การกำหนดปัจจัยที่เหมาะสมในกระบวนการขัดหัวอ่านของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ เพื่อลดของเสีย

นางสาวนุสรา ผาระนัตร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาแมคคาทรอนิกส์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2555

SPECIFYING OFLAPPING PROCESS PARAMETER IN HARD DISK DRIVE MANUFACTURING OF REDUCING DEFECTING PART

Nudsara Pharanut

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement for the

Degree of Master of Engineering in Mechatronic Engineering

Suranaree University of Technology

Academic Year 2012

การกำหนดปัจจัยที่เหมาะสมในกระบวนการขัดหัวอ่านของ ฮาร์ด ดิสก์ ไดร์ฟ เพื่อลดของเสีย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(ผศ. ดร.จิระพล ศรีเสริฐผล)
ประธานกรรมการ

(ผศ. ดร.ปภากร พิทยชวาล)
กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)

(รศ. ดร.อาทิตย์ ศรีแก้ว)
กรรมการ

(ศ. ดร.ชูกิจ ลิมปิจำนงค์)
รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

(รศ. ร.อ. ดร.กนต์ธร ชำนิประศาสน์)
คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

นุสรา ผาระนัตร : การกำหนดปัจจัยที่เหมาะสมในกระบวนการขัดหัวอ่านของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ เพื่อลดของเสีย (SPECIFYING OF LAPPING PROCESS PARAMETER IN HARD DISK DRIVE MANUFACTURING OF REDUCING DEFECTING PART) อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปภากร พิทยชวาล, 94 หน้า.

หัวอ่านเขียน (Reader - Writer) หรือ สไลเดอร์ (Slider) เป็นส่วนประกอบสำคัญในฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Hard Disk Drive : HDD) เนื่องจากเป็นส่วนที่ใช้ในการอ่านและเขียนบันทึกลงบนแผ่นข้อมูล (Media) การควบคุมคุณภาพของสไลเดอร์จะต้องดำเนินการตั้งแต่กระบวนการขัดเปิดหัวอ่าน ซึ่งกระบวนการนี้เริ่มต้นจากขั้นตอนการเตรียมสไลเดอร์ กระบวนการเตรียมสไลเดอร์เป็นการจัดวางสไลเดอร์ให้อยู่ในตำแหน่งที่ตั้งฉากกับอุปกรณ์จับยึดซึ่งใช้แรงงานคนในการจัดวางอุปกรณ์ดังกล่าวและจากการเก็บข้อมูล พบว่าในขั้นตอนการเตรียมสไลเดอร์เกิดของเสีย 7 เปอร์เซนต์ของจำนวนการผลิตทั้งหมด แม้ว่าของเสียที่เกิดขึ้นจะสามารถนำกลับมาแก้ไขใหม่ (Rework) แต่กลับทำให้คุณภาพของสไลเดอร์ลดลง ดังนั้นในงานวิจัยนี้ จึงนำเสนอวิธีการวิเคราะห์ปัจจัยที่เหมาะสมในขั้นตอนการเตียมสไลเดอร์ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการขัดหัวอ่าน

ปัจจัยที่คาดว่าจะมีผลต่อการเกิดของเสียในขั้นตอนการเตรียมสไลเดอร์ ได้แก่ ตำแหน่งการกดแผ่นกาว ขนาดแผ่นกาว การนำเซรามิกวางทับสไลเดอร์ในกระบวนการอบและการทำให้สไลเดอร์เย็นตัวหลังการอบ ซึ่งผลการทดลองพบว่าการนำเซรามิกวางทับสไลเดอร์ในกระบวนการอบมีผลต่อการเกิดของเสียอย่างมีนัยสำคัญ (α=0.05) และเมื่อนำผลการวิเคราะห์ดังกล่าวไปทดลองใช้ในขั้นตอนการเตรียมสไลเดอร์จริงทำให้สามารถลดของเสียได้ 62 เปอร์เซนต์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล ลายมือชื่อนักศึกษา_____

ปีการศึกษา 2555 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา_____

NUDSARA PHARANUT : SPECIFYING OF LAPPING PROCESS PARAMETER IN HARD DISK DRIVE MANUFACTURING OF REDUCING DEFECTING PART. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. PAPHAKORN PITAYACHAVAL, Ph.D., 94 PP.

HARDDISK DRIVE/LAPPING PROCESS/REDUCING DEFECT

Reader – Writer or Slider is an important component of Hard Disk Drive (HDD) since this component is used to read and to record on a media. The quality control of slider has to apply on a lapping process. This process starts from aslider preparing that mounts slider into a perpendicular position with standard holder fixture in which this process is operated by using human. For a data record,the slider preparing process provided 7% of scraps. Even though these scrap can be reworked but a quality was decreased. This research presents an analyze method for properly factor in slider preparing process that is part of lapping process.

The investigating factors,affect toscraps, in the slider preparing are press position of adhesive, size of adhesive, bringing ceramic overlay on slider in baking process and cooling down slider after baking. The results showed that ceramic overlay on slider during the baking process was affected to scrap at a statistical significant of 0.05 ($\alpha = 0.05$).Furthermore, this result was implemented on slider preparing process then the defective parts were decreased to 62 percent.

School of Mechanical Engineering Student's Signature_____

Academic Year 2012 Advisor's Signature_____

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี เนื่องจากได้รับความช่วยเหลืออย่างดียิ่ง ทั้งด้านวิชาการและด้านการดำเนินงานวิจัย จากบุคคลและกลุ่มบุคคลต่าง ๆ ได้แก่

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปภากร พิทยชวาล อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้โอกาสทางการศึกษา ให้คำแนะนำปรึกษา ช่วยแก้ไขปัญหาและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด รวมทั้งช่วยตรวจทานและแก้ไขวิทยานิพนธ์เล่มนี้จนเสร็จสมบูรณ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิระพล ศรีเสริฐผล หัวหน้าสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ให้โอกาสในการศึกษา คำปรึกษาด้านวิชาการ และให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด

ขอขอบคุณ คุณอัญชุลี รักด่านกลางเลขานุการประจำสำนักวิชาวิศกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ช่วยอำนวยความสะดวกและเป็นผู้ประสานงานให้แก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด

ขอขอบคุณบริษัทซีเกทและพนักงานฝ่ายผลิตบริษัทซีเกทที่ช่วยเหลือในการทดลองงานวิจัย อำนวยความสะดวกทั้งทางด้านเครื่องมือและอุปกรณ์ ขอขอบคุณเพื่อนพี่น้องทั้งบัณฑิตศึกษาและเพื่อนพนักงานซีเกทที่ให้กำลังใจและเป็นที่ปรึกษาที่ดีตลอดมา

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ผู้วิจัยขอมอบให้กับบิดา มารดาซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนครูบาอาจารย์ที่เคารพทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีแก่ผู้วิจัย จนทำให้ประสบความสำเร็จในชีวิต

นุสรา ผาระนัตร

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย) ..... ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ) ..... ข
กิตติกรรมประกาศ ..... ง
สารบัญ ..... จ
สารบัญตาราง ..... ซ
สารบัญรูป ..... ฌ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ ..... ฎ

บทที่

1 **บทนำ** 1
- 1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย 1
- 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 3
- 1.3 ข้อตกลงเบื้องต้น 3
- 1.4 ขอบเขตการวิจัย 3
- 1.5 วิธีการดำเนินการวิจัย 4
  - 1.5.1 ระเบียบวิธีวิจัย 4
  - 1.5.2 สถานที่ทำการวิจัย 4
  - 1.5.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 4
- 1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 5

2 ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 6
- 2.1 ประวัติความเป็นมาของซิกส์ซิกมา 6
- 2.2 หลักการและแนวคิดของซิกส์ซิกมา 7
- 2.3 ขั้นตอนการทำงานของระบบซิกส์ซิกมา 9
- 2.4 ข้อดีของการนำหลักการซิกส์ซิกมามาประยุกต์ใช้ 9
- 2.5 ประโยชน์ของระบบจัดการคุณภาพแบบซิกส์ซิกมา 10
  - 2.5.1 ในด้านองค์กร 10

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.5.2 ในด้านผลิตภัณฑ์ 10
2.5.3 ในด้านกระบวนการผลิต 10
2.5.4 ในด้านลูกค้า 11
2.6 การทดสอบสมมติฐาน 11
2.6.1 ศัพท์ที่ควรรู้ในการทดสอบสมมติฐาน 11
2.6.2 การทดสอบทางเดียวและสองทาง 11
2.6.3 ขั้นตอนของการทดสอบสมมติฐาน 15
2.6.4 ลักษณะของประชากร 15
2.6.5 การทดสอบความมีนัยสำคัญของสัดส่วนบกพร่องผลิตภัณฑ์บกพร่อง (กรณีประชากรสองชุด) 17
2.6.6 การหาขนาดสิ่งตัวอย่าง 18
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 20
3 วิธีดำเนินการวิจัย 22
3.1 วิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดของเสียในกระบวนการเตรียมสไลเดอร์ก่อนเข้ากระบวนการขัดเปิดผิวหน้า 22
3.1.1 การกำหนดปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง 25
3.1.2 การออกแบบการทดลอง 26
3.2 การวิเคราะห์ค่าที่เหมาะสมของปัจจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อปรับปรุงการผลิต 31
3.2.1 การกำหนดปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง 32
3.2.2 การออกแบบการทดลอง 33
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและการอภิปรายผล 37
4.1 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดของเสียในกระบวนการเตรียมสไลเดอร์ (Slider) ก่อนเข้ากระบวนการขัดเปิดผิวหน้า 37
4.2 ผลการวิเคราะห์ค่าที่เหมาะสมของปัจจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อปรับปรุงการผลิต 42
5 บทสรุป 47
5.1 สรุปผลการวิจัย 47

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5.2 ข้อเสนอแนะการวิจัย 47
5.3 งานวิจัยในอนาคต 48
รายการอ้างอิง 49
ภาคผนวก
ภาคผนวก ก. การคำนวณโดยโปรแกรม Minitab 16 50
ภาคผนวก ข. ผลการทดลอง 60
ภาคผนวก ค. บทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ 86
ประวัติผู้เขียน 94

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 สมรรถนะของระดับ ซิกส์มาต่าง ๆ 8
2.2 ผลการตัดสินใจจากการทดสอบสมมติฐาน 12
2.3 แสดงเกณฑ์ในการตัดสินใจที่ระดับนัยสำคัญ 16
2.4 แสดงเกณฑ์การตัดสินใจที่ระดับนัยสำคัญ 17
3.1 สภาวะการทำงานปกติและสภาวะที่คาดว่าจะมีผล 26
3.2 ออกแบบการทดลอง 27
3.3 ตารางสรุปจำนวนกำลังและสิ่งตัวอย่าง 28
3.4 ตารางสรุปจำนวนสิ่งตัวอย่าง 29
3.5 ตารางการทดลอง 31
3.6 สภาวะการทำงานปกติและสภาวะที่คาดว่าจะมีผล 32
3.7 การออกแบบการทดลองที่ 3.2 33
3.8 การออกแบบการทดลองที่น้ำหนักขนาดต่าง ๆ ที่สภาวะปกติ และสภาวะที่คาดว่าจะมีผล 34
3.9 ตารางสรุปจำนวนตัวอย่างจะใช้ในการทดลอง 34
3.10 ตารางสรุปการทดลองและจำนวนสิ่งตัวอย่าง 36
4.1 ผลการทดลองที่ 3.1 37
4.2 ตารางสรุปผลการวิเคราะห์การทดลองที่ 3.1 42
4.3 ผลการทดลองที่ 3.2 43
4.4 ตารางสรุปผลการวิเคราะห์การทดลองที่ 3.2 46

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

1.1. แผนผังขั้นตอนการเตรียมสไลเดอร์ก่อนการขัดเปิดผิวหน้า 2
2.1. บริเวณวิกฤตของการทดสอบด้านขวา 13
2.2. บริเวณวิกฤตของการทดสอบด้านซ้าย 14
2.3. บริเวณวิกฤตของการทดสอบแบบ 2 ทาง 14
3.1. แผนภูมิก้างปลา (Fish Bone Diagram) 23
3.2. แผนภาพพาเรโต (Pareto Chart) 25
3.3. แผนภาพสิ่งตัวอย่างจากโปรแกรม Minitab16 28
4.1. ผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม Minitab16 การกดแผ่นกาวหัวท้าย และกดแผ่นกาวตรงกลาง 38
4.2. ผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม Minitab16 ไม่ใส่และ ใส่เซรามิกเข้าอบพร้อมสไลเดอร์ 39
4.3. ผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม Minitab 16 แผ่นกาวขนาด A มิลลิเมตร และ B มิลลิเมตร 40
4.4. ผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม Minitab 16 ทำให้กาวเย็นลง ไม่ทำให้กาวเย็นลงก่อนวางสไลเดอร์ 41
4.5. ผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม Minitab16 การเซรามิก X กรัมและวัสดุ ก X กรัม 43
4.6. ผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม Minitab16 การเซรามิก X กรัมและวัสดุ ก Y กรัม 44
4.7. ผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม Minitab16 การเซรามิก X กรัมและวัสดุ ก Z กรัม 45
ก.1 กราฟแสดงจำนวนการผลิตและจำนวนของเสียในระยะเวลา 2 เดือน 51
ก.2 การหาสิ่งตัวอย่างจากวิธีการเปรียบเทียบของสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่อง กรณีประชากรสองชุด (2-Proportion) 51
ก.3 การกำหนดพารามิเตอร์ในการหาสิ่งตัวอย่าง 52
ก.4 เงื่อนไขการกำหนดพารามิเตอร์ในการหาสิ่งตัวอย่าง 52
ก.5 การใช้โปรแกรม Minitab16ในการวิเคราะห์ข้อมูลแบบสัดส่วนบกพร่องกรณีสอง ประชากรสองชุด(2-Proportion) ของการทดลองที่ 3.1.1 53

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

ก.6 การกำหนดเงื่อนไขในการวิเคราะห์ข้อมูลแบบสัดส่วนบกพร่องกรณีสอง ประชากรสองชุด (2-Proportion) ของการทดลองที่ 3.1.1 53
ก.7 การใช้โปรแกรม Minitab16 ในการวิเคราะห์ข้อมูลแบบสัดส่วนบกพร่องกรณีสอง ประชากรสองชุด (2-Proportion) ของการทดลองที่ 3.1.2 54
ก.8 การกำหนดเงื่อนไขในการวิเคราะห์ข้อมูลแบบสัดส่วนบกพร่องกรณีสอง ประชากรสองชุด (2-Proportion) ของการทดลองที่ 3.1.2 54
ก.9 การใช้โปรแกรม Minitab16ในการวิเคราะห์ข้อมูลแบบสัดส่วนบกพร่องกรณีสอง ประชากรสองชุด (2-Proportion) ของการทดลองที่ 3.1.3 55
ก.10 การกำหนดเงื่อนไขในการวิเคราะห์ข้อมูลแบบสัดส่วนบกพร่องกรณีสอง ประชากรสองชุด (2-Proportion) ของการทดลองที่ 3.1.3 55
ก.11 การใช้โปรแกรม Minitab16 ในการวิเคราะห์ข้อมูลแบบสัดส่วนบกพร่องกรณีสอง ประชากรสองชุด (2-Proportion) ของการทดลองที่ 3.1.4 56
ก.12 การกำหนดเงื่อนไขในการวิเคราะห์ข้อมูลแบบสัดส่วนบกพร่องกรณีสอง ประชากรสองชุด (2-Proportion) ของการทดลองที่ 3.1.4 56
ก.13 การใช้โปรแกรม Minitab16 ในการวิเคราะห์ข้อมูลแบบสัดส่วนบกพร่องกรณีสอง ประชากรสองชุด (2-Proportion) ของการทดลองที่ 3.2.1 57
ก.14 การกำหนดเงื่อนไขในการวิเคราะห์ข้อมูลแบบสัดส่วนบกพร่องกรณีสอง ประชากรสองชุด (2-Proportion) ของการทดลองที่ 3.2.1 57
ก.15 การใช้โปรแกรม Minitab16 ในการวิเคราะห์ข้อมูลแบบสัดส่วนบกพร่องกรณีสอง ประชากรสองชุด (2-Proportion) ของการทดลองที่ 3.2.2 58
ก.16 การกำหนดเงื่อนไขในการวิเคราะห์ข้อมูลแบบสัดส่วนบกพร่องกรณีสอง ประชากรสองชุด (2-Proportion) ของการทดลองที่ 3.2.2 58
ก.17 การใช้โปรแกรม Minitab16 ในการวิเคราะห์ข้อมูลแบบสัดส่วนบกพร่องกรณีสอง ประชากรสองชุด (2-Proportion) ของการทดลองที่ 3.2.3 59
ก.18 การกำหนดเงื่อนไขในการวิเคราะห์ข้อมูลแบบสัดส่วนบกพร่องกรณีสอง ประชากรสองชุด (2-Proportion) ของการทดลองที่ 3.2.3 59
ข.1 ผลการทดลองที่ 3.1.1 หาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดของเสีย 61

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

ข.2 ผลการทดลองที่ 3.1.2 หาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดของเสีย 66
ข.3 ผลการทดลองที่ 3.1.3 หาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดของเสีย 72
ข.4 ผลการทดลองที่ 3.1.4 หาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดของเสีย 77
ข.5 รวมผลการทดลองที่ 3.1 82
ข.6 ผลการทดลองที่ 3.2 หาค่าน้ำหนักที่เหมาะสม 83

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

n	=	สิ่งตัวอย่าง
n_x	=	จำนวนสิ่งตัวอย่างสุ่มจากประชากร X
n_y	=	จำนวนสิ่งตัวอย่างสุ่มจากประชากร Y
H_0	=	สมมติฐานหลัก
H_1	=	สมมติฐานรอง
μ	=	ค่าเฉลี่ยไม่ทราบค่า
X	=	ตัวแปรสุ่ม X
Y	=	ตัวแปรสุ่ม Y
$\hat{P}$	=	สัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องจากสิ่งตัวอย่าง
P_x	=	สัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องจากสิ่งตัวอย่าง X
P_y	=	สัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องจากสิ่งตัวอย่าง Y
σ^2	=	ความแปรปรวน
RPN	=	Risk Priority Number
DPMO	=	Defect Per Million Opportunities

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 1
บทนำ

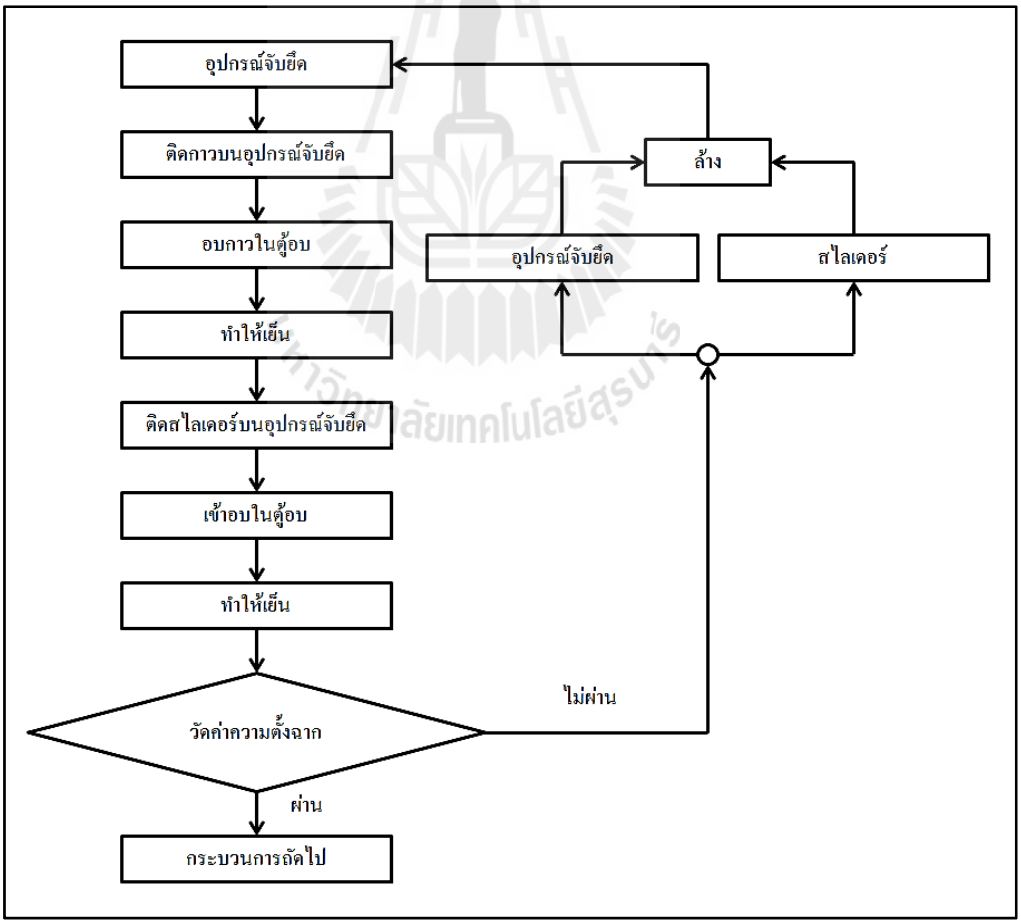
1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย

ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Hard Disk Drive : HDD)ประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ2ส่วนนั่นคือ แผ่นข้อมูล (Media) และหัวอ่านเขียน (Reader-Writer) หรือที่เรียกในอุตสาหกรรมของผู้ผลิตอีกชื่อหนึ่งว่า สไลเดอร์ (Slider) ประสิทธิภาพของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟนั้นเกิดจากประสิทธิภาพของทั้งสองส่วนหากส่วนใดส่วนหนึ่งด้อยคุณภาพลงไปก็จะทำให้ประสิทธิภาพโดยรวมของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟนั้นลดน้อยลงไปด้วยโดยเฉพาะสไลเดอร์ ซึ่งขั้นตอนการผลิตสไลเดอร์มีหลายขั้นตอน เริ่มต้นคือนำเอาแผ่นเวเฟอร์ (Wafer) ซึ่งเป็นแผ่นที่บรรจุสไลเดอร์จำนวนมากมาตัดเป็นสไลเดอร์ผ่านกระบวนการขัดเปิดผิวหน้าและผ่านกระบวนการผลิตอื่น ๆ เพื่อให้ได้ค่าคุณสมบัติตามที่ผู้ผลิตต้องการ จากนั้นนำสไลเดอร์มาตัดเพื่อแยกสไลเดอร์แต่ละตัวออกจากกันก่อนจะนำไปประกอบเข้าเป็นชุดหัวอ่านเขียนการผลิตสไลเดอร์เป็นขั้นตอนที่ต้องการความถูกต้องแม่นยำเพื่อให้สไลเดอร์นั้นอ่านและเขียนข้อมูลนั้นมีประสิทธิภาพ

ขั้นตอนการเตรียมสไลเดอร์ก่อนเข้าสู่กระบวนการขัดเปิดผิวหน้าก็เป็นหนึ่งในกระบวนการที่สำคัญของการผลิตสไลเดอร์เนื่องจากเป็นกระบวนการที่หากเกิดข้อผิดพลาดค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการเตรียมสไลเดอร์จะถูกนำไปใช้ในการขัดเปิดผิวหน้าและทำให้เกิดข้อผิดพลาดเช่นเดียวกัน ขั้นตอนการเตรียมสไลเดอร์ก่อนเข้าสู่กระบวนการขัดเปิดผิวหน้าสามารถอธิบายเป็นแผนผังดังแสดงในรูปที่ 1.1 ขั้นตอนการเตรียมสไลเดอร์สามารถอธิบายได้ดังนี้ นำอุปกรณ์จับยึด (Standard Holding Fixture) ติดแผ่นกาวสองหน้าซึ่งอีกด้านของแผ่นกาวยังคงเป็นเม็ดกาวที่ยังไม่ละลาย จากนั้นนำอุปกรณ์จับยึดเข้าอบในตู้อบ (Oven) เพื่อละลายเม็ดกาวอีกด้านของแผ่นกาวเพื่อเตรียมวางสไลเดอร์ หลังจากอบแผ่นกาวละลายแล้วก็จะนำอุปกรณ์จับยึดมาทำให้เย็นลง (Cool Down)โดยการวางบนแผ่นความเย็นเพื่อสะดวกในการทำงานในขั้นตอนการวางของพนักงานที่ทำหน้าที่วางสไลเดอร์เมื่ออุปกรณ์จับยึดเย็นลงจะถูกนำไปยังขั้นตอนการวางสไลเดอร์ โดยพนักงานประจำสถานีการวางสไลเดอร์จะใช้คีมปลายแหลมคีบสไลเดอร์วางลงบนอุปกรณ์จับยึดแล้วนำแท่ง

เซรามิกวางทับสไลเดอร์เพื่อให้สไลเดอร์ที่วางแนบลงบนแผ่นกาวที่เตรียมเอาไว้ จากนั้นนำอุปกรณ์จับยึดที่มีสไลเดอร์วางบนอุปกรณ์จับยึดแล้ว นำเข้าอบในตู้อบอีกครั้งเพื่อละลายแผ่นกาวอีกครั้งหนึ่งและให้สไลเดอร์ติดกับอุปกรณ์จับยึดจากนั้นทำให้เย็นลงโดยการวางบนแผ่นความเย็นอีก

ครั้งและนำไปวัดความตั้งฉากของสไลเดอร์ที่วางลงบนอุปกรณ์จับยึดเพื่อวัดขอบทั้งสองด้านที่ตั้งฉากกันของสไลเดอร์โดยใช้เครื่องวัดความตั้งฉากพนักงานประจำสถานีวัดความตั้งฉากจะนำอุปกรณ์จับยึดขึ้นวางบนบริเวณวัดความตั้งฉากแล้วทำการวัดและบันทึกค่าความตั้งฉากหรือเรียกอีกอย่างว่ามุมที่ได้เพื่อนำค่ามุมนั้นไปใช้ยังขั้นตอนการขัดเปิดผิวหน้าต่อไปแต่ถ้าหากสไลเดอร์ที่วางมีความเอียงและทำให้ค่ามุมที่วัดได้เกินกว่าค่าที่กำหนด จะถูกกำหนดว่าเป็นของเสียและจะถูกนำกลับไปทำกระบวนการทำซ้ำ เพื่อให้ได้ค่ามุมตามที่กำหนดและของเสียเหล่านั้นสามารถนำกลับมาทำซ้ำกระบวนการได้ 3 รอบถ้าหากเกินกว่า 3 รอบ สไลเดอร์นั้นจะถูกทิ้งเป็นงานเสียที่ไม่สามารถนำกลับมาทำซ้ำได้อีกทันทีและถึงแม้จะสามารถนำกลับมาทำซ้ำใหม่ได้ถึง 3 รอบแต่ประสิทธิภาพของสไลเดอร์ก็จะลดลงตามลำดับ อีกทั้งจะเป็นการเพิ่มต้นทุนในการผลิตอีกด้วย และขั้นตอนการเตรียมสไลเดอร์ก่อนเข้าสู่กระบวนการขัดเปิดผิวหน้าสามารถอธิบายเป็นแผนผังดังแสดงในรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 แผนผังขั้นตอนการเตรียมสไลเดอร์ก่อนการขัดเปิดผิวหน้า

ขั้นตอนในการผลิตสไลเดอร์ที่มีความสำคัญมากขั้นตอนหนึ่งคือขั้นตอนการขัดเปิดผิวหน้า (Lapping) ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ขัดเปิดผิวหน้าเพื่อเชื่อมสัญญาณของไสเดอร์กับอุปกรณ์ควบคุม หากการขัดเกิดข้อผิดพลาดก็จะทำให้ค่าทางไฟฟ้าไม่เป็นไปตามเป้าหมาย และทำให้ประสิทธิภาพในการอ่านเขียนไม่เป็นไปตามที่ต้องการ และกระบวนการเตรียมสไลเดอร์ก่อนนำไปสู่กระบวนการขัดเปิดผิวหน้าก็เป็นหนึ่งในขั้นตอนที่สำคัญซึ่งหากเกิดข้อผิดพลาดก็จะทำให้การขัดเปิดผิวหน้าผิดพลาดเช่นเดียวกัน และจากการเก็บข้อมูลระยะเวลา 2 เดือนคือเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนธันวาคม 2554 พบว่ามีสไลเดอร์ที่ต้องนำกลับมาเข้ากระบวนการทำซ้ำถึง 7 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนการผลิตทั้งหมดและเนื่องจากการนำสไลเดอร์กลับเข้าสู่กระบวนการทำซ้ำคือการนำสไลเดอร์กลับมาเข้ากระบวนการเตรียมอีกครั้งซึ่งก็เท่ากับว่าได้ทำงานสองครั้งแต่ได้ผลผลิตเพียงครั้งเดียวจึงทำให้การผลิตนั้นมีต้นทุนและจำนวนแรงงานที่สูงขึ้น สูญเสียเวลาที่มากขึ้นเป็นสองเท่ารวมถึงการใช้ทรัพยากรที่มากขึ้นด้วยเนื่องจากปริมาณงานผลผลิตที่เท่าเดิมแต่ต้องทำงานเดิมซ้ำถึงสองครั้งและที่สำคัญประสิทธิภาพของสไลเดอร์ที่ผ่านกระบวนการทำซ้ำก็จะลดลงเนื่องจากผ่านกระบวนการที่มากกว่าปกติและอาจก่อให้เกิดความเสียหายกับชิ้นงานมากขึ้นด้วย

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นที่จะศึกษาว่าปัจจัยใดที่มีผลต่อการเกิดของเสียที่กระบวนการเตรียมสไลเดอร์ก่อนขัดเปิดผิวหน้าในอุตสาหกรรมการผลิตฮาร์ดดิสก์ก์ไดร์ฟโดยเฉพาะเพื่อจะนำไปสู่การแก้ไขปรับปรุงและพัฒนาเพื่อลดของเสียในการผลิตต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

กำหนดค่าปัจจัยที่เหมาะสมในขั้นตอนการเตรียมสไลเดอร์ก่อนเข้าสู่กระบวนการขัดเปิดผิวหน้าเพื่อลดปริมาณของเสีย

1.3 ข้อตกลงเบื้องต้น

ศึกษาและกำหนดค่าปัจจัยที่เหมาะสมในขั้นตอนการเตรียมสไลเดอร์ก่อนเข้าสู่กระบวนการขัดเปิดผิวหน้าเพื่อลดปริมาณของเสียโดยประยุกต์ใช้ซิกส์ซิกมา (Six Sigma) ที่กระบวนการขัดเปิดผิวหน้า (Bar Lap)

1.4. ขอบเขตการวิจัย

ปัจจัยที่คาดว่าจะมีผลต่อการเกิดของเสียดังต่อไปนี้

1. ขนาดของแผ่นกาว
2. อุณหภูมิที่ใช้อบกาว

3. วิธีการติดกาวของพนักงาน

4. วิธีการติดสไลเดอร์ของพนักงาน

5. การใช้เครื่องมือในระหว่างการอบ

6. เครื่องมือวัดมุม

7. ค่าส่วนเผื่อของเครื่องวัดมุม

1.5 วิธีการดำเนินการวิจัย

วิธีการดำเนินการวิจัยในส่วนของงานวิจัยนี้จะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ระเบียบวิธีวิจัย สถานที่ทำการวิจัย เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย โดยมีรายละเอียดดังนี้

1.5.1 ระเบียบวิธีวิจัย

ระเบียบวิธีวิจัย จะแบ่งเป็นลำดับขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษากระบวนการติดแท่งหัวอ่านบนตัวยึดงานที่กระบวนการขัดเปิดผิวหน้า (Bar lap)

2. ศึกษาลักษณะของเครื่องวัด ที่ต้องทำงานประเภทนี้แทนมนุษย์

3. ออกแบบการทดลองเพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อของเสียที่เกิดขึ้น

4. ออกแบบการทดลองเพื่อกำหนดค่าปัจจัยที่เหมาะสมในกระบวนการติดแท่งหัวอ่านเพื่อลดของเสียที่เกิดขึ้น

5. เปรียบเทียบและประเมินมูลค่าของค่าใช้จ่ายที่ลดลง

6. จัดทำรายงานและนำเสนอวิทยานิพนธ์

1.5.2 สถานที่ทำการวิจัย

โรงงานซีเกทเทคโนโลยี(ประเทศไทย) จำกัด เลขที่ 40 ม. 15 ต.สูงเนิน อ.สูงเนิน จ.นครราชสีมา 30170

1.5.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย

1. เครื่องวัดมุมและความตั้งฉาก

2. ตู้อบชนิดต่าง ๆ

3. คอมพิวเตอร์โปรแกรม Minitab16

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถทราบถึงปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดของเสียในกระบวนการเตรียมสไลเดอร์ก่อนขัดเปิดผิวหน้า

2. สามารถกำหนดค่าที่เหมาะสมของปัจจัยที่คาดว่ามีผลต่อการเกิดของเสีย

3. สามารถลดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการเตรียมสไลเดอร์ก่อนขัดเปิดผิวหน้า

4. สามารถลดระยะเวลาในการผลิต

5. ลดต้นทุนการผลิต

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 2
ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเพื่อหาปัจจัยที่เกี่ยวข้องและปัจจัยที่ก่อให้เกิดของเสียในกระบวนการเตรียมสไลเดอร์ก่อนขัดเปิดผิวหน้าโดยอาศัยหลักการทำงานของซิกส์ซิกมา (Six Sigma) มาประยุกต์ใช้และช่วยในการวิเคราะห์และดำเนินงานวิจัยซึ่งหลักการของซิกส์ซิกมานั้นมีนักวิจัยจำนวนมากนำเอาหลักการมาประยุกต์ใช้ในงานวิจัยของตนเองเพื่อแก้ปัญหาและใช้เครื่องมือทางสถิติจากหลักการอย่างมีศักยภาพและเป็นการทำงานที่มีขั้นตอน ช่วยให้เข้าถึงปัญหาได้อย่างมีขั้นตอนและแก้ปัญหาได้ในที่สุดดังนั้นในบทนี้เสนองานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการนำเอาหลักการของ ซิกส์ซิกมามาประยุกต์ใช้และวิเคราะห์ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ ทฤษฎีของซิกส์ซิกมาและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ประวัติความเป็นมาของซิกส์ซิกมา

ซิกส์ซิกมา (Six Sigma) คำว่า “Six Sigma” เป็นภาษาในวิชาสถิติที่มีสัญลักษณ์คือSigma (σ) ซึ่งเป็นตัวอักษรในภาษากรีก ที่ใช้เป็นเครื่องหมายแทนค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ที่เป็นตัวเลขในการบ่งบอกถึงการกระจายตัวของข้อมูลหรือความที่เบี่ยงเบนไปจากค่าเฉลี่ยมาตรฐานหรือ (Mean) บุคคลแรกที่ได้ศึกษาและพัฒนาเส้นโค้งแจกแจงปกติ (Normal Distribution) เพื่อนำไปใช้การประมาณการกระจายข้อมูลแบบไบโนเมียล (Binomial Distribution) นั่นก็คือ นายดีโมรี ในปี ค.ศ. 1733 แต่ความรู้และงานที่เขาสร้างไว้ได้สูญหายไปจนกระทั่งมาถูกค้นพบอีกครั้งโดย นายคาล เพียร์สัน (Karl Pearson) ในปีค.ศ. 1924 และเป็นผู้ที่ตั้งชื่อค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ที่รู้จักกันทุกวันนี้ ในปี ค.ศ.1809 นายคาล เฟตเดอริส เก๊าส์ (Carl Friederich Gauss) ได้ศึกษาการกระจายแบบโค้งปกติโดยละเอียดและเป็นผู้ค้นพบการกระจายตัวแบบปกติที่รู้จักกันดีในชื่อการกระจายตัวแบบเก๊าส์เซียน (Gaussian Distribution) ในปี ค.ศ. 1893 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานหรือ Six Sigma เริ่มมามีบทบาทในการปรับปรุงและรักษาคุณภาพในปี ค.ศ. 1931 เมื่อวอล์เตอร์ เอ ชิวฮาร์ท (Walter A. Shewhart) ได้แนะนำว่าในกระบวนการใด ๆ ถ้าค่าเฉลี่ยของคุณภาพของผลผลิตหรือของผลลัพธ์ที่ได้ ห่างจากเป้าหมายที่ตั้งไว้มากกว่า 3 เท่าของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในกระบวนการนั้นกระบวนการดังกล่าวควรจะถูกปรับปรุงและแก้ไขใหม่ซิกส์ซิกมา (Six Sigma) เริ่มขึ้นเมื่อบริษัทโมโตโลล่าได้พัฒนาและสร้างโครงการเพื่อปรับปรุงคุณภาพสินค้า ภายใต้การนำของ นายมิเกล เจ แฮร์ี่ ในปี

1988 บริษัทโมโตโรล่า ได้ตีพิมพ์ และเปิดเผยวิธีปรับปรุงคุณภาพของสินค้าวิธีใหม่ที่ชื่อว่า “Six Sigma” และได้มีการประยุกต์ใช้โดยมุ่งเน้นที่การลดต้นทุนและปรับปรุงคุณภาพกระบวนการทำงานให้สอดคล้องกับกลยุทธ์ที่บริษัทวางเอาไว้ ปัจจุบันซิกส์ซิกมาถูกจัดให้เป็นเครื่องหมายการค้าของบริษัทโมโตโรล่า นอกจากนั้นแล้วซิกส์ซิกมายังเป็นวิธีการปฏิบัติที่ดีเลิศที่เป็นที่นิยมทั่วโลก นอกจากนี้บริษัทชั้นนำทั่วโลกได้เล็งเห็นประโยชน์และวิธีการที่ได้มาประยุกต์ใช้อันได้แก่ บริษัท General Electric บริษัทโซนี บริษัท Allied Signal รวมถึงบริษัท Eastman Kodak เป็นต้น (ภานุพงษ์ เพิ่มพิมล, ม.ป.ป)

2.2 หลักการและแนวคิดของซิกส์ซิกมา

Six Sigma เป็นแนวทางหนึ่งในการพัฒนาคุณภาพโรงงานหรือองค์กร โดยกำหนดเป้าหมายในการปฏิบัติงานให้เหมือนกันซ้ำ ๆ กันจนทำให้การวัดผลการผลิตผลิตภัณฑ์ หรือวัดผลการให้บริการ ได้ข้อมูลจากการวัดผลเหมือนกัน ซ้ำกัน หรือมีการกระจายของข้อมูลจาการวัดผลต่ำมาก ๆ และผลจากการวัดจะต้องแสดงให้เห็นว่าได้ข้อดีหรือบริการที่ดีทั้งหมดหรือมีข้อบกพร่องน้อยมาก ๆ เมื่อเทียบกับการปฏิบัติงานเป็นล้านครั้ง Six Aigma เป็นกระบวนการทางธุรกิจที่ให้องค์กรต่าง ๆ ปรับปรุงขีดความสามารถอย่างมหาศาล โดยการออกแบบและตรวจสอบกิจกรรมทางธุรกิจประจำวันเพื่อลดสิ่งสูญเปล่าและลดการใช้

Six Sigma คือกระบวนการเพื่อลดความสูญเสีย (Defect) ที่เกิดขึ้นในกระบวนการต่าง ๆ โดยมุ่งเน้นให้เกิดความผิดพลาดน้อยที่สุดและมีความสูญเสียได้ไม่เกิน 3.4 หน่วยในล้านหน่วย หรือเรียกอีกอย่างว่าโอกาสความสูญเสียลงให้เหลือเพียงแค่ 3.4 หน่วยนั่นเอง (Defect Per Million Opportunities, DPMO) สัญลักษณ์ที่นิยมใช้กันทางสถิติคือ (Sigma) ตามความหมายของซิกส์ซิกมาตามสถิติหมายถึงขอบเขตข้อกำหนด (Specification Limit) และการแจกแจงปกติ (Normal Distribution) ขอบเขตข้อกำหนดบนมีค่าเป็น 6 หมายถึง ที่ระดับซิกมามีของเสียเพียง 0.022 ชิ้นจากจำนวนของทั้งหมด 1,000,000 ชิ้นนอกจากนี้การประยุกต์ใช้ซิกส์ซิกมาภายในองค์การยังช่วยให้บริษัทสามารถตรวจสอบปัญหาภายในบริษัทด้วยข้อมูลที่แม่นยำและเชื่อถือได้ (Data-Driven Business) แล้วทำการวิเคราะห์ปัญหาโดยหลักสถิติ (Statistical Analysis Process) เพื่อการปรับปรุงและควบคุมไม่ให้ปัญหานั้นเกิดขึ้นซ้ำอีกเนื่องจากในการแก้ไขปรับปรุงใด ๆ นั้นต้องอาศัยข้อมูลที่ถูกต้องเพียงพอและแม่นยำเป็นปัจจัยหลักในการตัดสินใจและแก้ไขสิ่งที่บกพร่อง โดยที่ในระดับ 6 Sigma นั้นจะยอมรับให้เกิดของเสียได้ที่ประมาณ 3.4 ชิ้นในการผลิต 1 ล้านชิ้น หรือที่เรียกว่า 3.4 ppm (Parts Per Million) ซึ่งหากเป็นไปตามเส้นโค้งการกระจายตัวตามปกติ (Normal Distribution Curve)จริง ๆ ทางสถิตินั้นที่ระดับ 6 Sigma จะมีของเสียที่อยู่นอกขอบเขต

ของการยอมรับเท่ากับ 0.002 ชิ้นต่อ1ล้านชิ้นเท่านั้นแต่เหตุผลที่หลักการซิกส์ซิกมาที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมีการยอมรับของเสียที่ 3.4 ppm ดังแสดงสมรรถนะของระดับซิกส์มาในตารางที่ 2.1 ก็เพราะว่าในขณะที่ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ความแปรปรวนในองค์กรนั้นได้พบว่าไม่มีระบบการผลิตใดเลยที่จะไม่ถูกรบกวนจากสภาพแวดล้อมภายนอกนั่นก็คือเราไม่สามารถควบคุมปัจจัยภายนอกเพื่อไม่ให้ส่งผลถึงความเบี่ยงเบนของข้อมูลได้ซึ่งระบบที่ไม่มีความแปรปรวนเลยจึงเป็นพียงระบบในอุดมคติ (Ideal System)

Peter S. Pande et al. (2000) อธิบายไว้ว่า ซิกส์ซิกม่า (Six Sigma) เป็นระบบที่ครอบคลุมและมีความ เป็นวิธีการใช้ข้อเท็จจริงอย่างมีวินัย การอาศัยข้อมูล การวิเคราะห์ทางสถิติ การเอาใจใส่ในการจัดการ และการพัฒนา รวมทั้งการสร้างสรรค์กระบวนการทางธุรกิจใหม่ ๆ โดยประเภทของความสำเร็จทางธุรกิจในเชิงของซิกส์ซิกมานั้นมีอยู่อย่างหลากหลาย ดังต่อไปนี้การลดต้นทุน การปรับปรุงประสิทธิผลในการผลิตการขยายส่วนแบ่งทางการตลาด การรักษาความเชื่อมั่นของลูกค้า การลดระยะเวลาในการผลิต การลดของเสียในการผลิต การพัฒนาผลิตภัณฑ์และบริการฯลฯ

ตารางที่ 2.1 สมรรถนะของระดับ ซิกส์มาต่าง ๆ [1]

ระดับของซิกส์มา	จำนวนข้อบกพร่องต่อล้านครั้ง	ผลลัพธ์ (เปอร์เซ็นต์)
1	690,000	30.85
2	308,537	69.15
3	66,807	93.32
4	6,210	99.38
5	233	99.977
6	3.4	99.99966

[1] หมายเหตุ จาก “ปัจจัยที่มีผลต่อความพึงพอใจของบุคลากรในกิจกรรมซิกซ์ซิกม่าของโรงงานในเขตจังหวัดปทุมธานีและใกล้เคียง,”โดย รังสรรค์ กันทัด. 2550.

