

การสร้างเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก

ปริญญานิพนธ์

ของ

อนุวัต สุเพียร

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา

พฤษภาคม 2544

ลิขสิทธิ์เป็นของ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การสร้างเครื่องพับแผ่นอะคริลิก

บทคัดย่อ
ของ
อนุวัต สุเพียร

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา
พฤษภาคม 2544

#150920

อนุวัต สุเพียร. (2544). *การสร้างเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก*.ปริญญาโท กศ.ม. (อุตสาหกรรมศึกษา).
กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. คณะกรรมการควบคุม: อาจารย์
ดร.ไพรัช วงศ์ยุทธไกร, อาจารย์โอภาส สุขหวาน.

การวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมาย คือ สร้างเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก ทดลองปั๊มแผ่นอะคริลิกตามตาราง
ปรับตั้งเครื่องและประเมินสมรรถนะเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก

เครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิกที่สร้างขึ้นมีส่วนประกอบดังนี้ คือ ชุดแท่นปั๊มแผ่นอะคริลิก ชุดขจัดความร้อน ชุดพัดลมระบายความร้อน แท่นประกอบมุมแผ่นอะคริลิก ตู้ควบคุมไฟฟ้าและฐานของเครื่องปั๊มแผ่น
อะคริลิก เกณฑ์เวลามาตรฐานในการปรับตั้งเครื่อง ผู้วิจัยได้ทำการทดลองปั๊มแผ่นอะคริลิกตามตารางปรับตั้ง
เครื่อง 10 แบบทดลอง ตามเกณฑ์เวลามาตรฐาน เพื่อยืนยันความถูกต้อง โดยทดลองปั๊มแผ่นอะคริลิกใส
และแผ่นอะคริลิกสีความหนา 1 – 3 มิลลิเมตร ขนาดกว้าง 100 มิลลิเมตร ยาว 100 มิลลิเมตร จำนวน 300
แผ่น ปั๊มเป็นมุม 90 องศา ผลการทดลองปั๊มแผ่นอะคริลิกทั้ง 300 แผ่น ปรากฏว่าแผ่นอะคริลิกที่ปั๊มผ่าน
เกณฑ์ที่กำหนด แสดงว่าเวลาในการปรับตั้งเครื่องถูกต้องนำไปใช้งานได้

การประเมินสมรรถนะเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก ผู้วิจัยได้ใช้แบบประเมินสมรรถนะเครื่องปั๊มแผ่น
อะคริลิก โดยให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน ทำการประเมิน โดยแบบประเมินแบ่งออกเป็น 2 ตอน คือ ตอนที่ 1
ประเมินสมรรถนะเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก ตอนที่ 2 เป็นข้อเสนอแนะ การประเมินสมรรถนะเครื่องปั๊มแผ่น
อะคริลิก ผู้วิจัยได้ใช้แผ่นอะคริลิกใสและแผ่นอะคริลิกสีความหนา 1 – 3 มิลลิเมตร ขนาดกว้าง 100
มิลลิเมตร ยาว 100 มิลลิเมตร จำนวน 16 แผ่น โดยทดลองปั๊มและให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินรอยพับบริเวณผิว
ของแผ่นอะคริลิก โดยแผ่นอะคริลิกจะต้องไม่มีรอยไหม้ แตก ร้าว เป็นฟองอากาศหรือแนวพับบิด และทำ
การทดลองปั๊มแผ่นอะคริลิกขนาดกว้าง 100 มิลลิเมตร ยาว 600 มิลลิเมตร จำนวน 1 แผ่น และทดลองปั๊ม
แผ่นอะคริลิกขนาดกว้าง 100 มิลลิเมตร ยาว 100 มิลลิเมตร โดยแผ่นอะคริลิกนี้ต้องทำการบากมุมทั้ง 4 ด้าน
ให้เป็นมุมฉากเล็ก 20 มิลลิเมตร แล้วทำการปั๊มเป็นกล่องสี่เหลี่ยม ซึ่งเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิกสามารถพับกล่อง
สี่เหลี่ยมได้ ผู้เชี่ยวชาญประเมินว่าเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิกมีสมรรถนะอยู่ในเกณฑ์ดี

THE CONSTRUCTION OF ACRYLIC SHEET HAND BRAKING MACHINE

AN ABSTRACT
BY
ANUWAT SUPIAN

Presented in partial fulfillment of the requirements
for the Master of Education degree in Industrial Education
at Srinakharinwirot University
May 2001

Anuwat Supian. (2001). ***The construction of acrylic sheet hand braking machine***. Master Thesis, M.Ed. (Industrial Education). Bangkok : Graduate School, Srinakharinwirot University. Chairman Committee: Dr. Pairust Vongyuttakrai, Advisor Committee: Mr. Ophast Sookwhan.

The objectives of this thesis were to construct the acrylic sheet hand braking machine and to evaluate it's capability.

The acrylic sheet hand braking machine is composed of folding set, heater, electric fan, angle plate, electrical control box, base, operational indicator. The researcher folded acrylic sheet by followed the operational indicator in 10 set to assure that the operational indicator is correct. The folding test were 300 pieces of clear and colored acrylic sheet, 1 - 3 millimeters thick 100 millimeters wide 100 millimeters long by folded into 90° angle. The result of the folded 300 pieces acrylic sheet have pass the quality scale.

Five experts used the questionnaire to evaluate the acrylic sheet hand braking machine capability. The questionnaire used were divided in to two parts: capability and suggestions. The sample of 16 folded acrylic sheets were taken for expert evaluation. The result were no burn, crack, bench. The other experiment were to fold 2 acrylic sheets to be boxes, one acrylic sheet is 100 millimeters wide and 600 millimeters long the other one is 100 millimeters wide and 100 millimeters long, both of them have to cut 20 millimeters in all four angle. The result of the experiment show that the acrylic sheet hand braking machine able to fold acrylic sheet to be boxes and the evaluation by expert of the acrylic sheet hand braking machine is good.

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

การสร้างเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก

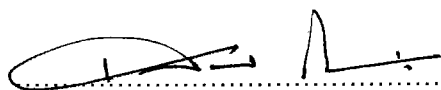
ของ

นายอนวัต สุเพียร

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา

ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

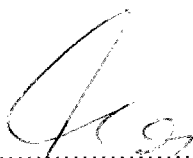


คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ศาสตราจารย์ ดร. เสริมศักดิ์ วิชาลาภรณ์)

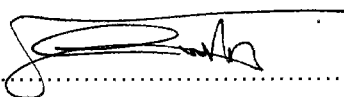
วันที่ ๑๑ เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2544

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์



ประธาน

(อาจารย์ ดร. ไพรัช วงศ์ยุทธไกร)



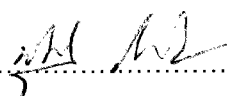
กรรมการ

(อาจารย์โสภาส สุขหวาน)



กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม

(อาจารย์ ดร.อุปวิทย์ สุคันธกุล)



กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม

(อาจารย์สุดใจ เหง้าสีไพร)

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี เพราะได้รับความกรุณาจากท่านผู้ทรงคุณวุฒิหลายท่าน อันดับแรกผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ ดร.ไพรัช วงศ์ยุทธไกร ประธานกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ อาจารย์โอภาส สุขหวาน กรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาและข้อเสนอแนะในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ด้วยดี

ขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์นิพนธ์ อินสิน อธิการบดีสถาบันราชภัฏสกลนครที่อนุญาตให้ใช้สถานที่ เครื่องมือและเครื่องจักรกลในการสร้างเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก จนทำให้เครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิกได้สร้างขึ้นจนสำเร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์สมจิตต์ รัตนอุดมโชค อาจารย์จรรยา ขาวสีจาน อาจารย์สมศักดิ์ เจริญสุข และคุณเจเร สุเพียร ที่กรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจแก้ไขและให้คำแนะนำในการสร้างแบบประเมินสมรรถนะ ทำให้แบบประเมินสมรรถนะมีความสมบูรณ์ อีกทั้งยังให้คำแนะนำเพิ่มเติมในการสร้างเครื่องปั๊ม การออกแบบวงจรไฟฟ้าและการปรับตั้งเครื่องปั๊ม และขอขอบคุณอาจารย์สราวุฒิ บุญเกิดรัมย์ที่ช่วยให้คำแนะนำในการออกแบบวงจรไฟฟ้าและคำแนะนำในการแก้ไขข้อขัดข้องวงจรไฟฟ้า ส่งผลให้การวิจัยดำเนินไปด้วยความเรียบร้อย

ขอขอบคุณอาจารย์ ดร.อุปวิทย์ สุวคันทรกุล และอาจารย์สุดใจ เหว่งสีไพร ที่ได้กรุณาเป็นกรรมการร่วมในการสอบปริญญานิพนธ์ และขอขอบคุณเพื่อนร่วมห้องวิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษาภาคพิเศษ 5 ทุกท่าน ที่ให้การสนับสนุนและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยตลอดมา

ขอขอบคุณ คุณสรสิทธิ์ อินสอน ผู้จัดการร้านวีเอสไอโฆษณา คุณวัชร ศรีลักษณ์ ผู้จัดการร้านศรีลักษณ์โฆษณา คุณสมคิด ดอกไม้ ผู้จัดการร้านสมคิดการช่าง คุณสมชาย ทิมทอง ผู้จัดการร้านเพชรศักดิ์ เกอร์แอนด์ดีไซน์ และคุณถวัลย์ พลสาเดช ผู้จัดการร้านมารวย ที่ได้ให้ความร่วมมือในการประเมินประสิทธิภาพของกลุ่มการใช้งานเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก และประเมินสมรรถนะเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิกในการวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดี

สุดท้ายขอขอบคุณผู้รู้ ปิยมิตร ที่มีจากลำนามได้ทั้งหมดที่ให้คำแนะนำและให้การสนับสนุนในการทำวิจัยครั้งนี้

อนุวัต สุเพียร

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง.....	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	2
ความสำคัญของการวิจัย.....	3
ขอบเขตของการวิจัย.....	3
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	5
กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	9
สมมุติฐานในการวิจัย.....	10
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	11
อะคริลิก.....	11
ความเป็นมาของอะคริลิก.....	11
คุณสมบัติของอะคริลิก.....	12
ประโยชน์ของอะคริลิก.....	12
แผ่นอะคริลิก.....	12
หลักการออกแบบเครื่องจักร.....	25
ปรัชญาการออกแบบ.....	25
พื้นฐานของผู้ออกแบบเครื่องจักร.....	25
ขั้นตอนของการออกแบบ.....	27
เครื่องปั๊ม.....	30
เครื่องปั๊มขบงาน.....	30
เครื่องปั๊มแบบผสม.....	32
เครื่องปั๊มชิ้นงาน.....	33
เครื่องปั๊มกล่อง.....	34
เครื่องกดปั๊มชนิดไฮดรอลิก.....	35
อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก.....	37
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	70
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	72
การหาข้อมูลพื้นฐานที่ใช้ในการวิจัย.....	72
การกำหนดรายละเอียดสมรรถนะเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก.....	73
การสร้างเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก.....	73
การทดลองปั๊มแผ่นอะคริลิกตามตารางปรับตั้งเครื่อง.....	73

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	
3 (ต่อ) การสร้างคู่มือการใช้งานเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก	79
การสร้างแบบประเมินสมรรถนะเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก.....	82
การประเมินสมรรถนะเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก.....	83
	76
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	85
การทดลองปั๊มแผ่นอะคริลิกตามตารางปรับตั้งเครื่อง.....	85
การประเมินสมรรถนะเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก.....	86
5 สรุป อภิปราย และข้อเสนอแนะ.....	90
ความมุ่งหมายการวิจัย.....	90
ความสำคัญของการวิจัย.....	90
สมมุติฐานการวิจัย.....	90
วิธีดำเนินการวิจัย.....	90
ผลการวิจัย.....	91
อภิปรายผล.....	92
ข้อเสนอแนะ.....	94
บรรณานุกรม.....	96
ภาคผนวก.....	97
ภาคผนวก ก ส่วนประกอบของเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก.....	98
ภาคผนวก ข คู่มือการใช้งานเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก.....	108
ภาคผนวก ค แบบทดลองปั๊มแผ่นอะคริลิกตามตารางปรับตั้งเครื่อง.....	121
ภาคผนวก ง แบบประเมินสมรรถนะเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก.....	132
ภาคผนวก จ หนังสือขอความร่วมมือในการทำวิจัย.....	137
ภาคผนวก ฉ รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ.....	146
ประวัติย่อผู้วิจัย.....	149

บัญชีตาราง

ตาราง		หน้า
1	ขนาดและน้ำหนักของแผ่นใยหินสำลี.....	40
2	ชนิด ขนาดและน้ำหนักแผ่นใยหินอโมไซต์.....	41
3	ขนาดตัวนำสำหรับต่อลงดินของเครื่องใช้ไฟฟ้า.....	67
4	ขนาดของตัวนำขั้วดินของระบบไฟฟ้า.....	68
5	การวิเคราะห์สมรรถนะเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก.....	88
6	ข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญด้านการปั๊มแผ่นอะคริลิก.....	89
7	ตารางปรับตั้งเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก สำหรับแผ่นอะคริลิกใส.....	114
8	ตารางปรับตั้งเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก สำหรับแผ่นอะคริลิกสี.....	114

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	9
2 ลักษณะมีดกรีดปลายตะขอ.....	16
3 วิธีการประกอบชุดลดความร้อนแนวตรง.....	18
4 นำปลายทั้ง 2 ข้างของแผ่นอะคริลิกสอดเข้าไปในร่องของแม่แบบ.....	20
5 กดแยกแม่แบบให้แยกออกจากกันจนถึงจุดที่ตั้งหรือกำหนดไว้.....	20
6 กดกรอบที่มีแผ่นอะคริลิกที่อ่อนตัวลงบนแม่แบบ.....	21
7 การเจาะร่องให้เป็นตัววีแล้วพับแผ่นอะคริลิกให้เป็นมุมฉาก.....	22
8 กรอบช่วยยึดในการพับแผ่นอะคริลิกมุมเดียวโดยปากการูปตัวซีเป็นตัวยึด.....	22
9 กรอบช่วยยึดในการพับแผ่นอะคริลิกมุมเดียวโดยใช้รางไม้เป็นตัวบังคับ.....	22
10 กรอบช่วยการพับ 2 มุม.....	23
11 มุมโค้งด้านนอกของรอยพับแผ่นอะคริลิกไม่เรียบ.....	23
12 การย่นและแตกของมุมโค้งด้านในรอยพับแผ่นอะคริลิก.....	24
13 ที่เสียบปากกาที่ทำจากแผ่นอะคริลิก.....	24
14 แผนภูมิของการออกแบบที่มีส่วนป้อนกลับ.....	27
15 ส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องพับขอบงาน.....	31
16 ลักษณะการใช้งานของเครื่องพับขอบงาน.....	32
17 เครื่องพับแบบผสม.....	33
18 ลักษณะส่วนประกอบของเครื่องพับชิ้นงาน.....	33
19 เครื่องพับกล่อง.....	34
20 การพับกล่อง.....	35
21 เครื่องกดพับชนิดไฮดรอลิก.....	36
22 ใบกดพับและแบบพับ.....	26
23 ลดความร้อนที่เป็นขดคล้ายสปริง.....	37
24 ลดความร้อนเส้นแบน.....	38
25 ลดความร้อนแบบกึ่งปิด.....	38
26 ลดความร้อนแบบปิด.....	39
27 แผ่นโลหะคู่เมื่อได้รับความร้อน.....	42
28 แผ่นโลหะคู่เมื่อประกอบกับหน้าสัมผัสของสวิตช์ไฟฟ้า.....	42
29 การเรียงตัวของโมเลกุลภายในสารที่มีสภาพเป็นแม่เหล็ก.....	43
30 การไม่เรียงตัวกันของโมเลกุลภายในสารที่ไม่มีสภาพเป็นแม่เหล็ก.....	43
31 การใช้มือกดก้านของอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิจะทำให้หน้าสัมผัสแตะกัน.....	44
32 อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิจะย่นหน้าสัมผัสให้แยกออกจากกัน.....	44
33 กระเปาะที่ไม่ได้รับความร้อนหีบลงจะไม่ขยายตัว.....	45
34 กระเปาะที่ได้รับความร้อนหีบลงจะขยายตัว.....	45

บัญชีภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
35 วงจรการทำงานของเทอร์มิสเตอร์.....	46
36 การนำเอาลวดโลหะ 2 ชนิดมาพันต่อกัน.....	46
37 การต่อเทอร์โมคัปเปิลหลายตัวต่อกันเป็นอันดับ.....	47
38 การต่อเทอร์โมคัปเปิลเพื่อไปควบคุมการไหลของแรงดันไฟฟ้า.....	47
39 แผนผังการทำงานการตั้งเวลาแบบต่าง ๆ.....	49
40 แผนผังการทำงานของอุปกรณ์ตั้งเวลาอิเล็กทรอนิกส์.....	50
41 วงจรของอุปกรณ์ตั้งเวลาอิเล็กทรอนิกส์.....	50
42 วงจรของอุปกรณ์ตั้งเวลาอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับเป็นแรงดันไฟฟ้าเข้า.....	51
43 วงจรของอุปกรณ์ตั้งเวลาอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ไฟฟ้ากระแสตรงเป็นแรงดันไฟฟ้าเข้า.....	52
44 การทำงานและแผนผังการทำงานของอุปกรณ์ตั้งเวลาที่ใช้มอเตอร์ขับ.....	53
45 โครงสร้างจริงของอุปกรณ์ตั้งเวลาที่ใช้มอเตอร์ขับ.....	53
46 วงจรของอุปกรณ์ตั้งเวลาแบบตัวเลข.....	54
47 แผนผังการทำงานของอุปกรณ์ตั้งเวลาแบบตัวเลข.....	55
48 แผนผังความเร็วของพัดลมหมุนเหวี่ยงแบบต่าง ๆ.....	56
49 พัดลมหมุนเหวี่ยงแบบใบพัดโค้งไปข้างหน้า.....	57
50 พัดลมหมุนเหวี่ยงแบบใบพัดโค้งไปข้างหลัง.....	58
51 พัดลมอากาศไหลตามแนวแกนแบบลมพัดเป็นสกรู.....	59
52 พัดลมอากาศไหลตามแกนแบบลมพัดเป็นเส้นตรง.....	59
53 สัญลักษณ์ของสวิตช์แบบต่าง ๆ.....	60
54 สวิตช์ตัดตอนแบบใบมีด.....	61
55 คาร์ทริดฟิวส์.....	61
56 สวิตช์นิรภัย.....	62
57 ดัดตอนอัตโนมัติที่ทำงานด้วยความร้อนและแม่เหล็ก.....	63
58 ดัดตอนอัตโนมัติทำหน้าที่จัดกระแสไฟฟ้า.....	63
59 ดัดตอนอัตโนมัติที่ทำงานด้วยผลของแม่เหล็ก.....	64
60 การต่อสายดิน.....	66
61 ตัวอย่างการต่อสายดินของตู้เย็นเข้ากับหลักดิน.....	69
62 ขั้นตอนการสร้างเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก.....	74
63 ภาพด้านข้างขาเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก มาตรฐาน 1:5.....	99
64 ภาพด้านหน้าเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก มาตรฐาน 1:10.....	100
65 ภาพด้านบนเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก มาตรฐาน 1:10.....	100
66 ขนาดภาพด้านข้างขาเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก มาตรฐาน 1:5.....	101
67 ขนาดภาพด้านหน้าเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก มาตรฐาน 1:10.....	102
68 ขนาดภาพด้านบนเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก มาตรฐาน 1:10.....	102

บัญชีภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
69 ฐานเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก มาตรฐาน 1:10.....	103
70 ขนาดชุดแท่นปั๊มแผ่นอะคริลิก มาตรฐาน 1:10.....	104
71 ชุดแท่นปั๊มแผ่นอะคริลิก มาตรฐาน 1:10.....	105
72 การสร้างเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก.....	106
73 การทดลองปั๊มแผ่นอะคริลิกตามตารางปรับตั้งเครื่อง.....	107
74 การประเมินสมรรถนะเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก.....	107
75 ส่วนประกอบของเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก.....	113

