

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการทดลองและอุปกรณ์

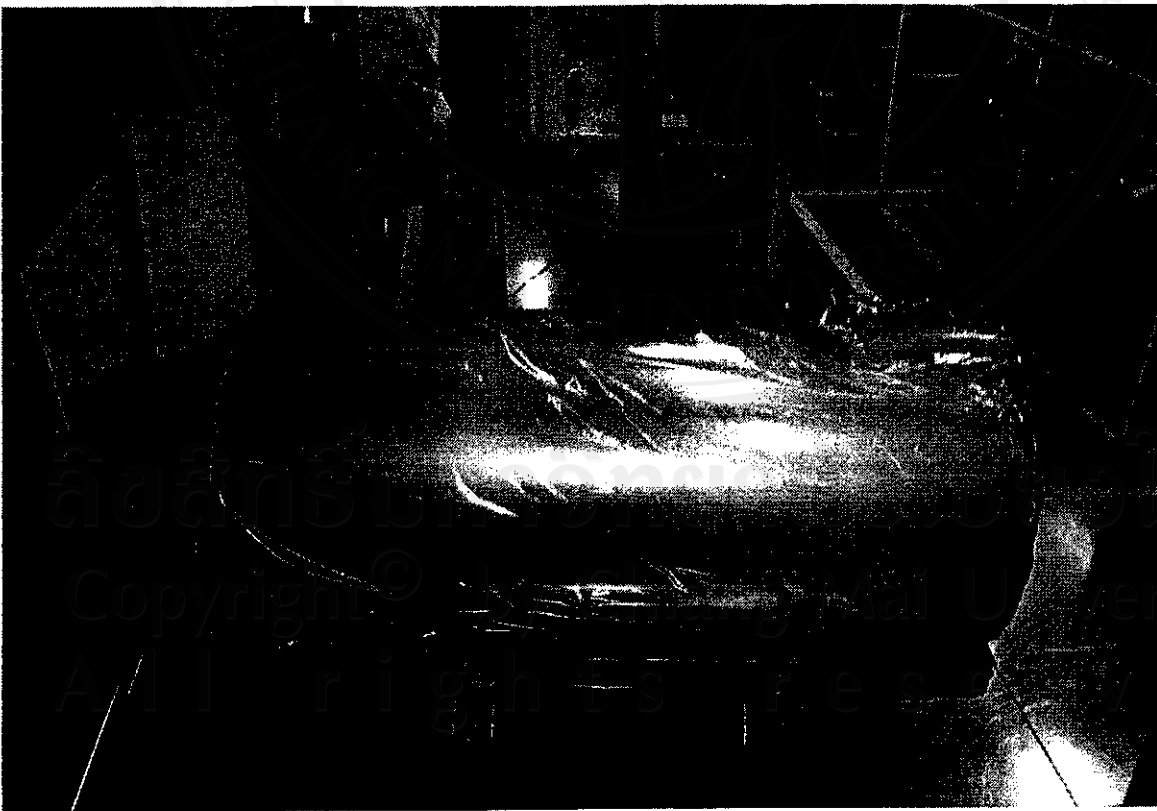
ในการวิจัยเรื่อง การปรับปรุงกระบวนการอบเพื่อลดอัตราการยึด-หดตัวของพีอีทีฟิล์มในการผลิตแผงสวิตช์สำหรับควบคุมอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ผู้วิจัยได้กำหนดวิธีการดำเนินการศึกษาดังต่อไปนี้

