระศักดิ์ ชนะรุ่งเรืองกิจ
รหัสนักศึกษา	58609008
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมระบบและข้อมูล
พ.ศ.	2560
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร. อนรรฆ พลแสนทน

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเสนอการประยุกต์ใช้ระบบการผลิตแบบลีนเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพและลดความสูญเปล่าในสายการประกอบสายควบคุมในรถยนต์ในอุตสาหกรรมยานยนต์ด้วยการปรับปรุงกระบวนการที่เป็นคอขวดและจัดทำสมดุลของกระบวนการโดยการใช้ผังการไหลของกระบวนการในปัจจุบันและทำการตรวจสอบผลการปรับปรุงด้วยผังการไหลของกระบวนการหลังการปรับปรุง ซึ่งแนวคิดระบบการผลิตแบบลีนส่งผลให้สายการผลิตที่ใช้เป็นกรณีศึกษามีการไหลที่ต่อเนื่องมากขึ้นผลผลิตเพิ่มขึ้น 33 เปอร์เซ็นต์ของเสียลดลงเป็นศูนย์และสามารถลดสินค้าคงคลังในกระบวนการให้เป็นศูนย์

แต่การปรับปรุงเฉพาะกระบวนการจะยังไม่สามารถทำได้สมบูรณ์เนื่องจากเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตยังมีความละเอียดและความเร็วต่ำจึงมีความจำเป็นที่จะต้องทำการพัฒนาเครื่องตัดสายเคเบิ้ลในรถยนต์แบบอัตโนมัติ โดยหลักการสำคัญของการพัฒนาระบบเครื่องตัดสายเคเบิ้ลอัตโนมัติจะมุ่งประเด็นไปที่การคำนวณใช้แรงกดไปที่ลูกกลิ้งให้หมุนเป็นการป้อนสายเคเบิ้ลเข้าสู่เครื่องตัดแบบอัตโนมัติเพื่อแก้ไขปัญหาการลื่นไถลของสายเคเบิ้ลและได้รับความถูกต้องสูงสุดในการตัดสายเคเบิ้ลของระบบทั้งหมด โดยใช้เซ็นเซอร์ทั้งแบบสัมผัสวัตถุและไม่สัมผัสวัตถุเข้าด้วยกันในระบบของเครื่องตัดสายเคเบิ้ลแบบอัตโนมัติ จนทำให้ได้ผลลัพธ์ของความถูกต้องสูงสุดในการตัดสายเคเบิ้ล โดยมีความคลาดเคลื่อนของการตัดไม่เกินค่า 1 มิลลิเมตร

ผลลัพธ์ของประสิทธิภาพเครื่องตัดสายเคเบิ้ลแบบอัตโนมัติต้นแบบนั้น ได้ผลคือ มีความคลาดเคลื่อนในการตัดสายเคเบิ้ลน้อยกว่า 1 มิลลิเมตร ซึ่งทำการตรวจสอบโดยใช้การทดลองการตัดสายเคเบิ้ลทั้งหมด 260 เส้น โดยมีความแตกต่างของขนาดและความยาวของสายเคเบิ้ล 3 ขนาด ซึ่งเป็นการทดลองเพื่อเปรียบเทียบกับทฤษฎีทางสถิติ โดยมีค่าความเบี่ยงเบนน้อยกว่า0.03 ผลลัพธ์ของระบบเครื่องตัดสายเคเบิ้ลแบบอัตโนมัติ ค่าของการตัดสายเคเบิ้ลที่มีความคลาดเคลื่อนมากที่สุดมีความหนา 1 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Application of Lean Manufacturing System : A Case Study of Control Cable Manufacturing
Student	Mr. Veerasak Chanarungruengkij
Student ID.	5809008
Degree	Master of Engineering
Program	Information and System Engineering
Year	2017
Thesis Advisor	Asst.Prof.Dr.Anakkapol Seanthon

ABSTRACT

This thesis proposes the application of lean manufacturing system to improve the efficiency and reduce the waste in the control cable process in the automotive industry. With the improvement of the bottleneck process and the balancing of the workflow of the process by considering the material flowchart, the process was improved and verified. The proposed workflow is developed based on the concept of lean manufacturing and the improvement in terms of more continuous flow can be achieved. As results indicated, the productivity of the studied process was increased by 33 percent and the waste was reduced to zero. In addition, the process inventory can be also reduced to zero.

Based on the Lean analysis results, the process improvement is incomplete because the current machine hasits disadvantages in terms of lowcutting accuracy and low productivity rate; thus, it is necessary to develop the new automatic outer cutting machine in the control cable process. The major development in the proposed system is to apply the compression roller in the cable feeding system to solve the problem of slipand gain high accuracy ofthe entire system. Both contact and non-contact sensors are incorporated to achieve ahigheraccuracy system with the error limit of 1 mm.

The results illustrate the performance of the proposed prototype,the new cable cutting machine, with the cutting error less than 1 mm. investigated by the experimental results of 260samples with 3 different diameters and lengths.The repeatability of the proposedmachine was evaluated by the statistical testing data,i.e. standard deviation which is less than 0.03. Theeffectiveness of the proposed systemwas described by the maximum error which is within1 mm.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร. อนรรฆพล แสนทน ที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำชี้แนะช่วยแก้ปัญหาตลอดจนให้ความรู้และประการณ์ที่ดีแก่ข้าพเจ้า

ขอขอบพระคุณกรรมการสอบหัวข้อและโครงร่างวิทยานิพนธ์ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำตลอดจนข้อชี้แนะจนในที่สุดทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้

ขอขอบคุณ ผศ.ดร. สมยศ เกียรติวนิชวิไล ที่คอยให้คำปรึกษาและชี้แนะแนวทางการออกแบบเครื่องตัดและออกแบบการทดลอง

ขอขอบคุณ Thai Steel Cable Public Co.,Ltd. ที่ให้การสนับสนุนการวิจัยนี้ ขอขอบคุณน้อง ๆ ในฝ่ายวิศวกรรมการผลิตและฝ่ายผลิตที่ได้ให้ความช่วยเหลือ

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้กับบิดามารดาซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้ถ่ายทอดความรู้และประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้า

วีระศักดิ์ ชนะรุ่งเรืองกิจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II
กิตติกรรมประกาศ III
สารบัญ IV
สารบัญตาราง VI
สารบัญรูป VII
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา 1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา 3
1.3 ขอบเขตของการศึกษา 3
บทที่ 2 ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4
2.1 ที่มาของระบบการผลิตแบบลีน 4
2.2 เครื่องมือและปัจจัยที่สนับสนุนแนวความคิดแบบลีน 6
2.2.1 ปัจจัยและเทคนิคที่สนับสนุนหลักการ JIT 7
2.2.2 แนวคิดของสายธารคุณค่า 13
2.2.3 ผังงานสายธารคุณค่า 14
2.3 ไคเซ็น 14
2.3.1 เทคนิควิธีการเพื่อการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง 14
2.3.2 แนวทางเพื่อเริ่มต้นปรับปรุง 15
2.3.3 กระบวนการคิดปรับปรุง 15
2.3.4 ไคเซ็นและนวัตกรรม 16
2.4 การบำรุงรักษาทวีผลที่ทุกคนมีส่วนร่วม 17
2.4.1 ความเป็นมาของการบำรุงรักษาทวีผล 17
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องระบบลีน 20
2.6 ทฤษฎีสายพานไทม์มิ่ง 23
2.6.1 สายพาน และ พิตช์ของลูกรอก 23
2.6.2 ระยะของสายพานและระยะห่างจุดศูนย์กลาง 24
2.6.3 แรงกระทำที่เกิดขึ้นในสายพานไทม์มิ่ง 26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.6.4 แรงในเพลา....31
2.6.5 แรงดึงเริ่มต้นของสายพาน....33
2.6.6 การแก้ปัญหาแรงดึง....35
2.6.7 ภาระที่ฟันเฟือง....38
2.6.8 ตำแหน่งผิดพลาดของสายพานไทม์มิ่งเนื่องจากความยืดหยุ่นของสายพาน39
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน....43
3.1 การปรับปรุงสายการผลิตที่ได้จากการวิเคราะห์แบบลีน....47
3.2 สำรวจสภาพปัจจุบันของสายการผลิต....48
3.3 การวิเคราะห์กระบวนการ และการปรับปรุงกระบวนการ....53
3.4 การลดของเสียจากการผลิต....55
บทที่ 4 เครื่องตัดสายเคเบิลในรถยนต์ความแม่นยำสูง....57
บทที่ 5 ผลการทดลอง....63
5.1 การลดของเสียจากการผลิต....67
5.2 ผลการทดสอบเครื่องตัดความละเอียดสูง....68
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัย....75
บรรณานุกรม....76
เอกสารอ้างอิง....79
ประวัติผู้เขียน....88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ ..... **หน้า**
ตารางที่ 3.1 แสดง Standard Time on process Semi 50
ตารางที่ 3.2 แสดง Standard Time on process Assembly 51-52
ตารางที่ 5.1 ข้อมูลการวัดจำนวนสองชุดในระดับการตัด 1497 มิลลิเมตร ชุดที่ 1 70-72
ตารางที่ 5.2 ข้อมูลการวัดจำนวนสองชุดในระดับการตัด 1497 มิลลิเมตร ชุดที่ 2 72-74
ตารางที่ 6.1 แสดงผลหลังการปรับปรุงสายการผลิตด้วยวิธีการของลีน 75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

รูปที่ 2.1 ตัวอย่างการจัดทำผังแห่งคุณค่า 11

รูปที่ 2.2 สายพานและจำนวนฟันของพู่เล่ 23

รูปที่ 2.3 การขับของสายพานที่พู่เล่มีขนาดไม่เท่ากัน 25

รูปที่ 2.4 การส่งกำลังและตำแหน่งของการหมุน 26

รูปที่ 2.5 ตำแหน่งในแนวเชิงเส้นและการกำหนดค่า 1 27

รูปที่ 2.6 ตำแน่งในแนวเชิงเส้นและการกำหนดค่า 2 28

รูปที่ 2.7 มุมเอียงของสายพานและการสะสมวัสดุ 29

รูปที่ 2.8 สายพานแบบสูญญากาศ 30

รูปที่ 2.9 ชุดส่งกำลังแบบมีพู่เล่และมีรอกรั้งด้านข้าง 34

รูปที่ 2.10 สายพานที่เป็นสูญญากาศกับแรงดึงคงที่ด้านข้าง 35

รูปที่ 2.11 ภาระที่เกิดขึ้นกับฟัน 38

รูปที่ 2.12 ตำแหน่งผิดพลาด – ตำแหน่งเชิงเส้นภายใต้สภาวะโหลดแบบคงที่ 39

รูปที่ 2.13 ข้อผิดพลาดต่อไปนี้ – ตำแหน่งเชิงเส้นภายใต้สภาวะการโหลดแบบไดนามิก 41

รูปที่ 2.14 การแก้ไขจำนวนฟันในตาข่าย (จำนวนฟันในตาข่ายเทียบกับจำนวนฟันจริงในตาข่าย) 41

รูปที่ 3.1 กระบวนการประกอบก่อนการปรับปรุง 43

รูปที่ 3.2 กราฟ แสดงรอบเวลา (CT) ก่อนการปรับปรุง 44

รูปที่ 3.3 กราฟ รอบเวลาที่เป็นเป้าหมายของการปรับปรุง 45

รูปที่ 3.4 ผังการไหลของกระบวนการในปัจจุบัน 48

รูปที่ 3.5 แสดงผลลัพธ์ของการสุ่มงาน 53

รูปที่ 3.6 แสดงรอบเวลา(Cycle time)ก่อน และ หลังการปรับปรุงกระบวนการ 54

รูปที่ 3.7 แสดงสายการผลิตก่อนและหลังการปรับปรุง 54

รูปที่ 3.8 ของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการย้อนหลัง 1 ปี 55

รูปที่ 3.9 ผังการไหลของกระบวนการหลังทำการปรับปรุง 56

รูปที่ 4.1 เครื่องตัดOuter แบบสี่หัวและส่วนประกอบต่างๆ 57

รูปที่ 4.2 จุดป้อนสายเข้ายังลูกกลิ้งและชุดยึดสาย 58

รูปที่ 4.3 จุดจับยึดสายป้อนสาย 58

รูปที่ 4.4 ลูกกลิ้งกดสาย 59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

รูปที่ 4.5 การทำงานขับเคลื่อนหาตำแหน่งระยะศูนย์....59
รูปที่ 4.6 การป้อนสายเข้าระบบเครื่องตัดตามระยะทางที่กำหนด....60
รูปที่ 4.7 ระบบตัดสายและการทำงาน (ก) ขณะตัดลงมา (ข) ขณะกลับสู่ตำแหน่งเดิม 60
รูปที่ 4.8 รูปตำแหน่งการปล่อยสายหลังจากการตัด....61
รูปที่ 4.9 ภาพโดยรวมของชุดตัด ของเครื่องตัด 62
รูปที่ 5.1 ผังกระบวนการก่อนการปรับปรุง....64
รูปที่ 5.2 ผังกระบวนการหลังการปรับปรุง....65
รูปที่ 5.3 รอบเวลาในการผลิต (Cycle Time) ก่อน และ หลังการปรับปรุงกระบวนการ....66
รูปที่ 5.4 สายการผลิตก่อนและหลังการปรับปรุง....67
รูปที่ 5.5 ของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการย้อนหลัง 1 ปี....67
รูปที่ 5.6 ผังการไหลของกระบวนการหลังทำการปรับปรุง....68
รูปที่ 5.7 ผลการวัดการทำงานของเครื่องตัดและการประเมินค่าความผิดพลาดในการตัดใน
ความยาว1497 69
รูปที่ 5.8 ค่าความผิดพลาดในสองกลุ่มรวม 100 ตัวอย่างในความยาว 1497 มิลลิเมตร....69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

อุตสาหกรรมยานยนต์ และการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ในประเทศไทยเป็นอุตสาหกรรมที่สำคัญลำดับต้นๆ ของประเทศ ที่มูลค่าการส่งออกมากกว่า 7 แสนล้านบาทต่อปี และมีการจ้างงานเป็น ร้อยละ 8 ของการจ้างงานทั้งประเทศ [1] เนื่องจากไทยมีความได้เปรียบด้านตำแหน่งที่ตั้งจากการเป็นศูนย์กลางของภูมิภาคอาเซียนมีตลาดในประเทศขนาดใหญ่มีซัพพลายเชนที่แข็งแกร่งผนวกกับรัฐบาลมีนโยบายส่งเสริมการลงทุนจึงดึงดูดให้ค่ายรถยนต์ชั้นนำของโลกขยายกำลังการผลิตในไทยอย่างต่อเนื่องโดยค่ายรถยนต์ญี่ปุ่นซึ่งมีปริมาณการผลิตและยอดขายรถยนต์คิดเป็นสัดส่วนกว่า 75% ของตลาดได้วางตำแหน่งให้ไทยเป็นฐานการผลิตรถปิกอัพ 1 ตันและรถอีโคคาร์เพื่อส่งออกนอกจากนี้ค่ายรถยนต์จีนและยุโรปยังให้ความสำคัญกับการผลิตรถยนต์ขนาดใหญ่และรถยนต์หรูในไทยมากขึ้น

ในปี 2558 การผลิตรถยนต์ในไทยมีจานวน 1.92 ล้านคันเป็นอันดับ 12 ของโลกและเป็นอันดับ 1 ของอาเซียน (ที่มา: OICA)จากกำลังการผลิตรถยนต์ประมาณ 3.66 ล้านคัน (รวมกำลังการผลิตตามแผนการลงทุนตามประกาศของค่ายรถ)

- รถปิกอัพ 1 ตันปัจจุบันมีสัดส่วนการผลิต 50-55% ของยอดผลิตรถยนต์ทั้งหมดถือเป็น Product Champion อันดับแรกของไทยมีค่ายรถสำคัญเข้ามาลงทุนในไทยเพื่อเป็นศูนย์กลางการผลิตเพื่อส่งออกได้แก่รถยี่ห้อ Toyota, Mitsubishi, Isuzu, GM, Ford และ Nissan
- รถยนต์นั่งส่วนบุคคลปัจจุบันมีสัดส่วนการผลิตประมาณ 45-50% ของการผลิตรถยนต์ทั้งหมดโดยผลิตภัณฑ์ที่เติบโตโดดเด่นคือ รถอีโคคาร์ที่ได้รับการส่งเสริมจากภาครัฐ
- รถยนต์เพื่อการพาณิชย์อื่นๆประกอบด้วยรถบรรทุกรถโดยสารและรถตู้มีสัดส่วนประมาณ 1-2% ของการผลิตรถยนต์ทั้งหมด

อุตสาหกรรมรถยนต์ของไทยพึ่งพาตลาดส่งออกมากขึ้นเป็นลำดับและนับจากปี 2551 ตลาดส่งออกเริ่มมีบทบาทสูงกว่าตลาดในประเทศโดยมีตลาดส่งออกสาคัญอยู่ในภูมิภาคใกล้เคียงอาทิอาเซียนออสเตรเลียและตะวันออกกลางอย่างไรก็ตามโครงสร้างตลาดของรถยนต์ที่ผลิตในไทยมีความแตกต่างกันในแต่ละประเภทโดยรถยนต์นั่งมีการส่งออกประมาณ 50-60% ของปริมาณการผลิตรถปิกอัพ 1 ตันมีสัดส่วนส่งออก 55-65% ส่วนรถเพื่อการพาณิชย์อื่นๆมีสัดส่วนส่งออกเพียง 35-40% [2]

ในปัจจุบันผู้ผลิตรถยนต์ใช้นโยบายจัดซื้อแบบ Global Sourcing ซึ่งหมายถึงจะทำการเปรียบเทียบราคาชิ้นส่วนวัตถุดิบจากผู้ผลิตจากแหล่งต่าง ๆ ทั่วโลก ซึ่งหมายความว่าผู้ผลิตมีทั้งโอกาสในการที่จะขายสินค้าได้มากขึ้นและมีโอกาสที่จะถูกคู่แข่งมาแย่งลูกค้าในเวลาเดียวกันผู้ผลิตในประเทศไทยส่วนใหญ่จะเปรียบเทียบราคากับประเทศ อินโดนีเซีย, จีน, อินเดีย และญี่ปุ่น การเสนอราคาจึงจำเป็นต้องมีข้อมูลราคาของผู้ผลิตในประเทศต่าง ๆ ดังที่ได้กล่าวไว้ โดยผู้ที่ทำราคาได้ถูกที่สุดจะเป็นผู้ที่ได้รับโอกาสในการถูกเลือกมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างไรก็ตาม ความสามารถในการจัดส่งและการดูแลคุณภาพยังคงเป็นสิ่งที่ผู้ผลิตรถยนต์ให้ความสำคัญ ยกตัวอย่างเช่น การใช้ฐานการผลิตแห่งเดียวสำหรับส่งชิ้นส่วนให้กับประเทศต่าง ๆ จะต้องคำนึงถึงการมีสต็อกสินค้าให้มีปริมาณเพียงพอ การบริหารการจัดส่งเพื่อรองรับการผลิตแบบระบบผลิตแบบทันเวลาพอดี (JIT) การปรับปรุงความสามารถในด้านภาษา ซึ่งยังคงเป็นอุปสรรคในการติดต่องานข้ามประเทศ และการแก้ไขปรับปรุงด้านคุณภาพ ก็ไม่สามารถดำเนินการได้รวดเร็วเช่นเดียวกับการซื้อภายในประเทศ ดังนั้นแม้ว่าราคาในหลายประเทศจะต่ำกว่าของประเทศไทยแต่เมื่อพิจารณาทั้งสามปัจจัยรวมกัน สินค้าที่ผลิตจากประเทศไทยมีราคาสูงกว่าอินเดียและจีน แต่ราคาและคุณภาพยังเป็นรองญี่ปุ่น และการที่ประเทศไทยตั้งอยู่ในจุดศูนย์กลางของอาเซียนจึงเป็นข้อได้เปรียบในการที่ผู้ผลิตรถยนต์จะใช้ประเทศไทยเป็นศูนย์กลางกระจายสินค้าภายในภูมิภาค จึงสามารถมองได้ว่าหากมองในกลุ่มประเทศอาเซียน อุตสาหกรรมยานยนต์ไทยนั้นยังมีความได้เปรียบในการแข่งขัน และมีโอกาสขยายตลาดไม่น้อยเช่นกัน [3]

โดยที่สายควบคุมในรถยนต์เป็นหนึ่งในชิ้นส่วนยานยนต์ที่มีมูลค่าของการผลิตอยู่ในระดับหลายพันล้านบาทต่อปี และเป็นอุตสาหกรรมเฉพาะทางที่มีการผลิตแบบผสมทั้งระบบต่อเนื่อง และระบบทำงานเป็นสถานี แต่ในปัจจุบันการผลิตดังกล่าวยังใช้แรงงานของพนักงาน และวิธีการผลิตที่มีผลผลิตยังไม่สูง และปัญหาด้านคุณภาพยังคงมีอยู่อย่างต่อเนื่องจากการศึกษากระบวนการผลิต จะเป็นแบบลูกผสมระหว่างกระบวนการผลิตแบบต่อเนื่อง กับ แบบสถานี จากการสำรวจเบื้องต้นพบว่ากำลังการผลิตในสายการผลิตที่เป็นกรณีศึกษา ปัจจุบันสามารถทำการผลิตได้ 48,000 ชิ้นต่อเดือน แต่ความต้องการของลูกค้ามีความต้องการอยู่ที่ 62,449 ชิ้นต่อเดือนเพื่อชดเชยจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ไม่สามารถผลิตได้ทันจึงจำเป็นต้องทำการเพิ่มสายการผลิตเพื่อทำการรองรับความต้องการของลูกค้าแต่ทางโรงงานไม่มีความต้องการที่จะเพิ่มสายการผลิตเนื่องจากต้นทุนผลิตภัณฑ์จะเพิ่มขึ้นทำให้ไม่สามารถแข่งขันได้ และวิธีการผลิตที่ยังคงเป็นกระบวนการผลิตแบบดั้งเดิมอีกทั้งในกระบวนการผลิตนั้นยังขาดการนำแนวคิดใหม่เข้ามาปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อเพิ่มผลผลิต และลดต้นทุนในกระบวนการผลิตจึงทำให้ต้องหาทางแนวคิดทางด้านด้านวิศวกรรมประยุกต์ใช้ในระบบการผลิตด้วยปัญหาหลักของการผลิตคือความล้าช้าในการผลิตและความต้องการในการลดต้นทุนระบบการผลิตแบบลีนจึงเข้าช่วยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานเพื่อลดการสูญเสียเวลาจากคำกล่าวว่าลีนเป็นปรัชญาทางการผลิตซึ่งเน้นการลดเวลานำในการผลิต (Lead time) ให้สั้นลงโดยกำจัดความสูญเสียรูปแบบต่างๆออกไประบบการผลิตแบบลีนช่วยให้องค์กรสามารถลดต้นทุนรอบเวลาการผลิตและกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มและเป็นแนวทางในการลดต้นทุนในการผลิตเพื่อให้สามารถแข่งขันได้

นอกจากนี้ปัญหาจากการที่พนักงานที่มีทักษะลาออกยังเป็นปัญหาของบริษัทอยู่บ่อยครั้งเช่นกันความผิดพลาดและความช้าในกระบวนการ นอกจากการที่จะต้องทำการพัฒนาระบบการผลิตแล้วเครื่องจักรก็เป็นหนึ่งในส่วนสำคัญที่จะช่วยให้ระบบการผลิตมีความสเถียรมากขึ้นก่อนทำวิจัยการดำเนินการของเครื่องตัดสายเคเบิ้ลในโรงงานได้ใช้พนักงานเพื่อทำการตัดและเปลี่ยนสายเคเบิ้ลดำเนินการวัดด้วยไม้วัดมาตรฐานและตัดสินใจในการตัดซึ่งมีปัญหาในเรื่องอัตราการผลิตต่ำและเกิดความผิดพลาดทางตำแหน่งในการตัดสายเคเบิ้ลอยู่เป็นประจำส่งผลต่อความล่าช้าในการผลิต และความสูญเสียของวัตถุดิบ

ปัญหาหลักของแรงงานคือความผิดพลาดของมนุษย์เวลาในการทำงานที่ช้าทำให้เกิดต้นทุนที่เพิ่มขึ้นและลดประสิทธิภาพในการผลิต มีนักวิจัยมากมายที่พัฒนาเครื่องป้อนและเครื่องสำหรับอุตสาหกรรมที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คล้ายคลึงกัน ลูกกลิ้งตัวแรกถูกออกแบบมาสำหรับควบคุมความเร็วของตัวป้อนและลูกกลิ้งตัวที่สองได้รับการออกแบบมาเพื่อควบคุมทิศทางการป้อนและการหยุดสายเคเบิ้ล ใน [5], ป้อนของสายเคเบิลและผิวด้านนอกของสายเคเบิลที่เรียกว่า "Outer" ส่วนหลักของตัวป้อนคือลูกกลิ้งสำหรับป้อนสายเคเบิลและใบมีดสำหรับตัดสายเคเบิ้ล นอกจากนี้ยังมีระบบป้อนสายเคเบิลหลายแบบที่แสดงในการออกแบบใน [5-11] อย่างไรก็ตาม ระบบป้อนสายเคเบิ้ลที่พัฒนาแล้ว [4-11] ได้รับการออกแบบมาสำหรับสายเคเบิ้ลประเภทเฉพาะของแต่ละอุตสาหกรรมซึ่งไม่สามารถนำไปใช้ได้กับอุตสาหกรรมทุกประเภทเนื่องจากมีขนาดและวัสดุที่แตกต่างกันของสายเคเบิ้ล ดังนั้นในการวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการออกแบบเครื่องตัดความแม่นยำสูงสำหรับ Outer สายเคเบิลในยานยนต์ ส่วนหลักของระบบที่พัฒนาขึ้นคือลูกกลิ้งที่ออกแบบเฉพาะและกระบวนการป้อนอัตโนมัติที่ออกแบบรวมถึงเซ็นเซอร์ระบบสัมผัส ระบบที่เสนอนี้ช่วยเพิ่มความแม่นยำและปรับปรุงความแม่นยำเมื่อเทียบกับระบบเดิมที่ใช้สวิตช์เพื่อหยุดการให้ป้อนของสาย การปรับปรุงนี้ทำได้ไม่เพียง แต่ความถูกต้องแม่นยำเท่านั้น แต่ยังรวมถึงเวลาในการตั้งค่าและเวลาของการตัดในแต่ละรอบเวลา นอกจากนี้ลูกกลิ้งแบบปรับได้ทั้ง 4 ได้รับการออกแบบมาสำหรับป้อนและปรับแรงเสียดทานให้เข้ากับขนาดของสายเคเบิ้ล ตำแหน่งเริ่มต้น (จุด 0) ถูกระบุโดยเซ็นเซอร์สัมผัสและตัวโปรแกรมจะถูกออกแบบมาสำหรับการนับระยะการให้ป้อนของสายเคเบิล การทดลองดำเนินการโดยการตัดตัวอย่าง 100 ตัวอย่าง ดังแสดงในผลลัพธ์ข้อผิดพลาดทั้งหมดมีค่าน้อยกว่า 1 มิลลิเมตรซึ่งสอดคล้องกับข้อกำหนดของการผลิต

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

เพื่อการศึกษากระบวนการผลิตที่จะนำระบบการปรับปรุงแบบลีน มาใช้วิเคราะห์และปรับปรุงกระบวนการในการผลิต และทำการศึกษาเพื่อทำการลดความสูญเสียทั้ง 7 แบบ (7 Wastes)ทั้งหมดทำให้สามารถยกระดับการผลิตของกระบวนการ โดยการปรับปรุงกระบวนการและออกแบบเครื่องจักรบางส่วนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการผลิต

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

ขอบเขตของการศึกษาในครั้งนี้ทำการศึกษาเพื่อทำการออกแบบสายการผลิตที่มีประสิทธิภาพสูงสุดตามหลักการของระบบการผลิตแบบลีนและปรับปรุงเครื่องจักรบางส่วนเพื่อรองรับสายการผลิตใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในระบบการผลิตแบบลีนเป็นแนวคิดในการประยุกต์วิธีการต่างๆ เพื่อใช้เป็นตัวบ่งชี้และขจัดความสูญเปล่า หรือสิ่งที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มใดๆให้แก่กระบวนการผลิต และผลิตภัณฑ์ โดยอ้างอิงจากความต้องการของลูกค้าและทำการสร้างระบบดึง ในกระบวนการเพื่อ ทำให้เกิดสภาพการไหลอย่างต่อเนื่องของกระบวนการ และมีการปรับปรุงกระบวนการอย่างต่อเนื่องเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่กระบวนการและผลิตภัณฑ์อย่างสม่ำเสมอ การขจัดความสูญเปล่าในกระบวนการผลิตเป็นเป้าหมายสำคัญของระบบการผลิตแบบลีน เนื่องจากความสูญเปล่าเป็นตัวการทำให้เกิดต้นทุนหรือเวลาในการผลิตสินค้าเพิ่มขึ้นซึ่งความสญเปล่า 8 ประการ (8 wastes) มีดังนี้

1. การผลิตมากเกินไป (Overproduction)
2. การรอคอยในการปฏิบัติการ (Waiting)
3. การขนส่งมากเกินความจำเป็น (Transportation)
4. การมีขั้นตอนการผลิตมากเกินความจำเป็น (Processing)
5. การมีสินค้าคงคลังมากเกินความจำเป็น (Inventory)
6. การเคลื่อนไหวมากเกินไป (Motion)
7. การมีชิ้นงานบกพร่อง และของเสีย (Defect)
8. การที่ไม่สามารถใช้บุคลากรที่มีความรู้ ความสามารถ ได้เต็มประสิทธิภาพ (Skill)

2.1 ที่มาของระบบการผลิตแบบลีน (Historical of Lean Manufacturing)

อุตสาหกรรมการผลิตรถยนต์นั้นทำให้ค้นพบระบบการผลิตแบบลีนขึ้นครั้งแรก กล่าวคือ ในอดีตการผลิตสินค้าแบบต่างๆ รวมถึงรถยนต์มีลักษณะเป็นงานหัตถกรรม งานฝีมือ (Craft / Hand Made Production) ไม่ได้มีสายการผลิตในตอนแรก ผู้ผลิตสินค้าส่วนใหญ่ทำการผลิตโดยใช้ความชำนาญและทักษะของพนักงานสูง จึงทำให้มีต้นทุนการผลิตสินค้าต่อหน่วยสูง แต่ผู้ผลิตก็สามารถผลิตสินค้าต่างๆได้หลากหลายชนิดตามความต้องการของลูกค้า หลังจากนั้นในช่วงต้นศตวรรษที่ 20 เฮนรี ฟอร์ด(Henry Ford) ซึ่งเป็นผู้ก่อตั้งบริษัท ฟอร์ด มอเตอร์ ได้คิดเริ่มแนวคิดในการสร้างสายการผลิตให้มีลักษณะเหมือนกับการไหลของสายน้ำ และถือว่าทุกสิ่งที่เป็นอุปสรรค สิ่งกีดขวางต่อการเคลื่อนที่ในกระบวนการของสายการผลิตนั้นคือความสูญเปล่า โดยได้นำนวัตกรรมระบบสายพานลำเลียง (Conveyer) มาใช้ในสายการประกอบชิ้นส่วนรถยนต์ของบริษัท และใช้ชิ้นส่วนที่มีมาตรฐานและสามารถเปลี่ยนทดแทนกันได้ ทำให้เวลาที่ใช้ในการผลิตลดลง อย่างไรก็ตาม ด้วยวิธีการตามที่ได้กล่าวข้างต้น ได้ทำให้ชิ้นส่วนและวัตถุดิบได้รับการผลิตและส่งต่อไปยังกระบวนการผลิตถัดไป โดยที่ไม่มีการพิจารณาถึงความต้องการ ซึ่งเป็นแบบเดียวกับการผลิตสินค้าสำเร็จรูป ทำให้ระบบดังกล่าวถูกเรียกว่าระบบการผลิตโดยเน้นปริมาณ (Mass Production) คือ ผลิตแบบเน้นปริมาณมากและรุ่นที่ทำการผลิตมีขนาดใหญ่ เพื่อเป็นการลดต้นทุนการผลิตต่อหน่วยให้ต่ำลงโดยหลักแล้วจะเป็นในส่วนของต้นทุนทางอ้อมระบบการผลิตรถยนต์ของบริษัทฟอร์ดมีความประสบความสำเร็จอย่างมาก โดยรถยนต์ของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บริษัทฟอร์ดโมเดลที (Model T Ford) ซึ่งเป็นรถยนต์รุ่นยอดนิยมที่มีการผลิตและจำหน่ายได้เป็นจำนวนมาก แม้ว่ารถรุ่นนี้จะมีจำหน่ายเพียงสีดำสีเดียว แต่ด้วยว่าในช่วงนั้นตลาดยังเป็นของผู้ผลิต เนื่องจากจำนวนผู้ผลิตรถยนต์มีจำนวนน้อยราย แต่มีความต้องการซื้อเป็นจำนวนมาก ทำให้ผลิตเท่าไรก็สามารถจำหน่ายได้หมดและในอีกหลายปีถัดมา ด้วยความสำเร็จของบริษัท ฟอร์ดอิจิ โทโยดะ (Eiji Toyoda) และไทอิจิ โอโนะ (TaiichiOhno) ผู้บริหารของบริษัทโตโยต้า ได้พยายามนำเอาแนวความคิดของบริษัทฟอร์ดไปทำการปรับปรุงระบบการผลิตของบริษัทโตโยต้าในญี่ปุ่น แต่ด้วยว่าสภาวะของบริษัทยังไม่เหมาะกับการใช้ระบบดังที่กล่าวมา เพราะในขณะนั้นประเทศญี่ปุ่นอยู่ในสภาพหลังจากสงคราม ทำให้ปัจจัยการผลิตต่างๆ และเงินทุนยังมีอยู่อย่างจำกัด ทำให้ไม่สามารถลงทุนสร้าง “ระบบการผลิตที่เน้นปริมาณ” ได้ตามอย่างของบริษัทฟอร์ด ทั้งสองฝ่ายจึงได้ร่วมกับทีมงานของบริษัทโตโยต้า ทำการพัฒนาระบบการผลิตของตนเองขึ้นมาโดยอาศัยประสบการณ์ที่เคยพบมา ซึ่งเริ่มต้นจากการค้นคว้าและแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นทั้งหมด การนำข้อเสนอแนะการปรับปรุงงานที่ได้จากพนักงานมาทดลองปฏิบัติ และประยุกต์แนวความคิดของระบบซูเปอร์มาร์เก็ตหรือที่เรียกว่าระบบดึง มาสร้างเป็นระบบการผลิตที่เรียกว่า “ระบบการผลิตแบบโตโยต้า” (Toyota Production System) ซึ่งเป็นที่รู้จักกันดีในชื่อ ระบบการผลิตแบบทันเวลาพอดี (Just in Time Production System) [13]

ซึ่งแนวคิด ระบบการผลิตแบบลีน และระบบการผลิตแบบลีน (Lean Manufacturing) เป็นที่รู้จักมากขึ้นทั้งในอุตสาหกรรมโลก โรงงานต่างๆ ก็ต้องทำการเปลี่ยนระบบการผลิตจาก การผลิตแบบจำนวนมาก สู่ ระบบการผลิตแบบลีน (Lean Production) ว่าด้วยเหตุผลต่างๆ กัน คือ

James P. Womack ในปี 1990 ได้แต่งหนังสือชื่อ The Machine That Changed The World โดยภายในหนังสือเล่าถึงประวัติการผลิตรถยนต์ รวมทั้งศึกษาวิเคราะห์โรงงานประกอบรถยนต์ของญี่ปุ่น อเมริกา และยุโรป จนเกิดเป็นคำว่า “ระบบการผลิตแบบลีน (Lean Manufacturing)” ขึ้นครั้งแรก James Womack มีโอกาสศึกษาระบบการผลิตของโตโยต้า (TPS) เป็นระยะเวลาหลายปี

โดยไม่ว่าจะเปลี่ยนระบบการผลิตจากแบบ การผลิตแบบจำนวนมากไปแบบระบบการผลิตแบบลีนด้วยเหตุผลใดๆ ก็ตาม แนวทางที่ต้องดำเนินการเพื่อการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงครั้งนี้ถือว่าเป็นหัวใจสำคัญในการที่นำแนวคิดในการผลิตแบบลีนมาปรับใช้ให้เหมาะกับอุตสาหกรรม ซึ่งอาจจะมีแนวทางที่แตกต่างไปจากของบริษัทโตโยต้า ที่เป็นต้นแบบในการผลิตแบบลีนก็เป็นไปได้ โดยความรู้ในการนำเครื่องมือลีนต่างๆมาปรับใช้เป็นสิ่งสำคัญก็จริง แต่หากไม่มีซึ่งความรู้และความเข้าใจในกระบวนการผลิตแบบลีนอย่างแท้จริงแล้ว โอกาสที่จะประสบความสำเร็จก็เป็นไปได้ยาก เปรียบเสมือนในบางบริษัทที่คิดว่าแนวทางการทำ 5 ส นั้นคือการ “ปัด กวาด เช็ด ถู” เพียงเท่านั้น ก็ไม่สามารถรักษาวินัยพนักงานที่ทำกิจกรรมทุกๆกิจกรรม เหล่านั้นได้ เพราะตัวพนักงานเองขาดความรู้ความเข้าใจอย่างแท้จริง ซึ่งการผลิตแบบลีนก็เช่นกัน ใช่ว่าการเรียนรู้ในเครื่องมือของลีนจะเป็นประตูสู่ความสำเร็จ แต่สิ่งที่สำคัญกว่านั้นคือการให้ความรู้ความเข้าใจพื้นฐานการผลิตแบบลีน ความจำเป็นของการเปลี่ยนแปลงแนวทางการทำงาน แล้วต้องอธิบายให้เห็นภาพชัดว่าลีนนั้นจะช่วยบริษัทให้ประสบผลสำเร็จได้อย่างไร รวมไปถึงการวัดผลงานของพนักงานที่เกี่ยวข้องกับตัววัดของลีนต่างหากที่เป็นใจความสำคัญหลักๆของการนำลีนไปปฏิบัติให้ประสบผลสำเร็จได้ ต้นทุนโดยทั่วไปแสดงให้เห็นนั้น มักเป็นเพียงส่วนน้อยเท่านั้น ซึ่งในขณะที่ต้นทุนส่วนใหญ่มักจะไม่ได้รับความสนใจ แต่มุมมองของลีนนั้น คือ ช่วยเผยให้เห็นต้นทุนส่วนใหญ่เหล่านั้น เพื่อจะได้ดำเนินการปรับปรุงแก้ไขออกไปแล้วได้สรุปออกมาเป็นสิ่งที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรียกว่า แนวคิดและการผลิตแบบลีน จึงกล่าวได้ว่าระบบการผลิตแบบโตโยต้า (TPS) เป็นรากฐานระบบการผลิตแบบลีน

ประการที่ 1 ต้องการมีต้นทุนต่ำลง (Cost Reduction) เพื่อเพิ่มความสามารถในการแข่งขันให้มากขึ้นหรือเป็นการรักษาส่วนแบ่งทางการตลาด