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

พลาสติกมีความสำคัญต่อชีวิตประจำวันของมนุษย์เป็นอย่างมาก สิ่งของต่าง ๆ ล้วนมีพลาสติกเป็นส่วนประกอบแทบทั้งสิ้น นับตั้งแต่เสื้อผ้า ของเด็กเล่น เครื่องมือเครื่องใช้ เครื่องครัว เฟอร์นิเจอร์ อาคาร บ้านเรือน รถยนต์ เรือ เครื่องบิน อุปกรณ์ต่าง ๆ อีกมากมาย อาจกล่าวได้ว่าตลอดเวลามนุษย์หนีไม่พ้นการใช้พลาสติกไปได้เลย (มนตรี ยอดบางเตย. 2538 : 84) โดยทั่วไปพลาสติกที่มีขายอยู่ตามท้องตลาดมีหลายลักษณะ ได้แก่ ของเหลว เม็ด ผง เส้นหรือแท่งตัน ท่อและแผ่น เป็นต้น ซึ่งพลาสติกที่อยู่ในลักษณะแผ่นนั้น ผู้ประกอบผลิตภัณฑ์ (fabricator) สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการทำเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปได้หลายอย่าง เช่น ป้ายโฆษณา ป้ายตู้ไฟ ป้ายชื่อ ของชำร่วย เครื่องประดับ ชั้นวางแว่นตา ชั้นวางเครื่องประดับ ชั้นวางนาฬิกาข้อมือ ชั้นวางของในห้องน้ำ ที่เสียบปากกา ถาดใส่ผลไม้ โคมไฟ โต๊ะรับแขก ตู้เลี้ยงปลา กล่องบรรจุของเหลว กล่องใส่ของและสื่อการเรียนการสอน เป็นต้น (มนตรี ยอดบางเตย. 2538 : 91) แผ่นพลาสติกที่นิยมใช้ทำงานเหล่านี้ส่วนมากจะเป็นแผ่นอะคริลิก (Acrylic) เพราะมีความหนาหลายขนาด มีสีสรรให้เลือกใช้งานหลายสี จึงนิยมนำแผ่นอะคริลิกมาใช้งานเกี่ยวกับการประดับและตกแต่งกันมาก (เจริญ นาคะสรรค์. 2542 : 181)

การพับแผ่นอะคริลิกในทางอุตสาหกรรมสามารถทำได้โดยนำแผ่นอะคริลิกไปให้ความร้อนในเตาอบจนอ่อนตัวทั้งแผ่น แล้วพับด้วยการยึดแผ่นอะคริลิกติดกับแม่แบบที่ยึดตัวแยกออกจากกันได้ (พิชิต เลี่ยมพิพัฒน์. 2540ก : 335) หรือพับโดยใช้แม่แบบกดลงบนแผ่นอะคริลิก หรือพับโดยนำแผ่นอะคริลิกกดลงบนแม่แบบ ซึ่งการพับด้วยวิธีการเหล่านี้สามารถพับได้จำนวนมาก ๆ ได้ชิ้นงานที่มีแบบและรอยพับเหมือนกัน ใช้กับงานพับเฉพาะด้านเท่านั้น ส่วนการพับแผ่นอะคริลิกในงานทั่วไปนั้นไม่มีเครื่องพับในงานประเภทนี้โดยตรง แต่จะใช้วิธีพับด้วยมือ โดยมีวิธีการในการพับคือต้องทำให้แนวพับของแผ่นอะคริลิกอ่อนตัวก่อน ด้วยการนำไปลงบนหลอดความร้อนแนวตรง (strip heaters) จากนั้นจึงใช้มือพับให้ได้มุมตามที่ต้องการ หรือนำแผ่นอะคริลิกไปกดบนมุมของแบบแท่งไม้หรือแบบแท่งโลหะก็ได้ (โซ สาลีนัน. 2534 : 44-45) แต่หลอดความร้อนแนวตรงที่ใช้ เป็นหลอดความร้อนแนวตรงที่ไม่มีอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ ซึ่งหลอดความร้อนแนวตรงแบบนี้เมื่ออุณหภูมิสูงเกินไปต้องใช้วิธีถอดปลั๊กไฟฟ้า ถ้าไม่ถอดปลั๊กไฟฟ้าออกเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้น อุณหภูมิก็จะสูงขึ้นตามไปด้วยจนเกิน 200 องศาเซลเซียส ทำให้ชิ้นงานไหม้หรือผิวเป็นฟองอากาศเล็ก ๆ เนื่องจากอุณหภูมิที่ได้จากหลอดความร้อนแนวตรงมีอุณหภูมิจะไม่คงที่ ทำให้คาดคะเนระยะเวลาในการให้ความร้อนได้ยาก ถ้าผู้ที่ทำการพับมีประสบการณ์น้อยก็จะทำให้มีชิ้นงานเสียมาก เพราะรอยพับจะมีตำหนิ เช่น เกิดรอยไหม้ ผิวเป็นฟองอากาศเล็ก ๆ ผิวเป็นฝ้า มีรอยร้าว แนวของรอยพับไม่ตรง แผ่นอะคริลิกบิดงอหรือรอยพับแตก เป็นต้น นอกจากปัญหาการคาดคะเนระยะเวลาในการให้ความร้อนกับแนวพับแล้ว ปัญหาหลังการพับยังจำเป็นต้องจับแผ่นอะคริลิกที่พับแล้วให้อยู่กับที่ช่วงเวลาหนึ่ง เพื่อให้รอยพับคงรูปในบรรยากาศปกติได้ ก็ยังต้องใช้ประสบการณ์ของผู้ทำการพับในการคาดคะเนระยะเวลาในการทำให้รอยพับคงรูปอีก (จเร สุเพียร.

สัมภาษณ์. 2543) ส่วนการพับให้ได้มุมต่าง ๆ ต้องใช้มือพับ หรือใช้มือกดแผ่นอะคริลิกบนมุมของแบบแห้งไม้ หรือแบบแห้งโลหะที่มีมุมที่ต้องการ ซึ่งต้องมีการเตรียมแบบแห้งไม้หรือแบบแห้งโลหะจำนวนมากเพราะมุมที่ใช้ในการพับแผ่นอะคริลิกนั้นมีหลายองศาด้วยกัน บางครั้งยังต้องใช้อุปกรณ์ประกอบในการพับ เช่น ปากกา รูปตัวซี กรอบยึดช่วยในการพับมุมเดียว กรอบยึดช่วยในการพับสองมุม เป็นต้น ซึ่งทำให้ไม่สะดวกในการพับ การจัดเตรียมอุปกรณ์และจัดเก็บอุปกรณ์ที่มีหลายขนาดหลายชิ้นทำได้ยาก การพับวิธีนี้ไม่สามารถพับให้เสร็จสิ้นโดยใช้เครื่องเพียงเครื่องเดียว (พิชิต เลี่ยมพิพัฒน์. 2540ก : 324) อีกทั้งงานวิจัยทางด้านเครื่องจักรที่ใช้ขึ้นรูปพลาสติกยังมีน้อย ดังนั้นควรมีการสนับสนุนให้มีการวิจัยและพัฒนาเครื่องจักรต้นแบบที่ใช้ในงานกับพลาสติก เพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีทางด้านนี้ให้กับผู้ที่สนใจภายในประเทศต่อไป (บรรเลง ศรีนิล และคณะ. 2532 : 82)

จากสภาพปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยมีความประสงค์จะสร้างเครื่องพับแผ่นอะคริลิกที่ใช้พับในงานทั่วไป เพื่อใช้กับสถานประกอบการขนาดเล็กที่ทำงานทางด้านการพับแผ่นอะคริลิก ซึ่งเครื่องพับแผ่นอะคริลิกนี้มีความสามารถในการพับแผ่นอะคริลิกได้ทุกสีที่มีแนวพับยาวไม่เกิน 600 มิลลิเมตร ส่วนแผ่นอะคริลิกที่นำมาพับต้องมีความหนาไม่เกิน 3 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นแผ่นอะคริลิกที่นิยมใช้กันมาก เพราะเมื่อความหนาไม่มากนักก็ทำให้ราคาถูกลงไปด้วย เครื่องพับแผ่นอะคริลิกที่จะสร้างขึ้นปรับตั้งเครื่องได้ง่าย มีความสามารถพับแผ่นอะคริลิกให้เป็นมุม โดยตั้งองศาในการพับแผ่นอะคริลิกได้ตั้งแต่ 30 - 179 องศา นอกจากพับแผ่นอะคริลิกให้เป็นมุมเพียงอย่างเดียวแล้ว ยังสามารถพับราง ท่อเหลี่ยมและกล่องได้อีกด้วย ส่วนการให้ความร้อนกับแผ่นอะคริลิกจะให้ความร้อนจากด้านล่าง ด้วยขดลวดความร้อนขนาด 300 วัตต์ ซึ่งสามารถเลือกการพับได้สองแบบ แบบแรกต้องบิตสวิตช์เลือกการพับแบบเครื่องพับ การพับแบบนี้เป็นการพับแบบเบ็ดเสร็จในตัวเอง ภายหลังการพับมีพัลลภระบายความร้อนขนาด 65 วัตต์ เร่งการคงรูปให้แผ่นอะคริลิก ส่วนการพับแบบที่สองต้องบิตสวิตช์เลือกการพับแบบมือพับ การพับแบบนี้ใช้หลักการเหมือนการพับที่ทำกันอยู่ทั่วไป คือ ให้ความร้อนจนแผ่นอะคริลิกอ่อนตัว จากนั้นจึงใช้มือพับแผ่นอะคริลิก แล้วนำแผ่นอะคริลิกที่พับแล้วไปวางบนแท่นประคองมุม เพื่อให้ชิ้นงานคงรูปเอง ซึ่งการพับแบบมือพับไม่ใช้ความมุ่งหมายหลักในการสร้างเครื่องพับแผ่นอะคริลิก แต่เป็นเพียงการเสริมความสามารถในการพับที่ไม่ต้องการใช้พัลลภระบายความร้อนเพื่อเร่งการคงรูปของแผ่นอะคริลิกภายหลังการพับเท่านั้น ส่วนประกอบของเครื่องพับแผ่นอะคริลิกออกแบบให้มีโครงสร้างของเครื่องแข็งแรง บำรุงรักษาและซ่อมเครื่องได้ง่าย ควบคุมการทำงานโดยใช้ผู้ควบคุมเพียงคนเดียว สามารถพับแผ่นอะคริลิกได้อย่างรวดเร็ว ปลอดภัย ได้รอยพับที่มีคุณภาพดี ทำการพับเสร็จสิ้นภายในเครื่องเพียงเครื่องเดียวและเป็นเครื่องต้นแบบให้กับผู้ที่ทำงานทางด้านการพับแผ่นอะคริลิกได้

ความมุ่งหมายของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ตั้งความมุ่งหมายไว้ดังนี้

1. เพื่อสร้างเครื่องพับแผ่นอะคริลิก
2. เพื่อทดลองพับแผ่นอะคริลิกตามตารางปรับตั้งเครื่อง
3. เพื่อประเมินสมรรถนะของเครื่องพับแผ่นอะคริลิก

ความสำคัญของการวิจัย

จากผลการวิจัยครั้งนี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ดังนี้
ได้เครื่องพิมพ์แผ่นอะคริลิกต้นแบบพร้อมคู่มือการใช้งาน เพื่อเป็นเครื่องต้นแบบให้กับเจ้าของสถานประกอบการขนาดเล็กและบุคคลอื่นที่สนใจที่ทำงานทางด้านการพิมพ์แผ่นอะคริลิก

ขอบเขตของการวิจัย

เพื่อให้การวิจัยครั้งนี้บรรลุตามความมุ่งหมายที่ตั้งไว้ ผู้วิจัยกำหนดขอบเขตของการวิจัยในการสร้างเครื่องพิมพ์แผ่นอะคริลิกและประเมินสมรรถนะเครื่องพิมพ์แผ่นอะคริลิกไว้ดังนี้

ลักษณะของเครื่องพิมพ์อะคริลิกแผ่นที่สร้างขึ้น

1. เป็นเครื่องพิมพ์ที่ติดตั้งอยู่กับที่
2. ควบคุมการทำงานโดยใช้คนเพียงคนเดียว
3. ขนาดของเครื่องกว้าง 500 มิลลิเมตร ยาว 1,200 มิลลิเมตร และสูง 1,200 มิลลิเมตร
4. ด้านล่างของตัวเครื่องติดตั้งพัดลมระบายความร้อนขนาด 65 วัตต์ ด้านบนทางติดตั้งชุดแท่นพิมพ์แผ่นอะคริลิกและตู้ควบคุมไฟฟ้า
5. ตั้งองศาในการพิมพ์มุมได้ตั้งแต่ 30 - 179 องศา
6. ความกว้างของขอบแผ่นอะคริลิกที่จะพิมพ์ต้องไม่น้อยกว่า 15 มิลลิเมตร
7. ได้ปากพิมพ์ล่างติดตั้งชุดลดความร้อนขนาด 300 วัตต์ ซึ่งควบคุมความร้อนด้วยอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิชนิดใช้สารไวต่ออุณหภูมิ สามารถปรับอุณหภูมิได้ตั้งแต่ 50 - 300 องศาเซลเซียส ใช้แผ่นใยหินสำลีเป็นวัสดุทนความร้อน
8. เลือกการพิมพ์ได้ 2 แบบ คือ แบบเครื่องพิมพ์และแบบมือพิมพ์
9. มีแท่นประคองมุมแผ่นอะคริลิกภายหลังการพิมพ์สำหรับการพิมพ์แบบมือพิมพ์ ซึ่งแท่นประคองมุมดังกล่าวมีลักษณะคล้ายปากกาที่สามารถเปิดระยะในการประคองมุมออกทางด้านซ้ายมือของเครื่องสามารถเปิดระยะในการประคองมุมได้กว้างสุด 300 มิลลิเมตร
10. มีจุดต่อสายดินที่ขาของตัวเครื่อง
11. มีคู่มือการใช้งาน

การทดลองพิมพ์แผ่นอะคริลิกตามตารางปรับตั้งเครื่องในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยดำเนินการทดลองด้วยตัวเอง ซึ่งตารางปรับตั้งเครื่องพิมพ์แผ่นอะคริลิกได้จากคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญด้านการพิมพ์แผ่นอะคริลิก การทดลองนี้ทำขึ้นเพื่อเป็นการยืนยันความถูกต้องของตารางปรับตั้งเครื่องดังกล่าว

ประชากร

ประชากรที่นำมาใช้ในการทดลองเป็นแผ่นอะคริลิก

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างได้มาจากการเลือกแบบเจาะจงโดยกำหนดให้ใช้แผ่นอะคริลิกใสและสีขนาดกว้าง 100 มิลลิเมตร ยาว 100 มิลลิเมตร จำนวน 300 แผ่น ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. แผ่นอะคริลิกความหนา 1 มิลลิเมตร สี สีขาว เทา เหลือง ม่วง แดง น้ำตาล เขียว น้ำเงินและดำ อย่างละ 6 แผ่น จำนวน 60 แผ่น
2. แผ่นอะคริลิกความหนา 1.5 มิลลิเมตร สี สีขาว เทา เหลือง ม่วง แดง น้ำตาล เขียว น้ำเงินและดำ อย่างละ 6 แผ่น จำนวน 60 แผ่น
3. แผ่นอะคริลิกความหนา 2 มิลลิเมตร สี สีขาว เทา เหลือง ม่วง แดง น้ำตาล เขียว น้ำเงินและดำ อย่างละ 6 แผ่น จำนวน 60 แผ่น
4. แผ่นอะคริลิกความหนา 2.5 มิลลิเมตร สี สีขาว เทา เหลือง ม่วง แดง น้ำตาล เขียว น้ำเงินและดำ อย่างละ 6 แผ่น จำนวน 60 แผ่น
5. แผ่นอะคริลิกความหนา 3 มิลลิเมตร สี สีขาว เทา เหลือง ม่วง แดง น้ำตาล เขียว น้ำเงินและดำ อย่างละ 6 แผ่น จำนวน 60 แผ่น

ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรที่ศึกษาในการวิจัยครั้งนี้ คือ ผลการทดลองพับแผ่นอะคริลิกตามตารางปรับตั้งเครื่อง 2 ลักษณะ ได้แก่ รอยพับใช้ได้ หรือรอยพับใช้ไม่ได้ ดังรายละเอียดแบบทดลองพับแผ่นอะคริลิกตามตารางปรับตั้งเครื่องในภาคผนวก ค

การประเมินสมรรถนะของเครื่องพับแผ่นอะคริลิก ผู้ประเมินสมรรถนะในการวิจัยครั้งนี้ คือ ผู้เชี่ยวชาญด้านการพับแผ่นอะคริลิกจำนวน 5 คน ซึ่งเป็นการประเมินสมรรถนะเครื่องพับแผ่นอะคริลิกด้านเครื่องพับและด้านรอยพับแผ่นอะคริลิก โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการพับแผ่นอะคริลิกทำการประเมินสมรรถนะเครื่องพับแผ่นอะคริลิกหลังจากทดลองใช้เครื่องพับแผ่นอะคริลิกประกอบการใช้บรรทัดโลหะ บรรทัดวัดมุม เวอร์เนียคาลิเปอร์วัดความหนาและแว่นขยายตรวจชิ้นงาน

ประชากร

ประชากรที่นำมาใช้เป็นแผ่นอะคริลิก

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง โดยกำหนดให้ใช้แผ่นอะคริลิกดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. แผ่นอะคริลิกขนาดกว้าง 100 มิลลิเมตร ยาว 100 มิลลิเมตร
 - 1.1 แผ่นอะคริลิกใสความหนา 1 มิลลิเมตร จำนวน 3 แผ่น
 - 1.2 แผ่นอะคริลิกใสความหนา 1.5 มิลลิเมตร จำนวน 1 แผ่น
 - 1.3 แผ่นอะคริลิกใสความหนา 2 มิลลิเมตร จำนวน 1 แผ่น
 - 1.4 แผ่นอะคริลิกใสความหนา 2.5 มิลลิเมตร จำนวน 1 แผ่น
 - 1.5 แผ่นอะคริลิกใสความหนา 3 มิลลิเมตร จำนวน 1 แผ่น
 - 1.6 แผ่นอะคริลิกสีขาว เทา เหลือง ม่วง แดง น้ำตาล เขียว น้ำเงินและดำ ความหนา 3 มิลลิเมตร สีละ 1 แผ่น จำนวน 9 แผ่น
2. แผ่นอะคริลิกใสขนาดกว้าง 100 มิลลิเมตร ยาว 100 มิลลิเมตร ความหนา 1 มิลลิเมตร บากเพื่อพับกล่องที่ 4 มุม บากลึก 20 มิลลิเมตร จำนวน 1 แผ่น
3. แผ่นอะคริลิกใสขนาดกว้าง 100 มิลลิเมตร ยาว 600 มิลลิเมตร ความหนา 1 มิลลิเมตร จำนวน 1 แผ่น

ซึ่งใช้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 18 แผ่น ซึ่งกลุ่มตัวอย่างนี้ใช้สำหรับการประเมินสมรรถนะเครื่อง
ปั๊มแผ่นอะคริลิก 1 ครั้ง

ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรที่ศึกษาในการวิจัยครั้งนี้ คือ

สมรรถนะของเครื่องด้านเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก คือ ปรับตั้งเครื่องง่าย ตั้งมุมในการปั๊มได้
ตั้งแต่ 30 – 179 องศา ปั๊มแผ่นอะคริลิกความหนา 1 – 3 มิลลิเมตรได้ ปั๊มแผ่นอะคริลิกที่มีรอยพับยาว 600
มิลลิเมตรได้ ปั๊มแผ่นอะคริลิกเป็นรางตัวยูได้ ปั๊มแผ่นอะคริลิกเป็นท่อสี่เหลี่ยมได้ ปั๊มแผ่นอะคริลิกเป็นกล่องสี่
เหลี่ยมได้ ปั๊มแผ่นอะคริลิกได้ทุกสี ปั๊มแผ่นอะคริลิกได้สะดวกกว่าการพับมือ ควบคุมการทำงานโดยใช้คน
เพียงคนเดียว ปั๊มได้เสร็จสิ้นภายในเครื่องเพียงเครื่องเดียว โครงสร้างของเครื่องแข็งแรง มีความปลอดภัยใน
การใช้งาน เป็นเครื่องต้นแบบได้ และบำรุงรักษาเครื่องง่าย

สมรรถนะด้านรอยพับแผ่นอะคริลิก คือ ได้ตรงตามมุมพับที่ต้องการ ความตรงของรอย
พับ ผิวของรอยพับ

