

การประยุกต์ใช้ระบบไซนินในการลดของเสียประเภทรู้เคมี แดกด้านข้าง  
และแตกบริเวณบ่อเก็บของเสียในการผลิตโกลุซซัทธ์

นางสาววรัญญา ตีระฉะวาณิช

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
ปีการศึกษา 2555  
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)  
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

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

Application of Shainin System in defect reduction of pinholes, cracked sides  
and cracked sumps in toilet manufacturing

Miss Waranya Teeranawanich

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Engineering Program in Industrial Engineering

Department of Industrial Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2012

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การประยุกต์ใช้ระบบไซนินในการลดของเสียประเภทรูเข็ม แตกด้านข้างและแตกบริเวณบ่อเก็บของเสียในการผลิตโถ สุขภัณฑ์
โดย	นางสาววรัญญา ตีระณะวาณิช
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐชา ทวีแสงสกุลไทย

---

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน  
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์  
(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศสิทธิ์วงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นภัสสงศ์ โรจนโรวรรณ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐชา ทวีแสงสกุลไทย)

..... กรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน)

..... กรรมการ  
(อาจารย์ ดร.โอฬาร กิตติธีรพรชัย)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดนุพันธ์ วิสุวรรณ)

วิทยุณา ติระณะวณิซ : การประยุกต์ใช้ระบบไซนินในการลดของเสียประเภทรูเข็มแตก ด้านข้างและแตกบริเวณบ่อเก็บของเสียในการผลิตโถสุขภัณฑ์ (Application of Shainin System in defect reduction of pinholes, cracked sides and cracked sumps in toilet manufacturing) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ.ดร.ณัฐชา ทวีแสงสกุลไทย, 161 หน้า.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดสัดส่วนของเสียที่เกิดในกระบวนการผลิตโถสุขภัณฑ์ โดยใช้ระบบไซนิน (Shainin System) ในการลดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นกับโถสุขภัณฑ์รุ่น BW13 จากการทำแผนภาพพาเรโต จะพบว่าลักษณะข้อบกพร่องที่ต้องแก้ไข คือ รูเข็มแตก ด้านข้าง และแตกบริเวณบ่อเก็บของเสีย ทำการเก็บข้อมูลแล้วนำมาวิเคราะห์โดยใช้ Multi-Vari Chart พบว่าความผันแปรที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตโถสุขภัณฑ์รุ่น BW13 เกิดจากความผันแปรภายในชิ้นงาน (Within Unit) จากนั้นทำแผนภาพความสนใจ (Concentration Chart) เพื่อที่จะได้ทราบถึงความถี่ในการเกิดของเสียและตำแหน่งที่เกิดขึ้น จากนั้นทำการค้นหาสาเหตุหลักของปัญหา ซึ่งเรียกว่า Red X และใช้หลักการวิเคราะห์ความแตกต่าง (Gap Analysis) ระหว่าง BOB และ WOW ซึ่งจะได้ว่า Red X ของลักษณะข้อบกพร่องประเภทรูเข็มคือ ขนาดของท่อที่ใช้ในการหล่อ Red X ของลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกด้านข้างคือ ความหนาบริเวณใต้ปีก และ Red X ของลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกบริเวณบ่อเก็บของเสียคือ ความแข็งของเม็ดกระดุม ขั้นตอนต่อไปจะเป็นขั้นตอนที่จะทำการทดสอบว่า Red X ที่พบในขั้นตอนออกแบบการทดลองนั้น เป็นสาเหตุที่แท้จริงหรือไม่ โดยนำมาทำการทดสอบโดยใช้หลักการ B vs C มาทำการทดสอบและเปรียบเทียบ ซึ่งจะพบว่า กระบวนการกระบวนการหลังปรับปรุง (B) นั้นดีกว่ากระบวนการ กระบวนการก่อนการปรับปรุง (C) ด้วยความเชื่อมั่นที่ 95% หลังจากการปรับปรุง พบว่าสามารถลดสัดส่วนของเสียประเภทรูเข็มจาก 14.01% ไปเป็น 2.15% ของเสียประเภทแตกด้านข้าง ลดลงจาก 8.51% ไปเป็น 0.23% และแตกบริเวณบ่อเก็บของเสียลดลงจาก 4.57% ไปเป็น 0.95% คิดเป็นมูลค่าความสูญเสียที่ลดลงได้ 7,209,360 บาท (ในช่วงระยะเวลา 6 เดือน)

ภาควิชา.....วิศวกรรมอุตสาหกรรม..... ลายมือชื่อนิติดี .....

สาขาวิชา.....วิศวกรรมอุตสาหกรรม..... ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์.....

ปีการศึกษา..2555...

## 5371442021 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEYWORDS : TOILET / SHAININ SYSTEM / DEFECTIVE RATE

WARANYA TEERAWANICH : APPLICATION OF SHAININ SYSTEM IN DEFECT REDUCTION OF PINHOLES, CRACKED SIDES AND CRACKED SUMPS IN TOILET MANUFACTURING . ADVISOR: ASST.PROF.NATCHA THAWESAENSKULTHAI,Ph.D , 161 pp.

This research aims to demonstrate Shainin System to reduce defective rate of toilet manufacturing in BW13 product model. Pareto analyses, shows that pinholes, cracked sides and cracked sumps are major problems. Multi-Vari chart data analysis found that the defective toilet occurred from variance within unit. Furthermore, a concentration chart was used to show the frequency and the area that the defect of pinholes, cracked side and cracked sump occurred. After that root causes, which were called the Red X. to the problem were identified by the gap analysis which compare between BOB and WOW. The result concludes that Red X of Pinholes is the size of casting pipe, Red X of Cracked side is the thickness at under the wing of ware. and Red X of Cracked sump is the hardness of button. Next step is to confirm the Red X found by B and C principle. The result shows that the process after improvement (B) is better than current process (C) at 95% confident. After the improvement, the defective rate of pinholes is decreased from 14.01% to 2.15%, cracked side is decreased from 8.51% to 0.23% and cracked sumps is decreased from 4.57% to 0.95%. In addition, base on company production plan in year 2012, the improvement yield cost savings up to 7,209,360 baht in six months.

Department : Industrial Engineering ..... Student's Signature .....

Field of Study : Industrial Engineering ..... Advisor's Signature .....

Academic Year : 2012 .....

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี โดยความช่วยเหลือและเสียสละเวลาให้คำแนะนำจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐชา ทวีแสงสกุลไทย อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆในระหว่างการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นอย่างดีมาโดยตลอด ทางผู้วิจัยขอถือโอกาสนี้กราบขอบพระคุณของอาจารย์เป็นอย่างสูง

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นภัสสวงศ์ โรจนโรวรรณ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์สุทัศน์ รัตนเกือกังวาน และดร.โอฬาร กิตติธิรพรชัย กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คุณพันธ์ วิสุววรรณ กรรมการภายนอกการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้ความกรุณาในการตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องและให้คำแนะนำ ซึ่งทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณโรงงานกรณีศึกษาเป็นอย่างสูงที่ให้โอกาสเข้าไปทำงานวิจัย รวมทั้งให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูลและทำการทดลองเป็นอย่างดี และขอขอบพระคุณคณะผู้บริหารและคณะทำงานที่ช่วยในการระดมสมอง ให้ความรู้ คำแนะนำ และความช่วยเหลือต่างๆที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัย

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และให้คำแนะนำจนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัวที่คอยสนับสนุนและให้กำลังใจตลอดการทำวิทยานิพนธ์ รวมทั้งขอขอบคุณ เพื่อนๆ พี่ๆ และน้องๆและผู้เกี่ยวข้องทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวไว้ในที่นี้ด้วย

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย .....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	จ
กิตติกรรมประกาศ .....	ฉ
สารบัญ .....	ช
สารบัญตาราง .....	ฎ
สารบัญรูป .....	ฅ
บทที่ 1 บทนำ .....	1
1.1 ข้อมูลทั่วไปของโรงงานกรณีศึกษา.....	5
1.1.1 ผลผลิตภัณฑ์ของโรงงานกรณีศึกษา .....	5
1.1.2 กระบวนการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา .....	6
1.2 ที่มาและความสำคัญของปัญหา .....	11
1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย .....	16
1.4 ขอบเขตของงานวิจัย .....	16
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ .....	16
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ .....	16
1.7 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย .....	17
1.8 แผนการดำเนินงานวิจัย .....	19
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	20
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง .....	20
2.1.1 ระบบไชนิน (Shainin System) .....	20
2.1.2 ทฤษฎีพาเรโต (Pareto Principle) .....	37
2.1.3 การวิเคราะห์ระบบการวัดสำหรับข้อมูลนับ .....	38
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	41
บทที่ 3 ขั้นตอนการกำหนดปัญหาและวิธีการวัด .....	55
3.1 ขึ้นระบุปัญหา .....	55
3.1.1 กำหนดปัญหา .....	55

	หน้า
3.1.2 กำหนดทีมงาน .....	56
3.1.3 กระบวนการผลิตโศษณัฏฐ์รุ่น BW13 .....	56
3.1.4 ผังกระบวนการ (Process Map) .....	58
3.2 วิธีการวัดปัญหาที่พบ (Quantify and measure the Green Y) .....	59
3.2.1 การวิเคราะห์ความถูกต้องและแม่นยำของระบบการวัด แบบข้อมูลตามลักษณะ (Attribute Agreement Analysis) .....	60
3.3 ขั้นตอนการระบุปัญหาในอดีต (Problem History) .....	77
3.4 สรุปผลระยะการกำหนดปัญหาและวิธีการวัด .....	78
บทที่ 4 ขั้นตอนการระบุร่องรอย (Generate Clues) .....	79
4.1 ลักษณะข้อบกพร่องประเภทรูเข็ม .....	79
4.1.1 การวิเคราะห์กรอบครีวความผันแปรของลักษณะข้อบกพร่อง ประเภทรูเข็ม .....	83
4.2 ลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกด้านข้าง .....	85
4.2.1 การวิเคราะห์กรอบครีวความผันแปรของลักษณะข้อบกพร่อง ประเภทแตกด้านข้าง.....	88
4.3 ลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกบริเวณบ่อเก็บของเสีย .....	90
4.3.1 การวิเคราะห์กรอบครีวความผันแปรของลักษณะข้อบกพร่อง ประเภทแตกบริเวณบ่อเก็บของเสีย .....	93
4.4 สรุปผลระยะการหาสาเหตุหลักของปัญหา .....	95
บทที่ 5 ขั้นตอนการออกแบบการทดลอง .....	97
5.1 ลักษณะข้อบกพร่องประเภทรูเข็ม .....	97
5.2 ลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกด้านข้าง .....	100
5.3 ลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกบริเวณบ่อเก็บของเสีย .....	101
5.4 สรุปผลระยะการออกแบบการทดลอง .....	104
บทที่ 6 ขั้นตอนการทดสอบปัญหา เพื่อให้มั่นใจว่าเป็นการปรับปรุงที่ถาวร .....	105
6.1 ขั้นตอนการวิเคราะห์ B vs C ของลักษณะข้อบกพร่องประเภทรูเข็ม .....	105
6.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์ B vs C ของลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกด้านข้าง ...	107



6.3	ขั้นตอนการวิเคราะห์ B vs C ของลักษณะข้อบกพร่องประเภท แตกบริเวณบ่อเก็บของเสีย .....	109
6.4	สรุปผลระยะการทดสอบปัญหา เพื่อให้มั่นใจว่าเป็นการปรับปรุงที่ถาวร .....	110
บทที่ 7	แสดงให้เห็นข้อกำหนดเฉพาะที่เป็นจริงและค่าเผื่อ .....	111
7.1	แผนภูมิการกระจายของลักษณะข้อบกพร่องประเภทรูเข็ม .....	111
7.2	แผนภูมิการกระจายของลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกด้านข้าง .....	112
7.3	แผนภูมิการกระจายของลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกบริเวณ บ่อเก็บของเสีย .....	114
7.4	สรุปผลระยะแสดงให้เห็นข้อกำหนดเฉพาะที่เป็นจริงและค่าเผื่อ .....	116
บทที่ 8	การทำให้กระบวนการปรับปรุงคงที่และการรับรองกระบวนการ .....	117
8.1	การทำให้กระบวนการปรับปรุงคงที่ .....	117
8.1.1	ปัจจัยที่ต้องทำการควบคุม .....	117
8.1.2	วิธีการปฏิบัติเมื่อค่าไม่เป็นไปตามที่กำหนด .....	118
8.2	การรับรองกระบวนการ .....	120
8.2.1	คณะทำงานในการรับรองกระบวนการ .....	120
8.2.2	กำหนดการตรวจสอบกระบวนการและผลิตภัณฑ์ .....	121
8.2.3	รายการการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ .....	122
8.3	ผลการรับรองกระบวนการ .....	122
8.4	สรุปผลระยะการทำให้กระบวนการปรับปรุงคงที่และการรับรองกระบวนการ ..	123
บทที่ 9	การควบคุมสิ่งที่ได้รับ (Pre-Control) .....	124
9.1	ความหมายของ Pre-Control .....	124
9.2	ขั้นตอนการทำ Pre-Control .....	124
9.3	เกณฑ์การตัดสินใจในการควบคุมคุณภาพ .....	126
9.4	ความสามารถของกระบวนการผลิต .....	127
9.5	ผลการปรับปรุงเปอร์เซ็นต์ลักษณะข้อบกพร่อง .....	128
9.5.1	ผลการปรับปรุงเปอร์เซ็นต์ลักษณะข้อบกพร่องประเภทรูเข็ม .....	128
9.5.2	ผลการปรับปรุงเปอร์เซ็นต์ลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกด้านข้าง .....	128

9.5.3 ผลการปรับปรุงเปอร์เซ็นต์ลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกบริเวณบ่อเก็บ ของเสีย .....	129
9.6 มูลค่าความสูญเสีย หลังการปรับปรุง .....	130
9.7 สรุปผลระยะการควบคุมสิ่งที่ได้รับ โดยใช้ Pre-Control .....	131
บทที่ 10 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ .....	132
10.1 สรุปผลการวิจัย .....	132
10.1.1 สรุปผลการประยุกต์ใช้เครื่องมือและเทคนิคต่างๆ .....	135
10.1.2 สรุปผลการดำเนินงานวิจัยในแต่ละระยะ .....	138
10.2 ข้อจำกัดในงานวิจัย .....	141
10.3 ข้อเสนอแนะ .....	142
รายการอ้างอิง .....	143
ภาคผนวก .....	145
ภาคผนวก ก .....	146
ภาคผนวก ข .....	148
ภาคผนวก ค .....	152
ภาคผนวก ง .....	159
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ .....	161

## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1.1 เปรียบเทียบระหว่างวิธีการคลาสสิก วิธีการทาคุชิและวิธีการไชนิน .....	3
ตารางที่ 1.2 ข้อเปรียบเทียบระหว่างซิกซ์ ซิกมา (Six Sigma) ทาคุชิ (Taguchi) และไชนิน (Shainin) .....	4
ตารางที่ 1.3 แผนการดำเนินงานวิจัย .....	19
ตารางที่ 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความเสี่ยงและผลรวมค่าปลาย .....	30
ตารางที่ 2.2 เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่าง Pre-Control และแผนภูมิควบคุม .....	35
ตารางที่ 2.3 ขนาดตัวอย่างในการประเมินผลระบบการตรวจสอบข้อมูลนับ .....	40
ตารางที่ 2.4 เครื่องมือไชนิน .....	42
ตารางที่ 2.5 เปรียบเทียบประเภทของข้อมูล ประเภทของการปรับปรุง ขั้นตอน และชนิดของผู้ใช้ของวิธีการปรับปรุงแบบต่างๆ .....	46
ตารางที่ 2.6 เปรียบเทียบขั้นตอนของวิธีการปรับปรุงแบบต่างๆ .....	48
ตารางที่ 2.7 ข้อเปรียบเทียบระหว่างทาคุชิ (Taguchi) และไชนิน (Shainin) .....	50
ตารางที่ 2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการนำระบบไชนินมาใช้ในการแก้ปัญหา.....	54
ตารางที่ 3.1 คณะทีมงานที่เกี่ยวข้อง .....	56
ตารางที่ 3.2 เกณฑ์การยอมรับของระบบการวัด .....	61
ตารางที่ 3.3 ผลลัพธ์ของการตรวจสอบระบบการวัดแบบข้อมูลตามลักษณะสำหรับข้อบกพร่องประเภทรูเข็ม .....	63
ตารางที่ 3.4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลักษณะโดยโปรแกรม Minitab ของลักษณะข้อบกพร่องประเภทรูเข็ม .....	64
ตารางที่ 3.5 ผลการวิเคราะห์ ระบบการวัดข้อมูลตามลักษณะ โดยโปรแกรม Minitab เฉพาะตำหนิประเภทรูเข็ม หลังการอบรมพนักงานใหม่ .....	67
ตารางที่ 3.6 ผลลัพธ์ของการตรวจสอบระบบการวัดแบบข้อมูลตามลักษณะสำหรับข้อบกพร่องประเภทแตกด้านข้าง .....	69
ตารางที่ 3.7 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลักษณะโดยโปรแกรม Minitab ของลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกด้านข้าง .....	70

ตารางที่ 3.8 ผลลัพธ์ของการตรวจสอบระบบการวัดแบบข้อมูลตามลักษณะ สำหรับ ข้อบกพร่องประเภทแตกบริเวณบ่อเก็บของเสีย .....	72
ตารางที่ 3.9 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลักษณะ โดยโปรแกรม Minitab ของลักษณะ ข้อบกพร่องประเภทแตกบริเวณบ่อเก็บของเสีย .....	73
ตารางที่ 3.10 ผลการวิเคราะห์ ระบบการวัดข้อมูลตามลักษณะ โดยโปรแกรม Minitab เฉพาะดำเนินประเภทแตกบริเวณบ่อเก็บของเสีย หลังการอบรมพนักงานใหม่.	75
ตารางที่ 4.1 Likert Scale ของลักษณะข้อบกพร่องประเภทรูเข็ม .....	80
ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ครอบคลุมความผันแปรของลักษณะข้อบกพร่องประเภทรูเข็ม	85
ตารางที่ 4.3 Likert Scale ของลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกด้านข้าง .....	86
ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ครอบคลุมความผันแปรของลักษณะข้อบกพร่องประเภท แตกด้านข้าง .....	90
ตารางที่ 4.5 Likert Scale ของลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกบริเวณบ่อเก็บของเสีย ....	91
ตารางที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์ครอบคลุมความผันแปรของลักษณะข้อบกพร่องประเภท แตกบริเวณบ่อเก็บของเสีย .....	95
ตารางที่ 5.1 ตารางการทดลองของการลดของเสียประเภทรูเข็ม โดยใช้การสลับ BOB และ WOW .....	97
ตารางที่ 5.2 ผลการทดลองหลังจากทำการสลับ BOB และ WOW ของลักษณะข้อบกพร่อง ประเภทรูเข็ม .....	98
ตารางที่ 5.3 การวิเคราะห์ความแตกต่าง (Gap Analysis) ระหว่างสายการผลิต BOB และ WOW ในการแก้ปัญหาประเภทรูเข็ม .....	99
ตารางที่ 5.4 การวิเคราะห์ความแตกต่าง (Gap Analysis) ระหว่างโถสุกัณฑ์รุ่น BW13 และ BW10 ในการแก้ปัญหาประเภทแตกด้านข้าง .....	100
ตารางที่ 5.5 ตารางการทดลองของการลดของเสียประเภทแตกบริเวณบ่อเก็บของเสียโดยใช้ การสลับ BOB และ WOW .....	101
ตารางที่ 5.6 ผลการทดลองหลังจากทำการสลับ BOB และ WOW ของลักษณะข้อบกพร่อง ประเภทแตกบริเวณบ่อเก็บของเสีย .....	102

ตารางที่ 5.7 การวิเคราะห์ความแตกต่าง (Gap Analysis) ระหว่าง BOB และ WOW ในการ แก้ปัญหาประเภทแตกบริเวณบ่อเก็บของเสีย .....	103
ตารางที่ 6.1 ผลลัพธ์ที่ได้มาจากกระบวนการ B และ C ของลักษณะข้อบกพร่อง ประเภทรูเข็ม .....	106
ตารางที่ 6.2 การเรียงข้อมูล B และ C ของลักษณะข้อบกพร่องประเภทรูเข็ม.....	106
ตารางที่ 6.3 ผลลัพธ์ที่ได้มาจากกระบวนการ B และ C ของลักษณะข้อบกพร่องประเภท แตกด้านข้าง.....	107
ตารางที่ 6.4 การเรียงข้อมูล B และ C ของลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกด้านข้าง.....	108
ตารางที่ 6.5 ผลลัพธ์ที่ได้มาจากกระบวนการ B และ C ของลักษณะข้อบกพร่องประเภท แตกบริเวณบ่อเก็บของเสีย .....	109
ตารางที่ 6.6 การเรียงข้อมูล B และ C ของลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกด้านข้าง .....	109
ตารางที่ 7.1 ผลการทดลองเพื่อหาขนาดของท่อหล่อที่เหมาะสมในการลดลักษณะ ข้อบกพร่องประเภทรูเข็ม.....	110
ตารางที่ 7.2 ผลการทดลองเพื่อหาความหนาที่เหมาะสมในการลดลักษณะข้อบกพร่อง ประเภทแตกด้านข้าง.....	111
ตารางที่ 7.3 ผลการทดลองเพื่อหาความหนาที่เหมาะสมในการลดลักษณะข้อบกพร่อง ประเภทแตกบริเวณบ่อเก็บของเสีย.....	113
ตารางที่ 8.1 ปัจจัยที่ต้องทำการควบคุม.....	117
ตารางที่ 8.2 คณะทำงานในการรับรองกระบวนการ.....	121
ตารางที่ 8.3 กำหนดการตรวจสอบกระบวนการและผลิตภัณฑ์.....	121
ตารางที่ 8.4 รายการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์รุ่น BW13.....	122
ตารางที่ 9.1 ค่าขีดจำกัดบนของลักษณะข้อบกพร่อง.....	124
ตารางที่ 9.2 เกณฑ์การตัดสินใจในการควบคุมคุณภาพ.....	126
ตารางที่ 10.1 ข้อเปรียบเทียบระหว่างทากูชิ (Taguchi) ซิกซ์ ซิกมา (Six Sigma) ไชนิน (Shainin) และงานวิจัย.....	133
ตารางที่ 10.2 ผลการประยุกต์ใช้เครื่องมือและเทคนิคต่างๆในงานวิจัย.....	136
ตารางที่ ค.1 เอกสารการปฏิบัติงาน กระบวนการหล่อ โดสุบภัณฑ์รุ่น BW13.....	153
ตารางที่ ง.1 รายละเอียดของการคิดมูลค่าความสูญเสียหลังการปรับปรุง.....	160

## สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 1.1 แผนผังกระบวนการผลิตเครื่องสุขภัณฑ์.....	7
รูปที่ 1.2 จำนวนชิ้นงานบกพร่องและเปอร์เซ็นต์ชิ้นงานบกพร่อง ตั้งแต่เดือนมกราคม 2554 ถึงเดือนตุลาคม 2554.....	11
รูปที่ 1.3 จำนวนเงินที่สูญเสียและเปอร์เซ็นต์จำนวนเงินที่สูญเสีย ตั้งแต่เดือนมกราคม 2554 ถึงเดือนตุลาคม 2554.....	12
รูปที่ 1.4 แผนการผลิตของผลิตภัณฑ์แต่ละรุ่นในปี 2555.....	13
รูปที่ 1.5 แผนการผลิตของผลิตภัณฑ์แต่ละรุ่นในปี 2555.....	13
รูปที่ 1.6 มูลค่าของผลิตภัณฑ์แบ่งตามรุ่นของผลิตภัณฑ์ในปี 2555.....	14
รูปที่ 1.7 แผนภาพพาเรโตแสดงจำนวนชิ้นงานที่บกพร่องและเปอร์เซ็นต์ชิ้นงานบกพร่อง สะสม ตั้งแต่เดือนมกราคม 2554 ถึงเดือนตุลาคม 2554.....	15
รูปที่ 2.1 ตัวอย่างไอโซพลอท (Isoplot).....	22
รูปที่ 2.2 สิ่งที่ดีที่สุด (Best of Best: BOB) แทนด้วยสีเขียว และสิ่งที่แย่ที่สุด (Worst of Worst: Wow) แทนด้วยสีแดง.....	25
รูปที่ 2.3 การสลับส่วนประกอบระหว่างสิ่งที่ดีที่สุด (BOB) และสิ่งที่แย่ที่สุด (WOW) .....	25
รูปที่ 2.4 กฎการไม่ทับซ้อน (No-overlap Rules).....	30
รูปที่ 2.5 กฎการทับซ้อน และกฎการนับจำนวนค่าปลาย (The Overlap/End-Count Rule) ...	31
รูปที่ 2.6 การสร้างเส้น Pre-Control กรณีมีค่าเพื่อ 2 ด้าน (Two-Side Tolerance).....	32
รูปที่ 2.7 การสร้างเส้น Pre-Control กรณีมีค่าเพื่อด้านเดียว (ขีดจำกัดบนเท่านั้น).....	33
รูปที่ 2.8 การสร้างเส้น Pre-Control กรณีมีค่าเพื่อด้านเดียว (ขีดจำกัดล่างเท่านั้น).....	33
รูปที่ 2.9 ตัวอย่างแผนภาพพาเรโต (Pareto Diagram).....	38
รูปที่ 3.1 แผนภาพพาเรโตแสดงจำนวนชิ้นงานที่บกพร่องและเปอร์เซ็นต์ชิ้นงานบกพร่อง สะสม ตั้งแต่เดือนมกราคม 2554 ถึงเดือนตุลาคม 2554.....	55
รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการหล่อของการผลิตโถสุขภัณฑ์.....	58
รูปที่ 3.3 แผนผังกระบวนการ (Process Map) ของกระบวนการหล่อ โถสุขภัณฑ์.....	59
รูปที่ 3.4 กราฟ Attribute Agreement ของการตรวจสอบแม่แบบเฉพาะดำหนิประเภทูเข็ม..	65

รูปที่ 3.5 กราฟ Attribute Agreement ของการตรวจสอบผลิตภัณฑ์เฉพาะคำหับประเภท รุจีเอ็ม หลังการอบรมพนักงานใหม่.....	68
รูปที่ 3.6 กราฟ Attribute Agreement ของการตรวจสอบผลิตภัณฑ์เฉพาะคำหับประเภทแตก ด้านข้าง.....	71
รูปที่ 3.7 กราฟ Attribute Agreement ของการตรวจสอบแม่แบบเฉพาะคำหับประเภทแตก บริเวณบ่อเก็บของเสีย.....	74
รูปที่ 3.8 กราฟ Attribute Agreement ของการตรวจสอบผลิตภัณฑ์เฉพาะคำหับประเภทแตก บริเวณบ่อเก็บของเสีย หลังการอบรมพนักงานใหม่.....	76
รูปที่ 3.9 เปอร์เซ็นต์ของแต่ละลักษณะข้อบกพร่องของแต่ละเดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม 2554 ถึงเดือนตุลาคม 2554.....	78
รูปที่ 4.1 ลักษณะข้อบกพร่องประเภทรุจีเอ็ม.....	79
รูปที่ 4.2 Multi-Vari Chart ของลักษณะข้อบกพร่องประเภทรุจีเอ็ม.....	81
รูปที่ 4.3 แผนภาพความสนใจ (Concentration Chart) ของลักษณะข้อบกพร่องประเภท รุจีเอ็ม .....	81
รูปที่ 4.4 ครอบครัวความผันแปร (Family of Variation: FOV) .....	82
รูปที่ 4.5 กราฟเปรียบเทียบระหว่างพื้นที่ต่อพื้นที่ของลักษณะข้อบกพร่องประเภทรุจีเอ็ม.....	83
รูปที่ 4.6 แผนภาพพาเรโตของลักษณะข้อบกพร่องประเภทรุจีเอ็ม โดยจำแนกตามพนักงานหล่อ แบบ.....	84
รูปที่ 4.7 ลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกด้านข้าง.....	85
รูปที่ 4.8 Multi-Vari Chart ของลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกด้านข้าง.....	87
รูปที่ 4.9 แผนภาพความสนใจ (Concentration Chart) ของลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตก ด้านข้าง.....	87
รูปที่ 4.10 กราฟเปรียบเทียบระหว่างพื้นที่ต่อพื้นที่ของลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตก ด้านข้าง.....	88
รูปที่ 4.11 ลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกบริเวณบ่อเก็บของเสีย.....	90
รูปที่ 4.12 Multi-Vari Chart ของลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกบริเวณบ่อเก็บของเสีย.....	92
รูปที่ 4.13 แผนภาพความสนใจ (Concentration Chart) ของลักษณะข้อบกพร่องประเภท แตกบริเวณบ่อเก็บของเสีย.....	92

รูปที่ 4.14 กราฟเปรียบเทียบระหว่างพื้นที่ต่อพื้นที่ของลักษณะข้อบกพร่องประเภท แตกบริเวณบ่อเก็บของเสีย.....	93
รูปที่ 4.15 แผนภาพพาเรโตของลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกบริเวณบ่อเก็บของเสีย โดย จำแนกตามพนักงานหล่อแบบ.....	94
รูปที่ 5.1 ผลการทดลองเรื่องการสลับ BOB และ WOW ในการลดข้อบกพร่องประเภท รูเข็ม.....	98
รูปที่ 5.2 ลักษณะของท่อที่ใช้ในการหล่อ.....	99
รูปที่ 5.3 ลักษณะของแม่พิมพ์รุ่นBW13 หลังทำการปรับแก้ไข.....	101
รูปที่ 5.4 วิธีการทำงานของพนักงานในการติดเม็ดกระดุม.....	102
รูปที่ 5.5 ผลการทดลองเรื่องการสลับ BOB และ WOW ในการลดของเสียประเภทแตกบริเวณ บ่อเก็บของเสีย.....	103
รูปที่ 6.1 Boxplot แสดงเปอร์เซ็นต์ของลักษณะข้อบกพร่องประเภทรูเข็ม เปรียบเทียบระหว่าง B (กระบวนการหลังปรับปรุง) และ C (กระบวนการก่อนการปรับปรุง).....	107
รูปที่ 6.2 Boxplot แสดงเปอร์เซ็นต์ของลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกด้านข้าง เปรียบเทียบ ระหว่าง B (กระบวนการหลังปรับปรุง) และ C (กระบวนการก่อนการปรับปรุง)	108
รูปที่ 6.3 Boxplot แสดงเปอร์เซ็นต์ของลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกบริเวณบ่อเก็บของเสีย เปรียบเทียบระหว่าง B (กระบวนการหลังปรับปรุง) และ C (กระบวนการก่อนการ ปรับปรุง).....	110
รูปที่ 7.1 แผนภูมิการกระจาย (Scatter Plot) ของลักษณะข้อบกพร่องประเภทรูเข็ม.....	112
รูปที่ 7.2 แผนภูมิการกระจาย (Scatter Plot) ของลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตก ด้านข้าง.....	114
รูปที่ 7.3 แผนภูมิการกระจาย (Scatter Plot) ของลักษณะข้อบกพร่องประเภทบริเวณบ่อเก็บ ของเสีย.....	115
รูปที่ 8.1 วิธีการปฏิบัติเมื่อค่าไม่เป็นไปตามที่กำหนดของลักษณะข้อบกพร่องประเภทรูเข็ม....	118
รูปที่ 8.2 วิธีการปฏิบัติเมื่อค่าไม่เป็นไปตามที่กำหนดของลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตก ด้านข้าง.....	119



รูปที่ 8.3 วิธีการปฏิบัติเมื่อค่าไม่เป็นไปตามที่กำหนดของลักษณะข้อบกพร่องประเภท แตกบริเวณบ่อเก็บของเสีย.....	120
รูปที่ 9.1 การทำ Pre-Control.....	124
รูปที่ 9.2 ค่า Pre-Control ของลักษณะข้อบกพร่องประเภทรูเข็ม.....	125
รูปที่ 9.3 ตัวอย่าง Pre-Control ของลักษณะข้อบกพร่องประเภทรูเข็ม.....	125
รูปที่ 9.4 ค่า Pre-Control ของลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกด้านข้าง.....	125
รูปที่ 9.5 ตัวอย่าง Pre-Control ของลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกด้านข้าง.....	125
รูปที่ 9.6 ค่า Pre-Control ของลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกบริเวณบ่อเก็บของเสีย.....	126
รูปที่ 9.7 ตัวอย่าง Pre-Control ของลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกบริเวณบ่อเก็บ ของเสีย.....	126
รูปที่ 9.8 กระบวนการตัดสินใจในการควบคุมคุณภาพ.....	127
รูปที่ 9.9 ผลการทดลองของลักษณะข้อบกพร่องประเภทรูเข็ม.....	128
รูปที่ 9.10 ผลการทดลองของลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกด้านข้าง.....	129
รูปที่ 9.11 ผลการทดลองของลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกบริเวณบ่อเก็บของเสีย.....	130
รูปที่ ก.1 ตัวอย่างแผ่นรายการตรวจสอบลักษณะข้อบกพร่องในการวิเคราะห์ระบบการวัด	146
รูปที่ ข.1 แผนภาพความสนใจ (Concentration Chart) ของลักษณะข้อบกพร่องประเภท รูเข็ม .....	148
รูปที่ ข.2 แผนภาพความสนใจ (Concentration Chart) ของลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตก ด้านข้าง.....	149
รูปที่ ข.3 แผนภาพความสนใจ (Concentration Chart) ของลักษณะข้อบกพร่องประเภท แตกบริเวณบ่อเก็บของเสีย.....	150

# บทที่ 1

## บทนำ

สภาวะการแข่งขันที่รุนแรงในปัจจุบัน องค์กรต่างๆจึงต้องพยายามสร้างความพึงพอใจให้กับลูกค้า โดยการผลิตสินค้าที่มีคุณภาพที่ดีและต้นทุนต่ำ ดังนั้นการปรับปรุงคุณภาพจึงเป็นสิ่งที่ควรให้ความสำคัญ เพื่อเพิ่มความสามารถในการแข่งขันกับตลาดทั้งภายในและต่างประเทศ รวมทั้งจะสามารถสร้างความมั่นใจให้กับลูกค้าทางด้านคุณภาพของสินค้า

งานวิจัยนี้จึงมุ่งที่จะลดของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตสุกัณฑ์ แต่เนื่องจากการผลิตสุกัณฑ์เป็นการผลิตที่ใช้คนในการผลิตเป็นหลัก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงนำระบบไชนิน (Shainin System) มาช่วยในการปรับปรุงกระบวนการและลดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้น เพราะวิธีนี้เป็นวิธีการที่พนักงานร่วมดำเนินการทดลองในการแก้ปัญหา โดยที่พนักงานสามารถออกแบบและแสดงความคิดเห็นในการออกแบบการทดลองได้ โดยมีวิศวกรเป็นผู้ควบคุมการทดลอง ซึ่งวิธีนี้จะทำการเปรียบเทียบระหว่างสิ่งที่ดีและสิ่งที่ไม่ดี โดยลักษณะการเปรียบเทียบนั้นจะใช้เพียงกราฟในการเปรียบเทียบ ซึ่งจะทำให้ง่ายต่อความเข้าใจของพนักงาน ซึ่งทำให้จะสามารถแก้ไขปัญหที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตได้ โดยที่พนักงานรู้สึกว่าได้เป็นส่วนหนึ่งในการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะเกิดความยั่งยืนในการแก้ไขปัญหาที่เป็นอุตสาหกรรมที่ใช้คนในการผลิตเป็นหลัก

งานวิจัยของ Sharma and Chetiya (2009) ได้ทำการเปรียบเทียบวิธีการออกแบบการทดลอง 3 วิธี ซึ่งได้แก่ วิธีคลาสสิก DOE (DOE Classic) วิธีการทากูชิ DOE (Taguchi DOE) และวิธีการไชนิน DOE (Shainin DOE) ซึ่งรายละเอียดตามร่างที่ 1.1

ไชนิน พัฒนาโดย Dorian Shainin ซึ่งเป็นที่ปรึกษาให้กับบริษัทในยุโรปและอเมริกา มากกว่า 750 บริษัท ซึ่งมีปรัชญาที่ว่า อย่าปล่อยให้วิศวกรทำการคาดเดา แต่ให้ชิ้นส่วนที่ทำพูด ซึ่งวิธีนี้เป็นวิธีที่เชื่อว่าสามารถแก้ปัญหาที่แท้จริงได้ ซึ่งเขาได้แนะนำหลักการ X สีแดง (Red X) ซึ่งแสดงสาเหตุหลัก รองลงมาคือ X สีชมพู (Pink X) และ X สีชมพูอ่อน (Pale pink X) ซึ่งแสดงความสำคัญของสาเหตุ รองลงมาตามลำดับ ไชนิน ได้พัฒนาเทคนิคในการติดตามสาเหตุหลัก โดยผ่านกระบวนการของการ

ก้ำจัด ซึ่งเรียกว่า การค้นหาไปข้างหน้า (Progressive Search) ซึ่งเป็นเทคนิคที่เรียบง่ายแต่ในขณะเดียวกันก็เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพและง่ายต่อการตีความ และการดำเนินงานในอุตสาหกรรม เทคนิคโชนินเป็นที่รู้จักเป็นหลักในการผลิต การปรับปรุงความก้าวหน้าโดยการขจัดปัญหาเรื้อรัง ซึ่งเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการตรวจสอบหาสาเหตุ

Jeroen de Mast (2004) ได้ทำการเปรียบเทียบวิธีการปรับปรุงคุณภาพ 3 วิธี ซึ่งได้แก่ โชนิน (Shainin) ทากูชิ (Taguchi) และซิกซ์ ซิกมา (Six Sigma) ซึ่งได้อ้างอิงวิธีการปรับปรุงคุณภาพของ Juran ซึ่งเน้นทางด้าน การพัฒนากระบวนการผลิต จากนั้นจะทำการเปรียบเทียบแต่ละวิธีในการปรับปรุงคุณภาพ จุดอ่อน จุดแข็ง และกลยุทธ์ของแต่ละวิธี ซึ่งโชนิน (Shainin) จะเน้นการแก้ปัญหาที่ต้นเหตุซึ่งจะมีเพียงหนึ่งสาเหตุหรือมีสาเหตุน้อยมาก แต่จะไม่เหมาะกับการศึกษาระบบที่ซับซ้อนมากขึ้นของปัจจัยต่างๆ ทากูชิ (Taguchi) จะเน้นเกี่ยวกับการให้คำแนะนำและการให้ค่าที่เหมาะสมที่สุดเท่านั้น ส่วนซิกซ์ ซิกมา จะเน้นการใช้ประโยชน์จากการสร้างแบบจำลองทางสถิติ รายละเอียดตามตารางที่ 1.2

ตารางที่ 1.1 เปรียบเทียบระหว่างวิธีการคลาสสิก วิธีการทาคุชิและวิธีการไชนิน ของ Sharma and Chetiya (2009)

	วิธีคลาสสิก DOE (DOE Classic)	วิธีการทาคุชิ DOE (Taguchi DOE)	วิธีการไชนิน DOE (Shainin DOE)
เครื่องมือหลัก	การทดลองแฟคทอเรียล	ตารางอาร์เรย์มุมฉาก (Orthogonal arrays)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• แผนภูมิหลายตัวแปร (Multi vari chart)</li> <li>• การค้นหาชิ้นส่วน (Component Search)</li> <li>• การเปรียบเทียบจับคู่ (Paired Comparison)</li> <li>• การค้นหาตัวแปร (Variable Search)</li> <li>• แฟคทอเรียลแบบเต็มรูปแบบ (Full Factorials)</li> <li>• การวิเคราะห์ B กับ C ดีขึ้นเมื่อเทียบกับปัจจุบัน</li> <li>• การวิเคราะห์พล็อตการกระจาย (Scatter Plot)</li> </ul>
ข้อดี	มีผลเมื่อไม่ปรากฏการมีปฏิสัมพันธ์ ความเป็นไปได้จำกัดสำหรับการเพิ่มประสิทธิภาพ	มีผลเมื่อไม่ปรากฏการมีปฏิสัมพันธ์ ความเป็นไปได้จำกัดสำหรับการเพิ่มประสิทธิภาพ	มีประสิทธิภาพมากโดยไม่คำนึงถึงสถานะของการมีปฏิสัมพันธ์การเพิ่มประสิทธิภาพสูงสุดที่เป็นไปได้
ต้นทุน/เวลา	ปานกลาง	ปานกลาง	น้อย
ความซับซ้อน	ปานกลาง	มาก	น้อย
การฝึกอบรม	3-5 วัน	3-10 วัน	1-2 วัน
ขอบเขต	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ต้องใช้โปรแกรมทางสถิติ เช่น SAS SPSS</li> <li>- ใช้เป็นหลักในการผลิต</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ต้องใช้โปรแกรมทางสถิติ เช่น SAS SPSS</li> <li>- ใช้เป็นหลักในขั้นตอนก่อนการผลิต</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ไม่จำเป็นต้องใช้โปรแกรม</li> <li>- สามารถใช้ในขั้นตอนการผลิตต้นแบบ ขั้นตอนก่อนการผลิตและขั้นตอนการผลิต</li> </ul>
ความง่ายภายใน การดำเนินการ	ปานกลาง ต้องการความรู้ทางสถิติ	แย่	สูง ส่วนใหญ่ไม่ต้องการความรู้ทางสถิติ ง่ายในการทำความเข้าใจกับพนักงานทุกระดับ

ตารางที่ 1.2 ข้อเปรียบเทียบระหว่างซิกซ์ ซิกมา (Six Sigma) ทากูชิ (Taguchi) และไชนิน (Shainin) ของ Jeroen de Mast (2004)

โครงสร้าง	ซิกซ์ ซิกมา (Six Sigma)	ทากูชิ (Taguchi)	ไชนิน (Shainin)
การดำเนินงาน	1.เลือกลักษณะที่มีผลที่วิกฤตต่อคุณภาพ 2.ระบุมาตรฐานการปฏิบัติงาน 3.ตรวจสอบระบบการวัด 4.จัดตั้งความสามารถของผลิตภัณฑ์ 5.ระบุวัตถุประสงค์ที่มีประสิทธิภาพ	1.ระบุปัญหาที่จะแก้ไข 2.กำหนดวัตถุประสงค์ของการทดสอบ โดยการ -ระบุตัวชี้วัดประสิทธิภาพการทำงาน -ระบุระดับของการปฏิบัติเมื่อมีการทดสอบสมบูรณ์ 3.กำหนดวิธีการวัด	1.ระบุโครงการ 2.จัดตั้งระบบการวัดที่มีประสิทธิภาพ
การสำรวจ	6.ระบุแหล่งที่มาของการเปลี่ยนแปลง	4.ระบุปัจจัยซึ่งเชื่อว่ามีผลต่อลักษณะการปฏิบัติงาน	3.ระบุเบาะแส
รายละเอียดเพิ่มเติม		5.แยกปัจจัยที่สามารถควบคุมได้และปัจจัยที่รับกวน 6.กำหนดจำนวนของระดับและค่าของปัจจัยทั้งหมด 7.ระบุปัจจัยที่ควบคุมได้ซึ่งอาจมีผล	4.ลงรายการตัวแปรที่สงสัย
การยืนยัน	7.คัดแยกสาเหตุที่เป็นไปได้ 8.ค้นหาความสัมพันธ์ของตัวแปร	8.วาดกราฟเชิงเส้นที่จำเป็น 9.เลือกกลไกอาร์เรย์ 10.ปัจจัยที่กำหนดและความสัมพันธ์กัน 11.ดำเนินการทดสอบ 12.การวิเคราะห์ข้อมูล 13.แปลความหมายผลลัพธ์	5.การออกแบบการทดสอบทางสถิติ
บทสรุป	9.สร้างค่าเผื่อในการปฏิบัติงาน 10.ตรวจสอบระบบการวัด 11.ตรวจสอบความสามารถของกระบวนการ 12.นำไปใช้ในการควบคุมกระบวนการ	14.เลือกระดับที่เหมาะสมที่สุดของปัจจัยที่ควบคุมได้และคาดคะเนผลลัพธ์ 15.ทำการทดสอบยืนยัน 16.ย้อนกลับไปยังขั้นตอนที่4 ถ้ายังไม่บรรลุ วัตถุประสงค์	6.กลับไปข้อ 3 ถ้าไม่พบ X สีแดง 7.เพิ่มประสิทธิภาพของปฏิสัมพันธ์ 8.ความคาดเคลื่อนจริง 9.การดำเนินการแก้ไขกลับไม่ได้ 10.กระบวนการควบคุมทางสถิติ 11.ตรวจสอบผลลัพธ์

Jeroen de Mast และคณะ (2000) กล่าวว่าระดับการศึกษาและความสามารถของผู้ใช้กลยุทธ์ต่างๆ จะมีผลต่อการเลือกเครื่องมือต่างๆมาใช้ เพราะเครื่องมือบางชนิดเป็นคณิตศาสตร์ง่ายๆ แต่บางชนิดเป็นคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อน ดังนั้นต้องพิจารณาผู้ใช้เป็นสำคัญในการเลือกเครื่องมือที่เหมาะสมมาใช้ในองค์กร เช่น SPC เหมาะกับพนักงานระดับล่าง ส่วนทากูชิ (Taguchi) และไชนิน (Shainin) เหมาะสำหรับใช้โดยวิศวกรหรือฝ่ายผลิต ส่วนซิกซ์ ซิกม่า เหมาะสำหรับผู้บริหารระดับกลางหรือผู้เชี่ยวชาญเฉพาะทาง

ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการลดความเสี่ยงที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต โดยการนำไชนินมาประยุกต์ใช้ เนื่องจากวิธีนี้เป็นวิธีที่สามารถค้นหาสาเหตุที่แท้จริงของปัญหา ใช้ต้นทุนในการดำเนินงานน้อย และง่ายในการดำเนินงาน เนื่องจากสถิติที่ใช้นั้นเป็นสถิติที่ง่ายในการทำความเข้าใจกับพนักงานทุกระดับ

## 1.1 ข้อมูลทั่วไปของโรงงานกรณีศึกษา

### 1.1.1 ผลกระทบของโรงงานกรณีศึกษา

โรงงานกรณีศึกษานี้ทำการผลิตเครื่องสุขภัณฑ์ ซึ่งมีผลิตภัณฑ์ต่างๆดังนี้

1. โถสุขภัณฑ์ (Toilet) ซึ่งแบ่งตามระบบการจ่ายน้ำเพื่อชำระล้าง แบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท ดังนี้

ก. โถสุขภัณฑ์แบบราดน้ำ (Pail Flush Toilet) โถสุขภัณฑ์ลักษณะนี้จะใช้น้ำราดในการชำระสิ่งปฏิกูล ซึ่งจะใช้ปริมาณน้ำน้อย มีขนาดเล็ก และราคาถูก

ข. โถสุขภัณฑ์แบบใช้ถังพักน้ำที่ประกอบติดกัน (Two Piece Toilet) โถสุขภัณฑ์ลักษณะนี้จะมีโถสุขภัณฑ์และถังพักน้ำแยกออกจากกัน

ค. โถสุขภัณฑ์แบบใช้ถังพักน้ำในตัว (One Piece Toilet) โถสุขภัณฑ์ลักษณะนี้จะมีถังพักน้ำอยู่ในตัว โดยเชื่อมต่อกันเป็นชิ้นเดียว

2. อ่างล้างหน้า ซึ่งแบ่งออกตามลักษณะการติดตั้งได้ 5 ประเภท คือ

ก. อ่างล้างหน้าพร้อมขารองอ่าง (Pedestal Lavatory) จะเป็นลักษณะคล้ายๆ ขาตั้งเดี่ยวยึดติดกับตัวพื้น ใช้พื้นที่น้อย มีขนาดค่อนข้างกะทัดรัด เหมาะกับห้องน้ำแขกที่ไม่ต้องการความกว้างขวาง เพราะส่วนใหญ่ใช้เพียงล้างมือ ในขณะที่เดียวกันก็ช่วยซ่อนงานระบบท่อน้ำได้ดีกว่าอ่างชนิดแขวนผนัง

ข. อ่างล้างหน้าแบบฝังบนเคาน์เตอร์ (Self Rimming Lavatory) อ่างลักษณะนี้จะเป็นอ่างล้างหน้าซึ่งมีขอบอ่างที่สามารถวางบนเคาน์เตอร์ได้โดยตรง เป็นแบบที่นิยมโดยทั่วไป การบำรุงรักษาทำได้ง่ายกว่า การติดตั้งทำได้ง่าย

ค. อ่างล้างหน้าแบบฝังใต้เคาน์เตอร์ (Under Counter Lavatory) มีข้อดีคือสามารถตกแต่งหน้าเคาน์เตอร์ได้เรียบร้อย และเก็บงานเดินท่อน้ำต่างๆ ได้เรียบร้อย แต่มีข้อเสียคือต้องใช้วัสดุปูหน้าเคาน์เตอร์ขนาดใหญ่ บำรุงรักษายากและยากต่อการซ่อมแซมและต้องเจาะรูสำหรับการติดตั้งหัวก๊อก และเมื่อใช้งานไปนาน ๆ อาจมีน้ำซึมด้านใน ทำให้เกิดเป็นคราบเขียว

ง. อ่างล้างหน้าแบบติดตั้งบนเคาน์เตอร์ (Above Counter Lavatory) เป็นอ่างล้างหน้าที่มีการพันเคลือบทั้งภายในและภายนอก ติดตั้งโดยการวางไว้บนเคาน์เตอร์ โดยส่วนใหญ่ของอ่างจะวางอยู่บนเคาน์เตอร์

จ. อ่างล้างหน้าแบบแขวนผนัง (Wall hung lavatory) เป็นอ่างล้างหน้าที่ใช้ขอเกี่ยวกับผนัง ข้อดีคือติดตั้งง่าย ประหยัดพื้นที่ และสะดวกในการทำความสะดวกพื้นด้านล่าง

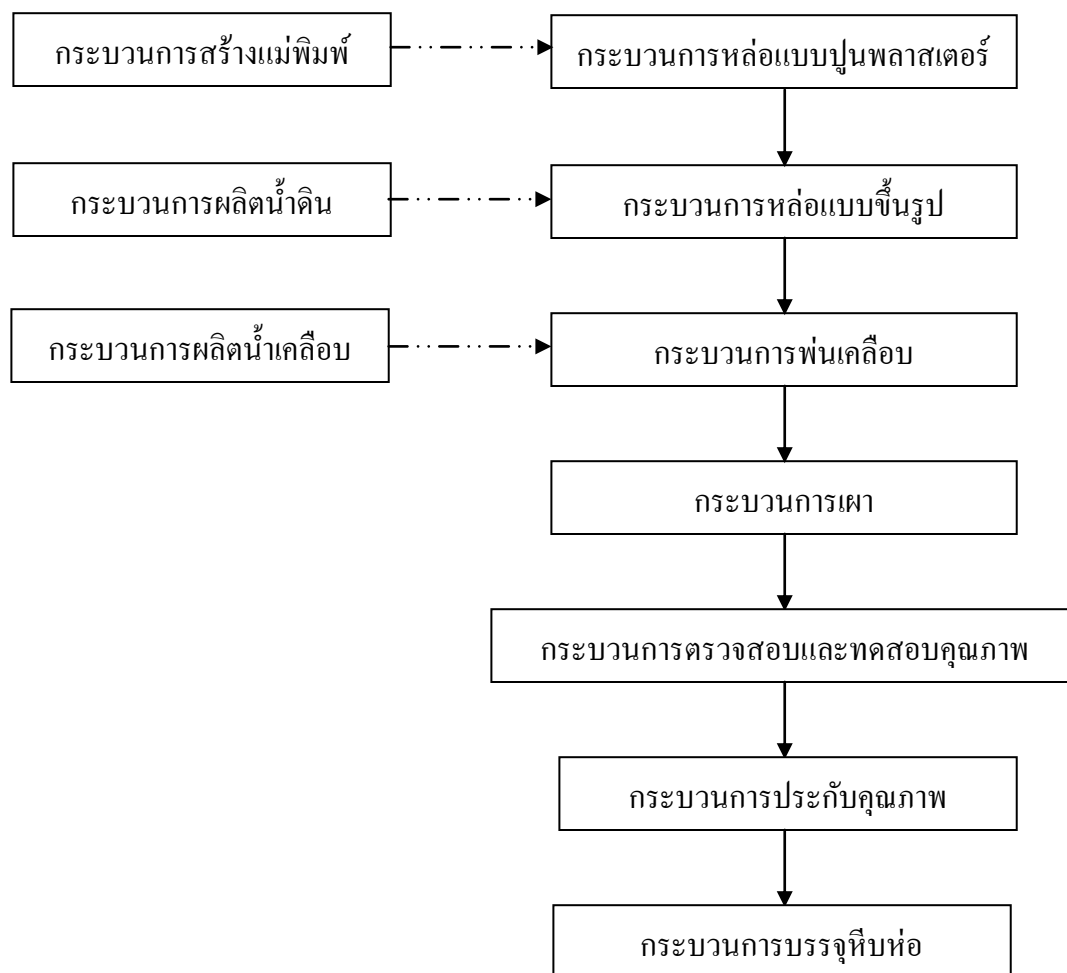
3. อุปกรณ์ในห้องน้ำ (Accessories) อุปกรณ์ที่ใช้ภายในห้องน้ำมีหลายแบบ ได้แก่ ที่ใส่สบู่ ที่ใส่กระดาษชำระ เป็นต้น

