การลดการสูญเสียของเครื่องสุขภัณฑ์ตามแนวคิดซิกส์ซิกม่า ด้วยเครื่องมือไชนิน

REDUCTION OF SANITARY WARE LOSS USING SIX SIGMA WITH SHAININ'S TOOLS

ราชันย์ สีเหลือง
RACHAN SEELUENG

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2562

KMITL-2019-EN-M-217-146

การลดการสูญเสียของเครื่องสุขภัณฑ์ตามแนวคิดซิกส์ซิกม่า ด้วยเครื่องมือไชนิน

REDUCTION OF SANITARY WARE LOSS USING SIX SIGMA WITH SHAININ'S TOOLS

ราชันย์ สีเหลือง

RACHAN SEELUENG

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2562

KMITL-2019-EN-M-217-146

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

REDUCTION OF SANITARY WARE LOSS USING SIX SIGMA WITH SHAININ'S TOOLS

RACHAN SEELUENG

A THESIS SUMMITED IN PATIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF ENGINEER IN INDUSTRIAL ENGINEERING

FAUCULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2019

KMITL-2019-EN-M-217-146

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2019
FACUTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT’S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การลดการสูญเสียของเครื่องสุขภัณฑ์ตามแนวคิดซิกส์ ซิกม่า ด้วยเครื่องมือของไชนิน
นักศึกษา	นายราชันย์ สีเหลือง
รหัสนักศึกษา	60601099
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
พ.ศ.	2562
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.ทศพล เกียรติเจริญผล

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำวิธีการ DMAIC ตามแนวคิดซิกซิกม่า ลดการสูญเสียในกระบวนการผลิตสุขภัณฑ์เซรามิกส์ โดยมีสองความบกพร่องในการผลิตหลังจากกระบวนการเผาเคลือบสุขภัณฑ์ ในขั้นตอนการวิเคราะห์ พบว่าสาเหตุหลักของความบกพร่องเกิดขึ้นมาจากการแตกร้าวและการบิดเบี้ยวของสุขภัณฑ์ ซึ่งเป็นความบกพร่องที่มักจะเกิดขึ้นในกระบวนการหลังเผาเคลือบ ในสถานการณ์ปัจจุบันพบว่า ปัญหาการแตกร้าวและการบิดเบี้ยวของสุขภัณฑ์ เป็นปัจจัยความผันแปรหลักที่สำคัญ โดยได้ทำการศึกษาโถชักโครกสุขภัณฑ์รุ่น AC19 ซึ่งเป็นรุ่นที่มีความต้องการของลูกค้าเป็นอย่างมาก ในขณะที่ยังพบการความบกพร่องจากการแตกร้าวและและการบิดเบี้ยวมากถึง 47 % ของความบกพร่องทั้งหมด การใช้แนวคิดซิกส์ซิกม่า ด้วยเครื่องมือไชนิน ในการตรวจสอบหาสาเหตุที่แท้จริงเพื่อดำเนินการเพิ่มผลผลิต โดยได้ทำการปรับปรุงตำแหน่งของการแตกร้าว ในบริเวณขอบริมบนพื้นที่ซักล้างด้านในของโถชักโครก หลังจากได้ทำการทดลองเพื่อค้นหาสาเหตุปัจจัยที่สำคัญ พบสาเหตุเกิดขึ้นมาจากการออกแบบแนวของบริเวณการประกบริม หลังจากได้ทำการออกแบบใหม่เพื่อปรับปรุงแก้ไขปัญหา ความบกพร่องการแตกร้าวของสุขภัณฑ์ ลดลงจาก 19.8% เป็น 17.5% และความบกพร่องการบิดเบี้ยวที่เกิดขึ้นในตำแหน่งด้านหลังของเครื่องสุขภัณฑ์บริเวณด้านขอบชิดกับผนัง หลังจากได้แนวทางในการแก้ปัญหา การปรับปรุงแก้ไขขอบฐานที่ตำแหน่งชิดผนัง และควบคุมคุณภาพของแผ่นดินรองเผาที่นำมาใช้งาน ปัญหาความบกพร่องการบิดเบี้ยวลดลงจาก 8.4% เป็น 1.8% ในระหว่างขั้นตอนการควบคุมกระบวนการผลิตสามารถปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตภาพรวมของสุขภัณฑ์รุ่น AC 19 ได้ถึง 9.3%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis	Reduction of Sanitary Ware Loss Using Six Sigma with Shainin's Tools
Student	Mr. Rachan Seelueng
Student ID.	60601099
Dregree	Master of Engineering
Program	Industrial Engineering
Year	2019
Thesis Advisor	Assoc. Prof.Dr. Tossapol Kiatcharoenpol

ABSTRACT

The purpose of this research is to apply DMAIC approach of Six sigma methodology to reduce the loss of sanitary ware ceramic in the production line. The cracking and warpage problems are defectives usually found in production after firing process. In the current situation, it found that main defeactives from crack and warpage of sanitary ware cause main variations in products. The toilet bowl, AC19 Model, highly customer demand model, is the case of this study since it has high cracking and warpage problems consisting of 47.0% of total defective. Six sigma methodology associated with Shainin's tool are used to investigate the root causes in order to increase production yield.The improve of cracking defect is frequently focused on stick up rim area on washing area. After some experiments are taken to find the causes, the first important factor is alignment design of stick up rim area. After the redesign of are implemented as practical solutions.The clay crack defect problem is reduced from 19.8 to 17.5 percent and defect of warpage is frequently found near the back of sanitary ware that is used to connect to the wall. After the improvement of base clay ware and quality control of clay batts are implemented as practical solutions. The warpage defect problem is reduced from 8.4 to 1.8 percent during the control phase and that can prospectively improve production overall yield of this AC 19 model almost 9.3%.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างดีโดยการประสิทธิ์วิชาจาก รศ.ดร.ทศพล เกียรติเจริญผล และผู้บริหาร ทีมงาน และพนักงาน ของบริษัทโรงงานสุขภัณฑ์ตัวอย่าง ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากผู้เกี่ยวข้องทุกท่านและขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณอาจารย์ผู้ประสิทธิ์วิชาความรู้ และเพื่อนพี่น้องในสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สถาบันพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุกคนที่ให้คำแนะนำ ให้ความอบอุ่นที่ดีต่อกันเสมอมา

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัวอันเป็นที่รัก ของข้าพเจ้าที่เป็นกำลังใจ และให้การสนับสนุนในทุกๆเรื่อง ทำให้ข้าพเจ้าสามารถจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมาจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

ราชันย์ สีเหลือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย....I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ....II
กิตติกรรมประกาศ....III
สารบัญ....IV
สารบัญตาราง....IX
สารบัญรูป....XI
บทที่ 1 บทนำ....1
1.1 ความเป็นมาความสำคัญของการศึกษา....1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา....2
1.3 ทฤษฎี และแนวทางที่ใช้ในการศึกษา....2
1.4 ขอบเขตการวิจัย....3
1.5 วิธีการดำเนินการวิจัย....3
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ....3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง....5
2.1 ประวัติการพัฒนาซิกส์ ซิกม่า....5
2.2 กระบวนการ DMAIC....8
2.2.1 ขั้นตอนการคัดเลือกปัญหา (Define Phase)....8
2.2.1.1 แผนผัง SIPOC....9
2.2.1.2 แผนภูมิพาเรโต (Pareto Diagram)....9
2.2.1.3 แผนภูมิแสดงการไหลของงาน (Flow Chart)....9
2.2.2 ขั้นตอนการวัด (Measure Phase)....10
2.2.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analyze Phase)....10
2.2.4 ขั้นตอนการปรับปรุง (Improve Phase)....10
2.2.5 ขั้นตอนการควบคุม (Control Phase)....11
2.3 เทคนิคการทดลองแบบไชนิน (Shainin DOE Technique)....11
2.4 เครื่องมือของไชนิน (Shainin’s Tool)....15
2.4.1 แผนภูมิหลายตัวแปร (Multi-Vari Analysis)....16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.4.2 วิธีการจับคู่เปรียบเทียบ (Paired Comparison) 17
2.4.3 การค้นหาชิ้นส่วน (Product Search) 18
2.4.4 การค้นหาตัวแปร (Variable Search) 19
2.4.5 แฟคทอเรียลแบบเต็มรูปแบบ (Full Factorials) 22
2.4.6 การวิเคราะห์ B เทียบกับ C B vs C (Better vs Current Analysis) 22
2.4.7 แผนภูมิการกระจาย (Scatter Plots) 23
2.5 แผนผังรูปภาพแสดงความบกพร่อง (Concentration Chart) 24
2.5.1 แบ่งตามพื้นที่กำหนด (Location) 24
2.5.2 แบ่งตามลักษณะของชิ้นงาน 25
2.6 ครอบครัวความผันแปร (Family of Variation) 26
2.6.1 วิธีการและขั้นตอนการทำครอบครัวความผันแปร 26
2.7 BOB และ WOW 27
2.8 การเปรียบเทียบวิธีการซิกส์ซิกม่า (Six Sigma) และวิธีการไชนิน (Shainin) 28
2.9 เครื่องสุขภัณฑ์เซรามิกส์ (Ceramic Sanitary Ware) 38
2.10 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเครื่องสุขภัณฑ์เซรามิกส์ 39
2.11.1 ดินขาว (China Clay) 39
2.11.2 ดินดำ หรือ ดินเหนียว (Ball Clay) 40
2.11.3 หินขี้ยวหนุมาน หรือหินควอตซ์ หรือทรายแก้ว (Silica Sand) 40
2.11.4 หินฟันม้า (Feldspar) 40
2.11.5 หินปูน (Lime) 40
2.12. กรรมวิธีการผลิตเครื่องสุขภัณฑ์ (Sanitary Ware Process) 41
2.12.1 การเตรียมวัตถุดิบ (Slip Making) 41
2.12.2 การเตรียมแบบ (Mold making) 41
2.12.3 การหล่อขึ้นรูปเซรามิกส์ (Casting) 41
2.12.4 การหล่อเครื่องสุขภัณฑ์ (Sanitary Ware Casting Slip) 41
2.12.4.1 ขั้นตอนการถ่ายน้ำดิน (Draining) 43
2.12.4.2 ขั้นตอนการตัดเจาะรูทางน้ำ (Punching Hole) 43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.12.4.3 ขั้นตอนการประกอบชิ้นงานสุขภัณฑ์ (Stick up Rim)....44
2.12.4.4 ขั้นตอนการถอดชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ (De Molding)....44
2.12.5 การอบแห้งชิ้นงานดิน (Clay Drying)....45
2.12.6 การตรวจสอบชิ้นงานดิน (Clay Inspection)....45
2.12.7 การพ่นเคลือบ (Spraying)....46
2.12.8 การเผา (Firing)....46
2.12.9 การตรวจสอบผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป (Glost Inspection)....47
2.13 ตำหนิและสาเหตุความบกพร่องของสุขภัณฑ์เซรามิกส์....47
2.13.1 การโค้งงอของผลิตภัณฑ์ (Warpage)....48
2.13.1.1 การโค้งงอของผลิตภัณฑ์ระหว่างการอบแห้ง....48
2.13.1.2 การโค้งงอของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเผา....48
2.13.2 การแตกร้าวของผลิตภัณฑ์ (Cracking)....49
2.13.2.1 สาเหตุของการร้าวจากวัตถุดิบ....49
12.3.2.2 สาเหตุของการร้าวจากสูตรเนื้อดิน....50
12.3.2.3 สาเหตุของการร้าวจากการเตรียมวัตถุดิบ....50
12.3.2.4 การขึ้นรูปด้วยการเทแบบ....50
12.3.2.5 สาเหตุของการร้าวจากการอบแห้ง....51
12.3.2.6 สาเหตุของการร้าวจากการเผา....52
2.14 สรุปสาระสำคัญท้ายบท....52
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย....54
3.1 ขั้นตอนกระบวนการผลิตเครื่องสุขภัณฑ์ชนิดโถนั่งราบชนิดแขวนผนัง....54
3.2 สุขภัณฑ์โถนั่งราบชนิดแขวนผนังตัวอย่างรุ่น AC19....57
3.3 การวิเคราะห์ความสูญเสียจากกระบวนการผลิต....58
3.4 การกำหนดหัวข้อในการปรับปรุง....61
3.4.1 ทีมผู้ร่วมดำเนินงาน....63
บทที่ 4 การลดปัญหาความบกพร่องของสุขภัณฑ์รุ่น AC19 จากการแตกร้าว (CRACKING)....66
4.1 การกำหนดปัญหา (Define Phase)....66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.1.1 ดัชนีชี้วัดความบกพร่องการแตกร้าวสุขภัณฑ์ 68
4.2 ขั้นตอนการวัด (Measure Phase) 68
4.2.1 ทำการวิเคราะห์เบาะแสของปัญหาความบกพร่องจากการแตกร้าว 69
4.2.2 ลักษณะของความบกพร่องจากการแตกร้าว (Cracking) 70
4.2.3 ทำการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ Product Family การแตกร้าวตำแหน่ง 14UL 71
4.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analyze Phase) 77
4.3.1 การทดสอบยืนยันตัวแปรที่สงสัยทำให้เกิดความบกพร่อง (Pre Analysis) 78
4.3.2 การออกแบบการทดลองความบกพร่องการแตกร้าว 82
4.2.3 ผลการทดลองเปรียบเทียบ 84
4.4 ขั้นตอนการปรับปรุง (Improve Phase) 85
4.4.1 ผลการทดลองความบกพร่องจากการแตกร้าวตำแหน่ง 14UL 86
4.5 การควบคุมกระบวนการให้คงที่ (Control Phase) 88
4.5.1 การควบคุมคุณภาพแม่พิมพ์ก่อนใช้งาน 88
4.6 ผลการปรับปรุงความบกพร่องที่เกิดจากการแตกร้าว ตำแหน่ง 14UL 89
บทที่ 5 การลดปัญหาสุขภัณฑ์รุ่น AC19 จากความบกพร่องการบิดเบี้ยว (WARPAGE) 91
5.1 การกำหนดปัญหา (Define Phase) 91
5.1.1 ดัชนีชี้วัด ความบกพร่องของการบิดเบี้ยวของสุขภัณฑ์ 93
5.2 ขั้นตอนการวัด (Measure Phase) 93
5.2.1 ทำการวิเคราะห์เบาะแสของความบกพร่อง จากการบิดเบี้ยว 93
5.2.2 ทำการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ Product Family การบิดเบี้ยวตำแหน่ง 11 95
5.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analyze Phase) 101
5.3.1 การทดสอบยืนยันตัวแปรที่สงสัยทำให้เกิดความบกพร่อง การบิดเบี้ยว 101
5.3.2 การออกแบบการทดลองความบกพร่อง จากการบิดเบี้ยวของสุขภัณฑ์ 104
5.3.3 ผลการทดลองลดความบกพร่องตำหนิบิดเบี้ยวตำแหน่ง 11 107
5.4 ขั้นตอนการปรับปรุง (Improve Phase) 109
5.4.1 การวิเคราะห์ผลการทดลองความบกพร่องจากการบิดเบี้ยวตำแหน่ง 11 109
5.5 การควบคุมกระบวนการให้คงที่ (Control Phase) 110

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5.5.1 การควบคุมตัวแปรที่เป็นสาเหตุการบิดเบี้ยวจากกระบวนการหล่อขึ้น 110
5.6 สรุปผลการปรับปรุงความบกพร่องที่เกิดจากการบิดเบี้ยวตำแหน่ง 11 113
บทที่ 6 สรุปผลการศึกษาวิจัยและข้อเสนอแนะ 114
6.1 สรุปผลการปรับปรุง 114
6.2 ข้อเสนอแนะและข้อจำกัดงานวิจัย 118
เอกสารอ้างอิง 119
ภาคผนวก..122
ภาคผนวก ก ตารางข้อมูลการผลิตสุขภัณฑ์...123
ภาคผนวก ข แบบฟอร์มบันทึกการเก็บข้อมูลคุณภาพ...127
ภาคผนวก ค เอกสารการปฏิบัติงานสุขภัณฑ์รุ่น AC19..130
ภาคผนวก ง บทความที่ได้รับการตีพิมพ์...134
ประวัติผู้เขียน..141

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 แนวทางดำเนินการของไชนิน Shainin Roadmap (FACTUAL)..15
2.2 ตัวอย่างการนับ End Counts ค่าการวัดปัจจัยที่คาดว่าจะมีผลต่อคุณภาพปัจจัยหนึ่ง.....................18
2.3 แนวทางดำเนินการค้นหาตัวแปรโดยวิธีการ Variable Search Methodology 19
2.4 แสดงตัวอย่างการหาตัวแปรกระบวนการกรณี Press Bake ขั้นตอน Ball Park.............................20
2.5 ตัวอย่าง จากการทดลอง 3 ครั้งสำหรับ Best Level และ 3 ครั้งสำหรับ Marginal Level 20
2.6 แสดงขั้นค้นหาตัวแปร Variable Search ในแต่ละขั้นของการทดสอบ..21
2.7 ตารางแสดงลำดับเปรียบเทียบ ครอบครัวความผันแปร (Family Of Variation, FOV's)..............26
2.8 ข้อเปรียบเทียบระหว่างซิกส์ซิกม่า (Six Sigma) ทากูชิ (Taguchi) และไชนิน (Shainin).................30
3.1 การวิเคราะห์ตั้งแต่ผู้ส่งมอบ ปัจจัยนำเข้าไป จนถึงลูกค้า 55
3.2 ตารางกำหนดทีมผู้ดำเนินการ..64
4.1 ตารางLikert Scale แสดงความรุนแรงความบกพร่องการแตกร้าว...70
4.2 แสดงการวิเคราะห์ (Family of variation FOV's) ของกระบวนการผลิตสุขภัณฑ์........................72
4.3 แสดงร้อยละความบพร่องการแตกร้าว 14UL จากตู้พ่นเคลือบเดียวกัน..75
4.4 แสดงการแตกร้าว 14UL จากพนักงานพ่นเคลือบ..76
4.5 เปรียบเทียบการแตกร้าวของสุขภัณฑ์รุ่น AC19 กับ รุ่น AC207..81
4.6 สดงบันทึกผลการเผาเปรียบเทียบสุขภัณฑ์ปรับปรุงแนวต่อริมกับสุขภัณฑ์ในกระบวนการผลิตปกติ.84
4.7 แสดงการจัดเรียงข้อมูลเปรียบเทียบสุขภัณฑ์ปรับปรุงกับกระบวนการผลิตปกติ 85
4.8 แสดงผลร้อยละของการแตกร้าวตำแหน่ง 14UL ของสุขภัณฑ์หลังเผา 86
4.9 แสดงการจัดลำดับร้อยละของเสียทิ้งจากการแตกร้าวตำแหน่ง 14UL 87
5.1 แสดงLikert scale แสดงความรุนแรงความบกพร่องการบิดเบี้ยว 94
5.2 เปรียบเทียบร้อยละของเสียบิดเบี้ยวระหว่างพนักงานหล่อ 97
5.3 แสดงร้อยละความบกพร่องการบิดเบี้ยวตำแหน่ง 11 จากพนักงานหล่อ...98
5.4 แสดงเปรียบเทียบร้อยละของความบกพร่องบิดเบี้ยวหลังเผาจากพนักงานพ่นเคลือบ 99
5.5 แสดงระดับพารามิเตอร์ของ BOB และ WOW 107
5.6 แสดงการออกแบบการทดลองโดยวิธีการสลับ BOB และ WOW.. 107
5.7 แสดงผลการทดลอง ร้อยละความบกพร่องการบิดเบี้ยวตำแหน่ง 11 107
5.8 แสดงผลร้อยละของการบิดเบี้ยวตำแหน่ง 11 ของสุขภัณฑ์หลังเผา 109

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

5.9 แสดงการจัดลำดับร้อยละของเสียทิ้งจากการบิดเบี้ยวตำแหน่ง 11 109
6.1 แสดงร้อยละของเสีย หลังทำการปรับปรุงกระบวนการผลิตสุขภัณฑ์รุ่น AC19 115
6.2 แสดงผลประหยัดช่วงการปรับปรุง เดือน มกราคม 2561 ถึง มิถุนายน พ.ศ.2562 116
6.3 สรุปเครื่องมือไซนินในกรอบแนวคิด DMAIC ตามแนวคิดซิกส์ ซิกส์ม่า 117

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ตัวแปร Red X ,Pink X และ Pale Pink X 14
2.2 แสดงการเปรียบเทียบระหว่าง B และ C กฏการตัดสินใจ....23
2.3 แสดงรูปภาพกำหนดการแบ่งพื้นที่ตาม Location ด้วยตัวเลข....24
2.4 แสดงตัวอย่างแผนรูปภาพแบ่งตามกลุ่มของตำหนิบนผลิตภัณฑ์ 25
2.5 แสดงตารางเก็บข้อมูลความบกพร่อง (Concentration Chart)....25
2.6 เมื่อสลับชิ้นส่วน A หลังประกอบ BOB ยังคงเป็น BOB และ WOW ยังคงเป็น WOW 27
2.7 เมื่อสลับชิ้นส่วน A หลังประกอบ BOB เปลี่ยนเป็น WOW และ WOW ยังคงเป็น BOB 27
2.8 แสดงโครงร่างการดำเนินการนำเครื่องมือไชนินมาใช้ในกระบวนการของซิกส์ ซิกม่า 36
2.9 แสดงการเปรียบเทียบแนวทางดำเนินการของไชนินกับซิกส์ซิกม่า....37
2.10 ขั้นตอนการหล่อขึ้นรูปโดยการเทน้ำดินที่เหลือทิ้ง (Drain Casting)....42
2.11 การหล่อขึ้นรูปแบบ Drain casting และการหล่อน้ำดิน แบบ Solid Casting....42
2.12 (a) แสดงวิธีการหล่อสุขภัณฑ์แบบดั้งเดิม (b) การหล่อสุขภัณฑ์โดยเครื่องจักร 43
2.13 แสดงวิธีการแกะแม่พิมพ์หลังจากเดรนน้ำดินออก และตัดเจาะส่วนขอบ....44
2.14 ภาพแสดงวิธีการต่อเนื้อดินสุขภัณฑ์ส่วนขอบริมกับตัวโถ....44
2.15 ภาพแสดงวิธีการถอดชิ้นงานสุขภัณฑ์ออกจากแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์....45
2.16 (a) หม้อบดผสมน้ำเคลือบ (Ball Mill) รูป (b) ถังพักน้ำเคลือบแบบใช้เครื่องกวนผสม....46
2.17 วิธีการพ่นเคลือบ (Glaze Spray) โดยใช้ปืนพ่นเคลือบ....46
2.18 แสดงขั้นตอนการเผาสุขภัณฑ์ โดยใช้เตาเผาอุโมงค์ (Turnal Kiln)....47
2.19 (a) ปัญหาร้าวจากการออกแบบMold (b) ปัญหาร้าวจากการตากแห้ง 51
2.20 แสดงน้ำที่ทำให้เกิดการหดตัวในรูพรุนของดิน 51
2.21 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงขนาดของ Silica ในรูปผลึกต่างๆ 52
3.1 แสดง SIPOC ของกระบวนการผลิตเครื่องสุขภัณฑ์ของโรงงานตัวอย่าง 55
3.2 แผนผังแสดงการไหลของกระบวนการผลิตสุขภัณฑ์....56
3.3 เปรียบเทียบแผนความต้องการสินค้า เทียบกับปริมาณการบรรจุจริง 57
3.4 กราฟแสดง%FFYของสุขภัณฑ์ตัวอย่างศึกษาและมูลค่าของเสีย (บาท) จากการผลิต....58
3.5 กราฟแสดง % First Fire Yield ของสุขภัณฑ์รุ่น AC19....59
3.6 กราฟแสดง % Clay Loss ของสุขภัณฑ์ตัวอย่างรุ่น AC19....60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.7 พาเรโตแสดงความบกพร่องของของสุขภัณฑ์หลังเผา.....61
3.8 กราฟแสดงร้อยละของความบกพร่องของการแตกร้าวสุขภัณฑ์.....62
3.9 กราฟแสดงร้อยละความบกพร่องบิดเบี้ยวสุขภัณฑ์รุ่น AC19.....62
4.1 พาเรโตแสดง ตำแหน่งความบกพร่องการแตกร้าวสุขภัณฑ์รุ่น AC19.....67
4.2 แสดงตำแหน่งการแตกร้าวบนสุขภัณฑ์รุ่น AC19.....67
4.3 กราฟแสดงร้อยละความบกพร่องการแตกร้าวตำแหน่ง 14UL.....68
4.4 แผนภาพแสดงการแบ่งตำแหน่งพื้นที่สุขภัณฑ์รุ่น AC19.....69
4.5 แสดงตารางการเก็บข้อมูลการแตกร้าวสุขภัณฑ์ ตำแหน่ง 14 UL.....70
4.6 กราฟ Muti-Vari Chart แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับพนักงานหล่อ.....71
4.7 ลักษณะการแตกร้าวของสุขภัณฑ์ตำแหน่ง 14UL.....72
4.8 พาเรโตแสดงจำนวนชิ้นงานแตกร้าวตามตำแหน่ง.....73
4.9 แสดงเปรียบเทียบตำแหน่งของด้านบนสุขภัณฑ์ที่พบการแตกร้าว.....74
4.10 ลำดับของแม่พิมพ์ที่ใช้ในการหล่อขึ้นรูปสุขภัณฑ์.....74
4.11 กราฟพาเรโตแสดงการแตกร้าวตำแหน่ง 14UL ของพนักงานหล่อสุขภัณฑ์.....75
4.12 แผนผังก้างปลาแสดงการวิเคราะห์ปัจจัยหลักของการแตกร้าวตำแหน่ง 14UL.....78
4.13 ภาพแนวตัดขวางตลอดแนวต่อริมกับตัวโถ ตำแหน่งการแตกร้าวหลังเผา.....79
4.14 ภาพขยายแนวตัดขวางตำแหน่งการแตกร้าวหลังเผา.....79
4.15 (a) แสดงแนวตัดขวางแนวต่อริมกับตัวโถ (b) ช่องห่างระหว่างแนวต่อริมกับตัวโถ.....80
4.16 แสดงภาพตัดขวางโพรงอากาศระหว่างระหว่างริมกับตัวโถใต้ริม.....80
4.17 (a) สุขภัณฑ์ประเภทแขวนผนังรุ่น AC19, (b) สุขภัณฑ์ประเภทชิ้นเดียวรุ่น AC207.....81
4.18 (a) ลักษณะของแนวต่อริม (BOB) (b) ลักษณะของแนวต่อริม (WOW).....82
4.19 (a) ลักษณะของส่วนริมในกระบวนการผลิตปกติ (b) ลักษณะของส่วนโถในกระบวนการปกติ.....83
4.20 (a) ลักษณะของส่วนริมทำการปรับปรุงแก้ไขใหม่ (b) ลักษณะของส่วนตัวโถทำการแก้ไขใหม่.....83
4.21 แสดงทิศทางของการหดตัวของเนื้อดินหลังเผา.....87
4.22 การตรวจเช็คคุณภาพแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์.....88
4.23 แสดงคู่มือปฏิบัติการตรวจเช็คคุณภาพสุขภัณฑ์รุ่น AC19.....89
4.24 แสดงผลการปรับปรุงลดความบกพร่องการแตกร้าวตำแหน่ง 14UL.....90
5.1 พาเรโตแสดง ตำแหน่งของความบกพร่องจากการบิดเบี้ยวของสุขภัณฑ์รุ่น AC19.....92

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

5.2 แสดงตำแหน่งที่พบความบกพร่องการบิดเบี้ยวบนสุขภัณฑ์รุ่น AC19 92
5.3 กราฟแสดงร้อยละของความบกพร่องบิดเบี้ยวสุขภัณฑ์รุ่น AC19 ตำแหน่ง 11 93
5.4 ลักษณะของความบกพร่องที่เกิดจากการบิดเบี้ยวของสุขภัณฑ์ 94
5.5 แสดงตำแหน่งการวัดควาบิดเบี้ยวของสุขภัณฑ์ตัวอย่าง 95
5.6 Muti-Vari แสดงความสัมพันธ์ระหว่างวันเวลาในการทำงานกับพนักงานหล่อสุขภัณฑ์ 95
5.7 พาเรโตแสดงตำแหน่งการเกิดความบกพร่องบิดเบี้ยวของชิ้นงาน 96
5.8 แสดงร้อยละความบกพร่องบิดเบี้ยวจากการเปรียบเทียบด้านต่อด้าน 97
5.9 แสดงการวางชิ้นงานสุขภัณฑ์รุ่น AC19 บนแผ่นรองเผาก่อนเข้าเตาเผา 100
5.10 แสดงการบิดบี้ยวของชิ้นงานบนแผ่นรองเผาที่แตกตำแหน่ง11 100
5.11 แผนผังก้างปลาแสดงการวิเคราะห์ปัจจัยหลักของการบิดเบี้ยวตำแหน่ง 11 102
5.12 แสดงการใช้ไม้ค้ำยันด้านหลังชิ้นงานเพื่อป้องกันไม่ให้ริมบิดเบี้ยว 103
5.13 แสดงตำแหน่งวางยางดำ 2 ข้างแนวต่อริมของสุขภัณฑ์รุ่น AC19 104
5.14 แสดงการวางชิ้นงานสุขภัณฑ์บนแผ่นดินรองบนรถเตา (Kiln Car) 104
5.15 แสดงการแตกร้าวตำแหน่ง 04 ที่แนวต่อริมด้านหลังของสุขภัณฑ์หลังเผา 105
5.16 (a) กระบวนการผลิตปกติมีการวางยางดำ (b) สุขภัณฑ์ที่ปรับปรุงโครงสร้างรับแรงกดที่ริม 105
5.17 ภาพแสดงการขูดปรับฐานสุขภัณฑ์ด้วยใช้เกจขูด 106
5.18 แสดงการวัดคุณภาพแผ่นรองเผาบนโต๊ะหินปรับเรียบ 106
5.19 กราฟแสดงผลการทดลองสลับ BOBและ WOW ลดปัญหาการบิดเบี้ยว 108
5.20 แผนภาพแสดงขั้นตอนการตรวจเช็คความบกพร่องการแตกร้าวสุขภัณฑ์ 111
5.21 (a) แสดงรถวางแผ่นรองเผาเดิม (b) รถวางที่ปรับปรุงใช้วางแผนรองเผา 112
5.22 แผนภาพแสดงขั้นตอนการควบคุมคุณภาพแผ่นรองเผาสุขภัณฑ์ 112
5.23 แสดงผลการปรับปรุงลดความบกพร่องการแตกร้าวตำแหน่ง 14UL 113

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาความสำคัญของการศึกษา

ปัจจุบันการแข่งขันทางด้านคุณภาพ นวัตกรรมของสินค้า และต้นทุนในการผลิต ในกลุ่มอุตสาหกรรมผลิตเครื่องสุขภัณฑ์ ที่มีรุนแรงมากขึ้นเพื่อมุ่งตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้า และสร้างกำไรให้กับองค์กร ซึ่งกลุ่มอุตสาหกรรมนี้ มีคัญต่อการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานอันจะนำไปสู่การเติบโตของธุรกิจ อสังหาริมทรัพย์ทั้งภายในและภายนอกประเทศสามารถขยายตัวได้ในตลาดในประเทศอันเนื่องมาจากความเชื่อมั่นจากภาคเอกชนที่ดีขึ้น โดยโรงงานสุขภัณฑ์ตัวอย่างที่ทำการศึกษาวิจัยแห่งนี้ มีเป้าหมายการผลิตเครื่องสุขภัณฑ์ในปี พ.ศ.2560 มีจำนวน 140,000 ชิ้นต่อปี และในปี พ.ศ. 2561 จะเพิ่มกำลังการผลิตเป็น 150,000 ชิ้นต่อปี พร้อมกับการขยายเครื่องจักรในการผลิต แต่ขณะเดียวกัน ในกระบวนการผลิตเครื่องสุขภัณฑ์ยังพบปัญหาความสูญเสียเกิดขึ้นกับชิ้นงานในระหว่างกระบวนการผลิตจำนวนมาก อย่างต่อเนื่อง หากได้ทำการปรับปรุงกระบวนการผลิตให้ดีขึ้น โดยนำเอาเครื่องมือในกระบวนการปรับปรุงคุณภาพการผลิตที่มีอยู่ มาใช้อย่างเหมาะสมและเกิดประโยชน์สูงสุด ก็จะช่วยลดต้นทุนของการผลิตลง เพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันทางการตลาด ช่วยให้ตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคได้อย่างเพียงพอ

เทคนิคการประยุกต์ใช้เครื่องมือของไชนินในกรอบกระบวนการ DMAIC ตามแนวคิด ซิกส์ซิกม่าซึ่งมีความซับซ้อน และมีขั้นตอนในการดำเนินการที่ใช้เวลานานในการค้นหาตัวแปร เครื่องมือไชนินนี้ จะช่วยให้พนักงานสามารถทำการวิเคราะห์ ค้นหาปัญหา และดำเนินการร่วมกันกับหัวหน้างาน และวิศวกรผู้ควบคุมการผลิต เชื่อมโยงถึงหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับสายการผลิตมีส่วนร่วมในการแก้ปัญหา ในขณะเดียวกันทุกหน่วยงานจะต้องมีการปรับเปลี่ยนกระบวนการทำงานหลังจากทำการทดลองแก้ไขปัญหาจนได้ข้อสรุปที่ชัดเจน ตลอดจนง่ายต่อการทำความเข้าใจของพนักงาน ตลอดจนการนำไปประยุกต์แก้ไขปัญหาในพื้นที่ทำงานจริง อันจะทำให้พนักงานเข้าใจปัญหาที่เกิดขึ้นกับกระบวนการทำงานของตนเอง ตลอดจนได้รู้สึกถึงความเป็นส่วนหนึ่ง ของการปรับปรุงคุณภาพชิ้นงานสุขภัณฑ์ของตนเองให้ดีขึ้น เกิดการทำงานที่มีประสิทธิ์ผลในองกร

ในงานวิจัยนี้ ได้ทำการศึกษาความสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตเครื่องสุขภัณฑ์แห่งหนึ่ง เพื่อนำมาลดความบกพร่องจากกระบวนการผลิต ที่ก่อให้เกิดของเสียขึ้นระหว่างกระบวนการผลิต ซึ่งส่งผลกระทบต่อคุณภาพและต้นทุนการผลิต เริ่มต้นจากกระบวนการหล่อขึ้นรูปชิ้นงานไปจนถึงกระบวนการเผาเคลือบสุขภัณฑ์ โดยทำการศึกษาเพื่อค้นหาตัวแปรหลักที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สุขภัณฑ์เซรามิกส์ตัวอย่างรุ่น AC19 โดยทำการใช้เครื่องมือของไชนิน มาดำเนินการวิเคราะห์ปัญหา แก้ไขปรับปรุงภายใต้กรอบกระบวนการ DMAIC ของซิกส์ซิกม่า นำผลลัพธ์จากการปรับปรุงที่ได้มาดำเนินการควบคุมและกำหนดเป็นวิธีการปฏิบัติงานของพนักงาน ตลอดจนผลลัพธ์ที่ได้หลังกระบวนการเผาสุขภัณฑ์ที่ได้ นำมาคิดคำนวณเป็นมูลค่าการลดของเสียที่ส่งผลกลับคืนมาให้กับโรงงาน ซึ่งเป็นแนวทางในการดำเนินการวิจัยนี้ อันจะเป็นประโยชน์ต่อองกรที่จะทำการศึกษา ตลอดจนวิศวกร หัวหน้างาน ที่ได้นำไปเป็นแนวทางยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้เครื่องมือของไชนินตามกรอบแนวคิด DMAIC ของซิกส์ซิกม่า กรณีศึกษาลดความสูญเสียของโรงงานผลิตเครื่องสุขภัณฑ์เซรามิกส์ตัวอย่าง

1.3 ทฤษฎี และแนวทางที่ใช้ในการศึกษา

กรอบแนวทางในการปรับปรุงคุณภาพที่เป็นหัวใจของการดำเนินการทางซิกส์ซิกม่า ก็คือกระบวนการ (DMAIC) โดยในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการศึกษา จะประยุกต์เครื่องมือไชนินเข้ามาใช้ดำเนินการค้นหาและวิเคราะห์ตัวแปรในกระบวนการผลิตดังนี้

1. ขั้นตอนการกำหนดปัญหา (Define) คือการเลือกปรับปรุง หรือออกแบบ โดยใช้เครื่องมือ ค้นหาปัญหา พาเรโต (Pareto) และ Process map

2. ขั้นตอนการวัด (Measure) เป็นการวัดความสามารถของกระบวนการวัดของเสีย วัดประสิทธิผลเพื่อนำมาวิเคราะห์ตัวแปรต่าง ๆที่สงสัยในกระบวนการผลิตการดำเนินการไขปัญหาที่ต้นเหตุความผันแปรซึ่งได้นำเอาเทคนิค Concentration Chart, Family of Variable และ Pre Analyze

3. ขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analyze) เพื่อหาหรือพิสูจน์ตัวแปรที่สำคัญที่สุดในกระบวนการ (Key Process Variables) สาเหตุหลักของปัญหาที่ได้ในขั้นตอนนี้ ถือว่าสำคัญมากเพราะถ้าหาตัวแปรไม่เจอหรือหาผิดก็ไม่อาจจะปรับปรุง หรือปรับปรุงผิดในกระบวนการ 2 และ 3 นี้จะนำเอาหลักเทคนิคการออกแบบไชนิน BOB และ WOW ใช้ในการค้นหาตัวแปร

4. ขั้นตอนการปรับปรุง (Improve) หลังจากที่ได้ตัวแปรหลักที่ส่งผลกระทบกับคุณภาพชิ้นงานมากๆ หรือสำคัญๆ มาแล้ว ก็ทำการแก้ไข ปรับปรุงกระบวนการ เพื่อขจัดสาเหตุที่วิเคราะห์ได้ หรือในการออกแบบขั้นนี้จะเป็นการออกแบบกระบวนการ/ผลิตภัณฑ์เพื่อขจัดหรือควบคุมตัวแปรที่วิเคราะห์ได้ในกระบวนการวางแผนการแก้ไขปัญหา (Action Plan) และการดำเนินการไขปัญหาที่ต้นเหตุความผันแปรซึ่งได้นำเอาเทคนิค B Vs C เข้ามาดำเนินการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ขั้นตอนการควบคุม (Control) เพื่อให้กระบวนการที่เกี่ยวข้อง ทำให้สม่ำเสมอเพื่อไม่ให้เกิดความบกพร่องซ้ำอีกโดยปรับปรุงคู่มือปฏิบัติงาน และกระบวนการตรวจเช็คความชิ้นงานในกระบวนการผลิตเครื่องสุขภัณฑ์

1.4 ขอบเขตการวิจัย

ศึกษาวิจัยในวิทยานิพนธ์นี้ได้ทำการศึกษาลดความสูญเสียโรงงานผลิตเครื่องสุขภัณฑ์เซรามิกส์ประเภทโถนั่งราบชนิดแขวนผนังรุ่น AC19 โดยประยุกต์ใช้เครื่องมือไชนินในกรอบกระบวนการ DMAIC ของซิกส์ซิกม่า

1.5 วิธีการดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาทฤษฎี บทความงานวิจัยต่างๆ โดยประยุกต์ใช้ เครื่องมือไชนินนตามกรอบแนวคิด DMAIC ของซิกส์ ซิกม่ากรณีศึกษาเกี่ยวข้องกับการปรับปรุงกระบวนการผลิต ในการลดความสูญเสียในกระบวนการผลิตเครื่องสุขภัณฑ์เซรามิกส์

2. วิเคราะห์และกำหนดปัญหาเพื่อเป็นแนวทางในการดำเนินการวิจัยปรับปรุงกระบวนของโรงงานสุขภัณฑ์เซรามิกส์ตัวอย่าง

3. ดำเนินการวิเคราะห์หาสาเหตุที่ส่งผลกระทบต่อดัชนีชี้วัดผลสำเร็จเพื่อทำการปรับปรุงโดยประยุกต์ใช้เครื่องมือของไชนินนตามกรอบแนวคิด DMAIC ของซิกส์ซิกม่า

4. ทำการปรับปรุงกระบวนการผลิต ตามปัจจัยที่เป็นสาเหตุของปัญหา จากการวิเคราะห์

ควบคุมปัจจัย ขั้นตอนการทำงานที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิต เพื่อลดการสูญเสียในกระบวนการผลิตเครื่องสุขภัณฑ์เซรามิกส์

5. รวบรวมข้อมูล และสรุปผลการปรับปรุงกระบวนการ เพื่อใช้ในการคิดคำนวณผลประโยชน์ต่อต้นทุนที่ได้รับกลับมา

6. สรุปการดำเนินการวิจัยโดยกระบวนการสุดท้ายในการดำเนินการเป็นผลสำเร็จของการดำเนินการโดยประยุกต์ใช้ DMAIC กระบวนการซิกส์ ซิกม่า และการวิเคราะห์ผลประโยชน์ต่อต้นทุนที่ได้

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

การดำเนินการวิจัยนี้ได้ดำเนินการตามหลัก ทฤษฎี และวิธีปฏิบัติตามแนวทางการประยุกต์ใช้เครื่องมือของไชนินนตามกรอบแนวคิด DMAIC ของซิกส์ ซิกม่า โดยปรับเทคนิคและวิธีการให้เข้ากับกระบวนการผลิตของโรงงานสุขภัณฑ์เซรามิกส์ จะเป็นประโยชน์ให้กับหัวหน้างาน วิศวกรการผลิต อันเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้ แก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อการศึกษาวิจัยชิ้นนี้สิ้นสุดลง คาดหวังว่าโรงงานผลิตเครื่องสุขภัณฑ์เซรามิกส์ จะทำการผลิตชิ้นงานสุขภัณฑ์ได้ตามแผนการผลิตเพิ่มขึ้น ลดการสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตสุขภัณฑ์เซรามิกส์รุ่น AC 19 ของโรงงานตัวอย่าง อันนำไปสู่การลดต้นทุนการผลิต เพิ่มความสามารถในการการแข่งขันกับคู่แข่งธุรกิจในสภาวะเศรษฐกิจปัจจุบัน และอนาคต

อย่างไรก็ตามการวิจัยนี้ยังเหมาะกับผู้ที่นำการประยุกต์ใช้เครื่องมือของไชนินนตามกรอบแนวคิด DMAIC ของซิกส์ ซิกม่า ไปศึกษาในการลดความบกพร่องของกระบวนการผลิตสุขภัณฑ์เซรามิกส์รูปแบบอื่น และยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อลดการสูญเสียในอุตสาหกรรมอื่นได้ต่อไป

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ประวัติการพัฒนาซิกส์ ซิกม่า

ซิกส์ซิกม่า เป็นวิธีการที่ใช้เป็นเครื่องมือในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการทางธุรกิจ กระบวนการซิกส์ซิกม่า เป็นหน่วยพื้นฐานสำหรับการปรับปรุงกระบวนการอาจเป็นผลิตภัณฑ์ หรือกระบวนการบริการ ของบริษัทให้แก่ลูกค้าภายนอก หรืออาจเป็นกระบวนการภายในของบริษัทเอง เช่น กระบวนการเรียกเก็บเงินหรือกระบวนการผลิต จุดประสงค์ของการปรับปรุงกระบวนการของซิกส์ ซิกม่า คือการเพิ่มประสิทธิภาพและ ลดความแปรปรวนของกระบวนการผลิต อันจะนำไปสู่การลดข้อบกพร่อง และปรับปรุงผลกำไร สร้างขวัญกำลังใจของพนักงานและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ซึ่งนำไปสู่ความเป็นเลิศทางธุรกิจ กระบวนการซิกส์ซิกม่า เป็นระบบการจัดการธุรกิจที่ประสบความสำเร็จอย่างมากในอุตสาหกรรมปัจจุบัน ซึ่งได้รับการยกย่องในการช่วยเพิ่มผลกำไรเป็นมูลค่าหลายพันล้านดอลลาร์ให้กับหลายบริษัทชั้นนำ [1]

ซิกส์ซิกม่า เป็นวิธีการที่ได้รับการเผยแพร่ในช่วง 30 ปีที่ผ่านมา ซึ่งได้รับความสนใจอย่างรวดเร็วในภาคการผลิตการเงินการค้าปลีกและภาคบริการ ได้รับการพัฒนาและใช้ครั้งแรกโดยบริษัทโมโตโรล่า ในปี ค.ศ. 1986 ในขณะที่โมโตโรล่ามีส่วนแบ่งการตลาดประมาณร้อยละ 85 โรเบิร์ต แกลวิน (Robert Galvin) ผู้ซึ่งดำรงตำแหน่ง CEO ในขณะนั้นและคณะ ได้ตระหนักถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิตของโมโตโรล่า ซึ่งถูกนำไปเปรียบเทียบกับสินค้าต่างชาติ Galvin จึงพยายามปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์โดยการเปรียบเทียบเรียนรู้จากผลิตภัณฑ์ และแนวทางปฏิบัติที่ดีที่สุดจากบริษัทอื่น บิลสมิธ (Bill Smith) ผู้บริหารอีกคนหนึ่งในธุรกิจเครื่องมือสื่อสารของโมโตโรล่า ได้มองเห็นข้อจำกัดของการตรวจสอบเพื่อตรวจจับ หรือแก้ไขข้อบกพร่องที่แฝงอยู่ในผลิตภัณฑ์ (ข้อบกพร่องหรือข้อผิดพลาดที่แสดงขึ้นหลังจากมีผู้ซื้อผลิตภัณฑ์) ข้อบกพร่องแฝงเหล่านี้ ส่งผลโดยตรงต่อความพึงพอใจของลูกค้าต่อผลิตภัณฑ์ของโมโตโรล่า และทำให้เกิดความเสียหายกับบริษัท เพื่อแก้ปัญหานี้และปัญหาเกี่ยวกับคุณภาพอื่น ๆ บริษัทโมโตโรล่าได้รวบรวมแนวความคิดเกี่ยวกับความสามารถในการประมวลผล (Performance) และข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์ (ซึ่งมาจากลูกค้า) เพื่อนำมาพัฒนาปรับปรุงวิธีการเดิมที่ซับซ้อนในการวัดผลและเปรียบเทียบผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในปี ค.ศ. 1990 บริษัท โมโตโรล่า คิดค้นเทคนิคการบริหารกระบวนการขึ้นมา เรียกว่า “ซิกส์ซิกม่า” (Six Sigma) โดยตั้งชื่อตามตัวอักษรกรีก ที่มีความหมายในทางสถิติ คือระดับของความผันแปรของกระบวนการ

ต่อมาบริษัท GE โดย แจ๊ก เวลช์ (Jack Welch) ได้ทำการปรับเปลี่ยนรูปแบบดั้งเดิมของซิกส์ซิกม่า ให้เหมาะสมในการนำไปประยุกต์ใช้มากขึ้น โดยเขาทำการปรับปรุงรูปแบบ แนวคิดซิกส์ซิกม่าของบริษัทโมโตโรล่า ให้เป็นลักษณะของ Project Based Approach คือ เน้นทำโปรเจคเป็นเรื่อง ๆ ในระยะเวลาที่กำหนด (โดยประมาณ 6 เดือน) นอกจากนี้ยังเพิ่มเติมในส่วนของการบริหารโครงการและแนวทางในการจูงใจให้ผู้บริหารทุกระดับ เห็นถึงความสำคัญของการดำเนินงาน (ไม่ใช่เป็นหน้าที่ของวิศวกรในการปรับปรุงกระบวนการเพียงฝ่ายเดียว) และยังเพิ่มเติมในส่วนของวิธีการประเมินผลสำเร็จ ที่สามารถวัดผลลัพธ์ความสำเร็จออกมาในรูปของผลกำไรที่ดีขึ้นของบริษัท ด้วยรูปแบบหลังปรับปรุงใหม่ของซิกส์ ซิกม่า นี้จึงเป็นที่นิยมมากในบรรดาบริษัททั่วไป [2]

Sigma : σ “ซิกส์ม่า” เป็นตัวอักษรกรีกโบราณ ในทางสถิติใช้แทนความหมายระดับความผันแปรของกระบวนการหรือเรียกเป็นภาษาวิชาการว่า “ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน” (Standard Deviation : σ, SD) ถ้ายกกำลังสองของ σ ก็จะมีชื่อใหม่ว่า “ความแปรปรวน” (Variance : σ^2, SD^2) โดยความหมายทางกายภาพทั้งส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและความแปรปรวน จะกล่าวถึงระดับความผันแปรของกระบวนการ

วิธีการจัดการกระบวนการตามหลัก ซิกส์ซิกม่า คือ แนวทางที่สามารถนำไปปฏิบัติได้ โดยมุ่งเน้นการใช้เครื่องมือและ ในกระบวนการที่สำคัญ เพื่อช่วยให้ค้นหาโอกาสในเชิงกลยุทธ์ และโอกาสในการมุ่งเน้นลูกค้าให้มากที่สุด[3] ในปัจจุบันเทคนิคของ ซิกส์ซิกม่าไม่ได้จำกัดการประยุกต์ใช้เฉพาะกับบริษัทขนาดใหญ่อย่าง Motorola หรือ GE เท่านั้น แต่นำไปประยุกต์ใช้กับภาคธุรกิจต่าง ๆ มากมาย ไม่ว่าจะเป็น SMEs องค์กรขนาดใหญ่ กระบวนการผลิต ตลอดจนงานบริการ โดยมีลักษณะการประยุกต์ใช้ที่แตกต่างกันบ้างเล็กน้อยตามรูปแบบของธุรกิจ[4]

Monika Smetkowska [5] กล่าวว่า "ซิกม่า" เป็นแนวคิดที่นำมาจากสถิติ หมายถึงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรสุ่มรอบ ๆ ค่าเฉลี่ย ดังนั้น ซิกส์ซิกม่า หมายถึงระยะทางเบี่ยงเบนมาตรฐานถึงหกเท่า เพื่อให้บรรลุ ซิกส์ ซิกม่า กระบวนการไม่สามารถผลิตมากกว่า 3.4 ข้อบกพร่องต่อล้านโอกาส ข้อบกพร่อง หมายถึงสิ่งที่อยู่นอกข้อกำหนดของลูกค้า

วชิรพงษ์ สาลีสิงห์ [4] ได้อธิบายถึง ซิกส์ซิกม่า คือ แนวทางการพัฒนาองค์กรที่มีประสิทธิภาพสูง ซึ่งหลายองค์กรที่นำไปใช้ได้พิสูจน์แล้วว่าสามารถเพิ่มขีดความสามารถของกระบวนการการทางด้านธุรกิจได้เป็นอย่างดีด้วยเป้าหมายที่ท้าทาย คือ 3.4 ความผิดพลาดใน 1 ล้านครั้งของการทำงาน (เช่น มีของเสีย 3.4 ชิ้น ต่อการผลิต 1 ล้านครั้ง หรือการลงบันทึกทางบัญชีที่ผิดพลาดเพียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ครั้งต่อ 1 ล้านของการทำงาน) ทั้งนี้องค์กรสามารถบรรลุเป้าหมายดังกล่าวได้โดยการประยุกต์ใช้หลักการทางสถิติชั้นสูงที่มีระเบียบแบบแผนในการปฏิบัติอย่างชัดเจน ดังนั้นจึงถือได้ว่า ซิกส์ซิกม่า เป็นนวัตกรรมการบริหารองค์กรยุคใหม่

ซิกส์ซิกม่า เชื่อมต่อเข้ากับหลักการของ TQM ที่แยกออกจากกัน เนื่องจากมีลักษณะ แบบไดนามิก แนวคิดนี้จึงกลายเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด ในการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องและการแสวงหาความเป็นเลิศ ซิกส์ซิกม่า ได้ถูกพัฒนาและจัดระบบเครื่องมือทางสถิติ และธุรกิจจำนวนมากในกระบวนการลดข้อบกพร่อง และช่วงเวลาในการผลิต ตลอดจนการเพิ่มส่วนแบ่งการตลาด รักษาลูกค้า การพัฒนาผลิตภัณฑ์ โปรแกรมนี้สามารถใช้ในทุกขั้นตอนของกระบวนการผลิตและการบริหารจัดการ ซิกส์ซิกม่า ถูกมองว่าเป็นปรัชญาหรือแนวความคิดกว้าง ๆ ถูกใช้เป็นปรัชญาที่ช่วยในการเปลี่ยนโลก และการเปลี่ยนแปลงขององค์กร จึงเป็นกลยุทธ์ช่วยให้การพัฒนาและการเพิ่มความสามารถของบริษัท โดยซิกส์ซิกม่า ขึ้นอยู่กับหลักการสำคัญ 6 ประการที่จะนำมาใช้ในบริษัท ที่ต้องการพัฒนาและเพิ่มความสามารถในการตลาด จุดแรก คือการให้ความสำคัญกับลูกค้า การดำเนินการทุกอย่างที่เกิดขึ้นควรเป็นไปตามข้อกำหนดและข้อกำหนดของลูกค้า ซิกส์ซิกม่า ยังขึ้นอยู่กับข้อมูลจริง และข้อเท็จจริงที่ใช้ในการดำเนินการวิเคราะห์รายละเอียด กับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องในทุกด้านของการพัฒนาการทำงานในองค์กร ตลอดจนการจัดการเชิงรุกและความร่วมมือโดยไม่มีขอบเขตในทุกระดับในองค์กร ซึ่งไม่ใช่วิธีเดียวในการแก้ปัญหาเกี่ยวกับกระบวนการผลิต แต่ยังรวมถึงกระบวนการทางธุรกิจ [5]

กระบวนการพัฒนาคุณภาพแบบก้าวกระโดดโดยอาศัยกระบวนการ ซิกส์ซิกม่า เป็นกระบวนการบริหารจัดการ เพื่อให้เกิดคุณภาพสูงสุด และสามารถตอบสนองต่อวิสัยทัศน์ พันธกิจ หรือภารกิจขององค์กรได้อย่างมีประสิทธิภาพ ไม่ใช่เน้นการใช้สถิติมากขึ้นในการพัฒนาคุณภาพ กระบวนการซิกส์ซิกม่าแบ่งเป็น 3 องค์ประกอบ

องค์ประกอบที่หนึ่ง คือ การปรับปรุงกระบวนการ (Process Improvement) เป็นการค้นหาโอกาสพัฒนาจากกระบวนการเดิม เพื่อดูปัญหา ความสูญเสีย ข้อบกพร่อง หรือ ประเด็นที่ไม่สามารถตอบสนองความต้องการลูกค้าได้ และนำประเด็นเหล่านั้นมาทำการพัฒนา

องค์ประกอบที่สอง คือ การออกแบบกระบวนการ (Process Design/Redesign) กรณีที่องค์กรเลือกที่จะออกแบบกระบวนการใหม่ พัฒนาสินค้าใหม่ เพิ่มบริการใหม่ แทนที่จะพยายามปรับปรุงความบกพร่องของกระบวนการเดิม หรือกระบวนการเดิมไม่เพียงพอที่จะเอาชนะคู่แข่ง หรือให้สามารถสร้างความพึงพอใจสูงสุดแก่ลูกค้า

องค์ประกอบที่สาม คือ การจัดการกระบวนการ (Process Management) การที่ฝ่ายบริหารจัดการมีการกำหนดทิศทางและกลยุทธ์ขององค์กร สร้างวัฒนธรรมในการพัฒนาคุณภาพแบบ ซิกส์ซิกม่า การค้นหาความต้องการของลูกค้า การค้นหาโอกาสพัฒนาที่เป็นปัญหาหลักขององค์กร การวิเคราะห์และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การติดตามผลการพัฒนาคุณภาพ ตลอดจนการควบคุมผลลัพธ์ที่ได้จากการพัฒนาให้สามารถดำรงอย่างยั่งยืนในองค์กร [6]

ในเครื่องมือที่หลากหลายในการจัดการคุณภาพ ซึ่งอาจถือได้ว่าเป็นวิธีการปรับปรุงคุณภาพมีสองแนวคิดหลัก ที่ใช้ในแนวคิด ซิกส์ซิกม่า คือ DMAIC และ DMADV [5] DMAIC เป็นตัวย่อจากคำว่า “Define – Measure – Analyze – Improve - Control” แนวคิดวิธีการนี้ ได้รับการปรับปรุงมาจากกระบวน การตามวงล้อวัฏจักรเดมมิ่ง (Deming) ซึ่งเป็นกระบวนการปรับปรุงส่วนต่างๆในองค์กร วัฏจักร DMAIC นี้ประกอบไปด้วยห้าขั้นตอนซึ่งเชื่อมโยงกัน [7]

Adrian Pugnaa และคณะ [8] ได้อธิบายแนวคิดวิธีการซิกส์ ซิกม่า สามารถแบ่งได้เป็นสองวิธีการ คือ (D - Define, M - Measure, A-Analyze, I - Improve, C- Control) ซึ่งใช้กับการปรับปรุงผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการที่มีอยู่เดิมให้ดีขึ้น และ DMADV (D - Define, M - Measure, A - Analyze, D - Design, V - Verify) สามารถใช้ได้กับการปรับปรุงกระบวนการผลิตภัณฑ์และกระบวนการใหม่ ๆ ที่ได้รับการออกแบบ และนำไปปฏิบัติในลักษณะที่จะทำให้เกิดประสิทธิภาพ ซิกส์ ซิกม่า คือแนวคิดเชิงสถิติซึ่งเกี่ยวข้องกับกระบวนการและสถิติ เป็นการกระทำที่เกิดขึ้นในระบบในแต่ละกระบวนการที่เชื่อมต่อกันกับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระบบทั้งหมด อันมีความสำคัญมากในการทำความเข้าใจและจัดการ (การลดความแปรปรวนจะเป็นกุญแจสู่ความสำเร็จ) และใช้เป็นเครื่องมือทางสถิติที่เหมาะสม สำหรับแนวทางในการปรับปรุงกระบวนการ

2.2 กระบวนการ DMAIC

กระบวนการ DMAIC มุ่งเน้นที่การแก้ปัญหาในกระบวนการเป็นหลัก โดยผู้ที่เกี่ยวข้องและมีบทบาทสำคัญ จะดำเนินงานตามแนวทางของ DMAIC คือกระบวนการในการปรับปรุง โดยก่อนที่จะเข้าสู่กระบวนการหลักนั้นจะต้องทำการนิยามถึงปัญหา ที่ต้องจะนำมาปรับปรุงเสียก่อนโดยควรเลือกปัญหาที่สำคัญ เป็นต้นเหตุที่ทำให้ลูกค้าไม่พอใจ และส่งผลกระทบที่รุนแรงต่อกระบวนการหรือเป็นปัญหาที่เห็นสิ่งที่ควรปรับปรุงอย่างชัดเจน มาทำการแก้ปัญหาก่อน ทำการเลือกลักษณะของตัวแปรตอบสนอง (Response Variable) เพื่อมาทำการศึกษาและเป็นตัววัดผลในการปรับปรุง (Key Process Output Value, KPOV) จากนั้นจึงเข้าสู่กระบวนการในขั้นต่างๆต่อไป

