บทที่ 4

วิธีดำเนินการวิจัย

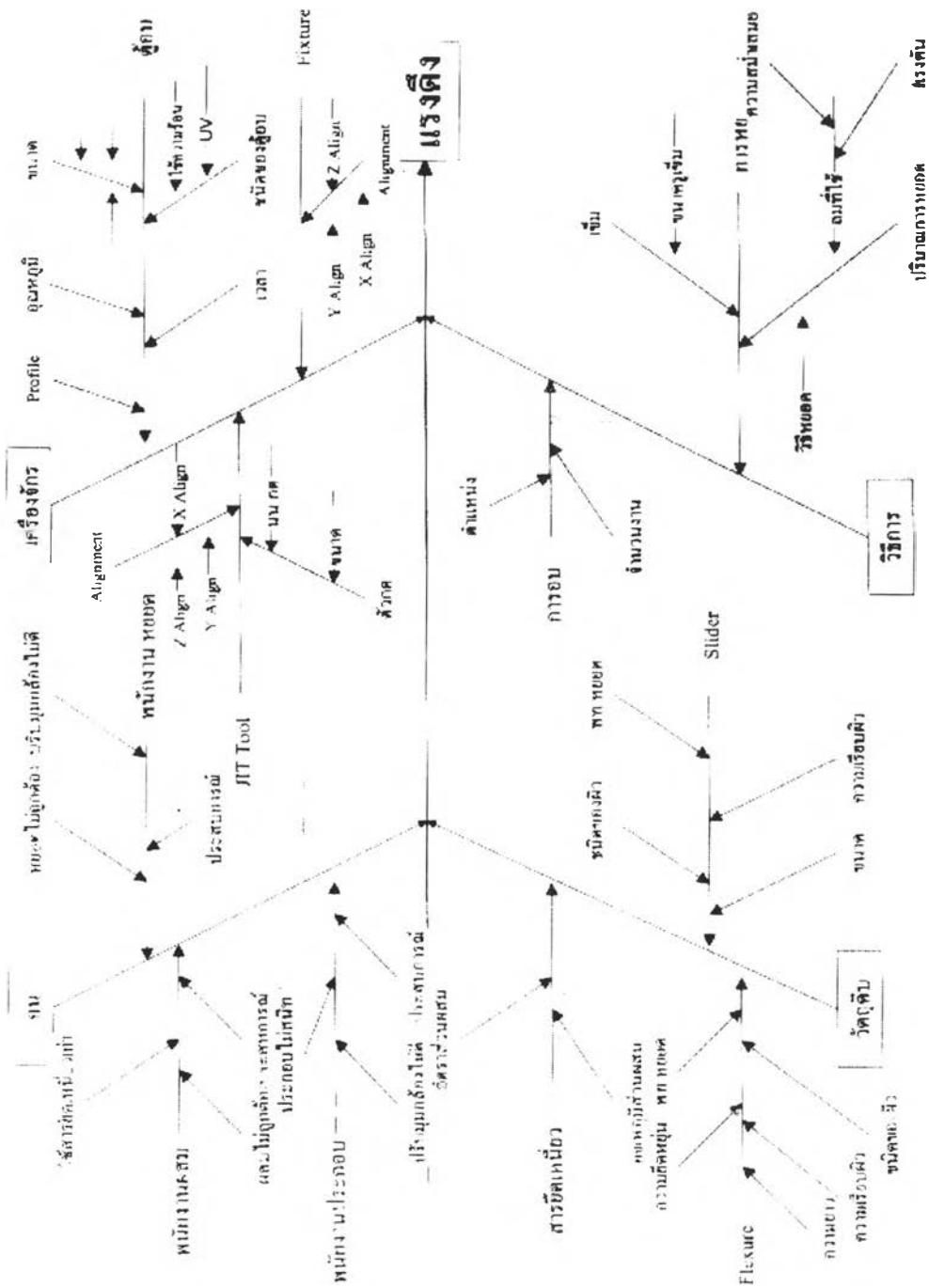
4.1 การเลือกปัจจัยที่ใช้ในการวิจัย

4.1.1 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าแรงดึงของหัวอ่านเขียนข้อมูล

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคุณสมบัติแรงดึงของหัวอ่านเขียนข้อมูลสามารถจำแนกออกได้เป็น 4 ปัจจัยหลัก ๆ ซึ่งได้แก่

- ปัจจัยที่เกิดจากคน (Man)
- ปัจจัยที่เกิดจากเครื่องจักร (Machine)
- ปัจจัยที่เกิดจากวัตถุดิบ (Material)
- ปัจจัยที่เกิดจากวิธีการ (Method)

ซึ่งในแต่ละปัจจัยหลักข้างต้น ยังสามารถแยกย่อยออกได้เป็นปัจจัยย่อยต่างๆ ซึ่งสามารถสรุปได้โดยใช้แผนภาพแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) ดังต่อไปนี้



รูปที่ 4.1 แผนภาพแสดงเหตุและผลแสดงถึงปัจจัยต่าง ๆที่มีผลต่อแรงดึง

4.1.2 การเลือกปัจจัยที่ใช้ในการวิจัย

จากแผนภาพแสดงเหตุและผล พบว่ามีปัจจัยที่มีผลกระทบกับค่าแรงดึงของหัวอ่านเขียนข้อมูลอยู่เป็นจำนวนมาก ซึ่งผู้วิจัยไม่สามารถทำการทดลองได้ในทุกๆปัจจัย ดังนั้น ผู้วิจัยได้ทำการเลือกปัจจัยที่นำมาทำการวิจัยอันได้แก่

1. เวลาในการอบ (Time) ซึ่งสัมพันธ์กับความเร็วของสายพานในเตาอบ (Oven)
2. อุณหภูมิ (Temp) ในการอบ
3. อัตราส่วนผสมของสารยึดเหนี่ยว (Epoxy Mix Ratio)
4. ชนิดของตัวกด (Weight Type)

ในส่วนของปัจจัยอื่นที่ไม่ได้ถูกเลือกมาทำการวิจัยนั้น ผู้วิจัยได้สรุปเหตุผลที่ไม่ได้ทำการเลือก ได้ดังต่อไปนี้