หลักการหรือแนวคิดของซิกส์ซิกมามีแนวคิดมาจากแนวความคิดในเชิงสถิติภายใต้สมมติฐานที่ว่า

1. ทุกสิ่งทุกอย่างคือกระบวนการ
2. กระบวนการทุกกระบวนการมีความแปรปรวนแบบหลากหลายอยู่ตลอดเวลา
3. การนำข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อให้เกิดความเข้าใจในธรรมชาติของความแปรปรวนแบบหลากหลายจะนำไปสู่การพัฒนาและปรับปรุงกระบวนการให้ดียิ่งขึ้น

หัวใจหลักสำคัญของวิธีซิกส์ซิกมาขึ้นอยู่กับสมมติฐานที่ว่าถ้าสามารถนับหรือวัดจำนวนดีเฟค (Defect) หรือสิ่งที่มีตำหนิ บกพร่องผิดพลาดหรือเสียของผลิตผลที่ได้จากกระบวนการก็จะสามารถหาวิธีที่จะลดจำนวนดีเฟคบนผลิตผลให้น้อยที่สุดเท่าที่จะน้อยได้

2.3 ขั้นตอนการทำงานของระบบซิกส์ซิกมา

ขั้นตอนการทำงานประกอบด้วย 5 ขั้นตอนสำคัญซึ่งมีกระบวนการมาตรฐานคือ **DMAIC** ซึ่งอธิบายได้ดังนี้

1. D มาจาก **Define** เป็นการกำหนดปัญหาและเป้าหมายอย่างชัดเจนว่าอะไรส่วนไหนที่จำเป็นต้องปรับปรุงและจะปรับปุรงให้ถึงระดับไหน หาจุดบกพร่องของผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการทำงาน (Process) ประเมินปัญหา- ขนาดผลกระทบปัญหา ต้นเหตุก่อให้เกิดปัญหาและระยะเวลาที่เกิด ศึกษาจากมาตรฐานสมรรถนะ (Performance Standard)

2. M มาจาก **Measure** เป็นการวัดที่จะทำให้เข้าใจสภาพของระบบและกระบวนการที่มีที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ต้องมีความเข้าใจว่าจะวัดอะไรว่าวัดอย่างไร วัดที่ไหน เมื่อไหร่ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการวิเคราะห์หลังจากที่ได้กำหนดประเด็นปัญหาไว้อย่างชัดเจนแล้ว

3. A มาจาก **Analyze** เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลทางตัวเลขที่ได้จากการวัดมาวิเคราะห์ เพื่อหาสาเหตุในการที่ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนและความสามารถที่แปรเปลี่ยน (Variability) ในกระบวนการ และการทดสอบสมมติฐานเพื่อหาทางขจัดปัญหาเพื่อบรรลุเป้าหมาย

4. I มาจาก **Improve** เป็นการพัฒนาหรือการปรับปุรงสมรรถนะและประสิทธิภาพของกระบวนการ เป็นการแสวงหาและพัฒนาวิธีที่จะนำมาขจัดปัญหารวมไปถึงการสร้างระเบียบและแผนผังของ การจัดการเพื่อลดปัญหา

5. C มาจาก **Control** เป็นการควบคุม พยายามที่จะควบคุมรักษาระดับสมรรถนะของกระบวนการที่ ได้รับการปรับปรุงแล้วให้คงอยู่ในระดับที่น่าพอใจตลอดไป

2.4 ข้อดีของการนำหลักการซิกส์ซิกมามาประยุกต์ใช้

หลังจากที่ได้อธิบายแนวคิดผลประโยชน์ต่าง ๆ และยกตัวอย่างขององค์กรระดับโลกที่ประสบ ผลสำเร็จจากการนำหลักหารซิกส์ซิกมามาใช้แล้วคงมีคำถามเกิดขึ้นในใจกับหลายคนว่าจริง ๆ แล้วความรู้ เครื่องมือและแนวคิดต่าง ๆ ที่มีอยู่ในปัจจุบันนั้นก็มีมากมาย แต่ละอย่างก็แสดงให้เห็นถึงผลประโยชน์อันมหาศาลทั้งสิ้นแล้ว Six Sigma มีดีอย่างไร ถึงจำเป็นต้องนำมาใช้ ดังนั้นจึงจะแสดงให้เห็นถึงข้อดีที่จะเป็นเหตุผลว่า ทำไมจึงควรนำหลักการซิกส์ซิกมาเข้าไปใช้ในองค์กร

1. ช่วยลดข้อบกพร่อง/ของเสียให้เกิดน้อยที่สุดจนมุ่งเข้าสู่ศูนย์ (Zero Defect) ทำให้

ข้อผิดพลาดที่ลูกค้าจะได้รับเกิดขึ้นน้อยลงโดยเฉพาะข้อผิดพลาดที่มีผลต่อสุขภาพหรือชีวิตเช่น การจ่ายยาผิด เป็นต้น

2. ช่วยลดต้นทุน ทำให้เกิดผลกำไรอย่างมหาศาลขณะที่ความพึงพอใจของลูกค้าก็เพิ่มมากขึ้น

3. ทำให้ทุกคนมีความกระตือรือร้น มีอิสระในการคิด การปฏิบัติ มีการพัฒนาความสามัคคีเนื่องจากการทำงานที่เป็นทีม กระตุ้นให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ที่เป็นผลดีต่อองค์กรและทำให้องค์กรมีการพัฒนาตัวเองอย่างต่อเนื่อง

4. จุดมุ่งหมายที่สำคัญของหลักการซิกส์ซิกมานั้นคือการปรับปรุงกระบวนการอย่างต่อเนื่องเพื่อสร้างผลกำไรโดยการกำจัดความแปรปรวนลดความสูญเสียต่าง ๆ และเป็นการเพิ่มความพึงพอใจของลูกค้าที่มีต่อคุณภาพ ต้นทุนการส่งมอบ ทั้งในด้านของผลิตภัณฑ์และบริการ

5. มุ่งเข้าสู่องค์กรระดับโลก Six Sigma ก็เป็นสิ่งที่การันตีมาตรฐานในการจัดการ

2.5 ประโยชน์ของระบบจัดการคุณภาพแบบซิกส์ซิกมา

2.5.1 ในด้านองค์กร

การบริหารจัดการและการบริการซิกส์ซิกมาจะให้ผลตอบแทนคือกำไรที่ได้และเมื่อนำมาใช้กับพนักงานในองค์กรอย่างชำนาญจะทำให้เกิดประโยชน์ ดังนี้

1. ลดค่าใช้จ่ายถึง 50 % หรือมากกว่า
2. ลดห่วงโซ่ของเสีย (Reduce the waste chain)
3. สนองความเข้าใจและความต้องการของลูกค้ามากขึ้น
4. ส่งเสริมปรับปรุงการจัดส่งและการปฏิสัมพันธ์กับลูกค้า

2.5.2 ในด้านผลิตภัณฑ์

1. ลดระยะเวลาในการเสนอผลิตภัณฑ์ใหม่เขาสู่ตลาดการแข่งขัน
2. เป็นผู้นำทางเทคโนโลยี
3. มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์อย่างต่อเนื่อง
4. ต้นทุนผลิตภัณฑ์ลดลง

2.5.3 ในด้านกระบวนการผลิต

1. กระบวนการผลิตมีคุณภาพสูง
2. ของเสียหรือข้อบกพร่องในกระบวนการผลิตเข้าใกล้ศูนย์
3. ความแปรปรวนของกระบวนการผลิตต่ำลง
4. ค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตต่ำลง

2.5.4 ในด้านลูกค้า

1. คุณภาพของผลิตภัณฑ์และบริการเป็นที่พึงพอใจของลูกค้า
2. ราคาของผลิตภัณฑ์ต่ำลง
3. ลูกค้าได้รับสิ่งที่พวกเขาต้องการจริง ๆ (ภานุพงษ์ เพิ่มพิมล, ม.ป.ป.)

จากขั้นตอนและประโยชน์ที่ได้รับจากหลักการซิกส์ซิกมาแล้ว การนำหลักการมาใช้นั้นก็ต้องมีขั้นตอนที่สำคัญที่ถือเป็นหัวใจของหลักการนั่นก็คือการทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Testing)

2.6 การทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Testing)

เป็นส่วนหนึ่งของสถิติเชิงอนุมาน (StatisticalInference) ซึ่งเป็นการทดสอบเกี่ยวกับพารามิเตอร์ที่ไม่ทราบค่าโดยสุ่มตัวอย่างจากประชากรแล้วอาศัยการแจกแจงของตัวสถิติสร้างสถิติทดสอบเกี่ยวกับพารามิเตอร์นั้น ๆ มีจุดมุ่งหมายที่จะอธิบายและสรุปลักษณะของประชากรหรือค่าพารามิเตอร์ด้วยข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้จากกลุ่มตัวอย่าง (ค่าสถิติ) โดยใช้สถิติเชิงสรุปอ้างอิง

2.6.1 ศัพท์ที่ควรรู้ในการทดสอบสมมติฐาน

ในการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับพารามิเตอร์ที่ไม่ทราบค่าใด ๆ ควรรู้จักความหมายหรือนิยามของ คำศัพท์ต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1) สมมติฐาน คือ ความเชื่อหรือคำกล่าวอ้างยืนยันเกี่ยวกับลักษณะของประชากรซึ่งอาจมีเพียงประชากรเดียวหรือหลายประชากรก็ได้

2) สมมติฐานที่จะทดสอบ เรียกว่า สมมติฐานหลัก (Null Hypothesis) แทนด้วย H_0สมมติฐานที่แย้งกับสมมติฐานหลักและนำมาพิจารณาในการทดสอบด้วยเรียกว่า สมมติฐานแย้งหรือสมมติฐานรอง (Alternative Hypothesis) ซึ่งแทนด้วยH_1

3) บริเวณยอมรับ (Acceptance Region) คือบริเวณที่ทำให้เกิดการยอมรับ H_0 ส่วนบริเวณปฏิเสธ (Rejection Region) หรือบริเวณวิกฤต (Critical Region) คือบริเวณที่ทำให้เกิดการปฏิเสธ H_0

4) ผลการตัดสินใจจากการทดสอบสมมติฐาน เนื่องจากสมมติฐานที่จะทดสอบ (H_0) เป็นความเชื่อหรือคำยืนยันเกี่ยวกับลักษณะของประชากรซึ่งยังไม่สามารถบอกได้ว่าเป็นจริงหรือเท็จ จนกว่าจะทำการพิสูจน์โดยเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งหมด มาวิเคราะห์ตามลักษณะของประชากรที่ต้องการพิสูจน์นั้นซึ่งบางครั้งการเก็บรวมรวมข้อมูลทั้งหมดจากประชากรเป็นสิ่งที่ทำได้ยากเพราะต้องเสียค่าใช้จ่ายและเวลามากจึงทำได้เพียงการสำรวจจากตัวอย่างเพื่อทำการทดสอบเท่านั้นเอง ดังนั้นผลการตัดสินใจจากการทดสอบสมมติฐานใด ๆ สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ผลการตัดสินใจจากการทดสอบสมมติฐาน[2]

การตัดสินใจ	ข้อเท็จจริงของ H_0	
	H_0 เป็นจริง	H_0 เป็นเท็จ
ปฏิเสธ H_0	ความผิดพลาดประเภทที่ 1	ตัดสินใจถูกต้อง
ยอมรับ H_0	ตัดสินใจถูกต้อง	ความผิดพลาดประเภทที่ 2

[2]หมายเหตุ จาก “การทดสอบสมมติฐาน,”โดย ชนัญกาญจน์ แสงประสาน. ม.ป.ป.

ผลการทดสอบไม่ว่าจะยอมรับหรือปฏิเสธสมมติฐานหลักย่อมอาจมีความผิดพลาดเกิดขึ้นได้ทั้ง 2 กรณีคือ

กรณีที่ 1การปฏิเสธ H_0 เมื่อ H_0เป็นจริง เรียกว่า ความผิดพลาดประเภทที่ 1

กรณีที่ 2การยอมรับ H_0เมื่อ H_0เป็นเท็จ เรียกว่า ความผิดพลาดประเภทที่ 2

5) ขนาดของความผิดพลาดประเภทที่ 1 (Size of a type I error) คือความน่าจะเป็นที่จะเกิดความผิดพลาดประเภทที่ 1 แทนด้วย α เราเรียกว่า ระดับนัยสำคัญ (Level of Significant) และขนาดของความผิดพลาดประเภทที่ 2 (Size of a type II error) คือ ความน่าจะเป็นที่จะเกิดความผิดพลาดประเภทที่ 2 แทนด้วย β และเรียก $1-\beta$ ว่า กำลังของการทดสอบ (Power of the test) ในการทดสอบสมมติฐานผู้ทดสอบต้องพยายามควบคุมความผิดพลาดทั้งสองประเภทให้มีโอกาสเกิดขึ้นน้อยที่สุด แต่ขนาดของความผิดพลาดสองประเภทนี้สวนทางกัน กล่าวคือ ถ้า α มีค่ามากแล้ว β จะมีค่าน้อย การควบคุมความผิดพลาดทั้งสองประเภทนี้สามารถลดลงได้ถ้าเพิ่มขนาดตัวอย่างให้มากขึ้น

2.6.2 การทดสอบทางเดียวและสองทาง

ในการทดสอบสมมติฐานใด ๆ เราจะยอมรับว่าสมมติฐานหลักเป็นจริงก่อน จึงทำการสุ่มตัวอย่างและคำนวณค่าสถิติที่ได้จากตัวอย่างสุ่ม ถ้าค่าสถิติที่ใช้ในการทดสอบนั้นแตกต่างจากพารามิเตอร์ที่กำหนดใน H_0 มากเพียงพอที่จะปฏิเสธ H_0 เราจึงจะปฏิเสธ H_0 หรือกล่าวว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อพิจารณาความแตกต่างดังกล่าวจะพบว่ามี 2 แบบคือ

1) แตกต่างอย่างมีทิศทาง คือ ค่าพารามิเตอร์ที่แท้จริงมากกว่าค่าพารามิเตอร์ที่กำหนดใน H_0และอีกกรณีคือ ค่าพารามิเตอร์ที่แท้จริงน้อยกว่าค่าพารามิเตอร์ที่กำหนดใน H_0

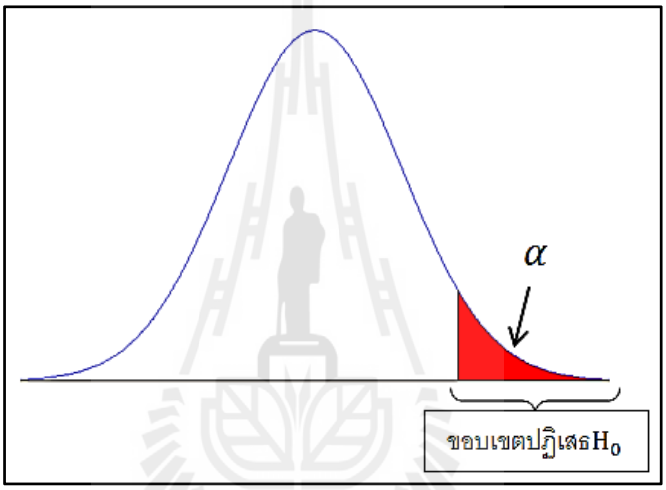
2) แตกต่างแบบไม่มีทิศทาง คือ ค่าพารามิเตอร์ที่แท้จริงมีค่าไม่เท่ากับค่าพารามิเตอร์ที่กำหนดใน H_0 โดยความแตกต่างทั้ง 2 แบบนี้จะเขียนอยู่ในสมมติฐานแย้ง (H_1) ถ้าทดสอบสมมติฐานแบบมีทิศทางจะเรียกว่าการทดสอบแบบทางเดียว แต่ถ้าทดสอบสมมติฐานแบบไม่มีทิศทางจะเรียกว่า การทดสอบแบบสองทาง

1. การทดสอบแบบทางเดียว (One - Tailed Test)

ให้ θ ปีนพารามิเตอร์ที่ต้องการทดสอบ และให้ θ เป็นค่าคงที่ที่ต้องการทดสอบ หรือเป็นค่าพารามิเตอร์ที่คาดหวังไว้นั่นเอง สมมติฐานที่จะทดสอบอยู่ในลักษณะ

$$H_0: \theta = \theta_0 \ , \ H_0: \theta > \theta_0 \qquad (2.1)$$

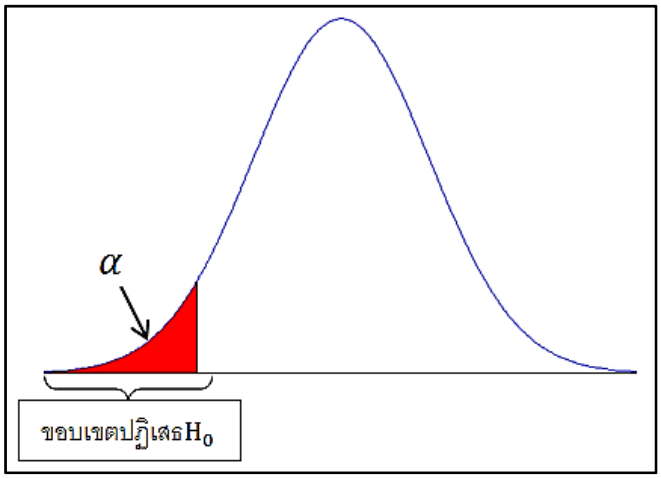
การทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Testing)



รูปที่ 2.1 บริเวณวิกฤตของการทดสอบด้านขวา[3]

[3]หมายเหตุ จาก “การทดสอบสมมติฐาน,”โดย ชนัญกาญจน์ แสงประสาน. ม.ป.ป. เมื่อยอมรับว่า H_0 เป็นจริงก่อนบริเวณปฏิเสธ H_0 จะอยู่ปลายหางทางขวาของการแจกแจงของตัวสถิติที่ใช้ทดสอบ ($\hat{\theta}$)

$$H_0: \theta = \theta_0 \ , \ H_0: \theta < \theta_0 \qquad (2.2)$$



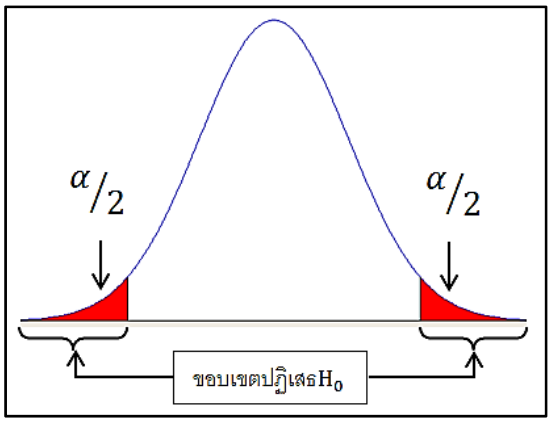
รูปที่ 2.2 บริเวณวิกฤตของการทดสอบด้านซ้าย[4]

[4]<u>หมายเหตุ</u> จาก “การทดสอบสมมติฐาน,” โดย ชนัญกาญจน์ แสงประสาน. ม.ป.ป. เมื่อยอมรับว่า H_0 เป็นจริงก่อนบริเวณปฏิเสธ H_0 จะอยู่ปลายหางทางซ้ายของการแจกแจง ของตัวสถิติที่ใช้ทดสอบ ($\hat{\theta}$)

2. การทดสอบแบบสองทาง (Two - Tailed Test)

ให้ θ เป็นพารามิเตอร์ที่ต้องการทดสอบ และให้ θ เป็นค่าคงที่ที่ต้องการทดสอบหรือเป็นค่าพารามิเตอร์ที่คาดหวังไว้นั่นเองสมมติฐานที่จะทดสอบอยู่ในลักษณะ

$$H_0: \theta = \theta_0\,,\ H_0: \theta \neq \theta_0 \tag{2.3}$$



รูปที่ 2.3 บริเวณวิกฤตของการทดสอบแบบ 2 ทาง[4]

[4]หมายเหตุ จาก “การทดสอบสมมติฐาน,”โดย ชนัญกาญจน์ แสงประสาน. ม.ป.ป. เมื่อยอมรับว่า H_0 เป็นจริงก่อนบริเวณปฏิเสธ H_0 จะอยู่ปลายหางทั้งสองข้างของการแจกแจงของตัวสถิติทดสอบ $\hat{\theta}$ ดังรูปที่ 2.3

2.6.3 ขั้นตอนของการทดสอบสมมติฐาน

ขั้นตอนการทดสอบสมมติฐานทางสถิติ มีดังนี้

1. ตั้งสมมติฐานหลัก (H_0) และสมมติฐานทางเลือก (H_1) ให้มีความหมายตรงข้ามกันเสมอ

2. กำหนดระดับนัยสำคัญ α

3. เลือกตัวสถิติทดสอบที่เหมาะสม แล้วหาจุดวิกฤตเพื่อกำหนดบริเวณปฏิเสธ H_0 ให้สอดคล้องกับ H_1และ α

4. คำนวณค่าสถิติที่ใช้ทดสอบจากสิ่งตัวอย่างขนาด n ที่สุ่มมา

5. ตัดสินใจยอมรับหรือปฏิเสธ H_0 โดยพิจารณาจากเงื่อนไข ถ้าค่าสถิติทดสอบที่คำนวณได้จากขั้นตอนที่4 ตกอยู่ในบริเวณยอมรับจะตัดสินใจยอมรับ H_0 แต่หากตกอยู่บริเวณปฏิเสธจะตัดสินใจปฏิเสธ H_0 และยอมรับ H_1

6. สรุปผล

2.6.4 ลักษณะของประชากร

การทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยประชากรหนึ่งประชากรเมื่อ μ คือค่าเฉลี่ยของประชากรและ μ_0 คือค่าคงที่ที่ต้องการทดสอบ หรือเป็นค่าเฉลี่ยที่คาดว่าจะเป็นสมมติฐานที่จะทดสอบอยู่ในลักษณะ

1) $H_0: \mu = \mu_0$แย้งกับ$H_1: \mu > \mu_0$หรือ

2) $H_0: \mu = \mu_0$แย้งกับ$H_1: \mu < \mu_0$หรือ

3) $H_0: \mu = \mu_0$แย้งกับ$H_1: \mu \neq \mu_0$

ตัวสถิติที่ใช้ในการทดสอบขึ้นอยู่กับลักษณะของประชากรและขนาดตัวอย่างสุ่ม ซึ่งแบ่งเป็น 3 กรณีคือ

1. ประชากรมีการแจกแจงแบบปกติและทราบค่าความแปรปรวนภายใต้ H_0 เป็นจริง ตัวสถิติที่ใช้ทดสอบแสดงได้ดังสมการ

$$Z = \frac{\bar{X} - \mu_0}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}} \qquad (2.4)$$

ตารางที่ 2.3 แสดงเกณฑ์ในการตัดสินใจที่ระดับนัยสำคัญ α[5]

H_0	H_1	บริเวณวิกฤต
$H_0 : \mu = \mu_0$	$H_1 : \mu < \mu_0$	$Z \geq Z\alpha$
$H_0 : \mu = \mu_0$	$H_1 : \mu < \mu_0$	$Z \leq -Z\alpha$
$H_0 : \mu = \mu_0$	$H_1 : \mu < \mu_0$	$Z \geq Z\frac{\alpha}{2}$ หรือ $Z \leq -Z\frac{\alpha}{2}$

[5] หมายเหตุ จาก “การทดสอบสมมติฐาน,” โดย ชนัญกาญจน์ แสงประสาน. ม.ป.ป.

2. ประชากรมีการแจกแจงแบบใด ๆ ไม่ทราบความแปรปรวนประชากรแต่ตัวอย่างมีขนาดใหญ่ ($n \geq 30$)

เราประมาณความแปรปรวน σ_2 ด้วยความแปรปรวนตัวอย่าง S^2 ดังนั้นภายใต้ H_0 เป็นจริง

การทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Testing)

ตัวสถิติที่ใช้ทดสอบสามารถแสดงได้ดังสมการคือ

$$Z = \frac{\bar{X} - \mu_0}{\frac{S}{\sqrt{n}}} \tag{2.5}$$

ซึ่งเกณฑ์ในการตัดสินใจใช้หลักเกณฑ์เดียวกับกรณีที่ 4.1

3. ประชากรมีการแจกแจงแบบปกติไม่ทราบความแปรปรวนประชากรแต่ตัวอย่างมีขนาดเล็ก ($n < 30$) ภายใต้ H_0 เป็นจริง

ตัวสถิติที่ใช้ทดสอบสามารถแสดงได้ดังสมการคือ

$$T = \frac{\bar{X} - \mu_0}{\frac{S}{\sqrt{n}}} \, d.f = n - 1 \tag{2.6}$$

ตารางที่ 2.4 แสดงเกณฑ์การตัดสินใจที่ระดับนัยสำคัญα[6]

H_0	H_1	**บริเวณวิกฤต**
$H_0 : \mu = \mu_0$	$H_1 : \mu > \mu_0$	$T \geq T\alpha$
$H_0 : \mu = \mu_0$	$H_1 : \mu < \mu_0$	$T \leq -T\alpha$
$H_0 : \mu = \mu_0$	$H_1 : \mu \neq \mu_0$	$T \geq T\frac{\alpha}{2}$**หรือ**$T \leq -T\frac{\alpha}{2}$

[6]หมายเหตุ จาก “การทดสอบสมมติฐาน,”โดย ชนัญกาญจน์ แสงประสาน. ม.ป.ป.

2.6.5 การทดสอบความมีนัยสำคัญของสัดส่วนบกพร่องผลิตภัณฑ์บกพร่อง (กรณีประชากรสองชุด)

ในการทดสอบถึงความแตกต่าง มากกว่า หรือน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญของค่าสัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องจากประชากรสองชุดจะดำเนินการได้ด้วยทอลองวักตัวอย่างสุ่มขนาด n_X และ n_Y จากประชากร X และ Y ซึ่งเป็นประชากรไบโนเมียลที่เป็นอิสระต่อกัน ละจากทฤษฎีการประมาณค่าพารามิเตอร์ได้ผลว่า

$$\hat{P}_X = \frac{X}{n_X} \tag{2.7}$$

และ

$$\hat{P}_Y = \frac{Y}{n_Y} \tag{2.8}$$

ในกรณีที่ $np_i > 5$ และ $n(1 - p_i) > 5$ เมื่อ $i = 1, 2$ จะประมาณการแจกแจงแบบไบโนเมียลได้ด้วยการแจกแจงแบบปกติ โดยจะกำหนดตัวสถิติสำหรับการทดสอบได้ว่า

$$z = \frac{(\hat{P}_X - \hat{P}_Y) - (P_X - P_Y)}{\sigma_{P_X - P_Y}} \sim N(0,1) \tag{2.9}$$

โดยที่ $\sigma_{P_X-P_Y}$ คือความเบี่ยงเบนมาตรฐานของความแตกต่างของสัดส่วนประชากรทั้งสองชุดและถ้าหากสมมติฐานเป็นจริงจะได้ว่า

$$z = \frac{\hat{P}_X - \hat{P}_Y}{\sigma_{P_X-P_Y}} \tag{2.10}$$

ในกรณีนี้ต้องประมาณค่า $\sigma_{P_X-P_Y}$ ด้วย $S_{P_X-P_Y}$

โดยที่

$$S_{P_X-P_Y} = \sqrt{\frac{\hat{P}_X(1-\hat{P}_X)}{n_X} + \frac{\hat{P}_Y(1-\hat{P}_Y)}{n_Y}} \tag{2.11}$$

ถ้าหากสมมติฐานเป็นจริง $P_X = P_Y = \hat{P}$ ดังนั้น

$$S_{P_X-P_Y} = \sqrt{\frac{\hat{P}(1-\hat{P})}{n_X} - \frac{\hat{P}(1-\hat{P})}{n_Y}}$$

$$= \sqrt{\hat{P}(1-\hat{P})(\frac{1}{n_X} + \frac{1}{n_Y})} \tag{2.12}$$

โดยที่

$$\hat{P} = \frac{X+Y}{n_X+n_Y} \tag{2.13}$$

2.6.6 การหาขนาดสิ่งตัวอย่าง

ในการประเมินขนาดสิ่งตัวอย่างนั้น ถ้าหากสมมติฐานไม่เป็นจริง และเป็นการทดสอบกรณีสองด้าน จะได้ผลว่า

$$\beta = \emptyset\left[\frac{Z_{\frac{\alpha}{2}}\sqrt{\bar{p}\bar{q}\left(\frac{1}{n_X}+\frac{1}{n_Y}\right)} - (p_X - p_Y)}{S_{\hat{p}_X-\hat{p}_Y}}\right] - \emptyset\left[\frac{Z_{\frac{\alpha}{2}}\sqrt{\bar{p}\bar{q}\left(\frac{1}{n_X}+\frac{1}{n_Y}\right)} - (p_X - p_Y)}{S_{\hat{p}_X-\hat{p}_Y}}\right] \tag{2.14}$$

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

เมื่อ $\hat{P} = \frac{n_X p_X + n_Y p_Y}{n_X + n_Y}$ (2.15)

และ $\hat{q} = \frac{n_X(1-p_X)+n_Y(1-p_Y)}{n_X+n_Y}$ (2.16)

สำหรับกรณีที่ $p_X > p_Y$ จะได้ว่า

$$\beta = \emptyset\left[\frac{Z_\alpha\sqrt{\bar{p}\bar{q}\left(\frac{1}{n_X}+\frac{1}{n_Y}\right)}-(p_X-p_Y)}{S_{\hat{p}_X-\hat{p}_Y}}\right] \quad (2.17)$$

และกรณีที่ $p_X < p_Y$ จะได้ว่า

$$\beta = 1-\emptyset\left[\frac{-Z_\alpha\sqrt{\bar{p}\bar{q}\left(\frac{1}{n_X}+\frac{1}{n_Y}\right)}-(p_X-p_Y)}{S_{\hat{p}_X-\hat{p}_Y}}\right] \quad (2.18)$$

จากสมการด้านบน ถ้าหากกำหนดให้ $n_X = n_Y = n$ แล้ว จะประมาณขนาดสิ่งตัวอย่างได้ว่ากรณีการทดสอบแบบสองด้าน

$$n = \left[\frac{Z_{\frac{\alpha}{2}}\sqrt{(p_X+p_Y)(q_X+q_Y)/2}+Z_\beta\sqrt{p_X q_X - p_Y q_Y}}{(p_X-p_Y)}\right]^2 \quad (2.19)$$

สำหรับกรณีการทดสอบแบบด้านเดียวจะได้ผลว่า

$$n = \left[\frac{Z_\alpha\sqrt{(p_X+p_Y)(q_X+q_Y)/2}+Z_\beta\sqrt{p_X q_X - p_Y q_Y}}{(p_X-p_Y)}\right]^2 \quad (2.20)$$

โดยที่

$$q_X = 1 - p_X \tag{2.21}$$

$$q_Y = 1 - p_Y \tag{2.22}$$

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยของปารเมศ ชุติมาและภานุ ชุดเจือจีน (2550) ได้ศึกษาค้นคว้าเรื่องการประยุกต์ใช้ซิกส์ซิกมา เพื่อลดของเสียจากการพ่นสีรองพื้นในกระบวนการผลิตกล่องนาฬิการาคาแพงพบว่าการประยุกต์แนวคิดของซิกส์ซิกมาเพื่อวิเคราะห์และแก้ไขปรับปรุงข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นจากการพ่นสีรองพื้นในกระบวนการผลิตนั้นสามารถทำให้ปรับปรุงของเสียจาก 19,615 ชิ้นในหนึ่งล้านชิ้นเหลือเพียง 3,240 ชิ้นในหนึ่งล้านชิ้นซึ่งมีค่าลดลงจากค่าเดิมคิดเป็น 80 เปอร์เซ็นต์และทำให้ระดับมาตรฐานของกระบวนการผลิตสูงขึ้น

งานวิจัยของบรรหาร ลิลา อดิศักดิ์ นาวเหนียว วิษณุ บุญรอด อานนท์เลิศวงษ์ไพศาล กฤษณา แก่นบุบผาและศิริมาศ ภูพาน (2554) ได้ศึกษาค้นคว้าเรื่องการลดปัญหารอยบุบของฝาครอบด้านบนในกระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์ด้วยวิธี DMAIC พบว่ามีของเสียจากการเกิดรอยบุบที่ชิ้นส่วนฝาครอบคิดเป็น 1,400 ชิ้นในหนึ่งล้านชิ้นซึ่งจากการใช้หลักการ DMAIC วิเคราะห์ปัญหาพบว่าปัญหาหลักเกิดจากการปฏิบัติงานของพนักงานและFixtureที่ใช้ในกระบวนการและหลังจากการปรับปรุงกระบวนการให้มีความแปรผันลดลงมีสัดส่วนของเสียจากการเกิดรอยยุบลดลงเหลือ 114 ชิ้นในหนึ่งล้านชิ้นส่งผลให้ลดต้นทุนได้ถึง 84,942 บาทต่อปี

งานวิจัยของยอดนภา เกษเมืองและปิยบุตรวานิชพงพันธ์ (2554) ได้ศึกษาค้นคว้าเรื่องการลดของเสียในกระบวนการผลิตปั๊มน้ำมันโดยใช้เทคนิคซิกส์ซิกม่า พบว่าการนำเทคนิคซิกส์ซิกม่าเพื่อวิเคราะห์ปัญหาเพื่อลดของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการไม่น้อยกว่า 15 เปอร์เซ็นต์และพบว่าการเจาะและการต๊าฟเกลียวในกระบวนการผลิตหอยโข่งคือปัญหาหลัก จากการปรับปรุงแก้ไขในกระบวนการ Pump casing ทำให้มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลมากขึ้นโดยที่ของเสียลดลงทำให้การผลิตดีขึ้นและไม่มีของเสียหลุดไปยังลูกค้า

งานวิจัยของวสันต์ พุกผาสุกและอรรถกร เก่งพล (2551) ได้ศึกษาค้นคว้าเรื่องการลดของเสียจากกระบวนการชุบโคเมียม โดยประยุกต์ใช้วิธีการซิกส์ซิกม่ากรณีศึกษาบริษัทในอุตสาหกรรมชุบโคเมียม พบว่าการประยุกต์ใช้วิธีการซิกส์ซิกม่า โดยมีเป้าหมายคือการลดอัตราของเสียที่เกิดขึ้นลง 70 เปอร์เซ็นต์ และพบว่าการเกิดเม็ดหรือตามดบนผิวชิ้นงานเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดของเสียมากที่สุดจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนและนำค่าที่ได้มาปรับปรุงกระบวนการโดยใช้เทคนิคการ