- ประการที่ 2 ต้องการเพิ่มผลิตภาพเพื่อเป็นการจัดส่งผลิตภัณฑ์ที่ดีขึ้นและรักษาหรือเพิ่มส่วนแบ่งทางการตลาดไว้
- ประการที่ 3 ต้องการลดเวลานำในการผลิตสินค้า เพื่อการจัดส่งผลิตภัณฑ์ที่ตรงต่อเวลาและเป็นการเพิ่มความพึงพอใจให้กับลูกค้า
- ประการที่ 4 ต้องการมีระบบการผลิตที่มีประสิทธิภาพสูงในระดับสากล (World Class Manufacturing) เพื่อการแข่งขัน และเป็นที่ยอมรับของทางลูกค้า
- ประการที่ 5 ลูกค้าต้องการให้ทำ จึงจำเป็นต้องทำเพื่อความพอใจของลูกค้า ซึ่งเป็นที่มาของการสั่งซื้อผลิตภัณฑ์
- ประการที่ 6 ลูกค้าจะมีการประเมินผลระบบการผลิตแบบลีนเปรียบเทียบกับผู้จัดส่งรายอื่น เพื่อพิจารณาผลงานของผู้จัดส่ง อันจะส่งผลต่อการสั่งซื้อผลิตภัณฑ์ต่อไป
- ประการที่ 7 บริษัทแม่ซึ่งอยู่ในต่างประเทศมีนโยบายให้ทำ

2.2 เครื่องมือและปัจจัยที่สนับสนุนแนวความคิดแบบลีน

การผลิตแบบลีน (Lean Manufacturing) หรือเรียกอีกอย่างว่าแนวคิดในการผลิตแบบทันเวลาพอดี (JIT) เป็นแนวทางที่มุ่งผลิตเฉพาะสิ่งที่ลูกค้าต้องการ เพื่อทำการดำเนินการผลิตในปริมาณที่ถูกต้อง และอยู่ในระยะเวลาที่ต้องการใช้งานจริง นั่นหมายความว่า การบริหารการผลิตที่มีความหลากหลายของประเภทในปริมาณการผลิตที่ไม่มากนัก โดยมุ่งหมายในการลดช่วงเวลานำการผลิตและสามารถส่งมอบให้ลูกค้าได้อย่างทันเวลาเพื่อเป็นการสร้างความพึงพอใจให้กับลูกค้าสูงสุด แนวคิดดังกล่าวจะมุ่งการผลิตตามปริมาณความต้องการของลูกค้าหรือเราเรียกว่าระบบการผลิตแบบดึง (Pull Production System)

กระบวนการผลิตจะเริ่มดำเนินการผลิตเมื่อเกิดความต้องการ หรือเรียกว่าเป็นการผลิตตามสั่ง ที่มุ่งการไหลของงานทีละชิ้น (One Piece Flow) จะทำให้มีระดับสินค้าคงคลังน้อยที่สุด จึงเป็นการลดปริมาณสต็อกของงานระหว่างการผลิตลงซึ่งมีกลไกในการควบคุม เรียกว่าคัมบัง (Kanban) โดยเป็นสารสนเทศในการผลิต สำหรับการเชื่อมโยงระหว่างหน่วยการผลิต

โดยการ์ดคัมบังจะถูกส่งกลับไปยังหน่วยการผลิตก่อนหน้าหรือที่เรียกว่าแหล่งต้นน้ำ จึงจะทำให้แต่ละหน่วยการผลิตทราบสถานะความต้องการของชิ้นงานซึ่งสามารถลดความสูญเปล่าในรูปแบบของช่วงเวลานำที่สั้นลงและต้นทุนการผลิตที่ลดลงไปได้มาก ซึ่งมีความต่างจากแนวคิดการผลิตแบบดั้งเดิม ที่มุ่งไปในการผลิตตามการพยากรณ์ความต้องการในตลาดและกำหนดการผลิตเรียกว่า การผลิตแบบผลัก (Push Production

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

System) หรือเรียกว่าเป็นการผลิตเพื่อสต็อกผลิตภัณฑ์จึงส่งผลให้เกิดสต็อกค้างของงานรอระหว่างผลิต (WIP : Work in Process) ในปริมาณมาก

2.2.1 ปัจจัยและเทคนิคที่สนับสนุนหลักการ JIT

การจัดวางแผนผังเครื่องจักรในรูปแบบของรูปตัวยู (U-Shape) เป็นองค์ประกอบในการผลิตแบบเซลล์ (Cell Manufacturing) จะกล่าวในส่วนถัดไป ซึ่งการจัดวางแผนผังในรูปแบบดังกล่าวจะทำให้พนักงานมีส่วนร่วมในการตัดสินใจ ทำให้เกิดการทำงานเป็นทีมในแบบของ กลุ่มของผลิตภัณฑ์ (Product Cell) โดยการรวมกลุ่มของเครื่องจักรที่หลากหลายชนิดเข้าเป็นกลุ่มผลิตภัณฑ์ โดยชิ้นงานจะเริ่มเคลื่อนจากกระบวนการหนึ่งไปยังอีกกระบวนการถัดไปแบบต่อเนื่อง เครื่องจักรจะถูกจัดวางอย่างใกล้ชิดภายในกลุ่มผลิตภัณฑ์ส่งผลให้ต้นทุนการขนถ่ายชิ้นงานลดลงและทำให้เกิดการพัฒนาทักษะความชำนาญที่หลากหลายมากขึ้น

มาตรฐานในการปฏิบัติงาน เพื่อใช้เป็นแนวทางในการทำงานซึ่งจะครอบคลุมรายละเอียดต่าง ๆ อาทิเช่น ลำดับขั้นตอนในการแปรรูปชิ้นงาน วิธีการทำงานอย่างปลอดภัย และการบริหารปัจจัยการผลิตให้เกิดประสิทธิผลสูงสุด นั่นก็คือ แรงงาน วัสดุ วิธีการ เครื่องจักร ซึ่งมีการจัดทำเป็นเอกสารอธิบายรายละเอียดในลำดับขั้นตอนปฏิบัติงาน(Work Instruction) ซึ่งมีรูปภาพประกอบคำบรรยายหรืออาจใช้สื่อวีดีโอช่วยในการสาธิตวิธีการทำงาน เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานใช้ศึกษาทำความเข้าใจในเวลาสั้นๆและเป็นแนวทางการทำงานอย่างถูกต้อง ซึ่งจะช่วยลดความผิดพลาดในการทำงานและลดความสูญเปล่าทางเวลาลง นอกจากนี้การจัดทำมาตรฐานในการทำงานยังส่งผลต่อการปรับปรุงผลิตภาพองค์กรในด้านต่าง ๆ เช่น พัฒนาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ช่วยสร้างความพึงพอใจต่อลูกค้า เกิดมาตรฐานการทำงานที่ดีขึ้น ความปลอดภัยในสถานที่ทำงาน รวมถึงต้นทุนการดำเนินงานลดลง

แผนการผลิตหลัก (Master Production Schedule) ที่ชัดเจน เพื่อให้การดำเนินการผลิตเกิดความต่อเนื่อง

การมีส่วนร่วมของตัวพนักงานเอง โดยที่มุ่งเน้นให้พนักงานทุกคนในองค์กรมีส่วนร่วมในการปรับปรุงอยู่เสมอ ซึ่งจะตรงกับแนวคิดคุณภาพอย่างการบริหารคุณภาพทั้งองค์กร (TQM) จึงทำให้ลดลำดับการตัดสินใจลงและเกิดความคล่องตัวต่อสภาพแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนแปลง นอกจากนี้มีการสนับสนุนด้วยการฝึกอบรมให้พนักงานเพื่อเป็นการพัฒนาทักษะและสร้างวัฒนธรรมการปรับปรุงอยู่เสมอ

ในส่วนขององค์กรทั่วไปจะดำเนินงานตามหน้าที่ฝ่ายงาน จึงทำให้แต่ละฝ่ายงานดำเนินกิจกรรมที่มีลักษณะในแบบเดียวกันซึ่งเปรียบเสมือนการผลิตตามรุ่น ซึ่งทำให้เกิดการคอยของงานในกระบวนการถัดไป หากเกิดการติดขัดของกระบวนการก่อนหน้าและอาจทำให้เกิดงานค้างรอเมื่อปริมาณงานมากเกินกว่าภาระงาน เช่นเดียวกับกิจกรรมในการผลิต หากแต่ละหน่วยผลิตมุ่งผลิตชิ้นงานก็จะส่งผลให้เกิดการสต็อกและปัญหาคอขวดในกระบวนการถัดไป ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการไหลของงานติดขัด และเกิดความสูญเปล่าต่าง ๆ เช่น เวลาคอย พื้นที่ในการจัดเก็บ เป็นต้น ดังนั้นจึงทำให้ต้องมุ่งให้เกิดความสอดคล้องตลอดทั้งกระบวนการเพื่อให้งานเกิดการไหลอย่างไม่ติดขัด ซึ่งจะมุ่งผลิตเฉพาะสิ่งที่ลูกค้าต้องการในรูปแบบของการผลิตรุ่นขนาดเล็กที่ตอบสนองความต้องการได้หลายรูปแบบ รวมถึงการปรับปรุงเพื่อลดเวลาการคอย เช่น ลด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลาการตั้งเครื่องจักร การบำรุงรักษา เป็นต้น ดังนั้นเพื่อความมั่นใจว่าวัสดุ/ชิ้นส่วนทั้งหมดจะมีการไหลอย่างไม่สะดุดตลอดทั้งกระบวนการที่สอดคล้องกับหลักการของการผลิตแบบทันเวลาพอดี (JIT) ต้องพยายามควบคุมระดับสินค้าคงคลังหรืองานระหว่างผลิต (WIP) ด้วยรุ่นการผลิตขนาดเล็ก ดังที่ได้กล่าวข้างต้น ซึ่งการลดระดับของสต็อกนำมาสู่การค้นพบปัญหาต่าง ๆ ที่ซ่อนภายในสายการผลิต เมื่อเครื่องจักรเกิดความขัดข้องบ่อยหรือใช้เวลาในการแก้ปัญหานาน งานระหว่างผลิตในรูปของสต็อกจะค้างในแต่ละกระบวนการ โดยสถานการณ์ดังกล่าวส่งผลกับความน่าเชื่อถือและความปลอดภัยของสายการผลิต ดังนั้นงานบำรุงรักษาจึงเป็นปัจจัยสำคัญต่อสายการไหลในสายการผลิตโดยเฉพาะอย่างยิ่งที่เมื่อเวลาเครื่องจักรเกิดการขัดข้องขึ้น งานทั้งหลายที่อยู่ในกระบวนการย่อมเกิดผลกระทบ ซึ่งก่อให้เกิดความบกพร่องของคุณภาพและส่งผลต่อปริมาณงานทำซ้ำที่เกิดขึ้น รวมไปถึงเวลาในการส่งมอบงานที่ล่าช้าและการลดปริมาณของเสีย โดยมีกิจกรรมบำรุงรักษาแบบทวีคูณและทุกคนมีส่วนร่วม (TPM) เป็นรากฐานสำคัญในการสนับสนุน JIT ซึ่งต้องมีการสร้างแนวความคิดใหม่ นั่นบอกถึง หากปัญหาต่าง ๆ ได้ถูกแก้ไขอย่างต่อเนื่อง ระดับสินค้าคงคลังหรือความสูญเสียต่าง ๆ ก็จะลดลงในที่สุด

แนวความคิดแบบลีนมีหลักการดังนี้

1. การระบุคุณค่าของสินค้า (Specified Value) และบริการในมุมของลูกค้าคนสุดท้ายให้ถูกต้อง
2. การระบุสายธารคุณค่า (Map Value Stream) ผลิตภัณฑ์ในทุกๆขั้นตอนการดำเนินการผลิตเช่น การรับคำสั่ง ซื้อ การวางแผน การผลิตสินค้า ฯลฯ เพื่อดูกระบวนการที่ไม่เพิ่มมูลค่า และเป็นความสูญเปล่า
3. การสร้างการไหลของกระบวนการอย่างต่อเนื่อง (Crate Flow) ไม่ให้กระบวนการสะดุด
4. การใช้ระบบดึง (Made Pull System) โดยใช้หลักการความต้องการของลูกค้าเป็นหลัก ทำเฉพาะสิ่งที่ลูกค้าต้องการ ตามที่ต้องการและภายในระยะเวลาที่ต้องการ
5. ความสมบูรณ์แบบ (Made Perfection) คือการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง เพื่อกำจัดความสูญเปล่าที่ยังซ่อนอยู่

การผลิตแบบลีน (Lean Manufacturing)

คือ หลักการในการกำจัดความสูญเปล่า เพื่อส่งมอบผลิตภัณฑ์ที่ลูกค้าต้องการและส่งตรงเวลา หรือกล่าวได้อีกนัยหนึ่ง ลีน คือ ปรัชญาการผลิต ซึ่งจะถือว่าความสูญเปล่า เป็นสิ่งที่ทำให้เวลาที่ใช้ในการผลิตนานขึ้น และมีการนำเทคนิครูปแบบต่างๆ มาใช้ในการกำจัดความสูญเปล่าออก

ความสูญเปล่า (Waste / Muda) 8 ประการ

คือ การกระทำในรูปแบบต่างๆ ตามที่ใช้ทรัพยากรไป ไม่ว่าจะเป็นวัตถุดิบ เงิน แรงงาน เวลา หรือสิ่งอื่น แต่ไม่ทำให้สินค้าและบริการมี “คุณค่าหรือการเปลี่ยนแปลง”

ภาษาญี่ปุ่นเรียกความสูญเปล่าว่า "มุดะ (Muda)"

1. การมีของเสียเกิดขึ้น (Defect)
2. การผลิตที่มากเกินโดยไม่จำเป็น (Over Production)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การมีสินค้าคงคลังมากเกินจำเป็น (Unnecessary Inventory) สูญเปล่าเนื่องจากการใช้ต้นทุนไปก่อนเวลาที่จำเป็น การทำงานล่วงเวลาเพื่อสร้าง WIP (Work in Process) โดยไม่จำเป็น ดังนั้นควรใช้หลักการผลิตแบบทันเวลาพอดี (JIT)

4. การมีกระบวนการที่ไม่จำเป็นเกิดขึ้น (Unnecessary Processing)

5. การเคลื่อนไหวของร่างกายที่ไม่จำเป็น (Unnecessary Motion)

6. การขนส่งที่ไม่จำเป็น (Unnecessary Transportation)

7. การรอคอย (Waiting)

8.การที่ใช้คนไม่เต็มประสิทธิภาพ (Skill)

ผลที่ได้จากการปรับปรุง

ในการผลิตจะมีความมุ่งหวังใน 3 สิ่งนี้เป็นอย่างน้อยจากการผลิต เรียกว่าเป็นหลักการ QCD คือ

1. สินค้ามีคุณภาพดี (Quality)

2. ต้นทุนการผลิตต่ำ (Cost)

3. จัดส่งได้ตามต้องการ ปริมาณและเวลา (Delivery) ส่งของมีคุณภาพดี ราคาถูก ทันเวลา ตรงความต้องการ ลูกค้าเกิดความพึงพอใจ (Customer Satisfaction)

คุณค่า(Value) คืออะไร

สิ่งมีประโยชน์ หรือมีมูลค่าสูง การแลกเปลี่ยนในสิ่งที่ลูกค้าเต็มใจจ่าย

สัดส่วนระหว่างประโยชน์การใช้งานและต้นทุนของค่าใช้จ่าย

$$\text{Value} = \frac{\text{Fuction}}{\text{Cost}} \qquad (1)$$

กิจกรรมสามารถแบ่งได้ 2 ประเภท คือ

1. กิจกรรมที่มีคุณค่า (Value Added Activity, VA)

กิจกรรมที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของวัตถุดิบ หรือข้อมูลต่างๆ ให้เป็นไปตามสิ่งที่ลูกค้าต้องการ

2. กิจกรรมที่ไม่มีคุณค่า (Non Value Added Activity, NVA)

กิจกรรมที่ใช้เวลา ทรัพยากร และ พื้นที่ แต่ไม่ทำให้รูปร่าง คุณสมบัติของชิ้นงานเปลี่ยนไป ไม่ตอบสนองความต้องการของลูกค้า หรือไม่ได้เพิ่มมูลค่าให้กับตัวผลิตภัณฑ์

- **แนวคิดเรื่องลีน (Lean Thinking)**

ระบบการผลิตแบบลีน (Lean Manufacturing System)

ระบบการผลิตที่มุ่งเน้นเรื่องการไหล (Flow) ของงาน ซึ่งกำจัดความสูญเปล่า (Waste) ของงานเพิ่มคุณค่า (Value) ให้กับตัวสินค้าต่อเนื่อง เพื่อให้ลูกค้าเกิดความพึงพอใจมากที่สุด

ประกอบไปด้วย 5 องค์ประกอบหลัก

1. การระบุคุณค่าของสินค้า (Specify Value)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การแสดงแผนผังแห่งคุณค่า (Map Value Stream)
3. การทำให้คุณค่าเกิดการไหลต่อเนื่อง (Create Flow)
4. การให้ลูกค้าเป็นผู้ดึงคุณค่าจากกระบวนการ (Made Pull System)
5. การกำจัดความสูญเสียและการสร้างคุณค่าโดยต่อเนื่อง (Made Perfection)

การระบุคุณค่าของสินค้า (Specify Value)

แนวคิดนี้สามารถระบุคุณค่าของผลิตภัณฑ์ให้ได้ ว่าคุณค่าของสินค้าที่ผลิตมีคุณค่าอยู่ที่ไหน ตรงกับความต้องการของลูกค้าบ้างหรือไม่ การระบุว่าสินค้า มีคุณค่าอยู่ที่ใด อาจเปรียบเทียบกับคู่แข่ง (Benchmarking) ได้ แต่ต้องมองในมุมของลูกค้า (Customer's Perspective) ไม่ใช่มองในมุมของผู้ผลิต (Producer Perspective) การที่สามารถระบุว่า สินค้า ที่เป็นผลิตผลขององค์กรมีคุณค่าอย่างไร นับเป็นเส้นทางแรกของแนวคิดแบบลีน ซึ่งทำให้ลูกค้าเกิดความพึงพอใจ ในขั้นตอนนี้ต้องนำความต้องการของลูกค้ามาวิเคราะห์ เปรียบเทียบความสามารถของตนและคู่แข่ง ในการบรรลุ ซึ่งความต้องการของลูกค้านั้น เพื่อหาทางการตอบสนองความต้องการของลูกค้า เป็นการนำความต้องการของลูกค้ามากำหนดสิ่งที่ต้องทำ ดังนั้น การสร้างความต้องการของลูกค้า ถือเป็นสิ่งสำคัญที่สุดที่ควรพิจารณา

ผู้ผลิตหรือผู้ให้บริการจะต้องยึดความต้องการของลูกค้าเป็นหลักโดยที่

1. คุณค่าของสินค้าหรือบริการจะขึ้นอยู่กับลูกค้าตัดสินเสมอ
2. ผู้ผลิตหรือผู้ให้บริการมีหน้าที่ในการสร้างคุณค่าให้กับสินค้าหรือบริการที่ถูกขายในตลาด
3. ความต้องการของลูกค้าและเสียงตอบกลับ (Customer Feedback) คือ เป็นสิ่งที่ต้องพิจารณาเป็นอันดับแรกเพื่อการพัฒนาสินค้าและบริการ

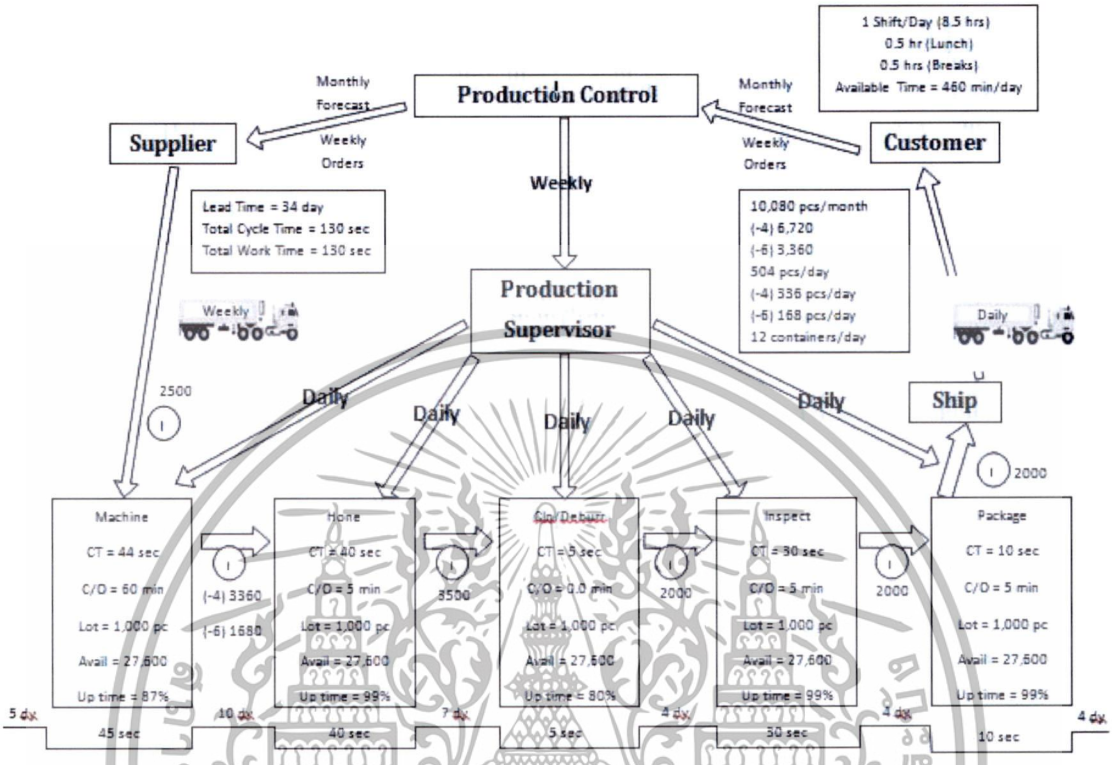
การแสดงสายธารแห่งคุณค่า (Map Value Stream)

การแสดงสายธารแห่งคุณค่า คือการจัดทำผังแห่งคุณค่า (Value Stream Mapping : VSM) ซึ่งเป็นการระบุกิจกรรมที่ต้องทำทั้งหมด ตั้งแต่รับวัตถุดิบเข้าที่ประตูโรงงานของผู้ผลิต จนกระทั่งสินค้าได้ถูกส่งถึงประตูโรงงานของบริษัทลูกค้า

การจัดทำผังแห่งคุณค่า จะทำให้มองเห็นกระบวนการทั้งระบบ และสามารถมองเห็นความสูญเปล่า (Muda) ได้ง่ายในระบบการผลิต และยังมีประโยชน์ในการที่จะทำการปรับปรุงกระบวนการรวมทั้งชี้ให้เห็นถึงข้อมูลต่างที่จะต้องทำ สิ่งที่จะเห็นจากการทำผังแห่งคุณค่า ได้แก่

1. หลายๆกระบวนการเป็นกระบวนการที่มีคุณค่า และต้องทำอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้กระบวนการเหล่านี้จะต้องทำการปรับปรุงเป็นลำดับต้นๆ
2. หลายๆกระบวนการเป็นกระบวนการที่ไม่มีคุณค่า แต่จำเป็นต้องทำ
3. หลายๆกระบวนการเป็นกระบวนการที่ ไม่มีคุณค่าและสามารถยกเลิกได้ทันที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 ตัวอย่างการจัดทำผังแห่งคุณค่า

การทำให้เกิดการไหลอย่างต่อเนื่อง (Contuenus Flow)

การทำให้คุณค่าเกิดการไหลอย่างต่อเนื่องคือ การทำให้สายการผลิต สามารถปฏิบัติงานได้อย่างสม่ำเสมอตลอดเวลา โดยไม่มีการขัดขวาง หรือหยุดการผลิตด้วยเหตุอันใดก็ตาม

การไหลของงาน (Flow) เป็นจุดสำคัญที่สุดของระบบการผลิตแบบลีน และเป็นจุดเริ่มต้นที่จะต้องทำให้เกิดขึ้นก่อนที่จะทำการติดตั้งระบบอื่นๆของลีนต่อไป

การทำให้สายการผลิตเกิดการไหลอย่างต่อเนื่อง (Continuous Flow) สามารถทำได้ดังนี้ คือ

1. อย่าให้เครื่องจักว่างงานด้วยเหตุอันใดก็ตาม(Idle)
2. หากเครื่องจักเสีย (Breakdown) ต้องแก้ไขให้กลับสู่สภาวะปกติให้เร็วที่สุด
3. การบำรุงรักษาเครื่องจักรเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance, PM) เป็นสิ่งที่ต้องใช้เวลาให้น้อยที่สุด แม้ว่าจะอยู่ในแผลการผลิตก็ตาม เพราะบางกรณี ไม่สามารถควบคุมเวลานี้ได้
4. อย่าขัดจังหวะการผลิต ไม่ว่าจะด้วยเหตุผลใด
5. จัดกำลังผลิตของแต่ละกระบวนการให้มีความสมดุลกัน (Line Balancing) ซึ่งจะทำให้ ไม่มีการรอของงานหรือเกิดการคอขวดขึ้น.
6. ลดการเก็บงานระหว่างกระบวนการ (Work in process)
7. จัดผังโรงงาน (Line Layout) ให้มีการไหลของชิ้นงานอย่างรวดเร็วและสั้นที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การผลิตแบบตามความต้องการของลูกค้า (Pull Production System)

การผลิตแบบตามความต้องการของลูกค้า คือ การทำการผลิต เมื่อลูกค้ามีความต้องการสินค้านั้น และผลิตแค่เพียงพอกับที่ลูกค้าต้องการ โดยรวมถึงทั้งลูกค้าภายในและลูกค้าภายนอก เป็นการผลิตที่ใกล้เคียงกับการผลิตตามสั่ง (Made to order) ไม่ใช่การผลิตเพื่อเก็บและรอการขาย (Made to Stock) ซึ่งการผลิตเพื่อเก็บและรอการขายถือเป็นความสูญเปล่าชนิดหนึ่งที่เกิดขึ้น

ในการทำกระบวนการแบบนี้ผู้ผลิตจะต้องทำงานแบบย้อนหลัง (Work Backward) คือ การนำความต้องการของลูกค้า (Customer Requirements) มากำหนดการทำงาน ไม่ใช่ทำออกไปเพื่อรอลูกค้ามาซื้อ การผลิตต้องทำเมื่อลูกค้าต้องการจริงๆ ไม่ใช่ผลิตตามแผนการผลิตของผู้ผลิตหรือการผลิตตามการพยากรณ์ยอดขาย

ในการใช้ระบบดึงให้สมบูรณ์แบบให้ใช้กับทั้งลูกค้าภายนอก ซึ่งก็คือ บริษัทหรือบุคคลที่ซื้อสินค้าจากเราและกับทั้งลูกค้าภายใน ซึ่งก็คือ บุคคลหรือหน่วยงานที่เราต้องให้การสนับสนุนแก่เขาหรือบุคคลที่ได้รับผลกระทบจากการทำงานของเรา

การมุ่งสู่ความสมบูรณ์แบบ (Made Perfection)

เมื่อทำการผลิตตามความต้องการของลูกค้า สามารถรู้ถึงประสิทธิภาพของกระบวนการ จัดทำผังของคุณค่า และให้ลูกค้าเป็นผู้ดึงงาน และกำหนดกิจกรรมในการผลิตแล้ว ต่อมาก็คือ การพยายามเพิ่มคุณค่าให้กับสินค้าและบริการอย่างต่อเนื่อง โดยจะต้องค้นหาความสูญเปล่าให้พบและกำจัดอย่างต่อเนื่องตลอดไป ซึ่งก็คือ แนวคิดของ PDCA (Plan Do Check Act)

ผลที่ได้จากการมีระบบการผลิตแบบลีน

ได้มีการพิสูจน์โดยการปฏิบัติกันมาแล้วว่า การมีระบบการผลิตแบบลีน จะทำให้เกิดสิ่งเหล่านี้ขึ้น ได้แก่

1. สินค้าคงคลังลดลง ในระดับที่ยังคงตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าได้อยู่ ซึ่งเป็นการลดลงทั้งในส่วนของวัตถุดิบ (Raw Material) งานระหว่างทำ (Work in Process) ซึ่งจะลดลงได้ระหว่าง 30-90% และสินค้าสำเร็จรูปที่ผลิตเสร็จแล้ว (Finished goods) ซึ่งจะลดลงได้ 50-90% จะเห็นได้ว่า การที่สินค้าคงคลังลดลงมีผลต่อต้นทุนที่ลดลง โดยจะมีเฉพาะต้นทุนที่จำเป็น ทั้งในแง่ของปริมาณและในเวลาที่เหมาะสม

2. ผลิตภาพเพิ่มขึ้น 5-50% ซึ่งจะทำให้ต้นทุนต่อหน่วยลดลง

3. เวลาในการผลิตลดลง (Production Lead Time) 80-90% ทำให้สามารถปรับเปลี่ยนการผลิตและตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ดีขึ้น

4 .ราคาจัดซื้อลดลง 20-60% หากผู้จัดส่ง (Supplier) มีระบบการผลิตแบบลีนด้วย

การบูรณาการห่วงโซ่อุปทาน

ต้นทุนการเพิ่มคุณค่ากิจกรรม จะเกิดขึ้นในกิจกรรมทางต้นน้ำ เนื่องจากการลงทุนในสิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆ เพื่อสนับสนุนการดำเนินกิจกรรม

ต้นทุนคลังสินค้าและการขนถ่ายภายใน เป็นต้นทุนหลักที่เกิดขึ้นในกิจกรรมปลายน้ำ ซึ่งต้นทุนที่เกิดขึ้นสามารถตัดลดได้หากสามารถดำเนินกิจกรรมให้เสร็จสิ้นภายในพื้นที่ปฏิบัติงานและถูกจัดส่งเข้าสโตร์โดยตรงเพื่อจัดเก็บ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อสร้างความได้เปรียบในการแข่งขันจะต้องมุ่งขจัดความไร้ประสิทธิภาพที่แฝงในรูปของความสูญเปล่าภายในห่วงโซ่อย่างต่อเนื่องโดยมุ่งกระบวนการเพิ่มคุณค่าในทุกส่วนของกิจกรรมซึ่งเป็นปัจจัยสร้างความพึงพอใจให้กับลูกค้า สำหรับอุตสาหกรรมที่มีจำนวนคู่ค้าจำนวนมาก ดังเช่น อิเล็กทรอนิกส์ การบิน ยานยนต์ เป็นต้น ได้มีความพยายามที่จะเพิ่มประสิทธิภาพห่วงโซ่อุปทานด้วยการเชื่อมโยงกระบวนการเพื่อมุ่งส่งมอบคุณค่าให้กับลูกค้า โดยในแต่ละกระบวนการจะมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างกันและ เกิดการสื่อสารกันแบบเปิดเพื่อแลกเปลี่ยนสารสนเทศซึ่งส่งผลต่อการลดความผันผวน

ดังนั้นปัจจัยหลักของการสร้างประสิทธิผลของห่วงโซ่อุปทานจึงขึ้นกับความสอดคล้องทั้งในเวลาของความต้องการ และจำนวนที่ต้องการ เพื่อควบคุมความปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้จะต้องมีการแลกเปลี่ยนสารข้อมูลที่มีความแม่นยำและเกิดการทำงานที่ประสานความร่วมมือตลอดทั้งห่วงโซ่การผลิตซึ่งจะส่งผลให้เกิดการลดต้นทุนจัดเก็บสินค้าคงคลังของทั้งห่วงโซ่อุปทาน

ระบบการผลิตแบบเซลล์

ระบบการผลิตแบบเซลล์จะมีการจัดวางผังด้วยรูปแบบเซลล์การผลิต โดยจัดวางเครื่องจักรตามลำดับกระบวนการและจัดวางชิ้นงานและเครื่องมืออุปกรณ์ในการทำงานในบริเวณที่สามารถหยิบใช้ได้อย่างสะดวกเมื่อต้องการใช้งาน เพื่อก่อให้เกิดการไหลของงานอย่างต่อเนื่องและสร้างความยืดหยุ่นต่อการผลิตสินค้าที่มุ่งตอบสนองความเปลี่ยนแปลงของลูกค้า นอกจากนี้ยังลดความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นในสายการผลิต เช่น การใช้พื้นที่อย่างเกิดประโยชน์สูงสุด และลดระยะทางการขนถ่ายที่ส่งผลต่อการลดรอบเวลาการผลิต เป็นต้น โดยมุ่งให้เกิดการผลิตแบบไหลทีละชิ้น หรือ เรียกว่า การผลิตแบบไหลอย่างต่อเนื่อง ที่สามารถลดเวลาในแถวคอย นอกจากนี้ยังส่งผลต่อการเพิ่มผลิตภาพ เช่น การลดช่วงเวลานำการผลิตให้สั้นลง การลดระดับปริมาณงานระหว่างผลิต และการใช้พื้นที่อย่างเกิดประโยชน์สูงสุด

2.2.2 แนวคิดของสายธารคุณค่า (Value stream Concept)

สายธารคุณค่า คือ กิจกรรมและข้อมูลที่มีคุณค่าเพิ่ม (Value Adding, VA) และไม่มีคุณค่าเพิ่ม (Non-Value-Adding, NVA) ที่อยู่ในการผลิตสินค้าหรือบริการที่ต้องการโดยผ่านกระบวนการธุรกิจ ซึ่งเริ่มตั้งแต่วัตถุดิบจนถึงลูกค้า การวิเคราะห์กิจกรรมที่มีคุณค่าในการดำเนินงาน คือ การทำความเข้าใจว่าอะไรคือคุณค่าและความสูญเสีย (Wastes) ทั้งในและนอกองค์กรที่อยู่ในความสัมพันธ์ต่อการผลิต โดยมีการบริหารจัดการที่เชื่อมโยงกัน

แนวคิดของการบริหารปรับปรุงในสายธารคุณค่าที่สำคัญคือ การพิจารณากระบวนการกิจกรรม หรือองค์กรที่อยู่ในการผลิตเข้าด้วยกันซึ่งต่างกับธุรกิจทั่วไปดังแสดงในรูปที่ 1 ทั้งนี้ในสายธารคุณค่าจะทำให้เห็นการไหลของวัตถุดิบและข้อมูลทั้งหมดเพื่อที่จะเลือกปรับปรุงส่วนที่ทำให้เกิดประโยชน์สูงสุดจากการวิเคราะห์หาจุดที่ทำให้เกิดความสูญเสียมากที่สุด การมุ่งเน้นการทำงานปรับปรุงเฉพาะเจาะจงในกระบวนการหรือกิจกรรมตลอดทั้งองค์กร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 ผังงานสายธารคุณค่า (Value Stream Mapping)

ผังงานสายธารคุณค่า (Value Stream Mapping) เป็นการแสดงให้เห็นถึงการไหลของวัตถุดิบและข้อมูล จากการรวบรวมกิจกรรมของกระบวนการทั้งหมดสำหรับการนำพากระบวนการไปตลอด ดกระบวนการผลิต หรือ การบริการ หรือจาก วัตถุดิบส่งไปถึงลูกค้า โดยการแสดงถึงกิจกรรมที่มีคุณค่าเพิ่ม (Value added) และ กิจกรรมที่ไม่มีคุณค่าเพิ่ม(Non-value added) เพื่อบ่งชี้กิจกรรมที่ก่อให้เกิดความสูญเสีย (Wastes) ที่จะนำมาใช้ในการจัดการลดเวลานำ (Lead time) และลดต้นทุนในโซ่อุปทาน ความสูญเสียเป็นกิจกรรมทั้งหมดที่ใช้ทรัพยากรซึ่งทำให้เกิดต้นทุนต่อผลิตภัณฑ์แต่ไม่เกิดมูลค่าต่อลูกค้า ความสูญเสียประกอบไปด้วยเกณฑ์ 8 ข้อ คือ การผลิตที่มากเกินไป (Overproduction) การรอคอย (Waiting) การขนส่ง (Transportation) การดำเนินงานที่ไม่เหมาะสม (Inappropriate Processing) สินค้าคงคลังที่ไม่จำเป็น (Unnecessary Inventory) การเคลื่อนย้ายที่ไม่จำเป็น (Unnecessary Motion) ข้อบกพร่อง (Defects) และการไม่ใช้ทรัพยากรบุคคลอย่างมีประสิทธิภาพ (Skill)

2.3 ไคเซ็น

ไคเซ็น เป็นศัพท์ภาษาญี่ปุ่น แปลว่า "การปรับปรุง" (Improvement) ไคเซ็น เป็นแนวคิดที่นำมาใช้ในการบริหารการจัดการการอย่างมีประสิทธิผล โดยมุ่งเน้นที่การมีส่วนร่วมของพนักงานทุกคน ร่วมกันแสวงหาแนวทางใหม่ๆ เพื่อปรับปรุงวิธีการทำงานและสภาพแวดล้อมในการทำงานให้ดีขึ้นอยู่เสมอ หัวใจสำคัญอยู่ที่ต้องมีการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องไม่มีที่สิ้นสุด (Continuous Improvement)

ความสำคัญในกระบวนการของ ไคเซ็น คือ การใช้ความรู้ความสามารถของพนักงานมาคิดปรับปรุงงาน โดยใช้การลงทุนเพียงเล็กน้อย ซึ่งก่อให้เกิดการปรับปรุงทีละเล็กทีละน้อยที่ค่อยๆ เพิ่มพูนขึ้นอย่างต่อเนื่อง ตรงข้ามกับแนวคิดของ Innovation หรือ นวัตกรรม ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงขนานใหญ่ ที่ต้องใช้เทคโนโลยีซับซ้อนระดับสูง ด้วยเงินลงทุนจำนวนมหาศาล ดังนั้น ไม่ว่าจะอยู่ในสภาวะเศรษฐกิจแบบใด เราก็สามารถใช้วิธีการ ไคเซ็น เพื่อปรับปรุงได้

2.3.1 เทคนิควิธีการเพื่อการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง

- วงจร PDCA : ประกอบด้วย วางแผน (Plan), ปฏิบัติ (Do), ตรวจสอบ (Check), และปรับปรุงแก้ไข (Action)
- 5ส
- วิศวกรรมอุตสาหการขั้นพื้นฐาน
- กระบวนการแก้ปัญหา (Problem Solving)
- KikenYochi Training (KYT) หรือการฝึกอบรมเพื่อเฝ้าระวังความปลอดภัย
- ระบบข้อเสนอแนะ
- กลุ่มควบคุมคุณภาพ (QCC)
- Just-Time System (JIT) หรือ ระบบการผลิตแบบทันเวลาพอดี
- Total Productive Maintenance (TPM) หรือ การบำรุงรักษาทวีผลแบบทุกคนมีส่วนร่วม
- Total Quality Management (TQM) หรือ การบริหารคุณภาพโดยรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 แนวทางเพื่อเริ่มต้นปรับปรุง

มีแนวทางง่ายๆ ที่สามารถใช้ปรับปรุงสิ่งต่างๆ ได้ นั่นคือ ลองพยายามคิดในแง่ของ "การหยุด" "การลด" หรือ "การเปลี่ยน" หรือ ใช้หลักการ ECRS

การหยุด หรือ ลด ได้แก่

- หยุดการทำงานที่ไม่จำเป็นทั้งหลาย
- หยุดการทำงานที่ไม่มีประโยชน์ทั้งหลาย
- หยุดการทำงานที่ไม่มีความสำคัญทั้งหลาย

อย่างไรก็ตาม มีบางสิ่งบางอย่างที่ไม่สามารถทำให้ "หยุด" ได้ ถ้าเช่นนั้น เราคงต้องมุ่งประเด็นไปที่เรื่องการลด เช่น ลดงานที่ไม่มีประโยชน์ งานที่ก่อความรำคาญ น่าเบื่อหน่ายให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ แม้ว่าจะไม่สามารถทำให้หยุดได้ทั้งหมด แต่ก็เกิดมีการปรับปรุงขึ้นแล้วเริ่มต้นจากการเปลี่ยนแปลงสิ่งที่เปลี่ยนแปลงได้ เปลี่ยนแปลงบางส่วนของงานที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้

2.3.3 กระบวนการคิดเพื่อการปรับปรุง

หลักการ 5W 1 H คือการถามคำถามเพื่อวิเคราะห์หาเหตุผลในการทำงานตามวิธีเดิม และหาช่องทางปรับปรุงให้ดีขึ้น ประกอบด้วยคำถามดังนี้

What ? ถามเพื่อหาจุดประสงค์ของการทำงาน

ทำอะไร ? ทำไมต้องทำ ? ทำอย่างอื่นได้หรือไม่ ?