- ปัจจัยที่มีสาเหตุอันเกิดจากการทำงานของคนสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 *ปัจจัยที่มีผลต่อแรงดึงที่มีสาเหตุมาจากการทำงานของคน*

ปัจจัย	เหตุผลที่ไม่ได้ทำการเลือก	วิธีการแก้ไขเบื้องต้น
1. นำสารยึดเหนี่ยวเก่ามาผสมซ้ำ	การนำสารยึดเหนี่ยวที่เก่าและหมดสภาพแล้วมาผสมซ้ำจะทำให้การยึดเกาะไม่ดี	ร่วมมือกับแผนกจัดเก็บทำการกำจัดและเรียกเก็บสารยึดเหนี่ยวที่หมดสภาพให้ออกไปจากระบบ
2. วิธีการผสมสารยึดเหนี่ยวไม่ถูกต้อง	ตามปกติสารยึดเหนี่ยวจะถูกผสมโดยเครื่องผสมซึ่งเป็นแบบอัตโนมัติ แต่พนักงานจะต้องเติมส่วนผสมให้ถูกต้อง การที่ส่วนผสมไม่ถูกต้องจะมีผลต่อคุณภาพของสารยึดเหนี่ยวซึ่งวิธีการผสมได้ถูกระบุในเอกสารกรรมวิธีการผลิตแล้ว	อบรมพนักงานให้ปฏิบัติตามเอกสารกรรมวิธีการผลิต
3.พนักงานประกอบหัวอ่านเขียนไม่สนิท	อาจเนื่องจากพนักงานเร่งรีบที่จะประกอบทำให้ประกอบไม่สนิทดี ซึ่งทำให้การยึดติดไม่ดี	ปลูกจิตสำนึกให้กับพนักงานให้ตระหนักถึงคุณภาพ
4. พนักงานประกอบปรับมุมกล้องไม่ดี	การปรับมุมกล้องไม่ดี ทำให้พนักงานมองเห็นการประกอบได้ไม่ชัด ทำให้เกิดการประกอบพลาดซึ่งมีผลทำให้การประกอบไม่สนิทหรือไม่ได้ Alignment	ทำเครื่องหมายระบุตำแหน่งของมุมกล้องของพนักงานแต่ละคน
5. พนักงานหยอดสารยึดเหนี่ยวไม่ถูกต้อง	การหยอดสารยึดเหนี่ยวมากหรือน้อยเกินไป จะทำให้มีผลต่อค่าแรงดึง ซึ่งก่อนที่พนักงานจะเข้ามาทำงาน จะได้รับการอบรมวิธีการหยอดโดยต้องหยอดให้พอดีกับตำแหน่งที่กำหนด	ปลูกจิตสำนึกให้กับพนักงานให้ตระหนักถึงคุณภาพ
6. พนักงานหยอดปรับมุมกล้องไม่ดี	จะทำให้เห็นได้ไม่ชัดเจน จะทำให้หยอดสารยึดเหนี่ยวไม่สะดวก ซึ่งทำให้มีผลต่อการหยอดสารยึดเหนี่ยว	ทำเครื่องหมายระบุตำแหน่งของมุมกล้องของพนักงานแต่ละคน
7. ประสบการณ์ของพนักงาน	พนักงานที่มีประสบการณ์มาก จะสามารถควบคุมปริมาณการหยอดให้พอดีและถูกตำแหน่งได้ดีกว่าพนักงานที่มีประสบการณ์น้อย	-

- ปัจจัยที่มีสาเหตุที่เกิดจากเครื่องจักรสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 *ปัจจัยที่มีผลต่อแรงดึงที่มีสาเหตุมาจากเครื่องจักร*

ปัจจัย	เหตุผลที่ไม่ได้ทำการเลือก	วิธีการแก้ไขเบื้องต้น
1. Alignment ของ JIT Tool	ตามปกติ Alignment ของ JIT Tool ต้องมีค่าน้อยที่สุด ซึ่งจะทำให้ การประกบกันของหัวอ่านเขียนแนบสนิท ซึ่งถ้าการประกบกันของหัวอ่านเขียนไม่สนิท จะทำให้การยึดติดไม่ดี	ทำการ Qualified JIT Tool ก่อนที่จะนำมาใช้ในสายการผลิต
2. Profile ของ Oven	Heat Profile ของเครื่องอบ มีผลต่อความสามารถในการยึดติดระหว่าง Slider และ Flexure แต่ ปัจจุบัน เราไม่สามารถควบคุม Profile ของเครื่องอบได้	-
3. ชนิดและขนาดของเครื่องอบ	ทั้งชนิดและขนาดของเครื่องอบได้ถูกกำหนดไว้ให้เหมาะสมกับพื้นที่และต้นทุนในการผลิต ทำให้เป็นการยากที่จะเปลี่ยนแปลงชนิดและขนาดของเครื่องจักรได้	-
4. Fixture Alignment	ตามปกติ Alignment ของ Fixture ต้องมีค่าน้อยที่สุด ซึ่งจะทำให้ การประกบกันของหัวอ่านเขียนแนบสนิท ซึ่งถ้าการประกบกันของหัวอ่านเขียนไม่สนิท จะทำให้การยึดติดไม่ดี	ทำการ Qualified Fixture ก่อนที่จะนำมาใช้ในสายการผลิต

- ปัจจัยที่มีสาเหตุที่เกิดจากวัตถุดิบ สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ปัจจัยที่มีผลต่อแรงดึงที่มีสาเหตุมาจากวัตถุดิบ

