# การประยุกต์ใช้ระบบการผลิตแบบลีนและผังคุณค่าโดยการจำลองสถานการณ์ในการผลิตยางรถยนต์

นางสาวอุบลวรรณ อ้นโต

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการด้านโลจิสติกส์ (สหสาขาวิชา)
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2551

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository(CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the Graduate School.

# THE APPLICATION OF LEAN MANUFACTURING AND VALUE STREAM MAPPING IN TYRE PRODUCTION UNITS VIA SIMULATION

Ms. Ubonwan Aonto

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science Program in Logistics Management

(Interdisciplinary Program)

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic Year 2008

Copyright of Chulalongkorn University

| | |
|---|---|
| หัวข้อวิทยานิพนธ์ | การประยุกต์ใช้ระบบการผลิตแบบลีนและผังคุณค่าโดยการจำลองสถานการณ์ในการผลิตยางรถยนต์ |
| โดย | นางสาวอุบลวรรณ อ้นโต |
| สาขาวิชา | การจัดการด้านโลจิสติกส์ |
| อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มาโนช โลหเตปานนท์ |

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

…….. คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร. พรพจน์ เปี่ยมสมบูรณ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

……ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร. กมลชนก สุทธิวาทนฤพุฒิ)

…….. อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มาโนช โลหเตปานนท์)

……กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ณกร อินทร์พยุง)

อุบลวรรณ อ้นโต : การประยุกต์ใช้ระบบการผลิตแบบลีนและผังคุณค่าโดยการจำลองสถานการณ์ในการผลิตยางรถยนต์. (THE APPLICATION OF LEAN MANUFACTURING AND VALUE STREAM MAPPING IN TYRE PRODUCTION UNITS VIA SIMULATION). อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ.ดร. มาโนช โลหเตปานนท์, 130 หน้า

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการประยุกต์ใช้การผลิตแบบลีนในอุตสาหกรรมการผลิตยางรถยนต์ โดยมีวัตถุประสงค์ คือ เพื่อเป็นแนวทางของการประยุกต์ใช้การผลิตแบบลีนในอุตสาหกรรมการผลิตยางรถยนต์ โดยการสร้างแผนภูมิคุณค่าสถานะปัจจุบัน เพื่อช่วยจำแนกคุณค่าของกระบวนการผลิต ร่วมกับการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ระบบการผลิตปัจจุบัน เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ทางเลือก, ประเมินผลและพัฒนาแผนภูมิสายธารคุณค่าสถานะอนาคต

งานวิจัยนี้จะใช้การประเมินผลโดยการการจำลองในแบบจำลองสถานการณ์ระบบในอนาคต โดยนำเครื่องมือและเทคนิคของระบบการผลิตแบบลีนมาประยุกต์ใช้ ซึ่งระบบการผลิตแบบลีนที่นำมาประยุกต์มีทั้งสิ้น 3 เทคนิค ได้แก่ การผลิตแบบไหลทีละชิ้นหรือการไหลอย่างต่อเนื่อง การบำรุงรักษาแบบทุกคนมีส่วนรวมและการลดเวลาการปรับตั้งเครื่องจักร จากผลของการจำลองสถานการณ์ในการขจัดความสูญเปล่าสามารถ ลดระยะเวลาการผลิตรวมเดิมจาก 16.20 วัน ลงเหลือเพียง 12.73 วันหรือคิดเป็นร้อยละ 21.42 จากนั้นนำการผลที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ระบบในอนาคต มาดำเนินการสร้างเป็นแผนภูมิคุณค่าสถานะอนาคต

สาขาวิชา การจัดการด้านโลจิสติกส์ ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2551 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

## 4989237120 MAJOR LOGISTICS MANAGEMENT

KEYWORDS : LEAN MANUFACTURING, VALUE STREAM MAPPING, SIMILATION

UBONWAN AONTO : THE APPLICATION OF LEAN MANUFACTURING AND VALUE STREAM MAPPING IN TYRE PRODUCTION UNITS VIA SIMULATION. ADVISOR : ASST.PROF. MANOJ LOHATEPANONT, Ph.D., 130 pp.

This thesis is a case study in applying lean manufacturing in tires manufacturing. The purpose of this thesis is to be guideline in applying knowledge of lean manufacturing in tires production by using lean tools and techniques. Those tools and techniques are value stream mapping for manufacturing process. The simulation model is used for option analysis, evaluation and modification of the value stream mapping.

In this thesis, the future manufacturing process is evaluated by implementing the knowledge of lean manufacturing and analysis the result by using the simulation model. The results from the simulation are as followings. Production lead time is reduced from 16.20 days to 12.73 days or decreasing by 21.42%. Then based on the result, a new value stream mapping: future state map is developed.

Field of Study : Logistics Management Student's Signature :

Academic Year : 2008 Advisor's Signature :

# สารบัญ


| | หน้า |
|---|---|
| บทคัดย่อภาษาไทย……..... | ง |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ……..……... | จ |
| กิตติกรรมประกาศ……... | ฉ |
| สารบัญ……..…….. | ช |
| สารบัญตาราง……..……..... | ฌ |
| สารบัญภาพ……..... | ฎ |
| บทที่ 1 บทนำ……...…… | 1 |
| 1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา (Background and rationale)……...…... | 1 |
| 1.2. วัตถุประสงค์……...…… | 2 |
| 1.3. ขอบเขตการวิจัย……...……... | 2 |
| 1.4. ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย (Research Methodology)……. | 3 |
| 1.5.ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ (Expected Benefits)……...…….. | 4 |
| บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง…….. | 5 |
| 2.1. ระบบการผลิตแบบลีน..... | 5 |
| 2.2 การนำระบบการผลิตแบบลีนมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตแบบไม่ต่อเนื่อง..... | 46 |
| 2.3 ทฤษฎีการจำลองแบบปัญหา (Simulation)……... | 48 |
| 2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง...…… | 56 |
| บทที่ 3 การรวบรวมและประมวลผลข้อมูล…….. | 58 |
| 3.1 ข้อมูลทั่วไปของโรงงานกรณีศึกษา…….. | 58 |
| 3.2 แผนภูมิคุณค่าสถานะปัจจุบัน……... | 70 |
| 3.3 การออกแบบและสร้างแบบจำลองสถานการณ์…… | 79 |
| 3.4 การนำระบบการผลิตแบบลีนมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตยางรถยนต์……. | 84 |
| บทที่ 4 ผลการวิจัย…… | 100 |

หน้า

4.1 ผลการประยุกต์ใช้ระบบการผลิตแบบลีนในกระบวนการผลิตยางรถยนต์…….. 100
4.2 การสร้างแผนภูมิคุณค่าสถานะอนาคต
(Value Stream Mapping: Future State Map)……... 110
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ…… 111
5.1 สรุปผลการวิจัย…… 111
5.2 ข้อเสนอแนะ…… 112
รายการอ้างอิง……... 113
ภาคผนวก……. 116
ภาคผนวก ก…….. 117
ภาคผนวก ข…….. 122
ภาคผนวก ค…….. 126
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์…… 130

# สารบัญตาราง


| ตารางที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 2.1 | เครื่องมือของระบบการผลิตแบบลีน…….. | 17 |
| 2.2 | รายการวิเคราะห์ PQ ตามปริมาณการผลิตแบบสะสมของผลิตภัณฑ์……. | 23 |
| 2.3 | ลำดับการปฏิบัติงานโดยเรียงตามกระบวนการเพื่อบ่งชี้สายธารคุณค่า….. | 24 |
| 2.4 | การเปรียบเทียบการบำรงรักษาแบบเก่ากับการบำรุงรักษาแบบลีน……. | 34 |
| 2.5 | ตัวอย่างปริมาณความต้องการโดยการปรับเรียบในการผลิต……..…. | 40 |
| 2.6 | การใช้เวลาแทกต์จัดลำดับการผลิต เพื่อปรับเรียบการผลิตสำหรับ Mixed Production……... | 41 |
| 2.7 | การเปรียบเทียบอรรถประโยชน์ชนิดของผังโรงงาน…….. | 45 |
| 3.1 | ประเภทของยางรถยนต์จำแนกตามประเภทของการใช้งาน…… | 60 |
| 3.2 | การเปรียบเทียบแผนการผลิตกับผลผลิตและความต้องการของลูกค้า……. | 69 |
| 3.3 | ปริมาณความต้องการของลูกค้าต่อวัน……. | 71 |
| 3.4 | ข้อมูลที่ใช้ในการสร้างสายธารคุณค่าสถานะปัจจุบัน…… | 76 |
| 3.5 | การเปรียบเทียบผลผลิตที่ได้จากการจำลองสถานการณ์และระบบงานจริง……... | 84 |
| 3.6 | ผลการทดสอบความแตกต่างของผลผลิตระหว่างข้อมูลจากสายการผลิตจริงกับชุดข้อมูลจากการประมวลผลของแบบจำลองสถานการณ์ โดยโปรแกรม SPSS…….. | 84 |
| 3.7 | เวลาในการซ่อมบำรุงเครื่องจักรตามตารางการซ่อมบำรุง……... | 93 |
| 3.8 | เวลาในการปรับเปลี่ยนเครื่องจักร……... | 94 |
| 4.1 | ปริมาณสินค้าคงคลังระหว่างกระบวนการระหว่างการประยุกต์ใช้กับไม่ประยุกต์ใช้เทคนิคการสร้างการไหลอย่างต่อเนื่อง…… | 101 |
| 4.2 | การเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการซ่อมบำรุงเครื่องจักรก่อนและหลังการประยุกต์ใช้การบำรุงรักษาที่ทุกคนมีส่วนร่วม…… | 104 |
| 4.3 | เวลาในการปรับเปลี่ยนเครื่องจักร……... | 104 |
| 4.4 | ขั้นตอนและเวลาที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องอบยาง (Press)……... | 105 |

| ตารางที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 4.5 | การเปรียบเทียบการเพิ่มอัตราความน่าเชื่อถือของเครื่องจักร…….. | 105 |
| 4.6 | การเปรียบเทียบปริมาณสินค้าคงคลังระหว่างกระบวนการระหว่างระบบงานจริงกับการประยุกต์ใช้การบำรุงรักษาที่ทุกคนมีส่วนร่วมและการลดระยะเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักร…….. | 107 |
| 4.7 | การเปรียบเทียบระหว่างระบบงานจริงกับผลการจำลองสถานการณ์สถานะอนาคตโดยการนำระบบการผลิตแบบลีนมาประยุกต์ใช้……. | 109 |

# สารบัญภาพ


| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 2.1 | หลักการ ประการของลีน……...…….. | 10 |
| 2.2 | แนวคิดของ PDCA……... | 14 |
| 2.3 | สัดส่วนของกิจกรรมในอุตสาหกรรมการผลิตสินค้า…… | 16 |
| 2.4 | ขั้นตอนการสร้างแผนภูมิคุณค่า……..…….. | 21 |
| 2.5 | แผนภูมิพาเรโตจากแผ่นงานการวิเคราะห์แบบ PQ…….……. | 23 |
| 2.6 | แผนภูมิคุณค่าภายนอกองค์กร…….. | 25 |
| 2.7 | แผนภูมิคุณค่าภายในองค์กร……. | 26 |
| 2.8 | แผนภูมิคุณค่าสถานะอนาคต……...…… | 28 |
| 2.9 | ผังโรงงานแบบกระบวนการ…… | 43 |
| 2.10 | ผังโรงงานแบบผลิตภัณฑ์……. | 44 |
| 3.1 | กระบวนการผลิตยางรถยนต์…… | 64 |
| 3.2 | กระบวนการอบยาง…….. | 68 |
| 3.3 | การเปรียบเทียบแผนการผลิตกับปริมาณการผลิตจริง…….. | 69 |
| 3.4 | ขั้นตอนการสร้างแผนภูมิคุณค่า……... | 70 |
| 3.5 | ปริมาณร้อยละสะสมความต้องการยางรถยนต์…… | 72 |
| 3.6 | แผนภูมิคุณค่าสถานะปัจจุบัน (Value Stream Mapping: Current State Map)…….. | 78 |
| 3.7 | แบบจำลองสถานการณ์กระบวนการผลิตยางรถยนต์ในขั้นตอนการผสมยาง – ขั้นตอนการผลิตชิ้นส่วนและโครงสร้างภายในตัวยาง……. | 80 |
| 3.8 | แบบจำลองสถานการณ์ขั้นตอนการประกอบและขึ้นรูปยาง – ขั้นตอนการอบยาง…… | 81 |
| 3.9 | แบบจำลองสถานการณ์ขั้นตอนการตรวจสอบคุณภาพ จนเสร็จสิ้นกระบวนการ…….. | 82 |
| 3.10 | รอบระยะเวลาการผลิตแต่ละกระบวนการ……... | 86 |
| 3.11 | ระดับการประยุกต์ใช้เครื่องมือในการผลิตแบบลีน…….. | 90 |

ภาพที่ หน้า

4.1 การเปรียบเทียบปริมาณสินค้าคงคลังระหว่างกระบวนการระหว่างการประยุกต์ใช้กับไม่ประยุกต์ใช้เทคนิคการสร้างการไหลอย่างต่อเนื่อง…… 101
4.2 การเปรียบเทียบปริมาณสินค้าระหว่างกระบวนการในกระบวนการปัจจุบันกับการประยุกต์ใช้การไหลอย่างต่อเนื่อง…….. 102
4.3 การเปรียบเทียบเวลานำ (Lead Time) ระหว่างกระบวนการปัจจุบันกับการประยุกต์ใช้การไหลอย่างต่อเนื่อง…… 102
4.4 การเปรียบเทียบปริมาณสินค้าคงคลังระหว่างกระบวนการระหว่างระบบงานจริงกับการประยุกต์ใช้การบำรุงรักษาที่ทุกคนมีส่วนร่วมและการลดระยะเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักร……..…….. 107
4.5 การเปรียบเทียบปริมาณสินค้าคงคลังระหว่างกระบวนการระหว่างกระบวนการปัจจุบันกับการประยุกต์ใช้การบำรุงรักษาที่ทุกคนมีส่วนร่วมร่วมกับการลดเวลาการปรับตั้งเครื่องจักร……... 108
4.6 การเปรียบเทียบเวลานำ (Lead Time) ระหว่างกระบวนการปัจจุบันกับการประยุกต์ใช้การบำรุงรักษาที่ทุกคนมีส่วนร่วมร่วมกับการลดเวลาการปรับตั้งเครื่องจักร……. 108
4.7 แผนภูมิคุณค่าสถานะอนาคต (Value Stream Mapping: Future State Map)……. 110
ก – 1 สัญลักษณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในแผนภูมิคุณค่า…… 118
ข – 1 ขั้นตอนการประกอบชิ้นส่วน (Confection)…….. 123
ข - 2 ขั้นตอนการขึ้นรูปยาง (Conformation)…… 123
ค – 1 แบบจำลองสถานการณ์ระบบงานจริงก่อนการประยุกต์ใช้ระบบการผลิตแบบลีน……. 127
ค – 2 การเปรียบเทียบแบบจำลองระหว่างระบบงานปัจจุบันกับการประยุกต์ใช้การไหลอย่างต่อเนื่อง…….. 128
ค - 3 การเปรียบเทียบอรรถประโยชน์ของเครื่องจักรระหว่างแบบจำลองสถานการณ์ของระบบงานจริงและแบบจำลองสถานการณ์หลังการการบำรุงรักษาแบบมีส่วนร่วมและการลดเวลาการปรับตั้งเครื่องจักร……. 129

# กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มาโนช โลหเตปานนท์ที่ได้ให้ความกรุณาและให้คำปรึกษาตลอดระยะเวลาที่ศึกษาอยู่และระหว่างการดำเนินการวิจัย ตลอดจนศาสตราจารย์ ดร. กมลชนก สุทธิวาทนฤพุฒิ ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เป็นประธานในการสอบวิทยานิพนธ์ ขอขอบคุณข้อมูลในการดำเนินการวิทยานิพนธ์ จากคุณสุกิจ ประสงค์สุธน คุณจันทร์ทิพย์ เกรียงเพียรพงศ์ ตลอดจนเพื่อนร่วมงานทีม Supply Chain ของข้าพเจ้าทุกท่านที่ได้ให้การสนันสนุนในแง่ของข้อมูลและความรู้เกี่ยวกับอุตสาหกรรมการผลิต ขอขอบพระคุณคุณมุกดา สุขประเสริฐและ พล.ต.ต วินัย แจ้งทองคำและมารดาของข้าพเจ้าที่สนับสนุนทางด้านการศึกษาและให้กำลังใจที่ดีเสมอมา รวมถึงเพื่อน ๆ การจัดการด้านโลจิสติกส์ที่คอยให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ หากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้เป็นวิทยาทานแก่ผู้ศึกษาท่านอื่น ๆ ข้าพเจ้าขออุทิศบุญกุศลนี้ให้แก่คุณปู่ คุณย่าและคุณเมตตา อ้นโต บุคคลอันเป็นที่รักยิ่งของข้าพเจ้า

# บทที่ 1

# บทนำ

## 1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา (Background and rationale)

สืบเนื่องมาจากสภาวะปัญหาทางเศรษฐกิจที่กำลังถดถอยทั่วโลกได้ส่งผลกระทบยังผู้ประกอบธุรกิจต่าง ๆ ทั้งธุรกิจด้านการบริการและกิจกรรมการผลิตสินค้าทั้งในและต่างประเทศ โดยเฉพาะผู้ประกอบการในภาคอุตสาหกรรมนั้นได้รับผลกระทบอย่างรุนแรง ซึ่งส่งผลให้เกิดการเลิกจ้างงานอันเนื่องมาจากสภาวะการขาดทุน

ขณะเดียวกันนั้นผู้ประกอบการก็ยังจำเป็นที่จะต้องแข่งขันกับผู้ประกอบการรายอื่น ๆ ด้วย ในอดีตขณะที่ยังมีผู้ประกอบการต่าง ๆ น้อยราย การเพิ่มผลกำไรให้กับองค์กรมักใช้วิธีการเพิ่มราคาของสินค้าหรือบริการตนเองเพื่อให้องค์กรของตนได้รับผลตอบแทนที่สูงขึ้น ซึ่งตรงกันข้ามกับแนวคิดในปัจจุบันที่มีผู้ประกอบการมากรายขึ้น ผู้บริโภคมีทางเลือกที่มากขึ้นส่งผลให้ผู้ประกอบการต้องแสวงหาวิธีการที่เน้นไปที่การลดต้นทุนการผลิตแทนที่การเพิ่มราคาขาย

ปัจจุบันองค์กรธุรกิจต่าง ๆ จึงพยายามแสวงหาเครื่องมือเพื่อการมาพัฒนาและปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตของตน เพื่อให้เกิดความสามารถในการแข่งขันและสามารถดำรงอยู่ได้ในตลาดโลกที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา (พฤทธิพงศ์, 2548)

ดังที่กล่าวในข้างต้นว่าการลดต้นทุนก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่ช่วยเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน ดังนั้นจึงได้เกิดการพัฒนาระบบการผลิตแบบลีน (Lean Manufacturing) โดยแนวคิดนี้เสนอให้สามารถระบุคุณค่าของผลิตภัณฑ์ให้ได้ว่าคุณค่าของสินค้าที่ผลิตมีคุณค่าอยู่ที่ใดและตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้หรือไม่ ซึ่งแตกต่างจากการผลิตแบบเดิมที่มุ่งผลิตตามการพยากรณ์มากกว่าใช้อุปสงค์ที่แท้จริง (Demand Driven) มาเป็นตัวขับเคลื่อนกำลังการผลิต

แนวคิดการผลิตแบบลีน (Lean Manufacturing) เป็นเสมือนอาวุธสำหรับการแข่งขันที่สำคัญโดยมุ่งเป้าหมายเพื่อการปรับปรุง เช่น การลดระยะเวลาการผลิต การปรับปรุงคุณภาพ การเพิ่มความสามารถในการทำกำไรโดยการลดต้นทุน ดังนั้นการผลิตแบบลีนจึงมุ่งกำจัดความสูญเปล่าในทุกพื้นที่ของสายการผลิต ซึ่งใช้แนวความคิดในเรื่องคุณค่าของงานที่ทำ (Value Added) โดยผลที่คาดหวังก็คือการลดต้นทุนการผลิตให้ต่ำลงและการมีส่วนร่วมของพนักงาน (Employee Empowerment) ตลอดจนการมุ่งปรับปรุงประสิทธิภาพการดำเนินงานด้วยการสร้างให้เกิดการไหลอย่างต่อเนื่องตลอดทั้งกระบวนการ (Fawaz, 2003)

ดังนั้นเพื่อให้บรรลุเป้าหมายข้างต้น จึงจำเป็นที่จะต้องระบุความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นในสายการผลิต ซึ่งความสูญเปล่านั้นรวมถึง ขั้นตอน กิจกรรม กระบวนการ ที่ไม่สร้างคุณค่าเพิ่มให้กับลูกค้า (Non Value Added) โดยมุ่งเน้นการตอบสนองความต้องการของลูกค้าเป็นสำคัญ (Customer Focused) ด้วยคุณภาพสูงสุด ต้นทุนต่ำสุดและใช้ระยะเวลาที่น้อยที่สุด

สำหรับงานวิจัยฉบับนี้จะเป็นการนำระบบการผลิตแบบลีนมาประยุกต์ใช้ในอุตหกรรมการผลิตยางรถยนต์ซึ่งจัดเป็นระบบการผลิตแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete Manufacturing) คือมีการผลิตสินค้าออกมาเป็นชิ้น ๆ จากกระบวนการผลิต โดยปัญหาที่พบในระบบการผลิตในปัจจุบันของบริษัทที่นำมาเป็นกรณีศึกษานั้นคือ

1.1.1 ระบบการผลิต ณ ปัจจุบันเป็นการผลิตเพื่อรอจำหน่าย (Make to Stock) หรือระบบผลัก (Push Production)

1.1.2 ระบบการผลิตที่ดำเนินอยู่ในปัจจุบันขาดความยืดหยุ่นไม่สามารถตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของความต้องการของลูกค้า

1.1.3 เวลานำ (Lead Time) ยาวนาน ไม่สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้อย่างทันท่วงที

1.1.4 สินค้าคงคลังมีเป็นจำนวนมาก เป็นผลมาจากการผลิตที่ขาดความยืดหยุ่นในการผลิต ทำให้ลูกค้าไม่สามารถรอคอยสินค้าที่กำลังผลิตได้จึงหันไปซื้อยางทดแทนขนาดอื่น ๆ ส่งผลให้เกินสินค้าคงคลังส่วนเกิน (Excess Stock)

1.1.5 การตัดสินใจในเรื่องการจัดการคลังสินค้าเป็นไปอย่างยากลำบาก ในส่วนของการขยายพื้นที่หรือการเช่าพื้นที่จัดเก็บสินค้า อันเนื่องมาจากสินค้าคงคลังที่มีมากจนเกินไปจนไม่สามารถกำหนดปริมาณที่ควรจะเป็นได้

## 1.2. วัตถุประสงค์

1.2.1 ศึกษาการนำระบบการผลิตแบบลีน (Lean Manufacturing) มาจำลองใช้กับอุตสาหกรรมการผลิตยางรถยนต์

1.2.2 ศึกษาแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพในระบบการผลิตยางรถยนต์โดยการศึกษาผังแห่งคุณค่า (Value Stream Mapping) ซึ่งเป็นเครื่องมือหนึ่งในระบบการผลิตแบบลีน

1.2.3 วิเคราะห์การลดระยะเวลาการผลิตรวม (Throughput Time) และปริมาณสินค้าคงลังระหว่างกระบวนการ (Work in Process) โดยใช้เทคนิคการผลิตแบบลีน

**1.3. ขอบเขตการวิจัย**

1.3.1 การนำระบบการผลิตแบบลีนมาประยุกต์ใช้กับอุตสาหกรรมการผลิตยางรถยนต์ซึ่งเป็นการผลิตแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete Manufacturing)

1.3.2 ยางพาหนะที่สนใจทำการศึกษาคือยางสำหรับรถบรรทุกและรถโดยสารแบบเสริมใยเหล็ก (Radial) เท่านั้น

1.3.2 สนใจศึกษาการผลิตยางประเภทยางรถบรรทุกที่มีรัศมี 16, 17.5, 20, 22.5 นิ้วและผลิตขึ้นในประเทศไทยเท่านั้น

1.3.3 .การศึกษาระบบการผลิตนั้น มุ่งศึกษาตั้งแต่ขั้นตอนที่วัตถุดิบเข้ามาสู่กระบวนการผลิตจนสำเร็จออกมาเป็นยางรถยนต์สำเร็จรูป

1.3.4 ใช้การศึกษาผังแห่งคุณค่า (Value Stream Mapping) ในการปรับปรุงกระบวนการผลิต โดยการจำลองสถานการณ์

**1.4. ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย (Research Methodology)**

1.4.1 ศึกษา ค้นคว้าทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

1.4.2 ศึกษาระบบ รูปแบบ กระบวนการและขั้นตอนมาตรฐานของโรงงานตัวอย่าง

1.4.3 ศึกษาและเก็บข้อมูลขั้นตอนการทำงานจริง ระยะเวลา ตลอดจนทรัพยากรที่ใช้ในแต่กระบวนการผลิตโดยละเอียด

1.4.4 นำข้อมูลที่ศึกษาจากขั้นตอนที่ 4.3 มาสร้างผังแห่งคุณค่าสถานะปัจจุบัน (Value Stream Mapping: Current State Map)

1.4.5 สร้างแบบจำลองสถานการณ์ของกระบวนการผลิตยางรถยนต์สถานะปัจจุบัน โดยใช้โปรแกรมจำลองสถานการณ์อารีน่า (Arena Simulation Program) เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองกับระบบปัจจุบัน

1.4.6 นำแนวคิดและเทคนิคของการผลิตแบบลีนมาประยุกต์ใช้ เพื่อทำการพัฒนาประสิทธิภาพของระบบการผลิต โดยสร้างแบบจำลองสถานการณ์โดยโปรแกรมจำลองสถานการณ์อารีน่า (Arena Simulation Program)

1.4.7 เปรียบเทียบผลการจำลองสถานการณ์ระหว่างระบบจริงกับระบบที่ประยุกต์ใช้ระบบการผลิตแบบลีน โดยเปรียบเทียบระหว่างอัตราการลดระยะเวลารวมในการผลิตและสินค้าคงคลัง

1.4.8 นำผลที่ได้จากสร้างผังแห่งคุณค่าสถานะอนาคต ( Value Stream Mapping: Future State Map)

1.4.9 สรุปผลการวิจัย อุปสรรคและข้อเสนอแนะ

**1.5.ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ (Expected Benefits)**

1.5.1 เป็นแนวทางในการนำระบบการผลิตแบบลีนไปประยุกต์ใช้จริงในอุตสาหกรรมการผลิตยางรถยนต์

1.5.2 สามารถเป็นส่วนช่วยเพิ่มขีดระดับความสามารถการแข่งขันให้แก่องค์กรตัวอย่างที่นำมาศึกษา

1.5.3 สามารถเป็นแนวทางและกรอบความคิดในการตัดสินใจวางแผนกลยุทธ์

1.5.4 สามารถเป็นแนวทางให้แก่องค์กรที่มีลักษณะการผลิตสินค้าแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete Manufacturing) นำไปประยุกต์ใช้

# บทที่ 2

# ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การจัดการกระบวนการขององค์การที่ดี จะต้องพร้อมที่จะรับมือกับสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ไม่ว่าจะเป็นเรื่องความต้องการของลูกค้า ภาวะการแข่งขันที่ทวีความรุนแรงยิ่งขึ้น ต้นทุนการผลิตที่ปรับราคาสูงขึ้น ภาวะเศรษฐกิจ ซึ่งปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้หรือหลีกเลี่ยงได้ยากลำบาก แต่สิ่งที่ผู้บริหารองค์กรกระทำได้ก็คือ ต้องทำความเข้าใจในสภาพการณ์และปัญหา วิเคราะห์และหาทางรับมือด้วยการปรับองค์กรให้มีความสามารถรองรับปัญหาดังกล่าว

## 2.1. ระบบการผลิตแบบลีน

แนวคิดและเทคนิคแบบลีนที่กำลังเป็นที่นิยมและได้ถูกนำมาใช้เป็นกลยุทธ์ในการดำเนินธุรกิจในระดับโลก จากการผลิตแบบดั้งเดิมที่ผลิตเป็นจำนวนมากๆ(Mass Production) สู่การผลิตตามความต้องการของลูกค้า (Customization) เนื่องจากในปัจจุบันนี้ อุตสาหกรรมต่างๆ จะต้องเน้นถึงความต้องการของลูกค้าเป็นหลักหรือสามารถกล่าวได้ว่าตลาดเป็นของผู้บริโภคและลูกค้าต้องการสินค้าที่มีรูปแบบหรือทางเลือกสินค้ามากขึ้น ดังนั้นการผลิตแบบเดิมหรือการผลิตจำนวนมาก (Mass Production) จึงต้องมีการปรับเปลี่ยน ซึ่งการปรับเปลี่ยนจะต้องแข่งขันกันระหว่างโซ่อุปทาน (Supply Chain) วิธีการแบบลีนจึงขยายขอบเขตออกไปเป็นการจัดการวิสาหกิจแบบลีน (Lean Enterprise)

ผู้บริหารอุตสาหกรรมในระดับโลกมีแนวโน้มที่จะใช้การผลิตแบบลีน ซึ่งลักษณะเป็นการผลิตจำนวนมากตามความต้องการของลูกค้า (Mass Customization) ที่เป็นทางเลือกที่ดีกว่าการผลิตแบบจำนวนมาก โดยการจัดการอย่างง่ายๆ นั่นคือ การรวมกลุ่มเครื่องจักรจากกระบวนการและสร้างรูปแบบการไหลชิ้นเดียว (One-piece Flow) ที่เป็นกลุ่มสินค้าที่คล้ายกันที่ทำให้เกิดประสิทธิผล ความยืดหยุ่น และคุณภาพซึ่งมีการประสานรวม (Integration) ระหว่างโรงงานกับลูกค้าที่ต้องการข้อได้เปรียบในการแข่งขัน ในบางบริษัทต้องการสร้างวิสาหกิจแบบลีนที่เชื่อมต่อระหว่างโรงงานแบบลีน (Lean Factories) กับลอจิสติกส์แบบลีน (Lean Logistics) ซึ่งทำให้ได้ผลลัพธ์ที่คุ้มค่า

**2.1.1 ความเป็นมาของระบบการผลิตแบบลีน (Historical of Lean Manufacturing)**

ระบบการผลิตแบบลีน (Lean Manufacturing) กำเนิดขึ้นในอุตสาหกรรมการผลิตรถยนต์ โดยเป็นที่รู้จักในครั้งแรกเมื่อปีคริสตศักราช 1990 จากหนังสือที่ชื่อว่า “The Machine That Changed The World: The Story of Lean Production” ซึ่งเขียนขึ้นโดยเจมส์ วอแมกค์ โดยหนังสือเล่มนี้ได้กล่าวถึงการวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างโรงงานประกอบรถยนต์ของญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา และยุโรป ว่าเหตุใดโรงงานประกอบรถยนต์ของประเทศญี่ปุ่นจึงประสบความสำเร็จมากกว่า 3 บริษัทผู้ผลิตรถยนต์รายใหญ่ของโลกหรือ Big Three อันได้แก่ Ford, General Motorและ Chrysler โดยกล่าวว่าในอดีตการผลิตสินค้าต่างๆ รวมทั้งรถยนต์มีลักษณะเป็นแบบงานที่ต้องอาศัยผู้ชำนาญงาน (Craft / Hand Made Production) ไม่มีสายการผลิต ผู้ผลิตส่วนใหญ่จะดำเนินการผลิตโดยอาศัยทักษะความชำนาญของพนักงานเป็นหลัก จึงมีต้นทุนการผลิตต่อหน่วยสูง แต่ก็สามารถผลิตสินค้าได้หลากหลายชนิดตามความต้องการของลูกค้า ต่อมาในช่วงต้นศตวรรษที่ 20 เฮนรี ฟอร์ด (Henry Ford) ผู้ก่อตั้งบริษัทฟอร์ด มอเตอร์ ได้ริเริ่มแนวคิดในการสร้างสายการผลิตให้มีลักษณะคล้ายกับการไหลของสายน้ำและถือว่าทุกสิ่งที่เป็นอุปสรรคต่อการเคลื่อนที่ในกระบวนการคือความสูญเปล่า (Waste) โดยนำเอานวัตกรรมระบบสายพานลำเลียงมาใช้ในสายการประกอบรถยนต์ (Moving Assembly Line) ของบริษัทและใช้ชิ้นส่วนมาตรฐานที่สามารถเปลี่ยนทดแทนกันได้ (Standardized Interchangeable Parts) ทำให้ใช้เวลาในการผลิตลดลง อย่างไรก็ตาม ด้วยวิธีการดังกล่าวทำให้ชิ้นส่วนและวัตถุดิบได้รับการผลิตและส่งต่อไปยังกระบวนการถัดไปโดยไม่มีการพิจารณาถึงความต้องการของลูกค้าเป็นหลักเช่นเดียวกับการผลิตสินค้าสำเร็จรูปทั่ว ๆ ไป ระบบดังกล่าวจึงถูกเรียกว่าระบบการผลิตแบบเน้นปริมาณ (Mass Production) คือผลิตแบบปริมาณมาก รุ่นการผลิตมีขนาดใหญ่ เครื่องจักรที่ใช้ก็เป็นเครื่องจักรขนาดใหญ่เพื่อให้ผลิตได้คราวละมาก ๆ และเพื่อลดต้นทุนการผลิตต่อหน่วยให้ต่ำลง โดยมุ่งเน้นที่การประหยัดต่อขนาด (Economic of Scale)

ในยุคนั้นระบบการผลิตของฟอร์ดนับว่าประสบความสำเร็จอย่างยิ่ง กล่าวกันว่ายุคนั้นในประเทศสหรัฐอเมริกาไม่มีใครที่ไม่รู้จักรถยนต์ฟอร์ดโมเดลที (Model T Ford) ซึ่งเป็นรุ่นยอดนิยมที่มีการผลิตและจำหน่ายจำนวนมาก ถึงแม้ว่ารถรุ่นนี้จะมีจำหน่ายเพียงสีเดียวคือสีดำ โดยในยุคนั้นตลาดรถยนต์ยังคงเป็นของผู้ผลิตและมีผู้ผลิตรถยนต์มีจำนวนน้อยรายแต่ความต้องการซื้อมีจำนวนมาก ไม่ว่าจะผลิตเท่าใดก็สามารถที่จะจำหน่ายได้หมด

จากความสำเร็จของบริษัทฟอร์ด อิจิ โทโยดะ (Eiji Toyoda) และไทอิจิ โอโนะ (Taiichi Ohno) ผู้บริหารของบริษัทโตโยต้า (Toyota Motor) ได้พยายามนำเอาแนวคิดของฟอร์ดไปปรับปรุงและประยุกต์ใช้ในระบบการผลิตของบริษัทโตโยต้าที่ประเทศญี่ปุ่น พบว่าสภาพของบริษัทโตโยต้าในยังไม่เหมาะกับการใช้ระบบการผลิตแบบเน้นปริมาณ (Mass Production) เช่นฟอร์ด เนื่องจาก

ขณะนั้นประเทศญี่ปุ่นอยู่ในภาวะหลังสงครามโลกครั้งที่ 2 ปัจจัยการผลิตต่าง ๆ ตลอดจนเงินทุนที่มีจำกัด ทำให้ไม่สามารถลงทุนใน “ระบบการผลิตที่เน้นปริมาณ (Mass Production)” ตามแบบอย่างของฟอร์ดได้ ทั้งสองจึงได้ร่วมกับทีมงานของบริษัทโตโยต้า พัฒนาระบบการผลิตของตนเองขึ้นมาจากประสบการณ์ที่พบโดยเริ่มต้นจากการค้นหาและแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในระดับปฏิบัติการ การนำข้อเสนอแนะ (Suggestion System) ที่ได้จากพนักงานมาทดลองปฏิบัติและประยุกต์แนวคิดของระบบดึง (Pull System) มาสร้างระบบการผลิตที่เรียกว่า “ระบบการผลิตแบบโตโยต้า” (Toyota Production System: TPS) ซึ่งมีหลักการสำคัญคือ “การผลิตเฉพาะสินค้าหรือชิ้นส่วนที่จำเป็น ตามปริมาณที่มีความต้องการและภายในเวลาที่มีความต้องการ” โดยมุ่งเน้นการไหล (Flow) ของงานและความต้องการของลูกค้าเป็นหลัก สิ่งต่าง ๆ ที่ขัดขวางการไหลของงานจะถูกเรียกว่า “ความสูญเปล่า(Waste / Muda) ที่จะต้องกำจัดออกไป จากหลักการของระบบการผลิตแบบโตโยต้าจึงกลายเป็นที่มาของระบบการผลิตแบบลีน (Lean Manufacturing)

**2.1.2. แนวคิดของระบบการผลิตแบบลีน**

จากระบบการผลิตแบบโตโยต้า (Toyota Production System: TPS) ได้มีการพัฒนาเป็นกระบวนทัศน์ใหม่ (New Paradigm) ของการผลิตในขณะนี้คือการผลิตแบบลีน กระบวนทัศน์นี้มีแนวคิดซึ่งมีลักษณะที่เราได้เห็นและเข้าใจในกระบวนการผลิตมากขึ้นและเป็นระบบที่สร้างความเชื่อมั่นที่จะทำงานได้โดยไม่เป็นเพียงแค่ระบบทันเวลาพอดี (Just in Time: JIT) แต่จะเป็นระบบที่สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้เป็นอย่างดี TPS เป็นการพัฒนาด้านการบริหารเวลาและการทำงานโดยการลดความสูญเปล่า เมื่อโตโยต้าต้องการที่จะให้ระบบมีความยืดหยุ่นและลดเวลาในระหว่างการสั่งซื้อจนถึงการขนส่งในกรณีที่เป็นการสั่งซื้ออย่างเร่งด่วน หลักการที่สำคัญก็คือการลดช่วงเวลาโดยการกำจัดทุกสิ่งทุกอย่างที่ไม่มีคุณค่าเพิ่มในตัวผลิตภัณฑ์ ซึ่งความสูญเปล่า (Muda) ที่สำคัญจากในกระบวนทัศน์ของระบบการผลิตแบบโตโยต้าก็คือการผลิตมากเกินไป (Overproduction) การผลิตสินค้าหลายๆ อย่างที่ต้องการและจัดเก็บไว้ จนกระทั่งกลายเป็นสินค้าที่สะสมไว้นานในคลังสินค้านี้ (Inventory) การเก็บสินค้าไว้มากมายนี้ทำให้เกิดต้นทุนของสินค้าคงคลังจากรูปแบบการผลิตที่เป็นแบบเบทช์ (Batches) ของผลิตภัณฑ์ขนาดใหญ่ที่มุ่งเน้นในเรื่องของความประหยัดเวลาในการผลิตแบบจำนวนมาก ซึ่งอุปสรรคเหล่านี้จะสามารถป้องกันและแก้ไขภายใต้การผลิตแบบลีน โดยที่มีเครื่องจักรที่เหมือนกัน การดำเนินงานในทางที่เหมือนกันแต่สามารถมองเห็นความแตกต่างในการป้องกันปัญหาอย่างสมบูรณ์แบบ

ระบบการผลิตแบบลีน เป็นเครื่องมือในการออกแบบจัดการกระบวนการ ระบบ ทรัพยากร และมาตรการต่าง ๆ ที่ช่วยเพิ่มขีดความสามารถให้แก่องค์กรโดยการพิจารณาคุณค่าในการ

ดำเนินงานเพื่อมุ่งตอบสนองความต้องการของลูกค้า มุ่งสร้างคุณค่าในตัวสินค้าและบริการและกำจัดความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นตลอดทั้งกระบวนการอย่างต่อเนื่อง ทำให้สามารถลดต้นทุนการผลิต เพิ่มผลกำไรและผลลัพธ์ที่ดีทางธุรกิจในที่สุด ในขณะเดียวกันก็ให้ความสำคัญกับการผลิตสินค้าที่มีคุณภาพควบคู่ไปด้วย โดยการทำความเข้าใจในกระบวนการผลิตและบ่งชี้ความสูญเปล่าภายในกระบวนการเหล่านั้นและกำจัดความสูญเปล่าเหล่านั้นเป็นขั้นตอนอย่างต่อเนื่อง อีกแนวคิดหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อระบบการผลิตแบบลีนคือ “ระบบทันเวลาพอดี” หรือ Just in Time จากที่กล่าวมาในเบื้องต้นว่าระบบทันเวลาพอดีมีนั้นมีความเกี่ยวเนื่องกับระบบการผลิตแบบลีนจึงต้องกล่าวถึงระบบการผลิตแบบทันเวลาพอดีโดยสังเขป เนื่องจากในงานวิจัยฉบับนี้มุ่งศึกษาถึงการประยุกต์ใช้ระบบการผลิตแบบลีน (Lean Manufacturing) ดังนั้นจึงขอกล่าวถึงเรื่องของการผลิตแบบทันเวลาพอดี (JIT Production) ระบบการผลิตแบบลีนมีความสัมพันธ์กับหลักการผลิตแบบทันเวลาพอดี เนื่องจากแนวคิดของการผลิตแบบทันเวลาพอดีคือการพยายามมองหาและมุ่งขจัดที่มาของความสูญเปล่าในกระบวนการผลิต ด้วยการผลิตสินค้าที่ตรงตามความต้องการของลูกค้าในเวลาที่เหมาะสม (Right part in the right place at the right time) ซึ่งความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นเช่น งานระหว่างกระบวนการ สินค้าเสียหายหรือมีตำหนิ เป็นต้น

*ระบบทันเวลาพอดี* นั้นมี 3 องค์ประกอบด้วยกันได้แก่ 1) การผลิตแบบทันเวลาพอดี (JIT Production) 2) การจัดส่งแบบทันเวลาพอดี (JIT Distribution) 3) การจัดซื้อแบบทันเวลาพอดี (JIT Purchasing) การผลิตแบบทันเวลาพอดีแตกต่างจากวิธีการผลิตแบบคราวละมาก ๆ (Mass Production) การผลิตแบบคราวละมาก ๆ นั้น ถูกออกแบบขึ้นมาเพื่อผลิตผลิตภัณฑ์ตัวเดียวกันเป็นชุดใหญ่ ๆ ซึ่งจะถูกจัดเก็บและจัดส่งไปยังลูกค้าในภายหลังเมื่อผลิตภัณฑ์เหล่านี้ได้รับการสั่งซื้อมา ในทางตรงกันข้ามการผลิตแบบทันเวลาพอดีจะช่วยให้องค์กรสามารถผลิตผลิตภัณฑ์ได้หลากหลายชนิดในปริมาณที่น้อยลง โดยมีเวลานำ (Lead Time) ที่สั้นลง เพื่อให้เป็นไปตามความต้องการของลูกค้าที่เฉพาะเจาะจงนั้นได้ ซึ่งสินค้าคงคลังและการไหลของวัตถุดิบเป็นตัวอย่างหนึ่งที่แสดงให้เห็นถึงระบบการผลิตแบบผลัก (Push System) ในอดีตและระบบดึง (Just in Time) ซึ่งความแตกต่างที่เห็นได้ชัดเจนคือแต่ละระบบมีการจัดการอย่างไรกับความต้องการของลูกค้า ในระบบการผลิตแบบทันเวลาพอดีนั้นจะใช้ความต้องการของลูกค้ามาเป็นตัวขับเคลื่อนการผลิต (Monden, 1998)

แม้ว่าการผลิตแบบทันเวลาพอดีจะช่วยลดความสูญเสียอย่างที่เคยเกิดขึ้นในกระบวนการผลิตแบบคราวละมาก ๆ ได้ แต่การผลิตแบบทันเวลาพอดีก็จะมีปัญหาตรางที่ต้องคอยปรับตั้งกระบวนการและการวางแผนตลอดจนการบริหารความร่วมมือจากภายนอก (Supplier) สามารถสรุปได้ว่าระบบการผลิตแบบทันเวลาพอดีมีความแตกต่างจากการผลิตคราวละมาก ๆ ดังต่อไปนี้

2.1.2.1. ต้องมีการจัดสมดุลสายการผลิต ให้แต่ละสถานีงานมีภาระงานที่เท่ากันและสามารถรองรับผลิตภัณฑ์ที่หลากหลายได้

2.1.2.2. ต้องลดหรือจำกัดเวลาที่ใช้ในการตั้งเครื่องเมื่อเปลี่ยนรุ่นการผลิต (Setup Time) โดยมีเป้าหมายอยู่ที่การเปลี่ยนแปลงแต่ละครั้งต้องไม่เกิน 10 นาทีหรือที่เรียกกันว่า SMED (Single Minute Exchange of Die)

2.1.2.3. ต้องลดขนาดของการผลิตและการสั่งซื้อแต่ละคราว (Lot Size) ซึ่งแน่นอนว่าทำให้เกิดจำนวนครั้งขอการตั้งเครื่องและจำนวนครั้งของการสั่งซื้อที่มากขึ้น

2.1.2.4. ต้องลดเวลาในการผลิตและส่งมอบ (Production Lead Time and Delivery Lead Time) ซึ่งเวลานำในการผลิตสามารถลดลงได้โดยความร่วมมือกันระหว่างหน่วยผลิต ส่วนการลดเวลานำในการส่งมอบก็สามารถลดลงได้โดยความร่วมมือและการติดต่อประสานงานที่ดีกับผู้ผลิตจากภายนอก

2.1.2.5. ต้องมีการบำรุงรักษาเครื่องจักรเชิงป้องกันเพื่อให้เครื่องจักมีความพร้อมอยู่ตลอดเวลา ซึ่งการผลิตแบบทันเวลา เครื่องจักรจะมีโอกาสหยุดให้บำรุงรักษามากกว่าการผลิตครั้งละมาก ๆ

2.1.2.6. ต้องมีแรงงานแบบหลายทักษะ (Flexible Work Force) เช่นสามารถใช้เครื่องจักรได้ สามารถบำรุงรักษาได้ สามารถตรวจสอบคุณภาพได้ ตลอดจนสามารถโยกย้ายไปทำงานอื่นได้ ซึ่งแตกต่างจากการผลิตคราวละมาก ๆ ที่เน้นในการใช้แรงงานที่มีความเชี่ยวชาญเฉพาะอย่าง

2.1.2.7. ต้องการผู้ผลิตจากภายนอก (Supplier) ที่เชื่อถือได้และมีระบบรับประกันคุณภาพที่จะไม่ทำให้ชิ้นส่วนด้อยคุณภาพมาถึงโรงงาน รวมถึงมีระบบประเมินผู้ผลิตจากภายนอก

2.1.2.8. ต้องขนถ่ายชิ้นงานระหว่าหน่วยผลิตคราวละน้อย ๆ หรือถ้าเป็นไปได้ก็คราวละหนึ่งหน่วย (Small-Lot-Conveyance or One-Piece Flow) ทั้งนี้เพื่อลดเวลานำและลดปริมาณงานระหว่างกระบวนการ (Work in Process)

### 2.1.3 หลักการของระบบการผลิตแบบลีน

หลักการของระบบการผลิตแบบลีนที่ระบุไว้ในหนังสือ “Lean Thinking” โดย James P. Womack and Daniel T.Jones ได้กล่าวว่าหลักการของลีนมี 5 ประการ (Hines and Taylor, 2000) คือ

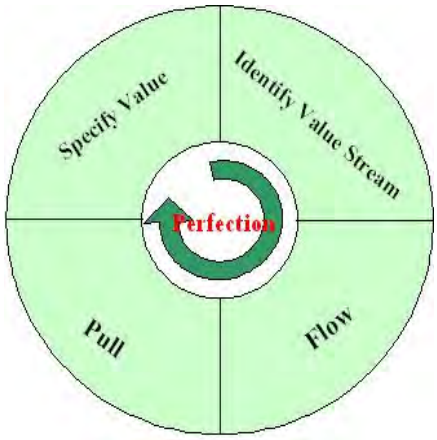
2.1.3.1. การระบุคุณค่าของสินค้าและบริการ (Specify Value)

2.1.3.2.การแสดงสายธารคุณค่าหรือผังแห่งคุณค่า (Identify Value Stream)

2.1.3.3. การทำให้สายธารคุณค่าเกิดไหลอย่างต่อเนื่อง (Flow)

2.1.3.4. การให้ลูกค้าเป็นผู้ดึงคุณค่าจากกระบวนการ (Pull)

2.1.3.5 การสร้างระบบที่เป็นเลิศ (Perfection) จากการกำจัดความสูญเปล่าอย่างต่อเนื่อง




ภาพที่ 2.1 หลักการ 5 ประการของลีน

จากหลักการของระบบการผลิตแบบลีนสามารถอธิบายได้โดยละเอียดดังนี้

2.1.3.1. <u>การระบุคุณค่าของสินค้าและบริการ (Specify Value)</u>

ในแนวคิดนี้เสนอให้สามารถระบุคุณค่าของผลิตภัณฑ์หรือบริการให้ได้ว่าคุณค่าของสินค้าที่ผลิตมีคุณค่าอยู่ที่ใด ตรงกับความต้องการของลูกค้าหรือไม่ การระบุว่าสินค้าหรือบริการมีคุณค่าอยู่ที่ใด อาจเปรียบเทียบกับคู่แข่ง (Benchmarking) “แต่จำเป็นต้องมองในมุมของลูกค้า (Customer’s Perspective) ไม่ใช่จากมุมมองของผู้ผลิต” โดยการที่จะระบุได้ว่าสินค้าหรือบริการที่เป็นผลิตผลขององค์กรมีคุณค่าอย่างไรนั้น นับเป็นบันไดขั้นแรกของแนวคิดลีนซึ่งจะทำให้ลูกค้าเกิดความพึงพอใจ อันจะส่งผลต่อการดำเนินธุรกิจต่อไป ทั้งยังสามารถนำคุณค่าที่ลูกค้าต้องการนั้นมาเป็นแนวทางในการดำเนินการผลิตด้วย

สำหรับขั้นตอนนี้อาจนำเทคนิคของ QFD (Quality Function Deployment) มาประยุกต์ใช้ ซึ่งเทคนิคของ QFD เป็นเทคนิคที่นำความต้องการของลูกค้ามาวิเคราะห์เปรียบเทียบกับความสามารถของตนเองและคู่แข่งในการบรรลุซึ่งความต้องการของลูกค้านั้น เพื่อหาแนวทางในการตอบสนองความต้องการของลูกค้า เป็นการนำความต้องการของลูกค้ามากำหนดสิ่งที่จะต้องทำ ดังนั้นการทราบความต้องการของลูกค้าถือเป็นสิ่งที่สำคัญยิ่ง

ผู้ผลิตที่ทำการประยุกต์ใช้ระบบการผลิตแบบลีนจำเป็นต้องตระหนักเสมอว่า คุณค่าและบริการของสินค้าและบริการจะถูกตัดสินโดยลูกค้าเสมอ โดยที่ผู้ผลิตสินค้าและบริการนั้น ๆ มีหน้าที่ในการสร้างคุณค่าให้แก่สินค้าและบริการที่นำเสนอออกสู่ตลาด จากนั้นความต้องการของลูกค้าและเสียงตอบกลับ (Feedback) จะเป็นสิ่งที่กำหนดว่าผู้ผลิตหรือผู้ให้บริการจำเป็นที่จะต้องพัฒนาและปรับปรุงอะไรแก่สินค้าและบริการของตนเองเพื่อความพึงพอใจของลูกค้า