When ? ถามเพื่อหาเวลาในการทำงานที่เหมาะสม

ทำเมื่อไหร่ ? ทำไมต้องทำตอนนั้น ? ทำตอนอื่นได้หรือไม่ ?

Where ? ถามเพื่อหาสถานที่ทำงานที่เหมาะสม

ทำที่ไหน ? ทำไมต้องทำที่นั่น ? ทำที่อื่นได้หรือไม่ ?

Who ? ถามเพื่อหาบุคคลที่เหมาะสมสำหรับงาน

ใครเป็นคนทำ ? ทำไมต้องเป็นคนนั้นทำ ? คนอื่นทำได้หรือไม่ ?

How ? ถามเพื่อหาวิธีการที่เหมาะสมสำหรับงาน

ทำอย่างไร ? ทำไมต้องทำอย่างนั้น ? ทำวิธีอื่นได้หรือไม่ ?

Why ? เป็นคำถามที่ถามครั้งที่ 2 ของคำถามข้างต้นเพื่อหาเหตุผลในการทำงาน

หลักการ E C R S

E = Eliminate คือ การตัดขั้นตอนการทำงานที่ไม่จำเป็นในกระบวนการออกไป

C = Combine คือ การรวมขั้นตอนการทำงานเข้าด้วยกัน เพื่อประหยัดเวลาหรือแรงงานในการทำงาน

R = Rearrange คือ การจัดลำดับงานใหม่ให้เหมาะสม

S = Simplify คือ ปรับปรุงวิธีการทำงาน หรือสร้างอุปกรณ์ช่วยให้ทำงานได้ง่ายขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4 ไคเซ็น และ นวัตกรรม

หากเรายังทำงานรูปแบบเดิม หยุดอยู่กับที่ เราก็คงจะแข่งขันกับคู่แข่งไม่ได้ หากคู่แข่งพัฒนาปรับปรุงงานอยู่เสมอ เช่น การมีผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ ออกมา การมีต้นทุนที่ต่ำลง มีคุณภาพสูงขึ้น และส่งมอบงานให้ลูกค้าได้เร็วกว่า ฉะนั้นจึงจำเป็นที่เราจะต้องปรับปรุงงานของเราอยู่เสมอ ซึ่งการปรับปรุงก็ทำได้โดยการเปลี่ยนแปลงขนานใหญ่ หรือว่าจะค่อย ๆ ปรับปรุงงานของเราไปอย่างต่อเนื่อง

- **ข้อควรพิจารณาเกี่ยวกับ ไคเซ็น และนวัตกรรม**

ไคเซ็น และ นวัตกรรม เป็นการปรับปรุงงานทั้งคู่ เราควรจะใช้ นวัตกรรม เมื่อระบบของเราในปัจจุบันมีขีดจำกัดแล้ว เช่นเทคโนโลยีที่มีอยู่ล้าสมัย จะปรับปรุงงานเล็ก ๆ น้อย ๆ อย่างไร ก็อาจทำให้งานดีขึ้นได้ไม่ตามที่ต้องการ หรือเมื่อเราต้องการการปรับปรุงอย่างมาก ทั้งนี้จะต้องพิจารณาในแง่ความคุ้มทุนด้วย แต่ไม่ว่าจะทำการนวัตกรรมหรือไม่ การปรับปรุงอย่างต่อเนื่องก็เป็นสิ่งที่จำเป็นอยู่ตลอด เนื่องจากหากเราอยู่กับที่ เราก็อาจจะล้าหลังคู่แข่งที่มีการพัฒนาไปได้

ถ้าใช้เทคโนโลยีใหม่ ๆ แล้วเราไม่ทำการรักษา และปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง ระดับขีดความสามารถใหม่นี้ก็จะเสื่อมถอยลง ดังนั้น ไคเซ็น กับ นวัตกรรม จึงเป็นสิ่งที่เราจะต้องใช้ควบคู่กันไป สำหรับธุรกิจขนาดกลางและขนาดย่อม การทำนวัตกรรมซึ่งต้องใช้เงินลงทุนสูงอาจเป็นข้อจำกัด จึงควรใช้เมื่อมีความจำเป็น แต่การปรับปรุงอย่างต่อเนื่องเป็นสิ่งที่เราทำได้อยู่แล้ว โดยที่ไม่ต้องลงทุนสูงแต่อย่างใด

- **5ส เพื่อประสิทธิภาพการทำงาน**

5ส เป็นกิจกรรมปรับปรุงการทำงานของพนักงานด้วยตนเองอย่างหนึ่งได้แก่การดำเนินการตามหลักการ “ สะสาง สะดวก สะอาด สุขลักษณะและสร้างนิสัย ” ในสถานที่ทำงานของตนเองทำให้บริษัทมีพนักงานที่มีระเบียบวินัยจากจิตสำนึกของเขาเอง ทำให้สถานที่ทำงานสะอาด เป็นระเบียบเรียบร้อย มีความสวยงาม มีความปลอดภัย ลดความสูญเปล่าในการทำงาน คุณภาพของงานและคุณภาพสินค้าดีขึ้น

สถานที่ทำงานที่สะอาดเป็นระเบียบเรียบร้อย คือ พื้นฐานของการทำงานที่มีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังสร้างความน่าเชื่อถือให้กับผู้พบเห็น 5ส เป็นเทคนิคที่ใช้ในการจัดระเบียบสถานที่ทำงาน โดยไม่ได้มีวัตถุประสงค์เพียงเพื่อความเป็นระเบียบและความสะอาดเท่านั้น แต่ยังครอบคลุมไปถึงการสร้างจิตสำนึกในการปรับปรุงการทำงาน การทำงานร่วมกันเป็นทีม อันจะเป็นก้าวแรกที่มั่นคงไปสู่การปรับปรุงที่ดียิ่งขึ้นไปในอนาคต

- **องค์ประกอบของ 5ส**

กิจกรรม 5ส นั้น ส.ทุกตัวจะถูกกำหนดคำนิยามไว้เพื่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจ และนำไปสู่การปฏิบัติได้อย่างถูกต้องดังนี้

ส1 : สะสาง คือการแยกของที่จำเป็นออกจากของที่ไม่จำเป็นและขจัดของที่ไม่จำเป็นออกไปโดยกำหนดขั้นตอนไว้ 3 ขั้นตอนประกอบด้วย

(1) สำรวจ

(2) แยก

(3) ขจัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ส2 : สะดวก คือการจัดวางหรือจัดเก็บสิ่งของต่างๆในสถานที่ทำงานอย่างเป็นระบบเพื่อความสะดวกปลอดภัยและคงไว้ซึ่งคุณภาพประสิทธิภาพในการทำงานโดยกำหนดขั้นตอนไว้ 4 ขั้นตอน ประกอบด้วย

(1) กำหนดของที่จำเป็น

(2) แบ่งหมวดหมู่

(3) จัดเก็บให้เป็นระบบมีระเบียบ

ส3 : สะอาด คือการทำความสะอาด (ปัด กวาด เช็ด ถู) เครื่องมือ เครื่องจักร อุปกรณ์ สถานที่และใช้ เป็นการตรวจสอบและบำรุงรักษาไปด้วยโดยกำหนดขั้นตอนไว้ 2 ขั้นตอนประกอบด้วย

(1) กำหนดพื้นที่รับผิดชอบ

(2) ขจัดต้นเหตุของความสกปรก

ส4 : สุขลักษณะ คือการรักษามาตรฐานของความเป็นระเบียบเรียบร้อยให้คงอยู่ตลอดไปหรือการสร้างมาตรฐานขึ้นมาเพื่อให้

ส5 : สร้างนิสัย คือการสร้างนิสัยในการมีจิตสำนึก ทัศนคติที่ดีในการปฏิบัติงานตามระเบียบและข้อบังคับอย่างเคร่งครัดรวมทั้งอบรมให้พนักงานรู้จักค้นคว้า และปรับปรุงสถานที่ทำงาน

ในการดำเนินการกิจกรรม 5ส ควรจะมีการประกาศกิจกรรมอย่างชัดเจนจากผู้มีอำนาจ และควรจะต้องมีการจัดทำคู่มือเพื่อให้ใช้ในการปฏิบัติ

- **แนวทางการดำเนินการของโครงการ 5ส**

1. ศึกษาสถานการปัจจุบัน
2. จัดลำดับความสำคัญของพื้นที่ต่างๆ เพื่อกำหนดพื้นที่ตัวอย่าง
3. ดำเนินโครงการร่วมกันระหว่างที่ปรึกษากับคณะทำงานของบริษัท
4. สรุปและมอบหมายงานที่ต้องปฏิบัติโดยที่ปรึกษา และนำไปปฏิบัติโดยคณะทำงานของบริษัท
5. ระหว่างดำเนินโครงการที่ปรึกษาและบริษัทติดตามรวมกัน
6. มีการสรุปผลเป็นช่วงคือ ระหว่างโครงการและสิ้นสุดโครงการ
7. ที่ปรึกษาแนะนำสิ่งที่ต้องดำเนินการต่อหลังจบโครงการ

2.4 การบำรุงรักษาทวีผลที่ทุกคนมีส่วนร่วม TPM (Total Productive Maintenance)

2.4.1 ความเป็นมาของ TPM

การปฏิวัติอุตสาหกรรม โดยระบบการผลิตเดิม จากแรงงานมนุษย์ และแรงงานสัตว์ มาเป็นเครื่องจักร ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงระบบการผลิตอย่างมาก เนื่องจากอุตสาหกรรมที่นำเครื่องจักรเข้ามาช่วยในการผลิต ทำให้สามารถผลิต ผลิตภัณฑ์ ได้จำนวนมาก เมื่อเปรียบเทียบกับแรงงานคน ดังนั้นก็สามารถลดต้นทุนต่อหน่วยผลิตได้ อีกทั้งในสมัยก่อน การแข่งขันยังไม่มีสูงเนื่องจาก ผู้ผลิตสินค้ายังมีไม่มาก เมื่อเทียบสัดส่วนกับ ผู้บริโภค จึงทำให้สายการผลิตเป็นลักษณะ ผลิตยิ่งมากยิ่งถูก ไม่ค่อยคำนึงถึง คุณภาพเท่าที่ควร และไม่มีความหลากหลายในผลิตภัณฑ์ แต่จะคำนึงถึง ปริมาณการผลิต เป็นหลัก แต่ในสภาวะปัจจุบัน เป็นช่วงที่ผู้ผลิตมีจำนวนมากและผลิตภัณฑ์มีความหลากหลายและเน้นคุณภาพของผลิตภัณฑ์มากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

148009

การนำระบบ TPM (Total Productive Maintenance) เป็นระบบการบริหารการผลิตสมัยใหม่ ซึ่งแนวความคิดจะเน้นเรื่องของเข้ามีส่วนร่วมของบุคลากรทุกฝ่ายในองค์กร โดยเฉพาะผู้ปฏิบัติงานจะต้องรู้จักดูแลรักษาเครื่องจักรของตน ไม่ปล่อยให้เป็นหน้าที่ของฝ่ายบำรุงรักษาแต่เพียงฝ่ายเดียวและยังเน้นการลดความสูญเสียและกำจัดความสูญเปล่าเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ โดยรวมของกระบวนการผลิต

TPM คือ การเดินทางเพื่อการค้นหา (Journey of Discovery) ในสิ่งที่เป็นประโยชน์ต่อองค์กร เช่นการสูญเสียจากเครื่องจักรการสูญเสียจากบุคลากร และการสูญเสียจากค่าใช้จ่าย

TPM ไม่ใช่หลักสูตร การฝึกอบรมเพื่อการดูแลรักษาเครื่องจักร TPM คือ กิจกรรมที่ทุกคนทั้งองค์กรจะต้องเข้าร่วมกันทำ เพื่อลดความสูญเสีย กำจัดความสูญเปล่า และเพิ่มประสิทธิภาพโดยรวมขององค์กร

- **ความหมายของ TPM**

TPM ย่อมาจาก Total Productive Maintenance หมายถึง การบำรุงรักษาทวีผลแบบทุกคนมีส่วนร่วม ในปี 1971 สถาบันแห่งการบำรุงรักษาโรงงานของประเทศญี่ปุ่น (Japan Institute of Plant Maintenance) ได้ให้ความหมายของ TPM ไว้ดังนี้

- **ความหมายของ TPM ในส่วนการผลิต**

1. TPM คือ ระบบการบำรุงรักษาที่จะทำให้เครื่องจักรอุปกรณ์เกิดประสิทธิภาพสูงสุด
2. TPM คือ การประยุกต์ใช้ PM เพื่อให้สามารถใช้เครื่องจักรได้ตลอดอายุการใช้งาน

TPM คือ ระบบการบำรุงรักษาของทุกคนที่มีส่วนได้ส่วนเสียกับเครื่องจักรอุปกรณ์ ได้แก่ ผู้วางแผนการผลิต ผู้ใช้เครื่อง และฝ่ายซ่อมบำรุง

3. TPM คือ ระบบการบำรุงรักษาที่อยู่บนพื้นฐานของการมีส่วนร่วมตั้งแต่ผู้บริหารระดับสูงจนถึงผู้ใช้เครื่อง 4. TPM คือ การทำให้ทุกคนเข้ามามีส่วนร่วมในการทำ PM ในลักษณะเป็นกลุ่มย่อยหลายกลุ่มณ เวลานั้น TPM ยังเป็นการพัฒนาขึ้นมาเพื่อส่วนการผลิต ดังนั้นความหมายของ TPM ในที่นี้จึงเป็นของ TPM ในส่วนผลิต (Production Sector TPM) อย่างไรก็ตามการพัฒนาของ TPM ได้มีมาอย่างต่อเนื่องทำให้ทราบว่า ถึงแม้ว่าจะทำให้การผลิตมีประสิทธิภาพสูงสุด ก็ยังไม่ใช่ประสิทธิภาพสูงสุดของบริษัท ดังนั้น การพยายามเพิ่มประสิทธิภาพตามแนวทางของ TPM ในส่วนผลิตอย่างเดียวคงไม่พอ ต้องให้ทุกฝ่ายนอกเหนือจากส่วนผลิต เช่น ฝ่ายขาย ฝ่ายบริหาร เข้ามาร่วมด้วย ทำให้ความหมายของ TPM เปลี่ยนเป็นความหมาย TPM ทั่วทั้งบริษัท

- **ความหมายของ TPM ทั่วทั้งองค์การ**

TPM คือ ระบบการบำรุงรักษาที่ส่งเสริมให้เกิดความร่วมมือของทุกฝ่าย โดยมีความมุ่งมั่นว่าประสิทธิภาพโดยรวมของระบบการผลิตต้องสูงสุด

TPM คือ การทำให้เกิดระบบป้องกันเพื่อไม่ให้มีความสูญเสียเกิดขึ้นกับเครื่องจักรและ ผลิตภัณฑ์ ซึ่งทั้งนี้ต้องทำให้เกิด "อุบัติเหตุเป็นศูนย์" "ของเสียเป็นศูนย์" และ "เครื่องเสียเป็นศูนย์"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TPM คือ การให้ฝ่ายผลิต ฝ่ายพัฒนา ฝ่ายบริหาร ฝ่ายขาย มาร่วมกันในการพัฒนาประสิทธิภาพโดยรวมของระบบการผลิต

TPM คือ ระบบการบำรุงรักษาที่อยู่บนพื้นฐานของการมีส่วนร่วมตั้งแต่ผู้บริหารระดับสูงจนถึงผู้ใช้เครื่อง

TPM คือ การทำให้ความสูญเสียเป็นศูนย์โดยผ่านกิจกรรมกลุ่มย่อยที่ทุกกลุ่มมีภาระงานที่คาบเกี่ยวกัน (Overlapping)

- **เป้าหมายของ TPM**

การตั้งเป้าหมายของ TPM ก็เพื่อใช้ในการวัดระดับความสำเร็จในการทำกิจกรรม เพื่อให้ทุกคนในองค์กรทำงานไปในทิศทางเดียวกัน โดยมีเป้าหมายคือ

1. เครื่องจักรขัดข้องเป็นศูนย์ (Zero Breakdown)
2. อุบัติเหตุเป็นศูนย์ (Zero Accident)
3. ของเสียเป็นศูนย์ (Zero Defect)

JIT และ TPM

JIT ย่อมาจากคำว่า "Just-in-Time" หมายถึง ทันเวลาพอดี ซึ่งเป็นปรัชญาการบริหารการผลิตที่พัฒนาขึ้นมาโดยบริษัท โตโยต้า ประเทศญี่ปุ่น เพื่อให้ปราศจากความสูญเสียต่างๆ (Wastes) ที่จะเกิดขึ้นในกระบวนการผลิตอันเนื่องมาจากการผลิตในปริมาณที่ไม่พอดี เวลาที่ไม่พอดี ในขณะที่ TPM ทำเพื่อขจัดความสูญเสียจากการใช้เครื่องจักรอุปกรณ์ดังนี้

แปดหลักของ TPM

1. การปรับปรุงในเฉพาะเรื่อง (Individual Improvement)
2. การบำรุงรักษาได้ด้วยตนเอง (Autonomous Maintenance)
3. มีการบำรุงรักษาตามแผน (Planned Maintenance)
4. การศึกษาและฝึกอบรมในการเพิ่มทักษะการทำงานและการบำรุงรักษา (Operation and Maintenance Development)
5. การบำรุงรักษาตั้งแต่ขั้นการออกแบบ (Initial Phase Management)
6. การบำรุงรักษาเพื่อคุณภาพ (Quality Maintenance)
7. การทำงานของฝ่ายบริหารที่ตระหนักถึงประสิทธิภาพการผลิตหรือเรียกว่า TPM ในสำนักงาน (TPM in Office)
8. ระบบชีวอนามัย ความปลอดภัย และสิ่งแวดล้อมในโรงงาน (Safety, Hygiene and Working Environment)

เสาหลักที่ 1, 2, 3 เป็นเสาหลักที่ต้องดำเนินการให้เกิด TPM ในส่วนการผลิต ก่อนเริ่มดำเนินการและในขณะดำเนินการต้องมีการฝึกอบรมและพัฒนาทักษะตลอดเวลา ซึ่งถือเป็นหน้าที่ของเสาหลักที่ 4 และเสาหลักที่ 5 ถือเป็นขั้นสูงของ TPM ในส่วนผลิต เนื่องจากเป็นการปลูกฝังการบำรุงให้ติดไปกับตัวเครื่องจักร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์ วัตถุดิบ กรรมวิธีการผลิต วิธีการทำงาน รวมถึงการออกแบบและวางผังโรงงานหรือกระบวนการ สำหรับในเสาหลักที่ 6, 7 และ 8 เป็นเสาหลักที่ดำเนินการเพื่อขยาย TPM จากส่วนผลิตไปสู่ TPM ทั่วทั้งองค์การ

TPM แท้จริงไม่ใช่เครื่องมือในการบำรุงรักษา แต่ TPM เป็นปรัชญาในการบริหารการผลิตที่เน้นเครื่องจักรและอุปกรณ์สำคัญ ดังนั้นจึงต้องมีความเข้าใจที่ถูกต้องในแนวคิดและความสำคัญที่แท้จริงของ TPM เพื่อการเริ่มต้นไปสู่ความสำเร็จในการทำ TPM [14]

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องระบบลีน

ANAND G., RAMBABU K. (2010) [15] ได้ทำการศึกษาการปรับปรุงสายการผลิตของบริษัท ABC หน่วยงาน XYZ ซึ่งมีการผลิตประตูและหน้าต่าง PVC ในประเทศอินเดีย ได้มีการศึกษาถึงการใช้ชุดเครื่องมือของลีน โดยมีการพัฒนาระบบการผลิตเรียกว่า ABCL Production System โดยเมื่อเริ่มมีการศึกษาพบว่า VA Time ของกระบวนการ 1,476 วินาที ในขณะที่ระยะเวลาการผลิตทั้งหมด 360,864 วินาที สามารถปรับปรุง VA Time ลดลงเหลือ = 740 วินาที และระยะเวลาในการผลิตทั้งหมดลดลงเหลือ 41,764 วินาที

LORNA R. (2007) [16] ได้ทำการศึกษาการปรับปรุงกระบวนการผลิตของบริษัทผลิตยา ซึ่งมีการใช้ Program Simulation ซึ่งมีพื้นฐานมาจาก แบบจำลอง Siman-Base และ ใช้ Visual Basic เป็นอินเตอร์เฟสสำหรับผู้ใช้งานซึ่งสามารถทำการจำลองการปรับปรุงและดูผลการปรับปรุงทั้งหมดก่อนที่จะทำการปรับปรุงจริง

WEIXIA , JIWEN JUN (2013) [17] ได้ศึกษาการปรับปรุงกระบวนการผลิตท่อโดยใช้ Program I GRAFIX ในการจำลองและทำการปรับปรุงให้ประสิทธิภาพดีขึ้น 29.5%

อภิชาติ เปรมปราชญ์ชยันต์ (2551) [18] ทำการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตโดยใช้เทคนิคการผลิตแบบลีนในโรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางด้านการลดต้นทุนจากการประยุกต์ใช้ระบบการผลิตแบบลีนกับการผลิตคราวละมาก ๆ โดยผลที่ได้ระบบการผลิตแบบลีนในภาพรวมก่อให้เกิดประสิทธิภาพและประสิทธิผลต่อองค์กร และนับเป็นกลยุทธ์ที่สำคัญอย่างหนึ่งต่อความสำเร็จขององค์กร ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรกับความสำเร็จในการลดต้นทุนทางด้านการผลิตจากการประยุกต์ใช้ระบบการผลิตพบว่า มีความสัมพันธ์กับความสำเร็จในการลดต้นทุนทางด้านการผลิตจากการประยุกต์ใช้ระบบการผลิตแบลีนโดยมีความสัมพันธ์กันที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

ณัชพล สุพรรณและสรรฐติชัย ชีวสุทธิศิลป์ (2011) [19] ทำการวิจัยนี้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตแผ่นคริสตัลแบลงค์ เนื่องจากพบปัญหากำลังการผลิตแผ่นคริสตัลแบลงค์ไม่เพียงพอต่อความต้องการของแผนกประกอบ ทำให้ต้องนำเข้าจากต่างประเทศเพิ่มอีกประมาณ 720,000 ชิ้น (12%) ผลการวิจัยพบว่าสามารถปรับปรุงกระบวนการการผลิตได้ 9 จากทั้งหมด 12 กระบวนการ ส่งผลให้ได้จำนวนชิ้นงานจำนวนเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 296,000 ชิ้นต่อเดือน หรือทำให้ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงงานทำวิจัยเพิ่มขึ้น 4.92%

สทิธวิฒัน์ศานตกิรวาณิชย์, ชัยวัฒน์ นุ่มทอง, ปรีชานนท์ คุ้มกระทึก (2554) [20] ทำการวิจัยการประยุกต์ใช้ระบบการผลิตแบบลีนเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพและลดความสูญเปล่าในสายการประกอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซริฟ์เวอร์ ด้วยแนวคิดระบบการผลิตแบบลีนส่งผลให้สายการผลิตที่ใช้เป็นกรณีศึกษามีการไหลที่ต่อเนื่องมากขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตเพิ่มขึ้น 50 เปอร์เซ็นต์ ประสิทธิภาพการจัดสมดุลการผลิตเพิ่มขึ้น 22.8 เปอร์เซ็นต์ และผลผลิตเพิ่มขึ้น 99.5 เปอร์เซ็นต์

ลัคนา กวินกิจจาพร (2555) [21] ทำการวิจัยการประยุกต์ใช้ระบบการผลิตแบบลีนภายในโรงงานการผลิตของบริษัท จอยสปอร์ต จำกัด เพื่อศึกษาถึงกระบวนการผลิตเรือคายัคในปัจจุบันของบริษัทฯ โดยนำระบบการผลิตแบบลีนมาประยุกต์ใช้กับการทำงานจริงในการเพิ่มมูลค่าการผลิต และปรับปรุงการดำเนินงานภายในโรงงานการผลิตเรือคายัคผลการศึกษาพบว่าจากการประยุกต์ใช้ระบบการผลิตแบบลีนในระบบการผลิตจริงภายในโรงงานผลิตเรือคายัค รวมถึงทำการสร้างแผนภูมิสายธารคุณค่าสถานการณ์อนาคตของบริษัทฯ สามารถลดระยะเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการผลิต ผลรวมของรอบเวลาในกระบวนการผลิตของแต่ละสถานี และเวลาในการปรับเปลี่ยนและรอคอยก่อนเข้าสถานีการผลิตเป็น 524 นาที 304 นาที และ 220 นาที ตามลำดับ โดยระยะเวลาภายในระบบการผลิตมีการลดลงทุกสถานีการทำงาน สามารถลดผลรวมของรอบเวลาในการผลิตของแต่ละสถานีและความสูญเสียลงได้ทำให้ต้นทุนการผลิตต่อหน่วยลดลง และสามารถผลิตในปริมาณที่เพิ่มขึ้น

พฤทธิพงศ์ โพธิวราพรรณ (2548) [22] ทำการศึกษาการประยุกต์ใช้การผลิตแบบลีนในอุตสาหกรรมผสม (แบบต่อเนื่อง-แบบช่วง) กรณีศึกษาโรงงานผลิตเหล็กรูปพรรณ เพื่อเป็นแนวทางของการประยุกต์ใช้การผลิตแบบลีนในอุตสาหกรรมที่มีทั้งการผลิตแบบต่อเนื่องและแบบช่วง หรือเรียกอีกอย่างว่าอุตสาหกรรมผสม จากผลของการจำลองขจัดความสูญเปล่าสามารถลดระยะเวลาการผลิตรวมจาก 16.24 วัน มาเป็น 8.56 วัน หรือคิดเป็นร้อยละ 47.30 และลดสินค้าคงคลังระหว่างกระบวนการจาก 96.35 ตันต่อวัน เหลือ 10.62 ตันต่อวัน หรือคิดเป็นร้อยละ 88.98

กมลรัตน์ ศรีสังข์สุข, ณัฐชา ทวีแสงสกุลไทย (2553) [23] จากการที่ได้ทำการศึกษากระบวนการผลิตสายเคเบิลขนาดเล็กพบว่ามีปัญหาผลผลิตที่ต่ำและต้นทุนการผลิตสูงดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดความสูญเปล่าในกระบวนการผลิตสายเคเบิลขนาดเล็ก โดยประยุกต์ใช้แนวทางลีนซิกซ์ ซิกมาทั้ง 5 ขั้นตอน ผลที่ได้จากการปรับปรุงการลดความสูญเปล่าในกระบวนการผลิตสายเคเบิลขนาดเล็ก พบว่า การผลิตมีแนวโน้มที่ดีขึ้น คือผลผลิตจาก 15 ชิ้นต่อชั่วโมงการทางานของพนักงานหนึ่งคนเป็น 24 ชิ้นต่อชั่วโมงการทำงานของพนักงานหนึ่งคนคิดเป็น 37.5% อีกทั้ง ยังส่งผลทำให้ต้นทุนการผลิตต่อหน่วยลดลงจาก 48.25 บาทต่อชิ้น เป็น 42.54 บาทต่อชิ้นคิดเป็น 11.83%

พัฒนพงศ์ น้อยนวล, ธนัญญา วสุศรี (2555) [24] งานวิจัยนี้ศึกษาระบบการขนส่งภายในคลังสินค้ามีวัตถุประสงค์เพื่อขจัดกิจกรรมที่มีความสูญเปล่า ทั้งนี้ได้เก็บรวบรวมข้อมูลจำนวน 120 ชุดและระบุถึงปัญหาที่เกิดจากความสูญเปล่าภายในคลังสินค้า และได้นำเสนอแนวคิดของลีนเพื่อลดความสูญเปล่าสามารถลดปริมาณสินค้าคงคลังได้ 10.24%, 2.37% และลดเวลารอคอยเหลือ 0 นาที เราจึงสามารถสรุปได้ว่า การประยุกต์ใช้ระบบคัมบังสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานและเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้กับอุตสาหกรรมการผลิตที่มีอัตราผลิตต่อเนื่องได้

Maria Elena Nenni1, Luca Giustiniano, Luca Pirolo (2014) [25] ทำการวิจัยเพื่อปรับปรุงสายการผลิตในโรงงานผลิตยา เพื่อทำการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต เนื่องจากอุตสาหกรรมผลิตยาก็เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุตสาหกรรมที่ได้รับผลกระทบจากสภาวะของตลาดด้วยเช่นกัน จากการปรับปรุงด้วยกระบวนการของ ลีน สามารถลดเวลานำในการผลิตลงได้ 5 วัน, สินค้าคงคลังลดลง 37%

DenishB.Modi, Hemant Thakkar (2014) [26] แนวคิดแบบลีนเพื่อลดความสูญเสีย, เวลานำ, ต้นทุน ด้วยเครื่องมือและเทคนิคแบบลีน ทำการศึกษาเพื่อลดความสูญเสีย, เวลานำและต้นทุน ด้วยเครื่องมือและ เทคนิคของลีนงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงหลักการผลิตแบบลีนต่าง ๆ ซึ่งรวมถึงข้อดีกลยุทธ์การดำเนินงานและอุปสรรคในการดำเนินงานสำหรับอุตสาหกรรมการผลิต การศึกษาพิเศษมุ่งเน้นไปที่การผลิตสีเขียวซึ่งเป็นอย่างสูงในความต้องการในยุคใหม่ มันแสดงให้เห็นการใช้งานของกระบวนการที่ไม่เป็นอันตรายต่อสภาพแวดล้อมที่ให้ความปลอดภัยให้กับผู้บริโภคและนายจ้าง ผลิตแบบลีนเป็นวิธีที่แม่นยำสำหรับการใช้งานของผลิตภัณฑ์ประหยัดดิบและขจัดของเสียผ่านการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องและมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพให้กับลูกค้า

อารดา ลีชุติวัฒน์ (2552) [27] งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการจ่ายออกของโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปไม้ยางพารา โดยการปรับปรุงระบบการจัดการคลังสินค้า พบว่าเวลาโดยเฉลี่ยที่สินค้าอยู่ในระบบมีค่าลดลง 44 วินาที หรือคิดเป็นร้อยละ 52.38 โดยไม่มีการทำงานล่วงเวลาเกิดขึ้นในระบบ

ศิรัตน์ แจ้งรักษ์สกุล (2552) [28] ในการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ของการศึกษา 3 ประการคือ 1) เพื่อศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่ออุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดเล็กในการมุ่งสู่ระบบการผลิตแบบลีน 2) เพื่อศึกษาความแตกต่างระหว่างปัจจัยที่มีผลต่ออุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดเล็กในการมุ่งสู่ระบบการผลิตแบบลีนในแต่ะลักษณะทางประชากร ได้แก่ ขนาดของกิจการ และระดับของพนักงาน และ 3) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ความปัจจัยที่มีผลต่อที่มีต่ออุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดเล็กในการมุ่งสู่ระบบการผลิตแบบลีนที่มีต่อความสำเร็จและความต่อเนื่องในการนำระบบการผลิตแบบลีนมาใช้ในสถานประกอบการ

การศึกษาครั้งนี้ มุ่งศึกษาในอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดเล็ก (SMEs) ที่เข้าร่วมโครงการ ระบบการผลิตแบบลีน ของกรมส่งเสริมอุตสาหกรรมร่วมกับสถาบันส่งเสริมเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ตั้งแต่ครั้งที่ 2-3 จำนวน 21 สถานประกอบการ ปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จในการนำระบบการผลิตแบบลีนมาใช้ในสถานประกอบการ คือ ปัจจัยด้านการมีส่วนร่วมของพนักงาน ทัศนคติของพนักงาน การได้รับการสนับสนุน และการได้รับการฝึกอบรม

สุวรรณา พลภักดี (2557) [29] วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อค้นหาความสูญเปล่าและเสนอแนวทางในการลดต้นทุนที่เกิดจากความสูญเปล่านั้น โดยประยุกต์ใช้แผนผังสายธาร จากการประเมินพบว่าต้นทุนโลจิสติกส์ตลอดโซ่อุปทานลดลงเหลือ 14,881,061 บาทต่อเดือน จาก 15,788,407 บาทต่อเดือน หรือลดลง 5.75 เปอร์เซ็นต์ โดยต้นทุนแรงงานลดลง 780,951 บาทต่อเดือน และต้นทุนด้านการเก็บรักษาลดลง 126,395 บาทต่อเดือน นอกจากนี้พบว่าเวลานำของโซ่อุปทานลดลงจาก 88,812.97 นาที หรือประมาณ 61.68 วัน เหลือเพียง 87,857.33 นาที หรือประมาณ 61.01 วัน

ชัยวัฒน์ ศรีไชยแสง (2555) [30] งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้เทคนิคการผลิตแบบลีนในการปรับปรุงระบบการผลิตของสายการผลิตชาลาเปา ผลการวิจัยพบว่าฝ่ายคลังสินค้าสามารถประหยัดยอดสั่งซื้อจากเดิมลงร้อยละ 52.18 ทำให้ระดับสินค้าคงคลังลดลงร้อยละ 82.57 ระยะเวลาการดำเนินการขอซื้อต่อครั้งของเจ้าหน้าที่ลดลงร้อยละ 80.66 ระยะเวลานำของวัตถุดิบลดลงร้อยละ 77.14 และที่ฝ่ายผลิตพบว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมดุลการผลิตเพิ่มขึ้นร้อยละ 96.64 ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นร้อยละ 43.20 ชั่วโมงในการผลิตลดลงร้อยละ 48.41 และทำให้ประหยัดค่าแรงทางตรง 54,000 บาท จากยอดผลิตทุก 120,000 ลูก

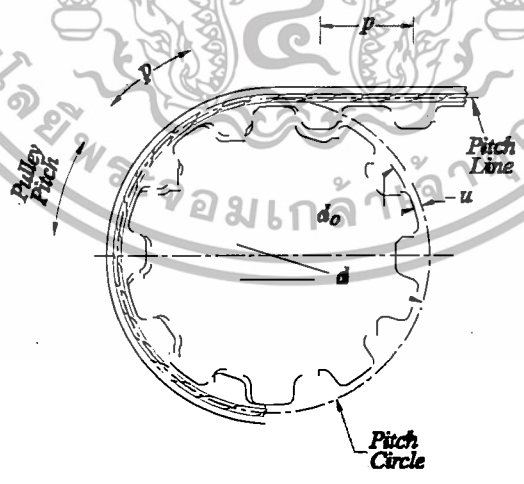
Nor Azian Abdul Rahmana, Sariwati Mohd Sharifb, Mashitah Mohamed Esac (2013) [31] ทำการศึกษาเรื่องการใช้ระบบ คัมบัง ของระบบลีนเพื่อตรวจสอบวิธีการที่ทำให้ระบบ KANBAN ไม่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพในองค์กรข้ามชาติ และเพื่อระบุปัจจัยขัดขวางการวิสาหกิจขนาดกลางและมาเลเซีย (SME) จากการดำเนินการ คัมบัง ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าความมุ่งมั่นของผู้บริหารระดับสูง มีส่วนร่วมของผู้ขาย, การจัดการสินค้าคงคลังและการปรับปรุงคุณภาพมีความสำคัญสำหรับการใช้งาน คัมบัง และต่อผลิตแบบลีน

Mihai Apreutesei, Emil Suciu, Ionela Roxana Arvinte (2010) [32] ทำการศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องมือในกระบวนการของลีน ที่ใช้ลดเรื่องความสูญเปล่า ผลจากการศึกษาพบว่าเครื่องมือของลีนสามารถช่วยดำเนินการวิเคราะห์ และหาแหล่งที่มาของของเสียในรูปแบบที่ชัดเจน และสามารถกำหนดวิธีการปรับปรุงได้อย่างถูกต้อง ซึ่งสามารถลดต้นทุนได้เป็นอย่างมาก

2.6 ทฤษฎีสายพานไทม์มิ่ง

2.6.1 สายพาน และ พิตช์ของลูกรอก

พิตช์ของสายพาน p ถูกกำหนดให้เป็นระยะห่างระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางของทั้งสองฟันและวัดเมื่อสายพานในแนวเส้นตรง รูปที่ 2.2 ระยะพิตช์ของสายพานมีระยะเท่ากับตำแหน่งในเส้นรอบวงของสายพานมีการวัดระยะห่างของรอกที่วงกลมวงกลมและกำหนดให้เป็นความยาวส่วนโค้งระหว่างเส้นกึ่งกลางของร่องรอกสองแถว รูปที่ 2.2 เส้นรอบวงของพู่เล่จะสอดคล้องกับความยาวของสายพานขณะล้อมรอบพู่เล่สายพานไทม์มิ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลางวงล้อ d มีขนาดใหญ่กว่าพู่เล่



รูปที่ 2.2 สายพานและจำนวนฟันของพู่เล่ [33]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เส้นผ่านศูนย์กลางด้านนอก, d_o ขนาดของระยะพิทช์ของลูกรอกจะสามารถหาได้โดย

$$d = \frac{p.z_p}{\pi} \quad (2)$$

สายพานไทม์มิ่งถูกออกแบบถูกขับอยู่บนตำแหน่งบนสุดของพู่เล่ระยะความเผื่อของเส้นรอบวงด้านนอกของพู่เล่อาจถูกออกแบบให้ระยะพิตช์ห่างเล็กน้อยจากพู่เล่ ดูจากรูปที่ 2.2 โดยที่ p คือระยะห่างที่น้อยและ z_p การจำนวนฟันพู่เล่ระยะห่างในแนวรัศมีระหว่างเกลียวขนาดของพิตช์และเส้นผ่านศูนย์กลางเรียกว่า ความหนาสายพาน u ผ่านศูนย์กลางภายนอกของพู่เล่ที่สามารถหาได้ด้วยสมการ

$$d_0 = d - 2u = \frac{p.z_p}{\pi} - 2u \quad (3)$$

$$d_r = d - 2\mu_r = \frac{p.z_r}{\pi} - 2u_r \quad (4)$$

2.6.2 ระยะของสายพานและระยะห่างจุดศูนย์กลาง

ระยะของสายพาน, L, จะวัดตามแนวเส้นระยะพิทช์และต้องเท่ากับจำนวนเต็มของระยะห่างของสายพานสายพาน (ฟัน), z_b

$$L = p.z_b \quad (5)$$

โดยทั่วไปแอคชูเอเตอร์แบบเส้นตรงและสายพานลำเลียงได้รับการออกแบบให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพู่เล่เท่ากันสองล้อสายพานได้ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของสายพาน, L, ศูนย์กลางของระยะห่าง, C, และระยะห่างของระยะ Pitch , d, จะแสดงได้โดย

$$L = 2.C + \pi.d \quad (6)$$

สำหรับการขับเคลื่อนด้วยพู่เล่ที่ขนาดไม่เท่ากัน รูปที่ 2.3 จะแสดงความสัมพันธ์ได้โดย องศาของการห่อ, θ_1, รอบพู่เล่เล็ก

