การลดของเสียในกระบวนการขึ้นรูปกระเบื้องดินเผาปูพื้นโดยใช้แนวทางซิกซ์ ซิกมา

น.ส.วรรณศิกา ศิริมงคล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2562
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DEFECT REDUCTION IN FORMING PROCESS OF FIRED CLAY FLOOR TILES BY SIX SIGMA APPROACH

Miss Wansika Sirimongkol

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Industrial Engineering
Department of Industrial Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2019

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การลดของเสียในกระบวนการขึ้นรูปกระเบื้องดินเผาปูพื้นโดยใช้แนวทางซิกซ์ ซิกมา
โดย	น.ส.วรรณศิกา ศิริมงคล
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ศาสตราจารย์ ดร.ปารเมศ ชุติมา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิริพรรณ นิลไพรัช

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ เตชวรสินสกุล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์จิรพัฒน์ เงาประเสริฐวงศ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ศาสตราจารย์ ดร.ปารเมศ ชุติมา)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิริพรรณ นิลไพรัช)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ ตั้งจิตสิตเจริญ)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ชูเวช ชาญสง่าเวช)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

วรรณศิกา ศิริมงคล : การลดของเสียในกระบวนการขึ้นรูปกระเบื้องดินเผาปูพื้นโดยใช้แนวทางซิกซ์ ซิกมา . (DEFECT REDUCTION IN FORMING PROCESS OF FIRED CLAY FLOOR TILES BY SIX SIGMA APPROACH) อ.ที่ปรึกษาหลัก : ศ. ดร.ปารเมศ ชุติมา, อ.ที่ปรึกษาร่วม : ผศ. ดร.สิริพรรณ นิลไพรัช

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดของเสียในกระบวนการขึ้นรูปกระเบื้องดินเผาปูพื้น โดยการแก้ไขการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ของปัจจัยที่มีอิทธิพลโดยประยุกต์ใช้แนวทางซิกซ์ ซิกมา จากการศึกษาพบว่าปริมาณการเกิดของเสียประเภทกระเบื้องผิวหน้าไม่เรียบในกระบวนการขึ้นรูปมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 152,871.16 DPPM (Defect Parts per Million)

ในงานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้แนวทางซิกซ์ ซิกมา ทั้ง 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนการนิยามปัญหา ขั้นตอนการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา ขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา ขั้นตอนการปรับปรุงและแก้ไขกระบวนการและขั้นตอนการควบคุมกระบวนการผลิต การดำเนินงานวิจัยเริ่มจากการศึกษารายละเอียดของกระบวนการผลิตเพื่อค้นหาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อปัญหากระเบื้องผิวหน้าไม่เรียบ ต่อมาในขั้นตอนการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหาจะทำการศึกษาความแม่นยำและความถูกต้องของระบบการวัด การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาด้วยแผนภาพแสดงสาเหตุและผล และคัดเลือกตัวแปรนำเข้าโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์สาเหตุของลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) จากนั้นจึงได้ทำการออกแบบการทดลองเพื่อหาปัจจัยนำเข้าที่มีนัยสำคัญต่อสัดส่วนของเสียและหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัย ผลการศึกษาพบว่าค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม คือรูตะแกรงของเครื่องบดมีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ ขนาดตะแกรงร่อนของเครื่องบดเบอร์ 18 (Mesh No.18) และขนาดตะแกรงร่อนก่อนขึ้นกระพ้อลำเลียงเบอร์ 8 (Mesh No.8) หลังการปรับปรุงกระบวนการพบว่าจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการขึ้นรูปกระเบื้องดินเผาปูพื้นลดลงเหลือ 34,610 DPPM ซึ่งสามารถลดการเกิดของเสียลงได้ถึง 77% เมื่อเทียบกับจำนวนของเสียก่อนการปรับปรุง

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต .....
ปีการศึกษา 2562 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....
ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาร่วม .....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1# # 6170955621 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEYWORD: Defect Reduction Fired Clay Floor Tiles Six Sigma Approach

Wansika Sirimongkol : DEFECT REDUCTION IN FORMING PROCESS OF FIRED CLAY FLOOR TILES BY SIX SIGMA APPROACH . Advisor: Prof. PARAMES CHUTIMA, Ph.D. Co-advisor: Asst. Prof. SIRIPHAN NILPAIRACH, Ph.D.

The objective of this research was to reduce defects in the forming process of fired clay floor tiles by modifying the parameter settings of the influential factors using the Six Sigma approach. The current process had 152,871.16 DPPM (Defect Parts per Million). The main cause of this problem was the rough surface problem in the forming process. The five steps of the Six Sigma quality improvement approach were exercised in this research, i.e. define, measurement, analysis, improvement, and control phases, respectively. This research started by studying in details of the production process to find relevant factors that could cause a rough surface defect. The main factors were selected and analyzed by Failure Mode and Effect Analysis (FMEA). After that, the settings of each factor were discovered by applying the Design of Experiment (DOE) approach. The results showed that the appropriate settings were the sieve size of pan mill setting to 18 Mesh, the size of sieve holes at pan mill setting to be uniformly distributed and the sieve size before sending to bucket elevator setting to 8 Mesh. It is found that the defect in the forming process of fired clay floor tiles was reduced to 34,610 DPPM, which is 77% of the defect before the improvement.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

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

Academic Year: 2019 Advisor's Signature .....

Co-advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ ศาสตราจารย์ ดร.ปารเมศ ชุติมา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ซึ่งเป็นผู้ผลักดัน ชี้แนะความรู้ คำแนะนำ แนวทางในการดำเนินงานวิจัย อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการทำวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิริพรรณ นิลไพรัช อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

ขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์จิรพัฒน์ เงาประเสริฐวงศ์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ ตั้งจิตสิตเจริญ และรองศาสตราจารย์ ดร.ชูเวช ชาญสง่าเวช กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาช่วยแนะนำ ตรวจแก้ไขข้อบกพร่องทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความถูกต้องและสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณโรงงานกรณีศึกษาเป็นอย่างสูงที่ให้โอกาสในการทำงานวิจัย รวมทั้งให้การสนับสนุนในการเก็บรวบรวมข้อมูล และขอขอบคุณคณะทำงานที่ให้ความร่วมมือและความช่วยเหลือเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณ ดร.นิธิวัชร์ นวอัครฐานันท์ สำหรับคำแนะนำในการดำเนินงานวิจัยและให้การช่วยเหลือเป็นอย่างดีในการทำวิทยานิพนธ์

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณครอบครัวที่คอยสนับสนุนและให้กำลังใจ รวมทั้งขอขอบคุณผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในงานวิจัยนี้ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

วรรณศิกา ศิริมงคล

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง
กิตติกรรมประกาศ ..... จ
สารบัญ ..... ฉ
สารบัญภาพ ..... ฌ
สารบัญตาราง ..... ฎ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ประวัติความเป็นมาและรายละเอียดของโรงงานกรณีศึกษา 2
1.2 ที่มาและความสำคัญของปัญหา 5
1.3 สภาพปัญหาที่พบในปัจจุบัน 6
1.4 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 9
1.5 ขอบเขตการดำเนินงานวิจัย 9
1.6 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 9
1.7 ผลที่คาดว่าจะได้รับ 11
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 12
2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับ ซิกซ์ ซิกมา 12
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 31
บทที่ 3 การนิยามปัญหา 37
3.1 จัดตั้งคณะทำงาน 37
3.2 การศึกษากระบวนการผลิต 38
3.3 การกำหนดปัญหา 42

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.4 กำหนดเป้าหมายและตัวชี้วัด 45
3.5 สรุปนิยามปัญหา 45
บทที่ 4 การวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา 46
4.1 การวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัดแบบข้อมูลตามลักษณะ 46
4.2 การวิเคราะห์ปัญหาจากสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) 53
4.3 การวิเคราะห์ปัญหาจากการหาความสัมพันธ์สาเหตุและผล(Cause and Effect Matrix) 55
4.4 การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis) 59
4.5 สรุปขั้นตอนการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา 70
บทที่ 5 การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา 71
5.1 ปัจจัยนำเข้าที่นำมาทดสอบสมมติฐาน 72
5.2 เกณฑ์ในการเลือกระดับของปัจจัยนำมาทดสอบสมมติฐาน 72
5.3 ตัวแปรตอบสนอง 72
5.4 ตัวแปรควบคุม 73
5.5 การกำหนดระดับของปัจจัยนำเข้าในการออกแบบการทดลอง 73
5.6 การออกแบบการทดลอง 74
5.7 ผลการทดลอง 75
5.8 การวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง 77
5.9 สรุปขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา 85
บทที่ 6 การปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ 86
6.1 การกำหนดปัจจัยนำเข้า 86
6.2 ตัวแปรตอบสนอง 87
6.3 การออกแบบการทดลอง 87
6.4 ผลการทดลอง 88
6.5 การวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง 90

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

6.6 สรุปขั้นตอนการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ 97
บทที่ 7 การควบคุมกระบวนการผลิต 98
7.1 การทดสอบยืนยันผล 98
7.2 การตรวจติดตามควบคุม 100
7.3 สรุปขั้นตอนการควบคุมกระบวนการผลิต 102
บทที่ 8 บทสรุปและข้อเสนอแนะ 103
8.1 บทสรุปขั้นตอนการนิยามปัญหา 103
8.2 บทสรุปขั้นตอนการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา 103
8.3 บทสรุปขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา 104
8.4 บทสรุปขั้นตอนการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ 105
8.5 บทสรุปขั้นตอนการควบคุมกระบวนการผลิต 105
8.6 ข้อจำกัดในงานวิจัย 106
8.7 ข้อเสนอแนะ 106
ภาคผนวก 108
ภาคผนวก ก ค่าเปอร์เซ็นต์ของเสียในกระบวนการขึ้นรูปกระเบื้องดินเผาปูพื้น 109
ภาคผนวก ข ค่าการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา 110
บรรณานุกรม 116
ประวัติผู้เขียน 119

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 1.1 กระเบื้องดินเผาปูพื้นขนาด 8*8 นิ้ว 2
รูปที่ 1.2 กระบวนการผลิตกระเบื้องดินเผาปูพื้น 4
รูปที่ 1.3 กราฟสัดส่วนของดีและของเสียในกระบวนการผลิตกระเบื้องดินเผาปูพื้นขนาด 8*8 นิ้ว 6
รูปที่ 1.4 กราฟแสดงสัดส่วนของเสียในกระบวนการผลิต 7
รูปที่ 1.5 แผนภาพพาเรโตแยกตามประเภทของเสีย..... 7
รูปที่ 1.6 กราฟแสดงสัดส่วนของเสียประเภทกระเบื้องผิวหน้าไม่เรียบต่อปริมาณการผลิตในกระบวนการขึ้นรูปกระเบื้องดินเผาปูพื้น..... 8
รูปที่ 3.1 การอัดขึ้นรูปแบบทิศทางเดียว (Uniaxial Pressing)..... 38
รูปที่ 3.2 เครื่องบด (Pan mill)..... 39
รูปที่ 3.3 ตะแกรงก่อนขึ้นกระพ้อลำเลียง 39
รูปที่ 3.4 เครื่องอัดไฮดรอลิค 40
รูปที่ 3.5 แผนภาพกระบวนการผลิตกระเบื้องดินเผาปูพื้น..... 41
รูปที่ 3.6 กราฟแสดงสัดส่วนของเสียในกระบวนการผลิต 42
รูปที่ 3.7 แผนภาพพาเรโตแยกตามประเภทของเสีย..... 43
รูปที่ 3.8 กราฟแสดงสัดส่วนของเสียประเภทกระเบื้องผิวหน้าไม่เรียบต่อปริมาณการผลิตในกระบวนการขึ้นรูปกระเบื้องดินเผาปูพื้น..... 44
รูปที่ 3.9 ลักษณะของกระเบื้องผิวหน้าไม่เรียบ (Rough Surface)..... 44
รูปที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ระบบการวัดข้อมูลโดยใช้ Minitab Software 51
รูปที่ 4.2 กราฟ Attribute Agreement Analysis ของการตรวจสอบปัญหากระเบื้องผิวหน้าไม่เรียบ 52
รูปที่ 4.3 แผนภาพการวิเคราะห์สาเหตุของเสียที่เกิดจากกระเบื้องผิวหน้าไม่เรียบ 54
รูปที่ 4.4 แผนภาพพาเรโตแสดงลำดับความสำคัญของปัจจัยนำเข้า 57

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 4.5 แผนภาพพาเรโตแสดงค่าลำดับคะแนนความเสี่ยง 69
รูปที่ 5.1 การทดสอบการแจกแจงปกติของผลการทดลองเบื้องต้นที่แปลงค่าด้วยวิธีของ Freeman & Tukey 78
รูปที่ 5.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าส่วนตกค้างและลำดับของการเก็บข้อมูลในการทดลองเบื้องต้น 79
รูปที่ 5.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าส่วนตกค้างและค่าที่ถูกฟิตในการทดลองเบื้องต้น 80
รูปที่ 5.4 กราฟ Normal Plot ของปัจจัยหลักและอันตรกิริยาที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง 82
รูปที่ 5.5 แผนภาพพาเรโตของปัจจัยหลักและอันตรกิริยาที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง 83
รูปที่ 5.6 ผลของปัจจัยหลักที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง 84
รูปที่ 5.7 ผลของอันตรกิริยาที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง 84
รูปที่ 6.1 การทดสอบการแจกแจงปกติของผลการทดลองที่แปลงค่าด้วยวิธีของ Freeman & Tukey 91
รูปที่ 6.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าส่วนตกค้างและลำดับของการเก็บข้อมูล 92
รูปที่ 6.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าส่วนตกค้างและค่าที่ถูกฟิต 93
รูปที่ 6.4 ผลหลักของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อสัดส่วนของเสียประเภทกระเบื้องผิวหน้าไม่เรียบ 95
รูปที่ 6.5 อันตรกิริยาของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง 96
รูปที่ 7.1 แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสียในกระบวนการผลิตกระเบื้องดินเผาปูพื้น 100
รูปที่ 7.2 แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสียหลังการปรับปรุงกระบวนการ 101

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ขนาดสิ่งตัวอย่างที่แนะนำในการประเมินผลระบบการตรวจสอบ 23
ตารางที่ 4.1 แผนการตรวจสอบการวิเคราะห์ระบบการวัด..... 48
ตารางที่ 4.2 เกณฑ์การยอมรับระบบการวัด..... 49
ตารางที่ 4.3 ผลการตรวจสอบการวิเคราะห์ระบบการวัด 50
ตารางที่ 4.4 เกณฑ์การให้คะแนนการประเมินความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผล 55
ตารางที่ 4.5 ตารางความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล (C-E Matrix) 56
ตารางที่ 4.6 ตารางแสดงปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อปัญหาผิวหน้าของกระเบื้องไม่เรียบ 58
ตารางที่ 4.7 เกณฑ์การประเมินความรุนแรงของผลกระทบ (AIAG, 2001) 61
ตารางที่ 4.8 เกณฑ์การประเมินผลโอกาสการเกิดขึ้นของข้อบกพร่อง (AIAG, 2001)..... 63
ตารางที่ 4.9 เกณฑ์การประเมินผลการตรวจจับของระบบควบคุม (AIAG, 2001)..... 64
ตารางที่ 4.10 ผลการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ..... 66
ตารางที่ 5.1 สมการการแปลงข้อมูลด้วยวิธีมาตรฐานและวิธีของ Freeman และ Tukey..... 73
ตารางที่ 5.2 ระดับของปัจจัยนำเข้าที่ใช้ในการออกแบบการทดลองเบื้องต้น..... 74
ตารางที่ 5.3 ผลการทดลองเบื้องต้นและการแปลงข้อมูลด้วยวิธีมาตรฐานและวิธีของ Freeman และ Tukey..... 76
ตารางที่ 5.4 ผลการวิเคราะห์การทดลองเบื้องต้นด้วยโปรแกรม Minitab 81
ตารางที่ 6.1 ระดับของปัจจัยนำเข้าที่ใช้ในการทดลอง 87
ตารางที่ 6.2 ผลการทดลองและการแปลงข้อมูลด้วยวิธีมาตรฐานและวิธีของ Freeman และ Tukey 88
ตารางที่ 6.3 ผลการวิเคราะห์การทดลองด้วยโปรแกรม Minitab..... 94
ตารางที่ 7.1 ระดับของปัจจัยนำเข้าที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการทดสอบยืนยันผล 98

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1 บทนำ

เนื่องมาจากการเติบโตของเศรษฐกิจหลายกลุ่มประเทศที่มีแนวโน้มชะลอตัวลงเร็วกว่าที่คาดการณ์ ประกอบกับความเสี่ยงต่อการขยายตัวของเศรษฐกิจโลกส่งผลลบต่อเนื่องโดยเฉพาะผลกระทบจากสงครามการค้าและแนวโน้มการชะลอตัวของเศรษฐกิจจีน การตึงตัวขึ้นของภาวะการเงินโลกและปัจจัยทางด้านภูมิรัฐศาสตร์โดยเฉพาะความวุ่นวายทางการเมืองในหลายภูมิภาคส่งผลให้ประเทศไทยได้รับผลกระทบจากการชะลอตัวของเศรษฐกิจโลก ทำให้ธุรกิจทุกประเภทรวมถึงอุตสาหกรรมเซรามิกได้รับผลกระทบจากสภาวะถดถอยทางเศรษฐกิจ ทำให้แต่ละบริษัทมีการแข่งขันกันในอัตราที่สูงขึ้น เพื่อให้บริษัทของตนจะสามารถอยู่รอดและมีส่วนแบ่งทางการตลาดได้มากที่สุด เพราะฉะนั้นการตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าเป็นสิ่งที่สำคัญที่สุด ซึ่งลูกค้ามักจะคำนึงถึงคุณภาพของสินค้าเป็นสำคัญ เพราะถ้าหากไม่สามารถควบคุมและพัฒนาคุณภาพให้เป็นไปตามมาตรฐานก็จะส่งผลให้ลูกค้าเกิดการเปลี่ยนแปลงการเลือกซื้อสินค้าไปยังผู้ผลิตรายอื่นๆ จะเห็นได้ว่าในกระบวนการผลิตมักพบข้อบกพร่องและความไม่สมบูรณ์แบบของสินค้าอยู่บ่อยครั้ง ซึ่งข้อบกพร่องดังกล่าวจะส่งผลต่อความเชื่อมั่นของลูกค้า ดังนั้นการปรับปรุงและพัฒนาสินค้าเพื่อทำให้ลูกค้าเกิดความพึงพอใจนั้น เป็นปัจจัยอันดับแรกที่ทุกอุตสาหกรรมไม่ควรมองข้าม เพราะถ้าหากเกิดความบกพร่องซ้ำๆ ก็จะส่งผลต่อความพึงพอใจของลูกค้า การปรับปรุงคุณภาพเพิ่มผลผลิต และลดการสูญเสียจากของเสียต่างๆ นั้นจึงเป็นหัวใจสำคัญของการอยู่รอดทางธุรกิจและการเติบโตทางอุตสาหกรรม โดยโรงงานกรณีศึกษานี้มีความมุ่งมั่นที่จะปรับปรุงคุณภาพเพื่อเพิ่มความสามารถในการแข่งขันตลอดเวลา

งานวิจัยนี้จึงได้มีการประยุกต์ใช้แนวคิด ซิกซ์ ซิกมา (Six Sigma)(Bertels, 2003) มาช่วยในการปรับปรุงกระบวนการและลดจำนวนข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น เนื่องจากเป็นวิธีการที่ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางว่ามีประสิทธิภาพอย่างมากในการปรับปรุงคุณภาพและลดต้นทุนในกระบวนการผลิต โดยในงานวิจัยนี้ได้นำแนวคิด ซิกซ์ ซิกมามาใช้ทั้ง 5 ระยะ (Schroeder, Linderman, Liedtke, & Choo, 2008) คือ ระยะการนิยามปัญหา ระยะการวัดและเก็บข้อมูลสภาพปัญหา ระยะการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา ระยะการปรับปรุงแก้ไข และระยะการกำหนดเป็นมาตรฐานในการควบคุมและตรวจสอบซึ่งเป็นการปรับปรุงกระบวนการและยังเป็นการลดต้นทุนในการผลิตลงได้อีกด้วย

1.1 ประวัติความเป็นมาและรายละเอียดของโรงงานกรณีศึกษา

1.1.1.ข้อมูลทั่วไปของบริษัท

โรงงานกรณีศึกษาก่อตั้งขึ้นเมื่อปี พ.ศ.2520 ตั้งอยู่ที่ 306/ข หมู่ที่ 6 ตำบลบางปลากด อำเภอป่าโมก จังหวัดอ่างทอง ตั้งอยู่บนเนื้อที่ 15 ไร่ จำนวนพนักงานทั้งหมด 100 คน โรงงานเริ่มต้นจากการผลิตและจัดจำหน่ายอิฐชนิดต่างๆ ต่อมาได้พัฒนาสายการผลิตเป็นกระเบื้องเพื่อรองรับความต้องการของอุตสาหกรรมกระเบื้องทั้งในและต่างประเทศ

1.1.2.ผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิตของโรงงานตัวอย่างที่ศึกษา

1.1.2.1. กระเบื้องดินเผาปูพื้นขนาด 8*8 นิ้ว

รูปที่ 1.1 กระเบื้องดินเผาปูพื้นขนาด 8*8 นิ้ว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

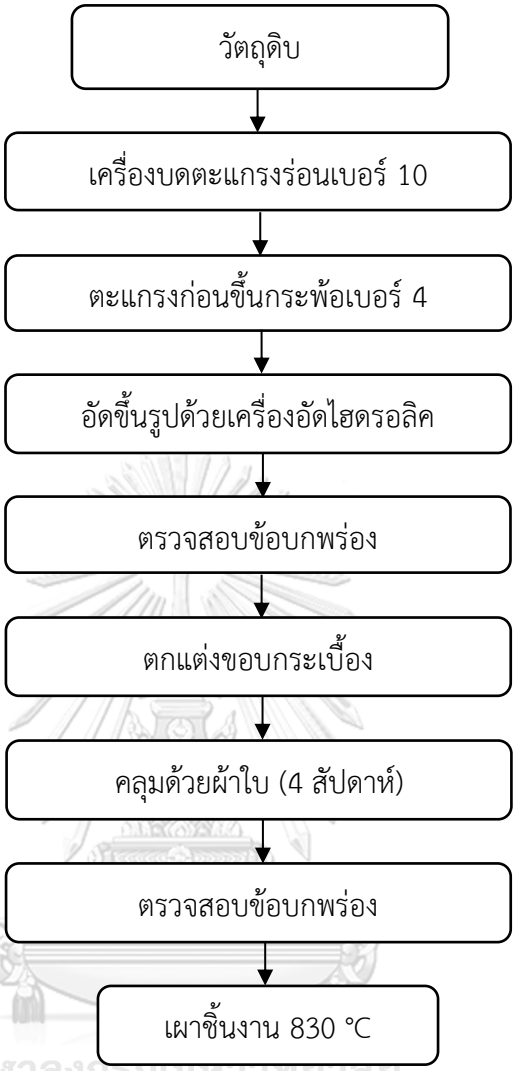
1.1.2.2. กระบวนการผลิต

กระบวนการผลิตกระเบื้องดินเผาปูพื้น มีขั้นตอนการผลิตแสดงดังรูปที่ 1.2 โดยอธิบายได้ดังนี้

1. กระบวนการผลิตเริ่มจากการนำดินแดงใส่ลงไปในเครื่องบด (Pan Mill) เพื่อลดขนาดของดินให้มีขนาดเล็กกว่าตะแกรงเบอร์ 10 โดยความเร็วที่ใช้จะอยู่ที่ 1,470 รอบต่อชั่วโมง
2. นำผงดินแดงที่ได้จากการบดคัดขนาดผ่านตะแกรงเบอร์ 4
3. บรรจุผงดินละเอียดผ่านไปตามสายพานลำเลียงไปยังเครื่องอัดขึ้นรูป (Hydraulic Press)
4. เครื่องอัดขึ้นรูปป้อนผงดินแดงเข้าสู่แม่พิมพ์ และอัดลงไปในแม่พิมพ์ด้วยแรงขนาด 250 Bar (Dry Pressing)

5. นำกระเบื้องที่ได้จากการอัดขึ้นรูปมาวัดความหนาโดยใช้เวอร์เนียร์ดิจิตอลและคัดแยกกระเบื้องที่พบตำหนิและรอยแตกร้าวออกโดยการใช้พนักงานมองที่ชิ้นงาน (Visual Check)
6. นำกระเบื้องที่ได้จากกระบวนการอัดขึ้นรูปมาทำความสะอาดและตกแต่งขอบกระเบื้อง
7. บรรจุกระเบื้องที่ผ่านการคัดแยกลงบนพาเลทไม้และคลุมด้วยผ้าใบเพื่อให้กระเบื้องมีความชื้นที่เหมาะสมเพื่อป้องกันรอยแตกร้าว ซึ่งขั้นตอนนี้ใช้เวลาประมาณ 4 สัปดาห์
8. คัดแยกกระเบื้องที่พบตำหนิและรอยแตกร้าวออกโดยการใช้พนักงานมองที่ชิ้นงาน (Visual Check)
9. เผาชิ้นงานโดยใช้เตาแก๊สที่อุณหภูมิ 830 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 48 ชั่วโมง ในขั้นตอนการเผาจะเป็นการเผาเร็วแบบครั้งเดียว (Single fast firing)
10. คัดแยกกระเบื้องที่พบตำหนิและรอยแตกร้าวออกโดยการใช้พนักงานมองที่ชิ้นงาน (Visual Check)
11. บรรจุกระเบื้องที่ผ่านการคัดแยกลงบนพาเลทไม้ เพื่อรอจัดส่งให้ลูกค้า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 1.2 กระบวนการผลิตกระเบื้องดินเผาปูพื้น

1.2 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันการดำเนินธุรกิจต้องเผชิญกับการแข่งขันที่สูงขึ้นจากทั้งในและต่างประเทศ ต้นทุนการผลิตมีการปรับตัวเพิ่มขึ้น ภาวะเศรษฐกิจตกต่ำ ตลาดมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะความต้องการของลูกค้าที่เพิ่มสูงขึ้น ทำให้ภาคอุตสาหกรรมต้องหันมารับมือกับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นและปรับตัวเพื่อความอยู่รอดของธุรกิจ

อุตสาหกรรมเซรามิกถือว่าเป็นอุตสาหกรรมหนึ่งที่มีความสำคัญต่อประเทศ ทั้งในด้านการกระจายรายได้ การจ้างงาน และการสร้างมูลค่าเพิ่ม โดยอุตสาหกรรมเซรามิกแบ่งออกเป็น 5 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มกระเบื้องเซรามิก กลุ่มเครื่องสุขภัณฑ์ กลุ่มเครื่องใช้บนโต๊ะอาหาร กลุ่มของชำร่วยและเครื่องประดับ และกลุ่มลูกค้าถ้วยไฟฟ้า

ตลาดการจำหน่ายของผลิตภัณฑ์เซรามิกในประเทศ โดยเฉพาะกระเบื้องปูพื้น กระเบื้องบุผนัง และเครื่องสุขภัณฑ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากปัจจุบันมีการขยายตัวของธุรกิจอสังหาริมทรัพย์ โดยตลาดหลักจะเป็นการลงทุนในโครงการก่อสร้างคอนโดมิเนียมและโครงการก่อสร้างบ้านจัดสรร รวมถึงบ้านเก่าที่ต้องปรับปรุงและซ่อมแซมอีกเป็นจำนวนมาก

ในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมเซรามิกมีการใช้แรงงานและพลังงานเป็นจำนวนมาก ทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้นและส่งผลให้เกิดความสูญเสีย/ความสูญเปล่าจากกระบวนการผลิต บริษัทส่วนใหญ่จึงมุ่งเน้นไปที่การกำจัดความสูญเสีย/ความสูญเปล่าหรือสิ่งที่ไม่เพิ่มคุณค่าในกระบวนการผลิต โดยการสร้างกลยุทธ์ด้านต่างๆ ให้กับสินค้า เช่น ลดต้นทุนการผลิต ใช้วัตถุดิบที่มีคุณภาพ พัฒนาผลิตภัณฑ์ทั้งในด้านคุณภาพและการออกแบบให้เป็นสินค้าที่มีมูลค่าเพิ่มสูงขึ้น

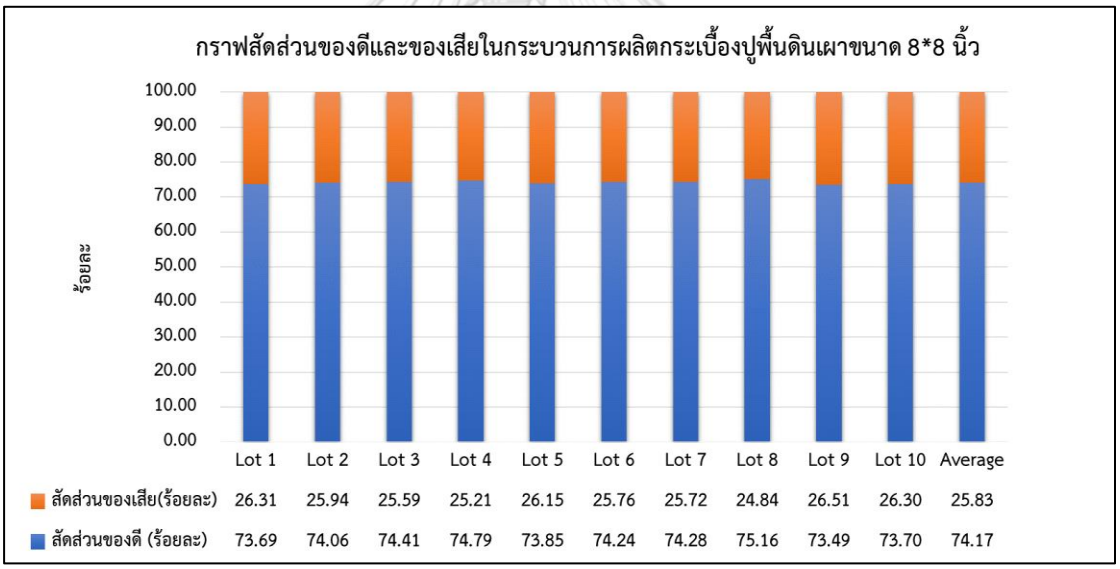
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ปัจจุบันในโรงงานกรณีศึกษา มีของเสียที่เกิดจากกระบวนการขึ้นรูปสูงที่สุด โดยส่วนใหญ่ปัญหาที่พบคือกระเบื้องผิวหน้าไม่เรียบซึ่งเกิดจากการที่มีอนุภาคแปลกปลอมขนาดใหญ่กระจายตัวอยู่บนผิวชิ้นงาน ส่งผลโดยตรงต่อความสูญเปล่าที่เกิดจากงานเสีย รวมไปถึงการที่ไม่สามารถแก้ไขงานเสียนั้นได้ทันที การใช้เครื่องจักรและแรงงานโดยไม่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มแก่ผลิตภัณฑ์ การเสียโอกาสในการขายสินค้าให้แก่ลูกค้า ทำให้ผลผลิตไม่ตอบสนองต่อนโยบายของบริษัททางด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ผู้ศึกษาจึงได้ดำเนินงานวิจัยนี้เพื่อลดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการขึ้นรูปโดยใช้แนวทางซิกซ์ ซิกมา

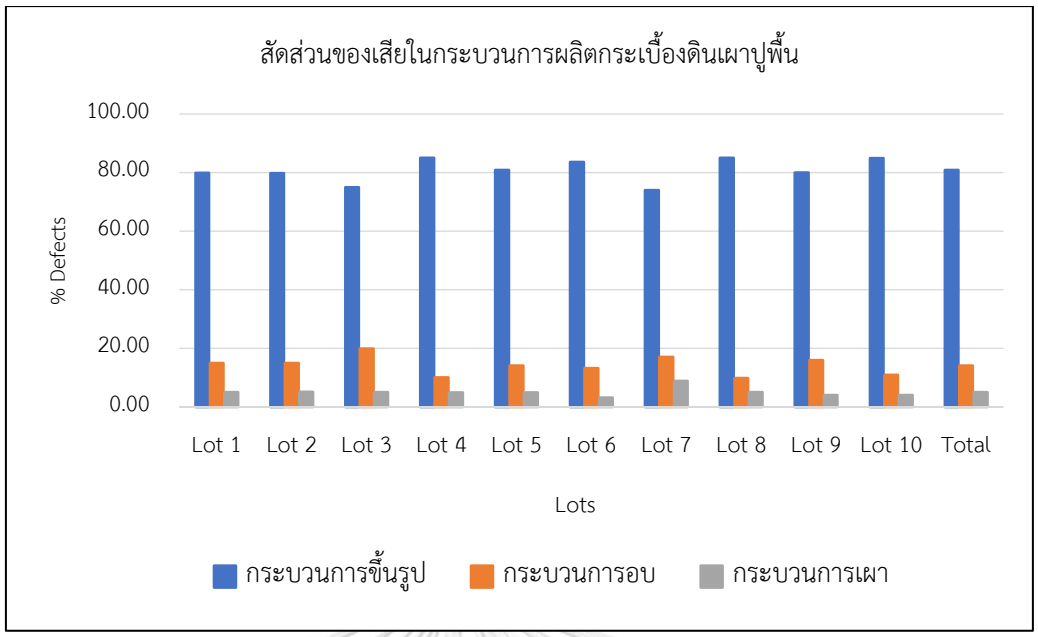
1.3 สภาพปัญหาที่พบในปัจจุบัน

ในกระบวนการผลิตกระเบื้องดินเผาปูพื้นให้ความสำคัญในด้านคุณภาพของรูปลักษณ์ภายนอก เพราะหากพบว่าผิวหน้าของกระเบื้องไม่เรียบจะส่งผลให้ชิ้นงานไม่ผ่านการคัดเลือก ทำให้ต้องนำชิ้นงานกลับไปทำใหม่ (Rework) สิ่งเหล่านี้ถือเป็นการสูญเสียที่สำคัญอย่างมาก จึงควรมีการปรับปรุงแก้ไขเพื่อลดจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นนี้ให้ลดน้อยลงให้มากที่สุดหรือแทบไม่มีเลย (Zero Defect)

จากการศึกษาสภาพปัญหาที่พบในปัจจุบัน โดยการเก็บข้อมูลการผลิตจำนวน 10 ล็อต พบว่ามีสัดส่วนของเสียโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 25.83% และสัดส่วนของดีโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 74.17% ดังแสดงในรูปที่ 1.3 และจากการเก็บข้อมูลในกระบวนการผลิตแต่ละขั้นตอนพบว่าในกระบวนการขึ้นรูป (Forming Process) มีแนวโน้มในการเกิดของเสียมากที่สุด ซึ่งมีอัตราการเกิดของเสียโดยเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 80 แสดงดังรูปที่ 1.4

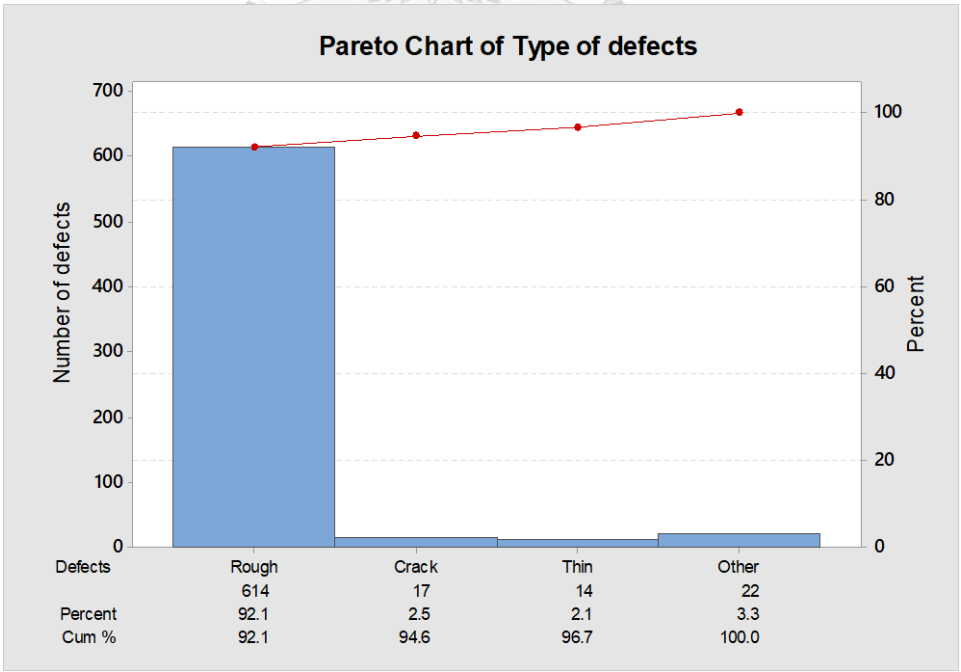


รูปที่ 1.3 กราฟสัดส่วนของดีและของเสียในกระบวนการผลิตกระเบื้องดินเผาปูพื้นขนาด 8*8 นิ้ว



รูปที่ 1.4 กราฟแสดงสัดส่วนของเสียในกระบวนการผลิต

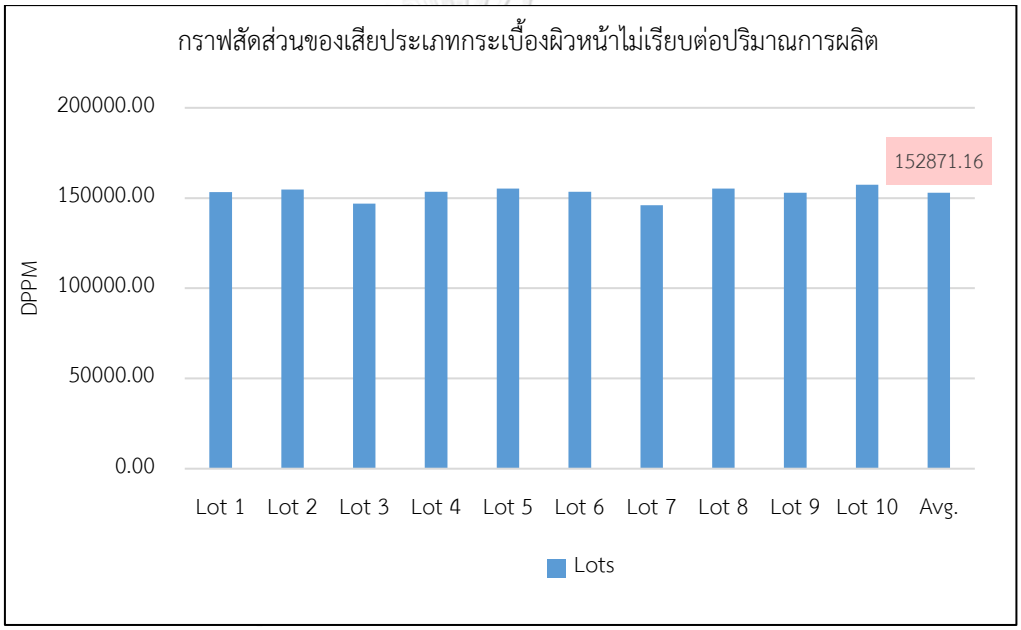
จากการเก็บข้อมูลของเสียในกระบวนการขึ้นรูปกระเบื้องดินเผาปูพื้น จำนวน 10 ล็อต สามารถแสดงแผนภาพพาเรโตของข้อมูลของเสียแยกตามประเภท แสดงดังรูปที่ 1.5



รูปที่ 1.5 แผนภาพพาเรโตแยกตามประเภทของเสีย

จากแผนภาพพาเรโตพบว่าปัญหาการเกิดของเสียที่จำเป็นต้องแก้ไขเป็นอันดับแรกคือ ปัญหากระเบื้องผิวหน้าไม่เรียบ (Rough Surface) ซึ่งมีของเสียร้อยละ 92.10 ซึ่งคิดเป็นสัดส่วนปริมาณของเสียที่มากที่สุด

จากการเก็บข้อมูลการผลิตกระเบื้องดินเผาปูพื้นของโรงงานกรณีศึกษาพบว่ามีปริมาณการเกิดของเสียประเภทกระเบื้องผิวหน้าไม่เรียบในกระบวนการขึ้นรูปโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 152,871.16 DPPM ต่อล็อต ดังแสดงในภาพที่ 1.6 ดังนั้นจึงพิจารณาเพื่อปรับปรุงกระบวนการขึ้นรูปกระเบื้องดินเผาปูพื้นเพื่อลดของเสียประเภทกระเบื้องผิวหน้าไม่เรียบ (Rough Surface)



Chulalongkorn University

รูปที่ 1.6 กราฟแสดงสัดส่วนของเสียประเภทกระเบื้องผิวหน้าไม่เรียบต่อปริมาณการผลิตในกระบวนการขึ้นรูปกระเบื้องดินเผาปูพื้น