ออกแบบการทดลองและการหาพื้นที่ตอบสนองเทคนิคการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติผลการปรับปรุงพบว่าสามารถลดระดับการเกิดของเสียลง 82 เปอร์เซ็นต์

งานวิจัยของกันยรัตน์ คมวัชระ (2547) ได้ศึกษาค้นคว้าเรื่องการนำ Six Sigma มาประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพการศึกษาพบว่าคุณภาพการศึกษามีความสำคัญและมีการแข่งขันด้านคุณภาพกันมากขึ้น ผลของการแข่งขันก่อให้เกิดการแสวงหาวิธีการใหม่ ๆ เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของการศึกษานั่นก็คือ Six Sigma ซึ่งได้นำเอา 5 ขั้นตอนของซิกส์ซิกม่านั่นคือ การกำหนดปัญหา การวัด การวิเคราะห์ การพัฒนาและการควบคุมที่นำเอามาวิเคราะห์ดัชนีร้อยละของนักศึกษาที่สำเร็จการศึกษาตามเกณฑ์เวลาที่กำหนดซึ่งเป็นหนึ่งในหลาย ๆ กรณีที่เป็นตัวชี้วัดคุณภาพการศึกษา สิ่งสำคัญอีกอย่างหนึ่งที่เป็นตัวชี้ถึงการปรับปรุงก็คืออาชีพหรืองานของผู้สำเร็จการศึกษาการที่ผู้สำเร็จการศึกษาจะหางานได้ง่ายและเป็นงานที่ดีนั้นไม่ได้ขึ้นอยู่กับสภาพของตลาดแรงงานและคุณภาพของการศึกษาที่ผู้สำเร็จการศึกษาได้รับเท่านั้นแต่จะขึ้นยู่กับชื่อเสียงและภาพพจน์ของสถาบันการศึกษาด้วย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

ในบทนี้นำเสนอวิธีการดำเนินการวิจัยเพื่อหาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดของเสียในกระบวนการเตรียมสไลเดอร์ (Slider) ก่อนเข้าสู่กระบวนการเปิดผิวหน้าโดยการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ 1 การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดของเสียในกระบวนการเตรียมสไลเดอร์ (Slider) ก่อนเข้ากระบวนการขัดเปิดผิวหน้า 2 การวิเคราะห์ค่าที่เหมาะสมของปัจจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตและลดของเสียที่เกิดจากกระบวนการเตรียมสไลเดอร์

3.1 วิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดของเสียในกระบวนการเตรียมสไลเดอร์ก่อนเข้ากระบวนการขัดเปิดผิวหน้า

การวิเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้องที่มีผลในการเกิดของเสียในกระบวนการเตรียมสไลเดอร์และคาดว่าเป็นปัจจัยที่จะก่อให้เกิดของเสียสามารถแสดงด้วยแผนภูมิก้างปลา (Fish Bone Diagram) ที่ใช้หลักการ 4 M ซึ่งได้แก่ มนุษย์ (Man) วิธีการทำงาน (Method) เครื่องจักร (Machine) และวัตถุดิบ(Material) ดังแสดงในภาพที่ 3.1

สาเหตุที่เกิดจากมนุษย์ ได้แก่

1. พนักงานใหม่ที่ขาดทักษะและความเชี่ยวชาญในการคีบสไลเดอร์ ก่อให้เกิดการวางสไลเดอร์ของเสียขึ้น

2. พนักงานที่ทำงานเครื่องวัดความตั้งฉากขาดทักษะ ความชำนาญและความถูกต้องในการทำงานทำให้ การวางงานผิดตำแหน่งและวัดค่าได้ผิดพลาดก่อให้เกิดของเสียจากการทำงานได้

สาเหตุที่เกิดจากวิธีการทำงาน ได้แก่

1. วิธีการอบสไลเดอร์ก่อนทำการวัดค่ามุมที่เครื่องวัดความตั้งฉาก วิธีการอบสไลเดอร์จะนำแท่งเซรามิกออกก่อนที่จะอบสไลเดอร์ที่เครื่องอบซึ่งอาจจะมีผลต่อกระบวนการอบ

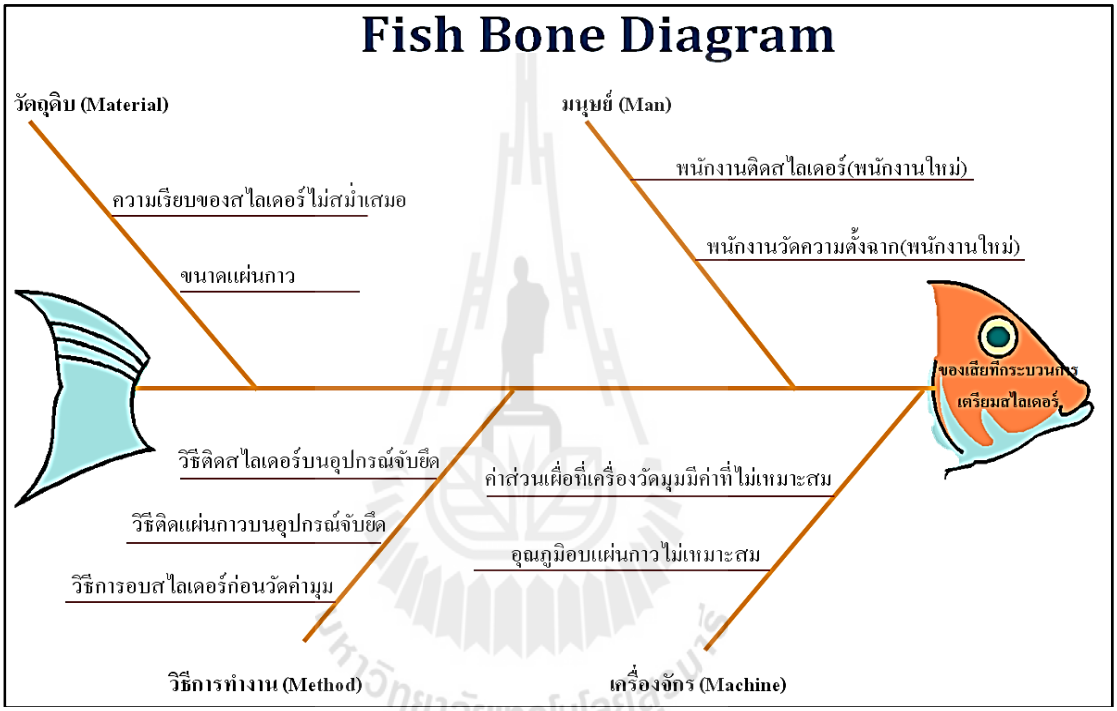
2. วิธีติดสไลเดอร์บนอุปกรณ์จับยึด ลักษณะการคีบสไลเดอร์ การวางสไลเดอร์ในตำแหน่งที่แตกต่างกันของพนักงานแต่ละคน ได้แก่การวางเอียงจากซ้ายไปขวาหรือจากขวาไปซ้าย หรือการวางจากตรงกลาง

3. วิธีติดแผ่นกาวบนอุปกรณ์จับยึดติดในบริเวณที่แตกต่างกัน พนักงานกดแผ่นกาวให้แนบสนิทกับอุปกรณ์จับยึด พนักงานกดบริเวณหัวท้ายหรือบริเวณตรงกลาง

สาเหตุที่เกิดจากเครื่องจักรได้แก่

1. อุณหภูมิเครื่องอบแผ่นกาวไม่เหมาะสม อุณหภูมิสูงหรือต่ำจนเกินไป

2. ค่าส่วนเผื่อ (Offset) ที่เครื่องวัดมุม ส่วนเผื่อที่มากเกินไปหรือน้อยจนเกินไป ทำให้ค่าที่อ่านได้ผิดจากค่าความเป็นจริงทำให้ชิ้นงานที่ดีกลายเป็นชิ้นงานที่เสียได้



รูปที่ 3.1 แผนภูมิก้างปลา (Fish Bone Diagram)

สาเหตุที่เกิดจากวัตถุดิบได้แก่

1. ความเรียบของสไลเดอร์ สไลเดอร์ที่ไม่มีความเรียบหรือมีความเรียบที่ไม่สม่ำเสมอทำให้มุมของด้านที่ตั้งฉากกันสองด้านของสไลเดอร์อ่านค่าได้ไม่เท่ากับ 90 องศา ถึงแม้จะวางสไลเดอร์ในตำแหน่งที่ตรงแต่ก็จะทำให้มุมที่อ่านนั้นเอียงไม่เท่ากับ 90 องศาและกลายเป็นของเสียที่เกิดขึ้น

2. ความสกปรกของอุปกรณ์จับยึด สิ่งสกปรกหรือความมันจากการทำความสะอาดตกค้างบนอุปกรณ์จับยึดทำให้แผ่นกาวที่ติดบนอุปกรณ์จับยึดไถลหรือเอียงเนื่องจากสิ่งสกปรกหรือความมันบนผิวอุปกรณ์จับยึดและเมื่อวางสไลเดอร์บนอปกรณ์จับยึดจะเอียงไปตามลักษณะแผ่นกาวที่ติดทำให้มุมที่อ่านนั้นเอียง และกลายเป็นของเสียได้

3. ขนาดของแผ่นกาวที่ติดบนอุปกรณ์จับยึดไม่เหมาะสม ความกว้าง ความยาวของแผ่นกาวอาจจะกว้างมากจนเกินไป ทำให้บริเวณที่ของแผ่นกาวที่กว้างเกินความเหมาะสมเมื่อถูกนำไปอบเพื่อละลายเม็ดกาวก็จะล้นมาปิดบริเวณที่วัดมุม ทำให้ไม่สามารถวัดมุมที่จะนำไปใช้ในการขัดได้และกลายเป็นของเสีย

จากการวิเคราะห์ปัจจัยดังกล่าวได้มีการเก็บข้อมูลการเกิดของเสียจากกระบวนการเตรียมสไลเดอร์ก่อนขัดเปิดผิวหน้าในเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนธันวาคมเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์พบว่ามีสไลเดอร์ที่ต้องนำกลับมาเข้ากระบวนการทำซ้ำถึง 7 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนการผลิตทั้งหมด สามารถสรุปปัจจัยที่ก่อให้เกิดของเสียด้วยแผนภาพพาเรโต (Pareto Chart) ดังแสดงในรูปที่ 3.2 และจากแผนภาพพาเรโต สามารถอธิบายได้ดังนี้ RPN (Risk Priority Number) คือตัวเลขซึ่งระบุระกับความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้น เมื่อ RPN เกิดจาก

$$\mathrm{RPN} = \mathrm{S} \times \mathrm{O} \times \mathrm{D} \tag{3.1}$$

เมื่อ S (Severity) คือ ความรุนแรงของปัญหาที่เกิดขึ้น
O (Occurrence) คือ โอกาสที่เกิดขึ้นหรือความถี่ของปัญหา
D (Detection) คือ ความสามารถในการตรวจพบปัญหาที่เกิดขึ้น

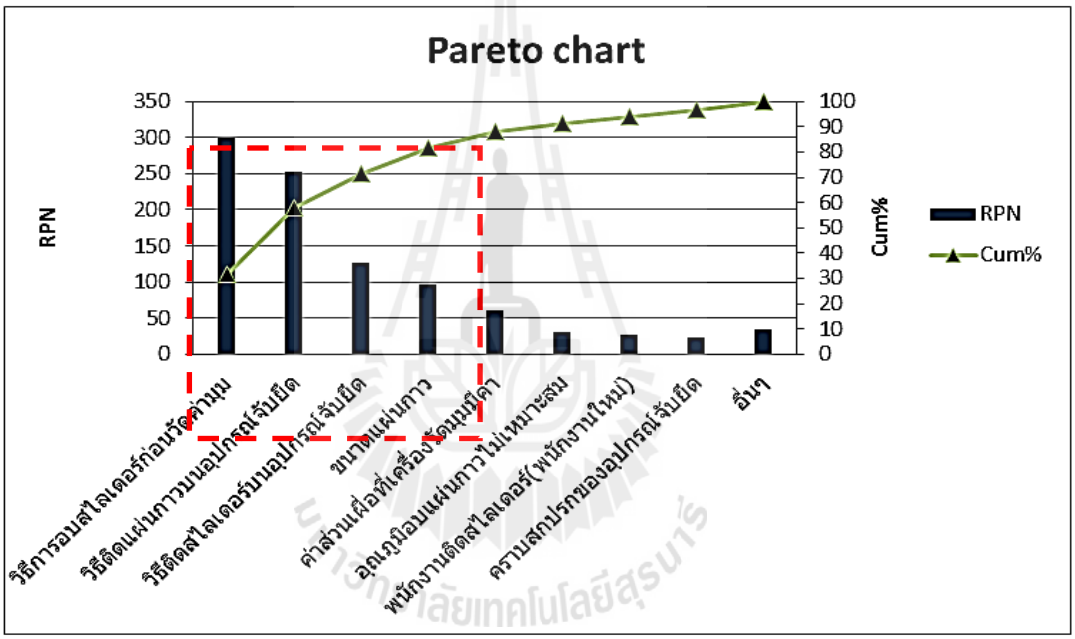
ค่า RPN เกิดจากการระดมสมองของผู้ที่เกี่ยวข้องหรือรับผิดชอบในการผลิต ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้เก็บบันทึกข้อมูลจากผู้ที่เกี่ยวข้องดังนี้ วิศวกร ซุปเปอร์ไวเซอร์ เทคนิเชียล และพนักงานผู้ปฏิบัติหน้าที่โดยตรง ร่วมกันอธิบายปัญหาและให้คะแนนในแต่ละปัญหาหรือตัวแปรที่อาจก่อให้เกิดปัญหาและได้จัดทำเป็นแผนภาพพาเรโตดังแสดงในภาพที่ 3.2 แผนภาพพาเรโตจะช่วยให้เห็นปัญหาได้อย่างชัดเจนเนื่องจาก RPN คือตัวเลขที่ระบุระดับความเสี่ยงของการเกิดของเสียที่กระบวนการเตรียมสไลเดอร์ที่อาจเกิดขึ้น และจากแผนภาพพาเรโตที่อาศัยหลักการจัดเรียงลำดับความสำคัญของปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในการผลิตเพื่อจะได้พิจารณาเลือกเรื่องที่สำคัญมาทำการแก้ไขปรับปรุงก่อนเป็นลำดับแรก ดังนั้นจึงกำหนดระดับของ RPN ที่จะใช้เป็นเกณฑ์ในการดำเนินการแก้ไข ดังนี้ RPN มีค่าเปอร์เซ็นต์สะสมมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ หรือค่า RPN ที่สูงเป็น 4 ลำดับแรกปัญหาเหล่านั้นจะถูกนำมาแก้ไขปรับปรุงเป็นลำดับแรก จากแผนภาพพาเรโตพบว่า 4 ปัจจัยหลักที่ก่อให้เกิดของเสียรวมกันคิดเป็นร้อยละ 80 ของสาเหตุที่เกิดทั้งหมด สามารถสรุปได้ 4 ปัจจัยดังนี้

1. วิธีอบสไลเดอร์ก่อนวัดมุมของสไลเดอร์ที่เครื่องวัดมุม
2. วิธีติดแผ่นกาวบนอุปกรณ์จับยึด

3. วิธีติดสไลเดอร์บนอุปกรณ์จับยึด

4. ขนาดของแผ่นกาว

จากปัจจัยทั้ง 4 นำไปสู่การวิเคราะห์เพื่อระบุปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดของเสียในกระบวนการเตรียมสไลเดอร์ซึ่งถ้าหากปัจจัยทั้ง 4 เป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดของเสียจริงและสามารถแก้ไขหรือลดการเกิดปัจจัยทั้ง 4 ได้จะทำให้ของเสียที่เกิดขึ้นลดลง จึงเกิดการออกแบบการทดลองเพื่อวิเคราะห์ว่าของเสียขึ้นในกระบวนการเตรียมสไลเดอร์นั้นเกิดจากปัจจัยใด ดังนั้นปัจจัยทั้ง 4 ปัจจัยจึงจะถูกกำหนดเป็นปัจจัยที่คาดว่าจะมีผลต่อกระบวนการผลิตซึ่งเกิดจากขั้นตอนการเตรียมสไลเดอร์ก่อนการขัดเปิดผิวหน้า



รูปที่ 3.2 แผนภาพพาเรโต (Pareto Chart)

3.1.1 การกำหนดปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง

1. ปัจจัยที่ควบคุม หรือตัวแปรต้น

- พนักงานที่ทำงานในแต่ละตำแหน่ง (Operator) กำหนดให้ในการทดลองแต่ละครั้งจะใช้พนักงานคนเดิมเสมอในการปฏิบัติงาน
- แผ่นกาวที่ใช้ในการทดลองคือแผ่นกาวชุด XXXXABC150 (Adhesive Glue)
- ตู้อบสไลเดอร์ (Oven) กำหนดให้ในการทดลองแต่ละครั้งจะใช้ตู้อบเดิมเสมอในการปฏิบัติงาน

- ชนิดของสไลเดอร์ (Slider) กำหนดให้ในการทดลองแต่ละครั้งจะใช้สไลเดอร์ชนิดเดิมเสมอในการปฏิบัติงาน

- การใช้แท่งเซรามิก (Ceramic) กำหนดให้ในการทดลองแต่ละครั้งจะใช้เซรามิก ชนิดเดิมเสมอในการปฏิบัติงาน

2. ปัจจัยที่คาดว่าจะมีผลก่อให้เกิดของเสีย หรือตัวแปรตาม

- ตำแหน่งที่กดแผ่นกาว ซึ่งการทำงานที่สภาวะปกติจะกดแผ่นกาวบริเวณหัว-ท้าย

- ขนาดแผ่นกาว ซึ่งการทำงานที่สภาวะปกติใช้แผ่นกาวขนาด A มิลลิเมตร

- การนำเซรามิกมาวางทับสไลเดอร์ซึ่งการทำงานที่สภาวะปกติจะไม่ใส่เซรามิกเข้าอบพร้อมสไลเดอร์

- การทำให้สไลเดอร์และอุปกรณ์จับยึดเย็นลงก่อนวางสไลเดอร์ซึ่งการทำงานที่สภาวะปกติทำให้เย็นลงก่อนที่จะนำไปยังสถานีต่อไป

จากปัจจัยควบคุมและปัจจัยที่คาดว่าจะมีผลต่อการเกิดของเสียสามารถสรุปสภาวะการทำงานปกติและสภาวะที่คาดว่าจะมีผลได้ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 สภาวะการทำงานปกติและสภาวะที่คาดว่าจะมีผล

สภาวะ	ขนาดแผ่นกาว (มิลลิเมตร)	บริเวณกดแผ่นกาว	เซรามิก	ทำให้เย็นหลังอบ
สภาวะปกติ	A	หัว-ท้าย	ไม่ใส่เข้าอบพร้อมสไลเดอร์	ทำให้เย็นหลังอบ
สภาวะที่คาดว่าจะมีผล	B	ตรงกลาง	ใส่เข้าอบพร้อมสไลเดอร์	ไม่ทำให้เย็นหลังอบ

3.1.2 การออกแบบการทดลอง

จากปัจจัยที่คาดว่าจะก่อให้เกิดของเสียทั้ง 4 ปัจจัย พบว่าปัจจัยที่คาดว่ามีผลต่อการเกิดของเสียในกระบวนการเตรียมสไลเดอร์ก่อนการขัดเปิดผิวหน้า คือ

1. ขนาดของแผ่นกาว
2. บริเวณที่กดแผ่นกาว
3. การนำเซรามิกเข้าอบพร้อมสไลเดอร์
4. สไลเดอร์และอุปกรณ์จับเย็นลง

จากพารามิเตอร์ดังกล่าวสามารถออกแบบการทดลองออกเป็น 4 การทดลองดังแสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ออกแบบการทดลอง

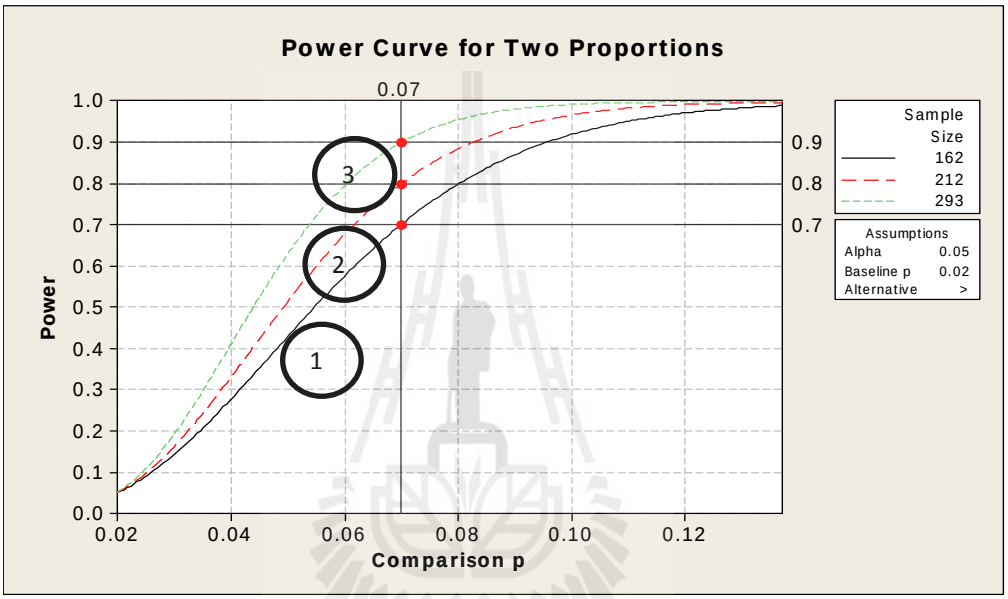
ลำดับการทดลอง	การทดลอง
การทดลองที่ 1	ศึกษาตำแหน่งการกดแผ่นกาวมีผลต่อการเกิดของเสียหรือไม่ การทำงานที่สภาวะปกติที่ใช้การกดแผ่นกาวบริเวณหัวท้าย เปรียบเทียบกับการทดลองที่ใช้การกดแผ่นกาวบริเวณตรงกลาง
การทดลองที่ 2	ศึกษาการวางเซรามิกเข้าอบพร้อมสไลเดอร์มีผลต่อการเกิดของเสียหรือไม่ การทำงานที่สภาวะปกติที่ไม่ใส่แท่งเซรามิกเข้าอบพร้อมสไลเดอร์ เปรียบเทียบกับการทดลองที่นำแท่งเซรามิกเข้าอบพร้อมสไลเดอร์
การทดลองที่ 3	ศึกษาขนาดของแผ่นกาวมีผลต่อการเกิดของเสียหรือไม่ การทำงานที่สภาวะปกติที่ใช้แผ่นกาวขนาด A มิลลิเมตรเปรียบเทียบกับการทดลองที่ใช้แผ่นกาวขนาด B มิลลิเมตร
การทดลองที่ 4	ศึกษาอุณหภูมิของแผ่นกาวมีผลต่อการเกิดของเสียหรือไม่ การทำงานที่สภาวะปกติที่ทำให้แผ่นกาวและอุปกรณ์จับยึดเย็นลงก่อนนำไปสู่การวางสไลเดอร์เปรียบเทียบกับการทดลองที่ไม่ทำให้แผ่นกาวและอุปกรณ์จับยึดเย็นลงก่อนนำไปสู่การวางสไลเดอร์

การทดลองนี้จะถูกทดลองด้วยขนาดสิ่งตัวอย่างที่สามารถคำนวณจากโปรแกรม Minitab16 ดังแสดงในแผนภาพที่ 3.4 งานวิจัยนี้ได้กำหนดระดับความเชื่อมั่นที่ระดับ 95 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความหมายว่าผลงานวิจัยมีโอกาสถูกต้อง 95 เปอร์เซ็นต์ และใช้การหาสิ่งตัวอย่างจากวิธีการเปรียบเทียบของสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องกรณีประชากรสองชุด (2-Proportion) และกำหนดพารามิเตอร์ดังต่อไปนี้ กำลัง P (Power) หรือค่าอำนาจการทดสอบเป็นความน่าจะเป็นที่ผลการทดสอบสมมติฐานทางสถิติ สรุปว่ากลุ่มตัวอย่างแตกต่างจากประชากรหรือปฏิเสธสมมติฐานหลัก ซึ่งผลการทดสอบตรงกับความเป็นจริงค่ากำลังเท่ากับ $1-\beta$ หรือ

$$P = 1 - \beta \tag{3.2}$$

$$P = (1 - \beta) \times 100\% \tag{3.3}$$

เมื่อ β คือ ความน่าจะเป็นที่เกิดความผิดพลาดประเภทที่ 2 (Type II error) นั่นคือ เกิดความผิดพลาดเมื่อยอมรับสมมติฐานหลักทั้ง ๆ ที่สมมติฐานหลักไม่เป็นจริง งานวิจัยนี้ได้กำหนดให้ค่าความน่าจะเป็นที่เกิดจากความผิดพลาดประเภทที่ 2 เท่ากับ 0.3, 0.2 และ 0.1 ซึ่งอำนาจของการทดสอบไม่ต่ำกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ มีความหมายว่าถ้าระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 70%, 80% และ 90% จะมีระดับนัยสำคัญเท่ากับ 30%, 20% และ 10% ตามลำดับ และเงื่อนไขในสมมติฐานการหาจำนวนตัวอย่างคือของเสียที่ลดลงจาก 7 เปอร์เซ็นต์เหลือ2เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 3.3 แผนภาพสิ่งตัวอย่างจากโปรแกรม Minitab16

ตามรูปที่ 3.3 สามารถแสดงตารางสรุปจำนวนสิ่งตัวอย่างได้ดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ตารางสรุปจำนวนกำลังและสิ่งตัวอย่าง

กำลัง (Power (%))	จำนวนตัวอย่าง (n)
70	162
80	212
90	293

เนื่องจากสไลเดอร์ที่ถูกตัดจากแผ่นเวเฟอร์ในกระบวนการผลิตจะถูกแยกเป็นกลุ่ม ๆ ละ 220 ชิ้น เพื่อให้สไลเดอร์ที่จะนำมาทดลองมาจากเวเฟอร์เดียวกันและอยู่ในกลุ่มเดียวกัน

การทดลองนี้จึงเลือกใช้จำนวนสไลเดอร์เท่ากับ 220 ชิ้นตามกลุ่มในกระบวนการผลิตเพื่อลดโอกาสการเกิดความแตกต่างของสไลเดอร์ที่อาจจะมาจากหลายกลุ่มหากใช้จำนวนที่มากกว่าหรือน้อยกว่า 220 ชิ้น ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้จึงเลือกจำนวนตัวอย่างในการทดลองเท่ากับ 220 ชิ้นและจะทำให้ได้ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 80 เปอร์เซ็นต์สามารถแสดงตารางสรุปจำนวนสิ่งตัวอย่างได้ดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 ตารางสรุปจำนวนสิ่งตัวอย่าง

การทดลอง	จำนวนที่ทดลอง
กดแผ่นกาวหัวท้าย	220
กดแผ่นกาวตรงกลาง	220
ไม่ใส่เซรามิกเข้าอบพร้อมสไลเดอร์	220
ใส่เซรามิกเข้าอบพร้อมสไลเดอร์	220
แผ่นกาวขนาด A มิลลิเมตร	220
แผ่นกาวขนาด B มิลลิเมตร	220
ทำให้เย็นก่อนวางสไลเดอร์	220
ไม่ทำให้เย็นก่อนวางสไลเดอร์	220

ผลการทดลองที่ได้จะถูกนำมาวิเคราะห์ด้วย โปรแกรม Minitab 16 เพื่อทดสอบว่าปัจจัยใดที่มีผลต่อการเกิดของเสียในกระบวนการเตรียมสไลเดอร์ก่อนขัดเปิดผิวหน้า โดยทดสอบการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญของปัจจัย โดยใช้การทดสอบความมีนัยสำคัญของสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องของประชากรสองชุด (2-Proportion) ค่าปัจจัยที่คาดว่าจะมีผลต่อการเกิดของเสียจะถูกนำมาออกแบบการทดลองดังแสดงในตารางที่ 3.2 สามารถเขียนเป็นสมมติฐานและสมการได้ดังต่อไปนี้

การทดลองที่ 1 ศึกษาตำแหน่งการกดกาวมีผลต่อการเกิดของเสียหรือไม่ สามารถตั้งสมมติฐานการทดสอบได้ดังนี้

H_0: การกดแผ่นกาวหัว-ท้าย (P_1) ทำให้เกิดของเสียน้อยกว่าหรือเท่ากับการกดแผ่นกาวตรงกลาง (P_2)

H_a: การกดแผ่นกาวหัว-ท้าย (P_1) ทำให้เกิดของเสียมากกว่าการกดแผ่นกาวตรงกลาง(P_2) แสดงได้ดังสมการที่ 3.4

$H_0 : P_1 \leq P_2$, $H_a : P_1 > P_2$ (3.4)

การทดลองที่ 2ศึกษาการใส่และไม่ใส่เซรามิกเข้าอบพร้อมสไลเดอร์มีผลต่อการเกิดของเสียหรือไม่ สามารถตั้งสมมติฐานการทดสอบได้ดังนี้

H_0 : ไม่ใส่เซรามิกเข้าอบพร้อมสไลเดอร์ (P_1) ทำให้เกิดของเสียน้อยกว่าหรือเท่ากับใส่เซรามิก เข้าอบพร้อมสไลเดอร์ (P_2)

H_a : ไม่ใส่เซรามิกเข้าอบพร้อมสไลเดอร์ (P_1) ทำให้เกิดของเสียมากกว่าใส่เซรามิกข้าอบพร้อมสไลเดอร์ (P_2) แสดงได้ดังสมการที่ 3.5

$H_0 : P_1 \leq P_2$, $H_a : P_1 > P_2$ (3.5)

การทดลองที่ 3 ศึกษาการขนาดของแผ่นกาวมีผลต่อการเกิดของเสียหรือไม่ สามารถตั้งสมมติฐานการทดสอบได้ดังนี้

H_0: แผ่นกาวขนาดAมิลลิเมตร (P_1) ทำให้เกิดของเสียน้อยกว่าหรือเท่ากับแผ่นกาวขนาด B มิลลิเมตร (P_2)

H_a: แผ่นกาวขนาดAมิลลิเมตร (P_1) ทำให้เกิดของเสียมากกว่าแผ่นกาวขนาด B มิลลิเมตร (P_2) แสดงได้ดังสมการที่ 3.6

$H_0 : P_1 \leq P_2$, $H_a : P_1 > P_2$ (3.6)

การทดลองที่ 4 ศึกษาการทำให้กาวเย็นก่อนวางสไลเดอร์มีผลต่อการเกิดของเสียหรือไม่ สามารถตั้งสมมติฐานการทดสอบได้ดังนี้

H_0: ทำให้กาวเย็นลงก่อนวางสไลเดอร์ (P_1) ทำให้เกิดของเสียน้อยกว่าหรือเท่ากับไม่ทำให้กาวเย็นลงก่อนวางสไลเดอร์ (P_2)

H_a: ทำให้กาวเย็นลงก่อนวางสไลเดอร์ (P_1) ทำให้เกิดของเสียมากกว่าไม่ทำให้กาวเย็นลงก่อนวางสไลเดอร์ (P_2) แสดงได้ดังสมการที่ 3.7

$H_0 : P_1 \leq P_2$, $H_a : P_1 > P_2$ (3.7)

ตารางที่ 3.5 ตารางการทดลอง

ลำดับ	การทดลอง	ขนาดแผ่นกาว		บริเวณกดแผ่นกาว		เซรามิก		ทำให้เย็นหลังอบ		จำนวนที่ทดลอง
		A	B	กลาง	หัว-ท้าย	ใส่	ไม่ใส่	ไม่ทำให้เย็น	ทำให้เย็น	
1	กดแผ่นกาวหัวท้าย (P1)		X		X		X		X	220
	กดแผ่นกาวตรงกลาง (P2)		X	X			X		X	220
2	ไม่ใส่เซรามิกเข้าอบพร้อมสไลเดอร์ (P1)		X		X		X		X	220
	ใส่เซรามิกเข้าอบพร้อมสไลเดอร์ (P2)		X		X	X			X	220
3	แผ่นกาวขนาด B มม. (P1)		X		X		X		X	220
	แผ่นกาวขนาด A มม. (P2)	X			X		X		X	220
4	ทำให้เย็นหลังอบ (P1)		X		X		X		X	220
	ไม่ทำให้เย็นหลังอบ (P2)		X		X		X	X		220

หมายเหตุ : สัญลักษณ์ X คือตัวแปรที่ใช้ในการทดลอง

จากผลการทดลองที่ 3.1 แสดงในบทที่ 4พบว่าการนำแท่งเซรามิกเข้าอบพร้อมสไลเดอร์มีผลต่อการเกิดของเสียในกระบวนการเตรียมสไลเดอร์ก่อนขัดเปิดผิวหน้า จึงนำไปสู่การทดลองที่ 3.2

3.2 การวิเคราะห์ค่าที่เหมาะสมของปัจจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อปรับปรุงการผลิต

วิเคราะห์หาค่าน้ำหนักของแท่งเซรามิกที่มีผลในการเกิดของเสียในกระบวนการเตรียมสไลเดอร์ โดยการทดลองใช้น้ำหนักขนาดต่าง ๆ เพื่อหาน้ำหนักที่เหมาะสมที่ทำให้เกิดของเสียน้อยที่สุดและมีปัจจัยต่าง ๆ ดังนี้

3.2.1 การกำหนดปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง

1. ปัจจัยที่ควบคุม หรือตัวแปรต้น

- พนักงานที่ทำงานในแต่ละตำแหน่ง (Operator) กำหนดให้ในการทดลองแต่ละครั้งจะใช้พนักงานคนเดิมเสมอในการปฏิบัติงาน
- แผ่นกาวที่ใช้ในการทดลองคือแผ่นกาวชุด XXXXABC150 (Adhesive Glue)
- ตู้อบสไลเดอร์ (Oven) กำหนดให้ในการทดลองแต่ละครั้งจะใช้ตู้อบเดิมเสมอในการปฏิบัติงาน
- ชนิดของสไลเดอร์ (Slider) กำหนดให้ในการทดลองแต่ละครั้งจะใช้สไลเดอร์ชนิดเดิมเสมอในการปฏิบัติงาน
- การใช้แท่งเซรามิก (Ceramic) กำหนดให้ในการทดลองแต่ละครั้งจะใช้เซรามิกชนิดเดิมเสมอในการปฏิบัติงาน
- ตำแหน่งที่กดแผ่นกาว กดแผ่นกาวบริเวณหัว-ท้าย
- ขนาดแผ่นกาว ใช้แผ่นกาวขนาด A มิลลิเมตร
- นำเซรามิกมาวางทับสไลเดอร์เข้าอบพร้อมสไลเดอร์
- การทำให้เย็นก่อนวางสไลเดอร์

เนื่องจากค่าใช้จ่ายในการจัดซื้อแท่งเซรามิกน้ำหนักต่าง ๆ ซึ่งมีราคาสูง จึงทำให้ไม่สามารถจัดซื้อแท่งเซรามิกน้ำหนักต่าง ๆ ในการทดลองครั้งนี้ จึงได้ใช้วัสดุชนิดเดียวกันกับวัสดุของสไลเดอร์ที่มีคุณสมบัติความแข็งเท่ากับสไลเดอร์ ทนความร้อน ไม่นำไฟฟ้า ไม่ส่งผลกระทบต่อสไลเดอร์ในการทดลองและสามารถจัดหาได้ภายในองค์กร นำมาใช้ในการทดลองโดยจะเรียกแทนวัสดุชนิดเดียวกันกับสไลเดอร์นี้ว่าวัสดุ ก และวัสดุ ก จะถูกกำหนดให้แทนแท่งเซรามิกที่ขนาดน้ำหนักต่าง ๆ จากปัจจัยที่ควบคุมได้สามารถสรุปสภาวะการทำงานปกติได้ดังแสดงในตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 สภาวะการทำงานปกติและสภาวะที่คาดว่าจะมีผล

สภาวะ	วัสดุ	น้ำหนักวัสดุ (กรัม)	ขนาดแผ่นกาว (มิลลิเมตร)	บริเวณกดแผ่นกาว	เซรามิก	ทำให้เย็นหลังอบ
สภาวะปกติ	เซรามิก	A	A	หัว-ท้าย	ใส่เข้าอบพร้อมสไลเดอร์	ทำให้เย็นหลังอบ
สภาวะที่คาดว่าจะมีผล	ก	ต่าง ๆ	A	หัว-ท้าย	ใส่เข้าอบพร้อมสไลเดอร์	ทำให้เย็นหลังอบ

3.2.2 การออกแบบการทดลอง

จากผลการทดลองที่ 3.1 พบว่าแท่งเซรามิกมีผลต่อการเกิดของเสีย ในการทดลองที่ 3.2นี้จึงเป็นการทดลองเพื่อหาค่าน้ำหนักที่เหมาะสมที่จะใช้วางบนสไลเดอร์ขณะนำเข้าอบพร้อมสไลเดอร์โดยกำหนดน้ำหนักของวัสดุที่ใช้ทดลองดังต่อไปนี้

1. วัสดุ ก น้ำหนัก A กรัม
2. วัสดุ ก น้ำหนัก B กรัม
3. วัสดุ ก น้ำหนัก C กรัม
4. เซรามิก น้ำหนัก A กรัม

จากน้ำหนักของวัสดุ สามารถออกแบบการทดลองได้ทั้งหมด 3 การทดลองดังแสดงในตารางที่ 3.7

ตารางที่ 3.7 การออกแบบการทดลองที่ 3.2

ลำดับการทดลอง	การทดลอง
การทดลองที่ 1	ศึกษาวัสดุ ก น้ำหนัก X กรัม เป็นค่าน้ำหนักที่ทำให้เกิดของเสียน้อยลงหรือไม่ การทำงานที่สภาวะปกติใช้แท่งเซรามิก น้ำหนัก X กรัม เปรียบเทียบกับวัสดุ ก น้ำหนัก X กรัม
การทดลองที่ 2	ศึกษาวัสดุ ก น้ำหนัก B กรัม เป็นค่าน้ำหนักที่ทำให้เกิดของเสียน้อยลงหรือไม่ การทำงานที่สภาวะปกติใช้แท่งเซรามิก น้ำหนัก A กรัม เปรียบเทียบกับวัสดุ ก น้ำหนัก Y กรัม
การทดลองที่ 3	ศึกษาวัสดุ ก น้ำหนัก C กรัม เป็นค่าน้ำหนักที่ทำให้เกิดของเสียน้อยลงหรือไม่ การทำงานที่สภาวะปกติใช้แท่งเซรามิก น้ำหนัก A กรัม เปรียบเทียบกับวัสดุ ก น้ำหนัก Z กรัม

ตารางที่ 3.8 การออกแบบการทดลองที่น้ำหนักขนาดต่าง ๆ ที่สภาวะปกติ
และสภาวะที่คาดว่าจะมีผล