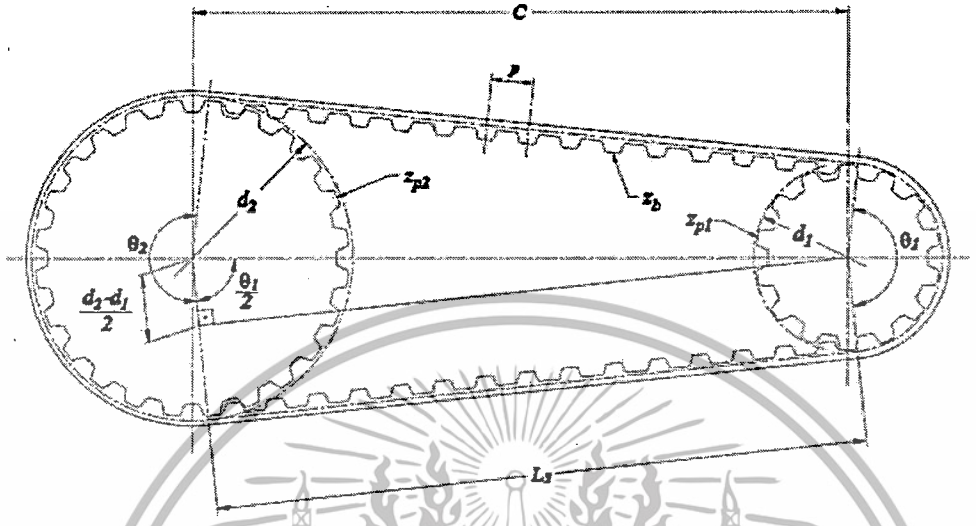
$$\theta_1 = 2arccos\frac{d2-d1}{2C} \quad (7)$$

เมื่อd1 และ d2 เป็นเส้นผ่านศูนย์กลางของพูเล่ขนาดเล็กและพูเล่ขนาดใหญ่ตามลำดับ
มุมของห่อสายพาน, θ_2, รอบพู่เลใหญ่

$$\theta_2 = 2.\P - \theta_1 \quad (8)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระยะความยาว, L_s



รูปที่ 2.3 การขับของสายพานที่พู่เล่มีขนาดไม่เท่ากัน [33]

$$L_s = C.sin\left(\frac{\theta_1}{2}\right) \tag{9}$$

ความยาวสายพาน, L

$$L = 2.C.sin\left(\frac{\theta_1}{2}\right) + \theta_1.\frac{d_1}{2} + (2.¶ - \theta_1).\frac{d_2}{2} \tag{10}$$

จากมุมห่อ ,θ_1ให้เป็นฟังก์ชันของระยะห่างศูนย์กลาง C สมการ (12) ไม่มีสมการสำหรับการหาค่า C ซึ่งสามารถแก้ไขได้ด้วยการใช้วิธีการใดวิธีการหนึ่งที่เป็นตัวเลขที่พร้อมใช้งาน เป็นค่าโดยประมาณของระยะห่างศูนย์กลางเป็นฟังก์ชันของความยาวของสายพานจะถูกกำหนดโดย

$$C = \frac{Y+\sqrt{Y^2-2.(d_2-d_1)^2}}{4} \quad \text{เมื่อ } Y = L - \frac{\pi.(d_2+d_1)}{2} \tag{11}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

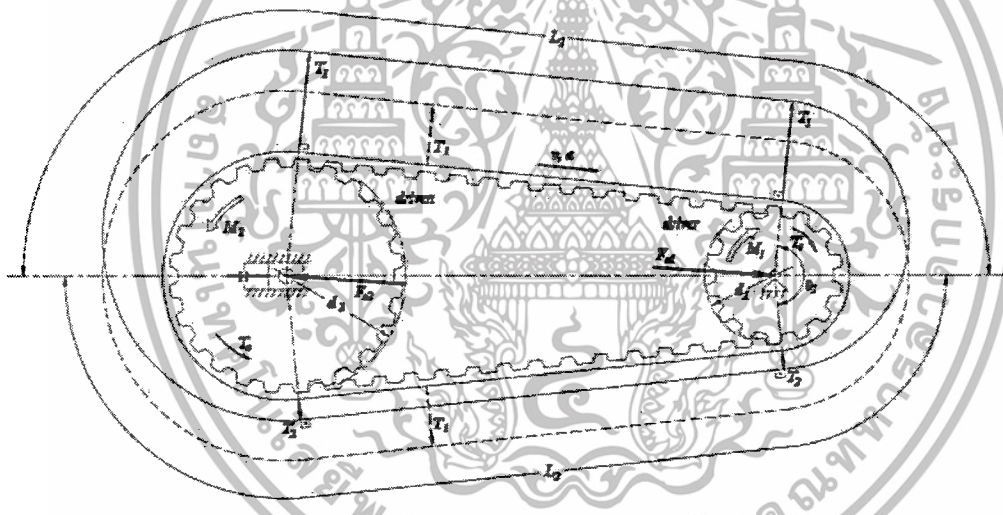
2.6.3 แรงกระทำที่เกิดขึ้นในสายพานไทม์มิ่ง

สายพานไทม์มิ่งจะส่งแรงบิดและการเคลื่อนไหวจากการเคลื่อนที่เพื่อไปขับเคลื่อนโดยการส่งกำลังของพู่เล่ขับ รูปที่ 2.4 หรือแรงที่ไปยังตำแหน่งของแพลตฟอร์มลิเนียร์แอคชูเอเตอร์ รูปที่ 2.5 ในการใช้งานระบบลำเลียงและยังอาจมีการใส่ที่วางไว้บนพื้นผิว รูปที่ 2.7 แรงบิด, ความตึงที่เกิดขึ้น, ความตึง และ การหย่อน, แรงดึงด้านข้างระหว่างการทำงานของสายพานในสภาวะที่มีโหลดจะมีความแตกต่างของความตึงของสายพานเมื่อขันเข้า (แน่น) และปล่อยออก (หย่อน) จากด้านข้างของพู่เล่ขับ เรียกว่าความตึงที่เกิดขึ้นT_eและแสดงถึงแรงที่ส่งผ่านจากลูกรอกขับไปยังสายพาน

$$T_e = T_1 - T_2 \tag{12}$$

เมื่อ T_1และ T_2จะตึงและหย่อนจากแรงดึงทางด้านข้างตามลำดับ

แรงบิดจากการขับ, M (M_1ในรูปที่ 2.4), จะแสดงโดย



รูปที่ 2.4 การส่งกำลังและตำแหน่งของการหมุน [33]

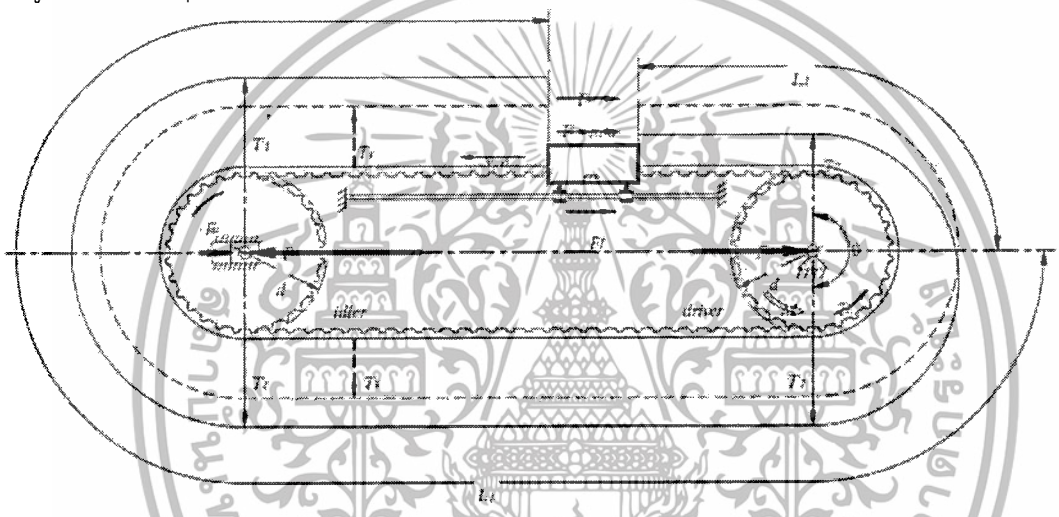
$$M = T_e . \frac{d}{2} \tag{13}$$

โดยที่ d (d_1ในรูปที่ 2.4) เป็นเส้นผ่าศูนย์กลางของพู่เล่ขับแรงตึงที่เกิดขึ้นจะถูกสร้างที่พู่เล่ขับเป็นแรงที่เกิดขึ้นจริงที่จะเอาชนะความต้านทานโดยรวมต่อการเคลื่อนที่ของสายพาน มีความจำเป็นต้องระบุและหาจำนวนผลรวมของแรงที่กระทำบนสายพานที่ส่งผลให้เกิดแรงตึงที่พู่เล่ขับในอุปกรณ์ส่งกำลัง รูปที่ 2.4 ความต้านทานต่อการเคลื่อนไหวเกิดขึ้นที่พู่เล่ที่ขับเคลื่อนด้วย แรงที่ส่งจากสายพานไปยังพู่เล่ที่ขับเคลื่อนด้วยจะเท่ากับ T_e สมการสำหรับแรงบิดที่เกิดขึ้นสามารถเขียนเป็นสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$M = T_e.\frac{d_1}{2} = \frac{M_2}{\eta}.\frac{d_1}{d_2} = \frac{P_2.d_1}{\omega_2.\eta.d_2} = \frac{P_2}{\varpi_1.\eta} \quad (14)$$

เมื่อ M_1เป็นแรงบิดขับ, M_2 เป็นแรงบิดที่ต้องการที่พู่เล่ขับ , P_2เป็นกำลังที่ต้องการที่พู่เล่ขับ, ω_1และ ω_2 มีความเร็วเชิงมุมของต้นกำลังและพู่เล่ขับตามลำดับในเครื่องวางตำแหน่งแบบแนวเชิงเส้น รูปที่ 2.5 แรงกระทำหลักจะทำงานที่แพลทฟอมร์ (แท่นเลื่อน) ประกอบด้วยแรงเสียดทาน F_a (การเร่งความเร็วเชิงเส้นของตัวเลื่อน) แรงเสียดทานของแบริ่งเชิงเส้น F_f แรงภายนอก (ภาระงาน) F_w ส่วนประกอบของน้ำหนักของตัวปรับF_g, การส่งกำลังขนานไปกับสายพาน, แรงเฉื่อยจะบังคับในการเร่งความเร็วของสายพาน F_{ab}, และพู่เล่ของลูกกลิ้ง, F_{ai} (หมุน)



รูปที่ 2.5 ตำแหน่งในแนวเชิงเส้นและการกำหนดค่า 1 [33]

$$Te = F_a + F_f + F_w + F_g + F_{ab} + F_{ai} \quad (15)$$

ส่วนประกอบแต่ละส่วนของความตึงที่เกิดขึ้น T_e จะแสดงได้โดย

$$F_a = m_s.a \quad (16)$$

ที่ M_sคือมวลของแถบเลื่อนหรือแพลตฟอร์มและ a คืออัตราการเร่งความเร็วเชิงเส้นของแถบเลื่อน

$$F_f = \mu_r.m_s.g.cos\beta + F_{fi} \quad (17)$$

โดยที่ μ_r เป็นค่าสัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานของแบริ่งเชิงเส้นแบบไดนามิก (โดยปกติสามารถตรวจสอบได้จากผู้ผลิตแบริ่งแบบเส้นตรง) F_{fi} เป็นแรงต้านทานที่เป็นอิสระในการเคลื่อนที่เชิงเส้น (ความต้านทานต่อการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สึกหรอ, โหลดก่อนเคลื่อนที่, ความหนืดของสารหล่อลื่น ฯลฯ) และ β คือมุมของเส้นเอียงของตำแหน่งเชิงเส้น

$$F_g = m_s . g . sin\beta \tag{18}$$

$$F_{ab} = \frac{W_b . L . b}{g} . a \tag{19}$$

โดยที่ L คือความยาวของสายพาน, b คือความกว้างของสายพาน, W_b คือน้ำหนักของสายพานและ g คือแรงโน้มถ่วง,

$$F_{ai} = \frac{2 . J_i . \propto}{d} = \frac{m_i}{2} . \left(1 + \frac{d_b^2}{d^2}\right) . a \tag{20}$$

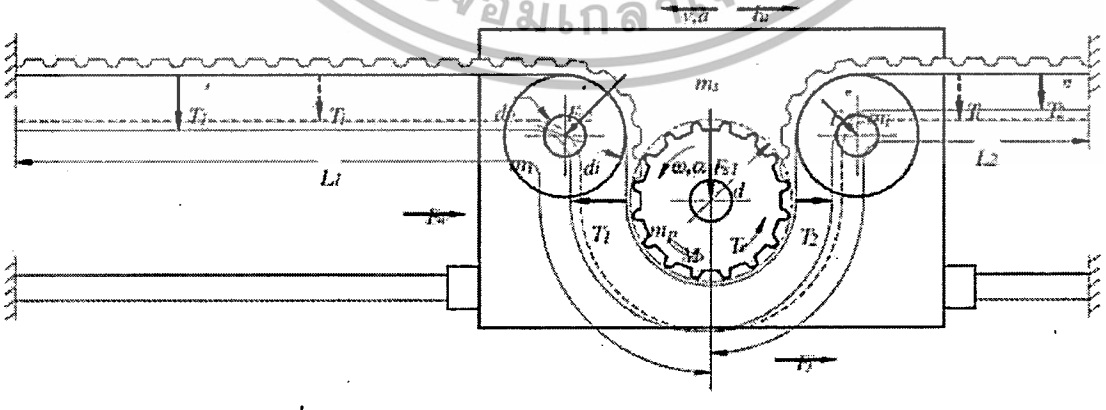
โดยที่ J_iเป็นแรงเฉื่อยของลูกกลิ้ง, α คือการเร่งความเร็วเชิงมุมของลูกกลิ้ง, m_iคือมวลของลูกกลิ้ง, d คือเส้นผ่าศูนย์กลางของลูกกลิ้งและ d_b เป็นเส้นผ่านศูนย์กลางของลูกกลิ้ง (ถ้ามี)

การจัดเรียงตัวจัดตำแหน่งแบบเส้นตรงอื่นจะแสดงอยู่ในรูปที่ 2.6 การขับเคลื่อนในภาพนี้แผงที่ใช้ปรับเลื่อนของพู่เล่ขับและสองลูกกลิ้งจะเคลื่อนที่อยู่หลังสายพาน ตัวเลื่อนเลื่อนไปตามสายพานที่มีปลายทั้งสองยึดติดกับตัวยึดแบบคงที่คล้ายกับการขับเคลื่อนในตำแหน่งเชิงเส้นทำการกำหนดการกำหนดค่า I "ความตึง"ที่เกิดขึ้นประกอบด้วยแรงเร่งในแนงเชิงเส้น F_a, แรงเสียดทานของแบริ่งเชิงเส้น, F_f, แรงภายนอก (ภาระงาน), F_w,น้ำหนักของส่วนประกอบชุดปรับ, F_gขนานไปกับสายพานในชุดขับ และแรงเฉื่อยของการหมุนของลูกกลิ้ง, F_{ai} (หมุน)

$$T_e = F_a + F_f + F_W + F_g + 2 . F_{ai} \tag{21}$$

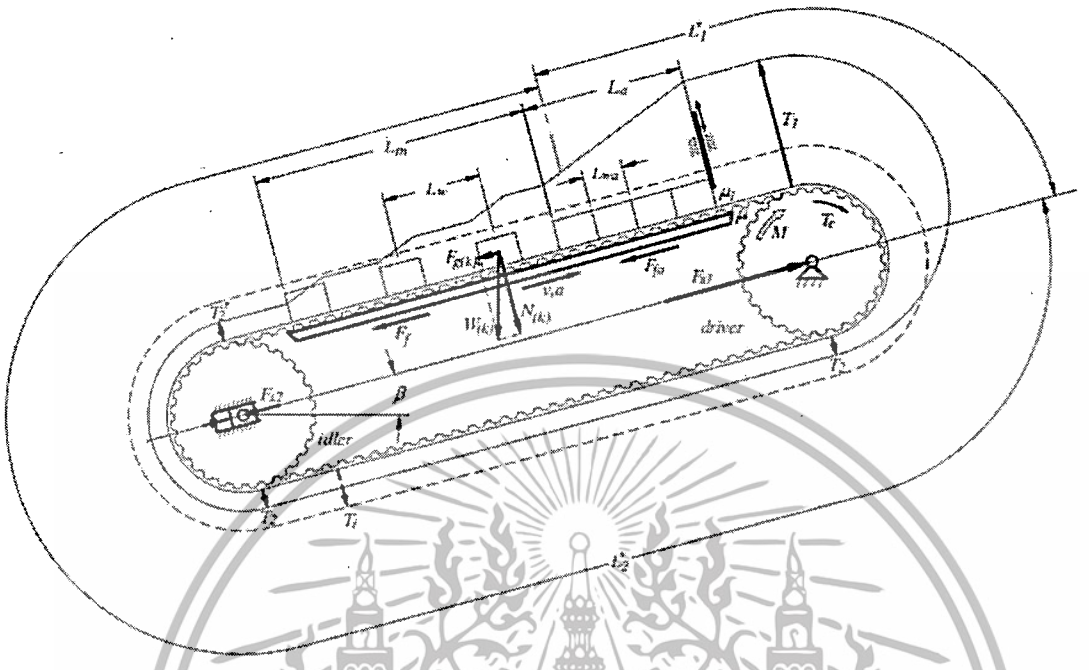
ส่วนประกอบแต่ละส่วนของความตึงเครียดที่มีประสิทธิภาพ T_e จะแสดงได้โดย

$$F_a = \left(m_s + m_p + 2 . m_i\right) . a \tag{22}$$



รูปที่ 2.6 ตำแน่งในแนวเชิงเส้นและการกำหนดค่า 2 [33]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 มุมเอียงของสายพานและการสะสมวัสดุ [33]

โดยที่ m_s คือมวลของชุดเลื่อนหรือแท่น, m_p คือมวลของพู่เล่ขับ, m_i คือมวลของลูกกลิ้งและ a คืออัตราการเร่งของแท่นเลื่อน

$$F_f = \mu_r(m_s + m_p + 2m_i).g.cos\beta + F_{fi} \quad (23)$$

โดยที่ μ_r เป็นค่าสัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานจลน์ของแบริ่งเชิงเส้น, F_{fi} เป็นค่าความต้านทานอิสระในของการเคลื่อนที่เชิงเส้นและ β คือมุมเอียงของตำแหน่งเชิงเส้น

$$F_g = (m_s + m_p + 2m_i).g.sin\beta \quad (24)$$

โดยที่ β คือมุมของความลาดเอียงของตำแหน่งเชิงเส้น,

$$F_{ai} = 2.\frac{2.J_i.\propto}{d} = m_i.\left(1 + \frac{d_b^2}{d_i^2}\right).a \quad (25)$$

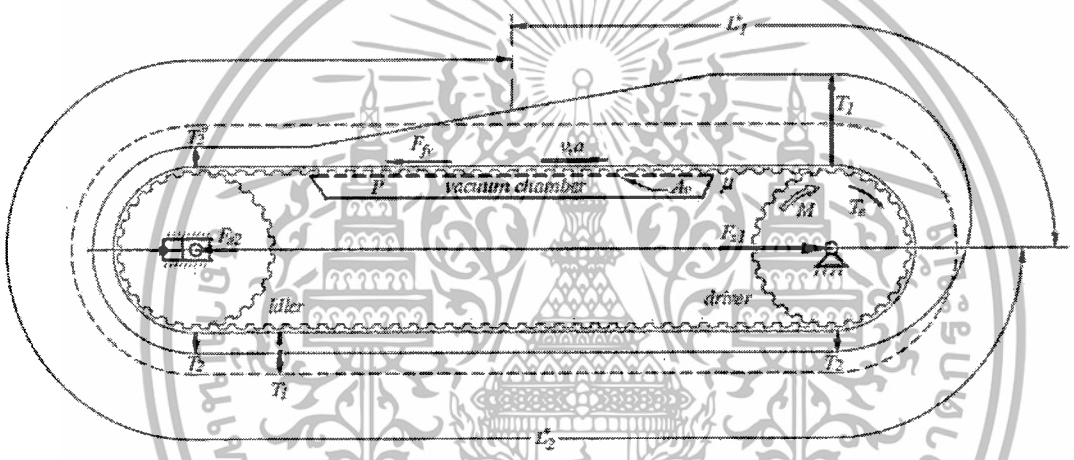
ที่ J_i เป็นแรงเฉื่อยของลูกกลิ้งที่มีผลมาจากพู่เล่ขับ, α คือการเร่งเชิงมุมของพู่เล่ขับ, m_i เป็นมวลของลูกกลิ้ง, d คือเส้นผ่านศูนย์กลางของชุดขับ, d_i เป็นเส้นผ่าศูนย์กลางของลูกกลิ้งและ d_b คือขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระบอกลูกกลิ้ง (ถ้ามีในสายพานเอียงในรูปที่ 2.7 แรงดึงในสายพานส่วนใหญ่มีสองแรงที่จะเกิดขึ้น : แรงเสียดทานและแรงโน้มถ่วงf_oเนื่องจากภาระในสายพานลำเลียง,F_f, แสดงได้โดย

$$F_f = \mu . \sum_{k=1}^{n_c} N_{(k)} = \mu . cos\beta . \sum_{k=1}^{n_c} W_{(k)} \quad (26)$$

โดยที่ μ เป็นค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานระหว่างสายพานและแท่นเลื่อน, $N_{(k)}$ เป็นน้ำหนักของส่วนประกอบ, $W_{(k)}$, ของชุดลำเลียงแบบลำเลียงเดียวที่ตั้งฉากกับสายพาน n_c คือจำนวนของหีบห่อที่ถูกลำเลียงด้วยสายพาน, ค่า k จะเป็นตัวกำหนดชิ้นส่วนที่ k^{th} ของวัสดุสายพานและ β คือมุมของเส้นเอียง เมื่อมีการลำเรียงวัสดุที่เป็นชิ้นๆ แรงเสียดทานจะแสดงได้โดย



รูปที่ 2.8 สายพานแบบสูญญากาศ [33]

$$F_f = \mu . w_m . L_m cos\beta \quad (27)$$

โดยที่ w_mคือน้ำหนักที่กระจายในความยาวของสายพาน และ L_mคือความยาวสายพาน
การใช้งานสายพานบางครั้งจะมีการสะสมวัสดุ สามารถสังเกตรูปที่ 2.7 ที่จะทำให้เกิดแรงเสียดทานเพิ่มเติมเนื่องจากวัสดุเลื่อนบนพื้นผิวด้านหลังของสายพานจะแสดงได้โดย

$$F_{fa} = (\mu + \mu_1) . \sum_{k=1}^{n_a} N_{(k)} = (\mu + \mu_1) . cos\beta . \sum_{k=1}^{n_a} N_{(k)} \quad (28)$$

โดยที่ n_aคือจำนวนที่สะสมและ μ_1เป็นค่าสัมประสิทธิ์การเสียดสีระหว่างสายพานกับวัสดุสะสม เหมือนกับสมการสำหรับการลำเลียง สมการที่ (28) สามารถเขียนใหม่เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$F_{fa} = (\mu + \mu_1).w_{ma}.L_a cos\beta \quad (29)$$

เมื่อ w_{ma} คือน้ำหนักที่กระจายมากกว่าหน่วยความยาวสะสมและ L_aคือความยาวที่สะสมความโน้มถ่วง, F_g , เป็นส่วนประกอบของน้ำหนักวัสดุที่ขนานกับสายพาน

$$F_g = sin\beta.\sum_{k=1}^{n_c+n_a} W_{(k)} \quad (30)$$

สมการ (30) สามารถแสดงเป็น

$$F_g = (W_m.L_m + W_{ma}.L_a).sin\beta \quad (31)$$

ในสายพานลำเลียงสูญญากาศ รูปที่ 2.8 ความต้านทานหลักของการเคลื่อนที่ (เช่นส่วนประกอบหลักของแรงตึงสายพาน) ประกอบด้วยแรงเสียดทาน F_{fv} ที่สร้างขึ้นโดยสูญญากาศระหว่างสายพานกับฐานเลื่อน F_{fv}แสดงได้โดย

$$F_{fv} = \mu.P.A_v \quad (32)$$

เมื่อ P คือขนาดของความดันสุญญากาศที่สัมพันธ์กับความดันบรรยากาศและ A_vคือพื้นที่ทั้งหมดของช่องสูญญากาศในฐานเลื่อน ความดันแบบกระจายสม่ำเสมอจะเพิ่มความตึงเครียดด้านข้างตามแนวเส้นในรูปที่ 2.8

2.6.4 แรงในเพลา

ความสมดุลของแรงขับที่ตัวขับหรือพู่เล่ที่ขับเคลื่อนด้วยทำให้เกิดความสัมพันธ์ระหว่างความตึงและความหย่อนและแรง

$$F_{s1,2} = \sqrt{T_1^2 + T_2^2 - 2.T_1.T_2.cos\theta_1} \quad (33)$$

เมื่อ θ_1 คือมุมของสายพานที่หุ้มรอบพู่เล่ขับ โปรดสังเกตว่าจะแตกต่างจากระบบส่งกำลังใช้ในการส่งกำลังทั้งตัวตั้งและตำแหน่งเชิงเส้น รูปที่ 2.5 และสายพานลำเลียง รูปที่ 2.7 และ 2.8 ไม่มีพู่เล่ขับ ในสายพานและการขับแบบเส้นตรงจะทำให้แรงของเพลาที่พู่เล่ขับ F_{s1} แสดงได้โดย

$$F_{s1} = \sqrt{T_1^2 + T_2^2 - 2.T_1.T_2.cos\theta_1} \quad (34)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ $P_1 \neq P_2 \neq 180^{\circ}$ (เส้นผ่าศูนย์กลางลูกรอกที่ไม่เท่ากัน) และโดย

$$F_{s1} = T_1 + T_2 \tag{35}$$

เมื่อ $P_1 = P_2 = 180^{\circ}$ (เส้นผ่าศูนย์กลางลูกรอกที่เท่ากัน), โดยที่ P_2 เป็นมุมของสายพานที่หุ้มรอบลูกกลิ้ง แรงของเพลาที่ลูกกลิ้ง , F_{s2} เมื่อโหลด (วัสดุลำเลียงหรือฐานเลื่อน) กำลังเคลื่อนที่ไปทางพู่เล่ขับจะแสดงได้โดย

$$F_{s2} = \sqrt{T_2^2 + T_2^{"2} - 2.T_2.T_2^{"2}.cos\theta_2} \tag{36}$$

เมื่อ $P_1 \neq P_2 \neq 180^{\circ}$ หรือ

$$F_{s2} = T_2 + T_2^{"} \tag{37}$$

เมื่อ $P_1 = P_2 = 180^{\circ}$.$T_2^{"}$ จะได้รับโดย

$$T_2^{"} = T_2 + F_{ai} \tag{38}$$

เมื่อ F_{ai}แทนค่าโดยสมการที่ (20)

อย่างไรก็ตามเมื่อโหลดเคลื่อนตัวออกจากพู่เล่ขับแรงที่เพลาของลูกกลิ้ง, F_{s2}, จะแสดงได้โดย

$$F_{s2} = \sqrt{T_1^2 + T_1^{'2} - 2.T_1.T_1'.cos\theta_1} \tag{39}$$

เมื่อ $P_1 \neq P_2 \neq 180^{\circ}$ หรือ

$$F_{s2} = T_1 + T_1' \tag{40}$$

เมื่อ $P_1 = P_2 = 180$ $T_1^{'}$ จะได้รับโดย

$$T_1^{"} = T_1 + F_{ai} \tag{41}$$

สมการ (38) และ (41) ประมาณการจากการที่ไม่มีความฝืดในลูกปืนของลูกกลิ้งสังเกตว่าในระหว่างการเคลื่อนที่ของความเร็วคงที่สมการ (39) สามารถแสดงเป็น

$$F_{s2} = 2.T_2 \tag{42}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถประยุกต์ใช้ในสมการ (42) ในการขับในตำแหน่งเชิงเส้นเช่น “การตั้งค่า 2” ดังแสดงในรูปที่ 2.6 แรงของเพลาของชุดพู่เล่ขับ F_{s1} จะได้จากสมการ (34) กำลังของเพลาบนลูกกลิ้งไม่หมุนสามารถแสดงได้โดย

$$F'_{s2} = \sqrt{T_1^2 + T_1'^2 - 2.T_1.T_1'.cos\theta_1}$$

$$F_{s1}^{"} = \sqrt{T_2^2 + T_2'^2 - 2.T_1.".cos\theta_2^{"}} \quad (43)$$

โดยที่ F'_{s2} เป็นแรงที่เพลาของลูกกลิ้งในด้านที่เกิดแรงดึงด้านข้าง, θ'_2 คือมุมของสายพานที่หุ้มรอบลูกกลิ้งในด้านที่มีแรงตึงด้านข้าง $F_{s2}^{"}$ เป็นแรงของเพลาที่ลูกกลิ้งด้านข้างของแรงตึงของด้านที่หย่อน และ $\theta_2^{"}$ คือมุมของสายพานที่หุ้มลูกกลิ้งด้านข้างของแรงตึงของด้านที่หย่อน แรงดึง T_1' และ $T_2^{"}$ แสดงได้โดยสมการที่ (38) และ (41)

ในไดรฟ์ที่แสดงในรูปที่ 2.6, $\theta_1 = 180°$ และ$\theta'_2 = \theta_2^{"} = 90°$ และแรงของเพลาที่พู่เล่ขับถูกกำหนดโดยสมการ (35) และแรงของเพลาที่ลูกกลิ้งจะกลายเป็น

$$F'_{s2} = \sqrt{T_1^2 + T_1'^2}$$
$$F_{s2}^{"} = \sqrt{T_2^2 + T_2^{"2}} \quad (44)$$

สังเกตว่าในการหมุนกลับ เหมือนการวางตำแหน่งแบบลิเนียร์ในรูปที่ 2.5 แรงของเพลาที่ลูกกลิ้ง, F_{s2} จะเปลี่ยนแปลงไปขึ้นอยู่กับทิศทางการหมุนของพู่เล่ขับ สำหรับสภาพการใช้งานเดียวกัน F_{s2} มีขนาดใหญ่เมื่อเลื่อนตัวเลื่อนออกจากพู่เล่ขับเพื่อหาแรงตึงและการหย่อนแรงของเพลา (2 สมการมี 3 ตัวแปร) ให้แรงบิด M หรือแรงตึงสายพาน T_e ต้องใช้สมการเพิ่มเติม สมการนี้จะได้มาจากการวิเคราะห์วิธีการคาดการณ์ของสายพานที่นำเสนอในส่วนถัดไป

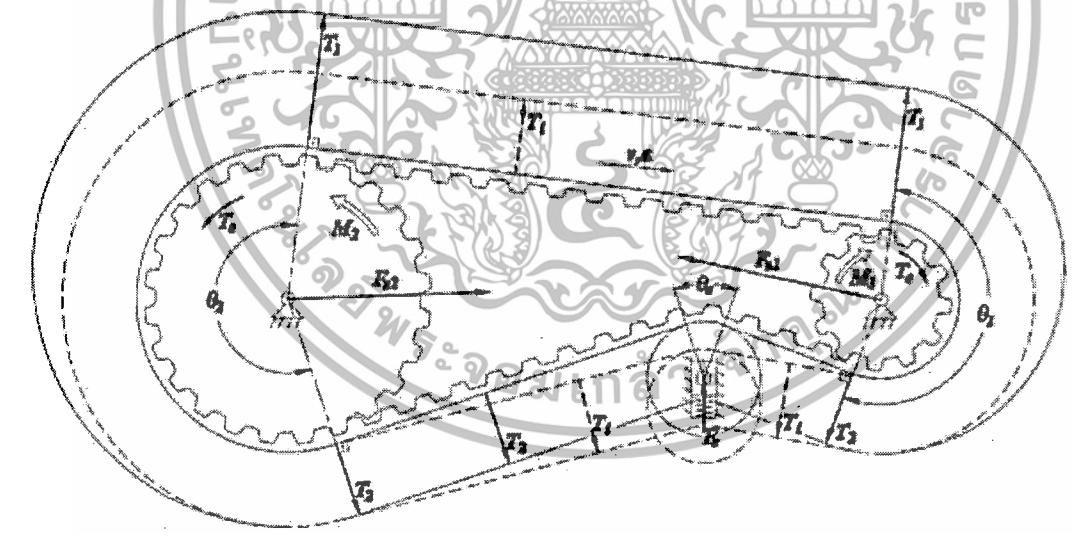
2.6.5 แรงดึงเริ่มต้นของสายพาน

สายพานก่อนรับแรงดึง, T_i, (บางครั้งเรียกว่าแรงดึงเริ่มต้น) คือความตึงเครียดของสายพานในพู่เล่ที่ไม่ได้ทำงาน เมื่อสายพานเริ่มทำงานภายใต้ด้านโหลดที่มีความตึงและการหย่อน ความตึงเบื้องต้นที่จะป้องกันด้านหย่อนและเพื่อให้แน่ใจว่าฟันที่เหมาะสมในกรณีส่วนใหญ่สายพานไทม์มิ่งจะทำงานได้ดีที่สุดเมื่อความตึง T_2 อยู่ที่ 10% ถึง 30% ของแรงตึงในสายพาน T_e

$$T_2 \in (0.1, \ldots, 0.3).T_e \quad (45)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อที่จะกำหนดค่าความจำเป็นที่เราจำเป็นต้องตรวจสอบการกำหนดค่าแรงขับโดยเฉพาะเงื่อนไขการรับแรงและวิธีการเตรียมแรงบิดเพื่อให้สายพานปรับแรงดึงได้อย่างถูกต้องเพื่อปรับพู่เล่และลูกกลิ้งที่ต้องการ รูปที่ 2.4, 2.5, 2.7 และ 2.8 ในตำแหน่งเชิงเส้นที่มีการใช้สายพานแบบปลายเปิด รูปที่ 2.5 และ 2.6ความตึงจะเกิดขึ้นได้โดยการปรับความตึงปลายของสายพาน ในรูปที่ 2.4 ถึง 2.8 จำนวนของความตึงเริ่มต้นจะแสดงถึงระยะห่างระหว่างสายพานและเส้นประแม้ว่าโดยทั่วไปไม่แนะนำอาจมีการกำหนดค่าโดยไม่มีกลไกในการปรับความตึงก่อนในการออกแบบลักษณะนี้ระยะห่างของศูนย์จะต้องมีการกำหนดในลักษณะที่จะช่วยให้มั่นใจว่ามีแรงเสียดทานเพียงพอหลังจากติดตั้งสายพานแล้วการกำหนดค่าโดยไม่มีกลไกในการปรับความตึงก่อนวิธีนี้เป็นไปได้เพราะหลังจากที่เริ่มตึงและยืดของสายพานต้องพิจารณาถึงความยืดหยุ่นของสายพานความแข็งของโครงสร้างและความคลาดเคลื่อนของชุดขับไดรฟ์ที่มีระยะห่างของศูนย์คงที่จะได้รับโดยการล็อคตำแหน่งของเพลาที่ปรับได้หลังจากที่มีการต่อสายพานล่วงหน้า รูปที่ 2.4, 2.5, 2.7 และ 2.8 ความยาวของสายพานโดยรวมยังคงที่ตลอดการใช้งานของชุดขับโดยไม่คำนึงถึงสภาวะการโหลด (แท่นเลื่อนและบางส่วนที่มีอิทธิพลรองลงมาจะถูกละเลย) แรงปฏิกิริยาบนเพลาที่ล็อคโดยทั่วไปเปลี่ยนแปลงภายใต้แรง หลังจากนั้นเราจะแสดงให้เห็นว่าความตึงด้านข้างและความตึงสายพานขึ้นอยู่กับภาระและความตึงจากการปรับตั้ง แต่ยังขึ้นกับความยืดหยุ่นของสายพาน ชุดขับที่มีระยะห่างของศูนย์แบบคงที่จะใช้ในการกำหนดตำแหน่งเชิงเส้นการลำเลียงและการส่งผ่านกำลัง



รูปที่ 2.9 ชุดส่งกำลังแบบมีพู่เล่และมีรอกรั้งด้านข้าง [33]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

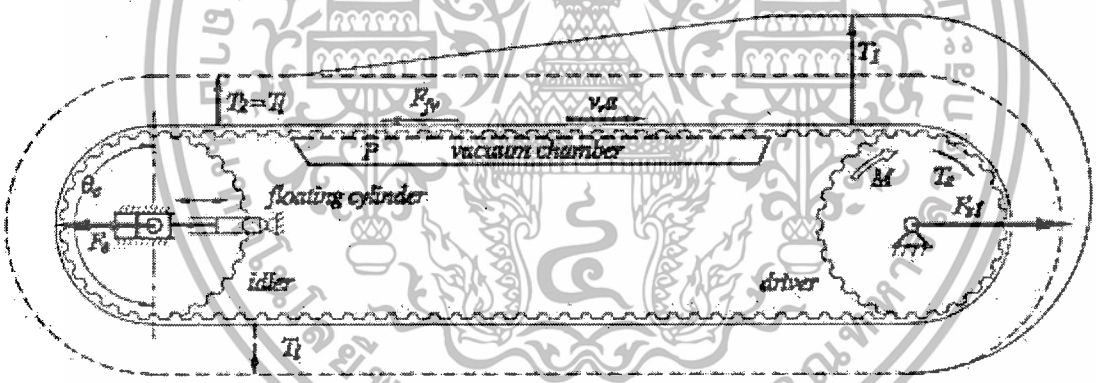
ชุดขับที่มีการหย่อนของสายพานจะต้องทำการปรับลูกกลิ้งปรับแรงดึงด้านที่หย่อนคลายซึ่งไม่ถูกล็อค (ลอยตัว) รูปที่ 2.9 และ 2.10 ในระหว่างการทำงานการหย่อนของสายพานจะถูกรักษาโดยแรงต่อภายนอก F_eการเพิ่มขึ้นของความยาวของด้านที่ตึงถูกชดเชยโดยการลดลูกกลิ้ง

2.6.6 การแก้ปัญหาแรงดึง

ชุดขับที่มีความหย่อนตัวคงที่มีระบบโหลดภายนอกซึ่งสามารถกำหนดได้จากการวิเคราะห์กำลังเท่านั้น การทำให้แรงสมดุลที่ลูกกลิ้งสามารถแสดงได้โดย

$$T_i \approx T_2 = \frac{F_e}{2.sin\left(\frac{\theta_e}{2}\right)} \tag{46}$$

โดยที่ F_e เป็นแรงดึงจากภายนอกและ θ_e เป็นมุมโอบของสายพานรอบลูกกลิ้ง รูปที่ 2.9 และ 2.10 สมการ (46) พร้อมกับสมการ (12) สามารถใช้เพื่อแก้ปัญหาความตึงจากแรงดึงด้านข้าง, T_1, รวมทั้งแรงของเพลา, F_{s1} และ F_{s2} ชุดขับที่มีระยะห่างของศูนย์กลางคงที่ รูปที่ 2.4, 2.5, 2.7 และ 2.8 มีระบบโหลดภายนอกซึ่งไม่สามารถระบุได้จากการคำนวนหาแรงเพียงอย่างเดียว



รูปที่ 2.10 สายพานที่เป็นสูญญากาศกับแรงดึงคงที่ด้านข้าง [33]