ดังนั้นผู้วิจัยจึงเล็งเห็นว่าการศึกษาการลดของเสียที่เกิดจากปัญหากระเบื้องผิวหน้าไม่เรียบในกระบวนการขึ้นรูปกระเบื้องดินเผาปูพื้นขนาด 8*8 นิ้ว จะมีประโยชน์ทั้งในด้านการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์รวมถึงยังสามารถลดมูลค่าของเสียที่เกิดขึ้นได้อีกด้วย

1.4 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อลดปริมาณของเสียที่เกิดจากปัญหากระเบื้องผิวหน้าไม่เรียบในกระบวนการขึ้นรูปกระเบื้องดินเผาปูพื้นขนาด 8*8 นิ้ว โดยใช้แนวทางซิกซ์ ซิกมา

1.5 ขอบเขตการดำเนินงานวิจัย

ขอบเขตการดำเนินงานวิจัย มีดังนี้

1. ศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับกระบวนการผลิต วิธีการและขั้นตอนการผลิตของกระเบื้องดินเผาปูพื้นขนาด 8*8 นิ้ว
2. ทำการศึกษาปัญหาและศึกษาประเภทของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการขึ้นรูปกระเบื้องดินเผาปูพื้นขนาด 8*8 นิ้ว
3. ศึกษาทฤษฎีและแนวทางการประยุกต์ใช้ซิกซ์ ซิกมา ในการปรับปรุงคุณภาพและลดของเสีย
4. ทำการวิเคราะห์ผลการทดลองต่างๆ โดยใช้เทคนิคทางสถิติและโปรแกรม Minitab ช่วยในการคำนวณ
5. ไม่พิจารณาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับเครื่องจักรซึ่งเป็นลักษณะที่เกี่ยวข้องกับความสามารถของเครื่องจักร

1.6 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

การดำเนินวิจัยเพื่อที่จะบรรลุเป้าหมายในการลดของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการขึ้นรูปกระเบื้องดินเผาปูพื้น โดยอ้างอิงแนวทางของซิกซ์ ซิกมา มีรายละเอียดของขั้นตอนการดำเนินการวิจัย ดังนี้

1. สำรวจงานวิจัยและศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย
2. นิยามปัญหา (Define Phase)
   2.1 เก็บรวบรวมข้อมูล สำรวจสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนขึ้นรูปกระเบื้องดินเผาปูพื้นเพื่อนำมาวิเคราะห์ด้วยแผนภาพพาเรโต
   2.2 กำหนดปัญหา วัตถุประสงค์ และเป้าหมาย
   2.3 ศึกษากระบวนการผลิตเพื่อหาสาเหตุและผลกระทบของกระบวนการที่เลือก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3. การวัดเพื่อหาสาเหตุของปัญหา (Measure Phase)
   3.1 สำรวจสภาพปัญหาโดยศึกษากระบวนการผลิต ขั้นตอนการทำงาน วิธีการควบคุมคุณภาพและประเภทของเสียที่เกิดขึ้น
   3.2 เก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับสภาพของปัญหา เช่น ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการการผลิต จำนวนของเสียในแต่ละประเภท เป็นต้น
   3.3 วิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัด (Gage Repeatability and Reproducibility)
   3.4 ระดมความคิดเพื่อวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis : FMEA)
4. วิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (Analysis Phase)
   4.1 การทดสอบปัจจัยจากการวิเคราะห์ด้วย (Failure Mode and Effect Analysis : FMEA) ถึงความมีนัยสำคัญด้วยเครื่องมือทางสถิติ เช่น การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) การทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Test)
   4.2 วิเคราะห์การทดลองเพื่อเลือกปัจจัยที่มีนัยสำคัญ นำไปทำการทดลองขั้นต่อไป
5. ปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ (Improve Phase)
   5.1 เลือกใช้วิธีการออกแบบการทดลอง (Design of Experiment) ที่เหมาะสม
   5.2 กำหนดตัวแปรของกระบวนการและพิจารณาถึงข้อจำกัดที่มีผลต่อการทดลอง
   5.3 กำหนดขั้นตอนการทดลองและวิธีการเก็บข้อมูล
   5.4 ทำการทดลองตามแผนการที่วางไว้
   5.5 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง
6. การติดตามควบคุม (Control Phase)
   6.1 พิจารณาเลือกแผนภูมิควบคุมที่เหมาะสมกับตัวแปรที่เลือกใช้
   6.2 กำหนดวิธีการวัด พิจารณากลุ่มตัวอย่างและความถี่ในการวัด
   6.3 เก็บรวบรวมข้อมูลหลังการปรับปรุง
   6.4 สรุปผลการปรับปรุงที่ได้โดยพิจารณาเปรียบเทียบผลการปรับปรุงจากสัดส่วนจำนวนของของเสียที่ลดลง
7. สรุปผลและจัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1.7 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

2. ทราบปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดของเสียในกระบวนการขึ้นรูปกระเบื้องดินเผาปูพื้น
3. ปริมาณของเสียที่เกิดจากปัญหากระเบื้องผิวหน้าไม่เรียบลดลง
4. สามารถลดต้นทุนของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการขึ้นรูป
5. สามารถส่งมอบสินค้าตรงตามกำหนด ในปริมาณที่เพียงพอต่อความต้องการของลูกค้า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการนำแนวทางซิกซ์ ซิกมา มาใช้ปรับปรุงกระบวนการผลิตและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ผู้วิจัยได้ค้นคว้าจากหนังสือ วารสาร ทั้งจากในประเทศและต่างประเทศ รวมไปถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการนำแนวทางซิกซ์ ซิกมา มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาเพื่อลดของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการ

2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับ ซิกซ์ ซิกมา

2.1.1.ประวัติความเป็นมาของซิกซ์ ซิกมา

ซิกซ์ ซิกมา ก่อกำเนิดครั้งแรกในบริษัทโมโตโรลา (Motorola) เมื่อปี ค.ศ.1980 ผู้บุกเบิกความคิดทาง ซิกซ์ ซิกมา คือ Robert W. Galvin เพื่อที่จะใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของกระบวนการผลิตโทรศัพท์เคลื่อนที่และเพจเจอร์ ซึ่งเป็นการประยุกต์วิธีการทางสถิติมาใช้ในการบริหาร มุ่งเน้นการพัฒนาและปรับปรุงคุณภาพของสินค้าเพื่อลดต้นทุนและความแปรปรวนในกระบวนการผลิตให้เกิดขึ้นน้อยที่สุด

2.1.2.ซิกซ์ ซิกมา คืออะไร

แนวทางที่จะนำมาปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์วิธีหนึ่งที่นิยมคือแนวทาง ซิกซ์ ซิกมา ซึ่ง (Harry & Schroeder, 2006) กล่าวว่าในปัจจุบันหลายองค์กรทางธุรกิจและอุตสาหกรรมได้ประสบความสำเร็จในการนำเอาวิธี ซิกซ์ ซิกมา มาใช้ปรับปรุงคุณภาพของการบริการและผลิตภัณฑ์อย่างต่อเนื่อง ซึ่งซิกซ์ ซิกมา คือ กระบวนการทางธุรกิจที่ยอมให้บริษัทปรับปรุงในกระบวนการที่เป็นคอขวด โดยการออกแบบและเฝ้าระวังในทุกวันที่ทำกิจกรรมทางธุรกิจ โดยใช้แนวทางการลดสิ่งที่ไม่เป็นประโยชน์และเพิ่มความพึงพอใจของลูกค้า

(Park, 2003) อธิบายว่าด้วยประสิทธิภาพของแนวทางการบริหารองค์กรในแบบ ซิกซ์ ซิกมา เมื่อนำมาประยุกต์ใช้ร่วมกับเครื่องมือบริหารคุณภาพในรูปแบบอื่นๆ ก็จะยิ่งช่วยให้การบริหารองค์กรเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและสามารถบรรลุเป้าหมายได้อย่างรวดเร็วและต่อเนื่อง โดย ซิกซ์ ซิกมา สามารถลดจุดอ่อนหรือช่องโหว่ของเครื่องมือบริหารคุณภาพบางอย่างได้เป็นอย่างดี และยังสามารถ

เป็นตัวเสริมสำหรับเครื่องมือบริหารคุณภาพบางอย่างเพื่อช่วยให้การบริหารองค์กรมีประสิทธิผลมากยิ่งขึ้น

ซิกซ์ ซิกมา เป็นกระบวนการสำหรับการพัฒนาปรับปรุงอย่างต่อเนื่องที่เป็นระบบ (Systematic) เป็นวิทยาศาสตร์ (Scientific) และตั้งอยู่บนพื้นฐานของข้อเท็จจริง (Fact based) กระบวนการนี้จะขจัดขั้นตอนที่ไร้ประสิทธิภาพ (Unproductive steps) มักมุ่งเน้นการวัดโดยใช้วิธีการใหม่ๆ (New Measurements) และประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเพื่อการปรับปรุงต้นทุนการผลิต การเพิ่มผลิตผล การเพิ่มส่วนแบ่งทางการตลาด การรักษาลูกค้า การปรับปรุงข้อบกพร่อง การเปลี่ยนแปลงวัฒนธรรมองค์กร การพัฒนาการผลิตและบริการ

ซิกซ์ ซิกมา สามารถนำวิธีการวัดคุณภาพ เช่น การเก็บข้อมูลทางสถิติหรือความสามารถของกระบวนการใดๆ ในการผลิต เช่น การเก็บข้อมูลความสามารถทางการผลิต (Process Capability) หรือกระบวนการตรวจสอบข้อบกพร่องทางการผลิต (Failure Mode & Effect Analysis) มาประยุกต์ใช้เพื่อลดข้อบกพร่อง ข้อบกพร่องในที่นี้ หมายถึง สิ่งใดก็ตามที่ทำให้ลูกค้ารู้สึกไม่พึงพอใจ หรือสิ่งที่ทำให้คุณภาพของสินค้าลดลง ค่า Sigma ยิ่งมีค่าสูง ก็เปรียบเสมือนเกิดข้อผิดพลาดมากขึ้นเท่านั้น ซึ่งโอกาสที่จะเกิดข้อผิดพลาดตัวนี้เรียกว่า DPMO (Defects Per Million Opportunities) เป็นอัตราของเสียต่อล้านส่วน มีหลายองค์กรทางธุรกิจและอุตสาหกรรมประสบความสำเร็จในการนำเอาวิธี ซิกซ์ ซิกมา มาใช้ปรับปรุงคุณภาพของการบริการและผลิตภัณฑ์อย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้เพราะวิธีการ Six Sigma เป็นวิธีการที่มีรากฐานมาจากวิทยาศาสตร์และสถิติ ซึ่งสามารถพิสูจน์ได้ พร้อมทั้งมีหลักการและวิธีทำที่แน่นอน ดังนั้น Six Sigma จึงเป็นวิธีที่ไม่ได้วัดประสิทธิภาพจากความรู้สึกแต่ใช้หลักการทางสถิติเป็นเครื่องมือ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ซิกซ์ ซิกมา ถูกใช้ในวัตถุประสงค์ที่มุ่งเน้นในการลดความผิดพลาด ลดความสูญเปล่าและรวมไปถึงการลดการแก้ไขตัวชิ้นงานและสอนให้พนักงานรู้แนวทางในการทำธุรกิจอย่างมีหลักการ และพยายามจัดการกับปัญหา แต่จะไม่พยายามกำจัดปัญหาทิ้ง

ซิกซ์ ซิกมา เป็นเครื่องมือหนึ่งในการบริหารองค์กรที่มีแนวทางในการปรับปรุงคุณภาพอย่างต่อเนื่อง 5 ขั้นตอนด้วยกันคือ Define (การกำหนด) Measure (การวัด/การประเมิน) Analysis (การวิเคราะห์/ตรวจสอบข้อมูล) Improve (การหาทางปรับปรุงแก้ไข) และ Control (การควบคุม) โดยการดำเนินการทั้ง 5 ขั้นตอนนี้ นำไปสู่เป้าหมายในการป้องกันความผิดพลาดและลดความผิดพลาดที่จะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยการค้นหาต้นเหตุของความผิดพลาดและหาทางปรับปรุงแก้ไขอย่างถาวร

และต่อเนื่อง รวมทั้งต้องมีข้อมูลในการกำหนดแผนและวิธีการวัดผลที่สามารถบ่งชี้ผลลัพธ์ได้อย่างชัดเจน

(กันยรัตน์ คมวัชระ, 2547) กล่าวว่า หลักการหรือแนวคิดของ ซิกซ์ ซิกมา มีพื้นฐานมาจากแนวความคิดในเชิงสถิติ ภายใต้สมมติฐานที่ว่า 1. ทุกสิ่งทุกอย่าง คือ กระบวนการ 2. กระบวนการทุกกระบวนการมีความแปรปรวนแบบหลากหลายอยู่ตลอดเวลา 3. การนำเอาข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อให้เกิดความเข้าใจในธรรมชาติของความแปรปรวนแบบหลากหลาย จะนำไปสู่การพัฒนาและปรับปรุงกระบวนการให้ดียิ่งขึ้น หัวใจสำคัญของวิธี ซิกซ์ ซิกมา ขึ้นอยู่กับสมมติฐานที่ว่าถ้าเราสามารถนับหรือวัดจำนวนสิ่งที่มีตำหนิ บกพร่อง ผิดพลาด ที่ได้จากกระบวนการ เราก็จะสามารถหาวิธีที่จะขจัดจำนวนของเสียให้น้อยที่สุดเท่าที่จะน้อยได้

(Pande & Holpp, 2001) กล่าวว่า ซิกซ์ ซิกมา มีเป้าหมายหลัก 3 ประการ คือ สร้างความพึงพอใจให้แก่ลูกค้า ลดขั้นตอนและเวลาในกระบวนการ และลดข้อบกพร่องและความผิดพลาดให้เหลือน้อยที่สุด

2.1.3.หลักการของซิกซ์ ซิกมา

2.1.3.1. ขั้นตอนการกำหนดแผนงานในการแก้ไขปัญหา (Define Phase)

- การกำหนดปัญหา (Problem Statement)

ระบุปัญหาที่ต้องการทำการศึกษาและแก้ไขซึ่งปัญหานั้นๆ จะต้องสัมพันธ์ในส่วนที่มีผลกระทบต่อลูกค้าหรือทางด้านคุณภาพ (CTQ's : Critical to Quality)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- แผนภาพกระบวนการผลิต (Process Map)

ส่วนนี้เป็นส่วนที่สำคัญอย่างยิ่งในการที่จะหาสาเหตุของปัญหา ซึ่งการสร้างแผนภาพของกระบวนการผลิต จะต้องทำอย่างละเอียดทุกขั้นตอนเพื่อที่จะสามารถระบุตัวแปรสำคัญในกระบวนการผลิต (Process Input) และผลลัพธ์ในกระบวนการผลิต (Process Output) ขั้นตอนนี้จึงเปรียบเสมือนเป็นการตรวจวิเคราะห์ของกระบวนการผลิต ซึ่งอาจจะทำให้เราทราบถึงสิ่งผิดปกติหรือทราบสาเหตุที่แท้จริงของความบกพร่องในการผลิตที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ซึ่งขั้นตอนนี้อาจเป็นขั้นตอนที่นำไปสู่การวิเคราะห์ปัญหาโดยการทำการทดลอง โดยการตั้งสมมติฐานหรือโดยการใช้ข้อมูลทางด้านสถิติที่มีการเก็บรวบรวมอย่างถูกวิธี การสร้างแผนการไหลของผลิตภัณฑ์จำเป็นอย่างยิ่งในการระบุที่มาของข้อบกพร่องและสิ่งที่ซ่อนอยู่ในกระบวนการผลิต (Hidden Factory) ซึ่งสิ่งเหล่านี้ส่งผลให้สูญเสียเงิน เวลา ทรัพยากร และพื้นที่ในการจัดเก็บ

- ผลรวมของสัดส่วนของเสีย (Rolled Throughput Yield)

ได้มาจากการคำนวณของสัดส่วนของเสียครั้งแรกและไม่รวมสัดส่วนของเสียที่ได้มาจากการซ่อมแซม การคำนวณสัดส่วนของเสียก็เพื่อเป็นมาตรฐานในการเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการควบคุมกระบวนการผลิต

- ผังแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram)

(ฮิโตชิ คุเมะ ผู้เขียน และ วีระพงษ์ เฉลิมจิระรัตน์, ผู้แปล, 2536)

ผังแสดงเหตุและผลคือผังที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะทางคุณภาพกับปัจจัยต่างๆ ที่มีความเกี่ยวข้องกับคุณลักษณะนั้นๆ

การสร้างผังแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) ที่จะเอื้อประโยชน์ต่อการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นได้จริงไม่ใช่เรื่องง่าย ผังแสดงเหตุและผลจะต้องทำการคัดแยกและเลือกสรรเพื่อหาปัจจัยอันเป็นสาเหตุแห่งปัญหา ซึ่งควรใช้การปรึกษาหารือร่วมกันในทีมและมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกันเพราะการละเว้นหรือมองข้ามปัจจัยบางอย่างไปอาจจะทำให้แก้ปัญหาได้ผิดจุด และในการสรุปปัญหาควรใส่น้ำหนักหรือคะแนนให้กับปัจจัยสาเหตุแต่ละตัวเพื่อใช้ในการจัดลำดับความสำคัญของปัญหา

2.1.3.2. ขั้นตอนการวัดเพื่อระบุสาเหตุของปัญหา (Measure Phase)

- การวิเคราะห์ความล้มเหลวในการผลิต (FMEA)

ธนากร (2543) กล่าวว่า FMEA คือเทคนิคทางวิศวกรรมที่ใช้ในการกำหนดการบ่งชี้และการขจัดปัญหา ความล้มเหลวและความผิดพลาดต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นหรือเกิดขึ้นมาแล้วในระบบงานของการออกแบบกระบวนการก่อนที่จะถึงลูกค้า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

- ลักษณะสำคัญ 3 ประการของ FMEA

จะต้องมีการแสดงให้เห็นรูปแบบของความล้มเหลว ปัญหา และความผิดพลาดต่างๆ ที่เกิดขึ้นหรือเกิดขึ้นแล้วจากระบบงานการออกแบบการผลิต การบริการอย่างชัดเจนและมีการประเมินผล ซึ่งจะต้องมีการบ่งชี้การกระทำสำหรับการลดหรือขจัดโอกาสของความล้มเหลว ปัญหาและความผิดพลาดนั้นๆ ที่จะเกิดขึ้นมาอีกจะต้องมีการบันทึกลงแบบฟอร์มมาตรฐาน

- ประโยชน์ของ FMEA

สามารถแยกแยะและจัดลำดับความสำคัญของข้อผิดพลาด รวมทั้งผลกระทบที่เกี่ยวข้องเป็นพื้นฐานในการวิเคราะห์หาแนวทางในการแก้ไขล่วงหน้าเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดปัญหาหรือลดปัญหาลง

เก็บหลักฐานเชิงประวัติศาสตร์สำหรับอ้างอิงในอนาคต เมื่อมีความต้องการที่จะปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงระบบการผลิตหรือผลิตภัณฑ์และช่วยเป็นระบบป้องกันที่สร้างขึ้นเพื่อการสร้างความพึงพอใจให้กับลูกค้า

- ชนิดของ FMEA และการนำไปใช้งาน

FMEA เป็นวิธีการวิเคราะห์ปัญหาหรือความล้มเหลวอย่างเป็นระบบ มีขั้นตอนสำหรับการค้นหาสาเหตุของความผิดพลาดก่อนที่จะเกิดขึ้นจริงเพื่อเป็นการป้องกันและลดความเสี่ยงของการเกิดปัญหา

FMEA แบ่งตามวิธีการนำไปใช้งานได้ ดังนี้

1. System FMEA สำหรับการออกแบบหรือปรับปรุงระบบการทำงาน การใช้งาน มักจะรวมอยู่ในขั้นตอนของ FMEA ชนิดอื่น ได้แก่ การสร้างแนวความคิดในการออกแบบ และกำหนดรายละเอียดของระบบงานการออกแบบ การพัฒนา การทดสอบและการประเมินผลของระบบ

2. Design FMEA การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบด้านการออกแบบ ซึ่งจะถูกสร้างขึ้นในขั้นตอนการออกแบบเพื่อพิจารณาคุณสมบัติของสินค้าว่าตรงตามข้อกำหนดของลูกค้าและสามารถผลิตได้ตามเป้าหมายหรือไม่ ดังนั้น Design FMEA จึงมีความสัมพันธ์กับข้อกำหนดของลูกค้าโดยพิจารณาถึง เมื่อใดที่สินค้าจะเกิดการผิดพลาดไม่ตรงตามข้อกำหนด, ความยาก-ง่ายในการผลิตและการประกอบรวมถึงผลกระทบของข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น

3. Process FMEA กิจกรรมที่สร้างขึ้นเพื่อพิจารณากระบวนการผลิตในแต่ละขั้นตอนตลอดจนการควบคุมกระบวนการเพื่อสร้างความมั่นใจว่าสินค้าที่ผลิตอยู่ภายใต้ข้อกำหนด ดังนั้น Process FMEA จึงมีความสัมพันธ์กันระหว่างขั้นตอนในแต่ละกระบวนการและปัจจัยนำออกที่เราไม่ยอมรับของกระบวนการนั้นๆ โดยพิจารณาถึงสาเหตุของการไม่ยอมรับและการดำเนินการควบคุมหรือป้องกันสิ่งที่เกิดขึ้นดังกล่าว โดยส่วนใหญ่เครื่องจักรจะเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดเมื่อจัดทำ Process FMEA

4. Service FMEA จะเกี่ยวข้องกับการให้บริการเป็นหลัก โดยนิยมให้คนเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดเมื่อจัดทำ Service FMEA

5. Machinery FMEA สำหรับการวิเคราะห์เครื่องจักรอุปกรณ์ หรือเครื่องมือที่ใช้โดยแบ่งเป็นส่วนประกอบต่างๆ เช่น โครงสร้างเครื่องจักร เครื่องมือ ส่วนทำความเย็น ส่วนส่งกำลัง ส่วนหล่อลื่น ชุดเกียร์ ตลับลูกปืน เป็นต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

- งานเอกสารของ FMEA

การวิเคราะห์ปัญหาและผลกระทบที่เกิดขึ้นโดยวิธีการ FMEA ถือว่าเป็นการวางระบบเตือนภัยล่วงหน้า ซึ่งมีส่วนช่วยวิศวกรในการศึกษาสาเหตุและผลกระทบต่างๆ ก่อนที่จะมีการออกแบบวิธีการ กระบวนการผลิต ทุกด้านที่มีการวิเคราะห์ร่วมกันจะถูกบันทึกลงแบบฟอร์มมาตรฐานของ FMEA โดยเริ่มต้นจากกระบวนการผลิตซึ่งจะถูกนำมาพิจารณาอย่างละเอียดว่ามีชนิดหรือรูปแบบของปัญหาและความล้มเหลวที่อาจเกิดขึ้นหรือเคยเกิดขึ้นมา มีอะไรบ้าง มีสาเหตุมาจากเรื่องใด และจะเกิดผลกระทบอย่างไร หลังจากนั้นจะมีการประมาณตัวเลขระดับความเสี่ยงหรือที่เรียกกันว่า ค่า RPN ซึ่งมาจากคำว่า Risk Priority Number ให้กับแต่ละปัญหา การคำนวณค่า RPN ได้มาจากผลคูณพารามิเตอร์ 3 ตัว คือ O x S x D เมื่อ

O (Occurrence) คือ ระดับความเสี่ยงของการเกิดปัญหา ความล้มเหลว หรือความผิดพลาด

S (Severity) คือ ระดับความรุนแรงของผลกระทบเมื่อเกิดปัญหานั้นขึ้น

D (Detection) คือ ระดับความสามารถในการตรวจจับปัญหานั้นก่อนที่จะส่งมอบงานหรือผลิตภัณฑ์ให้แก่ลูกค้า

ค่า O, S และ D นิยมใช้เป็นตัวเลข มีค่าตั้งแต่ 1 ถึง 10 ดังนั้นค่าระดับความเสี่ยงต่ำสุดของการเกิดปัญหาคือ ค่า RPN = 1 ซึ่งมาจาก 1 x 1 x 1 หมายความว่า ความถี่ของการเกิดปัญหานี้มีน้อยมาก และความรุนแรงของผลกระทบเมื่อเกิดปัญหานี้มีน้อยมากเช่นกัน และสามารถตรวจจับปัญหานี้ได้ก่อนส่งมอบให้แก่ลูกค้า ส่วนค่าระดับความเสี่ยงสูงสุดของปัญหา คือ ค่า RPN = 1,000 ซึ่งมาจาก 10 x 10 x 10 หมายความว่า ความถี่ของการเกิดปัญหานี้มีมาก เช่น พบทุกวันและระดับความรุนแรงของผลกระทบเมื่อเกิดปัญหานี้ก็มีมาก เช่นกระบวนการผลิตต้องหยุดทั้งหมดหรือลูกค้าต้องยกเลิกสัญญาสั่งซื้อ เป็นต้น และยังไม่มีวิธีการตรวจจับปัญหานี้ก่อนส่งมอบให้แก่ลูกค้าเลย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

- การวิเคราะห์ความถูกต้องและแม่นยำของระบบการวัด

ในระบบการวัดมีความสำคัญมาก การวัดเปรียบเสมือนกลไกในการควบคุมผลิตภัณฑ์และเป็นการควบคุมกระบวนการเพื่อเป็นการประกันคุณภาพสู่ลูกค้า กระบวนการวัดมีองค์ประกอบหลักๆ คือ เครื่องมือวัด พนักงานวัด ซึ่งมีสาเหตุมาจากทักษะ ความชำนาญ ระยะเวลาในการฝึกฝน วิธีการวัดชิ้นงาน สิ่งแวดล้อมในการวัด ซึ่งมีสาเหตุมาจากอุณหภูมิ ความชื้น อากาศ เพราะเนื่องจากแต่ละองค์ประกอบไม่คงที่จึงเกิดความผันแปรในระบบการวัด

ขั้นตอนการวิเคราะห์ระบบการวัด

ขั้นตอนที่ 1 ทำการกำหนดหัวข้อปัญหาของกระบวนการหรือผลิตภัณฑ์ที่จะทำการแก้ไข จากนั้นทำการสังเกตการณ์ปัญหาโดยการทวนสอบระบบการวัดเพื่อพิจารณาว่าระบบการวัดมีผลต่อค่าความผันแปรของตัวแปรตอบสนองที่ใช้ระบุปัญหามากน้อยเพียงไร

ขั้นตอนที่ 2 การกำหนดทีมแก้ไขปัญหา กรณีปัญหาของระบบการวัดไม่มีความสลับซับซ้อน ผู้แก้ไขปัญหาอาจจะดำเนินการแก้ไขปัญหาระบบการวัดได้โดยลำพัง แต่หากระบบการวัดมีความซับซ้อนและใช้เทคโนโลยีสูงมีความจำเป็นต้องแก้ไขปัญหาโดยอาศัยทีมงานแบบข้ามสายงาน (Cross -Functional Team) ซึ่งอาจจะประกอบด้วยฝ่ายวิศวกรรม ฝ่ายผลิต และฝ่ายประกันคุณภาพ โดยจำนวนสมาชิกจะขึ้นอยู่กับความสลับซับซ้อนของปัญหาโดยทั่วไปควรมีสมาชิกประมาณ 5-7 คนและไม่ควรเกิน 10 คน ซึ่งทีมงานแก้ไขปัญหานี้ควรจะกำหนดหน้าที่ให้ชัดเจนพร้อมกำหนดแผนการประชุมและแผนดำเนินงานไว้ล่วงหน้า

ขั้นตอนที่ 3 การแสดงแผนภาพการไหลของระบบการวัด ทีมแก้ไขจะต้องทำความเข้าใจกับแผนภาพการไหลของกระบวนการตลอดจนแผนภาพการไหลของระบบการวัด โดยประเด็นสำคัญที่สุดที่ทีมแก้ไขปัญหาจะต้องหาข้อสรุปในขั้นตอนนี้คือแนวความคิดในการวัดงานของระบบการวัดที่พิจารณา

ขั้นตอนที่ 4 การวิเคราะห์สาเหตุและผล ทีมแก้ไขปัญหาจะต้องอาศัยหลักการระดมสมอง (Brain Storming) เพื่อค้นหาสมมติฐานของสาเหตุความผันแปรของระบบการวัด โดยทีมแก้ไขปัญหาอาจจะกำหนดให้อยู่ในรูปของแผนภาพก้างปลา และเมื่อระดมสมองพร้อมแล้วให้ทีมแก้ไขปัญหาทำการอภิปรายถึงสารสนเทศทั้งที่ทราบและไม่ทราบเพื่อกำหนดว่าปัจจัยใดคือสิ่งที่ควรจะเป็นแนวโน้มของสาเหตุ

ขั้นตอนที่ 5 การพิสูจน์สาเหตุและกำหนดมาตรการตอบโต้ หลังจากกำหนดสมมติฐานของสาเหตุความผันแปรแล้ว จะดำเนินการพิสูจน์สมมติฐานโดยอาศัยตรรกะหรือข้อเท็จจริงจากวิธีทางสถิติ อาทิ การทดสอบด้วย ANOVA และเมื่อทราบสาเหตุรากเหง้าของความผันแปรแล้วให้กำหนดแนวความคิดในการแก้ไขปัญหา พร้อมสร้างทางเลือกเป็นมาตรการตอบโต้เพื่อทำการเลือกมาตรการตอบโต้ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด

ขั้นตอนที่ 6 ตรวจความถูกต้องของมาตรการตอบโต้ เป็นการพิจารณาถึงความถูกต้องของมาตรการตอบโต้ที่เลือกมา ซึ่งส่วนใหญ่มักจะอาศัยการดำเนินการด้วยหลักการออกแบบการทดลอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากนั้นจึงจะประยุกต์ในระดับการผลิตจำนวนมาก (Mass Production) ภายใต้ปัจจัยที่แปรเปลี่ยนไปจากธรรมชาติ

ขั้นตอนที่ 7 การจัดทำมาตรฐานภายหลังจากการนำมาตรการตอบโต้ไปใช้และมีการปรับแก้จนกระทั่งมั่นใจว่าได้ผลที่ดีแล้ว ให้ทำการแก้คู่มือการทำงานที่เกี่ยวข้อง ทั้งคู่มือการทำงาน (Work Instruction Manual) ระเบียบวิธีทำงาน (Procedure Manual) และให้ผู้มีอำนาจลงนามอนุมัติ โดยการดำเนินการดังกล่าวจะทำให้เกิดความมั่นใจได้ว่าสิ่งที่ได้รับการปรับแก้นี้จะได้รับการปฏิบัติต่อไปเพื่อป้องกันไม่ให้ปัญหาระบบการวัดดังกล่าวเกิดขึ้นซ้ำอีก

<u>การวิเคราะห์ผลระบบการวัด</u>

การวิเคราะห์ผลระบบการวัดมีประเด็นสำคัญที่ต้องพิจารณา 3 ประการ คือ

1. ความไว (Sensitivity) คือ อัตราส่วนระหว่างค่าการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณทางด้านเอาต์พุตต่อค่าการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณทางด้านอินพุตหรือค่าที่แสดงถึงความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณเอาต์พุตเมื่อเครื่องมือวัดได้รับสัญญาณอินพุต

2. ความเสถียร (Stable) คือ ความแตกต่างของค่าความผันแปรตลอดช่วงการใช้งานของเกจวัดโดยถือเป็นค่ารีพีททะบิลิตี้ตลอดขนาดชิ้นงาน (Repeatability over Size)

3. ความสม่ำเสมอ (Consistent) หมายถึง ความคลาดเคลื่อนของข้อมูลจากระบบการวัดต้องสม่ำเสมอตลอดช่วงที่คาดหมาย (Expected Range) และมีความผันแปรอย่างเพียงพอต่อการควบคุมผลิตภัณฑ์และกระบวนการหรือความแตกต่างของค่าความผันแปรตลอดช่วงการใช้งานของเกจวัดโดยถือเป็นค่ารีพีททะบิลิตี้ตลอดเวลา (Repeatability Over Time)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

<u>ความผันแปรของระบบการวัด</u>

ความผันแปรของระบบการวัด ประกอบด้วย

1. ความผันแปรของตำแหน่ง (Location Variation) เป็นคุณสมบัติของการเข้าใกล้ของค่าเฉลี่ยจากผลจากวัดหลายๆ ครั้ง เมื่อเปรียบเทียบกับค่าอ้างอิง (Reference Value) สามารถกำหนดได้ด้วยค่าความผันแปร ดังนี้

ไบอัส (Bias) หมายถึง ความแตกต่างระหว่างค่าจริง(หรือค่าอ้างอิง) กับค่าเฉลี่ยของค่าวัดที่วัดได้บนคุณลักษณะและชิ้นงานวัดเดียวกัน โดยคุณสมบัติด้านไบอัสนี้จะเป็นตัววัดความคลาดเคลื่อนเชิงระบบของระบบการวัด

ความเสถียร (Stability) หมายถึง ความผันแปรทั้งหมดในการวัดที่ได้จากกระบวนการวัดหนึ่งโดยอาศัยชิ้นงานหรือค่ามาสเตอร์เดียวกันในการวัดคุณลักษณะประการหนึ่งตลอดช่วงเวลาที่ยาวนานขึ้น

เชิงเส้นตรง (Linearity) หมายถึง ความแตกต่างของค่าไบอัสตลอดช่วงการใช้งานของอุปกรณ์วัด

2. ความผันแปรของความกว้าง (Width Variation) หรือความเที่ยง (Precision) ของระบบการวัดคืออิทธิพลโดยรวมของความสามารถในการแยกความแตกต่างความไวและความสามารถในการทำซ้ำตลอดช่วงการใช้งานของระบบการวัด สามารถแบ่งความผันแปรออกเป็น

ความผันแปรภายในหรือรีพีททะบิลิตี้ (Repeatability) คือความผันแปรที่วัดโดยใช้พนักงานวัดคนเดียว อุปกรณ์เดียว วัดชิ้นงานชิ้นเดียวกันซ้ำๆ หรืออาจเรียกว่าความผันแปรของอุปกรณ์ (Equipment Variation; EV) ทั้งนี้เพราะความผันแปรภายในเงื่อนไขเดียวกันของระบบการวัดมักจะมีผลมาจากตัวอุปกรณ์

ความผันแปรระหว่างเงื่อนไขหรือรีโปรดิวซิบิลิตี้ (Reproducibility) คือ ความผันแปรที่แสดงถึงค่าเฉลี่ยของค่าวัดจากการใช้อุปกรณ์การวัดเดียวกัน วัดชิ้นงานเดียวกัน ด้วยเงื่อนไขที่แตกต่างกัน หรือหมายถึงความผันแปรระหว่างพนักงานวัด (Appraiser Variation; AV) ดังนั้นการที่จะศึกษาความผันแปรทั้งสองประเภทนั้นจะต้องวิเคราะห์คุณสมบัติ 4 ชนิด คือ ความเอนเอียง เชิงเส้นตรง ความเสถียร และความเที่ยง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

<u>การวิเคราะห์คุณสมบัติด้านความแม่นของระบบการวัด</u>

การวิเคราะห์คุณสมบัติด้านความแม่นของระบบการวัดหมายถึงความผันแปรจากความคลาดเคลื่อนแบบสุ่มของระบบการวัด ในการศึกษามีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องเริ่มจากการวางแผนการศึกษา โดยมีประเด็นพิจารณา ดังนี้

1. วิธีการและเวลาที่จะมีการสอบเทียบเครื่องมือวัดการสอบเทียบเครื่องมือวัดจะต้องมีการสอบเทียบก่อนการศึกษารีพีททะบิลิตี้และรีโปรดิวซิบิลิตี้และไม่ควรมีการสอบเทียบใหม่ถ้าหากการศึกษายังไม่สิ้นสุดลง เพราะจะทำให้เกิดความผันแปรจากการสอบเทียบรวมอยู่กับค่ารีพีททะบิลิตี้ของระบบการวัดด้วย จึงต้องพยายามลดค่าความผันแปรโดยพยายามให้พนักงานวัดทุกคนมีความเข้าใจในกระบวนวิธีการสอบเทียบและดำเนินการอย่างสม่ำเสมอ

2. จำนวนพนักงานวัดที่ใช้สำหรับการศึกษา GR&R

3. ในการกำหนดจำนวนพนักงานวัดที่เหมาะสมนั้น มีความจำเป็นที่จะต้องพิจารณาก่อนว่าในระบบการผลิตมีพนักงานวัดจำนวนเท่าใด ถ้าหากเครื่องมือวัดดังกล่าวไม่ใช้พนักงานในการดำเนินการวัดเลย หรือมีการใช้พนักงานวัดเพียงคนเดียวแสดงว่าค่าความผันแปรในระบบการวัดไม่ได้มีผลมาจากสาเหตุด้านพนักงานวัด

4. จำนวนครั้งในการวัดซ้ำสำหรับสิ่งตัวอย่างแต่ละชิ้น โดยปกติแล้วแนะนำให้ทำการวัดซ้ำที่แต่ละสิ่งตัวอย่างด้วยจำนวนซ้ำเท่าๆ กัน ซึ่งโดยทั่วไปกำหนดให้มีการวัดซ้ำสำหรับพนักงานวัดแต่ละคนจำนวน 2-3 ครั้งต่อชิ้นงานแต่ละชิ้น

5. วิธีการลดความผันแปรภายในสิ่งตัวอย่างของการศึกษา GR&R บางกรณีนั้นจะไม่สามารถกำจัดความผันแปรภายในสิ่งตัวอย่างออกจากการวัดซ้ำ ซึ่งทำให้ไม่สามารถเฉลี่ยความผันแปรภายในสิ่งตัวอย่างออกไปได้ ในกรณีนี้ถ้ามีความจำเป็นต้องประมาณการค่ารีพีททะบิลิตี้ให้มีความถูกต้องที่สุดก็จำเป็นต้องทำการทดลองขึ้นมาเพื่อระบุถึงปริมาณความผันแปรดังกล่าว

6. วิธีการวิเคราะห์ผลรีพีททะบิลิตี้และรีโปรดิวซิบิลิตี้เมื่อการทดลองสิ้นสุดลงต้องมีวิเคราะห์คุณภาพของข้อมูล คือ การวิเคราะห์ผล ความสามารถในการแยกความแตกต่างของค่าวัด ความเสถียรและความสม่ำเสมอของระบบการวัด จากนั้นจึงทำการประเมินผลรีพีททะบิลิตี้และรีโปรดิวซิบิลิตี้ ซึ่งมีทั้งหมด 3 วิธี คือ

วิธีอาศัยค่าพิสัย (Range Method) ซึ่งเหมาะกับกรณีการทดลองในช่วงสั้นๆ และไม่มีการวัดซ้ำ ข้อดีของวิธีการนี้คือวิเคราะห์ผลได้ง่าย แต่มีข้อเสียที่สำคัญคือไม่สามารถแยกรีพีททะบิลิตี้ออกจากรีโปรดิวซิบิลิตี้ได้

วิธีอาศัยค่าเฉลี่ยและพิสัย (Average and Range Method) ซึ่งเหมาะสมกับการทดลองซ้ำในแต่ละสิ่งตัวอย่างของพนักงานวัดแต่ละคน ซึ่งวิธีการนี้ทำให้สามารถแยกรีพีททะบิลิตี้ออกจากรีโปรดิวซิบิลิตี้ได้ แต่ไม่สามารถแยกความผันแปรจากสาเหตุร่วมระหว่างชิ้นงานและพนักงานวัดออกจากค่ารีพีททะบิลิตี้ได้

วิธีอาศัยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) ซึ่งเหมาะกับการวิเคราะห์ผลการศึกษาที่ได้มาจากการออกแบบการทดลอง เพื่อพิจารณาว่าพนักงานและชิ้นงานเป็นสาเหตุความผันแปรอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ และวิธีการนี้จะสามารถแยกความผันแปรจากสาเหตุร่วม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ระหว่างชิ้นงานและพนักงานวัดออกจากค่ารีพีททะบิลิตี้ได้ วิธีการนี้มีข้อเสียตรงที่ความยุ่งยากในการคำนวณ จึงต้องใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Minitab) ช่วยในการคำนวณ

<u>การวิเคราะห์ระบบการวัดสำหรับข้อมูลนับ</u>

การประเมินผลและวิเคราะห์ระบบการตรวจสอบเมื่อข้อมูลเป็นข้อมูลนับ(Carroll, 2016) (Attribute Data) เป็นการประเมินผลในลักษณะเชิงคุณภาพคือ เรื่องของรสชาติ ความสวยงาม ความเรียบร้อย ฯลฯ หรือบางครั้งพารามิเตอร์อาจเป็นลักษณะเชิงผันแปรแต่ทำการนับ เนื่องจากเป็นการเอาไปเปรียบเทียบกับข้อกำหนดเฉพาะหรือ Go/No Go Gauge ดังนั้นในการศึกษากระบวนการวัดแบบอาศัยข้อมูลนับจะเป็นการประเมินโดยการเปรียบเทียบชิ้นงานที่ทำการตรวจสอบของข้อกำหนดเฉพาะซึ่งจะทำให้สามารถประเมินผลของข้อมูลออกมาเป็นที่ยอมรับหรือปฏิเสธและผ่านหรือไม่ผ่าน จึงไม่สามารถประเมินผลได้ว่าคุณภาพของงานที่ตรวจสอบนั้นดีหรือไม่ดีอย่างไร