สภาวะ	วัสดุ	น้ำหนักวัสดุ (กรัม)	ขนาดแผ่นกาว (มิลลิเมตร)	บริเวณกดแผ่นกาว	เซรามิก	ทำให้เย็นหลังอบ
สภาวะปกติ	เซรามิก	X	A	หัว-ท้าย	ใส่เข้าอบพร้อมสไลเดอร์	ทำให้เย็นหลังอบ
สภาวะที่คาดว่าจะมีผล	ก	X	A	หัว-ท้าย	ใส่เข้าอบพร้อมสไลเดอร์	ทำให้เย็นหลังอบ
สภาวะที่คาดว่าจะมีผล	ก	Y	A	หัว-ท้าย	ใส่เข้าอบพร้อมสไลเดอร์	ทำให้เย็นหลังอบ
สภาวะที่คาดว่าจะมีผล	ก	Z	A	หัว-ท้าย	ใส่เข้าอบพร้อมสไลเดอร์	ทำให้เย็นหลังอบ

การทดลองที่ 3.2 นี้จะถูกทดลองด้วยขนาดสิ่งตัวอย่างเท่ากับ 220 ชิ้น เท่ากับการทดลองที่ 3.1 ดังแสดงวิธีการหาจำนวนตัวอย่างในการทดลองที่ 3.1 และสามารถสรุปจำนวนตัวอย่างที่จะใช้ในการทดลองได้ดังตารางที่ 3.9

ตารางที่ 3.9 ตารางสรุปจำนวนตัวอย่างจะใช้ในการทดลอง

การทดลอง	จำนวนที่ทดลอง (ชิ้น)
วัสดุ ก น้ำหนัก A กรัม	220
วัสดุ ก น้ำหนัก B กรัม	220
วัสดุ ก น้ำหนัก C กรัม	220
เซรามิก น้ำหนัก A กรัม	220

ผลการทดลองจะถูกนำมาวิเคราะห์ด้วย โปรแกรม Minitab 16 เพื่อการทดสอบความมีนัยสำคัญสำหรับพารามิเตอร์ ค่าน้ำหนักที่คาดว่าจะมีผลทำให้เกิดของเสียที่ลดลงจะถูกนำมาออกแบบการทดลองดังแสดงในตารางที่ 3.8 และสามารถเขียนเป็นสมมติฐานและสมการได้ดังต่อไปนี้

การทดลองที่ 1 ศึกษาการใส่แท่งเซรามิกขนาด X กรัม และวัสดุ ก ขนาด X กรัม เข้าอบพร้อมสไลเดอร์มีผลต่อการเกิดของเสียที่แตกต่างกันหรือไม่ สามารถตั้งสมมติฐานการทดสอบได้ดังนี้

H_0: ใส่แท่งเซรามิกขนาด X กรัมเข้าอบพร้อมสไลเดอร์ (P_1) ทำให้เกิดของเสียน้อยกว่าหรือเท่ากับใส่วัสดุ ก ขนาด X กรัมเข้าอบพร้อมสไลเดอร์ (P_2)

H_a: ใส่แท่งเซรามิกขนาด X กรัมเข้าอบพร้อมสไลเดอร์ (P_1) ทำให้เกิดของเสียมากกว่าใส่วัสดุ ก ขนาด X กรัมเข้าอบพร้อมสไลเดอร์ (P_2) แสดงได้ดังสมการที่ 3.8

$$H_0 : P_1 \leq P_2 \, , \, H_a : P_1 > P_2 \tag{3.8}$$

การทดลองที่ 2 ศึกษาการใส่แท่งเซรามิกขนาด X กรัม และวัสดุ ก ขนาด Y กรัม เข้าอบพร้อมสไลเดอร์มีผลต่อการเกิดของเสียที่แตกต่างกันหรือไม่ สามารถตั้งสมมติฐานการทดสอบได้ดังนี้

H_0: การใส่แท่งเซรามิกขนาด X กรัมเข้าอบพร้อมสไลเดอร์ (P_1) ทำให้เกิดของเสียน้อยกว่าหรือเท่ากับใส่วัสดุ ก ขนาด Y กรัมเข้าอบพร้อมสไลเดอร์ (P_2)

H_a: การใส่แท่งเซรามิกขนาด X กรัมเข้าอบพร้อมสไลเดอร์ (P_1) ทำให้เกิดของเสียมากกว่าการใส่วัสดุ ก ขนาด Y กรัมเข้าอบพร้อมสไลเดอร์ (P_2) แสดงได้ดังสมการที่ 3.9

$$H_0 : P_1 \leq P_2 \, , \, H_a : P_1 > P_2 \tag{3.9}$$

การทดลองที่ 3 ศึกษาการใส่แท่งเซรามิกขนาด X กรัม และวัสดุ ก ขนาด Z กรัมเข้าอบพร้อมสไลเดอร์มีผลต่อการเกิดของเสียที่แตกต่างกันหรือไม่ สามารถตั้งสมมติฐานการทดสอบได้ดังนี้

H_0: การใส่แท่งเซรามิกขนาด X กรัมเข้าอบพร้อมสไลเดอร์ (P_1) ทำให้เกิดของเสียน้อยกว่าหรือเท่ากับใส่วัสดุ ก ขนาด Z กรัมเข้าอบพร้อมสไลเดอร์ (P_2)

H_a: การใส่แท่งเซรามิกขนาด X กรัมเข้าอบพร้อมสไลเดอร์ (P_1) ทำให้เกิดของเสียมากกว่าใส่วัสดุ ก ขนาด Z กรัมเข้าอบพร้อมสไลเดอร์ (P_2) แสดงได้ดังสมการที่ 3.10

$$H_0 : P_1 \leq P_2 \text{ , } H_a : P_1 > P_2 \quad (3.10)$$

สามารถสรุปเป็นตารางการทดลองและจำนวนสิ่งตัวอย่างดังแสดงในตารางที่ 3.10

ตารางที่ 3.10 ตารางสรุปการทดลองและจำนวนสิ่งตัวอย่าง

ลำดับ	การทดลอง	ขนาด A แผ่นกาว (มิลลิเมตร)	บริเวณกดแผ่นกาวหัวท้าย	ใส่เซรามิก เข้าอบ	ทำให้เย็นหลังอบ	จำนวนที่ทดลอง
1	เซรามิกขนาด X กรัม (P1)	X	X	X	X	220
	วัสดุ ก ขนาด X กรัม (P2)	X	X	X	X	220
2	เซรามิกขนาด X กรัม (P1)	X	X	X	X	220
	วัสดุ ก ขนาด Y กรัม (P2)	X	X	X	X	220
3	เซรามิกขนาด X กรัม (P1)	X	X	X	X	220
	วัสดุ ก ขนาด Z กรัม (P2)	X	X	X	X	220

หมายเหตุ : สัญลักษณ์ X คือตัวแปรที่ใช้ในการทดลอง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและการอภิปรายผล

บทนี้นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดลองในบทที่ 3 ซึ่งได้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ส่วน คือ 3.1 ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดของเสียในกระบวนการเตรียมสไลเดอร์ (Slider) ก่อนเข้ากระบวนการขัดเปิดผิวหน้า และจากผลการทดลองพบว่าการนำเซรามิกเข้าอบพร้อมสไลเดอร์ทำให้เกิดของเสียลดลงอย่างมีนัยสำคัญจึงนำไปสู่การทดลองที่ 3.2 การวิเคราะห์ค่าที่เหมาะสมของปัจจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อปรับปรุงการผลิตซึ่งจะนำเสนอรายละเอียดผลการวิเคราะห์การทดลองทั้ง 2 ส่วนตามลำดับดังต่อไปนี้

4.1 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดของเสียในกระบวนการเตรียมสไลเดอร์ (Slider) ก่อนเข้ากระบวนการขัดเปิดผิวหน้า

จากการออกแบบการทดลองที่ 3.1 ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.1 ซึ่งแสดงจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นในการทดลองของแต่ละสมมติฐาน และจำนวนตัวอย่างที่ทำการทดลอง ข้อมูลที่ได้จากการทดลองเป็นข้อมูลสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องกรณีประชากรสองชุดดังนั้นข้อมูลจะถูกนำไปวิเคราะห์ความมีนัยสำคัญแบบสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องกรณีประชากรสองชุด (2-Proportion) ในโปรแกรม Minitab16 โดยได้กำหนดเงื่อนไขดังนี้ประชากรชุดที่ 1 (P_1) คือการทำงานที่สภาวะปกติและประชากรชุดที่ 2 (P_2) คือการทำงานที่สภาวะที่คาดว่าจะมีผลต่อการลดของเสียในกระบวนการผลิต

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองที่ 3.1

การทดลอง	สมมติฐาน	จำนวน	จำนวนของเสีย
1	กดแผ่นกาวบริเวณหัว-ท้าย	220	12
	กดแผ่นกาวบริเวณกลาง	220	14
2	ไม่ใส่เซรามิกเข้าอบพร้อมสไลเดอร์	220	42
	ใส่เซรามิกเข้าอบพร้อมสไลเดอร์	220	26
3	แผ่นกาวขนาด A เมตร	220	10
	แผ่นกาวขนาด B เมตร	220	16
4	ทำให้เย็นก่อนวางสไลเดอร์	220	5
	ไม่ทำให้เย็นก่อนวางสไลเดอร์	220	17

การวิเคราะห์การทดลองที่ 1

การทดลองที่ 1 ศึกษาตำแหน่งการกดกาวมีผลต่อการเกิดของเสียหรือไม่ จากการเปรียบเทียบปริมาณของเสียที่เกิดจากการกดแผ่นกาวบริเวณหัวท้ายและการกดตรงกลางได้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังแสดงในรูปที่ 4.1

Test and CI for Two Proportions

Sample	X	N	Sample p
1	12	220	0.054545
2	14	220	0.063636

Difference = p (1) - p (2)

Estimate for difference: -0.00909091

95% lower bound for difference: -0.0460639

Test for difference = 0 (vs > 0): Z = -0.40 P-Value = 0.657

Fisher's exact test: P-Value = 0.728

รูปที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม Minitab16 การกดแผ่นกาวหัวท้ายและกดแผ่นกาวตรงกลาง

ผลจากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Minitab 16 ดังรูปที่ 4.1 สามารถบอกค่า P-Value = 0.657 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 จึงยอมรับสมมติฐานหลัก ($H_0: P_1 \leq P_2$) ดังนั้น ตำแหน่งการกดแผ่นกาวไม่มีผลต่อการเกิดของเสียอย่างมีนัยสำคัญ 0.05

การวิเคราะห์การทดลองที่ 2

การทดลองที่ 2 ศึกษาการใส่และไม่ใส่เซรามิกเข้าอบพร้อมสไลเดอร์มีผลต่อการเกิดของเสียหรือไม่จากการเปรียบเทียบปริมาณของเสียที่เกิดจากการใส่และไม่ใส่เซรามิกเข้าอบพร้อมสไลเดอร์ได้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังแสดงในรูปที่ 4.2

Test and CI for Two Proportions

Sample	X	N	Sample p
1	42	220	0.190909
2	26	220	0.118182

Difference = p (1) - p (2)

Estimate for difference: 0.0727273

95% lower bound for difference: 0.0163252

Test for difference = 0 (vs > 0): Z = 2.12 P-Value = 0.017

Fisher's exact test: P-Value = 0.024

รูปที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม Minitab 16 ไม่ใส่และใส่เซรามิกเข้าอบพร้อมสไลเดอร์

ผลจากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Minitab 16 ดังรูปที่ 4.2 สามารถบอกค่า P-Value = 0.017 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก ($H_0: P_1 \leq P_2$) และยอมรับสมมติฐานรอง ($H_0: P_1 > P_2$) ดังนั้น การใส่เซรามิกเข้าอบพร้อมสไลเดอร์มีผลต่อการเกิดของเสียอย่างมีนัยสำคัญ

การวิเคราะห์การทดลองที่ 3

การทดลองที่ 3 ศึกษาการขนาดของแผ่นกาวมีผลต่อการเกิดของเสียหรือไม่ จากการเปรียบเทียบปริมาณของเสียที่เกิดจากการขนาดแผ่นกาว A และ B มิลลิเมตร ได้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังแสดงในรูปที่ 4.3

Test and CI for Two Proportions

Sample	X	N	Sample p
1	10	220	0.045455
2	16	220	0.072727

Difference = p (1) - p (2)

Estimate for difference: -0.0272727

95% lower bound for difference: -0.0641907

Test for difference = 0 (vs > 0): Z = -1.22 P-Value = 0.888

Fisher's exact test: P-Value = 0.922

รูปที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม Minitab16 แผ่นกาวขนาดAมิลลิเมตรและ Bมิลลิเมตร

ผลจากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Minitab 16 ดังรูปที่ 4.3 สามารถบอกค่า P-Value = 0.888ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 จึงยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0: $P_1 \leq P_2$) ดังนั้น ขนาดของแผ่นกาวไม่มีผลต่อการเกิดของเสียอย่างมีนัยสำคัญ 0.05

การวิเคราะห์การทดลองที่ 4

การทดลองที่ 4 ศึกษาการทำให้กาวเย็นลงก่อนวางสไลเดอร์มีผลต่อการเกิดของเสียหรือไม่ จากการเปรียบเทียบปริมาณของเสียที่เกิดจากการทำให้กาวเย็นและไม่ทำให้เย็นก่อนวางสไลเดอร์ ได้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังแสดงในรูปที่ 4.4

Test and CI for Two Proportions

Sample	X	N	Sample p
1	5	220	0.022727
2	17	220	0.077273

Difference = p (1) - p (2)

Estimate for difference: -0.0545455

95% lower bound for difference: -0.0884572

Test for difference = 0 (vs > 0): Z = -2.65 P-Value = 0.996

Fisher's exact test: P-Value = 0.998

รูปที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม Minitab 16 ทำให้กาวเย็นลง ไม่ทำให้กาวเย็นลงก่อนวางสไลเดอร์

ผลจากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Minitab 16 ดังรูปที่ 4.4 สามารถบอกค่า P-Value = 0.996 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 จึงยอมรับสมมติฐานหลัก ($H_0: P_1 \leq P_2$) ดังนั้น การทำให้กาวเย็นหรือไม่เย็นหลังอบไม่มีผลต่อการเกิดของเสียอย่างมีนัยสำคัญ 0.05

จากการวิเคราะห์ผลการทดลองโดยโปรแกรม Minitab 16 ด้วยวิธีสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องกรณีประชากรสองชุด (2-Proportion) สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังแสดงในตารางที่ 4.2 จากทั้ง 4 ปัจจัยที่ทำการทดลอง ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดของเสียคือการนำเซรามิกเข้าอบพร้อมสไลเดอร์ซึ่งพบว่าน้ำหนักของเซรามิกที่วางบนสไลเดอร์ขณะเข้าอบในตู้อบนั้นทำให้เกิดของเสียที่ลดลงและเมื่อทราบว่าเซรามิกมีผลจึงนำไปสู่การทดลองเพื่อหาค่าหนักน้ำที่เหมาะสมในการทดลองที่ 3.2 ต่อไป

ตารางที่ 4.2 ตารางสรุปผลการวิเคราะห์การทดลองที่ 3.1

	การทดลอง	สมการ	P-Value	ระดับนัยสำคัญ
1	กดแผ่นกาวหัวท้ายทำให้เกิดของเสียน้อยกว่าเท่ากับกดแผ่นกาวตรงกลาง	$H_0: P_1 \leq P_2$	0.657	ตำแหน่งการกดแผ่นกาวไม่มีผลต่อการเกิดของเสีย
	กดแผ่นกาวหัวท้ายทำให้เกิดของมากกว่ากดแผ่นกาวตรงกลาง	$H_a: P_1 > P_2$		
2	ไม่ใส่เซรามิกเข้าอบพร้อมสไลเดอร์ทำให้เกิดของเสียน้อยกว่าเท่ากับใส่เซรามิกเข้าอบพร้อมสไลเดอร์	$H_0: P_1 \leq P_2$	0.017	ไม่ใส่และใส่เซรามิกเข้าอบพร้อมสไลเดอร์มีผลต่อการเกิดของเสีย
	ไม่ใส่เซรามิกเข้าอบพร้อมสไลเดอร์ทำให้เกิดของเสียมากกว่าใส่เซรามิกเข้าอบพร้อมสไลเดอร์	$H_a: P_1 > P_2$		
3	แผ่นกาวขนาด55มิลลิเมตรทำให้เกิดของเสียน้อยกว่าเท่ากับแผ่นกาวขนาดAเมตร	$H_0: P_1 \leq P_2$	0.888	ขนาดแผ่นกาวไม่มีผลกับการเกิดของเสีย
	แผ่นกาวขนาด55มิลลิเมตรทำให้เกิดของเสียมากกว่าแผ่นกาวขนาดAเมตร	$H_a: P_1 > P_2$		
4	การทำให้เย็นทำให้เกิดของน้อยกว่าเท่ากับไม่ทำให้เย็น	$H_0: P_1 \leq P_2$	0.996	การทำให้เย็นและไม่เย็นไม่มีผลต่อการเกิดของเสีย
	การทำให้เย็นทำให้เกิดของมากกว่าไม่ทำให้เย็น	$H_a: P_1 > P_2$		

4.2 ผลการวิเคราะห์ค่าที่เหมาะสมของปัจจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อปรับปรุงการผลิต

จากการออกแบบการทดลองที่ 3.2 ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.3 ซึ่งแสดงจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นในการทดลองของแต่ละสมมติฐาน และจำนวนตัวอย่างที่ทำการทดลอง ข้อมูลที่ได้จากการทดลองเป็นข้อมูลสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องกรณีประชากรสองชุด ดังนั้นข้อมูลจะถูกนำไปวิเคราะห์ความมีนัยสำคัญแบบสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องกรณีประชากรสองชุด (2-Proportion) ในโปรแกรม Minitab16 โดยได้กำหนดเงื่อนไข ดังนี้ประชากรชุดที่ 1 (P_1) คือการทำงานที่สภาวะปกติและประชากรชุดที่ 2 (P_2) คือการทำงานที่สภาวะที่คาดว่าจะมีผลต่อการลดของเสียในกระบวนการผลิต

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองที่ 3.2

การทดลอง	สมมติฐาน	จำนวน	ของเสีย
2	เซรามิกขนาด X กรัม (P1)	220	4
	วัสดุ ก ขนาด X กรัม (P2)	220	7
3	เซรามิกขนาด X กรัม (P1)	220	4
	วัสดุ ก ขนาด Y กรัม (P2)	220	9
4	เซรามิกขนาด X กรัม (P1)	220	4
	วัสดุ ก ขนาด Z กรัม (P2)	220	9

การวิเคราะห์การทดลองที่ 1

การทดลองที่ 1 ศึกษาการวางเซรามิกขนาด X กรัมเข้าอบพร้อมสไลเดอร์ทำให้เกิดของเสียน้อยกว่าการวัสดุ ก ขนาด X กรัมเข้าอบพร้อมสไลเดอร์ หรือไม่ จากการเปรียบเทียบปริมาณของเสียที่เกิดจากการวางเซรามิกขนาด X กรัมและวัสดุ ก X กรัมเข้าอบพร้อมสไลเดอร์ได้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังแสดงในรูปที่ 4.5

Test and CI for Two Proportions

Sample	X	N	Sample p
1	4	220	0.018182
2	7	220	0.031818

Difference = p (1) - p (2)

Estimate for difference: -0.0136364

95% upper bound for difference: 0.0108255

Test for difference = 0 (vs < 0): Z = -0.92 P-Value = 0.180

Fisher's exact test: P-Value = 0.272

รูปที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม Minitab16 การเซรามิก X กรัมและวัสดุ ก X กรัม

ผลจากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Minitab 16 ดังรูปที่ 4.5 สามารถบอกค่า P-Value = 0.180 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 จึงยอมรับสมมติฐานหลัก ($H_0 : P_1 \leq P_2$) ดังนั้น วัสดุทั้งสองชนิดที่น้ำหนักขนาด Xกรัมไม่มีผลต่อการเกิดของเสียที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ 0.05

การวิเคราะห์การทดลองที่ 2

การทดลองที่ 2 ศึกษาการวางเซรามิกขนาด X กรัมเข้าอบพร้อมสไลเดอร์ทำให้เกิดของเสียน้อยกว่าการวางวัสดุ ก ขนาด Y กรัม หรือไม่ จาการเปรียบเทียบปริมาณของเสียที่เกิดจากการวางเซรามิกขนาด X กรัมและวัสดุ ก Y กรัมเข้าอบพร้อมสไลเดอร์ได้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังแสดงในรูปที่ 4.6

Test and CI for Two Proportions

Sample	X	N	Sample p
1	4	220	0.018182
2	9	220	0.040909

Difference = p (1) - p (2)

Estimate for difference: -0.0227273

95% upper bound for difference: 0.00376893

Test for difference = 0 (vs < 0): Z = -1.41 P-Value = 0.079

Fisher's exact test: P-Value = 0.130

รูปที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม Minitab16 การเซรามิก X กรัมและวัสดุ ก Y กรัม

ผลจากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Minitab 16 ดังรูปที่ 4.6 สามารถบอกค่า P-Value = 0.079 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 จึงยอมรับสมมติฐานหลัก ($H_0 : P_1 \leq P_2$) ดังนั้น วัสดุทั้งสองชนิดที่น้ำหนักขนาด X และ Y กรัมมีผลต่อการเกิดของเสียที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ 0.05

การวิเคราะห์การทดลองที่ 3

การทดลองที่ 3 ศึกษาการวางเซรามิกขนาด A กรัมเข้าอบพร้อมสไลเดอร์ทำให้เกิดของเสียน้อยกว่าการวางวัสดุ ก ขนาด Z กรัม หรือไม่ จาการเปรียบเทียบปริมาณของเสียที่เกิดจากการวางเซรามิกขนาด X กรัมและวัสดุ ก Z กรัมเข้าอบพร้อมสไลเดอร์ได้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังแสดงในรูปที่ 4.7

Test and CI for Two Proportions

Sample	X	N	Sample p
1	4	220	0.018182
2	9	220	0.040909

Difference = p (1) - p (2)

Estimate for difference: -0.0227273

95% upper bound for difference: 0.00376893

Test for difference = 0 (vs < 0): Z = -1.41 P-Value = 0.079

Fisher's exact test: P-Value = 0.130

รูปที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม Minitab16 การเซรามิก X กรัมและวัสดุ ก Z กรัม

ผลจากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Minitab 16 ดังรูปที่ 4.7 สามารถบอกค่า P-Value = 0.079 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 จึงยอมรับสมมติฐานหลัก ($H_0 : P_1 \leq P_2$) ดังนั้น วัสดุทั้งสองชนิดที่น้ำหนักขนาด X และ Z กรัมมีผลต่อการเกิดของเสียที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ 0.05

จากการวิเคราะห์ผลการทดลองโดยโปรแกรม Minitab 16 ด้วยวิธีสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องกรณีประชากรสองชุด (2-Proportion) สามารถสรุปผลการการวิเคราะห์การทดลองที่ 3.2 ได้ดังแสดงในตารางที่ 4.4 จากผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักที่เหมาะสมมีผลต่อการเกิดของเสียที่ลดลงหรือไม่พบว่า วัสดุ ก ที่น้ำหนักขนาด X , Y และ Z กรัม ก่อให้เกิดของเสียที่ไม่แตกต่างกับ เซรามิกขนาด A กรัม

ตารางที่ 4.4 ตารางสรุปผลการวิเคราะห์การทดลองที่ 3.2

	การทดลอง	สมการ	P-Value	ระดับนัยสำคัญ
1	เซรามิกขนาด X กรัม (P1)	$H_0 : P_1 \leq P_2$	0.180	เซรามิกและวัสดุ ก ขนาด X กรัม ไม่มีผลต่อการเกิดของเสีย
	วัสดุ ก ขนาด X กรัม (P2)	$H_a : P_1 > P_2$		
2	เซรามิกขนาด X กรัม (P1)	$H_0 : P_1 \leq P_2$	0.079	น้ำหนักของวัสดุ ก ขนาด Y กรัม ไม่มีผลต่อการเกิดของเสียที่ลดลง
	วัสดุ ก ขนาด Y กรัม (P2)	$H_a : P_1 > P_2$		
3	เซรามิกขนาด X กรัม (P1)	$H_0 : P_1 \leq P_2$	0.079	น้ำหนักของวัสดุ ก ขนาด Z กรัม ไม่มีผลต่อการเกิดของเสียที่ลดลง
	วัสดุ ก ขนาด Z กรัม (P2)	$H_a : P_1 > P_2$		

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 5
บทสรุป

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาเพื่อหาปัจจัยในการเกิดของเสียในกระบวนการเตรียมสไลเดอร์ก่อนการขัดเปิดผิวหน้าและกำหนดปัจจัยที่เหมาะสมในการผลิตเพื่อลดของเสีย

5.1 สรุปผลการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ใช้ข้อมูลจากกระบวนการผลิตจริง และเก็บรวบรวมข้อมูลจากกระบวนการเตรียมสไลเดอร์ก่อนการขัดเปิดผิวหน้าโดยศึกษาขั้นตอนการผลิตอย่างละเอียดโดยได้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 การทดลอง การทดลองที่ 3.1 การทดลองศึกษาเพื่อหาปัจจัยในการเกิดของเสียในกระบวนการเตรียมสไลเดอร์ก่อนการขัดเปิดผิวหน้าจากหลักการของซิกส์ซิกมาวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบซึ่งพบว่าปัจจัยที่คาดว่ามีผลต่อการเกิดของเสียนั้นเกิดจาก 4 ปัจจัย คือ ขนาดของแผ่นกาว วิธีการอบสไลเดอร์ บริเวณการกดแผ่นกาวและการทำให้เย็นก่อนวางสไลเดอร์ วิเคราะห์และตรวจสอบสมมติฐานด้วยโปรแกรม Minitab16 พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดของเสีย คือ การนำแท่งเซรามิกวางเข้าอบพร้อมสไลเดอร์ ซึ่งทำให้เกิดของเสียที่ลดลงถึง 62 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของปริมาณของเสียพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ 0.05 นำไปสู่การทดลองที่ 3.2 การวิเคราะห์ค่าที่เหมาะสมของปัจจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อปรับปรุงการผลิต โดยศึกษาขนาดน้ำหนักของเซรามิกขนาด X กรัม เปรียบเทียบกับวัสดุ ก ขนาด X,Y และ Z กรัม พบว่าวัสดุ ก ที่ขนาดน้ำหนักต่างกันทำให้เกิดของเสียที่ไม่แตกต่างจากการวางเซรามิกขนาด A กรัม จากการเปรียบเทียบสัดส่วนบกพร่องของประชากรสองชุด (2-proportion) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

5.2 ข้อเสนอแนะการวิจัย

1. ในการวิจัยนี้เนื่องจากขาดอุปกรณ์ในการตรวจสอบพฤติกรรมของการละลายของกาวภายในตู้อบว่ามีลักษณะอย่างไร หากมีกล้องที่สามารถบันทึกภาพพฤติกรรมการละลายของแผ่นกาวและมีคุณสมบัติทนความร้อนภายในตู้อบที่มีความร้อนสูงได้จะทำให้เข้าใจถึงปัญหาและพฤติกรรมการละลายของแผ่นกาวหรือแม้แต่สไลเดอร์เอง และสามารถแก้ไขปรับปรุงปริมาณของเสียได้

2. ในกระบวนการผลิตใช้ทรัพยากรมนุษย์ในการวางสไลเดอร์นั้นอาจทำให้การวางนั้นเอียงและเกิดเป็นของเสียได้เนื่องจากมนุษย์ที่มีความเมื่อยล้าจากการทำงาน ความชำนาญที่แตกต่างกันระหว่างบุคคลและไม่สามารถระบุได้ว่าแต่ละบุคคลต่างๆนั้นจะมีความชำนาญในระดับเดียวกันทุกคนหรือไม่ หากมีการนำเอาเครื่องจักรมาทำงานแทนมนุษย์ก็จะทำให้การทำงานมีความแม่นยำและมีมาตรฐานเดียวกันมากขึ้นและหากมีการปรับปรุงแก้ไขก็จะสามารถทำไปในทิศทางเดียวกันได้ จะทำให้เกิดของเสียในกระบวนการเตรียมสไลเดอร์ลดลงจากความผิดพลาดที่ลดลง

5.3 งานวิจัยในอนาคต

1. จากผลการวิจัยในการทดลองที่ 3.2 หาน้ำหนักที่เหมาะสมที่จะทำให้เกิดของเสียในกระบวนการเตรียมสไลเดอร์นั้นยังไม่สามารถสรุปผลการทดลองเพื่อให้ทราบถึงน้ำหนักที่เหมาะสมได้เนื่องจากไม่สามารถจัดหาเซรามิกขนาด X,Y และ Z กรัมเพื่อมาทำการทดลองเพราะวัสดุมีราคาสูง จึงได้ใช้วัสดุชนิด กขนาด X, Y และ Z กรัม ใช้ในการทดลองทดแทนเซรามิก จากผลการทดลองและทดสอบความแตกต่างของการเกิดของเสียของวัสดุทั้งสองชนิดสามารถอธิบายความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของทั้งสองได้ว่าไม่มีความแตกต่างกันถึงแม้ว่าใช้ขนาดน้ำหนักที่แตกต่างกันสำหรับงานวิจัยในอนาคตควรศึกษาวัสดุเซรามิกเพื่อศึกษาว่าน้ำหนักใดที่เหมาะสมต่อการเกิดของเสียที่น้อยที่สุดในกระบวนการเตรียมสไลเดอร์ก่อนขัดเปิดผิวหน้า

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รายการอ้างอิง

กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. (2545). **สถิติสำหรับงานวิศวกรรม เล่ม 2 (ประมวลผลด้วย MINITAB)**. พิมพ์ครั้งที่ 6.กรุงเทพฯ:สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น)

ภาณุพงษ์ เพิ่มพิมล. (ม.ป.ป.) **ประวัติความเป็นมาของ Six sigma** [ออนไลน์]. ได้จาก : http://www.squared.chula.ac.th/articles/LeanSixsigma.pdf

ชนัญกาญจน์ แสงประสาน. (ม.ป.ป.) **การทดสอบสมมติฐาน** [ออนไลน์]. ได้จาก : http://teacher.snru.ac.th/chanankarn/admin/document/userfiles/ch5.pdf

รังสรรค์ กันทัด. (2550**). ปัจจัยที่มีผลต่อความพึงพอใจของบุคลากรในกิจกรรมซิกซ์ซิกม่าของโรงงานในเขตจังหวัดปทุมธานีและใกล้เคียง**[ออนไลน์]. ได้จาก : http://www.research.rmutt.ac.th/archives/2370

ปารเมศ ชุติมา และ ภานุ ชุดเจือจีน. (2550). การประยุกต์ซิกส์ ซิกมา เพื่อลดของเสียจากการพ่นสีพื้นในกระบวนการผลิตกล่องนาฬิการาคาแพง.**การประชุมวิชาการช่วยงานวิศวกรรมอุตสาหการ** 2550 : 78.

บรรหาร ลิลา และคณะ. (2554). การลดปัญหารอยบุบของฝาครอบด้านบนในกระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์ด้วยวิธี DMAIC. **การประชุมวิชาการช่วยงานวิศวกรรมอุตสาหการ** 2554 : 678

ยอดนภา เกษเมือ งและ ปิยะบุตร วานิชพงพันธ์. (2554). การลดของเสียในกระบวนการผลิตปั๊มน้ำโดยใช้เทคนิคซิกส์ ซิกม่า. **การประชุมวิชาการช่วยงานวิศวกรรมอุตสาหการ** 2554: 646

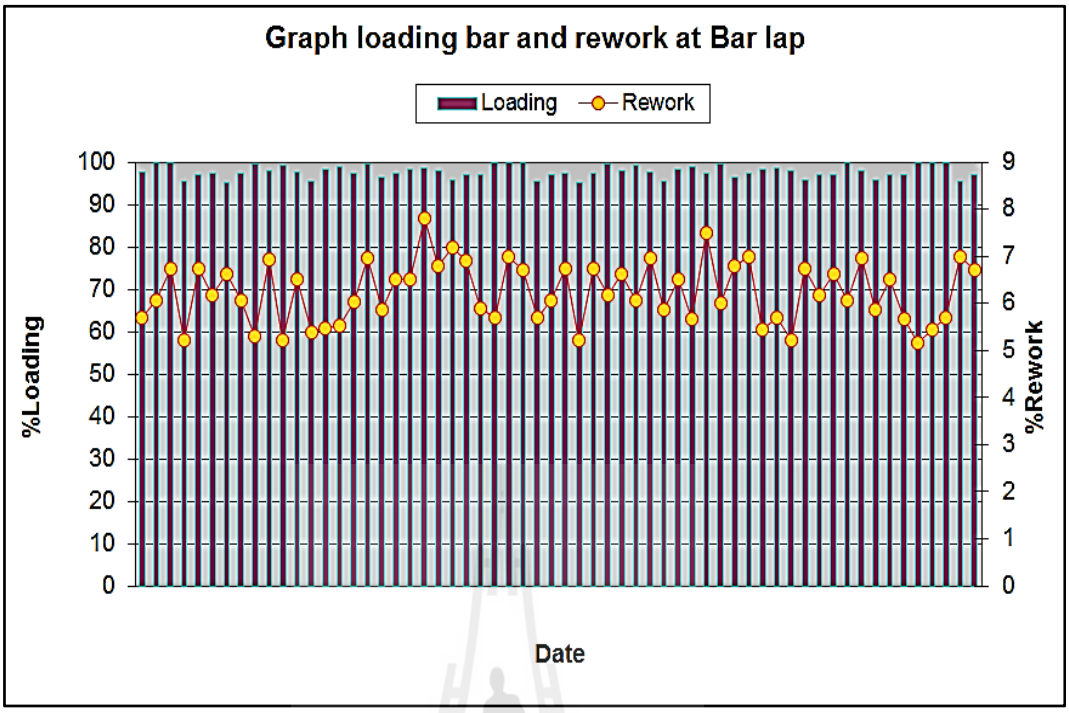
วสันต์ พุกผาสุก และ อรรถกร เก่งพล. (2551). การลดของเสียจากกระบวนการชุบโครเมียมโดยประยุกต์ใช้วิธีการซิกส์ ซิกม่า : กรณีศึกษาบริษัทในอุตสาหกรรมชุบโครเมียม. **วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ** ปีที่ 18 ฉบับที่ 2 พ.ค. – ส.ค. 2551: 33

กันยรัตน์ คมวัชระ (2547). การนำ Six Sigma มาประยุกตืใช้ในการปรับปรุงคุณภาพการศึกษา. **วารสารประกันคุณภาพ** ปีที่ 18 ฉบับที่ 1 มกราคม– มิถุนายน. 2547: 20

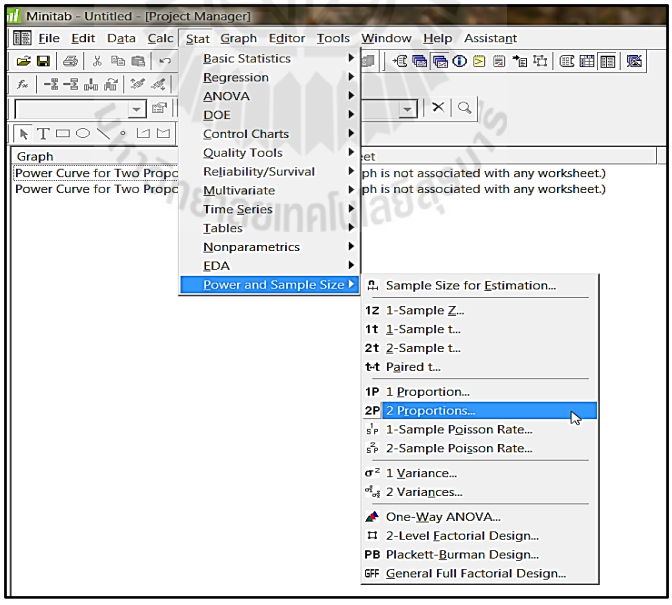
ภาคผนวก ก

การคำนวณโดยโปรแกม Minitab 16

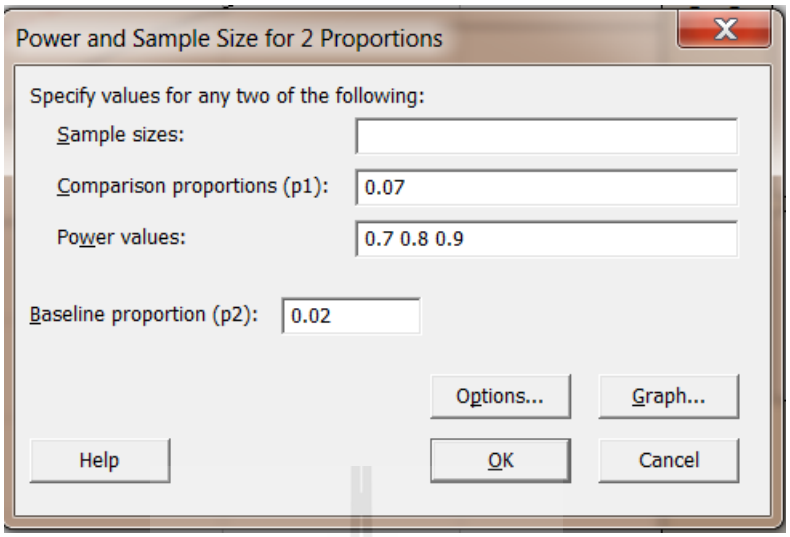
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



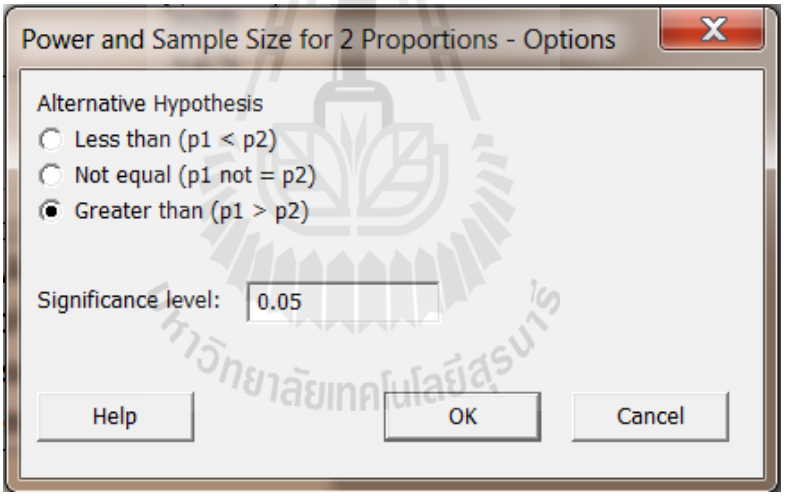
รูปที่ ก.1 กราฟแสดงจำนวนการผลิตและจำนวนของเสียในระยะเวลา 2 เดือน