ในการคำนวณแรงตึงสายพาน T_1 และ T_2 ต้องใช้ความสัมพันธ์เพิ่มเติม ความสัมพันธ์นี้สามารถเกิดขึ้นได้จากการวิเคราะห์การยืดตัวของสายพาน รอก, เพลาและโครงสร้างโดยจะถือว่ามีความแข็งแรงที่ไม่มีที่สิ้นสุด การละเลยการลดลงของสายพานและรายละเอียดบางอย่าง (เช่นความต้านการงอของสายพานและการขยับแนวรัศมีของแนวเส้นระยพิทช์) การยืดตัว (การเปลี่ยนรูป) ของสายพานที่ทำงานภายใต้ภาระจะเท่ากับการยืดตัวของสายพานทั้งหมด เกิดจากความตึงของสายพาน นี้สามารถแสดงโดยสมการ

$$\Delta L_{11} + \Delta L_{22} + \Delta L_{me} = \Delta L_{1i} + \Delta L_{2i} + \Delta L_{mi} \tag{47}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ ΔL_{11} และ ΔL_{22} มีความตึงและการยืดตัวแบบหย่อนเนื่องจาก T_1 และ T_2 ตามลำดับ ΔL_{me} คือการยืดตัวรวมของสายพานร่วมกับพู่เล่ขับ ΔL_{1i}, ΔL_{2i} และ ΔL_{mi} เป็นความผิดปกติที่เกิดจากสายพาน ความตึงจากการปรับตั้ง T_i สำหรับกรณีที่เป็นไปได้ในทางปฏิบัติส่วนใหญ่ความแตกต่างระหว่างการเสียรูปของสายพานเมื่อสัมผัสกันระหว่างสายพานและพู่เล่ในระหว่างการประกอบและในระหว่างการใช้งานนั้นไม่สำคัญ ($\Delta L_{me} \approx \Delta L_{mi}$) สมการที่ (47) สามารถแสดงได้โดยง่าย

$$\Delta L_{11} + \Delta L_{22} = \Delta L_{1i} + \Delta L_{2i} \tag{48}$$

การทดสอบแรงดึงแสดงให้เห็นว่า ในช่วงตึงของสายพานความตึงมีการใช้ความเครียดเป็นสัดส่วนกับความเค้น กำหนดหน่วยของความแข็งและความกว้างเป็นเป็นหน่วยเฉพาะ c_{sp}, สัมประสิทธิ์ความแข็งของสายพานในด้านตึงและหย่อน k_1 และ k_2 จะแสดงได้โดย

$$k_1 = c_{sp} \cdot \frac{b}{L_1}$$

$$k_2 = c_{sp} \cdot \frac{b}{L_2} \tag{49}$$

เมื่อ L_1 และ L_2 เป็นความยาวที่ไม่ได้รับการดึงของด้านตึงและหย่อนตามลำดับและ b คือความกว้างของสายพาน นิพจน์ในสมการ (49) มีรูปแบบคล้ายกับการกำหนดความแข็งตามแนวแกนของแท่งเหล็ก $k = E.\frac{A}{l}$ โดยที่ E คือยังส์โมดูลัส, A คือพื้นที่หน้าตัดและ l คือความยาวของสายพานจากการที่การยืดตัวเท่ากับความตึงหารด้วยสัมประสิทธิ์ความแข็ง, $\Delta L = \frac{T}{k}$ ให้แรงตึงคงที่ตลอดความยาวของสายพาน ดังนั้นสมการ (48) สามารถแสดงเป็น

$$\frac{T_1}{k_1} + \frac{T_2}{k_2} = \frac{T_i}{k_1} + \frac{T_i}{k_2} \tag{50}$$

เมื่อรวมสมการของสัมประสิทธิ์ความแข็ง, สมการ (48) กับสมการ (49) ความตึงและความตึงด้านข้าง T_1และ T_2 จะแสดงได้โดย

$$T_1 = T_i + T_e \frac{L_2}{L_1 + L_2} = T_i + T_e \frac{L_2}{L} \tag{51}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ

$$T_2 = T_i + T_e \frac{L_1}{L_1+L_2} = T_i + T_e \frac{L_1}{L} \quad (54)$$

โดยที่ L คือความยาวของสายพานทั้งหมด L_1 และ L_2 เป็นความยาวของด้านที่ตึงและหย่อนตามลำดับ

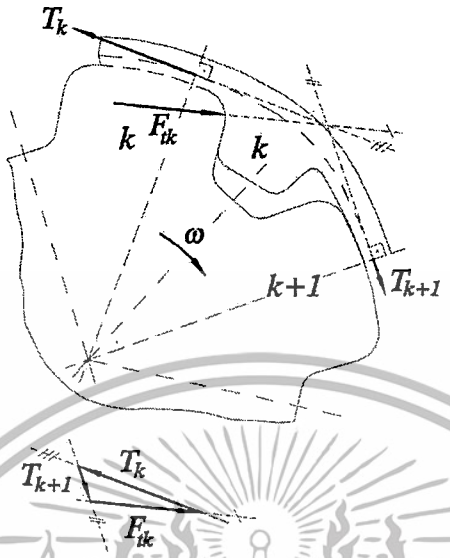
การใช้สมการ (51) และ (52) จะสามารถหาแรงปฏิกิริยาของเพลา, F_{s1} และ F_{s2}ได้ ในทางปฏิบัติสายพานสามารถออกแบบให้แรงบิดด้านข้างที่หย่อนที่ต้องการ T_2 เท่ากับ 10% ถึง 30% ของความตึงในสายพาน T_e สังเกตจากสมการ (45) ซึ่งช่วยยึดฟันที่เหมาะสมระหว่าง การดำเนินงาน จากนั้นสมการ (52) สามารถใช้ในการคำนวณความตึงก่อนที่จะมั่นใจได้ว่าความตึงด้านข้างอยู่ในช่วงที่เหมาะสม จากการที่สมการ (50) ถึง (52) ใช้เมื่อความตึงด้านข้างและความหย่อนคงที่ตลอดความยาว ในกรณีอื่น ๆ การยืดตัวในสมการ (48) จะต้องคำนวณตามการกระจายแรงที่เกิดขึ้นจริง ยกตัวอย่างเช่นการยืดตัวของความยาวลำเลียง L_v มากกว่าการยืดตัวของช่วงแท่นเลื่อนที่แสดงในรูปที่ 2.8, กรณีนี้ความตึงเครียดของสายพานที่เพิ่มขึ้นเป็นเส้นตรง, เท่ากับความตึงเฉลี่ย, $\hat{T}$, โดย $\hat{T} = \frac{T_1+T_2}{2}$, หารด้วยความแข็ง k_v ที่ $k_v = c_{sp}\frac{b}{L_v}$ ของสายพานนี้, b คือความกว้างของสายพาน, L_v คือความยาวของแท่นเลื่อน T_1 และ T_2 เป็นความตึงที่จุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของช่วงของแท่นเลื่อนตามลำดับ พิจารณาเรื่องนี้ T_1 และ T_2 สามารถแสดงได้ด้วย

$$T_{1max} = T_i + T_e \frac{L_2+\frac{L_v}{2}}{L} \quad (53)$$

$$T_{2max} = T_i + T_e \frac{L_1+\frac{L_v}{2}}{L} \quad (54)$$

แทนค่า $L_1^* = L_1 + \frac{L_v}{2}$ และ $L_2^* = L_2 + \frac{L_v}{2}$ ตามสมการ (53) และ (54) สามารถแสดงในรูปของสมการ (51) และ (52),ตามลำดับการวิเคราะห์แบบเดียวกันนี้สามารถทำได้สำหรับสายพานลำเลียงในรูป 2.7 มีการยืดตัวของสายพานเนื่องจากความตึงเฉลี่ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 ภาระที่เกิดขึ้นกับฟัน [33]

คำนวณจากระยะลำเลียงและการสะสม $L_m + L_a$ ควรคำนวณระยะทาง $\hat{L}\ (0 < \hat{L} < L_m + L_a)$ จากจุดเริ่มต้นของระยะลำเลียงไปยังตำแหน่งบนสายพานที่สอดคล้องกับความตึงเฉลี่ย $\hat{T}$ จะคำนวนได้ดังนี้

การปรับความตึง และระยะหย่อนจะสามารถทำได้โดย

$$L_1^* = L_1 + L_m + L_a - \hat{L}$$

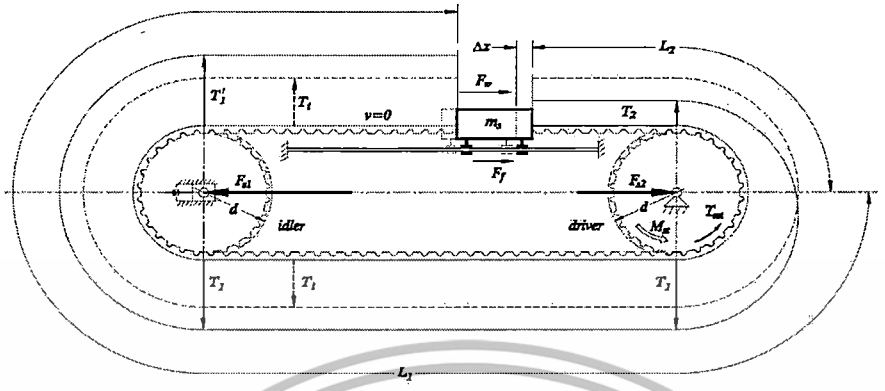
$$L_2^* = L_2 + \hat{L} \tag{55}$$

2.6.7 ภาระที่ฟันเฟือง

พิจารณาสายพานที่สัมผัสกับฟันขับในสายพานที่แสดงใน รูปที่ 2.4 ถึง 2.10 เริ่มต้นที่ด้านแน่นหนาความตึงของสายพานตามแนวโค้งของการสัมผัสลดลงทุกชี่ฟัน เมื่อฟัน k_{th} แรงดึง T_k และ T_{k+1} จะสมดุลด้วยแรง F_{tk}ที่ปีกฟัน รูปที่ 2.11 ความสมดุลของแรงที่สามารถเขียนเป็น

$$T_k + T_{k+1} + F_{tk} = 0 \tag{56}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 ตำแหน่งผิดพลาด – ตำแหน่งเชิงเส้นภายใต้สภาวะโหลดแบบคงที่ [33]

เพื่อให้สอดคล้องกับสภาวะสมดุลของสายพาน ฟันจะเอียงและเคลื่อนออกไปด้านนอกตามแนวรัศมี ดังแสดงในรูปที่ 2.11 นอกจากความผิดปกติของฟันแล้วการขยับฟันยังช่วยให้เกิดการเคลื่อนย้ายระหว่างสายพานกับลูกกลิ้งเพราะฉะนั้นความแข็งของฟันในทางทฤษฎีความแข็งของฟันเพิ่มขึ้นพร้อมกับความตึงของสายพานที่เพิ่มขึ้นบนฟัน ซึ่งส่งผลให้ในทางปฏิบัติสำหรับ Liner actuator เพื่อให้ทำงานภายใต้แรงดึงสูงก่อนเพื่อให้ได้ความแข็งที่สูงขึ้นและด้วยเหตุนี้ความถูกต้องของตำแหน่งที่ดีขึ้น

2.6.8 ตำแหน่งผิดพลาดของสายพานไทม์มิ่งเนื่องจากความยืดหยุ่นของสายพาน

เพื่อหาข้อผิดพลาดเกี่ยวกับตำแหน่งของ Liner actuator ซึ่งเกิดจากแรงภายนอกที่ในกรณีที่ต้องพิจารณาความแข็งของด้านตึงและหย่อนรวมทั้งความแข็งของฟันสายพาน และสายพานตามแนวโค้งของการสัมผัส ตั้งแต่ด้านตึงและหย่อนถือได้ว่าเป็นสปริงที่ทำหน้าที่เป็นแบบขนานความแข็งของพวกเขาเพิ่มเป็นเส้นตรงเพื่อสร้างความแข็งที่เป็นผลลัพธ์ (สปริง) ค่าคงที่ k_r

$$k_r = k_1 + k_2 = c_s . b \frac{L_1 + L_2}{L_1 . L_2} \tag{57}$$

ในตำแหน่งเชิงเส้น รูปที่ 2.12 และ 2.13 ความยาวของด้านแน่นและหย่อนคล้อยและดังนั้นค่าสัมประสิทธ์ของสปริงจะขึ้นอยู่กับตำแหน่งของการเคลื่อนที่ ความแข็งที่เกิดขึ้นแสดงค่าต่ำสุดในตำแหน่งที่มีความแตกต่างระหว่างความยาวด้านตึงและหย่อนต่ำสุด

เพื่อตรวจสอบความแข็งของฟันและสายพานที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในบริเวณฟันในตาข่ายให้สังเกตว่าฟันเข็มขัดมีรูปทรงไม่เรียบสม่ำเสมอและทำหน้าที่เป็นแบบคู่ขนานกับส่วนที่เป็นลวดเสริมแต่ส่วนของสายพานระหว่างพวกเขา เชื่อมต่อกันเป็นชุด การแก้ปัญหามีส่วนเกี่ยวข้องและนอกเหนือจากขอบเขตของบทความนี้ แต่ผลที่ได้จะถูกนำเสนอในรูปที่ 2.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เส้นรอบวงสามารถทำให้เล็กลงได้โดยความแข็งของฟัน k_t รูปที่ 2.14 แสดงให้เห็นว่าความชันของ K_m (แสดงด้วยความลาดเอียงของเส้นโค้ง) ลดลงเมื่อเพิ่มจำนวนฟันในสายพานการกำหนดอัตราส่วน $\frac{k_m}{k_t}$ เป็นเสมือนจำนวนฟันในตาข่าย, z_{mv}, ตรงกับจำนวนที่แท้จริงของฟันในตาข่าย z_m ความแข็งของสายพานและฟันของสายพานที่สัมผัส

$$k_m = z_{mv} . k_t \tag{58}$$

สังเกตว่าจำนวนฟันในตาข่าย, z_{mv} และมีค่าคงที่เท่ากับ 15 สำหรับจำนวนฟันจริงที่มีอยู่ในสายพาน $z_m \geq 15$ ผลที่ตามมาก็คือจำนวนซี่ฟันสูงสุดที่แบกภาระได้เป็น15 ฟันในตำแหน่งเชิงเส้นการแทนที่ของการเคลื่อนที่เนื่องจากความยืดหยุ่นของด้านที่ตึงและหย่อนต้องถูกเพิ่มลงในการเคลื่อนที่เนื่องจากความยืดหยุ่นของสายพานและสายพานในบริเวณฟันในตาข่าย ดังนั้นความแข็งของชุดขับทั้งหมด k ถูกกำหนดโดยสูตรต่อไปนี้

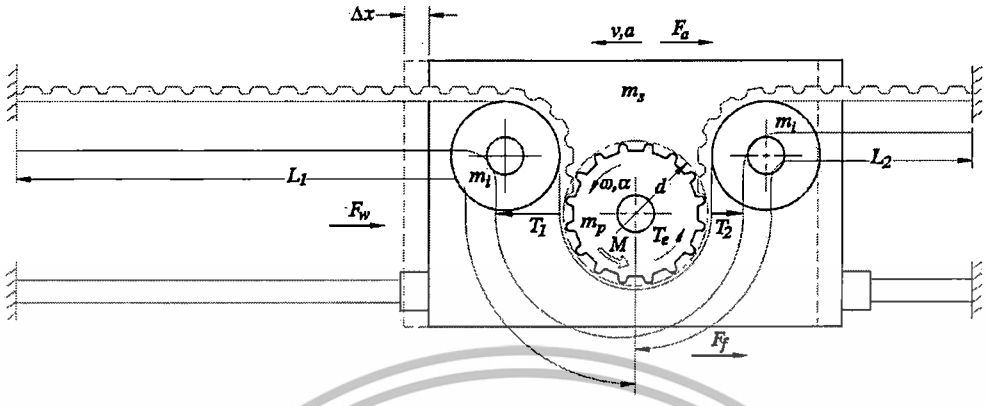
$$\frac{1}{k} = \frac{1}{k_r} + \frac{1}{k_m} \tag{59}$$

ในการขับด้วยพู่เล่ขับ (ไดรฟ์ส่งกำลัง) จะต้องเพิ่ม $\frac{1}{k_{m2}}$ ไปทางขวามือของสมการที่ (58) ควรจะเพิ่มความแข็งของสายพานและสายพานรอบพู่เล่ที่ขับเคลื่อนด้วยข้อผิดพลาดในตำแหน่งคงที่, Δx ของตำแหน่งเชิงเส้นเนื่องจากความยืดหยุ่นของสายพานและฟันจะเป็นสมการ

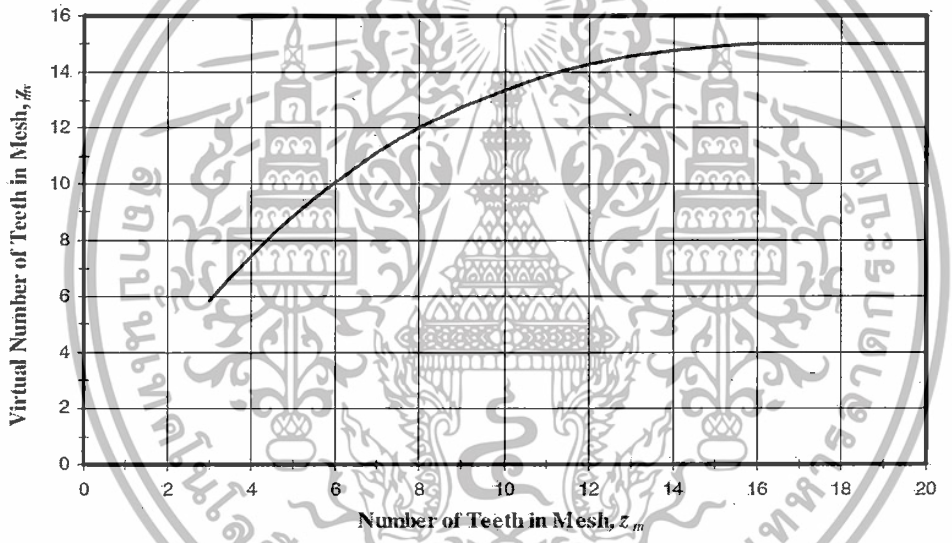
$$\Delta x = \frac{F_{st}}{k} \tag{60}$$

โดยที่ F_{st} เป็นแรงคงที่ (ภายนอก) ที่เหลืออยู่ที่แท่นเลื่อน ในรูปที่ 2.12 ตัวอย่างเช่น F_{st} ประกอบด้วย F_f และ F_w และจะมีความสมดุลโดยการทดสอบความตึงที่มีประสิทธิภาพแบบคงที่ที่พู่เล่ขับ มุมหมุนเพิ่มเติม $\Delta\varphi$ ของพู่เล่ขับที่จำเป็นสำหรับตำแหน่งที่แน่นอนของการเคลื่อนที่คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 ข้อผิดพลาดต่อไปนี้ – ตำแหน่งเชิงเส้นภายใต้สภาวะการโหลดแบบไดนามิก [33]



รูปที่ 2.14 การแก้ไขจำนวนฟันในตาข่าย (จำนวนฟันในตาข่ายเทียบกับจำนวนฟันจริงในตาข่าย) [33]

$$\Delta\varphi = \frac{M}{k_\varphi} = \frac{T_{est}}{\frac{d}{2}.k} \tag{61}$$

แทน Mจากสมการ (13) ในสมการ (61) ความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งเชิงเส้น, k และความตึงของการหมุน, k_φ สามารถหาได้

$$sk_\varphi = \frac{d^2.k}{4} \tag{62}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเห็นได้ว่าการใช้พู่เล่ที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางที่โตขึ้นจะเพิ่มกำลังในการหมุนของชุดขับ แต่ยังเพิ่มแรงบิดบนเพลาของพู่เล่และแรงเฉื่อยของพู่เล่

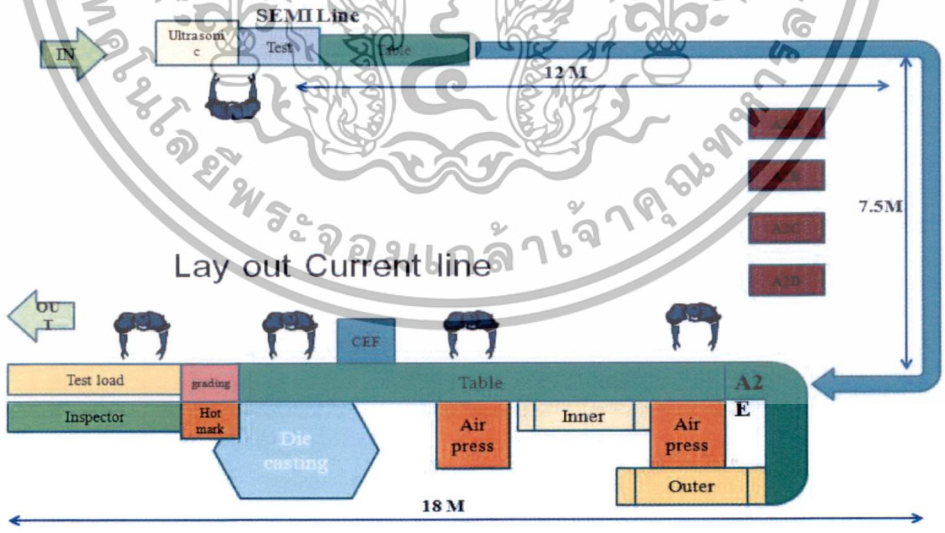
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน

การวิเคราะห์แบบลีน(Lean Analysis)

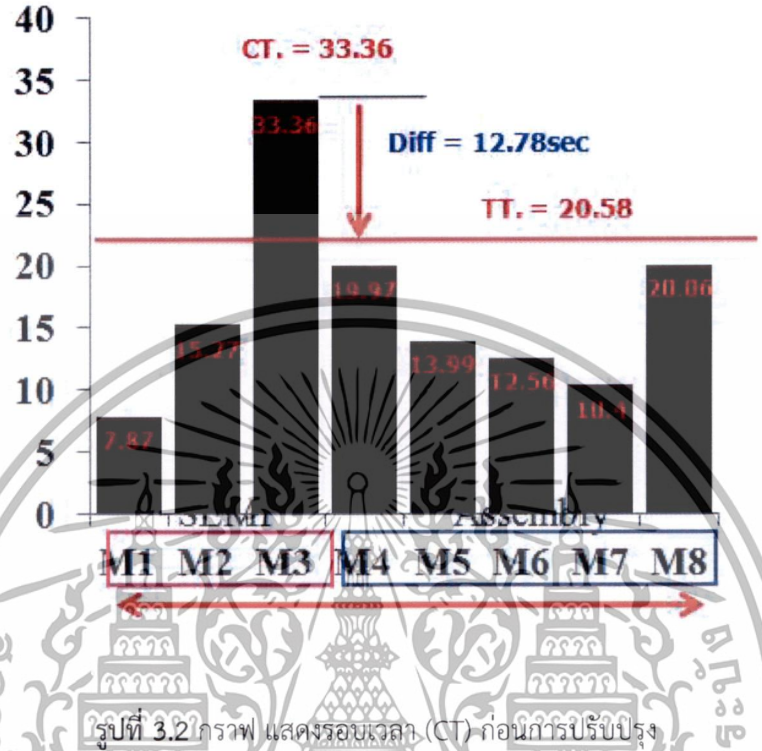
วิธีการทดลองจากกระบวนการสายการผลิตแบบ A ดังรูปที่ 3.1 ด้านล่างนั้น ในกระบวนการผลิตสายเคเบิลแต่ละเส้นออกมาค่อนข้างใช้เวลาในการผลิตนาน เนื่องจากรอบเวลา (Cycle Time) ของสายการผลิตแบบ A สูงถึง 33.36 วินาที ซึ่งอยู่ในส่วนของการเตรียมชิ้นงานเพื่อจะนำไปประกอบชิ้นส่วน (Semi) คือ กระบวนการพันเทปสาย Outer (กระบวนการที่ 3) เป็นการเสร็จสิ้นของการเตรียมชิ้นงานเพื่อนำไปประกอบ ซึ่งจะเกิดการสต๊อกงานไว้เป็นจำนวนมาก จากนั้นจึงจะถูกส่งมาประกอบที่กระบวนการที่ 4 การเซ็ทระยะ Grommet กับสาย Outer โดยความต่างของระยะเวลาในส่วนของการเตรียมชิ้นงานประกอบกับส่วนของการประกอบงานนั้นต่างกันถึง 12.73 วินาที ทำให้การประกอบงานต้องเกิดการรอหรือต้องรอเวลาให้ส่วนของการเตรียมชิ้นงานประกอบทำสต๊อกงานไว้ให้ได้จำนวนมากก่อน จึงจะสามารถนำมาประกอบได้หากรวมเวลาทั้งหมดของขั้นตอนการเตรียมชิ้นงานก่อนการประกอบและขั้นตอนการประกอบงานแล้ว จะใช้เวลาทั้งสิ้น 3 วัน ดังนั้น

จึงทำให้คิดวิธีการปรับปรุงกระบวนการผลิตออกมา เป้าหมายหลักๆก็คือ สามารถลดรอบเวลาของกระบวนการผลิต, กำจัดการรองาน, การประกอบงานจากแบบเดิมครั้งละ 10 เส้น ไปเป็นประกอบแบบทีละ 1 เส้น (One piece flow) และลดจำนวนพนักงานที่ใช้ในกระบวนการผลิตได้ ซึ่งในที่นี้เราจะใช้หลักการวิเคราะห์แบบลีนเข้ามาช่วยในการปรับปรุงกระบวนการผลิต ดังนี้



รูปที่ 3.1 กระบวนการประกอบก่อนการปรับปรุง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 กราฟ แสดงรอบเวลา (CT) ก่อนการปรับปรุง

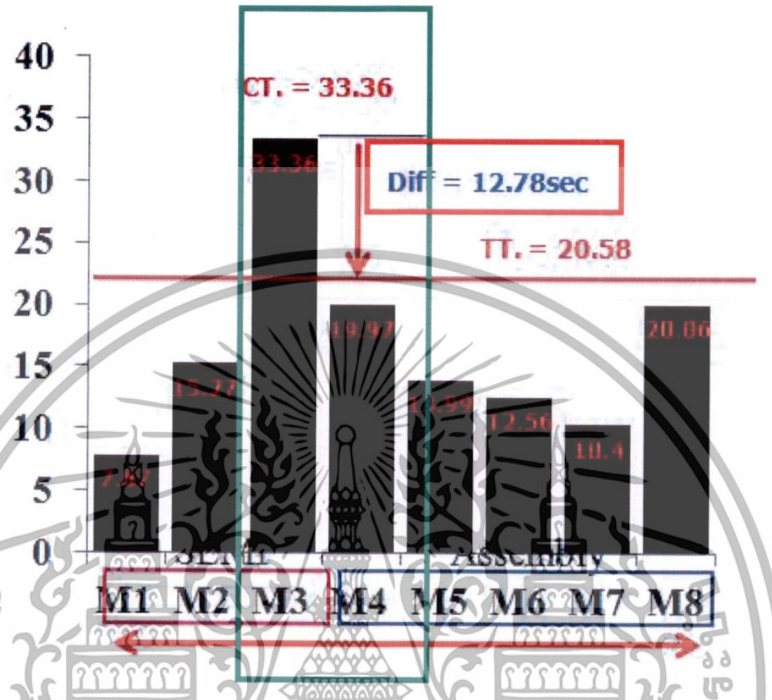
ลีนเป็นหลักการชุดหนึ่งที่ใช้ระบุและกำจัดความสูญเปล่า8 อย่าง (8 Wastes) เพื่อการส่งมอบสินค้าที่ลูกค้าต้องการ และส่งสินค้าได้ทันเวลา โดยประกอบไปด้วย

1. การผลิตมากเกินไป (Overproduction) ในส่วนของการวิเคราะห์แบบลีน ในข้อนี้กระบวนการผลิตแบบเดิม ตามที่ได้กล่าวมาข้างต้น เนื่องจากในส่วนของกระบวนการพันเทปใช้เวลาสูงทำให้เกิดการรองานและเวลาในการผลิตสายเคเบิลแต่ละเส้นต้องใช้เวลานาน จึงทำได้เพียงสามารถผลิตสินค้าส่งได้ทันตามจำนวนสินค้าที่ลูกค้าต้องการ (Forecast) ในแต่ละรอบของการส่งสินค้าแต่ไม่สามารถผลิตได้เพียงพอสำหรับมีสต๊อกสินค้าไว้บางส่วน ตามที่ได้วางแผนไว้ การที่มีสินค้าสต๊อกไว้นั้นจะช่วยทำให้ การผลิตสินค้าในรอบการส่งสินค้ารอบถัดไป ไม่ต้องเร่งการผลิตสินค้ามากจนเกินไป เพราะการเร่งการผลิตสินค้ามากไปนั้นทำให้อาจเกินการประกอบงานที่ไม่สมบูรณ์ได้ แต่ก็ไม่ควรทำการจัดเก็บสต๊อกสินค้ามากจนเกินไปเช่นกัน เนื่องจากจะทำให้เกิดต้นทุนในการจัดเก็บสินค้าเกินความจำเป็น ทำให้เกิดแนวคิดการปรับปรุงกระบวนการผลิตขึ้นมาใหม่เพื่อที่จะสามารถผลิตสินค้าให้ได้ยอดการผลิตตามเป้าหมายและมีสินค้าสต๊อกไว้ตามที่ได้กล่าวมาข้างต้น

2. การรอคอยในการปฏิบัติการ (Waiting) จากที่ได้กล่าวมาข้างต้นนั้น ในส่วนของกระบวนการเตรียมชิ้นงานก่อนการประกอบ (Semi) ในกระบวนการที่ 3 พันเทปสาย Outer นั้นเป็นกระบวนการที่ใช้เวลาในการผลิตมากที่สุด ซึ่งกระบวนการถัดไปจากการพันเทปนั้น เป็นการประกอบงานแล้วทำให้เกิดการรองานที่ค่อนข้างนาน รวมถึงเวลาที่แตกต่างของกระบวนการที่ 4 และกระบวนการที่ 5 ที่มีความต่างกัน 5.98 วินาที และระยะเวลาความต่างของเวลาระหว่างกระบวนการที่ 7 และกระบวนการที่ 8 ที่มีความต่างของเวลาที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่อนข้างมาก ทำให้ต้องหาวิธีการปรับปรุงกระบวนการผลิตให้เวลาในการผลิตแต่ละกระบวนการมีเวลาที่ใกล้เคียงกัน



รูปที่ 3.3 กราฟ รอบเวลาที่เป็นเป้าหมายของการปรับปรุง

3. การขนส่งมากเกินความจำเป็น (Transportation) ในส่วนของการขนส่งที่มากเกินความจำเป็นนั้น การส่งสินค้าให้กับลูกค้าเป็นไปตามรอบที่ลูกค้าต้องการและมีการวางแผนไว้ ไม่มีการขนส่งที่มากเกินไป แต่จะมีการขาดส่งสินค้าในกรณีที่ไม่สามารถผลิตสินค้าได้ตามเป้า ทำให้ต้องเลื่อนรอบการส่งออกไป จนเกิดความเสียหายในเรื่องของค่าปรับและความน่าเชื่อถือจากทางลูกค้าไปในที่สุด

4. การมีขั้นตอนการผลิตมากเกินความจำเป็น (Processing)

ในส่วนของการมีขั้นตอนการผลิตมากเกินความจำเป็นนั้น ในกระบวนการผลิตเดิมมีส่วนของการเตรียมชิ้นงานก่อนการประกอบถึง 3 กระบวนการ และรอบเวลา (Cycle Time) ของสายการผลิตอยู่ที่ขั้นตอนการเตรียมชิ้นงานเพื่อการประกอบนี้ จากการวิเคราะห์และแนวคิดแล้ว ทำให้เกิดความคิดที่จะรวมกระบวนการเตรียมชิ้นงานเพื่อการประกอบ (Semi) เข้ากับกระบวนการประกอบชิ้นงานเข้าด้วยกัน เพื่อเป็นการลดขั้นตอนกระบวนการในการผลิตในน้อยลงและเป็นการลดจำนวนพนักงานที่ใช้ในการประกอบชิ้นงานด้วย

5. การมีสินค้าคงคลังมากเกินความจำเป็น (Inventory)

ในส่วนของการมีสินค้าคงคลังมากเกินความจำเป็นนั้น ในกระบวนการผลิตสายเคเบิล ตามที่ได้กล่าวข้างต้น ว่าสามารถผลิตสินค้าได้เพียงตามจำนวนสินค้าที่ลูกค้าต้องการเท่านั้น ยังไม่สามารถผลิตสินค้าให้ได้ยอดการผลิตตามเป้าหมาย คือ 1.ตามจำนวนสินค้าที่ลูกค้าต้องการ 2.มีสต๊อกสินค้าไว้บางส่วน ซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในขณะนี้ ยังไม่สามารถทำการผลิตในข้อที่ 2 ได้ หรือได้น้อย ไม่สามารถผลิตสินค้าได้มากแต่จะมีสินค้าคงคลังมากในส่วนของการเตรียมชิ้นส่วนก่อนการประกอบ เนื่องจากในกระบวนการการประกอบที่ 3 พันเทปนั้นใช้เวลามากและเป็นรอบเวลา (CycleTime) ของสายการผลิต ทำให้ต้องทำการผลิตชิ้นส่วนก่อนการประกอบไว้ก่อนเป็นจำนวนมาก เพื่อจะได้ไม่เกิดการรองานที่นานมากจนเกินไปเมื่อนำมาทำการประกอบงาน จะมี 2 ทางเลือกในการทำการผลิตคือ 1) ทำการผลิตชิ้นส่วนก่อนการประกอบไว้เป็นจำนวนมากก่อน จากนั้นค่อยนำมาทำการประกอบงาน 2) ทำการผลิตงานในส่วนของการเตรียมชิ้นส่วนก่อนการประกอบและส่วนของการประกอบงานพร้อมๆกัน ซึ่งในวิธีนี้จะทำให้เกิดการค่อนงานที่นานมาก หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า จุดคอขวด ซึ่งมีหลายจุดด้วยกัน

6. การเคลื่อนไหวมากเกินไป (Motion)

1) สำหรับการเคลื่อนไหวที่มากเกินไปนั้น จากสายการผลิตแบบเดิม แบ่งออกเป็น 2 ส่วนในการผลิต อย่างที่ได้กล่าวมาข้างต้น คือ ส่วนของการเตรียมการประกอบชิ้นส่วน และส่วนของการประกอบงาน ซึ่งทำให้ต้องมีการขนย้ายชิ้นส่วนที่เตรียมก่อนการประกอบงาน มายังส่วนที่ทำการประกอบและในส่วนของการประกอบงานนั้น มีการประกอบงานสายเคเบิลแบบรอบละ 10 เส้น โดยมีกระบวนการทำงานที่มีการเคลื่อนไหวมากเกิน ดังนี้

2) ในกระบวนการผลิตที่4 ในอันดับแรกต้องทำการปรับตั้งระยะ Grommet กับสาย Outer ก่อนจากนั้นพนักงานจึงเดินมาปั๊ม Grommet เข้ากับสาย Outer ที่เครื่อง AirHydroPress และต้องขยับตัวมาใส่สาย Inner เข้ากับ Outer ที่เครื่องใส่สาย Inner

3) ในระหว่างกระบวนการผลิตที่7กับกระบวนการผลิตที่8 หลังจากที่กระบวนการที่ 7Stamp P/No. เสร็จ จะมีการนำสายเคเบิลที่ทำการประกอบชิ้นงานเสร็จเรียบร้อยแล้วนำไปทำการตรวจสอบงานนั้น จะต้องทำการเคลื่อนย้ายงานที่ประกอบมาวางไว้ที่ชั้นวางงานก่อน จากนั้น พนักงานตรวจสอบจะนำงานที่ประกอบเรียบร้อยจากชั้นวางไปตรวจเช็คจุดประกอบและความเรียบร้อย

4) ในกระบวนการผลิตที่8การตรวจเช็คสายเคเบิลที่ทำการประกอบเสร็จแล้วนั้นมีการเดินและขยับร่างกายมากจนเกินไป เนื่องจากสายเคเบิลที่ทำการประกอบงานนั้นมีความยาวมากและจะต้องทำการตรวจเช็คงานทั้งสายให้ครบถ้วนตามจุดตรวจเช็ค

นั้นคือ 4 สาเหตุหลักๆ รวมทั้งกระบวนการการเตรียมชิ้นก่อนการประกอบในส่วนของการขนย้ายชิ้นงานมายังกระบวนการประกอบงาน ที่มีการเคลื่อนไหวร่างกายมากจนเกินไป ซึ่งต้องหาหนทางในการแก้ไข เพราะการเคลื่อนไหวที่มากจนเกินไปจะทำให้เสียเวลาในการประกอบงานแต่ละกระบวนการที่มากไป จนเกิดการค่อยงานขึ้น

7. การมีชิ้นงานบกพร่องและของเสีย (Defect)

ในส่วนของการมีชิ้นงานบกพร่องและของเสียนั้น ตามกระบวนการผลิตที่เจอคือ Outer ไม่สามารถป้อนสาย Inner เข้าไปได้ อาจเกิดจากที่ Outer มีการตัน ดังนั้นต้องมีการตรวจสอบและปรับปรุงการผลิตสาย Outer ก่อนที่จะทำมาประกอบงานที่สายการผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 การปรับปรุงสายการผลิตที่ได้จากการวิเคราะห์แบบลีน

ระบบการผลิตแบบลีนเป็นแนวคิดหรือปรัชญาในการบูรณาการวิธีการบ่งชี้และขจัดความสูญเปล่าหรือสิ่งที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มให้แก่กระบวนการและผลิตภัณฑ์โดยอาศัยความต้องการของลูกค้าและการสร้างระบบดึงในกระบวนการเพื่อทำให้เกิดสภาพการไหลอย่างต่อเนื่องของกระบวนการและปรับปรุงกระบวนการอย่างต่อเนื่องเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่กระบวนการและผลิตภัณฑ์อย่างสม่ำเสมอการขจัดความสูญเปล่าในกระบวนการผลิตเป็นเป้าหมายที่สำคัญของระบบการผลิตแบบลีนเนื่องจากความสูญเปล่าเป็นตัวการทำให้เกิดต้นทุนหรือเวลาในการผลิตสินค้าเพิ่มขึ้นซึ่งความสญูเปล่า 8 ประการ (8 wastes) มีดังนี้

1.การผลิตมากเกินไป (Overproduction)

2.การรอคอยในการปฏิบัติการ (Waiting)

3.การขนส่งมากเกินความจำเป็น (Transportation)

4.การมีขั้นตอนการผลิตมากเกินความจำเป็น (Processing)

5.การมีสินค้าคงคลังมากเกินความจำเป็น (Inventory)

6.การเคลื่อนไหวมากเกินไป (Motion)

7.การมีชิ้นงานบกพร่องและของเสีย (Defect)

8. การใช้ทรัพยากรบุคลไม่เต็มประสิทธิภาพ

แนวคิดแบบลีนมีหลักการดังนี้

1. ทำการวางแผน Line Balance โดยรวมกระบวนการเตรียมชิ้นงานก่อนการประกอบเข้ากับกระบวนการประกอบงาน เพื่อเป็นการลดของเสียตามหลักการของการวิเคราะห์แบบลีนและหากมีการทำ Line Balance แล้วโดยที่ระยะเวลาที่ใช้ในแต่ละกระบวนการต่างๆ มีความต่างกันไม่มาก มีความสมดุลของสายการผลิตมากขึ้น ลดการรอคอยงานลง จะทำให้การผลิตสินค้าของสายการผลิตเป็นไปตามแผนการผลิตที่วางไว้ได้

