

การปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตสายเคเบิลในรถยนต์โดยใช้
โปรแกรมโปรโมเดล และมินิแท็บ

THE IMPROVEMENT OF CAR CABLE MANUFACTURING
PROCESS USING PROMODEL AND MINITAB PROGRAM



โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งในหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมระบบการผลิต

วิทยาลัยนวัตกรรมการผลิตขั้นสูง

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2558

การปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตสายเคเบิลในรถยนต์โดยใช้
โปรแกรมโปรโมเดล และมินิแท็บ

THE IMPROVEMENT OF CAR CABLE MANUFACTURING
PROCESS USING PROMODEL AND MINITAB PROGRAM



T147155

ทิพย์สุดา ปิ่นทอง
ศิริเพ็ญ แซ่ตัน

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน **147155**
วันเดือนปี **3 08 2560**

b. **12849 881**
i.

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม
หลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมระบบการผลิต)
ภาควิชาเทคโนโลยีระบบการผลิต วิทยาลัยนวัตกรรมการผลิตขั้นสูง
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในปีการศึกษา 2558 ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

THE IMPROVEMENT OF CAR CABLE MANUFACTURING PROCESS USING PROMODEL AND MINITAB PROGRAM



A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN
PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS FOR
THE DEGREE OF BACHELOR OF ENGINEERING
(MANUFACTURING SYSTEM ENGINEERING)
DEPARTMENT OF MANUFACTURING SYSTEM TECHNOLOGY
COLLEGE OF ADVANCED MANUFACTURING INNOVATION
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2015

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ

การปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตสายเคเบิลในรถยนต์โดยใช้
โปรแกรมโปรโมเดล และมินิแท็บ

The Improvement of Car Cable Manufacturing Process
Using Promodel and MINITAB Program

ชื่อนักศึกษา

นางสาวทิพย์สุดา ปิ่นทอง รหัสนักศึกษา 55120017

นางสาวศิริเพ็ญ แซ่ตัน รหัสนักศึกษา 55120033

ปริญญา

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมระบบการผลิต)

ภาควิชา

เทคโนโลยีระบบการผลิต

ปีการศึกษา

2558





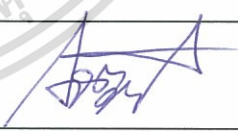
อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร.วรวิทย์ มรรคเจริญ

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

ผศ.ดร.จตุพร ทองศรี

วิทยาลัยนวัตกรรมการผลิตขั้นสูง สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
(สจล.) อนุมัติให้โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร
บัณฑิต (วิศวกรรมระบบการผลิต) ประจำปีการศึกษา 2558

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
ดร.เลิศศักดิ์ เลขาวัต ประธานกรรมการ	
ดร.ฉัตรพล ภาคศิริ กรรมการ	
ผศ.ดร.ชานนท์ วริสาร กรรมการ	
ดร.วรวิทย์ มรรคเจริญ กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา	
ผศ.ดร.จตุพร ทองศรี กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา	

ลิขสิทธิ์ของวิทยาลัยนวัตกรรมการผลิตขั้นสูง
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ	การปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตสายเคเบิลในรถยนต์โดยใช้โปรแกรมโปรโมเดล และมินิแท็บ The Improvement of Car Cable Manufacturing Process Using Promodel and MINITAB Program
ชื่อนักศึกษา	นางสาวทิพย์สุดา ปิ่นทอง รหัสนักศึกษา 55120017 นางสาวศิริเพ็ญ แซ่ตัน รหัสนักศึกษา 55120033
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมระบบการผลิต)
ภาควิชา	เทคโนโลยีระบบการผลิต
คณะ	วิทยาลัยนวัตกรรมการผลิตขั้นสูง
มหาวิทยาลัย	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.)
ปีการศึกษา	2558
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.วรุฒิ มรรคเจริญ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผศ.ดร.จตุพร ทองศรี

บทคัดย่อ

สายเบรคมือมีความสำคัญกับรถยนต์เป็นอย่างมาก เนื่องจากสายเบรคมือเป็นส่วนสำคัญในการควบคุมจังหวะในการขับเคลื่อนรถ จึงทำให้เกิดโครงการพิเศษฉบับนี้ขึ้น โดยมีเนื้อหาว่าด้วยเรื่อง การปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตสายเคเบิลในรถยนต์ ซึ่งได้มีสายการผลิตสายเบรคมือต้นแบบที่เราสนใจ จากนั้นนำมาปรับปรุงและพัฒนาสายการผลิตสายเบรคมือนี้ด้วยโปรแกรม Pro Model ซึ่งจะ ทำให้สามารถขึ้นชิ้นงานได้รวดเร็วขึ้น ลดข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นในการผลิต ลดต้นทุนการผลิต และปรับปรุงสายการผลิตให้เกิดประโยชน์สูงสุด เพื่อที่จะนำผลการปรับปรุงและพัฒนาี้มาทำการวิเคราะห์ข้อมูล โดยมีโปรแกรมที่ใช้ในการช่วยอ้างอิงข้อมูลดังกล่าวเพื่อให้ความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น นั่นคือโปรแกรม Minitab เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการวิเคราะห์เชิงสถิติ เพื่อทดสอบค่าทางสถิติที่สนใจ เช่น การวิเคราะห์แผนควบคุม การวิเคราะห์ขีดความสามารถของกระบวนการ เป็นต้น จนสุดท้ายสามารถได้ผลการปรับปรุงและข้อมูลทางสถิติที่สมบูรณ์และมีประสิทธิภาพสูงสุด

คำสำคัญ : การปรับปรุงคุณภาพสายการผลิต, โปรแกรมมินิแท็บ, โปรแกรมโปรโมเดล, สายเบรค

Title	The Improvement of Car Cable Manufacturing Process Using Promodel and MINITAB Program
Students	Miss Tipsuda Pinthong Student ID 55120017 Miss Siripen Zaeton Student ID 55120033
Degree	Bachelor of Engineering (Manufacturing System Engineering)
Department	Manufacturing System Technology
Faculty	College of Advanced Manufacturing Innovation
University	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL)
Academic Year	2015
Advisor	Dr.Worawut Makcharoen
Co-advisor	Asst.Prof.Dr.Jatuporn Thongsri

Abstract

Handbrake cable is a very important part of vehicle, due to the function of controlling automobile movement, so that, this special project is occurred. This project includes the improvement of handbrake cable production efficiency in automobile, which the handbrake cable is chosen from the interested production line. Then improve and develop the handbrake cable production line by using Pro Model program that is more rapidly form the objects, lower cost and mistake during the production and improve the production line to acquire the maximum profits. Then analyze the improvement and development results to gain the reliability by Minitab, the program for statistical analysis to examine the interested parameter i.e. control plan analysis, production capability analysis etc. Finally, acquire the complete and efficient improvement and development statistical result.

Keywords : Production line Improvement, Program MINITAB, Program ProModel, Car's Cable

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำโครงการครั้งนี้ ได้รับความช่วยเหลือและสนับสนุนจาก ดร.วรุฒิ มรรคเจริญ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ผศ.ดร.จตุพร ทองศรี อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมโครงการ คุณวีระศักดิ์ ชนะรุ่งเรืองกิจ ผู้จัดการฝ่ายวิศวกรรมการผลิต บริษัท ไทยสตีลเคเบิล จำกัด(มหาชน) ที่ให้แนวคิดเกี่ยวกับการดำเนินงานการแก้ไขปัญหาและให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินโครงการ ตลอดจนช่วยแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ที่เกิดขึ้นในการทำรายงานได้อย่างสมบูรณ์ยิ่งขึ้น นอกจากนี้ ขอขอบคุณคณะอาจารย์วิทยาลัยนวัตกรรมการผลิตขั้นสูง และบุคลากรฝ่ายวิศวกรรมการผลิต บริษัท ไทยสตีลเคเบิล จำกัด(มหาชน) และผู้เกี่ยวข้องในการทำโครงการในครั้งนี้ที่ให้การช่วยเหลือ และแนะนำในการทำโครงการ

ขอขอบพระคุณ บิดา-มารดา ที่ให้ได้รับการศึกษา ตลอดจนคอยเลี้ยงดูและอบรมสั่งสอนและเป็นกำลังใจเป็นแรงผลักดันในการทำโครงการพิเศษให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี รวมถึงเพื่อนๆ และบุคคลอื่นๆ ที่ไม่ได้กล่าวมา ผู้จัดทำโครงการขอขอบคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้



ทิพย์สุดา ปันทอง
ศิริเพ็ญ แซ่ตัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญภาพ	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	1
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 โปรแกรม MINITAB	4
2.2 การวิเคราะห์แผนภูมิควบคุม (Control Chart)	5
2.3 การวิเคราะห์ขีดความสามารถของกระบวนการ (Process Capability Analysis)	6
2.4 แผนผังก้างปลา หรือแผนผังสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram)	9
2.5 โปรแกรม Pro Model	13
2.6 การจำลองสถานการณ์ (Simulation)	13
2.7 ระบบงาน	15
2.8 แบบจำลอง	16
2.9 กระบวนการจำลองแบบปัญหา	19
2.10 การจำลองแบบปัญหาด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์	20
2.11 ทฤษฎีการวางแผนการผลิต	24
2.12 Line balancing การทำสมดุลสายการผลิต	25
2.13 จุดคุ้มทุน สิ่งที่ผู้ประกอบการควรจะรู้	30
2.14 การวิเคราะห์แบบ Lean	32
2.15 การศึกษา Drawing ของสายเบรคมือ	36
2.16 การศึกษากระบวนการผลิตของสายเบรคมือ	37
2.17 การศึกษาเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตสายเบรคมือ	41
2.18 การตั้งระยะตาม Drawing	49
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	51
3.1 กำหนดการและระยะเวลาในการดำเนินการจนแล้วเสร็จ	51

สารบัญ (ต่อ)

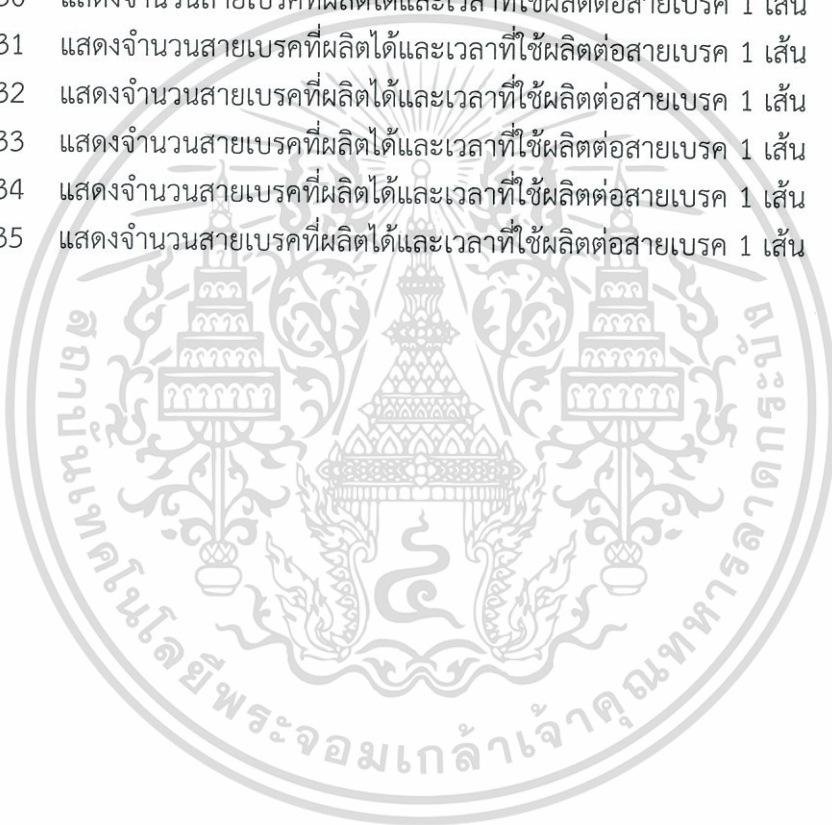
	หน้า
3.2 การ Trial line	52
3.3 การ Mass Product	54
3.4 การทดลองโดยใช้โปรแกรม Pro Model	54
3.5 การทดลองโดยใช้โปรแกรม MINITAB	62
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปราย	65
4.1 การ Trial line ครั้งที่ 1	65
4.2 การ Trial line ครั้งที่ 2	70
4.3 การ Trial line ครั้งที่ 3	75
4.4 การ Mass Product	80
4.5 ผลการปรับปรุงจากการ Trial line และการ Mass Product	86
4.6 การคำนวณค่า Cpk และ Ppk โดยโปรแกรม MINITAB	89
4.7 Summary Report by Program : MINITAB	92
4.8 ตารางสรุปผลการปรับปรุง	102
4.9 ผลการวิจัยการออกแบบสายการผลิตโดยใช้โปรแกรม Pro Mode	104
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	119
5.1 สรุปผลการวิจัยการจัดเก็บข้อมูล	119
5.2 สรุปผลการวิจัยการออกแบบสายการผลิตโดยใช้โปรแกรม Pro Model	120
เอกสารอ้างอิง	122
ประวัติผู้เขียน	123

สารบัญตาราง

	หน้า	
ตารางที่ 2.1	ตารางแสดงข้อมูลตัวอย่าง	8
ตารางที่ 2.2	ตารางแสดงองค์ประกอบ	15
ตารางที่ 2.3	แสดงสายประกอบผลิตภัณฑ์ชนิดหนึ่ง	27
ตารางที่ 2.4	แสดงวิธีการเลือกเวลามากที่สุดก่อน	29
ตารางที่ 2.5	แสดงชื่อชิ้นส่วนประกอบสายเบรคมือ (ข้างซ้าย)	36
ตารางที่ 2.6	แสดงชื่อชิ้นส่วนประกอบสายเบรคมือ (ข้างขวา)	37
ตารางที่ 3.1	แสดงกำหนดการและระยะเวลาในการดำเนินการโครงการพิเศษ1	51
ตารางที่ 3.2	แสดงกำหนดการและระยะเวลาในการดำเนินการโครงการพิเศษ2	52
ตารางที่ 3.3	แสดงตัวอย่างข้อมูลของการวัดระยะ	63
ตารางที่ 4.1	ตารางแสดงผลการปรับปรุง ชิ้นส่วนประกอบ inner (LH)	86
ตารางที่ 4.2	ตารางแสดงผลการปรับปรุง ชิ้นส่วนประกอบ inner (RH)	86
ตารางที่ 4.3	ตารางแสดงผลการปรับปรุง ชิ้นส่วนประกอบ Outer (LH)	86
ตารางที่ 4.4	ตารางแสดงผลการปรับปรุง ชิ้นส่วนประกอบ Outer (RH)	87
ตารางที่ 4.5	ตารางแสดงผลการปรับปรุง ชิ้นส่วนประกอบ Casing cap-clip (LH)	87
ตารางที่ 4.6	ตารางแสดงผลการปรับปรุง ชิ้นส่วนประกอบ Casing cap-clip (RH)	87
ตารางที่ 4.7	ตารางแสดงผลการปรับปรุง ชิ้นส่วนประกอบ Bracket-clip LH	88
ตารางที่ 4.8	ตารางแสดงผลการปรับปรุง ชิ้นส่วนประกอบ Bracket-clip RH	88
ตารางที่ 4.9	ตารางแสดงผลการปรับปรุง ชิ้นส่วนประกอบ Clip LH-casing cap	88
ตารางที่ 4.10	ตารางแสดงผลการปรับปรุง ชิ้นส่วนประกอบ Clip RH-casing cap	89
ตารางที่ 4.11	ตารางแสดงผลการคำนวณ ชิ้นส่วนประกอบ inner (LH)	89
ตารางที่ 4.12	ตารางแสดงผลการคำนวณ ชิ้นส่วนประกอบ inner (RH)	89
ตารางที่ 4.13	ตารางแสดงผลการคำนวณ ชิ้นส่วนประกอบ Outer (LH)	90
ตารางที่ 4.14	ตารางแสดงผลการคำนวณ ชิ้นส่วนประกอบ Outer (RH)	90
ตารางที่ 4.15	ตารางแสดงผลการคำนวณ ชิ้นส่วนประกอบ Casing cap-clip (LH)	90
ตารางที่ 4.16	ตารางแสดงผลการคำนวณ ชิ้นส่วนประกอบ Casing cap-clip (RH)	90
ตารางที่ 4.17	ตารางแสดงผลการคำนวณ ชิ้นส่วนประกอบ Bracket-clip LH	91
ตารางที่ 4.18	ตารางแสดงผลการคำนวณ ชิ้นส่วนประกอบ Bracket-clip RH	91
ตารางที่ 4.19	ตารางแสดงผลการคำนวณ ชิ้นส่วนประกอบ Clip LH-casing cap	91
ตารางที่ 4.20	ตารางแสดงผลการคำนวณ ชิ้นส่วนประกอบ Clip RH-casing cap	91
ตารางที่ 4.21	ตารางสรุปผลผลการปรับปรุงกระบวนการผลิต	102
ตารางที่ 4.22	ตารางผลการคำนวณค่า Cpk และ Ppk	102
ตารางที่ 4.23	แสดงเวลาในการทำงาน จำนวนพนักงาน จำนวนสายเบรคที่ต้องผลิตส่ง	104

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 4.24 แสดงเวลาที่ใช้ต่อกระบวนการ/วินาที โดยเฉลี่ย	104
ตารางที่ 4.26 แสดงจำนวนสายเบรคที่ผลิตได้และเวลาที่ใช้ผลิตต่อสายเบรค 1 เส้น	107
ตารางที่ 4.27 แสดงจำนวนสายเบรคที่ผลิตได้และเวลาที่ใช้ผลิตต่อสายเบรค 1 เส้น	108
ตารางที่ 4.28 แสดงจำนวนสายเบรคที่ผลิตได้และเวลาที่ใช้ผลิตต่อสายเบรค 1 เส้น	110
ตารางที่ 4.29 แสดงจำนวนสายเบรคที่ผลิตได้และเวลาที่ใช้ผลิตต่อสายเบรค 1 เส้น	111
ตารางที่ 4.30 แสดงจำนวนสายเบรคที่ผลิตได้และเวลาที่ใช้ผลิตต่อสายเบรค 1 เส้น	112
ตารางที่ 4.31 แสดงจำนวนสายเบรคที่ผลิตได้และเวลาที่ใช้ผลิตต่อสายเบรค 1 เส้น	113
ตารางที่ 4.32 แสดงจำนวนสายเบรคที่ผลิตได้และเวลาที่ใช้ผลิตต่อสายเบรค 1 เส้น	115
ตารางที่ 4.33 แสดงจำนวนสายเบรคที่ผลิตได้และเวลาที่ใช้ผลิตต่อสายเบรค 1 เส้น	116
ตารางที่ 4.34 แสดงจำนวนสายเบรคที่ผลิตได้และเวลาที่ใช้ผลิตต่อสายเบรค 1 เส้น	117
ตารางที่ 4.35 แสดงจำนวนสายเบรคที่ผลิตได้และเวลาที่ใช้ผลิตต่อสายเบรค 1 เส้น	118



สารบัญภาพ

	หน้า	
รูปที่ 2.1	แผนภูมิควบคุมแสดงให้เห็นว่าเป็นสรูปที่ควบคุมไม่ได้ (มีข้อมูลบางตัวอยู่นอกพิกัด)	5
รูปที่ 2.2	แผนภูมิควบคุมแสดงให้เห็นว่าเป็นสรูปที่ควบคุมได้	5
รูปที่ 2.3	การวิเคราะห์ขีดความสามารถของกระบวนการ	8
รูปที่ 2.4	SPC ของข้อมูลจาก ตารางที่ 2.1	9
รูปที่ 2.5	ภาพแสดงโครงสร้างของแผนภูมิแก้งปลา	11
รูปที่ 2.6	ภาพแสดงตัวอย่างของแผนภูมิแก้งปลา	11
รูปที่ 2.7	ภาพแสดงตัวอย่างของการวิเคราะห์แบบแผนภูมิแก้งปลา	12
รูปที่ 2.8	ภาพแสดงตัวอย่างโปรแกรมโปรโมเดล	13
รูปที่ 2.9	ภาพแสดงขั้นตอนการสร้างแบบจำลอง	21
รูปที่ 2.10	การทำสมดุสสายการผลิต	25
รูปที่ 2.11	การทำสมดุสสายการผลิต	27
รูปที่ 2.12	การทำสมดุสสายการผลิต	28
รูปที่ 2.13	การแบ่งงานย่อย	29
รูปที่ 2.14	การแบ่งงานย่อย	29
รูปที่ 2.15	Drawing แสดงชิ้นส่วนประกอบของสายเบรกมือ	36
รูปที่ 2.16	Drawing แสดงชิ้นส่วนประกอบสายเบรกมือ (ข้างซ้าย)	36
รูปที่ 2.17	Drawing แสดงชิ้นส่วนประกอบสายเบรกมือ (ข้างขวา)	37
รูปที่ 2.18	Drawing แสดงตำแหน่งของชิ้นส่วนที่ทำการประกอบในกระบวนการที่1	38
รูปที่ 2.19	Drawing แสดงตำแหน่งของชิ้นส่วนที่ทำการประกอบในกระบวนการที่2	38
รูปที่ 2.20	Drawing แสดงตำแหน่งของชิ้นส่วนที่ทำการประกอบในกระบวนการที่3	39
รูปที่ 2.21	Drawing แสดงตำแหน่งของชิ้นส่วนที่ทำการประกอบในกระบวนการที่4	39
รูปที่ 2.22	Drawing แสดงตำแหน่งของชิ้นส่วนที่ทำการประกอบในกระบวนการที่5	40
รูปที่ 2.23	Drawing แสดงตำแหน่งของชิ้นส่วนที่ทำการประกอบในกระบวนการที่6	40
รูปที่ 2.24	ภาพเครื่องจักร Air Hydro Press	41
รูปที่ 2.25	ภาพเครื่องจักร Torque Fitting	42
รูปที่ 2.26	ภาพเครื่องจักร Injection Grease	43
รูปที่ 2.27	ภาพเครื่องจักร Inner Insert	44
รูปที่ 2.28	ภาพเครื่องจักร Glue Apply	45
รูปที่ 2.29	ภาพเครื่องจักร Rotation Casing	46
รูปที่ 2.30	ภาพเครื่องจักร Tensile Test	47
รูปที่ 2.31	ภาพเครื่องจักร Tensile Test	48

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 2.32	ภาพแสดงเครื่องมือวัด ตลับเมตร	49
รูปที่ 2.33	ภาพแสดงเครื่องมือวัด เวอร์เนีย	49
รูปที่ 2.34	ภาพแสดงเครื่องมือวัด ประแจแอล	50
รูปที่ 3.1	ภาพแสดงเวลาในการทำงานของสายการผลิต ครั้งที่ 1,2	54
รูปที่ 3.2	ภาพแสดงเวลาในการทำงานของสายการผลิต ครั้งที่ 3,4	55
รูปที่ 3.3	ภาพแสดงเวลาในการทำงานของสายการผลิต ครั้งที่ 5,6	55
รูปที่ 3.4	ภาพแสดงเวลาในการทำงานของสายการผลิต ครั้งที่ 7,8	55
รูปที่ 3.5	ภาพแสดงเครื่อง Tensile Test	56
รูปที่ 3.6	ภาพแสดงเครื่อง Applied Glue	56
รูปที่ 3.7	ภาพแสดงโปรแกรม Pro Model	57
รูปที่ 3.8	ภาพแสดงวิธีการโหลดข้อมูลของโปรแกรม Pro Model	57
รูปที่ 3.9	ภาพแสดงวิธีการวางเครื่องจักร	58
รูปที่ 3.10	ภาพแสดงวิธีการกำหนดส่วนประกอบ	58
รูปที่ 3.11	ภาพแสดงวิธีการกำหนดการทำงานของเครื่องจักร	59
รูปที่ 3.12	ภาพแสดงวิธีการกำหนดส่วนประกอบ ของโปรแกรม Pro Model	59
รูปที่ 3.13	ภาพแสดงวิธีการทดลองการทำงานของสายการผลิต	60
รูปที่ 3.14	ภาพแสดงวิธีการทดลองการทำงานของสายการผลิต	60
รูปที่ 3.15	ภาพแสดงระยะเวลาการทำงานของการสายการผลิต	61
รูปที่ 3.16	ภาพแสดงจุดอ้างอิง	62
รูปที่ 3.17	ภาพแสดงตัวอย่าง control chart	63
รูปที่ 3.18	ภาพแสดงตัวอย่างของแผนภูมิแกงปลา	64
รูปที่ 4.1	กราฟแสดง control chart ชั้นส่วนประกอบ inner (LH)	65
รูปที่ 4.2	กราฟแสดง control chart ชั้นส่วนประกอบ inner (RH)	66
รูปที่ 4.3	กราฟแสดง control chart ชั้นส่วนประกอบ outer (LH)	66
รูปที่ 4.4	กราฟแสดง control chart ชั้นส่วนประกอบ outer (RH)	67
รูปที่ 4.5	กราฟแสดง control chart ชั้นส่วนประกอบ casing cap – clip (LH)	67
รูปที่ 4.6	กราฟแสดง control chart ชั้นส่วนประกอบ casing cap – clip (RH)	68
รูปที่ 4.7	กราฟแสดง control chart ชั้นส่วนประกอบ casing cap – clip (RH)	68
รูปที่ 4.8	กราฟแสดง control chart ชั้นส่วนประกอบ bracket – clip (RH)	69
รูปที่ 4.9	กราฟแสดง control chart ชั้นส่วนประกอบ clip LH - casing cap	69
รูปที่ 4.10	กราฟแสดง control chart ชั้นส่วนประกอบ clip LH - casing cap	70
รูปที่ 4.11	กราฟแสดง control chart ชั้นส่วนประกอบ inner (LH)	70

สารบัญภาพ (ต่อ)

		หน้า
รูปที่ 4.14	กราฟแสดง control chart ชั้นส่วนประกอบ outer (LH)	72
รูปที่ 4.15	กราฟแสดง control chart ชั้นส่วนประกอบ casing cap – clip (LH)	72
รูปที่ 4.16	กราฟแสดง control chart ชั้นส่วนประกอบ casing cap – clip (RH)	73
รูปที่ 4.17	กราฟแสดง control chart ชั้นส่วนประกอบ bracket – clip (LH)	73
รูปที่ 4.18	กราฟแสดง control chart ชั้นส่วนประกอบ bracket – clip (RH)	74
รูปที่ 4.19	กราฟแสดง control chart ชั้นส่วนประกอบ clip LH - casing cap	74
รูปที่ 4.20	กราฟแสดง control chart ชั้นส่วนประกอบ clip RH - casing cap	75
รูปที่ 4.22	กราฟแสดง control chart ชั้นส่วนประกอบ inner (LH)	75
รูปที่ 4.22	กราฟแสดง control chart ชั้นส่วนประกอบ inner (RH)	76
รูปที่ 4.23	กราฟแสดง control chart ชั้นส่วนประกอบ outer (LH)	76
รูปที่ 4.24	กราฟแสดง control chart ชั้นส่วนประกอบ outer (RH)	77
รูปที่ 4.25	กราฟแสดง control chart ชั้นส่วนประกอบ casing cap – clip (LH)	77
รูปที่ 4.26	กราฟแสดง control chart ชั้นส่วนประกอบ casing cap – clip (RH)	78
รูปที่ 4.27	กราฟแสดง control chart ชั้นส่วนประกอบ bracket – clip (LH)	78
รูปที่ 4.28	กราฟแสดง control chart ชั้นส่วนประกอบ bracket – clip (RH)	79
รูปที่ 4.29	กราฟแสดง control chart ชั้นส่วนประกอบ clip LH - casing cap	79
รูปที่ 4.30	กราฟแสดง control chart ชั้นส่วนประกอบ clip RH – casing cap	80
รูปที่ 4.31	กราฟแสดง control chart ชั้นส่วนประกอบ inner (LH)	80
รูปที่ 4.32	กราฟแสดง control chart ชั้นส่วนประกอบ inner (RH)	81
รูปที่ 4.33	กราฟแสดง control chart ชั้นส่วนประกอบ outer (LH)	81
รูปที่ 4.34	กราฟแสดง control chart ชั้นส่วนประกอบ outer (RH)	82
รูปที่ 4.35	กราฟแสดง control chart ชั้นส่วนประกอบ casing cap – clip (LH)	82
รูปที่ 4.36	กราฟแสดง control chart ชั้นส่วนประกอบ casing cap – clip (RH)	83
รูปที่ 4.37	กราฟแสดง control chart ชั้นส่วนประกอบ bracket cap – clip (LH)	83
รูปที่ 4.38	กราฟแสดง control chart ชั้นส่วนประกอบ bracket cap – clip (RH)	84
รูปที่ 4.39	กราฟแสดง control chart ชั้นส่วนประกอบ clip LH- casing cap	84
รูปที่ 4.40	กราฟแสดง control chart ชั้นส่วนประกอบ clip RH- casing cap	85
รูปที่ 4.41	กราฟแสดงความสามารถในการผลิต Process 1	92
รูปที่ 4.42	กราฟแสดงความสามารถในการผลิต Process 1	93
รูปที่ 4.43	กราฟแสดงความสามารถในการผลิต Process 2	94
รูปที่ 4.44	กราฟแสดงความสามารถในการผลิต Process 2	95
รูปที่ 4.45	กราฟแสดงความสามารถในการผลิต Process 3	96

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า	
รูปที่ 4.47	กราฟแสดงความสามารถในการผลิต Process 4	98
รูปที่ 4.49	กราฟแสดงความสามารถในการผลิต Process 5	100
รูปที่ 4.50	กราฟแสดง ความสามารถในการผลิต Process 5	101
รูปที่ 4.51	การวิเคราะห์ปัญหาจากการ Trial line โดยใช้แผนภูมิแก๊งปลา	103
รูปที่ 4.52	การวิเคราะห์ปัญหาจากการสังเกต และตรวจสอบสายการผลิต โดยใช้แผนภูมิแก๊งปลาแผนภูมิแก๊งปลา	105
รูปที่ 4.53	แสดงสายการผลิตตั้งต้น	106
รูปที่ 4.54	แสดงการตั้งค่าเวลาในการจำลองสายการผลิต	106
รูปที่ 4.55	แสดงการตั้งค่าเวลาในการจำลองสายการผลิต	107
รูปที่ 4.56	แสดงการตั้งค่าเวลาในการจำลองสายการผลิต	108
รูปที่ 4.57	แสดงสายการผลิตที่ออกแบบโดยการสร้างสายเบรค ข้างซ้ายและข้างขวา โดยใช้คนละสายการผลิต (ใช้ 2 สายการผลิตทำการผลิตพร้อมกัน)	109
รูปที่ 4.58	แสดงการตั้งค่าเวลาในการจำลองสายการผลิต	110
รูปที่ 4.59	แสดงการตั้งค่าเวลาในการจำลองสายการผลิต	111
รูปที่ 4.60	แสดงการตั้งค่าเวลาในการจำลองสายการผลิต	112
รูปที่ 4.61	แสดงการตั้งค่าเวลาในการจำลองสายการผลิต	113
รูปที่ 4.62	แสดงสายการผลิตที่ออกแบบโดยการสร้างสายการผลิตให้มีความโค้ง	114
รูปที่ 4.63	แสดงการตั้งค่าเวลาในการจำลองสายการผลิต	115
รูปที่ 4.64	แสดงการตั้งค่าเวลาในการจำลองสายการผลิต	116
รูปที่ 4.65	แสดงการตั้งค่าเวลาในการจำลองสายการผลิต	117
รูปที่ 4.66	แสดงการตั้งค่าเวลาในการจำลองสายการผลิต	118

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

อุตสาหกรรมยานยนต์เป็นอุตสาหกรรมที่ทำรายได้ให้ประเทศไทยได้เป็นจำนวนมาก โดยในรถแต่ละคัน จะมีส่วนประกอบที่ใช้ประกอบรถที่มากมายและแตกต่างกันออกไป แต่ส่วนประกอบที่จะทำการศึกษานี้ มีความสำคัญเป็นอย่างมากในการประกอบรถยนต์ นั่นก็คือสายเบรค เนื่องจากสายเบรคนั้นใช้ในการควบคุมจังหวะในการขับเคลื่อนของรถ จึงทำให้ขั้นตอนในการผลิตสายเบรคนี้ มีความสำคัญ และต้องมีรายละเอียดมาก เนื่องจากสายเบรคที่จะทำไปใช้ในรถแต่ละรุ่น แต่ละยี่ห้อ นั้น มีความแตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับการออกแบบเพื่อนำมาใช้งานให้ได้ตามความต้องการ ดังนั้นการประกอบสายเบรคในแต่ละกระบวนการผลิตนั้นต้องมีความแม่นยำ และประกอบสายเบรคให้ได้ตาม Drawing และตามข้อกำหนดของลูกค้า ด้วยการที่สายเบรค มีชิ้นส่วนที่ใช้ประกอบที่แตกต่างกัน ทำให้เครื่องจักรที่ใช้ในการประกอบชิ้นงานมีหลากหลายและมีหน้าที่ในการทำงานที่แตกต่างกันออกไป เนื่องจากหากใช้แรงของคนในการออกแรงบีบชิ้นส่วนเข้ากับสายเบรค แล้วการให้แรงนั้นจะไม่สม่ำเสมอ จะทำให้สายเบรคไม่ได้มาตรฐาน และที่สำคัญทำให้การประกอบงานล่าช้า เครื่องจักรจึงได้มีการคิดค้นและออกแบบมาเพื่ออำนวยความสะดวกสบายในการทำงานมากขึ้นและเพิ่มความสม่ำเสมอในการประกอบชิ้นงาน แต่เนื่องจากการใช้เครื่องจักรมาทำงานช่วยคนนั้นต้องมีการตรวจสอบ ทดสอบก่อนการประกอบชิ้นงานจริงเสมอ เพื่อไม่ก่อให้เกิดอันตรายกับผู้ประกอบชิ้นงานและง่ายต่อการประกอบชิ้นงานเพราะได้ทำการกำหนดแต่ป้อนคำสั่งให้เครื่องจักรได้ทำตามกระบวนการเรียบร้อยแล้ว รวมถึงการออกแบบสายการผลิตก็เช่นกัน ต้องมีการออกแบบวางแผนก่อนเสมอ ก่อนที่จะนำเครื่องจักรไปวางไว้ ต้องดูความเหมาะสมและความเป็นไปได้จริง พื้นที่ที่ใช้ในการวางเครื่องจักรคุ้มค่าและที่สำคัญการวางเครื่องจักรในสายการผลิตต้องอำนวยความสะดวกให้ช่างให้ง่ายและสะดวก นี่คือนจุดเริ่มต้นของโครงการพิเศษเล่มนี้ ที่ต้องการออกแบบสายการผลิตสายเบรคที่คิดว่าสามารถอำนวยความสะดวกให้กับผู้ประกอบชิ้นงานแต่อยู่ในพื้นฐานของความเป็นไปได้ และมีขอบเขตในการออกแบบ เพื่อนำผลจากการประกอบงานในสายการผลิตที่เราออกแบบมานี้หาวิธีการทางสถิติเพื่อดูว่าผลที่ได้มานั้นมีข้อดีและข้อเสีย อย่างไรสุดท้ายแล้วเราควรเลือกสายการผลิตแบบใดที่ได้ผลดีที่สุด นี่คือนข้อดีของการทำการออกแบบ Simulation สายการผลิตขึ้นมาก่อนที่จะทำการสร้างสายการผลิตจริงเพื่อเป็นการประหยัดต้นทุนและเวลาพร้อมกับการตัดสินใจที่แม่นยำมากขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- 1) เพื่อทำการปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการผลิตสายเคเบิลในรถยนต์
- 2) เพื่อศึกษาวิธีการหาข้อบกพร่องและ การสูญเสียในกระบวนการผลิต
- 3) เพื่อเสริมสร้างทักษะในการใช้โปรแกรมในการ Simulation จำลองสายการผลิต และนำค่าทางสถิติมาช่วยในการปรับปรุงคุณภาพกระบวนการผลิต
- 4) เพื่อนำความรู้ที่ได้ศึกษาในระดับชั้นปริญญาตรี มาช่วยในการปรับปรุงประสิทธิภาพในกระบวนการผลิต

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

การศึกษาและทดลองโครงการในครั้งนี้ นักศึกษาจะศึกษาเฉพาะการควบคุมคุณภาพการผลิต โดยการนำโปรแกรมมินิแท็บและโปรแกรมมาช่วยในการทดลองโครงการนี้ ซึ่งโปรแกรมมินิแท็บนี้ นักศึกษาจะศึกษาในเรื่อง

- การวิเคราะห์แผนภูมิควบคุม (Control chart) เป็นการศึกษาหาแนวโน้มที่ผิดพลาดของกระบวนการผลิต
- การวิเคราะห์ขีดความสามารถของกระบวนการ (process capability analysis) เป็นการอ้างอิงความเป็นไปได้ และความน่าเชื่อถือของสายการผลิต ให้ได้ตามความต้องการของระบบอุตสาหกรรม
- แผนผังก้างปลา หรือแผนผังสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) เป็นการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นของกระบวนการ โดยเป็นการศึกษาควบคุมคู่กันกับการวิเคราะห์แผนภูมิควบคุม

ส่วนในการใช้โปรแกรม Pro Model ในครั้งนี้ เนื่องจากสายการผลิตที่ทำการศึกษานั้นเป็นสายการผลิตใหม่ทั้งหมดที่เพิ่งขึ้นได้ไม่นาน หากเราต้องการจะรู้ว่าจริงๆ แล้วสายการผลิตที่เรามีอยู่นี้มีประสิทธิภาพหรือไม่ เราสามารถใช้โปรแกรมนี้ช่วยได้ โดยจะใช้ศึกษาในกรณีของ

1) นำสายการผลิตต้นแบบที่เราทำการศึกษานั้นมาจำลองโดยใช้โปรแกรม Pro Model ซึ่งโปรแกรมสามารถคำนวณเวลาที่ใช้ในการผลิตทั้งหมดและนำไปเทียบกับการผลิตจริง ซึ่งสามารถรู้ถึงปัญหาได้หากเวลาที่ผลิตจริงมีค่ามากกว่าเวลาที่โปรแกรมคำนวณได้

2) ด้วยเหตุผลที่ว่าสายการผลิตที่ทำการศึกษานี้เป็นสายการผลิตใหม่ใหม่ ดังนั้น ในตอนนี้ยังไม่สามารถปรับปรุงสายการผลิตได้ เนื่องจากยังไม่มีต้นทุนและกำไร ทำได้เพียงสังเกตข้อเสียและคิดแผนการพัฒนาสายการผลิตให้ดียิ่งขึ้น ซึ่งเราสามารถใช่โปรแกรมในการจำลองถึงแบบของสายการผลิตที่เราต้องการได้และสามารถดูผลจากเวลาการผลิตได้ว่าน้อยลงหรือไม่

3) เราสามารถที่จะจำลองล่วงหน้าก่อนได้ว่า สายการผลิตนี้สามารถยุบเครื่องจักร ลดจำนวนคนได้หรือไม่ ก่อนที่จะทำจริง

4) จากโปรแกรมที่ใช้จำลอง สามารถทำให้เรารู้ได้ว่าสามารถลดต้นทุนได้จำนวนเท่าไร ก่อนลงมือทำจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) สามารถปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการผลิตสายเคเบิลในรถยนต์
- 2) สามารถหาข้อบกพร่องและ การสูญเสียในกระบวนการผลิต
- 3) สามารถใช้โปรแกรมในการ Simulation จำลองสายการผลิต และสามารถนำค่าทางสถิติมาช่วยในการปรับปรุงคุณภาพกระบวนการผลิต ได้เป็นอย่างดี
- 4) นำความรู้ที่ได้ศึกษาในระดับชั้นปริญญาตรี มาช่วยในการปรับปรุงประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพและเป็นที่น่าพอใจของทุกฝ่าย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในปัจจุบัน อุตสาหกรรมยานยนต์มีการพัฒนารูปแบบของกระบวนการผลิตและคุณภาพของสินค้าให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยมีการนำเอากระบวนการต่างๆ อาทิเช่น กระบวนการทางสถิติ เทคนิคการจำลองสถานการณ์ (Simulation Model) มาใช้เพื่อควบคุมคุณภาพของกระบวนการผลิต เพื่อใช้ในการลดการสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ซึ่งการสูญเสียที่เกิดขึ้นเป็นปัจจัยหนึ่งในกระบวนการผลิตที่ทำให้องค์กรนั้นเสียต้นทุนในการผลิตที่ไม่จำเป็นไป

2.1 โปรแกรม MINITAB [1]

Minitab คือ โปรแกรมสำเร็จรูป หรือ เครื่องมือ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลและประมวลผลทางสถิติ Minitab สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานหลายประเภท เช่น งานเกี่ยวกับการควบคุมคุณภาพ ซึ่งสามารถแบ่งได้หลากหลายตามความสามารถของ Minitab เช่น

- วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพื้นฐาน
- วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติขั้นสูง
- การออกแบบการทดลอง
- การประเมินผลกระบวนการ
- การสร้างเครื่องมือควบคุมคุณภาพ
 - Histogram
 - Fish Bone Diagram
 - Pareto Chart
 - Control Chart

ประเภทของสถิติ สามารถแบ่งได้ 2 ประเภท คือ

1) Descriptive Statistics : สถิติเชิงพรรณนา

คือ เทคนิคที่ใช้ในการหาข้อสรุปของข้อมูล เพื่อการอธิบายคุณลักษณะของข้อมูลที่กำลังศึกษาวิเคราะห์หรือตามข้อมูลที่ได้มีการรวบรวมมาเท่านั้น ผลที่ได้ไม่สามารถนำไปอ้างอิง หรือเป็นตัวแทนให้กับข้อมูลโดยทั่วไปได้ มักนำเสนอในรูปของ ตาราง แผนภาพ แผนภูมิ ร้อยละ สัดส่วน เปอร์เซนต์ การแจกแจงความถี่ การหาค่าเฉลี่ย การวัดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร เป็นต้น

2) Inferential Statistics: สถิติเชิงอ้างอิง

เป็นเทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง (Sample) แล้วนำข้อสรุปที่ได้ไปคาดคะเนหรือสรุปอ้างอิงถึงลักษณะของประชากร (Population) เช่น ค่าเฉลี่ย ค่าความแปรปรวน ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสหสัมพันธ์ เป็นต้น

ค่าที่คำนวณได้ ค่าจากกลุ่มตัวอย่าง (Sample) → ค่าสถิติ (Statistics)

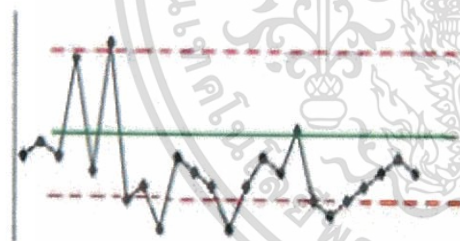
ค่าที่คำนวณได้ ค่าจากกลุ่มประชากร (Population) → ค่าพารามิเตอร์ (Parameters)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

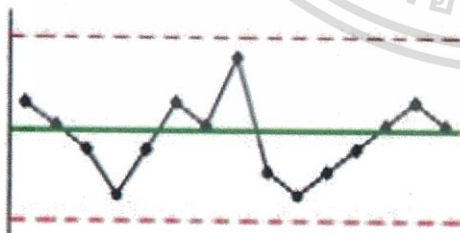
2.2 การวิเคราะห์แผนภูมิควบคุม (Control Chart) [2]

ช่วยในการพัฒนากระบวนการจัดการคุณภาพที่มีประสิทธิภาพ ต้องอาศัยข้อมูลเพื่อประกอบการตัดสินใจในการทำงาน (Management by Fact) เพราะข้อมูลที่ถูกต้องและชัดเจน จะสามารถนำไปประมวผล คำนวณ วิเคราะห์ และสังเคราะห์ เป็น “สารสนเทศ” หรือ “Information” ที่เป็นประโยชน์ได้ ทั้งนี้ข้อมูลนั้น ต้องผ่านการออกแบบการจัดเก็บ ให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของหน่วยงาน และความต้องการขององค์กร และที่สำคัญ ข้อมูลนั้น ๆ ต้องมีความถูกต้อง สมบูรณ์รวดเร็ว และเป็นปัจจุบันการพัฒนางานให้เกิดประโยชน์ จำเป็นต้องพิจารณาต้องวิเคราะห์ประเด็นปัญหา เพื่อกำหนดเป้าหมายสำคัญ นำไปสู่การหาแนวทางการปรับปรุงให้เหมาะสม และเกิดประโยชน์สูงสุดแก่ทุกฝ่ายอย่างไรก็ตาม การนำระเบียบวิธีทางสถิติเข้ามาใช้ในการวิเคราะห์เปรียบเทียบ หาความสัมพันธ์ หาสาเหตุ ความเกี่ยวข้อง ดูแนวโน้ม หรือควบคุมการเปลี่ยนแปลง ฯลฯ ยิ่งจะทำให้เพิ่มความน่าเชื่อถือมากขึ้น เพราะสามารถลด “อคติ” ที่อาจเกิดจากความรู้สึกนึกคิด ประสบการณ์ของผู้วิเคราะห์ได้

ที่ผ่านมา พบว่า ความนิยมในการจัดการข้อมูลด้วยวิธีทางสถิติ มักแสดงผลในรูปแบบของ ร้อยละ กราฟ ตารางเมตริก แต่ก็มีบางหน่วยงานได้จัดทำรายงานในรูปแบบ “แผนภูมิควบคุม (Control Chart)” ทั้งนี้เพราะความเชื่อที่ว่า “ในกระบวนการผลิตใดๆ จะมีความผันแปรเข้ามาเกี่ยวข้องตลอดเวลา ทั้งที่เป็นความผันแปรที่เป็นธรรมชาติ (Common cause) ซึ่งไม่สามารถควบคุมได้ และความผันแปรที่ไม่เป็นธรรมชาติ (Special cause) ซึ่งสามารถควบคุมได้” และโดยมีหลักการทางคณิตศาสตร์ที่คำนวณชุดข้อมูลที่บันทึก ดังนี้



รูปที่ 2.1 แผนภูมิควบคุมแสดงให้เห็นว่าเป็นสภาพที่ควบคุมไม่ได้ (มีข้อมูลบางตัวอยู่นอกพิสัย)



รูปที่ 2.2 แผนภูมิควบคุมแสดงให้เห็นว่าเป็นสภาพที่ควบคุมได้

เส้นพิสัยด้านบน (Upper Control Limit : UCL)

เส้นกลาง (Control Limit : CL)

เส้นพิสัยด้านล่าง (Lower Control Limit : LCL)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1). เส้นพิภักต์ด้านบน

(Upper Control Limit : UCL) กำหนดที่ค่า +3 sigma หรือ Standard deviation (SD)

2). เส้นพิภักต์ด้านล่าง

(Lower Control Limit : LCL) กำหนดที่ค่า -3 sigma หรือ Standard deviation (SD)

3). เส้นกลาง

(Center Line : CL) หรือค่าเฉลี่ย (Mean "X") ของชุดข้อมูลนั้น ๆ

2.3 การวิเคราะห์ขีดความสามารถของกระบวนการ (process capability analysis) [3]

ในการวิเคราะห์ขีดความสามารถของกระบวนการ (process capability analysis) เป็นการวิเคราะห์ระดับคุณภาพที่ใช้กันทั่วไปในอุตสาหกรรม ดัชนีดังกล่าวเป็นตัวบ่งบอกถึงความสามารถของกระบวนการ/ผลิตภัณฑ์ต่อการตอบสนองข้อกำหนดของลูกค้า ดัชนีชี้วัดที่มักจะใช้กันก็คือ ค่า Cpk และ Ppk

โดยค่า Cpk คือ ดัชนีความสามารถของกระบวนการในระยะสั้น และค่า Ppk คือ ดัชนีความสามารถของกระบวนการในระยะยาว

แม้ว่าดัชนีดังกล่าวจะใช้กันอย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมโดยเฉพาะอย่างยิ่งในอุตสาหกรรมยานยนต์และอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ผู้เขียนกลับพบว่าเกิดความสับสน ความเข้าใจผิด และความไม่รู้ในรายละเอียดบางเรื่องเป็นวงกว้างในอุตสาหกรรม และคิดว่าคงจะดีไม่น้อยที่จะระบุปัญหาที่เกิดขึ้นพร้อมนำเสนอทางออกของปัญหาที่ผู้เขียนคิดว่าน่าจะเหมาะสมในบทความนี้ เรามาดูกันว่าเรื่องการวิเคราะห์ขีดความสามารถของกระบวนการง่าย ๆ นี้มีประเด็นใดบ้างที่สร้างปัญหาและความสับสนให้กับคนในวงการคุณภาพ

นิยามของ Cpk และ Ppk

โดยทั่วไปมักนิยาม Cpk และ Ppk ไว้ดังนี้

$$Cpk = \text{Min.} \left\{ \frac{\bar{x} - LSL}{3 \cdot \hat{\sigma}_{\text{WITHIN}}}, \frac{USL - \bar{x}}{3 \cdot \hat{\sigma}_{\text{WITHIN}}} \right\}$$

$$Ppk = \text{Min.} \left\{ \frac{\bar{x} - LSL}{3 \cdot \hat{\sigma}_{\text{OVERALL}}}, \frac{USL - \bar{x}}{3 \cdot \hat{\sigma}_{\text{OVERALL}}} \right\}$$

USL = Upper specification limit

LSL = Lower specification limit

$\hat{\sigma}_{\text{within}}$ = Within-subgroup standard deviation

$\hat{\sigma}_{\text{overall}}$ = Overall standard deviation

\bar{x} = Mean value

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนิยามดังกล่าวมีข้อน่าสังเกตดังนี้

1) ค่า Cpk และ Ppk เป็นการนำค่าเฉลี่ยของกระบวนการ ค่าความผันแปรของกระบวนการ และข้อกำหนดของลูกค้มาคำนวณร่วมกัน ดัชนีชี้วัดดังกล่าวสะท้อนว่ากระบวนการมีขีดความสามารถแค่ไหนเมื่อเทียบกับข้อกำหนดของลูกค้

2) Cpk เป็นค่าที่บอกถึงขีดความสามารถของกระบวนการในระยะสั้น คือ ที่เวลาใดเวลาหนึ่ง กระบวนการมีขีดความสามารถเป็นอย่างไร ค่านี้จะแสดงเป็นนัยถึงความผันแปรที่เกิดขึ้นจากความจำกัดและพื้นฐานของเทคโนโลยีที่ใช้ในกระบวนการ

3) Ppk เป็นค่าที่บอกถึงขีดความสามารถของกระบวนการในระยะยาวซึ่งจะรวมเอาความผันแปรที่เกิดจากความไม่เสถียรภาพของกระบวนการเข้ามาด้วย กล่าวคือ มีความผันแปรระยะสั้นรวมกับความผันแปรอื่นที่เข้ามากระทบกระบวนการ ค่านี้จะแสดงถึงขีดความสามารถของกระบวนการเมื่อเราให้กระบวนการดำเนินการไปเป็นระยะเวลาสั้น ๆ (นานเท่ากับช่วงที่เราเก็บข้อมูลมา)

4) อุดมคติของเราอยากได้กระบวนการที่ทั้ง Cpk และ Ppk มีค่าสูง

5) ค่า Ppk จะน้อยกว่าหรือเท่ากับ Cpk เสมอ

6) ถ้า Cpk และ Ppk มีค่าใกล้เคียงกัน แสดงว่ากระบวนการไม่สูญเสียเสถียรภาพเนื่องจากการขยับตัวของค่าเฉลี่ยหรืออาจกล่าวได้ว่ากระบวนการถูกควบคุมได้อย่างมีเสถียรภาพในระยะยาว

7) ถ้าค่า Ppk น้อยกว่า Cpk มาก แสดงว่ากระบวนการสูญเสียเสถียรภาพ เนื่องจากการขยับตัวของค่าเฉลี่ยซึ่งแสดงว่ามีบางปัจจัยที่มีอิทธิพลสูงเข้ามากระทบกระบวนการเมื่อเวลาเปลี่ยนไป

8) โดยทั่วไปแนวทางการประเมินค่า Cpk และ Ppk มีดังนี้

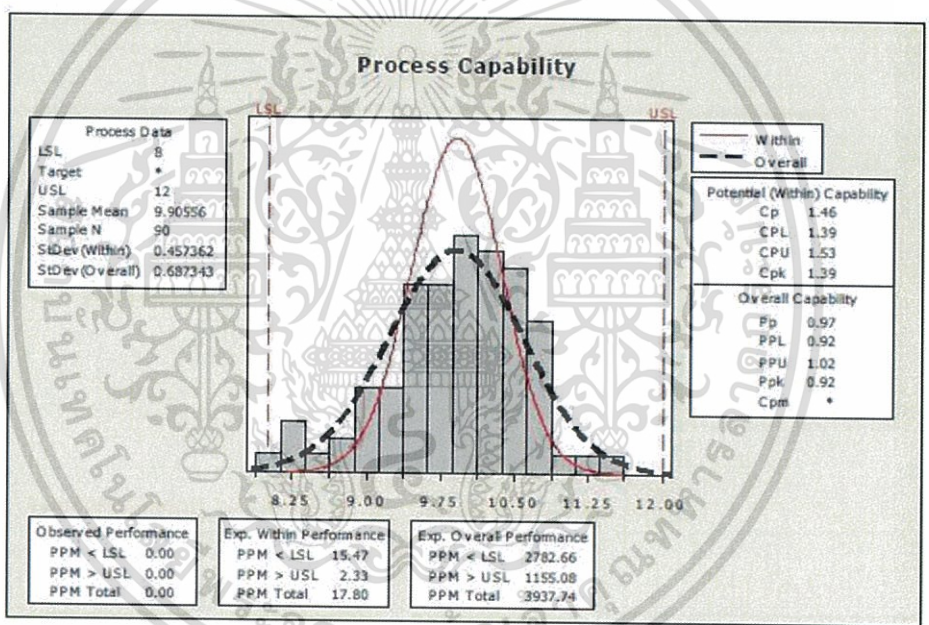
- $Cpk/Ppk < 1$ กระบวนการมีขีดความสามารถที่ไม่ดี ควรได้รับการปรับปรุง
 - $1 < Cpk/Ppk < 1.33$ Gray Zone อาจพอรับได้ถ้ากระบวนการนั้นควบคุมได้ยากหรือมีความจำกัดด้านเทคโนโลยี อย่างไรก็ตามถ้าเป็นไปได้ควรปรับปรุงกระบวนการ
 - $Cpk/Ppk > 1.33$ กระบวนการมีขีดความสามารถอยู่ในเกณฑ์ที่ดี
 - $Cpk/Ppk > 2$ คุณภาพระดับ World Class Quality หรือ Six Sigma Quality
- นอกจากนี้ลูกค้บางรายอาจตั้งความคาดหวังว่ากระบวนการควรมีขีดความสามารถที่สูง เช่น Cpk ควรมีค่ามากกว่า 1.67 และ Ppk ควรมีค่ามากกว่า 1.33 เป็นที่สังเกตว่าความแตกต่างดังกล่าวคือการเพื่อให้กระบวนการเกิดความไม่เสถียรภาพอยู่บ้าง

ตัวอย่างและการตีความ

ข้อมูลดังตารางที่ 2.1 ซึ่งมี Specification คือ 10 ± 2 ข้อมูลดังกล่าวถูกเก็บเป็น Subgroup = 3 แล้วถูกนำมาวิเคราะห์ขีดความสามารถของกระบวนการและสร้าง Control Chart ดังรูปที่ 2.1 และ 2.2

Sub group	1	2	3	Sub group	1	2	3	Sub group	1	2	3
1	10.3	10.4	9.7	11	10.5	10.2	10.7	21	9.3	9.6	9.9
2	10.8	9.9	10.2	12	11.6	10.6	10.4	22	10	10.1	9.1
3	10.4	9.8	10.2	13	10.9	11.2	10.2	23	9.6	10.2	10.1
4	10.8	9.3	10.5	14	10.6	10.4	10.8	24	9.1	8.2	9.6
5	9.5	9.9	9.6	15	10.5	10.8	10.3	25	9.6	9.4	8.1
6	9.8	9.8	10	16	10.8	9.8	10	26	8.2	9	8.9
7	10.3	9.7	8.7	17	9.9	10.3	10.1	27	8.2	9.4	9.3
8	10.3	10.2	10.2	18	10.7	10.2	10	28	8.8	8.5	9.1
9	9.8	9.6	9.4	19	10.1	10.5	9.9	29	9.5	9.2	9.3
10	10.4	9.7	9.7	20	10.4	9.7	9.9	30	10.8	9.8	10.7

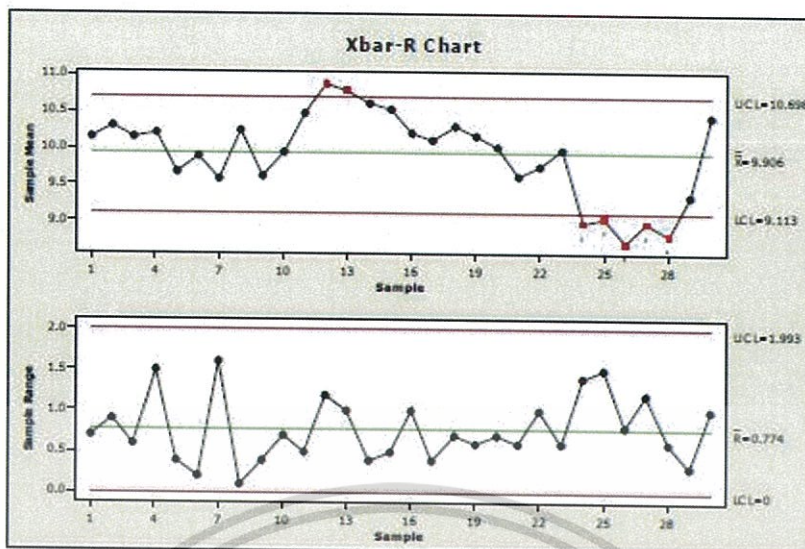
ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงข้อมูลตัวอย่าง



รูปที่ 2.3 การวิเคราะห์ขีดความสามารถของกระบวนการ

จากรูปที่ 2.3 ค่า Cpk = 1.39 แสดงว่าในระยะสั้นกระบวนการมีขีดความสามารถที่ค่อนข้างดี อย่างไรก็ตามเมื่อเวลาผ่านไป กระบวนการถูกรบกวนจากปัจจัยบางอย่างทำให้กระบวนการไร้เสถียรภาพ (out-of-control) ดังรูปที่ 2.4 จะเห็นว่าจุดซึ่งออกนอกขีดควบคุม (control limit) ถึง 6 จุด สภาพดังกล่าวส่งผลให้ Ppk มีค่าเหลือเพียง 0.92 ซึ่งแสดงว่ากระบวนการมีขีดความสามารถที่ไม่ดีนักในระยะยาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 SPC ของข้อมูลจาก ตารางที่ 2.1

สาเหตุการคำนวณค่าได้ไม่ตรงกัน

ประการแรกคือ หลายคนในวงการอุตสาหกรรมพบได้บ่อยคือ ค่าจำนวนค่า Cpk และ Ppk ได้ไม่ตรงกันปัญหานี้แม้จะไม่หนักหนาแต่ก็ทำให้ผู้เกี่ยวข้องเกิดความไม่แน่ใจในวิธีการคำนวณขึ้นมาได้ สาเหตุของปัญหานี้เกิดจากการมีแนวทางในการประมาณค่า Within และ Overall Standard Deviation ได้หลายแบบดังตารางที่ 2.1 ผลก็คือจะทำให้การคำนวณจากวิธีการต่างๆ อาจได้ค่าของ Cpk และ Ppk ต่างกันไปบ้างเล็กน้อย เมื่อเกิดปัญหาดังกล่าวสามารถทำได้โดยการตรวจสอบสูตรที่ใช้ในการคำนวณดังกล่าว อย่างไรก็ตามโดยทั่วไปผลการคำนวณที่ออกมาจะไม่ต่างกันมากนัก

ประการที่ 2 : เมื่อกระบวนการไม่มีเสถียรภาพจะคำนวณยังไงดี ในตำราบางเล่มกำหนดว่า นิยามของ Cpk และ Ppk ให้คำนวณจากข้อมูลที่ได้จากกระบวนการที่มีเสถียรภาพ คือ ไม่ควรมีจุดที่ Out-of-Control อย่างไรก็ตามบางครั้งเราได้ข้อมูล เช่น จากตารางที่ 2.1 เป็นข้อมูลที่ได้จากกระบวนการที่ไม่มีเสถียรภาพ ปัญหาที่คือถ้าเป็นเช่นนั้น เราจะคำนวณ Cpk และ Ppk อย่างไร ผู้เชี่ยวชาญบางท่านเสนอให้ตัดจุดที่เกิด Out-of-Control ออกแล้วจึงคำนวณ Cpk และ Ppk ใหม่ ปัญหาคือ อาจได้ Cpk และ Ppk ใหม่ซึ่งมิได้สะท้อนขีดความสามารถของกระบวนการที่แท้จริง ซึ่งอาจทำให้การประเมินกระบวนการผิดพลาดได้ อย่างไรก็ตามผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นว่า เราสามารถคำนวณ Cpk และ Ppk ได้แม้ว่ากระบวนการจะไม่มีเสถียรภาพหรือมีจุดที่ Out-of-Control จากนิยามของ Cpk/Ppk จะได้ว่ากระบวนการที่ขาดเสถียรภาพจะมีแนวโน้มที่จะได้ค่า Ppk ต่ำกว่า Cpk ในขณะที่กระบวนการที่มีเสถียรภาพจะมีแนวโน้มที่จะได้ค่า Cpk และ Ppk ใกล้เคียงกัน

2.4 แผนผังก้างปลา หรือแผนผังสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram)[4]

แผนผังสาเหตุและผลเป็นแผนผังที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างปัญหา (Problem) กับสาเหตุทั้งหมดที่เป็นไปได้ที่อาจก่อให้เกิดปัญหานั้น (Possible Cause) เราอาจคุ้นเคยกับแผนผังสาเหตุและผล ในชื่อของ “ผังก้างปลา (Fish Bone Diagram)” เนื่องจากหน้าตาแผนภูมิมีลักษณะเอกสสารนี้เป็นเอกสสารที่สว่นไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คล้ายปลาที่เหลือแต่ก้าง หรือหลายๆ คนอาจรู้จักในชื่อของแผนผังอิชิกาวา (Ishikawa Diagram) ซึ่งได้รับการพัฒนาครั้งแรกเมื่อปี ค.ศ. 1943 โดย ศาสตราจารย์คาโอริ อิชิกาวา แห่งมหาวิทยาลัยโตเกียว

ใช้แผนผังก้างปลาเมื่อไหร่จึงจะเหมาะสม

- 1) เมื่อต้องการค้นหาสาเหตุแห่งปัญหา
- 2) เมื่อต้องการทำการศึกษ ทำความเข้าใจ หรือทำความเข้าใจกับกระบวนการอื่น ๆ เพราะว่าโดยส่วนใหญ่พนักงานจะรู้ปัญหาเฉพาะในพื้นที่ของตนเท่านั้น แต่เมื่อมีการ ทำผังก้างปลาแล้ว จะทำให้เราสามารถรู้กระบวนการของแผนกอื่นได้ง่ายขึ้น
- 3) เมื่อต้องการให้เป็นแนวทางใน การระดมสมอง ซึ่งจะช่วยให้ทุกๆ คนให้ความสนใจในปัญหาของกลุ่มซึ่งแสดงไว้ที่หัวปลา

วิธีการสร้างแผนผังสาเหตุและผลหรือผังก้างปลา

สิ่งสำคัญในการสร้างแผนผัง คือ ต้องทำเป็นทีม เป็นกลุ่ม โดยใช้ขั้นตอน 6 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

- 1) กำหนดประโยคปัญหาที่หัวปลา
- 2) กำหนดกลุ่มปัจจัยที่จะทำให้เกิดปัญหานั้นๆ
- 3) ระดมสมองเพื่อหาสาเหตุในแต่ละปัจจัย
- 4) หาสาเหตุหลักของปัญหา
- 5) จัดลำดับความสำคัญของสาเหตุ
- 6) ใช้แนวทางการปรับปรุงที่จำเป็น

การกำหนดปัจจัยบนก้างปลา

เราสามารถที่จะกำหนดกลุ่มปัจจัยอะไรก็ได้ แต่ต้องมั่นใจว่ากลุ่มที่เรากำหนดไว้เป็นปัจจัยนั้นสามารถที่จะช่วยให้เราแยกแยะและกำหนดสาเหตุต่างๆ ได้อย่างเป็นระบบ และเป็นเหตุเป็นผล โดยส่วนมากมักจะใช้หลักการ 4M 1E เป็นกลุ่มปัจจัย (Factors) เพื่อจะนำไปสู่การแยกแยะสาเหตุต่างๆ ซึ่ง 4M 1E นี้มาจาก

- M – Man คนงาน หรือพนักงาน หรือบุคลากร
- M – Machine เครื่องจักรหรืออุปกรณ์อำนวยความสะดวก
- M – Material วัตถุดิบหรืออะไหล่ อุปกรณ์อื่นๆ ที่ใช้ในกระบวนการ
- M – Method กระบวนการทำงาน

E – Environment อากาศ สถานที่ ความสว่าง และบรรยากาศการ – ทำงาน

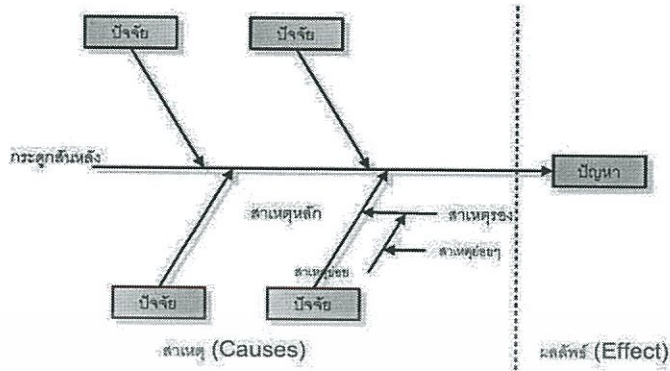
แต่ไม่ได้หมายความว่า การกำหนดก้างปลาจะต้องใช้ 4M 1E เสมอไป เพราะหากเราไม่ได้อยู่ในกระบวนการผลิตแล้ว ปัจจัยนำเข้า (input) ในกระบวนการก็จะเปลี่ยนไป เช่น ปัจจัยการนำเข้าเป็น 4P ได้แก่ Place , Procedure, People และ Policy หรือเป็น 4S Surrounding, Supplier, System และ Skill ก็ได้ หรืออาจจะเป็น MILK Management,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

การกำหนดหัวข้อปัญหาที่หัวปลา

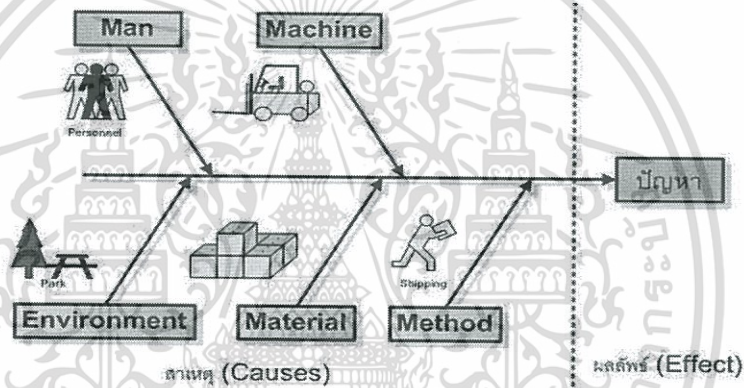
การกำหนดหัวข้อปัญหาควรกำหนดให้ชัดเจนและมีความเป็นไปได้ ซึ่งหากเรากำหนดประโยคปัญหานี้ไม่ชัดเจนตั้งแต่แรกแล้ว จะทำให้เราใช้เวลามากในการค้นหา สาเหตุ และจะใช้เวลานานในการทำผังก้างปลา การกำหนดปัญหาที่หัวปลา เช่น อัตราของเสีย อัตราชั่วโมงการทำงาน

ของคนที่ไม่มีประสิทธิภาพ อัตราการเกิดอุบัติเหตุหรืออัตราต้นทุนต่อสินค้าหนึ่งชิ้น เป็นต้น ซึ่งจะไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เห็นได้ว่า ควรกำหนดหัวข้อปัญหาในเชิงลบเทคนิคการระดมความคิดเพื่อจะได้ก้างปลาที่ละเอียดสวยงาม คือ การถาม ทำไม ทำไม ทำไม ในการเขียนแต่ละก้างย่อยๆ



รูปที่ 2.5 ภาพแสดงโครงสร้างของแผนภูมิ ก้างปลา



รูปที่ 2.6 ภาพแสดงตัวอย่างของแผนภูมิ ก้างปลา

ผังก้างปลาประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังต่อไปนี้

ส่วนปัญหาหรือผลลัพธ์ (Problem or Effect) ซึ่งจะแสดงอยู่ที่หัวปลา

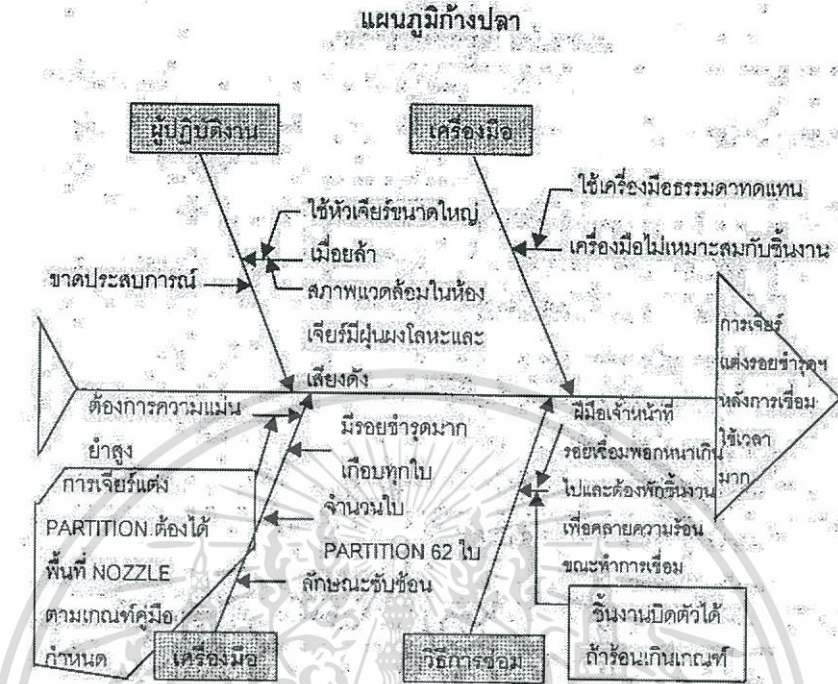
ส่วนสาเหตุ (Causes) จะสามารถแยกย่อยออกได้อีกเป็น

- ปัจจัย (Factors) ที่ส่งผลกระทบต่อปัญหา (หัวปลา)
- สาเหตุหลัก
- สาเหตุย่อย

ซึ่งสาเหตุของปัญหา จะเขียนไว้ในก้างปลาแต่ละก้าง ก้างย่อยเป็นสาเหตุของก้างรองและก้างรองเป็นสาเหตุของก้างหลัก เป็นต้น

หลักการเบื้องต้นของแผนภูมิ ก้างปลา (fishbone diagram) คือการใส่ชื่อของปัญหาที่ต้องการวิเคราะห์ ลงทางด้านขวาสุดหรือซ้ายสุดของแผนภูมิ โดยมีเส้นหลักตามแนวยาวของกระดูกสันหลัง จากนั้นใส่ชื่อของปัญหาย่อย ซึ่งเป็นสาเหตุของปัญหาหลัก 3 – 6 หัวข้อ โดยลากเป็นเส้นก้างปลา (sub-bone) ทำมุมเฉียงจากเส้นหลัก เส้นก้างปลาแต่ละเส้นให้ใส่ชื่อของสิ่งที่ทำให้เกิดปัญหานั้นขึ้นมา ระดับของปัญหาสามารถแบ่งย่อยลงไปได้อีก ถ้าปัญหานั้นยังมีสาเหตุที่เป็นองค์ประกอบย่อยลงไปอีก โดยทั่วไปมักจะมีการแบ่งระดับของสาเหตุย่อยลงไปมากที่สุด 4 – 5 ระดับ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อมีข้อมูลในแผนภูมิที่สมบูรณ์แล้ว จะทำให้มองเห็นภาพขององค์ประกอบทั้งหมด ที่จะเป็นสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้น



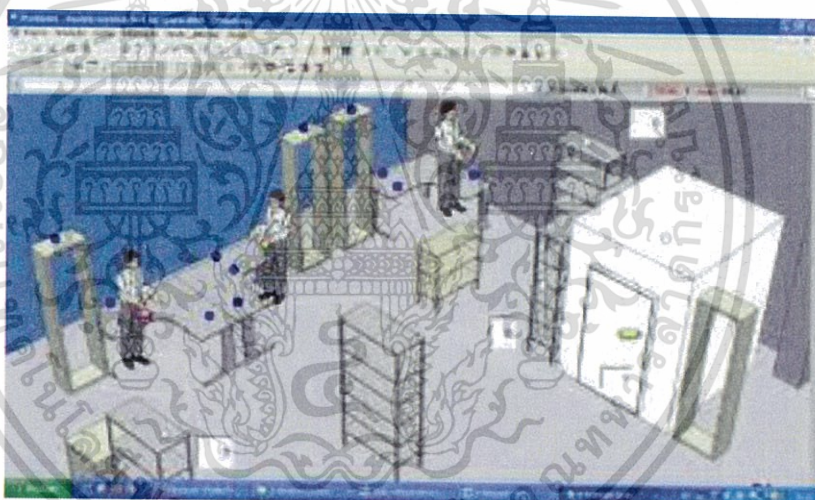
รูปที่ 2.7 ภาพแสดงตัวอย่างของการวิเคราะห์แบบแผนภูมิแก๊งปลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 โปรแกรม Pro model [5]

ที่จะช่วยให้วิศวกรสามารถออกแบบและปรับปรุงระบบการผลิต (Production Line System), ระบบการขนถ่ายวัสดุ (Material Handling System), ระบบโลจิสติกส์ (Logistic) และอื่น ๆ อีกมากมาย ให้มีประสิทธิภาพสูงสุดภายใต้เงื่อนไขต่าง ๆ ก่อนที่จะดำเนินการใด ๆ ลงไป ซึ่งจะส่งผลทำให้ลดความเสี่ยงในการตัดสินใจผิดพลาดลงไปได้ โดยไม่ต้องลองผิดลองถูกกับสถานการณ์จริง ทำให้ไม่ต้องเสี่ยงต่อการสูญเสียเงินในการลงทุน สูญเสียเวลาในการลองผิดลองถูก หรือสูญเสียทรัพยากรต่างๆไป โดยปราศจากข้อมูลที่ชัดเจน Simulation จะช่วยให้วิศวกรผู้ออกแบบระบบ รู้ผลลัพธ์ที่จะเกิดขึ้นก่อนตัดสินใจที่จะดำเนินการใดๆ ลงไป

โปรแกรม Pro Model เป็นโปรแกรมที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย ในหลากหลายอุตสาหกรรม และเกือบทุกอุตสาหกรรมผู้บริหารใช้เป็นเครื่องมือในการสนับสนุนการตัดสินใจในการดำเนินการต่าง ๆ เช่น อุตสาหกรรมรถยนต์, อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์, อุตสาหกรรมขนส่ง, อุตสาหกรรมการให้บริการ, อุตสาหกรรมการบิน และอื่น ๆ อีกมากมาย ที่นำโปรแกรม Pro Model ไปใช้ในการออกแบบ และปรับปรุงระบบการทำงาน



รูปที่ 2.8 ภาพแสดงตัวอย่างโปรแกรมโปรโมเดล

2.6 การจำลองสถานการณ์ (Simulation) [6]

เป็นการรวบรวมวิธีการต่างๆที่ใช้จำลองสถานการณ์จริงหรือพฤติกรรมของระบบ ต่างๆมาไว้บนคอมพิวเตอร์โดยการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Software) เข้ามาช่วย เพื่อที่จะศึกษาการไหลของกิจกรรมในรูปแบบต่างๆ โดยมีการเก็บข้อมูล และทำการวิเคราะห์หารูปแบบที่ถูกต้องจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อปรับปรุงใน อนาคต

เนื่องจากในการปฏิบัติงานจริงไม่สามารถที่จะทำการทดลองหรือปรับเปลี่ยน กระบวนการทำงานได้จนกว่าจะมองเห็นถึงประโยชน์ที่จะได้รับ อาทิเช่น การขจัดปัญหาที่อยู่นอกเหนือความคาดหมายที่เกิดขึ้น ทำให้กระบวนการผลิตช้าลง ดังนั้นการจำลองสถานการณ์ (Simulation) จะช่วยให้สามารถวิเคราะห์สภาพที่เป็นอยู่ในปัจจุบันของระบบ และช่วยหาแนวทางหรือทางเลือก (Scenario) ที่เหมาะสม ก่อนนำไปใช้กับสถานการณ์หรือการปฏิบัติงานจริง ซึ่งจะช่วยให้ลดความเสี่ยงว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เสี่ยงในการเกิดความผิดพลาด หรือความล้มเหลวได้ นอกจากนี้ยังช่วยให้ประหยัดทั้งค่าใช้จ่าย และเวลาได้อีกทางด้วย

ในปัจจุบันนี้การจำลองสถานการณ์เป็นที่นิยมอย่างมาก เนื่องจากระบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง จึงทำให้การจำลองสถานการณ์สามารถนำมาไปประยุกต์ใช้ได้กับหลากหลายอุตสาหกรรม อาทิเช่น อุตสาหกรรมในโรงงาน, การขนส่ง, การกระจายสินค้าหรือแม้กระทั่งการให้บริการทางธุรกิจต่างๆ เช่น ธนาคาร โรงพยาบาล เป็นต้น

จากประสบการณ์ของผู้เชี่ยวชาญการจำลองสถานการณ์ พบว่าสิ่งสำคัญหรือข้อดีของการจำลองสถานการณ์คือมีความสมเหตุสมผล และสามารถพิสูจน์ได้ภายใต้ปัจจัยการนำเข้า (Input) และนำมาเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ (Output) ที่ระบบประมวลออกมา

การจำแนกประเภทของสถานการณ์จำลอง (Simulation Classification) ออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1) Static และ Dynamics

- Static คือ การเกิดของเหตุการณ์ในระบบการทำงาน ที่คงที่กับเวลาเสมอ

- Dynamic คือ การเปลี่ยนแปลงของเวลาจะมีความสำคัญและมีผลกระทบต่อเหตุการณ์ต่างๆหรือตัวแปรที่กำลังสนใจ

2) Continuous และ Discrete

- Continuous คือ สภาวะการณ์ของระบบที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้อย่างต่อเนื่องตลอดเวลา

- Discrete คือ สภาวะการณ์ของระบบที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ ณ จุดหนึ่งจุดใดของเวลา โดยมีความน่าจะเป็น (Probability) เข้ามาเกี่ยวข้อง

3) Deterministic และ Stochastic

- Deterministic คือ เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นทั้งหมดจะเกิดขึ้นภายใต้กฎเกณฑ์ที่แน่นอนและได้มีการกำหนดเวลาที่แน่นอน

- Stochastic คือ เวลาจะมีผลกระทบมาจากความน่าจะเป็นหรือความแปรปรวนจากการมาของเวลาที่ไม่คงที่

การประยุกต์ใช้ Simulation Model มี 11 ขั้นตอนดังนี้

1) ศึกษาปัญหา (Problem Formulation)

2) สร้างโมเดล (Model Building)

3) เก็บรวบรวมข้อมูล (Data Collecting)

4) สร้างตัวแปร (Coding)

5) พิสูจน์โมเดล (Verification)

6) พิสูจน์ผลว่าสามารถใช้ได้หรือไม่ (Validation)

7) ออกแบบการทดลอง (Experimental Design)

8) ทำการประมวลผล (Production Runs)

9) วิเคราะห์ผล (Analysis of Results)

10) แปลงและแสดงผลรายงาน (Document Program และ Report Results)

11) ดำเนินการ (Implementation)

ปัจจุบันโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการสร้างสถานการณ์จำลอง (Simulation Packages)

จะแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ Simulation languages และ Application-Oriented Simulator ข้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นใจซึ่งข้อนี้แล้วไม่ควรนำเอกสารนี้ไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้เปรียบของ Simulation languages คือ มีความยืดหยุ่นมากกว่า Application-Oriented Simulator แต่การใช้งานจะทำได้ยากกว่า Application-Oriented Simulator

2.7 ระบบงาน

กลไกสำคัญหนึ่งในการจำลองแบบปัญหาอยู่ที่แบบจำลอง การจะสร้างแบบจำลองได้ผู้สร้างต้องมีความเข้าใจในระบบงานจริงเป็นอย่างดี ระบบงาน หมายถึง กลุ่มขององค์ประกอบ (Elements) ที่มีความสัมพันธ์ โดยที่ความหมายของระบบงานจะบอกเฉพาะว่ามีลักษณะอย่างไรโดยไม่ได้บอกรูปร่างหน้าตาที่แน่ชัด ดังนั้นเมื่อศึกษาระบบงานใดจำเป็นต้องบอกรูปร่างหน้าตาที่ชัดเจนของระบบงานที่กำลังศึกษา ซึ่งมักจะบอกโดยกำหนดขอบเขตของระบบงาน (System Boundaries) คือ กำหนดองค์ประกอบของระบบ แสดงความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบและกำหนดองค์ประกอบอื่นๆที่อยู่นอกระบบแต่มีผลกระทบต่อการทำงานของระบบ องค์ประกอบอื่นๆนอกระบบเรียกว่าสิ่งแวดล้อมระบบงาน (System Environment) องค์ประกอบต่างๆทั้งในและนอกระบบงานจะมีลักษณะเฉพาะตัว (Attributes) ที่ทำให้เกิดกิจกรรม (Activities) ภายใต้เงื่อนไขบางประการซึ่งก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสถานภาพระบบงาน (System Status) ดังนั้นนอกจากการกำหนดขอบเขตของระบบงานแล้วจะต้องมีการกำหนดลักษณะเฉพาะตัวขององค์ประกอบกิจกรรมที่จะเกิดขึ้นจากองค์ประกอบเหล่านี้ด้วยการเปลี่ยนแปลงสถานภาพของระบบงานอันเนื่องมาจากกิจกรรมขององค์ประกอบแสดงดังตาราง

ตารางที่ 2.2 แสดงองค์ประกอบ ลักษณะเฉพาะตัว และกิจกรรมของระบบการกำหนดงานผลิต

องค์ประกอบ	ลักษณะเฉพาะตัว	กิจกรรม
คนงาน	ความชำนาญ เงินเดือน ความสามารถในการผลิต ชื่อหรือหมายเลข ฯลฯ	ทำงาน หยุดงาน
วัตถุดิบ	ชนิด คุณภาพ ราคา จำนวนที่มีอยู่ ฯลฯ	การถูกเปลี่ยนรูป
เครื่องจักร	ประเภท ชัดความสามารถในการผลิต หมายเลข สภาพเครื่อง ฯลฯ	ทำงาน หยุดงาน
ใบสั่งผลิต	ปริมาณที่ต้องผลิต ความสำคัญก่อนหลัง กำหนดส่งงาน สถานภาพ ฯลฯ	อยู่ระหว่างการผลิต

ตารางที่ 2.2 ตารางแสดงองค์ประกอบ

ประเภทของระบบงาน

1) ระบบต่อเนื่องหรือระบบเป็นช่วง (Continuous versus Discrete Systems)

พิจารณาจากพฤติกรรมของการเปลี่ยนสถานภาพของระบบเทียบกับเวลา ถ้าการเปลี่ยนสถานภาพของระบบเป็นการเปลี่ยนไปตามเวลาอย่างต่อเนื่อง ระบบงานนั้นก็จะเป็นระบบต่อเนื่อง แต่ถ้าการเปลี่ยนสถานภาพของระบบเกิดขึ้นในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งไม่ต่อเนื่อง ระบบงานนั้นก็จะเป็นระบบเป็นช่วง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ระบบตายตัวหรือระบบไม่แน่นอน (Deterministic versus Stochastic Systems)

ระบบตายตัว หมายถึง ระบบซึ่งการเปลี่ยนแปลงสถานภาพที่ระดับใหม่สามารถอธิบายจากสถานภาพและกิจกรรมที่ระดับก่อน ระบบไม่แน่นอน หมายถึง ระบบที่มีการเปลี่ยนสถานภาพแบบสุ่มบางกรณีสามารถหาความน่าจะเป็นการเปลี่ยนแปลงสถานภาพ ถ้าให้ S_i หมายถึง สถานภาพของระบบ

2.8 แบบจำลอง

แบบจำลอง หมายถึง ตัวแทนของวัตถุ ระบบ หรือแนวคิดลักษณะใดลักษณะหนึ่งแบบจำลองอาจนำไปใช้งานในหลายลักษณะดังนี้

- 1) เป็นเครื่องช่วยคิด (An aid to thought) เช่น แบบจำลองโครงข่าย (Network Model) ช่วยทำให้ผู้สร้างแบบจำลองได้มองเห็นว่าจะมีกิจกรรมอะไรที่ต้องทำบ้างและทำกิจกรรมอะไรก่อนหรือหลัง
- 2) เป็นเครื่องสื่อความหมาย (An aid to communication) แบบจำลองจะช่วยให้เข้าใจพฤติกรรมของระบบงานและช่วยให้สามารถอธิบายพฤติกรรม ปัญหา และการแก้ปัญหาของระบบงาน
- 3) เป็นเครื่องช่วยสอนและฝึกอบรม (Purpose of training and instruction) เช่น แบบจำลองเครื่องควบคุมการบิน ช่วยให้นักบินเข้าใจและคุ้นเคยกับระบบการควบคุมเครื่องบินจริงก่อนขึ้นฝึกบินจริง
- 4) เป็นเครื่องมือสำหรับการทำนาย (A tool for prediction) แบบจำลองช่วยให้เข้าใจพฤติกรรมของระบบงาน ผู้สร้างแบบจำลองจึงสามารถคาดคะเนหรือทำนายได้ว่าเมื่อมีเหตุการณ์ที่มีผลกระทบต่อองค์ประกอบของระบบเกิดขึ้นจะมีผลอะไรเกิดขึ้นในระบบ
- 5) เป็นเครื่องมือสำหรับการทดลอง (An aid to experimentation) โดยที่แบบจำลองเป็นสิ่งซึ่งสร้างขึ้นแทนระบบงานจริง กรณีที่ต้องการทดลองเงื่อนไขต่างๆแต่ทำไม่ได้ก็จะนำเงื่อนไขนั้นๆ มาทดลองกับแบบจำลองดูว่าจะให้ผลอย่างไร เพื่อการตัดสินใจว่าควรจะนำเงื่อนไขนั้นใช้ระบบงานจริงหรือไม่

ก) ประเภทของแบบจำลอง

การจำลองแบบปัญหาสามารถจำแนกประเภทตามคุณลักษณะพิเศษดังนี้

- 1) แบบจำลองทางกายภาพ (Physical or Iconic Model) เป็นแบบจำลองที่มีรูปร่างหน้าตาเหมือนระบบงานจริง อาจมีขนาดเท่ากับของจริงหรือมีขนาดที่เล็กกว่าหรือใหญ่กว่า (Scaled Models) อาจเป็นแบบจำลองของระบบงานจริงในมิติใดมิติหนึ่ง (Dimension) หรือทั้งสามมิติ
- 2) เกมการบริหาร (Management Games) เป็นแบบจำลองการตัดสินใจ (Decision Model) ในกิจกรรมต่างๆ ใช้แสดงผลเมื่อมีการตัดสินใจแบบต่างๆเพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับการตัดสินใจ
- 3) แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ (Computer Simulation Model) เป็นแบบจำลองที่อยู่ในรูปของคอมพิวเตอร์โปรแกรม ซึ่งก่อนนั้นแบบจำลองอาจอยู่ในรูปของแบบจำลองประเภทหนึ่งประเภทใด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) คือใช้สัญลักษณ์ ฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์แทนองค์ประกอบในระบบงานจริง เช่น ให้ X แทนค่าใช้จ่ายในการผลิต Y แทนจำนวนสินค้าที่ผลิต

ข) โครงสร้างของแบบจำลอง

1) องค์ประกอบ (Components) ในทุกระบบงานประกอบไปด้วยองค์ประกอบในแบบจำลองที่ใช้แทนระบบงานก็จะต้องประกอบไปด้วยองค์ประกอบที่จำเป็นสำหรับการทำงานของระบบงาน

2) ตัวแปรและพารามิเตอร์ (Variables and Parameters) พารามิเตอร์ คือ ค่าคงที่ซึ่งผู้ใช้แบบจำลองเป็นผู้กำหนดให้ อาจเป็นค่าที่กำหนดขึ้นเองเพื่อศึกษาผลที่เกิดขึ้นจากค่าของพารามิเตอร์นั้น หรือเป็นค่าที่วัดหรือประเมินได้จากข้อมูล ส่วนตัวแปรนั้นเป็นค่าที่ผันแปรมีค่าได้หลายค่าตามสถานะจริงของการใช้งาน จำแนกได้เป็นสองประเภท คือ ตัวแปรจากภายนอก (Exogenous Variables) หรือตัวแปรนำเข้า (Input Variables) หมายถึง ตัวแปรจากภายนอกระบบซึ่งเข้ามามีผลกระทบต่อสมรรถนะของระบบหรือเป็นตัวแปรที่เป็นผลเนื่องมาจากปัจจัยภายนอกระบบและตัวแปรภายใน (Endogenous Variables) หมายถึง ตัวแปรที่เกิดขึ้นภายในระบบ ตัวแปรภายในอาจอยู่ในลักษณะตัวแปรสถานะภาพ (Status Variables) ซึ่งเป็นตัวแปรที่ใช้บอกสภาพหรือเงื่อนไขของระบบหรืออยู่ในลักษณะของตัวแปรนำออก (Output Variables) ซึ่งก็คือผลที่ได้จากการใช้งานระบบในทางสถิติ ตัวแปรภายนอก หรือตัวแปรอิสระ (Independent Variables) และตัวแปรภายในคือตัวแปรตาม (Dependent Variables)

3) ฟังก์ชันความสัมพันธ์ (Functional Relationships) คือ ฟังก์ชันที่ใช้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรกับพารามิเตอร์ โดยที่ฟังก์ชันความสัมพันธ์นี้อาจอยู่ในลักษณะแน่นอนตายตัว (Deterministic) ซึ่งเป็นลักษณะที่เมื่อใส่ข้อมูลนำเข้าจะสามารถหาได้ว่าผลลัพธ์จะเป็นเท่าไรแน่นอนและอาจอยู่ในลักษณะไม่แน่นอน (Stochastic) ซึ่งเมื่อใส่ข้อมูลนำเข้าให้กับฟังก์ชันไม่แน่ว่าจะได้ผลลัพธ์ออกมาเท่าไร ลักษณะของฟังก์ชันความสัมพันธ์มักจะถูกอยู่ในรูปของสมการทางคณิตศาสตร์เช่น $Y = 4 + 0.7X$ ซึ่งฟังก์ชันความสัมพันธ์เหล่านี้อาจหาได้จากสมมติฐานหรือประเมินจากข้อมูลร่วมกับวิธีทางสถิติหรือทางคณิตศาสตร์

4) ขอบข่ายจำกัด (Constraints) คือ ข้อจำกัดของค่าของตัวแปรต่างๆ ซึ่งอาจเป็นข้อจำกัดที่ผู้ใช้แบบจำลองเป็นผู้กำหนด เช่น ข้อจำกัดของทรัพยากรต่างๆ ที่มีอยู่ของระบบ ข้อจำกัดของปริมาณที่ผลิตได้ หรือเป็นข้อจำกัดของระบบงานจริงโดยธรรมชาติ เช่น เราไม่อาจจำหน่ายสินค้าได้มากกว่าปริมาณที่ผลิตได้ ของไหลไหลจากที่สูงลงสู่ที่ต่ำ

5) ฟังก์ชันเป้าหมาย (Criterion Function) หมายถึง ข้อความ (Statement) ที่บอกเป้าหมาย (Goals) หรือวัตถุประสงค์ (Objectives) ของระบบงานและวิธีประเมินผลตามเป้าหมาย วัตถุประสงค์ของระบบงานอาจแบ่งได้เป็นสองประเภท คือ การคงสภาพของระบบงาน (Retentive) ซึ่งเป็นวัตถุประสงค์ที่จะทำให้ระบบสามารถคงสภาพการใช้ทรัพยากร เช่น เวลา พลังงาน ความชำนาญ ฯลฯ หรือคงสภาพของระบบ เช่น ความสะดวกสบาย ความปลอดภัย ฯลฯ และวัตถุประสงค์ประเภทการแสวงหา (Acquisitive) ซึ่งเป็นวัตถุประสงค์ที่จะทำให้ระบบสามารถเพิ่มทรัพยากรต่างๆ เช่น กำไร ลูกค้า ฯลฯ หรือเปลี่ยนแปลงสถานะภาพของระบบ เช่น ได้ส่วนแบ่งของตลาดเพิ่มขึ้น

ค) ข้อได้เปรียบของการใช้แบบจำลองปัญหา

การจำลองปัญหานั้นเป็นเครื่องมือ ซึ่งใช้บอกผลต่างๆอันจะเกิดจากระบบภายใต้เงื่อนไขต่างๆผลที่ได้จากการจำลองแบบปัญหานั้นอาจนำไปใช้งานได้โดยตรงหรืออาจจะต้องนำไปวิเคราะห์ต่อการจำลองแบบปัญหานั้นเป็นวิธีการหนึ่ง ที่อาจใช้ช่วยในการแก้ปัญหาในการดำเนินงานของระบบงานได้ ดังนั้นเมื่อมีปัญหาเกิดขึ้นจึงต้องวิเคราะห์ปัญหานั้นๆเสียก่อนว่าควรจะใช้เครื่องมือใดเข้าไปช่วยแก้ปัญหา เมื่อเป็นดังนี้จึงมีความจำเป็นที่จะต้องทราบถึงข้อดีข้อเสียของเครื่องมือเพื่อช่วยในการตัดสินใจว่าเครื่องมือที่นั้นๆเหมาะสมเพียงใดในการนำไปใช้แก้ปัญหา โดยที่แบบจำลองนั้นเป็นตัวแทนของระบบงานจริงในเมื่อมีระบบงานจริงอยู่แล้ว สาเหตุที่ไม่ทำการทดลองกับระบบจริงคำตอบอาจสรุปได้เนื่องจากมีข้อดี ดังนี้ (ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ, 2536)

ง) ข้อดีของการใช้แบบจำลองปัญหา

- 1) การทดลองปัญหาโดยการที่ใช้แบบจำลองช่วยลดค่าใช้จ่ายในการแก้ปัญหาเมื่อเทียบกับการทดลองแก้ปัญหาที่ระบบงานจริง
- 2) การที่ทดลองแก้ปัญหาที่ระบบงานจริงอาจทำให้การดำเนินงานของระบบงานจริงขัดข้อง
- 3) การที่จะดำเนินการทดลองแก้ปัญหาที่ระบบงานจริงเป็นการยากที่จะควบคุมเงื่อนไขต่างๆโดยเฉพาะปัจจัยทางด้านมนุษย์
- 4) การทดลองแก้ปัญหาโดยการที่ใช้แบบจำลองช่วยประหยัดเวลาในการแก้ปัญหาเมื่อเทียบกับการทดลองแก้ปัญหาที่ระบบงานจริง
- 5) การทดลองแก้ปัญหาโดยการที่ใช้แบบจำลองสามารถที่จะทำการทดลองกับเงื่อนไขได้หลายรูปแบบในการแก้ปัญหาเมื่อเทียบกับการทดลองแก้ปัญหาที่ระบบงานจริงประโยชน์ที่สำคัญประการหนึ่งของการจำลองแบบปัญหาก็คือ เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสูงสำหรับการศึกษา และฝึกอบรมเกี่ยวกับระบบงานเพราะผู้ทำการทดลองจะสามารถทราบถึงความเป็นไปและการเปลี่ยนแปลงต่างๆภายในระบบงานเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสภาวะแวดล้อม รวมไปถึงองค์ประกอบต่างๆของระบบงานซึ่งจะช่วยให้เข้าใจถึงปัญหาต่างๆที่อาจจะเกิดขึ้นกับระบบงาน รวมทั้งผลที่จะเกิดขึ้นเมื่อมีการนำเอาวิธีการใหม่เข้าไปใช้ในการดำเนินงานของระบบงาน ซึ่งจะทำให้การวางแผนการดำเนินงานมีประสิทธิภาพดีขึ้น

จ) ข้อเสียของการใช้แบบจำลองปัญหา

- 1) การที่จะได้มาซึ่งแบบจำลองที่ดีนั้นจะต้องใช้เวลา และค่าใช้จ่ายจำนวนมากรวมทั้งต้องอาศัยความสามารถอย่างสูงในการเก็บข้อมูล
- 2) แบบจำลองที่ได้มาบางครั้งดูเหมือนว่าสามารถใช้เป็นตัวแทนของระบบงานจริงได้แต่ในความเป็นจริงนั้นอาจไม่ใช่ตัวแทนของระบบนั้นๆและการที่จะบอกได้ว่าแบบจำลองนั้นใช้ได้หรือไม่ใช่เรื่องง่าย
- 3) ข้อมูลที่ได้จากการใช้แบบจำลองไม่มีความแม่นยำและไม่สามารถวัดขนาดของความแม่นยำได้แม้จะทำการวัดความไวของข้อมูลเหล่านั้นก็ไม่สามารถทำให้ข้อเสียข้อนี้หายไป
- 4) การใช้แบบจำลองจะไม่สามารถบอกได้ว่าวิธีการที่ได้เป็นวิธีการที่ดีที่สุด ดังนั้นจึงต้องสร้างแบบจำลอง (Model) หลายๆแบบจำลองเพื่อหาวิธีการแก้ปัญหาที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9 กระบวนการจำลองแบบปัญหา

การออกแบบและการสร้างแบบจำลองในการจำลองแบบปัญหา ไม่มีทฤษฎี หลักเกณฑ์ หรือ สูตรที่แน่นอนตายตัว การออกแบบจำลองต้องอาศัยความรู้ความเข้าใจในโครงสร้างของระบบงานจริง และปัญหาที่เกิดขึ้นอย่างถ่องแท้ นอกจากนี้ยังต้องอาศัยศิลปะในการแปลงลักษณะของโครงสร้างของระบบงานให้อยู่ในลักษณะแบบจำลองที่สามารถนำไปใช้ศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบงานจริง

ก) ขั้นตอนการสร้างแบบจำลอง

- 1) ตั้งปัญหาและการใช้คำจำกัดความของระบบงาน (Problem Formulation and System Definition) เป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุดในการจำลองแบบปัญหา ขั้นตอนนี้เป็นการกำหนดวัตถุประสงค์ของการศึกษาระบบการกำหนดขอบเขต ข้อจำกัดต่างๆ และวิธีการวัดผลของระบบงาน
- 2) สร้างแบบจำลอง (Mode Formulation) จากลักษณะของระบบงานที่ต้องการทำการศึกษาเขียนแบบจำลองที่สามารถอธิบายพฤติกรรมของระบบงานตามวัตถุประสงค์ที่จะศึกษา
- 3) จัดเตรียมข้อมูล (Data Preparation) วิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ ที่จำเป็นสำหรับแบบจำลอง และจัดเตรียมให้อยู่ในรูปแบบที่จะนำไปใช้งานกับแบบจำลองได้
- 4) แปลรูปแบบจำลอง (Model Translation) เป็นการแปลงแบบจำลองให้อยู่ในรูปแบบของโปรแกรมคอมพิวเตอร์
- 5) ทดสอบความถูกต้อง (Validation) เป็นการวิเคราะห์เพื่อช่วยให้ผู้เขียนหรือผู้ใช้แบบจำลองมั่นใจว่าแบบจำลองที่ได้นั้นสามารถแทนระบบงานจริงตามวัตถุประสงค์ของการศึกษาได้
- 6) ออกแบบการทดลอง (Strategic Planning) เป็นการออกแบบการทดลองที่ทำให้แบบจำลองสามารถให้ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์หาผลลัพธ์ตามที่ต้องการ
- 7) วางแผนการใช้งานแบบจำลอง (Tactical Planning) วางแผนว่าจะใช้งานแบบจำลองในการทดลองอย่างไร จึงจะได้ข้อมูลในการวิเคราะห์ผลเพียงพอ (ด้วยระดับความเชื่อมั่นในผลการวิเคราะห์ที่เหมาะสม) เป็นการบอกว่าจะต้องทดลองตามเงื่อนไขดังกล่าวกี่ครั้งจึงจะได้จำนวนข้อมูลที่เหมาะสม
- 8) ดำเนินการทดลอง (Experimentation) เป็นการคำนวณหาข้อมูลต่างๆ ที่ต้องการและความไวของการเปลี่ยนแปลงข้อมูลจากแบบจำลอง
- 9) ตีความผลการทดลอง (Interpretation) จากผลการทดลองจะตีความว่าระบบงานจริงมีปัญหอย่างไรและการแก้ปัญหาจะได้ผลอย่างไร
- 10) นำไปใช้งาน (Implementation) จากผลการทดลองเลือกวิธีการที่จะแก้ปัญหาได้ดีที่สุดไปใช้กับระบบงานจริง
- 11) จัดเป็นเอกสารการใช้งาน (Documentation) เป็นการบันทึกกิจกรรมในการจัดทำแบบจำลองโครงสร้างของแบบจำลอง ซึ่งวิธีการใช้งานและผลที่ได้จากการใช้งานเพื่อประโยชน์สำหรับผู้ที่นำไปใช้งาน และเพื่อประโยชน์ในการปรับปรุงดัดแปลงแบบจำลองเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงระบบ

ข) การทดสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

ความถูกต้องของแบบจำลอง คือความมั่นใจว่าเป็นแบบจำลองที่ถูกต้องใช้งานได้ ความมั่นใจดังกล่าวจะได้มาโดยความเข้าใจระบบงาน ความละเอียดในการตรวจสอบใช้ความเหมาะสมค่าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

องค์ประกอบพฤติกรรมต่างๆขององค์ประกอบ ค่าเชิงปริมาณที่ใช้แทนองค์ประกอบ และความสัมพันธ์ต่างๆ การทดสอบได้มาจากการนำพฤติกรรมของแบบจำลองเทียบกับพฤติกรรมขององค์ประกอบของระบบงานจริง ซึ่งวิธีที่ใช้ในการทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองที่ใช้กันอยู่ประกอบด้วย 3 วิธี คือ

1) การพิสูจน์ยืนยัน (Verification)

การทำให้แน่ใจว่าแบบจำลองมีพฤติกรรมอย่างที่ต้องการซึ่งมีวิธีการที่ใช้ในขั้นตอนนี้ได้แก่

1.1 ถามความเห็นผู้เชี่ยวชาญระบบงานนั้นๆ (Face Validity) ว่าองค์ประกอบ และพฤติกรรมในแบบจำลองสอดคล้องกับระบบงานจริงหรือไม่

1.2 ทดสอบความถูกต้องของกลไกภายในแบบจำลอง (Internal Validity) โดยให้เงื่อนไขแล้ว ดูผลที่ได้หลายๆครั้งว่ามีความแปรปรวนมากน้อยแค่ไหน ถ้ามากก็ไม่ควรจะถูกต้องและควรมีการแก้ไข

1.3 ทดสอบความถูกต้องของตัวแปรและพารามิเตอร์ (Variables-Parameters Validity) เป็นการทดสอบความไว (Sensitivity Testing) การเปลี่ยนแปลงค่าของตัวแปรและพารามิเตอร์ว่ามีผลกระทบต่อผลลัพธ์ที่ได้จากองค์ประกอบในแบบจำลองและแบบจำลองอย่างไร

1.4 การทดสอบความถูกต้องของสมมติฐาน (Hypothesis Validity) ทดสอบทางสถิติว่าผลที่ได้จากแบบจำลองเทียบกับงานจริงในอดีต สามารถยอมรับว่าเหมือนกันโดยมีระดับนัยสำคัญที่ยอมรับได้

2) การทดสอบความถูกต้อง (Validation)

การทดสอบความสอดคล้องระหว่างพฤติกรรมแบบจำลองกับระบบงานจริง โดยเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองกับข้อมูลในอดีตของระบบงานจริง ที่เงื่อนไขของการทำงานที่เหมือนกันการวิเคราะห์การกระทำโดยใช้เทคนิคทางสถิติ ได้แก่

2.1 ทดสอบสมมติฐาน การเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองกับของระบบงานจริง

2.2 ทดสอบสมมติฐานลักษณะการกระจายของความน่าจะเป็นของข้อมูลเทียบกับงานจริง

2.3 ประมาณค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองเทียบกับค่าประมาณของพารามิเตอร์งานจริง

2.4 พยากรณ์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรและพารามิเตอร์ในแบบจำลองเทียบกับงานจริง

3) การวิเคราะห์ปัญหา (Problem Analysis)

การทดลองใช้แบบจำลองพยากรณ์พฤติกรรมต่างๆของระบบงาน เทียบกับพฤติกรรมจริงของระบบงานการวิเคราะห์อาศัยเทคนิคทางสถิติจากวิธีการต่างๆ ช่วยให้ผู้สร้างแบบจำลองมีความมั่นใจในแบบจำลองที่สร้างขึ้นว่าน่าจะใช้แทนระบบงานจริงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

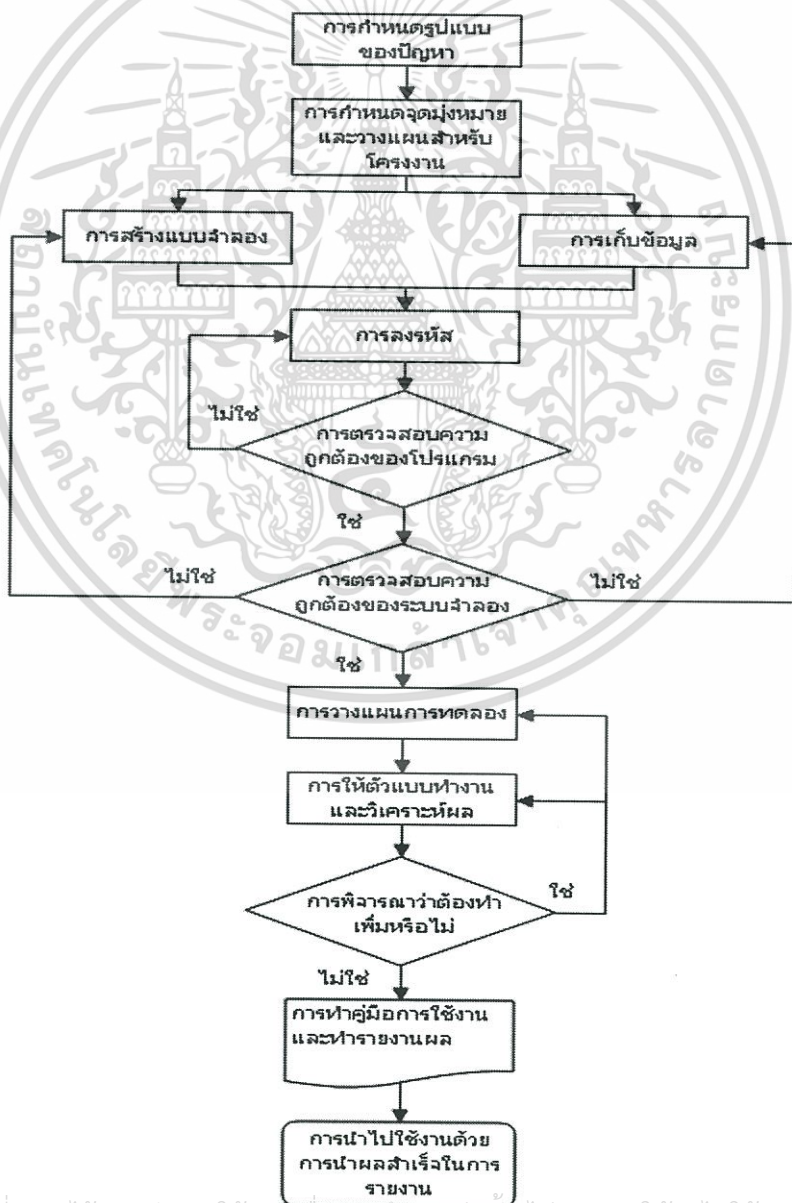
2.10 การจำลองแบบปัญหาด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

การจำลองสถานการณ์ด้วยระบบคอมพิวเตอร์ เป็นการศึกษากระบวนการด้วยแบบจำลองซึ่งอยู่ในรูปของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยการจำลองสถานการณ์นั้นเป็นกระบวนการจำลอง (Model) ของระบบการทำงานจริง (Real system) แล้วดำเนินการใช้แบบจำลองนั้นเพื่อการเรียนรู้พฤติกรรมของระบบงานหรือเพื่อประเมินผลการใช้วิธีการต่างๆ ในการดำเนินงานของระบบภายใต้ข้อกำหนดที่วางไว้การจำลองแบบปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์นี้เป็นที่นิยมใช้ที่สุดของการจำลองแบบปัญหา เพราะสามารถใช้ได้กับปัญหาของระบบงานได้มากมายหลายประเภท ปัจจุบันเป็นเทคนิคที่ได้รับการนำไปใช้อย่างกว้างขวาง หลักการที่ใช้กับการจำลองแบบปัญหาทางคอมพิวเตอร์ จะเป็นหลักการแบบเดียวกับที่ใช้กับการจำลองแบบปัญหาอื่นๆ ความจำเป็นที่จะสร้างเป็นแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์

หรือไม่ขึ้นอยู่กับความยุ่งยากในการคำนวณของปัญหานั้นๆ ไม่โดยที่การจำลองแบบปัญหาทาง

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอมพิวเตอร์จะต้องมีการคำนวณ มีข้อมูลทั้งที่เป็นข้อมูลนำเข้าและผลลัพธ์จากแบบจำลอง และโดยปกติข้อมูลต่างๆในระบบงานจะเป็นข้อมูลซึ่งมีความผันแปรไม่แน่นอนและมีการแปรเปลี่ยนตามเวลา ดังนั้นการจัดเตรียมและการวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆรวมทั้งขั้นตอนต่างๆที่ใช้กับการจำลองแบบปัญหานี้จึงต้องอาศัยวิธีการต่างๆทางสถิติเข้าช่วย โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่นำมาใช้ในการจำลองปัญหานี้มีมากมายให้เลือกใช้ ตัวอย่างเช่น โปรแกรม GPS, Arena, Pro Model, Sigma เป็นต้น ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ได้เลือกใช้โปรแกรม Pro Model มาใช้ในการจำลองแบบปัญหา ซึ่งโปรแกรมอาร์นาเป็นแบบจำลองสถานการณ์ ซึ่งสามารถจำลองสถานการณ์ได้ใกล้เคียงกับระบบงานจริง และยังเป็นโปรแกรมที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับระบบงานได้หลายประเภท ไม่ว่าจะเป็นระบบงานบริการหรือการผลิต นอกจากนี้โปรแกรมอาร์นายังสามารถวิเคราะห์กระบวนการต่างๆได้ เช่น ระบบแถวคอย ระบบกระบวนการผลิต ซึ่งจะทำให้การวิเคราะห์ข้อมูลมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น รวมทั้งเป็นโปรแกรมที่มีความซับซ้อนไม่มากนัก สามารถเข้าใจได้ง่าย สะดวกต่อการใช้งาน มีการแสดงภาพเคลื่อนไหว (Animation) ทำให้ระบบการจำลองสถานการณ์นั้นเข้าใจได้มากขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 รูปที่ 2.9 ภาพแสดงขั้นตอนการสร้างแบบจำลอง
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากภาพ อธิบายรายละเอียดได้ดังนี้

- 1) การกำหนดรูปแบบของปัญหาเพื่อแก้ปัญหาแบบใดก็ตาม แรกสุด คือต้องกำหนดปัญหาว่ามีอะไรบ้าง ผู้กำหนดนโยบายต้องพิจารณาอย่างมั่นใจว่าปัญหานั้นครอบคลุมปัญหาทั้งหมดแล้ว
- 2) การกำหนดจุดมุ่งหมายและวางแผนสำหรับโครงการ เพื่อให้แน่ชัดว่าจะทำแบบจำลองอย่างไร กำหนดขอบเขตของโครงการ ข้อจำกัดต่างๆ
- 3) การสร้างแบบจำลอง ต้องคำนึงถึงลักษณะของระบบงานที่เราจำลองและตัวแบบจำลองนี้ต้องสามารถอธิบายพฤติกรรมของระบบได้
- 4) การเก็บข้อมูล ตัวแปรของระบบทั้งหมดจะเป็นข้อมูลที่เรากำลังเก็บรวบรวม
- 5) การลงรหัส เป็นการเปลี่ยนตัวแบบจำลองให้เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์
- 6) การตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรม ว่าโปรแกรมนี้อ่านได้หรือไม่
- 7) การตรวจสอบความถูกต้องของระบบจำลองว่าให้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องหรือไม่
- 8) การวางแผนการทดลอง โดยวางแผนการใช้ตัวแบบจำลองอย่างไรเพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ให้ได้
- 9) การให้ตัวแบบทำงานและวิเคราะห์ผล เมื่อวางแผนการทดลองอย่างไร ก็สั่งให้ตัวแบบทำตามแผนที่วางไว้ และวิเคราะห์ผลออกมา
- 10) การพิจารณาว่าต้องทำเพิ่มหรือไม่ บางครั้งตัวแบบจำลองให้ผลออกมาไม่ดีนัก หรือความต้องการให้ผลการวิเคราะห์มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น ก็ให้ตัวแบบทำงานเพิ่มได้
- 11) การทำคู่มือการใช้งานและทำรายงานผล ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งที่จะทำให้ผู้ใช้งานทราบข้อจำกัดต่างๆ ของตัวแบบจำลอง หากมีการนำตัวแบบจำลองไปใช้งาน และจัดทำรายงานผลการทดลอง
- 12) การนำไปใช้งานด้วยการนำผลสำเร็จในการรายงาน มาช่วยในการตัดสินใจต่อไปขั้นตอนการสร้างแบบจำลองโดยใช้โปรแกรม เริ่มจากการเก็บข้อมูลแล้วนำข้อมูลมาทำการวิเคราะห์การแจกแจงของข้อมูล จากนั้นจึงออกแบบจำลองโดยการสร้างรูปในพื้นที่ที่โปรแกรมกำหนดไว้ให้ (Flowchart View) แล้วใส่ข้อมูลของส่วนต่างๆ ลงไปในแบบจำลองให้ครบถ้วน สุดท้ายเป็นการทดลองทำข้อมูลในแบบจำลอง โดยโปรแกรมจะดำเนินการตามข้อมูลและรูปแบบของแบบจำลองที่เราสร้างขึ้น โดยการทดลองให้โปรแกรม ทำซ้ำๆกันตามที่ต้องการ และกำหนดระยะเวลาในการทดลองแบบจำลองตามที่ต้องการ การกำหนดระยะเวลาการทดลองและทำซ้ำๆกันจำนวนครั้งมากขึ้น จะยิ่งทำให้ผลลัพธ์ที่ได้ใกล้เคียงสถานการณ์จริง และมีความน่าเชื่อถือสูง

รายละเอียดของการจำลองแบบปัญหาในโปรแกรม Pro Model

ก่อนที่จะเริ่มใช้โปรแกรม Pro Model นั้นเราจะต้องเข้าใจหลักการของโปรแกรม เพื่อให้การใช้ข้อมูลเป็นไปอย่างถูกต้อง ซึ่งจะกล่าวถึงหลักการบางอย่างที่จะต้องทำความเข้าใจก่อนที่จะเริ่มใช้โปรแกรม ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

- Entities

Entities หมายถึง ส่วนที่กำลังจะถูกผลิต ส่วนที่กำลังจะรับบริการ หรือส่วนที่กำลังจะสร้างการทำงานในระบบ ตัวอย่างของ Entities ได้แก่ เอกสารที่ถูกส่งผ่านไปมาตามขั้นตอนต่างๆ ในบริษัท ลูกค้าที่ต้องกรเข้ารับบริการในร้าน ชิ้นส่วนที่ถูกส่งเข้ามาในกระบวนการผลิต

- Attributes

ในระบบจะมี Entities โดยแต่ละ Entity ก็จะมีคุณลักษณะ (Character) ซึ่งเรียกว่า Attributes ติดอยู่กับ Entity เพื่อแสดงคุณลักษณะที่สำคัญจะเป็นการแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของแต่ละ Entities เช่น ประเภทของลูกค้า ขนาดของชิ้นส่วน เวลาที่ใช้ในระบบงาน กิจกรรมหรือตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ การใช้งานเพื่อการศึกษาก็ได้เช่นกัน เมื่อผู้จัดทำเห็นประโยชน์ของเอกสารนี้แล้วไม่อาจปฏิเสธได้ทั้งนี้ อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แปรทั้งหมด จะถูกตั้ง Attribute ไว้ในที่นี้จะเป็นการให้ Attribute ซึ่งสามารถเข้าใจได้ และนำไปประยุกต์ใช้ดังนี้

Entity Type คือ ชนิดของ Entity จะต้องถูกบ่งชี้อย่างชัดเจน เช่น คน รถยนต์

Entity Picture คือ รูปภาพจะถูกแสดงออกมาในรูปแบบของ Animation ซึ่งจะเป็นรูปอัตโนมัติที่เป็นภาพพื้นฐานที่มีกันอยู่ในกระบวนการทั่วไป

Entity Create Time คือ เวลาที่เรากำหนดลงไปเพื่อนำไปประมวลผล และรวบรวมข้อมูล

Entity Station คือ สถานีงานแต่ละจุดที่ Entity (Product Material Customer) เคลื่อนที่ผ่าน

Entity Sequence คือ การวางตำแหน่งหรือ ดัชนี ใน sequence ว่า Entity จะต้องทำงานเรียงกันตามลำดับสถานีงานต่างๆอย่างไร

Entity Jobs Step คือการระบุตำแหน่งดัชนีใน sequenceว่าในปัจจุบัน Entity กำลังทำงานอยู่ที่ใด

• Resource

ข้อมูลที่เราใส่เข้าไปใน Model เช่น ต้องการศึกษาคคนที่มากดเงินระบบตู้ ATM Resource ก็คือตู้เอทีเอ็ม ซึ่งอาจจะมีข้อจำกัด (Constraint) เช่น ช่วงตัวเลขที่เราสามารถทำได้ หรือรับได้ เช่น จำนวนคนที่รับได้ ลูกค้า) หรือพนักงานที่สามารถรับได้, พื้นที่ที่ใช้, ความสามารถของเครื่องจักรซึ่งจะต้องระบุความสามารถไว้ Resource Capacity คือ การกำหนดจำนวนความสามารถในการรับชิ้นงานใน 1 กระบวนการของ Resource เช่น เครื่องจักร A สามารถทำงานได้ทีละ 10 ชิ้นในเวลาเดียวกัน Resource Capacity ของเครื่องจักร A คือ 10 Entities seize Resource คือ การกำหนดจำนวนขั้นตอนในกระบวนการของ Resource Entities release Resource คือ การจบสิ้นการทำงาน

ค่าต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบจำลอง

การสร้างแบบจำลองสถานการณ์นอกจากจะใช้เวลาในแต่ละกิจกรรมแล้ว ยังจำเป็นต้องกำหนดค่าอื่นๆอีก เพื่อให้ผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลมีความถูกต้อง น่าเชื่อถือ และสามารถยอมรับได้ ค่าอื่นๆที่เกี่ยวข้องได้แก่

1) ความยาวในการประมวลผล (Replication Length)

การประมวลผลแบบจำลองสถานการณ์จะต้องกำหนดความยาวในการประมวลผลแต่ละรอบ หากว่าไม่มีการกำหนดค่านี้แล้วการประมวลผลจะดำเนินการไปเรื่อยๆโดยไม่มีจุดสิ้นสุด (Infinite)

2) จำนวนรอบการทำซ้ำในการประมวลผล (Number of Replication)

เพื่อให้ผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลแบบจำลองสถานการณ์มีค่าความผิดพลาดที่สามารถยอมรับได้ หรือ Half width ไม่เกินค่าที่กำหนดจึงต้องมีการกำหนดรอบการทำซ้ำ (Number of Replication) ในการประมวลผลให้สอดคล้องกับเงื่อนไข เช่น กำหนดค่าจำนวนรอบการทำซ้ำให้เท่ากับ 1 รอบ จากนั้นทำการประมวลผลแบบจำลอง ถ้าผลลัพธ์ที่ได้มีค่า Half width ไม่เกินที่กำหนด ก็แสดงว่ารอบการทำซ้ำ (Number of Replication) เท่ากับ 1 แต่ถ้าผลลัพธ์ที่ได้มีค่า Half width เกินกว่านั้น ก็จะต้องทำการกำหนดจำนวนรอบการทำซ้ำให้เพิ่มขึ้น จนกว่าผลลัพธ์ที่ได้จะมีค่า Half width ไม่เกินนั้น

การกำหนดรูปแบบการรัน

การกำหนดรูปแบบการรันแบ่งได้เป็น 2 ระบบคือ ระบบที่มีการสิ้นสุด (Terminating System) และระบบที่อยู่ในสถานะสมดุล (Steady – State System)

- ระบบที่มีการสิ้นสุด (Terminating System) ระบบที่มีการสิ้นสุดการรันที่แน่นอนด้วยเงื่อนไขที่กำหนดหรือด้วยเวลาที่กำหนดซึ่งระบบนี้จะไม่มีความยาวช่วงเวลาที่มีการแกว่ง (warm-up period เท่ากับศูนย์) แต่สามารถทำซ้ำการรันได้มากกว่าหนึ่งครั้ง (Number of Replications) เพื่อความถูกต้องแม่นยำของผลที่รันออกมา โดยความยาวของการรัน (Replication Length) ขึ้นกับเวลาที่ระบบทำงาน เช่น ธนาคารเปิดทำการตั้งแต่ 8.30 – 17.30 น. จะเห็นว่า ระบบนี้เป็นระบบที่มีการสิ้นสุดเมื่อธนาคารเปิดไปได้ 9 ชั่วโมง (Replication Length) เป็นต้น

- ระบบที่อยู่ในสถานะสมดุล (Steady-State System) ระบบที่เข้าสู่สถานะสมดุล เมื่อผ่านช่วงเวลาที่มีการแกว่ง (warm-up period) เนื่องจากเมื่อเริ่มระบบในช่วงแรกอาจมีการแกว่งของข้อมูล ทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของระบบยังไม่เต็มที่ จึงไม่ควรนำผลการทดลองช่วงแรกมาทำการวิเคราะห์เพราะอาจทำให้สรุปผลผิดพลาดได้ ซึ่งระบบแบบนี้จะรันเพียงหนึ่งครั้งด้วยความยาวของการรันที่ต้องการอ่านผลลัพธ์ทางสถิติ เช่น ระบบอินเทอร์เน็ตเปิดระบบตลอด 24 ชั่วโมงทุกวัน โดยเมื่อเปิดระบบใหม่ระบบยังไม่เสถียรแต่พอเปิดทำงานไปได้ 5 วัน ระบบจะเข้าสู่สถานะสมดุล ดังนั้นระบบนี้จะเข้าสู่สถานะสมดุลเมื่อผ่านช่วงเวลา 5 วัน (warm-up period) ถ้าต้องการทดสอบระบบเป็นระยะเวลา 1 ปีก็กำหนดให้ความยาวของการรันเท่ากับ 365 วัน

2.11 ทฤษฎีการวางแผนการผลิต [6]

การประเมินความต้องการกำลังการผลิตในอนาคต เป็นกระบวนการที่ทำได้ค่อนข้างยากทั้งนี้เนื่องจากขึ้นอยู่กับความต้องการของลูกค้าในอนาคต หากสามารถพยากรณ์ความต้องการของลูกค้าในสินค้าหรือบริการได้อย่างถูกต้องแม่นยำ ก็จะสามารถกำหนดความต้องการกำลังการผลิตได้อย่างเหมาะสมมากยิ่งขึ้นได้ สิ่งที่ต้องพิจารณาอีกประการหนึ่งก็คือ ความต้องการของลูกค้าอาจเพิ่มขึ้นทีละน้อยแต่การเพิ่มกำลังการผลิตไม่สามารถเพิ่มทีละน้อยได้ แต่มักเพิ่มขึ้นทีละมากหรือตามขนาดกำลังการผลิตของเครื่องจักรหรือสายการผลิต สิ่งนี้จึงทำให้การเพิ่มกำลังการผลิตทำได้ยากและจะต้องถูกพิจารณาอย่างรอบคอบฝ่ายวางแผนการผลิตในระบบการผลิต มีหน้าที่รับผิดชอบในการวางแผนและควบคุมการดำเนินงานของระบบการผลิต ในการวางแผนการผลิตฝ่ายควบคุมการผลิตจะทำการแบ่งแผนการผลิตออกเป็น 3 ระดับ โดยมีวัตถุประสงค์ให้สอดคล้องกับเป้าหมายขององค์กรอย่างเป็นระบบ คือ

- แผนการผลิตรวม (Aggregate Planning) เป็นการวางแผนเกี่ยวกับการจัดสรรทรัพยากรการผลิตในช่วงระยะเวลา 6 เดือนหรือ 1 ปีข้างหน้าที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดระดับการผลิตระดับแรงงานหรือกำลังการผลิตและระดับสินค้าคงคลัง

- การกำหนดตารางการผลิตหลัก (Master Scheduling) หรือแผนการผลิตรายเดือนหรือรายสัปดาห์เป็นการกำหนดแผนการผลิตที่ชัดเจนลงไปในแผนการผลิตแต่ละเดือนหรือแต่ละสัปดาห์ว่าต้องการผลิตอะไร จำนวนเท่าไร ต้องการเวลาใด

- การกำหนดรายละเอียดตารางการผลิต (Detail Scheduling) คือ การกำหนดกิจกรรมที่ต้องการในช่วงเวลาต่างๆในแต่ละวันว่าใครเป็นคนทำ ใช้เครื่องจักรเครื่องใด ตั้งแต่เวลาใดถึงเท่าใด

การพยากรณ์ความต้องการของลูกค้ามี 3 ระยะ ได้แก่ ระยะยาว ระยะกลางและระยะสั้น การพยากรณ์ในระยะยาวจะช่วยให้ผู้บริหารสามารถตัดสินใจในเรื่องเกี่ยวกับกลยุทธ์ และกำลังการผลิตที่เหมาะสมได้ โดยปกติแล้วงานที่เกี่ยวข้องกับผู้บริหาร คือ การตอบคำถามต่างๆ ได้แก่ ที่ตั้งสถานประกอบการ การขยายกำลังการผลิต การพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ การจัดสรรงบประมาณเพื่อการวิจัย และการลงทุนอื่นๆตลอดช่วงหลายปีข้างหน้าเมื่อสามารถกำหนดแผนระยะยาวเสร็จสิ้นเรียบร้อยแล้ว แผนระยะกลางจะถูกพัฒนาเป็นลำดับต่อไป แผนระยะกลางนี้เป็นหน้าที่ของผู้จัดการฝ่ายปฏิบัติการจะต้องตัดสินใจโดยให้ปริมาณผลผลิตที่ผลิตได้มีความสอดคล้องกับความต้องการของลูกค้าที่เปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา การตัดสินใจสำหรับแผนระยะกลางนี้จะต้องสืบเนื่องมาจากการตัดสินใจต่างๆของแผนระยะยาว เช่น จำนวนพนักงานระดับของสินค้าคงคลัง เป็นต้น ซึ่งแผนระยะกลางดังกล่าวนี้จะสำเร็จได้ด้วยการสร้าง “แผนการปฏิบัติการรวม” สำหรับการวางแผนระยะสั้นนั้นมักจะวางแผนการปฏิบัติการไว้ในระยะเวลาไม่เกิน 1 ปี แต่โดยทั่วไปจะไม่เกิน 3 เดือน แผนระยะสั้นจะบอกถึงความรับผิดชอบของพนักงานแต่ละคนในระดับปฏิบัติ โดยหัวหน้างานหรือหัวหน้าแผนกจะเป็นผู้ที่แปลงแผนระยะกลางและกระจายมาสู่ตารางการทำงานในรายสัปดาห์ รายวัน รายกะ และรายชั่วโมง ซึ่งเป็นการกระจายหน้าที่ในการปฏิบัติการให้แก่พนักงานทุกคน งานของการวางแผนระยะสั้นนี้จะเกี่ยวข้องกับการมอบหมายงาน การจัดลำดับงาน

2.12 Line balancing การทำสมดุลสายการผลิต

กรณีของ Product Layout ถ้ากระบวนการผลิตนั้นเป็นการประกอบผลิตภัณฑ์จากชิ้นส่วนย่อยๆออกมาเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปที่ต้องการ มักจะเรียกว่าสายการประกอบ (Assembly Line) ลักษณะของการจัดสายการประกอบจะทำการแบ่งงานออกเป็นงานย่อย (Element tasks) แต่เนื่องจากเวลาของแต่ละงานย่อยนั้นมีค่าไม่เท่ากัน ถ้าทำการจัดทรัพยากร 1 ชุดต่อ 1 งานย่อย อาจจะทำให้ สายการผลิตนั้นเกิดเวลาว่าง (Idle Time) โดยไม่จำเป็น ถ้าเวลาของแต่ละงานย่อยแตกต่างกันมากจะทำให้เกิดปัญหาตามมาหลายประการ

- เกิดการรอหรือเวลาว่าง เกิดสภาวะคอขวด(Bottleneck)
- อรรถประโยชน์ของคน และ เครื่องจักรต่ำลง
- เกิดอุปสรรคจากสภาพบริเวณการทำงานไม่ดี
- ทำให้เกิดอุบัติเหตุเป็นต้น

หลักการของการจัดสมดุลสายการผลิต

- 1) กลุ่มงานย่อยให้เป็นสถานีทำงาน (Work Station)
- 2) พยายามทำให้เวลาสถานีทำงานนั้นเท่ากันหรือใกล้เคียงกันมากที่สุด
- 3) คำนึงถึงข้อจำกัดในด้านของลำดับก่อนหลังของงานย่อย (Precedence) ความแตกต่างของอุปกรณ์ หรือเครื่องจักรในการทำงานย่อย
- 4) สามารถผลิตได้ตามเป้าหมาย ตามรอบเวลา (Cycle Time) รอบเวลา (Cycle Time) ของสายการผลิต หมายถึงเวลาที่จะมีผลผลิตออกมาจากสายการผลิต 1 ชิ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 รูปที่ 2.10 การทำสมดุลสายการผลิต
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมมติว่าสายการผลิตนี้ทำงาน 8 ชั่วโมง / วัน

- รอบเวลาเป็น 1.0 นาทีจะได้ ผลผลิตเท่ากับ 480 ชิ้น/วัน

- รอบเวลาเป็น 2.5 นาทีจะได้ ผลผลิตเท่ากับ 182 ชิ้น/วัน

ดังนั้นการสมดุลสายการผลิตสามารถทำให้ผลผลิตที่เกิดขึ้นได้ระหว่าง 192 ชิ้น/วัน กับ 480 ชิ้น/วัน

$$\text{ผลผลิต} = \frac{\text{เวลาในการทำงานต่อวัน (Operating Time/Day)}}{\text{รอบเวลา (Cycle Time)}}$$

ดังนั้น ในทางกลับกันถ้าทราบถึงผลิตผลที่ต้องการต่อวัน ก็จะสามารถหารรอบเวลาเป้าหมายในการจัดสมดุลสายการผลิตได้

$$\text{รอบเวลา} = \frac{\text{เวลาในการทำงานต่อวัน}}{\text{ผลผลิตที่ต้องการต่อวัน}}$$

ถ้ารอบเวลาที่คำนวณได้นั้นไม่ได้อยู่ในช่วงของรอบเวลาที่สั้นที่สุดกับรอบเวลาที่มากที่สุดแสดงว่าผลิตผลที่ต้องการต่อวันจะต้องถูกกำหนดใหม่

สมมติว่าจากตัวอย่างต้องการผลิตผล 480 ชิ้น/วัน จะได้ว่า รอบเวลา เท่ากับ 1 นาที/ชิ้น (480 นาทีต่อวัน/ 480 ชิ้นต่อวัน) หมายความว่า จะต้องทำการสมดุลสายการผลิตหรือจัดสถานีงานโดยให้เวลารวมของงานย่อยที่จะจัดสถานีงานมีค่าไม่เกินรอบเวลา 1 นาที/ชิ้น จำนวนของสถานีทำงานที่น้อยที่สุดตามทฤษฎี(N_{min}) จะได้ตามความสัมพันธ์

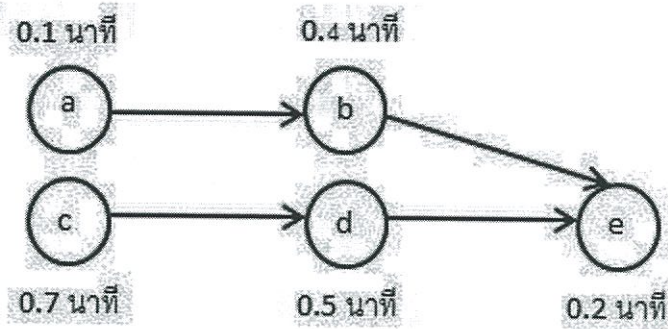
$$N_{\min} = \frac{\text{เวลารวมของงานย่อยทั้งหมด (นาที/ชิ้น)}}{\text{รอบเวลา (นาที/ชิ้น/สถานีทำงาน)}}$$

สมมติว่าผลิตผลที่ต้องการคือ 480 ชิ้น/วัน ที่จะส่งผลให้เกิดรอบเวลา 1 นาที/ชิ้น จะได้

$$N_{\min} = \frac{2.5 \text{ นาที/ชิ้น}}{1 \text{ นาที/ชิ้น/สถานีทำงาน}} = 2.5 \text{ ชิ้น}$$

เนื่องจาก 2.5 สถานีทำงานเป็นไปไม่ได้ดังนั้นจำนวนสถานีทำงานที่น้อยที่สุดที่เป็นไปได้คือ 3 สถานี การจัดสมดุลสายการผลิตนั้นจะสามารถจัดกลุ่มงานย่อยมากกว่าหรือเท่ากับ 3 สถานีก็ได้ขึ้นกับว่า จะสามารถจัดกลุ่มงานย่อยได้ดีมากน้อยเพียงใดโดยอาศัยเทคนิคต่าง ๆ เข้าช่วยเพื่อให้การจัดนั้นสะดวกรวดเร็วยิ่งขึ้นซึ่งจะได้กล่าวต่อไป

ข้อจำกัดที่จำเป็นต้องพิจารณาในการจัดสมดุลสายการผลิตก็คือ ลำดับก่อนหลังของงานย่อยในการผลิต ซึ่งสามารถทำให้เห็นความสัมพันธ์ที่ง่ายขึ้นโดยการวาด แผนภาพความสัมพันธ์ลำดับก่อนหลังของการผลิต(Precedence Diagram) มีจุดประสงค์เพื่อแสดงความสัมพันธ์ของงานย่อยตามลำดับก่อนหลังโดยเริ่มต้นจากงานย่อยทางด้านซ้าย ไปสิ้นสุดงานย่อยทางด้านขวา



รูปที่ 2.11 การทำสมดุลสายการผลิต

หลังจากที่ทำการจัดสมดุลสายการผลิตโดยใช้ เทคนิคต่างๆ แล้วสามารถเลือกคำตอบที่ดีที่สุดได้โดยดูจากค่าประสิทธิภาพ (Efficiency) ของสายการผลิต หรือเปอร์เซ็นต์ของเวลาว่าง (Percentage of Idle Time or Balance Delay)

$$\text{ประสิทธิภาพ} = \frac{\text{ผลรวมของเวลางานย่อยทั้งหมด}}{\text{จำนวนสถานีทำงานจริง} \times \text{รอบเวลาที่ได้จริง}} \times 100$$

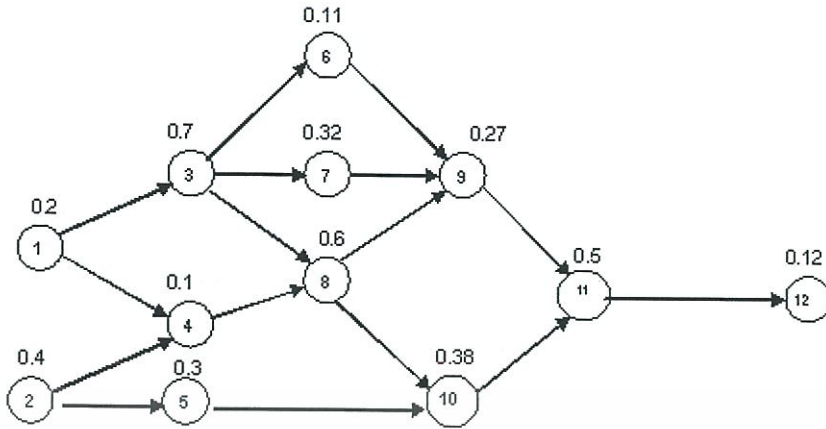
$$\text{เปอร์เซ็นต์เวลาว่าง} = 100\% - \text{ประสิทธิภาพ}\%$$

ตัวอย่าง สายประกอบผลิตภัณฑ์ชนิดหนึ่ง มีปริมาณความต้องการ 120,000 ชิ้น/ปี เวลาทำงานปีละ 2000 ชั่วโมง มีขั้นตอนดังตารางที่ 2.3

ขั้นตอน	เวลาที่ใช้ (นาที)	งานที่ต้องทำ ก่อน	ขั้นตอน	เวลาที่ใช้ (นาที)	งานที่ต้อง ทำ
1	0.20	-	7	0.32	3.00
2	0.40	-	8	0.60	3.40
3	0.70	1	9	0.27	6.78
4	0.10	1,2	10	0.38	6.80
5	0.30	2	11	0.50	9.10
6	0.11	3	12	0.12	11.00

ตารางที่ 2.3 แสดงสายประกอบผลิตภัณฑ์ชนิดหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 การทำสมดุลสายการผลิต

เทคนิคพื้นฐานที่ใช้ในการทำสมดุลสายการผลิต

- 1) วิธีการเลือกเวลามากที่สุดก่อน (Largest Candidate Rule)
- 2) วิธีเรียงตำแหน่งน้ำหนัก (Ranked Positional Weight Method)
- 3) วิธีของคิลบริดจ์และเวสเตอร์ (Kilbridge and Wester's Method) ทั้ง 3 เทคนิคจะใช้

สมมุติฐานว่า

- เวลางานย่อยมีค่าคงที่
- เวลาที่ต้องใช้สำหรับทำงานย่อยใดๆด้วยกันจะ เท่ากับ ผลบวกของเวลาที่ต้องใช้สำหรับทำงานย่อยในแต่ละงาน

วิธีการเลือกเวลามากที่สุดก่อน (Largest Candidate Rule)

- 1) จัดงานย่อยให้สถานีทำงานแรกโดยเลือกงานย่อยที่มีเวลาสูงสุดก่อน ซึ่งต้องไม่ขัดกับข้อจำกัดของลำดับการทำงาน (ดูจากแผนภาพความสัมพันธ์ลำดับก่อนหลัง) และไม่ทำให้เวลาทำงานของสถานีทำงาน (ผลรวมของเวลางานย่อย) สูงกว่ารอบเวลาเป้าหมาย
- 2) เมื่อจัดงานย่อยลงในสถานีทำงานแรกเรียบร้อยแล้ว เริ่มจัดงานย่อยลงสถานีทำงานต่อไปตามขั้นตอนที่ 1 จนสามารถเลือกงานย่อยได้หมด

งานย่อยที่	เวลาที่ใช้(นาที)	งานที่ต้องทำก่อน
3	0.7	1
8	0.6	3,4
11	0.5	9,10
2	0.4	-
10	0.38	5,8
7	0.32	3
5	0.3	2
9	0.27	6,7,8
1	0.2	-
12	0.12	11
6	0.11	3
4	0.1	1,2

ตารางที่ 2.4 แสดงวิธีการเลือกเวลามากที่สุดก่อน

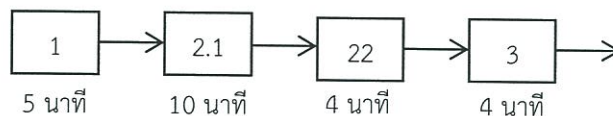
การแก้ปัญหาสมดุสสายการผลิตวิธีการอื่นๆ

1) แบ่งงานย่อยเพิ่มขึ้นเพื่อเพิ่มความแตกต่างของเวลา ตัวอย่างเช่น



รูปที่ 2.13 การแบ่งงานย่อย

จะเห็นได้ว่างานย่อยที่ 2 เกิดสภาวะคอขวด จึงทำการแบ่งงานย่อยที่ 2 ให้เป็นงาน 2.1 , 2.2 จะทำให้ความแตกต่างของเวลางานย่อยลดลง หรือ เวลาว่างของสายการผลิตลดลง



รูปที่ 2.14 การแบ่งงานย่อย

2) ทำการปรับความเร็วหรือเวลาการเดินทางระหว่างงานให้เหมาะสม เช่น ปรับระยะทาง ปรับความเร็วสายพาน เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 3) จัดเป็นการทำงานคู่ขนาน
- 4) ใช้หลักการศึกษางาน (Work Study) และ การศึกษาการเคลื่อนไหว(Motion Study) มาช่วยลดเวลาในการทำงานของสถานที่เกิดสภาวะคอขวด เช่นการใช้อุปกรณ์ จิ๊กหรือฟิกเจอร์(Jig & Fixture) ปรับปรุงสถานที่ทำงานใหม่ เป็นต้น

2.13 จุดคุ้มทุน สิ่งที่ผู้ประกอบการควรระวัง

ปัญหา สำคัญหนึ่งสำหรับผู้ประกอบการส่วนใหญ่ในการดำเนินธุรกิจ คือยังขาดความ เข้าใจในเรื่องของ “จุดคุ้มทุน หรือ Break-Even Point” โดยมักจะมีความเข้าใจว่า เมื่อใดก็ตาม ที่ตนเองมีรายได้จากการขายสินค้าและบริการเท่ากับรายจ่ายที่ตนจ่ายออกไป ซึ่งอาจจะคิดกัน เป็นรายเดือนหรือรายปี ก็ตาม ก็ถือว่าตนเอง “คุ้มทุน” ความเข้าใจดังกล่าวนี้ก็อาจจะถือว่าเป็นจริงได้ในบางกรณีเท่านั้น แต่โดยส่วนใหญ่แล้ว การ “คุ้มทุน” ในความเข้าใจของผู้ประกอบการมักจะไม่ใช่ “จุดคุ้มทุน” ของธุรกิจที่แท้จริงจุดคุ้มทุน

มีความหมายถึง จุดหรือระดับของรายได้จากการขายสินค้าหรือบริการ ที่เท่ากับต้นทุนที่ธุรกิจได้จ่ายออกไป หรือจุดหรือระดับของรายได้ที่ธุรกิจ “เท่าทุน” โดยส่วนที่เลยจุดหรือระดับของรายได้ดังกล่าวคือผลกำไรที่ธุรกิจ

จะได้ตัวอย่างเช่น ถ้าธุรกิจหนึ่งมีการผลิตสินค้าเพื่อขายจำนวน 10,000 ชิ้นต่อเดือน ราคาที่ตั้งขายชิ้นละ 100 บาท ดังนั้นถ้าธุรกิจนี้ขายสินค้า ได้ทั้งหมด หรือทั้ง 10,000 ชิ้น ธุรกิจจะมีรายได้จากการขายสินค้า ดังกล่าวเท่ากับ 1,000,000 บาท ต่อเดือน โดยถ้าจากการคำนวณจุด คุ้มทุนมีค่าเท่ากับร้อยละ 60 ก็จะสามารถหมายความว่า ถ้าธุรกิจสามารถสร้างยอดขายได้ 600,000 บาท ต่อเดือน หรือขาย สินค้าได้ 6,000 ชิ้น รายได้ที่เกิดขึ้นจะเท่ากับต้นทุนที่ธุรกิจจ่ายออกไป ในการผลิตสินค้าและต้นทุนการขายและ บริหารในธุรกิจทั้งหมด โดย ส่วนที่มากกว่า 600,000 บาทต่อเดือน หรือมี ยอดขายสินค้า 6,000 ชิ้นนี้ เป็นส่วนที่ธุรกิจจะได้รับเป็นผลกำไร ขึ้นอยู่ว่าจะขายสินค้าที่มีได้ หมดหรือไม่ ถ้าธุรกิจมีรายได้หรือจำนวนสินค้าที่ขายได้น้อยกว่าระดับจุดคุ้มทุน ดังกล่าว ธุรกิจจะประสบกับสภาวะขาดทุน ทำให้การทราบถึงจุดคุ้มทุน ของธุรกิจ เป็นสิ่งสำคัญที่ผู้ประกอบการควรระวังและตระหนักถึงความสำคัญ เพราะบ่อยครั้งที่ผู้ประกอบการไม่ทราบว่าธุรกิจของตนต้องดำเนินการขายสินค้าหรือบริการ ในจำนวนเท่าใด จึงจะคุ้มกับต้นทุนที่ตนเองจ่ายออกไป ในแต่ละเดือน ซึ่งทำให้กระบวนการในการวางแผนทางการเงิน และการ วางแผนทางการตลาดเกิดข้อผิดพลาด เพราะไม่รู้เรื่องเกี่ยวกับ จุดคุ้มทุนนั่นเอง นอกจากนี้การมีความเข้าใจเกี่ยวกับจุดคุ้มทุนในการดำเนินธุรกิจนั้นยังเป็นสิ่งสำคัญที่ช่วยในการตัดสินใจสำหรับผู้ประกอบการในการดำเนิน ธุรกิจอีกด้วย เช่น การตัดสินใจในการผลิตสินค้า การตัดสินใจในการบริหารจัดการการตัดสินใจในการเลือกทำเลที่ตั้งของธุรกิจ เป็นต้น

การคำนวณหาจุดคุ้มทุนนี้ ก็ไม่ใช่เรื่องยากต่อการคำนวณสำหรับผู้ ประกอบการแต่อย่างใด เนื่องจากมีตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณเพียง 3 ตัว แปรหลักๆ เท่านั้น คือ ต้นทุนคงที่ ต้นทุนผันแปร และยอดขายสินค้า หรือบริการ เท่านั้น หรืออาจเป็นการคำนวณในลักษณะของจำนวนรวม หรือเป็นราคาต่อหน่วยก็ได้ คือ ต้นทุนคงที่ต่อหน่วยของสินค้า ต้นทุน ผันแปรต่อหน่วยของสินค้า และราคาขายต่อหน่วยของสินค้า ซึ่งก็ประยุกต์ มาจากตัวแปรหลักเบื้องต้นนั่นเอง แต่จุดที่ผู้ประกอบการส่วนใหญ่ยังมีความสับสนจะเป็นเรื่องของ อะไร คือต้นทุนคงที่ อะไรคือต้นทุนผันแปร เพราะถ้าไม่เข้าใจใน

เรื่องของความ แตกต่างในเรื่องของลักษณะและการกำหนดต้นทุนทั้ง 2 ประเภท ก็จะทำให้ผลลัพธ์ในการคำนวณจุดคุ้มทุนมีความผิดพลาด และไม่สามารถ นำมาใช้ในการตัดสินใจในการ ดำเนินธุรกิจอย่างถูกต้อง ดังนั้นก่อนที่จะรู้ ถึงวิธีการคำนวณจุดคุ้มทุนจึงต้องทำความเข้าใจกับต้นทุนทั้ง 2 ประเภท ก่อน เป็นเบื้องต้น

ต้นทุนผันแปร (Variable Cost or VC)

ต้นทุนผันแปร หรืออาจเรียกกันว่าต้นทุนแปรผัน คือ ต้นทุนที่เกิดขึ้น โดยมีค่าผันแปรไปตามยอดขายสินค้าหรือบริการ หรืออาจกล่าวแบบ ง่ายๆว่า ต้นทุนผันแปรจะเกิดขึ้นถ้ามีการขายสินค้าหรือบริการ โดย ต้นทุนแปรผันนี้ยังอาจแบ่งย่อย ออกได้เป็น 2 ส่วน คือ ต้นทุนแปรผัน ในส่วนการผลิต และต้นทุนแปรผันในการขายและ บริหาร ต้นทุนผันแปรในส่วนการผลิต ได้แก่ ต้นทุนที่จะที่เกิดขึ้นก็ต่อเมื่อมีการผลิตสินค้าหรือบริการ ตัวอย่าง เช่น วัสดุดิบ (Materials) แรงงานการผลิต (Labor) สินค้าสำเร็จรูปซื้อ มาเพื่อการผลิต (Finished Goods for Production) ค่าเสียหายหรือค่าใช้จ่ายในการผลิต (Production Overhead) เป็นต้น ในส่วนแรงงานการผลิต นั้นจะคิดเฉพาะแรงงานที่จะมีค่าจ้างหรือค่าใช้จ่ายเมื่อมีการผลิตเท่านั้น ส่วนพนักงานประจำ เช่น ผู้จัดการฝ่ายการผลิต วิศวกร ช่างเทคนิค ที่ต้องมีการจ่ายเงินเดือนประจำอยู่แล้ว จะนับเป็นต้นทุนคงที่ รวมถึงค่าเช่า ที่ดิน ค่าเช่าอาคารโรงงาน ซึ่งไม่ว่าจะผลิตสินค้าหรือบริการหรือไม่ ก็ต้องจ่ายค่าเช่าก็จะนับเป็นต้นทุนคงที่เช่นเดียวกัน

ต้นทุนผันแปรในส่วนการขายและบริหาร

ได้แก่ ต้นทุนที่จะที่เกิดขึ้นเกี่ยวข้องกับการขายและบริหาร ซึ่งโดยส่วนใหญ่แล้วจะมาจากเงื่อนไข นโยบาย หรือข้อกำหนดของธุรกิจ ตัวอย่าง เช่น ค่านายหน้า (Commission) ซึ่งถ้าไม่มีการขายสินค้าหรือบริการ ก็จะไม่เกิดค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ หรืออาจจะเป็นค่าใช้จ่ายด้านการตลาด ได้แก่ ค่าโฆษณา ค่าประชาสัมพันธ์ ค่าเลี้ยงรับรอง เป็นต้น เช่น ตั้งค่าใช้จ่าย ดังกล่าวไว้ที่ 3% ของยอดขายสินค้า ก็จะถือเป็นต้นทุนต้นทุนผันแปรใน ส่วนการขายและบริหาร โดยถ้าเป็นต้นทุนหรือค่าใช้จ่าย ที่มีการกำหนด ไว้เป็นจำนวนที่แน่นอน ซึ่งไม่มีความสัมพันธ์กับยอดขายหรือใช้เพื่อการ บริหารให้ นับเป็นต้นทุนคงที่

ต้นทุนคงที่ (Fix Cost or FC)

ต้นทุนคงที่ จะเป็นต้นทุนที่มีลักษณะตรงข้ามกับต้นทุนผันแปร กล่าว คือ ไม่ว่าจะมีการขายสินค้าหรือให้บริการหรือไม่ก็ตามก็จะเกิดต้นทุนใน ส่วนนี้ขึ้น ซึ่งโดยส่วนใหญ่แล้วจะเกิดขึ้นในส่วนของการขายและบริหาร เป็นส่วนใหญ่ แต่อย่างไรก็ตามสามารถแบ่งได้เป็น 2 ส่วนเช่นเดียวกัน คือ ต้นทุนคงที่ในส่วนการผลิต และต้นทุนคงที่ ในการขายและบริหาร

ต้นทุนคงที่ในส่วนการผลิต

โดยส่วนใหญ่แล้วจะเป็นเรื่องของค่าเช่าที่ดินในโรงงานหรือสถานประกอบ การการผลิต ค่าเช่าอาคารโรงงานการผลิต ค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษาต่างๆที่ตั้งไว้ในจำนวนแน่นอน รวมถึงเงินเดือนพนักงานประจำในฝ่าย งานการผลิต เป็นต้น

ต้นทุนคงที่ในการขายและบริหาร

โดยส่วนใหญ่แล้วจะเป็นเรื่องของใช้จ่ายในด้านการบริหารจัดการ เช่น เงินเดือนพนักงาน ค่าเช่าส่วนร้านค้า ค่าเช่าอาคารสำนักงาน ค่าสาธารณูปโภค พื้นฐาน ค่าภาษีต่างๆ ค่าธรรมเนียมทางราชการ ซึ่งต้องจ่ายเป็นประจำ ทุกเดือน รวมถึงต้นทุนค่าใช้จ่ายที่กำหนดไว้ในจำนวนที่แน่นอน โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่สัมพันธ์กับยอดขายสินค้าหรือบริการในการขาย หรือการบริหารจัดการ ของธุรกิจก็นับเป็นต้นทุนคงที่เช่นเดียวกัน

ในการพิจารณาเกี่ยวกับต้นทุนดังกล่าวว่าต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายใด จะเป็นต้นทุนผันแปรหรือต้นทุนคงที่ จะพิจารณาจากกิจกรรมที่ก่อให้เกิด ต้นทุนนั้นขึ้นว่าจากแหล่งใด เช่น มาจากการผลิต หรือมาจากส่วน ของการขายและบริหาร หรือพิจารณาจากความสัมพันธ์ของต้นทุนที่เกิดขึ้นกับการขายสินค้าหรือบริการ เป็นสำคัญ โดยต้นทุนใดก็ตามที่เกิดขึ้น หรือเปลี่ยนแปลงตามยอดขายสินค้าหรือบริการจะถือเป็นต้นทุนผันแปร ส่วนต้นทุนใดก็ตามที่ไม่เกิดขึ้นหรือเปลี่ยนแปลงตามยอดขาย สินค้าหรือ บริการ จะถือว่าเป็นต้นทุนคงที่ โดยการคิดมูลค่าต้นทุนแปรผันและ ต้นทุนคงที่นั้น สามารถคิดเป็นจำนวนมูลค่ารวมทั้งหมด เช่น ต้นทุนผันแปร รวมของธุรกิจ ต้นทุนคงที่รวมของธุรกิจ รายได้รวมของธุรกิจ หรือเป็น ต้นทุนต่อหน่วยของสินค้าก็ได้ เช่น ต้นทุนผันแปรต่อหน่วย ต้นทุนคงที่ ต่อหน่วย ต้นทุนผันแปรต่อหน่วย ราคาขายต่อหน่วย โดยมีสูตรการคำนวณ จุดคุ้มทุนได้ดังนี้ คือ

จุดคุ้มทุน = ต้นทุนคงที่รวม / (รายได้จากขายสินค้า - ต้นทุนผันแปรรวม) ผลลัพธ์ที่ได้ จะเป็นเปอร์เซ็นต์ของยอดขายที่ต้องการเปรียบเทียบ กับยอดขายรวม

จุดคุ้มทุน = ต้นทุนคงที่ต่อหน่วย / (ราคาขายสินค้าต่อหน่วย - ต้นทุนผันแปรต่อหน่วย) ผลลัพธ์ที่ได้ จะเป็นเปอร์เซ็นต์ของยอดขายที่ต้องการเปรียบเทียบ กับยอดขายรวม

จุดคุ้มทุน = ต้นทุนคงที่รวม / (ราคาขายสินค้าต่อหน่วย - ต้นทุนผันแปรต่อหน่วย) ผลลัพธ์ที่ได้ จะเป็นจำนวนหน่วยของสินค้าที่ต้องขายเพื่อให้ถึงจุด คุ้มทุน

2.14 การวิเคราะห์แบบ Lean

Lean คือกระบวนการผลิตที่มุ่งลดความสูญเปล่าจากการใช้ทรัพยากรที่ไม่ได้สร้างมูลค่าเพิ่มให้กับสินค้าและรวมถึงแนวทางการปรับปรุงกระบวนการอย่างต่อเนื่องด้วยการลงทุนในทรัพยากรมนุษย์ (Human capital) โดยไม่เน้นการลงทุนในเทคโนโลยีขั้นสูง แต่มุ่งการปรับปรุงโดยมีตัวพนักงานเป็นตัวขับเคลื่อนที่สำคัญและสอดคล้องกับปรัชญาคุณภาพ อย่าง TQM โดยการพัฒนาสู่รูปแบบสินค้านั้น มีองค์ประกอบสำคัญดังต่อไปนี้

1) การมุ่งขจัดความสูญเปล่า ลดความสูญเปล่าด้วยการวิเคราะห์สาเหตุหลัก (Root cause analysis) และหาแนวทางปรับปรุง ซึ่งจะทำให้เกิดการลดต้นทุนและรอบเวลาการผลิตสั้นลง สร้างความพึงพอใจแก่ลูกค้า ซึ่งความสูญเปล่าจำแนกได้ดังนี้

- การผลิตมากเกินไป (Overproduction)
- การรอคอย (Waiting)
- ความสูญเปล่าจากการขนส่ง (Transportation)
- กระบวนการที่ไร้ประสิทธิผล (Non-Value Added Processing)
- การจัดเก็บสินค้าคงคลังไม่เหมาะสม (Excess Inventory)
- การผลิตของเสีย (Defects)
- ความสูญเปล่าจากการเคลื่อนไหว (Excess Motion)
- การใช้ประโยชน์จากทรัพยากรไม่เต็มกำลัง (Underutilized Resources)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) การมุ่งเน้นคุณค่า โดยนิยามมูลค่าจากลูกค้าเป็นหลัก คือต้องทำการวิเคราะห์กระบวนการอย่างเป็นระบบ เพื่อระบุกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการผลิต หรือการให้บริการ และจำแนกระหว่างกิจกรรมที่สร้างมูลค่าเพิ่ม กับกิจกรรมที่เกิดความสูญเปล่า หรือไม่ได้สร้างมูลค่าในมุมมองของลูกค้า

3) การปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง เพื่อความสำเร็จที่ยั่งยืนขององค์กรต้องดำเนินการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง เช่นการปรับปรุงสถานที่ทำงาน กระบวนการ การให้บริการลูกค้า

4) การมุ่งเน้นการตอบสนองความต้องการของลูกค้า มุ่งผลิตสินค้า หรือให้บริการที่สอดคล้องกับข้อกำหนดของลูกค้า โดยยึดหลักคำถามดังนี้

- ความต้องการของลูกค้าที่แท้จริงคืออะไร
- ลูกค้าต้องการสินค้า/บริการเมื่อไหร่
- จะให้ส่งมอบเมื่อใด
- ระดับราคาเท่าใดที่เหมาะสมและแข่งขันได้
- ปริมาณและรูปแบบความหลากหลายที่ต้องการ

5) การมุ่งเน้นความสมบูรณ์ (Perfection) ด้วยการขจัดความสูญเปล่าอย่างเป็นระบบ (Systematic elimination) เพื่อลดต้นทุนและสร้างมูลค่าสูงสุด (Maximum value) ให้กับลูกค้า
Lean มีแนวคิดอย่างไร

แนวคิดการผลิตแบบลีนมุ่งปรับปรุงประสิทธิภาพการดำเนินงานด้วยการสร้างให้เกิดการไหลของงาน ตลอดทั้งกระบวนการอย่างต่อเนื่อง โดยต้องระบุจำแนกความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นในสายการผลิตเพื่อขจัดความสูญเปล่าและเพิ่มผลิตภาพ หลักการและแนวคิดแบบลีนสรุปไว้เป็นหัวข้อดังนี้

(The fifth principles)

- 1) บ่งชี้คุณค่า (Value) จากมุมมองของลูกค้าคนสุดท้าย
- 2) ระบุขั้นตอนในกระบวนการสร้างสายธารคุณค่า (Value Stream)
- 3) ทำให้ขั้นตอนทั้งหมดสร้างคุณค่า (Flow) ต่อเนื่องไปยังลูกค้า
- 4) ปล่อยให้ลูกค้าดึง (Pull) คุณค่าจากกิจกรรมที่อยู่ก่อนหน้า
- 5) ติดตามเพื่อความสมบูรณ์แบบ (Perfection)

สามารถนำ Lean ไปใช้แก้ปัญหาได้อย่างไรบ้าง

เราสามารถประยุกต์แนวคิดลีนกับการแก้ปัญหาสายการผลิต นำมาปรับปรุงความยืดหยุ่นของกระบวนการ ลดความสูญเสียด้านพลังงาน สำนักงาน และยังสามารถประยุกต์แนวคิดลีนกับโครงการพัฒนาซอฟต์แวร์ได้อีกด้วยประยุกต์แนวคิดลีนกับการแก้ปัญหาสายการผลิต โดยขจัดความสูญเสียดังต่อไปนี้ เช่น

- ความสูญเสียด้านการจัดเก็บ (Space losses)
- ความสูญเสียด้านเวลาสร้างผลผลิต (Throughput times)
- เกิดสต็อกงานระหว่างกระบวนการ (WIP inventory)
- การเกิดของเสีย (Defects)
- การขัดจังหวะของงาน (Distributions)
- การขาดความยืดหยุ่น

มีกระบวนการทำอย่างไร และได้ประโยชน์อย่างไรบ้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประยุกต์แนวคิดเกี่ยวกับการแก้ปัญหาสายการผลิต ผลจากความสูญเสียการขาดความยืดหยุ่น ซึ่งเป็นผลลัพธ์จากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น จึงต้องดำเนินการปรับปรุงเพื่อลดความสูญเสียไปตามแนวคิดแบบลีนดังนี้

1). การขจัดปัญหาการตั้งเครื่อง มีขั้นตอนดังนี้

1.1 การจัดทำให้เป็นมาตรฐาน (Standardization)

1.2 จัดเตรียมเครื่องมือสำหรับการตั้งเครื่อง ซึ่งจำแนกได้ดังนี้

A. การออกแบบผลิตภัณฑ์และวิธีการเพื่อปรับลดการตั้งเครื่องรวมทั้งอุปกรณ์จับยึดให้มีขนาดหรือมาตรฐานเดียวกัน

B. การปรับปรุงวิธีการตั้งเครื่องให้มีรูปแบบง่าย (Simplified) สามารถทำให้อัตราการผลิตและส่งผลให้เกิดความยืดหยุ่นต่อการใช้ทรัพยากร

1.3 วิเคราะห์ขั้นตอนการตั้งเครื่อง

1.4 ปรับเปลี่ยนขั้นตอนหรือวิธีการตั้งเครื่องภายในให้เป็นขั้นตอนการตั้งเครื่องภายนอก

1.5 ปรับปรุงขั้นตอนทั้งหมดเพื่อให้มีขนาดรุ่นการผลิตที่เล็กลง

1.6 ใช้ระบบอัตโนมัติ

ประโยชน์จากการปรับปรุงตั้งเครื่องคือ

○ การขจัดเวลาการตรวจสอบ (Eliminate inspection time) และลดต้นทุนจากการเกิดของเสีย

○ ขจัดความล่าช้าจากการตั้งเครื่อง (Eliminate setup delays)

○ ประหยัดต้นทุนแรงงานสำหรับการตั้งเครื่อง (Save setup labor costs)

2). การผลิตแบบไหลที่ละชิ้น หากการปรับปรุงสามารถลดขั้นตอน และเวลาการตั้งเครื่องได้อย่างมีประสิทธิภาพก็จะส่งผลให้ชิ้นงานหรือผลิตภัณฑ์เกิดการไหลแบบ One-piece flow ในกระบวนการให้มีการไหลอย่างต่อเนื่อง และเป็นองค์ประกอบหลักของการผลิตแบบหลากหลาย โดยต้องมุ่งเน้นขจัดความสูญเสียจากกิจกรรมที่ไม่สร้างมูลค่าเพิ่ม

ประโยชน์ที่ได้รับ

○ เกิดการปรับปรุงทางคุณภาพได้ด้วยการตรวจจับและแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในสายการผลิตได้ในเวลาอันรวดเร็ว

○ สามารถลดความสิ้นเปลืองจากอุปกรณ์ขนถ่าย การประหยัดแรงงาน และพื้นที่สำหรับการจัดวาง

○ ก่อให้เกิดความพึงพอใจในงาน (Job satisfaction) ทั้งการจูงใจให้เกิดการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง

3). การผลิตแบบเซลล์ (Cellular manufacturing) เป็นการจัดวางเครื่องจักรหรือสถานีทำงานให้เป็นรูปตัวยู (U-Shape) เพื่อให้การไหลของงานเป็นไปอย่างต่อเนื่องและลดความล่าช้าโดยมีรูปแบบของสายการผลิตที่มีประโยชน์ดังนี้

3.1 การจัดวางเครื่องจักรประเภทต่างๆ และแรงงานโรคนรูปของเซลล์การผลิตโดยมุ่งการไหลที่ละชิ้น เพื่อลดเวลาการรอคอย

3.2 เกิดรูปแบบการผลิตที่หลากหลาย (High-Variety Production) ผลิตตามอุปสงค์ของลูกค้า/ตลาด มีการจัดกลุ่มผลิตภัณฑ์โรคนของเทคโนโลยีกลุ่ม (Group Technology) หรือการผลิตตามกลุ่มชิ้นงาน (Part family

Manufacturing) เพื่อสร้างความยืดหยุ่นต่อการตอบสนองความต้องการที่หลากหลายของลูกค้า และลดเวลาการตั้งเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การผลิตแบบเซลล์สามารถลดต้นทุนจากความล่าช้าของการขนถ่าย การลดของเสียในสายการผลิต ช่วงเวลานำที่สั้นลง การประหยัดพื้นที่ และต้นทุนสำหรับการจัดเก็บสต็อก ทำให้สร้างมูลค่าเพิ่มแก่องค์กร รวมทั้ง

ยกระดับความสามารถในการแข่งขันทางธุรกิจ

3.4 ดำเนินการแก้ปัญหาได้อย่างรวดเร็ว เมื่อการดำเนินการมีการประสานงานอย่างใกล้ชิดทำให้จำแนกปัญหาและดำเนินการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นขณะปฏิบัติงาน

4). การปรับปริมาณการผลิต การผลิตผลแต่ละรุ่นที่มีปริมาณมากจะส่งผลให้เกิดระดับของสินค้าคงคลังและความสูญเสียเปล่าจากพื้นที่การผลิต การปรับปริมาณการผลิตแต่ละรุ่นให้เล็กลงโดยการดำเนินการให้เสร็จสิ้นในช่วงเวลาที่กำหนดจะเป็นการขจัดความสูญเสียจากการจัดเก็บวัสดุในปริมาณมาก มุ่งการผลิตตามความต้องการของลูกค้าซึ่งเป็นการผลิตแบบดึง โดยมีกลไกการควบคุมหรือคัมบัง และเป็นสารสนเทศการผลิตสำหรับเชื่อมโยงระหว่างหน่วยผลิต ทำให้ทราบสถานะความต้องการชิ้นงาน ซึ่งแตกต่างจากการผลิตตามการพยากรณ์

ประโยชน์ที่ได้รับจากการลดความสูญเสียในรูปของการขจัดเวลาที่ไม่สร้างมูลค่าเพิ่ม และเกิดการลดต้นทุนรวมทั้งปรับปรุงรอบเวลาการผลิต

5). การบำรุงรักษาเครื่องจักรกับผลิตภาพกระบวนการ การเกิดความสูญเสียเปล่าจากเครื่องจักรในสายการผลิตขัดข้อง (Breaks down) ต้องมีการบำรุงรักษาเชิงรุก(Proactive equipment maintenance) เพราะเป็นปัจจัยสำคัญต่อการป้องกันการสูญเสียในสายการผลิต มีการดำเนินการดังนี้

5.1 ให้การฝึกอบรมแรงงาน หรือผู้ควบคุมเครื่อง

5.2 จัดตั้งทีมงานในสายการผลิตซึ่งประกอบด้วยช่างบำรุงรักษา และพนักงานฝ่ายผลิต

5.3 ให้แรงงานสามารถรับผิดชอบดูแลงานบำรุงรักษาประจำวัน

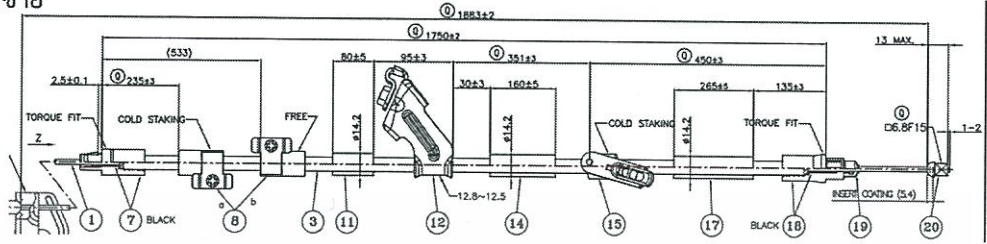
5.4 ใช้การบำรุงรักษาเชิงคาดการณ์ (Predictive maintenance)

6). หลักการควบคุมด้วยสายตา (Visual control) เป็นวิธีการควบคุมการทำงานด้วยการนำเสนอข้อมูลให้ง่ายต่อการเข้าใจ โดยแปลงข้อมูลและนำเสนอในรูปแบบต่างๆ ที่เห็นชัดและเข้าใจง่าย เช่น ตาราง สัญลักษณ์ แผนภูมิ เป็นต้น ประโยชน์ก็คือจะบ่งชี้ปัญหาความขัดข้องจากเครื่องจักรหรือการเกิดของเสียในสายการผลิต เพื่อให้หัวหน้างานหรือผู้เกี่ยวข้องได้รับทราบและดำเนินการแก้ไข และยังแจ้งต่อพนักงานสำหรับการจัดเตรียมงานต่อไปได้อีก

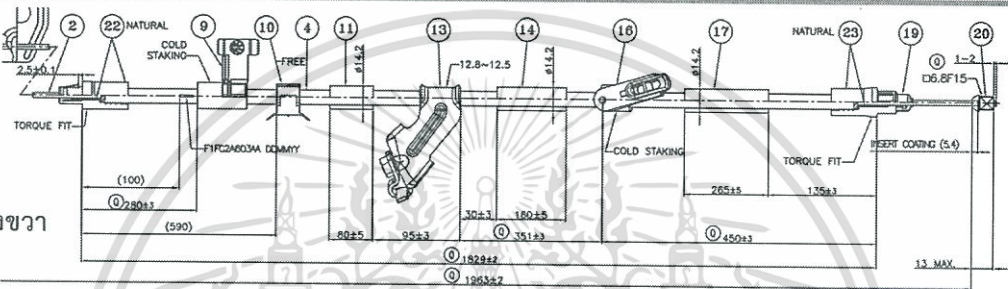
2.15 การศึกษา Drawing ของสายเบรคมือ

1) ทำการศึกษาถึงรูปแบบชิ้นงานที่ประกอบสำเร็จ ซึ่งสายเบรคของข้างซ้ายและข้างขวานั้นมีความคล้ายคลึงกันแต่ไม่ได้ใช้ Part เดียวกันเลย

ข้างซ้าย



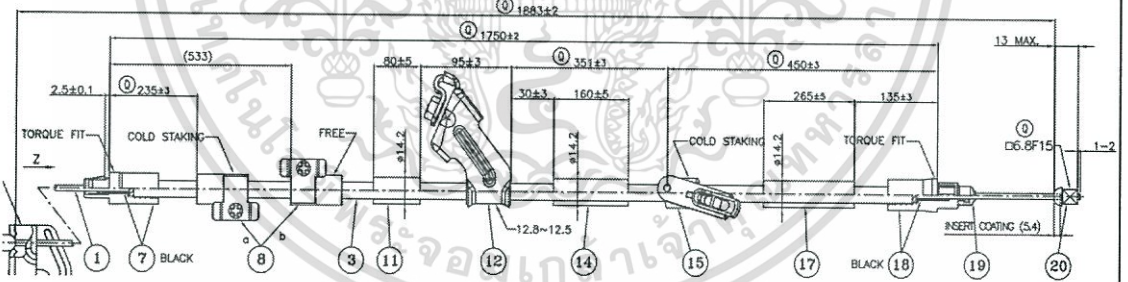
ข้างขวา



รูปที่ 2.15 Drawing แสดงชิ้นส่วนประกอบของสายเบรคมือ

2) Part แต่ละ Part ก็จะมีชื่อเรียกแตกต่างกันไป เพื่อเมื่อใช้งานจะได้มีความถูกต้องดังนี้

2.1 สายเบรคข้างซ้าย



รูปที่ 2.16 Drawing แสดงชิ้นส่วนประกอบของสายเบรคมือ (ข้างซ้าย)

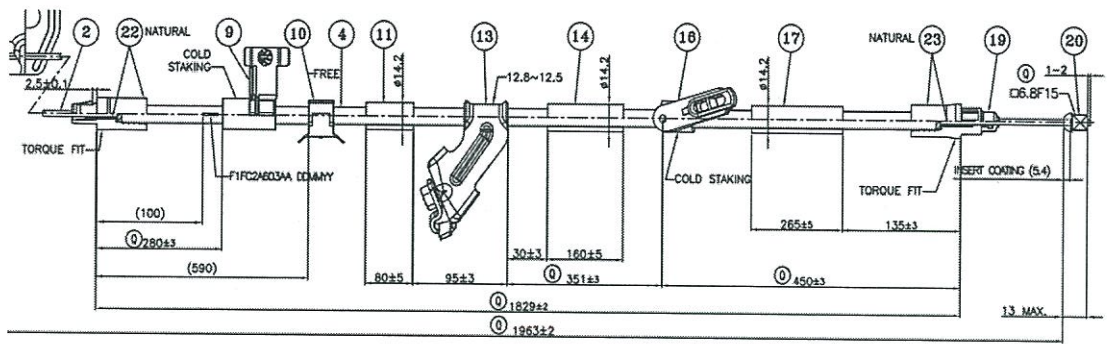
ลำดับ	ชื่อชิ้นส่วนประกอบ
1	Inner1
3	Outer1
7	Casing Cap1
8	Clip1
11	Protector1
12	Bracket LH

ลำดับ	ชื่อชิ้นส่วนประกอบ
14	Protector2
15	Clip LH
17	Protector3
18	Casing Cap2
19	Cover
20	Nipple End

ตารางที่ 2.5 แสดงชื่อชิ้นส่วนประกอบสายเบรคมือ (ข้างซ้าย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้เข้าไปใช้เว็บไซต์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 สายเบรคข้างขวา



รูปที่ 2.17 Drawing แสดงชิ้นส่วนประกอบของสายเบรคมือ (ข้างขวา)

ลำดับ	ชื่อชิ้นส่วนประกอบ	ลำดับ	ชื่อชิ้นส่วนประกอบ
2	Inner2	14	Protector5
4	Outer2	16	Clip RH
9	Clip2	17	Protector6
10	Clip3	19	Cover
11	Protector4	20	Nipple End
13	Bracket RH	22	Casing Cap3
		23	Casing

ตารางที่ 2.6 แสดงชื่อชิ้นส่วนประกอบสายเบรคมือ (ข้างขวา)

3) เมื่อทราบถึงชื่อเรียกของ Part แต่ละชิ้นแล้ว จากนั้นจึงทำการศึกษารายละเอียดระหว่าง Part แต่ละตัวและ Part ใด อยู่จุดใด เพื่อช่วยต่อการดำเนินการขึ้นสายเบรคต่อไป

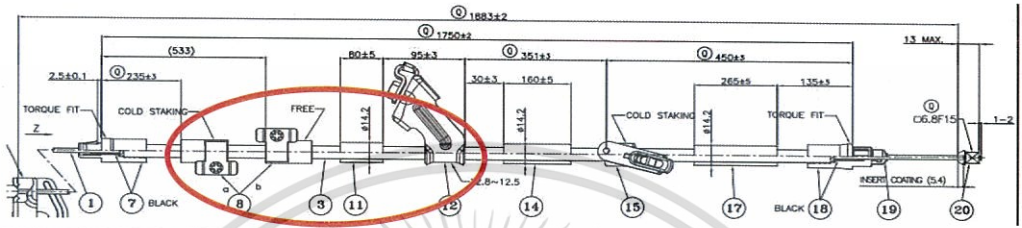
2.16 การศึกษากระบวนการผลิตของสายเบรคมือ

ในการสร้างสายการผลิตแต่ละโปรเจก เราต้องทำการศึกษาข้อมูลต่างๆของสายการผลิตที่เราได้รับมอบจากโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อความถูกต้องและสร้างคุณภาพในสายการผลิตนั้น ซึ่งหนึ่งในนั้นที่เราต้องทำการศึกษาก็คือ “ขั้นตอนการผลิตแต่ละกระบวนการ” ซึ่งรายละเอียดในการผลิตมีดังต่อไปนี้

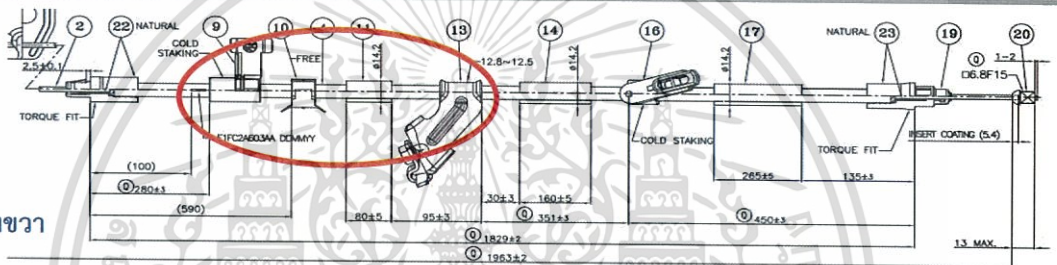
กระบวนการที่ 1

ในกระบวนการที่ 1. จะทำการประกอบชิ้นส่วนต่างๆ นั่นคือ clip, protector, bracket LH/RH, เข้าไปใน outer หลังจากนั้นทำการ cold staking ที่ bracket LH/RH แล้วพันเทปกาวที่ outer เพื่อยึด protector (เครื่องจักรที่ใช้ Air Hydro Press)

ข้างซ้าย



ข้างขวา

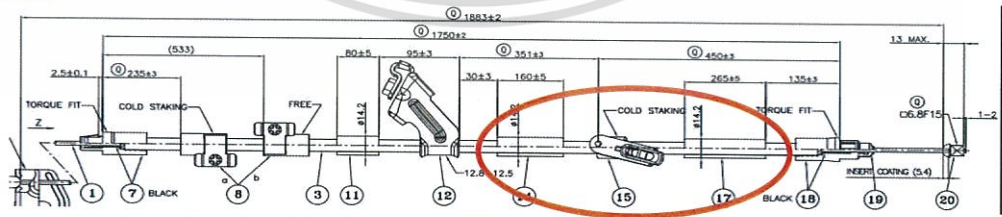


รูปที่ 2.18 Drawing แสดงตำแหน่งของชิ้นส่วนที่ทำการประกอบในกระบวนการที่ 1

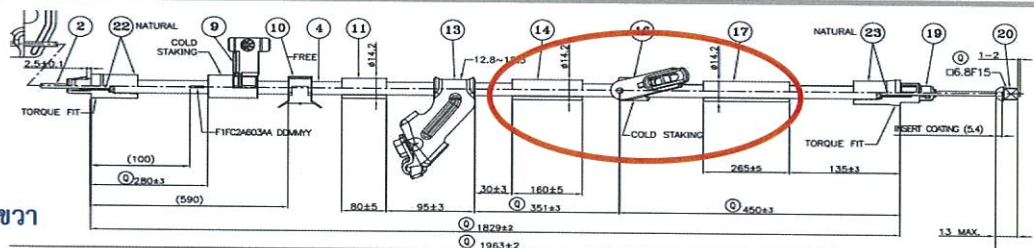
กระบวนการที่ 2

ในกระบวนการที่ 2. จะทำการประกอบชิ้นส่วนต่างๆ นั่นคือ protector, clip LH/RH, เข้าไปใน outer หลังจากนั้นทำการ cold staking ใน 2 ตำแหน่ง คือ clip และ clip LH/RH (เครื่องจักรที่ใช้ Air Hydro Press)

ข้างซ้าย



ข้างขวา



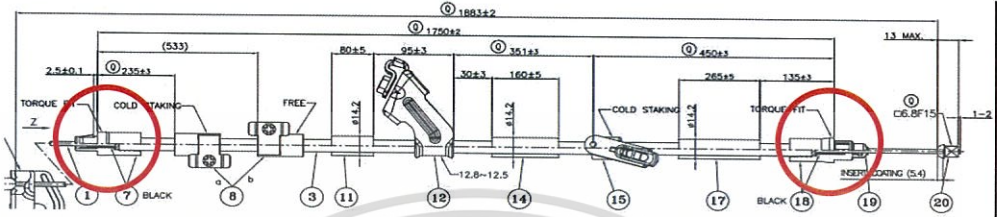
รูปที่ 2.19 Drawing แสดงตำแหน่งของชิ้นส่วนที่ทำการประกอบในกระบวนการที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น ไม่สามารถเผยแพร่หรือทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

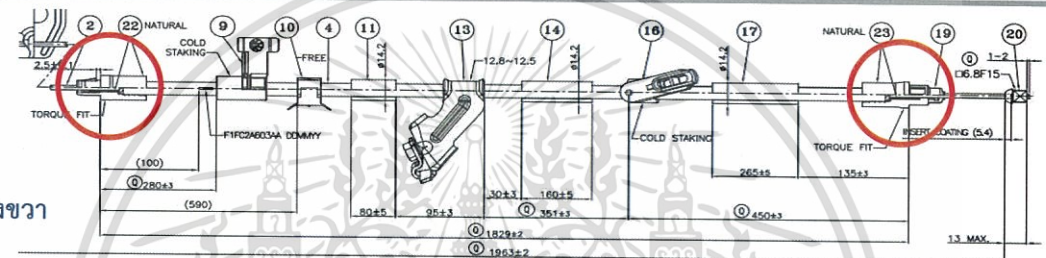
กระบวนการที่ 3

ในกระบวนการที่ 3. จะทำการฉีดยาอะซี เข้าไปในสาย outer จากนั้นใส่ casing cab ที่ปลาย outer ทั้งสองข้าง แล้วพันเทปกาวที่ outer เพื่อยึด protector (เครื่องจักรที่ใช้ Injection Grease, Torque Fitting, Rotation Casing)

ข้างซ้าย



ข้างขวา

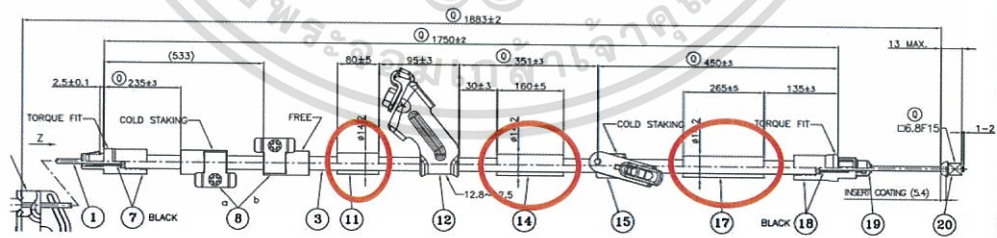


รูปที่ 2.20 Drawing แสดงตำแหน่งของชิ้นส่วนที่ทำการประกอบในกระบวนการที่ 3

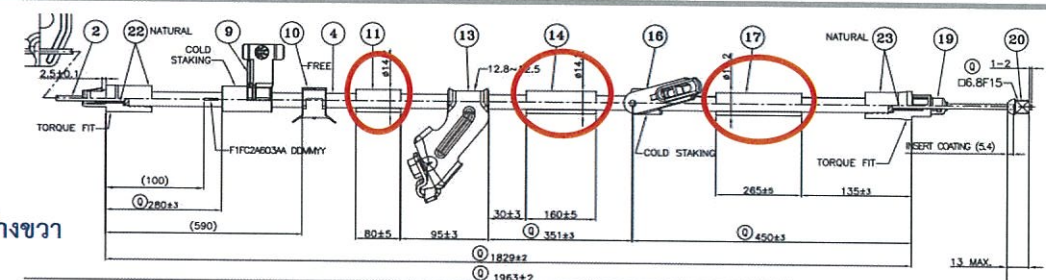
กระบวนการที่ 4

ในกระบวนการที่ 4. จะทำการติดกาวเพื่อยึด protector ให้แน่นติดกับ outer แล้วทำการใส่สาย inner เข้าไปในสาย outer (เครื่องจักรที่ใช้ Applied Glue, Inner Insert)

ข้างซ้าย



ข้างขวา



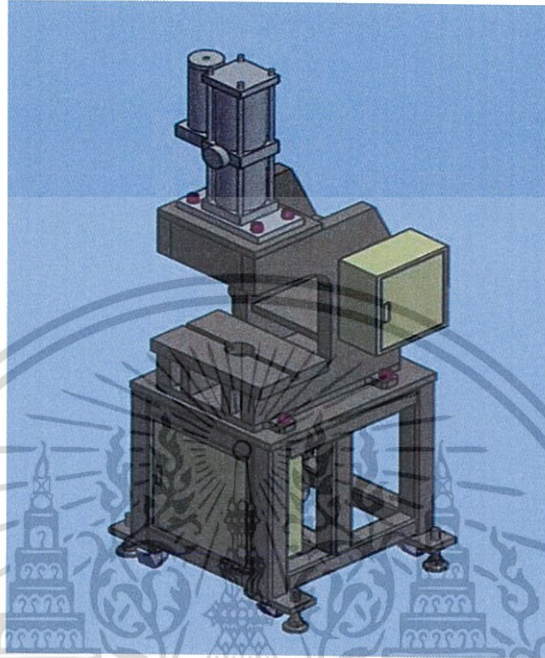
รูปที่ 2.21 Drawing แสดงตำแหน่งของชิ้นส่วนที่ทำการประกอบในกระบวนการที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.17 การศึกษาเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตสายเบรคมือ

เครื่องจักรที่ใช้ในสายการผลิตสายเบรคที่ทำการศึกษามีดังนี้

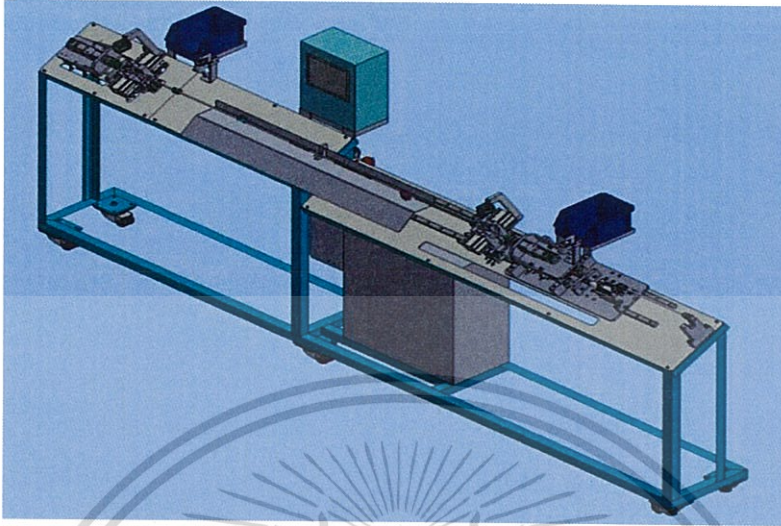
1) Air Hydro Press



รูปที่ 2.24 ภาพเครื่องจักร Air Hydro Press

เครื่อง Air Hydro Press เป็นเครื่องจักรที่มีระบบการทำงานร่วมกันของ แรงดันลมและแรงเชิงกลหรือแรงกดทับ ซึ่งสามารถเซตระยะการกดลงของ Die ได้ ซึ่งความหนักของแรงกดทับนั้นมีหลายค่า ทำให้เครื่อง Air Hydro Press มีหลายขนาด ทั้งนี้การเลือกใช้งานขึ้นกับสเปคของสินค้าของลูกค้าในการผลิต ตัวเครื่องต้องมีการตรวจเช็คอยู่เสมอทั้งก่อนและหลังการใช้งาน เช่น เช็คปริมาณน้ำมันที่ใช้ในการยกขึ้น-ลง ของ Die เช็คระบบลมและสายลม รวมทั้งติดตั้งปุ่มสั่งเครื่องหยุดทำงานทั้งระบบเนื่องจาก เครื่องจักรมีความอันตราย ในการใช้ต้องมีความระวังเป็นพิเศษ รวมทั้งการสวมเครื่องป้องกันอันตรายต่างๆ ซึ่งผู้ใช้งานต้องทำการศึกษาก่อนใช้เครื่องจักร

2) Torque Fitting

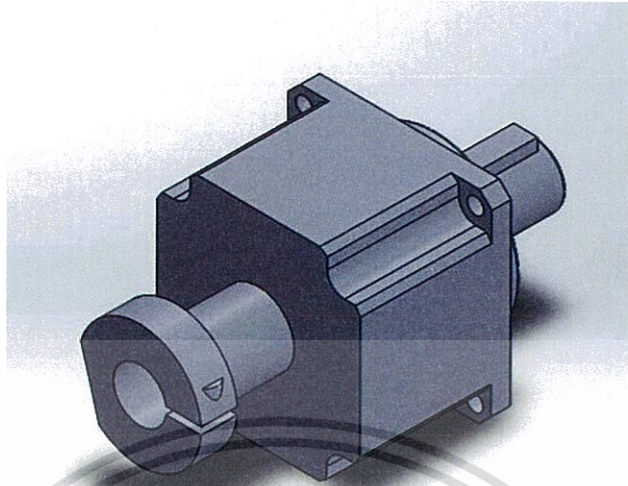


รูปที่ 2.25 ภาพเครื่องจักร Torque Fitting

เครื่อง Torque Fitting นี้ ถือเป็นเครื่องจักรใหม่ในประเทศไทยที่มีการนำมาใช้งานในการผลิตสายเบอร์ครถ หลักการทำงานของเครื่อง คือ อาศัยแรงหมุนทอร์กเพื่อที่จะหมุนหัว Casing Cap เข้ากับสาย Outer ให้แน่น โดยอาศัยความสมดุลของการหมุนทางด้านซ้ายและด้านขวาของเครื่องในการหมุน เครื่องจักรต้องอาศัยการทำงานเป็นลำดับมาก ดังนั้นจึงมีการนำเซนเซอร์มาใช้เพื่อให้การทำงานเป็นไปตามลำดับและผู้ใช้งานต้องมีความแม่นยำในการใช้เครื่องเป็นพิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

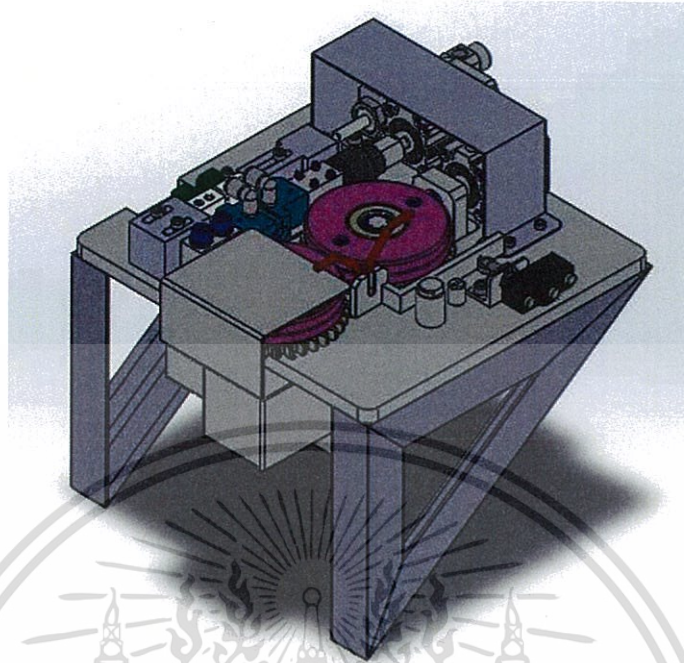
3) Injection Grease



รูปที่ 2.26 ภาพเครื่องจักร Injection Grease

Injection Grease คือ เครื่องใส่จาระบี เป็นเครื่องจักรที่ติดอยู่กับเครื่อง Torque Fitting ซึ่งต้องทำการใส่จาระบีที่ Outer ก่อนที่จะทำการหมุนหัว Casing Cap เข้ากับสาย Outer โดยตัวเครื่อง Injection Grease นี้ อาศัยแรงดันลมในการจ่ายจาระบีออกมา โดยมีเซนเซอร์เป็นตัวกำหนดปริมาณของจาระบีที่จะไหลออกมา โดยเรากำหนดค่าปริมาณได้

4) Inner Insert

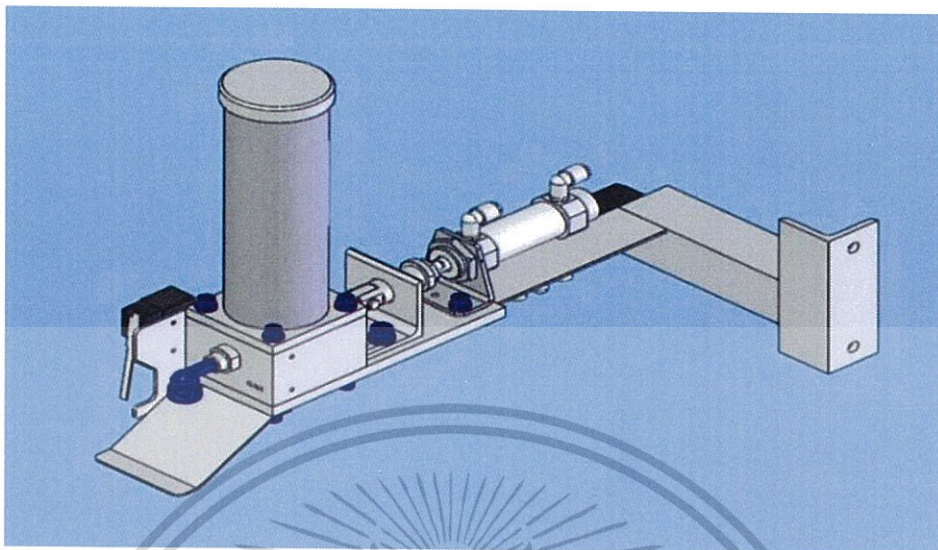


รูปที่ 2.27 ภาพเครื่องจักร Inner Insert

2 ข้างที่

หมุนช่วยให้สาย Inner สามารถไหลเข้าไปใน Outer ได้โดยง่าย ทั้งนี้เครื่อง Inner Insert มีความอันตรายในการใช้งาน เนื่องจากลูกกลิ้งนั้นสามารถหนีมือได้ ตัวเครื่องเองจึงมีเซนเซอร์ในการใช้งานอยู่ และผู้ใช้งานเองก็ต้องมีความระวัง

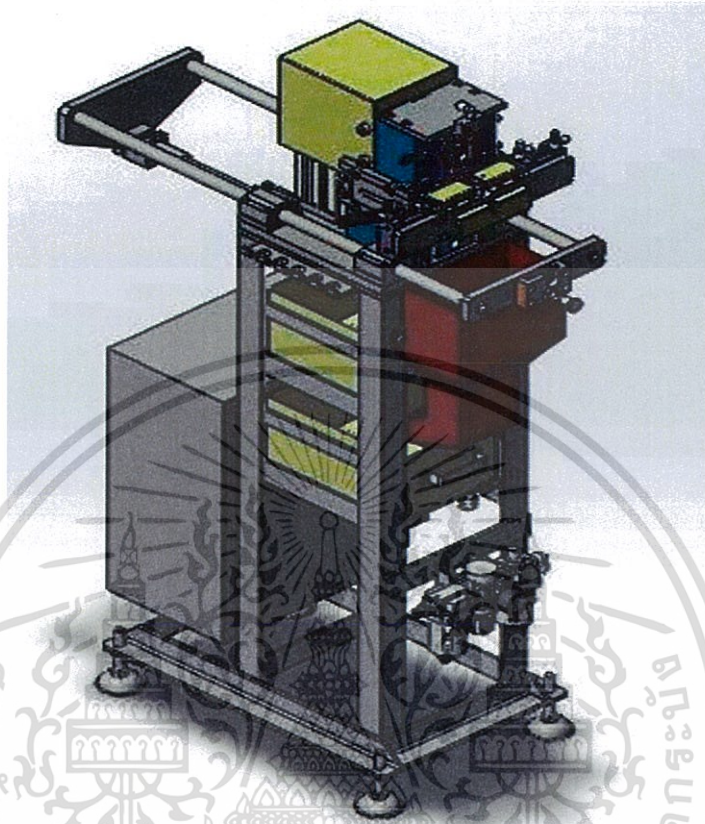
5) Glue Apply



รูปที่ 2.28 ภาพเครื่องจักร Glue Apply

เป็นเครื่องจักรที่ใช้ในการหยอดกาวเหลืองที่มีคุณสมบัติเหนียว เมื่อโดนอากาศแล้วกาวแห้งเร็ว โดยที่เครื่องอาศัยแรงดันลมในการดันกาวออกมาเมื่อผู้ใช้งานกดเซนเซอร์ ปริมาณของกาวที่ไหลออกมาสามารถกำหนดได้ โดยการกำหนดค่าความดันของลม ทั้งนี้เครื่อง Glue Apply มีปัญหาบ่อยครั้งในการใช้งาน โดยอย่างที่ได้กล่าวในข้างต้นว่ากาวนั้นแห้งเร็ว จึงทำให้กาวที่แห้งติดบริเวณปากทางการไหลของกาว ทำให้กาวไม่ไหลออกมา ต้องดึงกาวที่แห้งออกบ่อยครั้ง

6) Inner Cutting & Stripping

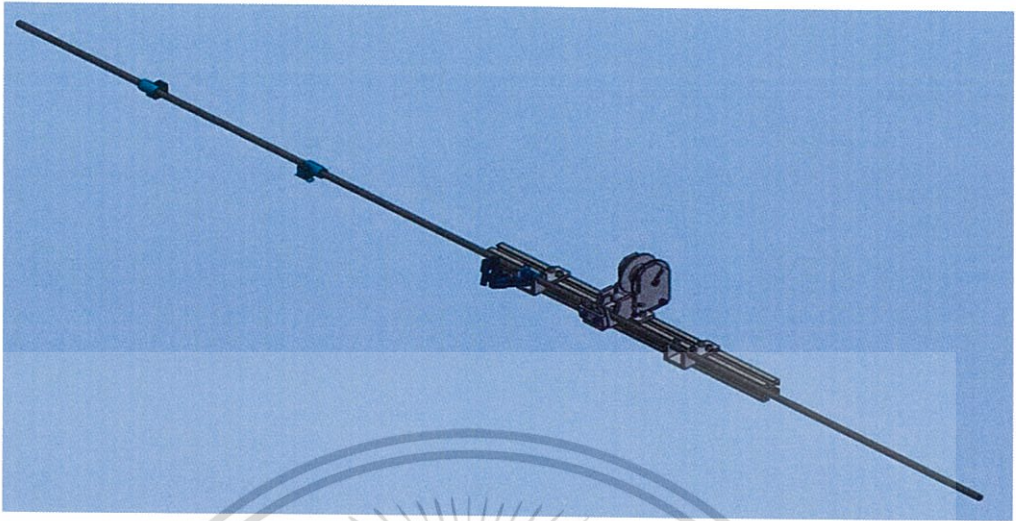


รูปที่ 2.29 ภาพเครื่องจักร Inner Cutting & Stripping

เป็นเครื่องจักรที่ใช้ในการ ตัดและลอกสาย Inner ให้ได้ขนาดตามที่ต้องการนำไปใช้งาน โดยเครื่องจักรนี้มีความซับซ้อนในการทำงาน ต้องอาศัยแรงดันลมที่พอดีมากๆ ในการที่จะขับเคลื่อนเครื่องจักรให้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และต้องมีใบมีดที่มีความคมเพื่อใช้ในการตัดและลอกสาย Inner ให้ได้ตามที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

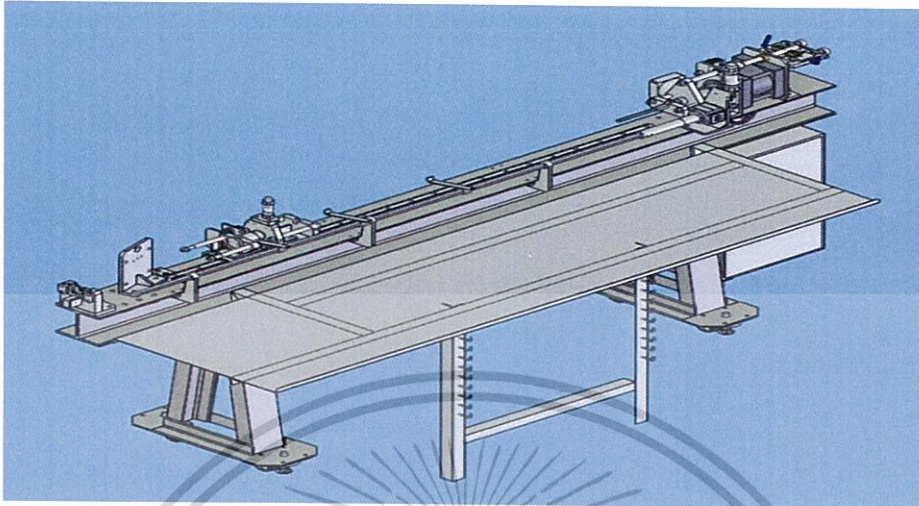
7) Rotation Casing



รูปที่ 2.30 ภาพเครื่องจักร Rotation Casing

เป็นเครื่องที่ใช้พันเทปกาวสาย Outer โดยจะมี jig กำหนดระยะในการพันแต่ละจุด ช่วยให้ การพันเทปกาวสะดวกมากขึ้น เหตุผลที่พันเทปกาวก็เพื่อที่จะช่วยในการยึดติดมากขึ้นเมื่อหยอดกาว ใส่สาย Outer เพื่อยึดติดกับสาย Protector

8) Tensile Test



รูปที่ 2.31 ภาพเครื่องจักร Tensile Test

เป็นเครื่องจักรที่ใช้ในการทดสอบแรงดึงของสายเบรค หลังจากที่ทำกรประกอบชิ้นส่วนต่างๆเข้าด้วยกันแล้ว เป็นเครื่องที่ใช้ทดสอบว่าสายเบรคนั้นสามารถนำไปใช้ได้หรือไม่ ซึ่งมีความสำคัญมาก สายเบรคทุกเส้นต้องทำการทดสอบ โดยแรงดึงสายเบรคนั้นใช้แรงดันลมในการดึงค่าของแรงดึงจึงสามารถกำหนดได้ตามสเปคที่ลูกค้าต้องการว่า ให้สายเบรคสามารถทนต่อแรงดึงได้เท่าใด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.18 การตั้งระยะตาม Drawing

การตั้งระยะเครื่องมือในที่นี้คือ Jig เป็นตัวช่วยที่ทำให้การทำงานในการขึ้นชิ้นงานง่ายยิ่งขึ้น การตั้งระยะต่างๆ มีความสำคัญมากและมีความซับซ้อน เพราะการตั้งระยะมีผลต่อระยะการติดตั้ง ชิ้นส่วนต่างๆลงไป หากมีการตั้งระยะผิดพลาดนั้นก็หมายความว่า ระยะของชิ้นส่วนแต่ละตัวนั้น คลาดเคลื่อนไป ซึ่งระยะการปั๊มหรือใส่ชิ้นส่วนต่างๆนั้น ก็ต้องทำการตั้งระยะตามลำดับดำเนินงาน นั้นๆไป ซึ่งเราต้องทำการมองจุดอ้างอิงก่อน โดยต้องทำการอ้างอิงทุกๆจุดปั๊มขึ้นส่วนจากจุดอ้างอิงนี้ แต่ในการตั้งระยะก็ต้องอ้างอิงจากจุดนี้ เรียกว่าจุด ดราตัม โดยในไลน์การผลิตนี้ ใช้ Bracket LH ของ ช่างซ้าย และ Bracket RH ของช่างขวา เป็นจุดดราตัม ของสายเบรค

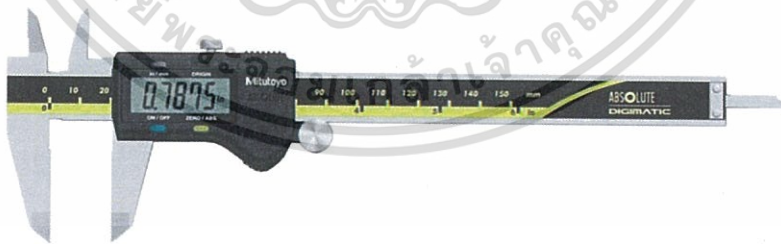
โดยที่เราใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ช่วยในการตั้งระยะที่สำคัญต่อไปนี้

- 1) ตลับเมตร ใช้ในการวัดระยะระหว่างจุดต่างๆ



รูปที่ 2.32 ภาพแสดงเครื่องมือวัด ตลับเมตร

- 2) เวนเนียร์ แบบดิจิตอล ใช้ในการวัดระยะในการปั๊มขึ้นส่วนที่ทำการปั๊มแล้ว



รูปที่ 2.33 ภาพแสดงเครื่องมือวัด เวนเนียร์

- 3) ประแจแอล ที่ใช้ในการขันน็อต เพราะน็อตที่ใช้ในการตั้งระยะทั้งหมดใช้ประแจแอลขัน เป็นเครื่องมือที่ง่ายต่อการใช้งาน



รูปที่ 2.34 ภาพแสดงเครื่องมือวัด ประแจแอล

ทั้งนี้การตั้งระยะ ต้องอาศัยประสบการณ์ในการสังเกตและทำงานเป็นอย่างมาก เนื่องจากมีจุดสังเกต และจุดอ้างอิงที่น้อยมาก ผู้ปฏิบัติงานต้องมีความชำนาญเป็นอย่างมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 กำหนดการและระยะเวลาในการดำเนินการจนแล้วเสร็จ

ตารางที่ 3.1 แสดงกำหนดการและระยะเวลาในการดำเนินการโครงการพิเศษ1

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ส.ค. 58	ก.ย. 58	ต.ค. 58	พ.ย. 58
1. พบอาจารย์ที่ปรึกษาและ ค้นหาโครงการที่สนใจ	↔			
2. เสนอหัวข้อโครงการต่อวิทยาลัยฯ	↔			
3. ศึกษาวิธีการทำโครงการและ ค้นคว้าหาวรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการทำโครงการ	↔			
4. เสนอโครงการที่บริษัท ไทยสตีลเคเบิล จำกัด(มหาชน)	↔			
5. เก็บข้อมูลที่บริษัท ไทยสตีลเคเบิล จำกัด (มหาชน) และทำการทดลองโดยนำข้อมูลที่เก็บไว้ในช่วงรับการฝึกงานมาวิเคราะห์และทดลองต่อ	↔			↔
6. ศึกษาข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทำการปรับปรุงคุณภาพในขั้นตอนถัดไป	↔			↔
7. ศึกษาข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทำการปรับปรุงคุณภาพในขั้นตอนถัดไป นำเสนอความคืบหน้าของโครงการต่ออาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ	↔			↔
8. ปรึกษาและหาข้อแนะนำในการทำโครงการ กับอาจารย์ที่ปรึกษา และบริษัทเจ้าของโครงการ			↔	↔
9. ศึกษาข้อบกพร่อง และทำการวิเคราะห์แก้ไขสาเหตุของการสูญเสียในกระบวนการผลิต และหาวิธีการลดข้อบกพร่องนั้น			↔	↔
10. จัดทำและ ส่งรูปเล่มของโครงการพิเศษ บทที่ 1-3				↔

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) ทำการทดสอบแรงดึงของสายเบรค โดยที่จะดูว่าสายเบรคสามารถทนต่อแรงดึงได้หรือไม่ เปรียบเสมือนการจำลอง หากนำสายเบรคไปใช้งานแล้วสายเบรคต้องทนแรงดึงจริง

3.2.2 การ trial line ครั้งที่ 2

- 1) ทำการตรวจสอบ ชิ้นส่วนประกอบ, ระยะเวลาตั้ง jig และfix, ความเรียบร้อยของเครื่องจักรในการทดลองสายการผลิตครั้งที่ 1
- 2) เริ่มการเดินสายการผลิต โดยเริ่มแรกจะเป็นการเดินสายการผลิตโดยฝ่ายงานวิศวกรรมการผลิต หลังจากนั้นจะเป็นฝ่ายของ operator
- 3) เมื่อได้สายเบรคมือมาเรียบร้อยแล้ว ทำการทดสอบแรงดึงของสายเบรค โดยที่จะดูว่าสายเบรคสามารถทนต่อแรงดึงได้หรือไม่ เปรียบเสมือนการจำลอง หากนำสายเบรคไปใช้งานแล้วสายเบรคต้องทนแรงดึงจริง

4) ตรวจสอบสายเบรคมือ

3.1 ตรวจสอบจากกระยะอ้างอิงทั้งหมด ตาม drawing จำนวน 30 เส้น จดบันทึกค่า

3.2 นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาข้อบกพร่อง โดยใช้โปรแกรมมินิแท็บ และโปรโมเดลเข้ามาช่วยในการวิเคราะห์ ซึ่งการวิเคราะห์จะสามารถทำให้ทราบถึงข้อผิดพลาดที่เกิดจากกระบวนการผลิตทั้งหมดได้

3.3 เมื่อสามารถวิเคราะห์หาข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต นำมาสรุปผล และทำการแก้ไข โดยด่วนก่อนถึงการ trial line ครั้งที่ 3 โดยมีแผนวิศวกรรมการผลิตเป็นผู้รับผิดชอบในการแก้ไขข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นในสายการผลิต

3.2.3 การ trial line ครั้งที่ 3

ในการ trial line ครั้งที่ 3 ทำเช่นเดียวกันกับการ trial line ครั้งที่ 1, 2 แต่ในครั้งที่ 3 นั้นเป็นครั้งสุดท้ายและสำคัญที่สุด เพราะสายการผลิตทั้งหมดต้องมีความถูกต้องและแม่นยำสูง กล่าวคือต้องมีข้อผิดพลาดที่น้อยที่สุด และมีเสถียรภาพมากที่สุด และเป็นการทดลองสายการผลิตโดยมีบริษัทลูกค้า หรือเจ้าของสายการผลิตนั้นเข้ามาตรวจสอบการทดลองการสายผลิตนี้ด้วย

ขั้นตอนการทดลองสายการผลิต

- 1) ทำการตรวจสอบ ชิ้นส่วนประกอบ, ระยะเวลาตั้ง jig และfix, ความเรียบร้อยของเครื่องจักร และตรวจสอบความเรียบร้อยของบริเวณที่ทำการแก้ไขในการทดลองสายการผลิต
- 2) เริ่มการเดินสายการผลิต โดยมี operator เป็นคนเดินสายการผลิตทุกขั้นตอน
- 3) ตรวจสอบสายเบรคมือ

3.1 ตรวจสอบจากกระยะอ้างอิงทั้งหมด ตาม drawing จำนวน 30 เส้น จดบันทึกค่า

3.2 นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาข้อบกพร่อง โดยใช้โปรแกรมมินิแท็บ และโปรโมเดลเข้ามาช่วยในการวิเคราะห์ ซึ่งการวิเคราะห์จะสามารถทำให้ทราบถึงข้อผิดพลาดที่เกิดจากกระบวนการผลิตทั้งหมดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 เมื่อสามารถวิเคราะห์หาข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต นำมาสรุปผล และทำการแก้ไขซึ่งในการทดลองสายการผลิตในครั้งนี้ จะเป็นการรับฟังความเห็นและคำวิจารณ์จากกลุ่มลูกค้า

3.4 ตรวจสอบสายการผลิต โดยมี QA, QC, Engineer, Production Engineer, Supervisor และ Customer เป็นการตรวจสอบในครั้งสุดท้ายก่อนขึ้นชิ้นงานตามใบสั่งของลูกค้าที่ได้ทำสัญญาไว้กับทางบริษัท

3.3 การ Mass Product

ในการ mass product จะเป็นการตรวจสอบสายเบรคมือทั้งหมด 500 เส้น โดยการใช้การวัดจากจุดอ้างอิงตาม drawing แล้วนำมาวิเคราะห์โดยจะเป็นหน้าที่ของนักศึกษาผู้ทำโครงการในการตรวจสอบ เพื่อหา

- 1) ความเป็นเสถียรภาพของระบบ
- 2) ชีตความสามารถในกระบวนการผลิต
- 3) ระยะเวลาในการผลิตต่อสายเบรคมือ 1 เส้น
- 4) วิธีการลดต้นทุนในการผลิตสามารถทำได้มีวิธีใดบ้าง
- 5) ข้อจำกัดในการลดต้นทุน ของสายการผลิตนี้มีอะไรบ้าง

เนื่องในการทำการทดลองและแนวคิดต่างๆ ที่นักศึกษาได้ปฏิบัติในโครงการนี้ เป็นการทดลองที่มีอยู่จริงในระบบอุตสาหกรรม จึงมีความเสี่ยงสูง ไม่สามารถผิดพลาดได้ ดังนั้นการทดลองของนักศึกษาผู้ทำโครงการนี้จึงอยู่ในการควบคุมดูแลของ บริษัท ไทย สตีลเคเบิล จำกัด มหาชน : แผนกวิศวกรรมระบบการผลิต

3.4 การทดลองโดยใช้โปรแกรม Pro Model

ขั้นตอนการทดลอง 1) จับเวลาการทำงานจริงของพนักงานในไลน์การผลิตของแต่ละ Processes 10 ครั้ง เพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยของแต่ละ Process

ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
00:04:57.06	00:04:32.65
06 00:04:55.61 00:00:08.65	06 00:04:30.86 00:00:14.36
05 00:04:46.96 00:00:57.05	05 00:04:16.50 00:01:04.94
04 00:03:49.91 00:01:08.37	04 00:03:11.56 00:00:48.45
03 00:02:41.54 00:00:50.52	03 00:02:23.11 00:00:39.34
02 00:01:51.02 00:00:50.44	02 00:01:43.77 00:01:02.07
01 00:01:00.58 00:01:00.58	01 00:00:41.70 00:00:41.70

รูปที่ 3.1 ภาพแสดงเวลาในการทำงานของสายการผลิต ครั้งที่ 1, 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ครั้งที่ 3

00:04:26 ₂₀		
06	00:04:25.49	00:00:40.46
05	00:03:45.03	00:00:31.05
04	00:03:13.98	00:00:42.16
03	00:02:31.82	00:00:53.93
02	00:01:37.89	00:00:55.75
01	00:00:42.14	00:00:42.14

ครั้งที่ 4

00:04:13 ₃₂		
06	00:04:11.41	00:00:07.02
05	00:04:04.39	00:00:33.82
04	00:03:30.57	00:00:50.83
03	00:02:39.74	00:01:16.93
02	00:01:22.81	00:00:39.89
01	00:00:42.92	00:00:42.92

รูปที่ 3.2 ภาพแสดงเวลาในการทำงานของสายการผลิต ครั้งที่ 3, 4

ครั้งที่ 5

00:04:27 ₁₉		
06	00:04:19.60	00:00:46.43
05	00:03:33.17	00:00:47.69
04	00:02:45.48	00:00:50.31
03	00:01:55.17	00:00:31.95
02	00:01:23.22	00:00:45.31
01	00:00:37.91	00:00:37.91

ครั้งที่ 6

00:03:46 ₉₉		
06	00:03:09.84	00:00:39.22
05	00:02:30.62	00:00:16.17
04	00:02:14.45	00:00:41.63
03	00:01:32.92	00:00:47.56
02	00:00:45.26	00:00:24.77
01	00:00:20.49	00:00:20.49

รูปที่ 3.3 ภาพแสดงเวลาในการทำงานของสายการผลิต ครั้งที่ 5, 6

ครั้งที่ 7

00:03:34 ₅₁		
06	00:03:28.57	00:00:27.52
05	00:03:01.05	00:00:17.70
04	00:02:43.35	00:00:33.55
03	00:02:09.80	00:00:39.24
02	00:01:30.56	00:00:58.10
01	00:00:32.46	00:00:32.46

ครั้งที่ 8

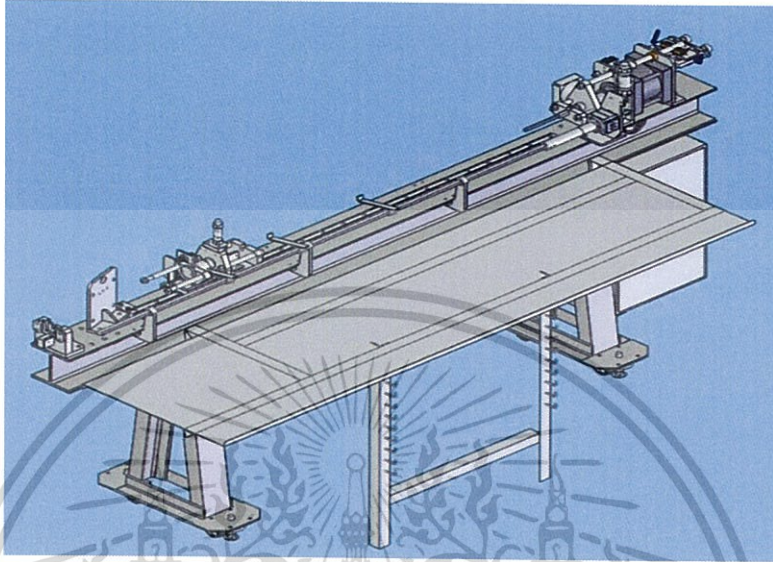
00:03:28 ₄₄		
05	00:03:27.27	00:00:57.30
04	00:02:29.97	00:00:41.97
03	00:01:48.00	00:00:26.99
02	00:01:21.01	00:00:32.31
01	00:00:48.70	00:00:48.70

รูปที่ 3.4 ภาพแสดงเวลาในการทำงานของสายการผลิต ครั้งที่ 7, 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

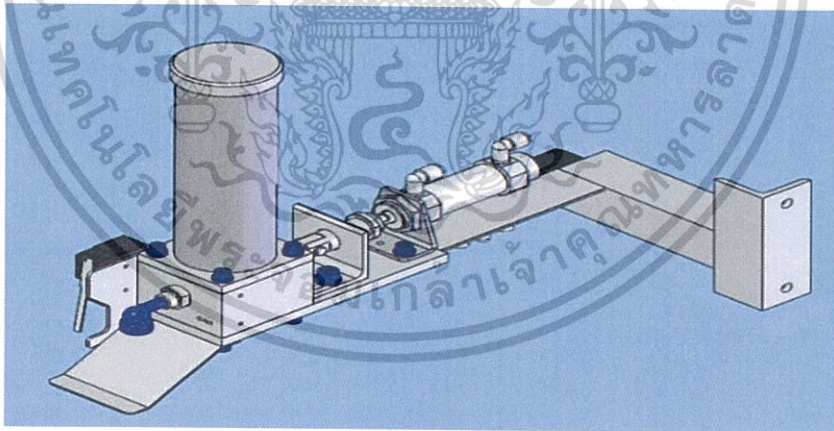
2) ทำการสำรวจเครื่องจักรและส่วนประกอบของชิ้นงานว่ามีอะไรบ้าง จากนั้นค้นหาไฟล์ CAD เครื่องจักรมาเพื่อใช้ในการจำลองสายการผลิต

ตัวอย่างแสดงภาพของ CAD เครื่องจักร



รูปที่ 3.5

ภาพแสดงเครื่อง Tensile Test

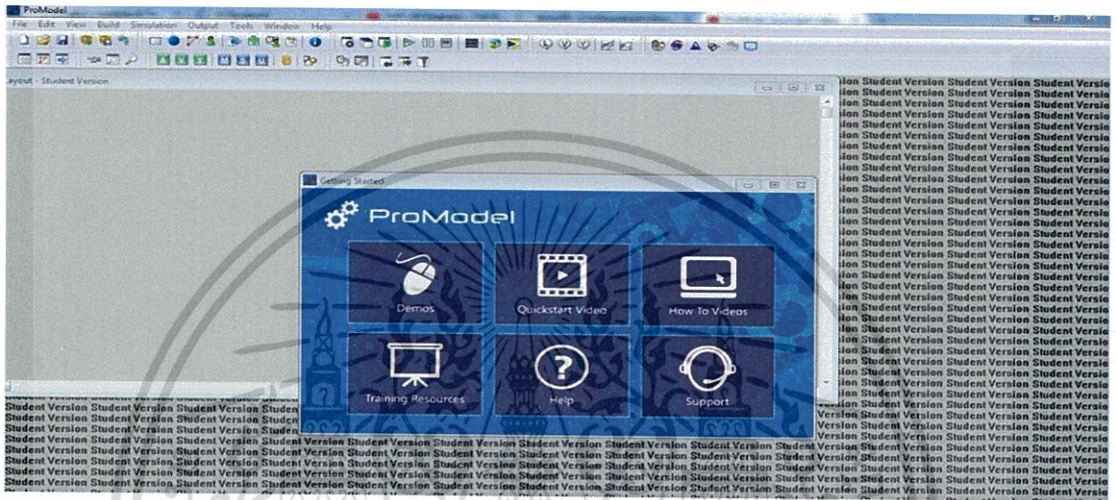


รูปที่ 3.6

ภาพแสดงเครื่อง Applied Glue

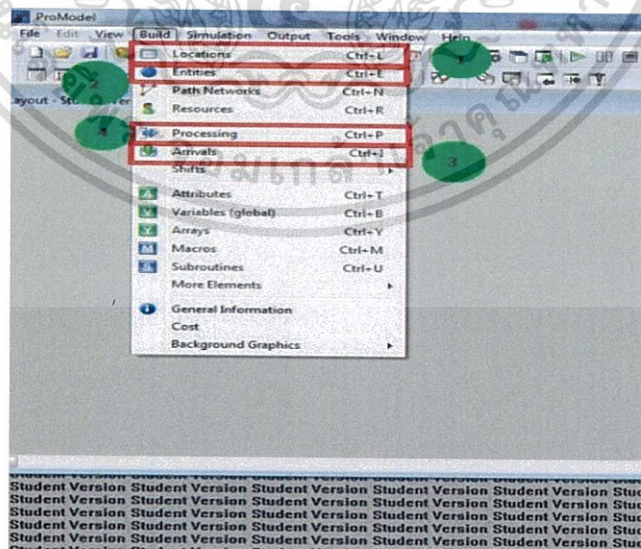
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 3) กำหนดตัวแปรที่จะใช้ในการจำลองไลน์การผลิต
 - 3.1 เวลาที่เราทำการจับจากไลน์การผลิตจริงนำมาเฉลี่ยค่าในแต่ละ Processes
 - 3.2 เครื่องจักรในแต่ละ Processes เรียงลำดับก่อน-หลัง
 - 3.3 ส่วนประกอบในการประกอบชิ้นงานว่ามีอะไรบ้าง
- 4) เริ่มทำการจำลองสายการผลิตโดยใช้โปรแกรมโปรโมเดล
 - 4.1 เปิดโปรแกรมโปรโมเดล



รูปที่ 3.7 ภาพแสดงโปรแกรม Pro Model

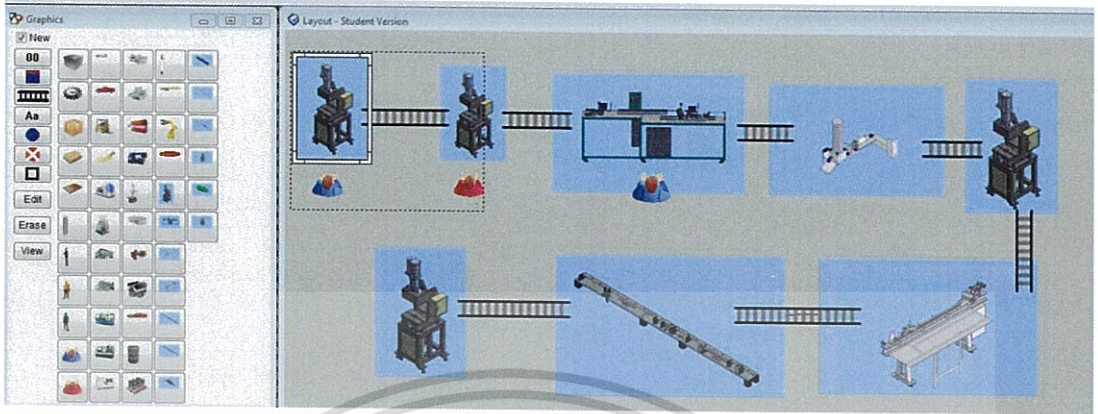
4.2 โหลดภาพเครื่องจักรที่จะใช้เข้ามาในโปรแกรม จากนั้นเลือกการทำงานตามขั้นตอน ดังนี้



รูปที่ 3.8 ภาพแสดงวิธีการโหลดข้อมูลของ โปรแกรม Pro Model

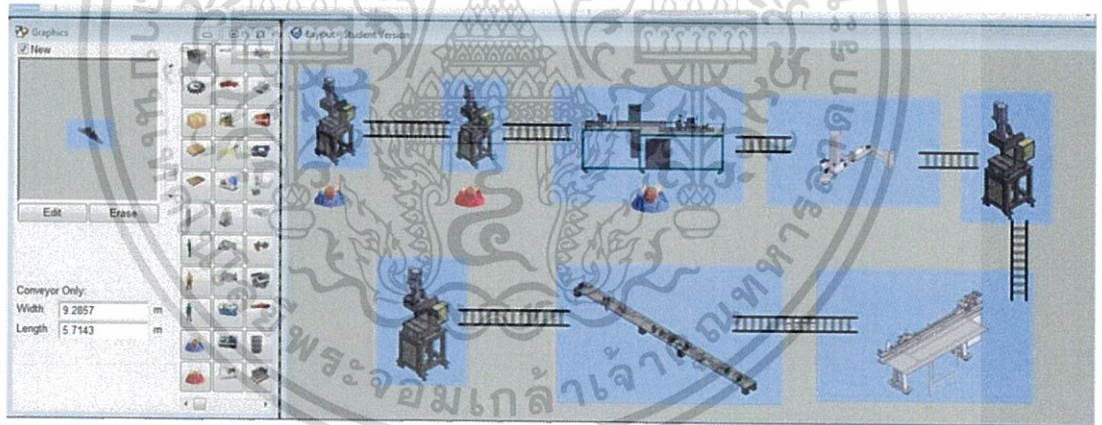
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 เลือก Locations แล้วทำการกำหนด Processes และนำเครื่องจักรไปวาง จากนั้นตั้งชื่อเครื่องจักรและกำหนดเวลาในการทำงานของเครื่องจักร



รูปที่ 3.9 ภาพแสดงวิธีการวางเครื่องจักร

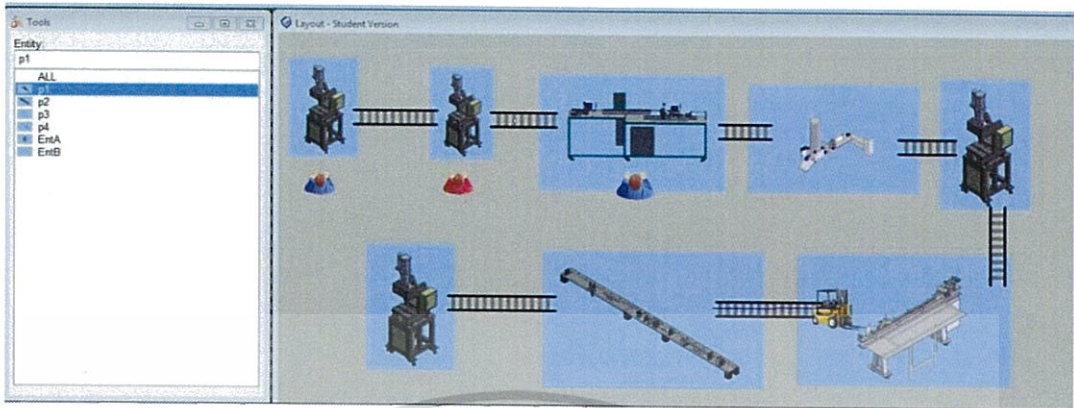
4.4 เลือก Entities ทำการกำหนดส่วนประกอบแต่ละส่วนว่าชิ้นส่วนใดเริ่มต้นที่ Processes ใด และจบที่ Processes ใด ใช้เวลาในการทำในแต่ละ Processes นานเท่าใด



รูปที่ 3.10 ภาพแสดงวิธีการกำหนดส่วนประกอบ

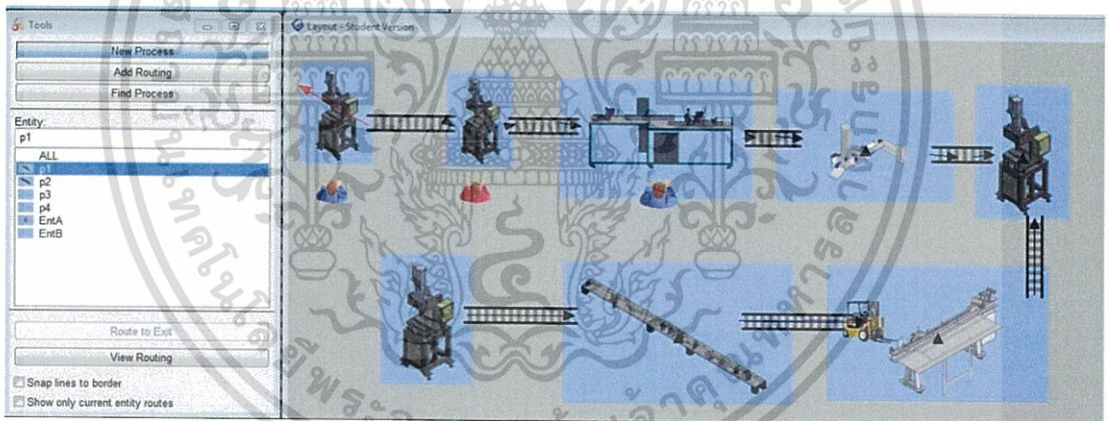
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 เลือก Arrivals เพื่อทำการกำหนดการเข้าออกของชิ้นส่วน



รูปที่ 3.11 ภาพแสดงวิธีการกำหนดการทำงานของเครื่องจักร

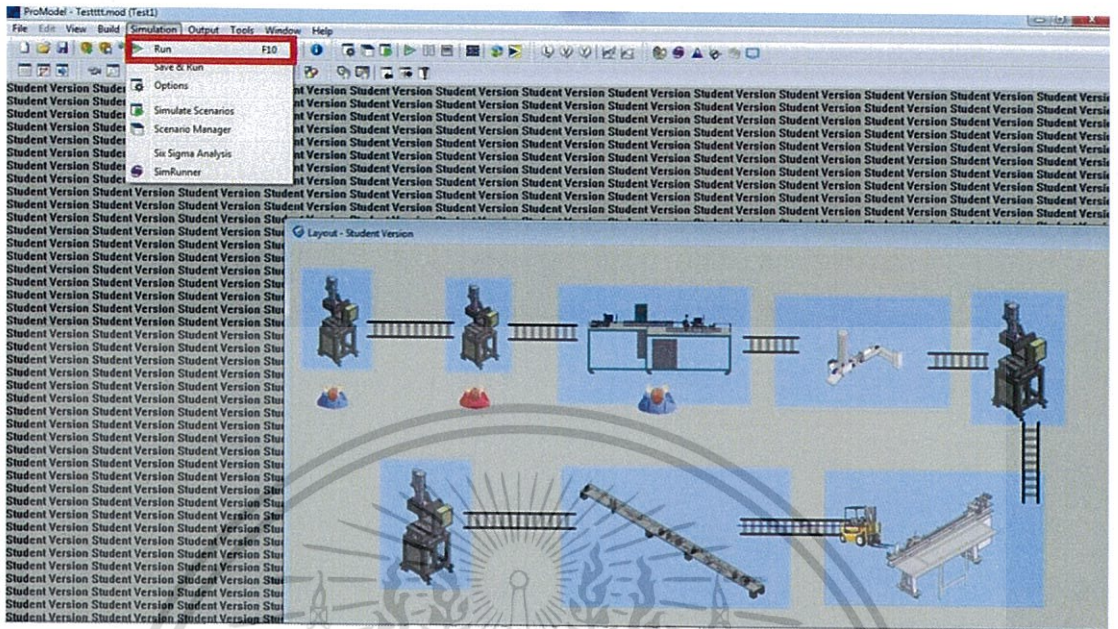
4.6 เลือก Processing เพื่อกำหนดลำดับและเส้นทางการเดินทางของชิ้นงาน จะเกิดเป็น ลูกศรชี้ทิศทางขึ้น



รูปที่ 3.12 ภาพแสดงวิธีการกำหนดส่วนประกอบ ของโปรแกรม Pro Model

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7 เลือก Run ผลการจำลองสายการผลิต



รูปที่ 3.13 ภาพแสดงวิธีการทดลองการทำงานของสายการผลิต

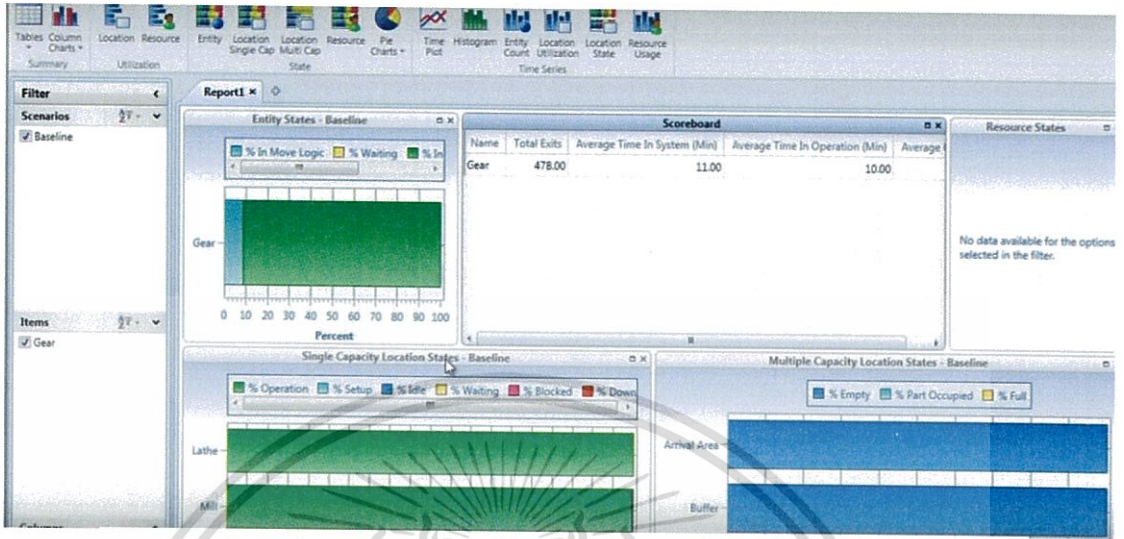
4.8 จะได้รูปแบบของการทำงานของสายการผลิตออกมา



รูปที่ 3.14 ภาพแสดงวิธีการทดลองการทำงานของสายการผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.9 จากนั้นเราสามารถดู ระยะเวลาในการ Run ทั้งหมด ระยะเวลาในการขึ้นชิ้นงาน 1 ชิ้น และ จำนวนชิ้นงานที่สามารถผลิตได้ทั้งหมด



รูปที่ 3.15 ภาพแสดงระยะเวลาการทำงานของสายการผลิต

5) จากนั้น เมื่อเราได้ผลการจำลองสายการผลิตของสายการผลิตต้นแบบแล้ว เราสามารถจำลองสายการผลิตเพิ่มได้ กล่าวคือเป็นสายการผลิตที่เราคิดขึ้นเอง เพื่อจะได้เป็นแนวทางในการปรับปรุงไลน์การผลิตนี้ต่อไปได้ในอนาคต ให้มีประสิทธิภาพ เพื่อลดปัญหาต่างๆที่เราเจอได้โดยการจำลองก่อนการทำงานจริง

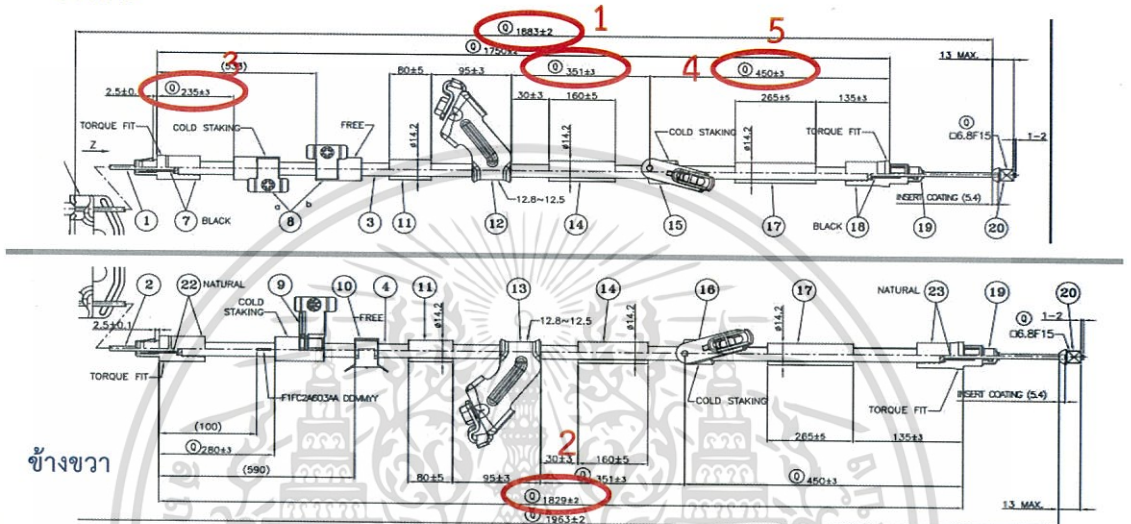
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 การทดลองโดยใช้โปรแกรม MINITAB

ขั้นตอนการทดลอง

- นำผลิตภัณฑ์ที่ได้จากสายการผลิตมาวัดระยะ โดยวัดจากจุดอ้างอิงตาม drawing โดยเราทำการวัดทั้งหมด 5 จุด ทั้งข้างซ้ายและข้างขวา

ข้างซ้าย



ข้างขวา

รูปที่ 3.16 ภาพแสดงจุดอ้างอิงที่ใช้ในการวัดระยะ

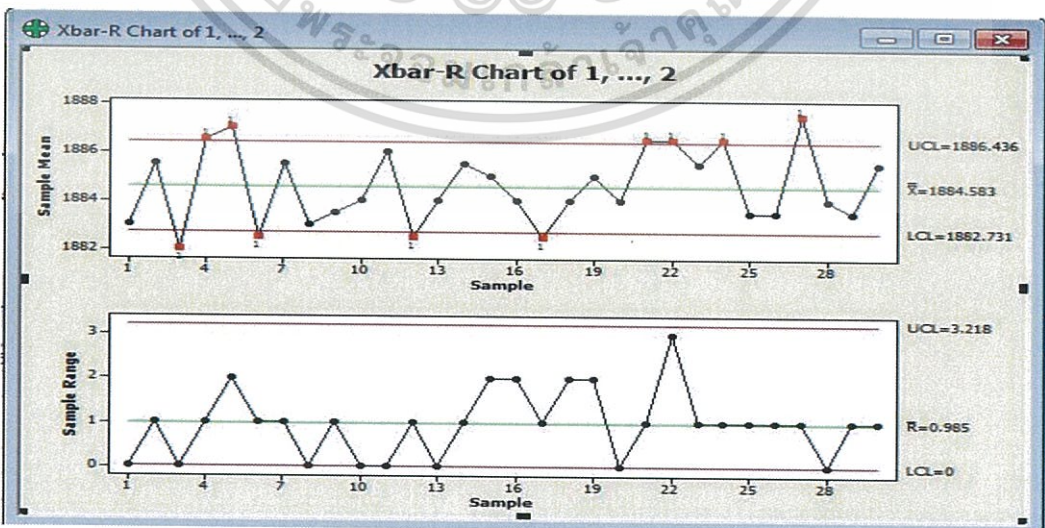
- นั่นคือ
- 1.1. ความยาวของ Inner ที่ทำการตัดและปลอกแล้ว
 - 1.5. ความยาวของ Outer ที่ใส่ casing cap เรียบร้อยแล้ว
 - 1.3. ความยาวระหว่าง casing cap และ clip
 - 1.4. ความยาวระหว่าง bracket LH/RH และ clip LH/RH
 - 1.5. ความยาวระหว่าง clip LH/RH และ casing cap อีกด้านหนึ่งของผลิตภัณฑ์
- หลังจากนั้นทำการจดบันทึกข้อมูลทั้งหมดไว้เพื่อทำการทดลองขั้นต่อไป นั่นคือ

- 2) นำข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนที่ 1 มากรอกข้อมูลทั้งหมดลงในมินิแท็บ

	Inner LH	1	2	C5	C6	C7
1	1	1883	1883	cassing_cap - clip LH	1_1	1_2
2	2	1886	1885	1	236	236
3	3	1882	1882	2	234	235
4	4	1887	1886	3	235	235
5	5	1888	1886	4	235	235
6	6	1883	1882	5	236	235
7	7	1885	1886	6	236	236
8	8	1883	1883	7	237	236
9	9	1883	1884	8	233	235
10	10	1884	1884	9	235	236
11	11	1886	1886	10	233	235
12	12	1882	1883	11	236	235
13	13	1884	1884	12	236	235
14	14	1885	1886	13	235	234
15	15	1884	1886	14	235	235
16	16	1883	1885	15	235	235
17	17	1887	1883	16	235	235
				17	236	235

ตารางที่ 3.3 ภาพแสดงตัวอย่างข้อมูลของการวัดระยะ

- 3) ใช้ control chart ในการวิเคราะห์แนวโน้มของระบบ
ถ้าในระบบไม่มีจุดที่เป็น out of control แสดงว่าระบบมีเสถียรภาพ ไม่จำเป็นต้องแก้ไขในจุดนั้น
แต่ถ้าระบบมีจุดที่เป็น out of control ให้ทำการวิเคราะห์ในขั้นตอนที่ 4



รูปที่ 3.17 ภาพแสดงตัวอย่าง control chart จากข้อมูลในตารางที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) ในกรณีที่ระบบเกิด out of control เราจะยังไม่สามารถ คำนวณหาค่า Cpk และ Ppk ดังนั้นต้องทำการวิเคราะห์ปัญหา เพื่อหาข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นภายในและนอกระบบ โดยนำหลักการของ แผนผังก้างปลา หรือแผนผังสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) มาใช้วิเคราะห์ปัญหา โดยมีปัจจัยในการวิเคราะห์ดังนี้

หลักการ 4M 1E

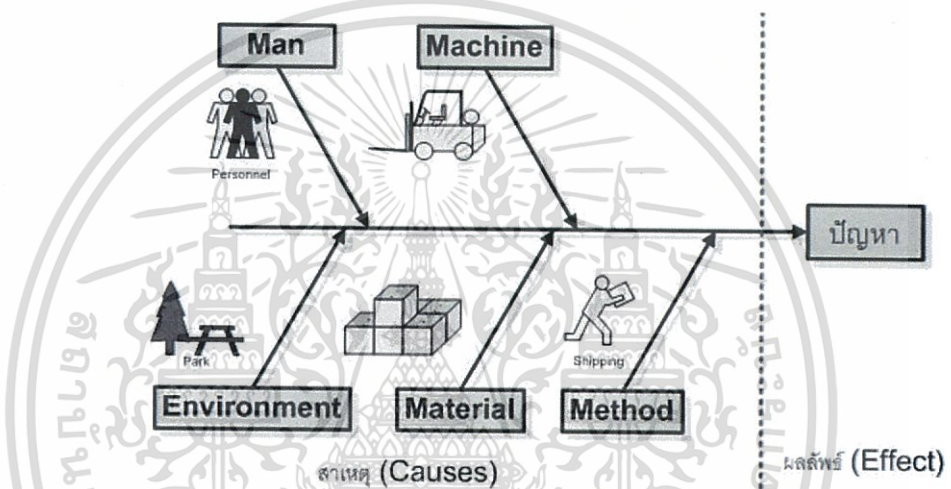
M – Man คนงาน หรือพนักงาน หรือบุคลากร

M – Machine เครื่องจักรหรืออุปกรณ์อำนวยความสะดวก

M – Material วัตถุดิบหรืออะไหล่ อุปกรณ์อื่นๆ ที่ใช้ในกระบวนการ

M – Method กระบวนการทำงาน

E – Environment อากาศ สถานที่ ความสว่าง และบรรยากาศการ – ทำงาน



รูปที่ 3.18 ภาพแสดงตัวอย่างของแผนภูมิก้างปลา

5) เมื่อฝ่ายวิศวกรรมการผลิต ได้ทำการวิเคราะห์ตามหลักการในข้อ 4 เราจะได้สาเหตุของการผิดพลาดที่เกิดขึ้น จากนั้นทำการแก้ไขข้อผิดพลาดนั้นให้เรียบร้อยก่อนการ Trial line ครั้งต่อไป

6) ส่วนในการคำนวณค่า Cpk และ Ppk จะใช้ในการคำนวณในการ Trial line ครั้งสุดท้าย และการ Mass product เพื่อใช้เป็นข้อมูลทางสถิติในการอ้างอิงให้แก่กลุ่มลูกค้าเพื่อสร้างความเชื่อมั่นให้กับ สายการผลิตที่ได้รับผิดชอบ และสร้างความเชื่อถือให้กับองค์กรและกลุ่มลูกค้า

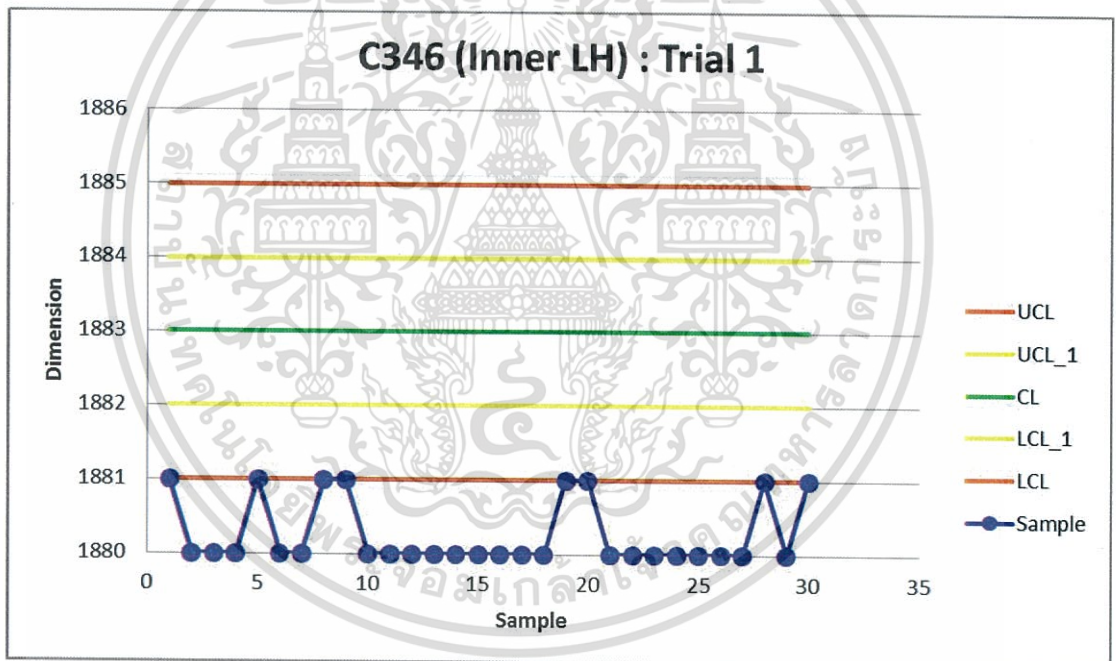
บทที่ 4

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

การจัดเก็บข้อมูลการ Trial line ในแต่ละครั้ง ทั้งหมด 3 ครั้ง รวมถึงการ Mass Product โดยผลของข้อมูลจะแสดงจาก กราฟแสดงความสัมพันธ์ ระหว่างขนาดความยาวของชิ้นงาน และจำนวนของชิ้นงาน เพื่อศึกษาแนวโน้ม เสถียรภาพของระบบและความน่าเชื่อถือของเครื่องมือในแต่ละกระบวนการผลิต เพื่อนำมาแก้ไขให้ กระบวนการผลิตทั้งสายการผลิตมีความแม่นยำ และความน่าเชื่อถือสูงที่สุดเท่าที่จะทำได้ (โดยจะแสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของชิ้นงาน และจำนวนของชิ้นงานตั้งแต่ รูปที่ 4.1 – รูปที่ 4.30)

4.1 การ Trial line ครั้งที่ 1

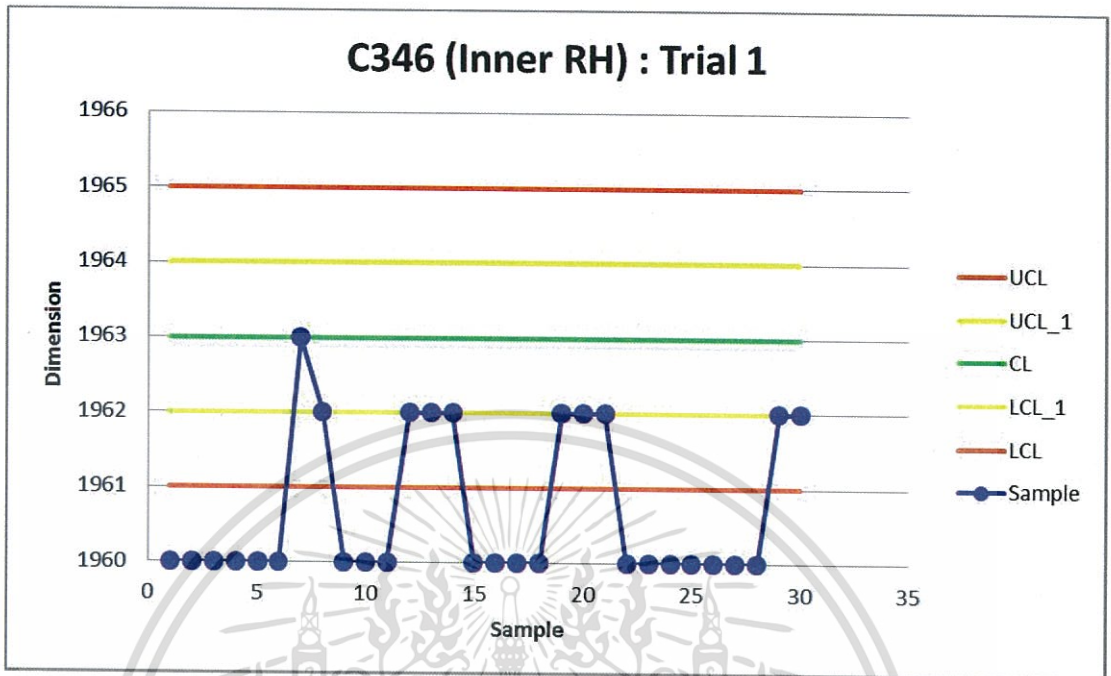
4.1.1 ส่วนประกอบ Inner (ข้างซ้าย)



รูปที่ 4.1 กราฟแสดง control chart ชิ้นส่วนประกอบ inner (LH)

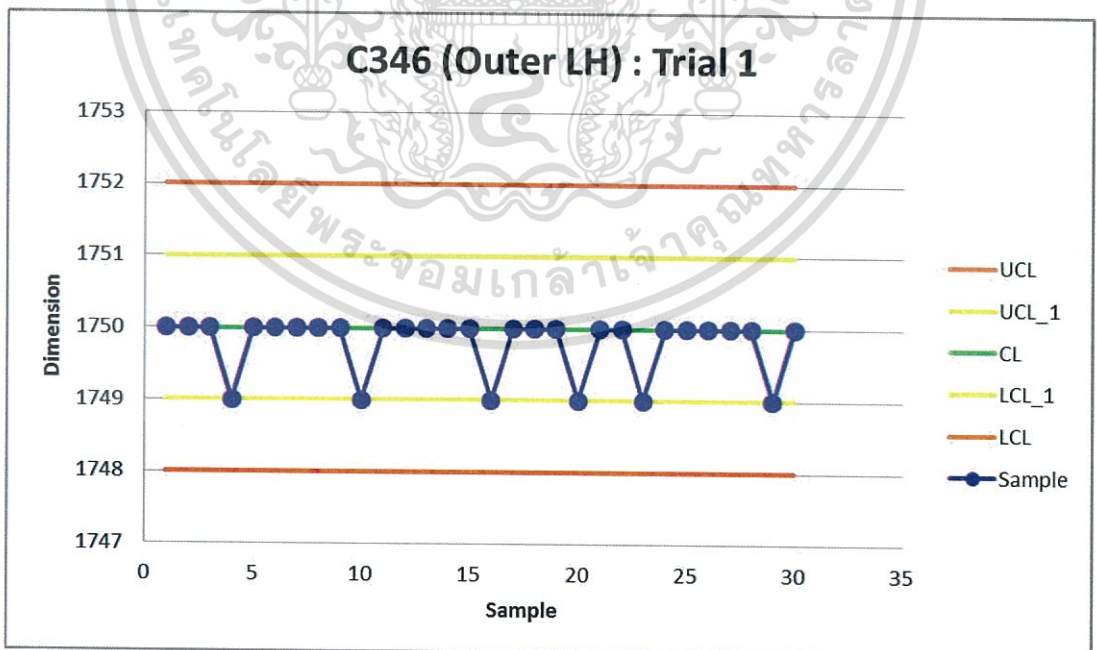
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 ส่วนประกอบ Inner (ข้างขวา)



รูปที่ 4.2 กราฟแสดง control chart ชั้นส่วนประกอบ inner (RH)

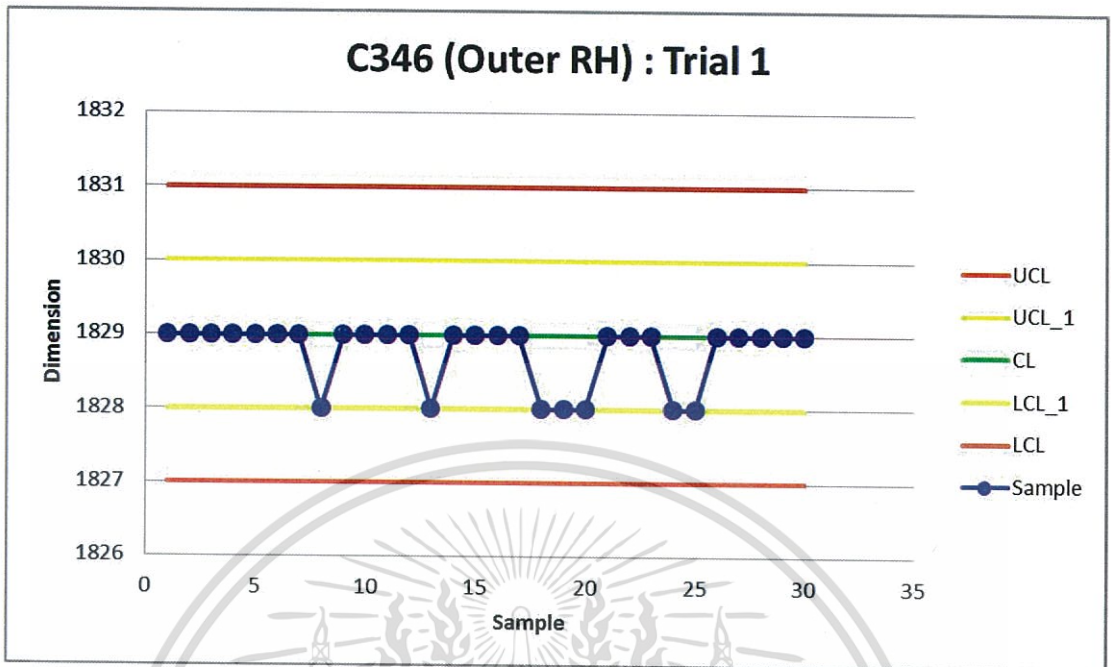
4.1.3 ส่วนประกอบ Outer (ข้างซ้าย)



รูปที่ 4.3 กราฟแสดง control chart ชั้นส่วนประกอบ outer (LH)

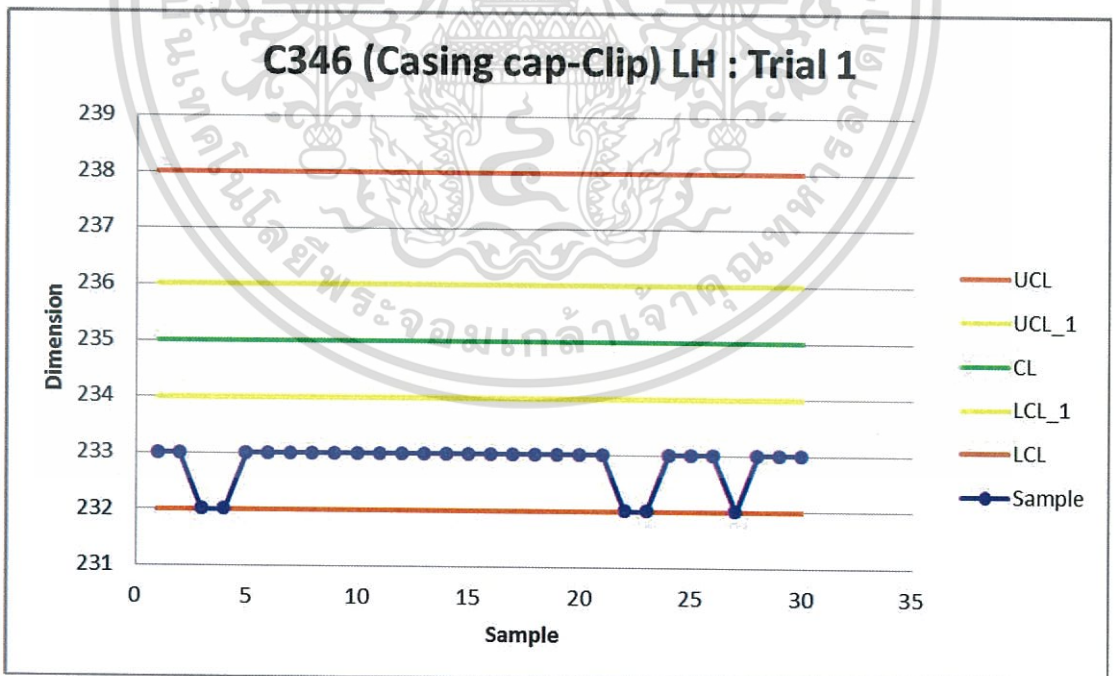
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.4 ส่วนประกอบ Outer (ข้างขวา)



รูปที่ 4.4 กราฟแสดง control chart ชิ้นส่วนประกอบ outer (RH)

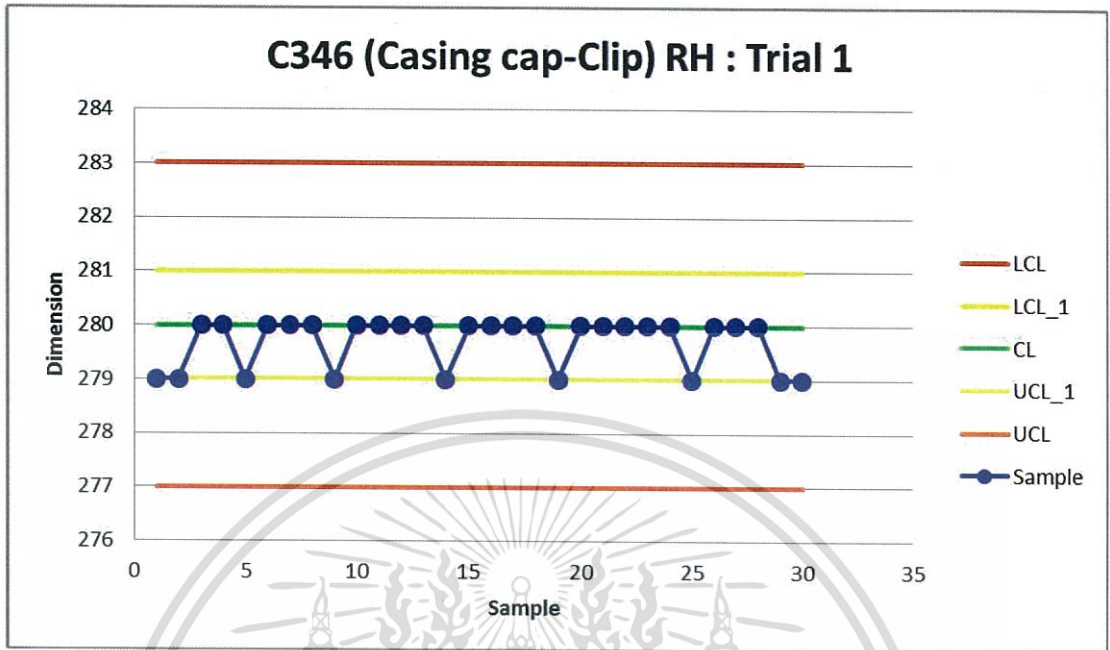
4.1.5 ส่วนประกอบ Casing cap – Clip (ข้างซ้าย)



รูปที่ 4.5 กราฟแสดง control chart ชิ้นส่วนประกอบ casing cap – clip (LH)

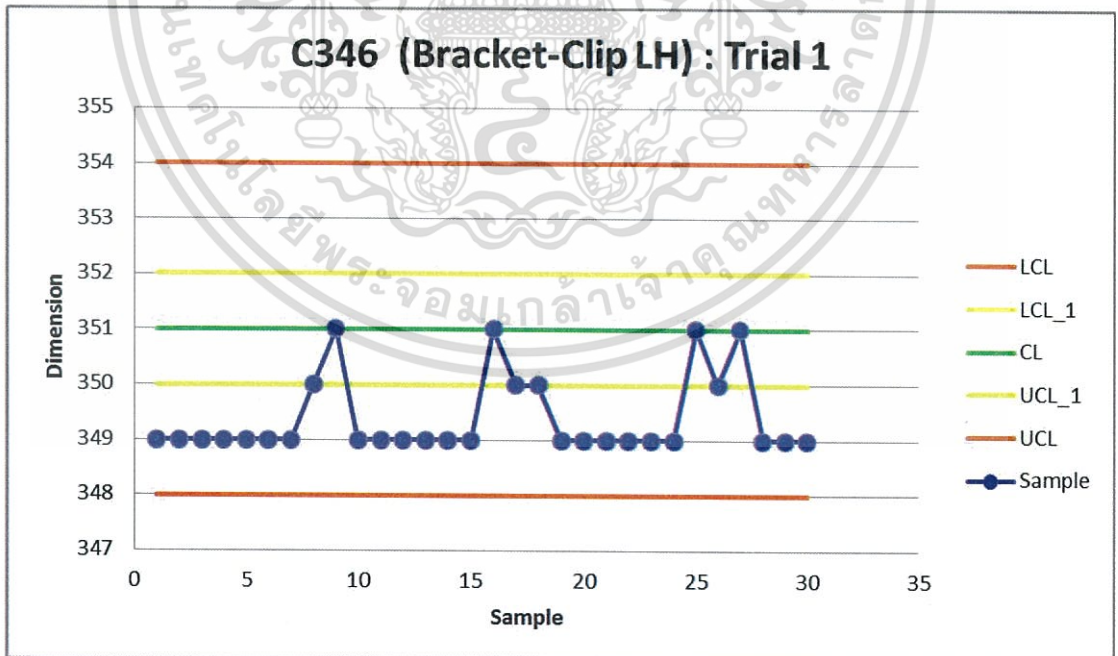
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.6 ส่วนประกอบ Casing cap – Clip (ข้างขวา)



รูปที่ 4.6 กราฟแสดง control chart ชิ้นส่วนประกอบ casing cap – clip (RH)

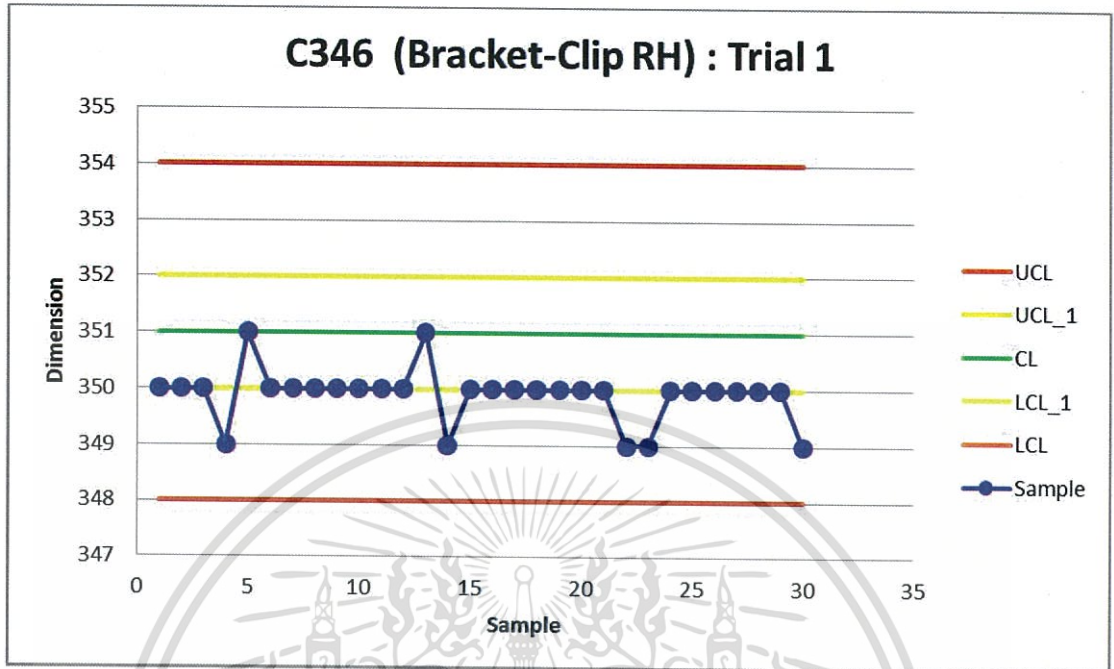
4.1.7 ส่วนประกอบ Bracket – Clip (ข้างซ้าย)



รูปที่ 4.7 กราฟแสดง control chart ชิ้นส่วนประกอบ bracket – clip (LH)

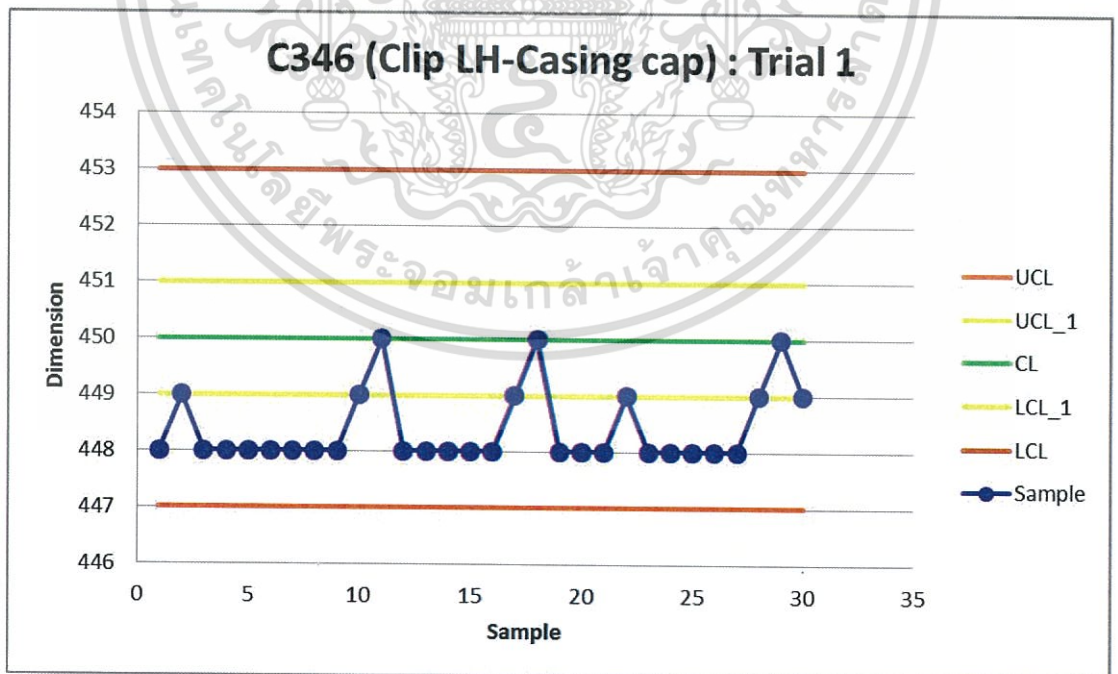
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.8 ส่วนประกอบ Bracket - Clip (ข้างขวา)



รูปที่ 4.8 กราฟแสดง control chart ชิ้นส่วนประกอบ bracket - clip (RH)

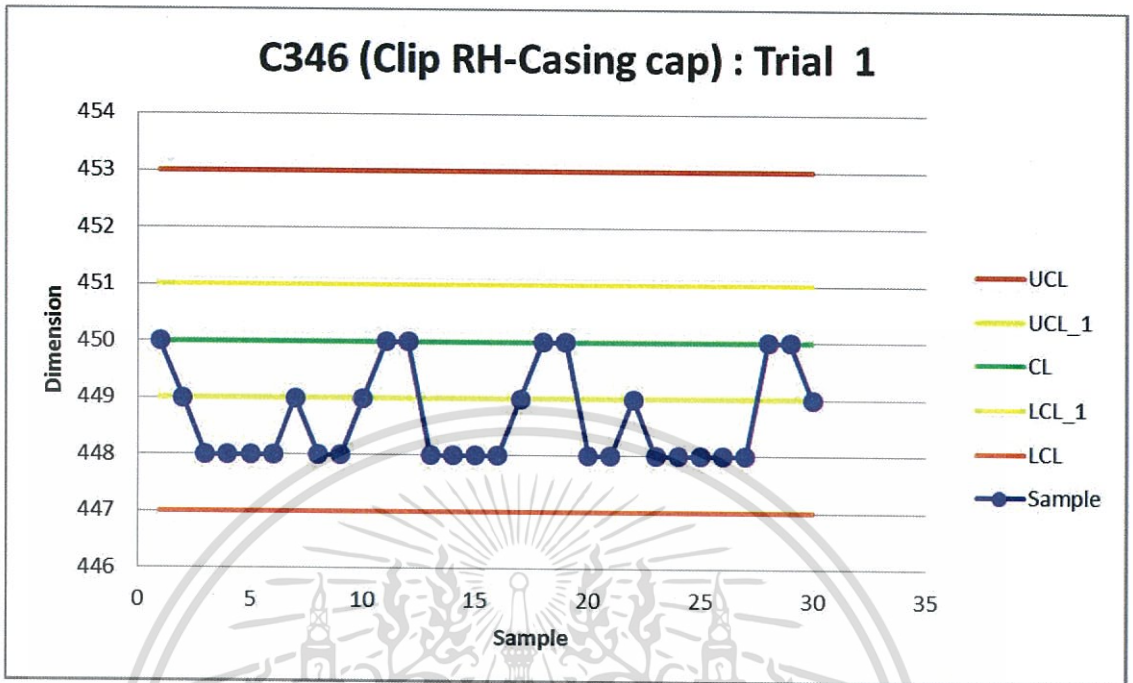
4.1.9 ส่วนประกอบ Clip LH - Casing cap (ข้างซ้าย)



รูปที่ 4.9 กราฟแสดง control chart ชิ้นส่วนประกอบ clip LH - casing cap

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

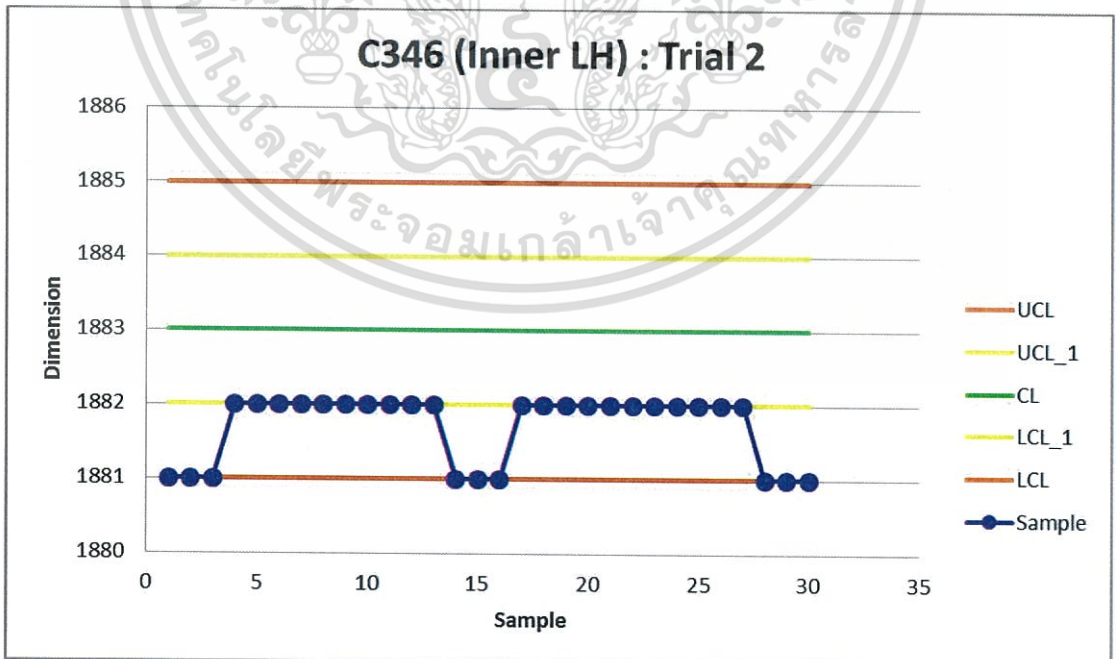
4.1.10 ส่วนประกอบ Clip RH - Casing cap (ข้างขวา)



รูปที่ 4.10 กราฟแสดง control chart ชิ้นส่วนประกอบ clip RH - casing cap

4.2 การ Trial line ครั้งที่ 2

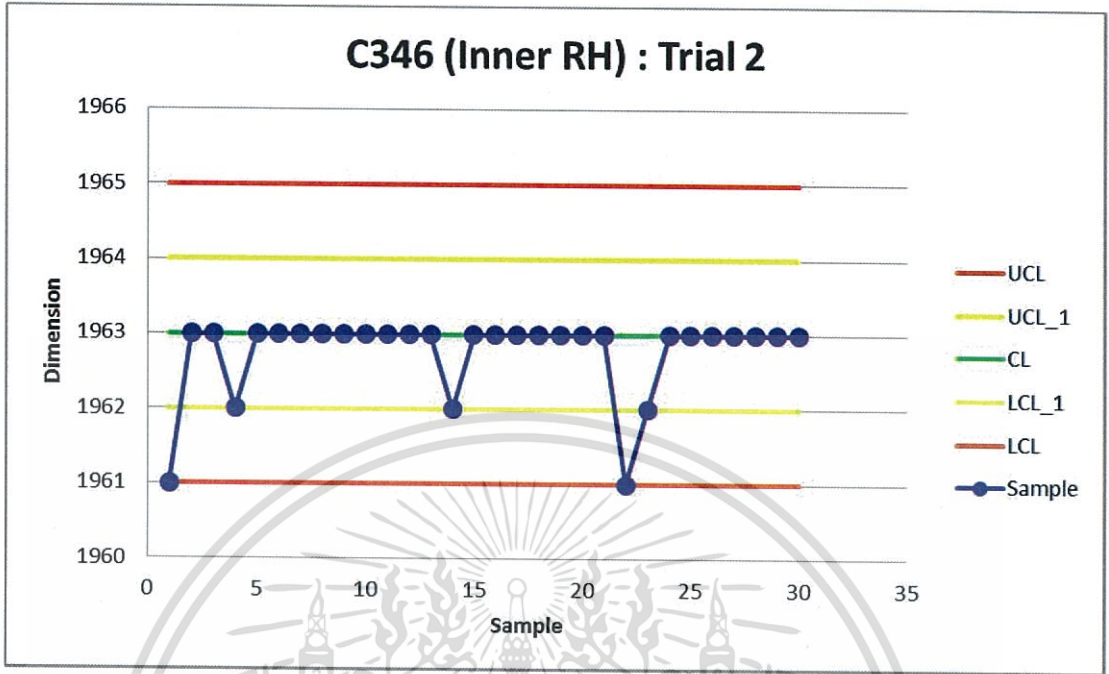
4.2.1 ส่วนประกอบ Inner (ข้างซ้าย)



รูปที่ 4.11 กราฟแสดง control chart ชิ้นส่วนประกอบ inner (LH)

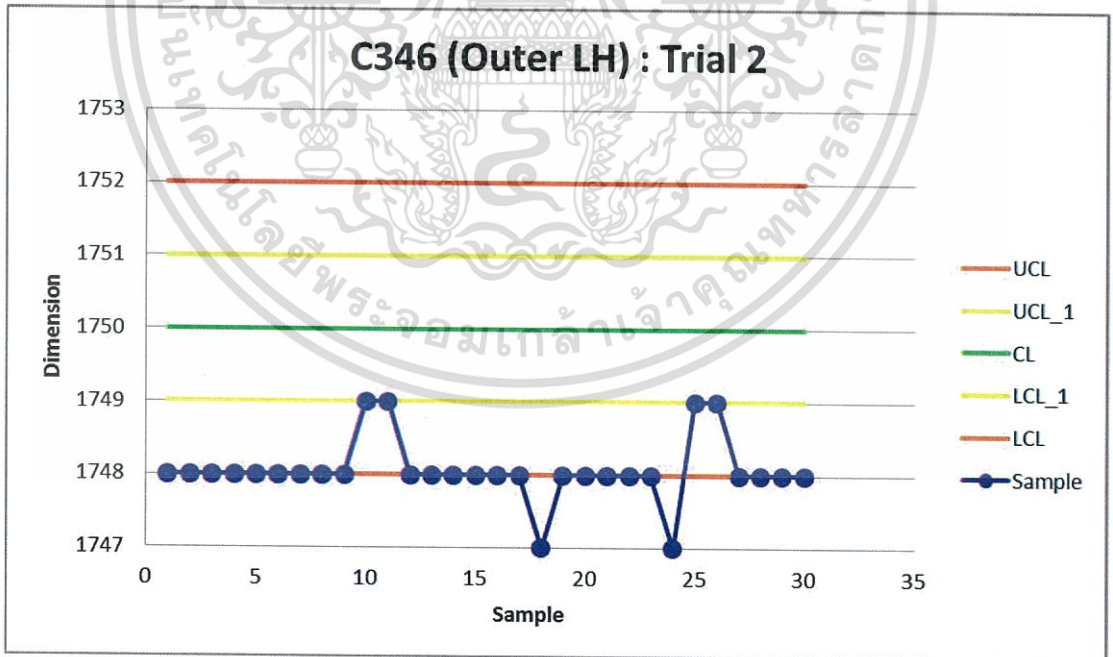
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ส่วนประกอบ Inner (ข้างขวา)



รูปที่ 4.12 กราฟแสดง control chart ชั้นส่วนประกอบ inner (RH)

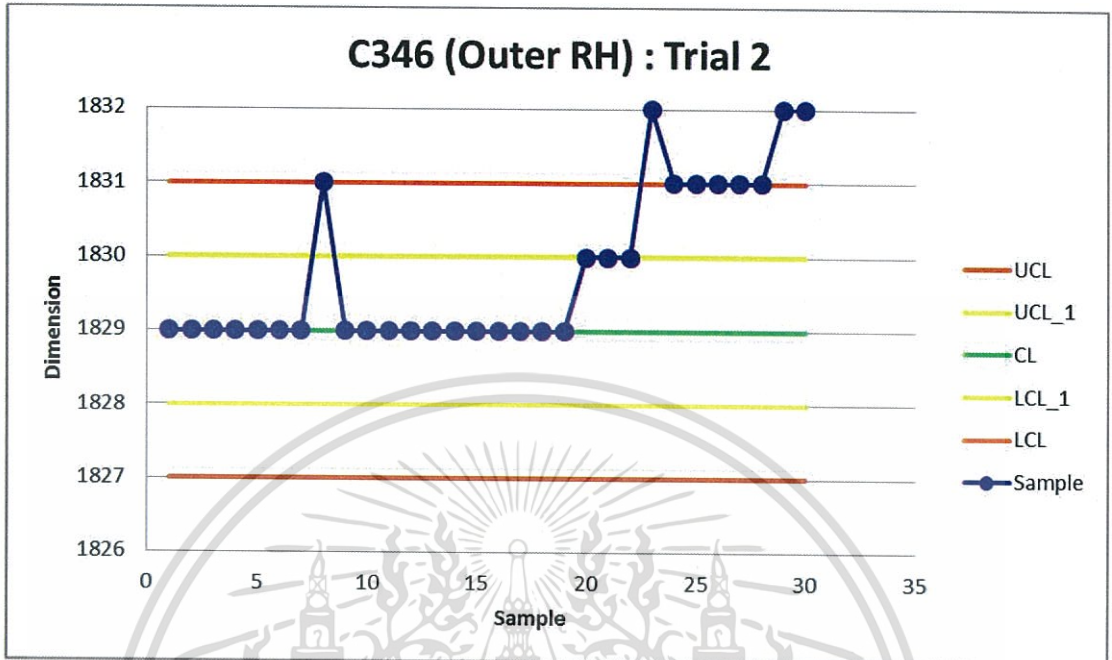
4.2.3 ส่วนประกอบ Outer (ข้างซ้าย)



รูปที่ 4.13 กราฟแสดง control chart ชั้นส่วนประกอบ outer (LH)

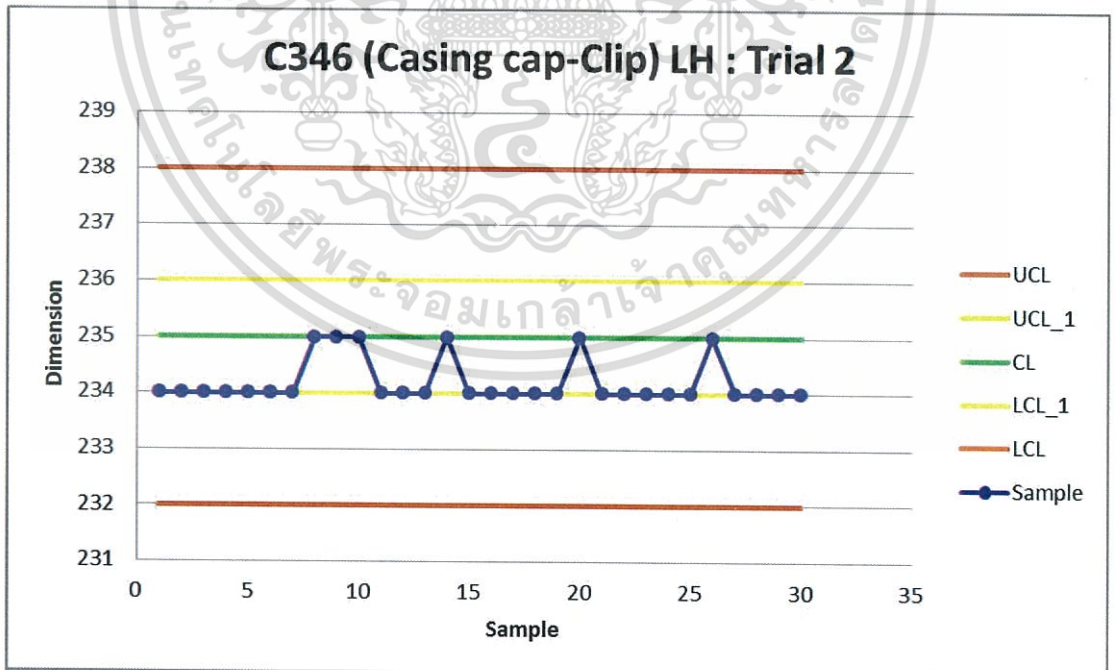
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4 ส่วนประกอบ Outer (ข้างขวา)



รูปที่ 4.14 กราฟแสดง control chart ชิ้นส่วนประกอบ outer (RH)

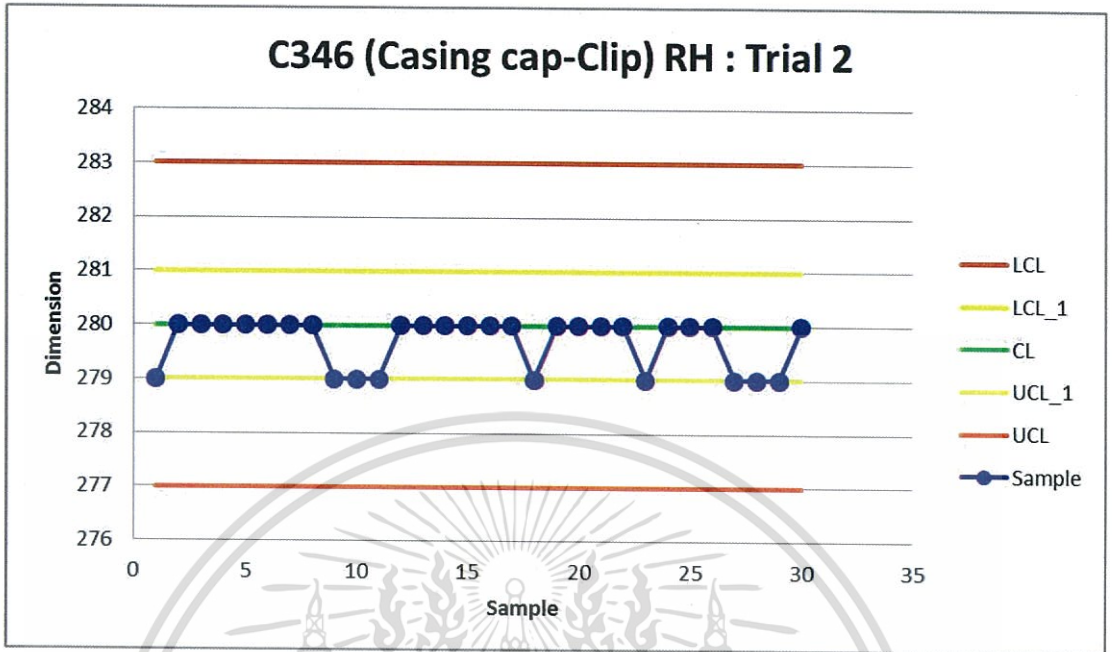
4.2.5 ส่วนประกอบ Casing cap - Clip (ข้างซ้าย)



รูปที่ 4.15 กราฟแสดง control chart ชิ้นส่วนประกอบ casing cap - clip (LH)

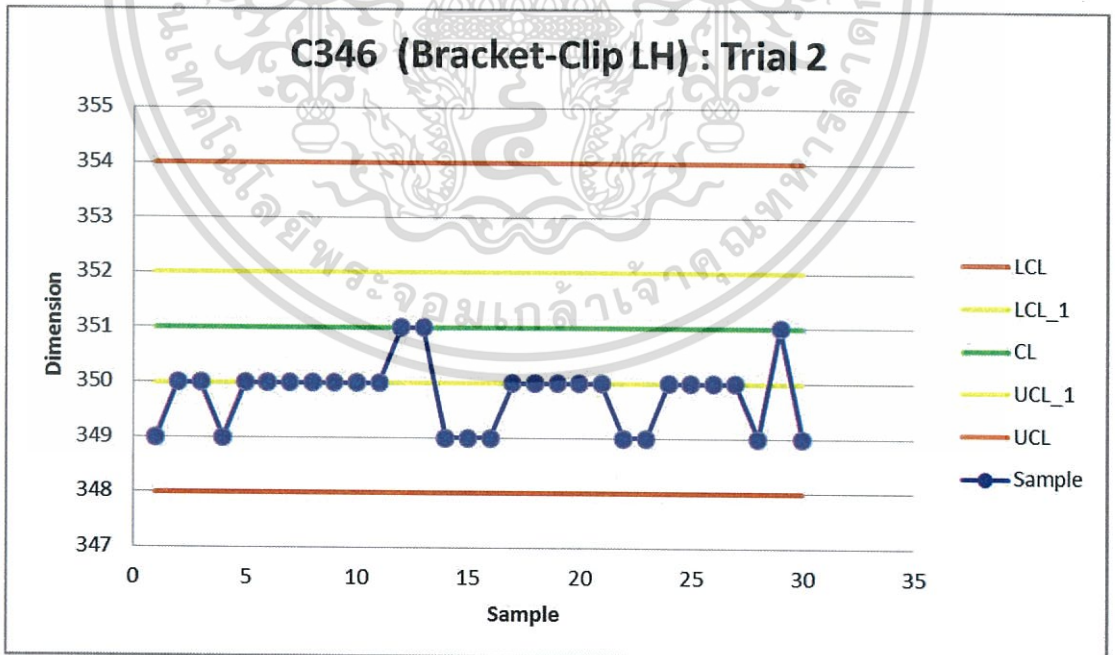
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.6 ส่วนประกอบ Casing cap – Clip (ข้างขวา)



รูปที่ 4.16 กราฟแสดง control chart ชิ้นส่วนประกอบ casing cap – clip (RH)

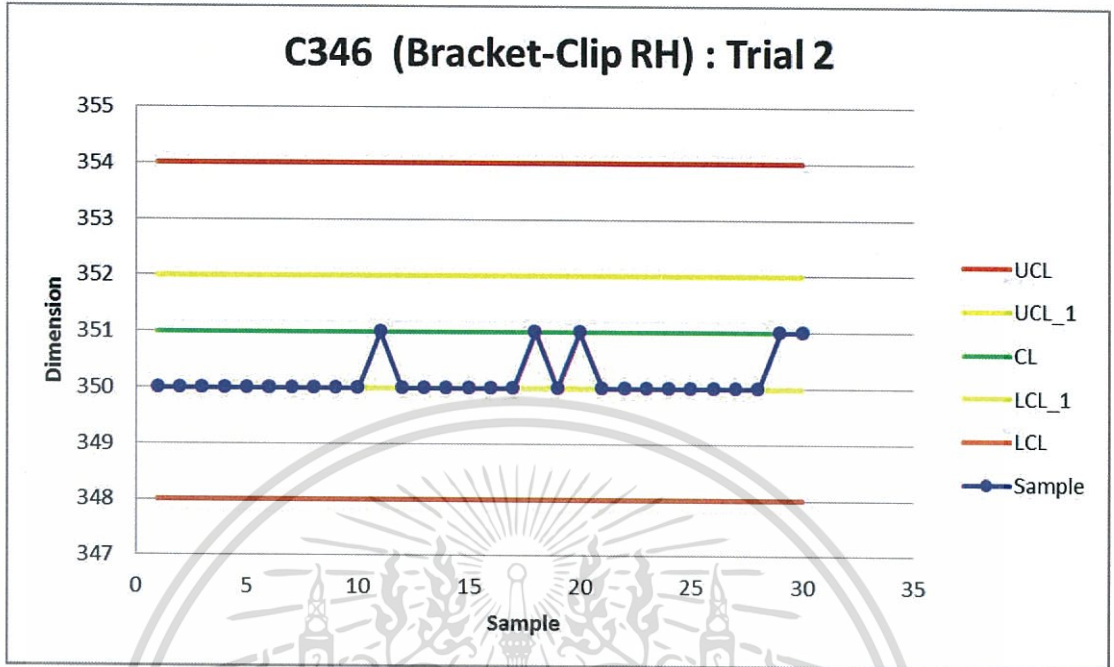
4.2.7 ส่วนประกอบ Bracket – Clip (ข้างซ้าย)



รูปที่ 4.17 กราฟแสดง control chart ชิ้นส่วนประกอบ bracket – clip (LH)

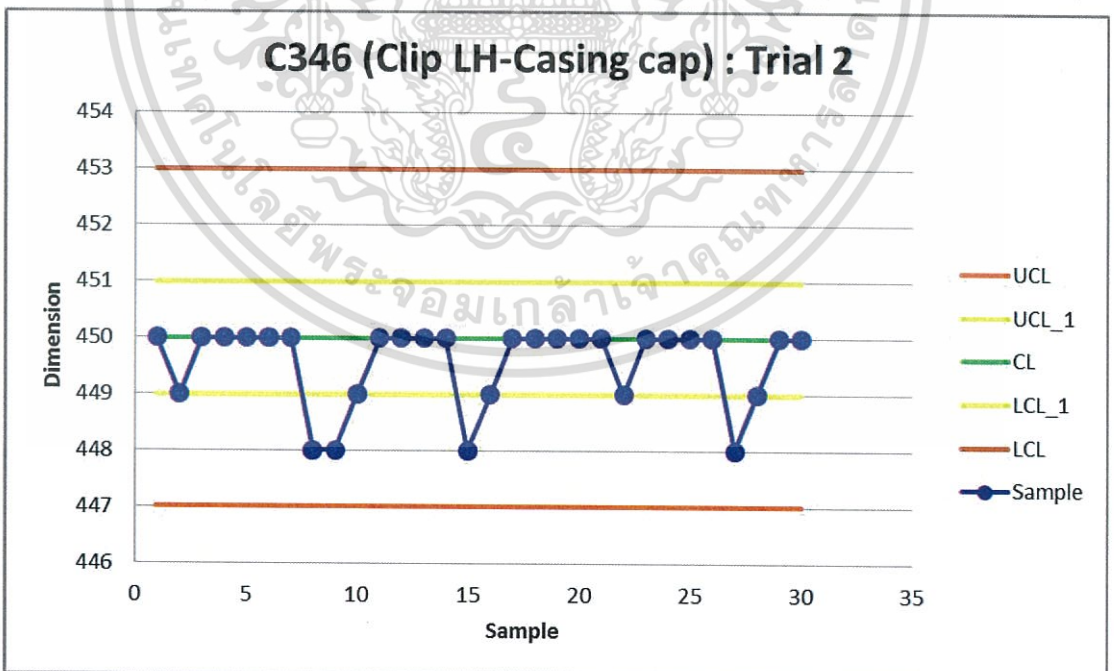
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.8 ส่วนประกอบ Bracket - Clip (ข้างขวา)



รูปที่ 4.18 กราฟแสดง control chart ชิ้นส่วนประกอบ bracket - clip (RH)

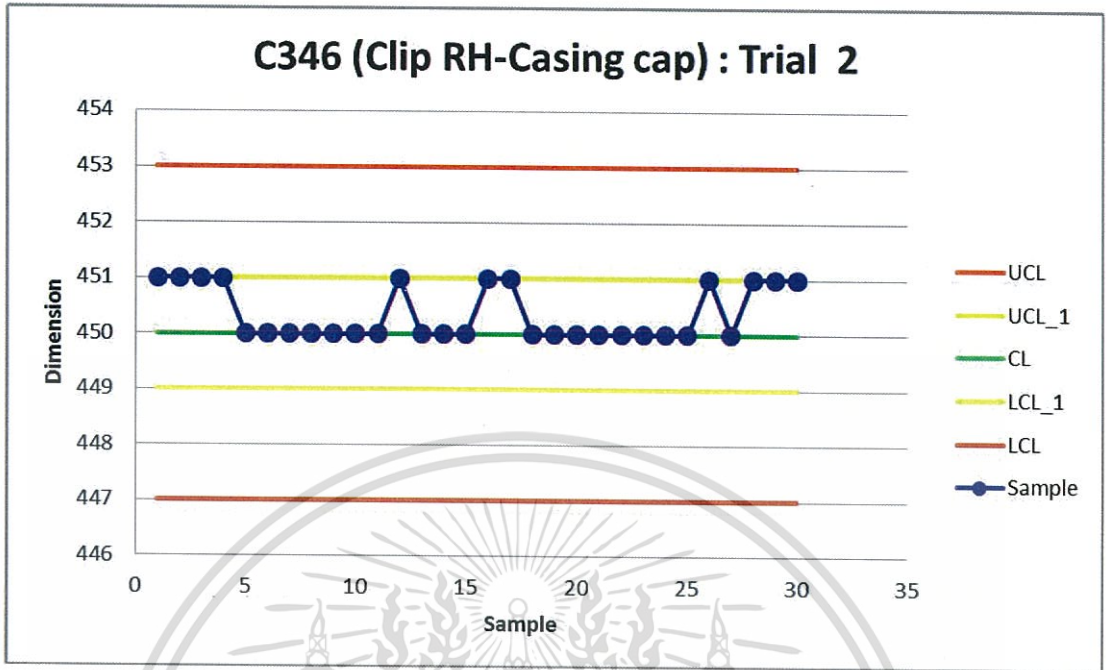
4.2.9 ส่วนประกอบ Clip LH - Casing cap (ข้างซ้าย)



รูปที่ 4.19 กราฟแสดง control chart ชิ้นส่วนประกอบ clip LH - casing cap

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

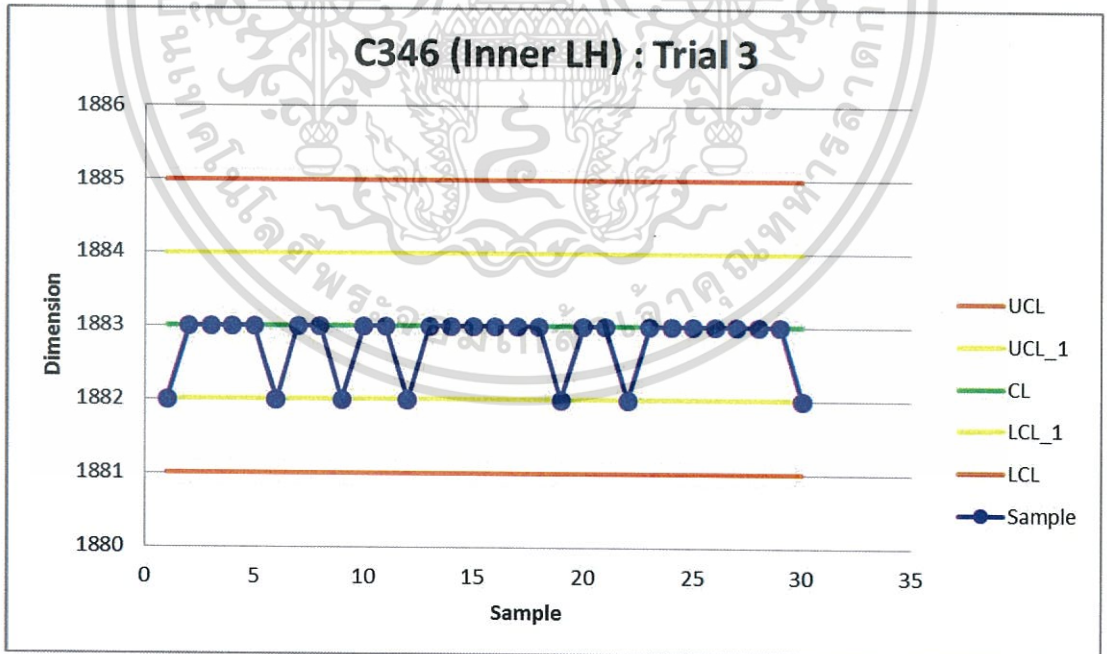
4.2.10 ส่วนประกอบ Clip RH - Casing cap (ข้างขวา)



รูปที่ 4.20 กราฟแสดง control chart ชิ้นส่วนประกอบ clip RH - casing cap

4.3 การ Trial line ครั้งที่ 3

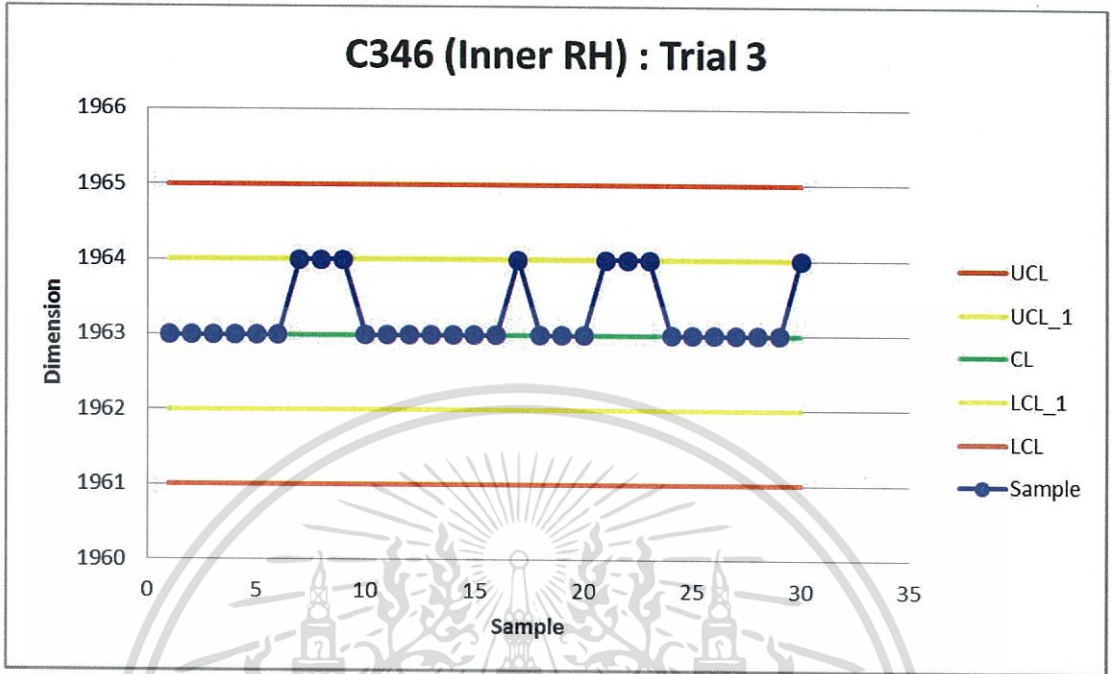
4.3.1 ส่วนประกอบ Inner (ข้างซ้าย)



รูปที่ 4.21 กราฟแสดง control chart ชิ้นส่วนประกอบ inner (LH)

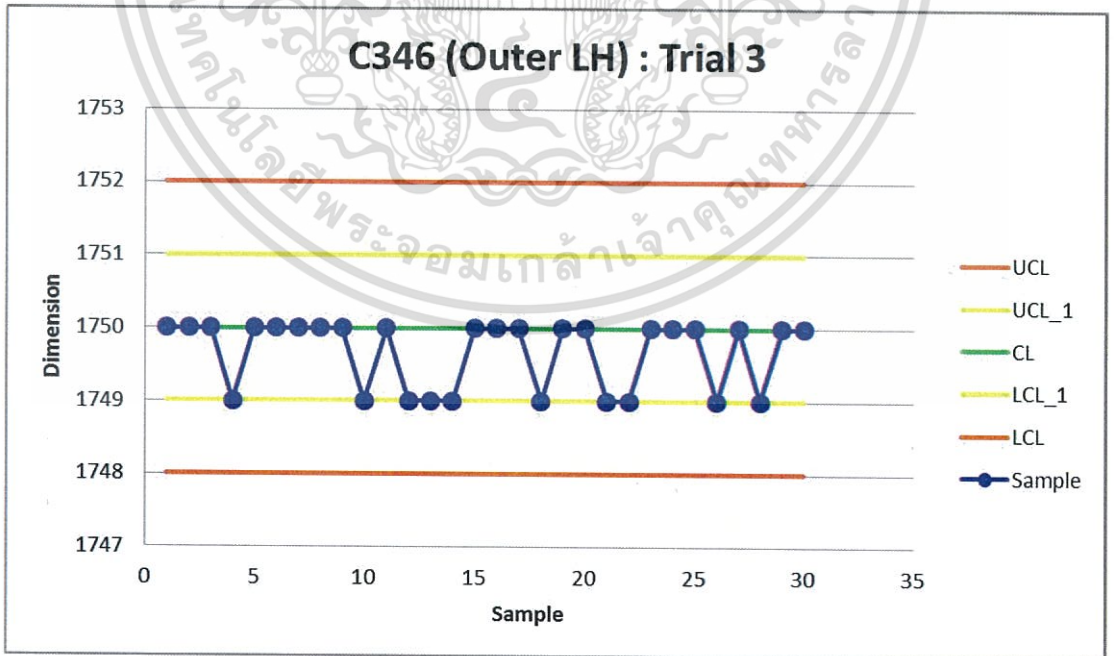
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 ส่วนประกอบ Inner (ข้างขวา)



รูปที่ 4.22 กราฟแสดง control chart ชั้นส่วนประกอบ inner (RH)

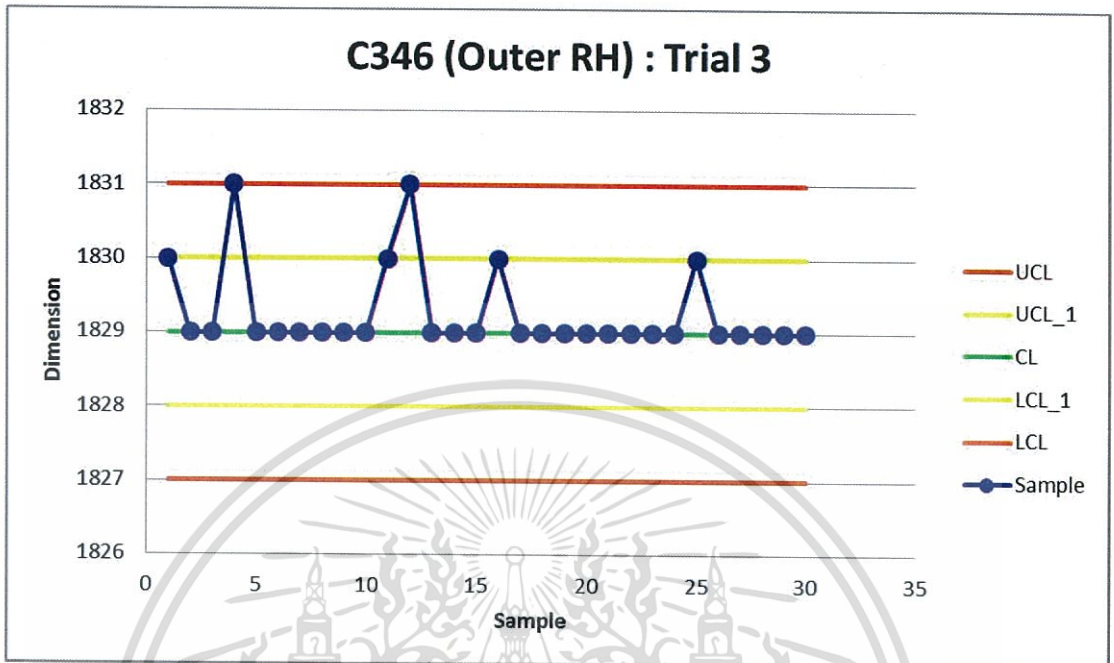
4.3.3 ส่วนประกอบ Outer (ข้างซ้าย)



รูปที่ 4.23 กราฟแสดง control chart ชั้นส่วนประกอบ outer (LH)

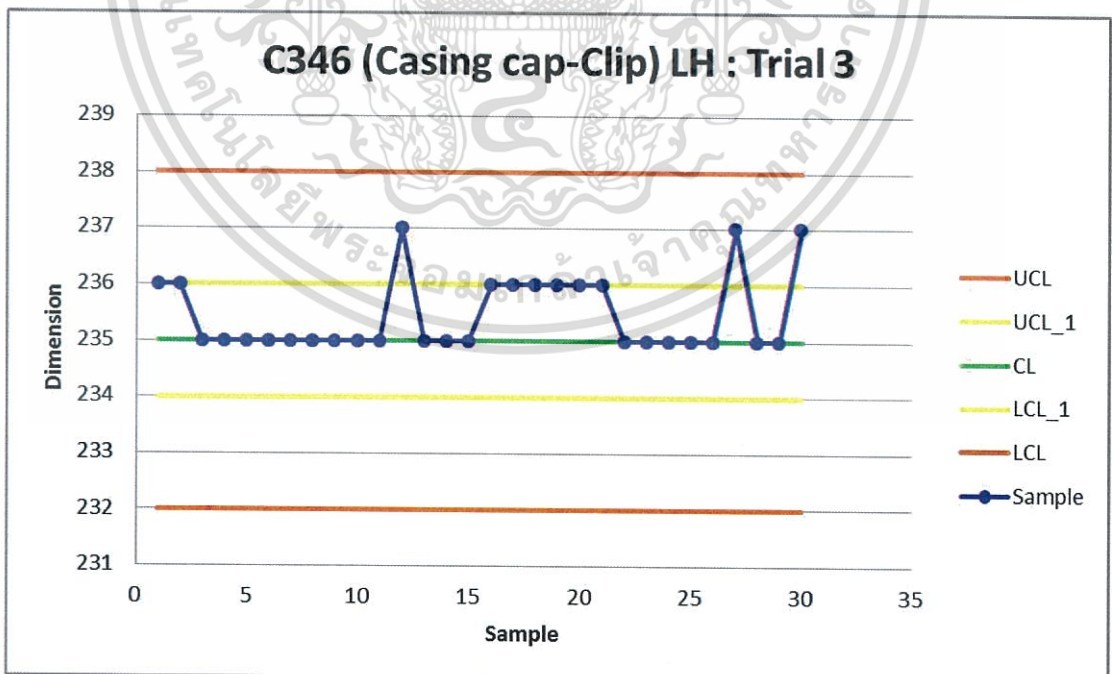
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.4 ส่วนประกอบ Outer (ข้างขวา)



รูปที่ 4.24 กราฟแสดง control chart ชิ้นส่วนประกอบ outer (RH)

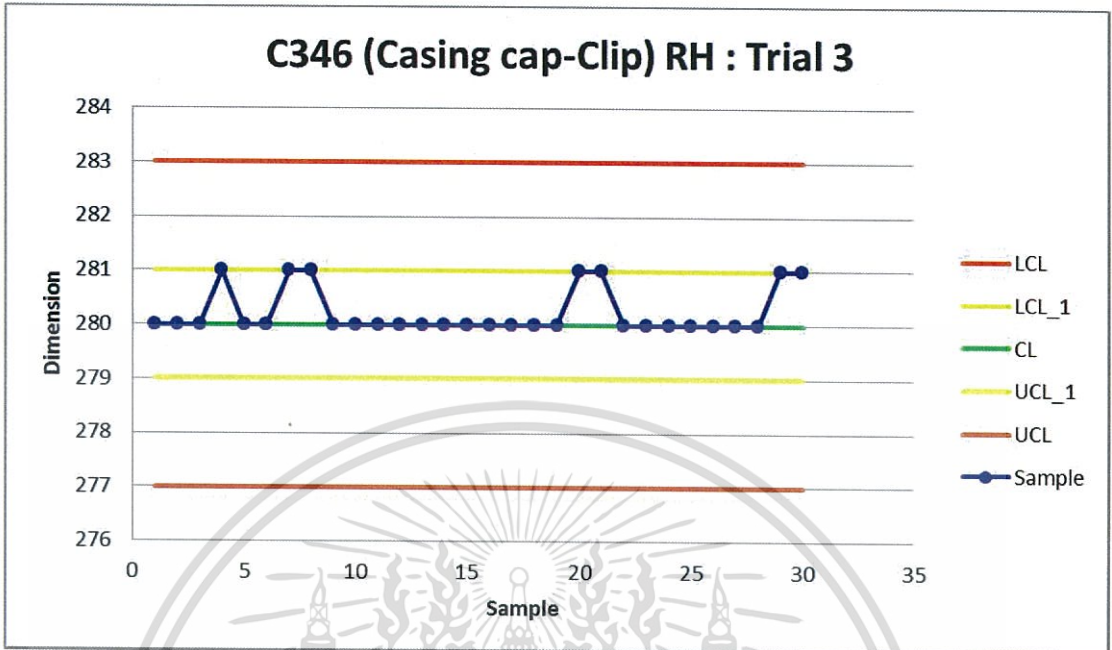
4.3.5 ส่วนประกอบ Casing cap – Clip (ข้างซ้าย)



รูปที่ 4.25 กราฟแสดง control chart ชิ้นส่วนประกอบ casing cap – clip (LH)

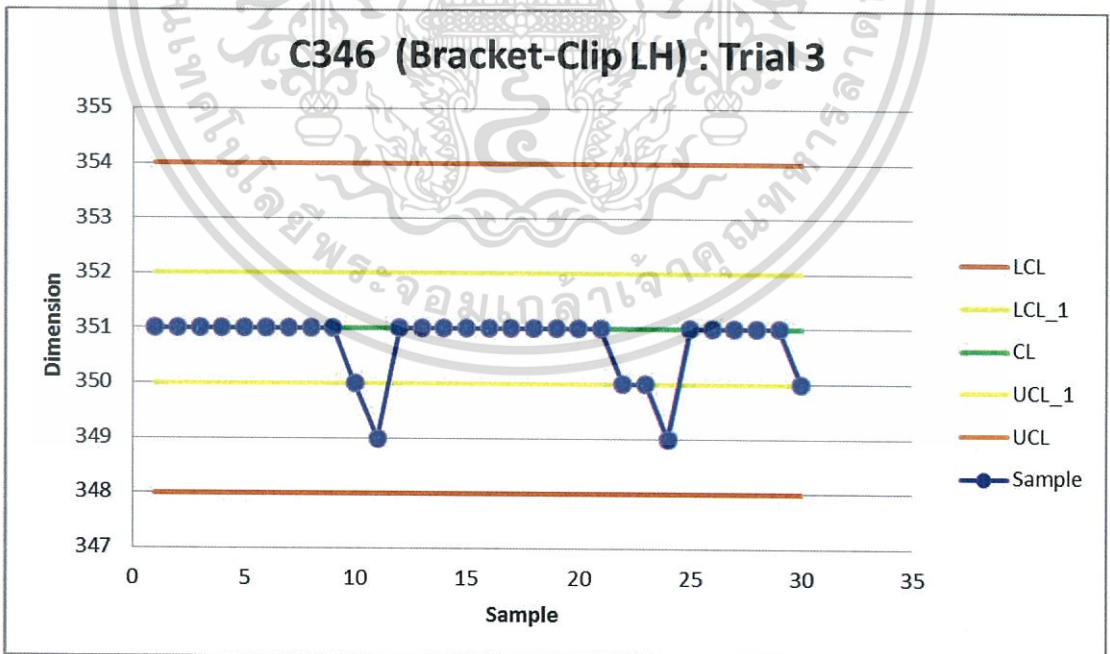
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.6 ส่วนประกอบ Casing cap – Clip (ข้างขวา)



รูปที่ 4.26 กราฟแสดง control chart ชิ้นส่วนประกอบ casing cap – clip (RH)

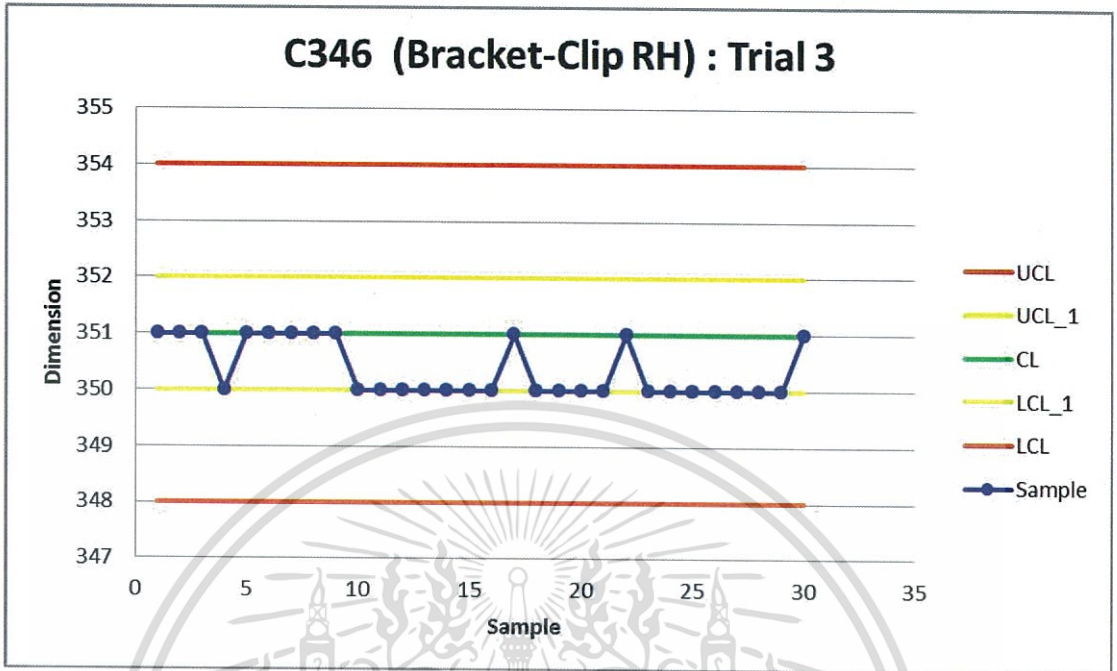
4.3.7 ส่วนประกอบ Bracket – Clip (ข้างซ้าย)



รูปที่ 4.27 กราฟแสดง control chart ชิ้นส่วนประกอบ bracket – clip (LH)

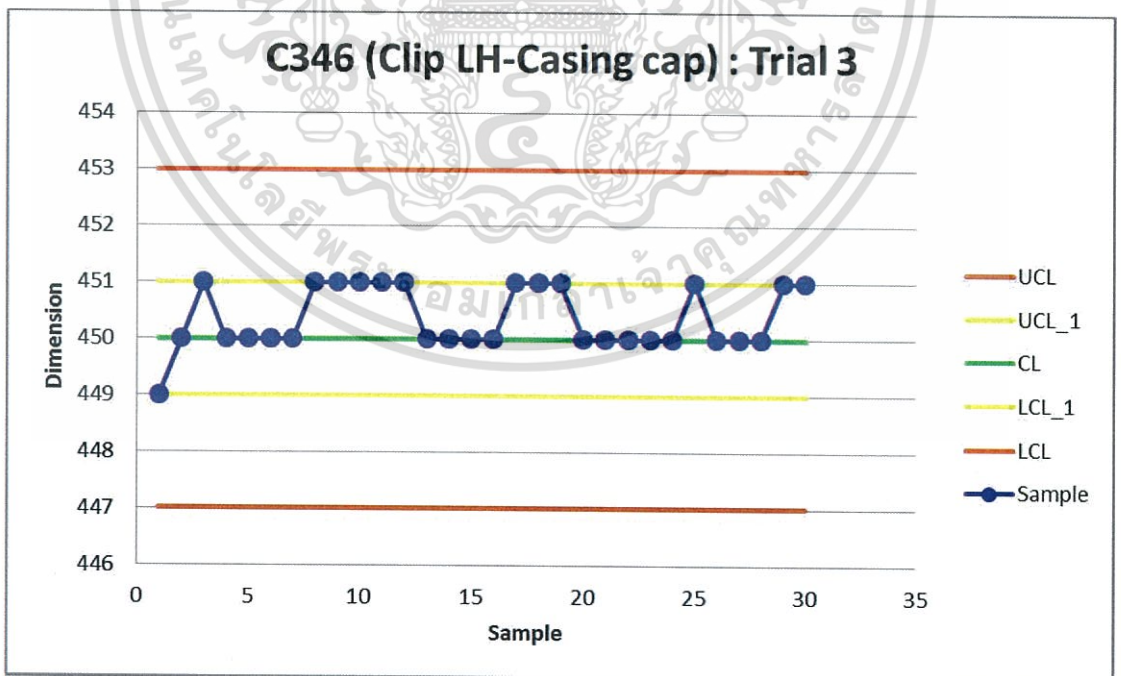
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.8 ส่วนประกอบ Bracket - Clip (ข้างขวา)



รูปที่ 4.28 กราฟแสดง control chart ชิ้นส่วนประกอบ bracket - clip (RH)

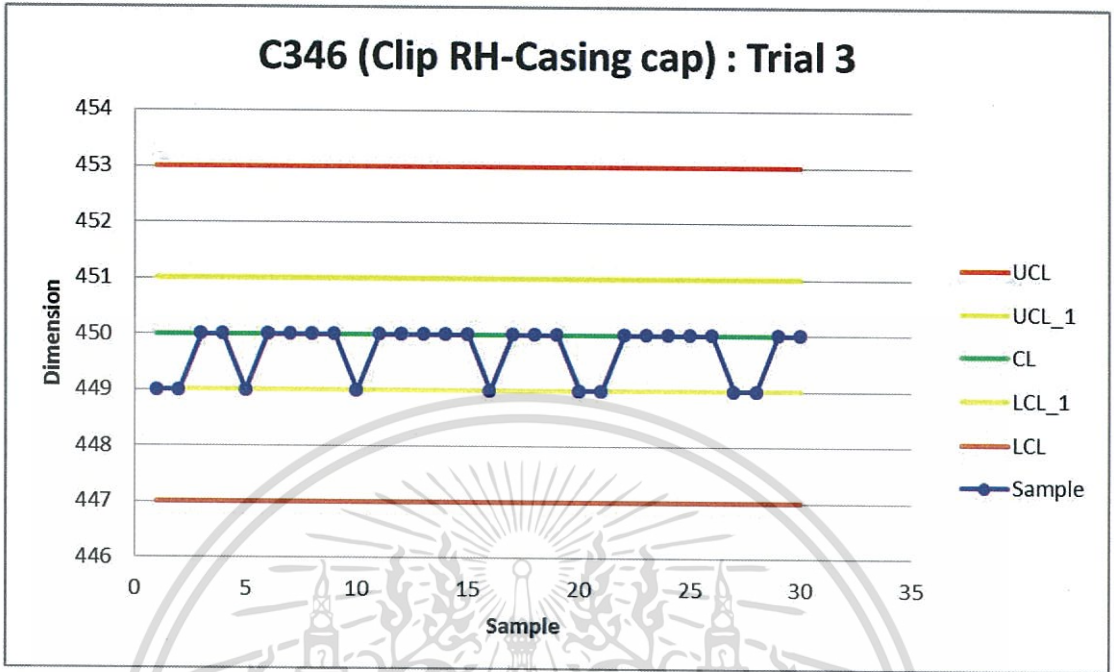
4.3.9 ส่วนประกอบ Clip LH - Casing cap (ข้างซ้าย)



รูปที่ 4.29 กราฟแสดง control chart ชิ้นส่วนประกอบ clip LH - casing cap

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

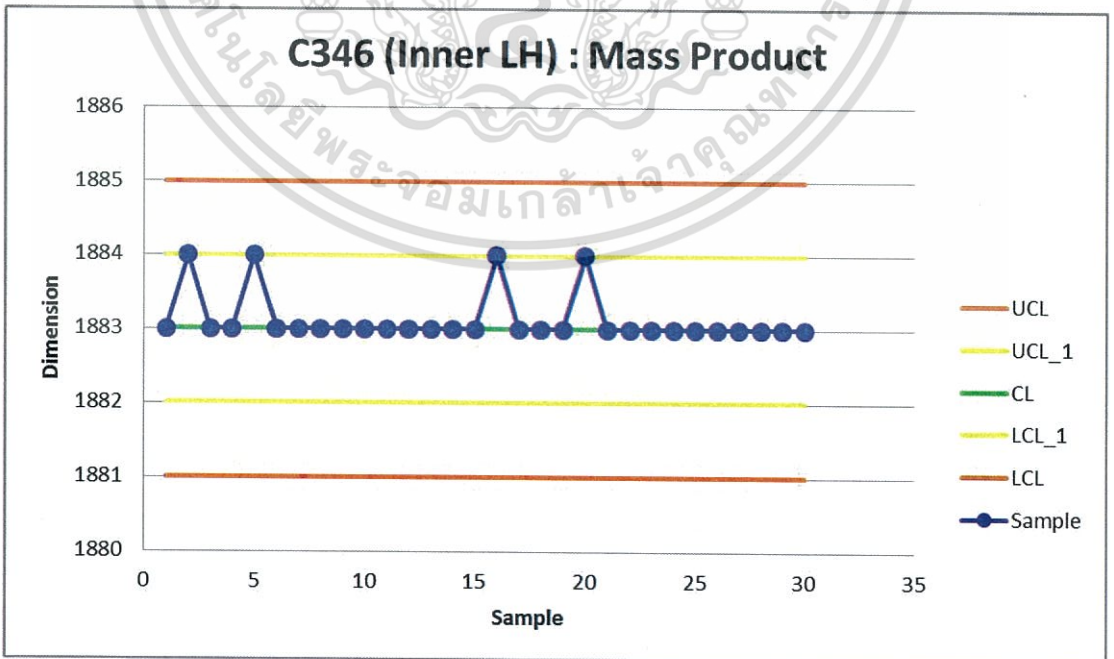
4.3.10 ส่วนประกอบ Clip RH - Casing cap (ข้างขวา)



รูปที่ 4.30 กราฟแสดง control chart ชิ้นส่วนประกอบ clip RH - casing cap

4.4 การ Mass Product

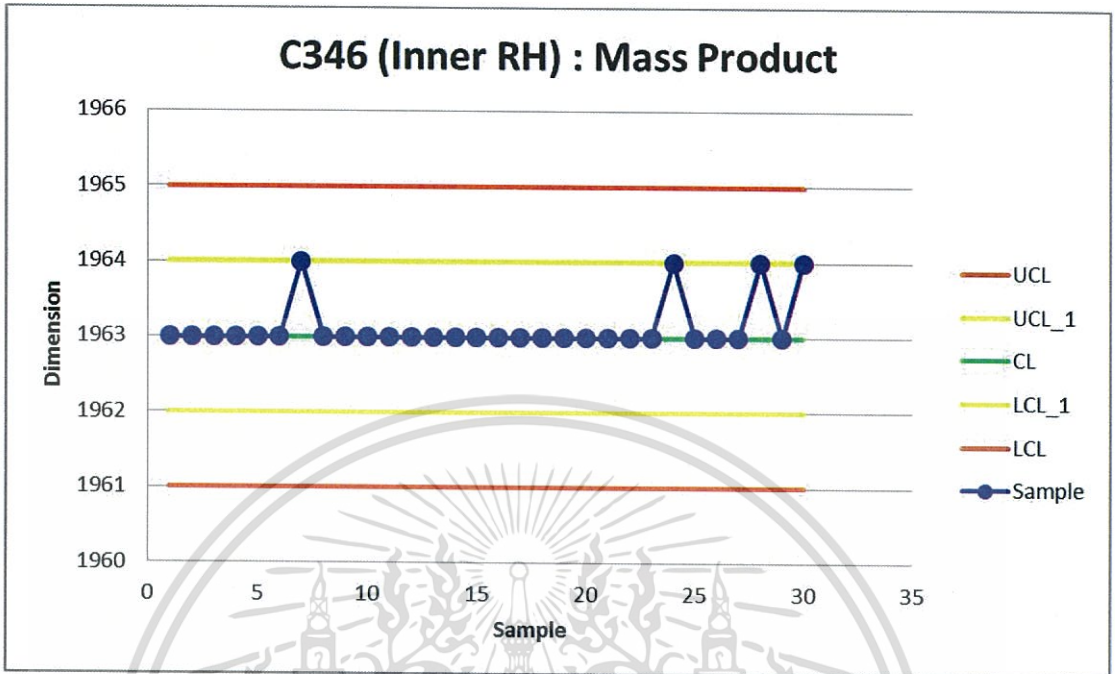
4.4.1 ส่วนประกอบ Inner (ข้างซ้าย)



รูปที่ 4.31 กราฟแสดง control chart ชิ้นส่วนประกอบ inner (LH)

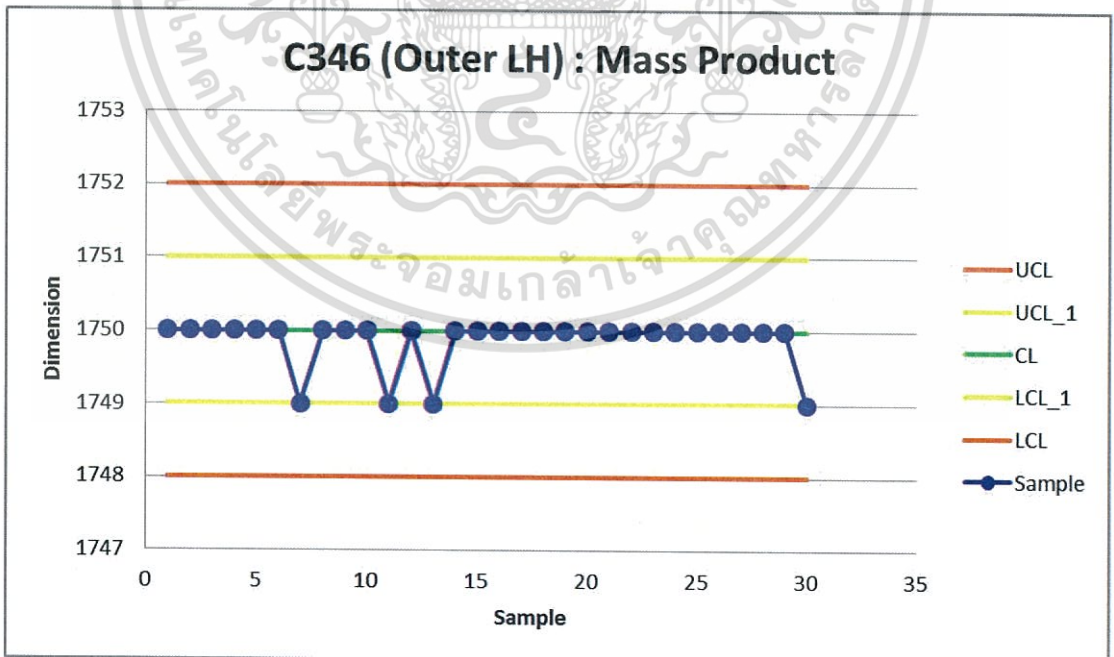
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2 ส่วนประกอบ Inner (ข้างขวา)



รูปที่ 4.32 กราฟแสดง control chart ชิ้นส่วนประกอบ inner (RH)

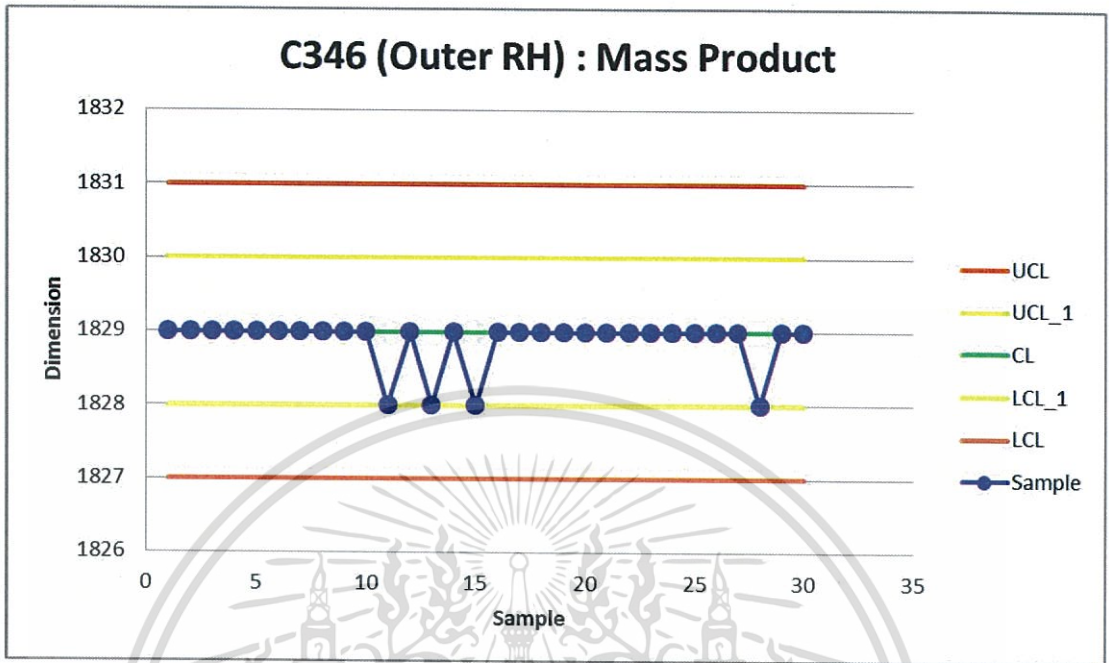
4.4.3 ส่วนประกอบ Outer (ข้างซ้าย)



รูปที่ 4.33 กราฟแสดง control chart ชิ้นส่วนประกอบ outer (LH)

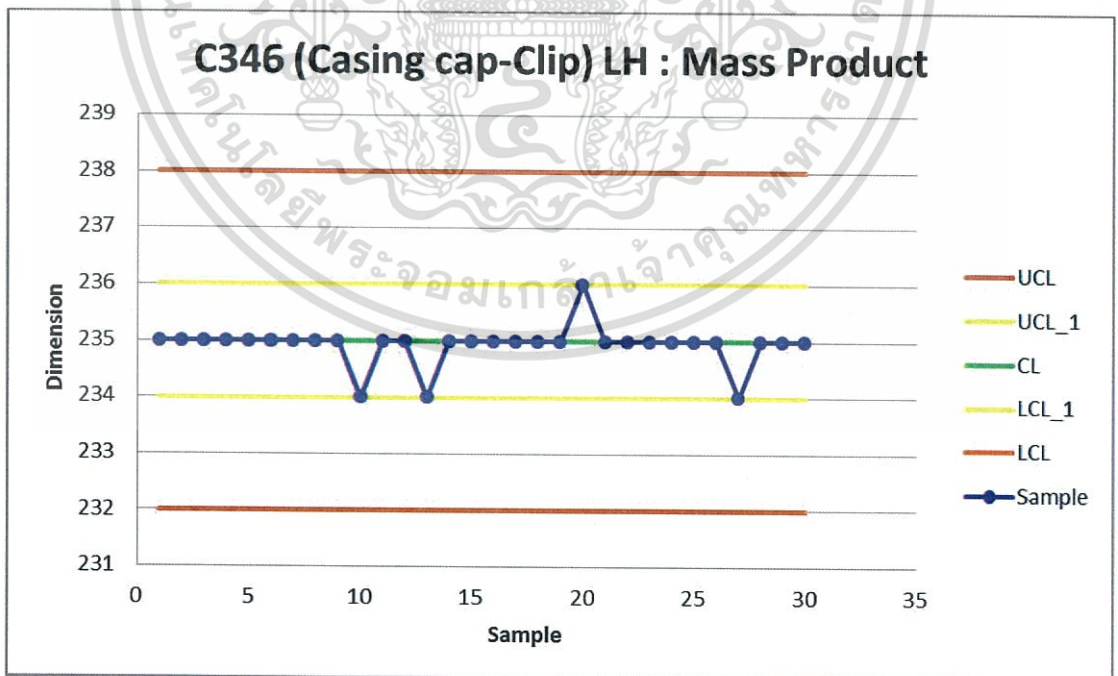
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.4 ส่วนประกอบ Outer (ข้างขวา)



รูปที่ 4.34 กราฟแสดง control chart ชิ้นส่วนประกอบ outer (RH)

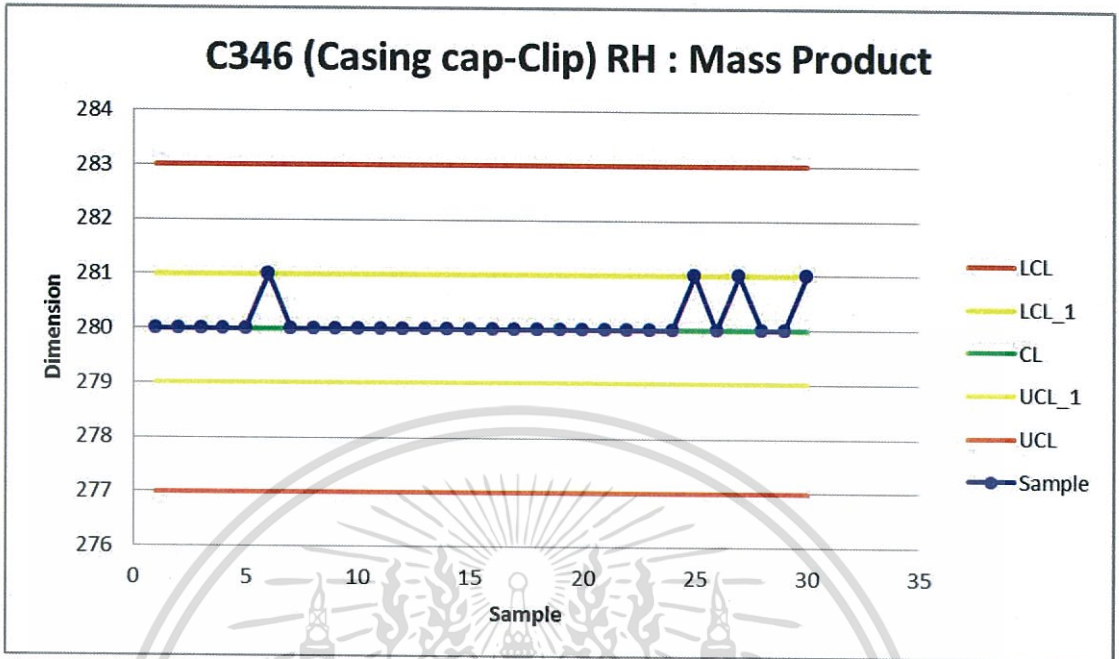
4.4.5 ส่วนประกอบ Casing cap – Clip (ข้างซ้าย)



รูปที่ 4.35 กราฟแสดง control chart ชิ้นส่วนประกอบ casing cap – clip (LH)

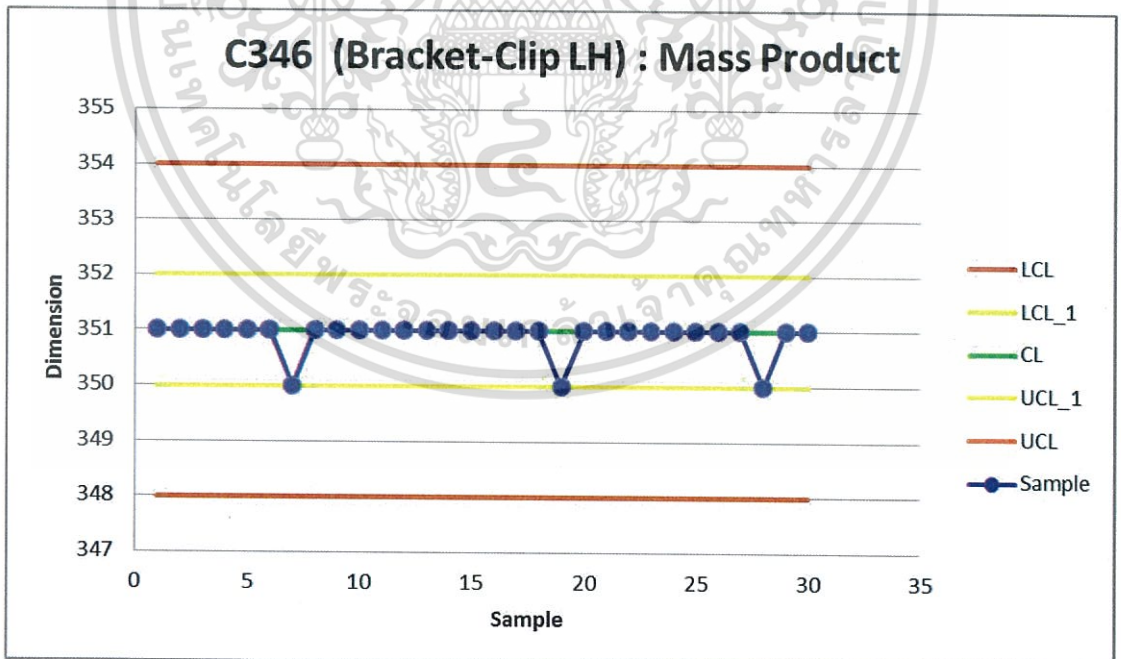
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.6 ส่วนประกอบ Casing cap – Clip (ข้างขวา)



รูปที่ 4.36 กราฟแสดง control chart ชิ้นส่วนประกอบ casing cap – clip (RH)

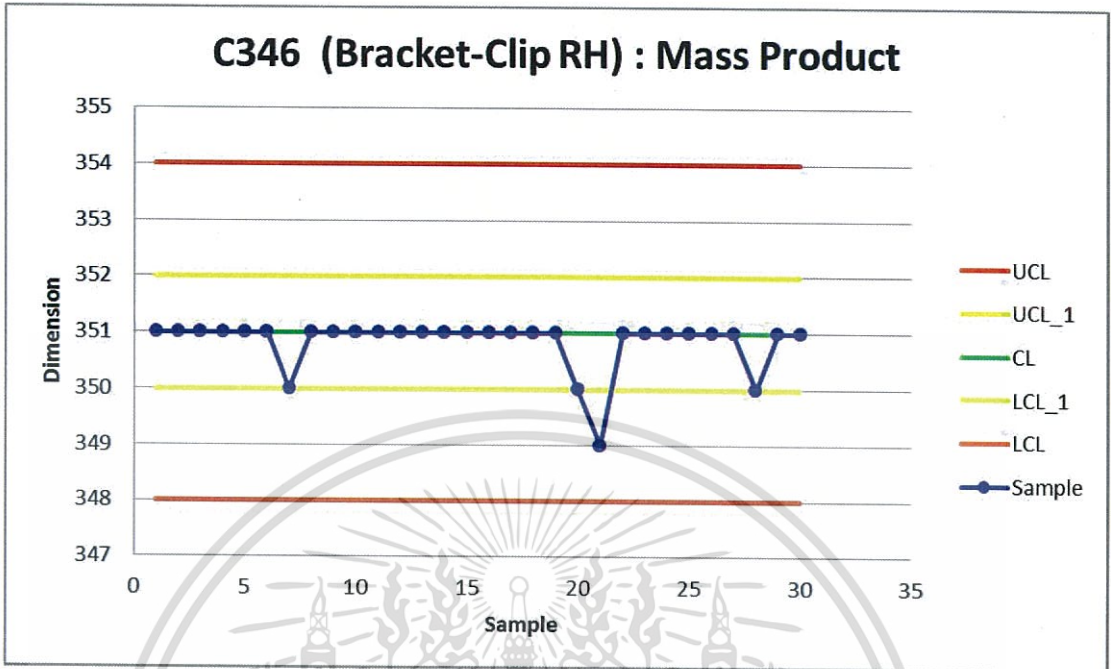
4.4.7 ส่วนประกอบ Bracket – Clip (ข้างซ้าย)



รูปที่ 4.37 กราฟแสดง control chart ชิ้นส่วนประกอบ bracket – clip (LH)

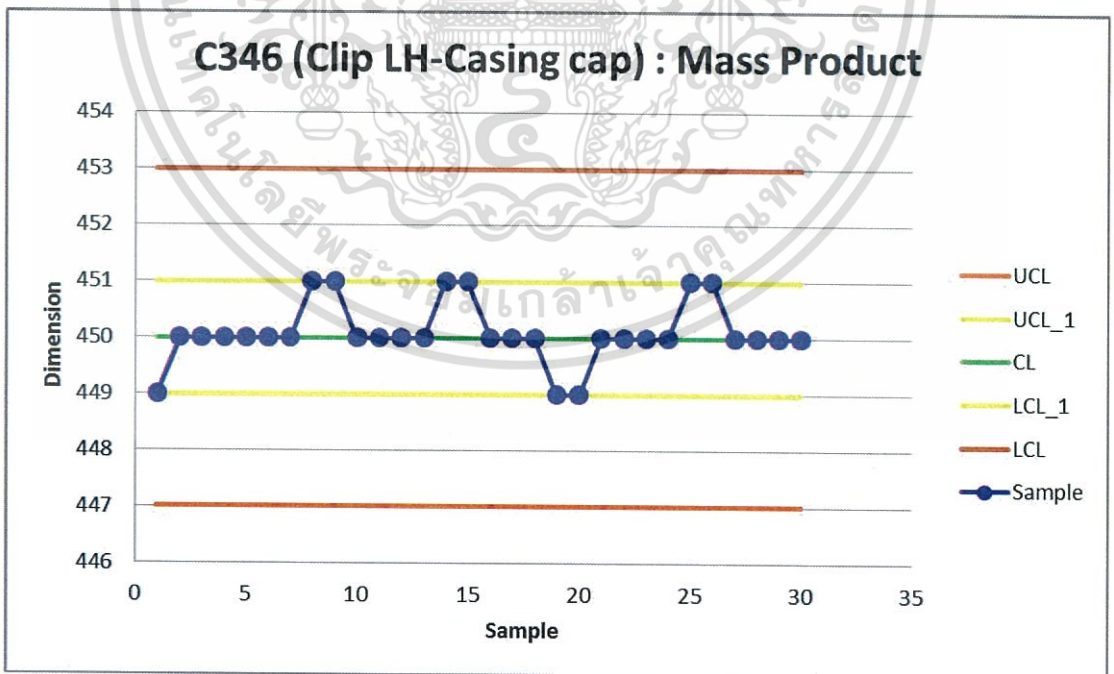
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.8 ส่วนประกอบ Bracket - Clip (ข้างขวา)



รูปที่ 4.38 กราฟแสดง control chart ชิ้นส่วนประกอบ bracket - clip (RH)

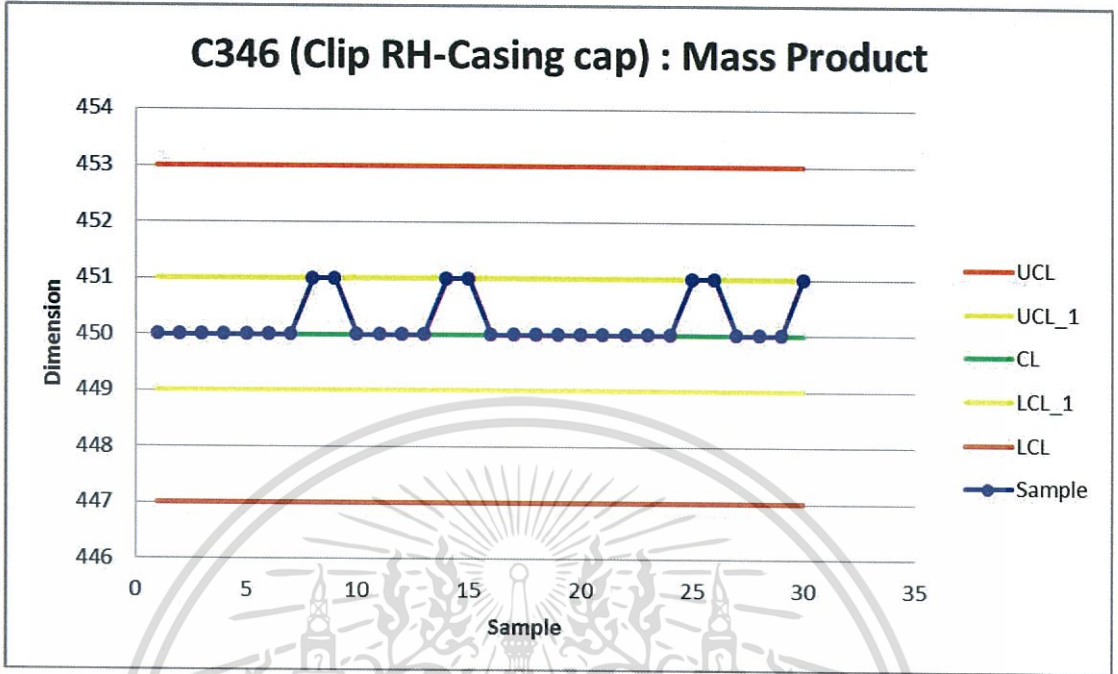
4.4.9 ส่วนประกอบ Clip LH - Casing cap (ข้างซ้าย)



รูปที่ 4.39 กราฟแสดง control chart ชิ้นส่วนประกอบ clip LH - casing cap

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.10 ส่วนประกอบ Clip RH - Casing cap (ข้างขวา)



รูปที่ 4.40 กราฟแสดง control chart ชิ้นส่วนประกอบ clip RH - casing cap

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 ผลการปรับปรุงจากการ Trial line และการ Mass Product

สรุปผลการปรับปรุงจากการ trial line ครั้งที่ 1 – 3 และการ Mass Product โดยการหาค่าเฉลี่ยขนาดความยาวของชิ้นงาน และสรุปมาในรูปของตารางที่ (4.1 – 4.10)

4.5.1 ชิ้นส่วนประกอบ Inner (LH)

Mean of Product	
Trial 1	1880.27
Trial 2	1881.70
Trial 3	1882.77
Mass Product	1883.13

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงผลการปรับปรุง ชิ้นส่วนประกอบ inner (LH)

4.5.2 ชิ้นส่วนประกอบ Inner (RH)

Mean of Product	
Trial 1	1960.70
Trial 2	1962.77
Trial 3	1963.27
Mass Product	1963.13

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงผลการปรับปรุง ชิ้นส่วนประกอบ inner (RH)

4.5.3 ชิ้นส่วนประกอบ Outer (LH)

Mean of Product	
Trial 1	1749.80
Trial 2	1748.07
Trial 3	1749.67
Mass Product	1749.87

ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงผลการปรับปรุง ชิ้นส่วนประกอบ outer (LH)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.4 ชั้นส่วนประกอบ Outer (RH)

Mean of Product	
Trial 1	1828.77
Trial 2	1829.80
Trial 3	1829.27
Mass Product	1828.87

ตารางที่ 4.4 ตารางแสดงผลการปรับปรุง ชั้นส่วนประกอบ outer (RH)

4.5.5 ชั้นส่วนประกอบ Casing cap – Clip (LH)

Mean of Product	
Trial 1	232.83
Trial 2	234.20
Trial 3	235.47
Mass Product	234.93

ตารางที่ 4.5 ตารางแสดงผลการปรับปรุง ชั้นส่วนประกอบ casing cap-clip (LH)

4.5.6 ชั้นส่วนประกอบ Casing cap – Clip (RH)

Mean of Product	
Trial 1	279.70
Trial 2	279.70
Trial 3	280.23
Mass Product	280.13

ตารางที่ 4.6 ตารางแสดงผลการปรับปรุง ชั้นส่วนประกอบ casing cap-clip (RH)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.7 ชิ้นส่วนประกอบ Bracket – Clip LH

Mean of Product	
Trial 1	349.40
Trial 2	349.80
Trial 3	350.73
Mass Product	350.90

ตารางที่ 4.7 ตารางแสดงผลการปรับปรุง ชิ้นส่วนประกอบ bracket – clip LH

4.5.8 ชิ้นส่วนประกอบ Bracket – Clip RH

Mean of Product	
Trial 1	349.90
Trial 2	350.17
Trial 3	350.37
Mass Product	350.83

ตารางที่ 4.8 ตารางแสดงผลการปรับปรุง ชิ้นส่วนประกอบ bracket – clip RH

4.5.9 ชิ้นส่วนประกอบ Clip LH – Casing cap (LH)

Mean of Product	
Trial 1	448.40
Trial 2	449.57
Trial 3	450.37
Mass Product	450.10

ตารางที่ 4.9 ตารางแสดงผลการปรับปรุง ชิ้นส่วนประกอบ clip LH – casing cap

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.10 ชิ้นส่วนประกอบ Clip LH – Casing cap (RH)

Mean of Product	
Trial 1	448.67
Trial 2	450.37
Trial 3	449.70
Mass Product	450.23

ตารางที่ 4.10 ตารางแสดงผลการปรับปรุง ชิ้นส่วนประกอบ clip RH – casing cap

4.6 การคำนวณค่า Cpk และ Ppk โดยโปรแกรม MINITAB

ตารางที่ 4.11 – 4.20 ตารางแสดงผลการคำนวณค่า Cpk และ Ppk โดยการคำนวณใช้ข้อมูลจากขนาดความยาวของชิ้นงานจากขั้นตอนการ Mass Product โดยเทียบค่าจาก

ค่ามาตรฐานในอุตสาหกรรมยานยนต์ ≥ 1.33 : Cpk คือ ชีตความสามารถของการผลิตในระยะสั้น และค่ามาตรฐานในอุตสาหกรรมยานยนต์ ≥ 1.33 : Ppk คือ ชีตความสามารถของการผลิตในระยะสั้น

4.6.1 ชิ้นส่วนประกอบ Inner (LH)

Cpk and Ppk	
Cpk	2.54
Ppk	1.80

ตารางที่ 4.11 ตารางแสดงผลการคำนวณ ชิ้นส่วนประกอบ inner (LH)

4.6.2 ชิ้นส่วนประกอบ Inner (RH)

Cpk and Ppk	
Cpk	2.91
Ppk	1.80

ตารางที่ 4.12 ตารางแสดงผลการคำนวณ ชิ้นส่วนประกอบ inner (RH)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6.3 ชิ้นส่วนประกอบ Outer (LH)

Cpk and Ppk	
Cpk	2.91
Ppk	1.80

ตารางที่ 4.13 ตารางแสดงผลการคำนวณ ชิ้นส่วนประกอบ outer (LH)

4.6.4 ชิ้นส่วนประกอบ Outer (RH)

Cpk and Ppk	
Cpk	2.91
Ppk	1.80

ตารางที่ 4.14 ตารางแสดงผลการคำนวณ ชิ้นส่วนประกอบ outer (RH)

4.6.5 ชิ้นส่วนประกอบ Casing cap – Clip (LH)

Cpk and Ppk	
Cpk	2.54
Ppk	1.80

ตารางที่ 4.15 ตารางแสดงผลการคำนวณ ชิ้นส่วนประกอบ casing cap-clip (LH)

4.6.6 ชิ้นส่วนประกอบ Casing cap – Clip (RH)

Cpk and Ppk	
Cpk	1.55
Ppk	1.68

ตารางที่ 4.16 ตารางแสดงผลการคำนวณ ชิ้นส่วนประกอบ casing cap-clip (RH)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6.7 ชิ้นส่วนประกอบ Bracket – Clip LH

Cpk and Ppk	
Cpk	1.61
Ppk	1.69

ตารางที่ 4.17 ตารางแสดงผลการคำนวณ ชิ้นส่วนประกอบ bracket – clip LH

4.6.8 ชิ้นส่วนประกอบ Bracket – Clip RH

Cpk and Ppk	
Cpk	2.00
Ppk	1.26

ตารางที่ 4.18 ตารางแสดงผลการคำนวณ ชิ้นส่วนประกอบ bracket – clip RH

4.6.9 ชิ้นส่วนประกอบ Clip LH – Casing cap (LH)

Cpk and Ppk	
Cpk	3.51
Ppk	1.76

ตารางที่ 4.19 ตารางแสดงผลการคำนวณ ชิ้นส่วนประกอบ clip LH – casing cap

4.6.10 ชิ้นส่วนประกอบ Clip LH – Casing cap (RH)

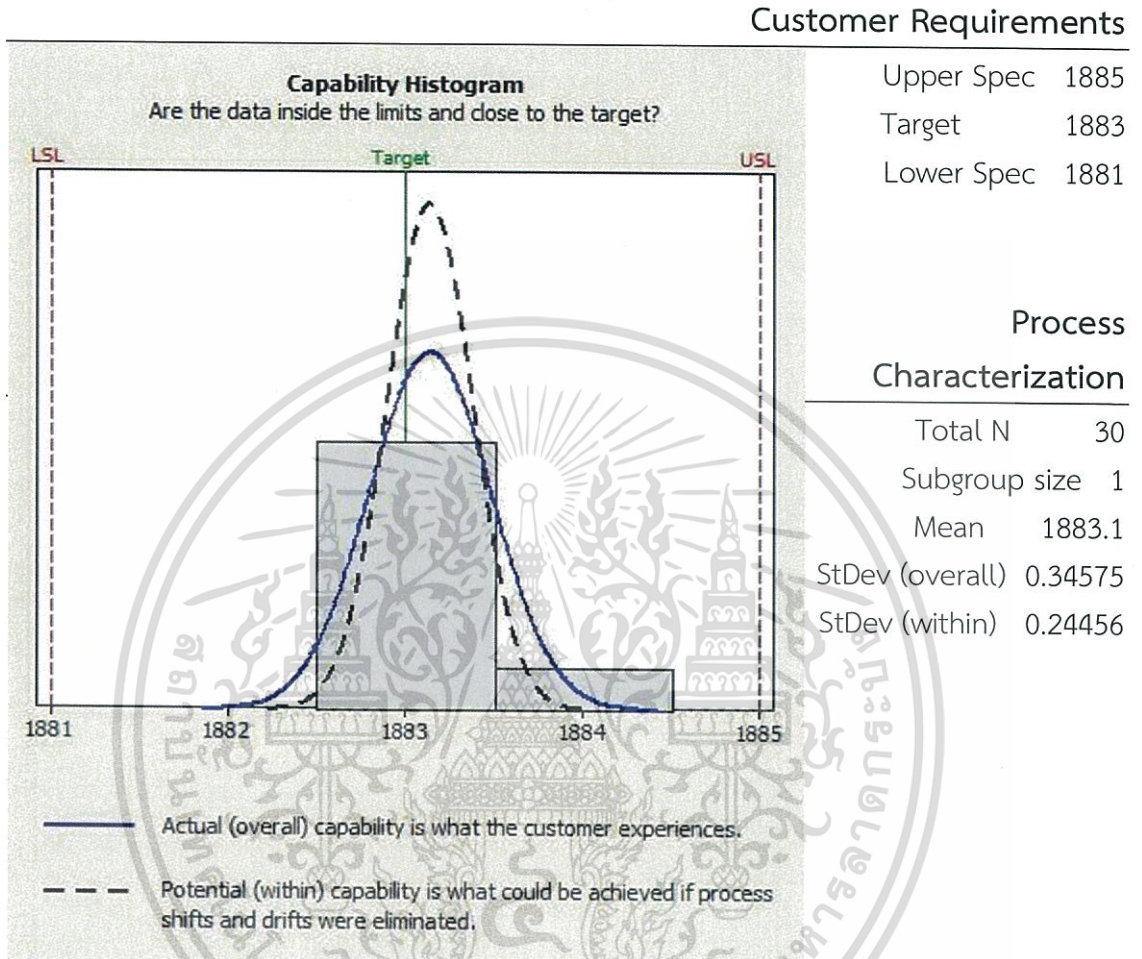
Cpk and Ppk	
Cpk	2.81
Ppk	1.78

ตารางที่ 4.20 ตารางแสดงผลการคำนวณ ชิ้นส่วนประกอบ clip RH – casing cap

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7 Summary Report by Program : MINITAB

4.7.1 Capability Analysis for Inner LH



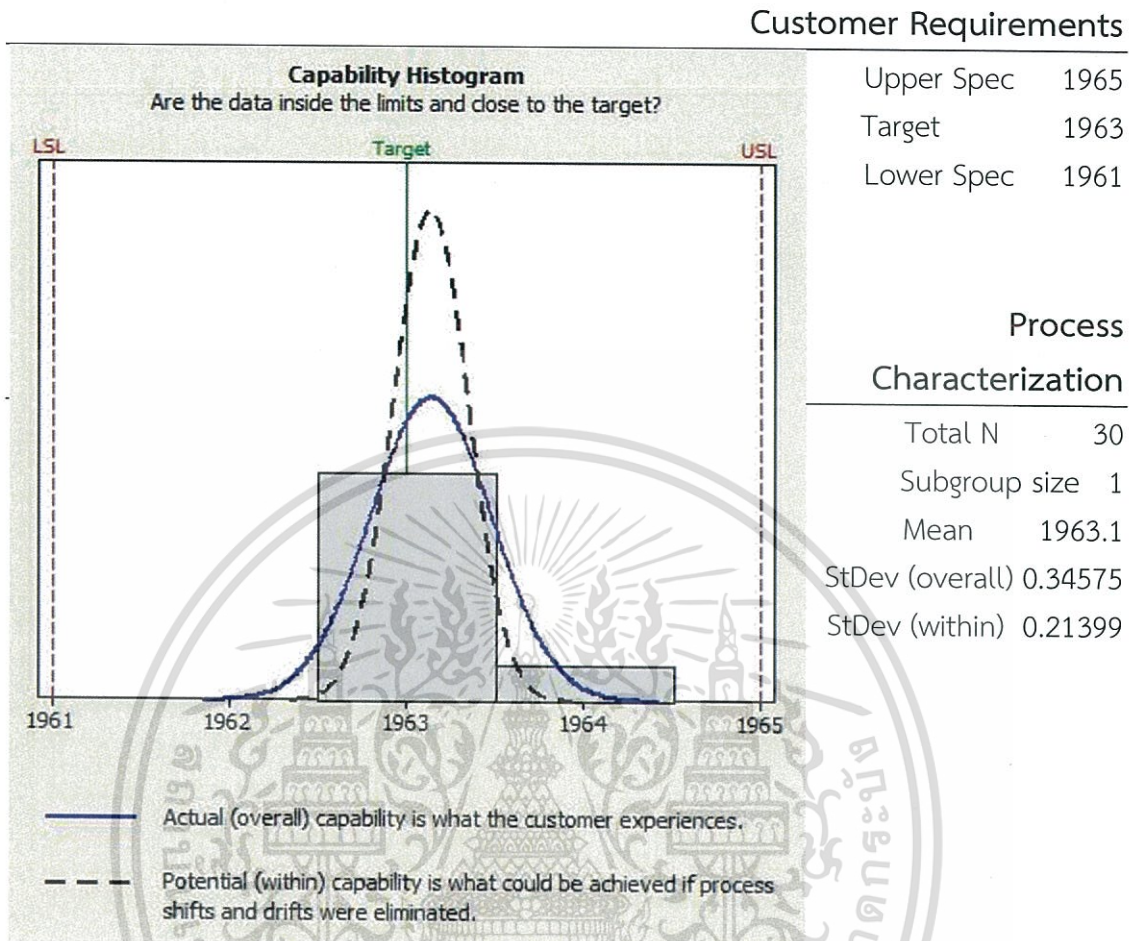
รูปที่ 4.41 กราฟแสดง ความสามารถในการผลิต Process 1

Capability Statistics

Actual (overall)	
Pp	1.93
Ppk	1.80
Z.Bench	5.40
% Out of spec (observed)	0.00
PPM (DPMO) (observed)	0
Potential (within)	
Cp	2.73
Cpk	2.54
Z.Bench	7.63
% Out of spec (expected)	0.00
PPM (DPMO) (expected)	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7.2 Capability Analysis for Inner RH

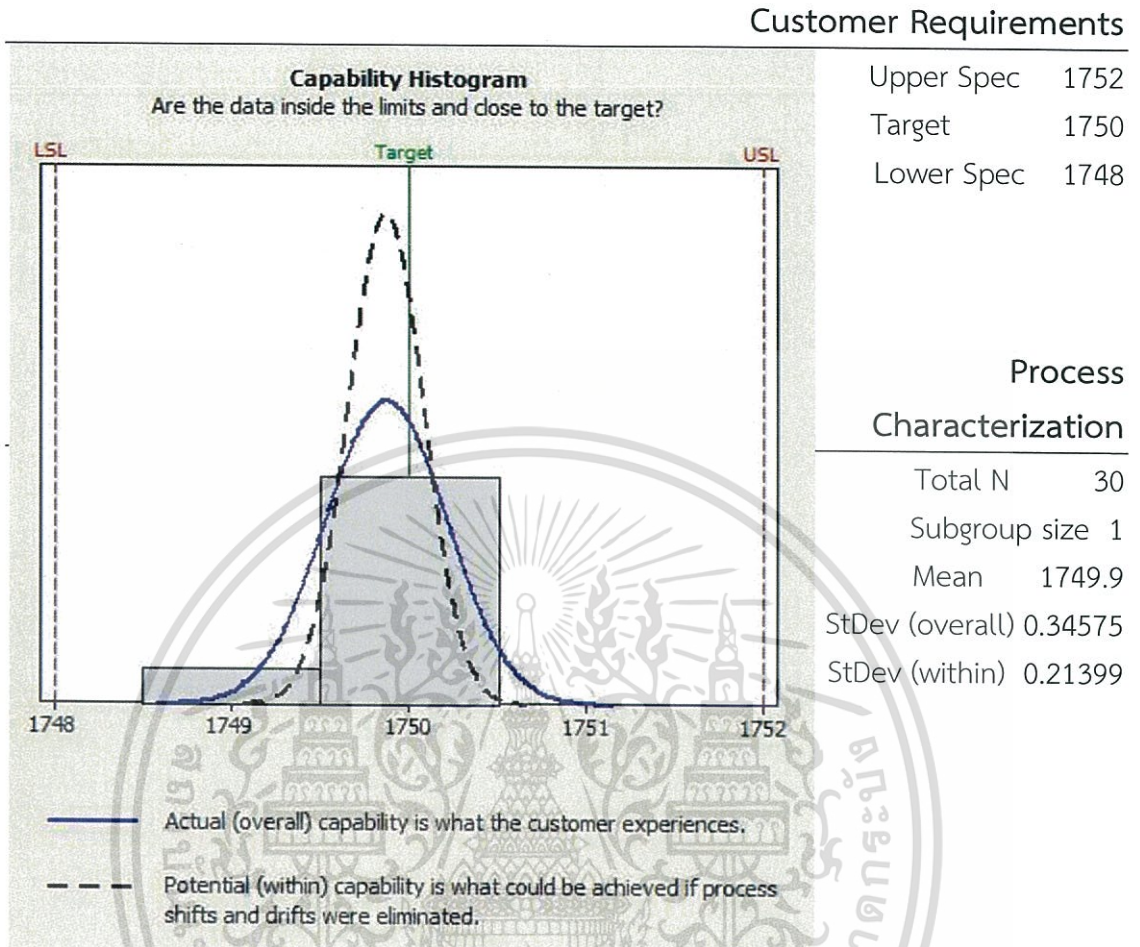


รูปที่ 4.42 กราฟแสดง ความสามารถในการผลิต Process 1

Capability Statistics		
Actual (overall)		
	Pp	1.93
	Ppk	1.80
	Z.Bench	5.40
	% Out of spec (observed)	0.00
	PPM (DPMO) (observed)	0
Potential (within)		
	Cp	3.12
	Cpk	2.91
	Z.Bench	8.72
	% Out of spec (expected)	0.00
	PPM (DPMO) (expected)	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7.3 Capability Analysis for Outer LH

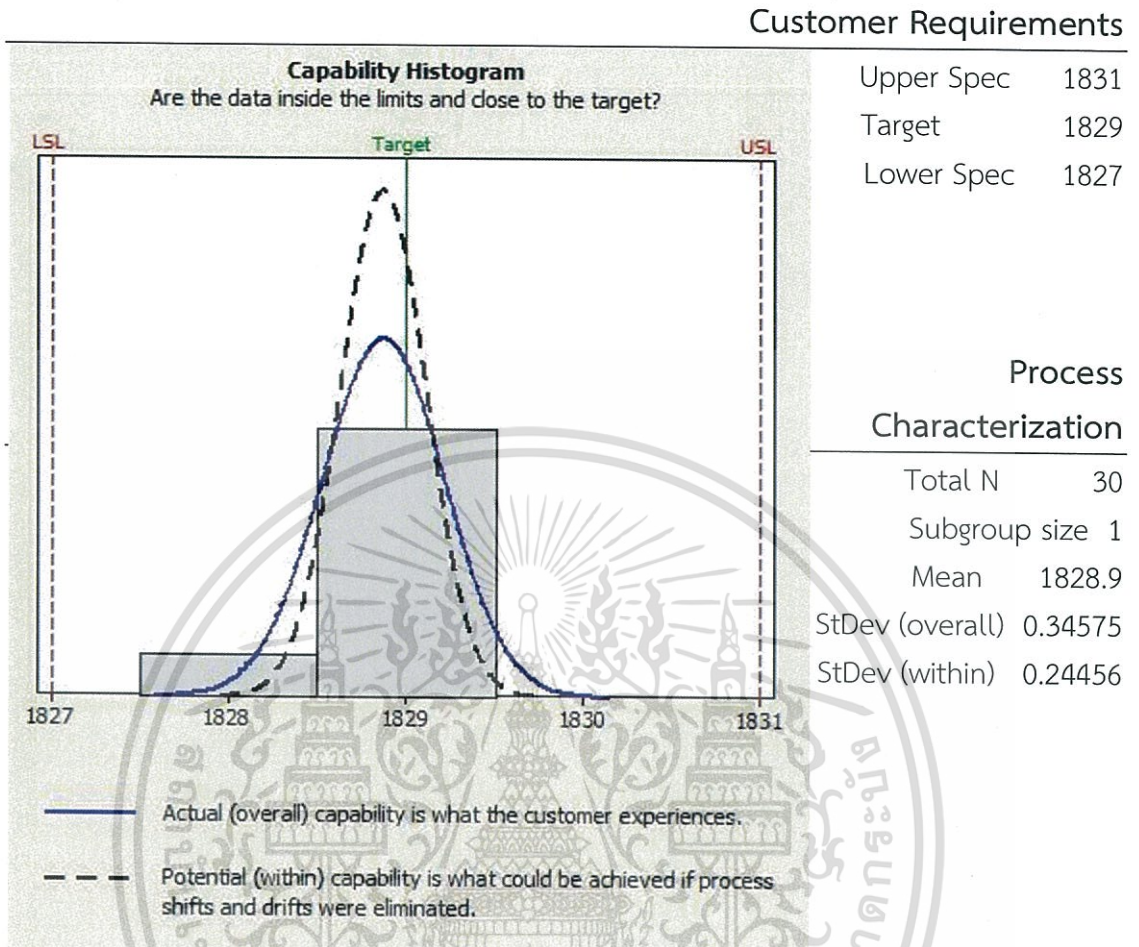


รูปที่ 4.43 กราฟแสดง ความสามารถในการผลิต Process 2

Actual (overall)		Capability Statistics
Pp	1.93	
Ppk	1.80	
Z.Bench	5.40	
% Out of spec (observed)	0.00	
PPM (DPMO) (observed)	0	
Potential (within)		
Cp	3.12	
Cpk	2.91	
Z.Bench	8.72	
% Out of spec (expected)	0.00	
PPM (DPMO) (expected)	0	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7.4 Capability Analysis for Outer RH

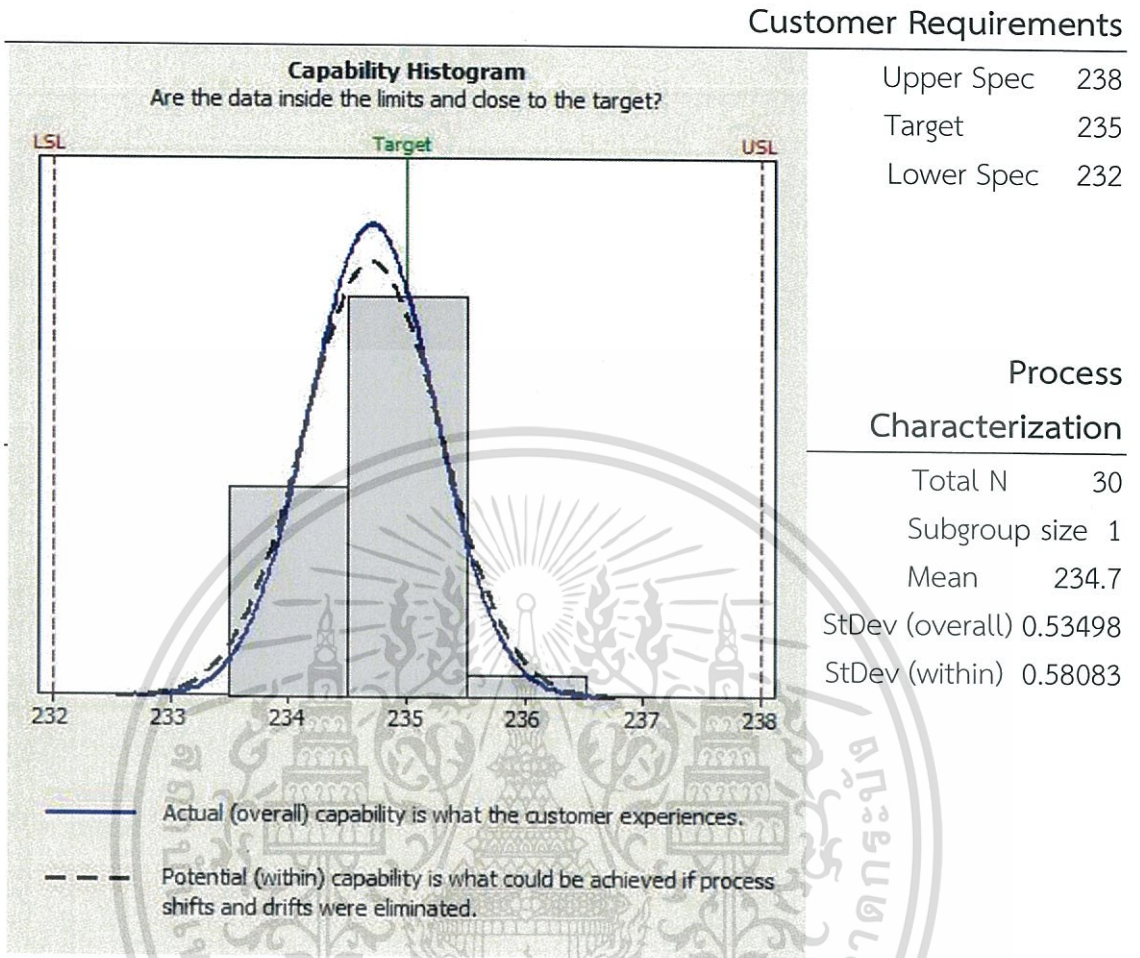


รูปที่ 4.44 กราฟแสดง ความสามารถในการผลิต Process 2

		Capability Statistics
Actual (overall)		
	Pp	1.93
	Ppk	1.80
	Z.Bench	5.40
	% Out of spec (observed)	0.00
	PPM (DPMO) (observed)	0
Potential (within)		
	Cp	2.73
	Cpk	2.54
	Z.Bench	7.63
	% Out of spec (expected)	0.00
	PPM (DPMO) (expected)	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7.5 Capability Analysis for Casing cap – Clip LH

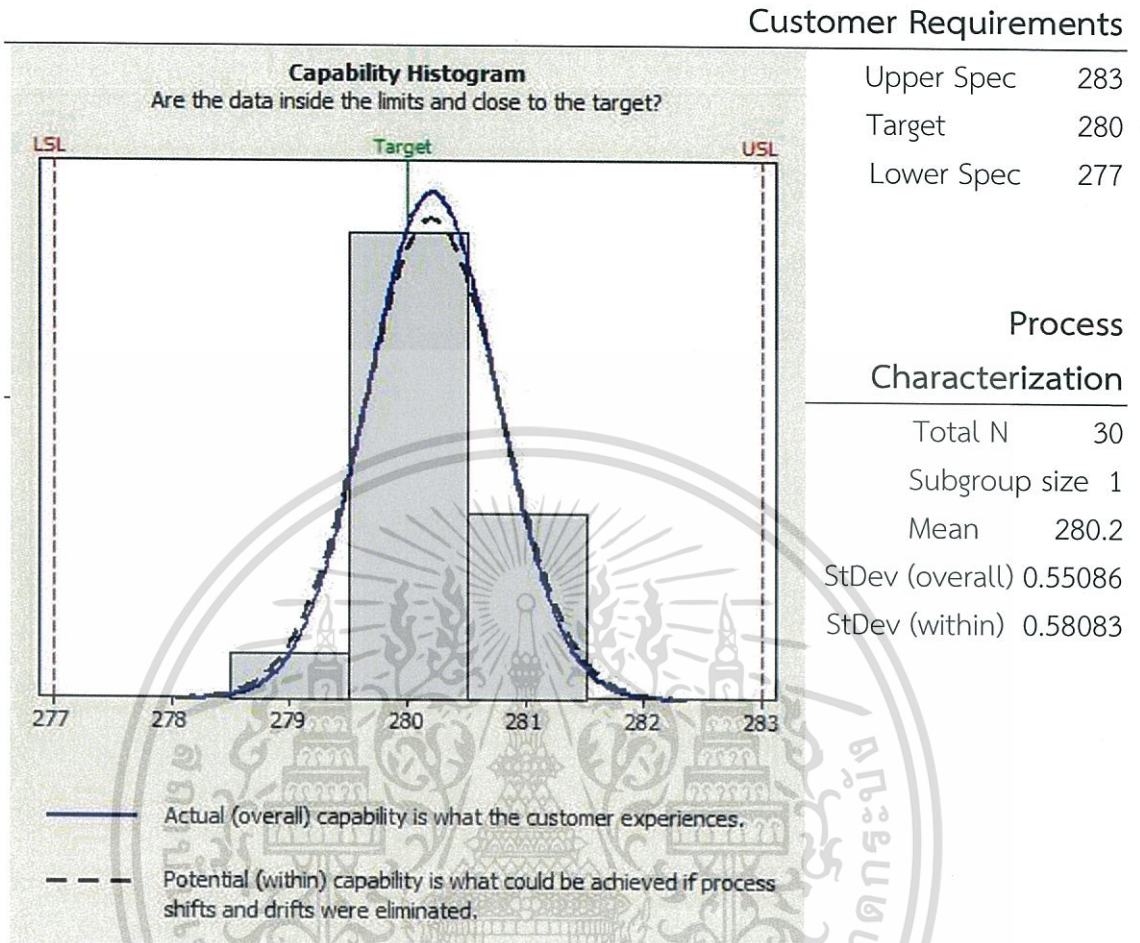


รูปที่ 4.45 กราฟแสดง ความสามารถในการผลิต Process 3

Actual (overall)		Capability Statistics
Pp		1.87
Ppk		1.68
Z.Bench		5.05
% Out of spec (observed)		0.00
PPM (DPMO) (observed)		0
Potential (within)		
Cp		1.72
Cpk		1.55
Z.Bench		4.65
% Out of spec (expected)		0.00
PPM (DPMO) (expected)		2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7.6 Capability Analysis for Casing cap – Clip RH

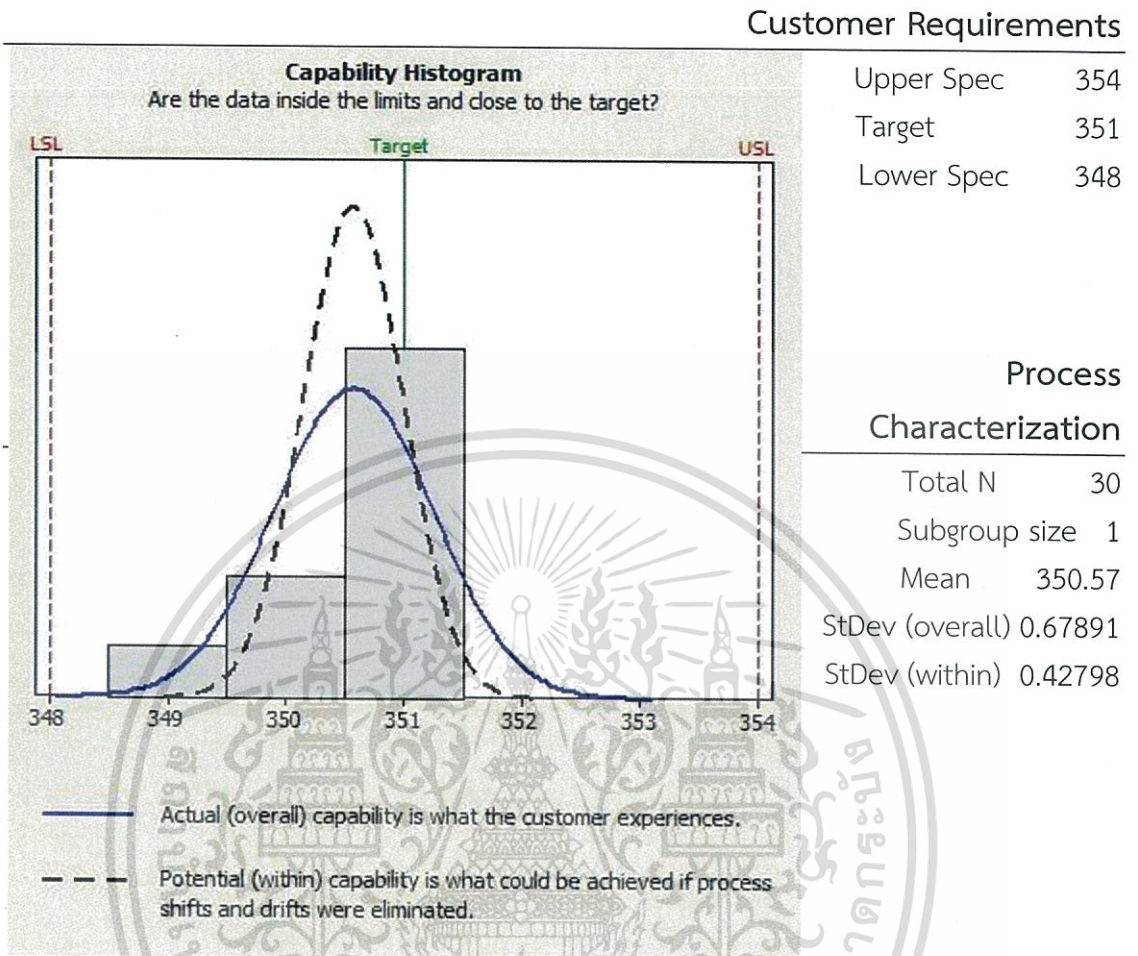


รูปที่ 4.46 กราฟแสดง ความสามารถในการผลิต Process 3

Capability Statistics	
Actual (overall)	
Pp	1.82
Ppk	1.69
Z.Bench	5.08
% Out of spec (observed)	0.00
PPM (DPMO) (observed)	0
Potential (within)	
Cp	1.72
Cpk	1.61
Z.Bench	4.82
% Out of spec (expected)	0.00
PPM (DPMO) (expected)	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7.7 Capability Analysis for Bracket – Clip LH

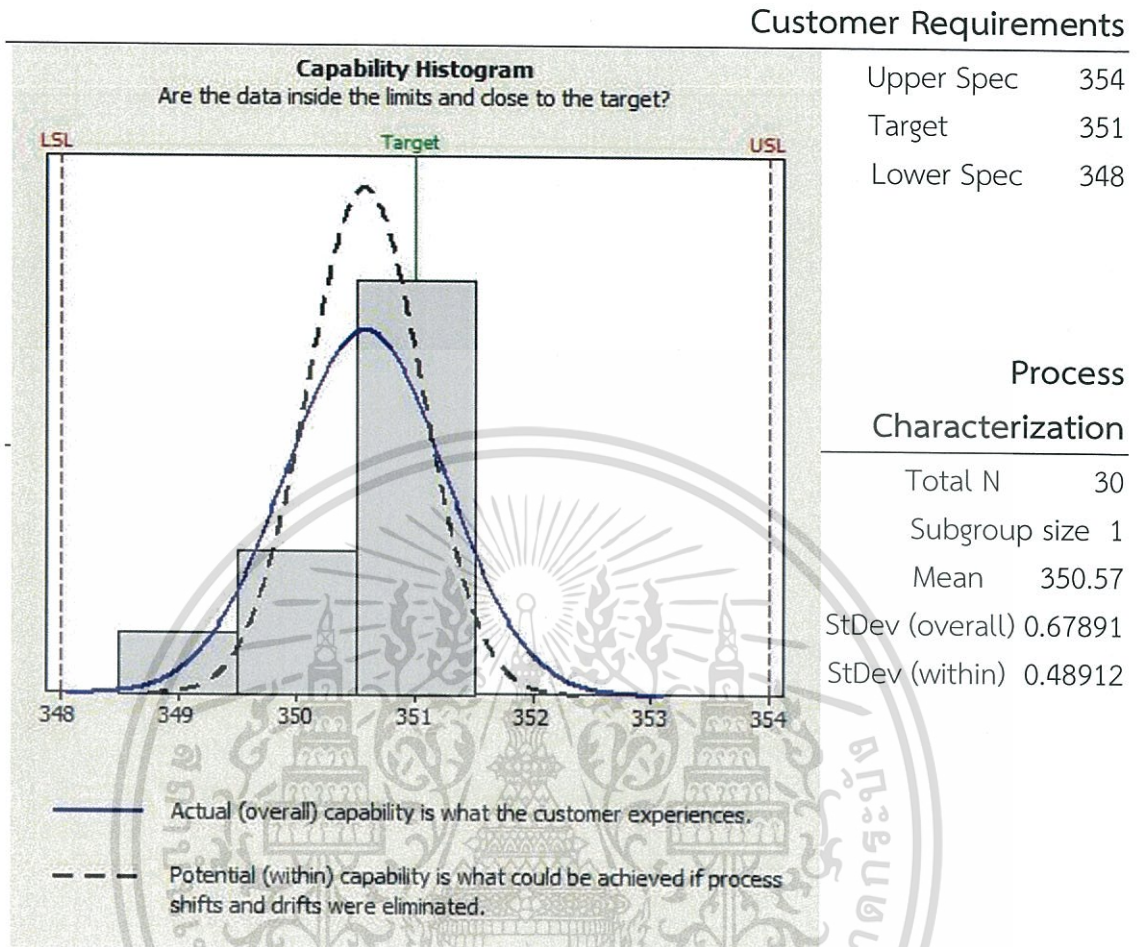


รูปที่ 4.47 กราฟแสดง ความสามารถในการผลิต Process 4

Actual (overall)		Capability Statistics
Pp		1.47
Ppk		1.26
Z.Bench		3.78
% Out of spec (observed)		0.00
PPM (DPMO) (observed)		0
Potential (within)		
Cp		2.34
Cpk		2.00
Z.Bench		6.00
% Out of spec (expected)		0.00
PPM (DPMO) (expected)		0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7.8 Capability Analysis for Bracket – Clip RH

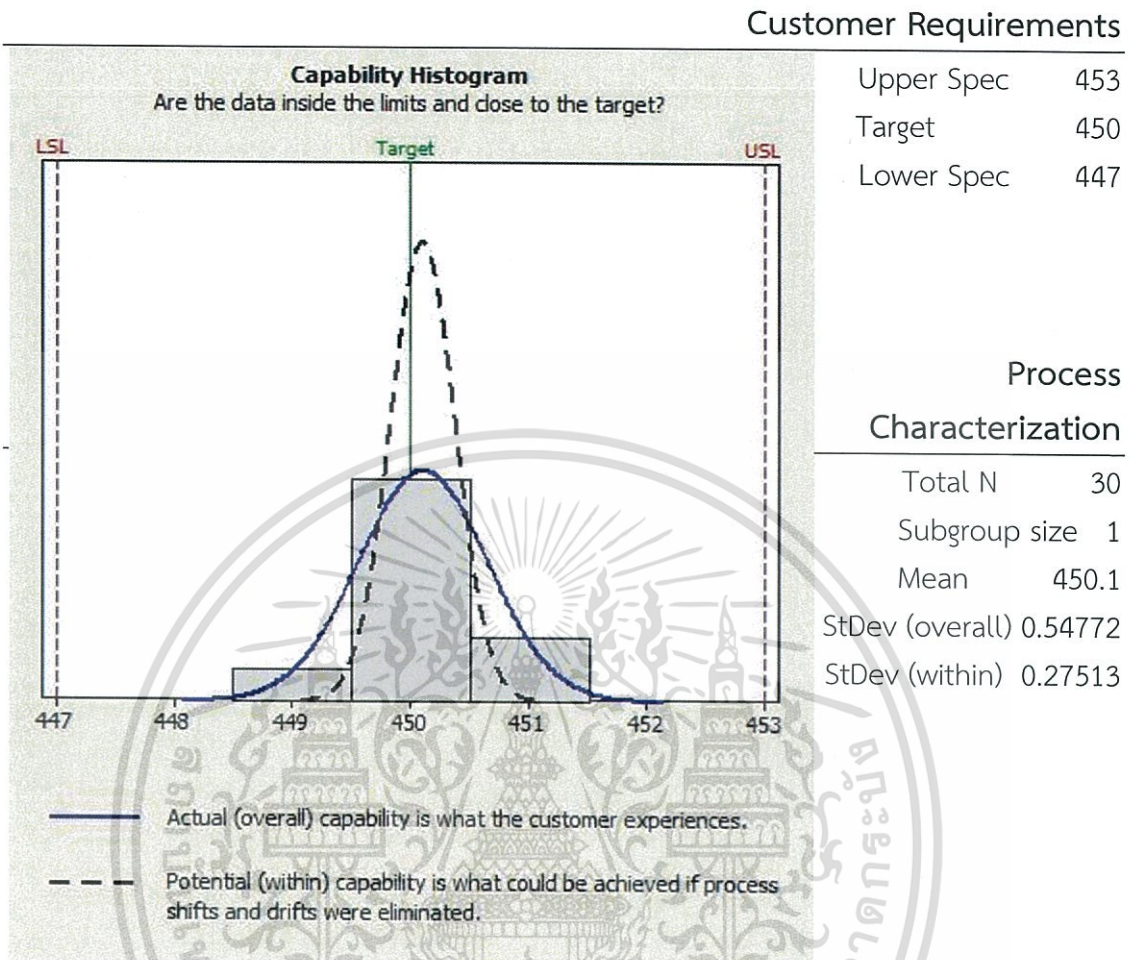


รูปที่ 4.48 กราฟแสดง ความสามารถในการผลิต Process 4

Actual (overall)		Capability Statistics
Pp		1.47
Ppk		1.26
Z.Bench		3.78
% Out of spec (observed)		0.00
PPM (DPMO) (observed)		0
Potential (within)		
Cp		2.04
Cpk		1.75
Z.Bench		5.25
% Out of spec (expected)		0.00
PPM (DPMO) (expected)		0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7.9 Capability Analysis for Clip LH – Casing cap



รูปที่ 4.49 กราฟแสดง ความสามารถในการผลิต Process 5

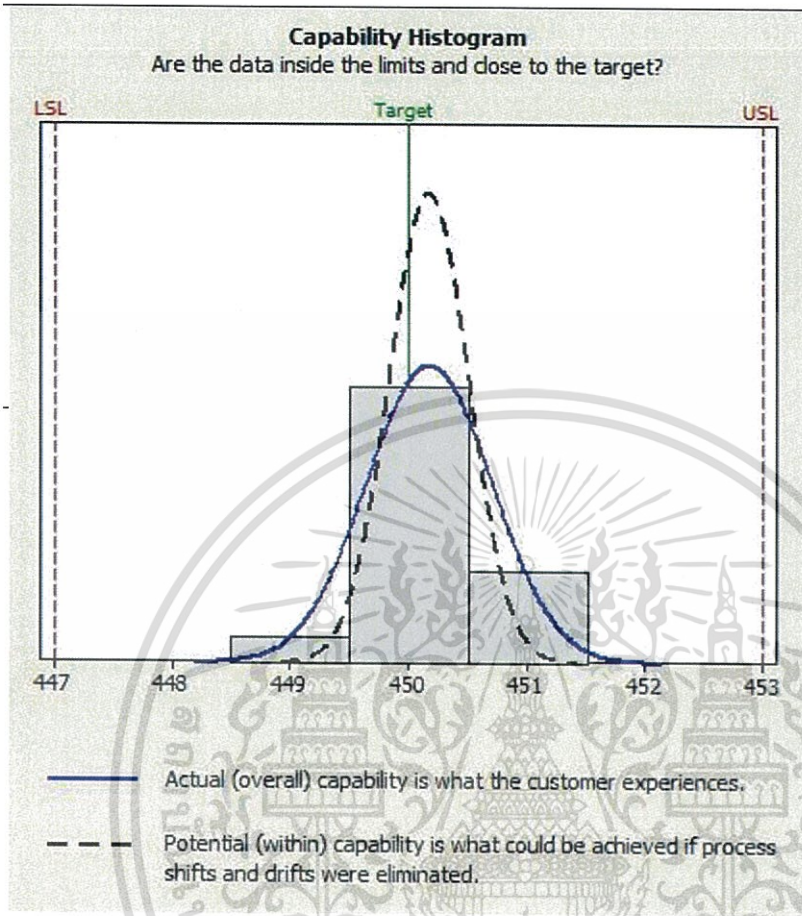
Actual (overall)		Capability Statistics
Pp		1.83
Ppk		1.76
Z.Bench		5.27
% Out of spec (observed)		0.00
PPM (DPMO) (observed)		0
Potential (within)		
Cp		3.63
Cpk		3.51
Z.Bench		10.54
% Out of spec (expected)		0.00
PPM (DPMO) (expected)		0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7.10 Capability Analysis for Clip LH – Casing cap

Customer Requirements

Upper Spec	453
Target	450
Lower Spec	447



Process Characterization

Total N	30
Subgroup size	1
Mean	450.17
StDev (overall)	0.53067
StDev (within)	0.33627

รูปที่ 4.50 กราฟแสดง ความสามารถในการผลิต Process 5

Capability Statistics

Actual (overall)	Pp	1.88
	Ppk	1.78
	Z.Bench	5.33
	% Out of spec (observed)	0.00
	PPM (DPMO) (observed)	0
Potential (within)	Cp	2.97
	Cpk	2.81
	Z.Bench	8.43
	% Out of spec (expected)	0.00
	PPM (DPMO) (expected)	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.8 ตารางสรุปผลการปรับปรุง

4.8.1 ตารางแสดงผลการปรับปรุง

Datum	Trial 1	Trial 2	Trial 3	Mass Product	OK/NG
Inner LH	1880.27	1881.70	1882.77	1883.13	OK
Inner RH	1960.70	1962.77	1963.27	1963.13	OK
Outer LH	1749.80	1748.07	1749.67	1749.87	OK
Outer RH	1828.77	1829.80	1829.27	1828.87	OK
(Casing cap-Clip) LH	232.83	234.20	235.47	234.93	OK
(Casing cap-Clip) RH	279.70	279.70	280.23	280.13	OK
(Bracket-Clip LH)	349.40	349.80	350.73	350.90	OK
(Bracket-Clip RH)	349.90	350.17	350.37	350.83	OK
Clip LH-Casing cap	448.40	449.57	450.37	450.10	OK
Clip RH-Casing cap	448.67	450.37	449.70	450.23	OK

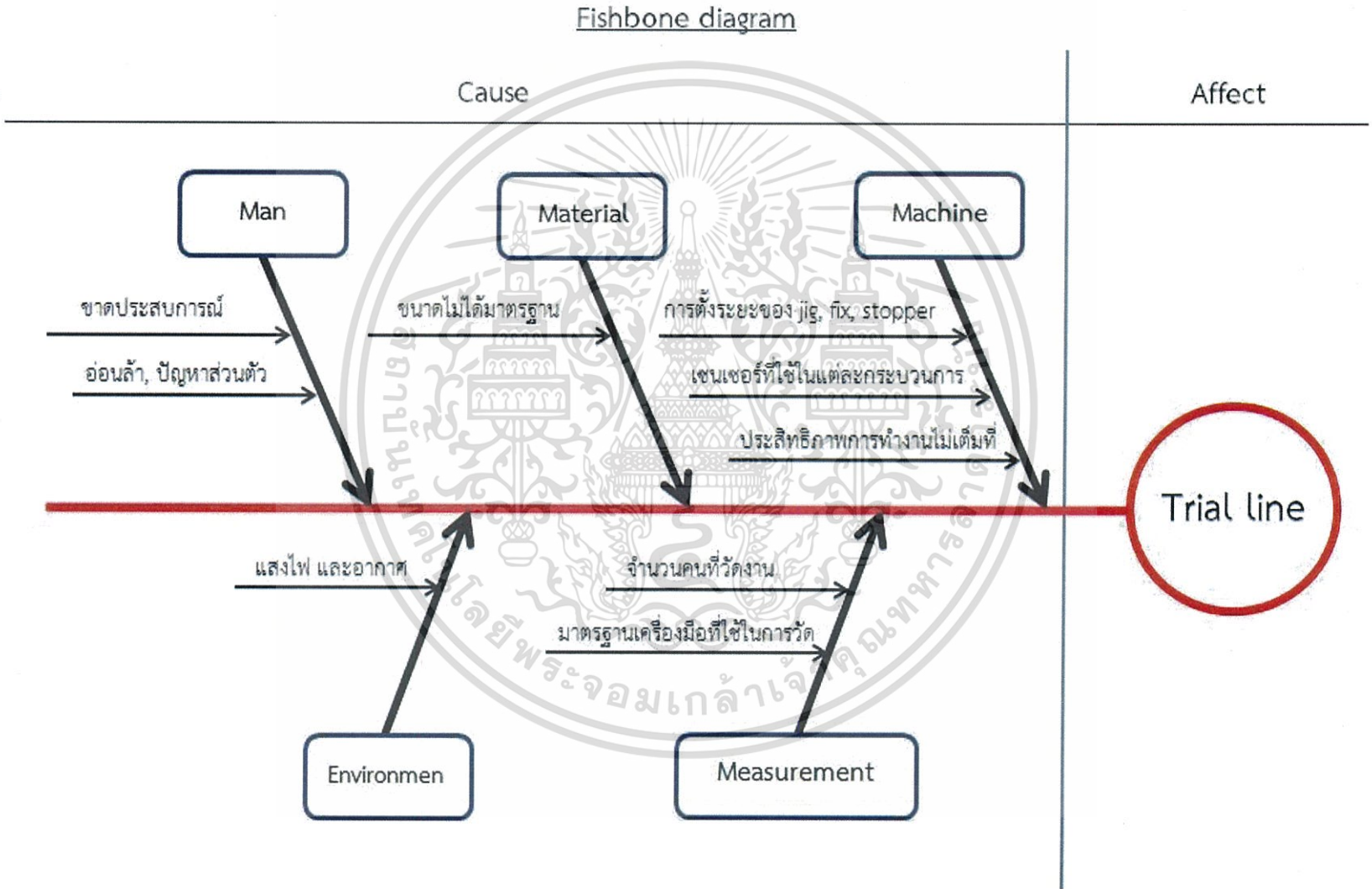
ตารางที่ 4.21 ตารางสรุปผลการปรับปรุงกระบวนการผลิต

4.8.2 ตารางแสดงผลการคำนวณค่า Cpk และ Ppk

Datum	Cpk	Ppk	Note
Inner LH	2.54	1.80	
Inner RH	2.91	1.80	
Outer LH	2.91	1.80	
Outer RH	2.54	1.80	
(Casing cap-Clip) LH	1.55	1.68	
(Casing cap-Clip) RH	1.61	1.69	
(Bracket-Clip LH)	2.00	1.26	
(Bracket-Clip RH)	1.75	1.26	
Clip LH-Casing cap	3.51	1.76	
Clip RH-Casing cap	2.81	1.78	

ตารางที่ 4.22 ตารางแสดงผลการคำนวณค่า Cpk และ Ppk

รูปที่ 4.51 การวิเคราะห์ปัญหาจากการ Trial line โดยใช้แผนภูมิแกงปลา



4.8.3 การวิเคราะห์ปัญหาจากการ Trial line โดยใช้แผนภูมิแกงปลา

4.9 ผลการวิจัยการออกแบบสายการผลิตโดยใช้โปรแกรม Pro Model

1) สายการผลิตตั้งต้น

1.1 ค่าจริงที่ได้จากการวัดและสังเกตผล

เวลาทำงาน/วัน	จำนวนพนักงาน	จำนวนสายเบรคที่ต้องผลิตส่งลูกค้า/สัปดาห์
460 นาที	5 คน	386 อัน

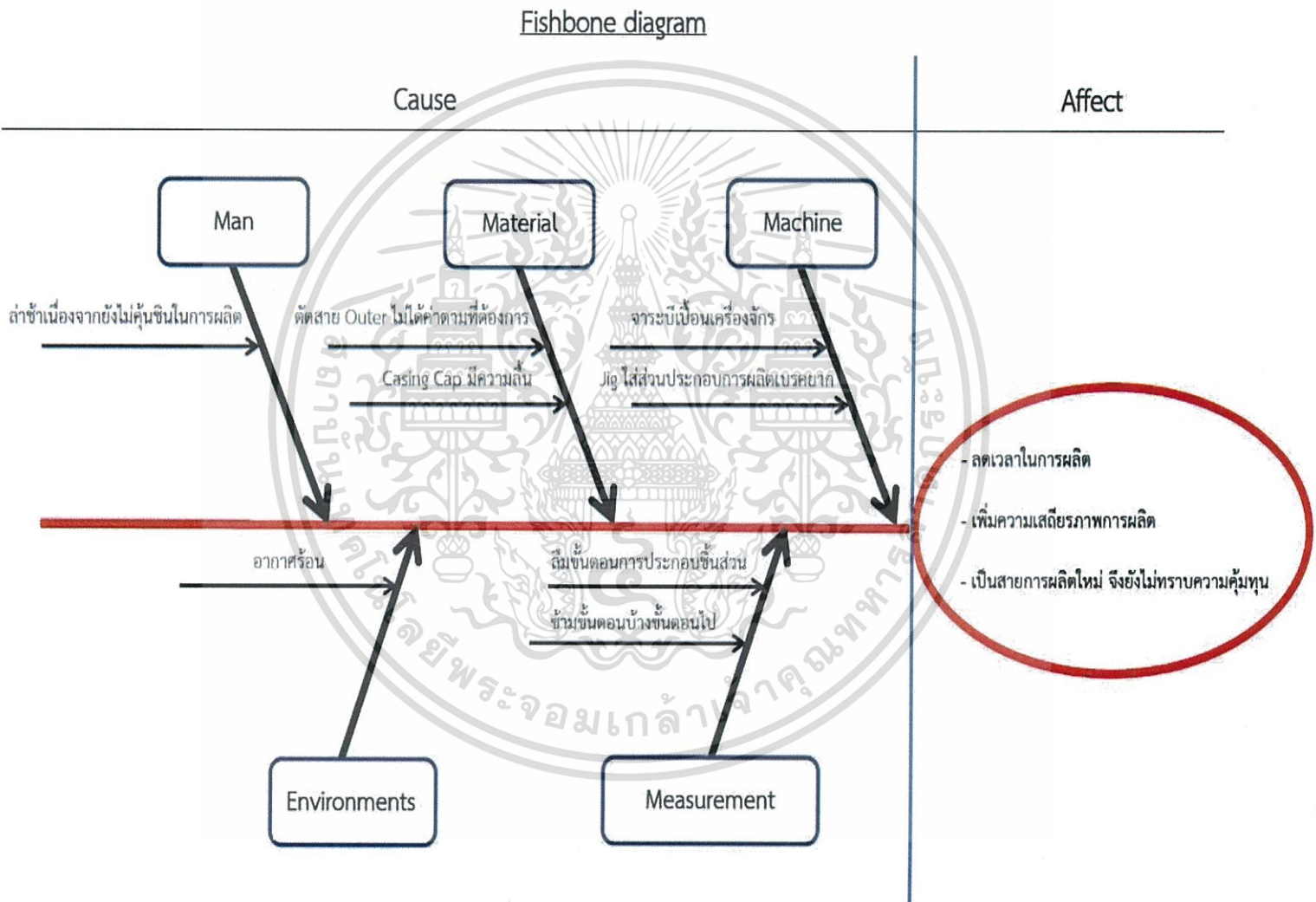
ตารางที่ 4.23 แสดงเวลาในการทำงาน จำนวนพนักงาน จำนวนสายเบรคที่ต้องผลิตส่ง

กระบวนการ	1	2	3	4	5	รวม
เวลาที่ใช้ต่อกระบวนการ/วินาทีโดยเฉลี่ย	35	35	30	30	35	165 หรือ 2.45

ตารางที่ 4.24 แสดงเวลาที่ใช้ต่อกระบวนการ/วินาที โดยเฉลี่ย

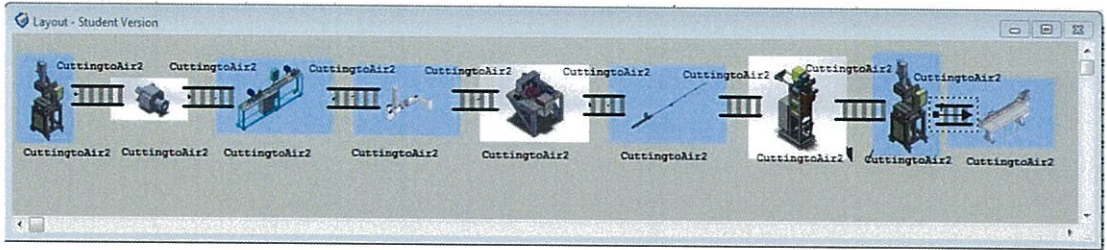
ซึ่งจากการสังเกต เวลา 30 นาที สามารถผลิตสายเบรคได้ 44 เส้น ดังนั้น สายเบรค 1 เส้น ใช้เวลาในการผลิตโดยเฉลี่ย 0.681 นาที ซึ่งสายเบรค 1 อัน ประกอบไปด้วย สายเบรค 2 เส้น (ข้างซ้าย, ข้างขวา) จึงทำให้ทราบว่าต้องผลิตสายเบรคข้างซ้ายและข้างขวาอย่างละ 386 เส้น รวมแล้วเป็นจำนวน 772 เส้น จึงจะสามารถประกอบเป็นสายเบรค 386 อัน ได้ และต้องใช้เวลา 540 นาที ประมาณ 2 วัน จะสามารถผลิตสายเบรคได้ 792 เส้น เป็นสายเบรค 396 อัน เพื่อให้เพียงพอต่อการส่งลูกค้า ซึ่งจำนวนสายเบรคเกินจากที่ลูกค้าต้องการต่อสัปดาห์เป็นจำนวน 10 อัน

การวิเคราะห์ปัญหาจากการสังเกต และตรวจสอบสายการผลิต โดยใช้แผนภูมิแกงปลา



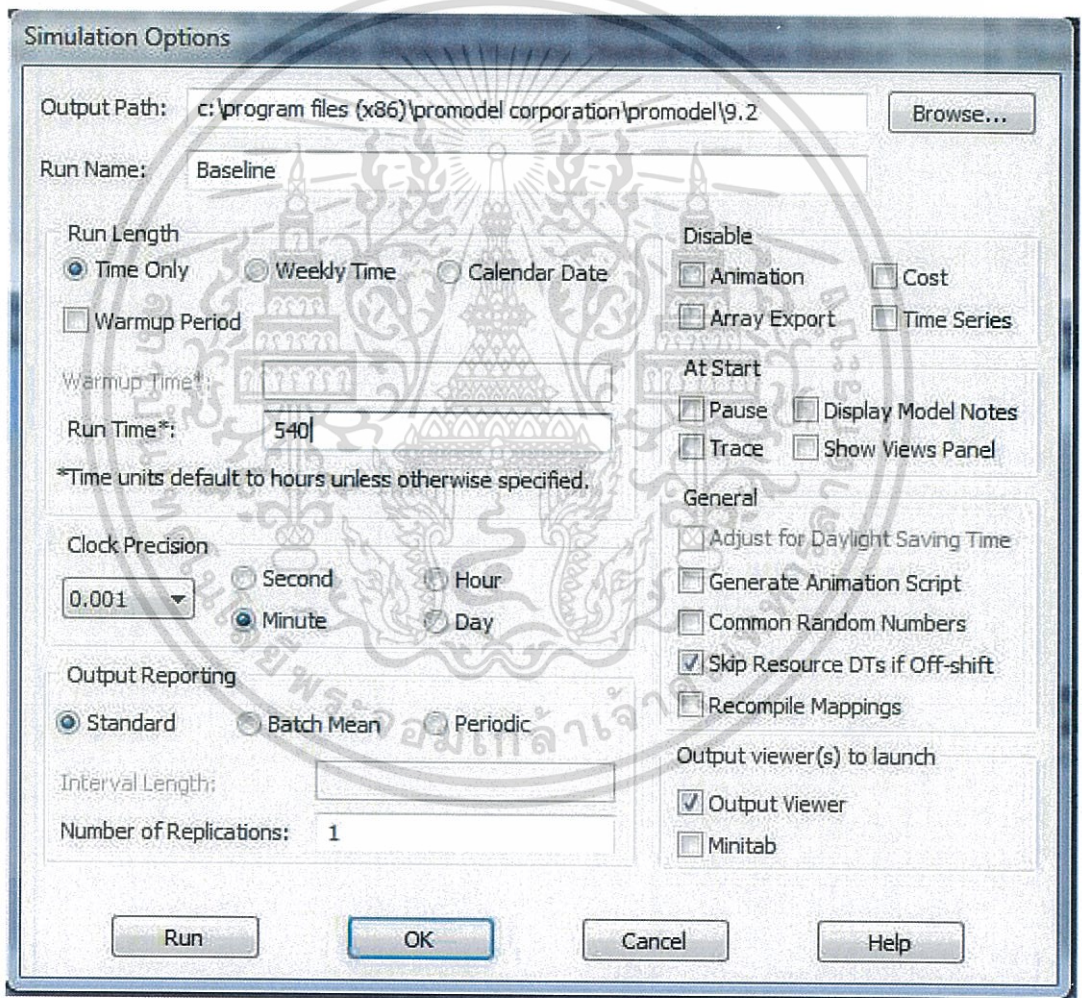
รูปที่ 4.52 การวิเคราะห์ปัญหาจากการสังเกต และตรวจสอบสายการผลิต โดยใช้แผนภูมิแกงปลา

1.2 ค่าที่ได้จากการจำลองสายการผลิตโดยใช้โปรแกรม Pro Model



รูปที่ 4.53 แสดงสายการผลิตตั้งต้น

แบบที่ 1



รูปที่ 4.54 แสดงการตั้งค่าเวลาในการจำลองสายการผลิต

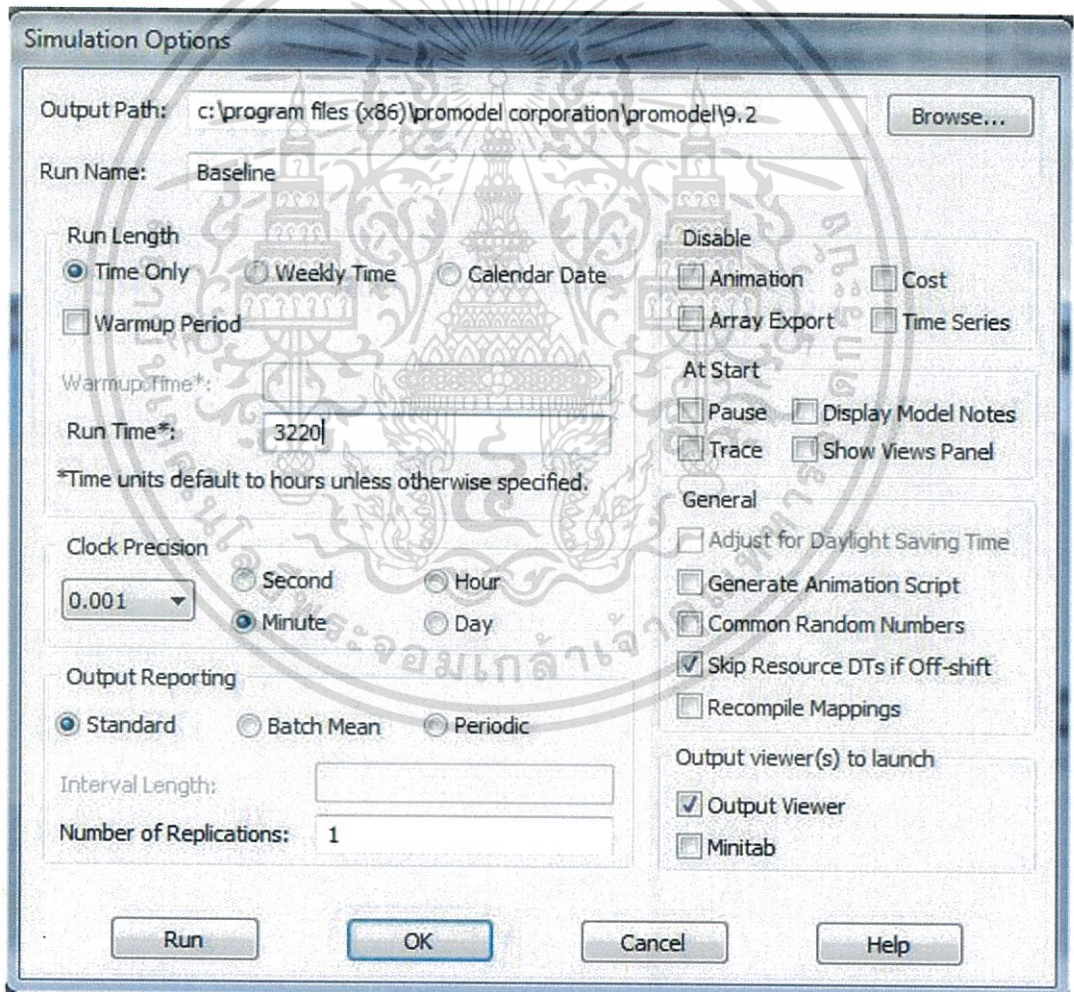
เวลาที่ใช้ในการจำลองสายการผลิตนั้น ใช้จากการทำงานใน 1 วัน กับอีก 80 นาที หรือ 540 นาที เหตุผลที่เลือกใช้เวลาเท่านี้เพราะจากการวัดค่าจริงนั้น ใช้เวลาไม่ครบการทำงานใน 2 วัน ก็สามารถผลิตสายเบรคได้ครบจำนวนตามที่ลูกค้าต้องการต่อ 1 สัปดาห์แล้ว เท่ากับ 386 อัน ผลที่ได้จากการจำลองสายการผลิตโดยโปรแกรม Pro Model คือ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนสายเบรคที่ได้	225 เส้น
เวลาที่ใช้ผลิตต่อสายเบรค 1 เส้นโดยเฉลี่ย	2.45 วินาที

ตารางที่ 4.25 แสดงจำนวนสายเบรคที่ผลิตได้และเวลาที่ใช้ผลิตต่อสายเบรค 1 เส้น

จากผลการจำลองสายการผลิตนั้น ทำให้ทราบว่า เวลา 1 วัน กับ 80 นาที ในการทำงานที่เรากำหนดเป็นเวลาจำลอง ไม่เพียงพอต่อการผลิตสายเบรคตามจำนวนที่ลูกค้าต้องการ ซึ่งไม่เหมือนกับที่วัดจริงในการผลิตสายเบรค ดังนั้นจึงได้ทำการเพิ่มเวลาการจำลองสายการผลิตเป็นเวลา 1 สัปดาห์แทน นั่นก็คือ 460 นาที เป็นเวลา 7 วัน เท่ากับ 3,220 นาที จะได้ผลการจำลองสายการผลิตดังนี้

แบบที่ 2



รูปที่ 4.55 แสดงการตั้งค่าเวลาในการจำลองสายการผลิต

จำนวนสายเบรคที่ได้	1,326 เส้น
เวลาที่ใช้ผลิตต่อสายเบรค 1 เส้นโดยเฉลี่ย	2.41 วินาที

ตารางที่ 4.26 แสดงจำนวนสายเบรคที่ผลิตได้และเวลาที่ใช้ผลิตต่อสายเบรค 1 เส้น

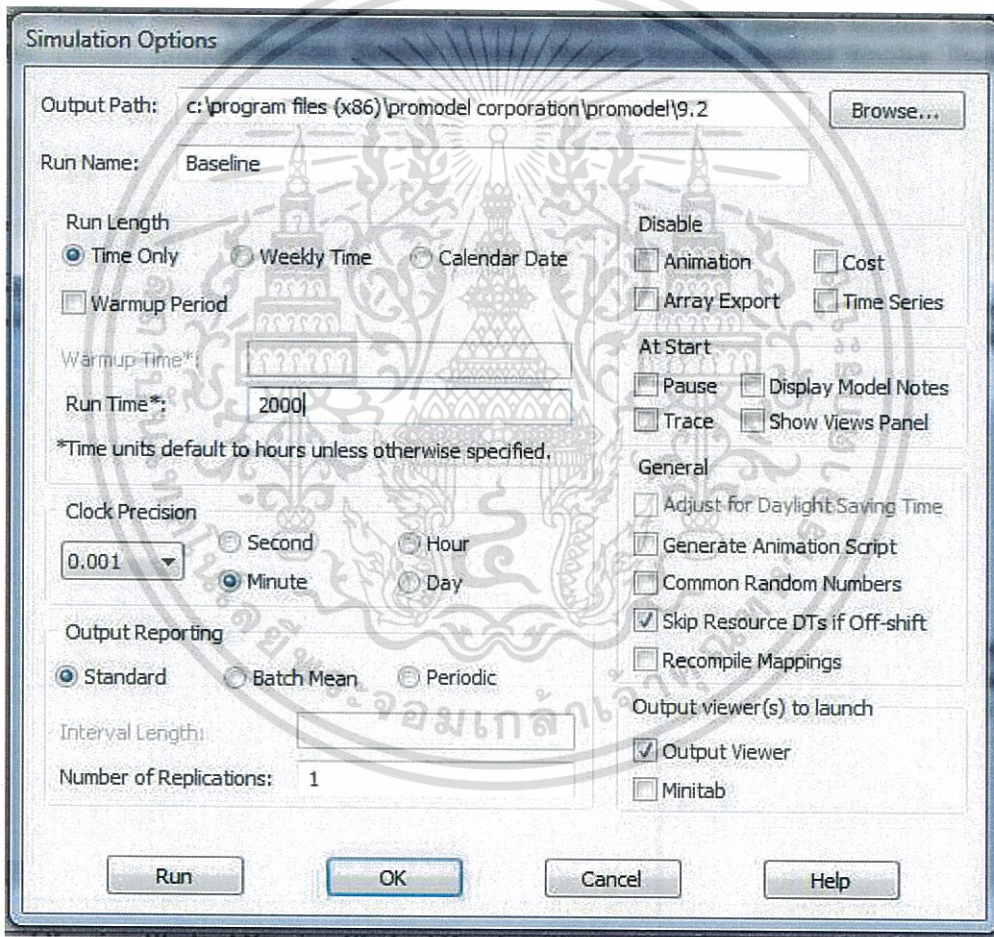
เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการจำลองสายการผลิตนั้น ทำให้ทราบว่า เวลา 1 สัปดาห์ในการทำงานที่เรากำหนด เป็นเวลาจำลอง มากเพียงพอต่อการผลิตสายเบรคตามจำนวนที่ลูกค้าต้องการ ซึ่งมีจำนวนเกินกว่า จำนวนสายเบรคที่ลูกค้าต้องการใน 1 สัปดาห์ ดังนั้นเราสามารถคิดได้ 2 อย่าง คือ

- 1) ทำการผลิตสายเบรคเพื่อสัปดาห์ถัดไปเลยแล้วเก็บสายเบรคไว้ แต่ต้องเสียค่าอุปกรณ์จัดเก็บสายเบรค
- 2) ทำการประมาณค่าเวลาใหม่ ที่สามารถทำให้ผลิตสายเบรคได้พอดีหรือเกินจากที่ลูกค้าต้องการไปไม่มาก

ดังนั้น จึงได้ทำการลดเวลาการจำลองสายการผลิตเป็นเวลา 2,000 นาที ซึ่งเป็นเวลาประมาณ 5 วัน จะได้ผลการจำลองสายการผลิตดังนี้

แบบที่ 3



รูปที่ 4.56 แสดงการตั้งค่าเวลาในการจำลองสายการผลิต

จำนวนสายเบรคที่ได้	820 เส้น
เวลาที่ใช้ผลิตต่อสายเบรค 1 เส้นโดยเฉลี่ย	2.42 วินาที

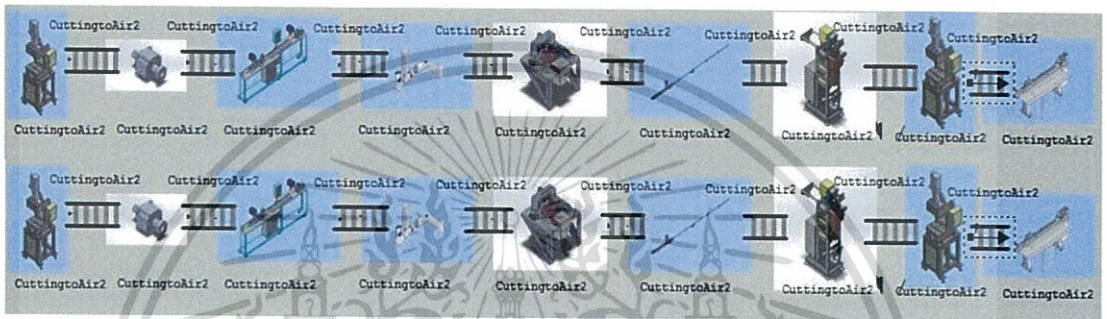
ตารางที่ 4.27 แสดงจำนวนสายเบรคที่ผลิตได้และเวลาที่ใช้ผลิตต่อสายเบรค 1 เส้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการจำลองสายการผลิตนั้น ทำให้ทราบว่า เวลา 2,000 นาที ในการทำงานที่เรา กำหนดเป็นเวลาจำลอง เพียงพอต่อการผลิตสายเบรคตามจำนวนที่ลูกค้าต้องการ ซึ่งไม่ตรงกับที่วัดจริงในการผลิตสายเบรค ดังนั้นทำให้ทราบว่า การผลิตสายเบรคจริงนั้น ใช้เวลาไม่ถึง 2 วัน ก็สามารถผลิตสายเบรคครบแล้ว แต่การสร้างแบบจำลองสายการผลิตนั้นจะมีความคลาดเคลื่อนไปจากค่าจริงอยู่

2) สายการผลิตที่ได้จากการออกแบบ

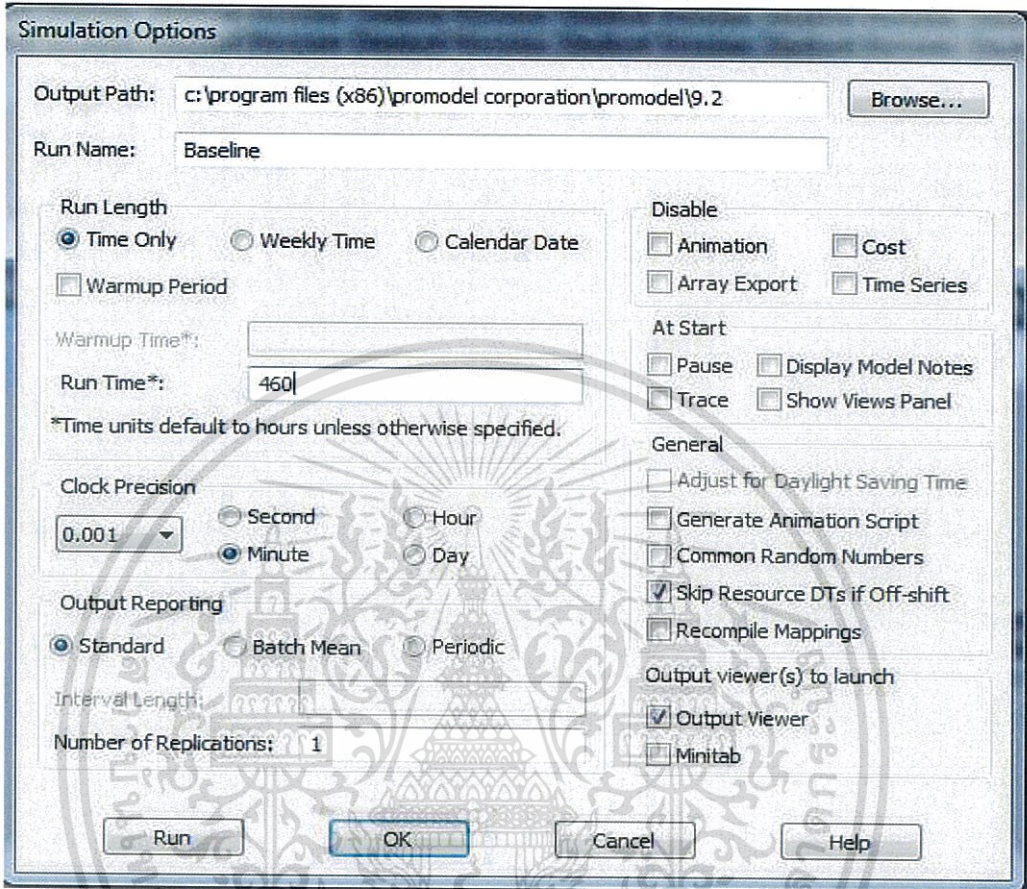
2.1 ออกแบบโดยการสร้างสายเบรค ข้างซ้ายและข้างขวา โดยใช้คนละสายการผลิต (ใช้ 2 สายการผลิตทำการผลิตพร้อมกัน)



รูปที่ 4.57 แสดงสายการผลิตที่ออกแบบโดยการสร้างสายเบรค ข้างซ้ายและข้างขวา โดยใช้คนละสายการผลิต (ใช้ 2 สายการผลิตทำการผลิตพร้อมกัน)

การออกแบบสายการผลิตที่ทำการผลิตสายเบรคพร้อมกัน ข้างซ้ายและข้างขวา นั้น จากการคาดการณ์และผลการจำลองสายการผลิตแบบดั้งเดิมนั้น ทำให้ทราบว่า หากทำการผลิตพร้อมกันจะทำให้ใช้เวลาในการผลิตลดลงครึ่งหนึ่งได้ จึงทำการใส่เวลาในการจำลองเป็นเวลา 1 วัน หรือ 460 นาที

แบบที่ 1



รูปที่ 4.58 แสดงการตั้งค่าเวลาในการจำลองสายการผลิต

จำนวนสายเบรคที่ได้	392 เส้น/196 อัน
เวลาที่ใช้ผลิตต่อสายเบรค 1 เส้นโดยเฉลี่ย	2.42 วินาที

ตารางที่ 4.28 แสดงจำนวนสายเบรคที่ผลิตได้และเวลาที่ใช้ผลิตต่อสายเบรค 1 เส้น

จากผลการจำลองสายการผลิตนั้น ทำให้ทราบว่า เวลา 460 นาที ในการทำงานที่เรากำหนดเป็น เวลาจำลอง ไม่เพียงพอต่อการผลิตสายเบรคตามจำนวนที่ลูกค้าต้องการ ซึ่งมีความคลาดเคลื่อนจากที่ คาดการณ์ไปพอสมควร ดังนั้นจึงทำการเพิ่มเวลาในการจำลองเป็น 540 นาที ตามการวัดเวลาจาก สายการผลิตตั้งต้น

แบบที่ 2

รูปที่ 4.59 แสดงการตั้งค่าเวลาในการจำลองสายการผลิต

เวลาที่ใช้ในการจำลองสายการผลิตนั้น ใช้จากการทำงานใน 1 วัน กับอีก 80 นาที หรือ 540 นาที เหตุผลที่เลือกใช้เวลาเท่านี้เพราะจากการวัดค่าจริงนั้น ใช้เวลาไม่ครบการทำงานใน 2 วัน ก็สามารถผลิตสายเบรคได้ครบจำนวนตามที่ลูกค้าต้องการต่อ 1 สัปดาห์แล้ว เท่ากับ 386 อัน ผลที่ได้จากการจำลองสายการผลิตโดยโปรแกรม Pro Model คือ

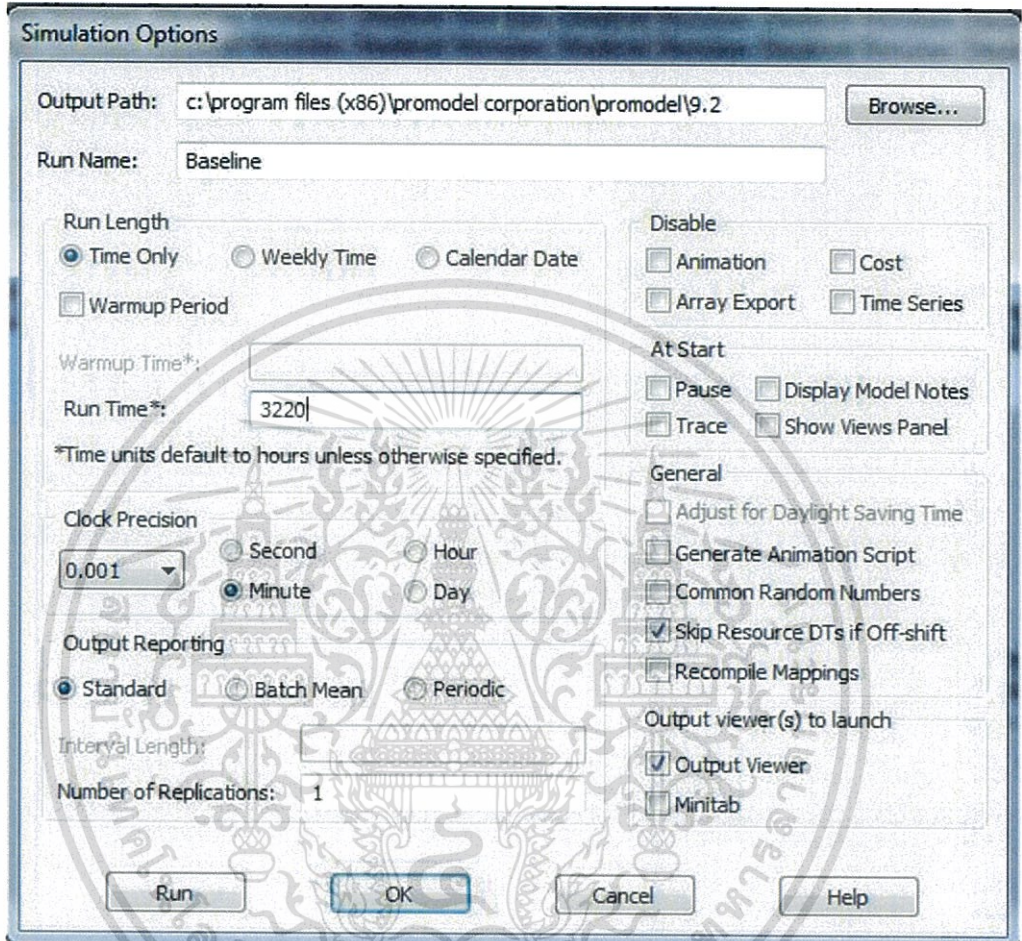
จำนวนสายเบรคที่ได้	460 เส้น/230 อัน
เวลาที่ใช้ผลิตต่อสายเบรค 1 เส้นโดยเฉลี่ย	2.38 วินาที

ตารางที่ 4.29 แสดงจำนวนสายเบรคที่ผลิตได้และเวลาที่ใช้ผลิตต่อสายเบรค 1 เส้น

จากผลการจำลองสายการผลิตนั้น ทำให้ทราบว่า เวลา 1 วัน กับ 80 นาที ในการทำงานที่เรากำหนดเป็นเวลาลำลอง ไม่เพียงพอต่อการผลิตสายเบรคตามจำนวนที่ลูกค้าต้องการ ซึ่งไม่เหมือนกับทัวัดจริงในการผลิตสายเบรค ดังนั้นจึงได้ทำการเพิ่มเวลาการจำลองสายการผลิตเป็นเวลาไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1 สัปดาห์แทน นั่นก็คือ 460 นาที เป็นเวลา 7 วัน เท่ากับ 3,220 นาที จะได้ผลการจำลองสายการผลิตดังนี้

แบบที่ 3



รูปที่ 4.60 แสดงการตั้งค่าเวลาในการจำลองสายการผลิต

จำนวนสายเบรคที่ได้	2,664 เส้น/1,332 อัน
เวลาที่ใช้ผลิตต่อสายเบรค 1 เส้นโดยเฉลี่ย	2.41 วินาที

ตารางที่ 4.30 แสดงจำนวนสายเบรคที่ผลิตได้และเวลาที่ใช้ผลิตต่อสายเบรค 1 เส้น

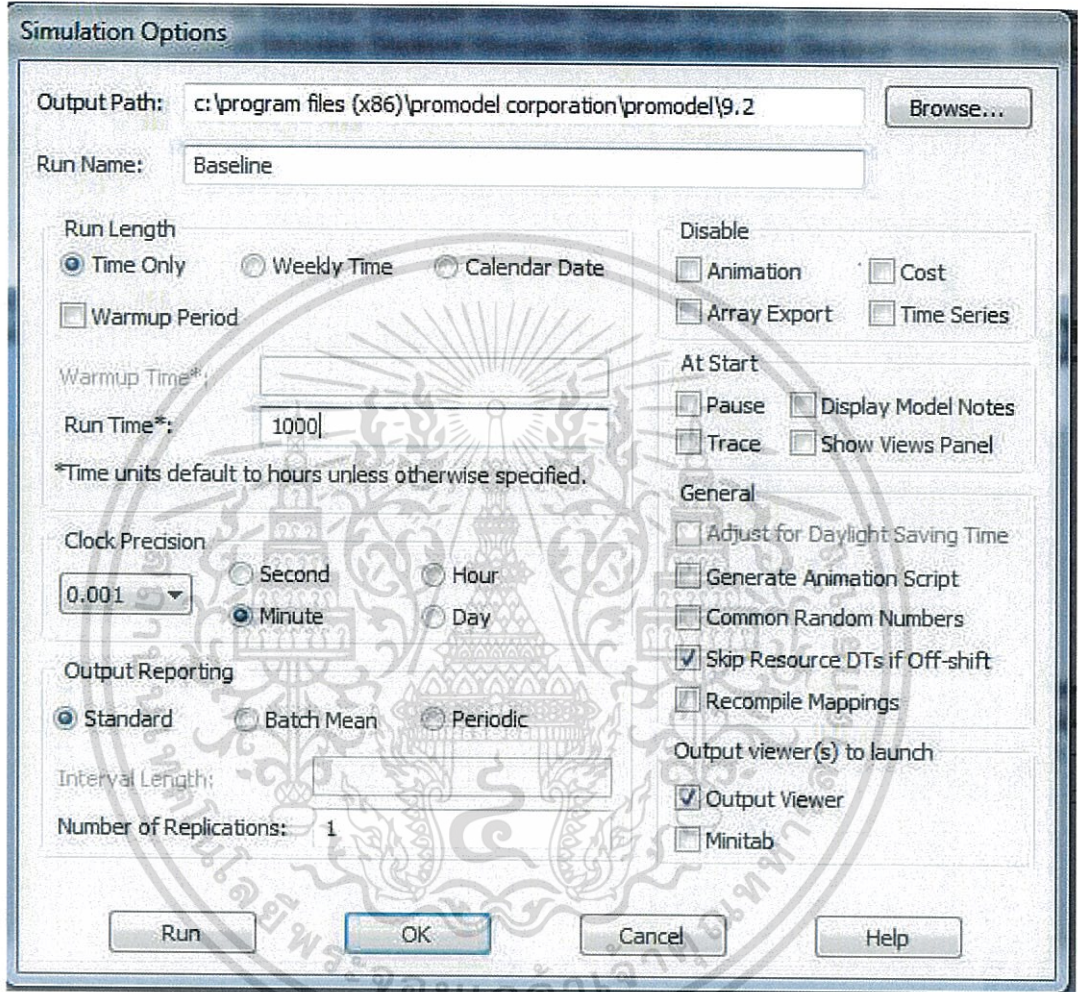
จากผลการจำลองสายการผลิตนั้น ทำให้ทราบว่า เวลา 1 สัปดาห์ในการทำงานที่เรากำหนดเป็นเวลาลอง มากเพียงพอต่อการผลิตสายเบรคตามจำนวนที่ลูกค้าต้องการ ซึ่งมีจำนวนเกินกว่าจำนวนสายเบรคที่ลูกค้าต้องการใน 1 สัปดาห์ ดังนั้นเราสามารถคิดได้ 2 อย่าง คือ

1) ทำการผลิตสายเบรคเพื่อสัปดาห์ถัดไปเลยแล้วเก็บสายเบรคไว้ แต่ต้องเสียค่าอุปกรณ์จัดเก็บสายเบรค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ทำการประมาณค่าเวลาใหม่ ที่สามารถทำให้ผลิตสายเบรคได้พอดีหรือเกินจากที่ลูกค้าต้องการไปไม่มาก ดังนั้น จึงได้ทำการลดเวลาการจำลองสายการผลิตเป็นเวลา 1,000 นาที ซึ่งเป็นเวลาประมาณ 3 วัน จะได้ผลการจำลองสายการผลิตดังนี้

แบบที่ 4



รูปที่ 4.61 แสดงการตั้งค่าเวลาในการจำลองสายการผลิต

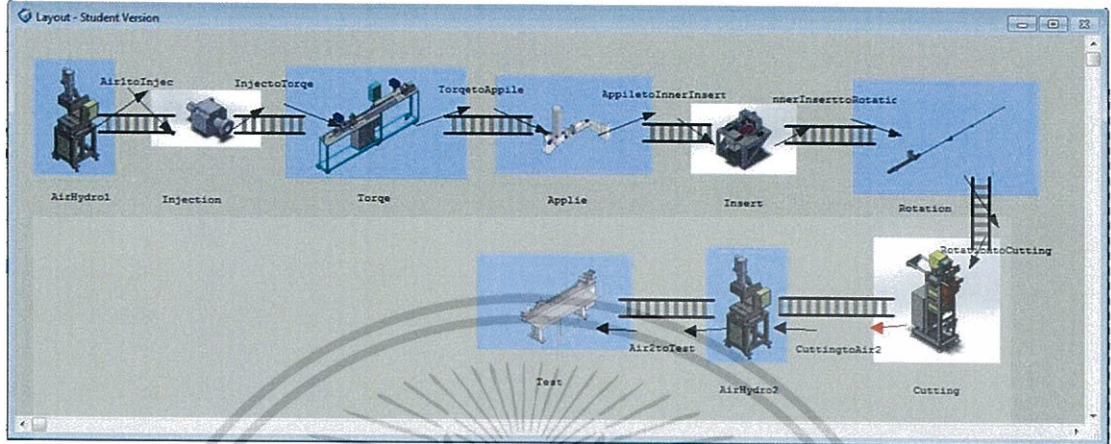
จำนวนสายเบรคที่ได้	820 เส้น/410 อัน
เวลาที่ใช้ผลิตต่อสายเบรค 1 เส้นโดยเฉลี่ย	2.39 วินาที

ตารางที่ 4.31 แสดงจำนวนสายเบรคที่ผลิตได้และเวลาที่ใช้ผลิตต่อสายเบรค 1 เส้น

จากผลการจำลองสายการผลิตนั้น ทำให้ทราบว่า เวลา 1,000 นาที ในการทำงานที่เรา กำหนดเป็นเวลาจำลอง เพียงพอต่อการผลิตสายเบรคตามจำนวนที่ลูกค้าต้องการ ซึ่งไม่ตรงกับที่วัดจริงในการผลิตสายเบรค ดังนั้นทำให้ทราบว่า การผลิตสายเบรคจริงนั้น ใช้เวลาไม่ถึง 2 วัน ก็สามารถเอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งมอบไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลิตสายเบรครบแล้ว แต่การสร้างแบบจำลองสายการผลิตนั้นจะมีความคลาดเคลื่อนไปจากค่าจริงอยู่

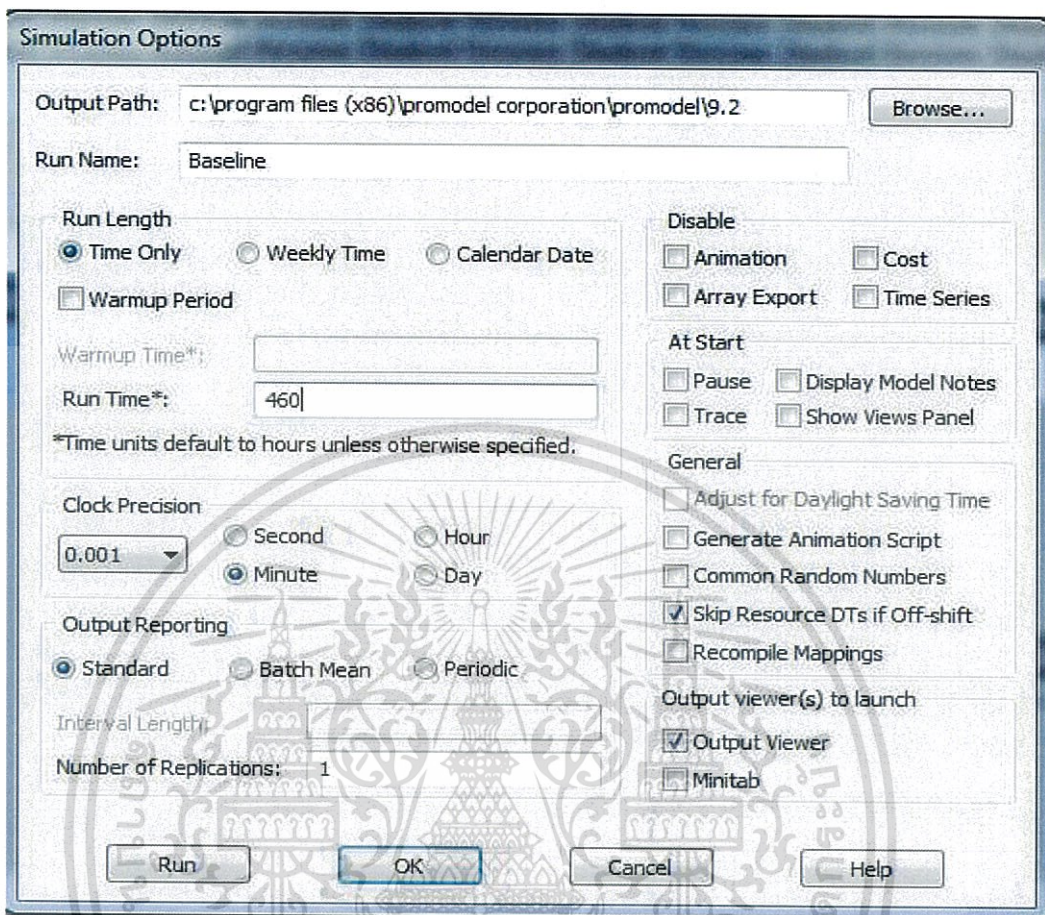
2.2 ออกแบบโดยการสร้างสายการผลิตให้มีความโค้ง



รูปที่ 4.62 แสดงสายการผลิตที่ออกแบบโดยการสร้างสายการผลิตให้มีความโค้ง

การออกแบบสายการผลิตที่ออกแบบโดยการสร้างสายการผลิตให้มีความโค้งนั้น จากการคาดการณ์และผลการจำลองสายการผลิตแบบดั้งเดิมนั้น ทำให้ทราบว่าเวลาในการผลิตสายเบรคอาจจะลดลงได้ เนื่องจากระยะทางของสายพานระหว่างเครื่องจักรลดลง ซึ่งทำการปรับระยะทางของสายพานให้โค้งระหว่างกระบวนการพันเทปขาวและกระบวนการตัดสาย Inner จึงทำการใช้เวลาในการจำลองที่ 460 นาที หรือ 1 วัน

แบบที่ 1



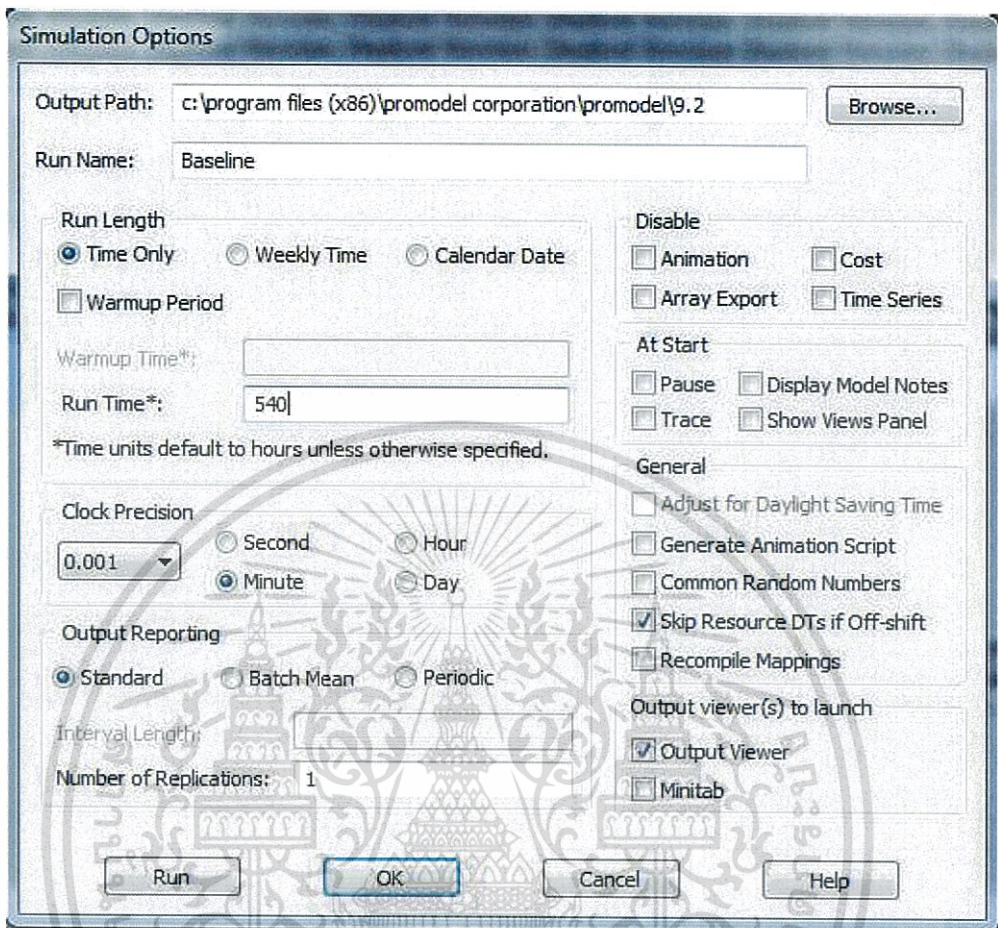
รูปที่ 4.63 แสดงการตั้งค่าเวลาในการจำลองสายการผลิต

จำนวนสายเบรคที่ได้	242 เส้น
เวลาที่ใช้ผลิตต่อสายเบรค 1 เส้นโดยเฉลี่ย	2.41 วินาที

ตารางที่ 4.32 แสดงจำนวนสายเบรคที่ผลิตได้และเวลาที่ใช้ผลิตต่อสายเบรค 1 เส้น

จากผลการจำลองสายการผลิตนั้น ทำให้ทราบว่า เวลา 1 วัน หรือ 460 นาที ในการทำงานที่เรากำหนดเป็นเวลาจำลอง ไม่เพียงพอต่อการผลิตสายเบรคตามจำนวนที่ลูกค้าต้องการ คือ 386 อัน แต่รูปแบบนี้ สามารถผลิตได้แค่ 242 เส้น หรือ 121 อัน ซึ่งทำให้เราต้องลองเพิ่มเวลาในการจำลองให้มากขึ้นเป็น 540 นาที ดังนี้

แบบที่ 2



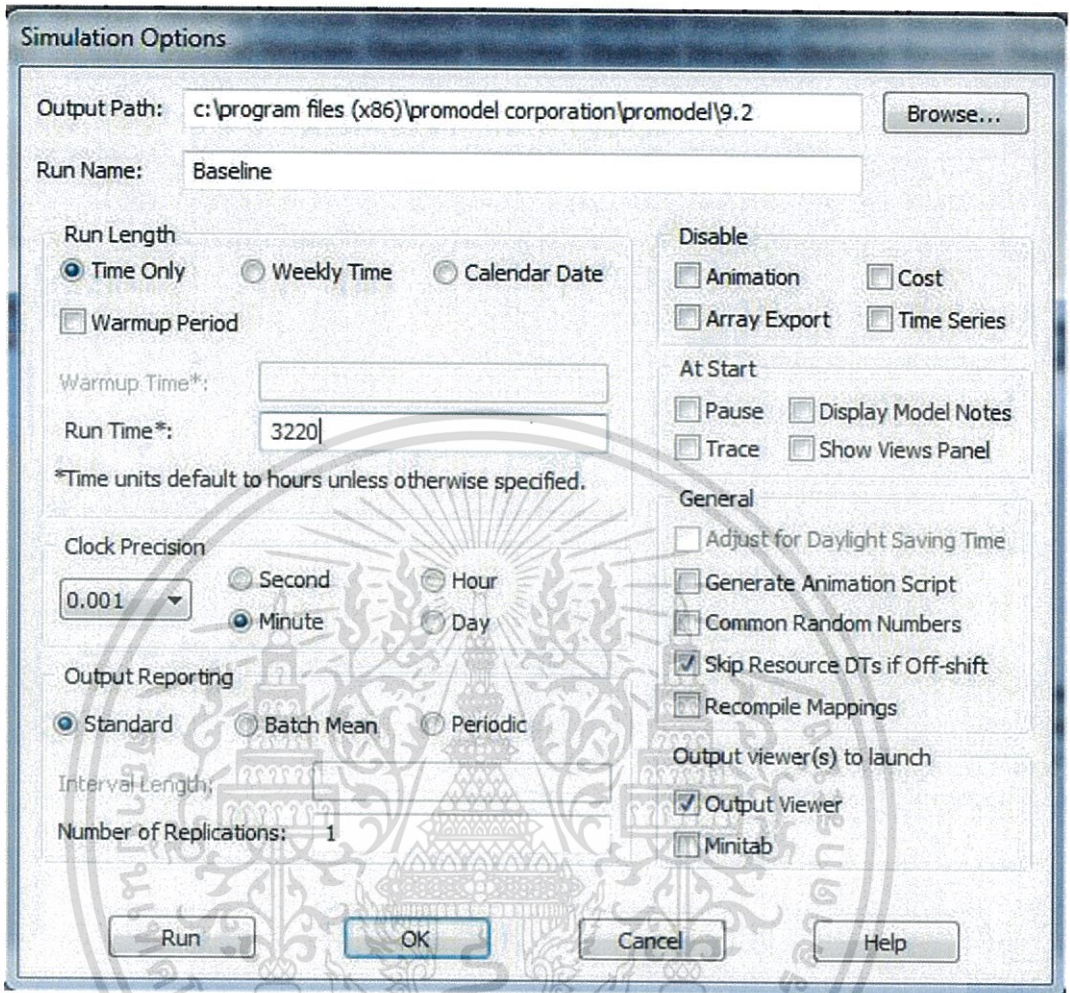
รูปที่ 4.64 แสดงการตั้งค่าเวลาในการจำลองสายการผลิต

จำนวนสายเบรคที่ได้	294 เส้น
เวลาที่ใช้ผลิตต่อสายเบรค 1 เส้นโดยเฉลี่ย	2.39 วินาที

ตารางที่ 4.33 แสดงจำนวนสายเบรคที่ผลิตได้และเวลาที่ใช้ผลิตต่อสายเบรค 1 เส้น

จากผลการจำลองสายการผลิตนั้น ทำให้ทราบว่า เวลา 1 วัน กับ 80 นาที ในการทำงานที่เรากำหนดเป็นเวลาจำลอง ไม่เพียงพอต่อการผลิตสายเบรคตามจำนวนที่ลูกค้าต้องการ ดังนั้นจึงได้ทำการเพิ่มเวลาการจำลองสายการผลิตเป็นเวลา 1 สัปดาห์แทน นั่นก็คือ 460 นาที เป็นเวลา 7 วัน เท่ากับ 3,220 นาที จะได้ผลการจำลองสายการผลิตดังนี้

แบบที่ 3



รูปที่ 4.65 แสดงการตั้งค่าเวลาในการจำลองสายการผลิต

จำนวนสายเบรกที่ได้	1,364 อัน
เวลาที่ใช้ผลิตต่อสายเบรก 1 เส้นโดยเฉลี่ย	2.38 วินาที

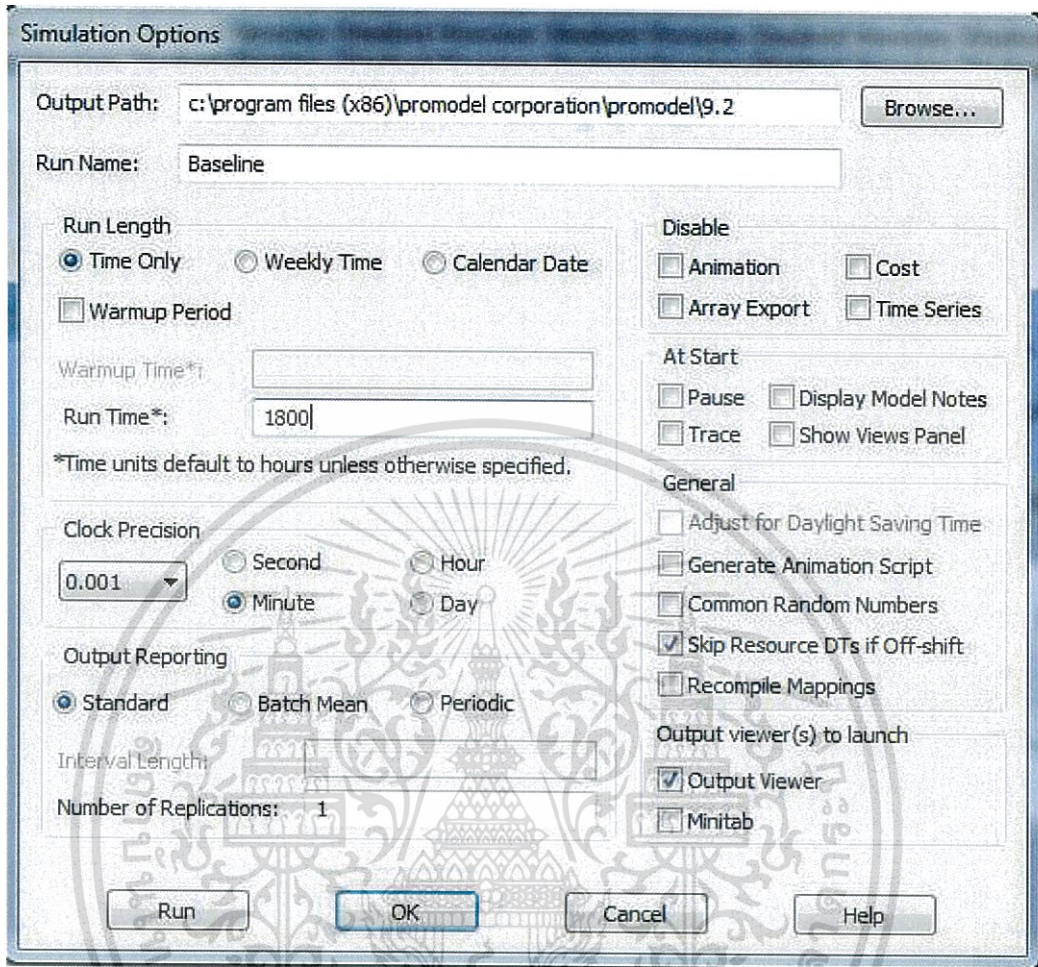
ตารางที่ 4.34 แสดงจำนวนสายเบรกที่ผลิตได้และเวลาที่ใช้ผลิตต่อสายเบรก 1 เส้น

จากผลการจำลองสายการผลิตนั้น ทำให้ทราบว่า เวลา 1 สัปดาห์ในการทำงานที่เรากำหนดเป็นเวลาจำลอง มากเพียงพอต่อการผลิตสายเบรกตามจำนวนที่ลูกค้าต้องการ ซึ่งมีจำนวนเกินกว่าจำนวนสายเบรกที่ลูกค้าต้องการใน 1 สัปดาห์ ดังนั้นเราสามารถคิดได้ 2 อย่าง คือ

- 1) ทำการผลิตสายเบรกเพื่อสัปดาห์ถัดไปเลยแล้วเก็บสายเบรกไว้ แต่ต้องเสียค่าอุปกรณ์จัดเก็บสายเบรก
- 2) ทำการประมาณค่าเวลาใหม่ ที่สามารถทำให้ผลิตสายเบรกได้พอดีหรือเกินจากที่ลูกค้าต้องการไปไม่มาก ดังนั้น จึงได้ทำการลดเวลาการจำลองสายการผลิตเป็นเวลา 900 นาที ซึ่งเป็นเวลาประมาณ 3 วัน จะได้ผลการจำลองสายการผลิตดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบที่ 4



รูปที่ 4.66 แสดงการตั้งค่าเวลาในการจำลองสายการผลิต

จำนวนสายเบรคที่ได้	904 เส้น
เวลาที่ใช้ผลิตต่อสายเบรค 1 เส้นโดยเฉลี่ย	2.42 วินาที

ตารางที่ 4.35 แสดงจำนวนสายเบรคที่ผลิตได้และเวลาที่ใช้ผลิตต่อสายเบรค 1 เส้น

จากผลการจำลองสายการผลิตนั้น ทำให้ทราบว่า เวลา 1,800 นาที ในการทำงานที่เรา กำหนดเป็นเวลาจำลอง เพียงพอต่อการผลิตสายเบรคตามจำนวนที่ลูกค้าต้องการ ซึ่งไม่ตรงกับที่วัดจริงในการผลิตสายเบรค ดังนั้นทำให้ทราบว่า การผลิตสายเบรคจริงนั้น ใช้เวลาไม่ถึง 2 วัน ก็สามารถผลิตสายเบรคครบแล้ว แต่การสร้างแบบจำลองสายการผลิตนั้นจะมีความคลาดเคลื่อนไปจากค่าจริงอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัยการจัดเก็บข้อมูล

โดยการ Trial line ทั้งหมด 3 ครั้ง และการ Mass Product โดยสามารถสรุปผลได้ดังนี้
การ Trial line ครั้งที่ 1 : ผลที่ได้จากการ trial line คือกราฟของแต่ละ กระบวนการมีการแกว่งที่ไม่คงที่ และ กราฟมีแนวโน้มที่จะเกิดการ out of control สูงมาก

การ Improve ครั้งที่ 1 : ประชุม PE (production engineer) เพื่อทำการปรับแก้ โดยการปรับ คือ ตั้งค่า dimension ของเครื่องจักรใหม่ ทบทวนลำดับการทำงานของสายการผลิตและเพิ่ม Jig เข้าไปบาง process ปรับระยะการตรวจจับ Outer โดยปรับตำแหน่งของเซนเซอร์ตรวจจับ เล็กน้อยในกระบวนการที่ 3, ทำการปรับระยะของ Stopper ในกระบวนการที่, ทำการปรับระยะการป้อนของเครื่อง Air Hydro Press

การ Trial line ครั้งที่ 2 : ผลที่ได้จากการ trial line คือกราฟของบางกระบวนการยังมีการแกว่งที่ไม่คงที่อยู่ ทางด้านแนวโน้มที่จะเกิดการ out of control สามารถควบคุมได้ในระดับหนึ่ง แต่ยังคงทำการแก้ไขในบาง process

การ Improve ครั้งที่ 2 : ประชุม PE (production engineer) เพื่อทำการปรับแก้ โดยการปรับ คือ แก้ที่ กระบวนการที่ 3 คือเครื่อง Torque Fitting บริเวณหัวจับ casing-cap กระบวนการที่ 2 เพิ่ม jig ในการตั้ง dimension ของสายเบรคมือเพื่อที่จะไม่ต้องปรับใหม่เมื่อขึ้นสายเบรคมืออีกข้างหนึ่ง กระบวนการที่ 6 เปลี่ยนจากเครื่อง Crank press ไปเป็น เครื่อง Air Hydro Press และทำการเพิ่ม light sensor ที่ฐานลงสายเบรคมือเพื่อตรวจสอบสีของ Clip-LH และ Clip-RH ก่อนการประกอบทั้งสองข้างเข้าด้วยกัน

การ Trial line ครั้งที่ 3 : ในการ trial line ครั้งสุดท้ายเป็นการทดสอบ และตรวจสอบความเสถียรของกระบวนการและระบบ ก่อนการ Mass product และรับฟังข้อเสนอแนะจากกลุ่มลูกค้า

การ Improve ครั้งที่ 3 : ประชุม PE (production engineer) ร่วมกับกลุ่มลูกค้าเพื่อทำการปรับแก้ โดยการปรับแก้ในครั้งสุดท้าย คือ เพิ่มโต๊ะพักสายเบรคมือ เพิ่มอุปกรณ์การป้องกันการตกหล่นของสายเบรคมือในกระบวนการที่ 1, 2 และ 3

การ Mass Product โดยโปรแกรม มินิแท็บ

เราทำการคำนวณขีดความสามารถของกระบวนการผลิตโดยแสดงจากค่า ซึ่งในอุตสาหกรรมยานยนต์นั้น ค่า Cpk และ Ppk ต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 1.33 ซึ่งจะบอกได้ว่าเป็นชิ้นงานที่ได้คุณภาพ มีความถูกต้อง โดยค่า Cpk และ Ppk ซึ่งข้อมูลที่ได้จากผลการทดลองสรุปได้ว่า มีบางกระบวนการที่มีค่า Cpk และ Ppk น้อยกว่า 1.33 แต่ไม่มากจึงไม่ส่งผลกระทบต่อในกระบวนการผลิตสรุปได้ว่ากระบวนการผลิตเป็นไปตามมาตรฐานของกระบวนการผลิตและ อุตสาหกรรมยานยนต์ของบริษัท

5.2 สรุปผลการวิจัยการออกแบบสายการผลิตโดยใช้โปรแกรม Pro Model

ค่าจริงที่เราได้จากการสังเกตของการผลิตชิ้นงานจริงมี ดังนี้ 1 วัน ทำงาน 460 นาที ใช้พนักงาน 5 คน จำนวนสายเบรคที่ลูกค้าต้องการคือ 386 อันต่อสัปดาห์ และเวลาที่เราทำการจับในการผลิตชิ้นงานของแต่ละกระบวนการนั้นเป็น ดังนี้ กระบวนการที่ 1 ใช้เวลา 35 วินาที กระบวนการที่ 2 ใช้เวลา 35 วินาที กระบวนการที่ 3 ใช้เวลา 30 วินาที กระบวนการที่ 4 ใช้เวลา 30 วินาที กระบวนการที่ 5 ใช้เวลา 35 วินาที เป็นเวลารวมทั้งสิ้น 165 วินาที หรือ 2.45 วินาที

เมื่อเราสังเกตการผลิตชิ้นงานและทำการจับเวลาในขณะที่ทำการผลิตชิ้นงานต่อเนื่องการพบว่าในเวลา 30 นาที สามารถ ผลิตชิ้นงานได้ 44 เส้น ทำให้ทราบว่าในการผลิต 1 เส้น นั้นใช้เวลา 0.681 วินาที และสายเบรค 1 อันนั้น ประกอบด้วยสายเบรค 2 เส้น คือ ข้างซ้ายและข้างขวา ต้องผลิตสายเบรคข้างละ 386 เส้น รวมเป็น 722 เส้น จึงจะได้สายเบรค 386 อัน ตามที่ลูกค้าต้องการต่อสัปดาห์ ซึ่งใช้เวลา 540 นาที หรือประมาณ 2 วัน ก็สามารถผลิตชิ้นงานได้ 792 เส้น เท่ากับสายเบรค 395 อัน ซึ่งพอสำหรับการผลิตส่งลูกค้า ซึ่งเกินไป 10 อัน

สายการผลิตที่ตั้งต้นนั้น เราทำการนำมาจำลองสายการผลิตและใช้เวลาในการจำลองนั้นเริ่มต้น เราใช้เวลาตามที่จับได้จากการผลิตชิ้นงานจริง คือ 540 นาที แต่ผลการจำลองผลิตสายเบรคได้เพียง 225 เส้น เวลาเฉลี่ยในการผลิตต่อเส้น 2.45 วินาที ซึ่งไม่เพียงพอกับลูกค้าต้องการ จึงทำการปรับเวลาที่ใช้ในการจำลองใหม่ จนได้เวลา 2,000 นาที หรือประมาณ 5 วัน ที่สามารถผลิตสายเบรคได้เพียงพอต่อความต้องการของลูกค้าคือ 820 เส้น เวลาเฉลี่ยในการผลิตต่อเส้น 2.42 วินาที จะทำให้เหลือสายเบรคที่ผลิตเกิน แต่เหลือเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

สายการผลิตที่ทำการออกแบบเพิ่ม

- ออกแบบโดยการสร้างสายเบรค ข้างซ้ายและข้างขวา โดยใช้คนละสายการผลิต (ใช้ 2 สายการผลิตทำการผลิตพร้อมกัน) เวลาที่เหมาะสมในการนำมาจำลองคือ 1,000 นาที จะได้สายเบรค 820 เส้น เวลาเฉลี่ยในการผลิตต่อเส้น 2.39 วินาที จะทำให้สายเบรคที่ผลิตเกิน แต่เหลือเพียงเล็กน้อยเท่านั้น
- ออกแบบโดยการสร้างสายการผลิตให้มีความโค้ง เวลาที่เหมาะสมในการนำมาจำลองคือ 1,800 นาที จะได้สายเบรค 904 เส้น เวลาเฉลี่ยในการผลิตต่อเส้น 2.42 วินาที จะทำให้สายเบรคที่ผลิตเกิน แต่เหลือเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

ดังนั้น เราสามารถสรุปได้ว่า

1) สายการผลิตแบบตั้งต้นนั้น มีความประหยัดมากที่สุด ทั้งพื้นที่ในการวางสายการผลิตด้วย แต่จะมีความล่าช้าในการผลิตกว่าอีก 2 แบบที่ทำการออกแบบเพิ่มเติมขึ้นมา

2) แบบจำลองที่ออกแบบเองแบบที่ 1 นั้น มีความรวดเร็วในการผลิตมากที่สุด รองลงมาคือแบบจำลองแบบที่ 2 และแบบตั้งต้น ตามลำดับ แต่ทั้งนี้แล้ว ทั้ง 3 แบบนั้น สามารถที่จะเลือกใช้งานแบบใดก็ได้เพราะว่า ทุกแบบใช้เวลาในการผลิตไม่เกิน 1 สัปดาห์ ทั้งนี้ขึ้นกับความเร่งรีบของการเรียกสินค้าของลูกค้าด้วย

3) แบบจำลองที่ออกแบบขึ้นมาแบบที่ 1 นั้น มีความสิ้นเปลืองมากที่สุด รองลงมาคือแบบจำลองที่ออกแบบขึ้นมาแบบที่ 2 และแบบจำลองตั้งต้น ตามลำดับ และแปรผันตรงกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) เวลาที่ใช้งานการผลิตของแต่ละกระบวนการมีความใกล้เคียงกันอยู่แล้วจากสายการผลิตตั้งต้น ที่เรามาออกแบบเพิ่มเติมเน้นที่การเคลื่อนย้ายระหว่างกระบวนการมากกว่า เพื่อจะเป็นการลดเวลาลง ทั้งนี้เราสามารถเลือกใช้งานสายการผลิตได้ตามความเหมาะสมของความต้องการ เพื่อในอนาคตหากต้องการปรับปรุงสายการผลิต การจำลองนี้ก็สามารนำไปปรับปรุงได้ นี่เป็นเพียงการจำลองและการคาดการณ์ล่วงหน้าก่อนที่จะทำการลงมือทำจริง เป็นการประหยัดงบประมาณในการดำเนินการไปได้

ข้อเสนอแนะ

- 1) ในการตัดทำโครงการพิเศษฉบับนี้ มีความล่าช้าอยู่พอสมควร เนื่องจากสายการผลิตที่ได้ทำการศึกษานี้ เป็นสายการผลิตที่เพิ่งทำการติดตั้งขึ้นใหม่ ซึ่งมีความผิดพลาดมากในช่วงต้นหลายจุด และต้องมีการปรับปรุงพอสมควรจึงจะได้ค่าที่เป็นไปตามมาตรฐาน จึงต้องมีการเข้าและติดต่อกับบริษัทอยู่บ่อยครั้งเพื่อทำการสอบถามและตรวจดูความคืบหน้าของสายการผลิตที่เปลี่ยนไป ทั้งนี้หากมีการศึกษาในกรณีคล้ายกันอาจจะทำการศึกษาสายการผลิตที่เสร็จสมบูรณ์ตามมาตรฐาน สามารถผลิตชิ้นงานได้สักระยะแล้ว จะดีมากกว่า
- 2) อาจใช้โปรแกรมจำลองสายการผลิต โปรแกรมอื่นๆอีกได้ เช่น Arena, FlexSim เป็นต้น
- 3) การวัดระยะชิ้นงานและการจับเวลา เนื่องจากสายการผลิตยังไม่มีความสะดวกมาก ทำให้ต้องมีการวัดตัวอย่างหลายชุด และชุดละหลายชิ้นงาน เพื่อนำค่ามาเฉลี่ยให้ได้ค่าที่ดีที่สุด

เอกสารอ้างอิง

- [1] MINITAB Knowledge.com. 2556. [Online]
<http://www.minitabknowledge.com/2012/07/minitab.html>
- [2] BKR. 2554. [Online]
<http://topofquality.com/scontrol/indexcontrol.html>
- [3] BKR. 2555. [Online]
<http://topofquality.com/sprocap/indexprocap.html>
- [4] niponmit2. 2557. [Online]
<https://niponmit2.wordpress.com/2011/02/19/%E0%B8%9C%E0%B8%B1%E0%B8%87%E0%B9%81%E0%B8%AA%E0%B8%94%E0%B8%87%E0%B9%80%E0%B8%AB%E0%B8%95%E0%B8%B8%E0%B9%81%E0%B8%A5%E0%B8%B0%E0%B8%9C%E0%B8%A5-cause-and-effect-diagram/>
- [5] SE-ED. 2556. [Online]
[https://www.se-ed.com/product/%E0%B8%81%E0%B8%](https://www.se-ed.com/product/%E0%B8%81%E0%B8%94%E0%B8%87%E0%B9%80%E0%B8%AB%E0%B8%95%E0%B8%B8%E0%B9%81%E0%B8%A5%E0%B8%B0%E0%B8%9C%E0%B8%A5-cause-and-effect-diagram/)
- [6] Logistic Conners. 2557 [Online]
http://logisticscorner.com/index.php?option=com_content&view=article

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล นางสาวทิพย์สุดา ปิ่นทอง
 วัน เดือน ปีเกิด 29 กรกฎาคม พ.ศ. 2536
 ที่อยู่ 550 ม. 11 ต. ไร่น้อย อ.เมือง ถ. อุบล-ตระการฯ จ.อุบลราชธานี 34000
 E-mail : tipsuda0017@gmail.com Tell : 086-8686627

ประวัติการศึกษา

2549 – 2551 ชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนยุวทูตศึกษา 2 จ.อุบลราชธานี
 2552 – 2554 ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนนารีนุกูล จ.อุบลราชธานี
 2555 – ปัจจุบัน กำลังศึกษาหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
 สาขาเทคโนโลยีระบบการผลิต วิทยาลัยนวัตกรรมการผลิตขั้นสูง
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล นางสาวศิริเพ็ญ แซ่ตัน
 วัน เดือน ปีเกิด 4 มีนาคม พ.ศ. 2536
 ที่อยู่ 32 ม. 4 ต. ห้วยกะปิ อ.เมือง จ.ชลบุรี 20000
 E-mail : Z.Siripen@gmail.com Tell : 085-2169286

ประวัติการศึกษา

2548-2550 ชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนชลกันยานุกูล จ.ชลบุรี
 2551-2554 ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนชลกันยานุกูล จ.ชลบุรี
 2555-ปัจจุบัน กำลังศึกษาหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
 สาขาเทคโนโลยีระบบการผลิต วิทยาลัยนวัตกรรมการผลิตขั้นสูง
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้