การเปรียบเทียบประสิทธิภาพเครื่องฉีดเทียน กรณีศึกษาบริษัท คริสตี้เจมส์ จำกัด

PERFORMANCE COMPARISON BETWEEN WAX INJECTORS : A CASE STUDY OF INJECTORS IN CHRISTY GEM CO., LTD.

พลอยไพรินทร์ ศรีสารคาม

สหกิจศึกษานี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (สถิติประยุกต์)
ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PERFORMANCE COMPARISON BETWEEN WAX INJECTORS : A CASE STUDY OF INJECTORS IN CHRISTY GEM CO., LTD.

PLOYPAIRIN SRISARAKAM

A COOPERATIVE EDUCATION SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT FOR
THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE (APPLIED STATISTICS)
DEPARTMENT OF STATISTICS FACULTY OF SCIENCE
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2018

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อสหกิจศึกษา	การเปรียบเทียบประสิทธิภาพเครื่องฉีดเทียน กรณีศึกษา บริษัท คริสตี้เจมส์ จำกัด Performace Comparison Between Wax Injectors : A Case Study of Injectors in Christy Gem Co., LTD.
ชื่อนักศึกษา	นางสาวพลอยไพรินทร์ ศรีสารคาม รหัสนักศึกษา 58051274
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (สถิติประยุกต์)
ภาควิชา	สถิติ
ปีการศึกษา	2561
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.วราพร เหลือสินทรัพย์

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.) อนุมัติให้สหกิจศึกษานี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (สถิติประยุกต์) ประจำปีการศึกษา 2561

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
ผศ.วราพร เหลือสินทรัพย์ ประธานกรรมการ	
ดร.สกุณา ศรีอโนมัย กรรมการ	
คุณปริญญา ทราจารวัฒน์ กรรมการ	T. Parinya

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อสหกิจศึกษา การเปรียบเทียบประสิทธิภาพเครื่องฉีดเทียน กรณีศึกษา บริษัท คริสตี้เจมส์ จำกัด

ชื่อนักศึกษา นางสาวพลอยไพรินทร์ ศรีสารคาม รหัสนักศึกษา 58051274

ปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต (สถิติประยุกต์)

ภาควิชา สถิติ

คณะ วิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.)

ปีการศึกษา 2561

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.วราพร เหลือสินทรัพย์

บทคัดย่อ

งานสหกิจศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพเครื่องฉีดเทียนทั้ง 4 เครื่อง ให้สามารถเป็นแนวทางในการวางแผนบำรุงรักษาเครื่องจักร และใช้เพื่อลดความสูญเปล่าจากการแต่งเทียน โดยผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลน้ำหนักครีบของแหวน 2 แบบ แบบละ 5 ซ้ำ จากเครื่องฉีดเทียนทั้งหมด 4 เครื่อง โดยมีเครื่องฉีดเทียนจำนวน 3 เครื่องที่มีหัวฉีดเทียน 2 หัวต่อเครื่อง ใช้การทดสอบ paired – t test เพื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างหัวฉีดเทียนฝั่งซ้ายและฝั่งขวา ใช้การวางแผนแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างเครื่องฉีดเทียน ทั้ง 4 เครื่อง ใช้การวางแผนแบบแบบแฟกทอเรียลเพื่อทดสอบอิทธิพลของเครื่องฉีดเทียนและแบบแหวนที่ส่งผลต่อน้ำหนักครีบ และใช้การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ (Multiple Comparison) โดยวิธี Fisher's Least Significant Difference : LSD

จากการศึกษาพบว่าเครื่องฉีดเทียนที่ให้ประสิทธิภาพดีที่สุดได้แก่ เครื่องฉีดเทียนที่ 1 และเหมาะสมกับแหวนแบบที่ 1 จากผลลัพธ์ข้างต้นทำให้บริษัทสามารถ ซ่อมแซม ปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่องฉีดเทียนที่ 2 3 และ 4 โดยศึกษาจากวิธีการดูแลรักษาเครื่องฉีดเทียนที่ 1.ส่งผลให้สามารถช่วยลดความสูญเปล่าในการแต่งเทียนของฝ่ายผลิตลงได้

คำสำคัญ : การเปรียบเทียบประสิทธิภาพ เครื่องฉีดเทียน น้ำหนักครีปของแหวน หัวฉีดเทียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	Performace Comparison Between Wax Injectors : A Case Study of Injectors in Christy Gem Co., LTD.
Students	Miss Ploypairin Srisarakam Student ID 58051274
Degree	Bachelor of Science (Applied Statistics)
Department	Statistics
Faculty	Science
University	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL)
Academic Year	2018
Advisor	Assoc. Prof. Dr. Waraporn Lursinsap

Abstract

This coorperative study aimed to comparison performance of four wax injection machines and study to plan out their machine maintenance routine for reduce time of wax filing process. The author collected data on the 2 types of ring. Five samples of each type were collected from all 4 injection machines. Three wax injection machines had 2 wax heads (left and right), while the other had one wax head. A paired-t test was used to test whether the left and right heads of the 3 wax injectors weigh performed differently, using Completely Ramdomized Design tested for comparison between four wax injector machines, Factorial test was used to test factor wax injector machine and types of ring affect to the average weight of excess wax and used multiple comparisons with Fisher's Least Significant Difference (LSD)

This can help reduce losses in the production of filing wax.

Key Word : Performance comparison, weight of excess wax injected, wax injection, wax heads

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

สหกิจศึกษานี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความกรุณาของ ผศ.วราพร เหลือสินทรัพย์ ที่เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ที่คอยกรุณาให้คำปรึกษา ความคิดเห็น ข้อเสนอแนะ พร้อมทั้งเอื้อเฟื้อเอกสารที่ใช้เป็นข้อมูลอ้างอิง ตลอดจนตรวจสอบและแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ และดร.สกุณา ศรีอโนมัย ที่คอยให้คำแนะนำและการสนับสนุน ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบพระคุณคณาจารย์สาขาสถิติประยุกต์ทุกท่านที่ได้ให้ความรู้แก่ผู้วิจัย

ขอขอบคุณบริษัทกรณีศึกษาที่ให้โอกาสได้เข้ามาฝึกงาน ได้ประสบการณ์ในการทำงานและเอื้อเฟื้อข้อมูลให้นำมาใช้ในการทำสหกิจศึกษา

ขอขอบพระคุณ คุณปริญญา ทราจารวัฒน์ ผู้จัดการทั่วไป และพี่ๆแผนกวิจัยและพัฒนาที่ให้คำปรึกษาและคำแนะนำตลอดระยะเวลาในการทำสหกิจศึกษาครั้งนี้จนสำเร็จไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณ คุณสุนันท์ จันทนุน และพนักงานทุกฝ่ายของโรงงานกรณีศึกษาที่ให้ความช่วยเหลือในด้านการศึกษากระบวนการผลิตของโรงงานและการเก็บข้อมูลเป็นอย่างดี

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณบุคคลที่ผู้วิจัยไม่ได้กล่าวถึงมา ณ ที่นี้ด้วย และขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และญาติพี่น้องที่ให้คำแนะนำ ตลอดจนให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยจนจบการปฏิบัติสหกิจศึกษาครั้งนี้

พลอยไพรินทร์ ศรีสารคาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ก

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ข

กิตติกรรมประกาศ ..... ค

สารบัญ ..... ง

สารบัญตาราง ..... ช

สารบัญรูป ..... ฌ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 4

1.3 ขอบเขตการศึกษา 4

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 5

1.5 วิธีการดำเนินงาน 5

1.6 สมมติฐานการวิจัย 6

1.7 ตัวแปร 6

1.8 นิยามศัพท์ 6

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 7

2.1 ขั้นตอนการผลิตแหวน 7

2.1.1 การออกแบบชิ้นงาน (Designing) 8

2.1.2 การทำแม่พิมพ์เงิน (Silver Model) 8

2.1.3 การทำแบบพิมพ์ยาง (Rubber Mold) 9

2.1.4 การฉีดเทียน (Wax Injection) 9

2.1.5 การหล่อตัวเรือน (Casting) 10

2.1.6 การแต่งตัวเรือน (Filing) 11

2.1.7 การฝัง (Setting) 11

2.1.8 การขัดเงา (Polishing) 12

2.1.9 การตรวจสอบคุณภาพ (Quality Control) 12

2.1.10 การประกันคุณภาพ (Quality Assurance) 13

2.1.11 การบรรจุภัณฑ์ (Packaging) 13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.2 สถิติที่ใช้ในงานวิจัย 13
2.2.1 การวิเคราะห์สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) 13
2.2.2 การทดสอบการแจกแจงปรกติ 14
2.2.3 การทดสอบความแปรปรวนเท่ากัน 15
2.2.4 การทดสอบความเป็นอิสระกัน 16
2.2.5 การทดสอบความแตกต่างของค่ากลาง 2 ประชากรไม่เป็นอิสระกัน 17
2.2.6 การทดสอบสมมติฐานความแตกต่างของค่าเฉลี่ยกรณีประชากร ตั้งแต่ 3 กลุ่มขึ้นไป 17
2.2.7 การเปรียบเทียบเชิงซ้อนวิธีผลต่างนัยสำคัญน้อยที่สุด 21
2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 22
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย 26
3.1 ศึกษาข้อมูลทั่วไปของบริษัทและปัญหาที่เกิดขึ้น 27
3.1.1 ข้อมูลทั่วไปของบริษัทกรณีศึกษา 27
3.1.2 ศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้น 27
3.2 ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 27
3.3 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย 28
3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล 29
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล 31
3.6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 31
บทที่ 4 ผลการวิจัย 32
4.1 ข้อมูลน้ำหนักของเทียนที่ได้จากเครื่องฉีดเทียน 32
4.1.1 ค่าเฉลี่ยน้ำและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานน้ำหนักครีปของเทียน จากเครื่องฉีดเทียนแต่ละเครื่อง 32
4.2 ผลการทดสอบสมมติฐาน 35
4.2.1 การวิเคราะห์แบบ Paired – t test 36
4.2.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับการวางแผนแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design : CRD) 37
4.2.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับแผนการทดลองแบบแฟกทอเรียล 48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 40

5.1 สรุปผลการวิจัย 40

5.1.1 สรุปผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการฉีดเทียนของเครื่องฉีดเทียน 40

5.1.2 สรุปผลการนำไปใช้เป็นแนวทางในการวางแผน
การบำรุงรักษาเครื่องฉีดเทียน 40

5.1.3 สรุปผลการลดความสูญเปล่าอันเกิดจากการแต่งเทียน 40

5.2 ข้อเสนอแนะงานวิจัย 41

5.3 ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินวิจัย 41

บรรณานุกรม 42

ภาคผนวก 45

ภาคผนวก ก 46

ภาคผนวก ข 69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1.1 แสดงรายการสินค้าส่งออกสำคัญ 10 รายการของไทยประจำปี 2561 (เดือนพฤศจิกายน) .. 2

1.2 สถิติการส่งออก - อัญมณีและเครื่องประดับของไทยระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2561 3

2.1 ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนจำแนกทางเดียว (ANOVA)..... 18

2.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับการทดลองแบบแฟกทอเรียลชนิด 2 ปัจจัย
โดยมีตัวแบบอิทธิพลคงที่..... 20

3.1 ข้อมูลเครื่องฉีดเทียน..... 29

3.2 ข้อดี - ข้อเสียของเครื่องฉีดเทียนที่ได้จากการสอบถามผู้ใช้งานในฝ่ายผลิต 30

4.1 ข้อมูลน้ำหนักครีปของเทียนจากแบบแหวนแบบที่ 1 เครื่องฉีดเทียนที่ 1 32

4.2 ข้อมูลน้ำหนักครีปของเทียนจากแบบแหวนแบบที่ 1 เครื่องฉีดเทียนที่ 2 32

4.3 ข้อมูลน้ำหนักครีปของเทียนจากแบบแหวนแบบที่ 1 เครื่องฉีดเทียนที่ 3 33

4.4 ข้อมูลน้ำหนักครีปของเทียนจากแบบแหวนแบบที่ 2 เครื่องฉีดเทียนที่ 1 33

4.5 ข้อมูลน้ำหนักครีปของเทียนจากแบบแหวนแบบที่ 2 เครื่องฉีดเทียนที่ 2 33

4.6 ข้อมูลน้ำหนักครีปของเทียนจากแบบแหวนแบบที่ 2 เครื่องฉีดเทียนที่ 3 34

4.7 ข้อมูลน้ำหนักครีปของเทียนจากเครื่องฉีดเทียนที่ 4..... 34

4.8 ข้อมูลทั่วไปของน้ำหนักเทียนจากแบบแหวนแบบที่ 1 จากเครื่องฉีดเทียนทั้ง 4 เครื่อง 35

4.9 ข้อมูลทั่วไปของน้ำหนักเทียนจากแบบแหวนแบบที่ 2 จากเครื่องฉีดเทียนทั้ง 4 เครื่อง 35

4.10 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยน้ำหนักของครีปแหวนแบบที่ 1 จากเครื่องฉีดเทียนที่ 1 36

4.11 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยน้ำหนักของครีปแหวนแบบที่ 1 จากเครื่องฉีดเทียนที่ 2 36

4.12 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยน้ำหนักของครีปแหวนแบบที่ 1 จากเครื่องฉีดเทียนที่ 3 36

4.13 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยน้ำหนักของครีปแหวนแบบที่ 2 จากเครื่องฉีดเทียนที่ 1 36

4.14 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยน้ำหนักของครีปแหวนแบบที่ 2 จากเครื่องฉีดเทียนที่ 2 37

4.15 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยน้ำหนักของครีปแหวนแบบที่ 2 จากเครื่องฉีดเทียนที่ 3 37

4.16 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยน้ำหนักของแหวนที่ได้จากเครื่องฉีดเทียน ทั้ง 4 เครื่อง
เปรียบเทียบแบบแหวนที่ 1 โดยใช้วิธี CRD 37

4.17 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยน้ำหนักของแหวนที่ได้จากเครื่องฉีดเทียน ทั้ง 4 เครื่อง
เปรียบเทียบแบบแหวนที่ 2 โดยใช้วิธี CRD 38

4.18 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยน้ำหนักของแหวนที่ได้จากเครื่องฉีดเทียน ทั้ง 4 เครื่อง
เปรียบเทียบแบบแหวน โดยใช้การวางแผนแบบแฟกทอเรียล 38

4.19 ผลการเปรียบเทียบเชิงซ้อนจากเครื่องฉีดเทียนที่ 1 39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

ข.1 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยน้ำหนักของแหวนแบบที่ 1 เครื่องฉีดเทียนที่ 1 โดยใช้วิธี Paired – t test 70
ข.2 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยน้ำหนักของแหวนแบบที่ 1 เครื่องฉีดเทียนที่ 2 โดยใช้วิธี Paired – t test 70
ข.3 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยน้ำหนักของแหวนแบบที่ 1 เครื่องฉีดเทียนที่ 3 โดยใช้วิธี Paired – t test 71
ข.4 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยน้ำหนักของแหวนแบบที่ 2 เครื่องฉีดเทียนที่ 1 โดยใช้วิธี Paired – t test 71
ข.5 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยน้ำหนักของแหวนแบบที่ 2 เครื่องฉีดเทียนที่ 2 โดยใช้วิธี Paired – t test 71
ข.6 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยน้ำหนักของแหวนแบบที่ 2 เครื่องฉีดเทียนที่ 3 โดยใช้วิธี Paired – t test 71
ข.7 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยน้ำหนักของแหวนที่ได้จากเครื่องฉีดเทียน ทั้ง 4 เครื่อง เปรียบเทียบแบบแหวนที่ 1 โดยใช้การวางแผนแบบสุ่มสมบูรณ์ 72
ข.8 ผลการเปรียบเทียบเชิงซ้อน (Multiple Comparison) โดยใช้วิธี Fisher's Least Significant Difference : LSD 72
ข.9 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยน้ำหนักของแหวนที่ได้จากเครื่องฉีดเทียน ทั้ง 4 เครื่อง เปรียบเทียบแบบแหวนทั้งสองแบบ โดยใช้แผนการทดลองแบบแฟกทอเรียล 73
ข.10 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยน้ำหนักของแหวนที่ได้จากเครื่องฉีดเทียน ทั้ง 4 เครื่อง เปรียบเทียบแบบแหวนที่ 2 โดยใช้การวางแผนแบบสุ่มสมบูรณ์ 77
ข.11 ผลการเปรียบเทียบเชิงซ้อน (Multiple Comparison) โดยใช้วิธี Fisher's Least Significant Difference : LSD 74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 วิธีการดำเนินงาน	5
2.1 การออกแบบชิ้นงานโดยโปรแกรม CAD	8
2.2 แม่พิมพ์แหวนเงิน ที่หล่อจากเรซิ่น	9
2.3 พิมพ์ยาง (บล็อคยาง) ที่ผ่าเรียบร้อยแล้วใช้สำหรับฉีดเทียน	9
2.4 การฉีดเทียนโดยเครื่องฉีดเทียน	10
2.5 การนำต้นเทียนเพื่อทำเบ้าปูน	10
2.6 ต้นเงินของแหวน ที่ได้จากการหล่อ	10
2.7 การแต่งตัวเรือน	11
2.8 การฝังประดับอัญมณีลงบนตัวเรือน	11
2.9 การขัดเงาตัวเรือน	12
3.1 ลำดับขั้นตอนวิธีการดำเนินงานวิจัย	26
3.2 ใบบันทึกข้อมูลการฉีดเทียน	28
4.1 กราฟค่าเฉลี่ยน้ำหนักครีปของแหวนจากเครื่องฉีดเทียน	39
ก.1 ผลการทดสอบการแจกแจงปรกติแหวนแบบที่ 1 เครื่องฉีดเทียนที่ 1 หัวฉีดเทียนฝั่งซ้าย	47
ก.2 ผลการทดสอบการแจกแจงปรกติแหวนแบบที่ 1 เครื่องฉีดเทียนที่ 1 หัวฉีดเทียนฝั่งขวา	48
ก.3 ผลการทดสอบการแจกแจงปรกติแหวนแบบที่ 1 เครื่องฉีดเทียนที่ 2 หัวฉีดเทียนฝั่งซ้าย	48
ก.4 ผลการทดสอบการแจกแจงปรกติแหวนแบบที่ 1 เครื่องฉีดเทียนที่ 2 หัวฉีดเทียนฝั่งขวา	49
ก.5 ผลการทดสอบการแจกแจงปรกติแหวนแบบที่ 1 เครื่องฉีดเทียนที่ 3 หัวฉีดเทียนฝั่งซ้าย	50
ก.6 ผลการทดสอบการแจกแจงปรกติแหวนแบบที่ 1 เครื่องฉีดเทียนที่ 3 หัวฉีดเทียนฝั่งขวา	50
ก.7 ผลการทดสอบการแจกแจงปรกติแหวนแบบที่ 2 เครื่องฉีดเทียนที่ 1 หัวฉีดเทียนฝั่งซ้าย	51
ก.8 ผลการทดสอบการแจกแจงปรกติแหวนแบบที่ 2 เครื่องฉีดเทียนที่ 1 หัวฉีดเทียนฝั่งขวา	52
ก.9 ผลการทดสอบการแจกแจงปรกติแหวนแบบที่ 2 เครื่องฉีดเทียนที่ 2 หัวฉีดเทียนฝั่งซ้าย	52
ก.10 ผลการทดสอบการแจกแจงปรกติแหวนแบบที่ 2 เครื่องฉีดเทียนที่ 2 หัวฉีดเทียนฝั่งขวา	53
ก.11 ผลการทดสอบการแจกแจงปรกติแหวนแบบที่ 2 เครื่องฉีดเทียนที่ 3 หัวฉีดเทียนฝั่งซ้าย	54
ก.12 ผลการทดสอบการแจกแจงปรกติแหวนแบบที่ 2 เครื่องฉีดเทียนที่ 3 หัวฉีดเทียนฝั่งขวา	54
ก.13 ผลการทดสอบการแจกแจงปรกติแหวนแบบที่ 1 เครื่องฉีดเทียนที่ 1	56
ก.14 ผลการทดสอบการแจกแจงปรกติแหวนแบบที่ 1 เครื่องฉีดเทียนที่ 2	56
ก.15 ผลการทดสอบการแจกแจงปรกติแหวนแบบที่ 1 เครื่องฉีดเทียนที่ 3	57
ก.16 ผลการทดสอบการแจกแจงปรกติแหวนแบบที่ 4 เครื่องฉีดเทียนที่ 4	58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

ก.17 ผลการทดสอบการแจกแจงปรกติแหวนแบบที่ 2 เครื่องฉีดเทียนที่ 1 58
ก.18 ผลการทดสอบการแจกแจงปรกติแหวนแบบที่ 2 เครื่องฉีดเทียนที่ 2 59
ก.19 ผลการทดสอบการแจกแจงปรกติแหวนแบบที่ 2 เครื่องฉีดเทียนที่ 2 60
ก.20 ผลการทดสอบการแจกแจงปรกติแหวนแบบที่ 2 เครื่องฉีดเทียนที่ 3 60
ก.21 ผลการทดอบความแปรปรวนเท่ากันในข้อมูลแหวนแบบที่ 1 61
ก.22 ผลการทดอบความแปรปรวนเท่ากันในข้อมูลแหวนแบบที่ 2 62
ก.23 ผลการทดสอบความเป็นอิสระกันในข้อมูลแหวนแบบที่ 1 63
ก.24 ผลการทดสอบความเป็นอิสระกันในข้อมูลแหวนแบบที่ 2 63
ก.25 ผลการทดสอบการแจกแจงปรกติ ในเครื่องฉีดเทียนที่ 1..... 64
ก.26 ผลการทดสอบการแจกแจงปรกติ ในเครื่องฉีดเทียนที่ 2..... 65
ก.27 ผลการทดสอบการแจกแจงปรกติ ในเครื่องฉีดเทียนที่ 3..... 65
ก.28 ผลการทดสอบการแจกแจงปรกติ ในเครื่องฉีดเทียนที่ 4..... 66
ก.29 ผลการทดสอบความแปรปรวนเท่ากัน 67
ก.30 ผลการทดสอบความเป็นอิสระ..... 68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

สินค้าในกลุ่มอัญมณีและเครื่องประดับนับเป็นสินค้าที่สร้างชื่อเสียงให้กับประเทศไทยมาเป็นระยะเวลายาวนาน ในฐานะที่เป็นแหล่งอัญมณีที่มีคุณภาพ รวมทั้งภูมิปัญญาและฝีมือในการเจียระไนเพชรพลอย ตลอดจนการรังสรรค์เครื่องประดับได้อย่างประณีตสวยงามทรงคุณค่าเป็นที่ยอมรับของตลาดโลก

จากข้อมูลสินค้าส่งออกสำคัญ 10 รายการของไทย ประจำเดือนพฤศจิกายนปี 2018 จะพบว่าสินค้าประเภทอัญมณีและเครื่องประดับมีมูลค่าการส่งออกเป็นอันดับ 3 ซึ่งเป็นรองเพียงแค่ รถยนต์อุปกรณ์ส่วนประกอบ (Motor cars, parts and accessories) และเครื่องคอมพิวเตอร์ อุปกรณ์ส่วนประกอบ (Automatic data processing machines and parts thereof) (กรมศุลกากร. 2561) ดังแสดงในตาราง 1.1

ในแง่ของมูลค่าการค้า ประเทศไทยมีการส่งออกอัญมณีและเครื่องประดับแท้ ได้แก่ เพชร พลอย เครื่องประดับทอง เครื่องประดับเงินเงิน เครื่องประดับแฟชั่น ทองคำยังไม่ขึ้นรูป และอื่น ๆ โดยในปัจจุบันอุตสาหกรรมอัญมณีและเครื่องประดับมีการขยายตัวเพิ่มมากขึ้น ซึ่งเป็นอุตสาหกรรมที่ช่วยสร้างรายได้ให้กับประเทศ โดยมีมูลค่าการส่งออกคิดเป็น 11,103.30 ล้านเหรียญสหรัฐฯ (ตารางที่ 1.2) ในเดือนพฤศจิกายน ปี 2018 (กรมศุลกากร. 2561)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.1 แสดงรายการสินค้าส่งออกสำคัญ 10 รายการของไทยประจำปี 2561 (เดือนพฤศจิกายน)

Product	มูลค่าการส่งออก (หน่วย : ล้านเหรียญสหรัฐ) Export Value (million: US		อัตราการขยายตัว (%) เปรียบเทียบ ปี 2560/2561 (Growth Rate	สัดส่วน (%) (the ratio)
	2017	2018		
รถยนต์ อุปกรณ์และส่วนประกอบ (Motor cars,parts	24,848.60	26,743.90	7.63	11.47
เครื่องคอมพิวเตอร์ อุปกรณ์และส่วนประกอบ	16,805.20	18,352.10	9.20	7.87
อัญมณีและเครื่องประดับ (Precious stones and	12,032.40	11,103.30	-7.72	4.76
ผลิตภัณฑ์ยาง (Rubber products)	9,334.20	10,063.50	7.81	4.32
เม็ดพลาสติก (Polymers of ethylene, propylene,	7,928.80	9,552.60	20.48	4.10
น้ำมันสำเร็จรูป (Refine fuels)	6,470.70	8,575.00	32.52	3.68
เคมีภัณฑ์ (Chemical products)	6,831.40	8,425.30	23.33	3.61
แผงวงจรไฟฟ้า (Electronic board)	7,555.80	7,654.00	1.30	3.28
เครื่องจักรกลและส่วนประกอบของเครื่องจักรกล	6,950.50	7,565.30	8.85	3.25
เหล็ก เหล็กกล้าและผลิตภัณฑ์ (Iron and steel and	5,094.10	5,771.90	13.31	2.48
รวมทั้งสิ้น				100.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 1.2 สถิติการส่งออก - อัญมณีและเครื่องประดับของไทยระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2561

The data of Export on Gems & Jewelry products (on November 2018)

Product	มูลค่าการส่งออก (หน่วย : ล้านเหรียญสหรัฐฯ) Export Value (million: US		อัตราการขยายตัว (%) เปรียบเทียบ ปี 2560/2561 (Growth Rate	สัดส่วน (%) (the ratio)
	2017	2018		
อัญมณีและเครื่องประดับ (Precious stones and jewelry)	24,848.60	26,743.90	7.63	11.47
อัญมณีและเครื่องประดับ (ไม่รวมทองคำยังไม่ขึ้นรูป) Precious stones and jewelry (Gold is not formed)	16,805.20	18,352.10	9.20	7.87
1. เพชร (Diamond)	12,032.40	11,103.30	-7.72	4.76
2. พลอย (Precious stones)	9,334.20	10,063.50	7.81	4.32
3. เครื่องประดับทอง (Articles of gold)	7,928.80	9,552.60	20.48	4.10
4. เครื่องประดับเงิน (Articles of silver)	6,470.70	8,575.00	32.52	3.68
5.ทองคำยังไม่ขึ้นรูป (Unwrought gold)	6,831.40	8,425.30	23.33	3.61