2. ทำการรวมเครื่องจักรที่มีกรรมวิธีที่ใกล้เคียงกันหรือเป็นเครื่องจักรที่เราคิดว่าหากนำมาทำงานกระบวนการต่อกันแล้วจะทำให้ง่ายต่อการประกอบงานมากขึ้น

3. ทดลองวางขั้นตอนกระบวนการประกอบงานใหม่ โดยอาจจะทำการสลับกระบวนการบางกระบวนการ ก่อน-หลัง ดูตามความเหมาะสมและทำให้เวลาที่ใช้ในกระบวนการประกอบงานมีความกระชับมากขึ้น ลดการเคลื่อนไหวให้มีการเคลื่อนไหวน้อยที่สุด เพื่อความสมูทของการประกอบงานและลดเวลาสูญเปล่าลง

4. ระบุคุณค่าของสินค้า (Specified Value) และบริการในมุมมองของลูกค้าคนสุดท้ายให้ถูกต้อง

5. การระบุสายธารคุณค่า (Value Stream) ของผลิตภัณฑ์ในทุกขั้นตอนของการดำเนินการผลิตเช่น การรับคำสั่งซื้อการวางแผนการผลิตสินค้าเป็นต้นเพื่อดูกระบวนการใดที่ไม่เพิ่มมลูค่าและเป็นความสญูเปล่า

6. การสร้างการไหลของกระบวนการอย่างต่อเนื่อง (Flow) ไม่ให้กระบวนการหยุดรอกระบวนก่อนหน้า

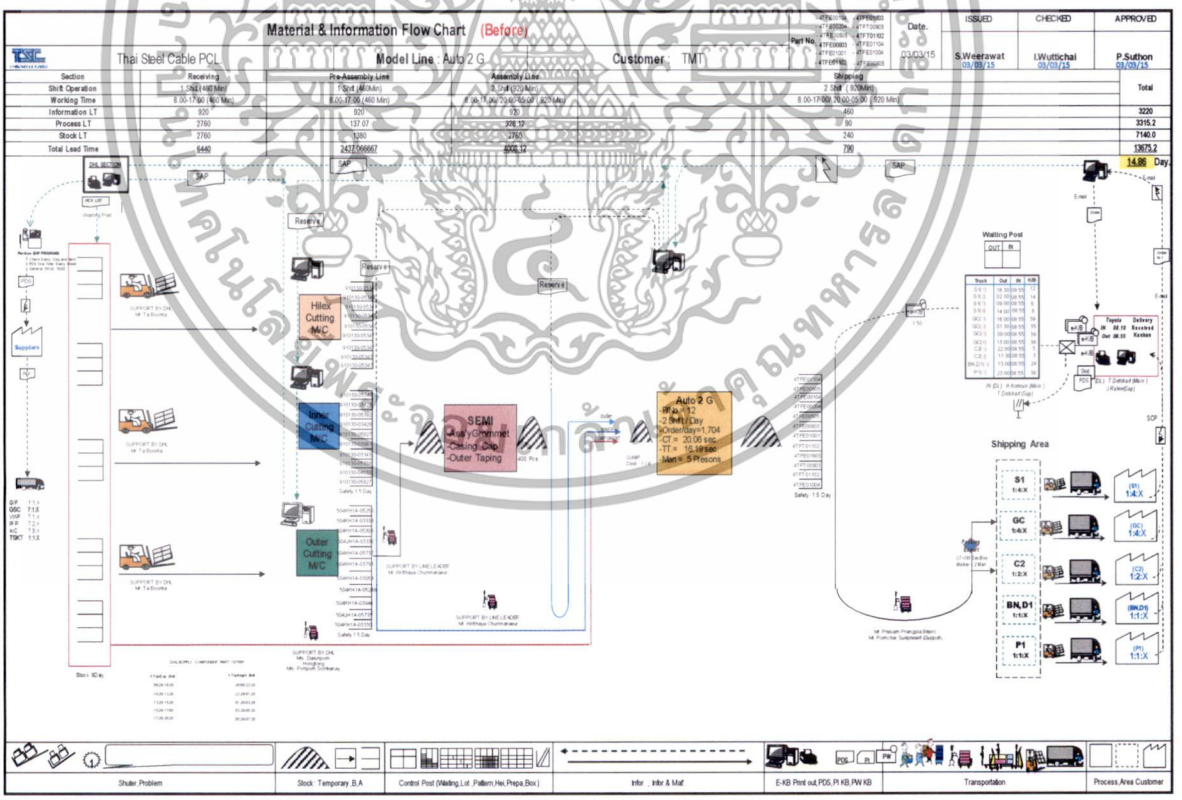
7. การใช้ระบบดึง (Pull) โดยใช้หลักของการความต้องการของลูกค้าเป็นหลักคือทำเฉพาะสิ่งที่ลูกค้าต้องการตามที่ต้องการและภายในเวลาที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. ความสมบูรณ์แบบ (Perfection) คือการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องเพื่อขจัดความสญเปล่าที่ยังซ่อนเร้นอยู่

3.2 สำรวจสภาพปัจจุบันของสายการผลิต

ในขั้นตอนนี้จะทำการศึกษาแหล่งที่มาของความสูญเปล่าทั้ง 7 ประการที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตโดยการใช้ผังการไหลของกระบวนการทั้งหมดเพื่อให้ทราบว่ากระบวนการทั้งหมดที่เราสนใจนั้นมีปัญหาที่ใดจุดคอขวดอยู่ที่ใดประสิทธิภาพของเครื่องจักรเป็นอย่างไรจากนั้นศึกษาอย่างละเอียดในแต่ละขั้นตอนโดยใช้แผนผังการไหลของแต่ละกระบวนการและศึกษาข้อมูลของข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตเพื่อลดความสูญเปล่าจากการข้อบกพร่องในกระบวนการผลิตจากการข้อมูลที่ได้ทำการศึกษากระบวนการผลิตสายเคเบิลควบคุมยานยนต์เพื่อทำการวิเคราะห์ขั้นตอนการทำงานทั้งหมดของกระบวนการผลิตโดยพิจารณาในแต่ละขั้นตอนการผลิตทำให้พบว่าเวลานำที่ ใช้ในการผลิต 14.86 วันเนื่องจากมีการเก็บสินค้าคงคลังในแต่ละกระบวนการเป็นจำนวนมาก และ รอบเวลาในการผลิต (Cycle Time) ในแต่ละกระบวนการไม่สมดุลกัน โดยที่ในบางกระบวนการแตกต่างกันถึง 76.4% ในกระบวนการที่มากที่สุดและน้อยที่สุดและมีของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการ ประมาณ 100 PPM ซึ่งทำให้การทำงานมีประสิทธิภาพต่ำ



รูปที่ 3.4 ผังการไหลของกระบวนการในปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากที่ได้ทำการศึกษาผังการไหลของกระบวนการสายการผลิตแล้วในรูปที่ 3.4 จากนั้นทำการจับเวลาของสายการผลิตและจัดทำตารางเวลามาตรฐานในการผลิตทั้งในขั้นตอนการเตรียมชิ้นส่วนก่อนการประกอบงาน (Semi) และในขั้นตอนการประกอบงาน (Assembly) โดยพยายามจับเวลาและขั้นตอนการทำงานในแต่ละขั้นตอน ให้ละเอียดมากที่สุด เพื่อที่จะนำตารางเวลามาตรฐานในการผลิตนั้นมาศึกษาและดูถึงความสูญเปล่าจากข้อบกพร่องในกระบวนการผลิตจากการข้อมูลที่ได้ทำการศึกษากระบวนการผลิตสายเคเบิลควบคุมยานยนต์ เพื่อในในการทำ Line Balance ต่อไป ซึ่งตารางเวลามาตรฐานในการผลิตของกระบวนการผลิตมีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 แสดง Standard Time on process

Standard Time on process		
Product Group : Semi Line A		
No.	Process	Sec
1	หยิบ Grommet	0.85
2	หยิบ Protector	0.85
3	หยิบ Fuel Casing Cap	0.96
4	หยิบ Mold Outer / สายเคเบิล	1.02
5	หยิบ Casing Cap	0.85
6	หยิบ Inner	0.95
7	ประกอบ Grommet	1.85
8	ประกอบ Protector (Foam)	1.85
9	ประกอบ Protector (PVC)	1.02
9	ประกอบ Fuel Casing Cap	0.65
10	ประกอบ Inner	0.89
11	ประกอบ Casing Cap	1.47
12	วาง Fuel Casing Cap ลงบน Jig	0.85
13	Ultra FUEL Casing Cap	1.28
14	หยิบ Mold Outer ออก Jig Ultra	0.78
15	วาง Mold Outer เข้าเครื่อง Test	0.68
16	Test แรงดึงที่ FUEL Casing Cap	1.85
17	เรียง Mold Outer เข้ากับ Jig พันเทป	4.60
18	ดึงเทป&ติด Outer (ผ่านร่อง Jig พันเทป)	0.79
19	ตัดเทป	0.87
20	พันเทป	1.52
21	หยอดกาวเหลือง& Set ระยะ Protector	7.25
22	หยอดกาวร้อน& Set ระยะ Protector	5.33
23	หยิบ Mold Outer ออก Jig พันเทป	2.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 แสดง Standard Time on process

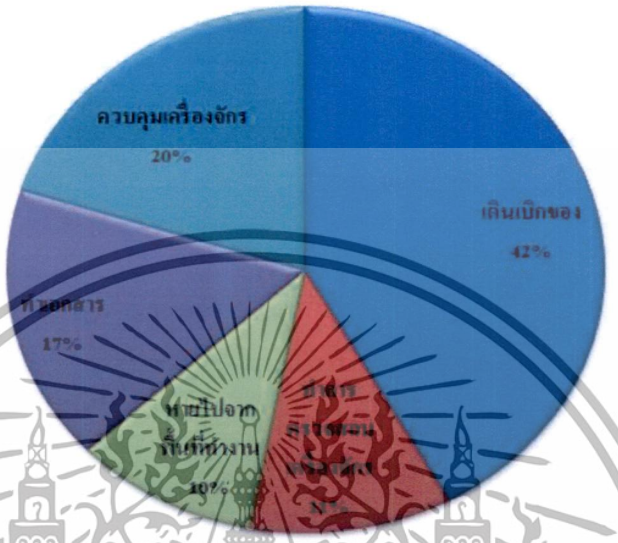
Standard Time on process		
Product Group : Assembly Line A		
No.	Process	Sec
1	ประกอบ Grommet เข้ากับ Jig Set length	1.25
2	Set length Grommet(100 mm. - 500 mm.)	1.56
3	Set length Grommet (500 mm. - 1000 mm.)	2.47
4	Set length Grommet (1000 mm. - 1500 mm.)	3.54
5	Set length Grommet (> 1500 mm.)	4.55
6	ประกอบ Inner เข้ากับ Outer Man	0.85
7	ประกอบ Inner เข้ากับ Outer M/C+ Man (Inner ยาว 2000 - 3000 mm.)	3.58
8	ประกอบ Inner เข้ากับ Outer M/C+ Man (Inner ยาว 3000 - 4000 mm.)	4.15
9	ประกอบ Inner เข้ากับ Outer M/C+ Man (Inner ยาว 4000 - 5000 mm.)	5.52
10	ประกอบ Inner เข้ากับ Outer M/C+ Man (Inner ยาว 5000 - 6000 mm.)	6.58
11	ประกอบ Inner เข้ากับ Outer M/C+ Man (Inner ยาว> 6000 mm.)	7.88
12	ขยับ Clamp ให้อยู่กึ่งกลางของ Grommet	1.48
13	วาง Grommet เข้ากับ Die Staking	0.85
14	ปั๊ม Grommet ครั้งที่ 1	1.02
15	ปั๊ม Grommet ครั้งที่ 2	0.76
16	ประกอบ Casing Cap เข้ากับ Outer	1.35
17	วาง Casing Cap ลงบน Die Staking &เข้ากับแกนเหล็ก	1.38
18	ปั๊ม Casing Cap	1.02
19	สบัดInner ให้โผล่ออกมาจาก Outer	0.31
20	จับ Inner เข้ากับเครื่อง CEF	0.79
21	ตัดและบาน Inner	1.66
22	วาง Inner เข้ากับ Mold ฉีด	3.15
23	ฉีดหัว T-End ด้วยเครื่อง Die Cast	3.22
24	หยิบสายเคเบิลออกจากเครื่อง Die Cast	0.85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

No.	Process	Sec
25	วาง หัว T-End เข้ากับร่องของ Trimming	2.10
26	ทำการ Trimming	1.15
27	หยิบชิ้นงานออกจาก Die Trimming	0.89
28	Stamp P/No.	1.25
29	หยิบ Spring & Lock Pin	1.23
30	ประกอบ Spring และ Lock Pin เข้ากับ Inner	1.41
31	วาง Spring และ Lock Pin ลงบน Jig ใส่จาระบี	0.89
32	ใส่จาระบี (M/C)	0.42
33	หยิบ Fuel Case + ประกอบและล็อกFuel Case เข้ากับสายเคเบิล	1.85
34	ปั่นห้วT-End	2.05
35	เลื่อนสายเคเบิลไปบนราง	0.75
36	เช็คระยะ A+B (M/C)	1.58
37	ห่อด้วยถุงพลาสติก, ติด Tag	3.44
38	บรรจุลงกล่อง	5.30

จากนั้นจึงทำการสรุปถึงความสูญเปล่าจากข้อบกพร่องในกระบวนการผลิตว่ามาจากสิ่งใดและในส่วนใดบ้างและมีปัจจัยอื่นได้อีกหรือไม่ ที่มีผลกับการทำงาน เช่น ความสูญเปล่าของเวลาที่เกิดจากคนเดินไปเบิกชิ้นงาน, เติมชิ้นงานหรือการปรับตั้งเครื่องมือว่าต้องใช้เวลามากน้อยเพียงใด เป็นต้น เพื่อที่เราจะได้ทำการเข้าไปแก้ไข ปรับปรุงในส่วนนั้นได้อย่างถูกจุดและมีประสิทธิภาพสูงสุด อาจจะทำการสรุปความสูญเปล่าจากข้อบกพร่องเป็นในรูปแบบของแผนภูมิ เพื่อที่จะได้ง่ายต่อความเข้าใจ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



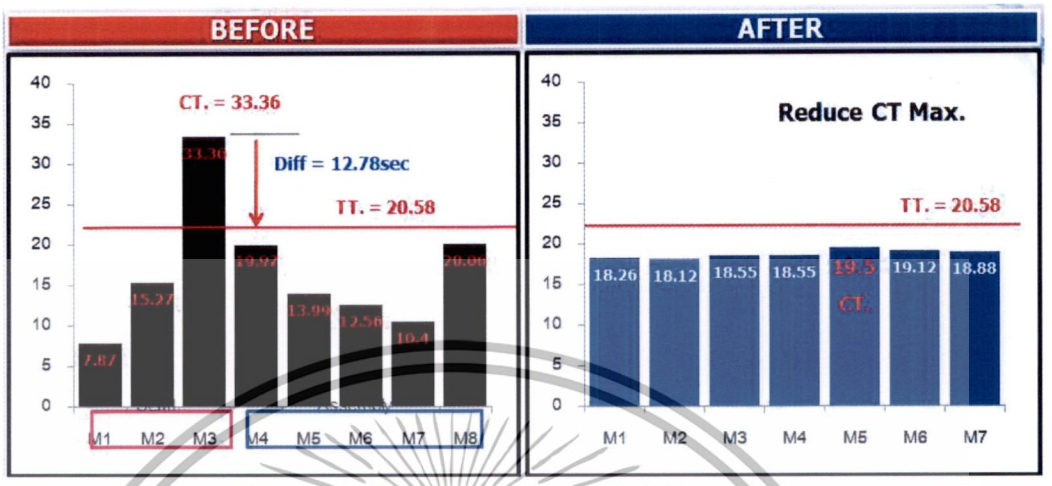
รูปที่ 3.5 แสดงผลลัพธ์ของการสุ่มงาน

หลังจากที่เราทำการสำรวจสภาพปัจจุบันของสายการผลิตไปแล้วนั้น จนได้ผลสรุปว่ามีความสูญเปล่าจากข้อบกพร่องในส่วนใดบ้างแล้วนั้น จากนั้นเราจะทำการวิเคราะห์กระบวนการและทำการปรับปรุงกระบวนการต่อไป

3.3 การวิเคราะห์กระบวนการ และการปรับปรุงกระบวนการ

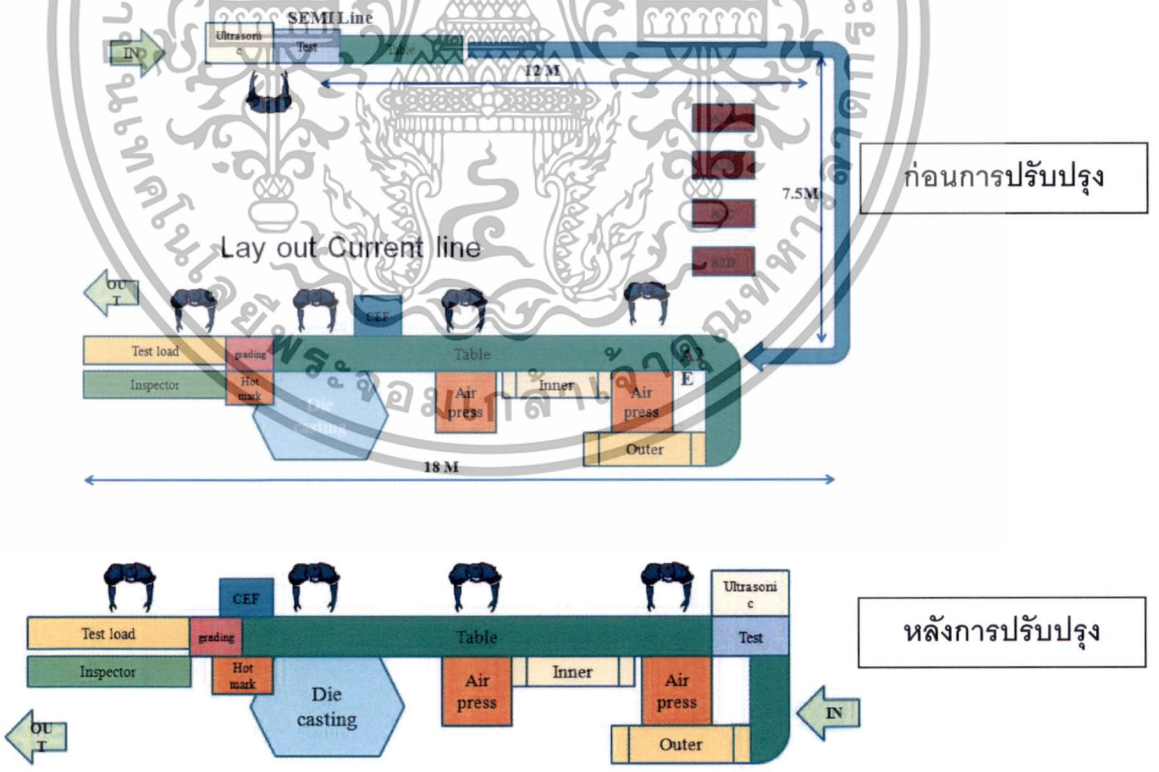
จากการศึกษาและการสำรวจสภาพปัจจุบันของสายการผลิต ทำให้พบว่าการลดความสูญเปล่าจากสินค้าคงคลัง และกระบวนการที่เป็นคอขวดจากการที่ได้ทำการสำรวจกระบวนการพบว่ากระบวนการมีสินค้าคงคลังระหว่างกระบวนการในส่วนของกระบวนการอยู่ที่ 3 วันทำงานซึ่งจะเป็นสินค้าคงคลังในส่วนของกระบวนการ(WIP) จัดเตรียมชิ้นส่วน 2 วันทำงานและ กระบวนการประกอบ 1 วันทำงาน จึงได้ทำการปรับปรุงกระบวนการโดยการ ทำ Line Balance ในกระบวนการและทำการรวบรวมกระบวนการจัดเตรียมชิ้นส่วนและการประกอบให้เป็นกระบวนการเดียวกัน และทำการปรับปรุงการไหลของงานจากครั้งละ 10 ชิ้นไปเป็นการไหลแบบการไหลทีละชิ้นเพื่อทำการลดสินค้าคงคลังในกระบวนการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 แสดง Cycle time ก่อน และ หลังการปรับปรุงกระบวนการ

จากการปรับปรุงกระบวนการสามารถลดสินค้าคงคลังระหว่างกระบวนการได้ลงทั้งหมด เป็น ศูนย์ วันและการไหลของงานเป็นแบบการไหลทีละชิ้นจากการไหลทีละ 10 ชิ้น

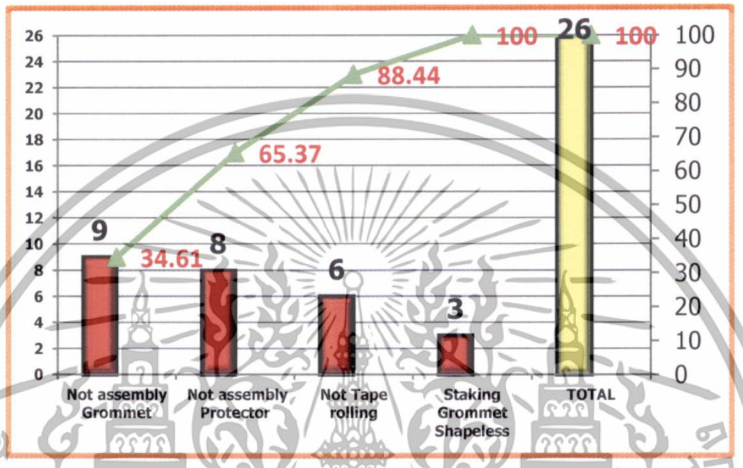


รูปที่ 3.7 แสดงสายการผลิตก่อนและหลังการปรับปรุง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การลดของเสียจากการผลิต

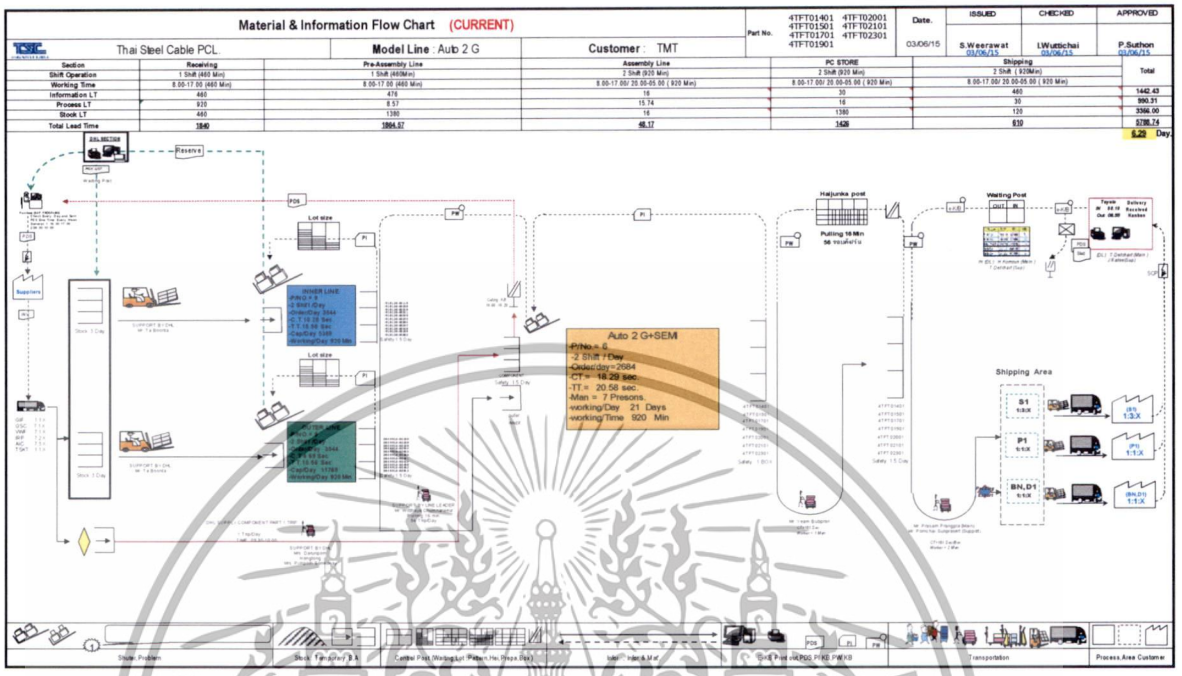
จากการตรวจสอบประวัติการผลิตย้อนหลัง1 ปี พบว่าในกระบวนการผลิตจะมีของเสียอยู่ประมาณ 100 PPM ซึ่งของเสียทั้งหมดจะเกิดจากการที่พนักงานลืมทำการประกอบเนื่องจากกระบวนการให้ทำการประกอบครั้งละ 10 ชิ้น



รูปที่ 3.8 ของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการย้อนหลัง 1 ปี

จากการวิเคราะห์เกิดจากกระบวนการที่มีสินค้าคงคลังระหว่างกระบวนการและไม่มีจุดที่ทำการตรวจสอบขั้นตอนการทำงานของพนักงาน จึงทำการปรับปรุงโดยการออกแบบกระบวนการเป็นการไหลทีละชิ้นและทำการออกแบบอุปกรณ์ป้องกันความผิดพลาด (POKAYOKE) เพื่อที่จะทำการป้องกันการลืมของพนักงานในทุกกระบวนการจากการปรับปรุงสามารถลดของเสียที่เกิดจากการลืมของพนักงานได้ทั้งหมดทำให้ของเสียเป็น 0จากการศึกษาสามารถทำการปรับปรุงกระบวนการผลิตให้มีประสิทธิภาพดีขึ้นและทำการเขียนผังการไหลของกระบวนการเพื่อทำการเปรียบเทียบผลการปรับปรุง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

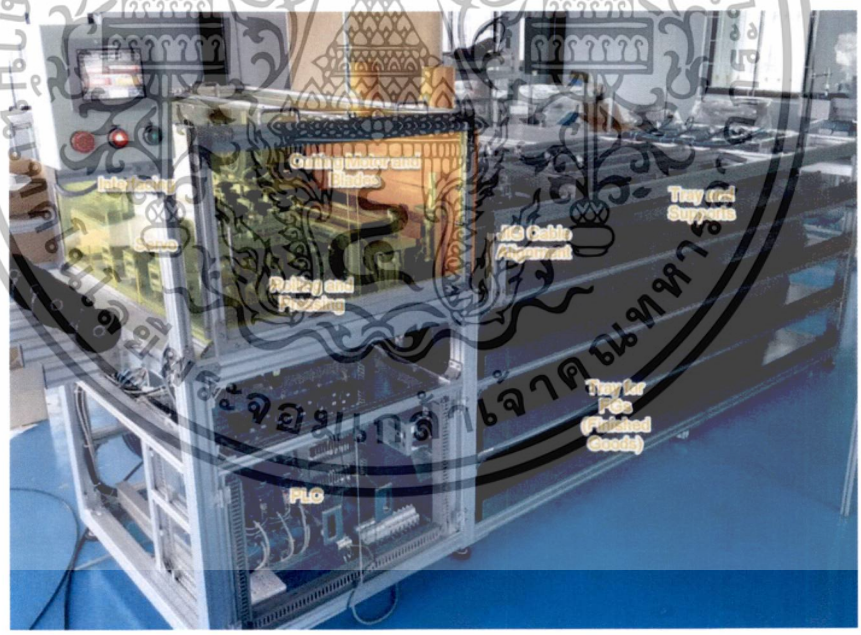


รูปที่ 3.9 ผังการไหลของกระบวนการหลังทำการปรับปรุง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
เครื่องตัดสายเคเบิลในรถยนต์ความแม่นยำสูง
(High precision cutting machine for automotive cable manufacturing)

จากการปรับปรุงกระบวนการผลิตด้วยวิธีการปรับปรุงตามระบบลีน พบว่าอีกปัญหาที่เกิดขึ้นจะเป็นในกระบวนการเตรียมการผลิต ซึ่งเครื่องจักรที่ใช้มีความแม่นยำต่ำทำให้ไม่สามารถปรับปรุงบางขั้นตอนที่เป็นความสูญเสียลงได้ ในกระบวนการตัดความยาว A+B ของเคเบิลซึ่งทำให้การผลิตจะต้องสูญเสียทั้ง สายสลิงด้านใน และจะต้องเพิ่มกระบวนการตัดในกระบวนการประกอบด้วยการออกแบบเครื่องตัดจะทำการออกแบบให้มีการควบคุมการทำงานของเครื่องจักรด้วยPLC (Programmable Logic Control) โดยตัวควบคุมจะป้อนสัญญาณพัลส์จากเซอร์โวจากนั้นจะคำนวนคำสั่งการขับเคลื่อนไปยังอินเวอร์เตอร์ขับเคลื่อน บล็อกไดอะแกรมการทำงานของเครื่องนี้แสดงในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 เครื่องตัดOuter แบบสี่หัวและส่วนประกอบต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนประกอบต่างๆและหน้าที่แสดงได้ดังนี้

ก. ส่วน Interfacing ทำหน้าที่ตั้งค่าและเชื่อมต่อกับคนผ่านหน้าจอสัมผัส (Touch Screen)

ข. ส่วนของ Servo ที่มี Encoder ติดตั้งอิสระ ทำหน้าที่เป็นต้นกำลังและควบคุมตำแหน่ง

ค. ส่วนของลูกกลิ้ง และ ชุดกดสายทำหน้าที่ในการกดสายและตั้งค่าการกดสาย

ง. PLC ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของเครื่องจักรโดยแยกอิสระต่อกัน

จ. Cutting Motor and Blades ทำหน้าที่เป็นมอเตอร์ตัดสายและใบตัดในการตัด

ฉ. JIG Cable and alignment ทำหน้าที่เป็นตัวจับสายและวางตำแหน่ง

ช. Tray and Support ทำหน้าที่เป็นรางและเป็นตัวปล่อยลงสู่รางข้างล่าง

ซ. Tray FGs ทำหน้าที่เป็นรางสำหรับเคลื่อนที่งานที่ตัดแล้วไปยังส่วนต่อไปของกระบวนการผลิต

ขั้นตอนการทำงานของเครื่องกำหนดเป็นขั้นตอนและรูปประกอบได้ดังนี้

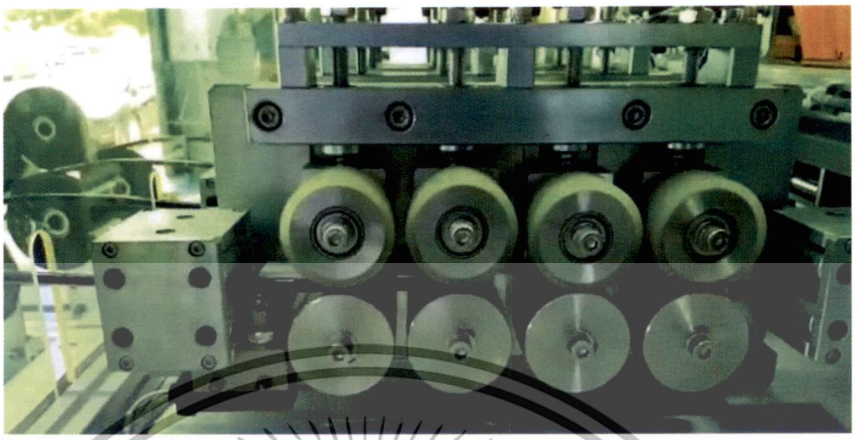
1. เริ่มต้นการป้อนและใส่สายจากม้วนสายเข้าชุดจับยึดสาย มีปุ่มกด JOG FEED OUTER ใช้สาหรับในการป้อนสายทีละน้อย

รูปที่ 4.2 จุดป้อนสายเข้ายังลูกกลิ้งและชุดยึดสาย

ข. ชุดจับสายด้านหน้าล็อกสาย มีชุดลูกกลิ้งที่ตั้งน้ำหนักการกดไว้ล่วงหน้า

รูปที่ 4.3 จุดจับยึดสายป้อนสาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 ลูกกลิ้งกดสาย

ค. ป้อนตำแหน่งโปรแกรมสาย (สามารถป้อนไว้ล่วงหน้าได้ 10 ความยาว) กด OPERATE และกด START ที่อยู่ด้านใน

ปุ่มกดสำหรับใช้งานนี้มีสี่ปุ่มกดด้วยกันได้แก่

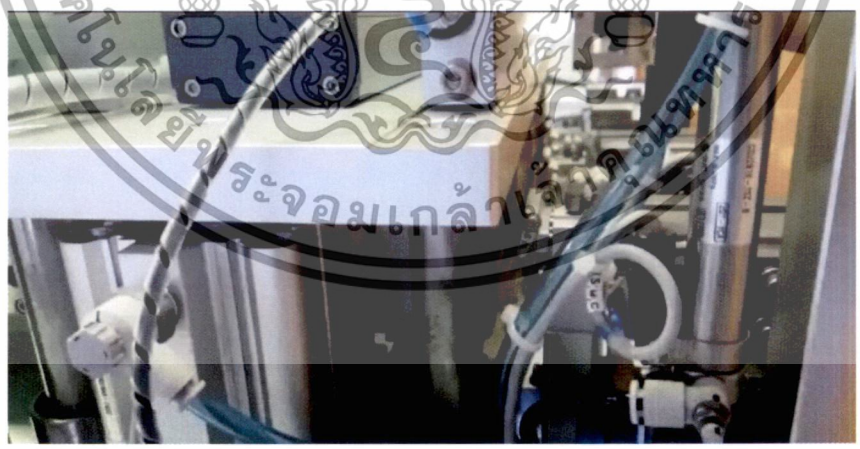
ปุ่มกด SETTING ใช้สำหรับตั้งค่าเช่น จำนวนความยาวต่อพัลส์ ตั้งค่าระบบขับเคลื่อน ฯลฯ

ปุ่มกด CHANGE FIBER ใช้สำหรับตั้งค่า FIBER ที่มีการกำหนดค่าโปรแกรมความยาวมาก่อนหน้านี้แล้ว

ปุ่มกด JOG FEED OUTER ใช้สำหรับในการป้อนสายทีละน้อย

ปุ่มกด OPERATE ใช้ในการสั่งการทำงานเครื่อง

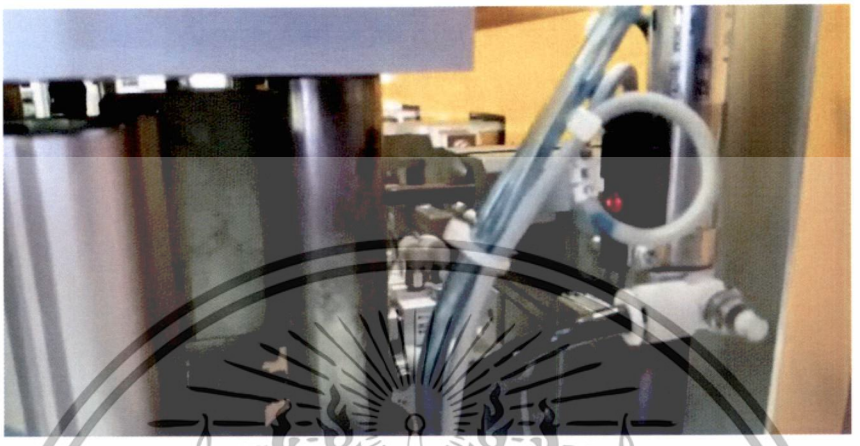
ง. เซอร์โวทำงานขับเคลื่อนให้ปลายสายไปชนกับตำแหน่งของสวิตช์วัดตำแหน่งระยะศูนย์



รูปที่ 4.5 การทำงานขับเคลื่อนหาตำแหน่งระยะศูนย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จ. หมุนป้อนสายไปยังตำแหน่งพัลส์ที่คำนวณไว้

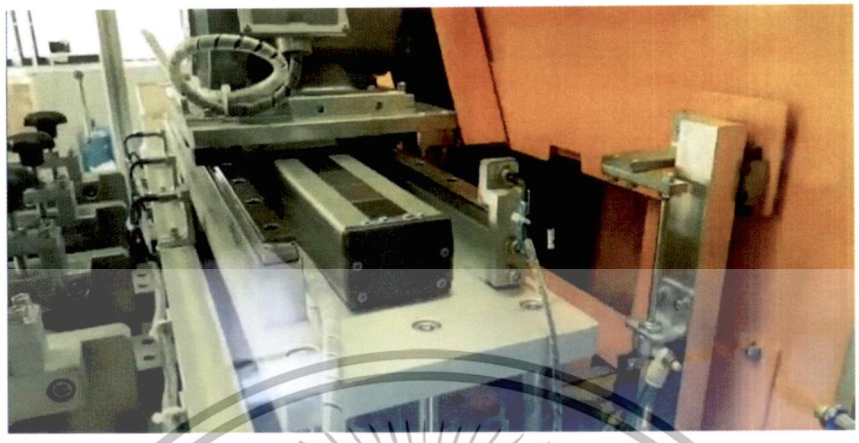


รูปที่ 4.6 การป้อนสายเข้าระบบเครื่องตัดตามระยะทางที่กำหนด

ฉ. เมื่อได้ระยะทางที่กำหนด ตัดตัดสายที่ติดตั้งบนลิเนียร์เซอร์โวอีกชุดจะเคลื่อนที่ลงมาตัด

(ก) ขณะลงมาตัด

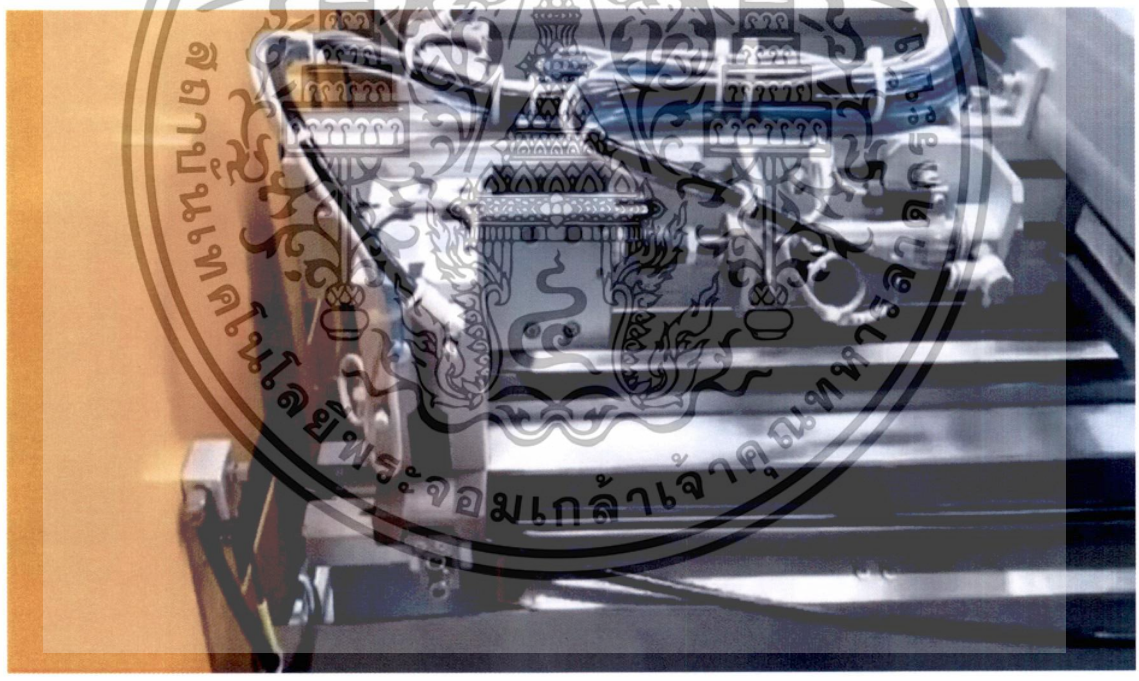
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ข) ขณะกลับสู่ตำแหน่งเดิม