การศึกษาความสามารถของกระบวนการวัดเมื่อเป็นข้อมูลนับสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 วิธี คือ วิธีการประเมินผลระยะสั้น (Gauge Performance Curve, GPC) ที่แสดงถึงโอกาสในการตรวจสอบแล้ววัดคุณภาพของสิ่งตัวอย่างกับข้อกำหนดในรูปของค่าอ้างอิงเพื่อพิจารณาค่าไบอัสและค่ารีพีททะบิลิตี้ โดยอาศัยตัวสถิติสำหรับทดสอบ t โดย

$$t = \frac{31.3*(\text{ค่าไบอัส})}{\text{ค่ารีพีททะบิลิตี้}}$$

การประเมินผลการตรวจสอบระยะสั้นมีขั้นตอน ดังนี้

1. เลือกผู้ชำนาญการในการแยกแยะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ดีหรือเสีย และลูกค้าให้การยอมรับในผลการตรวจสอบดังกล่าว

2. กำหนดล็อตมาตรฐานสำหรับการตรวจสอบ เพื่อประเมินความสามารถของระบบการวัด โดยล็อตดังกล่าวควรประกอบด้วยสิ่งตัวอย่างที่มีคุณภาพดี, สิ่งตัวอย่างที่มีคุณภาพไม่ดี และสิ่งตัวอย่างที่มีคุณภาพก้ำกึ่งอย่างละ 1 ใน 3 ของสิ่งตัวอย่างทั้งหมด โดยงานก้ำกึ่งควรประกอบด้วยงานดีก้ำกึ่งและงานไม่ดีก้ำกึ่งอย่างละครึ่ง

3. เลือกพนักงานวัดหรือพนักงานตรวจสอบ 2-4 คน โดยพนักงานที่เลือกมาต้องเป็นพนักงานประจำในการตรวจสอบคุณภาพและได้ผ่านการฝึกอบรมมาอย่างดี รวมทั้งผ่านการประเมินผลแล้วโดยเฉพาะอย่างยิ่งการตรวจสอบที่อาศัยความรู้สึก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4. กำหนดจำนวนชิ้นงานตัวอย่างและจำนวนครั้งในการทดสอบซ้ำโดยจำนวนดังกล่าวจะขึ้นอยู่กับจำนวนของพนักงานทดสอบ

โดยการประเมินความสามารถของระบบการวัดหรือการตรวจสอบ ทำได้โดยการคัดเลือกชิ้นงานมาประมาณ 15-30 ชิ้นงาน ซึ่งจำแนกเป็นสิ่งตัวอย่างที่ดีและไม่ดีอย่างชัดเจน อย่างละ 1 ใน 3 และอีก 1 ใน 3 ควรเป็นชิ้นงานแบบก้ำกึ่ง โดยแบ่งเป็นงานดีแบบก้ำกึ่ง (marginal conformity) และงานบกพร่องแบบก้ำกึ่ง (marginal nonconformity) อย่างละเท่าๆ กัน จากนั้นสุ่มพนักงานที่ผ่านการประเมินผลด้านทักษะแล้วประมาณ 2-4 คน มาทำการวัดหรือตรวจสอบอย่างสุ่ม ซึ่ง (Fasser & Brettner, 1992)ได้ให้คำแนะนำถึงจำนวนพนักงานที่ใช้ ในการตรวจสอบ จำนวนชิ้นงานที่ควรตรวจสอบและจำนวนครั้งการวัดซ้ำที่เหมาะสมดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ขนาดสิ่งตัวอย่างที่แนะนำในการประเมินผลระบบการตรวจสอบ

จำนวนพนักงานตรวจสอบ	จำนวนชิ้นงาน	จำนวนครั้งการวัดซ้ำของการตรวจ
1	24	5
2	18	4
มากกว่า/เท่ากับ 3	12	3

5. สุ่มพนักงานตรวจสอบขึ้นมาหนึ่งคนแล้วตรวจสอบตัวอย่างแบบสุ่มเพื่อประเมินผลคุณภาพของสิ่งตัวอย่างว่าผ่าน (Good-G) หรือ ไม่ผ่าน (No Good-NG) และทำเช่นนี้จนครบจำนวนพนักงานที่จะทำการทดสอบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6. การประเมินผลการตรวจสอบระยะสั้น ซึ่งมีวิธีการที่ง่ายในการประเมินผลการตรวจสอบระยะสั้น ซึ่ง กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ (2549) ได้กล่าวถึงดัชนีการประเมินผล ดังนี้

6.1 เปอร์เซ็นต์รีพีททะบิลิตี้ของพนักงานตรวจสอบ เป็นตัววัดที่ใช้บอกว่าสำหรับพนักงานแต่ละคนจำนวนครั้งที่ผลการตรวจสอบเหมือนกัน มีสัดส่วนเท่าไร เพื่อใช้ในการวัดผลความสามารถในการวัดซ้ำของพนักงานแต่ละคน โดยมีสูตรคำนวณดังนี้

$$\% \text{ รีพีททะบิลิตี้ของพนักงานตรวจสอบ} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ผลการตรวจสอบเหมือนกัน}}{\text{จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}}$$

6.2 เปอร์เซ็นต์ความไม่ไบอัสของพนักงานตรวจสอบ เป็นตัววัดที่ใช้บอกว่าจำนวนครั้งที่ผลการตรวจสอบเหมือนกันและถูกต้องว่ามีสัดส่วนเท่าไร เพื่อใช้ในการวัดผลความถูกต้องของการตรวจสอบของพนักงานแต่ละคน ซึ่งมีสูตรคำนวณดังนี้

$$\% \text{ ความไม่ไบอัสของพนักงานตรวจสอบ} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ผลการตรวจสอบเหมือนกันและถูกต้อง}}{\text{จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}}$$

6.3 เปอร์เซ็นต์ด้านประสิทธิผลด้านรีพีททะบิลิตี้ เป็นตัววัดที่ใช้บอกว่าจำนวนครั้งที่ผลการตรวจสอบของทุกคนเหมือนกัน มีสัดส่วนเท่าไร เพื่อใช้ในการวัดผลความสามารถในการวัดซ้ำของระบบการตรวจสอบ ซึ่งมีสูตรคำนวณดังนี้

$$\% \text{ ด้านประสิทธิผลด้านรีพีททะบิลิตี้} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่พนักงานทุกคนตรวจได้เหมือนกัน}}{\text{จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}}$$

6.4 เปอร์เซ็นต์ด้านประสิทธิผลด้านไบอัส เป็นตัววัดที่ใช้บอกว่าจำนวนครั้งที่พนักงานทุกคนตรวจสอบได้ถูกต้องเหมือนกัน มีสัดส่วนเท่าไร เพื่อใช้ในการวัดผลประสิทธิผลด้านความถูกต้องของการตรวจสอบของระบบ โดยมีสูตรคำนวณดังนี้

$$\% \text{ ด้านประสิทธิผลด้านไบอัส} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่พนักงานทุกคนตรวจได้เหมือนกันและถูกต้อง}}{\text{จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}}$$

หากค่าเปอร์เซ็นต์รีพีททะบิลิตี้ของพนักงานตรวจสอบที่ไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดแล้วให้ทำการอบรมพนักงานใหม่ รวมทั้งประเมินผลของพนักงานใหม่เพื่อปรับปรุงค่ารีพีททะบิลิตี้ให้ดีขึ้น แต่หากเปอร์เซ็นต์ความไบอัสของพนักงานตรวจสอบ (% Attribute Score) ไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดแล้วจะต้องปรับปรุงวิธีการตรวจสอบใหม่หรือต้องกำหนดให้ชิ้นงานได้รับการตรวจสอบโดยผู้ชำนาญการเฉพาะเท่านั้น สำหรับเปอร์เซ็นต์ประสิทธิผลด้านไบอัสของการตรวจสอบ(% Attribute Effective Score) ถ้าไม่ผ่านเกณฑ์กำหนดแล้วมีความจำเป็นต้องค้นหาสาเหตุจากดัชนีข้างต้นเพื่อปรับปรุงให้ได้ค่าที่ดีขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.1.3.3. ขั้นตอนการวิเคราะห์เพื่อระบุสาเหตุของปัญหา (Analysis Phase)

- สถิติและการควบคุมคุณภาพ

เจริญ (2539) ได้ให้คำนิยามสถิติไว้ดังนี้ คือ ศาสตร์แขนงหนึ่งที่ใช้ตัดสินในเหตุการณ์ภายใต้ความผันแปร โดยการตัดสินใจประกอบด้วยการรวบรวมการวิเคราะห์ตลอดจนการสรุปผลเพื่อดำเนินการจากข้อมูล

- การตั้งสมมุติฐานในการตรวจสอบ (Hypothesis Testing)

จากที่กล่าวมาแล้วในลำดับขั้นตอนการออกแบบการทดลองว่า ในการวิเคราะห์ผลการทดลอง โดยใช้วิธีทางสถิตินั้นจะมีความเสี่ยงเข้ามาเกี่ยวข้องอยู่เสมอ ดังนั้นการตรวจสอบและวิเคราะห์ข้อมูลจึงต้องอยู่ ภายใต้ความเสี่ยงดังกล่าว

การตั้งสมมุติฐานในการตรวจสอบ จะตั้งสมมุติฐานใน 2 ทางเลือก คือ

H_0 : ระดับของปัจจัยไม่มีผลต่อกระบวนการผลิต

H_1 : ระดับของปัจจัยมีผลต่อกระบวนการผลิต

ทั้งนี้ภายใต้ความเสี่ยง 2 ตัว คือ α และ β

α หมายถึง ความเสี่ยงในการไม่ยอมรับสมมุติฐานหลัก (Null Hypothesis) ทั้งที่สมมุติฐานหลักเป็นจริง

β หมายถึง ความเสี่ยงในการยอมรับสมมุติฐานหลัก ทั้งที่สมมุติฐานหลักไม่เป็นจริง จากความเสี่ยงของทั้ง 2 แบบนี้เอง จึงต้องมีการกำหนดจำนวนซ้ำที่ใช้ในการทดลองเพื่อให้มีความเชื่อมั่นหรือมีความเสี่ยงตามที่กำหนดไว้ และในการทำการวิเคราะห์ก็มักจะให้ค่าของ α คงที่และให้ค่า β น้อยที่สุดทำที่จะทำได้

2.1.3.4. ขั้นตอนการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ (Improve Phase)

- การออกแบบการทดลอง (Design of experiments)

การออกแบบการทดลองเพื่อตรวจจับดูว่าปัจจัย (Factor) ใดหรือตัวแปร (Input Variable) ใดที่มีผลต่อสิ่งที่สนใจ ปัจจัย (Factor) ในการผลิตสามารถแบ่งได้เป็น

1. ปัจจัยที่ควบคุมได้ (Controllable Factors) หมายถึง ปัจจัยที่สามารถกำหนดค่าของปัจจัยนั้นๆ ได้ในการผลิต

2. ปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ (Uncontrollable Factors) หมายถึง ปัจจัยที่ไม่สามารถกำหนดค่าของปัจจัยนั้นๆ ได้ อาจจะเนื่องมาจากมีข้อจำกัดบางอย่าง

การออกแบบการทดลองเพื่อวิเคราะห์ว่าปัจจัยใดมีผลต่อกระบวนการหรือผลิตภัณฑ์หรือไม่ ต้องทำการเปลี่ยนแปลงระดับของปัจจัยอย่างน้อย 2 ระดับ แล้วทำการทดลอง จากนั้นจึงวิเคราะห์ผลการทดลอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

- วัตถุประสงค์ของการออกแบบการทดลอง

การศึกษาถึงอิทธิพลของปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการหรือผลิตภัณฑ์เพื่อยืนยันข้อเท็จจริง (Confirmation) เกี่ยวกับกระบวนการผลิต

- คำจำกัดความ (Definition)

- อิทธิพลหรือผล (Effect) หมายถึง ผลของตัวแปรต้นที่มีต่อตัวแปรตาม
- ปัจจัย (Factor) หมายถึง สิ่งที่คิดว่ามีอิทธิพลต่อผลการทดลอง
- ระดับของปัจจัย (Level of Factor) หมายถึง ในแต่ละปัจจัยนั้นควรมีช่วงการทดลองอย่างไร ระดับที่ใช้ควรเป็นแบบกำหนด แบบสุ่ม หรือแบบผสม

- หลักในการออกแบบการทดลอง

O การทำแบบสุ่ม (Randomization) คือ การจัดทรีทเมนต์ให้แก่หน่วยทดลอง โดยมีหลักว่าแต่ละหน่วยทดลองมีโอกาสเท่าๆ กัน ที่จะได้รับทรีทเมนต์ใดก็ได้ เพื่อกระจายผลของปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ให้กับทุกระดับที่ศึกษาให้เท่าๆ กัน การทำแบบสุ่มยังสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 วิธีคือ

- การทำแบบสุ่มสมบูรณ์ (Complete Randomization)
- การทำแบบสุ่มอย่างง่าย (Simple Randomization)
- การทำแบบสุ่มแบบสมบูรณ์ภายในบล็อก (Complete Randomization within Blocks)

O การทำซ้ำ (Replication) คือ การทำการทดลองซ้ำในแต่ละชุดข้อมูลเพื่อกำจัดเอาผลของปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ออก

O การบล็อก (Blocking) คือ การกำจัดหรือแยกแยะอิทธิพลของปัจจัยรบกวนออกจากความคลาดเคลื่อนของการทดลอง การบล็อกก็เพื่อให้หน่วยทดลองภายในบล็อกมีความสม่ำเสมอมากที่สุด และให้หน่วยทดลองที่อยู่ต่างบล็อกกันมีความแตกต่างกันมากที่สุด หน่วยทดลองภายในบล็อกจะได้รับทรีทเมนต์ต่างๆ โดยสุ่มจำนวนเท่ากันครบทุกทรีทเมนต์ ส่งผลให้ผลการทดลองมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น

- ลำดับขั้นการออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง

การนิยามปัญหาเป็นขั้นตอนการศึกษาในการะบวนการผลิต ซึ่งเกี่ยวข้องกับวัตถุประสงค์ของการทดลอง การเลือกปัจจัยที่ศึกษาและการกำหนดระดับปัจจัย ในการนิยามปัญหาจะใช้หลักการทาง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ทฤษฎี ใช้ข้อมูลในอดีตของผลิตภัณฑ์หรือบริการหรือข้อมูลอื่นๆ เพื่อระบุว่ามีปัจจัยใดบ้างที่น่าจะมีผลต่อการทดลองและในแต่ละปัจจัยนั้นควรจะมีช่วงในการทดลองอย่างไร เพื่อระบุระดับของปัจจัยในการทดลองว่าระดับที่ใช้ควรเป็นแบบใด เช่น แบบกำหนด(Fixed Levels) แบบสุ่ม(Random Levels) หรือแบบผสม(Mixed Levels)

- แบบกำหนด (Fixed Levels) หมายถึง ระดับของปัจจัยที่สามารถควบคุมหรือกำหนดค่าได้แน่นอน
- แบบสุ่ม (Random Levels) หมายถึง ระดับของปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมหรือกำหนดค่าของปัจจัยได้แน่นอน
- แบบผสม (Mixed Levels) หมายถึง การผสมผสานระดับของปัจจัยที่เป็นทั้งแบบกำหนดและแบบสุ่ม

การเลือกตัวแปรตอบสนอง (Response Variables) ในการเลือกตัวแปรตอบสนอง ผู้ทำการทดลองจะต้องเลือกตัวแปรที่สามารถให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการศึกษาและการวัดค่านั้นจะต้องแม่นยำรวมทั้งความถูกต้องของเครื่องมือที่ใช้ในการวัดด้วย

การเลือกแบบทดลองจะต้องพิจารณาถึงจำนวนข้อมูลที่ทำซ้ำในการทดลอง ความเหมาะสมข้อจำกัดในการสุ่ม (Randomization) และการบล็อก (Blocking) ที่เกี่ยวข้อง ทั้งนี้ต้องนำมาเกี่ยวโยงกันในด้านความเสี่ยงและต้นทุนที่ใช้ในการทดลอง สำหรับการเลือกปัจจัยการทำการทดลอง ในขณะทำการทดลองจะต้องปฏิบัติตามหลักการที่ได้ออกแบบไว้นั่นคือ ต้องมีการสุ่ม การทำซ้ำ ข้อควรระวังในขณะทำการทดลองคือ ความถูกต้องของเครื่องมือวัดและความสม่ำเสมอในการทดลองเพื่อให้ความผิดพลาด (Error) ที่ออกมามีน้อยที่สุด การวิเคราะห์ข้อมูลจะใช้ความรู้ทางสถิติมาวิเคราะห์และสรุปผล รวมทั้งตัดสินความถูกต้องของข้อมูลที่เกิดขึ้น ก่อนที่จะตีความข้อมูล วิธีทางสถิติไม่สามารถบอกได้ว่าปัจจัยใดมีผล (Effect) เท่าใดได้แน่นอน แต่เป็นเพียงเครื่องมือที่ให้แนวทางในการวิเคราะห์ข้อมูล แล้วจะต้องสรุปผลของการวิเคราะห์ซึ่งอาจแสดงในรูปกราฟ ตาราง แผนภูมิ อื่นๆ

การเลือกแบบการทดลอง

- แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Complete Randomize Design)

ใช้กับการทดลองปัจจัยเดียว (Single Factor Experiment) ปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้มีขนาดใหญ่และไม่มีปัจจัยรบกวนการทดลองจะทำโดยยึดหลักการทำแบบสุ่ม (Randomization) และการทำซ้ำ (Replication)

ขั้นตอนในการทำการทดลอง

- กำหนดตัวแปรตอบสนอง (Response variable) และปัจจัยที่ควบคุมได้ (Controllable factor) ที่สนใจ
- ทำการทดลองโดยสุ่มแบบสมบูรณ์ (Complete random) ในการวัดค่า
- วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน

- แผนการทดลองแบบบล็อกสุ่ม (Randomize Block Design)

ใช้กับการทดลองปัจจัยเดียวและมีปัจจัยรบกวน (Noise factor) หลักการของแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่ม คือต้องทำการสุ่ม (Randomization) ทุกครั้งต้องทำซ้ำ ทุกการทดลองทำการบล็อก (Blocking) เพื่อลดปัจจัยรบกวน การบล็อก (Blocking) อาจจะทำมากกว่า 1 บล็อกก็ได้ ซึ่งขึ้นกับจำนวนของปัจจัยรบกวน

ขั้นตอนในการทำการทดลอง

- ออกแบบและวางแผนการทดลอง
- เก็บข้อมูล
- วิเคราะห์ผลการทดลอง โดยใช้ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA Table) ซึ่งจะต้องมีผลของบล็อก (Block Effect) ด้วย

- แผนการทดลองแบบแฟคโทเรียล (Factorial Design)

แผนการทดลองแบบแฟคโทเรียลจะใช้กับการทดลองที่มีตั้งแต่ 2 ปัจจัย (Montgomery, 2017) ขึ้นไป และจากการมีปัจจัย (Factor) มากกว่า 1 ปัจจัย นั้นนอกจากจะเกิดอิทธิพลของปัจจัย (Main Effect) ที่สนใจศึกษาแล้ว ยังอาจเกิดอิทธิพลของปัจจัยร่วม (Interaction Effect) ได้อีกด้วย

อิทธิพลของปัจจัยร่วม (Interaction Effect) คือ ผลที่เกิดขึ้นจากการที่ปัจจัยหนึ่งเปลี่ยนแปลงไปแล้วมีผลทำให้อิทธิพลของอีกปัจจัยหนึ่งเปลี่ยนแปลงไปด้วย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แผนการทดลองแบบแฟรคชั่นนอลแฟคโทเรียล (Fractional Factorial Design) เป็นการประยุกต์ จากการออกแบบการทดลองแบบแฟคโทเรียล (Factorial Design) โดยการออกแบบการทดลองแบบแฟคโทเรียลจะใช้กับการทดลองหลายปัจจัยที่มีปัจจัยเป็นจำนวนมาก จึงต้องทำการตัดปัจจัยบางตัวออก โดยอาศัยหลักการคอนฟาวด์ (Confound)

การคอนฟาวด์ (Confound) แนวเทคนิคที่ใช้ช่วยในการออกแบบ ทำให้ขนาดของบล็อกเล็กลงจากเดิม ซึ่งในการออกแบบนี้จะเกิดผลทำให้สารสนเทศเกี่ยวกับอิทธิพลของทรีทเมนต์ (Treatment effect) รวมปะปนอยู่กับอิทธิพลของบล็อก (Block effect) เสมอ การเลือกอิทธิพลของทรีทเมนต์ที่จะทำการคอนฟาวด์ (Confound effect) จะเลือกจากความรู้ในกระบวนการผลิตเป็นตัวกำหนด โดยเลือกทรีทเมนต์ที่คาดว่าจะมีผลน้อยต่อตัวผลิตภัณฑ์

การประมาณการทดสอบเอฟ (Approximate F-Test) ในการทดลองแบบแฟคโทเรียล ที่มีปัจจัย 3 ปัจจัยหรือมากกว่า ซึ่งจะเป็นรูปแบบกำหนด รูปแบบอื่นๆ และการออกแบบที่ซับซ้อนบ่อยครั้งพบว่าไม่สามารถที่จะทดสอบทางสถิติได้ อย่างถูกต้องในบางอิทธิพลของทรีทเมนต์ ซึ่งการแก้ไขหนทางหนึ่งที่เป็นไปได้ คือ การตั้งสมมุติฐานว่าในบางปฏิสัมพันธ์บางอิทธิพลสามารถที่จะละเลยได้

2.1.3.5. ขั้นตอนการควบคุมกระบวนการผลิต (Control Phase)

- แผนภูมิควบคุม

(ฮิโตชิ คุเมะ ผู้เขียน, วีระพงษ์ เฉลิมจิระวัฒน์, ผู้แปล 2541) ได้อธิบายความหมายของแผนภูมิควบคุม (Control Chart) ดังนี้ คือ แผนภูมิหรือกราฟที่จัดทำขึ้นล่วงหน้าโดยอาศัยข้อมูลจากขอบเขตที่กำหนด (Specification) ที่ระบุคุณสมบัติทางคุณภาพข้อใดข้อหนึ่งของชิ้นงานที่ดำเนินการผลิตและจะต้องควบคุมเพื่อใช้เป็นแนวทางในการติดตามผลการผลิตจากกระบวนการผลิตขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่ง โดยการตรวจวัดคุณภาพของชิ้นงาน ซึ่งในการวัดข้อมูลอาจจะอยู่ในลักษณะ 2 แบบ คือ ข้อมูลที่ได้จากการวัด (Variable Data) และข้อมูลที่ได้จากการนับ (Attribute Data) จากนั้นเขียนบันทึกลงในแผนภูมินั้นๆ ซึ่งโดยจะมีเส้นควบคุม 3 เส้นได้แก่ เส้นขอบเขตกลาง คือเส้นที่แสดงขนาดหรือจำนวนที่เป็นข้อกำหนดหรือเป้าหมายในการผลิต เส้นขอบเขตควบคุมบนและเส้นขอบเขตควบคุมล่างเป็นค่าที่อนุญาตให้มีความคลาดเคลื่อนในการผลิตที่เกิดขึ้นได้ และหากอยู่ในขอบเขตนี้ก็ถือว่าผลการผลิตยอมรับได้ แต่หากว่าค่าที่ได้อยู่นอกเหนือขอบเขตควบคุม (ไม่ว่าในทางมากกว่าหรือต่ำกว่า) ถือว่าการผลิตในขณะนั้นยอมรับไม่ได้จะต้องมีการปรับปรุงแก้ไขจุดบกพร่องโดยทันที

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

การนำแผนภูมิควบคุมมาใช้งาน ก่อนอื่นจำเป็นต้องเข้าใจลักษณะของเส้นควบคุมเสียก่อน คือเส้นควบคุมข้อกำหนด (Specification Limit) หมายถึง ค่าขอบเขตข้อกำหนดของสินค้าหรือชิ้นงานที่โรงงานเป็นผู้กำหนดขึ้น ทั้งนี้เส้นควบคุมข้อกำหนดขึ้นอยู่กับดุลพินิจของผู้ออกแบบว่าต้องการเสี่ยงหรือความปลอดภัย (Safety Factor) ไว้ที่ระดับเท่าใด เส้นควบคุมขีดความสามารถ (Process Capability limit) หมายถึงค่าขอบเขตความสามารถจริงของกระบวนการ โดยทั่วไปคำนวณจากค่าพารามิเตอร์ของประชากรหรือคำนวณจากกลุ่มตัวอย่างจำนวนมาก เส้นควบคุมขีดความสามารถมีขนาดความกว้างเท่ากับค่าห่างจากค่าเฉลี่ยของประชากร $\pm 3\sigma$ และกำหนดเส้นขอบเขตควบคุมสำหรับเป็นสัญญาณเตือนว่าการผลิตเริ่มออกจากการควบคุมหรือยัง กำหนดในช่วงค่าเฉลี่ย $\pm 2\sigma$

- วิธีการอ่านแผนภูมิควบคุม

วีระพงษ์ (2537) อธิบายว่าสิ่งสำคัญที่สุดของการควบคุมคุณภาพโดยใช้แผนภูมิ คือการอ่านหรือตีความหมายจากภาพที่ปรากฏบนแผนภูมิ เพื่อโยงเหตุผลไปที่สภาวะของกระบวนการผลิตซึ่งได้ผลิตข้อมูลที่เราได้นำมาเขียนเป็นแผนภูมิควบคุมเพราะอาการผิดปกติต่างๆ ในกระบวนการผลิตที่จะมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์จะแสดงออกให้เห็นเป็นรูปธรรมที่แผนภูมิควบคุมนี้เอง และเมื่อเราตรวจพบความผิดปกติของกระบวนการผลิตโดยอ่านจากแผนภูมิควบคุมนี้แล้ว เราได้ไปทำการแก้ไขที่สาเหตุของความผันแปรใดๆ ในกระบวนการผลิตนั้น เพื่อปรับสภาวะการผลิตให้กลับสู่สภาวะที่อยู่ในควบคุม (In controlled) ได้ต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ข้อแนะนำเกี่ยวกับ 6 ลักษณะอาการสำคัญเพื่อการอ่านแผนภูมิควบคุม

- มีจุดในแผนภูมิปรากฏอยู่นอกเส้นขอบเขตควบคุม เรียกว่า จุดอยู่นอกควบคุม (Out of control) อาจอยู่นอกค่าสูงหรือค่าต่ำก็ได้

- การรัน (Run)

เมื่อปรากฏติดต่อกันบนซีกใดซีกหนึ่งของเส้นค่ากลาง เราเรียกว่า เกิดรัน ความยาวของรันแต่ละชุดนับจากจำนวนชุดในชุดนั้นและรันที่มีความยาวตั้งแต่ 7 จุดขึ้นไป เราตีความได้ว่า “ได้เกิดความผิดปกติขึ้นแล้วในการผลิตช่วงที่เกิดรันนั้น”

- การเกิดแนวโน้ม

การมีจุดต่อเนื่องกันไปในทิศทางเดียวกันอย่างต่อเนื่องโดยไม่มีการสลับฟันปลาเลย มีผลทำให้เส้นต่อจุดเหล่านั้นคล้ายๆ เส้นตรงพาดขึ้นหรือพาดลงเช่นนี้เราเรียกว่า มีการเกิดแนวโน้ม (Trend)

ขึ้นในแผนภูมิควบคุม แนวโน้มที่ว่านี้คือแนวโน้มที่กำลังบอกเราว่าค่าเฉลี่ยของขนาดควบคุมที่ผลิตได้จากกระบวนการผลิตนั้นกำลังมีปัญหาหรือมีแนวโน้มจะเคลื่อนไปจากขนาดกำหนดที่ได้ตั้งเอาไว้แต่แรก

- การเกิดการเข้าใกล้เส้นขอบเขตควบคุม

หากเราแบ่งระยะ 3 ซิกมา (3σ) จากเส้นค่ากลางออกเป็นเส้น 2σ แล้วพบว่ามีจุด 2 จุด ใน 3 จุดที่ต่อเนื่องกันในแต่ละช่วงได้ตกไปอยู่ในพื้นที่ระหว่างเส้น 2σ กับเส้นขอบเขตควบคุม (3σ) ถือว่าได้เกิดการเข้าใกล้เส้นขอบเขตควบคุม (Approach to the limits) และเป็นการบอกว่ามีความผิดปกติขึ้นในกระบวนการผลิตแล้ว

- การเกิดการเข้าใกล้เส้นค่ากลาง

หากพบว่าเส้นกราฟทั้งหมดตกอยู่ในระหว่างเส้น 1.5σ นับจากเส้นค่ากลางขึ้นไปและลงมาแล้ว ไม่ได้หมายความว่ากระบวนการผลิตนั้นอยู่ในควบคุม แต่กลับแสดงว่า คงจะมีความผิดพลาดเกิดขึ้นในการกำหนดขนาดของชุดข้อมูลย่อย ข้อมูลมีการปะปนกันของข้อมูลที่นำมาจากต่างประชากรกันและเกิดการปะปนกันในชุดข้อมูลย่อยก็ได้ จึงทำให้เส้น 3σ ที่ใช้กว้างเกินไปกว่าลักษณะข้อมูลปะปนกันนั้น จะต้องทำการตรวจสอบและทบทวนวิธีการเก็บข้อมูลใหม่ ซึ่งเรียกลักษณะอาการนี้ว่า เกิดการเข้าใกล้เส้นค่ากลาง

- การเกิดวัฏจักร

มีลักษณะคือค่าในเส้นกราฟจะเปลี่ยนแปลงขึ้นๆ ลงๆ มีลักษณะเป็นวงจรหรือวัฏจักรที่เกือบจะทำนายลักษณะเส้นกราฟในช่วงต่อๆ ไปได้ ลักษณะเช่นนี้เรียกว่า การเกิดวัฏจักร (Periodicity)

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

(Yin Kwok & Rao Tummala, 1998) ได้ศึกษาเรื่องการควบคุมคุณภาพและปรับปรุงระบบตามหลักการควบคุมคุณภาพโดยรวม (Total control methodology, TCM) ได้แบ่งออกเป็นระดับที่ครอบคลุมถึงการป้องกัน การปรับปรุงแก้ไข การสืบค้นปัญหาต่างๆ ดังนี้

ระดับที่ 1 On-line quality control สามารถใช้งานได้ง่าย ในขั้นตอนการผลิตระดับควบคุมกระบวนการและคุณภาพผลิตภัณฑ์ซึ่งประกอบด้วย ผังควบคุม ผังฮีสโตรแกรม สัญญาณเตือนภัย

รายการปรับตั้งเครื่องมือ การควบคุมแก้ไขสิ่งผิดปกติที่เกิดขึ้น การจัดวางผลิตภัณฑ์ การยอมรับสิ่งตัวอย่าง

ระดับที่ 2 Off-line quality support and reviews เป็นผลกระทบระยะยาว ไม่ได้เกิดขึ้นทันที ประกอบด้วย การให้ความรู้และการฝึกอบรม การศึกษาระบบการวัด การบำรุงรักษา การตรวจติดตามเทคนิคการแก้ไขปัญหาต่างๆ

ระดับที่ 3 Driving force for quality improvement เป็นเครื่องมือสำหรับการวางแผนปรับปรุงเพื่อระบุหาสาเหตุและการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ ประกอบด้วยการเข้าถึงความต้องการของลูกค้า การเทียบเคียงคู่แข่ง การกระจายหน้าที่การทำงานเชิงคุณภาพ (QFD) การวิเคราะห์รูปแบบของความเสี่ยงและผลกระทบ(FMEA) การศึกษาความสามารถของเครื่องมือและกระบวนการซึ่งการจำแนกแบบนี้ทำให้สามารถเข้าใจได้ง่ายและนำไปใช้งานได้จริง

Stecher (1999) อ้างใน SIX SIGMA QUALITY กล่าวไว้ใน "HOW GE Manages it" โดยกล่าวถึงหลักการบริหารธุรกิจของ General Electrick (GE) ที่ประสบความสำเร็จโดยใช้ SIX SIGMA QUALITY ดังต่อไปนี้

เริ่มต้นคำถามว่าเราไม่เคยทำสิ่งเหล่านี้

1. พยายามผลักดันให้ประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตเกินกว่าขอบเขตที่ได้ตั้งเอาไว้
2. ยอมรับด้วยเหตุและผลกับลูกค้าถึงความถูกต้อง
3. คัดเลือกชิ้นส่วนที่ได้มาตรฐาน
4. มีของเสียมากมาย มีงานที่ต้องซ่อมแซมและชิ้นส่วนที่ต้องการตรวจสอบ
5. ถูกตำหนิในการชำระหรือผิดพลาดทางบัญชีรายการหรือการขนส่งไม่ตรงตาม
6. ประสบปัญหาว่าการทำการลดต้นทุนในการผลิตไม่เคยประสบความสำเร็จ

(ทิชา แสนสม, 2551) งานวิจัยนี้มีการประยุกต์ใช้แนวทางของซิกซ์ ซิกมา เพื่อลดของเสียที่เป็นเม็ดฝุ่นในกระบวนการพ่นสีกันชนหน้าพลาสติกของรถยนต์ จากการเก็บข้อมูลก่อนปรับปรุงกระบวนการพบว่าผลิตภัณฑ์มีปริมาณของเสียที่เกิดจากเม็ดฝุ่น โดยวัดสัดส่วนของเสียที่เกิดจากเม็ดฝุ่นต่อปริมาณการผลิตเท่ากับ 151,259 DPPM (Defect Part per Million) ซึ่งสาเหตุหลักมาจากความสกปรกของอุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการพ่นสี และระบบจ่ายอากาศในห้องพ่นสี ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องปรับปรุงกระบวนการผลิต ทีมงานจึงได้นำเอาแนวทางของซิกซ์ ซิกมา ทั้ง 5 ขั้นตอน มาใช้ในงานวิจัยนี้ประกอบไปด้วย ขั้นตอนการนิยามปัญหา โดยการศึกษากระบวนการผลิตเพื่อหาปัจจัยที่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ส่งผลกระทบต่อการเกิดปัญหาเม็ดฝุ่น การวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาโดยใช้แผนภาพแสดงเหตุและผล และคัดเลือกตัวแปรที่จะนำมาศึกษาโดยการใช้เทคนิคลักษณะบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) การปรับปรุงแก้ไขกระบวนการโดยการนำเอาปัจจัยที่คาดว่าจะมีผลต่อปัญหาเม็ดฝุ่นมาทำการทดสอบด้วยวิธีทางสถิติและหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมโดยการประยุกต์การออกแบบการทดลอง จากนั้นจึงควบคุมกระบวนการผลิตเพื่อป้องกันปัญหาไม่ให้เกิดขึ้นซ้ำอีก จากการปรับปรุงกระบวนการพ่นสีกันชนหน้าพลาสติกของรถยนต์ ด้วยแนวทางซิกซ์ ซิกมา พบว่าจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการพ่นสีกันชนหน้าพลาสติกของรถยนต์หลังการปรับปรุงเท่ากับ 46,892 DPPM ซึ่งสามารถลดของเสียได้ 69%

(วรัญญา สนเผือก, 2555) งานวิจัยนี้ได้ใช้แนวคิดซิกซ์ ซิกมา เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตวัสดุไฟเบอร์ซีเมนต์ โดยมีวัตถุประสงค์ในการเพิ่มค่าด้านสมรรถนะของกระบวนการในระยะยาว (P_{pk}) ของค่าความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์ จากการเก็บข้อมูลพบว่าค่า P_{pk} ก่อนปรับปรุงมีค่า 0.26 เมื่อทำการคัดกรองปัจจัยโดยใช้แผนผังก้างปลา (fishbone diagram) และเทคนิค Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) พบว่ามี 3 ปัจจัยที่ส่งผลต่อความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ความหนาของชั้นฟิล์ม ค่าฟรีเนสน้ำเยื่อ และแรงอัด และได้ทำการปรับปรุงกระบวนการผลิตวัสดุไฟเบอร์ซีเมนต์ โดยการประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลองชนิดบอกซ์-เบห์นเคน หลังการปรับปรุงพบว่าค่า P_{pk} ของกระบวนการมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 2.05 ซึ่งสามารถยอมรับได้ว่ากระบวนการมีประสิทธิภาพที่สูงขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

(ยศวิน ศรีศักดิ์สรชาติ, 2557) งานวิจัยนี้มีการประยุกต์ใช้แนวทางของซิกซ์ ซิกมา เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตและลดปริมาณของเสียที่เกิดจากข้อบกพร่องประเภทจุดสีของกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก โดยหาค่าปรับตั้งปัจจัยนำเข้าที่เหมาะสม เมื่อทำการคัดกรองปัจจัยที่คาดว่าจะส่งผลต่อการเกิดจุดสี จากนั้นได้ทำการปรับปรุงกระบวนการโดยการประยุกต์ใช้การทดลองแบบพื้นผิวผลตอบแบบบ็อกซ์-เบห์นเคน ทำให้ได้ระดับของปัจจัยที่เหมาะสมคือ อัตราการป้อนวัตถุดิบที่ 10 เฮิรตซ์ความเร็วในการนวดที่ 400 รอบต่อนาที และอุณหภูมิที่ใช้ในการนวดที่ 78 องศาเซลเซียส จากการเก็บข้อมูลพบว่ามีสัดส่วนของเสียก่อนปรับปรุงอยู่ที่ 4.47% และหลังการปรับปรุงของเสียมีค่าลดลงเหลือเพียง 0.5% ซึ่งคาดว่ามูลค่าความสูญเสียจะลดลงได้ถึง 1,639,547 บาทต่อปี

(ปฑกรณ์ มหาศิริชวรัตน์, 2553) งานวิจัยนี้ได้ประยุกต์แนวคิดซิกซ์ ซิกมา เพื่อลดปัญหาน้ำรั่วที่เกิดจากกระบวนการประกอบกระจกหน้ารถยนต์ เมื่อทำการคัดกรองปัจจัยที่คาดว่าจะส่งผลต่อ

การเกิดปัญหาน้ำรั่วโดยใช้ลักษณะการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ พบว่ามี 5 ปัจจัย ได้แก่ ความดันในการดูดซีล วิธีการปาดแนวซีลบริเวณรอยต่อ วิธีการไล่อากาศจากถังซีล อุณหภูมิในการลำเลียงซีล และความเร็วในการฉีดซีล ที่ส่งผลต่อการเกิดปัญหาน้ำรั่ว จากนั้นคณะผู้วิจัยได้ปรับปรุงแก้ไขกระบวนการโดยการหาระดับที่เหมาะสมของปัจจัยนำเข้า ซึ่งได้มีการประยุกต์การออกแบบการทดลองแบบเศษส่วนเชิงแฟกทอเรียล จากการเก็บข้อมูลพบว่ามีสัดส่วนของเสียก่อนปรับปรุงอยู่ที่ 1.9% หลังการปรับปรุงพบว่าสัดส่วนเสียอยู่ที่ 0.53% ซึ่งคาดว่าค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการซ่อมแซมจะลดลงได้ถึง 961,515.43 บาทต่อปี

(ธีรยุทธ์ ยกชิ้ว, 2552) งานวิจัยนี้ประยุกต์ใช้เทคนิคการออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลเพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตกระเบื้องบิสกิต โดยมีตัวแปรตอบสนองที่สนใจ 2 ตัวคือขนาดของกระเบื้องด้าน 8 นิ้วและด้าน 10 นิ้ว จากการเก็บข้อมูลพบว่าในกระบวนการผลิตกระเบื้องบิสกิตมีปริมาณของเสียประเภทขนาดไม่ได้มาตรฐานเกิดขึ้นเป็นสาเหตุหลัก โดยก่อนการปรับปรุงมีปริมาณของเสียที่เกิดจากด้าน 8 นิ้ว และ 10 นิ้ว อยู่ที่ 19,117 และ 10,625 DPPM โดยมีดัชนีความสามารถของกระบวนการผลิต (C_{pk}) เป็น 0.69 และ 0.83 ตามลำดับ จากการวิเคราะห์สาเหตุของลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) พบว่าปัจจัยมี 4 ปัจจัยที่คาดว่าจะส่งผล ได้แก่ อัตราการป้อนผงดิน แรงอัดขึ้นรูปกระเบื้อง อัตราการเผาไหม้ภายในเตาเผา และอุณหภูมิที่ใช้ในการเผา จากนั้นจึงได้ทำทดลองเบื้องต้นโดยการประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลองแบบเศษส่วนเชิงแฟคทอเรียล 2 ระดับ จากผลการทดลองเบื้องต้นพบว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อขนาดกระเบื้องมี 3 ปัจจัย ได้แก่ อัตราการป้อนผงดิน อุณหภูมิในการเผา และแรงอัดขึ้นรูปกระเบื้อง ในขั้นตอนการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ ผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียลพบว่ามีเพียง 2 ปัจจัยที่ส่งผลต่อขนาดของกระเบื้อง จึงนำปัจจัยที่เหลือไปกำหนดค่าระดับที่เหมาะสมเพื่อให้กระเบื้องทั้ง 4 ด้านมีขนาดที่ตรงตามมาตรฐาน โดยกำหนดแรงอัดขึ้นรูปกระเบื้องที่ 240 bar และอุณหภูมิการเผาที่ 1,130 ℃ แล้วทำการทดสอบเพื่อยืนยันผลก่อนนำไปใช้จริง โดยผลหลังจากการปรับปรุงกระบวนการผลิต พบว่ามีปริมาณของเสียกระเบื้องบิสกิตที่เกิดจากด้าน 8 นิ้วและ 10 นิ้ว เหลือเพียง 8,196 และ 1,378 DPPM โดยมีดัชนีความสามารถของกระบวนการผลิต (C_{pk}) เพิ่มขึ้นเป็น 0.81 และ 1.02 ตามลำดับ