2.2.1. ขั้นตอนการคัดเลือกปัญหา (Define Phase)

ในขั้นตอนของการเลือกปัญหาเริ่มจากการกำหนดลูกค้าและศึกษาความต้องการของลูกค้าจากการสำรวจความต้องการ หรือความพึงพอใจของลูกค้า หรือจากข้อมูลการร้องเรียนของลูกค้าศึกษากระบวนการทำงานหลักขององค์กร แล้วนำความต้องการของลูกค้า มากระจายเป็นปัจจัยคุณภาพที่สำคัญของแต่ละกระบวนการปัญหาคุณภาพต่างๆ ที่สำคัญ และตรงกับความต้องการของลูกค้ารวมถึงปัญหาที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่สามารถแก้ไขได้ในหน่วยงานปกติก็จะถูกจัดเรียงลำดับความสำคัญและถูกเลือกให้ดำเนินการแก้ไขปรับปรุงเมื่อ แบลคเบลท์ (Black Belt) และแชมเปี้ยน (Champion) สามารถกำหนดโครงการที่จะดำเนินการแก้ไขปรับปรุงได้แล้ว ก็จะร่วมกันกำหนดขอบเขตการดำเนินงานและคณะทำงานต่อไปซึ่งเครื่องมือที่นำมาใช้ในขั้นตอนนี้ มีดังนี้

2.2.1.1 แผนผัง SIPOC

SIPOC เป็นตัวย่อสำหรับ Supplier – Input – Process – Output – Customer : SIPOC การวิเคราะห์ SIPOC จะดำเนินการในขั้นตอนกำหนดปัญหา (Define Phase) โดยมีวัตถุประสงค์หลักในการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการนี้ แสดงเป็นผังงานขั้นตอนหลักง่ายๆ แสดงถึงปัจจัยนำเข้าและปัจจัยในการผลิตที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตไปจนถึงลูกค้าได้รับสินค้า การวิเคราะห์ SOIPC ช่วยให้ทีมงานเข้าใจในกระบวนการทำงานปัจจุบันได้ดี ก่อนจะเริ่มดำเนินการปรับปรุงกระบวนการ จากการวิเคราะห์นี้ทีมงานจะได้รู้ว่าควรจะเริ่มดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อกระบวนการนี้ได้อย่างไรบ้าง ผู้ที่ได้รับผลกระทบหากมีการปรับปรุงกระบวนการเกิดขึ้นใน เพื่อให้ผู้จัดการและทีมงานสามารถนำไปทบทวน SIPOC เพื่อทำความเข้าใจในกระบวนการปัจจุบันในระดับสูง

2.2.1.2 แผนภูมิพาเรโต (Pareto Diagram)

แนวคิดของแผนภูมิพาเรโต คือในปัญหาใดๆ ที่เกิดขึ้นย่อมมีมาจากสาเหตุหลายๆ อย่างและในสาเหตุหลายๆ อย่างจะมีสาเหตุใหญ่เพียงไม่กี่อย่างที่มีบทบาทสำคัญทำให้เกิดปัญหา ดังนั้นถ้าจะแก้ปัญหาให้เสร็จอย่างมีประสิทธิภาพ ต้องไปแก้ไขที่สาเหตุใหญ่ก่อน ซึ่งการลดสาเหตุใหญ่ให้เหลือครึ่งหนึ่ง จะง่ายกว่าการลดสาเหตุหลักให้หมดไป โดยสิ่งสำคัญของกิจกรรมการควบคุมคุณภาพ คือ การกำหนดจุดที่สำคัญเพื่อการปฏิบัติงานในสถานปฏิบัติงาน มีสิ่งที่ต้องแก้ไขปรับปรุงหรือแก้ไขปัญหาต่างๆ มากมาย จะแก้ไขปรับปรุงหรือแก้ปัญหามากน้อยเพียงใด เป็นสิ่งที่หาคำตอบได้ยาก ในกรณีการแก้ไขปรับปรุงหรือการแก้ปัญหาให้มีประสิทธิผล ก็ต้องเลือกแก้ไขในสิ่งที่ทำให้สูญเสียต้นทุนไปมาก หรือมีจำนวนของเสียมากที่สุด และอาศัยความพยายามของทุกๆคน ร่วมกันแก้ไข ซึ่งแผนภูมิ พาเรโต (Pareto Diagram) เป็นเครื่องมือสำหรับวิเคราะห์ความมีเสถียรภาพของข้อมูลที่มีการจำแนกประเภทหรือแบบหลายพวก โดยอาศัยหลักการพาเรโต (Pareto Principle) คือสิ่งที่สำคัญมากมีจำนวนน้อยและสิ่งที่สำคัญน้อยมีจำนวนมาก (Vital Few and Trivial Many) ซึ่งมักใช้ตัวเลข 80 -20 เป็นค่าประมาณสำหรับทั้งจำนวนและความสำคัญลักษณะของพาเรโต

2.2.1.3 แผนภูมิแสดงการไหลของงาน (Flow Chart)

แผนภูมิการไหลของกระบวนการเป็นเครื่องมือที่แสดงข้อมูลผลแบบแผนภาพ (Graphically) ที่เป็นการกระทำและผลของระบบที่ได้ถูกกำหนดไว้ โดยมีข้อกำหนดดังต่อไปนี้ ปัจจัยการผลิต (Input)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัจจัยที่ใช้ในกระบวนการผลิต ได้แก่ ที่ดิน (Land) วัตถุดิบ (Materials) แรงงาน (Labor) อุปกรณ์ เครื่องจักร (Equipment) และการจัดการ (Management)

การดำเนินการ (Action) เป็นวิธีการที่รวมเอาปัจจัยนำเข้ามาแปรรูปเป็นมูลค่า ได้แก่ การดำเนินการ (Procedures) ขั้นตอนการผลิต (Handling) การจัดเก็บ (Storage) การขนส่ง (Transportation) และการแปรรูป

ผลิตภัณฑ์ (Output) ผลิตภัณฑ์หรือบริการที่ได้มาจากปัจจัยนำเข้า นำเข้ามาสู่กระบวนการผลิต โดยจะถูกส่งไปยังลูกค้าหรือผู้ใช้บริการ โดยผลิตภัณฑ์ รวมไปถึงผลที่ไม่คาดคิด และไม่พึงประสงค์ เช่น ของเสีย (Scrap) การทำซ้ำ (Rework) มลภาวะ (Pollution) ฯลฯ โดยในการเขียนแผนภูมิการไหลควรกำหนดให้มีผลลัพท์เหล่านี้ไว้ด้วยแผนภูมิการไหลเป็นกิจกรรมที่เป็นประโยชน์ ซึ่งมีสัญญาลักษณ์ต่างๆ เป็นไปตามมาตรฐาน ANSI มีสัญญาลักษณ์พิเศษที่ใช้สำหรับกระบวนการเฉพาะ เช่น อิเล็กทรอนิกส์ หรือระบบสารสนเทศ โดยส่วนใหญ่แล้วจะใช้สัญญาลักษณ์แสดงดังต่อไปนี้ [9]

2.2.2. ขั้นตอนการวัด (Measure Phase)

ในขั้นนี้เป็นการวิเคราะห์หาปัจจัยที่คาดว่าน่าจะมีผลต่อการเกิดปัญหาโดยก่อนอื่นควรศึกษาและวิเคราะห์ระบบการวัด ที่ใช้เพื่อวัดหาความผันแปรที่เกิดขึ้นมีมากเกินกว่าที่กำหนดจะต้องทำการปรับปรุงกระบวนการวัดให้ดีขึ้นเสียก่อน จากนั้นทำการศึกษาถึงความสามารถของกระบวนการที่แท้จริงเป็นเท่าไหร่ และควรจะตั้งเป้าหมายในการปรับปรุงไว้เท่าใด จากขั้นตอนนี้คือ ปัจจัยต่างๆที่คาดว่าเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาซึ่งเครื่องมือของไซนินจะนำมาใช้ในกระบวนการนี้

2.2.3. ขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analyze Phase)

ขั้นตอนนี้จะนำปัจจัยเข้าที่สำคัญของกระบวนการต่างๆมาทำการวิเคราะห์เพื่อพิจารณาว่าปัจจัยต่างๆเหล่านี้มีผลต่อกระบวนการอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่เป็นการวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุที่แท้จริงของกระบวนการ หากปัจจัยใดที่ทดสอบแล้ว พบว่ามีผลต่อตัวแปรตอบสนองของกระบวนการ ก็นำไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป ซึ่งจากการดำเนินการในขั้นตอนนี้จะทำให้เข้าใจกระบวนการมากขึ้นและมาตรฐานการทำงานต่างๆ โดยจะถูกทบทวนและปรับปรุงใหม่ ตัวแปรต่างๆจะถูกกำหนด ทำให้ทราบว่าปัจจัยใด ที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองของกระบวนการอย่างมากซึ่งจะเป็นปัจจัยที่เหมาะสมที่จะนำไปทำการแก้ไขต่อไป

2.2.4. ขั้นตอนการปรับปรุง (Improve Phase)

ในขั้นตอนนี้จะเป็นการออกแบบและทำการทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์ที่แท้จริงระหว่างผลลัพธ์ที่ได้ กับปัจจัยที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อผลลัพธ์ของกระบวนการนั้นๆ กล่าวคือ เพื่อหาวิธีในการปรับปรุงกระบวนการ ที่เหมาะสมที่สุดของแต่ละปัจจัยที่จะทำให้ได้ผลลัพธ์ของกระบวนการที่ดีที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นจะดำเนินการวิเคราะห์ระบบการวัดของแต่ละปัจจัย เพื่อทำให้เกิดประสิทธิภาพการดำเนินการควบคุมในขั้นตอนต่อไป

2.2.5. ขั้นตอนการควบคุม (Control Phase)

หลังจากกระบวนการผลิตได้รับการปรับปรุง การจัดทำวิธีการควบคุมวิธีการและปัจจัยต่างๆ เพื่อให้พนักงานสามารถปฏิบัติงานตามแนวทางการแก้ไขที่ได้เลือกว่าดีที่สุด แล้วจึงทำการประเมินความสามารถของกระบวนการผลิตอีกครั้ง เพื่อติดตามว่าหลังจากปรับปรุงแล้วกระบวนการยังไม่ดีหรือไม่เป็นไปตามที่ตั้งเป้าหมายไว้ ก็จำเป็นต้องย้อนกลับไปทำตามขั้นตอนก่อนหน้าหนี้อีกครั้ง นอกจากนี้แล้วยังจะต้องทำการประเมินผลการดำเนินงาน โดยวัดจำนวนของเสียที่เปลี่ยนแปลงไป หรือจากคุณภาพที่ดีขึ้นจากความพึงพอใจของลูกค้า และอาจประเมินความสามารถในรูปของการลดต้นทุนหลังการปรับปรุงกระบวนการแล้ว โดยการควบคุมนี้หมายถึงการจัดทำมาตรฐานการปฏิบัติงาน (Operation Standard) ซึ่งเป็นเอกสารเพื่อให้มีการปฏิบัติอย่างถูกต้องโดยระบุวิธีการปฏิบัติงานเป็นลำดับขั้นตอน (Step-To-Step) อย่างละเอียดซึ่งผลออกมานั้นต้องมีมาตรฐานเดียวกัน ไม่ว่าจะเป็นการปฏิบัติงานโดยผู้ใดก็ตาม มาตรฐานการปฏิบัติงานนี้ เป็นเอกสารที่มีส่วนเกี่ยวข้องต้องจัดทำขึ้นมาโดยให้มีความสัมพันธ์สอดคล้องกับการปฏิบัติจริง ทั้งนี้เพราะแต่ละส่วนที่เกี่ยวข้องมีปัจจัยต่างๆ ที่ทำให้มีการปฏิบัติงานโดยมีขั้นตอนและวิธีการที่แตกต่างกันแล้วแต่ลักษณะงานของตนเช่น ขนาดขององค์กร อุปกรณ์เครื่องมือเครื่องที่ใช้ส่วนการจัดทำมาตรฐานการปฏิบัติงานจะต้องกำหนดผู้ที่จะรับผิดชอบในการที่จะจัดการ [10]

2.3. เทคนิคการทดลองแบบไชนิน (Shainin DOE Technique)

Kai Yang, BaSamS.El-Haik [1] ได้กล่าวว่า การควบคุมกระบวนการทางสถิติ (Statistical Process Control : SPC) ว่าเป็นเครื่องมือตรวจสอบกระบวนการ เพื่อให้สามารถแยกแยะได้ว่ากระบวนการนั้นอยู่ในสภาวะที่มีการเปลี่ยนแปลงตามปกติหรืออยู่ในสภาวะที่มีความผันแปรที่ผิดปกติ ดังนั้นการพัฒนาเครื่องมือสำหรับการแก้ไขปัญหากระบวนการและการแก้ปัญหาเป็นสิ่งสำคัญมากปัจจุบันมีเครื่องมือมากมายสำหรับการแก้ไขปัญหาในปัจจุบัน อย่างไรก็ตาม เครื่องมือพื้นฐานด้านคุณภาพเจ็ดประการของคาโอรุอิชิกาวะ (Kaoru Ishikawa) และวิธีการไชนิน ของโดเรียน ไชนิน (Dorian Shanin) ถูกพัฒนาขึ้นมา โดยที่เรียกว่า "วิศวกรรมสถิติ" ในวิศวกรรมสถิติของช่วยให้วิธีการแก้ปัญหาอย่างมีประสิทธิภาพมากมาย เช่นการค้นหาตามตรรกะ แผนภูมิหลายตัวแปร (Multi-Variate Chart) และการจดจำรูปแบบข้อมูล (Data Pattern Recognition)

Bhote, Keki R. Bhote และ Adi K. Bhote [11] ได้กล่าวว่า เทคนิคไชนินว่าเป็นวิธีการที่ง่ายแต่เป็นเทคนิคที่มีประสิทธิภาพ ถูกคิดค้นโดย โดเรียน ไชนิน (Dorien Shainin) เกิดขึ้นที่ ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยมีบริษัทมากกว่า 800 บริษัท ที่โดเรียน ไชนิน เป็นที่ปรึกษา ไชนินเป็นผู้ที่แก้ไข ปัญหา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทางด้านคุณภาพที่สำคัญในโลกคนหนึ่ง โดยเขาเป็นผู้ได้รับรางวัล American Society for Quality โดยเหตุนี้จึงมีคำกล่าวจากบริษัท Motorola ว่า “ถ้าปราศจาก Demming สหรัฐเอมริกา เหมือนไม่มี ปรัชญาด้านคุณภาพ ถ้าปราศจาก Juran มันก็เหมือนไม่มีทิศทางคุณภาพ ปราศจาก Shainin ก็เหมือนไม่มีการแก้ปัญหาคุณภาพ” รวมเป็นผลงานของทั้งสามผู้เชี่ยวชาญทางด้านคุณภาพที่ยิ่งใหญ่ที่สุดของอเมริกา

Stefan H. Steiner and R. Jock MacKay [12] ได้อธิบายถึง ระบบ Shainin System (SS) เพื่อการปรับปรุงคุณภาพ ถูกพัฒนามาเป็นเวลาหลายปีภายใต้การนำของ โดเรียน ไชนิน ระบบ Shainin System (SS) กลยุทธ์นี้ เรียกว่า “Shainin System” หรือวิศวกรรมทางสถิติ statistical engineering โดยบริษัท ที่ปรึกษา Shainin LLC ซึ่งใช้กลยุทธ์ Red X ซึ่งเป็นที่นิยม ในภาคอุตสาหกรรมยานยนต์ ยังมีการทบทวนและเปรียบเทียบระบบ Shainin กับระบบการปรับปรุงกระบวนการอื่น ๆ เช่น Six Sigma นอกจากนี้ยังอธิบายถึงเทคนิค ทางสถิติแบบ SS จำนวนมากที่มีการใช้กันอย่างแพร่หลาย

Jeroen de Mast [13] ได้กล่าวว่า โดเรียน ไชนิน ใช้เทคนิคหลายอย่าง ทั้งที่เป็นที่รู้จักกันและถูกคิดค้นขึ้นใหม่ ให้สอดคล้องกับขั้นตอนการผลิต เพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหาสภาพแวดล้อมต่างๆ โดยมีวัตถุประสงค์ของกลยุทธ์คือ การเลือกสาเหตุที่ทำให้เกิดการแปรปรวนของกระบวนการอย่างใดอย่างหนึ่ง ถึง สองประการ หรือสามประการ เรียกว่า “Red X , Pink X , Pale Pink X” ตามลำดับ จากสาเหตุที่เป็นไปได้ทั้งหมด โดยวิธีการ "homing in" ใช้เครื่องมือการวิเคราะห์ทางสถิติ ที่มีสาเหตุสำคัญเป็น Red X มีเพียง Red X ที่ถูกเลือกเพื่อทำการดำเนินการแก้ไข ส่วนที่ไม่สามารถแก้ไขได้ หรือความคลาดเคลื่อนของ Red X จะถูกควบคุมไว้ด้วย

Jan Kosina [14] ได้กล่าวว่า วิธีการดำเนินการของไชนิน Red X ว่าถูกพัฒนาขึ้นโดย Dorian Shinin ช่วงทศวรรษที่ 1950 ถึง 1990 ด้วยความแตกต่างที่สำคัญระหว่างวิธีการของไชนิน กับวิธีการแก้ไขปัญหาแบบดั้งเดิม โดยที่ไชนินนี้เป็นวิธีการแบบผสมผสาน เพื่อระบุถึงรากเหง้าของสาเหตุ (Root Cause) ที่เรียกว่า ผลกระทบของสาเหตุ (Y ถึง X) โดยนำมาประยุกต์การใช้งานร่วมกัน และสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่งในการเข้าใจผลลัพธ์ Y นั้นก็คือ ความรู้พื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับชิ้นงานผลิตภัณฑ์ กระบวนการต่างๆ และพฤติกรรมของการเกิดความล้มเหลว หรือข้อผิดพลาดของกระบวนการผลิตเป็นอย่างดี เช่น การหาความแตกต่างระหว่างส่วนที่ดี (Good Part) และ ไม่ดี (Bad Part) ที่เป็นองค์ประกอบสำคัญในกระบวนการทำความเข้าใจผลลัพธ์ Y

Richard D. Shainin [15] ได้อธิบายถึงกระบวนการค้นหา Red X จากสมมติฐานสำคัญ ของวิธีการทั้งหมดอยู่บนพื้นฐานของความเชื่อมั่น โดยวิธีการหาสาเหตุของปัญหาได้มาจากการประยุกต์ใช้หลักการของพาเรโต (Pareto) โดยทั่วไปรูปแบบของผลลัพธ์ที่เกิดขึ้น มีสาเหตุมาจากความแปรปรวนของปัจจัยนำเข้ากระบวนการผลิต สามารถแสดงความแปรผันของผลลัพธ์ Y ได้ดังนี้

$$\sigma(y)^2 = f[\sigma(x)^2] \quad (1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\sigma(y)^2 = A_1^2\sigma_{x1}^2 + A_2^2\sigma_{x2}^2 + \cdots \boldsymbol{\varepsilon}^2 \quad (2)$$

ในการศึกษา Red X ผ่านการการเปลี่ยนแปลงในมุมมองของ $Y = f_{(x)}$ ในรูปของสมาการ คือ $\sigma(y)^2 = f[\sigma(x)^2]$ จาก $Y = f_{(x)}$ สามารถนำมาสร้างเป็นสมการทั่วไปได้ดังนี้

$$\mathrm{Y} = \beta_1 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \cdots + \beta_{12} x_1 x_2 + \beta_{13} x_1 x_3 + \cdots + \varepsilon.$$

ที่ค่าโคแอกเชียลคงที่ (coefficients) ของแต่ละอินพุต ค่าผลรวมของปัจจัยที่ไม่ปรากฏทั้งหมดจะถูกแสดงด้วยคำว่า "ข้อผิดพลาด" (error term, ε) ที่ Red X $\sigma_y^2 = f(\sigma_x^2)$ ซึ่งจะได้สมการ $\sigma_y^2 = \beta_1^2\sigma_{x1}^2 + \beta_2^2\sigma_{x2}^2 + \beta_3^3\sigma_{x3}^2 + \beta_{12}^2\sigma_{x1}^2\sigma_{x2}^2 + \beta_{13}^2\sigma_{x1}^2\sigma_{x2}^2 + \cdots + \varepsilon^2$ เป็นแหล่งที่มา ของการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญ หากต้องการเปลี่ยนแปลงประชากร การออกแบบผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการใหม่ สามารถหาได้จากโมเดล $Y = f_{(x)}$ อย่างไรก็ตามหากกระบวนการต้องการลด ความผันแปรในระบบใด ๆ ก็สามารถหาได้จากโมเดล $\sigma_y^2 = f(\sigma_x^2)$ โดยแหล่งที่มาของการเปลี่ยนแปลงอิสระต่อกัน หากมีการเปลี่ยนแปลง Red X ก็จะส่งผลกระทบโดยตรงกับ Y อย่างมาก แต่หาก Red X มีความผันแปรไปเท่ากับห้าหน่วยก็จะส่งผลให้ Y และ Prink X เปลี่ยนแปลไป สองหน่วยด้วยเช่นกัน ผลกระทบที่เกิดขึ้นกับ Red X นี้จะส่งผลกระทบมากกว่าหกเท่าของ Prink X (24 : 4)

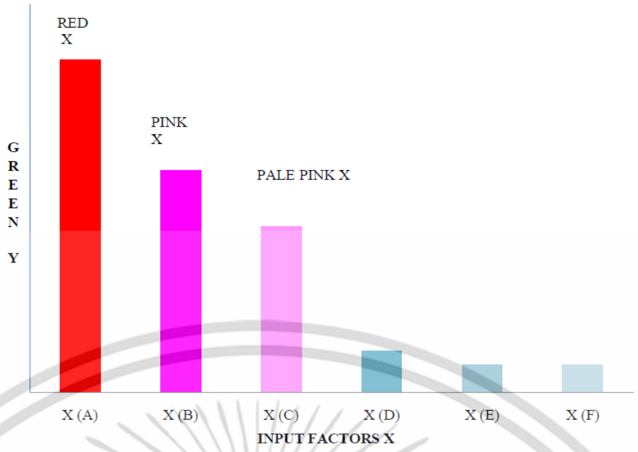
A.J. Thomas [17] ได้ให้ความหมายของ Red X หมายถึง ตัวแปรหลักอันดับ 1 ที่ส่งผลกระทบกับความแข็งแรงของรอยเชื่อม Pink X หมายถึงตัวแปรอันดับ 2 ที่ส่งผลกระทบกับความแข็งแรงของรอยเชื่อม Pale Pink X หมายถึง ตัวแปรอันดับ 3 ที่ส่งผลกระทบกับความแข็งแรงของรอยเชื่อม

Barıs AKSU [18] ได้ให้ความหมายของ Green Y ว่าหมายถึง ลักษณะคุณภาพที่มีความสำคัญต่อลูกค้า หรืออาจกล่าวได้ว่าเป็นการคัดเลือก และสามารถวัดได้ในมุมมองของการออกแบบ ซึ่งจะเป้าหมายขององค์กร โดยขึ้นอยู่กับตัวแปรการตอบสนองที่ได้รับ

วรัญญา ตีรณะวาณิช [19] ได้กล่าวว่า Red X คือ สาเหตุสำคัญของความผันแปร โดยมีสาเหตุอย่างน้อย 50% ของความแปรปรวน (Green Y) Pink X คือ สาเหตุรอง ส่งผลต่อความผันแปรโดยรวมคิดเป็น 20-30% ของความแปรปรวน (Green Y) Pale pink X คือ สาเหตุที่สำคัญลำดับที่สาม ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดความผันแปร คิดเป็น 10-15% ของความแปรปรวน (Green Y)

Sunil Sharma และ Anuradha R Chetiya [16] ได้อธิบายว่า วิธีการของไชนินมีเพียง 3 สาเหตุหลักที่มีความสำคัญ เป็นสาเหตุของการผันแปร ซึ่งเรียกว่า "Red X" ส่วนอีก2 สาเหตุอื่นนั้นเรียกว่า "Prink X" และ "Pale Prink X" อย่างไรก็ตาม Red X อาจจะเป็นได้ทั้งตัวแปรเดียว หรือ ตัวแปรที่มีปฏิสัมพันธ์กับตัวแปรอื่นก็ได้ จากรูป 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ตัวแปร Red X ,Pink X และ Pale Pink X

Jeroen de Mast [13] ได้ศึกษาความเป็นไปได้ถึง เครื่องมือที่มีประสิทธิภาพของระบบ ไชนิน และกลยุทธ์ที่เป็นระบบ สำหรับการค้นพบปัจจัยที่อาจเกิดขึ้นในกระบวนการ (ขั้นตอนการสำรวจ Exploration Phase) กระบวนการค้นพบปัจจัยที่อาจเกิดขึ้นจากความคิดเห็น และความเชื่อมั่นนี้ เรียกว่า "วิธีการแบบอัตนัย " (Subjective Methods) อย่างไรก็ตามข้อคิดเห็นส่วนตัวก็จะถูกกำจัดออกไปด้วย เนื่องจากความถูกต้องของข้อมูลได้รับการตรวจสอบ โดยการทดลองในขั้นตอนการยืนยันผล ไม่ใช่โดยการค้นพบปัจจัยที่อาจเกิดขึ้นวิธีทางสถิติมี บทบาทที่สำคัญในการปรับปรุงคุณภาพ (เช่นเดียวกับในการควบคุมคุณภาพ) กลุ่มนักสถิติอุตสาหกรรม ได้ให้แนวทางในการปรับปรุงคุณภาพ ที่เป็นกลยุทธ์การปรับปรุงโดยใช้วิธีการทางสถิติ ตามรูปแบบการสอบสวนเชิงประจักษ์: (1) พยายามหาโอกาสในการปรับปรุงโดยการค้นพบความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ (Causal) ในกระบวนการระหว่างลักษณะคุณภาพ และปัจจัยต่างๆ (2) ความสัมพันธ์แบบคาดเดาจะผ่านการทดสอบ ไปยังข้อมูลเชิงประจักษ์ ก่อนที่จะได้รับการยอมรับว่าเป็นความจริง

กลยุทธ์ในการปรับปรุงทางสถิติ ในวรรณกรรมที่เกี่ยวกับทางสถิติอุตสาหกรรมต่างๆ มีสามกลยุทธ์การปรับปรุงทางสถิติได้รับความสนใจด้วยกัน คือ วิธีการของ Taguchi, Shainin และ Six Sigma แนวคิดเหล่านี้แตกต่างจากวิธีอื่น (ในแง่ของเครื่องมือ คำศัพท์ และแนวทางปฏิบัติ) แต่ก็มีความคล้ายคลึงกันมาก ซึ่งเป็นจุดประสงค์ของบทความนี้เพื่อเปรียบเทียบระหว่างยุทธศาสตร์เหล่านี้กับรูปแบบวิธีการดำเนินการ รูปแบบเหล่านี้ถูกยืมมาจากกรอบระเบียบวิธีการสำหรับกลยุทธ์การปรับปรุงทางสถิติ การเปรียบเทียบช่วยให้ผู้ปฏิบัติงานในการประเมินกลยุทธ์ของแต่ละวิธี และด้วยเหตุนี้จึงทำให้เกิดทางเลือกใหม่ที่ดีขึ้น สำหรับนักวิจัยในสาขาสถิติอุตสาหกรรม และการจัดการด้านคุณภาพ การเปรียบเทียบข้อดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของแต่ละกลยุทธ์ จะช่วยในการกำหนดความสัมพันธ์กันของแต่ละวิธี นอกจากนี้ยังเป็นการอภิปรายอย่างเป็นระบบของความแตกต่างระหว่างกลยุทธ์ต่างๆ จะช่วยให้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการพัฒนาแนวทางปรับปรุงกลยุทธ์ใหม่ๆให้เกิดขึ้นในปัจจุบันกระบวนการ FACTUAL แนวทางดำเนินการแก้ไขปัญหาที่เรียกว่า FACTUAL คือกระบวนการที่ Focus, Approach ,Converge,Test, Understand, Apply, Leverage [14]

ตารางที่ 2.1 แนวทางดำเนินการของไชนิน Shainin Roadmap (FACTUAL)

Focus	-ดัดแปลงกิจกรรมทางธุรกิจมาเป็นโครงการทางเทคนิค -กำหนดโครงการ
Approach	-กำหนด Green Y และอธิบาย -กลยุทธการค้นหาสาเหตุหลัก -การตรวจสอบระบบการวัด
Converge	-การรวบรวม Red X -เปรียบเทียบกรณีที่ดีที่สุด BOB กับแย่ที่สุด WOW -การระบุ Red X
Test	-ยืนยัน Red X ด้วยการทดลอง DOE. -การประเมินความเสี่ยง
Understand	-ความสัมพันธ์ที่ได้การยอมรับจาก Geen Y ถึง Red X -ทำความเข้าใจกับปฏิสัมพันธ์ Interaction
Apply	-การดำเนินแก้ไขและการยืนยันผล -ขั้นตอนดำเนินการปรับปรุง -ตรวจสอบ Green Y
Leverage	-บทเรียนที่ได้รับ -ประโยชน์ที่คำนวณได้

2.4. เครื่องมือของไชนิน (Shainin’s Tool)

เครื่องมือของไชนิน ที่เป็นพื้นฐานใช้งานโดยทั่วไปในการกำจัดข้อสงสัยและตัวแปรในกระบวนการ โดยส่วนใหญ่มักจะใช้ 7 เครื่องมือที่มีความแตกต่างกันดังนี้ [11]

1. แผนภูมิหลายตัวแปร (Multi-Vari Analysis)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การจับคู่เปรียบเทียบ (Paired Comparison)
3. การค้นหาชิ้นส่วน (Product Search)
4. การค้นหาตัวแปร (Variable Search)
5. แฟคทอเรียลแบบเต็มรูปแบบ (Full Factorials)
6. การวิเคราะห์ B เทียบกับ C: กระบวนการดีกว่าเทียบกับกระบวนการปัจจุบันB vs. C (Better vs. Current Analysis)
7. แผนภูมิการกระจาย (Scatter Plots or Realistic Tolerance Parallelogram Plots)

2.4.1 แผนภูมิหลายตัวแปร (Multi-Vari Analysis)

การใช้เครื่องมือ Multi-vari Analysis เพื่อลดจำนวนตัวแปรหรือปัจจัยที่ไม่รู้ค่า โดยแบ่งกลุ่มตัวแปรหรือปัจจัยเป็นกลุ่มย่อย และกำหนดให้กลุ่มตัวแปรหรือตัวแปรที่สำคัญที่สุดเป็น Red X เทคนิคนี้อาศัยการเขียนกราฟเพื่อจำแนกหาสาเหตุหลักที่มีผลต่อลักษณะคุณภาพ (Green Y) ที่ต้องการควบคุม ความผันแปรหลักจำแนกได้เป็น 3 กลุ่ม Family Tree ดังนี้

ความผันแปรตามสถานะ หรือความผันแปรภายในหน่วยเดียวกัน (Positional Variation) (Within-Unit Family) คือ ความผันแปรหรือความแตกต่างที่เกิดขึ้นใน Unit เดียวกันหรือเป็นความผันแปรที่อยู่ในชิ้นส่วนย่อยของ Part ต่างๆ ใน Unit เดียวกันเช่นความผันแปรระหว่างเครื่องจักรกับเครื่องจักร Machine-to-machine Variations ความผันแปรระหว่างผู้ปฏิบัติงานกับผู้ปฏิบัติงาน Operator-to-Operator Variations ความผันแปรระหว่างสายการผลิตกับสายการผลิต Line-to-Line และความผันแปรระหว่างโรงงาน กับโรงงาน Plant-to-Plant Variations

ความผันแปรตามวัฏจักร Cyclical Variation (Unit-to-unit Family) หรือความผันแปรระหว่างหน่วยต่อหน่วย ระหว่างกระบวนการ เช่น ความผันแปรระหว่างหน่วยผลิตกับหน่วยผลิต (Batch-to-batch Variations) ความผันแปรระหว่างหน่วยครั้งผลิตกับครั้งผลิต (Lot-to-lot Variations)

ความผันแปรตามเวลา Temporal Variation (Time-to-Time Family) หรือความผันแปรระหว่างเวลา เช่น ความผันแปรระหว่างชั่วโมง ต่อชั่วโมง Hour-to-Hour Variations ความผันแปรระหว่างกะต่อกะ(Shift-to-shift Variations) ความผันแปรระหว่างวันต่อวัน (Day-to-Day Variations) ความผันแปรระหว่างสัปดาห์ต่อสัปดาห์ (Week-to-Week Variations) การวิเคราะห์หรือกำหนด Green Y (ปัญหาที่ต้องแก้ไข) ถ้า Green Y มีลักษณะเป็นแบบ แอตตริบิวท์ ให้เปลี่ยนเป็นค่าผันแปรด้วย Likert Scales การวิเคราะห์หากลุ่มที่มีความผันแปรมากที่สุดให้ Red X มีกลุ่มเดียวเท่านั้น ส่วนที่เหลือเป็น Pink X และ Pale Pink X ตามลำดับ หากกลุ่มของRed X เป็น Time to Time ให้ทำการสำรวจการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ความชื้น ช่วงพัก และช่วงพักลางวัน แต่ถ้ากลุ่มของ Red X เป็นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Within Unit ให้สร้าง Concentration Chart เพื่อหาตำแหน่งซ้ำหรือส่วนประกอบของ Green Y แนวโน้มและเบาะแสอื่นๆ จาก Family Tree เลือกสาเหตุที่เป็นไปได้ทั้งหมดภายในแต่ละกลุ่มของความผันแปรเพื่อที่จะทำการศึกษาในรายละเอียดต่อไป

2.4.2. วิธีการจับคู่เปรียบเทียบ (Paired Comparison)

วิธีการจับคู่เปรียบเทียบ (Paired Comparison) เป็นเทคนิคเพื่อใช้เปรียบเทียบสินค้าที่ดีกับเลวหรือดีกับเสีย เพื่อวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของสินค้านั้นใช้ในกรณีที่สินค้าไม่สามารถถอดประกอบ หรือแยกเป็นชิ้นส่วนได้ คุณสมบัติหรือลักษณะคุณภาพ (Green Y) ต้องสามารถวัดได้อย่างแม่นยำด้วยเครื่องมือวัดที่มีความละเอียดอย่างน้อย 5 เท่าทุก ๆ ครั้งในการทดลองควรเลือกหน่วยที่ดีที่สุด (BOB) และหน่วยที่แย่ที่สุด (WOW) จากผลการทดลอง หรือผลการปฏิบัติงาน ทำการเลือกตัวอย่างจำนวน 6 หรือ 8 ชิ้นจากสินค้าที่ดีที่สุด (BOB) และ 6 หรือ 8 ชิ้นจากสินค้าที่แย่ที่สุด (WOW) ทำการบันทึกรายละเอียดปัจจัยหรือตัวแปร หรือลักษณะทางคุณภาพ (Quality Characteristics) ซึ่งอาจจะมีผลเพื่ออธิบายความแตกต่างระหว่าง Green Y ของ BOB และ WOW แล้วนำชิ้นงานทั้งหมดมาจัดเรียงลำดับคุณภาพของปัจจัยหรือตัวแปรที่กำลังพิจารณาจากดีที่สุดลงไปหาแย่ที่สุด โดยไม่คำนึงถึงชิ้นไหนดีหรือเสียใส่สัญลักษณ์ G ให้กับสินค้าที่ดี BOB และ B ให้กับสินค้าที่ไม่ดีหรือเสีย ให้ทำการพิจารณาทีละแถวแล้วลากเส้นแบ่งแถวที่เปลี่ยนจาก G เป็น B หรือจาก B เป็น G ใช้หลักการของ Turkey Test เป็นการเปรียบเทียบผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยประชากรครั้งละคู่ โดยการเปรียบเทียบพหุคูณแบบภายหลัง (Post hoc Contrast) โดยการสุ่มตัวอย่างแต่ละชุดเป็นอิสระต่อกัน ซึ่งสามารถเลือกใช้กับจำนวนประชากรในแต่ละกลุ่มที่มีขนาดเท่ากันหรือไม่เท่ากัน โดยนับผลรวมของค่าปลาย Total End Count หากผลรวมค่าปลายที่นับได้ (Total End - Count) มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 6 แสดงว่ามีค่าความเชื่อมั่นมากกว่าหรือเท่ากับ 90% ที่จะสรุปได้ว่าตัวแปรหรือปัจจัยที่พิจารณามีนัยสำคัญ หรือสามารถสรุปได้ว่าปัจจัยดังกล่าวมีผลต่อคุณภาพสินค้า หากผลรวมค่าปลายที่นับได้มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 5 แสดงว่าตัวแปรที่พิจารณาไม่มีนัยสำคัญ หรือไม่มีผลต่อคุณภาพ [11]

ผลรวมค่าปลายที่นับได้ (Total end-count)	ค่าความเชื่อมั่น Confidence Level
6	90%
7	95%
10	99%
13	99.9%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 ตัวอย่างการนับ End Counts ค่าการวัดปัจจัยที่คาดว่าจะมีผลต่อคุณภาพปัจจัยหนึ่ง

Bad	Good	End count
0.007 0.011 0.014 0.015		Total End-count = 4
 0.017 0.018 0.019 0.022	0.016 0.017 0.018 0.019 0.021	ส่วนทับซ้อน
	0.023 0.023 0.024	Total End-count = 3

Total end-counts = 7 แสดงว่าปัจจัยนี้มีผลต่อคุณภาพที่ค่าความเชื่อมั่น 95 %

2.4.3. การค้นหาชิ้นส่วน (Product Search)

วัตถุประสงค์ของ Product Search เพื่อแยก Process Parameters ที่สำคัญออกจาก Process Parameters ที่ไม่สำคัญความผันแปรของคุณภาพสินค้าโดยทั่วไปเกิดจาก 2 สาเหตุ คือ ความผันแปรของตัวสินค้าเอง เช่นจากวัตถุดิบและความผันแปรอันเกิดจากกระบวนการผลิต (Process Parameters) ถ้าความผันแปรเกิดจากตัวสินค้า วิธี Component Search หรือ Paired Comparison จะช่วยหาสาเหตุของความผันแปรในผลิตภัณฑ์นั้นได้ ซึ่งเป็นถือส่วนหนึ่งของ Product/Process Search (ในส่วนของ Product) ถ้าสาเหตุของความผันแปรเกิดจาก Process Parameters ซึ่งอาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลง ของกะการทำงาน การเปลี่ยนแปลงของเวลา หรืออุณหภูมิ สามารถใช้วิธี Product /Process Search (ในส่วนของ Process Search) ซึ่งใช้หลักเดียวกับ Paired Comparisons เพื่อหาสาเหตุของความผันแปร Product/Process Search เป็นวิธีต่อเนื่องจาก Multi-Vari Analysis สำหรับกรณีที่ Red X เกิดจาก Time-to-Time Family

กำหนดพารามิเตอร์ (Process Parameters) ที่คาดจะมีผลต่อคุณภาพสินค้า โดยเรียงลำดับของความน่าจะเป็นที่ Process Parameter นั่นจะมีผลกระทบต่อคุณภาพสินค้าจากโอกาสมากไปหา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โอกาสน้อย ทำการวัดค่า พารามิเตอร์ ทุกค่ากับสินค้าตัวอย่างโดยเฉพาะช่วงที่มีของเสียมาก จนกระทั่งได้สินค้าที่ดี และเสียอย่างน้อย 8 ชิ้น โดยความต่างระหว่างชิ้นที่ดีที่สุด ชิ้นที่แย่ที่สุดมีค่าครอบคลุมอย่างน้อย 80 % ของความผันแปรที่เคยเกิดขึ้นในอดีต ใช้วิธี Paired Comparison และการทดสอบด้วย Terkey Test โดยการนับค่าTotal End Count มีค่าเท่ากับ 6 แสดงว่า Process Parameter นั้นมีนัยสำคัญด้วยความเชื่อมั่นมากกว่าหรือเท่ากับ 90% หากมีความเชื่อมั่นที่มากกว่าหรือเท่ากับ 90 % จำนวนหลาย Parameter ให้ใช้การทดสอบ B Versus C เพื่อคัดกรอง Process Parameter ที่สำคัญจริงไว้ และใช้ Variable Search หรือ Full Factorial เพื่อหาพารามิเตอร์ ที่มีความสำคัญที่สุด และความสัมพันธ์ร่วม (Interaction Effect)

2.4.4. การค้นหาตัวแปร (Variable Search)

เพื่อลดจำนวนสาเหตุหรือปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพสินค้า แยกปัจจัยที่สำคัญออกจากที่ไม่สำคัญ เพื่อขยายค่าความเผื่อ (Tolerance) ของปัจจัยที่ไม่สำคัญ กำหนดขนาดหรือมิติ และทิศทางของปัจจัยที่สำคัญซึ่งมีผลต่อคุณภาพสินค้าป้องกันปัญหาการผลิตด้วยการออกแบบที่ดี เพื่อการหาความสัมพันธ์ของปัจจัยต่างๆ แม้ในกรณีที่ไม่สามารถรู้สมการทางคณิตศาสตร์และลดค่าใช้จ่ายโดยการผ่อนคลายค่าความเผื่อ และความเข้มงวดของปัจจัยที่ไม่สำคัญ

ตารางที่ 2.3 แนวทางดำเนินการค้นหาตัวแปรโดยวิธีการ Variable Search Methodology

ขั้นตอน	วัตถุประสงค์
1. Ball Park	กำหนดตัวแปรค่าที่ถูกต้องในแต่ละการทดลอง
2. Separation of Important and unimportant Factors	- แยกตัวแปรที่สำคัญออกจากตัวแปรที่ไม่สำคัญ - กำจัดตัวแปรที่ไม่สำคัญออกไปรวมทั้ง Interaction
3.Capping Run (Verification)	ยืนยันตัวแปรที่สำคัญและยืนยันความสำคัญของตัวแปรนั้น
4. Factorial Analysis	วิเคราะห์หาค่าของปัจจัยสำคัญที่จะทำให้คุณภาพสินค้าดีที่สุด โดยการหา Main และ Interaction Effect

ทำการเลือก Green Y หรือปัจจัย ที่คาดว่าจะมีผลต่อคุณภาพ ที่ใช้ในการวัดคุณภาพ กำหนดตัวแปรหรือปัจจัย เพื่อการทดลอง โดยแบ่งเป็นค่า Best Level (B) และ Marginal Level (M) กำหนดขนาดตัวอย่างเป็น BOB และ WOW อย่างละชิ้น จากนั้นประเมินแนวโน้มโดยการทดลอง 2 ครั้ง ครั้งแรกที่ค่า Best Level ครั้งที่สองที่ค่า Marginal Level ของทุกปัจจัย หากพบความแตกต่างของ Green Y อย่างมากระหว่าง Best และ Maginal แสดงว่าปัจจัยที่เลือกไว้มีแนวโน้มเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพอย่างแท้จริง แต่หาก Best Level ทุกค่าดีกว่า Maginal Level แต่มีความแตกต่างกันไม่มากแสดงว่า ยัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีปัจจัยที่ไม่ถูกเลือก ซึ่งส่งผลต่อคุณภาพหรือค่า Green Y ทำการทดลองซ้ำอีก 2 ครั้งเพื่อทดสอบนัยสำคัญ พิสูจน์ Green Y ของ Best Level อัตราส่วน ต้องมากกว่าหรือเท่ากับ 1.25 : 1 (กฎ Component Search)

ตารางที่ 2.4 แสดงตัวอย่างการหาตัวแปรกระบวนการกรณี Press brake ขั้นตอน Ball Park

Factors	Best	Marginal
A : Punch and die alignment	Aligned	Not Aligned
B : Metal thickness	Thick	Thin
C : Metal hardness	Hard	Soft
D : Metal bow	Flat	Bowed
E : Ram stroke	Coin form	Air form
F : Holding material	Level	At angle

ทำการทดลองสลับค่าตัวแปรทีละคู่แล้วคำนวณค่าสุงสุดและต่ำสุดของขอบเขตการตัดสินใจ (Decision Limits High Side) และ (Decision Limits Low Side) โดยใช้สูตรเดียวกันกับ Component Search Median $\pm$ 2.77d / 1.81

ตารางที่ 2.5 ตัวอย่าง จากการทดลอง 3 ครั้งสำหรับ Best Level และ 3 ครั้งสำหรับ Marginal Level

Stage 1	All- Best Level	All –Marginal Level
เริ่มต้น	4	47
ทำซ้ำครั้งที่ 1	4	61
ทำซ้ำครั้งที่ 2	3	68

ผลลัพธ์ที่เป็นไปได้ A_MR_B อยู่ใน Decision Limits Low และ A_BR_M อยู่ใน Decision Limits High แสดงว่า A ไม่มีนัยสำคัญ A_MR_B และ A_BR_M ให้ผลตรงกันข้ามกันคือ A_MR_B ให้ผลเหมือนกรณี All best และ A_BR_M ให้ผลเหมือนกรณี All Marginal แสดงว่า A เท่านั้นที่เป็นปัจจัยที่มีนัยสำคัญต่อปัจจัยอื่นๆออกได้ แสดงว่าได้ Red X ตัวเดียว A_MR_B และ A_BR_M ค่าใดค่าหนึ่งหรือทั้งสองค่าตกออกนอก Decision Limits A_MR_B ตกออกจาก Decision Limits A_BR_M ตกออกจาก Decision Limits High แต่ผลไม่ได้ตรงข้ามกันแสดงว่า A มีนัยสำคัญร่วมกับปัจจัยด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Capping Run

ตัวอย่างการทดสอบยืนยันผลของตัวแปร Interaction โดยการสลับค่าของปัจจัย เช่น $A_BB_BR_M$ และ $A_MB_MR_B$ (ถ้ามีปัจจัยที่มีนัยสำคัญ 2 ปัจจัย)

ตารางที่ 2.6 แสดงขั้นค้นหาตัวแปร Variable Search ในแต่ละขั้นของการทดสอบ

Stage1	**All Best Level**	**All Marginal Level**
Initial	4	47
First Replication	4	61
Second Replication	3	68

Stage 2					
Test #	combination	Result	Median	Decision Limit	Conclusio
1	A_MR_B	3	4	-12.87 to 20.87	A ไม่สำคัญ
2	A_MR_M	72	61	44.13 to 77.87	
3	B_MR_B	5	4	-12.87 to 20.87	B ไม่สำคัญ
4	B_BR_M	47	61	44.13 to 77.87	
5	C_MR_B	7	4	-12.87 to 20.87	C ไม่สำคัญ
6	C_BR_M	72	61	44.13 to 77.87	
7	D_MR_B	23	4	-12.87 to 20.87	Dสำคัญ
8	D_BR_M	30	61	44.13 to 77.87	
9	E_MR_B	7	4	-12.87 to 20.87	C ไม่สำคัญ
10	E_BR_M	50	61	44.13 to 77.87	
11	F_MR_B	73	4	-12.87 to 20.87	F สำคัญ
12	F_BR_M	18	61	44.13 to 77.87	F สำคัญ
10	E_BR_M	50	61	44.13 to 77.87	
11	F_MR_B	73	4	-12.87 to 20.87	F สำคัญ
12	F_BR_M	18	61	44.13 to 77.87	F สำคัญ
10	E_BR_M	50	61	44.13 to 77.87	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.6 (ต่อ)

Stage-3					
Capping Run	$D_BF_BR_M$	4	4	-12.87 to 20.87	DF Interaction
Capping Run	$D_MF_MR_M$	70	61	44.13 to 77.87	มีควาสำคัญ

จากการทำ Capping Run พบว่าปัจจัย D และ F ที่ระดับ Best-Level และระดับ Marginal Level ได้ผลลัพธ์เหมือนกับขั้นตอนที่ 1 (Stage 1) ดังนั้น D และ F จึงเป็นปัจจัยที่มีนัยสำคัญและอาจมีความสัมพันธ์ร่วม (Interaction Effect)

2.4.5. แฟคทอเรียลแบบเต็มรูปแบบ (Full Factorials)

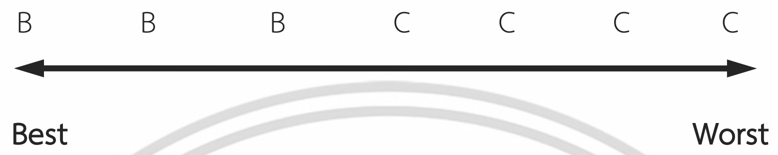
การออกแบบการทดลองโดยกำหนดให้แต่ละตัวแปรมีเพียง 2 ระดับ เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า 2^k Factorial Design โดยทั่วไปจะจำกัดปัจจัยไม่เกิน 4 ตัวแปรใช้ในกรณีที่สามารถกำจัดปัจจัยที่ไม่มีนัยสำคัญออกไปจนเหลือเฉพาะปัจจัย ที่คาดว่าจะมีนัยสำคัญต่อคุณภาพสินค้าที่ผลิต เพื่อหาความสำคัญของปัจจัยที่เลือกมา 2 - 4 ปัจจัยจากปัจจัยทั้งหมดว่าปัจจัยใดที่มีนัยสำคัญต่อคุณภาพสินค้า และปัจจัยใดที่ไม่มีนัยสำคัญ ช่วยหาว่าปัจจัยใดที่ไม่มีความสำคัญต่อคุณภาพสินค้า เพื่อจะได้ผ่อนคลายค่าความเผื่อของปัจจัยนั้น ถึงแม้ว่า Full Factorial สามารถใช้เป็นเครื่องมือในการแก้ปัญหาได้ดีแต่ไม่ค่อยได้รับความนิยมในการใช้เครื่องมือนี้ในการทดลอง เนื่องจากมักจะต้องทำการทดลองมากครั้ง อย่างไรก็ตาม ในช่วงของการออกแบบการทดลองขั้นต้น ถ้าจำนวนตัวแปรหรือปัจจัยมีน้อยกว่า 4 ปัจจัย ก็สามารถใช้ Full Factorial ในการหาปัจจัยที่มีนัยสำคัญ

2.4.6. การวิเคราะห์ B เทียบกับ C B vs C (Better vs Current Analysis)

เป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับพิสูจน์ปัญหาที่พบในผลิตภัณฑ์ หรือกระบวนการผลิตที่ได้รับแก้ไขปรับปรุงแล้ว เพื่อพิสูจน์หรือยืนยันว่าดีกว่ากระบวนการเดิมจริงหรือไม่ เป็นการวิเคราะห์การเปรียบเทียบระหว่าง B และ C สัญลักษณ์ตัวอักษร B และ C หมายถึงค่า 2 ระดับ (+) และ (-) วิธีการนโยบาย กระบวนการ หรือทางเลือก 1 คู่ โดย ให้ กระบวนการที่ใช้อยู่ในปัจจุบันคือ C (Current) กระบวนการที่จะนำมาใช้ใหม่หรือกระบวนการที่คาดว่าจะ ดีกว่าเดิม คือ B (Better) เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการทวนสอบหรือยืนยันผลของปัจจัย (Verification Tools) มากกว่าที่จะใช้เป็นเครื่องมือในการแก้ปัญหาเบื้องต้นและเป็นการตัดสินใจว่าผลิตภัณฑ์ชิ้นใดหรือกระบวนการใด ดีกว่ากันในด้านคุณภาพ โดยมีการกำหนดในเรื่องของคุณภาพและความเชื่อมั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The Six Pack Test คือ การใช้กลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กในการเปรียบเทียบ B และ C คือ B = 3 ตัว และ C =3 ตัว ซึ่งเป็นวิธีการที่นิยมกันมาก ในการทดสอบด้วยค่าความเสี่ยง a ที่ 5% (หรือที่ความเชื่อมั่นที่ 95%) จุดดีของวิธีนี้ คือง่ายต่อการจำ และใช้จำนวนตัวอย่างในการทดลองน้อย จะต้องทำการทดลองแบบสุ่ม Randomization และสุ่มทดลองจากประชากรขนาดใหญ่ Infinite Population



รูปที่ 2.2 แสดงการเปรียบเทียบระหว่าง B และ C กฏการตัดสินใจ

กฏการไม่ทับซ้อน (No overlap Rules) ไม่มีการทับซ้อนกันระหว่าง B และ C บางตัว
นับ End Count จาก B ตัวแรกถึงตัวสุดท้าย ก่อนถึง C และนับ C ตัวแรกจากท้ายสุดก่อนถึง B นำมารวมกันผลรวมค่าปลาย จะได้เท่ากับ 3 +4 =7

ความเสี่ยง α	ผลรวมค่าปลาย (End count)
0.10	6
0.05	7
0.01	10
0.001	13

เนื่องจากผลรวมค่าปลาย Total End Count เท่ากับ 7 จึงสรุปได้ว่าระบวนการ B ดีกว่า C จริง ด้วยความเชื่อมั่น 95% หรือมีความเสี่ยงที่จะสรุปผลไม่ถูกต้อง 5%

2.4.7 แผนภูมิการกระจาย (Scatter Plots)

เพื่อกำหนดหาระดับที่ดีที่สุดของ ตัวแปร Red X และค่าเผื่อที่เหมาะสมเพื่อรับประกันความบกพร่องหรือของเสียที่เป็นศูนย์ (Zero Defects)

ในขั้นสุดท้ายของการวิเคราะห์ ข้อกำหนดเฉพาะและค่าเผื่อของผลิตภัณฑ์ควรได้รับการทวนสอบว่าเป็นไปตามความต้องการของลูกค้าจริง วิธีการ Scatter Plots จะทำโดยการเขียนจุดของ Green Y (ค่าบนแกนตั้ง หรือแกน Y) เทียบกับปัจจัย หรือตัวแปรที่มีนัยสาคัญ (ค่าบนแกนนอน หรือ แกน X) การใช้แผนภูมิกระจาย ควรจะทำเมื่อ ผลการศึกษา DOE ก่อนหน้านี้ เช่น การค้นหาตัวแปร (Variables Search) หรือ Full Factorials แสดงว่าไม่มี interaction ระหว่างตัวแปรตั้งแต่ 2 ตัวแปร หรือมากกว่า ถ้าหากมี Interaction ควรใช้เทคนิค Response Surface Methodology

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

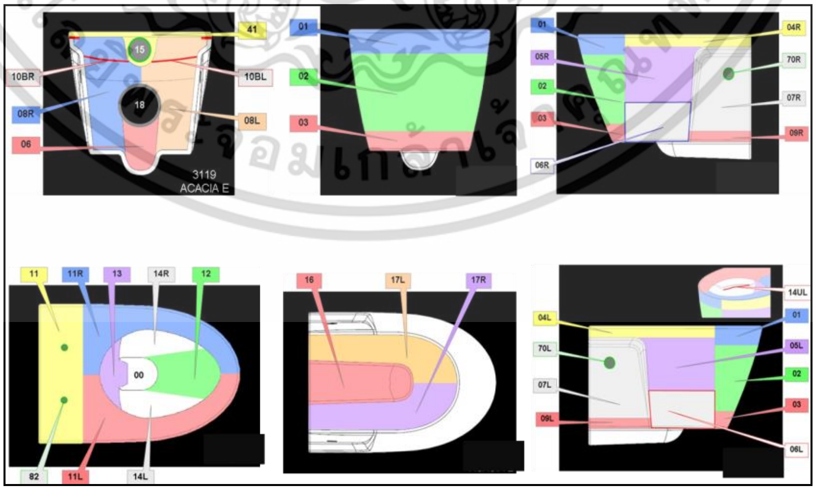
โดยเลือก Green Y กำหนดค่า USL (Upper Specification Limit) และ LSL (Lower Secification Limit) ให้ตรงกับความต้องการของลูกค้าหาค่า Red X และ Pink X ที่ต้องการ กำหนดค่าที่เหมาะสม จาก DOE ก่อนหน้าว่า Red X และ Pink X ได้รับการพิสูจน์แล้วว่าเป็นค่าขณะที่มีการปรับปรุงมาแล้วอย่างถาวร โดยใช้ B versus C ในการทดสอบ ต้องแน่ใจว่าไม่มี Interaction ระหว่างตัวแปรเลือก ช่วงRed X ที่ต้องการปรับค่า ให้เหมาะสมกับ Green Y โดยใช้ข้อมูล Red X ประมาณ 30 ค่า ทำการทดลองและบันทึกค่า Green Y นำผลที่ได้มาสร้างแผนภูมิกระจาย เพื่อหาค่าความสัมพันธ์ [20]

2.5 แผนผังรูปภาพแสดงความบกพร่อง (Concentration Chart)

การเก็บข้อมูลตำหนิ โดยใช้เครื่องมือแผนผังรูปภาพแสดงความบกพร่อง (Concentration Chart) เพื่อทำความเข้าใจลักษณะของปัญหาที่เกิดขึ้นจริงจากชิ้นงานจริง รวมทั้งทำการสืบสวนหาแหล่งที่มา สิ่งที่เกี่ยวข้องอื่นๆ ของปัญหานั้นๆ จากของเสียในกระบวนการผลิต โดยคัดแยกตำหนิที่ต้องการปรับปรุงกำหนดพื้นที่โดยแบ่งพื้นที่สุขภัณฑ์ตัวอย่างศึกษา วิธีแบ่งพื้นที่ เพื่อทำการจัดเก็บข้อมูลสำหรับการแก้ไขปัญหาในกระบวนการผลิต นิยมแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะ คือแบ่งตามพื้นที่ (Location) แบ่งตามลักษณะของชิ้นงาน โดยแบ่งพื้นที่ให้เกิดการสมมาตร (Symmetry) ทั้งนี้โดยมีเงื่อนไขของตำแหน่งสิ่งที่สนใจ (ตำแหน่งแผล, ของเสีย) เป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการพิจารณาแบ่งพื้นที่ของงานเพื่อทำการเปรียบเทียบลักษณะของปัญหานั้นๆ

2.5.1 แบ่งตามพื้นที่กำหนด (Location)

จากรูปที่ 2.3 เป็นการกำหนดขอบเขตของพื้นที่สุขภัณฑ์แบ่งโดยใช้สีแสดงตำแหน่งที่แตกต่างกันโดยสมมาตร และกำหนดหมายเลขพื้นที่ไว้เพื่อให้สามารถจดจำและจำแนกตำแหน่งได้ง่าย