3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ทดลอง

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการทดลอง มีดังนี้

3.1.1 ม้วนของแผ่น PET Film

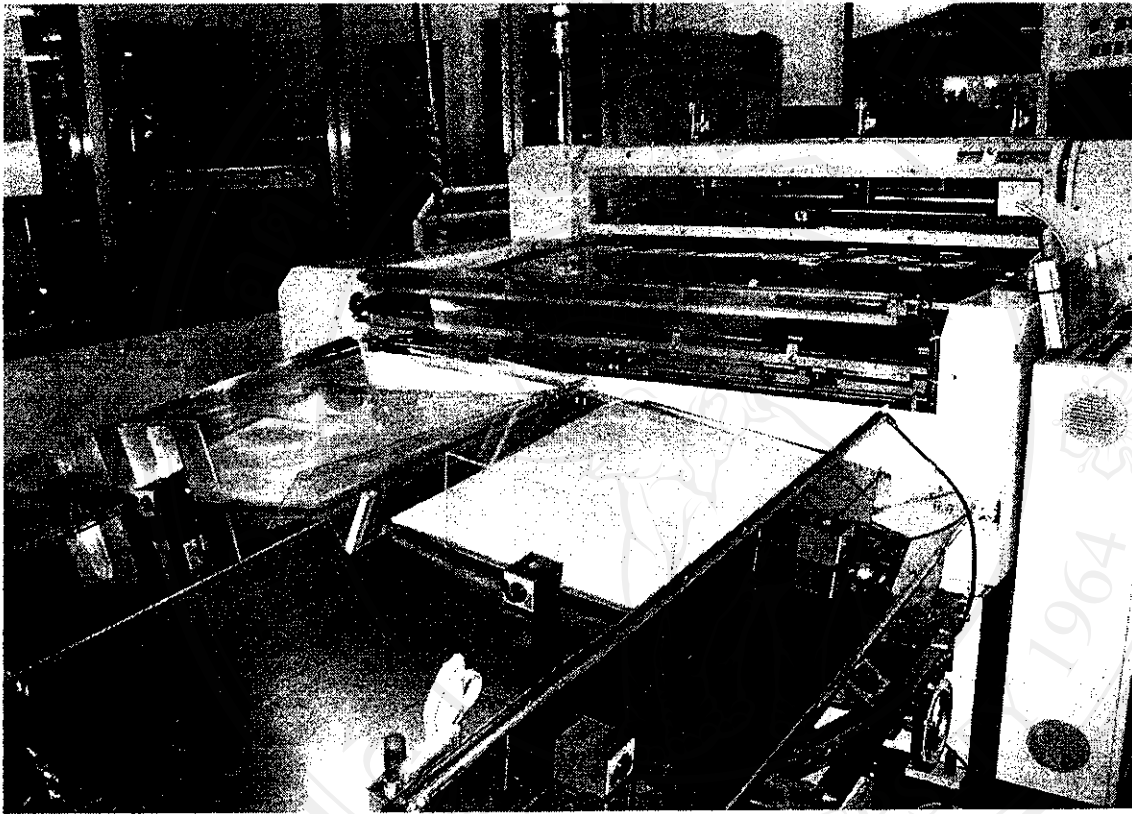
เป็นวัตถุดิบสำหรับการทดลองเพื่อหาปัจจัยที่มีผลต่อการยึด-หด PET Film สำหรับการทดลองนี้เป็นชนิดความหนา 75×10^{-6} m. ความกว้าง 1 เมตร (ดูรูปที่ 3.1)



รูปที่ 3.1 ม้วนแผ่น PET Film

3.1.2 เครื่องตัดแผ่นฟิล์ม (Cutting Machine)

เป็นเครื่องมือสำหรับใช้ตัดแผ่น PET Film ตามขนาดที่ที่ต้องการ (ดูรูปที่ 3.2) วิธีการตัดนำม้วนของแผ่น PET Film มาคลี่ตามแนวยาวแล้วนำมาผ่านเครื่องมือสำหรับการตัด เครื่องตัดนี้สามารถกำหนดขนาดความกว้าง ยาว ของแผ่นฟิล์มที่ต้องการตัด



รูปที่ 3.2 เครื่องตัด PET Film

3.1.3 เครื่องเจาะแผ่น PET Film (Auto-punching Machine)