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. แผ่นอะคริลิก

หมายถึง แผ่นพลาสติกประเภทเทอร์โมพลาสติกหรือพลาสติกอ่อนที่มีชื่อเฉพาะว่าโพลีเมธิลเมทา
ไครเลท (polymethyl methacrylate) หรือใช้อักษรย่อว่า PMMA ที่ผลิตโดยการหล่อ เป็นแผ่นโพลีเมธิลเมทา
ไครเลทใสหรือมีสีขาว เทา เหลือง ม่วง แดง น้ำตาล เขียว น้ำเงินและดำ ที่มีความหนา 1, 1.5, 2, 2.5 และ 3
มิลลิเมตร

2. เครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก

หมายถึง อุปกรณ์ปรับเปลี่ยนรูปร่างแผ่นอะคริลิกให้งอเป็นมุม เป็นเครื่องที่ติดตั้งอยู่กับที่ใช้ใน
สถานประกอบการขนาดเล็กที่ใช้ปรับเปลี่ยนรูปร่างแผ่นอะคริลิกให้งอเป็นมุมในงานทั่วไป โครงสร้างส่วนใหญ่
ทำจากเหล็กเหนียวประกอบด้วยแผ่นพลาสติกและแผ่นใยหินสำลี ซึ่งมีส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่อง คือ ชุด
แท่นปั๊มแผ่นอะคริลิก ชุดลดความร้อน ชุดพัดลมระบายความร้อน แท่นประกอบมุมแผ่นอะคริลิกภายหลัง
การปั๊ม ตู้ควบคุมไฟฟ้าและฐานของเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก

2.1 ชุดแท่นปั๊มแผ่นอะคริลิก

หมายถึง ชุดอุปกรณ์ที่มีหน้าที่หลักในการจับแผ่นอะคริลิกให้แนวพับอยู่กึ่งกลางบนชุดลด
ความร้อน โดยแผ่นอะคริลิกจะถูกจับโดยปากพับบนกดแผ่นอะคริลิกให้แนบกับปากพับล่าง การตั้งมุมพับทำ
ได้โดยการใช้มือคลายสกรูล็อคแผ่นตั้งองศาออก จากนั้นจึงหมุนแผ่นตั้งองศาให้หมุนไปที่มุมที่ต้องการแล้ว
หมุนสกรูล็อคแผ่นตั้งองศาให้แน่น ซึ่งสามารถตั้งมุมในการปั๊มได้ตั้งแต่ 30 – 179 องศา การพับจะกระทำ
เมื่อแผ่นอะคริลิกอ่อนตัว จากนั้นจึงยกใบพับดันแผ่นอะคริลิกขึ้นจนถึงมุมที่ต้องการ

2.2 ชุดชุดลดความร้อน

หมายถึง อุปกรณ์หลักที่ทำให้แผ่นอะคริลิกอ่อนตัว ซึ่งความร้อนได้มาจากการแปลงพลังงาน
ไฟฟ้าของเส้นลวดนิโครมขนาด 300 วัตต์ ที่มีลักษณะเป็นขดคล้ายสปริงวางอยู่ในช่องแผ่นวัสดุทนความร้อน
ใยหินสำลี ซึ่งติดตั้งอยู่ระหว่างปากพับล่างกับใบพับของตัวเครื่อง ใช้อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิชนิดสารไวต่อ
อุณหภูมิ ซึ่งสามารถปรับอุณหภูมิได้อย่างต่อเนื่องตั้งแต่ 50 – 300 องศาเซลเซียส

2.3 ชุดพัฒนาระบายความร้อน

หมายถึง อุปกรณ์แรงการคงรูปของแผ่นอะคริลิกภายหลังการพับ สำหรับการพับแบบเครื่องพับ โดยใช้พัดลมหมุนเหวี่ยงแบบใบพัดโค้งไปข้างหน้าขนาด 65 วัตต์ เป็นตัวเป่าลมในการลดความร้อนให้รอยพับ เพื่อแรงการคงรูปของแผ่นอะคริลิกหลังจากผ่านการพับมาแล้ว

2.4 แท่นประคองมุมแผ่นอะคริลิกภายหลังการพับ

หมายถึง ชิ้นส่วนเหล็กเหนียวที่มีลักษณะคล้ายปากกาจับโลหะ ที่สามารถปรับระยะในการบีบแขนของมุมแผ่นอะคริลิกที่รอยพับยังอ่อนตัวอยู่ เพื่อบังคับชิ้นงานให้คงรูปเองในอุณหภูมิปกติตามมุมที่ต้องการ ซึ่งสามารถเปิดระยะในการบีบได้สูงสุด 300 มิลลิเมตร ใช้สำหรับการพับแบบมือพับ

2.5 ตู้ควบคุมไฟฟ้า

หมายถึง กล่องใส่อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการกำหนดการทำงานของวงจรไฟฟ้าของเครื่องพับแผ่นอะคริลิก ที่มีขนาดความกว้าง 280 มิลลิเมตร ยาว 355 มิลลิเมตร สูง 150 มิลลิเมตร ด้านบนของกล่องจะมีสวิตช์จ่ายไฟฟ้าเข้าเครื่องพับแผ่นอะคริลิก มีสวิตช์ที่ต้องใช้มือบิดในการเลือกวงจรสำหรับการพับแบบเครื่องพับ หรือเลือกวงจรสำหรับการพับแบบมือพับ ในส่วนของวงจรสำหรับการพับแบบเครื่องพับมีสวิตช์ตั้งเวลา 2 ตัว สวิตช์ตัวแรกใช้ตั้งเวลาในการให้ความร้อนกับแผ่นอะคริลิก ส่วนสวิตช์ตัวที่ 2 ใช้ตั้งเวลาในการให้ระบายความร้อนด้วยพัดลม ในส่วนของวงจรสำหรับการพับแบบมือพับมีสวิตช์ตั้งเวลา 1 ตัว ที่ใช้นับเวลาในการให้ความร้อนกับแผ่นอะคริลิก ส่วนการแสดงสถานะการทำงานของเครื่องให้ความร้อนและการระบายความร้อนจะใช้ความสว่างหรือดับของหลอดไฟฟ้าสีเหลืองเป็นตัวแสดง

2.5.1 การพับแบบเครื่องพับ

หมายถึง การพับแผ่นอะคริลิกที่บิดสวิตช์เลือกวงจรของเครื่องไปที่ตำแหน่งเครื่องพับ เมื่อให้ความร้อนจนแผ่นอะคริลิกอ่อนตัวตามเวลาที่ตั้งไว้แล้ว จึงยกใบพับของเครื่องจนถึงมุมที่ต้องการ ซึ่งภายหลังการพับมีการแรงการคงรูปให้แผ่นอะคริลิกด้วยชุดพัฒนาระบายความร้อน เป็นการพับหลักในการวิจัยครั้งนี้

2.5.2 การพับแบบมือพับ

หมายถึง การพับแผ่นอะคริลิกที่บิดสวิตช์เลือกวงจรเครื่องไปที่ตำแหน่งมือพับ การพับแบบนี้ต้องใช้มือพับแผ่นอะคริลิกที่รอยพับอ่อนตัวแล้ว จากนั้นจึงยกชิ้นงานไปวางพับให้คงรูปเองในอุณหภูมิห้องบนแท่นประคองมุม ซึ่งการพับแบบนี้เป็นเพียงวงจรเสริมเท่านั้น ในกรณีที่ผู้ใช้เครื่องพับไม่ต้องการแรงการคงรูปให้ชิ้นงานด้วยชุดพัฒนาระบายความร้อน

2.6 ฐานของเครื่องพับอะคริลิกแผ่น

หมายถึง โครงเหล็กเหนียวขนาดกว้าง 340 มิลลิเมตร ยาว 995 มิลลิเมตร สูง 725 มิลลิเมตร ที่ทำจากเหล็กท่อสี่เหลี่ยม ปลายขาทั้ง 4 ข้างของโครงเหล็กติดตั้งแผ่นเหล็กเพื่อใช้ในการยึดสกรูกับพื้นคอนกรีต เพื่อให้เครื่องพับติดตั้งอยู่กับที่ ด้านล่างของโครงเหล็กใช้เป็นติดตั้งชุดพัฒนาระบายความร้อน ส่วนบนทางด้านซ้ายมือเป็นที่ติดตั้งตัวเครื่องพับแผ่นอะคริลิก ได้ตำแหน่งปากพับบนของตัวเครื่องพับแผ่นอะคริลิกเป็นที่ติดตั้งชุดลดความร้อน ส่วนด้านบนทางขวามือเป็นที่ติดตั้งตู้ควบคุมไฟฟ้า ส่วนใต้ตำแหน่งของตู้ควบคุมไฟฟ้าเป็นที่ติดตั้งแท่นประคองมุม

3. ผู้เชี่ยวชาญ

หมายถึง บุคคลที่มีความเชี่ยวชาญด้านการสร้างเครื่องจักร ด้านไฟฟ้า ด้านการพับแผ่นอะคริลิก และด้านการวัดผล

3.1 ผู้เชี่ยวชาญด้านการสร้างเครื่องจักร

หมายถึง บุคคลที่มีประสบการณ์ด้านการสอนในสถานศึกษาเกี่ยวกับการสร้างเครื่องจักร ที่มีประสบการณ์ไม่น้อยกว่า 5 ปี มีวุฒิการศึกษาไม่ต่ำกว่าปริญญาโท

3.2 ผู้เชี่ยวชาญด้านไฟฟ้า

หมายถึง บุคคลที่มีประสบการณ์ด้านการสอนในสถานศึกษาเกี่ยวกับไฟฟ้า ที่มีประสบการณ์ไม่น้อยกว่า 5 ปี มีวุฒิการศึกษาไม่ต่ำกว่าปริญญาโท

3.3 ผู้เชี่ยวชาญด้านการพับแผ่นอะคริลิก

หมายถึง บุคคลที่มีประสบการณ์ด้านการพับแผ่นอะคริลิกในสถานประกอบการ ที่มีประสบการณ์ไม่น้อยกว่า 10 ปี

3.4 ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดผล

หมายถึง บุคคลที่มีประสบการณ์ด้านการสอนในสถานศึกษาเกี่ยวกับการวัดผลประเมินผล ที่มีประสบการณ์ไม่น้อยกว่า 5 ปี มีวุฒิการศึกษาไม่ต่ำกว่าปริญญาโท

4. การทดลองพับแผ่นอะคริลิกตามตารางปรับตั้งเครื่อง

หมายถึง การพับแผ่นอะคริลิกสี สีสาว เทา เหลือง ม่วง แดง น้ำตาล เขียว น้ำเงินและดำ ความหนา 1 – 3 มิลลิเมตร ให้เป็นมุมด้วยเครื่องพับแผ่นอะคริลิก โดยทำการพับซ้ำ 3 ครั้ง ในแต่ละสี แต่ละความหนา และแต่ละวงจรที่เลือกสำหรับการพับ ซึ่งต้องปรับตั้งสวิตช์ตั้งเวลาตามตารางปรับตั้งเครื่องที่ได้จากคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญด้านการพับอะคริลิกแผ่น การทดลองพับแผ่นอะคริลิกนี้ทำเพื่อยืนยันความถูกต้องของตารางปรับตั้งเครื่อง ซึ่งผลการทดลองพับแผ่นอะคริลิกจะออกมา 2 ลักษณะ คือ รอยพับใช้ได้ หรือรอยพับใช้ไม่ได้ การตรวจรอยพับต้องใช้บรรทัดโลหะ เวอร์เนียคาลิเปอร์วัดความหนาและเว้นขยายประกอบในการตรวจชิ้นงานที่ผ่านการทดลองพับแล้ว

4.1 รอยพับใช้ได้

หมายถึง ลักษณะผิวและแนวพับของแผ่นอะคริลิกบริเวณรอยพับไม่มีรอยไหม้ แตก ร้าว เป็นฟองอากาศ แนวพับบิด ซึ่งถ้าผลการทดลองพับแผ่นอะคริลิก พบว่า รอยพับใช้ได้ทั้งหมด จึงจะถือว่าตารางปรับตั้งเครื่องตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญด้านการพับอะคริลิกแผ่นถูกต้อง สามารถนำไปใช้งานได้

4.2 รอยพับใช้ไม่ได้

หมายถึง ลักษณะผิวและแนวพับของแผ่นอะคริลิกบริเวณรอยพับมีรอยไหม้ แตก ร้าว เป็นฟองอากาศ แนวพับบิด ซึ่งถ้าผลการทดลองพับแผ่นอะคริลิก พบว่า รอยพับใช้ไม่ได้ตั้งแต่ 1 แผ่น เป็นขึ้นไป จะถือว่าตารางปรับตั้งเครื่องตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญด้านการพับแผ่นอะคริลิกไม่ถูกต้อง ไม่สามารถนำไปใช้งานได้

5. สมรรถนะเครื่องพับแผ่นอะคริลิก

หมายถึง ชีตความสามารถของเครื่องด้านเครื่องพับแผ่นอะคริลิกและด้านรอยพับแผ่นอะคริลิก ซึ่งประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญด้านการพับแผ่นอะคริลิกจำนวน 5 คน ที่ได้ทดลองใช้เครื่องพับแผ่นอะคริลิก

แล้วใช้บรรทัดโลหะ บรรทัดวัดมุม เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์วัดความหนาและแวนขยายประกอบในการตรวจชิ้นงานที่ผ่านการทดลองพับแล้ว จากนั้นจึงประเมินขีดความสามารถของเครื่องพับแผ่นอะคริลิก

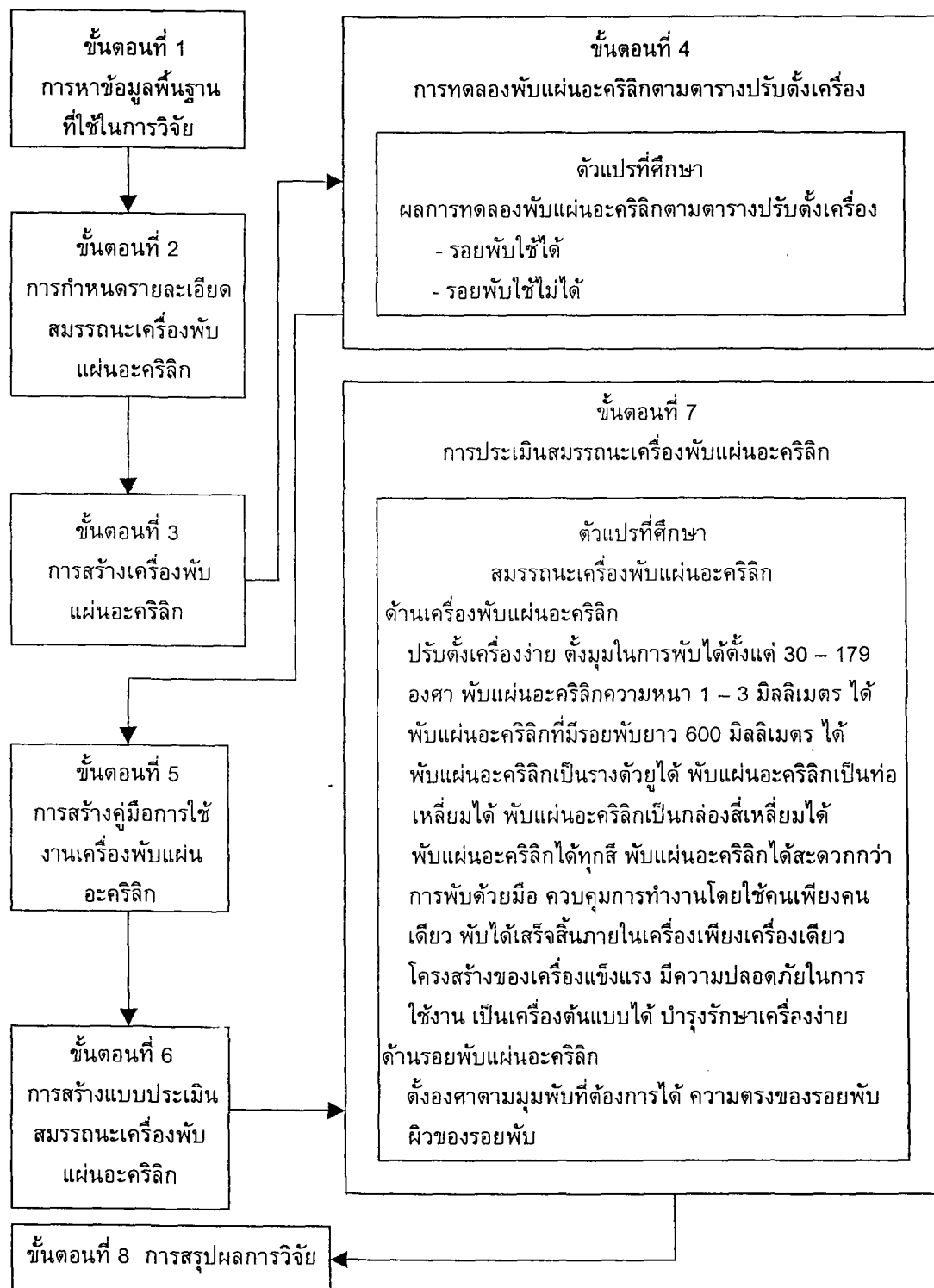
5.1 สมรรถนะด้านเครื่องพับแผ่นอะคริลิก

หมายถึง ความสามารถของเครื่องในการดัดมุมในการพับได้ตั้งแต่ 30 – 179 องศา พับแผ่นอะคริลิกที่มีความหนา 1 – 3 มิลลิเมตรได้ พับแผ่นอะคริลิกที่มีแนวพับยาวไม่เกิน 600 มิลลิเมตรได้ พับแผ่นอะคริลิกเป็นรางตัวยูได้ พับแผ่นอะคริลิกเป็นท่อเหลี่ยมได้ พับแผ่นอะคริลิกเป็นกล่องสี่เหลี่ยมได้ พับแผ่นอะคริลิกได้ทุกสี พับแผ่นอะคริลิกได้สะดวกกว่าการพับด้วยมือทั่วไป ควบคุมการทำงานโดยใช้คนเพียงคนเดียว พับได้เสร็จสิ้นภายในเครื่องเพียงเครื่องเดียว โครงสร้างของเครื่องแข็งแรง มีความปลอดภัยในการใช้งาน เป็นเครื่องต้นแบบได้และบำรุงรักษาเครื่องง่าย

5.2 สมรรถนะด้านรอยพับแผ่นอะคริลิก

หมายถึง คุณภาพของชิ้นงานที่ผ่านการพับจากเครื่องพับแผ่นอะคริลิก คือ ได้ตรงตามมุมพับที่ต้องการ ความตรงของรอยพับและผิวของรอยพับ

กรอบแนวคิดในการวิจัย กรอบแนวคิดในการวิจัยครั้งนี้ ดังภาพประกอบ 1



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

สมมุติฐานในการวิจัย

เครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิกมีสมรรถนะด้านเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิกและด้านรอยปั๊มแผ่นอะคริลิกอยู่ในระดับดี

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและได้นำเสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

1. อะคริลิก
2. หลักการออกแบบเครื่องจักร
3. เครื่องปั๊ม
4. อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. อะคริลิก

อะคริลิก (Acrylic) หรือโพลิเมทิลเมทาไครเลท (Polymethylmethacrylate) อักษรย่อ PMMA หรือ โพลีอะคริลิก (Polyacrylic) อักษรย่อ PAA มีชื่อเรียกตามท้องตลาดว่าเพลกซิกลาส (Plexiglass) หรือลูไซท์ (Lucite) หรือโพลีกลาส (Polyglass) เป็นต้น (มานพ ตันตระกูล. 2540 : 276) ซึ่งอะคริลิกจัดเป็นพลาสติกประเภทเปลี่ยนรูปหรือเทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic) เมื่อได้รับความร้อนที่เพียงพอจะอ่อนตัวสามารถหลอมละลายนำกลับมาใช้ใหม่ได้อีก (เจริญ นาคะสรรค์. 2542 : 8)

1.1 ความเป็นมาของอะคริลิก อะคริลิกเป็นพลาสติกเปลี่ยนรูปชนิดหนึ่งที่ถูกสังเคราะห์ โดยมีความเป็นมาดังนี้ (พิชิต เลี่ยมพิพัฒน์. 2540 ก : 478 - 479)

1.1.1 ปี พ.ศ. 2420 อะคริลิกได้ถูกสังเคราะห์ขึ้นเป็นครั้งแรกโดย รูดอล์ฟ ฟิตติง (Rudolph Fitting)

1.1.2 ปี พ.ศ. 2444 - 2445 นักเคมีชาวเยอรมันชื่อ ดร. ออตโต รอม (Otto Rohm) นำไปพัฒนาต่อที่สถาบันแดรมสแตดท์ (Darmstadt) จนสำเร็จ แต่ในขณะนั้นยังเป็นเพียงงานวิจัย