ปัจจัย	เหตุผลที่ไม่ได้ทำการเลือก	วิธีการแก้ไขเบื้องต้น
1. Slider	เพื่อให้ถูกต้องตามคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์แล้ว ความยาว ความเรียบผิว ชนิดของผิว และพื้นที่ในการหยอด จะถูกกำหนดขึ้นเพื่อความเหมาะสมในการทำงานของหัวอ่านเขียนข้อมูล	-
2. Flexure	เพื่อให้ถูกต้องตามคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์แล้ว ความยาว ความเรียบผิว ชนิดของผิว ความยืดหยุ่นและพื้นที่ในการหยอดของ Flexure จะถูกกำหนดขึ้นเพื่อความเหมาะสมในการทำงานของหัวอ่านเขียนข้อมูล	-
3. อุณหภูมิของสารยึดเหนี่ยว	สารยึดเหนี่ยวจะต้องถูกเก็บไว้ภายใต้อุณหภูมิที่ต่ำ ซึ่งเป็นคุณสมบัติเฉพาะของสารยึดเหนี่ยว	พนักงานจะนำสารยึดเหนี่ยวใส่ไว้ในกล่องที่บรรจุน้ำแข็งแห้ง เข้าไปใช้ในสายการผลิต

- ปัจจัยที่มีสาเหตุที่เกิดจากวิธีการทำงาน สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 *ปัจจัยที่มีผลต่อแรงดึงที่มีสาเหตุมาจากวิธีการทำงาน*

ปัจจัย	เหตุผลที่ไม่ได้ทำการเลือก	วิธีการแก้ไขเบื้องต้น
1. ตำแหน่งการอบ	ในการทำงานของเครื่องอบ จะมีการให้ความร้อนจากบนลงล่าง ดังนั้น ตำแหน่งในการอบจะไม่มีผลต่อความร้อนที่งานได้รับ	-
2. จำนวนงานในการอบแต่ละครั้ง	ในการอบงาน พนักงานจะนำงานขึ้นไว้บนสายพาน ซึ่งเมื่อพิจารณาจากการทำงานของเตาอบ พบว่า จำนวนงานในการอบจะไม่มีผลต่อความร้อนที่งานได้รับ เนื่องจากพนักงานจะต้องวางงานในระนาบเดียวกัน	-
3. ขนาดรูเข็ม	ขนาดของรูเข็มได้ถูกกำหนดให้เล็กเพียงพอที่จะหยอดสารยึดติดลงบนพื้นผิวได้สะดวก	-
4. แรงดันและความสม่ำเสมอของลมที่ใช้	ถ้าแรงดันไม่พอหรือไม่สม่ำเสมอ จะทำให้ไม่สามารถควบคุมปริมาณการหยอดสารยึดเหนี่ยวที่ใช้หยอดได้ ทำให้การยึดติดไม่ดีพอ	แผนกสิ่งอำนวยความสะดวกมีแผนที่จะนำ CDA (Cleaned Dry Air) มาใช้

4.1.3 ข้อจำกัดของการวิจัย

ในการศึกษาถึงอิทธิพลของปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อแรงดึงของหัวอ่านเขียนข้อมูลนั้น ปัจจัยต่างๆเหล่านี้จะต้องไม่มีอิทธิพลต่อคุณสมบัติด้านอื่นๆของหัวอ่านเขียนข้อมูล โดยเฉพาะอย่างยิ่งคุณสมบัติทางไฟฟ้า (Electrical Test)

ในการทดสอบคุณสมบัติทางไฟฟ้า หัวอ่านเขียนข้อมูลจะถูกทดสอบบนเครื่องทดสอบทางไฟฟ้า (Electrical Tester) ซึ่งพารามิเตอร์ที่ใช้ทดสอบมีอยู่เป็นจำนวนมาก ที่สำคัญได้แก่

4.1.3.1 OVW_AVG (Overwrite Average) หลักการของการทดสอบนี้ ขั้นแรกจะทำการเขียนสัญญาณที่มีความถี่ต่ำ (Low Frequency) ลงบนมีเดีย จากนั้นจะทำการเขียนสัญญาณที่มีความถี่สูง (High Frequency Amplitude) ทับลงไป ในการทดสอบเครื่องจะทำการอ่าน สัญญาณความถี่ต่ำเทียบกับสัญญาณความถี่สูง มีหน่วยเป็น เดซิเบล

4.1.3.2 OTC_AVG (Off - Track Capability Average) การทดสอบนี้เป็นการทดสอบความแม่นยำในการในการเขียนข้อมูล โดยวัดจากดรงกลางของหัวอ่าน (Center of Reader) กับแนวแทร็ก (Track) ของมีเดีย ภายใต้อัตราความผิดพลาด (Error Rate) ที่กำหนด

4.1.3.3 OTC_EFL (Off - Track Capability Error Floor) การทดสอบนี้เป็นการทดสอบความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในการอ่านนอกแทร็กของหัวอ่าน โดยจะทำการเปรียบเทียบกับความผิดพลาดมาตรฐานที่กำหนด (Error Floor)

4.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

4.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

อุปกรณ์สำคัญที่ถูกใช้ในการทดลอง ประกอบด้วย

- เครื่องทดสอบแรงดึง

เป็นเครื่องทดสอบแรงยึดติดระหว่าง Slider และ Flexure โดยจะทำการดึงด้วยแรงที่เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ แล้วจะทำการบันทึกค่าแรงดึงที่สูงที่สุดที่ทำให้ Slider หลุดออกจาก Flexure

- เตาอบ (Oven)

เป็นเตาอบที่ใช้ความร้อน มีการควบคุมเวลาในการอบโดยใช้ความเร็วของสายพาน ความร้อนจะถูกนำพาจากบนลงล่าง ซึ่งจะให้ความร้อนที่สม่ำเสมอในทุกๆจุดของสายพาน

- เครื่องทดสอบทางไฟฟ้า (Electrical Tester)

เป็นเครื่องทดสอบทางไฟฟ้าของหัวอ่านเขียนข้อมูล โดยจะทำการปล่อยหัวอ่านเขียนข้อมูลให้บินอยู่เหนือแผ่นมีเดีย เครื่องจะทำการอ่านคุณสมบัติทางไฟฟ้าจากหัวอ่านเขียนข้อมูลในขณะที่หัวอ่านกำลังบินอยู่

- หัวอ่านเขียนข้อมูล (Read/Write Head)