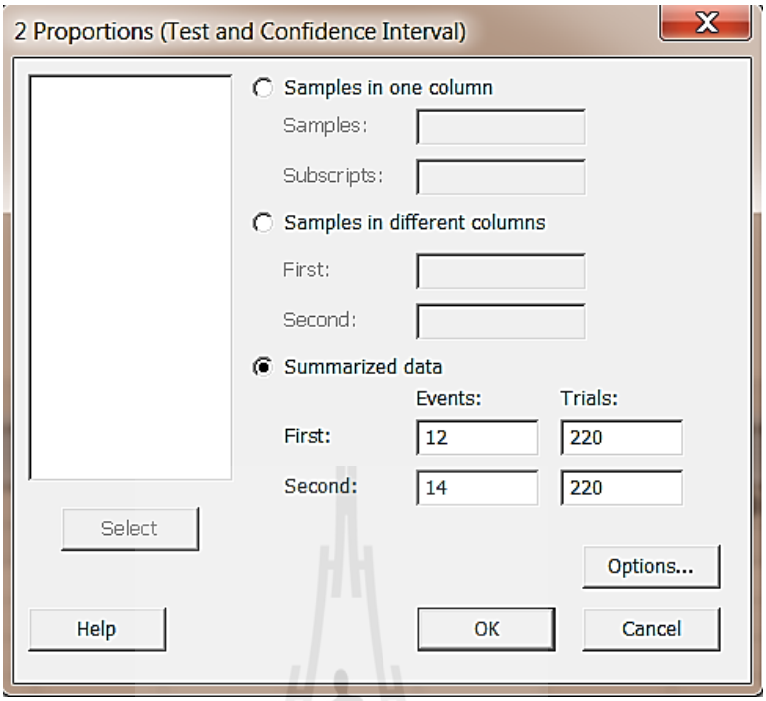
รูปที่ ก.2 การหาสิ่งตัวอย่างจากวิธีการเปรียบเทียบของสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่อง กรณีประชากรสองชุด (2-Proportion)



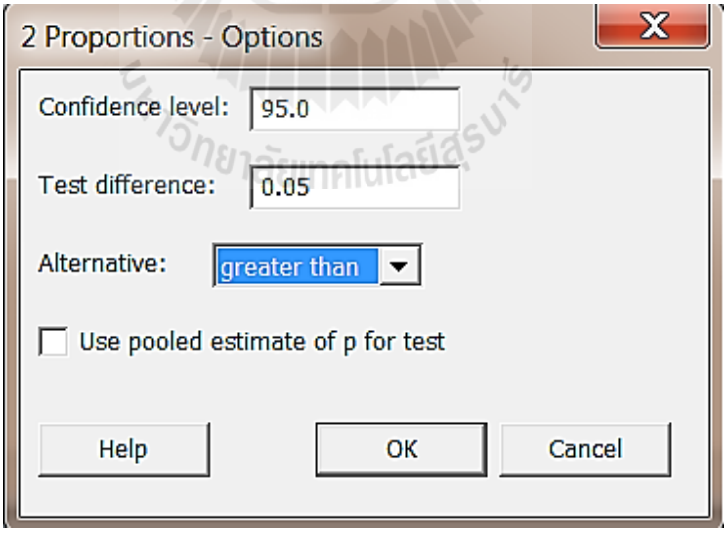
รูปที่ ก.3 การกำหนดพารามิเตอร์ในการหาสิ่งตัวอย่าง



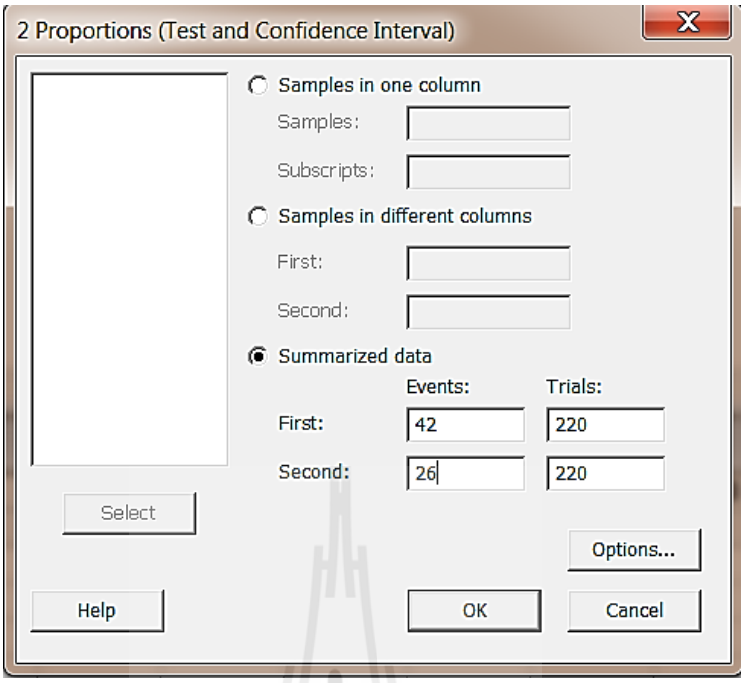
รูปที่ ก.4 เงื่อนไขการกำหนดพารามิเตอร์ในการหาสิ่งตัวอย่าง



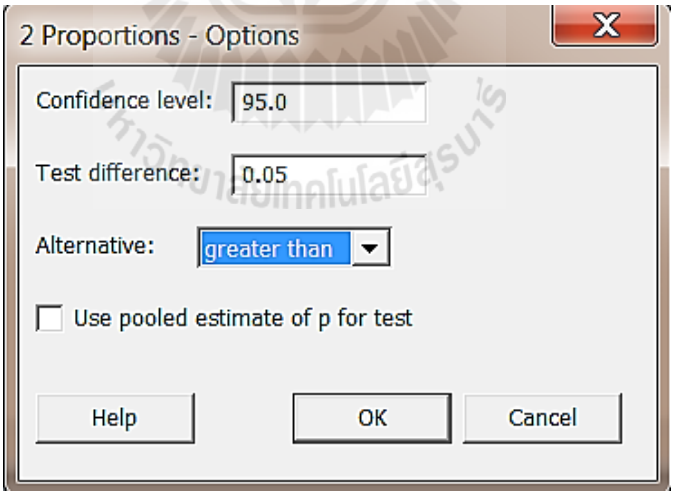
รูปที่ ก.5 การใช้โปรแกรม Minitab16ในการวิเคราะห์ข้อมูลแบบสัดส่วนบกพร่องกรณีสองประชากรสองชุด(2-Proportion) ของการทดลองที่ 3.1.1



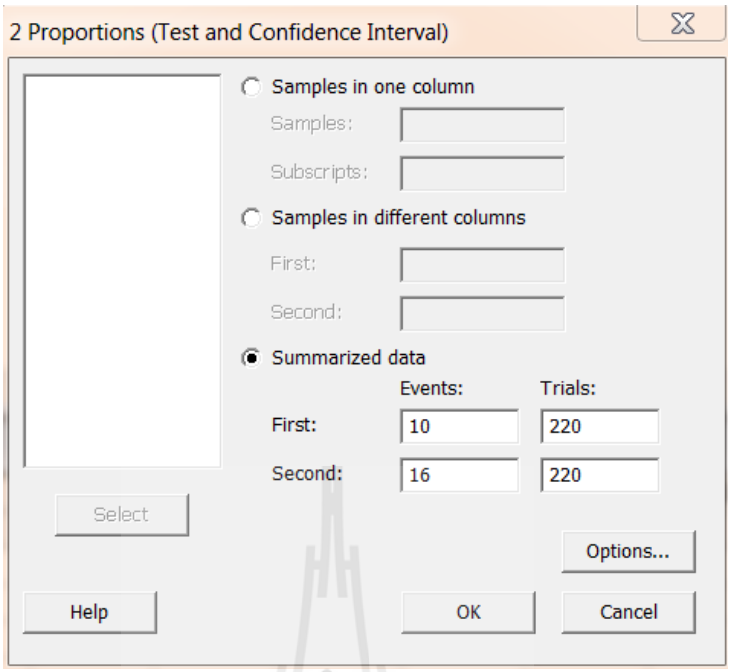
รูปที่ ก.6 การกำหนดเงื่อนไขในการวิเคราะห์ข้อมูลแบบสัดส่วนบกพร่องกรณีสองประชากรสองชุด (2-Proportion) ของการทดลองที่ 3.1.1



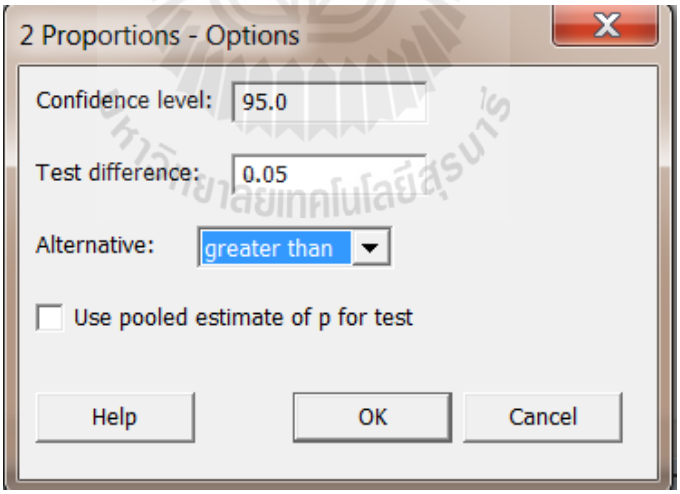
รูปที่ ก.7 การใช้โปรแกรม Minitab16 ในการวิเคราะห์ข้อมูลแบบสัดส่วนบกพร่องกรณีสองประชากรสองชุด (2-Proportion) ของการทดลองที่ 3.1.2



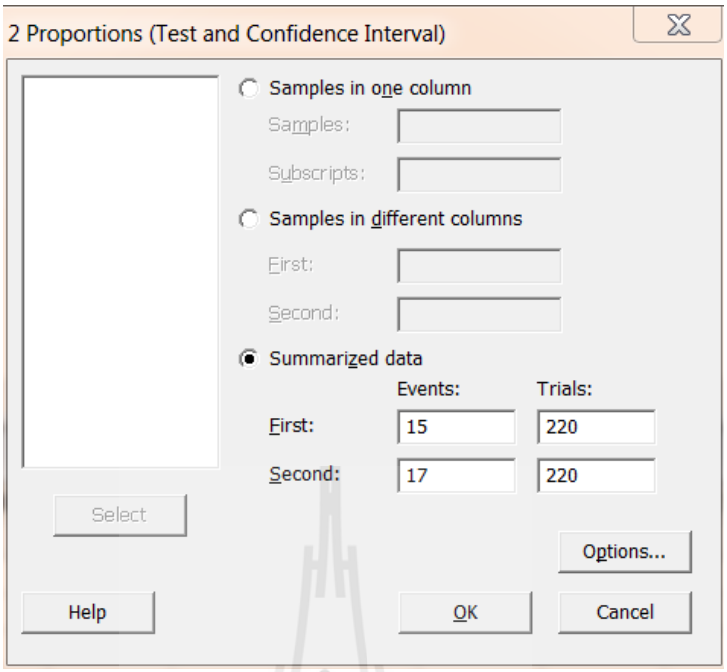
รูปที่ ก.8 การกำหนดเงื่อนไขในการวิเคราะห์ข้อมูลแบบสัดส่วนบกพร่องกรณีสองประชากรสองชุด (2-Proportion) ของการทดลองที่ 3.1.2



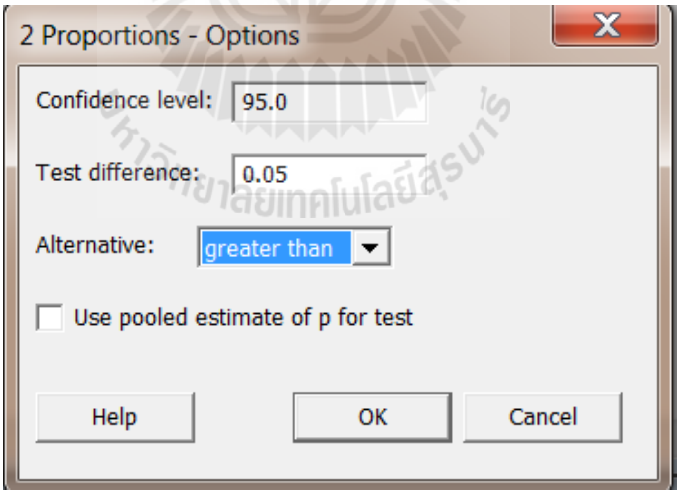
รูปที่ ก.9 การใช้โปรแกรม Minitab16ในการวิเคราะห์ข้อมูลแบบสัดส่วนบกพร่องกรณีสอง ประชากรสองชุด (2-Proportion) ของการทดลองที่ 3.1.3



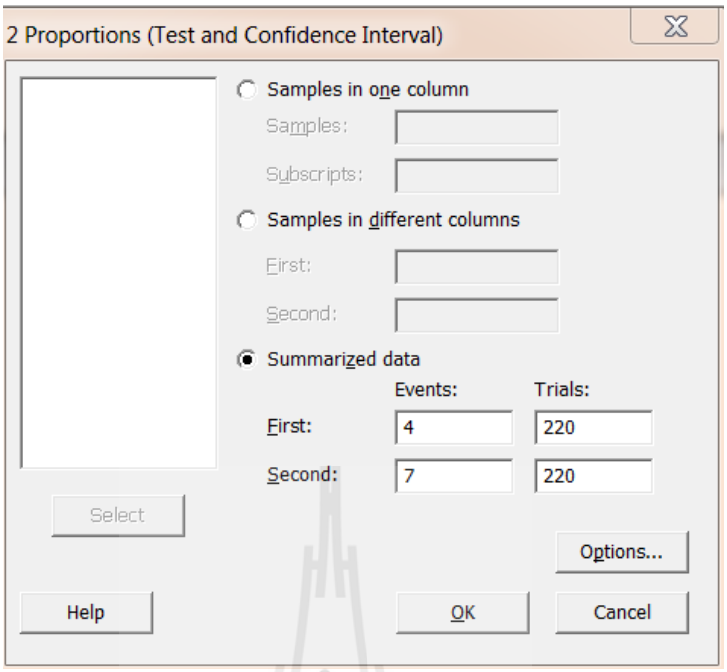
รูปที่ ก.10 การกำหนดเงื่อนไขในการวิเคราะห์ข้อมูลแบบสัดส่วนบกพร่องกรณีสอง ประชากรสองชุด (2-Proportion) ของการทดลองที่ 3.1.3



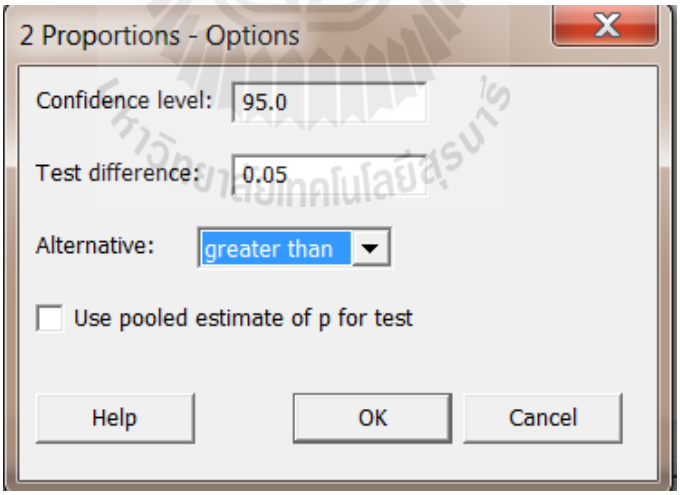
รูปที่ ก.11 การใช้โปรแกรม Minitab16 ในการวิเคราะห์ข้อมูลแบบสัดส่วนบกพร่องกรณีสองประชากรสองชุด (2-Proportion) ของการทดลองที่ 3.1.4



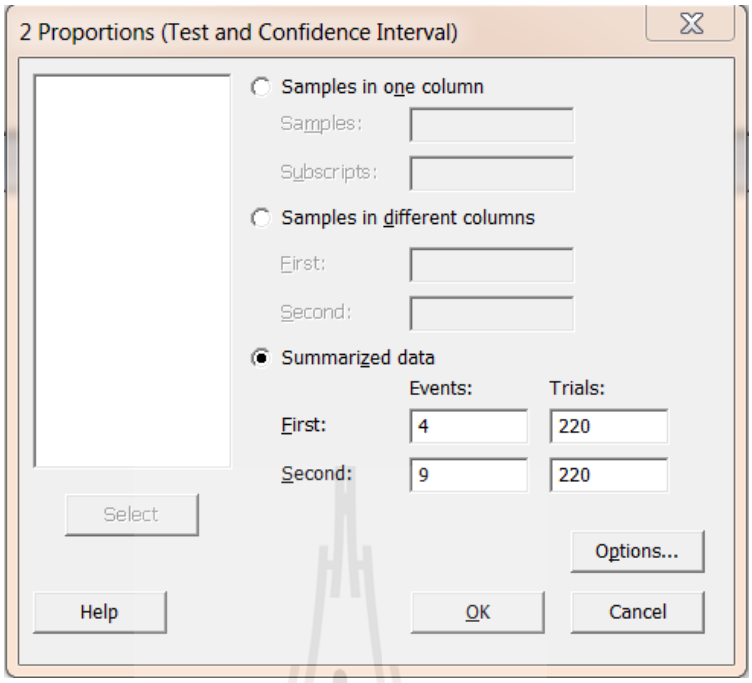
รูปที่ ก.12 การกำหนดเงื่อนไขในการวิเคราะห์ข้อมูลแบบสัดส่วนบกพร่องกรณีสองประชากรสองชุด (2-Proportion) ของการทดลองที่ 3.1.4



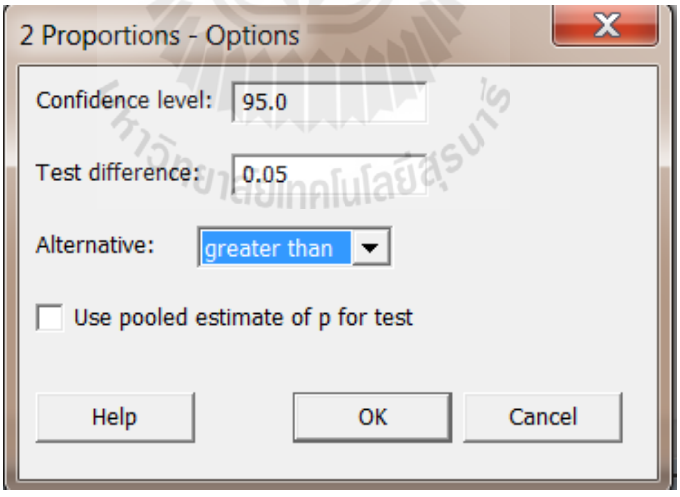
รูปที่ ก.13 การใช้โปรแกรม Minitab16 ในการวิเคราะห์ข้อมูลแบบสัดส่วนบกพร่องกรณีสองประชากรสองชุด (2-Proportion) ของการทดลองที่ 3.2.1



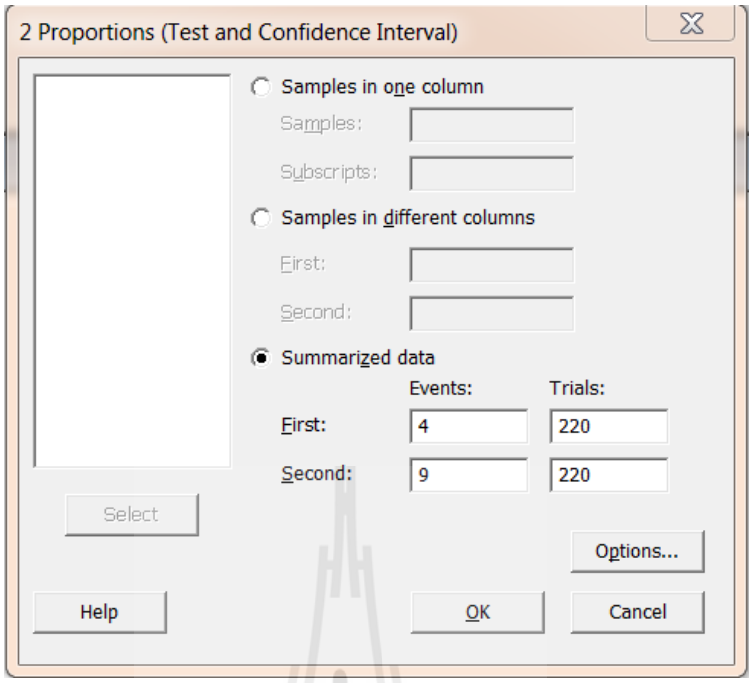
รูปที่ ก.14 การกำหนดเงื่อนไขในการวิเคราะห์ข้อมูลแบบสัดส่วนบกพร่องกรณีสองประชากรสองชุด (2-Proportion) ของการทดลองที่ 3.2.1



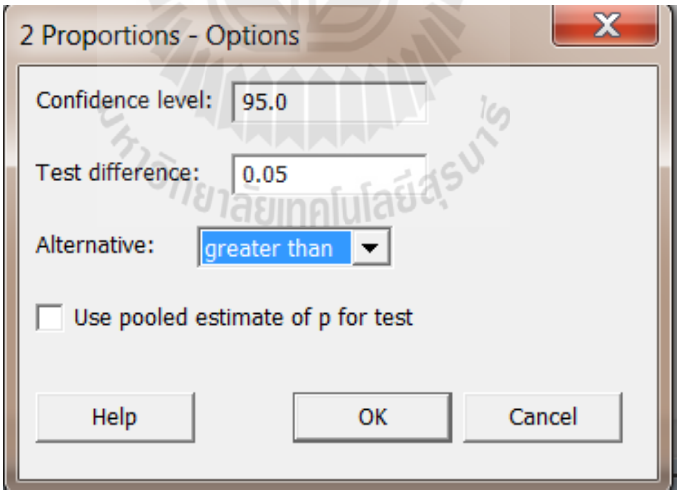
รูปที่ ก.15 การใช้โปรแกรม Minitab16 ในการวิเคราะห์ข้อมูลแบบสัดส่วนบกพร่องกรณีสองประชากรสองชุด (2-Proportion) ของการทดลองที่ 3.2.2



รูปที่ ก.16 การกำหนดเงื่อนไขในการวิเคราะห์ข้อมูลแบบสัดส่วนบกพร่องกรณีสองประชากรสองชุด (2-Proportion) ของการทดลองที่ 3.2.2



รูปที่ ก.17 การใช้โปรแกรม Minitab16 ในการวิเคราะห์ข้อมูลแบบสัดส่วนบกพร่องกรณีสองประชากรสองชุด (2-Proportion) ของการทดลองที่ 3.2.3



รูปที่ ก.18 การกำหนดเงื่อนไขในการวิเคราะห์ข้อมูลแบบสัดส่วนบกพร่องกรณีสองประชากรสองชุด (2-Proportion) ของการทดลองที่ 3.2.3

ภาคผนวก ข

ผลการทดลอง

Eval 1 : กดแผ่นกาวบริเวณตรงกลาง						
No.	QCSMF64-0	Pass	Fail			
	Bar ID.		A	B	C	D
1	QCSMF668	1				
2	QCSMF669	1				
3	QCSMF66B			1		
4	QCSMF66C	1				
5	QCSMF66D			1		
6	QCSMF66E	1				
7	QCSMF66F	1				
8	QCSMF66G	1				
9	QCSMF66H	1				
10	QCSMF66J	1				
11	QCSMF66K	1				
12	QCSMF66L	1				
13	QCSMF65X	1				
14	QCSMF65Y	1				
15	QCSMF65Z	1				
16	QCSMF661	1				
17	QCSMF662	1				
18	QCSMF663	1				
19	QCSMF664	1				
20	QCSMF665	1				
21	QCSMF666	1				
22	QCSMF667	1				
23	QCSMF65T			1		
24	QCSMF65N			1		
25	QCSMF65O	1				
26	QCSMF65M		1			
27	QCSMF65Q		1			
28	QCSMF66P			1		
29	QCSMF66N	1				
30	QCSMF66Q	1				
31	QCSMF66M	1				
32	QCSMF65R		1			
33	QCSMF65P	1				
34	QCSMF65U	1				
35	QCSMF65V	1				
36	QCSMF65W	1				
37	QCSMF67X	1				
38	QCSMF67Y	1				
39	QCSMF67Z	1				
40	QCSMF681	1				
41	QCSMF682	1				
42	QCSMF683		1			
43	QCSMF684	1				
44	QCSMF685	1				
45	QCSMF686	1				
46	QCSMF688	1				
47	QCSMF689	1				
48	QCSMF68A		1			
49	QCSMF68B	1				
50	QCSMF68C	1				
51	QCSMF68D		1			
52	QCSMF68G	1				

Control 1 : กดแผ่นกาวบริเวณหัว-ท้าย						
No.	PCSMGCAT	Pass	Fail			
	Bar ID.		A	B	C	D
1	PCSMGCAT	1				
2	PCSMGCAN	1				
3	PCSMGCAS	1				
4	PCSMGCAR	1				
5	PCSMGCAC	1				
6	PCSMGCBL	1				
7	PCSMGCAL	1				
8	PCSMGCAM	1				
9	PCSMGCAP				1	
10	PCSMGCAQ	1				
11	PCSMGCBV	1				
12	PCSMGCBY	1				
13	PCSMGCB4	1				
14	PCSMGCB6	1				
15	PCSMGCBA	1				
16	PCSMGCBS	1				
17	PCSMGCBU	1				
18	PCSMGCBR	1				
19	PCSMGCBW	1				
20	PCSMGCBX	1				
21	PCSMGCBF	1				
22	PCSMGCBG	1				
23	PCSMGCBH	1				
24	PCSMGCBJ	1				
25	PCSMGCBI	1				
26	PCSMGCAX	1				
27	PCSMGCB1	1				
28	PCSMGCB2	1				
29	PCSMGCAZ	1				
30	PCSMGCB3	1				
31	PCSMGCBE	1				
32	PCSMGCAW	1				
33	PCSMGCAU	1				
34	PCSMGCAAV	1				
35	PCSMGCAAY	1				
36	PCSMGCB7	1				
37	PCSMGCB9	1				
38	PCSMGCBB	1				
39	PCSMGCBD	1				
40	PCSMGCB8	1				
41	PCSMGCAJ	1				
42	PCSMGCAK	1				
43	PCSMGCAF	1				
44	PCSMGCAI	1				
45	PCSMGCAH	1				
46	PCSMGCAD	1				
47	PCSMGCAE	1				
48	PCSMGCAG	1				
49	PCSMGCBP	1				
50	PCSMGCBQ	1				
51	PCSMGCCH	1				
52	PCSMGCCI	1				

รูปที่ ข.1 ผลการทดลองที่ 3.1.1 หาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดของเสีย

Eval 1 : กดแผ่นกาวบริเวณตรงกลาง							Control 1 : กดแผ่นกาวบริเวณหัว-ท้าย						
No.	QCSMF64-0	Pass	Fail				No.	PCSMGCAT	Pass	Fail			
	Bar ID.		A	B	C	D		Bar ID.		A	B	C	D
53	QCSMF68E	1					53	PCSMGCCU	1				
54	QCSMF68F	1					54	PCSMGCCV	1				
55	QCSMF68H	1					55	PCSMGCCW	1				
56	QCSMF68I	1					56	PCSMGCCX	1				
57	QCSMF68K	1					57	PCSMGCCY	1				
58	QCSMF68L	1					58	PCSMGCCZ	1				
59	QCSMF68M	1					59	PCSMGCD0	1				
60	QCSMF68N	1					60	PCSMGCD2	1				
61	QCSMF641	1					61	PCSMGCCA	1				
62	QCSMF642	1					62	PCSMGCCD	1				
63	QCSMF643	1					63	PCSMGCCE	1				
64	QCSMF644	1					64	PCSMGCCF	1				
65	QCSMF645	1					65	PCSMGCCG	1				
66	QCSMF646		1				66	PCSMGCCR	1				
67	QCSMF647	1					67	PCSMGCCS	1				
68	QCSMF648	1					68	PCSMGCCT	1				
69	QCSMF64A	1					69	PCSMGCCB	1				
70	QCSMF66R	1					70	PCSMGCCC	1				
71	QCSMF66S	1					71	PCSMGCCK	1				
72	QCSMF66T	1					72	PCSMGCCM	1				
73	QCSMF66U	1					73	PCSMGCCL	1				
74	QCSMF66V	1					74	PCSMGCCN	1				
75	QCSMF66W	1					75	PCSMGCCP	1				
76	QCSMF66Y	1					76	PCSMGCBM	1				
77	QCSMF67M	1					77	PCSMGCBN	1				
78	QCSMF67N	1					78	PCSMGCBK	1				
79	QCSMF67O	1					79	PCSMGCB0	1				
80	QCSMF67Q	1					80	PCSMGCCJ	1				
81	QCSMF67R	1					81	PCSMGCD1	1				
82	QCSMF67S	1					82	PCSMGCC4	1				
83	QCSMF67T	1					83	PCSMGCC5	1				
84	QCSMF67U	1					84	PCSMGCC6	1				
85	QCSMF67V	1					85	PCSMGCC9	1				
86	QCSMF67W	1					86	PCSMGCBZ	1				
87	QCSMF67B	1					87	PCSMGCC1	1				
88	QCSMF67D	1					88	PCSMGCC3	1				
89	QCSMF67E	1					89	PCSMGCC2	1				
90	QCSMF67F	1					90	PCSMGCC7	1				
91	QCSMF67G	1					91	PCSMGC8W	1				
92	QCSMF67H	1					92	PCSMGC8Y	1				
93	QCSMF67I	1					93	PCSMGC8Z	1				
94	QCSMF67J	1					94	PCSMGCD5	1				
95	QCSMF67K	1					95	PCSMGCD4	1				
96	QCSMF67L	1					96	PCSMGC8S	1				
97	QCSMF671	1					97	PCSMGC8T		1			
98	QCSMF672	1					98	PCSMGC8V	1				
99	QCSMF673	1					99	PCSMGC8U	1				
100	QCSMF674	1					100	PCSMGC8X	1				
101	QCSMF675	1					101	PCSMGC95	1				
102	QCSMF676	1					102	PCSMGC96	1				
103	QCSMF677	1					103	PCSMGC97	1				
104	QCSMF678	1					104	PCSMGC98	1				

รูปที่ ข.1 ผลการทดลองที่ 3.1.1 หาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดของเสีย (ต่อ)

Eval 1 : กดแผ่นกาวบริเวณตรงกลาง							Control 1 : กดแผ่นกาวบริเวณหัว-ท้าย						
No.	QCSMF64-0 Bar ID.	Pass	Fail				No.	PCSMGCAT Bar ID.	Pass	Fail			
			A	B	C	D				A	B	C	D
105	QCSMF679	1					105	PCSMGC8R	1				
106	QCSMF67A	1					106	PCSMGC90	1				
107	QCSMF66Z	1					107	PCSMGC91	1				
108	QCSMF670	1					108	PCSMGC93	1				
109	QCSMF64X	1					109	PCSMGC94	1				
110	QCSMF64Y	1					110	PCSMGC92	1				
111	QCSMF64Z	1					111	PCSMGC9E	1				
112	QCSMF650	1					112	PCSMGC9G	1				
113	QCSMF651	1					113	PCSMGC9H	1				
114	QCSMF652	1					114	PCSMGC9I	1				
115	QCSMF653	1					115	PCSMGC9J	1				
116	QCSMF654	1					116	PCSMGC9K	1				
117	QCSMF64K	1					117	PCSMGC9U				1	
118	QCSMF64L	1					118	PCSMGC9V	1				
119	QCSMF64B	1					119	PCSMGC9W	1				
120	QCSMF64C	1					120	PCSMGC9X			1		
121	QCSMF64D	1					121	PCSMGCD3	1				
122	QCSMF64E	1					122	PCSMGCD6	1				
123	QCSMF64F	1					123	PCSMGCD8	1				
124	QCSMF64G	1					124	PCSMGCD9	1				
125	QCSMF64H	1					125	PCSMGCDA	1				
126	QCSMF64I	1					126	PCSMGCDB	1				
127	QCSMF64J	1					127	PCSMGC8Q	1				
128	QCSMF64V	1					128	PCSMGC9A	1				
129	QCSMF65F	1					129	PCSMGC9B	1				
130	QCSMF656	1					130	PCSMGC9D	1				
131	QCSMF65H	1					131	PCSMGC9Q	1				
132	QCSMF65I	1					132	PCSMGC9R	1				
133	QCSMF65J	1					133	PCSMGC9S	1				
134	QCSMF65K	1					134	PCSMGC9T	1				
135	QCSMF655	1					135	PCSMGCA6	1				
136	QCSMF656	1					136	PCSMGCA7	1				
137	QCSMF657	1					137	PCSMGCA8	1				
138	QCSMF658	1					138	PCSMGCA9	1				
139	QCSMF659	1					139	PCSMGCAA	1				
140	QCSMF65A	1					140	PCSMGCAB	1				
141	QCSMF65B	1					141	PCSMGC9Y	1				
142	QCSMF65D	1					142	PCSMGCA2	1				
143	QCSMF65E	1					143	PCSMGCA3	1				
144	QCSMF64M	1					144	PCSMGCA4	1				
145	QCSMF64P	1					145	PCSMGCA5	1				
146	QCSMF64Q	1					146	PCSMGC9L	1				
147	QCSMF64R	1					147	PCSMGC9M		1			
148	QCSMF64S	1					148	PCSMGC9N	1				
149	QCSMF64T	1					149	PCSMGC9O	1				
150	QCSMF644U	1					150	PCSMGC9P	1				
151	QCSMH6WX	1					151	PCSMOU3F	1				
152	QCSMH6WY	1					152	PCSMOU3G	1				
153	QCSMH6WV	1					153	PCSMOU3H	1				
154	QCSMH6WZ	1					154	PCSMOU3I	1				
155	QCSMH6X0	1					155	PCSMOU3J	1				
156	QCSMH6X1	1					156	PCSMOU3L	1				

รูปที่ ข.1 ผลการทดลองที่ 3.1.1 หาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดของเสีย (ต่อ)

Eval 1 : กดแผ่นกาวบริเวณตรงกลาง							Control 1 : กดแผ่นกาวบริเวณหัว-ท้าย						
No.	QCSMF64-0 Bar ID.	Pass	Fail				No.	PCSMGCAT Bar ID.	Pass	Fail			
			A	B	C	D				A	B	C	D
157	QCSMH6XD	1					157	PCSMOU3M	1				
158	QCSMH6XE	1					158	PCSMOU3N	1				
159	QCSMH6XL	1					159	PCSMOU33	1				
160	QCSMH6XK	1					160	PCSMOU34	1				
161	QCSMH6WA	1					161	PCSMOU3O	1				
162	QCSMH6WB	1					162	PCSMOU3P	1				
163	QCSMH6WC	1					163	PCSMOU3Q	1				
164	QCSMH6WD	1					164	PCSMOU3R	1				
165	QCSMH6WE	1					165	PCSMOU3S	1				
166	QCSMH6WF	1					166	PCSMOU3T	1				
167	QCSMH6WG	1					167	PCSMOU3U	1				
168	QCSMH6WT	1					168	PCSMOU3V	1				
169	QCSMH6WW	1					169	PCSMOU3W	1				
170	QCSMH6WU	1					170	PCSMOU3E	1				
171	QCSMH6YM	1					171	PCSMOU31E	1				
172	QCSMH6YN	1					172	PCSMOU16				1	
173	QCSMH6W1	1					173	PCSMOU1F	1				
174	QCSMH6W2	1					174	PCSMOU1K	1				
175	QCSMH6W3	1					175	PCSMOU1L	1				
176	QCSMH6W4	1					176	PCSMOU1M				1	
177	QCSMH6W5	1					177	PCSMOU1W	1				
178	QCSMH6W6	1					178	PCSMOU1X	1				
179	QCSMH6W7	1					179	PCSMOU1Y		1			
180	QCSMH6W8	1					180	PCSMOU1Z	1				
181	QCSMH6W9	1					181	PCSMOU35				1	
182	QCSMH6XQ	1					182	PCSMOU36	1				
183	QCSMH6XR	1					183	PCSMOU37	1				
184	QCSMH6XS	1					184	PCSMOU38	1				
185	QCSMH6XT	1					185	PCSMOU39	1				
186	QCSMH6XU	1					186	PCSMOU3B	1				
187	QCSMH6XV	1					187	PCSMOU3D	1				
188	QCSMH6XW	1					188	PCSMOU3X	1				
189	QCSMH6XX	1					189	PCSMOU3Y	1				
190	QCSMH6XY	1					190	PCSMOU1D	1				
191	QCSMH6YL	1					191	PCSMOU2Y	1				
192	QCSMH6YI	1					192	PCSMOU2W	1				
193	QCSMH6YH	1					193	PCSMOU2X	1				
194	QCSMH6YJ	1					194	PCSMOU2Y		1			
195	QCSMH6YK	1					195	PCSMOU30	1				
196	QCSMH6XP				1		196	PCSMOU32			1		
197	QCSMH6YA	1					197	PCSMOU2Z		1			
198	QCSMH6YB	1					198	PCSMOU1V	1				
199	QCSMH6YC	1					199	PCSMOU1U	1				
200	QCSMH6YD	1					200	PCSMOU1T	1				
201	QCSMH6YE	1					201	PCSMOU26	1				
202	QCSMH6YF	1					202	PCSMOU27	1				
203	QCSMH6YG	1					203	PCSMOU28	1				
204	QCSMH6X3	1					204	PCSMOU29	1				
205	QCSMH6XA	1					205	PCSMOU2A	1				
206	QCSMH6XG	1					206	PCSMOU2B	1				
207	QCSMH6X9	1					207	PCSMOU2D	1				
208	QCSMH6WH	1					208	PCSMOU2E	1				

รูปที่ ข.1 ผลการทดลองที่ 3.1.1 หาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดของเสีย (ต่อ)

Eval 1 : กดแผ่นกาวบริเวณตรงกลาง							Control 1 : กดแผ่นกาวบริเวณหัว-ท้าย						
No.	QCSMF64-0 Bar ID.	Pass	Fail				No.	PCSMGCAT Bar ID.	Pass	Fail			
			A	B	C	D				A	B	C	D
209	QCSMH6WI	1					209	PCSMOU2C	1				
210	QCSMH6WJ	1					210	PCSMOU2S	1				
211	QCSMH6WM	1					211	PCSMOU2T	1				
212	QCSMH6X8	1					212	PCSMOU2N	1				
213	QCSMH6WN	1					213	PCSMOU2P	1				
214	QCSMH6XO	1					214	PCSMOU2Q	1				
215	QCSMH6XF		1				215	PCSMOU2R	1				
216	QCSMH6XJ	1					216	PCSMOU1N	1				
217	QCSMH6XM	1					217	PCSMOU1O	1				
218	QCSMH6XN	1					218	PCSMOU1P	1				
219	QCSMH6WS	1					219	PCSMOU1Q	1				
220	QCSMH6X7	1					220	PCSMOU1R	1				
TTL Fail		206	8	5	1	0	TTL Fail		208	5	2	5	0
GTTL:		220					GTTL:		220				