2.1.3.2. <u>การแสดงสายธารแห่งคุณค่า (Identify Value Stream)</u>

หลักการการนิยมคุณค่าเป็นพื้นฐานที่สำคัญสำหรับการวิเคราะห์สายธารคุณค่า ซึ่งในการวิเคราะห์เริ่มต้นด้วยแผนภาพกระบวนการ (Process Mapping) กำหนดแต่ละขั้นตอนตามกระบวนการผลิต ซึ่งในแต่ละขั้นตอนจะต้องมีการศึกษาว่าแต่ละขั้นตอนนั้นมีการก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มในมุมมองของลูกค้าหรือไม่ ซึ่งเป็นขั้นตอนที่มีผลตอการเพิ่มคุณค่าของความสามารถของผลิตภัณฑ์ การกำจัดสิ่งที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มในกระบวนการ ซึ่งเป็นสิ่งที่ดีในการเพิ่มคุณค่าและประสิทธิภาพ

การจัดทำผังคุณค่า (Value Stream Mapping: VSM) ซึ่งเป็นการระบุกิจกรรมที่ต้องทำทั้งหมดตั้งแต่รับวัตถุดิบเข้าที่ประตูโรงงานของผู้ผลิต จนกระทั่งสินค้าได้ถูกส่งถึงประตูโรงงานของบริษัทลูกค้า แผนภาพกระบวนการสามารถทำได้โดยการสร้างแผนภาพการไหลของคุณค่า (Value Stream Mapping: VSM) โดยที่ Value Stream คือ กิจกรรมหรืองานทั้งหมดซึ่งหมายรวมถึงสิ่งที่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มและไม่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่ม ที่ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ให้กับลูกค้า ดังนั้น VSM คือการเขียนแผนภาพแสดงถึงการไหลของวัตถุดิบและข้อมูลสารสนเทศในการผลิตของกระบวนการต่าง ๆ เมื่อเข้าใจว่าอะไรคือการไหลของคุณค่าของผลิตภัณฑ์แล้ว จะพบกับกิจกรรม 3 ประเภทดังนี้

2.1.3.2.1. *กิจกรรมที่มีคุณค่า (Value Adding Activity: VA)* การระบุว่ากิจกรรมนั้น ๆ ก่อให้เกิดคุณค่าหรือไม่จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมองในมุมของลูกค้า ถ้าวัตถุดิบหรือกระบวนการนั้น ๆ ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างไปสู่สินค้า ระบบการผลิตแบบลีนจะจัดว่ากิจกรรมนั้น ๆ เป็นกิจกรรมที่มีมูลค่า เช่น การอบยาง การประกอบหน้ายาง เป็นต้น

*2.1.3.2.2. กิจกรรมที่ไม่มีคุณค่า (Non Value Adding Activity: NVA)* ในการระบุกิจกรรมที่ไม่มีคุณค่าก็เช่นเดียวกันกับกิจกรรมที่มีคุณค่าคือจำเป็นที่จะต้องมองในมุมของลูกค้าอีกเช่นกัน กล่าวคือเป็นกิจกรรมที่ไม่ได้ทำให้สินค้าหรือบริการมีคุณค่าเพิ่มขึ้นแต่อย่างใดและไม่จำเป็นที่จะต้องดำเนินกิจกรรมเหล่านั้นเพื่อให้เกิดเป็นสินค้าและบริการ ดังนั้นกิจกรรมที่ไม่มีคุณค่า

เป็นกิจกรรมที่สามารถขจัดออกไปจากระบบการผลิตได้ในทันทีหรือระยะเวลาอันใกล้ เช่น การเคลื่อนย้ายสินค้าจากตู้คอนเทนเนอร์หนึ่งไปยังอีกคอนเทนเนอร์หนึ่งเพื่อการส่งออก เป็นต้น

*2.1.3.2.3. กิจกรรมที่ไม่มีคุณค่าแต่จำเป็นต้องทำ (Necessary Non Value Adding Activity: NNVA)* กิจกรรมเหล่านั้นเป็นกิจกรรมที่ไม่ก่อให้สินค้าหรือบริการเกิดมูลค่าเพิ่มแต่อย่างใดแต่เป็นกิจกรรมที่ต้องดำเนินต่อไปเพื่อให้กระบวนการผลิตสินค้าหรือบริการดำเนินไปจนเสร็จสิ้น การที่จะระบุว่ากิจกรรมใดเป็นกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่าแต่จำเป็นต้องทำนั้นค่อนข้างยากและขจัดออกไปได้ยากในระยะสั้น จำเป็นที่จะต้องมีการวางแผนในระยะยาวเพื่อที่จะขจัดกิจกรรมตัวนี้ออกไป ตัวอย่างของกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่าแต่จำเป็นต้องทำ เช่น การตรวจสอบคุณภาพของสินค้าที่ผลิตด้วยเครื่องจักรชนิดเก่า เป็นต้น

2.1.3.3. <u>การทำให้คุณค่าเกิดการไหลอย่างต่อเนื่อง (Flow)</u>

การทำให้คุณค่าเกิดการไหลอย่างต่อเนื่อง คือ การทำให้สายการผลิตสามารถปฏิบัติงานได้อย่างสม่ำเสมอตลอดเวลา โดยไม่มีการขัดขวางหรือหยุดการผลิตด้วยเหตุอันใดก็ตาม ให้งานสามารถไหลไปได้อย่างต่อเนื่องเหมือนเช่นน้ำในแม่น้ำ ซึ่งแม้ว่าระดับน้ำจะลดต่ำลงแต่ก็ยังไหลอยู่เสมอ (พฤทธิพงศ์, 2548)

การไหลของงาน (Flow) ถือว่าเป็นหัวใจของระบบการผลิตแบบลีนและเป็นจุดเริ่มต้นที่จะต้องทำให้เกิดขึ้นก่อนที่จะทำการติดตั้งระบบอื่นๆ ของลีนต่อไป การทำให้สายการผลิตเกิดการไหลอย่างต่อเนื่อง (Continuous Flow) สามารถทำได้ดังนี้ คือ

1) อย่าให้เครื่องจักรว่างงานด้วยเหตุอันใดก็ตาม (Idle)
2) หากเครื่องจักรเสีย (Breakdown) หรือออกนอกการควบคุม (Out of Control) ต้องแก้ไขให้กลับสู่ภาวะปกติให้เร็วที่สุด
3) การบำรุงรักษาเครื่องจักรเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance : PM) เป็นสิ่งที่ต้องใช้เวลาให้น้อยที่สุด แม้ว่าจะอยู่ในแผนการผลิตก็ตาม เพราะบางกรณีไม่สามารถควบคุมเวลานี้ได้
4) อย่าขัดจังหวะการผลิต ด้วยเหตุอันใดก็ตาม
5) จัดกำลังการผลิตของแต่ละกระบวนการให้มีความสมดุลกัน (Line Balancing) ซึ่งจะทำให้ไม่มีการกองรอของงานหรือเกิดคอขวดขึ้น (Bottleneck)
6) ลดปริมาณการขนย้าย
7) ลดการเก็บงานเพื่อรอการผลิต (Waiting)

8) จัดผังโรงงาน (Line Layout) ให้เหมาะสม

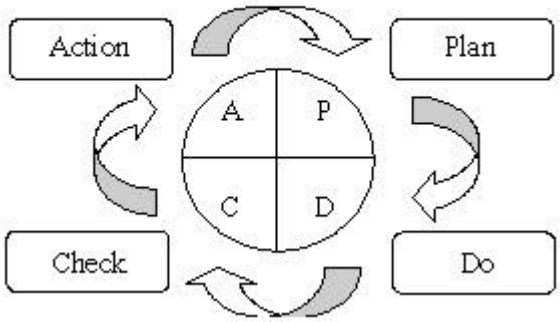
2.1.3.4. การให้ลูกค้าเป็นผู้ดึงคุณค่าจากกระบวนการ (Pull / JIT: Just in Time)

ในแนวคิดแบบลีน สินค้าคงคลังหรือวัสดุคงคลังจะถูกพิจารณาว่าเป็นเรื่องการสูญเปล่า ดังนั้นการผลิตสินค้าที่มีแนวโน้มว่าจะขายไม่ได้หรือไม่ได้มีความต้องการของลูกค้าในขณะนั้นถือเป็นการสูญเปล่า (Waste) อย่างหนึ่ง ดังนั้นการให้ลูกค้าเป็นผู้ดึงคุณค่าจากกระบวนการมีความคล้ายคลึงกับระบบผลิตแบบทันเวลาพอดี (Just in Time) กล่าวคือ การทำการผลิตเมื่อลูกค้ามีความต้องการสินค้านั้นและผลิตในจำนวนแค่เพียงพอกับที่ลูกค้าต้องการ โดยหมายถึงทั้งลูกค้าภายใน (Internal Customer) และภายนอก (External Customer) เป็นการผลิตที่ใกล้เคียงกับลักษณะของการผลิตตามสั่ง (Made To Order) ไม่ใช่การผลิตเพื่อเก็บและรอการขาย (Made To Stock) การผลิตเพื่อเก็บและรอขายถือเป็นความสูญเปล่าชนิดหนึ่งที่เกิดขึ้นเพราะการรอคอย (Waiting) เพราะในระหว่างที่รอการขายนั้นจะมีต้นทุนในการถือครองสินค้าคงคลังเกิดขึ้น

ในเรื่องของหลักการการให้ลูกค้าเป็นผู้ดึงคุณค่าจากกระบวนการเป็นการบอกให้ผู้ผลิตทำงานแบบย้อนหลัง (Work Backward) คือ นำความต้องการของลูกค้า (Customer Requirements) มากำหนดการทำงาน ไม่ใช่ทำออกไปเพื่อรอลูกค้ามาซื้อ การผลิตต้องทำเมื่อลูกค้าต้องการจริงๆ ไม่ใช่ผลิตตามแผนการผลิตของผู้ผลิต (Master Production Plan: MPS) หรือการผลิตตามการพยากรณ์ยอดขาย (Sales Forecast) ในการใช้ระบบดึง (Pull System) ให้สมบูรณ์แบบ ให้ใช้กับทั้งลูกค้าภายนอก (External Customer) ซึ่งก็คือ บริษัทหรือบุคคลที่ซื้อสินค้าจากเรา และกับทั้งลูกค้าภายใน (Internal Customer) ซึ่งก็คือ บุคคลหรือหน่วยงานที่เราต้องให้การสนับสนุนแก่เขาหรือบุคคลที่ได้รับผลกระทบจากการทำงานของเรา เช่นเดียวกับแนวคิดของ TQM (Total Quality Management)

2.1.3.5. การสร้างคุณค่าและกำจัดความสูญเปล่าอย่างต่อเนื่อง (Perfection)

หลังจากที่เข้าใจความต้องการของลูกค้า รู้และเข้าใจในคุณค่าของสินค้าที่ผลิต จัดทำผังของคุณค่าและให้ลูกค้าเป็นผู้ดึงงานและกำหนดกิจกรรมในการผลิตแล้ว ต่อมาก็คือ การพยายามเพิ่มคุณค่า (Value) ให้กับสินค้าและบริการอย่างต่อเนื่อง รวมถึงการค้นหาความสูญเปล่า (Waste) ให้พบและกำจัดอย่างต่อเนื่องตลอดไป ซึ่งก็คือ แนวคิดของ PDCA (Plan-Do-Check-Act) นั่นเอง




ภาพที่ 2.2 แนวคิดของ PDCA

การที่จะสร้างคุณค่าและกำจัดความสูญเปล่าอย่างต่อเนื่องให้ประสบความสำเร็จได้นั้น ได้รับผลมาจากการทำงานที่มีประสิทธิภาพในหลักการที่กล่าวไปแล้วข้างต้น ควรเน้นโอกาสที่จะปรับปรุงในเรื่องของการลดเวลา พื้นที่ ต้นทุนและการลดความผิดพลาดเกี่ยวกับการสร้างผลผลิตและการจัดการ ซึ่งเป็นผลตอบสนองไปยังความต้องการของลูกค้า โดยทั่วไปองค์ประกอบ 3 ประการที่แนวคิดแบบลีนมุ่งเน้น คือ ประการแรก การบรรลุถึงการออกแบบผลิตภัณฑ์และกิจกรรมในกระบวนการผลิต ซึ่งเป็นกระบวนการเพิ่มคุณค่าในมุมมองของลูกค้า ประการที่สองคือการวางโครงสร้างระบบการไหลอย่างต่อเนื่อง สินค้าคงคลังเป็นศูนย์ การผลิตทันเวลาพอดี (Just In Time) และของเสียเป็นศูนย์ ประการที่สาม ความสมบูรณ์แบบคือการเพิ่มคุณค่ามากที่สุดโดยการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องหรือไคเซน (Keizen) ดังนั้นในกระบวนการหรือการดำเนินงานขั้นต่อไปคือการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องที่เป็นไปได้

### 2.1.4 ความสูญเปล่าตามแนวคิดของลีน

จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่าระบบการผลิตแบบลีนมุ่งเน้นที่จะลดความสูญเปล่า (Waste / Muda) ที่เกิดขึ้นในกระบวนการ ดังนั้นก่อนที่จะทำการศึกษาในส่วนของหลักการของลีนจำเป็นที่จะต้องทราบเสียก่อนว่าอะไรคือความสูญเปล่าในแนวคิดของลีน

ความสูญเปล่าคือการกระทำใด ๆ ก็ตามที่ใช้ทรัพยากรไป ไม่ว่าจะเป็นแรงงาน วัตถุดิบ เวลา เงินหรืออื่น ๆ แต่ไม่ได้ทำให้สินค้าและบริการเกิด “คุณค่าการหรือการเปลี่ยนแปลง” หรือที่เรียกว่ามุดะ (Muda) หรือความสูญเปล่าก็คือ การกระทำที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่าต่อตัวสินค้าและบริการนั่นเอง (นิพนธ์, 2549)

การสูญเสียทรัพยากรการผลิตส่งผลกระทบโดยตรงต่อต้นทุน คุณภาพและการส่งมอบ ผลของการกำจัดความสูญเปล่าที่จะเกิดขึ้นคือการสร้างความพึงพอใจให้แก่ลูกค้า สามารถลดต้นทุนระบบการผลิตที่มีประสิทธิภาพตลอดจนผลผลิตที่มีผลิตภาพที่สูงขึ้น (George, 2003) ในระบบการผลิตแบบลีนได้แบ่งความสูญเปล่าออกไป 7 ชนิด (Liker, 2004) ได้แก่

2.1.4.1 การผลิตที่มากเกินไป (Over Production)

การผลิตสินค้ามากกว่าความต้องการและการผลิตสินค้าก่อนความต้องการ ซึ่งอาจมาจากการวางแผนการผลิตที่ไม่ดีเพียงพอหรือการพยากรณ์ที่ไม่เหมาะสม การผลิตที่มากเกินไปถือเป็นความสูญเปล่าเนื่องจากเป็นการใช้ต้นทุนก่อนเวลาที่จำเป็น การทำงานล่วงเวลาเพื่อผลิตในสิ่งที่ไม่จำเป็น ทำให้เกิดสินค้าคงคลังส่วนเกิน (Excess Inventory)

2.1.4.2 การมีของเสีย (Defect)

การผลิตของเสียส่งผลกระทบโดยตรงต่อต้นทุนและเมื่อไม่สามารถควบคุมอัตราของเสียได้ย่อมมีผลกระทบต่อการวางแผนการผลิตและการจัดส่งได้ การมีของเสียส่งผลให้ระยะเวลาจัดส่งนั้นยาวนานยิ่งขึ้นหากต้องมีการนำของเสียนั้นกลับไปซ่อมแซมหรือผลิตใหม่ (Rework) นอกจากนั้นยังส่งผลต่อความเชื่อมั่นในตัวผลิตภัณฑ์ในกรณีที่สินค้าที่เป็นของเสียได้ถูกจำหน่ายออกไป

2.1.4.3 การมีสินค้าคงคลังมากเกินความจำเป็น (Excessive Inventory)

การมีวัตถุดิบ (Raw Material) งานระหว่างกระบวนการผลิต (Work in Process) และสินค้าสำเร็จรูป (Finished Goods) ส่งผลให้เกิดต้นทุนในการถือครองสินค้าคงคลังซึ่งจัดเป็นต้นทุนหรืออาจเกิดการเสื่อมสภาพและล้าสมัยของวัสดุเหล่านั้น

2.1.4.4 การมีกระบวนการที่ไม่เหมาะสม (Impropriate Processing)

การมีกระบวนการผลิตมากเกินความจำเป็นทำให้เกิดความล่าช้าในการผลิต การใช้เครื่องมือเครื่องจักรไม่ถูกต้อง การจัดลำดับงานที่ไม่เหมาะสม ซึ่งทำให้กระทบต่อการจัดส่งได้ทั้งยังทำให้เกิดความเมื่อยล้าต่อพนักงานและยังก่อให้เกิดต้นทุนอีกด้วย

2.1.4.5 การเคลื่อนย้ายที่ไม่จำเป็น (Excessive Transportation)

อาจเกิดจากการวางผังโรงงานที่ไม่ดีหรือการมีงานระหว่างทำมากเกินไป (Work in Process) การขนส่ง ขนย้าย เคลื่อนย้ายที่มากเกินไปหรือมีระยะทางที่ยาวไกล ส่งผลกระทบต่อระยะเวลาในการผลิตโดยตรงและอาจเกิดความเสียหายของชิ้นงานในระหว่างการขนส่ง

2.1.4.6 การรอคอย (Waiting)

การรอคอยต่าง ๆ ไม่ให้ประโยชน์ต่อการผลิตเป็นการเสียเวลาโดยไม่ได้ผลผลิตหรือชิ้นงานต่าง ๆ ไม่เกิดมูลค่าเพิ่ม ตัวอย่างของการรอคอยได้แก่ การรอวัตถุดิบ การรอการตั้งเครื่อง การรอภาชนะใส่งาน การรอเครื่องจักรซ่อมเสร็จ การรอคำสั่งซื้อ เป็นต้น

2.1.4.7 การเคลื่อนไหวร่างกายโดยไม่จำเป็น (Unnecessary Motion)

การเคลื่อนที่เคลื่อนไหวของพนักงานโดยผิดหลักการเคลื่อนไหย การมีลักษณะท่าทางหรือพื้นที่การทำงานที่ไม่เหมะสม การเคลื่อนไหวร่างกายมากเกินความจำเป็นทำให้สูญเสียเวลาในการผลิตและเกิดความเมื่อยล้า ตลอดจนอาจเกิดอุบัติเหตุในการทำงานอีกด้วย

จากหลักการความสูญเปล่าทั้ง 7 ชนิดตามแนวคิดและหลักการของลีนนั้น เป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดกิจกรรม 3 ชนิด ดังที่กล่าวมาข้างต้น ได้แก่ 1) กิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่ม (Non Value Added: NVA) 2) กิจกรรมที่ไม่เกิดให้เกิดมูลค่าเพิ่มแต่มีความจำเป็นต้องดำเนินต่อไป (Necessary but Non Value Added) 3) กิจกรรมที่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่ม (Value Added: VA) เพื่อให้เห็นภาพของสัดส่วนของกิจกรรมข้างต้นในอุตสาหกรรมการผลิตสินค้าสามารถแบ่งเป็นสัดส่วนได้ดังนี้

ภาพที่ 2.3 สัดส่วนของกิจกรรมในอุตสาหกรรมการผลิตสินค้า

จากแผนภาพข้างต้นสามารถทำให้เห็นได้ชัดเจนว่า อุตสาหกรรมการผลิตสินค้าส่วนใหญ่มีกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มถึงร้อยละ 60 โดยมีกิจกรรมที่มีคุณค่าคิดเป็นร้อยละ 5 ของ

กิจกรรมทั้งหมด กิจกรรมที่ไม่มีคุณค่าคิดเป็นร้อยละ 60 ของกิจกรรมทั้งหมดและกิจกรรมที่ไม่มีคุณค่าแต่จำเป็นต้องทำคิดเป็นร้อยละ 50 ของกิจกรรมทั้งหมด

### 2.1.5 เครื่องมือและเทคนิคของระบบการผลิตแบบลีน (Lean Tools and Techniques)

วิธีการที่จะทำให้องค์กรบรรลุเป้าหมายของการประยุกต์ใช้ระบบการผลิตแบบลีนนั้น มีอยู่หลากหลายวิธีจำแนกตามลักษณะปัญหาที่องค์กรประสบอยู่ วิธีเหล่านี้เรียกว่าเป็นเครื่องมือและเทคนิคของการผลิตแบบลีน (Lean Tools & Technique) ซึ่งได้พัฒนาเครื่องมือของระบบการผลิตแบบลีนไว้ได้มากถึง 27 ตัว โดยจัดแบ่งตามลักษณะของปัญหาได้เป็น 4 ประเภทได้แก่

1) ปัญหาด้านการไหล (Flow)
2) ปัญหาด้านความยืดหยุ่นของระบบการผลิต (Flexibility)
3) ปัญหาด้านการระยะเวลาในการผลิต (Throughput Time)
4) แนวทางการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง (Continuous Improvement)

ตารางที่ 2.1 เครื่องมือของระบบการผลิตแบบลีน (Greene, 2002)

| ลำดับ | เครื่องมือ | ประเภท | ชื่ออื่น ๆ |
|---|---|---|---|
| 1 | Production to Takt Time | Flow | Linearity |
| 2 | One-Piece Flow | Flow | Continuous Flow |
| 3 | Total Productive Maintenance | Flow: Maintenance | Autonomous Maintenance |
| 4 | Reliability-Centered Maintenance | Flow: Maintenance | |
| 5 | Preventive Maintenance | Flow: Maintenance | |
| 6 | Predictive Maintenance | Flow: Maintenance | |
| 7 | Smoothed Production Schedule | Flow: Material | Level-Loading, Production Smoothing |

| ลำดับ | เครื่องมือ | ประเภท | ชื่ออื่น ๆ |
|---|---|---|---|
| 8 | Pull Production Scheduling | Flow: Material | Kanban, Pull, Replenishment |
| 9 | 5S | Flow: Standardize | Housekeeping |
| 10 | Standard Work | Flow: Standardize | Standard Operating Routine |
| 11 | Method Sheets | Flow: Standardize | Graphical Work Instructions, Standard Work Instructions |
| 12 | Visual Controls | Flow: Standardize | Visual Factory, Management by Sight, Visual Production |
| 13 | Set-up Reduction | Flexibility | Single Minute Exchange of Dies: SMED |
| 14 | Mixed-Model Production | Flexibility | Mixed-Model, Mixed Model Scheduling |
| 15 | Cross-Trained Workforce | Flexibility | Flexible work force, Rotating Jobs, Multiskilled workforce |
| 16 | Flow Cells | Throughput | Cell Layout, Cellular Manufacturing, Continuous Flow Cells, U-Shaped Cells |
| 17 | Point-of-Use Material Storage | Throughput | Vendor Managed Inventory, Supermarkets |
| 18 | Autonomation | Throughput: Quality | Jidoka, Source Inspection |

| ลำดับ | เครื่องมือ | ประเภท | ชื่ออื่น ๆ |
|---|---|---|---|
| 19 | Mistake-Proofing | Throughput: Quality | Pokayoke, Error-Proofing |
| 20 | Self-Check Inspection | Throughput: Quality | |
| 21 | Successive Check Inspection | Throughput: Quality | |
| 22 | Line Stop | Throughput: Quality | Jidoka |
| 23 | Lean "Kaizen" Events | Continuous Improvement | Kaizen Blitz, Accelerated Improvement Workshop (AIW) |
| 24 | Design of Experiments | Continuous Improvement | |
| 25 | Root Cause Analysis | Continuous Improvement | 5 Whys |
| 26 | Statistical Process Control | Continuous Improvement | |
| 27 | Team-Based Problem Solving | Continuous Improvement | Quality Circles, Self-Directed Work Teams |

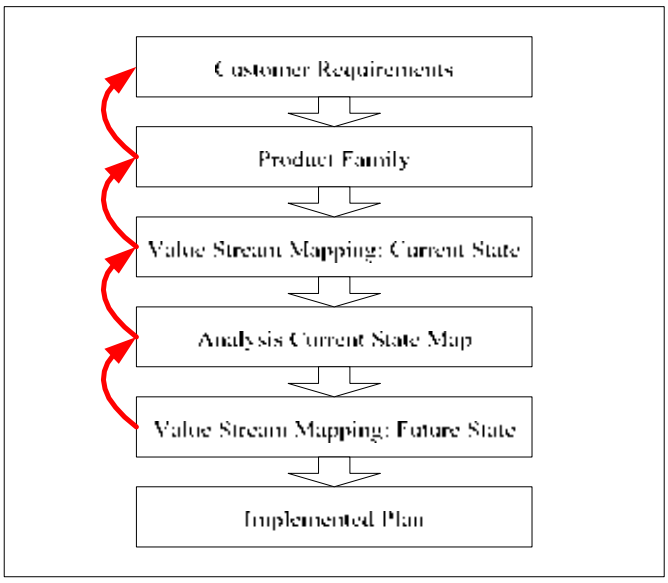
จากตารางข้างต้นจะเห็นได้ว่าเครื่องมือและเทคนิคในการผลิตแบบลีนนั้นมีมากมายหลายแบบจำแนกตามแต่ละสภาพปัญหาการที่จะสามารถมองเห็นปัญหาในองค์กรได้อย่างชัดเจนนั้น จำเป็นต้องอาศัยเครื่องมือที่สามารถชี้ให้เห็นความสูญเปล่าในกระบวนการได้ ซึ่งได้แก่การวาดแผนภูมิคุณค่า (Value Stream Mapping: VSM)

2.1.5.1. แผนภูมิคุณค่า (Value Stream Mapping)

แผนภูมิสายธารแห่งคุณค่า (Value Stream Mapping: VSM) คือเครื่องมือที่ใช้เขียนแผนภาพที่แสดงถึงเส้นทางการผลิตของผลิตภัณฑ์ ซึ่งแผนภาพจะแสดงการไหลของวัตถุดิบและข้อมูลในการผลิตนั้น โดยรวบรวมเอาทั้งกิจกรรมที่มีคุณค่า (Value Added) และไม่มีคุณค่า (Non Value Added) (Rother and Shook, 1999) ในการผลิตสินค้าหรือบริการนั้น ๆ แผนภูมิสายธารแห่งคุณค่า (VSM) มีประโยชน์ในการใช้จำแนกหรือระบุขั้นตอนที่เป็นการเพิ่มคุณค่าและที่ไม่เพิ่มคุณค่าให้กับผลิตภัณฑ์หรือที่เรียกว่าความสูญเปล่า แล้วจึงหาวิธีการเพื่อทำการกำจัดความสูญเปล่านั้นออกไป โดยเหตุผลที่จำเป็นต้องทำแผนผังแห่งคุณค่า ได้แก่

1) ทำให้มองเห็นคุณค่าได้ง่ายขึ้น
2) เพื่อให้รู้ว่าควรใช้เครื่องมือตัวไหนในการปรับปรุง
3) มีประโยชน์ในการสื่อสารกับบุคคลอื่นที่เกี่ยวข้อง
4) มองเห็นได้อย่างชัดเจนว่าอะไรคือความสูญเปล่าและอยู่ตรงจุดไหนในกระบวนการ
5) ทำให้เกิดการปรับปรุงได้อย่างถูกต้องตรงจุด
6) มุ่งเน้นที่ลูกค้าเป็นหลัก
7) ระบุบริเวณที่มีความสูญเปล่า
8) ก่อให้เกิดการปรับปรุง

VSM เป็นลักษณะของเครื่องมือง่าย ๆ คือใช้เพียงกระดาษกับดินสอ (Tapping et al., 2002) เท่านั้นก็ทำให้เห็นกิจกรรมและการไหลทั้งหมด การไหลของวัตถุดิบและข้อมูลที่ VSM คือการไหลของวัตถุดิบจะเริ่มมาจากผู้จัดส่งวัตถุดิบ (Supplier) ส่งมาให้โรงงานผู้ผลิตและเมื่อได้ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปแล้ว โรงงานผู้ผลิตจะส่งให้ผู้แทนจำหน่าย (Distributor) เป็นผู้จำหน่ายออกไปจนถึงมือผู้บริโภคขั้นสุดท้าย ในขณะที่การไหลของข้อมูลจะมีทิศทางกลับกันกับการไหลของวัตถุดิบคือผู้แทนจำหน่ายจะได้รับข้อมูลความต้องการของลูกค้าโดยตรงและข้อมูลความต้องการนั้นจะถูกใช้ร่วมกันทั้งผู้แทนจำหน่าย โรงงานที่ผลิตและผู้จัดส่งวัตถุดิบ โดยขั้นตอนในการสร้างแผนภูมิคุณค่านั้นแสดงในภาพที่ 2.4




ภาพที่ 2.4 ขั้นตอนการสร้างแผนภูมิคุณค่า

*2.5.1.1.1. ขั้นตอนการสร้างแผนภูมิคุณค่า*

1) การกำหนดความต้องการของลูกค้า (Customer Requirement)

เนื่องจาก VSM เป็นเครื่องมือในแนวคิดการผลิตแบบลีนซึ่งมุ่งกำจัดความสูญเปล่าต่าง ๆ ในกระบวนการผลิตเพื่อให้สินค้าหรือบริการนั้น ๆ สามารถตอบสนองความพึงพอใจของลูกค้า ดังนั้นก่อนที่จะเข้าสู่ขั้นตอนในการทำ VSM สิ่งแรกที่จำเป็นต้องคำนึงถึงคือความสามารถในการเข้าใจในความต้องการของลูกค้าได้อย่างแท้จริง เพื่อตอบสนองความต้องการได้อย่างถูกต้อง

การเข้าถึงความต้องการของลูกค้านั้นสามารถกระทำได้โดยการวิจัยตลาด สำรวจตลาด การออกแบบสอบถาม ตลอดจนวิธีการใด ๆ ที่จะให้ได้มาซึ่งข้อมูลความต้องการของลูกค้าหรือผู้บริโภคขั้นสุดท้ายอย่างแท้จริง นอกจากนี้ยังรวมถึงการใช้เทคนิคบ้านคุณภาพ (Quality Function Deployment: QFD) ช่วยในการแปลงความต้องการของลูกค้าไปสู่การออกแบบกระบวนการผลิตต่อไป ทำให้เราสามารถผลิตผลิตภัณฑ์ที่ลูกค้าต้องการได้อย่างแท้จริง

2) กลุ่มผลิตภัณฑ์ (Product Family)

เมื่อทราบว่าผลิตภัณฑ์ใดเป็นผลิตภัณฑ์ที่ลูกค้าต้องการและมีขั้นตอนการผลิตเป็นอย่างไรแล้ว ก่อนที่จะเริ่มทำการเขียนแผนภูมิคุณค่าต้องทำการศึกษาตัวผลิตภัณฑ์ด้วย หากมีการผลิตสินค้าเพียงชนิดเดียวและมีขั้นตอนผลิตแบบเดียวก็จะสามารถข้ามไปสู่ขั้นตอนที่ 3 ได้ทันที แต่

หากเป็นกรณีที่ผลิตภัณฑ์ที่ลูกค้าต้องการนั้นมีหลายชนิด หลายรุ่น มีขั้นตอนในการผลิตที่แตกต่างกัน จะต้องทำการเลือกกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่จะนำมาเขียนแผนภาพเสียก่อน โดยวิธีการวิเคราะห์กลุ่มผลิตภัณฑ์นั้นสามารถกระทำได้ 2 วิธีดังนี้

*2.1 ) การวิเคราะห์ปริมาณของผลิตภัณฑ์ (Product Quantity Analysis: PQ)*

การวิเคราะห์แบบ PQ จะแสดงส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ (Product Mix) ออกมาในรูปของแผนภูมิพาเรโต (Pareto Chart) ซึ่งแผนภูมินี้จะอธิบายถึงกฎของพาเรโตด้วยภาพหรือที่รู้จักกันเป็นอย่างดีในนาม “กฎ 80:20” ซึ่งช่วยจำแนก “ส่วนน้อยที่สำคัญ” ออกจาก “ส่วนมากที่ไม่สำคัญ” โดยแผนภูมิจะแสดงให้เห็นถึงวิธีการกระจายผลิตภัณฑ์ที่แตกต่างกันในปริมาณรวมทั้งหมด ด้วยสมมติฐานที่ว่า “ผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณการผลิตที่สูงกว่าควรจะเป็นเป้าหมายสำหรับการปรับปรุงเป็นอันดับแรก” โดยขั้นตอนการวิเคราะห์สำหรับแผนภูมิพาเรโตจะมีขั้นตอนดังนี้

2.1.1) เก็บข้อมูลปริมาณการผลิตในช่วง 3-6 เดือน

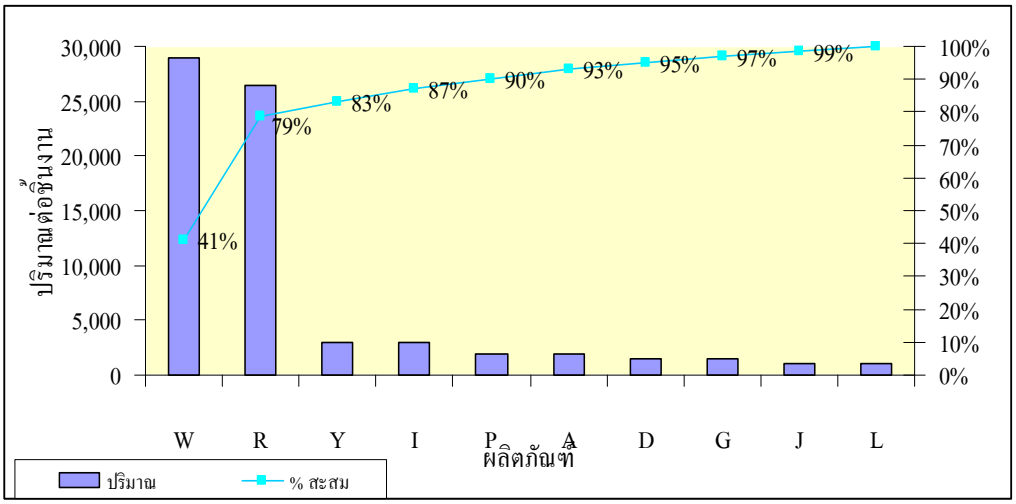
2.1.2) วิเคราะห์ปริมาณการผลิตแบบสะสมของผลิตภัณฑ์แต่ละตัวลงบนรายการวิเคราะห์แบบ PQ ดังตารางที่ 2.2

2.1.3) สร้างแผนภูมิพาเรโตโดยใช้ข้อมูลจากแผ่นงานการวิเคราะห์แบบ PQ ดังรูปที่ 2.2

2.1.4) นำแผนภูมิที่ได้มาทำการวิเคราะห์ส่วนผสมผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 2.2 รายการวิเคราะห์ PQ ตามปริมาณการผลิตแบบสะสมของผลิตภัณฑ์

| ลำดับ | ผลิตภัณฑ์ | ปริมาณ | ปริมาณสะสม | % | % สะสม |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | W | 29,000 | 29,000 | 41% | 41% |
| 2 | R | 26,500 | 55,500 | 38% | 79% |
| 3 | Y | 3,000 | 58,500 | 4% | 83% |
| 4 | I | 3,000 | 61,500 | 4% | 87% |
| 5 | P | 2,000 | 63,500 | 3% | 90% |
| 6 | A | 2,000 | 65,500 | 3% | 93% |
| 7 | D | 1,500 | 67,000 | 2% | 95% |
| 8 | G | 1,500 | 68,500 | 2% | 97% |
| 9 | J | 1,000 | 69,500 | 1% | 99% |
| 10 | L | 1,000 | 70,500 | 1% | 100% |




ภาพที่ 2.5 แผนภูมิพาเรโตจากแผ่นงานการวิเคราะห์แบบ PQ

จากรูปที่ 2.5 ปริมาณรวมของผลิตภัณฑ์ W และ R มีปริมาณเกือบถึง 80% ของปริมาณการผลิตทั้งหมด ถ้าผลิตภัณฑ์ที่มีอัตราส่วนทางด้านปริมาณ 20:80 กล่าวคือ 20% ของผลิตภัณฑ์ประเภทต่าง ๆ ทำให้เกิดการผลิตชิ้นส่วนเป็นสัดส่วน 80% ของปริมาณรวมทั้งหมดนั่นหมายถึง การมีส่วนผสมของผลิตภัณฑ์แบบมีความหลากหลายต่ำ (Low Variety) แต่ปริมาณผลิตสูง (High-Volume) ซึ่งในกรณีนี้ควรมุ่งที่จะปรับปรุงที่สายธารคุณค่านั้น ดังนั้นในตัวอย่างนี้สายธาร

คุณค่าที่เป็นเป้าหมายควรจะเป็นกระบวนการใดกระบวนการหนึ่งหรือหลาย ๆ กระบวนการทำการผลิตผลิตภัณฑ์ W และ R

*2.2) การวิเคราะห์เส้นทางของผลิตภัณฑ์ (Product Routing Analysis)* การวิเคราะห์เส้นทางของผลิตภัณฑ์จะนำมาประยุกต์ใช้เมื่อการวิเคราะห์แบบ PQ นั้นไม่เพียงพอต่อการจำแนกกลุ่มผลิตภัณฑ์ ในการวิเคราะห์เส้นทางของผลิตภัณฑ์นี้ผู้ศึกษาจำเป็นที่จะต้องสร้างแผนภูมิที่แสดงให้เห็นว่า ผลิตภัณฑ์หรือชิ้นงานใดบ้างที่มีเส้นทางของกระบวนการผลิตที่เหมือนหรือคล้ายคลึงกัน เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีขั้นตอนการผลิตด้วยเครื่องจักรหรือมีการปฏิบัติการแบบเดียวกัน โยมีการเรียงลำดับการผลิตที่ต่อเนื่องเหมือนกัน ถือว่าเป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถนำมารวมกันเข้าเป็นตระกูลผลิตภัณฑ์ (Product Family) ได้เป็นอย่างดี โดยมีขั้นตอนการวิเคราะห์เส้นทางของผลิต ดังนี้

2.2.1) สร้างแผนภูมิแสดงลำดับของกระบวนการ (ลำดับการปฏิบัติการ) ของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดโดยมีปริมาณการผลิตกำหนดไว้

2.2.2) รวบรวมผลิตภัณฑ์ที่มีเส้นทางของกระบวนการเหมือนกันเข้าไว้ด้วยกัน

2.2.3) วิเคราะห์การผสมผสานเส้นทางของกระบวนการ

ตารางที่ 2.3 ลำดับการปฏิบัติงานโดยเรียงตามกระบวนการเพื่อบ่งชี้สายธารคุณค่า

| ปริมาณ | ผลิตภัณฑ์ | กระบวนการการผลิต | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 20,000 | W | RC | C | M | D | OD | G | I |
| 3,600 | I | RC | C | M | D | OD | G | I |
| 10,000 | Y | | C | M | D | | | I |
| 2,100 | J | | C | M | D | | | I |
| 2,600 | D | RC | C | M | D | OD | | I |
| 2,300 | G | RC | C | M | D | OD | | I |
| 1,000 | L | RC | C | M | D | OD | | I |
| 12,000 | R | RC | C | | D | OD | | I |
| 3,300 | P | | C | | D | | G | I |
| 3,100 | A | RC | C | M | | OD | | I |

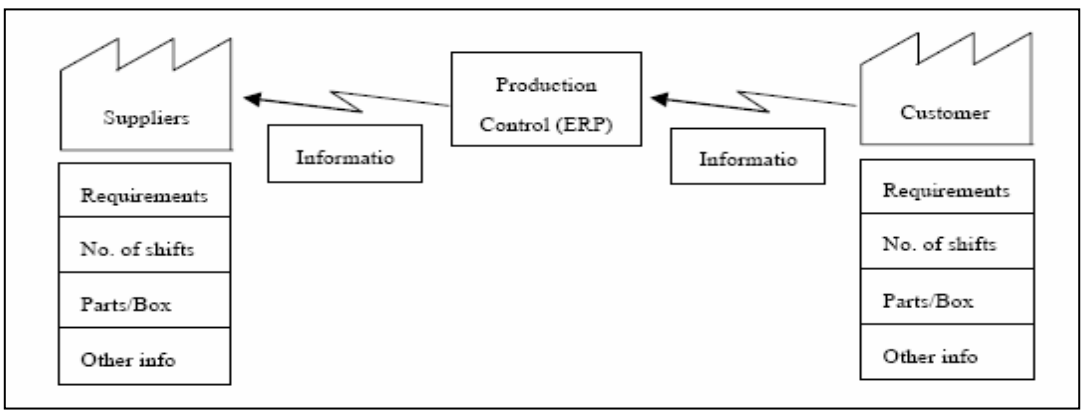
| | |
|---|---|
| RC | ตัดหยาบ |
| C | งานตัด |
| M | งานกัด |
| D | งานเจาะ |
| OD | เส้นผ่าศูนย์กลาง |
| G | เกณฑ์วัด |
| I | การตรวจสอบ |

จากตารางที่ 2.3 แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์กลุ่ม D G และ L มีเส้นทางของกระบวนการผลิตที่เหมือนกัน แต่ก็ยังสามารถสังเกตได้ว่ากลุ่มผลิตภัณฑ์ W และ I กับกลุ่มผลิตภัณฑ์ Y และ J ต่างก็มีเส้นทางของกระบวนการที่เหมือน ๆ กันเช่นเดียวกันแต่เมื่อรวมปริมาณการผลิตของผลิตภัณฑ์แต่ละกลุ่มกระบวนการแล้วพบว่ากลุ่มผลิตภัณฑ์ W และ I นั้น มีปริมาณการผลิตที่สูงกว่ากลุ่มอื่น ๆ ดังนั้นการศึกษาถึงสายธารคุณค่าก็ควรที่จะมุ่งศึกษาถึงกลุ่มผลิตภัณฑ์ W และ I ที่มีปริมาณการผลิตสูงก็ได้

3) การเขียนแผนภาพแสดงภาพสถานการณ์ปัจจุบัน (Current State Drawing)

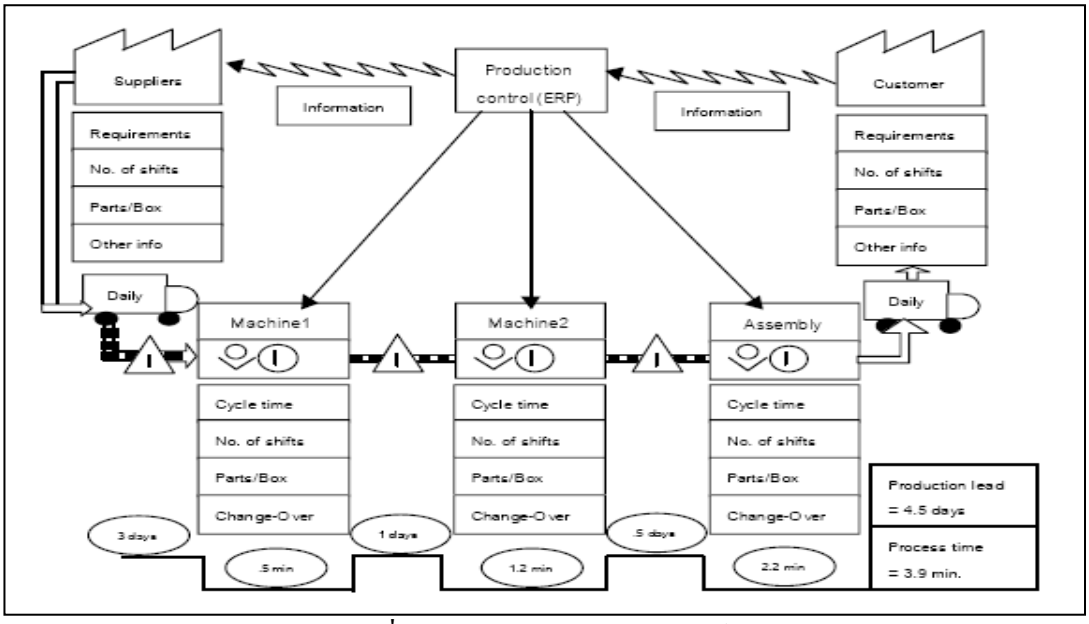
เมื่อเลือกผลิตภัณฑ์หรือกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ต้องการได้แล้ว ขั้นตอนต่อไปเป็นการวาดแผนภาพกระบวนการผลิตที่แสดงขั้นตอนการไหลของวัตถุดิบและการไหลของข้อมูลในกระบวนการผลิตที่กำลังดำเนินการอยู่ในปัจจุบันของผลิตภัณฑ์หรือกลุ่มผลิตภัณฑ์นั้น เพื่อทำให้มองเห็นถึงความสูญเปล่าต่าง ๆ ที่ซ่อนอยู่และหาทางกำจัดความสูญเปล่าเหล่านั้นออกไป แผนภาพที่ได้ในการวาดจากขั้นตอนนี้จะเรียกว่าแผนภาพกระบวนการผลิตในปัจจุบัน (Current State Mapping) ก่อนที่จะทำการเขียนแผนภูมิแสดงสถานการณ์ต่าง ๆ ผู้เขียนจำเป็นต้องทำการศึกษาและทำความเข้าใจเกี่ยวกับสัญลักษณ์ของแผนภูมิเสียก่อนซึ่งสามารถศึกษาได้ในตารางที่ ก-1 ในภาคผนวก ก โดยขั้นตอนการวาดแผนภาพจะแบ่งเป็น แผนภูมิภายนอก (External Mapping) และแผนภูมิภายใน (Internal Mapping) (พฤทธิพงศ์, 2549)

3.1) แผนภูมิภายนอก (External Mapping) คือการวาดแผนภาพที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างองค์กร คือ ระหว่างโรงงานผลิตเองกับผู้จัดส่งวัตถุดิบ (Supplier) และกับลูกค้า (Customer)




ภาพที่ 2.6 แผนภูมิคุณค่าภายนอกองค์กร

3.2) แผนภูมิภายใน (Internal Mapping) คือการวาดแผนภาพที่แสดงถึงกิจกรรมในกระบวนการผลิตทั้งหมด ซึ่งเป็นกิจกรรมที่เกี่ยวข้องเฉพาะภายในองค์กรของเรา โดยที่ผู้ออกแบบจะต้องทำการสังเกตการณ์ในกระบวนการจริง ๆ เพื่อเก็บรายละเอียดทั้งหมดและการวาดจะต้องเริ่มจากการสังเกตที่กระบวนการหลังสุดย้อนกลับไปข้างหน้าคือจากฝ่ายขนส่งสินค้า (Shipping) ย้อนกลับไปที่การรับวัตถุดิบ (Supplier) ซึ่งทำให้เข้าใจการไหลได้ง่ายกว่า




ภาพที่ 2.7 แผนภูมิคุณค่าภายในองค์กร

4) การวิเคราะห์คุณค่า (Analysis Mapping)

เมื่อได้แผนภาพกระบวนการผลิตในสถานการณ์ปัจจุบันแล้ว จะนำแผนภาพที่ได้นี้มาทำการวิเคราะห์และปรับปรุงโดยใช้หลักการกำจัดความสูญเปล่าซึ่งไม่ถือว่าเป็นการเพิ่มคุณค่าออกจากระบบ เพื่อให้ได้กระบวนการผลิตใหม่ที่มีประสิทธิภาพดีขึ้นจากเดิม ซึ่งความสูญเปล่าต่าง ๆ ที่อยู่ในกระบวนการผลิตและการไหลนั้น แผนภาพ VSM สามารถแสดงให้เห็นถึงความสูญเปล่าทั้ง 7 ประการตามแนวคิดของระบบการผลิตแบบลีน

นอกจากการปรับปรุงที่ใช้การพิจารณาความสูญเปล่าต่าง ๆ ในแผนภาพและกำจัดออกไปดังที่กล่าวมาข้างต้น เรายังสามารถปรับปรุงกระบวนการหรือขั้นตอนการผลิตในแต่ละขั้นโดยใช้ Takt Time เป็นตัวกำหนดรอบเวลาการผลิตที่เหมาะสม โดยวิธีการคำนวณหา Takt Time ซึ่งรอบเวลาการผลิตไม่ควรมากกว่า Takt Time วิธีการคำนวณดังต่อไปนี้

*Takt Time*

การคำนวณหาค่า Takt Time ได้มาจากการรวบรวมปริมาณความต้องการของลูกค้า ค่า Takt Time (แทคไทม์) หรือ “จังหวะความต้องการของลูกค้า” เป็นอัตราที่บริษัทต้องผลิตสินค้าเพื่อให้เป็นไปตามปริมาณความต้องการของลูกค้า ดังนั้นการผลิตตาม Takt จึงหมายถึง การทำให้อัตราการผลิตสอดคล้องกันกับอัตราการขายสินค้า การคำนวณหาค่า Takt Time สำหรับตระกูลผลิตภัณฑ์ใดหรือสายธารคุณค่าแต่ละสายนั้น มีสูตรในการคำนวณได้ดังนี้

$$Takt\,Time(TT) = \frac{Available\,work\,time\,per\,day}{Customer\,demand\,per\,day}$$

ตัวอย่างเช่นบริษัทมีการทำงานวันละ 8 ชั่วโมง เพื่อหาเวลาในการผลิตที่มีอยู่จำเป็นที่จะต้องหักเวลาที่ต้องหยุดเดินเครื่องจักร (Downtime) ที่เกิดขึ้นเป็นประจำ ตามที่ได้วางแผนไว้ เช่น เวลาอาหารกลางวัน เวลาในการเปลี่ยนกะ ออกจาก 8 ชั่วโมง หากความต้องการของลูกค้าเท่ากับ 420 ชิ้นต่อวัน ดังนั้นค่า Takt Time จะเท่ากับ

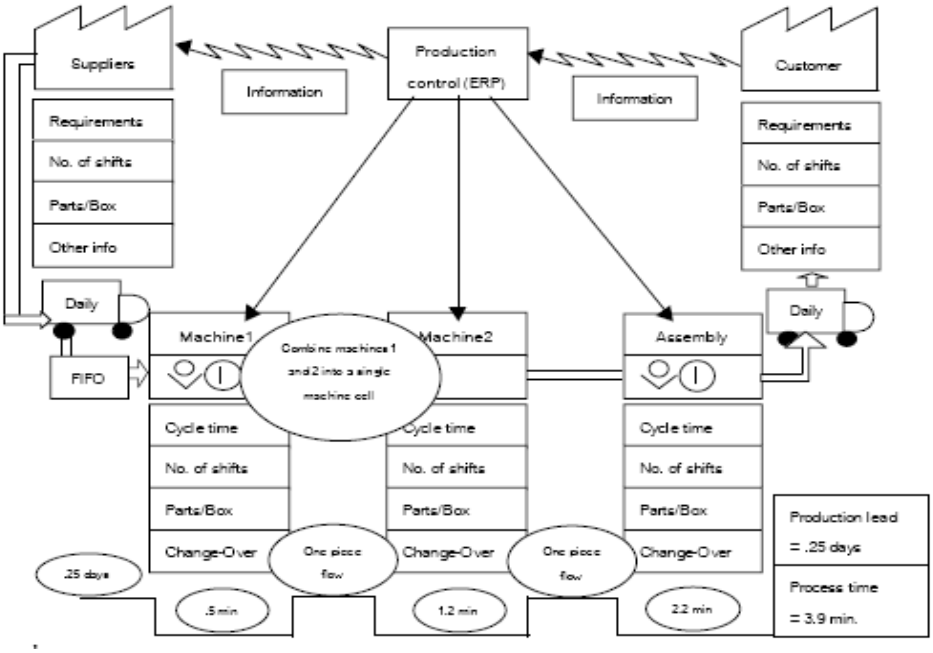
$$\frac{8h * 60m * 60\sec}{420\,pcs} \equiv 69\sec.$$

เวลาในการผลิตที่มีอยู่เท่ากับ 28,800 วินาที ถ้าหากปริมาณความต้องการสินค้าของลูกค้าเท่ากับ 420 ชิ้นต่อวันหมายความว่ากระบวนการผลิตนั้น ๆ ต้องผลิตสินค้าให้ได้หนึ่งชิ้นในทุก ๆ 69 วินาทีหรือในทุก ๆ 69 วินาทีบริษัทต้องผลิตสินค้าให้ได้หนึ่งชิ้น หากรอบเวลาการผลิตมากกว่า Takt Time จะทำให้เกิดงานระหว่างผลิต (Work in Process) การรอคอยหรือเกิดการเคลื่อนย้ายที่ไม่จำเป็นหรือความสูญเปล่าอื่น ๆ ในการปรับปรุงกระบวนการหรือขั้นตอนการผลิตเพื่อให้รอบเวลาการผลิตไม่มากกว่า Takt Timeและประสิทธิภาพของกระบวนการที่ดีขึ้น สามารถทำได้โดยใช้ความรู้ต่าง ๆ ทางวิศวกรรมมาปรับปรุงต่อไป เช่น การออกแบบเครื่องมือช่วยจับ (Jig) ช่วยในการหยิบจับชิ้นงานที่สะดวกขึ้น การปรับปรุงขั้นตอนการผลิตให้ง่ายขึ้น การทำให้ระบบการผลิตเป็นการไหลแบบต่อเนื่อง การวางมาตรฐานการปฏิบัติงานเพื่อช่วยลดเวลาในการผลิต เป็นต้น

5) การเขียนแผนภาพสถานะการณ์อนาคต (Future State Drawing)

ขั้นตอนนี้เป็นการวาดแผนภาพกระบวนการผลิตใหม่ที่ถูกปรับปรุงโดยการกำจัดความสูญเปล่าต่าง ๆ ออกไปและปรับปรุงกระบวนการหรือขั้นตอนการผลิตใหม่โดยวิธีการและ

ความรู้ต่าง ๆ แล้วจะได้ผลลัพธ์ออกมาเป็นแผนภาพกระบวนการผลิตในอนาคต (Future State Mapping) การปรับปรุงนี้จะทำให้ข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น เวลานำเปลี่ยนแปลงไปด้วย ซึ่งจะต้องแสดงไว้ในแผนภาพให้เห็นด้วยและเนื่องจากการปรับปรุงแผนภาพกระบวนการผลิตนี้ยังไม่ได้นำมาใช้ในกระบวนการผลิตจริง บางครั้งอาจจะต้องนำการจำลองสถานการณ์เข้ามาช่วยเพื่อทดสอบผลที่ได้จากแผนภาพสถานการณ์อนาคต ตัวอย่างแผนภาพกระบวนการผลิตในสถานการณ์อนาคตแสดงได้ดังภาพที่ 6 ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีการปรับปรุงโดยการรวมเครื่องจักร 1 กับ 2 ให้อยู่ภายในบริเวณเดียวกัน ทำให้การไหลเป็นไปแบบทีละชิ้น (One Piece Flow) และทำให้วัตถุดิบเข้าสู่กระบวนการโดยใช้หลักการเข้าก่อนออกก่อน (First In First Out: FIFO) ผลของการปรับปรุงนี้ ทำให้สามารถกำจัดการจัดการวัสดุคงคลังระหว่างกระบวนการ (Work in Process) ลงไปได้ ส่งผลให้เวลานำลดลงจากเดิม 4.5 วันเหลือเพียง 2.5 วันเป็นต้น




ภาพที่ 2.8 แผนภูมิคุณค่าสถานะอนาคต

6) การนำไปใช้งาน (Implementation)

เมื่อสังเกตได้ว่าค่าที่แสดงถึงประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตเช่น ค่าเวลานำ รอบเวลาการผลิต ที่ได้มาจากแผนภาพกระบวนการผลิตในสถานการณ์ในอนาคตมีค่าที่แสดงว่าประสิทธิภาพดีขึ้นจากกระบวนการผลิตเดิม องค์กรก็สามารถนำกระบวนการผลิตใหม่ที่ปรับปรุงแล้วนั้นไปประยุกต์ใช้ในกระบวนการผลิตจริงต่อไปได้ แต่ถ้าหากพบว่ายังสามารถปรับปรุงหรือกำจัดความสูญเปล่าได้ในจุดอื่น ๆ ได้อีก ก็สามารถแก้ไขได้โดยการแปลงแผนภาพการผลิตใน

อนาคต (Future state mapping) ให้กลายเป็นแผนภาพการผลิตในปัจจุบัน (Current State Mapping) และสามารถดำเนินการซ้ำในขั้นตอนต่าง ๆ ได้

จากที่ได้กล่าวมาแล้วในข้างต้นว่ากระบวนการผลิตแบบลีนนั้นมีเครื่องมือและเทคนิคมากมายให้นำไปประยุกต์ใช้กับปัญหารูปแบบต่าง ๆ โดยมี 3 ขั้นตอนที่สำคัญในการประยุกต์ใช้ระบบการผลิตแบบลีน คือ 1) ขั้นตอนการทำความเข้าใจกับความต้องการของลูกค้า 2) ขั้นตอนการไหล โดยนำระบบระบบการผลิตที่มีการไหลอย่างต่อเนื่องเข้ามาประยุกต์ใช้ 3) ขั้นตอนการปรับเรียบการผลิต คือการกระจายงานให้มีปริมาณและความหลากหลายเท่า ๆ กัน เพื่อลดสินค้าคงคลังและชิ้นงานระหว่างกระบวนการผลิต (WIP) การทำความเข้าใจใน 3 ขั้นตอนในการประยุกต์ใช้พร้อมกับการมีแนวทางการใช้ VSM นั้น ถือว่าเป็นกลยุทธ์ที่แข็งแกร่งที่ไม่เพียงต้องการในการนำไปใช้ให้บรรลุผลเท่านั้น แต่ยังเพื่อให้เกิดการปรับปรุงแบบลีนที่ยั่งยืนด้วย

2.1.5.2. เครื่องมือที่ใช้ปรับปรุงอัตราการไหล (Flow)

2.1.5.2.1 การผลิตแบบดึงและคัมบัง (Pull System & Kamban)

ลักษณะของระบบการผลิตแบบดึง (Pull System) จะเป็นดังต่อไปนี้

1) ผลิตตามความต้องการของลูกค้าไม่ได้ผลิตตามแผนผลิต (MPS) ของบริษัท ซึ่งได้จากการพยากรณ์ความต้องการ ซึ่งเป็นลักษณะของ Made to Order

2) แต่ละสถานีการทำงาน (Work Station) มีความเชื่อมโยงและสัมพันธ์ซึงกันและกัน กระบวนหน้าจะทำการผลิตให้เพียงพอต่อความต้องการของกระบวนการหลังเท่านั้น และจะหยุดการผลิตเมื่อกระบวนการหลังผลิตไม่ทัน กระบวนการหลังจะเรียกของานจากกระบวนการหน้าเมื่อมีความต้องการงานเกิดขึ้น เป็นการผลิตที่เข้าจังหวะกัน ไม่ใช่ต่างคนต่างทำโดยทำเท่าที่จำเป็นเท่านั้น ดังนั้นจึงเป็นการลดความสูญเปล่าที่เกิดขึ้น โดยเฉพาะการผลิตมากเกินไป (Over Production) และการรอคอย (Waiting) และการมีสินค้าคงคลังมากเกินไป (Excess Inventory)

3) มีการสื่อสารที่ดีและปัญหาต่าง ๆ ไม่ถูกซ่อนไว้ เนื่องจากระบบมีการเชื่อมโยงและสัมพันธ์กันและกัน

4) มีการแก้ปัญหาที่รากของปัญหา เนื่องจากเมื่อใดก็ตามที่กระบวนการหนึ่งเกิดปัญหาขึ้นก็จะทำให้กระบวนการอื่น ๆ ไม่สามารถทำการผลิตได้เช่นกัน ระบบจะดำเนินการต่อไปได้ก็ต่อเมื่อแก้ปัญหาได้

5) ปริมาณของสินค้าคงคลังต่ำ เนื่องจากจะมีการผลิตก็ต่อเมื่อกระบวนการหลังต้องการงานเท่านั้น

6) เวลาในการผลิต (Lead Time) สั้น เนื่องจากมีงานกองรอน้อย

โดยสามารถกล่าวได้อย่างง่าย ๆ ว่าการผลิตแบบดึง คือ จะมีการผลิตก็ต่อเมื่อมีคำสั่งให้ผลิตเท่านั้น โดยเริ่มตั้งแต่คำสั่งซื้อของลูกค้าไปสู่คำสั่งการผลิตในโรงงาน การผลิตในโรงงานก็จะสั่งวัสดุและชิ้นส่วนที่ต้องการส่งต่อกันไปเรื่อ ๆ โดยทุกขั้นตอนจะมีวัสดุคงคลังสำรองอยู่เพียงเล็กน้อยเท่านั้น ในการผลิตแบบดึงนี้จะมีการใช้ คัมบัง (Kanban) เป็นสัญลักษณ์ในการสั่งผลิตหรือสั่งให้ส่งชิ้นส่วนไปให้ ในการผลิตแบบดึงนี้จะถือว่าศูนย์ผลิตหรือเครื่องจักรเป็นเหมือนกับโรงงาย่อยที่จะผลิตก็ต่อเมื่อมีคัมบังส่งมาให้เท่านั้น จึงไม่มีการผลิตเผื่อไว้เป็นจำนวนมาก ส่งผลให้วัสดุคงคลังของการผลิตแบบลีนน้อยมาก

คัมบัง (Kanban) เป็นเครื่องมือที่ใช้คู่กับการผลิตแบบดึง คัมบังเป็นภาษาญี่ปุ่นที่แปลว่าบัตรสัญญาณ คัมบังเป็นเครื่องมือที่สำคัญของการผลิตแบบทันเวลาพอดี (JIT Production) คัมบังเป็นสัญลักษณ์ที่กระบวนการหลังใช้เบิกงานจากกระบวนการหน้า โดยสามารถเบิกปริมาณงานได้เท่ากับจำนวนบัตรคัมบังที่มีอยู่เท่านั้น โดยบัตรคัมบังของแต่ละกระบวนการจะถูกออกแบบไว้แล้วว่าหนึ่งบัตรคัมบังมีค่าสำหรับใช้เบิกงานได้เท่าไร การใช้คัมบังจึงสามารถควบคุมสินค้าในการะบวนการผลิตได้ตามที่ได้ออกแบบไว้และยังใช้สำหรับสื่อสารถึงความต้องการงานในการผลิตอีกด้วย ในการใช้คัมบังให้มีประสิทธิผลจะมีกฎ 6 ข้อดังนี้

1) กระบวนการซึ่งเป็นลูกค้า (Customer Processes) ภายในสั่งชิ้นงานด้วยจำนวนที่แน่นอนด้วยบัตรคัมบัง
2) กระบวนการซึ่งผู้จัดส่งภายใน (Supplier Processes) ผลิตชิ้นงานด้วยปริมาณที่แน่นอนและเป็นไปตามลำดับตามที่ได้รับบัตรคัมบัง
3) ห้ามผลิตหรือเคลื่อนย้ายชิ้นงาน โดยปราศจากคัมบัง
4) ชิ้นงานทั้งหมดและวัตถุดิบต้องมีบัตรคัมบังแนบอยู่ด้วยเสมอ
5) ชิ้นงานที่เป็นของเสียและจำนวนไม่ถูกต้องจะต้องไม่ถูกส่งไปที่กระบวนการถัดไป

สภาพแวดล้อมที่จำเป็นสำหรับระบบการผลิตที่ใช้คัมบัง เพื่อให้การทำงานมีประสิทธิภาพมากที่สุดควรเป็นดังนี้

1) ความต้องการสินค้าสม่ำเสมอตลอดช่วงเวลาที่วางแผน

2) ระยะเวลาในการติดตั้ง (Setup Times ) สั้น

3) กำลังการผลิตเพียงพอและมีความยืดหยุ่น

4) พนักงานมีระเบียบวินัย

จำนวนบัตรคัมบังจะถูกพิจารณาลดจำนวนลง เพื่อลดระดับของสินค้าคงคลังและทำให้เห็นปัญหาที่ซ่อนอยู่ (Reveal Problems)

2.1.5.2.2.การไหลทีละชิ้น (One Piece Flow: Continuous Flow)

การไหลทีละชิ้น One-Piece Flow (Continuous flow) คือ การผลิตทีละชิ้น ตรวจสอบทีละชิ้น และส่งมอบให้ทีละชิ้น โดยมีหลักการดังนี้

1) กำหนด Cycle Time ให้ตรงกับความต้องการสินค้าของตลาด คือ กำหนดจำนวนการผลิตให้ตรงกับความต้องการสินค้าของลูกค้า

2) ความสามารถของเครื่องจักรต้องเหมาะกับ Cycle Time คือ ต้องมีลักษณะดังนี้

2.1) ด้านความปลอดภัย:ติดตั้งอุปกรณ์ความปลอดภัย

2.2) ด้านคุณภาพ: สามารถทำการตรวจสอบชิ้นส่วนทุกชิ้นได้ มีเครื่องป้องกันความผิดพลาด ต้อง หยุดเมื่อมีของเสียเกิดขึ้น ไม่มีการหยุดเป็นระยะๆ และมีความเที่ยงตรงตามที่ต้องการ

2.3) ด้านต้นทุน: ขนาดของเครื่องต้องกะทัดรัดเหมาะกับการทำเป็นสายการผลิตรูปตัว U เป็นเครื่องที่จัดเป็นกลุ่ม (Family) โดยวิถีการแปรรูป เหมาะกับการผลิตตาม Cycle Time ง่ายต่อการพัฒนาเป็นลำดับขั้น เข้าได้ทีละชิ้น ซ่อมบำรุงได้ง่าย และมีอุปกรณ์จัดการกับฝุ่นผง เศษโลหะ

2.4) ด้านระยะเวลาการส่งมอบ: เป็นเครื่องจักรที่ออกแบบโดยคำนึงถึงการเตรียมเครื่องที่เป็นศูนย์(Zero Set Up) ใช้งานง่าย เสียยาก และเสียก็สามารถรู้ได้ทันที

3) เอากรรมวิธีประกอบเป็นหลัก คือ จะให้แผนการผลิตประมาณ 1 อาทิตย์ ซึ่งเป็นข้อมูลการตลาดล่าสุดให้แก่กรรมวิธีประกอบเท่านั้น กรรมวิธีก่อนหน้าจะไม่ได้รับแผนผลิตอันนั้น แต่จะผลิตเพื่อเติมเต็มเฉพาะส่วนที่กรรมวิธีประกอบดึงไปเท่านั้น

4) ต้องมีการวางผังโรงงานให้เหมาะกับการผลิตแบบชิ้นต่อชิ้น โดยมีเงื่อนไขในการออกแบบสายการผลิต คือ ต้องสร้างให้เกิดการไหลโดยรวม มีการเว้นช่องทางทางเข้า (Input) กับทางออก (Output) ของสินค้าต้องแยกกัน สายการผลิตรูปตัว U โดยคนเดียวนำเอาการตรวจสอบทุกชิ้นมาใช้ และยกเลิกการมีโกดัง

5) รู้จักการกำหนด “สินค้า” ที่เหมาะสมกับการผลิตแบบชิ้นต่อชิ้น เช่น สินค้าที่เล็กเกินไปไม่เหมาะกับการผลิตแบบนี้ เพราะจะเกิดความสูญเปล่าจากการหยิบ/วาง และความสูญเปล่าในการกำหนดตำแหน่ง ดังนั้น หากจะนำมาใช้กับของที่เล็กมากๆ ควรจะขจัดความสูญเปล่าเนื่องจากการขนย้าย หรือทำให้เป็นระบบขนย้ายอัตโนมัติไปเลย

2.1.5.2.3.การสร้างการไหลอย่างมีมาตรฐาน (Flow Standardize)

1) 5ส (5S or Housekeeping) คือการเอาพยัญชนะตัวหน้าของ สะสาง สะดวก สะอาดสุขลักษณะ และ สร้างนิสัย มาย่อเป็น 5 ส โดยที่แต่ละตัวมีความหมายดังนี้

1.1) สะสาง คือ ให้แยกสิ่งของที่ต้องการและสิ่งของที่ไม่ต้องการออกจากกัน และกำจัดเอาสิ่งของที่ไม่ต้องการออกไปจากสถานที่นั้น

1.2) สะดวก คือ จัดสิ่งของที่จำเป็นให้อยู่ในสภาพที่จะนำมาใช้ได้โดยสะดวกในขณะที่จำเป็นต้องใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และไม่มีความสูญเปล่าเกิดขึ้น

1.3) สะอาด คือ ทำให้สถานที่ประกอบการอยู่ในสภาพที่สะอาดปราศจากสิ่งสกปรกและขยะ

1.4) สุขลักษณะ คือ ให้รักษาสภาพการณ์ของ สะสาง สะดวก สะอาด ให้ดำรงอยู่ตลอดเวลา

1.5) สร้างนิสัย คือ ปลูกสร้างนิสัยในการที่จะประพฤติอย่างถูกต้องตามกฎและระเบียบวินัยในสถานที่ประกอบการ

การทำ 5 ส มีกระทบในเชิงบวกต่อประสิทธิภาพการทำงาน เมตริกซ์ที่สะท้อนออกมาคือเวลานำ (Lead Time) รวมลดลง กำจัดอุบัติเหตุ ลด Changeover Times ปรับปรุง Attendance ของพนักงาน กิจกรรมเพิ่มคุณค่า และพนักงานมีแนวคิดในการปรับปรุงมากขึ้น

2) การมีมาตรฐานการทำงาน (Standardization of Work) คือ การมีระบบเอกสารอ้างอิงการทำงานไว้เป็นมาตรฐานสำหรับการทำงานและปฏิบัติตามมาตรฐานนั้น โดยที่ไม่ว่าใครก็ตามที่ได้ศึกษาเอกสารอ้างอิงมาตรฐานการทำงานนี้แล้วจะเกิดความเข้าใจ สามารถนำไปปฏิบัติและบรรลุถึงเป้าหมายของงานนั้น ๆ (Abdullah, 2003) และเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงใด ๆ ในกระบวนการ มาตรฐานนี้ก็จะต้องถูกปรับปรุงไปด้วย

มาตรฐานการทำงานของระบบการผลิตแบบโตโยต้านั้น มิได้หมายความถึงวิธีการปฏิบัติงานเพียงอย่างเดียว แต่ยังรวมไปถึงเวลาของการปฏิบัติงานนั้น ๆ ให้แล้วเสร็จอีกด้วย โดยเป็นการสร้างความสมดุลให้แก่กระบวนการถัด ๆ ไป โดยมุ่งลดระยะเวลาการผลิตรวม (Throughput Time) ตัวอย่างของมาตรฐานการทำงาน เช่น คู่มือการทำงาน (Work Instruction) ต่าง ๆ นั่นเองหรืออาจจะกล่าวว่ามีระบบ ISO 9000 ก็พอจะกล่าวได้

3) Method Sheets (Graphical Work Instructions, Standard Work Instructions) คือ การแสดงให้เห็นภาพของวิธีการปฏิบัติงานของกลุ่มงานที่แต่ละสถานีทำงาน (Work Station)

4) การควบคุมด้วยสายตา (Visual Controls or Visual Factory or Management by-sight or Visual Production Control or Visual Material Controls or Visual Work Controls) คือการที่โรงงานมีป้าย สี สัญลักษณ์ หรือสิ่งอื่นๆที่สามารถทำให้ผู้ที่ไมคุ้นเคยกับการกระบวนการผลิตหรือสถานที่นั้น สามารถเข้าใจในสิ่งที่เกิดขึ้นและข้อควรปฏิบัติภายในระยะเวลาอันสั้น เป็นการสื่อสารผ่านทางสายตานั่นเอง ทำให้เห็นถึงความผิดปกติได้โดยง่าย ซึ่งจะทำให้เกิดการแก้ไขต่อไป โดยทั่วไปในโรงงานก็คือการใช้ป้ายต่างๆนั่นเอง ซึ่งลักษณะของการควบคุมด้วยสายตามีประโยชน์ดังนี้

4.1) มีไว้เพื่อสื่อสาร สามารถใช้ได้กับทุกเรื่องที่ต้องการสื่อ ไม่ว่าจะเป็นนโยบาย เป้าหมาย ข้อควรระวัง จุดเน้นย้ำ ความปลอดภัย สถานะของงานหรือเครื่องจักรหรือสิ่งใดก็ตามที่ต้องการสื่อ

4.2) ง่ายแก่การมองเห็น

4.3) เห็นแล้วเข้าใจได้ง่าย แม้ว่าเป็นผู้ที่ไม่คุ้นเคย

44) เห็นแล้วทราบว่าต้องทำอย่างไร

4.5) เห็นแล้วรู้ว่าเกิดความผิดปกติขึ้นหรือไม่

4.6) เมื่อพบว่ามีความผิดปกติเกิดขึ้นต้องแก้ไข

2.1.5.2.4. การบำรุงรักษาเพื่อให้เกิดการไหล (Flow: Maintenance)

การบำรุงรักษาที่ทุกคนมีส่วนร่วมเป็นเครื่องมือของระบบการผลิตแบบลีนเพื่อการปรับปรุงประสิทธิภาพของการทำงานร่วมกันระหว่างคนกับเครื่องจักรและทำให้เกิดการใช้ประโยชน์จากเครื่องจักรได้สูงสุดอันจะก่อให้เกิดประสิทธิภาพในการผลิต เพื่อความเข้าใจลองพิจารณาความแตกต่างของการบำรุงรักษาแบบเก่าและการบำรุงรักษาแบบลีนหรือ TPM (Total Proventive Maintenance) ดังตารางที่ 5 ซึ่งจะพบว่าลีนเน้นในเรื่องของทีมบำรุงรักษาเครื่องจักร การที่ช่างเทคนิคสามารถดูแลเครื่องจักรได้มากกว่าหนึ่งเครื่อง (Multi Skill) การให้ความสำคัญการป้องกันการเสียหายของเครื่องจักรมากกว่าการซ่อม ซึ่งก็คือแนวคิดที่ว่าการป้องกันปัญหาดีกว่าการแก้ปัญหาและการให้ผู้ปฏิบัติงานที่เครื่องจักรนั้นดูแลเครื่องจักรของตัวเองให้ได้มากที่สุด โดยมีช่างเทคนิคเป็นผู้ฝึกและอบรมเรื่องการดูแลรักษาเครื่องจักรให้เกิดพัฒนาการของการซ่อมบำรุง (Maintenance) จนกระทั่งกลายเป็น TPM

ตารางที่ 2.4 การเปรียบเทียบการบำรงรักษาแบบเก่ากับการบำรุงรักษาแบบลีน

| การบำรุงรักษาแบบเก่า | การบำรุงรักษาแบบลีน |
|---|---|
| งานของการบำรุงรักษาเครื่องจักร มีการแบ่งแยกกันตามหน้าที่ | ทำงานเป็นทีม (Productive Team) |
| พนักงานคนหนึ่งทำงานได้งานเดียว | พนักงานหนึ่งคนทำได้หลายงาน (Multi Skill) |
| เน้นที่การซ่อมเป็นหลัก | เน้นที่การป้องกันเป็นหลัก |
| ให้ความสนใจเฉพาะเครื่องจักร | ให้ความสนใจกับคนที่ปฏิบัติงานที่เครื่องนั้น |

TPM นั้นสามารถจำแนกได้เป็น 4 ขั้นตอนคือ

1) Breakdown Maintenance (BM) คือ จะมีการซ่อม หรือบำรุงรักษาเครื่องจักรก็ต่อเมื่อเครื่องจักรเกิดความเสียหายแล้วเท่านั้น

2) Preventive Maintenance (PM) คือ การบำรุงรักษาเครื่องจักรเชิงป้องกัน

3) Productive Maintenance (PM) คือ การบำรุงรักษาเครื่องจักรเชิงป้องกันตลอดอายุการใช้งาน การออกแบบ เพื่อให้มีการบำรุงรักษาเครื่องจักรน้อยที่สุด (Maintenance Preventive: MP) และการปรับปรุงเครื่องจักรเพื่อให้ง่ายต่อการบำรุงรักษาและป้องกันเครื่องเสีย (Maintenance Improvement: MI)

4) Total Preventive Maintenance (TPM) คือ Productive Maintenance ที่ได้รวมการบำรุงรักษาด้วยตนเอง (Autonomous Maintenance) เข้าไปด้วย

ข้อดีของการทำ TPM คือ

1) ผลิตภาพของการผลิตดีขึ้น (Productivity) เนื่องจากเครื่องจักรไม่เสียบ่อยและไม่เกิดการว่างงานอันเนื่องมาจากการหยุดเครื่องเพื่อซ่อมบำรุง

2) คุณภาพของสินค้าดีขึ้น (Quality) เพราะของเสียเกิดขึ้นเมื่อเครื่องจักรทำงานผิดปกติไปจากสภาวะที่ควรเป็น เมื่อเครื่องจักรถูกบำรุงรักษาให้อยู่ในสภาพดีเสมอของเสียจึงไม่เกิดขึ้นหรือเกิดน้อยที่สุด

3) ต้นทุนการผลิตต่ำลง (Cost) เนื่องจากผลิตภาพดีขึ้น

4) จัดส่งสินค้าได้ตามที่ลูกค้าต้องการ (Delivery) เพราะการไหลของงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภารมากขึ้นจากการทำ TPM

5) เสริมสร้างความปลอดภัย (Safety) เนื่องจากได้รับการดูแลอย่างดี จึงทำให้มีสภาพที่มีความปลอดภัยในการใช้งาน

6) ขวัญกำลังใจในการทำงานดีขึ้น (Morale) เพราะสภาพแวดล้อมมีความปลอดภัยและพนักงานได้มีส่วนร่วมในงานมากขึ้นจึงทำให้เกิดความภูมิใจในงานที่ตนเองทำอยู่และทำให้รู้สึกว่าตนเองก็มีบทบาทในการปรับปรุงและทำให้บริษัทดีขึ้น

สาเหตุที่ต้องมีการทำ TPM เนื่องจาก TPM มีจุดประสงค์เพื่อลดความสูญเสีย (Loss) ทั้ง 6 ประการที่เกิดขึ้นในการผลิตซึ่งความสูญเสียทั้ง 6 ประการ (6 Big Losses) กล่าวได้ดังนี้คือ

1) การที่เครื่องจักรเสีย (Breakdown) ไม่สามารถใช้งานได้

2) การปรับตั้งเครื่องจักรใหม่และการปรับเครื่อง (Set Up & Adjustment)

3) การเปิดเครื่องโดยไม่มีการปฏิบัติงานหรือมีการหยุดงาน (Idle & Minor Stoppage)

4) ความเร็วของการผลิตตกลง (Speed) ทำให้ได้สินค้าน้อยลง

5) การเกิดของเสียและการแก้ไข (Defect & Rework)

6) การเริ่มงานเครื่องจักรภายหลังการปรับตั้งหรือเปลี่ยนรุ่นการผลิต (Start Up) เนื่องด้วยว่า อัตราของดี (Yield) จะไต่ระดับจนถึงปกติจำเป็นต้องใช้เวลานาน

องค์ประกอบของ TPM ทั้ง 8 ประการ มีดังนี้ คือ

1) มุ่งเน้นที่การปรับปรุง (Focus Improvement) ไม่ว่าจะเป็นโครงงาน (Project) หรือกิจกรรมกลุ่มก็ตาม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้งานเครื่องจักรให้ได้มากที่สุด

2) การบำรุงรักษาเครื่องจักรด้วยตนเองโดยผู้ปฏิบัติงานที่เครื่องจักรนั้น ๆ (Autonomous Maintenance/Self Maintenance) เพื่อลดความสูญเสียของเครื่องจักร เนื่องจากผู้ที่รู้จักเครื่องจักรดีที่สุดก็คือผู้ใช้งานเครื่องจักรนั้นทุกวันนั่นเอง

3) การวางแผนการบำรุงรักษาเครื่องจักร (Plan Maintenance) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต โดยเป็นการทำงานร่วมกันระหว่างช่างเทคนิคและพนักงานปฏิบัติการ (Operator)

4) การฝึกอบรมในการดูแลและทำงานกับเครื่องจักร (Training) เพื่อเพิ่มทักษะความชำนาญในการทำงานร่วมกับเครื่องจักร

5) การป้อนข้อมูลกลับของปัญหาที่เกิดขึ้นจากการใช้งานเครื่องจักร (Early Management Maintenance) เพื่อประโยชน์สำหรับการปรับปรุงเครื่องจักรใหม่ ไม่ให้พบปัญหาเดิม ๆ

6) การบำรุงรักษาคุณภาพ (Quality Maintenance) คือ การทราบว่าสะภาวะใดของเครื่องจักรที่จะไม่ผลิตของเสียออกมา แล้วดำเนินการปรับตั้งเครื่องจักรใหเข้าสู่สภาวะนั้นและรักษาให้อยู่ในสภาวะที่เครื่องจักรจะผลิตของดีได้ตลอดไป

7) การบริหารที่มีประสิทธิภาพของฝ่ายที่ไม่ได้เกี่ยวข้องโดยตรงกับการผลิต (Efficient Administration) เนื่องจากฝ่ายที่ไม่ได้เกี่ยวข้องโดยตรงกับการผลิต ก็แน่นอนว่าเป็นที่สนับสนุนการผลิตนั่นเอง ดังนั้น จึงมีความสัมพันธ์และส่งผลกระทบต่อกันอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้

8) การคำนึงถึงความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม (Safety & Environment)

การดำเนินกิจกรรม TPM สามารถวัดผลได้โดยใช้ตัวชี้วัดที่เรียกว่า OEE (Overall Equipment Effectiveness) หรืออาจเรียกได้ว่าเป็นตัวชี้วัดประสิทธิภาพของเครื่องจักรโดยรวมซึ่ง OEE สามารถ คำนวณได้จากผลคูณของอัตราการใช้งานของเครื่องจักร (Availability Rate) อัตราความเร็วในการผลิตของเครื่องจักร (Performance Rate) และอัตราของดีที่เครื่องจักรผลิตได้ (Quality Rate) ซึ่งโรงงานในญี่ปุ่นที่ได้รับรางวัล PM ล้วนแต่มี OEE เกิน 85%

$$OEE = A \times P \times Q$$

โดยที่ A = Availability Rate

= อัตราส่วนของเวลาที่เครื่องจักรนั้นปฏิบัติงานได้จริงต่อเวลาที่มีในการผลิต หรือ % Run

P = Performance Rate

= อัตราส่วนของจำนวนชิ้นงานที่เครื่องจักรนั้นผลิตได้จริงต่อจำนวนชิ้นงานที่เครื่องจักรนั้นควรผลิตได้ตามกำลังการผลิต

Q = Quality Rate

= อัตราส่วนของชิ้นงานดีที่เครื่องจักรนั้นผลิตได้ต่อจำนวนชิ้นงานที่เครื่องจักรนั้นผลิตได้ทั้งหมด หรือ ก็คือ Yield

ในการบรรลุ OEE ที่มากกว่า 85% นั้น อาจมีแนวทางดังนี้คือ

1) ค่า A (Availability Rate) ควรมากกว่า 90% กล่าวคือ 90% ของเวลาที่มีในการผลิตต้องเป็นเวลาที่เดินเครื่องจักรในการผลิตจริง ๆ ต้องไม่มีการว่างของเครื่องจักรด้วยเหตุใด ๆ เช่น การเสียหายของเครื่องจักรกระบวนการผลิตออกนอกการควบคุม (Out of Control Process) การ PM ที่กินเวลายาวนาน โดยต้องคำนึงถึงว่าการทำ PM ก็เป็น NVA (Non Value Added Activity) ดังนั้น ในการคิด Availability จึงควรนำ PM มาคำนวนด้วย เพื่อไม่ให้มองข้ามความสูญเปล่าตัวนี้

2) ค่า P (Performance Rate) ควรมากกว่า 95% กล่าวคือ ความเร็วของการผลิตจริงต้องมากกว่า 95% ของความเร็วในการผลิตที่ควรจะเป็นหรือออกแบบไว้

3) ค่า Q (Quality Rate) ควรมากกว่า 99% กล่าวคือ ต้องได้ของดีจากการผลิตมากกว่าร้อยละ 99

4) ในการคำนวน OEE นั้นควรใช้วิธีเดิมในการคำนวนตลอด ไม่ควรเปลี่ยนวิธีการคำนวนเพราะจะทำให้ไม่ทราบว่าที่ดีขึ้นหรือแย่ลงเกิดจากการเปลี่ยนแปลงการคำนวนหรือเป็นเช่นนั้นจริง ๆ และตัวเลข OEE เป็นตัวเลขในเชิงเปรียบเทียบเท่านั้นในโรงงานหนึ่ง ๆ ในการนำตัวเลข OEE ของสองโรงงานมาเปรียบเทียบกัน ต้องปรับวิธีการคำนวนให้ตรงกันเสียก่อนจึงจะสามารถเปรียบเทียบได้

หากค่า OEE ของปีที่แล้วเป็น 63% แต่ปีนี้เป็น 61% อาจไม่ได้หมายความว่าประสิทธิภาพของเครื่องจักรแย่ลง ซึ่งเป็นข้อควรระวังที่สำคัญของ OEE เพราะเมื่อสามารถทำให้ Yield และความเร็วในการผลิตที่ดีขึ้น อัตราของเวลาที่ใช้ในการผลิตจะลดลงซึ่งอาจทำให้ผลคูณที่ได้ต่ำลง ดังนั้น การพิจารณาค่า OEE จึงควรดูค่า A, P, Q ประกอบด้วยกัน เพื่อประโยชน์ในการ

ปรับปรุง ตัวเลขต่าง ๆ ที่ใช้ในการคำนวน OEE ควรมีความถูกต้อง เชื่อถือได้ ตัวเลขและแนวโน้มของ OEE ควรติดให้ทุกคนทราบและสามารถมองเห็นได้ (Visibility) เพื่อความมีส่วนร่วมในการปรับปรุงให้ดีขึ้นและทุกคนทราบว่าขณะนี้ OEE อยู่ที่ใดของเป้าหมาย

2,1.5.3 เครื่องมือและเทคนิคที่ช่วยให้เกิดความยืดหยุ่น (Flexibility)

2.1.5.3.1 Set-up Reduction (Single Minute Exchange of Dies, SMED)

การลดเวลาการเปลี่ยนรุ่นการผลิต คือ การลดเวลาการตั้งเครื่องหรือเตรียมการผลิตเมื่อต้องการเปลี่ยนการผลิตจากแบบหนึ่งไปเป็นอีกแบบหนึ่ง

1) เวลาตั้งเครื่อง คือ ระยะเวลานับตั้งแต่สินค้าชิ้นสุดท้ายของชนิดแรกออกจากเครื่องไปจนถึงสินค้าชิ้นแรกของชนิดที่ 2 เริ่มผลิต

2) เวลาตั้งเครื่องหรือเปลี่ยนการผลิต คือ ผลรวมของเวลาตั้งเครื่องภายในรวมกับเวลาตั้งเครื่องภายนอก

3) เวลาตั้งเครื่องภายนอก คือ เวลาที่ใช้ไปในการตั้งเครื่องหรือเปลี่ยนการผลิตโดยเครื่องจักรไม่ต้องหยุดการผลิต

4) เวลาตั้งเครื่องภายใน คือ เวลาที่ใช้ไปในการตั้งเครื่องหรือเปลี่ยนการผลิตโดยเครื่องจักรต้องหยุดการผลิต

ขั้นตอนการลดเวลาตั้งเครื่องหรือเปลี่ยนการผลิต

1) วิเคราะห์การตั้งเครื่องหรือการเปลี่ยนการผลิตสินค้า โดยแยกแยะว่าอะไรเป็นการตั้งเครื่องภายใน อะไรเป็นการตั้งเครื่องภายนอก ตลอดจนการเคลื่อนไหวที่สูญเปล่า

2) ชี้เฉพาะว่าอะไรคือการสูญเปล่า และพยายามขจัดให้หมดไป เช่น การเสียเวลาค้นหาเครื่องมือ การเดินไปหยิบเครื่องมือต่างๆที่ใช้เวลานาน

3) พยายามเปลี่ยนการตั้งเครื่องภายในให้เป็นแบบภายนอก

4) ปรับปรุงการตั้งเครื่องภายในโดยขจัดการสูญเปล่า เช่น ขจัดการใช้สลักยึดทั้งหมด แต่ถ้าจำเป็นต้องใช้ ต้องทำให้ขันได้แน่นเพียงการหมุนแค่รอบเดียวเท่านั้น ใช้แม่พิมพ์ที่มีขนาดภายนอกเท่ากันแต่ภายในแตกต่างกันได้ เหมือนการเปลี่ยนเทปแคสเซตต์ ขจัดการปรับแต่ง และเปลี่ยนการตั้งเครื่องแบบตามลำดับให้มาเป็นแบบคู่ขนาน

5) ปรับปรุงการตั้งเครื่องภายนอก โดยขจัดการสูญเปล่า เช่น ใช้หลักการ 5 ส เน้นที่ สะสาง สะดวก ใช้รถเข็นเครื่องมือหรืออุปกรณ์โดยเฉพาะสำหรับการตั้งเครื่อง และกำหนดคนงานสำหรับงานตั้งเครื่องโดยเฉพาะ

การลดเวลาการตั้งเครื่องภายใน มี 4 วิธี ดังนี้

1) กำหนดมาตรฐานวิธีการตั้งเครื่องอุปกรณ์ที่ใช้

2) ปรับปรุงวิธีการและเครื่องมือสำหรับการจับยึด เพื่อให้การตั้งเครื่องสะดวกและรวดเร็วที่สุด

3) ทำการตั้งเครื่องเป็นแบบคู่ขนาน ใช้ทีมงานที่ประสานงานกันดี

4) ขจัดการปรับแต่ง โดยการใช้ Stopper, Blocks Limit Switches และ Spacers ถ้าการปรับแต่งยังมีความจำเป็น ให้กำหนดมาตรฐานขั้นตอนการปรับแต่งและฝึกอบรมคนงานที่รับผิดชอบ

การเปลี่ยนการตั้งเครื่องภายในให้เป็นแบบภายนอก มี 3 วิธี ดังนี้

1) เตรียมเครื่องมือให้พร้อม การตั้งเครื่องทำได้ทันทีโดยไม่ต้องรอการประกอบเครื่องมือทีละอย่างที่เครื่องจักร การปรับแต่งทั้งหมดทำภายนอก ดังนั้นการตั้งเครื่องจึงเป็นแค่การประกอบชุดสำเร็จเข้ากับเครื่องจักร เช่น การอุ่นแม่พิมพ์ภายนอกก่อนการประกอบเข้าเครื่องฉีดพลาสติก

2) ติดตั้งเครื่องมือต่างๆที่จำเป็นเข้ากับตัวยึดชิ้นงาน (Jig) เพื่อทำให้การตั้งภายในทำได้ง่ายและขั้นตอนการตั้งเครื่องมือเป็นมาตรฐานเดียวกัน

3) ทำให้การใส่ (Loading) และการถอด (Unloading) เครื่องมือหรือแม่พิมพ์ ง่ายและสะดวกที่สุด โดยปรับปรุงอุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุ ใช้ลูกกลิ้ง (Roller Conveyor) หรือโต๊ะที่มีลูกกลิ้งติดอยู่ด้านบน (Ball-Bounded Surface Table)

ประโยชน์ของการลดเวลาในปรับตั้งเครื่องจักรลงมาได้ มีดังนี้คือ

1) ทำให้สามารถผลิตสินค้าหลากหลายชนิดได้มากขึ้น (Mixed Production)

2) มีความยืดหยุ่น (Flexibility) ในการผลิตมากขึ้น

3) ทำให้สามารถผลิตงานเป็นล็อตเล็กๆได้

4) ลด Non-Value Added ของการปรับตั้ง ทำให้มีเวลาผลิตได้มากขึ้น

5) ตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ดียิ่งขึ้น โดยเฉพาะเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงบ่อยๆ

6) ผลิตภาพดีขึ้น

7) ช่างเทคนิคมีทักษะความชำนาญในการเปลี่ยนมากขึ้น เนื่องจากได้ทำอยู่บ่อยๆ

8) ทำให้เกิดการปรับปรุง

2.1.5.3.2.การปรับเรียบการผลิต (Production Smoothing)

การปรับเรียบการผลิตเป็นหนึ่งในเครื่องมือและเทคนิคของลีนที่จะช่วยให้บรรลุวัตถุประสงค์ของระบบการผลิตแบบลีนที่มุ่งเน้นการลดการสูญเปล่าหรือที่ในภาษาญี่ปุ่นเรียกว่า Heijunka คือการที่ผู้ผลิตพยายามที่จะรักษาระดับการผลิตให้คงที่ในแต่ละวัน (Womack et al., 1990) เพื่อลดต้นทุนในการผลิต ตามแนวคิดของระบบการผลิตแบบโตโยต้า (TPS) ได้กล่าวไว้ว่าไม่มีความจำเป็นที่จะต้องผลิตรถยนต์ให้มากกว่าที่คาดว่าจะขายได้ซึ่งก็คือการไม่ผลิตมากเกินความต้องการของลูกค้านั่นเอง

การปรับเรียบการผลิต คือ การผลิตงานที่มีปริมาณสม่ำเสมอคงที่ตลอดช่วงเวลาในการผลิต โดยผลิตทุกรุ่นทุกวัน ตามความต้องการของลูกค้า ถือว่าเป็นการลดความผันแปร การปรับเรียบการผลิตจะทำให้เกิดการไหลของงานอย่างราบเรียบและสม่ำเสมอ (Steady Flow) ซึ่งจะทำให้การควบคุมการผลิตเป็นไปได้โดยง่าย ซึ่งเป็นสิ่งที่ต้องทำก่อนการติดตั้งระบบคัมบัง เนื่องจากระบบคัมบังจะใช้งานได้ดีเมื่อมีการไหลของชิ้นงานอย่างราบเรียบสม่ำเสมอก่อน

ตัวอย่างในการปรับเรียบการผลิต สมมติว่าในเดือนหนึ่ง ลูกค้าต้องการสินค้าดังนี้ คือ A B C และ D จำนวน 1600 1200 800 และ 400 ชิ้น ตามลำดับ และให้เดือนหนึ่งมีวันทำงาน 20 วัน โดยมีเวลาทำงานวันละ 8 ชั่วโมง ดังนั้น สามารถปรับเรียบการผลิตได้ดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 ตัวอย่างปริมาณความต้องการโดยการปรับเรียบในการผลิต

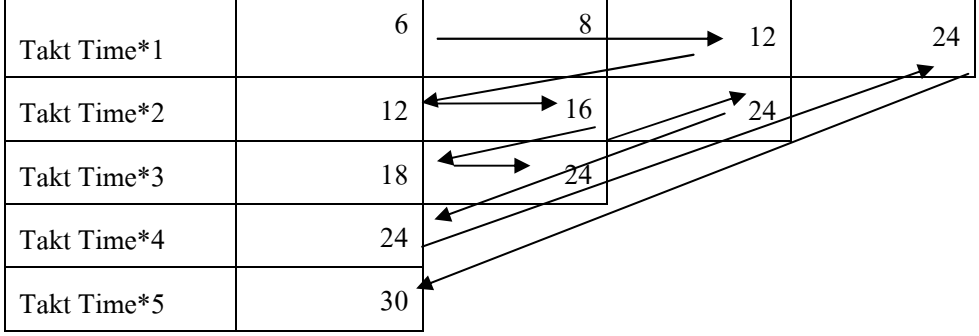
| สินค้า | ปริมาณต่อเดือน | ปริมาณต่อวัน | Takt Time (นาที/ชิ้น) |
|---|---|---|---|
| A | 1600 | 80 | 6 |
| B | 1200 | 60 | 8 |
| C | 800 | 40 | 12 |
| D | 400 | 20 | 24 |

การผลิตจะผลิตแบบผสมรุ่น (Mixed-Model Production) คือจะผลิตสินค้าทุกชนิดและทุกวันโดย ผลิต A B C และ D วันละ 80 60 40 และ 20 ชิ้นตามลำดับ จะเห็นว่าการปรับเรียบการผลิตก็คือการกระจายภาระ (Loading) ของการผลิตให้มีความสม่ำเสมอตลอดช่วงเวลาของการผลิตนั่นเอง ตัวเลขที่ได้จากการปรับเรียบการผลิตจะมีประโยชน์ 2 ส่วน คือ 1) ทราบเป้าหมายหรือแผนของการผลิตต่อวัน และ 2) ใช้ตัวเลขนั้นสำหรับการจ่ายวัตถุดิบเข้าไปในสายการผลิตตามความจำเป็นที่ต้องผลิตในแต่ละวัน

ตัวเลข Takt Time จะทำให้จัดลำดับของการผลิตได้ดังนี้ คือ A-B-C-A-B-A-B-C-A-D-Aหมายความว่า ผลิต A ได้หนึ่งตัว แล้วก็ผลิต B ต่ออีกหนึ่งตัว แล้วก็ผลิต C ต่ออีกหนึ่งตัวไปเรื่อยๆตามลำดับที่แสดง จนกระทั่งได้สินค้าทั้งหมดครบตามปริมาณความต้องการ ซึ่งเทคนิคในการจัดลำดับจะเป็นดังตารางที่ 4-2 โดยวิธีการก็คือเรียงตัวเลขผลคูณของ Takt Time จากน้อยไปหามาก

ตารางที่ 2.6 การใช้เวลาแทกต์จัดลำดับการผลิต เพื่อปรับเรียบการผลิตสำหรับ Mixed Production

| สินค้า | A | B | C | D |
|---|---|---|---|---|
| Takt Time | 6 | 8 | 12 | 24 |
| Takt Time*1 | 6 | 8 | 12 | 24 |
| Takt Time*2 | 12 | 16 | 24 | |
| Takt Time*3 | 18 | 24 | | |
| Takt Time*4 | 24 | | | |
| Takt Time*5 | 30 | | | |



2.1.5.4. เครื่องมือและเทคนิคแบบลีนที่ช่วยลดระยะเวลาการผลิตรวม (Throughput Time)

2.1.5.4.1. การจัดการสายการผลิตแบบเซลล์ (Cellular Manufacturing)

สายการผลิตแบบเซลล์เป็นผังของโรงงานชนิดหนึ่ง ซึ่งนำเครื่องจักรมาวางไว้ใกล้กันตามลำดับการผลิต (Process Sequence) หรือตามทิศทางเดินของชิ้นงาน (Material Flow) โดยในแต่ละเซลล์จะถูกกำหนดไว้ว่าเซลล์นี้จะผลิตสินค้าอะไรหรือรุ่น (Model) ไหน แต่สามารถเปลี่ยนชนิดของสินค้าในการผลิตได้ ในกรณีที่สินค้านั้น ๆ สามารถใช้เครื่องจักรและแรงงานร่วมกับเซลล์อื่น ๆ ได้ ในการจัดการสายการผลิตแบบเซลล์นี้จำเป็นที่จะต้องรักษาสมดุล (Line Balancing) เพื่อ

รักษาการไหล (Flow) ที่ดีของงานและควรใช้สายการผลิตแบบร่วมกับระบบคัมบัง (Kanban) เพื่อให้เกิดการผลิตแบบดึง (Pull) ตามแนวคิดของลีน

การจัดการสายการผลิตแบบเซลล์นั้น ไม่จำเป็นที่จะต้องนำไปประยุกต์ใช้กับทุกโรงงานที่มีการผลิตแบบลีน เนื่องจากการจัดการสายการผลิตแบบเซลล์นั้นเหมาะสำหรับอุตสาหกรรมการผลิตที่สินค้าแต่ละรายการไม่มีความแตกต่างกันมากนัก (Abdullah, 2003)

ประโยชน์ของการจัดการสายการผลิตแบบเซลล์ (Cellular Manufacturing)

1) ปริมาณสินค้าคงคลังลดลง โดยเฉพาะงานระหว่างกระบวนการ (Work in Process)

2) ลดปริมาณการเคลื่อนย้ายของสินค้าและวัตถุดิบ

3) ระยะเวลาในการผลิตลดลงเนื่องจากมีการเคลื่อนย้ายของสินค้าและวัตถุดิบน้อยลง

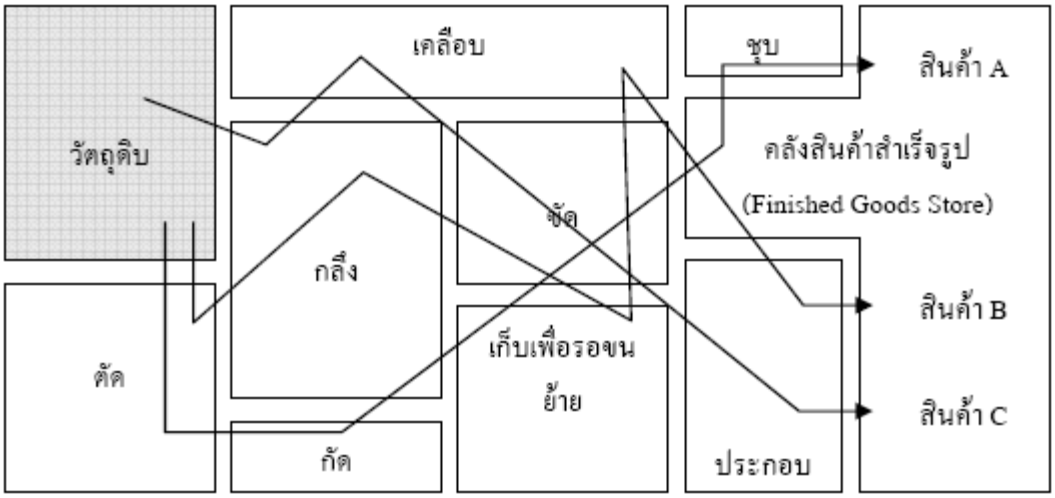
4) ระบบการผลิตมีความยืดหยุ่นมากขึ้น

5) การไหลของงานดีขึ้น

6) สามารถระบุตำแหน่งที่ทำให้สินค้าเกิดความเสียหาย (Defects) หรือเครื่องจักรที่มีปัญหาได้ง่ายขึ้น

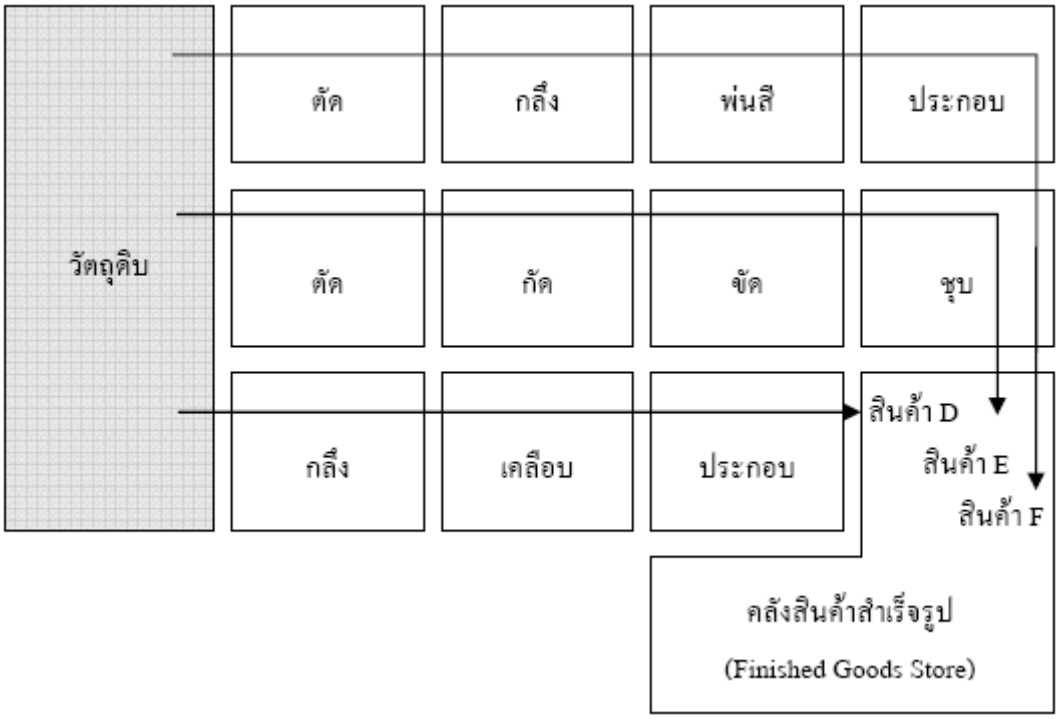
ผังโรงงานนั้นสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิดได้แก่