ในงานวิจัยนี้ หัวอ่านเขียนข้อมูลที่ใช้ จะถูกควบคุมให้อยู่ในช่วงเวลาและสายการผลิตเดียวกัน นอกจากนี้ ในส่วนของ Slider ได้ถูกให้มีการทำ Wafer Qualification เพื่อให้มั่นใจว่าไม่มีความเสียหายเกิดขึ้นกับ Slider ก่อนที่จะถูกนำมาทำการผลิต

4.2.2 เครื่องมือทางสถิติที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ทำการแบ่งการวิจัยออกเป็น 3 ขั้นตอน ซึ่งเทคนิคทางสถิติที่ใช้ประกอบด้วย การทดลองแบบแฟคตอเรียลเมื่อปัจจัยมี 2 และ 3 ระดับ (Factorials

with two and three levels of Factors) ซึ่งจะถูกใช้ในการทดลองเบื้องต้น การทดลองแบบแฟคตอเรียลตัวแบบอิทธิพลสุ่ม (Factorials with random effect models) ซึ่งจะถูกใช้ในการทดลองเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสม และการทดสอบความมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของตัวแปรสุ่มปกติ กรณีประชากร 2 ชุด (Test of Hypotheses on the Mean and Variance)

4.2.2.1 การทดลองเบื้องต้น

ในการทดลองเบื้องต้นนี้ ผู้วิจัยได้ใช้เทคนิคการทดลองแบบแฟคตอเรียลในการทดลองและวิเคราะห์ผล ซึ่งข้อดีของการทดลองแบบนี้คือใช้สิ่งตัวอย่างน้อย แต่ข้อเสียคือให้สารสนเทศที่ไม่มากพอ เพราะเป็นการกำหนดปัจจัยไว้เพียง 2 หรือ 3 ระดับเท่านั้น โดยจะกำหนดให้ระดับของปัจจัยเป็นค่าสูงสุด (Max) ต่ำสุด (Min) หรือค่าปานกลาง (Moderate)

ซึ่งวิธีนี้เหมาะที่จะเป็นการทดลองเบื้องต้น (Initial Experiment) เพื่อที่จะตัดปัจจัยที่ไม่น่าจะมีผลต่อสิ่งที่ต้องการที่จะศึกษาออกไป ดังนั้นจึงไม่สามารถทำการทดลองทุกๆค่าของแต่ละปัจจัยได้ เนื่องจากจะต้องใช้เวลาและทรัพยากรที่สูงมาก

ในงานวิจัยนี้ ผู้ทำการวิจัยได้เลือกการทดลองแบบแฟคตอเรียลเมื่อปัจจัยมี 2 และ 3 ระดับ (Factorials with two and three levels of factors) มาใช้ในการวิจัย เนื่องจากปัจจัยที่ต้องการศึกษาบางปัจจัย สามารถกำหนดระดับสูงสุดและต่ำสุดได้ เช่นอุณหภูมิในการอบ เวลาในการอบ และอัตราส่วนผสมของสารยึดเหนี่ยว แต่ในกรณีของปัจจัยของตัวกดน้ำหนัก ซึ่งมีอยู่ด้วยกัน 3 รูปแบบ จึงถูกกำหนดให้มี 3 ระดับของปัจจัย

4.2.2.2 การทดลองเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสม

ในหลายๆการทดลองที่จะศึกษาผลกระทบที่มีต่อสิ่งที่สนใจ จะมีปัจจัยที่ต้องการศึกษามากกว่า 2 ปัจจัย ซึ่งการศึกษาในลักษณะเช่นนี้ เรียกว่า การทดลองแบบแฟคตอเรียล ซึ่งเทอมที่สำคัญของการทดสอบแบบนี้ ประกอบด้วย

- อิทธิพลหลัก (Main Effect) หมายถึงอิทธิพลของปัจจัยที่ศึกษา
- ปฏิกริยาสัมพันธ์ (Interaction Effect) หมายถึงการแสดงออกของระดับต่างๆในปัจจัยหนึ่งไม่เท่ากัน เมื่อเปรียบเทียบจากระดับหนึ่งไปอีกระดับหนึ่งของอีกปัจจัย

ในการทดลองแบบแฟคตอเรียล สามารถแบ่งตัวแบบออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

- การทดสอบแบบแฟคตอเรียลตัวแบบอิทธิพลคงที่ (Factorial with Fix Effect Models) เป็นการทดสอบที่มีระดับของปัจจัย (Treatment) ที่คงที่และแน่นอน
- การทดสอบแบบแฟคตอเรียลตัวแบบอิทธิพลสุ่ม (Factorial with Random Effect Models) เป็นการทดสอบที่ระดับของปัจจัย (Treatment) ได้ถูกสุ่มมาจากระดับทั้งหมด

ซึ่งในการทดลองในขั้นตอนนี้ ผู้วิจัยได้ใช้เทคนิคการทดสอบแบบแฟคตอเรียลตัวแบบอิทธิพลสุ่ม ทั้งนี้เนื่องจากผู้วิจัยไม่สามารถทำการทดลองได้ในทุกๆปัจจัย จึงจำเป็นต้องสุ่มมาเพียงบางระดับเพื่อทำการทดลองหาสภาวะที่เหมาะสม

4.2.2.3 การทดสอบเพื่อยืนยันผล

ในการทดสอบเพื่อยืนยันผล ผู้วิจัยได้ใช้การทดสอบความมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของตัวแปรสุ่ม กรณีประชากร 2 ชุด มาใช้ในการทดสอบ ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น

4.2.2.3.1 การทดสอบความมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ย

ในการทดสอบนี้ จะสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กรณีด้วยกัน คือ

- กรณีทราบค่าที่แน่นอนของความแปรปรวนของทั้ง 2 ประชากร
- กรณีไม่ทราบค่าที่แน่นอนของความแปรปรวนของทั้ง 2 ประชากร แต่ทราบว่าไม่แตกต่างกัน
- กรณีไม่ทราบค่าที่แน่นอนของความแปรปรวนของทั้ง 2 ประชากร และไม่ทราบว่าแตกต่างกันหรือไม่

ในการวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ใช้การทดสอบความมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ย กรณีไม่ทราบค่าที่แน่นอนของความแปรปรวนของทั้ง 2 ประชากร แต่ทราบว่าไม่แตกต่างกัน ทั้งนี้เนื่องจาก ผลการทบสอบความมีนัยสำคัญของความแปรปรวนของตัวแปรสุ่ม

4.2.2.3.2 การทดสอบความมีนัยสำคัญของความแปรปรวนของตัวแปรสุ่มปกติ (กรณีประชากร 2 ชุด)

ในการทดสอบความมีนัยสำคัญที่สำคัญมากต่องานวิศวกรรม คือ การทดสอบถึงความแตกต่างของความแปรปรวนของตัวแปรสุ่มปกติ 2 ชุด หรือความแตกต่างของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรสุ่มปกติ 2 ชุด โดยการทดสอบนี้ อาจใช้ทดสอบควบคู่ไปกับการทดสอบความมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยของประชากร 2 ประชากร เพื่อพิจารณาถึงข้อกำหนดก่อนว่า ความแปรปรวนของทั้ง 2 ประชากรมีค่าเท่ากันหรือไม่ เพื่อการตัดสินใจเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยต่อไป

4.3 การทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

4.3.1 การทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลในการทดลองเบื้องต้น

ในการทดลองเบื้องต้นนี้ ผู้วิจัยได้ทำการทดลองโดยใช้เทคนิคการทดลองแบบแฟคตอเรียลเมื่อมีระดับของปัจจัย 2 และ 3 ระดับ เพื่อที่จะทำการตัดปัจจัยที่ไม่มีผลกับแรงดึงของหัวอ่านเขียนข้อมูลออก โดยใช้จำนวนตัวอย่างที่น้อยที่สุด ซึ่งในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้กำหนดให้

4.3.1.1 ชนิดของสารยึดเหนี่ยว เป็น ปัจจัย A โดยได้กำหนดอัตราส่วนของสารยึดเหนี่ยวไว้เป็น 2 ระดับคือ

- อัตราส่วนของสารยึดเหนี่ยว 2 : 1 ได้ถูกกำหนดให้เป็นค่า -1
- อัตราส่วนของสารยึดเหนี่ยว 5 : 1 ได้ถูกกำหนดให้เป็นค่า 1

4.3.1.2 อุณหภูมิที่ใช้ในการอบ เป็นปัจจัย B โดยกำหนดให้ อุณหภูมิที่ใช้ในการอบเป็น 2 ระดับ คือ

- อุณหภูมิ 225 องศาฟาเร็นต์ไฮต์ได้ถูกกำหนดให้เป็นค่า -1
- อุณหภูมิ 300 องศาฟาเร็นต์ไฮต์ ได้ถูกกำหนดให้เป็นค่า 1

4.3.1.3 เวลาที่ใช้ในการอบเป็นปัจจัย C โดยกำหนดให้เวลาที่ใช้ในการอบเป็น 2 ระดับ คือ

- เวลาที่ใช้ในการอบ 12 นาที กำหนดให้เป็นค่า -1
- เวลาที่ใช้ในการอบ 18 นาที กำหนดให้เป็นค่า 1

4.3.1.4 ชนิดของน้ำหนักกดที่ใช้ แบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ

- ชนิดของน้ำหนักกด ชนิดที่ 1 กำหนดให้เป็นค่า -1
- ชนิดของน้ำหนักกด ชนิดที่ 2 กำหนดให้เป็นค่า 0
- ชนิดของน้ำหนักกด ชนิดที่ 3 กำหนดให้เป็นค่า 1

ตารางการบันทึกผลแสดงได้ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.5 *ตารางบันทึกผลการทดลองในการทดลองเพื่อยืนยันผล*

ลำดับ	ปัจจัย A	ปัจจัย B	ปัจจัย C	ปัจจัย D	ค่า แรงดึง
1	-1	-1	-1	-1	
2	-1	-1	-1	0	
3	-1	-1	-1	1	
4	-1	-1	1	-1	
5	-1	-1	1	0	
6	-1	-1	1	1	
7	-1	1	-1	-1	
8	-1	1	-1	0	
9	-1	1	-1	1	
10	-1	1	1	-1	
11	-1	1	1	0	
12	-1	1	1	1	
13	1	-1	-1	-1	
14	1	-1	-1	0	
15	1	-1	-1	1	
16	1	-1	1	-1	
17	1	-1	1	0	
18	1	-1	1	1	
19	1	1	-1	-1	
20	1	1	-1	0	
21	1	1	-1	1	
22	1	1	1	-1	
23	1	1	1	0	
24	1	1	1	1	

4.3.1.5 สภาวะแวดล้อมในการทดลอง

การวิจัยในขั้นตอนนี้ ได้ทำการเก็บข้อมูลโดยกำหนดสภาวะแวดล้อมในการเก็บข้อมูลดังต่อไปนี้

- ได้ทำการกำหนดให้ผลิตภัณฑ์ที่ประกอบ ได้ถูกประกอบจากสายการผลิตเดียวกัน โดยมีพนักงานประกอบชุดเดียวกัน
- ทำการอบในเตาอบเครื่องเดียวกัน ในเวลาเดียวกัน
- ใช้เครื่องมือทดสอบแรงดึงเครื่องเดียวกัน โดยที่มีพนักงานควบคุมคนเดียวกัน

4.3.2 การทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลในขั้นตอนการทดลองเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสม

ภายหลังจากได้ปัจจัยจากการทดลองเบื้องต้นแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือขั้นตอนในการทดลองและเก็บข้อมูลเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสม ซึ่งจะใช้การทดลองแบบแฟคตอเรียลตัวแบบอิทธิพลสุ่ม ซึ่งในขั้นตอนนี้ มีจุดประสงค์เพื่อจะหาปัจจัยที่มีผลจริงและสภาวะที่เหมาะสมเพื่อให้เกิดแรงดึงของหัวอ่านเขียนข้อมูลสูงที่สุด โดยในการเก็บข้อมูลนี้ ได้กำหนดให้