### 1.1.2 กระบวนการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา

กระบวนการผลิตสุขภัณฑ์ จะเริ่มตั้งแต่การสร้างแม่พิมพ์ การผลิตน้ำดิน การผลิตน้ำเคลือบ ซึ่งเมื่อได้แม่พิมพ์ที่มีลักษณะดีตามต้องการ จากนั้นนำแม่พิมพ์ไปผลิตเป็นแม่พิมพ์ปูน พลาสติก จากนั้นจะนำน้ำดินที่ได้เตรียมไว้มาทำการหล่อในแม่พิมพ์ แล้วทำการถอดแบบ และนำไปพันเคลือบโดยใช้

เคลือบที่ได้เตรียมไว้ จากนั้นจะนำชิ้นงานไปเผาและตรวจสอบคุณภาพ ซึ่งรายละเอียดของแต่ละกระบวนการ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

### 1. แผนผังกระบวนการผลิตเครื่องสุขภัณฑ์ มีดังนี้





## รูปที่ 1.1 แผนผังกระบวนการผลิตเครื่องสุขภัณฑ์

### 2. ขั้นตอนการผลิตเครื่องสุขภัณฑ์ มีดังนี้

ก. กระบวนการสร้างแม่พิมพ์ (Case Mold Process) เป็นกระบวนการที่รับแบบมาจากบริษัทแม่และทำการขึ้นรูปแม่พิมพ์ต้นแบบ จากนั้นจะทำการทดลองหล่อ ซึ่งถ้าผลลัพธ์ที่ได้จากการหล่อออกมาตามที่ได้ตั้งเป้าหมายไว้ จากนั้นจะทำการหล่อแม่พิมพ์ (Case Mold) เพื่อให้แผนกผลิตแบบนำไปใช้ในการผลิตต่อไป

ข. กระบวนการผลิตน้ำดิน (Clay Slip Process) เป็นกระบวนการที่นำวัตถุดิบต่างๆ ซึ่งได้แก่ ดินขาว (China Clay) ดินดำ (Ball Clay) ทราายและหินฟันม้า (Feldspar) มาทำการกรองด้วยเครื่องกรอง (Sieve Filter Machine) หลังจากนั้นนำวัตถุดิบทุกชนิดมาทำการโม่โดยใช้เครื่องโม่ (Ball mill) เพื่อทำให้วัตถุดิบมีอนุภาคที่เล็กลงและทำให้มีการผสมกันเป็นอย่างดี หลังจากนั้นนำ

น้ำเปล่าและน้ำดินที่เหลือใช้จากการผลิตมาทำการโม่รวมกันแล้วทำการกรองอีกครั้ง โดยการกรองครั้งนี้จะมีการใช้แม่เหล็กถาวรในการดูดสิ่งสกปรก เช่น สารจำพวกเหล็ก เมื่อเสร็จในขั้นตอนนี้ไปเก็บไว้ในถังสำหรับจัดเก็บ (Storage Tank) แล้วทิ้งไว้ 4-6 วัน หลังจากนั้นทำการถ่ายลงสู่ถังสำหรับนำไปใช้ในกระบวนการหล่อแบบต่อไป

ค. กระบวนการผลิตน้ำเคลือบ (Glaze Process) น้ำเคลือบคือสารประกอบซิลิเกตผสมกับสารประกอบอย่างอื่นที่เป็นตัวช่วยหลอมละลายเรียกว่า ฟลักซ์ เมื่อผ่านการเผาส่วนผสมของน้ำเคลือบถึงอุณหภูมิที่ทำให้หลอมละลายแล้ว จะรวมตัวเป็นเนื้อเดียวกัน และเมื่อเย็นตัวจะมีลักษณะเหมือนแก้วบางๆ ภาบริดอยู่กับผิวผลิตภัณฑ์ ซึ่งกระบวนการผลิตน้ำเคลือบจะเริ่มโดยการนำวัตถุดิบต่างๆ สารเคมีและน้ำ มาโม่รวมกันในเครื่องโม่ (Ball Mill) และทำการกรองโดยใช้แม่เหล็กถาวร หลังจากนั้นนำน้ำเคลือบที่ได้ไปผสมกับน้ำเคลือบที่เหลือใช้จากการผลิตนำมารวมกันในถังผสมแล้วจะได้ออกมาเป็นน้ำเคลือบที่จะใช้ในการผลิตต่อไป โดยสิ่งที่จะต้องควบคุมคือ อัตราการไหล (Flow rate) ลักษณะของสี (Color Shade) ความถ่วงจำเพาะ (Density) และความหนืด (Viscosity)

ง. กระบวนการหล่อแบบปูนพลาสติก (Working Mold Process) เป็นกระบวนการที่นำน้ำปูนพลาสติกไปใส่ลงในแม่พิมพ์ (Case Mold) จากนั้นทำการแกะแม่พิมพ์ออกซึ่งจะทำให้ได้แม่พิมพ์ที่เป็นปูนพลาสติก จากนั้นจะต้องนำไปอบเพื่อไล่ความชื้นที่อุณหภูมิตั้งที่ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นจะได้แม่พิมพ์ปูนพลาสติกซึ่งพร้อมจะนำไปใช้งานต่อไป

จ. กระบวนการหล่อแบบขึ้นรูป (Casting Process) เป็นกระบวนการที่นำน้ำดินไปใส่ในแม่พิมพ์ปูนพลาสติก แล้วทิ้งไว้ที่ระยะเวลาหนึ่ง ซึ่งจะทำให้ น้ำดินบางส่วนแข็งตัวอยู่ในแม่พิมพ์ ปูนพลาสติก จากนั้นนำน้ำดินที่คงเหลืออยู่ในตัวแม่พิมพ์ปูนพลาสติกออกมา ทำการทิ้งในน้ำดินแข็งตัวอยู่ในแม่พิมพ์ปูนพลาสติก จากนั้นทำการแกะแม่พิมพ์ปูนพลาสติกออก จะได้ออกมาเป็นดินที่แข็งตัวซึ่งเรียกว่า กรีนแวร์ (Green Ware) จากนั้นจะต้องทิ้งไว้ 1 วัน เพื่อให้งานมีลักษณะที่แข็งตัวมากขึ้น ซึ่งจะเรียกงานที่ทิ้งไว้ 1 คืนว่า เคลย์แวร์ (Clay ware) โดยวิธีการหล่อแบบขึ้นรูปมี 3 วิธี คือ

- การหล่อแบบขึ้นรูปโดยใช้คนในการผลิตเป็นหลัก (Manual Casting) เป็นการหล่อโดยที่จะต้องใช้พนักงานในการเทน้ำดินเข้าแม่พิมพ์ทีละตัว วิธีนี้จะนิยมใช้ในการผลิตโถสุขภัณฑ์ที่มีขนาดใหญ่

- การหล่อแบบแบตเตอรี่ (Battery Casting) เป็นการหล่อที่หล่อโดยที่แม่พิมพ์จะติดกัน ขณะที่ทำการหล่อ ซึ่งวิธีนี้จะนิยมใช้กับการผลิตสุขภัณฑ์ประเภทอ่างล้างหน้า และอุปกรณ์ที่ใช้ในห้องน้ำ

- การหล่อแบบบีม (Beam Casting) เป็นการหล่อโดยที่น้ำดินจะได้เข้ามาในแม่พิมพ์ทุกตัวพร้อมกัน แต่แม่พิมพ์แต่ละตัวจะเป็นอิสระต่อกัน วิธีนี้จะนิยมใช้กับการผลิตสุขภัณฑ์ประเภทถังพักน้ำและโถสุขภัณฑ์ที่มีขนาดเล็ก

ฉ. กระบวนการพ่นเคลือบ (Glazing Process) เป็นกระบวนการที่นำน้ำเคลือบมาทำการพ่นลงบนเคลย์แวร์ (Clay Ware) โดยวิธีการพ่นเคลือบมี 3 วิธี ซึ่งจะแตกต่างกันไปตามความเหมาะสมของชนิดของผลิตภัณฑ์ ดังนี้

- กระบวนการพ่นเคลือบโดยใช้คนในการพ่นเคลือบเป็นหลัก (Manual Glazing) วิธีการนี้พนักงานจะทำการพ่นเคลือบผลิตภัณฑ์ โดยจะทำงานอยู่ในสถานที่ปฏิบัติงานของคนเท่านั้น วิธีนี้จะนิยมใช้กับโถสุขภัณฑ์ที่มีรูปร่างซับซ้อนและอุปกรณ์ที่ใช้ในห้องน้ำ

- กระบวนการพ่นเคลือบโดยใช้คนและสายพานในการลำเลียง (Carousel Glazing) วิธีการนี้พนักงานจะทำการพ่นเคลือบผลิตภัณฑ์ โดยชิ้นงานจะมาตามสายพาน

- กระบวนการพ่นเคลือบโดยใช้หุ่นยนต์ (Robot Glazing) วิธีการนี้ผลิตภัณฑ์จะไหลไปตามสายพาน จากนั้นหุ่นยนต์ก็จะทำการพ่นเคลือบชิ้นงานที่มาตามสายพาน

ช. กระบวนการเผา (Firing Process) เป็นกระบวนการที่นำเคลย์แวร์ (Clay ware) ที่ผ่านการพ่นเคลือบเสร็จเรียบร้อยแล้ว มาทำการเผาในเตาเผา (Kiln) ที่อุณหภูมิประมาณ 1200 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 17 ชั่วโมง ซึ่งหลังจากเผาแล้วจะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความแข็ง แต่เปราะ มีลักษณะผิวภายนอกเป็นมัน วาว

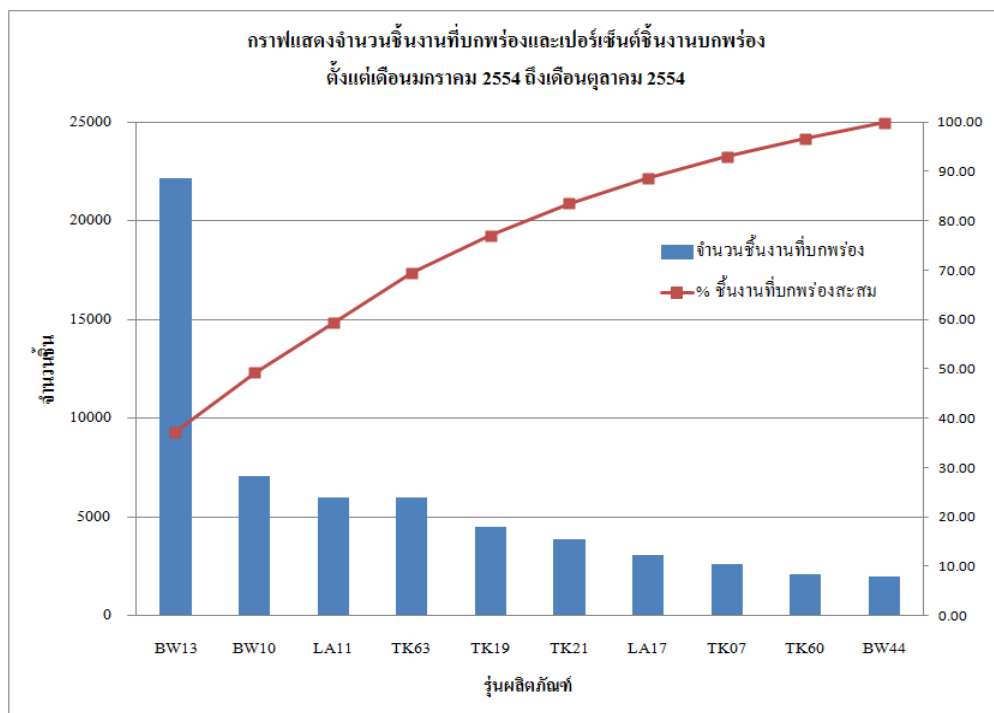
ซ . กระบวนการตรวจสอบและทดสอบคุณภาพ (Inspection and Function Test Process) เป็นกระบวนการที่ตรวจสอบคุณภาพภายนอก โดยใช้สายตาและเครื่องมือวัดชนิดต่างๆ จากนั้นจะทำการทดสอบทางด้านคุณภาพทางการใช้งานจริง คือ การทดสอบระบบการชำระล้าง โดยใช้มาตรฐานที่ได้กำหนดไว้

ฅ.กระบวนการประกันคุณภาพ (Quality Assurance Process) เป็นกระบวนการสุ่มตรวจสอบคุณภาพอีกครั้ง เพื่อให้ลูกค้าเกิดความมั่นใจในตัวผลิตภัณฑ์ โดยจะมีการตรวจสอบทางด้านโครงสร้างและขนาด (Size and Dimension) และมีการตรวจสอบระบบการชำระล้าง

ญ . กระบวนการบรรจุหีบห่อ (Packing Process) เป็นกระบวนการที่นำผลิตภัณฑ์ที่ได้ผ่านการทดสอบทั้งทางด้านคุณภาพความสวยงามภายนอกและผ่านทั้งคุณสมบัติทางการใช้งานแล้ว มาทำการบรรจุลงในกล่อง พร้อมทั้งแนบอุปกรณ์ที่ใช้ในการติดตั้งและคู่มือการใช้งานไปในกล่องด้วย

## 1.2 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

จากการศึกษากระบวนการผลิตของกระบวนการผลิตสุขภัณฑ์ พบว่ามีปริมาณของเสียตั้งแต่เดือนมกราคม 2554 จนถึงเดือนตุลาคม 2554 ซึ่งมีรายละเอียดของเสีย แยกตามรุ่นของผลิตภัณฑ์ได้ตามรูปที่ 1.2



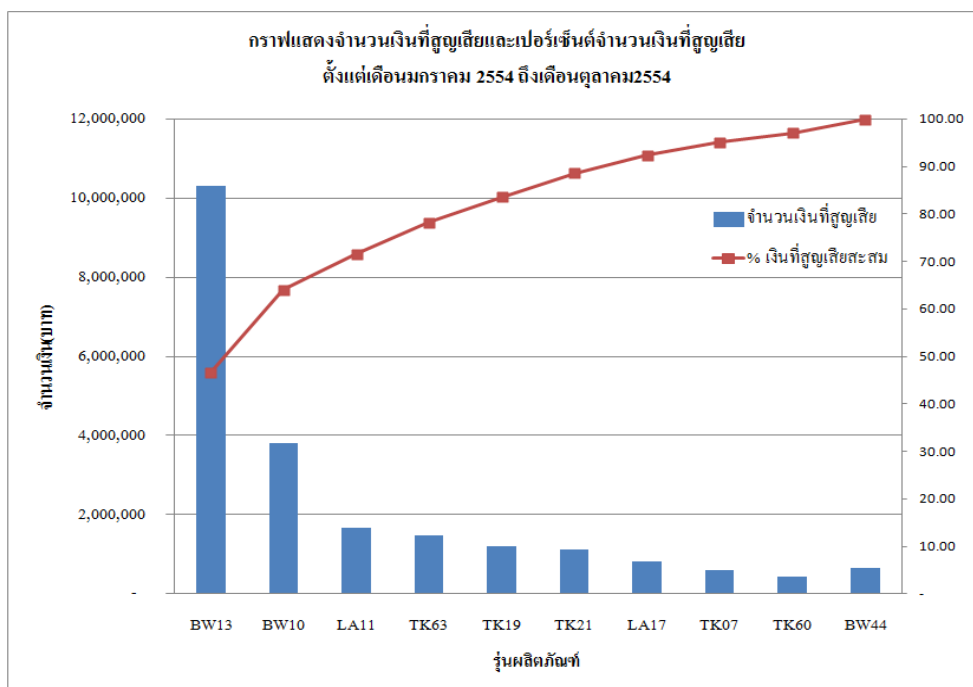
**รูปที่ 1.2** จำนวนชิ้นงานบกพร่องและเปอร์เซ็นต์ชิ้นงานบกพร่อง ตั้งแต่เดือนมกราคม 2554 ถึงเดือนตุลาคม 2554

จากรูปภาพข้างต้นพบว่าผลิตภัณฑ์รุ่น BW13 เป็นผลิตภัณฑ์รุ่นที่มีจำนวนชิ้นงานที่บกพร่องมากที่สุดและเปอร์เซ็นต์ชิ้นงานบกพร่องมากที่สุด

โดยวิธีการคำนวณเปอร์เซ็นต์ชิ้นงานบกพร่องมาจากการคำนวณชิ้นงานบกพร่องเทียบกับปริมาณที่ผลิตทั้งหมด ตามสูตรการคำนวณด้านล่าง

$$\text{เปอร์เซ็นต์ชิ้นงานบกพร่อง} = \frac{\text{จำนวนชิ้นงานบกพร่องปริมาณที่ผลิตทั้งหมด}}{\text{จำนวนชิ้นงานบกพร่องปริมาณที่ผลิตทั้งหมด}} \times 100\%$$

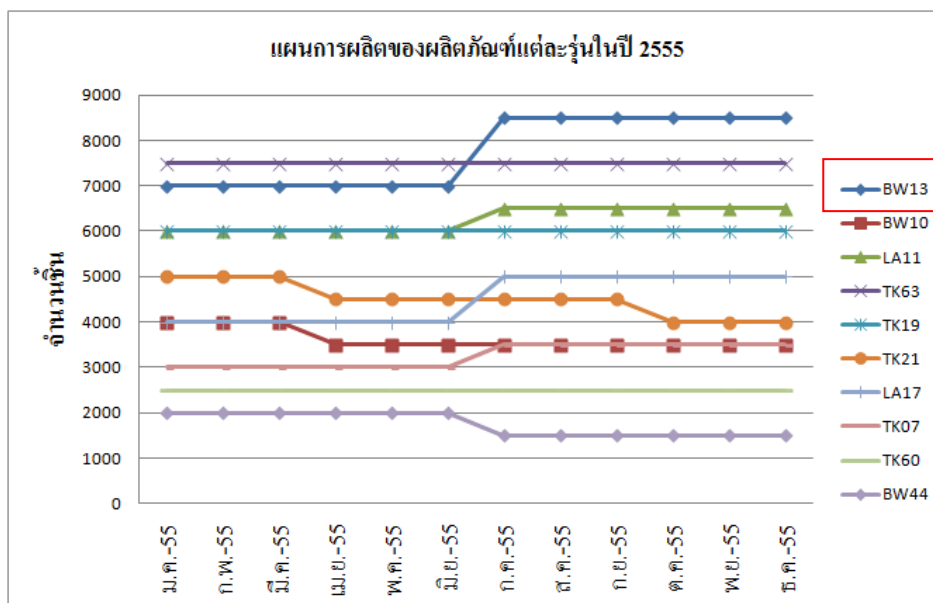
เมื่อทำการวิเคราะห์จำนวนเงินที่สูญเสียพบว่าผลิตภัณฑ์รุ่น BW13 ยังคงเป็นผลิตภัณฑ์รุ่นที่มีความสูญเสียมากที่สุด ตามรูปที่ 1.3



รูปที่ 1.3 จำนวนเงินที่สูญเสียและเปอร์เซ็นต์จำนวนเงินที่สูญเสีย ตั้งแต่เดือนมกราคม 2554 ถึงเดือนตุลาคม 2554

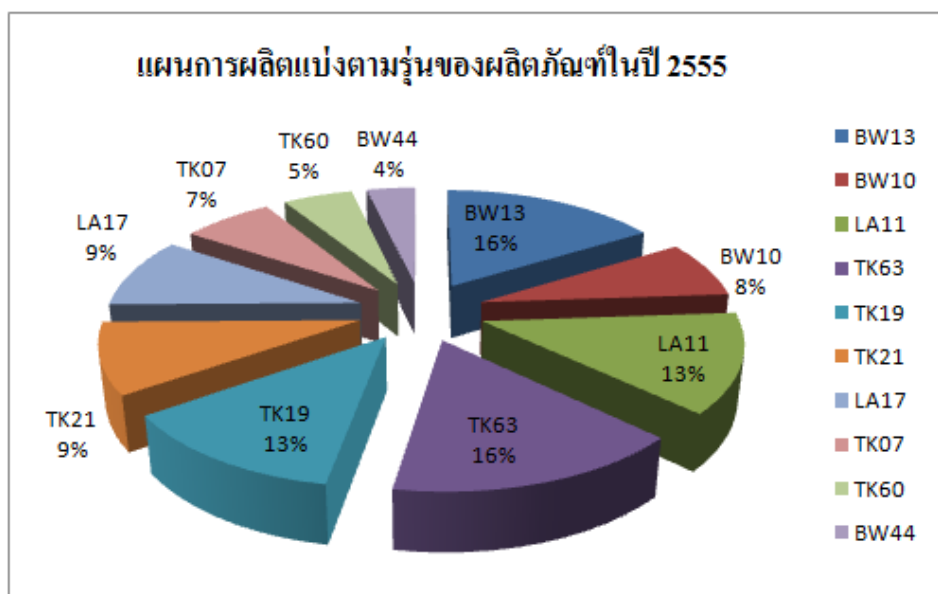
จากรูปที่ 1.3 จะพบว่าเปอร์เซ็นต์ของจำนวนเงินที่สูญเสียของผลิตภัณฑ์รุ่น BW13 นั้นคิดเป็น 46.69% ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีจำนวนเงินที่สูญเสียสูงที่สุด

จากนั้นทำการศึกษาแผนการผลิตของผลิตภัณฑ์แต่ละรุ่นในปี 2555 จะพบว่าผลิตภัณฑ์รุ่น BW13 นั้นจะมีแผนการผลิตที่สูงขึ้นในช่วงครึ่งปีหลัง ของปี 2555 ดังรูปที่ 1.4

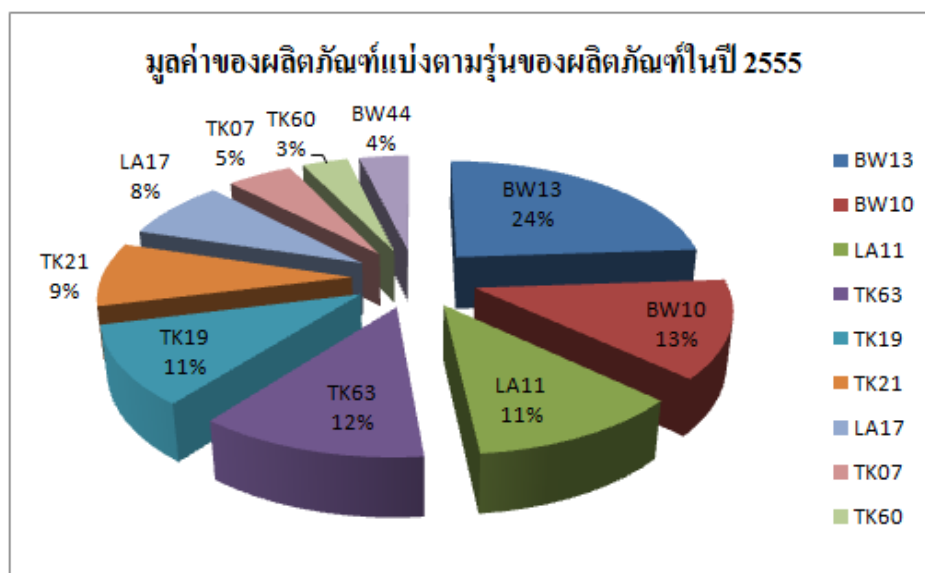


รูปที่ 1.4 แผนการผลิตของผลิตภัณฑ์แต่ละรุ่นในปี 2555

จากนั้นทำการศึกษาแผนการผลิตตามรุ่นของผลิตภัณฑ์ในปี 2555 จะพบว่าผลิตภัณฑ์รุ่น BW13 มีแผนการผลิตที่สูงที่สุด ดังรูปที่ 1.5



รูปที่ 1.5 แผนการผลิตของผลิตภัณฑ์แต่ละรุ่นในปี 2555



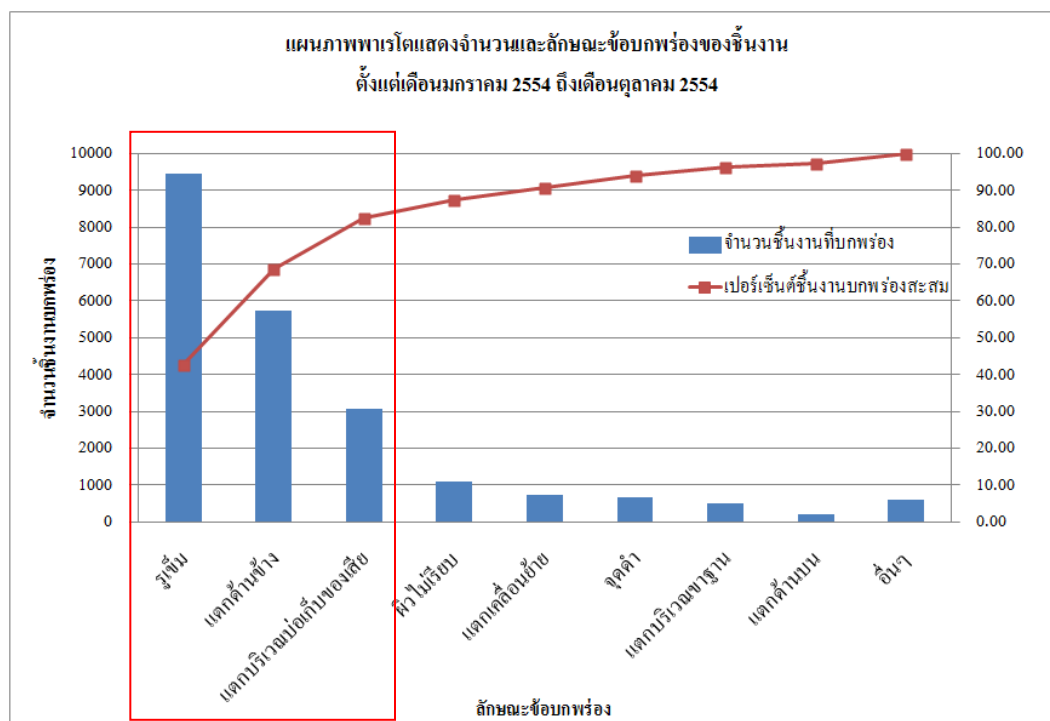
รูปที่ 1.6 มูลค่าของผลิตภัณฑ์แบ่งตามรุ่นของผลิตภัณฑ์ในปี 2555

จากรูปที่ 1.6 เมื่อคิดเป็นมูลค่าของผลิตภัณฑ์โดยแบ่งตามรุ่นของผลิตภัณฑ์ ก็จะพบว่า ผลิตภัณฑ์รุ่น BW13 นั้น มีมูลค่าสูงที่สุดในปี 2555

ดังนั้นทางทีมผู้บริหารของโรงงาน ซึ่งได้แก่ ผู้จัดการของโรงงาน ผู้ช่วยผู้จัดการโรงงาน และทางแผนกปรับปรุงกระบวนการผลิต จึงได้ ให้ความสำคัญ กับจำนวนเงินที่อาจจะสูญเสียไปถ้าหากไม่ทำการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นกับผลิตภัณฑ์รุ่น BW13 ดังนั้นทางผู้บริหารของโรงงานจึงให้ความสำคัญกับการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นกับผลิตภัณฑ์รุ่นนี้เป็นอันดับแรกของโรงงาน

ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกผลิตภัณฑ์รุ่น BW13 มาทำการแก้ไขเพื่อทำการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ จากนั้นจึงได้ทำการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น ซึ่งรายละเอียดได้แสดงตามรูปที่ 1.7 ซึ่งจะพบว่าลักษณะข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นมากที่สุดคือรูเข็ม แตะด้านข้างและแตกบริเวณบ่อเก็บของเสีย ตามลำดับ เมื่อทำการวิเคราะห์สาเหตุของการเกิดของเสียพบว่าสามารถเกิดจากสาเหตุต่างๆได้หลายประการ โดยทั้งจากวิธีการทำงานของพนักงาน จากเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการปฏิบัติงาน หรือเกิดจากวิธีการทำงานที่ไม่เหมาะสม





**รูปที่ 1.7** แผนภาพพารโตแสดงจำนวนชิ้นงานที่บกพร่องและเปอร์เซ็นต์ชิ้นงานบกพร่องสะสม ตั้งแต่เดือนมกราคม 2554 ถึงเดือนตุลาคม 2554

ดังนั้นจากข้อมูลปัญหาข้างต้น ในการทำงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยจึงมุ่งเน้นไปที่การลด ปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต โดสุกภัณฑ์ โดยจะใช้หลักการของไชนิน (Shainin Approach) มาใช้ในการแก้ไขปัญหา โดยเริ่มต้นจาก การเลือกปัญหา เพื่อที่จะระบุของเขตของปัญหาที่จะทำการปรับปรุง ทำการวิเคราะห์กระบวนการผลิต เพื่อให้เข้าใจกระบวนการไหลของผลิตภัณฑ์และกระบวนการทำงานของแต่ละขั้นตอนการผลิต จากนั้นทำการเก็บข้อมูลลักษณะข้อบกพร่อง เพื่อทำความเข้าใจลักษณะปัญหาที่เกิดขึ้น ทำการสืบค้นหาความแตกต่างของปัญหา เช่น ตำแหน่งที่เกิด หรือว่าลักษณะของเสียที่เกิดขึ้นนั้น เกิดขึ้นกับพนักงานคนใดมากกว่ากัน เพื่อจะได้ทราบความสัมพันธ์ของสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาและบอกให้ทราบถึงความเป็นไปได้ว่า X สีแดง (Red X) คืออะไร และอยู่ที่ไหน จากนั้นกำหนดวิธีการแก้ไขปัญหา และทำการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับสาเหตุของการเกิดปัญหา เพื่อทำการพิสูจน์ว่าปัจจัยที่พบนั้นเป็นปัจจัยที่เป็นสาเหตุหลักจริงหรือไม่ และ ทำการควบคุมเพื่อป้องกันไม่ให้ปัญหานี้เกิดขึ้นอีก

### 1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อลดสัดส่วนของเสียประเภทรูเข็ม แตะด้านข้างและแตกบริเวณบ่อเก็บของเสีย จากกระบวนการผลิตโถสุขภัณฑ์

### 1.4 ขอบเขตของงานวิจัย

1. ทำการศึกษาเฉพาะผลิตภัณฑ์ ประเภทโถสุขภัณฑ์รุ่นBW13
2. คำนวณที่ใช้วัดคือจำนวนของเสียในกรณีของรูเข็ม แตะด้านข้างและแตกบริเวณบ่อเก็บของเสียในหน่วยเปอร์เซ็นต์
3. ใช้แนวทางการแก้ปัญหาของไชนิน (Shainin) ในการแก้ปัญหา

### 1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. เปอร์เซ็นต์ของเสียของรูเข็ม แตะด้านข้างและแตกบริเวณบ่อเก็บของเสียลดลง
2. จำนวนเงินที่สูญเสียที่เกิดจากของเสียประเภทรูเข็ม แตะด้านข้างและแตกบริเวณบ่อเก็บของเสียลดลง
3. ได้วิธีการปฏิบัติงานที่เหมาะสมสำหรับพนักงานในการลดสัดส่วนของเสียประเภทรูเข็ม แตะด้านข้างและแตกบริเวณบ่อเก็บของเสีย

### 1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ลดปริมาณของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตโถสุขภัณฑ์
2. ลดต้นทุนจากของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตโถสุขภัณฑ์
3. เพื่อเป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาของการผลิตสุขภัณฑ์อื่นๆ ในโรงงานผลิตสุขภัณฑ์

## 1.7 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

การลดปริมาณของเสียที่เกิดจากกระบวนการหล่อแบบของโถสุกักันท์ โดยดำเนินการตามหลักการและแนวทางของไชนิน (Shainin Approach) ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยต่างๆที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งศึกษาเครื่องมือทางสถิติต่างๆที่จำเป็นต้องใช้ในการวิเคราะห์
2. ขึ้นระบุปัญหา (Define the problem or Define the green Y) คือ การกำหนดปัญหา ความรุนแรงของปัญหาและผลกระทบที่เกิดขึ้น โดยการเลือกปัญหาและทีมงาน (Problem and Team Selections)
3. ขั้นตอนการแสดงผลปริมาณและวิธีการวัดปัญหาที่พบ (Quantify and measure the Green Y)
4. ขั้นตอนการระบุปัญหาในอดีต (Problem History) เป็นขั้นตอนที่ทำการระบุระยะเวลาของปัญหาที่เกิดขึ้น อัตราการเกิดของเสีย และค่าใช้จ่ายที่สูญเสีย
5. ขั้นตอนการระบุร่องรอย (Generate Clues) โดยการศึกษาแผนภาพการไหลของกระบวนการ (Process Flow Diagram) เก็บข้อมูลเพื่อให้เข้าใจลักษณะของปัญหาที่เกิดขึ้นจริง โดยตารางการเก็บข้อมูลของเสีย (Defect check sheet) และหาจุดหรือเงื่อนไขของปัจจัยป้อนเข้าที่ทำให้ได้ผลกระทบที่ดีที่สุด (Best of Best: BOB) และจุดหรือเงื่อนไขของปัจจัยป้อนเข้าที่ทำให้ได้ผลกระทบที่แย่ที่สุด (Worst of worst: WOW)
6. การออกแบบการทดลอง
7. ทำการทดสอบปัญหา เพื่อให้มั่นใจว่าเป็นการปรับปรุงที่ถาวร (Turn the problem on and off – ensuring permanence of improvement) โดยการใช้วิธีการเปรียบเทียบสิ่งที่ดีกว่ากับปัจจุบัน (B vs. C or Better Versus Current)

8. แสดงให้เห็นข้อกำหนดเฉพาะที่เป็นจริง และค่าเผื่อ (Establish realistic specifications and tolerance-optimize)

9. ทำให้กระบวนการปรับปรุงคงที่ (“Freeze” the process improvements) หรือที่เรียกว่า Positrol ซึ่งหมายถึง การควบคุมในเชิงบวกหรือเชิงระวังป้องกันของตัวแปรต่าง ๆ ซึ่งเป็นสาเหตุของความแปรปรวนในกระบวนการ โดยระบุถึง 5W 1H ลงในเอกสารอย่างชัดเจน

10. การรับรองกระบวนการ (Process Certification) โดยใช้คณะกรรมการจากหลายสาขา ซึ่งทีมงานให้คำปรึกษาจะต้องลงรายการคุณภาพภายนอก หรือจัดเตรียมการลงรายการเกี่ยวกับข้อจำกัดของกระบวนการจากนั้นจะทำการตรวจสอบกระบวนการเพื่อให้แน่ใจว่าปัญหาทางคุณภาพที่เกิดขึ้นนั้นได้รับการแก้ไขแล้ว “ขจัดเกลากกระบวนการ” ก่อนที่จะมีการรับรองกระบวนการ ในแง่ของระยะเวลาควรจะ 1 หรือ 2 ครั้งต่อปี ในกรณีที่ จะกลับมาตรวจสอบผลของกระบวนการ และทำการรับรองกระบวนการโดยคณะกรรมการ

11. การควบคุมสิ่งที่ได้รับ โดยใช้วิธีการที่เรียกว่า Pre-Control

12. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

13. จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

## 1.8 แผนการดำเนินงานวิจัย

ตารางที่ 1.3 แผนการดำเนินงานวิจัย

รายละเอียด	พ.ย.-54				ธ.ค.-54				ม.ค.-55				ก.พ.-55				มี.ค.-55				เม.ย.-55				พ.ค.-55				มิ.ย.-55				ก.ค.-55				ส.ค.-55				ก.ย.-55			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
1. ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยต่างๆที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งศึกษาเครื่องมือทางสถิติต่างๆที่จำเป็นต้องใช้ในการวิเคราะห์	■																																											
2. ขึ้นระบุปัญหา (Define the problem or Define the green Y)					■																																							
3. ขั้นตอนการแสดงผลปริมาณและวิธีการวัดปัญหาที่พบ (Quantify and measure the Green Y)									■																																			
4. ขั้นตอนการระบุปัญหาในอดีต (Problem History) เป็นขั้นตอนที่ทำการระบุระยะเวลาของปัญหาที่เกิดขึ้น อัตราการเกิดของเสีย และค่าใช้จ่ายที่สูญเสีย													■																															
5. ขั้นตอนการระบุร่องรอย (Generate Clues)													■																															
6. การออกแบบการทดลอง																	■																											
7. ทำการทดสอบปัญหา เพื่อให้มั่นใจว่าเป็นการปรับปรุงที่ถาวร (Turn the problem on and off – ensuring permanence of improvement)																					■																							
8. แสดงให้เห็นข้อกำหนดเฉพาะที่เป็นจริง และค่าที่เอื้อ (Establish realistic specifications and tolerance-optimize)																									■																			
9. ทำให้กระบวนการปรับปรุงคงที่ ("Freeze" the process improvements) หรือที่เรียกว่า Positrol																													■															
10. การรับรองกระบวนการ (Process Certification)																																	■											
11. การควบคุมสิ่งที่ได้รับโดยใช้วิธีการที่เรียกว่า Pre-Control																																	■											
12. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ																																	■											
13. จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์																																	■											

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

##### 2.1.1 ระบบไชนิน (Shainin System)

ผู้ให้กำเนิดแนวคิดนี้คือ ดาเรนห์ ไชนิน (Dorian Shainin) เกิดที่ซานฟรานซิส ประเทศสหรัฐอเมริกา เมื่อ 26 กันยายน 1914 มีผลงานโดดเด่นทางด้านแนวคิด X สีแดง (Red X Concept) ซึ่งแนวคิดนี้เป็นที่นิยมมากในประเทศสหรัฐอเมริกา เพราะเป็นวิธีที่สามารถเข้าใจได้ง่าย โดยมีบริษัทมากกว่า 800 บริษัท ที่ดาเรนห์ ไชนินเป็นที่ปรึกษา

Bhote (2000) ได้กล่าวถึงกลยุทธ์ของไชนิน โดยกลยุทธ์นี้จะใช้หลักการของพารโดในการวิเคราะห์ เพื่อให้เกิดความเข้าใจมากขึ้นในหลักการของไชนิน จะต้องทำความเข้าใจเกี่ยวกับคำศัพท์ที่ใช้เฉพาะของไชนิน ดังนี้

- Green Y หมายถึง ปัญหาที่พบ ซึ่งเป็นปัญหาที่ต้องการแก้ไข
- Red X หมายถึง สาเหตุหลักที่ทำให้เกิดปัญหานั้นๆ โดยส่วนใหญ่จะมีประมาณ 50% ของปัญหาที่พบทั้งหมด
- Pink X หมายถึง สาเหตุรองที่ทำให้เกิดปัญหา ซึ่งจะมีประมาณ 20-30% ของปัญหาที่พบทั้งหมด
- Pale Pink X หมายถึง สาเหตุอันดับ 3 ที่ทำให้เกิดปัญหา ซึ่งจะมีประมาณ 10% ของปัญหาที่พบทั้งหมด
- BOB (Best of Best) หมายถึง จุดหรือเงื่อนไขของปัจจัยป้อนเข้าที่ทำให้ได้ ปัญหาที่พบ (Green Y) ที่ดีที่สุด ซึ่งอาจจะเป็นวิธีการทำงาน พนักงาน เครื่องจักร เครื่องมือและอื่นๆ ซึ่งสามารถที่จะหาได้จากการเก็บข้อมูลของปัญหาที่พบ (Green Y) เพื่อใช้เปรียบเทียบความแตกต่าง

- WOW (Worst of worst) หมายถึงจุดหรือเงื่อนไขของปัจจัยป้อนเข้าที่ทำให้ได้ ผลกระทบ (Y) ที่แย่ที่สุด ซึ่งอาจจะเป็นวิธีการทำงาน พนักงาน เครื่องจักร เครื่องมือ และอื่นๆซึ่งสามารถที่จะหาได้จากการเก็บข้อมูลของปัญหาที่พบ (Green Y) เช่นเดียวกับสิ่งที่ดีที่สุด (Best of Best: BOB)

### ขอบข่ายของกลยุทธ์ไชนิน มี 10 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นระบุปัญหา (Define the problem or Define the green Y) คือ การกำหนดปัญหาความรุนแรงของปัญหาและผลกระทบที่เกิดขึ้น โดยการเลือกปัญหาและทีมงาน ( Problem and Team Selections) โดยมีจุดประสงค์ เพื่อระบุขอบเขตของปัญหาที่จะทำการปรับปรุง ซึ่งควรประกอบไปด้วย รุนผลิตภัณฑ์ ปัญหาที่เกิด และข้อมูลอื่นๆ ที่จำเป็น

2. ขั้นตอนการแสดงผลและวิธีการวัดปัญหาที่พบ (Quantify and measure the Green Y) ซึ่งมีขั้นตอน ดังนี้

- จะต้องดูว่า Green Y สามารถวัดได้หรือไม่ โดยถ้าข้อมูลที่ได้นั้นเป็นข้อมูลประเภทจำนวนนับ จะต้องนำมาแปลงให้เป็นข้อมูล Variable โดยการใช้ Likert Scale

- Likert Scale คือการกำหนดค่าความรุนแรงของลักษณะข้อบกพร่องจากเดิมที่เป็นข้อมูลแบบจำนวนนับมาเป็นข้อมูลที่ผันแปร โดยกำหนดระดับความรุนแรง ค่าเลข 1 คือค่าที่แย่ที่สุด และค่าที่ 10 คือค่าที่ดีที่สุด หรือจะสามารถกำหนดว่าในทางกลับกันว่า ค่าเลข 1 คือค่าที่ดีที่สุดและค่า 10 คือค่าที่แย่ที่สุด

- ใช้ Scatter plot ในการตัดสินใจ โดยอ้างอิงที่ตัวเลข 5:1 เพื่อดูความผันแปรของเครื่องมือเอง ความผันแปรระหว่างเครื่องมือ ความผันแปรระหว่างพนักงาน ซึ่งจะบอกความสัมพันธ์ของค่าคลาดเคลื่อนของผลิตภัณฑ์

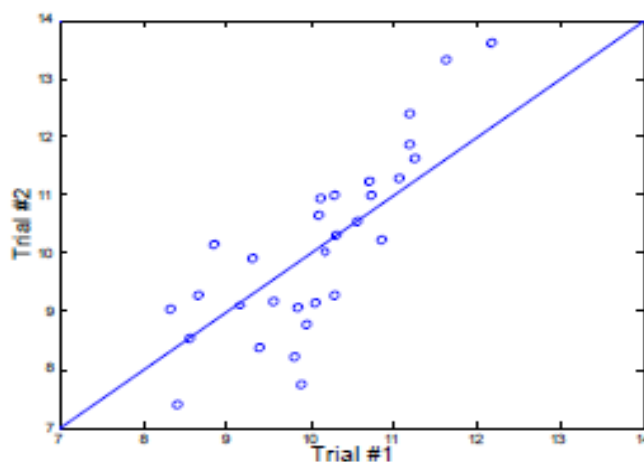
นพดล อิ่มเอม (2547) ได้กล่าวถึงการประเมินระบบการเก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับตัววัดปัญหา ซึ่ง Shainin ได้ให้ความสำคัญเป็นพิเศษสำหรับความเหมาะสมของตัววัดปัญหา ว่ามีความคลาดเคลื่อนจากการเก็บรวบรวมข้อมูลจากแหล่งใดได้บ้าง โดยเน้นความถูกต้องและความแม่นยำของตัวข้อมูลที่ได้จากระบบการวัดปัญหา การทบทวนระบบการวัดของปัญหา Shainin ได้เสนออัตราส่วน

ต่างๆ ทดแทนการใช้วิธีวิเคราะห์ที่เรียกว่า Bias และ Gage R&R (การวิเคราะห์ระบบการวัดมีตัวพิจารณา 6 องค์ประกอบ โดยเริ่มจากความละเอียดของข้อมูลเพื่อตรวจจับความผันแปร ความถูกต้องของข้อมูล ความแน่นอนหรือเสถียรภาพของระบบการวัด ความเป็นเชิงเส้นตรงของระบบการวัดและความสามารถในการวัดซ้ำ การวัดใหม่โดยเปลี่ยนผู้วัด) สิ่งที่ใช้เพื่ออธิบายความสามารถของระบบการวัด Shainin ได้ใช้แนวคิด ความสามารถในการแยกแยะความแตกต่าง (discrimination) มากำหนดว่า หากมีการเปลี่ยนแปลงจากผลการทดลองแล้ว ระบบวัดปัจจุบันของเราสามารถตรวจพบได้หรือไม่ โดยสัดส่วนที่แนะนำเพื่อดูความสามารถในการแยกแยะคือ

$$\frac{D}{d} = \frac{\text{ความผันแปรของผลิตภัณฑ์ความผันแปรของระบบการวัด}}{\text{}}$$

โดยค่านี้ควรมีค่าสัดส่วน 5:1 เพื่อสามารถมองเห็นการเปลี่ยนแปลงในตัวผลที่ไม่ได้ถูกลบด้วยค่าผลความคลาดเคลื่อนจากการวัด

Stefan H. และคณะ (2008) กล่าวว่า เครื่องมือที่ใช้ในการเปรียบเทียบความผันแปรของระบบการวัด คือ ไอโซพลอต (Isoplot) ซึ่งในการทำ จะต้องทำแผนภูมิการกระจาย (Scatter plot) ในการวัดสองครั้งของชิ้นงานแต่ละชิ้น จากนั้นนำมาเขียนลงในกราฟ โดยกราฟแนวนอนเป็นการวัดครั้งที่ 1 และแนวตั้งเป็นการวัดครั้งที่ 2 โดยวิธีนี้จะสามารถประเมินในการทำซ้ำหรือระบบการวัดที่แตกต่างระหว่างพนักงาน หรือเครื่องมือวัด เป็นต้น



รูปที่ 2.1 ตัวอย่างไอโซพลอต (Isoplot)



3. ขั้นตอนการระบุปัญหาในอดีต (Problem History) เป็นขั้นตอนที่ทำการระบุระยะเวลาของปัญหาที่เกิด อัตราการเกิดของเสีย และค่าใช้จ่ายที่สูญเสีย

4. ขั้นตอนการระบุร่องรอย (Generate Clues)

4.1 แผนภูมิหลายตัวแปร (Multi-Vari Chart) ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อลดจำนวนสาเหตุหรือปัจจัยต่างๆที่จะก่อให้เกิดปัญหา ให้มีน้อยลง โดยใช้กราฟในการค้นหาความผันแปรของสาเหตุในการเกิดปัญหา โดยจะเรียกความสัมพันธ์ของความผันแปรที่เกิดขึ้นนี้ว่าครอบครัวความผันแปร (Families of Variation) ซึ่งมี 3 ลักษณะ คือ

(1) ความผันแปรภายในชิ้นงาน (Positional Variation or Within Unit Family) ซึ่งพิจารณาความผันแปรที่เป็นตัวทำให้เกิดปัญหาจากตำแหน่งต่างๆ ภายในชิ้นงานเดียวกัน ด้านบนกับด้านล่าง ความผันแปรจากเครื่องจักรหนึ่งไปสู่เครื่องจักรหนึ่ง หรือจากพนักงานคนหนึ่งสู่พนักงานอีกคนในสายการผลิตเดียวกัน

(2) ความผันแปรระหว่างชิ้นต่อชิ้น (Cyclical Variation or Unit to Unit Family) เป็นความผันแปรที่เกิดจากงานที่ผ่านกระบวนการเดียวกัน ภายในระยะเวลาสั้นๆ บางทีเรียกว่า ความผันแปรจากชิ้นงานสู่ชิ้นงานหรือลือตต่อลือต

(3) ความผันแปรระหว่างเวลาต่อเวลา (Temporal Variations or Time to Time Family) เป็นความผันแปรตามช่วงเวลาการผลิต เช่น ชั่วโมงถึงชั่วโมง กะถึงกะ วันต่อวัน เป็นต้น

นพดล อิ่มอม (2547) สิ่งที่ได้จากแผนภูมิหลายตัวแปร (Multi-Vari Chart) ทำให้ตัดสินใจเลือกประเด็นสาเหตุที่น่าจะส่งผลมาเข้าสู่การเลือกตัวแปรทดลองต่อไป หากความผันแปรมาจากชิ้นต่อชิ้น หากเป็นกระบวนการประกอบ มีชิ้นส่วน ย่อยมาประกอบในสายการผลิต และสามารถถอดเข้าออกได้โดยไม่เกิดความเสียหาย จะใช้เทคนิคที่เรียกว่า การค้นหาส่วนประกอบ (Component search) เพื่อค้นหาว่าสาเหตุุนั้นเกิดจากชิ้นส่วนใด ซึ่งหลักของ การค้นหาส่วนประกอบ (Component search) คือการกำหนดสภาพก่อนระหว่างงานดีกับงานเสีย แล้วลองสลับชิ้นส่วนดู เพื่อดูว่าการเปลี่ยนแปลงทำให้งาน

ที่ดีกลายเป็นงานที่เสียหรือไม่ และพบที่ชิ้นส่วนใด แล้วจึงทำการวิเคราะห์ปัจจัย (Factorial Analysis) ต่อไป

แต่ถ้าสิ่งที่ได้จากแผนภูมิหลายตัวแปร (Multi-Vari Chart) เกิดจากความผันแปรภายในชิ้นงาน (Within Unit) สิ่งที่จะต้องทำต่อไปคือ การทำแผนภาพความสนใจ (Concentration Chart) เพื่อเป็นการระบุตำแหน่งที่แท้จริงของปัญหา โดยแผนภาพความสนใจจะสามารถแสดงได้ในกรณีที่ไม่สามารถบอกได้ว่าตำแหน่งของการเกิดปัญหาซ้ำๆคือบริเวณใด หรือมีความสนใจลักษณะของการเกิดลักษณะข้อบกพร่องที่ตำแหน่งใดเป็นพิเศษ

จากการใช้ตารางการเก็บข้อมูลจากครอบครัวความผันแปร (Family of Variation : FOV) ซึ่งสิ่งที่ดีที่สุด (Best of Best: BOB) คือจุดหรือเงื่อนไขของปัจจัยป้อนเข้าที่ทำให้ได้ ปัญหาที่พบ (Green Y) ที่ดีที่สุด ซึ่งอาจจะเป็นวิธีการทำงาน พนักงาน เครื่องจักร เครื่องมือ และอื่นๆ ซึ่งสามารถที่จะหาได้จากการเก็บข้อมูลของปัญหาที่พบ (Green Y) เพื่อใช้เปรียบเทียบความแตกต่าง

สิ่งที่แย่ที่สุด (Worst of worst: WOW) คือจุดหรือเงื่อนไขของปัจจัยป้อนเข้าที่ทำให้ได้ ผลกระทบ (Y) ที่แย่ที่สุด ซึ่งอาจจะเป็นวิธีการทำงาน พนักงาน เครื่องจักร เครื่องมือ และอื่นๆซึ่งสามารถที่จะหาได้จากการเก็บข้อมูลของปัญหาที่พบ (Green Y) เช่นเดียวกับสิ่งที่ดีที่สุด (Best of Best: BOB)

โดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่าการเปรียบเทียบจับคู่ (Pair Comparisons) มาอธิบายสาเหตุโดยการเปรียบเทียบทีละคู่ เพื่อศึกษาปัจจัยที่สงสัยและนำมาศึกษาทีละปัจจัย โดยใช้วิธีทางสถิติที่เรียกว่า Turkey Test มาประเมินค่า

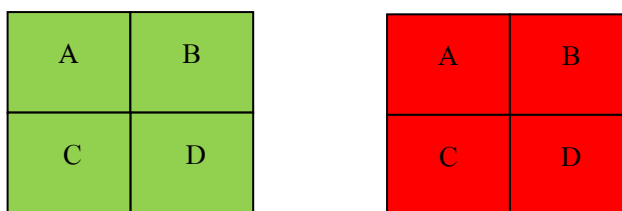
4.2 การค้นหาส่วนประกอบ (Components Search) เป็นลักษณะของการทำงานที่ไม่รบกวนการผลิต ไม่ต้องการความรู้ทางด้านเทคนิคที่ซับซ้อนของผลิตภัณฑ์นั้นๆ และใช้จำนวนตัวอย่างที่น้อยมาก นั่นคือ ต้องการแค่ชิ้นงานที่ดี และชิ้นงานที่ไม่ได้เท่านั้น ซึ่งขั้นตอนในการค้นหาส่วนประกอบมี 4 ขั้นตอน ดังนี้

- ชั้น Ballpark มีวัตถุประสงค์เพื่อตัดสินใจว่าถ้า Red X หรือ Pink X เป็นสิ่งที่อยู่ในตัวแปรที่สนใจอยู่แล้ว จะต้องมีการทำซ้ำในการถอดประกอบและการประกอบใหม่

- ขั้น Elimination เป็นการตัดหรือกำจัดส่วนประกอบผลิตภัณฑ์บางตัวที่ไม่  
สำคัญออก

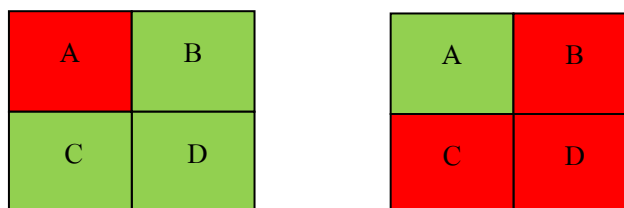
- ขั้น Capping Run คือตรวจสอบว่าส่วนประกอบแต่ละชิ้นที่ได้รับการ  
คัดเลือกนั้นมีนัยสำคัญต่อผลิตภัณฑ์จริงหรือไม่ (Capping Run Stage)

- ขั้น Factorial Analysis เป็นการวิเคราะห์โดยใช้ Full Factorial ในวิเคราะห์  
ความสัมพันธ์ร่วม (Interaction) ของส่วนประกอบผลิตภัณฑ์แต่ละชิ้น ( Factorial Analysis) โดย  
ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างปัจจัย (Interaction Effect) มีดังต่อไปนี้มีหลายแบบ ได้แก่ แบบไม่มีอันตร  
กิริยา (No interaction) แบบมีอันตรกิริยาชนิดอ่อน (Weak interaction) และแบบมีอันตรกิริยาชนิด  
รุนแรง (Strong interaction) ซึ่งกรณีของไม่มีอันตรกิริยา (No interaction) และมีอันตรกิริยาชนิดอ่อน  
(Weak interaction) สามารถกำหนดค่าของปัจจัยทั้งสองได้อย่างอิสระ แต่ถ้าใน กรณีอันตรกิริยาชนิด  
รุนแรง (Strong interaction) การกำหนดค่าของแต่ละปัจจัยจะต้องพิจารณาร่วมกัน



รูปที่ 2.2 สิ่งที่ดีที่สุด (Best of Best: BOB) แทนด้วยสีเขียว และสิ่งที่แย่ที่สุด (Worst of Worst: Wow)

แทนด้วยสีแดง



รูปที่ 2.3 การสลับส่วนประกอบระหว่างสิ่งที่ดีที่สุด (BOB) และสิ่งที่แย่ที่สุด (WOW)

ซึ่ง ผลสรุปจากการสลับส่วนประกอบผลิตภัณฑ์ ถ้าประสิทธิภาพของ สิ่งที่ดีที่สุด (BOB) ยังคง เป็นสิ่งที่ดีที่สุด (BOB) อยู่ และสิ่งที่แย่ที่สุด (WOW) ยังคงเป็นสิ่งที่แย่ที่สุด (WOW) เช่นเดิม แสดงว่า ส่วนประกอบ A ไม่มีนัยสำคัญต่อประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์เลย

แต่ถ้าประสิทธิภาพของ สิ่งที่ดีที่สุด (BOB) กลายเป็นสิ่งที่แย่ที่สุด (WOW) และสิ่งที่แย่ที่สุด (WOW) กลายเป็นสิ่งที่ดีที่สุด (BOB) แสดงว่าส่วนประกอบ A มีนัยสำคัญโดยตรงต่อประสิทธิภาพ ผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 ตัว และส่วนประกอบผลิตภัณฑ์นั้นเป็นส่วนประกอบเดียวที่มีผลต่อประสิทธิภาพของ ผลิตภัณฑ์ ส่วนประกอบผลิตภัณฑ์อื่นๆ ( B, C, D,...) ไม่มีผลต่อประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ และถ้า ประสิทธิภาพของ สิ่งที่ดีที่สุด (BOB) ถดถอยลงแต่ไม่ถึงขั้นสิ่งที่แย่ที่สุด (WOW) และสิ่งที่แย่ที่สุด (WOW) มีการเปลี่ยนแปลงที่ดีขึ้น แสดงว่าส่วนประกอบ A มีนัยสำคัญต่อประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ แต่ไม่ใช่ทั้งหมด อาจจะมีส่วนประกอบอื่นๆ ( B, C, D,...) ที่มีนัยสำคัญต่อประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ ร่วมด้วย

4.3 การเปรียบเทียบจับคู่ (Paired Comparisons) เป็นวิธีที่ไม่รบกวนกระบวนการผลิต เป็นเทคนิคเพื่อใช้เปรียบเทียบสินค้าที่ดีกับเลวหรือดีกับเสีย เพื่อวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของ สินค้าชิ้น ใช้ในกรณีที่สินค้าไม่สามารถถอดประกอบหรือแยกเป็นชิ้นส่วนได้ การเปรียบเทียบจับคู่นั้น สามารถนำไปใช้ประโยชน์หลายด้าน เช่น การออกแบบผลิตภัณฑ์ใหม่ การออกแบบกระบวนการผลิต เป็นต้น โดยมีเงื่อนไขเบื้องต้น ดังนี้

- คุณสมบัติหรือลักษณะคุณภาพ ( Green Y) ต้องสามารถวัดได้อย่างแม่นยำ ด้วยเครื่องมือวัดที่มีความละเอียดอย่างน้อย 5 เท่า
- ทุกๆครั้งในการทดลองควรเลือกหน่วยที่ดีที่สุด ( BOB) และหน่วยที่แย่ที่สุด (WOW) จากผลการทดลองหรือผลการปฏิบัติงาน
- ตัวแปรหรือลักษณะคุณภาพที่เป็นค่า จำนวนนับ (Attribute) ควรเปลี่ยนไป เป็นค่าผันแปร (Variable) โดยใช้ Likert Scale (1-10)

4.4 กระบวนการค้นหาผลิตภัณฑ์และกระบวนการค้นหากระบวนการ (Product / Process Search) โดยวัตถุประสงค์ เพื่อแยกปัจจัยที่สำคัญของกระบวนการ ออกจากปัจจัยที่ไม่สำคัญของกระบวนการ โดยมีหลักการดังนี้

- ความผันแปรของคุณภาพสินค้าโดยทั่วไป เกิดจาก 2 สาเหตุ คือ ความผันแปรของตัวสินค้าเอง เช่น จากวัตถุดิบ และ ความผันแปรอันเกิดจากกระบวนการผลิต (Process parameters)

- ถ้าความผันแปรเกิดจากตัวสินค้า วิธี ค้นหาส่วนประกอบ (Component Search) หรือการเปรียบเทียบจับคู่ (Paired comparison) จะช่วยหาสาเหตุของความผันแปรในผลิตภัณฑ์นั้นได้ ซึ่งเป็นส่วนของผลิตภัณฑ์ (Product) ใน ส่วนหนึ่งของ การค้นหาผลิตภัณฑ์ / กระบวนการ (Product/Process Search)

- ถ้าสาเหตุของความผันแปรเกิดจาก ตัวแปรจากกระบวนการผลิต ( Process parameters) ซึ่งอาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของกะการทำงาน การเปลี่ยนแปลงของเวลา หรืออุณหภูมิ สามารถใช้วิธีการค้นหาสินค้า / กระบวนการ (Product/Process Search) ซึ่งเป็น ในส่วนของกระบวนการ (Process) ซึ่งใช้หลักเดียวกับ การเปรียบเทียบจับคู่ (Paired comparison) เพื่อหาสาเหตุของความผันแปร

- วิธีการค้นหาสินค้า / กระบวนการ (Product/Process Search) เป็นวิธีต่อเนื่องจากการวิเคราะห์หลายตัวแปร (Multi-Vari Analysis) สำหรับกรณีที่มี X สีแดง (Red X) เกิดจากเวลาต่อเวลา (time-to-time)

5. การออกแบบการทดลอง ซึ่งมี 3 วิธี คือ

5.1 การค้นหาตัวแปร (Variable Search) ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อ ลดจำนวนสาเหตุหรือปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพสินค้า เพื่อแยกปัจจัยที่สำคัญออกจากที่ไม่สำคัญ เพื่อขยายค่าความเผื่อ (Tolerance) ของปัจจัยที่ไม่สำคัญ และเพื่อกำหนดขนาดหรือมิติและทิศทางของปัจจัยที่สำคัญซึ่งมีผลต่อคุณภาพสินค้า เพื่อการป้องกันปัญหาการผลิตด้วยการออกแบบที่ดี เพื่อการหาความสัมพันธ์ของ

ปัจจัยต่างๆ แม้ในกรณีที่ไม่สามารถรู้สมการทางคณิตศาสตร์ และเพื่อลดค่าใช้จ่ายโดยการผ่อนคลายค่าความถี่ และความเข้มงวดของปัจจัยที่ไม่สำคัญ โดยมีขั้นตอนดังนี้

- ชั้น Ball Park มีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดตัวแปรและค่าที่ถูกต้องในแต่ละการทดลอง

- ชั้น Separation of important and unimportant factors มีวัตถุประสงค์เพื่อแยกตัวแปรที่สำคัญออกจากตัวแปรที่ไม่สำคัญ และกำจัดตัวแปรที่ไม่สำคัญออกไปรวมทั้ง อันตรกิริยา (Interaction) ที่เกิดจากตัวแปรนั้นออกไปด้วย

- ชั้น Capping Run (Verification) มีวัตถุประสงค์เพื่อยืนยันตัวแปรที่สำคัญและยืนยันความสำคัญของตัวแปรนั้น

- ชั้น Factorial Analysis มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์หาค่าของปัจจัยสำคัญที่จะทำให้คุณภาพสินค้าดีที่สุด โดยการหาผลกระทบหลัก (Main Effect) และผลกระทบร่วม (Interaction Effect)

5.2 แฟกทอเรียลแบบเต็มรูปแบบ (Full Factorial Design) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ เพื่อหาความสำคัญของปัจจัยที่เลือกมา 2-4 ปัจจัยจากปัจจัยทั้งหมดว่าปัจจัยใดที่มีนัยสำคัญต่อคุณภาพสินค้า และปัจจัยใดที่ไม่มีนัยสำคัญ เพื่อหาว่าปัจจัยใดที่ไม่มีความสำคัญต่อคุณภาพสินค้า เพื่อจะได้ผ่อนคลายค่าความถี่ของปัจจัยนั้น ข้อเสียของแฟกทอเรียลเต็มรูปแบบ (Full Factorial Design) ก็จะต้องทำการทดลองเป็นจำนวนมาก โดยหลักการมีดังนี้

- ความสมดุล (Balance) ตัวแปรแต่ละตัวจะต้องถูกทำการทดลองที่ทุก ระดับ (Levels) และ ทุกความสัมพันธ์ (Combinations) เพื่อให้เกิดความสมดุล (Balance Design) เพื่อให้ครอบคลุมผลกระทบหลัก (Main Effects) และผลกระทบร่วม (Interaction Effects) ทั้งหมด

- การทำซ้ำ (Replication) วัตถุประสงค์ของการทำซ้ำในแต่ละ ความสัมพันธ์ (Combination) เพื่อให้เกิดความถูกต้องของการทดลอง แต่มีข้อเสียคือในการทำการทดลองซ้ำจะส่งผลให้เสียค่าใช้จ่ายสูง

- การสุ่มตัวอย่าง (Randomization) ลำดับการทดลองต้องเป็นแบบสุ่ม จุดมุ่งหมายของการทดลองแบบสุ่มเพื่อกำจัดปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ หรือเพื่อให้ผลจากปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้กระจายให้ทั่ว ไม่กระจุกตัวในการทดลองเฉพาะกลุ่มใดกลุ่มหนึ่ง วิธีในการทดลองแบบสุ่ม อาจทำได้หลายวิธี เช่น ใช้ตารางเลขสุ่ม ใช้ฟังก์ชันเลขจำนวนสุ่มของเครื่องคิดเลข หรือการทำสลากแล้วสุ่มจับสลากเพื่อกำหนดลำดับการทดลอง เป็นต้น

5.3 การเปรียบเทียบสิ่งที่ดีกว่ากับปัจจุบัน (B vs. C or Better Versus Current) เป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับพิสูจน์ปัญหาที่พบในผลิตภัณฑ์ หรือกระบวนการผลิตที่ได้รับแก้ไขปรับปรุงแล้ว เพื่อพิสูจน์หรือยืนยันว่าดีกว่ากระบวนการเดิมจริงหรือไม่ โดยสัญลักษณ์ตัวอักษร B และ C หมายถึงค่า 2 ระดับ (+) และ (-) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการทวนสอบหรือยืนยันผลของปัจจัย (Verification Tools) มากกว่าที่จะใช้เป็นเครื่องมือในการแก้ปัญหาเบื้องต้น และเพื่อเป็นการตัดสินใจว่าผลิตภัณฑ์ชิ้นใด หรือกระบวนการใด ดีกว่ากันในด้านคุณภาพ โดยมีการกำหนดในเรื่องของคุณภาพ และความเชื่อมั่น

6. ทำการทดสอบปัญหา เพื่อให้มั่นใจว่าเป็นการปรับปรุงที่ถาวร (Turn the problem on and off – ensuring permanence of improvement) โดยการใช้วิธี การเปรียบเทียบสิ่งที่ดีกว่ากับปัจจุบัน (B vs. C or Better Versus Current)

#### 6.1 ขั้นตอนการวิเคราะห์ B vs C

- กำหนดค่าความเสี่ยงและค่าความเชื่อมั่น ซึ่งในที่นี้จะกำหนดค่าความเสี่ยงอยู่ที่ 5% และค่าความเชื่อมั่นอยู่ที่ 95%

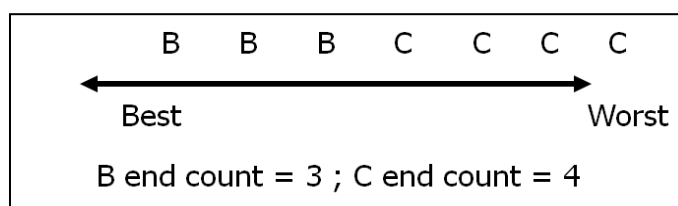
- กำหนดขนาดตัวอย่างสำหรับ B vs C แนวทางที่ใช้ในอุตสาหกรรม โดยทั่วไป สำหรับวิธี B Vs. C คือทดสอบแบบ The six pack test คือการใช้ B= 3 ตัว และ C = 3 ตัว ในการทดสอบ ด้วยค่าความเสี่ยง  $\alpha$  ที่ 5% (หรือที่ความเชื่อมั่น 95%) จุดดีของวิธีนี้คือง่ายต่อการจำ และใช้จำนวนตัวอย่างในการทดสอบน้อย

- การทดลองจะต้องทดลองแบบสุ่ม (Randomization) และสุ่มทดลองจากประชากรขนาดใหญ่ (Infinite population) และการทดสอบ โดยใช้ B 3 ตัว และ C 3 ตัว

- การจัดเรียงชิ้นงาน จัดเรียงลำดับสินค้าหรือชิ้นงานตามลำดับจากดีที่สุด (Best) ไปหาเลวหรือแย่ที่สุด (worst) โดยอาจพิจารณาจากคุณสมบัติ หรือข้อกำหนดเฉพาะ (Specification) ของสินค้า

- กฎการตัดสินใจ

1) กฎการไม่ทับซ้อน (No-overlap Rules) คือ ไม่มีการทับซ้อนกันระหว่าง B และ C บางตัว โดยการนับ B ตั้งแต่ตัวแรกจนถึงตัวสุดท้าย ก่อนถึง C นับ และนับ C ตั้งแต่ C ตัวแรกที่อยู่ท้ายสุดก่อนถึง B



รูปที่ 2.4 กฎการไม่ทับซ้อน (No-overlap Rules)

ตารางที่ 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความเสี่ยงและผลรวมค่าปลาย (Bhote, K. R. and Bhote K. A., 2000)

ความเสี่ยง $\alpha$	ความเชื่อมั่น	ผลรวมค่าปลาย (End count)
0.1	90%	6
0.05	95%	7
0.01	99%	10
0.001	99.5%	13





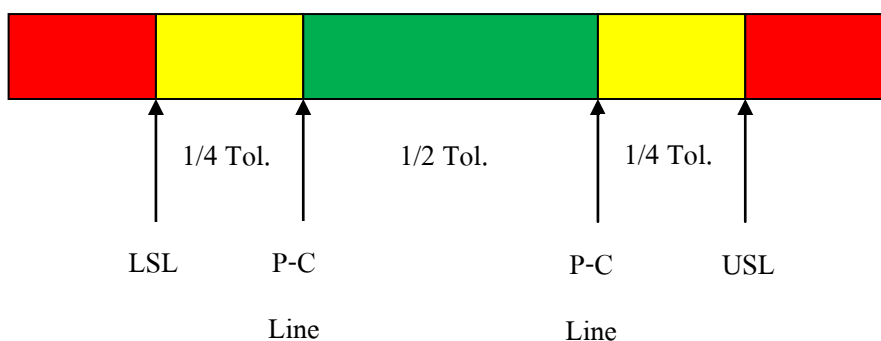
8. ทำให้กระบวนการปรับปรุงคงที่ (“Freeze” the process improvements) หรือที่เรียกว่า Positrol ซึ่งหมายถึง การควบคุมในเชิงบวกหรือเชิงระวังป้องกันของตัวแปรต่าง ๆ ซึ่งเป็นสาเหตุของความแปรปรวนในกระบวนการ โดยระบุถึง 5W 1H ลงในเอกสารอย่างชัดเจน

9. การรับรองกระบวนการ (Process Certification) โดยใช้คณะทำงานจากหลายสาขา ซึ่งทีมงานให้คำปรึกษาจะต้องลงรายการคุณภาพภายนอก หรือจัดเตรียมการลงรายการเกี่ยวกับข้อจำกัดของกระบวนการจากนั้นจะทำการตรวจสอบกระบวนการเพื่อให้แน่ใจว่าปัญหาทางคุณภาพที่เกิดขึ้นนั้นได้รับการแก้ไขแล้ว “ขัดเกลากิจกรรม” ก่อนที่จะมีการรับรองกระบวนการ ในแง่ของระยะเวลาควรจะ 1 หรือ 2 ครั้งต่อปี ในกรณีที่ จะกลับมาตรวจสอบผลของกระบวนการ และทำการรับรองกระบวนการโดยคณะทำงาน

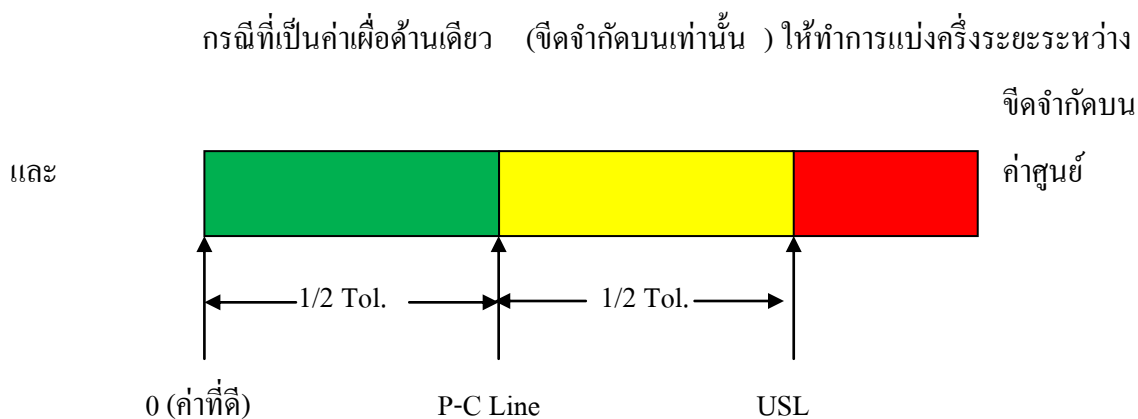
10. การควบคุมสิ่งที่ได้รับ โดยใช้วิธีการที่เรียกว่า Pre-Control ซึ่ง Pre-control เป็นวิธีการที่ใหม่กว่า ง่ายกว่า ราคาถูกกว่า และผลทางสถิติมีพลังมากกว่าแผนภูมิควบคุม เนื่องจากมีการแสดงผลที่ลึกมากกว่าแผนภูมิควบคุม ซึ่งมีขั้นตอนในการทำ 4 ขั้นตอน ดังนี้

#### 1) สร้างเส้น Pre-Control Lines

กรณีที่เป็นค่าเพื่อ 2 ด้าน (Two-side tolerance) ให้แบ่งความกว้างของข้อกำหนดออกเป็น 4 ส่วน และลากเส้นแบ่งเขต 2 จุด โดยผ่าตรงกลางของความกว้าง



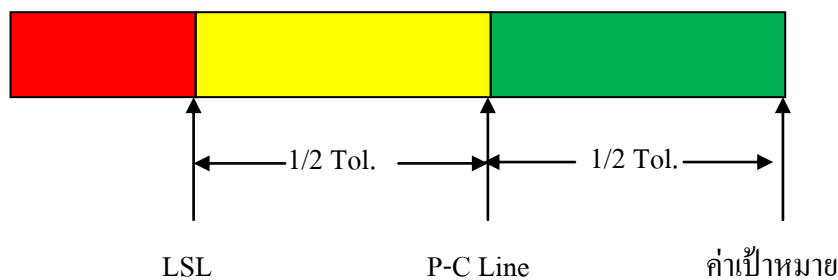
รูปที่ 2.6 การสร้างเส้น Pre-Control กรณีมีค่าเพื่อ 2 ด้าน (Two-Side Tolerance)



รูปที่ 2.7 การสร้างเส้น Pre-Control กรณีมีค่าเผื่อด้านเดียว (ขีดจำกัดบนเท่านั้น)

กรณีที่เป็นค่าเผื่อด้านเดียว (ขีดจำกัดล่างเท่านั้น) ให้ทำการแบ่งครึ่งระยะระหว่าง

ขีดจำกัดล่างและค่าเป้าหมาย



รูปที่ 2.8 การสร้างเส้น Pre-Control กรณีมีค่าเผื่อด้านเดียว (ขีดจำกัดล่างเท่านั้น)

2) การกำหนดความสามารถของกระบวนการ โดยปกติการกำหนดค่าความสามารถของกระบวนการนั้น จะต้องใช้ตัวอย่างตั้งแต่ 30-100 ตัวอย่าง จากนั้นจะทำการคำนวณหาค่าความสามารถของกระบวนการ แต่ Pre-Control จะเป็นวิธีลัด โดยการใช้ตัวอย่าง 5 ตัวอย่างติดต่อกันจากกระบวนการผลิต ถ้าผลปรากฏว่าตัวอย่างทั้ง 5 ตัวนั้นอยู่ในเขตพื้นที่สีเขียว จะสามารถสรุปได้ว่าค่าความสามารถของกระบวนการมีค่า  $C_{pk}$  อยู่ที่ 1.33 หรืออาจจะมากกว่านั้น และทางฝ่ายผลิตจะสามารถเริ่มทำการผลิตได้ แต่ถ้ามี 1 ตัวอย่าง ใน 5 ตัวอย่างนั้น ออกอยู่นอกพื้นที่เขตสีเขียว แสดงว่า

กระบวนการ นี้ ไม่อยู่ในการควบคุม ทางฝ่ายผลิตจะไม่ยอมให้ทำการผลิต จากนั้นจะต้องทำการ  
ออกแบบ การทดลองเพื่อที่จะระบุและลดสาเหตุของความผันแปรภายในกระบวนการ

3) Pre-Control ในกระบวนการผลิต เมื่อทำการเริ่มการผลิต ใช้ขนาดตัวอย่าง 2  
ตัวอย่างที่ต่อเนื่องกันจากกระบวนการผลิต และทำการตัดสินใจว่ายังคงสามารถทำการผลิตได้ต่อไป  
หรือ ควรหยุดทำการผลิต โดยมีกฎดังนี้

- ถ้า 2 ตัวอย่างนั้น อยู่ที่เขตพื้นที่สีเขียว ให้ทำการผลิตต่อไป
- ถ้า 1 ตัวอย่าง ตกอยู่บริเวณเขตพื้นที่สีเขียว และอีก 1 ตัวอย่างนั้นตก อยู่  
บริเวณเขตพื้นที่สีเหลือง ให้ทำการผลิตต่อไป
- ถ้าทั้ง 2 ตัวอย่างนั้น ตกอยู่บริเวณพื้นที่สีเหลือง ให้หยุดทำการผลิต จะต้อง  
ทำการปรับกระบวนการผลิตและทำการค้นหาสาเหตุของความผันแปร
- ถ้ามี 1 ตัวอย่าง ตกอยู่บริเวณพื้นที่สีแดง จะต้องทำการหยุดการผลิต และทำ  
การค้นหาสาเหตุที่เกิดขึ้น
- เมื่อทางฝ่ายผลิตหยุดทำการผลิต จากนั้นมีการค้นหาสาเหตุและทำการแก้ไข  
เรียบร้อยแล้ว ให้กลับไปเริ่มตั้งแต่กฎข้อที่ 2 ที่ว่าจะต้องมีตัวอย่าง 5 ตัวอย่างติดต่อกัน ตกอยู่ในเขตพื้นที่  
สีเขียว ก่อนที่จะทำการผลิตต่อไป

4) ความถี่ในการสุ่มตัวอย่าง หากจากการที่นำเวลาที่ต้องหยุดสายการผลิตเพื่อทำการ  
ปรับตั้งเครื่องจักรใหม่ มาหารด้วย 6 เช่น พบว่ามีการสุ่มตัวอย่างตอน 9.00 น. พบว่าค่าที่ได้ตกอยู่  
บริเวณพื้นที่สีเหลือง 2 ตัวอย่าง และพบว่าตอน 12.00 น. พบว่าค่าที่ได้ตกอยู่บริเวณพื้นที่สีเหลืองอีก 2  
ตัวอย่าง ซึ่งจากระยะเวลาที่ห่างกันคือ 3 ชั่วโมง นำระยะเวลานี้มาหารด้วย 6 ซึ่งจะได้ว่าจะต้องทำการ  
สุ่มทุกๆครึ่งชั่วโมง ซึ่งข้อดีของ Pre-Control ที่เหนือกว่าแผนภูมิควบคุม มีดังนี้ ตามตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่าง Pre-Control และแผนภูมิควบคุม โดย Bhote (2000)

คุณลักษณะ	แผนภูมิควบคุม (Control Chart)	Pre-Control
1. ความง่าย	ซับซ้อน – มีการควบคุมการคำนวณ	ง่าย – Pre Control จะกำหนดขอบเขตที่จุดกึ่งกลางความกว้างของข้อกำหนด
2. ลักษณะการใช้ของพนักงาน	ยาก – มีการบังคับใช้แผนภูมิควบคุม การอ่านค่าไม่ชัดเจน	ง่าย – พื้นที่สีเขียว สีเหลือง และสีแดง เป็นแนวทางการปฏิบัติสำหรับผู้ปฏิบัติงานทั้งหมด
3. หลักการทางคณิตศาสตร์	เกี่ยวข้องกับ ค่าเฉลี่ย ค่าพิสัย ขีดจำกัดการควบคุม และขีดจำกัดของกระบวนการ ซึ่งจะต้องมาจากการคำนวณ	ง่าย – เพียงแค่หารด้วย 4
4. คุณสมบัติของกระบวนการ	25 กลุ่มย่อย แต่ละกลุ่มต้องมี 4-5 ตัวอย่าง	ใช้กฎที่ว่า 5 ตัวอย่าง ตกอยู่เขตพื้นที่สีเขียว จะให้ค่า Cpk ที่ต่ำที่สุดอยู่ที่ 1.33
5. การผลิตขนาดเล็ก	ถ้ากระบวนการผลิตไม่ต่ำกว่า 500 ชิ้น จะต้องมีการสุ่มตัวอย่าง 80 – 150 ชิ้น ก่อนที่จะมีการกำหนดขอบเขต	สามารถใช้กับการผลิตที่มีมากกว่า 20 ชิ้นขึ้นไป เส้น Pre-Control จะทำการกำหนดโดยข้อกำหนด (Specification)
6. การตัดสินใจ	ช้าเกินไป – ต้องมีการกำหนดจุดลงในแผนภูมิ ซึ่งต้องใช้หลายจุด	ทันทีทันใด – โดยการใช้การระบุเขตพื้นที่สีเขียว สีเหลือง หรือสีแดง
7. การตรวจสอบซ้ำของขอบเขตการควบคุม	บ่อย – ไม่มีอะไรในอุตสาหกรรมที่บอกสาเหตุที่แน่นอนที่ส่งผลต่อระบบ	ไม่จำเป็น – นอกเสียจากมีการเปลี่ยนแปลงข้อกำหนด

8. การปรับเปลี่ยนเครื่องจักร	ใช้เวลานาน – ทุกครั้งที่มีการปรับเปลี่ยน จะต้องมีการทดลองผลิตตั้งแต่ 80 – 150 ตัวอย่าง	คงที่ – ขึ้นอยู่กับกลุ่มตัวอย่าง 2 ชั้น
------------------------------	--	---

ตารางที่ 2.2 เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่าง Pre-Control และแผนภูมิควบคุม โดย Bhote (2000) (ต่อ)

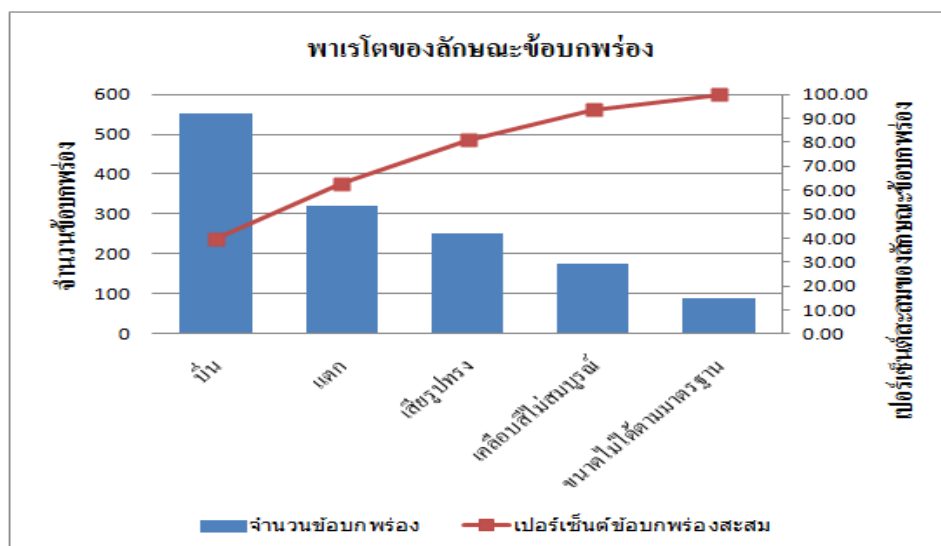
คุณลักษณะ	แผนภูมิควบคุม (Control Chart)	Pre-Control
9. ความถี่ของการสุ่มตัวอย่าง	คลุ่มเคลื่อ ไม่มีการกำหนดแน่นอน	ใช้กล้วยๆ – ใช้ 6 กลุ่มตัวอย่าง ที่เกิดจากการหยุดและปรับแต่ง 2 จุด
10. อำนาจในการจำแนก	อ่อนแอ – $\alpha$ (ความเสี่ยงในการปฏิเสธชิ้นงาน ทั้งที่เป็นชิ้นงานที่ดี) สูง และ $\beta$ (ความเสี่ยงที่จะยอมรับชิ้นงาน ทั้งที่เป็นชิ้นงานที่ไม่ดี) สูง มีความสัมพันธ์น้อยกับข้อจำกัด	ดีเยี่ยม - $\alpha$ (ความเสี่ยงในการปฏิเสธชิ้นงาน ทั้งที่เป็นชิ้นงานที่ดี) ต่ำ ซึ่งน้อยกว่า 2% ภายใต้สภาพที่ไม่ดี โดยถ้าเป็น 0% จะได้ Cpk = 1.66 และถ้า $\beta$ (ความเสี่ยงที่จะยอมรับชิ้นงาน ทั้งที่เป็นชิ้นงานที่ไม่ดี) มีค่าน้อยกว่า 1.36% ภายใต้สภาพที่ไม่ดี และ 0% จะได้ค่า Cpk = 1.66
11. แผนภูมิของจำนวนนับ	แผนภูมิ P และ C จะไม่แยกแยะลักษณะข้อบกพร่อง และ ความสำคัญ	แผนภูมิจำนวนนับสามารถเปลี่ยนไปเป็นแผนภูมิ Pre-Control โดยการให้น้ำหนักแต่ละลักษณะของข้อบกพร่อง
12. ค่าใช้จ่าย	แพง – ใช้การคำนวณ กระจายเอกสารเยอะ จำนวนกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดใหญ่ มีการสุ่มตัวอย่างที่บ่อย และใช้เวลาทดลองนาน	ไม่แพง – การคำนวณง่าย ใช้กระจายเอกสารน้อย กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเล็ก การสุ่มตัวอย่างไม่บ่อย ในกรณีที่สินค้ามีคุณภาพดี ความสามารถของกระบวนการถูกกำหนดโดยชิ้นงานเพียง 5 ชั้น

### 2.1.2 ทฤษฎีพาร์โต (Pareto Principle)

กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ (25 53) ความเป็นมา วิลเฟรโด พาร์โต ( Vilfredo Pareto) เป็นวิศวกรและนักสังคมวิทยา ( Engineer & Sociologist) ชาวอิตาลี ซึ่งมีชีวิตอยู่ในช่วงปี ค.ศ.1849-1923 (พ.ศ. 2392-2466) ได้ทำการศึกษาคนที่มียศบรรดาศักดิ์ต่าง ๆ แล้วได้นำเสนอผลของการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลและได้กลายมาเป็นเครื่องมือทางการบริหารการจัดการที่ได้รับความนิยมอย่างกว้างขวาง ในฐานะที่เป็นวิธีการแก้ไขปัญหาจำนวนมากด้วยการศึกษาวิเคราะห์น้อยที่สุด สาเหตุส่วนน้อยทำให้เกิดปัญหาส่วนใหญ่ ซึ่งอาจถือเป็นหลักการว่า "ประมาณร้อยละ 80 ของปัญหา เกิดจากสาเหตุเพียงไม่กี่ประการเท่านั้น"

แผนภูมิพาร์โต เป็นการรวมกราฟพื้นฐาน 2 ชนิด มาไว้ด้วยกันคือ กราฟคอลัมน์และกราฟเส้น แต่คอลัมน์กราฟต้องมีลักษณะพิเศษ โดยการจัดการลำดับความสูงของแต่ละแท่งให้เรียงแถวลดหลั่นกันลงมาจากซ้ายมาขวา แกนนอนใช้เป็นฐานสำหรับคอลัมน์ต่าง ๆ แต่ละคอลัมน์เป็นตัวแทนของประเภทรายการข้อมูลที่กำลังพิจารณา ความสูงของคอลัมน์แต่ละแท่งแสดงสัดส่วนของ "ขนาด" หรือ "ค่าใช้จ่าย"หรือ "ประชากร" ของรายการแต่ละประเภท ส่วนแผนภูมิพาร์โตที่เป็นกราฟเส้นมีไว้เพื่อแสดงค่าสะสมของความสูงของคอลัมน์ ต่าง ๆ เรียงจากซ้ายมาขวา

ปัจจุบัน ได้มีการนำแผนภูมิพาร์โตมาใช้งานด้านต่าง ๆ เช่น เปรียบเทียบความถี่ของอาชญากรรมรุนแรงรูปแบบต่าง ๆ สาธิตการใช้เวลาปฏิบัติการกิจด้านต่างๆของพนักงาน จัดรูปข้อมูลเกี่ยวกับชิ้นส่วนที่เสียตามประเภทของข้อบกพร่อง ระบุสาเหตุสำคัญของการเกิดของเสีย การประเมินเปรียบเทียบปัญหา ก่อนและหลังการใช้ เป็นต้น โดยหลักการที่สำคัญคือการใช้หลักการ 80-20



รูปที่ 2.9 ตัวอย่างแผนภาพพารेटอ (Pareto Diagram)

### 2.1.3 การวิเคราะห์ระบบการวัดสำหรับข้อมูลนับ

กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ (2549) ได้กล่าวถึงวิธีการวัดความสามารถของกระบวนการวัดว่าเป็นการประเมินโดยการเปรียบเทียบชิ้นงานที่ทำการตรวจสอบกับพิสัยของข้อกำหนดเฉพาะ ซึ่งจะทำให้สามารถประเมินผลของข้อมูลออกมาเป็นที่ยอมรับหรือปฏิเสธ และผ่านหรือไม่ผ่าน จึงไม่สามารถประเมินผลได้ว่าคุณภาพของงานที่ตรวจสอบนั้นดีหรือไม่คืออย่างไร

ในการศึกษาความสามารถของกระบวนการวัดนี้ สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 วิธีคือ วิธีการประเมินผลระยะสั้น (short method) และวิธีการประเมินผลในระยะยาว (long method) โดยแนวความคิดของกระประเมินผลในระยะสั้นจะอาศัยการจำแนกชิ้นตัวอย่างที่มีลักษณะทั้งดี ไม่ดี และก้ำกึ่ง (marginal) ในจำนวนที่เหมาะสม แล้วให้พนักงานทำการตรวจสอบเพื่อจำแนกผลการตรวจสอบเป็นผ่านหรือไม่ผ่าน จากนั้นจะพิจารณาว่าผลการตรวจสอบซ้ำมีคุณภาพตรงกับคุณภาพแท้จริงของตัวอย่างงานหรือไม่ ซึ่งลักษณะดังกล่าวจะบ่งบอกถึงความถูกต้องในการตรวจสอบ สำหรับแนวคิดในการประเมินผลระยะยาวนั้นจะอาศัยกราฟแสดงสมรรถนะของระบบวัด (Gauge Performance Curve ; GPC) ที่แสดงถึงโอกาสในการตรวจสอบแล้วยอมรับคุณภาพของสิ่งตัวอย่างแต่ละสิ่งตัวอย่างที่มีการกำหนดในรูปของค่าอ้างอิง เพื่อพิจารณาค่าไปอัสและค่าริฟิทเพอเบิลิตี โดยจะทำการ



ตัดสินใจว่าค่าไบอัสมีความแตกต่างจากค่าศูนย์อย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ โดยอาศัยตัวสถิติสำหรับทดสอบ  $t$  โดย

$$t = \frac{31.3 \times |\text{ค่าไบอัส}|}{\text{ค่ารีฟิเทบิลิตี}}$$

ค่ารีฟิเทบิลิตีจะพิจารณาค่าได้จากค่าความแตกต่างของค่าวัดอ้างอิงที่สอดคล้องกับความน่าจะเป็นในการตรวจสอบแล้วยอมรับ ( $P_a$ ) 0.995 กับค่าวัดค่าอ้างอิงที่สอดคล้องกับความน่าจะเป็นในการตรวจสอบแล้วยอมรับ ( $P_r$ ) 0.005 แล้วหารด้วยตัวประกอบเพื่อการปรับค่า (Adjustment Factor) (AIAG, 2002)

การประเมินผลระบบการวัดในระยะสั้น มีวิธีการประเมินผล ดังนี้

1. ทำการเลือกคณะผู้ชำนาญการ ซึ่งเป็นบุคคลที่มีความสามารถเป็นพิเศษในการแยกแยะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ดี/เสีย และลูกค้ำให้การยอมรับการตรวจสอบดังกล่าว
2. ให้กำหนดล็อตมาตรฐาน (standard lots) สำหรับใช้ในการตรวจสอบเพื่อประเมินความสามารถของกระบวนการตรวจสอบ โดยล็อตดังกล่าวประกอบด้วยสิ่งตัวอย่างที่มีคุณภาพดี 1 ใน 3 ของสิ่งตัวอย่างทั้งหมด โดยมีสิ่งตัวอย่างที่มีคุณภาพไม่ดีอีก 1 ใน 3 ของการตรวจสอบ และอีก 1 ใน 3 เป็นสิ่งตัวอย่างที่มีคุณภาพก้ำกึ่ง (marginal) โดยงานก้ำกึ่งนี้ควรจะต้องประกอบด้วยงานดีแบบก้ำกึ่ง (marginal conformity) และงานไม่ดีแบบก้ำกึ่ง (marginal nonconformity) อย่างละครึ่ง (Fresser and Bretter, 1992)
3. ทำการเลือกพนักงานตรวจสอบมา 2-4 คน โดยพนักงานที่เลือกมานั้นจะต้องเป็นพนักงานที่มีหน้าที่ประจำในงานตรวจสอบคุณภาพ และได้ผ่านการฝึกอบรมมาอย่างดีพร้อม ผ่านการสอบประเมินผลแล้ว
4. ทำการกำหนดชิ้นงานตัวอย่าง และจำนวนครั้งในการทดสอบซ้ำ โดยจำนวนดังกล่าวจะขึ้นอยู่กับจำนวนของพนักงานทดสอบ

ตารางที่ 2.3 ขนาดตัวอย่างในการประเมินผลระบบการตรวจสอบข้อมูลนับ (Fasser and Brettner, 1992)

จำนวนพนักงาน ตรวจสอบ	จำนวนชิ้นงานตัวอย่างที่ ต่ำที่สุด	จำนวนทดสอบซ้ำที่ ต่ำที่สุด
1	24	5
2	18	4
≥ 3	12	3

5. ให้ทำการสุ่มพนักงานตรวจสอบขึ้นมาหนึ่งคน แล้วให้ทำการตรวจสอบตัวอย่างงานแบบสุ่ม เพื่อประเมินผลคุณภาพของสิ่งตัวอย่างว่าผ่านหรือไม่ผ่าน

6. ทำการสุ่มพนักงานมาอีก แล้วดำเนินการเหมือนขั้นตอนที่ 5 ทำเช่นนี้ไปจนครบการประเมินผลจากพนักงานทุกคน

7. ดำเนินการประเมินผลด้วยดัชนีต่างๆ ดังนี้ (สมการที่ 2.1-2.4)

เปอร์เซ็นต์รีพีทอะบิลิตีของพนักงานตรวจสอบ =  $\frac{\text{จำนวนครั้งที่ผลการตรวจสอบเหมือนกันจำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}}{\text{จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}}$

เปอร์เซ็นต์ความไม่ไว้อาศัยของพนักงานตรวจสอบ =  $\frac{\text{จำนวนครั้งที่ผลการตรวจสอบเหมือนกันและถูกต้องจำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}}{\text{จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}}$

เปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพด้านรีพีทอะบิลิตีของการตรวจสอบ =  $\frac{\text{จำนวนครั้งที่ผลการตรวจสอบทุกคนเหมือนกันจำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}}{\text{จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}}$

เปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพด้านไว้อาศัยของการตรวจสอบ =  $\frac{\text{จำนวนครั้งที่พนักงานทุกคนตรวจสอบได้ถูกต้องเหมือนกันจำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}}{\text{จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}}$

8. ดำเนินการตัดสินใจจากสมการข้างต้นที่ว่า ถ้าหากค่า %รีพีทอะบิลิตีของพนักงานตรวจสอบ (% appraiser score) ไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดแล้วให้ทำการอบรมพนักงานใหม่ รวมถึงการประเมินผลพนักงานใหม่ เพื่อปรับปรุงรีพีทอะบิลิตีได้ดีขึ้น และถ้า % ความไม่ไว้อาศัยของพนักงานตรวจสอบ (% attribute score) มีค่าไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดแล้วจะต้องปรับปรุงวิธีการตรวจสอบใหม่ หรือมีฉะนั้น

จะต้องกำหนดให้ชิ้นงานได้รับการตรวจสอบโดยผู้ชำนาญเฉพาะเท่านั้น สำหรับ % ประสิทธิภาพด้านรีพิทเทบิลิตีของการตรวจสอบ (% attribute screen effective score) ถ้าหากมีค่าไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดแล้ว มีความจำเป็นต้องค้นหาสาเหตุจากดัชนีข้างต้น แล้วทำการแก้ไขให้ถูกต้อง

## 2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Sharma and Chetiya (2009) ได้กล่าวถึงการนำชิค ชิคม่าอย่างง่ายมาใช้โดยประยุกต์ใช้เทคนิค DOE ซึ่งเครื่องมือที่ใช้ในการแก้ปัญหา ได้แก่ แผนภูมิการไหลของกระบวนการ การวิเคราะห์พาเรโต แผนผังสาเหตุและผล และเครื่องมือทางสถิติขั้นสูง เช่น การออกแบบการทดลอง การวิเคราะห์การถดถอยและอื่นๆ เครื่องมือที่ใช้ในการออกแบบการทดลองที่รู้จักกันมาก คือ การออกแบบการทดลองแบบคลาสสิก (Classical) แบบทาคุชิ (Taguchi) และแบบไชนิน (Shainin) ซึ่งวิธีไชนิน (Shainin) ถือได้ว่าเป็นทางเลือกที่ดีมากกว่าวิธีการอื่นซึ่งง่ายกว่าแฟคทอเรียล (Factorial) ง่ายกว่าการออกแบบพื้นผิวดอบสนองซึ่งเป็นวิธีทั่วไปที่ใช้ในการออกแบบการทดลอง (DOE) ซึ่งได้รับการยอมรับว่ามีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาเรื่องคุณภาพที่เรื้อรังที่ทำให้เกิดผลกระทบแก่ผู้ผลิตส่วนใหญ่ ซึ่งไชนิน DOE เป็นการทำงานบนพื้นฐานของการจัดตัวแปรที่ครอบคลุมกระบวนการ โดยใช้เครื่องมือ 7 ชนิด คือ แผนภูมิหลายตัวแปร (Multi vari chart) การค้นหาชิ้นส่วน (Component Search) การเปรียบเทียบจับคู่ (Paired Comparison) การค้นหาตัวแปร (Variable Search) แฟคทอเรียลแบบเต็มรูปแบบ (Full Factorials) การวิเคราะห์ B กับ C ดีขึ้นเมื่อเทียบกับปัจจุบัน (B vs. C : Better vs Current Analysis) การวิเคราะห์แผนภูมิการกระจาย (Scatter plot) โดยประโยชน์ของการใช้เครื่องมือไชนิน (Shainin) ได้แก่ ใช้ขนาดตัวอย่างที่น้อยกว่าในการวิเคราะห์ปัญหา ไม่จำเป็นต้องใช้โปรแกรมทางสถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล เพราะไชนินไม่ได้ต้องการความรู้ทางสถิติที่ซับซ้อน เกี่ยวข้องกับพนักงานทุกระดับรวมทั้งคนงานและพนักงานระดับล่าง นอกจากนี้ความสำเร็จของโครงการมีผลกระทบเชิงบวกอย่างมากเกี่ยวกับขวัญและกำลังใจของพนักงาน ในแง่ของการชักจูงให้พวกเขาเชื่อว่าชิค ชิคม่า ไม่ใช่ทั้งหมดเกี่ยวกับการใช้เครื่องมือทางสถิติที่ซับซ้อน รายละเอียดดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 เครื่องมือไชนิน โดย Sharma and Chetiya (2009)

เครื่องมือ	วัตถุประสงค์	กรณีที่สามารถใช้ได้	เวลาที่สามารถใช้ได้	ขนาดตัวอย่าง
แผนภูมิหลายตัวแปร (Multi vari chart)	เพื่อลดจำนวนตัวแปรที่ไม่เกี่ยวข้องกับสาเหตุ	เพื่อให้ได้ภาพรวมของวิธีการที่ผลิตผลิตภัณฑ์ กระบวนการที่กำลังทำงาน	ต้นแบบทางวิศวกรรมการผลิต	น้อยกว่า 9-15
การค้นหาชิ้นส่วน (Component Search)	เพื่อตรวจสอบว่า X สีแดงนั้นอยู่ในขั้นตอนการประกอบหรืออยู่ในส่วนประกอบ	ในการดำเนินการประกอบ	ต้นแบบทางวิศวกรรมการผลิต	2
การเปรียบเทียบจับคู่ (Paired Comparison)	ให้เบาะแสในการกำหนด X สีแดง โดยใช้ในการเปรียบเทียบจับคู่ของชิ้นส่วนที่ดีและไม่ดี	ในกรณีที่มีการจับคู่กับชุดของการปฏิบัติที่แตกต่างกันของผลิตภัณฑ์ที่ไม่สามารถถอดประกอบได้	เหมือนการค้นหาชิ้นส่วน (Component Search)	1-20
การค้นหาตัวแปร (Variable Search)	หาผลกระทบหลักและปฏิสัมพันธ์ ซึ่งเกิดความคาดเคลื่อนบนตัวแปรที่สำคัญ	เมื่อจำนวนตัวแปรอยู่ระหว่าง 5-20	ใช้ในกรณีค้นคว้าวิจัย การพัฒนาทางวิศวกรรม และในกระบวนการผลิต	1-20
แฟกทอเรียลแบบเต็มรูปแบบ (Full factorials)	เหมือนกับการค้นหาตัวแปร (Variable Search)	เมื่อจำนวนตัวแปรอยู่ระหว่าง 2-4	เหมือนการค้นหาตัวแปร (Variable Search)	1-16

ตารางที่ 2.4 เครื่องมือไชนิน โดย Sharma and Chetiya (2009) (ต่อ)

เครื่องมือ	วัตถุประสงค์	กรณีที่สามารถใช้ได้	เวลาที่สามารถใช้ได้	ขนาดตัวอย่าง
การวิเคราะห์ B กับ C ดีขึ้นเมื่อเทียบกับปัจจุบัน (B vs. C : Better vs Current Analysis)	เพื่อตรวจสอบกระบวนการใหม่หรือกระบวนการที่ดีกว่า	โดยปกติหนึ่งหรือมากกว่าของเครื่องมือดังกล่าวข้างต้น	ใช้ในกรณีต้นแบบ หรือในกระบวนการผลิต	น้อยกว่า 3 ของ B และ 3 ของ C
แผนภูมิการกระจาย (Scatter plot)	กำหนดค่าที่เหมาะสมที่สุดสำหรับ X สีแดง และค่าความคาดเคลื่อนสูงสุดที่ยอมรับได้	ตามเครื่องมือดังกล่าวข้างต้น	ใช้ในกรณีต้นแบบ	30

Jeroen de Mast และคณะ (2000) ได้ทำการศึกษาขั้นตอนและกลยุทธ์ในการปรับปรุงกระบวนการผลิต โดยนำวิธีการปรับปรุงกระบวนการผลิตต่าง ๆ มาทำการเปรียบเทียบกัน เพื่อให้เข้าใจถึงความเหมือนหรือความแตกต่างของแต่ละวิธีในการปรับปรุงกระบวนการผลิต ดังตารางที่ 2.3 โดยรายละเอียดของการเปรียบเทียบแต่ละหัวข้อ มีดังนี้

### 1. ประเภทของการปรับปรุง (Types of improvements) มี 2 ประเภท คือ

- เสถียรภาพ (Stabilization) หมายถึง กระบวนการที่นำการควบคุมทางสถิติมาใช้ ลักษณะการทำงานของกระบวนการเป็นการควบคุมที่มีเสถียรภาพและสามารถคาดการณ์ได้ กิจกรรมของการปรับปรุงประกอบด้วยกำจัดการกำจัดและการป้องกันการรบกวน ซึ่งจะเรียกว่า การแก้ไขกระบวนการ

- ความเหมาะสม (Optimization) หมายถึง ค่าตัวแปรต่างๆในกระบวนการผลิตมีการปรับเปลี่ยน เพื่อให้มีการปรับปรุงพฤติกรรม

### 2. ประเภทของข้อมูล (Type of data) มี 3 ประเภท คือ

- ข้อมูลเชิงคุณภาพ (Qualitative information) คือการนำความรู้จากกระบวนการผลิต ตัวอย่างเช่น พนักงานวิศวกรการผลิตที่ทำงานร่วมกับกระบวนการหรือช่างเทคนิคออกแบบมา แต่ในระบบไซนินไม่ยอมรับข้อมูลเชิงคุณภาพเพราะเชื่อว่าผลมาจากการคาดเดา

- ข้อมูลเชิงปริมาณที่ได้จากการสังเกต (Observational qualitative information) คือข้อมูลที่เป็นตัวเลขซึ่งได้เก็บรวบรวมจากกระบวนการผลิต โดยไม่มีการแทรกแซงในกระบวนการผลิต

- ข้อมูลเชิงปริมาณที่ได้จากการทดลอง (Experimental Qualitative information) คือข้อมูลที่เป็นตัวเลข ซึ่งได้มาจากการทดลอง

### 3. ขั้นตอนหลัก (Main phase) มี 3 ขั้นตอน ได้แก่

- ขั้นตอนการวางแผน (Planning phase) หน้าที่ของขั้นตอนนี้เพื่อที่จะระบุลักษณะคุณภาพที่สำคัญ ซึ่งมีวัตถุประสงค์ในการปรับปรุงและเตรียมการในขั้นตอนนี้ไป

- ขั้นตอนการวิเคราะห์และปรับปรุง (Analysis and improvement phase) ในขั้นตอนนี้ จะมาการวิเคราะห์กระบวนการ ผลลัพธ์และการพบโอกาสในการปรับปรุง ในกิจกรรมการวิเคราะห์ และปรับปรุง เพราะจะสังเกตเห็นความแตกต่างของขั้นตอน 2 ขั้นตอน

- ขั้นตอนการควบคุม (Control phase) เป็นขั้นตอนสุดท้ายที่เกี่ยวข้องกับการ ดำเนินการปรับปรุงและการออกแบบของระบบการควบคุม เพื่อให้แน่ใจว่าการปรับปรุงจะสามารถ เกิดขึ้นได้

ระดับการศึกษาและความสามารถของผู้ใช้กลยุทธ์ต่างๆ จะมีผลต่อการเลือกเครื่องมือต่างๆ มา ใช้ เพราะเครื่องมือบางชนิดเป็นคณิตศาสตร์ง่าย ๆ แต่บางชนิดเป็นคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อน ดังนั้นต้อง พิจารณาผู้ใช้เป็นสำคัญในการเลือกเครื่องมือที่เหมาะสมมาใช้ในองค์กร เช่น SPC เหมาะกับพนักงาน ระดับล่าง ส่วนทากูชิ (Taguchi) และ ไชนิน (Shainin) เหมาะสำหรับใช้โดยวิศวกรหรือฝ่ายผลิต ส่วน ชิکش ชิคม่า เหมาะสำหรับผู้บริหารระดับกลางหรือผู้เชี่ยวชาญเฉพาะทาง โดย ขั้นตอนของการเลือก กลยุทธ์และกรอบการทำงาน ซึ่งมีรายละเอียดดังตารางที่ 2.5 จากนั้นทำการเปรียบเทียบขั้นตอนของ วิธีการปรับปรุงแบบต่างๆ โดยรายละเอียดจากตารางที่ 2.6 ซึ่งเมื่อพิจารณากลยุทธ์ต่างๆ กลยุทธ์ทากูชิ (Taguchi Strategy) จะเน้นทางด้าน การทดลองและโดยจะมีความสนใจเพียงเล็กน้อยในขั้นตอนการ วางแผนและการควบคุม ส่วนขั้นตอนของ SPC จะขาดขั้นตอนการวิเคราะห์การทดลองและการ ปรับปรุง ดังนั้นในขั้นตอนการปรับปรุงพบว่า ชิکش ชิคม่า (Six Sigma ) และ ไชนิน (Shainin) จึงเป็น กลยุทธ์ที่สมบูรณ์แบบที่สุด

ตารางที่ 2.5 เปรียบเทียบประเภทของข้อมูล ประเภทของการปรับปรุง ขั้นตอน และชนิดของผู้ใช้ของวิธีการปรับปรุงแบบต่างๆ โดย Jeroen de Mast และคณะ (2000)

กลยุทธ์ (Strategy)	ประเภทของข้อมูล (Type of information)	ประเภทของการ ปรับปรุง (Improvement Type)	ขั้นตอนหลัก (Main phases)	ชนิดของผู้ใช้ (Typical user)
การควบคุมกระบวนการทางสถิติ (Statistical Process Control : SPC)	-ข้อมูลเชิงคุณภาพ -ข้อมูลเชิงปริมาณที่ได้จากการสังเกต	เสถียรภาพ	-วางแผน -วิเคราะห์ปรับปรุง (ไม่ได้ทำการทดลอง) -การควบคุม	พนักงานและวิศวกร
ทาคุชิ (Taguchi)	-ข้อมูลเชิงคุณภาพ -ข้อมูลเชิงปริมาณที่ได้จากการทดลอง	ความเหมาะสม	-วางแผน -วิเคราะห์ปรับปรุง (ไม่ได้ทำการทดลอง) -วิเคราะห์ปรับปรุง (ทำการทดลอง)	วิศวกร
ไชนิน (Shainin)	-ข้อมูลเชิงปริมาณที่ได้จากการสังเกต -ข้อมูลเชิงปริมาณที่ได้จากการทดลอง	-เสถียรภาพ -ความเหมาะสม	-วางแผน -วิเคราะห์ปรับปรุง (ไม่ได้ทำการทดลอง) -วิเคราะห์ปรับปรุง (ทำการทดลอง) -การควบคุม	วิศวกร



ตารางที่ 2.5 เปรียบเทียบประเภทของข้อมูล ประเภทของการปรับปรุง ขั้นตอน และชนิดของผู้ใช้ของวิธีการปรับปรุงแบบต่างๆ โดย Jeroen de Mast และคณะ (2000) (ต่อ)

กลยุทธ์ (Strategy)	ประเภทของข้อมูล (Type of information)	ประเภทของการ ปรับปรุง (Improvement Type)	ขั้นตอนหลัก (Main phases)	ชนิดของผู้ใช้ (Typical user)
ซิกซ์ ซิกมา (Six Sigma)	-ข้อมูลเชิงคุณภาพ -ข้อมูลเชิงปริมาณที่ได้จากการ สังเกต -ข้อมูลเชิงปริมาณที่ได้จากการ ทดลอง	ความเหมาะสม	-วางแผน -วิเคราะห์ปรับปรุง (ไม่ได้ทำการ ทดลอง) -วิเคราะห์ปรับปรุง (ทำการ ทดลอง) -การควบคุม	ฝ่ายบริหาร ระดับ กลางและผู้ ชำนาญพิเศษ

ตารางที่ 2.6 เปรียบเทียบขั้นตอนของวิธีการปรับปรุงแบบต่างๆ โดย Jeroen de Mast และคณะ (2000)

	การควบคุมกระบวนการทางสถิติ (Statistical Process Control : SPC)	ทาคุชิ (Taguchi)	ไซนิน (Shainin)	ซิกซ์ ซิกมา (Six Sigma)	หน้าที่
ขั้นตอนที่1 การวางแผน	-อธิบายกระบวนการผลิต -วิเคราะห์สาเหตุและผลกระทบ -วิเคราะห์ความเสี่ยง -วิเคราะห์กระบวนการวัด	-ระบุปัญหาที่ต้องการแก้ไข - กำหนดวัตถุประสงค์ในการทดลอง -กำหนดวิธีการวัด	-ระบุโครงการ -จัดตั้งระบบการวัดที่มีประสิทธิภาพ	-ทำการเลือกสิ่งที่มีผลต่อคุณภาพ -เลือกระบบการวัด -สร้างความสามารถของผลิตภัณฑ์ -ระบุค่ามาตรฐาน -ระบุวัตถุประสงค์	-เลือกและระบุปัญหา -แปลปัญหาไปสู่ระบบการวัด -ระบุระบบการวัด -ประเมินตัวชี้วัดมาตรฐาน -ระบุวัตถุประสงค์
ขั้นตอนที่2 วิเคราะห์ปรับปรุง (ไม่ได้ทำการทดลอง)	-วิเคราะห์สาเหตุและผลกระทบ -วิเคราะห์ความเสี่ยง -แผนภูมิควบคุมกระบวนการวัด -ทำการปรับปรุง	-ระบุปัจจัยซึ่งเชื่อว่ามีอิทธิพล	-ระบุร่องรอย -ลงรายการตัวแปร	-ระบุสาเหตุของการเปลี่ยนแปลง	-ระบุแหล่งที่มาของปัญหาเชิงคุณภาพ -ระบุแหล่งที่มาของปัญหาเชิงปริมาณ -ลดปัจจัยรบกวน -ลงรายการกระบวนการที่เป็นตัวแปร

ตารางที่ 2.6 เปรียบเทียบขั้นตอนของวิธีการปรับปรุงแบบต่างๆ โดย Jeroen de Mast และคณะ (2000) (ต่อ)

	การควบคุมกระบวนการทางสถิติ (Statistical Process Control : SPC)	ทาคุชิ (Taguchi)	ไชนิน (Shainin)	ซิกซ์ ซิกมา (Six Sigma)	หน้าที่
ขั้นตอนที่3 วิเคราะห์ปรับปรุง (ทำการทดลอง)		-ทำการทดลองเพื่อตัดปัจจัย -ทำการทดลองและวิเคราะห์ผล	-ออกแบบการทดลองโดยใช้ Variable search -ทำการทดลองโดยใช้ Full factorial -ใช้ Better vs current (B vs C) -กำหนดค่าความคาดเคลื่อนที่เป็นจริง	-ทำการคัดเลือกสาเหตุที่เป็นไปได้ -ค้นหาความสัมพันธ์ของตัวแปร -กำหนดค่าความคาดเคลื่อนของกระบวนการ	-ทำการทดลองเพื่อตัดปัจจัย -ทำการทดลองเพื่อหารูปแบบ -เลือกค่าที่เหมาะสม -ทำการพิสูจน์ -ระบุค่าความคาดเคลื่อนในการควบคุม
ขั้นตอนที่4 การควบคุม	-แผนภูมิควบคุม -แผนการปฏิบัติงาน -ศึกษาความสามารถของกระบวนการ -ทำการรับรอง	-กลับไปทำใหม่ถ้าไม่บรรลุวัตถุประสงค์	-การควบคุมกระบวนการทางสถิติ -ติดตามผลลัพธ์	-ตรวจสอบระบบการวัด -นำการควบคุมกระบวนการผลิตไปใช้ -กำหนดความสามารถของกระบวนการ -ตรวจสอบและทบทวน	-ระบุและนำการควบคุมไปใช้ -ระบุผลจากการปรับปรุง -ตรวจสอบการประกันคุณภาพ

Thomas and Antony (2005) ได้ทำการวิจัยโดยการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดำเนินงานของ ทากูชิ (Taguchi) และ ไชนิน (Shainin) โดยประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงความแข็งแรงของโครงสร้างของ การบินและอวกาศ ซึ่งข้อสรุปที่ได้จากการทดลอง คือ เทคนิคไชนิน (Shainin Technique) เป็นเทคนิคที่ รวดเร็วและง่ายในการระบุสามปัจจัยหลักซึ่งมีอิทธิพลต่อระบบ เช่น X สีแดง X สีชมพู และ X สีชมพู อ่อน โดยใช้การทดลองเต็มขั้น (Full factorial experiment) รายละเอียดดังตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7 ข้อเปรียบเทียบระหว่างทากูชิ (Taguchi) และ ไชนิน (Shainin) โดย Thomas and Antony (2005)

ลักษณะเฉพาะ	Taguchi	Shainin
ความถูกต้องเกี่ยวกับผลหลัก (Validity : on main effects)	แย่	ดีมาก
ความถูกต้องเกี่ยวกับอันตรกิริยา (Validity : on interactions)	ดีมาก	แย่
ความซับซ้อน (Complexity)	สูง	ต่ำ
การดำเนินงาน (Implementation)	ยาก	ง่าย
ค่าใช้จ่ายในการทดลอง (Cost of experimentation)	ต่ำ	สูง
ความยืดหยุ่น (Flexibility)	ต่ำ	สูง

เทคนิคไชนิน (Shainin Technique) เหมาะสำหรับการแก้ปัญหาอย่างรวดเร็วและมี ประสิทธิภาพโดยใช้การวิเคราะห์โดยการเปลี่ยนแปลงปัจจัยที่สำคัญที่ส่งผลกระทบต่อระบบ ใน อุตสาหกรรม เทคนิคไชนิน (Shainin Technique) มีประสิทธิภาพและน่าเชื่อถือเกี่ยวกับวิธีการออกแบบ การทดลองและง่ายสำหรับการนำไปปฏิบัติงานภายในองค์กร สามารถหาผลกระทบหลักจากการ ทดลองเต็มขั้น (Full factorial experiment)

ส่วนวิธีการทากูชิ (Taguchi method) ใช้สำหรับการเพิ่มประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์และ กระบวนการ เหมาะสำหรับการวิเคราะห์ความถูกต้องของผลกระทบหลักและอันตรกิริยาจากการ ทดลองบางส่วน (Partial factorial experimentation)

Tanco and Pozueta (2008) ได้ทำการเปรียบเทียบวิธีการออกแบบการทดลองรูปแบบต่างๆว่าวิธีไหนจะเหมาะสมกับบริษัทของเรา ซึ่งได้เสนอมา 3 แบบ คือวิธีการออกแบบการ คลาสสิก (Classical) วิธีทาากูชิ (Taguchi) และวิธี ไชนิน (Shainin)

- วิธีคลาสสิก (The Classical approach) เริ่มมาตั้งแต่ประมาณศตวรรษที่ 20 โดยกลุ่ยแรกที่นิยมใช้คือการทดลอง 1 ปัจจัย ที่เวลาเดียวกัน (One-factor-at-the-time : OFAT) ซึ่งนิยมใช้มาเป็นเวลานานหลายปี จากนั้นก็กลายเป็นวิธีนี้ก็เป็นวิธีที่ล้าสมัย จากนั้นมีการออกแบบการทดลองที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งเรียกว่า แฟคทอเรียล (Factorial design) ซึ่งวิธีนี้เป็นการศึกษาทุกความเป็นไปได้ของปัจจัยที่เป็นค่าตั้ง ซึ่งมีทั้งการทดลองแฟคทอเรียลบางส่วน (Fractional Factorial Design) และการทดลองแฟคทอเรียลเต็มขั้น (Full Factorial Design) จากนั้นมีการพัฒนาเป็นวิธีพื้นผิวผลตอบ (Response Surface Methodology : RSM) ซึ่งวิธีการคลาสสิกนี้เป็นวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์และนักสถิติหลายคนมีส่วนร่วมในการพัฒนาและประยุกต์ใช้ในรูปแบบที่แตกต่างกัน ทำให้วิธีการนี้เป็นวิธีการออกแบบการทดลองที่ถูกต้องและมีประสิทธิภาพสำหรับการออกแบบการทดลอง

- วิธีทาากูชิ (The Taguchi approach) เริ่มต้นครั้งแรกที่ห้องแลบในประเทศญี่ปุ่น โดยทาากูชิจะใช้เทคนิคทางสถิติเพื่อคุณภาพจากมุมมองของวิศวกรรมมากกว่าทางสถิติ แม้ว่าทาากูชิจะมีบทบาทสำคัญในการออกแบบการทดลอง (DOE) แต่มันจะผิดที่จะต้องพิจารณาวิธีการของทาากูชิ ซึ่งเป็นเพียงวิธีการดำเนินการออกแบบการทดลอง (DOE) ที่มุ่งเน้นในการลดความผันแปรของกระบวนการ

- วิธีไชนิน (The Shainin approach) เป็นวิธีการแก้ปัญหาที่มีจุดมุ่งหมายเดียวกันกับวิธีทาากูชิ โดยรากฐานกลยุทธ์ของไชนิน อยู่บนพื้นฐานของหลักการพาเรโต (Pareto principle) ซึ่งจะบอกปัจจัยที่จะมีผล ซึ่งปัจจัยที่มีผลมากที่สุด หรือปัจจัยหลักที่ส่งผลกระทบต่อผลของ Y จะเรียกว่า X สีแดง (Red X) จากนั้นจะใช้การทดลองแฟคทอเรียล และวิธีการที่สำคัญของไชนินซึ่งกล่าวว่าเป็นวิธีการที่มีความฉลาดมากกว่าวิศวกรเรียกว่า วิธีการพูดคุยกับชิ้นงาน (Talk to the part) นอกจากนี้วิธีการไชนินยังมีวิธีการในการแก้ปัญหาอีกมากมาย เช่น แผนภูมิหลายตัวแปร (Multi -Vari Chart) การค้นหาส่วนประกอบ (Component search) และแผนภูมิการกระจาย (Scatter plot) เป็นต้น

ซึ่งจาก 3 วิธีข้างต้นจะสามารถสรุปได้ว่า วิธีการไชนิน จะง่ายสำหรับการเรียนรู้และสามารถนำไปใช้ได้อย่างต่อเนื่อง สามารถทำการประมวลผลได้ในระหว่างขั้นตอนการผลิตอย่างเต็มรูปแบบ ไชนินเหมาะสำหรับกระบวนการผลิตที่มีปริมาณระดับกลางถึงปริมาณระดับสูงและสามารถใช้กับการตอบสนองแบบ 2 ด้าน (เช่น เครื่องจักรทำงานหรือไม่) และใช้กับจำนวนตัวแปรหลายๆ ส่วนวิธีการทางอุทกศาสตร์ เป็นหลักการที่ตั้งอยู่บนปรัชญาทางคุณภาพและวิธีการทางวิศวกรรม รวมถึงการลดความสูญเสียด้วย แต่ตามกฎโดยทั่วไปจะไม่แนะนำให้ใช้วิธีการทางอุทกศาสตร์ จนกว่าจะมีวิธีจัดการกับสองประเภทของปัญหา คือ การวิเคราะห์ความคาดเคลื่อนและปัจจัยที่รบกวนผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิต

Goodman and Wylid (2001) ได้อธิบายการตามหา X สีแดง ในกรณีศึกษา โรงงานอุตสาหกรรม โดยใช้ออกแบบการทดลองแบบไชนิน (Shainin design of experiment) โดยการลดความแปรปรวนของกระบวนการผลิต โดยการแยกปัจจัยที่มีอิทธิพลออกมา ซึ่งเรียกว่า X สีแดง จากงานวิจัยครั้งนี้จะเห็นว่าวิธีการควบคุมคุณภาพแบบไชนิน เป็นประโยชน์อย่างมากในทางปฏิบัติและสามารถปฏิบัติได้ง่ายในการตั้งค่าต่างๆ ความยากลำบากในการศึกษาความสามารถของกระบวนการซึ่งมีตัวแปรมากมาย การออกแบบการทดลองของไชนินจะแสดงให้เห็นถึงความมีประสิทธิภาพและความเรียบง่ายในการระบุสาเหตุสำคัญของการเปลี่ยนแปลงภายในระบบ

การออกแบบการทดลองแบบไชนินได้ทำการจัดกลุ่มตัวแปรให้อยู่ในกรอบคร่าวเดียวกัน และจะไม่ทำการตั้งสมมติฐานว่าตัวแปรใดน่าจะมีผลมากที่สุดต่อความสามารถของกระบวนการ ซึ่งวิธีการของไชนินไม่จำเป็นต้องนำข้อมูลเก่ามาใช้หรือต้องมีความสามารถทางเทคนิคในการออกแบบผลิตภัณฑ์ และไชนินมีความสามารถมากในการจัดกลุ่มตัวแปรและจัดการตัวแปรที่ไม่เกี่ยวข้องกัน ซึ่งวิธีนี้จะช่วยให้มีโอกาสมากขึ้นสำหรับการหาสาเหตุที่มีอิทธิพลของกระบวนการ ซึ่งเรียกว่า X สีแดง

กรณีศึกษานี้จะรวมวิธีการเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพที่ออกแบบมาเพื่อสร้างและเก็บข้อมูล โดยผ่านการดำเนินการภายใต้หลักการออกแบบการทดลองของไชนิน โดยการวิเคราะห์นี้พบว่ามี 3 ปัจจัยที่มีอิทธิพลมากที่สุด ต่อขนาดและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน ซึ่งจะทำการเก็บรวบรวมข้อมูล ในขั้นตอนของการบันทึก โดยแผ่นที่ใช้ในการเก็บข้อมูลจะมีการเก็บรวบรวมการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่เจาะด้านบน เจาะตรงกลาง และเจาะด้านล่าง การวัดเหล่านี้จะทำงานผสานกันทั้งในแนวตั้ง

และแนวนอน และมีพื้นที่สำหรับบันทึกข้อมูลสำหรับแต่ละชั่วโมงของทุกวัน วันละแปดชั่วโมง เพื่อให้แน่ใจว่ามีความแม่นยำและความสม่ำเสมอในการเก็บรวบรวมข้อมูล จากนั้นนำมาวิเคราะห์โดยใช้ Multi-Vari Chart เพื่อลดจำนวนสาเหตุของปัญหาจากขนาดใหญ่ จากครบถ้วนความผันแปร 3 ครอบครัว ซึ่งทำโดยการแบ่งการทดลองเพื่อตรวจสอบรูปแบบของการเปลี่ยนแปลง ได้แก่ ตำแหน่ง วัฏจักรการเกิด และเวลา

ทำการสร้างกราฟและวิเคราะห์เส้นผ่านศูนย์กลางของกระบอกสูบและความเร็วของกระบอกสูบ ซึ่งจากการเก็บข้อมูลพบว่า ความผันแปรปรวนส่วนใหญ่เป็นความผันแปรทางด้านตำแหน่ง จากนั้นจึงทำการทดลองต่อไป โดย 4 ปัจจัยที่จะนำมาทดสอบ นั้น ได้แก่ หัวตะไบ หินตะไบ แรงดันหิน และกระบอก ซึ่งจะทำทดลอง 16 การทดลอง โดยลำดับที่จะทำการทดลองจะเกิดจากการสุ่ม โดยใช้ตารางมาตรฐานของตัวเลขสุ่ม จากนั้นทำการกำหนดค่าของตัวแปรต่างๆว่าที่ค่ามาก (+) แต่ละตัวแปรกำหนดค่าไว้ที่เท่าใดและที่ค่าน้อย (-) มีการกำหนดค่าไว้ที่เท่าใด

จากนั้นจะทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance: ANOVA) เพื่อศึกษาว่าปัจจัยใดมีผลต่อกัน ปัจจัยหลัก หรือปฏิสัมพันธ์ระหว่างสองปัจจัย สามปัจจัย หรือสี่ปัจจัย ซึ่งจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อความแปรปรวนในกระบวนการมากที่สุดคือปฏิสัมพันธ์ระหว่างหัวตะไบและแรงดันหิน

ผู้วิจัยทำการรวบรวมงานวิจัยของหลายๆท่าน ที่ได้นำเอาระบบไชนิน (Shainin) ไปประยุกต์ใช้ในกรณีต่างๆ ดังรายละเอียดในตารางที่ 2.8

ตารางที่ 2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการนำระบบโซนินมาใช้ในการแก้ปัญหา

ผู้แต่ง	ประเภท อุตสาหกรรม	รายละเอียดงานวิจัย	วิธีการแก้ปัญหา / เครื่องมือที่ใช้	ผลการแก้ไข
Andrew Thomas และ Jiju Antony (2004)	การบิน	ต้องการระบุตัวแปรที่สำคัญที่มี ผลต่อความแข็งแรงระหว่างข้อต่อ ต่างๆ และทำการปรับค่าปัจจัย ต่างๆ เพื่อให้ได้ค่าความแข็งแรงที่ เหมาะสม	ใช้การออกแบบการทดลองโซนิน (Shainin DOE) โดยนำ - กระบวนการค้นหาตัวแปร (Variable search) - การทดลองแฟกทอเรียล มาใช้ในการแก้ปัญหา	ความแข็งแรงของข้อต่อ เพิ่มขึ้นประมาณ 6%
Alfred Ho Yuen Cheng และ Jiju Antony (2003)	การเรียน	ต้องการออกแบบการทดลองของ เครื่องยิง Catapult เพื่อให้ได้ค่าตั้ง ที่ไกลที่สุด	ใช้การออกแบบการทดลองของโซนิน โดยนำ - กระบวนการค้นหาตัวแปร (Variable search) - การทดลองแฟกทอเรียล มาใช้ในการแก้ปัญหา	ได้ระยะทางที่ไกลที่สุด คือ 450 ซม.
Goodman J., และ Wyld, D.C (2001)	การผลิต	ต้องการลดความแปรปรวนใน การผลิต	ใช้การออกแบบการทดลองของโซนิน โดยนำ - แผนภูมิหลายตัวแปร (Multi-Vari Chart) - การทดลองแฟกทอเรียล - การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) มาใช้ในการแก้ปัญหา	ความผันแปรทางด้าน ตำแหน่งมีผลมากที่สุด อยู่ที่ร้อยละ 69



## บทที่ 3

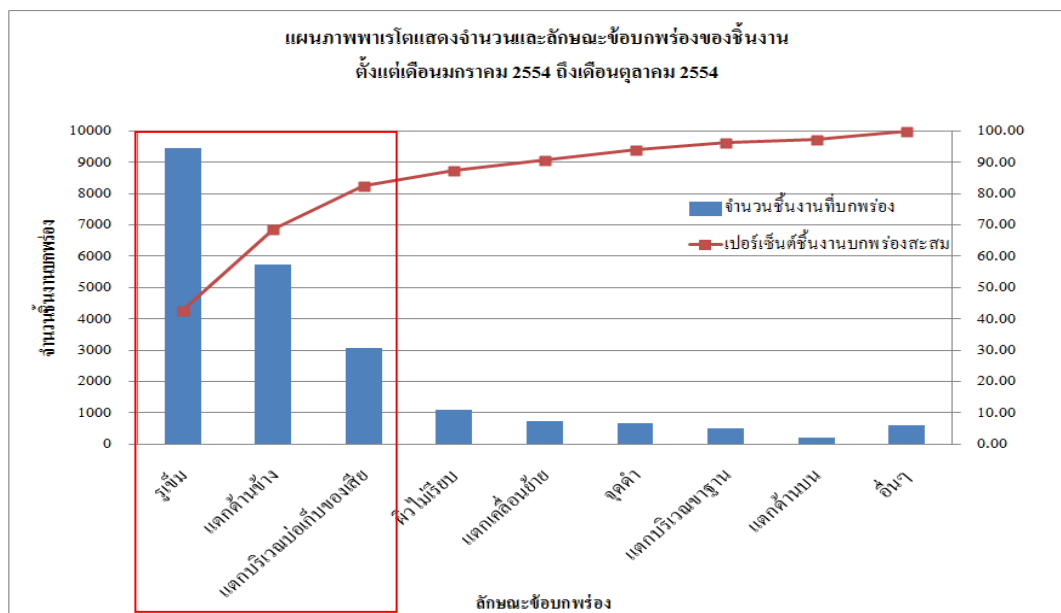
### การกำหนดปัญหาและวิธีการวัด

#### 3.1 ชั้นระบุปัญหา

การกำหนดปัญหาหาความรุนแรงของปัญหาและผลกระทบที่เกิดขึ้น โดยการเลือกปัญหาและทีมงาน โดยมีจุดประสงค์ เพื่อระบุขอบเขตของปัญหาที่จะทำการปรับปรุง ซึ่งประกอบไปด้วย รุน ของผลิตภัณฑ์ ปัญหาที่เกิดขึ้น และข้อมูลอื่นๆ ที่จำเป็น เครื่องมือที่ใช้ในขั้นตอนนี้ คือ แผนภาพ พारेโต (Pareto Diagram)

##### 3.1.1 กำหนดปัญหา

จากการทำการศึกษาค้นคว้า ผลลัพธ์ที่พบปัญหามากที่สุด คือ รุน BW13 โดยลักษณะข้อบกพร่องที่พบ โดยใช้หลักการของพारेโต 80:20 และลักษณะข้อบกพร่องที่ต้องทำการแก้ไขนั้น มี 3 ข้อบกพร่อง ซึ่งได้แก่ รุนเข็ม แดกด้านข้างและแดกบริเวณบ่อเก็บของเสีย



รูปที่ 3.1 แผนภาพพारेโตแสดงจำนวนชิ้นงานที่บกพร่องและเปอร์เซ็นต์ชิ้นงานบกพร่องสะสม ตั้งแต่เดือนมกราคม 2554 ถึงเดือนตุลาคม 2554

### 3.1.2 กำหนดทีมงาน

ในการแก้ปัญหาทางด้านคุณภาพที่เกิดขึ้นภายในโรงงานนั้นจำเป็นต้องอาศัยการระดมสมองจากผู้ที่มีความรู้ความสามารถ มีประสบการณ์ และความเชี่ยวชาญในด้านกระบวนการผลิต เพื่อที่จะสามารถนำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ได้อย่างถูกต้องและสามารถแก้ไขปัญหาได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งทีมงานทั้งหมดที่เกี่ยวข้องในการแก้ไขปัญหาหฐูเข็ม แตกด้านข้างและแตกบริเวณบ่อเก็บของเสี่ยของโถสุกัณฑ์รูน BW13 รายละเอียดดังตารางที่ 3.1 โดยคณะทีมงานทุกคนมีหน้าที่ในการเสนอความคิดเห็น วิเคราะห์ข้อมูล และทำการออกแบบการทดลองเพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น

ตารางที่ 3.1 คณะทีมงานที่เกี่ยวข้อง

ลำดับที่	ตำแหน่ง	อายุงาน (ปี)
1.	ผู้จัดการโรงงาน	12
2.	ผู้ช่วยผู้จัดการโรงงาน	24
3.	หัวหน้าแผนกปรับปรุงกระบวนการผลิต	15
4.	หัวหน้างานแผนกผลิตแบบ (Mold Shop)	22
5.	หัวหน้างานแผนกหล่อแบบ (Cast Shop)	17
6.	ผู้ดูแลผลิตภัณฑ์รูน BW13	18
7.	ผู้ปรับปรุงกระบวนการผลิตรูน BW13	1
8.	ผู้ให้คำปรึกษาด้านทฤษฎีไชนิน	10

จากการระดมสมองของคณะทำงาน พบว่าลักษณะข้อบกพร่องประเภทหฐูเข็ม แตกด้านข้างและแตกบริเวณบ่อเก็บของเสี่ยนั้น เกิดขึ้นจากกระบวนการหนึ่งของกระบวนการผลิตโถสุกัณฑ์ ที่เรียกว่า กระบวนการหล่อแบบ (Casting)

### 3.1.3 กระบวนการผลิตโถสุกัณฑ์รูน BW13

เพื่อให้เกิดความเข้าใจในกระบวนการผลิตโถสุกัณฑ์รูน BW13 ผู้วิจัยจึงเข้าไปทำการศึกษารายละเอียดของกระบวนการในส่วนต่างๆ พบว่ากระบวนการหล่อแบบของการผลิตโถสุกัณฑ์รูน

BW13 ภายในโรงงานกรณีศึกษานั้น มาจากสายการผลิต 9 สายการผลิต ซึ่งได้แก่สายการผลิตที่ 02, 04, 06, 20, 22, 24, 26, 28 และ 30 กระบวนการหล่อแบบ (Casting) เป็นกระบวนการที่นำน้ำดินใส่ไปที่แม่พิมพ์ (Working Mold) รอนดินภายในแม่พิมพ์แข็งตัว จากนั้นถอดชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ โดยมีรายละเอียดขั้นตอน ดังนี้

1) เตรียมแม่พิมพ์ (Prepare Working Mold) โดยการทาแป้ง (Talcum) ที่บริเวณผิวของแม่พิมพ์ตัวบนและแม่พิมพ์ตัวล่าง เพื่อป้องกันชิ้นงานติดกับแม่พิมพ์เวลาถอดแบบ จากนั้นทำการประกบแม่พิมพ์ตัวบนให้ลงมาประกบกับตัวล่าง

2) หล่อแบบ (Casting) โดยการเปิดวาล์วหล่อให้น้ำดินไหลเข้าสู่แม่พิมพ์ รอนน้ำดินเต็มโดยการสังเกตจากน้ำดินที่สายลม จากนั้นให้ทำการปิดวาล์วน้ำดิน และต้องทิ้งให้น้ำดินอยู่ภายในแม่พิมพ์ (Casting Time) เป็นเวลา 75 นาที

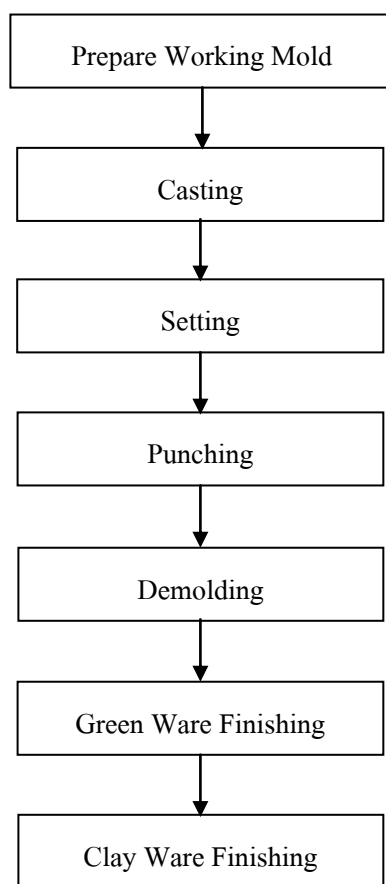
3) รอน้ำดินในแม่พิมพ์แข็งตัว (Setting) โดยการเปิดวาล์วเพื่อนำน้ำดินที่ไม่แข็งตัวออกจากแม่พิมพ์ ซึ่งจะเหลือเพียงน้ำดินที่แข็งตัวในแม่พิมพ์ จากนั้นจะต้องทิ้งให้น้ำดินนั้นแข็งตัวภายในแม่พิมพ์ (Setting Time) เป็นเวลาไว้ 25 นาที เพื่อให้ Clay ware แข็งตัว

4) เจาะรู (Punching) เมื่อแม่พิมพ์แข็งตัว จะต้องเปิดแม่พิมพ์ตัวบนขึ้น จากนั้นใช้กระบอกระบายขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 76 มิลลิเมตร ทำการเจาะบริเวณบ่อเก็บของเสีย ใช้กระบอกระบายขนาด 10 มิลลิเมตร เจาะรูยึดฟารองนั่ง ตัดเม็ดกระดุมขนาด 25 มิลลิเมตรตัดบริเวณบ่อเก็บของเสีย และเม็ดกระดุมด้านหลัง

5) ถอดแบบออกจากแม่พิมพ์ (Demolding) โดยใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่ารถถอดแบบ (Demolding Car) ซึ่งจะต้องใช้พนักงาน 2 คนในการถอดแบบ

6) ตกแต่งชิ้นงาน Green Ware (Green Ware Finishing) พนักงานจะทำการตกแต่งชิ้นงานโดยใช้ฟองน้ำชุบน้ำ เช็ดบริเวณชิ้นงาน

7) ตกแต่งชิ้นงาน Clay Ware (Clay Ware Finishing) พนักงานจะทำการตกแต่งชิ้นงานอีกครั้งหลังจากที่ทิ้งให้ Green ware แห้งเป็นเวลา 1 วัน ซึ่งชิ้นงานที่แห้งนั้นจะเรียกว่า Clay ware โดยอุปกรณ์ที่ใช้ในการตกแต่งชิ้นงาน Clay ware คือ ฟองน้ำชุบน้ำและใบมีด



รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการหล่อของการผลิต โถสุกษณ์ท์

### 3.1.4 ผังกระบวนการ (Process Map)

หลังจากศึกษากระบวนการผลิต โถสุกษณ์ท์ ทางผู้วิจัยได้จัดทำผังกระบวนการ (Process Map) เพื่อช่วยให้มองเห็นภาพในมุมมองของกระบวนการได้ชัดเจนขึ้น และทำให้ทราบว่าใครคือผู้ส่งมอบ ปัจจัยนำเข้าสู่กระบวนการ อะไรคือปัจจัยนำเข้า ใครบ้างคือลูกค้าของกระบวนการและอะไรคือความต้องการของลูกค้า ดังรูปที่ 3.3

Supplier	Input	Process	Output	Customer
Mold Shop (Working Mold) Slip Department (Slip)	<pre> graph TD     A[Prepare Working Mold] --&gt; B[Casting]     B --&gt; C[Setting]     C --&gt; D[Punching]     D --&gt; E[Demolding]     E --&gt; F[Green Ware Finishing]     F --&gt; G[Clay Ware Finishing]           </pre> <p>Working Mold Slip Man Equipment</p>		Clay Ware	Spray Process

รูปที่ 3.3 ผังกระบวนการ (Process Map) ของกระบวนการหล่อโถสุกภัณฑ์

### 3.2 วิธีการวัดปัญหาที่พบ (Quantify and measure the Green Y)

วิธีการวัดปัญหาที่พบนั้นเป็นวิธีที่จะระบุความสามารถในการตรวจสอบของระบบการวัด ว่ามีความสามารถในการตรวจจับข้อบกพร่องได้หรือไม่ โดยแบ่งข้อมูลออกเป็นข้อมูลผันแปร (Variable Data) และข้อมูลตามลักษณะ (Attribute Data) ซึ่งในกรณีศึกษานี้ลักษณะข้อบกพร่องที่ทำการศึกษามี 3 ประเภท คือ รูเข็ม แตกด้านข้างและแตกบริเวณบ่อเก็บของเสีย ซึ่งเป็นลักษณะข้อมูลประเภทข้อมูลตามลักษณะ (Attribute Data) ดังนั้นจึงต้องวิเคราะห์ระบบการวัดแบบข้อมูลตามลักษณะ (Attribute Data)

โดยปกติแล้ว ตามหลักการของระบบไชนิน การวิเคราะห์ข้อมูลตามลักษณะ (Attribute Data) จะทำการวิเคราะห์โดยการเปลี่ยนค่าลักษณะข้อบกพร่องโดยใช้ Likert Scale จากนั้นจะนำค่าที่ได้จากการวัดนั้น มาเขียนกราฟ Isoplot เพื่อดูความสามารถในการแยกแยะของพนักงานตรวจสอบและเครื่องมือวัด แต่เนื่องจากระบบการวัดที่ใช้จริงภายในโรงงานกรณีศึกษาเป็นระบบการวัดโดยใช้ GR&R ดังนั้น ในกรณีศึกษา นี้ จึงทำการวัดความสามารถของกระบวนการวัดโดยใช้ GR&R

### 3.2.1 การวิเคราะห์ความถูกต้องและแม่นยำของระบบการวัดแบบข้อมูลตามลักษณะ

#### (Attribute Agreement Analysis)

การวิเคราะห์ความถูกต้องและแม่นยำของระบบการวัดมีความสำคัญมาก เนื่องจากการแก้ไขปัญหาด้านคุณภาพอย่างมีประสิทธิภาพนั้น จะต้องมีความมั่นใจในเรื่องของเสถียรภาพของระบบการวัด โดยการวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนของระบบการวัดในกระบวนการผลิตว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้หรือไม่

ระบบการวัดลักษณะข้อบกพร่องของโรงงานกรณีศึกษา นี้ มีลักษณะเป็นการประเมินผลแบบข้อมูลตามลักษณะ (Attribute Data) คือทำการตรวจสอบและประเมินผลโดยทำการเปรียบเทียบกับข้อกำหนดเฉพาะแล้วผลที่ได้ของข้อมูลออกมาเป็น ขอมรับ /ปฏิเสธ หรือ ผ่าน /ไม่ผ่าน จึงทำการวิเคราะห์ระบบการวัดแบบข้อมูลตามลักษณะ (Attribute Agreement Analysis) ซึ่งจะทำการวิเคราะห์ทั้งความถูกต้องและความแม่นยำของระบบการวัด

- ความถูกต้อง (Accuracy) ตรวจสอบโดยเปรียบเทียบผลการตรวจสอบของพนักงานกับค่าอ้างอิง
- ความแม่นยำ (Precision) ตรวจสอบโดยเปรียบเทียบผลการตรวจสอบซ้ำของพนักงานคน

#### 3.2.1.1 มาตรฐานการตรวจสอบตำหนิ

การตรวจสอบตำหนิของโรงงานกรณีศึกษา จะทำการตรวจสอบ 100% ด้วยสายตา (Visual Inspection) การตรวจสอบนี้จะทำหลังจากที่ผลิตภัณฑ์นั้นออกมาจากเตาเผาแล้วทำการ

ตรวจสอบว่าผลิตภัณฑ์นั้นมีตำหนิหรือไม่ โดยมาตรฐานการตรวจสอบนั้นไม่อนุญาตให้มีตำหนิเพิ่มเติม ไม่ว่าบริเวณใดของโถสุกภัณฑ์ ซึ่งถ้ามีตำหนิจะทำการทิ้ง (Scrap) ทันที

### เกณฑ์การยอมรับของระบบการวัด

เกณฑ์การยอมรับของระบบการวัดด้วยวิธีการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ด้วยตาเปล่าซึ่งความแม่นยำของระบบการวัดที่ต้องการดังตารางที่ 3.2

**ตารางที่ 3.2** เกณฑ์การยอมรับของระบบการวัด

ดัชนี	เกณฑ์การยอมรับ
% ความสามารถในการวัดซ้ำของพนักงาน	100%
% ความไม่ไบอัสของพนักงาน	100%
% ประสิทธิภาพความสามารถในการวัดซ้ำของการตรวจสอบ	100%
% ประสิทธิภาพความไม่ไบอัสของการตรวจสอบ	100%

จากตารางที่ 3.2 จะพบว่า เกณฑ์การยอมรับของระบบการวัด ซึ่งประกอบด้วย % ความสามารถในการวัดซ้ำของพนักงาน % ความไม่ไบอัสของพนักงาน % ประสิทธิภาพความสามารถในการวัดซ้ำของการตรวจสอบ และ % ประสิทธิภาพความไม่ไบอัสของการตรวจสอบ นั้นกำหนดเกณฑ์ไว้ที่ 100% ในทุกหัวข้อ เนื่องจากบริษัทกรณีศึกษาได้ให้ความสำคัญด้านคุณภาพของสินค้าเป็นอย่างมาก เพราะถ้ามีของเสียหลุดลอดไปถึงลูกค้า จะทำให้ทางบริษัทสูญเสียชื่อเสียงเป็นอย่างมาก โดยไม่ต้องการให้มีของเสียหลุดออกไปแม้แต่ชิ้นเดียว

#### 3.2.1.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์ระบบการวัดแบบข้อมูลตามลักษณะ

การวิเคราะห์ระบบการวัดแบบข้อมูลตามลักษณะ (Attribute Agreement Analysis) ซึ่งใช้กับการตรวจสอบลักษณะข้อบกพร่องประเภทรูเข็ม แตะด้านข้าง และแตกบริเวณบ่อเก็บของเสีย ซึ่งใช้การตรวจสอบผลิตภัณฑ์ด้วยสายตาของโรงงานกรณีศึกษามีขั้นตอนดังนี้

1. คัดเลือกทีมงานที่มีความรู้ความสามารถในการที่แยกแยะคุณภาพของสินค้า ซึ่งในที่นี้คือหัวหน้างานที่มีหน้าที่ในการฝึกอบรมพนักงาน โดยทำการคัดเลือกชิ้นงานภายในกระบวนการผลิต 30 ชิ้น เพื่อนำมาใช้เป็นกลุ่มตัวอย่างในการทดสอบ
  2. กำหนดกลุ่มงานตัวอย่าง ซึ่งประกอบด้วยชิ้นงานที่มีคุณภาพดี 10 ตัว ชิ้นงานที่มีคุณภาพไม่ดี 10 ตัว และชิ้นงานที่มีคุณภาพก้ำกึ่ง 10 ตัว ซึ่งใน 10 ตัวนี้ประกอบด้วยชิ้นงานดีแบบก้ำกึ่ง 5 ตัว และชิ้นงานไม่ดีแบบก้ำกึ่ง 5 ตัว แล้วทำการบันทึกผลการตรวจสอบทั้ง 30 ชิ้น
  3. ทำการตรวจสอบคุณภาพของชิ้นงานตัวอย่างโดยผู้ชำนาญการอีกครั้ง ซึ่งในที่นี้หมายถึงพนักงานแผนกประกันคุณภาพ
  4. ทำการคัดเลือกพนักงานที่ใช้ในการตรวจสอบชิ้นงานมา 3 คน
  5. ทำการทดลองโดยทำการศึกษาพนักงานตรวจสอบทีละคน ทำการตรวจสอบชิ้นงานซึ่งลำดับในการตรวจสอบนั้นจะต้องเป็นแบบสุ่ม โดยให้พนักงานตรวจสอบและระบุว่าชิ้นงานนั้นมีคุณภาพที่ดีหรือไม่ และทำการบันทึกข้อมูลลงไปแบบฟอร์ม ซึ่งในการทดสอบนั้นจะต้องทำการทดสอบ 2 ครั้ง แต่แต่ละครั้งจะต้องห่างกัน 1 สัปดาห์ และจะต้องมีลำดับในการตรวจสอบเป็นไปอย่างสุ่มเพื่อไม่ให้พนักงานทำการจดจำชิ้นงานในกลุ่มตัวอย่างได้
  6. บันทึกค่าลงในแบบฟอร์ม เพื่อทำการวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัดแบบข้อมูลตามลักษณะ (Attribute Agreement Analysis) ซึ่งประกอบไปด้วยดัชนี เปอร์เซ็นต์ความสามารถในการวัดซ้ำของพนักงาน เปอร์เซ็นต์ความไม่ไว้อิสของพนักงาน เปอร์เซ็นต์ผลิตผลด้านความสามารถในการวัดซ้ำของการตรวจสอบ และเปอร์เซ็นต์ผลิตผลด้านไว้อิสของการตรวจสอบ ซึ่งสมการคำนวณแสดงดังสมการที่ 2.1-2.4 (กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ)
- 3.2.1.3 ผลลัพธ์ของการตรวจสอบระบบการวัดแบบข้อมูลตามลักษณะ สำหรับ  
ข้อบกพร่องประเภทรูเข็ม

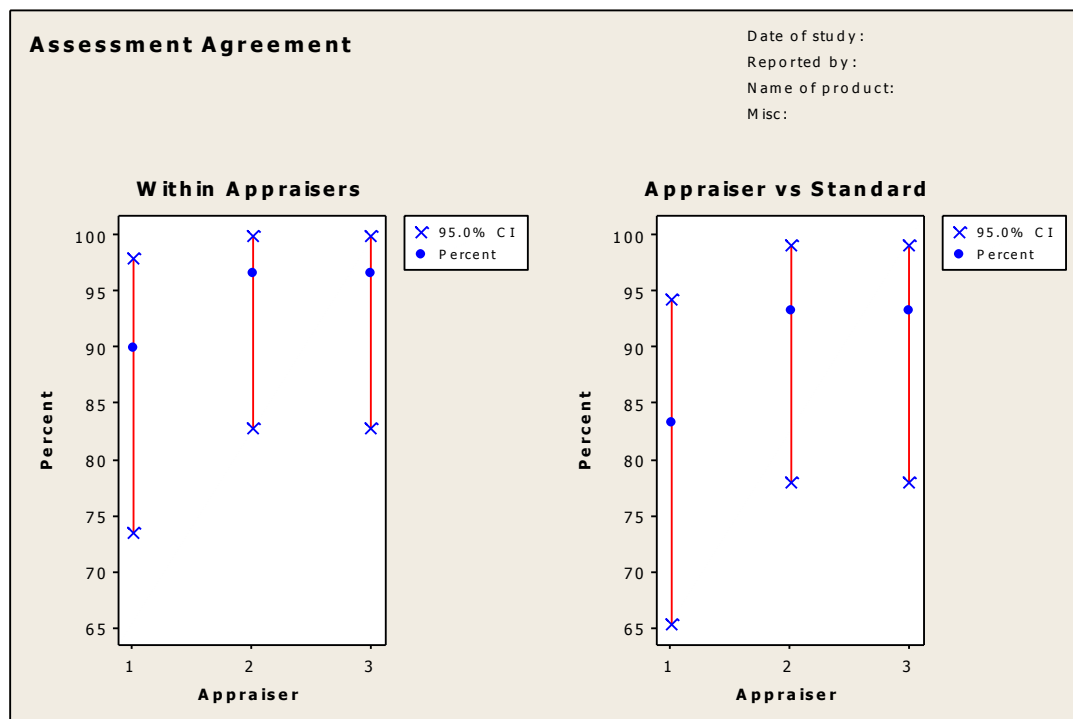




ผลการตรวจสอบความสามารถในการตรวจสอบของพนักงานตรวจสอบ จากการวิเคราะห์โดยโปรแกรม Minitab ของพนักงานตรวจสอบแสดงดังตารางที่ 3.4 แลรูปที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลักษณะโดยโปรแกรม Minitab ของลักษณะข้อบกพร่องประเภทรูเข็ม

<b>Within Appraisers</b> Assessment Agreement						
Appraiser	# Inspected	# Matched	Percent	95 % CI		
1	30	27	90.00	(73.47, 97.89)		
2	30	29	96.67	(82.78, 99.92)		
3	30	29	96.67	(82.78, 99.92)		
<b>Each Appraiser vs Standard</b> Assessment Agreement						
Appraiser	# Inspected	# Matched	Percent	95 % CI		
1	30	25	83.33	(65.28, 94.36)		
2	30	28	93.33	(77.93, 99.18)		
3	30	28	93.33	(77.93, 99.18)		
Assessment Disagreement						
Appraiser	# NG / G	Percent	# G / NG	Percent	# Mixed	Percent
1	0	0.00	2	13.33	3	10.00
2	0	0.00	1	6.67	1	3.33
3	0	0.00	1	6.67	1	3.33
<b>Between Appraisers</b> Assessment Agreement						
# Inspected	# Matched	Percent	95 % CI			
30	26	86.67	(69.28, 96.24)			
<b>All Appraisers vs Standard</b>						
Assessment Agreement						
# Inspected	# Matched	Percent	95 % CI			
30	25	83.33	(65.28, 94.36)			



รูปที่ 3.4 กราฟ Attribute Agreement ของการตรวจสอบแม่แบบเฉพาะตำแหน่งประเภทผู้เพิ่ม

สามารถสรุปผลการวิเคราะห์ที่ได้ดังนี้

เปอร์เซ็นต์ความสามารถในการวัดซ้ำของพนักงานคนที่ 1 เท่ากับ 90% พนักงานคนที่ 2 เท่ากับ 96.67% และพนักงานคนที่ 3 เท่ากับ 96.67%

เปอร์เซ็นต์ความไม่ไว้อิสของพนักงานตรวจสอบของพนักงานคนที่ 1 เท่ากับ 83.33% พนักงานคนที่ 2 เท่ากับ 93.33% และพนักงานคนที่ 3 เท่ากับ 93.33%

เปอร์เซ็นต์ประสิทธิผลความสามารถในการวัดซ้ำของการตรวจสอบเท่ากับ 86.67%

เปอร์เซ็นต์ประสิทธิผลความไม่ไว้อิสของการตรวจสอบเท่ากับ 83.33%

ซึ่งจากผลการตรวจสอบที่ได้พบว่าค่า เปอร์เซ็นต์ความสามารถในการวัดซ้ำของพนักงานตรวจสอบ เปอร์เซ็นต์ความไม่ไว้อิสของพนักงานตรวจสอบ (%Attribute score) เปอร์เซ็นต์

ประสิทธิผลด้านความสามารถในการวัดซ้ำของการตรวจสอบ (% Screen Effectiv Score) และ เปรอร์เซ็นต์ผลิตผลความไม่ไบอัสของการตรวจสอบ (% Attribute Effective Score) ไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด จึงต้องทำการอบรมพนักงานใหม่รวมทั้งประเมินผลของพนักงานใหม่ เพื่อปรับปรุงค่าให้ดีขึ้น โดยเฉพาะการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะตำหนิเหมือนตัวอย่างที่ 22 ซึ่งพนักงานทำการตัดสินผลิต ทั้ง 3 คน

เนื่องจากการทดสอบครั้งแรกมีผลการทดสอบความสามารถของกระบวนการต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ดังนั้นจึงได้ทำการอบรมพนักงานใหม่ ผลของการตรวจสอบหลังอบรมพนักงานใหม่ทั้ง 3 คน จากการวิเคราะห์โดยโปรแกรม Minitab แสดงดังตารางที่ 3.4 และรูปที่ 3.5

โดยผลการวิเคราะห์ระบบการวัดเป็นดังนี้

เปอร์เซ็นต์ความสามารถในการวัดซ้ำของพนักงาน เท่ากับ 100%

เปอร์เซ็นต์ความไม่ไบอัสของพนักงาน เท่ากับ 100%

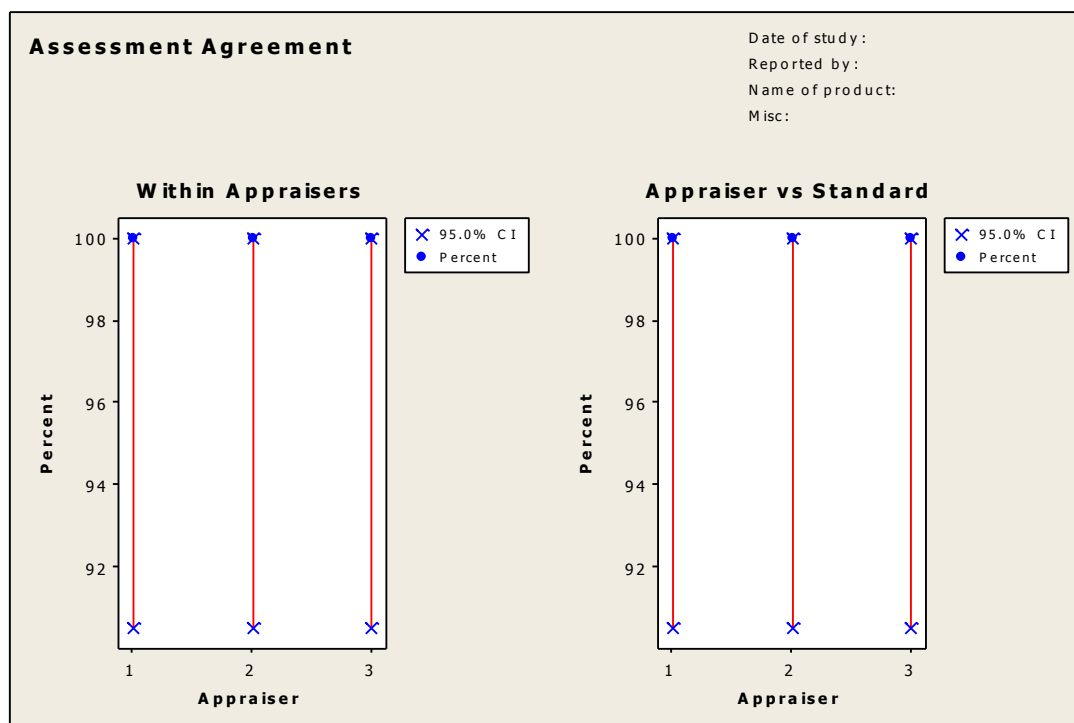
เปอร์เซ็นต์ประสิทธิผลความสามารถในการวัดซ้ำของการตรวจสอบ เท่ากับ 100%

และเปอร์เซ็นต์ประสิทธิผลความไม่ไบอัสของการตรวจสอบ เท่ากับ 100%

ดังนั้นสรุปได้ว่าความสามารถของกระบวนการวัดแบบข้อมูลตามลักษณะของตำหนิประเภทรูเข็มในการทดสอบครั้งที่ 2 อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ เนื่องจากพนักงานตรวจสอบทุกคนสามารถตัดสินผลิตภัณฑ์ได้ถูกต้องทุกตัว และหลังจากมีความมั่นใจในเรื่องความสามารถในกระบวนการวัดแบบข้อมูลตามลักษณะแล้ว จึงทำการวิเคราะห์หาสาเหตุเพื่อแก้ปัญหาเพิ่มเติมต่อไป

ตารางที่ 3.5 ผลการวิเคราะห์ ระบบการวัดข้อมูลตามลักษณะ โดยโปรแกรม Minitab เฉพาะตำหนิ  
ประเภทรูเข็ม หลังการอบรมพนักงานใหม่

<b>Within Appraisers</b> Assessment Agreement						
Appraiser	# Inspected	# Matched	Percent	95 % CI		
1	30	30	100.00	(90.50, 100.00)		
2	30	30	100.00	(90.50, 100.00)		
3	30	30	100.00	(90.50, 100.00)		
<b>Each Appraiser vs Standard</b> Assessment Agreement						
Appraiser	# Inspected	# Matched	Percent	95 % CI		
1	30	30	100.00	(90.50, 100.00)		
2	30	30	100.00	(90.50, 100.00)		
3	30	30	100.00	(90.50, 100.00)		
<b>Assessment Disagreement</b>						
Appraiser	# NG / G	Percent	# G / NG	Percent	# Mixed	Percent
1	0	0.00	0	0.00	0	0.00
2	0	0.00	0	0.00	0	0.00
3	0	0.00	0	0.00	0	0.00
<b>Between Appraisers</b> Assessment Agreement						
# Inspected	# Matched	Percent	95 % CI			
30	30	100.00	(90.50, 100.00)			
<b>All Appraisers vs Standard</b>						
<b>Assessment Agreement</b>						
# Inspected	# Matched	Percent	95 % CI			
30	30	100.00	(90.50, 100.00)			



รูปที่ 3.5 กราฟ Attribute Agreement ของการตรวจสอบผลิตภัณฑ์เฉพาะตำหนิประเภทรูเข็ม หลังการอบรมพนักงานใหม่

3.2.1.4 ผลลัพธ์ของการตรวจสอบระบบการวัดแบบข้อมูลตามลักษณะ สำหรับข้อบกพร่องประเภทแตกด้านข้าง

หลังจากที่ทำการคัดเลือกชิ้นงาน 30 ชิ้น ที่มีคุณภาพดี ไม่ดี และก้ำกึ่งปะปนกัน โดยผู้ชำนาญในการตรวจสอบ จากนั้นทำการทดสอบความสามารถของพนักงานตรวจสอบ 3 คน คนละ 2 ครั้ง ซึ่งผลการทดสอบดังตารางที่ 3.6

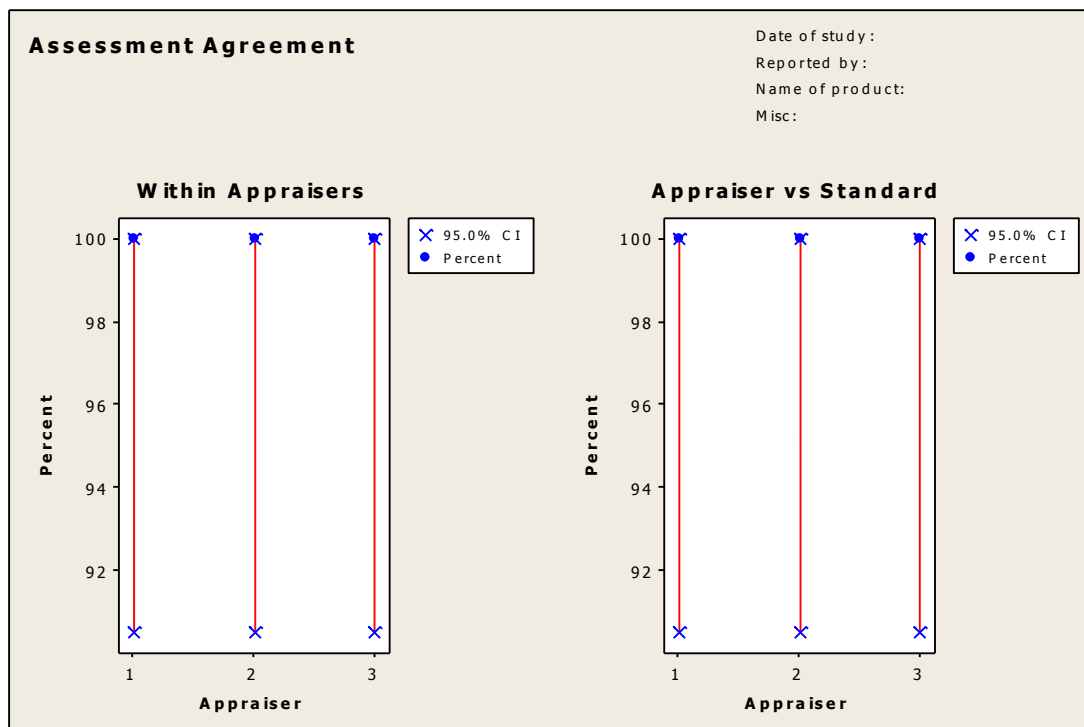


ผลการตรวจสอบความสามารถในการตรวจสอบของพนักงานตรวจสอบ จากการวิเคราะห์โดยโปรแกรม Minitab ของพนักงานตรวจสอบแสดงดังตารางที่ 3.7 แลรูปที่ 3.6

ตารางที่ 3.7 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลักษณะ โดยโปรแกรม Minitab ของลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกด้านข้าง

<b>Within Appraisers</b> Assessment Agreement						
Appraiser	# Inspected	# Matched	Percent	95 % CI		
1	30	30	100.00	(90.50, 100.00)		
2	30	30	100.00	(90.50, 100.00)		
3	30	30	100.00	(90.50, 100.00)		
<b>Each Appraiser vs Standard</b> Assessment Agreement						
Appraiser	# Inspected	# Matched	Percent	95 % CI		
1	30	30	100.00	(90.50, 100.00)		
2	30	30	100.00	(90.50, 100.00)		
3	30	30	100.00	(90.50, 100.00)		
Assessment Disagreement						
Appraiser	# NG / G	Percent	# G / NG	Percent	# Mixed	Percent
1	0	0.00	0	0.00	0	0.00
2	0	0.00	0	0.00	0	0.00
3	0	0.00	0	0.00	0	0.00
<b>Between Appraisers</b> Assessment Agreement						
# Inspected	# Matched	Percent	95 % CI			
30	30	100.00	(90.50, 100.00)			
All Appraisers vs Standard						
Assessment Agreement						
# Inspected	# Matched	Percent	95 % CI			
30	30	100.00	(90.50, 100.00)			





รูปที่ 3.6 กราฟ Attribute Agreement ของการตรวจสอบผลิตภัณฑ์เฉพาะตำหนิประเภทแตกด้านข้าง

สามารถสรุปผลการวิเคราะห์ได้ดังนี้

เปอร์เซ็นต์ความสามารถในการวัดซ้ำของพนักงาน เท่ากับ 100%

เปอร์เซ็นต์ความไม่ไบอัสของพนักงาน เท่ากับ 100%

เปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพผลความสามารถในการวัดซ้ำของการตรวจสอบ เท่ากับ 100%

และเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพผลความไม่ไบอัสของการตรวจสอบ เท่ากับ 100%

ดังนั้นสรุปได้ว่าความสามารถของกระบวนการวัดแบบข้อมูลตามลักษณะของตำหนิประเภทแตกด้านข้างอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ เนื่องจากพนักงานตรวจสอบทุกคนสามารถตัดสินผลิตภัณฑ์ได้

ถูกต้องทุกตัว และหลังจากมีความมั่นใจในเรื่องความสามารถในกระบวนการวัดแบบข้อมูลตามลักษณะแล้ว จึงทำการวิเคราะห์หาสาเหตุเพื่อแก้ปัญหาแตกด้านข้างต่อไป

3.2.1.5 ผลลัพธ์ของการตรวจสอบระบบการวัดแบบข้อมูลตามลักษณะ สำหรับข้อบกพร่องประเภทแตกบริเวณบ่อเก็บของเสีย

หลังจากที่ทำการคัดเลือกชิ้นงาน 30 ชิ้น ที่มีคุณภาพดี ไม่ดี และก้ำกึ่งปะปนกัน โดยผู้ชำนาญในการตรวจสอบ จากนั้นทำการทดสอบความสามารถของพนักงานตรวจสอบ 3 คน คนละ 2 ครั้ง ซึ่งผลการทดสอบดังตารางที่ 3.8

ตารางที่ 3.8 ผลลัพธ์ของการตรวจสอบระบบการวัดแบบข้อมูลตามลักษณะ สำหรับข้อบกพร่องประเภทแตกบริเวณบ่อเก็บของเสีย

ตัวอย่างที่	คุณภาพงานที่แท้จริง	พนักงานตรวจสอบคนที่ 1		พนักงานตรวจสอบคนที่ 2		พนักงานตรวจสอบคนที่ 3		พนักงานตรวจได้เหมือนกันทุกครั้งและทุกคน	พนักงานตรวจได้เหมือนกันอย่างถูกต้อง
		1	2	1	2	1	2		
1	G	G	G	G	G	G	G	Y	Y
2	NG	G	G	G	G	G	G	Y	N
3	G	G	G	G	G	G	G	Y	Y
4	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
5	G	G	G	G	G	G	G	Y	Y
6	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
7	NG	NG	G	NG	NG	G	NG	N	N
8	G	G	G	G	G	G	G	Y	Y
9	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
10	G	G	G	G	G	G	G	Y	Y
11	G	NG	G	G	NG	G	G	N	N
12	G	G	G	G	G	G	G	Y	Y
13	G	G	G	G	G	G	G	Y	Y
14	G	G	G	G	G	G	G	Y	Y
15	G	G	G	G	G	G	G	Y	Y
16	G	NG	G	G	G	NG	G	N	N
17	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
18	G	G	G	G	G	G	G	Y	Y
19	G	G	G	G	G	G	G	Y	Y
20	G	G	G	G	G	G	G	Y	Y
21	NG	NG	NG	NG	NG	G	G	N	N
22	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
23	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
24	NG	G	G	G	G	G	G	Y	N
25	G	G	G	G	G	G	G	Y	Y
26	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
27	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
28	NG	G	NG	G	NG	G	NG	N	N
29	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
30	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y

ผลการตรวจสอบความสามารถในการตรวจสอบของพนักงานตรวจสอบ จากการวิเคราะห์โดยโปรแกรม Minitab ของพนักงานตรวจสอบแสดงดังตารางที่ 3.9 แลรูปที่ 3.7

ตารางที่ 3.9 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลักษณะ โดยโปรแกรม Minitab ของลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกบริเวณบ่อเก็บของเสีย

**Within Appraisers** Assessment Agreement

Appraiser	# Inspected	# Matched	Percent	95 % CI
1	30	26	86.67	(69.28, 96.24)
2	30	28	93.33	(77.93, 99.18)
3	30	27	90.00	(73.47, 97.89)

**Each Appraiser vs Standard** Assessment Agreement

Appraiser	# Inspected	# Matched	Percent	95 % CI
1	30	24	80.00	(61.43, 92.29)
2	30	26	86.67	(69.28, 96.24)
3	30	24	80.00	(61.43, 92.29)

## Assessment Disagreement

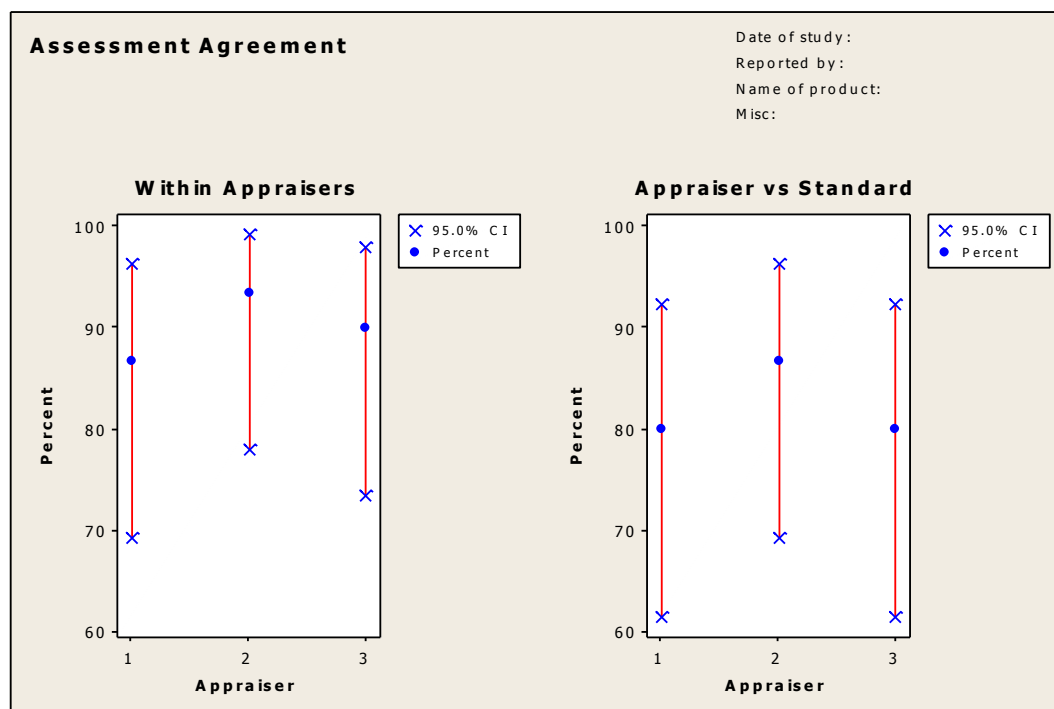
Appraiser	# NG / G	Percent	# G / NG	Percent	# Mixed	Percent
1	0	0.00	2	13.33	4	13.33
2	0	0.00	2	13.33	2	6.67
3	0	0.00	3	20.00	3	10.00

**Between Appraisers** Assessment Agreement

# Inspected	# Matched	Percent	95 % CI
30	25	83.33	(65.28, 94.36)

**All Appraisers vs Standard** Assessment Agreement

# Inspected	# Matched	Percent	95 % CI
30	23	76.67	(57.72, 90.07)



รูปที่ 3.7 กราฟ Attribute Agreement ของการตรวจสอบแม่แบบเฉพาะคำหุ้ประเภทแตกบริเวณบ่อ  
เก็บของเสีย

สามารถสรุปผลการวิเคราะห์ได้ดังนี้

เปอร์เซ็นต์ความสามารถในการวัดซ้ำของพนักงานคนที่ 1 เท่ากับ 86.67% พนักงานคนที่ 2  
เท่ากับ 93.33% และพนักงานคนที่ 3 เท่ากับ 90.00%

เปอร์เซ็นต์ความไม่ไบอัสของพนักงานตรวจสอบของพนักงานคนที่ 1 เท่ากับ 80.00%  
พนักงานคนที่ 2 เท่ากับ 86.67% และพนักงานคนที่ 3 เท่ากับ 80.00%

เปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพผลความสามารถในการวัดซ้ำของการตรวจสอบเท่ากับ 83.33%

เปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพผลความไม่ไบอัสของการตรวจสอบเท่ากับ 76.67%

ซึ่งจากผลการตรวจสอบที่ได้พบว่าค่า เปอร์เซ็นต์ความสามารถในการวัดซ้ำของพนักงาน  
ตรวจสอบ เปอร์เซ็นต์ความไม่ไบอัสของพนักงานตรวจสอบ (%Attribute score) เปอร์เซ็นต์  
ประสิทธิภาพด้านความสามารถในการวัดซ้ำของการตรวจสอบ (% Screen Effectiv Score) และ

เปอร์เซ็นต์ผลิตผลความไม่ไปอัสของการตรวจสอบ (% Attribute Effective Score) ไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด จึงต้องทำการอบรมพนักงานใหม่รวมทั้งประเมินผลของพนักงานใหม่ เพื่อปรับปรุงค่าให้ดีขึ้น โดยเฉพาะการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะตำหนิเหมือนตัวอย่างที่ 2 และ 24 ซึ่งพนักงานทำการตัดสินใจผิดทั้ง 3 คน

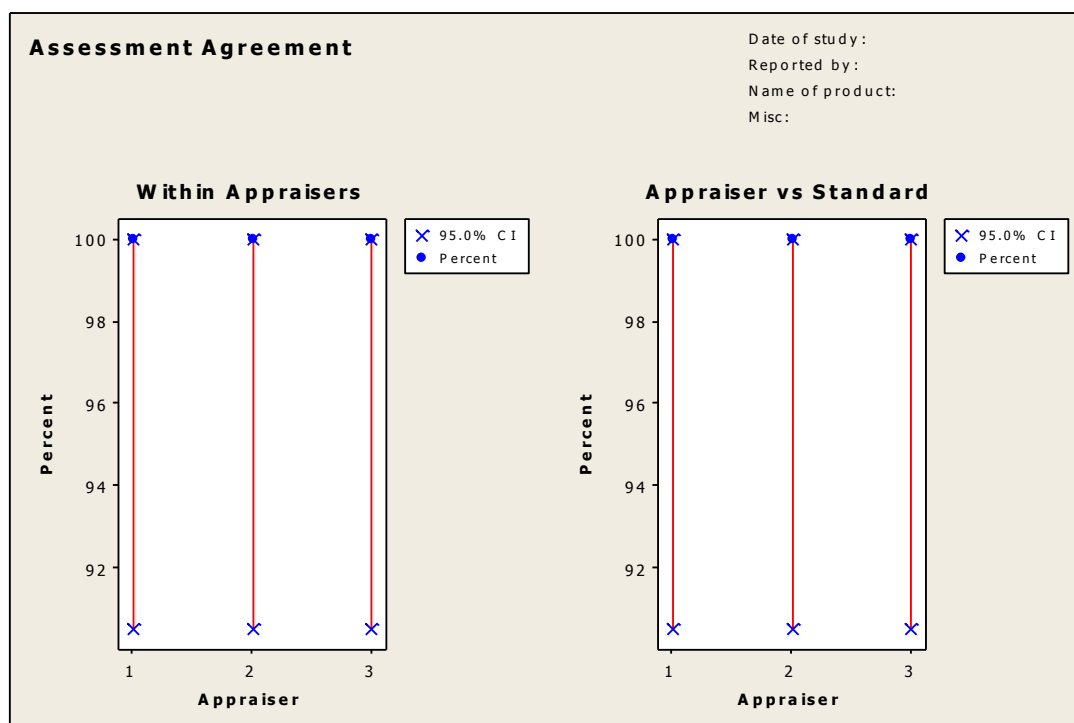
เนื่องจากการทดสอบครั้งแรกมีผลการทดสอบความสามารถของกระบวนการต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ดังนั้นจึงได้ทำการอบรมพนักงานใหม่ ผลของการตรวจสอบหลังอบรมพนักงานใหม่ทั้ง 3 คน จากการวิเคราะห์โดยโปรแกรม Minitab แสดงดังตารางที่ 3.10 และรูปที่ 3.8

**ตารางที่ 3.10** ผลการวิเคราะห์ ระบบการวัดข้อมูลตามลักษณะ โดยโปรแกรม Minitab เฉพาะตำหนิประเภทแตกบริเวณบ่อเก็บของเสีย หลังการอบรมพนักงานใหม่

Within Appraisers Assessment Agreement						
Appraiser	# Inspected	# Matched	Percent	95 % CI		
1	30	30	100.00	(90.50, 100.00)		
2	30	30	100.00	(90.50, 100.00)		
3	30	30	100.00	(90.50, 100.00)		
Each Appraiser vs Standard Assessment Agreement						
Appraiser	# Inspected	# Matched	Percent	95 % CI		
1	30	30	100.00	(90.50, 100.00)		
2	30	30	100.00	(90.50, 100.00)		
3	30	30	100.00	(90.50, 100.00)		
Assessment Disagreement						
Appraiser	# NG / G	Percent	# G / NG	Percent	# Mixed	Percent
1	0	0.00	0	0.00	0	0.00
2	0	0.00	0	0.00	0	0.00
3	0	0.00	0	0.00	0	0.00

ตารางที่ 3.10 ผลการวิเคราะห์ ระบบการวัดข้อมูลตามลักษณะ โดยโปรแกรม Minitab เฉพาะตำหนิประเภทแตกบริเวณบ่อเก็บของเสีย หลังการอบรมพนักงานใหม่ (ต่อ)

Between Appraisers Assessment Agreement			
# Inspected	# Matched	Percent	95 % CI
30	30	100.00	(90.50, 100.00)
All Appraisers vs Standard Assessment Agreement			
# Inspected	# Matched	Percent	95 % CI
30	30	100.00	(90.50, 100.00)



รูปที่ 3.8 กราฟ Attribute Agreement ของการตรวจสอบผลิตภัณฑ์เฉพาะตำหนิประเภทแตกบริเวณบ่อเก็บของเสีย หลังการอบรมพนักงานใหม่

ผลการวิเคราะห์ระบบการวัดเป็นดังนี้

เปอร์เซ็นต์ความสามารถในการวัดซ้ำของพนักงาน เท่ากับ 100%

เปอร์เซ็นต์ความไม่ไบอัสของพนักงาน เท่ากับ 100%

เปอร์เซ็นต์ประสิทธิผลความสามารถในการวัดซ้ำของการตรวจสอบ เท่ากับ 100%

และเปอร์เซ็นต์ประสิทธิผลความไม่ไบอัสของการตรวจสอบ เท่ากับ 100%

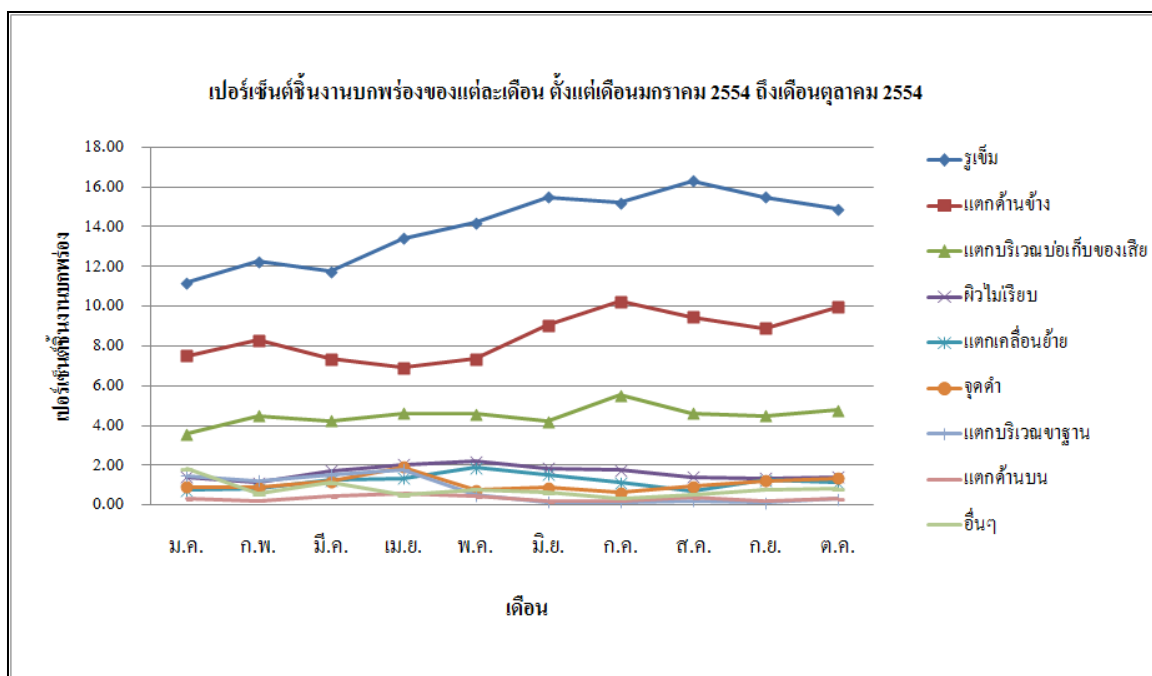
ดังนั้นสรุปได้ว่าความสามารถของกระบวนการวัดแบบข้อมูลตามลักษณะของตำหนิประเภทแตกบริเวณบ่อเก็บของเสียในการทดสอบครั้งที่ 2 อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ เนื่องจากพนักงานตรวจสอบทุกคนสามารถตัดสินใจตัดสินผลิตภัณฑ์ได้ถูกต้องทุกตัว และหลังจากมีความมั่นใจในเรื่องความสามารถในการวัดแบบข้อมูลตามลักษณะแล้ว จึงทำการวิเคราะห์หาสาเหตุเพื่อแก้ปัญหาประเภทแตกบริเวณบ่อเก็บของเสียต่อไป

### 3.3 ขั้นตอนการระบุปัญหาในอดีต (Problem History)

ในขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่ทำการระบุระยะเวลาของปัญหาที่เกิด อัตราการเกิดของเสีย และค่าใช้จ่ายที่สูญเสีย

จากรูปที่ 3.9 จะแสดงเปอร์เซ็นต์ชิ้นงานบกพร่องของแต่ละเดือน ซึ่งจะพบว่าลักษณะข้อบกพร่องประเภทรูเข็ม แตะด้านข้างและแตกบริเวณบ่อเก็บของเสียนั้นเป็นปัญหาที่พบมากที่สุด 3 ลำดับแรก และแนวโน้มของการเกิดของเสียนั้น มีแนวโน้มที่จะเพิ่มสูงขึ้น แสดงว่าปัญหานี้ยังคงไม่ได้รับการแก้ไขในอดีต





รูปที่ 3.9 เปอร์เซ็นต์ของแต่ละลักษณะข้อบกพร่องของแต่ละเดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม 2554 ถึงเดือน ตุลาคม 2554

### 3.4 สรุปผลระยะการกำหนดปัญหาและวิธีการวัด

จากการทำการศึกษาจะพบว่า ผลิตรถยนต์รุ่นที่พบปัญหามากที่สุด คือรุ่น BW13 จากนั้นใช้หลักการของพาเรโต 80:20 ซึ่งจะพบว่าลักษณะข้อบกพร่องที่ต้องทำการแก้ไขนั้นมี 3 ข้อบกพร่อง ได้แก่ รูเข็ม แดกค้ำข้างและแดกบริเวณบ่อเก็บของเสีย ซึ่งวิธีการวัดปัญหาที่พบ เริ่มต้นจากการวิเคราะห์ความถูกต้องและแม่นยำของระบบการวัดสำหรับข้อมูลตามลักษณะ (Attribute Agreement Analysis) ในการตรวจสอบลักษณะข้อ บกพร่องด้วยสายตา พบว่าเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการวัดซ้ำของพนักงาน เปอร์เซ็นต์ความไม่ไบอัสของพนักงาน เปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพผลความสามารถในการวัดซ้ำของพนักงานตรวจสอบ และเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพผลความไม่ไบอัสของการตรวจสอบของพนักงานตรวจสอบทุกคนผ่านเกณฑ์การตรวจสอบ โดยมีค่าที่ 100% ทุกคน

ในขั้นตอนการระบุปัญหาในอดีต ทำการเก็บข้อมูลแนวโน้มการเกิดของข้อบกพร่องแต่ละประเภท ซึ่งพบว่ายังคงมีอัตราการเกิดของเสียนั้นยังคงเกิดขึ้นตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน

## บทที่ 4

### ขั้นตอนการระบุดังรอย (Generate Clues)

เมื่อทำการสำรวจสภาพปัญหาที่ต้องการดำเนินการแก้ไข ซึ่งมีอยู่ 3 ลักษณะข้อบกพร่อง ได้แก่ รุ้เข็ม แตะด้านข้าง และแตกบริเวณบ่อเก็บของเสีย ของโถสุขภัณฑ์รุ่น BW13 ขั้นตอนนี้จะเป็นขั้นตอนของการค้นหาสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดปัญหาดังกล่าว จากนั้นทำการศึกษาโดยใช้แผนภูมิหลายตัวแปร (Multi-Vari Chart) ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อลดจำนวนสาเหตุ หรือปัจจัยต่างๆที่จะก่อให้เกิดปัญหา ให้มีน้อยลง เพื่อค้นหาว่าความผันแปรที่เกิดขึ้นนั้นเป็นความผันแปรชนิดใด ซึ่งมีอยู่ 3 แบบ คือ ความผันแปรภายในชิ้นงาน (Positional Variation or Within Unit Family) ความผันแปรระหว่างชิ้นต่อชิ้น (Cyclical Variation or Unit to Unit Family) หรือความผันแปรระหว่างเวลาต่อเวลา (Temporal Variations or Time to Time Family)

#### 4.1 ลักษณะข้อบกพร่องประเภทรุ้เข็ม

ลักษณะข้อบกพร่องประเภทรุ้เข็มเป็นลักษณะที่ชิ้นงานเป็นรูเล็กๆบริเวณผิวของชิ้นงาน โดยบริเวณที่เป็นรูเข็มนั้นจะเป็นบริเวณที่ไม่มีผิวเคลือบ ดังรูปที่ 4.1



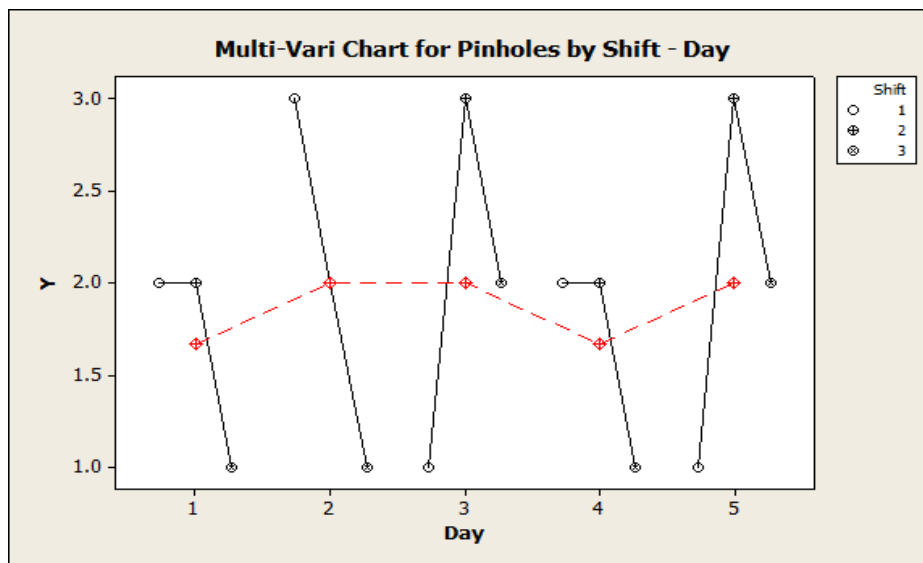
รูปที่ 4.1 ลักษณะข้อบกพร่องประเภทรุ้เข็ม

เนื่องจากลักษณะข้อบกพร่องประเภทรูเข็ม เป็นลักษณะข้อมูลตามลักษณะ (Attribute Data) ดังนั้นจึงต้องทำการกำหนดค่าความรุนแรงของลักษณะข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น โดยใช้ Likert Scale ซึ่งกำหนดจากจำนวนจุดของลักษณะข้อบกพร่องประเภทรูเข็มที่เกิดขึ้นที่เกิดขึ้น ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 Likert Scale ของลักษณะข้อบกพร่องประเภทรูเข็ม

จำนวนรูเข็มที่เกิดขึ้น (รู)	Likert Scale
ไม่เกิดรูเข็ม	0
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5
6	6
7	7
8	8
9	9
ตั้งแต่ 10 ขึ้นไป	10

จากนั้นทำการเก็บข้อมูล 30 ตัว เพื่อศึกษาว่าความผันแปรที่ทำให้เกิดลักษณะข้อบกพร่องประเภทรูเข็ม โดยการทำให้ Multi-Vari chart ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 Multi-Vari Chart ของลักษณะข้อบกพร่องประเภทรูเข็ม

จากรูปที่ 4.2 จะเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างวัน กะที่ทำการผลิตและลักษณะของชิ้นงานที่เกิดขึ้น ซึ่งจะพบว่าไม่มีความแตกต่างระหว่างวัน และไม่มีความแตกต่างระหว่างกะทำงาน ดังนั้นความผันแปรที่เกิดขึ้นที่ก่อให้เกิดลักษณะข้อบกพร่องประเภทรูเข็ม เกิดจากความผันแปรภายในชิ้นงาน (Within Unit) สิ่งที่จะต้องทำต่อไปคือ การทำแผนภาพความสนใจ (Concentration Chart) เพื่อเป็นการระบุตำแหน่งที่แท้จริงของปัญหา ซึ่งแผนภาพความสนใจ (Concentration Chart) ของลักษณะข้อบกพร่องประเภทรูเข็ม ดังรูปที่ 4.3

**Defect Check Sheet For 17713**

Model.....17713.....

S=Seam line      Defect number.....11.....      Defect name.....Pinhole.....

ด้านบน

ด้านหน้า

ด้านหลัง

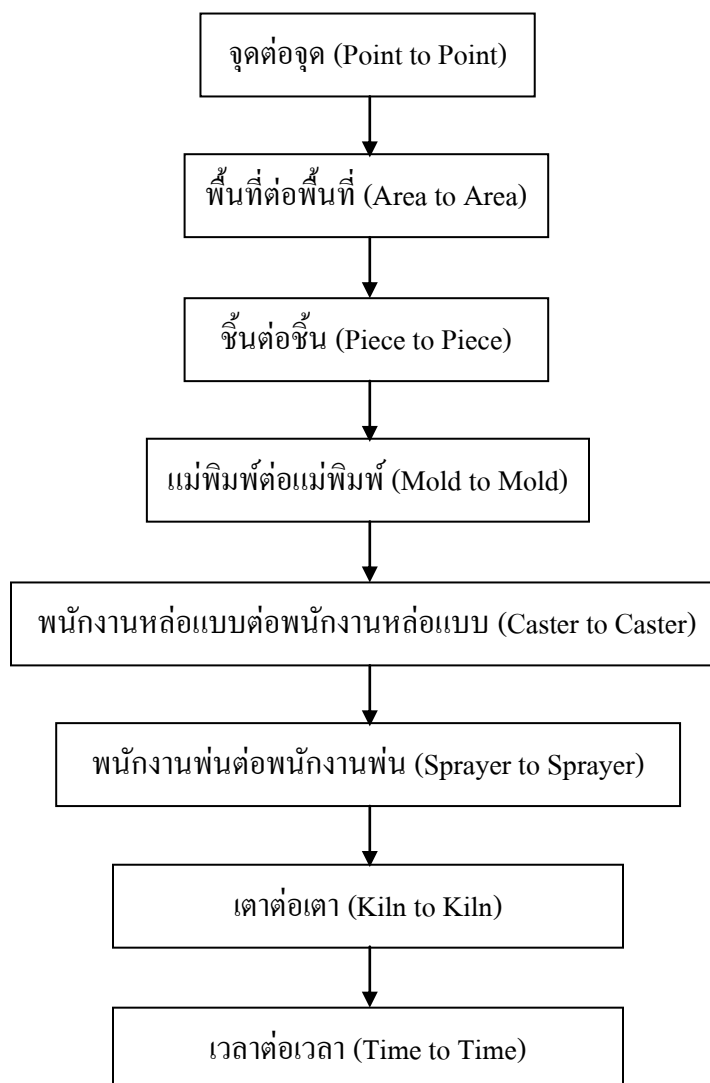
ด้านซ้าย

ด้านขวา

No.	Collecting data date	Casting date	ด้านบน Top								ด้านหน้า Front				ด้านหลัง Back				ด้านซ้าย Left side				ด้านขวา Right side				ขนาดแม่พิมพ์ Mould No.	เบอร์พิมพ์งานแม่พิมพ์ Caster No.	ขนาด Round	เบอร์พิมพ์งานพ่นสี Sprayer No.	เบอร์พิมพ์งานตรวจสอบ Inspector No.	เวลาตรวจสอบ Time	บาร์โค้ด Barcode No.	
วันที่	วันที่เก็บข้อมูล	วันที่เท	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	F1	F2	F3	F4	S	B1	B2	B3	B4	L1	L2	L3	L4	R1	R2	R3	R4							
1																																		
2																																		
3																																		
4																																		
5																																		
6																																		
7																																		
8																																		
9																																		
10																																		

รูปที่ 4.3 แผนภาพความสนใจ (Concentration Chart) ของลักษณะข้อบกพร่องประเภทรูเข็ม

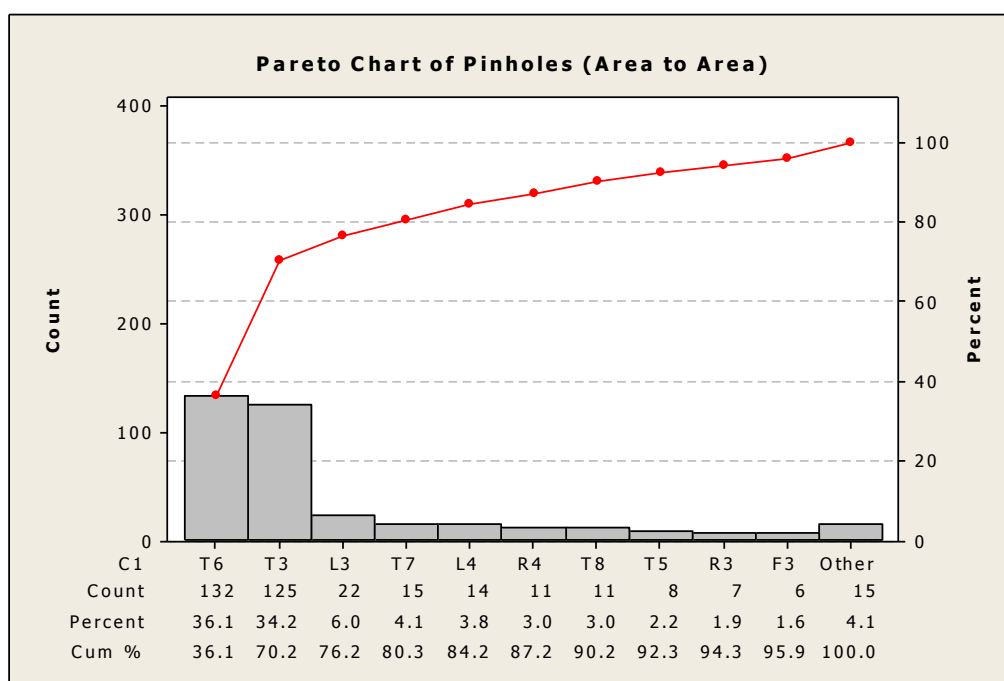
ทำการเก็บข้อมูล โดยข้อมูลที่เก็บมานั้นจะเป็นข้อมูลของลักษณะข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นจริงใน 1 เดือน จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์หาลักษณะข้อบกพร่อง โดยจะต้องนำมาเปรียบเทียบในครอบครัวความผันแปร (Family of Variation: FOV)



รูปที่ 4.4 ครอบครัวความผันแปร (Family of Variation: FOV)

#### 4.1.1 การวิเคราะห์กรอบควมผันแปรของลักษณะข้อบกพร่องประเภทรูเข็ม

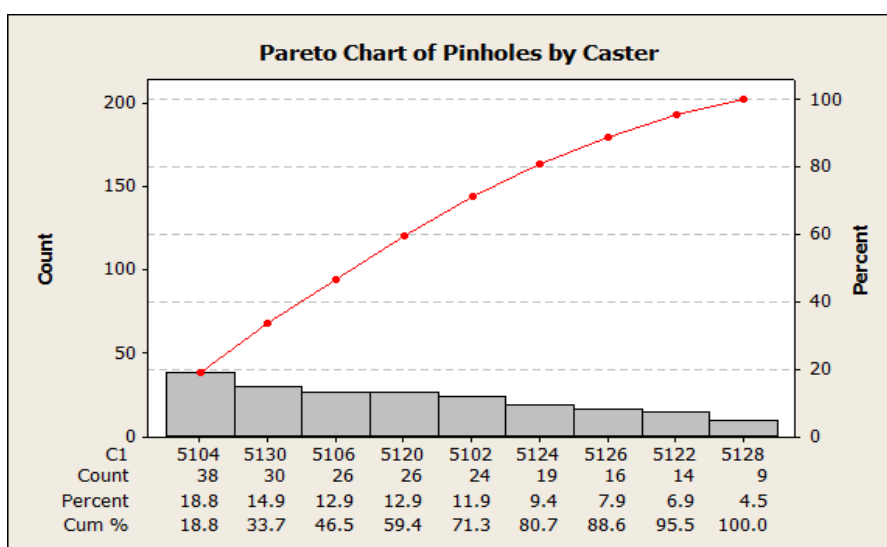
1. จุดต่อจุด (Point to Point) หมายถึง ลักษณะข้อบกพร่องที่พบบนนั้นเกิดซ้ำๆที่จุดเดิม ตลอดทุกครั้ง จากตารางการเก็บข้อมูลพบว่าลักษณะข้อบกพร่องประเภทรูเข็มนั้น ไม่ได้เกิดซ้ำที่จุดเดิม
2. พื้นที่ต่อพื้นที่ (Area to Area) หมายถึง ลักษณะข้อบกพร่องที่พบบนนั้นเกิดซ้ำๆที่บริเวณเดิม จากตารางการเก็บข้อมูลพบว่าลักษณะข้อบกพร่องนั้น เกิดซ้ำที่บริเวณเดิม นั่นคือบริเวณ ตำแหน่ง T6 36.07% และตำแหน่ง T3 34.15%



รูปที่ 4.5 กราฟเปรียบเทียบระหว่างพื้นที่ต่อพื้นที่ของลักษณะข้อบกพร่องประเภทรูเข็ม

3. ชิ้นต่อชิ้น (Piece to Piece) หมายถึง ลักษณะข้อบกพร่องที่พบบนนั้นเกิดซ้ำๆที่ชิ้นงานที่เกิดจากการหล่อที่แม่พิมพ์หมายเลขเดิม ซึ่งอาจจะแตกต่างตามรอบของการผลิต จากตารางการเก็บข้อมูลพบว่าลักษณะข้อบกพร่องนั้น ไม่พบว่าเกิดขึ้นที่แม่พิมพ์หมายเลขซ้ำกัน
4. แม่พิมพ์ต่อแม่พิมพ์ (Mold to Mold) หมายถึง ลักษณะข้อบกพร่องที่เกิดจากแม่พิมพ์ที่อยู่ในสายการผลิตเดียวกัน จากตารางการเก็บข้อมูลพบว่าลักษณะข้อบกพร่องนั้น เกิดขึ้นที่แม่พิมพ์หลายเบอร์ ดังนั้นหมายเลขของแม่พิมพ์จึงไม่มีผลต่อการเกิดลักษณะข้อบกพร่อง

5. พนักงานหล่อแบบต่อพนักงานหล่อแบบ (Caster to Caster) หมายถึง ลักษณะข้อบกพร่องที่พบนั้นเกิดซ้ำๆจากชิ้นงานที่หล่อโดยพนักงานคนเดิม ซึ่งจากตารางการเก็บข้อมูลพบว่า พนักงานหล่อแบบนั้นมีผลต่ออัตราการเกิดลักษณะข้อบกพร่อง ซึ่งจะพบว่า พนักงานหล่อแบบที่มีสัดส่วนของเสียประเภทรูเข็มน้อยที่สุดคือ 5128 (BOB) และพนักงานหล่อแบบที่มีสัดส่วนของเสียประเภทรูเข็มมากที่สุดคือ 5104 (WOW)



รูปที่ 4.6 แผนภาพพาราโตของลักษณะข้อบกพร่องประเภทรูเข็ม โดยจำแนกตามพนักงานหล่อแบบ

6. พนักงานพ่นต่อพนักงานพ่น (Sprayer to Sprayer) หมายถึง ลักษณะข้อบกพร่องที่พบนั้นเกิดซ้ำๆจากชิ้นงานที่พ่นโดยพนักงานพ่นคนเดิม ซึ่งจากตารางการเก็บข้อมูลพบว่า พนักงานพ่นนั้น ไม่มีผลต่ออัตราการเกิดลักษณะข้อบกพร่อง เพราะพบว่าลักษณะการเกิดข้อบกพร่องนั้นเกิดขึ้นที่ทุกพนักงานพ่น

7. เตาต่อเตา (Kiln to Kiln) หมายถึง ลักษณะข้อบกพร่องที่พบนั้นเกิดซ้ำๆจากชิ้นงานที่ทำการเผาโดยเตาเผาหมายเลขเดิม ซึ่งจากตารางการเก็บข้อมูลพบว่า เตาเผานั้น ไม่มีผลต่ออัตราการเกิดลักษณะข้อบกพร่อง เพราะผลิตภัณฑ์รุ่นนี้ทุกตัวนั้นทำการเผาที่เตาเดิม นั่นคือเตาเผาที่ 17

8. เวลาต่อเวลา (Time to Time) หมายถึง ลักษณะข้อบกพร่องที่พบนั้นเกิดซ้ำๆจากชิ้นงานที่เกิดขึ้นที่เวลาซ้ำๆ ซึ่งจากตารางการเก็บข้อมูลพบว่าเวลานั้น ไม่มีผลต่ออัตราการเกิดลักษณะข้อบกพร่อง เพราะพบว่าลักษณะการเกิดข้อบกพร่องนั้นเกิดได้ทุกเวลา

เมื่อทำการวิเคราะห์ตามหลักครอบครัวความผันแปรจะพบว่า สิ่งที่มีความแตกต่างคือ พื้นที่ต่อพื้นที่ (Area to Area) และพนักงานหล่อแบบต่อพนักงานหล่อแบบ (Caster to Caster) ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ครอบครัวความผันแปรของลักษณะข้อบกพร่องประเภทรูเข็ม

ครอบครัวความผันแปร (Family of Variation : FOV)	ผลการวิเคราะห์
จุดต่อจุด (Point to Point)	ไม่มีความแตกต่าง
พื้นที่ต่อพื้นที่ (Area to Area)	มีความแตกต่าง
ชิ้นต่อชิ้น (Piece to Piece)	ไม่มีความแตกต่าง
แม่พิมพ์ต่อแม่พิมพ์ (Mold to Mold)	ไม่มีความแตกต่าง
พนักงานหล่อแบบต่อพนักงานหล่อแบบ (Caster to Caster)	มีความแตกต่าง
เตาต่อเตา (Kiln to Kiln)	ไม่มีความแตกต่าง
เวลาต่อเวลา (Time to Time)	ไม่มีความแตกต่าง

#### 4.2 ลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกด้านข้าง

ลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกด้านข้าง เป็นลักษณะที่ชิ้นงานเป็นจะมีรอยแตกเล็กๆบริเวณด้านข้าง ดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 ลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกด้านข้าง

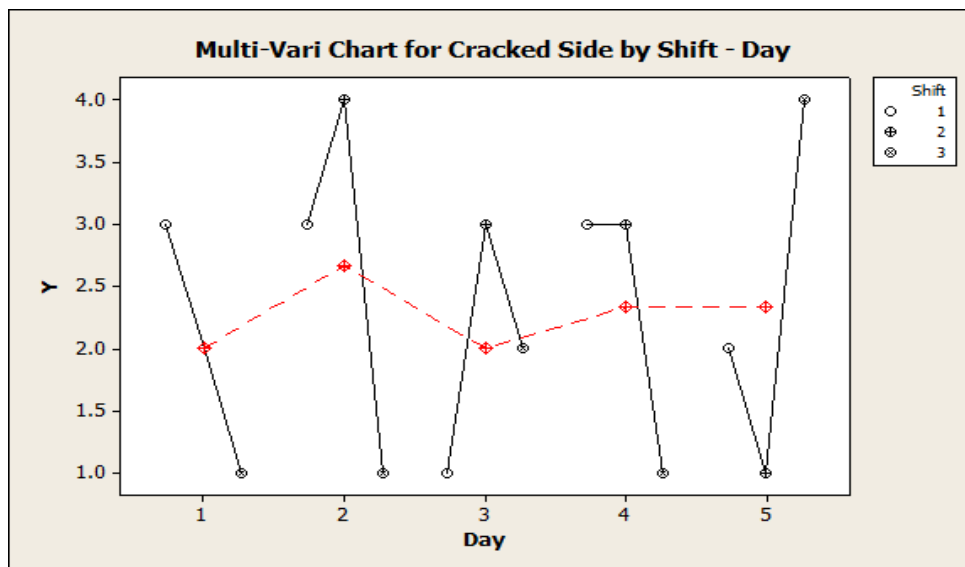


เนื่องจากลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกด้านข้าง เป็นลักษณะข้อมูลตามลักษณะ (Attribute Data) ดังนั้นจึงต้องทำการกำหนดค่าความรุนแรงของลักษณะข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น โดยใช้ Likert Scale การกำหนดค่าความรุนแรงของลักษณะข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นนั้น จึงกำหนดจากลักษณะของรอยแตก ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 Likert Scale ของลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกด้านข้าง

ลักษณะของรอยแตก	Likert Scale
ไม่มีรอยแตก	0
รอยแตกมีลักษณะเป็นเส้นบริเวณกึ่งใต้ปีก ซึ่งเป็นด้านซ้ายหรือด้านขวา	1
รอยแตกมีลักษณะเป็นเส้นบริเวณกึ่งใต้ปีก ซึ่งเป็นด้านซ้ายและด้านขวา	2
รอยแตกผ่าจากบริเวณกึ่งออกมานอกบริเวณกึ่งใต้ปีก ซึ่งเป็นด้านซ้ายหรือด้านขวา	3
รอยแตกผ่าจากบริเวณกึ่งออกมานอกบริเวณกึ่งใต้ปีก ซึ่งเป็นด้านซ้ายและด้านขวา	4
รอยแตกผ่าบริเวณกลางของกึ่งด้านข้างใต้ปีก ซึ่งเป็นด้านซ้ายหรือด้านขวา	5
รอยแตกผ่าบริเวณกลางของกึ่งด้านข้างใต้ปีก ซึ่งเป็นด้านซ้ายและด้านขวา	6
รอยแตกบริเวณระหว่างขาฐานด้านหลังและตัวโถ ทางด้านซ้ายหรือด้านขวา	7
รอยแตกบริเวณระหว่างขาฐานด้านหลังและตัวโถ ทางด้านซ้ายและด้านขวา	8
รอยแตกบริเวณระหว่างขาฐานและตัวโถ ทางด้านซ้ายหรือด้านขวา	9
รอยแตกบริเวณระหว่างขาฐานและตัวโถ ทางด้านซ้ายและด้านขวา	10

จากนั้นทำการเก็บข้อมูล 30 ตัว เพื่อศึกษาว่าความผันแปรที่ทำให้เกิดลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกด้านข้าง โดยการทำให้ Multi-Vari chart ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.8 Multi-Vari Chart ของลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกด้านข้าง

จากรูปที่ 4.8 จะเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างวัน กะที่ทำการผลิตและลักษณะของชิ้นงานที่เกิดขึ้น ซึ่งจะพบว่าไม่มีความแตกต่างระหว่างวัน และไม่มีความแตกต่างระหว่างกะทำงาน ดังนั้นความผันแปรที่เกิดขึ้นที่ก่อให้เกิดลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกด้านข้าง ซึ่งเกิดจากความผันแปรภายในชิ้นงาน (Within Unit) สิ่งที่จะต้องทำต่อไปคือ การทำแผนภาพความสนใจ (Concentration Chart) เพื่อเป็นการระบุตำแหน่งที่แท้จริงของปัญหา ซึ่งแผนภาพความสนใจ (Concentration Chart) ของลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกด้านข้าง ดังรูปที่ 4.9

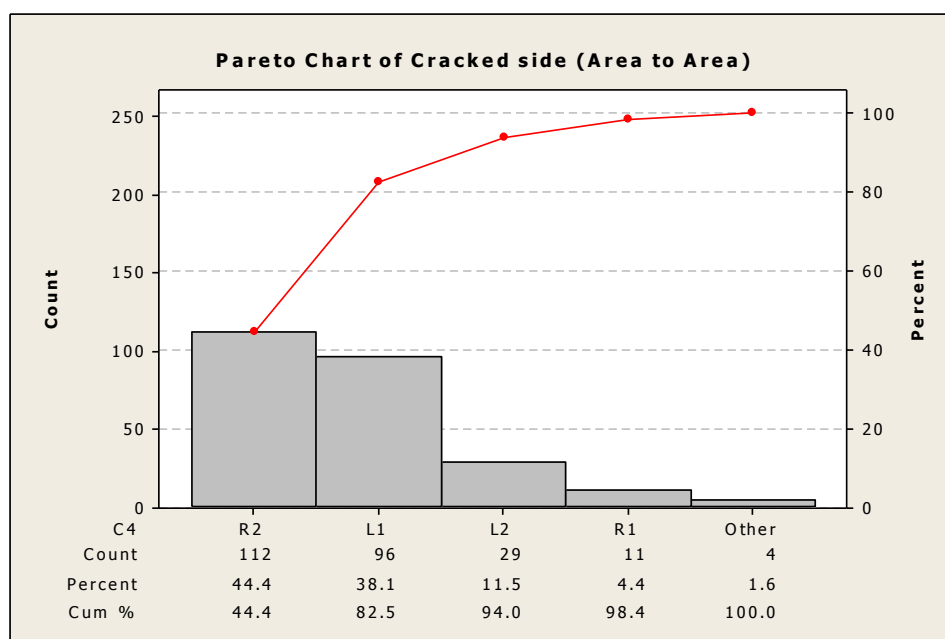
Defect Check Sheet For 17713															
Model.....17713.....		Defect number.....26.....				Defect name.....Cracked Side.....									
No.	Collecting data date	Casting date	ด้านซ้าย Left side			ด้านขวา Right side			หมายเลขแม่พิมพ์ Mould No.	เบอร์วัดถักงานเคลือบ Caster No.	รอบหล่อ Round	เบอร์วัดถักงานพ่น Sprayer No.	เบอร์วัดถักงานตรวจสอบ Inspector No.	เวลาที่ตรวจสอบ Time	บาร์โค้ด Barcode No
1	วันที่เก็บข้อมูล	วันที่หล่อ	L1	L2	L3	L4	R1	R2	R3	R4					
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															

รูปที่ 4.9 แผนภาพความสนใจ (Concentration Chart) ของลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกด้านข้าง

ทำการเก็บข้อมูล โดยข้อมูลที่เก็บมานั้นจะเป็นข้อมูลของลักษณะข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นจริงใน 1 เดือน จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์หาลักษณะข้อบกพร่องโดยนำมาเปรียบเทียบในครอบครัวความผันแปร (Family of Variation: FOV)

#### 4.2.1 การวิเคราะห์ครอบครัวความผันแปรของลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกด้านข้าง

1. จุดต่อจุด (Point to Point) หมายถึง ลักษณะข้อบกพร่องที่พบนั้นเกิดขึ้นที่จุดเดิมตลอดทุกครั้ง จากตารางการเก็บข้อมูลพบว่าลักษณะข้อบกพร่องนั้น ไม่ได้เกิดขึ้นที่จุดเดิม
2. พื้นที่ต่อพื้นที่ (Area to Area) หมายถึง ลักษณะข้อบกพร่องที่พบนั้นเกิดขึ้นที่บริเวณเดิม จากตารางการเก็บข้อมูลพบว่าลักษณะข้อบกพร่องนั้น เกิดซ้ำที่บริเวณเดิม นั่นคือบริเวณด้านข้างได้ปีก ที่ตำแหน่ง R2 44.44% และ L1 38.10% ดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 กราฟเปรียบเทียบระหว่างพื้นที่ต่อพื้นที่ของลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกด้านข้าง

3. ชิ้นต่อชิ้น (Piece to Piece) หมายถึง ลักษณะข้อบกพร่องที่พบนั้นเกิดขึ้นที่ชิ้นงานที่เกิดจากการหล่อที่แม่พิมพ์หมายเลขเดิม ซึ่งอาจจะแตกต่างตามรอบของการผลิต จากตารางการเก็บข้อมูลพบว่าลักษณะข้อบกพร่องนั้น ไม่พบว่าเกิดขึ้นที่แม่พิมพ์หมายเลขซ้ำกัน

4. แม่พิมพ์ต่อแม่พิมพ์ (Mold to Mold) หมายถึง ลักษณะข้อบกพร่องที่เกิดจากแม่พิมพ์ที่อยู่ในสายการผลิตเดียวกัน จากตารางการเก็บข้อมูลพบว่าลักษณะข้อบกพร่องนั้น เกิดขึ้นที่แม่พิมพ์หลายเบอร์ ดังนั้นหมายเลขของแม่พิมพ์จึงไม่มีผลต่อการเกิดลักษณะข้อบกพร่อง

5. พนักงานหล่อแบบต่อพนักงานหล่อแบบ (Caster to Caster) หมายถึง ลักษณะข้อบกพร่องที่พบนั้นเกิดซ้ำๆจากชิ้นงานที่หล่อ โดยพนักงานคนเดิม ซึ่งจากตารางการเก็บข้อมูลพบว่าพนักงานหล่อแบบนั้นไม่มีผลต่ออัตราการเกิดลักษณะข้อบกพร่อง

6. พนักงานพ่นต่อพนักงานพ่น (Sprayer to Sprayer) หมายถึง ลักษณะข้อบกพร่องที่พบนั้นเกิดซ้ำๆจากชิ้นงานที่พ่น โดยพนักงานพ่นคนเดิม ซึ่งจากตารางการเก็บข้อมูลพบว่า พนักงานพ่นนั้นไม่มีผลต่ออัตราการเกิดลักษณะข้อบกพร่อง เพราะพบว่าลักษณะการเกิดข้อบกพร่องนั้นเกิดขึ้นที่ทุกพนักงานพ่น

7. เตาต่อเตา (Kiln to Kiln) หมายถึง ลักษณะข้อบกพร่องที่พบนั้นเกิดซ้ำๆจากชิ้นงานที่ทำการเผาโดยเตาเผาหมายเลขเดิม ซึ่งจากตารางการเก็บข้อมูลพบว่า เตาเผานั้นไม่มีผลต่ออัตราการเกิดลักษณะข้อบกพร่อง เพราะผลิตภัณฑ์รุ่นนี้ทุกตัวนั้นทำการเผาที่เตาเดิม นั่นคือเตาเผาที่ 17

8. เวลาต่อเวลา (Time to Time) หมายถึง ลักษณะข้อบกพร่องที่พบนั้นเกิดซ้ำๆจากชิ้นงานที่เกิดขึ้นที่เวลาซ้ำๆ ซึ่งจากตารางการเก็บข้อมูลพบว่าเวลานั้นไม่มีผลต่ออัตราการเกิดลักษณะข้อบกพร่อง เพราะพบว่าลักษณะการเกิดข้อบกพร่องนั้นเกิดได้ทุกเวลา

เมื่อทำการวิเคราะห์ตามหลักกรอบรั้วความผันแปรจะพบว่า สิ่งที่มีความแตกต่างของลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกด้านข้างคือ พื้นที่ต่อพื้นที่ (Area to Area) ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ครอบครัวความผันแปรของลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกด้านข้าง

ครอบครัวความผันแปร (Family of Variation : FOV)	ผลการวิเคราะห์
จุดต่อจุด (Point to Point)	ไม่มีความแตกต่าง
พื้นที่ต่อพื้นที่ (Area to Area)	มีความแตกต่าง
ชิ้นต่อชิ้น (Piece to Piece)	ไม่มีความแตกต่าง
แม่พิมพ์ต่อแม่พิมพ์ (Mold to Mold)	ไม่มีความแตกต่าง
พนักงานหล่อแบบต่อพนักงานหล่อแบบ (Caster to Caster)	ไม่มีความแตกต่าง
เตาต่อเตา (Kiln to Kiln)	ไม่มีความแตกต่าง
เวลาต่อเวลา (Time to Time)	ไม่มีความแตกต่าง

#### 4.3 ลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกบริเวณบ่อเก็บของเสีย

ลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกบริเวณบ่อเก็บของเสีย เป็นลักษณะที่ชิ้นงานจะมีรอยแตกเล็กๆบริเวณบ่อเก็บของเสีย ดังรูปที่ 4.11



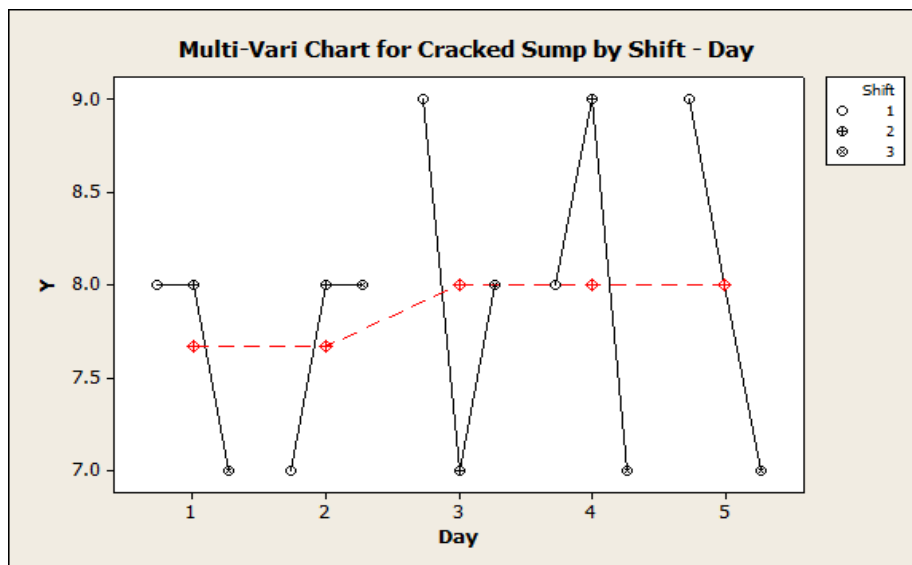
รูปที่ 4.11 ลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกบริเวณบ่อเก็บของเสีย

เนื่องจากลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกบริเวณบ่อเก็บของเสีย เป็นลักษณะข้อมูลตามลักษณะ (Attribute Data) ดังนั้นจึงต้องทำการกำหนดค่าความรุนแรงของลักษณะข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น โดยใช้ Likert Scale การกำหนดค่าความรุนแรงของลักษณะข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นนั้น จึงกำหนดจากลักษณะของรอยแตกบริเวณบ่อเก็บของเสีย ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 Likert Scale ของลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกบริเวณบ่อเก็บของเสีย

ลักษณะของรอยแตก	Likert Scale
ไม่มีรอยแตก	0
รอยแตกด้านในบ่อเก็บของเสีย ด้านซ้ายหรือขวา	1
รอยแตกด้านในบ่อเก็บของเสีย ด้านซ้ายและขวา	2
รอยแตกบริเวณปากบ่อเก็บของเสีย มีลักษณะเส้นเป็นแนวตั้ง อยู่ทางด้านซ้ายหรือขวา	3
รอยแตกบริเวณปากบ่อเก็บของเสีย มีลักษณะเส้นเป็นแนวตั้ง อยู่ทางด้านซ้ายและขวา	4
รอยแตกบริเวณปากบ่อเก็บของเสีย มีลักษณะเส้นเป็นแนวนอน อยู่ทางด้านซ้ายหรือขวาของปากบ่อเก็บของเสีย	5
รอยแตกบริเวณปากบ่อเก็บของเสีย มีลักษณะเส้นเป็นแนวนอน อยู่ทางด้านซ้ายและขวาของปากบ่อเก็บของเสีย	6
รอยแตกบริเวณปากบ่อเก็บของเสีย มีลักษณะเส้นเป็นแนวนอน อยู่บริเวณรอบๆปากบ่อเก็บของเสีย	7
รอยแตกบริเวณรอบเม็ดกระดุม	8
รอยแตกฝ่าเม็ดกระดุม	9
รอยแตกฝ่าเม็ดกระดุมและรอบเม็ดกระดุม	10

จากนั้นทำการเก็บข้อมูล 30 ตัว เพื่อศึกษาว่าความผันแปรที่ทำให้เกิดลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกบริเวณบ่อเก็บของเสีย โดยการนำ Multi-Vari chart ดังรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 Multi-Vari Chart ของลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกบริเวณบ่อเก็บของเสีย

จากรูปที่ 4.12 จะเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างวัน กะที่ทำการผลิตและลักษณะของชิ้นงานที่เกิดขึ้น ซึ่งจะพบว่าไม่มีความแตกต่างระหว่างวัน และไม่มีความแตกต่างระหว่างกะทำงาน ดังนั้นความผันแปรที่เกิดขึ้นที่ก่อให้เกิดลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกบริเวณบ่อเก็บของเสีย นั้น เกิดจากความผันแปรภายในชิ้นงาน (Within Unit) สิ่งที่จะต้องทำต่อไปคือ การทำแผนภาพความสนใจ (Concentration Chart) เพื่อเป็นการระบุตำแหน่งที่แท้จริงของปัญหา ซึ่งแผนภาพความสนใจ (Concentration Chart) ของลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกบริเวณบ่อเก็บของเสีย ดังรูปที่ 4.13

**Defect Check Sheet For 17713**

Model.....17713..... Defect number.....25..... Defect name.....Cracked Sump.....

B1 : รอบๆเม็ดกระดุม  
B2 : ฝาเม็ดกระดุม

เม็ดกระดุม

S1 S2  
S3 S4

ปาก sump

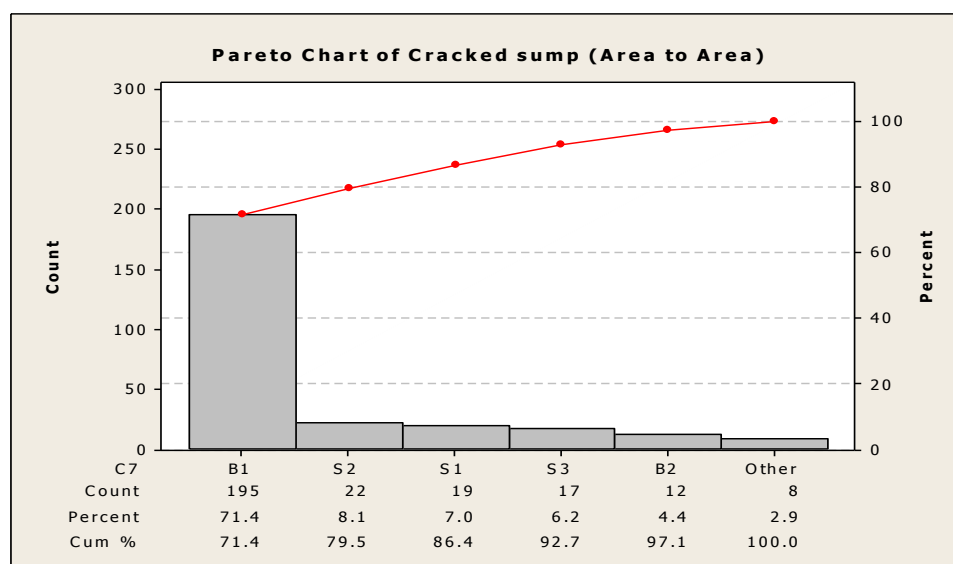
No.	Collecting data date	Casting date	เม็ดกระดุม		ปาก sump				หมายเลขใบแม่ Mould No.	เบอร์จัดทำงานแม่ Caster No.	รอบแม่ Round	เบอร์จัดทำงานแม่ Sprayer No.	เบอร์จัดทำงานตรวจสอบ Inspector No.	เวลาที่ตรวจสอบ Time	บาร์โค้ด Barcode No
			B1	B2	S1	S2	S3	S4							
1	วันที่เก็บข้อมูล	วันที่ผลิต													
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															

รูปที่ 4.13 แผนภาพความสนใจ (Concentration Chart) ของลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกบริเวณบ่อเก็บของเสีย

ทำการเก็บข้อมูล โดยข้อมูลที่เก็บมานั้นจะเป็นข้อมูลของลักษณะข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นจริงใน 1 เดือน จากนั้นนำข้อมูลที่ได้อมาทำการวิเคราะห์หาลักษณะข้อบกพร่องโดยนำมาเปรียบเทียบในครอบครัวความผันแปร (Family of Variation: FOV)

#### 4.3.1 การวิเคราะห์ครอบครัวความผันแปรของลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกบริเวณบ่อเก็บของเสีย

1. จุดต่อจุด (Point to Point) หมายถึง ลักษณะข้อบกพร่องที่พบนั้นเกิดขึ้นที่จุดเดิมตลอดทุกครั้ง จากตารางการเก็บข้อมูลพบว่าลักษณะข้อบกพร่องนั้น ไม่ได้เกิดขึ้นที่จุดเดิม
2. พื้นที่ต่อพื้นที่ (Area to Area) หมายถึง ลักษณะข้อบกพร่องที่พบนั้นเกิดขึ้นที่บริเวณเดิม จากตารางการเก็บข้อมูลพบว่าลักษณะข้อบกพร่องนั้น เกิดซ้ำที่บริเวณเดิม นั่นคือ ตำแหน่งที่ B1 71.43%



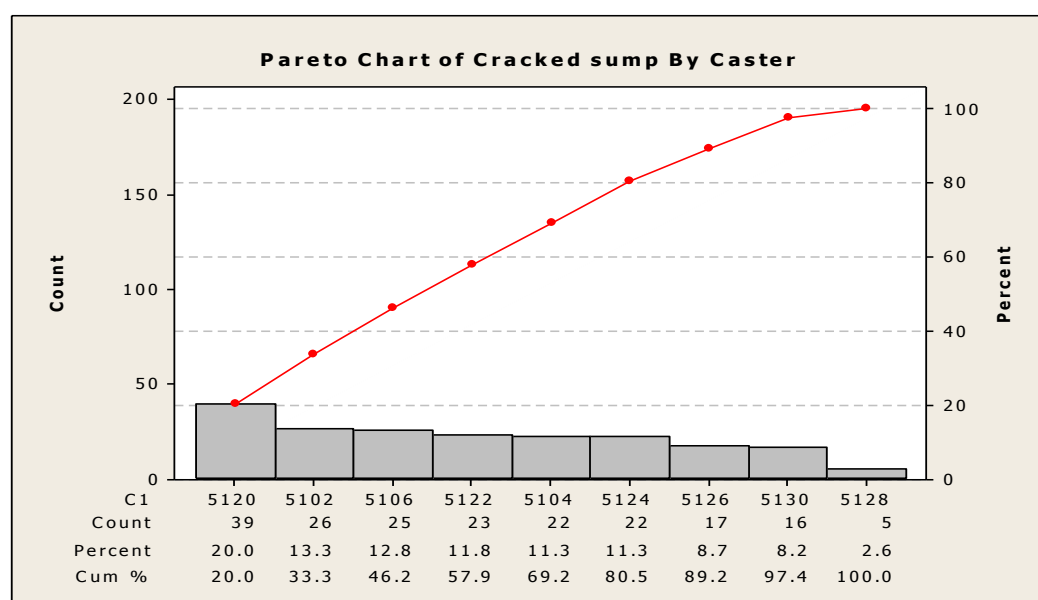
**รูปที่ 4.14** กราฟเปรียบเทียบระหว่างพื้นที่ต่อพื้นที่ของลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกบริเวณบ่อเก็บของเสีย

3. ชิ้นต่อชิ้น (Piece to Piece) หมายถึง ลักษณะข้อบกพร่องที่พบนั้นเกิดขึ้นที่ชิ้นงานที่เกิดจากการหล่อที่แม่พิมพ์หมายเลขเดิม ซึ่งอาจจะแตกต่างกันตามรอบของการผลิต จากตารางการเก็บข้อมูลพบว่าลักษณะข้อบกพร่องนั้น ไม่พบว่าเกิดขึ้นที่แม่พิมพ์หมายเลขซ้ำกัน



4. แม่พิมพ์ต่อแม่พิมพ์ (Mold to Mold) หมายถึง ลักษณะข้อบกพร่องที่เกิดจากแม่พิมพ์ที่อยู่ในสายการผลิตเดียวกัน จากตารางการเก็บข้อมูลพบว่าลักษณะข้อบกพร่องนั้น เกิดขึ้นที่แม่พิมพ์หลายเบอร์ ดังนั้นหมายเลขของแม่พิมพ์จึงไม่มีผลต่อการเกิดลักษณะข้อบกพร่อง

5. พนักงานหล่อแบบต่อพนักงานหล่อแบบ (Caster to Caster) หมายถึง ลักษณะข้อบกพร่องที่พบนั้นเกิดซ้ำๆจากชิ้นงานที่หล่อโดยพนักงานคนเดิม ซึ่งจากตารางการเก็บข้อมูล พบว่าพนักงานหล่อแบบที่มีของเสียประเภทแตกบริเวณบ่อเก็บของเสียน้อยที่สุดคือ 5128 (BOB) และพนักงานหล่อแบบที่มีของเสียประเภทแตกบริเวณบ่อเก็บของเสียมากที่สุดคือ 5120 (WOW)



รูปที่ 4.15 แผนภาพพาเรโตของลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกบริเวณบ่อเก็บของเสีย โดยจำแนกตามพนักงานหล่อแบบ

6. พนักงานพ่นต่อพนักงานพ่น (Sprayer to Sprayer) หมายถึง ลักษณะข้อบกพร่องที่พบนั้นเกิดซ้ำๆจากชิ้นงานที่พ่น โดยพนักงานพ่นคนเดิม ซึ่งจากตารางการเก็บข้อมูลพบว่า พนักงานพ่นนั้นไม่มีผลต่ออัตราการเกิดลักษณะข้อบกพร่อง เพราะพบว่าลักษณะการเกิดข้อบกพร่องนั้นเกิดขึ้นที่ทุกพนักงานพ่น

7. เตาต่อเตา (Kiln to Kiln) หมายถึง ลักษณะข้อบกพร่องที่พบบนนั้นเกิดซ้ำๆจากชิ้นงานที่ทำการเผาโดยเตาเผาหมายเลขเดิม ซึ่งจากตารางการเก็บข้อมูลพบว่า เตาเผานั้นไม่มีผลต่ออัตราการเกิดลักษณะข้อบกพร่อง เพราะผลิตภัณฑ์รุ่นนี้ทุกตัวนั้นทำการเผาที่เตาเดิม นั่นคือเตาเผาที่ 17

8. เวลาต่อเวลา (Time to Time) หมายถึง ลักษณะข้อบกพร่องที่พบบนนั้นเกิดซ้ำๆจากชิ้นงานที่เกิดขึ้นที่เวลาซ้ำๆ ซึ่งจากตารางการเก็บข้อมูลพบว่าเวลานั้นไม่มีผลต่ออัตราการเกิดลักษณะข้อบกพร่อง เพราะพบว่าลักษณะการเกิดข้อบกพร่องนั้นเกิดได้ตลอดเวลา

เมื่อทำการวิเคราะห์ตามหลักครอบครัวความผันแปรจะพบว่า สิ่งที่มีความแตกต่างคือ พื้นที่ต่อพื้นที่ (Area to Area) และพนักงานหล่อแบบต่อพนักงานหล่อแบบ (Caster to Caster) ดังตารางที่ 4.6

**ตารางที่ 4.6** ผลการวิเคราะห์ครอบครัวความผันแปรของลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกบริเวณบ่อเก็บของเสีย

ครอบครัวความผันแปร (Family of Variation : FOV)	ผลการวิเคราะห์
จุดต่อจุด (Point to Point)	ไม่มีความแตกต่าง
พื้นที่ต่อพื้นที่ (Area to Area)	มีความแตกต่าง
ชิ้นต่อชิ้น (Piece to Piece)	ไม่มีความแตกต่าง
แม่พิมพ์ต่อแม่พิมพ์ (Mold to Mold)	ไม่มีความแตกต่าง
พนักงานหล่อแบบต่อพนักงานหล่อแบบ (Caster to Caster)	มีความแตกต่าง
เตาต่อเตา (Kiln to Kiln)	ไม่มีความแตกต่าง
เวลาต่อเวลา (Time to Time)	ไม่มีความแตกต่าง

#### 4.4 สรุปผลระยะการหาสาเหตุหลักของปัญหา

ลักษณะข้อบกพร่องประเภทรูเข็ม พบความแตกต่างระหว่างพื้นที่ ที่ตำแหน่งด้านบนของโถ สุขภัณฑ์ ตำแหน่ง T6 36.07% และตำแหน่ง T3 34.15% และพบความแตกต่างระหว่างพนักงานหล่อแบบ ดังนั้นจึงทำการเปรียบเทียบระหว่าง BOB (พนักงานที่ดีที่สุด) และ WOW (พนักงานที่แย่ที่สุด) พบว่าพนักงานหล่อแบบที่มีสัดส่วนของเสียประเภทรูเข็มน้อยที่สุดคือ 5128 (BOB) และพนักงานหล่อ

แบบที่มีสัดส่วนของเสียประเภทรูเข็มมากที่สุดคือ 5104 (WOW)

ลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกด้านข้าง พบความแตกต่างระหว่างพื้นที่เพียงอย่างเดียว คือ บริเวณด้านข้างใต้ปีก ที่ตำแหน่ง R2 44.44% และ L1 38.10% เนื่องจากไม่พบความแตกต่างระหว่างพนักงานหล่อแบบ ดังนั้นในการแก้ไขปัญหาจะต้องทำการเปรียบเทียบระหว่างรุ่นต่อรุ่น โดยการเปรียบเทียบกับรุ่นที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน มีการผลิตที่ใช้ระบบการผลิตที่เหมือนกัน

ลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกบริเวณบ่อเก็บของเสีย พบความแตกต่างระหว่างพื้นที่ โดยที่ตำแหน่ง B1 71.43% และพบความแตกต่างระหว่างพนักงานหล่อแบบ ดังนั้นจึงทำการเปรียบเทียบระหว่างพนักงาน BOB และพนักงาน WOW พบว่าพนักงานหล่อแบบที่มีของเสียประเภทแตกบริเวณบ่อเก็บของเสียน้อยที่สุดคือ 5128 (BOB) และพนักงานหล่อแบบที่มีของเสียประเภทแตกบริเวณบ่อเก็บของเสียมากที่สุดคือ 5120 (WOW)

## บทที่ 5

### ขั้นตอนการออกแบบการทดลอง

หลังจากค้นพบสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดปัญหาหฐูเข็ม แตะด้านข้าง และแตกบริเวณบ่อเก็บของเสีย แล้ว ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนการทดลองเพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น โดยเครื่องมือที่ใช้ในขั้นตอนนี้คือการเปรียบเทียบจับคู่ (Paired Comparisons) ซึ่งวิธีนี้เป็นวิธีที่ไม่รบกวนกระบวนการผลิต เป็นเทคนิคเพื่อใช้เปรียบเทียบสินค้าที่ดีกับเลวหรือดีกับเสีย เพื่อวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของสินค้านั้น ใช้ในกรณีที่สินค้าไม่สามารถถอดประกอบหรือแยกเป็นชิ้นส่วนได้

#### 5.1 ลักษณะข้อบกพร่องประเภทหฐูเข็ม

จากแผนภาพความสนใจ (Concentration Chart) พบว่าส่วนใหญ่เกิดบริเวณด้านบนของโถสุกภัณฑ์ และพบความแตกต่างระหว่างพนักงาน BOB และพนักงาน WOW ดังนั้นในการออกแบบการทดลองในกรณีที่พบความแตกต่างระหว่างพนักงาน จะต้องมี การสลับสถานที่ทำงานกันระหว่าง BOB และ WOW รายละเอียดดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 ตารางการทดลองของการลดของเสียประเภทหฐูเข็ม โดยใช้การสลับ BOB และ WOW

การทดลองที่	พนักงาน	สายการผลิต
1	BOB	BOB
2	BOB	WOW
3	WOW	BOB
4	WOW	WOW

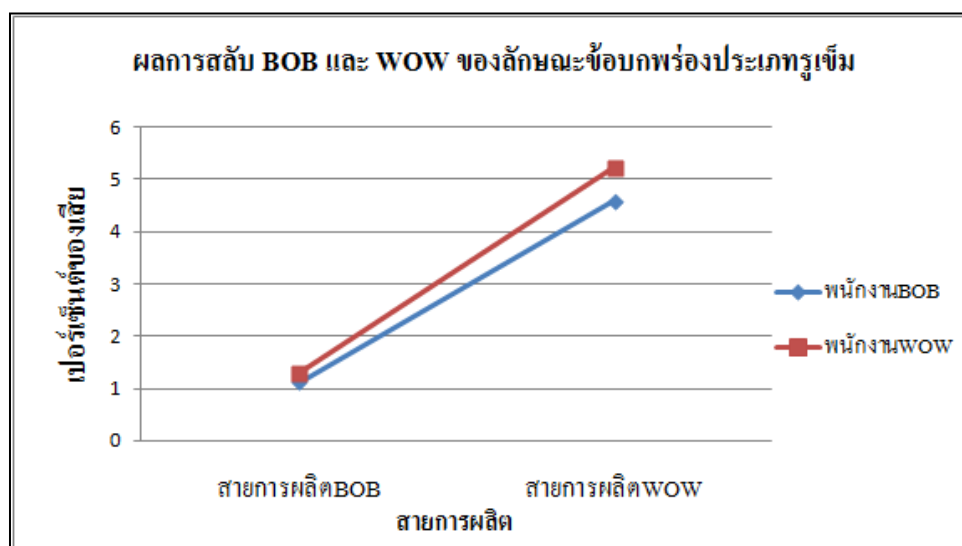
จากนั้นทำการเก็บผลการทดลองเป็นเวลา 1 สัปดาห์ ซึ่งจากผลการทดลองจะเป็นดังตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 ผลการทดลองหลังจากทำการสลับ BOB และ WOW ของลักษณะข้อบกพร่องประเภทรูเข็ม

	สายการผลิตBOB	สายการผลิตWOW
พนักงานBOB	1.12	4.58
พนักงานWOW	1.30	5.23

จากตารางที่ 5.2 จะพบว่า พนักงาน BOB ปฏิบัติงานที่สายการผลิตของตัวเอง (สายการผลิต BOB) จะมีเปอร์เซ็นต์ของเสียอยู่ที่ 1.12% แต่เมื่อทำการเปลี่ยนสถานที่ทำงาน โดยให้พนักงาน BOB ไปทำงานที่สายการผลิต WOW พบว่าเปอร์เซ็นต์ของเสียเพิ่มขึ้นเป็น 4.58% จากนั้นทำการสลับสายการผลิตของพนักงาน WOW ให้ไปปฏิบัติงานที่สายการผลิต BOB พบว่าเปอร์เซ็นต์ของเสียลดลงจาก 5.23% ไปเป็น 1.30%

ซึ่งเมื่อนำมาพล็อตลงในกราฟ จะสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5.1



รูปที่ 5.1 ผลการทดลองเรื่องการสลับ BOB และ WOW ในการลดข้อบกพร่องประเภทรูเข็ม

ผลการทดลองรูปที่ 5.1 สรุปได้ว่าเมื่อทำการสลับระหว่างพนักงาน BOB และพนักงาน WOW ให้ไปทำการผลิตที่สายการผลิต WOW และสายการผลิต BOB ตามลำดับ พบว่าอัตราการเกิดของเสียเมื่อพนักงาน BOB ไปทำการผลิตที่สายการผลิต WOW นั้น มีอัตราการเกิดของเสียเพิ่มขึ้น และในกรณีที่พนักงาน WOW ไปทำการผลิตที่สายการผลิต BOB พบว่ามีอัตราการเกิดของเสียลดลง ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ความสามารถของพนักงานนั้นไม่ได้มีผลต่ออัตราการเกิดของเสียประเภทรูเข็ม แต่สิ่งที่มีผลต่อ

อัตราการเกิดของเสียประเภทูเข็ม นั้นคือความแตกต่างระหว่างสายการผลิต BOB และสายการผลิต WOW ดังนั้นจึงต้องทำการวิเคราะห์ความแตกต่าง (Gap Analysis) ของแต่ละสายการผลิต โดยจากการวิเคราะห์พบความแตกต่างระหว่างสายการผลิต BOB และสายการผลิต WOW ดังนี้

**ตารางที่ 5.3** การวิเคราะห์ความแตกต่าง (Gap Analysis) ระหว่างสายการผลิต BOB และ WOW ในการแก้ปัญหาประเภทูเข็ม

รายการ	สายการผลิต BOB	สายการผลิต WOW
1.อายุแม่พิมพ์	55	52
2.ขนาดของท่อที่ใช้ในการหล่อ	3/4 นิ้ว	1 นิ้ว
3.ความหนืดของน้ำดิน	210-230	210-230
4. อัตราเร็วในการเปิดวาล์วหล่อ	100%	100%

จากตารางที่ 5.3 จะพบว่า สิ่งที่แตกต่างกันระหว่าง 2 สายการผลิตนั้น คือ อายุของแม่พิมพ์และขนาดของท่อที่ใช้ในการหล่อ แต่อายุของแม่พิมพ์กรณีที่อยู่ต่างกันไม่เกิน 5 ครั้ง อ้างอิงจากผลการทดลองเรื่องอัตราการคุดน้ำของแม่พิมพ์ของทางโรงงาน ซึ่งจะพบว่า กรณีที่อายุแม่พิมพ์ต่างกันไม่เกิน 5 ครั้งนั้น อัตราการคุดน้ำของแม่พิมพ์ไม่แตกต่างกัน ดังนั้นถ้าอายุแม่พิมพ์ต่างกัน ไม่เกิน 5 ครั้ง จึงถือว่าเป็นแม่พิมพ์ที่ไม่แตกต่างกัน

ดังนั้นจะถือว่าขนาดของท่อที่ใช้ในการหล่อเป็นปัจจัยเดียวที่ต่างกันระหว่าง BOB และ WOW ดังนั้นจึงทำการทดลองโดยทำการเปลี่ยนขนาดของท่อที่ใช้ในการหล่อของสายการผลิต WOW ให้เหมือนกับสายการผลิต BOB โดยลักษณะของท่อที่ใช้ในการหล่อดังรูปที่ 5.2



**รูปที่ 5.2** ลักษณะของท่อที่ใช้ในการหล่อ

จากนั้นทำการเก็บข้อมูล ซึ่งหลังจากที่ได้ทำการเปลี่ยนขนาดของท่อ ที่ใช้ในการหล่อ พบว่าของเสียของสายการผลิต WOW ลดลง จาก 5.10% ไปเป็น 1.39% และทำการแก้ไขขนาดท่อของทุกสายการผลิตให้เหมือนกันที่ขนาด 3/4 นิ้ว พบว่าอัตราการเกิดของเสียประเภทรูเข็มรวมของทุกสายการผลิตลดลงจาก 14.01% ไปเป็น 2.15%

ดังนั้น Red X (สาเหตุหลัก) ของการเกิดลักษณะข้อบกพร่องประเภทรูเข็ม คือ ขนาดของท่อที่ใช้ในการหล่อ

## 5.2 ลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกด้านข้าง

จากแผนภาพความสนใจ (Concentration Chart) จะพบความแตกต่างระหว่างพื้นที่ คือพบมากบริเวณด้านข้างใต้ปีก แต่ไม่พบความแตกต่างระหว่างพนักงานหล่อแบบ ดังนั้นพนักงานหล่อแบบและสายการผลิตแต่ละสายการผลิตจึงไม่แตกต่างกัน ซึ่งในการออกแบบการทดลอง ต้องทำการเปรียบเทียบระหว่างรุ่นของผลิตภัณฑ์ ที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน มีการผลิตที่ใช้ระบบการผลิตที่เหมือนกัน แต่ไม่เกิดปัญหาประเภทแตกด้านข้าง จากการระดมสมองของคณะทำงานพบว่า รุ่นผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะรูปทรงคล้ายกัน และวิธีการหล่อแบบขึ้นรูปที่มีเหมือนกันกับผลิตภัณฑ์รุ่น BW13 คือBW10 จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์ความแตกต่าง (Gap Analysis) ซึ่งรายละเอียดดังตารางที่ 5.4

ตารางที่ 5.4 การวิเคราะห์ความแตกต่าง (Gap Analysis) ระหว่างโถสุกภัณฑ์รุ่น BW13 และ BW10 ในการแก้ปัญหาประเภทแตกด้านข้าง

รายการ	BW13	BW10
1.อายุแม่พิมพ์	55	51
2.ขนาดของท่อที่ใช้ในการหล่อ	1 นิ้ว	1 นิ้ว
3.เวลาที่ใช้ในการหล่อ	60	60
4.เวลาที่ใช้ในการแข็งตัว	30	30
5.ความหนืดของน้ำดิน	210-230	210-230
6.ความหนาบริเวณใต้ปีก	16 mm.	12 mm.

จากตารางที่ 5.4 พบว่าสิ่งที่แตกต่างระหว่างรุ่น BW13 และ BW10 คือ อายุของแม่พิมพ์และความหนาบริเวณใต้ปีก แต่อายุของแม่พิมพ์กรณีที่อยู่ต่างกันไม่เกิน 5 ครั้ง ทางโรงงานจะถือว่าอายุของแม่พิมพ์ไม่ต่างกัน ดังนั้นจึงทำการทดลองโดยลดความหนาบริเวณใต้ปีกของรุ่น BW13 ให้เหมือนกับ

BW10 ที่ความหนา 12 มิลลิเมตร



รูปที่ 5.3 ลักษณะของแม่พิมพ์รุ่นBW13 หลังทำการปรับแก้ไข

จากนั้นทำการเก็บผลการทดลองเป็นเวลา 1 สัปดาห์ ซึ่งจากการทดลองพบว่า อัตราการเกิดของเสี้ยนของผลิตภัณฑ์รุ่น BW13 ลดลงจาก 8.51% ไปเป็น 0.23%

ดังนั้น Red X (สาเหตุหลัก) ของการเกิดลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกด้านข้าง คือ ความหนาบริเวณใต้ปีก

### 5.3 ลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกบริเวณบ่อเก็บของเสี้ยน

จากแผนภาพความสนใจ (Concentration Chart) จะพบความแตกต่างระหว่างพื้นที่ นั่นคือพื้นที่ B1 71.43% และพบความแตกต่างระหว่างพนักงาน BOB และพนักงาน WOW ดังนั้นในการออกแบบการทดลองกรณี que พบความแตกต่างระหว่างพนักงาน ดังนั้นจะต้องมีการสลับสถานที่ทำงานกันระหว่าง BOB และ WOW แสดงดังตารางที่ 5.5

ตารางที่ 5.5 ตารางการทดลองของการลดของเสี้ยนประเภท แตกบริเวณบ่อเก็บของเสี้ยน โดยใช้การสลับ BOB และ WOW

การทดลองที่	พนักงาน	สายการผลิต
1	BOB	BOB
2	BOB	WOW
3	WOW	BOB
4	WOW	WOW





รูปที่ 5.4 วิธีการทำงานของพนักงานในการติดเมล็ดกระดุม

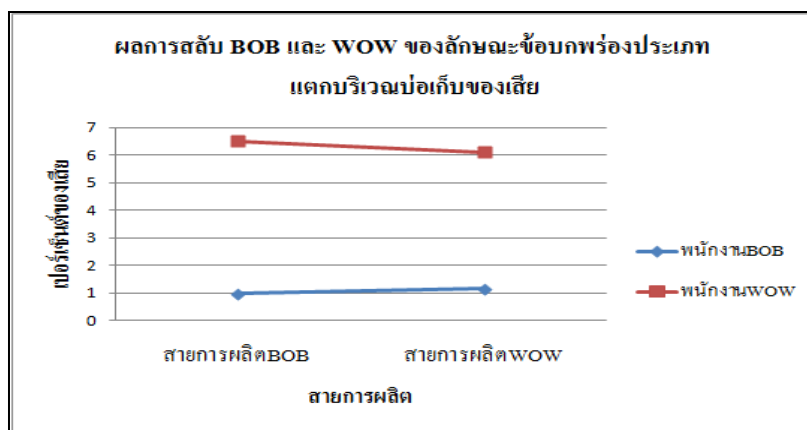
จากนั้นทำการเก็บผลการทดลองเป็นเวลา 1 สัปดาห์ ซึ่งผลจากการสลับสายการผลิตระหว่างพนักงาน BOB และพนักงาน WOW

ตารางที่ 5.6 ผลการทดลองหลังจากทำการสลับ BOB และ WOW ของลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกบริเวณบ่อเก็บของเสียบ

	สายการผลิตBOB	สายการผลิตWOW
พนักงานBOB	0.98	1.14
พนักงานWOW	6.52	6.11

จากตารางที่ 5.5 จะพบว่า พนักงาน BOB ปฏิบัติงานที่สายการผลิตของตัวเอง (สายการผลิต BOB) จะมีเปอร์เซ็นต์ของเสียบอยู่ที่ 0.98% แต่เมื่อทำการเปลี่ยนสถานที่ทำงาน โดยให้พนักงาน BOB ไปทำงานที่สายการผลิต WOW พบว่า เปอร์เซ็นต์ของเสียบนั้นเพิ่มขึ้นเล็กน้อยที่ 1.14% จากนั้นทำการสลับสายการผลิตของพนักงาน WOW ให้ไปปฏิบัติงานที่สายการผลิต BOB พบว่า เปอร์เซ็นต์ของเสียบนั้นไม่แตกต่างกันจาก 6.52% ไปเป็น 6.11%

ซึ่งเมื่อนำมาพล็อตลงในกราฟ จะสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5.5



รูปที่ 5.5 ผลการทดลองเรื่องการสลับ BOB และ WOW ในการลดของเสียประเภทแตกบริเวณบ่อเก็บของเสีย

ซึ่งจากรูปที่ 5.5 สรุปได้ว่าเมื่อทำการสลับระหว่างพนักงาน BOB และพนักงาน WOW ให้ไปทำการผลิตที่สายการผลิต WOW และสายการผลิต BOB ตามลำดับ พบว่าอัตราการเกิดของเสียเมื่อพนักงาน BOB ไปทำการผลิตที่สายการผลิต WOW นั้น มีอัตราการเกิดของเสียที่ใกล้เคียงกับอัตราการเกิดของเสียก่อนทำการสลับสายการผลิต และในกรณีที่พนักงาน WOW ไปทำการผลิตที่สายการผลิต BOB พบว่ามีอัตราการเกิดของเสียใกล้เคียงกับอัตราการเกิดของเสียก่อนทำการผลิตเช่นกัน โดย จะสรุปได้ว่าสายการผลิตแต่ละสายการผลิต นั้นไม่มีผลต่ออัตราการเกิดของเสีย แต่สิ่งที่มีผลต่ออัตราการเกิดของเสียคือ ลักษณะการทำงานและความสามารถของพนักงาน ดังนั้นจึงต้องทำการวิเคราะห์ความแตกต่าง (Gap Analysis) ของแต่ละพนักงาน โดยจากการวิเคราะห์พบความแตกต่างด้านวิธีปฏิบัติงานระหว่างพนักงานสองคน ดังตารางที่ 5.7

ตารางที่ 5.7 การวิเคราะห์ความแตกต่าง (Gap Analysis) ระหว่าง BOB และ WOW ในการแก้ปัญหาประเภทแตกบริเวณบ่อเก็บของเสีย

รายการ	พนักงาน BOB	พนักงาน WOW
1.อายุแม่พิมพ์	52	57
2.ความแข็งของเม็ดกระดุม	50-52 gf.	30-33 gf.
3.ระยะเวลาที่ใช้ในการหล่อเม็ดกระดุม	185 นาที	120 นาที
4. เวลาที่ใช้ในการหล่อ โดสุขภัณฑ์	60 นาที	60 นาที
5. เวลาที่ใช้ในการแข็งตัว	30 นาที	30 นาที

จากตารางที่ 5.6 จะพบว่าอายุแม่พิมพ์ ระยะเวลาที่ใช้ในการหล่อเม็ดกระดุม และความแข็งของเม็ดกระดุมของพนักงานทั้ง 2 คนนี้ไม่เท่ากัน แต่อายุของแม่พิมพ์กรณีที่อายุต่างกันไม่เกิน 5 ครั้ง ทางโรงงานจะถือว่าอายุของแม่พิมพ์ไม่ต่างกัน

กรณีความแข็งของเม็ดกระดุมและระยะเวลาที่ใช้ในการหล่อเม็ดกระดุมนั้นมีความสัมพันธ์ไปในแนวทางเดียวกัน นั่นคือ ถ้าเวลาที่ใช้ในการหล่อเม็ดกระดุมยิ่งมากขึ้น ความแข็งของเม็ดกระดุมจะยิ่งมากขึ้น

ดังนั้นจึงทำการทดลองโดยให้ระยะเวลาที่ทำให้ความแข็งของเม็ดกระดุมนั้นต่างกัน จากนั้นจึงออกแบบการทดลองโดยเพิ่มระยะเวลาที่ใช้ในการหล่อเม็ดกระดุมของพนักงาน WOW จาก 120 นาที มาเป็น 185 นาที เพื่อให้ความแข็งของเม็ดกระดุม จาก 30-33 gf. มาอยู่ที่ 50-52 gf. โดยทำการทดลองเป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ ซึ่งผลการทดลองพบว่า อัตราการเกิดของเสียลดลงจาก 4.57% ไปเป็น 0.95%

ดังนั้น Red X (สาเหตุหลัก) ของการเกิดลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกบริเวณบ่อเก็บของเสีย คือ ความแข็งของเม็ดกระดุม

#### 5.4 สรุปผลระยะการออกแบบการทดลอง

Red X (สาเหตุหลัก) ของการเกิดลักษณะข้อบกพร่องประเภทรูเข็ม คือ ขนาดของท่อที่ใช้ในการหล่อ ภายหลังการปรับปรุง พบว่าอัตราการเกิดของเสียประเภทรูเข็มลดลงจาก 14.01% ไปเป็น 2.15%

Red X (สาเหตุหลัก) ของการเกิดลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกด้านข้าง คือ ความหนาบริเวณใต้ปีก ซึ่งหลังการปรับปรุงพบว่าอัตราการเกิดของเสียของผลิตภัณฑ์รุ่น BW13 ลดลงจาก 8.51% ไปเป็น 0.23%

Red X (สาเหตุหลัก) ของการเกิดลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกบริเวณบ่อเก็บของเสีย คือ ความแข็งของเม็ดกระดุม พบว่าอัตราการเกิดของเสียลดลงจาก 4.57% ไปเป็น 0.95%

## บทที่ 6

### ทำการทดสอบปัญหา เพื่อให้มั่นใจว่าเป็นการปรับปรุงที่ถาวร

หลังจากที่ได้ทำการทดลองเพื่อค้นหาสาเหตุหลักของปัญหาแล้ว จากนั้นจะทำการทดสอบ เพื่อให้มั่นใจว่าสิ่งที่ได้ปรับปรุงไปแล้วนั้น เป็นการปรับปรุงที่ถาวร โดยการใช้วิธี การเปรียบเทียบสิ่งที่ ดีกว่ากับปัจจุบัน (B vs. C or Better versus Current) B vs C เป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับพิสูจน์ปัญหาที่ พบในผลิตภัณฑ์ หรือกระบวนการผลิตที่ได้รับแก้ไขปรับปรุงแล้ว เพื่อพิสูจน์หรือยืนยันว่าดีกว่า กระบวนการเดิมจริงหรือไม่ โดยสัญลักษณ์ตัวอักษร B และ C หมายถึงค่า 2 ระดับ (+) และ (-) โดยมี วัตถุประสงค์เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการทวนสอบหรือยืนยันผลของปัจจัย (Verification Tools) มากกว่าที่จะใช้เป็นเครื่องมือในการแก้ปัญหาเบื้องต้น และเพื่อเป็นการตัดสินใจว่าผลิตภัณฑ์ชิ้นใด หรือกระบวนการใด ดีกว่ากันในด้านคุณภาพ โดยมีการกำหนดในเรื่องของคุณภาพและความเชื่อมั่น

สำหรับ B vs C แนวทางที่ใช้ในอุตสาหกรรม โดยทั่วไปสำหรับวิธี B vs. C คือทดสอบแบบ The six pack test คือการใช้ B = 3 ล็อต และ C = 3 ล็อต (ตามหลักการ The six pack test จะใช้ตัวอย่าง เพียงแค่ 6 ล็อต ซึ่งมาจากกระบวนการหลังการปรับปรุง 3 ล็อต และกระบวนการก่อนการปรับปรุง 3 ล็อต) เพื่อที่จะเปรียบเทียบว่า กระบวนการหลังการปรับปรุงนั้นดีกว่ากระบวนการก่อนการปรับปรุง หรือไม่ ด้วยค่าความเสี่ยง  $\alpha$  ที่ 5% (หรือที่ความเชื่อมั่น 95%) จุดดีของวิธีนี้คือง่ายต่อการจำ และใช้ จำนวนตัวอย่างในการทดสอบน้อย

#### 6.1 ขั้นตอนการวิเคราะห์ B vs C ของลักษณะข้อบกพร่องประเภทรูเข็ม

การทดลองจะต้องทดลองแบบสุ่ม (Randomization) และสุ่มทดลองจากประชากรขนาดใหญ่ (Infinite population) และการทดสอบ โดยใช้ B (กระบวนการที่ปรับปรุงแล้ว) 3 ล็อต และ C (กระบวนการก่อนการปรับปรุง) 3 ล็อต โดยที่ความเชื่อมั่นจะต้องมีอย่างน้อยที่ 95% จึงจะถือว่า ระบบที่ได้รับการปรับปรุงมาแล้วนั้นมีความน่าเชื่อถือ ผลลัพธ์ที่ได้มาจากกระบวนการ B และ C แสดง ดังตารางที่ 6.1

ตารางที่ 6.1 ผลลัพธ์ที่ได้มาจากกระบวนการ B และ C ของลักษณะข้อบกพร่องประเภทรูเข็ม

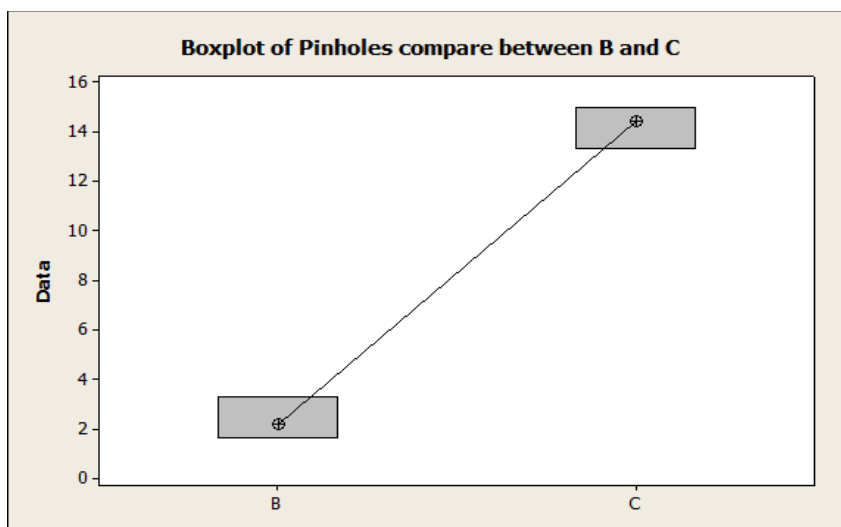
เปอร์เซ็นต์ของเสีย	
B (กระบวนการหลังการปรับปรุง)	C (กระบวนการก่อนการปรับปรุง)
3.33	15.00
1.67	13.33
1.67	15.00

จากนั้นนำค่าที่ได้ มาทำการเรียงลำดับจากน้อยไปหามาก ซึ่งแสดงดังตารางที่ 6.2

ตารางที่ 6.2 การเรียงข้อมูล B และ C ของลักษณะข้อบกพร่องประเภทรูเข็ม

เปอร์เซ็นต์ของเสีย	มาจากกระบวนการ
1.67	B
1.67	B
3.33	B
13.33	C
15.00	C
15.00	C

จากตารางที่ 6.2 จะเห็นว่าค่าที่ได้นั้นอยู่ในกฎการไม่ทับซ้อน ซึ่งถ้าไม่ทับซ้อนนั้น จะสามารถอ้างอิงได้ว่า กระบวนการ B (กระบวนการหลังการปรับปรุง) ดีกว่ากระบวนการ C (กระบวนการก่อนการปรับปรุง) ที่ความเชื่อมั่น 95% โดย Boxplot ของลักษณะข้อบกพร่องประเภทรูเข็มเทียบระหว่าง B (กระบวนการหลังปรับปรุง) และ C (กระบวนการก่อนการปรับปรุง) แสดงดังรูปที่ 6.1



รูปที่ 6.1 Boxplot แสดงเปอร์เซ็นต์ของลักษณะข้อบกพร่องประเภทรูเข็ม เปรียบเทียบระหว่าง B (กระบวนการหลังปรับปรุง) และ C (กระบวนการก่อนการปรับปรุง)

## 6.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์ B vs C ของลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกด้านข้าง

การทดลองจะต้องทดลองแบบสุ่ม (Randomization) และสุ่มทดลองจากประชากรขนาดใหญ่ (Infinite population) และการทดสอบ โดยใช้ B (กระบวนการที่ปรับปรุงแล้ว) 3 ล็อต และ C (กระบวนการก่อนการปรับปรุง) 3 ล็อต โดยที่ความเชื่อมั่นจะต้องมีอย่างน้อยที่ 95% จึงจะถือว่าระบบที่ได้รับการปรับปรุงมาแล้วนั้นมีความน่าเชื่อถือ ผลลัพธ์ที่ได้มาจากกระบวนการ B และ C แสดงดังตารางที่ 6.3

ตารางที่ 6.3 ผลลัพธ์ที่ได้มาจากกระบวนการ B และ C ของลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกด้านข้าง

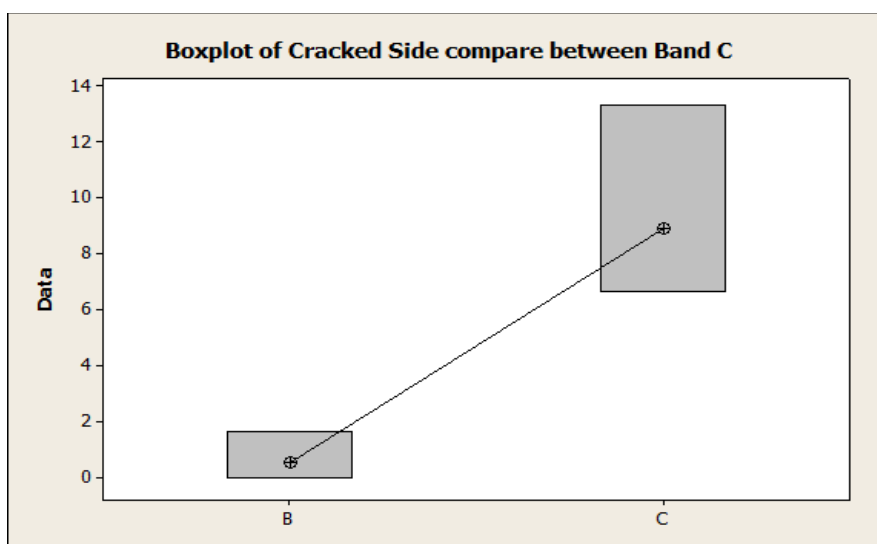
เปอร์เซ็นต์ของเสีย	
B (กระบวนการหลังการปรับปรุง)	C (กระบวนการก่อนการปรับปรุง)
0.00	13.33
1.67	6.67
0.00	6.67

จากนั้นนำค่าที่ได้ มาทำการเรียงลำดับจากน้อยไปหามาก ซึ่งแสดงดังตารางที่ 6.4

ตารางที่ 6.4 การเรียงข้อมูล B และ C ของลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกด้านข้าง

เปอร์เซ็นต์ของเสีย	มาจากกระบวนการ
0.00	B
0.00	B
1.67	B
6.67	C
6.67	C
13.33	C

จากตารางที่ 6.4 จะเห็นว่าค่าที่ได้นั้นอยู่ในกฎการไม่ทับซ้อน ซึ่งถ้าไม่ทับซ้อนนั้น จะสามารถอ้างอิงได้ว่า กระบวนการ B (กระบวนการหลังการปรับปรุง) ดีกว่ากระบวนการ C (กระบวนการก่อนการปรับปรุง) ที่ความเชื่อมั่น 95% โดย Boxplot ของลักษณะข้อบกพร่องประเภทรูเข็มเทียบระหว่าง B (กระบวนการหลังปรับปรุง) และ C (กระบวนการก่อนการปรับปรุง) แสดงดังรูปที่ 6.2



รูปที่ 6.2 Boxplot แสดงเปอร์เซ็นต์ของลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกด้านข้าง เปรียบเทียบระหว่าง B (กระบวนการหลังปรับปรุง) และ C (กระบวนการก่อนการปรับปรุง)

### 6.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์ B vs C ของลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกบริเวณบ่อเก็บของเสีย

การทดลองจะต้องทดลองแบบสุ่ม (Randomization) และสุ่มทดลองจากประชากรขนาดใหญ่ (Infinite population) และการทดสอบ โดยใช้ B (กระบวนการที่ปรับปรุงแล้ว) 3 ลีต และ C (กระบวนการก่อนการปรับปรุง) 3 ลีต โดยที่ความเชื่อมั่นจะต้องมีค่าน้อยที่ 95% จึงจะถือว่าระบบที่ได้รับการปรับปรุงมาแล้วนั้นมีความน่าเชื่อถือ ผลลัพธ์ที่ได้มาจากกระบวนการ B และ C แสดงดังตารางที่ 6.5

ตารางที่ 6.5 ผลลัพธ์ที่ได้มาจากกระบวนการ B และ C ของลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกบริเวณบ่อเก็บของเสีย

เปอร์เซ็นต์ของเสีย	
B (กระบวนการหลังการปรับปรุง)	C (กระบวนการก่อนการปรับปรุง)
1.67	5.00
0.00	6.67
1.67	6.67

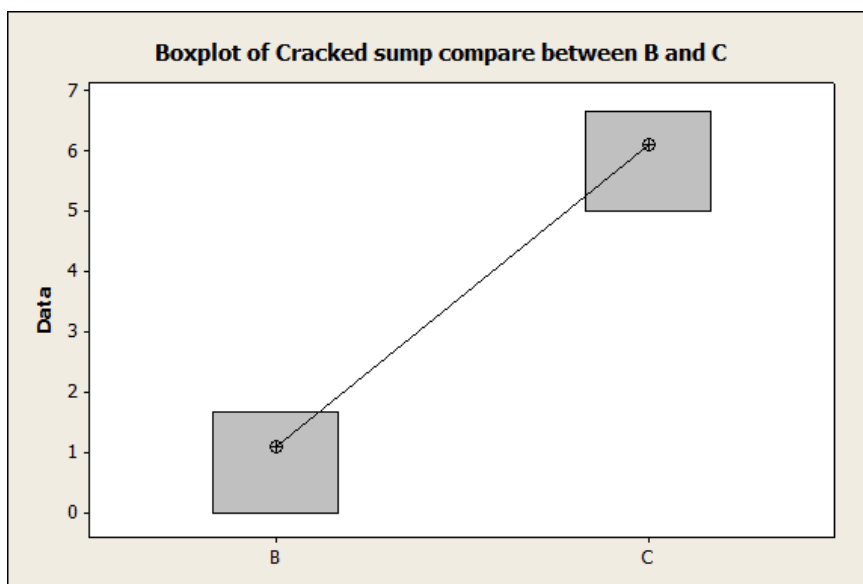
จากนั้นนำค่าที่ได้ มาทำการเรียงลำดับจากน้อยไปหามาก ซึ่งแสดงดังตารางที่ 6.6

ตารางที่ 6.6 การเรียงข้อมูล B และ C ของลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกด้านข้าง

เปอร์เซ็นต์ของเสีย	มาจากกระบวนการ
0.00	B
1.67	B
1.67	B
5.00	C
6.67	C
6.67	C



จากตารางที่ 6.6 จะเห็นว่าค่าที่ได้ขึ้นอยู่กับสถานการณ์ไม่ทับซ้อน ซึ่งถ้าไม่ทับซ้อนนั้น จะสามารถอ้างอิงได้ว่า กระบวนการ B (กระบวนการหลังการปรับปรุง) ดีกว่ากระบวนการ C (กระบวนการก่อนการปรับปรุง) ที่ความเชื่อมั่น 95% โดย Boxplot ของลักษณะข้อบกพร่องประเภทรูเข็มเทียบระหว่าง B (กระบวนการหลังปรับปรุง) และ C (กระบวนการก่อนการปรับปรุง) แสดงดังรูปที่ 6.3



รูปที่ 6.3 Boxplot แสดงเปอร์เซ็นต์ของลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกบริเวณบ่อเก็บของเสีย เปรียบเทียบระหว่าง B (กระบวนการหลังปรับปรุง) และ C (กระบวนการก่อนการปรับปรุง)

#### 6.4 สรุปผลระยะการทดสอบปัญหา เพื่อให้มั่นใจว่าเป็นการปรับปรุงที่ถาวร

ลักษณะข้อบกพร่องประเภทรูเข็ม แตกด้านข้าง และแตกบริเวณบ่อเก็บ หลังจากทำการทดลอง เพื่อให้มั่นใจว่าสิ่งที่ได้ทำการปรับปรุงไปนั้น เป็นการปรับปรุงที่ถาวร โดยการนำกลุ่มตัวอย่างที่มาจาก B (กระบวนการหลังปรับปรุง) จำนวน 3 ลีต และ C (กระบวนการก่อนการปรับปรุง) จำนวน 3 ลีต มาทำการเปรียบเทียบ ซึ่งจะพบว่า กระบวนการ B (กระบวนการหลังปรับปรุง) นั้นดีกว่ากระบวนการ C (กระบวนการก่อนการปรับปรุง) ด้วยความเชื่อมั่นที่ 95%

## บทที่ 7

### การแสดงให้เห็นข้อกำหนดเฉพาะที่เป็นจริงและค่าเผื่อ

มีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดหาระดับที่ดีที่สุดของ ตัวแปร Red X และค่าเผื่อที่เหมาะสมเพื่อรับประกันความบกพร่องหรือของเสียที่เป็นศูนย์ โดยทำการเก็บข้อมูล เพื่อหาระดับที่เหมาะสมที่สุดของแต่ละปัจจัยที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องนั้นๆ จากนั้นนำค่าที่ได้มา ทำแผนภูมิการกระจาย (Scatter plots) เพื่อดูแนวโน้มของการเกิดข้อบกพร่องแต่ละประเภท

#### 7.1 แผนภูมิการกระจายของลักษณะข้อบกพร่องประเภทรูเข็ม

ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดลักษณะข้อบกพร่องประเภทรูเข็ม คือขนาดของท่อที่ใช้ในการหล่อ ดังนั้นจึงทำการทดลอง เพื่อหาขนาดท่อที่เหมาะสมที่สุดในการลดลักษณะข้อบกพร่องประเภทรูเข็ม ซึ่งขนาดของท่อที่สามารถนำมาเป็นท่อหล่อได้มี 4 ขนาด คือ ขนาด 1/2 นิ้ว ขนาด 3/4 นิ้ว ขนาด 1 นิ้ว และขนาด 5/4 นิ้ว โดยทำการทดลอง ซึ่งแต่ละขนาดท่อหล่อจะทำการทดลอง 5 ล็อต ซึ่งผลการทดลองดังตารางที่ 7.1

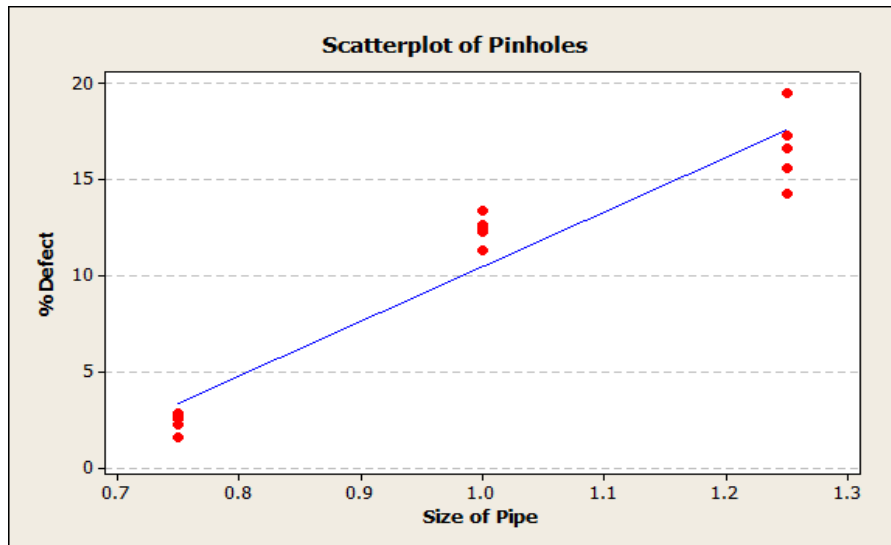
ตารางที่ 7.1 ผลการทดลองเพื่อหาขนาดของท่อหล่อที่เหมาะสมในการลดลักษณะข้อบกพร่องประเภทรูเข็ม

ขนาดของท่อหล่อ	เปอร์เซ็นต์ข้อบกพร่อง					หมายเหตุ
	ล็อตที่ 1	ล็อตที่ 2	ล็อตที่ 3	ล็อตที่ 4	ล็อตที่ 5	
1/2 นิ้ว	-	-	-	-	-	ไม่สามารถทำการหล่อได้
3/4 นิ้ว	2.63	1.59	2.22	2.79	2.50	
1 นิ้ว	12.25	12.48	13.35	11.30	12.61	
5/4 นิ้ว	15.58	17.32	16.63	19.54	14.23	

จากตารางที่ 7.1 จะพบว่า ขนาดของท่อหล่อที่ 1/2 นิ้ว นั้นไม่สามารถทำการหล่อได้ เนื่องจากท่อมีขนาดแคบเกินไป เมื่อทำการหล่อไปสักระยะหนึ่ง จะพบว่าน้ำดินที่ใช้ในการหล่อนั้นจะแข็งตัว

และทำให้ท่อที่ใช้ในการหล่อเกิดการอุดตันและไม่สามารถทำการหล่อชิ้นงานได้ และจะพบว่าที่ขนาดท่อ 3/4 นิ้ว เป็นขนาดท่อที่ทำให้เกิดเปอร์เซ็นต์ข้อบกพร่องที่น้อยที่สุด

เมื่อนำข้อมูลจากตารางที่ 7.1 มาเขียนกราฟแผนภูมิการกระจาย (Scatter Plot) จะได้ดังรูปที่ 7.1 ซึ่งจะพบว่า ขนาดของท่อหล่อที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการลดเปอร์เซ็นต์ข้อบกพร่องประเภทรูเข็ม คือ การใช้ท่อหล่อที่ขนาด 3/4 นิ้ว



รูปที่ 7.1 แผนภูมิการกระจาย (Scatter Plot) ของลักษณะข้อบกพร่องประเภทรูเข็ม

## 7.2 แผนภูมิการกระจายของลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกด้านข้าง

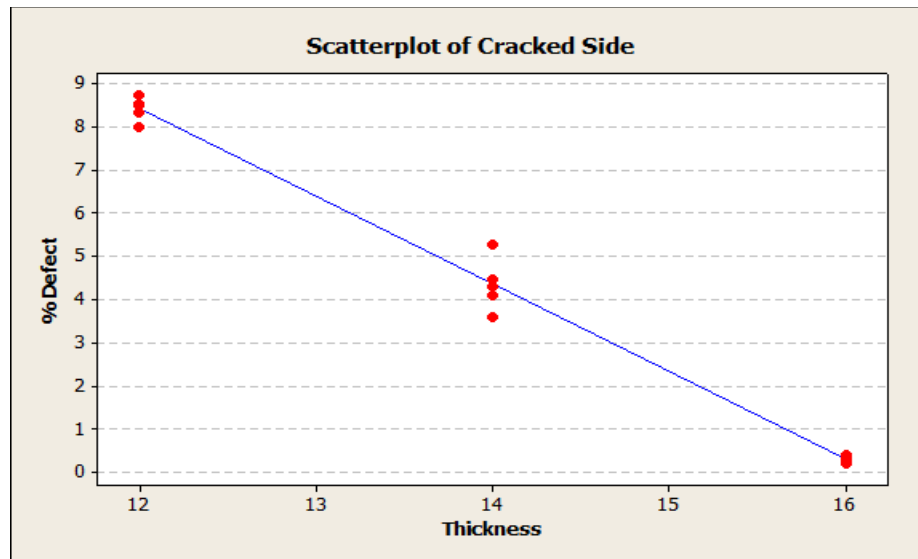
ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกด้านข้าง คือความหนาบริเวณใต้ปีก ดังนั้นจึงทำการทดลอง เพื่อหาความหนาที่เหมาะสมที่สุดในการลดลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกด้านข้าง โดยทำการทดลองปรับความหนาบริเวณด้านข้างใต้ปีก ซึ่งความหนาแต่ละค่าจะทำการทดลอง 5 ถ้อย ซึ่งผลการทดลองดังตารางที่ 7.2

ตารางที่ 7.2 ผลการทดลองเพื่อหาความหนาที่เหมาะสมในการลดลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกด้านข้าง

ความหนา (mm.)	เปอร์เซ็นต์ข้อบกพร่อง					หมายเหตุ
	ล็อตที่ 1	ล็อตที่ 2	ล็อตที่ 3	ล็อตที่ 4	ล็อตที่ 5	
10	-	-	-	-	-	ไม่สามารถทำการหล่อได้
12	8.50	8.33	8.72	8.00	8.53	
14	4.45	4.28	4.10	3.59	5.26	
16	0.23	0.35	0.29	0.41	0.20	
18	-	-	-	-	-	ไม่สามารถทำการหล่อได้

จากตารางที่ 7.2 จะพบว่าช่วงความหนาที่นำมาทำการทดลองนั้นจะอยู่ที่ระหว่าง 10 – 18 มิลลิเมตร ซึ่งจะพบว่าความหนาบริเวณด้านข้างใต้ปีกที่ความหนา 10 มิลลิเมตร ไม่สามารถทำการหล่อได้ เนื่องจากความหนาบริเวณด้านข้างบาง ซึ่งทำให้แม่พิมพ์คูดน้ำมากจนทำให้เกิดการแตก ซึ่งเมื่อทำการถอดแบบจะพบรอยแตกบริเวณด้านข้างใต้ปีก ที่ความหนา 10 มิลลิเมตร จึงไม่สามารถทำการหล่อขึ้นงานได้ และที่ความหนา 18 มิลลิเมตรนั้น มีความหนามากเกินบริเวณใต้ปีกมากเกินไป ทำให้น้ำดินที่อยู่บริเวณใต้ปีกไม่แข็งตัว ซึ่งเมื่อเวลาถอดแบบออกจากแม่พิมพ์จะเกิดการเสียรูปทรง จึงไม่สามารถนำมาหล่อขึ้นงานได้

เมื่อนำข้อมูลจากตารางที่ 7.2 มาเขียนกราฟแผนภูมิการกระจาย (Scatter Plot) จะได้ดังรูปที่ 7.2 ซึ่งจะพบว่า ความหนาที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการลดเปอร์เซ็นต์ข้อบกพร่องประเภทแตกด้านข้าง คือ ความหนาที่ 16 มิลลิเมตร



รูปที่ 7.2 แผนภูมิการกระจาย (Scatter Plot) ของลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกด้านข้าง

### 7.3 แผนภูมิการกระจายของลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกบริเวณบ่อเก็บของเสีย

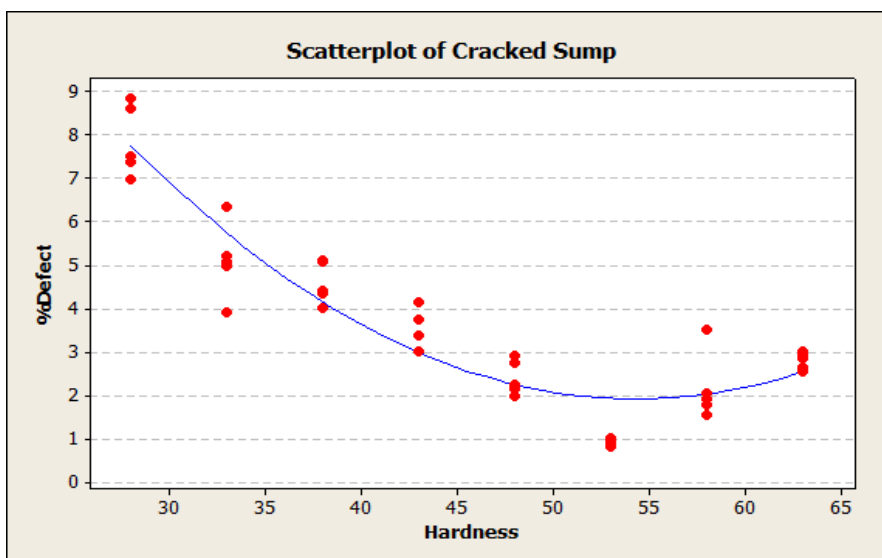
ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตก บริเวณบ่อเก็บของเสีย คือความแข็งของเม็ดกระดุม โดยทำการกำหนดค่าความแข็งของเม็ดกระดุมให้อยู่ที่ระหว่าง 26-65 gf. เนื่องจากถ้าค่าความแข็งต่ำกว่า 26 gf. จะพบว่าเม็ดกระดุมนั้นเหลวเกินไป จนไม่สามารถนำมาใช้งานได้ และที่ความแข็งที่มากกว่า 65 gf. จะพบว่า เป็นความแข็งของเม็ดกระดุมที่แข็งเกินไป เพราะเมื่อนำไปใช้งาน จะพบว่าการแตกบริเวณบ่อเก็บของเสียทันที ซึ่งไม่สามารถนำมาใช้งานได้

ดังนั้นในการทดลอง เพื่อหาค่าความแข็งที่เหมาะสมที่สุดของการลดของเสียประเภทแตก บริเวณบ่อเก็บของเสีย จึงต้องทำการทดลอง โดยให้มีค่าความแข็งอยู่ในช่วง 26 – 65 gf. ดังนั้นจึงทำการทดลอง เพื่อหาความแข็งที่เหมาะสมที่สุดในการลดลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตก บริเวณบ่อเก็บของเสีย โดยทำการทดลอง ใช้เม็ดกระดุมที่มีความแข็งที่ต่างกัน ซึ่งความ แข็งแต่ละค่าจะทำการทดลอง 5 ล็อต ซึ่งผลการทดลองดังตารางที่ 7.3

ตารางที่ 7.3 ผลการทดลองเพื่อหาความหนาที่เหมาะสมในการลดลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตก บริเวณบ่อเก็บของเสีย

ความแข็ง (gf.)	เปอร์เซ็นต์ข้อบกพร่อง				
	ล็อตที่ 1	ล็อตที่ 2	ล็อตที่ 3	ล็อตที่ 4	ล็อตที่ 5
26-30	7.39	8.62	8.83	6.98	7.50
31-35	5.06	5.20	6.35	4.97	3.92
36-40	4.42	5.07	4.01	5.12	4.35
40-45	3.36	3.39	4.15	3.75	3.02
46-50	2.25	2.73	2.15	2.90	1.98
51-55	0.82	0.95	1.01	0.87	0.92
56-60	1.53	1.90	1.77	2.03	3.52
61-65	2.85	3.00	2.63	2.55	2.91

เมื่อนำข้อมูลจากตารางที่ 7.3 มาเขียนกราฟแผนภูมิการกระจาย (Scatter Plot) จะได้ดังรูปที่ 7.3 ซึ่งจะพบว่า ความแข็งที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการลดเปอร์เซ็นต์ข้อบกพร่องประเภท บริเวณบ่อเก็บของเสีย คือ ความแข็งที่ 51-55 gf.



รูปที่ 7.3 แผนภูมิการกระจาย (Scatter Plot) ของลักษณะข้อบกพร่องประเภทบริเวณบ่อเก็บของเสีย

#### 7.4 สรุปผลระยะแสดงให้เห็นข้อกำหนดเฉพาะที่เป็นจริงและค่าเผื่อ

ขั้นตอนนี้มี วัตถุประสงค์เพื่อกำหนดหาระดับที่ดีที่สุดของ ตัวแปร Red X และค่าเผื่อที่เหมาะสมเพื่อรับประกันความบกพร่องหรือของเสียที่เป็นศูนย์ โดยการทำแผนภูมิการกระจาย (Scatter plots) โดยแบ่งเป็นลักษณะข้อบกพร่องแต่ละประเภท คือ

ลักษณะข้อบกพร่องประเภทรูเข็ม จะพบว่า ขนาดของท่อหล่อที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการลดเปอร์เซ็นต์ข้อบกพร่องประเภทรูเข็ม คือการใช้ท่อหล่อที่ขนาด 3/4 นิ้ว

ลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกด้านข้าง จะพบว่า ความหนาที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการลดเปอร์เซ็นต์ข้อบกพร่องประเภทแตกด้านข้าง คือ ความหนาที่ 16 มิลลิเมตร

ลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกบริเวณบ่อเก็บของเสีย จะพบว่า ความแข็งที่เหมาะสม ที่สุดสำหรับการลดเปอร์เซ็นต์ข้อบกพร่องประเภทบริเวณบ่อเก็บของเสีย คือ ความแข็งที่ 51-55 gf.

## บทที่ 8

### การทำให้กระบวนการปรับปรุงคงที่และการรับรองกระบวนการ

การทำให้กระบวนการปรับปรุงคงที่ ซึ่งเรียกว่า Positrol มาจากคำว่า Positive + Control คือการทำให้กระบวนการปรับปรุงคงที่ ซึ่งหมายถึงการควบคุมในเชิงบวกหรือเชิงระวังป้องกันของตัวแปรต่างๆ ซึ่งเป็นสาเหตุของความแปรปรวนในกระบวนการ โดยระบุถึง ปัจจัยต่างๆที่ต้องควบคุมลงในเอกสาร ส่วน การรับรองกระบวนการ จะทำโดยคณะทำงานจากหลายสาขา ซึ่งทีมงานจะทำการตรวจสอบกระบวนการเพื่อให้แน่ใจว่าปัญหาทางคุณภาพที่เกิดขึ้นนั้นได้รับการแก้ไขแล้ว

#### 8.1 การทำให้กระบวนการปรับปรุงคงที่

##### 8.1.1 ปัจจัยที่ต้องทำการควบคุม

ทำการกำหนดปัจจัยที่ต้องทำการควบคุม ค่ากำหนด ซึ่งรายละเอียดแสดงดังตารางที่ 8.1

ตารางที่ 8.1 ปัจจัยที่ต้องทำการควบคุม

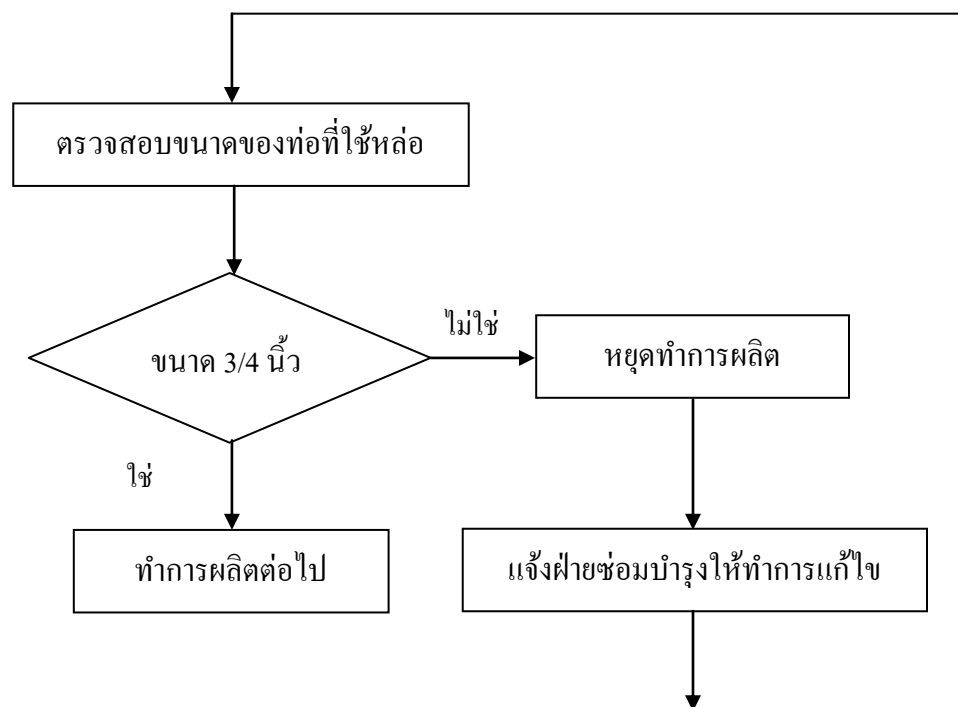
ตัวแปรที่ต้องควบคุม (Parameter)	มาตรฐานที่ กำหนด (Specification)	การวัด (Measurement)			
		ผู้ดำเนินการ (Who)	วิธีการ วัด (How)	สถานที่ใน การวัด (Where)	เวลาที่ต้องทำ การวัด (When)
1.ขนาดของท่อที่ใช้ใน การหล่อ (ทุกท่อ)	3/4 นิ้ว	Foreman	Vernier Caliper	บริเวณ สายการผลิต	ทุกครั้งที่ เปลี่ยนแม่พิมพ์
2.ความแข็งของเม็ด กระดุม	50-52 gf.	Foreman	Durom eter	บริเวณ สายการผลิต	ทุกวันที่ทำการ ผลิต
3.ความหนาบริเวณใต้ ปีก	16 mm.	Foreman	Vernier Caliper	บริเวณ สายการผลิต	ทุกครั้งที่ เปลี่ยนแม่พิมพ์



### 8.1.2 วิธีการปฏิบัติเมื่อค่าไม่เป็นไปตามที่กำหนด

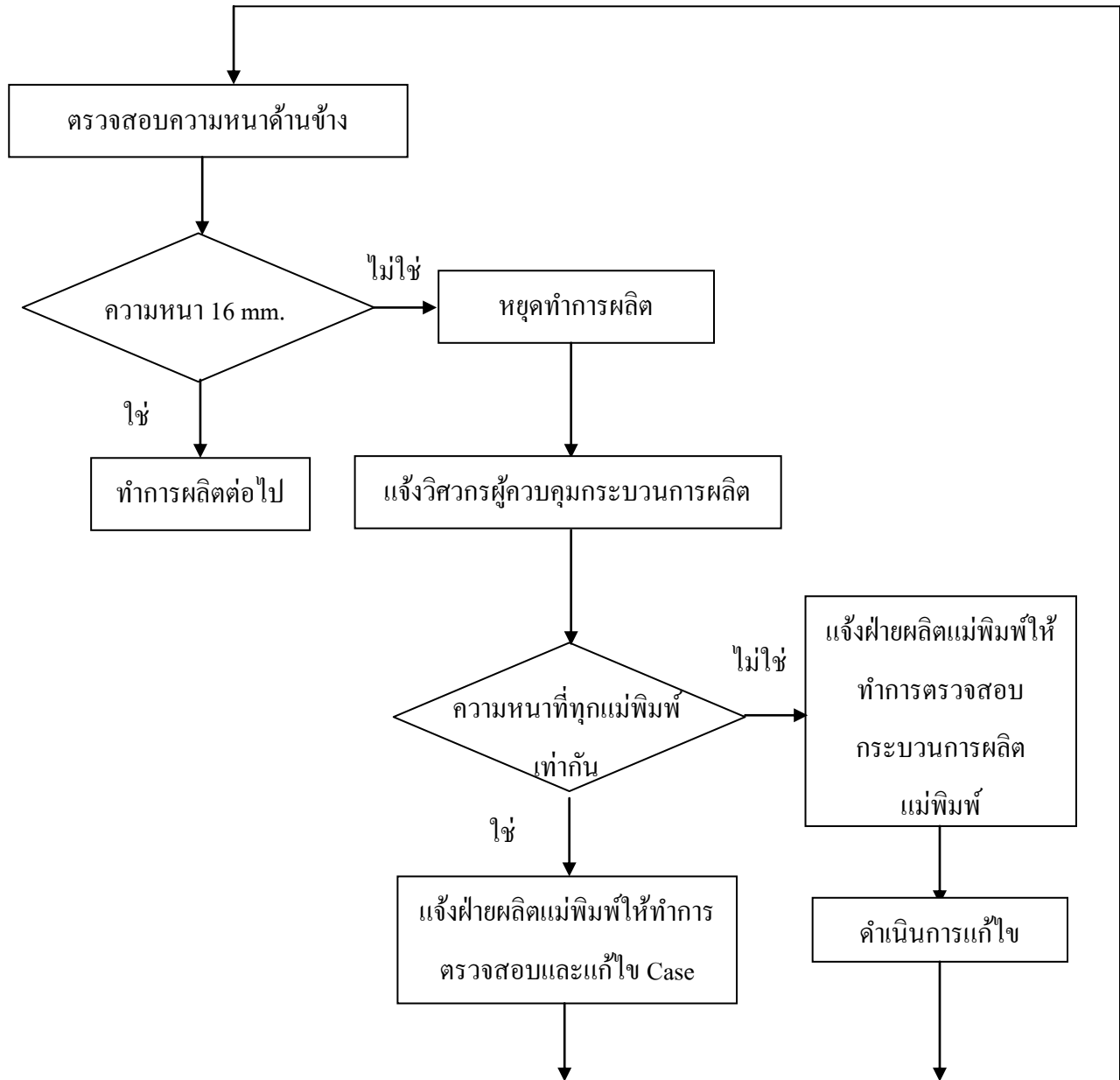
เมื่อพบว่าค่าที่กำหนดไม่เป็นไปตามที่กำหนด จะมีขั้นตอนการปฏิบัติ ดังนี้

- กรณีลักษณะข้อบกพร่องประเภทรูเข็ม จะมีวิธีและขั้นตอนในการปฏิบัติเมื่อค่าที่ได้กำหนดไว้ไม่เป็นไปตามที่ได้กำหนดไว้ ดังรูปที่ 8.1



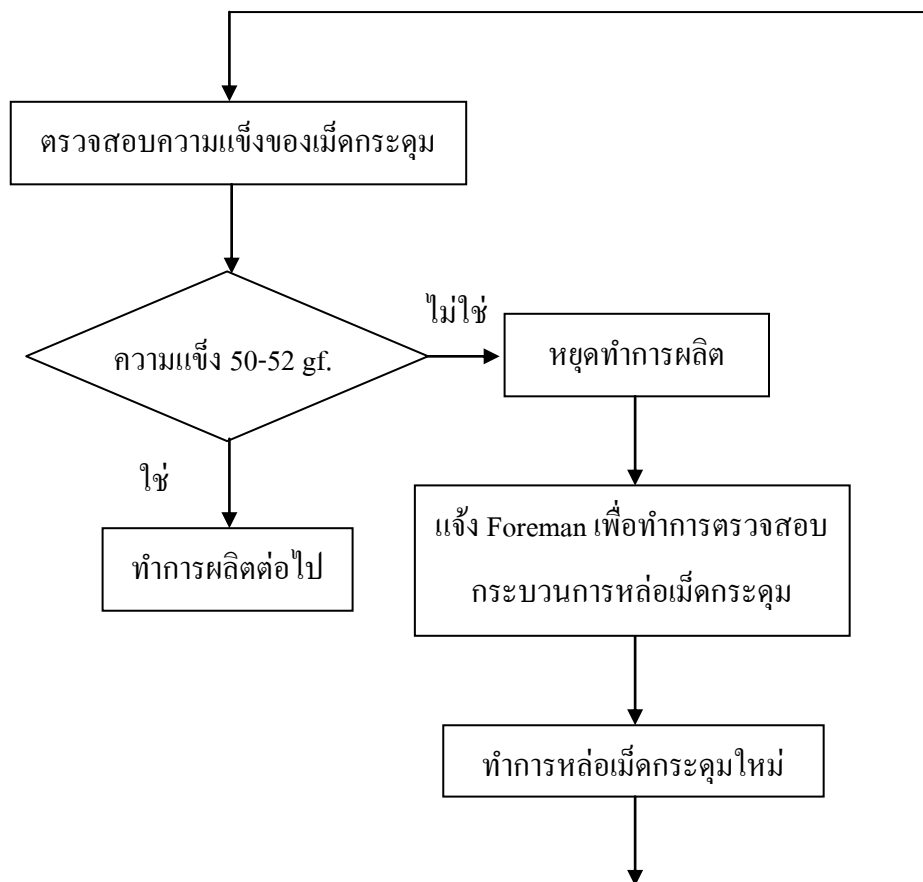
รูปที่ 8.1 วิธีการปฏิบัติเมื่อค่าไม่เป็นไปตามที่กำหนดของลักษณะข้อบกพร่องประเภทรูเข็ม

- กรณีลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกด้านข้าง เข็ม จะมีวิธีและขั้นตอนในการปฏิบัติ  
เมื่อค่าที่ได้กำหนดไว้ไม่เป็นไปตามที่ได้กำหนดไว้ ดังรูปที่ 8.2



**รูปที่ 8.2** วิธีการปฏิบัติเมื่อค่าไม่เป็นไปตามที่กำหนดของลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกด้านข้าง

- กรณีลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกบริเวณบ่อเก็บของเสีย เจ็ม จะมีวิธีและขั้นตอนในการปฏิบัติเมื่อค่าที่ได้กำหนดไว้ไม่เป็นไปตามที่ได้กำหนดไว้ ดังรูปที่ 8.3



รูปที่ 8.3 วิธีการปฏิบัติเมื่อค่าไม่เป็นไปตามที่กำหนดของลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกบริเวณบ่อเก็บของเสียบ

## 8.2 การรับรองกระบวนการ

### 8.2.1 คณะทำงานในการรับรองกระบวนการ

คณะทำงานในการรับรองกระบวนการมีหน้าที่ในการตรวจสอบกระบวนการและตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการปรับปรุงไปแล้วนั้นเป็นการปรับปรุงที่ยั่งยืนและผลของการปรับปรุงนั้น สามารถแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นได้ ตลอดอายุของผลิตภัณฑ์ โดยคณะทำงานในการรับรองกระบวนการ รายละเอียดดังตารางที่ 8.2

ตารางที่ 8.2 คณะทำงานในการรับรองกระบวนการ

ลำดับที่	ตำแหน่ง
----------	---------

1.	ผู้จัดการโรงงาน
2.	ผู้ช่วยผู้จัดการโรงงาน
3.	หัวหน้าแผนกปรับปรุงกระบวนการผลิต
4.	หัวหน้างานแผนกผลิตแบบ (Mold Shop)
5.	หัวหน้างานแผนกหล่อแบบ (Cast Shop)
6.	ผู้ดูแลผลิตภัณฑ์รุ่น BW13
7.	หัวหน้าแผนกตรวจสอบ
8.	หัวหน้าแผนกรับรองคุณภาพ
9.	ผู้ปรับปรุงกระบวนการผลิตรุ่น BW13
10.	ผู้ให้คำปรึกษาด้านทฤษฎีไซนิน

### 8.2.2 กำหนดการตรวจสอบกระบวนการและผลิตภัณฑ์

ทางโรงงานกรณีศึกษาได้ทำการกำหนดว่าจะทำการตรวจสอบกระบวนการผลิตและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ปีละ 2 ครั้ง ซึ่งจะต้องทำการตรวจสอบในเดือนมิถุนายนและธันวาคมของทุกปี ซึ่งแสดงดังตารางที่ 8.3 โดยจะเริ่มตั้งแต่เดือนธันวาคม 2555 เป็นต้นไป

#### ตารางที่ 8.3 กำหนดการตรวจสอบกระบวนการและผลิตภัณฑ์

กิจกรรม	เดือน											
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
1. การตรวจสอบกระบวนการผลิต						X						X
2. การตรวจสอบผลิตภัณฑ์						X						X

### 8.2.3 รายการการตรวจสอบผลิตภัณฑ์

คณะทำงานที่มีหน้าที่ในการรับรองกระบวนการ จะต้องทำการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์รุ่น BW13 ซึ่งแสดงรายละเอียดดังตารางที่ 8.4

ตารางที่ 8.4 รายการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์รุ่น BW13

รายการตรวจสอบ	ข้อกำหนด	ผลการตรวจสอบ	
		ผ่าน	ไม่ผ่าน
1. ความสวยงามภายนอก	ต้องไม่พบรอยตำหนิบนผลิตภัณฑ์		
2. ตรวจสอบรอยแตกบริเวณด้านข้างใต้ปีก	ต้องไม่พบรอยแตก		
3. ตรวจสอบรอยแตกบริเวณบ่อเก็บของเสีย	ต้องไม่พบรอยแตก		

การตรวจสอบกระบวนการผลิตและตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์นั้น คณะผู้ตรวจสอบจะต้องทำการตรวจสอบทุกหัวข้อและจะต้องผ่านทุกหัวข้อ ดังรายละเอียดในตารางที่ 8.1 และ 8.4 แต่ถ้าในกรณีที่ไม่มีผ่านอย่างน้อยหนึ่งหัวข้อ วิศวกรผู้ปรับปรุงกระบวนการผลิตรุ่น BW13 จะต้องรีบทำการหาสาเหตุและทำการแก้ไขให้เสร็จภายใน 2 สัปดาห์ กรณีที่ไม่สามารถแก้ปัญหาได้ ทางผู้ปรับปรุงกระบวนการผลิต จะทำการปรับปรุงกระบวนการผลิตขึ้นมาใหม่ เพื่อให้ได้คุณภาพที่ดีขึ้น

### 8.3 ผลการรับรองกระบวนการ

คณะทำงานในการรับรองกระบวนการทำการตรวจกระบวนการผลิตและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ พบว่าค่าต่างๆที่ต้องควบคุมในกระบวนการผลิตยังคงเป็นไปตามค่ามาตรฐานที่ได้กำหนดไว้ และคุณภาพของผลิตภัณฑ์นั้นยังคงเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพที่ดีผ่านการตรวจสอบตามมาตรฐานที่กำหนดไว้

### 8.4 สรุปผลระยะการทำให้กระบวนการปรับปรุงคงที่และการรับรองกระบวนการ

ในระยะการทำให้กระบวนการปรับปรุงคงที่ จะต้องทำการกำหนดค่าตัวแปรต่างๆที่ส่งผล  
กระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เพื่อให้มั่นใจว่าสามารถควบคุมกระบวนการให้คงที่ได้โดยการ  
กำหนดค่าต่างๆไว้ในมาตรฐานการปฏิบัติงาน

ในระยะการรับรองกระบวนการ จะต้องทำการแต่งตั้งคณะทำงาน เพื่อมีหน้าที่ในการรับรอง  
กระบวนการซึ่งจะทำการตรวจสอบกระบวนการผลิตว่าเป็นไปตามมาตรฐานการปฏิบัติงานและทำการ  
ตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ว่าผลิตภัณฑ์นั้น ยังคงเป็นผลิตภัณฑ์ที่ดีตามมาตรฐานที่กำหนด โดย  
จะทำการตรวจสอบปีละ 2 ครั้ง

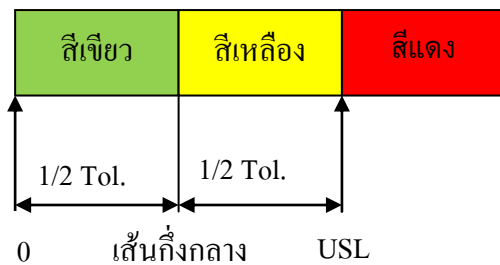
## การควบคุมสิ่งที่ได้รับ (Pre-Control)

### 9.1 ความหมายของ Pre-Control

Pre-Control คือแผนภูมิที่ใช้ในการควบคุมกระบวนการผลิต เพื่อที่จะสามารถทราบได้ว่ากระบวนการผลิตนั้นยังคงอยู่ภายใต้การควบคุมและยังสามารถควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์นั้นได้

### 9.2 ขั้นตอนการทำ Pre-Control

เนื่องจากการกำหนดค่าขีดจำกัดในกรณีที่ค่าขีดจำกัดเป็นสัดส่วนข้อบกพร่อง ดังนั้นจึงเป็นการสร้าง Pre-Control เพียงด้านเดียว (One Sided Tolerance) โดยจะเริ่มจากการกำหนดค่าขีดจำกัดบน แล้วทำการแบ่งครึ่งระหว่างค่าความกว้างระหว่างค่า 0 และค่าขีดจำกัดบน (USL) ดังรูปที่ 9.1



รูปที่ 9.1 การทำ Pre-Control

ในการกำหนดค่าขีดจำกัดนั้น จะทำการกำหนดตามลักษณะข้อบกพร่องแต่ละประเภท โดยจะนำมาจากค่าสัดส่วนของเสียเฉลี่ยให้อยู่ในช่วงสีเขียว เป็นค่ากึ่งกลาง จากนั้นทำการกำหนดค่าขีดจำกัดบน โดยการกำหนดที่ 2 เท่าของค่าสัดส่วนข้อบกพร่อง ดังตารางที่ 9.1

ตารางที่ 9.1 ค่าขีดจำกัดบนของลักษณะข้อบกพร่อง

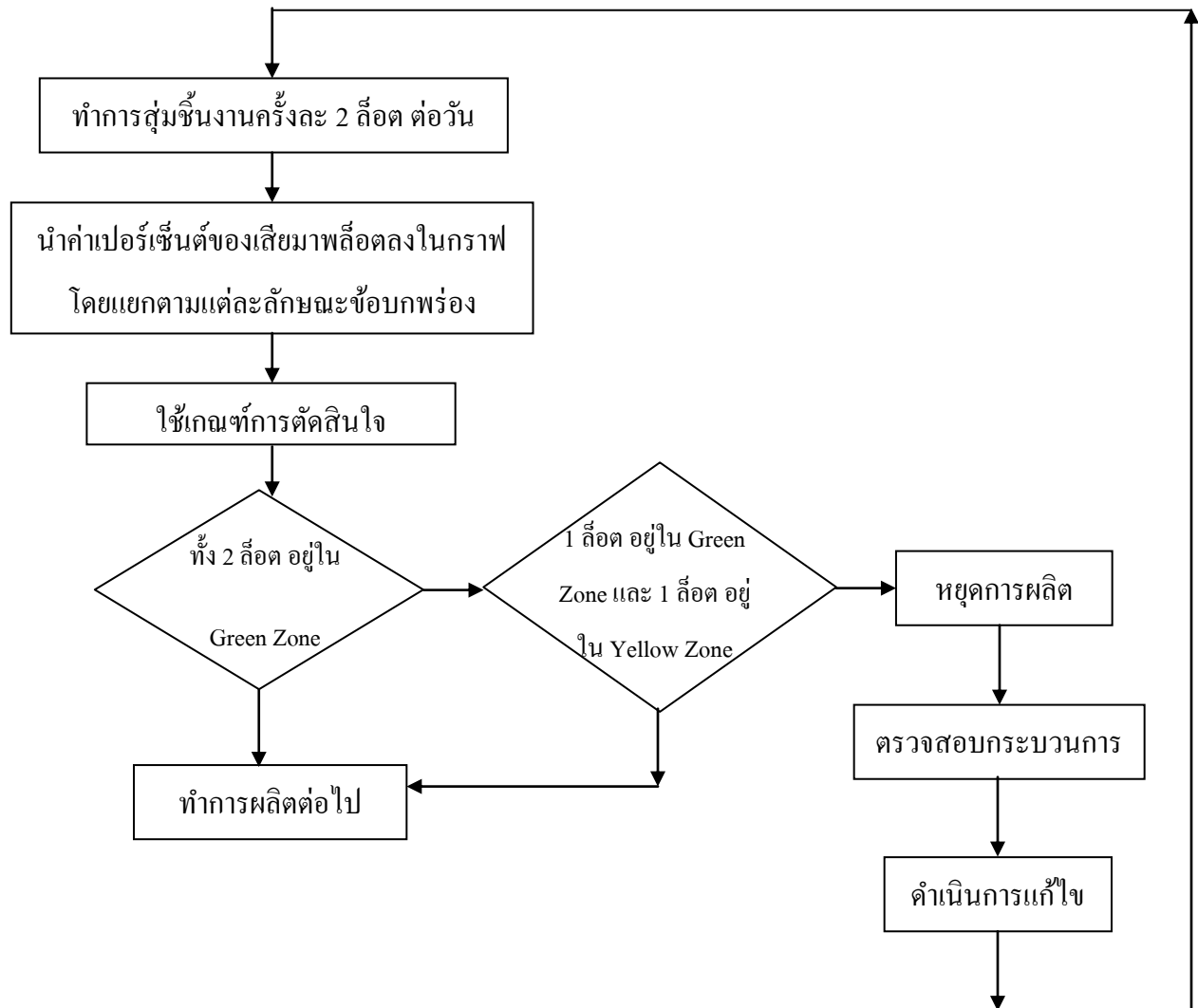
ลักษณะข้อบกพร่อง	สัดส่วนข้อบกพร่อง	ค่าขีดจำกัดบน
รูเข็ม	2.15 %	4.30 %
แตกด้านข้าง	0.23 %	0.46 %
แตกบริเวณบ่อเก็บของเสีย	0.95 %	1.90%

จากนั้นนำค่าขีดจำกัดบนมาเขียนลงใน Pre-Control เพื่อที่จะได้ทราบว่าช่วงสีเขียว สีเหลืองและสีแดงของลักษณะ ข้อบกพร่องแต่ละประเภท และเพื่อทำให้เกิดความง่ายในด้านการสื่อสารให้เกิดความเข้าใจแก่พนักงาน ดังรูปที่ 9.2-9.7









## รูปที่ 9.8 กระบวนการตัดสินใจในการควบคุมคุณภาพ

### 9.4 ความสามารถของกระบวนการผลิต

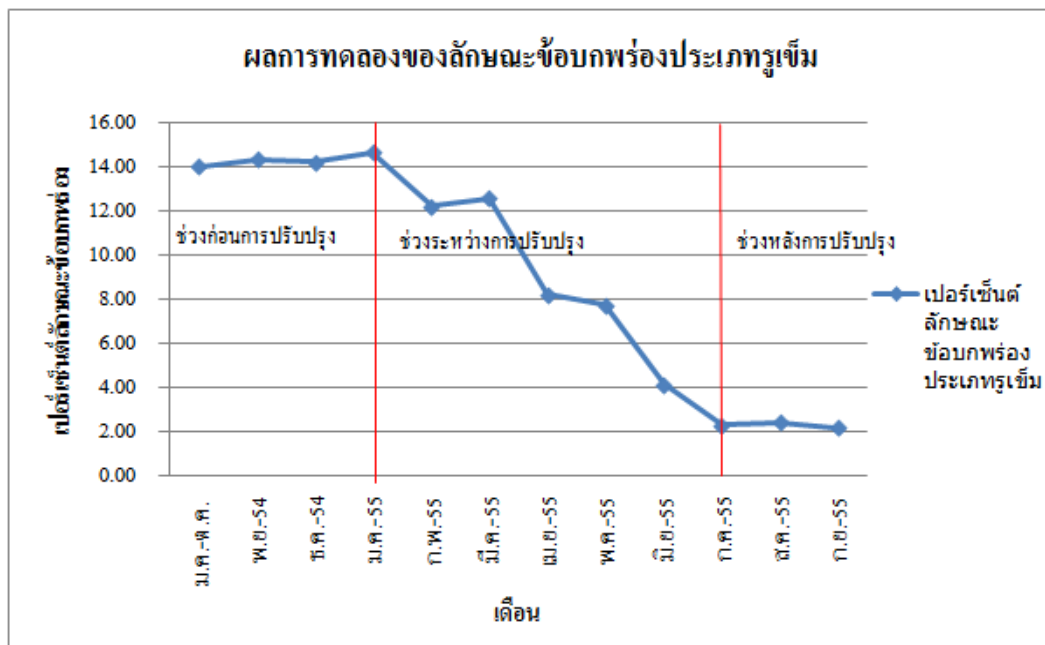
กรณีที่ต้องการทราบความสามารถของกระบวนการผลิต โดยเทียบว่าความสามารถของกระบวนการผลิตในรูปแบบของ  $C_{pk}$  จะต้องทำการ สุ่มตัวอย่าง 5 ล็อต มาตรวจสอบคุณภาพ แล้วทำการเปรียบเทียบกับตารางที่ 9.2 แล้วพบว่าค่าทั้ง 5 ล็อต อยู่ใน Green Zone แสดงว่า  $C_{pk} \geq 1.33$

ดังนั้นจึงทำการสุ่มผลิตภัณฑ์ รุ่นBW13 มา 5 ล็อต พบว่าทั้ง 5 ล็อตนั้น ไม่พบลักษณะข้อบกพร่องประเภทรูเข็ม แตกด้านข้างและแตกบริเวณบ่อเก็บของเสีย นั่นคือค่าทั้ง 5 ค่าอยู่ใน Green Zone แสดงว่า ความสามารถของกระบวนการ  $C_{pk} \geq 1.33$