รูปที่ ข.1 ผลการทดลองที่ 3.1.1 หาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดของเสีย (ต่อ)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Eval 2 : ใส่ Ceramic Weight เข้าตู้							Control 2 : ไม่ใส่เซรามิกเข้าอบพร้อมสไลเดอร์						
No	QCSMVMR-0	Pass	Fail				No		Pass	Fail			
	Bar ID.		A	B	C	D		Bar ID.		A	B	C	D
1	QCSMVMUK	1					1	PCSMLYMP	1				
2	QCSMVMUL	1					2	PCSMLYMU	1				
3	QCSMVMUM	1					3	PCSMLYMR	1				
4	QCSMVMUN	1					4	PCSMLYMT	1				
5	QCSMVMVX	1					5	PCSMLYMS	1				
6	QCSMVMVV	1					6	PCSMLYN6	1				
7	QCSMVMUP	1					7	PCSMLYMX	1				
8	QCSMVMUQ			1			8	PCSMLYN2	1				
9	QCSMVMUW	1					9	PCSMLYMV		1			
10	QCSMVMVW	1					10	PCSMLYMW	1				
11	QCSMVMVN	1					11	PCSMLYN0	1				
12	QCSMVMVO	1					12	PCSMLYMY	1				
13	QCSMVMVP	1					13	PCSMLYN3	1				
14	QCSMVMVQ	1					14	PCSMLYMZ	1				
15	QCSMVMVR	1					15	PCSMLYN9	1				
16	QCSMVMVS	1					16	PCSMLYN1	1				
17	QCSMVMVT	1					17	PCSMLYNB			1		
18	QCSMVMVY	1					18	PCSMLYNE	1				
19	QCSMVMSY	1					19	PCSMLYNG	1				
20	QCSMVMSZ	1					20	PCSMLYN4	1				
21	QCSMVMUS	1					21	PCSMLYN5	1				
22	QCSMVMUY	1					22	PCSMLYNJ				1	
23	QCSMVMUU	1					23	PCSMLYNL	1				
24	QCSMVMUV	1					24	PCSMLYN7			1		
25	QCSMVMUR	1					25	PCSMLYNK	1				
26	QCSMVMUZ	1					26	PCSMLYNA	1				
27	QCSMVMV0	1					27	PCSMLYNH	1				
28	QCSMVMUX	1					28	PCSMLYND	1				
29	QCSMVMVL	1					29	PCSMLYNM	1				
30	QCSMVMVM	1					30	PCSMLYNF	1				
31	QCSMVMV9		1				31	PCSMLYNP	1				
32	QCSMVMV8	1					32	PCSMLYNS	1				
33	QCSMVMVK	1					33	PCSMLYNO	1				
34	QCSMVMV7	1					34	PCSMLYNV	1				
35	QCSMVMVA				1		35	PCSMLYNN	1				
36	QCSMVMVB	1					36	PCSMLYNX	1				
37	QCSMVMVE	1					37	PCSMLYNZ		1			
38	QCSMVMVH	1					38	PCSMLYO2			1		
39	QCSMVMVG		1				39	PCSMLYO1	1				
40	QCSMVMVF	1					40	PCSMLYNQ	1				

รูปที่ ข.2 ผลการทดลองที่ 3.1.2 หาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดของเสีย

Eval 2 : ใส่ Ceramic Weight เข้าตู้							Control 2 : ไม่ใส่เซรามิกเข้าอบพร้อมสไลเดอร์						
No	QCSMVMR-0	Pass	Fail				No		Pass	Fail			
	Bar ID.		A	B	C	D		Bar ID.		A	B	C	D
41	QCSMVMTN	1					41	PCSMLYNR			1		
42	QCSMVMTO	1					42	PCSMLYNY	1				
43	QCSMVMTQ	1					43	PCSMLYNT	1				
44	QCSMVMTR	1					44	PCSMLYNU	1				
45	QCSMVMV1	1					45	PCSMLYO6	1				
46	QCSMVMTA	1					46	PCSMLYNW	1				
47	QCSMVMV2	1					47	PCSMLYO9	1				
48	QCSMVMV3	1					48	PCSMLYOA	1				
49	QCSMVMV4	1					49	PCSMLYOD	1				
50	QCSMVMV5	1					50	PCSMLYO3	1				
51	QCSMVMV6	1					51	PCSMLYO4	1				
52	QCSMVMVJ	1					52	PCSMLYO5		1			
53	QCSMVMVI	1					53	PCSMLYOF			1		
54	QCSMVMTS	1					54	PCSMLYO7	1				
55	QCSMVMTT	1					55	PCSMLYO8	1				
56	QCSMVMTU	1					56	PCSMLYOE	1				
57	QCSMVMTV	1					57	PCSMLYOJ		1			
58	QCSMVMTW	1					58	PCSMLYOB				1	
59	QCSMVMTX	1					59	PCSMLYOC	1				
60	QCSMVMTY	1					60	PCSMLYOM	1				
61	QCSMVMTZ	1					61	PCSMLYOI	1				
62	QCSMVMTB	1					62	PCSMLYOG	1				
63	QCSMVMTD	1					63	PCSMLYOH	1				
64	QCSMVMTF		1				64	PCSMLYOK	1				
65	QCSMVMTC	1					65	PCSMLYOU	1				
66	QCSMVMTH	1					66	PCSMLYON			1		
67	QCSMVMTI	1					67	PCSMLYOP	1				
68	QCSMVMTJ		1				68	PCSMLYOR			1		
69	QCSMVMTK	1					69	PCSMLYOS	1				
70	QCSMVMTM	1					70	PCSMLYOY	1				
71	QCSMVMT0		1				71	PCSMLYOV	1				
72	QCSMVMT1	1					72	PCSMLYOW	1				
73	QCSMVMT2	1					73	PCSMLYOX	1				
74	QCSMVMT3	1					74	PCSMLYP2	1				
75	QCSMVMT4	1					75	PCSMLYOZ	1				
76	QCSMVMT5	1					76	PCSMLYP0	1				
77	QCSMVMT6	1					77	PCSMLYP1			1		
78	QCSMVMT8	1					78	PCSMLYP7		1			
79	QCSMVMT9	1					79	PCSMLYP3	1				
80	QCSMVMOB		1				80	PCSMLYP4	1				

รูปที่ ข.2 ผลการทดลองที่ 3.1.2 หาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดของเสีย (ต่อ)

Eval 2 : ใส่ Ceramic Weight เข้าตู้							Control 2 : ไม่ใส่เซรามิกเข้าอบพร้อมสไลเดอร์						
No	QCSMVMR-0	Pass	Fail				No		Pass	Fail			
	Bar ID.		A	B	C	D		Bar ID.		A	B	C	D
81	QCSMVMOC	1					81	PCSMLYP5	1				
82	QCSMVMOD	1					82	PCSMLYP6	1				
83	QCSMVMOE	1					83	PCSMLYPB	1				
84	QCSMVMOF	1					84	PCSMLYP8	1				
85	QCSMVMOG	1					85	PCSMLYP9	1				
86	QCSMVMOH			1			86	PCSMLYPA		1			
87	QCSMVMOI	1					87	PCSMLYPI			1		
88	QCSMVMOJ	1					88	PCSMLYPD	1				
89	QCSMVMOU	1					89	PCSMLYPE	1				
90	QCSMVMOQ	1					90	PCSMLYPG	1				
91	QCSMVMOP	1					91	PCSMLYPH	1				
92	QCSMVMPG	1					92	PCSMLYPK	1				
93	QCSMVMOR	1					93	PCSMLYPJ		1			
94	QCSMVMOS	1					94	PCSMLYPX	1				
95	QCSMVMTO	1					95	PCSMLYPL				1	
96	QCSMVMPP	1					96	PCSMLYPM	1				
97	QCSMVMPQ	1					97	PCSMLYPN	1				
98	QCSMVMPT	1					98	PCSMLYPO	1				
99	QCSMVMPS	1					99	PCSMLYPU	1				
100	QCSMVMPH	1					100	PCSMLYPP	1				
101	QCSMVMPI	1					101	PCSMLYPQ	1				
102	QCSMVMPJ	1					102	PCSMLYPR		1			
103	QCSMVMPK	1					103	PCSMLYR9	1				
104	QCSMVMPM	1					104	PCSMLYPS			1		
105	QCSMVMPL	1					105	PCSMLYPT	1				
106	QCSMVMPN	1					106	PCSMLYPZ	1				
107	QCSMVMP5		1				107	PCSMLYPV	1				
108	QCSMVMP6	1					108	PCSMLYPW	1				
109	QCSMVMP3	1					109	PCSMLYQ4	1				
110	QCSMVMOV	1					110	PCSMLYPY		1			
111	QCSMVMOW	1					111	PCSMLYQ6	1				
112	QCSMVMOT	1					112	PCSMLYQ1	1				
113	QCSMVMOZ	1					113	PCSMLYQ2	1				
114	QCSMVMP0	1					114	PCSMLYQ3	1				
115	QCSMVMP4	1					115	PCSMLYQA	1				
116	QCSMVMOY	1					116	PCSMLYQ5	1				
117	QCSMVMP2	1					117	PCSMLYQG			1		
118	QCSMVMPF	1					118	PCSMLYQ7	1				
119	QCSMVMP7	1					119	PCSMLYQ8	1				
120	QCSMVMPA	1					120	PCSMLYQ9	1				

รูปที่ ข.2 ผลการทดลองที่ 3.1.2 หาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดของเสีย (ต่อ)

Eval 2 : ใส่ Ceramic Weight เข้าตู้							Control 2 : ไม่ใส่เซรามิกเข้าอบพร้อมสไลเดอร์						
No	QCSMVMR-0	Pass	Fail				No		Pass	Fail			
	Bar ID.		A	B	C	D		Bar ID.		A	B	C	D
121	QCSMVMP9	1					121	PCSMLYQD	1				
122	QCSMVM98	1					122	PCSMLYQB	1				
123	QCSMVMPB	1					123	PCSMLYQC	1				
124	QCSMVMPD					1	124	PCSMLYQK			1		
125	QCSMVMPE	1					125	PCSMLYQE				1	
126	QCSMVMOK	1					126	PCSMLYQF	1				
127	QCSMVMOL	1					127	PCSMLYQX	1				
128	QCSMVMOM	1					128	PCSMLYQH	1				
129	QCSMVMON		1				129	PCSMLYQI	1				
130	QCSMVMR1	1					130	PCSMLYQJ	1				
131	QCSMVMR0	1					131	PCSMLYQT	1				
132	QCSMVMQZ	1					132	PCSMLYQL	1				
133	QCSMVMQ9	1					133	PCSMLYQM	1				
134	QCSMVMQA	1					134	PCSMLYQP	1				
135	QCSMVMQB	1					135	PCSMLYQQ		1			
136	QCSMVMQC	1					136	PCSMLYQS			1		
137	QCSMVMQD		1				137	PCSMLYQZ	1				
138	QCSMVMQE	1					138	PCSMLYQV	1				
139	QCSMVMQF	1					139	PCSMLYQW	1				
140	QCSMVMQR	1					140	PCSMLYR2	1				
141	QCSMVMPV	1					141	PCSMLYQY	1				
142	QCSMVMPU	1					142	PCSMLYR5	1				
143	QCSMVMPW	1					143	PCSMLYR0		1			
144	QCSMVMQS	1					144	PCSMLYR1			1		
145	QCSMVMQX	1					145	PCSMLYR7	1				
146	QCSMVMQU	1					146	PCSMLYR3	1				
147	QCSMVMQY	1					147	PCSMLYR4	1				
148	QCSMVMQW	1					148	PCSMLYRB		1			
149	QCSMVMQV	1					149	PCSMLYR6	1				
150	QCSMVMQG	1					150	PCSMLYRA	1				
151	QCSMVMQH	1					151	PCSMLYR8	1				
152	QCSMVMPY	1					152	PCSMPM41	1				
153	QCSMVMPZ	1					153	PCSMPM42	1				
154	QCSMVMQ1	1					154	PCSMPM43	1				
155	QCSMVMQ4	1					155	PCSMPM44	1				
156	QCSMVMQ3	1					156	PCSMPM45	1				
157	QCSMVMQ2	1					157	PCSMPM47		1			
158	QCSMVMQ6	1					158	PCSMPM48	1				
159	QCSMVMQ5	1					159	PCSMPM49	1				
160	QCSMVMQ8	1					160	PCSMPM4A	1				

รูปที่ ข.2 ผลการทดลองที่ 3.1.2 หาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดของเสีย (ต่อ)

Eval 2 : ใส่ Ceramic Weight เข้าตู้							Control 2 : ไม่ใส่เซรามิกเข้าอบพร้อมสไลเดอร์						
No	QCSMVMR-0	Pass	Fail				No		Pass	Fail			
	Bar ID.		A	B	C	D		Bar ID.		A	B	C	D
161	QCSMVMQI	1					161	PCSMPM4B	1				
162	QCSMVMQJ	1					162	PCSMPM4C	1				
163	QCSMVMQK	1					163	PCSMPM4D	1				
164	QCSMVMQM	1					164	PCSMPM4E	1				
165	QCSMVMQL	1					165	PCSMPM4F		1			
166	QCSMVMQQ	1					166	PCSMPM4G	1				
167	QCSMVMQN	1					167	PCSMPM4H	1				
168	QCSMVMQT	1					168	PCSMPM4J	1				
169	QCSMVMQP	1					169	PCSMPM4K	1				
170	QCSMVMR3	1					170	PCSMPM4L	1				
171	QCSMVMR4	1					171	PCSMPM4M	1				
172	QCSMVMR6	1					172	PCSMPM4N		1			
173	QCSMVMR7	1					173	PCSMPM4P			1		
174	QCSMVMR8				1		174	PCSMPM4Q	1				
175	QCSMVMR9	1					175	PCSMPM4R	1				
176	QCSMVMRA	1					176	PCSMPM4S	1				
177	QCSMVMRB	1					177	PCSMPM4T	1				
178	QCSMVMMP	1					178	PCSMPM4U	1				
179	QCSMVMMQ			1			179	PCSMPM4V	1				
180	QCSMVMN7	1					180	PCSMPM4W		1			
181	QCSMVMNA	1					181	PCSMPM4X		1			
182	QCSMVMNB				1		182	PCSMPM4Y	1				
183	QCSMVMND	1					183	PCSMPM4Z	1				
184	QCSMVMNE		1				184	PCSMPM50	1				
185	QCSMVMNF				1		185	PCSMPM51	1				
186	QCSMVMNG	1					186	PCSMPM52	1				
187	QCSMVMNH	1					187	PCSMPM53			1		
188	QCSMVMNI		1				188	PCSMPM55	1				
189	QCSMVMR2	1					189	PCSMPM56	1				
190	QCSMVMMR				1		190	PCSMPM57	1				
191	QCSMVMMS	1					191	PCSMPM58	1				
192	QCSMVMMT	1					192	PCSMPM59	1				
193	QCSMVMMU	1					193	PCSMPM5A	1				
194	QCSMVMMV	1					194	PCSMPM5B		1			
195	QCSMVMMW				1		195	PCSMPM5D			1		
196	QCSMVMMX				1		196	PCSMPM5E	1				
197	QCSMVMNJ	1					197	PCSMPM5F	1				
198	QCSMVMNK	1					198	PCSMPM5G	1				
199	QCSMVMNM		1				199	PCSMPM5H	1				
200	QCSMVMO6	1					200	PCSMPM5J	1				

รูปที่ ข.2 ผลการทดลองที่ 3.1.2 หาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดของเสีย (ต่อ)

Eval 2 : ใส่ Ceramic Weight เข้าตู้							Control 2 : ไม่ใส่เซรามิกเข้าอบพร้อมสไลเดอร์						
No	QCSMVMR-0	Pass	Fail				No		Pass	Fail			
	Bar ID.		A	B	C	D		Bar ID.		A	B	C	D
201	QCSMVMO7	1					201	PCSMPM5K	1				
202	QCSMVMO8				1		202	PCSMPM5L	1				
203	QCSMVMO9	1					203	PCSMPM5M	1				
204	QCSMVMOA	1					204	PCSMPM5N	1				
205	QCSMVMO4	1					205	PCSMPM5O	1				
206	QCSMVMTO	1					206	PCSMPM5P		1			
207	QCSMVMNV	1					207	PCSMPM5Q		1			
208	QCSMVMNY	1					208	PCSMPM5R	1				
209	QCSMVMNZ	1					209	PCSMPM5S	1				
210	QCSMVMO2	1					210	PCSMPM5T	1				
211	QCSMVMO3	1					211	PCSMPM5U	1				
212	QCSMVMNW	1					212	PCSMPM5V	1				
213	QCSMVMNX	1					213	PCSMPM5W	1				
214	QCSMVMN5	1					214	PCSMPM5X	1				
215	QCSMVMN6				1		215	PCSMPM5Y	1				
216	QCSMVMN4	1					216	PCSMPM5Z		1			
217	QCSMVMNT		1				217	PCSMPM62	1				
218	QCSMVMNU	1					218	PCSMPM63	1				
219	QCSMVMN3	1					219	PCSMPM64	1				
220	QCSMVMN2	1					220	PCSMPM65	1				
TTL Fail		194	13	3	9	1	TTL Fail		178	21	17	4	0
GTTL:		220					GTTL:		220				

รูปที่ ข.2 ผลการทดลองที่ 3.1.2 หาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดของเสีย (ต่อ)

Eval 3 : แผ่นกาวขนาด B เมตร

No	PCSMWGR-0 Bar ID.	Pass	Fail			
			A	B	C	D
1	PCSMWGV5				1	
2	PCSMWGV6	1				
3	PCSMWGV7			1		
4	PCSMWGV8	1				
5	PCSMWGV9	1				
6	PCSMWGVA	1				
7	PCSMWGVB	1				
8	PCSMWGVD	1				
9	PCSMWGVO	1				
10	PCSMWGVP	1				
11	PCSMWGUK	1				
12	PCSMWGUL	1				
13	PCSMWGUM	1				
14	PCSMWGUN	1				
15	PCSMWGUP	1				
16	PCSMWGUQ	1				
17	PCSMWGUR	1				
18	PCSMWGUS	1				
19	PCSMWGUT	1				
20	PCSMWGV4	1				
21	PCSMWGT9	1				
22	PCSMWGTA	1				
23	PCSMWGTB	1				
24	PCSMWGTD	1				
25	PCSMWGTE	1				
26	PCSMWGTF	1				
27	PCSMWGUU	1				
28	PCSMWGUV	1				
29	PCSMWGUW	1				
30	PCSMWGVQ	1				
31	PCSMWGVR	1				
32	PCSMWGVS	1				
33	PCSMWGVT	1				
34	PCSMWGVU	1				
35	PCSMWGVV	1				
36	PCSMWGVW	1				
37	PCSMWGT6	1				
38	PCSMWGT7	1				
39	PCSMWGT8	1				
40	PCSMWGVJ			1		
41	PCSMWGVK	1				
42	PCSMWGVM	1				
43	PCSMWGVN	1				
44	PCSMWGVX	1				
45	PCSMWGVZ	1				
46	PCSMWGSY	1				
47	PCSMWGT0	1				
48	PCSMWGT1	1				
49	PCSMWGT2	1				
50	PCSMWGUZ	1				

Control 3 : แผ่นกาวขนาด A เมตร

No	PCSM5C1-0 Bar ID.	Pass	Fail			
			A	B	C	D
1	PCSM5C3E	1				
2	PCSM5C3F	1				
3	PCSM5C3H	1				
4	PCSM5C3I	1				
5	PCSM5C3J	1				
6	PCSM5C3K	1				
7	PCSM5C3L	1				
8	PCSM5C3M	1				
9	PCSM5C32	1				
10	PCSM5C33	1				
11	PCSM5C3O	1				
12	PCSM5C3P	1				
13	PCSM5C3Q	1				
14	PCSM5C3R	1				
15	PCSM5C3S	1				
16	PCSM5C3T	1				
17	PCSM5C3U	1				
18	PCSM5C3V	1				
19	PCSM5C3W	1				
20	PCSM5C3D		1			
21	PCSM5C34	1				
22	PCSM5C35	1				
23	PCSM5C36	1				
24	PCSM5C37	1				
25	PCSM5C38	1				
26	PCSM5C3A	1				
27	PCSM5C3B	1				
28	PCSM5C3X	1				
29	PCSM5C3Y	1				
30	PCSM5C3Z	1				
31	PCSM5C22	1				
32	PCSM5C23		1			
33	PCSM5C24	1				
34	PCSM5C2E	1				
35	PCSM5C2G	1				
36	PCSM5C2H	1				
37	PCSM5C2J	1				
38	PCSM5C2K	1				
39	PCSM5C2L	1				
40	PCSM5C2M	1				
41	PCSM5C2A	1				
42	PCSM5C2B		1			
43	PCSM5C2C	1				
44	PCSM5C2D	1				
45	PCSM5C1U	1				
46	PCSM5C1V	1				
47	PCSM5C1X	1				
48	PCSM5C1Y				1	
49	PCSM5C1Z	1				
50	PCSM5C21	1				

รูปที่ ข.3 ผลการทดลองที่ 3.1.3 หาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดของเสีย

Eval 3 : แผ่นกาวขนาด B เมตร							Control 3 : แผ่นกาวขนาด A เมตร						
No	PCSMWGR-0 Bar ID.	Pass	Fail				No	PCSM5C1-0 Bar ID.	Pass	Fail			
			A	B	C	D				A	B	C	D
51	PCSMWGV0	1					51	PCSM5C1N	1				
52	PCSMWGV1	1					52	PCSM5C1O		1			
53	PCSMWGV2	1					53	PCSM5C1P	1				
54	PCSMWGV3	1					54	PCSM5C1S	1				
55	PCSMWGVE	1					55	PCSM5C1T	1				
56	PCSMWGVF	1					56	PCSM5C25	1				
57	PCSMWGVG	1					57	PCSM5C26				1	
58	PCSMWGVH	1					58	PCSM5C27	1				
59	PCSMWGVI	1					59	PCSM5C28	1				
60	PCSMWGT3	1					60	PCSM5C29	1				
61	PCSMWGT4	1					61	PCSM5C1D	1				
62	PCSMWGT5	1					62	PCSM5C1E	1				
63	PCSMWGTH	1					63	PCSM5C1F	1				
64	PCSMWGTI	1					64	PCSM5C1G	1				
65	PCSMWGTJ	1					65	PCSM5C1H	1				
66	PCSMWGTK	1					66	PCSM5C1I	1				
67	PCSMWGTL	1					67	PCSM5C1J	1				
68	PCSMWGTM	1					68	PCSM5C1K	1				
69	PCSMWGTN			1			69	PCSM5C1L	1				
70	PCSMWGTY	1					70	PCSM5C1M	1				
71	PCSMWGU1	1					71	PCSM5C2V	1				
72	PCSMWGT2	1					72	PCSM5C2W	1				
73	PCSMWGU2	1					73	PCSM5C2X	1				
74	PCSMWGU3	1					74	PCSM5C2Y	1				
75	PCSMWGU4	1					75	PCSM5C30	1				
76	PCSMWGU5	1					76	PCSM5C2R	1				
77	PCSMWGU6	1					77	PCSM5C2P	1				
78	PCSMWGU7	1					78	PCSM5C2Q	1				
79	PCSMWGU8	1					79	PCSM5C2N	1				
80	PCSMWGU9	1					80	PCSM5C2S	1				
81	PCSMWGTO	1					81	PCSM5C2T	1				
82	PCSMWGTP	1					82	PCSM5C2U				1	
83	PCSMWGTQ	1					83	PCSMIS7A	1				
84	PCSMWGTR	1					84	PCSMIS7B	1				
85	PCSMWGTS	1					85	PCSMIS7D	1				
86	PCSMWGTT	1					86	PCSMIS7E	1				
87	PCSMWGTU	1					87	PCSMIS7F	1				
88	PCSMWGTV	1					88	PCSMIS7G	1				
89	PCSMWGTW	1					89	PCSMIS7H	1				
90	PCSMWGTX	1					90	PCSMIS7I	1				
91	PCSMWGR0	1					91	PCSMIS7J	1				
92	PCSMWGRP	1					92	PCSMIS7K	1				
93	PCSMWGRQ	1					93	PCSMIS7L	1				
94	PCSMWGRR	1					94	PCSMIS7M	1				
95	PCSMWGRS	1					95	PCSMIS7N	1				
96	PCSMWGRT	1					96	PCSMIS7O	1				1
97	PCSMWGRU	1					97	PCSMIS7P	1				
98	PCSMWGRV	1					98	PCSMIS7Q	1				
99	PCSMWGRW	1					99	PCSMIS7R	1				
100	PCSMWGUC	1					100	PCSMIS7S	1				

รูปที่ ข.3 ผลการทดลองที่ 3.1.3 หาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดของเสีย (ต่อ)

Eval 3 : แผ่นกาวขนาด B เมตร							Control 3 : แผ่นกาวขนาด A เมตร						
No	PCSMWGR-0 Bar ID.	Pass	Fail				No	PCSM5C1-0 Bar ID.	Pass	Fail			
			A	B	C	D				A	B	C	D
101	PCSMWGRF	1					101	PCSMIS7T	1				
102	PCSMWGRC	1					102	PCSMIS7U	1				
103	PCSMWGRJ	1					103	PCSMIS88	1				
104	PCSMWGRK	1					104	PCSMIS89	1				
105	PCSMWGRL	1					105	PCSMIS8A	1				1
106	PCSMWGRM	1					106	PCSMIS8B	1				
107	PCSMWGRN	1					107	PCSMIS8C	1				
108	PCSMWGUD	1					108	PCSMIS8D	1				
109	PCSMWGUE	1					109	PCSMIS8E	1				
110	PCSMWGUA	1					110	PCSMIS8F	1				
111	PCSMWGUF	1					111	PCSMIS8G	1				
112	PCSMWGUG	1					112	PCSMIS8H	1				
113	PCSMWGUH	1					113	PCSMIS7V		1			
114	PCSMWGUI	1					114	PCSMIS7W	1				
115	PCSMWGUJ	1					115	PCSMIS7X	1				
116	PCSMWGRD	1					116	PCSMIS7Y	1				
117	PCSMWGRE	1					117	PCSMIS81	1				1
118	PCSMWGRX	1					118	PCSMIS82	1				
119	PCSMWGRZ	1					119	PCSMIS83	1				
120	PCSMWGS1	1					120	PCSMIS85	1				
121	PCSMWGS2	1					121	PCSMIS86	1				
122	PCSMWGS3	1					122	PCSMIS87	1				
123	PCSMWGS4	1					123	PCSMIS8I	1				
124	PCSMWGS5	1					124	PCSMIS8J	1				
125	PCSMWGS6	1					125	PCSMIS8K	1				
126	PCSMWGSH	1					126	PCSMIS8L	1				
127	PCSMWGSI	1					127	PCSMIS8M	1				
128	PCSMWGS7	1					128	PCSMIS5O	1				
129	PCSMWGS8	1					129	PCSMIS5P	1				1
130	PCSMWGS9	1					130	PCSMIS5Q	1				
131	PCSMWGSB	1					131	PCSMIS5S	1				
132	PCSMWGRY	1					132	PCSMIS5T	1				
133	PCSMWGSD	1					133	PCSMIS65	1				
134	PCSMWGSA	1					134	PCSMIS66	1				
135	PCSMWGSE	1					135	PCSMIS67	1				
136	PCSMWGSF	1					136	PCSMIS68		1			
137	PCSMWGSG	1					137	PCSMIS6A	1				
138	PCSMWGSJ	1					138	PCSMIS6B	1				
139	PCSMWGSK	1					139	PCSMIS6D	1				1
140	PCSMWGSL	1					140	PCSMIS6E	1				
141	PCSMWGSM	1					141	PCSMIS6F	1				
142	PCSMWGSN	1					142	PCSMIS6G	1				
143	PCSMWGSP	1					143	PCSMIS5U	1				
144	PCSMWGSQ	1					144	PCSMIS5V	1				
145	PCSMWGSR	1					145	PCSMIS5W	1				
146	PCSMWGSS				1		146	PCSMIS5X	1				1
147	PCSMWGST	1					147	PCSMIS5Y	1				
148	PCSMWGSU	1					148	PCSMIS5Z	1				
149	PCSMWGSV	1					149	PCSMIS61	1				1
150	PCSMWGSW	1					150	PCSMIS62	1				

รูปที่ ข.3 ผลการทดลองที่ 3.1.3 หาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดของเสีย (ต่อ)

Eval 3 : แผ่นกาวขนาด B เมตร							Control 3 : แผ่นกาวขนาด A เมตร						
No	PCSMWGR-0 Bar ID.	Pass	Fail				No	PCSM5C1-0 Bar ID.	Pass	Fail			
			A	B	C	D				A	B	C	D
151	PCSMWGSX	1					151	PCSMIS63	1				
152	PCHMHNYJ	1					152	PCSMIS64	1				
153	PCHMHNYK	1					153	PCSMIS6S	1				
154	PCHMHNYL	1					154	PCSMIS6T	1				
155	PCHMHNXR	1					155	PCSMIS6U	1				
156	PCHMHNXS		1				156	PCSMIS6V	1				
157	PCHMHNXT	1					157	PCSMIS6W	1				
158	PCHMHNXU	1					158	PCSMIS6Y	1				
159	PCHMHNXV	1					159	PCSMIS6Z	1				
160	PCHMHNXW	1					160	PCSMIS70	1				
161	PCHMHNXY	1					161	PCSMIS71	1				
162	PCHMHNWC	1					162	PCSMIS72	1				
163	PCHMHNWE	1					163	PCSMIS6H	1				
164	PCHMHNWF	1					164	PCSMIS6I	1				
165	PCHMHNWG	1					165	PCSMIS6J	1				
166	PCHMHNW3	1					166	PCSMIS6K	1				
167	PCHMHNWH	1					167	PCSMIS6L	1				
168	PCHMHNWI	1					168	PCSMIS6M	1				
169	PCHMHNWJ	1					169	PCSMIS6N	1				
170	PCHMHNWK	1					170	PCSMIS6P	1				
171	PCHMHNWW	1					171	PCSMIS6Q	1				
172	PCHMHNWX		1				172	PCSMIS6R	1				
173	PCHMHNW1	1					173	PCSMIS4I	1				
174	PCHMHNW2	1					174	PCSMIS4J	1				
175	PCHMHNW4	1					175	PCSMIS4K	1				
176	PCHMHNW5	1					176	PCSMIS4L	1				
177	PCHMHNW6	1					177	PCSMIS4M	1				
178	PCHMHNW7	1					178	PCSMIS4N	1				
179	PCHMHNW8	1					179	PCSMIS4P	1				
180	PCHMHNW9	1					180	PCSMIS4Q	1				
181	PCHMHNWA		1				181	PCSMIS4R	1				
182	PCHMHNWB	1					182	PCSMIS4S	1				
183	PCHMHNWY	1					183	PCSMIS47	1				
184	PCHMHNWZ	1					184	PCSMIS48	1				
185	PCHMHNX0	1					185	PCSMIS49	1				
186	PCHMHNX1	1					186	PCSMIS4A	1				
187	PCHMHNX2	1					187	PCSMIS4C	1				
188	PCHMHNX3				1		188	PCSMIS4D	1				
189	PCHMHNX4	1					189	PCSMIS4E	1				
190	PCHMHNX5		1				190	PCSMIS4F	1				
191	PCHMHNX6	1					191	PCSMIS4G	1				
192	PCHMHNX7	1					192	PCSMIS4H	1				
193	PCHMHNY8	1					193	PCSMIS73	1				
194	PCHMHNY9	1					194	PCSMIS74	1				
195	PCHMHNYA	1					195	PCSMIS75	1				
196	PCHMHNYB	1					196	PCSMIS76	1				
197	PCHMHNYC		1				197	PCSMIS77	1				
198	PCHMHNYD			1			198	PCSMIS78	1				
199	PCHMHNYE	1					199	PCSMIS79	1				
200	PCHMHNYG	1					200	PCSMIS41	1				

รูปที่ ข.3 ผลการทดลองที่ 3.1.3 หาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดของเสีย (ต่อ)

Eval 3 : แผ่นกาวขนาด B เมตร

No	PCSMWGR-0 Bar ID.	Pass	Fail			
			A	B	C	D
201	PCHMHNYH	1				
202	PCHMHNYI	1				
203	PCHMHNYM	1				
204	PCHMHNXN				1	
205	PCHMHNXO	1				
206	PCHMHNXP	1				
207	PCHMHNXQ	1				
208	PCHMHNY2	1				
209	PCHMHNY3	1				
210	PCHMHNY5			1		
211	PCHMHNY6	1				
212	PCHMHNY7	1				
213	PCHMHNX8				1	
214	PCHMHNXA	1				
215	PCHMHNXD	1				
216	PCHMHNXE	1				
217	PCHMHNXF	1				
218	PCHMHNXG	1				
219	PCHMHNXH				1	
220	PCHMHNXI	1				
TTL Fail		204	5	5	6	0
GTTL:		220				

Control 3 : แผ่นกาวขนาด A เมตร

No	PCSM5C1-0 Bar ID.	Pass	Fail			
			A	B	C	D
201	PCSMIS44	1				1
202	PCSMIS46	1				
203	PCSMIS5F	1				
204	PCSMIS5G	1				
205	PCSMIS5H	1				
206	PCSMIS5I	1				
207	PCSMIS5J	1				
208	PCSMIS5M	1				
209	PCSMIS5K	1				
210	PCSMIS5L		1			
211	PCSMIS5N	1				1
212	PCSMIS54	1				
213	PCSMIS55	1				
214	PCSMIS56	1				
215	PCSMIS57	1				
216	PCSMIS58	1				
217	PCSMIS59	1				
218	PCSMIS5A	1				
219	PCSMIS5B	1				
220	PCSMIS5D	1				
TTL Fail		210	7	0	3	7
GTTL:		220				

รูปที่ ข.3 ผลการทดลองที่ 3.1.3 หาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดของเสีย (ต่อ)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Eval 4 : ไม่ทำให้เย็นก่อนวางสไลเดอร์						
No	PCSMVE1-0	Pass	Fail			
	Bar ID.		A	B	C	D
1	PCSMVE3U	1				
2	PCSMVE3O	1				
3	PCSMVE3R	1				
4	PCSMVE3N	1				
5	PCSMVE3T	1				
6	PCSMVE3P	1				
7	PCSMVE3M	1				
8	PCSMVE1I	1				
9	PCSMVE1H	1				
10	PCSMVE1G	1				
11	PCSMVE3K	1				
12	PCSMVE3I	1				
13	PCSMVE3F	1				
14	PCSMVE3H				1	
15	PCSMVE3J	1				
16	PCSMVE3E	1				
17	PCSMVE3G	1				
18	PCSMVE3D	1				
19	PCSMVE3V	1				
20	PCSMVE3S	1				
21	PCSMVE3B				1	
22	PCSMVE38	1				
23	PCSMVE34	1				
24	PCSMVE3A	1				
25	PCSMVE37	1				
26	PCSMVE32	1				
27	PCSMVE39	1				
28	PCSMVE36	1				
29	PCSMVE31	1				
30	PCSMVE3L	1				
31	PCSMVE2W	1				
32	PCSMVE2S	1				
33	PCSMVE2V	1				
34	PCSMVE2R	1				
35	PCSMVE2X	1				
36	PCSMVE2U	1				
37	PCSMVE2Q	1				
38	PCSMVE28	1				
39	PCSMVE29	1				
40	PCSMVE27	1				
41	PCSMVE26	1				
42	PCSMVE30				1	
43	PCSMVE2Z	1				
44	PCSMVE2Y	1				
45	PCSMVE2J	1				
46	PCSMVE2H	1				
47	PCSMVE2G		1			
48	PCSMVE2F	1				
49	PCSMVE2E	1				
50	PCSMVE2D	1				

Control 4 : ทำให้เย็นก่อนวางสไลเดอร์						
No	QCSMHDW-0	Pass	Fail			
	Bar ID.		A	B	C	D
1	QCSMHDY1	1				
2	QCSMHDY8	1				
3	QCSMHDYB	1				
4	QCSMHDY5	1				
5	QCSMHDY6		1			
6	QCSMHDYM	1				
7	QCSMHDXX	1				
8	QCSMHDZ	1				
9	QCSMHDY3	1				
10	QCSMHDY2	1				
11	QCSMHDYG	1				
12	QCSMHDYD	1				
13	QCSMHDYF	1				
14	QCSMHDYC	1				
15	QCSMHDYA	1				
16	QCSMHDY9	1				
17	QCSMHDY7	1				
18	QCSMHDYE	1				
19	QCSMHDYJ		1			
20	QCSMHDY4	1				
21	QCSMHDW6	1				
22	QCSMHDW2	1				
23	QCSMHDW5	1				
24	QCSMHDYN	1				
25	QCSMHDW3	1				
26	QCSMHDYL	1				
27	QCSMHDYW1	1				
28	QCSMHDYW4	1				
29	QCSMHDYXU	1				
30	QCSMHDYXP	1				
31	QCSMHDYWQ	1				
32	QCSMHDYWJ	1				
33	QCSMHDYWK	1				
34	QCSMHDWH	1				
35	QCSMHDYX1	1				
36	QCSMHDYWU	1				
37	QCSMHDWX	1				
38	QCSMHDWV	1				
39	QCSMHDWY	1				
40	QCSMHDX2	1				
41	QCSMHDWC	1				
42	QCSMHDW9	1				
43	QCSMHDWD	1				
44	QCSMHDWA	1				
45	QCSMHDW7	1				
46	QCSMHDWR	1				
47	QCSMHDWS	1				
48	QCSMHDWM	1				
49	QCSMHDWI	1				
50	QCSMHDWN	1				

รูปที่ ข.4 ผลการทดลองที่ 3.1.4 หาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดของเสีย

Eval 4 : ไม่ทำให้เย็นก่อนวางสไลเดอร์

No	PCSMVE1-0 Bar ID.	Pass	Fail A	Fail B	Fail C	Fail D
51	PCSMVE2C	1				
52	PCSMVE2A	1				
53	PCSMVE1X	1				
54	PCSMVE1V	1				
55	PCSMVE1U	1				
56	PCSMVE1S	1				
57	PCSMVE2P	1				
58	PCSMVE2L	1				
59	PCSMVE2I	1				
60	PCSMVE2N	1				
61	PCSMVE2K	1				
62	PCSMVE2M				1	
63	PCSMVE1P	1				
64	PCSMVE1N	1				
65	PCSMVE1K	1				
66	PCSMVE1M	1				
67	PCSMVE1J	1				
68	PCSMVE24	1				
69	PCSMVE23	1				
70	PCSMVE22				1	
71	PCSMVE21	1				
72	PCSMVE1Z	1				
73	PCSMVE1F	1				
74	PCSMVE1E	1				
75	PCSMVE3Z	1				
76	PCSMVE3Y	1				
77	PCSMVE1D	1				
78	PCSMVE3W	1				
79	PCSMVE1R	1				
80	PCSMVE1O	1				
81	PCSMVE1L	1				
82	PCSMVE1Q				1	
83	PCSMLY5V	1				
84	PCSMLY5S	1				
85	PCSMLY5P	1				
86	PCSMLY5U	1				
87	PCSMLY5R	1				
88	PCSMLY5O	1				
89	PCSMLY5T	1				
90	PCSMLY5Q	1				
91	PCSMLY5N	1				
92	PCSMLY64	1				
93	PCSMLY63	1				
94	PCSMLY65	1				
95	PCSMLY62	1				
96	PCSMLY5Y	1				
97	PCSMLY61	1				
98	PCSMLY5Z	1				
99	PCSMLY5X	1				
100	PCSMLY5W	1				