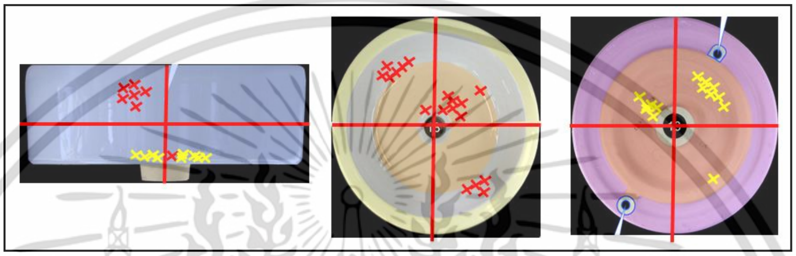


รูปที่ 2.3 แสดงรูปภาพกำหนดการแบ่งพื้นที่ตาม Location ด้วยตัวเลข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

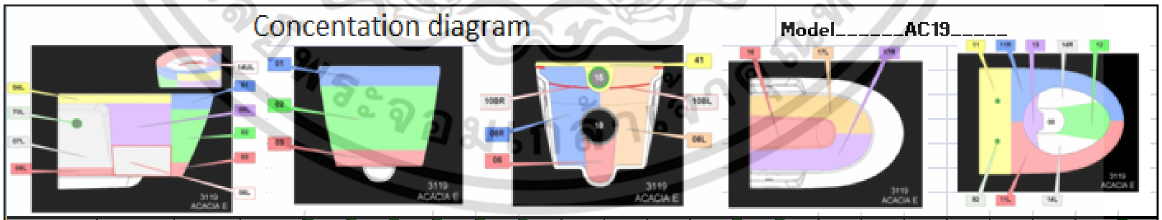
2.5.2 แบ่งตามลักษณะของชิ้นงาน

โดยแบ่งพื้นที่ให้เกิดการสมมาตร (Symmetry) ทำการแบ่งพื้นที่ชิ้นงานโดยใช้หลักการเขียนแบบออกเป็นส่วนๆ เพื่อกำหนดพื้นที่ต่อชิ้นงานให้เล็กลง เช่น ด้านบน Top View ด้านซ้าย Left Side View ด้านขวา Right Side View ด้านหน้า Front View ด้านหลัง Back Side View และ ด้านล่าง Bottom View จากนั้นทำการแบ่งพื้นที่แต่ละส่วนโดยใช้เส้นสมมาตรลากผ่านบนรูปภาพชิ้นงานเป็น 4 ส่วน หรือ 6 ส่วน หรือมากกว่า และกำหนดหมายเลขพื้นที่ไว้แต่ละส่วน แสดงรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 แสดงตัวอย่างแผนรูปภาพแบ่งตามกลุ่มของตำหนิบนผลิตภัณฑ์

จากรูปที่ 2.5 แสดงตารางการเก็บข้อมูลความบกพร่อง บนชิ้นงานที่สนใจ อย่างน้อย 30 ข้อมูล โดยใช้เครื่องมือ Concentration Chart กำหนดที่แสดงตำแหน่งของการเกิดตำหนิ ลักษณะของตำหนิที่เกิดขึ้นบนชิ้นงานสุขภัณฑ์ ตลอดจนข้อมูลของพนักงานหล่อคน วันเดือนปีที่ผลิต รอบการผลิต รวมไปถึงลำดับแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์ที่ใช้ในการผลิต เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการตัดสินใจ และวิเคราะห์กระบวนการผลิตจริง



Cast date	Caster	mold No	Defect	01	02	03	08	17	11	11L	11R	14L	14R	12	00	05L	05R	10L	10R	06L	06R	14UL	41

รูปที่ 2.5 แสดงตารางเก็บข้อมูลความบกพร่อง Concentration Chart

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 ครอบครัวความผันแปร (Family of Variation)

ครอบครัวความผันแปร (Family Of Variation, FOV's) คือ วิธีการพื้นฐานของไชนินในการหาความแตกต่างของความผันแปรของขบวนการ โดยมีวัตถุประสงค์ในการชี้หรือหาความแตกต่างของความผันแปรในขบวนการที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของ Green Y ซึ่งความแตกต่างของความผันแปรที่ได้จากครอบครัวความผันแปร จะเป็นสิ่งชี้นำให้ทีมสามารถแยกความแตกต่างในแต่ละจุด รวมทั้งแยกสิ่งที่ดีที่สุด Best Of The Best (BOB) กับสิ่งที่แย่ที่สุด Worst of the Worst (WOW) ของแต่ละขั้นตอนของครอบครัวความผันแปรได้ในเบื้องต้นการที่จะสามารถบอกได้ว่า BOB และ WOW อยู่ที่ไหนในครอบครัวความผันแปร จะทำให้ทีมสามารถหา Red X ได้เร็วขึ้น โดยการเปรียบเทียบความแตกต่างของ BOB และ WOW โดยนำลักษณะข้อมูลความบกพร่องที่ได้จากการเก็บจากแผนผังรูปภาพ Concentration Chart นำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบในขั้นตอนของครอบครัวความผันแปร(Family Of Variation, FOV) โดยจะแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ Product Family คือกลุ่มพื้นที่ต่างๆบนชิ้นงานผลิตภัณฑ์ และ Process Family คือ กลุ่มขั้นตอนต่างๆของกระบวนการผลิต

2.6.1 วิธีการและขั้นตอนการทำครอบครัวความผันแปร

วิธีการและขั้นตอนการทำครอบครัวความผันแปร (Family Of Variation, FOV) ประกอบด้วยขั้นตอนครอบครัวความผันแปรต้องได้จากการแจกแจงของกระบวนการผลิต (Process Mapping) ที่เป็นจริงนั้น มีรายละเอียดของขั้นตอนกระบวนการเป็นอย่างไร แจกแจงและอธิบายปัญหา (Green Y) ให้ชัดเจนเริ่มจากความผันแปรที่เล็กที่สุด เช่น จุดสู่จุด พื้นที่สู่พื้นที่ จากนั้นขยายขอบเขตของความผันแปรให้ใหญ่ขึ้นเป็นลำดับ ตามขั้นตอนของกระบวนการการผลิต (Process Mapping) แต่ละครอบครัวของความผันแปรประกอบด้วยตารางแสดงความขัดแย้ง (Contrast) เพื่อใช้ในการแยกความแตกต่างหลังจากเก็บข้อมูล แล้วนำรายละเอียดที่ได้จากครอบครัวความผันแปรไปออกแบบตารางการเก็บข้อมูล นำข้อมูลที่เก็บได้มาเติมในตารางที่ 2.8 เพื่อหาความแตกต่าง (Contrast) พร้อมอธิบายความแตกต่างที่พบแบบย่อ ซึ่งจะทำให้รู้ว่า BOB และ WOW อยู่ที่ใดของกระบวนการผลิต

ตารางที่ 2.7 ตารางแสดงลำดับเปรียบเทียบ ครอบครัวความผันแปร (Family Of Variation, FOV's)

แหล่งที่มาของกระบวนการแปรผัน (Sources of Process Variation)	ตำแหน่งที่ทำการวิเคราะห์
จุดต่อจุด (Point to Pont)	พื้นที่เดียวกัน (Same Area)
พื้นที่ ต่อพื้นที่ (Area to Area)	ชิ้นงานเดียวกัน (Same Piece)
ชิ้นงานต่อชิ้นงาน (Piece to Piece)	แม่พิมพ์เดียวกัน (Same Mold)
แม่พิมพ์ต่อแม่พิมพ์ (Mold to Mold)	พนักงานหล่อแบบเดียวกัน (Same Caster)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.7 (ต่อ)

พนักงานหล่อต่อพนักงานหล่อ (Caster to Caster)	พนักงานพ่นเคลือบเดียวกัน (Same Sprayer)
พนักงานพ่นเคลือบต่อพนักงานพ่นเคลือบ (Sprayer to Sprayer)	เตาเผาเดียวกัน (Same Kiln)
เตาเผาต่อเตาเผา (Kiln to Kiln)	เวลาเดียวกัน (Same Time)

2.7 BOB และ WOW

จากการออกแบบตารางการเก็บข้อมูลครอบครัวความผันแปร (FOV) Best of the Best (BOB) คือ จุดหรือเงื่อนไขของปัจจัยป้อนเข้าที่ทำให้ได้ Y ที่ดีที่สุด ซึ่งอาจจะเป็นวิธีการทำงาน พนักงาน เครื่องจักร เครื่องมือ และอื่นๆ ซึ่งสามารถที่จะหาได้จากการเก็บข้อมูลของ Green Y เพื่อใช้เปรียบเทียบความแตกต่าง Worst of the Worst (WOW) คือ จุดหรือเงื่อนไขของปัจจัยป้อนเข้าที่ทำให้ได้ Y ที่แย่ที่สุด ซึ่งอาจจะเป็นวิธีการทำงาน พนักงาน เครื่องจักร เครื่องมือ และอื่นๆซึ่งสามารถที่จะหาได้จากการเก็บข้อมูลของ Green Y เช่นเดียวกับ BOB

การวิเคราะห์หาตัวแปรโดยการสลับชิ้นส่วนหนึ่งของกระบวนการ หรือผลิตภัณฑ์ที่ดี เข้าไปแทนที่กับอีกกระบวนการหนึ่งหรือผลิตภัณฑ์หนึ่งที่เสียอยู่ เป็นการพิจารณาผลลัพธ์ของปัจจัยหรือตัวแปรที่ส่งผลกับกระบวนการหรือผลิตภัณฑ์หนึ่ง เช่นการสลับขั้วแบตเตอรรี่ การเปลี่ยนถ่านไฟฉาย กับกระบอกที่ไม่สว่าง และพิจารณาผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นหลังจากการเปลี่ยนแทนที่แล้วประสิทธิภาพของกระบวนการหรือผลิตภัณฑ์กลับมาดีขึ้น หรือไม่เปลี่ยนแปลง โดยยกตัวอย่างชิ้นส่วน A B C D ที่มีคุณลักษณะ ที่เป็น BOB ชิ้นส่วนที่ดีที่สุด และ WOW ชิ้นส่วนที่แย่ที่สุด หรือชำรุด ดังแสดง รูปที่ 2.6

รูปที่ 2.6 เมื่อสลับชิ้นส่วน A หลังประกอบ BOB ยังคงเป็น BOB และ WOW ยังคงเป็น WOW

รูปที่ 2.7 เมื่อสลับชิ้นส่วน A หลังประกอบ BOB เปลี่ยนเป็น WOW และ WOW ยังคงเป็น BOB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการทดลองสลับชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์ A ในกระบวนการประกอบผลิตภัณฑ์ BOB (สีเขียว) สิ่งที่ดีที่สุด และ WOW (สีแดง) สิ่งที่แย่มี่สุด ทั้งหมด (A B C D) ผลลัพธ์ที่ได้ออกมาโดยที่ BOB สิ่งที่ดีที่สุดยังคงเป็น BOB สิ่งที่ดีที่สุดอยู่ และWOW สิ่งที่แย่สุด ยังคงเป็น WOW สิ่งที่แย่ที่สุด แสดงว่า ชิ้นส่วนผลิต A ไม่มีความสัมพันธ์กัน และไม่มีนัยสำคัญต่อประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ ดังแสดงรูปที่ 2.7

เมื่อทำการทดลองสลับชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์ A ในกระบวนการประกอบผลิตภัณฑ์ แล้วพบว่าผลลัพธ์ของ BOB สิ่งที่ดีที่สุด มีประสิทธิภาพกลายเป็น WOW สิ่งที่แย่ที่สุด ทั้งหมด (A B C D) และพบว่า WOW ส่งที่แย่ที่สุดกลับเป็น BOB สิ่งที่ดีที่สุดแทน แสดงให้เห็นว่าชิ้นส่วน A มีผลโดยตรงต่อประสิทธ์ภาพของการประกอบผลิตภัณฑ์ และเป็นชิ้นส่วนเดียวที่มีผลต่อประสิทธิภาพ ชิ้นส่วน (B C D) ไม่ผลต่อประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ แต่พบว่าประสิทธิภาพของ BOB ถดถอยลดลงซึ่งไม่ถึงขั้นแย่ที่สุด แสดงว่าชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์ A มีผลต่อประสิทธิภาพกระบวนการ แต่ไม่ใช่ทั้งหมด อาจจะต้องพิจารณาชิ้นส่วนอื่น B C D ร่วมด้วย [19]

2.8 การเปรียบเทียบวิธีการซิกส์ซิกม่า (Six Sigma) และวิธีการไชนิน (Shainin)

Justin T.และคณะ [21] ได้ศึกษาสรุปงานวิจัยการเปรียบเทียบวิธีการ ซิกส์ซิกม่า และวิธีการไชนิน โดยนำเสนอการปรับเปลี่ยนวิธีการของซิกส์ซิกม่า เพื่อให้บรรลุประสิทธิภาพที่ดีขึ้นของ DMAIC ในการปรับปรุงกระบวนการโดยใช้เครื่องมือ ไชนิน บางส่วนไว้ดังนี้ แนวทางของไชนิน สำหรับการใช้งานซิกส์ซิกม่า เป็นแนวทางที่ดีที่สุดในสามแนวทาง เครื่องมือไชนิน มีความเรียบง่ายเข้าใจง่ายและมีประสิทธิภาพในการลดความซับซ้อนของวิธีการ DMAIC ของ ซิกส์ซิกม่า ซึ่งเครื่องมือของซิกส์ซิกม่า มีความซับซ้อนและมีการคำนวณทางสถิติมากขึ้น ทำให้ต้องใช้เวลาในการปรับปรุงกระบวนการ ดังนั้นการใช้เครื่องมือไชนิน อย่างมีประสิทธิภาพจึงช่วยเร่งการดำเนินการได้ เครื่องมือของไชนิน สามารถเข้าใจได้ทุกระดับแม้กระทั่งโดยพนักงานโรงงานวิศวกร และซัพพลายเออร์ ดังนั้นการปรับปรุงกระบวนการทำได้อย่างรวดเร็ว ทำให้ลดต้นทุนการผลิตโดยรวมและเวลาที่ใช้ในการทำกระบวนการ

Jeroen de Mast [13] ทำการสรุปผลการศึกษาวิจัยถึงระบบ ไชนินส่วนใหญ่เป็นวิธีการแก้ปัญหา การประยุกต์ใช้งานที่จำกัด เฉพาะโครงการที่ต้องการหาสาเหตุของปัญหา (หนึ่งสาเหตุหรือไม่มากนัก) ไม่เหมาะสำหรับการศึกษาระบบปัจจัยที่มีความซับซ้อนมากขึ้น และการสร้างโมเดลผลกระทบของไว้บน CTQ การปรับปรุงมีรูปแบบของการดำเนินการแก้ไขกับการป้องกันปัญหา หรือการปรับความคลาดเคลื่อนของรูปแบบการปรับปรุงตามการออกแบบที่เข้มงวดขึ้น และการปรับค่าเฉลี่ยจะถูกเน้นย้ำสำหรับวิธีการของ Taguchi ใช้ประโยชน์จากรูปแบบการปรับปรุงที่มีประสิทธิภาพ วิธีการนี้ไม่พบในขั้นตอนการสำรวจซึ่งจะให้คำจำกัดความที่จำกัด และมุ่งเน้นไปที่การเลือกการตั้งค่าที่เหมาะสม และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการ ซิกส์ซิกม่า คือกลยุทธ์การปรับปรุงทางสถิติที่สมบูรณ์แบบที่สุด สามารถปรับปรุงให้ดีขึ้นได้ด้วยการจัดแนวแนวทางที่กำหนดไว้ แสดงการเปรียบเทียบในตารางที่ 2.8 และตารางที่ 2.9

Sunil Sharma และ Anuradha R Chetiya [16] ได้อธิบายถึง ปรัชญาแนวคิดที่ว่า "อย่าปล่อยให้วิศวกรทำการคาดเดาเอง จงให้ชิ้นส่วนที่ทำเป็นผู้บอก" ซึ่งวิธีนี้เป็นวิธีที่เชื่อว่าสามารถแก้ปัญหาที่แท้จริงได้ ซึ่งได้แนะนำหลักการ X สีแดง (Red X) ที่แสดงสาเหตุหลัก รองลงมาคือ X สีชมพู (Prink X) และ X สีชมพูอ่อน (Pale Pink X) มาแสดงความสำคัญของสาเหตุตามลำดับ ไชนินได้พัฒนาเทคนิคการติดตามสาเหตุหลัก โดยผ่านกระบวนการของการกำจัด ซึ่งเรียกว่า "การค้นหาแบบไปข้างหน้า" (Progressive Search) ซึ่งเป็นเทคนิคที่เรียบง่ายแต่ในขณะเดียวกันก็เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพและง่ายต่อการตีความ และการดำเนินงานในอุตสาหกรรม เทคนิคไชนินเป็นที่รู้จักในการผลิต การปรับปรุงความก้าวหน้าโดยการขจัดปัญหาเรื้อรัง ซึ่งเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการตรวจสอบตัวแปรที่เป็นหาสาเหตุของปัญหา โดยใช้เครื่องมือไชนินตารางที่ 2.10

ยศวัจน์ ศิริกมลชัย [22] ได้ทำการศึกษาวิธีการออกแบบไชนิน ว่ามีข้อดีที่เห็นเด่นชัด คือการใช้จำนวนครั้งของการทดลองที่น้อยกว่าการออกแบบการทดลองมาตฐาน (แฟคทอเรียล) มาก ซึ่งสำหรับการออกแบบการทดลองมาตฐานยิ่งมีจำนวนตัวแปรมากขึ้น จำนวนครั้งของการทดลอง ยิ่งมีความแตกต่างกันกับวิธีการไชนินมากขึ้นด้วย และทำให้ต้นทุนจากการทำการทดลองสูงขึ้นตามไปด้วย วิธีการไชนินนั้นมีความยุ่งยากซับซ้อนทางการคำนวณสถิติน้อย เมื่อเทียบกับการออกแบบการทดลองมาตรฐาน (แฟคทอเรียล) แต่ทั้งนี้การออกแบบการทดลองแบบไชนินยังมีข้อเสีย คือไม่สามารถคำนวณหาสมการถดถอยได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.8 ข้อเปรียบเทียบระหว่างซิกส์ซิกม่า (Six Sigma) ทากูชิ (Taguchi) และไชนิน (Shainin) [13]

โครงร่าง	**ซิกส์ซิกม่า (Six sigma)**	**ทากูชิ (Taguchi)**	**ไชนิน (Shainin)**
การดำเนินงาน	1.ลักษณะผลวิกฤตต่อคุณภาพ 2.ระบุมาตรฐานการปฏิบัติงาน 3.ตรวจสอบระบบการวัด 4.จัดตั้งความสามารถของผลิตภัณฑ์ 5. ระบบวัตถุประสงค์ที่มีประสิทธิภาพ	1.ระบุปัญหาที่จะแก้ไข 2.กำหนดวัตถุประสงค์ของการทดสอบโดยการ - ระบุตัวชี้วัดประสิทธิภาพการทำงาน -ระบุระดับของการปฏิบัติเมื่อมีการทดสอบ 3.กำหนดวิธีการวัด	1.ระบุโครงการ 2.จัดตั้งระบบการวัดที่มีประสิทธิภาพ
การสำรวจ	6.ระบุแหล่งที่มาของการเปลี่ยนแปลง	4.ระบุปัจจัยที่เชื่อว่ามีผลต่อลักษณะการปฏิบัติงาน	3.ระบุเบาะแส
รายละเอียดเพิ่มเติม		5.แยกปัจจัยที่สามารถควบคุมได้และปัจจัยที่รบกวน 6.กำหนดจำนวนของระดับและค่าของปัจจัยทั้งหมด 7.ระบุปัจจัยที่ควบคุมได้ซึ่งอาจมีผล	4. ลงรายการตัวแปรที่สงสัย
การยืนยัน	7.คัดแยกสาเหตุที่เป็นไปได้ 8.ค้นหาความสัมพันธ์ของตัวแปร	8.เขียนกราฟเชิงเส้นที่จำเป็น 9.เลือกฉากอาร์เรย์ 10.ปัจจัยที่กำหนดและความมีสัมพันธ์กัน 11.ดำเนินการทดสอบ 12.การวิเคราะห์ข้อมูล 13. แปลความหมายผลลัพธ์	5.การออกแบบการทดสอบทางสถิติ

ตารางที่ 2.8 (ต่อ)

บทสรุป	9.สร้างค่าเผื่อในการปฏิบัติงาน 10.ตรวจสอบระบบการวัด 11.ตรวจสอบความสามารถของกระบวนการ 12.นำไปใช้ในการควบคุมกระบวนการ	14.เลือกระดับที่เหมาะสมที่สุด ของปัจจัยที่ควบคุมได้และคาดคะแนนผลลัพธ์ 15.ทำการทดสอบยืนยัน 16.ย้อนกลับไปยังขั้นตอนที่ 4 ถ้ายังไม่บรรลุวัตถุประสงค์	6.กลับไปข้อ 3 ถ้ายังไม่พบ Red X 7.เพิ่มประสิทธิภาพของปฏิสัมพันธ์ 8.ความคาดเคลื่อนจริง 9.การดำเนินการแก้ไขกลับ 10.การบวนการควบคุมทางสถิติ 11.การตรวจสอบผลลัพธ์

ตารางที่ 2.9 เปรียบเทียบระหว่างวิธีการคลาสิก วิธีการทากูชิ และวิธีการไชนิน [20]

ลักษณะสำคัญ	วิธีคลาสสิก (DOE Classic)	วิธีการทากูชิ (Taguchi DOE)	วิธีการไชนิน (Shainin DOE
1.ความยอมรับในเชิงวิชาการ	สูง	ปานกลาง	น้อย
2.ความเชื่อมั่นในทางสถิติ	สูง	ปานกลาง	น้อย
3.จำนวนครั้งในการทดลอง	มาก	ปานกลาง	น้อย
4.ต้นทุนในการทดลอง	สูง	ปานกลาง	น้อย
5.ความยุ่งยากในการวิเคราะห์เชิงสถิติ	มาก	ปานกลาง	น้อย
6.เครื่องมือใช้ในการวิเคราะห์	ซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์	ซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์หรือคำนวณมือ	คำนวณมือ
7.สมมติฐานในการวิเคราะห์	-จำกัด Interaction ระหว่างตัวแปรไม่ได้	-สามารถกำหนดInteraction ระหว่างตัวแปรได้เอง	-การวิเคราะห์ขั้นต้นโดยไม่ต้องคำนึงถึง Interaction ระหว่างตัวแปร
8.วิธีการทดลอง	-ต้องมีห้องปฏิบัติการ หรือต้องหยุดสายการผลิต	-ต้องมีห้องปฏิบัติการหรือต้องหยุดสายการผลิต	-ไม่ต้องมีห้องปฏิบัติการ และทดลองได้ในขณะทำการผลิตอยู่
9.จำนวนตัวแปรที่ใช้ในการทดลอง	น้อย	ปานกลาง	มาก
10.การสรุปผลการทดลอง	-ต้องอาศัยวิธีการทางสถิติ	-อาศัยหลักการเหตุและผลที่สรุปจากวิธีการทางสถิติ	-อาศัยหลักเหตุและผล (Rule of Thumb) เป็นหลัก

ตารางที่ 2.9 (ต่อ)

11.ข้อดี	-ให้ผลสรุปที่มีความเชื่อมั่นทางสถิติสูง -ได้รับการยอมรับทางวิชาการ	-เป็นวิธีที่มีต้นแบบจาก Classical DOE -ได้รับการยอมรับทางวิชาการพอสมควร	-อาศัยหลักเหตุ และผลทำให้ง่ายต่อการอธิบายและการทดลองไม่ต้องทำมาก
12.ข้อเสีย	-เสียเวลาในการทดลอง -อธิบายทางสถิติให้ผู้ปฏิบัติงานยาก	-ยังมีความไม่ยอมรับทางวิชาการอยู่พอสมควร	-ขาดเหตุผลการสรุปผลทางสถิติ -ไม่เป็นที่ยอมรับของนักวิชาการทางสถิติ

ตารางที่ 2.10 การใช้งานเครื่องมือของไชนิน [16]

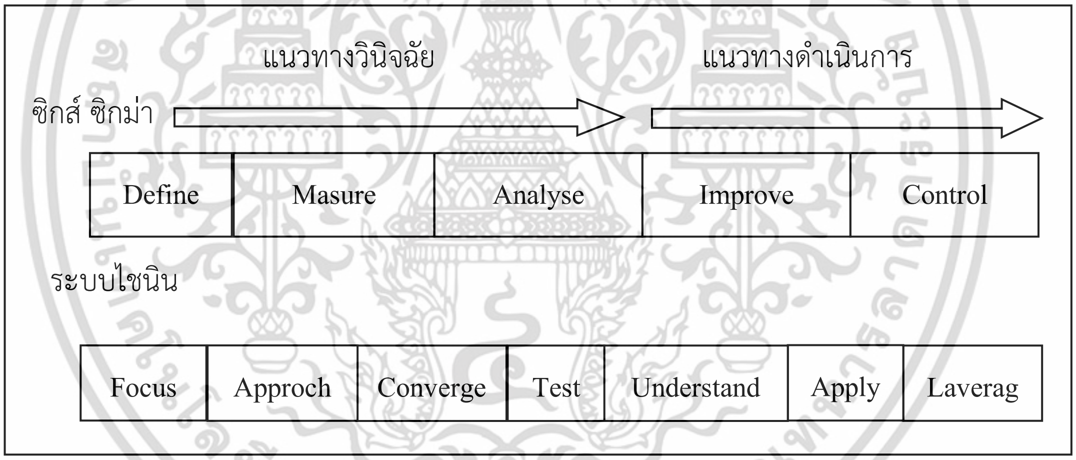
เครื่องมือ	วัตถุประสงค์	กรณีที่สามารถใช้ได้	เวลาที่สามารถใช้งาน	ขนาดตัวอย่าง
แผนภูมิหลายตัวแปร (Multi vari chart)	เพื่อลดจำนวนตัวแปรที่ไม่เกี่ยวข้องกับสาเหตุ	เพื่อให้ได้ภาพรวมของวิธีการที่ผลิตผลิตภัณฑ์ กระบวนการที่กำลังทำงาน	ใช้ในต้นแบบทางวิศวกรรมผลิต	น้อยกว่า 9-15
การค้นหาชิ้นส่วน (Componant Search)	เพื่อตรวจสอบว่า Red X นั้นอยู่ในขั้นตอนการประกอบหรืออยู่ในส่วนประกอบ	ในการดำเนินการประกอบ	ใช้ในต้นแบบทางวิศวกรรมผลิต	2
การจับคู่เปรียบเทียบ (Paired Comparison)	ให้เบาะแสในการกำหนด Red X โดยใช้การเปรียบเทียบจับเป็นคู่ๆ ของชิ้นส่วนที่ดีและไม่ดี	ในกรณีที่มีการจับคู่กับชุดของการปฏิบัติที่แตกต่างกันของผลิตภัณฑ์ที่ไม่สามารถถอดประกอบได้	เหมือนกับการค้นหาชิ้นส่วน (Componant Search)	1 -20
การค้นหาตัวแปร (Variable Search)	หาผลกระทบหลักและปฏิสัมพันธ์ที่เกิดจากความคาดเลื่อนบนตัวแปรที่สำคัญ	เมื่อจำนวนตัวแปรอยู่ระหว่าง 5-20	ใช้ในการค้นคว้าวิจัยพัฒนาทางวิศวกรรมและกระบวนการผลิต	1 -20
แฟคทอเรียลแบบเต็มรูปแบบ (Full factorials)	เหมือนการค้นหาตัวแปร(Variable Search)	เมื่อจำนวนตัวแปรอยู่ระหว่าง 2-4	เหมือนกับการค้นหาตัวแปร (Variable Search)	1 -16

ตารางที่ 2.10 (ต่อ)

การวิเคราะห์ B เทียบกับ C :ดีกว่าเทียบกับปัจจุบัน (B vs C : Batter vs Current Analysis)	เพื่อตรวจสอบหากระบวนการใหม่และกระบวนการที่ดีกว่า	ปกติหนึ่งหรือมากกว่าตัวแปรข้างต้น	ใช้ในต้นแบบทางวิศวกรรมผลิตหรือกระบวนการผลิต	น้อยกว่า3 ของB และของC
แผนภูมิการกระจาย (Scatter plot)	กำหนดค่าที่เหมาะสมที่สุดสำหรับ Red X และค่าความคาดเคลื่อนสูงสุดที่ยอมรับได้	ตามเครื่องมือข้างต้น	กรณีทำต้นแบบ	30

Jan Kosina [14] ได้พบว่า การพัฒนากลยุทธในการปรับปรุงคุณภาพหลายอย่าง เพื่อใช้กำหนดวิธีการแก้ไขปัญหา โดยวิธีการที่ถูกนำมาใช้มากที่สุดในการปรับปรุงคุณภาพ คือ ซิกส์ซิกม่า โดยมีเป้าหมายในการปรับปรุงกระบวนการให้อยู่ศูนย์กลาง ให้ได้ตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ และลดความแปรปรวนของกระบวนการผลิต บทบาทของซิกส์ซิกม่า จะทำหน้าที่ปรับปรุงคุณภาพโดยการวิเคราะห์ข้อมูล ที่จะนำไปสู่การระบุที่มาของสาเหตุของปัญหาและการดำเนินการแก้ไขตามลำดับ “ซิกส์ ซิกม่า เป็นวิธีการจัดระเบียบ และเป็นระบบสำหรับกระบวนการเชิงกลยุทธ์และการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่โดยอาศัยข้อมูล วิธีการเชิงสถิติและวิธีการทางวิทยาศาสตร์เพื่อลดอัตราความบกพร่องในกระบวนการ”

เมื่อเปรียบเทียบโครงสร้างของทั้งสองวิธีการ รูปที่ 2.8 พบว่าทั้งสองวิธีการประกอบด้วยแนวทางเพื่อการค้นหาวินิจฉัยหาสาเหตุที่แท้จริงและแนวทางดำเนินการแก้ไข ขั้นตอนการวินิจฉัยเป็นส่วนแรก ของวิธีการแก้ไขปัญหา และยืนยันสาเหตุของความล้มเหลว ขั้นตอนที่สองเป็นส่วนของการแก้ไขเป็นส่วนที่จะนำไปสู่วิธีการแก้ไขปัญหาที่มีประสิทธิภาพ

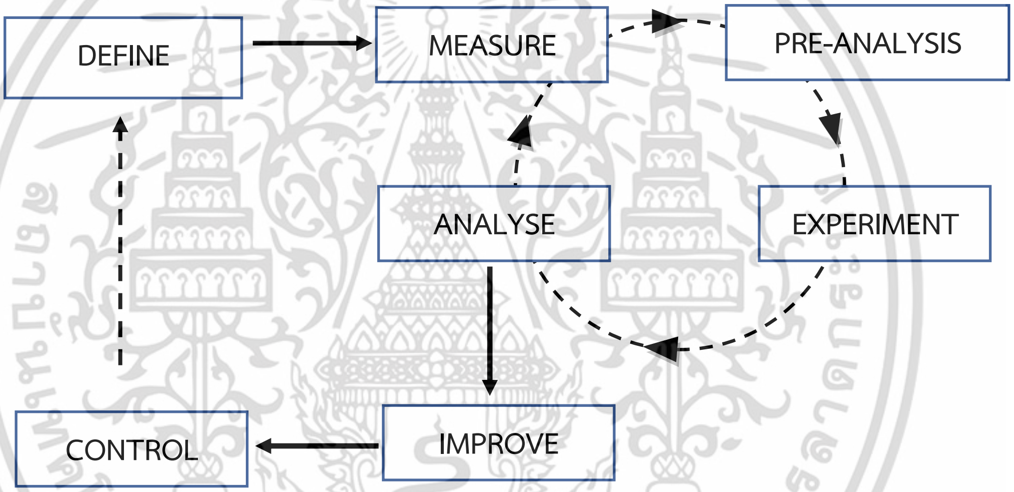


รูปที่ 2.8 แสดงโครงร่างการดำเนินการนำเครื่องมือไชนินมาใช้ในกระบวนการของซิกส์ ซิกม่า [13]

Anupama Prashars [23] ได้ทำการศึกษาพบว่า กรอบการทำงานของการออกแบบการทดลองไชนิน ภายใต้กรอบซิกส์ซิกม่า โดยกำหนดมาตรการเพื่อทำการวิเคราะห์ ปรับปรุงการควบคุม และทดสอบประสิทธิภาพ ตามกระบวนการ (DMAIC) และทดสอบประสิทธิภาพในหน่วยงานผลิตยานยนต์ของอินเดีย การศึกษานี้เริ่มขึ้นในปี พ.ศ. 2556 เมื่อหน่วยงานนี้ประสบกับความบกพร่องภายในการผลิตสูง (10.2%) ของชิ้นส่วนเกียร์ Z-25 เนื่องจากมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของทรงกลม (PCD) ซึ่งส่งผลกระทบต่อคุณภาพต้นทุน และเป้าหมายการส่งมอบ บริษัท จึงเป็นที่มาของการริเริ่มโครงการซิกส์ซิกม่าโดยใช้เครื่องมือการออกแบบการทดลองไชนิน (Shainin DOE) ในการวิเคราะห์ปรับปรุงและควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระบวนการผลิตเกียร์รถยนต์ เพื่อลดปัญหาการผลิตและปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตโดยใช้เทคนิค การจับคู่ (Paired Comparison) การค้นหาผลิตภัณฑ์ / กระบวนการ (Product/Process Search) แผนภูมิรูภาพ (Concentration Chart) การวิเคราะห์ B กับ C แผนภูมิควบคุม (Pre-Control Chart) การศึกษานี้เป็นตัวอย่างหนึ่งที่ช่วยกระตุ้นการใช้เทคนิควิธีการออกแบบทดลองของไชนิน ในเชิงอุตสาหกรรมมากขึ้น เพื่อที่จะรวมเครื่องมือ และเทคนิคการออกแบบการทดลองไชนิน (Shainin DOE) กับซิกส์ซิกม่า DMAIC (Six Sigma DMAIC) จึงได้เสนอกรอบการทำงานของ DMAIC แสดงรูปที่ 2.9 ในกรอบนี้เป็นขั้นตอนการวิเคราะห์กระบวนการ DMAIC แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่ สำหรับการเลือกรูปแบบการทดลอง (Pre-Analysis) สำหรับการทดลอง (Experiment) ทำการเก็บรวบรวมข้อมูล และ 'การวิเคราะห์ การทดลอง (Analysis)



รูปที่ 2.9 แสดงการเปรียบเทียบแนวทางดำเนินการของไชนินกับซิกส์ซิกม่า

จากกรอบการทำงาน รูปที่ 2.9 แสดงให้เห็นถึง วัฏจักรขั้นตอนการดำเนินการในช่วงของขั้นตอนการวัด (Measure) ⟶ขั้นตอนการวิเคราะห์เบื้องต้น (Pre- Analysis) ⟶ขั้นตอนการทดลอง (Experiment) และการเก็บข้อมูล (Data Collection) ⟶ ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล (Analysis) กรอบการทำงานนี้แสดงให้เห็นถึงขั้นตอนการทดลองว่าเป็นกระบวนการศึกษาแบบอนุมาน โดยที่แสดงลูกศรเชื่อมต่อกับ ขั้นตอนปรับปรุงกระบวนการ ขั้นตอนการควบคุมและ ย้อนกลับ (Feedback) เข้าสู่ขั้นตอนการกำหนดของเครื่องมือหลักต่อไป ซึ่งเทคนิคที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนดำเนินการของโครงร่างที่เสนอแสดงไว้ในตารางที่ 2.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.11 เครื่องมือและเทคนิคของไชนิน (Shainin's Tools)

ขั้นตอนดำเนินการ	วัตถุประสงค์	เครื่องมือที่ใช้
Define	ระบุสาเหตุ และกำหนดปัญหา, กำหนดเป้าหมาย วัตถุประสงค์ และเลือกทีมงานผู้ร่วมโครงการ	Project Charter
Measure	เป็นขั้นตอนการจำแนกปัจจัยต่างๆ และการตรวจสอบระบบการวัดที่เกี่ยวข้อง	• Brainstorming • Process Mapping • Shainin Isoplot
Pre-analysis	เลือกการทดลอง(Design experiment) และเครื่องมือ (Tools), กำหนดลักษณะตัวแปรและระดับ(levels)	• Shainin DOE
Experiment and data collection	ให้ทำการทดลองและการจัดการรวบรวมข้อมูล	• Worksheets for Data Collection
Analysis	ตรวจสอบปัจจัยหลักที่ดำเนินการอยู่, สรุปผลลัพธ์ที่ได้กำหนดเป็นแนวทางแก้ไข	• Paired Comparison
Improve	ดำเนินการปรับปรุงแก้ไข	• B vs. C (Better vs. Current) analysis
Control	เพื่อดำเนินการควบคุมและประเมินผลการทดลอง	• Control Plan • Pre-Control

2.9. เครื่องสุขภัณฑ์เซรามิกส์ (Ceramic Sanitary Ware)

มานะศิษฏ์ พิมพ์สาร [24] ได้อธิบายความหมาย เครื่องสุขภัณฑ์ หมายถึง ภาชนะ อุปกรณ์ หรือเครื่องใช้ที่ทำหน้าที่รองรับน้ำ รองรับของเหลว และจ่ายของเหลว น้ำเสีย หรือน้ำโสโครกที่เกิดจากใช้งานชำระล้างขับถ่ายออกจากร่างกายมนุษย์เพื่ออำนวยความสะดวก ความสบาย ความผาสุก และสุขภาพอนามัยผู้ใช้แล้ว ส่งถ่ายโดยตรง หรือทางอ้อม เข้าสู่ระบบระบายน้ำหรือแหล่งขจัดที่เหมาะสมอื่น หรือท่อระบายน้ำสาธารณะที่อนุญาติให้ระบายสิ่งเหล่านี้ลงไป

มนฤทัย ไชยวิเศษ [25] ได้กล่าวว่า ส้วมชักโครก ส้วมแบบน้ำมีส่วนที่สลับซับซ้อน ที่เรียกชักโครกเพราะเมื่อก่อนตัวถังกักน้ำอยู่เหนือที่นั่งถ่ายสูงขึ้นไป เวลาเสร็จกิจก็ชักคันโยกให้ปล่อยน้ำลงมามีเสียงน้ำดัง จึงเรียกชักโครก เมื่อดึงคันชักหรือกดปุ่ม น้ำจะไหลลงมาชำระล้างโถส้วมให้อุจจาระลงไปสู่ถัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เก็บกักอุจจาระที่ เรียกว่า เส็ปติคแทงก์ (Septic Tank) หรือถังเกรอะต่อไป ซึ่งรูปแบบชักโครกในอดีตใช้ปริมาณน้ำมาก จึงใช้ได้ในบริเวณที่มีน้ำประปาและน้ำเพียงพอ

เครื่องสุขภัณฑ์เซรามิกส์ประเภท โถส้วมนั่งราบหรือเรียกว่า “โถส้วม” หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ทำด้วยเซรามิกส์ ใช้สำหรับรองรับสิ่งขับถ่ายของมนุษย์เพื่อให้เกิดสุขอนามัย มีตัวโถเป็นที่รองรับการนั่งทำให้ผู้ใช้นั่งราบได้ มีหรือไม่มีถังพักน้ำก็ได้ โถส้วมประเภทชักโครกด้วยอุปกรณ์ประกอบถังพักน้ำ หมายถึง โถส้วมที่มีถังพักน้ำชำระล้างตัวโถด้วยการเปิด ปิดอุปกรณ์ประกอบถังพักน้ำ ประกอบไปด้วย ถังพักน้ำ (cistern) หมายถึง ชิ้นส่วนประกอบโถส้วม ใช้เก็บน้ำไว้สำหรับชำระล้างตัวโถ ภายในติดตั้งอุปกรณ์ประกอบถังพักน้ำ ฝาปิดถังพักน้ำ (Cover) หมายถึง ชิ้นส่วนประกอบของโถส้วมใช้คู่กับถังพักน้ำและอุปกรณ์ประเภทถังพักน้ำ (Tank trim) หมายถึง กลอุปกรณ์ที่ประกอบด้วยชุดน้ำออก ติดตั้ง อยู่ในถังพักน้ำ โดยชุดน้ำเข้าทำหน้าที่จ่ายน้ำเข้าและควบคุมปริมาตรน้ำเข้า ชุดน้ำออกทำหน้าที่ปล่อยน้ำออกและควบคุมปริมาตรน้ำออก[26]

2.10. วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเครื่องสุขภัณฑ์เซรามิกส์

การผลิตเครื่องสุขภัณฑ์วิเทรียสไชนาเป็นอุตสาหกรรมอย่างหนึ่ง ปัจจุบันโรงงานผลิตเครื่องสุขภัณฑ์ได้ให้ความสนใจใช้วัตถุดิบในประเทศกันอย่างมากขึ้น เพื่อทดแทนการนำเข้าจากต่างประเทศ และมีการควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้ได้มาตรฐาน โดยมีแหล่งวัตถุดิบที่โรงงานผลิตเครื่องสุขภัณฑ์ในประเทศนำมาใช้ในกระบวนการผลิต

วัตถุดิบที่สำคัญที่ใช้ผลิตสุขภัณฑ์ ได้แก่ ดินขาว (China Clay) ดินเหนียว (Ball Clay) หินเขี้ยวหนุมาน หรือหินควอตซ์ หรือทรายแก้ว (Silica Sand) หินฟันม้า (Feldspar) หินปูน ปูนปลาสเตอร์ โซเดียมคาร์เนต (Sodium Carbonate) โซเดียมซิลิเกต (Sodium Silicate) แบเรียมคาร์บอเนต (Barium Carbonate) และน้ำ (Water)

2.11.1. ดินขาว (China Clay)

เป็นวัตถุดิบที่สำคัญที่ใช้ในการผลิตเครื่องปั้นดินเผาทุกชนิด ดินขาวที่พบในประเทศไทยมีอยู่ 2 ชนิด ซึ่งส่วนประกอบมีความแตกต่างกันทางเคมี ดินขาวที่ใช้ทำเครื่องปั้นดินเผาเป็นดินขาวที่มีส่วนประกอบของอะลูมิเนียมซิลิเคต (Aluminium Silicate) ดินนี้เมื่อผสมน้ำแล้วมีความเหนียวพอขึ้นรูปได้ และเมื่อเผาที่อุณภูมิสูงเกิน 800 องศาเซลเซียส จะแข็งตัวคงรูปอยู่ได้ ดินขาวที่เหมาะสำหรับทำเครื่องปั้นดินเผาในประเทศไทยมีหลายแหล่งทั้งภาคเหนือ ภาคกลาง และภาคใต้ แหล่งที่สำคัญที่สามารถนำมาทำเครื่องสุขภัณฑ์ได้แก่ ลำปาง ระนอง อุตรดิตถ์ นราธิวาส ฯลฯ ดินขาวที่พบตามธรรมชาติจะมีแร่ชนิดอื่นๆ ปะปนอยู่ด้วย ดังนั้นก่อนที่จะนำมาใช้จะต้องมีการล้างและตกแต่งเสียก่อน เพื่อที่จะแยกเอาแร่ธาตุปนเปื้อนต่างๆ ออกโดยเฉพาะแร่เหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11.2. ดินดำ หรือ ดินเหนียว (Ball Clay)

ดินดำ หรือ ดินเหนียว คือดินขาวที่เกิดจากการผุกร่อนของหินที่ถูกน้ำหรือฝนพัดพามาทับถมกันนานๆ จนกลายเป็นดินเหนียว หรือเป็นดินดำ เมื่อนำมาผสมกับวัตถุดิบอื่นๆ ทำให้เกิดความหนียวและขึ้นรูปได้ สำหรับอุตสาหกรรมเซรามิกส์ ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการเผาแล้วควรมีสีขาวหรือขาวอมเทา หากดินดำมีเหล็กออกไซด์ปนอยู่มากต้องนำไปแยกเหล็กออกไซด์ออกเสียก่อน แหล่งดินดำที่สำคัญได้แก่ สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช

2.11.3. หินขี้ยวหนุมาน หรือหินควอตซ์ หรือทรายแก้ว (Silica Sand)

ใช้เป็นส่วนผสมของเนื้อดินและน้ำยาเคลือบเพื่อให้เกิดความแข็งแกร่งและทำให้ผิวเคลือบเป็นมันในการนำมาใช้งานต้องบนให้ละเอียดเสียก่อน แหล่งทรายแก้ว เช่น สงขลา ระยอง ตราด ส่วนแหล่งหินควอตซ์ เช่น จันทบุรี ตราด ราชบุรี

2.11.4. หินฟันม้า (Feldspar)

เป็นสารประกอบของแอลคาไลน์อะลูมิเนียมซิลิเคต (Alkali Aluminium Silicate) ใช้ผสมในเนื้อผลิตภัณฑ์เป็นตัวลดจุดสุกตัวทำให้สุกเร็วขึ้นหรือผสมในน้ำยาเคลือบ (Glaze) เป็นตัวลดจุดหลอมตัวของน้ำยาเคลือบ หินฟันม้าแต่ละแหล่งที่พบจะมีส่วนประกอบทางเคมีไม่เหมือนกัน ปัจจุบันจังหวัดตาก ราชบุรี และกาญจนบุรี เป็นแหล่งผลิตที่สำคัญเนื่องจากผู้ผลิตหินฟันม้าในประเทศ ไม่สามารถควบคุมคุณภาพให้คงที่เป็นไปตามความต้องการของตลาดได้ โรงงานผู้ผลิตเครื่องสุขภัณฑ์ยังต้องนำเข้าหินฟันม้าจากต่างประเทศ เช่นฟินแลนด์ แคนาดา อินเดีย

2.11.5. หินปูน (Lime)

มีอยู่ทุกภาคของประเทศและพบมากที่จังหวัดสระบุรี ราชบุรี นครสวรรค์ ใช้ผสมในน้ำยาเคลือบ ปูนปลาสเตอร์ใช้สำหรับทำแม่แบบและแบบหล่อผลิตภัณฑ์ส่วนวัตถุดิบที่ใช้ผลิตน้ำยาเคลือบได้แก่

1. Sodium Feldspar
2. Potassium Feldspar
3. Stain
4. Sand
5. China Clay
6. Water
7. Dolomite
8. Tin Oxide
9. Talcum
10. Calcium Carbonate
11. Barium Carbonate
12. Calcined Alumina
13. Wollastonite
14. Zinconium

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.12. กรรมวิธีการผลิตเครื่องสุขภัณฑ์ (Sanitary ware Process)

2.12.1 การเตรียมวัตถุดิบ (Slip Making)

การบดทรายแก้วในหม้อบน (Ball Mill) ด้วยวิธีบดเปียก ให้ได้เป็นน้ำทราย และเตรียมน้ำดินเหนียว (Ball Slip) โดยการกวนดินเหนียวกับน้ำ ให้ได้ความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) ที่ต้องการ กรองกากเศษหินและสิ่งเจือปนอื่นๆออก ผสมน้ำดินเหนียว ดินขาว ทรายแก้ว และหินฟันม้าที่บดละเอียดแล้ว ตามอัตราส่วนในถังกวนโดยมีน้ำและสารเคมีที่ช่วยให้วัตถุดิบที่ผสมกระจายตัวและเข้ากัน หลังจากได้น้ำดินหล่อ (Casting Slip) แล้วนำไปผ่านตะแกรงกรองกากออก ผ่านเครื่องแยกสารติดเหล็ก (Ferro Filter) แล้วจึงเก็บไว้ในบ่อพักเพื่อนำไปใช้งานต่อไป

2.12.2. การเตรียมแบบ (Mold Making)

แผนกผลิตแบบ จะเป็นผู้ผลิตแบบหล่อ (Working Mold) ซึ่งจะนำไปใช้ในการหล่อผลิตภัณฑ์ต่อไป แบบหล่อผลิตโดยใช้ปูนปลาสเตอร์ผสมน้ำในอัตราส่วนที่เหมาะสม การควบคุมอัตราส่วนผสมปูนปลาสเตอร์และน้ำทำให้ได้แบบหล่อแข็งแรงและมีการดูดซึมน้ำที่ดี และควบคุมเวลาในการกวนก่อนที่จะเทลงในแบบ (Case Mold) หลังจากส่วนผสม (Plaster Mix) แข็งตัวจึงจะถอดแบบออก แล้วนำแบบหล่อที่ได้เข้าอบจนแห้งดีพร้อมที่จะนำไปใช้งานต่อไป [26]

2.12.3. การหล่อขึ้นรูปเซรามิกส์ (Casting)

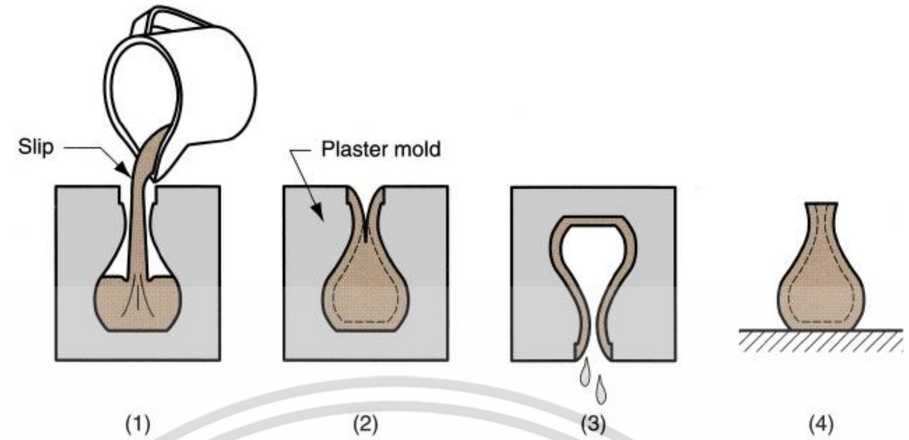
การผลิตเครื่องสุขภัณฑ์ ยุคแรกๆ เนื้อดิน ประกอบด้วยดินที่ผ่านการเผามาแล้ว และดินทนไฟ และมีความพรุนตัวสูง เป็นเหตุให้หาเคลือบที่เหมาะสมได้ยาก เคลือบยุคเดิมจึงรานตัวเสมอ ต่อมาในศตวรรษที่ 20 จึงได้พัฒนาเนื้อผลิตภัณฑ์ให้มีสีขาวและใกล้ที่จะเป็นแก้วมากขึ้น การขึ้นรูปเครื่องสุขภัณฑ์ยุคก่อนใช้มือกดเนื้อดินปั้นลงแบบปลาสเตอร์ จนกระทั่งปี ค.ศ. 1922 การขึ้นรูปโดยการเทแบบจึงได้พัฒนาขึ้นมาทำให้ประหยัดแรงงานไปได้มาก ปี ค.ศ. 1950 ได้พัฒนาการเผาเครื่องสุขภัณฑ์แบบเผาครั้งเดียวขึ้น [27]

2.12.4.การหล่อเครื่องสุขภัณฑ์ (Sanitary ware Casting Slip)

น้ำดิน (Slip) หมายถึงส่วนผสมของน้ำดินกับน้ำในปริมาณที่เหมาะสม คือจำกัดปริมาณของน้ำให้น้อยที่สุด โดยเติมสารเคมีบางชนิดเพื่อช่วยให้ดินประจายตัว ไม่ตกตะกอน และทำให้น้ำดินไหลตัวได้ดี

การหล่อน้ำดิน (Casting) หมายถึง การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ โดยการเทน้ำดินเหลวลงไปในแบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์ เนื้อปูนปลาสเตอร์จะมีรูพรุนเล็กๆ สามารถดูดซึมน้ำได้ดี จนกระทั่งแบบพิมพ์ดูดน้ำออกจากน้ำดินหล่อเกิดการจับตัวแข็งของเนื้อดินด้านในของแม่พิมพ์ จนได้ความหนาตามที่ต้องการจึงเทน้ำดินที่เหลือออกจากแบบพิมพ์

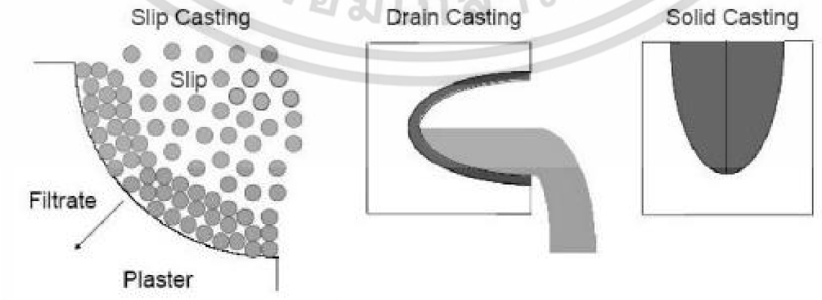
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 ขั้นตอนการหล่อขึ้นรูปโดยการเทน้ำดินที่เหลือทิ้ง Drain Casting

การหล่อน้ำดินมีวิธีการหล่ออยู่ 3 วิธี คือ

1. **การหล่อแบบเทออก (Draining of Hollow Casting)** หรือหล่อ กลวง น้ำดินถูเทลงในแบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์ แล้วทิ้งไว้ระยะเวลาหนึ่ง ให้แม่พิมพ์ดูดน้ำออกจากดินหล่อ เมื่อได้ความหนาตามต้องการ เทน้ำดินที่เหลือออกจากแบบพิมพ์ แสดงรูปที่ 2.10
2. **การหล่อตัน (Solid Casting)** น้ำดินถูกฉีดเข้าไปแม่พิมพ์จนเต็ม ละทิ้งให้แข็งอยู่ในแบบ จะได้รูปร่างของผลิตภัณฑ์เต็มแบบในช่องว่างของแม่พิมพ์ ซึ่งจำกัดเนื้อที่ภายใน หรือความหนา ของเนื้อดิน
3. **การหล่อแบบผสม (Double Casting)** ในบางครั้งมีการหล่อโดยใช้เทคนิคผสมในชิ้นงานเดียวกัน คือคล้ายเทคนิคการหล่อตัน แต่ช่องว่างภายในแม่พิมพ์มีความหนามากกว่า เมื่อเทน้ำดินทิ้งไว้จนได้ความหนาตามต้องการและเทน้ำดินที่เหลือออกจากแบบพิมพ์ เทคนิคผสมนี้นิยมใช้กับการหล่อผลิตภัณฑ์ประเภทอ่างล้างหน้า และเครื่องสุขภัณฑ์ต่างๆ ที่มีขนาดใหญ่ซึ่งต้องการความหนาบางไม่เท่ากัน ผลิตภัณฑ์ขนาดใหญ่มีความแข็งแรงและมีน้ำหนักเบาหลังการขึ้นรูป [28] แสดงรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 การหล่อขึ้นรูปแบบ Drain Casting และการหล่อน้ำดิน แบบ Solid Casting

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการหล่อขึ้นรูปแบบเทน้ำดิน (Drain Casting) เป็นระบบการหล่อขึ้นรูปสุขภัณฑ์แบบดั้งเดิม โดยเน้นการใช้แรงงานพนักงาน ประกอบแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์ และหล่อน้ำดินขึ้นรูปสุขภัณฑ์ วิธีการหล่อ (Slip Casting) โดยใช้วิธีการเทน้ำดินหล่อลงในแบบโมลด์ปูนปลาสเตอร์ ผ่านสายยางหล่อที่ต่อเข้ากับระบบท่อส่งน้ำดินหลัก โดยเทน้ำดินลงบนกรวยหล่อ ซึ่งจะรองรับน้ำดินเข้าแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์ด้านบน น้ำดินจะถูกเติมน้ำดินลงไปในแม่พิมพ์อย่างต่อเนื่องจนเต็มแม่พิมพ์ ส่วนวิธีการหล่อสุขภัณฑ์โดยใช้เครื่องจักร จะทำการเติมน้ำดินเข้าแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์ทางด้านล่าง ด้วยระบบควคุมการเปิด ปิด วาร์ล ส่งน้ำดินอัตโนมัติ ด้วยแรงดันน้ำดินจากถังพักน้ำดิน (Slip Gravity Tank) แสดงรูปที่ 2.12

(a)

(b)

รูปที่ 2.12 (a) แสดงวิธีการหล่อสุขภัณฑ์แบบดั้งเดิม (b) การหล่อสุขภัณฑ์โดยเครื่องจักร

2.12.4.1. ขั้นตอนการถ่ายน้ำดิน (Draining)

ขั้นตอนการถ่ายน้ำดิน เป็นวิธีการเอาน้ำดินที่อยู่ในแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์ที่ไม่ต้องการออกจากแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์ เมื่อได้ความหนาของชั้นดินหล่อตามที่ต้องการแล้ว ผ่านมาจากช่องเดรนน้ำดินหรือช่องถ่ายน้ำดินด้านล่างที่อุดไว้ขณะทำการหล่อ โดยใช้ภาชนะรองรับน้ำดินที่เหลือบริเวณ ด้านล่างของแม่พิมพ์ แล้วนำกลับไปผสมใช้งานใหม่ (Slip return)

2.12.4.2. ขั้นตอนการตัดเจาะรูทางน้ำ (Punching hole)

หลังจากทำการเดรน้ำดินออกจากแม่พิมพ์แล้วทิ้งให้เนื้อดินแข็งตัวในโมลด์ 20 – 30 นาที จึงทำการแกะแม่พิมพ์ออก เพื่อทำการตัดเจาะรูทางน้ำออกตามออกแบบ ขนาดของเกจเจาะรูน้ำ (Puncher Gauge) ที่ส่วนขอบ (Rim Part) และส่วนตัวโถ (Bowl Part) ก่อนทำการต่อประกอบเข้าด้วยกันแสดงรูปที่ 2.13 เพื่อกำหนดปริมาณ และทิศทางการไหลของน้ำจากถังพักน้ำลงโถสุขภัณฑ์ เพื่อสร้างแรงดันน้ำในการชะล้างปฏิกูลออกจากโถสุขภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.13 แสดงวิธีการแกะแม่พิมพ์หลังจากเดรนน้ำดินออก และตัดเจาะส่วนขอบ

2.12.4.3. ขั้นตอนการประกอบชิ้นงานสุขภัณฑ์ (Stick up Rim)

ขั้นตอนการประกอบชิ้นงานสุขภัณฑ์ เป็นขั้นตอนการต่อสุขภัณฑ์ส่วนที่เป็นขอบริม ซึ่งได้ทำการตัดเจาะรูทางน้ำเข้า (Inlet) และรูน้ำออก (Outlet) มาชะล้างตัวโถสุขภัณฑ์ ก่อนทำการต่อขอบริม โดยทำการควบคุมความชื้นของเนื้อดินทั้งสองส่วนให้ใกล้เคียงกัน เพื่อให้เกิดการดึงตัวแตกร้าว ของเนื้อดิน การต่อสุขภัณฑ์จะใช้กาวดิน สติกกี้ (Sticky Clay) หรือ กูอี้ (Gooey) แสดงรูปที่ 2.14 ซึ่งทำมาจากน้ำดินหล่อนำมาปั้นและเติมสารเคมีประเภทเกลือ (แมกนีเซียมคลอไรด์) เพื่อให้น้ำดินจับตัวข้นเหนียวจนมีลักษณะเป็นกาวประสาน