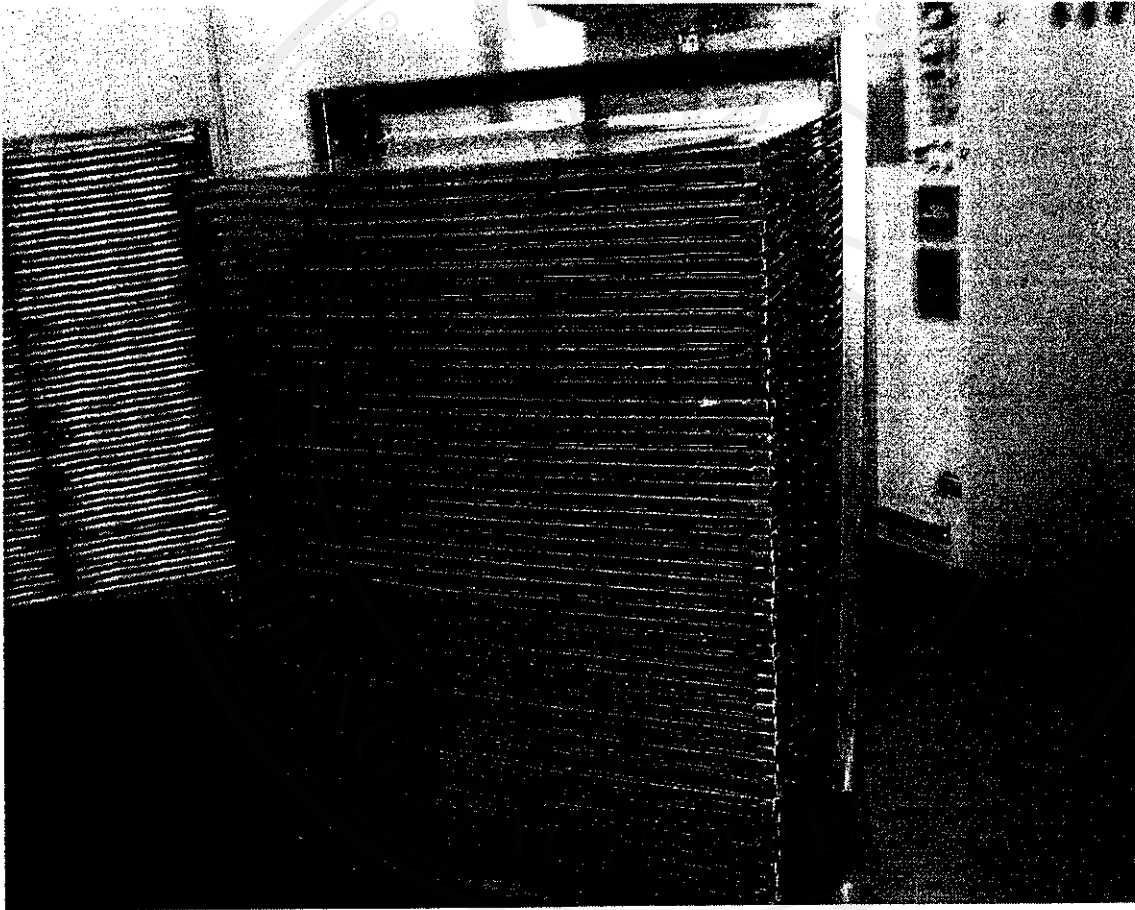
หลังจากแผ่น PET Film ได้ผ่านการตัดตามขนาดที่ต้องการโดยเครื่องตัดแล้ว นำแผ่นฟิล์ม
นั้นมารวบรวมจุดที่ต้องการเจาะ หลังจากนั้นนำไปเจาะรูด้วยเครื่อง Auto-punching machine (ดูรูปที่ 3.3)



รูปที่ 3.3 เครื่องเจาะรูแผ่น PET Film (Auto-punching Machine)

3.1.4 ชั้นอบแผ่น PET Film (Dry Lack)