Control 4 : ทำให้เย็นก่อนวางสไลเดอร์

No	QCSMHDW-0 Bar ID.	Pass	Fail A	Fail B	Fail C	Fail D
51	QCSMHDXW	1				
52	QCSMHDXY	1				
53	QCSMHDXV	1				
54	QCSMHDXQ	1				
55	QCSMHDXS	1				
56	QCSMHDXO	1				
57	QCSMHDWE	1				
58	QCSMHDWB	1				
59	QCSMHDW8	1				
60	QCSMHDWG	1				
61	QCSMHDXD	1				
62	QCSMHDX4	1				
63	QCSMHDXA	1				
64	QCSMHDX9	1				
65	QCSMHDX6	1				
66	QCSMHDX7	1				
67	QCSMHDX3	1				
68	QCSMHDXK	1				
69	QCSMHDX0	1				
70	QCSMHDWW	1				
71	QCSMHDWT	1				
72	QCSMHDXB	1				
73	QCSMHDXN	1				
74	QCSMHDX8	1				
75	QCSMHDXL	1				
76	QCSMHDXI	1				
77	QCSMHDXJ	1				
78	QCSMHDXM	1				
79	QCSMHDXH	1				
80	QCSMHDXE	1				
81	QCSMHDXF	1				
82	QCSMHDXG	1				
83	QCSMNGTH	1				
84	QCSMNGTL	1				
85	QCSMNGTM	1				
86	QCSMNGTK	1				
87	QCSMNGTN	1				
88	QCSMNGTE	1				
89	QCSMNGTF	1				
90	QCSMNGTI	1				
91	QCSMNGTJ	1				
92	QCSMNGT6	1				
93	QCSMNGVP	1				
94	QCSMNGVV	1				
95	QCSMNGVW	1				
96	QCSMNGVX	1				
97	QCSMNGVY			1		
98	QCSMNGVQ	1				
99	QCSMNGVT	1				
100	QCSMNGVR			1		

รูปที่ ข.4 ผลการทดลองที่ 3.1.4 หาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดของเสีย (ต่อ)

Eval 4 : ไม่ทำให้เย็นก่อนวางสไลเดอร์						
No	PCSMVE1-0	Pass	Fail			
	Bar ID.		A	B	C	D
101	PCSMLY6X				1	
102	PCSMLY6Q		1			
103	PCSMLY6M	1				
104	PCSMLY6G	1				
105	PCSMLY6I	1				
106	PCSMLY6H	1				
107	PCSMLY6N	1				
108	PCSMLY6L	1				
109	PCSMLY6K	1				
110	PCSMLY6F	1				
111	PCSMLY6E	1				
112	PCSMLY6D	1				
113	PCSMLY4K	1				
114	PCSMLY4L	1				
115	PCSMLY4M	1				
116	PCSMLY4X	1				
117	PCSMLY4Y				1	
118	PCSMLY4Z	1				
119	PCSMLY50	1				
120	PCSMLY51	1				
121	PCSMLY52	1				
122	PCSMLY53	1				
123	PCSMLY6W	1				
124	PCSMLY6Y	1				
125	PCSMLY6Z	1				
126	PCSMLY70	1				
127	PCSMLY4D	1				
128	PCSMLY4E	1				
129	PCSMLY4F	1				
130	PCSMLY4G	1				
131	PCSMLY4H	1				
132	PCSMLY4J		1			
133	PCSMLY47	1				
134	PCSMLY48	1				
135	PCSMLY49	1				
136	PCSMLY4A	1				
137	PCSMLY4B	1				
138	PCSMLY6S	1				
139	PCSMLY6T		1			
140	PCSMLY6U	1				
141	PCSMLY6R	1				
142	PCSMLY6V	1				
143	PCSMLY6C			1		
144	PCSMLY6B	1				
145	PCSMLY68				1	
146	PCSMLY67	1				
147	PCSMLY6A	1				
148	PCSMLY66	1				
149	PCSMLY43	1				
150	PCSMLY44	1				

Control 4 : ทำให้เย็นก่อนวางสไลเดอร์						
No	QCSMHDW-0	Pass	Fail			
	Bar ID.		A	B	C	D
101	QCSMNGVU	1				
102	QCSMNGVS	1				
103	QCSMNGT4	1				
104	QCSMNGT5	1				
105	QCSMNGT9	1				
106	QCSMNGVN	1				
107	QCSMNGVO	1				
108	QCSMNGT7	1				
109	QCSMNGT8	1				
110	QCSMNGTA	1				
111	QCSMNGTB	1				
112	QCSMNGTD	1				
113	QCSMNGV3	1				
114	QCSMNGRE	1				
115	QCSMNGRD	1				
116	QCSMNGRH	1				
117	QCSMNGRG	1				
118	QCSMNGVZ	1				
119	QCSMNSZ	1				
120	QCSMNGT1		1			
121	QCSMNGT2	1				
122	QCSMNGT0	1				
123	QCSMNGTY	1				
124	QCSMNGTZ	1				
125	QCSMNGU4	1				
126	QCSMNGU3	1				
127	QCSMNGU2	1				
128	QCSMNGUF	1				
129	QCSMNGUJ	1				
130	QCSMNGUI	1				
131	QCSMNGUK	1				
132	QCSMNGU1	1				
133	QCSMNGRL	1				
134	QCSMNGRI	1				
135	QCSMNGU8	1				
136	QCSMNGUH	1				
137	QCSMNGUG	1				
138	QCSMNGUL	1				
139	QCSMNGRF	1				
140	QCSMNGRJ	1				
141	QCSMNGU9	1				
142	QCSMNGUA	1				
143	QCSMNGS6	1				
144	QCSMNGS9	1				
145	QCSMNGSD	1				
146	QCSMNGSE	1				
147	QCSMNGSB	1				
148	QCSMNGSP	1				
149	QCSMNGS8	1				
150	QCSMNGS7	1				

รูปที่ ข.4 ผลการทดลองที่ 3.1.4 หาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดของเสีย (ต่อ)

Eval 4 : ไม่ทำให้เย็นก่อนวางสไลเดอร์						
No	PCSMVE1-0	Pass	Fail			
	Bar ID.		A	B	C	D
151	PCSMLY45	1				
152	PCSMLY46	1				
153	PCSMLY5I	1				
154	PCSMLY5J	1				
155	PCSMLY5K	1				
156	PCSMLY5L	1				
157	PCSMLY5M	1				
158	PCSMLY78	1				
159	PCSMLY79	1				
160	PCSMLY7A	1				
161	PCSMLY7B	1				
162	PCSMLY7D	1				
163	PCSMLY7F	1				
164	PCSMLY7G	1				
165	PCSMLY7H	1				
166	PCSMLY7I	1				
167	PCSMLY7J	1				
168	PCSMLY7K	1				
169	PCSMLY7L	1				
170	PCSMLY7M	1				
171	PCSMLY86	1				
172	PCSMLY87	1				
173	PCSMLY74	1				
174	PCSMLY75	1				
175	PCSMLY76	1				
176	PCSMLY77	1				
177	PCSMLY41	1				
178	PCSMLY4N	1				
179	PCSMLY8M	1				
180	PCSMLY4P	1				
181	PCSMLY4Q	1				
182	PCSMLY4R	1				
183	PCSMLY4S	1				
184	PCSMLY4T	1				
185	PCSMLY4U	1				
186	PCSMLY4V	1				
187	PCSMLY4W	1				
188	PCSMLY4N	1				
189	PCSMLY7O	1				
190	PCSMLY7P	1				
191	PCSMLY7Q	1				
192	PCSMLY88				1	
193	PCSMLY89	1				
194	PCSMLY8A	1				
195	PCSMLY8B	1				
196	PCSMLY8C	1				
197	PCSMLY8D	1				
198	PCSMLY8E	1				
199	PCSMLY71	1				
200	PCSMLY72	1				

Control 4 : ทำให้เย็นก่อนวางสไลเดอร์						
No	QCSMHDW-0	Pass	Fail			
	Bar ID.		A	B	C	D
151	QCSMN6SA	1				
152	QCSMN6SF	1				
153	QCSMN6SJ	1				
154	QCSMN6SM	1				
155	QCSMN6SN	1				
156	QCSMN6SI	1				
157	QCSMN6SL	1				
158	QCSMN6TW	1				
159	QCSMN6TX	1				
160	QCSMN6SG	1				
161	QCSMN6SH	1				
162	QCSMN6SK	1				
163	QCSMN6TR	1				
164	QCSMN6TT	1				
165	QCSMN6TS	1				
166	QCSMN6TU	1				
167	QCSMN6TV	1				
168	QCSMN6U7	1				
169	QCSMN6U5	1				
170	QCSMN6U6	1				
171	QCSMN6TO	1				
172	QCSMN6TQ	1				
173	QCSMN6SW	1				
174	QCSMN6SX	1				
175	QCSMN6SY	1				
176	QCSMN6SQ	1				
177	QCSMN6SS	1				
178	QCSMN6SV	1				
179	QCSMN6ST	1				
180	QCSMN6SU	1				
181	QCSMN6RQ	1				
182	QCSMN6RT	1				
183	QCSMN6RR	1				
184	QCSMN6RU	1				
185	QCSMN6RV	1				
186	QCSMN6RN	1				
187	QCSMN6RO	1				
188	QCSMN6RS	1				
189	QCSMN6RZ	1				
190	QCSMN6S3	1				
191	QCSMN6S2	1				
192	QCSMN6S5	1				
193	QCSMN6RM	1				
194	QCSMN6RW	1				
195	QCSMN6RX	1				
196	QCSMN6R7	1				
197	QCSMN6S1	1				
198	QCSMN6S4	1				
199	QCSMN6U1O	1				
200	QCSMN61Q	1				

รูปที่ ข.4 ผลการทดลองที่ 3.1.4 หาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดของเสีย (ต่อ)

Eval 4 : ไม่ทำให้เย็นก่อนวางสไลเดอร์						
No	PCSMVE1-0	Pass	Fail			
	Bar ID.		A	B	C	D
201	PCSMLY73	1				
202	PCSMLY5H	1				
203	PCSMLY7W	1				
204	PCSMLY7X	1				
205	PCSMLY7Y	1				
206	PCSMLY7Z	1				
207	PCSMLY81	1				
208	PCSMLY82				1	
209	PCSMLY84	1				
210	PCSMLY85	1				
211	PCSMLY54	1				
212	PCSMLY55	1				
213	PCSMLY56	1				
214	PCSMLY57	1				
215	PCSMLY58	1				
216	PCSMLY59		1			
217	PCSMLY5B	1				
218	PCSMLY5D	1				
219	PCSMLY5F	1				
220	PCSMLY5G	1				
TTL Fail		203	5	1	11	0

Control 4 : ทำให้เย็นก่อนวางสไลเดอร์						
No	QCSMHDW-0	Pass	Fail			
	Bar ID.		A	B	C	D
201	QCSMN61R	1				
202	QCSMN61N	1				
203	QCSMN61U	1				
204	QCSMN61X	1				
205	QCSMN61W	1				
206	QCSMN61V	1				
207	QCSMN61Y	1				
208	QCSMN61Z	1				
209	QCSMN61D	1				
210	QCSMN61E	1				
211	QCSMN61F	1				
212	QCSMN61I	1				
213	QCSMN61H	1				
214	QCSMN61G	1				
215	QCSMN61M	1				
216	QCSMN61K	1				
217	QCSMN61J	1				
218	QCSMN6TS	1				
219	QCSMN621	1				
220	QCSMN622	1				
TTL Fail		215	3	2	0	0

รูปที่ ข.4 ผลการทดลองที่ 3.1.4 หาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดของเสีย (ต่อ)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

	การทอลอง	จำนวน	เครื่องวัดมุม				
			PASS	FAIL(Type)			
				A	B	C	D
กลุ่มที่ 1	กดแผ่นกาวบริเวณหัว-ท้าย	220	208	5	2	5	-
	กดแผ่นกาวบริเวณตรงกลาง	220	206	8	5	1	-
กลุ่มที่ 2	ไม่ใส่เซรามิกเข้าอบพร้อมสไลเดอร์	220	178	21	17	4	-
	ใส่เซรามิกเข้าอบพร้อมสไลเดอร์	220	194	13	3	9	1
กลุ่มที่ 3	แผ่นกาวขนาด A เมตร	220	204	5	5	6	-
	แผ่นกาวขนาด B เมตร	220	210	7	-	3	-
กลุ่มที่ 4	ทำให้เย็นก่อนวางสไลเดอร์	220	215	3	2	-	-
	ไม่ทำให้เย็นก่อนวางสไลเดอร์	220	203	5	1	11	-

รูปที่ ข.5 รวมผลการทดลองที่ 3.1

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ทดสอบน้ำหนักที่เหมาะสมของเซรามิก

รายชื่อ Barmount. วารุณี

รายชื่อ Collimator. สมจิตร

เซรามิก น้ำหนัก X กรัม

No.	Chunks	Bar id	Collimator	
			Pass	Fail
1	PCSNYEH-0	PCSNYEKM		
2		PCSNYEKB		
3		PCSNYEKC		
4		PCSNYEKE		
5		PCSNYEKH		
6		PCSNYEKF		
7		PCSNYEKG		
8		PCSNYEKK		
9		PCSNYEKJ		
10		PCSNYEKI		
11		**PCSNYEK1**		1
12		PCSNYEK2		
13		PCSNYEKA		
14		PCSNYEK5		
15		PCSNYEK4		
16		PCSNYEK6		
17		PCSNYEK7		
18		PCSNYEK8		
19		PCSNYEK9		
20		PCSNYEKL		
21		PCSNYEJU		
22		PCSNYEMH		
23		PCSNYEJW		
24		PCSNYEJV		
25		PCSNYEJS		
26		PCSNYEJX		
27		PCSNYEJP		
28		PCSNYEJQ		
29		PCSNYEJT		
30		PCSNYEJR		
31		PCSNYEJY		
32		PCSNYEJ2		
33		PCSNYEMN		
34		PCSNYEJN		
35		PCSNYEJO		
36		PCSNYEMM		
37		PCSNYEMJ		
38		PCSNYEMI		
39		PCSNYEML		
40		PCSNYEMK		
41		PCSNYEL8		
42		PCSNYEL9		
43		PCSNYELA		
44		PCSNYELE		
45		PCSNYELD		
46		PCSNYELB		
47		PCSNYELF		
48		PCSNYELG		
49		PCSNYELH		
50		PCSNYELO		
51		PCSNYELU		
52		PCSNYELJ		
53		PCSNYELK		
54		PCSNYELM		
55		PCSNYELL		
56		PCSNYELN		
57		PCSNYELQ		
58		PCSNYELP		
59		PCSNYELR		
60		PCSNYELS		
61		**PCSNYELY**		1
62		PCSNYELU		
63		PCSNYELV		
64		PCSNYELT		
65		PCSNYELW		
66		PCSNYELX		
67		PCSNYEM1		
68		PCSNYEM2		
69		PCSNYEM3		
70		PCSNYEMC		
71		PCSNYEMG		
72		PCSNYEMD		
73		PCSNYEMB		
74		PCSNYEM9		
75		PCSNYEMA		

ทดสอบน้ำหนักที่เหมาะสมของเซรามิก

รายชื่อ Barmount. วารุณี

รายชื่อ Collimator. สมจิตร

วัสดุ ก น้ำหนัก X กรัม

No.	Chunks	Bar id	Collimator	
			Pass	Fail
1	QCSNL04-0	QCSNL05D		
2		QCSNL05G		
3		QCSNL05E		
4		**QCSNL05H**		1
5		QCSNL05K		
6		**QCSNL05F**		1
7		QCSNL05I		
8		QCSNL05L		
9		QCSNL066		
10		QCSNL067		
11		QCSNL068		
12		QCSNL05V		
13		QCSNL05X		
14		QCSNL05Y		
15		QCSNL062		
16		QCSNL052		
17		QCSNL063		
18		QCSNL064		
19		QCSNL061		
20		QCSNL065		
21		QCSNL05M		
22		CSNL05N		
23		**QCSNL05O**		1
24		QCSNL05P		
25		QCSNL05Q		
26		QCSNL05R		
27		QCSNL05S		
28		QCSNL05U		
29		QCSNL05T		
30		QCSNL05J		
31		QCSNL04R		
32		QCSNL04S		
33		QCSNL04T		
34		QCSNL04U		
35		QCSNL04V		
36		QCSNL04W		
37		QCSNL04Y		
38		QCSNL042		
39		QCSNL05B		
40		QCSNL05A		
41		QCSNL059		
42		QCSNL04Q		
43		QCSNL04N		
44		QCSNL04M		
45		QCSNL04J		
46		QCSNL04K		
47		QCSNL04G		
48		QCSNL04H		
49		QCSNL04L		
50		QCSNL041		
51		QCSNL050		
52		QCSNL051		
53		QCSNL052		
54		QCSNL053		
55		QCSNL054		
56		QCSNL055		
57		CSNL056		
58		QCSNL057		
59		**QCSNL058**		1
60		QCSNL04X		
61		QCSNL07Z		
62		QCSNL084		
63		QCSNL07S		
64		QCSNL07T		
65		QCSNL07U		
66		QCSNL07V		
67		QCSNL07X		
68		QCSNL07W		
69		QCSNL07Y		
70		QCSNL081		
71		QCSNL083		
72		**QCSNL07J**		1
73		QCSNL071		
74		QCSNL07K		
75		QCSNL07Q		

ทดสอบน้ำหนักที่เหมาะสมของเซรามิก

รายชื่อ Barmount. วารุณี

รายชื่อ Collimator. สมจิตร

วัสดุ ก น้ำหนัก Y กรัม

No.	Chunks	Bar id	Collimator	
			Pass	Fail
1	PCSO104-0	PCSO108G		
2		PCSO104D		
3		PCSO1049		
4		PCSO104C		
5		PCSO1048		
6		PCSO104B		
7		PCSO1046		
8		PCSO104A		
9		PCSO1045		
10		PCSO1044		
11		PCSO104W		
12		PCSO104G		
13		PCSO104E		
14		PCSO104L		
15		**PCSO104J**		1
16		PCSO104K		
17		PCSO104I		
18		PCSO104N		
19		PCSO104P		
20		PCSO104V		
21		PCSO1050		
22		PCSO104Q		
23		PCSO104M		
24		PCSO104U		
25		PCSO104S		
26		PCSO104T		
27		PCSO104R		
28		PCSO104X		
29		PCSO104Y		
30		PCSO1053		
31		PCSO104F		
32		PCSO108L		
33		PCSO1041		
34		PCSO1042		
35		PCSO108N		
36		PCSO108I		
37		PCSO108K		
38		PCSO108J		
39		**PCSO108H**		1
40		PCSO107T		
41		**PCSO107K**		1
42		PCSO1071		
43		PCSO107J		
44		PCSO107L		
45		PCSO107M		
46		PCSO107N		
47		PCSO107O		
48		PCSO107P		
49		PCSO107Q		
50		PCSO1078		
51		PCSO1079		
52		PCSO107A		
53		PCSO107D		
54		PCSO109E		
55		**PCSO107B**		1
56		PCSO107F		
57		PCSO107G		
58		PCSO107H		
59		PCSO107S		
60		PCSO1093		
61		PCSO1084		
62		PCSO1085		
63		PCSO1086		
64		PCSO1087		
65		PCSO1089		
66		PCSO108A		
67		PCSO108B		
68		PCSO108C		
69		PCSO108D		
70		PCSO108E		
71		PCSO108F		
72		PCSO107U		
73		PCSO107V		
74		PCSO107W		
75		PCSO107Z		

ทดสอบน้ำหนักที่เหมาะสมของเซรามิก

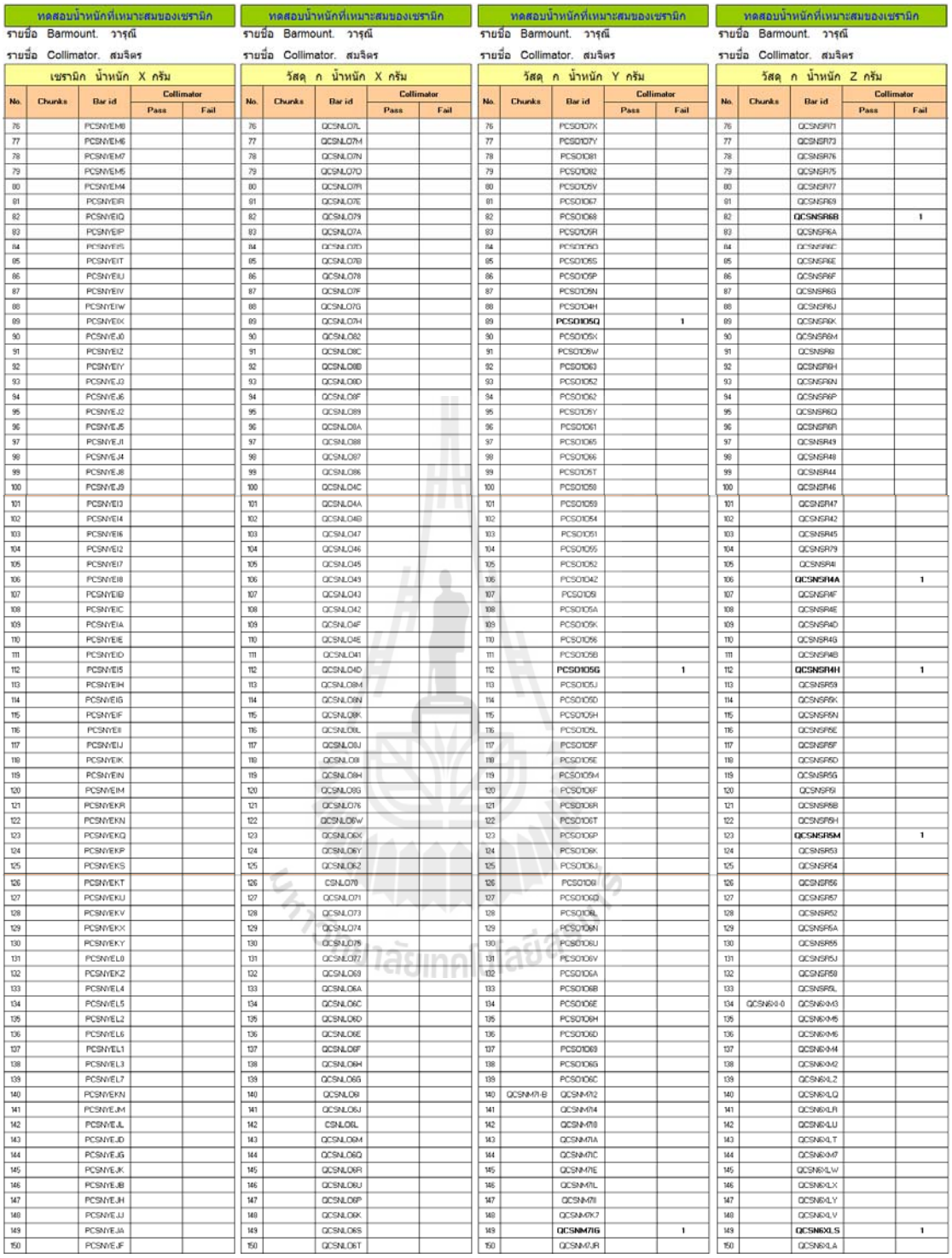
รายชื่อ Barmount. วารุณี

รายชื่อ Collimator. สมจิตร

วัสดุ ก น้ำหนัก Z กรัม

No.	Chunks	Bar id	Collimator	
			Pass	Fail
1	QCSNSR4-0	QCSNSR65		
2		QCSNSR5T		
3		QCSNSR5V		
4		QCSNSR5U		
5		QCSNSR5W		
6		QCSNSR5X		
7		QCSNSR61		
8		QCSNSR52		
9		QCSNSR5Y		
10		**QCSNSR68**		1
11		QCSNSR62		
12		QCSNSR63		
13		QCSNSR64		
14		QCSNSR65		
15		QCSNSR66		
16		QCSNSR67		
17		QCSNSR8N		
18		QCSNSR8J		
19		QCSNSR8K		
20		QCSNSR8L		
21		QCSNSR5O		
22		QCSNSR5P		
23		QCSNSR5Q		
24		QCSNSR8H		
25		QCSNSR8G		
26		**QCSNSR8F**		1
27		QCSNSR8C		
28		QCSNSR8D		
29		QCSNSR8E		
30		QCSNSR8B		
31		**QCSNSR8A**		1
32		QCSNSR89		
33		QCSNSR7A		
34		QCSNSR7B		
35		QCSNSR7E		
36		QCSNSR7H		
37		QCSNSR7F		
38		QCSNSR7G		
39		QCSNSR71		
40		QCSNSR7J		
41		QCSNSR7K		
42		QCSNSR7L		
43		QCSNSR7M		
44		QCSNSR7Q		
45		QCSNSR7O		
46		QCSNSR7P		
47		QCSNSR7R		
48		QCSNSR7N		
49		QCSNSR7S		
50		QCSNSR7T		
51		QCSNSR7U		
52		QCSNSR7V		
53		QCSNSR7X		
54		QCSNSR7W		
55		QCSNSR7Y		
56		QCSNSR72		
57		QCSNSR81		
58		QCSNSR88		
59		QCSNSR85		
60		QCSNSR82		
61		QCSNSR83		
62		QCSNSR84		
63		QCSNSR86		
64		QCSNSR87		
65		QCSNSR78		
66		QCSNSR6T		
67		QCSNSR6U		
68		QCSNSR6S		
69		QCSNSR6W		
70		QCSNSR6V		
71		QCSNSR6X		
72		QCSNSR70		
73		QCSNSR62		
74		QCSNSR6Y		
75		QCSNSR72		

รูปที่ ข.6 ผลการทดลองที่ 3.2 หาค่าน้ำหนักที่เหมาะสม



ทดสอบน้ำหนักที่เหมาะสมของเซรามิก

รายชื่อ Barmount. วารุณี

รายชื่อ Collimator. สมจิตร

เซรามิก น้ำหนัก X กรัม

No.	Chunks	Bar id	Collimator	
			Pass	Fail
76		PCSNYEM8		
77		PCSNYEM6		
78		PCSNYEM7		
79		PCSNYEM5		
80		PCSNYEM4		
81		PCSNYEIR		
82		PCSNYEIQ		
83		PCSNYEIP		
84		PCSNYEIS		
85		PCSNYEIT		
86		PCSNYEIU		
87		PCSNYEIV		
88		PCSNYEIW		
89		PCSNYEIX		
90		PCSNYEJ0		
91		PCSNYEIZ		
92		PCSNYEIY		
93		PCSNYEJ3		
94		PCSNYEJ6		
95		PCSNYEJ2		
96		PCSNYEJ5		
97		PCSNYEJ1		
98		PCSNYEJ4		
99		PCSNYEJ8		
100		PCSNYEJ9		
101		PCSNYEI13		
102		PCSNYEI14		
103		PCSNYEI16		
104		PCSNYEI12		
105		PCSNYEI17		
106		PCSNYEI18		
107		PCSNYEIB		
108		PCSNYEIC		
109		PCSNYEIA		
110		PCSNYEIE		
111		PCSNYEID		
112		PCSNYEI15		
113		PCSNYEIH		
114		PCSNYEIG		
115		PCSNYEIF		
116		PCSNYEII		
117		PCSNYEIJ		
118		PCSNYEIK		
119		PCSNYEIN		
120		PCSNYEIM		
121		PCSNYEKR		
122		PCSNYEKN		
123		PCSNYEKQ		
124		PCSNYEKP		
125		PCSNYEKS		
126		PCSNYEKT		
127		PCSNYEKU		
128		PCSNYEKV		
129		PCSNYEKX		
130		PCSNYEKY		
131		PCSNYEL0		
132		PCSNYEKZ		
133		PCSNYEL4		
134		PCSNYEL5		
135		PCSNYEL2		
136		PCSNYEL6		
137		PCSNYEL1		
138		PCSNYEL3		
139		PCSNYEL7		
140		PCSNYEKN		
141		PCSNYEJM		
142		PCSNYEJL		
143		PCSNYEJD		
144		PCSNYEJG		
145		PCSNYEJK		
146		PCSNYEJB		
147		PCSNYEJH		
148		PCSNYEJJ		
149		PCSNYEJA		
150		PCSNYEJF		

ทดสอบน้ำหนักที่เหมาะสมของเซรามิก

รายชื่อ Barmount. วารุณี

รายชื่อ Collimator. สมจิตร

วัสดุ ก น้ำหนัก X กรัม

No.	Chunks	Bar id	Collimator	
			Pass	Fail
76		QCSNLO7L		
77		QCSNLO7M		
78		QCSNLO7N		
79		QCSNLO7O		
80		QCSNLO7R		
81		QCSNLO7E		
82		QCSNLO79		
83		QCSNLO7A		
84		QCSNLO7D		
85		QCSNLO7B		
86		QCSNLO78		
87		QCSNLO7F		
88		QCSNLO7G		
89		QCSNLO7H		
90		QCSNLO82		
91		QCSNLO8C		
92		QCSNLO8B		
93		QCSNLO8D		
94		QCSNLO8F		
95		QCSNLO89		
96		QCSNLO8A		
97		QCSNLO88		
98		QCSNLO87		
99		QCSNLO86		
100		QCSNLO4C		
101		QCSNLO4A		
102		QCSNLO4B		
103		QCSNLO47		
104		QCSNLO46		
105		QCSNLO45		
106		QCSNLO49		
107		QCSNLO43		
108		QCSNLO42		
109		QCSNLO4F		
110		QCSNLO4E		
111		QCSNLO41		
112		QCSNLO4D		
113		QCSNLO8M		
114		QCSNLO8N		
115		QCSNLO8K		
116		QCSNLO8L		
117		QCSNLO8J		
118		QCSNLO8I		
119		QCSNLO8H		
120		QCSNLO8G		
121		QCSNLO76		
122		QCSNLO6W		
123		QCSNLO6X		
124		QCSNLO6Y		
125		QCSNLO6Z		
126		CSNLO70		
127		QCSNLO71		
128		QCSNLO73		
129		QCSNLO74		
130		QCSNLO75		
131		QCSNLO77		
132		QCSNLO69		
133		QCSNLO6A		
134		QCSNLO6C		
135		QCSNLO6D		
136		QCSNLO6E		
137		QCSNLO6F		
138		QCSNLO6H		
139		QCSNLO6G		
140		QCSNLO69		
141		QCSNLO6J		
142		CSNLO6L		
143		QCSNLO6M		
144		QCSNLO6Q		
145		QCSNLO6R		
146		QCSNLO6U		
147		QCSNLO6P		
148		QCSNLO6K		
149		QCSNLO6S		
150		QCSNLO6T		

ทดสอบน้ำหนักที่เหมาะสมของเซรามิก

รายชื่อ Barmount. วารุณี

รายชื่อ Collimator. สมจิตร

วัสดุ ก น้ำหนัก Y กรัม

No.	Chunks	Bar id	Collimator	
			Pass	Fail
76		PCSO107X		
77		PCSO107Y		
78		PCSO1081		
79		PCSO1082		
80		PCSO105V		
81		PCSO1067		
82		PCSO1068		
83		PCSO105R		
84		PCSO105O		
85		PCSO105S		
86		PCSO105P		
87		PCSO105N		
88		PCSO104H		
89		**PCSO105Q**		1
90		PCSO105X		
91		PCSO105W		
92		PCSO1063		
93		PCSO1052		
94		PCSO1062		
95		PCSO105Y		
96		PCSO1061		
97		PCSO1065		
98		PCSO1066		
99		PCSO105T		
100		PCSO1059		
101		PCSO1059		
102		PCSO1054		
103		PCSO1051		
104		PCSO1055		
105		PCSO1052		
106		PCSO1042		
107		PCSO1059		
108		PCSO105A		
109		PCSO105K		
110		PCSO1056		
111		PCSO105B		
112		**PCSO105G**		1
113		PCSO105J		
114		PCSO105D		
115		PCSO105H		
116		PCSO105L		
117		PCSO105F		
118		PCSO105E		
119		PCSO1054		
120		PCSO106F		
121		PCSO106R		
122		PCSO106T		
123		PCSO106P		
124		PCSO106K		
125		PCSO106J		
126		PCSO1069		
127		PCSO106Q		
128		PCSO106L		
129		PCSO106N		
130		PCSO106U		
131		PCSO106V		
132		PCSO106A		
133		PCSO106B		
134		PCSO106E		
135		PCSO106H		
136		PCSO106D		
137		PCSO1069		
138		PCSO106G		
139		PCSO106C		
140	QCSNM71-B	QCSNM712		
141		QCSNM714		
142		QCSNM718		
143		QCSNM71A		
144		QCSNM71C		
145		QCSNM71E		
146		QCSNM71L		
147		QCSNM711		
148		QCSNM7K7		
149		**QCSNM71G**		1
150		QCSNM7JR		

ทดสอบน้ำหนักที่เหมาะสมของเซรามิก

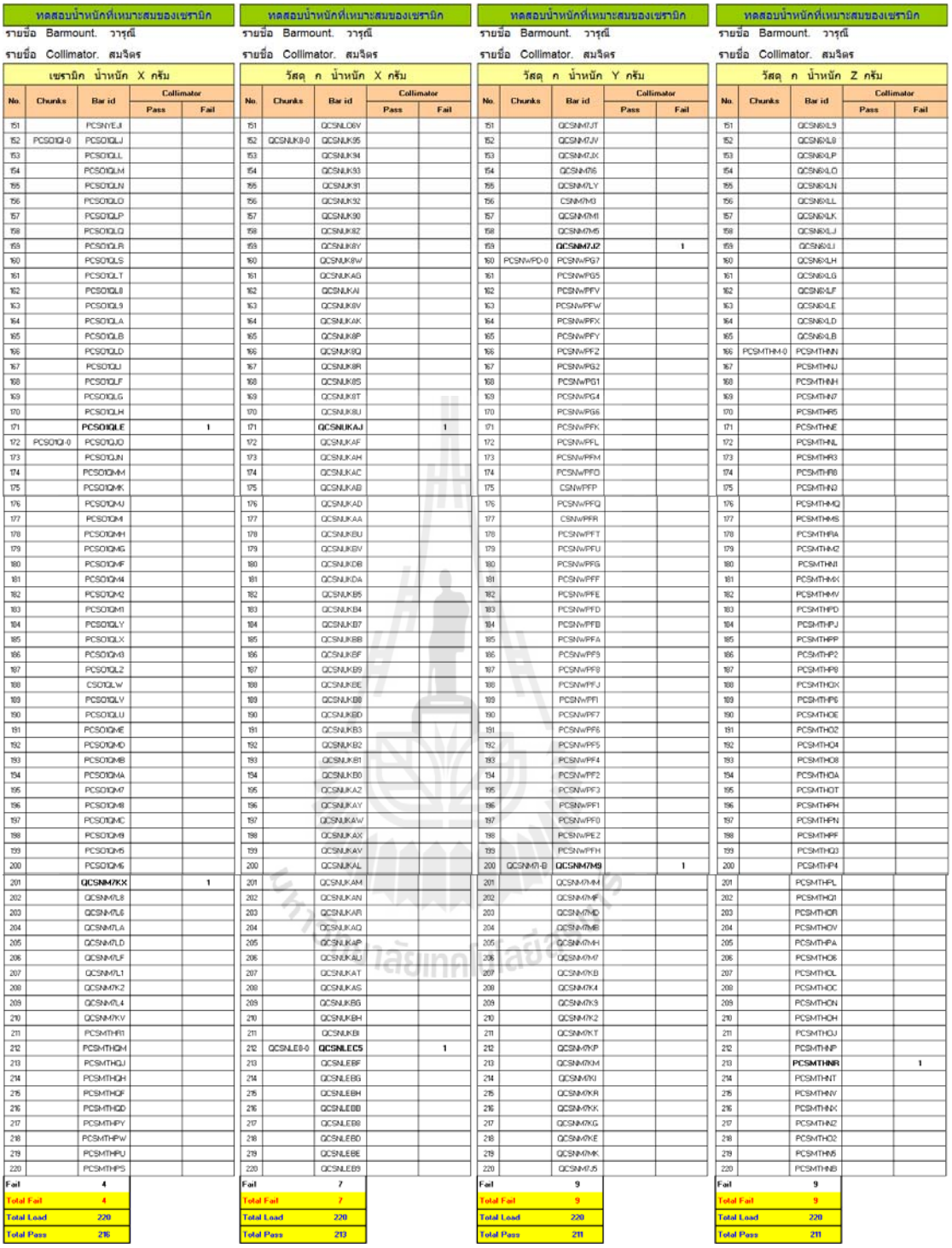
รายชื่อ Barmount. วารุณี

รายชื่อ Collimator. สมจิตร

วัสดุ ก น้ำหนัก Z กรัม

No.	Chunks	Bar id	Collimator	
			Pass	Fail
76		QCSNSR71		
77		QCSNSR73		
78		QCSNSR76		
79		QCSNSR75		
80		QCSNSR77		
81		QCSNSR69		
82		**QCSNSR6B**		1
83		QCSNSR6A		
84		QCSNSR6C		
85		QCSNSR6E		
86		QCSNSR6F		
87		QCSNSR6G		
88		QCSNSR6J		
89		QCSNSR6K		
90		QCSNSR6M		
91		QCSNSR6I		
92		QCSNSR6H		
93		QCSNSR6N		
94		QCSNSR6P		
95		QCSNSR6Q		
96		QCSNSR6R		
97		QCSNSR49		
98		QCSNSR48		
99		QCSNSR44		
100		QCSNSR46		
101		QCSNSR47		
102		QCSNSR42		
103		QCSNSR45		
104		QCSNSR79		
105		QCSNSR4I		
106		**QCSNSR14A**		1
107		QCSNSR4F		
108		QCSNSR4E		
109		QCSNSR4D		
110		QCSNSR4G		
111		QCSNSR4B		
112		**QCSNSR14I**		1
113		QCSNSR59		
114		QCSNSR6K		
115		QCSNSR5N		
116		QCSNSR5E		
117		QCSNSR5F		
118		QCSNSR5D		
119		QCSNSR5G		
120		QCSNSR5I		
121		QCSNSR5B		
122		QCSNSR5H		
123		**QCSNSR15M**		1
124		QCSNSR53		
125		QCSNSR54		
126		QCSNSR56		
127		QCSNSR57		
128		QCSNSR52		
129		QCSNSR5A		
130		QCSNSR55		
131		QCSNSR5J		
132		QCSNSR59		
133		QCSNSR6L		
134	QCSN6X4-0	QCSN6XM3		
135		QCSN6XM5		
136		QCSN6XM6		
137		QCSN6XM4		
138		QCSN6XM2		
139		QCSN6XL2		
140		QCSN6XLQ		
141		QCSN6XLR		
142		QCSN6XLU		
143		QCSN6XLT		
144		QCSN6XM7		
145		QCSN6XLW		
146		QCSN6XLX		
147		QCSN6XLY		
148		QCSN6XLV		
149		**QCSN6XLS**		1
150		QCSN6XLA		

รูปที่ ข.6 ผลการทดลองที่ 3.2 หาค่าน้ำหนักที่เหมาะสม (ต่อ)