(ศรุต จุฑานนท์, 2554) งานวิจัยนี้ได้มุ่งเน้นที่จะนำเศษกระเบื้องบดซึ่งเป็นของเสียจากการผลิตมาใช้ผสมเป็นวัตถุดิบแทนทรายในตัวกระเบื้อง โดยประยุกต์ใช้แนวคิดซิกซ์ ซิกมา ซึ่งประกอบไปด้วย 5 ขั้นตอน คือ การนิยามปัญหา การวัดเพื่อหาสาเหตุของปัญหา การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

การปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ และการติดตามควบคุม เพื่อหาวิธีการใช้งานโดยระดับคุณภาพผ่านเกณฑ์มาตราฐาน มอก. 535-2527 โดยขั้นตอนแรกเริ่มจากการนิยามปัญหา ศึกษาความแม่นยำและความถูกต้องของระบบการวัด การศึกษาผลการเติมเศษกระเบื้องบดในผลิตภัณฑ์จริง พบว่ามีผลทำให้ความแข็งแรงของกระเบื้องและอัตราปูดนูนผิวกระเบื้องไม่ผ่านเกณฑ์การยอมรับ จึงได้ทำการระดมสมองเพื่อหาปัจจัยนำเข้าโดยใช้แผนผังความสัมพันธ์ จากนั้นได้นำปัจจัยเหล่านี้ไปวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์ปัจจัยนำเข้าต่างๆ ว่าสามารถทำให้คุณภาพผ่านการยอมรับหรือไม่ จากการวิเคราะห์สามารถสรุปการใช้เศษกระเบื้องบดสามารถใช้แทนทรายได้ที่ 20% และ เมื่อสามารถระบุถึงปัจจัยนำเข้าที่สำคัญแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการปรับปรุงโดยทำการผลิตแบบเต็มกำลังการผลิตจำนวน 6 กะ เพื่อเป็นการยืนยันผลการทดลองและสุดท้ายคือการจัดทำมาตราการวิธีการทำงานและการควบคุม จากข้อมูลหลังปรับปรุงกระบวนการพบว่า คุณภาพความแข็งแรงกระเบื้อง อัตราดูดซึมน้ำและอัตราปูดนูนผิวกระเบื้องผ่านการยอมรับทั้งหมด โดยมีค่า C_{pk} เท่ากับ 1.40, 1.61 และ Reject เท่ากับ 3.4% ตามลำดับ จากการนำเศษกระเบื้องมาใช้แทนทรายสามารถลดการฝังกลบลงเป็นจำนวนถึง 3,550 ตัน

จากตัวอย่างของงานวิจัยที่มีการประยุกต์ใช้แนวทางซิกซ์ ซิกมา ในการปรับปรุงคุณภาพเพื่อลดของเสียจากกระบวนการผลิต ลดต้นทุนการผลิตและเพิ่มดัชนีชี้วัดสมรรถนะกระบวนการ โดยอาศัยระเบียบวิธีการที่เป็นขั้นตอน เริ่มตั้งแต่ขั้นตอนการนิยามปัญหา (Define phase) ขั้นตอนการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา (Measure phase) ขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (Analyze phase) ขั้นตอนการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ (Improve phase) และขั้นตอนการควบคุมกระบวนการ (Control phase) โดยในแต่ละขั้นตอนผู้วิจัยสามารถเลือกเครื่องมือมาใช้ตามความเหมาะสม จึงเป็นสาเหตุหลักที่ผู้วิจัยเลือกแนวคิดซิกซ์ ซิกมา มาใช้ในการลดของเสียในกระบวนการขึ้นรูปกระเบื้องดินเผาปูพื้น จุดเด่นของแนวคิดซิกซ์ ซิกมา คือ มีแนวทางในการคัดเลือกปัญหาอย่างเหมาะสมและกำหนดเป้าหมายในการปรับปรุงอย่างชัดเจนทำให้ปัญหาที่มีผลกระทบมากถูกพิจารณาเลือกมาทำการแก้ไขปรับปรุงก่อน ในขั้นตอนการนิยามปัญหานี้จะมีการกำหนดวัตถุประสงค์ เป้าหมายและขอบเขตของการปรับปรุง รวมทั้งจัดตั้งคณะทำงานผู้รับผิดชอบในการปรับปรุง จากนั้นมีการวัดเพื่อให้ทราบสถานะของกระบวนการปัจจุบันและทำการวิเคราะห์ระบบการวัด เพื่อให้เกิดความมั่นใจในเครื่องมือวัดและผู้วัดและทำการเก็บข้อมูลของสาเหตุที่คาดว่าจะเป็นตัวแปรที่ส่งผลให้เกิดปัญหา โดยการระดมสมอง (Brainstorming) เพื่อจัดลำดับของสาเหตุ เครื่องมือที่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ใช้ เช่น การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) ขั้นตอนต่อไปคือการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาซึ่งมีการนำตัวแปรนำเข้าที่คาดว่าเป็นสาเหตุของปัญหามาทำการทดสอบโดยอาศัยเครื่องมือทางสถิติ เช่น การทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis test) การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เป็นต้น ทั้งนี้ขึ้นกับผู้วิจัยในการเลือกเครื่องมือมาใช้ให้เหมาะสมกับสภาพปัญหา เมื่อได้ตัวแปรที่สำคัญแล้วในขั้นตอนปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ ผู้วิจัยต้องทำการปรับปรุงกระบวนการโดยใช้เทคนิคการออกแบบการทดลอง (DOE) และเมื่อได้ระดับของปัจจัยที่เหมาะสมแล้วจึงจัดทำแผนควบคุม (Control Plan) เพื่อควบคุมกระบวนการให้อยู่ในค่าควบคุม และเมื่อพบว่ากระบวนการออกนอกค่าควบคุมให้ดำเนินการตามแผนการปฏิบัติการแก้ไขเมื่อพบจุดออกนอกค่าควบคุม เพื่อแก้ไขไม่ให้เกิดปัญหาเกิดขึ้นซ้ำอีก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 3 การนิยามปัญหา

ในขั้นตอนของการนิยามปัญหา เริ่มต้นโดยการระดมสมองจากทีมงานที่มีความชำนาญและมีส่วนเกี่ยวข้องเพื่อวิเคราะห์สภาพปัญหาในปัจจุบันของกระบวนการผลิต ซึ่งการสร้างแผนภาพของกระบวนการผลิตจะต้องทำอย่างละเอียดทุกขั้นตอนเพื่อที่จะสามารถระบุตัวแปรสำคัญในกระบวนการผลิต (Process Input) และผลลัพธ์ในกระบวนการผลิต (Process Output)

ขั้นตอนนี้จึงเปรียบเสมือนเป็นการตรวจวิเคราะห์ของกระบวนการผลิตซึ่งอาจจะทำให้เราทราบถึงสิ่งผิดปกติหรือทราบสาเหตุที่แท้จริงของความบกพร่องในการผลิตที่ส่งผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ ขั้นตอนการนิยามปัญหาอาจจะเป็นขั้นตอนที่นำไปสู่การวิเคราะห์ปัญหาโดยการทดลองการตั้งสมมติฐานหรือโดยการใช้ข้อมูลทางสถิติที่มีการเก็บรวบรวมอย่างถูกวิธี เพื่อนำไปวิเคราะห์แผนภาพพาเรโตเพื่อทำการกำหนดปัญหาที่จะทำการปรับปรุง รวมทั้งกำหนดตัวชี้วัดและเป้าหมายของการปรับปรุงกระบวนการ

3.1 จัดตั้งคณะทำงาน

งานวิจัยนี้มีการจัดตั้งคณะทำงานจากผู้ที่มีความชำนาญและมีส่วนเกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตกระเบื้องดินเผาปูพื้น เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตแล้วร่วมวิเคราะห์หาปัจจัยอันเป็นสาเหตุหลักของปัญหาเพื่อหาแนวทางในการแก้ไขปรับปรุง เพื่อที่จะบรรลุตามเป้าหมายของงานวิจัยนี้ ซึ่งทีมงานประกอบไปด้วย

1. ผู้จัดการโรงงาน 1 คน
2. หัวหน้าพนักงานฝ่ายผลิต 1 คน
3. หัวหน้าพนักงานฝ่ายควบคุมคุณภาพ 1 คน
4. หัวหน้าฝ่ายบริหารงานทั่วไป 1 คน
5. ผู้ดำเนินงานวิจัย

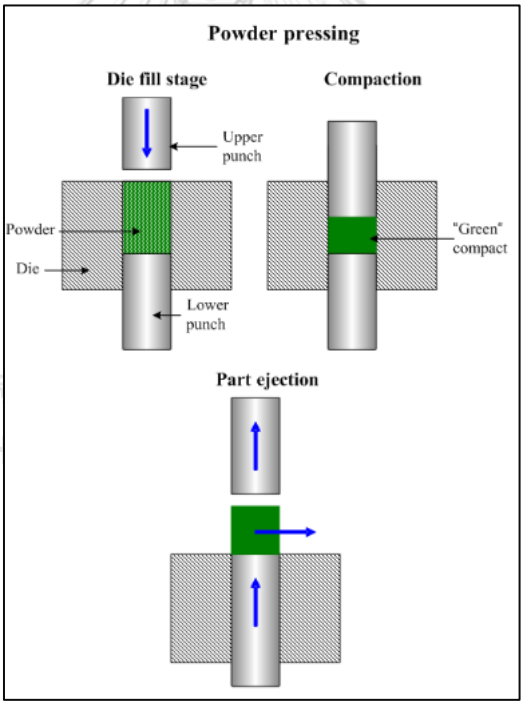
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3.2 การศึกษากระบวนการผลิต

กระบวนการผลิตกระเบื้องดินเผาปูพื้นเป็นกระบวนการผลิตแบบแห้ง (Dry process) เริ่มจากการเตรียมผงดินสำหรับอัดขึ้นรูปโดยการลดขนาดอนุภาคด้วยเครื่องบด (Pan mill) ผงดินที่ได้จะมีลักษณะเป็นผงกลมๆ ที่ไหลตัวได้ดี จากนั้นจึงนำผงดินอัดขึ้นรูปดวยเครื่องอัดชนิดไฮดรอลิกเพื่อให้เกาะติดกันเป็นแผ่น วิธีนี้จะใช้น้ำในการขึ้นรูปน้อยที่สุดทำให้ผลิตภัณฑ์หลังอบแห้งมีการหดตัวน้อย

กระบวนการอัดขึ้นรูปกระเบื้องจะเป็นการอัดขึ้นรูปแบบทิศทางเดียว (Uniaxial Pressing) ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ

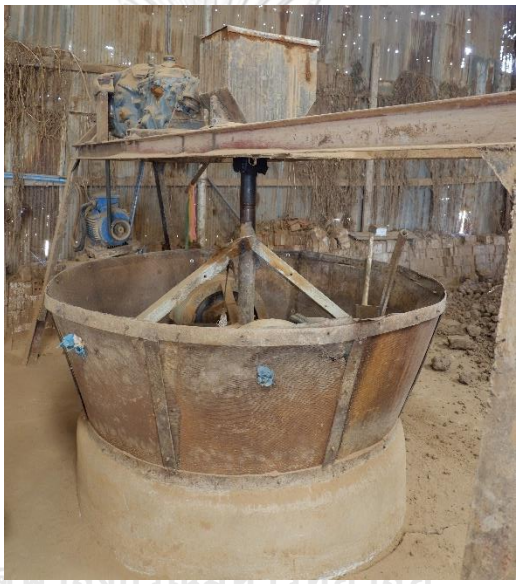
1. Die filling: ในขั้นตอนนี้ปริมาณผงที่ควบคุมได้จะถูกป้อนเข้าไปในโพรงแม่พิมพ์
2. Compaction: อัดขึ้นรูปชิ้นงาน
3. Part Ejection: จากนั้นชิ้นงานจะถูกนำออกจากแม่พิมพ์



รูปที่ 3.1 การอัดขึ้นรูปแบบทิศทางเดียว (Uniaxial Pressing)

กระบวนการผลิตกระเบื้องดินเผาปูพื้นของโรงงานกรณีศึกษา สามารถอธิบายได้ด้วยแผนภาพดังรูปที่ 3.5 โดยสามารถอธิบายรายละเอียดได้ดังนี้

1. ทำการวางแผนการผลิตกระเบื้องปูพื้น ตรวจสอบจำนวนชิ้นงานที่ต้องการผลิต
2. ขั้นตอนในการเตรียมวัตถุดิบ นำดินแดงใส่ลงไปในเครื่องบด (Pan Mill) เพื่อลดขนาดของดินให้มีขนาดเล็กกว่าตะแกรงเบอร์ 10 จากนั้นนำผงดินแดงที่ได้จากการบด คัดขนาดผ่านตะแกรงเบอร์ 4 ก่อนขึ้นกระพ้อลำเลียงและบรรจุผงดินผ่านไปตามสายพานลำเลียงไปยังเครื่องอัดขึ้นรูป



รูปที่ 3.2 เครื่องบด (Pan mill)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

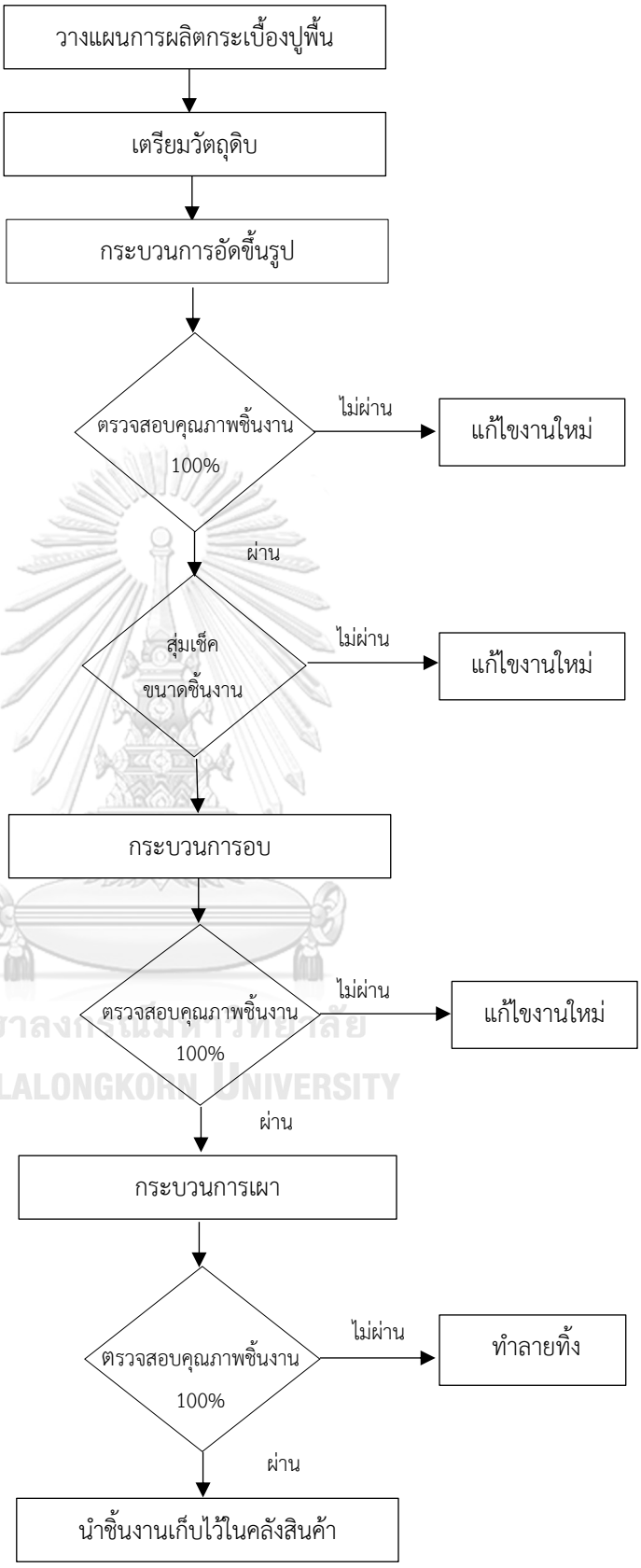
รูปที่ 3.3 ตะแกรงก่อนขึ้นกระพ้อลำเลียง

3. กระบวนการอัดขึ้นรูป เครื่องอัดขึ้นรูปป้อนผงวัตถุดิบเข้าสู่แม่พิมพ์ และใช้แรงขนาด 250 Bar อัดลงบนแม่พิมพ์ (Dry Pressing) จากนั้นชิ้นงานจะถูกนำออกจากแม่พิมพ์

รูปที่ 3.4 เครื่องอัดไฮดรอลิค

4. ทำการตรวจสอบชิ้นงานที่อัดขึ้นรูป 100%
5. บรรจุกระเบื้องที่ผ่านการคัดแยกลงบนพาเลทไม้และคลุมด้วยผ้าใบเพื่อให้กระเบื้องมีความชื้นที่เหมาะสมเพื่อป้องกันรอยแตกร้าว ซึ่งขั้นตอนนี้ใช้เวลาประมาณ 4 สัปดาห์
6. ทำการตรวจสอบชิ้นงาน 100% คัดแยกชิ้นงานที่พบตำหนิและรอยแตกร้าวออกโดยการใช้พนักงานมองที่ชิ้นงาน (Visual Check)
7. กระบวนการเผา เผาชิ้นงานโดยใช้เตาแก๊สที่อุณหภูมิ 830 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 48 ชั่วโมง
8. ทำการตรวจสอบชิ้นงาน 100% คัดแยกชิ้นงานที่พบตำหนิและรอยแตกร้าวออกโดยการใช้พนักงานมองที่ชิ้นงาน (Visual Check)
9. บรรจุกระเบื้องที่ผ่านการคัดแยกลงบนพาเลทไม้ เพื่อรอจัดส่งให้ลูกค้า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



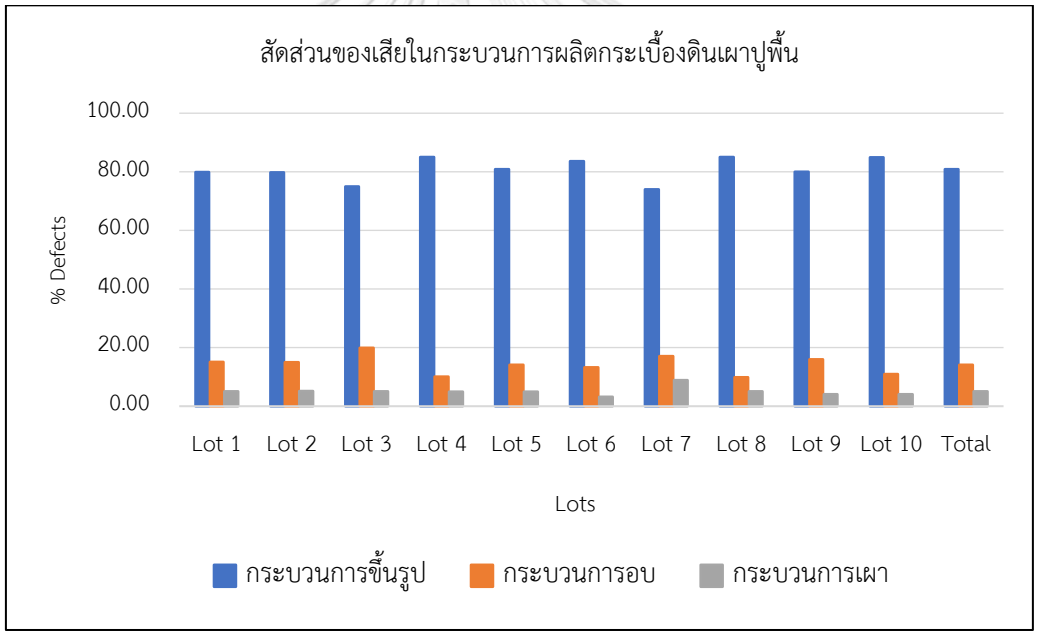
รูปที่ 3.5 แผนภาพกระบวนการผลิตกระเบื้องดินเผาปูพื้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.3 การกำหนดปัญหา

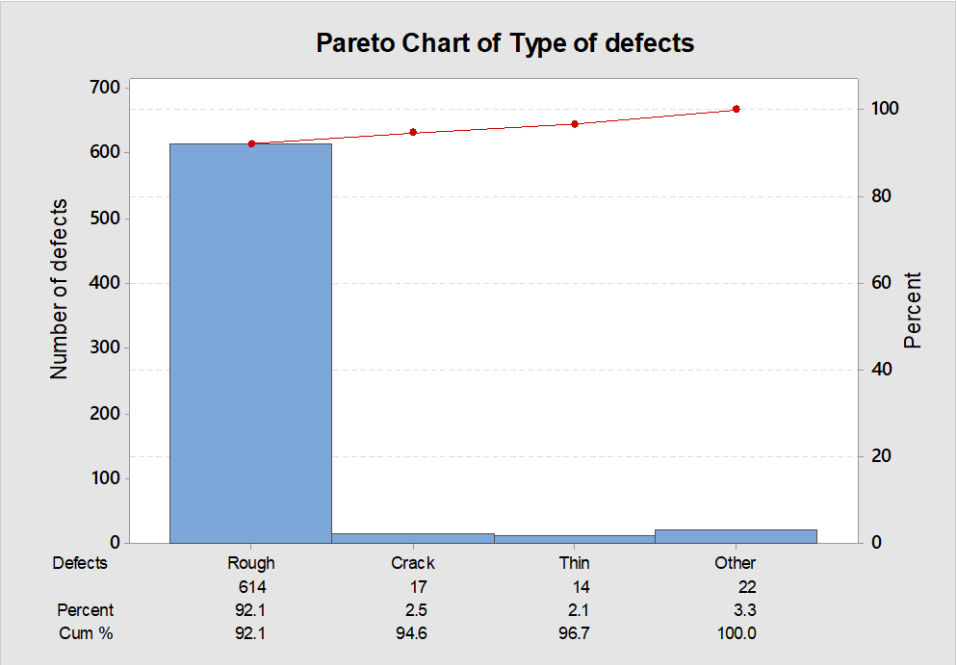
กระบวนการผลิตกระเบื้องดินเผาปูพื้นให้ความสำคัญในด้านคุณภาพของรูปลักษณ์ภายนอกเป็นสำคัญ ซึ่งแต่ละกระบวนการสามารถทำให้เกิดข้อบกพร่องได้จนกลายมาเป็นของเสียที่เกิดขึ้นซึ่งก่อให้เกิดความสูญเสียในด้านต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต ต้นทุนแรงงาน ต้นทุนเครื่องจักรและเวลา

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายในการลดของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตกระเบื้องดินเผาปูพื้น เมื่อทำการเก็บข้อมูลจากกระบวนการผลิตแต่ละขั้นตอนพบว่าในกระบวนการขึ้นรูป (Forming Process) มีแนวโน้มในการเกิดของเสียมากที่สุด ซึ่งมีอัตราการเกิดของเสียโดยเฉลี่ย 10 ล็อต เท่ากับร้อยละ 80 แสดงดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 กราฟแสดงสัดส่วนของเสียในกระบวนการผลิต

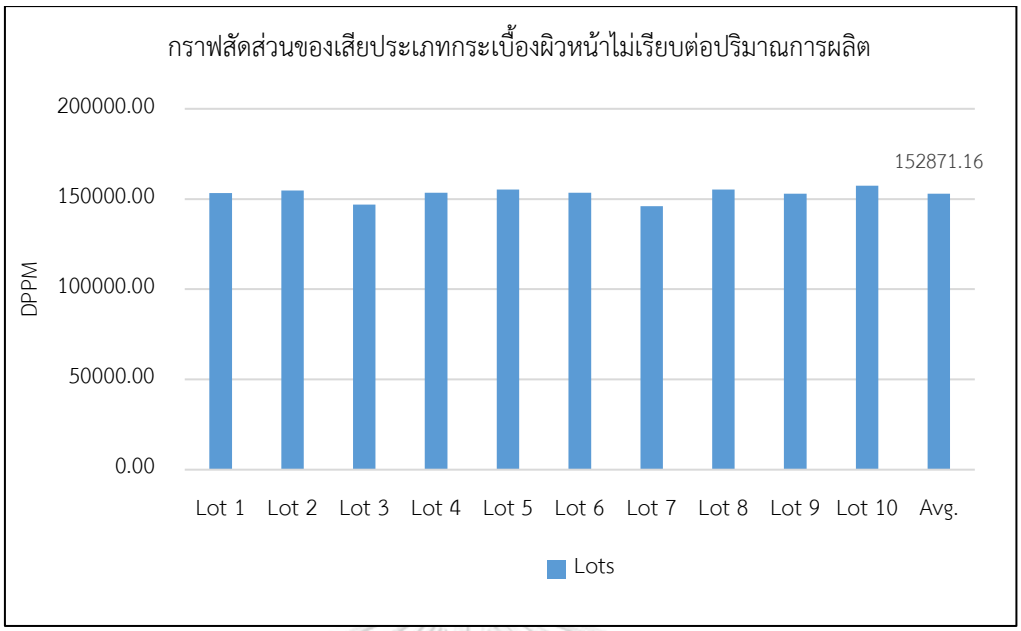
จากการเก็บข้อมูลของเสียในกระบวนการผลิตกระเบื้องดินเผาปูพื้น จำนวน 10 ล็อต สามารถแสดงแผนภาพพาเรโตของข้อมูลของเสียในกระบวนการขึ้นรูปกระเบื้องดินเผาปูพื้น แยกตามประเภทได้ดังแสดงในรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 แผนภาพพาเรโตแยกตามประเภทของเสีย

จากแผนภาพพาเรโตพบว่าปัญหาการเกิดของเสียที่จำเป็นต้องแก้ไขเป็นอันดับแรกคือ ปัญหากระเบื้องผิวหน้าไม่เรียบ (Rough Surface) ซึ่งมีของเสียร้อยละ 92.10 ซึ่งคิดเป็นสัดส่วนปริมาณของเสียที่มากที่สุด

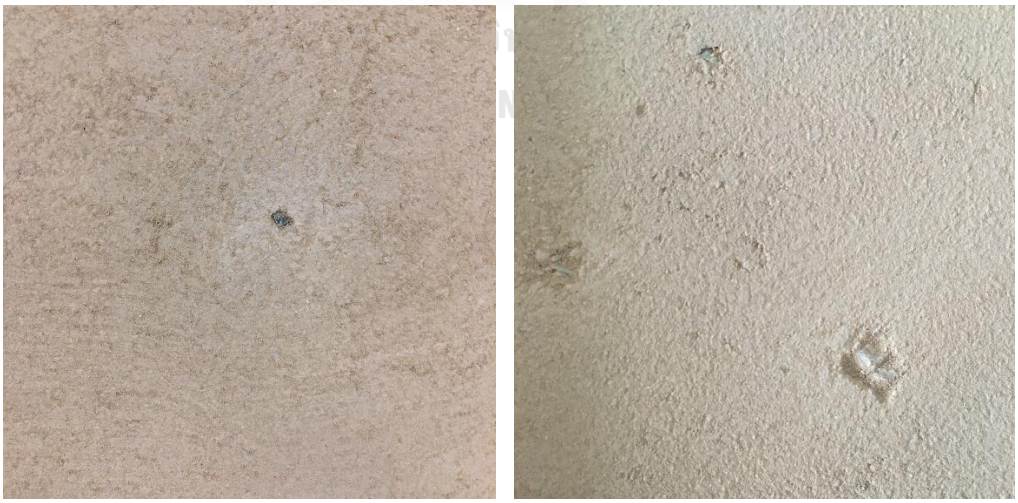
จากการเก็บข้อมูลการผลิตกระเบื้องดินเผาปูพื้นของโรงงานกรณีศึกษาพบว่ามีปริมาณการเกิดของเสียประเภทกระเบื้องผิวหน้าไม่เรียบในกระบวนการขึ้นรูปโดยเฉลี่ยแล้วอยู่ที่ 152,871.16 DPPM ต่อล็อต ดังแสดงในภาพที่ 3.8 ดังนั้นจึงพิจารณาเพื่อปรับปรุงกระบวนการขึ้นรูปกระเบื้องดินเผาปูพื้นเพื่อลดของเสียประเภทกระเบื้องผิวหน้าไม่เรียบ (Rough Surface)



รูปที่ 3.8 กราฟแสดงสัดส่วนของเสียประเภทกระเบื้องผิวหน้าไม่เรียบต่อปริมาณการผลิตในกระบวนการขึ้นรูปกระเบื้องดินเผาปูพื้น

3.3.1 ลักษณะของปัญหากระเบื้องผิวหน้าไม่เรียบ

กระเบื้องผิวหน้าไม่เรียบ (Rough Surface) หมายถึง มีอนุภาคแปลกปลอมขนาด 2.5 - 6 มิลลิเมตร กระจายตัวอยู่บนผิวชิ้นงาน



รูปที่ 3.9 ลักษณะของกระเบื้องผิวหน้าไม่เรียบ (Rough Surface)

3.4 กำหนดเป้าหมายและตัวชี้วัด

เป้าหมายของงานวิจัยนี้คือการลดของเสียที่เกิดจากปัญหากระเบื้องผิวหน้าไม่เรียบ (Rough Surface) ในกระบวนการขึ้นรูปกระเบื้องดินเผาปูพื้น ซึ่งตัวเลขที่จะนำมาชี้วัดเพื่อแสดงปริมาณของเสียในกระบวนการขึ้นรูปกระเบื้องดินเผาปูพื้น จะคิดปริมาณของเสียเป็นหน่วย DPPM (Defect Parts Per Million)

3.5 สรุปนิยามปัญหา

ในขั้นตอนการนิยามปัญหา ผู้วิจัยได้ทำการศึกษากระบวนการผลิตกระเบื้องดินเผาปูพื้นขนาด 8*8 นิ้ว ในโรงงานกรณีศึกษาเพื่อระบุปัญหาที่สำคัญ โดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลในกระบวนการผลิตกระเบื้องดินเผาปูพื้นจำนวน 10 ล็อต เมื่อทำการวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นทั้งหมดในกระบวนการขึ้นรูปโดยการใช้แผนภาพพาเรโตพบว่าปัญหาการเกิดของเสียที่จำเป็นต้องแก้ไขเป็นอันดับแรกคือ ปัญหากระเบื้องผิวหน้าไม่เรียบ (Rough Surface) ซึ่งมีของเสียร้อยละ 92.10 ซึ่งคิดเป็นสัดส่วนปริมาณของเสียที่มากที่สุดในกระบวนการขึ้นรูป โดยสัดส่วนการเกิดของเสียประเภทกระเบื้องผิวหน้าไม่เรียบต่อปริมาณการผลิตในกระบวนการขึ้นรูปกระเบื้องดินเผาปูพื้นโดยเฉลี่ยแล้วอยู่ที่ 152,871.16 DPPM ต่อล็อต และปริมาณการเกิดของเสียยังมีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องซึ่งหากไม่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขอย่างถาวร จะทำให้บริษัทต้องสูญเสียค่าใช้จ่ายต่างๆ ที่เกิดขึ้น สูญเสียชื่อเสียงเพราะสินค้าไม่ได้คุณภาพและอาจจะสูญเสียความน่าเชื่อถือจากการส่งมอบสินค้าที่ล่าช้าได้ จึงเป็นเหตุผลสำคัญในการที่จะแก้ปัญหาดังกล่าวที่เกิดขึ้นต่อไป โดยมีเป้าหมายในการลดปริมาณของเสียประเภทกระเบื้องผิวหน้าไม่เรียบ (Rough Surface) ในกระบวนการขึ้นรูปกระเบื้องดินเผาปูพื้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 4 การวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา

จากขั้นตอนการกำหนดนิยามปัญหา โดยการกำหนดสมาชิกและวิเคราะห์สภาพปัญหาเพื่อเป็นการบ่งชี้ให้เห็นลักษณะของปัญหาแล้ว ในขั้นตอนนี้เป็นการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหาซึ่งเป็นขั้นตอนเพื่อศึกษาถึงแหล่งที่มาอันเป็นสาเหตุของปัญหา ด้วยการใช้เครื่องมือทางสถิติมาช่วยในการศึกษาและทำการวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัดก่อนจะทำการทดลอง

ระบบการวัดเปรียบเสมือนกลไกในการควบคุมผลิตภัณฑ์และกระบวนการเพื่อเป็นการประกันคุณภาพสู่ลูกค้า กระบวนการวัดมีองค์ประกอบที่สำคัญคือ เครื่องมือวัด พนักงานวัด ซึ่งมีสาเหตุมาจากทักษะ ความชำนาญ ประสบการณ์ การฝึกฝน วิธีการวัด ชิ้นงานที่วัดและสิ่งแวดล้อมในการวัด ซึ่งอาจจะมีสาเหตุมาจากอุณหภูมิ ความชื้น และแสงสว่าง จากองค์ประกอบเหล่านี้ที่ไม่เท่ากันส่งผลให้เกิดความผันแปรในระบบการวัด

การวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา เริ่มจากการวิเคราะห์ความถูกต้องและความแม่นยำของระบบการวัด (Gauge R&R) ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลพิจารณาความสามารถของกระบวนการผลิตในปัจจุบันเพื่อใช้เป็นแนวทางในการวิเคราะห์หาสาเหตุ ทำการระดมสมองเพื่อหาปัจจัยนำเข้าที่อาจมีผล (Key Process Input Variable) โดยใช้เครื่องมือต่างๆ เข้าช่วยในการวิเคราะห์ เช่น ผังก้างปลา (Cause & Effect Diagram) ตารางแสดงความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล (Cause & Effect Matrix) และการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode & Effect Analysis: FMEA)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.1 การวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัดแบบข้อมูลตามลักษณะ

การวิเคราะห์ระบบความแม่นยำของเครื่องมือวัดเป็นเรื่องที่ต้องให้ความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากการแก้ไขปัญหาทางด้านคุณภาพหรือการป้องกันการเกิดปัญหาอย่างมีประสิทธิภาพนั้น ต้องมีความมั่นใจในเรื่องของเสถียรภาพของระบบการวัด ซึ่งการวิเคราะห์ระบบการวัดมีจุดประสงค์เพื่อวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนของระบบการวัดในกระบวนการผลิตว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้หรือไม่ โดยการวิเคราะห์เชิงสถิติของระบบการวัด เพื่อทำการแยกแหล่งความผันแปรที่เกิดขึ้นบนชิ้นงาน (Part-to-Part Variation) พนักงานวัด (Appraiser Variation) ความผันแปรร่วม (Interaction Variation)

ระบบการวัดของโรงงานกรณีศึกษา มีลักษณะเป็นการประเมินผลแบบข้อมูลตามลักษณะ (Attribute Data) คือทำการตรวจสอบและประเมินผลโดยการเปรียบเทียบกับข้อกำหนดเฉพาะแล้วได้ผลของข้อมูลออกมาเป็น ยอมรับ/ปฏิเสธ หรือ ผ่าน/ไม่ผ่าน จึงทำการวิเคราะห์ระบบการวัดแบบข้อมูลตามลักษณะ (Attribute Agreement Analysis) ซึ่งจะทำการวิเคราะห์ทั้งความถูกต้องและแม่นยำของระบบการวัด

4.1.1. การออกแบบการวิเคราะห์ความแม่นยำของพนักงาน

ขั้นตอนการออกแบบความแม่นยำของระบบการวัดแบบข้อมูลนับ (Measurement System Analysis of Attribute Data) มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. คัดเลือกทีมงานผู้ชำนาญการเป็นบุคคลที่สามารถแยกแยะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้และลูกค้าให้การยอมรับในการตรวจสอบชิ้นงานที่ถูกคัดเลือกในกระบวนการผลิตทั้ง 20 ชิ้น

2. คัดเลือกชิ้นงานในกระบวนการผลิต 20 ชิ้น ประกอบไปด้วยชิ้นงานที่มีคุณภาพ 7 ชิ้น ชิ้นงานที่ไม่มีคุณภาพ 7 ชิ้น และชิ้นงานที่มีคุณภาพก้ำกึ่งจำนวน 6 ชิ้น แยกเป็นชิ้นงานแบบก้ำกึ่งดีและชิ้นงานก้ำกึ่งเสียอย่างละครึ่ง

3. ทำการคัดเลือกพนักงานที่มีความชำนาญ รวมถึงประสบการณ์ในด้านการตรวจสอบคุณภาพในกระบวนการผลิตทั้งสิ้น 2 คนซึ่งเป็นบุคคลที่สามารถแยกแยะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้

4. ทำการทดลองตามแผนการตรวจสอบที่วางไว้ แสดงในตารางที่ 4.1 ซึ่งพนักงานจะถูกสุ่มอย่างสมบูรณ์ โดยให้พนักงานทำการตรวจสอบและประเมินชิ้นงานตัวอย่างนั้นว่าผ่านหรือไม่ผ่าน ในการตรวจสอบของพนักงานแต่ละคน จะต้องทำซ้ำ 2 ซ้ำ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5. ทำการบันทึกข้อมูลลงในแบบฟอร์ม เพื่อทำการวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัดแบบข้อมูลนับด้วยดัชนี ดังนี้

$$\%\ \text{รีพีททะบิลิตี้ของพนักงานตรวจสอบ} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ผลการตรวจสอบเหมือนกัน}}{\text{จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}}$$

$$\%\ \text{ความไม่ไบอัสของพนักงานตรวจสอบ} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ผลการตรวจสอบเหมือนกันและถูกต้อง}}{\text{จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}}$$

$$\%\ \text{ด้านประสิทธิผลด้านรีพีททะบิลิตี้} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่พนักงานทุกคนตรวจได้เหมือนกัน}}{\text{จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}}$$

$$\%\ \text{ด้านประสิทธิผลด้านไบอัส} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่พนักงานทุกคนตรวจได้เหมือนกันและถูกต้อง}}{\text{จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}}$$

4.1.2. เกณฑ์การยอมรับของระบบการวัด

เกณฑ์การยอมรับของระบบการวัดด้วยวิธีตรวจสอบด้วยตาเปล่า โดยใช้เกณฑ์ของโรงงานกรณีศึกษา แสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.1 แผนการตรวจสอบการวิเคราะห์ระบบการวัด

RunOrder	Parts	Operators
1	14	1
2	9	1
3	19	1
4	20	1
5	13	1
6	15	1
7	3	1
8	4	1
9	1	1
10	11	1
11	17	1
12	6	1
13	7	1
14	2	1
15	18	1
16	16	1
17	8	1
18	10	1
19	12	1
20	5	1
21	9	2
22	14	2
23	10	2
24	8	2
25	6	2
26	5	2
27	15	2
28	19	2
29	17	2
30	7	2
31	2	2
32	18	2
33	16	2
34	13	2
35	4	2
36	12	2
37	11	2
38	1	2
39	3	2
40	20	2

RunOrder	Parts	Operators
41	19	1
42	12	1
43	8	1
44	1	1
45	4	1
46	14	1
47	7	1
48	9	1
49	17	1
50	6	1
51	16	1
52	5	1
53	13	1
54	3	1
55	2	1
56	10	1
57	20	1
58	11	1
59	18	1
60	15	1
61	20	2
62	14	2
63	6	2
64	10	2
65	18	2
66	3	2
67	11	2
68	2	2
69	15	2
70	5	2
71	13	2
72	17	2
73	7	2
74	12	2
75	4	2
76	8	2
77	1	2
78	16	2
79	19	2
80	9	2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เนื่องจากระบบควบคุมคุณภาพของโรงงานกรณีศึกษา ไม่อนุญาตให้ชิ้นงานที่มีปัญหาหลุดรอดถึงมือลูกค้า ดังนั้นจึงกำหนดเกณฑ์การยอมรับของระบบการวัดด้วยวิธีการตรวจสอบปัญหากระเบื้องผิวหน้าไม่เรียบด้วยสายตาให้มีความแม่นยำ ไม่ให้เกิดการผิดพลาด เกณฑ์การยอมรับของระบบการวัด ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 เกณฑ์การยอมรับระบบการวัด

ดัชนี	เกณฑ์การยอมรับ
% รีพีททะบิลิตี้ของพนักงานตรวจสอบ	100%
% ความไม่ไบอัสของพนักงานตรวจสอบ	100%
% ด้านประสิทธิผลด้านรีพีททะบิลิตี้	100%
% ด้านประสิทธิผลด้านไบอัส	100%

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.3 ผลการตรวจสอบการวิเคราะห์ระบบการวัด