อุตสาหกรรมการผลิตเครื่องประดับมีรูปแบบการดำเนินธุรกิจที่หลากหลายบางโรงงานมีการผลิตตั้งแต่กระบวนการออกแบบจนถึงกระบวนการขาย แต่หลายโรงงานมีกระบวนการผลิตบางส่วนโดยรับคำสั่งการผลิตหรือมีการกระจายกระบวนการผลิตบางส่วนออกไปจ้างโรงงานอื่นภายนอก เช่น การจ้างให้โรงงานอื่นทำการหล่อตัวเรือนชิ้นงาน จ้างบุคคลภายนอกทำการผลิตในกิจกรรมบางส่วน จำพวกเชื่อมชิ้นตัวเรือนหรือแกะสลักตัวอักษร เป็นต้น โดยในโรงงานที่เป็นกรณีศึกษานั้นจะเป็นผู้ผลิตเองทั้งหมด ซึ่งรับคำสั่งผลิตมาจากลูกค้า จากนั้นจึงทำการผลิตและส่งออกไปให้แก่ลูกค้าตามช่วงเวลาที่ได้ตกลงกันไว้ สินค้าหลัก ของบริษัทจะเป็นเครื่องประดับจากวัตถุดิบจำพวกเงินและทอง ในกระบวนการแรกของการผลิตนั้นมักจะถูกเรียกว่ากระบวนการต้นน้ำ ในกระบวนการฉีดเทียนเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการต้นน้ำ หากกระบวนการต้นน้ำไม่มีประสิทธิภาพทำให้กระบวนการอื่นดำเนินการได้อย่างล่าช้าและส่งผลกระทบให้แผนการผลิตที่วางไว้คลาดเคลื่อน ก่อให้เกิดความสูญเสียโอกาส เพื่อเป็นการทำให้เกิดความมั่นใจว่าสินค้าจะต้องมีความถูกต้องตามแบบเหมือนกันทั้งหมด เครื่องฉีดเทียนจึงมีความสำคัญที่จำเป็นต้องศึกษา แต่ที่ผ่านมาไม่เคยมีการตรวจสอบยืนยันถึงความเหมือนความใกล้เคียงของชิ้นงานจากแต่ละเครื่องจึงเป็นเหตุให้ต้องมีการเปรียบเทียบเครื่องจักร เพื่อเป็นการรักษาคุณภาพงานให้ได้คุณภาพอย่างสม่ำเสมอ ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาเรื่อง “การเปรียบเทียบประสิทธิภาพเครื่องฉีดเทียน กรณีศึกษาบริษัท คริสตี้ เจมส์”เพื่อลดโอกาสที่ทำเกิดความสูญเปล่าจากการแก้ไขเทียนที่ไม่ได้น้ำหนักและทำให้สามารถผลิตสินค้าได้อย่างมีคุณภาพ

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการฉีดเทียนของเครื่องฉีดเทียนโดยวัดจากน้ำหนักครีบของเทียนที่ฉีดจากเครื่อง

1.2.2 เพื่อศึกษาและใช้เป็นแนวทางในการวางแผนการบำรุงรักษาเครื่องจักร

1.2.3 เพื่อลดความสูญเปล่าอันเกิดจากการแต่งเทียน

1.3 ขอบเขตการศึกษา

ทำการศึกษาและเปรียบเทียบเครื่องฉีดเทียนในบริษัท คริสตี้ เจมส์ โดยจะทำการเปรียบเทียบเฉพาะเครื่องฉีดเทียนที่ใช้ในห้องเทียนทั้ง 4 เครื่องหลักที่มีการใช้งานในปัจจุบันและเก็บตัวอย่างจากรูปแบบงานจำพวกแหวน โดยให้หัวฉีดเทียนแต่ละหัวทำการฉีดเทียนจากบล็อคยางแหวนทั้งหมด 2 แบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ

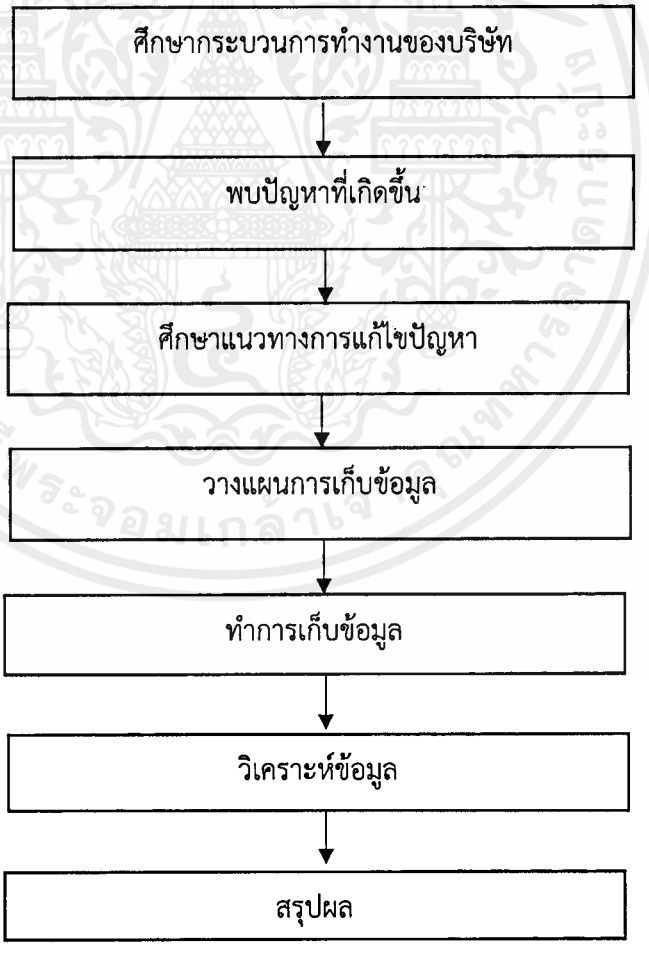
1.4.1 ป้องกันความเสียหายที่เกิดจากเครื่องฉีดเทียนไม่ได้ประสิทธิภาพเท่าเทียมกัน

1.4.2 นำข้อมูลไปใช้เพื่อวางแผนการซ่อมบำรุงเครื่องฉีดเทียน

1.4.3 ลดการสูญเสียโอกาสอันเกิดจากเทียนที่ฉีดไม่ได้น้ำหนัก

1.5วิธีการดำเนินงาน

ในการดำเนินงานผู้วิจัยเริ่มจากการศึกษากระบวนการทำงานของบริษัทเริ่มตั้งแต่รับคำสั่งผลิตจนกระทั่งเป็นสินค้าแล้วเสร็จพร้อมนำส่งลูกค้า โดยจากการศึกษากระบวนการผลิตพบว่า ยังไม่เคยมีการตรวจสอบถึงความเหมือนความใกล้เคียงของชิ้นงานจากเครื่องฉีดเทียน จึงได้ทำการศึกษาและเก็บข้อมูล จากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์ และสรุปผล ดังแสดงในรูปที่ 1.1 ลำดับวิธีการดำเนินงาน



รูปที่ 1.1 วิธีการดำเนินงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 สมมติฐานการวิจัย

1.6.1 น้ำหนักของครีบเทียนที่ได้จากหัวฉีดเทียนด้านซ้ายและหัวฉีดเทียนด้านขวาของเครื่องฉีดเทียนแตกต่างกัน

1.6.2 น้ำหนักของครีบเทียนที่ได้จากเครื่องฉีดเทียนแต่ละเครื่องแตกต่างกัน

1.7 ตัวแปร

1.7.1 ตัวแปรอิสระ

- เครื่องฉีดเทียน
- แบบแหวน

1.7.2 ตัวแปรตาม

- น้ำหนักครีบ

1.8 นิยามศัพท์

การฉีดเทียน หมายถึง การนำบล็อกยางมาใส่ในเครื่องฉีดเทียนโดยให้เครื่องฉีดเทียนทำการฉีดน้ำเทียนที่หลอมเหลวอยู่ใส่ในบล็อคยางเพื่อทำเป็นแบบสำหรับใช้ติดต้นและนำไปหล่อ

ประสิทธิภาพ หมายถึง การทำงานที่ได้ผลงานมีคุณภาพถูกต้อง ได้มาตรฐาน รวดเร็ว ประหยัด สำเร็จตรงเวลา มีความสามารถบรรลุวัตถุประสงค์ เกิดประโยชน์สูงสุดและผลลัพธ์ที่ได้มีทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ

บล็อกยาง หมายถึง แม่พิมพ์ของแหวนหรือเครื่องประดับชนิดอื่น ๆ ที่ใช้สำหรับฉีดเทียนโดยวัสดุที่ใช้ทำมาจากยางหรือซิลิโคน

ครีบเทียน หมายถึง ส่วนเกินของเทียนที่มาจากจากฉีดเทียนโดยจะอยู่บริเวณขอบของบล็อคยางที่ใช้ฉีดเทียน นับเป็นของเสีย

กระบวนการต้นน้ำ หมายถึง กระบวนการผลิตตั้งแต่การรับคำสั่งผลิตลูกค้า ออกแบบ ทำแม่พิมพ์ อัดบล็อกยาง ฉีดเทียน แต่งเทียน จนกระทั่งติดต้นเทียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาเกี่ยวกับการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องฉีดเทียนภายในบริษัท คริสตี้เจมส์ จำกัด ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาแนวคิด ทฤษฎีจากเอกสารต่าง ๆ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องตามลำดับหัวข้อต่อไปนี้

2.1 ขั้นตอนการผลิตแหวน

2.2 สถิติที่ใช้ในงานวิจัย

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ขั้นตอนการผลิตแหวน

กระบวนการผลิตแหวนโดยทั่วไป ประกอบด้วยขั้นตอนใหญ่ ๆ ได้แก่ (ธีรยุทธ. 2551)

2.1.1 การออกแบบชิ้นงาน (Designing)

2.1.2 การทำแม่พิมพ์เงิน (Silver Model)

2.1.3 การทำแบบพิมพ์ยาง (Rubber Mold)

2.1.4 การฉีดเทียน (Wax Injection)

2.1.5 การหล่อตัวเรือน (Casting)

2.1.6 การแต่งชิ้นงาน (Filing)

2.1.7 การฝัง (Setting)

2.1.8 การขัดเงา (Polishing)

2.1.9 การตรวจสอบคุณภาพ (Quality Control)

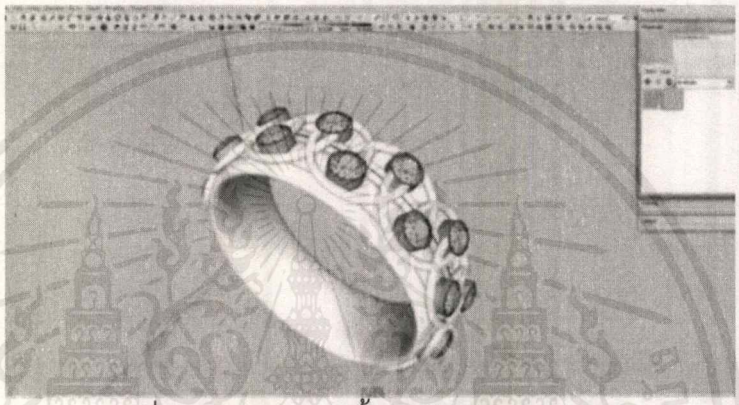
2.1.10 การประกันคุณภาพ (Quality Assurance)

2.1.11 การบรรจุภัณฑ์ (Packaging)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1 การออกแบบชิ้นงาน (Designing)

ในการผลิตเครื่องประดับ ประการแรกจะต้องออกแบบชิ้นงานก่อน โดยฝ่ายการตลาดจะทำการรับ Order จากลูกค้า แล้วแจ้งรายละเอียดของข้อมูลต่าง ๆ เกี่ยวกับชิ้นงานให้แก่แผนกออกแบบ แผนกออกแบบจะใช้ข้อมูลที่ได้มาเพื่อเป็นแนวคิดในการออกแบบชิ้นงาน การออกแบบจะเป็นการทำความต้องการของลูกค้าที่สามารถทำได้จริง หากลูกค้าทำการยืนยันงานหลังออกแบบแล้ว แผนกออกแบบ ก็จะส่งให้แผนกพิมพ์นำไปทำแม่พิมพ์ต่อไป (ธีรยุทธ. 2551) ดังรูปที่ 2.1 แสดงตัวอย่างการออกแบบโดยโปรแกรม CAD



รูปที่ 2.1 การออกแบบชิ้นงานโดยโปรแกรม CAD

ที่มา : http://www.ojgold.co.th/กว่าจะเป็นแหวนเพชรหนึ่/

2.1.2 แม่พิมพ์เงิน (Silver Model)

หลังจากได้รับการยืนยันรูปแบบชิ้นงานจากลูกค้าแล้วจะต้องมีการทำพิมพ์เงินเป็นแม่พิมพ์เพื่อเก็บไว้เพื่อใช้เป็นต้นแบบของงานรูปแบบดังกล่าว โดยจะมีการนำเรซิ่นไปติดต้นจากนั้นทำการขึ้นเบ้าปูน ใช้ความร้อนเพื่อไล่เรซิ่น จากนั้นจึงนำน้ำโลหะเงินเทลงเบ้าปูนเพื่อหล่อและหลังจากหล่องานเสร็จจะมีการนำไปแต่ง ขัดให้สวยงามเพื่อใช้เป็นแบบในกระบวนการอื่น ๆ ถัดไป (ธีรยุทธ. 2551) ดังรูปที่ 2.2 แสดงตัวอย่างแม่พิมพ์เงินที่ถูกหล่อมาจากเรซิ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.2 แม่พิมพ์แหวนเงิน ที่หล่อจากเรซิ่น

ที่มา : https://i-maker.jp/i/jewelry-resin

2.1.3 การทำแบบพิมพ์ยาง (Rubber Mold)

การทำพิมพ์ยางเป็นกรรมวิธีที่มีไว้เพื่อเตรียมพิมพ์สำหรับการฉีดเทียน โดยจะนำพิมพ์เงินที่ได้คุณภาพแล้วมาวางบนยางที่เตรียมไว้แล้วนำยางมาวางประกบ จากนั้นก้อนยางจะถูกนำไปอบด้วยความร้อนเพื่อให้ตัวยางเข้ารูปกับพิมพ์เงิน หลังจากนั้นพิมพ์ยางจะถูกน้ำไปผ่าเพื่อใช้สำหรับการฉีดเทียน (ธีรยุทธ . 2551) ดังรูปที่ 2.3 แสดงตัวอย่างพิมพ์ยางที่ถูกผ่าแล้ว สำหรับการนำไปฉีดเทียน

รูปที่ 2.3 พิมพ์ยาง (บล็อคยาง) ที่ผ่าเรียบร้อยแล้วใช้สำหรับฉีดเทียน

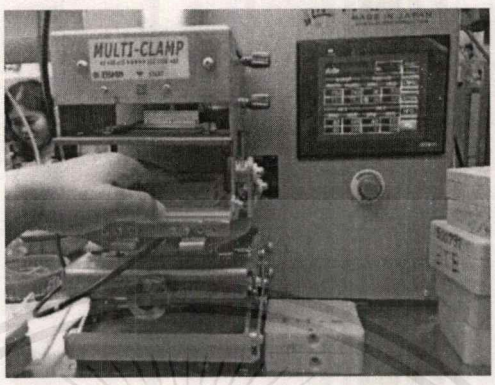
ที่มา : http://oknation.nationtv.tv/blog/romklao19/2015/08/31/entry-1

2.1.4 การฉีดเทียน (Wax Injection)

หลังจากที่ผ่าพิมพ์ยางเสร็จเรียบร้อยแล้ว เราจะนำมาเข้าเครื่องฉีดเทียนที่มีน้ำเทียนหลอมเหลวอยู่ ในการฉีดเทียนจะใช้แผ่นเหล็กที่หนาและมีผิวเรียบประกบที่ด้านบนและด้านล่างของพิมพ์ยาง เพื่อให้มีแรงกดกระจายอย่างสม่ำเสมอทั่วทั้งพิมพ์ยางและหลังจากกดฉีดเทียนน้ำเทียนถูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่งออกจากหัวฉีดเพื่อให้สามารถกระจายได้อย่างทั่วถึงภายในพิมพ์โดยจะมีการปรับเครื่องตามลักษณะที่แตกต่างกันไปของแบบพิมพ์ (ธีรยุทธ. 2551) ดังรูปที่ 2.4 แสดงตัวอย่างการฉีดเทียน

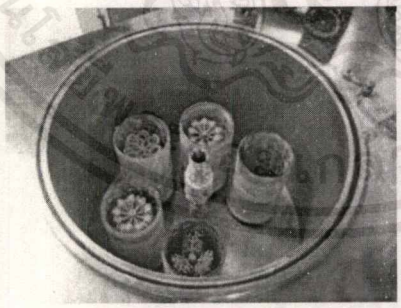


รูปที่ 2.4 การฉีดเทียนโดยเครื่องฉีดเทียน

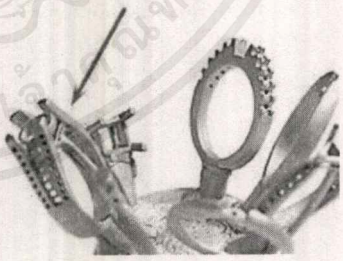
ที่มา : https://nanobraingroup.com/product/เครื่องฉีดเทียน-takumi-eishin/

2.1.5 การหล่อตัวเรือน (Casting)

การหล่อตัวเรือนเป็นกรรมวิธีการขึ้นรูปตัวเรือนของเครื่องประดับโดยอาศัยวิธีหล่อแบบต่างๆ รวมกัน ได้แก่ การหล่อแบบสุญญากาศและการหล่อแบบเหวี่ยง โดยวัตถุดิบหลักได้แก่ ทอง เงิน ทองคำขาว (ธีรยุทธ. 2551) ดังรูปที่ 2.5 แสดงตัวอย่างการนำต้นเทียนไปทำเบ้าปูน และรูปที่ 2.6 แสดงตัวอย่างต้นแหวนที่หล่อจากเงิน



รูปที่ 2.5 การนำต้นเทียนเพื่อทำเบ้าปูน



รูปที่ 2.6 ต้นเงินของแหวน ที่ได้จากการหล่อ

ที่มา :

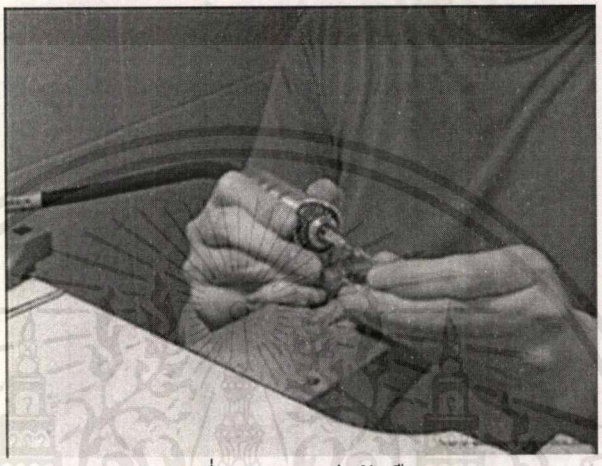
https://repository.rmutp.ac.th/bitstream/handle/123456789/1905/ENG_57_18.pdf?sequence=1&isAllowed=y ,

http://oknation.nationtv.tv/blog/romklao19/2015/08/31/entry-1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.6 การแต่งตัวเรือน (Filing)

ขั้นตอนการแต่งตัวเรือนอาจจะแตกต่างกันไปตามชนิดของเครื่องประดับ แต่ต้องทำการควบคุมน้ำหนักของตัวเรือนให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดโดยในแต่ละบริษัทจะมีเกณฑ์ที่แตกต่างกันออกไป แต่การแต่งตัวเรือนมีขึ้นเพื่อเตรียมผิวงานให้เหมาะสมแก่การขัดเงา (ธีรยุทธ. 2551) ดังรูปที่ 2.7 แสดงตัวอย่างการแต่งตัวเรือน

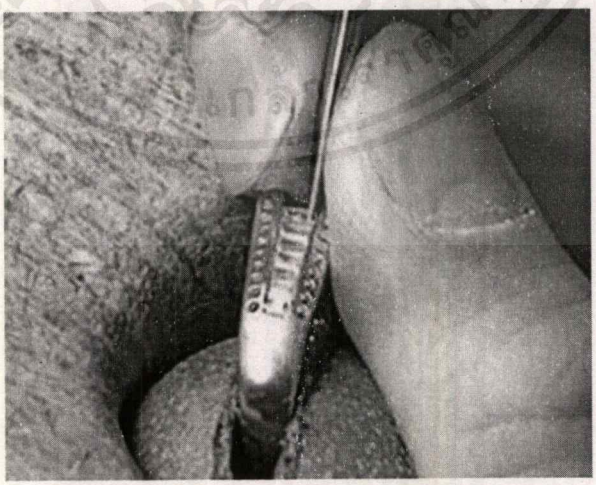


รูปที่ 2.7 การแต่งตัวเรือน

ที่มา : http://www.diamondgrande.com/กว่าจะเป็นแหวนเพชร.html

2.1.7 การฝัง (Setting)

การฝังพลอยเป็นกรรมวิธีการนำเอาแร่รัตนชาติต่าง ๆ ฝังเข้ากับตัวเรือนหรือชิ้นงาน (ธีรยุทธ. 2551) ดังรูปที่ 2.8 แสดงตัวอย่างการฝังประดับอัญมณี



รูปที่ 2.8 การฝังประดับอัญมณีลงบนตัวเรือน

ที่มา : http://www.diamondgrande.com/กว่าจะเป็นแหวนเพชร.html

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยทั่วไปแล้วงานฝังแบ่งออกเป็น 4 ประเภท ตามลักษณะงาน ได้แก่ งานหนามเตย งานจิกไข่ปลา งานกระเปาหุ้ม และงานล็อค

งานหนามเตย มีลักษณะเป็นหนามยื่นขึ้นมาตรงปลายกลมมน ในการฝังงานแบบหนามเตยนั้นจะฝังอัญมณีลงไปในระห่างกลุ่มหนามเตยเหล่านี้

งานจิกไข่ปลา แบ่งได้เป็น 2 ลักษณะตามความยากง่ายของงาน งานจิกไข่ปลาแบบธรรมดา มีลักษณะเป็นเม็ดกลมเล็กๆ คล้ายเม็ดไข่ปลานูนยื่นออกมาจากตัวเรือน ก่อนที่จะทำไข่ปลาต้องแกะลายก่อนคือการทำให้ร่องหรือรูเรียบบนตัวเรือนมีลักษณะเป็นลายนูน งานจิกตัดและเก็บไข่ปลา มีลักษณะเป็นรูกลมเล็กหน้าหลังเรียบและไม่นูนยื่น ทำการจิกตัดมักจะทำในภายหลังการทำจิกไข่ปลาแล้วซึ่งเป็นการจิกตัดขอบรอบเม็ดพลอยให้มีลักษณะรูปร่างตามต้องการ

งานล็อค เป็นลักษณะของการฝังอัญมณีลงในช่องว่างที่มีเหลี่ยมมุมเป็นช่องๆ ติดกันขอบของช่องว่างนั้นจะเรียบ ยากแก่การติดยึดฝังอัญมณีมากที่สุด

งานกระเปาะหุ้ม มีลักษณะเป็นรูปกระเปาะรอบช่องว่างที่จะต้องฝังอัญมณี ระดับความยากง่ายของงานเรียงลำดับจากง่ายไปยากคือ งานฝังหนามเตย งานจิกไข่ปลา (ธีรยุทธ. 2551)

2.1.8 การขัดเงา (Polishing)

การขัดเงาหรือที่เรียกว่าการขัดสุก เป็นกรรมวิธีการตกแต่งงานอย่างละเอียดเพื่อเพิ่มความเรียบ ความมันเงาและความสวยงามของผิวตัวเรือนเครื่องประดับ วัสดุที่ใช้ในแผนกขัดเงา ได้แก่ ลูกผ้า ลูกแปรง ยาขัดต่าง ๆ และผ้าดิบ เครื่องมือที่ใช้ได้แก่มอเตอร์และสว่านมือ (ธีรยุทธ. 2551) ดังรูปที่ 2.9 แสดงตัวอย่างการขัดเงาตัวเรือน

รูปที่ 2.9 การขัดเงาตัวเรือน

ที่มา : https://www.youtube.com/watch?v=3SBLoji2iJ0

2.1.9 การตรวจสอบคุณภาพ (Quality Control : QC)

เพื่อให้เกิดความมั่นใจว่าชิ้นงานที่ผลิตสำเร็จออกมานั้นได้คุณภาพ จะต้องมีการตรวจสอบคุณภาพของชิ้นงานทุกชิ้น โดยแบ่งเป็น การตรวจสอบคุณภาพในระหว่างการผลิต และการตรวจสอบคุณภาพขั้นสุดท้าย การตรวจสอบคุณภาพในระหว่างการผลิต เป็นการตรวจสอบภายหลังการผลิตที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผ่านขั้นตอนการผลิตในแต่ละขั้นการผลิต หากตรวจพบข้อบกพร่องในระดับที่สามารถนำชิ้นงานไปซ่อมแซมได้ ก็จะส่งคืนให้กับแผนกที่นำงานมาตรวจสอบคุณภาพ เพื่อนำกลับไปแก้ไขงานการตรวจสอบขั้นสุดท้าย เป็นการตรวจสอบชิ้นงานขั้นสุดท้ายภายหลังการผลิตที่ผ่านกระบวนการผลิตทุกขั้นตอนก่อนที่จะทำการประกันคุณภาพและห่องานบรรจุถุง (ธีรยุทธ. 2551)

2.1.10 การประกันคุณภาพ (Quality Assurance : QA)

เป็นวิธีบริหารจัดการเพื่อเป็นหลักประกันหรือสร้างความมั่นใจให้แก่ลูกค้า ว่ากระบวนการหรือการดำเนินงานจะทำให้ได้ผลลัพธ์ที่มีคุณภาพตรงตามที่กำหนดไว้ (ธีรยุทธ. 2551)

2.1.11 การบรรจุภัณฑ์ (Packaging)

ภายหลังจากที่ได้ชิ้นงานสำเร็จรูปที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพขั้นสุดท้ายและการประกันคุณภาพแล้วจะมีการนำงานสำเร็จไปบรรจุใส่ไว้ในถุงซิปล็อกเล็กแยกเป็นชิ้นๆจะมีการเก็บรวมเป็นถุงใหญ่ ตามจำนวนที่ลูกค้ากำหนดรายละเอียดไว้ในใบสั่งผลิต และนำถุงงานสำเร็จพร้อมทั้งใบสั่งผลิตกับ สำเนา Invoice ไปใส่ไว้ในกล่องเพื่อเตรียมจัดส่งต่อไป (ธีรยุทธ. 2551)

2.2 สถิติที่ใช้ในงานวิจัย

2.2.1 การวิเคราะห์สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics)

เป็นสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาได้อาจเป็นข้อมูลปฐมภูมิหรือทุติยภูมิเพื่อจำแนกข้อมูลตามลักษณะต่าง ๆ ที่ต้องการเปรียบเทียบหรือนำไปใช้ในการวิเคราะห์ต่อไป โดยการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากทุกหน่วยในประชากรหรือข้อมูลที่ได้จากตัวอย่างที่เลือกมาเป็นตัวแทนจากประชากรก็ได้ การจำแนกข้อมูลตามลักษณะต่าง ๆ ที่ต้องการเปรียบเทียบมักนำเสนอข้อมูลในรูปตาราง แผนภูมิหรือแผนภาพ นอกจากนี้ ยังมักนิยมนำเสนอในรูปสัดส่วนหรือร้อยละเนื่องจากสะดวกในการวิเคราะห์และตีความหมาย

สำหรับการใช้สถิติพรรณนาเพื่อนำผลการวิเคราะห์ไปใช้เพื่อการใช้สถิติเชิงอ้างอิง หรือเพื่ออธิบายภาพรวมของประชากรที่ต้องการศึกษา วิธีการทางสถิตินี้ประกอบด้วย (พุทธิวัฒน์. 2552)

2.2.1.1 การวัดแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลาง

- ค่าเฉลี่ย (Mean) คำนวณได้ (บุญชม. 2545)