1.1.3 ปี พ.ศ. 2471 บริษัทรอมแอนด์แฮสส์ (Rohm and Hass) ได้ผลิตอะคริลิกเหลวใสออกจำหน่าย ต่อมาได้ถูกดัดแปลงนำไปใช้เป็นวัสดุเคลือบผิวและทำเป็นภาว

1.1.4 ปี พ.ศ. 2477 นักเคมีชาวอังกฤษ 2 คน ของบริษัทไอซีไอ (ICI) ชื่อโรว์แลนด์ ฮิลล์ (Rowland Hill) และจอห์น คราวฟอร์ด (John Crawford) ได้สังเคราะห์อะคริลิกในรูปของแข็งได้สำเร็จ ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นการผลิตอะคริลิกแผ่นชื่อการค้าเปอร์สเปกซ์ (Perspex) ออกจำหน่ายในปี พ.ศ. 2479 พร้อม ๆ กับในประเทศเยอรมันได้ผลิตอะคริลิกแผ่นในชื่อการค้าเพลกซิกลาส โดยนำเอาไปใช้กับเครื่องบินลูฟท์วาฟเฟอ (Luftwaffe) และเครื่องบินรบในสมัยสงครามโลกครั้งที่ 2

1.1.5 ปี พ.ศ. 2480 บริษัทไอซีไอได้สังเคราะห์อะคริลิกชนิดผงและเม็ดเพื่อใช้กับกรรมวิธีการผลิตแบบฉีด (injection) แบบรีด (extrusion) และแบบอัด (compression) ในชื่อการค้าไดคอน (Diakon) และในปีเดียวกันนี้บริษัทไอซีไอได้พัฒนานำอะคริลิกไปใช้ในงานทันตกรรม อีกทั้งในช่วงเดียวกันบริษัทตุปอนท์ได้ผลิตอะคริลิกแผ่นออกสู่ตลาดในชื่อการค้าลูไซท์ (Lucite)

1.1.6 ปี พ.ศ. 2515 สถาบันวิทยาศาสตร์เช็กโกสโลวัก (Czechoslovak Academy of Science) ได้พัฒนาอะคริลิกพิเศษสำหรับทำเลนส์สัมผัสชนิดนิ่ม (soft contact lenses) ชื่อไฮโดรฟิลิกอะคริลิก (Hydrophilic Acrylic) มีชื่อทางเคมีว่าไฮดรอกซีเอทิลเมทิลเมทาไครเลท (Hydroxy Ethyl Methyl Methacrylate) ซึ่งได้นำออกสู่ตลาดของสหรัฐอเมริกาที่ใช้ชื่อการค้าไฮดรอน (Hydron)

1.2 คุณสมบัติของอะคริลิก อะคริลิกมีคุณสมบัติใส ไม่มีสี แต่ยอมสีได้ง่าย สามารถให้แสงส่องผ่านได้ถึงร้อยละ 92 มีความแข็งแรงและทนทานต่อสภาพดินฟ้าอากาศได้ดีกว่าโพลิสไตรีน (สมาคมอุตสาหกรรมพลาสติกไทย. 2539 : 33) มีความแข็งแรงพอสมควร เกิดรอยขีดข่วนง่าย ทนแสงอุลตราไวโอเลตได้ดี เป็นฉนวนไฟฟ้าได้ดี ทนต่อสารเคมีพอสมควร แต่ไม่ควรถูกน้ำมันเบนซิน อะซิโตน คลอโรฟอร์ม สเปรย์น้ำหอมและพวกกรดออกซิไดซิง (Oxidizing Acids) ชนิดเข้มข้น เมื่อใช้มือจับอะคริลิกจะรู้สึกอุ่น สามารถขึ้นรูปให้เป็นรูปร่างต่าง ๆ ได้เมื่อได้รับความร้อนประมาณ 140 - 160 องศาเซลเซียส จะมีสภาพอ่อนนิ่ม เมื่อนำไปกดลงในแม่แบบที่ต้องการก็จะได้รูปตามนั้นและเมื่อเย็นตัวแล้วจะคงรูปตามแบบตลอดไป (พิชิต เลี่ยมพิพัฒน์. 2540ข : 99,108) ทั้งยังสามารถรักษารูปร่างได้ถึง 90 องศาเซลเซียส สามารถขึ้นรูปได้ง่าย อีกทั้งยังนำมาแปดผิว ตัดทาบ และเชื่อมประสานได้ เมื่อแตกหักจะไม่เกิดเศษแหลม ๆ เหมือนแก้ว มีความต้านทานแรงดึงประมาณ 70 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร (มานพ ดันตระกูลนิติย์. 2540 : 277)

1.3 ประโยชน์ของอะคริลิก สามารถนำมาใช้ทำฝาไฟเลี้ยว ฝาไฟท้าย กระบอก หน้าปัดเข็มวัดความเร็วของรถยนต์ ป้ายโฆษณา แวนตา เลนส์ ใช้ทำกระจกแทนแก้ว หลังคาโปร่งแสง ก๊อกน้ำ เครื่องสุขภัณฑ์ ของชำร่วย (สมาคมอุตสาหกรรมพลาสติกไทย. 2539 : 33) ชั้นแสดงสินค้า ตู้โชว์ เฟอร์นิเจอร์ ของที่ระลึกและเครื่องประดับ เป็นต้น (พิชิต เลี่ยมพิพัฒน์. 2540ก : 478)

1.4 แผ่นอะคริลิก

1.4.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับแผ่นอะคริลิก (พิชิต เลี่ยมพิพัฒน์. 2540ก : 279) แผ่นอะคริลิกเป็นพลาสติกที่นิยมใช้ทำเครื่องประดับมากที่สุด ทั้งยังเป็นพลาสติกที่มีความใสมากชนิดหนึ่ง ซึ่งสามารถผลิตให้เป็นสีต่าง ๆ ได้หลายสีและผลิตให้เป็นฝ้าหรือทึบแสงก็ได้ ส่วนความหนามีหลายขนาดตั้งแต่ 1 มิลลิเมตร ถึง 30 มิลลิเมตร มีทั้งผิวเรียบและผิวขรุขระเป็นลายต่าง ๆ ซึ่งอะคริลิกแผ่นมีน้ำหนักเบากว่าแก้วมาก มีความถ่วงจำเพาะเพียง 1.17-1.20 มีความแข็งแรงพอสมควร เมื่อเทียบความแข็งแรงเทียบเท่าไส้ดินสอเบอร์ 8H โดยส่วนใหญ่อะคริลิกที่มีสีสันสวยเมื่อโดนแสงแดดเป็นเวลานานสีจะซีดลง แต่ก็มีบางชนิดที่สามารถทนแดดได้ มีความสามารถทนสารเคมีพวกด่างและกรดอ่อน ๆ ได้ แต่ไม่ทนเบนซิน ทินเนอร์ อะซิโตน คีโตน และตัวทำละลายบางชนิด ซึ่งแผ่นอะคริลิกจัดเป็นพลาสติกประเภทเทอร์โมพลาสติก มีชื่อทางเคมีว่า โพลีเมทิลเมทาไครเลท มีชื่อเรียกทางการค้าหลายชื่อ เช่น เปอร์สเปกซ์ ออโรกลาส ลูไซท์และเพลกซิกลาส เป็นต้น ซึ่งแผ่นอะคริลิกจะอ่อนตัวเมื่อได้รับความร้อนประมาณ 150 - 160 องศาเซลเซียส ซึ่งในสภาวะเช่นนี้สามารถขึ้นรูปให้เป็นรูปร่างต่าง ๆ ได้ เมื่อเย็นลงจะแข็งตัวคงรูป แต่เมื่อถูกความร้อนประมาณ 80 องศาเซลเซียส ขึ้นไปจะเกิดการบิดงอได้ ซึ่งมีโรงงานผลิตแผ่นอะคริลิกประมาณ 8 โรงงาน ส่วนแผ่นอะคริลิกที่มีจำหน่ายมีหลายยี่ห้อ คือ Diaylas, Moden Glas, Pan Asia และ Asianpex เป็นต้น

1.4.2 การผลิตแผ่นอะคริลิก มีรายละเอียดดังนี้ (พิชิต เลี่ยมพิพัฒน์. 2540ก : 481 - 484)

1.4.2.1 วัตถุดิบและที่มา โดยแผ่นอะคริลิกได้จากการนำสารตั้งที่ใช้ในการสังเคราะห์พลาสติก เมธิลเมทาไครเลท (Methyl Methacrylate monomer) หรือ MMAM มาทำให้เป็นโมเลกุลสายโซ่ยาวทั้งหมด ซึ่งสารตั้งที่ใช้ในการสังเคราะห์พลาสติก เมธิลเมทาไครเลท ในทางอุตสาหกรรมผลิตโดยวิธี Acetone Cyanohydrin Process เริ่มจากการแยกสลายด้วยน้ำ (Hydrolysis) ของ acetone cyanohydrin กับกรดกำมะถัน (sulfuric) ร้อยละ 98 จะได้ methacrylamide sulfate ซึ่งเป็นตัวสารมัธยันตร์ (intermediate) จากนั้นก็นำสารตัวนี้ไปทำ esterification กับ methanal ก็จะได้เมธิลเมทาไครเลทที่จะต้องนำไปกลั่นแยกส่วนให้บริสุทธิ์มากขึ้นต่อไป

1.4.2.2 การผลิตแผ่นอะคริลิกโดยการหล่อ (Casting Process) ทำได้ดังนี้

1.4.2.2.1 เก็บวัตถุดิบในถัง ซึ่งสารตั้งที่ใช้ในการสังเคราะห์พลาสติกเมธิลเมทาไครเลทที่ใช้ทั้งหมดต้องสั่งมาจากต่างประเทศ ซึ่งมีความบริสุทธิ์ถึงร้อยละ 99.99 ซึ่งอาจจะเกิดการรวมตัวกันเป็นโมเลกุลสายโซ่ยาวได้ง่าย จำเป็นที่จะต้องเก็บไว้ในอุณหภูมิต่ำ ฉะนั้นถังเก็บสารตั้งที่ใช้ในการสังเคราะห์พลาสติกเมธิลเมทาไครเลทจึงจำเป็นต้องมีการพ่นน้ำเพื่อให้เย็นตลอดเวลา เพื่อระบายความร้อนและในขณะเดียวกันก็ช่วยลดอัตราการระเหยให้ลดลงด้วย ทั้งนี้เพราะความร้อนในการกลายเป็นไอของสารตั้งที่ใช้ในการสังเคราะห์พลาสติกเมธิลเมทาไครเลทนั้นต่ำมาก โดยอุณหภูมิที่ใช้เก็บประมาณ 10 - 25 องศาเซลเซียส และเก็บได้นานประมาณ 4 - 6 เดือน

1.4.2.2.2 กลั่นวัตถุดิบให้บริสุทธิ์ ซึ่งสารตั้งที่ใช้ในการสังเคราะห์พลาสติกเมธิลเมทาไครเลทที่สั่งจากต่างประเทศส่วนใหญ่ได้มีการผสมสารป้องกันการเกิดปฏิกิริยา (inhibitor) ไว้ เช่น Hydroquinone หรือ Tropanol IA เป็นต้น ในปริมาณหนึ่งที่เหมาะสมในการขนส่งระยะทางไกล ๆ เพื่อป้องกันการเกิดการรวมตัวกันเป็นโมเลกุลสายโซ่ยาวในระหว่างเดินทาง ซึ่งบางครั้งปริมาณของสารป้องกันการเกิดปฏิกิริยาจะมากเกินไปไม่เหมาะสมในการนำมาใช้ในโรงงาน ปริมาณสูงสุดไม่ควรเกิน 25 ในล้านส่วนของปริมาณทั้งหมด (ppm) หรือไม่เกิน 10 ในล้านส่วนของปริมาณทั้งหมดถ้ายังน้อยยิ่งดี จะสะดวกมากในการนำมาใช้ ฉะนั้นจึงจำเป็นต้องนำมากลั่นให้บริสุทธิ์โดยการกลั่นในหอกกลั่น เพื่อแยกสารป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกจากสารตั้งที่ใช้ในการสังเคราะห์พลาสติกเมธิลเมทาไครเลทให้เหลือน้อยจนเหมาะที่จะนำไปใช้ ซึ่งการกลั่นทำได้ 2 วิธี คือ วิธีกลั่นภายใต้บรรยากาศธรรมดาที่อุณหภูมิประมาณ 100 องศาเซลเซียส หรือวิธีกลั่นภายใต้สุญญากาศซึ่งใช้อุณหภูมิต่ำลง แต่วิธีกลั่นที่เหมาะสมคือวิธีกลั่นภายใต้สุญญากาศ ซึ่งอันตรายน้อยกว่า เพราะว่าสารตั้งที่ใช้ในการสังเคราะห์พลาสติกเมธิลเมทาไครเลทนั้นไวไฟ

1.4.2.2.3 การเตรียมก่อนการทำให้โมเลกุลเริ่มเปลี่ยนเป็นโมเลกุลสายโซ่ยาว ซึ่งในการทำให้โมเลกุลเดี่ยวของสารตั้งที่ใช้ในการสังเคราะห์พลาสติกเมธิลเมทาไครเลทเริ่มต้นรวมตัวกันจะเริ่มจากการทำให้โมเลกุลเดี่ยวรวมตัวกันจนกลายเป็นโมเลกุลสายโซ่ยาวทั้งหมดจะต้องกินเวลานานมากและไม่สะดวกในเวลาสมวัตดุติบต่าง ๆ ลงไป เช่น สี เป็นต้น เพราะว่าความหนืดของโมเลกุลเดี่ยวต่ำเกินไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเวลาที่ยังมีสารตั้งที่ใช้ในการสังเคราะห์พลาสติกเมธิลเมทาไครเลทหลงไปในแบบหล่ออาจมีการรั่วไหลของสารตั้งที่ใช้ในการสังเคราะห์พลาสติกเมธิลเมทาไครเลทได้ง่าย เพราะฉะนั้นจึงจำเป็นต้องมีการทำให้โมเลกุลรวมตัวกันในถังปฏิกิริยาด้วยการให้ความร้อนจากไอน้ำ แล้วใช้สารเร่งปฏิกิริยาจำนวนเล็กน้อยเพื่อทำให้สารตั้งที่ใช้ในการสังเคราะห์พลาสติกเมธิลเมทาไครเลทเปลี่ยนเป็นโมเลกุลสายโซ่สั้น (Short polymer) ซึ่งยังอยู่ในสภาพที่เป็นครีมเหลวและมีความหนืดสูงขึ้น ซึ่งจะสามารถควบคุมได้จากปริมาณของสารเร่งปฏิกิริยา โดยเวลาในการให้ความร้อนและช่วงเวลาของการหล่อเย็นในขั้นสุดท้ายเพื่อรักษาสภาพของ

สารตั้งที่ใช้ในการสังเคราะห์พลาสติกเมธิลเมทาไครเลทที่เป็นครีมเหลวไว้ให้คงที่ชั่วขณะได้ เพราะว่าเมื่ออุณหภูมิต่ำกว่า 60 องศาเซลเซียส จะทำให้ปฏิกิริยาการเกิดการรวมตัวเป็นโมเลกุลสายโซ่ยาวจะช้าและไม่รุนแรงและควบคุมได้ ซึ่งสามารถเก็บครีมเหลวในอุณหภูมิห้องได้นานประมาณ 2 วัน

1.4.2.2.4 ผสมสีในครีมเหลวสารตั้งที่ใช้ในการสังเคราะห์พลาสติกเมธิลเมทาไครเลท โดยทั่วไปแผ่นอะคริลิกแบ่งเป็น 3 ประเภท คือ พวกโปร่งใส พวกโปร่งแสงและพวกทึบแสง ซึ่งในการผสมสี แผ่นอะคริลิกต้องการส่วนผสมของวัตถุติดตามสูตรผสมที่แตกต่างกัน โดยนำสีผสมลงในครีมเหลวสารตั้งที่ใช้ในการสังเคราะห์พลาสติกเมธิลเมทาไครเลทพร้อมกับสารเร่งปฏิกิริยาใส่เพิ่มอีกส่วนหนึ่งลงไปเครื่องผสม แล้วจึงทำการผสมให้เข้ากัน ซึ่งถ้าผสมสีอินทรีย์ (Organic) จะให้สีใส แต่ถ้าผสมสีอนินทรีย์ (Inorganic) จะให้สีขุ่นหรือทึบ

1.4.2.2.5 กรองครีมเหลวสารตั้งที่ใช้ในการสังเคราะห์พลาสติกเมธิลเมทาไครเลท เนื่องจากครีมเหลวสารตั้งที่ใช้ในการสังเคราะห์พลาสติกเมธิลเมทาไครเลทที่ผสมวัตถุดิบเรียบร้อยแล้วอาจจะมีสิ่งสกปรกเจือปนอยู่ เช่น เศษผง ทราย เป็นต้น จึงจำเป็นต้องแยกสิ่งสกปรกออกก่อนที่จะส่งเข้าไปในแบบหล่อซึ่งกระทำได้โดยการกรองด้วยผ้ากรอง แต่เนื่องจากครีมเหลวสารตั้งที่ใช้ในการสังเคราะห์พลาสติกเมธิลเมทาไครเลทนั้นมีความหนืดสูง จำเป็นต้องใช้สุญญากาศช่วยดูดในเวลากรอง

1.4.2.2.6 ชั่งน้ำหนักครีมเหลวสารตั้งที่ใช้ในการสังเคราะห์พลาสติกเมธิลเมทาไครเลท ซึ่งในทางอุตสาหกรรมการเตรียมครีมเหลวสารตั้งที่ใช้ในการสังเคราะห์พลาสติกเมธิลเมทาไครเลท ผสมเสร็จ จะทำเป็นก้อนขนาดใหญ่เมื่อนำมาบรรจุลงในแบบหล่อของแต่ละแผ่น จึงจำเป็นต้องมีการชั่งแบ่งแยกออกตามสูตรของแต่ละขนาดของแบบตามความหนา

1.4.2.2.7 บรรจุครีมเหลวสารตั้งที่ใช้ในการสังเคราะห์พลาสติกเมธิลเมทาไครเลทเข้าแบบหล่อทำได้โดยนำครีมเหลวสารตั้งที่ใช้ในการสังเคราะห์พลาสติกเมธิลเมทาไครเลทที่ชั่งแล้วบรรจุเข้าไปในแบบหล่อ ซึ่งแบบหล่อประกอบด้วยแบบแผ่นแก้ว 2 แผ่นประกบกัน โดยที่รอบ ๆ ระหว่างแผ่นประกบจะมีเส้นพีวีซี (P.V.C. Rod) หรือท่อพีวีซี (P.V.C. tube) คั่นอยู่เพื่อป้องกันไม่ให้ครีมเหลวสารตั้งที่ใช้ในการสังเคราะห์พลาสติกเมธิลเมทาไครเลทที่บรรจุเข้าไประหว่างแบบแผ่นแก้วรั่วไหลออกมา ซึ่งขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเส้นพีวีซีขึ้นอยู่กับความหนาของแผ่นอะคริลิกที่หล่อ

1.4.2.2.8 อัดแบบหล่อให้แน่น เพื่อช่วยให้แบบหล่อกระชับแน่นมากขึ้น ทำได้โดยใช้ปากการูปตัวซีขึ้นยึดขอบแบบหล่อให้แน่นโดยรอบ ซึ่งในการควบคุมความหนาของแผ่นอะคริลิก ใช้เครื่องวัดความหนา ซึ่งทำจากโลหะแบน ๆ ตามความหนาของแผ่นอะคริลิกที่ต้องการ โดยสอดเข้าไประหว่างแผ่นกระจกและชั้นหรือคลายปากการูปตัวซีที่หนีบอยู่ให้พอดี ให้เครื่องวัดความหนาสอดเข้าไปได้ กระทำเช่นนี้ไปโดยรอบแบบหล่อ สำหรับบริเวณตรงกลางแผ่นนั้นควบคุมความหนาจากสูตรของปริมาณครีมเหลวของสารตั้งที่ใช้ในการสังเคราะห์พลาสติกเมธิลเมทาไครเลทที่บรรจุเข้าไปแบบหล่อ

1.4.2.2.9 ยกแบบหล่อไปใส่รถเข็น เมื่อแบบหล่อของแต่ละแผ่นได้เตรียมเสร็จแล้วจะถูกเคลื่อนไปเก็บไว้ในรถเข็น ซึ่งตามปกติจะรับได้ประมาณ 10 แผ่น ต่อ 1 คัน เพื่อเตรียมทำโมเลกุลเป็นสายโซ่ยาวต่อไป