ตัวอย่าง	คุณภาพของชิ้นงาน	พนักงานตรวจสอบคนที่ 1		พนักงานตรวจสอบคนที่ 2		พนักงานตรวจสอบได้เหมือนกันทุกครั้ง	พนักงานตรวจสอบได้เหมือนกันอย่างถูกต้อง
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2		
1	G	G	G	G	G	Y	Y
2	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
3	G	G	G	G	G	Y	Y
4	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
5	G	G	G	G	G	Y	Y
6	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
7	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
8	G	G	G	G	G	Y	Y
9	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
10	G	G	G	G	G	Y	Y
11	G	G	G	G	G	Y	Y
12	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
13	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
14	G	G	G	G	G	Y	Y
15	G	G	G	G	G	Y	Y
16	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
17	G	G	G	G	G	Y	Y
18	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
19	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
20	G	G	G	G	G	Y	Y

จากข้อมูลที่แสดงในตารางที่ 4.3

G หมายถึง สิ่งตัวอย่างที่มีคุณภาพดี

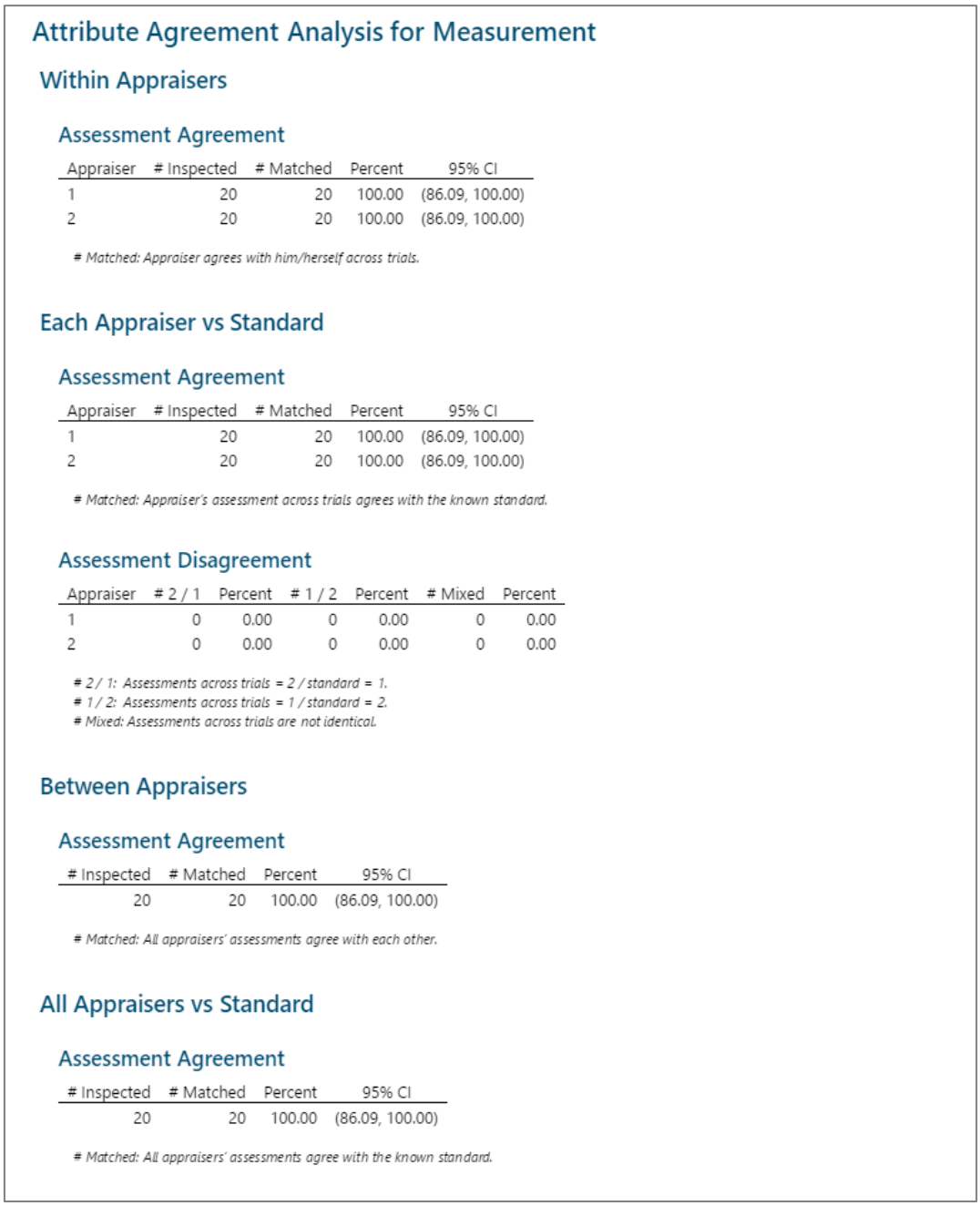
NG หมายถึง สิ่งตัวอย่างที่มีคุณภาพไม่ดี

N หมายถึง การตรวจสอบที่ไม่ซ้ำหรือไม่ถูกต้อง

Y หมายถึง การตรวจสอบที่ซ้ำหรือถูกต้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากการวิเคราะห์โดย Minitab Software ได้แสดงผลการตรวจสอบความสามารถของระดับการวัดของพนักงานตรวจสอบทั้ง 2 คน ดังแสดงในรูปที่ 4.1 และรูปที่ 4.2



Attribute Agreement Analysis for Measurement

Within Appraisers

Assessment Agreement

Appraiser	# Inspected	# Matched	Percent	95% CI
1	20	20	100.00	(86.09, 100.00)
2	20	20	100.00	(86.09, 100.00)

 # Matched: Appraiser agrees with him/herself across trials.

Each Appraiser vs Standard

Assessment Agreement

Appraiser	# Inspected	# Matched	Percent	95% CI
1	20	20	100.00	(86.09, 100.00)
2	20	20	100.00	(86.09, 100.00)

 # Matched: Appraiser's assessment across trials agrees with the known standard.

Assessment Disagreement

Appraiser	# 2 / 1	Percent	# 1 / 2	Percent	# Mixed	Percent
1	0	0.00	0	0.00	0	0.00
2	0	0.00	0	0.00	0	0.00

 # 2 / 1: Assessments across trials = 2 / standard = 1.
 # 1 / 2: Assessments across trials = 1 / standard = 2.
 # Mixed: Assessments across trials are not identical.

Between Appraisers

Assessment Agreement

# Inspected	# Matched	Percent	95% CI
20	20	100.00	(86.09, 100.00)

 # Matched: All appraisers' assessments agree with each other.

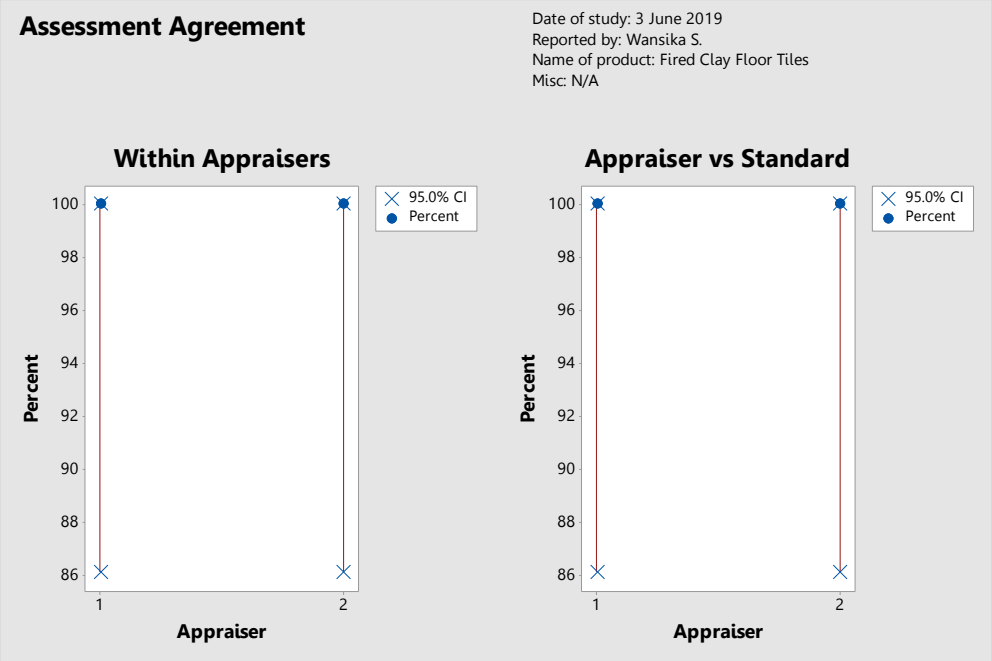
All Appraisers vs Standard

Assessment Agreement

# Inspected	# Matched	Percent	95% CI
20	20	100.00	(86.09, 100.00)

 # Matched: All appraisers' assessments agree with the known standard.

รูปที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ระบบการวัดข้อมูลโดยใช้ Minitab Software



รูปที่ 4.2 กราฟ Attribute Agreement Analysis ของการตรวจสอบปัญหากระเบื้องผิวหน้าไม่เรียบ

จากรูปที่ 4.1 และรูปที่ 4.2 การตรวจสอบความสามารถของระดับการวัดของพนักงาน โดยมีเปอร์เซ็นต์รีพีททะบิลิตี้ของพนักงานตรวจสอบ เปอร์เซ็นต์ความไม่ไบอัสของพนักงานตรวจสอบ เปอร์เซ็นต์ด้านประสิทธิผลด้านรีพีททะบิลิตี้ เปอร์เซ็นต์ด้านประสิทธิผลด้านไบอัส ทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 100% ดังนั้นสรุปได้ว่าพนักงานทั้ง 2 คน มีประสิทธิผลทั้งในแง่ของด้านรีพีททะบิลิตี้และด้านไบอัสของการตรวจสอบที่มีคุณภาพ สรุปได้ว่าความสามารถของกระบวนการวัดแบบข้อมูลนับในการทดสอบครั้งนี้เชื่อถือได้ โดยหลังจากมั่นใจในเรื่องความสามารถของกระบวนการวัดแบบข้อมูลนับแล้วจึงได้ทำการวิเคราะห์หาสาเหตุเพื่อแก้ไขปัญหากระเบื้องผิวหน้าไม่เรียบต่อไป

4.2 การวิเคราะห์ปัญหาจากสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram)

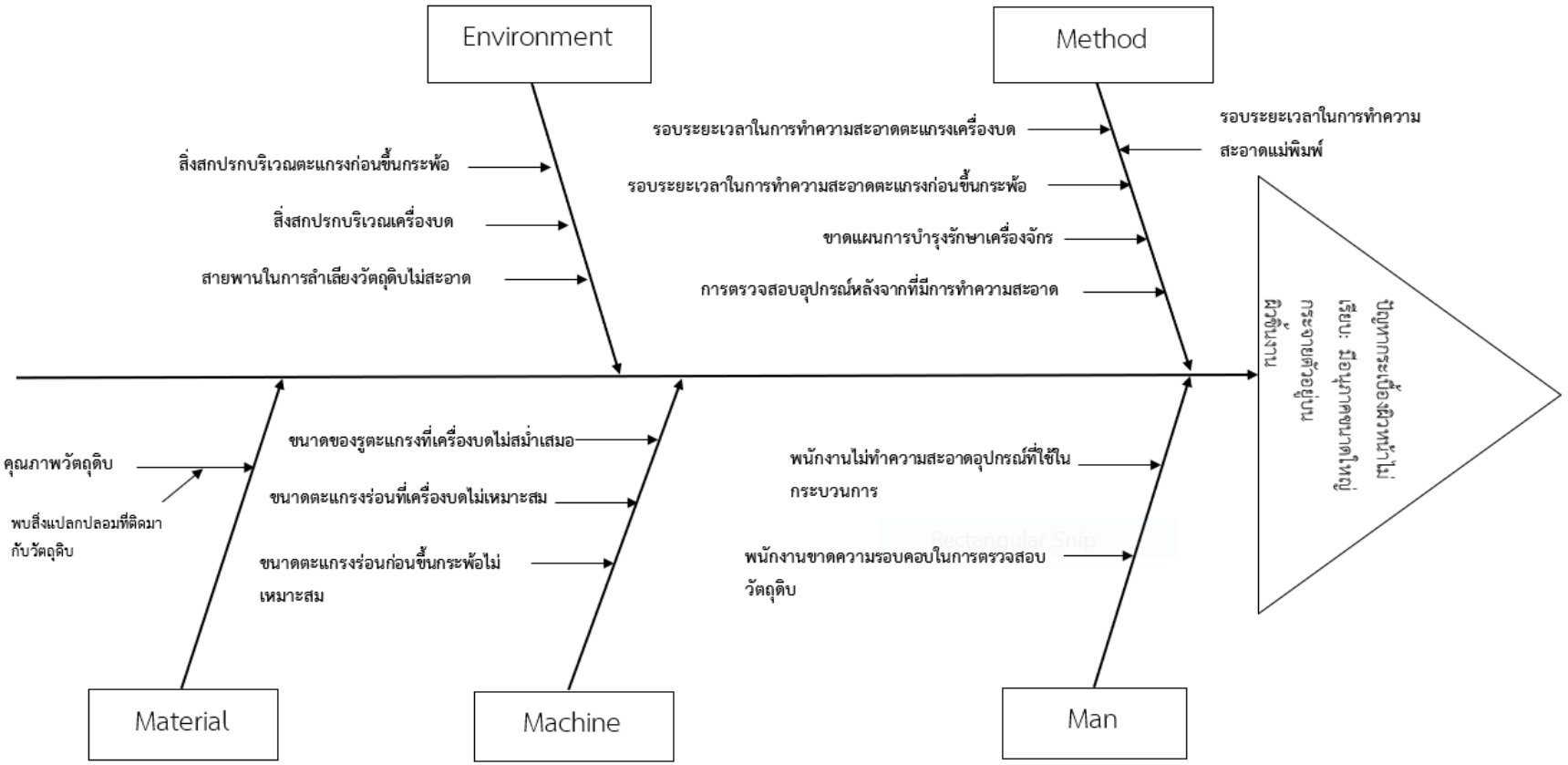
แผนภาพสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) หรือแผนผังก้างปลา (Fish Bone Diagram) จะนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการระดมความคิดจากสมาชิกในทีมที่ได้ทำการคัดเลือกจากผู้ที่มีความรู้ ความชำนาญและผู้ที่ทำงานเกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตกระเบื้องดินเผาปูพื้นโดยตรง การระดมความคิดโดยใช้แผนภาพสาเหตุและผล จะทำการวิเคราะห์โดยพิจารณาแยกสาเหตุของปัญหาที่ส่งผลกระทบให้เกิดกระเบื้องผิวหน้าไม่เรียบ แบ่งออกเป็น 5 หมวดหมู่ ดังนี้

- ปัจจัยที่เกิดจากพนักงาน (Man)
- ปัจจัยที่เกิดจากเครื่องจักร (Machine)
- ปัจจัยที่เกิดจากวัตถุดิบ (Material)
- ปัจจัยที่เกิดจากวิธีการทำงาน (Method)
- ปัจจัยที่เกิดจากสภาพแวดล้อม (Environment)

จากการระดมความคิดของสมาชิกในทีม เพื่อค้นหาสาเหตุที่มีโอกาสเป็นไปได้มากที่สุด ประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

1. ทำการศึกษาขั้นตอนของกระบวนการผลิตกระเบื้องดินเผาปูพื้นอย่างละเอียด
2. ระดมความคิดเพื่อระบุหาปัจจัยที่เป็นไปได้ทั้งหมดที่จะมีผลต่อปัญหากระเบื้องผิวหน้าไม่เรียบ โดยประยุกต์ใช้แผนภาพสาเหตุและผล ซึ่งการระดมความคิดนี้จะเป็นอิสระต่อกันเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เป็นไปได้มากที่สุด ซึ่งปัจจัยที่ได้จากการระดมความคิดจากสมาชิกในทีมแสดงดังรูปที่ 4.3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 4.3 แผนภาพการวิเคราะห์สาเหตุของเสียที่เกิดจากกระเบื้องผิวหน้าไม่เรียบ

4.3 การวิเคราะห์ปัญหาจากการหาความสัมพันธ์สาเหตุและผล(Cause and Effect Matrix)

จากการระดมสมองโดยใช้แผนภาพสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) เพื่อวิเคราะห์สาเหตุของปัญหากระเบื้องผิวหน้าไม่เรียบ (Rough Surface) นั้นมีสาเหตุความเป็นไปได้เป็นจำนวน 14 ปัจจัย จึงมีความจำเป็นที่ต้องค้นหาปัจจัยหลักที่ส่งผลให้เกิดกระเบื้องผิวหน้าไม่เรียบ โดยนำปัญหามาให้คะแนนเพื่อหาความสัมพันธ์สาเหตุและผล (Cause and Effect Matrix) ซึ่งจะทำให้สามารถคัดเลือกเฉพาะปัจจัยที่สอดคล้องกับตัวแปรตอบสนองที่ส่งผลต่อการเกิดกระเบื้องผิวหน้าไม่เรียบ สามารถทำได้ดังขั้นตอนต่อไปนี้

1. ศึกษารายละเอียดของปัจจัยที่เกี่ยวข้องทั้งหมด 14 ปัจจัย จากนั้นนำข้อมูลของทั้ง 14 ปัจจัยมาใส่ในตาราง Cause and Effect Matrix โดยให้สมาชิกทุกคนลงคะแนนให้ทุกปัจจัย ซึ่งการให้คะแนนขึ้นอยู่กับความรู้ ความสามารถและประสบการณ์ของแต่ละคน โดยการให้คะแนนของสมาชิกในทีมเป็นอิสระต่อกัน ไม่มีการปรึกษากัน โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 เกณฑ์การให้คะแนนการประเมินความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผล

ระดับความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผล	คะแนน
1. ต่ำมาก : ไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยนั้นกับตัวแปรตอบสนอง	0
2. ต่ำ : มีความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยนั้นกับตัวแปรตอบสนองน้อย	1
3. ปานกลาง : มีความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยนั้นกับตัวแปรตอบสนองปานกลาง	3
4. สูง : มีความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยนั้นกับตัวแปรตอบสนองมาก	9

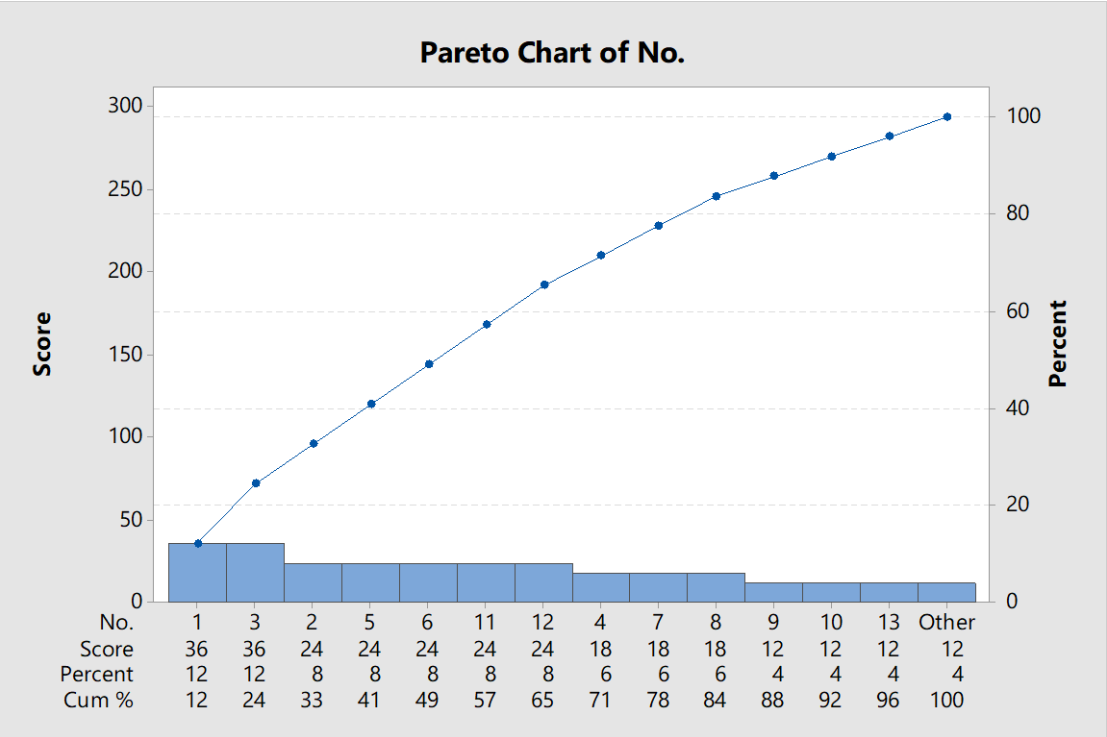
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2. ผู้วิจัยทำการรวบรวมคะแนนที่ได้ทั้งหมดของแต่ละปัจจัยและทำการสรุปผลคะแนนลงในตารางแสดงสาเหตุและผล (Cause and Effect Matrix) ดังแสดงในตารางที่ 4.5 จากนั้นนำคะแนนที่ได้มาจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยโดยเรียงลำดับคะแนนจากมากไปน้อยด้วยแผนภาพพาเรโตแสดงดังรูปที่

ตารางที่ 4.5 ตารางความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล (C-E Matrix)

ลำดับที่	ปัจจัย (factors)	รายการสาเหตุและตัวแปรที่เป็นปัจจัยป้อนเข้า	รวม
1	Machine	ขนาดของรูตะแกรงที่เครื่องบดไม่สม่ำเสมอ	36
2		ขนาดตะแกรงร่อนที่เครื่องบดไม่เหมาะสม	24
3		ขนาดตะแกรงร่อนก่อนขึ้นกระพ้อไม่เหมาะสม	36
4	Method	รอบระยะเวลาในการทำความสะอาดตะแกรงเครื่องบด	18
5		รอบระยะเวลาในการทำความสะอาดตะแกรงก่อนขึ้นกระพ้อ	24
6		ขาดแผนการบำรุงรักษาเครื่องจักร	24
7		การตรวจสอบอุปกรณ์หลังจากที่มีการทำความสะอาด	18
8		รอบระยะเวลาในการทำความสะอาดแม่พิมพ์	18
9	Man	พนักงานไม่ทำความสะอาดอุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการ	12
10		พนักงานขาดความรอบคอบในการตรวจสอบวัตถุดิบ	12
11	Material	พบสิ่งแปลกปลอมที่ติดมากับวัตถุดิบ	24
12	Environment	สิ่งสกปรกบริเวณตะแกรงก่อนขึ้นกระพ้อ	24
13		สิ่งสกปรกบริเวณเครื่องบด	12
14		สายพานในการลำเลียงวัตถุดิบไม่สะอาด	12
รวม			294

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 4.4 แผนภาพพาเรโตแสดงลำดับความสำคัญของปัจจัยนำเข้า

จากการระดมสมองของสมาชิกในทีมพบว่ามีปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเกิดปัญหาผิวหน้าของกระเบื้องไม่เรียบซึ่งเกิดจากการที่มีอนุภาคแปลกปลอมขนาดใหญ่กระจายตัวอยู่บนผิวชิ้นงาน 14 ปัจจัย จากนั้นจึงนำผลไปทำการเรียงลำดับความสำคัญตามแผนภาพพาเรโต พบว่าปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อปัญหาผิวหน้าของกระเบื้องไม่เรียบ มีทั้งหมด 10 ปัจจัย ดังแสดงในตารางที่ 4.6 โดยเป็นผลรวมของคะแนนเท่ากับ 246 คะแนนจากคะแนนทั้งหมด 294 คะแนน คิดเป็น 84% ของคะแนนรวมทั้งหมด

ตารางที่ 4.6 ตารางแสดงปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อปัญหาผิวหน้าของกระเบื้องไม่เรียบ

ลำดับที่	ปัจจัย(factors)	รายการสาเหตุและตัวแปรที่เป็นปัจจัยป้อนเข้า	รวม
1	Machine	ขนาดของรูตะแกรงที่เครื่องบดไม่สม่ำเสมอ	36
2		ขนาดตะแกรงร่อนที่เครื่องบดไม่เหมาะสม	24
3		ขนาดตะแกรงร่อนก่อนขึ้นกระพ้อลำเลียง (Bucket Elevator) ไม่เหมาะสม	36
4	Method	รอบระยะเวลาในการทำความสะอาดตะแกรงเครื่องบด	18
5		รอบระยะเวลาในการทำความสะอาดตะแกรงก่อนขึ้นกระพ้อลำเลียง (Bucket Elevator)	24
6		ขาดแผนการบำรุงรักษาเครื่องจักร	24
7		การตรวจสอบอุปกรณ์หลังจากที่มีการทำความสะอาด	18
8		รอบระยะเวลาในการทำความสะอาดแม่พิมพ์	18
9	Material	พบสิ่งแปลกปลอมที่ติดมากับวัตถุดิบ	24
10		สิ่งสกปรกบริเวณตะแกรงก่อนขึ้น กระพ้อลำเลียง (Bucket Elevator)	24
11	รวม		246

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.4 การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis)

จากการพิจารณาและคัดเลือกปัจจัยที่มีความสำคัญต่อเกิดปัญหาผิวหน้าของกระเบื้องไม่เรียบซึ่งเกิดจากการที่มีอนุภาคแปลกปลอมขนาดใหญ่กระจายตัวอยู่บนผิวชิ้นงาน ในกระบวนการขึ้นรูปกระเบื้องดินเผาปูพื้น โดยการหาความสัมพันธ์สาเหตุและผล (Cause and Effect Matrix) จำนวน 10 ปัจจัย ในขั้นตอนนี้จะนำปัจจัยที่ถูกเลือกมาทำการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis) เพื่อศึกษาถึงลักษณะข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นของแต่ละปัจจัย ก่อนที่จะนำไปปรับปรุงแก้ไขในกระบวนการถัดไป ซึ่งขั้นตอนในการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) มีดังนี้

1. ทำการระดมความคิดจากคณะทำงานซึ่งเป็นกลุ่มเดียวกับที่ทำการวิเคราะห์ปัญหาจากการหาความสัมพันธ์สาเหตุและผล (Cause and Effect Matrix)

2. นำปัจจัยนำเข้า (Key Process Input Variable) ทั้ง 10 ปัจจัย ที่ได้จากการวิเคราะห์ปัญหาจากการหาความสัมพันธ์สาเหตุและผล (Cause and Effect Matrix) มาทำการประเมินผลและบันทึกลงในแบบฟอร์มมาตรฐาน

3. พิจารณาลักษณะข้อบกพร่องในแต่ละปัจจัย และบันทึกข้อบกพร่องของแต่ละตัวแปรตอบสนองที่ทำการศึกษา

4. ประเมินระดับความรุนแรงของผลกระทบของตัวแปรที่ศึกษา

5. คณะทำงานวิเคราะห์สาเหตุที่เป็นไปได้ ที่เป็นที่มาในการเกิดลักษณะข้อบกพร่อง จากการประเมินความถี่ที่สาเหตุดังกล่าวมีโอกาสที่จะเกิดขึ้น โดยใช้ความรู้ ความชำนาญและประสบการณ์ของสมาชิกในทีม

6. พิจารณาระบบการควบคุมในปัจจุบัน เพื่อป้องกันและตรวจสอบข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นและแก้ไขก่อนส่งมอบให้ลูกค้า จากนั้นประเมินคะแนนประสิทธิภาพการตรวจจับในปัจจุบัน

7. คำนวณตัวเลขแสดงลำดับความสำคัญของความเสี่ยง (Risk Priority Number) โดยการนำพารามิเตอร์ 3 ตัว คือ ระดับความรุนแรงของผลกระทบของตัวแปรที่ศึกษา*ระดับความถี่ของการเกิดสาเหตุ ความล้มเหลวหรือความผิดพลาด*ระดับความสามารถในการตรวจจับปัญหานั้นก่อนที่จะส่งมอบ และบันทึกลงในตารางแสดงการประเมินผล

โดยเกณฑ์ในการพิจารณาคะแนนของ Risk Priority Number (RPN) มีการคำนวณค่า RPN ได้มาจากผลคูณของค่าพารามิเตอร์ 3 ตัว คือ O*S*D เมื่อ

O = Occurrence คือ ระดับความถี่ของการเกิดสาเหตุ ความล้มเหลวหรือความผิดพลาด

S = Severity คือ ระดับความรุนแรงของผลกระทบเมื่อเกิดปัญหา

D = Detection คือ ระดับความสามารถในการตรวจจับปัญหานั้นก่อนที่จะส่งมอบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.7 เกณฑ์การประเมินความรุนแรงของผลกระทบ (AIAG, 2001)

ผลกระทบจากข้อบกพร่อง	**ความรุนแรงของผลกระทบที่มีต่อผู้ใช้ผลิตภัณฑ์**	**ความรุนแรงของผลกระทบที่มีต่อกระบวนการภายใน**	**คะแนน**
เกิดอันตรายโดยไม่มีการเตือน	มีผลกระทบต่อความปลอดภัยของผู้ใช้หรือขัดต่อกฎหมายโดยไม่มีการเตือนล่วงหน้า	มีผลกระทบต่อการเกิดอันตรายต่อพนักงาน (หรือเครื่องจักร) โดยไม่มีการเตือนล่วงหน้า	10
เกิดอันตรายโดยมีการเตือน	มีผลกระทบต่อความปลอดภัยของผู้ใช้หรือขัดต่อกฎหมายโดยมีการเตือนล่วงหน้า	มีผลกระทบต่อการเกิดอันตรายต่อพนักงาน (หรือเครื่องจักร) โดยมีการเตือนล่วงหน้า	9
ผลกระทบสูงมาก	ผลิตภัณฑ์ไม่สามารถใช้งานได้ (เนื่องจากสูญเสียหน้าที่หลัก)	ผลิตภัณฑ์ทั้งหมด (100%) อาจต้องถูกทำลายหรือส่งเข้าซ่อมแซมที่แผนกซ่อมบำรุงโดยใช้เวลามากกว่า 1 ชั่วโมง	8
ผลกระทบสูง	ผลิตภัณฑ์นำไปใช้งานได้แต่ระดับสมรรถนะลดลงจนทำให้ลูกค้าไม่พอใจมาก	อาจจะมีการตรวจสอบผลิตภัณฑ์แบบคัดเลือก (sorting) และผลิตภัณฑ์บางส่วน (น้อยกว่า 100%) อาจถูกทำลาย หรือส่งเข้าซ่อมแซมที่แผนกซ่อมบำรุงระหว่างครึ่งถึงหนึ่งชั่วโมง	7
ผลกระทบปานกลาง	ผลิตภัณฑ์นำไปใช้งานได้แต่ขาดความสะดวกสบายและทำให้ลูกค้าไม่พอใจ	ผลิตภัณฑ์บางส่วน (น้อยกว่า 100%) อาจถูกทำลายและไม่ต้องตรวจสอบแบบคัดเลือก (sorting) หรือส่งเข้าซ่อมแซมที่แผนกซ่อมบำรุงใช้เวลาต่ำกว่า 1 ชั่วโมง	6

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ผลกระทบจากข้อบกพร่อง	ความรุนแรงของผลกระทบที่มีต่อผู้ใช้ผลิตภัณฑ์	ความรุนแรงของผลกระทบที่มีต่อกระบวนการภายใน	คะแนน
ผลกระทบต่ำ	ผลิตภัณฑ์นำไปใช้งานได้ด้วยความสะดวกสบายแต่ระดับสมรรถนะลดลง	ผลิตภัณฑ์ทั้งหมด (100%) อาจต้องได้รับการรีเวิร์ก หรือได้รับการซ่อมแซมนอกสายการผลิตที่ฝ่ายผลิต	5
ผลกระทบต่ำมาก	ความเรียบร้อยของผลิตภัณฑ์ไม่ดีนัก ลูกค้าส่วนใหญ่ (มากกว่า 75%) สามารถสังเกตเห็นข้อบกพร่องได้	ผลิตภัณฑ์อาจได้รับการตรวจสอบแบบคัดเลือก (sorting) โดยไม่มีผลิตภัณฑ์ที่ต้องถูกทำลายแต่บางส่วน (ต่ำกว่า 100%) อาจได้รับการรีเวิร์ก	4
ผลกระทบเล็กน้อย	ความเรียบร้อยของผลิตภัณฑ์ไม่ดีนัก ลูกค้าประมาณครึ่งหนึ่งสามารถสังเกตเห็นข้อบกพร่องได้	ผลิตภัณฑ์บางส่วน (ต่ำกว่า 100%) อาจต้องได้รับการรีเวิร์กในสายการผลิตแต่นอกจุดปฏิบัติงานที่ต้องถูกทำลาย	3
เกือบไม่มีผลกระทบ	ความเรียบร้อยของผลิตภัณฑ์ไม่ดีนัก ลูกค้าส่วนน้อย (ต่ำกว่า 25%) สามารถสังเกตเห็นข้อบกพร่องได้	ผลิตภัณฑ์บางส่วน (ต่ำกว่า 100%) อาจต้องได้รับการรีเวิร์กในสายการผลิตที่จุดปฏิบัติงาน โดยไม่มีผลิตภัณฑ์ที่ต้องถูกทำลาย	2
ไม่มีผลกระทบ	ไม่มีผลกระทบที่สังเกตได้	อาจมีความไม่สะดวกสบายเล็กน้อยต่อการปฏิบัติงานหรือตัวพนักงานหรือไม่มีผลกระทบใดๆ	1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 4.8 เกณฑ์การประเมินผลโอกาสการเกิดขึ้นของข้อบกพร่อง (AIAG, 2001)

โอกาสในการเกิด	**ความถี่ในการเกิดข้อบกพร่อง**	**คะแนน**
สูงมาก : เกิดข้อบกพร่องเป็นประจำ	≥ 100,000 (หรือ 10%)	10
	50,000(หรือ 5%)	9
สูง : เกิดข้อบกพร่องบ่อย	20,000(หรือ 2%)	8
	10,000 (หรือ 1%)	7
ปานกลาง : เกิดข้อบกพร่องเป็นครั้งคราว	5,000 (หรือ 0.5%)	6
	2,000 (หรือ 0.2%)	5
	1,000 (หรือ 0.1%)	4
ต่ำ : เกิดข้อบกพร่องค่อนข้างน้อย	500	3
	100	2
ห่างไกล : เกือบไม่มีโอกาสเกิดข้อบกพร่องเลย	≤ 10	1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 4.9 เกณฑ์การประเมินผลการตรวจจับของระบบควบคุม (AIAG, 2001)

การตรวจจับ	**กฎเกณฑ์**	**คะแนน**
เกือบเป็นไปไม่ได้	ไม่มีระบบการตรวจจับใดๆ	10
ห่างไกลมาก	มีระบบควบคุม แต่ไม่สามารถตรวจจับข้อบกพร่องได้	9
ห่างไกล	มีระบบควบคุม แต่มีโอกาสน้อยมากที่จะตรวจจับข้อบกพร่องได้	8
ต่ำมาก	มีระบบควบคุม แต่มีโอกาสน้อยมากที่จะตรวจจับข้อบกพร่องได้	7
ต่ำ	มีระบบควบคุมและอาจจะตรวจจับข้อบกพร่องได้	6
ปานกลาง	มีระบบควบคุมและมีโอกาสสูงที่จะตรวจจับข้อบกพร่องได้	5
ค่อนข้างสูง	มีระบบควบคุมและมีโอกาสสูงที่จะตรวจจับข้อบกพร่องได้	4
สูง	มีระบบควบคุมและเกือบจะมั่นใจได้ว่าสามารถตรวจจับข้อบกพร่องได้	3
สูงมาก	มีระบบการควบคุมและมั่นใจได้ว่าสามารถตรวจจับข้อบกพร่องได้	2
สูงมาก	มีระบบการควบคุมตอนนี้ค่อนข้างแน่นอนที่จะป้องกันความผิดพลาดและมั่นใจได้ว่าสามารถตรวจจับข้อบกพร่องได้	1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

เพื่อเป็นแนวทางให้กับคณะทำงาน สำหรับการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบการเกิดปัญหากระเบื้องผิวไม่เรียบ ในการให้คะแนนจึงได้กำหนดคะแนนเพื่อใช้หลักการร่วมกัน 4 ระดับ เนื่องจากหากใช้เกณฑ์ 10 ระดับ สมาชิกของคณะทำงานบอกความแตกต่างของระดับได้ยาก เพราะระดับใกล้เกินไป โดยมีเกณฑ์ระดับ ดังนี้

Severity: ความรุนแรงของผลกระทบเมื่อเกิดปัญหา

10: ทำให้เกิดของเสียจากข้อบกพร่องประเภทกระเบื้องผิวไม่เรียบ ไม่สามารถนำกลับมาทำซ้ำใหม่ได้เลย

7: ทำให้เกิดของเสียจากข้อบกพร่องประเภทกระเบื้องผิวไม่เรียบ สามารถนำกลับมาทำซ้ำใหม่ได้เป็นส่วนน้อย

4: ทำให้เกิดของเสียจากข้อบกพร่องประเภทกระเบื้องผิวไม่เรียบ สามารถนำกลับมาทำใหม่ได้เป็นส่วนใหญ่

1: ทำให้เกิดของเสียจากข้อบกพร่องประเภทกระเบื้องผิวไม่เรียบ ไม่สามารถนำกลับมาทำใหม่ได้เลย

Occurrence: โอกาสที่จะเกิดสาเหตุนี้ แล้วทำให้มีของเสียเกิดขึ้น

10: เกิดบ่อยมาก

7: เกิดบ่อย

4: เกิดน้อย

1: แทบไม่เกิด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Detection: ความสามารถในการตรวจจับปัญหานั้นก่อนที่จะส่งมอบ

10: ตรวจสอบป้องกันเกือบไม่ได้เลย

7: ตรวจสอบป้องกันได้ส่วนน้อย

4: ตรวจสอบป้องกันได้ส่วนใหญ่

1: ตรวจสอบป้องกันได้เกือบทั้งหมด

ตารางที่ 4.10 ผลการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ

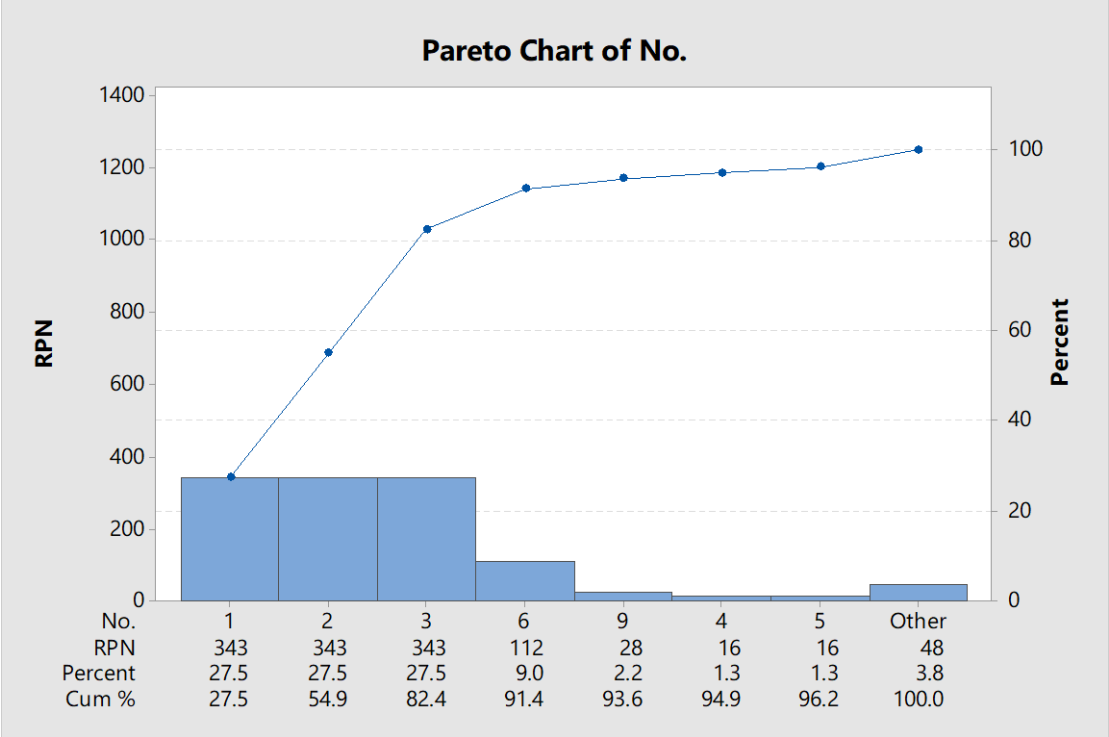
ลำดับ	ลักษณะข้อบกพร่อง	ผลกระทบของข้อบกพร่อง	S	สาเหตุของข้อบกพร่อง	O	การควบคุมในปัจจุบัน	D	RPN
1	ขนาดรูตะแกรงของเครื่องบดไม่สม่ำเสมอ	พบอนุภาคแปลกปลอมขนาดใหญ่ปรากฏที่ผิวชิ้นงาน	7	ตะแกรงที่ใช้เสื่อมสภาพชำรุด สึกหรอ	7	ตรวจสอบและซ่อมบำรุงโดยทีมช่างเมื่อเกิดปัญหาเท่านั้น	7	343
2	ขนาดตะแกรงร่อนของเครื่องบดไม่เหมาะสม	พบอนุภาคแปลกปลอมขนาดใหญ่ปรากฏที่ผิวชิ้นงาน	7	ขนาดตะแกรงร่อนของเครื่องบดใหญ่เกินไป	7	ไม่มีการตรวจสอบ	7	343
3	ขนาดตะแกรงร่อนก่อนขึ้นกระพ้อลำเลียง (Bucket Elevator) ไม่เหมาะสม	พบอนุภาคแปลกปลอมขนาดใหญ่ปรากฏที่ผิวชิ้นงาน	7	ขนาดตะแกรงร่อนก่อนขึ้นกระพ้อลำเลียง (Bucket Elevator) ใหญ่เกินไป	7	ไม่มีการตรวจสอบ	7	343
4	รอบระยะเวลาในการทำความสะอาดตะแกรงเครื่องบด	พบอนุภาคแปลกปลอมขนาดใหญ่ปรากฏที่ผิวชิ้นงาน	4	รอบระยะเวลาในการทำความสะอาดยาวเกินไป ทำให้อุปกรณ์ต่างๆ ยังมีความสกปรก	4	มีการทำความสะอาดก่อนเริ่มกระบวนการ	1	16