ทดสอบน้ำหนักที่เหมาะสมของเซรามิก

รายชื่อ Barmount. วารุณี

รายชื่อ Collimator. สมจิตร

เซรามิก น้ำหนัก X กรัม

No.	Chunks	Bar id	Collimator	
			Pass	Fail
151		PCSNYEJI		
152	PCSOTQI-0	PCSOTQLJ		
153		PCSOTQLL		
154		PCSOTQLM		
155		PCSOTQLN		
156		PCSOTQLO		
157		PCSOTQLP		
158		PCSOTQLQ		
159		PCSOTQLR		
160		PCSOTQLS		
161		PCSOTQLT		
162		PCSOTQL8		
163		PCSOTQL9		
164		PCSOTQLA		
165		PCSOTQLB		
166		PCSOTQLD		
167		PCSOTQLI		
168		PCSOTQLF		
169		PCSOTQLG		
170		PCSOTQLH		
171		**PCSOTQLE**		1
172	PCSOTQI-0	PCSOTQJO		
173		PCSOTQJN		
174		PCSOTQMM		
175		PCSOTQMK		
176		PCSOTQMJ		
177		PCSOTQM		
178		PCSOTQMH		
179		PCSOTQMG		
180		PCSOTQMF		
181		PCSOTQM4		
182		PCSOTQM2		
183		PCSOTQM1		
184		PCSOTQLY		
185		PCSOTQLX		
186		PCSOTQM3		
187		PCSOTQL2		
188		CSOTQLW		
189		PCSOTQLV		
190		PCSOTQLU		
191		PCSOTQME		
192		PCSOTQMD		
193		PCSOTQMB		
194		PCSOTQMA		
195		PCSOTQM7		
196		PCSOTQM8		
197		PCSOTQMC		
198		PCSOTQM9		
199		PCSOTQM5		
200		PCSOTQM6		
201		**QCSNM7KX**		1
202		QCSNM7L8		
203		QCSNM7L6		
204		QCSNM7LA		
205		QCSNM7LD		
206		QCSNM7LF		
207		QCSNM7L1		
208		QCSNM7K2		
209		QCSNM7L4		
210		QCSNM7KV		
211		PCSMTHR1		
212		PCSMTHQM		
213		PCSMTHQJ		
214		PCSMTHQH		
215		PCSMTHQF		
216		PCSMTHQD		
217		PCSMTHPY		
218		PCSMTHPW		
219		PCSMTHPU		
220		PCSMTHPS		
Fail			4	
Total Fail			4	
Total Load			220	
Total Pass			216	

ทดสอบน้ำหนักที่เหมาะสมของเซรามิก

รายชื่อ Barmount. วารุณี

รายชื่อ Collimator. สมจิตร

วัสดุ ก น้ำหนัก X กรัม

No.	Chunks	Bar id	Collimator	
			Pass	Fail
151		QCSNL06V		
152	QCSNUK8-0	QCSNUK95		
153		QCSNUK94		
154		QCSNUK93		
155		QCSNUK91		
156		QCSNUK92		
157		QCSNUK90		
158		QCSNUK82		
159		QCSNUK8Y		
160		QCSNUK8W		
161		QCSNUKAG		
162		QCSNUKAI		
163		QCSNUK8V		
164		QCSNUKAK		
165		QCSNUK8P		
166		QCSNUK8Q		
167		QCSNUK8R		
168		QCSNUK85		
169		QCSNUK8T		
170		QCSNUK8U		
171		**QCSNUKAJ**		1
172		QCSNUKAF		
173		QCSNUKAH		
174		QCSNUKAC		
175		QCSNUKAB		
176		QCSNUKAD		
177		QCSNUKAA		
178		QCSNUK8U		
179		QCSNUK8V		
180		QCSNUKD8		
181		QCSNUKDA		
182		QCSNUKB5		
183		QCSNUKB4		
184		QCSNUKB7		
185		QCSNUKBB		
186		QCSNUKBF		
187		QCSNUKB9		
188		QCSNUKBE		
189		QCSNUKB8		
190		QCSNUKBD		
191		QCSNUKB3		
192		QCSNUKB2		
193		QCSNUKB1		
194		QCSNUKB0		
195		QCSNUKA2		
196		QCSNUKAY		
197		QCSNUKAW		
198		QCSNUKAX		
199		QCSNUKAV		
200		QCSNUKAL		
201		QCSNUKAM		
202		QCSNUKAN		
203		QCSNUKAR		
204		QCSNUKAQ		
205		QCSNUKAP		
206		QCSNUKAU		
207		QCSNUKAT		
208		QCSNUKAS		
209		QCSNUKBG		
210		QCSNUKBH		
211		QCSNUKBI		
212	QCSNLE8-0	**QCSNLEC5**		1
213		QCSNLEBF		
214		QCSNLEBG		
215		QCSNLEBH		
216		QCSNLEB0		
217		QCSNLEB8		
218		QCSNLEBD		
219		QCSNLEBE		
220		QCSNLEB9		
Fail			7	
Total Fail			7	
Total Load			220	
Total Pass			213	

ทดสอบน้ำหนักที่เหมาะสมของเซรามิก

รายชื่อ Barmount. วารุณี

รายชื่อ Collimator. สมจิตร

วัสดุ ก น้ำหนัก Y กรัม

No.	Chunks	Bar id	Collimator	
			Pass	Fail
151		QCSNM7JT		
152		QCSNM7JV		
153		QCSNM7JX		
154		QCSNM7I6		
155		QCSNM7LY		
156		CSNM7M3		
157		QCSNM7M1		
158		QCSNM7M5		
159		**QCSNM7J2**		1
160	PCSNWPD-0	PCSNWPG7		
161		PCSNWPG5		
162		PCSNWPFV		
163		PCSNWPFW		
164		PCSNWPFX		
165		PCSNWPFY		
166		PCSNWPF2		
167		PCSNWPG2		
168		PCSNWPG1		
169		PCSNWPG4		
170		PCSNWPG6		
171		PCSNWPFK		
172		PCSNWPFL		
173		PCSNWPFM		
174		PCSNWPFO		
175		CSNWPFP		
176		PCSNWPFQ		
177		CSNWPFR		
178		PCSNWPFT		
179		PCSNWPFU		
180		PCSNWPFG		
181		PCSNWPFF		
182		PCSNWPFE		
183		PCSNWPFD		
184		PCSNWPFB		
185		PCSNWPFA		
186		PCSNWPF9		
187		PCSNWPF8		
188		PCSNWPFJ		
189		PCSNWPFI		
190		PCSNWPF7		
191		PCSNWPF6		
192		PCSNWPF5		
193		PCSNWPF4		
194		PCSNWPF2		
195		PCSNWPF3		
196		PCSNWPF1		
197		PCSNWPF0		
198		PCSNWPE2		
199		PCSNWPFH		
200	QCSNM7I-9	**QCSNM7M9**		1
201		QCSNM7MM		
202		QCSNM7MF		
203		QCSNM7MD		
204		QCSNM7MB		
205		QCSNM7MH		
206		QCSNM7M7		
207		QCSNM7KB		
208		QCSNM7K4		
209		QCSNM7K3		
210		QCSNM7K2		
211		QCSNM7KT		
212		QCSNM7KP		
213		QCSNM7KM		
214		QCSNM7KI		
215		QCSNM7KR		
216		QCSNM7KK		
217		QCSNM7KG		
218		QCSNM7KE		
219		QCSNM7MK		
220		QCSNM7J5		
Fail			9	
Total Fail			9	
Total Load			220	
Total Pass			211	

ทดสอบน้ำหนักที่เหมาะสมของเซรามิก

รายชื่อ Barmount. วารุณี

รายชื่อ Collimator. สมจิตร

วัสดุ ก น้ำหนัก Z กรัม

No.	Chunks	Bar id	Collimator	
			Pass	Fail
151		QCSN6XL9		
152		QCSN6XL8		
153		QCSN6XLP		
154		QCSN6XLO		
155		QCSN6XLN		
156		QCSN6XLL		
157		QCSN6XLK		
158		QCSN6XLJ		
159		QCSN6XLI		
160		QCSN6XLH		
161		QCSN6XLG		
162		QCSN6XLF		
163		QCSN6XLE		
164		QCSN6XLD		
165		QCSN6XLB		
166	PCSMTHM-0	PCSMTHNN		
167		PCSMTHNJ		
168		PCSMTHNH		
169		PCSMTHN7		
170		PCSMTHR5		
171		PCSMTHNE		
172		PCSMTHNL		
173		PCSMTHR3		
174		PCSMTHR8		
175		PCSMTHN2		
176		PCSMTHMQ		
177		PCSMTHMS		
178		PCSMTHRA		
179		PCSMTHM2		
180		PCSMTHN1		
181		PCSMTHMX		
182		PCSMTHMV		
183		PCSMTHPD		
184		PCSMTHPJ		
185		PCSMTHPP		
186		PCSMTHP2		
187		PCSMTHP9		
188		PCSMTHOX		
189		PCSMTHP6		
190		PCSMTHOE		
191		PCSMTHO2		
192		PCSMTHO4		
193		PCSMTHO8		
194		PCSMTHOA		
195		PCSMTHOT		
196		PCSMTHPH		
197		PCSMTHPN		
198		PCSMTHPF		
199		PCSMTHQ3		
200		PCSMTHP4		
201		PCSMTHPL		
202		PCSMTHQ1		
203		PCSMTHOR		
204		PCSMTHOV		
205		PCSMTHPA		
206		PCSMTHO6		
207		PCSMTHOL		
208		PCSMTHOC		
209		PCSMTHON		
210		PCSMTHOH		
211		PCSMTHOJ		
212		PCSMTHNP		
213		**PCSMTHNR**		1
214		PCSMTHNT		
215		PCSMTHNV		
216		PCSMTHNX		
217		PCSMTHN2		
218		PCSMTHO2		
219		PCSMTHN5		
220		PCSMTHNB		
Fail			9	
Total Fail			9	
Total Load			220	
Total Pass			211	

รูปที่ ข.6 ผลการทดลองที่ 3.2 หาค่าน้ำหนักที่เหมาะสม (ต่อ)

ภาคผนวก ค

บทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รายชื่อบทความทางวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่

นุสรา ผาระนัตร และ ปภากร พิทยชวาล (2555). **การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพการเตรียมสไลเดอร์ในกระบวนการขัดเปิดผิวหน้า.** ประชุมวิชาการช่วยงานวิศวกรรมอุตสาหการ ครั้งที่ 7 (IE NETWORK CONFERENCE 2012), โรงแรมเมธาวลัย ชะอำ จังหวัดเพชรบุรี. ระหว่างวันที่ 17-19 ตุลาคม 2555

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี พ.ศ. 2555
17-19 ตุลาคม 2555 ชะอำ เพชรบุรี

การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพการเตรียมสไลเดอร์ในกระบวนการขัดเปิดผิวหน้า

Analysis of Production Factors for Quality of Slider Preparation in Lapping Process

นุสรา ผาระนัตร[1] และ ปภากร พิทยชวาล[2]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000

[2]สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000

E-mail: [1] nudsara-p@hotmail.com, [2]paphakom@g.sut.ac.th

บทคัดย่อ

การเตรียมสไลเดอร์ (Slider) ก่อนที่จะนำเข้ากระบวนการขัดเปิดผิวหน้า (Lapping process) ถือเป็นกระบวนการที่สำคัญในการผลิตสไลเดอร์ของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ เนื่องจากเป็นกระบวนการเริ่มต้นก่อนส่งสไลเดอร์เข้าสู่การขัดสารเคลือบผิวหน้า หากสไลเดอร์ที่เตรียมไม่อยู่ในตำแหน่งที่ตั้งฉากกับอุปกรณ์จับยึด จะทำให้เกิดของเสียขั้นตอนต่อไป แม้ว่าของเสียที่เกิดขึ้นจะสามารถแก้ไขเพื่อให้นำกลับมาใช้ใหม่ได้ แต่คุณภาพของชิ้นงานลดลง บทความนี้นำเสนอการวิจัยปัจจัยที่มีผลทำให้เกิดของเสียในขั้นตอนการเตรียมสไลเดอร์บนอุปกรณ์จับยึด ผลการวิจัยพบว่า การใส่และไม่ใส่เซรามิกทับสไลเดอร์ในขั้นตอนการอบสไลเดอร์ เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดของเสียอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งการใส่เซรามิกทับสไลเดอร์ในขั้นตอนการอบสไลเดอร์สามารถลดของเสียลงได้ 62%

คำหลัก: สไลเดอร์ กระบวนการขัดผิวหน้า ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ สารเคลือบผิวหน้า อุปกรณ์จับยึด

Abstract

Preparing slider before lapping process is a critical step in hard disk drive producing because it is the first step transferring slider to lapping process. If slider is not in perpendicular to holders, it may causes waste products from the next step of production. Even though waste products can be fix to reuse but it causes lower quality of the products, the number of production supply and higher production cost. This research states the elements of waste products from slider preparation on Standard holding fixture. The result shows that putting and not putting ceramic on slider while baking are significant elements of waste products. Putting ceramic on slider causes 62% decreasing of waste products.

Keywords: Slider lapping process Hard Disk Drive Substrate Standard holding fixture

1.บทนำ

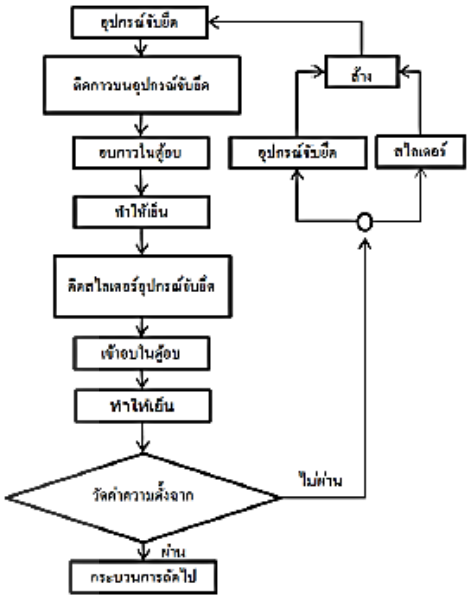
กระบวนการขัดเปิดผิวหน้า (Lapping process) คือ กระบวนการขัดสารเคลือบผิวหน้าออกจากสไลเดอร์ เพื่อเปิดขั้วสไลเดอร์ที่บริเวณปลาย เพื่อให้อุปกรณ์สามารถรับสัญญาณจากสไลเดอร์ได้และสัญญาณที่รับได้จะถูกแปลงเป็นค่าความต้านทานและแปลงเป็นค่าความหนาของสไลเดอร์ ซึ่งจะถูกส่งไปยังเครื่องขัดเพื่อขัดสารเคลือบเปิดผิวหน้าตามเป้าหมายของแต่ละสไลเดอร์

กระบวนการขัดเปิดผิวหน้ายังถือว่าเป็นกระบวนการที่สำคัญมากในกระบวนการผลิตสไลเดอร์ของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ เนื่องจากเป็นกระบวนการเริ่มต้นในการผลิต หากมีข้อผิดพลาด ก็จะส่งผลต่อการผลิตในขั้นตอนต่อไป และที่สำคัญคือคุณภาพของสไลเดอร์นั้นๆด้วย กระบวนการที่สำคัญต่อกระบวนการขัดเปิดผิวหน้าคือ กระบวนการเตรียมสไลเดอร์ก่อนการขัดเปิดผิวหน้าโดยจะต้องเตรียมงานให้ถูกต้องสมบูรณ์ เพราะอาจจะส่งผลต่อการขัดในขั้นตอนต่อไป ซึ่งสามารถอธิบายกระบวนการทำงานได้ดังรูปที่ 1 แผนผังขั้นตอนการเตรียมสไลเดอร์ก่อนการขัดเปิดผิวหน้า

กระบวนการเตรียมสไลเดอร์ คือกระบวนการที่นำเอาสไลเดอร์ วางติดลงบนอุปกรณ์จับยึดสไลเดอร์โดยใช้แผ่นกาวในการยึดติดสไลเดอร์ และอุปกรณ์จับยึดสไลเดอร์ โดยมีหลักการคือ การวางสไลเดอร์ลงบนอุปกรณ์จับยึดนั้นจะต้องเรียบ ไม่เอียงหรือเลื่อนออกจากบริเวณที่กำหนดบนอุปกรณ์จับยึด หลังจากนั้น จะนำไปวัดค่าความตั้งฉากที่เครื่องวัดมุมที่เรียกว่า Collimator เพื่อวัดว่าสไลเดอร์ที่วางลงบนอุปกรณ์จับยึด เรียบและไม่เอียงไปเกินกว่าค่าที่กำหนดเอาไว้ หากเอียงหรือมีค่าความตั้งฉากเกินกว่าที่กำหนด ก็จะถูกนำกลับไปเข้ากระบวนการทำซ้ำ เพื่อแก้ไขชิ้นงานให้เป็นไปตามที่เงื่อนไขที่กำหนด หากไม่เป็นไปตามค่าที่กำหนดสไลเดอร์ก็จะถูกทิ้งเป็นของเสีย ซึ่งสไลเดอร์ที่ผ่านกระบวนการทำซ้ำจะให้คุณภาพของชิ้นงานลดลง รวมทั้งทรัพยากรในการผลิตที่เพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ค่าใช้จ่ายในการผลิตเพิ่มมาตามลำดับ

บทความนี้นำเสนอการวิจัยปัจจัยที่มีผลทำให้เกิดของเสียในขั้นตอนการเตรียมสไลเดอร์บนอุปกรณ์จับยึด ผลจากการศึกษาในครั้งนี้จะนำไปควบคุมและพัฒนากระบวนการผลิตต่อไป

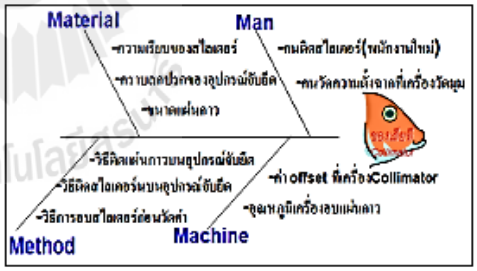
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการขัดเปิดผิวหน้าบนอุปกรณ์จับยึด[1]ได้ศึกษาเกี่ยวกับการวิเคราะห์ผลกระทบของอุปกรณ์จับยึดในกระบวนการขัดเปิดผิวหน้า ผลการวิจัยพบว่าสามารถทำนายเพื่อหาการทดสอบเพื่อหาอุปกรณ์จับยึดที่ไม่ได้มาตรฐาน นอกจากนั้น ยังมีการนำอุปกรณ์ควบคุมที่เรียกว่า บริดจ์โรลทูล (Bridge Row Tool) มาประยุกต์ใช้ในกระบวนการขัดสไลเดอร์เพื่อให้ถึงเป้าหมาย[2-4]



รูปที่ 1 แผนผังขั้นตอนการเตรียมสไลเดอร์ก่อนการขัดเปิดผิวหน้า

2.การดำเนินการ

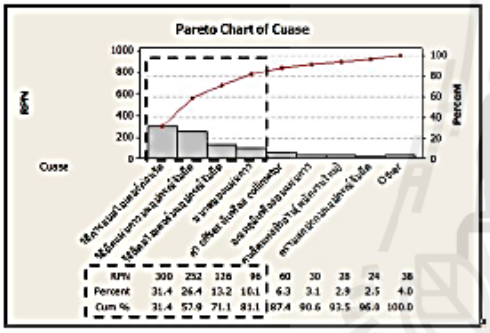
2.1 วิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลในการเกิดของเสีย จากการทำแผนภูมิก้างปลา (Fish bone diagram) ได้ข้อสรุปดังนี้



รูปที่ 2 แผนภูมิก้างปลา(Fish bone diagram)

จากการวิเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการทำงานในกระบวนการและคาดว่าก่อให้เกิดของเสียที่กระบวนการเตรียมก่อนขัดสไลเดอร์ โดยใช้หลักการ 4M ดังแสดงในรูปที่ 2 สามารถสรุปดังต่อไปนี้ สาเหตุที่เกิดจากมนุษย์ (Man) ได้แก่ งานเสียเกิดจากพนักงานใหม่ ทำให้ไม่มีทักษะและความเชี่ยวชาญที่เพียงพอในการทำงาน และงานเสียเกิดจากพนักงานวัดงานที่เครื่องวัดมุม สาเหตุที่เกิดจากวิธี(Method)ได้แก่วิธีการอบสไลเดอร์ก่อนวัดค่าที่เครื่องวัด วิธีติดสไลเดอร์บนอุปกรณ์จับยึดและวิธีติดแผ่น

กาวบนอุปกรณ์จับยึดสาเหตุที่เกิดจากเครื่องจักร (Machine)ได้แก่อุณหภูมิเครื่องอบแผ่นกาวและค่าoffset ที่เครื่องวัดมุม (Collimator)และสาเหตุที่เกิดจากวัตถุดิบ (Material)ได้แก่ความเรียบของสไลเดอร์ ความสกปรกของอุปกรณ์จับยึดและขนาดแผ่นกาวและจากปัจจัยที่วิเคราะห์เบื้องต้นได้นำเอาหลักกระบวนการที่เรียกว่า FMEA(Failure Modes and Effects Analysis) ที่มีงานวิจัยนำไปใช้เพื่อนำวิธีการนี้ไปใช้ในงานอุตสาหกรรมให้เกิดประสิทธิผล [5] เพื่อระดมความคิดเห็นของผู้ที่เกี่ยวข้องพร้อมกับให้คะแนนในแต่และสาเหตุที่คาดว่าจะเป็นปัจจัย สรุปคะแนนและได้แผนภาพของพาเรโต ดังนี้



รูปที่ 3 แผนภาพพาเรโต (Pareto chart)

จากพาเรโตพบว่าสาเหตุที่ก่อให้เกิดของเสียสะสม 80% ได้แก่ (1) วิธีการอบสไลเดอร์ก่อนวัด (2)วิธีติดแผ่นกาวบนอุปกรณ์จับยึด (3)วิธีติดสไลเดอร์บนอุปกรณ์จับยึด และ(4)ขนาดของแผ่นกาว ดังนั้นถ้าเราสามารถควบคุมการทำงานทั้ง 4 ข้อดังกล่าวข้างต้นได้ เราจะสามารถลดของเสียสะสมลงได้ ดังนั้นปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานข้างต้นจะถูกกำหนดเป็นพารามิเตอร์ที่คาดว่าจะมีผลต่อกระบวนการผลิต

2.2 การกำหนดปัจจัยในการทดลอง

2.2.1 ปัจจัยที่ควบคุม ได้แก่ คนที่ทำงานในแต่ละตำแหน่ง (Operator) แผ่นกาวชุดหมายเลขXXXABC150 Adhesive glue batch) ตู้อบสไลเดอร์ (Oven) ชนิดของสไลเดอร์ (Slider) และการใช้แท่งเซรามิก (Ceramic)

2.2.2 ปัจจัยที่คาดว่าจะมีผลได้แก่ ตำแหน่งที่กดแผ่นกาว ซึ่งการทำงานที่สภาวะปกติจะกดแผ่นกาวบริเวณหัว-ท้าย ขนาดแผ่นกาว ซึ่งการทำงานที่สภาวะปกติใช้แผ่นกาวขนาด A เมตร การนำเซรามิกมาวางทับสไลเดอร์ซึ่งการทำงานที่สภาวะปกติไม่ใส่เข้าอบพร้อมสไลเดอร์และ การทำให้เย็นก่อนวางสไลเดอร์ ซึ่งการทำงานที่สภาวะปกติทำให้เย็น จากปัจจัยที่ควบคุมได้และควบคุมไม่ได้สามารถสรุปสภาวะการทำงานปกติได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตารางที่สภาวะการทำงานปกติ

ขนาดแผ่นกาว(เมตร)	บริเวณกดแผ่นกาว	เซรามิก	ทำให้เย็นหลังอบ
A	หัว-ท้าย	ไม่ใส่เข้าอบ	ทำให้เย็น

3. การออกแบบการทดลอง

จากปัจจัยที่เกี่ยวข้องดังแสดงในแผนภาพพาเรโต สามารถออกแบบการทดลองออกเป็น 4 การทดลองของแต่ละปัจจัยที่คาดว่าจะมีผลดังตารางที่ 2 และขนาดสิ่งตัวอย่างสามารถคำณวนได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$\overline{P} = \frac{n_1 p_1 + n_2 p_2}{n_1 n_2} \quad (1)$$

กรณีที่ $p_1 < p_2$ จะได้ว่า

$$\beta = 1 - \emptyset\left[\frac{-z_\alpha\sqrt{\overline{pq}\left(\frac{1}{n_1}+\frac{1}{n_2}\right)} - (p_1 - p_2)}{s_{\widehat{p_1}-\widehat{p_2}}}\right] \quad (2)$$

กำหนดให้ $n_1 = n_2 = n$ จะประมาณขนาดของสิ่งตัวอย่างดังสมการ

$$n = \left[\frac{z_\alpha\sqrt{(p_1+p_2)(q_1+q_2)/2} + z_\beta\sqrt{p_1 q_1 + p_2 q_2}}{p_1 - p_2}\right]^2 \quad (3)$$

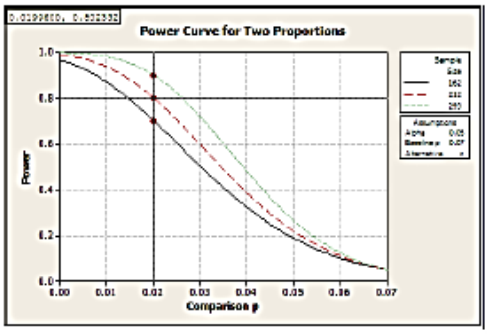
โดยที่ $q_1 = 1 - p_1$ และ $q_2 = 1 - p_2$

พบว่าที่กำลัง(Power)เท่ากับ70ใช้สิ่งตัวอย่าง(n)เท่ากับ162ที่กำลังเท่ากับ80ใช้สิ่งตัวอย่างเท่ากับ212 และที่กำลังเท่ากับ90ใช้สิ่งตัวอย่างเท่ากับ293 ดังแสดงในรูปที่ 4 ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้เลือกสิ่งตัวอย่างเท่ากับ 220 เนื่องจากจะทำให้เกิดกำลังที่ 80 ซึ่งสิ่งตัวอย่างที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน

ผลการทดลองจะถูกนำมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Minitabเพื่อการทดสอบความมีนัยสำคัญสำหรับพารามิเตอร์ และการทดสอบความมีนัยสำคัญของสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่อง [4],[6]

ค่าปัจจัยที่คาดว่าจะมีผลทำให้เกิดของเสียถูกนำมาออกแบบการทดลองดังแสดงในตารางที่ 2

การทดลองที่ 1 ศึกษาตำแหน่งการกดกาวมีผลต่อการเกิดของเสียหรือไม่ สามารถตั้งสมมติฐานการทดสอบได้ดังนี้ H_0:การกดแผ่นกาวหัว-ท้าย(P_1)ทำให้เกิดของเสียน้อยกว่าเท่ากับการกดแผ่นกาวตรงกลาง(P_2)



รูปที่ 4 จำนวนสิ่งตัวอย่างจากโปรแกรม Minitab

H_a: การกดแผ่นกาวหัว-ท้าย (P_1) ทำให้เกิดของเสียมากกว่าการกดแผ่นกาวตรงกลาง (P_2)

$$H_0: P_1 \leq P_2$$
$$H_a: P_1 > P_2 \quad (4)$$

การทดลองที่ 2 ศึกษาการใส่และไม่ใส่เซรามิกเข้าอบพร้อมสไลเดอร์มีผลต่อการเกิดของเสียหรือไม่สามารถตั้งสมมติฐานการทดสอบได้ดังนี้

H_o: ไม่ใส่เซรามิกเข้าอบพร้อมสไลเดอร์ (P_1) ทำให้เกิดของเสียน้อยกว่าเท่ากับใส่เซรามิกเข้าอบพร้อมสไลเดอร์ (P_2)

H_a: ไม่ใส่เซรามิกเข้าอบพร้อมสไลเดอร์ (P_1) ทำให้เกิดของเสียมากกว่าใส่เซรามิกเข้าอบพร้อมสไลเดอร์ (P_2)

$$H_0: P_1 \leq P_2$$
$$H_a: P_1 > P_2 \quad (5)$$

การทดลองที่ 3 ศึกษาการขนาดของแผ่นกาวมีผลต่อการเกิดของเสียหรือไม่สามารถตั้งสมมติฐานการทดสอบได้ดังนี้ H_o: แผ่นกาวขนาดAเมตร (P_1)ทำให้เกิดของเสียน้อยกว่าเท่ากับแผ่นกาวขนาดBเมตร (P_2)

H_a: แผ่นกาวขนาดAเมตร (P_1) ทำให้เกิดของเสียมากกว่าแผ่นกาวขนาดBเมตร (P_2)

$$H_0: P_1 \leq P_2$$
$$H_a: P_1 > P_2 \quad (6)$$

การทดลองที่ 4 ศึกษาการทำให้กาวเย็นลงก่อนวางสไลเดอร์มีผลต่อการเกิดของเสียหรือไม่ในการทดสอบสามารถตั้งสมมติฐานการทดสอบได้ดังนี้

H_o: ทำให้กาวเย็นลงก่อนวางสไลเดอร์ (P_1) ทำให้เกิดของเสียน้อยกว่าเท่ากับไม่ทำให้กาวเย็นลงก่อนวางสไล-เดอร์ (P_2)

H_a: ทำให้กาวเย็นลงก่อนวางสไลเดอร์ (P_1) ทำให้เกิดของเสียมากกว่าไม่ทำให้กาวเย็นลงก่อนวางสไลเดอร์ (P_2)

$$H_0: P_1 \leq P_2$$
$$H_a: P_1 > P_2 \quad (7)$$

4. ผลการทดลอง

จากการออกแบบการทดลองได้ผลการทดลองดังตารางที่ 3 ซึ่งแสดงของเสียที่เกิดขึ้นในแต่ละสมมติฐาน จากข้อมูลนี้จะนำไปวิเคราะห์ความมีนัยสำคัญของสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่อง กรณีประชากรสองชุดเมื่อประชากรชุดที่ 1 (P_1) คือการทำงานที่สภาวะปกติและประชากรชุดที่ 2 (P_2) คือการทำงานที่สภาวะที่คาดว่าจะมีผลต่อการลดของเสียในกระบวนการผลิต

4.1 การวิเคราะห์การทดลองที่ 1 ผลจากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Minitab สามารถบอกค่า P-Value = 0.657 ซึ่งมากกว่า 0.05 จึงยอมรับสมมติฐานหลัก (Ho: $P_1 \leq P_2$) ดังนั้น การกดแผ่นกาวที่ตำแหน่งใดๆ ไม่มีผลก่อให้เกิดจำนวนของเสียที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ 0.05

4.2 การวิเคราะห์การทดลองที่ 2 ผลจากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Minitab สามารถบอกค่า P-Value = 0.017 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_o: $P_1 \leq P_2$) และยอมรับสมมติฐานรอง (Ha: $P_1 > P_2$) ดังนั้นการไม่ใส่และใส่เซรามิกเข้าอบพร้อมสไลเดอร์มีผลก่อให้เกิดจำนวนของเสียที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ 0.05

4.3 การวิเคราะห์การทดลองที่ 3 ผลจากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Mini tab สามารถบอกค่า P-Value = 0.888 ดังตารางที่ 4 ซึ่งมากกว่า 0.05 จึงยอมรับสมมติฐานหลัก (H_o: $P_1 \leq P_2$) ดังนั้น แผ่นกาวขนาดใดๆ ไม่มีผลก่อให้เกิดจำนวนของเสียที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ 0.05

4.4 การวิเคราะห์การทดลองที่ 4

ผลจากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Mini tab สามารถบอกค่า P-Value = 0.996 ดังตารางที่ 4 ซึ่งมากกว่า 0.05 จึงยอมรับสมมติฐานหลัก (H_o: $P_1 \leq P_2$) ดังนั้น การทำให้เย็นและไม่ทำให้เย็นก่อนวางสไลเดอร์ไม่มีผลก่อให้เกิดจำนวนของเสียที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ 0.05

สามารถสรุปผลการทดลองทั้งหมดได้ดังตารางที่ 4 ที่ $\alpha = 0.05$ (ที่ค่าความเชื่อมั่น 95%)

ตารางที่ 2 การออกแบบการทดลอง

	การทดลอง	ขนาดแผ่นกาว (เมตร)		บริเวณกดแผ่นกาว		เซรามิก		ทำให้เย็นหลังอบ		จำนวน
		A	B	กลาง	หัวท้าย	ใส่เข้าอบ	ไม่ใส่เข้าอบ	ไม่ทำให้เย็นหลังอบ	ทำให้เย็นหลังอบ	
1	กดแผ่นกาวหัวท้าย(P1)		X		X		X		X	220
	กดแผ่นกาวตรงกลาง(P2)		X	X			X		X	220
2	ไม่ใส่เซรามิกเข้าอบพร้อมสไลเดอร์ (P1)		X		X		X		X	220
	ใส่เซรามิกเข้าอบพร้อมสไลเดอร์ (P2)		X		X	X			X	220
3	แผ่นกาวขนาด B เมตร(P1)		X		X		X		X	220
	แผ่นกาวขนาด A เมตร(P2)	X			X		X		X	220
4	ทำให้เย็นหลังอบ(P1)		X		X		X		X	220
	ไม่ทำให้เย็นหลังอบ(P2)		X		X		X	X		220

ตารางที่ 3 ผลการทดลอง

การทดลอง	สมมติฐาน	จำนวน	ของเสีย
1	กดแผ่นกาวบริเวณหัว-ท้าย	220	12
	กดแผ่นกาวบริเวณกลาง	220	14
2	ไม่ใส่เซรามิกเข้าอบพร้อมสไลเดอร์	220	42
	ใส่เซรามิกเข้าอบพร้อมสไลเดอร์	220	26
3	แผ่นกาวขนาด A เมตร	220	10
	แผ่นกาวขนาด B เมตร	220	16
4	ทำให้เย็นก่อนวางสไลเดอร์	220	5
	ไม่ทำให้เย็นก่อนวางสไลเดอร์	220	17

ตารางที่ 4 ตารางสรุปผลการทดลอง

Test	Statement	Equation	P-Value	Level of significant
1	กดแผ่นกาวหัวท้ายทำให้เกิดของเสียน้อยกว่าเท่ากับกดแผ่นกาวตรงกลาง	Ho: P1≤P2	0.657	ตำแหน่งการกดแผ่นกาวไม่มีผลต่อการเกิดของเสีย

ตารางที่ 4 (ต่อ)

Test	Statement	Equation	P-Value	Level of significant
2	ไม่ใส่เซรามิกเข้าอบพร้อมสไลเดอร์ทำให้เกิดของเสียมากกว่าใส่เซรามิกเข้าอบพร้อมสไลเดอร์	Ha: P1>P2	0.017	ไม่ใส่และใส่เซรามิกเข้าอบพร้อมสไลเดอร์มีผลต่อการเกิดของเสีย
3	แผ่นกาวขนาดA เมตรทำให้เกิดของเสียน้อยกว่าเท่ากับแผ่นกาวขนาด B เมตร	Ho: P1≤P2	0.888	ขนาดแผ่นกาวไม่มีผลกับการเกิดของเสีย
	แผ่นกาวขนาดA เมตรทำให้เกิดของเสียมากกว่าแผ่นกาวขนาดB เมตร	Ha: P1>P2		

ตารางที่ 4 (ต่อ)

Test	Statement	Equation	P-Value	Level of significant
4	การทำให้เย็นทำให้เกิดของน้อยกว่าเท่ากับไม่ทำให้เย็น	Ho: P1≤P2	0.996	การทำให้เย็นและไม่เย็นไม่มีผลต่อการเกิดของเสีย
	การทำให้เย็นทำให้เกิดของมากกว่าไม่ทำให้เย็น	Ha: P1>P2		

5.สรุป

ผลการวิจัยเพื่อหาปัจจัยในการทำให้เกิดของเสียในขั้นตอนการเตรียมสไลเดอร์บนอุปกรณ์จับยึด พบว่า การใส่และไม่ใส่เซรามิกเข้าอบพร้อมสไลเดอร์เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดของเสียในขั้นตอนการเตรียมสไล-เดอร์บนอุปกรณ์จับยึด จากการทดลองใส่เซรามิกเข้าอบพร้อมสไลเดอร์ก่อให้เกิดผลเสียลดลงอย่างมีนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้นการวิจัยขั้นต่อไปคือการหาน้ำหนักที่เหมาะสมของเซรามิกที่จะใช้ในกระบวนการอบพร้อมสไลเดอร์ เพื่อนำมาปรับปรุงคุณภาพของกระบวนการผลิตต่อไป

6.กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยและพัฒนานี้ได้รับการสนับสนุนและความร่วมมือจากสาขาวิชาเครื่องกล (แมคคาทรอนิกส์) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีและ บริษัท Seagate Technology(Thailand)Ltd. อ.สูงเนิน จ.นครราชสีมา

เอกสารอ้างอิง

[1] เกรียงศักดิ์ แสนสำโรง และสิริวิชญ์ เตชะเจษฎารังษี. 2008. "การวิเคราะห์ผลกระทบของอุปกรณ์จับยึด สไลเดอร์บาร์ในกระบวนการขัดเปิดผิวหน้า." วารสารวิจัย มข.13(8): 981-992.

[2] Mei Y., Stelson K.A., 2001. "Lapping Control of hard disk drive head," Trans.ASME, vol.123, pp. 439-448.

[3] Gatzen H.H., Meatzing J.C., Schwabe M.K., 1996."Precision Machining of Sigid Disk Head Sliders,".IEEE Trans. Magn., 23 (3),pp 1843 – 1849.

[4] Jiang M., Hao S., Komanduri R., 2003. "On the advanced lapping in the precision finishing of thin-flimmagnetic recording heads for rigid disk drive," Springer-Verlag,vol.123,pp.439-448

[5] Li-Feng Xi and Gang Xu, "The application of FMEA in process management," J. industrial Engineering and management.vol.1.pp 37-39, 2002. (in Chinese)

[6] กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. 2548. สถิติสำหรับงานวิศวกรรม เล่ม 2 (ประมวนผลด้วย MINITAB). กรุงเทพฯ:สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น)

ประวัติผู้เขียน

นางสาวนุสรา ผาระนัตร เกิดเมื่อวันที่ 18 เมษายน พ.ศ. 2528 เริ่มศึกษาชั้นประถมศึกษาจนกระทั่งถึงชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่โรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 14 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 ที่โรงเรียนปทุมเทพวิทยาคาร จังหวัดหนองคาย และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศกรรมโทรคมนาคม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา เมื่อปี พ.ศ. 2550 โดยหลังจากสำเร็จการศึกษา ได้รับใบอนุญาตเป็นผู้ประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุมระดับภาคีวิศวกร สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม และเริ่มทำงานที่บริษัทซีเกทเทคโนโลยี (ประเทศไทย) จำกัด ในตำแหน่งวิศวกรฝ่ายผลิต

ปี พ.ศ. 2553 เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี โดยขณะศึกษาได้รับทุนการศึกษาจากโครงการความร่วมมือของสามฝ่าย อันได้แก่ บริษัทซีเกทเทคโนโลยี (ประเทศไทย) จำกัด มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีและสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี