การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตยางคอมปาวด์: กรณีศึกษาโรงงานผลิตยางรถยนต์

มนตรี ฟ้งอารมณ์

งานนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
มกราคม 2559
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จตามวัตถุประสงค์ด้วยดี ผู้จัดทำขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธีรวัฒน์ สมสิริกาญจนคุณ และ ดร. ทนงศักดิ์ เทพสนธิ ผู้ซึ่งกรุณาให้คำแนะนำ คำปรึกษา ข้อเสนอแนะต่าง ๆ ตลอดจนการแก้ไขเพื่อให้งานวิจัยฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณไว้อย่างสูง ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณพนักงานในบริษัททุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลในการทำวิจัยฉบับนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณครอบครัว คุณพ่อ ร.ต. เทพนคร และคุณแม่ณภาภัช ฟังอารมณ์ ที่ให้การสนับสนุนการศึกษาและอบรมสั่งสอนเป็นอย่างดี และขอขอบคุณมหาวิทยาลัยบูรพาที่ให้โอกาสผู้วิจัยได้เข้ามาศึกษาหาความรู้ จนส่งผลให้ประสบผลสำเร็จในวันนี้ รวมถึงผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวถึงไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

มนตรี ฟังอารมณ์

53920669: สาขาวิชา: วิศวกรรมอุตสาหการ; วศ.ม. (วิศวกรรมอุตสาหการ)
คำสำคัญ: การเพิ่มผลผลิต/ การศึกษาเวลา/ การผลิตยางคอมปาวด์/ อุตสาหกรรมการผลิตยานยนต์

มนตรี ฟังอารมณ์: การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตยางคอมปาวด์: กรณีศึกษาโรงงานผลิตยางรถยนต์ (PRODUCTIVITY IMPROVEMENT OF BLENDING COMPOUND PROCESS.) คณะกรรมการควบคุมงานนิพนธ์: ทนงศักดิ์ เทพสนธิ, Ph.D., 151 หน้า. ปี พ.ศ. 2558.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตยางรถยนต์ ในส่วนของกระบวนการผสมยางคอมปาวด์ซึ่งเป็นกระบวนการต้นน้ำของสายการผลิตยางรถยนต์ จากการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตยางรถยนต์พบว่า กระบวนการผลิตยางคอมปาวด์มีประสิทธิภาพต่ำที่สุด ทำให้มีปัญหาการรอคอยงานและกระบวนการผลิตต่อเนื่องถูกจำกัดความสามารถในการผลิต เมื่อทำการศึกษาเวลาการทำงานพบว่าสาเหตุหลักที่ส่งผลทำให้เกิดความล่าช้าในกระบวนการ ได้แก่ ขั้นตอนการเก็บยางใส่พาเลท ขั้นตอนการผสมวัตถุดิบในเครื่องและขั้นตอนการทำให้เย็น สาเหตุดังกล่าวใช้เวลาทำงานเกิน Takt time ที่กำหนด คือ 115.2 วินาที การปรับปรุงกระบวนการผลิตดำเนินการ โดยเพิ่มความเร็วการทำงานของ Pusher และสายพายลำเลียง ลดเวลาการเคลื่อนที่ของรถยก ปรับความดันของระบบขับเคลื่อนกระบอกแรม ปรับลดเวลาในการนวดยางขั้นตอนสุดท้าย เปลี่ยนมาตรฐานการเรียงยางจาก 2 กอง เป็น 1 กอง และเพิ่มความเร็วของตัวบาร์ของกระบวนการทำให้เย็น ผลการดำเนินงานหลังจากการปรับปรุงพบว่าสามารถลดเวลาการผลิตยางคอมปาวด์ทั้งสิ้น 43.4 วินาที ต่อการผลิตยางคอมปาวด์ 1 batch คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ที่ลดได้เท่ากับ 27.0% สามารถเพิ่มผลผลิตยางคอมปาวด์ได้เท่ากับ 35,396.25 กิโลกรัม เทียบน้ำหนักที่ได้กับจำนวนการผลิตยางสำเร็จรูปได้เท่ากับ 3,539.62 เส้น ลดต้นทุนด้านแรงงาน พลังงานไฟฟ้าของบริษัทได้เท่ากับ 2,657,894.40 บาทต่อปี และเพิ่มกำไรในการผลิตยางรถยนต์สำเร็จรูปได้เท่ากับ 1,698,720,000 บาทต่อปี

53920669: INDUSTRIAL ENGINEERING; M.Eng. (INDUSTRIAL ENGINEERING)
KEYWORD: PRODUCTIVITY IMPROVEMENT/ TIME STUDY/ BLENDING COMPOUND PROCESS/ TIRE MANUFACTURING INDUSTRY

MONTREE FUNGAROM: PRODUCTIVITY IMPROVEMENT OF BLENDING COMPOUND PROCESS. ADVISOR COMMITTEE: THANONGSAK THEPSONTHI, Ph.D., 151 P. 2015.

This research aimed to optimize the blending compound process which is an upstream process of the tire manufacturing. The performance analysis of the production process found that the blending compound process had the lowest efficiency among all processes coursing. Based on the time study bottle neck in the production line it was found that the main causes of the delay were compound sheet palletting, blending of raw materials and cooling of compound sheet. The time spent in these process over the takt time of 115.2 second. Improvement were conducted by increase speed of pusher and conveyor system, reduce the traveling time of the forklift, adjusting ram pressure, reduce final blending time, change the method of weighing rubber sheet and adjusting the speed of cooling bar. Results of the improvements showed that the compound blending time can be reduced by 43.4 second per batch or equivalent to 27.0 % of time reductive. The yield of the compound increased to 35,396.25 kilogram which is equal to 3,539.62 times the electricity cost can be reduced to 2,657,894.40 baht per year and the profit can be increased up to 1,698,720,000 baht per year.

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ซ

สารบัญภาพ ..... ฎ

บทที่

1 บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

วัตถุประสงค์ในการวิจัย 2

ขอบเขตของการวิจัย 2

ขั้นตอนการวิจัย 2

แผนการดำเนินงาน 3

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4

การเพิ่มผลผลิตในอุตสาหกรรม 4

ระบบการผลิต 6

การแปรสภาพการผลิต 9

การศึกษาเวลา 11

การแบ่งงานเป็นงานย่อย 12

การจับเวลาการทำงานแต่ละงานย่อย 12

การกำหนดจำนวนครั้งในการจับเวลา 13

การประเมินอัตราความเร็ว 18

คำนวณหาเวลาปกติ 19

การวิเคราะห์กระบวนการผลิต 21

แผนผังสาเหตุและผล 24

เทคโนโลยีการผลิตยางคอมปาวด์ 27

เครื่องผสมยาง 28

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
	การตรวจสอบคุณภาพของยางคอมปาวด์	29
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	32
3	วิธีการดำเนินการวิจัย	35
	ข้อมูลทั่วไปของโรงงานตัวอย่าง	35
	ขั้นตอนกระบวนการผลิต	37
	สำรวจสภาพการทำงานปัจจุบัน	40
	การวิเคราะห์ข้อมูล	59
	การกำหนดประเด็นปัญหาที่จะแก้ไขและตั้งเป้าหมาย	61
	การวิเคราะห์ปัญหาและเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหา	63
4	การดำเนินการและผลการปรับปรุง	67
	การดำเนินการแก้ไขปัญหา	67
	ผลการสำรวจเวลาหลังจากที่ได้ดำเนินการแก้ไขปัญหา	84
	ผลการตรวจสอบคุณภาพยางคอมปาวด์หลังการปรับปรุง	108
	ผลการปรับปรุงแก้ไข	108
	ผลการปรับปรุงที่สามารถลดต้นทุนการผลิตตามนโยบายของบริษัท	110
5	สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ	113
	สรุปผลการศึกษา	113
	ข้อเสนอแนะ	114
บรรณานุกรม		115
ภาคผนวก		117
ภาคผนวก ก		118
ประวัติย่อของผู้วิจัย		151

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1-1 แผนการดำเนินงาน 3

2-1 แนวทางในการเพิ่มผลิตภาพ 5

2-2 ตัวประกอบของความเชื่อมั่นที่นิยมใช้ 15

2-3 จำนวนครั้งในการศึกษาเวลา สำหรับการหาค่าจากวิธีการพิสัยที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และค่าผิดพลาด ±10 17

2-4 การประเมินอัตราความเร็วของพนักงาน 19

3-1 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการผลิตของแต่ละกระบวนการ 38

3-2 ข้อมูลเวลาในขั้นตอนงานที่ 1 42

3-3 ข้อมูลเวลาในขั้นตอนงานที่ 1 (จับเวลาเพิ่ม) 44

3-4 การหาค่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูลเวลาในขั้นตอนงานที่ 1 46

3-5 การประเมินประสิทธิภาพการทำงานในขั้นตอนงานที่ 1 48

3-6 ข้อมูลเวลามาตรฐานในขั้นตอนงานที่ 1 49

3-7 แผนภูมิการไหลขั้นตอนงานที่ 1 50

3-8 ข้อมูลเวลามาตรฐานในขั้นตอนงานที่ 2 51

3-9 แผนภูมิการไหลขั้นตอนงานที่ 2 52

3-10 ข้อมูลเวลามาตรฐานในขั้นตอนงานที่ 3 53

3-11 แผนภูมิการไหลขั้นตอนงานที่ 3 54

3-12 ข้อมูลเวลามาตรฐานในขั้นตอนงานที่ 4 55

3-13 แผนภูมิการไหลขั้นตอนงานที่ 4 55

3-14 ข้อมูลเวลามาตรฐานในขั้นตอนงานที่ 5 56

3-15 แผนภูมิการไหลขั้นตอนงานที่ 5 57

3-16 ข้อมูลเวลามาตรฐานในขั้นตอนงานที่ 6 58

3-17 แผนภูมิการไหลขั้นตอนงานที่ 6 59

3-18 การประเมินหัวข้อเพื่อพิจารณาปรับปรุงโดยใช้ตารางตัดสินใจ 62

3-19 การเลือกแนวทางการแก้ไขปรับปรุงกระบวนการเก็บยางใส่พาเลท 64

3-20 การเลือกแนวทางการแก้ไขปรับปรุงกระบวนการผสมวัตถุดิบในเครื่อง 65

3-21 การเลือกแนวทางการแก้ไขปรับปรุงกระบวนการทำให้เย็น 66

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4-1 ผลการทดลองปรับอัตราลมอัดและอัตราลมระบายออกจากกระบอกควบคุมการขึ้นลงของ Pusher 71

4-2 ผลการทดลองเปลี่ยนแปลงความถี่และวัดความเร็วรอบของสายพานลำเลียง 72

4-3 การศึกษาระยะทางและเวลาของการเคลื่อนที่ของรถยก 73

4-4 การเก็บข้อมูลจำนวน Batch ที่เก็บได้ในแต่ละชั่วโมงตั้งแต่ 8.00 น. ถึง 17.00 น. เฉลี่ยเดือนเมษายน 2557 เทียบกับอัตราการเบิกไปใช้ 75

4-5 ผลการตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงานของกระบอกแรม 76

4-6 ผลการทดลองปรับอัตราลมอัดที่จ่ายให้กับกระบอกแรม 77

4-7 ผลการทดลองปรับอัตราลมระบายออกจากกระบอกแรม 77

4-8 การเปรียบเทียบเวลาระหว่างก่อนและหลังปรับปรุงกระบอกแรม 78

4-9 การตรวจสอบปัญหายางติดประตูปล่อยยางหลังการลดเวลานวด 80

4-10 การตรวจสอบปัญหายางติดประตูปล่อยยางหลังการลดเวลาหน่วงประตูปล่อยยาง 81

4-11 ผลการทดลองเปลี่ยนแปลงความถี่และวัดความเร็วรอบของตัวบาร์ 84

4-12 ข้อมูลเวลาในขั้นตอนการเก็บยางใส่พาเลท (หลังจากปรับปรุง) 85

4-13 การหาค่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูลเวลาในขั้นตอนการเก็บยางใส่พาเลท (หลังจากปรับปรุง) 87

4-14 การประเมินประสิทธิภาพการทำงานในขั้นตอนการเก็บยางใส่พาเลท (หลังจากปรับปรุง) 88

4-15 ข้อมูลเวลามาตรฐานในขั้นตอนการเก็บยางใส่พาเลท (หลังจากปรับปรุง) 89

4-16 แผนภูมิกระบวนการไหลขั้นตอนการเก็บยางใส่พาเลท (หลังจากปรับปรุง) 90

4-17 ข้อมูลเวลาในขั้นตอนการผสมวัตถุดิบ (หลังจากปรับปรุง) 92

4-18 ข้อมูลเวลาในขั้นตอนการผสมวัตถุดิบ (จับเวลาเพิ่ม) 94

4-19 การหาค่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูลเวลาในขั้นตอนการผสมวัตถุดิบ (หลังจากปรับปรุง) 96

4-20 การประเมินประสิทธิภาพการทำงานในขั้นตอนการผสมวัตถุดิบ (หลังจากปรับปรุง) 98

4-21 ข้อมูลเวลามาตรฐานในขั้นตอนการผสมวัตถุดิบ (หลังจากปรับปรุง) 99

4-22 แผนภูมิกระบวนการไหลขั้นตอนการผสมวัตถุดิบ (หลังจากปรับปรุง) 100

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4-23 ข้อมูลเวลาในขั้นตอนการทำให้เย็น (หลังจากปรับปรุง) 102

4-24 การหาค่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูลเวลาในขั้นตอนการทำให้เย็น (หลังจากปรับปรุง) 104

4-25 การประเมินประสิทธิภาพการทำงานในขั้นตอนการทำให้เย็น (หลังจากปรับปรุง) 105

4-26 ข้อมูลเวลามาตรฐานในขั้นตอนการทำให้เย็น (หลังจากปรับปรุง) 106

4-27 แผนภูมิกระบวนการไหลขั้นตอนการทำให้เย็น (หลังจากปรับปรุง) 107

4-28 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการผลิตของของกระบวนการผสมยางหลังปรับปรุงเทียบกับแต่ละกระบวนการ 110

4-29 การเปรียบเทียบผลการดำเนินการก่อนและหลังปรับปรุง 111

4-30 การเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตก่อนและหลังปรับปรุง 112

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1-1	Demand & supply ของยางคอมปาวด์	1
2-1	ระบบการผลิตแบบช่วงตอน	7
2-2	ระบบการผลิตแบบต่อเนื่อง	8
2-3	ลักษณะการแปรสภาพการผลิตแบบอนุกรม	9
2-4	ลักษณะการแปรสภาพการผลิตแบบขนาน	10
2-5	ลักษณะการแปรสภาพการผลิตแบบผสม	11
2-6	กราฟแสดงการกระจายที่ระดับความเชื่อมั่น 95.5%	14
2-7	โครงสร้างของแผนผังสาเหตุและผล	26
2-8	เครื่องมูนนี่วิสโคมิเตอร์	30
3-1	โรงงานกรณีศึกษา	35
3-2	Layout โรงงานกรณีศึกษา	35
3-3	ประเภทของการส่งขายผลิตภัณฑ์	36
3-4	กลุ่มลูกค้า OE ของโรงงานกรณีศึกษา	36
3-5	กระบวนการผลิตยางรถยนต์	37
3-6	กระบวนการผสมยางคอมปาวด์	39
3-7	แผนภูมิกระบวนการดำเนินงานของการผสมยางคอมปาวด์น้ำหนัก 215 กิโลกรัม	40
3-8	เปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในกระบวนการผสมยางก่อนการปรับปรุง	60
3-9	การวิเคราะห์ปัญหากระบวนการเก็บยางใส่พาเลท	63
3-10	การวิเคราะห์ปัญหากระบวนการผสมวัตถุดิบในเครื่อง	64
3-11	การวิเคราะห์ปัญหากระบวนการทำให้เย็น	65
4-1	สายพานลำเลียงยาง	68
4-2	Pusher พับยางคอมปาวด์	68
4-3	Pusher เลื่อนขึ้นจนสุด	68
4-4	พนักงานเขียนชื่อคอมปาวด์	69
4-5	เส้นทางการเคลื่อนที่ของรถยก	69
4-6	ความสูงของส่วนโค้งของแผ่นยางที่โรยตัวลงมาในจังหวะ Pusher พับยางลง	70
4-7	กระบอกควบคุมการขึ้นลงของ Pusher	71

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

4-8 การเคลื่อนที่ของรถยก 73

4-9 การปรับปรุงลดระยะทางการเคลื่อนที่ของรถยก 74

4-10 รายงานการตรวจสอบเครื่องจักรประจำวันของเครื่องจักร 78

4-11 ตำแหน่งของผู้ปฏิบัติงานกับจุดที่มีการปรับปรุง 79

4-12 การเรียงวัตถุดิบแบบ 2 กอง 82

4-13 การเรียงวัตถุดิบแบบ 1 กอง 83

4-14 การเรียงตัวของยางในกระบวนการทำให้เย็น 83

4-15 ผลการตรวจสอบคุณภาพยางคอมปาวด์หลังจากการปรับปรุงจำนวน 20 Batch 108

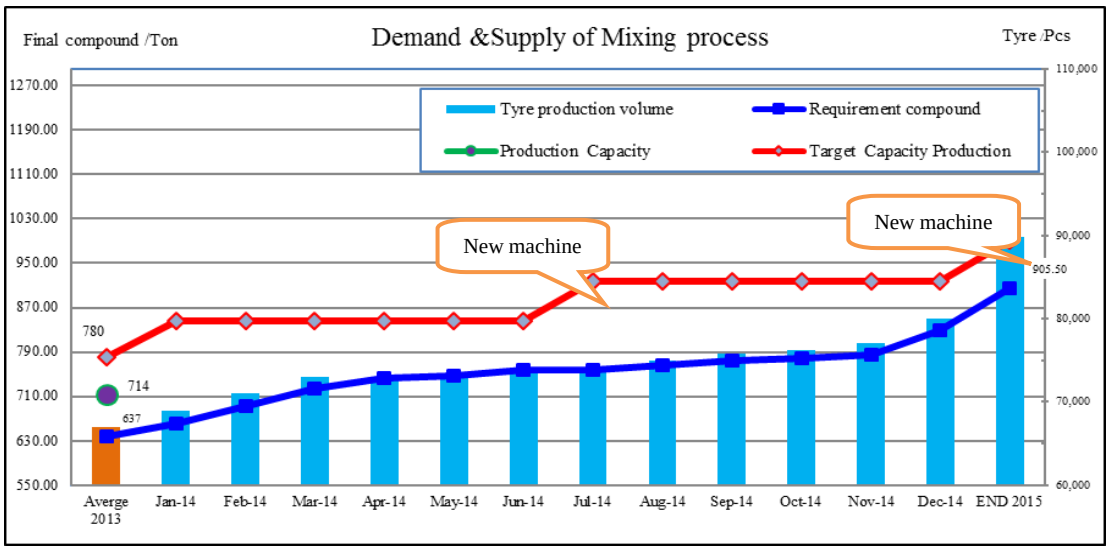
4-16 เปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในกระบวนการผสมยางหลังการปรับปรุง 109

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในภาวะการแข่งขันทางเศรษฐกิจสูงขึ้นเช่นทุกวันนี้แต่ละอุตสาหกรรมจึงมิใช่แค่การผลิตเพียงอย่างเดียวเท่านั้น ยังต้องหากลยุทธ์ต่าง ๆ เพื่อให้องค์กรของตนเองสามารถอยู่รอด และนำหน้าคู่แข่งขันในตลาดอุตสาหกรรมเดียวกันโดยเป้าหมายก็ คือ ต้องการให้ต้นทุนและเวลาที่ต่ำที่สุด คุณภาพดีที่สุด ในด้านการผลิตเพื่อให้ทันกับการตอบสนองความต้องการของตลาดและลูกค้า การเพิ่มผลิตภาพกระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมจึงเป็นสิ่งที่สำคัญ เพื่อที่จะทำให้ผลผลิตของบริษัทเพิ่มขึ้น ของเสียลดลง ความบกพร่องในกระบวนการผลิตจะถูกควบคุมและกำจัดลงให้เหลือน้อยที่สุด เพื่อที่จะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพและผลผลิตเพิ่มมากขึ้น ซึ่งเป็นความต้องการของบริษัททั่วไปที่หวังจะให้มีขึ้น

บริษัทของผู้ทำวิจัยเป็นโรงงานอุตสาหกรรมผลิตยางรถยนต์ ส่งให้ลูกค้าทั้งภายในและภายนอกประเทศ ในส่วนของผู้วิจัยมีหน้าที่รับผิดชอบเกี่ยวข้องในส่วนของการปรับปรุงกระบวนการผลิตยางคอมปาวด์ ซึ่งเป็นขั้นตอนแรกของการผลิตยางรถยนต์ ซึ่งแผนการผลิตยางรถยนต์ของบริษัทในปี 2557 มีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับยอดการผลิตของปี 2556 ทำให้แผนการผลิตยางคอมปาวด์เพิ่มขึ้นด้วย



ภาพที่ 1-1 Demand & supply ของยางคอมปาวด์

จากภาพที่ 1-1 แสดงถึงความต้องการยางคอมปาวด์เฉลี่ยต่อวันของแต่ละเดือนสำหรับปี 2557 โดยคำนวณจากแผนการผลิตยางรถยนต์เฉลี่ยในแต่ละวัน ปัจจุบันกำลังการผลิตคอมปาวด์อยู่ที่ 714 ตันต่อวัน แต่ด้วยแผนการผลิตของปี 2557 นั้นมีแนวโน้มสูงขึ้น ดังนั้น จึงจำเป็นต้องหาแนวทางปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อเพิ่มผลิตภาพในการผลิตยางคอมปาวด์ให้สอดคล้องกับแผนการผลิตยางรถยนต์ที่มีแนวโน้มสูงขึ้น

วัตถุประสงค์ในการวิจัย

1. เพื่อเพิ่มผลผลิตโดยการเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผสมยางคอมปาวด์
2. เพื่อลดต้นทุนการผลิตและตอบสนองนโยบายบริษัท

ขอบเขตของการวิจัย

ศึกษากระบวนการผลิตและลดเวลาทำงานในกระบวนการผลิตยางคอมปาวด์ของเครื่องผสมยางความจุ 270 ลิตร

ขั้นตอนการวิจัย

1. สำรวจสภาพปัจจุบันของกระบวนการผลิต
2. เก็บรวบรวมข้อมูลของกระบวนการผลิตและศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
3. วิเคราะห์ข้อมูลและหาแนวทางปรับปรุงกระบวนการ
4. ดำเนินการปรับปรุงตามแนวทางที่ได้กำหนดไว้
5. วิเคราะห์เปรียบเทียบผลก่อนและหลังการปรับปรุง
6. ทำการสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

แผนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1-1 แผนการดำเนินงาน

ลำดับที่	ขั้นตอนการดำเนินงาน	ม.ค.57	ก.พ.57	มี.ค.57	เม.ย.57	พ.ค.57
1	สำรวจสภาพปัจจุบันของกระบวนการผลิต	⟷				
2	เก็บรวบรวมข้อมูลของกระบวนการผลิตและศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง		⟷			
3	วิเคราะห์ข้อมูลและหาแนวทางปรับปรุงกระบวนการ			⟷		
4	ดำเนินการปรับปรุงตามแนวทางที่ได้กำหนดไว้				⟷	
5	วิเคราะห์เปรียบเทียบผลก่อนและหลังการปรับปรุง					⟷
6	ทำการสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ					

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้ผลผลิตยางคอมปาวด์เพิ่มขึ้น
2. ลดต้นทุนการผลิตได้
3. นำไปประยุกต์ใช้งานกับกระบวนการทำงานในสายการผลิตอื่น ๆ ได้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การเพิ่มผลผลิตในอุตสาหกรรม (Productivity in industry)

1. ความหมายของการเพิ่มผลผลิต (Definitions of productivity)

ผลิตภาพ (Productivity) หมายถึง ความสามารถหรือประสิทธิภาพในการเปลี่ยนปัจจัยหรือทรัพยากรที่ใช้ในการผลิตต่าง ๆ ให้เป็นผลิตภัณฑ์หรือบริการที่มีมูลค่าเพิ่มขึ้น

สถาบันเพิ่มผลผลิตแห่งชาติ ได้ให้ความหมายของการเพิ่มผลผลิตไว้ว่า หมายถึง “การใช้ประโยชน์จากทรัพยากรที่มีอยู่อย่างคุ้มค่า อันนำไปสู่การพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable delopment) หรือการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง (Continuos improvement) ด้วยจิตสำนึกเป็นแรงผลักดัน และใช้เทคนิคและเครื่องมือในการเพิ่มผลผลิต/ ผลิตภาพ (Productivity techniquesand tools) เป็นตัวช่วยให้ประสบความสำเร็จ”

เกษม พิพัฒน์ปัญญานุกูล (2539) ให้ความหมายของการเพิ่มผลผลิต (Productivity) คือ การนำปัจจัยการผลิต (Input) มาป้อนสู่กระบวนการผลิต (Process) เพื่อให้ได้ผลิตผล (Output) ซึ่งก็ คือ สินค้าหรือบริการที่ต้องการที่จะขายให้กับลูกค้า โดยการเพิ่มผลผลิต (Productivity) หาได้จากอัตราส่วนของผลิตผลต่อปัจจัยการผลิต สามารถเขียนเป็นสมการได้ ดังนี้

$$\text{ผลผลิต (Productivity)} = \frac{\text{ผลิตผล (Outputs)}}{\text{ปัจจัยการผลิต (Inputs)}}$$

2. การวัดผลิตภาพเชิงปัจจัยการผลิต

การวัดประสิทธิภาพเชิงปัจจัยการผลิตนี้แบ่งออกได้เป็น

$$\text{ผลิตภาพแรงงาน} = \frac{\text{ผลิตผล (Outputs)}}{\text{จำนวนชั่วโมงแรงงานที่ใช้ในการผลิต}}$$

$$\text{ผลิตภาพเครื่องจักร} = \frac{\text{ผลิตผล (Outputs)}}{\text{จำนวนชั่วโมงที่ใช้ในการเดินเครื่อง}}$$

$$\text{ผลิตภาพวัตถุดิบ} = \frac{\text{ผลิตผล (Outputs)}}{\text{ปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ไป}}$$

$$\text{ผลิตภาพการใช้พื้นที่} = \frac{\text{ผลิตผล (Outputs)}}{\text{พื้นที่ที่ใช้ในการผลิตที่ใช้ในการผลิต}}$$

$$\text{ผลิตภาพพลังงาน} = \frac{\text{ผลิตผล (Outputs)}}{\text{จำนวนหน่วยของพลังงานที่ใช้ในการผลิต}}$$

3. แนวทางในการเพิ่มผลิตภาพ

แนวทางในการเพิ่มผลิตภาพอาจจะเกิดขึ้นได้ทางใดทางหนึ่งใน 5 ทาง ดังนี้

1. เพิ่มผลผลิตโดยใช้ทรัพยากรน้อยลง
2. เพิ่มผลผลิตโดยใช้ทรัพยากรเท่าเดิม
3. เพิ่มผลผลิตโดยใช้ทรัพยากรเพิ่มขึ้นแต่ในสัดส่วนที่น้อยกว่าเดิม
4. คงปริมาณผลผลิตโดยใช้ทรัพยากรน้อยลง
5. ลดปริมาณผลผลิตโดยใช้ทรัพยากรในสัดส่วนที่น้อยกว่าเดิม

ตารางที่ 2-1 แนวทางในการเพิ่มผลิตภาพ

แนวทางที่	ผลิตภัณฑ์และบริการ	OUTPUT	ทรัพยากรที่ใช้	INPUT
1	เพิ่ม	↑	ลด	↓
2	เพิ่ม	↑	คงที่	↔
3	เพิ่มมากกว่า	↑↑	เพิ่มน้อยกว่า	↑
4	คงที่	↔	ลด	↓
5	ลดน้อยกว่า	↓	ลดมากกว่า	↓↓

4. เทคนิคของการเพิ่มผลผลิต

หลักการทั่ว ๆ ไปสำหรับการปรับปรุงงานเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ในการทำงาน ไม่ว่าจะเป็นงานประเภทใด หรือลักษณะใด จะมีหลักใหญ่ ๆ ที่ใช้ได้โดยทั่ว ๆ ไปและเหมือนกันอยู่โดยใช้เทคนิคของการเพิ่มผลิตภาพ 5 แนวทาง ได้แก่

1. การนำเทคโนโลยีใหม่มาใช้ ได้แก่ เครื่องจักร เครื่องมือใหม่ ๆ ซึ่งมีผลให้ผลผลิตต่อหน่วยของแรงงานเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้ลดต้นทุนการผลิตและทำให้ราคาต้นทุนต่อหน่วยถูกลง เทคนิคกลุ่มนี้ เช่น

1.1 ใช้การนำเครื่องจักรทันสมัยในกระบวนการผลิต เช่น นำเครื่องจักรอัตโนมัติมาใช้

1.2 การนำคอมพิวเตอร์ที่มีสมรรถนะสูงมาใช้ในการทำงาน

1.3 การใช้เครื่องนับหรือเครื่องตรวจสอบจับระบบอัตโนมัติ

2. เน้นผลิตภัณฑ์ เป็นแนวทางการเพิ่มผลผลิตภาพ โดยการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีคุณภาพและมีคุณค่าเป็นที่ต้องการของตลาด เทคนิคกลุ่มนี้ เช่น

2.1 การวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์

2.2 การใช้เทคนิคของวิศวกรรมคุ้มค่า

2.3 การพัฒนาคุณภาพของผลิตภัณฑ์

3. เน้นวิธีการทำงานเป็นเทคนิคการเพิ่มผลผลิตภาพโดยอาศัยหลักวิชาการทางด้านการศึกษาการทำงานมาใช้ รวมทั้งการวางแผนการทำงานต่าง ๆ เช่น

3.1 การปรับปรุงงาน

3.2 การกำหนดมาตรฐานการปฏิบัติงาน

4. ด้านวัสดุเป็นการเพิ่มผลผลิตภาพโดยดูที่การวัดการจัดการวัสดุ และการควบคุมการใช้วัสดุ เช่น

4.1 การควบคุมสินค้าคงคลัง

4.2 การควบคุมคุณภาพวัสดุ

5. ด้านพนักงานเป็นการเพิ่มผลผลิตภาพโดยการพัฒนาปรับปรุงดุลยภาพของพนักงานและใช้เครื่องมือจูงใจ ได้แก่

5.1 การฝึกอบรมและการเรียนรู้

5.2 การพัฒนาปรับปรุงฝีมือและทักษะของพนักงาน

ระบบการผลิต (Production system)

ระบบการผลิตอุตสาหกรรมแบ่งออกเป็นระบบใหญ่ได้ 2 ระบบ คือ

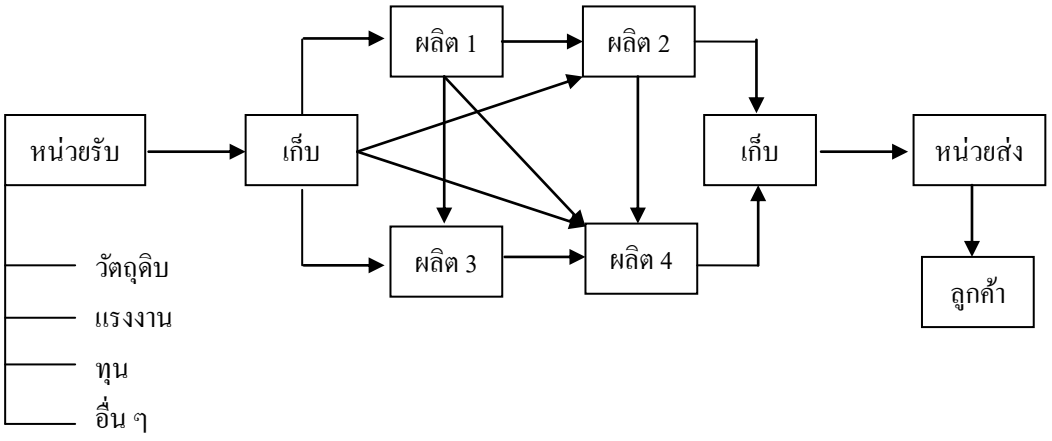
1. ระบบการผลิตแบบช่วงตอน (Intermittent production system)
2. ระบบการผลิตแบบต่อเนื่อง (Continuous production system)

2.1 ระบบการผลิตแบบช่วงตอน (Intermittent production system)

ระบบการผลิตแบบช่วงตอนเป็นการผลิตแบบไม่สม่ำเสมอหรือการผลิตตามคำสั่งลูกค้า (Order manufacturing) เป็นการผลิตที่วัตถุดิบไม่เลื่อนไหลไปตามสายพานการผลิต การผลิตจะผลิตแบบช่วง ๆ หรือเป็นตอนเมื่อดำเนินการผลิตครบทุกกิจกรรมการผลิต ก็จะได้ชิ้นงานหรือผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปขึ้นมา เช่น การกลึงชิ้นงาน งานผลิตงานก่อสร้าง การผลิตโต๊ะเก้าอี้ เป็นต้น การผลิตแบบช่วงตอนนี้ ระบบการผลิตเป็นไปตามความเหมาะสมของผู้ดำเนินการติดตั้งเครื่องจักรก็จะติดตั้งตามกรรมวิธีการผลิต จึงเป็นผลให้มีความต้องการการใช้พื้นที่ในการเก็บวัสดุในการผลิตมากขึ้น ทั้งนี้เพราะการผลิตระบบนี้มีจุดพักงานหลายจุด และในการผลิตแบบนี้ผู้ผลิตจะต้องกำหนดวิธีการขนย้ายวัสดุให้เหมาะสม จึงจะทำให้การผลิตมีประสิทธิภาพ และในการวางระบบการผลิตแบบช่วงตอนที่จะก่อให้เกิดประสิทธิภาพนี้ ผู้ผลิตจะต้องกำหนดแนวทางการวางผังโรงงาน ให้สอดคล้องกับระบบการผลิตด้วย การวางผังโรงงานที่เหมาะสมกับระบบการผลิตแบบช่วงตอนนี้ คือ การวางผังโรงงานแบบตามกระบวนการผลิต (Process layout)

ลักษณะการผลิตแบบช่วงตอน มีลักษณะ ดังนี้

1. มีอุปกรณ์และกระบวนการผลิตที่ยืดหยุ่น (Flexible) ได้ สามารถผลิตสินค้าได้หลายแบบ
2. ลักษณะของปัจจัยการผลิตจะเปลี่ยนแปลงไปเสมอตามลักษณะงานแต่ละชิ้น
3. ลักษณะการผลิตจะเปลี่ยนแปลงไปเสมอ ตามลักษณะงานแต่ละชิ้น
4. การไหลหรือการเคลื่อนย้ายของงานจะไม่ติดต่อกัน มักจะมีการพักวัตถุดิบหรือการรอคอยวัตถุดิบการผลิตทุกจุดปฏิบัติงาน
5. คนงานที่ปฏิบัติงานจะต้องมีความสามารถในระดับปานกลางไปจนถึงระดับสูง

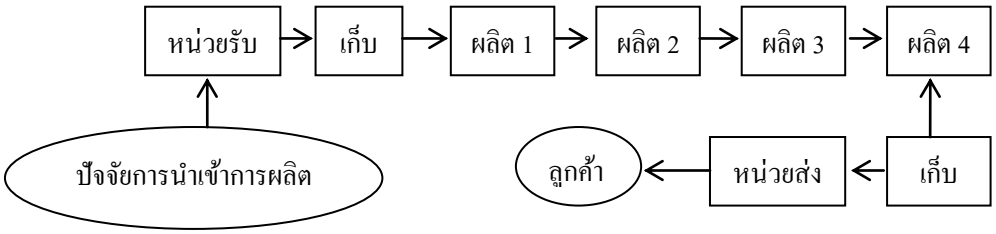


ภาพที่ 2-1 ระบบการผลิตแบบช่วงตอน

2.2 ระบบการผลิตแบบต่อเนื่อง (Continuous production system)

ระบบการผลิตแบบต่อเนื่องเป็นระบบที่มีการไหลของวัตถุดิบต่อเนื่องตามสายการผลิต (Line production) เช่น โรงพิมพ์ พิมพ์หนังสือ โรงงานผลิตอาหารกระป๋อง การผลิตแก้วของโรงงานผลิตแก้ว บุหรี่ ไม้อัด น้ำตาล เป็นต้น ลักษณะที่ดีของระบบการผลิตต่อเนื่องก็คือใช้พื้นที่ในโรงงานได้ประโยชน์คุ้มค่าเต็มประสิทธิภาพ เพราะพื้นที่ส่วนใหญ่ใช้เป็นพื้นที่ในกระบวนการผลิตของสายการผลิตเหลือพื้นที่ในการเก็บวัตถุดิบเล็กน้อย และการขนย้ายวัตถุดิบในสายการผลิต ก็จะใช้การขนย้ายแบบตายตัว เช่น ใช้สายพาน (Conveyor) ขนย้ายวัตถุดิบในโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ ในระบบการผลิตแบบต่อเนื่อง ผู้ผลิตจะต้องวางผังโรงงานให้สอดคล้องกับระบบการผลิต ผังของโรงงานอุตสาหกรรมที่สอดคล้องกับระบบการผลิตแบบต่อเนื่อง ผู้ผลิตจะต้องวางผังโรงงานให้สอดคล้องกับระบบการผลิต ผังของโรงงานอุตสาหกรรมที่สอดคล้องกับระบบการผลิตแบบต่อเนื่องที่ใช้กันมากก็ คือ การวางผังโรงงานแบบตามชนิดของผลิตภัณฑ์ (Product layout) ลักษณะการผลิตแบบต่อเนื่อง มีลักษณะการผลิต ดังนี้

1. มีอุปกรณ์และกระบวนการผลิตมาตรฐาน
2. ลักษณะของปัจจัยการผลิตจะมีมาตรฐานแน่นอนไม่เปลี่ยนแปลงชนิดหรือส่วนประกอบ
3. ลำดับการผลิตแน่นอน
4. การไหลหรือการเคลื่อนย้ายของงานมักใช้สายพาน (Conveyor belt)
5. การป้อนงานเข้าหน่วยผลิตแต่ละหน่วยจะใช้กฎเกณฑ์ตามลำดับมาก่อนเข้าก่อน
6. ผลิตสินค้ามาตามมาตรฐานได้ทีละมาก ๆ (Mass production)



ภาพที่ 2-2 ระบบการผลิตแบบต่อเนื่อง

การแปรสภาพการผลิต

ลักษณะของการแปรสภาพวัตถุดิบนั้นมี 3 ลักษณะ ดังนี้

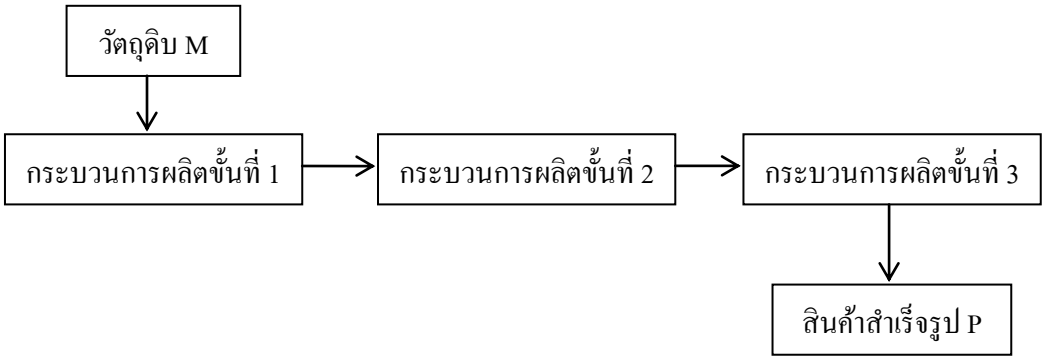
1. การแปรสภาพการผลิตแบบต่อเนื่องตลอดการผลิต หรือแบบอนุกรม (Series sub-system)

2. การแปรสภาพการผลิตแบบขนาน (Parallel sub-system)

3. การแปรสภาพการผลิตแบบผสม (Intergrate sub-system)

1. การแปรสภาพการผลิตแบบต่อเนื่องตลอดการผลิต (Series sub-system)

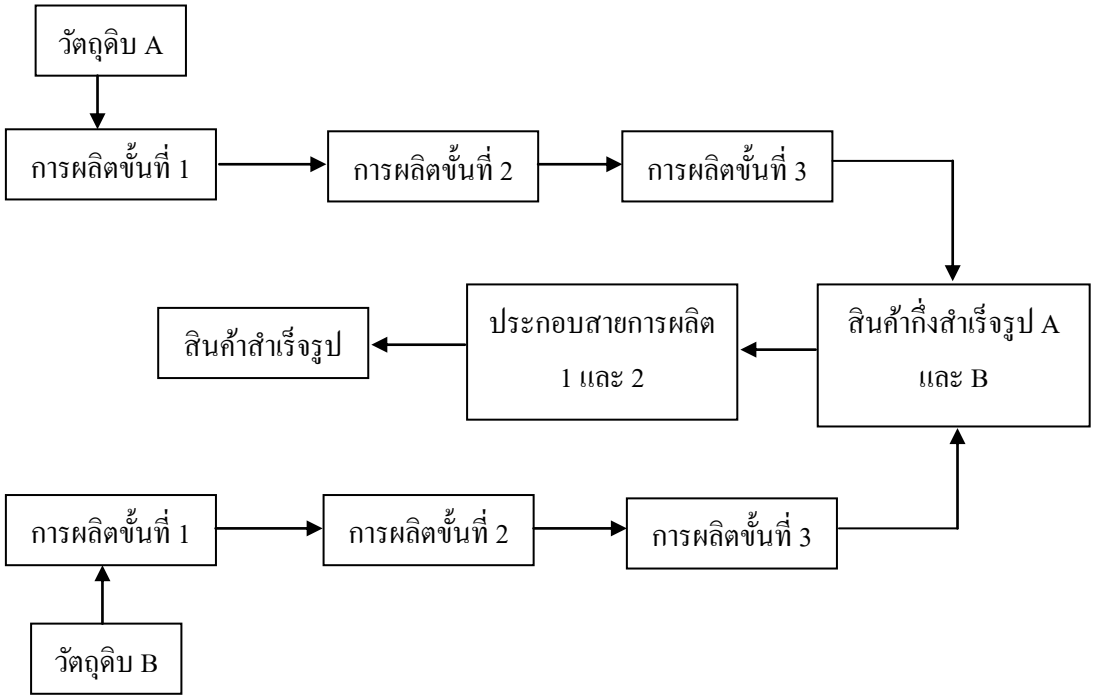
การผลิตแบบระบบการผลิตอย่างต่อเนื่อง หรือการผลิตแบบอนุกรมนี้จะพบเห็นในระบบการผลิตที่เป็นสายการผลิตเดียว (Line production) หรือบางทีเรียกว่าเป็นการผลิตแบบสายการผลิต ที่เป็นสายการผลิตสายเดียวจากวัตถุดิบผ่านกระบวนการผลิตขั้นที่ 1 ขั้นที่ 2 ขั้นที่ 3 ไปจนถึงขั้นสุดท้าย ออกมาเป็นสินค้าสำเร็จรูป ดังลักษณะการแปรสภาพการผลิตตามภาพที่ 2-3



ภาพที่ 2-3 ลักษณะการแปรสภาพการผลิตแบบอนุกรม

2. การแปรสภาพการผลิตแบบขนาน (Parallel sub-system)

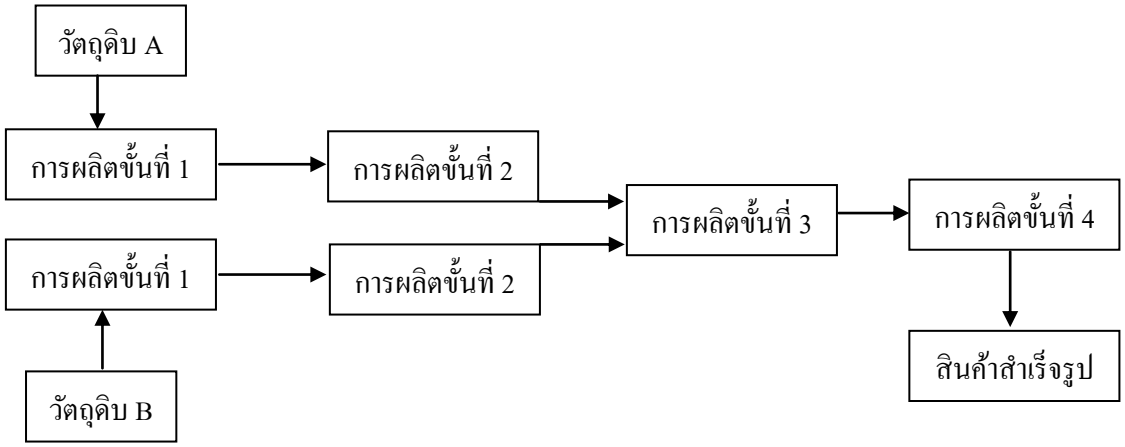
ระบบการผลิตแบบขนานก็คือ การผลิตแบบต่อเนื่องอย่างหนึ่งที่สายการผลิตมากกว่าหนึ่งสาย และก่อนจะออกมาเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป ก็จะนำผลผลิตของแต่ละสายมาประกอบกันในกระบวนการและออกมาเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป ดังภาพที่ 2-4



ภาพที่ 2-4 ลักษณะการแปรสภาพการผลิตแบบขนาน

3. การแปรสภาพการผลิตแบบผสม (Intergrate sub-system)

เป็นการผลิตที่มีความสลับซับซ้อนมากกว่าลักษณะการผลิตทั้งสองแบบที่กล่าวมา คือ การผลิตแบบนี้เป็นการนำเอากระบวนการผลิตแบบอนุกรมและการผลิตแบบขนานมาใช้ในกระบวนการผลิต บางช่วงอาจเป็นการผลิตแบบขนานที่มีสายการผลิตมากกว่าหนึ่งสาย วัตถุดิบหรือสินค้าออกจากสายการผลิตแต่ละสายจะถูกนำมาประกอบเข้ากันและนำเข้าสู่กระบวนการผลิตอีก 2 ขั้นตอน 3 ขั้นตอน หรือมากกว่านี้แบบอนุกรมต่อเนื่องกันไป จนกว่าจะสำเร็จเป็นสินค้าสำเร็จรูปออกมา ดังภาพที่ 2-5



ภาพที่ 2-5 ลักษณะการแปรสภาพการผลิตแบบผสม

การศึกษาเวลา (Time study)

การศึกษาเวลาสามารถแบ่งได้เป็น 4 วิธีใหญ่

1. การศึกษาเวลาโดยตรง

คือ การศึกษาเวลาที่ใช้การจับเวลาพนักงานที่มีการเลือกไว้แล้วมาทำการจับเวลาโดยนาฬิกา ทั้งนี้ต้องมีการคำนวณจำนวนครั้งในการจับเวลาแล้วจึงนำมาหาเวลาทำงานปกติ (Normal time) และเวลามาตรฐาน มีขั้นตอนการศึกษาเวลาโดยตรง ดังนี้

1.1 หาข้อมูลเบื้องต้นของกระบวนการทำงานที่จะศึกษาเวลา

1.2 แบ่งขั้นตอนการทำงานเป็นงานย่อยสำหรับจับเวลา

1.3 สังเกตและจับเวลาการทำงานของพนักงาน

1.4 หาจำนวนครั้งในการจับเวลา

1.5 หาสมรรถนะในการทำงาน (Performance ratting)

1.6 หาเวลาการทำงานปกติ (Normal time)

1.7 หาเวลาเผื่อการทำงาน (Allowances)

1.8 หาเวลามาตรฐานในการทำงาน

2. การสุ่มงาน (Work sampling)

เป็นการศึกษาเวลาเพื่อให้ได้เวลามาตรฐานจากการสุ่มจับเวลาการทำงานจริงของพนักงานในสายการผลิตต่าง ๆ ต้องใช้เวลาในการศึกษาเวลาเป็นเวลานานหลายสัปดาห์

3. การศึกษาเวลาจากข้อมูลเวลามาตรฐานและสูตร (Standard data and formulas)

เป็นการศึกษาเวลาที่ใช้ข้อมูลเวลาที่จัดทำเป็นมาตรฐานของโรงงานนั้นรวมทั้ง

การคำนวณหาเวลาจากสูตรสำเร็จ เช่น สูตรมาตรฐานในการคำนวณเวลางานกลึง สูตรที่โรงงานคิดขึ้นเอง เป็นต้น

4. การศึกษาเวลาโดยระบบหาเวลาก่อนล่วงหน้าหรือการสังเคราะห์เวลา (Predetermined-time system or synthesis time)

เป็นการศึกษาเวลาเพื่อให้ได้เวลามาตรฐานจากการหาเวลาล่วงหน้าก่อนที่งานจะเกิดจริง หรือการสังเคราะห์เวลา โดยใช้ระบบการหาเวลาชนิดต่าง เช่น ระบบ MTM ระบบ Work factor

การแบ่งงานเป็นงานย่อย

งานย่อย (Element) คือ งานที่เป็นส่วนประกอบของการทำงานหนึ่งในรอบการทำงานหนึ่งวัฏจักรการทำงาน (Work cycle) ซึ่งจะประกอบด้วยงานย่อยหลาย ๆ งาน

วัฏจักรการทำงาน (Work cycle) คือ การทำงานวนซ้ำกัน เมื่อทำงานตั้งแต่แรกและเมื่อสิ้นสุดการทำงานนั้นจะเริ่มทำงานใหม่ที่จุดเริ่มต้นเดิมซ้ำ ๆ กันเป็นรอบ ๆ โดยมีจุดเริ่มต้นของการทำงานมาบรรจบกับจุดสิ้นสุดเป็นวงรอบเสมอ การทำงานครบ 1 รอบมักจะได้ผลงานอย่างน้อย 1 งาน การแบ่งงานย่อย สามารถดำเนินการได้ ดังต่อไปนี้

1. แบ่งงานย่อยที่มีการทำงานที่แยกกันอย่างชัดเจนออกจากกัน
2. แบ่งงานย่อยที่ทำโดยคน หรือคนและเครื่องจักร หรือทำโดยเครื่องจักร รวมทั้งการขนย้ายออกจากกัน
3. แบ่งงานย่อยที่ระยะเวลาคงที่ ออกจากงานย่อยที่ระยะเวลาแปรผันไปตามตัวแปรต่าง ๆ เวลาในการทำงานย่อยไม่คงที่ เช่น ความยาว น้ำหนัก ขนาดของชิ้นงาน
4. แบ่งงานย่อยออกเป็นงานย่อยที่สามารถจับเวลาได้ทัน คือ ไม่น้อยเกิดไป และควรอยู่ในช่วง 0.07 ถึง 0.2 นาที
5. ถ้างานย่อยนั้นมีระยะเวลาสั้นมากเกินไปให้รวมงานย่อยเหล่านั้นเข้าด้วยกัน

การจับเวลาการทำงานแต่ละงานย่อย

การจับเวลาเพื่อศึกษาเวลาการทำงานสามารถแบ่งได้เป็น 3 แบบใหญ่ ๆ ดังนี้

1. การจับเวลาแบบต่อเนื่อง (Continuous timing)

เป็นการจับเวลาโดยที่ไม่มีการหยุดนาฬิกาเพื่อบันทึกค่าเวลาแต่จะปล่อยให้นาฬิกาเดินจับเวลาไปเรื่อย ๆ โดยผู้บันทึกเวลาจะสังเกตเวลา ณ จุดสิ้นสุดงานย่อยนั้นตรงกับเวลาในนาฬิกาค่าใดก็บันทึกค่านั้นลงไป ดังนั้น การบันทึกเวลาของงานย่อยต่าง ๆ จะเป็นการบันทึกเวลาที่ต่อเนื่องกัน ถ้าจะหาเวลาของแต่ละหน่วยงานก็นำมาหักลบอีกทีหนึ่ง

2. การจับเวลาแบบเข็มดีดกลับ (Repetitive timing)

เป็นการจับเวลาแต่ละงานย่อยเลย โดยการจับแบบนี้ทุก ๆ งานย่อยจะต้องเริ่มจับเมื่อเข็มนาฬิกาอยู่ที่ 0 ค่าที่ได้จะเป็นค่าเวลาของแต่ละงานย่อย ถ้าจะหาเวลาหนึ่งรอบการทำงานก็ให้เอาเวลาแต่ละงานย่อยมารวมกัน หลังจากที่ได้เวลาของแต่ละงานย่อยแล้วสามารถหาค่าเฉลี่ย (Average time or selected time) ของแต่ละงานย่อยทั้งหมดได้ โดยการใช้ค่าเฉลี่ยเลขคณิต

$$ST_e = \sum_{i=1}^{n} \frac{ET_i}{n}$$

เวลาเฉลี่ยทั้งหมด

$$ST_i = \sum_{i=1}^{n} ST_e$$

เมื่อ ST_e = เวลาเฉลี่ยของงานย่อย

ST_i = เวลาของงานย่อยรอบที่ i

n = จำนวนรอบงานย่อยทั้งหมด

3. การจับเวลาแบบสะสม (Accumulative timing)

เป็นการจับเวลาโดยใช้นาฬิกาสองเรือนที่ต่อปุ่มพ่วงกัน เพื่อเวลากดให้นาฬิกาตัวหนึ่งเดินจับเวลา นาฬิกาอีกตัวจะหยุด เมื่อนาฬิกาตัวแรกถูกกดให้หยุดจับเวลา นาฬิกาตัวที่สองเข็มของมันจะหมุนกับมาตั้งที่ศูนย์แล้วเดินจับเวลาทันที ทำให้เกิดลักษณะการจับเวลาสลับกันระหว่างนาฬิกาสองเรือน ข้อดีของจับเวลาแบบนี้ คือ สามารถอ่านค่าเวลาทำงานของงานย่อยนั้นได้เลยและไม่ต้องพะวงว่าจะจับเวลางานย่อยต่อไปไม่ทัน

การกำหนดจำนวนครั้งในการจับเวลา

การบันทึกเวลาขั้นต้นที่กล่าวมาแล้วนั้น ถือได้ว่าเป็นกระบวนการเก็บตัวอย่างทางสถิติ (Sampling process) ยิ่งจำนวนครั้งที่จับเวลามากเท่าไหร่ ยิ่งมีความเชื่อถือได้ของข้อมูลมากยิ่งขึ้น ถ้าเวลาของงานย่อยใดมีความผันแปร (Variance) มาก ยิ่งต้องจับเวลาหลาย ๆ ครั้งเพื่อที่จะให้ได้ผลที่แม่นยำปัญหาจึงมีอยู่ว่าถ้าต้องการระดับความเชื่อถือได้หรือความแม่นยำที่ต้องการ ควรจะต้องจับเวลาทั้งหมดกี่ครั้ง

การทำงานแต่ละงานย่อยของคนงาน จะใช้เวลาไม่เท่ากันทุกครั้ง ในการทำงานมากครั้งถือได้ว่าข้อมูลมีการกระจายแบบปกติ (Normal distribution) ถ้าเวลาของการทำงานมีการกระจายที่

มีค่าเฉลี่ย (Mean) เท่ากับ μ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) เป็น σ ค่าที่สองนี้ได้จากการจับเวลา n' ครั้ง ซึ่งแต่ละครั้งได้เวลา X_i ดังนั้น เราสามารถหาจำนวนครั้งในการจับเวลาได้โดยวิธีต่อไปนี้

1. การจับเวลาเบื้องต้นมากกว่า 30 ครั้ง ใช้การแจงแจกแบบ Z

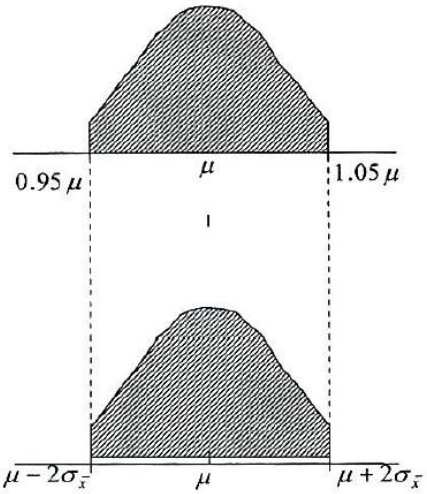
$$\mu = \sum_{i=1}^{n'} \frac{X_i}{n'}$$

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

เนื่องจากเป็นการเก็บตัวอย่างค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจึงเป็นค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแทนด้วย $\sigma_{\bar{X}}$

$$\sigma_{\bar{X}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

การกำหนดขนาดของตัวอย่าง ผู้วิเคราะห์ต้องกำหนดว่าต้องการระดับความเชื่อมั่น (Confidence level) แค่ไหนและความคลาดเคลื่อน (Precision) เท่าใด ตัวอย่าง เช่น ต้องการระดับความเชื่อมั่น 95.5% และความคลาดเคลื่อน ± 10% ดังภาพที่ 2-6 พื้นที่ใต้โค้งปกติ 95.5% (อยู่ในช่วง ± $2\sigma_{\bar{X}}$) และความคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วง +0.05μ (ค่าต่ำสุด 0.95 μ และค่าสูงสุด 1.05 μ) และที่ระดับความเชื่อมั่น 95.5% ค่าของ x จะอยู่ระหว่าง μ - $2\sigma_{\bar{X}}$ กับ μ + $2\sigma_{\bar{X}}$



ภาพที่ 2-6 กราฟแสดงการกระจายที่ระดับความเชื่อมั่น 95.5%

เนื่องจากช่วงทั้งสองมีพื้นที่เทียบเท่ากัน ดังนั้น

$$2\sigma_{\bar{x}} = 0.05\mu$$

$$2\frac{\sigma}{\sqrt{n}} = 0.05\mu$$

$$n = (\frac{2\sigma}{0.05\mu})^2$$

$$n = (\frac{k\sigma}{s\mu})^2$$

$$n = \left[\frac{\frac{k}{s}\sqrt{n'\sum_{i=1}^{n'} X_i^2 - (\sum_{i=1}^{n'} X_i)^2}}{\sum_{i=1}^{n'} X_i}\right]^2$$

เมื่อ k = ตัวประกอบของระดับความเชื่อมั่นดังตารางที่ 2-2

S = ความคลาดเคลื่อน

n' = จำนวนครั้งในการจับเวลาตัวอย่าง

n = จำนวนครั้งในการจับเวลาที่เหมาะสม (เพื่อให้ได้ช่วงความเชื่อมั่นและความคลาดเคลื่อนที่กำหนด)

ตารางที่ 2-2 ตัวประกอบของความเชื่อมั่นที่นิยมใช้

ระดับความเชื่อมั่น	ค่า k
68.30%	1
95.50%	2
99.70%	3

2. การจับเวลาเบื้องต้นน้อยกว่า 30 ครั้ง ใช้การแจกแจงแบบ t-distribution จาก

$$\bar{x} \pm t\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

ค่าดังกล่าวสามารถพิจารณาเป็นค่าผิดพลาดของค่าเฉลี่ย $\bar{x}$ ได้ดังนี้

$$k\bar{x} = \frac{t\sigma}{\sqrt{n}}$$

ดังนั้นจำนวนครั้งในการจับเวลา คือ

$$n = \left[\frac{t\sigma}{k\bar{x}}\right]^2$$

เมื่อ

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

$t = t_{(\alpha,n-1)}$ ค่า t หาได้จากตารางแจกแจง t

k = ± ร้อยละความน่าจะเป็นของความผิดพลาด

3. การหาจำนวนครั้งในการจับเวลาโดยการใช้พิสัย (Range)

เป็นการประมาณค่าจำนวนครั้งในการจับเวลาโดยใช้ค่าสูงสุดและต่ำสุด (พิสัย Range) มาหาวิธีการ คือ

3.1 จับเวลาเบื้องต้น 5 ครั้ง สำหรับงานที่มากกว่า 2 นาที 10 ครั้ง สำหรับงานที่น้อยกว่า 2 นาที

3.2 หาพิสัยของเวลาที่จับได้ พิสัย = ค่าสูงสุด-ค่าต่ำสุด

R = H-L

3.3 หาค่าเฉลี่ย $\bar{x}$ ของเวลาที่จับได้

3.4 หาค่าของพิสัยหารค่าเฉลี่ย $\frac{R}{\bar{x}}$

3.5 นำค่าพิสัยหารค่าเฉลี่ยที่ได้ไปเปิดตารางที่หาจำนวนครั้งจับเวลา

ตารางที่ 2-3 จำนวนครั้งในการศึกษาเวลา สำหรับการหาค่าจากวิธีการพิสัยที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และค่าผิดพลาด ±10

$\frac{R}{\bar{x}}$	Data form Sample of		$\frac{R}{\bar{x}}$	Data form Sample of		$\frac{R}{\bar{x}}$	Data form Sample of	
	5	10		5	10		5	10
.10	3	2	.42	52	30	.74	162	93
.12	4	2	.44	57	33	.76	171	98
.14	6	3	.46	63	36	.78	180	103
.16	8	4	.48	68	39	.80	190	108
.18	10	6	.50	74	42	.82	199	113
.20	12	7	.52	80	46	.84	209	119
.22	14	8	.54	86	49	.86	218	125
.24	17	10	.56	93	53	.88	229	131
.26	20	11	.58	100	57	.90	239	138
.28	23	13	.60	107	61	.92	250	143
.30	27	15	.62	114	65	.94	261	149
.32	30	17	.64	121	69	.96	273	156
.34	34	20	.66	129	74	.98	284	162
.36	38	22	.68	137	78	1.00	296	169
.38	43	24	.70	145	83			
.40	47	27	.72	153	88			

Note: R = range of time for sample, which is equal to high time study elemental value minus low time study elemental value.

$\overline{X}$ = average time value of element for sample. (for ±10% precision and 95% confidence level, divide answer by 4)

การประเมินอัตราความเร็ว

การประเมินอัตราความเร็ว คือ การเปรียบเทียบความเร็วการทำงานปกติกับความเร็วในการทำงานของผู้ที่ถูกสังเกตการณ์ และทำการแก้ไขค่าเวลาที่สังเกตการณ์ได้ให้เป็นความเร็วปกติ เนื่องจากทักษะและความชำนาญในการทำงานของแต่ละคนมีไม่เท่ากันเกิดความแตกต่าง อันมีสาเหตุหลายปัจจัยซึ่งมีผลทำให้เวลาในการทำงานของแต่ละคนไม่เท่ากัน ไม่คงที่ผลสำเร็จของงานก็เกิดความแตกต่างกัน เพราะมีความแตกต่างของความเร็วในการทำงาน ความแตกต่างระหว่างความเร็วจริงและความเร็วปกติ ดังนั้น จำเป็นสำหรับการปรับ (Rating) ให้ตรงกับระดับความสำเร็จของงาน จากความสัมพันธ์อย่างลึกซึ้งระหว่างระดับความสำเร็จ (Performance) และความเร็วในการทำงานนี้ บางครั้งจึงเรียกเรตติงว่า เพอร์ฟอร์มานซ์เรตติง

การเรตติงโดยใช้ Westinghouse system of rating

ระบบของการประเมินอัตราความเร็วด้วยวิธี Westinghouse system of rating คิดโดยบริษัท Westinghouse ในปี ค.ศ.1927 โดยพิจารณาจากตัวประกอบ 4 ตัว คือ

1. ทักษะหรือความชำนาญ คือ ความชำนาญในงานที่ทำ
2. ความพยายาม คือ ความตั้งใจหรือความใส่ใจในการทำงานนั้น
3. สภาพเงื่อนไขการทำงาน คือ สภาพแวดล้อมโดยทั่วไปในการทำงาน
4. ความสม่ำเสมอ คือ การรักษาความเร็วหรือจังหวะ หรือระดับของการทำงาน

การประเมินค่าอัตราความเร็วของพนักงานจะใช้องค์ประกอบทั้ง 4 ตัวนี้โดยดูจากตารางที่ 2-4 กำหนดไว้ในการประเมินค่าอัตราความเร็วของคนงานให้เก็บข้อมูลตามเวลาปกติ แล้วคำนวณหาเวลาตัวแทน จากนั้นนำเวลาตัวแทนมาคูณค่าปรับอัตราเร็วที่หาได้จากตารางดังแสดงไว้ตารางที่ 2-4

ตารางที่ 2-4 การประเมินอัตราความเร็วของพนักงาน

Skill			Effort		
+0.15	A1	Super skill	+0.13	A1	Excessive
+.013	A2		+0.12	A2	
+0.11	B1	Excellent	+0.10	B1	Excellent
+0.08	B2		+0.08	B2	
+0.06	C1	Good	+0.05	C1	Good
+0.03	C2		+0.02	C2	
0.00	D	Average	0.00	D	Average
-0.05	E1	Fair	-0.04	E1	Fair
-0.10	E2		-0.08	E2	
-0.16	F1	Poor	-0.12	F1	Poor
-0.22	F2		-0.17	F2	
Conditions			Consistency		
+0.06	A	Ideal	+0.04	A	Ferfect
+0.04	B	Excellent	+0.03	B	Excellent
+0.02	C	Good	+0.01	C	Good
0.00	D	Average	0.00	D	Average
-0.03	E	Fair	-0.02	E	Fair
-0.07	F	Poor	-0.04	F	Poor

คำนวณหาเวลาปกติ (Normal time)

เมื่อทราบเวลาการทำงานเฉลี่ยและการประเมินอัตราเร็วและการจัดเรตติงแล้วก็สามารถนำมาคำนวณหาเวลาปกติได้

Normal Time = Selected time x rating

โดยที่ Normal Time = เวลาปกติ

Selected Time = เวลาของแต่ละงานย่อย

Rating Factor = เรตติงของพนักงาน

1. การกำหนดเวลาเผื่อ (Allowances time)

เวลาเผื่อ คือ เวลาเพื่อเผื่อการทำงานบางอย่าง เพื่อให้เหมาะสมกับสภาพความเป็นจริงในการทำงานของพนักงานเพราะในการทำงานจริงไม่ได้มีการทำงานเพียงอย่างเดียวแต่พนักงานยังมีกิจกรรมอื่นซึ่งอาจเกิดความล่าช้าที่อาจเกิดเนื่องจากความเหนื่อยล้าหรือที่เกิดขึ้นตามปกติของร่างกายของผู้ปฏิบัติงาน เวลาปกติที่ได้เกิดจากการจับเวลาในการทำงานนั้นเป็นเพียงเวลาในการทำงานเพียงอย่างเดียวไม่รวมเวลาเผื่อของพนักงานด้วย ดังนั้น จึงต้องมีการกำหนดเวลาเผื่อในการทำงานที่เหมาะสม ในการกำหนดเวลามาตรฐานค่าเผื่อเหล่านี้แบ่งได้ ดังนี้

1.1 เวลาเผื่อคงที่

คือ เวลาเผื่อที่แน่นอนหรือทราบไว้ก่อนล่วงหน้าแล้ว เป็นเวลาเผื่อความจำเป็นของบุคคล เวลาเผื่อการล้า เช่น เวลาที่พนักงานไปเข้าห้องน้ำ ดื่มน้ำ ล้างหน้า ล้างมือ เป็นต้น เวลาเผื่อส่วนบุคคลนี้แม้ว่าจะแตกต่างกันสำหรับงานต่าง ๆ โดยขึ้นกับสภาพแวดล้อมและชนิดของงาน โดยทั่วไปแล้วจะอยู่ระหว่าง 4.5%-6.5% แต่ในอุตสาหกรรมทั่วไปมักกำหนดไว้ที่ 5% ของเวลาทำงานทั้งหมด ค่าเผื่อสำหรับส่วนบุคคลนี้อาจแปรเปลี่ยนไปตามสภาพแวดล้อมได้ในสภาวะแวดล้อม

1.2 เวลาเผื่อผันแปร

คือ เวลาเผื่อที่อาจเกิดขึ้นไม่คงที่ในระหว่างการทำงาน ซึ่งการเกิดจากสภาพแวดล้อมทำให้ต้องมีการคำนวณตามความเป็นจริงที่ผันแปรได้ เช่น การล้า (Fatigue) การเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อ

1.3 เวลาเผื่อพิเศษ

เป็นการประกันความล่าช้าที่เกิดจากความไม่สมดุลของการรองานหรือการแทรกแซงของเครื่องจักรในกรณีที่เป็นการทำงานกลุ่มหรืองานของคนและเครื่องจักรทั้งที่หลีกเลี่ยงได้และหลีกเลี่ยงไม่ได้

2. การเลือกคนงานที่เหมาะสม

การเลือกคนงานที่ทำการจับเวลาการทำงานนั้น เลือกคนงานที่มีสุขภาพแข็งแรง มีความสามารถ ความชำนาญงาน และทักษะในเกณฑ์ดีและมีความซื่อตรง ระดับความเร็วในการทำงานควรอยู่ในระดับเฉลี่ยหรือสูงกว่าระดับเฉลี่ยเล็กน้อยเมื่อเลือกพนักงานที่เหมาะสมแล้วจะต้องอธิบายเหตุผลที่ต้องจับเวลาการทำงานให้ทราบจนเป็นที่เข้าใจ เพราะความไม่เข้าใจอาจทำให้คนงานทำงานในสภาพไม่ปกติ เช่น ทำเร็วเกินไป หรือตั้งใจทำงานให้ช้าลงเพื่อให้มาตรฐานต่ำลง

3. คำนวณหาเวลามาตรฐาน (Standard time)

หลังจากทราบค่าเวลาปกติ (Normal time) และเวลาเผื่อแล้วสามารถคำนวณหาค่าเวลามาตรฐานในการทำงานได้โดย

$$ST = NT + A(NT)$$

หรือ $$ST = NT(1+A)$$

เมื่อ ST = เวลามาตรฐาน (Standard time)

NT = เวลาปกติ (Normal time)

A = เวลาเผื่อ (Allowances time) มักอยู่ในรูปแบบ % ของเวลา

การวิเคราะห์กระบวนการผลิต

การวิเคราะห์กระบวนการผลิตเป็นขั้นตอนแรกของการพัฒนาคุณภาพการผลิต เพราะผลจากการวิเคราะห์จะทำให้เราได้ทราบสาเหตุที่แท้จริงของความบกพร่องในการผลิตที่มีผลจริง ๆ ต่อคุณภาพของสินค้าที่ผลิตได้ เพราะการสรุปสาเหตุที่ซ่อนเร้นและไม่ใช่สาเหตุที่แท้จริงของปัญหาแล้วทำการแก้ไขไปทันที อาจได้ผลเพียงระยะสั้นแต่ในที่สุดก็จะเกิดปัญหาขึ้นมาอีก ซึ่งอาจมีผลรุนแรงขึ้นกว่าเดิมก็ได้การค้นหาหรือวิเคราะห์เพื่อหาจุดบกพร่องของสินค้าที่ผลิตขึ้นนั้น กระทำได้หลายวิธี เช่น โดยความรู้สึก จิตสำนึก หรือสัมผัสที่หกของผู้เชี่ยวชาญ โดยการทดลอง โดยการตั้งสมมติฐาน หรือโดยการใช้ข้อมูลทางสถิติที่มีการเก็บรวบรวมข้อมูลอย่างถูกวิธีและมีปริมาณข้อมูลที่เพียงพอ เครื่องมือที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางมี ดังนี้

1. แผนภูมิกระบวนการผลิต

การวิเคราะห์แผนภูมิกระบวนการผลิตนี้ใช้สัญลักษณ์มาตรฐาน 5 ตัว ซึ่งกำหนดโดย The american society of mechanical engineers (ASME) ในสหรัฐอเมริกา ดังนี้ คือ

= Operation หมายถึง การปฏิบัติงานบนชิ้นงาน เกิดขึ้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะหรือคุณสมบัติของชิ้นงาน

= Transportation หมายถึง การเคลื่อนย้ายวัตถุจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง

= Inspection หมายถึง การตรวจสอบคุณภาพของชิ้นงาน หรือการตรวจดูเพื่อให้แน่ใจลักษณะของชิ้นงาน

= Delay หมายถึง ความล่าช้าของงาน เนื่องจากมีอุปสรรคมาขัดขวางไม่ให้ขั้นตอนการปฏิบัติงานต่อไปดำเนินต่อได้

▽ = Storage หมายถึง การเก็บดูแลชิ้นงานอย่างถาวร ซึ่งการเบิกจ่ายควรมีคำสั่งหรือหนังสือจากผู้เกี่ยวข้อง

2. วัตถุประสงค์การวิเคราะห์กระบวนการ

2.1 เพื่อแสดงกระบวนการของงานที่จะทำการผลิตให้เป็นแผนผัง/ แผนภูมิของกระบวนการผลิต เพื่อหากระบวนการผลิต/ แปรสภาพปัจจัยการผลิตให้เป็นผลผลิต ที่มีประสิทธิภาพใช้เวลาน้อยที่สุดและประหยัดที่สุด

2.2 เพื่อค้นหาสาเหตุที่ระบุได้ของความผันแปรด้านคุณภาพของกระบวนการผลิต ซึ่งเมื่อค้นพบแล้วจะต้องทำการปรับปรุงแก้ไขอย่างต่อเนื่องต่อไป

2.3 หาข้อมูลเพื่อคาดคะเนผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงวัสดุหรือผลิตภัณฑ์ เพื่อหาแนวทางการปรับปรุงและพัฒนาวัสดุหรือผลิตภัณฑ์

2.4 หาข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการผลิตเพื่อจัดทำแผนการผลิตที่เหมาะสม

การวิเคราะห์กระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์

การวิเคราะห์กระบวนการของผลิตภัณฑ์นั้น จะแบ่งกระบวนการของการเปลี่ยนแปลงตั้งแต่เป็นวัตถุดิบไปจนกระทั่งเป็นผลิตภัณฑ์ออกเป็น 4 ขั้นตอน คือ การแปรรูป การขนย้าย การรอคอย และการตรวจสอบ โดยใช้เครื่องหมายกระบวนการ เครื่องมือที่นิยมใช้กัน

ขั้นตอนปฏิบัติของการวิเคราะห์กระบวนการผลิต

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดวัตถุประสงค์และขอบเขตการวิเคราะห์กระบวนการผลิต

ในการวิเคราะห์กระบวนการผลิตสิ่งแรกที่เราควรคำนึงถึงและควรให้ความสำคัญ คือ วัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์ เกณฑ์การตัดสินใจต่าง ๆ ในการวิเคราะห์ เราควรกำหนดวัตถุประสงค์ที่ชัดเจน มีการกำหนดขอบเขตการวิเคราะห์ เพื่อที่จะสามารถวิเคราะห์ได้ตรงจุดตรงวัตถุประสงค์ของงาน ไม่วิเคราะห์กว้างเกินความจำเป็นซึ่งอาจทำให้เราเสียเวลา เสียงบประมาณมากเกินความจำเป็น การกำหนดขอบเขตของงานต้องมีความชัดเจนซึ่งจะทำให้เราสามารถควบคุมแผนการดำเนินงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ขั้นตอนที่ 2 สำรวจข้อมูลขอบเขตงานเบื้องต้น

สำรวจข้อมูลเบื้องต้นโดยรวม เช่น สภาพแวดล้อมในสถานที่ทำงาน รูปแบบการทำงาน กระบวนการผลิต แผนผังสถานที่ทำงาน มาตรฐานการผลิต การทำงานของคนและเครื่องจักร ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะช่วยให้เราสามารถเข้าใจลักษณะการทำงาน กระบวนการทำงาน ทราบปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตอย่างคร่าว ๆ สามารถประเมินปัญหาได้ในเบื้องต้น

ขั้นตอนที่ 3 วางแผนขั้นตอนในการวิเคราะห์

เมื่อทราบวัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์และขอบเขตของงานที่จะสำรวจอย่างชัดเจนแล้ว ขั้นตอนการวางแผนขั้นตอนการวิเคราะห์นี้เป็นสิ่งที่จำเป็นต้องทำการกำหนดระยะเวลาที่ใช้สำรวจโดยคำนึงถึงแผนการผลิตเป็นหลัก เพราะแผนการผลิตจะช่วยให้เรากำหนดแผนการทำงานได้เป็นอย่างดีทำให้เรามีการทำงานอย่างเป็นขั้นตอนที่ชัดเจน มีการวางแผนกำหนดการทำงานอย่างเป็นระบบ

ขั้นตอนที่ 4 การเตรียมการวิเคราะห์

เตรียมอุปกรณ์ในการวิเคราะห์ นาฬิกาจับเวลา เอกสารที่เกี่ยวข้อง ฟอร์มต่าง ๆ พร้อมทั้งกรอกข้อมูลที่สำคัญ รายละเอียดข้อมูลต่าง ๆ สำรวจกระบวนการผลิตหรือกระบวนการที่จะสำรวจว่าอยู่ในความปกติหรือไม่ เพราะหากกระบวนการนั้นไม่ปกติ เช่น เครื่องจักรชำรุด การทำงานของคนอยู่ในสถานะไม่พร้อมทำงาน อาจทำให้ผลการวิเคราะห์คลาดเคลื่อนได้

ขั้นตอนที่ 5 ดำเนินการวิเคราะห์

สำรวจและวิเคราะห์กระบวนการผลิตในแต่ละขั้นตอน แยกกระบวนการต่าง ๆ เป็นสัญลักษณ์ การแปรรูป การขนย้าย การรอคอย การตรวจสอบ และการเก็บรักษา สังเกตการณ์ทำงานของพนักงานและเครื่องจักร จับเวลา และระยะการขนย้าย ระยะการเคลื่อนที่ในการทำงานของแต่ละกระบวนการ โดยผู้ที่ทำการวิเคราะห์ต้องมีทักษะและเข้าใจกระบวนการต่าง ๆ เป็นอย่างดี เพื่อที่จะได้การวิเคราะห์ที่เป็นไปตามความจริงมากที่สุด

ขั้นตอนที่ 6 รวบรวมผลการวิเคราะห์และสรุปผล

รวบรวมผลการวิเคราะห์ต่าง ๆ ทั้งหมดทำเป็นตารางสรุปผลการวิเคราะห์เพื่อให้เข้าใจโดยรวมได้ง่ายขึ้น

ขั้นตอนที่ 7 พิจารณาและหาวิธีการปรับปรุงให้ดีขึ้น

พิจารณาผลการวิเคราะห์และปรับปรุงกระบวนการให้ดีขึ้นโดยลดกิจกรรมที่ไม่เกิดประโยชน์ ขจัดความสูญเปล่าในขั้นตอนต่าง ๆ ในกระบวนการผลิต การจัดทำแผนการปรับปรุงกระบวนการอาจใช้หลักการต่าง ๆ เข้ามาช่วย เช่น แผนภูมิก้างปลา แผนภูมิพาเรโต เป็นต้น ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับวางแผนและป้องกันปัญหา เพื่อให้ได้นโยบายและมาตรการเชิงรุกที่ชัดเจน ช่วยในการตัดสินใจได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

3. แผนผังการไหล

แผนภูมิการไหล คือ การแสดงภาพหรือสัญลักษณ์ของกระบวนการ ขั้นตอนในกระบวนการแต่ละครั้งจะถูกแทนด้วยสัญลักษณ์ที่แตกต่างกันและมีคำอธิบายสั้น ๆ ขั้นตอนกระบวนการผังการไหลแบ่งงานตามชนิดของสิ่งสังเกตออกได้เป็น 2 ชนิด คือ

1. ผังการไหลของคน (Man type) แสดงการเคลื่อนที่ของคนในการทำงาน หรือสิ่งสังเกต คือ คนงาน

2. ผังการไหลของวัสดุ (Material type) แสดงการเคลื่อนที่ของวัสดุ หรือวัตถุดิบในกระบวนการผลิต กรณีสิ่งสังเกต คือ วัสดุ

การเขียนแผนภูมิและแผนผังการไหลของกระบวนการผลิต

การเขียนแผนภูมิและแผนผังการไหลของกระบวนการผลิตแบ่งเป็นขั้นตอน 6 ขั้นตอน คือ

1. เลือกกิจกรรมการทำงานที่ต้องการศึกษา โดยกำหนดเจาะจงลงไปว่าต้องการศึกษากระบวนการของ คน วัสดุ หรือ ชิ้นส่วน

2. กำหนดจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของกระบวนการผลิตที่จะศึกษา โดยต้องครอบคลุมกิจกรรมทั้งหมดที่ต้องการศึกษา

3. เขียนแผนภูมิกระบวนการผลิต โดยในแผนภูมิกระบวนการผลิตจะต้องประกอบด้วย Heading description และ summary

4. แสดงผลของจำนวนกิจกรรมต่าง ๆ คือ จำนวนขั้นตอนการปฏิบัติงาน จำนวนขั้นตอนการขนส่งจำนวนครั้งของความล่าช้าจำนวนครั้งการตรวจสอบ และจำนวนครั้งในการพักหรือเก็บ รวมถึงระยะทางในการขนส่งไว้ในตารางสรุป

5. เขียนผังการไหลของกระบวนการผลิต แสดงสถานีงาน ที่ตั้งของเครื่องจักรและเครื่องมือต่าง ๆ ที่ใช้

6. แสดงทิศทางการไหลของกระบวนการผลิตโดยใช้หัวลูกศรชี้แสดง

แผนผังสาเหตุและผล (Cause and effect diagram)

แผนผังสาเหตุและผลเป็นแผนผังที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างปัญหา (Problem) กับสาเหตุทั้งหมดที่เป็นไปได้ที่อาจก่อให้เกิดปัญหานั้น (Possible cause) อาจคุ้นเคยกับแผนผังสาเหตุและผลในชื่อของ “ผังก้างปลา (Fish bone diagram)” เนื่องจากหน้าตาแผนภูมิมีลักษณะคล้ายปลาที่เหลือแต่ก้าง หรืออาจรู้จักในชื่อของแผนผังอิชิกาว่า (Ishikawa diagram) ซึ่งได้รับการพัฒนาครั้งแรกเมื่อปี ค.ศ. 1943 โดย ศาสตราจารย์คาโอรุ อิชิกาว่า แห่งมหาวิทยาลัยโตเกียว

สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรมแห่งญี่ปุ่น (JIS) ได้นิยามความหมายของผังก้างปลานี้ว่า “เป็นแผนผังที่ใช้แสดงความสัมพันธ์อย่างเป็นระบบระหว่างสาเหตุหลาย ๆ สาเหตุที่เป็นไปได้ที่ส่งผลกระทบให้เกิดปัญหาหนึ่งปัญหา”

แผนผังสาเหตุและผลจะถูกนำไปใช้ก็ต่อเมื่อ

1. เมื่อต้องการค้นหาสาเหตุแห่งปัญหา

2. เมื่อต้องการทำการศึกษา ทำความเข้าใจ หรือทำความรู้จักกับกระบวนการอื่น ๆ เพราะว่าโดยส่วนใหญ่พนักงานจะรู้ปัญหาเฉพาะในพื้นที่ของตนเท่านั้น แต่เมื่อมีการทำผังก้างปลาแล้ว จะทำให้สามารถรู้กระบวนการของแผนกอื่นได้ง่ายขึ้น

3. เมื่อต้องการให้เป็นแนวทางในการระดมสมอง ซึ่งจะช่วยให้ทุก ๆ คนให้ความสนใจในปัญหาของกลุ่มซึ่งแสดงไว้ที่หัวปลา

วิธีการสร้างแผนผังสาเหตุและผลหรือผังก้างปลา (ภาพที่ 2-7)

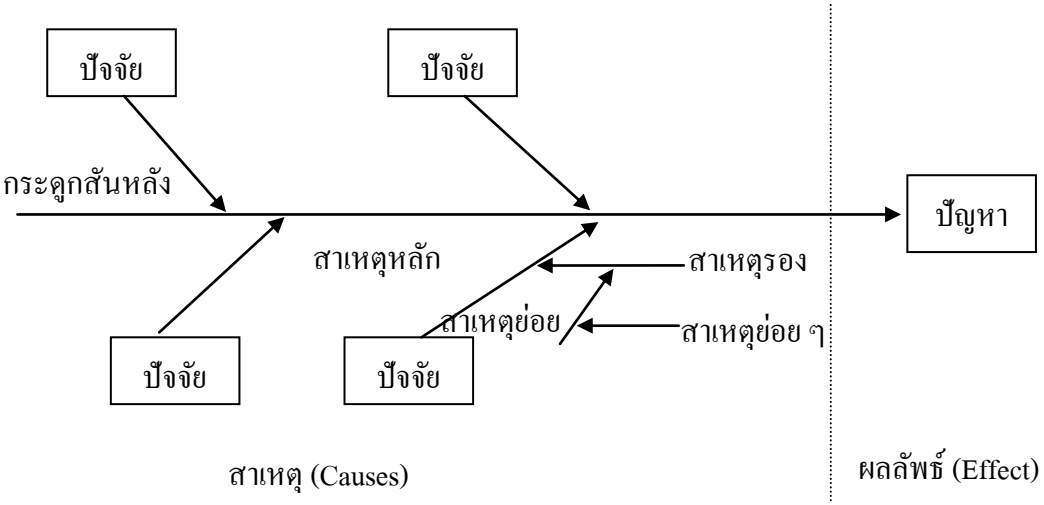
สิ่งสำคัญในการสร้างแผนผัง คือ ต้องทำเป็นทีม เป็นกลุ่ม โดยใช้ขั้นตอน 6 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. กำหนดประโยคปัญหาที่หัวปลา
2. กำหนดกลุ่มปัจจัยที่จะทำให้เกิดปัญหานั้น ๆ
3. ระดมสมองเพื่อหาสาเหตุในแต่ละปัจจัย
4. หาสาเหตุหลักของปัญหา
5. จัดลำดับความสำคัญของสาเหตุ
6. ใช้แนวทางการปรับปรุงที่จำเป็น

ผังก้างปลาประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. ส่วนปัญหาหรือผลลัพธ์ (Problem or effect) ซึ่งจะแสดงอยู่ที่หัวปลา
2. ส่วนสาเหตุ (Causes) จะสามารถแยกย่อยออกได้อีกเป็น
   2.1 ปัจจัย (Factors) ที่ส่งผลกระทบต่อปัญหา (หัวปลา)
   2.2 สาเหตุหลัก
   2.3 สาเหตุย่อย

ซึ่งสาเหตุของปัญหาจะเขียนไว้ในก้างปลาแต่ละก้าง ก้างย่อยเป็นสาเหตุของก้างรองและก้างรองเป็นสาเหตุของก้างหลัก เป็นต้น ดังภาพที่ 2-7



ภาพที่ 2-7 โครงสร้างของแผนผังสาเหตุและผล

การกำหนดปัจจัยบนก้างปลา

เราสามารถที่จะกำหนดกลุ่มปัจจัยอะไรก็ได้ แต่ต้องมั่นใจว่ากลุ่มที่เรากำหนดไว้เป็นปัจจัยนั้นสามารถที่จะช่วยให้เราแยกแยะและกำหนดสาเหตุต่าง ๆ ได้อย่างเป็นระบบและเป็นเหตุเป็นผล โดยส่วนมากมักจะใช้หลักการ 4M 1E เป็นกลุ่มปัจจัย (Factors) เพื่อจะนำไปสู่การแยกแยะสาเหตุต่าง ๆ ซึ่ง 4M 1E นี้มาจาก

1. M Man คนงาน หรือพนักงาน หรือบุคลากร
2. M Machine เครื่องจักร หรืออุปกรณ์อำนวยความสะดวก
3. M Material วัตถุดิบ หรืออะไหล่ อุปกรณ์อื่น ๆ ที่ใช้ในกระบวนการ
4. M Method กระบวนการทำงาน
5. E Environment อากาศ สถานที่ ความสว่าง และบรรยากาศการทำงาน

แต่ไม่ได้หมายความว่า การกำหนดก้างปลาจะต้องใช้ 4M 1E เสมอไป เพราะหากไม่ได้อยู่ในกระบวนการผลิตแล้ว ปัจจัยนำเข้า (Input) ในกระบวนการก็จะเปลี่ยนไป เช่น ปัจจัยการนำเข้าเป็น 4P ได้แก่ Place, Procedure, People และ Policy หรือเป็น 4S Surrounding, Supplier, System และ Skill ก็ได้ หรืออาจจะเป็น MILK Management, Information, Leadership, Knowledge ก็ได้ นอกจากนั้น หากกลุ่มที่ใช้ก้างปลามีประสบการณ์ในปัญหาที่เกิดขึ้นอยู่แล้ว ก็สามารถที่จะกำหนดกลุ่ม ปัจจัยใหม่ให้เหมาะสมกับปัญหาตั้งแต่แรกเลยก็ได้ เช่นกัน

การกำหนดหัวข้อปัญหาที่หัวปลา

การกำหนดหัวข้อปัญหาควรกำหนดให้ชัดเจนและมีความเป็นไปได้ ซึ่งหากเรากำหนดประโยคปัญหานี้ไม่ชัดเจนตั้งแต่แรกแล้ว จะทำให้เราใช้เวลามากในการค้นหาสาเหตุ และจะใช้เวลานานในการทำผังก้างปลา

การกำหนดปัญหาที่หัวปลา เช่น อัตราของเสีย อัตราชั่วโมงการทำงานของคนที่ไม่มีประสิทธิภาพ อัตราการเกิดอุบัติเหตุ หรืออัตราต้นทุนต่อสินค้าหนึ่งชิ้น เป็นต้น ซึ่งจะเห็นได้ว่าควรกำหนดหัวข้อปัญหาในเชิงลบ

เทคนิคการระดมความคิดเพื่อจะได้ก้างปลาที่ละเอียดสวยงาม คือ การถาม ทำไม ทำไม ทำไมในการเขียนแต่ละก้างย่อย ๆ

เทคโนโลยีการผลิตยางคอมปาวด์

ยางคอมปาวด์ (Rubber compound) คือ ยางที่มีการผสมสารเคมีต่าง ๆ เช่น สารวัลคาไนซ์ สารตัวเร่งปฏิกิริยา สารตัวเติม เป็นต้น พร้อมที่จะนำไปขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ยางต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นยางล้อ ถุงมือยาง ถุงยางอนามัย ยางรองคอสะพาน ท่อยาง ยางรัดของ ฯลฯ

การจะผลิตยางคอมปาวด์ต้องอาศัยเทคโนโลยีต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นการออกสูตรเคมียางและการผสมยาง เพื่อให้ได้ยางคอมปาวด์ที่นำไปขึ้นรูปและคงรูปเป็นผลิตภัณฑ์ยางที่มีสมบัติตามที่ต้องการ

1. เทคโนโลยีการออกสูตรเคมียาง (Compounding formulation)

การออกสูตรเคมียางให้เหมาะสมนั้นนับเป็นขั้นตอนแรกที่มีความสาคัญอย่างมากในการผลิตผลิตภัณฑ์ยาง เนื่องจากจะส่งผลต่อสมบัติหรือคุณภาพของผลิตภัณฑ์ยาง ดังกล่าว การออกสูตรเคมียางที่ดีนั้น ต้องอาศัยความรู้เกี่ยวกับสมบัติและการใช้งานของยางแต่ละชนิดโดยละเอียด ต้องรู้หน้าที่กลไกการทำงานของสารเคมีต่าง ๆ ที่จะผสมลงไปในยางเป็นอย่างดี รวมทั้งต้องมีความรู้เกี่ยวกับเครื่องจักรที่จะใช้ในการผสมและการแปรรูปด้วย

จุดประสงค์หลักของการออกสูตรเคมียาง ได้แก่

1. เพื่อให้สามารถขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ตามที่ต้องการ (Processability)
2. เพื่อให้ผลิตภัณฑ์นั้นมีสมบัติตามที่ต้องการ (Properties)
3. เพื่อควบคุมต้นทุน/ ราคาตามที่ต้องการ (Price)

โดยทั่วไปส่วนประกอบต่าง ๆ ในสูตรเคมียาง ประกอบด้วย

1. ยาง ไม่ว่าจะเป็นยางธรรมชาติ (Natural rubber, NR) ยางสังเคราะห์ (Synthetic rubber, SR) ยางผสม (Blends) หรือยางเทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic elastomer, TPE)

2. สารวัลคาไนซ์ (Vulcanizing agent)

3. สารตัวเร่งปฏิกิริยา (Accelerator)

4. สารกระตุ้นปฏิกิริยา (Activator)

5. สารป้องกันการเสื่อมสภาพ (Antidegradants)

6. สารตัวเติม (Fillers)

7. สารทำให้ยางนิ่มและสารช่วยในกระบวนการผลิต (Plasticizers and processing aids)

8. สารอื่น ๆ เช่น สี (Pigments) สารทำให้เกิดฟอง (Blowing agents) และสารหน่วงการติดไฟ (Flame retardants) เป็นต้น

ในแต่ละกลุ่ม อาจจะมีการใช้สารเคมีมากกว่าหนึ่งตัว เช่น สารตัวเร่งปฏิกิริยาอาจจะใช้สองตัวร่วมกัน หรือสีอาจจะใช้สามหรือสี่ชนิดรวมกัน เป็นต้น

2. เทคโนโลยีการผสมยาง (Mixing)

เมื่อออกสูตรเคมียางเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนถัดมา คือ การผสมยางกับสารเคมียางเข้าด้วยกันโดยใช้เครื่องผสมซึ่งอาจจะเป็นเครื่องผสมระบบปิดหรือระบบเปิดก็ได้ ยางที่ผ่านการผสมสารเคมีแล้วจะเรียกว่า “ยางคอมปาวด์ (Rubber compound)” การผสมยางนี้ก็เป็นอีกขั้นตอนหนึ่งที่มีความสำคัญอย่างมากต่อสมบัติและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากถ้าสารเคมีที่เติมลงไปในยางกระจายตัว (Distribution) หรือแตกตัว (Dispersion) ได้ไม่ดี ก็จะส่งผลโดยตรงต่อความสม่ำเสมอของคุณภาพผลิตภัณฑ์ ดังนั้น การใช้กระบวนการผสมที่แตกต่างกัน เช่น การใช้เครื่องผสมคนละชนิดกัน การใช้สภาวะการผสมที่แตกต่างกัน หรือแม้แต่การจัดลำดับการเติมสารเคมีลงไปในเครื่องผสมที่แตกต่างกัน ย่อมจะส่งผลทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสมบัติที่แตกต่างกันด้วยแม้ว่าจะเป็นยางสูตรเดียวกันก็ตาม ดังนั้น ผู้ผลิตจำเป็นต้องมีการตรวจสอบคุณภาพของการผสมโดยนำยางคอมปาวด์ที่ได้จากการผสมแต่ละครั้ง (Batch) ไปทดสอบความหนืดมูนนี่ (Mooney viscosity) และสมบัติการคงรูปของยาง (Cure characteristics) เพื่อควบคุมคุณภาพให้คงที่

เครื่องผสมยาง

เนื่องจากเทคโนโลยีการผสมยางให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพคงที่ตามที่ต้องการนั้น มีปัจจัยที่ต้องพิจารณามากมายและต้องอาศัยความรู้ความเข้าใจในกลไกการผสม ได้แก่ การเข้าไปในเนื้อยางของสารตัวเติม (Incorporation หรือ wetting) การกระจายตัวของสารตัวเติมในยาง (Distribution) และการแตกตัวของสารตัวเติม (Dispersion) รวมไปถึงปัจจัยต่าง ๆ เช่น อุณหภูมิ ปริมาณที่ผสม ตลอดจนลำดับการใส่สารเคมี ที่มีต่อการใช้เครื่องผสมยางต่างชนิดกัน (เครื่องผสมระบบปิด เครื่องผสมระบบเปิด หรือเครื่องผสมแบบต่อเนื่อง) ดังนั้น ในที่นี้จะกล่าวถึงตัวอย่าง

เครื่องผสมยางแต่เพียงคร่าว ๆ เพื่อให้พอทราบถึงลักษณะการทำงานของเครื่องผสมยาง โดยเครื่องผสมยางแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1. เครื่องผสมยางแบบไม่ต่อเนื่องหรือแบบแบตช์ (Batch mixer) ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 ระบบ ได้แก่

1.1 ระบบเปิด ได้แก่ เครื่องผสมยางแบบ 2 ลูกกลิ้ง (Two-roll mill)

1.2 ระบบปิด แบ่งตามลักษณะของโรเตอร์ ออกเป็น 4 แบบ ได้แก่

1.2.1 เครื่องผสมระบบปิดแบนบูรี่ (Banbury internal mixer)

1.2.2 เครื่องผสมระบบปิดแบบอินเตอร์มิกซ์ (Intermix internal mixer)

1.2.3 เครื่องผสมระบบปิดแบบที่ปรับระยะห่างระหว่างโรเตอร์ได้ (Variable intermeshing clearance internal mixer)

1.2.4 เครื่องผสมระบบปิดอื่น ๆ ได้แก่ เครื่องนวดยางหรือนีดเดอร์ (Kneader)

2. เครื่องผสมยางแบบต่อเนื่อง (Continuous mixer) ได้แก่ เครื่องผสมแบบเกลียวหนอนเดี่ยว (Single screw)

การตรวจสอบคุณภาพของยางคอมปาวด์

เมื่อผสมยางคอมปาวด์เรียบร้อยแล้ว ผู้ผลิตควรตรวจสอบคุณภาพของยางคอมปาวด์ เพื่อให้แน่ใจได้ว่ายางคอมปาวด์ที่ผลิตได้มีคุณภาพเป็นไปตามข้อกำหนดด้านคุณภาพตามที่ลูกค้าต้องการ นอกจากนี้การตรวจสอบคุณภาพของยางคอมปาวด์อย่างสม่ำเสมอยังเป็นการช่วยควบคุมความสม่ำเสมอทางคุณภาพของการผลิตอีกด้วย โดยทั่วไปผู้ผลิตควรตรวจสอบสมบัติพื้นฐานต่าง ๆ ของยางคอมปาวด์ ดังต่อไปนี้

1. ความหนืดมูนนี่ (Mooney viscosity)

ความหนืดมูนนี่เป็นหนึ่งในสมบัติที่สำคัญที่สุดของยางคอมปาวด์ที่ต้องตรวจสอบเพราะเป็นสมบัติที่บ่งชี้ความสามารถในการไหลหรือการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของยางคอมปาวด์ ยางที่มีความหนืดต่ำจะไหลได้ง่ายทำให้กระบวนการผลิตเป็นไปได้โดยง่ายด้วยเช่นกัน

การวัดค่าความหนืดมูนนี่สามารถทำได้โดยใช้เครื่องทดสอบที่เรียกว่า “เครื่องมูนนี่วิสโคมิเตอร์ (Mooney viscometer)” ซึ่งมีลักษณะดังแสดงในภาพที่ 2-8 ตัวเครื่องทดสอบประกอบด้วยโรเตอร์ที่วางอยู่ภายในช่องว่างระหว่างดาย 2 อัน คือ ดายบน (Upper die) และดายล่าง (Lower die) โดยโรเตอร์มี 2 ขนาดให้เลือกใช้ตามระดับความหนืดของยาง กล่าวคือ ถ้ายางที่ทดสอบมีความหนืดสูงก็ใช้โรเตอร์ขนาดเล็ก แต่ถ้ายางที่ทดสอบมีความหนืดปานกลางหรือต่ำก็ใช้โรเตอร์ขนาดใหญ่ ใส่ยางเข้าไปในช่องว่างระหว่างดายบนและดายล่าง ให้ความร้อนแก่ยาง

(Preheat time) 1 นาที เพื่อให้ยางมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิที่จะทดสอบ จากนั้นโรเตอร์จะเริ่มหมุนด้วยความเร็วประมาณ 2 รอบต่อนาทีทำให้เกิดแรงเฉือนระหว่างพื้นผิวของโรเตอร์และพื้นผิวของดาย แรงที่ใช้ในการหมุนโรเตอร์จะสัมพันธ์โดยตรงกับความหนืดของยางคอมพาวด์ เครื่องจะบันทึกแรงบิดที่ต้องใช้ในการหมุนโรเตอร์ตามเวลาและแปลงค่าที่ได้ให้อยู่ในรูปของ “Mooney units (MU) หรือ Mooney viscosity (MV) scale” โดยส่วนใหญ่นิยมอ่านค่าความหนืดของยางหลังจากที่โรเตอร์หมุนไป 4 นาที ยกเว้นในกรณีของยางบิวไทล์ (IIR) และยางฮาโลบิวไทล์ (XIIR) ซึ่งจะอ่านค่าความหนืดของยางหลังจากที่โรเตอร์หมุนไป 8 นาที

ภาพที่ 2-8 เครื่องมูนนี่วิสโคมิเตอร์ (Mooney viscometer)

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการแสดงผลการทดสอบค่าความหนืดมูนนี่ คือ 40 ML 1+4 (100 ºC)

เมื่อ 40 คือ ค่าความหนืดที่วัดได้ในหน่วยมูนนี่

M มาจาก Mooney

L หมายถึง โรเตอร์ขนาดใหญ่ (Large) แต่ถ้าเป็นโรเตอร์ขนาดเล็กจะใช้ S (small) แทน

1 คือ ระยะเวลาที่ให้ความร้อนแก่ยางก่อนการทดสอบ

4 คือ ระยะเวลาที่อ่านค่าความหนืด (มีค่าเท่ากับ 8 สำหรับยางบิวไทล์)

100 ºC คือ อุณหภูมิของการทดสอบ (มีค่าเท่ากับ 125 ºC สำหรับยาง EPDM เป็นต้น)

2. ลักษณะการวัลคาไนซ์ (Cure characteristics)

นอกจากสมบัติการไหลแล้ว ลักษณะการวัลคาไนซ์ เช่น ระยะเวลาสกอร์ช (Scorch time) และระยะเวลาในการวัลคาไนซ์ (Curing time) ก็จัดเป็นสมบัติสำคัญของยางคอมปาวด์ที่ส่งผลต่อกระบวนการผลิต เพราะถ้ายางเกิดการวัลคาไนซ์เร็วเกินไปหรือมีระยะเวลาสกอร์ชที่สั้นเกินไป

ก็อาจก่อให้เกิดปัญหาในระหว่างการไหลขึ้นรูปได้ เช่น ยางไหลได้ไม่เต็มแม่พิมพ์ ดังนั้น ในการออกสูตรเคมียาง จึงต้องออกสูตรให้ยางคอมพาวด์มีระยะเวลาสกอร์ชที่ยาวเพียงพอที่จะไม่ก่อให้เกิดปัญหาในกระบวนการผลิต และยางคอมปาวด์ก็ควรจะมีระยะเวลาในการวัลคาไนซ์ที่สั้นเพื่อทำให้ต้นทุนการผลิตลดลง และเพิ่มผลิตภาพการผลิต

ยิ่งไปกว่านั้น การทดสอบลักษณะการวัลคาไนซ์ของยางยังเป็นหนึ่งในขั้นตอนของการควบคุมคุณภาพในกระบวนการผลิตอีกด้วย เช่น หากมีการชั่งน้ำหนักของสารเคมีในกลุ่มที่ทำให้ยางวัลคาไนซ์ผิด หรืออาจเติมสารเคมีดังกล่าวผิดขั้นตอนก็จะส่งผลทำให้ลักษณะการวัลคาไนซ์ของยางผิดปกติได้ ปัจจุบันเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบลักษณะการวัลคาไนซ์ของยางมี 3 ชนิด ได้แก่ เครื่องมูนนี่วิสโคมิเตอร์ (Mooney viscometer) เครื่องรีโอมิเตอร์แบบจานแกว่ง (Osciilating disc rheometer, ODR) และเครื่องรีโอมิเตอร์แบบดายเคลื่อนที่ (Moving die rheometer, MDR)

3. การทดสอบความแข็ง

ความแข็ง (Hardness) ในที่นี้ หมายถึง การต้านทานการเปลี่ยนรูป (Deformation) ของวัสดุ ซึ่งค่าที่วัดได้จากการทดสอบจะไม่ใช่ค่าสัมบูรณ์แต่จะเป็นค่าในเชิงเปรียบเทียบ (Relative term) ค่าความแข็งที่กล่าวถึงนี้จะแตกต่างไปจากค่าความต้านทานการขัดสี (Abrasion resistance) หรือค่าความต้านทานการสึกหรอ (Wear resistance) ของวัสดุ ยกตัวอย่างเช่น พอลิสไตรีนจัดเป็นวัสดุที่มีความแข็ง (Hardness) สูง แต่ขณะเดียวกันก็มีความต้านทานการขัดสีต่ำ

4. ค่าความถ่วงจำเพาะและค่าความหนาแน่น

โดยนิยามแล้วค่าความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity) ของพอลิเมอร์จะหมายถึง สัดส่วนระหว่างน้ำหนักของวัสดุพอลิเมอร์ที่ทดสอบเทียบกับน้ำหนักของน้ำที่มีปริมาตรเท่าวัสดุ ณ อุณหภูมิที่กำหนด (เช่น 23 ºC) ดังนั้น ค่าความถ่วงจำเพาะจึงเป็นค่าที่ไม่มีหน่วยในขณะที่ค่าความหนาแน่น (Density) จะหมายถึง น้ำหนักต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรของวัสดุนั้น ซึ่งจะเป็นค่าที่มีหน่วยเป็นกรัมต่อลูกบาศก์เซ็นติเมตร หรือปอนด์ต่อลูกบาศก์ฟุต จะเห็นได้ว่าค่าทั้ง 2 มีความหมายต่างกันแต่ค่าที่ได้ใกล้เคียงกันมากและบางครั้งมักจะมีการนำตัวเลขไปใช้อ้างอิงสลับกัน ค่าความถ่วงจำเพาะถือเป็นจุดเด่นของวัสดุพอลิเมอร์ เนื่องจากพอลิเมอร์จะมีน้ำหนักเบาเมื่อเทียบกับวัสดุประเภทอื่น ๆ เช่น โลหะ หรือเซรามิกส์ นอกจากนั้นในบางกรณีผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์จะมีการเติมสารเติมแต่ง (Additive) ลงไปด้วยซึ่งจะส่งผลให้ค่าความถ่วงจำเพาะเปลี่ยนแปลงไป ดังนั้น การวัดความถ่วงจำเพาะหรือความหนาแน่นของพอลิเมอร์จึงมีความสำคัญในแง่ของการควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วรวุฒิ ชะไวย์ (2554) จากงานวิจัยเรื่อง “การปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อเพิ่มผลผลิตในสายการผลิตแขนจับหัวอ่านสำหรับฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์” โดยงานวิจัยนี้กล่าวถึง การศึกษากระบวนการผลิตแขนจับหัวอ่านสำหรับฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ซึ่งเป็นการผลิตแบบต่อเนื่อง จากนั้นทำการปรับปรุงกระบวนการผลิตที่สถานีงานที่ใช้เวลานานที่สุดโดยมุ่งหมายลดเวลาการผลิตจาก 1.42 วินาทีต่อชิ้นผลิตภัณฑ์ให้น้อยกว่า 1.17 วินาทีต่อชิ้นผลิตภัณฑ์ ผู้วิจัยได้ออกแบบและทำอุปกรณ์ช่วยหยิบและวางวัสดุ แล้วทำการทดสอบระยะเวลาการหยิบและวางวัสดุ ผลลัพธ์ที่ได้สามารถลดเวลาการทำงานที่ช้าที่สุดของกระบวนการผลิตจาก 1.42 วินาที เหลือ 1.17 วินาที คิดเป็น 17.60% สามารถลดจำนวนพนักงานจาก 3 คนเหลือ 1 คน ลดจำนวนฟิกเจอร์ โดยมีค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงอยู่ที่ 844,181 บาทต่อสายการผลิต สามารถทำรายได้จากผลการผลิตที่เพิ่มขึ้นรวมประมาณ 35,972,639 บาทต่อสายการผลิตต่อปี คิดระยะเวลาคืนทุนได้ภายใน 9 วัน

วัชระ อาสนไพบูลย์ (2552) จากงานวิจัยเรื่อง “การปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตของโรงงานผลิตยางคอมปาวด์” โดยงานวิจัยนี้กล่าวถึงการศึกษากระบวนการผลิตยางคอมปาวด์โดยใช้แผนภาพ Value stream mapping ศึกษากระบวนการผลิตที่ไม่สมดุลพบว่าในกระบวนการทำงานที่จุดลูกกลิ้งเป็นจุดที่เป็นคอขวดของกระบวนการซึ่งใช้เวลานานที่สุด ผู้วิจัยทำการปรับปรุงลดเวลาการผลิตที่จุดลูกกลิ้งโดยทำการติดตั้งชุดลูกกลิ้งเล็กและเพิ่มชุดใบมีดที่จุดลูกกลิ้ง นอกจากนี้ทำการติดตั้ง Timer เพื่อช่วยให้พนักงานผสมยางทราบเวลาในการเริ่มผสมยาง ผลลัพธ์ที่ได้จากการปรับปรุงสามารถลดเวลาการผลิตและเพิ่มผลิตภาพกระบวนการผลิตได้ 29.41%

ไชยา วรสิงห์ (2552) จากงานวิจัยเรื่อง “การเพิ่มผลิตภาพการผลิตโดยการศึกษาการทำงานกรณีศึกษา: โรงงานผลิตชิ้นส่วนอะไหล่เครื่องจักร โดยงานวิจัยนี้กล่าวถึงการศึกษากระบวนการผลิตดุมล้อรถยนต์ โดยใช้แผนภูมิการไหลของกระบวนการผลิต (Flow process chart) ทำการศึกษาเวลาของแต่ละกระบวนการโดยใช้นาฬิกาจับเวลาโดยตรง แล้วใช้โปรแกรม Minitab เข้ามาช่วยในการทดสอบการแจกแจงของข้อมูล เพื่อนำไปหาเวลามาตรฐาน ผู้วิจัยรวบรวมปัญหาที่ส่งผลการผลิตพบว่าแต่ละครั้งที่ทำการถอดเปลี่ยนชิ้นงานบนเครื่องกัด ทั้งการเซ็ทชิ้นงานและการนำชิ้นงานออกจากเครื่องจักรจะใช้เวลามาก และยังพบว่ามีปัญหาเรื่องผิวชิ้นงานไม่เรียบเนื่องจากชิ้นงานที่เป็นเหล็กหล่อทำให้การจับชิ้นงานผิวสัมผัสไม่สนิท ส่งผลให้ชิ้นงานหลุดขณะเครื่องจักรทำงาน หลังจากนั้นผู้วิจัยได้ดำเนินการปรับปรุงโดยการจัดตั้งกลุ่มสร้างคุณภาพ (QCC) เพื่อให้พนักงานทุกคนมีส่วนร่วมในการดำเนินการปรับปรุง โดยตั้งเป้าหมายเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต 10% และลดของเสียให้ไม่เกิน 1% แนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิต คือ

การออกแบบอุปกรณ์จับยึดใหม่โดยเน้นการใช้งานที่สะดวก กำหนดทิศทางการเคลื่อนที่ของชิ้นงานครบทิศทาง และกำหนดวิธีการทำงานที่ชัดเจนให้แก่พนักงาน หลังจากปรับปรุงสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตได้ 33.28% และลดของเสียในกระบวนการได้จากเดิม 3% เหลือ 0.5%

ชาญชัย แต่งผิว (2554) จากงานวิจัยเรื่อง “การลดความสูญเสียในกระบวนการตัดแผ่นเหล็กรีดร้อน กรณีศึกษาโรงงานผลิตแผ่นเหล็กรีดร้อนชนิดม้วน” โดยงานวิจัยนี้กล่าวถึง การศึกษากระบวนการตัดของโรงงานผลิตแผ่นรีดร้อนชนิดม้วนในแต่ละขั้นตอน แล้วนำผลสำรวจไปวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุ โดยเทคนิคที่นำมาใช้ ได้แก่ ตารางสำรวจเวลาทำงาน หลักการเกี่ยวกับการกำหนดกิจกรรมย่อย ตารางตรวจสอบ (Check sheet) แผนภูมิพาเรโต (Pareto diagram) ความรู้เกี่ยวกับการออกแบบเครื่องจักร ผู้วิจัยรวบรวมข้อมูลการทำงานโดยคิดเป็นค่าเฉลี่ยในเดือนมกราคม ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2554 มีการกำหนดชนิดเหล็กเป็นเหล็ก SS400 ขนาดของเหล็กแผ่นที่ทำการตัดอยู่ที่ 2.5×1,220×2,440 มิลลิเมตร พบว่าเกิดความสูญเสียของการนำเหล็กแผ่นออกจากเครื่อง คิดเป็นร้อยละ 30.55 ของเวลาตัดเหล็ก 1 ม้วน ซึ่งเวลาตัดเหล็ก 1 ม้วนใช้เวลาเท่ากับ 37.96 นาที ผู้วิจัยได้วิเคราะห์สาเหตุพบว่า ประเด็นความสูญเสียอันดับ 1 คือ การนำแผ่นเหล็กช่วงระยะต้นและท้ายม้วนเหล็กออกจากกระบวนการ คิดเป็นร้อยละ 12.9 ของเวลาทั้งหมด อันดับ 2 คือ การนำแผ่นเหล็กออกจากกระบวนการหลังจากตัดเสร็จ คิดเป็นร้อยละ 7.61 ของเวลาที่ใช้ทั้งหมด ผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงในส่วนของเครื่องจักร โดยให้สามารถนำแผ่นเหล็กออกโดยไม่ต้องหยุดกระบวนการ และปรับปรุงเรื่องการวางแผนการผลิตเพื่อลดเวลาการทำงานสามารถลดเวลาในการตัดลงจาก 37.96 นาทีต่อม้วน เหลือ 30.45 นาทีต่อม้วน คิดเป็นร้อยละ 19.78 ส่งผลต่อกำลังการผลิตเพิ่มขึ้นคิดเป็นมูลค่า 1,722,600 บาทต่อเดือน และมีระยะเวลาคืนทุน 1.03 เดือน

เอกรัฐชัย ยวดยิ่ง (2555) จากงานวิจัยเรื่อง “การใช้เทคนิคการศึกษางานสำหรับการเพิ่มผลิตพาเลทเหล็ก” โดยงานวิจัยนี้กล่าวถึง การศึกษากระบวนการผลิตพาเลทเหล็กโดยการจับเวลาการทำงานโดยตรง เพื่อหาเวลามาตรฐานของแต่ละกระบวนการทั้งหมด 10 ขั้นตอนย่อย แล้วทำการเลือกกระบวนการที่ใช้เวลาในการผลิตต่อชิ้นมากที่สุด คือ กระบวนการเชื่อมเต็มแนว ซึ่งเป็นจุดคอขวดมาเป็นประเด็นปัญหาในการดำเนินการแก้ไข ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ปัญหาโดยใช้ผังสาเหตุและเหตุผล (Cause and effect diagram) เพื่อหาแนวทางการแก้ไข ซึ่งตั้งเป้าหมายลดเวลาการผลิตลง 42% จากนั้นดำเนินการปรับปรุงโดยการเปลี่ยนวิธีการเชื่อมไฟฟ้าเป็นวิธีการเชื่อม MIG ซึ่งสามารถเพิ่มความเร็วในการเชื่อมและเก็บชิ้นงานได้เร็วขึ้น นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ทำ JIG สำหรับล็อคชิ้นงานไว้ ทำให้พนักงานไม่จำเป็นต้องยกพาเลทหมุนไปมาในขณะเชื่อมงาน ทำการเพิ่มพนักงานตำแหน่งเชื่อมแนว อบรมพนักงานเกี่ยวกับวิธีการตั้งค่าเครื่องเชื่อม และสร้างความมั่นใจให้กับพนักงานโดยการกำหนดมาตรฐานการทำงานด้วยการเรียงลำดับขั้นตอนการทำงาน

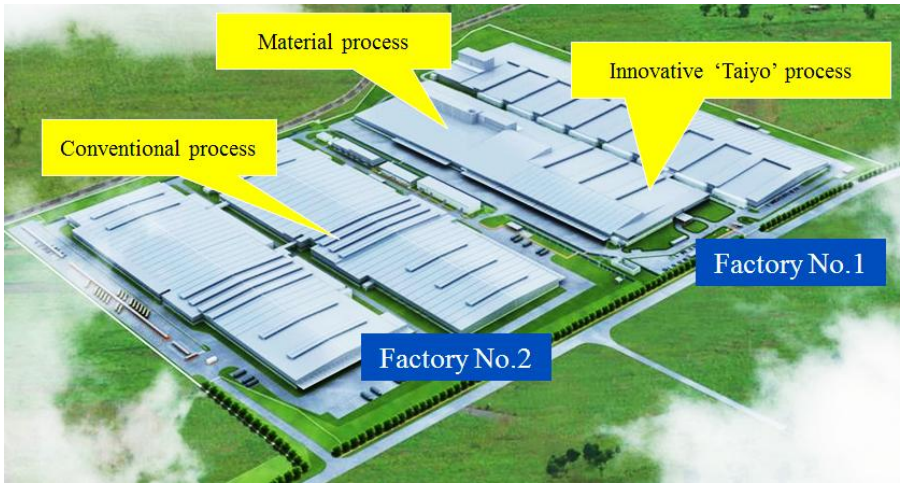
ที่ถูกต้องและรวดเร็วปลอดภัย ผลลัพธ์ที่ได้จากการปรับปรุงสามารถลดเวลาการทำงานของเชื่อมเต็มแนวลงจาก 33.22 นาที เหลือ 19.39 นาที คิดเป็น 42% ลดเวลามาตรฐานการผลิตต่อชิ้นลงจาก 126.31 นาทีต่อชิ้น เป็น 112.48 นาทีต่อชิ้น คิดเป็น 10.95% มีผลผลิตมากขึ้นจาก 4 ตัวต่อวันเป็น 5 ตัวต่อวัน สร้างรายได้ให้แก่บริษัทเพิ่มขึ้น 1,965,600 บาทต่อปี

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

ข้อมูลทั่วไปของโรงงานตัวอย่าง

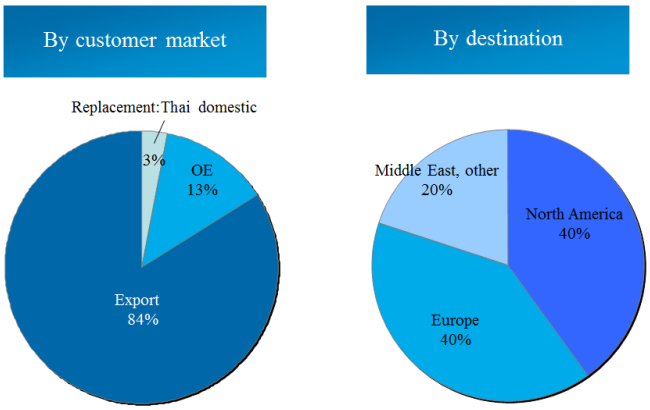
ภาพที่ 3-1 โรงงานกรณีศึกษา

เป็นบริษัทผลิตยางรถยนต์ ตั้งอยู่ที่เขตอุตสาหกรรมอมตะซิตี้ บนเนื้อที่ประมาณ 370 ไร่ ดำเนินธุรกิจผลิตยางรถยนต์ชนิด Radial tires 2 ยี่ห้อ คือ Dunlop กับ Falken เป็นผลิตภัณฑ์หลัก ปัจจุบันมีพนักงานประมาณ 6,300 คน (ธ.ค. 57) โดยดำเนินการผลิตยางรถยนต์หลายชนิด ได้แก่ ยางรถยนต์ ยางรถกระบะ ยางสำหรับรถ 4WD

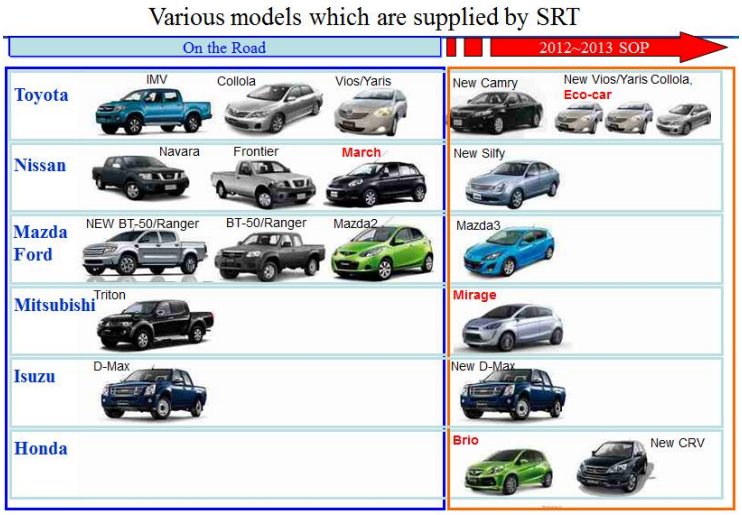


ภาพที่ 3-2 Layout โรงงานกรณีศึกษา

ภายในบริษัทได้แบ่งพื้นที่การผลิตเป็น 2 โรง ดังแผนผังโรงงานในภาพที่ 3-2 ในส่วนสำนักงานโรงงานดังภาพที่ 3-1 โดยโรงงานที่ 1 นั้นจะทำการผลิตยางรถยนต์ที่มีประสิทธิภาพสูงด้วยนวัตกรรมการผลิตแบบ Taiyo ซึ่งเป็นการผลิตที่บริษัทได้คิดค้นขึ้นมาเอง และยังมีกระบวนการเตรียมวัตถุดิบส่วนหน้า (Primary process) สำหรับเตรียมวัตถุดิบและส่วนประกอบของการผลิตยางรถยนต์ ส่วนโรงงานที่ 2 นั้นจะทำการผลิตด้วยวิธีดั้งเดิม ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้จะส่งออกต่างประเทศเป็นส่วนใหญ่ คิดเป็นร้อยละ 84 ผลิตภัณฑ์ที่เหลือจะส่งขายเป็นยาง OE ให้กับบริษัทรถยนต์ชั้นนำได้แก่ Toyota, Honda, Isuzu, Nissan, Mitsubishi, Ford, Mazda, Volkswagen รวมแล้วคิดเป็นร้อยละ 13 และที่เหลือร้อยละ 3 คือ ส่งจำหน่ายภายในประเทศดังภาพที่ 3-3 และ 3-4