1) ผังโรงงานแบบกระบวนการ (Process Layout/Functional Layout/Job Shop) เป็นการจัดให้เครื่องจักรชนิดเดียวกันอยู่ในบริเวณเดียวกัน ผังแบบนี้จะทำให้โรงงานถูกแบ่งออกเป็นแผนกต่าง ๆ จะมีการผลิตสินค้าได้หลายชนิดในแผนก (Shop) ต่าง ๆ




ภาพที่ 2.9 ผังโรงงานแบบกระบวนการ

2) ผังโรงงานแบบผลิตภัณฑ์ (Product Layout/Flow Shop) เป็นการจัดเครื่องจักรให้วางเรียงตามลำดับของขั้นตอนการผลิตหรือตามทิศทางการไหลของชิ้นงาน (Material Flow) นั่นเอง ในบริเวณหนึ่งจะผลิตสินค้าเพียงอย่างเดียว ถ้ามีสินค้าหลายชนิดก็จะมีหลายบริเวณ การจัดสายการผลิตแบบเซลล์จัดอยู่ในผังโรงงานแบบผลิตภัณฑ์ ดังภาพที่ 8 จากภาพจะเห็นได้ว่าในหนึ่งห้องจะมีอยู่หนึ่งเซลล์ ซึ่งไม่จำเป็นต้องเป็นเช่นนี้เสมอ ในหนึ่งห้องอาจมีหลายเซลล์ได้ขึ้นอยู่กับพื้นที่ที่มีอยู่และความต้องการ (Demand) เป็นสำคัญ




ภาพที่ 2.10 ผังโรงงานแบบผลิตภัณฑ์

เพื่อความเข้าใจในข้อแตกต่างของผลลัพธ์ จากภาพแบบของแผนผังโรงงานระหว่างแบบกระบวนการและแบบเซลล์ ให้พิจารณาในตารางที่ 2-2 อาจมีข้อสงสัยว่าทำไมเมื่อใช้ผังแบบเซลล์แล้วจึงมีอัตราการใช้งานเครื่องจักร (Machine Utilization) ต่ำลง คำตอบคือ เมื่อใช้ผังแบบเซลล์จะทำให้ใช้งานเครื่องจักรน้อยลงแต่ผลิตสินค้าได้เท่าเดิม นั่นคือ จะทำให้มีกำลังการผลิตเหลือสำหรับความต้องการ (Demand) อาจเพิ่มขึ้นในอนาคต

ตารางที่ 2.7 การเปรียบเทียบอรรถประโยชน์ชนิดของผังโรงงาน

| | Functional Layout | Cellular Layout |
|---|---|---|
| การเดินทางระหว่างแผนก | มาก | น้อย |
| เส้นทาง | วกวน | แน่นอน เป็นระเบียบมาก |
| งานรอคิวผลิต | 12-30 | 3-5 |
| การตอบสนองลูกค้า | สัปดาห์ | ชั่วโมง |
| รอบสินค้าคงคลัง | 3-10 | 15-60 |
| การควบคุมการผลิต | ยาก | ง่าย |
| การทำงานเป็นทีม | ไม่ส่งเสริม | ส่งเสริม |
| Quality Feedback | วัน | นาที |
| ทักษะ | แคบ | กว้าง |
| การใช้เครื่องจักร | 85-95% | 70-80% |

2.1.5.4.2. การพัฒนาและปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง (Continuous Improvement)

ไคเซนเป็นภาษาญี่ปุ่นมีความหมายว่า การปรับปรุงอย่างต่อเนื่องตลอดไป (Continuous Improvement) เนื่องจาก Kai มีความหมายถึง การเปลี่ยนแปลง (Change) และ Zen หมายถึง ดี(Good) ไคเซนเป็นแนวคิดของการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา โดยเน้นในความมีส่วนร่วม(Participation) ของทุกคนเป็นหลัก และเชื่อในปริมาณของสิ่งที่ทำการปรับปรุงมากกว่าผลที่ได้จากการปรับปรุง (Return) คือ เน้นการปรับปรุงหลาย ๆ สิ่ง ทำปริมาณมาก ๆ ถึงแม้ว่าผลลัพธ์ที่ได้จะดีขึ้นเพียงเล็กน้อย (Small Improvement) แต่ถ้าทำไปเรื่อย ๆ อย่างต่อเนื่อง (Continuous) มันก็จะกลายเป็นผลการปรับปรุงที่ยิ่งใหญ่ (Big Improvement) ในอนาคต ในขณะที่ซิกซ์ซิกมา (Six Sigma) จะเลือกทำโครงงาน (Project) ที่ให้ผลตอบแทนทางการเงิน (Financial Return) ที่คุ้มค่าเท่านั้น ไม่เน้นที่ปริมาณ

ผลจากการทำไคเซนไม่จำเป็นต้องวัดเป็นตัวเงินได้เท่านั้น สิ่งที่วัดเป็นตัวเงินไม่ได้ แต่เป็นสิ่งที่ทำให้เกิดการปรับปรุงก็สามารถทำเป็นกิจกรรมของไคเซนได้ การทำกิจกรรมไคเซนอาจเป็นกลุ่มหรือเดี่ยวก็ได้ ขึ้นกับเรื่องที่ทำ โดยเรื่องที่ทำไคเซนอาจทำให้เกิดสิ่งเหล่านี้

1) ระยะทางการขนย้ายลดลง

2) รอบเวลาการผลิต (Cycle Time) ลดลง

3) ผลิตภาพเพิ่มขึ้น

4) ใช้พื้นที่น้อยลง

5) งานออกดีขึ้น

6) งานที่อยู่ระหว่างกระบวนการ (WIP) ลดลง

7) คุณภาพดีขึ้น

8) กระบวนการผลิตสั้นลง

9) ใช้เวลาการตั้งเครื่องจักรลดลง

10) เพิ่มความปลอดภัย

11) ขวัญกำลังใจดีขึ้น

นอกจากนี้ยังมีเทคนิคอื่น ๆ ที่จะช่วยให้เกิดการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง อาทิ

1) Design-of-Experiments เป็นการใช้เครื่องมือทางสถิติในการวิเคราะห์กระบวนการเพื่อหาตัวแปรที่มีผลกระทบต่อผลที่ปรากฏ

2) Root Cause Analysis (5 Whys) เป็นเทคนิคในการแก้ไขปัญหา โดยพยายามเจาะลึกถึงรากเหง้าของปัญหาเพื่อป้องกันไม่ปัญหานั้นเกิดขึ้นอีก

3) Statistical Process Control เป็นการใช้ Control Charts เพื่อศึกษากระบวนการ และหาว่าเมื่อไรที่กระบวนการเกิดภาวะ Out of Control

4) Team-Based Problem Solving (Quality Circles, Self-Direct Work Teams) คือ การหาทางแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต โดยมีการประชุมทีมงานเป็นประจำทุกวันหรือทุกสัปดาห์

**2.2 การนำระบบการผลิตแบบลีนมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตแบบไม่ต่อเนื่อง**

นับตั้งแต่การเผยแพร่ของระบบการผลิตแบบโตโยต้า (Toyota Production System: TPS) หรือแนวคิดของลีนได้ถูกเผยแพร่ออกไป จากความสำเร็จของโตโยต้าที่ประยุกต์ใช้ระบบการผลิตแบบลีนได้เป็นต้นแบบให้อุตสาหกรรมทั่วโลกพยายามที่จะประยุกต์ใช้ระบบแนวความคิดนี้กับบริษัทของตนเอง ปัจจุบันสามารถเห็นระบบการผลิตแบบลีนได้โดยทั่วไปจากการนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตรถยนต์ของประเทศญี่ปุ่น ยุโรปและสหรัฐอเมริกา (Abdullah, 2003)

ความสำเร็จของโตโยต้าเป็นการชักนำให้บริษัทจำนวนมากที่มีระบบการผลิตแบบไม่ต่อเนื่อง เริ่มนำระบบการผลิตมาแบบมาเป็นส่วนช่วยในการลดต้นทุนในการผลิต รวมทั้งลดปริมาณของเสียและการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง แนวความคิดการผลิตแบบลีนได้เป็นที่รู้จักและ

นำไปใช้ในกระบวนการประกอบชิ้นส่วน (Component) ในอุตสาหกรรมยานยนต์ อุตสาหกรรมอิเลกทรอนิกส์และอุตสาหกรรมการผลิตกล้องถ่ายภาพ (Dimancescu et al., 1997)

ในสหรัฐอเมริกาได้มีบริษัทจำนวนมากนำระบบการผลิตแบบลีนมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมที่มีระบบการผลิตแบบไม่ต่อเนื่องเช่น อุตสาหกรรมต่อเรือ อุตสาหการผลิตชิ้นส่วนอุปกรณ์การสื่อสาร อุตสาหกรรมการผลิตเฟอร์นิเจอร์และอุปกรณ์สำนักงาน ในยุโรปได้นำไปใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตรถมอเตอร์ไซด์ อุตสาหกรรมการผลิตเครื่องนุ่งห่ม อุตสาหกรรมการผลิตระบบปรับอากาศรถยนต์ (Panizzolo, 1998)

จากการศึกษาที่ผ่านมาของ Industry week ในปี 2001 ได้ทำการสำรวจเรื่องการนำเครื่องมือและเทคนิคการผลิตแบบลีนไปใช้ในอุตสาหกรรมของสหรัฐอเมริกา (Strozniak, 2001) ผลจากการสำรวจได้แสดงให้เห็นว่าในปี 1999 บริษัทต่าง ๆ ได้ทำการใช้ระบบการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) เป็นจำนวนร้อยละ 20 ของบริษัททั้งหมด และในปี 2000 และ 2001 ได้เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 28 และ 32 ตามลำดับ

ส่วนการนำระบบการผลิตแบบเซลล์ (Cellular Manufacturing) ไปประยุกต์ใช้ในปี 2000 และ 2001 นั้นมีเป็นจำนวนร้อยละ 17 และ 19 ตามลำดับ อีกทั้งยังมีเครื่องมือของการผลิตแบบลีนอีกอันหนึ่งที่ได้มีการนำไปใช้กันอย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมการผลิตแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete Manufacturing) นั่นก็คือ ระบบ

ระบบการผลิตแบบลีนเป็นระบบการผลิตที่มุ่งเน้นเรื่องการไหล (Flow) ของงานเป็นหลัก โดยทำการกำจัดความสูญเปล่าต่าง ๆ ของงานและเพิ่มคุณค่า (Value) ให้กับตัวสินค้าอย่างต่อเนื่องเพื่อให้ลูกค้าเกิดความพึงพอใจสูงสุด (นิพนธ์, 2549)

รัฐเขต (2549) ได้ให้คำจำกัดความของระบบการผลิตแบบลีนไว้ว่า “ลีนคือการออกแบบและการจัดการกระบวนการ ระบบ ทรัพยากร และมาตรการต่างๆ อย่างเหมาะสม ทำให้สามารถส่งมอบผลิตภัณฑ์ได้อย่างถูกต้องเหมาะสมในครั้งแรกที่ดำเนินการ โดยพยายามให้เกิดความสูญเสียน้อยที่สุด (Minimum Waste) หรือมีส่วนเกินที่ไม่จำเป็นน้อยที่สุด โดยความสูญเสียดังกล่าวนั้นไม่ได้ประเมินจากผลลัพธ์ขั้นสุดท้าย (Final Products) เพียงอย่างเดียว แต่จะประเมินจากกิจกรรมหรือกระบวนการทั้งหมดที่ใช้ทรัพยากรโดยไม่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่ม (Non-value added)ในการผลิต”

National Institute of Standards and Technology Manufacturing Extension Partnership (NIST – MEP) ได้ให้คำจำกัดความของระบบการผลิตแบบลีนไว้ว่าเป็นระบบที่มุ่งเน้นการจำแนกและกำจัดความสูญเปล่าในกิจกรรมตลอดจนการพัฒนาอย่างต่อเนื่องโดยทำให้การไหลของผลิตภัณฑ์เกิดมาจากการดึงของลูกค้า เพื่อการตอบสนองความพอใจของลูกค้าอย่างสูงสุด (Spann et al., 1997)

Monden (1998) ได้กล่าวถึงคำจำกัดความของลีนที่นิยามโดย American Society for Quality (ASQ) ว่าเป็นการเริ่มพิจารณาการกำจัดของเสียทั้งหมดในกระบวนการที่โรงงานผลิต หลักการของลีนรวมถึงเวลาการรอคอยเป็นศูนย์ (Zero Waiting Time) สินค้าคงคลังเป็นศูนย์ (Zero Inventory) การจัดตารางการผลิต (Scheduling) ด้วยระบบการดึง (Pull System) แทนที่ระบบผลัก (Push System) การไหลของสินค้า (Flow) การปรับสมดุลการผลิตและลดเวลาการผลิต (Cutting Actual Process Times)

กล่าวโดยสรุปได้ว่าการผลิตแบบลีน (Lean Manufacturing) เป็นปรัชญาทางการผลิตที่เน้นการลดเวลานำในการผลิต (Lead Time) ให้สั้นลงโดยกำจัดความสูญเสีย (Waste) รูปแบบต่าง ๆ ออกไป ระบบการผลิตแบบลีนช่วยให้องค์กรสามารถลดต้นทุน รอบเวลาการผลิตและกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่ม (Non Value Added) อีกทั้งยังมุ่งเน้นการตอบสนองความต้องการของลูกค้าอีกด้วย (George, 2003)

**2.3 ทฤษฎีการจำลองแบบปัญหา (Simulation)**

หลักการเบื้องต้นการจำลองสถานการณ์คือการทำการสร้างตัวจำลอง (Model) เพื่อทำการเลียนแบบกระบวนการดำเนินงานของระบบจริง (Real System) ที่เกิดขึ้น โดยอาศัยข้อมูลของการดำเนินการที่ผ่านมาที่มีผลกระทบต่อการดำเนินงานของระบบนั้นซึ่งข้อมูลได้มาจากการสังเกต (Observation) หรือจากการทำบันทึกข้อมูลในอดีต

การจำลองแบบปัญหานั้นได้มีผู้ให้คำนิยามไว้หลายประการ อาทิ วิชัย สุรเชิดเกียรติ กล่าวว่าการจำลองแบบปัญหาคือ กระบวนการของการออกแบบจำลองของระบบจริงและการออกแบบการทดลองในแบบจำลองนี้แล้วทำความเข้าใจในพฤติกรรมของระบบและทำการประมาณค่าตัวแปรที่สำคัญเพื่อการดำเนินการภายในระบบ

นิยามของการจำลองสถานการณ์ที่เป็นที่ยอมรับกันอย่างกว้างขวางก็คือคำนิยามของเชนนอน(Shannon, 1975) ได้ให้คำนิยามเกี่ยวกับการจำลองสถานการณ์ว่า “การจำลองสถานการณ์ คือ กระบวนการออกแบบตัวแบบจำลอง (Model) ของระบบงานจริง (Real System) แล้วดำเนินการใช้ตัวแบบจำลองนั้นเพื่อเรียนรู้พฤติกรรมของระบบ หรือเพื่อประเมินผลการใช้กลยุทธ์ (Strategy) ต่าง ๆ ในการดำเนินงานของระบบภายใต้ข้อกำหนดที่ได้วางไว้”

การจำลองสถานการณ์ตามแนวความคิดของเพ็กเดนและเชนนอน(Pegden & Shannon) ได้จัดแบ่งกระบวนการของการจำลองสถานการณ์ออกเป็น2 ส่วนใหญ่คือ การสร้างแบบจำลองและการนำเอาแบบจำลองนั้นไปใช้งานเชิงวิเคราะห์ (Experimental) ซึ่งจะต้องรวมเอาสองส่วนนี้เข้าไว้ด้วยกัน ดังนั้นกลไกของวิธีการของการจำลองสถานการณ์ขึ้นอยู่กับแบบจำลองและการใช้

แบบจำลอง แบบจำลองที่ใช้ในการจำลองสถานการณ์อาจจะเป็นระบบงานหรือเป็นแนวความคิดลักษณะใดลักษณะหนึ่ง ซึ่งไม่จำเป็นต้องเหมือนกับระบบงานจริง แต่จะต้องสามารถช่วยให้เข้าใจในระบบงานจริง เพื่อประโยชน์ในการอธิบายพฤติกรรมและเพื่อปรับปรุงการทำงานของระบบงานจริง ฉะนั้นการจำลองแบบปัญหาจะเน้นถึงการสร้างแบบจำลองและการทดลองเพื่อการศึกษาปัญหาต่าง ๆ ที่ต้องการเรียนรู้และแสดงผลลัพธ์ออกเป็นค่าทางสถิติ ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้ ดังนี้

1) สามารถอธิบายถึงพฤติกรรมของระบบ
2) สามารถสร้างทฤษฎีหรือสมมติฐานที่จะอธิบายหรือแสดงถึงสาเหตุสำหรับพฤติกรรมที่กำลังสังเกตอยู่
3) ใช้ต้นแบบที่จำลองขึ้นเพื่อจะพยากรณ์ถึงพฤติกรรมในอนาคต ตัวอย่างเช่น ผลกระทบที่เกิดขึ้นเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของระบบหรือวิธีการในการดำเนินการดำเนินงานของระบบ

แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ (Computer Simulation Models) เป็นการนำเอาแบบจำลองแบบต่าง ๆ เช่น แบบจำลองทางกายภาพ (Physical or Iconic Models) แบบจำลองอนาลอก (Analog Models) เกมส์การบริหาร (Management Games) มาจำลองในรูปของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ซึ่งจะช่วยให้สามารถสร้างแบบจำลองได้ละเอียด ซับซ้อนและเหมือนจริงขึ้น แบบจำลองที่นิยมมาที่สุดคือแบบการจำลองสถานการณ์ เพราะสามารถใช้ได้ดีกับปัญหาของระบบงานได้มากมายหลายประเภท

โดย Kelton et al (2002) กล่าวว่า การจำลองสถานการณ์คือวิธีการและการประยุกต์ในการเลียนแบบพฤติกรรมของระบบจริงโดยใช้ระบบซอฟแวร์คอมพิวเตอร์ (Computer Software)

การจำลองแบบปัญหาทางคอมพิวเตอร์จะต้องมีการคำนวณ มีการป้อนข้อมูลเข้าและมีผลลัพธ์จากแบบจำลอง ในการเตรียมและการวิเคราะห์ข้อมูลจะอาศัยวิธีการทางสถิติช่วย เนื่องจากในระบบงานโดยปกติจะมีความแปรผันไม่แน่นอนและมีการเปลี่ยนแปลงตามเวลา

### 2.3.1 ข้อได้เปรียบของการจำลองสถานการณ์

การจำลองสถานการณ์สามารถจัดการปัญหาที่มีความซับซ้อนและไม่สามารถหาความสัมพันธ์ได้ดีกว่าการใช้เทคนิคทางคณิตศาสตร์ โดยการเขียนเงื่อนไขทางคณิตศาสตร์หรือการใช้สูตรทางคณิตศาสตร์ที่มีอยู่ได้

2.3.1.1. การจำลองสถานการณ์สามารถใช้วิเคราะห์ในสภาวะการณ์ที่ไม่แน่นอนในขณะที่การวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ไม่สามารถทำได้

2.3.1.2. การจำลองสถานการณ์ สามารถทำการทดลองได้ซ้ำในแต่ละกรณีได้ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด

2.3.1.3. การใช้แบบจำลองสถานการณ์สามารถทำการศึกษาและทดสอบได้โดยไม่รบกวนการปฏิบัติงานจริง โดยสามารถใช้แบบจำลองกับระบบที่ไม่สามารถทดลองบนสถานการณ์จริงได้

2.3.1.4. การจำลองสถานการณ์สามารถหาคำตอบที่เป็นค่าจริงของระบบได้ดีกว่าการใช้การวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์

2.3.1.5. การจำลองสถานการณ์สามารถลดค่าใช้จ่ายในการทดลองได้ดีกว่าการทดลองภายในระบบงานจริง

2.3.1.6. การจำลองสถานการณ์สามารถสร้างแบบจำลองเพื่อทำนายอนาคตของระบบได้ โดยใช้เวลาอันสั้นในการประมวลผลลัพธ์ของแบบจำลอง เช่น ต้องการทราบว่าเครื่องจักที่มีอยู่ มีกำลังการผลิตสามารถรองรับความต้องการของสินค้าที่จะเพิ่มขึ้นในอนาคตอีก 5 ปีได้หรือไม่ เป็นต้น

**2.3.2 ข้อเสียของการใช้แบบจำลองสถานการณ์**

2.3.2.1. เนื่องจากตัวแบบจำลอง ผู้สร้างตัวแบบจำลองเป็นผู้สร้างทางเลือกให้แก่ระบบ ดังนั้นผลลัพธ์ที่ได้จากการสร้างแบบจำลองอาจไม่ใช่ผลลัพธ์ที่บ่งบอกทางเลือกที่ดีที่สุดให้กับระบบ (Optimal Solution)

2.3.2.2. ผลที่ได้จากการจำลอง มักจะเป็นค่าประมาณ

**2.3.3 ประเภทของแบบจำลองสถานการณ์**

แบบจำลองสถานการณ์จะแบ่งประเภทได้ 3 ประเภท (Banks et Al., 2005) ได้แก่

2.3.3.1. แบบจำลองของการจำลองแบบปัญหาชนิดสถิตย์ (Static Simulation Model) กับแบบจำลองของการจำลองแบบปัญหาชนิดพลวัต (Dynamic Simulation Model)

แบบจำลองของการจำลองแบบปัญหาชนิดสถิตย์ เป็นตัวแทนของระบบที่เวลาเฉพาะเจาะจงหรือเป็นตัวแทนซึ่งอาจจะถูกใช้เพื่อจะแสดงถึงระบบในลักษณะที่เวลาเคลื่อนที่โดยอิสระอย่างเรียบง่ายไม่มีกฎเกณฑ์ ตัวอย่างของการจำลองแบบปัญหาชนิดสถิตย์คือแบบจำลองชนิด

มอนติคาร์โล (Monte Carlo Model) ส่วนแบบจำลองของการจำลองแบบปัญหาชนิดพลวัตเป็นตัวแทนของระบบที่เปลี่ยนแปลงช้าๆ ตลอดเวลา อย่างเช่น ระบบลำเลียงขนถ่ายในโรงงาน

2.3.3.2. แบบจำลองเชิงกำหนด (Deterministic Model) กับแบบจำลองแบบเฟ้นสุ่ม (Stochastic Model)

ถ้าหากแบบจำลองของการจำลองแบบปัญหาไม่ได้บรรจุไว้ด้วยส่วนประกอบที่มีความน่าจะเป็น (Probabilistic Components) ตัวอย่างเช่น การสุ่ม แบบจำลองนี้จะถูกเรียกว่าแบบจำลองของการจำลองเชิงกำหนด ระบบที่ถูกทำให้ยุ่งยากสับสนด้วยสมการดิฟเฟอร์เรนเชียล ซึ่งใช้อธิบายเกี่ยวกับปฏิกิริยาทางเคมีอาจจะเป็นแบบจำลองตัวหนึ่งในลักษณะที่ว่านี้ในแบบจำลองเชิงกำหนด ผลลัพธ์จะถูกกำหนดเมื่อชุดของจำนวนข้อมูลสำหรับแก้ปัญหาและความสัมพันธ์ต่าง ๆ ที่อยู่ในแบบจำลองถูกระบุไว้อย่างชัดเจน ถึงแม้ว่ามันอาจจะต้องใช้เวลามากในการคำนวณเพื่อจะหาค่าของผลลัพธ์ว่าเป็นอย่างไร แต่อย่างไรก็ตามระบบจำนวนมากจำเป็นต้องถูกสร้างจำลองเหมือนว่ามีส่วนประกอบเกี่ยวกับข้อมูลที่ป้อนเข้าเป็นแบบสุ่มอย่างน้อยบางส่วน และส่วนประกอบเหล่านี้ก่อให้เกิดแบบจำลองของการจำลองแบบปัญหาชนิดเฟ้นสุ่ม เช่นระบบสินค้างคงคลัง (Inventory System) และระบบแถวคอย (Queuing System) ส่วนใหญ่ถูกสร้างจำลองให้เป็นชนิดไม่แน่นอน แบบจำลองของการจำลองแบบปัญหาชนิดเฟ้นสุ่มก่อให้เกิดผลลัพธ์ซึ่งเป็นไปโดยการสุ่มตัวมันเอง เพราะฉะนั้นจำเป็นต้องถูกพิจารณาเหมือนว่าเป็นการประมาณค่าลักษณะพิเศษเฉพาะที่แท้จริงของแบบจำลอง ซึ่งสิ่งนี้ถือว่าเป็นข้อเสียอย่างหนึ่งของการจำลองแบบปัญหา

2.3.3.3. แบบจำลองของการจำลองแบบปัญหาชนิดต่อเนื่อง (Continuous Simulation Model) และแบบจำลองของการจำลองแบบปัญหาชนิดไม่ต่อเนื่อง (Discrete Simulation Model)

หากกล่าวอย่างกว้าง ๆ สามารถนิยามแบบจำลองของการจำลองแบบปัญหาชนิดเป็นช่วงและแบบจำลองของการจำลองปัญหาชนิดต่อเนื่องได้อย่างคล้ายคลึงกัน ด้วยรูปแบบของระบบแบบเป็นช่วง (Discrete System) และระบบต่อเนื่อง (Continuous System) การตัดสินใจที่จะใช้แบบจำลองชนิดเป็นช่วง หรือแบบจำลองชนิดต่อเนื่องสำหรับระบบงานที่เจาะจงไว้ย่อมขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ที่ระบุไว้ในการศึกษา ตัวอย่างเช่น แบบจำลองของการเคลื่อนตัวของการจราจรบนถนนที่ไม่จำกัดความเร็วจะเป็นแบบจำลองชนิดเป็นช่วง ก็ต่อเมื่อการเคลื่อนที่ของรถยนต์แต่ละคันเป็นสาระที่สำคัญกว่า ในอีกด้านถ้าหากว่ารถยนต์ถูกพิจารณาในลักษณะของการไหลไปรวมตัว

กัน การเคลื่อนตัวของการจราจรก็สามารถถูกอธิบายด้วยสมการดิฟเฟอร์เรนเชียลที่อยู่ในแบบจำลองชนิดต่อเนื่อง

**2.3.4 ขั้นตอนของการจำลองแบบปัญหา**

2.3.4.1 การระบุปัญหา (Problem Formulation) ขั้นตอนนี้นับว่าเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญที่สุดเพราะเป็นขั้นตอนการระบุปัญหาที่ต้องการแก้ไข หากผู้ศึกษาตั้งปัญหาไม่เหมาะสม ผลที่ได้จากการจำลองสถานการณ์นั้นจะไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ตามที่ต้องการ

2.3.4.2. การกำหนดวัตถุประสงค์และวางแผนโครงการ (Setting of Objectives and Overall Project Plan) เป็นการกำหนดวัตถุประสงค์ที่ต้องการแก้ไขปัญหาและวัตถุประสงค์ที่ถูกกำหนดขึ้นเป็นโจทย์ของการจำลองสถานการณ์ นอกจากนี้ยังต้องพิจารณาโครงการโดยรวมในทุก ๆ ด้าน เช่น จำนวนคน ค่าใช้จ่ายและระยะเวลาที่ทำการศึกษาของทั้งโครงการให้มีความเหมาะสม

2.3.4.3. การสร้างแนวคิดของบบจำลอง (Model Conceptualization) เป็นการนำข้อมูลที่ได้จากระบบการทำงานจริงมาใช้สร้างแบบจำลอง แบบจำลองที่ถูกสร้างขึ้นต้องสามารถอธิบายพฤติกรรมของระบบงานได้ตรงตามวัตถุประสงค์และแบบจำลองจะมีความถูกต้องได้นั้น ผู้สร้างแบบจำลองจะต้องมีความเข้าใจในระบบงานที่ทำการศึกษา ตลอดจนถ่ายทอดระบบงานมาเป็นแบบจำลองได้อย่างถูกต้อง

2.3.4.4. การเก็บรวบรวมข้อมูล (Data Collection) การเก็บข้อมูลได้อย่างถูกต้องและเหมาะสมจะมีส่งผลต่อผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ ข้อมูลที่ใช้จะมาจากแหล่งข้อมูลสองแหล่งคือ แหล่งข้อมูลภายในระบบ เช่น ข้อมูลจากบริษัทที่จำหน่ายสินค้าให้บริษัท เป็นต้น นอกจากนี้ข้อมูลยังสามารถได้มาจากการวัดผล การสังเกตการณ์และการสัมภาษณ์บุคลากรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ผู้ศึกษาวิจัยควรจะทำการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้รับมาก่อนนำข้อมูลไปใช้งาน การเก็บข้อมูลจะใช้เวลาค่อนข้างมากเมื่อเทียบกับเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการทำการจำลองสถานการณ์และต้องทำการเก็บข้อมูลให้เร็วที่สุด

2.3.4.5. การแปลงแนวความคิดของแบบจำลองเป็นแบบจำลองบนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Model Translation) เป็นการนำข้อมูลจากระบบการทำงานจริง มาเปลี่ยนแปลงให้อยู่ในรูปของค่าเชิงปริมาณแทนที่พฤติกรรมต่าง ๆ ของระบบ เพื่อสร้างเป็นแบบจำลองบนโปรแกรมคอมพิวเตอร์โดยใช้ภาษาหรือซอฟแวร์ (Software) ที่เหมาะสม จนสามารถนำไปหาผลลัพธ์ที่ต้องการได้ ค่าเชิงปริมาณสามารถอยู่ในรูปของตัวแปร พารามิเตอร์ (Parameter) และฟังก์ชั่นต่าง ๆ

ทางสถิติ ความถูกต้องของค่าเชิงปริมาณขึ้นอยู่กับความเข้าใจในระบบการทำงานจริงของผู้ศึกษา ความเชื่อถือได้ของข้อมูลและวิธีการทางสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์

2.3.4.6. การตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Verification) เป็นการตรวจสอบแบบจำลองที่สร้างขึ้นว่ามีความถูกต้องและสามารถใช้แบบจำลองที่สร้างขึ้นแทนระบบการทำงานจริงได้ อีกทั้งยังเป็นการป้องกันข้อผิดพลาดต่าง ๆ อันจะเกิดขึ้นกับแบบจำลองสถานการณ์ที่สร้างขึ้น

2.3.4.7. การทดสอบความถูกต้องของตัวแบบจำลอง (Validation) เป็นการทดสอบความสอดคล้องระหว่างพฤติกรรมของแบบจำลองกับพฤติกรรมของระบบงานจริง โดยอาศัยการเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองกับข้อมูลในอดีตของระบบงานจริงที่เงื่อนไขของการใช้ระบบงานที่เหมือนจริง การวิเคราะห์กระทำได้โดยอาศัยเทคนิคทางสถิติ ได้แก่

1) การทดสอบสมมติฐาน ในการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองกับระบบจริง

2) การทดสอบสมมิตฐานของลักษณการกระจายของความน่าจะเป็นของข้อมูลจากแบบจำลองเปรียบเทียบกับระบบงานจริง

3) การประมาณค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองเปรียบเทียบกับค่าโดยประมาณของพารามิเตอร์ของระบบงานจริง

4) การพยากรณ์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรและพารามิเตอร์ในแบบจำลองเปรียบเทียบกับระบบงานจริง

การออกแบบการทดลองและการใช้งานการจำลองแบบปัญหา (Experimental Design and Computational Experiment) ในการใช้งานแบบจำลองปัญหาจะมีการทดลองซ้ำหลาย ๆ ครั้ง เพื่อให้มีการเลือกใช้ตัวแปรในการตัดสินใจชุดต่าง ๆ การทดลองแต่ละครั้งจะให้ผลลัพธ์ที่จะนำไปใช้เปรียบเทียบทางเลือกต่าง ๆ นั้น โดยแต่ละผลลัพธ์จะเกิดจากการเฉลี่ยผลลัพธ์ที่จะนำไปใช้เปรียบเทียบทางเลือกต่าง ๆ นั้น โดยแต่ละผลลัพธ์จะเกิดจากการเฉลี่ยผลลัพธ์อันเนื่องมาจากการทดลองเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของตัวแปรสุ่ม สิ่งที่จะต้องระมัดระวังในการประเมินผลการเปรียบเทียบทางเลือกคือการหาค่าเฉลี่ยของผลลัพธ์จากการใช้งานแบบจำลองปัญหาแต่ละครั้ง ทั้งนี้เนื่องจากค่าเฉลี่ยของผลลัพธ์โดยตัวมันเองเป็นค่าสุ่ม ดังนั้นต้องให้ความสำคัญต่อการออกแบบทางเลือกและควรจะเป็นวิธีที่เป็นระบบ การออกแบบทงาเลือกโดยวิธีการออกแบบการทดลองเป็นวิธีที่เป็นระบบวิธีหนึ่ง เช่น การออกแบบเชิงแฟคทอเรียล (Factorial) ซึ่งสามารถใช้การวิเคราะห์ทางสถิติประเมินผลกระทบของแต่ละปัจจัยที่มีต่อระบบได้และสามารถพิจารณาได้ว่าปัจจัยใดเป็น

ปัจจัยที่สำคัญของระบบ นอกจากนั้นการกำหนดระยะเวลาและจำนวนครั้งของการจำลองแต่ละทางเลือกจะต้องพิจารณาความพร้อมของเงินทุนและระดับความถูกต้องที่ต้องการ

การวิเคราะห์และประเมินผล ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองควรใช้การวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อก่อให้เกิดความเข้าใจทางการทำงานของระบบได้อย่างถูกต้องและสามารถประเมินผลนโยบายทางเลือกต่าง ๆ นอกจากนี้การวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis) เพื่อก่อให้เกิดความมั่นใจในผลลัพธ์ที่ไม่เปลี่ยนแปลงมาก

การนำผลไปใช้งานจริง (Implementation) เป็นการนำผลการวิเคราะห์ที่ดีที่สุดที่ได้จากแบบจำลองสถานการ์มาแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นกับระบบการทำงานจริง การนำผลไปใช้จริงจะประสบความสำเร็จได้จะขึ้นอยู่กับการดำเนินขั้นตอนต่าง ๆ ข้างต้นได้อย่างถูกต้อง หากผู้ใช้แบบจำลองได้มีส่วนร่วมในการสร้างแบบจำลองและมีความเข้าใจในธรรมชาติของแบบจำลองพร้อมทั้งผลที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ จะสามารถช่วยให้การดำเนินการมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น ในทางตรงกันข้าม ถ้าแบบจำลองไม่มีความถูกต้องก็อาจจะทำให้การนำไปใช้จริงไม่ประสบความสำเร็จ

### 2.3.5 การประยุกต์ใช้การจำลองสถานการณ์ภายในระบบงาน

ปัจจุบันการออกแบบและพัฒนาระบบงานส่วนใหญ่ อาศัยแบบจำลองเป็นเครื่องมือสำคัญช่วยในการพิจารณาและวิเคราะห์งานก่อนที่จะนำไปใช้กับระบบงานจริงและเพื่อหาแนวทางในการพัฒนาการดำเนินงานของระบบให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งในปัจจุบันมีการพัฒนาซอฟแวร์ (Software) ทางคอมพิวเตอร์ เพื่อช่วยในการจำลองระบบงานมากขึ้น โดยการจำลองแบบปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์เป็นการศึกษาปัญหาของระบบงานด้วยแบบจำลอง ซึ่งอยู่ในรูปของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ หลักการที่ใช้ในการจำลองแบบด้วยคอมพิวเตอร์คือ การสร้างแนวทางในการตัดสินใจให้ระบบ เพื่อเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาให้ระบบหรือปรับปรุงระบบงานเดิมที่มีอยู่ให้ดียิ่งขึ้นโดยปราศจากการรบกวนงานในระบบจริง

เนื่องจากการจำลองสถานการณ์มีข้อดีอยู่หลายประการดังที่กล่าวไว้ในข้างต้นจึงทำให้ระบบงานในหลายสาขาได้นำเอาวิธีการจำลองสถานการณ์ไปประยุกต์ใช้ภายในระบบงานต่าง ๆ (วิชัย, 2540) ดังนี้

2.3.5.1 ระบบงานคอมพิวเตอร์ (Computer System) เช่น งานที่เป็นองค์ประกอบของระบบฮาร์ดแวร์ (Hardware) งานระบบเครือข่ายของฮาร์ดแวร์ (Network of Hardware) ระบบซอฟท์แวร์ (Software) งานบริหารโครงสร้างเกี่ยวกับฐานข้อมูล (Data Base) งานประมวลผลข้อมูล (Information Processing) เป็นต้น

2.3.5.2 ระบบงานในโรงงานอุตสาหกรรม (Manufacturing) เช่น ระบบงานลำเลียงขนถ่ายวัสดุ (Material Handling) ระบบงานสายประกอบ (Assembly Line) ระบบควบคุมสินค้าคงคลัง (Inventory Control System) ระบบงานผลผลิตอัตโนมัติ (Automated Production System) ระบบงานบำรุงรักษาเครื่องจักร (Reliability and Maintenance System) การจัดวางผังโรงงาน (Plant Layout)

2.3.5.3 งานในเชิงธุรกิจ (Business) เช่น งานในการวิเคราะห์พัสดุและสต๊อกสินค้า (Stock and Commodity Analysis) การกำหนดทางเลือกในการขนส่ง (Transportation Alternatives)

2.3.5.4 งานด้านการปกครอง (Government) เช่น การกำหนดยุทธศาสตร์ทางด้านการทหาร (Military Tactics) งานป้องกันการเกิดเพลิงไหม้ (Fire Protection)

2.3.5.5 งานทางด้านสิ่งแวดล้อมและระบบนิเวศน์วิทยา (Ecology and Environment) เช่น งานระบบกำจัดมลพิษของน้ำเสีย (Water Pollution and Purification) การพยากรณ์อากาศ (Weather Prediction)

2.3.5.6 งานด้านพฤติกรรมทางสังคม (Social and Behavior) เช่น การวิเคราะห์สัดส่วนระหว่างอาหารกับจำนวนประชากร (Food / Population Analysis)

2.3.5.7 งานด้านเวชศาสตร์ (Biosciences) เช่น การวิเคราะห์ทางด้านวิทยาศาสตร์การกีฬา (Sport Performance Analysis)

### 2.3.6 การจำลองแบบปัญหาด้วยโปรแกรมอารีน่า (Arena Simulation Program)

โปรแกรมอารีน่าเป็นเครื่องมือตัวหนึ่งที่นิยมใช้งานกันอย่างแพร่หลายสำหรับการสร้างตัวแบบจำลองและดำเนินการทดลองไปกับตัวแบบจำลอง โดยตัวแบบจำลองจะถูกทำการทดสอบทางความคิดในคอมพิวเตอร์ เพื่อศึกษาพฤติกรรมของระบบและนำไปสู่แนวทางในการวิเคราะห์ปรับปรุงระบบให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

นอกจากนี้โปรแกรมอารีน่ายังสามารถสร้างภาพเคลื่อนไหว เสมือนจริงของระบไว้บนจอคอมพิวเตอร์ได้ด้วย ตัวอย่างเช่น ทรัพยากรต่าง ๆ ที่ถูกสร้างในโปรแกรมอารีน่าสามารถแสดงอยู่ในรูปภาพเคลื่อนไหวได้ เช่น คนงาน เครื่องจักร อุปกรณ์ลำเลียง โดยแต่ละรูปสามารถแสดงสถานภาพของทรัพยากรได้ด้วย เช่น ว่างงาน (Idle) ทำงาน (Operating) หยุดงาน เป็นต้น

**2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**

ได้มีการนำการจำลองสถานการณ์มาประยุกต์ใช้กับระบบการผลิตแบบลีนอย่างหลากหลาย ไม่ว่าจะเป็นในอุตสาหกรรมการผลิตเหล็ก (Abdulmalek and Rajgopal, 2006) ได้นำเอาการผังคุณค่าในอนาคตมาทดสอบด้วยการจำลองสถานการณ์ เช่นเดียวกันกับ Michelle E. Scullin (2005) ที่ได้ทำการศึกษาเรื่องการทดสอบผังคุณค่าที่ออกแบบโดยเครื่องมือการผลิตแบบลีนด้วยการจำลองสถานการณ์

รังสรรค์ (2544) ได้มีการศึกษาการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ของกระบวนการผลิตแผงวงจรไฟฟ้ารวมของโรงงานแห่งหนึ่งโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SIMAN และ WITNESS แล้วนำแบบจำลองสถานการณ์มาทำการทดลอง เพื่อค้นหาวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตแผงวงจรไฟฟ้ารวม โดยการรวมกระบวนการผลิต Dambar และ Forming เข้าด้วยกัน ผลการทดลองพบว่าสามารถลดวัสดุคงคลังในกระบวนการผลิตและลดวงจรการผลิตได้ประมาณ 10% และสามารถลดค่าใช้จ่ายในการผลิตได้ประมาณ 2.78 ล้านบาทต่อปี

สุนทร (2543) ได้ศึกษาถึงแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตของอุตสาหกรรมอิเลกทรอนิกส์ ซึ่งเป็นกระบวนการผลิตที่มีความซับซ้อนและสามารถสลับสับเปลี่ยนได้ โดยสร้างแบบจำลองสถานการณ์ให้สอดคล้องกับกระบวนการผลิตปัจจุบันของการประกอบอุปกรณ์ขับเคลื่อนหัวอ่านของหน่วยความจำแบบถาวรและได้นำมาดัดแปลงในหลาย ๆ ทางเลือก เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของผลลัพธ์ของเวลามาตรฐานการผลิตที่สั้นที่สุด ซึ่งผลการวิจัยพบว่าทางเลือกที่ดีที่สุดสามารถลดเวลามาตรฐานการผลิตได้จาก 53.8 เป็น 41.7 นาทีหรือร้อยละ 22 ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และสามารถลดความแปรปรวนของระบบลงจาก 0.008 ลงเหลือ 0.002 ในขณะที่จำนวนสถานีในการผลิตได้ลดลงจาก 19 สถานีเหลือ 18 สถานี

Spann et al. (1997) พบว่าการผลิตแบบลีนที่นำมาประยุกต์ใช้กับโรงงานผู้ผลิตที่มีขนาดกลางและเล็ก (Small and Medium Enterprises : SMEs) ส่วนมากจะมุ่งเน้นในเรื่องของคุณภาพ (Quality) รอบเวลา (Cycle Times) และการตอบสนองต่อลูกค้า (Customer Responsiveness) เป็นหลัก โดยได้ระบุถึงเครื่องมือที่นำมาประยุกต์ใช้กับการผลิตแบบลีนว่าประกอบด้วยกิจกรรม 5ส. การควบคุมโรงงานด้วยสายตา (Visual Factory) การสร้างทีมงาน การใช้เครื่องมือทางด้านคุณภาพ (Quality Tools) การบำรุงรักษาเชิงป้องกันโดยรวม (Total Preventive Maintenance : TPM) การลดเวลาในการติดตั้งเครื่องจักร (Single Minute Exchange of Die : SMED) การจัดสมดุลการผลิต (Work Balancing), การไหลแบบชิ้นเดียว (One-piece-flow), และการใช้ระบบคัมบัง (KanbanSystem)

Fawaz (2003) ศึกษาถึงการนำหลักการของลีนไปใช้กับกระบวนการผลิตที่มีลักษณะการผลิตแบบต่อเนื่อง (Continuous Process) โดยจะเน้นศึกษาในอุตสาหกรรมเหล็กเป็นหลัก จุดมุ่งหมายของงานวิจัยนี้คือการนำเทคนิคลีนไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในอุตสาหกรมที่มีการผลิตแบบต่อเนื่อง ซึ่งตามปกตินิยมใช้เทคนิคลีนกับอุตสาหกรรมที่มีการผลิตแบบเป็นช่วงเวลา (Discrete Process) เท่านั้น และสามารถทราบว่าประโยชน์จากการนำเทคนิคลีนไปใช้งานในงานแต่ละงานเป็นอย่างไร ถึงแม้ว่าอุตสาหกรรมที่มีกระบวนการผลิตเป็นแบบช่วงเวลาจะมีลักษณะบางอย่างที่มีลักษณะร่วมกันที่เหมือน ๆ กัน แต่ก็มีหลายอย่งที่มีความแตกต่างกันอย่างมากเช่นกัน ดังนั้นการปรับแต่งกระบวนการทั้งแบบเป็นช่วงเวลา (Discrete Process) และ แบบต่อเนื่อง (Continuous Process) จะมีบางอย่างที่คาบเกี่ยวกัน (Overlap) งานวิจัยนี้จึงพยายามที่จะแสดงให้เห็นว่าเทคนิคลีนสามารถนำมาใช้งานได้สำหรับอุตสาหกรรมที่มีการผลิตทั้งแบบเป็นช่วงเวลาและแบบต่อเนื่องซึ่งนำเทคนิคลีนเข้าไปใช้ในกระบวนการที่มีการผลิตเป็นแบบช่วงเวลาโดยได้ทำการวิจัยบริษัทเหล็กขนาดใหญ่ (ใช้นามสมมติว่าบริษัท ABS) เทคนิคหนึ่งที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือการสร้างแผนที่คุณค่า โดยเริ่มต้นด้วยการสร้างแผนคุณค่า (Value Stream Mapping) ที่แสดงสถานะปัจจุบันของบริษัทโดยมีการระบุแหล่งที่มาของ ของเสีย (Waste) และนำเทคนิคลีนเข้าไปช่วยแก้ไขเพื่อเพิ่มมูลค่าในกระบวนการจนพัฒนาเป็นแผนที่คุณค่าในอนาคต (Future state map) เพื่อให้การใช้เทคนิคลีนเกิดประโยชน์อย่างมากในการสร้างแผนที่คุณค่า จึงได้นำแบบจำลองสถานการณ์ (Simulation Model) โดยใช้โปรแกรมอารีน่ามาพัฒนาบริษัท ABS และทำการออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลเพื่อใช้วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของแบบจำลองสถานการณ์สำหรับการใช้ลีนหลาย ๆ ลักษณะ

Michelle (2000) ได้นำแนวคิดของระบบการผลิตแบบลีนไปช่วยในการลดของเสียในการประกอบเครื่องบิน Boeing 717 โดยพัฒนาและปรับปรุงพื้นที่สำหรับทำงานให้ถูกใช้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด และสามารถลดเวลาที่ใช้ในการสร้าง Boeing 717 ได้ถึง 4 วัน ซึ่งคิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ถึง 860,000 ดอลล่าร์

Hasgul et al (2005) นำการจำลองสถานการณ์มาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตตู้เย็นเพื่อหาจุดที่เป็นคอขวดในกระบวนการผลิต ซึ่งมีการผลิตตู้เย็นหลายรุ่นหลายขนาด จากการเพิ่มขึ้นของจำนวนชิ้นส่วนประกอบของรุ่นที่แตกต่างกัน ทำให้ระบบการผลิตนั้นมีความซับซ้อนมากขึ้น ดังนั้นจึงนำการจำลองสถานการณ์เข้ามาช่วยวิเคราะห์และประเมินผลในการแก้ปัญหา โดยวิธีการแก้ปัญหาที่นำมาปรับใช้ก็คือการผลิตแบบผสมรุ่น (Mixed Model Production) ตามแนวคิดของลีน

# บทที่ 3

# การรวบรวมและการประมวลผลข้อมูล

## 3.1. ข้อมูลทั่วไปของโรงงานกรณีศึกษา

โรงงานกรณีศึกษาแห่งนี้เป็นบริษัทที่ดำเนินอุตสาหกรรมการผลิตยางรถยนต์ ก่อตั้งขึ้นโดยการร่วมทุนระหว่างบริษัท ปูนซิเมนต์ไทย จำกัด (มหาชน) กับบริษัทผลิตยางรถยนต์ชั้นนำจากต่างประเทศ มีโรงงานอยู่ 3 แห่งในประเทศไทย ซึ่งโรงงานแต่ละแห่งจะผลิตยางรถยนต์แต่ละประเภทแตกต่างกันออกไป โดยสามารถจำแนกตามประเภทของยานพาหนะได้ ดังนี้

1.) ยางสำหรับรถยนต์นั่งส่วนบุคคล (Passenger Car Tires)
2.) ยางสำหรับรถกระบะและรถบรรทุกขนาดเล็ก (Pick up and Light truck Tires)
3.) ยางสำหรับรถโดยสารขนาดใหญ่และรถบรรทุก (Truck and Bus Tires)
4.) ยางสำหรับเครื่องบินโดยสารขนาดเล็กและเครื่องบินพาณิชย์ (Aircraft Tires)

สำหรับโรงงานที่สนใจศึกษานั้น ตั้งอยู่ในนิคมอุตสาหกรรมหนองแค จังหวัดสระบุรี ซึ่งเป็นโรงงานที่มีการผลิตยางสำหรับรถโดยสารขนาดใหญ่และรถบรรทุก (Truck and Bus Tires) และยางสำหรับเครื่องบินโดยสารขนาดเล็กและเครื่องบินพาณิชย์ (Aircraft Tires) ซึ่งยางสำหรับรถโดยสารขนาดใหญ่และรถบรรทุกตลอดจนยางสำหรับเครื่องบินนั้นเป็นยางที่มีขนาดใหญ่และมีน้ำหนักมาก ดังนั้นการผลิตยางที่มีขนาดใหญ่จึงมีความแตกต่างจากการผลิตยางรถยนต์ประเภทอื่นซึ่งมีขนาดเล็กและน้ำหนักที่เบากว่า ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยเทคโนโลยีที่มีความทันสมัย เครื่องจักรในการผลิตที่แตกต่างออกไป โดยจะเป็นเครื่องจักรที่มีความเป็นอัตโนมัติมากกว่า

### 3.1.1 ลักษณะและชนิดของผลิตภัณฑ์

การจำแนกลักษณะและชนิดของยางรถยนต์นั้นสามารถจำแนกได้หลายประการ โดยสามารถจำแนกได้ 3 ประการคือ

3.1.1.1. การแยกประเภทตามโครงสร้างของยาง
3.1.1.2. การจำแนกประเภทตามลักษณะการใช้งาน
3.1.1.3. การจำแนกตามขนาดรัศมีของยาง

3.1.1.1 การแบ่งประเภทยางรถยนต์โดยจำแนกตามความแตกต่างของโครงสร้างชั้นใน สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทคือยางผ้าใบธรรมดาหรือ Bias Tires และยางเสริมใยเหล็กหรือ Radial Tires (เฉลิมพล, 2540)

*3.1.2.2.1 ยางผ้าใบธรรมดา (Bias Construction Tires)* เป็นยางรถยนต์ที่มีโครงสร้างชั้นในประกอบด้วยผ้าใบที่วางเรียงไขว้กันไปมาในแต่ละชั้น ซึ่งชั้นผ้าใบแต่ละชั้นนั้นจะเรียงทำมุมซึ่งกันและกันตลอด จำนวนชั้นผ้าใบนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งานของยางชนิดนั้น ๆ ส่วนของหน้ายางและแก้มยางจะถูกสร้างขึ้นด้วยผ้าใบอันเดียวกัน ยาง Bias นั้นจะมีอัตราการสึกหรอเร็ว เกาะถนนได้ไม่ดี อีกทั้งหน้ายางยังถูกตำทะลุได้ง่ายแต่ปัจจุบันนี้อัตราการผลิตของยางผ้าใบนั้นมีปริมาณลดลง เนื่องจากผู้บริโภคหันมาใช้ยางเสริมใยเหล็ก (Radial Tires) เป็นปริมาณมากขึ้นส่งผลให้ปริมาณความต้องการยางผ้าใบลดลง โรงงานกรณีศึกษาจึงลดกำลังการผลิตยางผ้าใบลง

*3.1.2.2.2 ยางเสริมใยเหล็ก (Radial Tires)* เป็นยางรถยนต์ที่มีชั้นโครงสร้างประกอบด้วยเส้นใยเหล็กวางตัวในแนวมุมฉากกับขอบยางหรือแนวรัศมีของยางรถยนต์ เส้นใยจะมีการกระจายตัวออกจากจุดศูนย์กลางไปตามแนวรัศมี ตลอดจนส่วนของเข็มขัดรัดหน้ายาง (Steel Belt) ก็เป็นโครงสร้างของใยเหล็กเช่นกันยิ่งเพิ่มความสมรรถนะให้กับยางเรเดียล โดยสามารถวิ่งได้ระยะทางที่มากกว่า การเกาะถนนดีเยี่ยม หน้ายางมีความแข็งแกร่งทนทานต่อการบาดตำ

3.1.1.2. การจำแนกประเภทของยางตามลักษณะการใช้งาน ซึ่งสามารถจำแนกลักษณะการใช้งานโดยขึ้นอยู่กับสภาพพื้นผิวของถนนและภาระบรรทุกดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ประเภทของยางรถยนต์จำแนกตามประเภทของการใช้งาน

| ประเภท | คุณสมบัติ |
|---|---|
| A | การใช้งานกับรถที่วิ่งทางไกล ทางตรง มีการหยุดรถน้อยครั้ง เช่น การวิ่งบนทางหลวงหรือการวิ่งบน High Way |
| E | การใช้งานกับรถที่วิ่งทางไกล มีความคดเคี้ยวและมีการหยุดรถบ่อยครั้ง เช่น การวิ่งในทางชนบท |
| U | การใช้งานกับรถที่วิ่งในตัวเมืองหรือชานเมือง มีการหยุดรถบ่อยครั้ง เช่น รถโดยสาร รถขยะ |
| Y | การใช้งานกับรถที่วิ่งทั้งบนและนอกถนนหลวง คือ มีการใช้งานแบบผสมระหว่างการวิ่งบนถนนราดยางและพื้นที่ก่อสร้าง ถนนลูกรัง |

| ประเภท | คุณสมบัติ |
|---|---|
| H | การใช้งานกับรถที่ต้องอาศัยแรงตะกุยสูง เช่น ในเหมือง พื้นที่ที่มีความลาดชัน และสถาพถนนที่ไม่มีความสมบูรณ์ |

3.1.1.3. การจำแนกตามขนาดรัศมีของยาง ยางสำหรับรถบรรทุกและรถโดยสาร แต่ละเส้นนั้น จะมีขนาดเส้นรอบวง (Diameter) ที่มีขนาดแตกต่างกันออกไป แต่โดยมากจะมีขนาดเส้นรอบวงที่แบ่งออกได้เป็น 4 ขนาด คือ ขนาด 16 นิ้ว 17.5 นิ้ว 20 นิ้วและ 22.5 นิ้ว

**3.1.2. วัตถุดิบและส่วนประกอบของยางรถยนต์**

3.1.2.1. วัตถุดิบที่เป็นองค์ประกอบหลัก

*3.1.2.2.3 ยางธรรมชาติ (Natural Rubber)* ได้มาจากต้นยางพาราที่เรียกกันว่า “น้ำยาง” เป็นของเหลวที่มีเม็ดยางขนาดเล็ก ๆ อยู่เป็นจำนวนมาก ซึ่งจะต้องผ่านกรรมวิธีเพื่อให้เนื้อยางจับตัวเป็นก้อน แล้วนำมารีดเป็นแผ่น นำไปรมควันหรือส่งเข้าโรงงานเพื่อผลิตเป็นก้อน โดยยางธรรมชาติที่นำมาผลิตยางรถยนต์นั้นจะมีลักษณะเป็นก้อน

*3.1.2.2.4 ยางสังเคราะห์ (Synthetic Rubber)* ผลิตจากสารปิโตรเลียม สามารถทำให้มีคุณสมบัติได้หลายแบบ เช่น

- Styrene-Butadiene (SBR)เป็นยางที่ใช้เอนกประสงค์ในหลายตำแหน่งของยาง
- Polybutadiene (BR) ใช้ทำชิ้นส่วนหน้ายาง ซึ่งจำเป็นต้องมีคุณสมบัติทนต่อการเสียดสี
- Butyl มีคุณสมบัติในการกักเก็บลมยางและยึดเกาะพื้นผิวเป็นอย่างดี คุณสมบัติคล้ายกาว สามารถนำมาใช้แทนยางในซึ่งบุไว้ภายในโดยรอบ ปัจจุบันรถยนต์ประเภทต่าง ๆ มักใช้ยางประเภทนี้ทดแทนการใช้ยางใน

*3.1.2.2.5 ผงเขม่าดำ (Carbon Black)* ได้มาจากการเผาไหม้หรือน้ำมันปิโตรเลียมในที่จำกัดอากาศ มีลักษณะเป็นผงละเอียดซึ่งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญในกระบวนการผลิตยางรถยนต์ ทำให้เนื้อยางแข็งแกร่งทนทานต่อการสึกหรอมากขึ้นเป็น 10 เท่าและเป็นเหตุผลสำคัญที่ทำให้ยางรถยนต์มีสีดำ ปัจจุบันสามารถทนแทนได้ด้วยนำเอาสารซิลิกา (Silica) มาแทนที่

ผงเขม่าดำส่วนหนึ่ง โดยสารซิลิกาจะมีคุณสมบัติช่วยลดค่าความต้านทานการกลิ้งตัว (Rolling Resistant) มีผลให้เกิดการประหยัดน้ำมัน โดยไม่เสียคุณสัมบัติอื่น ๆ ของเนื้อยางที่ดีไป

*3.1.2.2.6 วัสดุที่ใช้ทำเส้นโครงยาง* เรียงตามลำดับที่นำมาใช้งาน ได้ดังนี้

- เส้นใยฝ้าย (Cotton) คือ เส้นใยธรรมชาติที่ได้จากดอกฝ้ายทอเป็นผืนเรียกกันติดปากมาจนถึงทุกวันนี้ว่า “ชั้นผ้าใบ” เป็นวัสดุที่นำมาใช้ทำชิ้นส่วนโครงยางตั้งแต่สมัยแรกแต่ในปัจจุบันนี้นิยมหันมาใช้เส้นใยไนลอนที่ให้ความยืดหยุ่นทนทานมากกว่า
- เส้นใยเหล็กกล้า (Steel) เส้นลวดใยเหล็กกล้าที่นำมาทำเข็มขัดรัดหน้ายางเรเดียลและยังนำมาเป็นเส้นโครงยางทุกประเภท

3.1.2.2. ส่วนประกอบของยางรถยนต์

ยางรถยนต์แต่ละประเภทนั้นจะลำดับขั้นมีโครงสร้างภายในที่แตกต่างกันตามประเภทของรถยนต์ที่นำไปใช้งาน แต่โดยส่วนใหญ่จะมีโครงสร้างพื้นฐานที่คล้ายคลึงกัน ดังนี้

*3.1.2.2.1. ยางแทนยางใน (Inner Liner)* ส่วนของยางในชั้นในสุด โดยจะมีในยางรถยนต์ประเภทที่ไม่ใช้ยางใน (Tubeless) ยางที่ใช้จะเป็นประเภท Butyl ซึ่งมีคุณสมบัติป้องกันการรั่วซึมของอากาศได้ดีมาก จึงเป็นชั้นยางที่ช่วยกักเก็บลมและรักษาความดันลมให้อากาศอยู่ในยางรถยนต์ได้มากและนานขึ้นโดยไม่จำเป็นต้องมีการสูบลมบ่อย ๆ และยังกั้นไม่ให้อากาศผ่านเข้าไปถึงชั้นในของใยเหล็กซึ่งอาจทำให้เกิดสนิมได้โดยง่าย

*3.1.2.2.2โครงยาง (Casing Ply)* เป็นชิ้นส่วนที่ผลิตขึ้นจากเส้นใยเหล็กกล้าฉาบลงบนแผ่นยาง เป็นชั้นที่สำคัญที่สุดเป็นที่ตั้งของชิ้นส่วนต่าง ๆ ช่วยให้ยางแข็งแรงและมีความทนทาน ช่วยให้อายุการใช้งานนานขึ้น

*3.1.2.2.3 ยางเติมขอบยาง (Bead Filler)* เพื่อรองรับเส้นลวดขอบยาง มีหน้าที่ช่วยส่งผ่านแรงขับเคลื่อนและการหยุดจากกะทะล้อมายังหน้ายางส่วนที่สัมผัสถนนช่วยให้เกิดการขยับตัวของหน้ายางได้ดี

*3.1.2.2.4. เส้นลวดขอบยาง (Bead Wire)* เป็นส่วนประกอบของยางรถยนต์ที่อยู่ติดกับกะทะล้อ ทำหน้าที่รักษารูปร่างของยางรถยนต์และเป็นส่วนที่ทำให้ขอบยางติดกับกะทะล้อ ช่วยป้องกันไม่ให้อากาศภายในยางรถยนต์รั่วออกระหว่างบริเวณรอยต่อของยางกับกะทะล้อ ประกอบด้วยลวดทนแรงดึงสูง (High Tensile) มีลักษณะเป็นเส้นลวดที่มัดติดกันเป็นวงทำให้ของยางยึดติดกับกะทะล้อโดยแน่นและช่วยยึดเหนี่ยวโครงยาง

*3.1.2.2.5.แก้มยาง (Side Wall)* เป็นส่วนนอกสุดของยางทำหน้าที่ปกป้องโครงยาง จากการกระแทกหรือเสียดสีกับทางเดินเท้า เป็นตัวเชื่อมโยงภายนอกระหว่างหน้ายางกับขอบางและกะทะล้อ ปกปิดโครงยางและยังเป็นพื้นที่ที่แสดงเครื่องหมายการค้า ขนาดของยาง อีกด้วย

*3.1.2.2.6. เข็มขัดรัดหน้ายาง (Steel Belt)* ประกอบด้วยลวดเส้นใยเหล็กขนาดเล็กเป็นจำนวนมากฉาบลงบนผืนยางที่มีความกว้างครอบคลุมพื้นที่หน้ายาง รัดโครงยางไว้โดยรอบ โดยแต่ละชั้นของเส้นใยเหล็กกล้านั้นจะวางสลับไขว้มุมกัน เมื่อพิจารณามุมแต่ละชั้นทับกันจะพบว่าเป็นรูปสามเหลี่ยมสมดุลจำนวนมากมาย ช่วยให้หน้ายางมีความแข็งแกร่งมากที่สุด ชั้นเข็มขัดรัดหน้ายางจะช่วยป้องกันการยืดขยายตัวของยางอันเนื่องมาจากแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง ขณะที่วิ่งด้วยความเร็วสูง ยางจะยังคงความกลมในทุกสภาพการใช้งาน นอกจากนี้ยังมีส่วนช่วยในการเกาะถนน การทรงตัวในทางโค้ง และทนทานต่อการถูกบาดตำด้วย

*3.1.2.2.7. ชั้นป้องกันเข็มขัดรัดหน้ายาง (Cap Ply)* เป็นแถบเส้นโพลีอาไมด์พันทับเข็มขัดรัดหน้ายาง ทำมุมศูนย์องศากับทิศทางการกลิ้งของยาง ช่วยเสริมการทำงานและปกป้องชั้นเข็มขัดรัดหน้ายางในขณะใช้งาน โดยจะต้องผ่านการทดสอบจนแน่ใจว่าโครงยางสามารถทนความเร็วสูงสุดได้ตามที่ระบุไว้บนแก้มยาง

*3.1.2.2.8. เนื้อยางใต้ฐานดอก (Cushion)* คือส่วนของยางซึ่งเป็นแผ่นบาง ๆ เสริมติดไว้ใต้ดอกยาง เพื่อให้ดอกยางเกาะติดกับโครงชั้นในได้อย่างมีประสิทธิภาพ

*3.1.2.2.9. หน้ายาง (Tread)* ยางส่วนนอกหรือส่วนที่เป็นดอกยางเป็นส่วนนอกสุดของยางที่สัมผัสโดยตรงกับพื้นผิวถนน ยางส่วนนี้จะมีผลเรื่องของการยึดเกาะถนน เนื้อยางที่นำมาผลิตเป็นส่วนหน้ายางนั้นต้องเป็นส่วนผสมที่ให้ความแข็งแรงและทนทานต่อการเสียดสีสึกกร่อนสูง โดยดอกยางและร่องยางจะปรากฏชัดเจนเมื่อได้มีการนำยางไปผ่านกระบวนการอบยางด้วยไอน้ำแล้ว

### 3.1.3. กระบวนการผลิตยางรถยนต์

ในยางรถยนต์เส้นหนึ่งนั้นจะประกอบด้วยวัตถุดิบดังที่กล่าวมาข้างต้น โดยจะมียางดิบผสมกับเคมีภัณฑ์ต่าง ๆ อยู่ราว ๆ 85% โดยแยกเป็นยางดิบและเคมีภัณฑ์ประมาณร้อยละ 50 อีก 35% เป็นยางสังเคราะห์ (Synthetic Rubber) สำหรับ 15% ที่เหลือเป็นพวกเส้นลวดที่ใช้ทำขอบยางหรือฉาบลงบนผืนยางและโพลีอาไมด์

3.1.3.1 กระบวนการผสมยาง (Mixing)

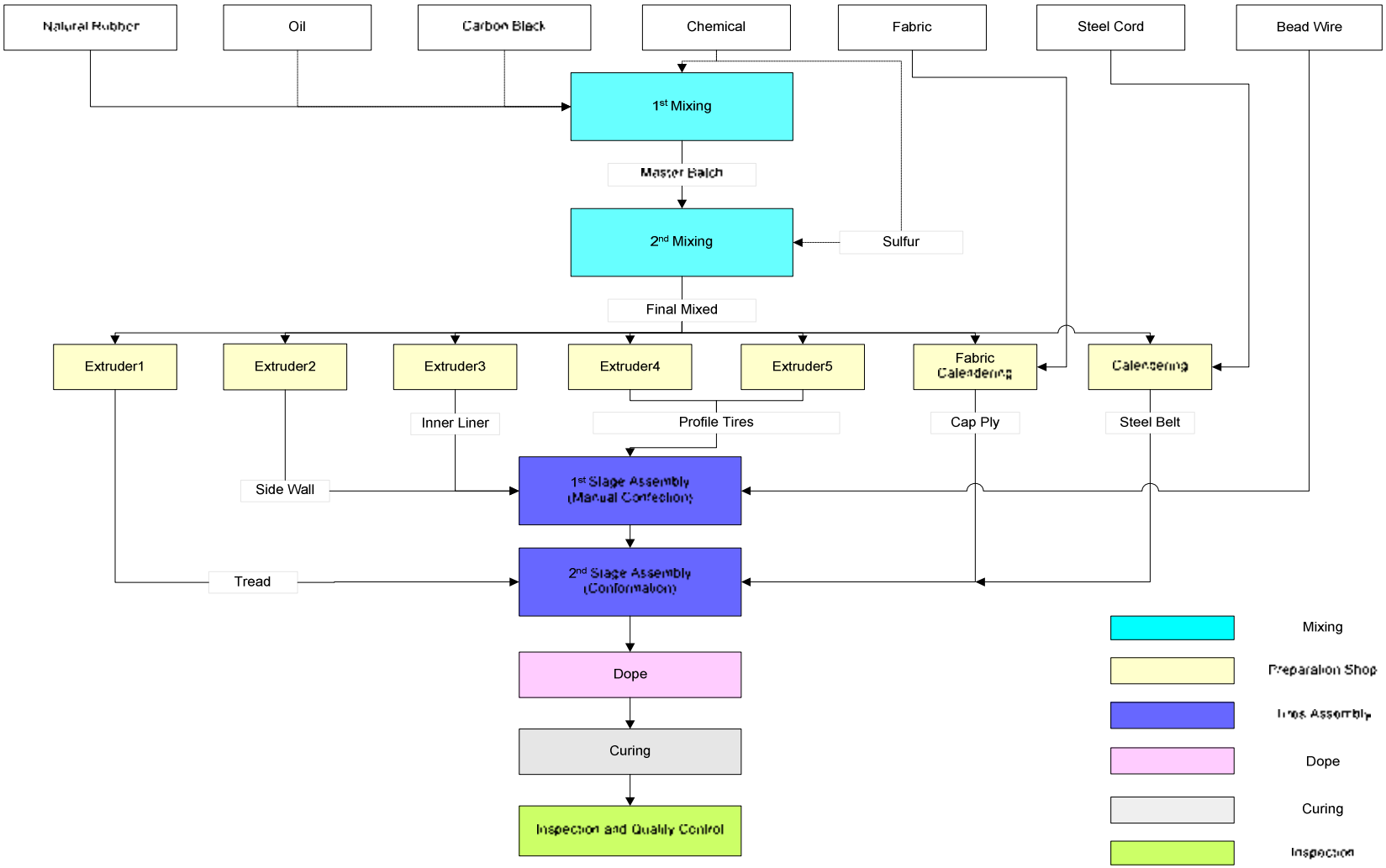
3.1.3.2 กระบวนการเตรียมชิ้นส่วนโครงสร้างภายในตัวยาง (Preparation Shop)

3.1.3.3 กระบวนการประกอบและขึ้นรูปยาง (Tires Assembly )

3.1.3.4 กระบวนการพ่นน้ำยาโดป (Dope)

3.1.3.5 กระบวนการอบยาง (Curing)

3.1.3.6 กระบวนการตรวจสอบและควบคุมคุณภาพของยาง (Inspection and Quality Control)




ภาพที่ 3.1 กระบวนการผลิตยางรถยนต์

จากกระบวนการผลิตยางหลัก ๆ ข้างต้นสามารถนำมาอธิบายได้โดยละเอียดดังนี้

3.1.3.1. กระบวนการผสมยาง (Mixing) เป็นการผสมยาง ได้แก่ยางดิบ เคมีภัณฑ์ต่าง ๆ ตามสูตรที่ได้กำหนดไว้โดยใช้เครื่องจักรขนาดใหญ่ที่เรียกว่าผสมแบนบูนรี่ (Banbury Mixer) โดยเครื่อง Banbury นั้นจะมีวิธีการควบคุมการผสมยางได้ 4 วิธี ได้แก่

- การใช้เวลา (Timer) วิธีนี้ไม่เหมาะสำหรับกรณีที่ Banbury มีอุณหภูมิสูง ซึ่งอาจจะมาจากการผสมยางในแบทช์ (Batch) ก่อนหน้า ซึ่งจะทำให้ยางที่ผสมนั้นได้รับความร้อนมากเกินไปส่งผลให้ยางไหม้ (Lumpy)

- การใช้อุณหภูมิ (Temperature) วิธีนี้มีความเหมาะสมในกรณีที่อุณหภูมิคงที่ หากอุณหภูมิสูงเกินไปจะทำให้ยางผสมกันได้ไม่ดี

- การใช้กำลังงานควบคุม (Power) หากการควบคุมด้วยอุณภูมิไม่ได้ผล จำเป็นที่จะต้องใช้พลังงานเป็นตัวควบคุมการผสมยางโดยเหมาะที่ใช้ควบคุมในช่วงที่อุณภูมิของ Banbury สูง

- การใช้พลังงานควบคุม (Energy) วิธีนี้มีประสิทธิภาพดีเทียบเท่ากับการใช้อุณหภูมิในการควบคุม

เมื่อยางได้ถูกผสมจนถึงจุดที่กำหนดแล้วนั้นเครื่องผสมจะเปิดออกและยางที่ถูกผสมกับเคมีภัณฑ์ต่าง ๆ นั้นก็จะไหลลงตกลงมาจาก Banbury สู่ลูกกลิ้งด้านล่าง (Mill) ของเครื่องจักร ยางที่ผสมได้จากขั้นตอนแรกนั้นเรียกว่า Master Batch ซึ่งเป็นการผสมยางดิบโดยมีทั้งยางธรรมชาติ (Natural Rubber) และยางสังเคราะห์ (Synthetic Rubber) อุณหภูมิที่เหมาะสมในการผสมยางไม่ควรจะเกิน 300 องศาฟาเรนไฮต์ โดยยางที่ถูกผสมออกมานั้นจะสามารถเก็บไว้ได้ราว 30 – 45 วันก่อนนำไปผสมในขั้นตอนที่ 2 ต่อไป

การผสมยางในขั้นตอนที่ 2 จะเป็นการเติมสารเคมีประเภทวัลคาไนซ์ รีทาร์เดอร์ ซัลเฟอร์ซึ่งเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เป็นสารเคมีที่สำคัญที่จะทำให้ยางสุก สำหรับขั้นตอนนี้ต้องมีการควบคุมอุณหภูมิที่แน่นอน โดยอุณหภูมิที่ใช้ในการอบยางขั้นที่ 2 นี้ไม่ควรจะเกิน 220 องศาฟาเรนไฮต์ ยางที่ผสมเสร็จแล้วจากขั้นตอนที่ 2 นั้นเรียกว่า Final Mixed สามารถเก็บไว้ได้ไม่เกิน 8 วันก่อนการนำไปแปรรูปเป็นส่วนประกอบต่าง ๆ ของยาง

ในเครื่องจักรที่ใช้ผสมยางนั้น จะมีลูกกลิ้งอยู่ภายในเพื่อใช้รีดยางให้เป็นแผ่นเรียบและส่งต่อไปตามสายพาน โดยช่วงที่อยู่บนสายพานนั้น ยางจะถูกฉีดด้วยน้ำสบู่ เพื่อลดอุณหภูมิของยางที่ผสมแล้วไม่ให้ร้อนจนเกินไป นอกจากน้ำสบู่นั้นจะช่วยลดอุณหภูมิของยางแล้ว ยังมีส่วนช่วยให้แผ่นยางไม่ติดกัน จากนั้นมีการเป่าลมเพื่อให้น้ำสบู่แห้ง ก่อนที่จะส่งต่อไปที่กระบวนการถัดไป

3.1.3.2. กระบวนการเตรียมชิ้นส่วนโครงสร้างภายในตัวยาง (Preparation Shop) เป็นขั้นตอนในการผลิตชิ้นส่วนโครงสร้างภายในยางรถยนต์ ยางรถยนต์นั้นมีโครงสร้างภายในอยู่เป็นจำนวนหลายชั้น เพื่อความแข็งแรง ทนทานและความปลอดภัยในการใช้งานของผู้ขับขี่ กระบวนการเตรียมชิ้นส่วนภายในตัวยางนั้น สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กระบวนการย่อย อันได้แก่

*3.1.3.2.1.การรีดยาง (Extrusion)* ยางที่ผ่านการผสมและ Aging จะถูกนำมารีด (Extrude) เพื่อให้ออกมาเป็นส่วนประกอบต่างของยาง เช่น แก้มยาง (Side Wall) หน้ายาง (Tread) เป็นต้น

เครื่องรีดยางหรือ Extruder นั้นมี 2 ประเภท คือ

- เครื่องรีดยางแบบร้อน (Hot Feed Extruder) คือเครื่องรีดยางที่ต้องมีการอุ่นยางโดยผ่านลูกกลิ้งแล้วตัดเป็นแผ่นก่อนเข้าเครื่องรีดยาง (Extruder)
- เครื่องรีดยางแบบเย็น (Cold Feed Extruder) คือเครื่องรีดยางที่ไม่ต้องมีการอุ่นยางก่อนนำยางผ่านเข้าเครื่องรีดยาง แต่สามารถตั้งอุณหภูมิในการอุ่นยางได้เองภายในเครื่องรีด

สำหรับเครื่องรีดยางใช้สำหรับการรีดหน้ายาง (Tread) เป็นเครื่องรีดยางแบบเย็น เป็นเครื่องรีดยางแบบสองหัว (Dual Head Tuber) ภายในเครื่องจะมีระบบหล่อเย็นอยู่ที่หัวรีดเพื่อป้องกันยางสุกตัว อุณหภูมิของยางที่ถูกรีดออกมาจะอยู่ในช่วงที่กำหนด หากอุณหภูมิต่ำเกินไปจะไม่สามารถรีดยางออกมาได้ หากอุณหภูมิสูงเกินไปยางก็จะไหม้ ยางที่ถูกรีดแล้วจะออกมาตามสายพานและถูกฉีดด้วยน้ำเพื่อให้ยางเย็นตัวลงก่อนจะถูกตัดตามขนาดและจัดเก็บหรือส่งผ่านไปยังกระบวนการถัดไป

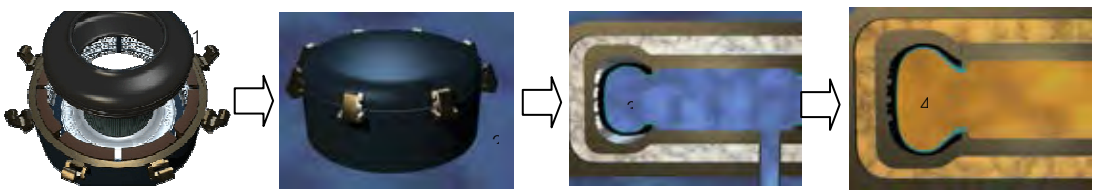
*3.1.3.2.2. กระบวนการฉาบยาง (Calendering)* ในกระบวนการฉาบยางนี้จะมีวัตถุดิบอีก 2 ชนิดเข้ามาเกี่ยวข้องได้แก่เส้นใยฝ้ายหรือไนลอนและเส้นใยเหล็กกล้า สำหรับเส้นใยฝ้ายหรือไนลอนนั้นจะกระทำด้วยเครื่องฉาบผ้าใบแบบ 3 ลูกกลิ้ง (3 Rolls Machine) การเคลือบผ้าใบจะเริ่มต้นด้วยการขึงผ้าใบให้ตึงที่สุด จากนั้นจะถูกส่งมาที่ลูกกลิ้ง 3 ตัวที่เรียงตัวกันในแนวดิ่ง ยางแผ่นที่นำมาฉาบจะถูกบดลงในลูกกลิ้งและถูกอัดด้วยความดันให้ยางแทรกเข้าไปตามร่องของผ้าใบที่ลูกกลิ้งด้านล่าง โดยใช้ความดันประมาณ 800 – 1,000 psi.

เส้นใยเหล็กที่ถูกเก็บในคลังเก็บที่ถูกควบคุมความชื้นจะถูกส่งมาที่กระบวนการนี้เช่นกัน เพื่อฉาบเส้นใยเหล็กลงบนยางด้วยวิธีการที่เหมือนกับการฉาบผ้าใบ แต่ลูกกลิ้งที่ใช้จะเป็นแบบ 4 ลูกกลิ้ง (4 Rolls Machine) โดยเส้นใยเหล็กที่เรียงตัวกันอย่างเป็นระเบียบเหล่านั้นจะถูกอัดลงบนผืนยางที่ผ่านการผสมและถูกตัดตามหน้ากว้างตามที่ต้องการ เพื่อนำไปเป็นเข็มขัดรัดหน้ายาง (Steel Belt) และชั้นอื่น ๆ เช่น Casing Ply เสริมความแข็งแกร่งให้กับยาง Radial

3.1.3.3. กระบวนการประกอบและขึ้นรูปยาง (Tires Assembly) เมื่อส่วนประกอบต่าง ๆ ของยางได้ถูกตระเตรียมเรียบร้อยแล้วจากกระบวนการที่ 2 ได้แก่กระบวนการเตรียมชิ้นส่วนและโครงสร้างภายในตัวยาง กระบวนการถัดมาจะเป็นกระบวนการนำส่วนประกอบต่าง ๆ มาประกอบเข้าด้วยกันเป็นยางรถยนต์ ในขั้นตอนการประกอบยางนี้สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการประกอบชิ้นส่วน (Confection) และขั้นตอนการขึ้นรูปยาง (Conformation) ดังแสดงในภาคผนวก ข ตารางที่ ข- 1 และ ข -2 ตามลำดับ

3.1.3.4. กระบวนการพ่นน้ำยาโดป (Dope) น้ำยาโดปเป็นสารหล่อลื่นที่ใช้ทาภายในท้องยาง เพื่อป้องกันการติดกันของยางกับแบลดเดอร์ (Bladder) ในขณะที่ทำการอบ หลังจากที่ทำการพ่นน้ำยาโดปแล้วนั้นจะต้องทิ้งช่วงระยะเวลาไว้ประมาณ 2.5 ชั่วโมงเพื่อให้น้ำยาแห้งสนิทก่อนนำไปทำการอบ

3.1.3.5 กระบวนการอบยาง (Curing) คือการนำยางเข้าไปในเตาอบหรือเครื่องอบยางเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาวัลคาไนเซชั่น ที่จะทำให้โมเลกุลของเนื้อยางภายในเกิดการเรียงตัวและเกาะตัวกันกลายเป็นยางที่แข็งแรง



ภาพที่ 3.2 กระบวนการอบยาง

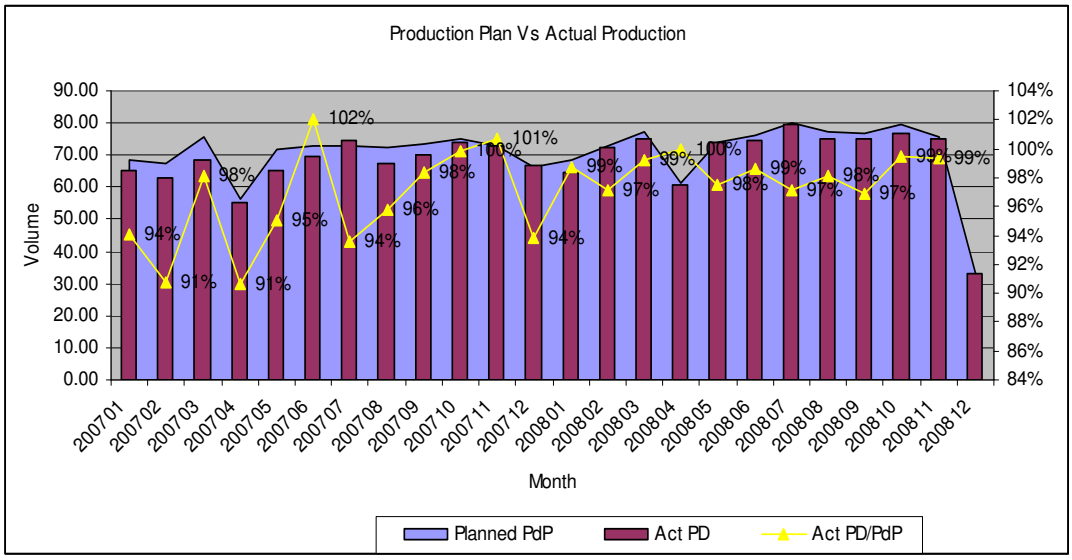
เครื่องอบยาง (Press) จะมี 2 แบบคือ เครื่องอบยางหัวเดียว (API) ที่สามารถอบยางได้คราวละ 1 เส้นและเครื่องอบยางแบบสองหัว (Bag O Metic) ที่สามารถอบยางได้คราวละ 2 เส้น

พร้อมกัน ในเตาอบยางนั้นจะมีการส่งน้ำร้อนกับไอน้ำผสมกันเพื่อต้องการให้ไอน้ำและน้ำร้อนมีอุณหภูมิเป็น Super Heat โดยเป็นการอัดความร้อนเข้าไปภายในด้วยความดัน เพื่อให้เกิดการคายความร้อนให้กับตัวยางยางจึงจะสุก เพราะลำพังเพียงแค่อุณหภูมิน้ำเดือดนั้นไม่เพียงพอที่จะทำให้ยางสุกได้ ความร้อนที่เกิดขึ้นมีทั้งด้านนอกและด้านในของเตาอบ เมื่อแบลอดเดอร์ขยายตัว แบลดเดอร์ก็จะดันโครงยางให้ไปชนกับผนังของแม่พิมพ์ เมื่อหน้ายางไปชนกับแม่พิมพ์ซึ่งมีความร้อนสูงก็จะทำให้ยางอ่อนตัวลงทันที เมื่อยางอ่อนตัวลงยางนั้นก็จะไหลลงไปในแม่พิมพ์จนทั่วจนเกิดเป็นดอกยางและอบต่อไปจนยางสุก เครื่องอบยางก็จะดูดน้ำร้อนกลับไป แบลดเดอร์ก็จะหดตัวลงและสามารถเปิดฝาและลำเลียงยางเพื่อส่งตรวจสอบต่อไปได้ ซึ่งระยะเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการอบยางจนกว่าจะสุกอยู่ที่ 45 นาทีและอุณหภูมิจะถูกควบคุมอยู่ที่ประมาณ 100 – 200 องศาเซลเซียส

3.1.3.6. กระบวนการตรวจสอบและควบคุมคุณภาพของยาง (Inspection and Quality Control) เป็นขั้นตอนการตรวจสอบยางหลังจากขั้นตอนการผลิตว่ายางที่ผลิตเสร็จแล้วนั้นมีคุณภาพตรงตามที่ต้องการหรือไม่ โดยเป็นการตรวจสอบด้วยสายตา เช่น การตรวจสอบเครื่องหมายและสัญลักษณ์ต่าง ๆ บนตัวยาง ดอกยางตรงตามรุ่นของยางหรือไม่ การสัมผัสกับตัวยางโดยตรงเพื่อตรวจหาการบวม การยุบของยาง เป็นต้น นอกจากนั้นยังมีการ X-Ray โดยยางเรเดียลเสริมใยเหล็กทุกเส้นจะต้องผ่านการตรวจด้วยเครื่อง X-Ray เพื่อดูการเรียงตัวของเส้นใยเหล็ก ความเรียบร้อยของการประกอบ Steel Belt และสิ่งแปลกปลอมที่ปะปนอยู่ในยาง

### 3.1.4. สภาพทั่วไปของปัญหาในกระบวนการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา

จากการสนับสนุนของภาครัฐบาลพร้อมทั้งการลงทุนของเอกชนที่มุ่งส่งเสริมให้ประเทศไทยเป็นศูนย์กลางการผลิตรถยนต์ในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ทำให้บริษัทรถยนต์ต่าง ๆ เพิ่มกำลังการผลิตมากขึ้น ส่งผลให้อุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ อาทิ อะไหล่รถยนต์ ยางรถยนต์ต้องเพิ่มกำลังการผลิตให้มากขึ้นตามไปด้วย แต่เนื่องจากสภาวะเศรษฐกิจในช่วงปลายปี พ.ศ. 2551 นั้นเกิดวิกฤตอย่างหนัก น้ำมันมีราคาที่สูงขึ้น ต้นทุนการผลิตต่าง ๆ เพิ่มสูงขึ้น การลดกำลังการผลิตอย่างทันทีทันใดส่งผลให้เกิดการเลิกจ้างงาน ดังนั้นเพื่อลดอัตราการเลิกจ้างงานซึ่งอาจส่งผลกระทบแก่ความน่าเชื่อถือของบริษัทจึงต้องหาวิธีการหรือแนวคิดที่มีส่วนช่วยในการลดต้นทุน ลดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต ซึ่งรวมถึงการรักษาส่วนแบ่งทางการตลาดและเพิ่มขีดความสามารถในการตอบสนองความต้องการของลูกค้า




ภาพที่ 3.3 การเปรียบเทียบแผนการผลิตกับปริมาณการผลิตจริง

จากภาพที่ 3.3 ข้อมูลอัตราของเปรียบเทียบระหว่างผลผลิตจริงที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับแผนการผลิตในปี 2550 และ 2551 มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 98 ของแผนการผลิตซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่น่าพึงพอใจ แต่เมื่อผู้วิจัยทำการศึกษาในระดับกลุ่มผลิตภัณฑ์และข้อมูลด้านการผลิตของโรงงานกรณีศึกษาในปีเดียวกันนั้น พบว่าโรงงานกรณีศึกษาแห่งนี้มีการผลิตยางรถยนต์ขนาด 16 นิ้วและ 17 นิ้วเป็นจำนวนมากเกินปริมาณความต้องการต่อวัน โดยศึกษาได้จากปริมาณผลผลิตเปรียบเทียบกับปริมาณความต้องการของลูกค้าในแต่ละวันซึ่งมีการผลิตมากเกินความต้องการร้อยละ 142 และ 113 ตามลำดับ

ยางรถยนต์ขนาด 20 นิ้วและ 22.5 นิ้วนั้นมีปริมาณความต้องการอยู่ที่ 913 เส้นและ 1,558 เส้นต่อวันตามลำดับ ในขณะที่โรงงานกรณีศึกษาแห่งนี้สามารถผลิตได้ที่ราวร้อยละ 64.75 และ 59.82 ของปริมาณความต้องการต่อวัน ซึ่งคิดเป็นปริมาณวันละ 619 และ 932 เส้นตามลำดับ ซึ่งไม่เพียงพอต่อการตอบสนองความต้องการของลูกค้า

ตารางที่ 3.2 การเปรียบเทียบแผนการผลิตกับผลผลิตและความต้องการของลูกค้า

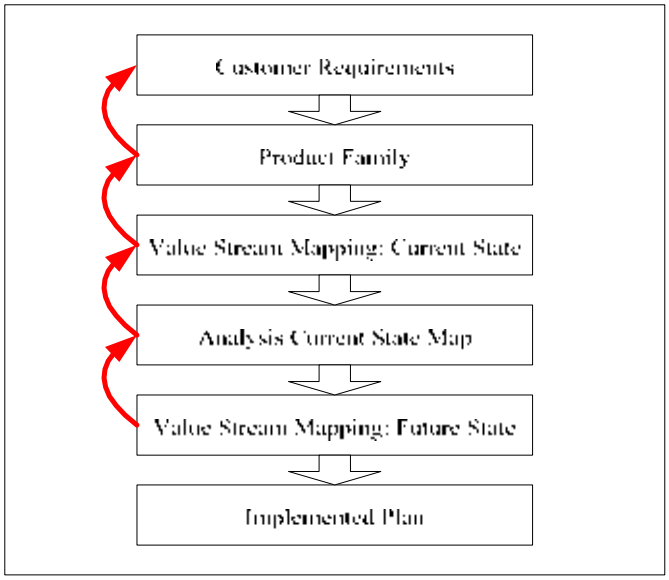
| กลุ่มผลิตภัณฑ์ | ผลผลิต (เส้นต่อวัน) | | | ผลผลิตจริง/แผนการผลิต | ผลผลิตจริง/ความต้องการ |
|---|---|---|---|---|---|
| | แผนการผลิต | ผลิตจริง | ความต้องการ | | |
| 16" | 404 | 382 | 270 | 94.6% | 142% |
| 17.5" | 282 | 259 | 231 | 90.0% | 113% |
| 20" | 619 | 591 | 913 | 95.4% | 64.75% |
| 22.5" | 997 | 932 | 1558 | 93.5% | 59.82% |

ดังนั้นสามารถสรุปปัญหาของโรงงานกรณีศึกษาแห่งนี้ได้คือ ระบบการผลิตของโรงงานกรณีศึกษาแห่งนี้เป็นระบบการผลิตแบบผลัก (Push System) หรือเป็นการผลิตเพื่อรอจำหน่าย (Made to Stock) โดยการวางแผนการผลิตนั้นมิได้ดูจากปริมาณความต้องการของลูกค้าเป็นสำคัญ แต่จะวางแผนจากกำลังการผลิตของโรงงานและสินค้าปลายงวดเป็นหลัก

ในขณะที่ยางขนาด 20 และ 22.5 นิ้วที่มีปริมาณความต้องการเป็นอย่างมากซึ่งเป็นยางที่มีขนาดใหญ่ใช้เทคโนโลยีขั้นสูงในการผลิต ใช้ระยะเวลายาวนานในการปรับเปลี่ยนเครื่องจักร ทางโรงงานกรณีศึกษาจึงนิยมทำการนำเข้ายางขนาด 20 และ 22.5 นิ้วจากต่างประเทศมากกว่าดำเนินการผลิตเอง ในความเป็นจริงแล้วหากโรงงานกรณีศึกษามีการวางแผนการผลิตหรือมีการนำระบบการผลิตที่มีประสิทธิภาพมาประยุกต์ใช้ก็จะสามารถผลิตเองได้โดยไม่ต้องพึ่งพาการนำเข้าจากต่างประเทศหรือมีปริมาณการนำเข้าที่ลดน้อยลง

### 3.2. แผนภูมิคุณค่าสถานะปัจจุบัน (Value Stream: Current State Map)

การสร้างแผนภูมิสายธารคุณค่าสามารถดำเนินการโดยการนำข้อมูลต่าง ๆ ในกระบวนการผลิตที่เกี่ยวข้องมาใส่ลงในกล่องสัญลักษณ์ข้อมูล โดยขั้นตอนการสร้างแผนภูมิคุณค่านั้นมี ดังนี้




ภาพที่ 3.3 ขั้นตอนการสร้างแผนภูมิคุณค่า

### 3.2.1. ขั้นตอนการศึกษาความต้องการของลูกค้า (Customer Requirement)

ในการดำเนินการสร้างแผนภูมิสายธารคุณค่าสถานะปัจจุบันนั้น จะต้องทำการศึกษาถึงลักษณะความต้องการของลูกค้าตามแนวคิดของลีนคือการดึงคุณค่าของผลิตภัณฑ์โดยลูกค้า ในกรณีโรงงานนั้น ๆ มีการผลิตสินค้าหลายประเภทก็จะต้องทำการเลือกกลุ่มผลิตภัณฑ์ เนื่องจากแต่ละกลุ่มผลิตภัณฑ์ก็จะมีการไหลของงาน ปริมาณความต้องการของลูกค้าที่แตกต่างกันออกไปจึงจำเป็นที่จะต้องเลือกผลิตภัณฑ์ขึ้นมาหนึ่งประเภทและอาจจะดำเนินการสร้างแผนภูมิคุณค่าให้แกผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ต่อไปในภายหลัง

โรงงานกรณีศึกษาที่นำมาทำการศึกษามีการผลิตยางรถยนต์สำหรับรถบรรทุกและรถโดยสารอยู่ 4 ขนาด ได้แก่ ขนาด 16 นิ้ว 17.5 นิ้ว 20 นิ้ว และ 22.5 นิ้ว ตารางที่ 3.9 เป็นตารางแสดงปริมาณความต้องการต่อวันของลูกค้าใน 6 เดือนแรก (มกราคม – มิถุนายน) ของปี 2550 ข้อมูลด้านความต้องการของลูกค้านั้นได้คำนวณมาจากยอดขายใน 6 เดือนแรกของปี 2550 รวมกับปริมาณสินค้าค้างส่ง (Backorder) จากข้อมูลดังกล่าวพบว่าปริมาณความต้องการของยางขนาด 22.5 นิ้วนั้นมีปริมาณความต้องการสูงที่สุดคิดเป็นร้อยละสะสมอยู่ที่ร้อยละ 52 ของปริมาณความต้องการยางทุกขนาด

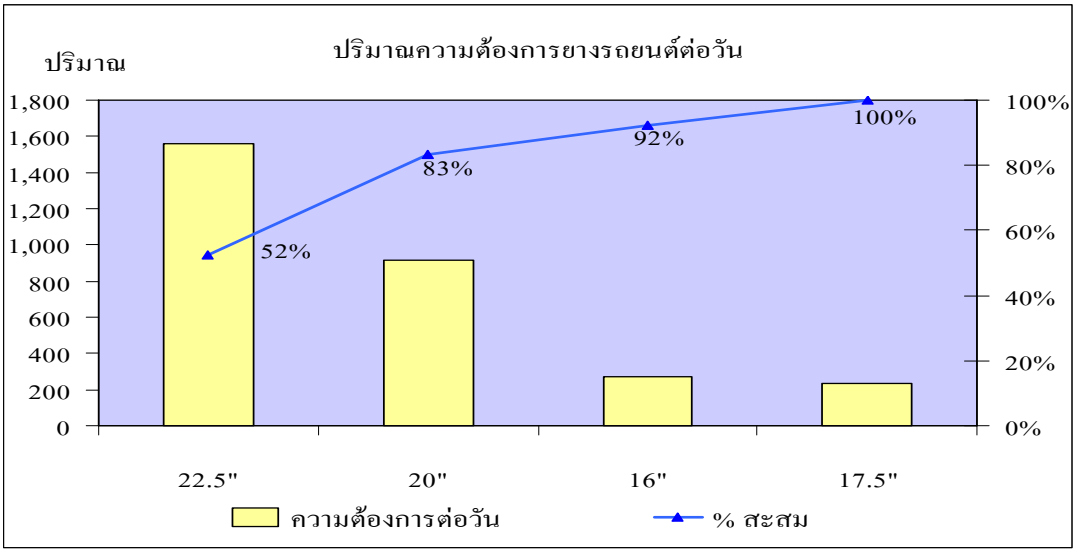
ตารางที่ 3.3 ปริมาณความต้องการของลูกค้าต่อวัน

| กลุ่มผลิตภัณฑ์ | ความต้องการต่อวัน | % | % สะสม |
|---|---|---|---|
| 22.5" | 1,558 | 52% | 52% |
| 20" | 913 | 31% | 83% |
| 16" | 270 | 9% | 92% |
| 17.5" | 231 | 8% | 100% |

### 3.2.2.ขั้นตอนการเลือกกลุ่มผลิตภัณฑ์ (Product Family)

ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้นว่าโรงงานกรณีศึกษานั้นมีการผลิตยางรถยนต์ประเภทรถบรรทุกและรถโดยสารอยู่ 4 ขนาด ได้แก่ ขนาด 16, 17.5, 20 และ 22.5 นิ้ว ซึ่งการผลิตยางแต่ละขนาดนั้นจะมีกระบวนการผลิตที่คล้ายคลึงกัน แต่จะมีความแตกต่างกันในส่วนของเครื่องจักร ส่วนผสมของสารเคมีต่าง ๆ ที่ใช้ในการผลิตซึ่งเป็นข้อมูลที่ไม่สามารถนำมาเปิดเผยได้

สำหรับการเลือกกลุ่มผลิตภัณฑ์สำหรับโรงงานกรณีศึกษาสามารถกระทำได้โดยการใช้วิธีวิเคราะห์ปริมาณของผลิตภัณฑ์ (Product Quantity Analysis: PQ) โดยการวิเคราะห์แบบ PQ จะแสดงออกมาในลักษณะของแผนภูมิพาเรโต




ภาพที่ 3.5 ปริมาณร้อยละสะสมความต้องการยางรถยนต์

จากรูปแสดงปริมาณความต้องการยางรถยนต์ต่อวันในรูปแบบของแผนภูมิพาเรโต แสดงให้เห็นว่ายางรถยนต์สำหรับรถบรรทุกและรถโดยสารขนาด 22.5 นิ้ว เป็นยางที่มีปริมาณความต้องการต่อวันสูงที่สุดคือวันละ 1,558 เส้นต่อวันและมีอัตราปริมาณความต้องการสะสมร้อยละ 52 โดยปริมาณความต้องการของยางขนาด 22.5 นับเป็นครึ่งหนึ่งของปริมาณความต้องการของยางทุกขนาดรวมกัน ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกทำการศึกษาถึงแผนภูมิคุณค่าของยางขนาด 22.5 นิ้ว เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีอัตราความต้องการสูงที่สุด

**3.2.3. ขั้นตอนการสร้างแผนภูมิคุณค่าสถานะปัจจุบัน (Value Stream Mapping: Current State)**

การจัดทำแผนภูมิคุณค่าของโรงงานกรณีศึกษาจะเริ่มต้นที่ความต้องการของลูกค้า ในโรงงานกรณีศึกษาจะมีวิธีการวางแผนการผลิตโดยการพยากรณ์ปริมาณความต้องการของลูกค้าล่วงหน้าเป็นเวลา 18 เดือน ซึ่งวิธีการพยากรณ์จะอาศัยข้อมูลจากยอดขายในอดีตและปริมาณสินค้าค้างส่ง (Backorder) ของเดือนที่ผ่านมาเป็นข้อมูลในการพยากรณ์ปริมาณความต้องการ จากนั้นจะนำปริมาณความต้องการที่พยากรณ์ได้มาคำนวณร่วมกับตัวแปรต่าง ๆ เช่น เวลานำ (Lead Time) ระยะเวลาในการขนส่ง (Transit Time) ปริมาณสินค้าคงคลังสำรองของคลังสินค้าในแต่ละประเทศผู้ซื้อ เป็นต้น

หลังจากได้ผลการพยากรณ์และคำนวณปริมาณความต้องการของลูกค้าแล้วนั้น ข้อมูลนี้จะถูกส่งไปยัง 2 แผนก อันได้แก่ แผนก Upstream Supply Chain โดยแผนกนี้จะนำข้อมูลด้านปริมาณความต้องการของลูกค้าไปแปรเปลี่ยนเป็นปริมาณความต้องการวัตถุดิบที่จะใช้ในการผลิตยางโดยส่งข้อมูลผ่านทาง Intranet แผนกที่ 2 ที่จะได้รับข้อมูลปริมาณความต้องการของลูกค้าคือ แผนก Industrial Supply Chain ซึ่งแผนกนี้จะนำข้อมูลไปเปลี่ยนเป็นแผนการผลิต (Production Plan) สำหรับแต่ละเดือนโดยการวางแผนการผลิตนั้นจะมีการคำนึงถึงสินค้าคงคลังประเภทสินค้าสำเร็จรูปปลายงวดร่วมด้วย จากนั้นจะทำการจัดส่งข้อมูลแผนการผลิตในแต่ละเดือนไปยังแผนก Planning เพื่อทำการวางแผนการผลิตเป็นแผนการผลิตต่อวันต่อไป โดยมีรูปแบบในการผลิตเป็นระบบการผลิตแบบผลัก (Push System)

การจัดทำแผนการผลิตของแผนก Planning นั้นจะมีการจัดทำแผนการผลิตเพียงเดือนละ 1 ครั้ง โดยไม่มีการขัดจังหวะด้วยการแทรกแผนการผลิตระหว่างเดือน ส่งผลให้ผลผลิตที่ออกมานั้นไม่สามารถตอบสนองความต้องการอย่างแท้จริงของลูกค้าได้อย่างทันท่วงที วิธีการในการวางแผนการผลิตจะวางแผนโดยคำนึงถึงกำลังในการผลิตของเครื่องจักรและแรงงานที่มีอยู่ตลอดจนปริมาณวัตถุดิบ โดยโรงงานกรณีศึกษาดำเนินการผลิตสินค้าวันละ 3 กะ (Shift) กะละ 8 ชั่วโมง และยังมีการหยุดสายการผลิตเพื่อการซ่อมบำรุงหลัก เช่น กระบวนการผสมยาง (Mixing) จะมีการหยุดเครื่องจักรสัปดาห์ละ 1 เครื่อง เครื่องละ 8 ชั่วโมงเพื่อการซ่อมบำรุง (Preventive Maintenance) เป็นต้น สำหรับข้อมูลที่จะปรากฏในแผนภูมิคุณค่าสถานะปัจจุบันนั้นเป็นข้อมูลที่ได้รับการรับรองและตรวจสอบจากผู้ที่เกี่ยวข้อง เช่น วิศวกรโรงงาน หน่วยซ่อมบำรุง และฝ่ายวางแผนการผลิต ว่าข้อมูลเป็นข้อมูลที่ถูกต้องและสามารถเปิดเผยได้