รูปที่ 4.7 ระบบตัดสายและการทำงาน (ก) ขณะตัดลงมา (ข) ขณะกลับสู่ตำแหน่งเดิม

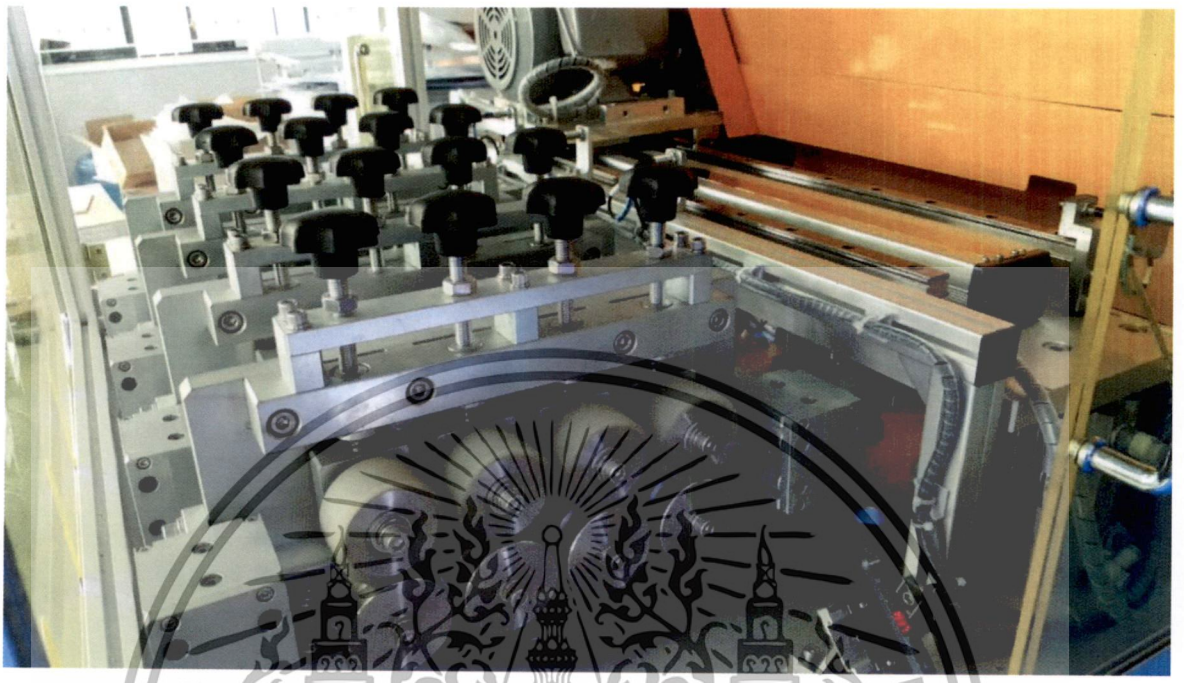
ช. เมื่อตัดสายเสร็จแล้วจะปล่อยสายลงรางใต้เครื่อง



รูปที่ 4.8 รูปตำแหน่งการปล่อยสายหลังจากการตัด

ซ. เริ่มต้นข้อ ง ใหม่อีกครั้งจนกว่าจะครบตำแหน่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 ภาพโดยรวมของชุดตัด ของเครื่องตัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
ผลการทดลอง

จากการทดลองการวิเคราะห์แบบ ลีน เป็นหลักการชุดหนึ่งที่ใช้ระบุและกำจัดความสูญเปล่า 8 ประการ (8 Waste) เพื่อการส่งมอบสินค้าที่ลูกค้าต้องการ และส่งสินค้าได้ทันเวลานั้น ทำให้เราได้ทำการสำรวจสายการผลิตและกระบวนการในการผลิตออกมา ทำการวิเคราะห์และปรับปรุง ด้วยวิธี ดังนี้

1. ทำการวางแผน Line Balance โดยรวมกระบวนการเตรียมชิ้นงานก่อนการประกอบเข้ากับกระบวนการประกอบงาน เพื่อเป็นการลดของเสียตามหลักการของการวิเคราะห์แบบลีน

2. ทำการรวมเครื่องจักรที่มีกรรมวิธีที่ใกล้เคียงกัน

3. ทดลองวางขั้นตอนกระบวนการประกอบงานใหม่ โดยอาจจะทำการสลับกระบวนการบางกระบวนการ ก่อน-หลัง ดูตามความเหมาะสมและทำให้เวลาที่ใช้ในกระบวนการประกอบงานมีความกระชับมากขึ้น ลดการเคลื่อนไหวให้มีการเคลื่อนไหวน้อยที่สุด

4. ระบุคุณค่าของสินค้า (Specified Value) และบริการในมุมมองของลูกค้าคนสุดท้ายให้ถูกต้อง

5. การระบุสายธารคุณค่า (Value Stream) ของผลิตภัณฑ์ในทุกขั้นตอนของการดำเนินการผลิต

6. การสร้างการไหลของกระบวนการอย่างต่อเนื่อง (Flow)

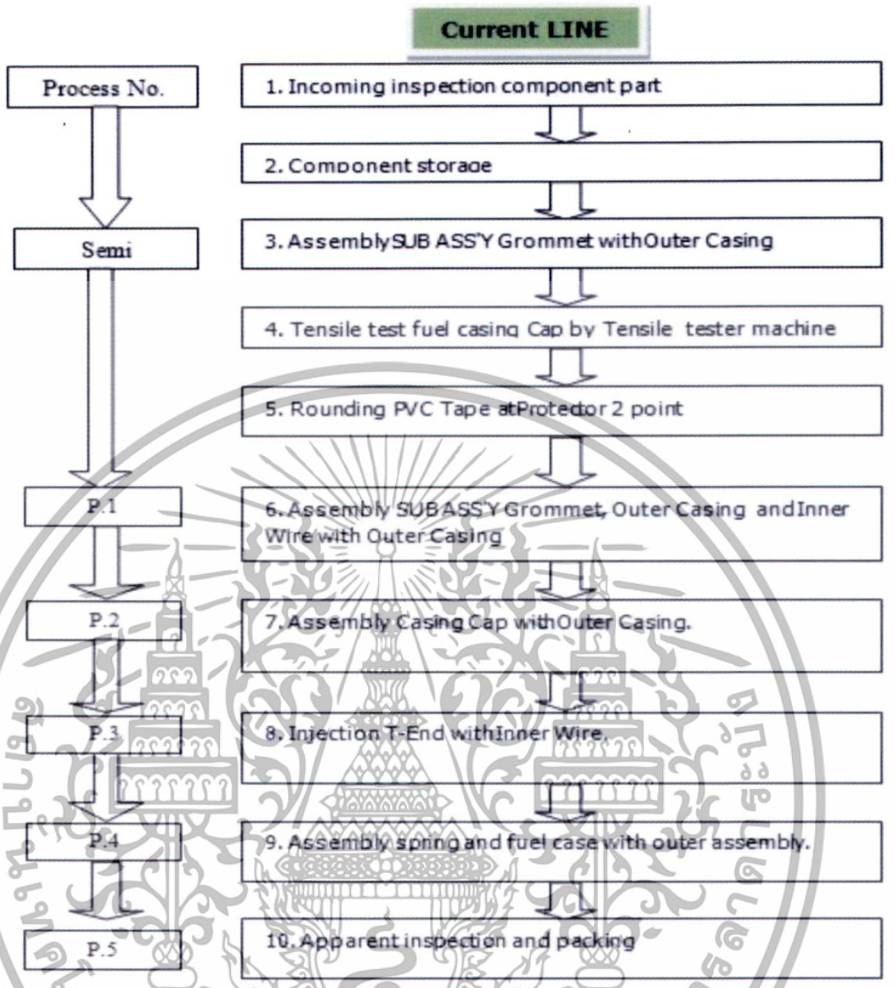
7. การใช้ระบบดึง (Pull) โดยใช้หลักของการความต้องการของลูกค้าเป็นหลักคือทำเฉพาะสิ่งที่ลูกค้าต้องการตามที่ต้องการและภายในเวลาที่ต้องการ

8. ความสมบูรณ์แบบ (Perfection) คือการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องเพื่อขจัดความสูญเปล่าที่ยังซ่อนเร้นอยู่

จนได้กระบวนการผลิตที่ได้จากการสังเกต ปรับปรุงออกมา ซึ่งทำให้กระบวนการผลิตมีประสิทธิภาพมากขึ้นกว่าเดิม สามารถลดการรอคอยงานระหว่างกระบวนการผลิต ไม่ต้องทำการเตรียมชิ้นงานก่อนการประกอบ ซึ่งจากเดิมต้องใช้ระยะเวลา 2 วัน เพราะเราได้รวมขั้นตอนการเตรียมชิ้นงานก่อนการประกอบเข้ากับกระบวนการการประกอบชิ้นงานแล้ว ทำให้สามารถผลิตงานได้และเสร็จสิ้นทันทีในเวลา 1 วัน

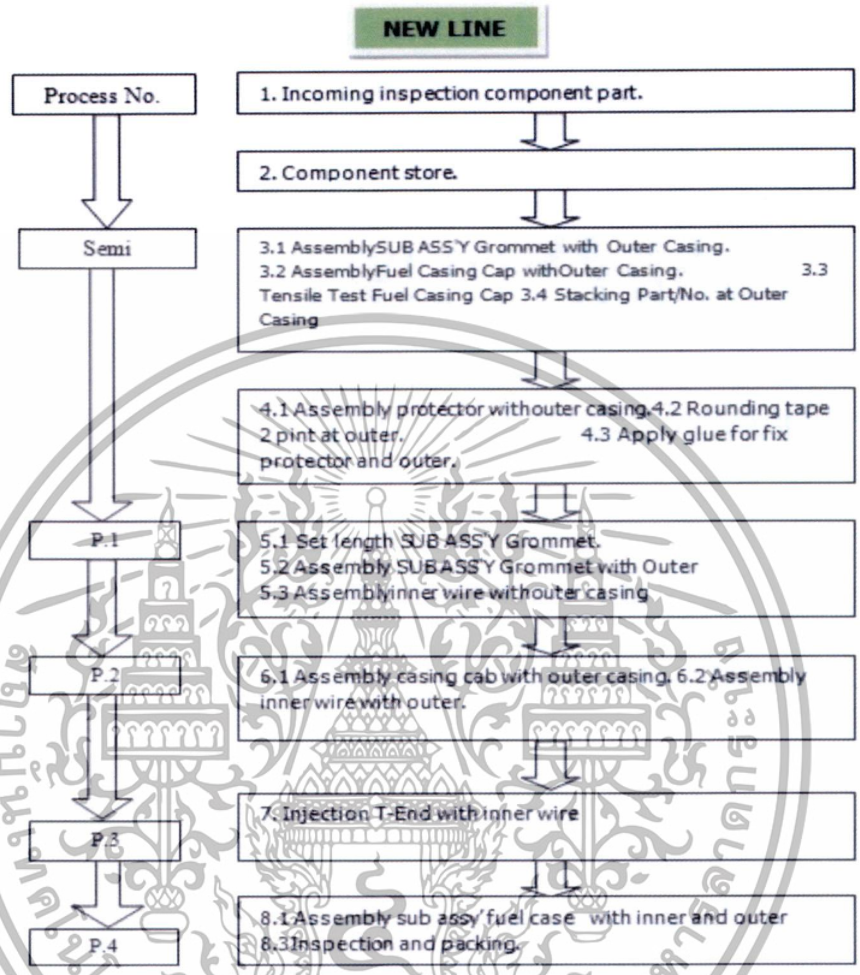
เราสามารถรวมเครื่องจักรและกระบวนการผลิตที่สามารถทำงานร่วมกันหรือทำงานในขั้นตอนที่ใกล้เคียงกันมาอยู่ด้วยกันได้ เช่น การนำกระบวนการประกอบ Grommet เข้ากับสาย Outer รวมเข้ากับการทดสอบแรงดึงของสายและการ ปั๊ม P/No. ได้ในขั้นตอนเดียวกันทำให้ง่ายและประหยัดเวลามากขึ้น การรวมกระบวนการติด ปอก ตีบาน เข้าด้วยกัน และทำการฉีดสายด้วยเครื่องหล่อโลหะ(Die cast) ซึ่งสามารถสรุปกระบวนการขั้นตอนทำงานจากกระบวนการผลิตเดิม เป็นกระบวนการผลิตใหม่ได้ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.1 ผังกระบวนการก่อนการปรับปรุง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

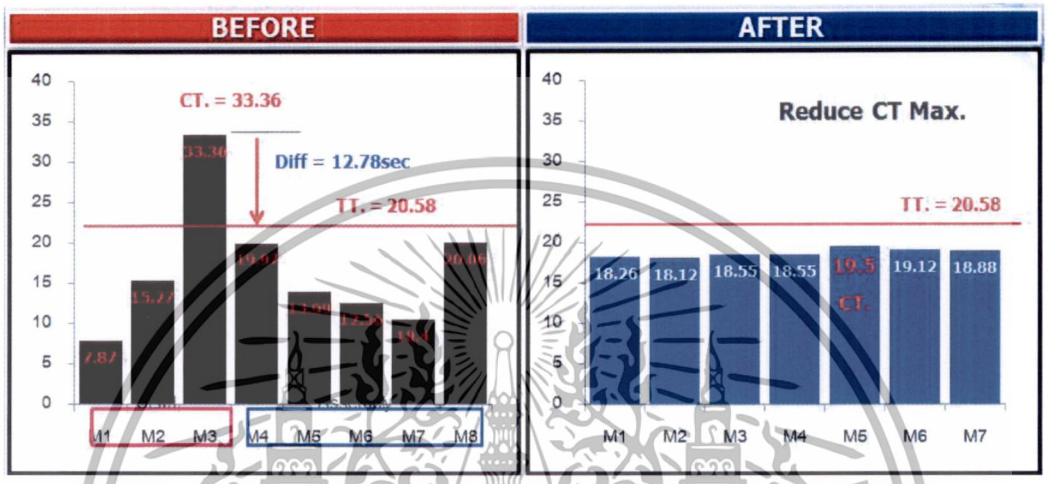


รูปที่ 5.2 ผังกระบวนการหลังการปรับปรุง

จากการศึกษาและการสำรวจสภาพปัจจุบันของสายการผลิต ทำให้พบว่าการลดความสูญเปล่าจากสินค้าคงคลัง และกระบวนการที่เป็นคอขวดจากการที่ได้ทำการสำรวจกระบวนการพบว่ากระบวนการมีสินค้าคงคลังระหว่างกระบวนการในส่วนของกระบวนการอยู่ที่ 3 วันทำงานซึ่งจะเป็นสินค้าคงคลังในส่วนของกระบวนการ(WIP) จัดเตรียมชิ้นส่วน 2 วันทำงานและ กระบวนการประกอบ 1 วันทำงาน จึงได้ทำการปรับปรุงกระบวนการโดยการ ทำ Line Balance ในกระบวนการและทำการรวบรวมกระบวนการจัดเตรียมชิ้นส่วนและการประกอบให้เป็นกระบวนการเดียวกัน และทำการปรับปรุงการไหลของงานจากครั้งละ 10 ชิ้นไปเป็นการไหลแบบทีละชิ้น(One Piece Flow) เพื่อทำการลดสินค้าคงคลังในกระบวนการ ซึ่งการลดเวลาในการประกอบงานของแต่ละกระบวนการได้นั้น ทำให้เวลาโดยรวมในการผลิตลดลง และเมื่อเราทำการสลับกระบวนการหรือขั้นตอนบางขั้นตอน จากกระบวนการเดิม มายังกระบวนการใหม่ได้ จะทำให้กระบวนการเดิม สามารถลดเวลาในการประกอบงานได้ และกระบวนการใหม่ ที่เราทำการย้ายขั้นตอนไปนั้นเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

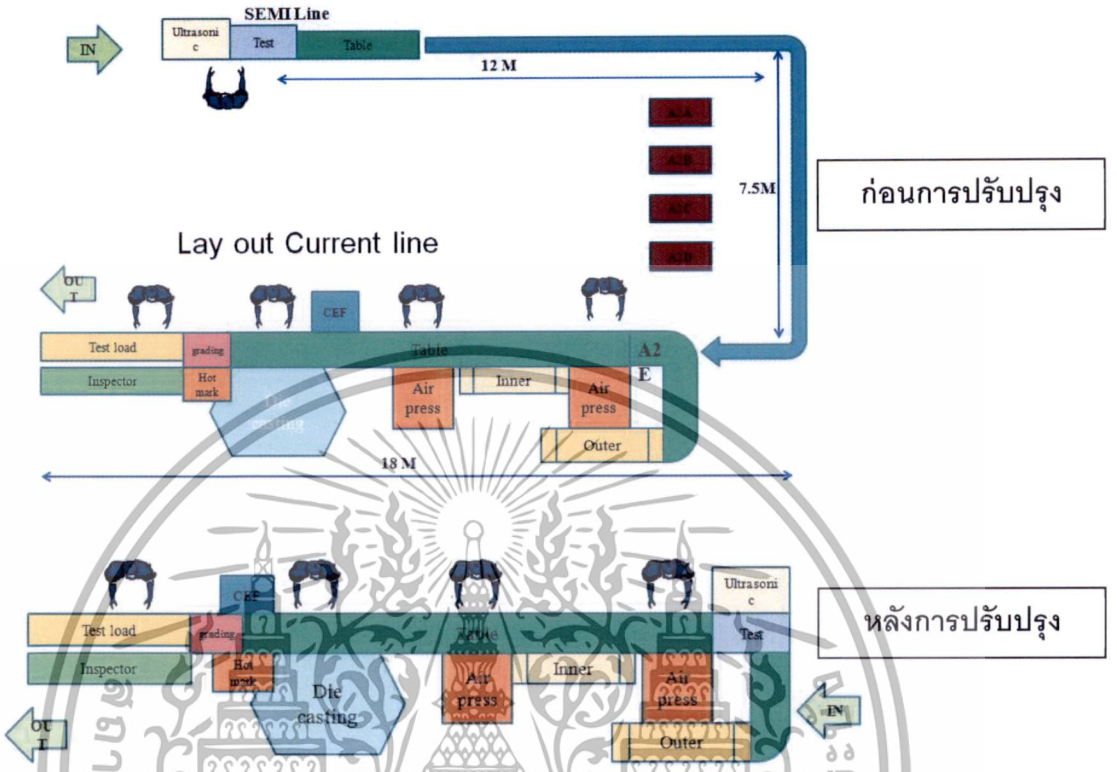
กระบวนการที่ใช้เวลาในการผลิตจากเดิมน้อยมากจนเกินไป ทำให้ เกิดการรอคอยงานที่กระบวนการนี้ ทำให้เป็นการเพิ่มเวลาขึ้นมาให้มีความสม่ำเสมอระหว่างกระบวนการมากขึ้น ทำให้ไม่มีการรอคอยงานและทำให้การผลิตงานเร็วมากขึ้น



รูปที่ 5.3 รอบเวลาในการผลิต (Cycle Time) ก่อน และ หลังการปรับปรุงกระบวนการ

จากการปรับปรุงกระบวนการสามารถลดสินค้าคงคลังระหว่างกระบวนการได้ลงทั้งหมด เป็น 0 วัน และการไหลของงานเป็นแบบการไหลทีละชิ้น (One Piece Flow) จากการไหลทีละ 10 ชิ้น (Ten Piece Flow)

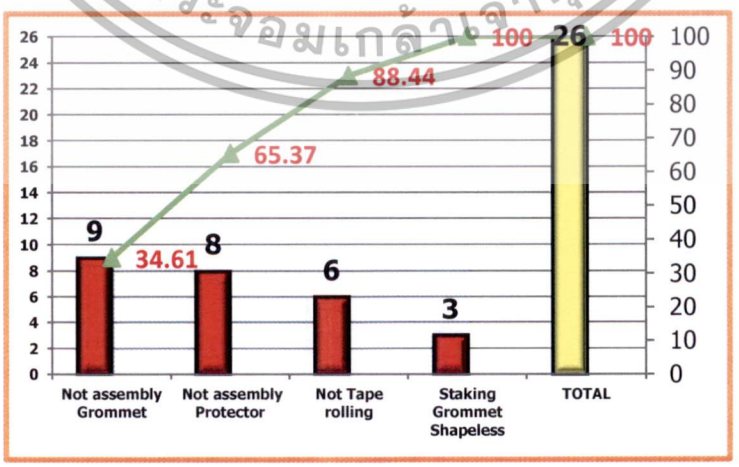
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.4 สายการผลิตก่อนและหลังการปรับปรุง

5.1 การลดของเสียจากการผลิต

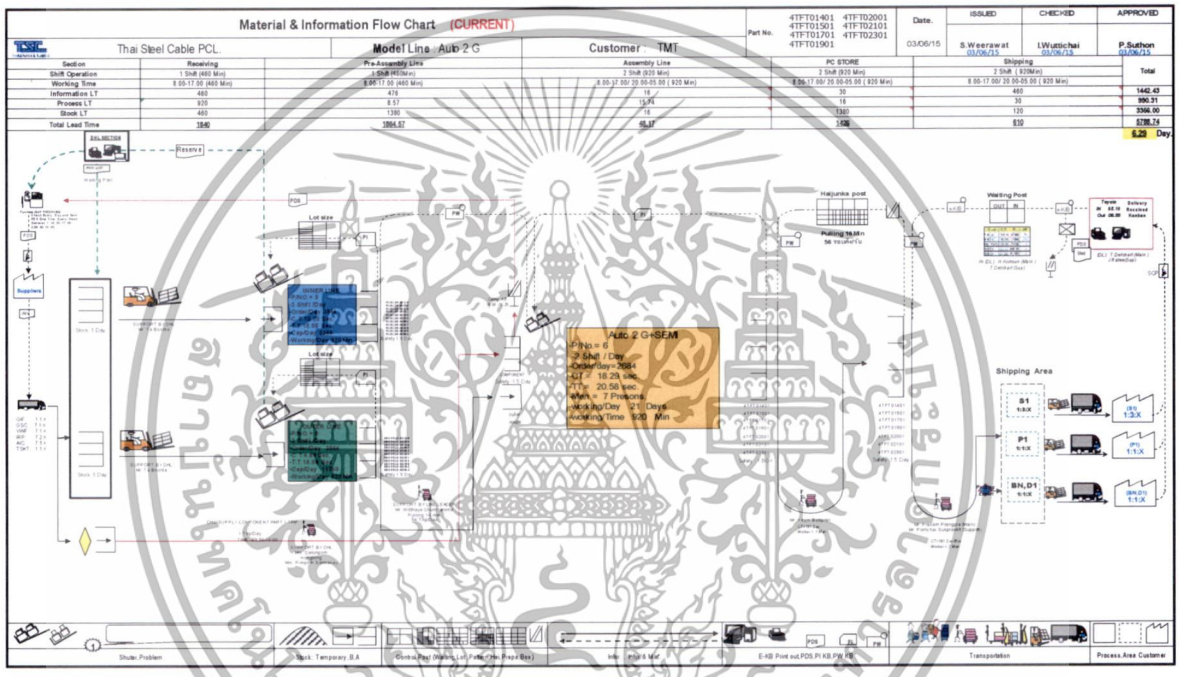
จากการตรวจสอบประวัติการผลิตย้อนหลัง1 ปี พบว่าในกระบวนการผลิตจะมีของเสียอยู่ประมาณ 100 PPM ซึ่งของเสียทั้งหมดจะเกิดจากการที่พนักงานลืมทำการประกอบเนื่องจากกระบวนการให้ทำการการประกอบครั้งละ 10 ชิ้น



รูปที่ 5.5 ของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการย้อนหลัง 1 ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการวิเคราะห์เกิดจากกระบวนการที่มีสินค้าคงคลังระหว่างกระบวนการและไม่มีจุดที่ทำการตรวจสอบขั้นตอนการทำงานของพนักงาน จึงทำการปรับปรุงโดยการออกแบบกระบวนการเป็นการไหลทีละชิ้น (One Piece Flow) และทำการออกแบบอุปกรณ์ป้องกันความผิดพลาด (Pokayoke) เพื่อที่จะทำการป้องกันการลืมของพนักงานในทุกกระบวนการจากการปรับปรุงสามารถลดของเสียที่เกิดจากการลืมของพนักงานได้ทั้งหมดทำให้ ของเสียเป็น 0จากการศึกษาสามารถทำการปรับปรุงกระบวนการผลิตให้มีประสิทธิภาพดีขึ้นและทำการเขียนผังการไหลของกระบวนการเพื่อทำการเปรียบเทียบผลการปรับปรุง



รูปที่ 5.6 ผังการไหลของกระบวนการหลังทำการปรับปรุง

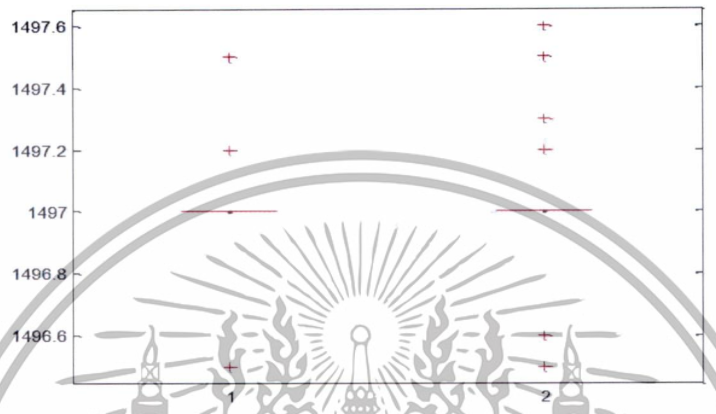
5.2 ผลการทดสอบเครื่องตัดความละเอียดสูง

ในการทดสอบได้ออกแบบการทดสอบที่ความยาวต่างๆกันเพื่อทดสอบเครื่องที่ประดิษฐ์ขึ้น จากผลการทดสอบพบว่า สามารถหลังการปรับแต่งสามารถควบคุมค่าผิดพลาดจากการตัดได้อยู่ในช่วง +/- 1 มิลลิเมตร โดยแบ่งการทดสอบออกเป็น ทำการทดสอบสองครั้ง แต่ละครั้งทดสอบและตัดสายทั้งสิ้น 50 เส้น เพื่อวัดความยาวของเคเบิ้ลที่ตัดได้ ผลทางสถิติแสดงให้เห็นว่า ผลที่ได้เป็นที่น่าพอใจและสามารถนำไปใช้งานจริงได้ในโรงงาน

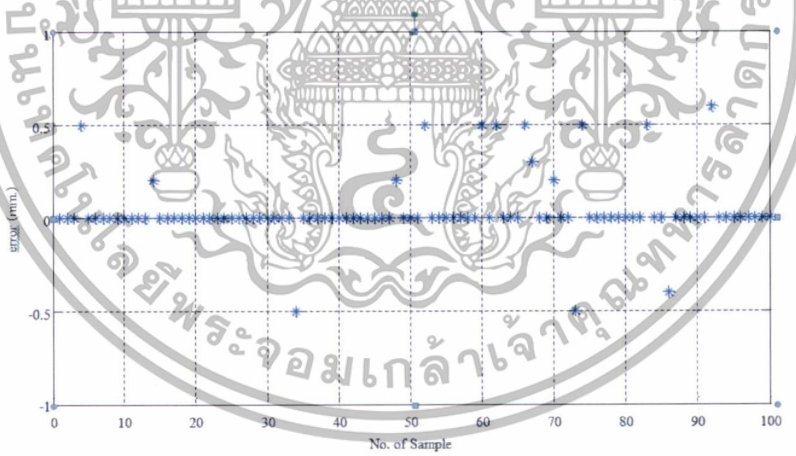
ผลของการทดสอบที่ความยาว 1497 มิลลิเมตร โดยตัดจำนวน 50 เส้นและทำการปรับตั้ง สองครั้ง แสดงให้เห็นในรูปที่ 5.7 จากรูปจะเห็นได้ว่า ค่าสูงสุดของความผิดพลาดของครั้งที่ 1 อยู่ที่ 0.5 มิลลิเมตรและค่าผิดพลาดสูงสุดของครั้งที่ 2 อยู่ที่ 0.6 มิลลิเมตร โดยมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.11 และ 0.21 ตามลาดับ โดยการทดสอบทาการตัดและนำชิ้นส่วนที่ตัดไปวัดด้วยอุปกรณ์วัดมาตรฐานและใช้เวอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนียร์วัดส่วนปลายต่อ เพื่อประเมินความละเอียดในระดับ 0.1 มิลลิเมตร จากการวัดพบว่า ค่าผิดพลาดอยู่ในช่วง +/- 1 mm และให้ผลทางสถิติเป็นที่น่าพอใจ และสามารถควบคุมได้ในระดับ 1 มิลลิเมตร รูปที่ 5.8 แสดงค่าผิดพลาดที่เกิดขึ้นใน 100 ตัวอย่างการตัดที่ได้ทดสอบเพื่อยืนยันความสามารถของเครื่องตัดนี้



รูปที่ 5.7 ผลการวัดการทำงานของเครื่องตัดและการประเมินค่าความผิดพลาดในการตัดในความยาว 1497 มิลลิเมตร



รูปที่ 5.8 ค่าความผิดพลาดในสองกลุ่มรวม 100 ตัวอย่างในความยาว 1497 มิลลิเมตร

สำหรับตารางแสดงข้อมูลทางสถิติของการทดสอบนี้แสดงได้ในตารางที่ 5.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.1 ข้อมูลการวัดจำนวนสองชุดในระดับการตัด 1497 มิลลิเมตร ชุดที่ 1

Test Date 26May 16

No.	Actual	error	Abs(error)	error^2
1	1497	0	0	0
2	1497	0	0	0
3	1497	0	0	0
4	1497.5	0.5	0.5	0.25
5	1497	0	0	0
6	1497	0	0	0
7	1497	0	0	0
8	1497	0	0	0
9	1497	0	0	0
10	1497	0	0	0
11	1497	0	0	0
12	1497	0	0	0
13	1497	0	0	0
14	1497.2	0.2	0.2	0.04
15	1497	0	0	0
16	1497	0	0	0
17	1497	0	0	0
18	1497	0	0	0
19	1497	0	0	0
20	1497	0	0	0
21	1497	0	0	0
22	1497	0	0	0
23	1497	0	0	0
24	1497	0	0	0
25	1497	0	0	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.1 ข้อมูลการวัดจำนวนสองชุดในระดับการตัด 1497 มิลลิเมตร ชุดที่ 1 (ต่อ)

No.	Actual	error	Abs(error)	error^2
26	1497	0	0	0
27	1497	0	0	0
28	1497	0	0	0
29	1497	0	0	0
30	1497	0	0	0
31	1497	0	0	0
32	1497	0	0	0
33	1497	0	0	0
34	1496.5	-0.5	0.5	0.25
35	1497	0	0	0
36	1497	0	0	0
37	1497	0	0	0
38	1497	0	0	0
39	1497	0	0	0
40	1497	0	0	0
41	1497	0	0	0
42	1497	0	0	0
43	1497	0	0	0
44	1497	0	0	0
45	1497	0	0	0
46	1497	0	0	0
47	1497	0	0	0
48	1497.2	0.2	0.2	0.04
49	1497	0	0	0
50	1497	0	0	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.1 ข้อมูลการวัดจำนวนสองชุดในระดับการตัด 1497 มิลลิเมตร ชุดที่ 1 (ต่อ)

No.	Actual	error	Abs(error)	error^2
summation			1.4	0.58
MSE				0.0116
MAE			0.028	
S.D.	0.108496215			
Mean	1497.008			
Resolution Uncertainty	0.1			
max	0.5			

ตารางที่ 5.2 ข้อมูลการวัดจำนวนสองชุดในระดับการตัด 1497 มิลลิเมตร ชุดที่ 2

No.	Actual	error	Abs(error)	error^2
1	1497	0	0	0
2	1497.5	0.5	0.5	0.25
3	1497	0	0	0
4	1497	0	0	0
5	1497	0	0	0
6	1497	0	0	0
7	1497	0	0	0
8	1497	0	0	0
9	1497	0	0	0
10	1497.5	0.5	0.5	0.25
11	1497	0	0	0
12	1497.5	0.5	0.5	0.25
13	1497	0	0	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.2 ข้อมูลการวัดจำนวนสองชุดในระดับการตัด 1497 มิลลิเมตร ชุดที่ 2 (ต่อ)

No.	Actual	error	Abs(error)	error^2
14	1497	0	0	0
15	1497	0	0	0
16	1497.5	0.5	0.5	0.25
17	1497.3	0.3	0.3	0.09
18	1497	0	0	0
19	1497	0	0	0
20	1497.2	0.2	0.2	0.04
21	1497	0	0	0
22	1497	0	0	0
23	1496.5	-0.5	0.5	0.25
24	1497.5	0.5	0.5	0.25
25	1497	0	0	0
26	1497	0	0	0
27	1497	0	0	0
28	1497	0	0	0
29	1497	0	0	0
30	1497	0	0	0
31	1497	0	0	0
32	1497	0	0	0
33	1497.5	0.5	0.5	0.25
34	1497	0	0	0
35	1497	0	0	0
36	1496.6	-0.4	0.4	0.16
37	1497	0	0	0
38	1497	0	0	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.2 ข้อมูลการวัดจำนวนสองชุดในระดับการตัด 1497 มิลลิเมตร ชุดที่ 2 (ต่อ)

No.	Actual	error	Abs(error)	error^2
39	1497	0	0	0
40	1497	0	0	0
41	1497	0	0	0
42	1497.6	0.6	0.6	0.36
43	1497	0	0	0
44	1497	0	0	0
45	1497	0	0	0
46	1497	0	0	0
47	1497	0	0	0
48	1497	0	0	0
49	1497	0	0	0
50	1497	0	0	0
summation			5	2.4
MSE				0.048
MAE			0.1	
S.D.	0.211660105			
Mean	1497.064			
Resolution Uncertainty	0.1			
max	0.6			
min	0			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปผลการวิจัย

จากการที่มีการนำแนวการปรับปรุงด้วยวิธีการแบบลีนเข้าไปยังสายการผลิตสายควบคุมในรถยนต์ เพื่อทำการลดความสูญเปล่าสามารถแสดงผลได้ในตาราง

ตารางที่ 6.1 แสดงผลหลังการปรับปรุงสายการผลิตด้วยวิธีการของลีน

	Before	After	% Change
Productivity (Pcs/ManHr)	18.75	24.82	33% ↑
Cycle Time (Sec)	33.36	19.5	71% ↑
Lead Time (Day)	14.86	6.29	58% ↓
Defect (PPM)	100	0	100% ↓

จากตารางจะพบว่าสามารถเพิ่มประสิทธิ์ผล(Productivity)ได้มากขึ้น 33% ซึ่งอาจไม่ได้เพิ่มมากขึ้นจากเดิมมากแต่ก็เป็นผลที่ดี เนื่องจากสายที่ทำการผลิตนั้น มีขั้นตอนในการประกอบที่ค่อนข้างยากเพราเป็นสายที่มีความยาว สามารถลดรอบเวลา(Cycle Time) ได้ถึง 71% ลดเวลานำ (Lead Time) ได้ 58% และของเสียจากการผลิตลงเป็น 0 ทำให้ต้นทุนการผลิตลดลง ลดต้นทุนในการลงทุนในการสร้างสายการผลิตใหม่ได้หลายล้านบาทและสามารถทำให้ขยายผลไปยังผลิตภัณฑ์ใกล้เคียงกันได้เพื่อทำการปรับปรุงกระบวนการให้สามารถแข่งขันได้และในกระบวนการผลิตที่เราได้ทำการปรับปรุงนั้น ช่วยทำให้ลดการสูญเสียจากการประกอบงานที่ผิดพลาดหรือจากการที่พนักงานลืมประกอบชิ้นส่วนบางอย่างไปได้ เป็นการลดงานเคลมจากลูกค้าและเป็นการป้องกันและแก้ไขปัญหาตั้งแต่ต้นเหตุของการประกอบงานด้วย

จากการที่ได้ทำการออกแบบเครื่องตัดเพื่อใช้ในการปรับปรุงการตัดแทนคน และใช้แนวคิดใหม่ในการตัดที่ทำให้ค่าความผิดพลาดน้อยกว่า 1 มิลลิเมตร ในการตั้งค่าของเครื่องที่จะทำให้ผิดพลาดนั้นต่ากว่า 1 มิลลิเมตรนั้นทำโดยการทดสอบและปรับจูนค่าที่ตั้งไว้ที่หน้าเครื่อง ซึ่งพบว่า จะการปรับจูนค่า offset ที่เหมาะสมจะทำให้เครื่องสามารถทำงานได้ตามข้อกำหนด สำหรับความไวในการทำงานพบว่าใช้ เวลาในการตัดต่อเส้นความยาว 1497 มิลลิเมตรใช้เวลาน้อยกว่า 4.8 วินาทีและแต่ละหัวตัดทำงานได้พร้อมกันที่ขนาดความยาวต่างกัน ประสิทธิผล (productivity) อยู่ที่มากกว่า 12,000 เส้นต่อ 8ชั่วโมง การออกแบบใช้วิธีที่ง่ายและไม่ซับซ้อนโดยใช้ตัวตรวจจับแบบแตะร่วมกับตัวขับเคลื่อนควบคุมตำแหน่งด้วย Encoder ซึ่งให้ผลเป็นที่น่าพอใจ อย่างไรก็ตามผลที่ได้ทำให้ลดจำนวนคนลงและเพิ่มความสามารถในการผลิตได้ประมาณ 4 เท่า และสามารถลดขั้นตอนการปรับแต่งความยาวลงได้เพิ่มอีกหนึ่งขั้นตอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

Lean Journal

[1] Website: http://www.fti.or.th/2016/thai/ftitechnicalsubdetail.aspx?id=891

[2] ศูนย์วิจัยกสิกรไทย“ธุรกิจผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ “ , 06,Aug,2558

[3] สถาบันยานยนต์ ”แผนแม่บทอุตสาหกรรมยานยนต์ ปี พ.ศ. 2555-2559 , ธันวาคม 2555

[4] Max Koch, “Apparatus for cutting and insulation stripping of an electrical cable,” US.Patent No. 5235735 A, 1993.

[5] Akira Shimizu, “Roller feed type insulated wire cutting and insulation stripping machine,” US. Patent No. 4275619 A, 1981.

[6] Lucien Ducret, “Tool for slitting jacket of eletrical cable,” US.Patent No. 20140215830 A1, 2014.

[7] Douglas E. Cote, Che-Yu Li, “Precision cutter for elastomeric cable,” US. Patent No. 6742426 B2, 2004.

[8] Julia Engelbrecht and Ralf Collmann, “Methodical leaky feeder design for indoor positioning considering multipath environments,” *2010 IEEE Radio and Wireless Symposium (RWS),* pp. 164 - 167, 2010.

[9] Erik Hultman and Mats Leijon,"A cable feeder tool for robotized cable winding,"*Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, vol. 30, pp.577-588, 2014.

[10] Hultman E, Ekergård B, Leijon M. “Electromagnetic, mechanical and manufacturing properties for cable wound direct-drive PM linear generators for offshore environments,” *ASME 31st international conference on ocean, offshore and arctic engineering*, Rio de Janeiro, Brazil: 1–6 July 2012.