ลำดับ	ลักษณะข้อบกพร่อง	ผลกระทบของข้อบกพร่อง	S	สาเหตุของข้อบกพร่อง	O	การควบคุมในปัจจุบัน	D	RPN
5	รอบระยะเวลาในการทำความสะอาดตะแกรงก่อนขึ้น กระพ้อลำเลียง (Bucket Elevator)	พบอนุภาคแปลกปลอมขนาดใหญ่ปรากฏที่ผิวชิ้นงาน	4	รอบระยะเวลาในการทำความสะอาดยาวเกินไป ทำให้อุปกรณ์ต่างๆ ยังมีความสกปรก	4	มีการตรวจสอบความสะอาดตะแกรง ก่อนเริ่มกระบวนการ	1	16
6	ขาดแผนการบำรุงรักษาเครื่องจักร	พบอนุภาคแปลกปลอมขนาดใหญ่ปรากฏที่ผิวชิ้นงาน	4	เครื่องจักรมีการเสื่อมสภาพชำรุด สึกหรอ	7	ตรวจสอบและซ่อมบำรุงโดยทีมช่าง	4	112
7	การตรวจสอบอุปกรณ์หลังจากที่มีการทำความสะอาด	พบอนุภาคแปลกปลอมขนาดใหญ่ปรากฏที่ผิวชิ้นงาน	4	ไม่มีการตรวจสอบอุปกรณ์หลังจากที่มีการทำความสะอาด	4	ตรวจสอบการทำงานของพนักงานโดยหัวหน้างาน	1	16
8	รอบระยะเวลาในการทำความสะอาดแม่พิมพ์	พบอนุภาคแปลกปลอมขนาดใหญ่ปรากฏที่ผิวชิ้นงาน	4	รอบระยะเวลาในการทำความสะอาดไม่เหมาะสม	4	กำหนดรอบระยะเวลาการทำความสะอาดแม่พิมพ์	1	16

ลำดับ	ลักษณะข้อบกพร่อง	ผลกระทบของข้อบกพร่อง	S	สาเหตุของข้อบกพร่อง	O	การควบคุมในปัจจุบัน	D	RPN
9	พบสิ่งแปลกปลอมที่ติดมากับวัตถุดิบ	พบอนุภาคแปลกปลอมขนาดใหญ่ปรากฏที่ผิวชิ้นงาน	4	ไม่มีการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบก่อนเข้ากระบวนการผลิต/คุณภาพวัตถุดิบที่ใช้ไม่ได้ตามมาตรฐาน	7	มีการสุ่มตรวจคุณภาพวัตถุดิบก่อนนำไปใช้ในกระบวนการ	1	28
10	สิ่งสกปรกบริเวณตะแกรงก่อนขึ้นกระพ้อลำเลียง (Bucket Elevator)	พบอนุภาคแปลกปลอมขนาดใหญ่ปรากฏที่ผิวชิ้นงาน	4	ไม่มีการตรวจสอบอุปกรณ์หลังจากที่มีการทำความสะอาด	4	มีการทำความสะอาดก่อนเริ่มกระบวนการ	1	16

CHULALONGKORN UNIVERSITY จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากผลการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) ในตารางที่ 4.10 จะต้องนำผลคะแนน RPN มาจัดเรียงในแผนภาพพาเรโตดังรูปที่ 4.5 เพื่อพิจารณาลำดับความสำคัญของแต่ละปัจจัยที่ก่อให้เกิดปัญหากระเบื้องผิวหน้าไม่เรียบ



รูปที่ 4.5 แผนภาพพาเรโตแสดงค่าลำดับคะแนนความเสี่ยง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากรูปที่ 4.5 แผนภาพพาเรโตแสดงค่าลำดับคะแนนความเสี่ยง จากการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ จะสามารถสรุปลำดับความสำคัญของแต่ละปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหากระเบื้องผิวหน้าไม่เรียบ ได้ดังนี้

1. ขนาดรูตะแกรงของเครื่องบดไม่สม่ำเสมอ
2. ขนาดตะแกรงร่อนของเครื่องบดไม่เหมาะสม
3. ขนาดตะแกรงร่อนก่อนขึ้นกระพ้อลำเลียง (Bucket Elevator) ไม่เหมาะสม

4.5 สรุปขั้นตอนการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา

ในขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา ซึ่งจำแนกเป็น 2 ส่วนหลัก คือ การวิเคราะห์ระบบการวัดและการหาสาเหตุหลักของปัญหา

โดยเริ่มจากการวิเคราะห์ความถูกต้องแม่นยำของระบบการวัด เพื่อให้มั่นใจว่าระบบการวัดมีความน่าเชื่อถือ ซึ่งจากการตรวจสอบความสามารถของระดับการวัดของพนักงานทุกคน โดยมีเปอร์เซ็นต์รีพีททะบิลิตี้ของพนักงานตรวจสอบ เปอร์เซ็นต์ความไม่ไบอัสของพนักงานตรวจสอบ เปอร์เซ็นต์ด้านประสิทธิผลด้านรีพีททะบิลิตี้ เปอร์เซ็นต์ด้านประสิทธิผลด้านไบอัส ทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 100% ดังนั้น สรุปได้ว่าความสามารถของกระบวนการวัดแบบข้อมูลนับในการทดสอบครั้งนี้เชื่อถือได้สามารถนำไปวัดผลจากกระบวนการที่ทำการศึกษาเพื่อใช้วิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

จากการวิเคราะห์ปัญหาจากสาเหตุและผลโดยใช้ผังก้างปลา (Fish Bone Diagram) พบว่าปัจจัยนำเข้ามีทั้งหมด 14 ปัจจัยที่คาดว่าจะส่งผลต่อการเกิดปัญหากระเบื้องผิวหน้าไม่เรียบ จากนั้นนำทั้ง 14 ปัจจัยมาคัดกรองโดยใช้เทคนิคการหาความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล (Cause and Effect Matrix) แล้วนำมาจัดเรียงลำดับความสำคัญของปัจจัยโดยใช้แผนภาพพาเรโต พบว่าปัจจัยนำเข้าที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองมีทั้งหมด 10 ปัจจัย จากนั้นจะนำปัจจัยเหล่านี้ไปทำการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis)

การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) เพื่อคัดกรองปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปัญหากระเบื้องผิวหน้าไม่เรียบ โดยเรียงลำดับความสำคัญด้วยแผนภาพพาเรโตของตัวเลขแสดงลำดับความสำคัญของความเสี่ยง (RPN) พบว่าปัจจัยนำเข้าที่สำคัญมี 3 ปัจจัย คือ ขนาดรูตะแกรงของเครื่องบดไม่สม่ำเสมอ, ขนาดตะแกรงร่อนของเครื่องบดไม่เหมาะสมและขนาดตะแกรงร่อนก่อนขึ้นกระพ้อลำเลียง (Bucket Elevator) ไม่เหมาะสม โดยจะนำปัจจัยเหล่านี้ไปทำการวิเคราะห์ความมีนัยสำคัญในขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 5 การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

ในขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาที่มีนัยสำคัญต่อการเกิดปัญหากระเบื้องผิวหน้าไม่เรียบ โดยอาศัยวิธีการทางสถิติ ซึ่งประกอบไปด้วยขั้นตอนที่สำคัญคือการตั้งสมมติฐาน การทดสอบสมมติฐาน เป็นการทดลองโดยใช้ตัวแปรนำเข้าที่ได้จากการวิเคราะห์ในขั้นตอนการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา เพื่อหาข้อสรุปในปัจจัยต่างๆ ที่เรียบเรียงลำดับความสำคัญที่มีผลกระทบต่อการเกิดของเสีย

จากการระดมความคิดของสมาชิกในทีม การวิเคราะห์เพื่อค้นหาสาเหตุที่แท้จริงโดยการวิเคราะห์แผนภาพสาเหตุและผล (Cause and Effect Matrix) การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการกลั่นกรองปัจจัยและนำมาวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

การวิเคราะห์และการกำจัดสาเหตุของปัญหานั้น จะเริ่มทำการวิเคราะห์ทีละปัจจัย โดยกำจัดสาเหตุสำคัญของปัญหาให้หมดก่อนแล้วทำการติดตามผลของปัญหาต่อไป ซึ่งมีความเป็นไปได้ที่ข้อบกพร่องอาจจะหมดไปหรือดีขึ้นจนถึงระดับที่น่าพอใจ

ดังนั้นในการวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุของปัญหาจึงต้องทำการเก็บรวบรวมข้อมูลและปัจจัยแวดล้อมของปัญหาให้ได้มากที่สุด เพื่อสามารถยืนยันได้อย่างแน่ชัดว่าสาเหตุเหล่านั้นเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปัญหากระเบื้องผิวหน้าไม่เรียบอย่างแท้จริง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์จะทำให้ทราบถึงแหล่งที่มีอิทธิพลที่มีผลกระทบต่อการเกิดของเสียและสามารถคัดเลือกปัจจัยที่มีความสำคัญ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการทำการทดลองเพื่อลดปัญหาการเกิดของเสียในกระบวนการขึ้นรูปกระเบื้องดินเผาปูพื้นต่อไป

5.1 ปัจจัยนำเข้าที่นำมาทดสอบสมมติฐาน

จากขั้นตอนการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหาด้วยการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) ได้สรุปปัจจัยนำเข้าที่ส่งผลในการเกิดปัญหากระเบื้องผิวหน้าไม่เรียบ ทั้งหมด 3 ปัจจัย ได้แก่

1. ขนาดรูตะแกรงของเครื่องบดไม่สม่ำเสมอ
2. ขนาดตะแกรงร่อนของเครื่องบดไม่เหมาะสม
3. ขนาดตะแกรงร่อนก่อนขึ้นกระพ้อลำเลียง (Bucket Elevator) ไม่เหมาะสม

5.2 เกณฑ์ในการเลือกระดับของปัจจัยนำมาทดสอบสมมติฐาน

1. ปัจจัยนำเข้าที่นำมาทดสอบสมมติฐาน ต้องสามารถปรับเปลี่ยนค่าได้โดยที่ไม่กระทบปริมาณการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา
2. ปัจจัยนำเข้าที่นำมาทดสอบสมมติฐาน ค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นต้องอยู่ในเกณฑ์ที่โรงงานกรณีศึกษายอมรับได้

5.3 ตัวแปรตอบสนอง

5.3.1 การกำหนดตัวแปรตอบสนอง

การตรวจสอบปัญหากระเบื้องผิวหน้าไม่เรียบของโรงงานกรณีศึกษาเป็นการตรวจสอบด้วยสายตาและทำการประเมินผลแบบ ผ่าน/ไม่ผ่าน หรือ ยอมรับ/ปฏิเสธ ซึ่งเป็นแบบข้อมูลตามลักษณะ (Attribute Data) ดังนั้นตัวแปรตอบสนอง (Response Variables) ที่ทำการศึกษาในการทดลองนี้คือสัดส่วนของเสียประเภทกระเบื้องผิวหน้าไม่เรียบซึ่งเกิดจากการที่มีอนุภาคแปลกปลอมขนาดใหญ่กระจายตัวอยู่บนผิวชิ้นงาน

5.3.2 การแปลงค่าตัวแปรตอบสนอง

เนื่องจากงานวิจัยนี้ใช้ตัวแปรตอบสนองเป็นสัดส่วนของเสีย ซึ่งใช้หลักการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบทวินาม (Binomial Probability Distribution) ดังนั้นการนำข้อมูลไปวิเคราะห์ผลเพื่อหาปัจจัยที่มีนัยสำคัญต่อตัวแปรตอบสนอง จะต้องทำการแปลงค่าตัวแปรตอบสนองก่อน เนื่องจากการนำค่าที่ได้จากการทดลองไปวิเคราะห์ผลทันที จะทำให้ข้อมูลที่ได้ไม่เป็นไปตามสมมติฐานความมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน (Variance Stability) ของตัวแปรตอบสนองและอาจทำให้การ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

วิเคราะห์ผลมีความคลาดเคลื่อนได้ (Bisgaard and Fuller, 1994) โดยการแปลงข้อมูลของ Bisgaard และ Fuller (1994) ได้เสนอไว้มี 2 วิธี คือ การแปลงข้อมูลแบบมาตรฐานและการแปลงข้อมูลด้วยวิธีของ Freeman และ Tukey ดังแสดงในตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 สมการการแปลงข้อมูลด้วยวิธีมาตรฐานและวิธีของ Freeman และ Tukey

ประเภทข้อมูล	ประเภทการกระจาย	การแปลงข้อมูลแบบมาตรฐาน	การแปลงข้อมูลด้วยวิธีของ Freeman และ Tukey
สัดส่วนของเสีย ($\hat{p}$)	แบบทวินาม (Binomial)	$\arcsin\sqrt{\hat{p}}$	$\frac{\arcsin\sqrt{\frac{n\hat{p}}{n+1}} + \arcsin\sqrt{\frac{n\hat{p}+1}{n+1}}}{2}$

5.4 ตัวแปรควบคุม

การควบคุมปัจจัยอื่นๆ ที่อาจมีผลต่อการทดลอง แต่ไม่ต้องการศึกษาผลของปัจจัยเหล่านั้น มีความจำเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากผลของปัจจัยเหล่านั้นอาจส่งผลกระทบต่อผลที่ได้จากการทดลอง ซึ่งปัจจัยที่ทำการควบคุมในการทดลองนี้ ได้แก่

1. วัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิตจะต้องมาจากแหล่งเดียวกัน ล็อตเดียวกัน เพื่อควบคุมความผันแปรที่เกิดจากวัตถุดิบ

2. ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับเครื่องจักร ซึ่งเป็นลักษณะที่เกี่ยวกับความสามารถของเครื่องจักร กำหนดเป็นปัจจัยควบคุม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.5 การกำหนดระดับของปัจจัยนำเข้าในการออกแบบการทดลอง

จากการวิเคราะห์และคัดเลือกปัจจัยที่มีผลกระทบต่อปัญหากระเบื้องผิวหน้าไม่เรียบโดยใช้ตารางแสดงความสัมพันธ์ของสาเหตุและผลและการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่อง พบว่ามีสาเหตุจากกระบวนการผลิตทั้งหมด 3 ปัจจัย คือ ขนาดรูตะแกรงของเครื่องบด ขนาดตะแกรงร่อนของเครื่องบดไม่เหมาะสมและขนาดตะแกรงร่อนก่อนขึ้นกระพ้อลำเลียง (Bucket Elevator) ไม่เหมาะสม

การกำหนดค่าปัจจัยนำเข้าที่สำคัญในแต่ละระดับของการทดลองจะกำหนดตามข้อกำหนดและมาตรฐานการผลิตที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบัน โดยกำหนดระดับของแต่ละปัจจัยเป็น 2 ระดับคือระดับต่ำ (-1) และระดับสูง (1) ดังแสดงในตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 ระดับของปัจจัยนำเข้าที่ใช้ในการออกแบบการทดลองเบื้องต้น

สัญลักษณ์	ปัจจัยนำเข้า	ชนิดของปัจจัย	ระดับต่ำ	ระดับสูง
A	ขนาดรูตะแกรงของเครื่องบด	ปัจจัยคุณลักษณะ	ไม่สม่ำเสมอ	สม่ำเสมอ
B	ขนาดตะแกรงร่อนของเครื่องบดไม่เหมาะสม	ปัจจัยผันแปร	10	18
C	ขนาดตะแกรงร่อนก่อนขึ้นกระพ้อลำเลียงไม่เหมาะสม	ปัจจัยผันแปร	4	8

ระดับของปัจจัยผันแปรที่นำมาใช้ในการออกแบบการทดลองจะกำหนดจากสภาพการผลิตจริงในปัจจุบันที่สามารถทำได้โดยไม่กระทบต่อปริมาณการผลิต

ในกระบวนการผลิตกระเบื้องเซรามิกแบบแห้ง (Dry Process) ขนาดอนุภาคที่ใช้ในการอัดขึ้นรูปควรอยู่ที่ 2,000 ไมครอน ดังนั้นจึงได้กำหนดระดับของปัจจัยนำเข้า ระดับต่ำอยู่ที่ตะแกรงเบอร์ 10 (ขนาดอนุภาค 2,000 ไมครอน) และระดับสูงอยู่ที่ตะแกรงเบอร์ 18 (ขนาดอนุภาค 1,000 ไมครอน)

จากการเก็บข้อมูลขนาดสิ่งแปลกปลอมที่เกิดขึ้นบนผิวกระเบื้องพบว่ายังคงมีอนุภาคขนาด 2.5 - 6 มิลลิเมตร (2,500-6,000 ไมครอน) ซึ่งอาจเกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการเตรียมวัตถุดิบ เนื่องจากกระบวนการผลิตเป็นระบบเปิด จึงได้มีการนำตะแกรงร่อนมาใช้กรองวัตถุดิบและสิ่งแปลกปลอมก่อนขึ้นกระพ้อลำเลียง ในการกำหนดระดับของปัจจัยขนาดตะแกรงร่อนก่อนขึ้นกระพ้อลำเลียงจะต้องไม่กระทบกับระยะเวลาและปริมาณการผลิต จึงได้ทำการเลือกตะแกรงเบอร์ 4 (ระดับต่ำ) และเบอร์ 8 (ระดับสูง)

5.6 การออกแบบการทดลอง

ในขั้นตอนนี้ได้ทำการศึกษาผลของปัจจัยโดยการออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลแบบ 2^k ที่มี 3 ปัจจัย แบบไม่มีจุดศูนย์กลาง

เนื่องจากเป็นการทดลองที่ทดลองเพื่อให้ทราบถึงปัจจัยที่มีนัยสำคัญต่อตัวแปรตอบสนองเท่านั้น จึงไม่ต้องทำการทดลองปรับระดับของปัจจัยครบทุกระดับ โดยแต่ละปัจจัยจะถูกทดลองที่สองระดับที่ค่าที่ระดับสูง (+1 หรือ High: H) และระดับต่ำ (-1 หรือ Low: L) ที่มีทั้งปัจจัยแบบผันแปรและ

ปัจจัยคุณลักษณะ ซึ่งการออกแบบการทดลองสามารถสรุปข้อมูลได้ทั้งการทดสอบความมีนัยสำคัญของปัจจัยและการมีอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยในการทดลอง ช่วยประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทดลอง ซึ่งมีขั้นตอนการออกแบบการทดลอง ดังนี้

1. การทดลองซ้ำ (Replication)

การทำซ้ำ หมายถึงการที่ Treatment Combination หนึ่งจะถูกทำการทดลองมากกว่า 1 ครั้ง ซึ่งการทำซ้ำนี้จะช่วยให้สามารถที่จะประมาณค่าความคลาดเคลื่อนจากการทดลองได้และทำให้ขนาดของความคลาดเคลื่อนลดลงได้ ในการทดลองจะมีการทำซ้ำในแต่ละ Treatment Combination เท่ากับ 2 ครั้ง (2 Replication) เนื่องจากทำให้ประหยัดเวลาและวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลองและช่วยลดต้นทุนในการทำการทดลอง

2. การสุ่ม (Randomization)

การสุ่มเป็นการใช้หลักการทางสถิติในการออกแบบการทดลอง เพื่อให้สามารถมองเห็นและประเมินค่าความคลาดเคลื่อนจากการทดลองได้ โดยการดำเนินการวิเคราะห์จะนำเอาค่าความคลาดเคลื่อนดังกล่าวไปประเมินว่าปัจจัยใดมีอิทธิพลต่อกระบวนการบ้าง การสุ่มทำให้ผลการทดลองตรงกับข้อกำหนดทางสถิติว่าค่าที่ได้จากการทดลองต้องมีความเป็นอิสระต่อกัน และการสุ่มยังสามารถที่จะเฉลี่ยความผันแปรภายนอกที่ไม่ได้เกิดจากสาเหตุโดยธรรมชาติออกไป ช่วยให้การวิเคราะห์ผลการทดลองมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น

การทดลองนี้จะสุ่มโดยใช้โปรแกรม Minitab 18 ซึ่งกำหนดพร้อมกับการสร้างเมตริกการออกแบบ (Design Matrix) โดยสังเกตลำดับการทดลองได้จากช่อง Run Order ของตาราง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

5.7 ผลการทดลอง

ในงานวิจัยนี้สนใจสัดส่วนของเสียประเภทกระเบื้องผิวหน้าไม่เรียบซึ่งเกิดจากการที่มีอนุภาคแปลกปลอมขนาดใหญ่กระจายตัวอยู่บนผิวชิ้นงาน หลังจากการทดลองตามสภาวะและเก็บข้อมูลตามลำดับแบบสุ่ม (Random Order) มีจำนวนการทดลอง (Runs) ทั้งสิ้น 16 การทดลองและมีการทำการทดลองซ้ำ (Replicates) 2 ครั้ง จากนั้นจึงนำผลการทดลองซึ่งเป็นข้อมูลที่เป็นสัดส่วนของเสียมาแปลงค่าสัดส่วนด้วยวิธีมาตรฐานและวิธีของ Freeman และ Tukey (F&T) ซึ่งได้ผลลัพธ์ ดังแสดงในตารางที่ 5.3

ตารางที่ 5.3 ผลการทดลองเบื้องต้นและการแปลงข้อมูลด้วยวิธีมาตรฐานและวิธีของ Freeman และ Tukey

StdOrder	RunOrder	A	B	C	$\hat{p}$	arcsin $\sqrt{p\hat{}}$	F&T
14	1	สม่ำเสมอ	10	8	0.25	0.524	0.54
4	2	สม่ำเสมอ	18	4	0.05	0.226	0.28
13	3	ไม่สม่ำเสมอ	10	8	0.41	0.695	0.70
8	4	สม่ำเสมอ	18	8	0.02	0.142	0.21
3	5	ไม่สม่ำเสมอ	18	4	0.4	0.685	0.69
11	6	ไม่สม่ำเสมอ	18	4	0.46	0.745	0.75
6	7	สม่ำเสมอ	10	8	0.31	0.591	0.60
15	8	ไม่สม่ำเสมอ	18	8	0.33	0.612	0.62
5	9	ไม่สม่ำเสมอ	10	8	0.28	0.558	0.57
10	10	สม่ำเสมอ	10	4	0.37	0.654	0.52
2	11	สม่ำเสมอ	10	4	0.38	0.664	0.57
7	12	ไม่สม่ำเสมอ	18	8	0.36	0.644	0.65
16	13	สม่ำเสมอ	18	8	0.02	0.142	0.21
12	14	สม่ำเสมอ	18	4	0.08	0.287	0.33
1	15	ไม่สม่ำเสมอ	10	4	0.52	0.805	0.80
9	16	ไม่สม่ำเสมอ	10	4	0.5	0.785	0.79

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.8 การวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

ก่อนการวิเคราะห์ผลการทดลองจะต้องทำการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองก่อน โดยตรวจสอบว่าข้อมูลที่ได้มีการกระจายแบบปกติตามสมมติฐานกำหนดหรือไม่ เมื่อพบว่าข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์มีผลเป็นไปตามสมมติฐานกำหนดแล้ว จึงจะทำการวิเคราะห์ผลการทดลองเพื่อหาปัจจัยนำเข้าที่มีนัยสำคัญและสรุปผลการทดลอง ซึ่งรายละเอียดของการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองมีดังนี้

5.8.1 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง (Model Adequacy Checking)

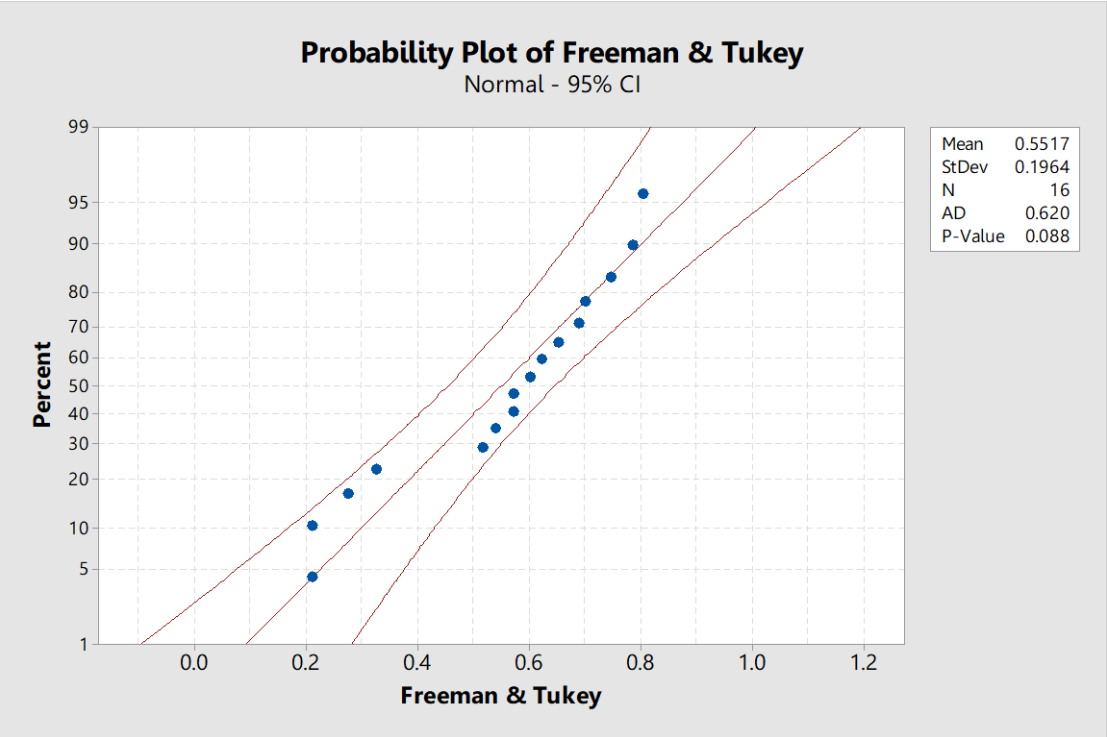
การตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบจำลองเป็นการตรวจสอบความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของข้อมูลก่อนที่จะนำมาวิเคราะห์ โดยทำการตรวจสอบว่าข้อมูลมีรูปแบบของความผิดพลาดเป็นไปตามหลักการ NID (0,σ^2) หรือไม่ โดยการทดสอบข้อกำหนดเกี่ยวกับความคลาดเคลื่อนของการทดลองตามสมมติฐาน 3 ข้อ คือสมมติฐานของการแจกแจงปกติ สมมติฐานของความเป็นอิสระ และสมมติฐานของความมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน ก่อนที่จะนำข้อมูลไปทำการวิเคราะห์และสรุปผลของการออกแบบการทดลอง

5.8.1.1 การทดสอบสมมติฐานของการแจกแจงปกติ

การทดสอบสมมติฐานของการแจกแจงปกติ (Normality Assumption) สามารถตรวจสอบได้โดยการพิจารณาจาก Normal Probability Plot ว่ามีการแจกแจงปกติ (Normal Distribution) หรือไม่ และหากทดสอบโดยการทดสอบความเป็นปกติ (Normality Test) จะมีค่า P-Value มากกว่า 0.05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากการทดสอบค่าตัวแปรตอบสนองคือสัดส่วนของเสียประเภทกระเบื้องผิวหน้าไม่เรียบซึ่งเกิดจากการที่มีอนุภาคแปลกปลอมขนาดใหญ่กระจายตัวอยู่บนผิวชิ้นงาน การแปลงข้อมูลด้วยวิธีของ Freeman และ Tukey พบว่าข้อมูลมีการกระจายตัวตามแนวเส้นตรง และมีค่า P-Value มากกว่า 0.05 คือ 0.088 ดังนั้นสรุปได้ว่าข้อมูลเป็นไปตามสมมติฐานของการแจกแจงปกติ แสดงดังรูปที่ 5.1



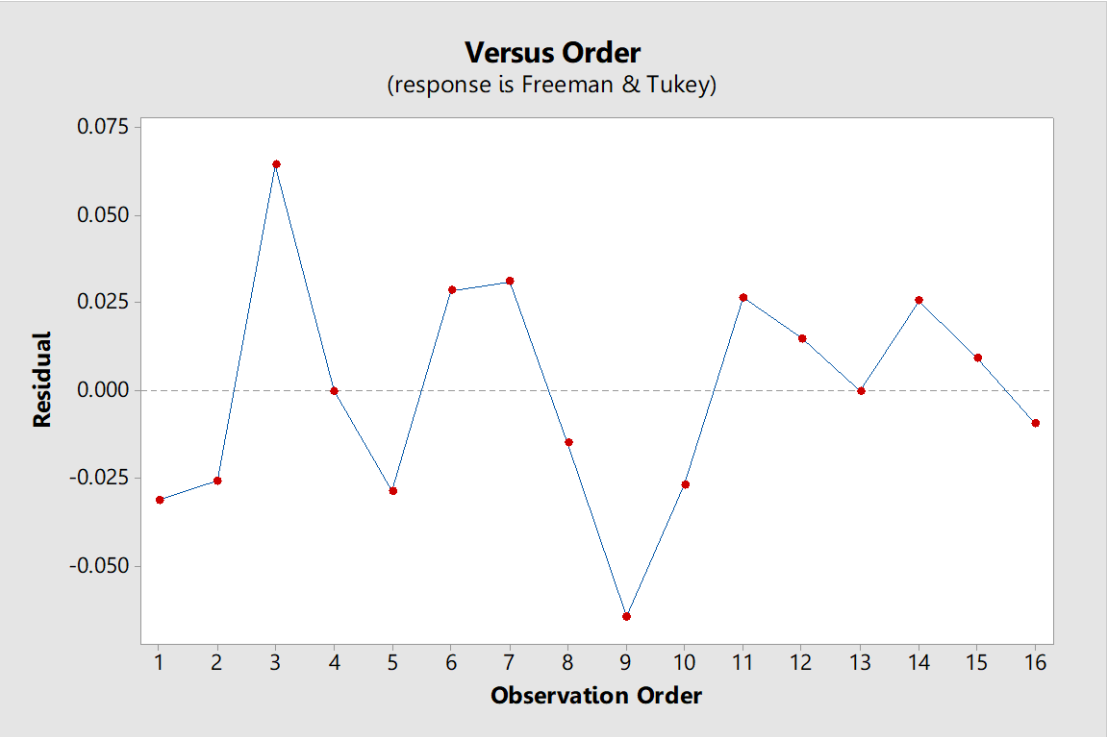
รูปที่ 5.1 การทดสอบการแจกแจงปกติของผลการทดลองเบื้องต้นที่แปลงค่าด้วยวิธีของ Freeman & Tukey

5.8.1.2 การทดสอบสมมติฐานของความเป็นอิสระ (Independence)

การทดสอบสมมติฐานของความเป็นอิสระ สามารถตรวจสอบได้โดยการพิจารณาจากแผนภาพการกระจายตัวระหว่างค่าส่วนตกค้าง (Residual) กับลำดับของการเก็บข้อมูล (Observation Order) ซึ่งการพิจารณาความเป็นอิสระนั้น ข้อมูลไม่ควรมีลักษณะที่เป็นแนวโน้มหรือมีรูปแบบที่ชัดเจนแน่นอน

เมื่อพิจารณาแผนภาพความสัมพันธ์ระหว่างค่าส่วนตกค้างและลำดับของการเก็บข้อมูลแล้ว พบว่าข้อมูลที่แปลงด้วยวิธีของ Freeman และ Tukey มีการกระจายตัวที่เป็นอิสระไม่มีรูปแบบที่แน่นอน ดังนั้นสรุปได้ว่าข้อมูลมีความเป็นอิสระต่อกัน แสดงดังรูปที่ 5.2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

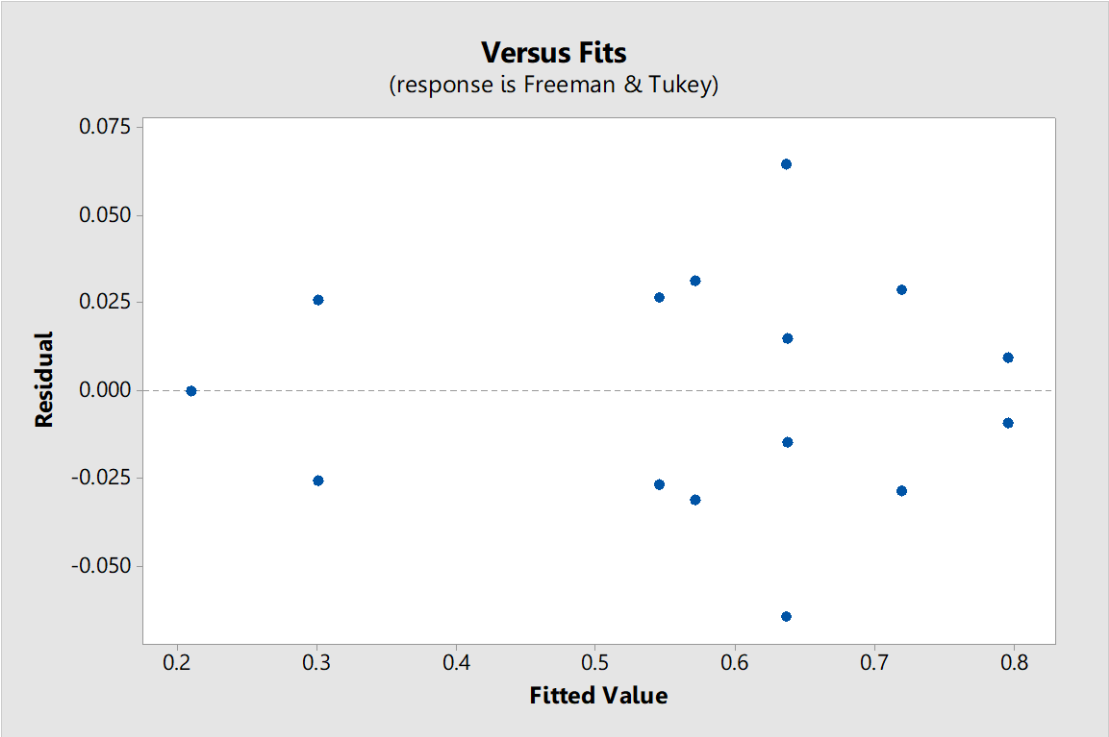


รูปที่ 5.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าส่วนตกค้างและลำดับของการเก็บข้อมูลในการทดลองเบื้องต้น

5.8.1.3 ความมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน (Variance Stability)

การทดสอบสมมติฐานของความมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน (Variance Stability) สามารถตรวจสอบได้โดยพิจารณาจากแผนภาพการกระจายที่แสดงความสัมพันธ์ของค่าส่วนตกค้าง (Residual) กับค่าที่ถูกฟิต (Fitted value) ซึ่งแผนภาพการกระจายไม่ควรมีลักษณะของข้อมูลที่เป็นแนวโน้มหรือมีการกระจายตัวที่มีรูปแบบกรวยปากเปิด

จากการทดสอบค่าตัวแปรตอบสนองคือสัดส่วนของเสียประเภทกระเบื้องผิวหน้าไม่เรียบซึ่งเกิดจากการที่มีอนุภาคแปลกปลอมขนาดใหญ่กระจายตัวอยู่บนผิวชิ้นงาน พบว่าข้อมูลที่แปลงด้วยวิธีของ Freeman และ Tukey ไม่มีลักษณะการกระจายตัวที่เป็นรูปแบบกรวยปากเปิด จึงสรุปได้ว่าข้อมูลมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวนแสดงดังรูปที่ 5.3



รูปที่ 5.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าส่วนตกค้างและค่าที่ถูกฟิตในการทดลองเบื้องต้น

ผลการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแปรตอบสนอง สรุปได้ว่าข้อมูลที่จะนำมาวิเคราะห์ผลของการออกแบบการทดลอง เป็นไปตามสมมติฐานที่กำหนดทั้ง 3 ข้อ คือ มีการกระจายแบบปกติ มีความเป็นอิสระต่อกัน และมีความมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน ดังนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองไปทำการวิเคราะห์ผลการทดลองในขั้นตอนต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

5.8.2 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

หลังจากตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบจำลอง (Model Adequacy Checking) จึงทำการวิเคราะห์ผลการออกแบบการทดลองเบื้องต้นด้วยโปรแกรม Minitab ซึ่งได้ผลการวิเคราะห์การออกแบบการทดลอง ดังตารางที่ 5.4

ตารางที่ 5.4 ผลการวิเคราะห์การทดลองเบื้องต้นด้วยโปรแกรม Minitab

Factorial Regression: Freeman & Tukey versus A, B, C

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	7	0.563251	0.080464	42.32	0.000
Linear	3	0.475299	0.158433	83.33	0.000
A	1	0.336503	0.336503	176.98	0.000
B	1	0.115435	0.115435	60.71	0.000
C	1	0.023360	0.023360	12.29	0.008
2-Way Interactions	3	0.078553	0.026184	13.77	0.002
A*B	1	0.070357	0.070357	37.00	0.000
A*C	1	0.007796	0.007796	4.10	0.077
B*C	1	0.000400	0.000400	0.21	0.659
3-Way Interactions	1	0.009399	0.009399	4.94	0.057
A*B*C	1	0.009399	0.009399	4.94	0.057
Error	8	0.015211	0.001901		
Total	15	0.578461			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0.0436044	97.37%	95.07%	89.48%

การวิเคราะห์ผลการออกแบบการทดลองเบื้องต้นจากโปรแกรม Minitab เพื่อพิจารณาปัจจัยนำเข้าที่สำคัญที่มีผลต่อสัดส่วนของเสียประเภทกระเบื้องผิวหน้าไม่เรียบซึ่งเกิดจากการที่มีอนุภาคแปลกปลอมขนาดใหญ่กระจายตัวอยู่บนผิวชิ้นงาน พบว่าที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.05 ปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองคือ ปัจจัยที่มีค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 ซึ่งได้แก่ ปัจจัยหลัก (Main Effect) จำนวน 3 ปัจจัย ได้แก่ A, B และ C และอันตรกิริยา (Interaction) ที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองคือ AB โดยที่

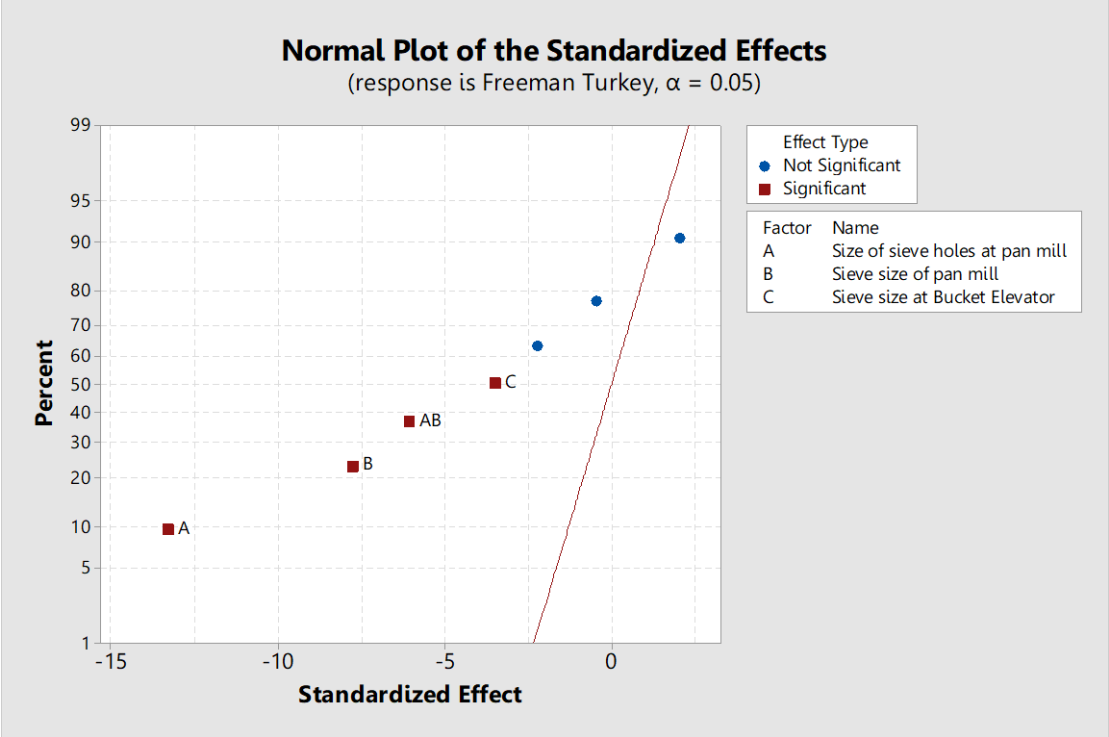
A คือ ขนาดรูตะแกรงของเครื่องบด

B คือ ขนาดตะแกรงร่อนของเครื่องบดไม่เหมาะสม

C คือ ขนาดตะแกรงร่อนก่อนขึ้นกระพ้อลำเลียงไม่เหมาะสม

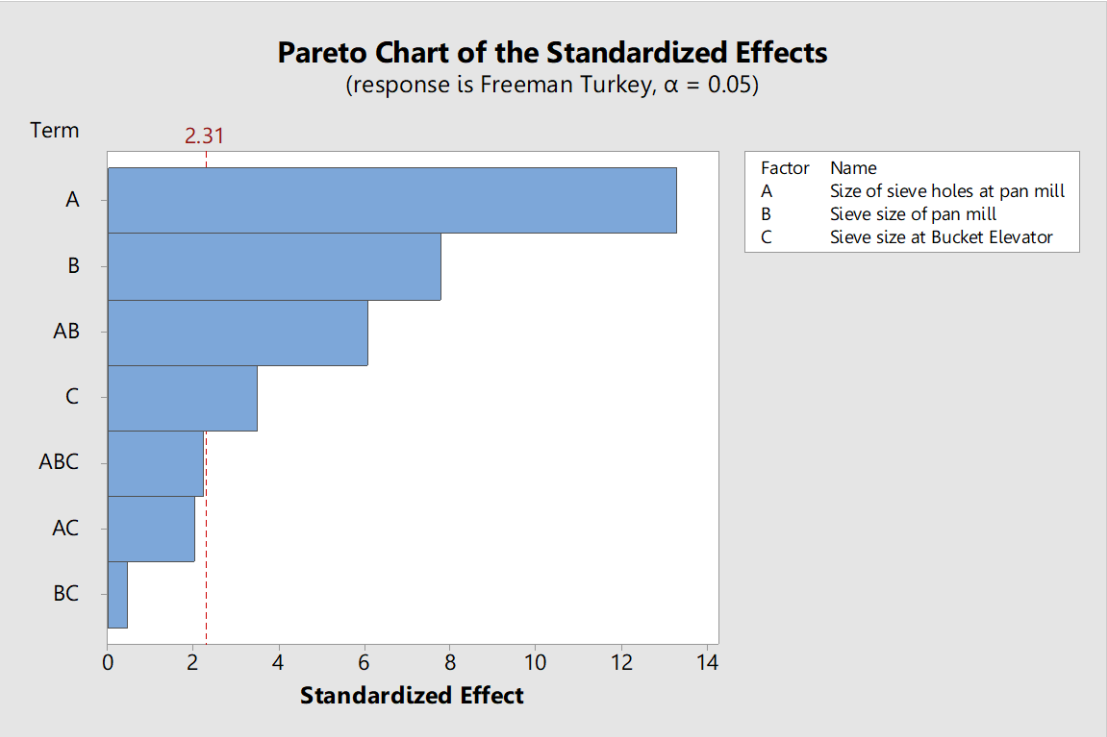
AB คือ ขนาดรูตะแกรงของเครื่องบด*ขนาดตะแกรงร่อนของเครื่องบดไม่เหมาะสม

โดยแสดงผลของปัจจัยหลัก (Main Effect) และอันตรกิริยา (Interaction) ที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองอย่างมีนัยสำคัญ (Significant) ออกมาในรูปกราฟ Normal Plot และแผนภูมิพาเรโต ดังแสดงในรูปที่ 5.4 และ 5.5 ตามลำดับ



รูปที่ 5.4 กราฟ Normal Plot ของปัจจัยหลักและอันตรกิริยาที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง

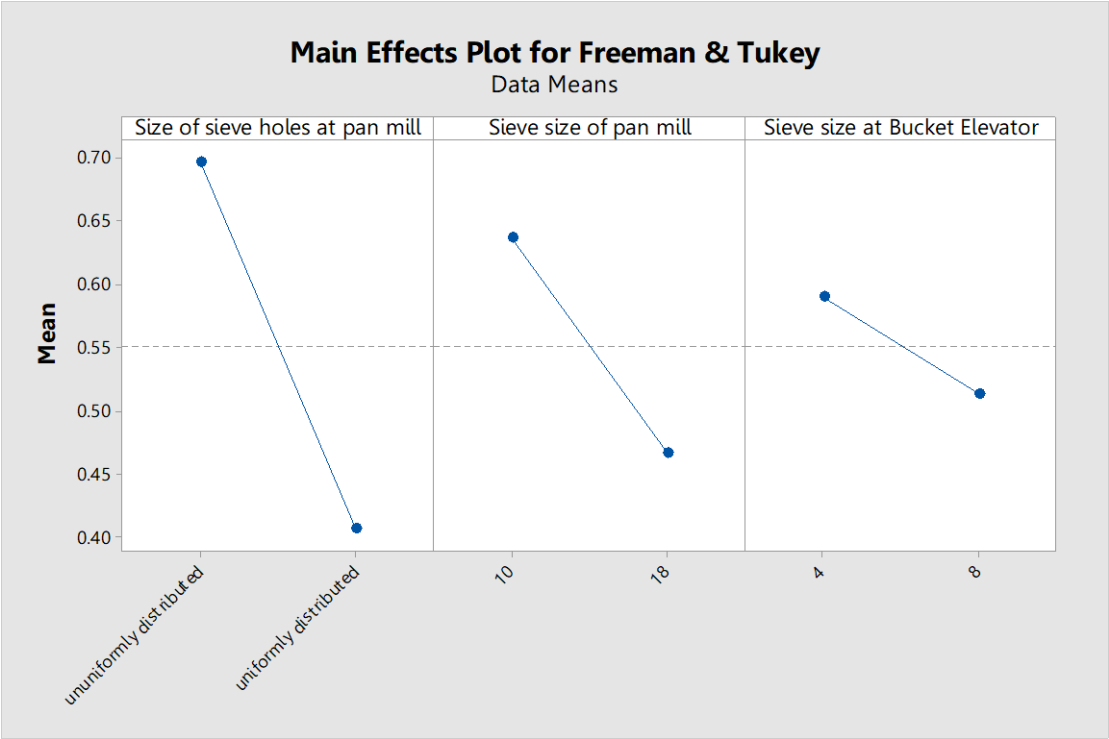
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



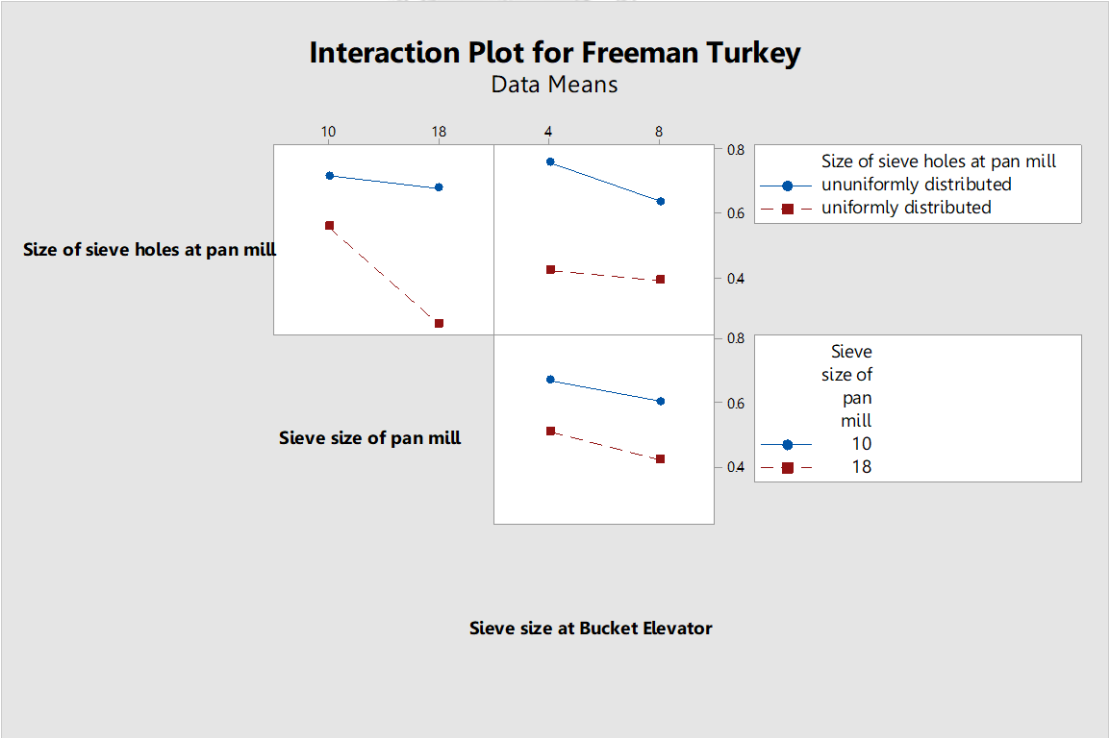
รูปที่ 5.5 แผนภาพพาเรโตของปัจจัยหลักและอันตรกิริยาที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง

จากการวิเคราะห์ผลการทดลองด้วยโปรแกรม Minitab ยังสามารถแสดงแผนภาพผลของปัจจัยหลัก (Main Effect) และอันตรกิริยา (interaction) ที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองเพื่อหาปัจจัยนำเข้าที่มีนัยสำคัญต่อสัดส่วนของเสียประเภทกระเบื้องผิวหน้าไม่เรียบ ดังแสดงในรูปที่ 5.6 และ 5.7 ตามลำดับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 5.6 ผลของปัจจัยหลักที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง



รูปที่ 5.7 ผลของอันตรกิริยาที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง

5.9 สรุปขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

ในขั้นตอนการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา เริ่มจากการเลือกรูปแบบที่จะใช้ในการทดสอบความมีนัยสำคัญของปัจจัยที่มีต่อตัวแปรตอบสนองคือสัดส่วนของเสียประเภทกระเบื้องผิวหน้าไม่เรียบซึ่งเกิดจากการที่มีอนุภาคแปลกปลอมขนาดใหญ่กระจายตัวอยู่บนผิวชิ้นงาน ซึ่งทำการทดสอบโดยวิธีการออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลแบบ 2^k ที่มี 3 ปัจจัยแบบไม่มีจุดศูนย์กลาง โดยสาเหตุที่ไม่ได้กำหนดจุดศูนย์กลาง เนื่องจากในขั้นตอนนี้เป็นการหาความมีนัยสำคัญต่อตัวแปรตอบสนองเท่านั้นจึงได้เลือกกำหนดแค่ระดับต่ำ (-1) และระดับสูง (+1) ซึ่งในการออกแบบการทดลองใช้จำนวนการทดลอง (runs) ทั้งสิ้น 16 การทดลอง

จากนั้นเมื่อได้ผลการทดลองจึงวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง โดยการแปลงค่าของตัวแปรตอบสนองให้เป็นไปตามสมมติฐานเรื่องความมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวนของการออกแบบการทดลองด้วยวิธีของ Freeman และ Tukey และทำการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบจำลอง (Model Adequacy Checking) ว่าข้อมูลเป็นไปตามสมมติฐานทั้ง 3 ข้อ แล้วจึงได้ทำการวิเคราะห์ผลการทดลองในขั้นตอนต่อไป

โดยผลจากการวิเคราะห์พบว่าที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.05 ปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองอย่างมีนัยสำคัญเพื่อนำไปปรับปรุงหาระดับของปัจจัยที่เหมาะสม คือปัจจัย A ขนาดรูตะแกรงของเครื่องบด, ปัจจัย B ขนาดตะแกรงร่อนของเครื่องบดไม่เหมาะสมและ ปัจจัย C ขนาดตะแกรงร่อนก่อนขึ้นกระพ้อลำเลียงไม่เหมาะสมและอันตรกิริยาระหว่างปัจจัย AB ขนาดรูตะแกรงของเครื่องบด*ขนาดตะแกรงร่อนของเครื่องบดไม่เหมาะสม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 6 การปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ

เมื่อวิเคราะห์ถึงแหล่งที่มาของปัญหาจนทำให้สามารถทราบได้อย่างแน่ชัดแล้วว่าทั้ง 3 ปัจจัย ได้แก่ ขนาดรูตะแกรงของเครื่องบด ขนาดตะแกรงร่อนของเครื่องบดไม่เหมาะสมและขนาดตะแกรงร่อนก่อนขึ้นกระพ้อลำเลียงไม่เหมาะสม มีผลต่อการเกิดสัดส่วนของเสียประเภทกระเบื้องผิวหน้าไม่เรียบซึ่งเกิดจากการที่มีอนุภาคแปลกปลอมขนาดใหญ่กระจายตัวอยู่บนผิวชิ้นงาน ในกระบวนการขึ้นรูปกระเบื้องดินเผาปูพื้นอย่างแท้จริง ในขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนของการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการโดยเริ่มต้นจากการออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียล (General Full Factorial Design) แล้วจึงทดสอบความถูกต้องของแบบจำลอง จากนั้นจึงวิเคราะห์ผลการทดลองและหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัยโดยที่จะส่งผลต่อการเกิดสัดส่วนของเสียประเภทกระเบื้องผิวหน้าไม่เรียบในกระบวนการขึ้นรูปกระเบื้องดินเผาปูพื้นต่ำที่สุด

6.1 การกำหนดปัจจัยนำเข้า

ปัจจัยนำเข้าที่สำคัญได้จากการคัดเลือกและทดสอบมาแล้วว่ามีผลต่อการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการเพื่อลดสัดส่วนของเสียประเภทกระเบื้องผิวหน้าไม่เรียบซึ่งเกิดจากการที่มีอนุภาคแปลกปลอมขนาดใหญ่กระจายตัวอยู่บนผิวชิ้นงาน ประกอบไปด้วย 3 ปัจจัย ได้แก่ ขนาดรูตะแกรงของเครื่องบด ขนาดตะแกรงร่อนของเครื่องบดไม่เหมาะสม และขนาดตะแกรงร่อนก่อนขึ้นกระพ้อลำเลียงไม่เหมาะสม การกำหนดระดับของปัจจัย ทั้ง 3 ปัจจัย จะกำหนดจากสภาพการผลิตจริงในปัจจุบันที่สามารถทำได้จริง ดังแสดงในตารางที่ 6.1

ตารางที่ 6.1 ระดับของปัจจัยนำเข้าที่ใช้ในการทดลอง

สัญลักษณ์	ปัจจัยนำเข้า	ชนิดของปัจจัย	ระดับ		
			1	2	3
A	ขนาดรูตะแกรงของเครื่องบด	ปัจจัยคุณลักษณะ	ไม่สม่ำเสมอ	-	สม่ำเสมอ
B	ขนาดตะแกรงร่อนของเครื่องบดไม่เหมาะสม	ปัจจัยผันแปร	10	16	18
C	ขนาดตะแกรงร่อนก่อนขึ้นกระพ้อลำเลียงไม่เหมาะสม	ปัจจัยผันแปร	4	6	8

6.2 ตัวแปรตอบสนอง

ตัวแปรตอบสนอง (Response Variables) ที่ทำการศึกษาในการทดลองนี้ คือสัดส่วนของเสียประเภทกระเบื้องผิวหน้าไม่เรียบซึ่งเกิดจากการที่มีอนุภาคแปลกปลอมขนาดใหญ่กระจายตัวอยู่บนผิวชิ้นงาน

6.3 การออกแบบการทดลอง

สำหรับการทดลองในงานวิจัยนี้จะใช้การออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียล (General Full Factorial Design) ที่มี 3 ปัจจัย แบบไม่มีจุดศูนย์กลาง ในการดำเนินการออกแบบการทดลอง มีขั้นตอน ดังนี้

1. การทดลองซ้ำ (Replication)

การทดลองซ้ำคือการนำการทดลองมาดำเนินการซ้ำอีกครั้งหนึ่ง ในการทดลองซ้ำจะต้องมีระดับของปัจจัยเหมือนกัน การทำการทดลองซ้ำจะช่วยในการประมาณค่าความผิดพลาดของการทดลองได้ อีกทั้งยังสามารถทำให้ผลการทดลองมีความถูกต้องแม่นยำมากขึ้น

2. การสุ่ม (Randomization)

การสุ่มการทดลอง หมายถึงลำดับของการทดลองในแต่ละการทดลองเป็นแบบสุ่ม ซึ่งการสุ่มจะสามารถช่วยลดผลของปัจจัยภายนอกที่อาจจะเกิดขึ้นกับการทดลองได้ ซึ่งในการออกแบบการทดลองนี้จะใช้โปรแกรม MINITAB 18 ในการสุ่ม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

6.4 ผลการทดลอง

ในงานวิจัยนี้สนใจสัดส่วนของเสียประเภทกระเบื้องผิวหน้าไม่เรียบซึ่งเกิดจากการที่มีอนุภาคแปลกปลอมขนาดใหญ่กระจายตัวอยู่บนผิวชิ้นงาน หลังจากการทดลองตามสภาวะและเก็บข้อมูลตามลำดับแบบสุ่ม (Random Order) มีจำนวนการทดลอง (Runs) ทั้งสิ้น 36 การทดลองและมีการทำการทดลองซ้ำ (Replicates) 2 ครั้ง จากนั้นจึงนำผลการทดลองซึ่งเป็นข้อมูลที่เป็นสัดส่วนของเสียมาแปลงค่าสัดส่วนด้วยวิธีมาตรฐานและวิธีของ Freeman และ Tukey (F&T) ซึ่งได้ผลลัพธ์ ดังแสดงในตารางที่ 6.2

ตารางที่ 6.2 ผลการทดลองและการแปลงข้อมูลด้วยวิธีมาตรฐานและวิธีของ Freeman และ Tukey

StdOrder	RunOrder	PtType	Blocks	A	B	C	$\hat{p}$	arcsin $\sqrt{\hat{p}}$	F&T
30	1	1	1	สม่ำเสมอ	10	8	0.19	0.451	0.46
29	2	1	1	สม่ำเสมอ	10	6	0.21	0.476	0.49
14	3	1	1	สม่ำเสมอ	16	6	0.1	0.322	0.34
19	4	1	1	ไม่สม่ำเสมอ	10	4	0.34	0.623	0.63
28	5	1	1	สม่ำเสมอ	10	4	0.32	0.601	0.61
18	6	1	1	สม่ำเสมอ	18	8	0.02	0.142	0.18
23	7	1	1	ไม่สม่ำเสมอ	16	6	0.27	0.546	0.55
35	8	1	1	สม่ำเสมอ	18	6	0.05	0.226	0.25
15	9	1	1	สม่ำเสมอ	16	8	0.09	0.305	0.32
22	10	1	1	ไม่สม่ำเสมอ	16	4	0.33	0.612	0.62
11	11	1	1	สม่ำเสมอ	10	6	0.16	0.412	0.42
9	12	1	1	ไม่สม่ำเสมอ	18	8	0.25	0.524	0.53
36	13	1	1	สม่ำเสมอ	18	8	0.01	0.100	0.15
20	14	1	1	ไม่สม่ำเสมอ	10	6	0.3	0.580	0.59
7	15	1	1	ไม่สม่ำเสมอ	18	4	0.27	0.546	0.55
4	16	1	1	ไม่สม่ำเสมอ	16	4	0.28	0.558	0.56
27	17	1	1	ไม่สม่ำเสมอ	18	8	0.26	0.535	0.54

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 6.2 (ต่อ) ผลการทดลองและการแปลงข้อมูลด้วยวิธีมาตรฐานและวิธีของ Freeman และ Tukey

StdOrder	RunOrder	PtType	Blocks	A	B	C	$\hat{p}$	arcsin $\sqrt{\hat{p}}$	F & T
26	18	1	1	ไม่สม่ำเสมอ	18	6	0.21	0.476	0.49
31	19	1	1	สม่ำเสมอ	16	4	0.12	0.354	0.37
10	20	1	1	สม่ำเสมอ	10	4	0.23	0.500	0.51
1	21	1	1	ไม่สม่ำเสมอ	10	4	0.39	0.674	0.68
21	22	1	1	ไม่สม่ำเสมอ	10	8	0.31	0.591	0.60
33	23	1	1	สม่ำเสมอ	16	8	0.11	0.338	0.35
5	24	1	1	ไม่สม่ำเสมอ	16	6	0.25	0.524	0.53
16	25	1	1	สม่ำเสมอ	18	4	0.06	0.247	0.27
24	26	1	1	ไม่สม่ำเสมอ	16	8	0.22	0.488	0.50
25	27	1	1	ไม่สม่ำเสมอ	18	4	0.31	0.591	0.60
2	28	1	1	ไม่สม่ำเสมอ	10	6	0.32	0.601	0.61
6	29	1	1	ไม่สม่ำเสมอ	16	8	0.23	0.500	0.51
3	30	1	1	ไม่สม่ำเสมอ	10	8	0.26	0.535	0.54
13	31	1	1	สม่ำเสมอ	16	4	0.15	0.398	0.41
12	32	1	1	สม่ำเสมอ	10	8	0.13	0.369	0.38
34	33	1	1	สม่ำเสมอ	18	4	0.08	0.287	0.31
17	34	1	1	สม่ำเสมอ	18	6	0.05	0.226	0.25
32	35	1	1	สม่ำเสมอ	16	6	0.12	0.354	0.37
8	36	1	1	ไม่สม่ำเสมอ	18	6	0.2	0.464	0.47

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6.5 การวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

ก่อนการวิเคราะห์ผลการทดลองจะต้องทำการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองก่อน โดยตรวจสอบว่าข้อมูลที่ได้มีการกระจายแบบปกติตามสมมติฐานกำหนดหรือไม่ เมื่อพบว่าข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์มีผลเป็นไปตามสมมติฐานกำหนดแล้ว จึงจะทำการวิเคราะห์ผลการทดลองเพื่อหาปัจจัยนำเข้าที่มีนัยสำคัญและสรุปผลการทดลอง ซึ่งรายละเอียดของการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง มีดังนี้

6.5.1 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง (Model Adequacy Checking)

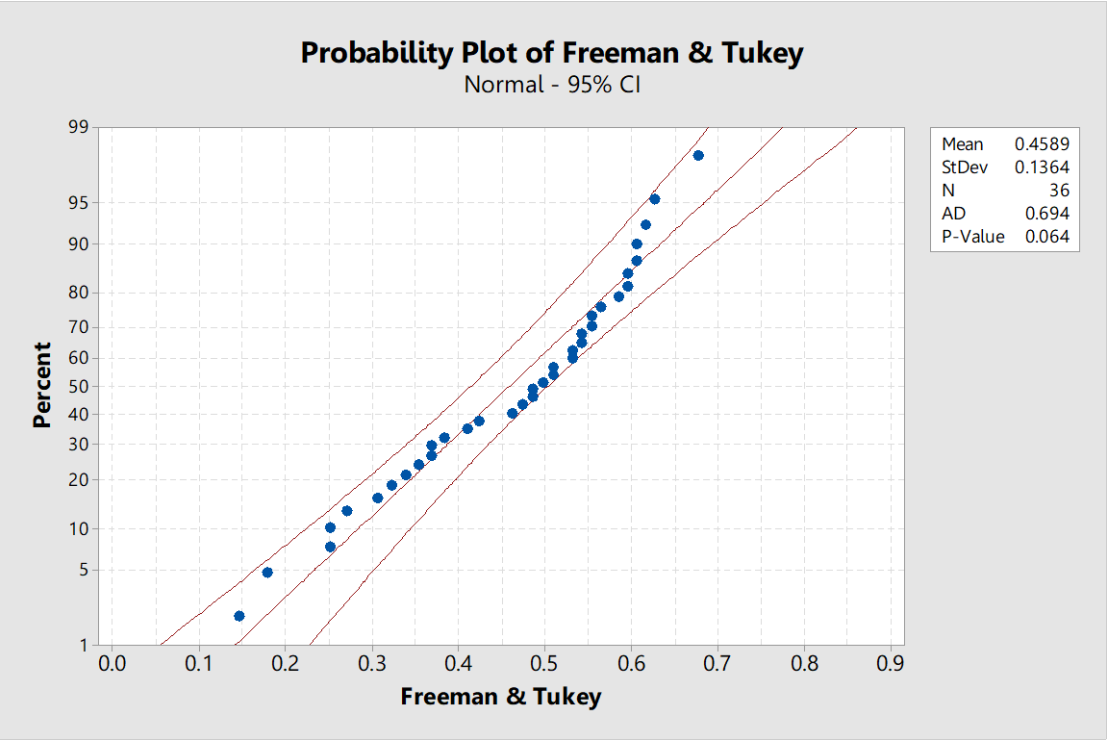
การตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบจำลองเป็นการตรวจสอบความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของข้อมูลก่อนที่จะนำมาวิเคราะห์ โดยทำการตรวจสอบว่าข้อมูลมีรูปแบบของความผิดพลาดเป็นไปตามหลักการ NID(0,$\boldsymbol{\sigma}^2$) หรือไม่ โดยการทดสอบข้อกำหนดเกี่ยวกับความคลาดเคลื่อนของการทดลองตามสมมติฐาน 3 ข้อ คือสมมติฐานของการแจกแจงปกติ สมมติฐานของความเป็นอิสระ และสมมติฐานของความมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน ก่อนที่จะนำข้อมูลไปทำการวิเคราะห์และสรุปผลของการออกแบบการทดลอง

6.5.1.1 การทดสอบสมมติฐานของการแจกแจงปกติ

การทดสอบสมมติฐานของการแจกแจงปกติ (Normality Assumption) สามารถตรวจสอบได้โดยการพิจารณาจาก Normal Probability Plot ว่ามีการแจกแจงปกติ (Normal Distribution) หรือไม่ และหากทดสอบโดยการทดสอบความเป็นปกติ (Normality Test) จะมีค่า P-Value มากกว่า 0.05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากการทดสอบค่าตัวแปรตอบสนองคือสัดส่วนของเสียประเภทกระเบื้องผิวหน้าไม่เรียบซึ่งเกิดจากการที่มีอนุภาคแปลกปลอมขนาดใหญ่กระจายตัวอยู่บนผิวชิ้นงาน การแปลงข้อมูลด้วยวิธีของ Freeman และ Tukey พบว่าข้อมูลมีการกระจายตัวตามแนวเส้นตรง และมีค่า P-Value มากกว่า 0.05 คือ 0.064 ดังนั้นสรุปได้ว่าข้อมูลเป็นไปตามสมมติฐานของการแจกแจงปกติ แสดงดังรูปที่ 6.1



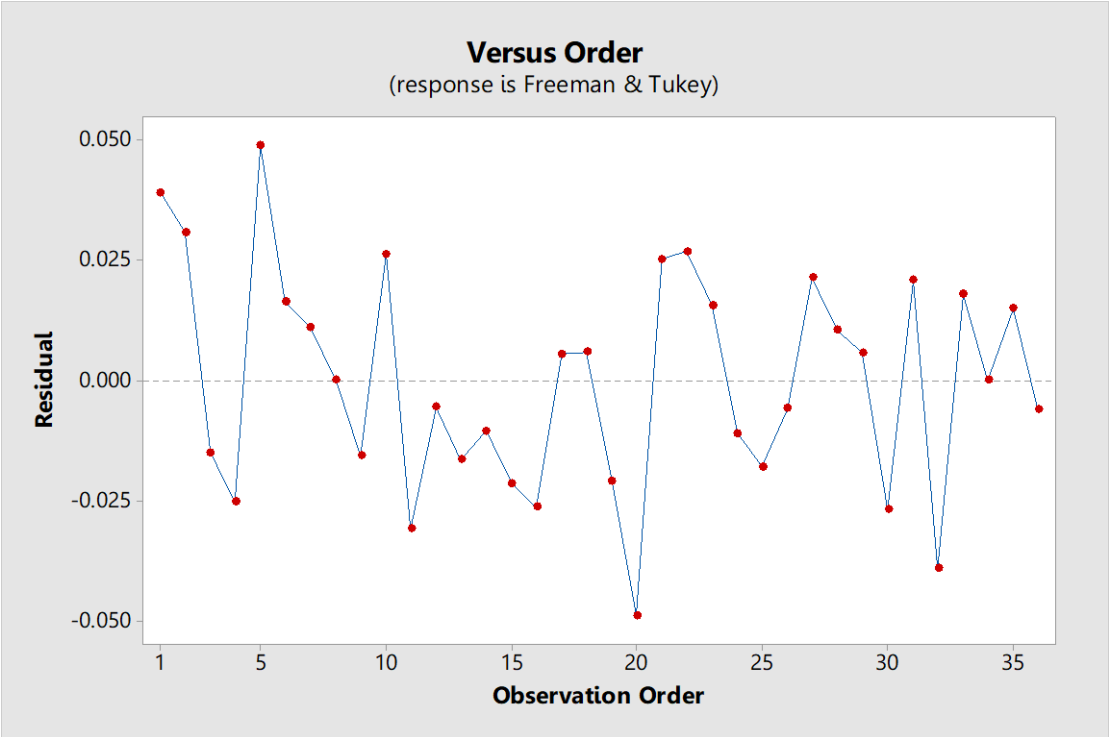
รูปที่ 6.1 การทดสอบการแจกแจงปกติของผลการทดลองที่แปลงค่าด้วยวิธีของ Freeman & Tukey

6.5.1.2 การทดสอบสมมติฐานของความเป็นอิสระ (Independence)

การทดสอบสมมติฐานของความเป็นอิสระ สามารถตรวจสอบได้โดยการพิจารณาจากแผนภาพการกระจายตัวระหว่างค่าส่วนตกค้าง (Residual) กับลำดับของการเก็บข้อมูล (Observation Order) ซึ่งการพิจารณาความเป็นอิสระนั้น ข้อมูลไม่ควรมีลักษณะที่เป็นแนวโน้มหรือมีรูปแบบที่ชัดเจนแน่นอน

เมื่อพิจารณาแผนภาพความสัมพันธ์ระหว่างค่าส่วนตกค้างและลำดับของการเก็บข้อมูลแล้ว พบว่าข้อมูลที่แปลงด้วยวิธีของ Freeman และ Tukey มีการกระจายตัวที่เป็นอิสระไม่มีรูปแบบที่แน่นอน ดังนั้นสรุปได้ว่าข้อมูลมีความเป็นอิสระต่อกัน แสดงดังรูปที่ 6.2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

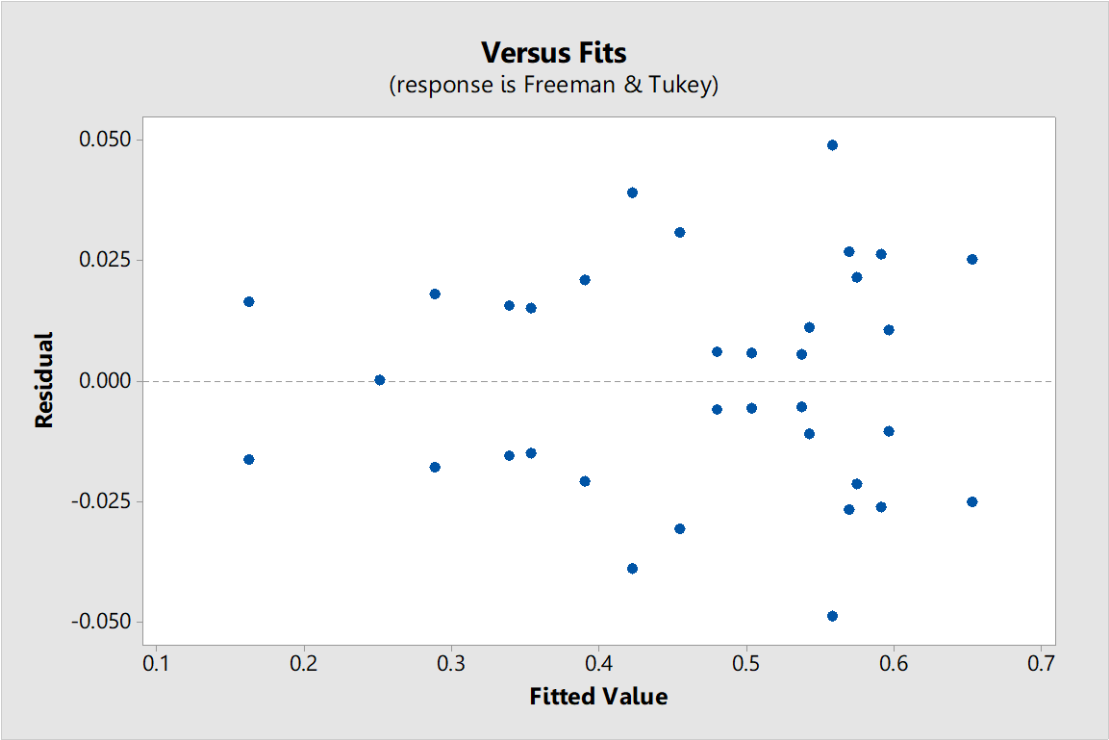


รูปที่ 6.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าส่วนตกค้างและลำดับของการเก็บข้อมูล

6.5.1.3 ความมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน (Variance Stability)

การทดสอบสมมติฐานของความมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน (Variance Stability) สามารถตรวจสอบได้โดยพิจารณาจากแผนภาพการกระจายที่แสดงความสัมพันธ์ของค่าส่วนตกค้าง (Residual) กับค่าที่ถูกฟิต (Fitted value) ซึ่งแผนภาพการกระจายไม่ควรมีลักษณะของข้อมูลที่เป็นแนวโน้มหรือมีการกระจายตัวที่มีรูปแบบกรวยปากเปิด

จากการทดสอบค่าตัวแปรตอบสนองคือสัดส่วนของเสียประเภทกระเบื้องผิวหน้าไม่เรียบซึ่งเกิดจากการที่มีอนุภาคแปลกปลอมขนาดใหญ่กระจายตัวอยู่บนผิวชิ้นงาน พบว่าข้อมูลที่แปลงด้วยวิธีของ Freeman และ Tukey ไม่มีลักษณะการกระจายตัวที่เป็นรูปแบบกรวยปากเปิด จึงสรุปได้ว่าข้อมูลมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวนแสดงดังรูปที่ 6.3



รูปที่ 6.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าส่วนตกค้างและค่าที่ถูกฟิต

ผลการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแปรตอบสนอง สรุปได้ว่าข้อมูลที่จะนำมาวิเคราะห์ผลของการออกแบบการทดลอง เป็นไปตามสมมติฐานที่กำหนดทั้ง 3 ข้อ คือ มีการกระจายแบบปกติ มีความเป็นอิสระต่อกัน และมีความมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน ดังนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองไปทำการวิเคราะห์ผลการทดลองในขั้นตอนต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

6.5.2 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

หลังจากตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบจำลอง (Model Adequacy Checking) จึงทำการวิเคราะห์ผลการออกแบบการทดลองเบื้องต้นด้วยโปรแกรม Minitab ซึ่งได้ผลการวิเคราะห์การออกแบบการทดลอง ดังตารางที่ 6.3

ตารางที่ 6.3 ผลการวิเคราะห์การทดลองด้วยโปรแกรม Minitab

General Factorial Regression: Freeman & Tukey versus A, B, C

Factor Information

Factor	Levels	Values
A	2	ไม่สม่ำเสมอ, สม่ำเสมอ
B	3	10, 16, 18
C	3	4, 6, 8

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	17	0.632654	0.037215	36.39	0.000
Linear	5	0.573015	0.114603	112.05	0.000
A	1	0.370648	0.370648	362.39	0.000
B	2	0.154154	0.077077	75.36	0.000
C	2	0.048213	0.024107	23.57	0.000
2-Way Interactions	8	0.049608	0.006201	6.06	0.001
A*B	2	0.044322	0.022161	21.67	0.000
A*C	2	0.003054	0.001527	1.49	0.251
B*C	4	0.002232	0.000558	0.55	0.704
3-Way Interactions	4	0.010031	0.002508	2.45	0.083
A*B*C	4	0.010031	0.002508	2.45	0.083
Error	18	0.018410	0.001023		
Total	35	0.651064			

Model Summary

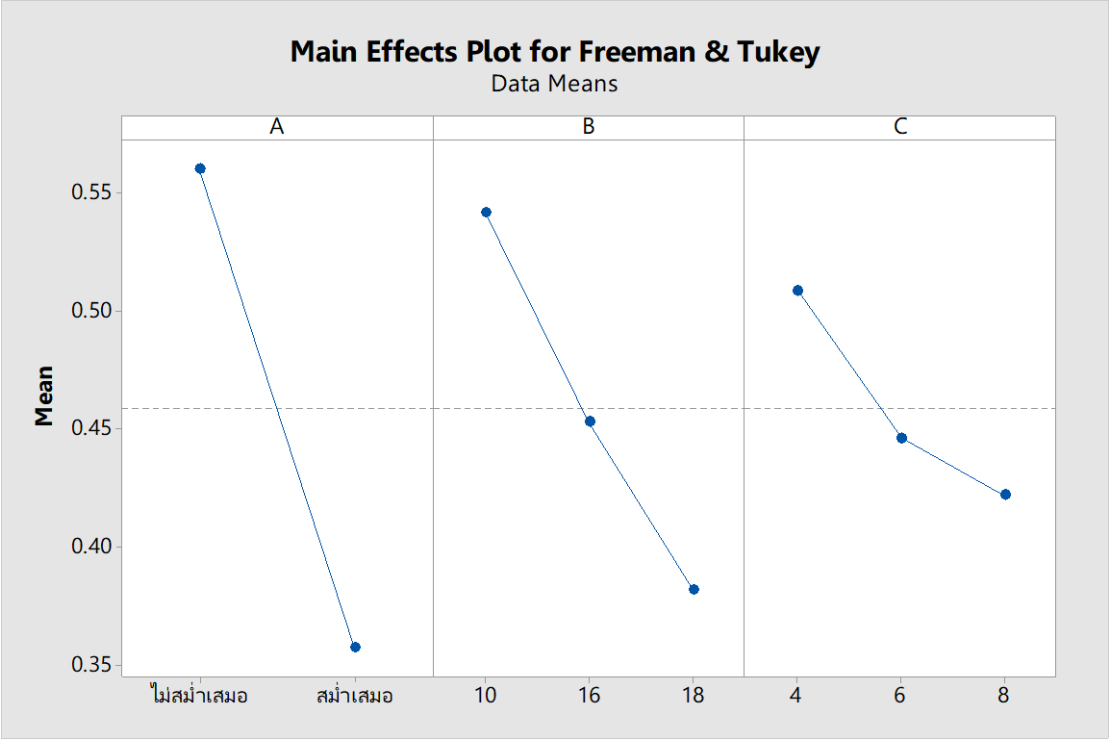
S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0.0319809	97.17%	94.50%	88.69%

RN UNIVERSITY

จากการออกแบบการทดลองแฟคทอเรียลที่มีการทำซ้ำ 2 ครั้ง ด้วยโปรแกรม MINITAB สามารถสรุปผลการวิเคราะห์ได้ว่าปัจจัยหลัก (Main Effect) ทั้ง 3 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อสัดส่วนของเสียประเภทกระเบื้องผิวหน้าไม่เรียบซึ่งเกิดจากการที่มีอนุภาคแปลกปลอมขนาดใหญ่กระจายตัวอยู่บนผิวชิ้นงานอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจาก P-Value น้อยกว่า 0.05 ประกอบด้วย ปัจจัย A ขนาดรูตะแกรงของเครื่องบด ปัจจัย B ขนาดตะแกรงร่อนของเครื่องบดไม่เหมาะสม และปัจจัย C ขนาดตะแกรงร่อนก่อนขึ้นกระพ้อลำเลียงไม่เหมาะสม ส่วนอันตรกิริยา (Interaction Effect) ระหว่างปัจจัย AB ขนาดรู

ตะแกรงของเครื่องบด*ขนาดตะแกรงร่อนของเครื่องบดไม่เหมาะสม มีอิทธิพลต่อสัดส่วนของเสียประเภทกระเบื้องผิวหน้าไม่เรียบซึ่งเกิดจากการที่มีอนุภาคแปลกปลอมขนาดใหญ่กระจายตัวอยู่บนผิวชิ้นงานอย่างมีนัยสำคัญเนื่องจาก P-Value มากกว่า 0.05

การวิเคราะห์ผลการออกแบบการทดลองด้วยโปรแกรม Minitab สามารถแสดงผลหลักของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อตัวแปรตอบสนองกับผลของอันตรกิริยาของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อตัวแปรตอบสนอง และแสดงภาพข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ดังรูปที่ 6.4 และ 6.5



รูปที่ 6.4 ผลหลักของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อสัดส่วนของเสียประเภทกระเบื้องผิวหน้าไม่เรียบ

จากการพิจารณากราฟผลหลักของปัจจัยที่มีผลต่อสัดส่วนของเสียประเภทกระเบื้องผิวหน้าไม่เรียบซึ่งเกิดจากการที่มีอนุภาคแปลกปลอมขนาดใหญ่กระจายตัวอยู่บนผิวชิ้นงาน ในกระบวนการขึ้นรูปกระเบื้องดินเผาปูพื้น พบว่า สัดส่วนของเสียมีแนวโน้มลดลงเมื่อใช้ขนาดรูตะแกรงของเครื่องบดที่มีความสม่ำเสมอ ขนาดตะแกรงร่อนของเครื่องบดเบอร์ 18 (Mesh No.18) และขนาดตะแกรงร่อนก่อนขึ้นกระพ้อลำเลียงเบอร์ 8 (Mesh No.8)

รูปที่ 6.5 อันตรกิริยาของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง

จากกราฟอันตรกิริยาของปัจจัยที่มีผลต่อสัดส่วนของเสียประเภทกระเบื้องผิวหน้าไม่เรียบซึ่งเกิดจากการที่มีอนุภาคแปลกปลอมขนาดใหญ่กระจายตัวอยู่บนผิวชิ้นงาน ในกระบวนการขึ้นรูปกระเบื้องดินเผาปูพื้น พบว่าปัจจัยระหว่างขนาดรูตะแกรงของเครื่องบดและขนาดตะแกรงร่อนของเครื่องบด มีแนวโน้มว่าจะเกิดอันตรกิริยากันอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนแล้วพบว่า P-Value น้อยกว่า 0.05 ซึ่งแสดงว่ามีอันตรกิริยาระหว่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

6.6 สรุปขั้นตอนการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ

เมื่อทำการทดสอบความมีนัยสำคัญของปัจจัยนำเข้าจากขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา ขั้นตอนนี้จึงเป็นขั้นตอนของการแก้ไขปรับปรุงกระบวนการ เป็นการนำปัจจัยนำเข้าที่มีนัยสำคัญทั้งหมด 3 ปัจจัย มาทำการออกแบบการทดลองเพื่อหาระดับของแต่ละปัจจัยที่เหมาะสม โดยออกแบบการทดลองเป็น General Full Factorial Design ที่มีการทำซ้ำ 2 ครั้ง จากผลการทดลองพบว่าปัจจัยนำเข้ามีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญต่อสัดส่วนของเสียประเภทกระเบื้องผิวหน้าไม่เรียบซึ่งเกิดจากการที่มีอนุภาคแปลกปลอมขนาดใหญ่กระจายตัวอยู่บนผิวชิ้นงาน ในกระบวนการขึ้นรูปกระเบื้องดินเผาปูพื้น จากผลการทดลองพบว่าระดับที่เหมาะสมของปัจจัย ได้แก่ ควรใช้ขนาดรูตะแกรงของเครื่องบดที่มีความสม่ำเสมอ ขนาดตะแกรงร่อนของเครื่องบดเบอร์ 18 (Mesh No.18) และขนาดตะแกรงร่อนก่อนขึ้นกระพ้อลำเลียงเบอร์ 8 (Mesh No.8)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 7 การควบคุมกระบวนการผลิต

การควบคุมกระบวนการผลิตเป็นขั้นตอนสุดท้ายในกระบวนการซิกซ์ ซิกมา (Six Sigma) ซึ่งเป็นการยืนยันผลสรุปจากขั้นตอนการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ โดยได้นำปัจจัยนำเข้าทั้ง 3 ปัจจัย ได้แก่ ขนาดรูตะแกรงของเครื่องบดที่มีความสม่ำเสมอ ขนาดตะแกรงร่อนของเครื่องบดเบอร์ 18 (Mesh No.18) และขนาดตะแกรงร่อนก่อนขึ้นกระพ้อลำเลียงเบอร์ 8 (Mesh No.8) ที่ส่งผลให้สัดส่วนของเสียประเภทกระเบื้องผิวหน้าไม่เรียบลดลงมาทำการทดสอบเพื่อยืนยันผล เพื่อตรวจสอบว่าสัดส่วนของเสียประเภทกระเบื้องผิวหน้าไม่เรียบเป็นไปตามผลการทดลองหรือไม่ จากนั้นจึงจัดทำแผนควบคุม (Control Plan) เพื่อควบคุมกระบวนการให้อยู่ในค่าควบคุม และเมื่อพบว่ากระบวนการออกนอกค่าควบคุมให้ดำเนินการตามแผนการปฏิบัติการแก้ไขเมื่อพบจุดออกนอกค่าควบคุม เพื่อแก้ไขไม่ให้เกิดปัญหาเกิดขึ้นซ้ำอีก

7.1 การทดสอบยืนยันผล

การทดสอบยืนยันผลเป็นการนำค่าปัจจัยนำเข้าที่สำคัญทั้งหมดที่ได้จากขั้นตอนการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการโดยศึกษาจากปริมาณสัดส่วนของเสียประเภทกระเบื้องผิวหน้าไม่เรียบในกระบวนการขึ้นรูปกระเบื้องดินเผาปูพื้น ปัจจัยที่ทำการปรับปรุงทั้งหมดมี 3 ปัจจัย โดยค่าที่เหมาะสมของ 3 ปัจจัย ดังแสดงในตารางที่ 7.1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 7.1 ระดับของปัจจัยนำเข้าที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการทดสอบยืนยันผล

สัญลักษณ์ของปัจจัย	ปัจจัย	ระดับที่เหมาะสม	หน่วย
A	ขนาดรูตะแกรงของเครื่องบด	ความสม่ำเสมอ	-
B	ขนาดตะแกรงร่อนของเครื่องบด	เบอร์ 18	Mesh No.18
C	ขนาดตะแกรงร่อนก่อนขึ้นกระพ้อลำเลียง	เบอร์ 8	Mesh No.8

7.1.1 ขั้นตอนในการทดลอง

ทำการทดลองโดยมีการปรับตั้งค่าเครื่องบดที่จะทำการปรับปรุงให้เรียบร้อยก่อนการปฏิบัติงาน และกำหนดให้มีการตรวจสอบเพื่อให้ค่าปรับตั้งเป็นไปตามที่กำหนดไว้ โดยรายละเอียดของขั้นตอนการทดลองเป็นดังนี้

1. นำดินแดงใส่ลงไปในเครื่องบด (Pan Mill) ที่ขนาดรูตะแกรงมีความสม่ำเสมอ เพื่อลดขนาดของดินให้มีขนาดเล็กกว่าตะแกรงเบอร์ 18

2. จากนั้นนำผงดินแดงที่ได้จากการบดคัดขนาดผ่านขนาดตะแกรงร่อนก่อนขึ้นกระพ้อลำเลียงเบอร์ 8 และบรรจุผงดินผ่านไปตามสายพานลำเลียงไปยังเครื่องอัดขึ้นรูป

3. กระบวนการอัดขึ้นรูป เครื่องอัดขึ้นรูปป้อนผงวัตถุดิบเข้าสู่แม่พิมพ์ และใช้แรงขนาด 250 Bar อัดลงบนแม่พิมพ์ (Dry Pressing) จากนั้นชิ้นงานจะถูกนำออกจากแม่พิมพ์

4. ทำการตรวจสอบชิ้นงานที่อัดขึ้นรูป 100%

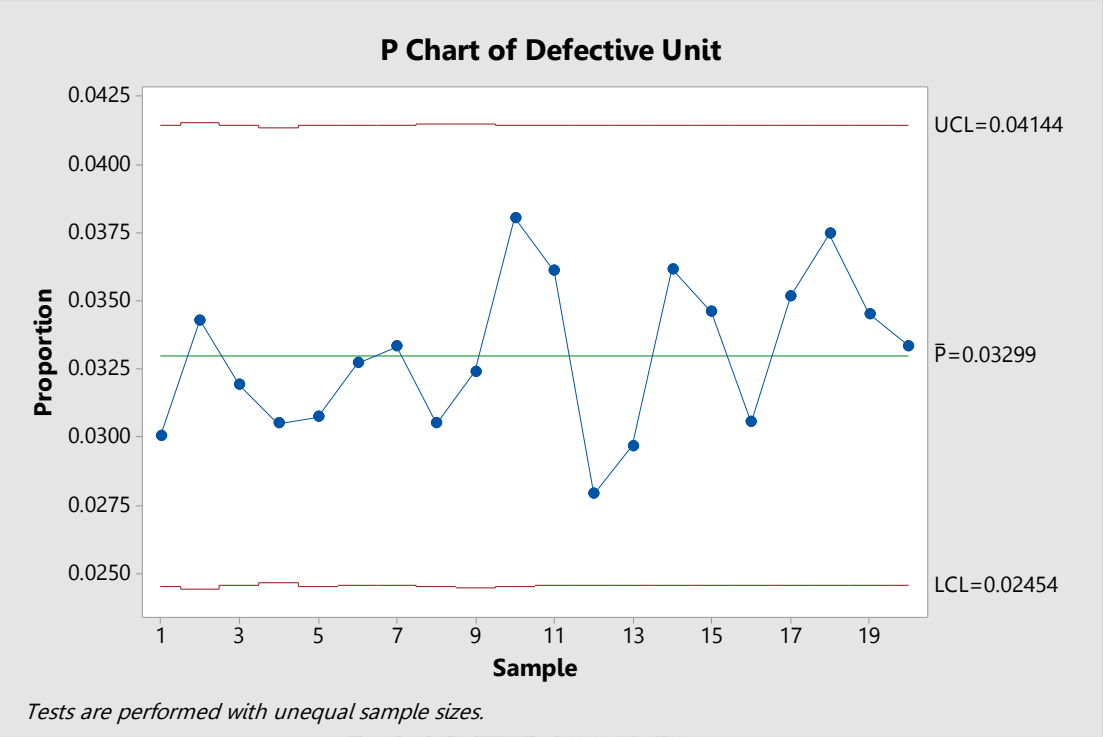
5. ตรวจสอบปัญหากระเบื้องผิวหน้าไม่เรียบและบันทึกผลการทดลอง

7.1.2 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

จากข้อมูลการทดสอบที่ได้นำมาพล็อตกราฟเพื่อพิจารณาสัดส่วนของเสียในกระบวนการขึ้นรูปกระเบื้องดินเผาปูพื้นพบว่า สัดส่วนของเสียที่เกิดขึ้น (DPPM) มีค่าเท่ากับ 32,990 เมื่อเปรียบเทียบกับสัดส่วนของเสียที่เกิดขึ้น (DPPM) ก่อนการปรับปรุงกระบวนการซึ่งมีค่าเท่ากับ 152,871.16 สามารถที่จะลดสัดส่วนของเสียได้ถึง 78.42%

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ดังนั้นจึงกำหนดให้นำค่าทั้ง 3 ตามระดับ ที่ได้จากการทดลองไปใช้ในกระบวนการผลิตจริงเพื่อลดสัดส่วนของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตกระเบื้องดินเผาปูพื้น



รูปที่ 7.1 แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสียในกระบวนการผลิตกระเบื้องดินเผาปูพื้น

7.2 การตรวจติดตามควบคุม

7.2.1 แผนการควบคุม

ปัจจัยนำเข้าที่สำคัญที่นำมาพิจารณากำหนดแผนการควบคุมนั้นสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือปัจจัยผันแปรและปัจจัยเชิงคุณลักษณะ ซึ่งมีรายละเอียดของแผนการควบคุมในแต่ละปัจจัย ดังนี้

7.2.1.1 ปัจจัยเชิงคุณลักษณะ มี 1 ปัจจัย คือขนาดรูตะแกรงของเครื่องบดต้องมีความสม่ำเสมอเพื่อป้องกันการหลุดรอดของเศษหิน เศษกรวด หรือสิ่งแปลกปลอมที่ปนมากับดิน

7.2.1.2 ปัจจัยผันแปร มี 2 ปัจจัย ได้แก่ ขนาดตะแกรงร่อนของเครื่องบดเบอร์ 18 และขนาดตะแกรงร่อนก่อนขึ้นกระพ้อลำเลียงเบอร์ 8

7.2.2 การประยุกต์ใช้แผนภูมิควบคุม

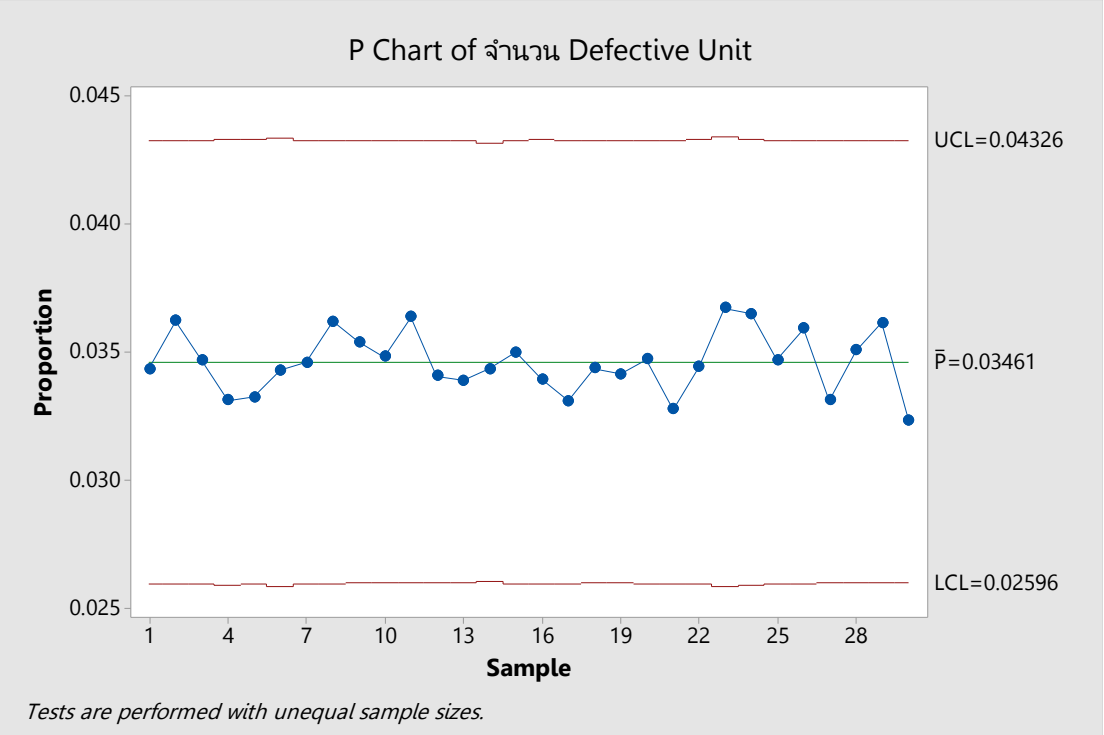
เนื่องจากข้อมูลเป็นจำนวนของเสีย (Defectives) หรือสัดส่วนของเสีย ดังนั้นแผนภูมิที่ประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมในการควบคุมและตรวจติดตามกระบวนการผลิตคือแผนภูมิควบคุมสัดส่วน

ของเสียหรือที่เรียกว่า P-Chart จะเห็นได้ว่าค่า P หรือ Proportion คือค่าสัดส่วนระหว่างของเสียต่อจำนวนชิ้นงานที่ผลิตในแต่ละล็อต

ในกระบวนการผลิตมีการตรวจสอบชิ้นงาน 100% และทำการเก็บค่าสัดส่วนของเสียในแต่ละล็อตและนำข้อมูลมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Minitab

7.2.3 ข้อมูลหลังการปรับปรุงกระบวนการผลิต

การศึกษาถึงปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นหลังทำการปรับปรุงด้วยวิธีการปรับปรุงคุณภาพแบบ ซิกซ์ซิกมา จากการเก็บข้อมูล 30 กลุ่มข้อมูล ในเดือนกรกฎาคม-กันยายน 2562 พบว่าสัดส่วนของเสียที่เกิดมีการลดลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นมีค่าเท่ากับ 34,610 DPPM ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับสัดส่วนของเสียที่เกิดขึ้นก่อนการปรับปรุง สัดส่วนของเสียสามารถลดลงไปได้ถึง 77% ดังแสดงในรูปที่ 7.2



รูปที่ 7.2 แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสียหลังการปรับปรุงกระบวนการ

แผนภูมิสัดส่วนของเสีย (P-Chart) ช่วยในการควบคุมและติดตามในกระบวนการผลิต ในกรณีที่กระบวนการมีความผิดปกติคือเกิดของเสียที่มากกว่าปกติ พนักงานจะสามารถหยุดกระบวนการและตรวจสอบกระบวนการได้ทันท่วงที

7.3 สรุปขั้นตอนการควบคุมกระบวนการผลิต

จากผลการทดสอบยืนยันผลการทดลองที่ผ่านมา ซึ่งสามารถกำหนดค่าปัจจัยนำเข้าที่สำคัญได้จากการหาค่าระดับปัจจัยที่เหมาะสม จากนั้นทำการควบคุมผลลัพธ์ของกระบวนการโดยใช้แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย (P-Chart) เพื่อทำการควบคุมไม่ให้กระบวนการออกนอกเส้นควบคุม โดยหากมีค่าออกนอกขอบเขตควบคุมต้องดำเนินแก้ไขทันที จากนั้นทำการวิเคราะห์สัดส่วนของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต พบว่ามีสัดส่วนของเสียในกระบวนการขึ้นรูปกระเบื้องดินเผาปูพื้นเกิดขึ้นเพียง 34,610 DPPM ซึ่งสัดส่วนของเสียที่เกิดขึ้นมีค่าลดลงจากเดิมถึง 77% เมื่อเทียบกับกระบวนการก่อนการปรับปรุง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 8 บทสรุปและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยได้นำเสนอแนวความคิดและการประยุกต์ใช้วิธีการซิกซ์ ซิกมา ทั้ง 5 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการนิยามปัญหา (Define phase) ขั้นตอนการวัดเพื่อกำหนดหาสาเหตุของปัญหา (Measurement phase) ขั้นตอนการวิเคราะห์ปัญหา (Analysis phase) ขั้นตอนการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ (Improvement phase) และขั้นตอนการควบคุมกระบวนการผลิต (Control phase) เพื่อใช้ในการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการผลิตเพื่อลดสัดส่วนของเสียประเภทกระเบื้องผิวหน้าไม่เรียบซึ่งเกิดจากการที่มีอนุภาคแปลกปลอมขนาดใหญ่กระจายตัวอยู่บนผิวชิ้นงานในกระบวนการขึ้นรูปกระเบื้องดินเผาปูพื้น โดยบทสรุปของขั้นตอนในการดำเนินงาน มีดังนี้

8.1 บทสรุปขั้นตอนการนิยามปัญหา

ในขั้นตอนการนิยามปัญหา ผู้วิจัยได้ทำการศึกษากระบวนการผลิตกระเบื้องดินเผาปูพื้นขนาด 8*8 นิ้ว ในโรงงานกรณีศึกษาเพื่อระบุปัญหาที่สำคัญ โดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลในกระบวนการผลิตกระเบื้องดินเผาปูพื้นจำนวน 10 ล็อต เมื่อทำการวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นทั้งหมดในกระบวนการขึ้นรูปโดยการใช้แผนภาพพาเรโตพบว่าปัญหาการเกิดของเสียที่จำเป็นต้องแก้ไขเป็นอันดับแรกคือปัญหากระเบื้องผิวหน้าไม่เรียบ (Rough Surface) ซึ่งมีของเสียร้อยละ 92.10 ซึ่งคิดเป็นสัดส่วนปริมาณของเสียที่มากที่สุดในกระบวนการขึ้นรูป โดยสัดส่วนการเกิดของเสียประเภทกระเบื้องผิวหน้าไม่เรียบต่อปริมาณการผลิตในกระบวนการขึ้นรูปกระเบื้องดินเผาปูพื้นโดยเฉลี่ยแล้วอยู่ที่ 152,871.16 DPPM ต่อล็อต และปริมาณการเกิดของเสียยังมีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องซึ่งหากไม่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขอย่างถาวร จะทำให้บริษัทต้องสูญเสียค่าใช้จ่ายต่างๆ ที่เกิดขึ้น สูญเสียชื่อเสียงเพราะสินค้าไม่ได้คุณภาพและอาจจะสูญเสียความน่าเชื่อถือจากการส่งมอบสินค้าที่ล่าช้าได้ จึงเป็นเหตุผลสำคัญในการที่จะแก้ปัญหาดังกล่าวที่เกิดขึ้นต่อไป โดยมีเป้าหมายในการลดปริมาณของเสียประเภทกระเบื้องผิวหน้าไม่เรียบ (Rough Surface) ในกระบวนการขึ้นรูปกระเบื้องดินเผาปูพื้น

8.2 บทสรุปขั้นตอนการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา

ในขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา ซึ่งจำแนกเป็น 2 ส่วนหลัก คือ การวิเคราะห์ระบบการวัดและการหาสาเหตุหลักของปัญหา โดยเริ่มจากการวิเคราะห์ความถูกต้องแม่นยำ

ของระบบการวัด เพื่อให้มั่นใจว่าระบบการวัดมีความน่าเชื่อถือ ซึ่งจากการตรวจสอบความสามารถของระดับการวัดของพนักงานทุกคน โดยมีเปอร์เซ็นต์รีพีททะบิลิตี้ของพนักงานตรวจสอบ เปอร์เซ็นต์ความไม่ไบอัสของพนักงานตรวจสอบ เปอร์เซ็นต์ด้านประสิทธิผลด้านรีพีททะบิลิตี้ เปอร์เซ็นต์ด้านประสิทธิผลด้านไบอัส ทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 100% ดังนั้น สรุปได้ว่าความสามารถของกระบวนการวัดแบบข้อมูลนับในการทดสอบครั้งนี้เชื่อถือได้ สามารถนำไปวัดผลจากกระบวนการที่ทำการศึกษาเพื่อใช้วิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

จากการวิเคราะห์ปัญหาจากสาเหตุและผลโดยใช้ผังก้างปลา (Fish Bone Diagram) พบว่าปัจจัยนำเข้ามีทั้งหมด 14 ปัจจัยที่คาดว่าจะส่งผลต่อการเกิดปัญหากระเบื้องผิวหน้าไม่เรียบ จากนั้นนำทั้ง 14 ปัจจัยมาคัดกรองโดยใช้เทคนิคการหาความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล (Cause and Effect Matrix) แล้วนำมาจัดเรียงลำดับความสำคัญของปัจจัยโดยใช้แผนภาพพาเรโต พบว่าปัจจัยนำเข้าที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองมีทั้งหมด 10 ปัจจัย จากนั้นจะนำปัจจัยเหล่านี้ไปทำการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis)

การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) เพื่อคัดกรองปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปัญหากระเบื้องผิวหน้าไม่เรียบ โดยเรียงลำดับความสำคัญด้วยแผนภาพพาเรโตของตัวเลขแสดงลำดับความสำคัญของความเสี่ยง (RPN) พบว่าปัจจัยนำเข้าที่สำคัญมี 3 ปัจจัย คือ ขนาดรูตะแกรงของเครื่องบดไม่สม่ำเสมอ, ขนาดตะแกรงร่อนของเครื่องบดไม่เหมาะสมและขนาดตะแกรงร่อนก่อนขึ้นกระพ้อลำเลียง (Bucket Elevator) ไม่เหมาะสม โดยจะนำปัจจัยเหล่านี้ไปทำการวิเคราะห์ความมีนัยสำคัญในขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

8.3 บทสรุปขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

ในขั้นตอนการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา เริ่มจากการเลือกรูปแบบที่จะใช้ในการทดสอบความมีนัยสำคัญของปัจจัยที่มีต่อตัวแปรตอบสนองคือสัดส่วนของเสียประเภทกระเบื้องผิวหน้าไม่เรียบซึ่งเกิดจากการที่มีอนุภาคแปลกปลอมขนาดใหญ่กระจายตัวอยู่บนผิวชิ้นงาน ซึ่งทำการทดสอบโดยวิธีการออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลแบบ 2^k ที่มี 3 ปัจจัยแบบไม่มีจุดศูนย์กลาง โดยสาเหตุที่ไม่ได้กำหนดจุดศูนย์กลาง เนื่องจากในขั้นตอนนี้เป็นการหาความมีนัยสำคัญต่อตัวแปรตอบสนองเท่านั้นจึงได้เลือกกำหนดแค่ระดับต่ำ (-1) และระดับสูง (+1) ซึ่งในการออกแบบการทดลองใช้จำนวนการทดลอง (runs) ทั้งสิ้น 16 การทดลอง

จากนั้นเมื่อได้ผลการทดลองจึงวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง โดยการแปลงค่าของตัวแปรตอบสนองให้เป็นไปตามสมมติฐานเรื่องความมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวนของการออกแบบการทดลองด้วยวิธีของ Freeman และ Tukey และทำการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบจำลอง (Model Adequacy Checking) ว่าข้อมูลเป็นไปตามสมมติฐานทั้ง 3 ข้อ แล้วจึงได้ทำการวิเคราะห์ผลการทดลองในขั้นตอนต่อไป

โดยผลจากการวิเคราะห์พบว่าที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.05 ปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองอย่างมีนัยสำคัญเพื่อนำไปปรับปรุงหาระดับของปัจจัยที่เหมาะสม คือปัจจัย A ขนาดรูตะแกรงของเครื่องบด, ปัจจัย B ขนาดตะแกรงร่อนของเครื่องบดไม่เหมาะสมและ ปัจจัย C ขนาดตะแกรงร่อนก่อนขึ้นกระพ้อลำเลียงไม่เหมาะสมและอันตรกิริยาระหว่างปัจจัย AB ขนาดรูตะแกรงของเครื่องบด*ขนาดตะแกรงร่อนของเครื่องบดไม่เหมาะสม

8.4 บทสรุปขั้นตอนการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ

เมื่อทำการทดสอบความมีนัยสำคัญของปัจจัยนำเข้าจากขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา ขั้นตอนนี้จึงเป็นขั้นตอนของการแก้ไขปรับปรุงกระบวนการ เป็นการนำปัจจัยนำเข้าที่มีนัยสำคัญทั้งหมด 3 ปัจจัย มาทำการออกแบบการทดลองเพื่อหาระดับของแต่ละปัจจัยที่เหมาะสม โดยออกแบบการทดลองเป็น General Full Factorial Design ที่มีการทำซ้ำ 2 ครั้ง จากผลการทดลองพบว่าปัจจัยนำเข้ามีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญต่อสัดส่วนของเสียประเภทกระเบื้องผิวหน้าไม่เรียบซึ่งเกิดจากการที่มีอนุภาคแปลกปลอมขนาดใหญ่กระจายตัวอยู่บนผิวชิ้นงาน ในกระบวนการขึ้นรูปกระเบื้องดินเผาปูพื้น จากผลการทดลองพบว่าระดับที่เหมาะสมของปัจจัย ได้แก่ ควรใช้ขนาดรูตะแกรงของเครื่องบดที่มีความสม่ำเสมอ ขนาดตะแกรงร่อนของเครื่องบดเบอร์ 18 (Mesh No.18) และขนาดตะแกรงร่อนก่อนขึ้นกระพ้อลำเลียงเบอร์ 8 (Mesh No.8)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

8.5 บทสรุปขั้นตอนการควบคุมกระบวนการผลิต

จากผลการทดสอบยืนยันผลการทดลองที่ผ่านมา ซึ่งสามารถกำหนดค่าปัจจัยนำเข้าที่สำคัญได้จากการหาค่าระดับปัจจัยที่เหมาะสม จากนั้นทำการควบคุมผลลัพธ์ของกระบวนการโดยใช้แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย (P-Chart) เพื่อทำการควบคุมไม่ให้กระบวนการออกนอกเส้นควบคุม โดยหากมีค่าออกนอกขอบเขตควบคุมต้องดำเนินแก้ไขทันที จากนั้นทำการวิเคราะห์สัดส่วนของเสียที่เกิดขึ้น

ในกระบวนการผลิต พบว่าสัดส่วนของเสียในกระบวนการขึ้นรูปกระเบื้องดินเผาปูพื้นเกิดขึ้นเพียง 34,610 DPPM ซึ่งสัดส่วนของเสียที่เกิดขึ้นมีค่าลดลงถึง 77% เมื่อเทียบกับกระบวนการก่อนปรับปรุง

8.6 ข้อจำกัดในงานวิจัย

1. เนื่องจากตัวแปรตอบสนองของการงานวิจัยครั้งนี้คือสัดส่วนของเสียประเภทกระเบื้องผิวหน้าไม่เรียบซึ่งเกิดจากการที่มีอนุภาคแปลกปลอมขนาดใหญ่กระจายตัวอยู่บนผิวชิ้นงาน ซึ่งเป็นข้อมูลแบบจำนวนนับ (Attribute Data) ดังนั้นวิธีทางสถิติที่สามารถประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลมีน้อย ไม่มีความหลากหลายในการวิเคราะห์ข้อมูล

2. เครื่องจักรที่ใช้ในงานวิจัยนี้ของโรงงานกรณีศึกษาไม่สามารถปรับเปลี่ยนได้ เช่น ความเร็วรอบในการบด, แรงอัดขึ้นรูปชิ้นงาน เป็นต้น

8.7 ข้อเสนอแนะ

1. การที่จะปรับปรุงกระบวนการผลิตโดยการประยุกต์ใช้แนวทางซิกซ์ ซิกมา นั้น ผู้บริหารจำเป็นที่จะต้องให้การสนับสนุนในทุกๆ ด้าน เพื่อให้การดำเนินการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการดำเนินไปด้วยความราบรื่นและสอดคล้องกันไปทั่วทั้งองค์กร จึงจะเป็นการปรับปรุงที่มีประสิทธิภาพสูงสุดได้

2. หากต้องการลดสัดส่วนของเสียให้มากขึ้น อาจพิจารณาปรับปรุงปัจจัยอื่นๆ ที่มีคะแนนรองลงมาในการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effects Analysis: FMEA)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3. ทางโรงงานกรณีศึกษาสามารถนำแนวทางในการปรับปรุงกระบวนการเพื่อลดสัดส่วนของเสียไปประยุกต์ใช้กับกระเบื้องประเภทอื่นๆ ได้

4. ในอุตสาหกรรมเซรามิก การเตรียมวัตถุดิบเพื่อใช้ในการอัดขึ้นรูปส่วนใหญ่นิยมใช้ตะแกรงเบอร์ 60-100 Mesh

5. ความเร็วรอบของเครื่องบดเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่จะกำหนดขนาดอนุภาคของวัตถุดิบ ที่ควรนำมาพิจารณา

6. การซ่อมแซมตะแกรงของเครื่องบด (Pan mill) ควรมีการวัดขนาดรูตะแกรงหลังจากการซ่อมแซมให้ได้มาตรฐานตามขนาดเบอร์ตะแกรงที่ใช้

7. การปรับปรุงกระบวนการผลิตในระยะยาว ผู้บริหารควรเลือกวิธีการเปลี่ยนตะแกรงทั้งแผ่นแทนการซ่อมแซมเฉพาะจุดที่ชำรุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก ค่าเปอร์เซ็นต์ของเสียในกระบวนการขึ้นรูปกระเบื้องดินเผาปูพื้น

ตาราง ก.1 ข้อมูลร้อยละของเสียแยกตามประเภทในกระบวนการขึ้นรูปกระเบื้องดินเผาปูพื้น

Lot	ร้าว	หนา	บาง	ผิวไม่เรียบ	บิ่น
Lot 1	2.09	2.39	2.69	92.08	0.75
Lot 2	1.82	1.97	1.52	94.09	0.61
Lot 3	1.31	1.14	0.82	96.08	0.65
Lot 4	2.77	2.92	3.50	89.65	1.17
Lot 5	2.52	2.08	1.78	92.58	1.04
Lot 6	2.61	2.46	3.91	89.57	1.45
Lot 7	1.48	1.15	0.49	96.38	0.49
Lot 8	2.80	2.21	1.62	91.74	1.62
Lot 9	3.11	2.07	2.07	91.26	1.48
Lot 10	4.36	1.83	2.53	89.03	2.25
เฉลี่ย	2.49	2.02	2.09	92.25	1.15

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ข ค่าการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา

ตาราง ข.1 แบบฟอร์มการให้คะแนนปัจจัยที่มีผลต่อค่าอัตราความสำคัญต่อผลกระทบต่อค่าความสมดุล
ตาราง ข.2 ผลการให้คะแนนปัจจัยที่มีผลต่อค่าอัตราความสำคัญต่อผลกระทบต่อค่าความสมดุล
ตาราง ข.3 ประวัติการทำงานของคณะทำงาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตาราง ข.1 แบบฟอร์มการให้คะแนนปัจจัยที่มีผลต่อค่าอัตราความสำคัญต่อผลกระทบต่อค่าความสมดุล

ลำดับที่	ปัจจัย (factors)	รายการสาเหตุและตัวแปรที่เป็นปัจจัยป้อนเข้า	อัตราความสำคัญต่อผลกระทบต่อค่าความสมดุล										
1	Machine	ขนาดของรูตะแกรงที่เครื่องบดไม่สม่ำเสมอ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2		ขนาดตะแกรงร่อนที่เครื่องบดไม่เหมาะสม	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3		ขนาดตะแกรงร่อนก่อนขึ้นกระพ้อไม่เหมาะสม	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4	Method	รอบระยะเวลาในการทำความสะอาดตะแกรงเครื่องบด	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5		รอบระยะเวลาในการทำความสะอาดตะแกรงก่อนขึ้นกระพ้อ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
6		ขาดแผนการบำรุงรักษาเครื่องจักร	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
7		การตรวจสอบอุปกรณ์หลังจากที่มีการทำความสะอาด	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
8		รอบระยะเวลาในการทำความสะอาดแม่พิมพ์	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
9	Man	พนักงานไม่ทำความสะอาดอุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10		พนักงานขาดความรอบคอบในการตรวจสอบวัตถุดิบ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

ตาราง ข.1 (ต่อ) แบบฟอร์มการให้คะแนนปัจจัยที่มีผลต่อค่าอัตราความสำคัญต่อผลกระทบต่อค่าความสมดุล

ลำดับที่	ปัจจัย (factors)	รายการสาเหตุและตัวแปรที่เป็นปัจจัยป้อนเข้า	อัตราความสำคัญต่อผลกระทบต่อค่าความสมดุล										
11	Material	พบสิ่งแปลกปลอมที่ติดมากับวัตถุดิบ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
12	Environment	สิ่งสกปรกบริเวณตะแกรงก่อนขึ้นกระพ้อ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
13		สิ่งสกปรกบริเวณเครื่องบด	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
14		สายพานในการลำเลียงวัตถุดิบไม่สะอาด	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตาราง ข.2 ผลการให้คะแนนปัจจัยที่มีผลต่อค่าอัตราความสำคัญต่อผลกระทบต่อค่าความสมดุล

ลำดับที่	ปัจจัย(factors)	รายการสาเหตุและตัวแปรที่เป็นปัจจัยป้อนเข้า	1	2	3	4	รวม
1	Machine	ขนาดของรูตะแกรงที่เครื่องบดไม่สม่ำเสมอ	9	9	9	9	36
2		ขนาดตะแกรงร่อนที่เครื่องบดไม่เหมาะสม	9	3	3	9	24
3		ขนาดตะแกรงร่อนก่อนขึ้นกระพ้อไม่เหมาะสม	9	9	9	9	36
4	Method	รอบระยะเวลาในการทำความสะอาดตะแกรงเครื่องบด	9	3	3	3	18
5		รอบระยะเวลาในการทำความสะอาดตะแกรงก่อนขึ้นกระพ้อ	3	9	9	3	24
6		ขาดแผนการบำรุงรักษาเครื่องจักร	3	9	9	3	24
7		การตรวจสอบอุปกรณ์หลังจากที่มีการทำความสะอาด	3	9	3	3	18
8		รอบระยะเวลาในการทำความสะอาดแม่พิมพ์	3	3	3	9	18
9	Man	พนักงานไม่ทำความสะอาดอุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการ	3	3	3	3	12
10		พนักงานขาดความรอบคอบในการตรวจสอบวัตถุดิบ	3	3	3	3	12
11	Material	พบสิ่งแปลกปลอมที่ติดมากับวัตถุดิบ	9	3	3	9	24
12	Environment	สิ่งสกปรกบริเวณตะแกรงก่อนขึ้นกระพ้อ	3	9	3	9	24
13		สิ่งสกปรกบริเวณเครื่องบด	3	3	3	3	12
14		สายพานในการลำเลียงวัตถุดิบไม่สะอาด	3	3	3	3	12

ตาราง ข.3 ประวัติการทำงานของคณะทำงาน

ลำดับที่	ตำแหน่ง	ประสบการณ์	หน้าที่
1	ผู้จัดการโรงงาน	มีประสบการณ์ทำงานในโรงงานผลิตกระเบื้องเซรามิก 20 ปี	ประสานงานในองค์กร รวมทั้งจัดหาบุคลากรและทรัพยากรที่จำเป็นในการดำเนินโครงการ และให้คำปรึกษาด้านเทคนิค ควบคุมดูแลสายการผลิตในโรงงาน ให้เป็นไปตามเป้าหมายที่กำหนดไว้
2	หัวหน้าพนักงานฝ่ายผลิต	มีประสบการณ์ทำงานในโรงงานผลิตกระเบื้องเซรามิก 10 ปี	สนับสนุนข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการผลิตในส่วนต่างๆ ร่วมเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดของเสีย ดูแลด้านงานปั้น ขึ้นรูปทรงด้วยมือ การผสมดิน งานหล่อแม่พิมพ์ งานเคลือบ การเซทเตาเผา
3	หัวหน้าพนักงานฝ่ายควบคุมคุณภาพ	มีประสบการณ์ทำงานในโรงงานผลิตกระเบื้องเซรามิก 5 ปี	สนับสนุนข้อมูลด้านคุณภาพ ร่วมเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดของเสีย ดูแลการเลือกใช้วัตถุดิบและเทคนิคงานเซรามิก
4	หัวหน้าฝ่ายบริหารงานทั่วไป	มีประสบการณ์ทำงานในโรงงานผลิตกระเบื้องเซรามิก 8 ปี	ดูแลเรื่องกระบวนการผลิต ร่วมเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดของเสีย เครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต ประสานงานทั่วไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บรรณานุกรม

Bertels, T. (2003). Rath & Strong's six sigma leadership handbook: John Wiley & Sons.

Carroll, C. T. (2016). Six Sigma for Powerful Improvement: A Green Belt DMAIC Training System with Software Tools and a 25-Lesson Course: Productivity Press.

Fasser, Y., & Brettner, D. (1992). Process improvement in the electronics industry: John Wiley & Sons, Inc.

Harry, M., & Schroeder, R. (2006). Six Sigma: The breakthrough management strategy revolutionizing the world's top corporations: Crown Business.

Montgomery, D. C. (2017). Design and analysis of experiments: John wiley & sons.

Pande, P. S., & Holpp, L. (2001). What is six sigma? : McGraw-Hill Professional.

Park, S. H. (2003). Six Sigma for quality and productivity promotion: Asian Productivity Organization Tokyo.

Schroeder, R. G., Linderman, K., Liedtke, C., & Choo, A. S. (2008). Six Sigma: Definition and underlying theory. Journal of operations Management, 26(4), 536-554.

Yin Kwok, K., & Rao Tummala, V. (1998). A quality control and improvement system based on the total control methodology (TCM). International Journal of Quality & Reliability Management, 15(1), 13-48.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

กันยรัตน์ คมวัชระ. (2547). การนำซิกซ์ ซิกม่า มาใช้ในการปรับปรุงคุณภาพสถาบันอุดมศึกษา. วารสารประกันคุณภาพ, 1, 20-34.

ทิชา แสนสม. (2551). การลดของเสียที่เป็นเม็ดฝุ่นในกระบวนการพ่นสีกันชนหน้าพลาสติกของรถยนต์โดยใช้แนวทางซิกซ์ ซิกมา. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,

ธีรยุทธิ์ ยกซิ้ว. (2552). การปรับปรุงคุณภาพในกระบวนการผลิตกระเบื้องบิสกิตโดยใช้วิธีการออกแบบการทดลอง. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,

ปฑกรณ์ มหาศิริชวรัตน์. (2553). การลดของเสียที่เกิดจากปัญหาน้ำรั่วในกระบวนการประกอบกระจกหน้ารถยนต์. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,

ยศวิน ศรีศักดิ์สรชาติ. (2557). การลดของเสียประเภทจุดสีในกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,

วรัญญา สนเผือก. (2555). การปรับปรุงความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์ไฟเบอร์ซีเมนต์. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,

ศรุต จุฑานนท์. (2554). การใช้เศษกระเบื้องบดเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์กระเบื้องหลังคาคอนกรีตชนิดเรียบ โดยใช้แนวทางซิกซ์ ซิกมา. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	วรรณศิกา ศิริมงคล
วัน เดือน ปี เกิด	2 มีนาคม 2535
สถานที่เกิด	พระนครศรีอยุธยา
วุฒิการศึกษา	สำเร็จการศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University