### 9.5 ผลการปรับปรุงเปอร์เซ็นต์ลักษณะข้อบกพร่อง

#### 9.5.1 ผลการปรับปรุงเปอร์เซ็นต์ลักษณะข้อบกพร่องประเภทรูเข็ม

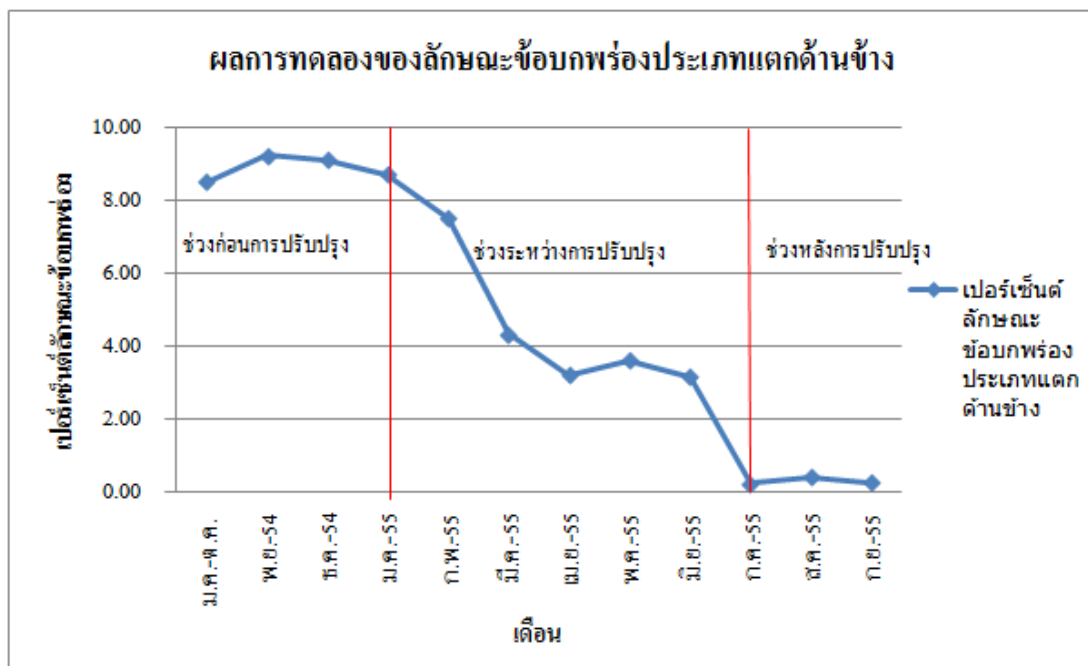
ลักษณะข้อบกพร่องประเภทรูเข็ม มีปัจจัยที่ต้องทำการควบคุม คือ ขนาดของท่อที่ใช้ในการหล่อ ซึ่งจะต้องควบคุมที่ขนาด  $\frac{3}{4}$  นิ้ว ซึ่งหลังจากทำการทดลอง 1 สายการผลิต โดยการเปลี่ยนขนาดของท่อ ซึ่งจะทำให้เปอร์เซ็นต์ข้อบกพร่องประเภทรูเข็มมีอัตราส่วนที่ลดลง โดยในเดือนกุมภาพันธ์ 2555 ลดลงมาอยู่ที่ 12.23% จากนั้นทำการเปลี่ยนที่สายการผลิตอื่นๆจนครบ 9 สายการผลิต ซึ่งพบว่าเปอร์เซ็นต์ข้อบกพร่องประเภทรูเข็มลดลงที่ 2.15% ในเดือนกันยายน 2555



รูปที่ 9.9 ผลการทดลองของลักษณะข้อบกพร่องประเภทรูเข็ม

#### 9.5.2 ผลการปรับปรุงเปอร์เซ็นต์ลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกด้านข้าง

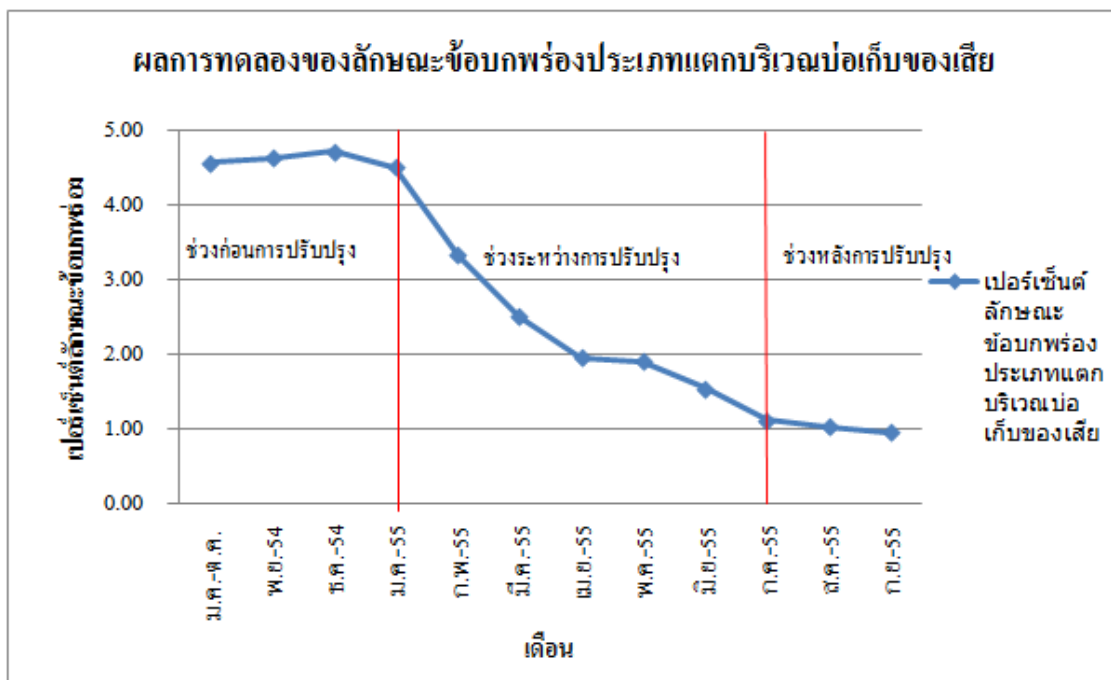
ลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกด้านข้าง มีปัจจัยที่ต้องทำการควบคุม คือ ความหนาบริเวณด้านข้างใต้ปีก ซึ่งจะต้องควบคุมที่ความหนา 16 มิลลิเมตร ซึ่งหลังจากทำการทดลอง 1 สายการผลิต โดยการปรับความหนาบริเวณด้านข้างใต้ปีก ซึ่งจะทำให้เปอร์เซ็นต์ข้อบกพร่องประเภทแตกด้านข้างมีอัตราส่วนที่ลดลง โดยในเดือนกุมภาพันธ์ 2555 ลดลงมาอยู่ที่ 7.50% จากนั้นทำการเปลี่ยนที่สายการผลิตอื่นๆจนครบ 9 สายการผลิต ซึ่งพบว่าเปอร์เซ็นต์ข้อบกพร่องประเภทแตกด้านข้างลดลงที่ 0.23% ในเดือนกันยายน 2555



รูปที่ 9.10 ผลการทดลองของลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกด้านข้าง

### 9.5.3 ผลการปรับปรุงเปอร์เซ็นต์ลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกบริเวณบ่อเก็บของเสีย

ลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกด้านข้าง มีปัจจัยที่ต้องทำการควบคุม คือ ความแข็งของเม็ดกระดุม โดยจะต้องควบคุมที่ความแข็ง 50-52 gf. ซึ่งหลังจากทำการทดลอง 1 สายการผลิต โดยทำการควบคุมความแข็งของเม็ดกระดุม ซึ่งจะทำให้เปอร์เซ็นต์ข้อบกพร่องประเภทแตกบริเวณบ่อเก็บของเสียมีอัตราส่วนที่ลดลง โดยในเดือนกุมภาพันธ์ 2555 ลดลงมาอยู่ที่ 3.33% จากนั้นทำการเปลี่ยนที่สายการผลิตอื่นๆจนครบ 9 สายการผลิต ซึ่งพบว่าเปอร์เซ็นต์ข้อบกพร่องประเภทแตกด้านข้างลดลงที่ 0.95% ในเดือนกันยายน 2555



รูปที่ 9.11 ผลการทดลองของลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกบริเวณบ่อเก็บของเสีย

## 9.6 มูลค่าความสูญเสีย หลังการปรับปรุง

มูลค่าความสูญเสียรวมของการเกิดของเสียหลังทำการปรับปรุง คำนวณจากสัดส่วนของเสียที่ลดได้ เมื่อเทียบกับสัดส่วนของเสียก่อนการปรับปรุง ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2555 ถึงเดือนกันยายน 2555 (ขึ้นควบคุมกระบวนการผลิต) พบว่าสามารถลดจำนวนของเสียลงได้ 7,498 ชิ้น ซึ่งเมื่อคิดเป็นมูลค่าความสูญเสียที่ลดลงได้ 3,486,570 บาท

นอกจากนี้หากพิจารณาเป็นมูลค่าความสูญเสียที่ลดลงได้จนถึงสิ้นปี จากปริมาณการผลิตที่พยากรณ์ในปี 2555 (ช่วงเดือนกรกฎาคม ถึง ธันวาคม 2555) คาดว่าจะมีการผลิตทั้งสิ้น 53,252 ชิ้น จะสามารถลดปริมาณของเสียได้ 15,504 ชิ้น คิดเป็นมูลค่าความสูญเสียที่ลดลงได้ 7,209,360 บาท (ในช่วงระยะเวลา 6 เดือน) รายละเอียดดังภาคผนวก ง

### 9.7 สรุปผลระยะการควบคุมสิ่งที่ได้รับ โดยใช้ Pre-Control

ในระยะการควบคุมสิ่งที่ได้รับโดยใช้ Pre-Control Pre-Control ซึ่งเป็นแผนภูมิที่ใช้ในการควบคุมกระบวนการผลิต เพื่อที่จะสามารถทราบได้ว่า กระบวนการผลิตนั้นยังคงอยู่ภายใต้การควบคุม โดยจะทำการสุ่มทุกวัน วันละ 2 ล็อต ซึ่งจะพบว่า กระบวนการผลิตหลังจากที่ได้ทำการปรับปรุงมาแล้วนั้นยังคงอยู่ในบริเวณสีเขียว (Green Zone) และความสามารถของกระบวนการอยู่ที่  $C_{pk} \geq 1.33$

โดยผลการปรับปรุงหลังจากที่ได้ทำการกำหนดปัจจัยที่มีผลกระทบต่ออาการเกิดลักษณะข้อบกพร่องแต่ละประเภทแล้ว ซึ่งลักษณะข้อบกพร่องประเภทรูเข็ม จะมีปัจจัยที่สำคัญที่ต้องทำการควบคุม คือขนาดของท่อที่ใช้ในการหล่อ ส่วนลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกด้านข้าง ปัจจัยที่ต้องทำการควบคุมคือความหนาแน่นด้านข้าง และลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกบริเวณบ่อเก็บของเสีย ปัจจัยที่ต้องควบคุม คือความแข็งของเม็ดกระดุม ซึ่งพบว่าสามารถลดสัดส่วนของเสียประเภทรูเข็มจาก 14.01% ไปเป็น 2.15% ประเภทแตกด้านข้าง ลดลงจาก 8.51% ไปเป็น 0.23% และแตกบริเวณบ่อเก็บของเสีย ลดลงจาก 4.57% ไปเป็น 0.95% โดยคิดเป็นมูลค่าความสูญเสียที่ลดลง 7, 209,360 บาท (ในช่วงระยะเวลา 6 เดือน)



## บทที่ 10

### สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

จากรายละเอียดภายในงานวิจัยที่ได้ดำเนินการมาทั้งหมด สามารถสรุปผลดังต่อไปนี้

#### 10.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายในการลดของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตโถสุขภัณฑ์ แต่เนื่องจากการเป็นการผลิตที่ใช้คนในการผลิตเป็นหลัก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงนำระบบไชนิน (Shainin System) มาช่วยในการปรับปรุงกระบวนการผลิตและลดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้น วิธีนี้พนักงานสามารถแสดงความคิดเห็นในการออกแบบการทดลอง โดยมีวิศวกรเป็นผู้ควบคุมการทดลอง โดยจะทำการเปรียบเทียบระหว่างสิ่งที่ดีและสิ่งที่ไม่ดี โดยใช้กราฟในการเปรียบเทียบ ซึ่งง่ายต่อความเข้าใจของพนักงานและทำให้สามารถแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตได้ โดยที่พนักงานรู้สึกว่าได้เป็นส่วนหนึ่งในการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะเกิดความยั่งยืนในการแก้ไขปัญหาที่เป็นอุตสาหกรรมที่ใช้คนในการผลิตเป็นหลัก

ข้อดีของระบบไชนินคือ ใช้เวลาในการวิเคราะห์น้อย ความซับซ้อนที่ใช้ในการวิเคราะห์น้อย ไม่จำเป็นต้องใช้โปรแกรมทางสถิติเข้ามาช่วยในการวิเคราะห์ และมีความง่ายในการดำเนินการ เพราะส่วนใหญ่ไม่ต้องใช้ความรู้ทางสถิติ ทำให้ง่ายต่อความเข้าใจในทุกระดับ ซึ่งทางผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบของวิธีการแก้ไขปัญหาของทากูชิ ชิกซ์ ชิกมา ไชนิน และ บทสรุปของงานวิจัยในการนำเครื่องมือต่างๆมาใช้ ดังตารางที่ 10.1

ตารางที่ 10.1 ข้อเปรียบเทียบระหว่างทาคุชิ (Taguchi) ซิกซ์ ซิกมา (Six Sigma) ไชนิน (Shainin) และงานวิจัย

หัวข้อ	ทาคุชิ (Taguchi) Sharma and Chetiya (2009)	ซิกซ์ ซิกมา (Six Sigma) ลิตธิศักดิ์ พฤษย์ปิติกุล (2546)	ไชนิน (Shainin) Bhote (2000)	งานวิจัย
เครื่องมือที่ใช้	ตารางอาร์เรย์มุมฉาก (Orthogonal arrays)	แผนภูมิการไหลของกระบวนการ (Process flow chart) การระดมสมอง (Brainstorming) แผนภาพพาเรโต (Pareto Diagram) การวิเคราะห์ความแม่นยำของ ระบบการวัด (Gauge R&R) แผนผังแสดงสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) การวิเคราะห์อาการขัดข้องและ ผลกระทบ (FMEA) การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment) แผนภูมิควบคุมกระบวนการ (Control Chart)	แผนภูมิหลายตัวแปร (Multi vari chart) การค้นหาชิ้นส่วน (Component Search) การเปรียบเทียบจับคู่ (Paired Comparison) การค้นหาตัวแปร (Variable Search) แฟคทอเรียลแบบเต็มรูปแบบ (Full Factorials) การวิเคราะห์ B กับ C ดีขึ้นเมื่อเทียบ กับปัจจุบัน การวิเคราะห์พล็อตการกระจาย (Scatter Plot) แผนภูมิควบคุมกระบวนการ (Pre- Control)	แผนภูมิหลายตัวแปร (Multi vari chart) การเปรียบเทียบจับคู่ (Paired Comparison) การวิเคราะห์ B กับ C ดีขึ้น เมื่อเทียบกับปัจจุบัน (B vs C) การวิเคราะห์พล็อตการ กระจาย (Scatter Plot) แผนภูมิควบคุม กระบวนการ (Pre-Control)

ตารางที่ 10.1 ข้อเปรียบเทียบระหว่างทาคุชิ (Taguchi) ซิกซ์ ซิกมา (Six Sigma) ไชนิน (Shainin) และงานวิจัย (ต่อ)

หัวข้อ	ทาคุชิ (Taguchi) Sharma and Chetiya (2009)	ซิกซ์ ซิกมา (Six Sigma) ลิทธิศักดิ์ พฤษย์ปิติกุล (2546)	ไชนิน (Shainin) Bhote (2000)	งานวิจัย
ต้นทุน / เวลา	ปานกลาง	มาก	น้อย	น้อย
ความซับซ้อน	ปานกลาง	มาก	น้อย	น้อย
ขอบเขต	ต้องใช้โปรแกรมทางสถิติ ช่วยในการวิเคราะห์	ต้องใช้โปรแกรมทางสถิติ ช่วยในการวิเคราะห์	ไม่จำเป็นต้องใช้โปรแกรมทางสถิติ	ไม่จำเป็นต้องใช้โปรแกรมทางสถิติ
ความยาก-ง่ายภายในการดำเนินการ	ปานกลาง ต้องการความรู้ทางสถิติ	ยาก ต้องการความรู้ทางสถิติขั้นสูง	ง่าย เพราะใช้เพียงความรู้ทางพื้นฐานสถิติ	ง่าย เพราะใช้เพียงความรู้ทางพื้นฐานสถิติ
ข้อเสีย	ต้องมีความรู้ทางสถิติขั้นสูงในการวิเคราะห์	ต้องมีความรู้ทางสถิติขั้นสูงในการวิเคราะห์	ไม่ใช่หลักสถิติในการอ้างอิง	ไม่ใช่หลักสถิติในการอ้างอิง
ผู้ใช้งาน	วิศวกร	วิศวกรและผู้บริหารระดับสูง	วิศวกรและพนักงาน	วิศวกรและพนักงาน

ในการปฏิบัติตามขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 1 ซึ่งแบ่งออกเป็น 10 ขั้นตอนได้แก่ ขั้นตอนปัญหา (Define the problem or Define the green Y) ขั้นตอนการแสดงผลและวิธีการวัดปัญหาที่พบ (Quantify and measure the Green Y) ขั้นตอนการระบุปัญหาในอดีต (Problem History) ขั้นตอนการระบुर่องรอย (Generate Clues) ขั้นตอนการออกแบบการทดลอง ขั้นตอนทดสอบปัญหา เพื่อให้มั่นใจว่าเป็นการปรับปรุงที่ถาวร (Turn the problem on and off – ensuring permanence of improvement) ขั้นตอนการให้ข้อกำหนดเฉพาะที่เป็นจริง และค่าเผื่อ (Establish realistic specifications and tolerance-optimize) ขั้นตอนทำให้กระบวนการปรับปรุงคงที่ (“Freeze” the process improvements) ขั้นตอนรับรองกระบวนการ (Process Certification) และขั้นสรุปผลระยะการควบคุมสิ่งที่ได้รับ โดยใช้ Pre-Control ได้ผลสรุปแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ผลการประยุกต์ใช้เครื่องมือและเทคนิคต่างๆกับ โรงงานกรณีศึกษาและผลที่ได้จากการดำเนินงานวิจัยในแต่ละระยะ

### 10.1.1 สรุปผลการประยุกต์ใช้เครื่องมือและเทคนิคต่างๆ

งานวิจัยนี้ได้นำเครื่องมือและเทคนิคต่างๆตามหลักการของระบบไชนิน (Shainin System) มาใช้ในการแก้ไขปัญหาภายในโรงงานกรณีศึกษา ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการประเมินผลของการปฏิบัติงาน โดยใช้เครื่องมือดังกล่าวจากประสบการณ์ตรงของผู้วิจัยในรายละเอียดดังนี้ ตามตารางที่ 10.2

- 1) ความยาก-ง่ายในการนำไปใช้
- 2) ความเหมาะสมของการนำไปใช้
- 3) ผลที่ได้รับจากการปฏิบัติ
- 4) การประยุกต์ใช้ต่อหลังสิ้นสุดงานวิจัย

ตารางที่ 10.2 ผลการประยุกต์ใช้เครื่องมือและเทคนิคต่างๆในงานวิจัย

เครื่องมือ / เทคนิคที่ใช้	ความยาก-ง่ายในการนำไปปฏิบัติ	ความเหมาะสมในการนำไปใช้	ผลที่ได้รับจากการปฏิบัติ	การนำไปประยุกต์ใช้ต่อหลังสิ้นสุดงานวิจัย
แผนภูมิตัวแปร (Multi-Vari Chart)	มีความง่ายในการปฏิบัติ	มีความเหมาะสม	รูปแบบของความผันแปรที่เกิดขึ้น	สามารถทำได้
แผนภาพความสนใจ (Concentration Chart)	มีความง่ายในการปฏิบัติ	มีความเหมาะสม	ตำแหน่งของการเกิดข้อบกพร่องภายในชิ้นงาน เบอร์แม่พิมพ์และเบอร์พนักงานหล่อ ที่ทำให้เกิดของเสีย	สามารถทำได้
ครอบครัวความผันแปร (Family of Variation: FOV)	มีความง่ายในการปฏิบัติ	มีความเหมาะสม	รู้ลักษณะของการเกิดข้อบกพร่อง โดยการเปรียบเทียบจากจุดเล็กๆไปหาจุดที่ใหญ่ขึ้น และทำการเปรียบเทียบไปแต่ละขั้นตอนของการผลิต	สามารถทำได้
แผนภาพพารेटโต (Pareto Chart)	มีความง่ายในการปฏิบัติ	มีความเหมาะสม	บอกความถี่ของการเกิดลักษณะข้อบกพร่อง	สามารถทำได้

ตารางที่ 10.2 ผลการประยุกต์ใช้เครื่องมือและเทคนิคต่างๆในงานวิจัย (ต่อ)

เครื่องมือ / เทคนิคที่ใช้	ความยาก-ง่ายในการนำไปปฏิบัติ	ความเหมาะสมในการนำไปใช้	ผลที่ได้รับจากการปฏิบัติ	การนำไปประยุกต์ใช้ต่อหลังสิ้นสุดงานวิจัย
การเปรียบเทียบจับคู่ (Paired Comparison)	มีความง่ายในการปฏิบัติ	มีความเหมาะสม	เปรียบเทียบสิ่งที่ดี (BOB) และสิ่งที่ไม่ดี (WOW)	สามารถทำได้
การวิเคราะห์ความแตกต่าง (Gap Analysis)	มีความง่ายในการปฏิบัติ	มีความเหมาะสม	เพื่อที่จะได้รู้ว่าพนักงานหล่อแบบหรือสายการผลิตแต่ละสายการผลิตนั้นต่างกันอย่างไร	สามารถทำได้
การเปรียบเทียบสิ่งที่ดีกว่ากับปัจจุบัน (B vs. C or Better Versus Current)	มีความง่ายในการปฏิบัติ	มีความเหมาะสม	พิสูจน์ว่ากระบวนการหลังจากที่ได้รับ การปรับปรุงแก้ไขแล้วนั้น ดีกว่า กระบวนการเดิมหรือไม่	สามารถทำได้
แผนภูมิกระจาย (Scatter Plots)	มีความง่ายในการปฏิบัติ	มีความเหมาะสม	ข้อกำหนดเฉพาะและค่าเผื่อที่เป็นไปได้จริง	สามารถทำได้
การควบคุมกระบวนการโดยใช้ Pre-Control	มีความง่ายในการปฏิบัติ	มีความเหมาะสม	การควบคุมโดยการใช้การกำหนดค่าเผื่อ และมีพื้นที่เขียว เหลือง แดง เพื่อให้พนักงานเข้าใจได้ง่ายขึ้น	สามารถทำได้

### 10.1.2 สรุปผลการดำเนินงานวิจัยในแต่ละระยะ

ผลการดำเนินงานวิจัยในแต่ละขั้นตอน สามารถสรุปดังต่อไปนี้

#### 1) ระยะการกำหนดปัญหาและวิธีการวัด

จากการทำการศึกษาจะพบว่า ผลผลิตภัณฑ์รุ่นที่พบปัญหามากที่สุด คือรุ่น BW13 โดยลักษณะข้อบกพร่องที่พบ โดยใช้หลักการของพารโต 80:20 และลักษณะข้อบกพร่องที่ต้องทำการแก้ไขนั้นมี 3 ข้อบกพร่อง ซึ่งได้แก่ รุเข็ม แดกด้านข้างและแดกบริเวณบ่อเก็บของเสีย ซึ่งวิธีการวัดปัญหาที่พบ เริ่มต้นจากการวิเคราะห์ความถูกต้องและแม่นยำของระบบการวัดสำหรับข้อมูลตามลักษณะ (Attribute Agreement Analysis) โดยใช้ GR&R ในการวิเคราะห์ความสามารถในการวัดของพนักงาน ซึ่งในการตรวจสอบลักษณะข้อบกพร่องด้วยสายตา พบว่าเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการวัดซ้ำของพนักงาน เปอร์เซ็นต์ความไม่ไบอัสของพนักงาน เปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพผลความสามารถในการวัดซ้ำของพนักงานตรวจสอบ และเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพผลความไม่ไบอัสของการตรวจสอบของพนักงานตรวจสอบทุกคนผ่านเกณฑ์การตรวจสอบ โดยมีค่าที่ 100% ทุกคน

#### 2) ระยะการระบุปัญหาในอดีต

ทำการเก็บข้อมูลแนวโน้มการเกิดของข้อบกพร่องแต่ละประเภท ซึ่งพบว่ายังคงมีอัตราการเกิดของเสียนั้นยังคงเกิดขึ้นตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ดังนั้นลักษณะข้อบกพร่องที่ยังคงต้องดำเนินการแก้ไขของผลผลิตภัณฑ์รุ่น BW13 ได้แก่ ลักษณะข้อบกพร่องประเภทรุเข็ม แดกด้านข้างและแดกบริเวณบ่อเก็บของเสีย

#### 3) ระยะการหาสาเหตุหลักของปัญหา

ทำการเก็บข้อมูลโดยใช้แผนภาพความสนใจ (Concentration Chart) จากนั้นข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์หาลักษณะข้อบกพร่องโดยจะต้องนำมาเปรียบเทียบในครอบครัวความผันแปร (Family of Variation: FOV)

ซึ่งจากการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องทั้ง 3 ประเภทจะได้ว่า

ลักษณะข้อบกพร่องประเภทรูเข็ม พบความแตกต่างระหว่างพื้นที่ และพบความแตกต่างระหว่างพนักงานหล่อแบบ

ลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกด้านข้าง พบความแตกต่างระหว่างพื้นที่เพียงอย่างเดียว คือบริเวณด้านข้างใต้ปีก

ลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกบริเวณบ่อเก็บของเสียบ พบความแตกต่างระหว่างพื้นที่ และพบความแตกต่างระหว่างพนักงานหล่อแบบ

#### 4) ระยะเวลาออกแบบการทดลอง

ทำการออกแบบการทดลอง โดยเครื่องมือที่ใช้ในขั้นตอนนี้คือ การเปรียบเทียบจับคู่ (Paired Comparisons) และการวิเคราะห์ความแตกต่าง (Gap Analysis) ซึ่งจากผลการทดลองจะได้ว่า

- Red X (สาเหตุหลัก) ของการเกิดลักษณะข้อบกพร่องประเภทรูเข็ม คือ ขนาดของท่อที่ใช้ในการหล่อ ภายหลังจากปรับปรุง พบว่าอัตราการเกิดของเสียบประเภทรูเข็มลดลงจาก 14.01% ไปเป็น 2.15%

- Red X (สาเหตุหลัก) ของการเกิดลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกด้านข้าง คือ ความหนาบริเวณใต้ปีก ซึ่งหลังการปรับปรุงพบว่า อัตราการเกิดของเสียบของผลิตภัณฑ์รุ่น BW13 ลดลงจาก 8.51% ไปเป็น 0.23%

- Red X (สาเหตุหลัก) ของการเกิดลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกบริเวณบ่อเก็บของเสียบ คือ ความแข็งของเม็ดกระดุม พบว่าอัตราการเกิดของเสียบลดลงจาก 4.57% ไปเป็น 0.95%

#### 5) ระยะเวลาทดสอบปัญหา เพื่อให้มั่นใจว่าเป็นการปรับปรุงที่ถาวร

ขั้นตอนนี้จะเป็นการทดสอบ ว่าสาเหตุหลักที่พบในขั้นตอนออกแบบการทดลองนั้น เป็นสาเหตุที่แท้จริง มาทำการทดสอบ โดยการนำกลุ่มตัวอย่างที่มาจาก B (กระบวนการหลังปรับปรุง) จำนวน 3 ล็อต และ C (กระบวนการก่อนการปรับปรุง) จำนวน 3 ล็อต มาทำการเปรียบเทียบ ซึ่งจะพบว่า กระบวนการ B (กระบวนการหลังปรับปรุง) นั้นดีกว่ากระบวนการ C (กระบวนการก่อนการปรับปรุง) ด้วยความเชื่อมั่นที่ 95%



#### 6) ระยะแสดงให้เห็นข้อกำหนดเฉพาะที่เป็นจริงและค่าเพื่อ

ขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดหาระดับที่ดีที่สุดของ ตัวแปร Red X และค่าเพื่อที่เหมาะสมเพื่อรับประกันความบกพร่องหรือของเสียที่เป็นศูนย์ โดยการทำแผนภูมิการกระจาย (Scatter plots) โดยแบ่งเป็นลักษณะข้อบกพร่องแต่ละประเภท คือ

- ลักษณะข้อบกพร่องประเภทรูเข็ม จะพบว่า ขนาดของท่อหล่อที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการลดเปอร์เซ็นต์ข้อบกพร่องประเภทรูเข็ม คือการใช้ท่อหล่อที่ขนาด 3/4 นิ้ว
- ลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกด้านข้าง จะพบว่า ความหนาที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการลดเปอร์เซ็นต์ข้อบกพร่องประเภทแตกด้านข้าง คือ ความหนาที่ 16 มิลลิเมตร
- ลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกบริเวณบ่อเก็บของเสีย จะพบว่า ความแข็งที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการลดเปอร์เซ็นต์ข้อบกพร่องประเภท บริเวณบ่อเก็บของเสีย คือ ความแข็งที่ 51-55 gf.

#### 7) ระยะการทำให้กระบวนการปรับปรุงคงที่และการรับรองกระบวนการ

ในระยะการทำให้กระบวนการปรับปรุงคงที่ จะต้องทำการกำหนดค่าตัวแปรต่างๆที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เพื่อให้มั่นใจว่าสามารถควบคุมกระบวนการให้คงที่ได้ โดยการกำหนดค่าต่างๆไว้ในมาตรฐานการปฏิบัติงาน

ในระยะการรับรองกระบวนการ จะต้องทำการแต่งตั้งคณะทำงาน เพื่อมีหน้าที่ในการรับรองกระบวนการซึ่งจะทำการตรวจสอบกระบวนการผลิตว่าเป็นไปตามมาตรฐานการปฏิบัติงานและทำการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ว่าผลิตภัณฑ์นั้น ยังคงเป็นผลิตภัณฑ์ที่ดีตามมาตรฐานที่กำหนด โดยจะทำการตรวจสอบปีละ 2 ครั้ง

#### 8) ระยะการควบคุมสิ่งที่ได้รับ โดยใช้ Pre-Control

ในระยะการควบคุมสิ่งที่ได้รับ โดยใช้ Pre-Control Pre-Control ซึ่งเป็นแผนภูมิที่ใช้ในการควบคุมกระบวนการผลิต เพื่อที่จะสามารถทราบได้ว่า กระบวนการผลิตนั้นยังคงอยู่ภายใต้การควบคุม โดยจะทำการสุ่มทุกวัน วันละ 2 ล็อต ซึ่งจะพบว่า กระบวนการผลิตหลังจากที่ได้ทำการ

ปรับปรุงมาแล้วนั้นยังคงอยู่ในบริเวณสีเขียว (Green Zone) และความสามารถของกระบวนการ อยู่ที่  $C_{pk} \geq 1.33$

โดยผลการปรับปรุงหลังจากที่ได้ทำการกำหนดปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการเกิดลักษณะข้อบกพร่องแต่ละประเภทแล้ว ซึ่งลักษณะข้อบกพร่องประเภทรูเข็ม จะมีปัจจัยที่สำคัญที่ต้องทำการควบคุม คือขนาดของท่อที่ใช้ในการหล่อ ส่วนลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกด้านข้าง ปัจจัยที่ต้องทำการควบคุมคือความหนาแน่นด้านข้าง และลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกบริเวณบ่อเก็บของเสีย ปัจจัยที่ต้องควบคุม คือความแข็งของเม็ดกระดุม ซึ่งพบว่าสามารถลดสัดส่วนของเสียประเภทรูเข็มจาก 14.01% ไปเป็น 2.15% ประเภทแตกด้านข้าง ลดลงจาก 8.51% ไปเป็น 0.23% และแตกบริเวณบ่อเก็บของเสีย ลดลงจาก 4.57% ไปเป็น 0.95% โดยคิดเป็นมูลค่าความสูญเสียที่ลดลงได้เท่ากับ 7,209,360 บาท (ในช่วงระยะเวลา 6 เดือน)

ซึ่งจากผลการดำเนินงานวิจัยจะพบว่าการนำระบบไซนินมาช่วยในการลดสัดส่วนของเสีย นั้น เป็นวิธีการที่ใช้พื้นฐานที่สามารถเข้าใจได้ง่าย และสามารถลดสัดส่วนของเสียได้จริง โดยที่สามารถคงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไว้ได้ โดยที่อัตราเร็วในการผลิตของกระบวนการ (Throughput) ยังคงเท่าเดิม

## 10.2 ข้อจำกัดในงานวิจัย

1. ตัวแปรตอบสนอง (Response) ในงานวิจัยนี้เป็นข้อมูลตามลักษณะ (Attribute Data) คือ ลักษณะข้อบกพร่องประเภทรูเข็ม แตกด้านข้างและแตกบริเวณบ่อเก็บของเสีย ซึ่งเป็นข้อมูลที่มีข้อจำกัดค่อนข้างมาก เมื่อเทียบกับข้อมูลแปรผัน (Variable Data)

2. การวัดความสามารถในระบบการวัดที่ใช้ในระบบไซนินนั้น จะมี 2 แบบ คือ ในกรณีที่เป็นข้อมูลผันแปร (Variable Data) จะใช้ Isoplot ในการวัดความสามารถในการแยกแยะของระบบการวัด และกรณีที่เป็นข้อมูลตามลักษณะ (Attribute Data) จะต้องทำการแปลงข้อมูลก่อนนำไปใช้ โดยใช้ Likert Scale แล้วจึงจะใช้ Isoplot แต่กรณีนี้ทางโรงงานกรณีศึกษาต้องการใช้ GR&R ในการวิเคราะห์ระบบการวัด ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำโดยใช้ GR&R แทน Isoplot ในการวิเคราะห์ระบบการวัดในกรณีที่เป็นข้อมูลตามลักษณะ

### 10.3 ข้อเสนอแนะ

1. เนื่องจากระบบไซนินเป็นระบบที่ยังไม่ได้เป็นที่รู้จักแพร่หลาย ดังนั้นในการที่จะนำวิธีการแก้ไขปัญหในระบบไซนินมาใช้ในโรงงานนั้น พนักงานและผู้ที่เกี่ยวข้องควรมีพื้นฐานเกี่ยวกับระบบไซนิน ก่อนที่จะนำไปแก้ไขในระบบอุตสาหกรรมอื่นๆ

2. ระบบไซนินเป็นระบบที่ใช้ในการแก้ไขปัญหาอย่างง่ายที่เกิดขึ้นภายในโรงงานอุตสาหกรรม ดังนั้น ผลการวิเคราะห์ส่วนใหญ่จะไม่สามารถใช้หลักทางสถิติในการอ้างอิงได้ แต่จะใช้การทำกราฟเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างเท่านั้น ซึ่งผู้ที่นำระบบไซนินไปใช้นั้น จะต้องมีความรู้และประสบการณ์ในการแก้ปัญหาโดยใช้ระบบไซนินมาแล้วระยะหนึ่ง เพื่อที่จะทำให้สามารถวิเคราะห์ได้อย่างถูกต้อง

3. ในระยะการควบคุมนั้น ระบบไซนินจะใช้ Pre-Control ในการทำการควบคุมกระบวนการ ซึ่งค่าเผื่อ (Tolerance) ที่ใช้ในการกำหนดนั้น มาจากลักษณะข้อบกพร่องประเภทต่างๆคูณด้วยสอง ซึ่งทางผู้จัดทำคิดว่า สิ่งที่เหมาะสมกว่าในระยะการควบคุมนั้น ควรจะทำแผนภูมิควบคุม (Control Chart) เพิ่มขึ้น เพื่อที่จะสามารถควบคุมกระบวนการได้ดีมากยิ่งขึ้น

## รายการอ้างอิง

### ภาษาไทย

กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ.2553. หลักการการควบคุมคุณภาพ. กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

นพดล อิ่มเอม. 2547. DOE ด้วยหลักการ Shainin. นิตยสาร **For Quality** 11, 86: 45-47.

สิทธิศักดิ์ พฤษชัยติกุล . การพัฒนาคุณภาพแบบก้าวกระโดดด้วยวิธี Six Sigma. กรุงเทพมหานคร : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น). 2546

### ภาษาอังกฤษ

Bhote, K. R. and Bhote K. A. 2000. **World Class Quality : using Design of Experiments to make it happen**, second edition , American Management Association , New York.

Cheng, Y. and Antony, J. 2003. Training for Shainin's approach to experimental design using a catapult. **Journal of European Industrial Training** 27/8 : 405-412.

Goodman, J. and Wyld, C. 2001. The Hunt for the Red X: A Case Study in the use of Shainin Design of Experiment (doe) in an Industrial Honing Operation. **Management Research News** 24.

Mast, J. 2004. A methodological comparison of three strategies for quality improvement. **International Journal of Quality & Reliability Management** 21, 2: 198-213.

Mast, J., Schippers, J. and Ronald, M. 2000. Step and strategies in process improvement. **Journal of Quality and Reliability Engineering International** 16: 303-311.

Schippers, J. 2000. Structure and applicability of quality tools. Eindhoven: **Technische Universiteit Eindhoven.**

Sharma, S., and Chetiya, R. 2009. Simplifying the Six Sigma Toolbox through Application of

Shainin DOE Techniques. **Journal of Vikalpa** 34.

Stefan, H. et al. 2008. An Overview of the Shainin System

For Quality Improvement. **Journal of Quality Engineering** 20:6

Tanco, M., Viles, E., and Pozueta, L. 2008. Are All Designs of Experiments. Approaches Suitable

for Your Company? **World Congress on Engineering**. London, U.K.

Thomas, A. and Antony, J. 2004. Applying Shainin's variables search methodology in

aerospace applications. **Assembly Automation** 24: 184–191.

Thomas, A. and Antony, J. 2005. A comparative analysis of the Taguchi and Shainin DOE

techniques in an aerospace environment. **International Journal of Productivity and Performance Management** 54, 8: 658-678.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

## ใบรายการตรวจสอบ GR&amp;R

วันที่: ..... ตรวจสอบโดย: .....

ชิ้นงานลำดับที่	ผ่าน	ไม่ผ่าน	ชนิดของรอยตำหนิ	ชิ้นงานลำดับที่	ผ่าน	ไม่ผ่าน	ชนิดของรอยตำหนิ
1				16			
2				17			
3				18			
4				19			
5				20			
6				21			
7				22			
8				23			
9				24			
10				25			
11				26			
12				27			
13				28			
14				29			
15				30			

รูปที่ ก.1 ตัวอย่างแผ่นรายการตรวจสอบลักษณะข้อบกพร่องในการวิเคราะห์ระบบการวัด



ภาคผนวก ข



แผนภาพความสนใจ (Concentration Chart) ของลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกด้านข้าง

**Defect Check Sheet For BW13**

Model.....BW13..... Defect number.....26..... Defect name.....Cracked Side.....

ด้านซ้าย

ด้านขวา

No.	Collecting data date	Casting date	ด้านซ้าย Left side				ด้านขวา Right side				หมายเลขโมลด์ Mould No.	เบอร์พนักงานเทล Caster No.	รอบหล่อ Round	เบอร์พนักงานพ่น Sprayer No.	เบอร์พนักงานตรวจสอบ Inspector No.	เวลาที่ตรวจสอบ Time	บาร์โค้ด Barcode No
			L1	L2	L3	L4	R1	R2	R3	R4							
1																	
2																	
3																	
4																	
5																	
6																	
7																	
8																	
9																	
10																	
11																	
12																	
13																	
14																	
15																	
16																	
17																	
18																	
19																	
20																	
21																	
22																	
23																	
24																	
25																	
26																	
27																	
28																	
29																	
30																	
31																	
32																	
33																	
34																	
35																	
BOB																	
WOW																	

รูปที่ ข.2 แผนภาพความสนใจ (Concentration Chart) ของลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกด้านข้าง

แผนภาพความสนใจ (Concentration Chart) ของลักษณะข้อบกพร่องประเภทแตกบริเวณ  
บ่อเก็บของเสีย

**Defect Check Sheet For BW13**

Model.....BW13..... Defect number.....25..... Defect name.....Cracked Sump.....

B1 : รอบๆเมื่ดกระตุ้ม  
B2 : ผ่าเมื่ดกระตุ้ม

เมื่ดกระตุ้ม

S1 S2  
S3 S4

ปาก sump

No.	Collecting data date	Casting date	เมื่ดกระตุ้ม		ปาก sump				หมายเลขเมื่ด Mould No.	เบอร์พ่อกงวนเมื่ด Caster No.	รอบนล Round	เบอร์พ่อกงวนพ Sprayer No.	เบอร์พ่อกงวนตรวจสอ Inspector No.	เวลาพ่ดตรวจสอ Time	บาร์โค้ด Barcode No
	วันที่เก็บข้อมูล	วันที่นล	B1	B2	S1	S2	S3	S4							
1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															
11															
12															
13															
14															
15															
16															
17															
18															
19															
20															
21															
22															
23															
24															
25															
26															
27															
28															
29															
30															
31															
32															
33															
34															
35															
BOB															
WOW															





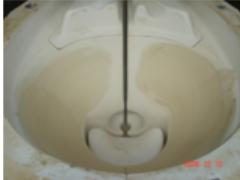
รูปที่ ข.3 แผนภาพความสนใจ (Concentration Chart) ของลักษณะข้อบกพร่องประเภท  
แตกบริเวณบ่อเก็บของเสีย

ภาคผนวก ค







ตารางที่ ค.1 เอกสารการปฏิบัติงาน กระบวนการหล่อโถสุขภัณฑ์รุ่น BW13

<b>Standard Operation Procedure</b>		Plant: <b>5</b>		
Operation: <b>Beam Casting BW13</b>		Division: <b>Cast</b>		
		Process: <b>Casting</b>		
Revision <b>0</b>	Page <b>1</b> From <b>6</b>	Document no <b>5013</b>	Process Eng Issue	Div.Head Check
			Plant Mgr. Approve	
<b>Description</b>				
อธิบายการแต่งกายสำหรับพนักงานในกระบวนการหล่อชิ้นงาน รวมถึงอุปกรณ์ป้องกันภัยส่วนบุคคล				
<b>Procedure</b>				
การแต่งกายสำหรับพนักงานที่ทำงานในกระบวนการหล่อชิ้นงาน จะต้องแต่งกายดังนี้				
<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="flex: 1;"> <p>สวมผ้าปิดจมูก (Particulate Respirator) ให้มิดชิด</p> <p>แต่งกายให้รัดกุม ไม่ปล่อยชายเสื้อออกนอกกางเกง และกางเกงที่ใส่ ต้องเป็นกางเกงขายาวคลุมตลอดขา และใส่ผ้ากันเปื้อน</p> </div> <div style="flex: 2;">  </div> </div>				
<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="flex: 1;">  <p>สวมรองเท้านิรภัย (Safety Shoes) อย่างรัดกุม</p> </div> </div>				
<b>Remark:</b>				

ตารางที่ ค.1 เอกสารการปฏิบัติงาน กระบวนการหล่อโถสุขภัณฑ์รุ่น BW13 (ต่อ)








<b>Standard Operation Procedure</b>		Plant: <b>5</b>		
Operation: <b>Beam Casting BW13</b>		Division: <b>Cast</b>		
		Process: <b>Casting</b>		
Revision <b>0</b>	Page <b>2</b> From <b>6</b>	Document no <b>5013</b>	Process Eng Issue	Div.Head Check
Plant Mgr. Approve				
<b>Description</b>				
อธิบายขั้นตอนการหล่อชิ้นงานรุ่น BW13				
<p>1)  </p>		<p><b>Procedure</b></p> <p>1. Circurate น้ำดินหมุนเวียนเข้า Group Tank เพื่อให้มีน้ำดินเก่าที่ค้างในท่อ Main ออกโดยให้น้ำดินใหม่เข้าแทนที่</p> <p>2. เรียกน้ำดินเข้า head Tank เมื่อเต็มแล้วปล่อยน้ำดินเข้าท่อ Main หล่อ</p> <p>3. ขั้นตอนการเตรียมแบบ</p> <p>3.1 ทาแป้ง (Talcum) ที่ผิวโมลเพื่อป้องกันการติดแบบ</p> <p>3.2 ทาน้ำดินเจือจางที่ผิวโมลเพื่อป้องกันการยุบตัว</p>		
<p>2) </p>				
<p>3)   3.1 </p>				
<p>3.2 </p>				
<b>Remark:</b>				

ตารางที่ ค.1 เอกสารการปฏิบัติงาน กระบวนการหล่อโถสุขภัณฑ์รุ่น BW13 (ต่อ)









<b>Standard Operation Procedure</b>		Plant: <b>5</b>		
Operation: <b>Beam Casting BW13</b>		Division: <b>Cast</b>		
		Process: <b>Casting</b>		
Revision <b>0</b>	Page <b>3</b> From <b>6</b>	Document no <b>5013</b>	Process Eng Issue	Div.Head Check
Plant Mgr. Approve				
<b>Description</b>				
อธิบายขั้นตอนการหล่อชิ้นงานรุ่น BW13				
<p>4)</p> <p>4.1</p>   <p>4.2</p>  <p>4.3</p>  <p>4.4</p>  			<p><b>Procedure</b></p> <p>4. ประกอบแบบระบบ Beam Casting</p> <p>4.1 กดสวิทช์ด้านคาน Beam เพื่อให้ Top core ลงประกบกับ Body ให้สนิท</p> <p>4.2 รััด Clamp ด้านหน้าและหลังให้แน่น</p> <p>4.3 ใสสลักล็อก Beam (Bolt lock Beam) ทั้ง 4 จุด</p> <p>4.4 เปิดลมเข้าสาย Cushion air เพื่อให้ตัว Topcore ประกบกับ Body ให้สนิท</p>	
<b>Remark:</b>				









ตารางที่ ค.1 เอกสารการปฏิบัติงาน กระบวนการหล่อโถสุขภัณฑ์รุ่น BW13 (ต่อ)

<b>Standard Operation Procedure</b>		Plant: <b>5</b>			
Operation: <b>Beam Casting BW13</b>		Division: <b>Cast</b>			
Revision <b>0</b> Page <b>4</b> From <b>6</b> Document no <b>5013</b>		Process: <b>Casting</b>	Process Eng Issue	Div.Head Check	Plant Mgr. Approve
<b>Description</b>					
อธิบายขั้นตอนการหล่อชิ้นงานรุ่น BW13					
5) 5.1			<b>Procedure</b>		
5.2			5. ขั้นตอนการหล่อ		
5.3			5.1 ให้เปิดวาล์วหล่อจากตัวที่ 30 จนถึงตัวที่ 1 เป็นตัวสุดท้าย		
6) 6.1			5.2 เมื่อหล่อเต็มตัวสุดท้ายให้สังเกตน้ำดินที่ขึ้นตามสายลมเตรนพร้อมบันทึกเวลาหล่อและกำหนดเวลาหล่อ		
6.2			5.3 แต่ง Clayware วันที่ 2 พร้อมเข้าอบ		
			6. ขั้นตอนการเตรน หลังจากได้เวลาหล่อตามต้องการ		
			6.1 เปิด Valve ลมเตรนและเปิด Valve เทรนน้ำดิน		
			6.2 เมื่อเตรนหมดให้ปิด Valve เทรนทันที พร้อมอันลมเพื่อให้ Clayware แข็งตัว		
<b>Remark:</b>					

ตารางที่ ค.1 เอกสารการปฏิบัติงาน กระบวนการหล่อโถสุขภัณฑ์รุ่น BW13 (ต่อ)

<b>Standard Operation Procedure</b>		Plant: <b>5</b>		
Operation: <b>Beam Casting BW13</b>		Division: <b>Cast</b>		
		Process: <b>Casting</b>		
Revision <b>0</b>	Page <b>5</b> From <b>6</b>	Document no <b>5013</b>	Process Eng Issue	Div.Head Check
			Plant Mgr. Approve	
<b>Description</b>				
อธิบายขั้นตอนการหล่อชิ้นงานรุ่น BW13				
7)			<b>Procedure</b>	
7.1		7.2		7. ขั้นตอนการเปิดแบบ
				7.1 ให้ปิดลมเตรน
				7.2 เปิดลมออกจากสาย Cushion air
				7.3 ถอดสลักล็อค Beam ทั้ง 4 จุด
7.3		7.4		7.4 กด Switch บังคับให้दान Beam ยกขึ้น
8)			8. ขั้นตอนการตัดแต่ง	
8.1				8.1 ใช้กระบอกล้างจานขนาด $\varnothing$ 78 mm. แล้วใช้ มีดตัดซ้ำแล้ว เช็ดน้ำ
				8.2 เจาะรูยึด Seat โดยใช้กระบอกล้างจานขนาด $\varnothing$ 16 mm. และติดเม็ดกระดุม โดยเม็ดกระดุมจะต้องมีความแข็งที่ 50-52 gf.
8.2				
<b>Remark:</b>				

ตารางที่ ค.1 เอกสารการปฏิบัติงาน กระบวนการหล่อโถสุขภัณฑ์รุ่น BW13 (ต่อ)

<b>Standard Operation Procedure</b>		Plant: <b>5</b>			
Operation: <b>Beam Casting BW13</b>		Division: <b>Cast</b>			
Revision <b>0</b> Page <b>6</b> From <b>6</b>		Process: <b>Casting</b>			
Document no <b>5013</b>		Process Eng Issue	Div.Head Check	Plant Mgr. Approve	
<b>Description</b>					
อธิบายขั้นตอนการหล่อชิ้นงานรุ่น BW13					
9) 		<b>Procedure</b>			
10) 		9. ถอดแบบ โดยใช้รถ Demould เริ่มจากตัวที่ 30 - 1			
11)  		10. เตรียมแบบพร้อมหล่อรอบที่ 2-3 (ให้ปฏิบัติตามขั้นตอนเหมือนข้อที่ 1- 9)			
12)  		11. ตัดแต่งขีดน้ำ Clayware เปียกและกลับแบบเจาะรูออก โดยใช้กระบอกระบายน้ำขนาด 62 mm. และรูยึดขาฐานของรอบที่ 1 โดยใช้กระบอกระบายน้ำขนาด 10 mm.			
		12. ย้าย Clayware รอบที่ 1 เก็บบนชั้น Dry เพื่อนำ Setter มารองรับ Clayware รอบที่ 2 และเก็บกวาดทำความสะอาดพื้นที่			
<b>Remark:</b>					

ภาคผนวก ง

ตารางที่ ง.1 รายละเอียดของการคิดมูลค่าความสูญเสียหลังการปรับปรุง

ข้อมูล	ช่วงระหว่างการปรับปรุง						ช่วงระยะควบคุม			ช่วงการพยากรณ์			
	เดือน/ปี	ม.ค.-55	ก.พ.-55	มี.ค.-55	เม.ย.-55	พ.ค.-55	มิ.ย.-55	ก.ค.-55	ส.ค.-55	ก.ย.-55	ต.ค.-55	พ.ย.-55	ธ.ค.-55
ปริมาณการผลิตตามแผนการผลิต	6532	6799	6243	4312	8350	8012	8985	8812	7955	9500	9000	9000	
ก่อนการปรับปรุง	จำนวนของเสีย	2146	2233	2051	1416	2743	2632	2952	2895	2613	3121	2957	2957
	สัดส่วนของเสีย	32.85	32.85	32.85	32.85	32.85	32.85	32.85	32.85	32.85	32.85	32.85	32.85
	มูลค่าความสูญเสีย	997,890	1,038,345	953,715	658,440	1,275,495	1,223,880	1,372,680	1,346,175	1,215,045	1,451,265	1,375,005	1,375,005
หลังการปรับปรุง	จำนวนของเสีย	1975	1523	1037	853	832	652	322	337	303	355	337	337
	สัดส่วนของเสีย	30.24	22.40	16.61	19.78	9.96	8.14	3.58	3.82	3.81	3.74	3.74	3.74
	มูลค่าความสูญเสีย	918375	708195	482205	396645	386880	303180	149730	156705	140895	165075	156705	156705
จำนวนของเสียที่ลดลงได้	171	710	1014	563	1911	1980	2630	2558	2310	2766	2620	2620	
มูลค่าความสูญเสียที่ลดลงได้	79,515	330,150	471,510	261,795	888,615	920,700	1,222,950	1,189,470	1,074,150	1,286,190	1,218,300	1,218,300	

## ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวรัญญา ตีระฉะวณิช เกิดวันที่ 19 ธันวาคม 2528 ที่จังหวัดเพชรบุรี สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนเบญจมเทพอุทิศจังหวัดเพชรบุรี และเข้าศึกษาต่อจนสำเร็จการศึกษาในระดับปริญญาบัณฑิต จากคณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรม อุตสาหการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในปีการศึกษา 2551 ภายหลังจากจบการศึกษาได้เข้าทำงานที่บริษัทเม็กเท็ค แมนูแฟคเจอร์ริง (ประเทศไทย) จำกัด ในตำแหน่งวิศวกรกระบวนการผลิต เป็นเวลา 3 ปี ปัจจุบันทำงานที่บริษัท โคห์เลอร์ (ประเทศไทย) จำกัด มหาชน จังหวัดสระบุรีตำแหน่งวิศวกรกระบวนการผลิต และทำการศึกษาต่อในหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในภาคต้นปีการศึกษา 2553