จากสูตร $$\overline{Y} = \frac{\left(\sum_{i=1}^{n} Y_i\right)}{n}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ $\bar{y}$ คือ ค่าเฉลี่ย

y_i คือ ค่าของข้อมูลตัวที่ i

n คือ ขนาดตัวอย่าง

2.2.1.2 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

ในการวัดการกระจายโดยใช้ส่วนเบี่ยงเบนเฉลี่ยนั้นมีปัญหาในเรื่องการใช้เครื่องหมายสัมบูรณ์ (Absolute Value) ซึ่งทำให้ค่าที่วัดได้ลดความเชื่อถือไป จึงมีการคิดวิธีวัดการกระจายโดยการยกกำลังสองของผลต่างระหว่างคะแนนกับค่าเฉลี่ยเลขคณิตของข้อมูลชุดนั้นแล้วถอดกรณ์ที่ 2 ของส่วนเบี่ยงเบนยกกำลังสองเฉลี่ย เป็นวิธีการวัดการกระจายที่ เรียกว่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) (บุญชม. 2545)

$$S.D. = \sqrt{\frac{\sum(y_i - \bar{y})^2}{(n-1)}}$$

เมื่อ $S.D.$ แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

y_i แทน ข้อมูลตัวที่ i

$\bar{y}$ แทน ค่าเฉลี่ยของข้อมูล

2.2.2 การทดสอบการแจกแจงปรกติ

การทดสอบของไรอัน – จอยเนอร์ (Ryan - Joiner / RJ Test) การทดสอบที่หาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลและควอไทล์ของข้อมูล ซึ่งตัวสถิติทดสอบจะง่ายต่อการคำนวณ แต่การแจกแจงของตัวสถิติทดสอบนี้มีความซับซ้อน โดยค่าสถิติหรือค่าสัมประสิทธิสหสัมพันธ์ (R) อยู่ใกล้ 1 ประชากรจะมีแนวโน้มเป็นการแจกแจงปรกติ วิธีการทดสอบนี้คล้ายกับวิธีทดสอบของ Shapiro - Wilk เป็นอย่างมาก (ศิราภรณ์. 2558)

สมมติฐาน (https://support.minitab.com/. 2562)

H_0 : ข้อมูลมาจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ

H_1 : ข้อมูลมาจากประชากรที่ไม่มีการแจกแจงปรกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณ

$$R_{cal} = \frac{\sum_{i=1}^{n} y_i b_i}{\sqrt{S^2 (n-1) \sum_{i=1}^{n} b_i^{\,2}}}$$

เนื่องจาก R_{cal} คือ ค่าความสัมพันธ์ระหว่างแต่ละคู่อันดับ $\left(y_i b_i\right)$

จะได้ว่า

y_i คือ ข้อมูลที่ศึกษา โดยเรียงลำดับค่าสังเกต n ค่า จากน้อยไปหามาก

$$y_{(1)} \leq y_{(2)} \leq \ldots \leq y_{(n)}$$

b_i คือ ค่าของข้อมูลที่ศึกษาแปลงเป็นคะแนนปรกติ

โดยที่ $b_i = \varnothing^{-1}\left(\frac{i-0.375}{n+0.25}\right), i = 1,2,\ldots,n$

และ $\varnothing^{-1}$ คือ Inverst Computable Document Format ของตัวแปรสุ่มแบบปรกติมาตรฐาน

S^2 คือ ค่าความแปรปรวนของตัวอย่าง

2.2.3 การทดสอบความแปรปรวนเท่ากัน

เป็นการทดสอบว่าค่าความแปรปรวนจากประชากรแต่ละกลุ่มเท่ากันหรือไม่ (สุจิตรา. 2560)

สมมติฐานในการทดสอบ มีดังนี้

$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = .. = \sigma_n^2$

H_1: มีความแปรปรวนอย่างน้อย 1 คู่ ไม่เท่ากัน

สถิติทดสอบ คือ F โดยมีขั้นตอนการคำนวณดังนี้

1. คำนวณหาค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่ม $\left(\overline{Y}_{i.}\right)$
2. คำนวณหา $\left|e_{ij}\right| = \left|Y_{ij} - \overline{Y}_{i.}\right|$ เมื่อ Y_{ij} เป็นค่าสังเกตของแต่ละค่า
3. นำค่า $\left|e_{ij}\right|$ มาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (one – way ANOVA)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ค่า $F = \frac{MSTreatment}{MSError}$

ถ้าค่า $F < \alpha$ จะ Reject H_0 แสดงว่า มีความแปรปรวนอย่างน้อย 1 คู่ ไม่เท่ากัน

2.2.4 การทดสอบความเป็นอิสระกัน

ใช้การทดสอบวิ่ง (Runs test) การทดสอบวิ่งใช้ทดสอบลำดับของข้อมูลว่าเป็นสุ่มหรือไม่ การทดสอบวิ่งเป็นสถิติที่ไม่ใช่พารามิเตอร์ เนื่องจากไม่มีข้อสมมติเกี่ยวกับการแจกแจงของประชากร การทดสอบนี้ใช้เมื่อต้องการหาว่า ลำดับของค่าสังเกตที่มีค่ามากกว่าหรือน้อยกว่าค่าที่กำหนดนั้นเป็นแบบสุ่ม วิ่ง (run) เป็นชุดของค่าสังเกตที่ต่อเนื่องกันซึ่งมีค่าน้อยกว่าหรือมากกว่าค่าที่กำหนด (สายชล. 2560)

สมมติฐานในการทดสอบมีดังนี้

H_0: เศษเหลือเป็นอิสระกัน

H_1: เศษเหลือไม่เป็นอิสระกัน

ตัวสถิติทดสอบ

ความน่าจะเป็นที่ได้จำนวนวิ่งมากกว่าหรือเท่ากับค่าที่กำหนดคำนวณได้โดยการประมาณแบบปรกติและการทดสอบจะดีถ้ามีค่าสังเกตอย่างน้อย 10 ค่า ที่มีค่ามากกว่าและน้อยกว่าค่ามัธยฐาน K การประมาณแบบปรกติสำหรับการทดสอบวิ่งคือ

$$Z = \frac{\textit{ค่าสังเกตที่ได้ - ค่าคาดหวัง}}{\textit{รากที่สองของความแปรปรวน}}$$

โดยที่ ค่าที่สังเกตได้ คือ จำนวนวิ่งในตัวอย่าง

$$\text{ค่าคาดหวัง} = 1 + \frac{2AB}{n}$$

$$\text{ความแปรปรวน} = \frac{2AB(2AB - n)}{n^2(n-1)}$$

เมื่อ A แทน จำนวนค่าสังเกตที่มากกว่าค่ามัธยฐาน K

B แทน จำนวนค่าสังเกตที่น้อยกว่าหรือเท่ากับค่ามัธยฐาน K

n แทน จำนวนค่าสังเกตทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.5 การทดสอบความแตกต่างของค่ากลาง 2 ประชากรไม่เป็นอิสระกัน

กรณีที่ข้อมูลทั้งสองกลุ่มนี้ไม่เป็นอิสระต่อกันหรือมีความผูกพันธ์กัน ในลักษณะ 1 : 1 ซึ่งเราเรียกว่า คู่ (Pair) นั่นเอง ข้อมูลของแต่ละ Pair จะถูกเก็บภายใต้เงื่อนไขเดียวกัน แต่ระหว่าง Pair อาจจะไม่ใช่เงื่อนไขเดียวกันก็ได้ ซึ่งการวิเคราะห์ความแตกต่างกระทำถึงระดับความต่างของข้อมูลแต่ละคู่โดยตรง (บุญชม. 2545)

สมมติฐาน (สายชล. 2553)

$$H_0 : \mu_d = d_0$$

$$H_1 : \mu_d \neq d_0$$

สถิติทดสอบ

$$t = \frac{\overline{d} - d_0}{S_d \sqrt{n}}$$

เมื่อ $\overline{d} = \sum_{i=1}^{n} d_i$ และ d_0 เป็นค่าคงที่ที่ได้จากสมการ $H_0 : \mu_1 - \mu_2 = d_0$

และให้ $\mu_1 - \mu_2 = \mu_d$

n แทน จำนวนคู่

องศาแห่งความเป็นอิสระ = n - 1

จะปฏิเสธ สมมติฐานหลัก $H_0 : \mu_d = d_0$ เมื่อ $-t_{\frac{\alpha}{2},d.f.} < t_{cal} < t_{\frac{\alpha}{2},d.f.}$

2.2.6 การทดสอบสมมติฐานความแตกต่างของค่าเฉลี่ย กรณีประชากรตั้งแต่ 3 กลุ่มขึ้นไป

2.2.6.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD)

เป็นการทดสอบค่าเฉลี่ยของประชากรตั้งแต่ 2 กลุ่มขึ้นไป โดยพิจารณาจากตัวแปรอิสระเดียวที่มีตั้งแต่ 2 กลุ่มขึ้นไปว่าจะส่งผลต่อตัวแปรตามหรือไม่ (วราพร. 2556)

ข้อกำหนดเบื้องต้น

1. ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์จะต้องสุ่มมาจากประชากรที่มีการแจงแจงปรกติ
2. ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ต้องมาจากประชากรที่มีความแปรปรวนเท่ากัน
3. ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ต้องเป็นอิสระกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมมติฐานการทดสอบ คือ

$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = ... = \mu_k$

H_1 : มี $\mu_i \neq \mu_j$ อย่างน้อย 1 คู่ โดยที่ $i \neq j$

สถิติที่ใช้ในการทดสอบ คือ

$$F = \frac{MS_{Tr}}{MS_E}$$

ตารางที่ 2.1 ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนจำแนกทางเดียว (ANOVA)

Source	SS	df	MS	F
Treatment	$SS_{Tr} = \sum_{i=1}^{a} \frac{Y_i^2}{n_i} - \frac{Y^2}{\sum n_i}$	$a-1(df_{Tr})$	$\frac{SS_{Tr}}{df_{Tr}}$	$\frac{MS_{Tr}}{MS_E}$
Error	$SS_E = \sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{n} Y_{ij^2} - \sum_{i=1}^{a} \frac{Y_i^2}{n_i} = SS_T - SS_{Tr}$	$df_T - df_{Tr}$	$\frac{SS_E}{df_E}$	
Total	$SS_T = \sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{n} Y_{ij}^2 - \frac{Y^2}{\sum n_i}$	$N-1(df_T)$		

เมื่อ a คือ จำนวนทรีทเมนต์ ; $i = 1,2,...,a$

n_i คือ จำนวนตัวอย่างในแต่ละกลุ่ม $j = 1,2,...,n$

Y_{ij} คือ ค่าสังเกตที่ได้จากการทดลองทรีทเมนต์ที่ i ในการทำซ้ำครั้งที่ j

$Y_{..}$ คือ ผลรวมของค่าสังเกตทั้งหมด

$Y_{i.}$ คือ ผลรวมของทรีทเมนต์ที่ i

N คือ ผลรวมของจำนวนตัวอย่างในแต่ละกลุ่ม

เกณฑ์การตัดสินใจ ปฏิเสธ H_0 เมื่อ $F_{cal} > F_{\alpha,(df_{Tr}),(df_E)}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบภายหลังการวิเคราะห์ความแปรปรวน หรือการเปรียบเทียบพหุคูณ (Multiple Comparisons) จะทำภายหลังทดสอบ F-Test แล้วพบว่ามีนัยสำคัญหรือผลการทดสอบมีค่าเฉลี่ยอย่างน้อย 1 คู่ที่แตกต่างกัน เมื่อต้องการทราบว่าคู่ใดแตกต่างกันบ้างต้องทำการเปรียบเทียบพหุคูณ (ผ่องอำไพ. 2559)

2.2.6.2 การวางแผนแบบแฟกทอเรียล

ในการวางแผนแบบแฟกทอเรียลที่มี 2 ปัจจัยคือ A และ B ในการทดสอบจะให้ความสนใจทั้ง 2 ปัจจัยเท่ากัน (สายชล. 2560)

ดังนั้นการทดสอบสมมติฐานจะประกอบด้วย

1. $H_0 : \tau_1 = \tau_2 = ... = \tau_a = 0$ สำหรับทุกค่า i หรือ $H_0 : \tau_i = 0$

   $H_1 : \tau_i \neq 0$ อย่างน้อย 1 ค่า

2. $H_0 : \beta_1 = \beta_2 = ... = \beta_b = 0$ สำหรับทุกค่า j หรือ $H_0 : \beta_j = 0$

   $H_1 : \beta_j \neq 0$ อย่างน้อย 1 ค่า

3. $H_0 : (\tau\beta)_{11} = (\tau\beta)_{12} = ... = (\tau\beta)_{ab} = 0$ สำหรับทุกค่า i, j หรือ

   $H_0 : (\tau\beta)_{ij} = 0$

   $H_1 : (\tau\beta)_{ij} \neq 0$ อย่างน้อย 1 ค่า

ผลบวกกำลังสอง (Sum of Square)

$$SST = \sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b}\sum_{k=1}^{n} Y_{ijk}^2 - \frac{Y_{...}^2}{abn}$$

$$SSA = \sum_{j=1}^{a} \frac{Y_{i..}^2}{bn} - \frac{Y_{...}^2}{abn}$$

$$SSB = \sum_{i=1}^{b} \frac{Y_{.j.}^2}{an} - \frac{Y_{...}^2}{abn}$$

$$SSAB = \sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b} \frac{Y_{ij.}^2}{n} - \frac{Y_{...}^2}{abn} - SSA - SS$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$SSE = SST - SSA - SSB - SSAB$$

ตารางที่ 2.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับการทดลองแบบแฟกทอเรียลชนิด 2 ปัจจัยโดยมีตัวแบบอิทธิพลคงที่

Source of variation	Degree Of freedom	Sum Square	Mean square	F
A	$a-1$	SSA	$MSA = \frac{SSA}{a-1}$	$F_A = \frac{MSA}{MSE}$
B	$b-1$	SSB	$MSB = \frac{SSB}{b-1}$	$F_B = \frac{MSB}{MSE}$
AB	$(a-1)(b-1)$	$SSAB$	$MSAB = \frac{SSAB}{(a-1)(b-1)}$	$F_{AB} = \frac{MSAB}{MSE}$
Error	$ab(n-1)$	SSE	$MSE = \frac{SSE}{ab(n-1)}$	
Total	$n-1$	SST		

จากการตรวจสอบค่าคาดหวังกำลังสองเฉลี่ยเหล่านี้ จะพบว่าสมมติฐานหลักเกี่ยวกับอิทธิพลหลัก $H_0 : \tau_i = 0$, $H_0 : \beta_j = 0$ และสมมติฐานปฏิสัมพันธ์ $H_0 : (\tau\beta)_{ij} = 0$

ทั้งหมดเป็นจริงแล้วค่ากำลังสองเฉลี่ยทั้ง 4 ค่านี้ จะเป็นค่าประมาณที่ไม่เอนเอียงของ σ^2, ในการทดสอบสมมติฐานที่ว่าอิทธิพลของปัจจัย A เท่ากับ 0 คือ $H_0 : \tau_i = 0$ จะใช้อัตราส่วน

$$F_A = \frac{MSA}{MSE}$$

ซึ่งมีการแจกแจงแบบ F ด้วยจำนวนองศาความเป็นอิสระ $a-1$ และ $ab(n-1)$ ถ้า $H_0 : \tau_i = 0$ เป็นจริง และจะปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_0 ที่ระดับนัยสำคัญ α ถ้า $F_A > F_{\alpha;a-1,ab(n-1)}$

ในทำนองเดียวกัน การทดสอบสมมติฐานที่ว่าอิทธิพลของปัจจัย B เท่ากับ 0 คือ $H_0 : \beta_j = 0$ จะใช้อัตราส่วน

$$F_B = \frac{MSB}{MSE}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งมีการแจกแจงแบบ F ด้วยจำนวนองศาความเป็นอิสระ $b-1$ และ $ab(n-1)$ถ้า $H_0:\beta_j=0$ เป็นจริง และจะปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_0ที่ระดับนัยสำคัญα ถ้า $F_B > F_{\alpha;b-1,ab(n-1)}$

ส่วนในการทดสอบสมมติฐานที่ว่าอิทธิพลปฏิสัมพันธ์ทั้งหมดเท่ากับ 0 คือ $H_0:(\tau\beta)_{ij}=0$ จะใช้อัตราส่วน

$$F_{AB}=\frac{MSAB}{MSE}$$

ซึ่งมีการแจกแจงแบบ F ด้วยจำนวนองศาความเป็นอิสระ $(a-1)(b-1)$ และ $ab(n-1)$ ถ้า$H_0:(\tau\beta)_{ij}=0$ เป็นจริง และจะปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_0ที่ระดับนัยสำคัญα ถ้า $F_{AB} > F_{\alpha;(a-1)(b-1),ab(n-1)}$

2.2.6 วิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนวิธีผลต่างนัยสำคัญน้อยที่สุด ของฟิชเชอร์ (Fisher's Least Significant Difference : LSD)

LSD ใช้ทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์คู่ใดคู่หนึ่ง ถ้ามีค่าเฉลี่ยหลายคู่ มักใช้เปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์ที่อยู่ติดกันทีละคู่ เมื่อค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์ทั้งหมดถูกจัดเรียงลำดับจากน้อยไปมาก (สายชล. 2554)
ตัวสถิติทดสอบ คือ

$$LSD_\alpha = t_{\frac{\alpha}{s};\nu}\sqrt{MSE\left(\frac{1}{n_i}+\frac{1}{n_j}\right)};n_i\neq n_j$$

$$= t_{\frac{\alpha}{s};\nu}\sqrt{\frac{2MSE}{n}};n_i\neq n_j$$

เมื่อ $t_{\frac{\alpha}{s};\nu}$ คือ ค่าที่เปิดจากตาราง t ที่ระดับนัยสำคัญ $\frac{\alpha}{2}$ โดยใช้จำนวนองศาความเป็นอิสระของความคลาดเคลื่อน ν การทดสอบนี้เป็นการทดสอบแบบสองหาง

MSE คือ ค่ากำลังสองเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนในตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน

n_i, n_j คือ จำนวนซ้ำของทรีทเมนต์ที่ i และ j ที่ต้องการเปรียบเทียบ ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักเกณฑ์ในการใช้ LSD

1. ใช้ LSD เมื่อค่า F ในตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนมีความแตกต่างระหว่างทรีทเมนต์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือค่า F ที่คำนวณได้มีค่ามากกว่า F ในตารางสถิติ

2. ไม่ควรใช้ LSD สำหรับเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์ทั้งหมดทุกคู่ ถ้าจำนวนทรีทเมนต์ที่ใช้ในการทดลองนั้นมากกว่า 5 ทรีทเมนต์ (หรือมีค่าเฉลี่ยมากกว่า 10 คู่)

3. ใช้ LSD สำหรับการทดลองที่มีการวางแผนไว้ล่วงหน้า (Planned comparisons) ว่าต้องการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างทรีทเมนต์ไหน โดยเฉพาะถ้ามีทรีทเมนต์ควบคุม (Control treatment) รวมอยู่ด้วย เรามักเปรียบเทียบทรีทเมนต์ต่าง ๆ กับ ทรีทเมนต์ควบคุม โดยไม่ต้องคำนึงถึงจำนวนทรีทเมนต์ที่ใช้ในการทดลอง

กรณีที่ตรวจสอบแล้วพบว่า ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ไม่เป็นตามข้อกำหนดเบื้องต้นของประชากร จะแปลงข้อมูลโดยการใช้รากที่สอง หรือโดยการการใช้ค่ามุมแล้วทดสอบว่าข้อมูลเป็นไปตามข้อกำหนดเบื้องต้นหรือไม่อีกครั้ง หากข้อมูลไม่เป็นไปตามข้อกำหนดเบื้องต้นจะใช้การทดสอบด้วยสถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์ (สุรินทร์. 2553)

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ชนิกานต์ (2554) การศึกษาเรื่องการเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องจักรในกระบวนการผลิตชิ้นงาน (OD Polishing) ของบริษัท ไซโก้ อินสทรูเม้นท์ (ประเทศไทย) จำกัดมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องจักรในกระบวนการผลิตชิ้นงาน การปรับปรุงประสิทธิภาพทำให้สามารถลดต้นทุนการผลิตและลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม การเปลี่ยนแปลงประกอบด้วย (1) ลดขั้นตอนจาก 2 ขั้นตอนเป็น 1 ขั้นตอน (2) เปลี่ยนหินขัดเป็นรหัส GC180 L 7V5S (3) เพิ่มความเร็วรอบหมุนของหินขัดจาก 60 RPM เป็น 70 RPM ต้นทุนการผลิตลดลงร้อยละ 51.18 จาก 0.0015 บาทต่อชิ้น เป็น 0.00073 บาทต่อชิ้น และผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมลดลง ร้อยละ 49.87

อรรถพล (2559) ได้ศึกษาเรื่อง การลดเวลาปรับตั้งเครื่องจักรในสายการผลิตท่อส่งข้าว มีวัตถุประสงค์เพื่อลดเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรในสายการผลิตท่อส่งข้าวโดยใช้วิธีการวิเคราะห์การทำงานของพนักงานและการปรับเปลี่ยนเครื่องจักรอย่างรวดเร็ว (Single minute exchange of die, SMED) กระบวนการผลิตชิ้นส่วนท่อส่งข้าวมีทั้งหมด 3 รายการ คือ ท่อส่งข้าวเบอร์ 1,2 และ 3 ซึ่งทำการผลิตที่สายการผลิตเดียวกันด้วยเครื่องจักร CNC เครื่องเดียวกันในการปรับตั้งเครื่องจักรใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลานานถึง 1,171.6 นาที/ครั้ง ซึ่งส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพของการผลิตและการส่งมอบสินค้าให้กับลูกค้า

เมื่อศึกษาข้อมูลวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา ได้ทำการปรับปรุงกระบวนการปรับตั้งเครื่องจักร ดังนี้ 1) แยกงานนอก - งานใน ด้วยเทคนิค SMED 2) เปลี่ยนวิธีการถอดและติดตั้งเครื่องมือจากด้านหน้าเป็นด้านหลังเครื่อง 3) ออกแบบการล็อกตำแหน่งจิ๊กให้ง่ายต่อการติดตั้ง ทั้งหมดนี้ทำให้สามารถลดเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรจาก 1,171.6 นาที/ครั้ง เหลือ 609.2 นาที/ครั้ง ลดลง 562.3 นาที/ครั้ง คิดเป็น 48.0% ทั้งนี้ทำให้ประสิทธิภาพเฉลี่ยของการผลิตเพิ่มขึ้นจาก 85.3% เป็น 92.3%

กษิรัช (2555) ได้ศึกษาเรื่อง การปรับปรุงประสิทธิภาพการบำรุงรักษาเครื่องฆ่าเชื่อ : กรณีศึกษา
บริษัทฟรีสแลนด์คัมพิน่า มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพด้วยการลดอัตราการเสียหายของเครื่องฆ่าเชื้อของบริษัทฟรีสแลนด์คัมพิน่า และทำแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเพื่อป้องกันปัญหาที่จะเกิดขึ้นกับระบบควบคุมแรงดันหล่อเย็น โดยใช้หลักการพาเรโต้ในการจำแนกปัญหา และใช้การตั้งคำถามทำไม 5 ครั้ง (5Whys) เพื่อหาต้นเหตุของปัญหา

จากการวิเคราะห์ถึงต้นเหตุที่แท้จริง พบว่ามาจากแรงดันระบบหล่อเย็น มีแรงดันไม่เป็นไปตามมาตรฐานของเครื่องจักร จึงทำการปรับปรุงกระบวนการควบคุมแรงดันของระบบหล่อเย็นให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยการเปลี่ยนระบบควบคุมแรงดันระบบหล่อเย็นที่เดิมใช้คนควบคุมเป็นระบบควบคุมแรงดันระบบหล่อเย็นแบบอัตโนมัติ และทำแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ระบบควบคุมหล่อเย็นเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดปัญหาซ้ำ

ผลจากการปรับปรุงทำให้การเสียหายของเครื่องฆ่าเชื้อที่มีประวัติเสียหายตั้งแต่เดือนมกราคม ถึงเดือนพฤศจิกายน 2555 มีอัตราเสียหายเฉลี่ย ร้อยละ 1.45 ของเวลาการผลิต ลดลงเหลือร้อยละ 0 ในเดือนธันวาคม 2555 และจากผลการศึกษานี้นำไปสร้างแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันของอุปกรณ์ควบคุมแรงดันระบบหล่อเย็น

เษกสรร และคณะ (2558) ได้ศึกษาเรื่อง การปรับปรุงประสิทธิภาพงานบำรุงรักษาเครื่องจักรสายการผลิตชิ้นส่วน GEAR KICK SPINDLE รุ่น KZL กรณีศึกษา : อุตสาหกรรมผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรสายการผลิต GEAR KICK SPINDLE รุ่น KZL และจัดทำมาตรฐานการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน โดยมีการสร้างเครื่องมือมาตรฐานเพื่อใช้ในการดำเนินงานประกอบไปด้วย ใบตรวจสอบเครื่องจักรประจำวัน ใบแผนงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บำรุงรักษาเครื่องจักร ใบแจ้งซ่อมเครื่องจักร ใบบันทึกการซ่อมเครื่องจักร เพื่อใช้ในการตรวจสอบสภาพเครื่องจักร การดำเนินวิจัยเริ่มจากการตรวจสอบสภาพเครื่องจักรประจำวัน เมื่อพบสิ่งผิดปกติจะต้องมีการเขียนใบแจ้งซ่อมและช่างให้ทำการแก้ไขโดยทันที ในการตรวจสอบเครื่องจักรจะกำหนดไว้ การเขียนใบแจ้งซ่อมและใบบันทึกการซ่อมจะใช้เพื่อบันทึกประวัติในการซ่อมบำรุงเครื่องจักร

ผลการวิจัยพบว่า อัตราการเดินเครื่องจักรหลังการปรับปรุงมีค่าอยู่ที่ร้อยละ 95 เพิ่มขึ้นจากเดิน ร้อยละ 8 ประสิทธิภาพการเดินเครื่องจักรหลังการปรับปรุงมีค่าร้อยละ 89 เพิ่มขึ้นจากเดิมร้อยละ 10 อัตราคุณภาพหลังจากการปรับปรุงมีค่าร้อยละ 97 เพิ่มขึ้นจากเดิม ร้อยละ 2 และค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรหลังการปรับปรุงมีค่าเท่ากับร้อยละ 82 เพิ่มขึ้นจากเดิมร้อยละ 17

เกษม (2552) ได้ศึกษาเรื่อง การวางแผนบำรุงรักษาเชิงป้องกันเครื่องจักรในอุตสาหกรรมรีเลย์ มีวัตถุประสงค์เพื่อจัดทำแผนบำรุงรักษาเครื่องจักรเชิงป้องกันในอุตสาหกรรมรีเลย์ โดยใช้โรงงานตัวอย่างซึ่งผลิตรีเลย์ในประเทศไทยเป็นกรณีศึกษา จากการศึกษาเบื้องต้นพบว่าโรงงานตัวอย่างยังไม่มีระบบการจัดการซ่อมบำรุง โดยจะทำการซ่อมบำรุงรักษาก็ต่อเมื่อเครื่องจักรหยุดทำงานหน้างานเท่านั้น งานวิจัยนี้จึงได้เสนอระบบการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเพื่อใช้ในการซ่อมบำรุงเครื่องจักร และได้นำระบบไปปฏิบัติ และทำการเปรียบเทียบผลก่อนดำเนินการ และหลังดำเนินการ ซึ่งสรุปผลได้ดังต่อไปนี้

ค่า MTBF เพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยเป็น 215.42 เปอร์เซ็นจากเดิม ค่า MTTR ลดลงโดยเฉลี่ยเป็น 73.91 เปอร์เซ็นจากเดิม ค่าความพร้อมใช้ของเครื่องจักรเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยเป็น 18:67 เปอร์เซ็นและอัตราการชำรุดลงลด 35.89 เปอร์เซ็น