4.3.2.1 ชนิดของสารยึดเหนี่ยวเป็นปัจจัย A โดยกำหนดอัตราส่วนผสมของสารยึดเหนี่ยว เป็น 4 ระดับ ได้แก่

อัตราส่วน 2 : 1, 3 : 1, 4 : 1, 5 : 1

4.3.2.2 อุณหภูมิ เป็นปัจจัย B โดยกำหนดอุณหภูมิออกเป็น 4 ระดับได้แก่

225, 250, 275 และ 300 องศาฟาเร็นต์ไฮต์

4.3.2.3 เวลาในการอบ เป็นปัจจัย C โดยกำหนดให้เวลาในการอบแบ่งออกได้เป็น 4 ระดับ ได้แก่

12 , 14 , 16 , 18 นาที

ตารางบันทึกผลการทดลองสามารถแสดงได้ดังนี้

ตารางที่ 4.6 *ตารางบันทึกผลการทดสอบแรงดึงในขั้นตอนการทดลองเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสม*

Data Table (Shear)

Mix Ratio	Temp	225				250				275				300			
	Cure Time	12	14	16	18	12	14	16	18	12	14	16	18	12	14	16	18
2 : 1	1																
	2																
	3																
3 : 1	1																
	2																
	3																
4 : 1	1																
	2																
	3																
5 : 1	1																
	2																
	3																

4.3.2.4 สภาวะแวดล้อมในการทดลอง

การวิจัยในขั้นตอนนี้ได้ทำการเก็บข้อมูลโดยกำหนดสภาวะแวดล้อมในการเก็บข้อมูลดังต่อไปนี้

- ได้ทำการกำหนดให้ผลิตภัณฑ์ที่ประกอบ ได้ถูกประกอบจากสายการผลิตเดียวกัน โดยมีพนักงานประกอบชุดเดียวกัน
- ทำการอบในเตาอบเครื่องเดียวกัน ในเวลาเดียวกัน
- ใช้เครื่องมือทดสอบแรงดึงเครื่องเดียวกัน โดยที่มีพนักงานควบคุมคนเดียวกัน
- ใช้เครื่องทดสอบทางไฟฟ้าเครื่องเดียวกัน โดยมีพนักงานควบคุมคนเดียวกัน

นอกจากการทดสอบแรงดึงแล้ว ในการวิจัยในช่วง Factorial Design ยังต้องมีการทดสอบคุณสมบัติทางไฟฟ้า ด้วยว่า จะมีผลต่อค่าวัดทางไฟฟ้าหรือไม่ โดยค่าวัดทางไฟฟ้าที่สำคัญ ประกอบด้วย

- OVW_AVG (Overwrite Average)
- OTC_AVG (Off - Track Capability Average)
- OTC_EFL (Off - Track Capability Error Floor)

ตารางบันทึกผลของทั้ง 3 พารามิเตอร์ สามารถแสดงได้ดังต่อไปนี้

I 18512410

ตารางที่ 4.7 *ตารางบันทึกผลการทดสอบพารามิเตอร์ OVW_AVG ในขั้นตอนการทดลองเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสม*

Data Table (OVW_AVG)

Mix Ratio	Temp	225				250				275				300			
	Cure Time	12	14	16	18	12	14	16	18	12	14	16	18	12	14	16	18
2 : 1	1																
	2																
	3																
3 : 1	1																
	2																
	3																
4 : 1	1																
	2																
	3																
5 : 1	1																
	2																
	3																

ตารางที่ 4.8 *ตารางบันทึกผลการทดสอบพารามิเตอร์ OTC_AVG ในขั้นตอนการทดลองเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสม*

Data Table (OTC_AVG)

Mix Ratio	Temp	225				250				275				300			
	Cure Time	12	14	16	18	12	14	16	18	12	14	16	18	12	14	16	18
2 : 1	1																
	2																
	3																
3 : 1	1																
	2																
	3																
4 : 1	1																
	2																
	3																
5 : 1	1																
	2																
	3																

ตารางที่ 4.9 *ตารางบันทึกผลการทดสอบพารามิเตอร์ OTC_EFL ในขั้นตอนการทดลองเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสม*

Data Table (OTC_EFL)

Mix Ratio	Temp	225				250				275				300			
	Cure Time	12	14	16	18	12	14	16	18	12	14	16	18	12	14	16	18
2 : 1	1																
	2																
	3																
3 : 1	1																
	2																
	3																
4 : 1	1																
	2																
	3																
5 : 1	1																
	2																
	3																

4.3.3 การทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลในขั้นตอนการทดลองเพื่อยืนยันผล

ภายหลังจากได้สภาวะที่เหมาะสมจากการทดลองก่อนหน้านี้แล้ว ผู้วิจัยได้ทำการทดลองเพื่อยืนยันผลการทดลองที่ได้จากการทดลองก่อนหน้านี้ โดยจะทำการเปรียบเทียบสภาวะที่ได้จากการทดลองกับสภาวะที่ได้มีการใช้งานจริงในปัจจุบัน

ตารางบันทึกผลการทดลองสามารถแสดงได้ดังนี้

ตารางที่ 4.10 ตารางบันทึกผลการทดลองเพื่อยืนยันผล

Test for Confirmation

Current Condition Mix-Ratio 4 : 1 Temp 250 Time 16	Purpose Condition

4.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

4.4.1 โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปในการวิเคราะห์ ซึ่งโปรแกรมสำเร็จรูปด้านสถิตินี้มีด้วยกันอยู่หลายบริษัทหลายผลิตภัณฑ์ บางโปรแกรมจะมีความสามารถที่ดีในด้านหนึ่งๆ ดังนั้นผู้เขียนจึงได้ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป 2 โปรแกรมในการวิเคราะห์ ซึ่งประกอบด้วย

- JMP ของบริษัท SAS ซึ่งจะใช้ในการวิเคราะห์ผลในส่วนของการทดลองเบื้องต้น

- MiniTab จะใช้ในการวิเคราะห์ผลในส่วนของการทดลองเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมและการทดลองเพื่อยืนยันผล