1.4.2.2.10 ทำให้เป็นโมเลกุลสายโซ่ยาว ทำได้โดยนำรถเข็นแบบหล่อไปแช่ลงในบ่อน้ำร้อนซึ่งมีปั๊มน้ำทำให้น้ำหมุนเวียนตลอดเวลา ในบางโรงงานอาจจะใช้เป็นอ่างลมน้ำร้อนก็ได้ อุณหภูมิของน้ำร้อนที่ใช้ประมาณ 15 - 60 องศาเซลเซียส โดยความร้อนจะช่วยให้เกิดปฏิกิริยาเป็นโมเลกุลสายโซ่ยาว ขึ้นภายในแต่ละแผ่นของแบบหล่อ ซึ่งปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นนานประมาณ 4 ชั่วโมง โดยครีมเหลวสารตั้งที่ใช้ในการ

สังเคราะห์พลาสติกเมธิลเมทาไครเลทจะเปลี่ยนเป็นโมเลกุลสายโซ่ยาว ซึ่งเกือบประมาณร้อยละ 97 จะมีสภาพเป็นแผ่นแข็ง ส่วนการตรวจสอบทำได้โดยใช้มีดปลายแหลมแทงด้านข้างของแบบหล่อผ่านเส้นพิวซีเข้าไปจนถึงแผ่นอะคริลิกจะติดแทงไม่เข้า แต่ถ้ายังเหลวอยู่จะแทงเข้าอย่างสบาย ซึ่งเวลาในการแข็งตัวนั้นขึ้นอยู่กับองค์ประกอบ 2 อย่าง คือ สารเร่งปฏิกิริยาและอุณหภูมิในการทำให้เป็นโมเลกุลสายโซ่ยาว

1.4.2.2.11 อบในตู้อบอุณหภูมิสูง ซึ่งการทำให้เป็นโมเลกุลสายโซ่ยาวให้สมบูรณ์ครบร้อยละ 100 จะต้องทำให้แผ่นอะคริลิกมีคุณสมบัติทั้งทางฟิสิกส์และเคมี แต่เนื่องจากสารเจือปนและสารป้องกันการเกิดปฏิกิริยาในสารตั้งที่ใช้ในการสังเคราะห์พลาสติกเมธิลเมทาไครเลท จึงทำให้บางส่วนของแผ่นอะคริลิกยังคงเนื่อยต่อการทำปฏิกิริยา ฉะนั้นจึงจำเป็นต้องใช้ความร้อนที่มีอุณหภูมิสูงประมาณ 120 องศาเซลเซียส ซึ่งจะช่วยให้ปฏิกิริยาการเกิดโมเลกุลสายโซ่ยาวดำเนินต่อไปอีก สำหรับเวลาในการอบในตู้อบอุณหภูมิสูงนั้นประมาณ 2 ชั่วโมง ภายใต้บรรยากาศร้อน

1.4.2.2.12 ยกแผ่นอะคริลิกออกจากแบบ ทำได้โดยปล่อยให้แบบหล่อแต่ละแผ่นเย็นตัว โดยนำรถเข็นออกจากตู้อบอุณหภูมิสูง แล้วให้ปล่อยให้แบบหล่อแต่ละแผ่นเย็นตัวลงมาเองจนถึงอุณหภูมิห้อง แต่เนื่องจากสัมประสิทธิ์การหดตัวของแม่แบบแผ่นแก้วกับแผ่นอะคริลิกมีค่าไม่เท่ากัน เมื่อเย็นตัวลงมาถึงอุณหภูมิหนึ่ง จะทำให้ผิวของแผ่นอะคริลิกจะร่อนตัวออกจากผิวของแบบแผ่นแก้วเอง เพราะฉะนั้นเมื่อเข้าเครื่องเปิดแผ่นกระจกบนออกจะสามารถยกแผ่นอะคริลิกออกจากแบบได้ง่าย

1.4.2.2.13 ตรวจสอบคุณภาพ จะกระทำหลังจากเข้าเครื่องเปิดแบบแผ่นแก้วแผ่นบนออก โดยจะยกอะคริลิกแผ่นไปทำการตรวจสอบคุณภาพได้ทันที ส่วนตัวแบบหล่อจะถูกส่งต่อไปทำความสะอาด เพื่อเตรียมทำแผ่นอะคริลิกใหม่ต่อไป

1.4.2.2.14 ปิดกระดาดที่ผิวหน้าแผ่นอะคริลิก ทำได้โดยโดยนำแผ่นอะคริลิกที่ผ่านการตรวจสอบแล้วไปปิดกระดาดบนผิวหน้า เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดรอยขีดข่วนในระหว่างการขนส่ง ทั้งยังเป็นการป้องกันฝุ่นผงลงเกาะที่ผิวหน้า เพราะเวลาที่ผิวของแผ่นอะคริลิกมีประจุไฟฟ้าสถิตย์อยู่ในขณะที่ถอดออกจากแบบหล่อใหม่ ๆ ซึ่งการปิดกระดาดบนแผ่นอะคริลิกใช้กระดาด 3 อย่าง ได้แก่ กระดาดทาสติกเกอร์ติดซึ่งใช้ติดได้เลย หรือกระดาดทากาวที่เคลือบกาวไว้ด้านหนึ่งแล้ว เมื่อใช้ต้องทาหรือพ่นน้ำลงไปก่อนจึงนำไปติดได้ หรือกระดาดที่ใช้กาวพิวเอทาไปที่กระดาดก่อนแล้วจึงนำไปติด แต่วิธีนี้ไม่นิยมใช้กันแล้ว

1.4.2.2.15 ตัดให้ได้ขนาด ทำได้โดยนำแผ่นอะคริลิกที่ติดกระดาดแล้วไปตัดริมออกเพื่อให้ได้ขนาดมาตรฐานตามความต้องการของท้องตลาด

1.4.2.2.16 บรรจุหีบห่อ ทำได้โดยนำแผ่นอะคริลิกที่ตัดได้ขนาดแล้วไปบรรจุหีบห่อจากนั้นนำไปเก็บไว้ในคลังสินค้า เพื่อรอส่งให้ลูกค้าต่อไป

1.4.2.2.17ขนส่ง เมื่อมีการสั่งซื้อจากลูกค้าก็จัดส่งให้ลูกค้าต่อไป

1.4.3 การรักษาผิวแผ่นอะคริลิก (พิชิต เลี่ยมพิพัฒน์. 2540ก : 279) เนื่องจากแผ่นอะคริลิกเป็นรอยขีดข่วนได้ง่าย จึงจำเป็นต้องปิดผิวหน้าด้วยกระดาด อย่างพยายามดึงกระดาดปิดผิวหน้าแผ่นอะคริลิกออกจนกว่าจะตัด เาะ พับและตกแต่งขอบให้เรียบร้อยแล้ว

1.4.4 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้กับแผ่นอะคริลิก (พิชิต เลี่ยมพิพัฒน์. 2540ก : 279) สามารถใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ในงานไม้และงานโลหะหลายอย่าง เช่น เลื่อยสายพาน เลื่อยวงเดือน เครื่องเจาะสามารถใช้ได้ดีกับแผ่นอะคริลิก แต่ควรเลือกใช้ให้เหมาะสม ซึ่งเลื่อยที่ใช้กับแผ่นอะคริลิกควรใช้ขนาดของฟันเลื่อยเล็กและถี่ ส่วนขนาดของฟันเลื่อยที่เหมาะสมอย่างน้อยควรมีฟันประมาณ 16 - 18 ซี่ต่อนิ้ว ซึ่งความถี่ของการเลื่อยด้วยมือประมาณ 12 ครั้ง ควรหยุดเลื่อยบ่อยเพราะการเลื่อยติดต่อกันจะทำให้เกิดความร้อนและ

ทำให้ผิได้ ส่วนการเจาะรูด้วยเครื่องเจาะมือไม่ควรใหญ่กว่า 6 มิลลิเมตร ถ้ารูใหญ่กว่านี้ควรเจาะด้วยเครื่องเจาะไฟฟ้า ส่วนการเจาะไม่ควรกดเจาะตลอดจนทะลุ จำเป็นต้องยกขึ้นทิ้งช่วงให้เย็นบ้างเป็นระยะ

1.4.5 การตัดแผ่นอะคริลิก (พิชิต เลี่ยมพิพัฒน์. 2540ก : 280-281) แผ่นอะคริลิกที่มีความหนาไม่เกิน 6 มิลลิเมตร อาจใช้เลื่อยฉลุหรือเครื่องมือที่มีลักษณะเป็นมีดกรีดปลายแหลมใช้ในการตัด ส่วนมีดกรีดจะทำให้เองก็ได้ โดยใช้ใบเลื่อยตัดโลหะที่ฟันหมดคมแล้วมาเจียรให้ปลายเหมือนตะขอ ซึ่งลักษณะมีดกรีดปลายตะขอ ดังภาพประกอบ 2



ภาพประกอบ 2 ลักษณะมีดกรีดปลายตะขอ

ตัวอย่างการตัดแผ่นอะคริลิกที่หนาไม่เกิน 3 มิลลิเมตร สามารถตัดโดยใช้มีดกรีดโดยมีไม้บรรทัดเหล็กวางเป็นแนว ทำการกรีด 2 - 3 ครั้ง เพียงด้านเดียวแล้วนำแผ่นอะคริลิกวางบนขอบโต๊ะเรียบให้แนวกรีดขนานอยู่บนสันของขอบโต๊ะ ใช้มือกดแผ่นอะคริลิกให้แยกออกตามแนวกรีด สำหรับแผ่นอะคริลิกที่หนากว่านี้แต่ไม่เกิน 6 มิลลิเมตร ควรใช้มีดกรีดทั้ง 2 ด้าน จะได้แนวแตกที่เรียบกว่า หากจะตัดแผ่นอะคริลิกบางที่มีลักษณะเป็นแผ่นยาว เช่น ยาว 30 เซนติเมตร กว้าง 1 เซนติเมตร ควรใช้เลื่อยตัดจะเหมาะสมกว่า

1.4.6 การขัดตกแต่งขอบแผ่นอะคริลิก (พิชิต เลี่ยมพิพัฒน์. 2540ก : 281) หลังจากทำการเลื่อย เจาะ ตัดแผ่นอะคริลิกได้ตามความต้องการแล้วจะเกิดรอยที่ขอบ ซึ่งการตกแต่งขอบทำได้โดยใช้กระดาษทราย ตะไบหรือจานขัดไฟฟ้าขัดแต่งขอบ เมื่อได้ผิวขอบเรียบพอสมควรแล้วจึงนำไปขัดด้วยล้อผ้าติดมอเตอร์อีกทีหนึ่งเพื่อให้ผิวเรียบเป็นมัน

1.4.7 การทำความสะอาดผิวหน้าแผ่นอะคริลิก (พิชิต เลี่ยมพิพัฒน์. 2540ก : 281) โดยปกติแล้วแผ่นอะคริลิกจะมีผิวหน้าเรียบเป็นมัน แต่จะมีปัญหาคือเกิดไฟฟ้าสถิตย์ทำให้มีผงติดอยู่ ซึ่งสามารถแก้ปัญหาดังกล่าวได้ด้วยการใช้ผ้าสาลีชุบน้ำยาป้องกันไฟฟ้าสถิตย์ชนิดเจือจาง แล้วเช็ดด้วยผ้าแห้ง ส่วนน้ำยาป้องกันไฟฟ้าสถิตย์มีหลายชนิด เช่น น้ำยาทำความสะอาดไอซีโอเปอร์สเบิร์กหมายเลข 3 โดยผสมน้ำอัตราส่วน 1 : 10 หรือชนิดอื่นที่มีจำหน่ายอยู่ในท้องตลาด

1.4.8 การพับแผ่นอะคริลิกโดยใช้ความร้อน (พิชิต เลี่ยมพิพัฒน์. 2540ก : 281 - 282) ซึ่งความร้อนที่ใช้ทำให้แผ่นอะคริลิกอ่อนตัว เพื่อสะดวกต่อการพับมีอุณหภูมิประมาณ 150 - 160 องศาเซลเซียส ซึ่งการพับแผ่นอะคริลิกโดยใช้ความร้อนทำได้ 2 วิธี คือ

1.4.8.1 การพับแผ่นอะคริลิกด้วยหลอดความร้อนแนวตรง (พิชิต เลี่ยมพิพัฒน์. 2540ก : 282) วิธีนี้เป็นการพับแผ่นอะคริลิกในงานทั่ว ๆ ไป ซึ่งทำได้โดยนำรอยพับของแผ่นอะคริลิกไปลงให้อ่อนตัวบนชุดหลอดความร้อนแนวตรง (strip heater) จากนั้นจึงใช้มือพับแผ่นอะคริลิกให้ได้มุมตามที่ต้องการ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1.4.8.1.1 ชุดหลอดความร้อนแนวตรง สามารถทำได้ดังนี้

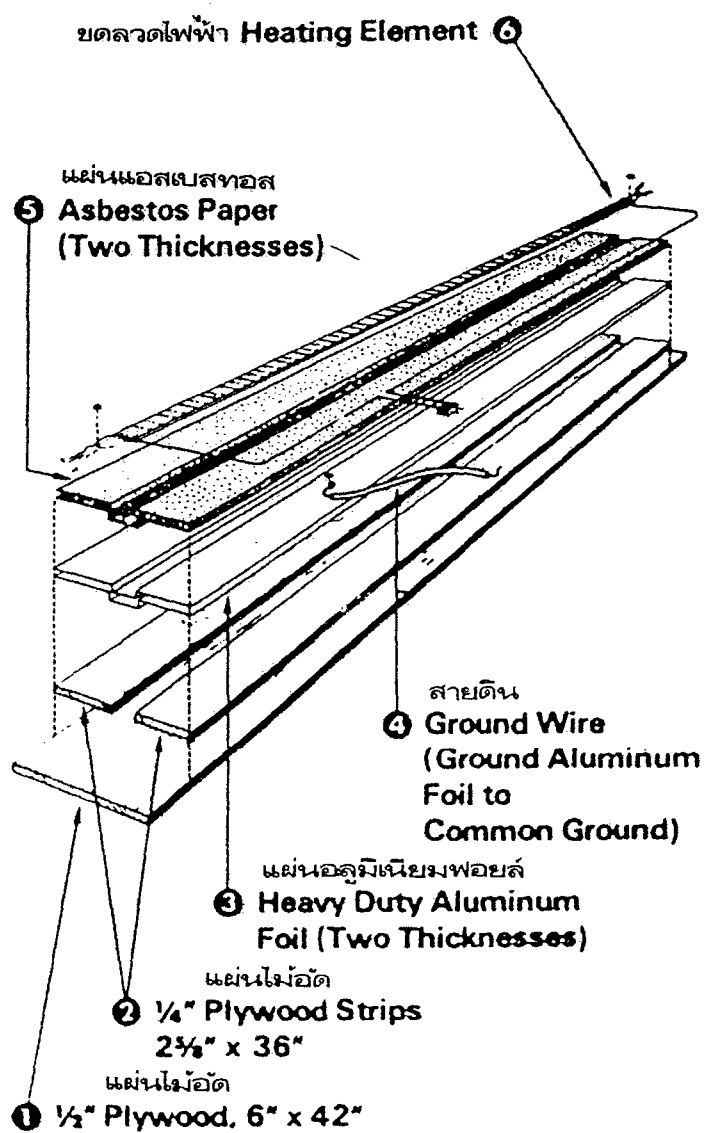
1.4.8.1.1.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ทำชุดหลอดความร้อนแนวตรงมีดังนี้ (พิชิต เลี่ยมพิพัฒน์. 2540ก : 489)

ไม้อัดขนาด 150 x 1000 มิลลิเมตรหนา 10 มิลลิเมตร 1 แผ่น ไม้อัดขนาด 70 x 900 มิลลิเมตรหนา 6 มิลลิเมตร 2 แผ่น อะลูมิเนียมอย่างหนา 1 ม้วน แผ่นใยหินสำลี (Asbestos) 2 แผ่น ปืนยิงกระต่าย (stapler) ค้อน ตะปู และตะปูเกลียว สายไฟ ลวดความร้อนขนาด 1 กิโลวัตต์/1200 มิลลิเมตร หรือขดลวดความร้อนขนาด 600 วัตต์

1.4.8.1.1.2 วิธีทำชุดลวดความร้อนแนวตรงมีขั้นตอนดังนี้ (พิชิต เลี่ยมพิพัฒน์. 2540ก : 489)

นำไม้อัดชิ้นเล็ก 2 แผ่นยึดบนแผ่นไม้อัดแผ่นใหญ่ โดยเว้นช่องกลางไว้ห่างประมาณ 10 มิลลิเมตร วางแผ่นอะลูมิเนียมฟอยด์ขนาดเท่ากับแผ่นไม้อัดแผ่นใหญ่ จากนั้นกดแผ่นอะลูมิเนียมฟอยด์ให้แนบลงไปในเรื่องและพื้นไม้ด้านบนแล้วใช้ตะปูเกลียวยึดสายไฟบนแผ่นอะลูมิเนียมเพื่อทำเป็นสายดิน ตัดแผ่นใยหินสำลีขนาดเท่าไม้อัดแผ่นใหญ่วางทับลงไปบนแผ่นอะลูมิเนียมฟอยด์ จากนั้นใช้ปืนยิงกระต่ายยิงแผ่นใยหินสำลีและแผ่นอะลูมิเนียมฟอยด์ให้ติดกับแผ่นไม้อัด วางขดลวดความร้อนในเรื่องแล้วดึงขดลวดความร้อนให้ตึง ต่อสายไฟฟ้าที่ปลายขดลวดความร้อน จากนั้นจึงต่อปลั๊ก

เมื่อติดตั้งวัสดุและอุปกรณ์ทั้งหมดแล้วจะได้ชุดลวดความร้อนแนวตรงตามต้องการ แต่เนื่องจากในห้องตลาดมีขดลวดความร้อนหลายขนาด ดังนั้นความลึกและความกว้างของร่องควรดัดแปลงให้เหมาะสมกับการใช้งาน เพื่อให้เข้าใจวิธีการประกอบชุดลวดความร้อนแนวตรงได้ง่ายขึ้นให้ดูภาพประกอบ 3 (พิชิต เลี่ยมพิพัฒน์. 2540ก : 490)



ภาพประกอบ 3 วิธีการประกอบขดลวดความร้อนแนวตรง

1.4.8.1.2 ขั้นตอนการพับแผ่นอะคริลิกด้วยลวดความร้อนแนวตรง สามารถทำตามขั้นตอนได้ดังนี้ (พิชิต เลี่ยมพิพัฒน์. 2540 ก : 342 - 343)

1.4.8.1.2.1 นำแผ่นอะคริลิกมาวัดและตัดให้ได้ขนาดตามแบบ

1.4.8.1.2.2 ตั้งกระดาษปิดผิวหน้าแผ่นอะคริลิกออกทั้ง 2 ด้าน

1.4.8.1.2.3 วัดและตีเส้นร่างแนวพับด้วยดินสอเทียน เพราะสามารถลบเส้นร่างออกได้ง่ายด้วยผ้าเปียกน้ำ หรือใช้เหล็กขีดก็ได้แต่จะเกิดรอยเล็กน้อย

1.4.8.1.2.4 นำแผ่นอะคริลิกบริเวณเส้นร่างแนวพับไปลงบนชุดลวดความร้อนแนวตรง โดยลงให้ความร้อนเพียงด้านเดียวสำหรับแผ่นอะคริลิกที่มีความหนาไม่เกิน 3 มิลลิเมตร แต่ถ้าแผ่นอะคริลิกมีความหนามากกว่านั้นต้องลงที่ 2 ด้าน คือด้านล่างและด้านบน

1.4.8.1.2.5 เมื่อแนวรอยพับแผ่นอะคริลิกอ่อนตัวแล้ว จึงใช้มือพับแผ่นอะคริลิกตามมุมที่ต้องการ แต่ต้องจับยึดแผ่นอะคริลิกตามมุมที่ต้องการสักระยะเวลาหนึ่ง เพื่อให้แผ่นอะคริลิกแข็งตัวคงรูปก่อน

1.4.8.2 การพับแผ่นอะคริลิกโดยให้ความร้อนทั้งแผ่น (พิชิต เลี่ยมพิพัฒน์. 2540ก : 282) วิธีนี้เป็นการให้ความร้อนกับแผ่นอะคริลิกทั้งแผ่น โดยใช้เตาอบ เตาไฟฟ้า เครื่องเป่าลมร้อน ซึ่งใช้อุณหภูมิระหว่าง 150 - 160 องศาเซลเซียส เพื่อให้แผ่นอะคริลิกอ่อนตัว ซึ่งหลังจากแผ่นอะคริลิกอ่อนตัวแล้วก็สามารถพับแผ่นอะคริลิกได้ 2 วิธี ดังรายละเอียดต่อไปนี้