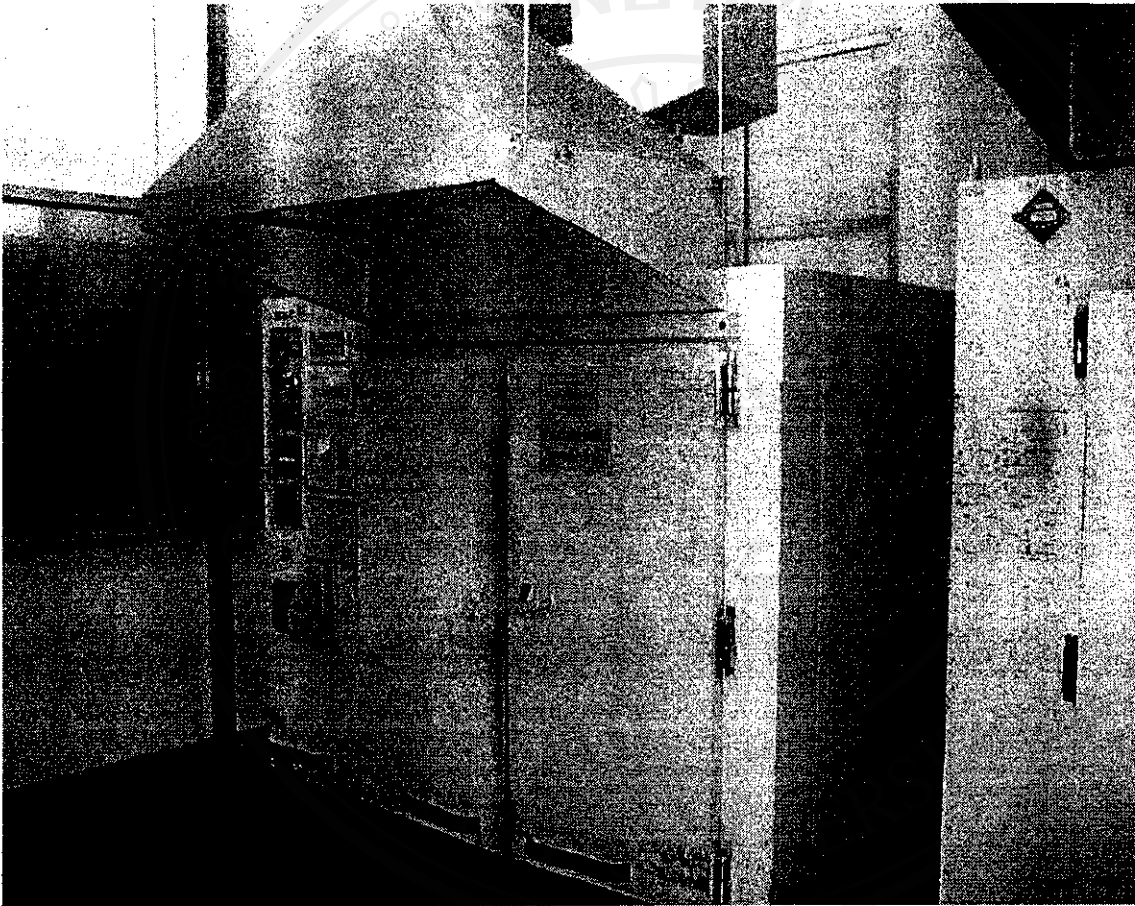
เป็นอุปกรณ์ประกอบด้วยชั้นอลูมิเนียม จำนวน 50 ชั้นมีความสูง 160 ซม. กว้าง 120 ซม. และลึก 60 ซม. และที่ฐานมีล้อเลื่อน (ดูรูปที่ 3.4) อลูมิเนียมแต่ละชั้นสามารถยกขึ้นเพื่อวางแผ่น PET Film ที่ผ่านการตัดแล้วเพื่อเตรียมนำไปอบ



รูปที่ 3.4 ชั้นวางแผ่น PET Film สำหรับใช้อบ (Dry Lack)

3.1.5 เตาอบแบบลมร้อน (Hot Air Oven)

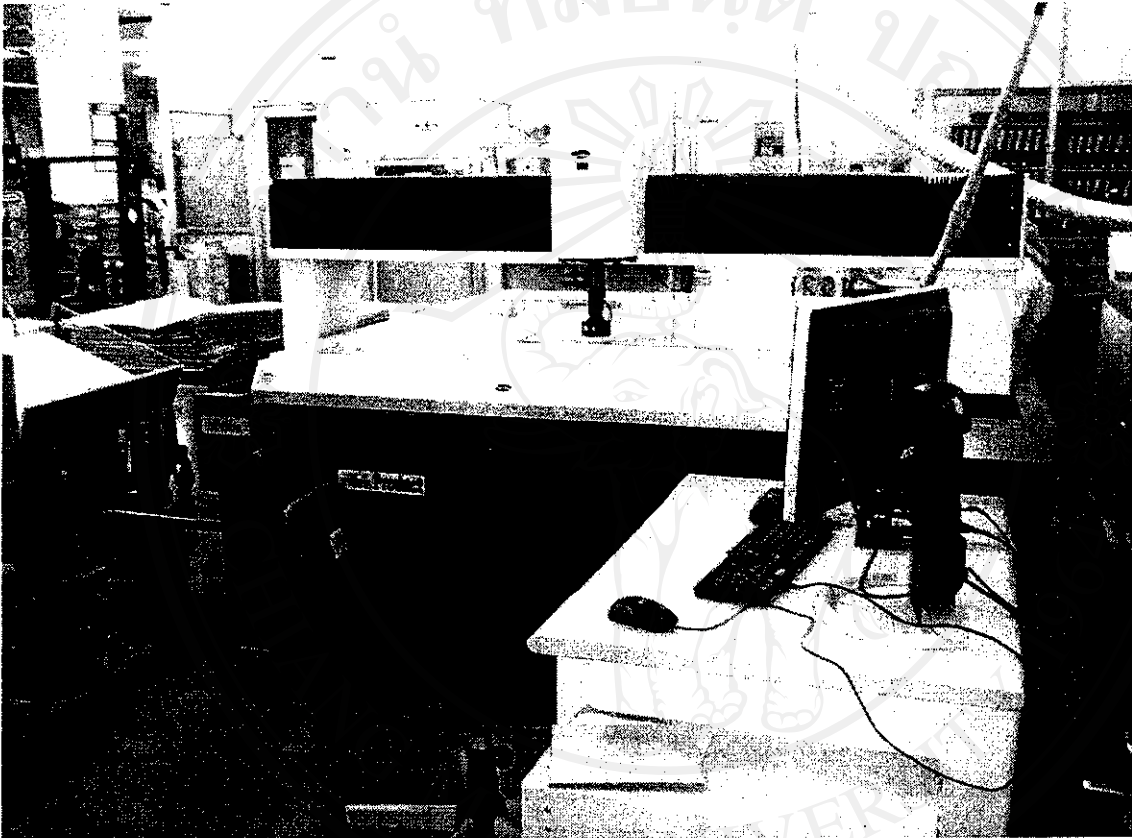
เตาอบแบบลมร้อนสำหรับอบแผ่น PET Film เป็นตู้อบลมร้อนชนิดอบครั้งละ 2 ชั้น (ดูรูปที่ 3.5) เมื่อแผ่นฟิล์มที่ตัดเรียบร้อยแล้วถูกวางในชั้นสำหรับใช้อบ (Dry Lack) แล้ว ทำการเคลื่อนชั้นวางแผ่นฟิล์มเข้าตู้อบ



รูปที่ 3.5 เตาอบแบบลมร้อนสำหรับอบแผ่น PET Film (Hot Air Oven)

3.1.6 เครื่องวัดแบบสองแกน (X-Y Measuring Machine)

เป็นเครื่องวัดแผ่น PET Film (ดูรูปที่ 3.6) เครื่องวัดชนิดนี้สามารถวัดแผ่น PET Film ได้ตามแนวนอน (X) และวัดความยาวตามแนวตั้ง (Y) ซึ่งความยาวของแผ่นฟิล์มในแต่ละระนาบจะถูกแสดงในระบบดิจิทัลทั้งหมด



รูปที่ 3.6 เครื่องวัดแบบสองแกน (X-Y Measuring Machine)

3.2 วิธีดำเนินการทดลอง

ในการวิจัยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 การทดลอง คือ การทดลองแรกเป็นการออกแบบการทดลองเพื่อค้นหาปัจจัยที่มีผลต่อการยืด-หดตัวของ PET Film โดยใช้การออกแบบการทดลองแบบเต็มจำนวน 2^k และการทดลองที่ 2 เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดลองจากส่วนที่หนึ่งแล้วนำผลที่ได้มาทำการทดลองต่อเพื่อค้นหาค่าระดับของปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าอัตราการยืด-หดตัวของ PET Film โดยคัดเลือกปัจจัยที่มีผลกระทบที่น้อยที่สุดมาทำการทดลอง

3.2.1 การทดลองแรก เพื่อค้นหาปัจจัยที่มีผลต่อการยืด-หดตัวของ PET Film

1) การกำหนดปัจจัยสำหรับการทดลอง

ผู้วิจัยทำการศึกษาข้อมูลคู่มือด้านเทคนิคจากผู้ผลิตวัตถุดิบและจากข้อมูลในการผลิตแผงวงจรสวิตช์ของโรงงานตัวอย่างพบว่าอัตราการยืดหดตัวของ PET Film มีผลมาจากปัจจัยสำคัญที่เกี่ยวข้อง 8 ปัจจัย ได้แก่

1.1) อุณหภูมิที่ใช้ในขบวนการอบแผ่น PET Film เพื่อลดความเค้นที่มีอยู่ภายในตัวของวัตถุดิบ PET Film จะต้องมีอุณหภูมิที่เพียงพอที่จะทำให้ความเค้นในตัว PET Film นั้นคลายตัวจนหมดไป

1.2) เวลาที่ใช้ในขบวนการอบแผ่น PET Film ซึ่งจะเป็นเวลาที่จะเริ่มนับตั้งแต่หลังจากที่อุณหภูมิในเตาเพิ่มจากอุณหภูมิจากห้องไปจนถึงอุณหภูมิที่ตั้งไว้ตามข้อ 1.1)

1.3) เวลาที่ใช้ในการปล่อยให้แผ่น PET Film ภายในเตาเย็นตัวลงหลังจากครบเวลาตามกำหนดในข้อ 1.2) จนถึงอุณหภูมิจากห้อง

1.4) จำนวนของแผ่น PET Film ที่ซ้อนกันในการอบต่อ 1 ถาด

1.5) จำนวนถาดที่ใส่ชิ้นงานในชั้นที่ทำการอบแต่ละครั้ง

1.6) ความหนาของแผ่น PET Film ที่จะทำการอบ

1.7) ชนิดของแผ่น PET Film ที่จะทำการอบ

1.8) ประเภทของเตาที่ใช้อบชิ้นงาน

ปัจจัยต่างๆเหล่านี้ล้วนแต่มีผลต่ออัตราการยืด-หดตัวของ PET Film ทั้งสิ้นซึ่งในงานวิจัยครั้งนี้ปัจจัยที่ผู้วิจัยให้ความสนใจที่จะทำการศึกษามี 4 ปัจจัย คือ อุณหภูมิที่ใช้ในการอบ เวลาที่ใช้ในการอบ เวลาที่ปล่อยให้เย็นตัวในเตาและจำนวนแผ่น PET Film ที่ซ้อนกันในแต่ละถาด ส่วนปัจจัยอื่น ๆ ที่เหลือเป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติของอุปกรณ์หรือเครื่องมือที่ถูกกำหนดไว้ อย่างไรก็ตามไม่สามารถปรับเปลี่ยนได้กำหนดให้เป็นปัจจัยที่ถูกควบคุมให้เหมือนกันทุกการทดลอง ส่วนปัจจัยที่สนใจนำมาใช้ออกแบบการทดลองนั้นแต่ละปัจจัยถูกกำหนดค่าระดับสูง ระดับมาตรฐาน และระดับต่ำ (แสดงในตารางที่ 3.1) โดยนำค่าที่ทางโรงงานผู้ผลิต PET Film ใช้เป็น

มาตรฐาน (0) ในการปฏิบัติงานจริงในขบวนการอบ และถูกนำมาใช้กำหนดค่าระดับของปัจจัยในการวิจัยครั้งนี้ แต่ละปัจจัยเลือกใช้เฉพาะค่าระดับสูง (+) และค่าระดับต่ำ (-)

ตารางที่ 3.1 แสดงปัจจัยและระดับของปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการยึด-หดตัวของ PET Films

ปัจจัยการทดลอง	สัญลักษณ์	ค่าระดับปัจจัย (ต่ำ[-])	ค่าระดับปัจจัย (มาตรฐาน[0])	ค่าระดับปัจจัย (สูง[+])
อุณหภูมิในการอบ	T	150°C	165°C	180°C
เวลาในการอบ	t1	30 min.	1 Hr.	1.5 Hr.
เวลาการเย็นตัว	t2	3 Hr.	4 Hr.	5 Hr.
จำนวนแผ่น	N	5	10	15

2) การออกแบบการทดลอง

นำตัวแปรที่ใช้สำหรับทดลองจำนวน 4 ปัจจัย ๆ ละ 2 ระดับ คือ ค่าระดับปัจจัยต่ำ (-) และค่าระดับปัจจัยสูง (+) มาทำการกำหนดเงื่อนไขการทดลองซึ่งทำการทดลองเชิงแฟคทอเรียลแบบ 2^k หรือมีจำนวนทั้งสิ้น 2^4 หรือเท่ากับ 16 แบบการทดลอง (Treatment Combination) ดังแสดงในตารางที่ 3.2 อย่างไรก็ตามแต่ละแบบแผนการทดลองถูกกำหนดให้ทำการทดลอง 2 ซ้ำ

3) การดำเนินการทดลอง

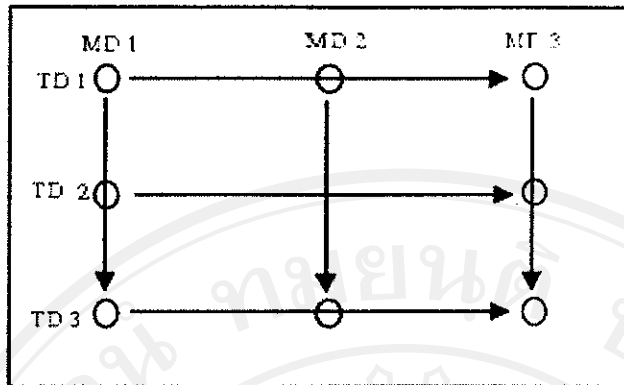
การทดลองดำเนินการทดลองตามลำดับขั้นต่อไปนี้

3.1) การเตรียมแผ่น PET Film สำหรับการอบ

(1) นำแผ่น PET Film ซึ่งเป็นวัตถุดิบสำหรับการทดลองไปตัดให้ได้ขนาด 500x600 mm. ด้วยเครื่องตัดแผ่นฟิล์ม

(2) นำแผ่น PET Film ที่ตัดเสร็จแล้วไปทำการเจาะรูจำนวน 8 รู ทั้งทางแนวตั้งและแนวนอน (ดูรูปที่ 3.7) เพื่อใช้อ้างอิงในการวัดหลังการอบ โดยจุดศูนย์กลางของรูเจาะแต่ละรูห่างกัน 450 mm.

(3) จัดเตรียมชั้นอบแผ่น PET Film (Dry Lack) ที่ใช้ในวางแผ่นฟิล์มที่ต้องการอบ โดยตรวจสอบความสะอาดของถาดวางชิ้นงานจะต้องไม่มีคราบสกปรกหรือสิ่งใดติดอยู่และไม่บิดเสียรูป แล้วนำแผ่นฟิล์มไปวางในชั้นอบ ซึ่งจำนวนแผ่นฟิล์มที่วางนั้นเป็นไปตามจำนวนที่กำหนดไว้ในแต่ละแบบการทดลอง และกำหนดให้วางแผ่นฟิล์มในชั้นที่ 25



รูปที่ 3.7 แสดงตำแหน่งการเจาะรูสำหรับใช้วัดระยะ

3.2) การอบแผ่น PET Film

นำชั้นอบแผ่น PET Film ที่จัดเตรียมไว้เรียบร้อยแล้วเข้าสู่เอาอบ โดยกำหนดอุณหภูมิ เวลาที่ใช้สำหรับการอบ ตามระยะเวลาที่กำหนดไว้ในแต่ละแบบการทดลอง (Treatment Combination) อย่างไรก็ตามการทดลองทุกแบบการทดลองใช้เอาอบแบบลมร้อนเครื่องเดียวกัน

3.3) การเก็บข้อมูล

หลังจากทำการอบ PET Film และปล่อยให้เย็นตัวครบตามเวลาที่กำหนดแล้ว นำแผ่นฟิล์มดังกล่าวมาทำการวัดระยะห่างระหว่างรูที่เจาะไว้ตามแนวลูกศร TD1, TD2, TD3, MD1, MD2 และ MD3 ตามลำดับ ด้วยเครื่องวัดแบบสองแกนแล้วบันทึกผลการวัดระยะที่ได้ลงในตารางบันทึกผลการทดลอง (ตัวอย่างตารางบันทึกผลทดลองแสดงในรูปที่ 3.8) การบันทึกผลในช่องวัดครั้งที่ 1 คือ ค่าอ้างอิง แล้วเก็บแผ่น PET Film ไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมงจากนั้นก็ทำการวัดระยะห่างระหว่างรูที่เจาะดังกล่าวทั้งหมดซ้ำอีกครั้งหนึ่งและบันทึกผลการวัดระยะลงในตารางช่องครั้งที่ 2 และคำนวณหาค่าความแตกต่างของผลการวัดครั้งที่ 1 และ ครั้งที่ 2 ทำเช่นเดียวกันจนครบทั้ง 16 แบบการทดลอง (Treatment Combination)

เมื่อมีการเปลี่ยนแผ่น PET Film หรือมีการเคลื่อนที่ของแผ่น PET Film จะต้องมี การ Alignment แกนของเครื่องวัดใหม่ทุกครั้ง

3.4) ดำเนินการทดลองในตอนที่ 3.2) – 3.3) ซ้ำอีกครั้งหนึ่ง

4) การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้จากการบันทึกมาทำการวิเคราะห์ด้วย Program minitab ได้ปัจจัยที่มีผลต่อการยึด-หดตัวของแผ่น PET Film

ตารางที่ 3.2 แสดงแบบแผนการทดลองเชิงแฟคทอเรียลแบบเต็มจำนวนแบบ 2^k

แบบแผนการ ทดลอง	อุณหภูมิ (T)	เวลาอบ (t1)	เวลาเย็นตัว (t2)	จำนวนแผ่น (N)
1	(-)	(-)	(-)	(-)
2	(-)	(-)	(-)	(+)
3	(-)	(-)	(+)	(-)
4	(-)	(-)	(+)	(+)
5	(-)	(+)	(-)	(-)
6	(-)	(+)	(-)	(+)
7	(-)	(+)	(+)	(-)
8	(-)	(+)	(+)	(+)
9	(+)	(-)	(-)	(-)
10	(+)	(-)	(-)	(+)
11	(+)	(-)	(+)	(-)
12	(+)	(-)	(+)	(+)
13	(+)	(+)	(-)	(-)
14	(+)	(+)	(-)	(+)
15	(+)	(+)	(+)	(-)
16	(+)	(+)	(+)	(+)

วันที่ทำการทดลอง..... เดือนทำการทดลองที่..... การทดลองครั้งที่.....
 จุลินทรีย์ที่ใช้ในการอบ..... °C เวลาที่ใช้ในการอบ..... ชม. เวลาในการเย็นตัว..... ชม.

แผ่นที่	ชุดครั้งที่ 1						ชุดครั้งที่ 2						การรวมผลรวม					
	TD 1	TD 2	TD 3	MD 1	MD 2	MD 3	TD 1	TD 2	TD 3	MD 1	MD 2	MD 3	$\Delta TD 1$	$\Delta TD 2$	$\Delta TD 3$	$\Delta MD 1$	$\Delta MD 2$	$\Delta MD 3$
1																		
2																		
3																		
4																		
5																		
6																		
7																		
8																		
9																		
10																		
11																		
12																		
13																		
14																		
15																		
AVG.																		

รูปที่ 3.8 แสดงตารางบันทึกผลทดลอง

3.2.2 การทดลองที่สอง เพื่อหาระดับของปัจจัยที่มีผลต่อการยึด-หดตัวน้อยที่สุด

นำผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการยึด-หดของแผ่น PET Film ซึ่งเป็นผลการทดลองที่หนึ่ง มาทำการออกแบบการทดลองใหม่อีกครั้งหนึ่ง เพื่อหาระดับของปัจจัยที่มีผลต่อการยึด-หดตัวน้อยที่สุด ตามขั้นตอนต่อไปนี้

1) ทำการออกแบบการทดลอง ด้วยวิธีการออกแบบการทดลองของทาคุชิ (Taguchi Method) ใช้ปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการทดลองเดียวกับการทดลองแรกหรือในหัวข้อ 3.2.1 ซึ่งทำให้ได้แบบการทดลอง (Treatment Combination) สำหรับนำไปทำการทดลองในห้องปฏิบัติการเพื่อยืนยันผลการทดลอง ดังปรากฏในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 แสดงแบบแผนการทดลองของทาคุชิแบบ L9

แบบแผนการทดลอง	อุณหภูมิ (T)	เวลาอบ (t1)	เวลาเย็นตัว (t2)	จำนวนแผ่น (N)
1	(-)	(-)	(-)	(-)
2	(-)	(0)	(0)	(0)
3	(-)	(+)	(+)	(+)
4	(0)	(-)	(0)	(+)
5	(0)	(0)	(+)	(-)
6	(0)	(+)	(-)	(0)
7	(+)	(-)	(+)	(0)
8	(+)	(0)	(-)	(+)
9	(+)	(+)	(0)	(0)

2) ดำเนินการทดลองในตอนที่ 3.2) – 3.3) ของการทดลองแรก ตามแบบการทดลองที่ได้ออกแบบไว้

3) ทำการวิเคราะห์ผลการทดลองด้วยวิธีการหาพื้นที่ผิวตอบสนอง (Response Surface) เพื่อค้นหาปัจจัยที่มีผลต่อการยึด-หดของแผ่น PET Film และได้ผลการเส้นตรงไว้สำหรับการประเมินค่าของปัจจัยที่มีผลต่อการยึด-หดของแผ่น PET Film ที่น้อยที่สุด

4) นำสมการจาก 3) มาทำการคำนวณหาค่าระดับปัจจัยที่เหมาะสมต่อการยืด-หด น้อยที่สุด โดยกำหนดให้ตัวแปรตาม คือ ระยะห่างระหว่างจุดบนแผ่น PET Film ไม่มีการยืด-หด (ค่าเท่ากับศูนย์)

5) กำหนดการทดลองตามระบุในตอน 3.2) – 3.3) ของการทดลองแรกอีกครั้งหนึ่ง การทดลองครั้งนี้กำหนดค่าปัจจัยต่ำสุดที่ระดับมาตรฐาน และค่าปัจจัยสูงสุดตามผลที่คำนวณได้จากขั้นตอน 4) และกำหนดอุณหภูมิที่ใช้ในการอบ 165 °C เวลาในการอบ 1 ชม. เวลาในการเย็นตัว 4 ชม.

6) ทำการประเมินความแม่นยำผลการทดลองตามข้อ 5) ด้วยวิธีการวาดกราฟและเปรียบเทียบการยืด-หดของแผ่น PET Film

3.2.4 สรุปผลการทดลอง