การไหลของข้อมูลในแผนภูมิคุณค่าจะเริ่มต้นมาจากการขนส่งสินค้าจากโรงงานสู่ลูกค้าย้อนกลับมาที่กระบวนการผสมยางขั้นที่ 1 (Mixing) โดยข้อมูลที่ใช้ในการสร้างแผนภูมิคุณค่าได้แก่ ข้อมูลสินค้าคงคลังระดับกระบวนการ (Work in Process: WIP) รอบเวลาในการผลิต (Cycle Time) จำนวนเครื่องจักร (Number of Machine: M/C) อัตราความน่าเชื่อถือของเครื่องจักร (Machine Reliability) และเวลาในการทำงานที่มีอยู่ (Available Time) เป็นต้น

ข้อมูลข้างต้นจะถูกระบุลงไปในแผนภูมิคุณค่า ซึ่งกระบวนการในการผลิตยางรถยนต์นั้นในแผนภูมิคุณค่าจะเริ่มต้นที่กระบวนการผสมยางขั้นที่ 1 (1st Stage Mixing) โดยจะเป็นกระบวนการนำวัตถุดิบต่าง ๆ ได้แก่ ยางธรรมชาติ น้ำมัน ซีเมนต์ สารเคมีต่าง ๆ นำมาผสมกัน ณ ระดับอุณหภูมิที่กำหนดภายในระยะเวลาที่กำหนดไว้ เพื่อให้โมเลกุลในเนื้อยางได้เรียงตัวกันอย่างพอเหมาะ ยางที่ผสมออกมาแล้วเรียกว่า Master Batch โดยการผสมยางในแต่ละแบทช์ (Batch) นั้นจะได้ยางที่ผสมแล้วออกมาเป็นปริมาณประมาณ 180 กิโลกรัมซึ่งยางที่ผสมแล้วนี้ต้องเก็บไว้ได้

นานถึง 30 วันก่อนทำนำมาผสมขั้นที่ 2 (2nd Mixing) ต่อไป `ในขั้นตอนนี้จะใช้เวลาในการดำเนินการประมาณ 5.13 นาทีต่อหนึ่งแบทช์ (Batch) การผสมยางขั้นที่ 2 นั้นจะเป็นการเติมสารเคมีลงไปเพื่อให้ยางสุกหรือที่เรียกว่าปฏิกิริยาวัลคาไนซ์เซชั่น (Vulcanization) ในกระบวนการผสมขั้นที่ 2 จะเป็นการนำยางที่ผสมแล้วจากขั้นตอนที่ 1 มาเข้าเครื่องผสมและเติมสารเคมีประเภท Sulfur ลงไป ในการผสมยาง 1 แบทช์ นั้นจะมีน้ำหนักประมาณ 180 กิโลกรัม ซึ่งใช้เวลาในการผสมยางขั้นที่ 2 ประมาณ 4.87 นาทีต่อหนึ่งแบทช์ ยางที่ผสมเสร็จจากขั้นตอนที่ 2 เรียกว่า Final Mixed และจำเป็นต้องเก็บไว้อย่างน้อย 4 ชั่วโมงเพื่อให้ยางเย็นตัวลงก่อนนำส่งต่อกระบวนการอื่น ๆ ต่อไป และสามารถเก็บไว้ได้เป็นระยะเวลานานสูงสุดเพียง 8 วันเท่านั้น ดังนั้นขั้นตอนนี้จึงมีการควบคุมสินค้าคงคลังระหว่างกระบวนการอย่างเข้มงวด

หลังจากการผสมยางขั้นที่ 2 (2nd Mixing) จนได้ Final Mixed และรอจนยางเย็นตัวลงแล้วจะทำการส่งต่อไปยังกระบวนการจัดเตรียมชิ้นส่วนและโครงสร้างภายในตัวยาง (Preparation Shop) อันได้แก่ 1) การรีด (Extruder) เพื่อให้ได้ออกมาเป็นหน้ายาง แก้มยาง Inner Liner และ Profile Tires 2)การฉาบ (Calendering) คือ การฉาบเส้นใยสังเคราะห์ลงบนผืนยางด้วยเครื่องจักรที่เรียกว่า 3 Rolls และการฉาบเส้นลวดลงบนผืนยางด้วยเครื่องจักรที่เรียกว่า 4 Rolls

กระบวนการจัดเตรียมชิ้นส่วนและโครงสร้างภายในตัวยาง (Preparation Shop) นั้นมีการผลิตชิ้นส่วนออกมาอย่างต่อเนื่องและขาดระบบการควบคุมสินค้าระหว่างกระบวนการที่มีประสิทธิภาพจึงมีสินค้าคงคลังระหว่างกระบวนการจัดเตรียมและกระบวนการประกอบยางขั้นที่ 1 เป็นจำนวนมากสามารถสังเกตได้จากเวลาในการผลิตชิ้นส่วนต่าง ๆ ภายในตัวยาง จะใช้เวลาน้อยที่สุดเพียง 0.256 นาทีและสูงสุด 20 นาที โดยใช้เครื่องจักรในการผลิตทั้งสิ้น ในขณะที่กระบวนการประกอบยางขั้นที่ 1 นั้นมีการใช้แรงงานของคนงานเข้าร่วมด้วยในการประกอบยางทำให้เกิดสินค้าคงคลังระหว่างกระบวนการเกิดขึ้นระหว่าง 2 กระบวนการนี้

หลังจากการประกอบยางขั้นที่ 1 งานที่เสร็จจากการประกอบขั้นที่ 1 จะถูกส่งต่อไปยังการประกอบขั้นที่ 2 เพื่อขึ้นรูปและทำการติดประกอบเข็มขัดรัดหน้ายางและหน้ายางต่อไป สำหรับขั้นตอนนี้จะมีสินค้าคงคลังระหว่างกระบวนการเกิดขึ้นเช่นเดียวกัน แต่เนื่องจากการประกอบในขั้นตอนที่ 2 นั้นเป็นการใช้เครื่องจักรจึงมีความแน่นอนในเรื่องของเวลาทำให้สินค้าคงคลังระหว่างกระบวนการมีเป็นจำนวนไม่มากเท่าใดนัก เมื่อเสร็จจากกระบวนการประกอบยางนี้แล้วจะต้องทำการพ่นน้ำยาโดปเพื่อป้องกันไม่ให้ยางติดกับ Bladder ในขณะที่อบยาง ซึ่งใช้เวลาในการพ่นราว 1.34 นาที แต่จำเป็นที่จะต้องรอให้น้ำยาโดปนั้นแห้งก่อนนำเข้าไปอบ โดยใช้ระยะเวลารอคอยเฉลี่ยที่ 2.45 ชั่วโมง

สำหรับยางขนาด 22.5 นิ้วนั้นเป็นยางที่มีขนาดใหญ่ระยะเวลาที่ใช้ในการอบจะค่อนข้างยาวนานถึง 50.479 นาทีต่อหนึ่งเส้น แต่เครื่องอบ (Press) สำหรับยางขนาด 22.5 นิ้ว มีเป็นจำนวนจำกัดจึงทำให้เกิดสินค้าคงคลังระหว่างกระบวนการเกิดขึ้นอันเนื่องมาจากความสามารถในการผลิตของกระบวนการอบมีน้อยกว่ากระบวนการก่อนหน้าหรือเกิดเป็นคอขวด เมื่อทำการอบยางเสร็จแล้วก็จะนำส่งไปยังกระบวนการตรวจสอบและควบคุมต่อไป

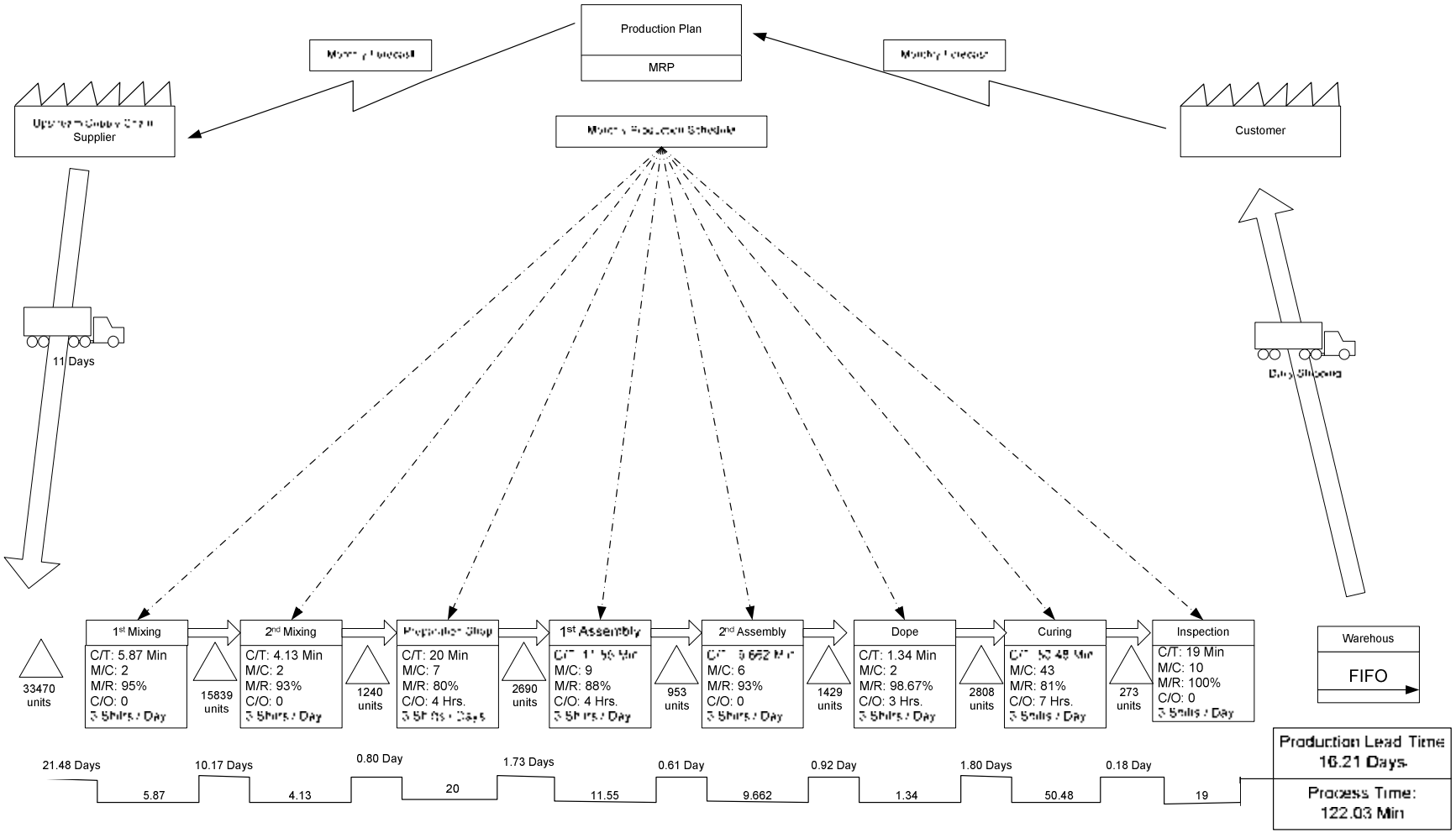
ข้อมูลด้านการผลิตดังกล่าวข้างต้นจะปรากฏอยู่ในกล่องสี่เหลี่ยมที่อยู่ด้านล่างของแต่ละกระบวนการ ได้แก่ ข้อมูลด้านเวลาในแต่ละกระบวนการ จำนวนเครื่องจักร อัตราความน่าเชื่อถือของเครื่องจักร (Machine Reliability) เวลาในการปฏิบัติงาน สำหรับข้อมูลด้านสินค้าคงคลังระหว่างกระบวนการ (Work in Process: WIP) สามารถสังเกตได้จากรูปสามเหลี่ยมที่อยู่ระหว่างกระบวนการแต่ละกระบวนการ สาเหตุของการเกิดขึ้นของสินค้าคงคลังระหว่างกระบวนการนั้นมาจากการที่กระบวนการก่อนหน้ามีการผลิตสินค้าออกมามากเกินความสามารถในการผลิตของกระบวนการถัดไปทำให้สินค้าในกระบวนการก่อนหน้าเกิดการรอคอย หรืออาจมาจากกระบวนการก่อนหน้าผลิตสินค้าสูงเกินกว่าอัตราความต้องการที่แท้จริง

ตารางที่ 3.4 ข้อมูลที่ใช้ในการสร้างสายธารคุณค่าสถานะปัจจุบัน

| Process | Cycle Time (Min) | No. of Machine | Machine Reliability (%) | Work in Process (Unit) | Work in Process (Day) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1st Mixing | 5.13 | 2 | 95.00 | 0 | 0 |
| 2nd Mixing | 4.87 | 2 | 93.00 | 15,839 | 10.17 |
| Preparation Shop | 20 | 7 | 80.00 | 1,240 | 0.80 |
| 1st Stage Assembly | 11.55 | 11 | 88.00 | 2,690 | 1.17 |
| 2nd Stage Assembly | 9.662 | 14 | 93.00 | 953 | 0.61 |
| DOPE | 1.34 | 2 | 98.67 | 1,429 | 0.92 |
| Curing | 50.479 | 43 | 81.00 | 2,808 | 1.80 |
| Inspection and Quality Control | 19 | 10 | 100.00 | 273 | 0.18 |

ข้อมูลในตารางที่ 3.4 จะถูกนำไปบรรจุลงในแผนภูมิคุณค่าสถานะปัจจุบันในภาพที่ 3.6 เส้นข้างใต้ภาพที่ 3.6 ประกอบด้วยเส้น 2 ระดับ ได้แก่ เส้นระดับบนแสดงถึงเวลานำในการผลิต (Production Lead Time) มีหน่วยเป็นวัน ได้จากผลการรวมของระดับสินค้าคงคลังในรูปสามเหลี่ยม ซึ่งประกอบด้วย เวลานำสินค้าระหว่างกระบวนการ เวลานำในการผลิตของสินค้าคงคลังสามารถคำนวณได้จากผลหารของปริมาณสินค้าคงคลังที่อยู่แต่ละกระบวนการกับปริมาณที่ลูกค้าต้องการในแต่ละวัน ยกตัวอย่างเช่น เวลานำของสินค้าคงคลังระหว่างกระบวนการผสมยางขั้นที่ 1 กับกระบวนการผสมยางขั้นที่ 2 คือ 10.17 วันได้มาจากสามเหลี่ยมที่แสดงปริมาณสินค้าคงคลังหน้ากระบวนการผสมยางขั้นที่ 2 ($2^{nd}$ Mixing) :ซึ่งเท่ากับ 15,839 เส้น หารด้วยปริมาณที่ลูกค้าต้องการต่อวันคือ 1,558 เส้น โดยจะไม่พิจารณาวัตถุดิบที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิตแรกเริ่มของบริษัทตัวอย่าง ดังนั้น เวลานำของทั้งหมดของสินค้าคงคลังเฉลี่ยเท่ากับ 16.21 วัน ส่วนเส้นระดับล่างจะเป็นเส้นที่แสดงถึงเวลาที่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มแก่ตัวสินค้า (Value Added) หรือรอบเวลาในการผลิต (Cycle Time) ของแต่ละกระบวนการนั่นเอง ซึ่งข้อมูลนี้ได้มาจากข้อมูลในการทำงานจริงของโรงงานกรณีศึกษา ยกตัวอย่างเช่น กระบวนการผสมยางขั้นที่ 1 ($1^{st}$ Mixing) ใช้มีรอบระยะเวลา (Cycle Time) ในการผลิตเท่ากับ 5.87 นาที ดังนั้นเวลาที่ก่อให้เกิดคุณค่าของกระบวนการผสมยางขั้นที่ 1 มีค่าเท่ากับ 5.87 นาที

กระบวนการผลิตยางรถยนต์ในโรงงานกรณีศึกษามีเวลาที่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มทั้งสิ้นเท่ากับ 122.03 นาทีและมีเวลานำ (Lead Time) ทั้งสิ้น 16.21 วัน โดยเวลาที่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่ม (Value Added) คิดเป็นร้อยละ 0.52 ของเวลาทั้งหมดและมีเวลาที่ไม่ก่อให้เกิดให้เกิดมูลค่าเพิ่มเท่ากับร้อยละ 99.48 ของเวลาทั้งหมด




ภาพที่ 3.6 แผนภูมิคุณค่าสถานะปัจจุบัน (Value Stream Mapping: Current State Map)

**3.3. การออกแบบและสร้างแบบจำลองสถานการณ์**

แบบจำลองสถานการณ์แผนภูมิคุณค่าสถานะปัจจุบันนั้น สามารถพัฒนาได้โดยโปรแกรมจำลองสถานการณ์ Arena เวอร์ชั่น 12.0 ในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์นั้นจะเริ่มต้นจากการเข้าศึกษาระบบการทำงานจริงของโรงงานกรณีศึกษาว่ามีการทำงานในสายการผลิตเป็นอย่างไร

**3.3.1.ข้อมูลที่นำมาใช้ในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ประกอบด้วย**

3.3.1.1. ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) เป็นข้อมูลที่ได้มาจากการสังเกตและการสัมภาษณ์พนักงาน วิศวกรของโรงงานกรณีศึกษา ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะประกอบด้วย ข้อมูลด้านวิธีการหรือขั้นตอนการปฏิบัติงานของพนักงานในแต่ละขั้นตอนการผลิต ข้อมูลด้านเวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงานแต่ละขั้นตอนการผลิต

3.3.1.2.ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) เป็นข้อมูลที่ได้มาจากการรวบรวมผ่านเอกสารรายงานการผลิตต่าง ๆ ของโรงงานกรณีศึกษาเป็นระยะเวลา 1 ปี ซึ่งประกอบด้วยแผนการผลิตประจำเดือน ข้อมูลด้านความต้องการของลูกค้า เป็นต้น

**3.3.2. สมมติฐานของการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์**

3.3.2.1. แบบจำลองนี้เป็นแบบจำลองสำหรับกระบวนการผลิตยางรถยนต์ขนาด 22.5 นิ้วเท่านั้น

3.3.2.2. ประสิทธิภาพการทำงานของพนักงานที่ทำงานหน้าที่เดียวกันไม่แตกต่างกัน

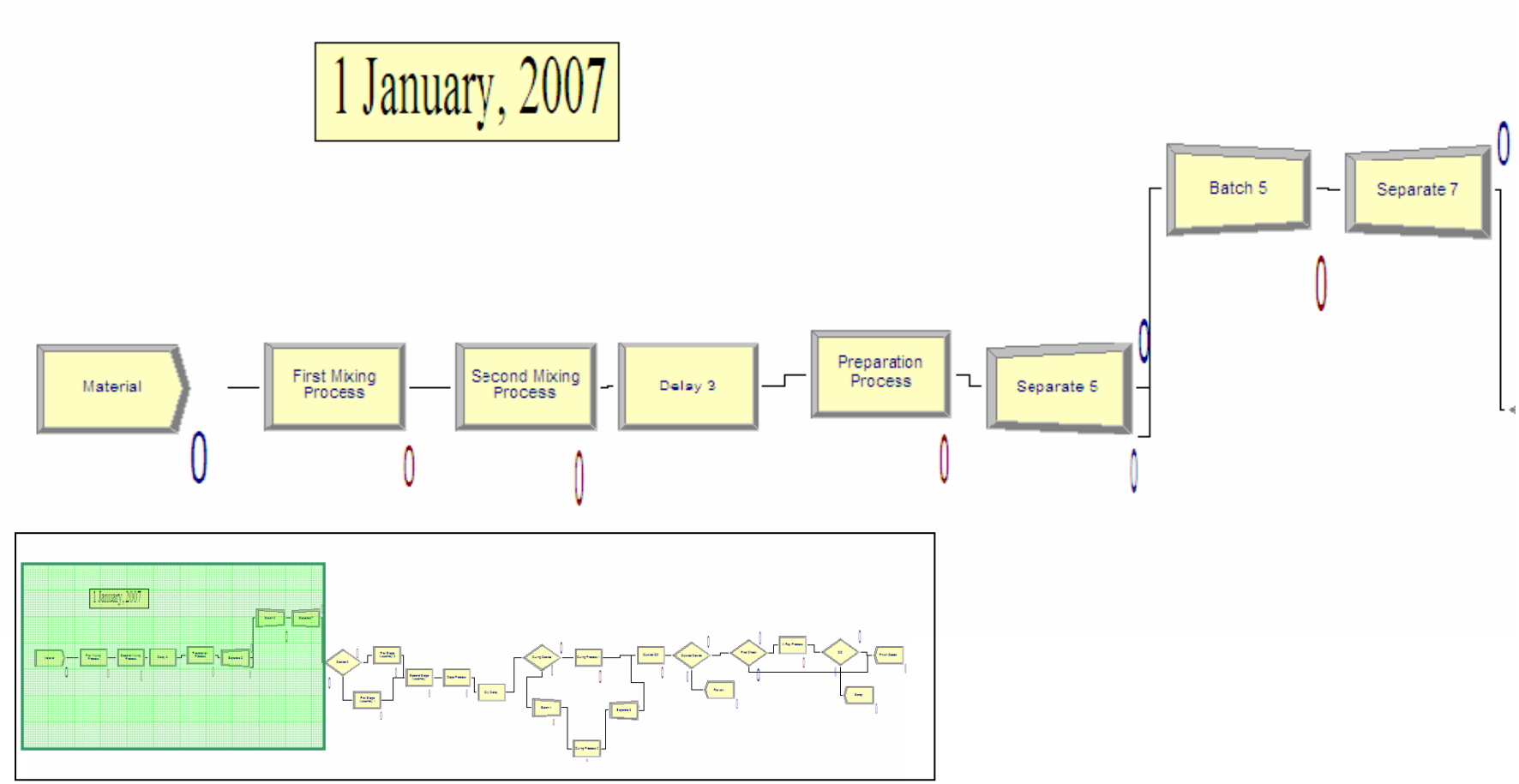
3.3.2.3. จำนวนเครื่องจักรในแบบจำลองสถานการณ์เป็นจำนวนเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตยางขนาด 22.5 นิ้วเท่านั้น

3.3.2.4. เวลาในการทำงานเท่ากับ 24 ชั่วโมง ไม่อนุญาตให้มีการทำงานล่วงเวลา

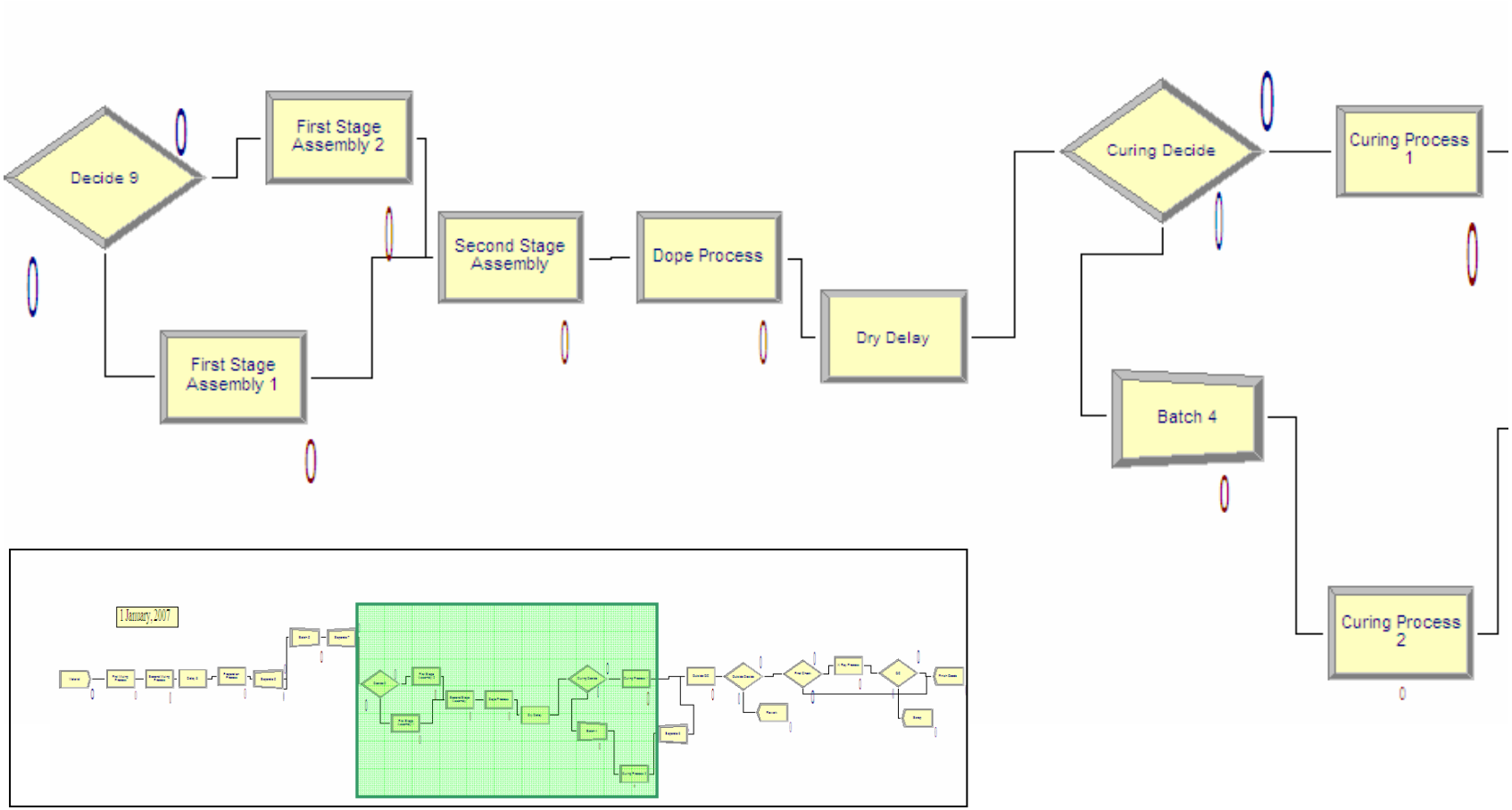
3.3.2.5. ไม่มีการแทรกการสั่งผลิตในระหว่างเดือน

**3.3.3. แบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์**

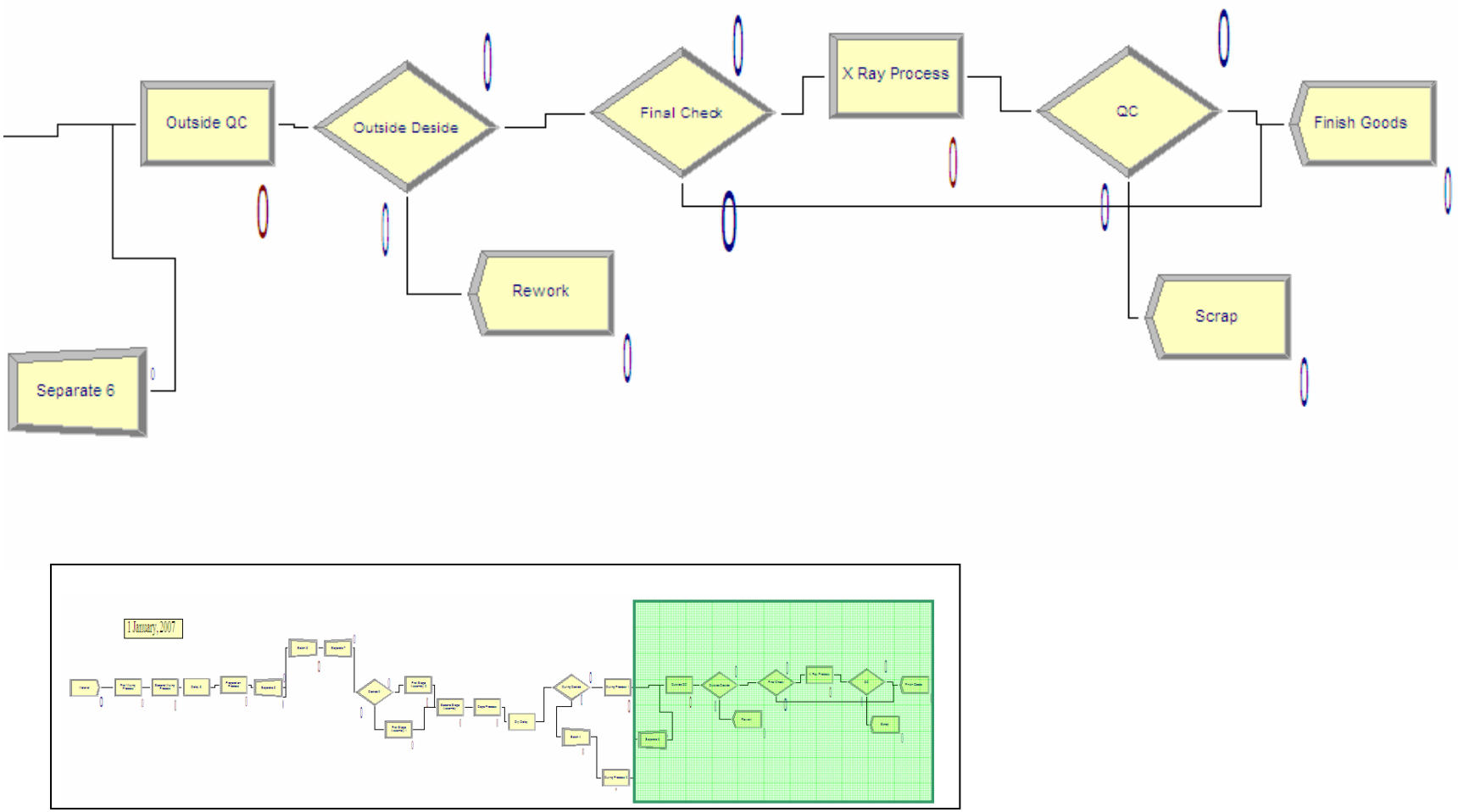
จากข้อมูลที่ได้รวบรวมมาประกอบกับข้อสมมติในการสร้างแบบจำลองที่ได้กำหนดขึ้นทำให้สามารถสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วย Arena 12.0 ที่จำลองกระบวนการการผลิตยางรถยนต์ได้ดังภาพที่ 3.7, 3.8, 3.9




ภาพที่ 3.7 แบบจำลองสถานการณ์กระบวนการผลิตยางรถยนต์ในขั้นตอนการผสมยาง – ขั้นตอนการผลิตชิ้นส่วนและโครงสร้างภายในตัวยาง




ภาพที่ 3.8 แบบจำลองสถานการณ์ขั้นตอนการประกอบและขึ้นรูปยาง – ขั้นตอนการอบยาง




ภาพที่ 3.9 แบบจำลองสถานการณ์ขั้นตอนการตรวจสอบคุณภาพจนเสร็จสิ้นกระบวนการ

**3.3.4. การกำหนดความยาวในการประมวลผล (Replication Length)**

ในการประมวลผลของแบบจำลองสถานการณ์ ต้องมีการกำหนดความยาวในการประมวลผลแต่ละรอบ มิฉะนั้นแบบจำลองจะทำการประมวลผลไปเรื่อย ๆ ไม่มีจุดสิ้นสุด (Infinite) ดังนั้นผู้วิจัยจึงกำหนดความยาวในการประมวลผลไว้ที่ 4,152 ชั่วโมงหรือ 173 วัน เทียบเท่ากับระยะเวลาในการดำเนินการผลิตในเดือนมกราคม – มิถุนายน ปี 2550

**3.3.5. การกำหนดจำนวนรอบในการทำซ้ำ (Number of Replication)**

เพื่อไม่ให้ข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลโดยแบบจำลองสถานการณ์เกิดความคลาดเคลื่อนไปจากระบบการทำงานจริงของโรงงานกรณีศึกษาหรือมีค่าความผิดพลาดที่สามารถยอมรับได้ ในงานวิจัยนี้จึงได้กำหนดรอบการทำซ้ำไว้ที่ 30 รอบ

**3.3.6. การตรวจสอบความถูกต้องของผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองสถานการณ์กับระบบงานจริง**

การนำแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ที่สร้างขึ้นมาใช้ทำการประมวลผลหรือวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบงานใด ๆ ต้องมีการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองที่ได้สร้างขึ้นก่อน เพื่อให้ผู้สร้างและผู้ใช้แบบจำลองสามารถเชื่อมั่นได้ว่าผลที่ได้จากการประมวลผลของแบบจำลองมีความถูกต้อง

การวิเคราะห์ผลทางสถิติเพื่อตรวจสอบความสามารถในการใช้งานแบบจำลองได้จริง โดยการเปรียบเทียบระหว่างปริมาณผลผลิตที่ได้จากการประมวลผลในแบบจำลองสถานการณ์ที่ได้สร้างขึ้นกับระบบงานจริงว่ามีความแตกต่างกันหรือไม่ ด้วยการทดสอบแบบ Independent T-test ที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 และกำหนดสมมติฐานทางสถิติที่ใช้ในการทดสอบไว้ดังนี้

$H_0$: อัตราเฉลี่ยผลผลิตที่ได้จากระบบงานจริงเท่ากับอัตราเฉลี่ยของผลผลิตที่ได้จากแบบจำลองสถานการณ์

$H_1$: อัตราเฉลี่ยผลผลิตที่ได้จากระบบงานจริงไม่เท่ากับอัตราเฉลี่ยของผลผลิตที่ได้จากแบบจำลองสถานการณ์

ตารางที่ 3.5 การเปรียบเทียบผลผลิตที่ได้จากการจำลองสถานการณ์และระบบงานจริง

| ผลผลิต | เดือนที่ 1 | เดือนที่ 2 | เดือนที่ 3 | เดือนที่ 4 | เดือนที่ 5 | เดือนที่ 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **ระบบงานจริง** | 30,519 | 26,735 | 24,237 | 21,040 | 28,353 | 30,451 |
| **การจำลองสถานการณ์** | 29,066 | 25,785 | 23,618 | 19,979 | 26,320 | 28,140 |

ผลจากการทดสอบพบว่าค่า P-Value เมื่อทำการวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยโปรแกรม SPSS มีค่าเท่ากับ 0.505 ดังแสดงในตารางที่ 3.8 ซึ่งไม่มีนัยสำคัญอย่างเพียงพอที่จะปฏิเสธ $H_0$ ทำให้สามารถสรุปได้ว่าผลผลิตที่ได้จากการประมวลผลในแบบจำลองสถานการณ์ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับผลผลิตที่ได้จากระบบงานจริง หรือสรุปได้ว่าแบบจำลองสถานการณ์ที่สร้างขึ้นมีความน่าเชื่อถือและสามารถนำมาใช้ทดสอบการปรับปรุงประสิทธิภาพต่าง ๆ แทนสายการผลิตจริงได้

ตารางที่ 3.6 ผลการทดสอบความแตกต่างของผลผลิตระหว่างข้อมูลจากสายการผลิตจริงกับชุดข้อมูลจากการประมวลผลของแบบจำลองสถานการณ์ โดยโปรแกรม SPSS

**Group Statistics**

| | gp | N | Mean | Std. Deviation | Std. Error Mean |
|---|---|---|---|---|---|
| treat | 1 | 6 | 26,88917 | 3,722248 | 1,519601 |
| | 2 | 6 | 25,48467 | 3,300350 | 1,347362 |

**Independent Samples Test**

| | | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | 95% Confidence Interval of the Difference | |
| | | F | Sig. | t | df | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference | Lower | Upper |
| treat | Equal variances assumed | ,146 | ,710 | ,692 | 10 | ,505 | 1,404500 | 2,030905 | 3,120637 | 5,929637 |
| | Equal variances not assumed | | | ,692 | 9,859 | ,505 | 1,404500 | 2,030905 | 3,129445 | 5,938445 |

### 3.4. การนำระบบการผลิตแบบลีนมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตยางรถยนต์

ในการนำระบบการผลิตแบบลีนมาประยุกต์ใช้และดำเนินการสร้างแผนภูมิคุณค่าสถานะอนาคต โดยปกติจะเริ่มต้นดำเนินการโดยการพัฒนาแผนภูมิคุณค่าสถานะปัจจุบันในพื้นที่ที่เป็น

เป้าหมายในการปรับปรุง เมื่อได้ทำการศึกษาแผนภูมิคุณค่าสถานะปัจจุบันร่วมกับการประมวลผลจากแบบจำลองสถานการณ์ พบว่าโรงงานแห่งนี้มีการดำเนินการผลิตแบบผลัก (Push System) ซึ่งเป็นการผลิตเพื่อรอจำหน่าย (Made to Stock) ซึ่งเป็นที่มาของปัญหาหลายประการในกระบวนการผลิตที่สมควรจะดำเนินการปรับปรุง อันได้แก่ สินค้าคงคลังระหว่างกระบวนการที่มีเป็นจำนวนมาก ส่งผลให้เวลานำในการผลิตนั้นยาวนานถึง 16.21 วัน โดยเวลาที่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มแก่ตัวสินค้านั้นคิดเป็นร้อยละ 0.52 ของเวลาทั้งหมดและมีเวลาที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่าคิดเป็นร้อยละ 99.48

### 3.4.1. การวิเคราะห์แผนภูมิคุณค่าสถานะปัจจุบัน

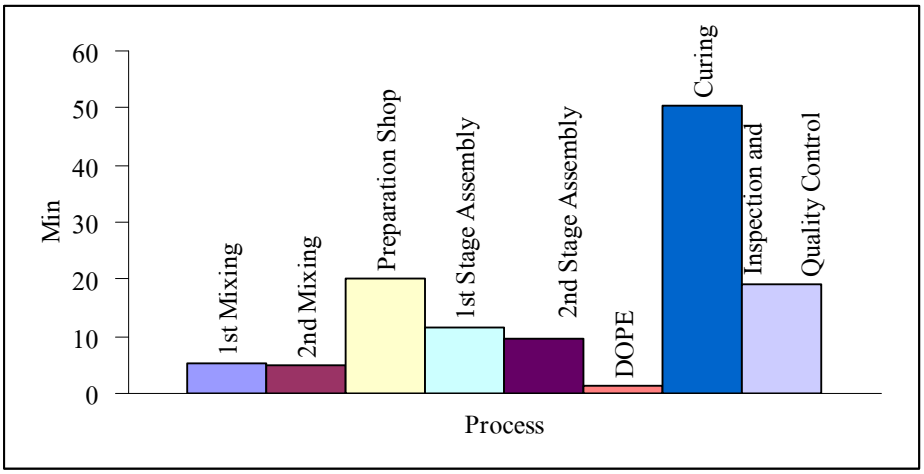
จากการวิเคราะห์แผนภูมิคุณค่าสถานะปัจจุบันในภาพรวมพบว่า โรงงานกรณีศึกษาแห่งนี้มีปัญหาด้านสินค้าคงคลังระหว่างกระบวนการ (Work in Process) ซึ่งส่งผลกระทบโดยตรงต่อระยะเวลาในการผลิตรวม โดยมีเวลานำทั้งสิ้น 16.21 วัน โดยสาเหตุของการเกิดของสินค้าระหว่างกระบวนการนั้นเกิดขึ้นได้จากหลาย ๆ ปัจจัย ดังนี้

3.4.1.1. การขาดประสิทธิภาพในการควบคุมสินค้าคงคลังระหว่างกระบวนการอันเนื่องมากจากระบบการผลิตที่ขาดความยืดหยุ่น

กระบวนการที่มีสินค้าคงคลังระหว่างกระบวนการมากที่สุดคือ สินค้าคงคลังระหว่างกระบวนการผสมขั้นที่ 1 และกระบวนการผสมขั้นที่ 2 โดยมีสินค้าคงคลังเป็นจำนวนสูงถึง 15,839 ชิ้น คิดเป็นเวลานำทั้งสิ้น 10.17 วัน เมื่อได้ทำการศึกษาในระดับกระบวนการพบว่ายางที่เสร็จสิ้นจากกระบวนการผสมขั้นที่ 1 หรือ Master Batch จะสามารถเก็บไว้ได้เป็นระยะเวลานานถึง 30 วันโดยไม่เสื่อมคุณภาพก่อนนำไปทำการผสมขั้นที่ 2 ดังนั้นทางโรงงานกรณีศึกษาจึงไม่ได้ให้ความสำคัญในเรื่องของสินค้าคงคลังระหว่างผลิตและไม่มีระบบการควบคุมสินค้าคงคลังที่มีประสิทธิภาพระหว่าง 2 กระบวนการนี้ ในขณะที่สินค้าคงคลังระหว่างกระบวนการผสมขั้น 2 ($2^{nd}$ Mixing) กับกระบวนการเตรียมชิ้นส่วนและโครงสร้างภายในตัวยางนั้นมีปริมาณเพียง 1,818 เส้น หรือคิดเป็นเวลานำ 1.17 วัน เนื่องมาจากยางที่ผสมเสร็จในขั้นตอนที่ 2 (Final Mixed) นั้น สามารถเก็บไว้ได้เป็นระยะเวลาเพียง 8 วันหลังจากผลิตเสร็จ หากเก็บไว้นานเกิน 8 วันจะทำให้ยางเสื่อมคุณภาพไม่สามารถนำไปใช้งานได้อีกต่อไปจึงเป็นเหตุผลที่กระบวนการนี้มีการควบคุมสินค้าคงคลังอย่างเข้มงวดและมีปริมาณสินค้าคงคลังน้อยกว่าการผสมขั้นที่ 1

3.4.1.2. จุดคอขวดในกระบวนการผลิต (Bottle Neck)

มีปัจจัยหลายประการที่ทำให้เกิดจุดคอขวดในกระบวนการผลิต ไม่ว่าจะเป็นรอบระยะเวลาในแต่ละกระบวนการผลิตที่แตกต่างกัน จำนวนของเครื่องจักรที่ใช้ในแต่ละกระบวนการ ประเภทของเครื่องจักรที่ใช้ในแต่ละกระบวนการ รอบระยะเวลาในการผลิตของแต่ละกระบวนการในการผลิตยางรถยนต์ (Cycle Time) มีรอบระยะเวลาในการผลิตรวมทั้งสิ้น 122.03 นาทีต่อเส้น ซึ่งแต่ละกระบวนการมีรอบระยะเวลาการผลิตที่แตกต่างกันสามารถสังเกตได้จากภาพที่ 3.10




ภาพที่ 3.10 รอบระยะเวลาการผลิตแต่ละกระบวนการ

จากภาพที่ 3.10 พบว่ากระบวนการอบยาง (Curing) เป็นกระบวนการที่ใช้รอบระยะเวลาในการผลิตที่สูงที่สุดคือ 50.48 นาทีหรือคิดเป็นร้อยละ 41.37 ของรอบระยะเวลาการผลิตรวมทั้งหมด จากความแตกต่างของรอบระยะเวลาในการผลิตของแต่ละกระบวนการ ส่งผลให้กระบวนการอบยางกลายเป็นจุดคอขวด (Bottle Neck) ในกระบวนการผลิตเนื่องจากเป็นกระบวนการที่ใช้ระยะเวลาที่มากที่สุด

จุดคอขวด (Bottle Neck) อีกจุดที่พบในกระบวนการคือ กระบวนการประกอบยางขั้นที่ 1 แม้ว่าระยะเวลากระบวนการผลิตชิ้นส่วนและโครงสร้างภายในตัวยางที่ใช้ในการผลิตนั้นยาวนานถึง 20 นาที แต่เนื่องจากกระบวนการผลิตชิ้นส่วนและโครงสร้างภายในตัวยางเป็นกระบวนการที่ใช้เครื่องจักรในการผลิตทั้งสิ้น ทำให้อัตราความเร็วในการผลิตนั้นค่อนข้างคงที่และมีความแน่นอนในด้านผลผลิต หลังจากการผลิตในขั้นตอนนี้จะทำการเคลื่อนย้ายสินค้าไปยังกระบวนการประกอบยางขั้นที่ 1 คราวละ 10 เส้น ตามขนาดของพาหนะที่ทำการเคลื่อนย้าย ในขณะที่กระบวนการประกอบยางขั้นที่ 1 นั้นมีเครื่องจักร 2 ประเภทได้แก่เครื่องจักรอัตโนมัติและ

เครื่องจักรแบบธรรมดา เครื่องจักรแบบธรรมดานั้นต้องอาศัยฝีมือแรงงานของคนงานในการผลิตร่วมกับเครื่องจักร โดยใช้เวลาในการผลิตประมาณ 11.55 นาทีต่อการผลิตยาง 1 เส้น ในขณะที่เครื่องจักรแบบอัตโนมัติใช้เวลาในการผลิตเพียงประมาณ 5.28 นาทีต่อเส้นเท่านั้นสินค้าคงคลังระหว่างกระบวนการเตรียมชิ้นส่วนและโครงสร้างภายในตัวยางกับกระบวนการประกอบยางขั้นที่ 1 ส่งผลให้มีสินค้าคงคลังระหว่างกระบวนการเป็นจำนวน 2,690 เส้นหรือเป็นเวลา 1.73 วัน

3.4.1.3. อัตราความน่าเชื่อถือของเครื่องจักร (Machine Reliability)

ปัญหาด้านความน่าเชื่อถือของเครื่องจักรเป็นส่วนหนึ่งที่ส่งผลให้เกิดสินค้าคงคลังระหว่างกระบวนการและสินค้าเสียหายที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต จากการศึกษาแผนภูมิคุณค่าสถานะปัจจุบันเครื่องจักรของโรงงานกรณีศึกษาแห่งนี้ พบว่ามีปัญหาด้านความน่าเชื่อถือของเครื่องจักรที่ส่งผลต่อรอบระยะเวลาในการผลิตและสินค้าคงคลังระหว่างกระบวนการ ความน่าเชื่อถือของเครื่องจักรนั้นสามารถวัดได้จากอัตราการหยุดของเครื่องจักรว่ามีอัตราหรือระยะเวลาในการหยุดเดินเครื่องจักร พบว่าโรงงานแห่งนี้ใช้เวลาในการหยุดเดินเครื่องจักรเพื่อการเปลี่ยนรุ่นในการผลิต (Changeover) และการซ่อมบำรุงหลักตามแผนการบำรุงรักษาเครื่องจักร (Preventive Maintenance) แต่ละครั้งเป็นระยะเวลายาวนาน ซึ่งส่งผลให้เกิดการหยุดชะงัก สินค้าที่ผ่านกระบวนการก่อนหน้ามาไม่สามารถส่งต่อเข้าผลิตยังกระบวนการที่มีการซ่อมบำรุงอยู่ได้ ทำให้สินค้าเหล่านั้นกลายเป็นสินค้าคงคลังระหว่างกระบวนการ ผลผลิตที่ได้มีอัตราดลงเนื่องจากการหยุดการผลิตและยังส่งผลกระทบโดยตรงต่อเวลานำในการผลิต

**3.4.2 ขั้นตอนการนำระบบการผลิตแบบลีนมาประยุกต์ใช้**

จากการศึกษาถึงพื้นที่เป้าหมายที่ควรปรับปรุงในกระบวนการผลิตยางรถยนต์ของโรงงานกรณีศึกษา โดยการวิเคราะห์แผนภูมิสายธารคุณค่าสถานะปัจจุบันแล้ว พบว่าปัญหาหลักที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ได้แก่ สินค้าคงคลังระหว่างกระบวนการ (Work in Process) ซึ่งมีปัจจัยมาจากปัญหาด้านอัตราความน่าเชื่อถือของเครื่องจักร (Machine Reliability) การวางแผนการหยุดเครื่องจักรเพื่อการซ่อมบำรุง (Maintenance Plan) และปัญหาด้านความยืดหยุ่นของระบบการผลิต ปัจจัยเหล่านี้เป็นที่มาของความสูญเปล่าทั้ง 7 ประการตามแนวคิดแบบลีน อันได้แก่

1) . การผลิตที่มากเกินไป (Over Production)
2) การมีของเสีย (Defect)
3) การมีสินค้าคงคลังมากเกินความจำเป็น (Excessive Inventory)

4) การมีกระบวนการที่ไม่เหมาะสม (Impropriate Processing)
5) การเคลื่อนย้ายที่ไม่จำเป็น (Excessive Transportation) อาจเกิดจากการวางผังโรงงานที่ไม่ดีหรือการมีงานระหว่างทำมากเกินไป (Work in Process)
6) การรอคอย (Waiting) การรอคอยต่าง ๆ ไม่ให้ประโยชน์ต่อการผลิตเป็นการเสียเวลาโดยไม่ได้ผลผลิตหรือชิ้นงานต่าง ๆ ไม่เกิดมูลค่าเพิ่ม ตัวอย่างของการรอคอยได้แก่ การรอวัตถุดิบ การรอการตั้งเครื่อง การรอภาชนะใส่งาน การรอเครื่องจักรซ่อมเสร็จ การรอคำสั่งซื้อ เป็นต้น
7) การเคลื่อนไหวร่างกายโดยไม่จำเป็น (Unnecessary Motion)

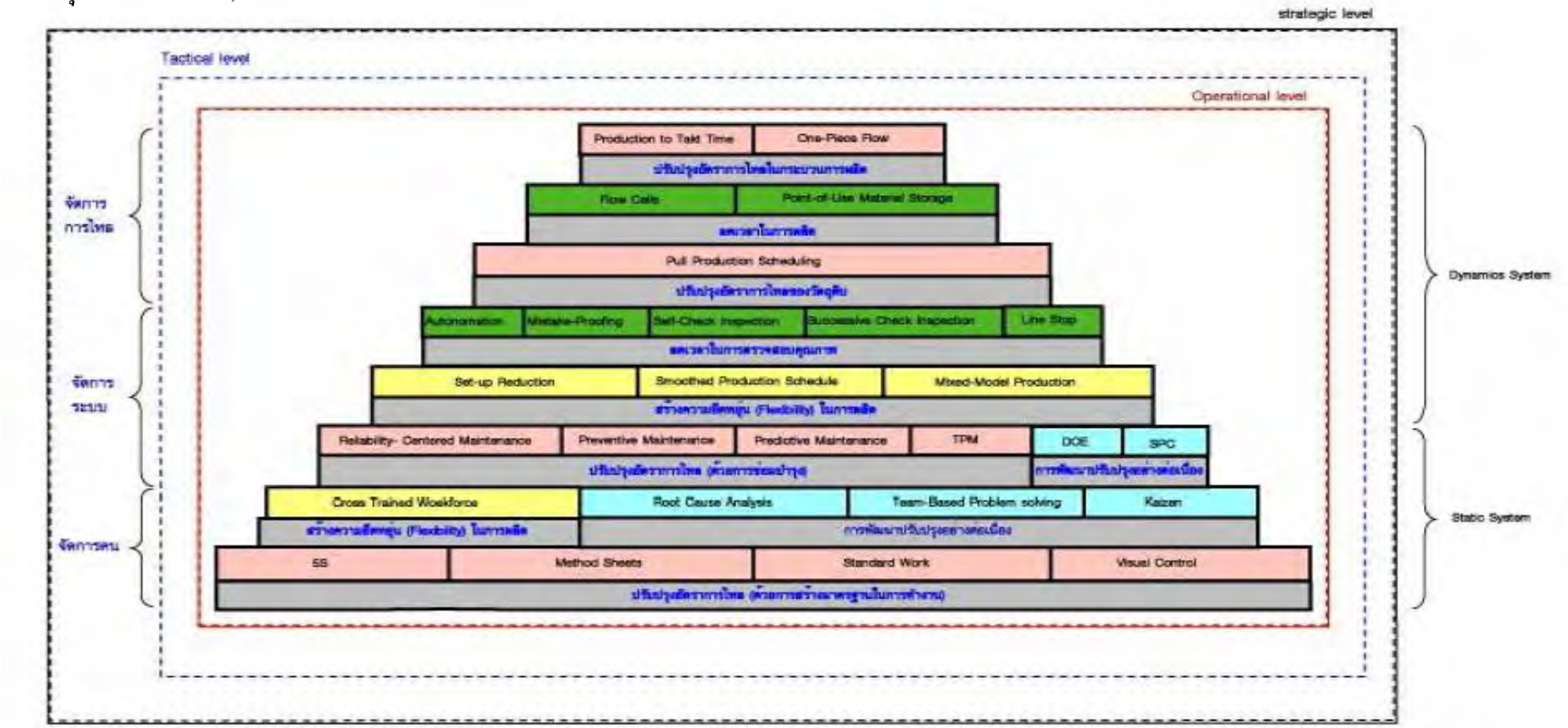
การนำระบบการผลิตแบบลีน (Lean Manufacturing) มาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตยางรถยนต์สำหรับโรงงานกรณีศึกษา มีวัตถุประสงค์เพื่อการลดสินค้าคงคลังระหว่างกระบวนการและการจัดส่งสินค้าให้แก่ลูกค้าตรงเวลา ซึ่งเป็นสิ่งที่ทำให้เกิดการปรับปรุงคุณภาพอย่างอัตโนมัติ ยกตัวอย่างเช่น การลดสินค้าคงคลังระหว่างกระบวนการจะช่วยลดความบกพร่อง (Defects) ของงานที่จะต้องดำเนินการซ่อมหรือแก้ไขซึ่งเป็นการช่วยเพิ่มคุณภาพอีกทางหนึ่ง การมีสินค้าคงคลังระหว่างกระบวนการจะทำให้องค์กรสามารถค้นหาที่มาของความบกพร่องได้ง่ายกว่าและสามารถหยุดการผลิตได้อย่างทันท่วงทีเมื่อเกิดความบกพร่อง

เครื่องมือและเทคนิคของลีนนั้นสามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้ใน 3 ระดับ ดังภาพที่ 3.20 เป็นภาพแสดงระดับของการประยุกต์ใช้เครื่องมือในการผลิตแบบลีน โดยสามารถจำแนกเป็น 3 ระดับดังนี้

1) ระดับปฏิบัติการ (Operational Level) สามารถจำแนกประเภทของเครื่องมือได้ออกเป็น 4 ประเภทตามอรรถประโยชน์ที่ได้รับจากการใช้เครื่องมือนั้น ได้แก่ เครื่องมือที่ใช้ปรับปรุงอัตราการไหล เครื่องมือที่ช่วยให้เกิดความยืดหยุ่น เครื่องมือที่ช่วยลดเวลาในการทำงานและเครื่องมือที่ช่วยให้เกิดการพัฒนาปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง
2) ระดับกลวิธี (Tactical Level) สามารถจัดแบ่งเครื่องมือออกได้เป็น 3 ประเภทตามจุดประสงค์ของการนำเครื่องมือนั้น ๆ มาใช้ ได้แก่ เครื่องมือที่ใช้จัดการกับคน เครื่อมือสำหรับการจัดการระบบและเครื่องสำหรับจัดการกับการไหลของชิ้นงาน

3) ระดับกลยุทธ์ (Strategic Level) ในระดับกลยุทธ์จะสามารถแบ่งออกเป็นอีก 2 มุมมอง คือ 1) เครื่องมือที่มีความคงที่โดยเป็นเครื่องมือที่หากมีการจัดทำในครั้งแรกแล้วนั้น จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงอะไรอีกมากนัก เช่น 5ส (5S) 2) เครื่องมือที่เป็นพลวัต คือเครื่องมือที่ต้องมีการปรับปรุง เปลี่ยนแปลงและจัดทำใหม่ตามสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไป

*ยุพา กลอนกลาง, 2548*




ภาพที่ 3.11 ระดับการประยุกต์ใช้เครื่องมือในการผลิตแบบลีน

ในงานวิจัยนี้จะเป็นการนำเครื่องมือในและเทคนิคในการผลิตแบบลีนมาประยุกต์ใช้ใน 2 ระดับคือ ระดับปฏิบัติการและระดับกลวิธี การประยุกต์ใช้เครื่องมือและเทคนิคของระบบการผลิตแบบลีน เป็นขั้นตอนการทำให้ระบบการผลิตมีการไหลอย่างต่อเนื่องและสร้างระบบการผลิตแบบดึงโดยใช้เทคนิคของการผลิตแบบลีน โดยมุ่งหวังให้ลูกค้าทั้งภายในและภายนอกนั้นได้รับผลิตภัณฑ์ที่ดี มีปริมาณที่ถูกต้องและเวลาที่เหมาะสม โดยมีระบบการผลิตแบบลีนที่จะนำมาประยุกต์ใช้ดังที่จะกล่าวต่อไปนี้

3.4.2.1. การสร้างการไหลอย่างต่อเนื่อง (Continuous Flow หรือ Single Piece Flow)

ในการสร้างการไหลอย่างต่อเนื่อง จำเป็นที่จะต้องทำความเข้าใจกับรูปแบบของความต้องการของลูกค้าเสียก่อน โดยให้ลูกค้าเป็นผู้ดึงคุณค่าจากกระบวนการผลิตตามหลักการของลีน

เวลาแทกต์ (Takt Time) ซึ่งเป็นช่วงเวลาสูงสุด (Maximum Interval) ระหว่างชิ้นงานที่ผลิตเสริจสิ้นหรือแสดงด้วยอัตราความต้องการของลูกค้าจากสายการผลิต ดังนั้นเวลาแทกต์จึงเป็นเสมือนอัตราการเต้นของหัวใจของระบบการผลิตแบบลีนซึ่งเป็นส่วนกลับของอัตราการผลิต (Production Rate) และขึ้นอยู่กับตัวแปรรอบเวลาการผลิต (Production Cycle Time) รวมทั้งกำลังการผลิตที่สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้า ดังนั้น Takt Time จึงหมายถึงอัตราที่บริษัทต้องผลิตสินค้าให้เป็นไปตามความต้องการของลูกค้า การผลิตตามค่า Takt Time จึงเป็นการทำให้อัตราการผลิตสอดคล้องกับอัตราการขายสินค้า

$$Takt\,Time(TT) = \frac{Available\,work\,time\,per\,day}{Customer\,demand\,per\,day}$$

ความต้องการยางรถสำหรับรถบรรทุกและรถโดยสารขนาด 22.5 นิ้วของโรงงานกรณีศึกษานี้เท่ากับประมาณ 269,556 เส้น ระหว่างเดือนมกราคมถึงเดือนมิถุนายน ปี 2550 มีจำนวนวันในการทำงานทั้งสิ้น 173 วัน โรงงานแห่งนี้มีการทำงานวันละ 3 กะ ๆ ละ 8 ชั่วโมง รวมเป็น 24 ชั่วโมงต่อวันรวมระยะเวลาทำงานทั้งสิ้นเป็น 1,440 นาทีต่อวัน ดังนั้นเวลาแทกต์ของโรงงานแห่งนี้สำหรับการผลิตยางขนาด 22.5 นิ้วจะเท่ากับ 0.91 นาทีต่อเส้น

$$\text{Takt Time} = \frac{(24\text{Hrs} \times 60\text{ Min}) \times 173\text{ Days}}{269{,}556\text{ Units}} = 0.924\text{ Min / units}$$

เวลาแทกต์นั้นไม่ได้หมายความว่ากระบวนการผลิตยางรถยนต์ใช้เวลาในการผลิตยางรถยนต์ขนาด 22.5 นิ้ว เป็นเวลา 0.924 นาทีต่อเส้น แต่หมายความว่าควรจะมียางขนาด 22.5 นิ้ว ออกมาจากกระบวนการผลิตทุก ๆ 0.924 นาที กล่าวคือความต้องการของลูกค้าเท่ากับ 0.924 นาทีต่อเส้น

เครื่องจักรที่ใช้ในการดำเนินงานการผลิตยางสำหรับรถบรรทุกและรถโดยสารเป็นเครื่องจักรขนาดใหญ่ ซึ่งขาดความยืดหยุ่นในการดำเนินการเคลื่อนย้ายหรือจัดรูปแบบตามการผลิตแบบเซลล์ ขนาดของแบทช์ในการผลิตจะมีขนาดใหญ่และการไหลของงานมักเป็นการไหลคราวละแบทช์ ดังนั้นหากกระบวนการก่อนหน้าเป็นกระบวนการที่มีกำลังการผลิตสูง แต่กระบวนการถัดไปมีกำลังการผลิตต่ำกว่าหรือรอบระยะเวลา (Cycle Time) ในการผลิตที่นานกว่าก็จะทำกระบวนการนั้น ๆ กลายเป็นจุดคอขวด (Bottle Neck) ในกระบวนการผลิต

ดังนั้น จึงควรสร้างการไหลทีละชิ้นในกระบวนการผลิตเพื่อลดจุดที่เป็นคอขวดในการผลิต โดยการลดขนาดของแบทช์ (Batch) แต่ละแบทช์ให้เล็กลงหรือการสร้างการไหลทีละชิ้นระหว่างกระบวนการแต่ละกระบวนการ ซึ่งในกระบวนการผลิตยางรถยนต์สามารถการสร้างการไหลทีละชิ้นระหว่างกระบวนการผลิตชิ้นส่วนและโครงสร้างภายในตัวยางและกระบวนการประกอบขั้นที่ 1 ที่เป็นจุดคอขวดในกระบวนการ เนื่องจากกระบวนการผลิตยางขั้นที่ 1 นั้นมีเครื่องจักร 2 ประเภท คือ เครื่องจักรแบบอัตโนมัติและเครื่องจักรที่ต้องใช้แรงงานในการประกอบ เครื่องจักรแบบที่ต้องใช้แรงงานในการประกอบเป็นเครื่องจักรที่ไม่มีความแน่นอนในเรื่องของระยะเวลาในการผลิตโดยมีกำลังการผลิตเพียง 100 เส้นต่อวันต่อเครื่องเท่านั้น การเคลื่อนย้ายสินค้าระหว่างกระบวนการผลิตชิ้นส่วนและโครงสร้างภายในตัวยางจะถูกเคลื่อนย้ายโดยภาชนะบรรจุที่สามารถเคลื่อนย้ายสินค้าได้คราวละ 10 เส้น ดังนั้นจึงสร้างการไหลทีละชิ้นที่กระบวนการนี้โดยลดขนาดแบทช์ในการเคลื่อนย้ายลงเป็นคราวละ 5 เส้น

<u>3.4.2.2. การบำรุงรักษาแบบทุกคนมีส่วนร่วม (Total Productive Maintenance: TPM)</u>

การใช้ระบบการบำรุงรักษาที่ทุกคนมีส่วนร่วมคือการเริ่มต้นการออกแบบเพื่อปรับปรุงการไหลของผลิตภัณฑ์ (Improve Flow) และลดปริมาณความสูญเปล่าให้มากที่สุด (Minimize Waste) เนื่องจากแหล่งกำเนิดของวัตถุดิบต่าง ๆ มีอยู่อย่างจำกัด ในการออกแบบระบบการผลิตใหม่นี้จะไม่มีสินค้าคงคลังกันชน (Buffer Stock) หรือมีน้อยที่สุด เพื่อลดการรอคอยสินค้าระหว่างกระบวนการผลิต การบำรุงรักษาแบบที่ทุกคนมีส่วนร่วมเป็นแนวคิดที่จะทำให้มั่นใจได้กว่าจะไม่มีการหยุดของเครื่องจักรที่ไม่เป็นไปตามแผน (Maintenance Plan) ระบบนี้จะทำให้

เครื่องจักรที่ใช้ในการปฏิบัติตามถูกตรวจสอบอย่างสม่ำเสมอและถูกซ่อมบำรุงอย่างเป็นระบบ ผลลัพธ์ที่จะได้คือ การเพิ่มขึ้นของอัตราความน่าเชื่อถือของเครื่องจักร

ปัญหาของโรงงานกรณีศึกษาที่สามารถพบได้ในกระบวนการผลิต คือ ระยะเวลาในการซ่อมบำรุงเครื่องจักรตามแผนการซ่อมบำรุงแต่ละกระบวนการนั้นยาวนาน คิดเป็นระยะเวลาต่อครั้ง 2 - 8 ชั่วโมงโดยประมาณ ดังตารางที่ 3.7

ตารางที่ 3.7 เวลาในการซ่อมบำรุงเครื่องจักรตามตารางการซ่อมบำรุง

| Process | Maintenance Downtime (Min) | Frequency |
|---|---|---|
| 1st Mixing | 480 | Thursday |
| 2nd Mixing | 480 | Thursday |
| Preparation Shop | 240 | Wednesday |
| 1st Stage Assembly | 240 | Tuesday |
| 2nd Stage Assembly | 240 | Tuesday |
| Dope | 120 | Monday |
| Curing | 180 | Monday |

การนำระบบการบำรุงรักษาที่ทุกคนมีส่วนร่วม (Total Productive Maintenance) มาประยุกต์ใช้ให้บรรลุผลสำเร็จ โดยการการแบ่งแยกตารางการซ่อมบำรุงรักษาเป็นการแยกตารางเวลาการซ่อมบำรุงรักษาให้แยกย่อยเท่าที่สามารถจะทำได้ เช่น ตารางการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรในการผสมยางจะใช้เวลากระทำการประมาณ 8 ชั่วโมงทุก ๆ สัปดาห์ ในกรณีนี้สามารถลดการซ่อมบำรุงเครื่องจักรได้ลงเป็นเพียงแค่ 6 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ได้ เนื่องจากในการซ่อมบำรุงตามแผนนั้นจะรวมถึงการทำความสะอาดบริเวณพื้นที่รอบ ๆ ของเครื่องจักรด้วยโดยใช้ระยะเวลาประมาณ 2 ชั่วโมง รวมถึงการรอให้เครื่องจักรเย็นตัวลงซึ่งไว้ระยะเวลาประมาณ 2 ชั่วโมง โดยในขณะที่รอให้เครื่องจักรเย็นตัวลงนั้น พนักงานประจำเครื่องนั้น ๆ สามารถทำความสะอาดควบคู่ไปด้วยได้โดยที่ไม่ต้องเสียเวลาขณะที่รอให้เครื่องจักรเย็นตัวลง

กระบวนการถัดมาที่ควรนำการบำรุงรักษาแบบมีส่วนร่วมมาประยุกต์ใช้อย่างยิ่ง คือ กระบวนการพ่นน้ำยาโดป (Dope) การตรวจสอบเครื่องจักรในกระบวนการนี้เป็นเพียงการตรวจสอบหัวฉีดพ่นน้ำยาเท่านั้น ซึ่งเป็นงานที่ไม่มีความจำเป็นต้องใช้ทักษะขั้นสูงในการ

ตรวจสอบ พนักงานที่ดูแลเครื่องพ่นสามารถตรวจสอบได้เป็นระยะ ๆ ในขณะที่มีการพ่นน้ำยาว่าหัวฉีดเกิดการอุดตันหรือไม่ หากเกิดการอุดตันพนักงานก็สามารถดำเนินการเปลี่ยนหัวฉีดได้ทันทีโดยใช้ระยะเวลาเพียงแค่ 10 นาทีในการดำเนินการ

การนำการบำรุงรักษาแบบมีส่วนร่วมมาประยุกต์ใช้ก็เพื่อ การปรับปรุงประสิทธิภาพของการทำงานร่วมกันระหว่างคนงานกับเครื่องจักร ทำให้เกิดการใช้ประโยชน์จากเครื่องจักรได้สูงสุด อันจะก่อให้เกิดประสิทธิภาพในการผลิตโดยมุ่งให้เกิดการป้องกันการเสียหายของเครื่องจักรมากกว่าการซ่อม

การบำรุงรักษาที่ทุกคนมีส่วนร่วมนี้จะสามารถช่วยเพิ่มอัตราความน่าเชื่อถือของเครื่องจักรให้เพิ่มขึ้นได้ ส่งผลให้เครื่องจักรแต่ละเครื่องมีกำลังการผลิตที่ดีขึ้นโดยลดอัตราการหยุดงานของเครื่องจักรลง โดยเป้าหมายมุ่งให้เครื่องจักรที่มีอัตราความน่าเชื่อถือต่ำกว่า 90% มีอัตราความน่าเชื่อถือของเครื่องจักรเพิ่มขึ้นเป็น 90% เป็นอย่างน้อย

3.4.2.3. การลดเวลาการปรับเปลี่ยนเครื่องจักร (Setup Time Reduction)

การเปลี่ยนรุ่นการผลิตถือว่าเป็นกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่ม (Non Value Added Activity) ถือเป็นความสูญเปล่าอย่างหนึ่งที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ดังนั้นจึงมีความจำเป็นมากที่จะต้องลดเวลาในการเปลี่ยนรุ่นการผลิตให้น้อยที่สุด

ตารางที่ 3.8 เวลาในการปรับเปลี่ยนเครื่องจักร

| Process | Set Up Time (Min) | Number of Times |
|---|---|---|
| Preparation Shop | 180 | Twice a month |
| 1st Stage Assembly | 240 | Twice a month |
| 2nd Stage Assembly | 240 | Twice a month |
| Curing | 420 | Once a week |

จากตารางที่ 3.8 พบว่ากระบวนการอบยางเป็นกระบวนการที่ใช้เวลาในการปรับเปลี่ยนเครื่องจักรสูงที่สุดคือ 420 นาทีหรือคิดเป็น 7 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ ส่งผลให้ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรต่ำ ซึ่งสามารถแก้ไขได้โดยการลดเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรโดยมีขั้นตอนการดำเนินการ คือ การแยกประเภทของกิจกรรมที่ต้องทำออกเป็น 2 ประเภทดังนี้

1) การปรับตั้งภายนอก (External Setup) โดยการปรับตั้งภายนอกเป็นกิจกรรมหรือการปรับตั้งที่สามารถกระทำได้ในขณะที่เครื่องจักรยังดำเนินการอยู่ เช่น งานเตรียมความพร้อม (Preparation) เป็นต้น
2) การปรับตั้งภายใน (Internal Setup) คือ กิจกรรมที่ดำเนินการได้ก็ต่อเมื่อมีการหยุดเดินเครื่องจักรเท่านั้น เช่น งานถอดเปลี่ยน ติดตั้งอุปกรณ์ เป็นต้น

งานเตรียมความพร้อม (Preparation) คือ งานต่าง ๆ ที่ต้องทำทั้งก่อนและหลังการปรับตั้งเครื่องจักร เช่น การจัดเตรียมความพร้อมเครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ ก่อนการปรับเปลี่ยนหรือการจัดเก็บเครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ ภายหลังจากการปรับเปลี่ยนเครื่องจักรเสร็จ เป็นต้น งานเตรียมความพร้อมในการปรับแต่งเครื่องจักรสำหรับกระบวนการผลิตยางรถยนต์ ได้แก่ กระบวนการเปลี่ยนแม่พิมพ์ในเครื่องอบยาง โดยสามารถประกอบแม่พิมพ์ภายนอกเครื่องอบยางโดยที่เครื่องอบยางยังสามารถดำเนินการต่อไปได้

งานถอดเปลี่ยน ติดตั้งอุปกรณ์ เช่น การถอดเปลี่ยนแม่พิมพ์ในเครื่องอบยาง (Press) เป็นงานที่ต้องหยุดเดินเครื่องจักรเท่านั้นจึงจะดำเนินการปรับเปลี่ยนเครื่องจักรได้ (Internal Setup) หรือการถอดเปลี่ยนดรัม (Drum) ที่ใช้ในการขึ้นรูปยางในกระบวนการประกอบยางขั้นที่ 1 ก็มีความจำเป็นต้องหยุดเครื่องจักรก่อนการถอดเปลี่ยนดรัม (Drum)

3.4.2.4. การปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง (Continuous Improvement)

นับแต่ช่วงหลังสงครามโลกครั้งที่สองสิ้นสุดลงหลายอุตสาหกรรมได้ถูกครอบงำโดยผู้นำทางธุรกิจระดับโลก หรือเรียกว่า “Leading World Power” และได้มีการเปลี่ยนแปลงครั้งใหญ่นับแต่ช่วงปลายทศวรรษ 1970 เป็นต้นมา ซึ่งมีการเปลี่ยนจากฐานะผู้นำสำคัญอย่างสหรัฐอเมริกามาเป็นประเทศทางแถบเอเชีย ดังเช่น ญี่ปุ่น โดยเริ่มจากอุตสาหกรรมรถยนต์และตามด้วยอุตสาหกรรมหลัก ๆ ที่สำคัญ เช่น อุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ เป็นต้น ผู้ผลิตทางเอเชียได้มีการพัฒนาความสามารถทางการแข่งขันในด้านต้นทุนและคุณภาพจึงทำให้กลายเป็นผู้นำและครอบครองตลาดโลกได้ ซึ่งเป็นผลจากการมุ่งดำเนินกิจกรรมปรับปรุงอย่างต่อเนื่องหรือไคเซ็น (Kaizen) ที่มีการพัฒนามากว่า 50 ปี โดยผู้นำอุตสาหกรรมผลิตรถยนต์ อย่างโตโยต้าและได้ถูกใช้เป็นเสมือนกลยุทธ์ทางธุรกิจ (Business Strategy) ที่มุ่งรักษาความสามารถทางการแข่งขันอย่างยั่งยืนด้วยการขจัดความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นจากการดำเนินงาน โดยไม่จำเป็นต้องเน้นการลงทุนทางสินทรัพย์หรือเครื่องจักรใหม่

โดยทั่วไปกิจกรรมไคเซ็นจะมี 2 มุมมอง นั่นคือ การให้ความสนใจต่อการดำเนินงานหรือการผลิตแบบเซลล์และการไหลของระบบงานที่มุ่งปรับปรุงทั่วทั้งองค์กร จากนิยามของคำว่า "ไคเซ็น" คือการมุ่งปรับปรุงแบบค่อยเป็นค่อยไปอย่างต่อเนื่อง สำหรับในสหรัฐอเมริกาได้มีคำพ้องที่มีความหมายเดียวกับไคเซ็น นั่นคือ เหตุการณ์ไคเซ็น (Kaizen Event) หรือ "Kaizen Blitz" ซึ่งมุ่งโครงการปรับปรุงกระบวนการระยะสั้น โดยทั่วไป Kaizen Blitz จะมุ่งเป้าหมายสำหรับการปรับปรุงที่การดำเนินการจัดทำเซลล์การทำงาน (Work cell Implementation) การลดเวลาการตั้งเครื่อง (Setup Reduction) และกิจกรรม 5ส.ซึ่งกิจกรรมเหล่านี้อาจใช้คำภาษาญี่ปุ่นว่า "Kaikaku" โดยมีลักษณะสำคัญ ดังนี้

1) มุ่งดำเนินการในช่วงระยะเวลาอันสั้น (Short-term) โดยทั่วไป เหตุการณ์ไคเซ็นจะใช้ช่วงระยะเวลาตั้งแต่เริ่มต้นจนสิ้นสุดประมาณ 3-10 วัน ดังตัวอย่างของกำหนดการดังนี้ วันที่ 1 ฝึกอบรมเกี่ยวกับเครื่องมือลีนและแนวคิดไคเซ็นให้กับทีมงาน เช่น แผนภูมิคุณค่า (Value Stream Mapping) การลดเวลาตั้งเครื่องจักร การจัดเซลล์การผลิต กิจกรรม 5ส. วันที่ 2-4ดำเนินการจัดทำข้อมูลในรูปเอกสารที่เกี่ยวกับสภาพปัจจุบันของกระบวนการ หรือพื้นที่เป้าหมายโดยมีการระดมสมองเพื่อเสนอแนวทางการปรับปรุง รวมทั้งสภาพหลังการปรับปรุง (Future State)และจัดทำเอกสารมาตรฐานหลังการเปลี่ยนแปลง (Standardize) และในวันที่ 5 จัดเตรียมเอกสารรายงานผลลัพธ์จากการศึกษาเพื่อนำเสนอต่อผู้บริหาร ในช่วงนี้จะใช้เครื่องมือต่าง ๆ เช่น แผนภูมิวิเคราะห์การไหล, การหาเวลาแทกค์ (Takt Time)เป็นต้น เพื่อใช้วิเคราะห์กระบวนการ (Process Analysis) โดยมุ่งศึกษาสภาพของกระบวนการปัจจุบันเพื่อจำแนกปัญหาและผลกระทบที่เกิดขึ้น

2) มุ่งการทำงานเป็นทีม (Team-oriented) โดยมีการร่วมมือและประสานงานระหว่างทีมงานข้ามสายงาน (Cross-functional Team) ประกอบด้วยผู้เกี่ยวข้องจากฝ่ายงานต่าง ๆ ตลอดจนทีมงานปรับปรุงกระบวนการและหัวหน้างานที่เกี่ยวข้อง เพื่อร่วมศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการทำงานและการร่วมเสนอแนะแนวทางปรับปรุง

3) การมุ่งเน้น (Highly Focused) เมื่อได้มีการระบุจำแนกปัญหาจากผลลัพธ์ในช่วงศึกษากระบวนการแล้วทางทีมงานก็จะดำเนินการด้วยการ จัดทำเอกสาร การวิเคราะห์และปรับปรุงด้วยแนวทางแก้ปัญหา

4) มุ่งเน้นการปฏิบัติการ (Action-oriented) โดยให้ความสนใจต่อการเปลี่ยนแปลงกระบวนการที่ต้องดำเนินการปรับปรุงและดำเนินการทันทีเมื่อได้สรุปแนวทางแก้ไขปัญหาหรือได้รับอนุมัติให้ดำเนินการ ดังเช่น ปรับปรุงผังการวางเครื่องจักร (Equipment Layout)

และเมื่อดำเนินกิจกรรมปรับปรุงเสร็จสิ้นก็จะทำการติดตามผลลัพธ์ โดยมีการจัดทำเอกสารเพื่อเปรียบเทียบผลิตภาพระหว่างช่วงก่อนและหลังการปรับปรุง

5) สามารถตรวจสอบด้วยมาตรวัด (Verifiable Metrics) โดยทั่วไปการปรับปรุงกระบวนการจะต้องสามารถวัดผลและตรวจสอบผลลัพธ์ด้วยมาตรวัด (Metrics) เช่น การใช้พื้นที่ (Floor Space) ในกระบวนการ ระยะทางขนถ่ายที่ลดลง จำนวนงานค้างระหว่างผลิต (Work In Process) เวลาที่ใช้สำหรับการตั้งเครื่อง (นาที) อัตราของเสียที่เกิดขึ้น

6) การดำเนินซ้ำ (Repetitive) สำหรับการดำเนินกิจกรรมเหตุการณ์ไคเซ็นจะต้องมีความต่อเนื่องตามแนวทางการปรับปรุงและขอบเขตที่กำหนดไว้ เพื่อให้เกิดการพัฒนาอย่างยั่งยืนโดยได้รับความร่วมมือจากทีมงานและบุคลากรทุกคน

โครงการปรับปรุงขนาดใหญ่กับโครงการปรับปรุงขนาดย่อม คือ โครงการปรับปรุงขนาดใหญ่ โดยมุ่งการปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงทั่วทั้งองค์กรเพื่อเพิ่มผลิตภาพแบบก้าวกระโดด (Quantum Jumps in Productivity) รวมทั้งการยกระดับคุณภาพและประสิทธิผล แต่การดำเนินการจะมีความยุ่งยากมากในทางปฏิบัติเนื่องจากมีผลกระทบกับกระบวนการและบุคลากรส่วนใหญ่ขององค์กร รวมทั้งแรงต่อต้านต่อความเปลี่ยนแปลง ดังนั้นการดำเนินการจะต้องมีการวางแผนและกำหนดเป้าหมายอย่างรอบคอบเพื่อหลีกเลี่ยงความเสี่ยงตอ่ ความล้มเหลวของการดำเนินโครงการ

โครงการปรับปรุงขนาดย่อม เป็นการดำเนินกิจกรรมปรับปรุงในขอบเขตจำกัดเพื่อหลีกเลี่ยงผลกระทบหรือความเสี่ยงต่อความล้มเหลวของโครงการดังที่พบจากการดำเนินโครงการขนาดใหญ่โดยมีการมุ่งปรับปรุงเปลี่ยนแปลงในพื้นที่ หรือกระบวนการหลักซึ่งเป็นลักษณะของเหตุการณ์ไคเซ็น ที่มุ่งบรรลุผลการเปลี่ยนแปลงในระยะเวลาอันรวดเร็ว (Rapid Positive Change) หรือบางครั้งอาจเรียกว่า การไคเซ็นขนาดย่อม (Mini-kaizen) และเป็นแนวทางที่มีประสิทธิผลสำหรับองค์กรที่ยังไม่พร้อมต่อการการเปลี่ยนแปลงทั่วทั้งองค์กร สำหรับ เหตุการณ์ไคเซ็นs อาจถูกใช้เพื่อแก้ปัญหาพื้นฐานหรือปัญหาที่มีความซับซ้อน แต่ควรเลือกพื้นที่สำหรับการปรับปรุงที่ให้ผลลัพธ์จากความเปลี่ยนแปลงที่สามารถวัดผลได้ (Measurable Results) ในระยะเวลาอันสั้นและส่งผลทางบวกต่อเป้าหมายกลยุทธ์องค์กร (Strategic Goals) โดยมีขั้นตอนการวางแผนและดำเนินการ ดังนี้

<u>ขั้นแรก</u> คือ การกำหนดพันธกิจ โดยมีการระบุพันธกิจของการดำเนินโครงการไว้ในเอกสารอย่างชัดเจน (Clearly Document) ประกอบด้วยเพื่อ เป้าหมายหรือสิ่งที่คาดหวังของทีมงาน ขอบเขตของการดำเนินกิจกรรมปรับปรุง งบประมาณ และตารางเวลา (Time Table) การ

คัดเลือกทีมงานโดยทั่วไปทีมงานจะประกอบด้วยสมาชิกประมาณ 6-8 คนที่มีทักษะและความรู้ที่สามารถบรรลุตามพันธกิจ รวมทั้งผู้ปฏิบัติงานในพื้นที่เป้าหมาย (Target Area) ของการปรับปรุง เพื่อให้เกิดความร่วมมือระหว่างกันในการกำหนดแนวทางปรับปรุงเพื่อขจัดความสูญเปล่า โดยมีการกำหนดบทบาทความรับผิดชอบของทีมงานแต่ละคนไว้อย่างชัดเจน

ขั้นที่สอง คือ การสนับสนุนจากผู้บริหารอย่างต่อเนื่อง และการแต่งตั้งที่ปรึกษาให้กับทีมงาน(Team Advisor) เพื่อร่วมสนับสนุนให้การดำเนินโครงการประสบความสำเร็จ

ขั้นที่สาม คือ การเตรียมการล่วงหน้า โดยมีการจัดเก็บข้อมูลที่มีความสำคัญ (Meaningful Information) และเกี่ยวเนื่องกับกระบวนการที่ดำเนินในปัจจุบัน (Current Process) ไว้ล่วงหน้าเพื่อเป็นการประหยัดเวลาสำหรับดำเนินโครงการ

ขั้นที่สี่ คือ การกำหนดช่วงเวลาสำหรับดำเนินกิจกรรม โดยระบุช่วงเวลาที่สะดวกและเหมาะสมสำหรับให้ผู้เกี่ยวข้องมีส่วนร่วมดำเนินโครงการอย่างต่อเนื่อง หรืออาจใช้ช่วงเวลาหลังการเลิกงาน รวมทั้งให้การฝึกอบรมในด้านเทคนิคและแนวทางดำเนินโครงการอย่างมีประสิทธิผลเพื่อให้ทุกคนสามารถวิเคราะห์สภาพปัญหา (Current Condition) และสามารถเสนอแนวคิดสำหรับการปรับปรุง โดยมีการดำเนินตามแนวทางวงจรคุณภาพของเดมมิ่ง (PDCA)

ขั้นสุดท้าย คือ การติดตามวัดผล โดยมีการติดตามวัดผลจากปัจจัยหลักที่มีผลต่อการปรับปรุงสมรรถนะและเสนอต่อผู้เกี่ยวข้องในกระบวนการได้อย่างรวดเร็ว

บทบาทวงจรเดมมิ่ง (PDCA) กับกิจกรรมการปรับปรุง โดยทั่วไปกิจกรรมไคเซ็นจะดำเนินตามแนวทางวงจรคุณภาพของเดมมิ่ง (PDCA) ดังนี้ Plan ในช่วงของการวางแผนจะมีการศึกษาปัญหาพื้นที่หรือกระบวนการที่ต้องการปรับปรุงและจัดทำมาตรวัดสำคัญ (Key Metrics) สำหรับติดตามวัดผล เช่น รอบเวลา (Cycle Time) เวลาการหยุดเครื่อง (Downtime) เวลาการตั้งเครื่อง อัตราการเกิดของเสีย เป็นต้น โดยมีการดำเนินกิจกรรมกลุ่มย่อย (Small Group Activity) เพื่อระดมสมองแสดงความคิดเห็นร่วมกันพัฒนาแนวทางสำหรับแก้ปัญหาในเชิงลึก ดังนั้นผลลัพธ์ในช่วงของการวางแผนจะมีการเสนอวิธีการทำงาน หรือกระบวนการใหม่แทนแนวทางเดิมโดยสมาชิกของกลุ่ม, Do ในช่วงนี้จะมีการนำผลลัพธ์หรือแนวทางในช่วงของการวางแผนมาใช้ดำเนินการสำหรับเหตุการณ์ไคเซ็น ภายในช่วงเวลาอันสั้นโดยมีผลกระทบต่อเวลาทำงานน้อยที่สุด (Minimal Disruption) ซึ่งอาจใช้เวลาหลังเลิกงานหรือช่วงของวันหยุด, Check โดยใช้มาตรวัดที่

จัดทำขึ้นสำหรับติดตามวัดผลการดำเนินกิจกรรมตามวิธีการใหม่ (New Method) เพื่อเปรียบวัดประสิทธิผล

# บทที่ 4

# ผลการวิจัย

จากการสร้างแผนภูมิคุณค่าและการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ในบทที่ 3 สามารถนำมาสร้างเป็นแผนภูมิคุณค่าสถานะอนาคตและแบบจำลองสถานการณ์ โดยการประยุกต์ใช้แนวคิดแบบลีน (Lean Concept) ต่อในบทที่ 4 เพื่อทำการวิเคราะห์ ประเมินและปรับปรุงพัฒนาทางเลือกต่าง ๆ ในการนำระบบการผลิตแบบลีนมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตยางรถยนต์

## 4.1 ผลการประยุกต์ใช้ระบบการผลิตแบบลีนในกระบวนการผลิตยางรถยนต์

จากที่ได้กล่าวถึงในบทที่ 3 ว่าจะมีการนำเครื่องมือและเทคนิคของระบบการผลิตแบบลีน 3 ประเภทมาประยุกต์ใช้ในโรงงานกรณีศึกษา โดยเครื่องมือและเทคนิคทั้ง 3 ประเภทได้แก่ การไหลอย่างต่อเนื่องหรือการไหลทีละชิ้น (Continuous Flow หรือ Single Piece Flow) การบำรุงรักษาแบบทุกคนมีส่วนร่วม (Total Productive Maintenance) การลดเวลาการปรับเปลี่ยนเครื่องจักร (Set Up Time Reduction)

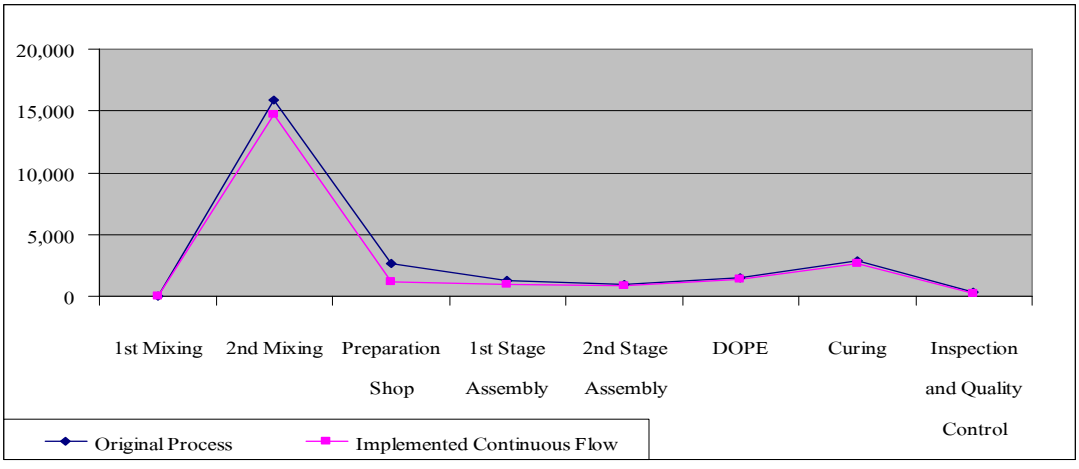
### 4.1.1 การไหลอย่างต่อเนื่องหรือการไหลทีละชิ้น (Continuous Flow หรือ Single Piece Flow)

ผลของการจำลองสถานการณ์โดยการนำการไหลอย่างต่อเนื่อง (Continuous Flow) มาประยุกต์ใช้ในระบบการผลิตโดยการลดขนาดของแบทช์ระหว่างกระบวนการผลิตชิ้นส่วนและโครงสร้างภายในตัวยาง (Preparation Shop) กับกระบวนการประกอบขั้นที่ 1 ($1^{st}$ Assembly: Confection) ลงจากจำนวน 10 หน่วยต่อหนึ่งแบทช์ เป็นการไหลทีละชิ้น (Single Piece Flow) พบว่าการไหลของงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยสินค้าคงคลังระหว่างกระบวนการลดลงจากเดิม 1,240 เส้นเหลือเพียง 952 เส้น หรือคิดเป็นอัตราลดลงร้อยละ 34.35 อีกทั้งยังส่งผลไปถึงสินค้าคงคลังระหว่างกระบวนการผสมยางขั้นที่ 2 กับกระบวนการผลิตชิ้นส่วนโครงสร้างภายในตัวยาง เนื่องจากงานที่เสร็จจากกระบวนการผลิตและประกอบชิ้นส่วนและโครงสร้างภายในตัวยางไม่จำเป็นต้องรอภาชนะขนถ่ายสินค้าแบบเดิมที่ต้องขนถ่ายทีละ 10 ชิ้นไปยังกระบวนการประกอบขั้นที่ 1 โดยสามารถทำการส่งผ่านชิ้นงานไปได้ทันที จากการนำการไหลทีละชิ้นมาประยุกต์ใช้ส่งผลให้เกิดการแก้ปัญหาในเรื่องของจุดคอขวดในกระบวนการประกอบยางขั้นที่ 1 ซึ่งการลดลง

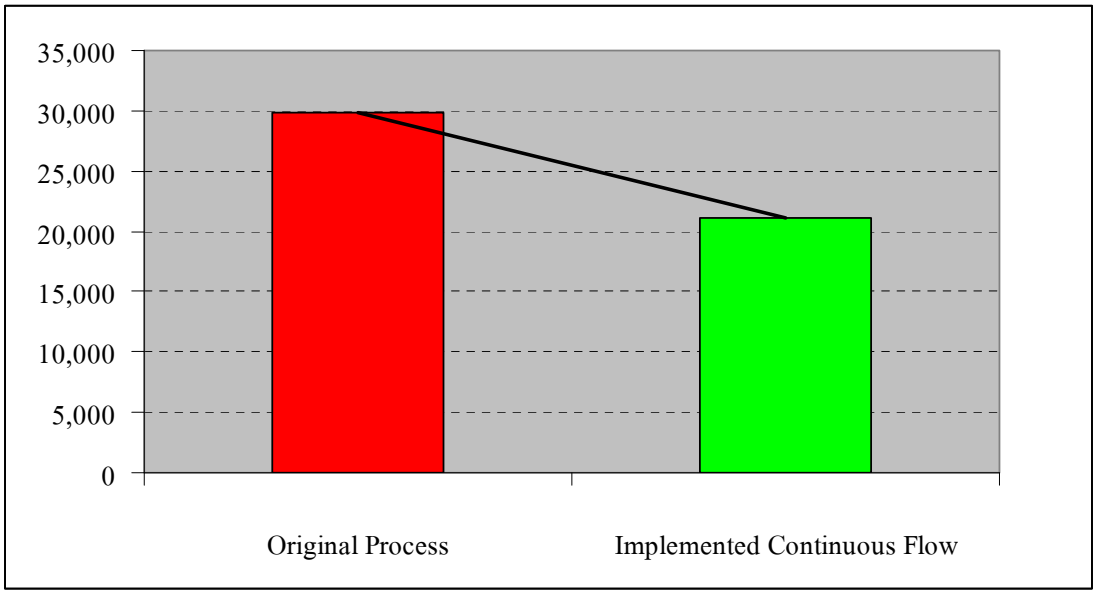
ของปริมาณสินค้าคงคลังนี้ส่งผลให้เวลานำในการผลิตลดลงไปจากเดิม 16.21 วันเหลือเพียง 14.08 วันหรือคิดเป็นคิดอัตราลดลงร้อยละ 13.08 ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ปริมาณสินค้าคงคลังระหว่างกระบวนการระหว่างการประยุกต์ใช้กับไม่ประยุกต์ใช้เทคนิคการสร้างการไหลอย่างต่อเนื่อง

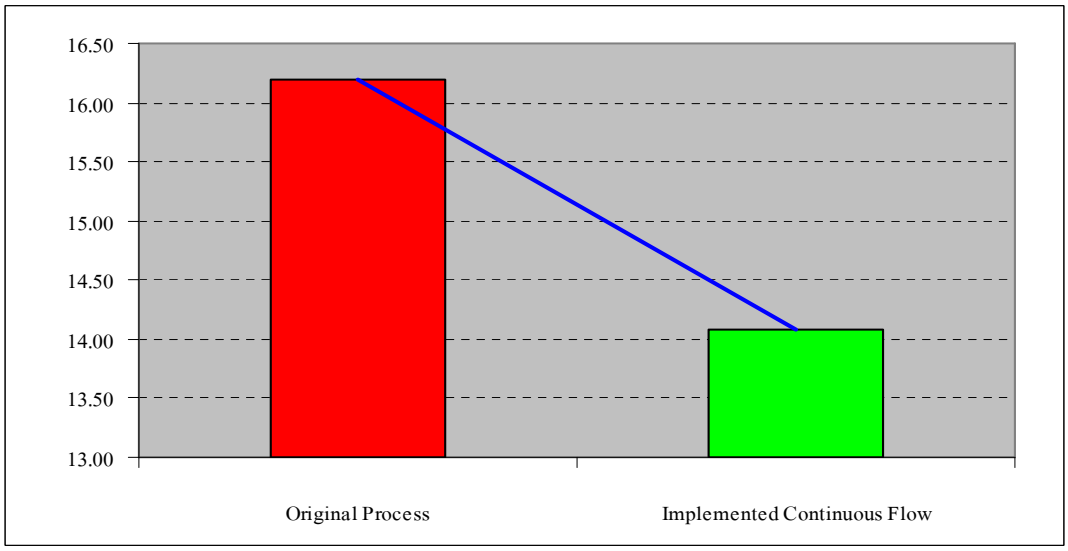
| **Process** | **Original Process** | **Simulation** | **Implemented Continuous Flow** |
|---|---|---|---|
| 1st Mixing | 0 | 0 | 0 |
| 2nd Mixing | 15,839 | 15,012 | 14,715 |
| Preparation Shop | 2,690 | 2,549 | 1,152 |
| 1st Stage Assembly | 1,240 | 1,175 | 952 |
| 2nd Stage Assembly | 953 | 903 | 885 |
| DOPE | 1,429 | 1,354 | 1,328 |
| Curing | 2,808 | 2,661 | 2,647 |
| Inspection and Quality Control | 273 | 259 | 254 |
| Total Work In Process | 25,232 | 23,914 | 21,932 |
| Lead Time | 16.20 | 15.35 | 14.08 |




ภาพที่ 4.1 การเปรียบเทียบปริมาณสินค้าคงคลังระหว่างกระบวนการระหว่างการประยุกต์ใช้กับไม่ประยุกต์ใช้เทคนิคการสร้างการไหลอย่างต่อเนื่อง




ภาพที่ 4.2 การเปรียบเทียบปริมาณสินค้าระหว่างกระบวนการในกระบวนการปัจจุบันกับการประยุกต์ใช้การไหลอย่างต่อเนื่อง




ภาพที่ 4.3 การเปรียบเทียบเวลานำ (Lead Time) ระหว่างกระบวนการปัจจุบันกับการประยุกต์ใช้การไหลอย่างต่อเนื่อง

**4.1.2 การบำรุงรักษาแบบทุกคนมีส่วนร่วม (Total Productive Maintenance) และการลดเวลาการปรับเปลี่ยนเครื่องจักร**

การลดเวลาการปรับเปลี่ยนเครื่องจักรและการซ่อมบำรุงรักษาแบบมีส่วนร่วมนั้น มีวัตถุประสงค์ร่วมกันคือ การเพิ่มขึ้นของความน่าเชื่อถือของเครื่องจักร โดยการลดเวลาในการหยุด

เดินเครื่องจักรเพื่อซ่อมบำรุงรักษาและ/หรือการปรับเปลี่ยนเครื่องจักรลงให้เหลือน้อยที่สุด หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือ การให้เครื่องจักรสามารถดำเนินการได้โดยไม่มีการขัดจังหวะในการผลิต โดยการหยุดเครื่องจักร

การประยุกต์ใช้การบำรุงรักษาแบบทุกคนมีส่วนร่วมนั้น สามารถช่วยลดความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับเครื่องจักรได้อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งส่งผลต่อการลดสินค้าคงคลังระหว่างกระบวนการและระยะเวลาการผลิตรวมด้วย เนื่องจากประการแรก การที่ได้ซ่อมบำรุงรักษาตามขั้นตอนอย่างดีหรือไม่นั้น จะส่งผลโดยตรงต่ออายุการใช้งานของเครื่องจักร เพราะพนักงานซึ่งเป็นผู้ที่ทราบดีที่สุดว่าอุปกรณ์ต่าง ๆ มีข้อบกพร่องหรือไม่ มีสภาพเป็นอย่างไร ทำให้สามารถรายงานถึงข้อบกพร่องหรือปัญหาที่เกิดขึ้นได้ทันท่วงที ดังนั้นการบำรุงรักษาที่ทุกคนมีส่วนร่วมจะช่วยในการลดความเสี่ยงต่อการเกิดการชำรุดได้ นอกจากนี้ยังช่วยลดความจำเป็นที่จะต้องมีพนักงานบำรุงรักษาอีกด้วย เนื่องจากพนักงานประจำเครื่องจักรนั้น ๆ สามารถดูแลรักษาและสังเกตข้อบกพร่องของเครื่องจักรที่ตนเองรับผิดชอบได้เอง

ในกรณีของโรงงานกรณีศึกษาแห่งนี้ จะเน้นไปที่การลดระยะเวลาในการซ่อมบำรุงเครื่องจักรที่ใช้ในการผสมยางขั้นที่ 1 และขั้นที่ 2 ซึ่งแต่เดิมใช้ระยะเวลาในการซ่อมบำรุงตามแผนการบำรุงรักษาทั้งสิ้น 480 นาทีต่อสัปดาห์ ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็นการทำความสะอาดบริเวณโดยรอบ 120 นาที หมายความว่าระยะเวลาที่ใช้ในการซ่อมบำรุงรักษาโดยการหยุดเดินเครื่องจักรนั้น ใช้เวลาเพียงแค่ 360 นาทีต่อสัปดาห์ อีกกระบวนการหนึ่งที่สามารถลดระยะเวลาในการซ่อมบำรุงรักษาได้คือ กระบวนการพ่นน้ำยาโดป ในการพ่นน้ำยาโดปนั้น จะใช้หัวฉีดพ่นในการพ่นน้ำยาไปที่ตัวยางเพื่อป้องกันมิให้ยางติดกับแบลดเดอร์ในขณะที่ทำการอบยาง ซึ่งปัญหาที่พบบ่อย ๆ ในกระบวนการพ่นน้ำยาโดปคือ หัวฉีดพ่นอุดตัน ดังนั้นจึงต้องมีการเปลี่ยนหัวฉีดพ่นค่อนข้างบ่อยในทุก ๆ สัปดาห์โดยช่างเทคนิค ซึ่งสามารถเปลี่ยนเป็นการบำรุงรักษาแบบทุกคนมีส่วนร่วมได้โดยพนักงานประจำเครื่องนั้น ๆ ซึ่งการเปลี่ยนหัวฉีดพ่นนั้นกระทำได้โดยง่ายใช้เวลาเพียงแค่ 10 นาที โดยประมาณในการเปลี่ยนหัวฉีดซึ่งไม่มีความจำเป็นต้องอาศัยช่างเทคนิค และไม่จำเป็นต้องหยุดการดำเนินการ ณ กระบวนการนี้ยางนานถึง 120 นาทีเพื่อการเปลี่ยนหัวฉีดพ่น

ตารางที่ 4.2 การเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการซ่อมบำรุงเครื่องจักรก่อนและหลังการประยุกต์ใช้การบำรุงรักษาที่ทุกคนมีส่วนร่วม

| Process | Current Process | | TPM | |
|---|---|---|---|---|
| | Uptime (Hrs.) | Downtime (Hrs) | Uptime (Hrs.) | Downtime (Hrs) |
| Mixing Machine (1st Stage) | 704 | 16 | 708.00 | 12 |
| Mixing Machine (2nd Stage) | 704 | 16 | 708 | 12 |

จากที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 3 เกี่ยวกับการลดเวลาการปรับเปลี่ยนเครื่องจักรนั้นพบว่าเครื่องจักรที่ใช้ในการอบยาง (Press) นั้น ใช้ระยะเวลายาวนานที่สุดในการปรับเปลี่ยนเครื่องจักร ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.3 เวลาในการปรับเปลี่ยนเครื่องจักร

| Process | Set Up Time (Min) | Number of Times |
|---|---|---|
| Preparation Shop | 180 | Twice a month |
| 1st Stage Assembly | 240 | Twice a month |
| 2nd Stage Assembly | 240 | Twice a month |
| Curing | 420 | Once a week |

จากการศึกษาข้อมูลจากผู้ชำนาญการพบว่าเครื่องอบยางถูกกำหนดว่าควรใช้ระยะเวลาในการปรับเปลี่ยนเครื่องจักรประมาณ 7 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ แต่ในความเป็นจริงนั้นสามารถจำแนกการปรับตั้งเครื่องจักรออกเป็นการปรับตั้งเครื่องจักรภายนอกและการปรับตั้งภายในเครื่องจักรได้ ซึ่งการปรับตั้งภายนอกได้แก่ “การประกอบแม่พิมพ์ (Mould)” ซึ่งสามารถดำเนินการได้ภายนอกเครื่องอบ ในขณะที่เครื่องยังคงดำเนินการผลิตต่อไปได้ โดยปกติใช้ระยะเวลาในการประกอบแม่พิมพ์ประมาณ 1.40 นาที ในการประกอบแม่พิมพ์ต้องประกอบอย่างระมัดระวังเพื่อป้องกันไม่ให้ใส่แม่พิมพ์ผิดด้านซึ่งจะส่งผลต่อลายดอกยาง จากนั้นจะเป็นการประกอบแม่พิมพ์ลงในเครื่องอบ (Press) โดยใช้ระยะเวลาประมาณ 50 นาที โดยต้องรอให้อุณหภูมิของแม่พิมพ์เย็นตัวลงก่อนโดยใช้เวลารอคอยประมาณ 2 ชั่วโมง จากนั้นจึงใช้เครนยกทำการยกแม่พิมพ์ลงไปประกอบใน

เครื่องอบยางต่อไปโดยใช้ระยะเวลาในการประกอบแม่พิมพ์ลงในเครื่องอบ 50 นาทีโดยประมาณ จากนั้นทำการเปลี่ยนแบลดเดอร์และการตั้งเครื่องและเช็คจุดศูนย์กลางอีก 30 นาที ดังนั้นการปรับตั้งเครื่องจักรในการอบยางจึงสามารถลดเวลาลงจากเดิม 7 ชั่วโมงหรือ 420 นาที เหลือเพียง 3.55 ชั่วโมงหรือ 235 นาทีเท่านั้นหรือคิดเป็นอัตราลดลงร้อยละ 55.95

ตารางที่ 4.4 ขั้นตอนและเวลาที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องอบยาง (Press)

| ขั้นตอน | เวลา (นาที) |
|---|---|
| การรอให้เครื่องอบยางเย็นตัวลง | 120 |
| การทำความสะอาดเครื่องอบยาง | 15 |
| การประกอบแม่พิมพ์ | 100 |
| การประกอบแม่พิมพ์ลงในเครื่องอบ | 50 |
| การตั้งเครื่องและเช็คจุดศูนย์กลาง | 30 |
| การเปลี่ยนแบลดเดอร์ | 20 |

ในการนำการบำรุงรักษาที่ทุกคนมีส่วนร่วม (TPM) และ การลดเวลาปรับตั้งเครื่องจักร (Set Up Time Reduction) มาประยุกต์ใช้ จากการคำนวณของวิศวกรการผลิตร่วมกับการประชุมรวบรวมความคิดของบุคคลที่เกี่ยวข้องในกระบวนการผลิต ตลอดจนการเปรียบเทียบความสามารถในการผลิตกับบริษัทคู่แข่งพบว่าการนำการบำรุงรักษาที่ทุกคนมีส่วนร่วมมาประยุกต์ใช้ร่วมกับการจำลองสถานการณ์จะทำให้เครื่องจักรมีอัตราความน่าเชื่อถือเพิ่มขึ้นจากเดิม โดยเครื่องจักรที่มีอัตราความน่าเชื่อถือต่ำกว่าร้อยละ 90 ทางโรงงานกรณีศึกษาจะทำการกำหนดค่ามาตรฐานโดยกำหนดให้อัตราความน่าเชื่อถือของเครื่องจักรนั้นปรับเพิ่มเป็นร้อยละ 90 ได้โดยการประยุกต์ใช้เครื่องมือในการผลิตแบบลีน 2 ประการนี้

ตารางที่ 4.5 การเปรียบเทียบการเพิ่มอัตราความน่าเชื่อถือของเครื่องจักร

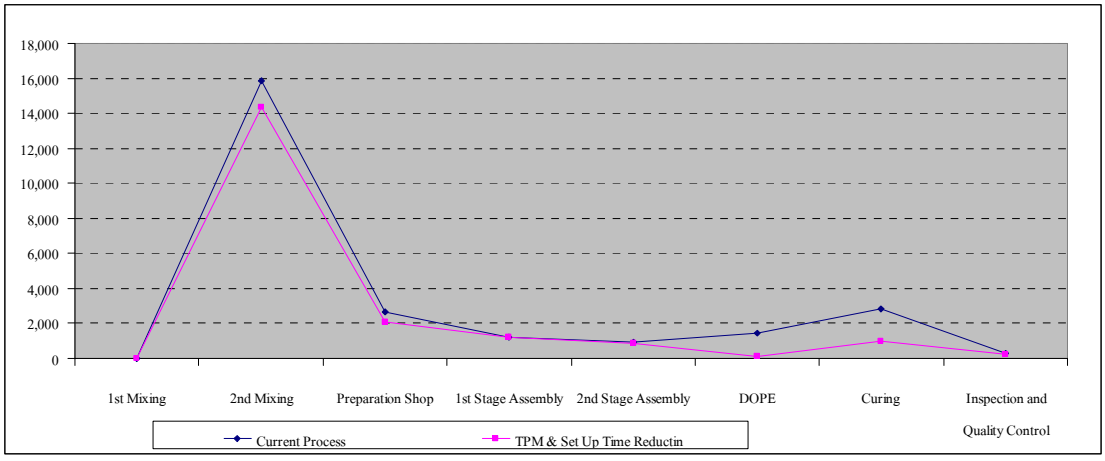
| Process | Machine Reliability % | Expected Machine Reliability |
|---|---|---|
| 1st Mixing | 95 | 95 |
| 2nd Mixing | 93 | 93 |

| Process | Machine Reliability % | Expected Machine Reliability |
|---|---|---|
| Preparation Shop | 80 | 90 |
| 1st Stage Assembly | 88 | 90 |
| 2nd Stage Assembly | 93 | 93 |
| DOPE | 98.67 | 98.67 |
| Curing | 81 | 90 |
| Inspection and Quality Control | 100 | 100 |

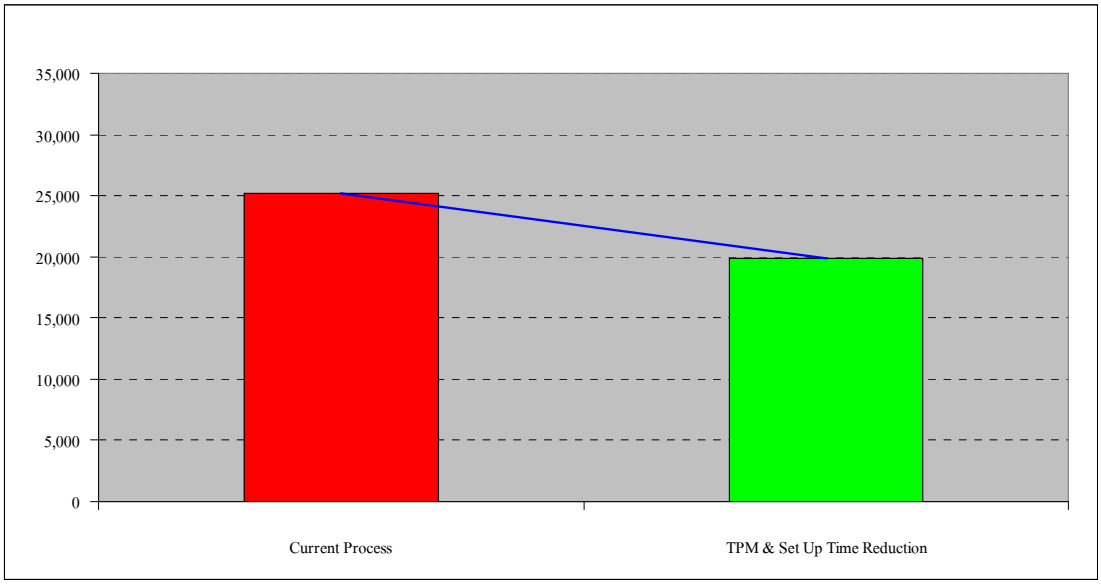
จากตารางที่ 4.5 พบว่าเครื่องจักรที่มีการเพิ่มอัตราความน่าเชื่อถือของเครื่องจักรได้แก่ เครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนและโครงสร้างภายในตัวยาง กระบวนการประกอบขั้นที่ 1 และกระบวนการอบยาง โดยสามารถนำอัตราความน่าเชื่อถือของเครื่องจักรไปปรับเพิ่มในแบบจำลองสถานการณ์ โดยมีผลในการจำลองสถานการณ์คือ ปริมาณผลผลิตที่ได้จากการทดสอบในการจำลองสถานการณ์เป็นเวลา 173 วันและมีรอบการทำซ้ำทั้งสิ้น 30 รอบพบว่า มีปริมาณผลผลิตเพิ่มขึ้นจากเดิม 152,908 เส้นเป็น 182,418 เส้น คิดเป็นอัตราเพิ่มขึ้นร้อยละ 19.29 สำหรับปริมาณสินค้าคงคลังระหว่างกระบวนการหลังจากการประยุกต์ใช้การบำรุงรักษาที่ทุกคนมีส่วนร่วมกับการลดเวลาในการปรับเปลี่ยนเครื่องจักรแล้วพบว่าสามารถลดระยะเวลารวมในกระบวนการผลิตยางรถยนต์ขนาด 22.5 นิ้วลง จากเดิม 16.20 วันเหลือเพียง 12.73 วัน คิดเป็นอัตราลดลงร้อยละ 21.42 ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากการลดลงของสินค้าคงคลังระหว่างกระบวนการดังแสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 การเปรียบเทียบปริมาณสินค้าคงคลังระหว่างกระบวนการระหว่างระบบงานจริงกับการประยุกต์ใช้การบำรุงรักษาที่ทุกคนมีส่วนร่วมและการลดระยะเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักร

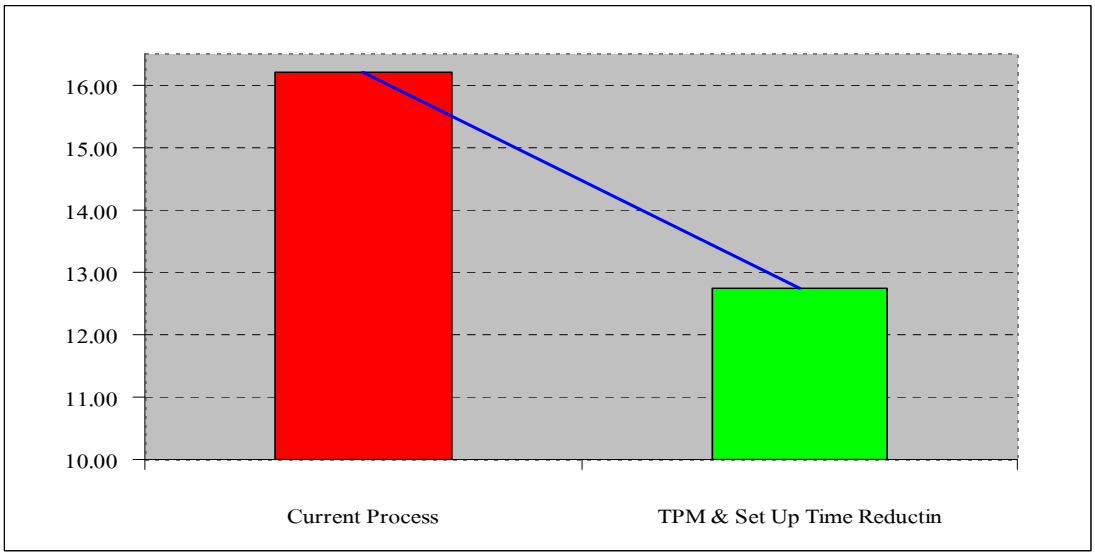
| Process | Current Process | Simulation | TPM & Set Up Time Reductin |
|---|---|---|---|
| 1st Mixing | 0 | 0 | 0 |
| 2nd Mixing | 15,839 | 15,012 | 14,349 |
| Preparation Shop | 2,690 | 2,549 | 2,096 |
| 1st Stage Assembly | 1,240 | 1,175 | 1,221 |
| 2nd Stage Assembly | 953 | 903 | 840 |
| DOPE | 1,429 | 1,354 | 106 |
| Curing | 2,808 | 2,661 | 980 |
| Inspection and Quality Control | 273 | 259 | 241 |
| Total Work In Process | 25,232 | 23,914 | 19,833 |
| Lead Time | 16.20 | 15.35 | 12.73 |




ภาพที่ 4.4 การเปรียบเทียบปริมาณสินค้าคงคลังระหว่างกระบวนการระหว่างกระบวนการปัจจุบันกับการประยุกต์ใช้การบำรุงรักษาที่ทุกคนมีส่วนร่วมร่วมกับการลดเวลาการปรับตั้งเครื่องจักร




ภาพที่ 4.5 การเปรียบเทียบปริมาณสินค้าคงคลังระหว่างกระบวนการระหว่างกระบวนการปัจจุบันกับการประยุกต์ใช้การบำรุงรักษาที่ทุกคนมีส่วนร่วมร่วมกับการลดเวลาการปรับตั้งเครื่องจักร




ภาพที่ 4.6 การเปรียบเทียบเวลานำ (Lead Time) ระหว่างกระบวนการปัจจุบันกับการประยุกต์ใช้การบำรุงรักษาที่ทุกคนมีส่วนร่วมร่วมกับการลดเวลาการปรับตั้งเครื่องจักร

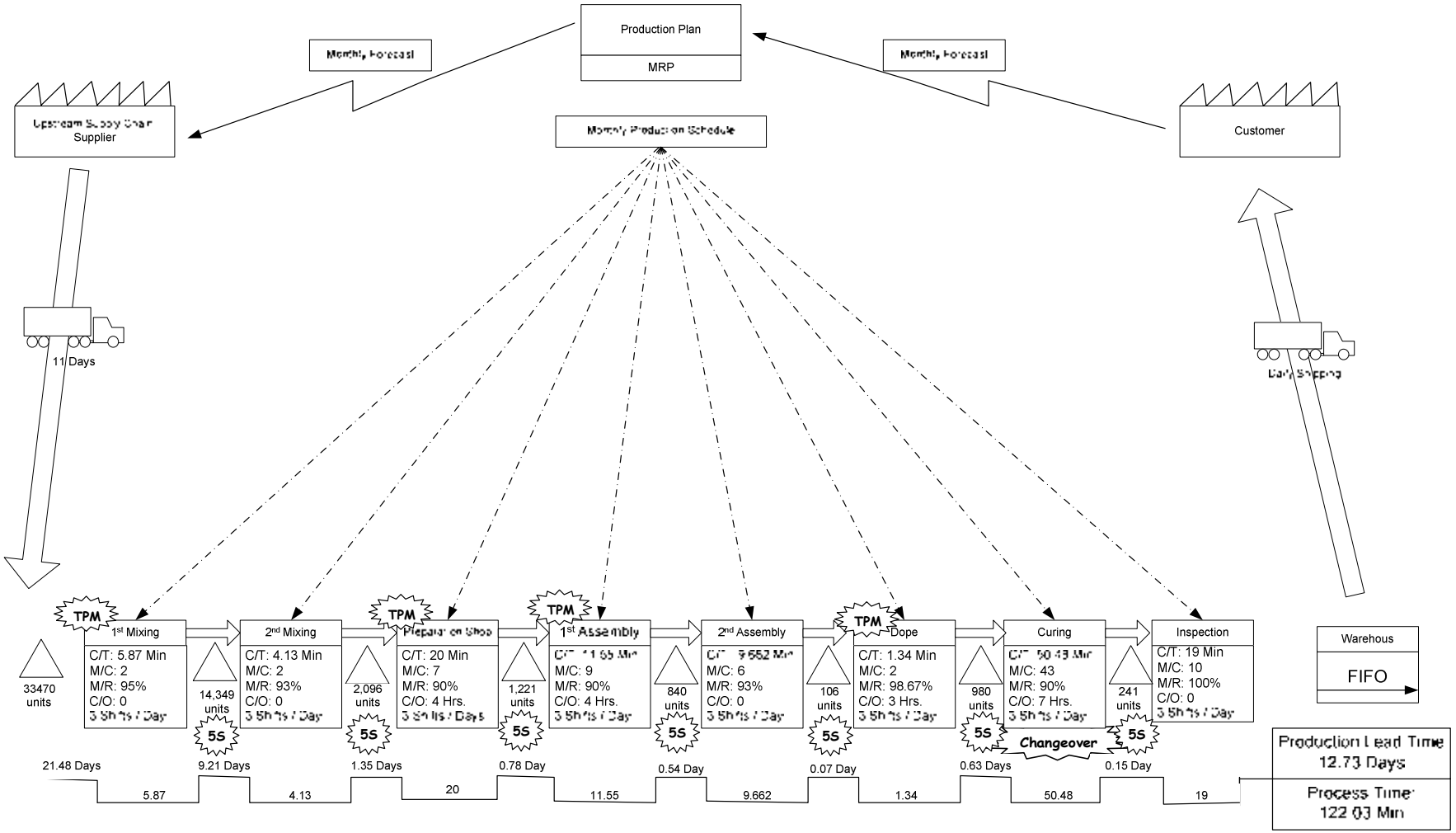
**4.2 การสร้างแผนภูมิคุณค่าสถานะอนาคต (Value Stream Mapping: Future State Map)**

จากการวิเคราะห์ถึงปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตยางรถยนต์ขนาด 22.5 นิ้ว โดยแผนภูมิคุณค่าสถานะปัจจุบันร่วมกับการจำลองสถานการณ์ สามารถนำมาสร้างเป็นแผนภูมิคุณค่าสถานะอนาคตโดยการนำระบบการผลิตแบบลีนมาประยุกต์ใช้ โดยเครื่องมือของระบบการผลิตแบบลีนที่นำมาประยุกต์ใช้มี 3 ในการวิจัยนี้มี 3 เครื่องมือ ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น พบว่าเครื่องมือการผลิตแบบลีนที่สามารถนำมาปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการในการผลิตยางรถยนต์ของโรงงานกรณีได้อย่างสัมฤทธิผล คือ การบำรุงรักษาที่ทุกคนมีส่วนร่วมและการลดเวลาการปรับเปลี่ยนเครื่องจักรที่สามารถลดระยะเวลาในการผลิตรวมลงเหลือเพียง 12.73 วัน โดยการทดสอบจากการจำลองสถานการณ์

| ผลลัพธ์ | ระบบงานจริง | การประยุกต์ใช้การไหลอย่างต่อเนื่อง | การประยุกต์ใช้ TPM และ Set Up Time Reduction |
|---|---|---|---|
| ปริมาณผลผลิต | 152,908 | 152,910 | 182,418 |
| Work in Process | 25,232 | 21,932 | 19,833 |
| เวลานำในการผลิต | 16.20 | 14.08 | 12.73 |

ตารางที่ 4.7 การเปรียบเทียบระหว่างระบบงานจริงกับผลการจำลองสถานการณ์สถานะอนาคต โดยการนำระบบการผลิตแบบลีนมาประยุกต์ใช้

ในการสร้างแผนภูมิคุณค่าสถานะอนาคต จะมีการนำเอาการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง เช่น 5ส (5S) มาใช้ในแต่ละกระบวนการเพื่อให้เกิดการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง โดยสามารถนำมาสร้างเป็นแผนภูมิคุณค่าสถานะปัจจุบันได้ดังภาพที่ 4.7




ภาพที่ 4.7 แผนภูมิคุณค่าสถานะอนาคต (Value Stream Mapping: Future State Map)

# บทที่ 5

# สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

## 5.1 สรุปผลการวิจัย

กระบวนการผลิตยางรถยนต์เป็นกระบวนการผลิตที่มีความสลับซับซ้อน เนื่องจากในยางรถยนต์แต่ละเส้นนั้นมีชิ้นส่วนเป็นจำนวนมาก มีกระบวนการผลิตหลายขั้นตอน ดังนั้นจึงต้องใช้การจำลองสถานการณ์เข้ามาช่วยในวิเคราะห์และประเมินผลความสามารถในการผลิต เพื่อนำมาปรับปรุงกระบวนการผลิต โดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากระบบการผลิตจริงที่ดำเนินอยู่และนำมาสร้างแบบจำลองสถานการณ์ตามมาตรฐานการผลิต

5.1.1. การสร้างแผนภูมิคุณค่าสถานะปัจจุบันจากระบบงานจริง ในปัจจุบันพบว่าโรงงานกรณีศึกษามีรอบระยะเวลาการยาวนานถึง 16.20 วัน อันเนื่องมาจากปริมาณสินค้าคงคลังระหว่างกระบวนการที่มีเป็นจำนวนมาก โดยมีเวลาที่ก่อให้เกิดมูลค่าเพียง 122.03 นาที

5.1.2. การสร้างแบบจำลองสถานการณ์ระบบงานปัจจุบันเปรียบเทียบกับระบบงานจริง ด้วยเวลาการปฏิบัติงานที่ 173 วัน มีการผลิตวันละ 24 ชั่วโมง โดยการนำผลผลิตที่ได้จากการจำลองสถานการณ์มาเปรียบเทียบกับระบบงานจริง พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ จึงสามารถนำแบบจำลองสถานการณ์มาใช้แทนระบบงานจริงได้

5.1.3. การนำระบบการผลิตแบบลีนมาประยุกต์ใช้ในกระบวนการผลิตยางรถยนต์ของโรงงานกรณีศึกษาพบว่า มีเครื่องมือ 3 ประเภทที่มีความเหมาะสมในการนำมาประยุกต์ใช้กับสภาพปัญหาปัจจุบันในโรงงานกรณีศึกษา ได้แก่ การสร้างการไหลอย่างต่อเนื่อง (Continuous Flow หรือ Single Piece Flow) การบำรุงรักษาแบบทุกคนมีส่วนร่วม (Total Productive Maintenance) และการลดเวลาการปรับเปลี่ยนเครื่องจักร (Set Up Time Reduction)

5.1.4. การทดสอบการประยุกต์ใช้เครื่องมือและเทคนิคของการผลิตแบบลีนในแบบจำลองสถานการณ์พบว่า การสร้างการไหลอย่างต่อเนื่องสามารถลดระยะเวลารวมในการผลิตลงได้จาก 16.20 วันเหลือเพียง 14.08 วันหรือร้อยละ 13.08 โดยมีปริมาณผลผลิตที่ได้ไม่แตกต่างจากระบบงานในปัจจุบัน ในขณะที่การบำรุงรักษาแบบที่ทุกคนมีส่วนร่วมและการลดเวลาการปรับเปลี่ยนเครื่องจักรนั้น สามารถลดระยะเวลาการผลิตรวมลงเหลือเพียง 12.73 วันหรือร้อยละ 21.42 และยังมีส่วนในการเพิ่มปริมาณผลผลิตได้ร้อยละ 19.29

5.1.5 จากผลการทดลองในแบบจำลองสถานการณ์ข้างต้น จึงนำผลลัพธ์และแนวทางที่ได้จากการจำลองสถานการณ์มาสร้างเป็นแผนภูมิคุณค่าสถานะอนาคตโดยการประยุกต์ใช้การบำรุงรักษาแบบที่ทุกคนมีส่วนร่วมและการลดเวลาการปรับเปลี่ยนเครื่องจักร

**5.2 อุปสรรคและข้อเสนอแนะในการดำเนินการวิจัย**

5.2.1. ข้อมูลทางด้านเวลาในการผลิตของทุกกระบวนการและเวลาการผลิตรวมของทุกชนิดผลิตภัณฑ์ควรมีการเก็บรวบรวมเพิ่มขึ้น เพื่อความน่าเชื่อถือที่เพิ่มขึ้นในแบบจำลองสถานการณ์ปัจจุบันในครั้งนี้

5.2.2. งานวิจัยนี้เสนอแนะวิธีการปรับปรุงด้วยเครื่องมือของระบบการผลิตแบบลีน 3 ประการเท่านั้น ในขั้นตอนต่อไปเป็นการปรับปรุงกระบวนการอย่างต่อเนื่อง (Continuous Improvement) โดยการใช้ขั้นตอนในงานวิจัยนี้เป็นตัวอย่างได้

5.2.3. การนำวิธีการในงานวิจัยนี้ไปปฏิบัติจริง ควรมีการจัดตั้งทีมงานเพื่อการปรับปรุงกระบวนการผลิตด้วยแนวคิดแบบลีนไว้โดยเฉพาะ และมีการฝึกอบรมทีมงานให้เข้าใจถึงแนวคิดแบบลีนก่อนดำเนินการปรับปรุงกระบวนการจริง

5.2.4 การปรับปรุงกระบวนการผลิตยางรถยนต์ต่อไปในอนาคต ควรมีการกำจัดความสูญเปล่า (Waste) และกิจกรรมที่ไม่เกิดคุณค่า (Non Value Added) ด้วยการศึกษาวิธีการและเวลาทำงานในแต่ละกระบวนการ เพื่อสร้างมาตรฐานการทำงาน (Standard Operation Procedure: SOP) และเวลามาตรฐาน (Standard Time) และเพื่อใช้ในการวิเคราะห์และปรับปรุงกระบวนการผลิตอย่างต่อเนื่องต่อไปในอนาคต

5.2.5. การที่จะคงไว้ซึ่งระบบการผลิตแบบลีนนี้ ผู้บริหารจำเป็นต้องเน้นที่บุคลากรและการพัฒนาอย่างยั่งยืนเป็นหลัก โดยการให้อำนาจรับผิดชอบ ให้ความอิสระในแนวคิดเพื่อการปรับปรุงพัฒนา ให้การฝึกอบรมแก่พนักงานที่เกี่ยวข้อง เน้นระบบเสนอแนะข้อคิดเห็นและจัดตั้งทีมงานเพื่อปรับปรุงคุณภาพอย่างต่อเนื่อง สิ่งที่ขาดไม่ได้ คือ การสนับสนุนและความมุ่งมั่นของผู้บริหารสูงสุดและกำลังใจที่ให้แก่พนักงานทุกคนในแง่การฝึกอบรม

5.2.6.การศึกษางานวิจัยเพิ่มเติมในอนาคต ควรมีการศึกษาในด้านการปรับปรุงคุณภาพในกระบวนการผลิตยางรถยนต์เพื่อไม่ให้เกิดของเสียจากกระบวนการผลิต

# รายการอ้างอิง

**ภาษาไทย**


เกียรติขจร โฆมานะสิน. การประยุกต์ใช้ระบบควบคุมการผลิตแบบผสมระหว่างการควบคุมแบบผลักและดึง: กรณีศึกษาโรงงานการผลิตเครื่องยนต์ดีเซล. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543.

เฉลิมพล ลีลาผาติกุล. การวิเคราะห์และควบคุมปัจจัยที่มีผลกระทบทางคุณภาพสำหรับอุตสาหกรรมผลิตยางรถยนต์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2540.

ชัยสิทธ์ วุฒิพงศ์วรกิจ. การปรับปรุงประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องผสมคอมปาวด์ในโรงงานผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ที่ทำด้วยยาง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547.

ทีปพิพัฒน์ สุระพีพงษ์. การประยุกต์การจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์และผังงานสายธารแห่งคุณค่าสำหรับโรงงานผลิตกาแฟแบบคั่วบด. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมการเกษตร ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2550.

นราศรี ถาวรกุล. การประยุกต์ใช้เทคนิคการวาดแผนภาพสายธารคุณค่ากับแบบจำลอง SCOR สำหรับปรับปรุงประสิทธิภาพของสายการผลิตในอุตสาหกรรม. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2545.

นิพนธ์ บัวแก้ว. รู้จักระบบการผลิตแบบลีน. กรุงเทพมหานคร : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2549.

ปรเมษฐ์ เรืองรัติ. แบบจำลองสถานการณ์เพื่อวิเคราะห์คุณค่าที่ได้จากการวางแผนร่วมกัน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการด้านโลจิสติกส์ สหสาขาวิชา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2548.

พฤทธิพงศ์ โพธิวราพรรณ. การประยุกต์ใช้การผลิตแบบลีนในอุตสาหกรรมแบบผสม (แบบต่อเนื่อง-แบบช่วง) กรณีศึกษาโรงงานผลิตเหล็กรูปพรรณ. วิทยานิพนธ์ปริญญา

มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2548.

ยุพา กลอนกลาง. การผลิตแบบลีนในระดับกลยุทธ์และการจำลองสถานการณ์ กรณีศึกษา บริษัท บางกอกอีเกิลวิง จำกัด. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2548.

รุ่งรัตน์ ภิสัชเพ็ญ. คู่มือการสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรม Arena. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2551.

รังสรรค์ กระจาย. การปรับปรุงกระบวนการโดยใช้แบบจำลองสถานการณ์โรงงานผลิตแผงวงจรไฟฟ้า. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544.

วิลาสินี รอดนิ่ม. การศึกษาเปรียบเทียบระหว่างระบบควบคุมการผลิตแบบผลักและดึงและกำหนดขนาดคัมบังในกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์โดยใช้วิธีการจำลองสถานการณ์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2548.

อาทิตย์ เพชรพนาภรณ์. การปรับปรุงดัชนีชี้วัดสมรรถนะหลักโดยใช้วิธีการประเมินแบบดุลยภาพ: กรณีศึกษาโรงงานผลิตยางรถยนต์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2548.

**ภาษาอังกฤษ**

Abdullah, F. Lean manufacturing tools and techniques in the process industry with a focus on steel. Ph. D. Dissertation School of Engineering Faculty of engineering University of Pittsburgh, 2003.

Abdulmalek, A. F., Rajgopal, J. Analyzing the benefits lean manufacturing and value stream mapping via simulation A process sector case study. International Journal Production Economics 107 (2007) : 223-236.

Alukul, G. Crate a lean, Mean Machine. Quality Progress Vol 36 No. 4 (2003) : 29-35.

Kelton, D. W., Sadowski, R. P. and Sadowski, D. A.. Simulation with Arena. 2nd ed. New York : McGraw - Hill, 2002.

Womack, J., Jones, D. and Roos, D. The machine that changed the world. London : Maxwell Macmillan International, 1990.

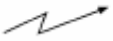
# ภาคผนวก

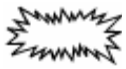
# ภาคผนวก ก

ตารางที่ ก -1 สัญลักษณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในแผนภูมิคุณค่า

| สัญลักษณ์ | ชื่อเรียก | ความหมาย |
|---|---|---|
| | Factory<br>Customer | - ใช้แสดงแทนผู้จัดส่งวัตถุดิบ โดยเขียนอยู่บนมุมด้านซ้ายบนของผังงาน ผู้จัดส่งวัตถุดิบจะเป็นจุดเริ่มต้นของการไหลของวัสดุ<br>- ใช้แสดงแทนลูกค้า โดยเขียนอยู่มุมบนด้านขวาของผังงาน และลูกค้าจะเป็นจุดสิ้นสุดการไหลของวัสดุ |
| | Manufacturing<br>Process | - ใช้แสดงถึงขั้นตอนหรือกระบวนการผลิตใด ๆ ในสายการผลิต ที่เกิดการไหลของวัสดุ<br>- ใช้สัญลักษณ์นี้ 1 ภาพแทน 1 ขั้นตอนในการผลิต |
| | Data Box | - จะอยู่ใต้สัญลักษณ์อื่นและใช้เพื่อบันทึกข้อมูลต่าง ๆ ของสัญลักษณ์ที่อยู่ด้านบน<br>- ถ้าอยู่ใต้สัญลักษณ์ Factory จะบันทึกข้อมูลด้านความถี่ในการจัดส่งและปริมาณความต้องการวัตถุดิบต่อช่วงเวลา เป็นต้น<br>- ถ้าอยู่ใต้สัญลักษณ์ Manufacturing Process จะบันทึกข้อมูลต่าง ๆ เช่น<br>1. รอบเวลาการผลิต (Cycle Time: CT)<br>2. เวลาในการเปลี่ยนรุ่นการผลิต (Changeover Time: C/O)<br>3. เวลาในการปฏิบัติงานทั้งหมด (Total Available Time)<br>4. ร้อยละของเวลาที่ใช้ในการทำงานจริง (Uptime) |
| | Inventory | - ใช้แสดงจำนวนของวัสดุคงคลังที่สะสมไว้ในตำแหน่งต่าง ๆ ของสายการผลิต<br>- ใช้แสดงแทน สถานที่ที่ได้มีการจัดเก็บวัสดุคงคลังทั้งในรูปของวัตถุดิบ งานระหว่างการผลิตและผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป |
| | Shipment | - ใช้แสดงถึงการไหลของวัสดุในรูปวัตถุดิบที่รับจากผู้จัดส่งเข้ามาสู่แผนกรับวัตถุดิบ<br>- ใช้แสดงถึงการไหลของผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปจากแผนกขนส่งไปสู่ลูกค้า |

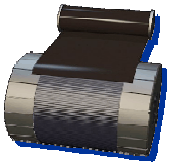
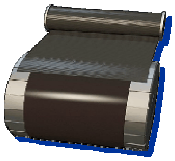
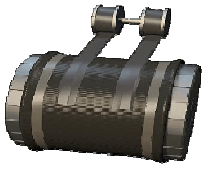
| สัญลักษณ์ | ชื่อเรียก | ความหมาย |
|---|---|---|
| | Truck | - ใช้แสดงถึงการเคลื่อนย้าย การขนส่งทั้งภายในและภายนอกบริษัท<br>- ใช้แสดงข้อมูลด้านความถี่ในการขนย้าย |
| | Push | - ใช้แสดงการไหลแบบผลักของงานระหว่างการผลิตจากขั้นตอนหนึ่งไปยังอีกขั้นตอนหนึ่ง |
| | Supermarket | - ใช้แสดงการเก็บวัสดุคงคลังแบบ Suppermarket ซึ่งการเก็บวัสดุคงคลังแบบนี้จะขึ้นอยู่กับการพยากรณ์ความต้องการของลูกค้า- ถ้าการไหลของวัสดุในสายการผลิตเป็นแบบต่อเนื่องหรือไหลทีละชิ้น ก็สามารถตัดการใช้สัญลักษณ์นี้ออกไปได้- ถ้าการไหลของวัสดุในสายการผลิตเป็นแบบ Batch จะใช้สัญลักษณ์นี้วางอยู่ระหว่างขั้นตอนการผลิต 2 ขั้นตอน เพื่อป้องกันกิจกรรมสูญเปล่าประเภทการผลิตที่มากเกินความจำเป็น- สามารถใช้เป็นข้อมูลย้อนกลับเพื่อให้เห็นความต้องการของลูกค้า |
| | Material Pull | - ใช้แสดงการไหลของงานระหว่างการผลิตที่ถูกควบคุมโดยระบบการผลิตแบบดึง (Pull System)<br>- นิยมใช้คู่กับสัญลักษณ์ Supermarket เพื่อแสดงถึงขั้นตอนการผลิตทำการจัดส่งงานระหว่างการผลิตเข้าสู่ Supermarket |
| | FIFO Lane | - ใช้เพื่อแสดงให้ผู้จัดส่งทำการผลิตและจัดส่งผลิตภัณฑ์มาทดแทนผลิตภัณฑ์ที่จัดเก็บใน FIFO ที่ได้ถูกใช้ไป<br>- ถ้าหากจำนวนที่จัดเก็บใน FIFO เต็ม ผู้จัดส่งจะหยุดทำการผลิต ซึ่งสามารถช่วยป้องกันไม่ให้ผู้จัดส่งทำการผลิตและจัดส่งเกิน<br>- ในสัญลักษณ์นี้ มีการระบุปริมาณวัสดุคงคลังที่สามารถจัดเก็บได้มากสุดกำกับไว้ด้วย |

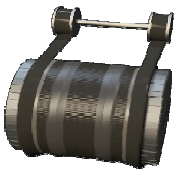
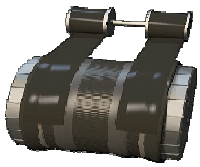
| สัญลักษณ์ | ชื่อเรียก | ความหมาย |
|---|---|---|
| | Manual Info | - ใช้แสดงการไหลของข้อมูลแบบเอกสารหรือรายงานทั่วไป และต้องมีการระบุความถี่ในการไหลของข้อมูล |
|  | Electronic Info | - ใช้แสดงการไหลของข้อมูลที่สื่อสารกันด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เช่น Internet, Electronic Data Interchange (EDI), Local Area Network (LAN) หรือ Wide Area Network (WAN) เป็นต้น<br>- จะมีการระบุความถี่ของการไหล ชนิดของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้งานและชนิดของข้อมูลที่ทำการแลกเปลี่ยนกำกับไว้ด้วย |
| | Production Kanban | - เป็นสัญลักษณ์ที่ใช้เพื่อบอกให้ขั้นตอนการผลิตก่อนหน้าทำการผลิตและจัดส่งงานระหว่างการผลิตไปยังขั้นตอนการผลิตถัดไป<br>- จะเป็นการ์ดหรือเครื่องมือบอกปริมาณที่ต้องผลิตและยังเป็นสัญลักษณ์ที่สั่งให้สามารถทำการผลิตได้ |
| | Withdrawal Kanban | - เป็นสัญลักษณ์ที่ใช้แทนการซื้อหรือการเบิกของจาก Supermarket ไปใช้- จะเป็นการ์ดหรือเครื่องมือต่าง ๆ ที่สามารถบอกให้พนักงานทำการเบิกของตามจำนวนที่ระบุไว้จาก Supermarket ได้ |
| | Signal Kanban | - ใช้เมื่อระดับคงคลังระหว่างการผลิตที่เก็บไว้ใน Supermarket ลดลงถึงระดับต่ำสุดที่กำหนดไว้<br>- เมื่อสัญลักษณ์นี้ส่งไปถึงขั้นตอนการผลิตใด จะเป็นการให้ขั้นตอนการผลิตนั้น มีการเปลี่ยนแปลงสภาวะเพื่อสามารถทำการผลิตตามปริมาณที่กำหนดไว้ในคัมบังได้ |
| | Sequenced Pull | - ใช้แสดงแทน ระบบควบคุมการผลิตแบบดึง โดยจะมีคำแนะนำให้แก่ขั้นตอนการผลิตถึงชนิดและปริมาณที่ต้องทำการผลิตต่อหนึ่งหน่วยโดยปราศจากการใช้ Supermarket |
| | Load Leveling | - เป็นเครื่องมือที่ใช้เหมือนเป็นคัมบังแบบ Batch โดยจะแสดงถึงระดับปริมาณการผลิตและช่วงเวลา |

| สัญลักษณ์ | ชื่อเรียก | ความหมาย |
|---|---|---|
|  | Kaizen Burst | - ใช้แสดงถึงสิ่งที่ต้องทำการปรับปรุงและพัฒนาอย่างต่อเนื่องด้วยวิธีการหรือแนวทางต่าง ๆ ตามที่ระบุไว้ เพื่อให้ได้มาซึ่งสถานะอนาคตของสายการผลิตที่ได้ทำการปรับปรุงแล้ว |
| | Safety Stock | - ใช้แสดงแทนการเก็บวัสดุคงคลังแบบเผื่อไว้ชั่วคราว เพื่อป้องกันปัญหาที่เกิดขึ้นกับสายการผลิต เช่น เกิดการเปลี่ยนแปลงระดับความต้องการของลูกค้าอย่างกะทันหัน หรือระบบการผลิตเกิดความขัดข้องเป็นต้น<br>- ต้องมีนโยบายที่ชัดเจนว่าเมื่อไรควรจะมี Safety Stock และถ้ามีควรมีอยู่ที่ระดับจำนวนเท่าใด |
| | Operator | - ใช้แสดงแทนผู้ปฏิบัติงานหรือพนักงาน โดยจะเขียนไว้ใน Manufacturing Process<br>- จะมีการระบุจำนวนผู้ปฏิบัติงานกำกับไว้สำหรับขั้นตอนการผลิตนั้น ๆ |

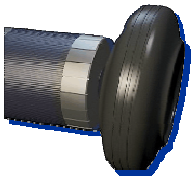
# ภาคผนวก ข

ตารางที่ ข- 1 ขั้นตอนการประกอบชิ้นส่วน (Confection)

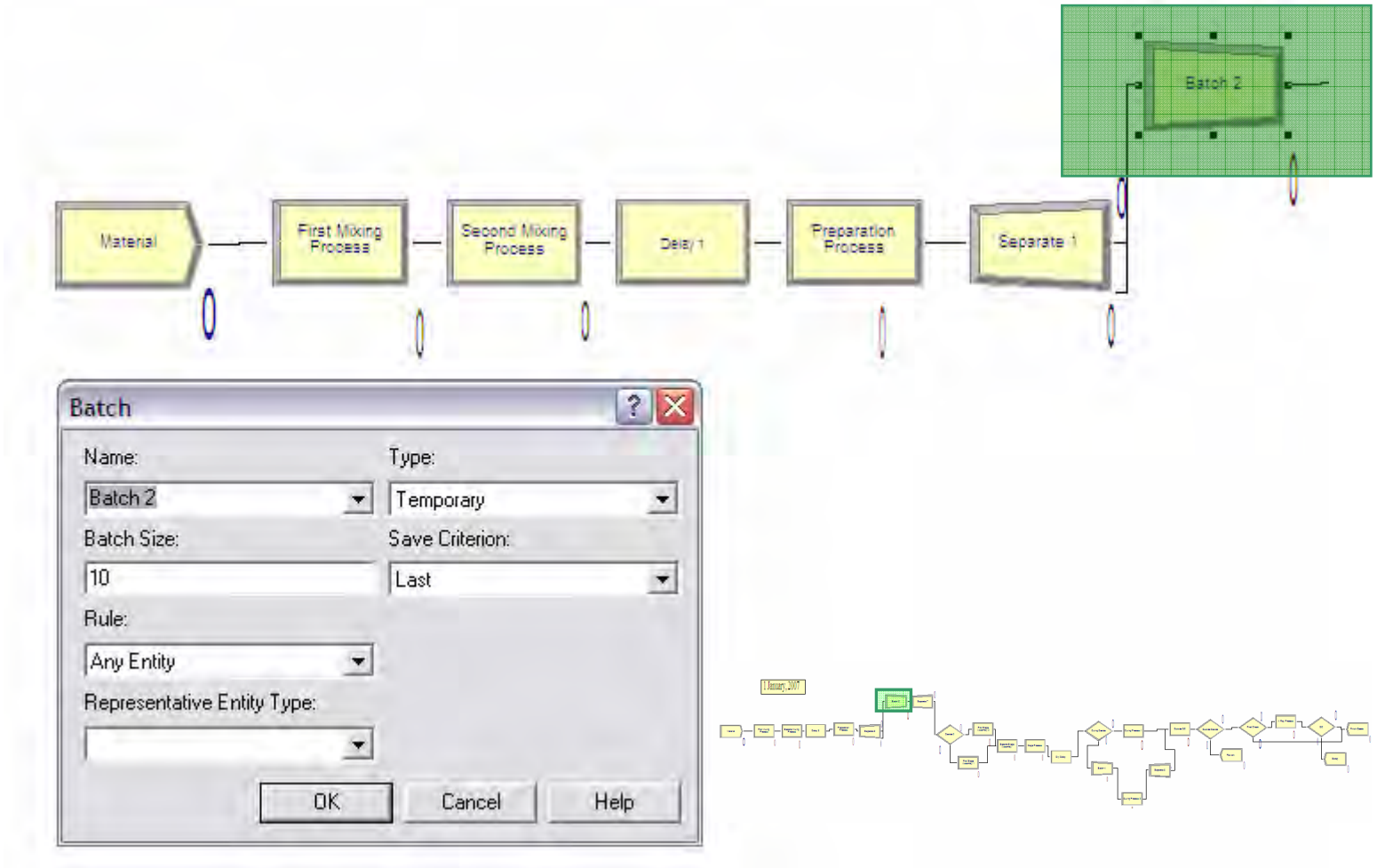
| | |
|---|---|
| 1. ปูชั้นยางแทนยางใน (Inner Liner) บนดรัม |  |
| 2. ปูชั้นโครงยาง (Casing Ply) |  |
| 3. วางชั้นเติมขอบยาง (Bead Filler) | |
| 4. ใส่เส้นลวดขอบยาง (Bead Wire) | |
| 5. พับชั้นเติมขอบยางขึ้นมาปิดเส้นลวดขอบยาง | |
| 6. วาง Foot Rubber |  |

| | |
|---|---|
| 7. วางชั้นยางป้องกันแก้มยาง |  |
| 8. ประกอบแก้มยาง (Side Wall) |  |

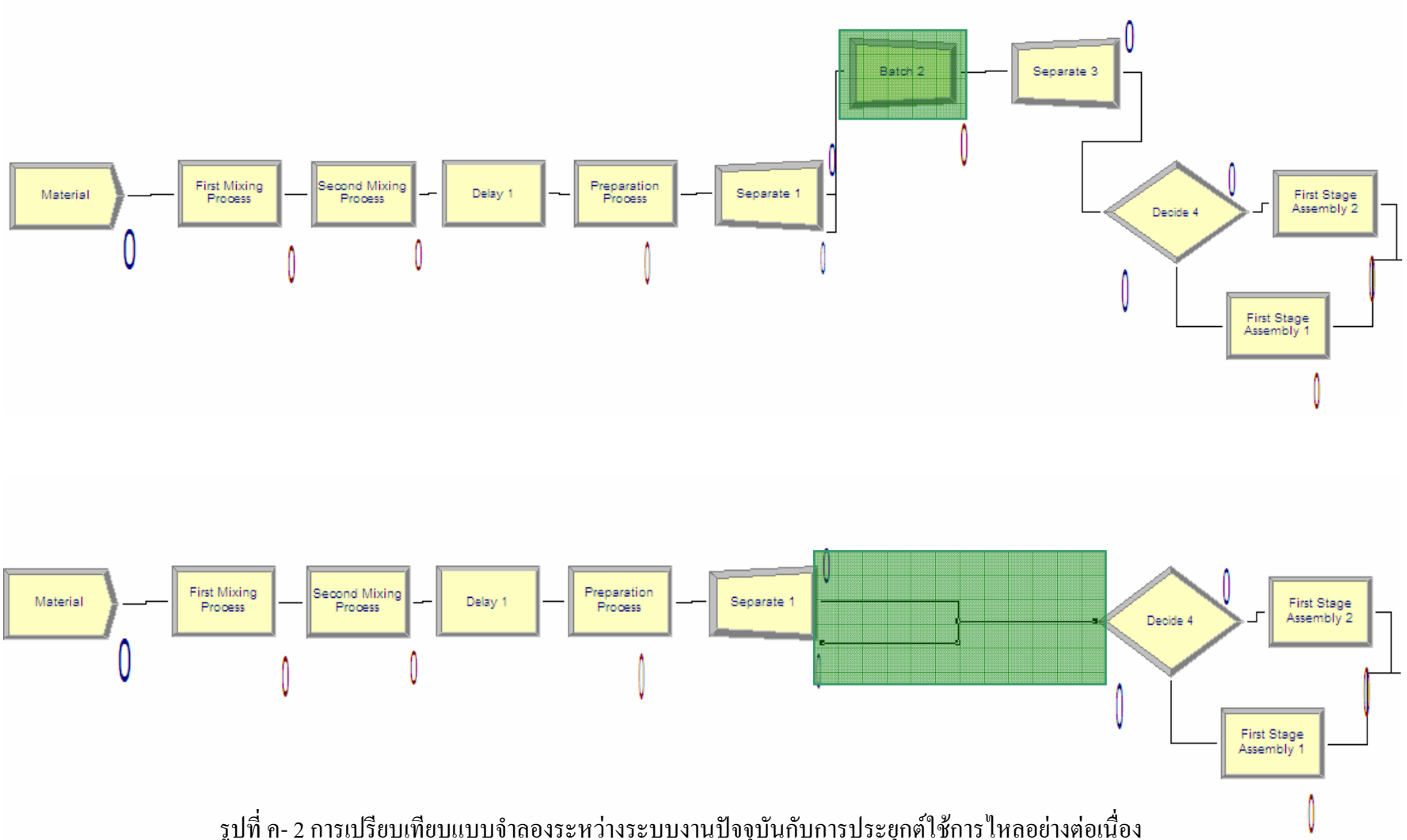
ตารางที่ ข-2 ขั้นตอนการขึ้นรูปยาง (Conformation)

| | |
|---|---|
| 1. นำยางที่ได้จากกระบวนการที่ 1 มาขึ้นรูปโดยใช้แรงบีบอัดให้กลายเป็นรูปทรงของยางรถยนต์ (Conformation) | |
| 2. ลักษณะของยางที่ถูกขึ้นรูปแล้ว | |
| 3. ปูเข็มขัดรัดหน้ายาง (Steel Belt) ชั้นที่ 1 | |
| 4. ปูเข็มขัดรัดหน้ายาง (Steel Belt) ชั้นที่ 2 | |
| 5. ปูหน้ายาง (Tread) | |
| 6. นำยางออกจากริงประกอบยาง โดยจะได้ยางที่พร้อมในการนำไปอบต่อไป (Uncured Tires) |  |

# ภาคผนวก ค




รูปที่ ค – 1 แบบจำลองสถานการณ์ระบบงานจริงก่อนการประยุกต์ใช้ระบบการผลิตแบบลีน




รูปที่ ค- 2 การเปรียบเทียบแบบจำลองระหว่างระบบงานปัจจุบันกับการประยุกต์ใช้การไหลอย่างต่อเนื่อง

Resource - Basic Process

| | Name | Type | Capacity |
|---|---|---|---|
| 1 | First Mixing Machine | Fixed Capacity | .95 |
| 2 | Second Mixing Machine | Fixed Capacity | .93 |
| 3 | Manual Machine | Fixed Capacity | .94 |
| 4 | Second Stage Machine | Fixed Capacity | .93 |
| 5 | Dope Machine | Fixed Capacity | .9867 |
| 6 | Curing Machine 1 | Fixed Capacity | .89 |
| 7 | Curing Machine 2 | Fixed Capacity | .72 |
| 8 | QC Worker | Fixed Capacity | 1 |
| 9 | X ray Machine | Fixed Capacity | 1 |
| 10 | Automatic Machine | Fixed Capacity | .82 |
| 11 | Extruder 1 | Fixed Capacity | .68 |
| 12 | Extruder 2 | Fixed Capacity | .75 |
| 13 | Extruder 3 | Fixed Capacity | .97 |
| 14 | Extruder 4 | Fixed Capacity | .98 |
| 15 | Extruder 5 | Fixed Capacity | .98 |
| 16 | Fabric Calender | Fixed Capacity | .78 |
| 17 | Calender | Fixed Capacity | .66 |

Resource - Basic Process

| | Name | Type | Capacity |
|---|---|---|---|
| 1 | First Mixing Machine | Fixed Capacity | .95 |
| 2 | Second Mixing Machine | Fixed Capacity | .93 |
| 3 | Manual Machine | Fixed Capacity | .94 |
| 4 | Second Stage Machine | Fixed Capacity | .93 |
| 5 | Dope Machine | Fixed Capacity | .9867 |
| 6 | Curing Machine 1 | Fixed Capacity | .90 |
| 7 | Curing Machine 2 | Fixed Capacity | .90 |
| 8 | QC Worker | Fixed Capacity | 1 |
| 9 | X ray Machine | Fixed Capacity | 1 |
| 10 | Automatic Machine | Fixed Capacity | .90 |
| 11 | Extruder 1 | Fixed Capacity | .90 |
| 12 | Extruder 2 | Fixed Capacity | .90 |
| 13 | Extruder 3 | Fixed Capacity | .97 |
| 14 | Extruder 4 | Fixed Capacity | .98 |
| 15 | Extruder 5 | Fixed Capacity | .98 |
| 16 | Fabric Calender | Fixed Capacity | .90 |
| 17 | Calender | Fixed Capacity | .90 |

รูปที่ ค – 3 แสดงการเปรียบเทียบอรรถประโยชน์ของเครื่องจักรระหว่างแบบจำลองสถานการณ์ของระบบงานจริงและแบบจำลองสถานการณ์หลังการประยุกต์ใช้การบำรุงรักษาแบบมีส่วนร่วมและการลดเวลาการปรับตั้งเครื่องจักร

# ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

**ชื่อ – นามสกุล** นางสาวอุบลวรรณ อ้นโต

**วัน/เดือน/ปี เกิด** วันที่ 03 กุมภาพันธ์ 2525

**ภูมิลำเนา** 24/5 ม. 3 ถนนเพชรเกษม 54 แขวงบางด้วน เขตภาษีเจริญ กรุงเทพมหานคร

**ประวัติการศึกษา**

ปี 2547 – บริหารธุรกิจบัณฑิต มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย

**ประวัติการทำงาน**

ปี 2547 - ผู้ประสานงานฝ่ายขายบริษัท อิเกิล แอร์ แอนด์ ซี จำกัด

ปี 2548 - เจ้าหน้าที่บริการลูกค้าบริษัท มิตซุย โอเอสเค ไลน์ จำกัด

ปี 2550 - เจ้าหน้าที่ฝ่ายวางแผน อุตสาหกรรมการผลิตยางรถยนต์