4.4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนของการทดลองเบื้องต้น

ในส่วนของขั้นตอนนี้ จะใช้การทดสอบแบบแฟคตอเรียลซึ่งมีระดับของปัจจัย 2 และ 3 ระดับ ในการพิจารณาถึง ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่าแรงดึง จะพิจารณาจากค่า F-Ratio ที่ได้จาก การวิเคราะห์ความแปรปรวน โดยที่ในทางทฤษฎีจะทำการเปรียบเทียบค่า F-Ratio กับ ค่า F วิกฤติ ที่หาได้จากการเปิดตาราง F โดยที่

ถ้า ค่า F-Ratio มากกว่า ค่า F วิกฤติ แสดงว่า ปัจจัยนั้นๆมีผลกระทบกับแรงดึง

ถ้า ค่า F-Ratio น้อยกว่าหรือเท่ากับ ค่า F วิกฤติ แสดงว่า ปัจจัยนั้นๆไม่มีผลกระทบกับแรงดึง

แต่ในโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ จะทำการคำนวณค่า P Value ออกมาให้ ซึ่งในการพิจารณาค่า P Value นั้น จะทำการเปรียบเทียบกับค่า α ถ้าค่า P Valueที่คำนวณได้ในแต่ละปัจจัยมีค่าน้อยกว่าค่าดังกล่าว แสดงว่า ปัจจัยนั้นๆ มีผลกระทบกับแรงดึง

ในขั้นตอนนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดให้ α มีค่าเท่ากับ 0.05

4.4.3 การวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนของการทดลองเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสม

4.4.3.1 การทดลองในขั้นตอนนี้จะใช้เทคนิคการวิเคราะห์แบบแฟคตอเรียลตัวแบบอิทธิพลสุ่ม ซึ่งก่อนที่จะวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้วิธีการนี้ จะต้องมีการทดสอบความเหมาะสมของตัวแบบ (Model Adequacy Checking) โดยที่การทดสอบดังกล่าว ประกอบด้วยการทดสอบ 3 ประเภท คือ

4.4.3.1.1 การทดสอบการกระจายแบบปกติของข้อมูล (Normality Test) ซึ่งจะเป็นการพล็อตค่า Residual ลงบนกราฟที่เรียกว่า Normal Probability Paper

4.4.3.1.2 การทดสอบความเป็นอิสระของข้อมูล (Independent Test) เป็นการทดสอบถึงความสัมพันธ์ของค่า Residual ซึ่งค่า Residual แต่ละค่าควรเป็นอิสระซึ่งกันและกัน โดยจะทำการพล็อตกราฟระหว่าง ค่า Residual กับเวลาในการเก็บข้อมูล

4.4.3.1.3 การทดสอบความสม่ำเสมอของการกระจาย (Variance Stability Test) การทดสอบนี้ เป็นการบอกถึงความสม่ำเสมอของการกระจายของข้อมูลโดยจะทำการพล็อตกราฟของค่า Residual และค่าที่กำหนด

4.4.3.2 ในส่วนของการวิเคราะห์ข้อมูล จะใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนในการวิเคราะห์ผล ซึ่งสามารถแสดงวิธีคำนวณได้ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.11 ตารางแสดงการคำนวณการวิเคราะห์ความแปรปรวน

แหล่งความผันแปร	Sum of Square	Degrees of Freedom	Mean Square	Fo
A	SSa	a-1	SSa/df	MSa/MSe
B	SSb	b-1	SSb/df	MSb/MSe
C	SSc	c-1	SSc/df	MSc/MSe
AB	SSab	(a-1)(b-1)	SSab/df	MSab/MSe
AC	SSac	(a-1)(c-1)	SSac/df	MSac/MSe
BC	SSbc	(b-1)(c-1)	SSbc/df	MSbc/MSe
ABC	SSabc	(a-1)(b-1)(c-1)	SSabc/df	MSabc/MSe
Error	SSerror	abc(n-1)	SSerror/df	
Total	SStotal	abcn-1		

$$SStotal = \sum\sum\sum\sum Y^2_{ijkl} - \frac{Y^2_{....}}{abcn}$$

$$SSa = \frac{\sum Y^2_{i...}}{bcn} - \frac{Y^2_{....}}{abcn}$$

$$SSb = \frac{\sum Y^2_{.j..}}{acn} - \frac{Y^2_{....}}{abcn}$$

$$SSc = \frac{\sum Y^2_{..k.}}{abn} - \frac{Y^2_{....}}{abcn}$$

$$SSab = \frac{\sum\sum Y^2_{ij..}}{cn} - \frac{Y^2_{....}}{abcn} - SSa - SSb$$

$$SSac = \frac{\sum\sum Y^2_{i.k.}}{bn} - \frac{Y^2_{....}}{abcn} - SSa - SSc$$

$$SSbc = \frac{\sum\sum Y^2_{.jk.}}{an} - \frac{Y^2_{....}}{abcn} - SSb - SSc$$

$$SSabc = \frac{\sum\sum\sum Y^2_{ijk.}}{an} - \frac{Y^2_{....}}{abcn} - SSa - SSb - SSc - Ssab -$$

$$SSbc - SSac$$

$$SSerror = SStotal - SS\ subtotal$$

4.4.3.2 ในงานวิจัยนี้ ได้กำหนดให้ทั้งอัตราส่วนผสมของสารยึดเหนี่ยว อุณหภูมิและเวลาในการอบ เป็นปัจจัยตัวแบบอิทธิพลสุ่ม ดังนั้นในการหาค่า F-Ratio ไม่สามารถที่จะหาตามแบบปกติได้ จึงต้องใช้วิธี Approximate F-Test ซึ่งค่า F-ratio และค่า Degree of Freedom สามารถแสดงได้ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.12 *ตารางแสดงการคำนวณค่า F และ ค่า Degree of Freedom*

Approximate *F* Tests for Random Effect Model

$F_A = \frac{MS_A + MS_{ABC}}{MS_{AB} + MS_{AC}}$		$F_{AB} = \frac{MS_{AB}}{MS_{ABC}}$		$F_{ABC} = \frac{MS_{ABC}}{MS_E}$	
$F_B = \frac{MS_B + MS_{ABC}}{MS_{AB} + MS_{BC}}$		$F_{AC} = \frac{MS_{AC}}{MS_{ABC}}$			
$F_C = \frac{MS_C + MS_{ABC}}{MS_{AC} + MS_{BC}}$		$F_{BC} = \frac{MS_{BC}}{MS_{ABC}}$			