[11] Hultman E, Leijon M. “Utilizing cable winding and industrial robots to facilitate the manufacturing of electric machines,” .*Robot.Comput.-Integr. Manuf*, vol. 29, pp.246–56, 2013.

[12] Website: http://it.dru.ac.th/e-profiles/uploads/learns/learn383.pdf

[13] Jeffrey K.Linker, Ph.D. , Dr Vithaya S. “The Toyota Way” E.I. Square Publishing Ltd., 2004

[14] James P.Womack, Daniel T. Jones “Lean Thinking” E.I. Square Publishing Ltd., 2005

[15] AnandGurumurthy, RambabuKodali .“Design of lean manufacturing systems using value stream mapping with simulation A case study.”,*Journal of Manufacturing Technology Management*, Vol 22., pp.444 - 473 , 2011.

[16] Lorna R. Cintron, Sonia M. Bartolomei-Suárez. “SIM-Simulation: A Simulation tool to predict a lean production process,” *Industrial Engineering Research Conference*, 2007.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[17] Wei Xia, JiwenSun, "Simulation guided value stream mapping and lean improvement: A case study of a tubular machining facility," *Journal of Industrial Engineering and Management*, pp.456 - 476, 2013.

[18] NatchaphonSuphan ,SuntichaiShevasuthisilp, "Productivity Improvement of Crystal Blank Production Using Lean Manufacturing System.", The Graduate Research Conference, Bangkok, Thailand, 2011.

[19] Sittiwat, Chaiwat, Precha"An Application of Lean Manufacturing System for Electronics Industry Case Study: Server Assembly Line,"*Conference on Industrial Network*, Bangkok, Thailand, 2011.

[20] Lakkana Kawinkitjaporn" Application of Lean Manufacturing Techniques: A Case Study of Joy Sport Co., Ltd. ", University of the Thai Chamber of Commerce, 2555

[21] Phruthipong Phothivaraphan," Application Lean Manufacturing in Mix Manufacturing (Continuous - Discrete Manufacturing) System : A Case Study Structure Steel Industry", King Mongkut's Institute of Technology North Bangkok, 2548

[25] Maria Elena Nenni1, Luca Giustiniano, Luca Pirolo," Improvement of Manufacturing Operations through a Lean Management Approach: A Case Study in the Pharmaceutical Industry", University of Naples Federico II,2014

[26] DenishB.Modi, Hemant Thakkar," Lean Thinking: Reduction of Waste, Lead Time, Cost through Lean Manufacturing Tools and Technique", International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering , Volume 4, Issue 3, March 2014)

[27] Arada Leechutiwat,"The Improvement of Warehouse Management System in Reconstitute Wood Panel Industry",Prince of Songkla University, 2552

[28] Sirat Jangruxsakul,"Study factors influencing SMEs (small and medium emterprises) in industrial sector concerned with lean manufacturing",Dhurakij Pandit University, 2552

[29] Suwanna ponpakdee," The Application of Lean Thinking and Supply Chian Management: A Case Study of Concentrated Latex Factory", Prince of Songkla University, 2557

[30] Chaiyawat Srichaisaeng," Manufacturing System Improvement by Implementation of Lean Production Technique: A Case Study of Food Industry, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, 2555

[31] Nor Azian Abdul Rahmana, SariwatiMohdSharifb, Mashitah Mohamed Esac," Lean Manufacturing Case Study with Kanban System Implementation", ScienceDirect, Procedia Economics and Finance 7 (2013) Page 174 – 180

[32] Mihai Apreutesei, Emil Suciu, Ionela Roxana Arvinte, "Lean Manufacturing – A Powerfull Tool for Reducing Waste During the Processes", Trasilvania University of Brasov, 2010

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[33] Website
http://www.gatesmectrol.com/mectrol/downloads/download_common.cfm?file=Belt_Theory06sm.pdf&folder=brochure
[34] Website:http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/frict.html
[35] Website:http://www.ien.com/product-development/article/20493735/rolling-resistance-industrial-wheels

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Application of Lean Manufacturing System: a Case Study of Control Cable Manufacturing

Veerasak Chanarungruengkij, Anakapon Saenthon and Somyot Kaitwanidvilai

Abstract— **This paper proposes the application of lean manufacturing system to improve the efficiency and reduce the wastes in the control cable process in the automotive industry. With the improvement of the bottleneck process and the balancing of the workflow of the process by considering the material flowchart, the process was improved and verified. The proposed workflow is developed based on the concept of lean manufacturing and the improvement in terms of more continuous flow can be achieved. As results indicated, the productivity of the studied process was increased by 33 percent and the waste was reduced to 0. In addition, the process inventory can be reduced to 0.**

Index Terms— **Lean manufacturing management, waste, the control cable in automotive manufacturing**

I. Introduction

IN Thailand, the automobile industry is one of the most important clusters leading to more than 7 billion Baht per year of the export value, and the number of employees in this cluster is approximately 8 percent of the total employees in the country. The control cable for automobile is one of the most important parts in automotive manufacturing due to the values of the export are greater than one billion Baht per year. Generally, the manufacturing of this product is categorized as the mixing of the continuous process and job shop process. Most processes in this manufacturing still use many labors/operators leading to lower productivity and higher waste costs. There are many researchers attempted to develop and apply the lean manufacturing management system to improve the productivity and cost in the production line. In [1], Anand and Rambabu proposed the results of using Lean tool to improve the production process of the ABC Company, XYZ Section, which the product of this company is the PVC window and door. For their results, the production period of the process was improved from 360,864 to 41,764, and the value added time was improved from 1476 seconds to 740 seconds. As seen in their result, the process is significantly improved.

Manuscript received November 11, 2016; revised December 11, 2016. (This work was supported by the AMI (DSTAR), KMITL under the research grant no. DSTAR-RESERCH-01-58-01M. This work was also supported by NSTDA under the grant no. FOA-CO-2559-2738.)

Veerasak Chanarungruengkij is with the college of advanced manufacturing innovation, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang. (e-mail: veerasak.c@thaisteelcable.com).

Anakkapon Saenthon is with the college of advanced manufacturing innovation, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang. (e-mail: sanakkapon@gmail.com).

Somyot Kaitwanidvilai is with Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang. e-mail: drsomyotk@gmail.com).

Lorna [2] illustrated the study of process improvement of the pharmaceutical company, which the simulation of the process was based on the program simulation model, Siman based interface. This tool is useful for simulating the enhancements prior to actual implementation.Weixia and Jiwen [3] studied the improvement in pipe production process using the program I Grafix. As shown in their results, the process has been improved by 29.5% in terms of efficiency. Fabian and Marko [4] proposed the use of Lean management to improve the team management by collecting data into the software. Kamolrat and Natcha [5] proposed the waste reduction by lean six sigma approach for improving the micro cable manufacturing. The results showed the effectiveness of applying Lean in this manufacturing.

This research work focuses on the improvement in the control cable production line in the automotive parts manufacturing, Thai Steel Cable which is the largest company in the control cable manufacturing in Thailand. From the company's production report, the capability of the process is 48,000 pieces per month; however, the demand from the customer is 62,449 pieces per month, thus either the new production line or process improvement needs to be considered. Adding the new production line requires the investment cost and new operators leading to the higher product cost; thus, the process improvement is a more attractive way of the company's plan. In engineering aspect, the improvement by reducing waste, i.e. the fatigue of the operator, slow cycle time, etc. in the process will increase the productivity and reduce the production cost, and the lean management system can help to achieve these objectives by reducing the lead time of the production. Lean concept attempts to remove or shorten the process flows, organizations leading to the reduction of the production cost and reducing the lead time. Therefore, there are many researchers and industrial engineers in various industrials apply this concept for solving the manufacturing problem. In this paper, the application of lean for the control cable manufacturing process is demonstrated to solve the problem of low capability of the production line.

II. Literature Review

Lean concept is a system tool for eliminating the wastes or non-value added in the business process and create a new business flow for the manufacturing/company. Through the lean method, the company can optimize their profit and achieve the lower resource leading to the minimum cycle time, lead time and inventory. In addition, the profit,

ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เอกสารนี้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ห้องสมุดวิทยบริการฯ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และห้องสมุดวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ISBN: 978-988-14047-7-0
ISSN: 2078-0958 (Print); ISSN: 2078-0966 (Online)

morale, customer satisfaction and accident records in the company will then be improved. "Lean" has been defined as a systematic approach to identify and eliminate the waste through the concept of continuous improvement. Lean focuses on the value added flow of resources from the customer's point of view. To compete in today's economy, with lean, a company will be better than its competitors. Lean emphasizes on the elimination of waste that results in higher customer satisfaction, profitability, throughput, and efficiency. Jacobs and Chase [6] stated that "Lean production" is an integrated set of activities designed to achieve production using minimal inventories of raw materials, work-in-process, and finished goods. Parts arrive at the next workstation "just in time" and are completed and move through the process quickly. Lean philosophy is also based on the logic that nothing will be produced until it is needed.

The principle or philosophy of the lean concept is the ways to identify and eliminate waste to enhance the processes and products with the customer requirement and creating a system to pull in the process to ensure a continuous flow of processes, and improve continuously to enhance their processes and products regularly to eliminate waste in the production process. There are 8 types of waste that need to be considered in Lean concept.

1. Over Production: Overproduction occurs when the goods have been produced more than the demand from the customers. One common practice that leads to this waste ("muda") is the large batch production. Overproduction is considered as the worst waste because it hides and/or generates all the other wastes. Overproduction leads to the excess inventory and the large storage space and preservation those are the most disadvantages.

2. Waiting: When the goods are not transferred or being struck at the production process.

3. Transportation: When the product is moved, it leads to the risk of damage, lost, delay, etc. Thus, the transportation is one type of the wastes in lean concept.

4. Over-Processing: Over-processing is defined as the time more work is carried out while the customer does not require.

5. Inventory: There are many forms of inventory such as raw materials, work-in-progress (WIP), or finished goods. These three items not being actively processed is accounted as waste.

6. In contrary, with the transportation, waste, "*motion*" refers to the waste that caused from either over time (wear and tear of the equipment and for workers) or during discrete events (accidents that caused damage to the equipment).

7. Defects: This causes the extra costs, rescheduling production, labor costs, etc.

8. Losses from the full potential of the personnel is not carried out to provide the organizations with maximum efficiency.

Based on the waste mentioned above, the principle of the lean concept to deal with the minimizing waste can be summarized as follows:

1. Specify the value from the customer need by product family.

2. Identify all steps in the value stream of each product family, eliminating the values which do not create the value.

3. Add the value-creating steps in tight sequence so that the product will flow smoothly toward the customer.

4. As the new flow is introduced, he customers can provide to put the value from the next upstream activity.

5. If the value and the value streams are identified, wasted steps are removed, go to the step 1 again and continue analyze them until the perfect flow/process is achieved.

III. Research Methodology and Implementation

To perform the lean analysis, the following steps were carried out.

1. Survey the current state of the production line, identify and put the value of each step.
2. Analyze the process.
3. Try to improve the process using the software analysis.
4. Summarize the results.

The following issues describe the details of each step including the result and simulation software.

A. Survey the current state of the production line

The preliminary survey starts from the study of the sources of 8 wastes in the interesting process, the control cable car. The interesting parameters are the flow chart to know the entire process, including the bottleneck, defects, and machine performance to reduce waste from the manufacturing process. Based on the survey data, the control cable production process has the lead time of 14.86 days, this long lead time is caused by the preproduction process 2.5 days, assembly process 0.5 days and the unbalanced of the process cycle time which has a percent difference of 76.4% between its maximum and minimum value. The current process efficiency is 85%; however, the standard of car maker process efficiency is specified as 95% minimum. Defect from process is 100 ppm Fig. 1 shows the studied process flow, which composes of Hilex cutting machine, Inner cutting machine, Outer cutting machine, Assembly station, Post waiting and Shipping Area. The material and cycle time, including the total lead time have been analyzed and calculated as shown in Fig. 1.

B. Process analysis and Improvement

Based on the survey information, the reducing waste, especially in the inventory bottleneck was investigated. As shown in the diagram in Figs. 1 and 2, the inventory process spends the 2.5working days, which can be improved by balancing the process. Based on the survey data and the proposed analysis, firstly, some of the process steps those are assembly process and preparing parts process were combined. Secondly, the 10 pieces batch-material loading was considered to be changed to a single piece-material loading. Finally, the all process steps were focused on more continuously and balanced. The new process was proposed as shown in Fig. 3. As seen in this figure, the processes were combined as 8th steps and the 10 pieces loading system was proposed.

เอกสารนี้สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ISBN: 978-988-14047-7-0
ISSN: 2078-0958 (Print); ISSN: 2078-0966 (Online)

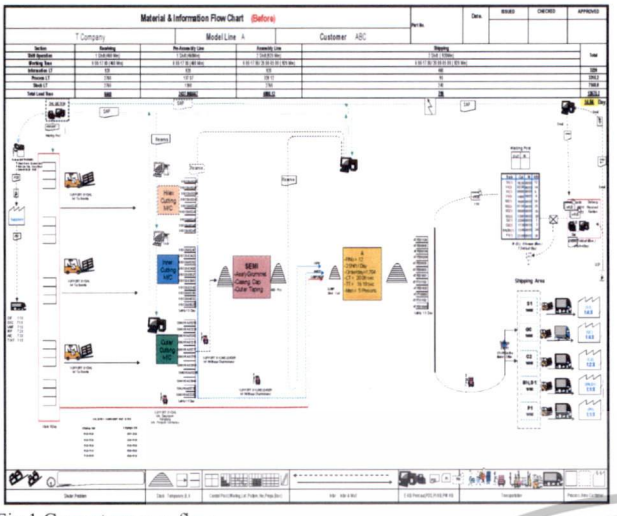
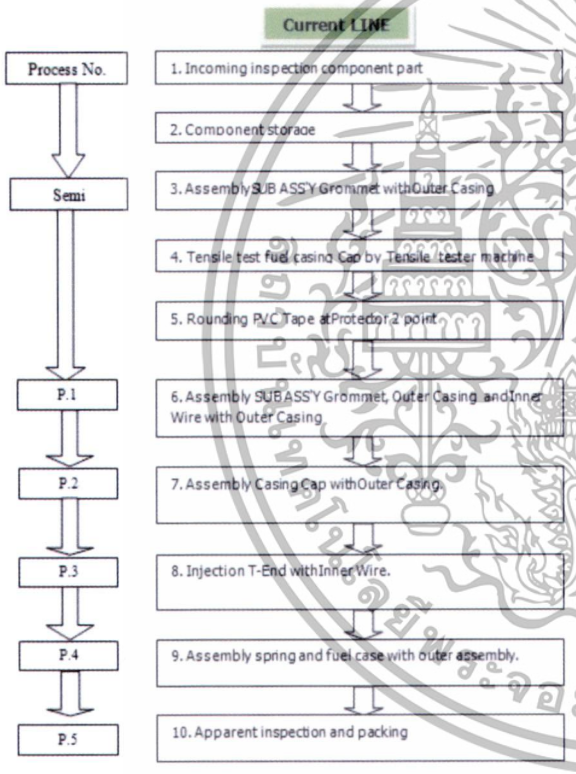


Fig.1 Current process flow



(a)

Component part detail:

1. Protector: Rubber tube for protection Outer
2. T-End: Zinc End of cable for joint to matching part.
3. Casing Cap: Cap of outer for connect to matching part.
4. SUB ASS'Y Grommet: Rubber seal for protect water leak in body.
5. Fuel Case: Component for lock cap fuel tank.
6. Inner Wire: For transfer force.
7. Outer Casing: Tube for protect inner.

(b)

Fig. 2 Details of the current process flow: (a) flow diagram (b) abbreviation.

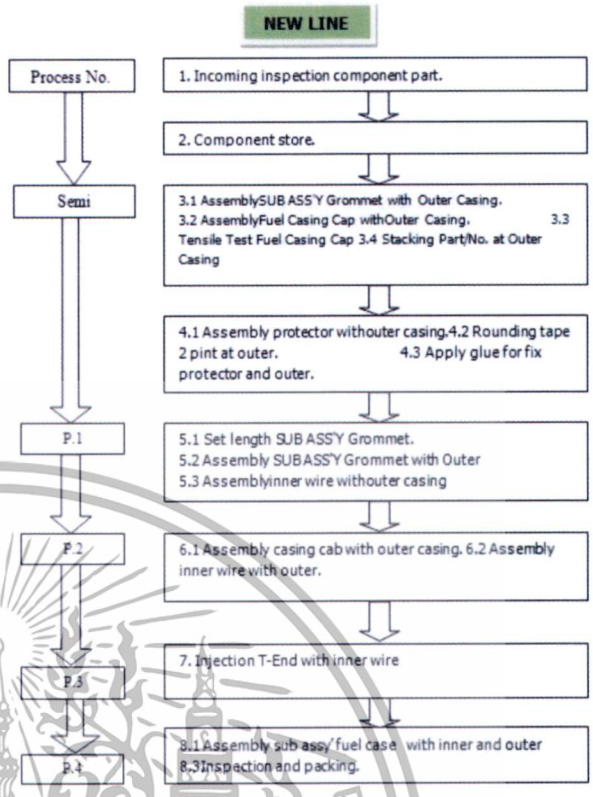


Fig. 3 Details of the proposed process flow

The process was improved not only the combination of the process steps, but also the rearranging of the process flow as shown in Fig. 4. The single piece flow reduces the inventory and idle lead times and number of operators. The wastes were clearly decreased and the process flow was compact. The number of operators was changed from 8 to 7 resulting in the reduction of the operating cost. The cycle time, as shown in Fig. 5, was reduced from 33.36 to 20.58, that means the productivity of the process is increased. The M3, Table tape rolling process, is significantly improved as it is the bottleneck of the entire process. The 12.58 sec. was expected to be gained in the process. In addition, based on the proposed concept, the lead-time of the inventory was reduced to 0 days. Fig. 6 shows the details of flow diagram including the lead-time analysis of the new process after improvement

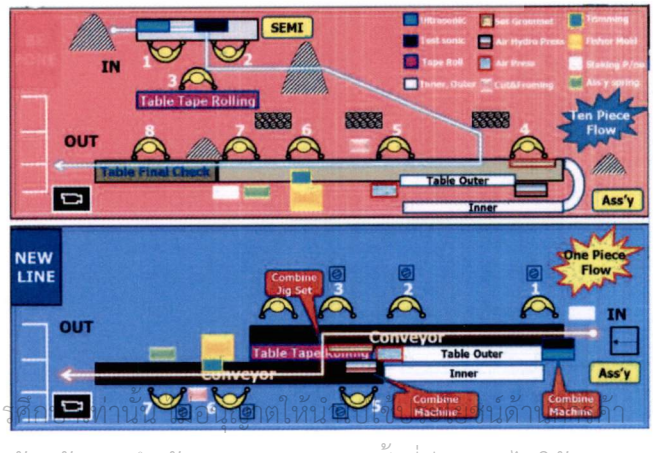
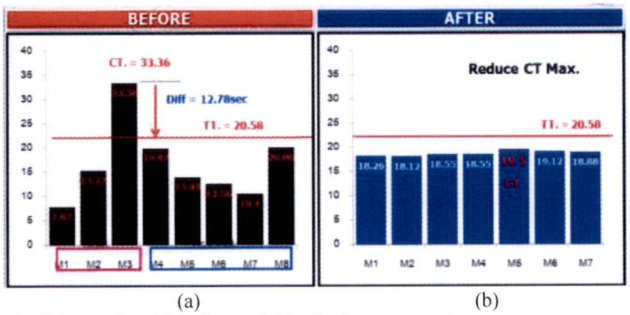


Fig. 4 Process layouts: (a) before and (b) after improvement

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของลิขสิทธิ์ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(a) (b)

Fig. 5 Cycle time (a) before and (b) after improvement

The result of the improvement by lean method made the changes in process flow chart which explained in Fig. 6. From the process flow, a significant change in the process is the change from batch 10 pieces per time to one piece flow. Some sub-processes those are the protector assembly and tapes rounding are separated in the current process; thus, they were considered as the wastes in terms of inventory. The combining of these processes produced the change in the inventory in the process to 0 (JIT: Just in Time).

C. *Reducing the defects from the production process*

Based on the survey data reported over the past 1year, it was found that the defect in the production process is 100 PPM (parts per million) mainly caused from the errors in the batch assembly process. Fig. 6 shows the diagram of the improved process and Fig. 7 shows the results of a study of the waste from defects, as seen in this graph, the main defects caused from the assembly process. The other causes are from the "not tape rolling" and "staking grommet shapeless". These sub-process were attempted to be focused.

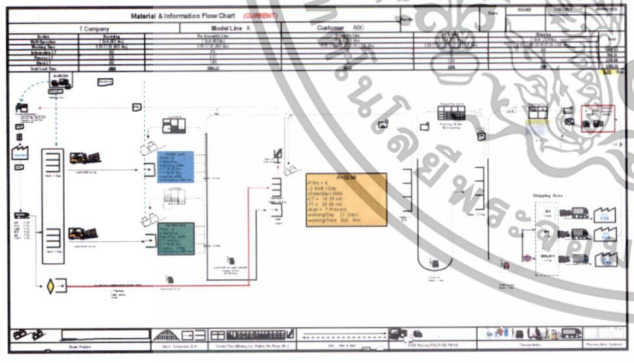


Fig. 6 The process flow after improvement.

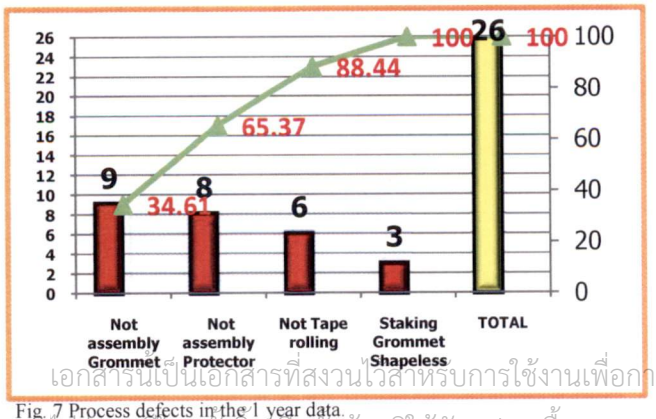


Fig. 7 Process defects in the 1 year data.

From the process analysis, the assembly process has no the work instruction of the checking to verify the product before sending to the next station. One of the reasons is that the process is a 10 pieces batch flow so that the in process inspection is not feasible. Thus, to improve the process, one piece flow process and the design of the mistaken error proofing (called as "POKAYOKE") for detecting all errors from the operators were modified in the process so that the defects can be reduced to 0 PPM. In addition, The improvement of the process control by using the electrical sensors were implemented. Table I shows the results of the process before and after improvements with the use of lean techniques in the control cable manufacturing. As seen in this table, the significant improvements in terms of productivity, cycle time, lead time and defects were clearly shown, for example, 33% of the production rate was increased, etc.

TABLE I
RESULTS OF PRODUCTIVITY, CYCLE TIME, LEAD TIME AND PROCESS DEFECTS AFTER IMPROVEMENT BY LEAN CONCEPT.

	Before	After	% Change
Productivity (Pcs/ManHr)	18.75	24.82	33% ↑
Cycle Time (Sec)	33.36	19.5	71% ↑
Lead Time (Day)	14.86	6.29	58% ↓
Defect (PPM)	100	0	100% ↓

IV. CONCLUSION

From the proposed concept to improve by lean approach, the results of improvement in the production line of control cable were summarized in Table I. Based on the results, the advantages of the improvement of 71% in cycle time, 33% in productivity, 58% in lead-time and 100% in defects are gained. Clearly, the significant improvement was proposed and it can be expanded to the similar products to make more competitive in the automobile manufacturing. In the future, the automatic machine such as an automatic cutting machine for outer cable, the new cutting and forming machine for inner cable that can reduce the number of operators and sub-processes and increase the cycle time will be considered as the next research topic.

REFERENCES

[1] Anand Gurumurthy, RambabuKodali. "Design of lean manufacturing systems using value stream mapping with simulation A case study," *Journal of Manufacturing Technology Management*, Vol 22, pp.444 - 473, 2011.

[2] Lorna R. Cintron, Sonia M. Bartolomei-Suárez. "SIM-Simulation: A Simulation tool to predict a lean production process," *Industrial Engineering Research Conference*, 2007.

[3] Wei Xia, JiwenSun, "Simulation guided value stream mapping and lean improvement: A case study of a tubular machining facility," *Journal of Industrial Engineering and Management*, pp.456 - 476, 2013.

[4] Fabian Fagerholm, MarkoIkonen, Petri Kettunen, "Performance Alignment Work: How software developers experience the continuous adaptation of team performance in Lean and Agile environments," *Information and Software Technology*, Vol. 64, pp.132 - 147 , 2015.

[5] Kamolrat Srisungsuk, NatchaThawesaengsakulthai. "Waste reduction by Lean Six Sigma approach in micro cable manufacturing," *Journal of engineering*, Vol. 2, 2013.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[6] Jacobs, F. R. & Chase, R. B. 2008. *Operations and supply management: the core*. Boston:McGraw Hill.
[7] Natchaphon Suphan, SuntichaiShevasuthisilp, "Productivity Improvement of Crystal Blank Production Using Lean Manufacturing System.", The Graduate Research Conference, Bangkok, Thailand, 2011.
[8] Sittiwat, Chaiwat, Precha"An Application of Lean Manufacturing System for Electronics Industry Case Study: Server Assembly Line," Conference on Industrial Network, Bangkok, Thailand, 2011.
[9] RasliMuslimen, Sha'riMohd Yusof, Ana Sakura Zainal Abidin. "Lean Manufacturing Implementation in Malaysian Automotive Components Manufacturer: a Case Study," World Congress on Engineering, London UK, 2011.
[10] Denish B. Modi, Hemant Thakkar, "Lean Thinking: Reduction of Waste, Lead Time, Cost through Lean Manufacturing Tools and Technique," *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, Vol.4, pp. 339 - 344, 2014.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ISBN: 978-988-14047-7-0
ISSN: 2078-0958 (Print); ISSN: 2078-0966 (Online)

04 International Conference on Engineering and Technology 2016 (ICET2016) A-04

High precision cutting machine for automotive cable manufacturing

VeerasakChanarungruengkij[1], Anakkapon Saenthon[1], Somyot Kaitwanidvilai[2,*]

[1]College of Advanced Manufacturing Innovation, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, Thailand.

[2]Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, Thailand.

* Corresponding Author E-mail address: sanakkapon@gmail.com

Abstract— **This paper proposes the development of automatic cutting machine for automotive cable manufacturing. The major development in the proposed system is the application of the compression rollers in the feeding system to solve the problem of slip and gain high accuracy of the entire system. Well design of sensors and sequences were considered to achieve a higher accuracy system with the error limit of 1 mm. The developed system was applied to the feeding cable in the cable manufacturing. The results illustrate the performance of the prototype, cable cutting machine, with the error less than 1 mm. investigated by the experimental results of 260 samples with 3 different diameters and lengths. The repeatability of the proposed machine was evaluated by the statistical data, i.e. standard deviation < 0.03. The effectiveness of the proposed system was described by the maximum error which is within 1 mm.**

Keywords— *Roller feeder system, automotive cable cutting; automation system; non-contact sensor.*

I. Introduction

Presently, Thailand's automotive industry is one of the major exporters in the world [1]. One of the most important industries producing parts in this manufacturing is the automotive cable industry. Although there are many researchers and engineers attempted to develop the equipment and machinery in this manufacturing; however, most of the processes in the automotive parts and cable manufacturing still use labors in the production and quality control processes. The main problem of the labors is the human error, slow cycle time leading to the increasing cost and the reducing of the effectiveness of production. There are many researchers developed the feeding and machine for the similar industries. In [2], there are two rollers applied in the feeder system, the first roller was designed for controlling the feeder speed, and the second roller was designed for controlling the direction, feeding and stopping of the cable. In [3], the feeder of the cable and the insulator of the cable called "peel" before soldering was developed. The main part of the feeder is the roller for feeding the cable and the blade set for casing the cable. Moreover, there is many cable feeder systems proposed in [4-9]. Nevertheless, the developed cable feeder systems [2-9] were designed for the specific cable type of each industry which is not able to apply to all industries due to the different size and materials of the cables. Thus, based on the specific problem in the automotive cable industries, this research work focuses on the design of the high precision cutting machine for the outer cable. The main parts of the developed system are the specific rollers and the designed automation process including the touch sensors. The proposed system improves the accuracy and precision compared to the previous system which applied the limit switch to stop the feeding system. The improvement was achieved not only the accuracy and precision, but also the set up time and cycle time. In addition, the proper rollers and adequate zero setting position sensor were designed for feeding and adjusting friction and position to match with the different sizes of the cables. The experiment was conducted by cutting for 50 different samples; as shown in the results, all errors were less than 1 mm which complies with the specification of the manufacturing.

II. Theory and design system

The design of the rollers in the proposed system is based on the concept of the friction force between the roller material and the outer of the cable. In addition, the torque requirement of the servo motor was calculated to match with the feeding speed and the materials between the rollers and the outer of the cable. Nevertheless, the good selection and high precision fabrication cause the increasing in the performance of the feeder system of the machine. Due to this project is under registration process for Interactual Property (IP); thus, some details in the design were omitted. Main parts of the machine composed of roller, sensors, and feeding system. The roller is constructed from the elastic material to match with the type of cable jacket. Thus, the essential parameter needed for the feeding system is the frictional coefficient between the feeding mechanism and the cable. The value of friction force calculated from these parameters can be written as :

$$F_f = \mu_s F_n \qquad (1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า กรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Where F_f is the frictional force, μ_s is the static frictional coefficient, and F_n is the nominal force between the surfaces. When the object moving, the feeder system is linked to the servo motor via a timing belt so that the servo motor can drive the upper rollers and feed the cable. The calculation of torque is considered to select the appropriate devices for the motor. The following calculations to find the suitable torque of the driver are shown as:

$$M_1 = T_e \frac{d1}{2} = \frac{M2}{\eta}\frac{d1}{d2} \qquad (2)$$
$$= \frac{P_2 d_1}{\omega_2 \eta d_2} = \frac{P_2}{\omega_1 \eta}$$

where M_1 is the driving torque, M_2 is the torque requirement at the driven pulley, P_2 is the power required at the driven pulley, ω_1 and ω_2 are the angular speeds of the driver and driven pulley, respectively, d_1 and d_2 are the pitch diameters of the driver and driven pulley, respectively, and η is the efficiency of the driving belt (η = 0.94-0.96, typically).

The accuracy of the system is affected from the precision of encoder of the servo motor and also the slip between the roller and cable. By calculation, the maximum resolution of the servo motor in this designed system is 10 μm.; however, the entire accuracy is more than the above mentioned resolution due to the mechanical operation, backlash of timing belt including timing elastic. To overcome the problem of accumulated error, the stopper designed to set the zero position when the process cycle is starting is added to the system. The well design process was arranged for achieving the good efficient; however, due to IP registration of this project work, the description of the process is not described in this paper.

III. Experimental Results

The roller prototype is shown in Fig. 1, there are four roller pairs equipped with the compression screw and timing belt.

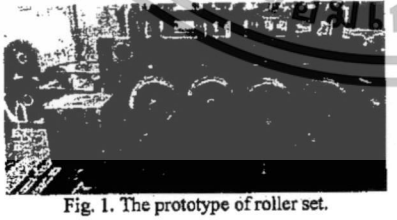


Fig. 1. The prototype of roller set.

To verify the performance of the proposed design, the production engineer tested the system by feeding the cable from the cable roll to the proposed machine and specify the length of 1497 mm. as the target length of the cutting. The two-time testing, each test performs 50 cuttings of the cable, was performed. The cable sample of this research work is the automotive brake cable with a diameter of 7 mm. Figs. show the results of the length measured after the process, as seen in the results, the error of all 100 sar less than 1 mm. which is the specification of the co The maximum and minimum measurement values of t samples are 1497.6 and 1496.4 mm, respectively. Th maximum error of these 100 samples is 0.6 mm., w within the specification.

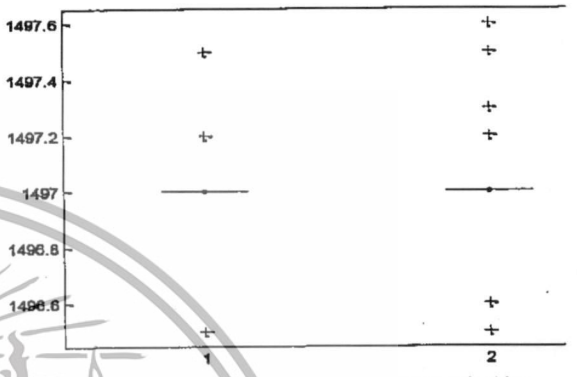


Fig. 2 Box plots of two groups of the tested cables.

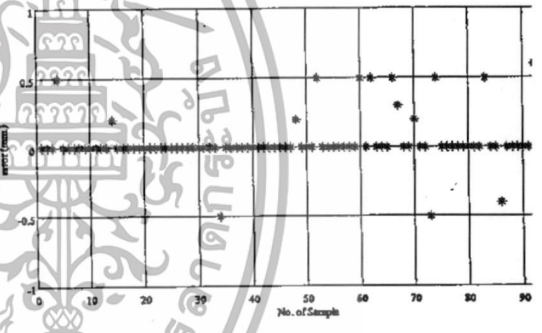


Fig. 3 The error of the cable after cutting process (100 sample ca

To show the repeatability and accuracy of the res standard deviation of the 100 sample data was calculat (3):

$$\sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(x_i-\mu)^2}\,, where \ldots \mu = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} x_i$$

where N is the number of sampling data and x is the va cable length.

The standard deviation of one hundred samples which shows the good value of low distribution Nevertheless, the error after cutting process is less conventional machine; thus, the increasing more than the productivity is achieved. Other advantages gained proposed machine are shown in Table 1.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

able 1 Performance comparison of both conventional and the proposed ystems.

Outer Cutting	Conventional Machine	Proposed design
Cycle Time (Sec)	9.6	4.8
Manpower (Person)	1	0
Productivity (Pcs/8Hrs.)	3,000	> 6,000
Quality Inspection	By Human	By Machine
Defect Ratio (PPM)	2,400	1,000
Set Up Time (Mins)	10	2
Idle Time	12.5%	0%
Precision	+/-3	+/-1

IV. conclusion

This paper proposes a new cutting machine for the utomotive cable manufacturing, the major development of he proposed system is the design of the feeding rollers and vell sensors and sequences. The performance of the proposed rototype was investigated by performing the cutting of 100 ables with the desired length of 1497 mm then measuring the rror of cable length. The results show that the maximum error nd the standard deviation of the test data are 0.6 mm. and .11, respectively. Moreover, the comparison table illustrates hat the proposed design is better than the conventional system n all factors. Especially, the productivity is 200% of the onventional system and the accuracy is improved from +/- 3 mm. to less than +/- 1 mm. This machine was adopted in the production line of the cable cutting manufacturing.

Acknowledgment

This work was supported by the National Science and Technology Development Agency (NSTDA) under the grant no. JRA-CO-2558-96-TH. This work was also supported by the AMI, KMITL under the research grant no. DSTAR-RESERCH-01-58-01M..

References

[1] WEBSITE: HTTP://WWW.FTI.OR.TH/2016/THAI/FTITECHNICALSUBDETAIL.ASPX?ID=891

[2] Max Koch, "Apparatus for cutting and insulation stripping of an electrical cable," US. Patent No. 5235735 A, 1993.

[3] Akira Shimizu, "Roller feed type insulated wire cutting and insulation stripping machine," US. Patent No. 4275619 A, 1981.

[4] Lucien Ducret, "Tool for slitting jacket of eletrical cable," US. Patent No. 20140215830 A1, 2014.

[5] Douglas E. Cote, Che-Yu Li, "Precision cutter for elastomeric cable," US. Patent No. 6742426 B2, 2004.

[6] Julia Engelbrecht and Ralf Collmann, "Methodical leaky feeder design for indoor positioning considering multipath environments," *2010 IEEE Radio and Wireless Symposium (RWS)*, pp. 164 - 167, 2010.

[7] Erik Hultman and Mats Leijon,"A cable feeder tool for robotized cable winding,"*Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, vol. 30, pp.577-588, 2014.

[8] Hultman E, Ekergård B, Leijon M. "Electromagnetic, mechanical and manufacturing properties for cable wound direct-drive PM linear generators for offshore environments," *ASME 31st international conference on ocean, offshore and arctic engineering*, Rio de Janeiro, Brazil: 1–6 July 2012.

[9] Hultman E, Leijon M. "Utilizing cable winding and industrial robots to facilitate the manufacturing of electric machines,". *Robot. Comput.-Integr. Manuf*, vol. 29, pp.246–56, 2013

[10] Website: http://www.gatesmectrol.com/mectrol/downloads/download_common.cfm?file=Belt_Theory06sm.pdf&folder=brochure

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

Mr. VEERASAK CHANARUNGRUENGKIJ

EDUCATIONAL BACKGROUND:

1995-1997 Bachelor Degree in Engineering, Major in Material Handling Technology
King Mongkut's Institute of Technology North Bangkok,
1993-1995 Diploma Major in Industrial Piping and Welding
King Mongkut's Institute of Technology North Bangkok,

WORK EXPERTISE: Over 20 Years

WORK HISTORY:

2010 – Present : PRODUCTION ENGINEERING MANAGER,
Thai Steel Cable Public Co., Ltd. Chonburi (Summit Group)
2004 - 2010 : PRODUCTION MANAGER, SEWS – CT Thailand Limited
(Sumitomo Group)
2003 - 2004 : ENGINEERING SUPERVISOR, Thai GMB Industry Co., Ltd.
2000 - 2002 : QC ENGINEER, Thainox Steel Ltd.
1998 - 2000 : PRODUCTION ENGINEER, Chuo Thai Cable Co., Ltd.
1997 - 1998 : PRODUCTION ENGINEER, Isuzu Motor (Thailand) Co., Ltd.

SUCCESS PROJECTS:

- Set up lean production line in SEWS-CT reduce area 25% and manpower reduce 25%
- Control and advice for project Automatic assembly MC in SEWS-CT for reduce manpower 100 persons.
- Control and advice for project Automatic assembly MC in TSC for reduce operator.
- Set up and prepare production line for New Factory in SEWS-CT., TSC, CHUO THAI CABLE, THAI GMB.
- Set up and prepare system for ISO/TS 16949, ISO 14000, OSHOS 18001.

SPECIAL PROFESSIONAL:

- Set up and design production line by lean method.
- Design automatic production line.
- Design tooling and pokayoke.
- Production planning.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COURSES/ SEMINARS/ TRAININGS ATTENDED:

August 2008-June 2009	- Lean Master Certificate, Technology Promotion Association (Thailand-Japan)
October 26, 2008	- Value Stream Mapping Future State (TPA)
October 25, 2008	- Quick change over, POKA -YOKE and Cell Design (TPA)
October 11 – 12, 2008	- TPM and Implementation (TPA)
August 31 – Sept.28, 2008	- Lean Simulation Techniques (TPA)
August 30, 2008	- KanBan Design and Management (TPA)
August 10 – 24, 2008	- Lean Method Engineering (Time Measurement Concept-TPA)
August 09, 2008	- 5S and Visual Management, Kaizen for Shop Floor (TPA)
August 03, 2008	- Value Stream Mapping Current State Management (TPA)
August 02, 2008	- Lean Concepts & Change Management Overview (TPA)
August 2011	- Professional communications, John Robert Power.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้