รูปที่ 2.14 ภาพแสดงวิธีการต่อเนื้อดินสุขภัณฑ์ส่วนขอบริมกับตัวโถ

2.12.4.4. ขั้นตอนการถอดชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ (De Molding)

หลังจากแนวต่อขอบริมกับตัวโถให้แข็งตัว (Setting Time) พนักงานทำการเช็ดแต่งผิวชิ้นงานด้านในให้เรียบร้อย และทำปลดล็อคคลายแม่พิมพ์ออก เพื่อทำการถอดชิ้นงานสุขภัณฑ์ออกจากแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์ และนำไปผึ่งให้แข็งตัวบนชั้นวาง และทำการตกแต่งชิ้นงานให้เรียบร้อยต่อไป แสดงรูปที่ 2.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.15 ภาพแสดงวิธีการถอดชิ้นงานสุขภัณฑ์ออกจากแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์

2.12.5. การอบแห้งชิ้นงานดิน (Clay Drying)

การอบแห้งเป็นกระบวนการที่มีความสำคัญในการผลิตเซรามิกส์ ผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นรูปเสร็จแล้วต้องรอให้แห้งสนิทก่อนนำไปเผา การรอให้แห้งนั้นเสียเวลานาน จึงต้องมีห้องอบแห้งผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นรูปเสร็จเรียบร้อยแล้วโดยใช้ลม ความชื้น และอุณหภูมิช่วยในการอบแห้งให้สม่ำเสมอ การอบแห้งมักจะมีปัญหากับเนื้อดินที่มีความหดตัวสูง จากเนื้อดินเปียกเป็นแห้งซึ่งทำให้เกิดปัญหาการบิดงอแตกร้าวของชิ้นงานผลิตภัณฑ์ [28]

2.12.6. การตรวจสอบชิ้นงานดิน (Clay Inspection)

ชิ้นงานที่ผ่านการอบแห้งแล้วจากแผนกหล่อจะได้รับการตรวจสอบความเรียบร้อย ก่อนนำไปพ่นน้ำยาเคลือบ โดยตรวจสอบหารอยแตกร้าว อาศัยการสังเกตการณ์ดูดซึมของน้ำมันก๊าด นั้นคือ ส่วนรอยแตกจะดูดซึมน้ำมันได้มากจนเห็นเป็นรอยชัดเจน ส่วนผลิตภัณฑ์ที่มีตำหนิจะถูกคัดแยกและนำไปบดผสมกับวัตถุดิบอื่น เพื่อนำกลับไปผลิตเป็นน้ำดินหล่อสุขภัณฑ์ได้อีก ส่วนผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการตรวจสอบจะต้องทำการเช็ดตกแต่ง และเอาฝุ่นที่ผิวออกให้หมดก่อนการพ่นน้ำยาเคลือบ

2.12.7 การเตรียมน้ำยาเคลือบ (Glaze Preparation)

วัตถุดิบที่ใช้สำหรับผสมเป็นน้ำยาเคลือบได้แก่ ทรายแก้ว หินฟันม้า หินปูน สารทึบแสง ดินขาว น้ำ และสีสำเร็จ (Stain) ต่างๆ ชั่งวัตถุดิบดังกล่าวตามอัตราส่วนผสมลงในหม้อบดซึ่งจะทำหน้าที่บดและผสมไปพร้อมกัน เมื่อได้ความละเอียดเท่าที่กำหนด ก็จ่ายน้ำยาเคลือบเพื่อผ่านตะแกรงกรองและเครื่องแยกสารติดแม่เหล็ก แล้วเก็บไว้ในถุง หลังจากตรวจสอบคุณภาพของน้ำยาเคลือบดีแล้ว จึงจะนำไปใช้ในแผนกพ่นเคลือบ (Spray) ต่อไป แสดงในรูปที่ 2.16 (a) และ (b)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(a) (b)

รูปที่ 2.16 (a) หม้อบดผสมน้ำเคลือบ Ball Mill รูป (b) ถังพักน้ำเคลือบแบบใช้เครื่องกวนผสม

2.12.7. การพ่นเคลือบ (Spraying)

รูปที่ 2.17 แสดงการพ่นเคลือบชิ้นงานด้วยน้ำเคลือบสีต่างๆ ตามแผนการผลิต ด้วยปืนพ่นเคลือบ (Spray Gun) และแรงดันลมให้น้ำยาเคลือบกระจายเป็นฝอย โดยควบคุมความหนาของน้ำยาเคลือบที่เกาะคลุมผลิตภัณฑ์ให้เหมาะสม หลังจากนั้นจะตีตรา (Badging) ผลิตภัณฑ์ที่พ่นเคลือบเรียบร้อยแล้ว ก่อนนำชิ้นงานไปเผาให้สุกตัว

รูปที่ 2.17 วิธีการพ่นเคลือบ Glaze Spray โดยใช้ปืนพ่นเคลือบ

2.12.8. การเผา (Firing)

ผลิตภัณฑ์ที่พ่นเคลือบแล้วจะนำมาเผาให้สุกตัว ผ่านอุณภูมิสูงสุดประมาณ 1,200 องศาเซลเซียส นานประมาณ 9 ถึง 16 ชั่วโมง เนื้อผลิตภัณฑ์จะสุกพร้อมกับเคลือบที่หลอมละลาย ได้ผิวที่เป็นมันวาวสม่ำเสมอ และทำให้เย็นตัวลงในช่วงท้ายเตา จนออกมาจากเตาแสดง รูปที่ 2.18 จะได้ ผลิตภัณฑ์ที่สุกตัวทั้งเนื้อและเคลือบ ในการเผา ต้องควบคุมอุณหภูมิอย่างละเอียดทุกจุดตลอดความยาวของเตา มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การบังคับให้ความร้อนกระจายสม่ำเสมอตามที่ต้องการ และควบคุมบรรยากาศภายในเตาให้เกิดการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์หลังจากการเผาแล้วจะส่งผลิตภัณฑ์ให้แผนกตรวจสอบคุณภาพต่อไป ในกรณีที่พบตำหนิเล็กๆบนสุขภัณฑ์ จะส่งไปเผาซ่อม (Re Fire) ที่เตาซ่อม โดยใช้อุณหภูมิประมาณ 1,150 องศาเซลเซียส นานประมาณ 16 ถึง 24 ชั่วโมง

รูปที่ 2.18 แสดงขั้นตอนการเผาสุขภัณฑ์ โดยใช้เตาเผาอุโมงค์ Turnal Kiln

2.12.9. การตรวจสอบผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป (Glost Inspection)

ผลิตภัณฑ์ที่เผาแล้วทุกชิ้นจะต้องผ่านการตรวจสอบคุณภาพลักษณะทั่วไป มิติ และคุณสมบัติการใช้งาน เช่น การตรวจสอบการชะล้าง (Flushing Test) การทดสอบการรั่ว (Leak Test) ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการตรวจสอบแล้วจะส่งไปบรรจุเพื่อเตรียมการจัดส่งต่อไป ส่วนผลิตภัณฑ์ที่แตกหรือเสียหายไม่สามารถใช้งาน จะนำไปทุบทำลายทิ้ง หรือนำไปบดกลับมาใช้ใหม่ (Recycle)[18]

2.13 ตำหนิและสาเหตุความบกพร่องของสุขภัณฑ์เซรามิกส์

ข้อบกพร่อง (Defect) หรือรอยตำหนิ หมายถึง สภาพของหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ไม่ป็นไปตามที่เจตนาไว้หรือ ความต้องการที่ระบุไว้ (Nonconformance of the Unit of Product) ผลิตภัณฑ์บกพร่อง (Defective) หรือของเสีย หมายถึง หน่วยของผลิตภัณฑ์ที่มีข้อบกพร่องอย่างน้อยหนึ่งข้อ ในการกำหนดถึงปริมาณของผลิตภัณฑ์บกพร่อง มาตรฐาน MIL-STD-105 E กำหนดให้อยู่ในรูปของค่าร้อยละผลิตภัณฑ์บกพร่อง (Percent Defective) ซึ่งหมายถึง ค่าร้อยละของจำนวนผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อจำนวนหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ทำการตรวจสอบ[29] ดังนี้

$$\text{ค่าร้อยละผลิตภัณฑ์บกพร่อง} = \frac{\text{จำนวนผลิตภัณฑ์บกพร่อง}}{\text{จำนวนหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ทำการตรวจสอบ}} \times 100 \qquad (1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Rajendra Khavekar และคณะ ได้อธิบายความหมาย การเลือกลักษณะคุณภาพหรือการตอบสนองต่อการทดลอง (Response for the Experiment) คือ การตอบสนองที่เลือกสำหรับการทดลอง เป็นเปอร์เซ็นต์ที่มีข้อบกพร่องในการระบุปัญหาที่เกิดขึ้น เนื่องจากการหดตัวไม่ได้ ส่งผลให้กับลักษณะความสวยงามของผลิตภัณฑ์

2.13.1. การโค้งงอของผลิตภัณฑ์ (Warpage)

ปัญหาการโค้งงอของผลิตภัณฑ์เซรามิกส์เป็นปัญหาใหญ่ เกิดขึ้นตลอดเวลาโดยไม่มีสาเหตุหรือปรากฏการณ์ให้เห็น

2.13.1.1. การโค้งงอของผลิตภัณฑ์ระหว่างการอบแห้ง

มีสาเหตุมาจากความสม่ำเสมอของความชื้นในเนื้อผลิตภัณฑ์ เช่น การอัดแผ่นกระเบื้องบนแบบปลาสเตอร์ เมื่อผ่านกระเบื้องแห้งด้านที่ชื้นมากกว่าจะหดตัวมากกว่าด้านที่แห้ง ดังนั้นกระเบื้องจะโค้งงอเป็นส่วนวงกลม

การแยกตัวของส่วนผสมบางตัวก็เป็นสาเหตุหนึ่งในการทำให้ผลิตภัณฑ์โค้งงอ แต่สาเหตุนี้ไม่ใช่สาเหตุที่เกิดขึ้นง่าย เพราะเนื้อดินปั้นที่เป็นผงละเอียด การแยกตัวจากกันจะเกิดขึ้นได้ยาก อีกสาเหตุหนึ่งที่เห็นได้ง่ายที่ทำให้เกิดการโค้งงอคือ การเรียงตัวของอนุภาคของวัตถุดิบไม่สม่ำเสมอ สาเหตุนี้เกิดได้ทั้งการขึ้นรูปโดยการอัดผ่านหัวแบบ การเทแบบ ความหนาแน่นไม่สม่ำเสมอ ก็เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดการโค้งงอ และมักจะเกิดขึ้นเสมอในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โดยการอัดผงเนื้อดินซึ่งมีความชื้นระหว่าง 5-10% การอบแห้งไม่สม่ำเสมอ ของแผ่นกระเบื้องด้านหนึ่งแห้งเร็วกว่าอีกด้านหนึ่งจะเกิดการโค้งงอขึ้นด้านที่แห้งเร็วกว่า เนื่องจากความแตกต่างของความชื้นในเนื้อผลิตภัณฑ์

2.13.1.2 การโค้งงอของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเผา

ความหนาแน่นของเนื้อผลิตภัณฑ์ดิบ ไม่สม่ำเสมอเป็นสาเหตุทำให้เกิดการโค้งงอระหว่างทำการเผา มีหลายสาเหตุที่ทำให้ความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์ดิบไม่สม่ำเสมอ ปกติการหดตัวหลังการเผาเปลี่ยนแปลงไปตามความหนาแน่น ถ้าเนื้อผลิตภัณฑ์ที่เผาเกิดเนื้อแก้วมาก บริเวณของผลิตภัณฑ์ที่มีความหนาแน่นมีมากกว่าเนื้อผลิตภัณฑ์ที่ทำการเผาเกิดเนื้อแก้วน้อย บริเวณที่มีความหนาแน่นมากจะหดตัว
การแยกตัวของส่วนผสมในเนื้อดิน ก็เป็นสาเหตุทำให้เกิดการโค้งงอระหว่างทำการเผา เพราะตรงบริเวณที่มากกว่า เนื่องจากตรงบริเวณที่มีความหนาแน่นมากเกิดการหดตัวไม่เท่ากันจึงเป็นสาเหตุการเกิดโค้งงอไม่มีความเหนียวหนาแน่นมากกว่าจะหดตัวน้อยกว่า สภาวะเช่นนี้อาจเกิดขึ้นได้ในกรณีการขึ้นรูปโดยการเทแบบด้วยน้ำดินที่มีวัตถุที่ไม่มีความเหนียวผสมอยู่ปริมาณค่อนข้างมาก และทำให้เกิดการกระจายลอยตัวในน้ำดินไม่เหมาะสม ปล่อยให้เกิดการแยกตัวและจมตัวลง ความไม่สม่ำเสมอของอุณภูมิระหว่างการเผาและน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ก็เป็นสาเหตุทำให้ผลิตภัณฑ์โค้งงอได้ ตลอดจนแรงเสียดทานที่ก้นผลิตภัณฑ์ ก็เป็นส่วนทำให้เกิดการโค้งงอได้ [27]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.13.2. การแตกร้าวของผลิตภัณฑ์ (Cracking)

การแตกร้าวของผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ เมื่อผลิตภัณฑ์โค้งงอมากๆก็จะเป็นสเหตุให้ผลิตภัณฑ์แตกร้าวได้ [17] การหดตัวของดินมีความสำคัญต่อผลิตภัณฑ์เซรามิกส์อย่างยิ่ง เพราะถ้าดินหดตัวมาก จะทำให้ผลิตภัณฑ์แตกร้าวได้ง่าย หรือทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีขนาดไม่ตรงตามความต้องการ สาเหตุสำคัญของการหดตัว เนื่องจากน้ำที่ผสมในน้ำดินจะระเหยออกไป เนื้อดินจึงหดตัวแทนที่ ถ้าการระเหยของน้ำเร็วการหดตัวของดินย่อมมาด้วย การหดตัวของดินเกิดขึ้นได้ 2 ระยะ คือ ระยะการหดตัวเมื่อแห้ง (Drying Shrinkage) และระยะการหดตัวเมื่อเผา (Firing Shrinkage) [29]

สาเหตุของการร้าวในผลิตภัณฑ์มีได้ตลอดกระบวนการตั้งแต่วัตถุดิบจนกระทั่งถึงการเผา โดยอาจแบ่งตำหนิแตกร้าวได้เป็น 2 ลักษณะใหญ่ๆคือ ร้าวก่อนเผา และร้าวหลังเผา (ช่วง Cooling) ซึ่งลักษณะแผลของรอยร้าวที่เกิดก็จะแตกต่างกันไป ร้าวก่อนเผานั้นตรงบริเวณรอยร้าวจะมีความมนมากกว่า เนื่องจากเมื่อเกิดรอยร้าวนั้นผลิตภัณฑ์ยังไม่ได้เผา เมื่อผ่านอุณหภูมิสูงทั้งเคลือบและเนื้อดินจะเกิดการหลอมตัวทำให้แผลของรอยร้าวจะไม่คมมากนัก ผิดกับรอยร้าวที่เกิดขึ้นหลังจากผ่านช่วงอุณหภูมิสูงสุดไปแล้ว เมื่อเย็นตัวและมีการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างทำให้เกิดรอยร้าวซึ่งรอยร้าวเช่นนี้จะมีความคมมาก ดังนั้นจึงสังเกตได้อย่างง่ายดายระหว่างร้าวก่อนเผากับร้าวหลังเผาปัญหาร้าวก่อนเผานั้น อาจเกิดได้ตั้งแต่การเตรียมเนื้อดิน, การขึ้นรูป, การอบแห้ง, การเคลื่อนที่ในระหว่างการเคลือบ หรือในช่วง Pre heating ของการเผา

สำหรับปัญหาแตกร้าวหลังเผาในช่วง Cooling นั้นเกิดจากการเผาที่เร็วเกินไป โดยเฉพาะในช่วง Quartz inversion สาเหตุของการเกิดปัญหาแตกร้าวนั้นเกิดจากค่าแรงเค้น (Stress) ที่เกิดขึ้นในเนื้อผลิตภัณฑ์มีค่ามากกว่าค่าความแข็งแรง (Strength) ของผลิตภัณฑ์ เมื่อความเค้นที่มากระทำมีค่ามากกว่าความแข็งแรงของเนื้อผลิตภัณฑ์ที่จะต้านทานไว้ได้ รอยร้าวก็จะเกิดขึ้นไม่ว่าจะเป็นแรงเค้นจากภายในหรือภายนอกก็ตาม

แรงเค้น (Stress) คือแรงที่กระทำต่อหน่วยพื้นที่หน้าตัดที่ถูกแรงกระทำ ในผลิตภัณฑ์เซรามิกส์สามารถเกิดได้ทั้ง Tensile Stress, Compressive stress, Shear Stress ซึ่งค่า Stress เหล่านี้เกิดได้ทั้งที่เป็นแรงเค้นภายนอก (External Mechanical Stress) ซึ่งได้แก่ แรงที่มากระทำต่างๆกับผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ เช่นการกระแทก การเคลื่อนที่ การยก ย้ายที่ไม่ระวัง

2.13.2.1. สาเหตุของการร้าวจากวัตถุดิบ

วัตถุดิบที่นำมาทำเซรามิกส์สามารถแบ่งได้เป็นพวกที่มีความเหนียว (Plastic Materials) และพวกที่ไม่มีความเหนียว (Non Plastic Materials) ในการทำเนื้อดินที่ดีนั้นจะต้องมีสัดส่วนของทั้งสองในปริมาณที่เหมาะสมกับกระบวนการขึ้นรูปและคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์หลังเผา โดยประเภท Plastic materials นั้นจำเป็นจะต้องมีการตรวจสอบคุณสมบัติต่างๆ ก่อนนำมาใช้งานให้ดีเพราะการเปลี่ยนแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของคุณสมบัติเหล่านี้จะทำให้เกิดปัญหาร้าวในผลิตภัณฑ์ดิบได้ คุณสมบัติเหล่านี้ได้แก่ เปอร์เซ็นต์การหดตัว (Shrinkage) ทั้งการหดตัวหลังอบแห้ง (Dry shrinkage) และการหดตัวหลังเผา (Fire Shrinkage) ความแข็งแรง (Green, Dry, Fire strength) เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ (Water Absorption) ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อน (Thermal expansion coefficient C.O.E) เปอร์เซ็นต์กากค้างตะแกรง (%Residue) ขนาดอนุภาควัตถุดิบ(Particle size & Particle size Distribution) ความเหนียว (Plasticity) การไหลตัว (Rheology) พื้นที่ผิวของอนุภาคของดิน (MBI-Methylene blue index) ปริมาณสารอินทรีย์ในดิน (Black core)

12.3.2.2 สาเหตุของการร้าวจากสูตรเนื้อดิน

สาเหตุการร้าวจากสูตรของเนื้อดินนั้นมาจากการที่นักเซรามิกส์ที่เป็นผู้กำหนดสูตรเนื้อดินนั้นอาจไม่ได้คำนึงถึงความแข็งแรงของชิ้นงานดิบและชิ้นงานหลังอบแห้ง ซึ่งความแข็งแรงนี้จะขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่เลือกนำมาใช้ในสูตรให้เหมาะสมกับกระบวนการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ด้วย ซึ่งถ้าสูตรผิดพลาดตั้งแต่แรก โอกาสที่จะทำให้เกิดปัญหาเรื่องร้าวก็จะมีมากขึ้นได้ โดยในสูตรต้องกำหนดให้มีสัดส่วนของ Plastic materials และ Non plastic materials อย่างเหมาะสม

12.3.2.3. สาเหตุของการร้าวจากการเตรียมวัตถุดิบ

หลังจากที่ได้สูตรเนื้อดินที่ดีแล้ว มีการตรวจรับวัตถุดิบที่ดีแล้ว ในขั้นตอนของการเตรียมเนื้อดินก็เป็นเรื่องที่สำคัญในการป้องกันไม่ให้เกิดปัญหาร้าวที่ผลิตภัณฑ์ โดยการเตรียมเนื้อดินแบบเปียกที่มีการเตรียมน้ำดินแยกส่วนระหว่างประเภท Plastic กับ Non Plastic ก็ต้องมีการตรวจสอบสัดส่วนของทั้งสองให้ดีก่อนนำมาผสมกันเพราะถ้าสัดส่วนไม่ได้ก็หมายถึงสูตรผิดไปด้วย ในการบดแบบต่อเนื่องนั้นเรื่องการ (Calibration Batching Scale) เป็นเรื่องที่สำคัญมากต้องมีกำหนดระยะเวลาในการ Calibration อย่างสม่ำเสมอเพื่อที่น้ำหนักวัตถุดิบที่เติมลงไปใน (Continuous Mill) จะได้สม่ำเสมอ

12.3.2.4. การขึ้นรูปด้วยการเทแบบ

การขึ้นรูปโดยการเทแบบนั้น การไหลตัวของน้ำดิน ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำดินส่วนประกอบของวัตถุดิบที่ใช้ในสูตรเป็นเรื่องที่สำคัญที่จะต้องควบคุมคุณภาพเพื่อให้ชิ้นงานดิบมีปัญหาน้อยที่สุด การควบคุมคุณภาพของการขึ้นรูปแบบเทแบบเพื่อลดปัญหาเรื่องร้าวจากการเทแบบจะต้องควบคุมคุณภาพดังต่อไปนี้ ไหลของวัสดุ Rheology (Thixotropy , Viscosity) ค่าความถ่วงจำเพาะ (Density) อัตราการหล่อ (Casting Rate) ความหนาของชิ้นงานหล่อ เวลาในการแกะแบบ การทำแบบพิมพ์ การตกแต่งผลิตภัณฑ์ดิบ วิธีการเคลื่อนย้ายผลิตภัณฑ์ดิบ การอบแห้งผลิตภัณฑ์ Design ของ Mould แสดงรูปที่ 2.19 (a) และ (b)

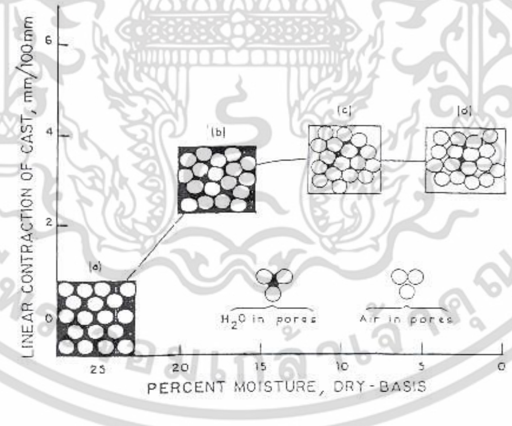
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(a) (b)

รูปที่ 2.19 (a) ปัญหาร้าวจากการออกแบบMold (b) ปัญหาร้าวจากการตากแห้ง

12.3.2.5. สาเหตุของการร้าวจากการอบแห้ง

การควบคุมคุณภาพของการอบแห้งเพื่อลดปัญหาเรื่องร้าว ปริมาณความชื้นในเนื้อดิน อุณหภูมิในการอบแห้ง เวลาในการอบแห้ง ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศหรือภายในเตาอบความเร็วลมภายในเตาอบ ค่าความแตกต่างของ %การหดตัวในตำแหน่งต่างๆของชิ้นงานเปอร์เซ็นต์ความชื้นคงเหลือหลังออกจากเตาอบ



รูปที่ 2.20 แสดงน้ำที่ทำให้เกิดการหดตัวในรูพรุนของดิน

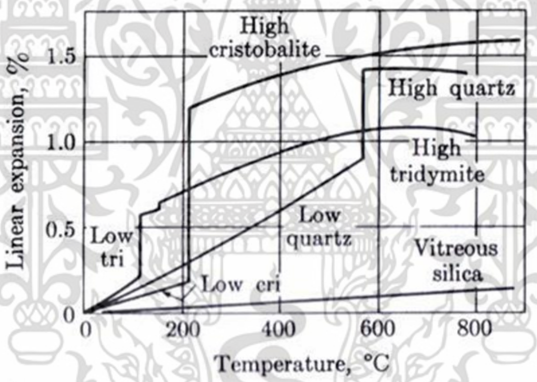
จากรูปที่ 2.20 จะเห็นว่าในช่วงแรกของการอบแห้งนั้นความชื้นที่ใส่เข้าไป เพื่อใช้ในการขึ้นรูปจะมีปริมาณมาก ล้อมรอบอยู่ที่ผิวของอนุภาคของเนื้อดิน เมื่อเริ่มให้ความร้อนน้ำในส่วนนี้จะออกไปจากผลิตภัณฑ์ก่อนทำให้ผลิตภัณฑ์มีการหดตัวสูงมาก ดังนั้นในขั้นตอนนี้ของการอบแห้ง จะต้องระวังช่วงการเพิ่มอุณหภูมิให้ดี มิฉะนั้นจะเกิดการร้าวได้ โดยปกติแล้วในการอบช่วงต้นจะไม่เพิ่มอุณหภูมิให้สูง แต่จะใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพัดพาของกระแสลมภายในเตาอบ และคุมค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศให้อยู่ในค่าสูงไว้เพื่อที่น้ำในผลิตภัณฑ์จะได้ไม่ออกเร็วเกินไป หลังจากที่น้ำภายในลดลงไปจนเหลือเฉพาะน้ำที่ผิวของอนุภาคแล้วการหดตัวของผลิตภัณฑ์จะลดลงมาก หลังจากนั้นเราจะสามารถเพิ่มอุณหภูมิในการอบได้เพื่อให้การอบถึงจุดที่สมบูรณ์ที่สุด คือเหลือน้ำอยู่ภายในน้อยที่สุด นอกจากนี้ในระหว่างการอบจะต้องคำนึงถึง %การหดตัวของผลิตภัณฑ์ในทิศทางต่างๆด้วยเพราะถ้าขึ้นรูปในรูปทรงที่ซับซ้อน ความหนาแน่นในแต่ละบริเวณอาจมีค่าแตกต่างกัน เมื่อเริ่มหดตัวจะทำให้มีค่าที่แตกต่างกันไปจนเกิดการดึงรั้งกันจนเป็นสาเหตุทำให้เกิดปัญหาร้าวได้ ดังนั้นในผลิตภัณฑ์ที่มีความซับซ้อนของแบบ เช่นสุขภัณฑ์หรือลูกถ้วยไฟฟ้า ในการออกแบบ Curve ของการอบแห้งจะต้องคำนึงถึงเรื่องดังกล่าวด้วย

12.3.2.6. สาเหตุของการร้าวจากการเผา

การควบคุมคุณภาพของการเผาเพื่อลดปัญหาเรื่องร้าว ปริมาณความชื้นในชิ้นงานก่อนเผา Firing curve ในการเผา เวลาในการเผา ความหนาของชิ้นงาน ปัจจัยการเกิดร้าวในช่วงการเผา ช่วงอุณหภูมิที่สำคัญที่เกิดการแปรรูปผลึกของ Silica



รูปที่ 2.21 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงขนาดของ Silica ในรูปผลึกต่างๆ

จากรูปที่ 2.21 จะเห็นได้ว่าถ้าในเนื้อดินมี Tridymite หรือ Cristobalite อยู่จะทำให้เกิดร้าวหลังเผาได้อย่างมากเพราะอุณหภูมิ ทั้งสองตัวนี้เปลี่ยนโครงสร้างจะเป็นอุณหภูมิที่ต่ำจนบางครั้งไม่ได้ควบคุมไปแล้วก็ได้ จากกราฟจะเห็นได้ว่าที่ High Cristobalite เปลี่ยนกลับมาเป็น Cristobalite นั้นจะมีการเปลี่ยนแปลงของปริมาตรมากกว่าการที่ B-Quartz เปลี่ยนกลับมาเป็น A-Quartz [19]

2.14 สรุปสาระสำคัญท้ายบท

ซิกส์ซิกม่า คือ แนวทางการพัฒนาองค์กรที่มีประสิทธิภาพสูง ซึ่งหลายองค์กรที่นำไปใช้ได้พิสูจน์แล้วว่าสามารถเพิ่มขีดความสามารถของกระบวนการการทางด้านธุรกิจได้เป็นอย่างดีด้วยเป้าหมาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ท้าทาย กระบวนการ DMAIC มุ่งเน้นที่การแก้ปัญหาในกระบวนการเป็นหลัก โดยผู้ที่เกี่ยวข้องและมีบทบาทสำคัญ จะดำเนินงานตามแนวทางของ DMAIC ปัจจุบันเทคนิคของ Six Sigma ไม่ได้จำกัดการประยุกต์ใช้เฉพาะกับบริษัทขนาดใหญ่อย่าง Motorola หรือ GE เท่านั้น อย่างไรก็ตามเทคนิคนี้ถูกนำไปประยุกต์ใช้กับภาคธุรกิจต่าง ๆ มากมายไม่ว่าจะเป็น SMEs องค์กรขนาดใหญ่ กระบวนการผลิตตลอดจนงานบริการ โดยมีลักษณะการประยุกต์ใช้ที่แตกต่างกันบ้างเล็กน้อยตามรูปแบบของธุรกิจ

เทคนิคไชนินว่าเป็นวิธีการที่ง่ายแต่เป็นเทคนิคที่มีประสิทธิภาพ ถูกคิดค้นโดย โดเรียน ไชนินตัวแปรที่ส่งผลต่อความผันแปรของกระบวนการผลิตของไชนินมีเพียง 3 สาเหตุหลักที่มีความสำคัญ เป็นสาเหตุของการผันแปร ซึ่งเรียกว่า “Red X” ส่วนอีก2 สาเหตุอื่นนั้นเรียกว่า “Prink X” และ “Pale Prink X” โดยเครื่องมือการออกแบบการทดลองไชนิน ที่เป็นพื้นฐานใช้งานโดยทั่วไปในการกำจัดข้อสงสัยและตัวแปรในกระบวนการ ได้แก่

1. แผนภูมิหลายตัวแปร (Multi-Vari Analysis)
2. การจับคู่เปรียบเทียบ (Paired Comparison)
3. การค้นหาชิ้นส่วน (Product Search)
4. การค้นหาตัวแปร (Variable Search)
5. แฟคทอเรียลแบบเต็มรูปแบบ (Full Factorials)
6. การวิเคราะห์ B เทียบกับ C: กระบวนการดีกว่าเทียบกับกระบวนการปัจจุบัน
 B vs. C (Better vs. Current Analysis)
7. แผนภูมิการกระจาย (Scatter Plots or Realistic Tolerance Parallelogram Plots)

แนวทางการประยุกต์ใช้เครื่องมือของไชนินในกรอบกระบวนการตามกรอบแนวคิด DMAIC ของซิกส์ซิกม่าซึ่งมีความซับซ้อน และมีขั้นตอนในการดำเนินการที่ใช้เวลานานในการค้นหาตัวแปร เครื่องมือไชนินนี้ จะช่วยให้พนักงานสามารถทำการวิเคราะห์ ค้นหาปัญหา และดำเนินการร่วมกันกับหัวหน้างาน วิศวกรผู้ควบคุมการผลิต ทั้งนี้ยังสามารถเชื่อมโยงถึงหน่วยงานต่างๆที่เกี่ยวข้องกับสายการผลิตมีส่วนร่วมในการปรับปรุงงานเพื่อลดความสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาถึงแนวทางดำเนินการ ค้นหาตัวแปรที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของการผลิตโดยใช้เครื่องมือของไชนิน และลดความสูญเสียจากการผลิตตามกระบวนการ DMAIC ของซิกส์ซิกม่า (Six Sigma) กรณีศึกษาในอุตสาหกรรมผลิตเครื่องสุขภัณฑ์ (Sanitary Ware) โดยศึกษาถึงปัจจัยการเกิดของเสียที่มาจากกระบวนการผลิต เนื่องจากการผลิตที่ผิดพลาดหรือไม่เป็นไปตามข้อกำหนดในสายการผลิต โดยการนำทฤษฎีการบริหารคุณภาพ ด้วยหลักการ DMAIC มาปรับใช้โดยนำเอาหลักการในเรื่องของการลดความผันแปรในกระบวนการผลิต มาประยุกต์ใช้ในการลดการสูญเสีย (Waste) การตอบสนองความพึงพอใจของลูกค้า และช่วยลดต้นทุนภายในองค์กรได้ อย่างมีประสิทธิภาพ

จากแนวทางการดำเนินการเพื่อค้นหาตัวแปรหลักหรือความบกพร่อง ที่ทำให้เกิดของเสียทิ้งของสุขภัณฑ์ประเภทโถนั่งราบชนิดแขวนผนัง หลังเผารุ่น AC19 เท่านั้น แล้วนำมาวิเคราะห์และทำการปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์ให้ดีขึ้น ซึ่งผลลัทธ์ที่ได้จากการดำเนินการวิจัย และปรับปรุงกระบวนการจะใช้เป็นแนวทางปฏิบัติในการดำเนินการของพนักงานผลิต และหัวหน้างาน ในการควบคุมกระบวนการผลิตในโรงงานตัวอย่างศึกษา

3.1 ขั้นตอนกระบวนการผลิตเครื่องสุขภัณฑ์ชนิดโถนั่งราบชนิดแขวนผนัง

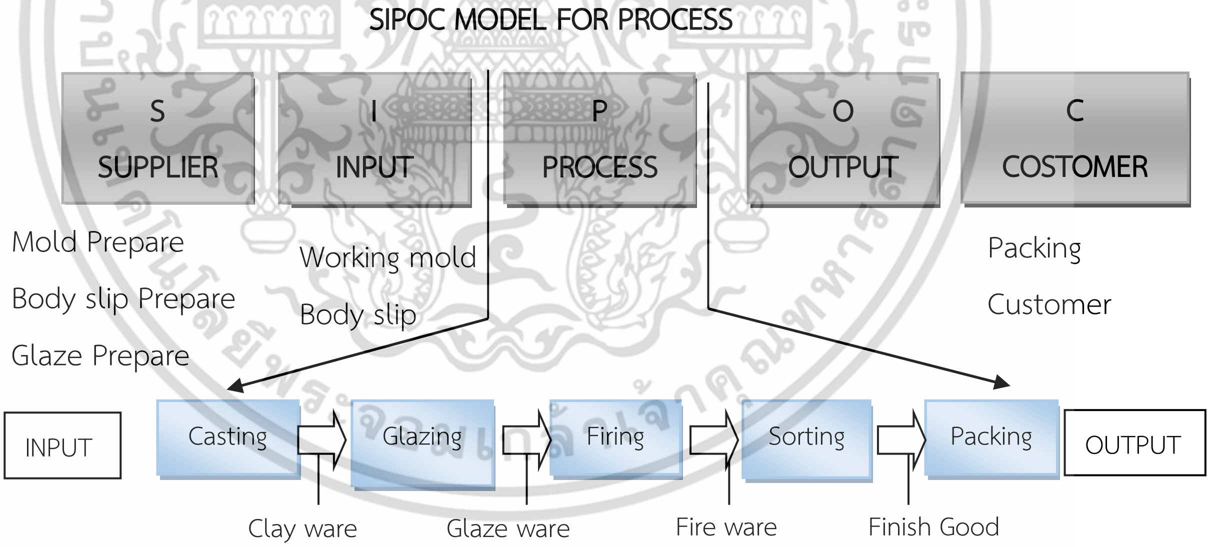
ในการดำเนินการวิจัยจำเป็นต้องทำการศึกษากระบวนการผลิตเครื่องสุขภัณฑ์เซรามิกส์รุ่น AC 19 เพื่อให้ทราบถึงกระบวนการ และขั้นตอนต่างๆ ที่เกี่ยวข้องและยังช่วยในการค้นหาเบาะแสที่เกิดขึ้นตลอดจนเข้าใจถึงรากเหง้าที่แท้ของปัญหา เพื่อนำมาวิเคราะห์เป็นแนวทางปรับปรุงแก้ไข ในกระบวนการผลิตเครื่องสุขภัณฑ์ประกอบไปด้วยกระบวนการดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 การวิเคราะห์ตั้งแต่ผู้ส่งมอบ ปัจจัยนำเข้าไป จนถึงลูกค้า

Suppliers	Input	Process	Output	Customer
แผนกเตรียมโมลด์ แผนกเตรียมน้ำดิน แผนกเตรียมน้ำยาเคลือบ	แบบหล่อ Working Mold น้ำดินหล่อ Body Slip น้ำเคลือบ Glaze Slip	การรหล่อ Casting การพ่นเคลือบ Glazing การเผา Firing การตรวจ Sorting การบรรจุ Packing	สุขภัณฑ์ที่ได้คุณภาพ	บริษัทผู้รับเหมาสร้างบ้าน บริษัทจำหน่ายสุขภัณฑ์ทั้งในและนอกประเทศ

จากตารางที่ 3.1 ทำให้เข้าใจกระบวนการผลิตเครื่องสุขภัณฑ์โดยรวมซึ่งมีระดับความสำคัญของส่วนที่มีผลต่อกระบวนการ และผลิตภัณฑ์ทั้งหมดของโรงงานตัวอย่าง ทำให้สามารถประเมินผลประโยชน์ของโครงการได้อย่างละเอียดเพิ่มขึ้น



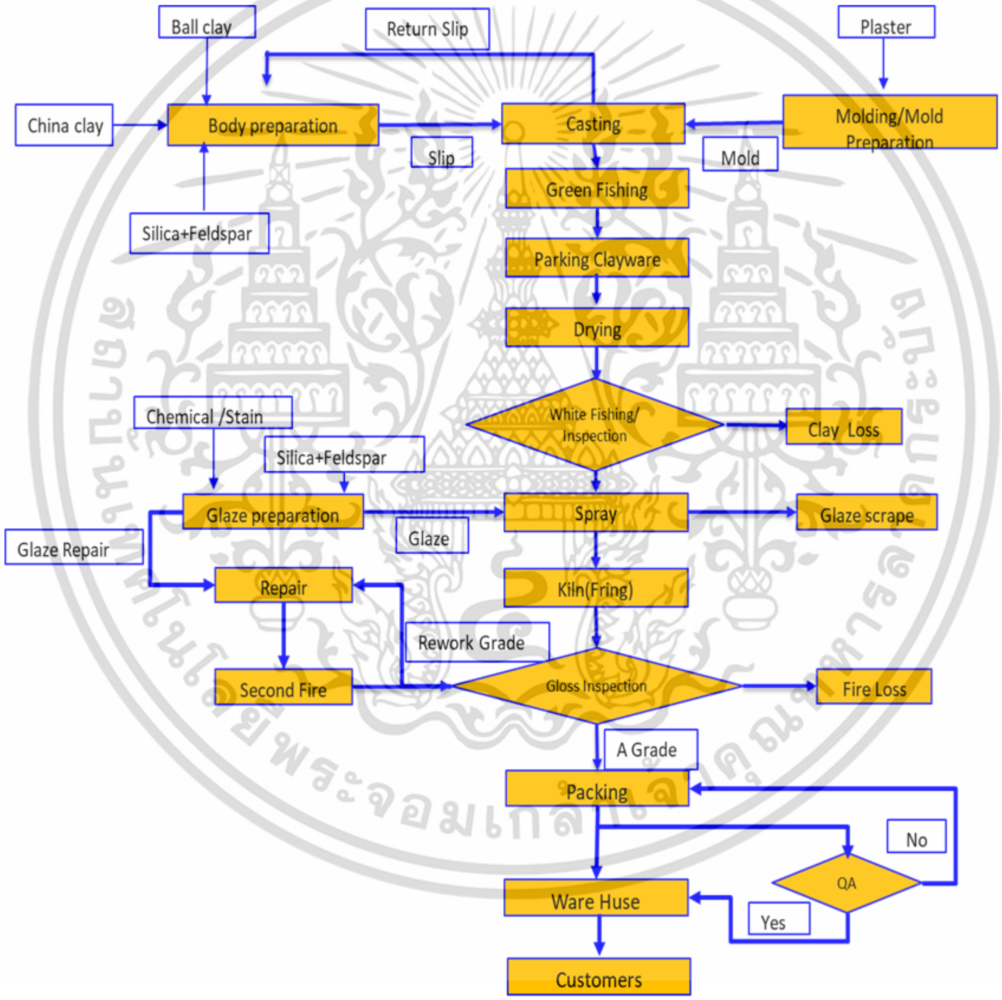
รูปที่ 3.1 แสดง SIPOC ของกระบวนการผลิตเครื่องสุขภัณฑ์ของโรงงานตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1 การวิเคราะห์โดยใช้แผนผังการไหลของกระบวนการ (Process Mapping)

เมื่อทำการศึกษาทำความเข้าใจกระบวนการโดยรวมของโรงงานตัวอย่างและส่วนที่มีผลกระทบต่อกระบวนการผลิตเครื่องสุขภัณฑ์แล้วทำการสร้างแผนผังการไหลของกระบวนการ (Process Mapping) เพื่อให้ได้รายละเอียดที่สำคัญครบถ้วนของกระบวนการผลิตโดยแผนภาพการไหลที่สร้างขึ้นจะต้องสามารถแสดงให้เห็นที่มาของความสูญเสียในกระบวนการ (Process Loss) ซึ่งสิ่งนี้ส่งผลให้สูญเสียเวลา เงิน ทรัพยากร และพื้นที่ในการจัดเก็บ ดังแสดงในแผนภาพที่ รูปที่ 3.2

แผนผังกระบวนการผลิตเครื่องสุขภัณฑ์ (Process flow)



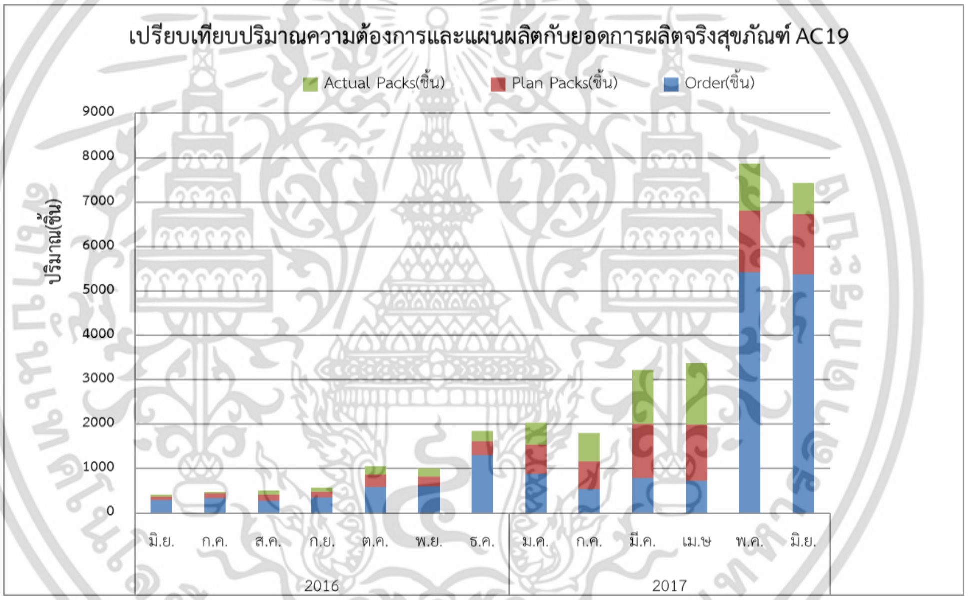
สัญลักษณ์ : กระบวนการ Operation การตรวจสอบInspection

รูปที่ 3.2 แผนผังแสดงการไหลของกระบวนการผลิตสุขภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 สุขภัณฑ์โถนั่งราบชนิดแขวนผนังตัวอย่างรุ่น AC19

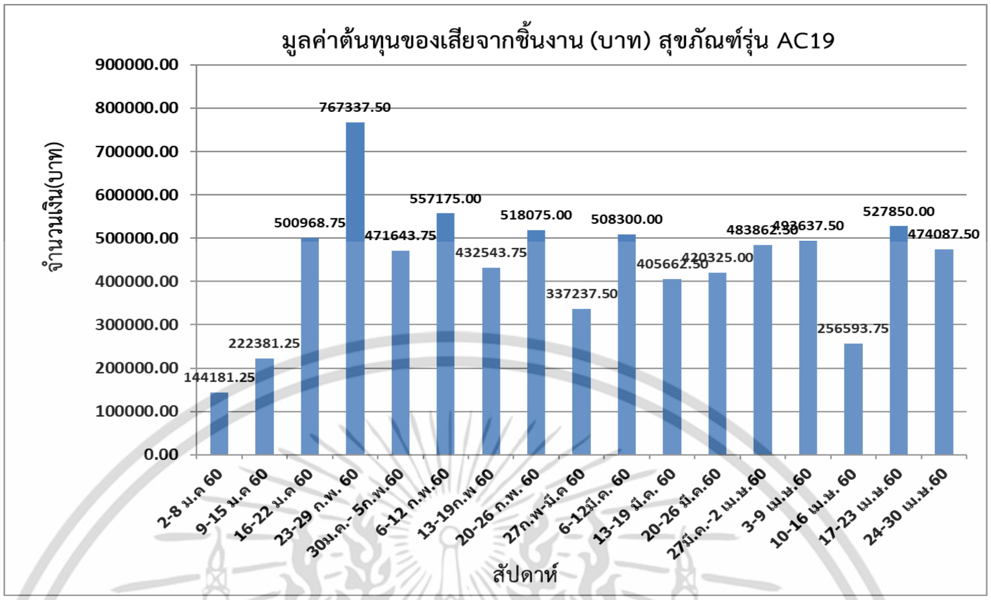
ตัวอย่างสุขภัณฑ์ที่นำมาศึกษาคือ สุขภัณฑ์รุ่น AC19 ซึ่งเป็นสุขภัณฑ์รุ่นที่โรงงานตัวอย่างได้ทำการออกแบบ และพัฒนาระบบการชำระล้างแบบประหยัดน้ำ (Water Saving) ปริมาณน้ำ 3/4.5 ลิตร เป็นสุขภัณฑ์ประเภทโถนั่งราบชนิดแขวนผนังขึ้นมาใหม่ ซึ่งได้รับความสนใจ เป็นที่นิยมจากลูกค้าทั้งในและต่างประเทศเมื่อเริ่มดำเนินการผลิต และออกวางจำหน่ายสุขภัณฑ์รุ่นนี้ มีปริมาณความต้องการของสินค้าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทุกเดือน เมื่อทำการเปรียบเทียบแผนจากความต้องการของลูกค้าเทียบกับปริมาณชิ้นสุขภัณฑ์ที่ผลิตได้ในแต่ละเดือนพบว่า มีปริมาณยอดการบรรจุสินค้า (Packing) พร้อมเตรียมส่งให้ลูกค้า น้อยกว่าแผนความต้องการของลูกค้า (Demand Order) และแผนการบรรจุสินค้าที่ตั้งไว้เรื่อยมา ตามรูป 3.3



รูปที่ 3.3 เปรียบเทียบแผนความต้องการสินค้า เทียบกับปริมาณการบรรจุจริง

จากการตรวจคัดแยกคุณภาพเครื่องสุขภัณฑ์รุ่น AC19 ตั้งแต่เดือน มกราคม ถึง เมษายน พ.ศ. 2560 มีจำนวนของเสียที่เกิดขึ้น จำนวนทั้งสิ้น 3,078 ชิ้น จากรูปที่ 3.4 แสดงข้อมูลปริมาณชิ้นงานของเสียที่เกิดขึ้น พบว่าเมื่อนำจำนวนชิ้นงานของเสียสุขภัณฑ์ มาคำนวณคุณภาพด้วยต้นทุนในการผลิตของสุขภัณฑ์ตัวอย่าง คิดเป็นมูลค่าของเสียรวม จากการผลิตเป็นเงินถึง 7,521,862 บาท เฉลี่ยเดือนละ 1,868,246 บาท ของต้นทุนการผลิต ซึ่งเป็นจำนวนความเสียหายที่สูงมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 กราฟแสดง%FFY ของสุขภัณฑ์ตัวอย่างศึกษาและมูลค่าของเสีย (บาท) จากการผลิต

ดังนั้นจึงมีความเร่งด่วน ในการลดความสูญเสียที่เกิดขึ้นในการผลิตสุขภัณฑ์รุ่น AC19 เพื่อเพิ่มกำไร และปริมาณชิ้นงานสุขภัณฑ์ที่แพ็คบรรจุ ให้เพียงพอต่อความต้องการของลูกค้า

3.3 การวิเคราะห์ความสูญเสียจากกระบวนการผลิต

ในการวิเคราะห์ และศึกษาความสูญเสียของกระบวนการผลิตนั้น ได้กำหนดดัชนีชี้วัด คือ ผลลัพธ์การผลิต อัตราการเกิดผลิตผลดี (Production Yield) หรือเรียกว่า “% Yield” โดยที่ปริมาณการสูญเสียของชิ้นงานสุขภัณฑ์ก่อนเผา (Clay Ware Loss) ไม่เพิ่มขึ้น หรือเรียกว่า “% Clay Loss” ซึ่งส่งผลกระทบโดยตรงต่อต้นทุนการผลิตโดยตรง หากเกิดความสูญเสียของชิ้นงานสุขภัณฑ์ก่อนเผาในประปริมาณมาก ก็หมายถึงการสูญเสียต้นทุนการผลิตจาก วัตถุดิบน้ำดิน วัตถุดิบน้ำเคลือบ แรงงานพนักงานหล่อ และพลังงานในกระบวนการหล่อและทำการเผาสุขภัณฑ์ ดังนั้น จำเป็นต้องทำการควบคุมการสูญเสียในส่วนนี้ด้วย ในการวัดผลจาก % Yield และ % Clay Loss นั้น จะคำนวณจากสุขภัณฑ์ตัวอย่างรุ่น AC19 ที่ผลิตได้ในช่วงระยะเวลาที่ทำการศึกษา โดยนิยามของการคำนวณ % Yield และ % Clay loss

การประเมินสายการผลิตที่แสดงด้วยความถี่ หรือจำนวนครั้งของความผิดพลาดที่ส่งผลให้เกิดของเสีย และต้นทุนการแก้ไขงาน โดยจะใช้อัตราการเกิดของเสียเป็นตัวชี้วัดผลิตภาพของกระบวนการ ซึ่งตัวชี้วัดดังกล่าวจะถูกใช้เทียบเคียงระหว่างผลลัพธ์หรือผลิตผลจากกระบวนการกับเป้าหมายเพื่อประเมิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

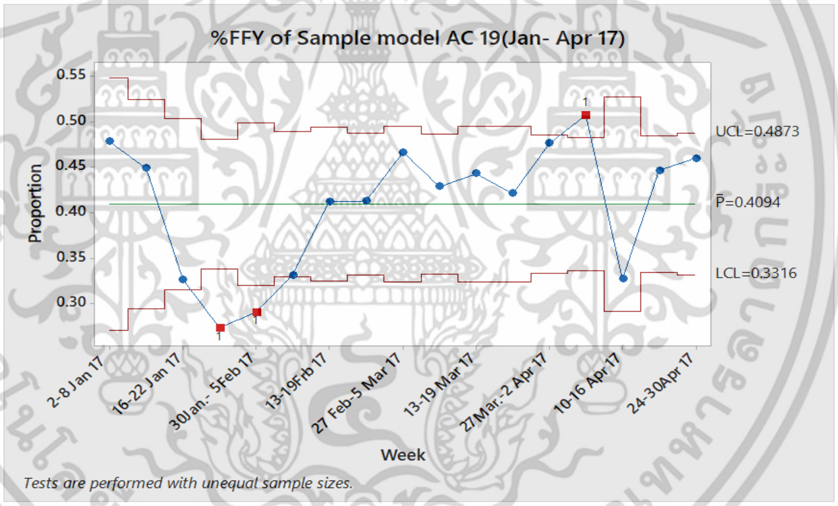
ต้นทุนกระบวนการ ดังนั้น การวัดผลิตภาพกระบวนการด้วยอัตราการเกิดของเสียจึงแสดงด้วยอัตราการเกิดผลิตผลดี (Yield) คือ ผลผลิตสุทธิที่ได้จากกระบวนการผลิต ซึ่งหักการสูญเสีย (Loss) ออก โดยคำนวณอยู่ในรูปของร้อยละของผลผลิตที่ได้เมื่อเทียบกับ input ของกระบวนการผลิต [30]

$$\text{อัตราการเกิดผลิตผลดี } (Yield) = \frac{\text{ปริมาณผลิตผลดีที่ผ่านการทดสอบ}}{\text{ปริมาณหน่วยผลิตผลที่ถูกใช้ทดสอบ}} \quad (1)$$

(% First Fire Yield) หมายถึง ร้อยการเกิดผลิตผลดีของกระบวนการเผาสุขภัณฑ์รอบแรก

$$\text{ร้อยละการเกิดผลิตผลดี}(\%FFY) = \frac{\text{ปริมาณผลิตผลดีที่ผ่านการเผาครั้งแรก}}{\text{ปริมาณหน่วยผลิตผลที่ทำการตรวจสอบ}} \times 100 \quad (2)$$

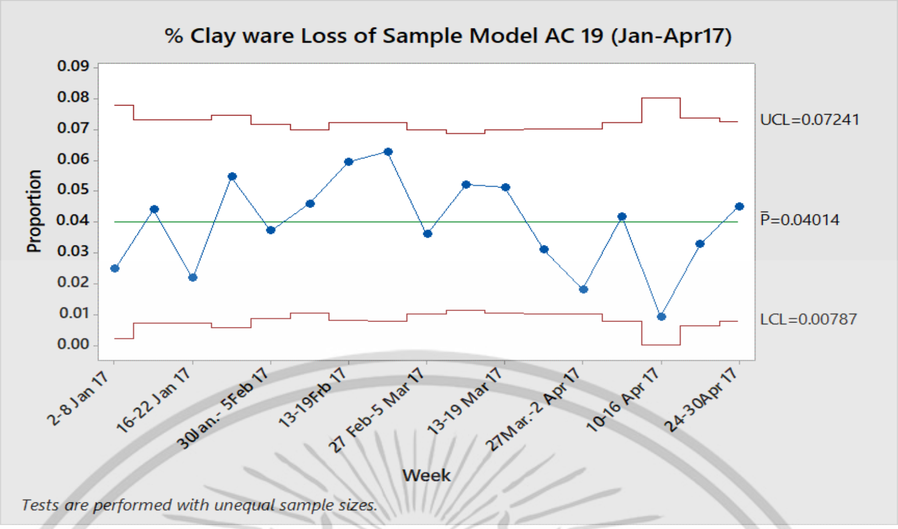
คือ การวัดผลิตภาพจากปริมาณของเสียที่ตรวจพบในผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้าย (Final Product) หรือชิ้นงานหลังจากผ่านขั้นตอนทุกกระบวนการ [31]



รูปที่ 3.5 กราฟแสดง % First Fire Yield ของสุขภัณฑ์ รุ่น AC19

จากกราฟรูปที่ 3.4 แสดง %FFY เฉลี่ยร้อยละ 40.94 ของชิ้นงานสุขภัณฑ์ ตั้งแต่เดือน มกราคม ถึง เมษายน พ.ศ.2560 ซึ่งเป็นปริมาณที่ค่อนข้างน้อย เมื่อเทียบกับแผนความต้องการของลูกค้าต่อเดือน จากกราฟนี้ % FFY ที่เคยทำได้ดีที่สุด (Entitlement) เท่ากับร้อยละ 50 ของชิ้นงานสุขภัณฑ์ จากข้อมูลจะเห็นได้ว่าหากต้องการสุขภัณฑ์เพิ่มมากขึ้น โรงงานจะต้องเพิ่มกำลังการผลิต หรือจะต้องทำการปรับปรุง % FFY ให้สูงขึ้น ถึงจะได้ชิ้นงานบรรจุได้ตามแผนผลิต แต่ด้วยข้อจำกัดของเครื่องจักร และกำลังการผลิตของโรงงานตัวอย่าง จึงต้องเลือกทำการปรับปรุงคุณภาพสุขภัณฑ์หลังเผา และลดความสูญเสียจากการกระบวนผลิต ซึ่งจะสามารถทำได้ก่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 กราฟแสดง % Clay Loss ของสุขภัณฑ์ตัวอย่างรุ่น AC19

ชิ้นงานเสียจากกระบวนการหลังอบแห้ง (Clay Loss) เป็นชิ้นงานสุขภัณฑ์ที่เสียในกระบวนการหลังจากการหล่อขึ้นรูป ซึ่งจะถูกตรวจคัดแยกก่อนนำส่งชิ้นงานไปพ่นน้ำยาเคลือบ (Glaze Spray) โดยการเกิดของเสียนี้จะเกิดขึ้นหลังจากหล่อขึ้นรูปสุขภัณฑ์ และการแตกหลังจากกระบวนการอบแห้งจึงต้องทำการตรวจเช็ครอยแตกร้าวก่อนทำการขัดแต่งผิวชิ้นงานให้เรียบ (White Finishing) หากความบกพร่องไม่ได้ถูกคัดแยกออกไป ก็จะเป็นสาเหตุให้เกิดของเสียในกระบวนหลังเผาเพิ่มมากขึ้น จากรูปที่ 3.5 มีปริมาณชิ้นงานเสียเกิดขึ้นจากกระบวนการหล่อ เฉลี่ย ร้อยละ 4 ของชิ้นงานสุขภัณฑ์

$$\%\ \text{Clay loss} = (\text{Clay loss}) \div (\text{Piece Casting}) \times 100 \qquad (3)$$

Clay Loss หมายถึง จำนวนชิ้นงานสุขภัณฑ์เสียจากกระบวนการหล่อและอบแห้ง

Piece Casting หมายถึง จำนวนชิ้นงานสุขภัณฑ์ที่หล่อขึ้นรูปทั้งหมด

Base Line Performance หมายถึง สมรรถนะฐานการปฏิบัติงานในระดับปัจจุบัน ณ จุดเริ่มต้น [24] ค่าเฉลี่ย % FFY และ % Clay Loss ช่วงเวลาที่ทำการศึกษาข้อมูลการผลิตสุขภัณฑ์ เพื่อนำมาตั้งเป็นเป้าหมายก่อนทำการปรับปรุง

การประเมินผลประโยชน์หลังจากทำการปรับปรุงกระบวนการผลิต เมื่อโครงการวิจัยนี้เสร็จสิ้นแล้ว จึงได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูล และสรุปผลประโยชน์ (Cost Saving) ที่เพิ่มขึ้นจากผลต่างสมรรถนะ

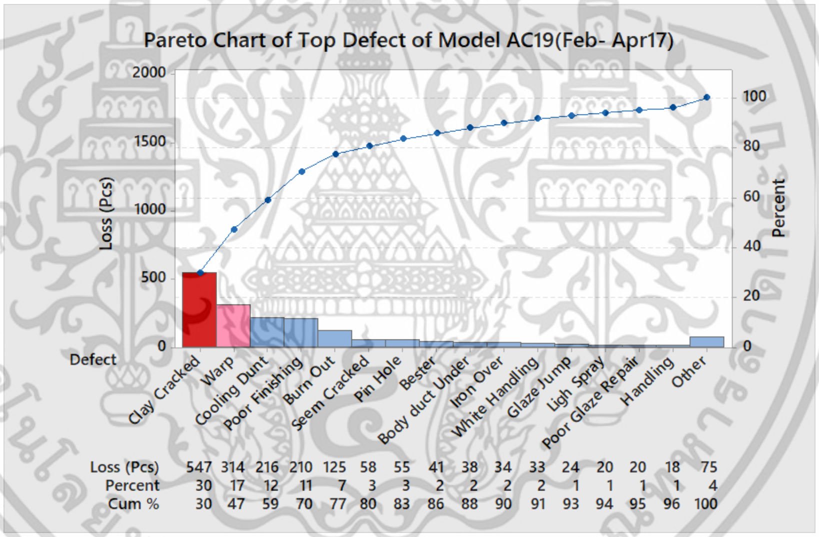
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฐานการปฏิบัติงานในระดับปัจจุบัน (Base Line Performance) กับเป้าหมายการปรับปรุงที่ตั้งไว้ ตามปริมาณและราคาต้นทุนของชิ้นงานสุขภัณฑ์ดี

Cost Saving (Target – Base Line) X Volume X Std.Cost (4)

Cost Saving หมายถึง ผลประหยัดแต่ละเดือน (บาท) ที่ได้กลับคืนมาจากการปรับปรุงกระบวนการ
Std.Cost หมายถึง ราคาต้นทุนการผลิตมาตรฐานของสุขภัณฑ์ตัวอย่างต่อชิ้น (บาทต่อชิ้น)
Target หมายถึง ค่าเป้าหมายการปรับปรุง % Yield
Volume หมายถึง ปริมาณการผลิตชิ้นงานสุขภัณฑ์ต่อเดือน

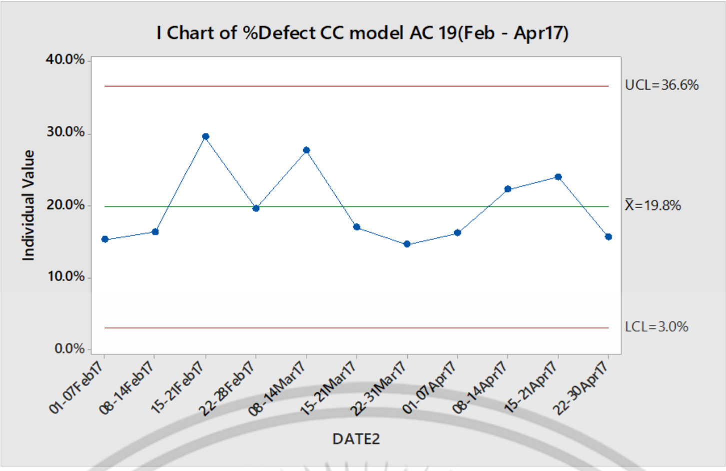
3.4 การกำหนดหัวข้อในการปรับปรุง



รูปที่ 3.7 พาเรโตแสดงความบกพร่องของของสุขภัณฑ์หลังเผา

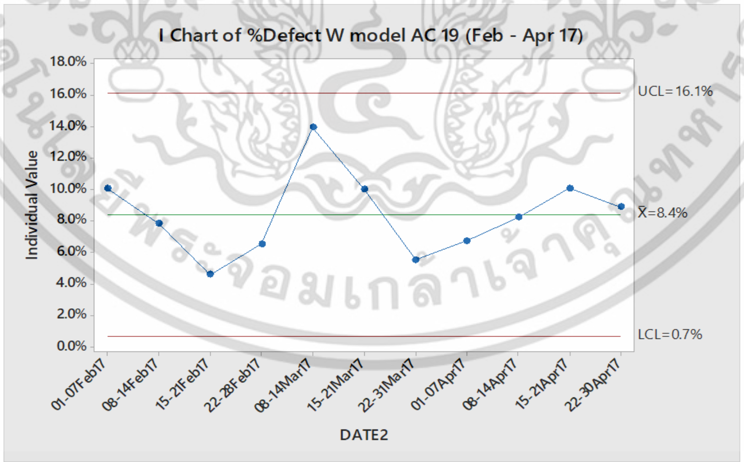
จากพาเรโตรูปที่ 3.7 แสดงควมบกพร่องของสุขภัณฑ์โถนั่งราบชนิดแขวนผนังตัวอย่างรุ่น AC19 พบว่าตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ ถึง เดือนเมษายน พ.ศ.2560 มีความบกพร่องจากการแตกร้าวของสุขภัณฑ์มาเป็นลำดับแรกที่ร้อยละ 30 ของความบกพร่องและ ความบกพร่องจากการบิดเบี้ยวร้อยละ 17 ของความบกพร่อง ตามลำดับโดยทั้งสองความบกพร่องนี้จะถูกนำมากำหนดเป็นหัวข้อในการปรับปรุงแก้ไข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 กราฟแสดงร้อยละของความบกพร่องของการแตกร้าวสุขภัณฑ์

จากรูปที่ 3.8 แสดงร้อยละของความบกพร่องจากการแตกร้าวทั้งหมดของสุขภัณฑ์หลังเผารุ่น AC19 ที่ตรวจคัดแยกหลังเผาทั้งหมด จากข้อมูลตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ ถึง เมษายน พ.ศ.2560 พบว่า ความบกพร่องการแตกร้าวเฉลี่ยร้อยละ 19.8 ของชิ้นงานสุขภัณฑ์ จากชิ้นงานสุขภัณฑ์ที่ตรวจคัดแยกหลังเผา



รูปที่ 3.9 กราฟแสดงร้อยละความบกพร่องบิดเบี้ยวสุขภัณฑ์รุ่น AC19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.8 แสดงร้อยละของความบกพร่องจากการการบิดเบี้ยวทั้งหมดของสุขภัณฑ์หลังเผารุ่น AC19 จากข้อมูลตั้งแต่เดือน กุมภาพันธ์ ถึง เมษายน พ.ศ.2560 พบว่าความมบกพร่องการแตกร้าวเฉลี่ยร้อยละ 8.4 ของชิ้นงานสุขภัณฑ์ จากชิ้นงานสุขภัณฑ์ที่ตรวจคัดแยกหลังเผา

จากสถิติข้อมูลในกระบวนการผลิตช่วงเดือนมกราคม ถึง เดือนเมษายน พ.ศ.2560 สรุปว่าอัตราผลดี (% First fire Yield) ของกระบวนการผลิตสุขภัณฑ์หลังเผาตัวอย่างรุ่น AC19 เฉลี่ยร้อยละ 40.9 โดยที่ในช่วงระยะเวลาเดียวกันนี้สามารถผลิตได้ชิ้นงานที่ดีที่สุดคือร้อยละ 50.0 ซึ่งจะตั้งเป็นเป้าหมายในการปรับปรุง (ลดลงร้อยละ 9.1 ของชิ้นงานสุขภัณฑ์) แสดงกราฟรูปที่ 3.5 อย่างไรก็ตาม จากสถิติข้อมูลพบว่ามีความบกพร่องจากการแตกร้าว เฉลี่ยร้อยละ 19.8 ในช่วงระยะเวลาเดียวกันนี้สามารถผลิตชิ้นงานเสียน้อยที่สุดโดยกำหนดให้เป็นเป้าหมายในการปรับปรุงคือ เฉลี่ยร้อยละ 15.0 (ลดลงร้อยละ 4.8 ของชิ้นงานสุขภัณฑ์) แสดงกราฟรูปที่ 3.8 และความบกพร่องจากการบิดเบี้ยว เฉลี่ยร้อยละ 8.4 ของชิ้นงานสุขภัณฑ์ ในช่วงระยะเวลาเดียวกันนี้สามารถผลิตชิ้นงานเสียน้อยที่สุดโดยกำหนดให้เป็นเป้าหมายในการปรับปรุงคือ เฉลี่ยร้อยละ 4.0 (ลดลงเฉลี่ยร้อยละ 4.8 ของชิ้นงานสุขภัณฑ์) แสดงกราฟรูปที่ 3.9

3.4.1 ทีมผู้ร่วมดำเนินงาน

ในการแก้ไขปัญหากระบวนการผลิตในโรงงานนั้น จำเป็นต้องมีผู้ร่วมดำเนินการแก้ไข ในแต่ละฝ่าย ซึ่งจะอาศัยประสบการณ์ และความเชี่ยวชาญในการทำงาน ในมุมมองต่างๆ ตลอดจนการร่วมประชุมระดมสมอง จากการคัดแยกชิ้นงานความบกพร่องของสุขภัณฑ์รุ่น AC19 หลังเผาที่เกิดขึ้นจริงในกระบวนการผลิต อันจะส่งผลกระทบต่อต้นทุนการผลิตและคุณภาพของชิ้นงานสุขภัณฑ์ เพื่อนำมาวิเคราะห์ค้นหาสาเหตุที่เป็นรากเหง้าของปัญหา แก้ไขปัญหา ปรับปรุงกระบวนการผลิตตามแนวทาง DMAIC ตลอดจนการติดตามผลการดำเนินการแก้ไขร่วมกัน โดยทีมงานทุกคนประกอบด้วย รองผู้จัดการและหัวหน้างานแต่ละฝ่ายตามตาราง 3.2 ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 ตารางกำหนดทีมผู้ดำเนินการ

ลำดับ	ตำแหน่ง	แผนก	อายุงาน (ปี)
1	รองผู้จัดการฝ่ายวิจัยและพัฒนา	วิจัยและพัฒนา (LAB)	4
2	หัวหน้าแผนกหล่อแบบ	หล่อแบบ (Casting Shop)	15
3	หัวหน้าแผนกเตรียมแม่พิมพ์	เตรียมแม่พิมพ์ (Mold Preparation)	21
4	หัวหน้าแผนกพ่นเคลือบ	พ่นเคลือบ (Spray Glaze)	4
5	หัวหน้าฝ่ายพัฒนาผลิตภัณฑ์	พัฒนาผลิตภัณฑ์ Industrialize	22
6	หัวหน้าแผนกเตาเผา	เตาเผา (Kiln)	10
7	รองผู้จัดการฝ่ายตรวจคัดแยกชิ้นงาน	ตรวจคัดแยกชิ้นงาน (Glost Inspection)	23
8	เจ้าหน้าที่ตรวจสอบคุณภาพการผลิต QA	ควบคุมคุณภาพ	18

ในบทนี้ไปการดำเนินงานวิจัยในช่วงแรก ของการดำเนินโครงการตามแนวทางซิกส์ ซิกม่า โดยศึกษาสุขภัณฑ์ตัวอย่างรุ่น AC19 เป็นสุขภัณฑ์รุ่นใหม่ที่ได้ทำการออกแบบ และเริ่มต้นทำการผลิตเป็นครั้งแรก ซึ่งเป็นความต้องการของตลาด มียอดปริมาณการผลิตที่สูง (Top Volume Model) และ ยอดความต้องการสั่งผลิตในแผนการผลิตทั้งในและนอกประเทศที่เพิ่มมากขึ้น เมื่อเริ่มต้นดำเนินการผลิต พบความผิดพลาดจากกระบวนการผลิตที่ส่งผลต่อยอดการส่งสินค้า จึงเป็นที่มาของความสนใจ สุขภัณฑ์ตัวอย่างรุ่น AC19 นี้มาใช้ในดำเนินการศึกษาวิจัยและทำการปรับปรุง

3.5 บทสรุปท้ายเรื่อง

สุขภัณฑ์รุ่น AC19 ได้รับความสนใจ เป็นที่นิยมจากลูกค้าทั้งใน และต่างประเทศเมื่อเริ่มดำเนินการผลิต และออกวางจำหน่ายสุขภัณฑ์รุ่นนี้ มีปริมาณความต้องการของสินค้าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทุกเดือน จากความต้องการของลูกค้าเทียบกับปริมาณชิ้นสุขภัณฑ์ที่ถูกผลิตออกมาได้จริงในแต่ละเดือน พบว่า มีปริมาณไม่เพียงพอต่อความต้องการของลกค้า

สรุปดังนี้ อัตราผลดี (% First fire Yield) ของกระบวนการผลิตสุขภัณฑ์หลังเผารุ่น AC19 เฉลี่ยร้อยละ 40.9 โดยที่ในช่วงระยะเวลาเดียวกันนี้สามารถผลิตได้ชิ้นงานที่ดีที่สุดคือร้อยละ 50.0 ซึ่งจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตั้งเป็นเป้าหมายในการปรับปรุงภาพรวม (ลดลงร้อยละ 9.1 ของชิ้นงานสุขภัณฑ์) โดยมีความบกพร่องที่เป็นสาเหตุหลักมาจากการแตกร้าวของสุขภัณฑ์ เฉลี่ยร้อยละ 19.8 โดยมีเป้าหมายในการปรับปรุงให้ลดลงเหลือ เฉลี่ยร้อยละ 15.0 (ลดลงร้อยละ 4.8 ของชิ้นงานสุขภัณฑ์) และความบกพร่องที่มีสาเหตุมาจากการบิดเบี้ยวของสุขภัณฑ์ เฉลี่ยร้อยละ 8.4 โดยมีเป้าหมายในการปรับปรุงให้ลดลงเหลือ เฉลี่ยร้อยละ 4.0 (ลดลงร้อยละ 4.4 ของชิ้นงานสุขภัณฑ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การลดปัญหาความบกพร่องของสุขภัณฑ์รุ่น AC 19 จากการแตกร้าว (Cracking)

ในบทนี้เป็นขั้นตอนการดำเนินการปฏิบัติ โดยจะใช้ตัวชี้วัดเครื่องมือคุณภาพของไซนิน ดำเนินการค้นหาตัวแปรหรือปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อความบกพร่องการแตกร้าวที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตเครื่องสุขภัณฑ์รุ่น AC19 ตลอดจนถึงกระบวนการแก้ไขปัญหา และควบคุมความบกพร่องตลอดช่วงที่ดำเนินการศึกษาวิจัย “ความบกพร่อง (Defect) คือ ผลลัพธ์ใดๆก็ตามที่ไม่สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้า” เพื่อนำมาปรับปรุงหรือกำจัดออกไปจากกระบวนการผลิต[24]

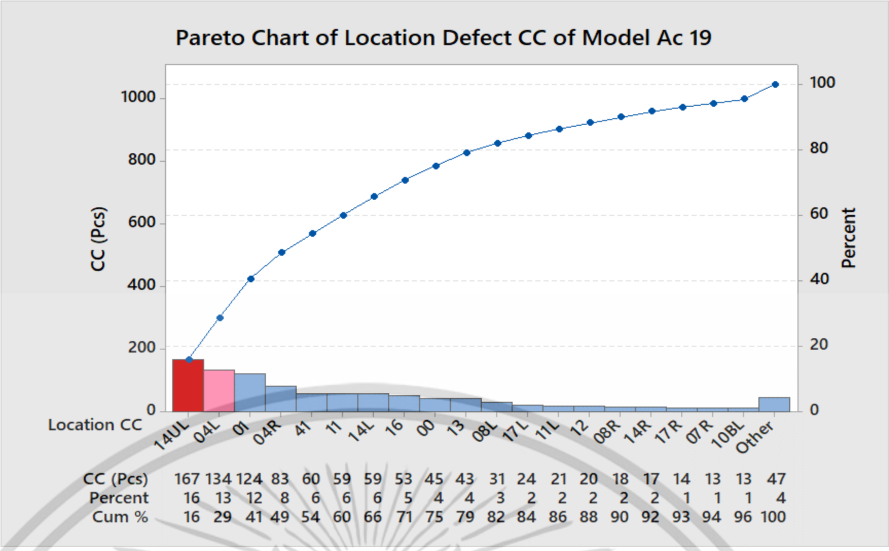
4.1 การกำหนดปัญหา (Define Phase)

ภายหลังจากการคัดเลือกหัวข้อปัญหาของกระบวนการผลิตสุขภัณฑ์เซรามิกส์รุ่น AC19 โดยพิจารณาจากพาเรโตรูปที่ 3.7 จะเห็นได้ว่าการแตกร้าวเป็นความบกพร่องลำดับแรกที่เป็นสาเหตุหลักทำให้เกิดความสูญเสียกระบวนการหลังเผาของสุขภัณฑ์รุ่น AC19 ซึ่งจะต้องดำเนินการปรับปรุง แก้ไข และทำการควบคุมให้มีปริมาณลดลง จึงกำหนดหัวข้อการปรับปรุงดังนี้ “กำหนดปัญหา ความบกพร่องที่เป็นสาเหตุหลักมาจากการแตกร้าวของสุขภัณฑ์ เฉลี่ยร้อยละ 19.8 โดยมีเป้าหมายในการปรับปรุงให้ลดลงเหลือ เฉลี่ยร้อยละ 15.0 (ลดลงร้อยละ 4.8 ของชิ้นงานสุขภัณฑ์)”

จากการเก็บรวบรวมข้อมูล และแสดงแผนภูมิพาเรโต รูปที่ 3.7 ของสุขภัณฑ์รุ่น AC19 พบว่าความบกพร่องจากการแตกร้าวของสุขภัณฑ์หลังจากเผา (Clay Crack) ร้อยละ 30 ของความบกพร่อง ซึ่งเป็นความบกพร่องอันดับแรกที่ต้องการทำการปรับปรุง เพื่อลดการสูญเสียจากการผลิตและเพิ่มปริมาณอัตราผลดี (%First fire Yield) ให้กับสุขภัณฑ์รุ่น AC19

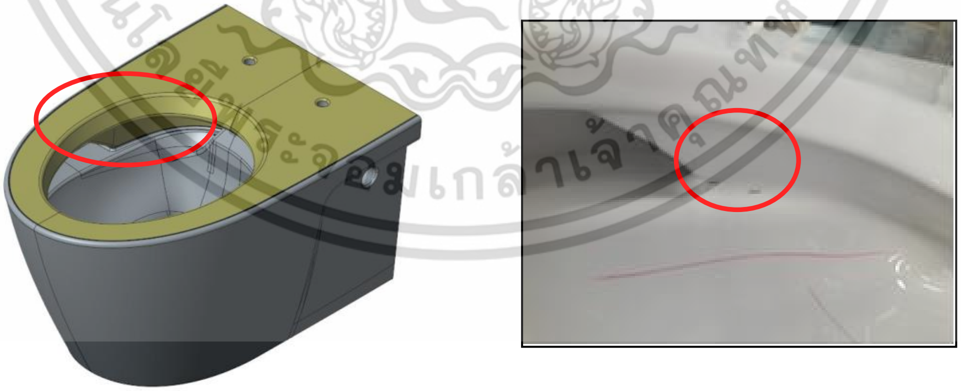
จากปัญหาดังกล่าวจึงต้องทำการเก็บข้อมูลของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตเครื่องสุขภัณฑ์รุ่น AC19 ซึ่งการแตกร้าวของสุขภัณฑ์สามารถพบความบกพร่องเกิดขึ้นได้หลายตำแหน่งบนชิ้นงานเดียว ดังนั้น จะต้องทำการบันทึกการแตกร้าวของสุขภัณฑ์หลังเผา และจำแนกความบกพร่องที่เป็นลักษณะการแตกร้าวออกตามตำแหน่งของการแตกร้าว เข้าระบบฐานข้อมูลบริษัทประจำวัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 พาเรโตแสดง ตำแหน่งความบกพร่องการแตกร้าวสุขภัณฑ์รุ่น AC 19

เมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้การผลิตจากระบบ การคัดแยกของเสียสุขภัณฑ์หลังเผาพบว่า การแตกร้าวของสุขภัณฑ์รุ่น AC19 หลังเผา ที่พบอยู่ในตำแหน่ง 14UL บนชิ้นงานสุขภัณฑ์ แสดงรูปที่ 4.2 โดยตำแหน่งนี้ เป็นแนวประกบริมด้านในตัวโถสุขภัณฑ์ จำนวนความบกพร่องร้อยละ 16 ของความบกพร่องสุขภัณฑ์ ซึ่งเป็นความบกพร่องอันดับแรก และพบการแตกร้าวที่ตำแหน่ง 04L คือตำแหน่งบริเวณแนวประกบริมของสุขภัณฑ์ด้านหลัง มีจำนวนความบกพร่องร้อยละ 13 ของความบกพร่องสุขภัณฑ์ซึ่งทำการปรับปรุงเพื่อลดความบกพร่องในตำแหน่งหลักนี้เป็นลำดับแรก

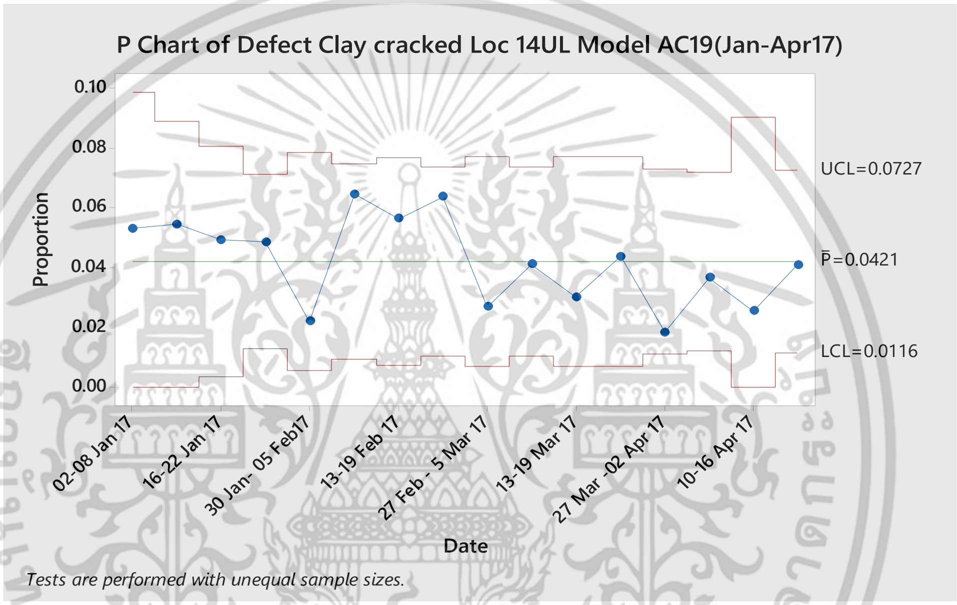


รูปที่ 4. 2 แสดงตำแหน่งการแตกร้าวบนสุขภัณฑ์รุ่น AC 19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1 ดัชนีชี้วัดความบกพร่องการแตกร้าวสุขภัณฑ์

จากข้อมูลร้อยละของความบกพร่องการแตกร้าวสุขภัณฑ์ตำแหน่ง 14UL ที่เกิดในช่วงเดือน มกราคม ถึง เมษายน พ.ศ.2560 เฉลี่ยร้อยละ 4.2 ของชิ้นงนสุขภัณฑ์ ซึ่งเป็นปริมาณของเสียที่สูง จากกราฟแสดงรูปที่ 4.3 ค่าที่เคยทำได้ดีที่สุด (Entitlement) ของความบกพร่องที่ร้อยละ 1.0 ในช่วงเดือน เมษายน พ.ศ.2560 ซึ่งจะนำมากำหนดเป็นเป้าหมายในการปรับปรุงความบกพร่องการแตกร้าวตำแหน่ง 14UL ของสุขภัณฑ์รุ่น AC19 เพื่อลดของเสียสุขภัณฑ์ในกระบวนการผลิต

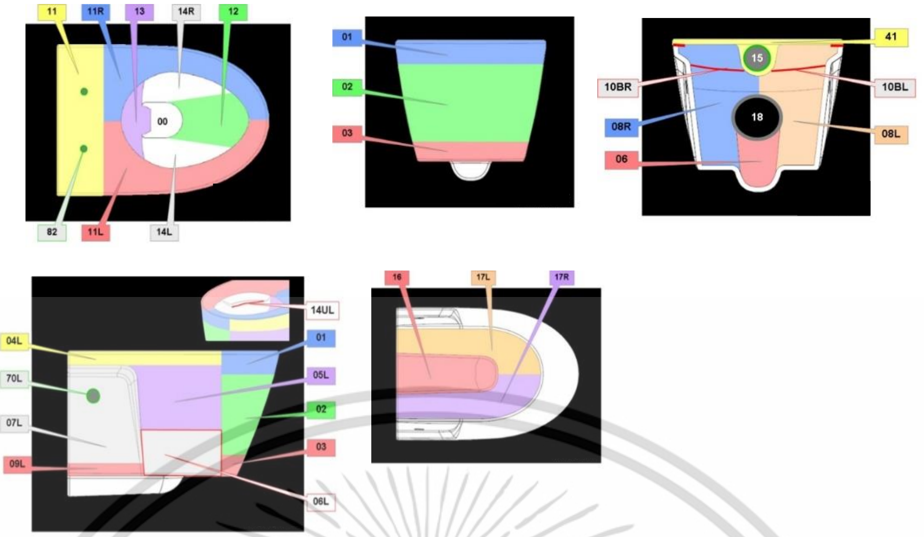


รูปที่ 4.3 กราฟแสดงร้อยละความบกพร่องการแตกร้าวตำแหน่ง 14UL

4.2 ขั้นตอนการวัด (Measure Phase)

การวิเคราะห์เพื่อหาตำแหน่งที่เกิดปัญหาการแตกร้าวของสุขภัณฑ์ตัวอย่าง โดยใช้แผนภาพแสดงตำแหน่งความบกพร่องของสุขภัณฑ์โดยแบ่งพื้นที่การตรวจเช็คระบุเป็นช่วงสี และ หมายเลขบนแผนภาพสุขภัณฑ์ แบ่งพื้นที่เป็น 5 ส่วนตามสมมาตรของชิ้นงานสุขภัณฑ์ ด้านบน ด้านหน้า ด้านข้าง ด้านหลัง และด้านใต้ แผนภาพ วิเคราะห์แบ่งย่อยตำแหน่งของความบกพร่องที่เกิดจากบิดเบี้ยวของสุขภัณฑ์ โดยการแบ่งพื้นที่และระบุตำแหน่งของความบกพร่องให้ชัดเจน แสดงรูปที่ 4.4 ช่วยให้พนักงานที่ทำการตรวจคัดแยกคุณภาพของสุขภัณฑ์หลังเผา สามารถระบุความบกพร่องได้ตามตรงตามตำแหน่ง และยังสามารถนำมาวิเคราะห์แก้ไขปัญหาได้อย่างถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



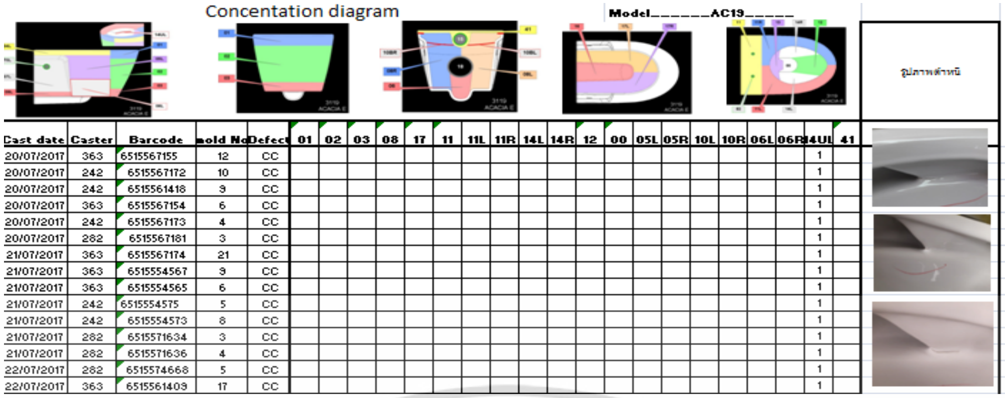
รูปที่ 4.4 แผนภาพแสดงการแบ่งตำแหน่งพื้นที่สุขภัณฑ์รุ่น AC 19

4.2.1 ทำการวิเคราะห์เบาะแสของปัญหาความบกพร่องจากการแตกร้าว

การสำรวจกระบวนการผลิตและสภาพของปัญหาที่จะต้องทำการแก้ไข โดยได้ทำการกำหนดปัญหาเพื่อนำมาปรับปรุง สำหรับสุขภัณฑ์รุ่น AC19 ในขั้นตอนนี้จะเป็นการค้นหาสาเหตุหลัก (Red X) ซึ่งได้แก่ การแตกร้าว การบิดเบี้ยวของสุขภัณฑ์ โดยใช้วิธีการ (Strategy Diagram) โดยใช้เครื่องมือในการหาเบาะแส แผนผังรูปภาพแสดงความบกพร่อง (Concentration Chart)

จากการเก็บข้อมูลการแตกร้าว การบิดเบี้ยวของสุขภัณฑ์ จากสุขภัณฑ์ที่คัดแยกของเสียก่อนนำไปบรรจุกล่องประจำวัน โดยของเสียที่คัดแยกออกมาเป็นแบบเสียทิ้ง (Fire Loss) ซึ่งทางโรงงานผู้ผลิตจะเก็บไว้ ที่ลานเก็บของเสีย (Loss Court) เพื่อให้หัวหน้างาน วิศวกร มาวิเคราะห์ ก่อนนำไปบดย่อยทำลาย โดยการเก็บข้อมูลของเสียหรือความบกพร่องจะใช้ตาราง Concentration chart เก็บข้อมูลที่สนใจ ที่เกี่ยวข้องกับความบกพร่องบิดเบี้ยวของสุขภัณฑ์รุ่น AC19 ประจำวันทุกๆวัน จำนวนมากกว่า 30 ข้อมูลขึ้นไป เพื่อนำมาวิเคราะห์หาสาเหตุใน ครอบครัวความผันแปร (Family of Variation) แสดงรูปที่ 4.5 แล้วนำไปใช้ในการเปรียบเทียบหาความแตกต่างระหว่าง BOB และ WOW เพื่อค้นหาเบาะแส หรือประเด็นที่สงสัย โดยครอบครัวความผันแปร (Family of Variation) โดยเริ่มจากความผันแปรในชิ้นงานผลิตภัณฑ์ (Product Family) และความผันแปรในกระบวนการ (Process Family) ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Cast date	Caster	Barcode	mold No	Defect	01	02	03	08	17	11	11L	11R	14L	14R	12	00	05L	05R	10L	10R	06L	06R	14UL	41
20/07/2017	363	6515567155	12	CC																			1	
20/07/2017	242	6515567172	10	CC																			1	
20/07/2017	242	6515561418	9	CC																			1	
20/07/2017	363	6515567154	6	CC																			1	
20/07/2017	242	6515567173	4	CC																			1	
20/07/2017	282	6515567181	3	CC																			1	
21/07/2017	363	6515567174	21	CC																			1	
21/07/2017	363	6515554567	9	CC																			1	
21/07/2017	363	6515554565	6	CC																			1	
21/07/2017	242	6515554575	5	CC																			1	
21/07/2017	242	6515554573	8	CC																			1	
21/07/2017	282	6515571634	3	CC																			1	
21/07/2017	282	6515571636	4	CC																			1	
22/07/2017	282	6515574668	5	CC																			1	
22/07/2017	363	6515561409	17	CC																			1	

รูปที่ 4.5 แสดงตารางการเก็บข้อมูลการแตกร้าวสุขภัณฑ์ ตำแหน่ง 14 UL

4.2.2. ลักษณะของความบกพร่องจากการแตกร้าว (Cracking)

ลักษณะของการแตกร้าวของสุขภัณฑ์พบการแตกร้าวในตำแหน่งแนวประกบริมด้านในซึ่งไม่สามารถคัดเป็นเกรดของดีได้ เนื่องจากเป็นจุดที่มองเห็นได้ชัดเจน และใกล้กับตำแหน่งบริเวณทางน้ำล้างโถ พบลักษณะของรอยแผลแตกขนาดยาวมากกว่า 3 มิลลิเมตร เกินมาตฐานการซ่อม โดยจะต้องทำการคัดแยกชิ้นงานสุขภัณฑ์ดังกล่าวไปซ่อมด้วยน้ำยาเคลือบซ่อม และทำการเผาซ่อมใหม่ (Rework) อีกครั้ง

เนื่องจากความบกพร่องการแตกร้าวเป็นข้อมูลตามลักษณะ (Attribute Data) จึงต้องทำการกำหนดความรุนแรงของการเกิดโดยใช้ Likert Scale กำหนดความรุนแรงของการเกิดความบกพร่อง ตามตารางที่ 4.1

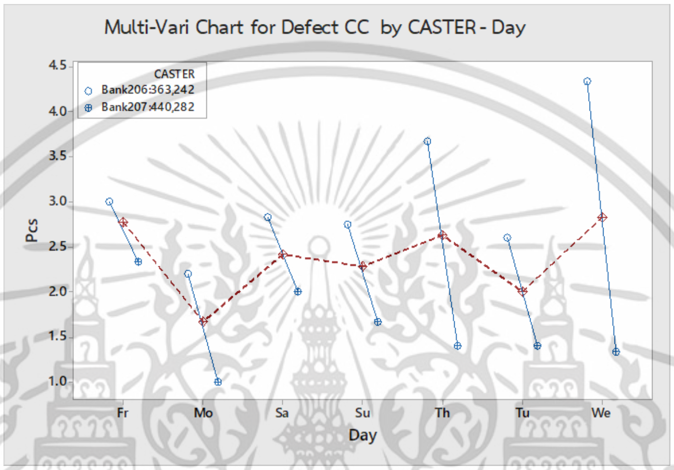
ตารางที่ 4.1 ตารางLikert Scale แสดงความรุนแรงความบกพร่องการแตกร้าว

ลักษณะการแตกร้าว	Likert Scale
ไม่มีรอยแตกร้าว	0
รอยแตกร้าว 1 มม.	2
รอยแตกร้าว 2 มม.	4
รอยแตกร้าว 3 มม.	6
รอยแตกร้าว 4 มม.	8
รอยแตกร้าว มากกว่า 4 มม.	10

จากการเก็บข้อมูลความบกพร่องจากการแตกร้าว แล้วนำมาวิเคราะห์ (Muti Vari Chart) เพื่อหาความผันแปรตามเวลา Temporal Variation (Time-to-Time Family) หรือความผันแปรระหว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลา ของการเกิดความบกพร่อง จากกราฟที่ 4.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างวันทำงาน กับ พนักงานที่หล่อ ไม่พบความสัมพันธ์กัน ระหว่าง พนักงานหล่อขึ้นรูปสุขภัณฑ์ กับช่วงวันทำงานของพนักงาน ดังนั้น ความบกพร่องที่เกิดขึ้น เป็นความผันแปรตามสถานะ หรือความผันแปรภายในหน่วยเดียวกัน (Positional Variation) (Within-Unit Family) จึงต้องทำการเก็บข้อมูลเพื่อทำการศึกษาความบกพร่องจากชิ้นงานของเสีย ด้วยตารางแผนภาพแสดงความบกพร่อง (Concentration Chart) ตามรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 กราฟMuti-Vari Chart แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับพนักงานหล่อ

4.2.3. ทำการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ Product Family การแตกร้าวตำแหน่ง 14UL

จากการเก็บข้อมูลความบกพร่องที่เกิดจากการแตกร้าวของสุขภัณฑ์ตัวอย่าง ตำแหน่ง 14UL ที่สนใจ จากการคัดแยกของเสียทิ้งในกระบวนการคัดแยกเกรด (Glost Inspection) บันทึกลงในตารางแผนภาพ (Concentration Chart) ช่วงระยะเวลา 2 เดือน เมื่อได้ข้อมูลจำนวนมากพอ จึงนำข้อมูลเหล่านี้มาวิเคราะห์เปรียบเทียบในกระบวนการของ ครอบครัวความผันแปร (Family of Variation) เพื่อหาจุดที่มีความแตกต่างของตัวแปรที่เป็นประเด็นข้อสงสัยที่เกิดขึ้นในชิ้นผลิตภัณฑ์ (Product Family) และ กระบวนการผลิต (Process Family)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 แสดงการวิเคราะห์ (Family of Variation FOV’s) ของกระบวนการผลิตสุขภัณฑ์

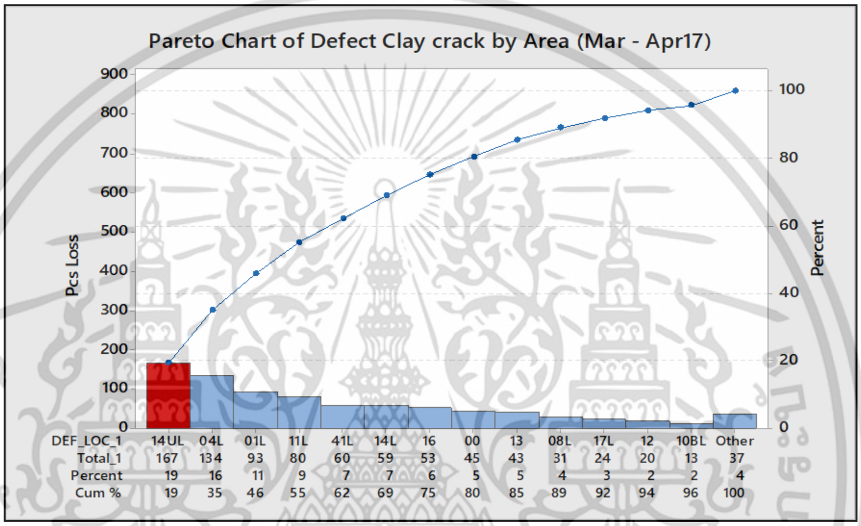
แหล่งที่มาของกระบวนการแปรผัน (Sources of Process Variation)	ตำแหน่งที่ทำการวิเคราะห์	FOV’s
จุดต่อจุด (Point to Pont)	พื้นที่เดียวกัน (Same Area)	Product Family
พื้นที่ ต่อพื้นที่ (Area to Area)	ด้านเดียวกัน (Same Side)	
ด้านต่อด้าน (Side to Side)	แม่พิมพ์เดียวกัน (Same Mold)	
แม่พิมพ์ต่อแม่พิมพ์ (Mold to Mold)	โต๊ะหล่อเดียวกัน (Same Bank)	
พนักงานหล่อต่อพนักงานหล่อ (Caster to Caster)	รุ่นเดียวกัน (Same Model)	Process Family
รุ่นต่อรุ่น (Model to Model)	พนักงานพ่นเคลือบเดียวกัน (Same Sprayer)	
พนักงานพ่นเคลือบต่อพนักงานพ่นเคลือบ (Sprayer to Sprayer)	แผ่นรองเผาเดียวกัน (Same Setter)	
แผ่นรองเผาต่อแผ่นรอง (Setter to Setter)	เตาเดียวกัน (Same Kiln)	
เตาเผาต่อเตาเผา (Kiln to Kiln)	เวลาเดียวกัน (Same Time)	

<u>เปรียบเทียบระหว่างจุดต่อจุด (Point to point)</u> บนพื้นที่ชิ้นงานเดียวกัน (Same Area) ไม่พบความแตกต่างลักษณะของการเกิดข้อบกพร่องที่เกิดในจุดที่เดิมซ้ำๆ ในจุดเดียวกัน โดยลักษณะของการแตกจะพบบริเวณ ตำแหน่งมุมของแนวขอบประกบริมที่เป็นรอยต่อระหว่างริม กับ ตัวโถสุขภัณฑ์ด้านใน ซึ่งอยู่ในพื้นที่ของทางน้ำออกชำระล้างโถ แสดงตามรูปที่ 4.7

รูปที่ 4.7 ลักษณะการแตกร้าวของสุขภัณฑ์ตำแหน่ง 14UL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

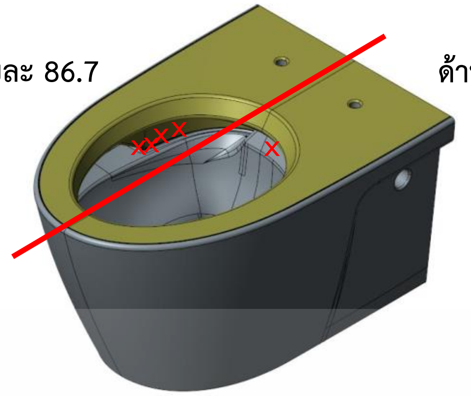
<u>เปรียบเทียบพื้นที่ต่อพื้นที่ (Area to Area)</u> บนชิ้นงานด้านเดียวกัน (Same Side) พบการเกิดความบกพร่องในพื้นที่เดิมซ้ำๆ ที่ตำแหน่งเดิมที่ ตำแหน่ง 14UL ตามรูปที่ 4.8 พาเรโตแสดงตำแหน่งการแตกร้าวที่ตำแหน่ง 14UL ร้อยละ 19 ของความบกพร่อง และตำแหน่ง 04L ร้อยละ 16 ของความบกพร่อง และตำแหน่งอื่นๆจนถึง ตำแหน่ง 10BL ร้อยละ 2 ของความบกพร่องตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เพราะพื้นที่ตำแหน่งการแตกร้าวตำแหน่ง 14UL มีความแตกต่างกับตำแหน่ง 10BL อย่างมีนัยสำคัญ



รูปที่ 4.8 พาเรโตแสดงจำนวนชิ้นงานแตกร้าวตามตำแหน่ง

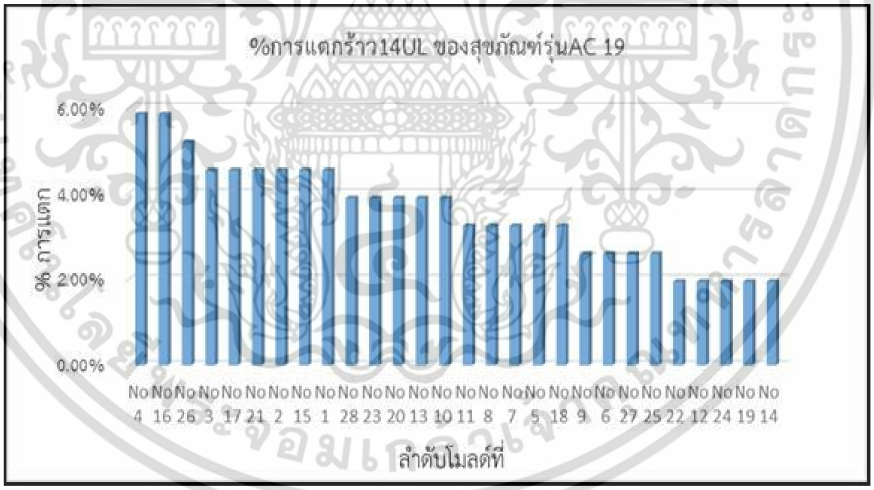
<u>เปรียบเทียบด้านต่อด้าน (Side to Side)</u> แม่พิมพ์ชุดเดียวกัน (Same Mold) พบความแตกต่างความบกพร่องที่เกิดกับชิ้นงานของสุขภัณฑ์รุ่น AC19 การแตกร้าวบริเวณในโถด้านซ้ายร้อยละ 86.7 และด้านขวา ร้อยละ 13.3 โดยโครงสร้างการออกแบบทั้งสองด้านมีความต่างกันด้านซ้ายจะเป็นแนวทางน้ำออกสำหรับล้างในตัวโถ ส่วนด้านขวาจะเป็นแนวประกบริมทั่วไป ซึ่งแตกต่างกันอย่างชัดเจน ตามลำดับมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญจากรูปที่ 4.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 แสดงเปรียบเทียบตำแหน่งของด้านบนสุขภัณฑ์ที่พบการแตกร้าว

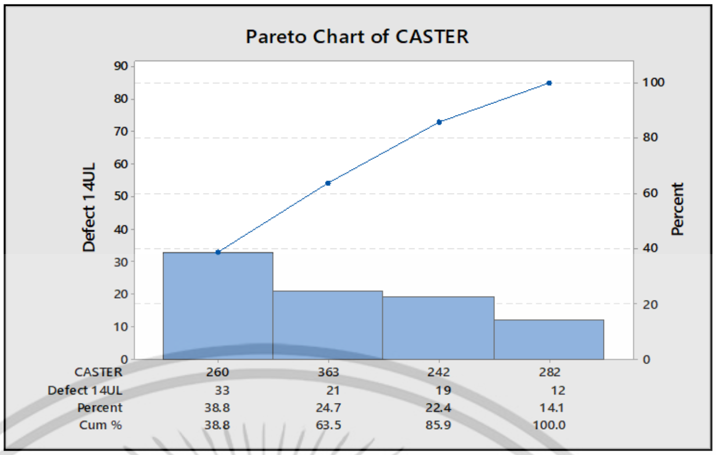
<u>เปรียบเทียบจากการใช้งานแม่พิมพ์ต่อแม่พิมพ์ (Mold to Mold)</u> โดยให้พนักงานหล่อโต๊ะเดียว (Same Bank) ทำการหล่อขึ้นรูป ไม่พบความแตกต่างลักษณะของการเกิดความบกพร่องที่เกิดในแต่ละแม่พิมพ์ทุกแม่พิมพ์บนโต๊ะผลิตเดียวกัน แสดงตามรูปที่ 4.10 เป็นความบกพร่องจากการแตกร้าวตำแหน่ง 14UL เทียบกับลำดับแม่พิมพ์ขึ้นรูป ถูกติดตั้ง และระบุหมายเลขไว้ที่ตัวแม่พิมพ์ เรียงกันจากตัวแรกถึงตัวที่ 28 บนโต๊ะหล่อ (Bank Casting)



รูปที่ 4.10 ลำดับของแม่พิมพ์ที่ใช้ในการหล่อขึ้นรูปสุขภัณฑ์

<u>เปรียบเทียบระหว่างพนักงานหล่อกับพนักงานหล่อ (Caster to Caster)</u> ที่หล่อขึ้นรูปสุขภัณฑ์รุ่นเดียวกัน (Same Model) ไม่พบความแตกต่างลักษณะของร้อยละของการเกิดความบกพร่องที่เกิดกับพนักงานหล่อคนไหน ที่สูงผิดปกติหลังกระบวนการหล่อ จากรูปที่ 4.11 พาเรโตแสดงร้อยละของการแตกร้าวตำแหน่ง 14 UL เกิดขึ้นใกล้เคียงกันของพนักงานหล่อทั้ง 4 คนที่หล่อขึ้นรูปสุขภัณฑ์รุ่น AC19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 กราฟพาเรโตแสดงการแตกร้าวตำแหน่ง 14UL ของพนักงานหล่อสุขภัณฑ์

<u>เปรียบเทียบรุ่นต่อรุ่น (Model to Model)</u> ที่ผ่านการพ่นเคลือบเดียวกัน (Same Sprayer) ไม่พบความแตกต่างลักษณะของการเกิดความบกพร่องซ้ำๆที่เกิดในตำแหน่งที่พบกับสุขภัณฑ์รุ่นอื่นที่นำไปพ่นเคลือบ จากข้อมูลตารางที่ 4.3 แสดงร้อยละความบกพร่องการแตกสุขภัณฑ์ตำแหน่ง 14UL พบการแตกร้าวของการผลิตภัณฑ์สุขภัณฑ์ทั้ง 2 โต๊ะหล่อ (Bank Casting) ที่ผ่านการพ่นเคลือบจากตู้พ่นเคลือบเดียวกันทั้งหมด

ตารางที่ 4.3 แสดงร้อยละความบพร่องการแตกร้าว 14UL จากตู้พ่นเคลือบเดียวกัน

วัน/เดือน/ปี	ชิ้นพ่น	โต๊ะหล่อ206	%CC14UL	โต๊ะหล่อ 207	%CC14UL
06-12 มี.ค.17	364	4	1.1%	17	4.7%
13-19 มี.ค. 17	298	5	1.7%	8	2.7%
20-26 มี.ค. 17	297	6	2.0%	24	8.1%
27 มี.ค.-02เม.ษ. 17	378	15	4.0%	27	7.1%
03-09 เม.ษ. 17	410	7	1.7%	12	2.9%
10-16 เม.ษ. 17	156	1	0.6%	7	4.5%
17-23 เม.ษ. 17	390	8	2.1%	21	5.4%
24-30 เม.ษ. 17	359	9	2.5%	20	5.6%
รวม	**2652**	**55**	2.1%	**136**	5.1%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>พนักงานพ่นเคลือบต่อพนักงานพ่นเคลือบ (Sprayer to Sprayer)</u> ไม่พบความแตกต่างลักษณะของการเกิดความบกพร่องซ้ำๆที่จากการพนักงานพ่นเคลือบเมื่อนำไปเผาเตาเดียวกัน จากตารางที่ 4.4 ข้อมูลเปรียบเทียบสัดส่วนของการเกิดความบกพร่องของการแตกตร้าวตำแหน่ง 14UL โดยสามารถพบความบกพร่องแตกร้าวตำแหน่ง 14 UL ได้กับพนักงานพ่นสุขภัณพ์รุ่น AC19 ที่พ่นเคลือบในตู้เดียวกัน (Booth Spray) ทั้งหมดช่วง เดือนมีนาคม ถึง เมษายน. พ.ศ.2560

ตารางที่ 4.4 แสดงการแตกร้าว14UL จากพนักงานพ่นเคลือบ

พนักงานพ่นเคลือบ	การแกตร้าว14UL (ชิ้น)	สัดส่วน
103134 ประยุทธ แย้มเทศ	30	1.0
102493 อภิชาต กางนาน	28	1.1
102717 สราวุธ เมฆหมอก	19	1.6
106335 วรวุฒิ ขำป่าน	13	2.3
105777 ขวัญชัย ปะมะฆัง	12	2.5
106172 วรวุฒิ ขันทแพทย์	11	2.7
105184 สามารถ ภู่บึงพร้าว	11	2.7
103186 ประเสริฐ อิ่มสำราญ	10	3.0
105774 ศรนรินทร์ หยุดชัย	10	3.0
102382 ประยูน สวนเพ็ชร	9	3.3
รวม	153	

<u>เปรียบเทียบแผ่นรองเผาต่อแผ่นรอง (Setter to Setter)</u> ที่เตาเผาเดียวกัน ไม่พบความแตกต่างลักษณะของการเกิดความบกพร่องซ้ำๆที่เกิดจาก การแตกร้าวตำแหน่ง14UL ของสุขภัณฑ์รุ่น AC 19 จากการวางแผ่นรองเผาพบเกิดการแตกร้าวได้ทุกๆ รถเตาที่เข้าเผา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ตารางสรุปผลการวิเคราะห์ครอบครัวความผันแปรของการแตกร้าวตำแหน่ง 14UL

แหล่งที่มาของกระบวนการแปรผัน (Sources of Process Variation)	ผลการวิเคราะห์
จุดต่อจุด (Point to Pont)	ไม่พบความแตกต่าง
พื้นที่ ต่อพื้นที่ (Area to Area)	พบความแตกต่าง
ด้านต่อด้าน (Side to Side)	พบความแตกต่าง
แม่พิมพ์ต่อแม่พิมพ์ (Mold to Mold)	ไม่พบความแตกต่าง
พนักงานหล่อต่อพนักงานหล่อ (Caster to Caster)	ไม่พบความแตกต่าง
รุ่นต่อรุ่น (Model to Model)	ไม่พบความแตกต่าง
พนักงานพ่นเคลือบต่อพนักงานพ่นเคลือบ (Sprayer to Sprayer)	ไม่พบความแตกต่าง
แผ่นรองเผาต่อแผ่นรอง (Setter to Setter)	ไม่พบความแตกต่าง
เตาเผาต่อเตาเผา (Kiln to Kiln)	ไม่พบความแตกต่าง

จากการวิเคราะห์กระบวนการผลิตโดยเปรียบเทียบกระบวนการผันแปร (Family of Variation) ที่เกิดขึ้นในชิ้นผลิตภัณฑ์ (Product Family) และกระบวนการผลิต (Process Family) พบความแตกต่างของกระบวนการที่เป็นข้อสงสัยว่าจะเป็นสาเหตุหลัก Red X ของความบกพร่องที่เกิดขึ้นจำนวน 2 กระบวนการ คือ เปรียบเทียบข้อมูลพื้นที่ต่อพื้นที่ (Area to Area) บนชิ้นงานด้านเดียวกัน (Same Side) และเปรียบเทียบด้านต่อด้าน (Side to Side) แม่พิมพ์เดียวกัน (Same Mold) ตามตารางที่ 4.5 จากเบาะแสประเด็นทั้งสองนี้ จะนำไปทดสอบยืนยันข้อสงสัยโดยใช้เครื่องมือของไชนินต่อไป

4.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analyze Phase)

ขั้นตอนการวัดตัวแปรหรือการทดสอบยืนยันตัวแปรที่สงสัย ที่ได้มาจากขั้นตอนก่อนหน้านี้ จากการวิเคราะห์กระบวนการผลิตโดยเปรียบเทียบ (Family of Variation) พบความแตกต่างของกระบวนการที่เป็นข้อสงสัย ว่าอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดความบกพร่องจากการแตกร้าวจำนวน 2 กระบวนการ คือ พื้นที่ต่อพื้นที่ (Area to Area) บนชิ้นงานด้านเดียวกัน (Same Side) และ เปรียบเทียบด้านต่อด้าน (Side to Side) แม่พิมพ์เดียวกัน (Same mold) นำตัวแปรที่ได้ทั้งหมดมาทดสอบเพื่อยืนยันตัวแปรที่สังสัย ที่ทำให้เกิดความบกพร่องกับสุขภัณฑ์รุ่น AC19 โดยใช้เครื่องมือของไชนิน (Paired Comparisons) โดยทำการเปรียบเทียบกับสุขภัณฑ์กับรุ่นอื่นที่มีลักษณะโครงสร้างการออกแบบที่ใกล้เคียงกันกับรุ่น AC19 ในช่วงทำการผลิตในกระบวนการที่ใกล้เคียงกัน ที่ไม่พบความบกพร่องของการแตกร้าวตำแหน่ง 14UL เพื่อหาความแตกต่างของชิ้นงานสุขภัณฑ์ที่ดีกว่าเพื่อทำการทดลองปรับปรุงต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.1 การทดสอบยืนยันตัวแปรที่สงสัยทำให้เกิดความบกพร่อง (Pre Analysis)

จากการศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความบกพร่องการแตกร้าวตำแหน่ง 14UL ของสุขภัณฑ์รุ่น AC19 ทำให้สามารถวิเคราะห์และสรุปปัจจัยที่สำคัญเกี่ยวข้องกับความบกพร่อง ได้ตามแผนผังก้างปลา Cause Effect Diagram รูปที่ 4.12 โดยมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

ปัจจัยจากการออกแบบ

(X1) มีช่องว่างของแนวประกบริม และ

(X2) อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับพลิกถอดชิ้นงานไม่แน่น

ปัจจัยจากเนื้อดินสุขภัณฑ์

(X3) ความหนาของชิ้นงานไม่เท่ากัน

(X4) การหดตัวของเนื้อดินหลังเผา และ

(X5) กูอี้สำหรับเชื่อมต่อแนวประกบริมเหลวเกินไป

ปัจจัยจากวิธีการถอดชิ้นงาน

(X6) ถอดชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์เร็วไป

(X7) ชิ้นงานสุขภัณฑ์หลังถอดแม่พิมพ์นิ่มไป และ

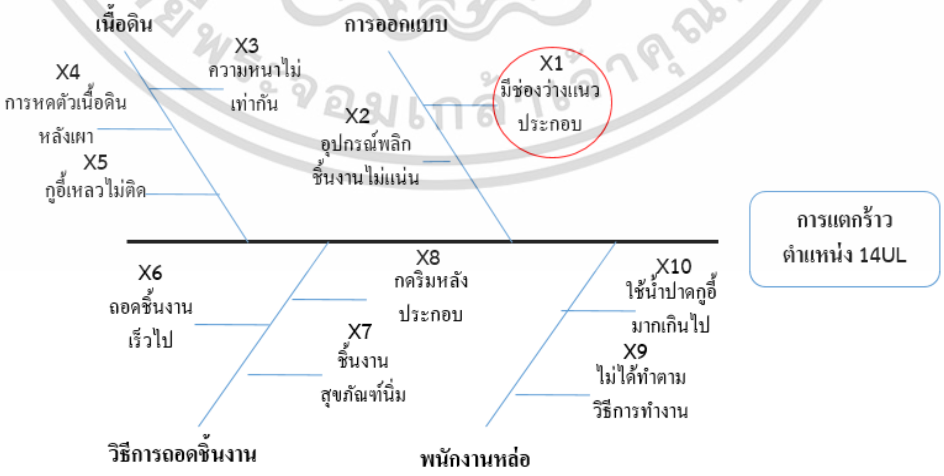
(X8) วิธีการกดส่วนริมหลังประกอบแรงเกินไป

ปัจจัยจากพนักงานหล่อ

(X9) พนักงานไม่ได้ทำตามขั้นตอนวิธีการทำงาน และ

(X10) พนักงานใช้น้ำปาดกูอี้มากเกินไป

แผนผังก้างปลาแสดงการวิเคราะห์ปัจจัยหลักของการแตกร้าวตำแหน่ง 14UL

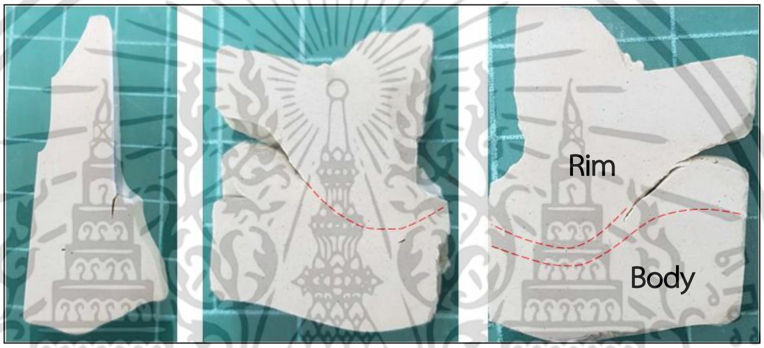


รูปที่ 4.12 แผนผังก้างปลาแสดงการวิเคราะห์ปัจจัยหลักของการแตกร้าวตำแหน่ง 14UL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

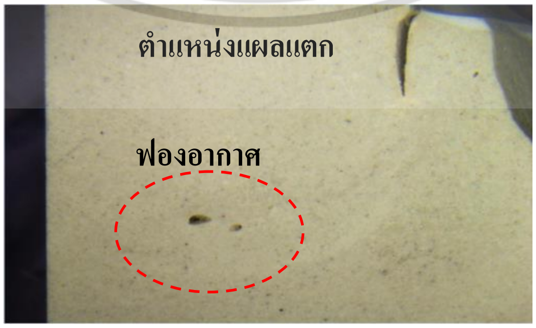
โดยหลักการของไชนินจะสนใจในปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อการแตกร้าวตำแหน่ง 14UL จากปัจจัย (X1) จากการผ่าชิ้นงานพบช่องห่าง 5 มม. ที่ตำแหน่งใต้แนวประกบริมซึ่งเป็นเป็นปัจจัยหลักสำคัญ เพื่อนำไปออกแบบการทดลองต่อไป

ความบกพร่องการแตกร้าวที่เกิดขึ้นจากข้อสงสัย เปรียบเทียบจุดต่อจุด (Point to Point) จึงดำเนินการวิเคราะห์ลักษณะรอยแผลแตกร้าวที่เกิดขึ้นหลังการเผา โดยทำการนำชิ้นงานสุขภัณฑ์ที่พบการแตกร้าวหลังกระบวนการเผา นำมาทำการผ่าตัดชิ้นงานแนวขวาง (Cross Section) ตำแหน่งรอยร้าว แสดงรูปที่ 4.13 แล้วนำไปส่องขยายเพื่อตรวจหาเบาะแส ร่องรอยของการแตก ความลึกของรอยแผลที่เกิดขึ้น พบว่าการแตกร้าวเกิดขึ้นระหว่างชั้นของแนวประกบระหว่างส่วนริมกับตัวโถ



รูปที่ 4.13 ภาพแนวตัดขวางตลอดแนวต่อริมกับตัวโถ ตำแหน่งการแตกร้าวหลังเผา

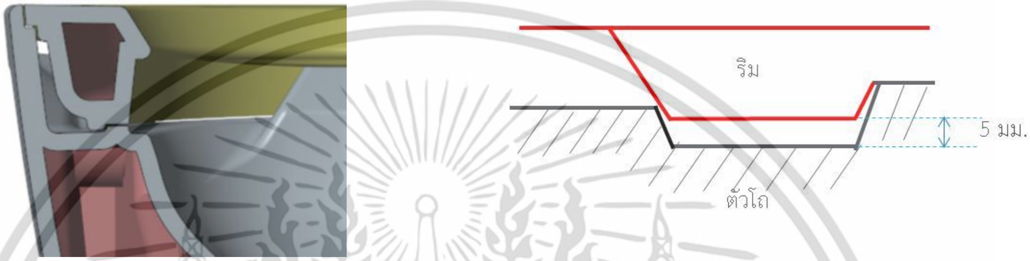
เมื่อได้ทำการศึกษาลักษณะของรอยแตกร้าวและความลึกจากรอยแผลแตกร้าวที่เกิดขึ้น พบลักษณะของฟองอากาศเกิดขึ้นอยู่ในบริเวณแนวต่อสุขภัณฑ์ระหว่างริมกับตัวโถ ตลอดแนวการต่อริม ซึ่งลักษณะของโพรงอากาศหรือฟองอากาศที่เกิดขึ้นระหว่างของเนื้อดินด้านใน รอยแตกเหล่านี้หากพบในลักษณะที่เป็นแผลแตกร้าวที่ยาวทะลุผ่าออกมาก็จะทำให้เกิดเป็นตำหนิหลังเผาที่ผิวสุขภัณฑ์ สามารถมองเห็นได้อย่างชัดเจนจากการตรวจคัดแยก แสดงรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.14 ภาพขยายแนวตัดขวางตำแหน่งการแตกร้าวหลังเผา

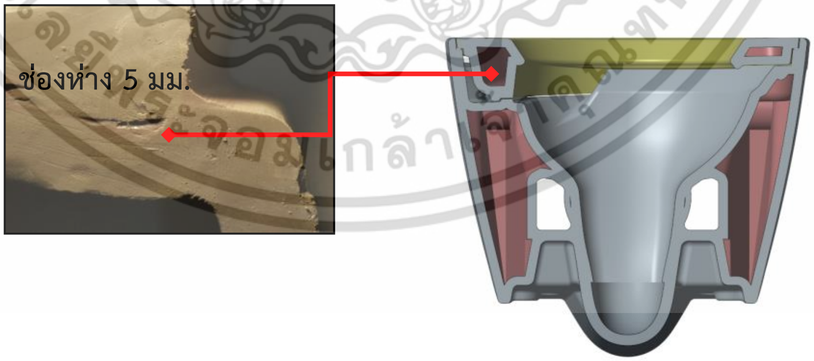
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากการผ่ารอยแผลแตกของชิ้นงานสุขภัณฑ์หลังเผา ยังพบลักษณะของของโพรงอากาศระหว่างชั้นของแนวต่อริม กับตัวโถสุขภัณฑ์ โดยการติดเนื้อดินหลังทำการต่อริมกับตัวโถเสร็จ พบว่าลักษณะของแนวต่อริมกับเนื้อดินไม่สนิท มีลักษณะของโพรงอากาศ หรือชั้นดินแยกออกจากกันในตำแหน่ง 14UL เหมือนกันกับแผลหลังเผาที่แนวต่อในกระบวนการหล่อ (Casting Process)



รูปที่ 4.15 (a) แสดงแนวตัดขวางแนวต่อริมกับตัวโถ (b) ช่องห่างระหว่างแนวต่อริมกับตัวโถ

จากรูปที่ 4.15 (a) และ (b) แสดงการผ่าชิ้นงานสุขภัณฑ์ แนวตัดขวางด้านหน้าตำแหน่งแนวต่อริมกับตัวโถสุขภัณฑ์ เพื่อหาความผิดปกติจากกระบวนปฏิบัติงานของพนักงาน เมื่อทำการสุ่มตัดชิ้นงานตำแหน่ง 14UL พบช่องว่าง ที่มีลักษณะเป็นชั้นดินแยกออกจากกัน วัดความกว้างของช่องห่างได้ 5 มม. ระหว่าง ริมกับตัวโถ ใต้ริมหลังจากประกบริมวางบนตัวโถ



รูปที่ 4.16 แสดงภาพตัดขวางโพรงอากาศระหว่างระหว่างริมกับตัวโถใต้ริม

วิธีการต่อริมกับตัวโถสุขภัณฑ์ให้เป็นชิ้นงานเดียวกัน ด้วยกาวดิน หรือ กูอี้ (Gooey) หรือ สติกกี้ (Sticky Clay) เป็นตัวประสานให้ชิ้นงานทั้งสองส่วนประกอบเป็นชิ้นเดียวกัน จากการตัดเช็คบริเวณ จุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รอยต่อริมกับตัวโถตำแหน่งการแตกร้าว พบว่ามีช่องว่างบริเวณใต้ริมชิ้นงาน หลังจากต่อริมเสร็จ ลักษณะเป็นเหมือนโพรงอากาศ มีช่องว่างเกิดขึ้นด้านในชิ้นงาน เนื่องมาจากการออกแบบแนวประกบริมที่ไม่เหมาะสมซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดการแตกร้าวในกระบวนการหลังเผา แสดงในรูปที่ 4.16

จากการระดมสมองกับทีมผู้ร่วมดำเนินการ ถึงลักษณะของความบกพร่องการแตกร้าวที่เกิดขึ้นจากข้อสงสัย จากการเปรียบเทียบพื้นที่ต่อพื้นที่ (Area to Area) ซึ่งมีสาเหตุจากกระบวนการหล่อขึ้นรูปสุขภัณฑ์ โดยพบโพรงอากาศประมาณ 5 มิลลิเมตร ตำแหน่ง 14UL ระหว่างแนวต่อริมกับตัวโถ โดยได้ข้อเสนอแนะแนวทางการทดลองโดย ทำการเปรียบเทียบกับสุขภัณฑ์ที่มีลักษณะการออกแบบที่ใกล้เคียงในช่วงกระบวนการผลิตที่ใกล้เคียงกัน และพบความบกพร่องการแตกร้าวตำแหน่ง 14UL ที่ดีกว่าสุขภัณฑ์รุ่น AC19 เพื่อนำวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพ โดยเปรียบเทียบปริมาณความบกพร่องหลังเผากับสุขภัณฑ์ประเภทชิ้นเดียวรุ่น AC207 ในช่วงเวลาที่พบความบกพร่องแตกร้าวเดียวกัน แสดงรูปที่ 4.17(b)

(a)

(b)

รูปที่ 4.17 (a) สุขภัณฑ์ประเภทแขวนผนังรุ่น AC19, (b) สุขภัณฑ์ประเภทชิ้นเดียวรุ่น AC207

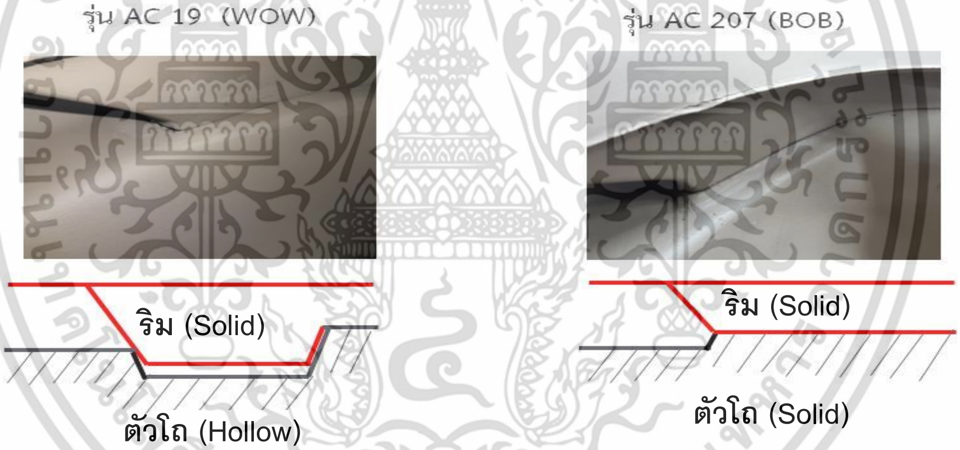
ตารางที่ 4.6 เปรียบเทียบการแตกร้าวของสุขภัณฑ์รุ่น AC19 กับ รุ่น AC207

วัน เดือน ปี	รุ่น AC19			รุ่นAC207		
	ยอดตรวจ(ชิ้น)	แตกตำแหน่ง14UL(ชิ้น)	% แตก14UL	ยอดตรวจ(ชิ้น)	แตกตำแหน่ง14UL(ชิ้น)	% แตก14UL
1-7ส.ค60	239	27	11.3%	376	5	1.3%
8-14ส.ค60	246	28	11.4%	363	1	0.3%
15-21ส.ค60	197	16	8.1%	315	5	1.6%
22-31 ส.ค60	385	37	9.6%	576	5	0.9%
1-7ก.ย 60	252	27	10.7%	321	1	0.3%
8-14ก.ย 60	325	33	10.2%	384	2	0.5%
15-21ก.ย 60	312	31	9.9%	316	0	0.0%
22-30ก.ย 60	394	31	7.9%	495	0	0.0%
รวม	2350	230	9.8%	3146	19	0.6%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการเปรียบเทียบปริมาณความบกพร่องของ สุขภัณฑ์ทั้งสองรุ่น ที่มีการออกแบบแนวต่อริมคล้ายกันนั้น พบว่า มีปริมาณร้อยละความบกพร่องที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยสุขภัณฑ์รุ่น AC19 ร้อยละ 9.8 ส่วนสุขภัณฑ์รุ่น AC207 พบร้อยละ 0.6 ตามลำดับ จากความแตกต่างของร้อยละของเสียที่เกิดขึ้น โดยจะทำการกำหนดให้สุขภัณฑ์รุ่น AC19 ให้เป็นเงื่อนไขที่แย่ (WOW) ส่วนสุขภัณฑ์รุ่น AC207 ให้เป็นเงื่อนไขที่ดี (BOB) ในขั้นตอนการเปรียบเทียบ ตามตารางที่ 4.6

เมื่อทำการตรวจลักษณะของแตกต่างระหว่างแนวต่อริมตำแหน่ง 14UL ของสุขภัณฑ์ทั้งสองรุ่นนี้ พบว่า สุขภัณฑ์รุ่น AC207 ลักษณะของส่วนที่เป็นแนวต่อริมมีลักษณะแข็งแรงโดยจะมีขอบของริมที่มีความหนาของเนื้อดิน แบบตัน (Rim Solid) ต่อกับตัวโถที่มีลักษณะสันขอบมีลักษณะเดียวกัน แบบตัน (Body Solid) ตามรูปที่ 4.18 (b) ส่วนสุขภัณฑ์รุ่น AC19 จะมีลักษณะส่วนของริมมีความหนาของเนื้อดินแบบตัน (Rim Solid) ต่อกับส่วนของตัวโถมีความหนาของเนื้อดิน ลักษณะแบบโพรง (Body Hollow) ในส่วนนี้จะมีลักษณะโครงสร้างที่ไม่แข็งแรง เมื่อทำการต่อริมก็อาจจะทรุดตัวหลังจากการต่อริมด้านบนได้ ตามรูปที่ 4.18 (a)



รูปที่ 4.18 (a) ลักษณะของแนวต่อริม (BOB) (b) ลักษณะของแนวต่อริม (WOW)

4.3.2 การออกแบบการทดลองความบกพร่องการแตกร้าว

จากการค้นหาข้อสงสัยของตัวแปรโดยการเปรียบเทียบสุขภัณฑ์ที่มีลักษณะโครงสร้างของเนื้อดินในตำแหน่ง 14UL แนวต่อริมกับตัวโถ แตกต่างกันระหว่างสุขภัณฑ์รุ่น AC19 (WOW) แสดงรูปที่ 4.19 (a) และ (b) เปรียบเทียบกับสุขภัณฑ์รุ่น AC207 (BOB) แสดงรูปที่ 4.20 (a) และ (b) จากการเก็บรวบรวมข้อมูลจากระยะช่วงเวลาเดียวกัน พบว่า ร้อยละการแตกร้าวของสุขภัณฑ์รุ่น AC207 เท่ากับร้อยละ 0.6 ซึ่งน้อยกว่า สุขภัณฑ์รุ่น AC19 เท่ากับ ร้อยละ 9.8 และลักษณะของการออกแบบแนวต่อริมที่มีลักษณะที่แตกต่างกันตามรูปที่ 4.18 (a) (b) จึงได้ทำการออกแบบการทดลอง โดยใช้เครื่องมือไชนิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการจับคู่เปรียบเทียบ (Paired Comparison) โดยทำการปรับปรุงแก้ไขแนวต่อริมของแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์ของสุขภัณฑ์รุ่น AC19 (WOW) ใหม่แสดงรูป 4.19 (a) (b) ให้มีลักษณะเหมือนกับสุขภัณฑ์รุ่น AC207 (BOB) แสดงรูป 4.20 (a) (b) จำนวน 5 แม่พิมพ์ จากนั้นนำแม่พิมพ์หลังการแก้ไขปรับปรุงมาทำการหล่อขึ้นรูปเปรียบเทียบกับแม่พิมพ์เดิมที่ไม่ได้รับการแก้ไขในกระบวนการผลิตปกติ ในการทดลองโดยควบคุมพารามิเตอร์ของกระบวนการหล่อขึ้นรูปเดียวกัน คือใช้พนักงานหล่อคนเดียว โต๊ะหล่อเดียวกัน น้ำดินหล่อวันเดียวกัน และทำการเก็บข้อมูลเปรียบเทียบความบกพร่องการแตกร้าวตำแหน่ง 14UL หลังเผากับสุขภัณฑ์ ในขั้นตอนต่อไป

รูปที่ 4.19 (a) ลักษณะของส่วนริมในกระบวนการผลิตปกติ (b) ลักษณะของส่วนโถในกระบวนการปกติ

(a) (b)

รูปที่ 4.20 (a) ลักษณะของส่วนริมทำการปรับปรุงแก้ไขใหม่ (b) ลักษณะของส่วนตัวโถทำการแก้ไขใหม่

จากการทดลองปรับปรุงแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์ โดยทำการแก้ไขปรับปรุงโครงสร้างของตำแหน่งแนวต่อริมด้านของสุขภัณฑ์ตัวอย่างรุ่น AC19 เพื่อให้มีลัษณะที่มีโครงสร้างแข็งแรงมากขึ้นเหมือนสุขภัณฑ์รุ่น AC207 และนำไปติดตั้ง และทำการหล่อขึ้นรูปเปรียบเทียบในกระบวนการผลิตแบบปกติ โดยทำการติดตามผลความบกพร่องชิ้นงานสุขภัณฑ์หลังกระบวนการเผา

ในขั้นตอนนี้จะทำการนำข้อมูลจากการติดตามผลสุขภัณฑ์ทดลองมาวิเคราะห์ผล ความบกพร่องการแตกร้าวในตำแหน่ง 14UL โดยใช้เทคนิคของไชนิน วิธีการเปรียบเทียบการจับคู่ (Paired

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Comparisons) ทำการจับคู่เปรียบเทียบชิ้นงานที่ดี (BOB) เทียบกับชิ้นงานที่แย่ (WOW) ตามทฤษฎีจะใช้หลักการของ Turkey Test เป็นการเปรียบเทียบผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยประชากรครั้งละคู่ โดยการสุ่มตัวอย่างแต่ละชุดเป็นอิสระต่อกัน ซึ่งสามารถเลือกใช้กับจำนวนประชากรในแต่ละกลุ่มที่มีขนาดเท่ากันหรือไม่เท่ากัน โดยนับผลรวมของค่าปลาย Total End Count หากผลรวมค่าปลายที่นับได้ (Total End Count) มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 6 แสดงว่ามีค่าความเชื่อมั่นมากกว่าหรือเท่ากับ 90% ที่จะสรุปได้ว่าตัวแปรหรือปัจจัยที่พิจารณามีนัยสำคัญ หรือสามารถสรุปได้ว่าปัจจัยดังกล่าวมีผลต่อคุณภาพสินค้า หากผลรวมค่าปลายที่นับได้มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 5 แสดงว่าตัวแปรที่พิจารณาไม่มีนัยสำคัญ หรือไม่มีผลต่อคุณภาพ

4.2.3 ผลการทดลองเปรียบเทียบ

ทำการเลือกชิ้นงานสุขภัณฑ์จำนวน 6 คู่จากกระบวนการที่ทำการแก้ไขแนวต่อริมแบบตัน (Rim Solid) ต่อกับโถแบบ (Body Solid) จำนวน 6 ชิ้น และจากกระบวนการหล่อขึ้นรูปปกติที่มีแนวต่อริมแบบตัน (Rim Solid) ต่อกับตัวโถแบบโพรง (Body Hollow) จำนวน 6 ชิ้นทำการสุ่มจับคู่ แล้วทำการตรวจคุณภาพสุขภัณฑ์ หลังเผา ตารารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ผลการเผาเปรียบเทียบสุขภัณฑ์ทำการปรับปรุงแนวต่อริมกับในกระบวนการผลิตปกติ

ลำดับคู่	ริมแบบตัน Rim solid ต่อกับตัวโถแบบตัน Body solid (BOB)	ริมแบบตัน Rim solid ต่อตัวโถโพรง Body hollow (WOW)
1	ไม่แตก	แตก
2	แตก	ไม่แตก
3	ไม่แตก	แตก
4	ไม่แตก	ไม่แตก
5	ไม่แตก	ไม่แตก
6	ไม่แตก	แตก

ทำการจัดเรียงข้อมูลผลการทดลองจากความบกพร่องการแตกร้าวของสุขภัณฑ์ตำแหน่ง 14UL เพื่อนับจำนวนผลรวมค่าปลาย (Total End Count)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 แสดงการจัดเรียงข้อมูลเปรียบเทียบสุขภัณฑ์ปรับปรุงกับกระบวนการผลิตปกติ

ริมแบบตันSolid ต่อกับตัวโถ แบบตัน Solid (BOB)	ริมแบบตัน Solid ต่อตัวโถ โพรง Hollow (WOW)
0.0 (ไม่แตก)	0.0 (ไม่แตก)
0.0 (ไม่แตก)	0.0 (ไม่แตก)
0.0 (ไม่แตก)	0.0 (ไม่แตก)
0.0 (ไม่แตก)	6.2 (แตก)
0.0 (ไม่แตก)	5.4 (แตก)
5.3 (แตก)	6.0 (แตก)

จากตาราง 4.9 ทำการนับค่าปลาย (End Count) ของกระบวนการ BOB ได้เท่ากับ 4 และค่าปลายของกระบวนการ WOW ได้ค่าเท่ากับ 2 ซึ่งผลรวมของค่าปลาย (Total End Count) จะมีค่ารวมกันเท่ากับ 6 แสดงว่าการแก้ไขแนวต่อริมแบบตันต่อกับตัวโถแบบตัน มีนัยสำคัญด้วยความเชื่อมั่นเท่ากับ ร้อยละ 90

4.4 ขั้นตอนการปรับปรุง (Improve Phase)

ในกระบวนการนี้เป็นขั้นตอนของการดำเนินการยืนยันผลตัวแปรหลัก (Red X) ที่ได้จากการทดลอง เพื่อให้มั่นใจว่าตัวแปรที่ได้จะได้รับการปรับปรุงอย่างยั่งยืน โดยใช้เครื่องมือไชนิน การวิเคราะห์ B เทียบกับ C คือ กระบวนการดีกว่าเทียบกับกระบวนการปัจจุบัน B vs C (Better vs Current) เป็นเครื่องมือที่ใช้พิสูจน์ปัญหาที่พบในผลิตภัณฑ์ หรือกระบวนการผลิตที่ได้รับแก้ไขปรับปรุงแล้ว เพื่อพิสูจน์หรือยืนยันว่าดีกว่ากระบวนการเดิม เป็นกระบวนการ หรือทางเลือก 1 คู่ โดยให้กระบวนการที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน เป็นเงื่อนไขกระบวนการแบบ C (Current) ส่วนกระบวนการที่จะนำมาใช้ใหม่หรือกระบวนการที่คาดว่าจะ ดีกว่าเดิม เป็นเงื่อนไขกระบวนการแบบ B (Better) เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการทวนสอบหรือยืนยันผลของปัจจัย (Verification Tools) และเพื่อเป็นการตัดสินใจว่าผลิตภัณฑ์ชิ้นใด หรือกระบวนการใดดีกว่ากันในด้านคุณภาพ โดยมีการกำหนดในเรื่องของคุณภาพและความเชื่อมั่นวิธี B Vs. C คือ ในการทดสอบแบบ The Six Pack Test ในการทดสอบนี้จะใช้ข้อมูล เงื่อนไขกระบวนการแบบ B (Better) จำนวน 3 ล๊อต และเงื่อนไขกระบวนการแบบ C (Current) จำนวน 3 ล๊อต จากกระบวนการผลิตเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการทดสอบด้วยค่าความเสี่ยง α ที่ 5% (หรือที่ความเชื่อมั่น 95%) จุดดีของวิธีนี้ คือง่ายต่อการคำนวณ และใช้จำนวนตัวอย่างในการทดสอบน้อย

4.4.1 ผลการทดลองความบกพร่องจากการแตกร้าวตำแหน่ง 14UL

จากการทดลองเปรียบเทียบแนวต่อริมใหม่กับแนวต่อริมเดิมที่ลักษณะของแนวต่อริม (BOB) แบบตัน (Solid) ต่อกับตัวโถแบบตัน (Solid) และแนวต่อริม (WOW) แบบตัน (Solid) ต่อตัวโถโพรง (Hollow) โดยทำการแก้ไข แม่พิมพ์ 28 ชุด (หนึ่งโต๊ะหล่อ) โดยการนับผลรวมค่าปลาย (Total End Count) จะมีค่าเท่ากับ 6 สามารถสรุปได้ว่ากระบวนการ B ดีกว่ากระบวนการ ที่ความเชื่อมั่น 90% แล้วนำมาหล่อขึ้นรูปในกระบวนการผลิตได้ผลหลังเผา

ตารางที่ 4.10 แสดงผลร้อยละของการแตกร้าวตำแหน่ง 14UL ของสุขภัณฑ์หลังเผา

สัดส่วนของเสีย					
กระบวนการปรับปรุง (B)			**กระบวนการก่อนปรับปรุง (C)**		
ชิ้นตรวจ	แตกร้าว 14UL	ร้อยละของเสีย	ชิ้นตรวจ	แตกร้าว 14UL	ร้อยละของเสีย
220	3	1.4%	200	25	12.5%
200	5	2.5%	160	17	10.6%
180	4	2.2%	186	18	9.7%

จากผลการทดลองเปรียบเทียบกระบวนการทำการปรับปรุง แบบเงื่อนไข B กับกระบวนการผลิตปกติ แบบเงื่อนไข C แสดงตารางที่ 4.10 ชิ้นงานแบ่งเป็น 3 ชุด ชุดละประมาณ 180 ชิ้น หลังจากกระบวนการเผาสุขภัณฑ์ ทำการเก็บข้อมูลผลการตรวจคัดแยกสุขภัณฑ์ พบความบกพร่องแตกร้าวตำแหน่ง 14UL ได้ตามตารางที่ 4.10

จัดลำดับข้อมูลใหม่ จากตารางที่ 4.10 โดยพิจารณาจากสัดส่วนร้อยละของเสียทิ้งจากการแตกร้าวตำแหน่ง 14UL หลังกระบวนการเผาเคลือบ สัดส่วนร้อยละความบกพร่องที่น้อยที่สุดไปถึงมากที่สุด และลำดับของ เงื่อนไขกระบวนการที่ทำการทดลองเปรียบเทียบได้ตามตารางที่ 4.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 แสดงการจัดลำดับร้อยละของเสียทิ้งจากการแตกร้าวตำแหน่ง 14UL

ร้อยละของการแตกร้าว	กระบวนการ
1.4%	B
2.2%	B
2.5%	B
9.7%	C
10.6%	C
12.5%	C

จากตารางที่ 4.11 แสดงลำดับข้อมูลร้อยละของความบกพร่องการแตกร้าวตำแหน่ง 14UL พบลำดับของกระบวนการที่ได้หลังจากจัดเรียง ไม่อยู่ในกฎการทับซ้อน (No-Overlap Rules) คือไม่มีการทับซ้อนกันระหว่าง เงื่อนในกระบวนการ B กับ เงื่อนไขกระบวนการ C เมื่อทำการนับผลรวมค่าปลายจะมีค่าเท่ากับ 6 สามารถสรุปได้ว่ากระบวนการ B ดีกว่ากระบวนการ C ที่ความเชื่อมั่น 90%

รูปที่ 4.21 แสดงทิศทางของการหดตัวของเนื้อดินหลังเผา

ดังนั้นสาเหตุหลัก (RedX) ที่ทำให้เกิดความบกพร่องของการแตกร้าวตำแหน่ง 14UL ของสุขภัณฑ์รุ่น AC19 คือการออกแบบโครงสร้างของแนวต่อริมตำแหน่ง 14UL ที่ไม่แข็งแรงของเนื้อดิน จากลักษณะของแนวต่อริม (WOW) แบบตัน Solid ต่อตัวโถโพรง Hollow ซึ่งเมื่อทำการต่อริมทำให้เกิดการหดตัวของทั้งสองส่วนต่างกันทำให้เกิดการดึงตัวและโพรงอากาศด้านล่างแนวต่อทำให้เกิดการแตกร้าวในกระบวนการอบและหลังเผาเคลือบ แสดงรูปที่ 4.21

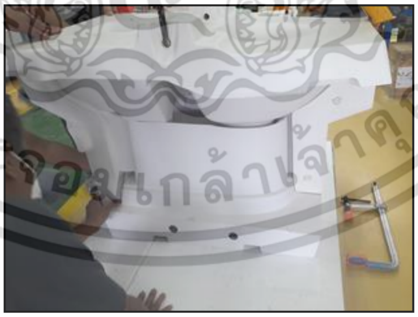
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 การควบคุมกระบวนการให้คงที่ (Control Phase)

จากสาเหตุหลัก (Red X) ที่ได้จากกระบวนการวัด และวิเคราะห์มาทำการขยายผลการทดลองในกระบวนการผลิตสุขภัณฑ์ เพื่อยืนยันตัวแปร สิ่งที่ได้จากการกระบวนการนี้คือ สาเหตุหลัก ที่ทำให้เกิดความบกพร่องการแตกร้าวแนวต่อริมตำแหน่ง 14UL โดยการออกแบบโครงสร้างของแนวต่อริมตำแหน่ง 14UL ที่ไม่แข็งแรงของเนื้อดิน จากลักษณะของแนวต่อริม (WOW) แบบตัน (Solid) ต่อตัวโถโพรง (Hollow) ในกระบวนการในขั้นตอนนี้จะทำการควบคุมกระบวนการเพื่อควบคุมในเชิงป้องกันและควบคุมตัวแปรต่างๆ ที่สาเหตุของความแปรปรวนในกระบวนการ การทำ (Process Certification) เป็นความร่วมมือระหว่างทีมงานภายในองค์กร เช่น วิศวกรการผลิต วิศวกรควบคุมคุณภาพ หัวหน้างาน ในการเข้าไปตรวจสอบ ที่สถานที่จริง ได้ผ่านตามมาตรฐานก่อนทำการผลิต หลังจากนั้นต้องมีการตรวจสอบเป็นระยะๆ โดยกลุ่มที่จัดตั้งขึ้นมาโดยกลุ่มนี้มีหน้าที่แตกต่างกัน

4.5.1 การควบคุมคุณภาพแม่พิมพ์ก่อนใช้งาน

จากความพบพร่องการแตกร้าวในกระบวนการผลิตที่เกิดจากส่วนของแนวต่อริม กับตัวโถสุขภัณฑ์ ต้องทำการควบคุมเริ่มตั้งแต่กระบวนส่ง แม่พิมพ์ (Case Mold) มาผลิตแม่พิมพ์ใช้งาน (Working Mold) และต้องมั่นใจว่า แม่พิมพ์ (Case Mold) ได้ทำการแก้ไขปรับปรุงอย่างถูกต้อง ทั้งนี้ก่อนที่จะเริ่มดำเนินการผลิตนักออกแบบ วิศวกร และหัวหน้าฝ่ายผลิตต้องดำเนินการร่วมกัน ทำการตรวจสอบคุณภาพของแม่พิมพ์ก่อนที่จะถูกนำไปผลิต โดยการหล่อตรวจเช็ค แบบแม่พิมพ์ และชิ้นงานผลิตจริงเพื่อให้เห็นปัญหาที่เกิดขึ้นและดำเนินการแก้ไขร่วมกัน แสดงรูปที่ 4.22 วิศวกร และหัวหน้างานฝ่ายผลิต ทำการตรวจเช็คคุณภาพแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์ ก่อนทำการหล่อแม่พิมพ์ส่งให้แผนกขึ้นรูปต่อไป



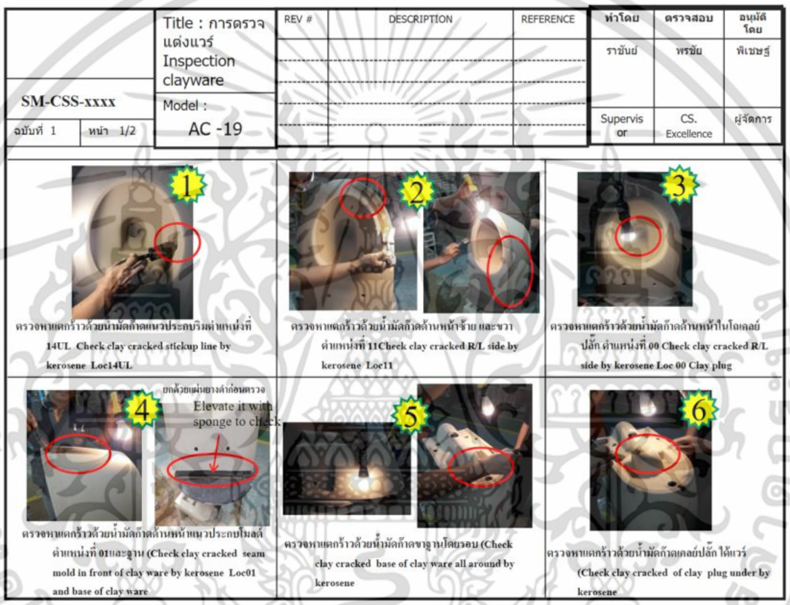
รูปที่ 4.22 การตรวจเช็คคุณภาพแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์

4.5.2 การควบคุมในกระบวนการหล่อขึ้นรูป (Casting Slip)

ดังนั้นเมื่อมีสุขภัณฑ์รุ่น AC19 ขึ้นผลิต ต้องทำการหล่อเพื่อทำการตรวจเช็คแนวต่อริม โดยการประกบริมกับตัวโถโดยไม่ต้องโรยน้ำดินต่อ เพื่อทำการตรวจเช็ค แนวช่องห่างระหว่างริมกับตัวโถทุกครั้งที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีการติดตั้งโมลด์ใหม่ (Installation Mold) เมื่อพบวิธีการหรือขั้นตอนที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดทำการหยุดการผลิตเพื่อทำการตรวจเช็คร่วมกันกับทีมวิศวกรและผู้ออกแบบดำเนินการแก้ไขให้เสร็จก่อนชิ้นงานสุขภัณฑ์ทุกชิ้น หลังจากทำกระบวนการอบแห้ง ต้องนำมาตรวจเช็คหารอยแตกร้าวและจุดที่เสี่ยงต่อการเกิดความบกพร่องแตกร้าวโดยใช้อุปกรณ์แปรงขนนุ่มจุ่มชุบลงในน้ำมันก๊าด (Kerosene) ทาเพื่อตรวจเช็คบนผิวชิ้นงาน สุขภัณฑ์หลังอบ แล้วใช้โคมไฟส่องตรวจหารอยแตกบนผิวสุขภัณฑ์ตามคู่มือปฏิบัติการตรวจคุณภาพเคลย์แวร์สุขภัณฑ์รุ่น AC19 ก่อนส่งพ่นเคลือบ แสดงตามรูปที่ 4.23 กรณีที่พบความบกพร่องจากการแตกร้าวให้ทำการคัดแยกส่งแผนกซ่อมเคลย์แวร์



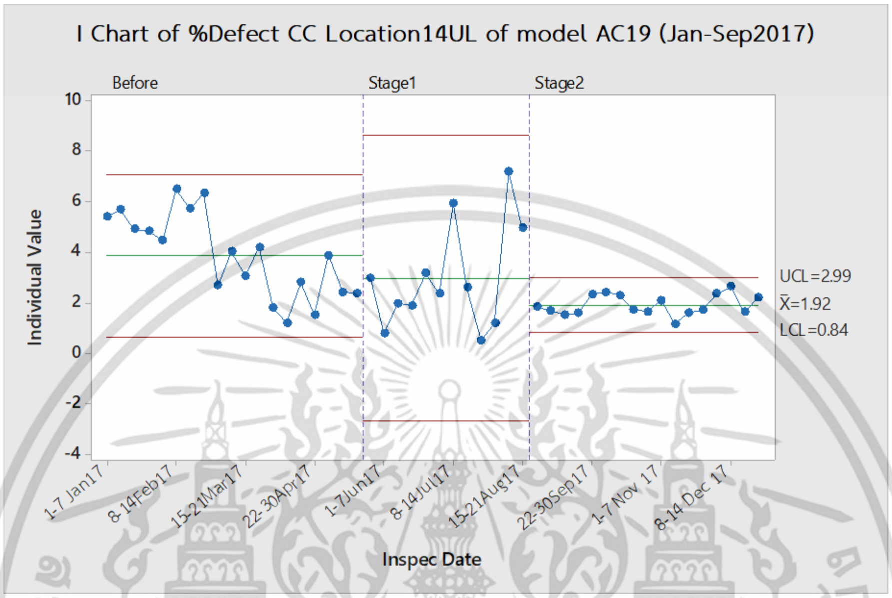
รูปที่ 4.23 แสดงคู่มือปฏิบัติการตรวจเช็คคุณภาพสุขภัณฑ์รุ่น AC19

4.6 ผลการปรับปรุงความบกพร่องที่เกิดจากการแตกร้าว ตำแหน่ง 14UL

ดังนั้นสรุปได้ว่าความบกพร่องการแตกร้าวของสุขภัณฑ์รุ่น AC19 ที่พบหลังกระบวนการเผาในช่วงเดือนมกราคม ถึง เมษายน พ.ศ.2560 ร้อยละของเสียเฉลี่ยร้อยละ 4.2 ของชิ้นงานสุขภัณฑ์ ก่อนการปรับปรุงกระบวนการ ทำให้ร้อยละของเสียลดลงเฉลี่ยร้อยละ 3.0 เมื่อเริ่มดำเนินการปรับปรุง ในช่วงที่1 (Stage1) ตัวแปรหลัก (Red X) จากการออกแบบแนวต่อริมที่ไม่แข็งแรง และเกิดช่องว่าง (Gap) ระหว่างริมกับตัวโถ เมื่อนำชิ้นงานส่งไปกระบวนการเผาเคลือบเกิดการหดตัวแตกต่างกันทำให้เนื้อดินดึงตัวแตกร้าวในตำแหน่ง14UL เมื่อทำการทดลองเปรียบเทียบโดยการออกแบบ และทำการแก้ไข แม่พิมพ์ที่มีลักษณะโครงสร้างที่แข็งแรงขึ้น เปรียบเทียบกับกระบวนการปกติ พบว่าสัดส่วนของเสียแตกร้าวตำแหน่ง 14UL ลดลงจึงทำการขยายผลการทดลองและแก้ไขแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์ ในช่วงที่ 2 (Stage2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกระบวนการผลิตโดยหล่อแม่พิมพ์ใช้งานจริงเปลี่ยนแม่พิมพ์ทั้งหมดในช่วงเดือน กันยายน ถึง ธันวาคม พ.ศ.2560 ร้อยละของเสียลดลงเฉลี่ยร้อยละ 1.92 ของชิ้นงานสุขภัณฑ์ แสดงดังรูปที่ 4.24



รูปที่ 4.24 แสดงผลการปรับปรุงลดความบกพร่องการแตกร้าวตำแหน่ง 14UL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

การลดปัญหาสุขภัณฑ์รุ่น AC 19 จากความบกพร่อง การบิดเบี้ยว (Warpage)

นอกจากพบปัญหาความบกพร่องการแตกร้าวแล้วยังมีอีกหนึ่งความบกพร่องจากการบิดเบี้ยวของสุขภัณฑ์ ซึ่งเป็นปัญหาเรื้อรังที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตสุขภัณฑ์รุ่น AC19 ที่ต้องทำการปรับปรุงแก้ไขให้ลดลง ซึ่งในเนื้อหาบทนี้จะเป็นกระบวนการค้นหาสาเหตุของปัญหา วิเคราะห์สาเหตุหลัก โดยใช้เครื่องมือของไซนินทำการทดลองยืนยันสาเหตุที่ได้แล้วทำการปรับปรุงกระบวนการ ตามแนวคิดของ DMAIC

5.1 การกำหนดปัญหา (Define Phase)

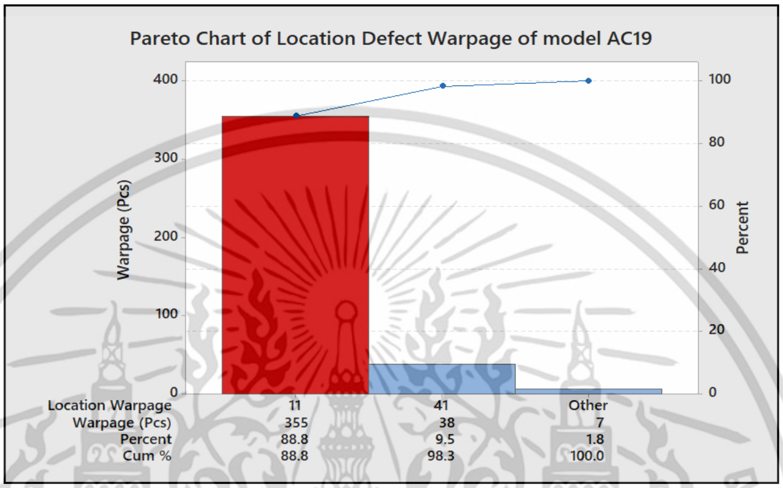
ภายหลังจากการคัดเลือกหัวข้อปัญหาของกระบวนการผลิตสุขภัณฑ์เซรามิกส์รุ่น AC19 โดยพิจารณาจากพาเรโตรูปที่ 3.7 จะเห็นได้ว่าความบกพร่องจากการบิดเบี้ยวเป็นสาเหตุลำดับที่สองที่ทำให้เกิดความสูญเสียกระบวนการหลังเผาของสุขภัณฑ์รุ่น AC19 ซึ่งจะต้องดำเนินการปรับปรุง แก้ไข และทำการควบคุมให้มีปริมาณลดลงเช่นกัน จึงกำหนดเป็นหัวข้อการปรับปรุงดังนี้ “กำหนดปัญหา ความบกพร่องที่มีสาเหตุมาจากการบิดเบี้ยว เฉลี่ยร้อยละ 8.4 ของชิ้นงานสุขภัณฑ์ กำหนดเป้าหมายในการปรับปรุงลดลงเหลือ เฉลี่ยร้อยละ 4.0 (ลดลงเฉลี่ยร้อยละ 4.4 ของชิ้นงานสุขภัณฑ์)”

การบิดเบี้ยวของสุขภัณฑ์หลังกระบวนการเผามีหลายสาเหตุที่ส่งผลให้ชิ้นงานเสียรูปทรง ซึ่งอสามารถเกิดขึ้นได้จากชิ้นงานสุขภัณฑ์ที่เสียรูปทรงหลังจากถอดออกมาจากแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์ในกระบวนการหล่อขึ้นรูป หรือเกิดขึ้นจากการดึงตัวของเนื้อดินสุขภัณฑ์หลังอบแห้ง และกระบวนการหลังเผาเนื่องมาจากความหนาของสุขภัณฑ์ที่ต่างกันมากทำให้ ในกระบวนการการเผา จะพบการหดตัวของเนื้อดินเซรามิกส์ บนผิวสัมผัสแผ่นรองเผาในเตาที่ไม่เรียบ ทำให้เนื้อดินหดตัวไม่สม่ำเสมอบิดเบี้ยวเสียรูปทรง และองศาของการวางชิ้นงานสุขภัณฑ์บนรถเตาเผา พบว่าหากเผาเนื้อดินสุขภัณฑ์เซรามิกส์สูงกว่าจุดหลอมตัวของเนื้อดิน (Melting Point) ก็จะทำให้ชิ้นงานสุขภัณฑ์เกิดการบิดเบี้ยวเสียรูปทรงได้เช่นกัน

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลความบกพร่องของสุขภัณฑ์รุ่น AC19 รูปที่ 5.1 แสดงกราฟพาเรโตความบกพร่องจากการบิดเบี้ยว ของสุขภัณฑ์หลังเผา ในตำแหน่ง 11 ซึ่งตำแหน่งนี้ จะถูกกำหนดไว้

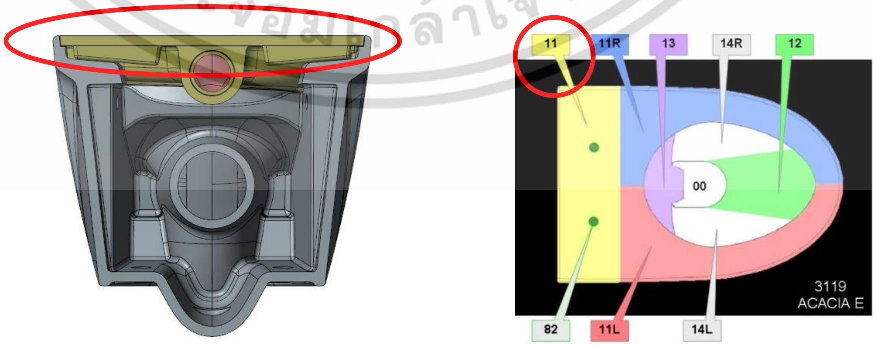
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บริเวณของด้านชิดผนังด้านบน แนวราบของสุขภัณฑ์ ซึ่งพบจำนวนความบกพร่องสูงถึง ร้อยละ 88.8 ของความบกพร่อง เพราะตำแหน่งนี้เป็นแนวชิดผนังของสุขภัณฑ์ที่ไม่มีการพ่นน้ำยาเคลือบเพื่อไม่ให้น้ำยาเคลือบหลอมตัวติดกับเตาเผา เมื่อนำชิ้นงานเข้าเผาจึงเป็นตำแหน่งสัมผัสกับพื้นเตาเผาตลอดทั้งแนว แสดงตามรูปภาพ 5.13



รูปที่ 5.1 พาเรโตแสดง ตำแหน่งของความบกพร่องจากการบิดเบี้ยวของสุขภัณฑ์ รุ่น AC 19

ตำแหน่งของการเกิดความบกพร่องบิดเบี้ยวของชิ้นงานสุขภัณฑ์รุ่น AC19 รูปที่ 5.2 แสดงตำแหน่งของการบิดเบี้ยวโดยแผนภาพ (Concentration Chart) ซึ่งเป็นแนวส่วนที่เป็นริมด้านหลังของชิ้นงานตลอดแนว ที่มีการบิดเบี้ยวเสียรูปทรงหลังจากกระบวนการเผาเคลือบ เมื่อทำการตรวจคัดแยกชิ้นงาน ไม่ผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานสินค้า

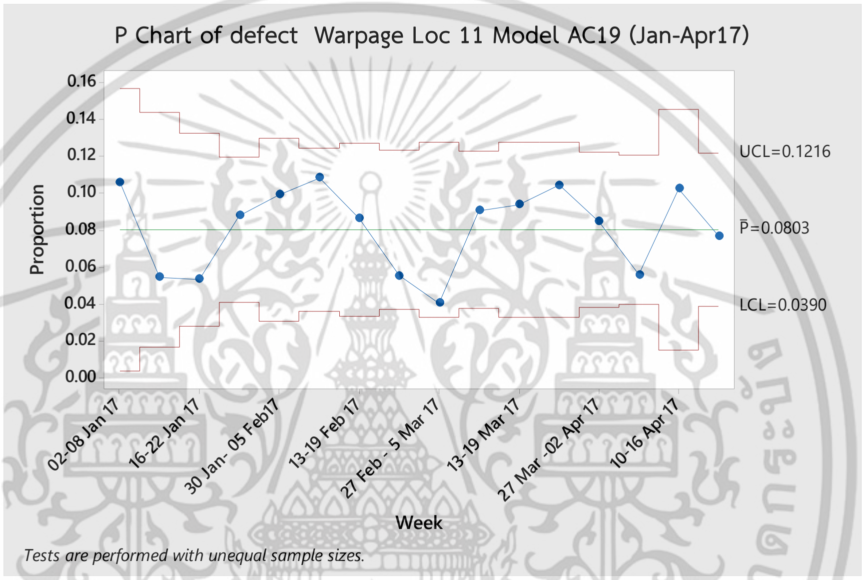


รูปที่ 5.2 แสดงตำแหน่งที่พบความบกพร่องการบิดเบี้ยวบนสุขภัณฑ์รุ่น AC 19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.1 ดัชนีชี้วัด ความบกพร่องของการบิดเบี้ยวของสุขภัณฑ์

จากข้อมูลความบกพร่องของความบกพร่องของการบิดเบี้ยวตำแหน่ง 11 สุขภัณฑ์รุ่น AC19 เมื่อนำมาแสดงเป็นกราฟตามรูปที่ 5.3 พบว่าร้อยละของความบกพร่องช่วงเดือน มกราคม ถึง เดือน เมษายน พ.ศ.2560 เฉลี่ยร้อยละ 8.0 ของชิ้นงานสุขภัณฑ์ ในช่วงระยะเวลาดังกล่าว ผลิตชิ้นงานของเสีย ได้ต่ำสุด ซึ่งเป็นค่าที่ดีที่สุด (Entitlement) อยู่ที่ประมาณ ร้อยละ 4.0 ของชิ้นงานสุขภัณฑ์ ซึ่งจะนำมาเป็นเกณฑ์กำหนดเป้าหมายในการปรับปรุงในโครงการวิจัยนี้



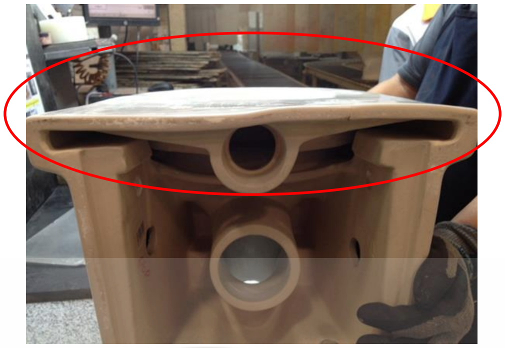
รูปที่ 5.3 กราฟแสดงร้อยละของความบกพร่องบิดเบี้ยวสุขภัณฑ์รุ่น AC19 ตำแหน่ง 11

5.2 ขั้นตอนการวัด (Measure Phase)

5.2.1 ทำการวิเคราะห์เบาะแสของความบกพร่อง จากการบิดเบี้ยว

จากการเก็บชิ้นงานของเสียที่เกิดขึ้นหลังกระบวนการคัดแยกสินค้าสุขภัณฑ์หลังเผา พบลักษณะการบิดเบี้ยวของสุขภัณฑ์เกิดขึ้นในบริเวญตำแหน่ง11 ของสุขภัณฑ์ ซึ่งพื้นที่นี้ ถูกกำหนดไว้ในมาตรฐานการตรวจคัดแยกสินค้าของโรงงานตัวอย่าง โดยเมื่อทำการติดตั้งตำแหน่งนี้จะอยู่ชิดกับผนังของห้องน้ำ และเกณฑ์มาตรฐานที่ควบคุมคุณภาพ ความเรียบของชิ้นงานสุขภัณฑ์ตามมาตรฐานที่กำหนด ซึ่งความบกพร่องที่เกิดขึ้นเกิดจากความบิดเบี้ยวเสียรูปทรงอยู่บนตำแหน่งที่ 11 ตามแผนภาพที่กำหนดตำแหน่งพื้นที่ชิ้นงาน แสดงรูปที่ 5.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.4 ลักษณะของความบกพร่องที่เกิดจากการบิดเบี้ยวของสุขภัณฑ์

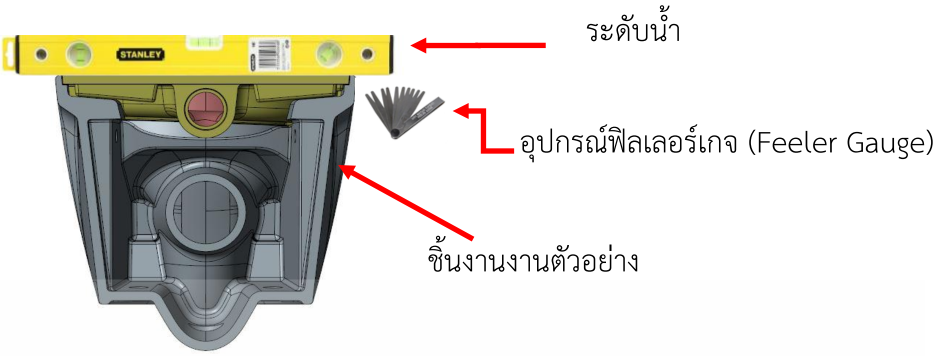
เนื่องจากความบกพร่องการบิดเบี้ยวเป็นข้อมูลตามลักษณะ (Attribute Data) จึงต้องทำการกำหนดความรุนแรงของการเกิดโดยใช้ Likert Scale ในการกำหนดความรุนแรงของการเกิดความบกพร่อง ตลอดแนวด้านชิดผนังของสุขภัณฑ์ ตามเกณฑ์ค่ามาตรฐานการตรวจคัดแยกชิ้นงานสุขภัณฑ์หลังเผาของโรงงาน ในตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 แสดงLikert scale แสดงความรุนแรงความบกพร่องการบิดเบี้ยว

ลักษณะการบิดเบี้ยว	**Likert scale**
ผิวเรียบตรง	0
บิดเบี้ยวยุบหรือนูน 1 มม.	2
บิดเบี้ยวยุบหรือนูน 2 มม.	4
บิดเบี้ยวยุบหรือนูน 3 มม.	6
บิดเบี้ยวยุบหรือนูน 4 มม.	8
บิดเบี้ยวยุบหรือนูน มากกว่า 4 มม.	10

ตำแหน่งการวัดความเรียบของสุขภัณฑ์รุ่น AC19 โดยใช้เครื่องมือระดับน้ำที่ได้มาตรฐานวัดในตำแหน่งตลอดแนวด้านชิดผนังของชิ้นงานสุขภัณฑ์และใช้อุปกรณ์วัดฟิลเลอร์เกจ (Feeler Gauge) ที่ผ่านมาตรฐานการตรวจวัดคุณภาพ (Calibrate) โดยทำการนำอุปกรณ์สอดวัดช่องว่างที่เกิดขึ้นระหว่างชิ้นงานกับระดับน้ำตามตำแหน่ง11 ด้วยข้อกำหนดและวิธีการปฏิบัติที่กำหนดไว้ของโรงงาน แสดงรูปที่ 5.5 และเกณฑ์ในการกำหนดการบิดเบี้ยวของสุขภัณฑ์ตัวอย่างเป็นไปตามมาตรฐานของการคัดแยกเกรดสุขภัณฑ์รุ่น AC19 กำหนดให้ค่าความบิดเบี้ยวยุบหรือนูนจากพื้นผิวระนาบ ไม่เกิน 5 มม.

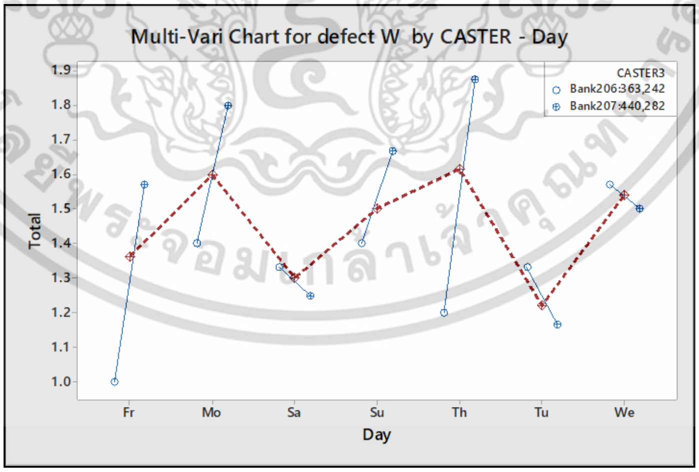
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.5 แสดงตำแหน่งการวัดควาบิดเบี้ยวของสุขภัณฑ์ตัวอย่าง

5.2.2 **ทำการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์** Product Family **การบิดเบี้ยวตำแหน่ง** 11

จากข้อมูลความบกพร่องจากการบิดบี้ยวหลังเผาแล้วนำมาวิเคราะห์ด้วยกราฟ Muti-Vari Chart เพื่อหาความสัมพันธ์ของการเกิดความบกพร่อง ตามรูปที่ 5.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างวันที่ทำงานกับพนักงานที่หล่อ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันระหว่างพนักงานและความแตกต่างกันในช่วงวันทำงาน ของพนักงานที่หล่อขึ้นรูป สุขภัณฑ์ตัวอย่างรุ่น AC19 ซึ่งพบความบกพร่องที่เกิดขึ้นจึงเป็นความแปรผันที่เกิดขึ้นในชิ้นงาน Within-Unit ต้องทำการเก็บข้อมูลเพื่อทำการศึกษาความบกพร่องจากชิ้นงานของเสีย ด้วย Concentration Chart เพื่อหาลักษณะของความบกพร่องบนชิ้นงานสุขภัณฑ์หลังเผานำมาค้นหาความแตกต่างจุดที่สงสัยอาจเป็นสาเหตุที่แท้จริง



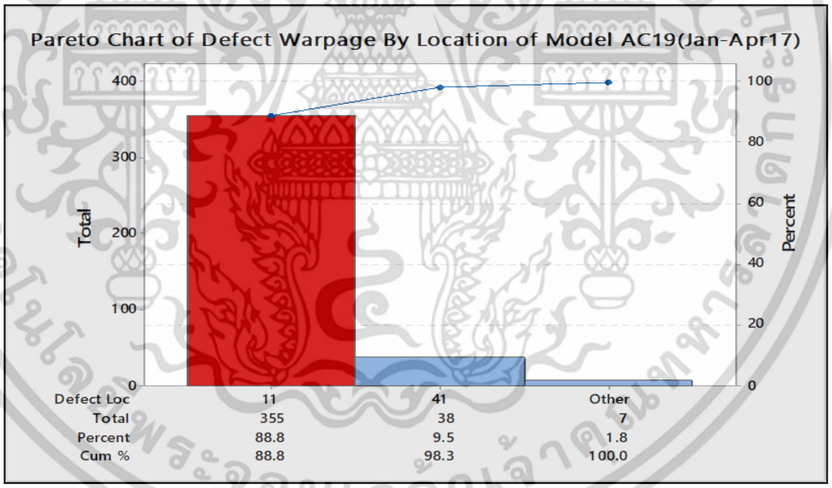
รูปที่ 5.6 Muti-Vari แสดงความสัมพันธ์ระหว่างวันเวลาในการทำงานกับพนักงานหล่อสุขภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการเก็บข้อมูลความบกพร่องที่เกิดจากการบิดเบี้ยวของสุขภัณฑ์ตัวอย่างตำแหน่ง 11 ลงใน (Concentration Chart) 2 เดือน เพื่อเก็บข้อมูลลักษณะของเสียที่เกิดขึ้นจริงนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบ ใน ครอบครัวความผันแปร (Family of Variation) เพื่อหาเบาะแส จากความแตกต่างของผลิตภัณฑ์ (Product Family) และ จากกระบวนการผลิต (Process Family) เป็นไปตามตารางที่ 4.2

เปรียบเทียบระหว่างจุดต่อจุด (Point to Point) บนพื้นที่ชิ้นงานเดียวกัน (Same Area) ไม่พบความแตกต่างลักษณะของการเกิดข้อบกพร่องที่เกิดในจุดที่เดิมซ้ำๆ ในพื้นที่เดียวกัน โดยพบการบิดเบี้ยวตลอดแนวตำแหน่ง11 เนื่องจากลักษณะของการบิดเบี้ยวมีลักษณะเดียวกันคือ ด้านแนวชิดผนังบิดเบี้ยวโค้งงอตลอดทั้งแนว ไม่เป็นไปตามมาตรฐานการตรวจของโรงงานดังแสดงตามรูป 5.4

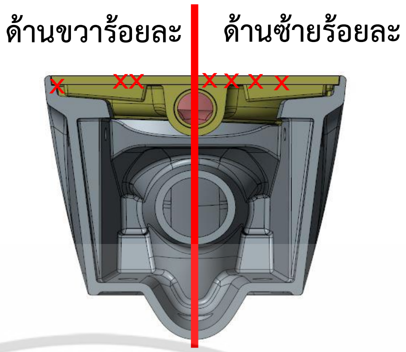
เปรียบเทียบระหว่างพื้นที่ต่อพื้นที่ (Area to Area) บนด้านของชิ้นงานเดียวกัน พบการเกิดความบกพร่องในพื้นที่ตำแหน่งเดิมซ้ำๆ ตามรูปที่ 5.7 พาเรโตแสดงตำแหน่งการบิดเบี้ยวของสุขภัณฑ์รุ่น AC19 ตำแหน่ง 11 ตามแผนภาพที่กำหนดของสุขภัณพตัวอย่างเป็นตำแหน่งแนวด้านหลังชิดผนังของโถสุขภัณฑ์ร้อยละ 88 ที่ตำแหน่ง 41 ร้อยละ9.5 และตำแหน่งอื่นๆ ร้อยละ1.8 ของความบกพร่องตามลำดับมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ



รูปที่ 5.7 พาเรโตแสดงตำแหน่งการเกิดความบกพร่องบิดเบี้ยวของชิ้นงาน

เปรียบเทียบด้านต่อด้าน (Side to Side) บนแม่พิมพ์ชุดเดียวกัน (Same Mold) ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของการเกิดความบกพร่องที่เกิดจากการบิดเบี้ยว โดยพบตลอดแนวทั้งสองด้านซ้าย และขวาที่ตำแหน่ง11 บนแผนภาพ (มองจากด้านหน้าของชิ้นงาน) ด้านซ้ายร้อยละ 61.6 และด้านขวาร้อยละ 38.4 ของชิ้นงานแม่พิมพ์เดียวกัน เพราะการบิดเบี้ยวสาสมารถเกิดขึ้นได้ตลอดแนวทั้งสองด้านจากสุขภัณฑ์ชิ้นเดียวกัน รูปที่ 5.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.8 แสดงร้อยละความบกพร่องบิดเบี้ยวจากการเปรียบเทียบด้านต่อด้าน

<u>เปรียบเทียบแม่พิมพ์ต่อแม่พิมพ์ (Mold to Mold)</u> โดยให้พนักงานหล่อโต๊ะเดียว (Same Bank) ทำการหล่อขึ้นรูป ไม่พบความแตกต่างลักษณะของการเกิดความบกพร่องที่เกิดในแต่ละแม่พิมพ์ทุกแม่พิมพ์บนโต๊ะผลิตเดียวกัน เป็นความบกพร่องจากการบิดเบี้ยวตำแหน่ง 11 เทียบกับลำดับแม่พิมพ์ขึ้นรูป ถูกติดตั้งและระบุหมายเลขไว้ที่ตัวแม่พิมพ์ เรียงกันจากตัวแรกถึงตัวที่ 28 บนโต๊ะหล่อ (Bank Casting)

<u>เปรียบเทียบพนักงานหล่อแบบต่อพนักงานหล่อแบบ (Caster to Caster)</u> จากสุขภัณฑ์รุ่นเดียวกัน (Same Model) ในกระบวนการหล่อสุขภัณฑ์ พนักงานหล่อจะทำงานร่วมกัน 2 คนต่อโต๊ะหล่อ เมื่อเปรียบเทียบไม่พบแตกต่างร้อยละของการเกิดความบกพร่องที่เกิดในพนักงานหล่อแบบคนเดิม Caster ของความบกพร่องในการผลิตสุขภัณฑ์รุ่นเดียวกัน ตามตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 เปรียบเทียบร้อยละของเสียบิดเบี้ยวระหว่างพนักงานหล่อ

สัปดาห์	พนักงานหล่อ โต๊ะหล่อ 206			พนักงานหล่อ โต๊ะหล่อ 207		
	ชิ้นตรวจ	จำนวนชิ้นเสีย	ร้อยละของเสีย	ชิ้นตรวจ	จำนวนชิ้นเสีย	ร้อยละของเสีย
1-7เม.ย.17	147	7	4.76%	204	2	0.98%
8-14เม.ย.17	204	2	0.98%	122	1	0.82%
15-21เม.ย.17	154	1	0.65%	189	2	1.06%
22-30 เม.ย.17	179	3	1.68%	151	2	1.32%
01-07พ.ค.17	164	1	0.61%	156	1	0.64%
08-14พ.ค.17	165	2	1.21%	146	4	2.74%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.2 (ต่อ)

15-21พ.ค.17	96	8	8.33%	101	9	8.91%
22-31พ.ค.17	109	3	2.75%	134	8	5.97%
01-07มิ.ย.17	190	4	2.11%	203	5	2.46%
08-14มิ.ย.17	213	1	0.47%	166	1	0.60%
15-21มิ.ย.17	138	4	2.90%	117	1	0.85%
22-30มิ.ย.17	92	6	6.52%	197	4	2.03%
ยอดรวม	**1851**	**42**	**2.27%**	**1886**	**40**	**2.12%**

<u>เปรียบเทียบรุ่นต่อรุ่น (Model to Model)</u> ตู้พ่นน้ำยาเคลือบเดียวกัน (Same Sprayer) ไม่พบความแตกต่างลักษณะของการเกิดความบกพร่องซ้ำๆ ที่เกิดในตำแหน่งที่พบกับสุขภัณฑ์รุ่นอื่นที่นำไปพ่นเคลือบ จากข้อมูลตารางที่ 5.3 แสดงร้อยละความบกพร่องการบิดเบี้ยวสุขภัณฑ์ตำแหน่ง 11 ของการผลิตภัณฑ์สุขภัณฑ์ทั้ง 2 โต๊ะหล่อ (Bank Casting) ที่ผ่านการพ่นเคลือบจากตู้พ่นเคลือบ

ตารางที่ 5.3 แสดงร้อยละความบกพร่องการบิดเบี้ยวตำแหน่ง 11 จากพนักงานหล่อ

วัน/เดือน/ปี	**ชิ้นพ่น**	**โต๊ะหล่อ206**	**%W 11**	**โต๊ะหล่อ207**	**%W11**
06-12 มี.ค.17	364	4	1.1%	8	2.2%
13-19 มี.ค. 17	298	6	2.0%	7	2.3%
20-26 มี.ค. 17	297	2	0.7%	5	1.7%
27 มี.ค.-02 เม.ษ. 17	378	8	2.1%	6	1.6%
03-09 เม.ษ. 17	410	6	1.5%	10	2.4%
10-16 เม.ษ. 17	156	9	5.8%	7	4.5%
17-23 เม.ษ. 17	390	12	3.1%	9	2.3%
24-30 เม.ษ. 17	359	5	1.4%	7	1.9%
รวม	**2652**	**52**	2.0%	**59**	2.2%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>เปรียบเทียบพนักงานพ่นเคลือบต่อพนักงานพ่นเคลือบ(Sprayer to Sprayer)</u> ที่เตาเผาเดียวกัน (Same Kiln) ไม่พบความแตกต่างลักษณะของการเกิดความบกพร่องซ้ำๆที่จากการพนักงาน พ่นเคลือบเมื่อนำไปเผาเตาเผาเดียวกันโดยอัตราของความบกพร่องที่เกิดจากพนักงานพ่นเคลือบสุขภัณฑ์รุ่น AC19 ใกล้เคียงกัน นั้นหมายถึงพนักงานพ่นทุกคน มีโอกาศที่จะทำของเสียจากการบิดเบี้ยวตำแหน่ง11 ได้ทุกคนไม่แตกต่างกัน แสดงตามตารางที่ 5.4

ตารางที่ 5.4 แสดงเปรียบเทียบร้อยละของความบกพร่องบิดเบี้ยวหลังเผาจากพนักงานพ่นเคลือบ

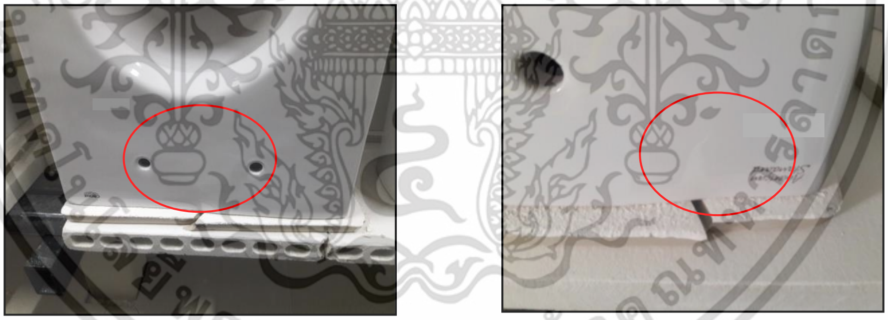
พนักงานพ่นเคลือบ	จำนวนชิ้นงานพ่น (ชิ้น)	จำนวนชิ้นงานเสียบิดเบี้ยว(ชิ้น)	ร้อยละของเสีย
105184 สามารถ ภู่บึงพร้าว	1351	42	3.11%
NV0504 พัชรพล อุดมพร	1226	29	2.37%
103134 ประยุทธ แย้มเทศ	1143	28	2.45%
105611 สุจิตร พรมโพธิ์	1030	23	2.23%
106172 วรวุฒิ ขันทแพทย์	920	19	2.07%
105777 ขวัญชัย ปะมะฝัง	911	15	1.65%

<u>เปรียบเทียบแผ่นรองเผาต่อแผ่นรอง (Setter to Setter)</u> ที่เตาเผาเดียวกัน (Same Kiln) ของกระบวนการเผาสุขภัณฑ์ จากการเก็บข้อมูลจำนวนชิ้นงานสุขภัณฑ์ที่บิดเบี้ยวจากกระบวนการเผา (Firing Process) โดยการออกแบบลักษณะของการวางชิ้นงานสุขภัณฑ์รุ่น AC19 ให้มีการเรียงเข้าเผาโดยจะต้องวางชิ้นงานสุขภัณฑ์ไว้ด้านบนแผ่นดินรองเผาที่เตรียมไว้ แสดงรูปที่ 5.6 แผ่นดินรองเผา (Clay Batt) คือแผ่นเนื้อดินเรียบ ที่หล่อขึ้นรูปเป็นแผ่นกระดานด้วยแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์ จากน้ำดินชนิดเดียวกันกับเนื้อดินสุขภัณฑ์ โดยจะออกแบบให้มีความหนา และขนาดความกว้างตามขนาดของฐานสุขภัณฑ์ที่นำมาวางเพื่อช่วยให้ชิ้นงานสุขภัณฑ์มีการหดตัว (Clay Shrinkage) อย่างอิสระ ไปพร้อมกับแผ่นดินรองเผาที่เตรียมไว้ ในขั้นตอนกระบวนการเผา (Firing Process) และยังช่วยลดแรงที่เกิดจากการหดตัวส่วนฐานสุขภัณฑ์ที่วางบนพื้นรถเตาเผา (Kiln Car) ซึ่งส่งผลให้เกิดการบิดเบี้ยว หรือแตกร้าวบนสุขภัณฑ์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.9 แสดงการวางชิ้นงานสุขภัณฑ์รุ่น AC19 บนแผ่นรองเผาก่อนเข้าเตาเผา

พบการบิดเบี้ยวของสุขภัณฑ์ในกระบวนการเผา มีสาเหตุส่วนหนึ่งมากจากการแตกผ่าบริเวณด้านหน้า ของแผ่นดินที่ใช้รองสุขภัณฑ์เผา ซึ่งมีสัดส่วนของขิ้นงานบิดเบี้ยวเสียรูปทรง ถึง ร้อยละ100 ซึ่งลักษณะ ดังรูปที่ 5.10 การแตกของแผ่นดินรองเผา สามารถเกิดขึ้นได้ในกระบวนผลิตแผ่นรองเผา ไปจนถึงการนำมาใช้งาน และ กระบวนการเผา ซึ่งจะเป็นเบาะแสในการค้นหา และ ทำการพิสูจน์ประเด็นข้อสงสัยต่อไป



รูปที่ 5. 10 แสดงการบิดบี้ยวของชิ้นงานบนแผ่นรองเผาที่แตกตำแหน่ง11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.5 ตารางสรุปผลการวิเคราะห์ครอบครัวความผันแปรของการบดเบี้ยวตำแหน่ง 11

แหล่งที่มาของกระบวนการแปรผัน (Sources of Process Variation)	ผลการวิเคราะห์
จุดต่อจุด (Point to Pont)	ไม่พบความแตกต่าง
พื้นที่ ต่อพื้นที่ (Area to Area)	พบความแตกต่าง
ด้านต่อด้าน (Side to Side)	ไม่พบความแตกต่าง
แม่พิมพ์ต่อแม่พิมพ์ (Mold to Mold)	ไม่พบความแตกต่าง
พนักงานหล่อต่อพนักงานหล่อ (Caster to Caster)	ไม่พบความแตกต่าง
รุ่นต่อรุ่น (Model to Model)	ไม่พบความแตกต่าง
พนักงานพ่นเคลือบต่อพนักงานพ่นเคลือบ (Sprayer to Sprayer)	ไม่พบความแตกต่าง
แผ่นรองเผาต่อแผ่นรอง (Setter to Setter)	พบความแตกต่าง
เตาเผาต่อเตาเผา (Kiln to Kiln)	ไม่พบความแตกต่าง

จากการวิเคราะห์กระบวนการผลิตโดยวิธีเปรียบเทียบครอบครัวแปรผัน (Family of Variation) พบความแตกต่างของกระบวนการที่เป็นข้อสงสัยว่าจะเป็นสาเหตุหลัก (Red X) ของความบกพร่องที่เกิดขึ้นจำนวน 2 กระบวนการ คือ เปรียบเทียบข้อมูลพื้นที่ต่อพื้นที่ (Area to Area) บนชิ้นงานด้านเดียวกัน (Same Side) และพบร่องรอยประเด็นข้อสงสัยจากแผ่นดินรองเผาที่แตก ซึ่งทำให้ให้เกิดการบิดเบี้ยวโดยตรง จากการเปรียบเทียบแผ่นรองเผาต่อแผ่นรอง (Setter to Setter) ของกระบวนการเผาสุขภัณฑ์ แสดงตามตาราง 5.5 ประเด็นข้อสงสัยตัวแปรที่ได้ จะถูกนำไปทดสอบยืนยันข้อสงสัยโดยใช้เครื่องมือของไชนินในขั้นตอนต่อไป

5.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analyze Phase)

5.3.1 การทดสอบยืนยันตัวแปรที่สงสัยทำให้เกิดความบกพร่อง การบิดเบี้ยว

จากการศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความบกพร่องความบิดเบี้ยวตำแหน่ง 11 ของสุขภัณฑ์รุ่น AC19 ทำให้สามารถวิเคราะห์และสรุปปัจจัยที่สำคัญเกี่ยวข้องกับความบกพร่อง ได้ตามแผนผัง Cause Effect Diagram รูปที่ 5.11 โดยมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

ปัจจัยจากการออกแบบ

(X1) ความสูงไม้ค้ำด้านหลังไม่พอ และ

(X2) กระดานรองชิ้นงานไม่เรียบ

ปัจจัยจากเนื้อดินสุขภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(X3) การหลอมตัวของเนื้อดินมากเกินไป

(X4) การหดตัวของเนื้อดินในกระบวนการเผา และ

(X5) แผ่นรองเผาแตก

ปัจจัยจากวิธีการถอดชิ้นงาน

(X6) ถอดชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์เร็วไป

(X7) ชิ้นงานสุขภัณฑ์หลังถอดแม่พิมพ์นิ่มไป และ

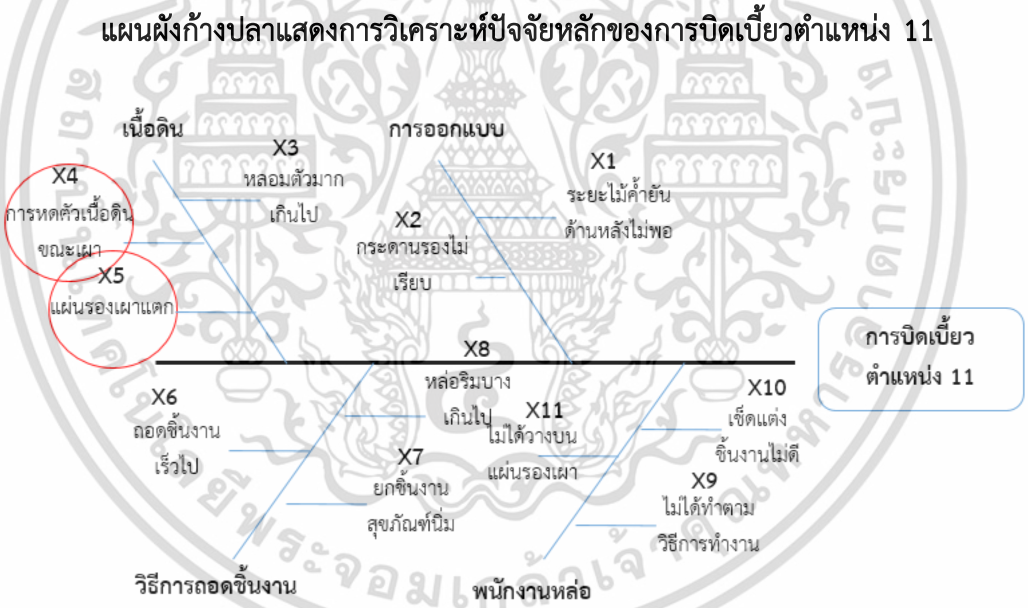
(X8) ความหนาของริมไม่ได้มาตรฐาน

ปัจจัยจากพนักงานหล่อ

(X9) พนักงานไม่ได้ทำตามขั้นตอนวิธีการทำงาน

(X10) พนักงานเช็ดตกแต่งขอบฐานริมไม่ดีมีตะเข็บ

(X11) พนักงานไม่ใช้แผ่นรองเผากับสุขภัณฑ์



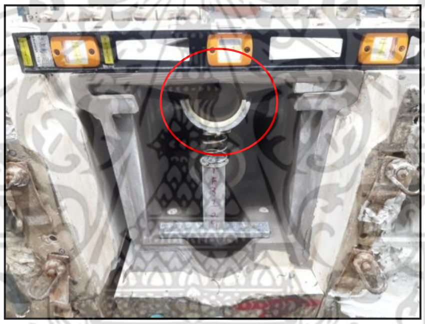
รูปที่ 5.11 แผนผังก้างปลาแสดงการวิเคราะห์ปัจจัยหลักของการบิดเบี้ยวตำแหน่ง 11

โดยหลักการของไชนินจะสนใจในปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อการบิดเบี้ยว ตำแหน่ง 11 จากการตรวจเช็ดชิ้นงานในกระบวนการหลังเผา พบว่าสุขภัณฑ์ที่พบการบิดเบี้ยว เกิดจากปัจจัย (X4) จากการหดตัวของชิ้นงานสุขภัณฑ์ระหว่างการเผาเคลือบ และ (X5) จากแผ่นรองเผาที่ใช้งานแตกร้าว ในกระบวนการเผา ซึ่งทั้งสองเป็นปัจจัยหลักสำคัญ เพื่อนำไปออกแบบการทดลองต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากเบาะแสที่เป็นข้อสงสัยตัวแปรที่ส่งผลให้เกิดความบกพร่องกับชิ้นงานสุขภัณฑ์หลังเผา จากการเปรียบเทียบครอบครัวข้อมูลครอบครัวความผันแปร (Family of Variation) พบประเด็นจากการเปรียบเทียบพื้นที่ต่อพื้นที่ (Area to Area) ของสุขภัณฑ์รุ่น AC19 จึงได้ทำการเข้าไป สังเกตความผิดปกติของกระบวนการหล่อขึ้นรูปสุขภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่ตำแหน่ง 11 ของสุขภัณฑ์ เพื่อนำมาวิเคราะห์หาสาเหตุของความบกพร่อง พบเบาะแสที่เกิดขึ้นในกระบวนการดังนี้

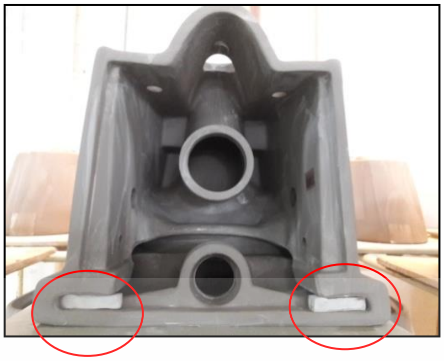
ในขั้นตอนการการถอดชิ้นงานออกจาก แม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์ พบว่าชิ้นงานสุขภัณฑ์มีการทรุดตัวเล็กน้อย ในตำแหน่ง 11 เมื่อตรวจสอบลักษณะการออกแบบโครงสร้างของการตัวสุขภัณฑ์ที่ตำแหน่งนี้ ไม่มีโครงสร้างที่แข็งแรงหลังการต่อริม เสี่ยงต่อการทรุดตัวบิดเบี้ยว เมื่อทำการต่อริมกับตัวโถเสร็จแล้ว จะต้องทำการค้ำยันชิ้นงานในตำแหน่ง 11 เพื่อช่วยให้ส่วนที่เป็นริมด้านบนทรุดตัว เสียรูปทรง แสดงรูปที่ 5.12 หลังจากถอดโมลด์ด้านหลัง ก่อนทำการตกแต่งชิ้นงานด้านหลังให้เรียบร้อย ตามวิธีการทำงาน



รูปที่ 5.12 แสดงการใช้ไม้ค้ำยันด้านหลังชิ้นงานเพื่อป้องกันไม่ให้ริมบิดเบี้ยว

ขั้นตอนถอดชิ้นงานสุขภัณฑ์ออกจากแม่พิมพ์ พบว่า จะต้องพลิกคว่ำชิ้นงานบนกระดานไม้อัดเรียบที่เตรียมไว้ เพื่อต้องการให้แนวราบด้านบนเรียบเสมอ ในขั้นตอนนี้ จะต้องวางยางดำ ขนาดความกว้าง 3 ซม.ความยาว 5 ซม. ความสูง 2 ซม. ที่ตำแหน่งมุมของ แนวต่อริมด้านหลังซ้ายและด้านขวา แสดงรูปที่ 5.13 เพื่อไม่ให้เกิดการเสียรูปทรงจากแรงกดของน้ำหนักตัวโถด้านบน ส่งผลทำให้แนวต่อริมด้านข้างแตกร้าวได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.13 แสดงตำแหน่งวางยางดำ 2 ข้างแนวต่อริมของสุขภัณฑ์รุ่น AC19

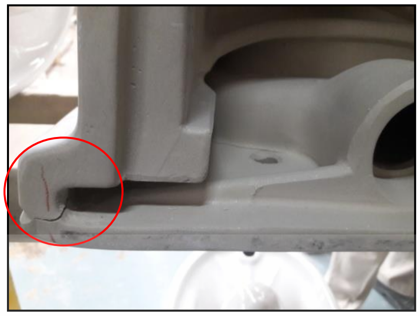
จากข้อสงสัยจากการเปรียบเทียบแผ่นรองเผาต่อแผ่นรอง (Setter to Setter) ของสุขภัณฑ์ ซึ่งอยู่ในกระบวนการเผา (Firing Process) เป็นความบกพร่องที่เกิดขึ้นในขั้นตอนก่อนทำการเผาสุขภัณฑ์รุ่นนี้ต้องวางแผ่นดินรองเผา Clay Batt เคลย์แวร์ Clay Ware ไม่พบการตรวจเช็คคุณภาพก่อนนำมาใช้งาน

รูปที่ 5.14 แสดงการวางชิ้นงานสุขภัณฑ์บนแผ่นดินรองบนรถเตา (Kiln car)

5.3.2 การออกแบบการทดลองความบกพร่อง จากการบิดเบี้ยวของสุขภัณฑ์

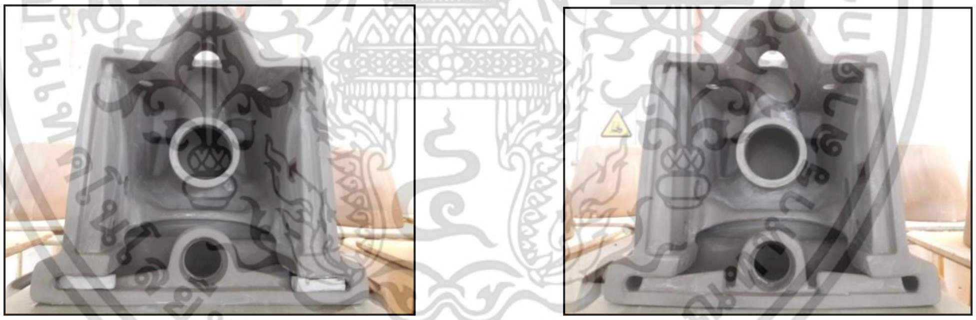
จากข้อสงสัยตัวแปร การเปรียบเทียบพื้นที่ต่อพื้นที่ (Area to Area) ของสุขภัณฑ์รุ่น AC19 ได้ทำการตรวจเช็คกระบวนการหล่อขึ้นรูปสุขภัณฑ์เพื่อนำมาวิเคราะห์หาสาเหตุของความบกพร่องการบิดเบี้ยว จากลักษณะการออกแบบโครงสร้างของการตัวสุขภัณฑ์ ซึ่งเมื่อทำการต่อริมแล้วด้านหลังจะต้องค้ำยันด้วยไม้ ตามวิธีการทำงาน และวางยางดำเพื่อไม่ให้น้ำหนักของชิ้นงานกดแนวต่อริมทำให้เกิดการแตกร้าวหลังจากถอดชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์และหลังเผาตำแหน่ง 04 แนวประกบริมด้านหลัง แสดงตามรูปที่ 5.15 และยังพบว่าสาเหตุจากแผ่นดินของเผาแตก ในกระบวนการเผาก็เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดการบิดเบี้ยวเช่นกัน ในขั้นตอนนี้จะทำการพิสูจน์ประเด็นข้อสงสัยที่ได้จากการเปรียบเทียบครอบครัวแปรผัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.15 แสดงการแตกร้าวตำแหน่ง 04 ที่แนวต่อริมด้านหลังของสุขภัณฑ์หลังเผา

ในส่วนของแนวประกอบริมด้านหลังตามรูปที่ 5.16 (a) เกิดการเสียรูปทรงจากแรงกดของน้ำหนักตัวโถด้านบน ส่งผลทำให้แนวต่อริมด้านข้างแตกร้าวได้รูปที่ 5.16 (b) ทำการออกแบบโครงสร้างรับแรงกด และการหดตัวของเนื้อดินบนแผ่นรองเผา เพื่อไม่ให้เนื้อดินสุขภัณฑ์ยุบตัวหลังจากถอดออกจากแม่พิมพ์ ทีม Mold Design ได้ทำการปรับปรุงเสริมโครงสร้างครีบเนื้อดิน แทนการวางยางดำ เพื่อป้องกันความผิดพลาดจากการปฏิบัติงาน



(a) (b)

รูปที่ 5.16 (a) กระบวนการผลิตปกติมีการวางยางดำ (b) สุขภัณฑ์ที่ปรับปรุงโครงสร้างรับแรงกด

จากข้อสงสัยการหดตัวของสุขภัณฑ์ กับ แผ่นรองเผา ที่แตกในกระบวนการเผาส่งผลทำให้เกิดการบิดเบี้ยวตำแหน่ง 11 ของสุขภัณฑ์รุ่น AC19 จึงทำการออกแบบการทดลองโดยใช้เทคนิคของไชนิน วิธีการเปรียบเทียบการจับคู่ (Paired Comparison) ทำการเปรียบเทียบชิ้นงานที่ดี (BOB) เทียบกับชิ้นงานที่แย่ (WOW)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5. 17 ภาพแสดงการขูดปรับฐานสุขภัณฑ์ด้วยใช้เกจขูด

รูปที่ 5. 18 แสดงการวัดคุณภาพแผ่นรองเผาบนโต๊ะหินปรับเรียบ

ซึ่งจะทำการกำหนดพารามิเตอร์ 2 ค่า คือ แผ่นรองเผา กับ สุขภัณฑ์รุ่น AC19 โดยแผ่นดินรอง (Clay Batt) เผากำหนดให้ แผ่นรองเผาที่ไม่ได้คุณภาพคือมีการโก่งงอมากกว่า 1.5 มิลลิเมตร (WOW) กับแผ่นรองเผาที่ผ่านการตรวจคุณภาพ (BOB) แสดงรูปที่ 5.18 และ สุขภัณฑ์ที่ทำการขูดปรับฐานให้เรียบแล้ว โดยใช้เกจขูดฐานให้มีเว้า 2 มิลลิเมตร (BOB) แสดงการขูดในรูปที่ 5.17 เมื่อนำสุขภัณฑ์ไปวางบนแผ่นรองจะมีช่องว่างจากฐานถึงพื้น 2 มิลลิเมตร เพื่อลดการดึงตัวของเนื้อดินกับพื้นเตาในช่วงการหดตัวกับสุขภัณฑ์ในกระบวนการปกติที่ไม่ได้ทำการขูดปรับ (WOW) แล้วตรวจเช็คผลการเผาที่เตาเผาและอุณหภูมิเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.6 แสดงระดับพารามิเตอร์ของ BOB และ WOW

พารามิเตอร์	ระดับ		หน่วย
	Low (-)	High (+)	
	WOW	BOB	
ความเรียบของฐานสุขภัณฑ์	0	2	mm.
ความเรียบแผ่นรองเผา	1.5	0	mm.

ตารางที่ 5.7 แสดงการออกแบบการทดลองโดยวิธีการสลับ BOB และ WOW

การทดลองที่	ความเรียบฐานสุขภัณฑ์	ความเรียบแผ่นดินรองเผา	จำนวนชิ้นงาน
1	BOB	BOB	8
2	BOB	WOW	7
3	WOW	BOB	7
4	WOW	WOW	8

5.3.3. ผลการทดลองลดความบกพร่องตำหนิบิดเบี้ยวตำแหน่ง 11

จากการทดลองที่1 จะนำชิ้นงานที่ทำการขูดขาฐานให้มีช่องว่าง 2 มม.วางบนแผ่นรองเผาที่ตรวจเช็คความเรียบด้วยระดับน้ำแล้วไม่บิดเบี้ยวแล้วนำไปเผาที่รถเตา Kiln Car เดียวกันจำนวน 30 ตัว และทำการทดลองทั้ง 4 การทดลอง จากนั้นทำการเก็บชิ้นงานสุขภัณฑ์หลังเผามาตรวจเช็คร้อยละการบิดเบี้ยว

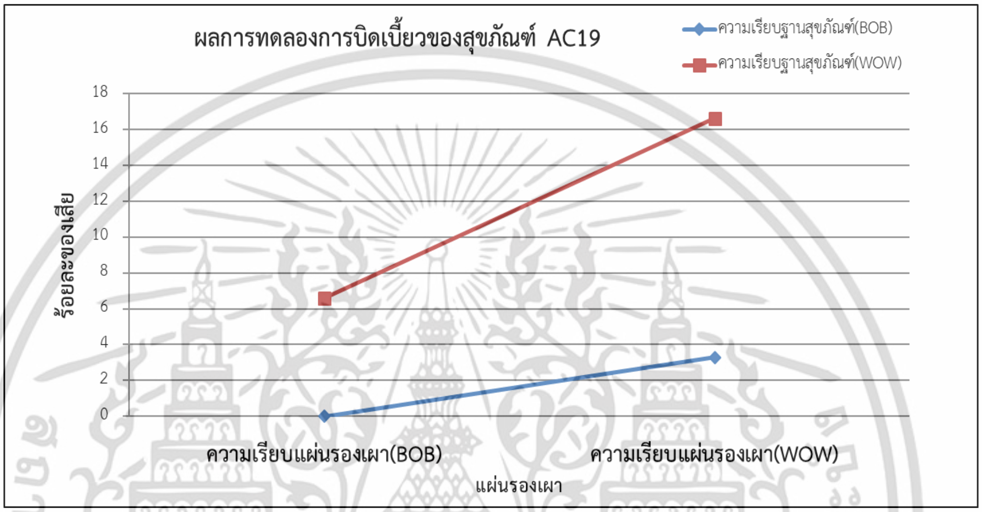
ตารางที่ 5.8 แสดงผลการทดลอง ร้อยละความบกพร่องการบิดเบี้ยวตำแหน่ง 11

		คุณภาพแผ่นดินรองเผา	
		(BOB)	(WOW)
การปรับฐานสุขภัณฑ์	(BOB)	0.0	3.3
	(WOW)	6.6	16.6

จากตารางที่ 5.8 แสดงผลการ เปรียบเทียบโดยวิธีการสลับ BOB และWOW ในการทดลองที่ 1 เผาพบว่าการวางสุขภัณฑ์ที่ขูดขาฐานเพื่อชดเชยการหดตัวเนื้อดินสุขภัณฑ์บนแผ่นดินรองเผาที่เรียบไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พบการบิดเบี้ยวหลังเผาเมื่อทำการสลับนำสุขภัณฑ์ที่ขูดขาฐานมาวางบนแผ่นดินรองเผาที่ไม่ได้คุณภาพ การทดลองที่ 2 พบร้อยละการบิดเบี้ยวหลังเผา 6.6 การทดลองที่ 3 นำสุขภัณฑ์ที่ไม่ได้ทำการขูดปรับขาฐานไปวางบนแผ่นดินรองเผาที่ไม่ได้คุณภาพ พบร้อยละการบิดเบี้ยว 6.6 และเมื่อนำสุขภัณฑ์ที่ไม่ได้ขูดปรับขาฐานไปวางบนแผ่นดินรองเผาที่ไม่ได้คุณภาพจะเห็นว่า ร้อยละของการบิดเบี้ยว 16.6 จำนวน 5 ชิ้นหลังเผา มีแผ่นดินรองเผาบางแผ่นแตกผ่าซึ่งเป็นสาเหตุของการบิดเบี้ยว



รูปที่ 5.19 กราฟแสดงผลการทดลองสลับ BOBและ WOW ลดปัญหาการบิดเบี้ยว

จากกราฟรูปที่ 5.19 แสดงปฏิสัมพันธ์ระหว่าง BOB กับ WOW เมื่อนำสุขภัณฑ์ที่ทำการขูดขาฐานให้มีช่องห่างของฐานกับพื้นแผ่นรองเผา 2 มิลลิเมตร (BOB) ไปวางบนแผ่นรองเผาที่ผ่านการตรวจคุณภาพ (BOB) และทดลองวางบนแผ่นรองเผาที่ตรวจไม่ผ่านคุณภาพ (WOW) จะเห็นว่าไม่พบการแตกหลังเผา และมีโอกาสเกิดการบิดเบี้ยวหลังเผาตามลำดับ ส่วนสุขภัณฑ์ในกระบวนการผลิตปกติไม่ได้ทำการขูดฐาน (WOW) เมื่อนำไปวางเผาบนแผ่นรองเผาที่ผ่านการตรวจคุณภาพ (BOB) และแผ่นรองเผาที่ตรวจไม่ผ่านคุณภาพ พบว่ามีการแตกของแผ่นรองเผาหลังจากชิ้นงานออกจาตาเผาและพบการบิดเบี้ยวของสุขภัณฑ์ ร้อยละ 6.6 และ ร้อยละ 16.6 ตามลำดับ

ดังนั้นสรุปได้ว่า สาเหตุหลักของการบิดเบี้ยวตำแหน่ง 11 (Red X) คือสุขภัณฑ์จากการะบวนการผลิตปกติที่มีฐานชิดผนังเรียบ เมื่อนำไปเผาในเตาเผาโดยวางชิ้นงานสุขภัณฑ์บนแผ่นรองเผา จะทำให้เกิดการบิดเบี้ยวเสียรูปทรงจากการหดตัวและดึงตัวของฐานชิ้นงานสุขภัณฑ์กับพื้นแผ่นรองเผา ตามคุณสมบัติของเนื้อดินเซรามิกส์ และ แผ่นรองเผาที่ตรวจไม่ผ่านคุณภาพ มีการโก่งงอ มากกว่า 1.5 มิลลิเมตร จะส่งผลให้เกิดการแตกร้าวของแผ่นรองในกระบวนการเผา ทำให้สุขภัณฑ์บิดเบี้ยวได้เช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 ขั้นตอนการปรับปรุง (Improve Phase)

5.4.1 การวิเคราะห์ผลการทดลองความบกพร่องจากการบิดเบี้ยวตำแหน่ง 11

จากการทดลองเปรียบเทียบ ขูดฐานสุขภัณฑ์ด้วยเกจ 2 มิลลิเมตร และวางเข้าเผาบนแผ่นรองเผาเรียบไม่บิดเบี้ยว (BOB) กับสุขภัณฑ์ที่ผลิตในกระบวนการปกติและนำไปวางเผากับแผ่นดินรองเผาที่อยู่ในกระบวนการปรกติ (WOW) นำไปเผาที่เตาเผาเดียวกัน จำนวน 3 ล๊อต และนำชิ้นงานไปตรวจการบิดเบี้ยวผลหลังเผาแสดงตามตารางที่ 5.9

ตารางที่ 5.9 แสดงผลร้อยละของการบิดเบี้ยวตำแหน่ง 11 ของสุขภัณฑ์หลังเผา

สัดส่วนของเสีย					
กระบวนการปรับปรุง (B)			กระบวนการก่อนปรับปรุง (C)		
ชิ้นงานตรวจ	บิดเบี้ยวตำแหน่ง11	ร้อยละของเสีย	ชิ้นงานตรวจ	บิดเบี้ยวตำแหน่ง 11	ร้อยละของเสีย
160	3	1.9%	139	13	9.4%
152	2	1.3%	133	14	10.5%
180	2	1.1%	167	11	6.6%

ทำการจัดลำดับค่า Green Y จากดีที่สุด (Best) ไปหาเลวหรือแย่ที่สุด (Worst) โดยอาจพิจารณาจากร้อยละของเสียทิ้งจากการแตกร้าวหลังเผาตามตารางที่ 5.10

ตารางที่ 5.10 แสดงการจัดลำดับร้อยละของเสียทิ้งจากการบิดเบี้ยวตำแหน่ง 11

ร้อยละของเสียทิ้ง	กระบวนการ
1.1%	B
1.3%	B
1.9%	B
6.6%	C
9.4%	C
10.5%	C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 5.9 จะเห็นว่า ค่าที่ได้ไม่อยู่ในกฎการทับซ้อน No-Overlap Rules คือไม่มีการทับซ้อนระหว่าง B กับ C โดยการนับผลรวมค่าปลาย Total End Count จะมีค่าเท่ากับ 6 สามารถสรุปได้ว่ากระบวนการ B ดีกว่ากระบวนการ ที่ความเชื่อมั่น 90%

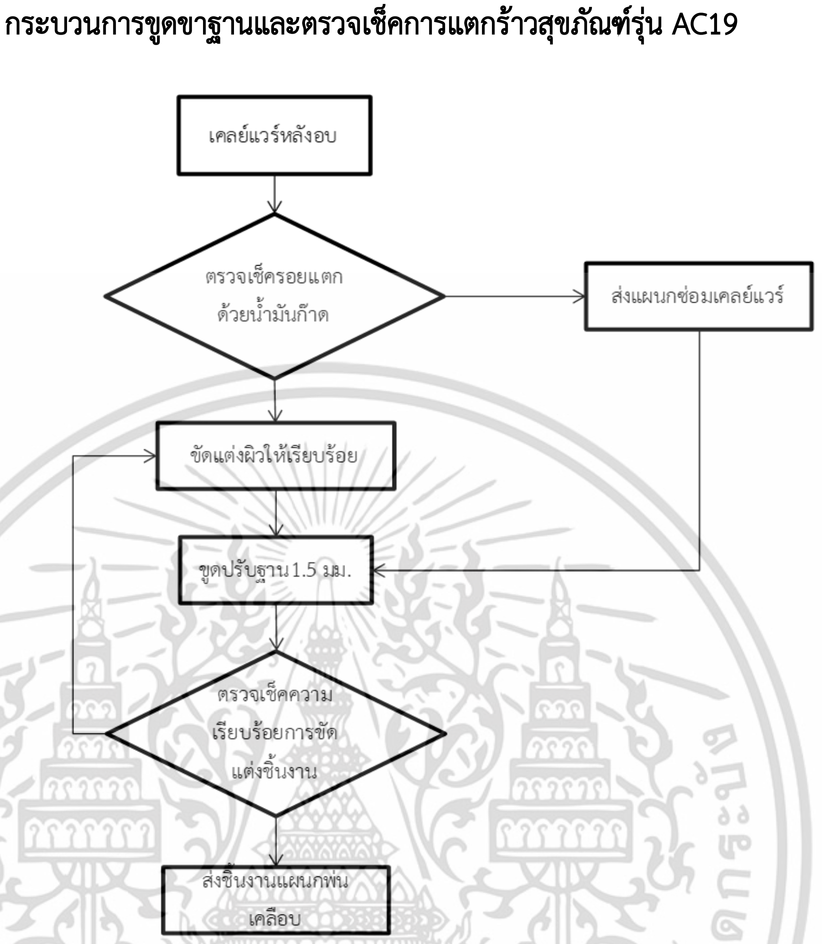
ดังนั้น Red X (สาเหตุหลัก) ที่ทำให้เกิดความบกพร่องของการบิดเบี้ยวตำแหน่ง 11 ของสุขภัณฑ์รุ่น AC19 คือ การหดตัวของฐานสุขภัณฑ์ในกระบวนการเผา และ Prink X คือ แผ่นรองเผาที่ไม่ได้คุณภาพ

5.5 การควบคุมกระบวนการให้คงที่ (Control Phase)

5.5.1 การควบคุมตัวแปรที่เป็นสาเหตุการบิดเบี้ยวจากกระบวนการหล่อ

กำหนดวิธีปฏิบัติในการควบคุมการหล่อสุขภัณฑ์ AC19 โดยเพิ่มเติมในส่วนของการควบคุมการบิดเบี้ยวของสุขภัณฑ์และทำการตรวจเช็ค จุดที่เสี่ยงต่อการเกิดความบกพร่อง แสดงในภาคผนวก ค. รูปที่ ค.3 สำหรับหัวหน้าคนงานหล่อ ตรวจเช็คการทำงานประจำวัน การปฏิบัติตาม วิธีการปฏิบัติการขูดแต่งเคลย์แวร์เพื่อปรับขาฐานสุขภัณฑ์หลังอบ และทำการตรวจเช็คการแตกร้าวสุขภัณฑ์ทุกตัวก่อนส่งไปพ่นเคลือบตามแสดงรูปที่ 5.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5. 20 แผนภาพแสดงขั้นตอนการตรวจเช็คความบกพร่องการแตกร้าวสุขภัณฑ์

5.5.2 การควบคุมตัวแปรที่เป็นสาเหตุให้เกิดการบิดเบี้ยวจากกระบวนการเผา

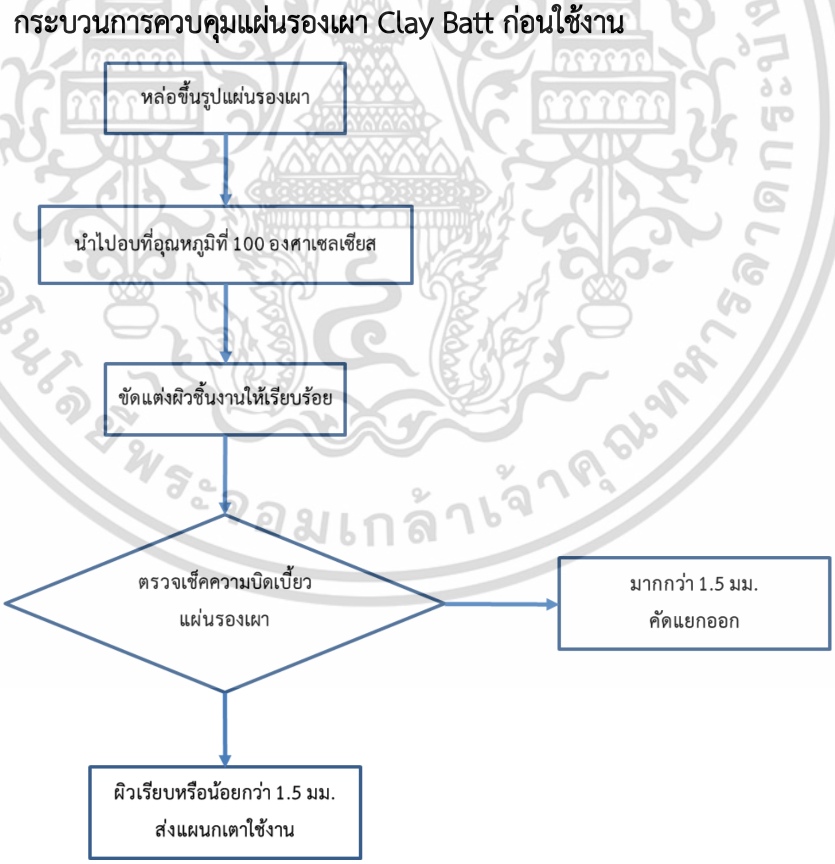
ในการหล่อขึ้นรูปแผ่นรองเผาทำการควบคุมกระบวนการจัดวางเรียงแผ่นรองเผาบนรถที่ใช้วางต้องเรียบโดยจัดทำรถวางแผ่นรองเผาที่เรียบและใช้งานเฉพาะ วางแผ่นรองเผาแทนของเดิมซึ่งจะช่วยให้แผ่นรองมีหน้าสัมผัสเรียบ ไม่โก่งงอ ก่อนและหลังเข้าห้องอบ ทำการปรับปรุงรถวางแผ่นดินรองเผาให้มีขนาดและพื้นรองเรียบได้ระดับ และตรวจเช็คความเรียบของแผ่นรองเผาหลังอบก่อนส่งไปใช้งาน ในส่วนของแผนกเตาเผาควบคุมการวางแผ่นบนรถเตาที่เรียบและทำความสะอาดอุปกรณ์แผ่นรองเตาเผาให้เรียบก่อนวางแผ่นเคลย์ และหลังจากวางสุขภัณฑ์รุ่น AC19 บนแผ่นรองเผา แล้วต้องทำการตรวจเช็คการแตกร้าวของแผ่นเคลย์รองเผาก่อนเข้าเตาเผา แสดงรูปที่ 5.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(a) (b)

รูปที่ 5.21 (a) แสดงรถวางแผ่นรองเผาเดิม (b) รถวางที่ปรับปรุงใช้วางแผนรองเผา

จากรูปที่ 5.21 (a) แสดงวิธีการวางชิ้นงานแผ่นรองเผาในกระบวนผลิตปกติ โดยจะนำแผ่นรองเผาไปวางไว้บนแผ่นกระดานรถที่ไม่เรียบและบิดงอ ก่อนทำการปรับปรุง รูปที่ 5.21 (b) แสดงการปรับปรุงชั้นวางแผ่นรองเผาเรียบให้ได้ระดับก่อนนำเข้าอบให้แห้ง

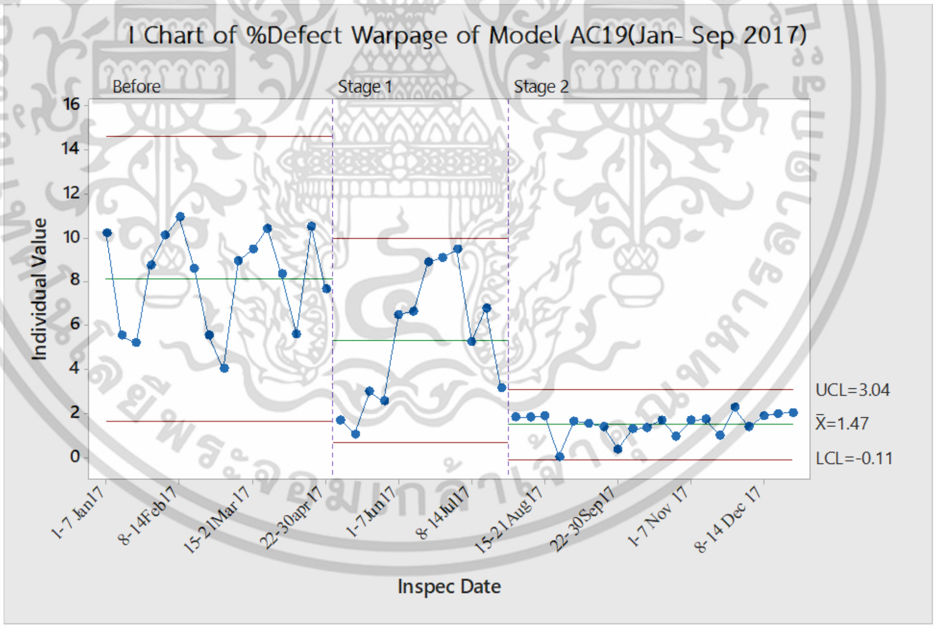


รูปที่ 5. 22 แผนภาพแสดงขั้นตอนการควบคุมคุณภาพแผ่นรองเผาสุขภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.6 สรุปผลการปรับปรุงความบกพร่องที่เกิดจากการบิดเบี้ยวตำแหน่ง 11

จากข้อมูลความบกพร่องจากการบิดเบี้ยวเสียรูปทรงของสุขภัณฑ์หลังเผาของสุขภัณฑ์รุ่น AC 19 ในช่วงเดือน มกราคม ถึง เมษายน พ.ศ.2560 สรุปได้ว่าสัดส่วนร้อยละของเสียเฉลี่ยร้อยละ 8.0 ของชิ้นงานสุขภัณฑ์จากการค้นหาตัวแปรและทำการปรับปรุงกระบวนการผลิตพบตัวแปรหลัก (Red X) จากการหดตัวของสุขภัณฑ์บนแผ่นรองเผาในกระบวนการเผา และจากแผ่นรองเผาที่ไม่ได้คุณภาพนำไปใช้งานก่อให้เกิดการแตกของแผ่นรองเผาทำให้ชิ้นงานสุขภัณฑ์บิดเบี้ยวในช่วงปรับปรุงกระบวนการ (Stage 1) สัดส่วนของการบิดเบี้ยวลดลงที่ร้อยละ 5.5 ของชิ้นงานสุขภัณฑ์ช่วงเดือน พฤษภาคม ถึง สิงหาคม พ.ศ. 2560 และยังมีสัดส่วนของเสียเพิ่มขึ้นสาเหตุจากการควบคุมคุณภาพชั้นวางใส่แผ่นรองเผาที่ไม่ได้คุณภาพ และ ช่วงดำเนินปรับปรุงหระบวนการผลิต (Stage2) หลังจากได้ดำเนินการแก้ไขรถวางแผ่นรองเผาและควบคุมกระบวนการขูดปรับขาฐานของสุขภัณฑ์ และตรวจเช็คคุณภาพของแผ่นรองเผาอย่างเข้มงวดทำให้สัดส่วนของเสียจากการบิดเบี้ยวลดลง ร้อยละ 1.47 ของชิ้นงานสุขภัณฑ์ จากเดือน สิงหาคม ถึง เดือน ธันวาคม พ.ศ.2561 แสดงในรูป 5.23



รูปที่ 5. 23 แสดงผลการปรับปรุงลดความบกพร่องการแตกร้าวตำแหน่ง 14UL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปผลการศึกษาวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการปรับปรุง

จากข้อมุลก่อนทำงานการปรับปรุงกระบวนการผลิตพบ ความบกพร่องการแตกร้าวของสุขภัณฑ์รุ่น AC19 ในตำแหน่ง 14UL ร้อยละของเสียเฉลี่ยร้อยละ 4.2 ของชิ้นงานสุขภัณฑ์ หลังจากทำงานการปรับปรุงกระบวนการ ทำให้สัดส่วนร้อยละของเสียลดลงเฉลี่ยร้อยละ 3.0 เมื่อเริ่มดำเนินการปรับปรุง หลังการปรับปรุงสัดส่วนของเสียลดลงเฉลี่ยร้อยละ 1.92 ของชิ้นงานสุขภัณฑ์ อย่างไรก็ตามการใช้เครื่องมือไชนิน ในการค้นหาความผันแปรที่เกิดในกระบวนการ พบว่าตัวแปรหลัก (Red X) มาจากการออกแบบแนวต่อริมที่ไม่แข็งแรง และเกิดช่องว่าง (Gap) ระหว่างริมกับตัวโถ เมื่อนำชิ้นงานส่งไปกระบวนการเผาเคลือบเกิดการหดตัวแตกต่างกันทำให้เนื้อดินดึงตัวแตกร้าวในตำแหน่ง14UL

จากความบกพร่องการแตกร้าวของสุขภัณฑ์รวม มีร้อยละของเสีย จำนวนร้อยละ 19.8 โดยมีเป้าหมายในการปรับปรุงให้ลดลงเหลือ เฉลี่ยร้อยละ 15.0 ของชิ้นงานสุขภัณฑ์ (ลดลงร้อยละ 4.8 ของสุขภัณฑ์) ซึ่งหลังจากได้ทำการปรับปรุงความบกพร่องการแตกร้าวตำแหน่ง 14UL จากค่าเฉลี่ยร้อยละ 4.2 ลดลงเหลือร้อยละ 1.9 ของชิ้นงานสุขภัณฑ์ ทำให้ส่งผลโดยตรงต่ออัตราผลดีหลังเผา (%First Fire Yeild) ของสุขภัณฑ์รุ่น AC19 เพิ่มขึ้นเท่ากับร้อยละ 2.3 ของชิ้นงานสุขภัณฑ์

ส่วนความบกพร่องจากการบิดเบี้ยวเสียรูปทรงของสุขภัณฑ์หลังเผาของสุขภัณฑ์รุ่น AC19 ตำแหน่ง 11 จากเดิมก่อนทำการปรับปรุงสัดส่วนร้อยละของเสียเฉลี่ย 8.0 ของชิ้นงานสุขภัณฑ์หลังเผา จากการค้นหาตัวแปรและทำการปรับปรุงกระบวนการผลิตพบตัวแปรหลัก (Red X) จากการหดตัวของสุขภัณฑ์บนแผ่นรองเผาในกระบวนการเผา และจากแผ่นรองเผาที่ไม่ได้คุณภาพนำไปใช้งานก่อให้เกิดการแตกของแผ่นรองเผาทำให้ชิ้นงานสุขภัณฑ์บิดเบี้ยว หลังจากได้ดำเนินการแก้ไขรถวางแผ่นรองเผาและควบคุมกระบวนการขูดปรับขาฐานของสุขภัณฑ์ และตรวจเช็คคุณภาพของแผ่นรองเผาอย่างเข้มงวดทำให้สัดส่วนของเสียจากการบิดเบี้ยวลดลง ร้อยละ 1.47 ของชิ้นงานสุขภัณฑ์

จากความบกพร่องการบิดเบี้ยวของสุขภัณฑ์รวมมีร้อยละของเสีย จำนวนร้อยละ 8.4 โดยมีเป้าหมายในการปรับปรุงให้ลดลงเหลือ เฉลี่ยร้อยละ 4.0 ของชิ้นงานสุขภัณฑ์ (ลดลงร้อยละ 4.4 ของชิ้นงานสุขภัณฑ์) ซึ่งหลังจากการปรับปรุงการความบกพร่องการบิดเบี้ยวตำแหน่ง 11 จากค่าเฉลี่ยร้อยละ 8.0 ลดลงเหลือร้อยละ 1.47 ของชิ้นงานสุขภัณฑ์ทำให้ส่งผลโดยตรงต่ออัตราผลดีหลังเผา (% First Fire Yeild) ของสุขภัณฑ์รุ่น AC19 เพิ่มขึ้นเท่ากับร้อยละ 6.53 ของชิ้นงานสุขภัณฑ์

ดังนั้นสรุป ผลลัพธ์ที่ได้จากการปรับปรุงลดความบกพร่องสุขภัณฑ์รุ่น AC19 หลังเผานี้ ส่งผลต่ออัตราผลดีหลังเผา (% First Fire Yeild) เพิ่มขึ้นจากเดิม โดยได้จากความบกพร่องการแตกร้าวเท่ากับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ร้อยละ2.3 และความบกพร่องจากการบิดเบี้ยว ร้อยละ 6.53 รวมเป็นเฉลี่ยร้อยละ 8.83 ดังนั้น อัตราผลดีหลังเผา (% First Fire Yeild) ที่เพิ่มจากเดิม 40.9 เพิ่มเป็นเฉลี่ยร้อยละ 49.73 ของชิ้นงานสุขภัณฑ์

จากช่วงเดือนมกราคม ถึง เมษายน สัดส่วนของความบกพร่องจากการแตกร้าวตำแหน่ง 14UL แนวต่อริมของสุขภัณฑ์ จากเดิมเฉลี่ยร้อยละ 4.2 หลังจากทำการปรับปรุงกระบวนการผลิตในช่วงเดือนสิงหาคม ถึงเดือน ธันวาคม พ.ศ.2560 ลดลงเฉลี่ยร้อยละ 2.28 ของชิ้นงานสุขภัณฑ์ และ การบิดเบี้ยวของสุขภัณฑ์ตำแหน่ง 11 เดิมเฉลี่ยร้อยละ 8.0 ลดลงเฉลี่ยร้อยละ 1.47 ของชิ้นงานสุขภัณฑ์ แสดงตามตารางที่ 6.1

ตารางที่ 6.1 แสดงร้อยละของเสีย หลังทำการปรับปรุงกระบวนการผลิตสุขภัณฑ์รุ่น AC19

เดือน	ชิ้นงานตรวจ	ชิ้นงานดี	ร้อยละของดี	จำนวนชิ้นงานแตก	ร้อยละการแตก 14UL	จำนวนชิ้นงานบิดเบี้ยว	ร้อยละการบิดเบี้ยวตำแหน่ง 11
ส.ค 2560	1324	631	47.70%	49	3.70%	18	1.36%
ก.ย. 2560	1314	633	48.20%	24	1.79%	16	1.22%
ต.ค. 2560	1319	664	50.30%	27	2.03%	17	1.31%
พ.ย. 2560	1653	814	49.20%	27	1.65%	27	1.64%
ธ.ค. 2560	1470	812	55.20%	32	2.21%	26	1.80%
รวม	**7080**	**3554**	**50.20%**	**159**	**2.28%**	**105**	**1.47%**

จากตารางที่ 6.1 การปรับปรุงกระบวนผลิตสุขภัณฑ์รุ่น AC19 โดยการค้นหาตัวแปรที่เป็นสาเหตุหลักของความบกพร่องในการผลิต และนำมาปรับปรุงและควบคุมการดำเนินการส่งผลให้สัดส่วนของดีเพิ่มขึ้น เฉลี่ยร้อยละ 50.2 จากเดือน มกราคม ถึงเดือน เมษายน พ.ศ.2560 ก่อนการปรับปรุง เฉลี่ยร้อยละ 40.9 เพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 9.3 ซึ่งจะนำมาคำนวณวิเคราะห์อัตราส่วนของผลประโยชน์ต่อต้นทุนช่วงระยะเวลาการดำเนินโครงการหลังปรับปรุงที่ได้

อย่างไรก็ตามการประยุกต์ใช้เครื่องมือไชนินในการหาตัวแปรในกรอบของซิกส์ซิกม่า ร่วมกับการปรับปรุงคุณภาพสุขภัณฑ์หลังเผาอัตราผลประหยัด (Cost Saving) จากการทำวิจัยนี้ช่วยให้โรงงานตัวอย่างได้ประโยชน์จากการลดความบกพร่องที่เกิดขึ้นหลังจากการปรับปรุง หากแผนการผลิตเพิ่มมากขึ้นก็จะทำให้อัตราผลประหยัดเพิ่มมากขึ้นตามด้วย คิดเป็นเงินรวม 6,449,608.68 บาท ตั้งแต่เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มกราคม 2561 ถึง เดือน มิถุนายน พ.ศ.2562 แสดงตามตารางที่ 6.2 ทั้งนี้เนื่องจากในเดือนมกราคม พ.ศ.2561 บริษัทตัวอย่างผู้ผลิตเครื่องสุขภัณฑ์เซรามิกส์ ได้ทำการเพิ่มรอบกำลังการผลิตเพิ่มขึ้นจากเดิม ทำการเพิ่มจำนวนกะในการหล่อชิ้นงานเป็น 2 รอบโดยใช้เครื่องจักรเดิมในการผลิต ส่งผลให้ชิ้นงานสุขภัณฑ์ของดี ที่ได้จากการปรับปรุงเพิ่มมากขึ้นไปด้วย และเพียงพอต่อแผนการผลิตประจำเดือนตามความต้องการของลูกค้า

ตารางที่ 6.2 แสดงผลประหยัดช่วงการปรับปรุง เดือน มกราคม 2561 ถึง มิถุนายน พ.ศ.2562

เดือน	จำนวนชิ้นงานตรวจ	จำนวนชิ้นดี	ร้อยละของดีที่ทำได้ (%FFY of AC19)	ผลประหยัดแต่ละเดือน (บาท)
มกราคม 2561	3,087	1,550	50.21%	364,067.25
กุมภาพันธ์ 2561	2,343	1,176	50.19%	275,689.66
มีนาคม 2561	2,633	1,353	51.40%	357,222.61
เมษายน 2561	2,280	1,238	54.30%	414,530.46
พฤษภาคม 2561	2,722	1,462	53.70%	467,988.20
มิถุนายน 2561	2,647	1,509	57.00%	604,747.17
กรกฎาคม 2561	2,856	1,616	56.60%	632,114.60
สิงหาคม 2561	2,639	1,615	61.20%	813,128.60
กันยายน 2561	2,209	1,177	53.30%	365,449.90
ตุลาคม 2561	3,037	1,831	60.30%	881,717.64
พฤศจิกายน 2561	2,786	1,705	61.20%	858,422.23
ธันวาคม 2561	2,366	1,275	53.90%	414,530.36
ผลประหยัดรวม	**31,605**	**17,507**	**55.39%**	**6,449,608.68**

ในการศึกษานี้ได้ทำการประยุกต์เครื่องมือไชนิน ในกรอบ DMAIC ของกระบวนการผลิตเครื่องสุขภัณฑ์เซรามิกส์รุ่น AC19 เพื่อค้นหาตัวแปรหลัก Red X ที่ส่งผลให้เกิดของเสียในกระบวนการผลิต โดยพบความมบกพร่องที่เป็นสาเหตุหลักทำให้ชิ้นงานของเสียในกระบวนการผลิตคือ ความบกพร่องจากการแตกร้าวของสุขภัณฑ์และการบิดเบี้ยวของสุขภัณฑ์หลังเผา

ในงานวิจัยนี้ได้นำเอาเครื่องมือต่างๆ ของไชนินมาใช้เพื่อดำเนินการวิจัยในกรอบแนวคิด DMAIC ของซิกส์ซิกม่า ในส่วนของกระบวนการวัด วิเคราะห์ และปรับปรุง โดยสรุปได้ตาม ตารางที่ 6.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.3 สรุปเครื่องมือไชนินในกรอบแนวคิด DMAIC ตามแนวคิดซิกส์ ซิกส์ม่า

แนวคิดซิกส์ซิกม่า	
DMAIC	**เครื่องมือไชนิน**
Define Phase	Pareto Chart P-Chart SIPOC Process Flow
Masure Phase	Concentration Chart* Muti-Vari Chart* Family of variation (FOV's)*
Analisze Phase	BOB and WOW * Paired Comparisons*
Improve Phase	B vs C (Better vs Current)*
Control Phase	Workl Inspection Control Chart
*เครื่องมือไชนิน	

จากตารางที่ 6.3 เครื่องมือไชนิน ที่นำมาประยุกต์ใช้ในกรอบดำเนินการ DMAIC ตามแนวคิดของซิกส์ ซิกม่า เริ่มนำมาใช้ในขั้นตอนการวัด (Masure Phase) หาความแตกต่างของความผันแปรในขบวนการผลิต ประกอบด้วยเครื่องมือ แผนผังรูปภาพแสดงความบกพร่อง (Concentration Chart)* แผนภูมิหลายตัวแปร (Multi-Vari Analysis)* และครอบครัวความผันแปร (Family of Variation FOV's)* ส่วนในขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analisze Phase) เพื่อยืนยันปัจจัยที่ได้ และวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพ ประกอบด้วยเครื่องมือ BOB and WOW* และ Paired comparisons* และเครื่องมือที่ใช้ใน ขั้นตอนการปรับปรุง (Improve Phase) เพื่อพิสูจน์หรือยืนยันว่ากระบวนการปรับปรุงดีกว่ากระบวนการเดิม ใช้เครื่องมือ B vs C (Better vs Current)*

อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายในการศึกษาวิธีการค้นหาตัวแปรโดยใช้เครื่องมือไชนิน ในกรอบกระบวนการของซิกส์ ซิกม่า เพื่อช่วยในการปรับปรุงกระบวนการผลิตเครื่องสุขภัณฑ์ และลดปริมาณความบกพร่องที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการผลิต ซึ่งกระบวนการผลิตสุขภัณฑ์เป็นกระบวนการผลิตที่ต้องใช้ฝีมือ และแรงงานจากพนักงานเป็นหลัก หากพนักงานสามารถใช้กราฟแสดงเปรียบเทียบให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เห็นความแตกต่างระหว่างสิ่งที่ดี (BOB) และสิ่งที่ไม่ดี (WOW) หัวหน้าผู้ควบคุมการผลิตและวิศวกร สามารถมีส่วนร่วมในการเสนอแนะและดำเนินการนำไปปฏิบัติจริง ในการผลิต ซึ่งเข้าใจได้ง่ายสามารถมีส่วนร่วมแสดงความคิดเห็นร่วมกันเพื่อหาแนวทางวิเคราะห์และหาแนวทางแก้ไขปัญหาในองกรค์อย่างยั่งยืนต่อไป

6.2 ข้อเสนอแนะและข้อจำกัดงานวิจัย

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ผู้ได้ใช้กรณีศึกษาจากโรงงานผลิตเครื่องสุขภัณฑ์เซรามิกส์เพียงอย่างเดียว เพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือของการใช้เครื่องมือของไชนินในกรอบ DMAIC มากขึ้น ผู้วิจัยขอเสนอแนะว่าควรทำการศึกษาประยุกต์ในกลุ่มอุตสาหกรรมอื่นเพื่อเพิ่มความเชื่อมั่น

การดำเนินการวิจัยนี้มีข้อจำกัดหลายประการในการ เริ่มจากเครื่องมือไชนิน เป็นวิธีการในการค้นหาปัญหา และนำไปแก้ปัญหาอย่างง่าย เพื่อให้บุคลากร พนักงาน วิศวกร ในโรงงานมีส่วนร่วมในการ โดยผลการวิเคราะห์ไม่สามารถใช้หลักการทางสถิติทั่วไปมาอ้างอิงได้ เนื่องจากเครื่องมือของไชนิน อาศัยหลักเหตุและผล (Rule of Thumb) เป็นหลัก ดังนั้นการใช้กลุ่มตัวอย่างทดลองจึงมีขนาดเล็กเปรียบเทียบและจำนวนครั้งของการทดลองที่น้อยส่งต่อความเชื่อมั่นในทางสถิติ ประการที่สอง เครื่องมือไชนินนั้นมีผู้ที่ทำการศึกษาและทำการวิจัยที่เกี่ยวข้องค่อนข้างน้อย ยังไม่ได้เป็นที่รู้จักกันอย่างแพร่หลาย ดังนั้นในการนำเครื่องมือไชนินไปแก้ไขปัญหาในกระบวนการผลิตผู้ปฏิบัติจะต้องมีความรู้พื้นฐานและเข้าใจการใช้เครื่องมือในแต่ละประเภท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] El-Haik B., Yang K. “Design for Sixsigma A roadmap for Product Development” Second. United States: 0-07-154768-1, 2009.

[2] Paul G. LeMahieu, Nordstrum, and Elizabeth A. Cudney. “Six Sigma in education.” pp. 91–108, 2018.

[3] ไพโรจน์ บาลัน. “การจัดการกระบวนการตามหลัก Six Sigma” กรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย: อี.ไอ. สแควร์ พับลิซชิ่ง จำกัด, 2549.

[4] วชิรพงษ์ สาลีสิงห์. “ปฏิวัติกระบวนการทำงานด้วยเทคนิค Six Sigma ฉบับ Champion และ Black belt” 1st ed. กรุงเทพมหานคร: ศิริพัฒนา อินเตอร์พริ้น จำกัด (มหาชน), 2548.

[5] Smetkowska M., Mrugalska B. “Using Six Sigma DMAIC to Improve the Quality of the Production Process: A Case Study” Procedia - Social and Behavioral Sciences, vol. 238. pp. 590–596, 2018.

[6] สิทธิ์ศักดิ์ พฤกษ์ปิติกุล. “การพัฒนาคุณภาพแบบก้าวกระโดดด้วยวิธี Six sigma” กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2548.

[7] Sosnoski M., Kumar S. “Using DMAIC Six Sigma to systematically improve shopfloor production quality and costs,” nternational J. Product. Perform. Manager, vol. 58, no. 3, pp. 254–273, 2009.

[8] Pugna A., Negreaa R., and Miclea S. “ScienceDirect SIM 2015 / 13th International Symposium in Management Using Six Sigma Methodology to Improve the Assembly Process in an Automotive Company,” Procedia -Social and Behavioral Sciences, vol. 221. pp. 308–316, 2016.

[9] Thomas Pyzdek. “The Six sigma handbook.” United States: The McGraw-HIll Companies, 2003.

[10] Wei Zhan, Xuru Ding. “COLLECTION and Statistical Tools for Engineers and Engineering” New York: Momentum Press, Inc. 2016.

[11] Keki R. Bhote Bhote, Adi K Bhote, “world Class Quality using Design of Experiments to make it Happen” Seccond. New York: AMACOM, 2000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[12] Steiner S., MacKay R. “An Overview of the Shainin SystemTM for Quality Improvement.” Quality Engineer, pp. 91–100, 2010.

[13] Mast J.“A methodological comparison of three strategies for quality improvement” Int. J. Quality Reliability. Manager, vol. 21, no. 2, pp. 198–213, 2004.

[14] Kosina J. “Shainin methodology: An alternative or an effective complement to six sigma” Quality Innovation Prosperity, vol. 19, no. 2. pp. 18–31, 2015.

[15] D.Shainin R. “Statistical Engineering: Six Decades of Improved Process and Systems Performance” Quality Engineer, pp. 172–183, 2012.

[16] Sharma S., Chetiya A. “Simplifying the Six Sigma Toolbox through Application of Shainin DOE Techniques” Vikalpa, vol. 34, no. 1, pp. 13–19, 2009.

[17] Thomas A., Antony J. “A comparative analysis of the Taguchi and Shainin DOE techniques in an aerospace environment” Int. J. Product. Perform. Manager, vol. 54, no. 8, pp. 658–678, 2005.

[18] AKSU B., BAYNAL K. “Shainin and Taguchi Methods and Their Comparision on an Application” 1st Int. Symp. Computer Scince Engineer., vol. June 3-5, pp. 801–809. 2010.

[19] วรัญญา ตีรณะวาณิช. “การประยุต์ใช้ระบบไชนินในการลดของเสียประเภทรูเข็ม แตกด้านข้างและแตกบริเวญบ่อเก็บของเสียในการผลิตโถสุขภัณฑ์” จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2555.

[20] พิชิต สุขเจริญพงษ์. “เอกสารประกอบการสัมนาเรื่อง Shainin DOE : เทคนิคของไชนินสำหรับการออกแบบการทดลองเพื่อการปรับปรุงคุณภาพ” 2550.

[21] Gupta R., Verma P., and Manoria A. “Simplificaton of Six Sigma Implementation Using Shainin Tools for Process Improvement” Int. J. Scince Engineer, vol. 8, no. 4, pp. 390–394, 2017.

[22] ยศวัจน์ ศิริกมลชัย. “การออกแบบการทดลองด้วยวิธีการไชนิน” บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรจฒ, 2554.

[23] Prashars A. “Using Shainin DOE for Six Sigma: an Indian case study,” Prod. Plan. Control, vol. 27, no. 2, pp. 83–101, 2016.

[24] มานะศิษฏ์ พิมพ์สาร. “เครื่องสุขภัณฑ์” กรุงเทพมหานคร: นำอักษรการพิมพ์, 2521.

[25] มนฤทัย ไชยวิเศษ. “ประวิติศาสตร์สังคม: ส้วมและเครื่องสุขภัณฑ์ในประเทศไทย (พ.ศ. 2440-2540)” มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2542.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[26] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. “ข้อกำหนดฉลากเขียวสำหรับผลิตภัณฑ์เครื่องสุขภัณฑ์เซรามิก : โถส้วม (Ceramic Sanitary Wares : Water Closets).” สำนักงานเลขานุการโครงการฉลากเขียว สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย, นนทบุรี, หน้า 17–19, 2554.

[27] ปรีดา พิมพ์ขาวขำ. “เซรามิกส์”กรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2539.

[28] ไพจิตร อิ่งศิริวัฒน์. “เนื้อดินเซรามิก” กรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, 2541.

[29] กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. “TQM การบริหารเพื่อคุณภาพโดยรวม” กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ ส.ส.ท., 2557.

[30] อายุวัฒน์ สว่างผล. “วัตถุดิบที่ใช้แพร่หลายในงานเซรามิกส์ (Raw Materials of Ceramics)” 1st ed. กรุงเทพมหานครม, ประเทศไทย: สำนักพิมพ์ โอเดียนสโตร์, 2543.

[31] โกศล ดีศิลธรรม. “การวัดผลิตภาพสายการผลิตด้วย Sixsigma” Engineering Today, vol. 6, no. 62, pp. 119, 2551.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ตารางข้อมูลการผลิตสุขภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 การเปรียบเทียบแผนจากความต้องการของลูกค้ากับปริมาณชิ้นสุขภัณฑ์รุ่น AC19

โมเดลตัวอย่าง	2016							2017						ปริมาณ	
	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.ค.	มี.ค.	เม.ษ	พ.ค.	มิ.ย.	เฉลี่ย	สะสม
Order (ชิ้น)	283	336	278	345	586	600	1,304	885	544	788	730	5,424	5,370	1,344	17,473
Plan Packs (ชิ้น)	82	104	143	129	273	217	306	648	619	1,224	1,259	1,386	1,354	596	7,744
Actual Packs (ชิ้น)	57	40	83	94	188	189	235	496	641	1,209	1,387	1,055	704	491	6,378
ผลต่างชิ้นPack	-25	-64	-60	-35	-85	-28	-71	-152	22	-15	128	-331	-650	-105	-1,366

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 ตารางแสดงมูลค่าของเสียจากการผลิตสุขภัณฑ์รุ่น AC 19

วันที่ตรวจ	ชิ้นตรวจ	ชิ้นงานเกรด A	%FFY	มูลค่าของเสีย(บาท)
2-8Jan17	113	54	47.79	144181.25
9-15Jan17	165	74	44.85	222381.25
16-22Jan17	245	40	16.33	500968.75
23-29Jan17	432	118	27.31	767337.50
30Jan-5Feb17	272	79	29.04	471643.75
6-12Feb17	341	113	33.14	557175.00
13-19Feb17	301	124	41.20	432543.75
20-26Feb17	361	149	41.27	518075.00
27Feb-Mar17	296	158	53.38	337237.50
6-12Mar17	364	156	42.86	508300.00
13-19Mar	298	132	44.30	405662.50
20-26 Mar	297	125	42.09	420325.00
27-2Apr17	378	180	47.62	483862.50
3-9Apr17	410	208	50.73	493637.50
10-16Apr17	156	51	32.69	256593.75
17-23Apr	390	174	44.62	527850.00
24-30Apr17	359	165	45.96	474087.50
ปริมาณรวม	**5178**	**2100**	**40.56**	**7521862.50**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.3 อัตราส่วนความบกพร่องของสุขภัณฑ์ AC 19 สะสม เดือนกุมภาพันธ์-เมษายน 2560

รหัสตำหนิ	ชื่อตำหนิ	จำนวนชิ้นสูญเสีย(ชิ้น)	สัดส่วน	อัตราส่วนสะสม
CC	Clay Cracked	547	0.30	30%
W	Warp	314	0.17	47%
CD	Cooling Dunt	216	0.12	59%
PF	Poor Finishing	210	0.11	70%
BO	Burn Out	125	0.07	77%
SC	Seem Cracked	58	0.03	80%
PH	Pin Hole	55	0.03	83%
B	Bester	41	0.02	86%
BDU	Body duct Under	38	0.02	88%
IO	Iron Over	34	0.02	90%
WH	White Handling	33	0.02	91%
GJ	Glaze Jump	24	0.01	93%
PGR	Poor Glaze Repair	20	0.01	94%
LS	Ligh Spray	20	0.01	95%
HL	Handling	18	0.01	96%
GO	Glaze Over	16	0.01	97%
GP	Glaze Pitting	14	0.01	98%
KD	Kiln D	14	0.01	98%
P	Plug	12	0.01	99%
PS	Poor Stamp	6	0.00	99%
CCUN	Clay Crack Under	6	0.00	100%
BDO	Body Duct Over	3	0.00	100%
IC	IKK Conterminate	2	0.00	100%
OF	Over Fire	2	0.00	100%
รวม		**1828**	**1.00**	

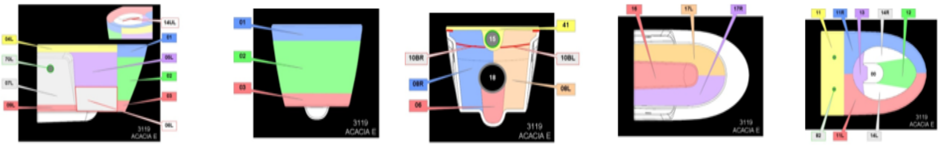
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

แบบฟอร์บันทึกการเก็บข้อมูลคุณภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

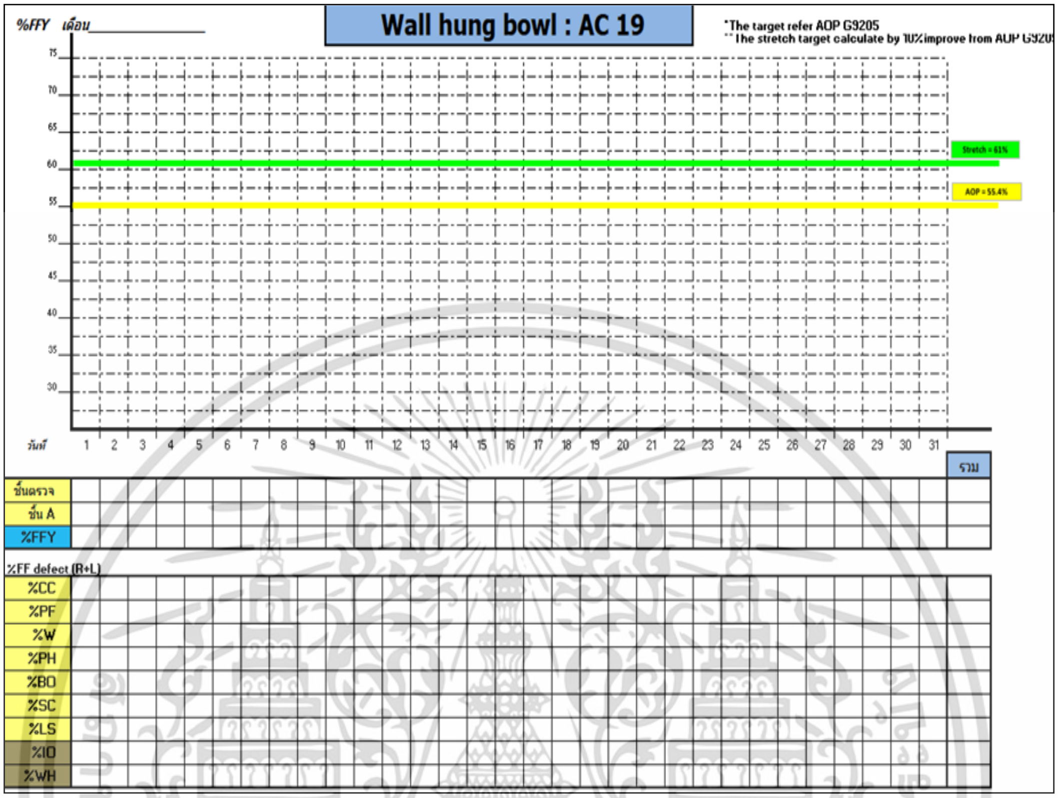
Concentation Chart Model________



Cast date	Caster	Barcode	mold No	Defect	01	02	03	08	17	11	11L	11R	14L	14R	12	00	05L	05R	10L	10R	06L	06R	14UL	41	รูปภาพตำหนิ
รวม																									

รูปที่ ข.1 แผนภาพการเก็บข้อมูลลักษณะความบกพร่องสุขภัณฑ์รุ่นAC 19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.2 ตารางการตรวจเช็คร้อยละของชิ้นงานดีและความบกพร่องประจำวัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

เอกสารการปฏิบัติงานสุขภัณฑ์รุ่นAC 19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SM-CSS-xxxx	Title : การตรวจแต่งแวร์ Inspection clayware	REV #	DESCRIPTION	REFERENCE	ทำโดย	ตรวจสอบ	อนุมัติโดย
ฉบับที่ 1 หน้า 1/2	Model : AC -19				Rachan S.	พรชัย	พิเชษฐ์
					Supervisor	CS. Excellence	ผู้จัดการ

ตรวจหาแตกร้าวด้วยน้ำมัดก๊าดแนวประกบริมตำแหน่งที่ 14UL Check clay cracked stickup line by kerosene Loc14UL

ตรวจหาแตกร้าวด้วยน้ำมัดก๊าดด้านหน้าซ้าย และขวา ตำแหน่งที่ 11Check clay cracked R/L side by kerosene Loc11

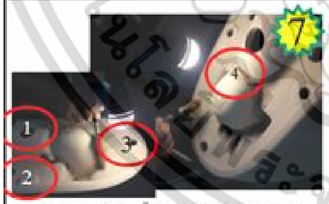
ตรวจหาแตกร้าวด้วยน้ำมัดก๊าดด้านหน้าในโดเคลย์ปลั๊ก ตำแหน่งที่ 00 Check clay cracked R/L side by kerosene Loc 00 Clay plug

ตรวจหาแตกร้าวด้วยน้ำมัดก๊าดด้านหน้าแนวประกบโมลด์ตำแหน่งที่ 01และฐาน (Check clay cracked seam mold in front of clay ware by kerosene Loc01 and base of clay ware

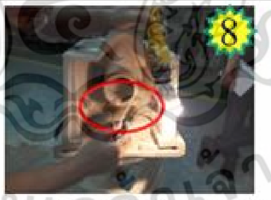
ตรวจหาแตกร้าวด้วยน้ำมัดก๊าดขาฐานโดยรอบ (Check clay cracked base of clay ware all around by kerosene

ตรวจหาแตกร้าวด้วยน้ำมัดก๊าดเคลย์ปลั๊ก ใต้แวร์ (Check clay cracked of clay plug under by kerosene

SM-CSS-xxxx	Title : การตรวจแต่งแวร์ Inspection clayware	REV #	DESCRIPTION	REFERENCE	ทำโดย	ตรวจสอบ	อนุมัติโดย
ฉบับที่ 2 หน้า 2/2	Model : AC19				Rachan S.	พรชัย	พิเชษฐ์
					Supervisor	CS. Excellence	ผู้จัดการ



ตรวจหาแตกร้าวด้วยน้ำมัดก๊าดด้านใต้ท่อ และรูเจาะตำแหน่งที่ 17,16 Check clay cracked under trap way and punching hole by kerosene Loc17,16



ตรวจหาแตกร้าวด้วยน้ำมัดก๊าดด้านหลัง ตำแหน่งที่ 08 Check clay cracked back side by kerosene Loc08

ตรวจหาแตกร้าวด้วยน้ำมัดก๊าดรูเจาะระบายด้านหลัง Check clay cracked the punching hole back side by kerosene

ตรวจหาแตกร้าวด้วยน้ำมัดก๊าดแนวประกบริมซ้ายและขวาตำแหน่งที่ 41 Check clay cracked side by kerosene Loc41

ตรวจหาแตกร้าวด้วยน้ำมัดก๊าดแนวด้านข้างซ้ายและขวาตำแหน่งที่ 05 L,R Check clay cracked Design line L,R by kerosene Loc05L,R

รูปที่ ค.1 เอกสารการปฏิบัติงานการตรวจแต่งแวร์ Inspection clay ware รุ่น AC 19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	Title : การขูดแต่งแวร์ white finishing	REV #	DESCRIPTION	REFERENCE	ทำโดย	ตรวจสอบ	อนุมัติโดย
SM-CSS-xxxx	Model : AC-19				Rachan S.	พรชัย	วันเพ็ญ
ฉบับที่ 1 / หน้า 1/2					Supervisor	CS. Excellence	ผู้จัดการ

เตรียมเคลย์แวร์อบหลังจากทำการตกแต่ง
Prepare clay ware after white finishing

ทำการยกเคลย์แวร์ขึ้นบนโต๊ะแต่งที่เตรียมไว้
Raise the clay ware on the table.

ขัดฐานด้านหลังด้วยบอร์ดกระดาษทรายเรียบ
Polish flat to clay ware back by sand board.

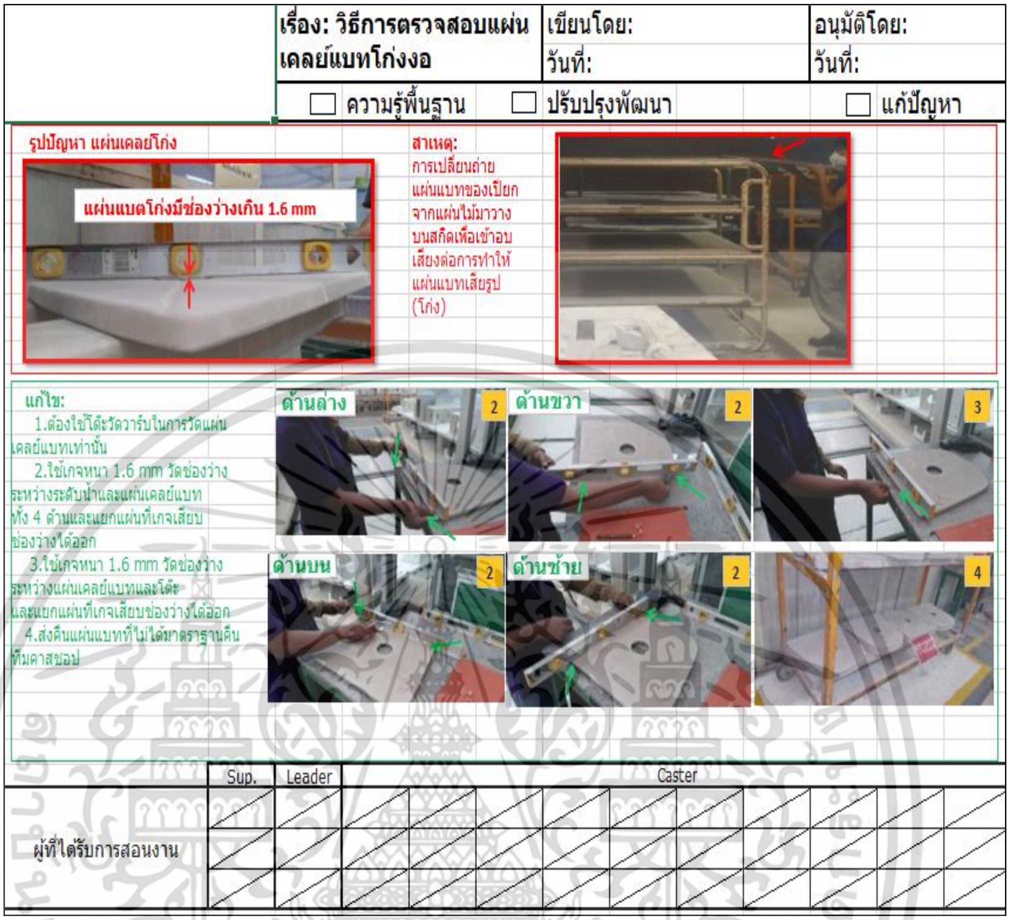
เช็คฐานด้านหน้าต้องเรียบเสมอตลอดแนว
Check the front of base must be straight.

วางเกจบนฐานแล้วขูดตามพาเลทให้เรียบสนิท
Put the gauge on clay ware and scrape clay ware by steel plate

ขัดลบมุมด้วยสก๊อตไบร์ทด้านหลังให้เรียบ
smooth clay ware back by green sponge.

รูปที่ ค.2 เอกสารการปฏิบัติงานการขูดแต่งแต่งแวร์ White fishing รุ่น AC 19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เรื่อง: วิธีการตรวจสอบแผ่นเคลย์แบทโก่งงอ

เขียนโดย:
วันที่:

อนุมัติโดย:
วันที่:

☐ ความรู้พื้นฐาน ☐ ปรับปรุงพัฒนา ☐ แก้ปัญหา

รูปปัญหา แผ่นเคลย์โก่ง

แผ่นแบตโก่งมีช่องว่างเกิน 1.6 mm

สาเหตุ:
การเปลี่ยนถ่ายแผ่นแบทของเปียกจากแผ่นไม้มาวางบนสกิดเพื่อเข้าอบเสียงต่อการทำให้แผ่นแบทเสียรูป (โก่ง)

แก้ไข:
1.ต้องใช้โต๊ะวัดวาร์บในการวัดแผ่นเคลย์แบทเท่านั้น
2.ใช้เกจหนา 1.6 mm วัดช่องว่างระหว่างระดับน้ำและแผ่นเคลย์แบททั้ง 4 ด้านและแยกแผ่นที่เกจเสียบช่องว่างได้ออก
3.ใช้เกจหนา 1.6 mm วัดช่องว่างระหว่างแผ่นเคลย์แบทและโต๊ะและแยกแผ่นที่เกจเสียบช่องว่างได้ออก
4.ส่งคืนแผ่นแบทที่ไม่ได้มาตราฐานคืนทีมคาสชอป

ด้านล่าง 2
ด้านขวา 2
3
ด้านบน 2
ด้านซ้าย 2
4

	Sup.	Leader	Caster
ผู้ที่ได้รับการสอนงาน			

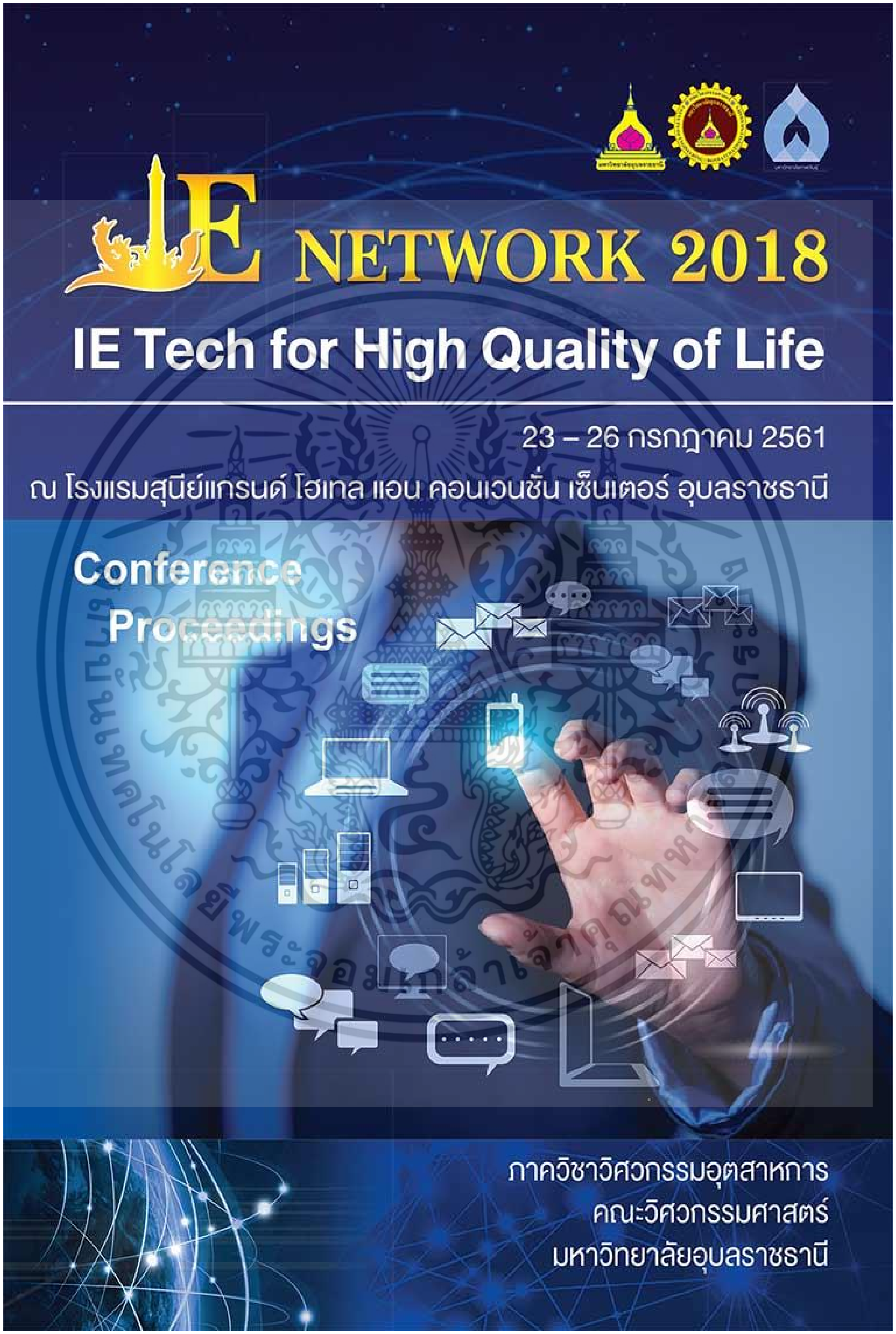
รูปที่ ค.3 เอกสารระเบียบปฏิบัติงานวิธีการตรวจสอแผ่นเคลย์แบทโก่งงอ รุ่น AC 19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

บทความที่ได้รับการตีพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี พ.ศ. 2561
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
23-26 กรกฎาคม 2561 อุบลราชธานี

ประยุกต์ใช้วิธีการของไชนินเพื่อค้นหาตัวแปรในกระบวนการซิกส์ ซิกม่า ศึกษาลดการสูญเสียของกระบวนการหลังเผาเครื่องสุขภัณฑ์
Apply Using Shainin's for Factor Search in Six Sigma Methodology Study Decrease Fire Ware Loss in Sanitary Ware Process

ราชันย์ สีเหลือง[1*] และ ทศพล เกียรติเจริญผล[1]
[1] ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
[*]E-mail: 60601099@kmitl.ac.th

Rachan Seeluang[1*] and Tossapol Kiatcharoenpol[1]
[1]Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering,
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
[*]E-mail: 60601099@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้วิธีการของไชนินค้นหาตัวแปรในกรอบ DMAIC ของซิกส์ซิกม่าและทำการศึกษาลดการสูญเสียของกระบวนการผลิตสุขภัณฑ์หลังเผารุ่น AC19 ที่มีความต้องการของลูกค้าจำนวนมาก จากการวิเคราะห์แผนผังพาเรโตพบความบกพร่องที่เกิดขึ้นจากการแตกแนวประกอบริมด้าน ในและ การบิดเบี้ยวแนวชิดผนังของสุขภัณฑ์รุ่น AC19 จากการขั้นตอนการวิเคราะห์ แผนภูมิหลายตัวแปรของกระบวนการพบความบกพร่องเกิดขึ้นมาจากความผันแปรในชิ้นงาน เมื่อทำการเก็บข้อมูลความบกพร่องที่สนใจจากลานคัดแยกของเสีย ประจำวันด้วย แผนภูมิรูปภาพเพื่อหาข้อมูลและความถี่ในการเกิดความบกพร่องและนำมาค้นหาสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดความบกพร่องในกระบวนการด้วย การวิเคราะห์เปรียบเทียบครอบครัวความแปรผันของกระบวนการผลิตสุขภัณฑ์พบRed X จากด้านต่อด้านบนพื้นที่เดียวกัน เมื่อดำเนินการตามแนวทางที่ได้เสนอทำให้สามารถ เพิ่มผลผลิตร้อยละของสุขภัณฑ์AC 19 จากร้อยละ 40.6 เป็น ร้อยละ 50.2 (เป้าหมาย ร้อยละ50)และสามารถลดความบกพร่องจากการแตกร้าวแนวประกบริมของสุขภัณฑ์ตำแหน่ง 14UL จากเดิมร้อยละ 20 ลดลงเหลือร้อยละ 3.64 ของชิ้นงานตรวจหลังเผา จากการคำนวณผลประหยัดรวมเพิ่มขึ้นจากเดิมในช่วงปรับปรุงกระบวนการ3 เดือนเท่ากับ 8336.56 บาท(สิงหาคม ถึงธันวาคม2560) หากเพิ่มปริมาณการผลิตเพิ่มมากขึ้นผลประหยัดรวมที่ได้ก็จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

คำหลัก แผนผังรูปภาพแสดงความบกพร่อง แผนภูมิหลายตัวแปร การจับคู่เปรียบเทียบ

Abstract

The purpose of this research was to apply the Shainin's method to find the variables in DMAIC framework of Six sigma methodology and study the reduction of the fire loss of sanitary ware model AC19 that has a large customer demand. As for base on analysis of the Pareto diagram, found main defect from clay ware cracked area stick up rim and warpage back to wall side of model AC19 in process analysis by Multi- vari chart was found to be defect form variable with in product(Within Unit),when collating data for defect from daily loss court by concentration chart to find out the frequency of the defect .and to find the root cause of the defect in the process comparative analysis of family of variation found Red X into side to side same area of sanitary ware. After implementation of proposed method, the production yield was improved from 40.6% to 50.2% (Target 50 %) and defect clay cracked from stick up location 14UL ware reduced from20% to 3.64% of fire ware inspection. In addition, the benefit cost income 3month due implement 8336.56 Bath(August to December 2017) when increase product in process that will be increased as well.

Keywords: Concentration Chart, Muti-Vari Analysis, Paired Comparison

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.บทนำ

ในปัจจุบันการแข่งขันทางด้านคุณภาพและประสิทธิภาพการผลิตและนวัตกรรมของสินค้ารวม ทั้งการลดต้นทุนในการผลิตของอุตสาหกรรมการผลิตเครื่องสุขภัณฑ์ที่มีรุนแรงมากขึ้น ซึ่งเป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานอันจะนำไปสู่การเติบโตของธุรกิจอสังหาริมทรัพย์ โดยในไตรมาสที่ 2 ของปี 2560 เมื่อเทียบกับไตรมาสเดียวกันของปีก่อนที่ผ่านมา การผลิตเครื่องสุขภัณฑ์ของประเทศมีปริมาณ1.74 ล้านชิ้นซึ่งลดลง ร้อยละ 4.80 ในขณะที่ยอดการจำหน่ายเครื่องสุขภัณฑ์ในประเทศมีปริมาณ 1.18 ล้านชิ้น เพิ่มขึ้นร้อยละ 12.34 ส่งผลให้การขยายตัวของตลาดในประเทศอันเนื่องมาจากความเชื่อมั่นจากภาคเอกชนที่มีมากขึ้น[1] ในบริษัทสุขภัณฑ์โรงงานตัวอย่างที่ทำการ ศึกษาวิจัยแห่งนี้มีเป้าหมายการผลิตเครื่องสุขภัณฑ์ในปี2560มีจำนวน 140,000 ชิ้นต่อปี แต่ในขณะ เดียวกันยังมีการสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตเครื่องสุขภัณฑ์ หากได้ทำการปรับปรุงกระบวนการผลิตให้ดีขึ้น และนำเอาแนวคิดของซิกส์ซิกม่ามาใช้การปรับปรุงคุณภาพการผลิตเครื่องสุขภัณฑ์ ก็จะเกิดประโยชน์สูงสุด ช่วยให้ลดต้นทุนการผลิตต่ำลง เพิ่มความสามารถในการแข่งขันในกลุ่มอุตสาหกรรม

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในกระบวนการปรับปรุงคุณภาพการผลิตเครื่องสุขภัณฑ์เซรามิกส์มีอยู่หลายวิธีการที่นิยมใช้กัน จากงานวิจัยของ Jeroen de Mast ได้ทำการเปรียบเทียบวิธีการปรับปรุงคุณภาพไว้ 3 วิธี ซึ่งได้แก่ วิธีการไชนิน (Shainin) วิธีการทากูชิ(Taguchi) และวิธีการซิกส์ ซิกม่า (Six Sigma) ซึ่งได้ทำการเปรียบเทียบแต่ละวิธีในการปรับปรุงคุณภาพรวมถึง จุดอ่อน จุดแข็ง ของกลยุทธ์ของแต่ละวิธี [2] Justin T และคณะ ได้ทำการศึกษาสรุปงานวิจัยเปรียบเทียบวิธีการไชนินสำหรับนำไปใช้ในกระบวนการ ซิกส์ซิกม่า โดยไชนินเป็นเครื่องมือที่มีความเรียบง่ายเข้าใจได้ง่ายและมีประสิทธิภาพในการลดความซับซ้อนของวิธีการ DMAIC เครื่องมือของไชนิน ยังสามารถทำความเข้าใจได้ง่าย ตั้งแต่พนักงานโรงงาน ตลอดจน วิศวกร [3] A.J. Thomas “Red X หมายถึงตัวแปรหลักอันดับ 1 ที่ส่งผลกระทบกับความแข็งแรงของรอยเชื่อม Pink X หมายถึงตัวแปรอันดับ 2 ที่ส่งผลกระทบกับความแรงแรงของรอยเชื่อม Pale Pink X หมายถึงตัวแปรอันดับ 3 ที่ส่งผลกระทบกับความแข็งแรงของรอยเชื่อม”[4]

2.1 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.เพื่อศึกษาประยุกต์ใช้เครื่องมือของไชนินค้นหาตัวแปร ในกระบวนการซิกส์ ซิกม่า ซึ่งเป็นเครื่องมือที่เข้าใจได้ง่ายและมีประสิทธิภาพ

2.เพื่อเป็นระบบการวิเคราะห์ปัญหาและลดความสูญเสียจากการผลิตเครื่องสุขภัณฑ์หลังเผา

3.เพื่อปรับปรุงคุณภาพของเครื่องสุขภัณฑ์ และเพิ่มปริมาณชิ้นงานให้เพียงพอต่อความต้องการของลูกค้า

2.2 ทฤษฎีหรือแนวทางที่ใช้ในการศึกษา

กรอบแนวทางในการปรับปรุงคุณภาพที่เป็นหัวใจของการดำเนินการทางซิกส์ซิกม่าคือ กระบวนการ (DMAIC) โดยในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการจะประยุกต์เครื่องมือของไชนินเข้ามาใช้ดำเนินการค้นหาและวิเคราะห์ตัวแปรในกระบวนการผลิตโดยจะใช้ตัวชี้วัดเครื่องมือคุณภาพของกรอบแนวทางในการปรับปรุงคุณภาพที่เป็นหัวใจของการดำเนินการทางซิกส์ซิกม่าคือ กระบวนการ (DMAIC) โดยในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการจะประยุกต์เครื่องมือของไชนินเข้ามาใช้ดำเนินการค้นหาและวิเคราะห์ตัวแปรในกระบวนการผลิตดังนี้

1. ขั้นตอนการกำหนด ปัญหา Define Phaseเลือกการปรับปรุงหรือออกแบบ โดยใช้เครื่องมือ ค้นหาปัญหา แผนภาพพาเรโต Pareto Chart และ Process Map

2. ขั้นตอนการวัด Measure Phase การวัดความสามารถของกระบวนการวัดของเสีย วัดประสิทธิผล เพื่อนำมาวิเคราะห์ตัวแปรต่าง ๆโดใช้หลักเทคนิคการออกแบบไชนินในการค้นหาตัวแปร Paired comparsion, Product/Process search, Component search, concentration chart, Multi-vari Analysis, Varible search Concentration Chart ,Muti-Vari Analysis,Varible Search

3. ขั้นตอนการวิเคราะห์ Analyze (จากข้อมูลที่วัดมาได้) เพื่อหาหรือพิสูจน์ตัวแปรที่สำคัญที่สุดในระบวนการ (Key Process Variables) สาเหตุหลักของปัญหา ในขั้นตอนนี้ถือว่าสำคัญมากเพราะถ้าหาตัวแปรไม่เจอ หรือหาผิดก็ไม่อาจจะปรับปรุง หรือปรับปรุงผิดในกระบวนการ2 และ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

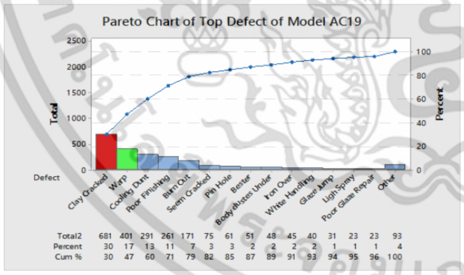
นี้จะนำหลักเทคนิคการออกแบบไชนิน ใช้ในการค้นหาตัวแปร

4. ขั้นตอนการปรับปรุง Improve หลังจากที่ได้ตัวแปรหลักที่มีผลมาก ๆ หรือสำคัญๆ มาแล้ว ก็ลงมือแก้ไข/ปรับปรุง เพื่อขจัดสาเหตุที่วิเคราะห์ได้ หรือในการออกแบบขั้นนี้จะเป็นการออกแบบกระบวนการ/ผลิตภัณฑ์ เพื่อขจัดหรือควบคุมตัวแปรที่วิเคราะห์ได้ในกระบวนการวางแผนการแก้ไขปัญหา Action Plan และการดำเนินการไขปัญหาที่ต้นเหตุความผันแปรซึ่งได้นำเอาเทคนิคไชนิน Better vs Current ,Scotter Plot ,Resporns Surface Method ,Analysis Of Variance เหล่านี้ เข้ามาดำเนินการปรับปรุง[5]

5. Control คือขั้นตอนการควบคุม เพื่อให้กระบวนการนั้นนิ่ง ทำให้สม่ำเสมอ เพื่อไม่ให้เกิดข้อบกพร่องอีกโดยใช้ Control chart ในกระบวนการผลิต

3.วิธีการดำเนินการ

วิจัยกำหนดตัวอย่างสุขภัณฑ์ที่นำมาศึกษาเป็นรุ่น AC 19 เก็บข้อมูลแนวโน้มของเสียที่เกิดขึ้น ซึ่งพบความบกพร่องจากการแตกร้าวของสุขภัณฑ์หลังจากเผา(Clay Crack) ร้อยละ 30 ของยอดการตรวจชิ้นงานและความบกพร่องจากการบิดเบี้ยว (Warpage) ร้อยละ17 ของยอดการตรวจชิ้นงาน



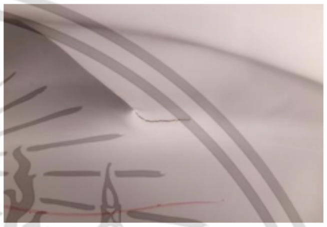
รูปที่ 28 แสดง % First Fire Loss ของสุขภัณฑ์ตัวอย่างศึกษาและปริมาณชิ้นงานหล่อ เดือน มกราคม ถึง เมษายน 2560

3.1. ขั้นตอนการคัดเลือกปัญหา (Define Phase)

ตัวอย่างสุขภัณฑ์ที่นำมาศึกษาเป็นรุ่น AC 19 ซึ่งได้รับความสนใจและเป็นที่นิยมจากลูกค้าทั้งในและต่างประเทศ แต่มีปริมาณยอดการบรรจุสินค้า น้อยกว่าแผนความต้องการของลูกค้า และทำการค้นหาเบาะแสที่เป็นสาเหตุหลักได้มาจากชิ้นงานเสียทิ้ง Fire loss โดยทำการเก็บข้อมูลความบกพร่องโดยใช้แผนผังรูปภาพแสดงความบกพร่อง Concentration Chart เก็บข้อมูล ที่เกี่ยวข้องกับความบกพร่องของสุขภัณฑ์รุ่นAC19 ที่สนใจมากกว่า 30 ข้อมูลเพื่อนำมาวิเคราะห์หาเบาะแสตัวแปร

3.2 ทำการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ Product Family

ด้านต่อด้าน Side to Side ในพื้นที่เดียวกันของสุขภัณฑ์พบการความแตกต่างความบกพร่องในพื้นที่เดิมซ้ำๆ ที่ตำแหน่งเดิมจากการแตกร้าวบริเวณในโถด้านซ้าย 86.7% ด้านขวา 13.3%

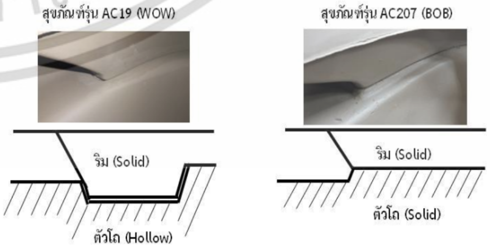


รูปที่1 แสดงลักษณะการแตกร้าวตำแหน่ง 14UL ของสุขภัณฑ์รุ่น AC19

4. ขั้นตอนการวัด (Measure Phase)

4.1 การทดสอบยืนยันตัวแปรที่สงสัย

จากความบกพร่องการแตกร้าวที่เกิดขึ้นจากข้อสงสัยด้านต่อด้าน Side to Side พื้นที่เดียวกันคือแนวต่อริม ทำการผ่าตัดชิ้นงานแล้วนำไปส่องขยายเพื่อหาความลึกของรอยแผลที่เกิดขึ้นทำการตัดเนื้อดินหลังทำการต่อริมกับโถเสร็จ พบลักษณะของแนวต่อริมกับเนื้อดินไม่สนิทมีลักษณะของโพรงอากาศใต้แนวต่อริมจากข้อสงสัยRed X ด้านต่อด้าน Side to Sideโดยเปรียบเทียบปริมาณความบกพร่องหลังเผากับสุขภัณฑ์รุ่นอื่นเป็นประเภทสุขภัณฑ์แบบชิ้นเดียว รุ่น AC 207ซึ่งมีแนวประกบริมคล้ายกันกับสุขภัณฑ์แบบแขวนผนัง รุ่น AC19พบความบกพร่อง ร้อยละ9.8 ส่วนสุขภัณฑ์รุ่น AC 207 พบร้อยละ 0.6 ตามลำดับ



รูปที่ 2 ลักษณะของแนวต่อริมของสุขภัณฑ์ รุ่น AC19 กับสุขภัณฑ์ รุ่น AC207

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analyze Phase)

จากรูปที่3 ทำการออกแบบการทดลองโดยการแก้ไขแนวต่อริมของแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์ของสุขภัณฑ์รุ่น AC19 จำนวน 5 แม่พิมพ์ แล้วนำมาหล่อขึ้นรูปชิ้นงานเปรียบเทียบกันเป็นคู่กับกระบวนการผลิตปกติโดยใช้เครื่องมือ Paired comparisons

รูปที่ 3 (a) ลักษณะของส่วนริมทำการแก้ไข (b) ลักษณะของส่วนโถทำการแก้ไข

6. ขั้นตอนการปรับปรุง (Improve Phase)

ทดลองเปรียบเทียบแนวต่อริมใหม่กับแนวต่อริมเดิมที่ลักษณะของแนวต่อริม(BOB) แบบตันSolid ต่อกับตัวโถแบบตัน Solid และแนวต่อริม (WOW) แบบตัน Body Solid ต่อตัวโถแบบโพรง Body Hollowโดยทำการกาแก้ไขแม่พิมพ์ แล้วนำมาหล่อขึ้นรูป Red X (สาเหตุหลัก) ที่ทำให้เกิดความบกพร่องของการแตกร้าวแนวต่อริม ตำแหน่ง 14UL ของสุขภัณฑ์ AC 19 คือ การออกแบบโครงสร้างของแนวต่อริมสุขภัณฑ์ที่ไม่แข็งแรง

7.ขั้นตอนการควบคุม (Control Phase)

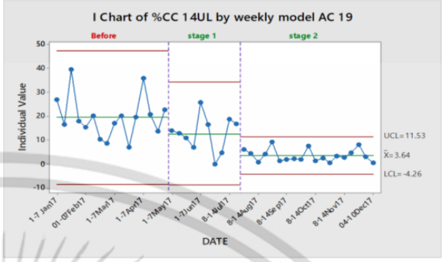
7.1 การควบคุมกระบวนการก่อนส่งแม่พิมพ์มาใช้งาน

ทำการควบคุมเริ่มตั้งแต่กระบวนส่ง Case Mold มาผลิต Working Mold ใช้งานต้องมั่นใจว่า Case Mold ได้ทำการแก้ไขปรับปรุงอย่างถูกต้อง ก่อนที่จะเริ่มดำเนินการผลิตแม่พิมพ์หล่อขึ้นรูป

7.2 การควบคุมในกระบวนการหล่อขึ้นรูป Casting Slip

ทำการหล่อเพื่อทำการตรวจเช็คแนวต่อริม เมื่อติดตั้งโมลด์ใหม่ Installation mold หากพบวิธีการหรือขั้นตอนที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดทำการหยุดการผลิต เพื่อทำการตรวจเช็คร่วมกันกับทีมวิศวกร และผู้ออกแบบดำเนินการแก้ไขให้เสร็จ

8. สรุปผลการปรับปรุงกระบวนการผลิตสุขภัณฑ์



รูปที่5 แสดงผลการปรับปรุงความบกพร่องการแตกตำแหน่ง 14 UL

จากการดำเนินการค้นหาตัวแปรและทำการปรับปรุงสาเหตุหลัก Red X ด้านต่อด้านซึ่งเป็นสาเหตุหลักของการแตกร้าวในกระบวนการหล่อขึ้นรูปสุขภัณฑ์รุ่น AC19 ก่อให้เกิดความบกพร่องในกระบวนการผลิตหลังเผา ทำให้สามารถ เพิ่มผลผลิตร้อยละของ จากร้อยละ 40.6 เป็น ร้อยละ50.2เพิ่มขึ้นร้อยละ9.6(เป้าหมายร้อยละ50) และสามารถลดความบกพร่องจากการแตกร้าวแนวต่อริมของสุขภัณฑ์ตำแหน่ง14UL จากเดิมร้อยละ 20.0 ลดลงเหลือร้อยละ 3.64 ของชิ้นงานตรวจหลังเผาช่วงที่ทำการปรับปรุง(แสดงรูปที่5)จากการคำนวณผลประหยัดรวมเพิ่มขึ้นจากเดิมในช่วงหลังการปรับปรุงกระบวนการเป็นเงิน 36,723 บาทต่อปี

อ้างอิง

[1] กระทรวงอุตสาหกรรมสำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม, “สรุปภาวะเศรษฐกิจอุตสาหกรรมไตรมาสที่ 2 ปี 2560 (เมษายน - มิถุนายน) พ.ศ. 2560 (อุตสาหกรรมเซรามิก).”

[2] J. de Mast, “A methodological comparison of three strategies for quality improvement,” *Int. J. Qual. Reliab. Manag.*, vol. 21, no. 2, pp. 198–213, 2004.

[3] J. T. Aichail, A. D. Jadhav, A. P. Baviskar, C. S. Gajare, and R. S. Patil, “Simplificaton of Six Sigma Implementation Using Shainin Tools for Process Improvement,” vol. 8, no. 4, pp. 390–394, 2017.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[4] A. J. Thomas and J. Antony, “A comparative analysis of the Taguchi and Shainin DOE techniques in an aerospace environment,” *Int. J. Product. Perform. Manag.*, vol. 54, no. 8, pp. 658–678, 2005.

[5] A. K. Bewoor and M. S. Pawar, “Use of Shainin tools for simplifying Six Sigma imple mentation in QMS / ISO certified environ ment– An Indian SME case study,” *J. Eng. Res. Stud.*, vol. 1, no. 2, pp. 177–194, 2010.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล นายราชันย์ สีเหลือง
วัน เดือน ปีเกิด 1 พฤศจิกายน 2522 ที่จังหวัด แพร่
ที่อยู่ 55/37 หมู่1 ต.ลำลูกกา อ.ลำลูกกา จ.ปทุมธานี 12150

ประวัติการศึกษา

2554 วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
2550 คุรุศาสตรบัณฑิต สาขาการวัดและประเมินผลการศึกษา มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
2545 วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีเซรามิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏชียงราย

ประสบการณ์

พ.ศ. 2546 - 2552 ตำแหน่งผู้ช่วยผู้จัดการฝ่ายวิจัยและพัฒนาคุณภาพ บริษัท ไทยอุตสาหกรรมเครื่องเคลือบดินเผา จำกัด จ.สมุทรสาคร

พ.ศ.2552 - 2555 ตำแหน่งหัวหน้างานผลิต บริษัท วิลเลลอยแอนด์บอค (ประเทศไทย) จำกัด จ.สระบุรี

พ.ศ.2555 - 2558 ตำแหน่งหัวหน้างานผลิต บริษัท โคเลอร์ (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน) จ.สระบุรี

พ.ศ.2558 - 2562 ตำแหน่งรองผู้จัดการฝ่ายผลิต บริษัท ลิกซิล (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน) จ.ปทุมธานี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้