Degree of Freedom

$P_A = \frac{(MS_A + MS_{ABC})^2}{MS^2_A/3 + MS^2_{ABC}/27}$		$Q_A = \frac{(MS_{AB} + MS_{AC})^2}{MS^2_{AB}/9 + MS^2_{AC}/9}$	
$P_B = \frac{(MS_B + MS_{ABC})^2}{MS^2_B/3 + MS^2_{ABC}/27}$		$Q_B = \frac{(MS_{AB} + MS_{BC})^2}{MS^2_{AB}/9 + MS^2_{BC}/9}$	
$P_C = \frac{(MS_C + MS_{ABC})^2}{MS^2_C/3 + MS^2_{ABC}/27}$		$Q_C = \frac{(MS_{AC} + MS_{BC})^2}{MS^2_{AC}/9 + MS^2_{BC}/9}$	

เนื่องจากโปรแกรมทางสถิติไม่สามารถกำหนดให้ค่า F-Ratio เปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการ Approximate F-Test ได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงต้องคำนวณค่า F และทำการเปรียบเทียบกับค่า F Critical ซึ่งมีระดับความเป็นอิสระ (Degree of Freedom) เป็นไปตามค่า P และ Q ตามตารางข้างต้น ทั้งนี้เมื่อกำหนดให้ α มีค่าเท่ากับ 0.05

4.4.4 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อการยืนยันผล

ในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อยืนยันผลนี้ จะใช้การทดสอบความมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของประชากรปกติ (กรณี 2 ประชากร) โดยจะทำการทดสอบความมีนัยสำคัญของความแปรปรวนของข้อมูลก่อน

4.4.4.1 การวิเคราะห์ความมีนัยสำคัญของความแปรปรวนของประชากรปกติ

การทดสอบในกรณีนี้ จะกำหนดสมมติฐานได้ว่า

$$H_0 : \sigma^2_x = \sigma^2_y$$
$$H_1 : \sigma^2_x = \sigma^2_y$$

หรือ

$$H_0 : \sigma^2_x = \sigma^2_y$$
$$H_1 : \sigma^2_x > \sigma^2_y$$

ซึ่งในการวิเคราะห์นี้ จะใช้การทดสอบที่เรียกว่า F-Test โดยจะทำการหาค่า F critical ซึ่งหาได้โดย

$$F_{critical} = S^2_x / S^2_y$$

โดยที่ เมื่อกำหนดให้สมมติฐาน H0 เป็นจริง ค่ารีโปรดิวซิบิลิตี้ จะอยู่ในช่วง

$$F_{1-\alpha/2 ; n_x-1 , n_y-1} < F_{critical} < F_{\alpha/2 ; n_x-1 , n_y-1}$$

โดยที่ค่า $F_{1-\alpha/2 ; n_x-1 , n_y-1}$ และ $F_{\alpha/2 ; n_x-1 , n_y-1}$ สามารถหาได้จากตารางค่า F

แต่ทั้งนี้ ในโปรแกรมทางสถิติ ได้ทำการคำนวณค่า P-Value ให้ โดยจะทำการเปรียบเทียบค่า P-Value ดังกล่าว กับค่า α โดยที่ ถ้าค่า P-Value มากกว่าค่า α จะสรุปได้ว่า ค่าความแปรปรวนของทั้ง 2 ประชากรมีค่าไม่แตกต่างกัน แต่ถ้า ค่า P-Value มีค่าน้อยกว่าค่า α จะสรุปได้ว่า ค่าความแปรปรวนของทั้ง 2 ประชากรมีค่าแตกต่างกัน โดยในการทดลองนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดให้ค่า α มีค่าเท่ากับ 0.05

4.4.4.2 การวิเคราะห์ความมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยของประชากรปกติ

ให้ X และ Y คือประชากรที่ให้ความสนใจ 2 ชุด ซึ่งมีการแจกแจงแบบปกติ โดยมีค่าเฉลี่ย คือ μ_x และ μ_y และมีความแปรปรวนคือ σ^2_x และ σ^2_y

ซึ่งสามารถกำหนดวิธีการตัดสินใจในรูปการทดสอบสมมติฐานได้ว่า

- $H_0 : \mu_x = \mu_y$
  $H_1 : \mu_x = \mu_y$

- $H_0 : \mu_x = \mu_y$
  $H_1 : \mu_x > \mu_y$

- $H_0 : \mu_x = \mu_y$
  $H_1 : \mu_x < \mu_y$

ซึ่งในการวิเคราะห์นี้ จะใช้การทดสอบ t-test โดยจะทำการหาค่า t critical ซึ่งหาได้จาก

$$t \text{ critical} = X - Y / S_p \left(1/n_x + 1/n_y \right)^{1/2}$$

ภายใต้เงื่อนไขของ α ที่กำหนดให้สมมติฐานเป็นจริง จะได้ผลว่า

$$-t_{\alpha/2 : n_x + n_y - 2} < t_{\text{critical}} < t_{\alpha/2 : n_x + n_y - 2}$$

โดยที่ค่า $t_{\alpha/2 : n_x + n_y - 2}$ สามารถหาได้จากตาราง t

แต่ทั้งนี้ ในโปรแกรมทางสถิติ ได้ทำการคำนวณค่า P-Value ให้ โดยจะทำการเปรียบเทียบค่า P-Value ดังกล่าว กับค่า α โดยที่ ถ้าค่า P-Value มากกว่าค่า α จะสรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยของทั้ง 2 ประชากรมีค่าไม่แตกต่างกัน แต่ถ้า ค่า P-Value มีค่าน้อยกว่าค่า α จะสรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยของทั้ง 2 ประชากรมีค่าแตกต่างกัน โดยในการทดลองนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดให้ค่า α มีค่าเท่ากับ 0.05