ธีรพงษ์ (2558) ได้ศึกษาเรื่อง การปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องจักร กรณีศึกษาสถานีบริการก๊าซธรรมชาติ งานวิจัยนี้นำเสนอเกี่ยวกับการปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่องจักรในสถานีบริการก๊าซธรรมชาติแห่งหนึ่ง โดยใช้หลักการบำรุงรักษาทวีผลโดยทุกคนมีส่วนร่วม (Total Productive Maintenace :TPM) และแนวทางการควบคุมด้วยการมองเห็น (Visual Factory Management) มาใช้ในการแก้ปัญหา ในการศึกษานี้เบื้องต้นใช้แผนภูมิพาเรโตในการลำดับความสำคัญของปัญหาและใช้การวิเคราะห์ปัญหาด้วยแผนภูมิก้างปลา (Cause and Effect Diagram) เพื่อค้นหาสาเหตุ จากนั้นคัดเลือกปัญหาจาก 2 สาเหตุหลักที่ทำให้เครื่องจักรหยุดเนื่องจากการเกิดการขัดข้อง มาทำการปรับปรุงแก้ไขก่อนการแก้ปัญหานั้น ได้แก่ การกำหนดแผนการบำรุงรักษาด้วยตนเอง การกำหนดมาตรฐานการตรวจเช็คเครื่องจักรประจำวัน เป็นต้น สำหรับการวัดผลความสำเร็จของโครงการนั้นจะใช้ค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร อัตราการใช้งานของเครื่องจักร และเวลาการตรวจเช็คสภาวะพื้นฐานเครื่องจักรประจำวัน ผลการดำเนินงานพบว่าเครื่องจักรมีค่าประสิทธิผลโดยรวม (Overall

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

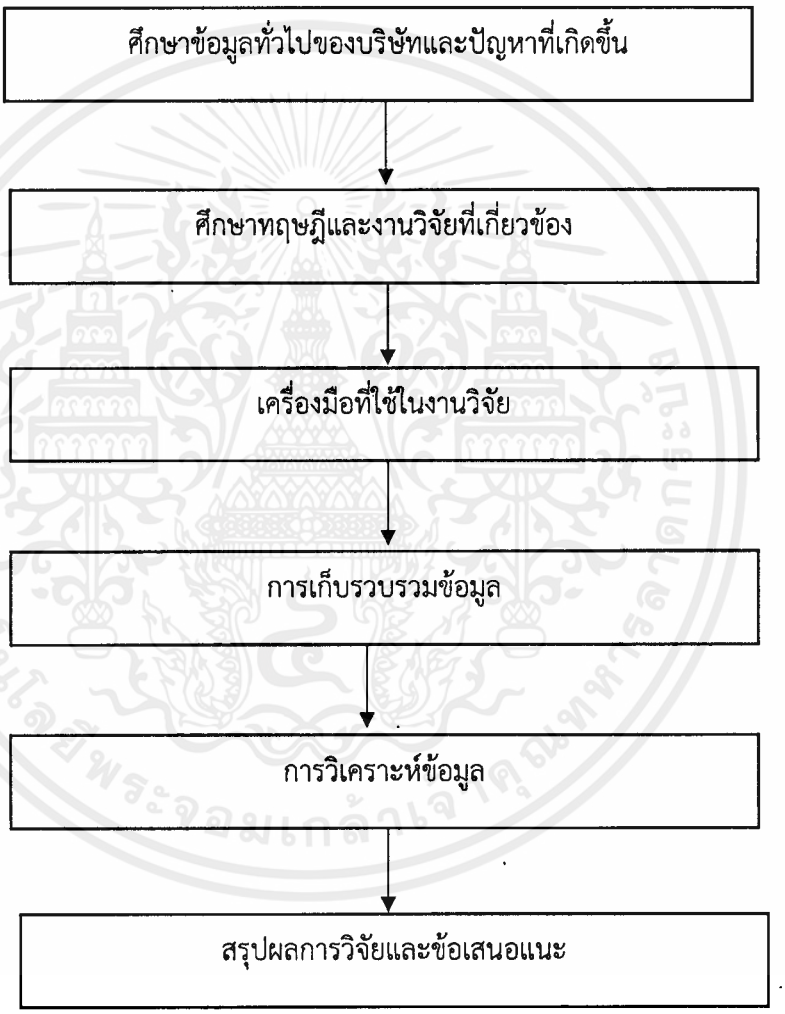
Equipment Effectiveness : OEE) เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 93.72 เป็นร้อยละ 99.56 ค่าอัตราการใช้งานของเครื่องจักร (Inherent Availability) เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 99.20 เป็นร้อยละ 99.63 และเวลาในการตรวจเช็คสภาวะพื้นฐานและทำความสะอาดเครื่องจักรประจำวัน (Daily Inspection) ลดลงจาก 40 นาที เป็น 19.48 นาที หรือลดลงร้อยละ 51.30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินวิจัย

ในการศึกษาครั้งนี้จะมุ่งที่จะศึกษาเกี่ยวกับการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องฉีดเทียนภายในบริษัท คริสตี้เจมส์ จำกัด ซึ่งมีรายละเอียดในการดำเนินงานวิจัย ดังแสดงรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ลำดับขั้นตอนวิธีการดำเนินงานวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1. ศึกษาข้อมูลทั่วไปของบริษัทและปัญหาที่เกิดขึ้น

3.1.1 ข้อมูลทั่วไปของบริษัทกรณีศึกษา

บริษัทคริสตี้เจมส์ จำกัด เป็นบริษัทรับผลิตเครื่องประดับตามคำสั่งซื้อ รับคำสั่งซื้อจากทั้งในและนอกประเทศ ประเภทของเครื่องประดับที่รับผลิตได้แก่ แหวน ต่างหู สร้อยคอ จี้ เข็มกลัด โดยโลหะหลักที่ใช้ในการผลิตได้แก่ ทองคำขาว ทองคำและเงิน

3.1.2 ศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้น

จากการศึกษาพบว่าเครื่องฉีดเทียนของบริษัทกรณีศึกษาไม่เคยได้รับการตรวจสอบยืนยันถึงความเหมือนความใกล้เคียงของชิ้นงานจากแต่ละเครื่องจึงเป็นเหตุให้มีการเปรียบเทียบเครื่องจักรเพื่อเป็นการทำให้เกิดความมั่นใจว่าสินค้าจะต้องมีความถูกต้องตามแบบเหมือนกันทั้งหมด

3.2 ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพเครื่องฉีดเทียนโดยใช้น้ำหนักครีบของเทียนซึ่งเกิดจากการหาผลต่างของน้ำหนักเทียนก่อนแต่งกับหลังแต่ง จะทำการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับการทดสอบความแตกต่างของค่ากลาง 2 ประชากรไม่เป็นอิสระกัน เพื่อทำการเปรียบเทียบหัวฉีดเทียนฝั่งซ้ายและฝั่งขวา จากเครื่องฉีดเทียนเครื่องที่ 1 2 และ 3 หากหัวฉีดเทียนทั้งสองฝั่งให้ประสิทธิภาพที่ไม่แตกต่างกัน จะทำการหาค่าเฉลี่ยเพื่อนำมาใช้ในการวางแผนแบบสุ่มสมบูรณ์ แต่หากหัวฉีดเทียนทั้งสองฝั่งให้ประสิทธิภาพที่แตกต่างกันจะนำข้อมูลหัวฉีดเทียนที่มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักครีบของเทียนน้อยกว่ามาทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการวางแผนแบบสุ่มสมบูรณ์ ศึกษาเกี่ยวกับการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการวางแผนแบบสุ่มสมบูรณ์ เพื่อทำการเปรียบเทียบเครื่องฉีดเทียนทั้ง 4 ว่ามีประสิทธิภาพในการฉีดให้ประสิทธิภาพเหมือนหรือแตกต่างกันหรือไม่ ศึกษาเกี่ยวกับการวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับการวางแผนแบบแฟกทอเรียล เพื่อดูว่าเครื่องฉีดเทียนและแบบแหวนมีผลต่อน้ำหนักของครีบเทียนหรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

3.3.1 โปรแกรม Minitab Version 18

3.3.2 โปรแกรม Microsoft Excel 2010

3.3.3 ตาชั่ง Vibra

3.3.4 ใบบันทึกข้อมูลการฉีดเทียน

ตารางบันทึกข้อมูลการฉีดเทียน						
วัน/เดือน/ปี						
เครื่องฉีดเทียน	แบบแหวน	ชิ้นที่	น้ำหนักก่อนแต่ง	เวลา	น้ำหนักหลังแต่ง	QC

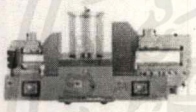
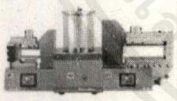
รูปที่ 3.2 ใบบันทึกข้อมูลการฉีดเทียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ทำการศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลโดยการเลือกแบบแหวน 2 แบบที่มียอดการสั่งซื้อมากที่สุดในปี 2561 นำมาฉีดเทียนแบบละ 5 ซ้ำ จากเครื่องฉีดเทียน 4 เครื่อง โดย เครื่องที่ 1 2 และ 3 มีหัวฉีดเทียน 2 ฝั่งภายในเครื่อง ได้แก่ ฝั่งซ้ายและฝั่งขวา จากนั้นนำเทียนที่ถูกฉีดออกมาไปชั่งน้ำหนักก่อนแต่ง - หลังแต่ง และบันทึกข้อมูลลงในใบบันทึกข้อมูลการฉีดเทียน จากนั้นนำข้อมูลมาบันทึกในโปรแกรม Microsoft Excel 2010 และหาผลต่างของน้ำหนักก่อนแต่ง - หลังแต่งเทียน(น้ำหนักครีบของเทียน)เพื่อนำไปวิเคราะห์ผลทางสถิติต่อไปโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ Minitab รวมทั้งเก็บข้อมูลเครื่องฉีดเทียน ข้อดีและข้อเสียเพื่อเป็นข้อเสนอแนะเพิ่มเติมในการสรุปผล

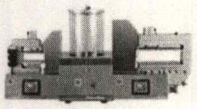
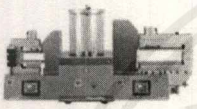
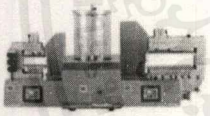
ตารางที่ 3.1 ข้อมูลเครื่องฉีดเทียน

เครื่องฉีดเทียน	ราคา (หน่วย:บาท)	วันที่ติดตั้งเครื่องจักร
เครื่องที่ 1 	592,139.53	7 พฤศจิกายน พ.ศ.2553
เครื่องที่ 2	593,839.03	1 พฤศจิกายน พ.ศ.2558
เครื่องที่ 3 	593,839.03	1 พฤศจิกายน พ.ศ.2558
เครื่องที่ 4	332,000	1 กันยายน พ.ศ.2560

ที่มา : ฝ่ายซ่อมบำรุง บริษัท คริสตี้เจมส์ จำกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 ข้อดี - ข้อเสียของเครื่องฉีดเทียนที่ได้จากการสอบถามผู้ใช้งานในฝ่ายผลิต

เครื่องฉีดเทียน	ข้อดี	ข้อเสีย
เครื่องที่ 1 	1. เหมาะสำหรับงานชิ้นเล็ก จำพวก จี้ ต่างหู และงานที่มีการฝังเป็นจำนวนมาก	1. ไม่เหมาะกับงานชิ้นใหญ่ 2. แรงดันน้อย 3. มักเป็นตะเข็บกับงานชิ้นใหญ่ เนื่องจากแรงดันน้อย ทำให้ฉีดเทียนไม่เต็ม 4. ปรับขนาดหน้างานไม่ได้
เครื่องที่ 2 	1. เหมาะกับงานชิ้นใหญ่ จำพวกแหวน หรือจี้ชิ้นใหญ่	1. ไม่เหมาะกับงานชิ้นเล็ก 2. มีปัญหาเรื่องแรงบีบบล็อคยางที่มากเกินไป ทำให้เทียนล้น 3. เป็นตะเข็บ 4. ปรับขนาดหน้างานไม่ได้
เครื่องที่ 3 	1. เหมาะกับงานชิ้นใหญ่	1. ไม่เหมาะสำหรับงานชิ้นเล็ก จำพวกจี้ 2. แรงบีบน้อย 3. มักมีตะเข็บ และฟองอากาศ 4. บางครั้งแป้นหนีบบล็อคยางมีการหนีบเอง
เครื่องที่ 4	1. สามารถปรับความหนาได้ ในกรณีงานควบคุมขนาด 2. ฉีดงานได้น้ำหนัก	1. มีหัวเดียว ทำให้ราคาค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับเครื่องยี่ห้ออื่นที่มีราคาใกล้เคียงกันแต่มีหัวฉีดมากกว่า 2. เทียนไม่ค่อยสะบัด ทำให้เก็บรายละเอียดในงานชิ้นเล็กได้ไม่ดี

ที่มา : ฝ่ายผลิต บริษัท คริสตี้เจมส์ จำกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ทำการคำนวณค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานแบ่งตามแบบแหวน จากหัวฉีดเทียนแยกเป็นฝั่งซ้ายและฝั่งขวา จากเครื่องฉีดเทียนที่ 1 2 และ 3 คำนวณค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ในเครื่องฉีดเทียนที่ 4

2. ทำการทดสอบความแตกต่างของค่ากลาง 2 ประชากรไม่เป็นอิสระกันโดยใช้ Paired – t test เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพหัวฉีดเทียนฝั่งซ้ายและฝั่งขวา

3. ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการวางแผนแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design : CRD) จากข้อมูลหลังการทดสอบ Paired – t test หากหัวฉีดเทียนทั้งสองฝั่งมีประสิทธิภาพไม่แตกต่างกันจะทำการหาค่าเฉลี่ยเพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์ แต่หากหัวฉีดเทียนทั้งสองฝั่งมีประสิทธิภาพต่างกัน จะใช้ข้อมูลหัวฉีดเทียนที่มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักครีบของเทียนน้อยกว่าในการวิเคราะห์

4. ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับการทดลองแบบแฟกทอเรียล (Factorial Design) เพื่อทดสอบว่าเครื่องฉีดเทียนและแบบแหวนมีผลต่อน้ำหนักครีบหรือไม่

3.6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาครั้งนี้คณะผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพเครื่องฉีดเทียน โดยผลการศึกษาและข้อเสนอแนะที่ได้จะนำเสนอไว้ในบทที่ 4 และบทที่ 5 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการศึกษาเรื่องการเปรียบเทียบเครื่องฉีดเทียนได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากส่วนต่างของน้ำหนักก่อนแต่งเทียนและหลังแต่งเทียน (น้ำหนักครีบของเทียน หน่วย : กรัม) โดยเก็บข้อมูลแหวน 2 แบบ และแบบละ 5 ซ้ำ จากเครื่องฉีดเทียน 4 เครื่อง ได้ผลดังนี้

4.1 ข้อมูลน้ำหนักของเทียนที่ได้จากเครื่องฉีดเทียน

4.1.1 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานน้ำหนักครีบของเทียน จากเครื่องฉีดเทียนแต่ละเครื่อง

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลน้ำหนักครีบของเทียนจากแบบแหวนแบบที่ 1 เครื่องฉีดเทียนที่ 1

เครื่องฉีดเทียนที่ 1	n	Mean	S.D.
ฝั่งซ้าย	5	0.003800	0.000447
ฝั่งขวา	5	0.005400	0.001817
รวม	10		

จากตารางที่ 4.1 เครื่องฉีดเทียนที่ 1 พบว่าหัวฉีดเทียนฝั่งซ้ายและฝั่งขวาให้ค่าเฉลี่ยน้ำหนักครีบของเทียนในแหวนแบบที่ 1 เท่ากับ 0.003800 กรัม และ 0.005400 กรัม ตามลำดับ และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.000447 กรัม และ 0.001817 กรัม ตามลำดับ

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลน้ำหนักครีบของเทียนจากแบบแหวนแบบที่ 1 เครื่องฉีดเทียนที่ 2

เครื่องฉีดเทียนที่ 2	n	Mean	S.D.
ฝั่งซ้าย	5	0.007000	0.001225
ฝั่งขวา	5	0.007200	0.000447
รวม	10		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.2 เครื่องฉีดเทียนที่ 2 พบว่าหัวฉีดเทียนฝั่งซ้ายและฝั่งขวาให้ค่าเฉลี่ยน้ำหนักครีบของเทียนในแหวนแบบที่ 1 เท่ากับ 0.007000 กรัม และ 0.007200 กรัม ตามลำดับ และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.000447 กรัม และ 0.001817 กรัม ตามลำดับ

ตารางที่ 4.3 ข้อมูลน้ำหนักครีบของเทียนจากแบบแหวนแบบที่ 1 เครื่องฉีดเทียนที่ 3

เครื่องฉีดเทียนที่ 3	n	Mean	S.D.
ฝั่งซ้าย	5	0.006100	0.000548
ฝั่งขวา	5	0.006800	0.000837
รวม	10		

จากตารางที่ 4.3 เครื่องฉีดเทียนที่ 3 พบว่าหัวฉีดเทียนฝั่งซ้ายและฝั่งขวาให้ค่าเฉลี่ยน้ำหนักครีบของเทียนในแหวนแบบที่ 1 เท่ากับ 0.006100 กรัม และ 0.006800 กรัม ตามละดับ และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.000548 กรัม และ 0.000837 กรัม ตามลำดับ

ตารางที่ 4.4 ข้อมูลน้ำหนักครีบของเทียนจากแบบแหวนแบบที่ 2 เครื่องฉีดเทียนที่ 1

เครื่องฉีดเทียนที่ 1	n	Mean	S.D.
ฝั่งซ้าย	5	0.006400	0.000894
ฝั่งขวา	5	0.006400	0.000548
รวม	10		

จากตารางที่ 4.4 เครื่องฉีดเทียนที่ 1 พบว่าหัวฉีดเทียนฝั่งซ้ายและฝั่งขวาให้ค่าเฉลี่ยน้ำหนักครีบของเทียนในแหวนแบบที่ 2 เท่ากับ 0.006400 กรัม และ 0.006400 กรัม ตามลำดับ และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.000894 กรัม และ 0.000548 กรัม ตามลำดับ

ตารางที่ 4.5 ข้อมูลน้ำหนักครีบของเทียนจากแบบแหวนแบบที่ 2 เครื่องฉีดเทียนที่ 2

เครื่องฉีดเทียนที่ 2	n	Mean	S.D.
ฝั่งซ้าย	5	0.006000	0.001000
ฝั่งขวา	5	0.007000	0.001414
รวม	10		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.5 เครื่องฉีดเทียนที่ 2 พบว่าหัวฉีดเทียนฝั่งซ้ายและฝั่งขวาให้ค่าเฉลี่ยน้ำหนักครีบของเทียนในแหวนแบบที่ 2 เท่ากับ 0.006000 กรัม และ 0.007000 กรัม ตามลำดับ และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเท่ากับ 0.001000 กรัม และ 0.001414 กรัม ตามลำดับ

ตารางที่ 4.6 ข้อมูลน้ำหนักครีบของเทียนจากแบบแหวนแบบที่ 2 เครื่องฉีดเทียนที่ 3

เครื่องฉีดเทียนที่ 3	n	Mean	S:D.
ฝั่งซ้าย	5	0.006600	0.000894
ฝั่งขวา	5	0.006600	0.002191
รวม	10		

จากตารางที่ 4.6 เครื่องฉีดเทียนที่ 3 พบว่าหัวฉีดเทียนฝั่งซ้ายและฝั่งขวาให้ค่าเฉลี่ยน้ำหนักครีบของเทียนในแหวนแบบที่ 2 เท่ากับ 0.006600 กรัม และ 0.006600 กรัม ตามลำดับ และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.000894 กรัม และ 0.002191 กรัม ตามลำดับ

ตารางที่ 4.7 ข้อมูลน้ำหนักครีบของเทียนจากเครื่องฉีดเทียนที่ 4

เครื่องฉีดเทียนที่ 4	n	Mean	S.D.
แบบที่ 1	5	0.008400	0.002074
แบบที่ 2	5	0.006400	0.001673
รวม	10		

จากตารางที่ 4.7 เครื่องฉีดเทียนที่ 4 พบว่าให้ค่าเฉลี่ยน้ำหนักครีบของเทียนในแหวนแบบที่ 1 และแหวนแบบที่ 2 เท่ากับ 0.008400 กรัม และ 0.006400 กรัม ตามลำดับ และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.002074 กรัม และ 0.001673 กรัม ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 ข้อมูลทั่วไปของน้ำหนักเทียนจากแบบแหวนแบบที่ 1 จากเครื่องฉีดเทียน 4 เครื่อง

เครื่องฉีดเทียนที่	N	Mean	S.D.
1	5	0.004600	0.000822
2	5	0.007100	0.000652
3	5	0.006450	0.000512
4	5	0.008400	0.002074
รวม	20		

จากตารางที่ 4.8 เครื่องฉีดเทียนที่ 1, 2, 3 และ 4 พบว่าให้ค่าเฉลี่ยน้ำหนักครีบของเทียนในแหวนแบบที่ 1 เท่ากับ 0.004600 กรัม, 0.007100 กรัม 0.006450 กรัม และ 0.008400 กรัม ตามลำดับ และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.000822 กรัม, 0.000652 กรัม, 0.000512 กรัม และ 0.002074 กรัม ตามลำดับ

ตารางที่ 4.9 ข้อมูลทั่วไปของน้ำหนักเทียนจากแบบแหวนแบบที่ 2 จากเครื่องฉีดเทียนทั้ง 4 เครื่อง

เครื่องฉีดเทียนที่	N	Mean	S.D.
1	5	0.006400	0.000418
2	5	0.006500	0.001000
3	5	0.006600	0.001387
4	5	0.006400	0.001673
รวม	20		

จากตารางที่ 4.9 เครื่องฉีดเทียนที่ 1, 2, 3 และ 4 พบว่าให้ค่าเฉลี่ยน้ำหนักครีบของเทียนในแหวนแบบที่ 2 เท่ากับ0.006400 กรัม, 0.006500 กรัม, 0.006600 กรัม และ 0.006400 กรัม และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.000418 กรัม, 0.001000 กรัม, 0.001387 กรัม และ 0.001673 กรัม ตามลำดับ

4.2 ผลการทดสอบสมมติฐาน

ก่อนการทดสอบสมมติฐานจะทำการทดสอบข้อกำหนดเบื้องต้นก่อน เพื่อนำมาพิจารณาในการเลือกใช้สถิติทดสอบโดยการทดสอบข้อกำหนดเบื้องต้น (แสดงไว้ในภาคผนวก ก.) จากการทดสอบสมมติฐานสามารถสรุปผลได้ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1 การวิเคราะห์แบบ Paired – t test

สมมติฐาน $H_0 : \mu_d = d_0$

$H_1 : \mu_d \neq d_0$

ตารางที่ 4.10 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยน้ำหนักของครีบแหวนแบบที่ 1 จากเครื่องฉีดเทียนที่ 1

เครื่องฉีดเทียน	Mean	S.D.	t-Value	p-Value
1	0.004600	0.001506	-1.73	0.160

จากตารางที่ 4.10 เนื่องจากค่า p-value > 0.05 จึงยอมรับ H_0 นั่นคือเครื่องฉีดเทียนที่ 1 พบว่าหัวฉีดเทียนฝั่งซ้ายและฝั่งขวามีค่าเฉลี่ยน้ำหนักของครีบแหวนแบบที่ 1 ไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตารางที่ 4.11 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยน้ำหนักของครีบแหวนแบบที่ 1 จากเครื่องฉีดเทียนที่ 2

เครื่องฉีดเทียน	Mean	S.D.	t-Value	p-Value
2	0.007100	0.000876	-0.34	0.749

จากตารางที่ 4.11 เนื่องจากค่า p-value > 0.05 จึงยอมรับ H_0 นั่นคือเครื่องฉีดเทียนที่ 2 พบว่าหัวฉีดเทียนฝั่งซ้ายและฝั่งขวามีค่าเฉลี่ยน้ำหนักของครีบแหวนแบบที่ 1 ไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตารางที่ 4.12 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยน้ำหนักของครีบแหวนแบบที่ 1 จากเครื่องฉีดเทียนที่ 3

เครื่องฉีดเทียน	Mean	S.D.	t-Value	p-Value
3	0.006450	0.000762	-1.61	0.184

จากตารางที่ 4.12 เนื่องจากค่า p-value > 0.05 จึงยอมรับ H_0 นั่นคือเครื่องฉีดเทียนที่ 3 พบว่าหัวฉีดเทียนฝั่งซ้ายและฝั่งขวามีค่าเฉลี่ยน้ำหนักของครีบแหวนแบบที่ 1 ไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตารางที่ 4.13 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยน้ำหนักของครีบแหวนแบบที่ 2 จากเครื่องฉีดเทียนที่ 1

เครื่องฉีดเทียน	Mean	S.D.	t-Value	p-Value
1	0.006400	0.000699	0.00	1.000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.13 เนื่องจากค่า p-value > 0.05 จึงยอมรับ H_0 นั่นคือเครื่องฉีดเทียนที่ 1 พบว่าหัวฉีดเทียนฝั่งซ้ายและฝั่งขวามีค่าเฉลี่ยน้ำหนักของครีบแหวนแบบที่ 2 ไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตารางที่ 4.14 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยน้ำหนักของครีบแหวนแบบที่ 2 จากเครื่องฉีดเทียนที่ 2

เครื่องฉีดเทียน	Mean	S.D.	t-Value	p-Value
2	0.006500	0.001269	-1.58	0.189

จากตารางที่ 4.14 เนื่องจากค่า p-value > 0.05 จึงยอมรับ H_0 นั่นคือเครื่องฉีดเทียนที่ 2 พบว่าหัวฉีดเทียนฝั่งซ้ายและฝั่งขวามีค่าเฉลี่ยน้ำหนักของครีบแหวนแบบที่ 2 ไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตารางที่ 4.15 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยน้ำหนักของครีบแหวนแบบที่ 2 จากเครื่องฉีดเทียนที่ 3

เครื่องฉีดเทียน	Mean	S.D.	t-Value	p-Value
3	0.006600	0.002191	0.00	1.000

จากตารางที่ 4.15 เนื่องจากค่า p-value > 0.05 จึงยอมรับ H_0 นั่นคือเครื่องฉีดเทียนที่ 3 พบว่าหัวฉีดเทียนฝั่งซ้ายและฝั่งขวามีค่าเฉลี่ยน้ำหนักของครีบแหวนแบบที่ 2 ไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

4.2.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับการวางแผนแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design : CRD)

สมมติฐาน $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$

H_1 : มี $\mu_i \neq \mu_j$ อย่างน้อย 1 คู่ โดยที่ $i \neq j$

ตารางที่ 4.16 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยน้ำหนักครีบของแหวนที่ได้จากเครื่องฉีดเทียน ทั้ง 4 เครื่อง เปรียบเทียบแบบแหวนที่ 1 โดยใช้วิธี CRD

แบบแหวน	Mean	S.D.	F-Value	p-Value
1	0.006638	0.00178	151.57	0.001

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.16 เนื่องจากค่า p-value < 0.05 จึงปฏิเสธ H_0 นั่นคือ เครื่องฉีดเทียนที่ 1, 2, 3 และ 4 พบว่ามีค่าเฉลี่ยน้ำหนักครีบของแหวนแตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และทำการเปรียบเทียบรายคู่ (Multiple Comparison) โดยใช้วิธี Fisher's Least Significant Difference : L.S.D. แบ่งเป็น 3 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 เครื่องฉีดเทียนที่ 4 และเครื่องฉีดเทียนที่ 2 พบว่าให้ค่าเฉลี่ยน้ำหนักครีบเท่ากับ 0.0084 กรัม และ 0.0071 กรัม ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างจากกลุ่มที่ 2 เครื่องฉีดเทียนที่ 2 และเครื่องฉีดเทียนที่ 3 พบว่าให้ค่าเฉลี่ยน้ำหนักครีบเท่ากับ 0.0071 กรัม และ 0.006450 กรัม ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างจากกลุ่มที่ 3 เครื่องฉีดเทียนที่ 1 พบว่าให้ค่าเฉลี่ยน้ำหนักครีบเท่ากับ 0.0046 กรัม (ดังแสดงไว้ในภาคผนวก ข.) โดยเครื่องฉีดเทียนที่ 1 ให้ค่าเฉลี่ยน้ำหนักครีบของเทียนน้อยที่สุด คือ 0.0046

ตารางที่ 4.17 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยน้ำหนักของแหวนที่ได้จากเครื่องฉีดเทียน ทั้ง 4 เครื่อง เปรียบเทียบแบบแหวนที่ 2 โดยใช้วิธี CRD

แบบแหวน	Mean	S.D.	F-Value	p-Value
2	0.006475	0.001118	0.03	0.992

จากตารางที่ 4.17 เนื่องจากค่า p-value > 0.05 จึงยอมรับ H_0 นั่นคือ เครื่องฉีดเทียนที่ 1,2,3 และ 4 พบว่ามีค่าเฉลี่ยน้ำหนักครีบของแหวนไม่แตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

4.2.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับแผนการทดลองแบบแฟกทอเรียล

สมมติฐาน H_0 : เครื่องฉีดเทียนและแบบแหวนไม่มีผลต่อน้ำหนักของครีบเทียน

H_1 : เครื่องฉีดเทียนและแบบแหวนมีผลต่อน้ำหนักของครีบเทียน

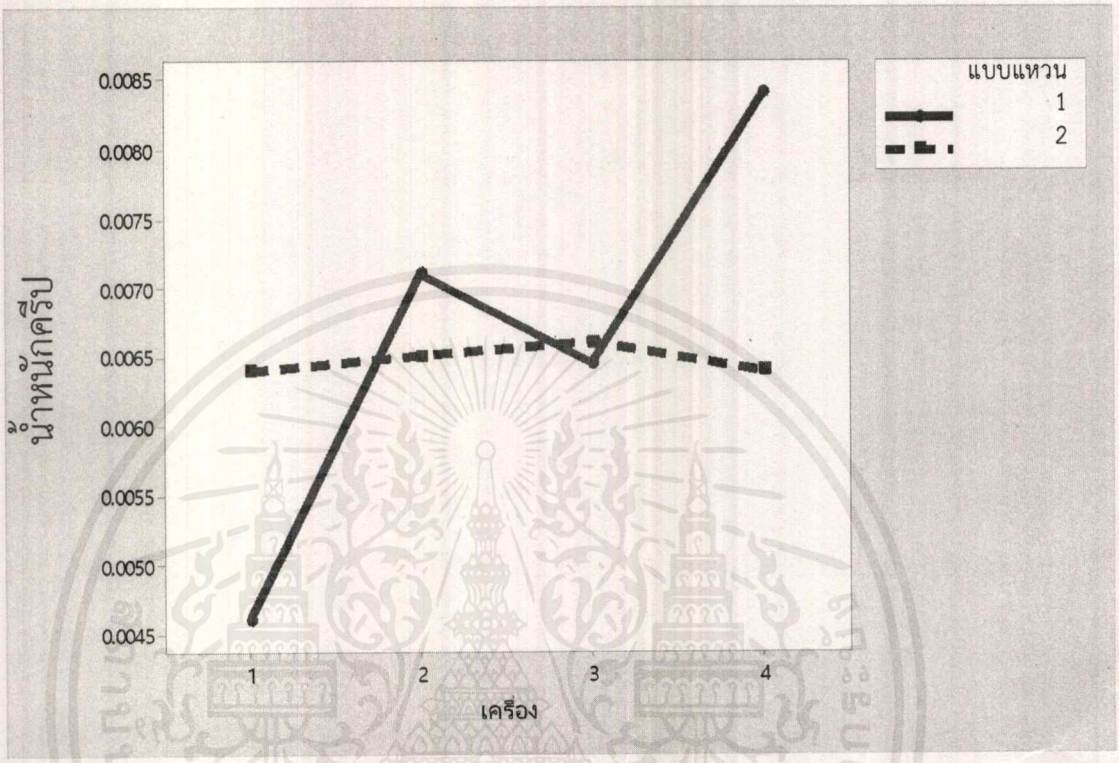
ตารางที่ 4.18 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยน้ำหนักของครีบเทียนที่ได้จากเครื่องฉีดเทียน ทั้ง 4 เครื่อง โดยใช้การวางแผนแบบแฟกทอเรียล

Source	Mean	S.D.	F-Value	p-Value
เครื่อง	0.006556	0.001469	4.35	0.011
แบบแหวน	0.006556	0.001469	0.18	0.672
เครื่อง*แบบแหวน	0.006556	0.001469	4.33	0.011

จากตารางที่ 4.18 เครื่องฉีดเทียนที่ 1,2,3 และ 4 พบว่า p-value < 0.05 จึงปฏิเสธ H_0 นั่นคือ เครื่องฉีดเทียนและแบบแหวนมีผลต่อน้ำหนักของครีบเทียน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้นจึงนำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าเฉลี่ยน้ำหนักครีบของแหวนจากเครื่องฉีดเทียนแต่ละเครื่องและแหวนแต่ละแบบมาพล็อต ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 กราฟค่าเฉลี่ยน้ำหนักครีบของแหวนจากเครื่องฉีดเทียน

พบว่าเครื่องฉีดเทียนที่ 1 มีน้ำหนักครีปที่เกิดจากการฉีดเทียนน้อยกว่าเครื่องฉีดเทียนเครื่องอื่น ๆ และทำการเปรียบเทียบรายคู่ (Multiple Comparison) โดยใช้วิธี Fisher's Least Significant Difference : LSD (ดังแสดงใน ตารางที่ 4.19)

ตารางที่ 4.19 ผลการเปรียบเทียบเชิงซ้อนจากเครื่องฉีดเทียนที่ 1

เครื่อง* แบบแหวน	N	Mean	Grouping	
1 2	5	0.006400	B	
1 1	5	0.004600		C

พบว่าเครื่องฉีดเทียนที่ให้ประสิทธิภาพดีที่สุดได้แก่ เครื่องฉีดเทียนที่ 1 ซึ่งเหมาะสำหรับการใช้ฉีดแหวนแบบที่ 1 มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักครีบของแหวนในแบบที่ 1 เท่ากับ 0.0046 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

การสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องฉีดเทียนทั้ง 4 เครื่องโดยการใช้น้ำหนักครีบของแหวนที่เกิดจากการนำน้ำหนักของแหวนก่อนแต่งลบด้วยน้ำหนักของแหวนหลังแต่ง เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการฉีดเทียนของเครื่องฉีดเทียนทั้ง 4 เครื่อง เพื่อเป็นแนวทางนำไปวางแผนการซ่อมบำรุงเครื่องฉีดเทียนในบริษัทคริสตี้ เจมส์ และเพื่อลดความสูญเปล่าอันเกิดจากการแต่งเทียน จากการศึกษาสามารถสรุปผลการวิจัยแยกเป็นหัวข้อได้ดังนี้

5.1.1 สรุปผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการฉีดเทียนของเครื่องฉีดเทียน

จากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพเครื่องฉีดเทียนทั้ง 4 เครื่อง ด้วยการวางแผนแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) และ การวางแผนแบบแฟกทอเรียล พบว่าเครื่องฉีดเทียนที่ให้ประสิทธิภาพดีที่สุดได้แก่ เครื่องฉีดเทียนที่ 1 และเหมาะสมกับแหวนแบบที่ 1

5.1.2 สรุปผลการนำไปใช้เป็นแนวทางในการวางแผนการบำรุงรักษาเครื่องฉีดเทียน

เมื่อบริษัททราบผลจากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพเครื่องฉีดเทียนซึ่งแสดงให้เห็นว่า เครื่องฉีดเทียนแต่ละเครื่องมีประสิทธิภาพในการฉีดแตกต่างกัน จึงควรมีซ่อมแซม ปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่องฉีดเทียนที่ 2 3 และ 4 โดยศึกษาจากวิธีการดูแลรักษาเครื่องฉีดเทียนที่ 1

5.1.3 สรุปผลการลดความสูญเปล่าอันเกิดจากการแต่งเทียน

จากการศึกษาพบว่าเนื่องจากในเครื่องฉีดเทียนที่ 1 ให้ค่าเฉลี่ยน้ำหนักครีบน้อยที่สุด เมื่อเทียบกับเครื่องฉีดเทียนที่ 2 3 และ 4 ดังนั้นในการฉีดเทียนแหวนแบบที่ 1 ควรฉีดจากเครื่องฉีดเทียนที่ 1 ซึ่งสามารถลดความสูญเปล่าในการแต่งเทียนของฝ่ายผลิตลงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะงานวิจัย

จากผลการศึกษาพบว่าการที่เครื่องฉีดเทียนมีประสิทธิภาพที่ดีส่งผลให้กระบวนการผลิตสามารถทำงานได้อย่างราบรื่นและเป็นการลดความสูญเปล่าที่เกิดจากการแต่งเทียน อีกทั้งผลการศึกษานี้สามารถใช้เป็นแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องฉีดเทียน โดยการศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวกับเครื่องฉีดเทียน เช่น

1. ศึกษาเกี่ยวกับการหาการตั้งค่าเครื่องฉีดเทียนที่เหมาะสมในการฉีดเทียนเช่น แรงบีบ น้ำเทียน เพื่อที่จะสามารถใช้งานเครื่องฉีดเทียนให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด
2. การศึกษาเกี่ยวกับความเหมาะสมในการกระจายงานประเภทต่าง ๆ เช่น แหวน จี้ ต่างหู สร้อย เพื่อให้เครื่องฉีดเทียนแต่ละเครื่องได้รับงานที่เหมาะสมกับคุณสมบัติที่มีอยู่ในแต่ละเครื่อง

5.3 ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินงานวิจัย

เนื่องจากผู้วิจัยมีระยะเวลาจำกัดในการศึกษากระบวนการทำงานของบริษัทและเก็บข้อมูลเพื่อนำมาใช้ในการวิจัยจึงไม่สามารถเก็บข้อมูลได้ครอบคลุมแหวนทุกแบบที่บริษัทได้ทำการผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กษิรัช สนธิเปล่งศรี. 2555. **การปรับปรุงประสิทธิภาพการบำรุงรักษาเครื่องฆ่าเชื้อ : กรณีศึกษาบริษัทฟรีสแลนด์คัมพินา.** วิทยานิพนธ์หลักสูตรบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการวิศวกรรมธุรกิจ, มหาวิทยาลัยราชมงคลธัญบุรี.

เกษม รุ่งเรือง. 2552. **การวางแผนบำรุงรักษาเชิงป้องกันเครื่องจักรในอุตสาหกรรมรีเลย์.** วิทยานิพนธ์หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม, มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.

ชนิกานต์ เฉลิมงาม. 2554. **การเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องจักรในกระบวนการขัดชิ้นงาน (OD Polishing) ของบริษัทไซโก้ อินสทรูเม้นต์ (ประเทศไทย) จำกัด.** ปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต การจัดการสิ่งแวดล้อม, สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.

ไดมอนด์แกรนด์เด. 2562. **กว่าจะเป็นแหวนเพชรซักวง.** [Online]. Available : http://www.diamondgrande.com/กว่าจะเป็นแหวนเพชร.html. ค้นเมื่อ 29 มีนาคม 2562.

ธีรพงษ์ ขันทอง. 2558. **การปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องจักร กรณีศึกษาสถานีบริการก๊าซธรรมชาติ.** วิทยานิพนธ์หลักสูตรวิศวกรรมศาตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการพัฒนาอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

ธีรยุทธ พฤกษ์พัฒนพงศ์. 2551. **"การให้คำปรึกษาในการนำต้นทุนฐานกิจกรรมมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตเครื่องประดับ."** วิทยานิพนธ์หลักสูตรบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต คณะบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

บุญชม ศรีสะอาด. 2545. **การวิจัยเบื้องต้น.** พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

ปริศนา บุญศักดิ์, วิเชียร มหาวัน. 2556. **การศึกษาปัญหาในงานหล่อ เพื่อการพัฒนาแนวทางแก้ไขปัญหาในงานหล่อเครื่องประดับสมัยใหม่.** มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร. 29 มีนาคม 2562.

พุทธิวัฒน์ ถิระถาวรทรัพย์, พัสตราภรณ์ ละอองนวล และกมลชนก คืนคง. 2552. **การศึกษาเรื่องความรู้และความคิดเห็นของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 6 เขตพื้นที่การศึกษากรุงเทพมหานครเขต 2 ที่มีต่อการคัดเลือกบุคคลเข้าศึกษาต่อในสถาบันอุดมศึกษาระบบกลางปีการศึกษา 2553.** ปริญญานิพนธ์หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาสถิติประยุกต์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ร่มเกล้าสถิตย์. 2558. **กว่าจะเป็นแหวนเพชรซักวง.** [Online]. Available : http://oknation.nationtv.tv/blog/romklao19/2015/08/31/entry-1. ค้นเมื่อ 8 เมษายน 2562.

วราพร เหลือสินทรัพย์. 2554. **การวางแผนการทดลอง.** พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ. ภาควิชาสถิติ. คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ศิราภรณ์ เข็มทิศ. 2558. **"การเปรียบเทียบอำนาจของวิธีการทดสอบการแจกแจงปกติจากการจำลองข้อมูลด้วยวิธีเพ่าเวอร์."** วิทยานิพนธ์หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เษกสรร สิงห์ธนู, จักรพันธ์ ปิ่นทอง, ไพฑูรย์ ขจรวุฒินันทชัย และนิติกร ทุมประสิทธิ์. 2558. **การปรับปรุงประสิทธิภาพงานบำรุงรักษาเครื่องจักรสายการผลิตชิ้นส่วน GEAR KICK SPINDLE รุ่น KZL กรณีศึกษา : อุตสาหกรรมผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์.** เทพสตรี I-tech. 10(13). 45-60.

สมาคมผู้ค้าอัญมณีไทยและเครื่องประดับ. 2561. **สถิติการส่งออก – อัญมณีและเครื่องประดับของไทย.** [Online]. Available : http://www.thaigemjewelry.or.th/สถิติส่งออกที่ผ่านมา-GemAndJewelry.

สายชล สินสมบูรณ์ทอง. 2560. **การวางแผนแบบการทดลองและการวิเคราะห์ความแปรปรวน.** กรุงเทพฯ : บริษัทจามจุรีโปรดักส์ จำกัด.

สุจิตรา สุคนธมัต. 2560. **เอกสารประกอบการสอนวิชาโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ.** ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สุรินทร์ นิยมางกูร. 2553. **การวิเคราะห์เชิงสถิติ การวิเคราะห์ความแปรปรวน.** ภาควิชาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อรรถพล เสนาะเสียง. 2559. **การลดเวลาปรับตั้งเครื่องจักรในสายการผลิตท่อส่งข้าว.** วิทยานิพนธ์หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, มหาวิทยาลัยบูรพา.

โอเรียนเต็ล จิวเวลรี่ แอนด์ โกลด์. 2559. **กว่าจะเป็นแหวนเพชร ..ไม่ง่ายเลย!!.** [Online]. Available : http://www.ojgold.co.th/กว่าจะเป็นแหวนเพชรหนี่/. ค้นเมื่อ 8 เมษายน 2562.

Finejewelthai Changmai. 2562. **ขั้นตอนการขัดงาน.** [Online]. Available : https://www.youtube.com/watch?v=3SBLoji2iJ0. ค้นเมื่อ 29 มีนาคม 2562.

I - MAKER. 2562. **3Dプリンター用材料**. [Online]. Available : https://i-maker.jp/i/jewelry-resin. ค้นเมื่อ 29 มีนาคม 2562.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Minitab.com. 2562. **Methods and formulas for Normality Test.** [online]. Available : https://support.minitab.com/en-us/minitab/18/help-and-how-to/statistics/basic-statistics/how-to/normality-test/methods-and-formulas/methods-and-formulas/#ryan-joiner.

NanoBrainGroup. 2562. **เครื่องฉีดเทียน Takumi "Eishin".** [Online]. Available : https://nanobraingroup.com/product/เครื่องฉีดเทียน-takumi-eishin/. ค้นเมื่อ 29 มีนาคม 2562.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

ผลการทดสอบข้อกำหนดเบื้องต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การวิเคราะห์แบบ Paired – t test

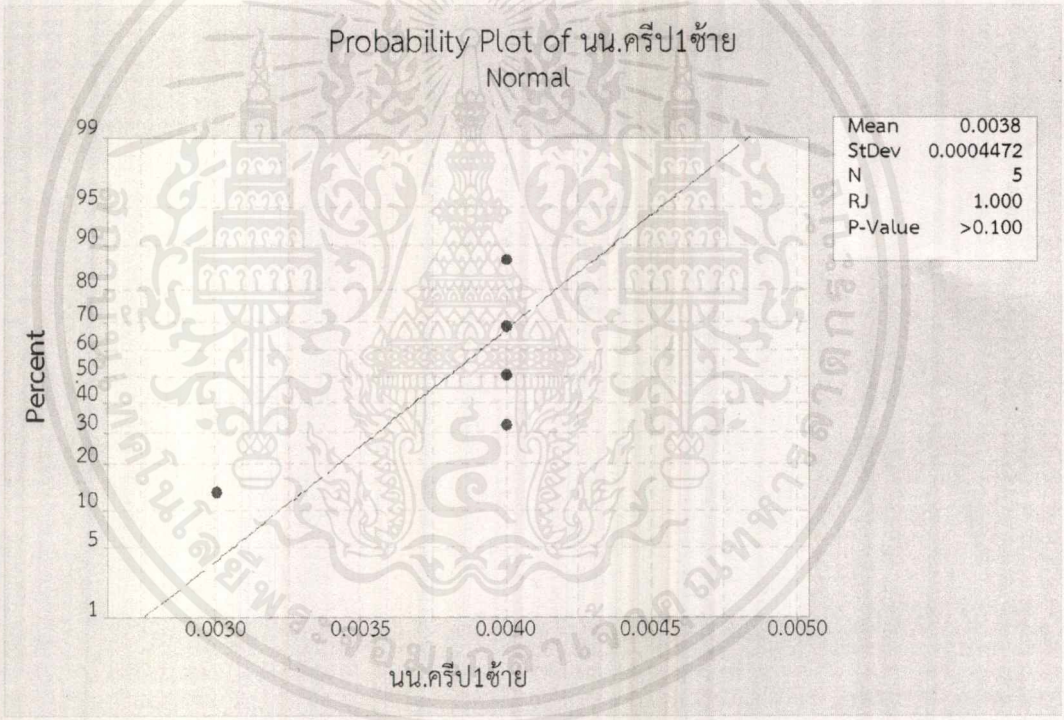
ในการทดสอบความแตกต่างของค่ากลาง 2 ประชากรไม่เป็นอิสระกัน จะต้องมีการทดสอบข้อกำหนดเบื้องต้นได้แก่

1.1 การทดสอบการแจกแจงปรกติ

สมมติฐาน

H_0 : ข้อมูลมาจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ

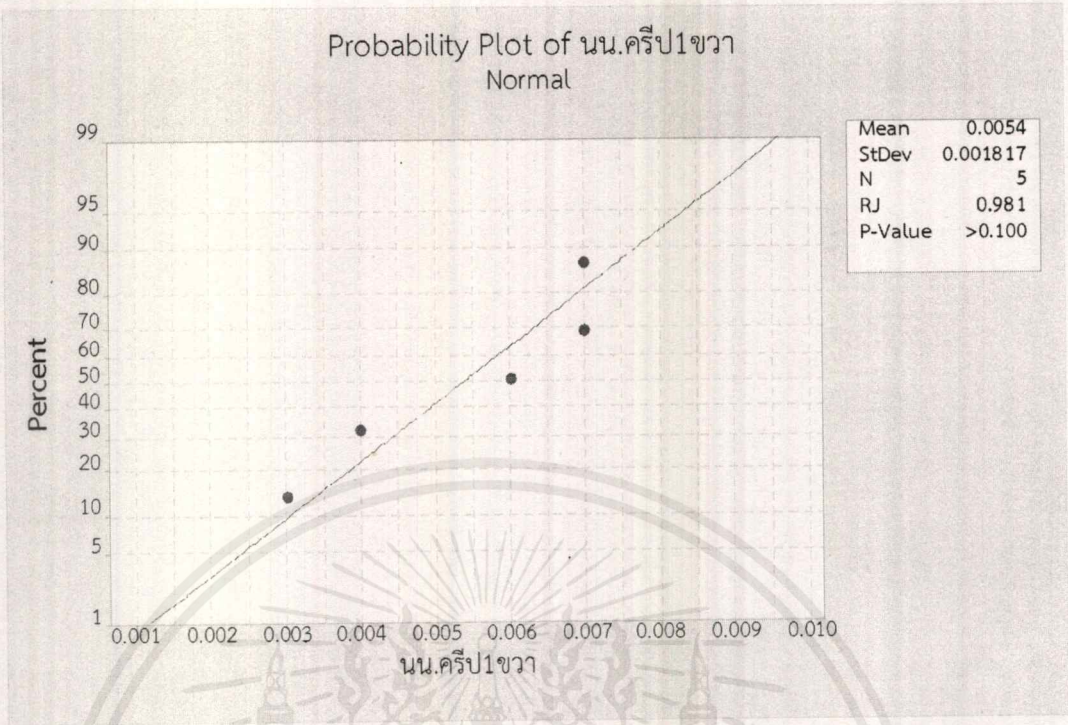
H_1 : ข้อมูลมาจากประชากรที่ไม่มีการแจกแจงปรกติ



รูปที่ ก.1 ผลการทดสอบการแจกแจงปรกติแหวนแบบที่ 1 เครื่องฉีดเทียนที่ 1 จากหัวฉีดเทียนฝั่งซ้าย

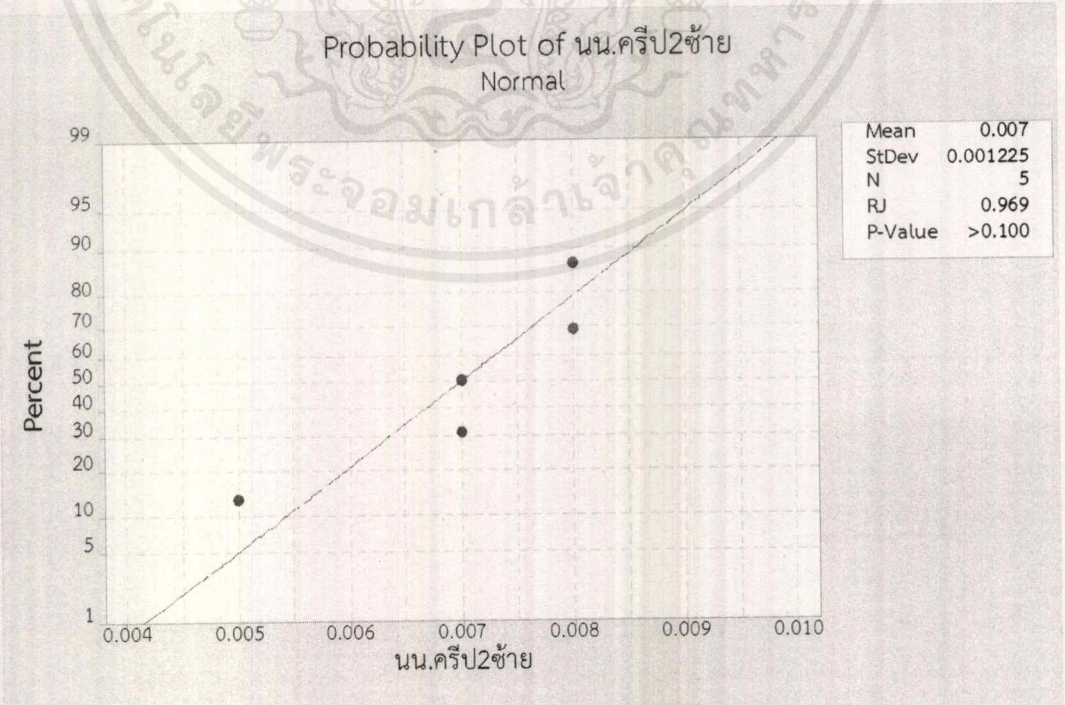
จากรูปที่ ก.1 เครื่องฉีดเทียนที่ 1 พบว่าในแหวนแบบที่ 1 หัวฉีดเทียนฝั่งซ้ายให้ค่า p-value > 0.1 ซึ่งมีค่ามากกว่า α = 0.05 จึงยอมรับ H_0 ดังนั้น ข้อมูลมาจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.2 ผลการทดสอบการแจกแจงปรกติแหวนแบบที่ 1 เครื่องฉีดเทียนที่ 1 จากหัวฉีดเทียนฝั่งขวา

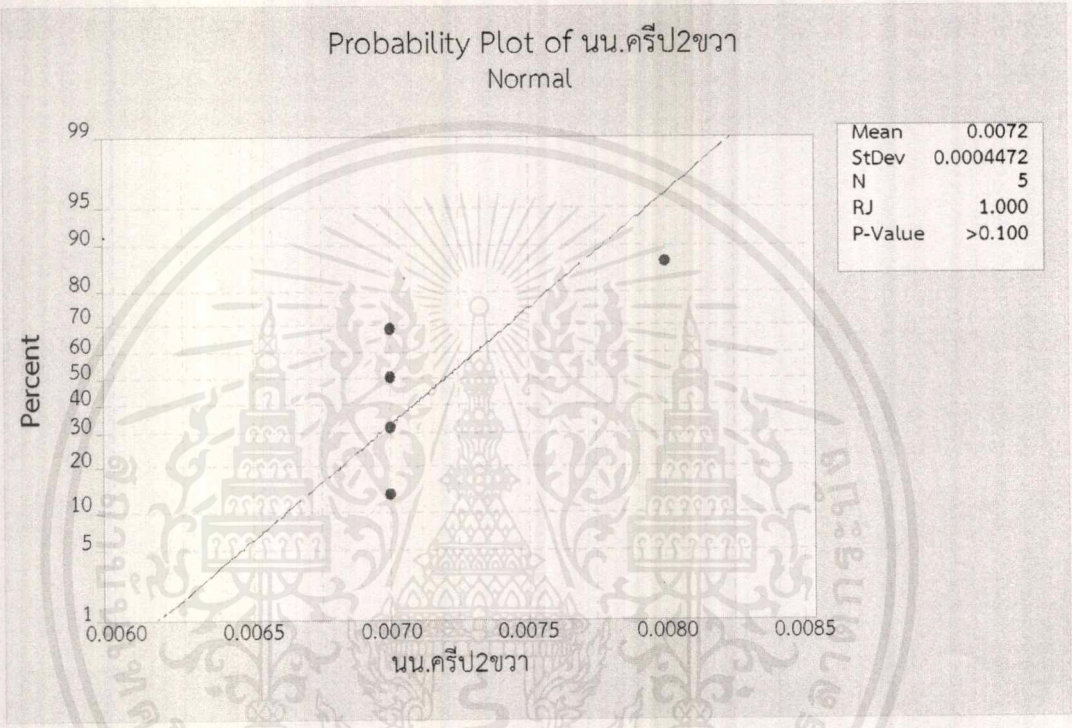
จากรูปที่ ก.2 เครื่องฉีดเทียนที่ 1 พบว่าในแหวนแบบที่ 1 หัวฉีดเทียนฝั่งขวาให้ค่า p-value > 0.1 ซึ่งมีค่ามากกว่า α = 0.05 จึงยอมรับ H_0 ดังนั้น ข้อมูลมาจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ก.3 ผลการทดสอบการแจกแจงปรกติแหวนแบบที่ 1 เครื่องฉีดเทียนที่ 2 หัวฉีดเทียนฝั่งซ้าย

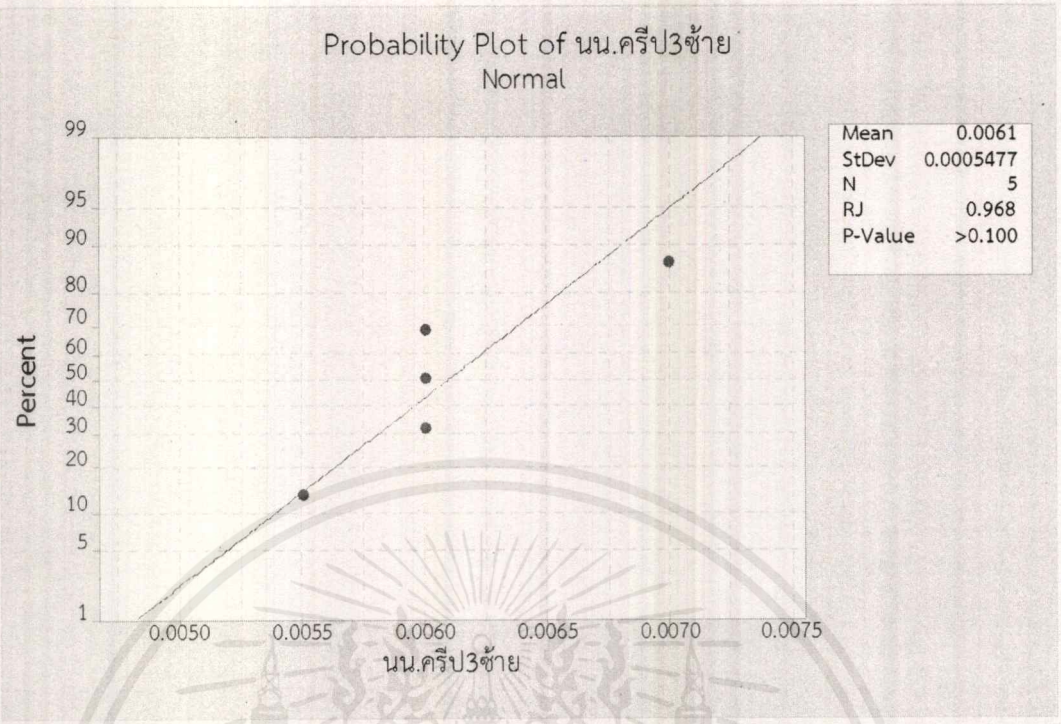
จากรูปที่ ก.3 เครื่องฉีดเทียนที่ 2 พบว่าในแหวนแบบที่ 1 หัวฉีดเทียนฝั่งซ้ายให้ค่า p-value > 0.1 ซึ่งมีค่ามากกว่า α = 0.05 จึงยอมรับ H_0 ดังนั้น ข้อมูลมาจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05



รูปที่ ก.4 ผลการทดสอบการแจกแจงปรกติแหวนแบบที่ 1 เครื่องฉีดเทียนที่ 2 หัวฉีดเทียนฝั่งขวา

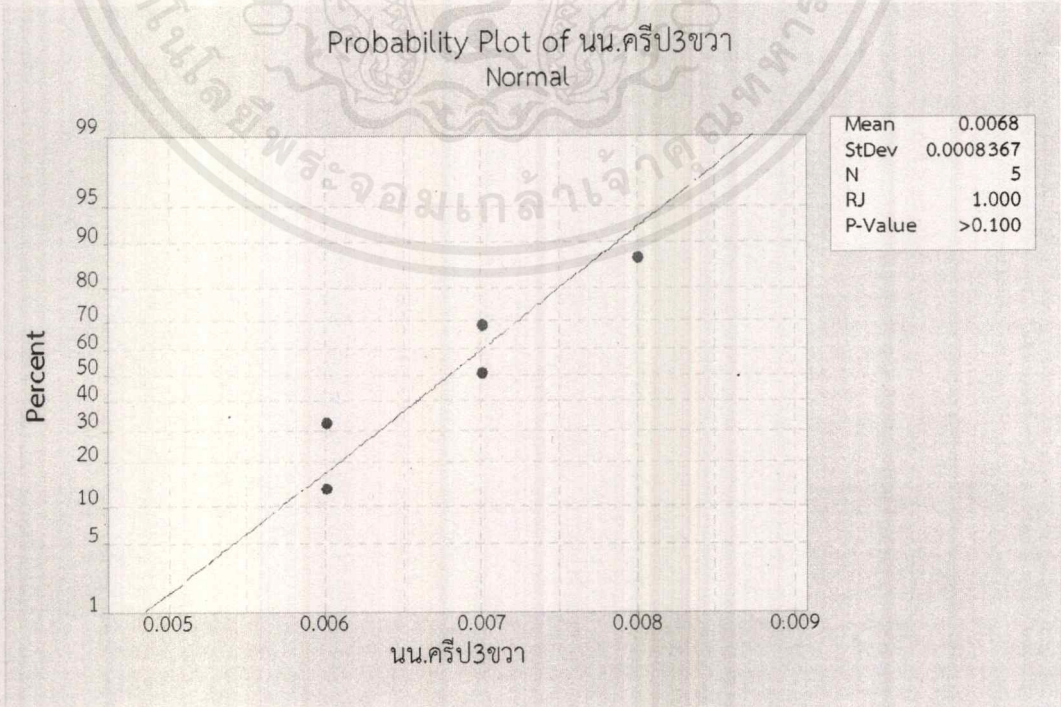
จากรูปที่ ก.4 เครื่องฉีดเทียนที่ 2 พบว่าในแหวนแบบที่ 1 หัวฉีดเทียนฝั่งขวาให้ค่า p-value > 0.1 ซึ่งมีค่ามากกว่า α = 0.05 จึงยอมรับ H_0 ดังนั้น ข้อมูลมาจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.5 ผลการทดสอบการแจกแจงปรกติแหวนแบบที่ 1 เครื่องฉีดเทียนที่ 3 หัวฉีดเทียนฝั่งซ้าย

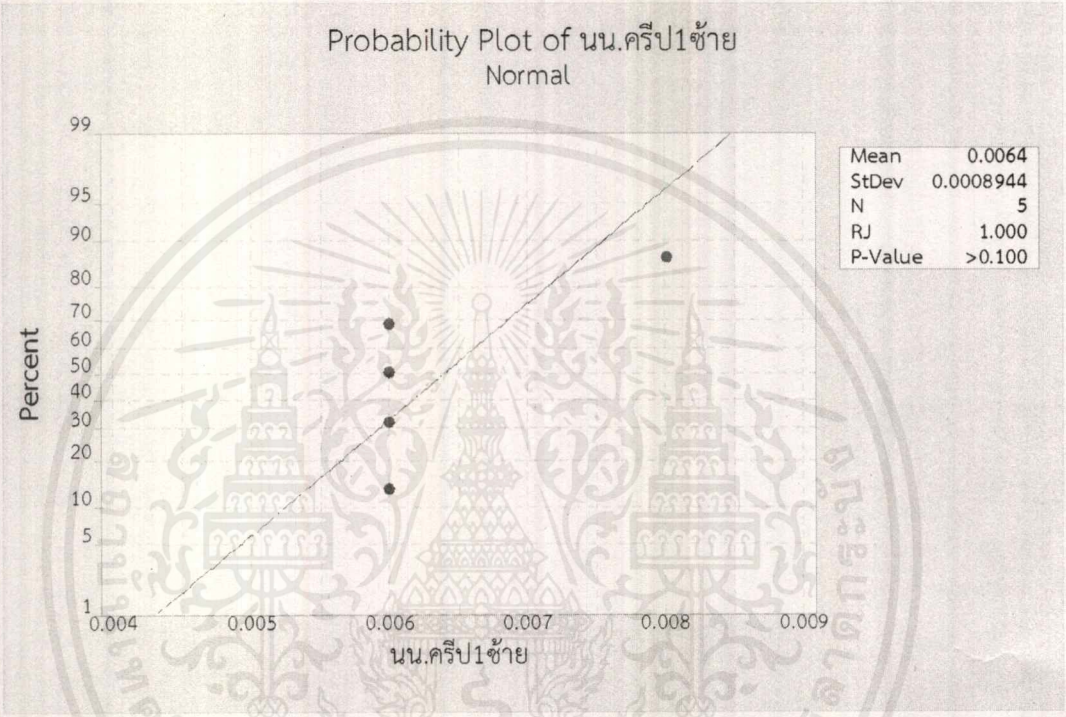
จากรูปที่ ก.5 เครื่องฉีดเทียนที่ 3 พบว่าในแหวนแบบที่ 1 หัวฉีดเทียนฝั่งซ้ายให้ค่า p-value > 0.1 ซึ่งมีค่ามากกว่า α = 0.05 จึงยอมรับ H_0 ดังนั้น ข้อมูลมาจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ก.6 ผลการทดสอบการแจกแจงปรกติแหวนแบบที่ 1 เครื่องฉีดเทียนที่ 3 หัวฉีดเทียนฝั่งขวา

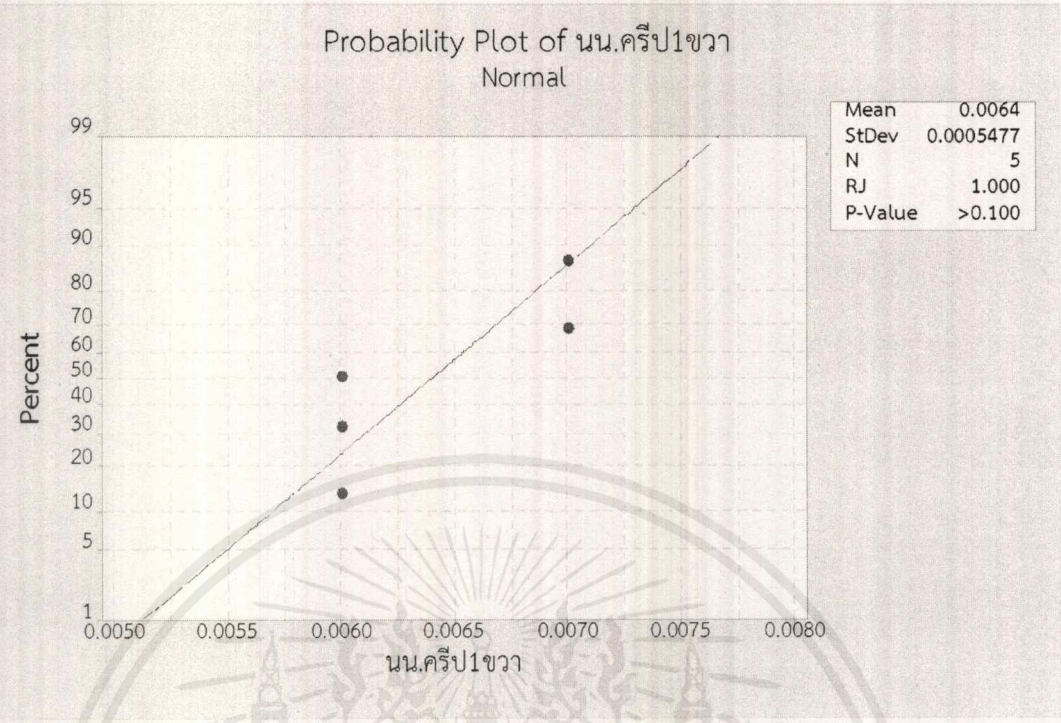
จากรูปที่ ก.6 เครื่องฉีดเทียนที่ 3 พบว่าในแหวนแบบที่ 1 หัวฉีดเทียนฝั่งขวาให้ค่า p-value > 0.1 ซึ่งมีค่ามากกว่า α = 0.05 จึงยอมรับ H_0 ดังนั้น ข้อมูลมาจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05



รูปที่ ก.7 ผลการทดสอบการแจกแจงปรกติแหวนแบบที่ 2 เครื่องฉีดเทียนที่ 1 หัวฉีดเทียนฝั่งซ้าย

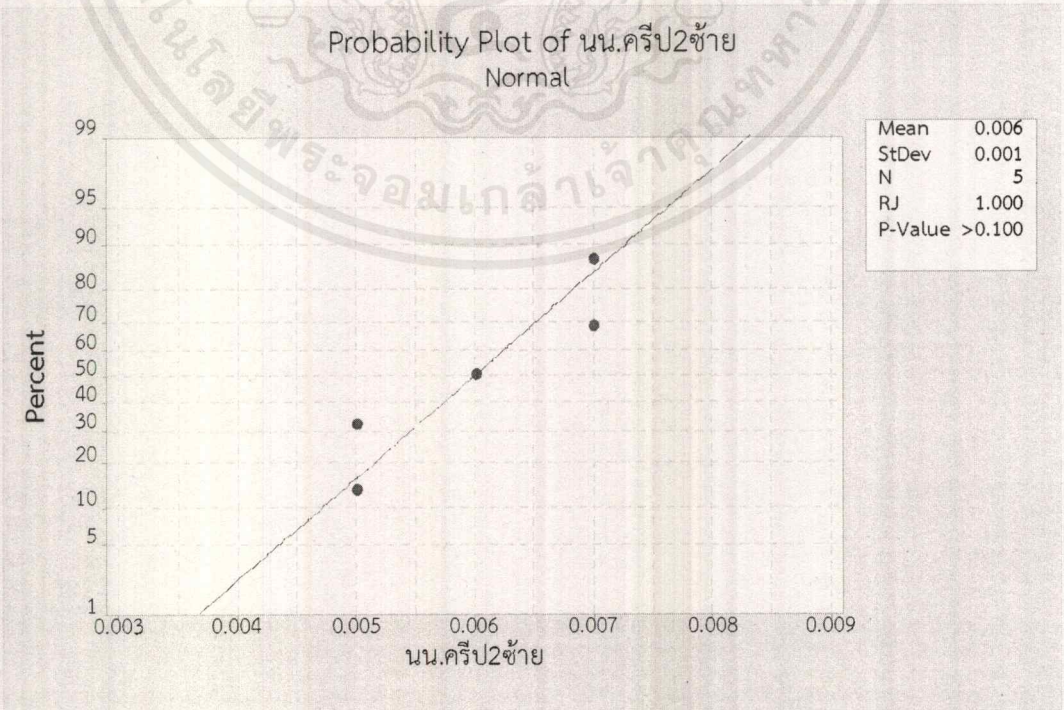
จากรูปที่ ก.7 เครื่องฉีดเทียนที่ 1 พบว่าในแหวนแบบที่ 2 หัวฉีดเทียนฝั่งซ้ายให้ค่า p-value > 0.1 ซึ่งมีค่ามากกว่า α = 0.05 จึงยอมรับ H_0 ดังนั้น ข้อมูลมาจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.8 ผลการทดสอบการแจกแจงปรกติแหวนแบบที่ 2 เครื่องฉีดเทียนที่ 1 หัวฉีดเทียนฝั่งขวา

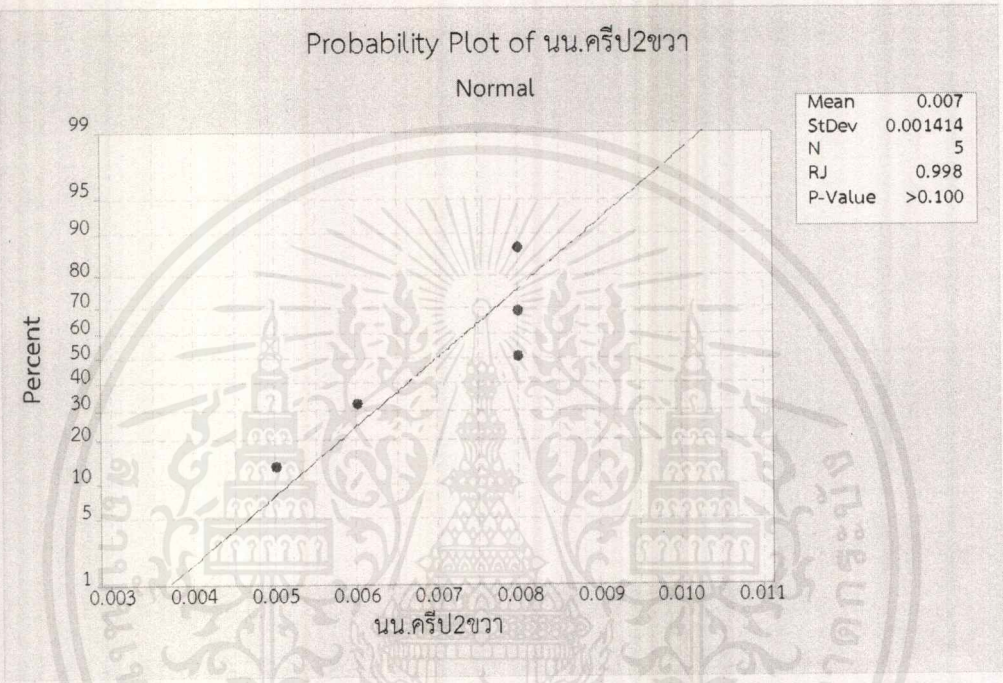
จากรูปที่ ก.8 เครื่องฉีดเทียนที่ 1 พบว่าในแหวนแบบที่ 2 หัวฉีดเทียนฝั่งขวาให้ค่า p-value > 0.1 ซึ่งมีค่ามากกว่า α = 0.05 จึงยอมรับ H_0 ดังนั้น ข้อมูลมาจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 5



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ก.9 ผลการทดสอบการแจกแจงปรกติแหวนแบบที่ 2 เครื่องฉีดเทียนที่ 2 หัวฉีดเทียนฝั่งซ้าย

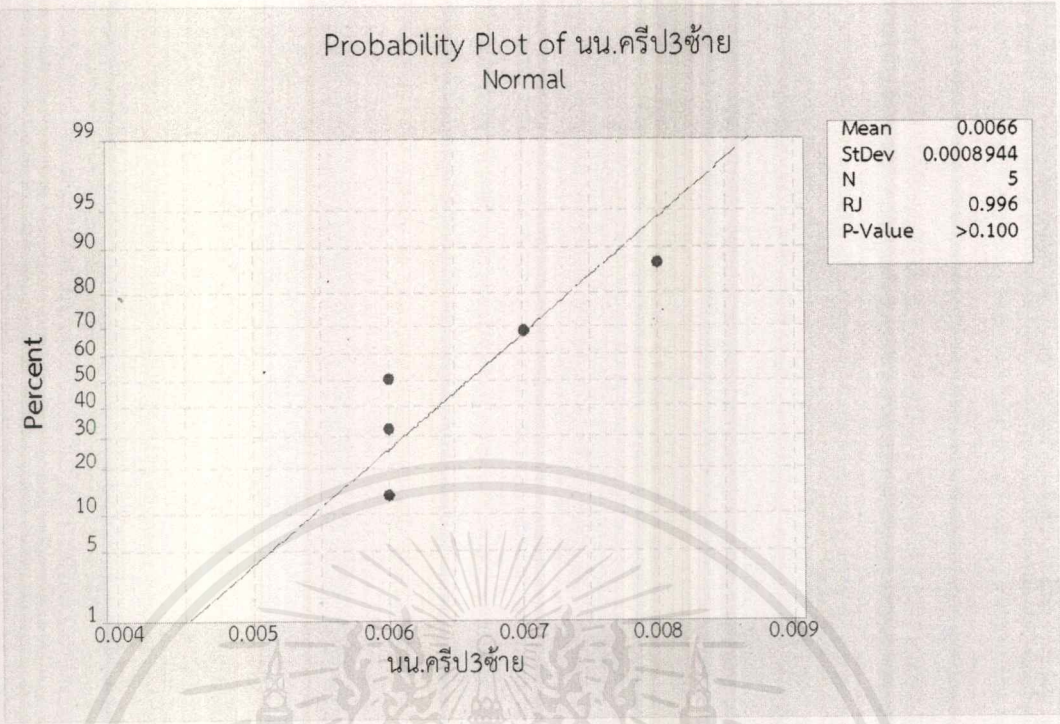
จากรูปที่ ก.9 เครื่องฉีดเทียนที่ 2 พบว่าในแหวนแบบที่ 2 หัวฉีดเทียนฝั่งซ้ายให้ค่า p-value > 0.1 ซึ่งมีค่ามากกว่า α = 0.05 จึงยอมรับ H_0 ดังนั้น ข้อมูลมาจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05



รูปที่ ก.10 ผลการทดสอบการแจกแจงปรกติแหวนแบบที่ 2 เครื่องฉีดเทียนที่ 2 หัวฉีดเทียนฝั่งขวา

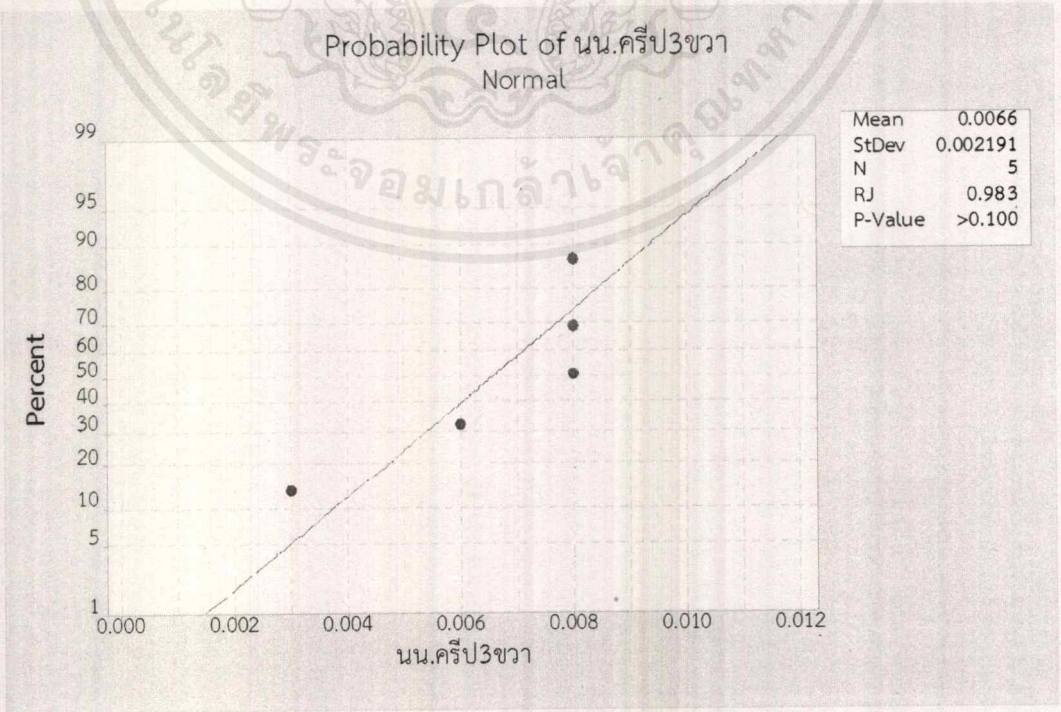
จากรูปที่ ก.10 เครื่องฉีดเทียนที่ 2 พบว่าในแหวนแบบที่ 2 หัวฉีดเทียนฝั่งขวาให้ค่า p-value > 0.1 ซึ่งมีค่ามากกว่า α = 0.05 จึงยอมรับ H_0 ดังนั้น ข้อมูลมาจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.11 ผลการทดสอบการแจกแจงปรกติแหวนแบบที่ 2 เครื่องฉีดเทียนที่ 3 หัวฉีดเทียนฝั่งซ้าย

จากรูปที่ ก.11 เครื่องฉีดเทียนที่ 3 พบว่าในแหวนแบบที่ 2 หัวฉีดเทียนฝั่งซ้ายให้ค่า p-value > 0.1 ซึ่งมีค่ามากกว่า α = 0.05 จึงยอมรับ H_0 ดังนั้น ข้อมูลมาจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ก.12 ผลการทดสอบการแจกแจงปรกติแหวนแบบที่ 2 เครื่องฉีดเทียนที่ 3 หัวฉีดเทียนฝั่งขวา

จากรูปที่ ก.12 เครื่องฉีดเทียนที่ 3 พบว่าในแหวนแบบที่ 2 หัวฉีดเทียนฝั่งขวาให้ค่า p-value > 0.1 ซึ่งมีค่ามากกว่า α = 0.05 จึงยอมรับ H_0 ดังนั้น ข้อมูลมาจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

2. การวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับการวางแผนแบบสุ่มสมบูรณ์

ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนจะต้องมีการทดสอบข้อกำหนดเบื้องต้น 3 ประการ ได้แก่

2.1 การทดสอบการแจกแจงปรกติ

2.2 การทดสอบความแปรปรวนเท่ากัน

2.3 การทดสอบความเป็นอิสระ

โดยในการทดสอบจะใช้ข้อมูลที่ผ่านการแปลงข้อมูลแล้วมาทำการทดสอบข้อกำหนดเบื้องต้นในโปรแกรม Minitab 18

2.1 การทดสอบการแจกแจงปรกติ

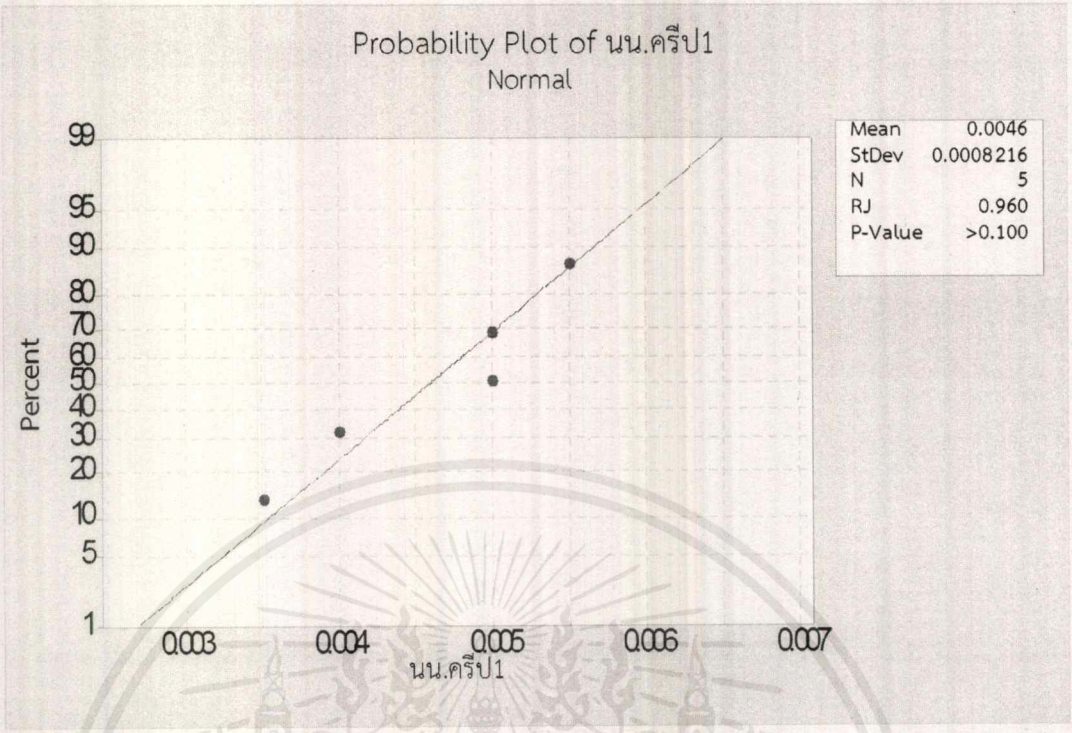
ใช้การทดสอบการทดสอบของไรอัน-จอยเนอร์(Ryan-Joiner /RJ Test)

สมมติฐานการทดสอบ

H_0 : ข้อมูลมาจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ

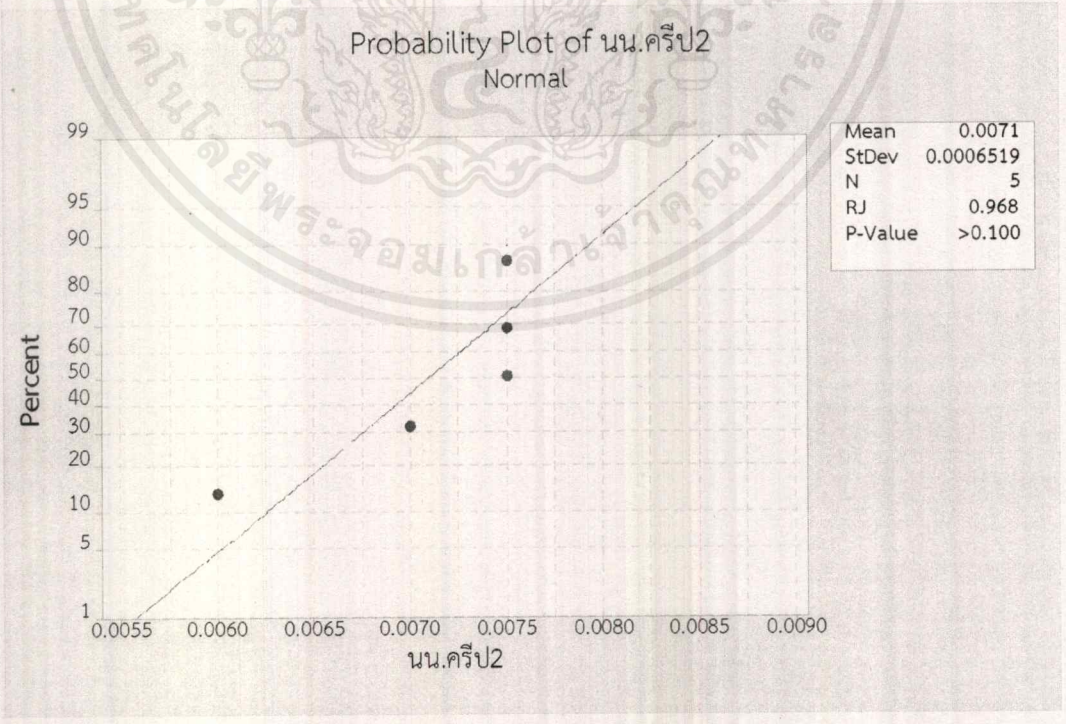
H_1 : ข้อมูลมาจากประชากรที่ไม่มีการแจกแจงปรกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.13 ผลการทดสอบการแจกแจงปรกติแหวนแบบที่ 1 เครื่องฉีดเทียนที่ 1

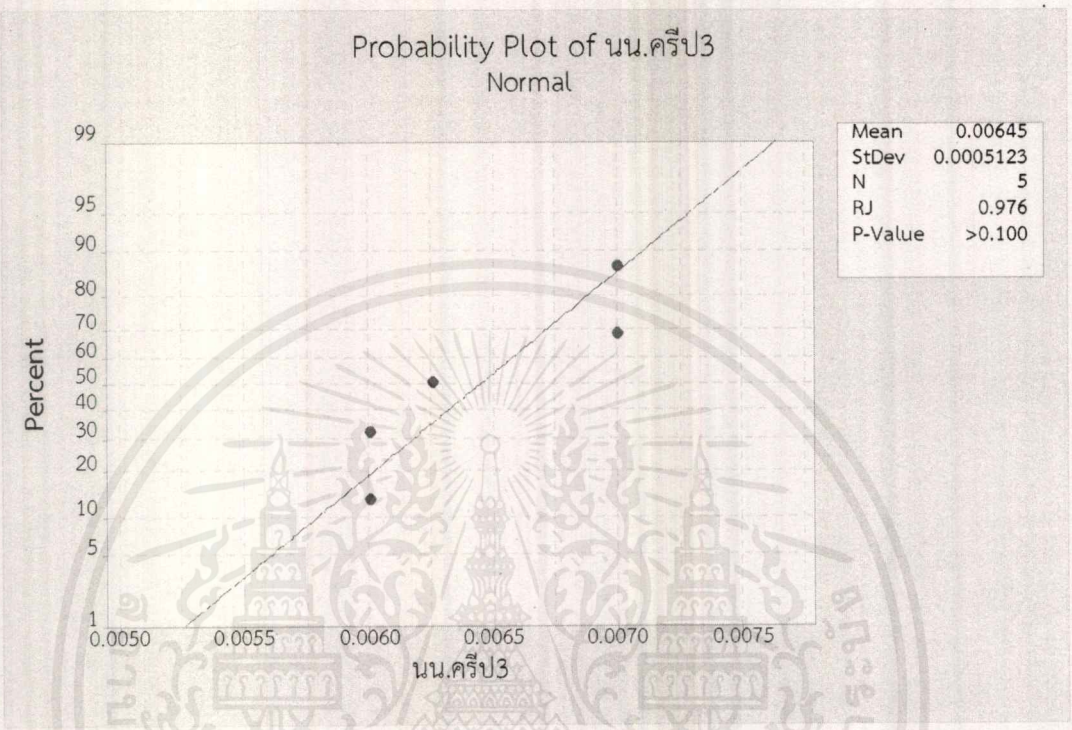
จากรูปที่ ก.13 เครื่องฉีดเทียนที่ 1 พบว่าในแหวนแบบที่ 1 p-value > 0.1 ซึ่งมีค่ามากกว่า $\alpha = 0.05$ จึงยอมรับ H_0 ดังนั้น ข้อมูลมาจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05



รูปที่ ก.14 ผลการทดสอบการแจกแจงปรกติแหวนแบบที่ 1 เครื่องฉีดเทียนที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

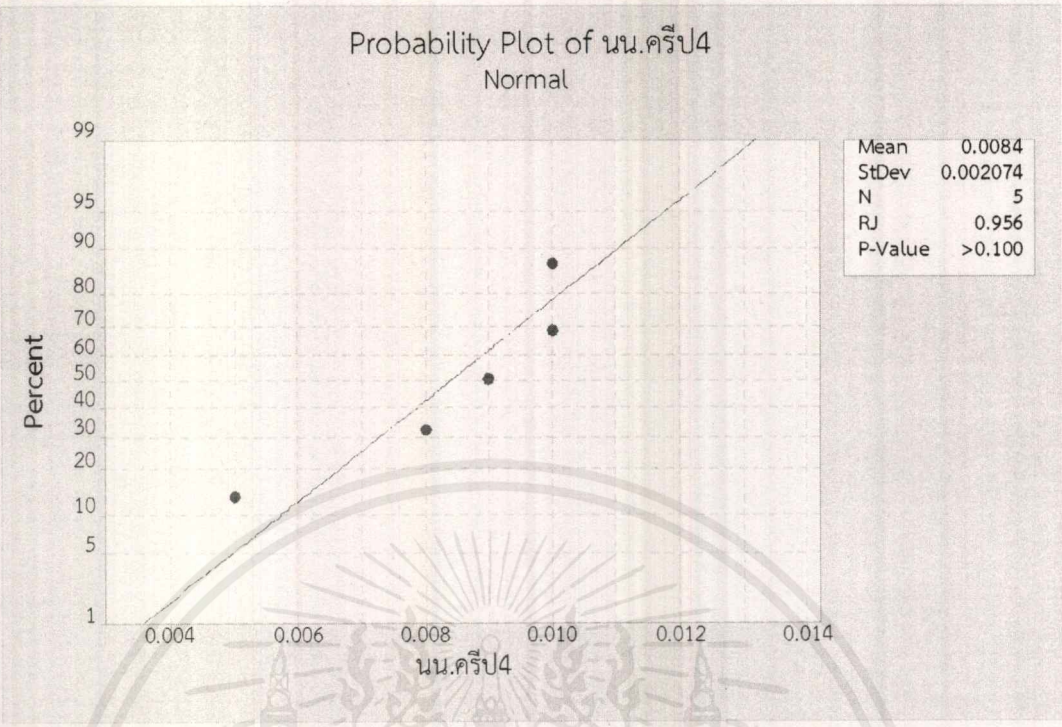
จากรูปที่ ก.14 เครื่องฉีดเทียนที่ 2 พบว่าในแหวนแบบที่ 1 p-value > 0.1 ซึ่งมีค่ามากกว่า α = 0.05 จึงยอมรับ H_0 ดังนั้น ข้อมูลมาจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05



รูปที่ ก.15 ผลการทดสอบการแจกแจงปรกติแหวนแบบที่ 1 เครื่องฉีดเทียนที่ 3

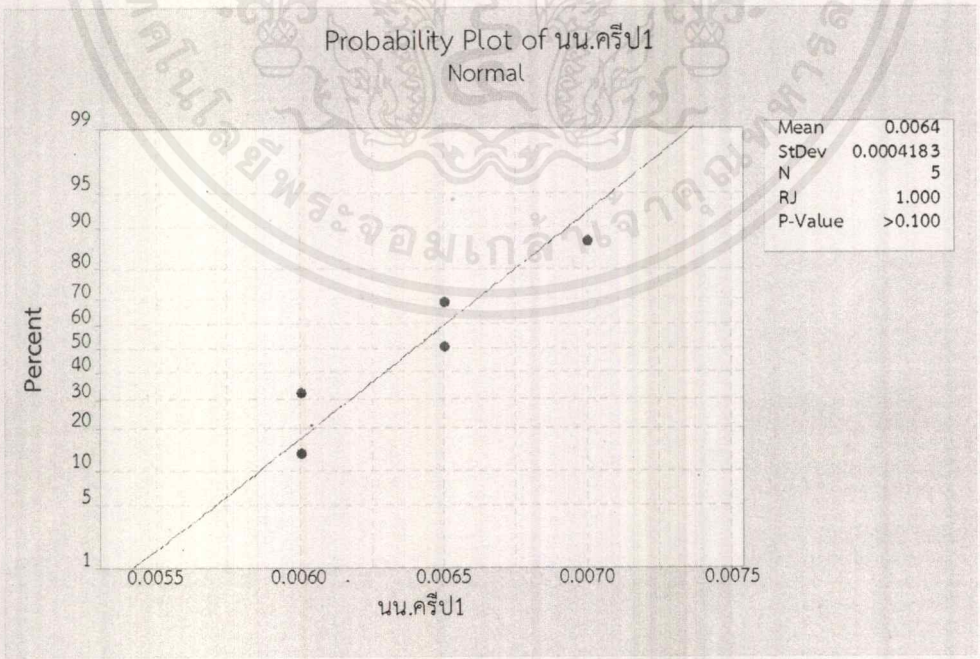
จากรูปที่ ก.15 เครื่องฉีดเทียนที่ 3 พบว่าในแหวนแบบที่ 1 p-value > 0.1 ซึ่งมีค่ามากกว่า α = 0.05 จึงยอมรับ H_0 ดังนั้น ข้อมูลมาจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.16 ผลการทดสอบการแจกแจงปรกติแหวนแบบที่ 1 ในเครื่องฉีดเทียนที่ 4

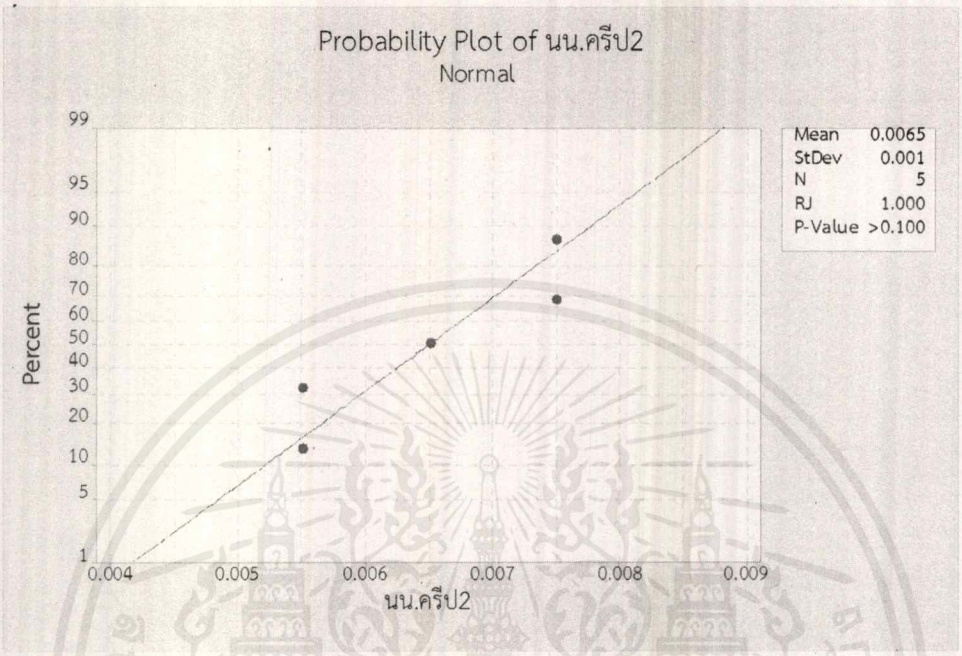
จากรูปที่ ก.16 เครื่องฉีดเทียนที่ 5 พบว่าในแหวนแบบที่ 1 p-value > 0.1 ซึ่งมีค่ามากกว่า α = 0.05 จึงยอมรับ H_0 ดังนั้น ข้อมูลมาจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05



รูปที่ ก.17 ผลการทดสอบการแจกแจงปรกติแหวนแบบที่ 2 เครื่องฉีดเทียนที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

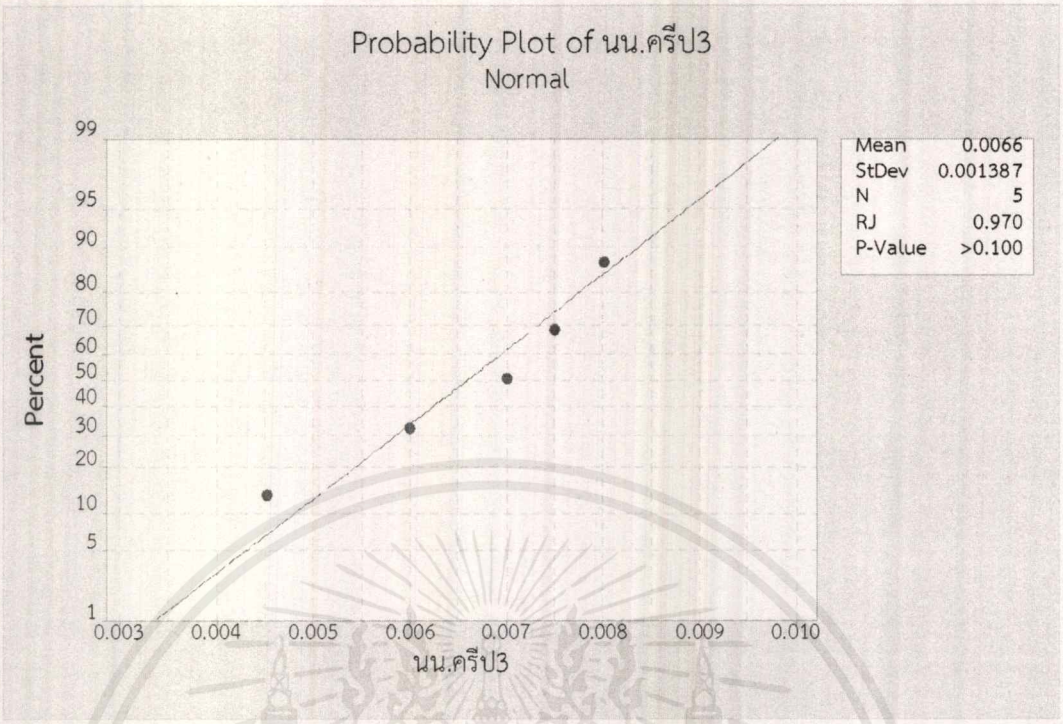
จากรูปที่ ก.17 เครื่องฉีดเทียนที่ 1 พบว่าในแหวนแบบที่ 2 p-value > 0.1 ซึ่งมีค่ามากกว่า α = 0.05 จึงยอมรับ H_0 ดังนั้น ข้อมูลมาจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05



รูปที่ ก.18 ผลการทดสอบการแจกแจงปรกติแหวนแบบที่ 2 เครื่องฉีดเทียนที่ 2

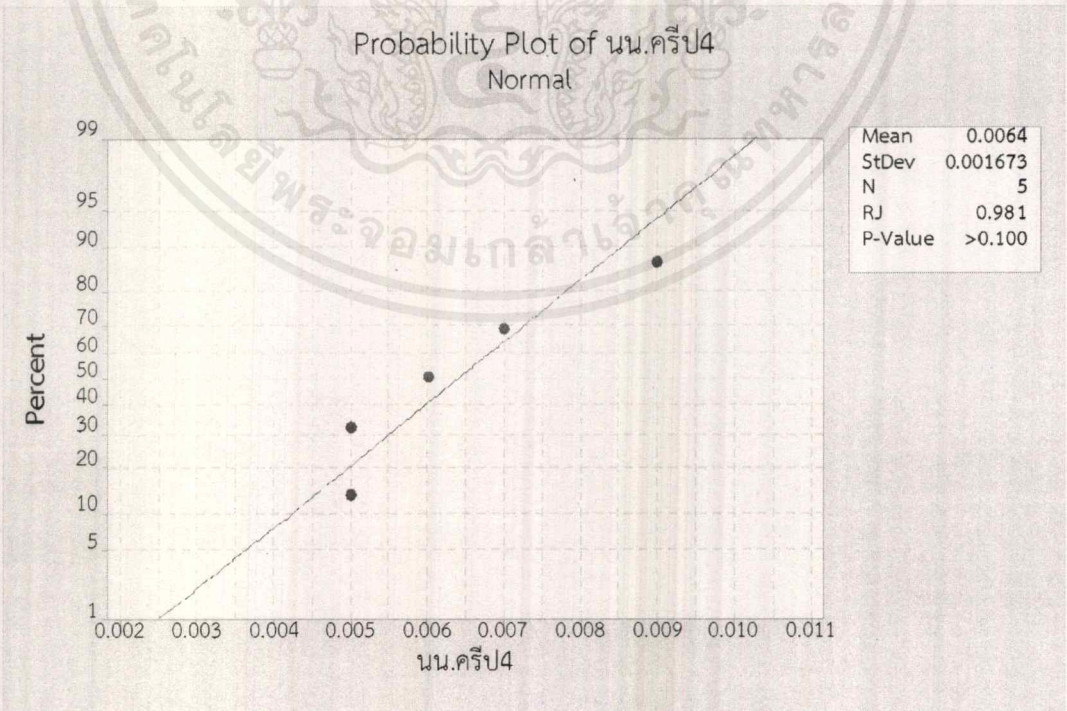
จากรูปที่ ก.14 เครื่องฉีดเทียนที่ 2 พบว่าในแหวนแบบที่ 2 p-value > 0.1 ซึ่งมีค่ามากกว่า α = 0.05 จึงยอมรับ H_0 ดังนั้น ข้อมูลมาจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.19 ผลการทดสอบการแจกแจงปรกติแหวนแบบที่ 2 เครื่องฉีดเทียนที่ 3

จากรูปที่ ก.19 เครื่องฉีดเทียนที่ 3 พบว่าในแหวนแบบที่ 2 p-value > 0.1 ซึ่งมีค่ามากกว่า α = 0.05 จึงยอมรับ H_0 ดังนั้น ข้อมูลมาจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ก.20 ผลการทดสอบการแจกแจงปรกติแหวนแบบที่ 2 เครื่องฉีดเทียนที่ 4

จากรูปที่ ก.20 เครื่องฉีดเทียนที่ 4 พบว่าในแหวนแบบที่ 2 p-value > 0.1 ซึ่งมีค่ามากกว่า α = 0.05 จึงยอมรับ H_0 ดังนั้น ข้อมูลมาจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

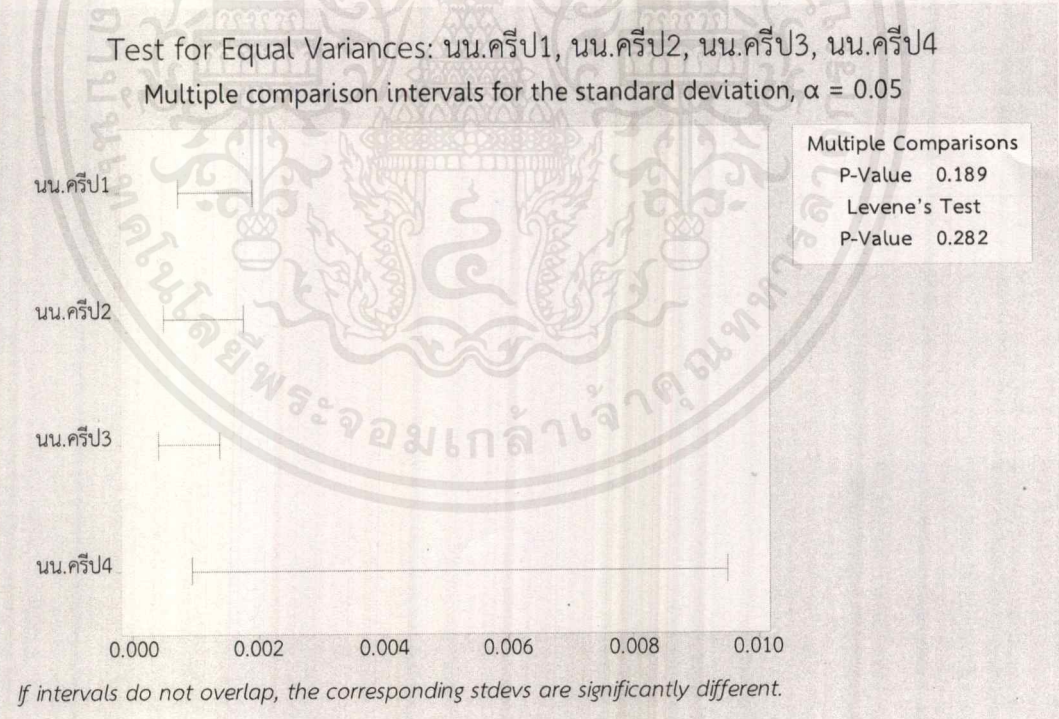
2.2 การทดสอบความแปรปรวนเท่ากัน

ใช้การทดสอบเลวีน (Levene test) เป็นการทดสอบที่ใช่ค่าสัมบูรณ์ (Absolute Value) จึงสามารถใช้กับประชากรที่มีการแจกแจงแบบหางยาวได้ดีกว่าการทดสอบบาร์ตเลตต์ เป็นการทดสอบที่มีประสิทธิภาพสูงสุด

สมมติฐานการทดสอบ

$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = .. = \sigma_n^2$

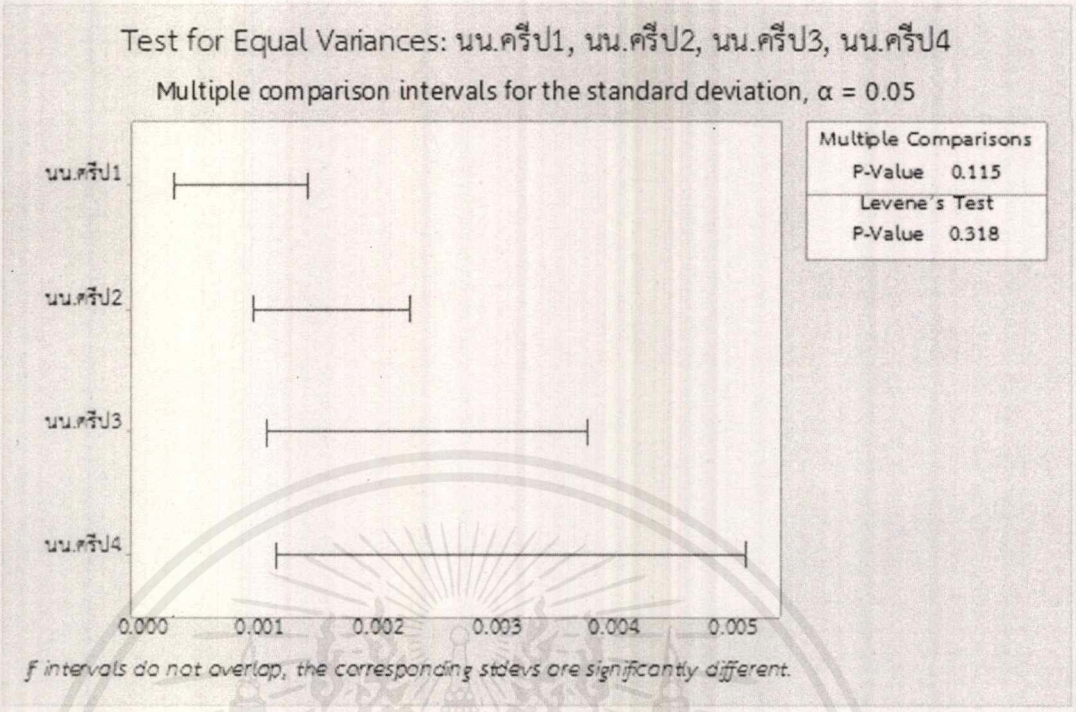
H_1 : มีความแปรปรวนอย่างน้อย 1 คู่ ไม่เท่ากัน



รูปที่ ก.21 ผลการทดสอบความแปรปรวนเท่ากันในข้อมูลแหวนแบบที่ 1

จากรูปที่ ก.21 เครื่องฉีดเทียนที่ 1,2,3 และ 4 พบว่าในแหวนแบบที่ 1 p-value = 0.282 > α = 0.05 จึงยอมรับ H_0 ดังนั้น ประชากรทุกกลุ่มมีความแปรปรวนเท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.22 ผลการทดอบความแปรปรวนเท่ากันในข้อมูลแหวนแบบที่ 2

จากรูปที่ ก.22 เครื่องฉีดเทียนที่ 1,2,3 และ 4 พบว่าในแหวนแบบที่ 2 p-value = 0.318 > α = 0.05 จึงยอมรับ H_0 ดังนั้น ประชากรทุกกลุ่มมีความแปรปรวนเท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

2.3 การทดสอบความเป็นอิสระ

ใช้การทดสอบวิ่ง (Runs test) ซึ่งเป็นสถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์เนื่องจากไม่มีข้อสมมติเกี่ยวกับการแจกแจงของประชากร

สมมติฐานการทดสอบ

H_0: เศษเหลือเป็นอิสระกัน

H_1: เศษเหลือไม่เป็นอิสระกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Null hypothesis H_0: The order of the data is random
Alternative hypothesis H_1: The order of the data is not random

Number of Runs

Observed	Expected	P-Value
10	11.00	0.646

The p-value may not be accurate for samples with fewer than 11 observations above K or fewer than 11 below.

รูปที่ ก.23 ผลการทดสอบความเป็นอิสระกันในข้อมูลแหวนแบบที่ 1

จากรูปที่ ก.23 เครื่องฉีดเทียนที่ 1,2,3 และ 4 พบว่าแหวนแบบที่ 1 p-value = 0.646 > α = 0.05 จึงยอมรับ H_0 เศษเหลือเป็นอิสระกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

Null hypothesis H_0: The order of the data is random
Alternative hypothesis H_1: The order of the data is not random

Number of Runs

Observed	Expected	P-Value
12	10.90	0.609

The p-value may not be accurate for samples with fewer than 11 observations above K or fewer than 11 below.

รูปที่ ก.24 ผลการทดสอบความเป็นอิสระกันในข้อมูลแหวนแบบที่ 2

จากรูปที่ ก.24 เครื่องฉีดเทียนที่ 1,2,3 และ 4 พบว่าแหวนแบบที่ 2 p-value = 0.609 > α = 0.05 จึงยอมรับ H_0 เศษเหลือเป็นอิสระกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

3. การวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับการทดลองแบบแฟกทอเรียล

ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนจะต้องมีการทดสอบข้อกำหนดเบื้องต้น 3 ประการ ได้แก่

3.1 การทดสอบการแจกแจงปรกติ

3.2 การทดสอบความแปรปรวนเท่ากัน

3.3 การทดสอบความเป็นอิสระ

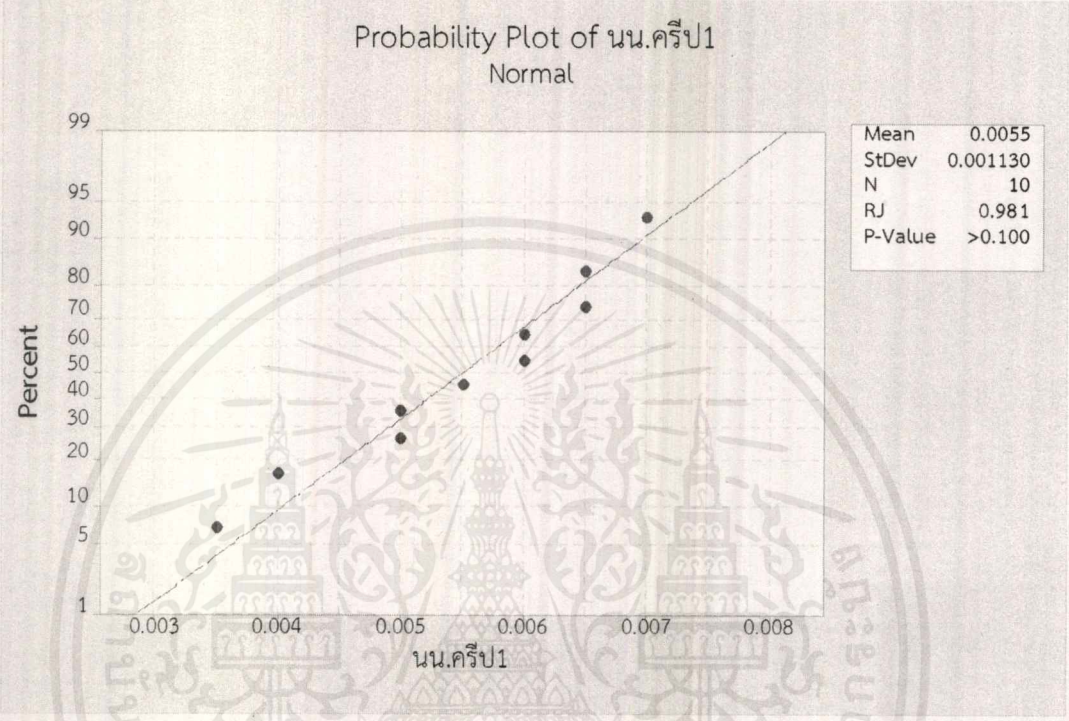
3.1 การทดสอบการแจกแจงปรกติ

สมมติฐานการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

H_0: ข้อมูลมาจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ

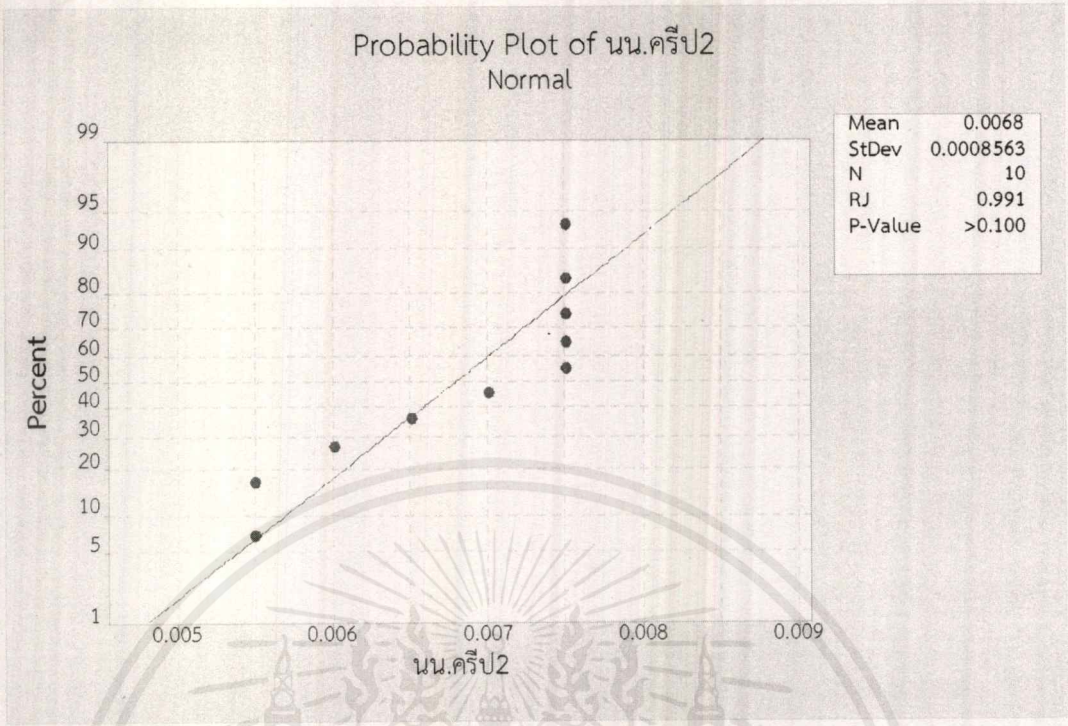
H_1 : ข้อมูลมาจากประชากรที่ไม่มีการแจกแจงปรกติ



รูปที่ ก.25 ผลการทดสอบการแจกแจงปรกติ ในเครื่องฉีดเทียนที่ 1

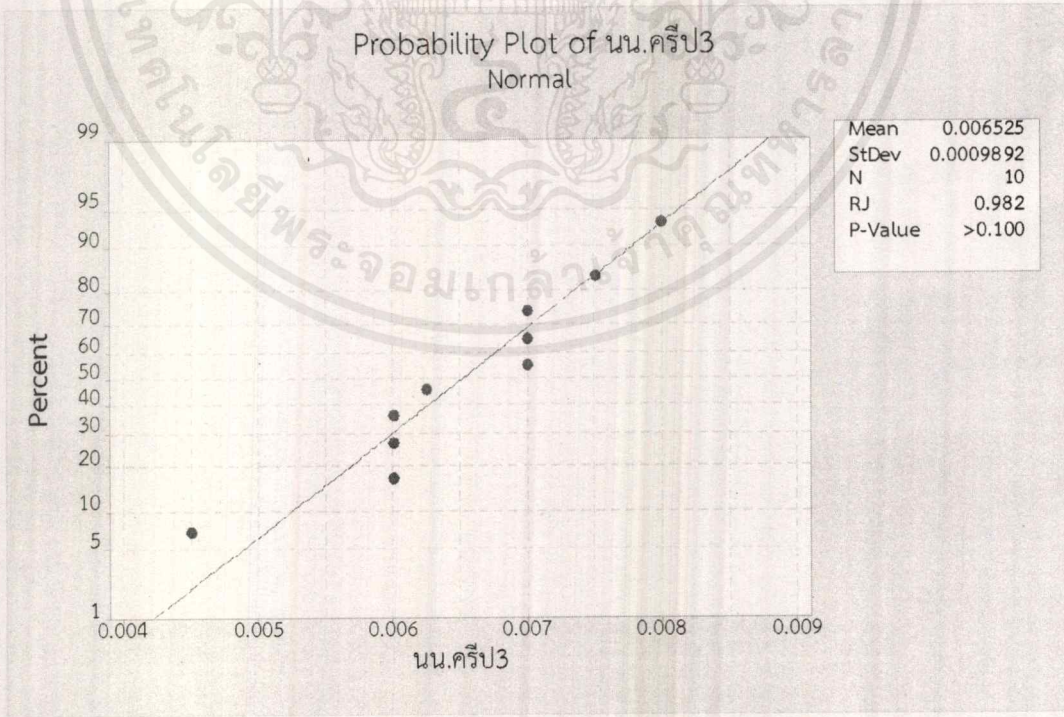
จากรูปที่ ก.25 เครื่องฉีดเทียนที่ 1 พบว่า p-value > 0.1 ซึ่งมีค่ามากกว่า α = 0.05 จึงยอมรับ H_0 ดังนั้น ข้อมูลมาจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.26 ผลการทดสอบการแจกแจงปรกติ ในเครื่องฉีดเทียนที่ 2

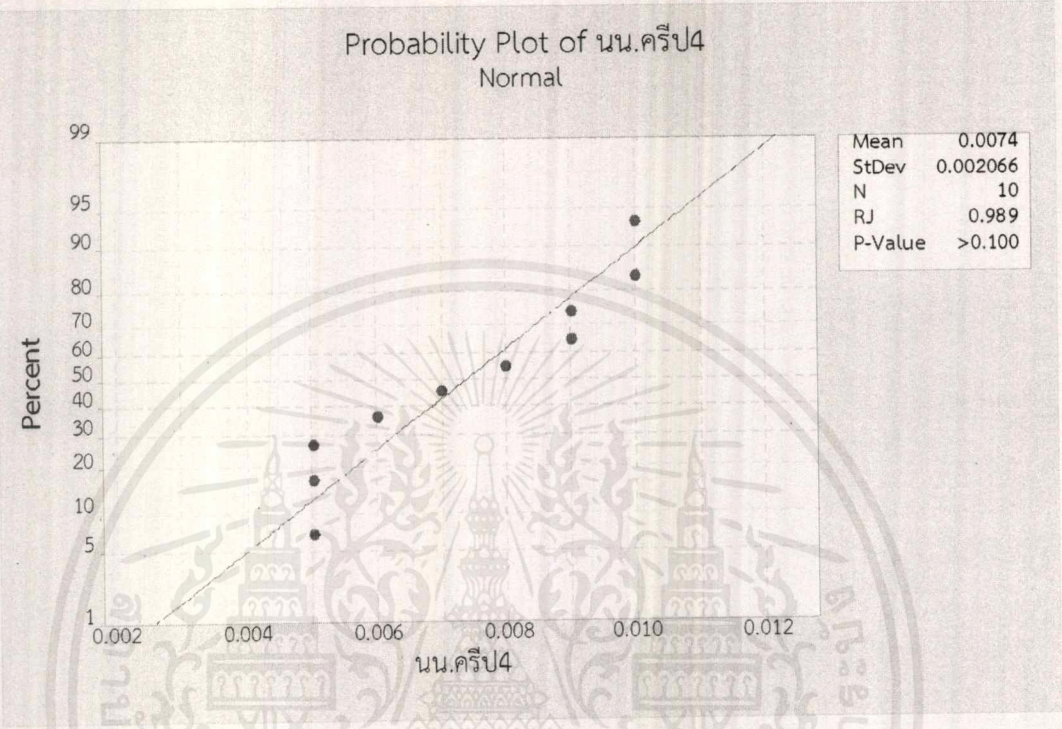
จากรูปที่ ก.26 เครื่องฉีดเทียนที่ 2 พบว่า p-value > 0.1 ซึ่งมีค่ามากกว่า α = 0.05 จึงยอมรับ H_0 ดังนั้น ข้อมูลมาจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05



รูปที่ ก.27 ผลการทดสอบการแจกแจงปรกติ ในเครื่องฉีดเทียนที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ ก.27 เครื่องฉีดเทียนที่ 3 พบว่า p-value > 0.1 ซึ่งมีค่ามากกว่า α = 0.05 จึง ยอมรับ H_0 ดังนั้น ข้อมูลมาจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05



รูปที่ ก.28 ผลการทดสอบการแจกแจงปรกติ ในเครื่องฉีดเทียนที่ 4

จากรูปที่ ก.28 เครื่องฉีดเทียนที่ 4 พบว่า p-value > 0.1 ซึ่งมีค่ามากกว่า α = 0.05 จึง ยอมรับ H_0 ดังนั้น ข้อมูลมาจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

3.2 การทดสอบความแปรปรวนเท่ากัน

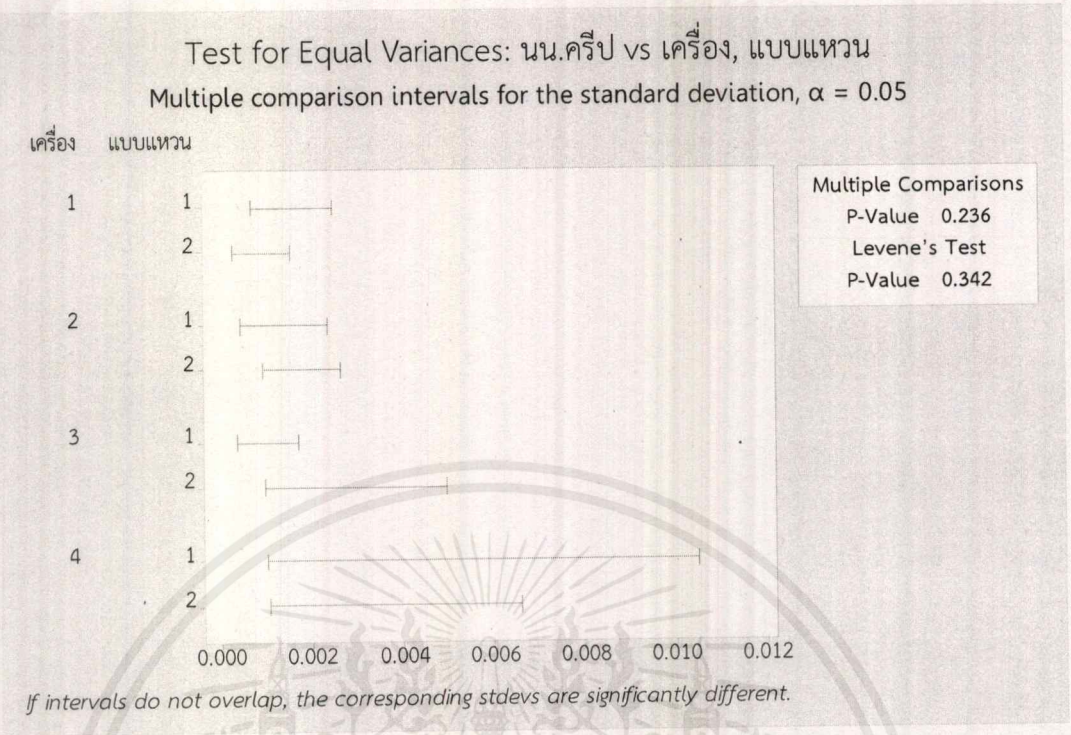
ใช้การทดสอบเลวีน (Levene test) เป็นการทดสอบที่ใช่ค่าสัมบูรณ์ (Absolute Value) จึง สามารถใช้กับประชากรที่มีการแจกแจงแบบหางยาวได้ดีกว่าการทดสอบบาร์ตเลตต์ เป็นการทดสอบ ที่มีประสิทธิภาพสูงสุด

สมมติฐานการทดสอบ

$$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = .. = \sigma_n^2$$

H_1 : มีความแปรปรวนอย่างน้อย 1 คู่ ไม่เท่ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.29 ผลการทดสอบความแปรปรวนเท่ากัน

จากรูปที่ ก.29 เครื่องฉีดเทียนที่ 1,2,3 และ 4 พบว่า p-value = 0.342 > α = 0.05 จึงยอมรับ H_0 ดังนั้น ประชากรทุกกลุ่มมีความแปรปรวนเท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

3.3 การทดสอบความเป็นอิสระ

ใช้การทดสอบวิ่ง (Runs test) ซึ่งเป็นสถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์เนื่องจากไม่มีข้อสมมติเกี่ยวกับการแจกแจงของประชากร

สมมติฐานการทดสอบ

H_0: เศษเหลือเป็นอิสระกัน

H_1: เศษเหลือไม่เป็นอิสระกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Null hypothesis H_0: The order of the data is random
Alternative hypothesis H_1: The order of the data is not random

Number of Runs

Observed	Expected	P-Value
22	20.80	0.698

รูปที่ ก.30 ผลการทดสอบความเป็นอิสระ

จากรูปที่ ก.30 เครื่องฉีดเทียนที่ 1,2,3 และ 4 พบว่า p-value = 0.698 > α = 0.05 จึง ยอมรับ H_0 เศษเหลือเป็นอิสระกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

ผลการทดสอบสมมติฐานและการเปรียบเทียบรายคู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ผลการวิเคราะห์แบบ Paired – t test

กรณีที่ข้อมูลทั้งสองกลุ่มนี้ไม่เป็นอิสระต่อกันหรือมีความผูกพันธ์กัน ในลักษณะ 1 : 1 ซึ่งเราเรียกว่า คู่ (Pair) นั่นเอง ข้อมูลของแต่ละ Pair จะถูกเก็บภายใต้เงื่อนไขเดียวกัน แต่ระหว่าง Pair อาจจะไม่ใช่เงื่อนไขเดียวกันก็ได้ ซึ่งการวิเคราะห์ความแตกต่างกระทำถึงระดับความต่างของข้อมูลแต่ละคู่โดยตรง

สมมติฐานการทดสอบ คือ

$$H_0 : \mu_d = d_0$$
$$H_1 : \mu_d \neq d_0$$

ตารางที่ ข.1 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยน้ำหนักของแหวนแบบที่ 1 เครื่องฉีดเทียนที่ 1 โดยใช้วิธี Paired – t test

เครื่องฉีดเทียน	Mean	SD	t-value	p-Value
1	0.004600	0.001506	-1.73	0.160

จากตารางที่ ข.1 เนื่องจากค่า p-value = 0.16 > α =0.05 จึงยอมรับ H_0 นั่นคือเครื่องฉีดเทียนที่ 1 พบว่าหัวฉีดเทียนฝั่งซ้ายและฝั่งขวามีค่าเฉลี่ยน้ำหนักของครีบแหวนแบบที่ 1 ไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตารางที่ ข.2 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยน้ำหนักของแหวนแบบที่ 1 เครื่องฉีดเทียนที่ 2 โดยใช้วิธี Paired – t test

เครื่องฉีดเทียน	Mean	SD	t-value	p-Value
2	0.007100	0.000876	-0.34	0.749

จากตารางที่ ข.2 เนื่องจากค่า p-value = 0.749 > α =0.05 จึงยอมรับ H_0 นั่นคือเครื่องฉีดเทียนที่ 2 พบว่าหัวฉีดเทียนฝั่งซ้ายและฝั่งขวามีค่าเฉลี่ยน้ำหนักของครีบแหวนแบบที่ 1 ไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.3 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยน้ำหนักของแหวนแบบที่ 1 เครื่องฉีดเทียนที่ 3 โดยใช้วิธี Paired – t test

เครื่องฉีดเทียน	Mean	SD	t-value	p-Value
3	0.006450	0.000762	-1.61	0.184

จากตารางที่ ข.3 เนื่องจากค่า p-value = 0.184 > α =0.05 จึงยอมรับ H_0 นั่นคือเครื่องฉีดเทียนที่ 3 พบว่าหัวฉีดเทียนฝั่งซ้ายและฝั่งขวามีค่าเฉลี่ยน้ำหนักของครีบแหวนแบบที่ 1 ไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตารางที่ ข.4 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยน้ำหนักของแหวนแบบที่ 2 เครื่องฉีดเทียนที่ 1 โดยใช้วิธี Paired – t test

เครื่องฉีดเทียน	Mean	SD	t-value	p-Value
1	0.006400	0.000699	0.00	1.000

จากตารางที่ ข.4 เนื่องจากค่า p-value = 1.00 > α =0.05 จึงยอมรับ H_0 นั่นคือเครื่องฉีดเทียนที่ 1 พบว่าหัวฉีดเทียนฝั่งซ้ายและฝั่งขวามีค่าเฉลี่ยน้ำหนักของครีบแหวนแบบที่ 2 ไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตารางที่ ข.5 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยน้ำหนักของแหวนแบบที่ 2 เครื่องฉีดเทียนที่ 2 โดยใช้วิธี Paired – t test

เครื่องฉีดเทียน	Mean	SD	t-value	p-Value
2	0.006500	0.001269	-1.58	0.189

จากตารางที่ ข.5 เนื่องจากค่า p-value = 0.189 > α =0.05 จึงยอมรับ H_0 นั่นคือเครื่องฉีดเทียนที่ 2 พบว่าหัวฉีดเทียนฝั่งซ้ายและฝั่งขวามีค่าเฉลี่ยน้ำหนักของครีบแหวนแบบที่ 2 ไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตารางที่ ข.6 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยน้ำหนักของแหวนแบบที่ 2 เครื่องฉีดเทียนที่ 3 โดยใช้วิธี Paired – t test

เครื่องฉีดเทียน	Mean	SD	t-value	p-Value
3	0.006600	0.002191	0.00	1.000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ ข.6 เนื่องจากค่า p-value = 1.00 > α =0.05 จึงยอมรับ H_0 นั่นคือเครื่องฉีดเทียนที่ 3 พบว่าหัวฉีดเทียนฝั่งซ้ายและฝั่งขวามีค่าเฉลี่ยน้ำหนักของครีบแหวนแบบที่ 2 ไม่แตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

2. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับการวางแบบแผนแบบสุ่มบูรณ์

สมมติฐานการทดสอบ คือ

$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$

H_1 : มี $\mu_i \neq \mu_j$ อย่างน้อย 1 คู่ โดยที่ $i \neq j$

ตารางที่ ข.7 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยน้ำหนักของแหวนที่ได้จากเครื่องฉีดเทียน ทั้ง 4 เครื่อง เปรียบเทียบแบบแหวนที่ 1 โดยใช้การวางแผนแบบสุ่มสมบูรณ์

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	p-Value
Factor	3	0.000038	0.000013	8.84	0.001
Error	16	0.000023	0.000001		
Total	19	0.000060			

จากตารางที่ ข.7 เนื่องจากค่า p-value =0.001 < α = 0.05 จึงปฏิเสธ H_0 นั่นคือ เครื่องฉีดเทียนที่ 1,2,3 และ 4 พบว่ามีค่าเฉลี่ยน้ำหนักครีบของแหวนแตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้นจึงทำการเปรียบเทียบรายคู่ (Multiple Comparison) โดยใช้วิธี Fisher's Least Significant Difference : LSD ได้ผลดังนี้ (แสดงในตารางที่ ข.8)

ตารางที่ ข.8 ผลการเปรียบเทียบเชิงซ้อน (Multiple Comparison) โดยใช้วิธี Fisher's Least Significant Difference : LSD

Factor	N	Mean	Grouping		
นน.ครีป4	5	0.008400	A		
นน.ครีป2	5	0.007100	A	B	
นน.ครีป3	5	0.006450		B	
นน.ครีป1	5	0.004600			C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ ข.8 ผลแบ่งเป็น 3 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 ประกอบไปด้วย เครื่องฉีดเทียนที่ 4 และเครื่องฉีดเทียนที่ 2 ซึ่งแตกต่าง จากกลุ่มที่ 2 ประกอบไปด้วย เครื่องฉีดเทียนที่ 2 และเครื่องฉีดเทียนที่ 3 และแตกต่างจากกลุ่มที่ 3 ประกอบไปด้วย เครื่องฉีดเทียนที่ 1 เครื่องฉีดเทียนที่ให้ค่าเฉลี่ยน้ำหนักครีบน้อยที่สุดคือ เครื่องฉีดเทียนที่ 1 ดังนั้น เครื่องฉีดเทียนที่ 1 จึงมีความเหมาะสมมากที่สุดในการฉีดแหวนแบบที่ 1

ตารางที่ ข.9 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยน้ำหนักของแหวนที่ได้จากเครื่องฉีดเทียน ทั้ง 4 เครื่อง เปรียบเทียบแบบแหวนที่ 2 โดยใช้การวางแผนแบบสุ่มสมบูรณ์

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	p-Value
Factor	3	0.000000	0.000000	0.03	0.992
Error	16	0.000024	0.000001		
Total	19	0.000024			

จากตารางที่ ข.9 เนื่องจากค่า p-value =0.992 > α = 0.05 จึงยอมรับ H_0 นั่นคือ เครื่องฉีดเทียนที่ 1,2,3 และ 4 พบว่ามีค่าเฉลี่ยน้ำหนักครีบของแหวนไม่แตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

3. การวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับการทดลองแบบแฟกทอเรียล

สมมติฐานการทดสอบ คือ

H_0 : เครื่องฉีดเทียนและแบบแหวนไม่มีผลต่อน้ำหนักของครีบเทียน

H_1 : เครื่องฉีดเทียนและแบบแหวนมีผลต่อน้ำหนักของครีบเทียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.10 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยน้ำหนักของแหวนที่ได้จากเครื่องฉีดเทียน ทั้ง 4 เครื่อง เปรียบเทียบแบบแหวนทั้งสองแบบ โดยใช้แผนการทดลองแบบแฟกทอเรียล

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	p-Value
เครื่อง	3	0.000019	0.000006	4.35	0.011
แบบแหวน	1	0.000000	0.000000	0.18	0.672
เครื่อง*แบบแหวน	3	0.000019	0.000006	4.33	0.011
Error	32	0.000046	0.000001		
Total	39	0.000084			

จากตารางที่ ข.10 เนื่องจากค่า p-value = 0.011 < α = 0.05 จึงปฏิเสธ H_0 นั่นคือเครื่องฉีดและแบบแหวนมีผลต่อน้ำหนักของครีบ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้นจึงทำการเปรียบเทียบรายคู่ (Multiple Comparison) โดยใช้วิธี Fisher's Least Significant Difference : LSD ได้ผลดังนี้ (แสดงในตารางที่ ข.11)

ตารางที่ ข.11 ผลการเปรียบเทียบเชิงซ้อน (Multiple Comparison) โดยใช้วิธี Fisher's Least Significant Difference : LSD

เครื่อง* แบบแหวน	N	Mean	Grouping		
4 1	5	0.00840	A		
2 1	5	0.00710	A	B	
3 2	5	0.00660		B	
2 2	5	0.00650		B	
3 1	5	0.00645		B	
4 2	5	0.00640		B	
1 2	5	0.00640		B	
1 1	5	0.00460			C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ ข.11 พบว่าผลแบ่งเป็น 3 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 ประกอบไปด้วยเครื่องฉีดเทียนที่ 4 แบบที่ 1 และเครื่องฉีดเทียนที่ 2 แบบที่ 1 ซึ่งแตกต่างจาก กลุ่มที่ 2 ประกอบไปด้วยเครื่องฉีดเทียนที่ 3 แบบที่ 2, เครื่องฉีดเทียนที่ 2 แบบที่ 2, เครื่องฉีดเทียนที่ 3 แบบที่ 1, เครื่องฉีดเทียนที่ 4 แบบที่ 2 และเครื่องฉีดเทียนที่ 1 แบบที่ 2 และแตกต่างจากกลุ่มที่ 3 ประกอบไปด้วยเครื่องฉีดเทียนที่ 1 แบบที่ 1 และเครื่องฉีดเทียนที่ให้ค่าเฉลี่ยน้ำหนักครีบน้อยที่สุดคือ เครื่องฉีดเทียนที่ 1 ดังนั้น เครื่องฉีดเทียนที่ 1 และแหวนแบบที่ 1 มีความเหมาะสมมากที่สุดในการฉีดเทียน จากเครื่องฉีดเทียนที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้