ภาพที่ 3-3 ประเภทของการส่งขายผลิตภัณฑ์



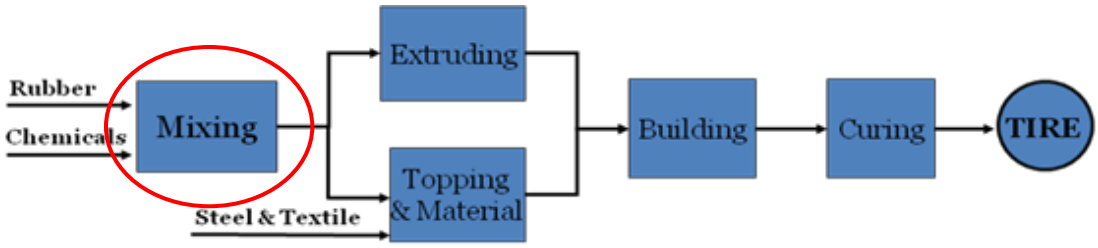
ภาพที่ 3-4 กลุ่มลูกค้า OE ของโรงงานกรณีศึกษา

บริษัทได้รับการส่งเสริมจากคณะส่งเสริมการลงทุน (BOI) และปัจจุบันได้รับการรับรองระบบมาตรฐานในหลาย ๆ ด้านได้แก่ TS 16949, ISO 9001, ISO 14001, OHSAS 18001 เพื่อเป็นการสร้างความเชื่อมั่นให้กับลูกค้าทั้งในประเทศและต่างประเทศ

ขั้นตอนกระบวนการผลิต

1. ขั้นตอนกระบวนการผลิตยางรถยนต์สำเร็จรูป

ขั้นตอนกระบวนการผลิตเริ่มจากนำยางธรรมชาติและยางสังเคราะห์ผสมกันที่เครื่องบดผสมยาง (Mixing process) โดยมีการนำสารเคมีเข้าไปผสมทำปฏิกิริยากับสายโมเลกุลของยางเพื่อจะให้เกิดการเชื่อมโยงระหว่างโมเลกุล ทำให้ยางคงรูป จากนั้นส่งไปทำการรีดผสมกับเส้นลวดภายในกระบวนการขึ้นรูปวัตถุดิบ (Topping process) ขณะที่อีกส่วนส่งไปทำการรีดหน้ายาง (Tread extrusion) และแก้มยาง (Side wall extrusion) จากนั้นส่งต่อไปขึ้นรูปยางที่กระบวนการขึ้นรูปยาง (Building process) แล้วส่งต่อไปยังกระบวนการอบยาง (Curing process) แล้วส่งต่อไปยังกระบวนการตกแต่งและตรวจสอบ จากนั้นจะได้ยางรถยนต์เป็นผลิตภัณฑ์ยางรถยนต์สำเร็จรูปเพื่อเตรียมส่งให้ลูกค้ากระบวนการดังกล่าวแสดงในภาพที่ 3-5



ภาพที่ 3-5 กระบวนการผลิตยางรถยนต์

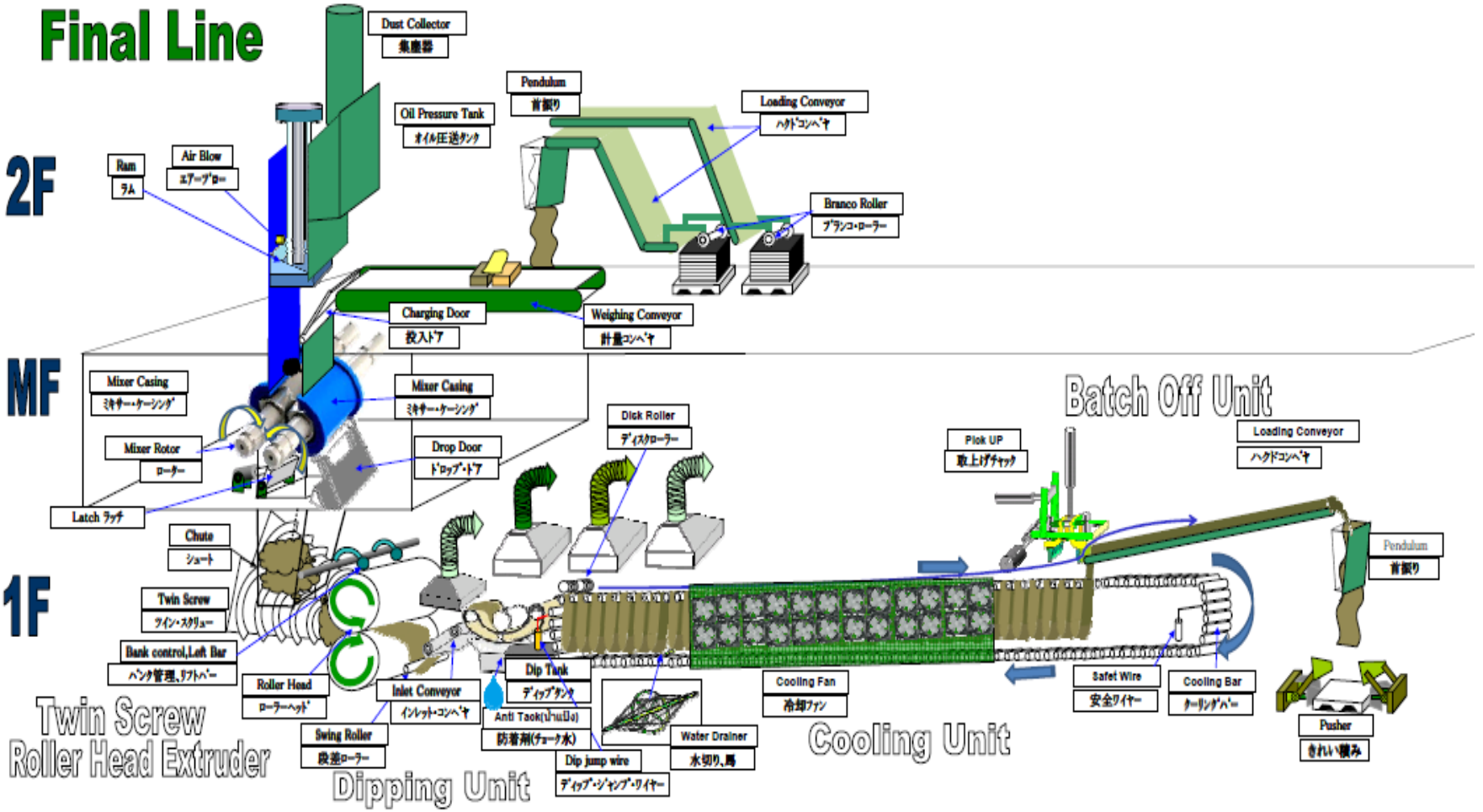
จากกระบวนการผลิตยางรถยนต์ดังกล่าว ผู้ศึกษาได้รวบรวมข้อมูลการผลิตของแต่ละกระบวนการสำหรับเวลาการทำงานปกติ 8 ชั่วโมง ซึ่งแสดงในตารางที่ 3-1 ประกอบด้วยยอดการผลิต ณ ปัจจุบัน (ข้อมูลเฉลี่ยปี 2557) เมื่อทำการเปรียบเทียบกับแผนการผลิตยางรถยนต์ต่อวัน ทำให้พบว่ากระบวนการ Mixing (กระบวนการผสมยางคอมปาวด์) มีประสิทธิภาพที่ต่ำที่สุด คือ 92.85% และเป็นกระบวนการผลิตต้นน้ำ จึงทำให้ส่งผลกระทบเรื่องการรอคอยยางคอมปาวด์จากกระบวนการ Mixing ส่งผลต้องเพิ่มเวลาทำงานในช่วง OT เพื่อทำให้ยอดการผลิตรถยนต์สามารถบรรลุเป้าหมายในแต่ละวันได้ จึงเป็นปัจจัยที่ผู้ศึกษาต้องการศึกษาและปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการผสมซึ่งจะยังผลให้ยอดการผลิตของกระบวนการผลิตยางรถยนต์เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 3-1 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการผลิตของแต่ละกระบวนการ (ข้อมูลเฉลี่ยตั้งแต่ ม.ค-ธ.ค 2556)

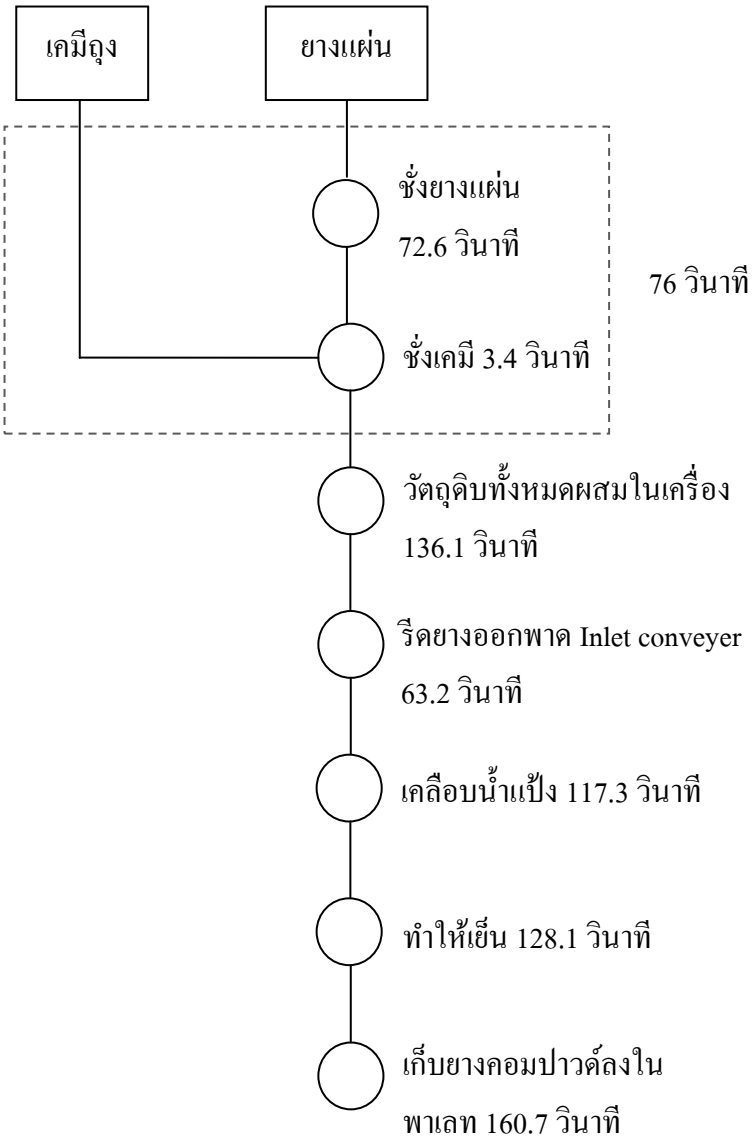
กระบวนการ	ยอดการผลิตปัจจุบัน (pcs/ day)	แผนการผลิต (pcs/ day)	ประสิทธิภาพ (%)
Mixing	39,925	43,000	92.85
Extruding	40,745	43,000	94.76
Topping	40,715	43,000	94.69
Material	42,846	43,000	99.64
Building	42,874	43,000	99.71
Curing	42,475	43,000	98.78

2. ขั้นตอนกระบวนการผสมยางคอมปาวด์

เริ่มจากการเตรียมและชั่งยางแผ่น โดยนำยางแผ่นขึ้น Feed conveyor จากนั้นยกวัตถุดิบขึ้นชั่งตามชนิดและปริมาณที่ระบุในแผนการผลิตผ่านจอคอมพิวเตอร์ หลังจากนั้นจึงเป็นกระบวนการผสมยางใน Banbury mixer เมื่อเครื่องทำงานครบตามขั้นตอนการผสมที่กำหนดใน Standard แล้วประตู Drop door จะเปิดเทยางลงเครื่อง TSR (Twin screw roller head extruder) เพื่อรีดยางออก ซึ่งจุดนี้พนักงานจะต้องทำการรับหัวยางขึ้น Inlet conveyor เพื่อให้ยางคอมปาวด์เข้าสู่กระบวนการเคลือบน้ำแป้งและกระบวนการทำให้เย็น หลังจากยางคอมปาวด์ผ่านกระบวนการทำให้เย็นแล้วยางจะเข้าสู่ขั้นตอนการเก็บยางใส่พาเลทและเคลื่อนย้ายไปยังสต๊อคยางคอมปาวด์เพื่อรอการตรวจสอบคุณภาพจึงจะสามารถส่งไปยังกระบวนการถัดไป โดยกระบวนการผลิตแสดงไว้ในภาพที่ 3-6 และนำมาเขียนให้อยู่ในรูปของแผนภูมิกระบวนการดำเนินงาน (Operation process chart) ได้ดังภาพที่ 3-7



ภาพที่ 3-6 กระบวนการผสมยางคอมปาวด์



ภาพที่ 3-7 แผนภูมิกระบวนการดำเนินงานของการผสมยางคอมปาวด์น้ำหนัก 215 กิโลกรัม

สำรวจสภาพการทำงานปัจจุบัน

ในการศึกษาวัฏจักรการทำงานของการผลิตยางคอมปาวด์ ด้วยการศึกษาเวลาที่ใช้ในการผลิตต่อ 1 Batch (Batch คือ หน่วยของการผสมยาง การผสม 1 ครั้ง จะนับเป็น 1 Batch) โดยที่น้ำหนักต่อ Batch มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 215 กิโลกรัม ซึ่งกระบวนการผลิตจะแบ่งกระบวนการย่อย 6 ขั้นตอน คือ

1. กระบวนการชั่งวัตถุดิบ
2. กระบวนการผสมวัตถุดิบในเครื่อง
3. กระบวนการรีดยาง
4. กระบวนการเคลือบน้ำแป้ง
5. กระบวนการทำให้เย็น
6. กระบวนการเก็บยางใส่พาเลท

เนื่องจากขั้นตอนการชั่งยางแผ่นและการชั่งเคมีเป็นขั้นตอนที่ต่อเนื่องกัน พนักงานที่ประจำหน้างานจะต้องชั่งชนิดและปริมาณของวัตถุดิบตามที่ระบุที่หน้าจอคอมพิวเตอร์ และจะผสมกันได้ก็ต่อเมื่อการชั่งน้ำหนักของทั้งสองอย่างเสร็จเรียบร้อย ดังนั้น ผู้ศึกษาจึงถือว่าทั้งสองขั้นตอนย่อยอยู่ในขั้นตอนการชั่งวัตถุดิบ

สำหรับ 6 ขั้นตอนที่กล่าวไว้ข้างต้น ทางผู้ศึกษาได้ทำการวิเคราะห์เพิ่มเติมถึงขั้นตอนงานย่อย เพื่อค้นหาความเป็นไปได้ที่จะปรับปรุงการทำงานของแต่ละขั้นตอนเพื่อลดเวลาในการทำงานลง

1. การศึกษาเวลาขั้นตอนงานที่ 1 (ขั้นตอนการชั่งวัตถุดิบ)

สำหรับขั้นตอนงานที่ 1 สามารถแยกงานย่อยได้ 5 ขั้นตอน ดังนี้

1.1 นำยาง Sheet ขึ้น Feed conveyor

1.2 ชั่งยาง Sheet

1.3 ตัดยาง Sheet

1.4 ยกถุงเคมีวางบนเครื่องชั่ง

1.5 กดปุ่มยืนยันน้ำหนัก

ในการศึกษาเวลาของการขั้นตอนงานจะใช้วิธีการศึกษาเวลาโดยตรง โดยอาศัยการจับเวลาด้วยนาฬิกาและแผงบันทึกข้อมูล ในการหาจำนวนครั้งการจับเวลาได้ใช้วิธีพิสัย (Range) ดังนี้

1. จับเวลาเบื้องต้น 10 ครั้งในแต่ละขั้นตอน
2. หาเวลาเฉลี่ย
3. หาพิสัย R = ค่ามากสุด-ค่าน้อยสุด
4. หาค่า $\frac{R}{\bar{X}}$
5. นำค่าที่ได้ไปเปิดตาราง Maytag จะได้จำนวนครั้งในการจับเวลาที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ค่าความคาดเคลื่อน ± 5% สำหรับข้อมูลเวลาของขั้นตอนที่ 1 แสดงในตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-2 ข้อมูลเวลาในขั้นตอนงานที่ 1

OBSERV ATION SHEET

ชื่อเรื่อง: ขั้นตอนที่ 1 การชั่งวัตถุดิบ

หน่วยงาน: Mixing 1

บันทึกโดย: นายมนตรี ฟังอารมณ์

Element	Time (sec)										R	$\bar{X}$	$\frac{R}{\bar{\bar{X}}}$	n
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
นำยาง Sheet ขึ้น Feed conveyor	16.5	14.4	15.7	16.7	16.9	14.8	16.7	14.5	15.2	16.5	2.5	15.8	0.16	4
ชั่งยาง Sheet อัตโนมัติ	55.6	50.8	52.9	54.5	54.6	47.7	45.3	54.0	49.4	50.7	10.3	51.5	0.20	7
ตัดยาง Sheet	2.3	2.1	2.1	2.7	2.6	2.1	2.4	2.7	2.6	2.6	0.6	2.4	0.25	11
ยกถุงเคมีวางบนเครื่องชั่ง	1.4	1.4	1.5	1.4	1.3	1.4	1.4	1.3	1.3	1.5	0.2	1.4	0.17	5
กดปุ่มยืนยันน้ำหนัก	1.1	1.2	1.3	1.1	1.3	1.1	1.2	1.3	1.2	1.5	0.4	1.2	0.32	17

จากข้อมูลที่ได้ดังตารางที่ 3-2 พบว่างานย่อยที่ 5 มีค่า $\frac{R}{\bar{X}}$ สูงสุด คือ 0.32 และเมื่อเปิดตารางแล้ว ได้จำนวนครั้งในการจับเวลาเท่ากับ 17 ครั้ง ดังนั้น จึงต้องจับเวลาเพิ่มอีก 7 ครั้ง แต่ทางผู้ศึกษาจะทำการจับเวลาเพิ่มอีก 10 ครั้ง เพื่อจะได้สามารถหาจำนวนครั้งการจับเวลาได้โดยวิธีการเปิดตาราง Maytag

เมื่อทำการจับเวลาเพิ่มอีก 10 ครั้งแล้วจะต้องทำการหาจำนวนครั้งในการจับเวลาอีกครั้งโดยใช้วิธีพิสัย ดังนี้

1. จับเวลาเพิ่ม 10 ครั้งในแต่ละขั้นตอน
2. หาเวลาเฉลี่ย
3. หาพิสัย R = ค่ามากสุด-ค่าน้อยสุด
4. หาพิสัยเฉลี่ย $\bar{R}$ = (ค่าพิสัยของเวลาเบื้องต้น 10 ครั้งของรอบแรก + ค่าพิสัยของเวลาเบื้องต้น 10 ครั้งของรอบที่สอง) ÷ 2
5. หาค่า $\frac{\bar{R}}{\bar{X}}$
6. นำค่าที่ได้ไปเปิดตาราง Maytag จะได้จำนวนครั้งในการจับเวลาที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ค่าความคาดเคลื่อน ± 5% สำหรับข้อมูลเวลาของขั้นตอนที่ 1 (จับเวลาเพิ่ม) แสดงในตารางที่ 3-3

ตารางที่ 3-3 ข้อมูลเวลาในขั้นตอนงานที่ 1 (จับเวลาเพิ่ม)

OBSERV ATION SHEET (จับเวลาเพิ่ม)

ชื่อเรื่อง: ขั้นตอนที่ 1 การชั่งวัตถุดิบ

หน่วยงาน: Mixing 1

บันทึกโดย: นายมนตรี ฟังอารมณ์

Element	Time (sec)											$\bar{R}$	$\bar{X}$	$\frac{\bar{R}}{\bar{X}}$	n
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	R				
นำยาง Sheet ขึ้น Feed conveyor	16.5	14.4	15.7	16.7	16.9	14.8	16.7	14.5	15.2	16.5	2.5	2.4	15.6	0.15	4
	14.2	15.1	15.9	15.3	15.6	16.5	15.6	16.3	14.3	14.3	2.3				
ชั่งยาง Sheet อัตโนมัติ	55.6	50.8	52.9	54.5	54.6	47.7	45.3	54.0	49.4	50.7	10.3	9.4	51.3	0.18	6
	46.2	54.1	54.8	46.2	52.3	49.6	47.4	52.9	52.5	54.5	8.6				
ตัดยาง Sheet	2.3	2.1	2.1	2.7	2.6	2.1	2.4	2.7	2.6	2.6	0.6	0.7	2.5	0.27	12
	2.8	2.9	2.5	2.7	2.5	2.7	2.4	2.2	2.2	2.5	0.7				
ยกถุงเคมีวางบนเครื่องชั่ง	1.4	1.4	1.5	1.4	1.3	1.4	1.4	1.3	1.3	1.5	0.2	0.2	1.4	0.17	6
	1.5	1.4	1.5	1.3	1.3	1.4	1.5	1.3	1.4	1.4	0.2				
กดปุ่มยืนยันน้ำหนัก	1.1	1.2	1.3	1.1	1.3	1.1	1.2	1.3	1.2	1.5	0.4	0.4	1.3	0.29	14
	1.4	1.2	1.4	1.5	1.2	1.3	1.5	1.2	1.3	1.2	0.3				

จากข้อมูลที่ได้ดังตารางที่ 3-3 พบว่างานย่อยที่ 5 มีค่า $\frac{\bar{R}}{\bar{X}}$ สูงสุด คือ 0.29 และเปิดตารางแล้ว ได้จำนวนครั้งในการจับเวลาเท่ากับ 14 ครั้ง แสดงว่าจำนวนครั้งการจับเวลาเพียงพอแล้ว

จากนั้นนำข้อมูลเวลาของงานย่อยในขั้นตอนที่ 1 มาคำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูลหรือ Relative accuracy ได้จากสูตร

$$rel.acc. = 2 \times \frac{\bar{R}}{\bar{X}} \times \frac{1}{d_2\sqrt{N}} 100\%$$

โดยที่กำหนดค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ ±5% ถ้าหากคำนวณมาแล้วมีค่ามากกว่าก็จะต้องเพิ่มค่า N ออกไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะได้ค่าความแม่นยำสัมพัทธ์ตามต้องการ จากข้อมูลเวลางานย่อยในขั้นตอนที่ 1 สามารถนำมาหาค่า Relative accuracy ได้ตามตารางที่ 3-4 ซึ่งพบว่าค่า Relative accuracy ของข้อมูลเวลางานของแต่ละงานย่อยในขั้นตอนที่ 1 ไม่เกินค่าที่กำหนดไว้ คือ ±5% ดังนั้น ข้อมูลเวลางานย่อยในขั้นตอนที่ 1 สามารถใช้เป็นเวลาตัวแทนซึ่งจะนำไปหาเวลาปกติต่อไป

ตารางที่ 3-4 การหาค่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูลเวลาในขั้นตอนงานที่ 1

การหาค่า Relative accuracy													
ชื่อเรื่อง: ขั้นตอนที่ 1 การชั่งวัตถุดิบ													
หน่วยงาน: Mixing 1													
บันทึกโดย: นายมนตรี ฟังอารมณ์													
Element	Time (sec)										$\bar{X}$	$\frac{\bar{R}}{\bar{X}}$	rel.acc
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			±(%)
นำยาง Sheet ขึ้น Feed conveyor	16.5	14.4	15.7	16.7	16.9	14.8	16.7	14.5	15.2	16.5	15.6	0.15	2.24
	14.2	15.1	15.9	15.3	15.6	16.5	15.6	16.3	14.3	14.3			
ชั่งยาง Sheet อัตโนมัติ	55.6	50.8	52.9	54.5	54.6	47.7	45.3	54.0	49.4	50.7	51.3	0.18	2.67
	46.2	54.1	54.8	46.2	52.3	49.6	47.4	52.9	52.5	54.5			
ตัดยาง Sheet	2.3	2.1	2.1	2.7	2.6	2.1	2.4	2.7	2.6	2.6	2.5	0.27	3.86
	2.8	2.9	2.5	2.7	2.5	2.7	2.4	2.2	2.2	2.5			
ยกถุงเคมีวางบนเครื่องชั่ง	1.4	1.4	1.5	1.4	1.3	1.4	1.4	1.3	1.3	1.5	1.4	0.17	2.47
	1.5	1.4	1.5	1.3	1.3	1.4	1.5	1.3	1.4	1.4			
กดปุ่มยืนยันน้ำหนัก	1.1	1.2	1.3	1.1	1.3	1.1	1.2	1.3	1.2	1.5	1.3	0.29	4.17
	1.4	1.2	1.4	1.5	1.2	1.3	1.5	1.2	1.3	1.2			

การคำนวณประสิทธิภาพของพนักงานจะกำหนดเรตติงโดยใช้ Westinghouse system of rating โดยประเมินจากปัจจัยในการเปลี่ยนแปลงความเร็วของการทำงาน 4 อย่าง คือ ทักษะทำงาน (Skill) ความพยายาม (Effort) เงื่อนไขการทำงาน (Condition) และความสม่ำเสมอ (Consistency) การประเมินค่าอัตราความเร็วของพนักงานจะให้องค์ประกอบทั้ง 4 ตัวนี้โดยดูจากตารางคะแนนของ Westinghouse ในการประเมินค่าอัตราความเร็วของคนงานซึ่งในงานวิจัยนี้จะประเมินพนักงานจำนวน 3 คนด้วยการสังเกตุการณ์ว่าอยู่ในระดับขั้นไหนของแต่ละปัจจัย โดยให้ความเร็วการทำงานปกติเป็น 1.00 สำหรับขั้นตอนที่พนักงานเกิดการรอคอยทางผู้ศึกษาจะไม่ทำการประเมินค่าอัตราความเร็ว ดังนั้น จะใช้เวลาตัวแทนที่ได้เป็นเวลาปกติโดยปริยาย

หลังจากที่ได้เวลาตัวแทนของงานย่อยในขั้นตอนที่ 1 แล้วและได้ทำการหาประสิทธิภาพการทำงานของพนักงาน ในขั้นตอนต่อไป คือ การหาเวลาปกติของแต่ละงานย่อยโดยสมการ

Normal time = Selected time x Rating factor

โดยที่ข้อมูลการหาประสิทธิภาพการทำงานของพนักงานและผลการคำนวณเวลาปกติได้แสดงไว้ดังตารางที่ 3-5 ซึ่งข้อมูลที่ได้จะนำไปหาเวลามาตรฐานของงานย่อยในขั้นตอนที่ 1 ได้

ตารางที่ 3-5 การประเมินประสิทธิภาพการทำงานในขั้นตอนงานที่ 1

การประเมินประสิทธิภาพการทำงาน

ชื่อเรื่อง: ขั้นตอนที่ 1 การชั่งวัตถุดิบ

หน่วยงาน: Mixing 1

บันทึกโดย: นายมนตรี ฟังอารมณ์

Element	Selected time	Operator	Performance rating						NT	AVG. NT (sec)
			Skill	Effort	Condition	Consistency	Sum	Performance		
นำยาง Sheet ขึ้น Feed conveyor	15.6	No. 1	0.06	0.00	0.00	0.00	0.06	1.06	16.5	16.6
		No. 2	0.06	0.02	0.00	0.01	0.09	1.09	17.0	
		No. 3	0.03	0.02	0.00	0.01	0.06	1.06	16.5	
ชั่งยาง Sheet อัตโนมัติ	51.3	No. 1	N/ A	N/ A	N/ A	N/ A	0.00	1.00	51.3	51.3
		No. 2	N/ A	N/ A	N/ A	N/ A	0.00	1.00	51.3	
		No. 3	N/ A	N/ A	N/ A	N/ A	0.00	1.00	51.3	
ตัดยาง Sheet	2.5	No. 1	0.08	0.05	0.02	0.01	0.16	1.16	2.9	2.9
		No. 2	0.08	0.08	0.02	0.03	0.21	1.21	3.0	
		No. 3	0.06	0.05	0.02	0.01	0.14	1.14	2.8	
ยกถุงเคมีวางบนเครื่องชั่ง	1.4	No. 1	0.08	0.08	0.02	0.03	0.21	1.21	1.7	1.6
		No. 2	0.06	0.05	0.02	0.01	0.14	1.14	1.6	
		No. 3	0.06	0.05	0.02	0.01	0.14	1.14	1.6	
กดปุ่มยืนยันน้ำหนัก	1.3	No. 1	0.06	0.05	0.02	0.01	0.14	1.14	1.5	1.5
		No. 2	0.08	0.08	0.04	0.01	0.21	1.21	1.6	
		No. 3	0.06	0.05	0.02	0.00	0.13	1.13	1.5	

การกำหนดเวลาเผื่อของงานย่อยแต่ละงานจะทำการกำหนดไว้ 3 ส่วนดังนี้

1. เวลาเผื่อสำหรับส่วนบุคล (Personal allowance) เท่ากับ 5%
2. เวลาเผื่อสำหรับความเครียด (Fatigue allowance) เท่ากับ 4%
3. เวลาเผื่อสำหรับความล่าช้า (Delay allowance) เท่ากับ 6%

หลังจากทราบค่าเวลาปกติและเวลาเผื่อแล้ว สามารถคำนวณหาค่าเวลามาตรฐานในการทำงานได้โดย

$ST = NT + A(NT)$

เมื่อ ST = เวลามาตรฐาน (Standard time)

NT = เวลาปกติ (Normal time)

A = เวลาเผื่อ (Allowances time) มักอยู่ในรูปแบบ % ของเวลา

เมื่อนำเวลาปกติของงานย่อยในขั้นตอนที่ 1 รวมกับเวลาเผื่อที่กำหนดจะได้เวลามาตรฐานของงานย่อยในขั้นตอนที่ 1 ดังแสดงในตารางที่ 3-6 ในกรณีที่มีการรอคอยงานทางผู้ศึกษาจะไม่รวมเวลาเผื่อทั้ง 3 ส่วน ดังนั้น เวลามาตรฐานของงานย่อยนั้น ๆ จะเท่ากับเวลาปกติโดยปริยาย ดังเช่น ขั้นตอนการรอชั่งยางเสร็จ เวลาเผื่อทั้ง 3 ส่วนเท่ากับศูนย์

หลังจากได้เวลามาตรฐานของแต่ละขั้นตอนของงานย่อยแล้ว สามารถนำไปใช้ในการศึกษาขั้นตอนการทำงานเพื่อนำไปสู่การปรับปรุงกระบวนการต่อไป

ตารางที่ 3-6 ข้อมูลเวลามาตรฐานในขั้นตอนงานที่ 1

การหาเวลามาตรฐาน					
ชื่อเรื่อง: ขั้นตอนที่ 1 การชั่งวัตถุดิบ					
หน่วยงาน: Mixing 1					
บันทึกโดย: นายมนตรี ฟังอารมณ์					
Element	NT	Allowance (sec)			ST
		Personal 5%	Fatigue 4%	Delay 6%	
นำยาง Sheet ขึ้น Feed conveyor	16.6	0.832	0.666	0.040	18.2
ชั่งยาง Sheet อัตโนมัติ	51.3	0.000	0.000	0.000	51.3
ตัดยาง Sheet	2.9	0.145	0.116	0.007	3.2
ยกถุงเคมีวางบนเครื่องชั่ง	1.6	0.081	0.0065	0.004	1.8
กดปุ่มยืนยันน้ำหนัก	1.5	0.074	0.060	0.004	1.6
				รวม	76.0

จากนั้นนำขั้นตอนย่อยของการชั่งวัตถุดิบมาวิเคราะห์การทำงานโดยใช้แผนภูมิแสดงรายการไหลของกระบวนการดังในตารางที่ 3-7 ซึ่งแสดงการเคลื่อนที่ของพนักงานในการทำงาน

ตารางที่ 3-7 แผนภูมิการไหลขั้นตอนงานที่ 1

Flow process chart									
☒ วิธีเดิม ☐ วิธีที่เสนอ							สรุปผล		
							วิธีเดิม	วิธีเสนอ	ความแตกต่าง
ชื่อเรื่อง: ขั้นตอนที่ 1 การชั่งวัตถุดิบ							การทำงาน ○	5	
หน่วยงาน: Mixing 1							การขนส่ง ⇨	-	
บันทึกโดย: นายมนตรี ฟังอารมณ์							การตรวจสอบ □	-	
							การรอคอย D	0	
							การเก็บรักษา ▽	-	
							ระยะทาง (m)	-	
ระยะทาง/ครั้ง (m)	เวลา (sec)	สัญลักษณ์ ○	⇨	□	D	▽	คำอธิบายการทำงาน		
	18.2	●	⇨	□	D	▽	นำยาง Sheet ขึ้น Feed conveyor		
	51.3	●	⇨	□	D	▽	ชั่งยาง Sheet อัตโนมัติ		
	3.2	●	⇨	□	D	▽	ตัดยาง Sheet		
	1.8	●	⇨	□	D	▽	ยกถุงเคมีวางบนเครื่องชั่ง		
	1.6	●	⇨	□	D	▽	กดปุ่มยืนยันน้ำหนัก		
0	76.0	5	0	0	0	0			

2. การศึกษาเวลาขั้นตอนงานที่ 2 (ขั้นตอนผสมวัตถุดิบในเครื่อง)

สำหรับขั้นตอนงานที่ 2 สามารถแยกงานย่อยได้ 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. ตรวจสอบปุ่มควบคุมการทำงานหน้าเครื่องว่าอยู่ใน Auto mode
2. ตรวจสอบความเร็วรอบ (RPM) ของเครื่องกับจอ Computer
3. รอเครื่องเทยางลงห้องผสมเองโดยอัตโนมัติ
4. รอยางผสมเองโดยอัตโนมัติ

จากนั้นดำเนินการจับเวลาเบื้องต้น 10 ครั้งแล้วหาจำนวนครั้งการจับเวลาที่เหมาะสม ค่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูลเวลา การคำนวณประสิทธิภาพของพนักงาน การคำนวณเวลาปกติ และการคำนวณเวลามาตรฐาน ดำเนินการเช่นเดียวกับการคำนวณของขั้นตอนงานที่ 1 ซึ่งข้อมูลการคำนวณแสดงไว้ในภาคผนวก ก โดยเวลามาตรฐานของงานย่อยในขั้นตอนที่ 2 แสดงในตารางที่ 3-8

ตารางที่ 3-8 ข้อมูลเวลามาตรฐานในขั้นตอนงานที่ 2

การหาเวลามาตรฐาน					
ชื่อเรื่อง: ขั้นตอนที่ 2 วัตถุดิบผสมในเครื่อง หน่วยงาน: Mixing 1 บันทึกโดย: นายมนตรี ฟังอารมณ์					
Element	NT	Allowance (sec)			ST
		Personal 5%	Fatigue 4%	Delay 6%	
การตรวจสอบปุ่มควบคุมการทำงานหน้าเครื่องว่าอยู่ใน Auto mode	1.8	0.089	0.071	0.004	2.0
ตรวจสอบความเร็วรอบ (RPM) ของเครื่องกับจอ Computer	2.9	0.146	0.117	0.007	3.2
เครื่องเทยางลงห้องผสมเองโดยอัตโนมัติ	7.4	0.000	0.000	0.000	7.4
ยางผสมเองโดยอัตโนมัติ	124.1	0.000	0.000	0.000	124.1
				รวม	136.6

จากนั้นนำขั้นตอนย่อยของขั้นตอนงานที่ 2 มาวิเคราะห์การทำงานโดยใช้แผนภูมิแสดงรายการไหลของกระบวนการดังในตารางที่ 3-9 ซึ่งแสดงการเคลื่อนที่ของพนักงานในการทำงาน

ตารางที่ 3-9 แผนภูมิการไหลขั้นตอนงานที่ 2

Flow process chart									
☒ วิธีเดิม ☐ วิธีที่เสนอ							สรุปผล		
							วิธีเดิม	วิธีเสนอ	ความแตกต่าง
ชื่อเรื่อง: ขั้นตอนที่ 2 วัตถุดิบผสมในเครื่อง							การทำงาน ○	2	
หน่วยงาน: Mixing 1							การขนส่ง ⇨	-	
บันทึกโดย: นายมนตรี ฟังอารมณ์							การตรวจสอบ □	2	
							การรอคอย D	0	
							การเก็บรักษา ▽	-	
							ระยะทาง (m)	-	
ระยะทาง/ครั้ง (m)	เวลา (sec)	สัญลักษณ์ ○	⇨	□	D	▽	คำอธิบายการทำงาน		
	2.0	○	⇨	■	D	▽	ตรวจสอบปุ่มควบคุมการทำงานหน้าเครื่องว่าอยู่ใน Auto mode		
	3.2	○	⇨	■	D	▽	ตรวจสอบความเร็วรอบ (RPM) ของเครื่องกับจอ Computer		
	7.4	●	⇨	□	D	▽	เครื่องเทยางลงห้องผสมเองโดยอัตโนมัติ		
	124.1	●	⇨	□	D	▽	ยางผสมเองโดยอัตโนมัติ		
0	136.6	2	0	2	0	0			

3. การศึกษาเวลาขั้นตอนงานที่ 3 (ขั้นตอนการรีดยาง)

สำหรับขั้นตอนงานที่ 3 สามารถแยกงานย่อยได้ 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. ปรับความเร็วรอบสกรูเพื่อให้ยางออกมา
2. หยิบแผ่นคอมปาวด์วางบน Inlet conveyor
3. กดตัว Stamp หน้ายาง

จากนั้นดำเนินการจับเวลาเบื้องต้น 10 ครั้ง แล้วหาจำนวนครั้งการจับเวลาที่เหมาะสม ค่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูลเวลา การคำนวณประสิทธิภาพของพนักงาน การคำนวณเวลาปกติ และการคำนวณเวลามาตรฐาน ดำเนินการเช่นเดียวกับการคำนวณของขั้นตอนงานที่ 1 ซึ่งข้อมูล

การคำนวณแสดงไว้ในภาคผนวก ก โดยเวลามาตรฐานของงานย่อยในขั้นตอนที่ 3 แสดงในตารางที่ 3-10

ตารางที่ 3-10 ข้อมูลเวลามาตรฐานในขั้นตอนงานที่ 3

การหาเวลามาตรฐาน					
ชื่อเรื่อง: ขั้นตอนที่ 3 กระบวนการการรีดยาง หน่วยงาน: Mixing 1 บันทึกโดย: นายมนตรี ฟังอารมณ์					
Element	NT	Allowance (sec)			ST
		Personal 5%	Fatigue 4%	Delay 6%	
ปรับ Screw, Calender roll และ Line speed ขึ้น	50.3	2.52	2.01	0.12	55.0
หยิบแผ่นคอมปาวด์วางบน Inlet conveyor	5.6	0.28	0.22	0.01	6.1
กดตัว Stamp หน้ายาง	2.0	0.10	0.08	0.00	2.1
				รวม	63.22

จากนั้นนำขั้นตอนย่อยของขั้นตอนงานที่ 3 มาวิเคราะห์การทำงานโดยใช้แผนภูมิแสดงรายการไหลของกระบวนการดังในตารางที่ 3-11 ซึ่งแสดงการเคลื่อนที่ของพนักงานในการทำงาน

ตารางที่ 3-11 แผนภูมิการไหลขั้นตอนงานที่ 3

Flow process chart									
☒ วิธีเดิม ☐ วิธีที่เสนอ							สรุปผล		
							วิธีเดิม	วิธีเสนอ	ความแตกต่าง
ชื่อเรื่อง: ขั้นตอนที่ 3 กระบวนการรีดยาง							การทำงาน ○	3	
หน่วยงาน: Mixing 1							การขนส่ง ⇨	-	
บันทึกโดย: นายมนตรี ฟังอารมณ์							การตรวจสอบ □	-	
							การรอคอย D	-	
							การเก็บรักษา ▽	-	
							ระยะทาง (m)	-	
ระยะทาง/ครั้ง (m)	เวลา (sec)	สัญลักษณ์ ○	⇨	□	D	▽	คำอธิบายการทำงาน		
	55.0	●	⇨	□	D	▽	ปรับความเร็วรอบสกรูเพื่อให้ยางออกมา		
	6.1	●	⇨	□	D	▽	หยิบแผ่นคอมปาวด์วางบน Inlet conveyor		
	2.1	●	⇨	□	D	▽	กดตัว Stamp หน้ายาง		
0	63.2	3	0	0	0	0			

4. การศึกษาเวลาขั้นตอนงานที่ 4 (ขั้นตอนยางเคลือบน้ำแป้ง)

เนื่องจากขั้นตอนงานที่ 4 เป็นขั้นตอนที่เครื่องจักรจะทำงานอัตโนมัติจึงมีเพียงขั้นตอนเดียว คือ ยางไหลผ่านน้ำแป้ง หลังจากนั้นดำเนินการจับเวลาเบื้องต้น 10 ครั้ง แล้วหาจำนวนครั้งการจับเวลาที่เหมาะสม ค่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูลเวลา การคำนวณเวลาปกติ และการคำนวณเวลามาตรฐาน ดำเนินการเช่นเดียวกับการคำนวณของขั้นตอนงานที่ 1 ซึ่งข้อมูลการคำนวณแสดงไว้ในภาคผนวก ก โดยเวลามาตรฐานของงานย่อยในขั้นตอนที่ 4 แสดงในตารางที่ 3-12

ตารางที่ 3-12 ข้อมูลเวลามาตรฐานในขั้นตอนงานที่ 4

การหาเวลามาตรฐาน					
ชื่อเรื่อง: ขั้นตอนที่ 4 กระบวนการเคลือบน้ำแป้ง หน่วยงาน: Mixing 1 บันทึกโดย: นายมนตรี ฟังอารมณ์					
Element	NT	Allowance (sec)			ST
		Personal 5%	Fatigue 4%	Delay 6%	
ยางไหลผ่านน้ำแป้ง	117.3	0.00	0.00	0.00	117.3
				รวม	117.3

จากนั้นนำขั้นตอนย่อยของขั้นตอนงานที่ 4 มาวิเคราะห์การทำงานโดยใช้แผนภูมิแสดงรายการไหลของกระบวนการดังในตารางที่ 3-13 ซึ่งแสดงการเคลื่อนที่ของพนักงานในการทำงาน

ตารางที่ 3-13 แผนภูมิการไหลขั้นตอนงานที่ 4

Flow process chart									
☒ วิธีเดิม ☐ วิธีที่เสนอ							สรุปผล		
								วิธีเดิม	วิธีเสนอ	ความแตกต่าง
ชื่อเรื่อง: ขั้นตอนที่ 4 กระบวนการเคลือบน้ำแป้ง หน่วยงาน: Mixing 1 บันทึกโดย: นายมนตรี ฟังอารมณ์							การทำงาน ○	1		
							การขนส่ง ⇨	-		
							การตรวจสอบ □	-		
							การรอคอย D	-		
							การเก็บรักษา ▽	-		
							ระยะทาง (m)	-		
ระยะทาง/ครั้ง (m)	เวลา (sec)	สัญลักษณ์ ○	⇨	□	D	▽	คำอธิบายการทำงาน			
	117.3	●	⇨	□	D	▽	ยางไหลผ่านน้ำแป้ง			
0	117.3	1	0	0	0	0				

5. การศึกษาเวลาขั้นตอนงานที่ 5 (ขั้นตอนการทำให้เย็น)

เนื่องจากขั้นตอนงานที่ 5 เป็นขั้นตอนที่เครื่องจักรจะทำงานอัตโนมัติจึงมีเพียงขั้นตอนเดียว คือ ยางเข้าสู่กระบวนการทำให้เย็น หลังจากนั้นดำเนินการจับเวลาเบื้องต้น 10 ครั้ง แล้วหาจำนวนครั้งการจับเวลาที่เหมาะสม ค่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูลเวลา การคำนวณเวลาปกติ และการคำนวณเวลามาตรฐาน ดำเนินการเช่นเดียวกับการคำนวณของขั้นตอนงานที่ 1 ซึ่งข้อมูลการคำนวณแสดงไว้ในภาคผนวก ก โดยเวลามาตรฐานของงานย่อยในขั้นตอนที่ 5 แสดงในตารางที่ 3-14

ตารางที่ 3-14 ข้อมูลเวลามาตรฐานในขั้นตอนงานที่ 5

การหาเวลามาตรฐาน					
ชื่อเรื่อง: ขั้นตอนที่ 5 กระบวนการทำให้เย็น หน่วยงาน: Mixing 1 บันทึกโดย: นายมนตรี ฟังอารมณ์					
Element	NT	Allowance (sec)			ST
		Personal 5%	Fatigue 4%	Delay 6%	
ยางเข้าสู่กระบวนการทำให้เย็น	128.1	0.00	0.00	0.00	128.1
				รวม	128.1

จากนั้นนำขั้นตอนย่อยของขั้นตอนงานที่ 5 มาวิเคราะห์การทำงานโดยใช้แผนภูมิแสดงรายการไหลของกระบวนการดังในตารางที่ 3-15 ซึ่งแสดงการเคลื่อนที่ของพนักงานในการทำงาน

ตารางที่ 3-15 แผนภูมิการไหลขั้นตอนงานที่ 5

Flow process chart									
☒ วิธีเดิม ☐ วิธีที่เสนอ							สรุปผล		
							วิธีเดิม	วิธีเสนอ	ความแตกต่าง
ชื่อเรื่อง: ขั้นตอนที่ 5 กระบวนการทำให้เย็น							การทำงาน ○	1	
หน่วยงาน: Mixing 1							การขนส่ง ⇨	-	
บันทึกโดย: นายมนตรี ฟังอารมณ์							การตรวจสอบ □	-	
							การรอคอย D	-	
							การเก็บรักษา ▽	-	
							ระยะทาง (m)	-	
ระยะทาง/ครั้ง (m)	เวลา (sec)	สัญลักษณ์ ○	⇨	□	D	▽	คำอธิบายการทำงาน		
	128.1	●	⇨	□	D	▽	ยางเข้าสู่กระบวนการทำให้เย็น		
0	128.1	1	0	0	0	0			

6. การศึกษาเวลาขั้นตอนงานที่ 6 (ขั้นตอนการเก็บยางใส่พาเลท)

สำหรับขั้นตอนงานที่ 6 สามารถแยกงานย่อยได้ 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. รอ Pusher ทำการพับยางลง Pallet ตามน้ำหนักที่กำหนด
2. รอ Pallet ที่มียางเลื่อนออกมาอัตโนมัติ
3. เขียนชื่อ Compound no. และวันที่ผลิตบนผิว Compound
4. นำ Fork lift ตัก Pallet ยางไปเก็บไว้ที่สต๊อควางยาง

จากนั้นดำเนินการจับเวลาเบื้องต้น 10 ครั้ง แล้วหาจำนวนครั้งการจับเวลาที่เหมาะสม ค่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูลเวลา การคำนวณประสิทธิภาพของพนักงาน การคำนวณเวลาปกติ และการคำนวณเวลามาตรฐาน ดำเนินการเช่นเดียวกับการคำนวณของขั้นตอนงานที่ 1 ซึ่งข้อมูลการคำนวณแสดงไว้ในภาคผนวก ก โดยเวลามาตรฐานของงานย่อยในขั้นตอนที่ 6 แสดงในตารางที่ 3-16

ตารางที่ 3-16 ข้อมูลเวลามาตรฐานในขั้นตอนงานที่ 6

การหาเวลามาตรฐาน					
ชื่อเรื่อง: ขั้นตอนที่ 6 กระบวนการเก็บยางใส่พาเลท หน่วยงาน: Mixing 1 บันทึกโดย: นายมนตรี ฟังอารมณ์					
Element	NT	Allowance (sec)			ST
		Personal 5%	Fatigue 4%	Delay 6%	
Pusher ทำการพับยางลง Pallet ตามน้ำหนักที่กำหนด	72.6	0.00	0.00	0.00	72.6
Pallet ที่มียางเลื่อนออกมาอัตโนมัติ	6.5	0.00	0.00	0.00	6.5
เขียนชื่อ Compound no. และวันที่ผลิตบนผิว Compound	15.8	0.79	0.63	0.04	17.2
นำ Fork lift ตัก Pallet ยางไปเก็บไว้ที่สต๊อกวางยาง	58.9	2.94	2.36	0.14	64.3
				รวม	160.7

จากนั้นนำขั้นตอนย่อยของขั้นตอนงานที่ 6 มาวิเคราะห์การทำงานโดยใช้แผนภูมิแสดงรายการไหลของกระบวนการดังในตารางที่ 3-17 ซึ่งแสดงการเคลื่อนที่ของพนักงานในการทำงาน

ตารางที่ 3-17 แผนภูมิการไหลขั้นตอนงานที่ 6

Flow process chart									
☒ วิธีเดิม ☐ วิธีที่เสนอ							สรุปผล		
							วิธีเดิม	วิธีเสนอ	ความแตกต่าง
ชื่อเรื่อง: ขั้นตอนที่ 6 กระบวนการเก็บยางใส่พาเลท							การทำงาน ○	3	
							การขนส่ง ⇨	1	
หน่วยงาน: Mixing 1							การตรวจสอบ □	-	
บันทึกโดย: นายมนตรี ฟังอารมณ์							การรอคอย D	0	
							การเก็บรักษา ▽	-	
							ระยะทาง (m)	74	
ระยะทาง/ครั้ง (m)	เวลา (sec)	สัญลักษณ์ ○	⇨	□	D	▽	คำอธิบายการทำงาน		
	72.6	●	⇨	□	D	▽	Pusher ทำการพับยางลง Pallet ตามน้ำหนักที่กำหนด		
	6.5	●	⇨	□	D	▽	Pallet ที่มียางเลื่อนออกมาอัตโนมัติ		
	17.2	●	⇨	□	D	▽	เขียนชื่อ Compound no. และวันที่ผลิตบนผิว Compound		
74	64.3	○	➡	□	D	▽	นำ Fork lift ตัก Pallet ยางไปเก็บไว้ที่สต๊อกวางยาง		
74	160.7	3	1	0	0	0			

การวิเคราะห์ข้อมูล

เมื่อได้เวลามาตรฐานของงานย่อยแต่ละขั้นตอนแล้ว ผู้ศึกษาได้ทำการคำนวณ Takt time สำหรับการผลิตยางคอมปาวด์จำนวน 1 Batch โดย Takt time หาได้จาก

$$\text{Takt time} = \frac{\text{เวลาทำงานปกติสุทธิในหนึ่งวัน}}{\text{จำนวน Batch ยางคอมปาวด์ที่ต้องการต่อวัน}}$$

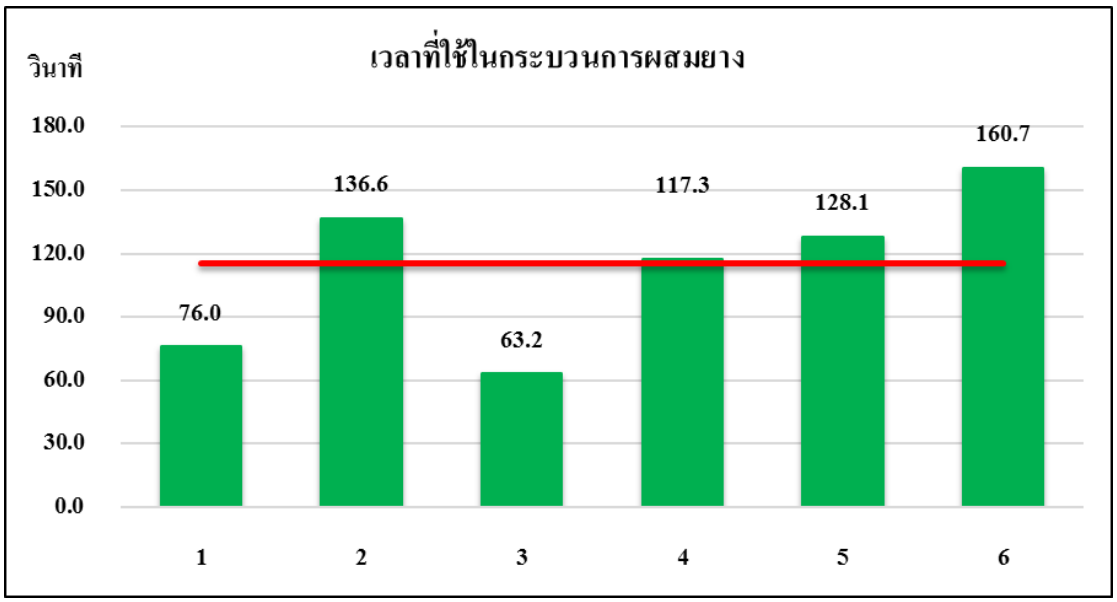
จะได้

$$\text{Takt time} = \frac{960\text{-}60\text{-}6\text{-}\ (\text{นาที})}{94{,}000\ (\text{kg}) \div 215\ (\text{kg/ 1 Batch})}$$

$$= 192\ \text{นาทีต่อ 1 Batch}$$

$$= 1.92\text{x}60 = 115.2\ \text{วินาทีต่อ 1 Batch}$$

หลังจากนั้นนำข้อมูลมาทำการเปรียบเทียบขั้นตอนงานทั้ง 6 ขั้นตอน โดยใช้กราฟแท่งแสดงดังภาพที่ 3-8



ภาพที่ 3-8 เปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในกระบวนการผสมยางก่อนการปรับปรุง

จากการเปรียบเทียบทั้ง 6 ขั้นตอนงานเทียบกับ Takt time พบว่ามีขั้นตอนที่ 2, 4, 5 และ 6 ใช้เวลาการทำงานเกิน Takt time โดยสามารถเรียงลำดับขั้นตอนงานที่ใช้เวลาจากมากไปหาน้อยได้ดังนี้

อันดับที่ 1 คือ ขั้นตอนที่ 6 กระบวนการเก็บยางใส่พาเลท

อันดับที่ 2 คือ ขั้นตอนที่ 2 กระบวนการผสมวัตถุดิบในเครื่อง

อันดับที่ 3 คือ ขั้นตอนที่ 5 กระบวนการทำให้เย็น

อันดับที่ 4 คือ ขั้นตอนที่ 4 กระบวนการเคลือบน้ำแป้ง

ซึ่งแสดงว่าทั้ง 4 ขั้นตอนดังกล่าวเป็นสาเหตุทำให้เกิดความล่าช้าในกระบวนการผลิตยางคอมปาวด์

เมื่อนำข้อมูลเวลามาคำนวณหาประสิทธิภาพของกระบวนการโดยสมการ

$$\text{ประสิทธิภาพของกระบวนการ} = \frac{\text{ผลรวมของเวลาแต่ละขั้นตอน}}{\text{เวลาสูงสุด x จำนวนขั้นตอนงาน}} \text{ x } 100\%$$

แทนค่าข้อมูลลงในสมการจะได้

$$\text{ประสิทธิภาพของกระบวนการ} = \frac{(76+136.6+63.2+117.3+128.1+160.7)}{160.7 \text{ x } 6} \text{ x } 100\%$$

$$= 70.20\%$$

ประสิทธิภาพของกระบวนการผสมยางในปัจจุบันเท่ากับ 70.72% สะท้อนให้เห็นว่าค่อนข้างต่ำ ซึ่งผลของประสิทธิภาพดังกล่าวแสดงถึงกระบวนการผลิตยังไม่ดีพอต่อผลิตภาพในการผลิตทำให้เกิดปัญหาการรอคอยงานขึ้นของกระบวนการถัดไป ต้นทุนการผลิตของบริษัทสูงขึ้นและสูญเสียโอกาสในการผลิต

การกำหนดประเด็นปัญหาที่จะแก้ไขและตั้งเป้าหมาย

ในการพิจารณาจากข้อมูลดังกล่าว ผู้ศึกษาทำการประเมินขั้นตอนงานที่ใช้เวลาเกิน Takt time โดยใช้ตารางตัดสินใจซึ่งประเมินจากหัวข้อที่กำหนด คือ ผลกระทบต่อกระบวนการมากน้อยเท่าไร ทำได้ง่ายมากน้อยเท่าไร และใช้ต้นทุนต่ำมากน้อยเท่าไร หลังจากทำการคัดเลือกขั้นตอนงานเพื่อพิจารณาปรับปรุง พบว่าขั้นตอนที่ 6 ขั้นตอนที่ 2 และขั้นตอนที่ 5 มีคะแนนประเมินค่อนข้างสูง ส่วนขั้นตอนที่ 4 นั้น มีคะแนนน้อยที่สุดซึ่งทำได้ยาก เนื่องจากหากใช้เวลาการทำงานในขั้นตอนนี้จะส่งผลให้เกิดปัญหายางเหนียวติดกันเวลาเก็บยางใส่พาเลท โดยสาเหตุเกิดจากการเคลือบน้ำแป้งในปริมาณที่ไม่เหมาะสม ดังนั้น ผู้ศึกษาจึงเลือกหัวข้อดังกล่าวในการปรับปรุงรายละเอียดการประเมินแสดงในตารางที่ 3-18

ตารางที่ 3-18 การประเมินหัวข้อเพื่อพิจารณาปรับปรุงโดยใช้ตารางตัดสินใจ

ลำดับ	ขั้นตอน	หัวข้อการพิจารณาปรับปรุง			คะแนนรวม
		มีผลกระทบต่อกระบวนการ	ทำได้ง่าย	ใช้ทุนต่ำ	
1	ขั้นตอนที่ 6 กระบวนการเก็บยางใส่พาเลท	5	3	3	11
2	ขั้นตอนที่ 2 กระบวนการผสมวัตถุดิบในเครื่อง	3	3	3	9
3	ขั้นตอนที่ 5 กระบวนการทำให้เย็น	3	3	3	9
4	ขั้นตอนที่ 4 กระบวนการเคลือบน้ำแป้ง	1	1	1	3
เกณฑ์การให้คะแนน: มาก = 5, ปานกลาง = 3, น้อย = 1					

การเลือกขั้นตอนที่มีการใช้เวลาในการทำงานมากที่สุดหรือส่งผลทำให้เกิดคอขวดมาเป็นประเด็นปัญหาที่จะดำเนินการแก้ไขและตั้งเป้าหมายการแก้ไขของแต่ละขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นตอนที่ 6 กระบวนการเก็บยางใส่พาเลท

ขั้นตอนนี้ใช้เวลาการทำงานมากที่สุด ซึ่งใช้เวลาเท่ากับ 160.7 วินาที ส่งผลให้เกิดคอขวดในกระบวนการผลิตยางคอมปาวด์ ดังนั้น จึงเป็นประเด็นปัญหาที่จะต้องดำเนินการแก้ไขเพื่อให้เกิดสมดุลในกระบวนการผลิต โดยจะต้องลดเวลาในขั้นตอนนี้ลงเท่ากับ 28.3% เพื่อให้เท่ากับ Takt time (115.2 วินาที)

2. ขั้นตอนที่ 2 กระบวนการผสมวัตถุดิบในเครื่อง

ขั้นตอนนี้ใช้เวลาการทำงานนานเป็นอันดับสอง ซึ่งใช้เวลาเท่ากับ 136.6 วินาที ส่งผลให้เกิดคอขวดในกระบวนการผลิตยางคอมปาวด์ ดังนั้น จึงเป็นประเด็นปัญหาที่จะต้องดำเนินการแก้ไขเพื่อให้เกิดสมดุลในกระบวนการผลิต โดยจะต้องลดเวลาในขั้นตอนนี้ลงเท่ากับ 15.6% เพื่อให้เท่ากับ Takt time (115.2 วินาที)

3. ขั้นตอนที่ 5 กระบวนการทำให้เย็น

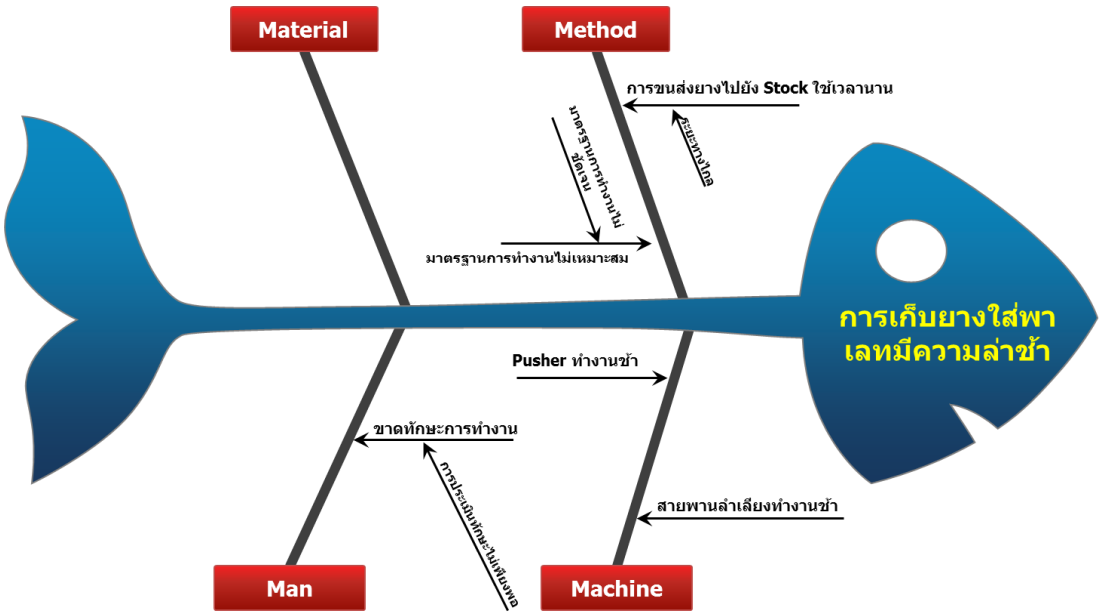
ขั้นตอนนี้ใช้เวลาการทำงานนานเป็นอันดับสาม ซึ่งใช้เวลาเท่ากับ 128.1 วินาที ส่งผลให้เกิดคอขวดในกระบวนการผลิตยางคอมปาวด์ ดังนั้น จึงเป็นประเด็นปัญหาที่จะต้องดำเนินการ

แก้ไขเพื่อให้เกิดสมดุลในกระบวนการผลิต โดยจะต้องลดเวลาในขั้นตอนนี้ลงเท่ากับ 10.0% เพื่อให้เท่ากับ Takt time (115.2 วินาที)

การวิเคราะห์ปัญหาและเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหา

การวิเคราะห์ข้อมูลการทำงานของขั้นตอนการทำงานที่เป็นประเด็นปัญหาเพื่อค้นหาสาเหตุของปัญหา โดยใช้แผนผังสาเหตุและผล (Cause and effect diagram) และสรุปเป็นตารางเพื่อหาแนวทางแก้ไขปรับปรุงได้ ดังนี้

1. ขั้นตอนที่ 6 กระบวนการเก็บยางใส่พาเลทมีความล่าช้ามาก

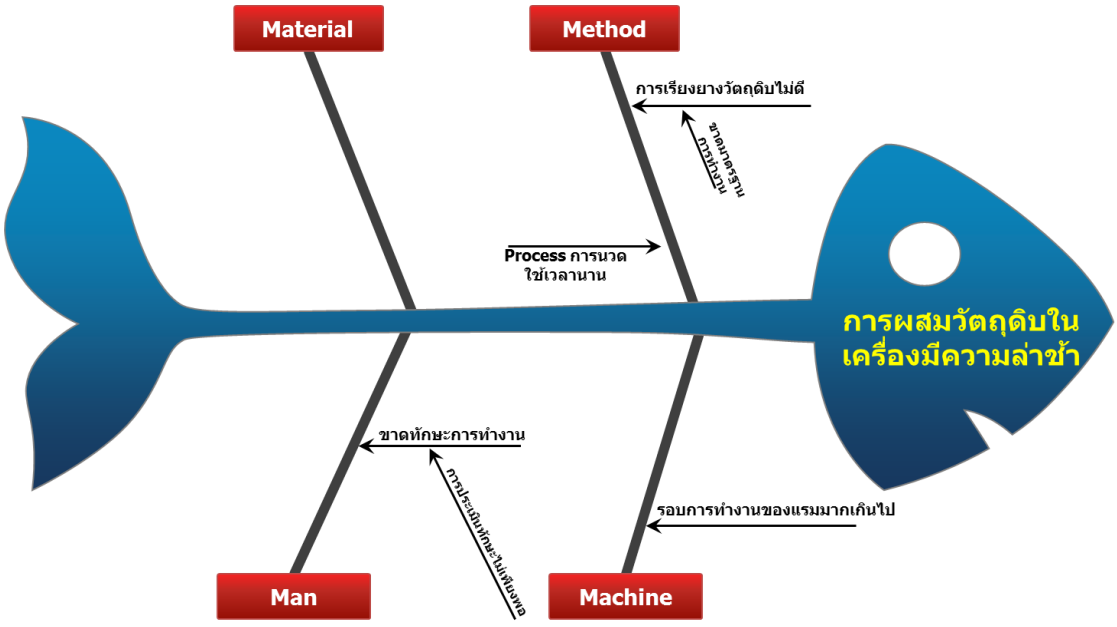


ภาพที่ 3-9 การวิเคราะห์ปัญหากระบวนการเก็บยางใส่พาเลท

ตารางที่ 3-19 การเลือกแนวทางการแก้ไขปรับปรุงกระบวนการเก็บยางใส่พาเลท

กระบวนการ	ปัญหา	สาเหตุ	แนวทางแก้ไข	เป้าหมาย
การเก็บยางใส่พาเลท	Pusher ใช้เวลานาน	Pusher ทำงานไม่เต็มประสิทธิภาพ	ปรับความเร็วการทำงานของ Pusher เพิ่มขึ้น	ลดเวลาการทำงานลง 28.3%
	สายพานลำเลียงใช้เวลานาน	สายพานลำเลียงทำงานไม่เต็มประสิทธิภาพ	ปรับความเร็วการทำงานของสายพานลำเลียงเพิ่มขึ้น	
	การขนส่งยางไปยัง Stock ใช้เวลานาน	ระยะทางไกล	ลดระยะเวลาการทำงาน	

2. ขั้นตอนที่ 2 กระบวนการผสมวัตถุดิบในเครื่องมีความล่าช้า

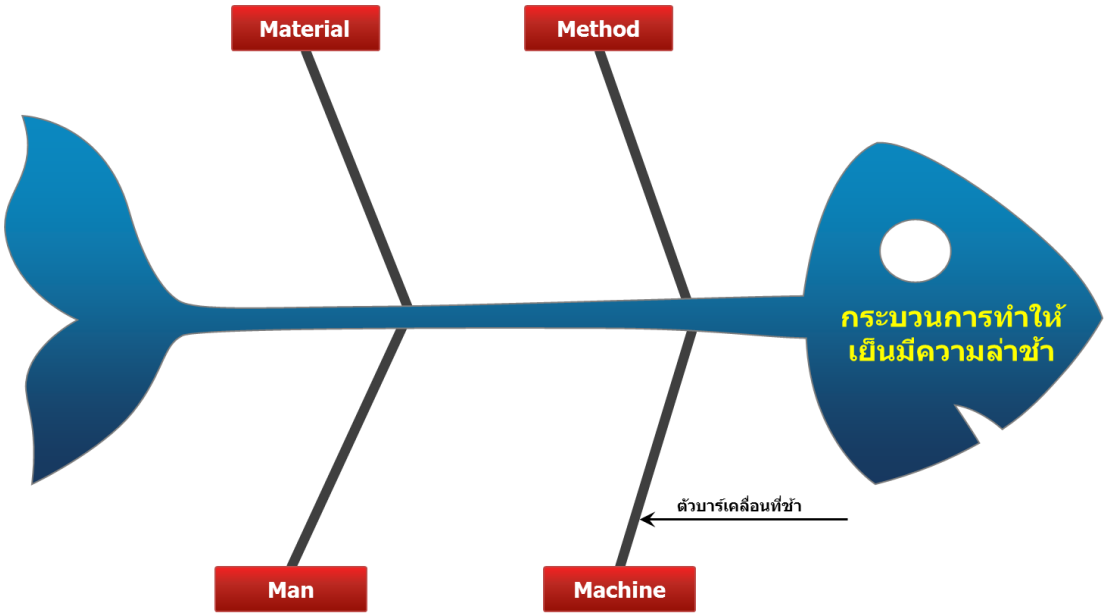


ภาพที่ 3-10 การวิเคราะห์ปัญหากระบวนการผสมวัตถุดิบในเครื่อง

ตารางที่ 3-20 การเลือกแนวทางการแก้ไขปรับปรุงกระบวนการผสมวัตถุดิบในเครื่อง

กระบวนการ	ปัญหา	สาเหตุ	แนวทางแก้ไข	เป้าหมาย
การผสมวัตถุดิบในเครื่อง	รอบการทำงานของแรมมากเกินไป	กระบอกแรมทำงานช้า	ปรับความเร็วการทำงานของกระบอกแรมเพิ่มขึ้น	ลดเวลาการทำงานลง 15.6%
	Process การนวดใช้เวลานาน	Process การนวดเพื่อป้องกันยางเกิดปัญหา	ปรับปรุง Process การนวดยางให้ทำงานได้เร็วขึ้น	
	การเรียงยางวัตถุดิบไม่ดี	มาตรฐานการทำงานไม่ชัดเจน	ปรับปรุงวิธีการเรียงยางเพื่อทำงานได้เร็วขึ้น	

3. ขั้นตอนที่ 5 กระบวนการทำให้เย็นมีความล่าช้า



ภาพที่ 3-11 การวิเคราะห์ปัญหากระบวนการทำให้เย็น

ตารางที่ 3-21 การเลือกแนวทางการแก้ไขปรับปรุงกระบวนการทำให้เย็น

กระบวนการ	ปัญหา	สาเหตุ	แนวทางแก้ไข	เป้าหมาย
การทำให้เย็น	ตัวบาร์ทำงานช้า	ตัวบาร์ทำงานไม่เต็มประสิทธิภาพ	ปรับความเร็วการทำงานของตัวบาร์เพิ่มขึ้น	ลดเวลาการทำงานลง 10.0%

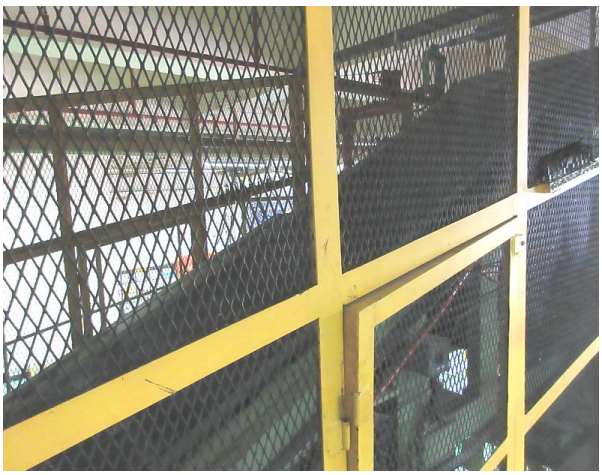
บทที่ 4
การดำเนินการและผลการปรับปรุง

การดำเนินการแก้ไขปัญหา

หลังจากผู้วิจัยได้ทำการกำหนดแนวทางการแก้ไขปรับปรุงที่เสนอไว้ ซึ่งการแก้ไขปรับปรุงมีรายละเอียด ดังนี้

1. ขั้นตอนที่ 6 กระบวนการเก็บยางใส่พาเลท

ซึ่งเป็นกระบวนการต่อเนื่องจากกระบวนการทำให้เย็น ในกระบวนการนี้จะมีขั้นตอนย่อยทั้งหมด 4 ขั้นตอน เริ่มจากยางไหลโดยสายพานลำเลียง (ภาพที่ 4-1) แล้วโรยตัวผ่าน Pendulum ซึ่ง Pendulum ทำหน้าที่เกว่งบังคับให้แผ่นยางสามารถเรียงซ้อนทับกันโดยมี Pusher เป็นตัวช่วยกดพับยางให้เรียบทั้ง 2 ด้าน (ภาพที่ 4-2) ซึ่ง Pusher ทั้งสองจะทำงานพับทีละข้างสลับกันและจะเคลื่อนที่ขึ้นตามความสูงของยางคอมปาวด์โดยอัตโนมัติ (ภาพที่ 4-3) เมื่อยางพับเรียงตัวกันจนถึงน้ำหนักที่กำหนด Pusher จะเลื่อนขึ้นไปจนสุดแล้วชุดตัดอัตโนมัติจะทำการตัดยางแล้วพาเลทยางจะทำการเลื่อนออกมาอัตโนมัติและชุด Pallet conveyor ทำการเลื่อนพาเลทเปล่าเข้าไปเตรียมรับยาง Batch ต่อไป หลังจากพาเลทยางเลื่อนออกมาแล้วพนักงานตรงจุดงานต้องทำการเขียนชื่อยางคอมปาวด์และวันที่ผลิตบนผิวยางคอมปาวด์ (ภาพที่ 4-4) เมื่อเขียนเสร็จก็นำ Ticket ที่ออกจากเครื่องปริ้นท์โดยอัตโนมัติเสียบไว้กับยางคอมปาวด์ และนำรถยก (Forklift) ตักยางคอมปาวด์เก็บไว้ที่สต็อควางยางชั่วคราวและขับรถไปยังจุดเตรียมพาเลทเพื่อนำพาเลทเปล่าวางชุด Pallet conveyor หลังจากนั้นพนักงานก็ขับรถยกกลับไปยังจุดรอยาง Batch ต่อไป (ภาพที่ 4-5) ส่วนยางที่อยู่ในสต็อกนั้นทางแผนกเทคนิคการผลิตจะเข้ามาทำการตัดตัวอย่างเพื่อตรวจสอบคุณภาพของยางก่อนที่จะส่งยางคอมปาวด์ไปยังแผนกถัดไป

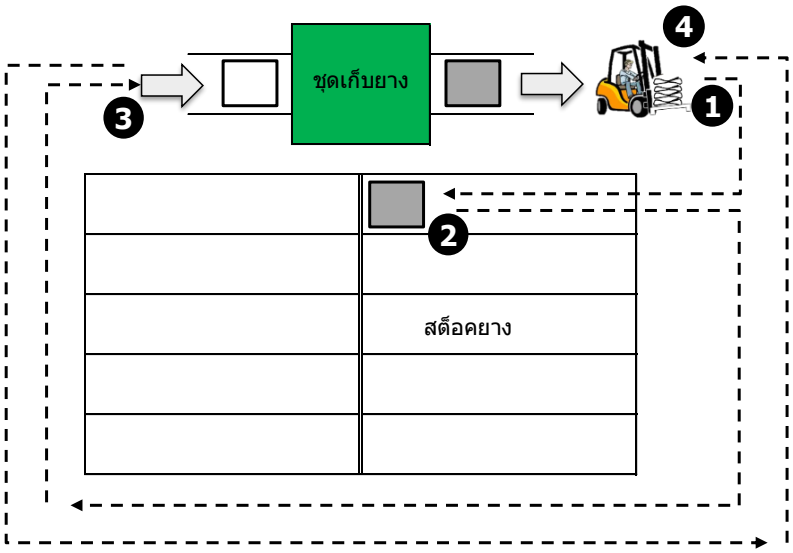


ภาพที่ 4-1 สายพานลำเลียงยาง

ภาพที่ 4-2 Pusher พับยางคอมปาวด์

ภาพที่ 4-3 Pusher เลื่อนขึ้นจนสุด

ภาพที่ 4-4 พนักงานเขียนชื่อคอมปาวด์



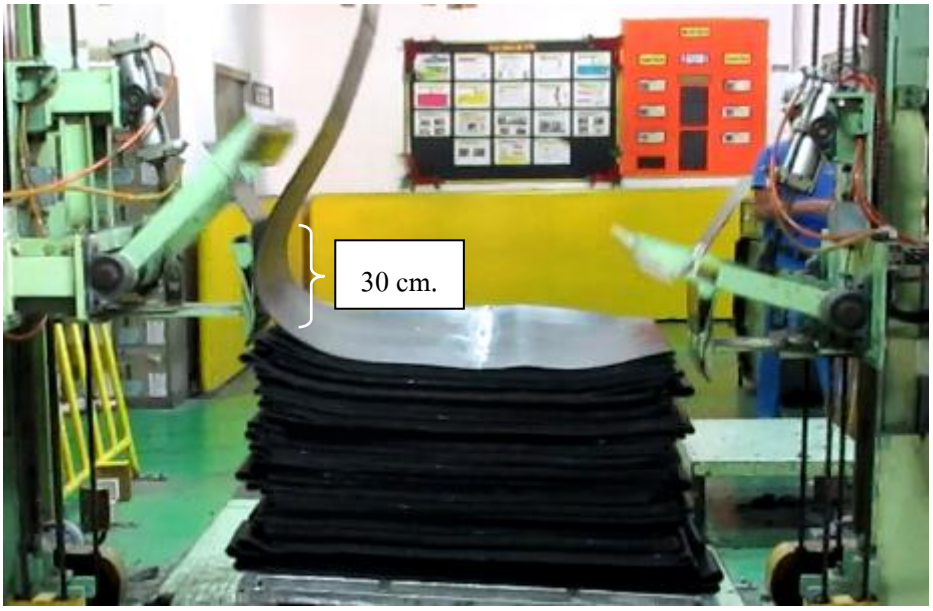
ภาพที่ 4-5 เส้นทางการเคลื่อนที่ของรถยก

จากการศึกษากระบวนการเก็บยางใส้พาเลททั้ง 4 งานย่อยโดยที่ขั้นตอนที่ใช้เวลามากที่สุดอันดับหนึ่ง คือ Pusher ทำการพับยางลงพาเลทตามน้ำหนักที่กำหนด คิดเป็น 45.18% อันดับสอง คือ นำรถยกตักพาเลทยางไปเก็บไว้ที่สต็อควางยาง คิดเป็น 40.02% อันดับสาม คือ เขียนชื่อคอมปาวด์และวันที่ผลิตบนผิวยางคอมปาวด์ คิดเป็น 10.72% และอันดับสุดท้าย คือ พาเลทที่มียางเลื่อนออกมาอัตโนมัติ คิดเป็น 4.07% สำหรับขั้นตอนการเขียนชื่อคอมปาวด์และวันที่ผลิตบนผิว

ยางคอมปาวด์นั้น มีวัตถุประสงค์ให้พนักงานทำการตรวจสอบหน้ายางเพื่อป้องกันการเกิดปัญหาคุณภาพ ทำให้ไม่สามารถเข้าไปปรับปรุงแก้ไขได้ และขั้นตอนพาเลทที่มียางเลื่อนออกมาอัตโนมัติก็ไม่นำมาพิจารณาเนื่องจากเป็นขั้นตอนที่เป็นสัดส่วนที่น้อยที่สุด ดังนั้น จึงเหลือเพียงสองขั้นตอนที่ผู้วิจัยนำมาวิเคราะห์เพื่อดำเนินการปรับปรุง

1.1 Pusher ทำการพับยางลงพาเลทตามน้ำหนักที่กำหนด

สำหรับการพับยางลงพาเลทใน 1 Batch นั้น Pusher จะมีจังหวะขึ้นลงเฉลี่ยเท่ากับ 30 ครั้ง ซึ่งจังหวะ Pusher ขึ้นเฉลี่ย 0.8 วินาทีต่อครั้ง และจังหวะ Pusher ลงเฉลี่ย 1.5 วินาทีต่อครั้ง โดยที่ความสูงของส่วนโค้งของแผ่นยางที่โรยตัวลงมาในจังหวะ Pusher พับยางลงที่ไม่ทำให้เกิดปัญหาเรียงยางไม่ดีเท่ากับ 30 เซนติเมตร ซึ่งเท่ากับแผ่นเหล็กช่วยประคองยาง ดังภาพที่ 4-6



ภาพที่ 4-6 ความสูงของส่วนโค้งของแผ่นยางที่โรยตัวลงมาในจังหวะ Pusher พับยางลง

ในการปรับปรุงประสิทธิภาพทำงานของ Pusher ซึ่งทำงานด้วยระบบนิวแมติกส์ สามารถใช้หลักการเดียวกับการเพิ่มประสิทธิภาพของกระบอกแรมได้ โดยการควบคุมอัตราลมอัดและอัตราลมระบายออกจากกระบอกควบคุมการขึ้นลงของ Pusher (ภาพที่ 4-7) ดังนั้นผู้วิจัยได้ทำการปรึกษากับแผนกวิศวกรรมเพื่อหาแนวทางการปรับปรุงการทำงานของกระบอกแรมให้ทำงานได้เร็วขึ้น โดยทำการทดลองปรับอัตราลมอัดและอัตราลมระบายออกเพิ่มขึ้นแล้วทำการจับเวลาการขึ้นลงของ Pusher โดยผลการทดลองแสดงไว้ใน ตารางที่ 4-1

ภาพที่ 4-7 กระบอกควบคุมการขึ้นลงของ Pusher

ตารางที่ 4-1 ผลการทดลองปรับอัตราลมอัดและอัตราลมระบายออกจากกระบอกควบคุมการขึ้นลงของ Pusher

หัวข้อ	อัตราลมอัด 93%		อัตราลมอัด 94%		อัตราลมอัด 95%	
	ค่าความดัน (Mpa)	(sec)	ค่าความดัน (Mpa)	(sec)	ค่าความดัน (Mpa)	(sec)
Pusher up	0.00	0.8	0.00	0.6	0.00	0.5
Pusher down	0.52	1.5	0.53	1.3	0.55	1.0

เนื่องจากการปรับปรุงประสิทธิภาพของ Pusher ให้สามารถทำงานได้เร็วขึ้นแล้ว ในส่วนของสายพานลำเลียงนั้นต้องได้รับการปรับปรุงด้วยเช่นกัน เพื่อป้องกันปัญหาการเรียงตัวของยางแผ่นไม่สวย โดยสายพานลำเลียงมีมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสเป็นตัวขับเคลื่อน ซึ่งหลักการเพิ่มความเร็วของมอเตอร์ 3 เฟส เมื่อพิจารณาจากสมการของความเร็วสนามแม่เหล็กหมุนจะได้

$$N_s = \frac{120\,f}{P}\ (rpm)$$

จะเห็นได้ว่ามีตัวแปร 2 ตัวที่ทำให้ความเร็วรอบของสนามแม่เหล็กหมุนเปลี่ยนแปลงได้คือ จำนวนขั้วแม่เหล็ก (P) และความถี่ (f) ของแหล่งจ่ายที่ป้อนให้กับมอเตอร์ ดังนั้น

การพิจารณาปรับปรุงในหัวข้อนี้จะศึกษาในเรื่องการเปลี่ยนแปลงความถี่ที่จ่ายให้มอเตอร์ ส่วนจำนวนขั้วแม่เหล็กนั้นไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ หลังจากนั้นผู้วิจัยได้ร่วมมือกับทางแผนกวิศวกรรมทำการทดลองเปลี่ยนแปลงความถี่และวัดความเร็วรอบด้วยเครื่องวัดความเร็วรอบ (Tacho meter) ที่ความถี่ต่างกัน โดยค่าความถี่เริ่มต้นก่อนปรับปรุง คือ 40 Hz โดยจะศึกษาความเร็วโดยการเพิ่มความถี่ที่ 50 Hz และ 60 Hz ตามลำดับ ซึ่งผลการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 4-2

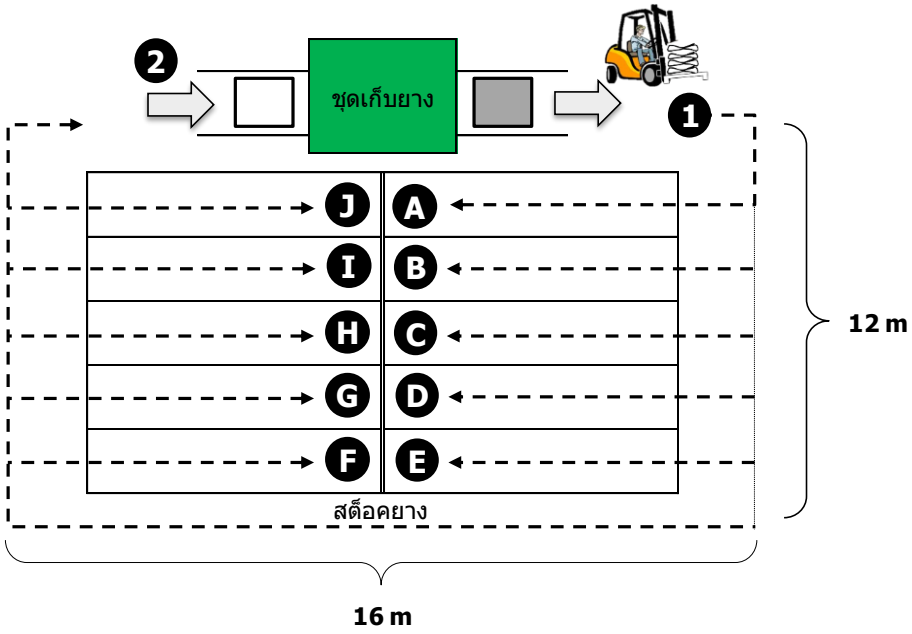
ตารางที่ 4-2 ผลการทดลองเปลี่ยนแปลงความถี่และวัดความเร็วรอบของสายพานลำเลียง

หัวข้อ	40 Hz	50 Hz	60 Hz
ความเร็วสายพานลำเลียง	1140 rpm	1425 rpm	1710 rpm

จากการทดลองเพิ่มประสิทธิภาพของทั้ง Pusher และสายพานลำเลียง ซึ่งผลที่ได้ คือ สามารถเพิ่มอัตราลมอัดและระบายได้ที่ค่า 95% และเพิ่มความถี่ของแหล่งจ่ายที่ป้อนให้กับมอเตอร์ของสายพานลำเลียงเป็น 60 Hz สามารถลดเวลาในขั้นตอนนี้ได้เท่ากับ 37.6 วินาทีหลังจากการปรับปรุงผู้วิจัยและทางแผนกวิศวกรรมได้ทำการตรวจสอบเครื่องจักรหลังจากทำการปรับปรุงแล้วไม่พบสิ่งผิดปกติต่อระบบการทำงานของเครื่องจักรแต่อย่างใดและทำการสังเกตการณ์โรยตัวของยางในจังหวะ Pusher พับยางลงก็พบว่าความสูงของส่วนโค้งของแผ่นยางที่โรยตัวลงมาในจังหวะ Pusher พับยางลงนั้นไม่เกินความสูงที่กำหนดไว้

1.2 นำรถยกตักพาเลทยางไปเก็บไว้ที่สต๊อควางยาง

ในรายละเอียดของการทำงานขั้นตอนนี้ พนักงานทำการใช้รถยกตักยางที่เรียงตามน้ำหนักเสร็จเรียบร้อยไปยังสต๊อก หลังจากนั้นพนักงานต้องขับไปยังจุดเตรียมพาเลทเพื่อนำพาเลทเปล่าวางบน Pallet conveyor แล้วขับรถกลับไปยังจุดรอยางเหมือนเดิม (ภาพที่ 4-8) ผู้วิจัยได้ศึกษาระยะทางและเวลาของการเคลื่อนที่ของรถยก ตั้งแต่จุดที่ 1 ไปยังจุดสต๊อกวางยางของแต่ละช่องและจากจุดสต๊อกไปยังจุดที่ 2 แล้วทำการคำนวณเฉลี่ยระยะทางได้เท่ากับ 60 เมตร และใช้เวลาเฉลี่ย 34.1 วินาทีซึ่งรายละเอียดแสดงไว้ในตารางที่ 4-3

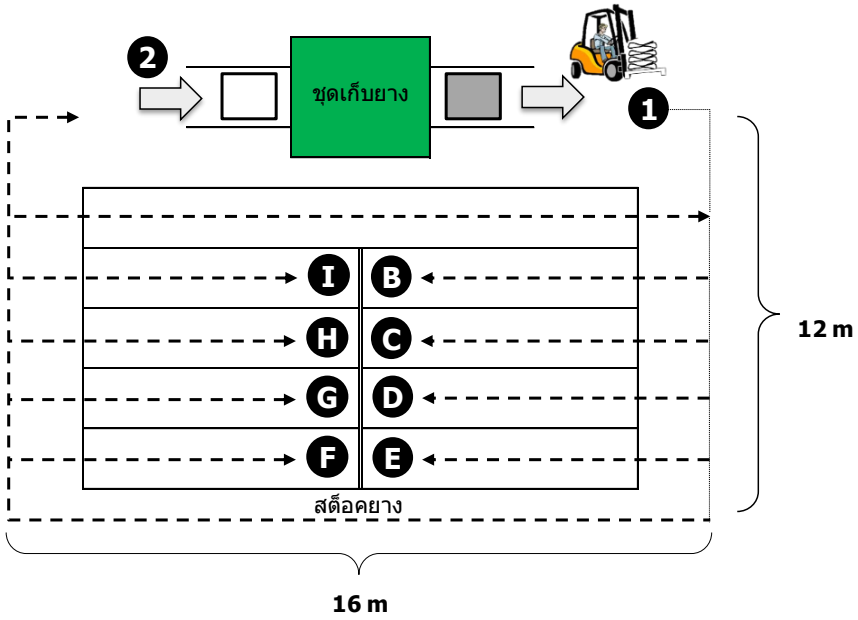


ภาพที่ 4-8 การเคลื่อนที่ของรถยก

ตารางที่ 4-3 การศึกษาระยะทางและเวลาของการเคลื่อนที่ของรถยก

ลำดับที่	เส้นทาง	ระยะทาง (m)	เส้นทาง	ระยะทาง (m)	รวมระยะทาง (m)	เวลาทั้งหมด (sec)
1	จุดที่ 1 ไปจุด A	12	จุด A ไปจุดที่ 2	48	60	34
2	จุดที่ 1 ไปจุด B	14	จุด B ไปจุดที่ 2	46	60	32
3	จุดที่ 1 ไปจุด C	16	จุด C ไปจุดที่ 2	44	60	35
4	จุดที่ 1 ไปจุด D	18	จุด D ไปจุดที่ 2	42	60	32
5	จุดที่ 1 ไปจุด E	20	จุด E ไปจุดที่ 2	40	60	36
6	จุดที่ 1 ไปจุด F	40	จุด F ไปจุดที่ 2	20	60	37
7	จุดที่ 1 ไปจุด G	42	จุด G ไปจุดที่ 2	18	60	32
8	จุดที่ 1 ไปจุด H	44	จุด H ไปจุดที่ 2	16	60	36
9	จุดที่ 1 ไปจุด I	46	จุด I ไปจุดที่ 2	14	60	34
10	จุดที่ 1 ไปจุด J	48	จุด J ไปจุดที่ 2	12	60	33
		ค่าเฉลี่ย			60	34.1

สำหรับเวลาที่ใช้ในการเตรียมพาเลท เท่ากับ 14.5 วินาที และระยะทางจากจุดที่ 2 ไปยังจุดที่ 1 ได้เท่ากับ 44 เมตร ซึ่งรถยกเวลาการเคลื่อนที่เท่ากับ 15.7 วินาที เนื่องจากในสต็อกยางมีแท่งเหล็กกั้นไว้อยู่ ทำให้พนักงานต้องเสียเวลาในการขับรถอ้อมสต็อกยางเพื่อกลับมายังจุดรอยาง ดังนั้น ผู้วิจัยจึงทำการปรับปรุงลดระยะทางโดยการยกเลิกสต็อกวางยางของจุด A และ J ออกไป และร้องขอทางแผนกวิศวกรรมดำเนินการตัดแผ่นเหล็กกั้นระหว่างสต็อค A และ J ออกไป (ภาพที่ 4-9) เพื่อที่พนักงานสามารถขับรถจากจุดที่ 2 ไปยังจุดที่ 1 ในระยะทางที่สั้นลงกว่าเดิม หลังจากนั้น ผู้วิจัยได้ทำการจับเวลาการเคลื่อนที่ของรถยกระหว่างจุดที่ 2 ไปยังจุดที่ 1 หลังจากที่ได้ปรับปรุงไปแล้ว โดยใช้เวลาเฉลี่ยเท่ากับ 7.2 วินาที ทำให้สามารถลดเวลาจุดนี้ได้เท่ากับ 8.5 วินาที



ภาพที่ 4-9 การปรับปรุงลดระยะทางการเคลื่อนที่ของรถยก

หลังจากทำการปรับปรุงโดยการยกเลิกสต็อกวางยางจุด A และ J แล้ว ผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบผลจากการปรับปรุง จะส่งผลกระทบต่อปัญหาพื้นที่วางยางไม่พอขณะทำการผลิตหรือไม่ โดยการศึกษาอัตราการจัดเก็บยางเปรียบเทียบกับอัตราการเบิกไปใช้ ซึ่งทำการเก็บข้อมูลจำนวน Batch ที่เก็บได้ในแต่ละชั่วโมงตั้งแต่ 8.00 น. ถึง 17.00 น. เฉลี่ยเดือนเมษายน 2557 เทียบกับอัตราการเบิกไปใช้ พบว่าอัตราการเบิกไปใช้มีจำนวนมากกว่าอัตราการจัดเก็บ แสดงว่าหลังจากมีการปรับปรุงยกเลิกสต็อควางยางจุด A และ J แล้วไม่ส่งผลกระทบต่อปัญหาพื้นที่วางยางไม่พอขณะทำการผลิต รายละเอียดแสดงไว้ในตารางที่ 4-4

ตารางที่ 4-4 การเก็บข้อมูลจำนวน Batch ที่เก็บได้ในแต่ละชั่วโมงตั้งแต่ 8.00 น. ถึง 17.00 น. เฉลี่ยเดือนเมษายน 2557 เทียบกับอัตราการเบิกไปใช้

ช่วงเวลา	IN			OUT	
	จำนวน Batch ที่จัดเก็บ	คิดเป็นจำนวนพาเลท	จำนวนพาเลทที่สะสม	อัตราการใช้งาน (พาเลท)	อัตราการใช้งานสะสม (พาเลท)
8.00-9.00	23	7.7	7.7	9.1	9.1
9.00-10.00	28	9.3	17.0	9.1	18.2
10.00-11.00	28	9.3	26.3	9.1	27.3
11.00-12.00	26	8.7	35.0	9.1	36.4
13.00-14.00	24	8.0	43.0	9.1	45.5
14.00-15.00	28	9.3	52.3	9.1	54.6
15.00-16.00	26	8.7	61.0	9.1	63.7
16.00-17.00	22	7.3	68.3	9.1	72.8
เฉลี่ยต่อชั่วโมง	25.6	8.5	8.5	9.1	9.1
หมายเหตุ: ยางคอมปาวด์ 3 Batch เท่ากับ 1 พาเลท					

2. ขั้นตอนที่ 2 กระบวนการผสมวัตถุดิบในเครื่อง

โดยเวลารวมของขั้นตอนนี้ คือ 137.1 วินาที มีขั้นตอนย่อยทั้งหมด 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. พนักงานตรวจสอบปุ่มควบคุมการทำงานหน้าเครื่องว่าอยู่ใน Auto mode
2. พนักงานตรวจสอบความเร็วรอบ (RPM) ของเครื่องกับจอ Computer
3. เครื่องเทยางลงห้องผสมเองโดยอัตโนมัติ
4. ยางเข้าสู่กระบวนการผสมเองโดยอัตโนมัติ

ซึ่งเวลาของขั้นตอนย่อยที่ 4 คือ ยางเข้าสู่กระบวนการผสมเองโดยอัตโนมัติ โดยใช้เวลาเท่ากับ 124.1 วินาที คิดเป็น 90.81% ของเวลาทั้งหมด

หลังจากที่เครื่องเทวัตถุดิบลงห้องผสม (Chamber) การบดผสมจะเกิดในห้องผสมโดยมีกระบอกแรมที่มีน้ำหนักกดลงมา ภายในห้องผสมมีโรเตอร์สองชุดขนานกัน ที่ผิวของโรเตอร์มีลักษณะเป็นใบมีดเพื่อดันยางและกวนเคมีผสมกัน ภายใต้อุณหภูมิที่กำหนด ซึ่งในระหว่างการผสมแท่งกดจะทำงานเป็นจังหวะขึ้นและลง โดยเฉลี่ย 3 รอบต่อการผสมยาง 1 Batch

หลังจากนั้นผู้วิจัยจึงได้เข้าไปศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับระบบการทำงานของกระบอกแรมของเครื่องจักรพบว่าถูกควบคุมด้วยระบบนิวแมติกส์ในการขับเคลื่อนกระบอกแรมให้ขึ้นลง การควบคุมอัตราความเร็วโดยใช้วาล์วควบคุมอัตราการไหลของลมอัดซึ่งสามารถควบคุมได้โดย PLC (Programmable logic controllers) เนื่องจากระบบที่ใช้อุปกรณ์นิวแมติกส์นั้นง่ายต่อการใช้งานและซ่อมบำรุงแต่ข้อเสียของระบบ คือ ลมอัดสามารถอัดตัวได้ ทำให้การเคลื่อนที่ของอุปกรณ์ไม่สม่ำเสมอและลมอัดมีเสียงดังเมื่อมีการระบายลมออกจากอุปกรณ์ทำงานจำเป็นต้องใช้ตัวเก็บเสียง (Silencer) เมื่อมีการใช้เป็นเวลานานอาจมีสิ่งสกปรกอุดตันสะสมส่งผลให้การระบายลมไม่เต็มประสิทธิภาพ

หลักการทำงานของการขับเคลื่อนการบอกแรมเริ่มจากอากาศจะถูกอัดโดยเครื่องอัดอากาศ (Compressor) และถูกกักไว้ภายในถังเก็บที่เรียกว่า Receiver ลมจากถังเก็บลมจะถูกจ่ายออกไปตามท่อลมไปสู่อุปกรณ์ต่าง ๆ ภายในระบบก่อนการใช้งานกับอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบลมอัดจะถูกกรองให้สะอาดเสียก่อน ด้วยตัวกรองอากาศ (Filter) และปรับความดันลมอัดลดลงเท่ากับค่าที่ใช้งานพร้อมทั้งเติมน้ำมันหล่อลื่น เพื่อหล่อลื่นชิ้นส่วนต่าง ๆ ของอุปกรณ์ เช่น วาล์วกระบอกสูบ เป็นต้น จากนั้นวาล์วควบคุมทิศทางจะบังคับให้ก้านสูบเคลื่อนที่เข้าและออกโดยการควบคุมทิศทางลมอัดที่จ่ายให้กระบอกสูบซึ่งอากาศอัดที่ไหลผ่านกระบอกสูบจะดันให้ก้านสูบเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงโดยจะถูกควบคุมความเร็วโดยตัวควบคุมความเร็วของก้านสูบ (Flow control valve) ผู้วิจัยจึงทำการทดลองจับเวลาของการขึ้นลงของแรม พบว่าเวลาเฉลี่ยการทำงานของแรมขณะขึ้นใช้เวลาเท่ากับ 4.77 วินาทีต่อครั้ง และขณะลงใช้เวลาเท่ากับ 6.89 วินาทีต่อครั้ง เท่ากับว่าเวลาการทำงานของแรมเฉลี่ยต่อการผสมยาง 1 Batch เท่ากับ 34.98 วินาที นอกจากนี้ยังได้เข้าไปวัดค่าความดันเมื่อกระบอกแรมขึ้นลงพบว่า ขณะกระบอกแรมลงวัดค่าความดันอยู่ที่ 0.553 Mpa และขณะกระบอกแรมขึ้นค่าความดันอยู่ที่ 0.009 Mpa รายละเอียดดังตารางที่ 4-5

ตารางที่ 4-5 ผลการตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงานของกระบอกแรม

หัวข้อ	ค่าความดัน (Mpa)	เวลา (sec)
Ram down	0.553	6.89
Ram up	0.009	4.77

หลักการควบคุมความเร็วในการเคลื่อนที่ของกระบอกแรมทำได้ 2 วิธี คือ การควบคุมอัตราลมอัดที่จ่ายให้กับกระบอกแรม (จังหวะลง) และการควบคุมอัตราลมระบายออกจากกระบอกแรม (จังหวะขึ้น) ดังนั้น ผู้ศึกษาได้ทำการปรึกษากับแผนกวิศวกรรมเพื่อหาแนวทางการปรับปรุงการทำงานของกระบอกแรมให้ทำงานได้เร็วขึ้นโดยทำการทดลองปรับอัตราลมอัดที่จ่ายให้กับกระบอกแรมและอัตราลมระบายออกจากกระบอกแรมเพิ่มขึ้นและทำการจับเวลาการขึ้นลงของกระบอกแรม โดยผลการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 4-6 และ 4-7

ตารางที่ 4-6 ผลการทดลองปรับอัตราลมอัดที่จ่ายให้กับกระบอกแรม

หัวข้อ	อัตราลมอัด 93%		อัตราลมอัด 94%		อัตราลมอัด 95%	
	ค่าความดัน (Mpa)	เวลา (sec)	ค่าความดัน (Mpa)	เวลา (sec)	ค่าความดัน (Mpa)	เวลา (sec)
Ram down	0.553	6.89	0.565	6.32	0.572	5.66

ตารางที่ 4-7 ผลการทดลองปรับอัตราลมระบายออกจากกระบอกแรม

หัวข้อ	อัตราลมอัด 93%		อัตราลมอัด 94%		อัตราลมอัด 95%	
	ค่าความดัน (Mpa)	เวลา (sec)	ค่าความดัน (Mpa)	เวลา (sec)	ค่าความดัน (Mpa)	เวลา (sec)
Ram up	0.009	4.77	0.009	3.56	0.009	3.21

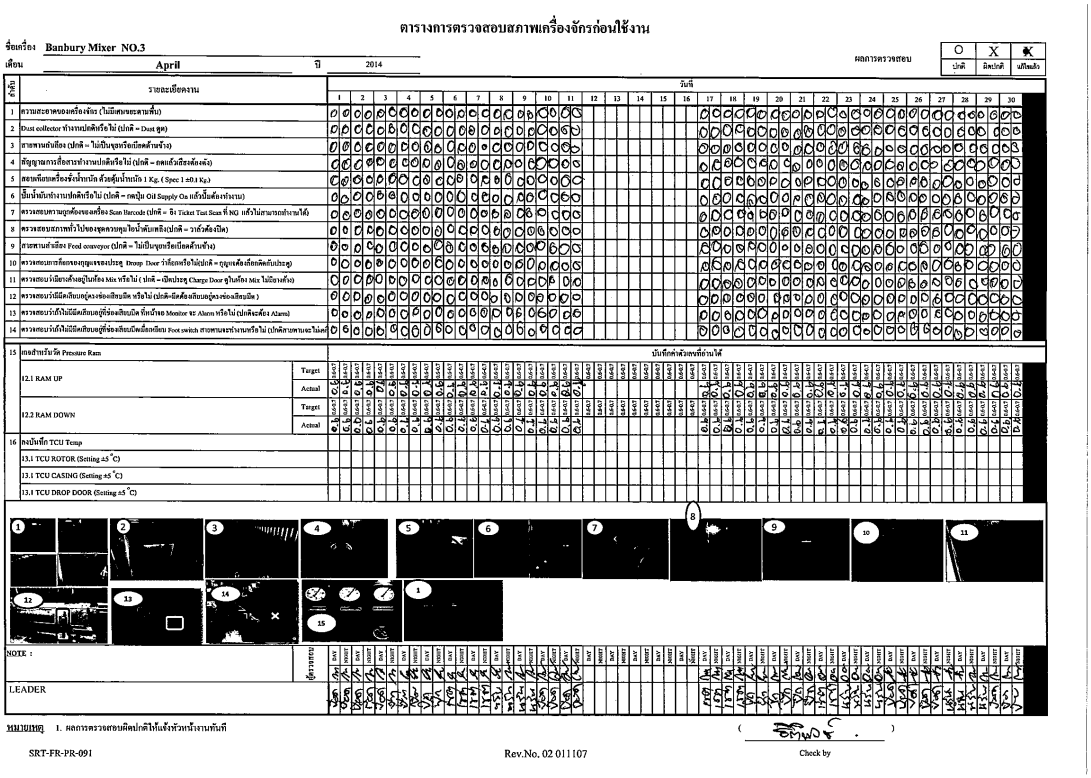
สำหรับค่าเริ่มต้นที่แผนกวิศวกรรมตั้งอัตราลมอัดและลมระบายไว้ คือ 93% ซึ่งทางแผนกวิศวกรรมได้ให้คำแนะนำค่าสูงสุดที่สามารถปรับได้โดยไม่ส่งผลกระทบต่อการทำงานของเครื่องจักร คือ 95% ดังนั้น จึงทำการทดลองปรับอัตราลมอัดและลมระบายที่ 93, 94 และ 95% ตามลำดับ ซึ่งผลที่ได้ คือ อัตราลมอัดและลมระบาย ที่ 95% ทำให้กระบอกแรมทำงานได้เร็วที่สุด โดยสามารถลดเวลาได้ 8.37 วินาที รายละเอียดดังตารางที่ 4-8

ตารางที่ 4-8 การเปรียบเทียบเวลาระหว่างก่อนและหลังปรับปรุงกระบอกแรม

หัวข้อ	ก่อน	หลัง	ความแตกต่าง
Ram down	6.89	5.66	-1.23
Ram up	4.77	3.21	-1.56
รวม	11.66	8.87	-2.79
รวมการทำงานของแรมทั้งหมด	34.98	26.61	-8.37

การตรวจสอบผลกระทบต่อเครื่องจักรหลังการปรุง

ผู้ศึกษาได้ทำการตรวจสอบจากรายงานการตรวจสอบเครื่องจักรประจำวันของในระยะ 1 เดือน ไม่พบสิ่งผิดปกติต่อเครื่องจักร รายละเอียดดูจากภาพที่ 4-10



ตารางการตรวจสอบสภาพเครื่องจักรก่อนใช้งาน

ชื่อเครื่อง Banbury Mixer NO.3

เดือน April ปี 2014

ผลการตรวจสอบ: ○ ปกติ | X ผิดปกติ | ✱ แก้ไขแล้ว

ลำดับ	รายละเอียดตรวจ	วันที่ 1–30
1	ความสะอาดของเครื่องจักร (ไม่มีสนิมขณะสายพ้น)	
2	Dust collector ทำงานปกติหรือไม่ (ปกติ = Dust ดูด)	
3	สายพานลำเลียง (ปกติ = ไม่เป็นจุนหรือมีเศษค้างร้าว)	
4	สัญญาณการสื่อสารทำงานปกติหรือไม่ (ปกติ = ดดแล้วมีเสียงดังกง)	
5	สอบเทียบเครื่องชั่งน้ำหนัก ด้วยตุ้มน้ำหนัก 1 Kg. (Spec 1 ±0.1 Kg.)	
6	ปั๊มน้ำมันทำงานปกติหรือไม่ (ปกติ = กดปุ่ม Oil Supply On แล้วปั๊มต้องทำงาน)	
7	ตรวจสอบความถูกต้องของเครื่อง Scan Barcode (ปกติ = ยิง Ticket Test Scan ที่ WO. แล้วไม่สามารถทำงานได้)	
8	ตรวจสอบสภาพทั่วไปของชุดควบคุมไฮน้ำพับเหลิง(ปกติ = วาล์วต้องปิด)	
9	สายพานลำเลียง Feed conveyor (ปกติ = ไม่เป็นจุนหรือเปิดสด้านข้าง)	
10	ตรวจสอบการล็อคของถุงดูดเรซของประตู Droop Door ว่าล็อคหรือไม่(ปกติ = ถุงดูดต้องล็อคพ้อกับประตู)	
11	ตรวจสอบว่ามีเศษตั้งอยู่ในเครื่อง Mix หรือไม่ (ปกติ = เปิดประตู Charge Door ดูในห้อง Mix ไม่มีเศษตั้ง)	
12	ตรวจสอบว่ามีมีดเสียบอยู่ร่องช่องเสียบมีด หรือไม่ (ปกติ=มีดต้องเสียบอยู่ร่องช่องเสียบมีด)	
13	ตรวจสอบว่าถ้าไม่มีมีดเสียบอยู่ที่ร่องเสียบมีด ที่หน้าจอ Monitor จะ Alarm หรือไม่ (ปกติจะต้อง Alarm)	
14	ตรวจสอบว่าถ้าไม่มีมีดเสียบอยู่ที่ร่องเสียบมีดเลือกเสียบ Foot switch สามารถทำงานหรือไม่ (ปกติสามารถทำงานได้)	
15	เกจสำหรับวัด Pressure Ram	บันทึกค่าหลังจากที่ทำงานได้
	12.1 RAM UP — Target / Actual	
	12.2 RAM DOWN — Target / Actual	
16	อุณหภูมิ TCU Temp	
	13.1 TCU ROTOR (Setting ±5 °C)	
	13.1 TCU CASING (Setting ±5 °C)	
	13.1 TCU DROP DOOR (Setting ±5 °C)	

NOTE :

ผู้ตรวจสอบ

LEADER

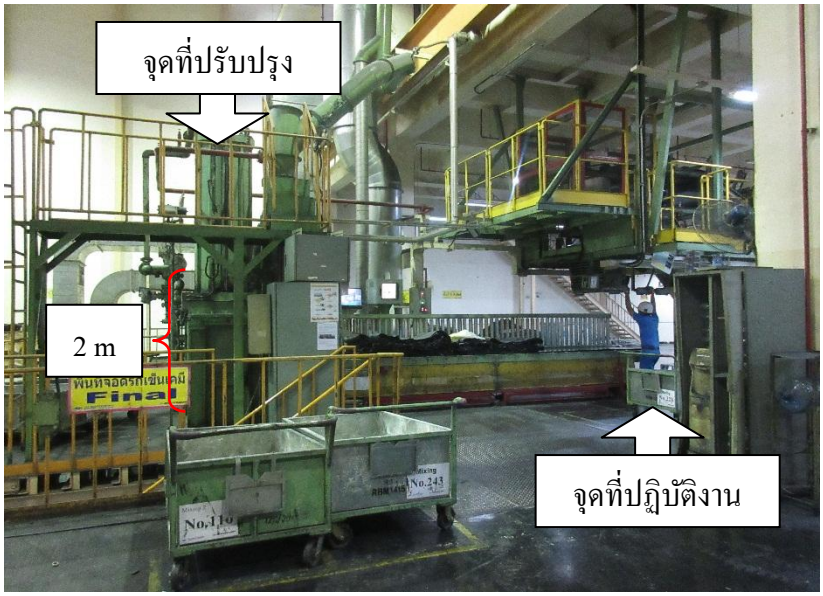
หมายเหตุ 1. ผลการตรวจสอบพิดปกติให้แจ้งหัวหน้างานทันที

SRT-FR-PR-091 Rev.No. 02 011107 Check by

ภาพที่ 4-10 รายงานการตรวจสอบเครื่องจักรประจำวันของเครื่องจักร

การตรวจสอบผลกระทบต่อความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงานหลังจากการปรับปรุง

เนื่องจากจุดปฏิบัติงานของพนักงานจะอยู่ในบริเวณที่ชั่งยาง แต่ชุดกระบอกแรมจะอยู่บริเวณด้านบนของห้องผสมซึ่งมีความสูงเท่ากับ 2 เมตร ดังภาพที่ 4-11 ดังนั้น การปรับปรุงนี้ไม่ส่งผลต่อความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงาน



ภาพที่ 4-11 ตำแหน่งของผู้ปฏิบัติงานกับจุดที่มีการปรับปรุง

หลังจากนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาในการนวดยางในห้องผสมหลังจากยางทำการนวดตามเวลาที่กำหนดในขั้นตอนสุดท้ายก่อนปล่อยยางลงห้องสกรู กระบอกแรมจะยกขึ้นแล้วยางจะถูกโรเตอร์นวดด้วยความเร็วต่ำซึ่งใช้เวลาเท่ากับ 8 วินาที จากนั้นประตูปล่อยยาง (Drop door) จะเปิดออกและหน่วงเวลาเท่ากับ 13 วินาที เมื่อผู้ศึกษาได้สอบถามกับทางแผนกเทคนิคการผลิตเกี่ยวกับขั้นตอนดังกล่าว ก็พบว่าขั้นตอนนี้มีไว้เพื่อป้องกันยางติดประตูปล่อยยาง ซึ่งไม่เกี่ยวข้องกับคุณภาพของการนวดยาง ทำให้ขั้นตอนนี้สามารถลดเวลาลงได้ ดังนั้น ผู้วิจัยร่วมกับแผนกเทคนิคการผลิต ทำการทดลองปรับลดเวลาของการนวดแล้วทำการตรวจสอบผลว่าหลังจากการปรับเวลาแล้วเกิดปัญหายางติดประตูปล่อยยางหรือไม่ โดยทำการปรับลดลงครั้งละ 1 วินาที และตรวจสอบการผสมยางจำนวน 20 แบทช์ ผลที่ได้ คือ สามารถปรับเวลาได้เท่ากับ 3 วินาที โดยไม่พบปัญหายางติดประตูปล่อยยาง ดังนั้น สามารถลดเวลาได้เท่ากับ 5 วินาที รายละเอียดแสดงในตารางที่ 4-9

ตารางที่ 4-9 การตรวจสอบปัญหายางติดประตูปล่อยยางหลังการลดเวลานวด

Batch ที่	เวลานวดขั้นตอนสุดท้าย (วินาที)						
	7	6	5	4	3	2	1
1	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ
2	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ
3	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ
4	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ
5	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ยางติด
6	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ
7	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ
8	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ
9	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ
10	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ
11	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ยางติด	ปกติ
12	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ
13	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ
14	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ
15	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ
16	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ
17	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ยางติด
18	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ
19	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ
20	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ

หลังจากนั้นทำการทดลองปรับลดเวลาหน่วงของประตูปล่อยยางแล้วทำการตรวจสอบผลว่าหลังจากการปรับเวลาแล้วเกิดปัญหายางติดประตูปล่อยยางหรือไม่ โดยทำการปรับลดลงครั้งละ 1 วินาที และตรวจสอบการผสมยางจำนวน 20 แบทช์ ผลที่ได้ คือ สามารถปรับเวลาได้เท่ากับ 8 วินาที โดยไม่พบปัญหายางติดประตูปล่อยยาง ดังนั้น สามารถลดเวลาได้เท่ากับ 5 วินาที รายละเอียดแสดงในตารางที่ 4-10

ตารางที่ 4-10 การตรวจสอบปัญหายางติดประตูปล่อยยางหลังการลดเวลาหน่วงประตูปล่อยยาง

Batch ที่	เวลาหน่วงประตู Drop door (วินาที)							
	13	12	11	10	9	8	7	6
1	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ
2	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ
3	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ยางติด
4	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ
5	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ
6	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ
7	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ
8	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ยางติด
9	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ยางติด	ปกติ
10	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ
11	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ
12	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ
13	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ
14	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ
15	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ยางติด
16	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ
17	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ
18	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ
19	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ
20	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ

นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาขั้นตอนย่อยที่ 2 คือ เครื่องเทยางลงห้องผสมเองโดยอัตโนมัติ ซึ่งขั้นตอนนี้จะเริ่มหลังจากขั้นตอนการชั่งวัตถุดิบ โดยสายพานลำเลียงจะทำการลำเลียงยางเข้าสู่ห้องผสม ใช้เวลาเท่ากับ 7.4 วินาที ผู้วิจัยได้สังเกตขณะวัตถุดิบถูกลำเลียงลงห้องผสมพบว่าจังหวะที่วัตถุดิบกำลังลงห้องผสม มักจะเกิดปัญหายางสะดุด ผู้วิจัยได้วิเคราะห์หาสาเหตุ ก็พบว่าเกิดจากการเรียงตัวของวัตถุดิบไม่ดี ซึ่งในมาตรฐานการทำงานไม่ได้ระบุลักษณะการเรียงวัตถุดิบอย่างชัดเจน ทำให้พนักงานที่ปฏิบัติงานเรียงวัตถุดิบเป็นแบบ 2 กอง (ภาพที่ 4-12) และทักษะการทำงานของพนักงานแต่ละคนก็มีไม่เท่ากัน ทำให้ส่งผลให้มีการเรียงวัตถุดิบไม่เหมือนกัน

ภาพที่ 4-12 การเรียงวัตถุดิบแบบ 2 กอง

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงทำการปรับปรุงโดยการทดลองเปลี่ยนวิธีการเรียงวัตถุดิบจาก 2 กองเป็น 1 กอง ดังภาพที่ 4-13 และทำการจับเวลาหลังจากการปรับปรุงได้เท่ากับ 3.5 วินาที ซึ่งสามารถลดเวลาขั้นตอนการเทยางได้เท่ากับ 3.9 วินาที

ภาพที่ 4-13 การเรียงวัตถุดิบแบบ 1 กอง

3. ขั้นตอนที่ 5 กระบวนการทำให้เย็น

เป็นกระบวนการต่อจากขั้นตอนที่ 4 คือ ยางเคลือบน้ำแป้งโดยยางจะถูกพาดกับตัวบาร์ จากนั้นตัวบาร์จะทำหน้าที่ลำเลียงยางผ่านพัดลมระบายความร้อน ดังภาพที่ 4-14 โดยใช้เวลาการทำให้เย็นเฉลี่ยเท่ากับ 128.1 วินาทีต่อยางคอมปาวด์ 1 Batch

ภาพที่ 4-14 การเรียงตัวของยางในกระบวนการทำให้เย็น

เนื่องจากตัวบาร์จะถูกขับเคลื่อนโดยมอเตอร์ 3 เฟส ดังนั้น ผู้ศึกษากับทางแผนกวิศวกรรมได้ทำการทดลองปรับความเร็วของมอเตอร์โดยการทดลองเพิ่มความถี่ (f) ของแหล่งจ่าย

ที่ป้อนให้กับมอเตอร์และวัดความเร็วรอบด้วยเครื่องวัดความเร็วรอบ (Tacho meter) ที่ความถี่ต่างกัน โดยค่าความถี่เริ่มต้นก่อนปรับปรุง คือ 40 Hz โดยจะศึกษาความเร็วโดยการเพิ่มความถี่ที่ 50 Hz และ 60 Hz ตามลำดับ ซึ่งผลการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 4-11

ตารางที่ 4-11 ผลการทดลองเปลี่ยนแปลงความถี่และวัดความเร็วรอบของตัวบาร์

หัวข้อ	40 Hz	50 Hz	60 Hz
ความเร็วของตัวบาร์	1080 rpm	1350 rpm	1620 rpm

จากผลการเปลี่ยนความถี่ของมอเตอร์ขับเคลื่อนตัวบาร์พบว่าที่ 60 Hz ให้ความเร็วรอบสูงสุด แต่ถ้าหากทำการปรับที่ 60 Hz จะทำให้ตัวบาร์ทำงานเร็วเกินไป ส่งผลให้เกิดปัญหาคอขวดที่ขั้นตอนที่ 6 คือ การเก็บยางใส่พาเลทได้ ดังนั้น ผู้วิจัยได้พิจารณาปรับความถี่มอเตอร์ที่ 50 Hz แล้วทำการจับเวลาใหม่ได้เท่ากับ 113.6 วินาที ทำให้สามารถลดเวลาขั้นตอนนี้ได้เท่ากับ 14.5 วินาที

ผลการสำรวจเวลาหลังจากที่ได้ดำเนินการแก้ไขปัญหา

หลังจากทำการปรับปรุงเพื่อลดเวลาการทำงานของกระบวนการผสมยางในทุก ๆ ขั้นตอนเสร็จแล้วพบว่าเวลาที่ใช้ในกระบวนการผสมยาง 1 Batch ใช้เวลาลดลงจากเดิมและส่งผลให้กระบวนการผสมยางมีความสมดุลในการผลิตมากขึ้น ซึ่งในส่วนที่ได้ทำการปรับปรุงแก้ไขไปสามขั้นตอน คือ ขั้นตอนที่ 6 กระบวนการเก็บยางใส่พาเลท สามารถลดเวลาการทำงานลงไปได้ 45.9 วินาทีขั้นตอนที่ 2 กระบวนการผสมวัตถุดิบในเครื่อง สามารถลดเวลาได้ 17.2 วินาที และขั้นตอนที่ 5 กระบวนการทำยางให้เย็นโดยมีรายละเอียด ดังนี้

หลังจากที่มีการปรับปรุงในทุก ๆ ขั้นตอนแล้ว ผู้ศึกษาจึงทำการจับเวลาการทำงานในแต่ละงานย่อยของการทำงานของกระบวนการผสมยาง ดังต่อไปนี้

1. ขั้นตอนที่ 6 กระบวนการเก็บยางใส่พาเลท
2. ขั้นตอนที่ 2 กระบวนการผสมวัตถุดิบในเครื่อง
3. ขั้นตอนที่ 5 กระบวนการทำให้เย็น

1. ผลการจับเวลาหลังจากที่มีการปรับปรุงขั้นตอนที่ 6 กระบวนการเก็บยางใส่พาเลท

โดยจะใช้วิธีการศึกษาเวลาในแต่ละงานย่อยเช่นเดียวกับการศึกษาเวลาก่อนการปรับปรุงในบทที่ 3 สำหรับข้อมูลเวลาของขั้นตอนการการเก็บยางใส่พาเลทแสดงในตารางที่ 4-12

ตารางที่ 4-12 ข้อมูลเวลาในขั้นตอนการเก็บยางใส่พาเลท (หลังจากปรับปรุง)

OBSERV ATION SHEET

ชื่อเรื่อง: ขั้นตอนที่ 6 กระบวนการเก็บยางใส่พาเลท

หน่วยงาน: Mixing 1

บันทึกโดย: นายมนตรี ฟังอารมณ์

Element	Time (sec)										R	$\bar{X}$	$\frac{R}{\bar{X}}$	n
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
Pusher ทำการพับยางลง Pallet ตามน้ำหนักที่กำหนด	35.3	35.8	34.5	36.3	34.1	35.3	33.2	35.0	35.3	35.5	3.1	35.0	0.09	2
Pallet ที่มียางเลื่อนออกมาอัตโนมัติ	6.3	6.6	6.4	6.9	7.0	6.5	7.0	6.5	6.6	6.2	0.8	6.6	0.12	2
เขียนชื่อ Compound no. และวันที่ผลิตบนผิว Compound	14.0	13.4	15.1	14.3	14.3	13.2	11.9	13.9	14.4	13.2	3.2	13.8	0.24	10
นำ Fork lift ตัก Pallet ยางไปเก็บไว้ที่สต๊อกวางยาง	43.2	44.6	44.1	43.2	43.6	42.6	43.6	44.8	42.6	44.2	2.2	43.6	0.05	2

จากข้อมูลที่ได้ดังตารางที่ 4-11 พบว่างานย่อยที่ 3 มีค่า $\frac{\bar{R}}{\bar{X}}$ สูงสุด คือ 0.24 หลังจากเปิดตาราง Mytag แล้วได้จำนวนครั้งในการจับเวลาเท่ากับ 10 ครั้ง ซึ่งจำนวนครั้งการจับเวลาเพียงพอแล้ว

จากนั้นนำข้อมูลเวลามาคำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูลหรือ Relative accuracy จากข้อมูลสามารถนำมาหาค่า Relative accuracy ได้ตามตารางที่ 4-13 ซึ่งพบว่าค่า Relative accuracy ของข้อมูลเวลางานนั้นไม่เกินค่าที่กำหนดไว้ คือ ± 5% ดังนั้น ข้อมูลเวลาสามารถใช้เป็นเวลาตัวแทนซึ่งจะนำไปหาเวลาปกติต่อไป

ตารางที่ 4-13 การหาค่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูลเวลาในขั้นตอนการเก็บยางใส่พาเลท (หลังจากปรับปรุง)

การหาค่า Relative accuracy													
ชื่อเรื่อง: ขั้นตอนที่ 6 กระบวนการเก็บยางใส่พาเลท													
หน่วยงาน: Mixing 1													
บันทึกโดย: นายมนตรี ฟังอารมณ์													
Element	Time (sec)										$\bar{X}$	$\frac{R}{\bar{\bar{X}}}$	rel.acc
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			±(%)
Pusher ทำการพับยางลง Pallet ตามน้ำหนักที่กำหนด	35.3	35.8	34.5	36.3	34.1	35.3	33.2	35.0	35.3	35.5	35.0	0.09	1.29
Pallet ที่มียางเลื่อนออกมาอัตโนมัติ	6.3	6.6	6.4	6.9	7.0	6.5	7.0	6.5	6.6	6.2	6.6	0.12	1.76
เขียนชื่อ Compound no. และวันที่ผลิตบนผิว Compound	14.0	13.4	15.1	14.3	14.3	13.2	11.9	13.9	14.4	13.2	13.8	0.24	3.42
นำ Fork lift ตัก Pallet ยางไปเก็บไว้ที่สต๊อกวางยาง	43.2	44.6	44.1	43.2	43.6	42.6	43.6	44.8	42.6	44.2	43.6	0.05	0.73

หลังจากที่ได้เวลาตัวแทนของงานย่อยในขั้นตอนการเก็บยางใส่พาเลทแล้วและในขั้นตอนต่อไป คือ การหาเวลาปกติของแต่ละงานย่อย โดยที่ข้อมูลการหาประสิทธิภาพการทำงานของพนักงานและผลการคำนวณเวลาปกติได้แสดงไว้ดังตารางที่ 4-14 ซึ่งข้อมูลที่ได้จะนำไปหาเวลามาตรฐานของงานย่อยในขั้นตอนการเก็บยางใส่พาเลทได้

ตารางที่ 4-14 การประเมินประสิทธิภาพการทำงานในขั้นตอนการเก็บยางใส่พาเลท (หลังจากปรับปรุง)

การประเมินประสิทธิภาพการทำงาน										
ชื่อเรื่อง: ขั้นตอนที่ 6 กระบวนการเก็บยางใส่พาเลท										
หน่วยงาน: Mixing 1										
บันทึกโดย: นายมนตรี ฟังอารมณ์										
Element	Selected time	Operator	Performance rating						NT	AVG. NT
			Skill	Effort	Condition	Consistency	Sum	Performance		
Pusher ทำการพับยางลง Pallet ตามน้ำหนักที่กำหนด	35.0	No. 1	N/ A	N/ A	N/ A	N/ A	0.00	1.00	35.0	35.0
		No. 2	N/ A	N/ A	N/ A	N/ A	0.00	1.00	35.0	
		No. 3	N/ A	N/ A	N/ A	N/ A	0.00	1.00	35.0	
Pallet ที่มียางเลื่อนออกมาอัตโนมัติ	6.6	No. 1	N/ A	N/ A	N/ A	N/ A	0.00	1.00	6.6	6.6
		No. 2	N/ A	N/ A	N/ A	N/ A	0.00	1.00	6.6	
		No. 3	N/ A	N/ A	N/ A	N/ A	0.00	1.00	6.6	
เขียนชื่อ Compound no. และวันที่ผลิตบนผิว Compound	13.8	No. 1	0.06	0.02	0.02	0.03	0.13	1.13	15.6	15.8
		No. 2	0.08	0.05	0.02	0.03	0.18	1.18	16.3	
		No. 3	0.06	0.02	0.02	0.03	0.13	1.13	15.6	
นำ Fork lift ตัก Pallet ยางไปเก็บไว้ที่สต๊อกวางยาง	43.6	No. 1	0.06	0.05	0.02	0.03	0.16	1.16	50.6	51.3
		No. 2	0.08	0.08	0.02	0.03	0.21	1.21	52.8	
		No. 3	0.06	0.05	0.02	0.03	0.16	1.16	50.6	

เมื่อนำเวลาปกติของงานย่อยในขั้นตอนการเก็บยางใส่พาเลทรวมกับเวลาเผื่อที่กำหนดจะได้เวลามาตรฐาน ดังแสดงในตารางที่ 4-15

ตารางที่ 4-15 ข้อมูลเวลามาตรฐานในขั้นตอนการเก็บยางใส่พาเลท (หลังจากปรับปรุง)

การหาเวลามาตรฐาน					
ชื่อเรื่อง: ขั้นตอนที่ 6 กระบวนการเก็บยางใส่พาเลท หน่วยงาน: Mixing 1 บันทึกโดย: นายมนตรี ฟังอารมณ์					
Element	NT	Allowance (sec)			ST
		Personal 5%	Fatigue 4%	Delay 6%	
Pusher ทำการพับยางลง Pallet ตามน้ำหนักที่กำหนด	35.0	0.00	0.00	0.00	35.0
Pallet ที่มียางเลื่อนออกมาอัตโนมัติ	6.6	0.00	0.00	0.00	6.6
เขียนชื่อ Compound no. และวันที่ผลิตบนผิว Compound	15.8	0.79	0.63	0.04	17.2
นำ Fork lift ตัก Pallet ยางไปเก็บไว้ที่สต๊อกวางยาง	51.3	2.57	2.05	0.12	56.0
				รวม	114.8

จากนั้นนำขั้นตอนย่อยของการชั่งวัตถุดิบมาทำการวิเคราะห์การทำงานโดยใช้แผนภูมิแสดงรายการไหลของกระบวนการดังในตารางที่ 4-16 ซึ่งแสดงการเคลื่อนที่ของพนักงานในการทำงานหลังจากการปรับปรุง

ตารางที่ 4-16 แผนภูมิกระบวนการไหลขั้นตอนการเก็บยางใส่พาเลท (หลังจากปรับปรุง)

Flow process chart

□ วิธีเดิม ⊘ วิธีที่เสนอ

ชื่อเรื่อง: ขั้นตอนที่ 6 กระบวนการเก็บยางใส่พาเลท หน่วยงาน: Mixing 1 บันทึกโดย: นายมนตรี ฟังอารมณ์	สรุปผล	วิธีเดิม		วิธีเสนอ		ความแตกต่าง	
		ความถี่	เวลา	ความถี่	เวลา	ความถี่	เวลา
	การทำงาน ○	1	96.4	1	58.8	0	-37.6
	การขนส่ง ⇨	1	64.3	1	56.0	0	-8.3
	การตรวจสอบ □	-	-	-	-	-	-
	การรอคอย D	-	-	-	-	-	-
	การเก็บรักษา ▽	-	-	-	-	-	-
	ระยะทาง (m)	1	64.3	1	56.0	0	-8.3
	รวม	2	160.7	2	114.8	0	-45.9

ระยะทาง/ครั้ง (m)	เวลา (sec)	สัญลักษณ์ ○	⇨	□	D	▽	คำอธิบายการทำงาน
	35.0	●	⇨	□	D	▽	Pusher ทำการพับยางลง Pallet ตามน้ำหนักที่กำหนด
	6.6	●	⇨	□	D	▽	Pallet ที่มียางเลื่อนออกมาอัตโนมัติ
	17.2	●	⇨	□	D	▽	เขียนชื่อ Compound no. และวันที่ผลิตบนผิว Compound
50	56.0	○	➡	□	D	▽	นำ Fork lift ตัก Pallet ยางไปเก็บไว้ที่สต๊อกวางยาง
50	114.8	3	1	0	0	0	

2. ผลการจับเวลาหลังจากที่มีการปรับปรุงขั้นตอนที่ 2 การผสมวัตถุดิบในเครื่อง สำหรับข้อมูลเวลาของขั้นตอนการผสมวัตถุดิบในเครื่อง แสดงในตารางที่ 4-17

ตารางที่ 4-17 ข้อมูลเวลาในขั้นตอนการผสมวัตถุดิบ (หลังจากปรับปรุง)

OBSERV ATION SHEET

ชื่อเรื่อง: ขั้นตอนที่ 2 วัตถุดิบผสมในเครื่อง

หน่วยงาน: Mixing 1

บันทึกโดย: นายมนตรี ฟังอารมณ์

Element	Time (sec)										R	$\bar{X}$	$\frac{R}{\bar{X}}$	n
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
ตรวจสอบปุ่มควบคุมการทำงานหน้าเครื่องว่าอยู่ใน Auto mode	1.4	1.8	1.4	1.7	1.4	1.6	1.8	1.4	1.5	1.6	0.4	1.6	0.28	13
ตรวจสอบความเร็วรอบ (RPM) ของเครื่องกับจอ Computer	2.9	2.6	2.5	2.7	2.4	2.2	2.7	2.2	2.8	2.9	0.8	2.6	0.29	14
เครื่องเทยางลงห้องผสมเองโดยอัตโนมัติ	3.4	3.6	3.5	3.6	3.6	3.8	3.4	3.6	3.5	3.3	0.5	3.5	0.14	2
ยางผสมเองโดยอัตโนมัติ	105.3	106.8	105.8	105.2	105.3	107.5	105.5	105.5	106.3	105.3	2.3	105.9	0.02	2

จากข้อมูลที่ได้ดังตารางที่ 4-16 พบว่างานย่อยที่ 2 มีค่า $\frac{R}{\bar{X}}$ สูงสุด คือ 0.29 และเมื่อเปิดตาราง Mytag แล้วได้จำนวนครั้งในการจับเวลาเท่ากับ 14 ครั้ง ดังนั้น จึงต้องจับเวลาเพิ่มอีก 4 ครั้ง แต่ทางผู้วิจัยจะทำการจับเวลาเพิ่มอีก 10 ครั้ง เพื่อจะได้สามารถหาจำนวนครั้งการจับเวลาได้โดยวิธีการเปิดตาราง Maytag สำหรับข้อมูลการจับเวลาเพิ่มของขั้นตอนการผสมวัตถุดิบ แสดงในตารางที่ 4-18

ตารางที่ 4-18 ข้อมูลเวลาในขั้นตอนการผสมวัตถุดิบ (จับเวลาเพิ่ม)

OBSERV ATION SHEET

ชื่อเรื่อง: ขั้นตอนที่ 2 วัตถุดิบผสมในเครื่อง

หน่วยงาน: Mixing 1

บันทึกโดย: นายมนตรี ฟังอารมณ์

Element	Time (sec)											$\bar{R}$	$\bar{\bar{X}}$	$\frac{R}{\bar{\bar{X}}}$	n
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	R				
ตรวจสอบปุ่มควบคุมการทำงานหน้าเครื่องว่าอยู่ใน Auto mode	1.4	1.8	1.4	1.7	1.4	1.6	1.8	1.4	1.5	1.6	0.4	0.4	1.6	0.28	13
	1.5	1.4	1.7	1.5	1.5	1.4	1.7	1.8	1.5	1.5	0.4				
ตรวจสอบความเร็วรอบ (RPM) ของเครื่องกับจอ Computer	2.9	2.6	2.5	2.7	2.4	2.2	2.7	2.2	2.8	2.9	0.8	0.7	2.6	0.27	12
	2.5	2.4	2.8	2.2	2.2	2.8	2.7	2.3	2.8	2.5	0.6				
เครื่องเทยางลงห้องผสมเองโดยอัตโนมัติ	3.4	3.6	3.5	3.6	3.6	3.7	3.4	3.6	3.5	3.3	0.4	0.5	3.5	0.13	3
	3.6	3.5	3.7	3.4	3.6	3.5	3.3	3.5	3.5	3.8	0.5				
ยางผสมเองโดยอัตโนมัติ	105.3	106.8	105.8	105.2	105.3	106.5	105.5	105.5	106.3	105.3	1.6	1.5	105.7	0.01	2
	106.2	105.4	106.3	105.2	106.0	105.2	105.3	106.5	105.5	105.2	1.3				

จากข้อมูลที่ได้ดังตารางที่ 4-18 พบว่างานย่อยที่ 1 มีค่า $\frac{\bar{R}}{\bar{X}}$ สูงสุด คือ 0.28 และเปิดตาราง Mytag แล้วได้จำนวนครั้งในการจับเวลาเท่ากับ 13 ครั้ง ซึ่งจำนวนครั้งการจับเวลาเพียงพอแล้ว จากนั้นนำข้อมูลเวลามาคำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูลหรือ Relative accuracy ได้ตามตารางที่ 4-19

ตารางที่ 4-19 การหาค่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูลเวลาในขั้นตอนการผสมวัตถุดิบ (หลังจากปรับปรุง)

การหาค่า Relative accuracy

ชื่อเรื่อง: ขั้นตอนที่ 2 วัตถุดิบผสมในเครื่อง

หน่วยงาน: Mixing 1

บันทึกโดย: นายมนตรี ฟังอารมณ์

Element	Time (sec)										$\bar{X}$	$\frac{R}{\bar{X}}$	rel.acc ±(%)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
ตรวจสอบปุ่มควบคุมการทำงานหน้าเครื่องว่าอยู่ใน Auto mode	1.4	1.8	1.4	1.7	1.4	1.6	1.8	1.4	1.5	1.6	1.6	0.28	4.13
	1.5	1.4	1.7	1.5	1.5	1.4	1.7	1.8	1.5	1.5			
ตรวจสอบความเร็วรอบ (RPM) ของเครื่องกับจอ Computer	2.9	2.6	2.5	2.7	2.4	2.2	2.7	2.2	2.8	2.9	2.6	0.27	3.88
	2.5	2.4	2.8	2.2	2.2	2.8	2.7	2.3	2.8	2.5			
เครื่องเทยางลงห้องผสมเองโดยอัตโนมัติ	3.4	3.6	3.5	3.6	3.6	3.7	3.4	3.6	3.5	3.3	3.5	0.27	3.97
	3.6	3.5	3.7	3.4	3.6	3.5	3.3	3.5	3.5	3.8			
ยางผสมเองโดยอัตโนมัติ	105.3	106.8	105.8	105.2	105.3	106.5	105.5	105.5	106.3	105.3	105.7	0.04	0.64
	106.2	105.4	106.3	105.2	106.0	105.2	105.3	106.5	105.5	105.2			

หลังจากที่ได้เวลาตัวแทนของงานย่อยในขั้นตอนการผสมวัตถุดิบแล้วและในขั้นตอนต่อไป คือ การหาเวลาปกติของแต่ละงานย่อยโดยแสดงไว้ดังตารางที่ 4-20 ซึ่งข้อมูลที่ได้จะนำไปหาเวลามาตรฐานของงานย่อยในขั้นตอนการผสมวัตถุดิบได้

ตารางที่ 4-20 การประเมินประสิทธิภาพการทำงานในขั้นตอนการผสมวัตถุดิบ (หลังจากปรับปรุง)

การประเมินประสิทธิภาพการทำงาน										
ชื่อเรื่อง: ขั้นตอนที่ 2 วัตถุดิบผสมในเครื่อง หน่วยงาน: Mixing 1 บันทึกโดย: นายมนตรี ฟังอารมณ์										
Element	Selected time	Operator	Performance rating						NT	AVG. NT
			Skill	Effort	Condition	Consistency	Sum	Performance		
ตรวจสอบปุ่มควบคุมการทำงานหน้าเครื่องว่าอยู่ใน Auto mode	1.6	No. 1	0.06	0.08	0.04	0.01	0.19	1.19	1.8	1.8
		No. 2	0.03	0.05	0.04	0.01	0.13	1.13	1.8	
		No. 3	0.03	0.05	0.04	0.01	0.13	1.13	1.8	
ตรวจสอบความเร็วรอบ (RPM) ของเครื่องกับจอ Computer	2.6	No. 1	0.06	0.05	0.02	0.01	0.14	1.14	2.9	3.0
		No. 2	0.08	0.08	0.04	0.01	0.21	1.21	3.1	
		No. 3	0.06	0.05	0.02	0.00	0.13	1.13	2.9	
เครื่องเทยางลงห้องผสมเองโดยอัตโนมัติ	3.5	No. 1	N/ A	N/ A	N/ A	N/ A	0.00	1.00	3.5	3.5
		No. 2	N/ A	N/ A	N/ A	N/ A	0.00	1.00	3.5	
		No. 3	N/ A	N/ A	N/ A	N/ A	0.00	1.00	3.5	
ยางผสมเองโดยอัตโนมัติ	105.7	No. 1	N/ A	N/ A	N/ A	N/ A	0.00	1.00	105.7	105.7
		No. 2	N/ A	N/ A	N/ A	N/ A	0.00	1.00	105.7	
		No. 3	N/ A	N/ A	N/ A	N/ A	0.00	1.00	105.7	

หลังจากทราบค่าเวลาปกติและเวลาเผื่อแล้ว สามารถคำนวณหาค่าเวลามาตรฐานในการทำงานได้ดังแสดงในตารางที่ 4-21

ตารางที่ 4-21 ข้อมูลเวลามาตรฐานในขั้นตอนการผสมวัตถุดิบ (หลังจากปรับปรุง)

การหาเวลามาตรฐาน					
ชื่อเรื่อง: ขั้นตอนที่ 2 วัตถุดิบผสมในเครื่อง หน่วยงาน: Mixing 1 บันทึกโดย: นายมนตรี ฟังอารมณ์					
Element	NT	Allowance (sec)			ST
		Personal 5%	Fatigue 4%	Delay 6%	
ตรวจสอบปุ่มควบคุมการทำงานหน้าเครื่องว่าอยู่ใน Auto mode	1.8	0.089	0.071	0.004	2.0
ตรวจสอบความเร็วรอบ (RPM) ของเครื่องกับจอ Computer	3.0	0.148	0.118	0.007	3.2
เครื่องเทยางลงห้องผสมเองโดยอัตโนมัติ	3.5	0.000	0.000	0.000	3.5
ยางผสมเองโดยอัตโนมัติ	105.7	0.000	0.000	0.000	105.7
				รวม	114.4

จากนั้นนำขั้นตอนย่อยของการผสมวัตถุดิบในเครื่องมาทำการวิเคราะห์การทำงานโดยใช้แผนภูมิแสดงรายการไหลของกระบวนการดังในตารางที่ 4-22 ซึ่งแสดงการเคลื่อนที่ของพนักงานในการทำงานหลังจากการปรับปรุง

ตารางที่ 4-22 แผนภูมิกระบวนการไหลขั้นตอนการผสมวัตถุดิบ (หลังจากปรับปรุง)

Flow process chart

□ วิธีเดิม ▨ วิธีที่เสนอ

		สรุปผล					
		วิธีเดิม		วิธีเสนอ		ความแตกต่าง	
		ความถี่	เวลา	ความถี่	เวลา	ความถี่	เวลา
ชื่อเรื่อง: ขั้นตอนที่ 2 วัตถุดิบผสมในเครื่อง	การทำงาน ○	-	131.5	-	109.2	-	-22.3
หน่วยงาน: Mixing 1	การขนส่ง ⇨	-	-	-	-	-	-
บันทึกโดย: นายมนตรี ฟังอารมณ์	การตรวจสอบ □	-	5.2	-	5.2	-	0.0
	การรอคอย D	-	-	-	-	-	-
	การเก็บรักษา ▽	-	-	-	-	-	-
	ระยะทาง (m)	-	-	-	-	-	-
	รวม	0	136.7	0	114.4	0	-22.3

ระยะทาง/ครั้ง (m)	เวลา (sec)	สัญลักษณ์ ○	⇨	□	D	▽	คำอธิบายการทำงาน
	2.0	○	⇨	■	D	▽	ตรวจสอบปุ่มควบคุมการทำงานหน้าเครื่องว่าอยู่ใน Auto mode
	3.2	○	⇨	■	D	▽	ตรวจสอบความเร็วรอบ (RPM) ของเครื่องกับจอ Computer
	3.5	●	⇨	□	D	▽	เครื่องเทยางลงห้องผสมเองโดยอัตโนมัติ
	105.7	●	⇨	□	D	▽	ยางเข้าสู่กระบวนการผสมเองโดยอัตโนมัติ
0	114.4	1	0	2	1	0	

3. ผลการจับเวลาหลังจากที่มีการปรับปรุงขั้นตอนที่ 5 การทำให้เย็น สำหรับข้อมูลเวลาของขั้นตอนการทำให้เย็น แสดงในตารางที่ 4-23

ตารางที่ 4-23 ข้อมูลเวลาในขั้นตอนการทำให้เย็น (หลังจากปรับปรุง)

OBSERV ATION SHEET

ชื่อเรื่อง: ขั้นตอนที่ 5 กระบวนการทำให้เย็น

หน่วยงาน: Mixing 1

บันทึกโดย: นายมนตรี ฟังอารมณ์

Element	Time (sec)										R	$\bar{X}$	$\frac{R}{\bar{X}}$	n
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
ยางเข้าสู่กระบวนการทำให้เย็น	113.4	113.1	112.7	112.4	114.2	115.2	113.8	113.5	114.8	113.1	2.8	113.6	0.02	2

จากข้อมูลที่ได้ดังตารางที่ 4-22 พบว่าค่า $\frac{\bar{R}}{\bar{X}}$ คือ 0.02 หลังจากเปิดตาราง Mytag แล้ว ได้จำนวนครั้งในการจับเวลาเท่ากับ 2 ครั้ง ซึ่งจำนวนครั้งการจับเวลาเพียงพอแล้ว

จากนั้นนำข้อมูลเวลามาคำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูลหรือ Relative accuracy จากข้อมูลสามารถนำมาหาค่า Relative accuracy ได้ตามตารางที่ 4-24 ซึ่งพบว่าค่า Relative accuracy ของข้อมูลเวลางานนั้นไม่เกินค่าที่กำหนดไว้ คือ ±5% ดังนั้น ข้อมูลเวลาสามารถใช้เป็นเวลาตัวแทนซึ่งจะนำไปหาเวลาปกติต่อไป

ตารางที่ 4-24 การหาค่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูลเวลาในขั้นตอนการทำให้เย็น (หลังจากปรับปรุง)

การหาค่า Relative accuracy													
ชื่อเรื่อง: ขั้นตอนที่ 5 กระบวนการทำให้เย็น													
หน่วยงาน: Mixing 1													
บันทึกโดย: นายมนตรี ฟังอารมณ์													
Element	Time (sec)										$\bar{X}$	$\frac{R}{\bar{X}}$	rel.acc
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			±(%)
ยางเข้าสู่กระบวนการทำให้เย็น	113.4	113.1	112.7	112.4	114.2	115.2	113.8	113.5	114.8	113.1	113.6	0.02	0.36

หลังจากที่ได้เวลาตัวแทนของงานย่อยในขั้นตอนการทำให้เย็นแล้วและในขั้นตอนต่อไป คือ การหาเวลาปกติของแต่ละงานย่อยโดยแสดงไว้ดังตารางที่ 4-25 ซึ่งข้อมูลที่ได้จะนำไปหาเวลามาตรฐานของงานย่อยในขั้นตอนการทำให้เย็นได้

ตารางที่ 4-25 การประเมินประสิทธิภาพการทำงานในขั้นตอนการทำให้เย็น (หลังจากปรับปรุง)

การประเมินประสิทธิภาพการทำงาน										
ชื่อเรื่อง: ขั้นตอนที่ 5 กระบวนการทำให้เย็น หน่วยงาน: Mixing 1 บันทึกโดย: นายมนตรี ฟังอารมณ์										
Element	Selected time	Operator	Performance rating						NT	AVG. NT
			Skill	Effort	Condition	Consistency	Sum	Performance		
ยางเข้าสู่กระบวนการทำให้เย็น	113.6	No. 1	N/ A	N/ A	N/ A	N/ A	0.00	1.00	113.6	113.6
		No. 2	N/ A	N/ A	N/ A	N/ A	0.00	1.00	113.6	
		No. 3	N/ A	N/ A	N/ A	N/ A	0.00	1.00	113.6	

หลังจากทราบค่าเวลาปกติและเวลาเผื่อแล้ว สามารถคำนวณหาค่าเวลามาตรฐานในการทำงานได้ดังแสดงในตารางที่ 4-26

ตารางที่ 4-26 ข้อมูลเวลามาตรฐานในขั้นตอนการทำให้เย็น (หลังจากปรับปรุง)

การหาเวลามาตรฐาน					
ชื่อเรื่อง: ขั้นตอนที่ 5 กระบวนการทำให้เย็น					
หน่วยงาน: Mixing 1					
บันทึกโดย: นายมนตรี ฟังอารมณ์					
Element	NT	Allowance (sec)			ST
		Personal	Fatigue	Delay	
		5%	4%	6%	
ยางเข้าสู่กระบวนการทำให้เย็น	113.6	0.00	0.00	0.00	113.6
				รวม	113.6

จากนั้นนำขั้นตอนย่อยของการทำให้เย็นมาทำการวิเคราะห์การทำงานโดยใช้แผนภูมิแสดงรายการไหลของกระบวนการดังในตารางที่ 4-27 ซึ่งแสดงการทำงานหลังจากการปรับปรุง

ตารางที่ 4-27 แผนภูมิกระบวนการไหลขั้นตอนการทำให้เย็น (หลังจากปรับปรุง)

Flow process chart

□ วิธีเดิม ▨ วิธีที่เสนอ

สรุปผล		วิธีเดิม		วิธีเสนอ		ความแตกต่าง	
		ความถี่	เวลา	ความถี่	เวลา	ความถี่	เวลา
ชื่อเรื่อง: กระบวนการทำให้เย็น	การทำงาน ○	1	128.1	1	113.6	0	-14.5
หน่วยงาน: Mixing 1	การขนส่ง ⇨						
บันทึกโดย: นายมนตรี ฟังอารมณ์	การตรวจสอบ □						
	การรอคอย D						
	การเก็บรักษา ▽						
	ระยะทาง (m)						
	รวม						

ระยะทาง/ ครั้ง (m)	เวลา (sec)	สัญลักษณ์ ○	⇨	□	D	▽	คำอธิบายการทำงาน
	113.6	●	⇨	□	D	▽	ยางเข้าสู่กระบวนการทำให้เย็น
0	113.6	1	0	0	0	0	

ผลการตรวจสอบคุณภาพยางคอมปาวด์หลังการปรับปรุง

หลังจากดำเนินการปรับปรุงในแต่ละขั้นตอน เพื่อให้แน่ใจว่ายางคอมปาวด์ที่ผลิตมีคุณภาพเป็นไปตามข้อกำหนดด้านคุณภาพ ดังนั้น จึงต้องทำการตรวจสอบคุณภาพยางคอมปาวด์หลังจากการผลิต โดยทำการตรวจสอบคุณสมบัติของยางคอมปาวด์ ได้แก่ ค่าความหนืดมูนนี่ (Mooney viscosity) ระยะเวลาสกอร์ช (Scorch time) ระยะเวลาของการวัลคาไนซ์ (Curing time) ค่าความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity) และค่าความแข็ง (Hardness) ของยางคอมปาวด์จำนวน 20 Batch ผลปรากฏว่าค่าที่ได้อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด รายละเอียดแสดงในภาพที่ 4-15

COMPOUND INSPECTION RESULT RECORD SHEET

INSPECTION CONDITION | From | To | MIX No. 3 | COMPOUND NO K419T

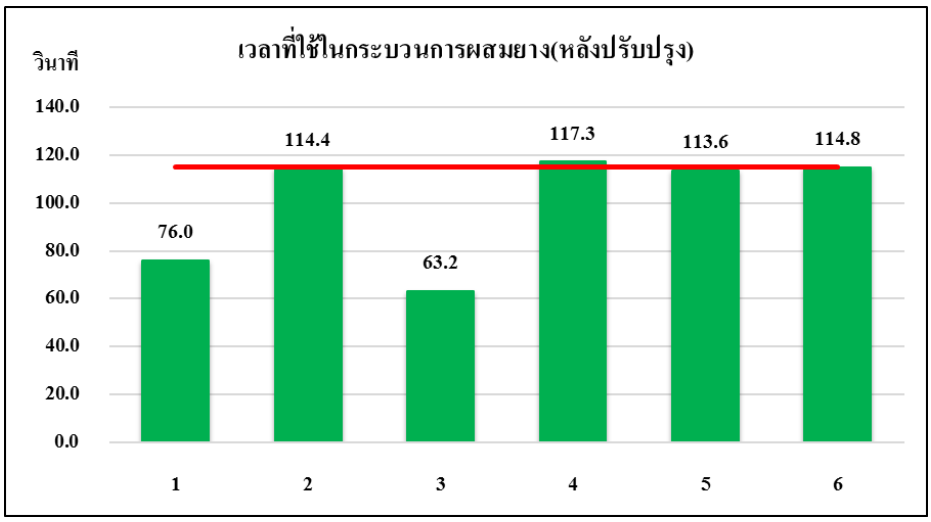
CURING 0 9 MIN | RING EL % 0 % | MOONEY ML1+4 130 | CURELASTOMETER 200 90 Second

LOT NO.	NAME INSP. DATE / SHIFT/GROUP	RING MOD	HS	SPGR	MOONEY VISCOSITY VISC	MOONEY VISCOSITY SCORCH	NO MESIN	CURELASTOMETER ML	MH	T10	T20	T50	T90	T95	NO	CO	ANTI OXI DANT	JUDGE	JUDGE PERSON	REMARKS	JUDGE
STANDARD	MAX		98.0	1.181	78.0	13.0		3.96	40.00	0.37		0.64	0.95			OK=O	OK=O	OK=O			
	MIN		92.0	1.161	68.0	7.0		3.24	32.72	0.31		0.52	0.77				NG=X	NG=X			
325080 - 1	26.01.142/X		93.9	1.171	79	10.1	2	3.20	34.91	0.35	0.43	0.53	0.78	0.90				O			
2	26.01.142/X							3.19	34.97	0.35	0.43	0.53	0.78	0.90				O			
3	26.01.142/X							3.20	33.42	0.35	0.43	0.53	0.78	0.90				O			
4	26.01.142/X							3.23	33.85	0.35	0.43	0.53	0.77	0.90				O			
325081 - 1	26.01.142/X							3.21	32.23	0.35	0.43	0.53	0.77	0.88					000046	pass by pt	
2	26.01.142/X							3.14	33.36	0.33	0.42	0.52	0.77	0.88							
3	26.01.142/X							3.40	34.28	0.33	0.42	0.53	0.78	0.92							
4	26.01.142/X							3.36	34.13	0.33	0.42	0.52	0.75	0.88							
326016 - 1	26.01.141/		94.7	1.171	78	12.0	2	3.07	35.54	0.35	0.42	0.53	0.78	0.92				O			
2	26.01.141/							3.44	35.21	0.33	0.42	0.52	0.78	0.92				O			
3	26.01.141/							3.31	37.56	0.33	0.43	0.53	0.80	0.93				O			
4	26.01.141/							3.29	38.53	0.33	0.42	0.52	0.78	0.92				O			
326017 - 1	26.01.141/							3.32	36.52	0.33	0.42	0.52	0.78	0.92							
2	26.01.141/							3.41	36.79	0.33	0.42	0.53	0.80	0.93							
3	26.01.141/							3.30	37.06	0.35	0.42	0.53	0.82	0.95							
4	26.01.141/							3.30	37.77	0.33	0.42	0.53	0.80	0.93							
326018 - 1	26.01.141/		95.0	1.173	77	12.3	2	3.28	37.37	0.33	0.42	0.52	0.78	0.92				O			
2	26.01.141/							3.28	36.16	0.35	0.42	0.53	0.78	0.92				O			
3	26.01.141/							3.29	36.86	0.35	0.42	0.52	0.77	0.90				O			
4	26.01.141/							3.21	36.90	0.37	0.45	0.55	0.80	0.93				O			
326019 - 1	26.01.141/2							3.14	36.34	0.35	0.43	0.53	0.78	0.92							
2	26.01.141/2							3.30	36.27	0.33	0.42	0.52	0.78	0.92							
3	26.01.141/2							3.32	36.52	0.33	0.42	0.52	0.77	0.90							
4	26.01.141/2							3.31	37.71	0.33	0.42	0.52	0.77	0.88							
326020 - 1	26.01.141/2							3.29	35.68	0.33	0.42	0.52	0.77	0.88							
2	26.01.141/2							3.25	37.10	0.35	0.43	0.53	0.78	0.92							
3	26.01.141/2							3.28	36.73	0.33	0.42	0.52	0.77	0.88							
4	26.01.141/2							3.26	37.11	0.35	0.42	0.53	0.78	0.93							
326021 - 1	26.01.141/2		94.6	1.170	78	11.9	2	3.42	36.45	0.33	0.40	0.50	0.77	0.92				O			

ภาพที่ 4-15 ผลการตรวจสอบคุณภาพยางคอมปาวด์หลังจากการปรับปรุงจำนวน 20 Batch

ผลการปรับปรุงแก้ไข

หลังจากการปรับปรุงแก้ไข สามารถลดเวลาการผลิตยางคอมปาวด์ได้เท่ากับนำข้อมูลมาทำการเปรียบเทียบขั้นตอนงานทั้ง 6 ขั้นตอน โดยใช้กราฟแท่ง แสดงดังภาพที่ 4-16



ภาพที่ 4-16 เปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในกระบวนการผสมยางหลังการปรับปรุง

เมื่อนำข้อมูลเวลาหลังจากการปรับปรุงมาคำนวณหาประสิทธิภาพของกระบวนการ โดยสมการ

$$\text{ประสิทธิภาพของกระบวนการ} = \frac{\text{ผลรวมของเวลาแต่ละขั้นตอน}}{\text{เวลาสูงสุด x จำนวนขั้นตอนงาน}} \times 100\%$$

แทนค่าข้อมูลลงในสมการจะได้

$$\text{ประสิทธิภาพของกระบวนการ} = \frac{(76+114.4+63.2+117.3+113.6+114.8)}{117.3 \times 6} \times 100\%$$

$$= 85.15\%$$

ดังนั้น ประสิทธิภาพของกระบวนการผสมยางหลังจากการปรับปรุงเท่ากับ 85.15% เมื่อเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพการผสมยางก่อนปรับปรุงพบว่าเพิ่มขึ้น 14.95%

ผลที่ได้สามารถเพิ่มการผลิตยางคอมปาวด์ได้ ดังนี้

จากข้อมูล

1. ผลต่างของเวลาสูงสุดของ ก่อน-หลังปรับปรุง = 43.4 วินาที
2. จำนวน batch เฉลี่ยที่ต้องผลิตต่อวัน = 437 Batch
3. น้ำหนักยางเฉลี่ยต่อ Batch = 215 กิโลกรัม
4. Takt time = 115.2 วินาที

สามารถคำนวณปริมาณยางคอมปาวด์ที่เพิ่มขึ้นได้ ดังนี้

$$\text{ประมาณยางคอมปาวด์ที่เพิ่มขึ้น} = \frac{(437 \times 43.4) \times 215}{115.2}$$

$$= 35{,}396.24 \text{ กิโลกรัมต่อวัน}$$

เนื่องจากยางรถยนต์ 1 เส้นจะใช้ยางคอมปาวด์เฉลี่ยเท่ากับ 10 กิโลกรัม ดังนั้น หากนำปริมาณคอมปาวด์ที่เพิ่มขึ้นมาคำนวณจำนวนยางรถยนต์สำเร็จรูปจะได้

$$\text{จำนวนยางรถยนต์สำเร็จรูป} = \frac{35{,}396.24}{10}$$

$$= 3{,}539.62 \text{ เส้น}$$

เมื่อทำการเปรียบเทียบกับแผนการผลิตยางรถยนต์ต่อวันทำให้พบว่ากระบวนการ Mixing (กระบวนการผสมยางคอมปาวด์) มีประสิทธิภาพการผลิตเพิ่มขึ้นเป็น 101.08% (ตารางที่ 4-28) ทำให้ไม่มีการรอคอยยางคอมปาวด์จากกระบวนการ Mixing ส่งผลให้ไม่จำเป็นต้องเพิ่มเวลาทำงานในช่วง OT

ตารางที่ 4-28 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการผลิตของของกระบวนการผสมยางหลังปรับปรุงเทียบกับแต่ละกระบวนการ

กระบวนการ	ยอดการผลิตหลังปรับปรุง (pcs/ day)	แผนการผลิต (pcs/ day)	ประสิทธิภาพ (%)
Mixing	43,464	43,000	101.08
Extruding	40,745	43,000	94.76
Topping	40,715	43,000	94.69
Material	42,846	43,000	99.64
Building	42,874	43,000	99.71
Curing	42,475	43,000	98.78

ผลการปรับปรุงที่สามารถลดต้นทุนการผลิตตามนโยบายของบริษัท

ผลการปรับปรุงสามารถลดต้นทุนการผลิตตามนโยบายของบริษัท ตามรายละเอียดดังตารางที่ 4-29

ตารางที่ 4-29 การเปรียบเทียบผลการดำเนินการก่อนและหลังปรับปรุง

รายละเอียด	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	ผลที่ได้
เวลาสูงสุดที่ใช้ในการผลิตต่อ 1 Batch	160.7 วินาที	117.3 วินาที	ลดเวลาในการผสมวัตถุดิบต่อ 1 Batch ได้ 43.4 วินาที
ใช้เวลาในการผลิต 94,000 kg. ต่อวัน (437 Batch)	= (160.7 x 437) ÷ 60 = 1,170.43 นาที	= (117.3 x 437) ÷ 60 = 854.33 นาที	ลดเวลาได้ 316.1 นาทีต่อวัน

1. ต้นทุนค่าแรงคำนวณได้ ดังนี้

<u>กรณีมี OT</u>

ค่าแรงพนักงานต่อ 1 คน = 300 บาทต่อวัน

ค่าแรงพนักงานช่วง OT ต่อ 1 คน (2.5 ช.ม.) = 140.62 บาทต่อวัน

จำนวนพนักงานประจำจุดงาน (2 กะ) = 6 คน

จะได้ค่าแรงพนักงานต่อ Line = (300×6) + (140.62×6)

= 2,643.72 บาทต่อวัน

เวลาทำงาน 2 กะต่อวัน = 960 นาที

จะได้ต้นทุนค่าแรง = 2,643.72/ 960

= 2.75 บาทต่อนาที

<u>กรณีไม่มี OT</u>

ค่าแรงพนักงานต่อ 1 คน = 300 บาทต่อวัน

จำนวนพนักงานประจำจุดงาน (2 กะ) = 6 คน

จะได้ค่าแรงพนักงานต่อ Line = (300×6)

= 1,800 บาทต่อวัน

เวลาทำงาน 2 กะต่อวัน = 960 นาที

จะได้ต้นทุนค่าแรง = 1,800/ 960

= 1.87 บาทต่อนาที

2. ต้นทุนค่าไฟคำนวณได้ ดังนี้

อัตราการใช้ไฟฟ้าของเครื่องผสมยาง = 466.6 kWh

ค่าไฟต่อชั่วโมง = 3.45 บาท

รวมค่าไฟต่อชั่วโมง = 1,609.80 บาทต่อชั่วโมง

จะได้ต้นทุนค่าไฟ = 1,609.80/ 60

= 26.80 บาทต่อนาที

จะได้ต้นทุนการผลิตต่อนาที ดังนี้

กรณีมี OT = 2.75 + 26.80

= 29.55 บาทต่อนาที

กรณีไม่มี OT = 1.87 + 26.80

= 28.67 บาทต่อนาที

ดังนั้น จะสามารถคำนวณต้นทุนการผลิตก่อนและหลังปรับปรุงได้ ดังนี้

ต้นทุนการผลิตที่ปริมาณ 94,000 kg. ต่อวันหรือ 437 Batch เท่ากับเวลาที่ใช้ในการผลิต 94,000 kg. ต่อวัน หรือ 437 Batch คูณกับต้นทุนการผลิตทั้งหมดต่อนาทีดังแสดงในตารางที่ 4-30

ตารางที่ 4-30 การเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตก่อนและหลังปรับปรุง

รายละเอียด	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	ผลที่ได้/ ลดต้นทุนได้
ต้นทุนการผลิตที่ปริมาณ 94,000 kg. ต่อวัน (437 Batch)	= 1,170.43 (นาที) x 29.55 นาที = 35,568.20 บาท	= 854.33 (นาที) x 28.67 บาทต่อนาที = 24,493.64 บาท	11,074.56 บาทต่อวัน

ดังนั้น จะสามารถลดต้นทุนได้ 11,074.56 บาทต่อวัน โดยวันทำงาน 1 ปี เท่ากับ 240 วัน ดังนั้น สามารถลดต้นทุนได้เท่ากับ 2,657,894.40 บาทต่อปี

นอกจากนี้ยังสามารถเพิ่มกำไรในการผลิตภัณฑ์ยางสำเร็จรูปได้ ดังนี้

จำนวนยางรถยนต์สำเร็จรูปที่เพิ่มขึ้น = 3,539 เส้น

ราคาขายยางเฉลี่ยต่อเส้น = 2,000 บาท

กำไรในการผลิตภัณฑ์ยางสำเร็จรูป = 3,539×2000

= 7,078,000 บาทต่อวัน

กำไรในการผลิตภัณฑ์ยางสำเร็จรูปต่อปี = 7,078,000×240

= 1,698,720,000 บาท

บทที่ 5
สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการศึกษา

จากการดำเนินงานศึกษากระบวนการผลิตยางคอมปาวด์เพื่อหาแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโดยการปรับปรุงในขั้นตอนย่อยเพื่อลดเวลาของแต่ละขั้นตอน ซึ่งมีการแก้ไขปรับปรุง ดังนี้

1. ทำการเพิ่มความเร็วการทำงานของ Pusher และสายพานลำเลียงของขั้นตอนที่ 6 กระบวนการเก็บยางใส่พาเลท
2. ทำการลดเวลาการเคลื่อนที่ของรถยกของขั้นตอนที่ 6 กระบวนการเก็บยางใส่พาเลท
3. ทำการปรับความดันของระบบขับเคลื่อนกระบอกแรมของขั้นตอนที่ 2 กระบวนการผสมวัตถุดิบ
4. ทำการปรับลดเวลาการนวดยางในขั้นตอนสุดท้ายของการนวดยางของขั้นตอนที่ 2 กระบวนการผสมวัตถุดิบในเครื่อง
5. ทำการเปลี่ยนวิธีการเรียงยางแผ่นจากเรียง 2 กองเป็น 1 กองของขั้นตอนที่ 2 กระบวนการผสมวัตถุดิบในเครื่อง
6. ทำการเพิ่มความเร็วของระบบขับเคลื่อนตัวบาร์ของขั้นตอนที่ 5 กระบวนการทำให้เย็น

จากการศึกษาและปรับปรุงกระบวนการผลิตสามารถลดเวลาได้ทั้งสิ้น 43.4 วินาทีต่อการผลิตยางคอมปาวด์จำนวน 1 Batch คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ที่ลดได้เท่ากับ 27.0% สามารถเพิ่มผลผลิตของยางคอมปาวด์ได้เท่ากับ 35,396.25 กิโลกรัม หากเทียบเป็นจำนวนเส้นของยางสำเร็จรูปเท่ากับ 3,539.62 เส้น ส่งผลให้ประสิทธิภาพการผลิตของกระบวนการผสมยางเพิ่มขึ้น 14.95% ทำให้ไม่เกิดปัญหาการรอยางคอมปาวด์จากแผนก Mixing และยังสามารถลดต้นทุนการผลิตด้านแรงงานและพลังงานไฟฟ้าของบริษัท ได้เท่ากับ 11,074.56 บาทต่อวัน คิดเป็นปีเท่ากับ 2,657,894.40 บาท และเพิ่มกำไรในการผลิตภัณฑ์ยางสำเร็จรูปต่อปี เท่ากับ 1,698,720,000 บาท

ข้อเสนอแนะ

การปรับปรุงกระบวรการผลิตในครั้งนี้สามารถลดเวลาการผลิตยางคอมปาวด์ได้เป็นอย่างมาก ซึ่งแนวคิดการปรับปรุงที่เสนอสามารถนำไปขยายผลเพื่อปรับปรุงเครื่องผสมใน Line อื่น ๆ ในแผนกซึ่งยังมีเครื่องผสมขนาดความจุ 370 ลิตร ได้อีกเช่นกัน ทั้งนี้ยังมีประเด็นที่น่าสนใจในการดำเนินการแก้ไขที่อยากเสนอแนะ คือ การลดความสูญเปล่าจากการเตรียมพาเลทเปล่าของขั้นตอนที่ 6 กระบวนการเก็บยางใส่พาเลท ซึ่งจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการได้มากยิ่งขึ้น

บรรณานุกรม

เกษม พิพัฒน์ปัญญานุกูล. (2539). *การศึกษางาน Work study*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ประกอบเมไตร.

ชายชาญ แต่งผิว. (2554). *การลดความสูญเสียในกระบวนการตัดแบ่งเหล็กแผ่นรีดร้อน: กรณีศึกษาโรงงานผลิตเหล็กแผ่นรีดร้อนชนิดม้วน*. สารนิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

ไชยา วรสิงห์. (2552). *การเพิ่มผลิตภาพการผลิตโดยการศึกษาการทำงานกรณีศึกษา: โรงงานผลิตชิ้นส่วนและอะไหล่เครื่องจักร*. สารนิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

ธีรวัฒน์ สมสิริกาญจนคุณ. (2545). *เอกสารประกอบการสอน 505322 การศึกษาการเคลื่อนไหวที่สัมพันธ์กับเวลา*. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.

ยุทธ ไกยวรรณ์. (2554). *การบริหารการผลิต*. กรุงเทพฯ: ศูนย์ส่งเสริมกรุงเทพ.

รัชต์วรรณ กาญจนปัญญาคม. (2552). *การศึกษางานอุตสาหกรรม* (ฉบับปรับปรุงใหม่). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ท้อป.

วันชัย ริจิรวนิช. (2551). *การศึกษาการทำงานและกรณีศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 6). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วันรัตน์ จันทกิจ. (2547). *17 เครื่องมือนักคิด*. กรุงเทพฯ: สถาบันเพิ่มผลผลิตแผ่งชาติ.

วันชัย ริจิรวนิช. (2543). *การเพิ่มผลผลิตในอุตสาหกรรม: เทคนิคและกรณีศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วรวุฒิ ชะไวย์. (2554). *การปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อเพิ่มผลผลิตในสายการผลิตแขนจับหัวอ่านสำหรับฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์*. สารนิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

วัชระ อาสนไพบูลย์. (2552). *การปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตของโรงงานผลิตคอมปาวด์*. สารนิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

เอกสารการอบรมพื้นฐานเทคโนโลยียาง. (2557). *เรื่อง "เทคโนโลยีการผลิตยางคอมพาวด์เบื้องต้น".* โครงการพัฒนาอุตสาหกรรมยางคอมพาวด์ เพื่อยกระดับมูลค่าผลิตภัณฑ์และสนับสนุนอุตสาหกรรมยานยนต์และเครื่องมือแพทย์.

เอกรัฐชัย ยวดยิ่ง. (2555). *การใช้เทคนิคการศึกษางานสำหรับการเพิ่มผลิตภาพการผลิตพาเลทเหล็ก.* สารนิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

1. ข้อมูลการศึกษาเวลาก่อนปรับปรุงในขั้นตอนงานที่ 2 กระบวนการผสมวัตถุดิบในเครื่อง

ผลการจับเวลาก่อนการปรับปรุงขั้นตอนที่ 2 การผสมวัตถุดิบในเครื่องสำหรับข้อมูลเวลาของขั้นตอนการการผสมวัตถุดิบในเครื่อง แสดงในตารางที่ ก-1

ตารางภาคผนวก ก-1 ข้อมูลเวลาในขั้นตอนงานที่ 2

OBSERV ATION SHEET

ชื่อเรื่อง: ขั้นตอนที่ 2 วัตถุดิบผสมในเครื่อง

หน่วยงาน: Mixing 1

บันทึกโดย: นายมนตรี ฟังอารมณ์

Element	Time (sec)										R	$\bar{X}$	$\frac{R}{\bar{\bar{X}}}$	n
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
ตรวจสอบปุ่มควบคุมการทำงานหน้าเครื่องว่าอยู่ใน Auto mode	1.4	1.7	1.6	1.8	1.4	1.8	1.4	1.6	1.5	1.6	0.4	1.6	0.28	13
ตรวจสอบความเร็วรอบ (RPM) ของเครื่องกับจอ Computer	2.8	2.9	2.5	2.7	2.9	2.6	2.2	2.7	2.4	3.0	0.8	2.7	0.30	15
เครื่องเทยางลงห้องผสมเองโดยอัตโนมัติ	8.4	6.2	6.5	8.0	6.1	7.0	7.4	7.9	7.3	6.6	2.3	7.2	0.32	17
ยางผสมเองโดยอัตโนมัติ	105.6	138.1	117.0	120.1	129.1	132.4	131.2	133.8	119.2	135.5	32.4	126.2	0.26	11

จากข้อมูลที่ได้ดังตารางภาคผนวก ก-1 พบว่างานย่อยที่ 3 มีค่า $\frac{R}{\bar{X}}$ สูงสุด คือ 0.32 และเมื่อเปิดตาราง Mytag แล้ว ได้จำนวนครั้งในการจับเวลาเท่ากับ 17 ครั้ง ดังนั้น จึงต้องจับเวลาเพิ่มอีก 7 ครั้ง แต่ทางผู้ศึกษาจะทำการจับเวลาเพิ่มอีก 10 ครั้ง เพื่อจะได้สามารถหาจำนวนครั้งการจับเวลาได้โดยวิธีการเปิดตาราง Maytag สำหรับข้อมูลการจับเวลาเพิ่มของขั้นตอนการผสมวัตถุดิบแสดงในตารางภาคผนวก ก-2

ตารางภาคผนวก ก-2 ข้อมูลเวลาในขั้นตอนงานที่ 2 (จับเวลาเพิ่ม)

OBSERV ATION SHEET

ชื่อเรื่อง: ขั้นตอนที่ 2 วัตถุดิบผสมในเครื่อง

หน่วยงาน: Mixing 1

บันทึกโดย: นายมนตรี ฟังอารมณ์

Element	Time (sec)											$\bar{R}$	$\bar{X}$	$\frac{R}{\bar{X}}$	n
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	R				
ตรวจสอบปุ่มควบคุมการทำงานหน้าเครื่องว่าอยู่ใน Auto mode	1.4	1.7	1.6	1.8	1.4	1.8	1.4	1.6	1.5	1.6	0.4	0.4	1.6	0.29	14
	1.4	1.4	1.8	1.8	1.5	1.4	1.7	1.4	1.5	1.4	0.5				
ตรวจสอบความเร็วรอบ (RPM) ของเครื่องกับจอ Computer	2.8	2.9	2.5	2.7	2.9	2.6	2.2	2.7	2.4	3.0	0.8	0.8	2.5	0.31	16
	2.3	2.7	2.2	2.1	2.2	2.8	2.0	2.6	2.8	2.2	0.8				
เครื่องเทยางลงห้องผสมเองโดยอัตโนมัติ	8.4	6.2	6.5	8.0	6.1	7.0	7.4	7.9	7.3	6.6	2.3	2.5	7.4	0.33	18
	7.6	7.0	8.3	6.3	7.6	6.8	8.2	7.5	8.9	8.5	2.6				
ยางผสมเองโดยอัตโนมัติ	105.6	138.1	117.0	120.1	129.1	132.4	131.2	133.8	119.2	135.5	32.4	24.8	124.1	0.20	7
	116.9	132.2	126.5	124.0	123.2	115.0	118.4	116.1	123.7	122.9	17.2				

จากข้อมูลที่ได้ดังตารางภาคผนวก ก-2 พบว่างานย่อยที่ 3 มีค่า $\frac{\bar{R}}{\bar{X}}$ สูงสุด คือ 0.33 และเปิดตาราง Mytag แล้ว ได้จำนวนครั้งในการจับเวลาเท่ากับ 18 ครั้ง ซึ่งจำนวนครั้งการจับเวลาเพียงพอแล้ว จากนั้นนำข้อมูลเวลามาคำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูลหรือ Relative accuracy ได้ตามตารางภาคผนวก ก-3

ตารางภาคผนวก ก-3 การหาค่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูลเวลาในขั้นตอนงานที่ 2

การหาค่า Relative accuracy

ชื่อเรื่อง: ขั้นตอนที่ 2 วัตถุดิบผสมในเครื่อง

หน่วยงาน: Mixing 1

บันทึกโดย: นายมนตรี ฟังอารมณ์

Element	Time (sec)										$\bar{X}$	$\frac{R}{\bar{X}}$	rel.acc
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			±(%)
ตรวจสอบปุ่มควบคุมการทำงานหน้าเครื่องว่าอยู่ใน Auto mode	1.4	1.7	1.6	1.8	1.4	1.8	1.4	1.6	1.5	1.6	1.6	0.29	4.19
	1.4	1.4	1.8	1.8	1.5	1.4	1.7	1.4	1.5	1.4			
ตรวจสอบความเร็วรอบ (RPM) ของเครื่องกับจอ Computer	2.8	2.9	2.5	2.7	2.9	2.6	2.2	2.7	2.4	3.0	2.5	0.31	4.52
	2.3	2.7	2.2	2.1	2.2	2.8	2.0	2.6	2.8	2.2			
เครื่องเทยางลงห้องผสมเองโดยอัตโนมัติ	8.4	6.2	6.5	8.0	6.1	7.0	7.4	7.9	7.3	6.6	7.4	0.33	4.85
	7.6	7.0	8.3	6.3	7.6	6.8	8.2	7.5	8.9	8.5			
ยางผสมเองโดยอัตโนมัติ	105.6	138.1	117.0	120.1	129.1	132.4	131.2	133.8	119.2	135.5	124.1	0.20	2.92
	116.9	132.2	126.5	124.0	123.2	115.0	118.4	116.1	123.7	122.9			

หลังจากที่ได้เวลาตัวแทนของงานย่อยในขั้นตอนการผสมวัตถุดิบแล้วและในขั้นตอนต่อไป คือ การหาเวลาปกติของแต่ละงานย่อยโดยแสดงไว้ดังตารางภาคผนวก ก-4 ซึ่งข้อมูลที่ได้จะนำไปหาเวลามาตรฐานของงานย่อยในขั้นตอนการผสมวัตถุดิบในเครื่องได้ซึ่งแสดงในบทที่ 3

ตารางภาคผนวก ก-4 การประเมินประสิทธิภาพการทำงานในขั้นตอนงานที่ 2

การประเมินประสิทธิภาพการทำงาน

ชื่อเรื่อง: ขั้นตอนที่ 2 วัตถุดิบผสมในเครื่อง

หน่วยงาน: Mixing 1

บันทึกโดย: นายมนตรี ฟังอารมณ์

Element	Selected time	Operator	Performance rating						NT	AVG. NT
			Skill	Effort	Condition	Consistency	Sum	Performance		
ตรวจสอบปุ่มควบคุมการทำงานหน้าเครื่องว่าอยู่ใน Auto mode	1.6	No. 1	0.06	0.08	0.04	0.01	0.19	1.19	1.8	1.8
		No. 2	0.03	0.05	0.04	0.01	0.13	1.13	1.8	
		No. 3	0.03	0.05	0.04	0.01	0.13	1.13	1.8	
ตรวจสอบความเร็วรอบ (RPM) ของเครื่องกับจอ Computer	2.5	No. 1	0.06	0.05	0.02	0.01	0.14	1.14	2.9	2.9
		No. 2	0.08	0.08	0.04	0.01	0.21	1.21	3.1	
		No. 3	0.06	0.05	0.02	0.00	0.13	1.13	2.9	
เครื่องเทยางลงห้องผสมเองโดยอัตโนมัติ	7.4	No. 1	N/ A	N/ A	N/ A	N/ A	0.00	1.00	7.4	7.4
		No. 2	N/ A	N/ A	N/ A	N/ A	0.00	1.00	7.4	
		No. 3	N/ A	N/ A	N/ A	N/ A	0.00	1.00	7.4	
รอยางผสมเองโดยอัตโนมัติ	124.1	No. 1	N/ A	N/ A	N/ A	N/ A	0.00	1.00	124.1	124.1
		No. 2	N/ A	N/ A	N/ A	N/ A	0.00	1.00	124.1	
		No. 3	N/ A	N/ A	N/ A	N/ A	0.00	1.00	124.1	

2. ข้อมูลการศึกษาเวลาก่อนปรับปรุงในขั้นตอนงานที่ 3 กระบวนการรีดยาง

ผลการจับเวลาก่อนการปรับปรุงขั้นตอนที่ 3 กระบวนการรีดยางสำหรับข้อมูลเวลาของขั้นตอนการรีดยางแสดงในตารางภาคผนวก ก-5

ตารางภาคผนวก ก-5 ข้อมูลเวลาในขั้นตอนงานที่ 3

OBSERV ATION SHEET

ชื่อเรื่อง: ขั้นตอนที่ 3 กระบวนการรีดยาง

หน่วยงาน: Mixing 1

บันทึกโดย: นายมนตรี ฟังอารมณ์

Element	Time (sec)										R	$\bar{X}$	$\frac{R}{\bar{\bar{X}}}$	n
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
ปรับ Screw, Calender roll และ Line speed ขึ้น	46.1	44.6	49.4	44.5	54.2	54.3	42.8	45.4	48.4	41.1	13.2	47.1	0.28	13
หยิบแผ่นคอมปาวด์วางบน Inlet conveyor	4.2	4.3	5.2	5.2	4.2	5.3	4.0	4.7	4.8	4.5	1.3	4.6	0.28	13
กดตัว Stamp หน้ายาง	1.8	1.6	1.4	1.5	1.8	1.9	1.5	1.6	1.7	1.5	0.5	1.6	0.30	15

จากข้อมูลที่ได้ดังตารางภาคผนวก ก-5 พบว่างานย่อยที่ 3 มีค่า $\frac{R}{\bar{X}}$ สูงสุด คือ 0.30 และเมื่อเปิดตาราง Mytag แล้ว ได้จำนวนครั้งในการจับเวลาเท่ากับ 15 ครั้ง ดังนั้น จึงต้องจับเวลาเพิ่มอีก 5 ครั้ง แต่ทางผู้ศึกษาจะทำการจับเวลาเพิ่มอีก 10 ครั้ง เพื่อจะได้สามารถหาจำนวนครั้งการจับเวลาได้โดยวิธีการเปิดตาราง Maytag สำหรับข้อมูลการจับเวลาเพิ่มของขั้นตอนการผสมวัตถุดิบ แสดงในตารางภาคผนวก ก-6

ตารางภาคผนวก ก-6 ข้อมูลเวลาในขั้นตอนงานที่ 3 (จับเวลาเพิ่ม)

OBSERV ATION SHEET

ชื่อเรื่อง: ขั้นตอนที่ 3 กระบวนการรีดยาง

หน่วยงาน: Mixing 1

บันทึกโดย: นายมนตรี ฟังอารมณ์

Element	Time (sec)											$\bar{R}$	$\bar{X}$	$\frac{R}{\bar{X}}$	n
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	R				
ปรับ Screw, Calender roll และ Line speed ขึ้น	46.1	44.6	49.4	44.5	54.2	54.3	42.8	45.4	48.4	41.1	13.2	14.0	47.1	0.30	15
	44.2	40.6	50.4	54.3	42.4	48.1	39.5	49.6	48.7	46.3	14.8				
หยิบแผ่นคอมปาวด์วางบน Inlet conveyor	4.2	4.3	5.2	5.2	4.2	5.3	4.0	4.7	4.8	4.5	1.3	1.5	4.8	0.32	17
	4.1	5.3	4.3	5.3	5.3	5.8	5.4	4.0	4.5	4.4	1.8				
กดตัว Stamp หน้ายาง	1.8	1.6	1.4	1.5	1.8	1.9	1.5	1.6	1.7	1.5	0.5	0.6	1.7	0.34	20
	1.7	1.9	1.6	1.9	1.9	2.0	2.0	2.0	1.3	1.6	0.7				

จากข้อมูลที่ได้ดังตารางภาคผนวก ก-6 พบว่างานย่อยที่ 3 มีค่า $\frac{\bar{R}}{\bar{X}}$ สูงสุด คือ 0.34 และเปิดตาราง Mytag แล้ว ได้จำนวนครั้งในการจับเวลาเท่ากับ 20 ครั้ง ซึ่งจำนวนครั้งการจับเวลาเพียงพอแล้ว จากนั้นนำข้อมูลเวลามาคำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูลหรือ Relative accuracy ได้ตามตารางภาคผนวก ก-7

ตารางภาคผนวก ก-7 การหาค่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูลเวลาในขั้นตอนงานที่ 3

การหาค่า Relative accuracy													
ชื่อเรื่อง: ขั้นตอนที่ 3 กระบวนการรีดยาง หน่วยงาน: Mixing 1 บันทึกโดย: นายมนตรี ฟังอารมณ์													
Element	Time (sec)										$\bar{X}$	$\frac{R}{\bar{\bar{X}}}$	rel.acc ±(%)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
ปรับ Screw, Calender roll และ Line speed ขึ้น	46.1	44.6	49.4	44.5	54.2	54.3	42.8	45.4	48.4	41.1	46.8	0.30	4.32
	44.2	40.6	50.4	54.3	42.4	48.1	39.5	49.6	48.7	46.3			
หยิบแผ่นคอมปาวด์วางบน Inlet conveyor	4.2	4.3	5.2	5.2	4.2	5.3	4.0	4.7	4.8	4.5	4.7	0.32	4.71
	4.1	5.3	4.3	5.3	5.3	5.8	5.4	4.0	4.5	4.4			
กดตัว Stamp หน้ายาง	1.8	1.6	1.4	1.5	1.8	1.9	1.5	1.6	1.7	1.5	1.7	0.34	4.92
	1.7	1.9	1.6	1.9	1.9	2.0	2.0	2.0	1.3	1.6			

หลังจากที่ได้เวลาตัวแทนของงานย่อยในขั้นตอนการผสมวัตถุดิบแล้วและในขั้นตอนต่อไป คือ การหาเวลาปกติของแต่ละงานย่อยโดยแสดงไว้ดังตารางภาคผนวก ก-8 ซึ่งข้อมูลที่ได้จะนำไปหาเวลามาตรฐานของงานย่อยในขั้นตอนการรีดยางได้ซึ่งแสดงในบทที่ 3

ตารางภาคผนวก ก-8 การประเมินประสิทธิภาพการทำงานในขั้นตอนงานที่ 3

การประเมินประสิทธิภาพการทำงาน

ชื่อเรื่อง: ขั้นตอนที่ 3 กระบวนการรีดยาง

หน่วยงาน: Mixing 1

บันทึกโดย: นายมนตรี ฟังอารมณ์

Element	Selected time	Operator	Performance rating						NT	AVG. NT
			Skill	Effort	Condition	Consistency	Sum	Performance		
ปรับ Screw, Calender roll และ Line speed ขึ้น	46.8	No. 1	0.06	0.05	-0.03	-0.02	0.06	1.06	49.6	50.3
		No. 2	0.08	0.08	-0.03	-0.02	0.11	1.11	51.9	
		No. 3	0.06	0.05	-0.03	-0.02	0.06	1.06	49.6	
หยิบแผ่นคอมปาวด์วางบน Inlet conveyor	4.7	No. 1	0.06	0.05	0.02	0.03	0.16	1.16	5.5	5.6
		No. 2	0.08	0.08	0.02	0.03	0.21	1.21	5.7	
		No. 3	0.06	0.05	0.02	0.03	0.16	1.16	5.5	
กดตัว Stamp หน้ายาง	1.7	No. 1	0.06	0.02	0.02	0.03	0.13	1.13	1.9	2.0
		No. 2	0.08	0.05	0.02	0.03	0.18	1.18	2.0	
		No. 3	0.06	0.02	0.02	0.03	0.13	1.13	1.9	

3. ข้อมูลการศึกษาเวลาก่อนปรับปรุงในขั้นตอนงานที่ 4 กระบวนการเคลือบน้ำแป้ง

ผลการจับเวลาก่อนการปรับปรุงขั้นตอนที่ 4 กระบวนการเคลือบน้ำแป้ง สำหรับข้อมูลเวลาของขั้นตอนการเคลือบน้ำแป้ง แสดงในตารางภาคผนวก ก-9

ตารางภาคผนวก ก-9 ข้อมูลเวลาในขั้นตอนงานที่ 4

OBSERV ATION SHEET

ชื่อเรื่อง: ขั้นตอนที่ 4 กระบวนเคลือบน้ำแป้ง

หน่วยงาน: Mixing 1

บันทึกโดย: นายมนตรี ฟังอารมณ์

Element	Time (sec)										R	$\bar{X}$	$\frac{R}{\bar{X}}$	n
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
ยางไหลผ่านน้ำแป้ง	113.2	114.2	120.0	119.4	119.6	118.1	116.9	118.4	115.0	118.2	6.8	117.3	0.06	2

จากข้อมูลที่ได้ดังตารางภาคผนวก ก-9 พบว่างานย่อยที่ 1 มีค่า $\frac{\bar{R}}{\bar{X}}$ สูงสุด คือ 0.06 หลังจากเปิดตาราง Mytag แล้ว ได้จำนวนครั้งในการจับเวลาเท่ากับ 2 ครั้ง ซึ่งจำนวนครั้งการจับเวลาเพียงพอแล้ว

จากนั้นนำข้อมูลเวลามาคำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูลหรือ Relative accuracy จากข้อมูลสามารถนำมาหาค่า Relative accuracy ได้ตามตารางภาคผนวก ก-10 ซึ่งพบว่าค่า Relative accuracy ของข้อมูลเวลางานนั้นไม่เกินค่าที่กำหนดไว้ คือ ±5% ดังนั้น ข้อมูลเวลาสามารถใช้เป็นเวลาตัวแทนซึ่งจะนำไปหาเวลาปกติต่อไป

ตารางภาคผนวก ก-10 การหาค่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูลเวลาในขั้นตอนงานที่ 4

การหาค่า Relative accuracy													
ชื่อเรื่อง: ขั้นตอนที่ 4 กระบวนเคลือบน้ำแป้ง													
หน่วยงาน: Mixing 1													
บันทึกโดย: นายมนตรี ฟังอารมณ์													
Element	Time (sec)										$\bar{X}$	$\frac{R}{\bar{X}}$	rel.acc
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			±(%)
ยางไหลผ่านน้ำแป้ง	113.2	114.2	120.0	119.4	119.6	118.1	116.9	118.4	115.0	118.2	117.3	0.06	0.87

หลังจากที่ได้เวลาตัวแทนของงานย่อยในขั้นตอนการเคลือบน้ำแป้งแล้วและในขั้นตอนต่อไป คือ การหาเวลาปกติของแต่ละงานย่อย โดยที่ข้อมูลการหาประสิทธิภาพการทำงานของพนักงานและผลการคำนวณเวลาปกติได้แสดงไว้ดังตารางภาคผนวก ก-11 ซึ่งข้อมูลที่ได้จะนำไปหาเวลามาตรฐานของงานย่อยในขั้นตอนการเคลือบน้ำแป้งได้ซึ่งแสดงในบทที่ 3

ตารางภาคผนวก ก-11 การประเมินประสิทธิภาพการทำงานในขั้นตอนงานที่ 4

การประเมินประสิทธิภาพการทำงาน										
ชื่อเรื่อง: ขั้นตอนที่ 4 กระบวนเคลือบน้ำแป้ง หน่วยงาน: Mixing 1 บันทึกโดย: นายมนตรี ฟังอารมณ์										
Element	Selected time	Operator	Performance rating						NT	AVG. NT
			Skill	Effort	Condition	Consistency	Sum	Performance		
ยางไหลผ่านน้ำแป้ง	117.3	No. 1	N/ A	N/ A	N/ A	N/ A	0.00	1.00	117.3	117.3
		No. 2	N/ A	N/ A	N/ A	N/ A	0.00	1.00	117.3	
		No. 3	N/ A	N/ A	N/ A	N/ A	0.00	1.00	117.3	

4. ข้อมูลการศึกษาเวลาก่อนปรับปรุงในขั้นตอนงานที่ 5 กระบวนการทำให้เย็น

ผลการจับเวลาก่อนการปรับปรุงขั้นตอนที่ 5 กระบวนการทำให้เย็น สำหรับข้อมูลเวลาของขั้นตอนการทำให้เย็น แสดงในตารางภาคผนวก ก-12

ตารางภาคผนวก ก-12 ข้อมูลเวลาในขั้นตอนงานที่ 5

OBSERV ATION SHEET

ชื่อเรื่อง: ขั้นตอนที่ 5 กระบวนการทำให้เย็น

หน่วยงาน: Mixing 1

บันทึกโดย: นายมนตรี ฟังอารมณ์

Element	Time (sec)										R	$\bar{X}$	$\frac{R}{\bar{\bar{X}}}$	n
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
ยางเข้าสู่กระบวนการทำให้เย็น	128.0	129.3	129.6	127.5	127.9	129.8	127.3	127.1	126.8	127.4	3.1	128.1	0.02	2

จากข้อมูลที่ได้ดังตารางภาคผนวก ก-12 พบว่างานย่อยที่ 1 มีค่า $\frac{\bar{R}}{\bar{X}}$ สูงสุด คือ 0.02 หลังจากเปิดตาราง Mytag แล้ว ได้จำนวนครั้งในการจับเวลาเท่ากับ 2 ครั้ง ซึ่งจำนวนครั้งการจับเวลาเพียงพอแล้ว

จากนั้นนำข้อมูลเวลามาคำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูลหรือ Relative accuracy จากข้อมูลสามารถนำมาหาค่า Relative accuracy ได้ตามตารางภาคผนวกก ก-13 ซึ่งพบว่าค่า Relative accuracy ของข้อมูลเวลางานนั้นไม่เกินค่าที่กำหนดไว้ คือ ±5% ดังนั้น ข้อมูลเวลาสามารถใช้เป็นเวลาตัวแทนซึ่งจะนำไปหาเวลาปกติต่อไป

ตารางภาคผนวก ก-13 การหาค่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูลเวลาในขั้นตอนงานที่ 5

การหาค่า Relative accuracy													
ชื่อเรื่อง: ขั้นตอนที่ 5 กระบวนการทำให้เย็น													
หน่วยงาน: Mixing 1													
บันทึกโดย: นายมนตรี ฟังอารมณ์													
Element	Time (sec)										$\bar{X}$	$\frac{R}{\bar{X}}$	rel.acc
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			±(%)
ยางเข้าสู่กระบวนการทำให้เย็น	128.0	129.3	129.6	127.5	127.9	129.8	127.3	127.1	126.8	127.4	128.1	0.02	0.29

หลังจากที่ได้เวลาตัวแทนของงานย่อยในขั้นตอนการทำให้เย็นแล้วและในขั้นตอนต่อไป คือ การหาเวลาปกติของแต่ละงานย่อย โดยที่ข้อมูลการหาประสิทธิภาพการทำงานของพนักงานและผลการคำนวณเวลาปกติได้แสดงไว้ดังตารางภาคผนวก ก-14 ซึ่งข้อมูลที่ได้จะนำไปหาเวลามาตรฐานของงานย่อยในขั้นตอนการทำให้เย็นได้ซึ่งแสดงในบทที่ 3

ตารางภาคผนวก ก-14 การประเมินประสิทธิภาพการทำงานในขั้นตอนงานที่ 5

การประเมินประสิทธิภาพการทำงาน										
ชื่อเรื่อง: ขั้นตอนที่ 5 กระบวนการทำให้เย็น หน่วยงาน: Mixing 1 บันทึกโดย: นายมนตรี ฟังอารมณ์										
Element	Selected time	Operator	Performance rating						NT	AVG. NT
			Skill	Effort	Condition	Consistency	Sum	Performance		
ยางเข้าสู่กระบวนการทำให้เย็น	128.1	No. 1	N/ A	N/ A	N/ A	N/ A	0.00	1.00	128.1	128.1
		No. 2	N/ A	N/ A	N/ A	N/ A	0.00	1.00	128.1	
		No. 3	N/ A	N/ A	N/ A	N/ A	0.00	1.00	128.1	

5. ข้อมูลการศึกษาเวลาก่อนปรับปรุงในขั้นตอนงานที่ 6 กระบวนการเก็บยางใส่พาเลท

ผลการจับเวลาก่อนการปรับปรุงขั้นตอนที่ 6 กระบวนการเก็บยางใส่พาเลท สำหรับข้อมูลเวลาของขั้นตอนการรีดยาง แสดงในตารางภาคผนวก ก-15

ตารางภาคผนวก ก-15 ข้อมูลเวลาในขั้นตอนงานที่ 6

OBSERV ATION SHEET

ชื่อเรื่อง: ขั้นตอนที่ 6 กระบวนการเก็บยางใส่พาเลท

หน่วยงาน: Mixing 1

บันทึกโดย: นายมนตรี ฟังอารมณ์

Element	Time (sec)										R	$\bar{X}$	$\frac{R}{\bar{X}}$	n
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
Pusher ทำการพับยางลง Pallet ตามน้ำหนักที่กำหนด	75.6	74.1	75.3	71.4	71.6	74.1	72.9	73.1	75.5	71.1	4.6	73.5	0.06	2
Pallet ที่มียางเลื่อนออกมาอัตโนมัติ	6.5	6.3	6.9	6.3	6.8	7.0	6.3	6.7	6.4	6.4	0.7	6.6	0.11	2
เขียนชื่อ Compound no. และ วันที่ผลิตบนผิว Compound	13.1	14.5	15.6	13.0	13.1	11.4	14.5	12.6	14.4	11.6	4.2	13.4	0.31	17
นำ Fork lift ตัก Pallet ยางไปเก็บไว้ที่สต๊อกวางยาง	44.1	49.9	42.2	53.4	42.6	45.2	45.9	53.9	51.7	48.3	11.7	47.7	0.24	10

จากข้อมูลที่ได้ดังตารางภาคผนวก ก-15 พบว่างานย่อยที่ 3 มีค่า $\frac{R}{\bar{X}}$ สูงสุด คือ 0.31 และเมื่อเปิดตาราง Mytag แล้ว ได้จำนวนครั้งในการจับเวลาเท่ากับ 17 ครั้ง ดังนั้น จึงต้องจับเวลาเพิ่มอีก 7 ครั้ง แต่ทางผู้วิจัยจะทำการจับเวลาเพิ่มอีก 10 ครั้งเพื่อจะได้สามารถหาจำนวนครั้งการจับเวลาได้โดยวิธีการเปิดตาราง Maytag สำหรับข้อมูลการจับเวลาเพิ่มของขั้นตอนการเก็บยางใส่พาเลท แสดงในตารางภาคผนวก ก-16

ตารางภาคผนวก ก-16 ข้อมูลเวลาในขั้นตอนงานที่ 6 (จับเวลาเพิ่ม)

OBSERV ATION SHEET

ชื่อเรื่อง: ขั้นตอนที่ 6 กระบวนการเก็บยางใส่พาเลท

หน่วยงาน: Mixing 1

บันทึกโดย: นายมนตรี ฟังอารมณ์

Element	Time (sec)											$\bar{R}$	$\bar{X}$	$\frac{R}{\bar{X}}$	n
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	R				
Pusher ทำการพับยางลง Pallet ตามน้ำหนักที่กำหนด	75.6	74.1	75.3	71.4	71.6	74.1	72.9	73.1	75.5	71.1	4.6	4.1	72.8	0.06	2
	73.9	70.6	70.5	72.2	70.7	70.7	70.7	74.2	73.2	71.0	3.7				
Pallet ที่มียางเลื่อนออกมาอัตโนมัติ	6.5	6.3	6.9	6.3	6.8	7.0	6.3	6.7	6.4	6.4	0.7	0.8	6.5	0.13	3
	6.0	6.3	6.9	6.8	6.1	6.3	6.5	6.7	7.0	6.9	1.0				
เขียนชื่อ Compound no. และวันที่ผลิตบนผิว Compound	13.1	14.5	15.6	13.0	13.1	11.4	14.5	12.6	14.4	11.6	4.2	3.0	13.9	0.22	8
	14.3	14.9	13.6	13.2	14.2	15.1	14.0	13.4	14.8	13.9	1.9				
นำ Fork lift ตัก Pallet ยางไปเก็บไว้ที่สต๊อกวางยาง	44.0	49.9	42.2	53.4	42.6	45.2	45.9	53.9	51.7	48.3	11.7	11.1	49.9	0.22	8
	55.8	54.7	55.8	54.4	47.1	46.3	54.2	45.2	55.5	54.6	10.6				

จากข้อมูลที่ได้ดังตารางภาคผนวก ก-16 พบว่างานย่อยที่ 3 และ 4 มีค่า $\frac{\bar{R}}{\bar{X}}$ สูงสุด คือ 0.22 และเปิดตาราง Mytag แล้ว ได้จำนวนครั้งในการจับเวลาเท่ากับ 8 ครั้ง ซึ่งจำนวนครั้งการจับเวลาเพียงพอแล้ว จากนั้นนำข้อมูลเวลามาคำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูลหรือ Relative accuracy ได้ตามตารางภาคผนวก ก-17

ตารางภาคผนวก ก-17 การหาค่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูลเวลาในขั้นตอนงานที่ 6

การหาค่า Relative accuracy

ชื่อเรื่อง: ขั้นตอนที่ 6 กระบวนการเก็บยางใส่พาเลท

หน่วยงาน: Mixing 1

บันทึกโดย: นายมนตรี ฟังอารมณ์

Element	Time (sec)										$\bar{X}$	$\frac{R}{\bar{X}}$	rel.acc
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			±(%)
Pusher ทำการพับยางลง Pallet ตามน้ำหนักที่กำหนด	75.6	74.1	75.3	71.4	71.6	74.1	72.9	73.1	75.5	71.1	72.6	0.11	1.64
	73.9	70.6	70.5	72.2	70.7	70.7	70.7	74.2	73.2	71.0			
Pallet ที่มียางเลื่อนออกมาอัตโนมัติ	6.5	6.3	6.9	6.3	6.8	7.0	6.3	6.7	6.4	6.4	6.5	0.13	1.87
	6.0	6.3	6.9	6.8	6.1	6.3	6.5	6.7	7.0	6.9			
เขียนชื่อ Compound no. และ วันที่ผลิตบนผิว Compound	13.1	14.5	15.6	13.0	13.1	11.4	14.5	12.6	14.4	11.6	13.8	0.22	3.17
	14.3	14.9	13.6	13.2	14.2	15.1	14.0	13.4	14.8	13.9			
นำ Fork lift ตัก Pallet ยางไปเก็บไว้ที่สต๊อกวางยาง	44.0	49.9	42.2	53.4	42.6	45.2	45.9	53.9	51.7	48.3	50.0	0.22	3.24
	55.8	54.7	55.8	54.4	47.1	46.3	54.2	45.2	55.5	54.6			

หลังจากที่ได้เวลาตัวแทนของงานย่อยในขั้นตอนการเก็บยางใส่พาเลทแล้วและในขั้นตอนต่อไป คือ การหาเวลาปกติของแต่ละงานย่อย โดยที่ข้อมูลการหาประสิทธิภาพการทำงานของพนักงานและผลการคำนวณเวลาปกติได้แสดงไว้ดังตารางภาคผนวก ก-18 ซึ่งข้อมูลที่ได้จะนำไปหาเวลามาตรฐานของงานย่อยในขั้นตอนการเก็บยางใส่พาเลทได้ซึ่งแสดงในบทที่ 3

ตารางภาคผนวก ก-18 การประเมินประสิทธิภาพการทำงานในขั้นตอนงานที่ 6

การประเมินประสิทธิภาพการทำงาน										
ชื่อเรื่อง: ขั้นตอนที่ 6 กระบวนการเก็บยางใส่พาเลท หน่วยงาน: Mixing 1 บันทึกโดย: นายมนตรี ฟังอารมณ์										
Element	Selected time	Operator	Performance rating						NT	AVG. NT
			Skill	Effort	Condition	Consistency	Sum	Performance		
Pusher ทำการพับยางลง Pallet ตามน้ำหนักที่กำหนด	72.6	No. 1	N/ A	N/ A	N/ A	N/ A	0.00	1.00	72.6	72.6
		No. 2	N/ A	N/ A	N/ A	N/ A	0.00	1.00	72.6	
		No. 3	N/ A	N/ A	N/ A	N/ A	0.00	1.00	72.6	
Pallet ที่มียางเลื่อนออกมาอัตโนมัติ	6.5	No. 1	N/ A	N/ A	N/ A	N/ A	0.00	1.00	6.5	6.5
		No. 2	N/ A	N/ A	N/ A	N/ A	0.00	1.00	6.5	
		No. 3	N/ A	N/ A	N/ A	N/ A	0.00	1.00	6.5	
เขียนชื่อ Compound no. และวันที่ผลิตบนผิว Compound	13.8	No. 1	0.06	0.02	0.02	0.03	0.13	1.13	15.5	15.8
		No. 2	0.08	0.05	0.02	0.03	0.18	1.18	16.2	
		No. 3	0.06	0.02	0.02	0.03	0.13	1.13	15.5	
นำ Fork lift ตัก Pallet ยางไปเก็บไว้ที่สต๊อกวางยาง	50.0	No. 1	0.06	0.05	0.02	0.03	0.16	1.16	58.1	58.9
		No. 2	0.08	0.08	0.02	0.03	0.21	1.21	60.6	
		No. 3	0.06	0.05	0.02	0.03	0.16	1.16	58.1	