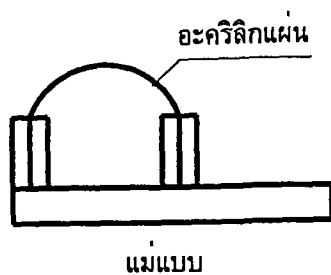
1.4.8.2.1 การพับแผ่นอะคริลิกที่ใช้แม่แบบยึดตัวแยกออกจากกัน ซึ่งการพับวิธีนี้ทำได้โดยนำแผ่นอะคริลิกที่อ่อนตัวแล้วมาใช้แม่แบบที่ยึดตัวแยกออกจากกันได้ ตั้งแผ่นอะคริลิกให้เกิดรอยพับตามแบบ การพับแบบนี้นิยมใช้พับแผ่นอะคริลิกจำนวนมาก ซึ่งรอยพับที่ได้จะขึ้นอยู่กับแม่แบบแต่ละชุด แต่มีข้อควรระวังหลังด้วยภายหลังจากการให้ความร้อนจนแผ่นอะคริลิกอ่อนตัวแล้ว ต้องใช้ความระมัดระวังเป็นพิเศษ เพราะแผ่นอะคริลิกนั้นร้อนมีความจำเป็นต้องสวมถุงมือกันความร้อน ทั้งยังต้องระวังในการจับแผ่นอะคริลิก เพราะแผ่นอะคริลิกอยู่ในสภาพอ่อนตัวซึ่งควรจับแผ่นอะคริลิกเฉพาะส่วนที่ต้องตัดทิ้งหรือมุมของแผ่นเท่านั้น ซึ่งการพับแผ่นอะคริลิกที่ใช้แม่แบบยึดตัวแยกออกจากกันสามารถทำได้ดังนี้ (พิชิต เลี่ยมพิพัฒน์. 2540ก : 335)

1.4.8.2.1.1 นำแผ่นอะคริลิกมาวัดและตัดให้ได้ขนาดตามแบบ

1.4.8.2.1.2 ตั้งกระดาษปิดผิวหน้าแผ่นอะคริลิกออกทั้ง 2 ด้าน

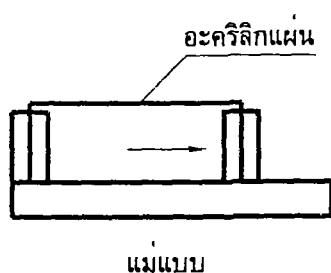
1.4.8.2.1.3 นำแผ่นอะคริลิกที่ได้มาใส่เตาอบจนอ่อนตัวทั้งแผ่น

1.4.8.2.1.4 นำแผ่นอะคริลิกออกจากเตาอบ จากนั้นนำปลายทั้ง 2 ข้างสอดเข้าไปในร่องของแม่แบบ แล้วขันอัดแม่แบบให้กดปลายทั้ง 2 ข้างของแผ่นอะคริลิกให้แน่น ดังภาพประกอบ 4



ภาพประกอบ 4 การนำปลายทั้ง 2 ข้าง ของแผ่นอะคริลิกสอดเข้าไปในร่องของแม่แบบ

1.4.8.2.1.5 กดแยกแม่แบบให้แยกออกจากกันจนถึงจุดที่ตั้งหรือกำหนดไว้ แล้วปล่อยให้แผ่นอะคริลิกเย็นตัว เพื่อให้แผ่นอะคริลิกแข็งตัวคงรูป ดังภาพประกอบ 5



ภาพประกอบ 5 การกดแยกแม่แบบให้แยกออกจากกันจนถึงจุดที่ตั้งหรือกำหนดไว้

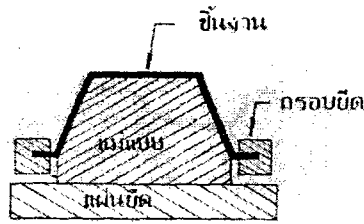
1.4.8.2.1.6 นำแผ่นอะคริลิกที่พับแล้วออกจากแบบ หลังจากขึ้นงานคงรูปแล้ว

1.4.8.2.2 การพับโดยนำแผ่นอะคริลิกกดลงบนแม่แบบ สามารถทำได้ดังนี้ (พิชิต เลี่ยมพิพัฒน์. 2540ข : 198 - 199)

1.4.8.2.2.1 ยึดแผ่นอะคริลิกกับกรอบยึดให้แน่น

1.4.8.2.2.2 ลนแผ่นอะคริลิกบนชุดให้ความร้อนให้อ่อนตัวด้วยอุณหภูมิประมาณ 135 - 204 องศาเซลเซียส จนอ่อนตัวทั่วทั้งแผ่น

1.4.8.2.2.3 กดกรอบที่มีแผ่นอะคริลิกที่อ่อนตัวลงบนแม่แบบ ดังภาพประกอบ 6



ภาพประกอบ 6 การกดกรอบที่มีแผ่นอะคริลิกที่อ่อนตัวลงบนแม่แบบ

2.4.8.2.2.4 ทิ้งไว้จนแผ่นอะคริลิกคงรูป จึงถอดแผ่นอะคริลิกออกจากแม่

แบบ

1.4.8.2.3 การพับโดยใช้แม่แบบกดลงบนแผ่นอะคริลิก ทำการพับเหมือนข้อ

1.4.8.2.1 แตกต่างกันตรงที่ต้องใช้แม่แบบกดลงบนแผ่นอะคริลิกที่อ่อนตัว

1.4.9 เทคนิคการพับแผ่นอะคริลิกมีรายละเอียดดังนี้ (พิชิต เลี่ยมพิพัฒน์. 2540ก : 323 - 324)

1.4.9.1 รัศมีโค้งปลายมุมรอยพับที่เล็กที่สุด ไม่ได้ขึ้นอยู่กับความหนาของแผ่นอะคริลิกเพียงอย่างเดียว แต่ยังขึ้นอยู่กับมุมที่พับด้วย

1.4.9.2 การพับมุมฉาก รัศมีไม่ควรน้อยกว่าความหนาของแผ่นอะคริลิก

1.4.9.3 มุมที่พับยังมีขนาดใหญ่ขึ้นมากเท่าใด รัศมีที่เล็กสุดก็จะมีขนาดใหญ่ขึ้นเท่านั้น

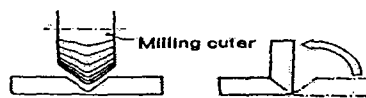
1.4.9.4 การพับจะเกิดมีการติดตัวกลับ ดังนั้นในการพับควรพับให้มากกว่ามุมที่กำหนดเล็กน้อย ส่วนจะมากกว่าเท่าใด ขึ้นอยู่กับความหนาของแผ่นอะคริลิกและการทดลองฝึกหัดทำกับแผ่นอะคริลิกตัวอย่าง

1.4.9.5 ความกว้างบริเวณที่ให้ความร้อนในกรณีใช้ลวดความร้อนแนวตรง มีสูตรง่าย ๆ คือ

ความกว้างบริเวณที่ให้ความร้อน = 4 เท่า ของความหนาของแผ่นอะคริลิก

1.4.9.6 การพับมุมฉาก แผ่นอะคริลิกที่ต้องการพับมุมให้เป็นมุมฉาก การให้ความร้อนแนวพับเพียงด้านเดียวจะได้รอยพับที่ไม่สวย ดังนั้นต้องนำแผ่นอะคริลิกไปเจาะร่องให้เป็นตัววี โดยหัวกัดเจาะร่อง (milling cutter) แต่ต้องมีส่วนที่เหลืออย่างน้อย 1 มิลลิเมตร แต่แผ่นอะคริลิกที่ใช้การพับมุมฉากด้วยวิธีนี้จะมี ความแข็งแรงน้อย อาจเพิ่มความแข็งแรงโดยใช้กาวเชื่อมหรือตัวทำละลายประสานเนื้อให้ติดกัน ซึ่งลักษณะการเจาะร่องให้เป็นตัววีแล้วพับแผ่นอะคริลิกให้เป็นมุมฉาก ดังภาพประกอบ 7

193252 8.3

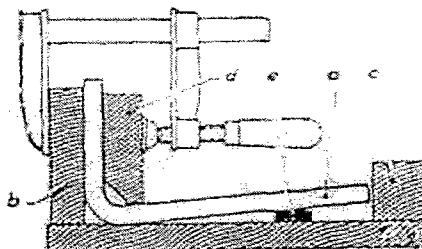


ภาพประกอบ 7 การเจาะร่องให้เป็นตัววีแล้วพับแผ่นอะคริลิกให้เป็นมุมฉาก

1.4.9.7 กรอบช่วยยึดในการพับแผ่นอะคริลิก มีรายละเอียดดังนี้

1.4.9.7.1 กรอบช่วยยึดในการพับแผ่นอะคริลิกมุมเดียว มีหลักการดังนี้

1.4.9.7.1.1 กรอบช่วยยึดในการพับแผ่นอะคริลิกมุมเดียวโดยใช้ปากการูปตัวซีเป็นตัวยึด ถ้า a หมายถึง อะคริลิกแผ่น b หมายถึง กรอบไม้ช่วยยึดในการพับ c หมายถึง แผ่นก้ำกับตอนปลาย d หมายถึง แผ่นไม้ก้ำกับ และ e หมายถึง แผ่นเสริมปรับมุม ซึ่งลักษณะกรอบช่วยยึดในการพับแผ่นอะคริลิกมุมเดียวโดยใช้ปากการูปตัวซีเป็นตัวยึด ดังภาพประกอบ 8



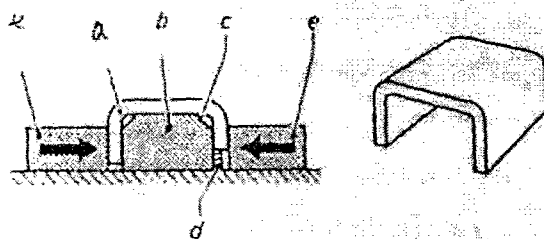
ภาพประกอบ 8 กรอบช่วยยึดในการพับแผ่นอะคริลิกมุมเดียวโดยใช้ปากการูปตัวซีเป็นตัวยึด

1.4.9.7.1.2 กรอบช่วยยึดในการพับแผ่นอะคริลิกมุมเดียวโดยใช้รางไม้เป็นตัวบังคับมุม ดังภาพประกอบ 9 (พิชิต เลี่ยมพิพัฒน์. 2540ก : 283)



ภาพประกอบ 9 กรอบช่วยยึดในการพับแผ่นอะคริลิกมุมเดียวโดยใช้รางไม้เป็นตัวบังคับมุม

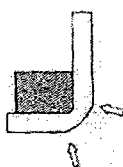
1.4.9.7.2 กรอบช่วยการพับ 2 มุม ถ้า a หมายถึง แผ่นอะคริลิก b หมายถึงแม่แบบ c หมายถึง มุมตัดของแม่แบบ d หมายถึง แผ่นกำกับความสูงของปลาย และ e หมายถึง แผ่นกำกับด้านข้าง ซึ่งลักษณะกรอบช่วยการพับ 2 มุม ดังภาพประกอบ 10 (พิชิต เลี่ยมพิพัฒน์. 2540ก : 324)



ภาพประกอบ 10 กรอบช่วยการพับ 2 มุม

1.4.10 ข้อผิดพลาดในการพับแผ่นอะคริลิกมีดังนี้ (พิชิต เลี่ยมพิพัฒน์. 2540ก : 324 - 325)

1.4.10.1 มุมโค้งด้านนอกของรอยพับแผ่นอะคริลิกไม่เรียบ ดังภาพประกอบ 11 ซึ่งมีสาเหตุมาจาก



ภาพประกอบ 11 มุมโค้งด้านนอกของรอยพับแผ่นอะคริลิกไม่เรียบ

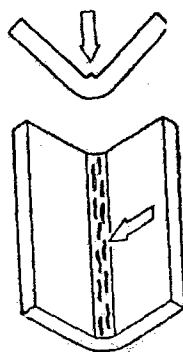
1.4.10.1.1 มุมโค้งมีรัศมีน้อยกว่าความหนาของแผ่นอะคริลิก

1.4.10.1.2 การลนให้ความร้อนกับแผ่นอะคริลิกมีอุณหภูมิต่างกันไม่สม่ำเสมอ

1.4.10.2 มุมโค้งด้านในของรอยพับแผ่นอะคริลิกย่นและแตก ดังภาพประกอบ 12 มีสาเหตุมาจาก

1.4.10.2.1 มุมด้านในของแผ่นอะคริลิกมีรัศมีน้อยเกินไป

1.4.10.2.2 มุมด้านในของแผ่นอะคริลิกอุณหภูมิขณะพับต่ำหรือการลนให้ความร้อนของแผ่นอะคริลิกไม่สม่ำเสมอ



ภาพประกอบ 12 การย่นและแตกของมุมโค้งด้านในของรอยพับแผ่นอะคริลิก

1.4.10.3 เกิดเงาสะท้อนที่มุมโค้งด้านนอกของรอยพับแผ่นอะคริลิก ซึ่งแผ่นอะคริลิกถูกพับเป็นมุมเล็กหรือมุมใหญ่ก็ตามความใสของแผ่นอะคริลิกอาจจะเกิดเงาสะท้อน แต่สิ่งเหล่านี้สามารถแก้ไขได้โดยการพับด้วยความประณีต

1.4.11 ตัวอย่างชิ้นงานที่ขึ้นรูปจากการพับแผ่นอะคริลิกเป็นที่เสียบปากกาที่ทำจากแผ่นอะคริลิก ดังภาพประกอบ 13 (พิชิต เลี่ยมพิพัฒน์. 2540ก : 293)



ภาพประกอบ 13 ที่เสียบปากกาที่ทำจากแผ่นอะคริลิก

โดยสรุปแผ่นพลาสติกที่นำมาใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกแผ่นอะคริลิกที่หมายถึงแผ่นโพลิเมธิลเมทาไครเลทที่มีความหนาอยู่ระหว่าง 1 ถึง 3 มิลลิเมตร เพราะเป็นแผ่นอะคริลิกที่นำมาพับขึ้นรูปเพื่อใช้ประโยชน์กันมาก การตัดสามารถตัดโดยใช้เลื่อยหรือใช้มีดกรีดเพียงด้านเดียว โดยใช้มีดกรีดเพียง 2 - 3 ครั้งแล้วจึงนำแนวกรีดไปวางบนขอบโต๊ะ จากนั้นจึงใช้มีดกดแผ่นอะคริลิกให้แยกตัวออกจากกันได้ ส่วนการให้

ความร้อนแผ่นอะคริลิกเพื่อทำการพับผู้วิจัยเลือกใช้หลักการให้ความร้อนแนวตรง โดยใช้ขวดลดความร้อน เพราะมีผลต่อการหดตัวของแผ่นอะคริลิกน้อย ซึ่งอุณหภูมิที่แผ่นอะคริลิกสามารถรักษารูปทรงได้อยู่ในช่วงระหว่าง 80 - 90 องศาเซลเซียส ส่วนอุณหภูมิที่ใช้ในการให้ความร้อนแก่แนวพับของแผ่นอะคริลิกที่ได้ศึกษาจากเอกสารใช้อุณหภูมิอยู่ระหว่าง 140 - 160 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ไม่ได้ระบุว่าจะเหมาะสม กับแผ่นอะคริลิกที่มีความหนาเท่าไร เพราะฉะนั้นผู้วิจัยจึงใช้อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นค่ากลางในการให้ความร้อนรอยพับอ่อนตัวสำหรับทุกความหนา อีกทั้งจากการศึกษาเอกสารก็ไม่ได้ระบุช่วงเวลาที่เหมาะสมในการให้ความร้อนแก่แนวพับของแผ่นอะคริลิกสำหรับความหนาขนาดต่าง ๆ จึงมีความจำเป็นต้องขอคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญด้านการพับแผ่นอะคริลิกในระยะเวลาที่เหมาะสมอีกเช่นกัน ส่วนแผ่นอะคริลิกที่ใช้ในการทดลองผู้วิจัยเลือกแผ่นอะคริลิกใสและแผ่นอะคริลิกสีผิวเรียบเพราะสามารถเห็นข้อบกพร่องของรอยพับได้ชัดเจน

2. หลักการออกแบบเครื่องจักร

การออกแบบเครื่องจักรเป็นศิลปะของการพัฒนาทางด้านการคิดใหม่ ๆ แล้วแสดงลงบนกระดาษ ในรูปของแบบลายเส้น พร้อมทั้งขนาดและรายละเอียดต่าง ๆ จากแบบที่ได้จะนำไปใช้ในการสร้างหรือพัฒนาเครื่องจักรต่อไป เครื่องจักรใหม่ ๆ เกิดขึ้นได้เพราะความต้องการในการใช้งานของมนุษย์ ซึ่งมีรายละเอียดในการออกแบบเครื่องจักรดังนี้ (วรวิทย์ อึ้งภากรณ์และชาญ ฤกษ์งาน . 2541 : 11 –17)

2.1 ปรัชญาของการออกแบบ

ผู้ออกแบบจะเริ่มต้นด้วยการขีดเขียนและสร้างสรรค์แบบใหม่ ๆ ขึ้นมา แม้ว่าในการสร้างเครื่องจักรชนิดใหม่ที่ไม่เคยมีใช้มาก่อน จะต้องใช้ความคิดโดยอาศัยพื้นความรู้ต่าง ๆ อาศัยประสบการณ์และใช้เวลา มากหรือน้อยก็ตาม ผู้ออกแบบจะได้ผลกำไรจากความรู้ทางด้านวิศวกรรมและด้านอุตสาหกรรมเพิ่มขึ้นหลายประการ การออกแบบส่วนมากจะทำตามแบบอย่างที่มีใช้อยู่ในอุตสาหกรรม เช่น เครื่องกลึงรุ่นใหม่อีกมีลักษณะคล้ายเครื่องกลึงรุ่นเก่า รถยนต์รุ่นใหม่ก็คล้ายกับรถยนต์รุ่นเก่า เพียงแต่มีการพัฒนาให้ดีขึ้น เพราะมีความรู้มากขึ้น มีประสบการณ์มากขึ้น ในบางครั้งการพัฒนาจะทำเมื่อต้องการสมรรถนะของเครื่องให้สูงขึ้น เพื่อเพิ่มหรือรักษาระดับราคาหรือเพิ่มผลการแข่งขันทางการตลาด ซึ่งปรัชญาของการออกแบบงานเฉพาะอย่างขึ้นอยู่กับลักษณะของอุตสาหกรรมหรือชนิดของเครื่องจักร การออกแบบในบางครั้งจะมีแบบต่าง ๆ หลายแบบ ซึ่งขึ้นอยู่กับว่าผู้ออกแบบประสงค์จะให้งานออกมาในรูปแบบใด ในงานออกแบบบางชนิดผู้ออกแบบจะต้องค่อย ๆ เปลี่ยนแปลงปรัชญาให้เหมาะสมกับธรรมชาติของงานนั้น เช่น เมื่อออกแบบเครื่องบินจะต้องทำด้วยความแม่นยำสูง ระมัดระวังด้านความต้านแรงและน้ำหนัก ซึ่งเป็นการออกแบบที่เสียค่าใช้จ่ายสูง เมื่อเปรียบเทียบกับออกแบบถึงความดันขนาดใหญ่ ผู้ออกแบบไม่จำเป็นต้องคำนึงถึงความแม่นยำสูง เหมือนกับเครื่องบินหรือไม่ต้องคำนึงถึงน้ำหนัก เป็นต้น ที่กล่าวมาทั้งหมดนี้ไม่ใช่ปรัชญาของการออกแบบทั้งหมดในอุตสาหกรรม แต่มีความประสงค์จะชี้ให้เห็นถึงความแตกต่างบางประการ ซึ่งในการออกแบบจริงควรจะต้องพิจารณาปรัชญาที่เหมาะสมกับงานนั้น ๆ เป็นหลักสำคัญ

2.2 พื้นฐานของผู้ออกแบบเครื่องจักร

ผู้ออกแบบเครื่องจักรที่ดีควรจะต้องมีพื้นฐานความรู้ดังต่อไปนี้เป็นอย่างดี

2.2.1 พื้นฐานความรู้ทางด้านความแข็งแรงของวัสดุเป็นอย่างดี เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ความเค้น ชิ้นส่วนเครื่องจักรจะต้องแข็งแรงและแข็งแรงเพียงพอที่จะรับแรงต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นได้

2.2.2 พื้นฐานความรู้เกี่ยวกับคุณสมบัติของวัสดุวิศวกรรมที่ใช้กับเครื่องจักรเป็นอย่างดีทางด้านโลหวิทยา กรรมวิธีทางความร้อนต่าง ๆ และติดตามการพัฒนาทางด้านวัสดุอยู่ตลอดเวลา เพื่อจะได้นำวัสดุที่เหมาะสมที่สุดมาใช้

2.2.3 มีความรู้ทางด้านกรรมวิธีการผลิตต่าง ๆ หลักเศรษฐศาสตร์ของวิธีการผลิต เพราะชิ้นส่วนเครื่องจักรที่ผลิตขึ้นมาจะต้องแข่งขันกันทางด้านราคา บางครั้งการออกแบบชิ้นส่วนหนึ่งอาจเหมาะกับโรงงานผลิตแห่งหนึ่ง แต่ไม่เหมาะกับโรงงานผลิตอีกแห่งหนึ่งก็ได้ เช่น โรงงานผลิตที่มีแผนกเชื่อมที่ดี แต่ไม่มีแผนกหล่อ จะพบว่าการผลิตโดยวิธีเชื่อมจะประหยัดที่สุด แต่ในขณะเดียวกันโรงงานอีกแห่งหนึ่งอาจตัดสินใจใช้วิธีหล่อเพราะมีแผนกหล่อที่ดีอยู่

2.2.4 มีความรู้เป็นพิเศษเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ที่มีผลต่อคุณสมบัติของวัสดุ เช่น บรรยากาศที่ทำให้เกิดการกัดกร่อน อุณหภูมิต่ำมาก ๆ หรือสูงมาก ๆ เป็นต้น

2.2.5 เตรียมพร้อมสำหรับการตัดสินใจอย่างฉลาดได้ว่า

2.2.5.1 ควรเลือกใช้ชิ้นส่วนที่มีจำหน่ายอยู่แล้วหรือต้องการออกแบบใหม่

2.2.5.2 ควรใช้สูตรสำเร็จที่ได้จากประสบการณ์ในการออกแบบชิ้นส่วนหรือไม่

2.2.5.3 ควรทดสอบชิ้นงานก่อนการผลิตหรือไม่

2.2.5.4 ต้องออกแบบเป็นพิเศษเพื่อควบคุมการสั่นสะเทือน ระดับเสียงดังและอื่น ๆ หรือไม่

2.2.6 มีความเข้าใจถึงความสวยงามบางประการ ซึ่งจะช่วยให้ผลิตผลดูดีและดึงดูดใจผู้ใช้

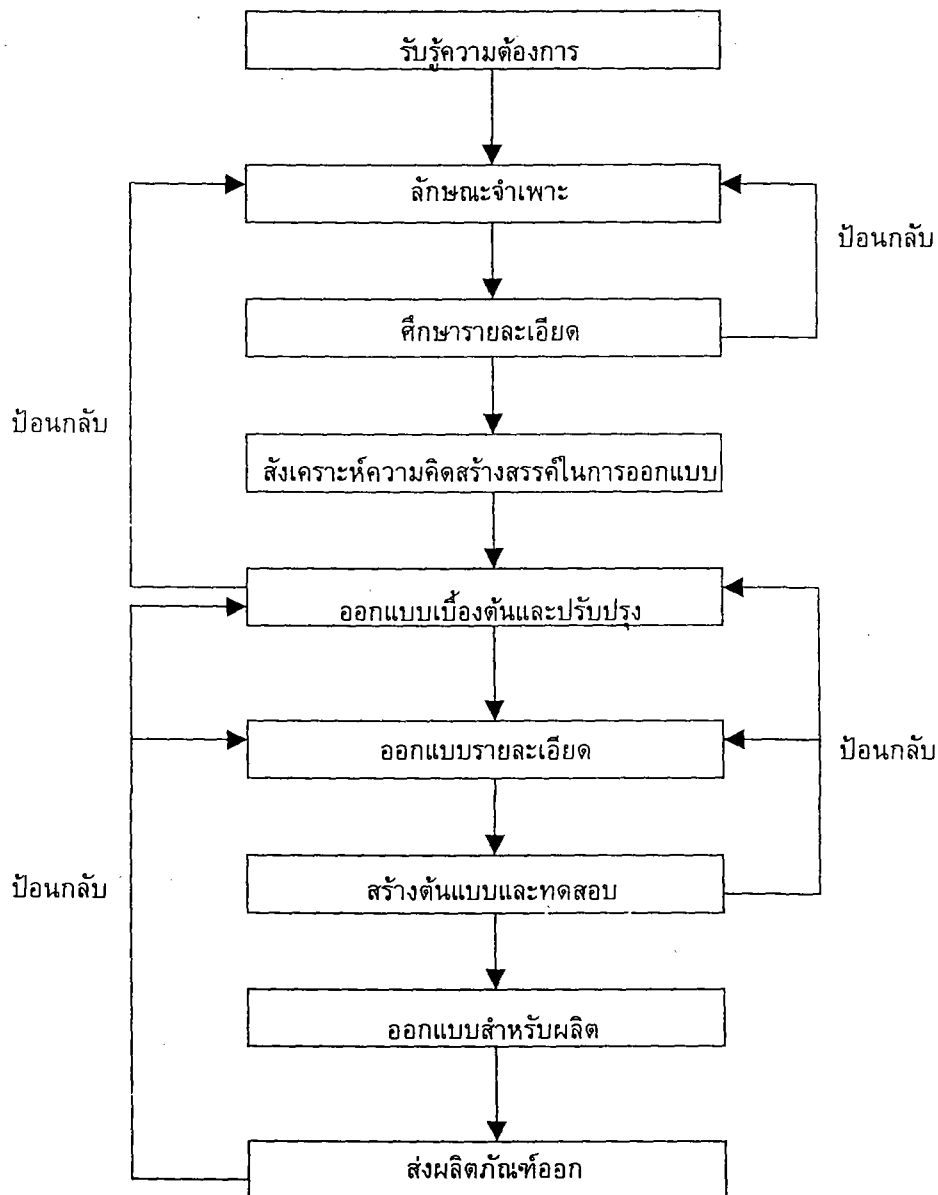
2.2.7 มีความรู้ทางด้านเศรษฐศาสตร์และการแข่งขันทางด้านราคาเพราะเหตุว่าวิศวกรมีหน้าที่ในการประหยัดเงินของผู้ว่าจ้าง การจะเพิ่มราคาสินค้าได้จะต้องมีการปรับปรุง เปลี่ยนแปลง เช่น เพิ่มสมรรถนะ เพิ่มสิ่งดึงดูดใจ หรือเพิ่มความทนทานให้มากขึ้น

2.2.8 มีสัญชาตญาณในการเป็นนักประดิษฐ์และสร้างสรรค์ สิ่งสำคัญที่สุดก็คือจะต้องทำให้เกิดประสิทธิผลสูงที่สุด ความคิดสร้างสรรค์อาจเกิดขึ้นเพราะมีความขยันขันแข็งที่จะแก้ไขสิ่งที่ไม่ถูกใจและมีความเต็มใจที่จะทำ

ตามปกติแล้วยังมีอีกหลายสิ่งหลายอย่างที่ควรพิจารณาโดยละเอียดอีก เช่น เครื่องจักรจะใช้งานได้อย่างปลอดภัยหรือไม่ มีอะไรป้องกันการเผอเรอขณะใช้งานของผู้ใช้เครื่องจักรหรือไม่ มีการสั่นสะเทือนจนอาจเกิดอันตรายหรือไม่ การประกอบชิ้นส่วนหรือการซ่อมบำรุงทำได้ยากหรือง่าย เป็นต้น แต่ไม่มีวิศวกรคนใดที่จะมีความรู้เป็นพิเศษเกี่ยวกับสิ่งที่กล่าวมาแล้วทั้งหมดและตัดสินใจในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้ดีที่สุดที่สุด องค์กรขนาดใหญ่ขึ้นย่อมจะมีผู้ชำนาญพิเศษในด้านต่าง ๆ มากขึ้นซึ่งจะช่วยให้การเป็นที่ปรึกษาได้เป็นอย่างดี วิศวกรส่วนมากจะรู้ขั้นตอนการออกแบบแล้วเป็นอย่างดีและจะดียิ่งขึ้นถ้าได้ใช้บุคคลหลายฝ่ายที่มีความชำนาญพิเศษต่างกันมารวมมือกันออกแบบ การออกแบบเป็นอาชีพอย่างหนึ่งซึ่งมีเสน่ห์ดึงดูดใจผู้ออกแบบ เพราะต้องใช้พื้นฐานความรู้อย่างกว้างขวางทั้งทางด้านทฤษฎีและปฏิบัติ งานวิศวกรรมก็คืองานออกแบบ

2.3 ขั้นตอนของการออกแบบ

การออกแบบเป็นกระบวนการที่น่าสนใจมาก ว่าควรจะเริ่มต้นอย่างไร ควรจะเริ่มต้นจากกระดาษเปล่าแผ่นหนึ่ง แล้วเริ่มลงมือแสดงความคิดเห็นลงไป ต่อไปจะเกิดอะไรขึ้น มีอะไรบ้างที่เป็นตัวควบคุมหรือมีผลต่อการตัดสินใจและสุดท้ายงานออกแบบจะสิ้นสุดลงที่ใด ดังนั้นจึงจะกล่าวถึงขั้นตอนในการออกแบบทั่วไป ซึ่งงานบางประเภทอาจไม่เป็นไปตามขั้นตอนดังกล่าวนี้ก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์ที่ออกแบบและกรรมวิธีการออกแบบ โดยแผนภูมิของการออกแบบที่มีส่วนป้อนกลับ ดังภาพประกอบ 14



ภาพประกอบ 14 แผนภูมิของการออกแบบที่มีส่วนป้อนกลับ

2.3.1 รับรู้ความต้องการ การออกแบบอาจเริ่มต้นขึ้นจากการที่วิศวกรรับรู้ความต้องการและตัดสินใจที่จะทำอะไรบางอย่างขึ้น หรืออาจได้รับข้อมูลจากลูกค้าที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ในด้านการใช้งานและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ อาจเป็นแรงผลักดันให้มีการออกแบบขึ้นได้ การแข่งขันกันทางด้านธุรกิจและอุตสาหกรรม ทำให้เกิดความต้องการในการออกแบบอุปกรณ์ กระบวนการและเครื่องจักรใหม่ ๆ สิ่งสำคัญคือต้องยอมรับว่าเกิดความต้องการขึ้น แล้วใช้ประสบการณ์พื้นฐานที่มีอยู่ทำความเข้าใจกับความต้องการนั้นให้ถ่องแท้

2.3.2 ลักษณะจำเพาะ รวบรวมรายละเอียดของสิ่งที่ต้องการออกแบบให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ ซึ่งอาจประกอบไปด้วย คุณลักษณะ ขนาด ราคา จำนวนที่ต้องการผลิต อายุการใช้งาน อุณหภูมิใช้งาน ความเชื่อถือได้และสิ่งที่คาดว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงได้บ้าง เช่น น้ำหนัก ขนาดต่าง ๆ พร้อมทั้งบางสิ่งบางอย่างที่เกิดขึ้น เนื่องมาจากการออกแบบ เช่น กรรมวิธีการผลิต ความชำนาญของช่างและการแข่งขันทางด้านตลาด เป็นต้น การออกแบบงานบางประเภทต้องทำตามเกณฑ์ เช่น หม้อไอน้ำ ภาชนะความดัน ก็จำเป็นต้องศึกษาเกณฑ์นั้นให้ทราบถึงสิ่งสำคัญต่าง ๆ ที่เป็นข้อควรระมัดระวังและปฏิบัติตาม

2.3.3 ศึกษารายละเอียด เมื่อได้ลักษณะจำเพาะต่าง ๆ แล้ว ขั้นตอนต่อไปก็ต้องศึกษารายละเอียดทั้งนี้ก็เพื่อแยกแยะถึงสิ่งที่อาจก่อให้เกิดความเสียหาย หรือความล้มเหลว ทั้งทางด้านเทคนิคและด้านเศรษฐศาสตร์ โดยปกติแล้วผู้ที่รับผิดชอบในการศึกษารายละเอียดมักจะเป็นวิศวกรที่ผ่านงานออกแบบมาแล้วอย่างมาก มีความรู้พื้นฐานทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ต่าง ๆ เป็นอย่างดี รู้จักการเลือกใช้วัสดุ รู้วิธีการผลิตและความต้องการของแผนกขาย ผู้ที่ทำการศึกษารายละเอียดมักจะเป็นผู้รับผิดชอบโครงการทั้งหมด มีบ่อยครั้งที่ผลจากการศึกษารายละเอียดจะทำให้ลักษณะจำเพาะต้องเปลี่ยนไป เพื่อความสำเร็จของโครงการจึงทำให้มีสัณฐานกลับไปยังลักษณะจำเพาะ ดังภาพประกอบ 14

2.3.4 การสังเคราะห์ความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบ เมื่อศึกษารายละเอียดแล้ว ต่อไปก็ถึงขั้นการสังเคราะห์ความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบ ซึ่งเป็นขั้นที่ท้าทายและน่าสนใจที่สุดในการออกแบบ เพราะถ้าไม่มีขีดจำกัดอันใดแล้ว ผู้ออกแบบจะทำหน้าที่เป็นวิศวกร นักประดิษฐ์และจิตรกรในเวลาเดียวกัน ซึ่งในขณะนี้เขาจะเป็นนักสร้างสรรค์ การสังเคราะห์คือการวิเคราะห์และทำให้อ่านวยประโยชน์ที่สุด ในขั้นนี้จะต้องสังเคราะห์ความคิดใหม่กับความคิดเก่า เพื่อทำให้เกิดความคิดใหม่ขึ้น ความคิดสร้างสรรค์เป็นสิ่งที่สั่งสอนกันไม่ได้แม้ว่าจะใช้วิธีกระตุ้นก็ตาม แต่ก็เชื่อได้ว่าการศึกษาที่เหมาะสมทำให้มนุษย์มีกระบวนการคิดสร้างสรรค์กว้างขวางขึ้น

2.3.5 ออกแบบเบื้องต้นและปรับปรุง หลังจากผ่านกระบวนการสังเคราะห์ความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบแล้ว อาจจะมีวิธีการออกแบบที่เหมาะสมกับลักษณะจำเพาะและความต้องการหลายวิธี จึงจำเป็นต้องตัดสินใจเลือกเอาวิธีใดวิธีหนึ่งเป็นแบบเบื้องต้นและปรับปรุงต่อไป ในขั้นนี้ต้องมีแบบแสดงเครื่องจักรหรือระบบที่มีความเกี่ยวข้องกัน เพื่อหาความสัมพันธ์ต่าง ๆ ของระบบทั้งหมด แบบควรมีขนาดสำคัญพร้อมทั้งรูปประกอบ รูปด้านข้างอย่างสมบูรณ์ นอกจากนั้นยังต้องพิจารณาทางด้านคิเนมาติก (kinematic) ของระบบด้วยเพื่อความมั่นใจว่าจะทำงานได้ โดยปกติแล้วในขั้นนี้จะไม่สมบูรณ์ จึงต้องมีส่วนป้อนกลับไปยังลักษณะจำเพาะ ดังภาพประกอบ 14 เพื่อทำให้มีความสมบูรณ์ครบถ้วน พร้อมกันนั้นก็จะมีการปรับปรุงเพื่อพิสูจน์ให้เห็นถึงแนวความคิด เพื่อหาวัสดุที่มีคุณสมบัติเหมาะสม เพื่อประเมินผลของอุปกรณ์ หรือค้นหาสิ่งที่ยังไม่แน่ชัดจากข้อมูลทางเทคนิคและประสบการณ์ที่ผ่านมา ดังนั้นช่วงการออกแบบเบื้องต้นนี้อาจจะซ้ำหรือเปลี่ยนแปลงไปตามข้อมูลที่ได้อันที่จริงแล้วการปรับปรุงจะเกิดขึ้นในขั้นตอนต่อไปของภาพประกอบที่ 14

2.3.6 ออกแบบรายละเอียด การออกแบบรายละเอียดเกี่ยวข้องกับขนาดจริงและส่วนประกอบอื่น ๆ ทั้งหมด ทั้งที่จะผลิตขึ้นเอง หรือผลิตภัณฑ์สำเร็จที่ซื้อมาใช้ ซึ่งจะประกอบเข้าด้วยกันทั้งหมดเป็นระบบ ดังนั้นจึงต้องมีแบบรายละเอียดของชิ้นส่วนทุกชิ้น แสดงรูปด้านต่าง ๆ เท่าที่จำเป็น โดยต้องกำหนดทั้งขนาด พิกัดความเมื่อไว้ให้ครบ วัสดุที่ใช้ กรรมวิธีทางความร้อน (ถ้ามี) จำนวนชิ้นส่วน ชื่อชิ้นส่วนและบางครั้งอาจจะต้องใช้แบบประกอบของชิ้นงานสำเร็จด้วย ซึ่งปกติช่างเขียนแบบจะทำงานไปพร้อมกับวิศวกร เพื่อเขียนแบบที่วิศวกรกำหนดขึ้น วิศวกรจะให้ข้อมูลต่าง ๆ ที่จำเป็น เช่น รูปแบบเบื้องต้นที่วิศวกรร่างขึ้นมาก่อน จะต้องให้ขนาด ชนิดของวัสดุ โดยใช้เทคนิคในการวิเคราะห์และประสบการณ์ที่ผ่านมา ซึ่งหมายความว่าวิศวกรต้องใช้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ กลศาสตร์ ความแข็งแรงของวัสดุ กลศาสตร์ของไหล การสั่นสะเทือน โลหะวิทยา กระบวนการผลิต โดยที่วิศวกรอาจจะหาผู้ช่วยที่มีความชำนาญเป็นพิเศษเฉพาะสาขามาช่วยได้

2.3.7 สร้างต้นแบบและทดสอบ หลังจากที่มีรายละเอียดต่าง ๆ สมบูรณ์ มีแบบแยกชิ้น แบบประกอบ รวมทั้งวัสดุและรายการชิ้นส่วนต่าง ๆ แล้ว จึงส่งแบบที่สมบูรณ์ทั้งหมดไปยังโรงงานเพื่อสร้างต้นแบบ เมื่อสร้างต้นแบบเสร็จเรียบร้อยก็เตรียมประเมินผลและทดสอบ ผลจากการทดสอบอาจทำให้ต้องเปลี่ยนแปลงหรือปรับปรุงการออกแบบเบื้องต้น หรือแบบรายละเอียดบางประการ ซึ่งแสดงไว้ในส่วนป้อนกลับดังภาพประกอบ 14 หลังการเปลี่ยนแปลงปรับปรุงชิ้นส่วนบางชิ้นแล้ว อาจทดสอบและประเมินผลใหม่อีกครั้ง หรืออาจต้องทำอีกหลายครั้ง จนกระทั่งวิศวกรผู้ออกแบบพึงพอใจที่ชิ้นงานมีสมรรถนะตามต้องการ เมื่อถึงขั้นนี้แล้วจะส่งแบบชิ้นส่วนและรายการวัสดุไปยังแผนกวิศวกรรม เพื่อปรับปรุงให้เหมาะสมกับการผลิตต่อไป

2.3.8 ออกแบบสำหรับผลิต ในขั้นนี้จะพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงบางอย่างเพื่อความเหมาะสม (โดยมากจะพิจารณาจากหลักเศรษฐศาสตร์) ของวิธีการผลิตที่ดีที่สุด เนื่องจากการผลิตชิ้นงานน้อยชิ้นกับชิ้นงานมากขึ้นอาจต้องใช้วิธีการผลิตต่างกัน จึงต้องหาวิธีการผลิตที่ประหยัดที่สุด บางครั้งอาจรวมชิ้นงานหลายชิ้นเข้าเป็นชิ้นเดียว หรือเปลี่ยนใช้ชิ้นส่วนที่มีในท้องตลาดแทน อีกประการหนึ่งวิศวกรการผลิตอาจเลือกใช้วัสดุที่มีคุณภาพใกล้เคียงกันแต่ราคาถูกกว่าได้ จากนั้นจึงเขียนแบบแก้ไขใหม่ให้เรียบร้อยแล้วจึงส่งฝ่ายผลิต เพื่อผลิตและส่งผลิตภัณฑ์ออกจำหน่าย

2.3.9 ส่งผลิตภัณฑ์ออก โดยปกติมักจะผลิตชิ้นงานต้นแบบแล้วทดสอบอีกครั้งหนึ่ง ถ้ามีปัญหากที่แก้ไขไม่ได้ก็จะส่งกลับไปยังแผนกออกแบบเบื้องต้นและปรับปรุง หรืออาจเสนอแนะข้อคิดเห็นไปได้ดังแสดงในภาพประกอบ 14

สิ่งที่กล่าวมาทั้งหมดนี้อาจไม่สมบูรณ์ทางด้านรายละเอียดต่าง ๆ หรืออาจจะใช้ได้กับกระบวนการผลิตบางอย่าง บางระบบเท่านั้น เพราะการที่จะรู้รายละเอียดถึงกรรมวิธีการออกแบบในงานต่าง ๆ จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องศึกษาและเข้าไปมีส่วนร่วมในงานนั้น ๆ

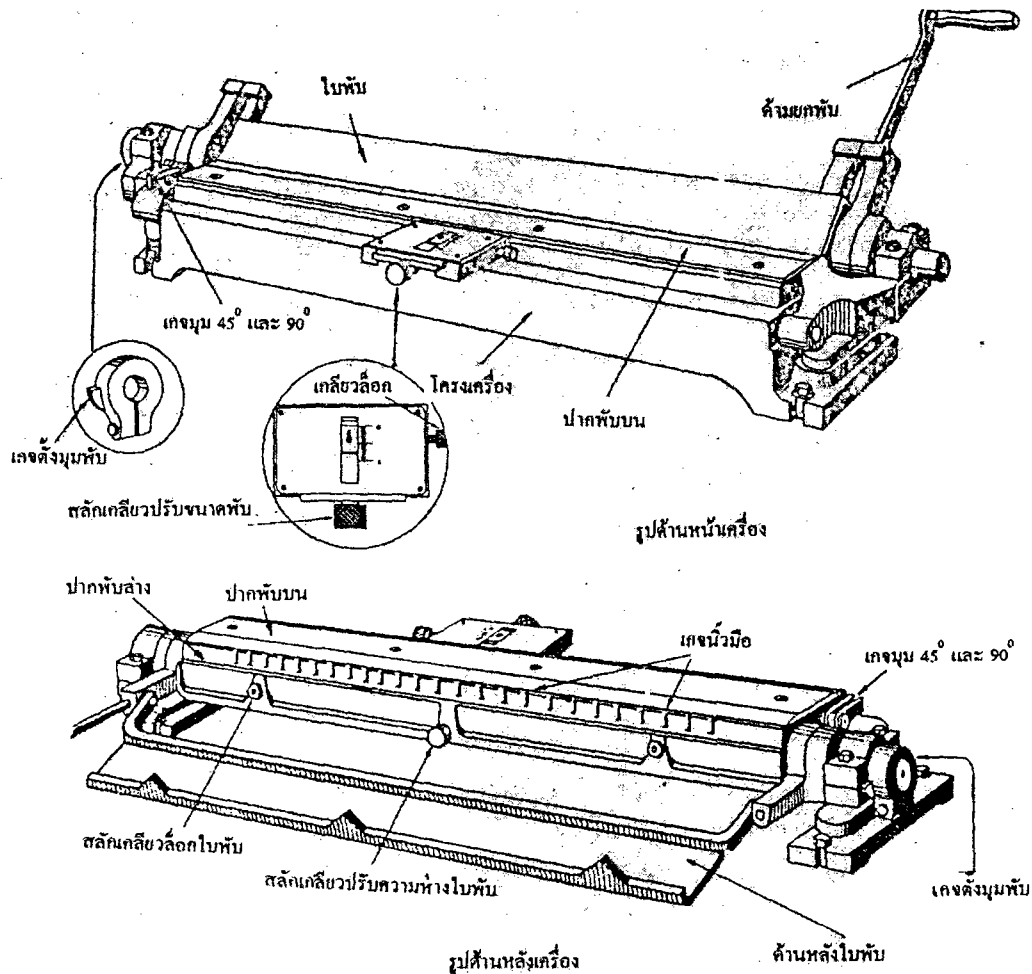
โดยสรุปในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยนำเอาหลักการออกแบบเครื่องจักรมาใช้ในการออกแบบเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก ซึ่งเริ่มต้นจากการวิเคราะห์ส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่อง แล้วออกแบบชิ้นส่วนของเครื่องเป็นการเขียนแบบภาพประกอบที่แสดงส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องทั้งหมดและเขียนแบบแยกชิ้นส่วนแต่ละส่วนของเครื่อง เพื่อแสดงรายละเอียดให้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ส่วนในขั้นสุดท้ายเพื่อให้ได้แบบที่สมบูรณ์จริง ๆ จึงทำการปรับปรุงแบบ โดยนำแบบเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิกไปขอคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญด้านการสร้างเครื่องจักรและผู้เชี่ยวชาญด้านไฟฟ้าพิจารณาดูจายละเอียด แล้วทำการปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ ซึ่งผู้วิจัยคาดว่าจะได้แบบที่สมบูรณ์ไปใช้ในการสร้างเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิกต่อไป

3. เครื่องพับ

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้กับแผ่นอะคริลิกสามารถนำเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานโลหะหลายอย่างมาใช้ได้ เช่น เลื่อย เครื่องเจาะ เครื่องกลึง เครื่องไส เป็นต้น แต่ถ้าเป็นเครื่องพับโลหะแผ่นนั้นไม่สามารถนำมาใช้ในการพับอะคริลิกแผ่นได้ เพราะแผ่นอะคริลิกจะแตกเมื่อถูกพับเป็นมุม หากไม่ได้รับความร้อนจนรอยพับอ่อนตัวเสียก่อน แต่สามารถนำเอาหลักการพับของเครื่องพับงานโลหะแผ่นมาเป็นข้อมูลในการออกแบบสร้างเครื่องพับแผ่นอะคริลิกได้ ซึ่งเครื่องพับโลหะแผ่นเป็นเครื่องจักรที่ช่วยในการพับขึ้นรูปโลหะแผ่นให้เป็นมุมได้อย่างรวดเร็ว เรียบร้อยและสวยงาม โดยที่เครื่องพับโลหะแผ่นมีใช้อยู่ 5 ชนิด คือ เครื่องพับขอบงาน (bar folder) เครื่องพับแบบผสม (combination brake and folder) เครื่องพับชิ้นงาน (standard hand brake) เครื่องพับกล่อง (box and pan brake) และเครื่องกดพับชนิดใช้ไฮดรอลิก (hydraulic press brake) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ (สุชาติ กิจพิทักษ์. 2540 : 85 - 91)

3.1 เครื่องพับขอบงาน เป็นเครื่องพับที่ใช้สำหรับพับขอบชิ้นงานเพียงอย่างเดียวโดยเฉพาะสามารถทำงานได้สะดวกรวดเร็วและให้ความเที่ยงตรงสูง ซึ่งใช้พับขอบงานลักษณะต่าง ๆ เช่น พับขอบงานตั้งขึ้นเป็นมุมต่าง ๆ พับขอบงานชั้นเดียว (Single Hem) พับขอบงานสองชั้น (Double Hem) พับขอบเพื่อเตรียมทำตะเข็บ (Seam) และเข้าขอบลวด (Wired edge) เป็นต้น เครื่องพับขอบงานนี้โดยทั่วไปมี 3 ขนาด คือ 533 มิลลิเมตร 765 มิลลิเมตร และ 917 มิลลิเมตร ซึ่งสามารถพับโลหะแผ่นหนา 0.7 มิลลิเมตร ทั้งยังสามารถพับขอบได้กว้าง 19 มิลลิเมตร 25 มิลลิเมตร และ 31 มิลลิเมตร

3.1.1 ส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องพับซองงาน ดังภาพประกอบ 15



ภาพประกอบ 15 ส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องพับซองงาน

3.1.1.1 โครงเครื่อง (frame) ใช้ทำหน้าที่เป็นโครงไว้สำหรับติดตั้งส่วนต่าง ๆ ของเครื่อง ได้แก่ ปากพับบน ไบพับ เกจตั้งระยะพับ เป็นต้น ซึ่งมีฐานสำหรับยึดติดกับโต๊ะได้ ส่วนโครงเครื่องนั้นทำจากเหล็กหล่อ

3.1.1.2 ปากพับบน (folding bar) เป็นไบที่ติดอยู่กับโครงเครื่องด้วยสลักเกลียว ซึ่งทำหน้าที่เป็นแผ่นรองช่วยกดชิ้นงานให้แน่นขณะพับ โดยที่ปากพับล่างจะเป็นตัวยกชิ้นงานมาบีบชิ้นงาน นอกจากนั้นเป็นตัวรองรับการพับ พร้อมทั้งยังใช้รองรับการกดของงานเรียบ

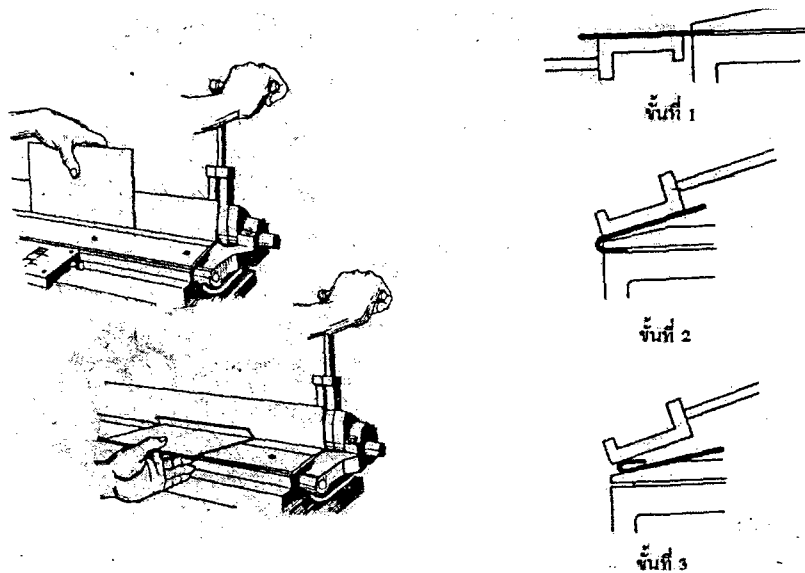
3.1.1.3 ปากพับล่าง (jaw) เป็นแท่งเหล็กหล่อที่มีจุดหมุนติดกับโครงเครื่อง ซึ่งวางอยู่บนลูกเบี้ยวเมื่อยกไบพับขึ้น ปากพับล่างจะยกขึ้นไปกดหรือบีบชิ้นงานที่สอดอยู่ระหว่างปากพับบนและล่าง

โดยปากพับล่างนี้จะมีร่องเล็ก ๆ หลายร่องเพื่อใส่เกจตั้งระยะพับ ส่วนปากล่างนี้สามารถปรับให้ชิดหรือห่างกับปากพับบนได้ตามความหนาของชิ้นงานที่จะพับที่สลักเกลียวตรงลูกเบี้ยวข้างเครื่อง

3.1.1.4 ใบพับ (wing) เป็นที่สำหรับวางชิ้นงานที่จะสอดเข้าปากพับและยกขึ้นพับชิ้นงาน ใบพับนี้สามารถปรับระยะห่างจากปากพับได้ เพื่อให้ชิ้นงานมีมุมพับคมหรือมุมพับโค้ง

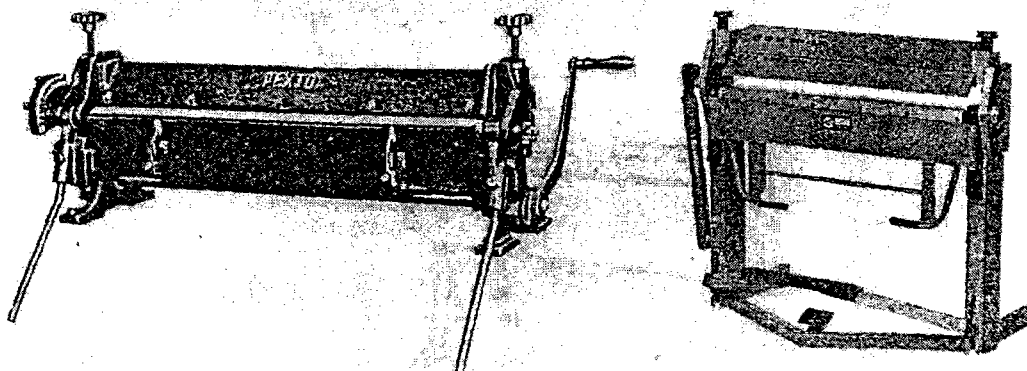
3.1.1.5 อุปกรณ์ช่วยต่าง ๆ ได้แก่ เกจตั้งระยะพับจะมีสลักเกลียวปรับขนาดอยู่ด้านหน้าของเครื่อง พร้อมมาตรวัดบอกขนาดและเกลียวล็อก ซึ่งเกจตั้งขนาดมุมพับจะอยู่ด้านข้างของเครื่องจะมี 2 อัน ใช้ตั้งมุมพับ 45 องศา และ 90 องศา

ซึ่งลักษณะการใช้งานของเครื่องพับขอบงาน ดังภาพประกอบ 16



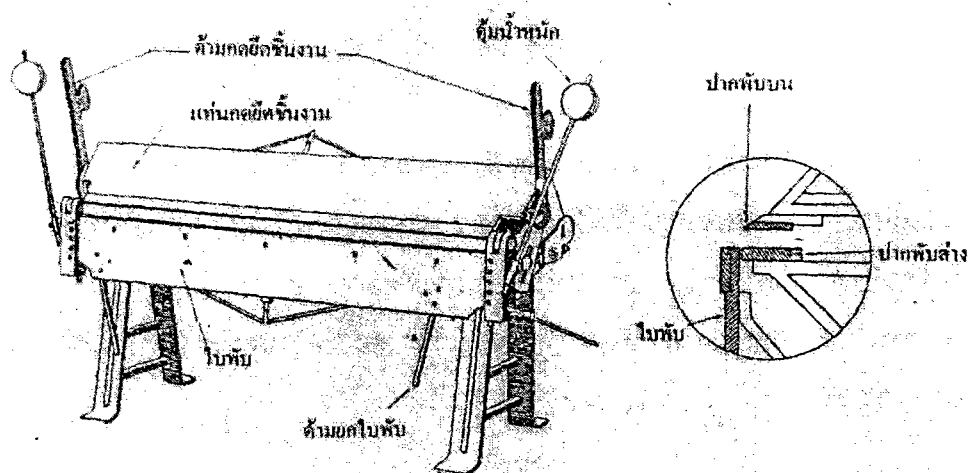
ภาพประกอบ 16 ลักษณะการใช้งานเครื่องพับขอบงาน

3.2 เครื่องพับแบบผสม เป็นเครื่องพับที่สามารถพับขอบงานแคบ ๆ ได้ ทั้งยังสามารถสอดชิ้นงานเข้าไปลึกตลอดความยาวชิ้นงานทำให้พับขึ้นรูปทั่วไปได้ด้วย ซึ่งเครื่องพับพวกนี้ต้องออกแบบปากพับเป็นพิเศษ เพื่อให้จับยึดขอบชิ้นงานได้แน่นพอที่จะพับขอบแคบ ๆ ได้โดยไม่เลื่อนหนี ซึ่งขนาดของเครื่องมีตั้งแต่ 762 มิลลิเมตร และ 914 มิลลิเมตร ซึ่งใช้พับโลหะแผ่นหนา 0.7 มิลลิเมตร ซึ่งมีลักษณะของเครื่องพับแบบผสม ดังภาพประกอบ 17



ภาพประกอบ 17 เครื่องพับแบบผสม

3.3 เครื่องพับชิ้นงาน เป็นเครื่องพับที่ใช้งานง่ายรวดเร็วสามารถพับได้ทั้งมุมคมและมุมโค้ง แต่เครื่องพับชิ้นงานนี้ไม่สามารถที่จะพับขอบงานแคบ ๆ ได้เหมือนเครื่องพับขอบหรือเครื่องพับแบบผสม ซึ่งถ้าพับโลหะแผ่นหนา 1.6 มิลลิเมตร จะพับขอบงานได้ตั้งแต่ 25 มิลลิเมตร ขึ้นไป ถ้าพับโลหะแผ่นหนา 1.2 มิลลิเมตร จะพับขอบงานได้ตั้งแต่ 19 มิลลิเมตร ขึ้นไป ถ้าพับโลหะแผ่นหนา 0.8 มิลลิเมตร จะพับขอบงานได้ตั้งแต่ 12 มิลลิเมตร ขึ้นไป ส่วนการบอกขนาดเครื่องนิยมบอกขนาดความยาวชิ้นงานและความหนาที่เครื่องสามารถพับได้ ซึ่งมีขนาดความยาวตั้งแต่ 914 มิลลิเมตร ไปจนถึง 3,048 มิลลิเมตร สำหรับความหนาของโลหะแผ่นที่ใช้ในการพับ คือ 1.6 มิลลิเมตร และ 0.8 มิลลิเมตร ซึ่งมีลักษณะและส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องพับชิ้นงาน ดังภาพประกอบ 18



ภาพประกอบ 18 ส่วนประกอบของเครื่องพับชิ้นงาน

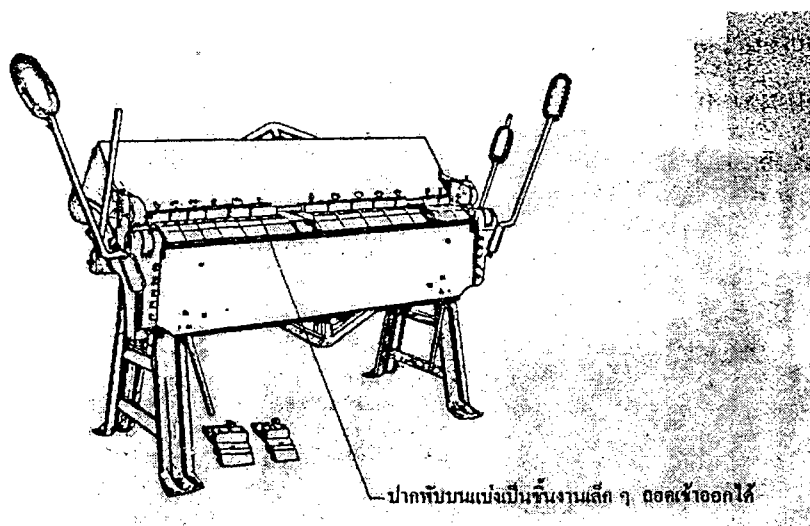
3.3.1 ส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องพับชิ้นงานมีดังนี้

3.3.1.1 แท่นเครื่อง (bed) เป็นโครงเหล็กทำหน้าที่เป็นโครงของเครื่องและยึดขาตั้งเครื่องทั้ง 2 ข้าง ทั้งยังเป็นที่ยึดจุดหมุนของใบพับ อีกทั้งยังยึดจุดหมุนของแท่นกดยึดชิ้นงานและด้านบนสำหรับยึดปากพับล่าง

3.3.1.2 แท่นกดยึดชิ้นงาน (top leaf) เป็นโครงเหล็กที่อยู่ด้านบนของเครื่อง ซึ่งยึดอยู่กับแท่นเครื่องด้วยจุดหมุน โดยทำหน้าที่กดยึดปากพับบนและหมุนขึ้นลงเพื่อสอดชิ้นงานเข้าแล้วกดยึดให้แน่นขณะพับ ซึ่งแท่นนี้สามารถปรับเลื่อนเข้าออกเพื่อปรับให้เหมาะสมกับความหนาของชิ้นงานที่จะพับได้ที่จุดหมุน

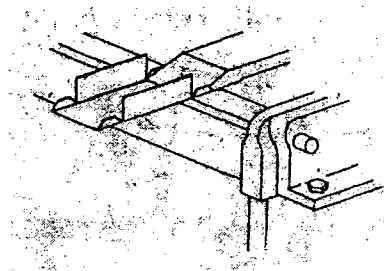
3.3.1.3 ใบพับ (wing) เป็นแผ่นเหล็กยาวตลอดตัวเครื่อง ซึ่งมีจุดหมุนติดกับโครงเครื่องทั้ง 2 ข้าง ใช้ในการพับชิ้นงานเป็นมุมต่าง ๆ เพื่อความสะดวกและผ่อนแรงจะมีตุ้มถ่วงน้ำหนักทั้ง 2 ข้าง ซึ่งใบพับนี้สามารถปรับให้เสมอกับปากพับหรือต่ำลงก็ได้ เพื่อให้เหมาะสมกับความหนาของชิ้นงานที่จะพับ โดยปรับแป้นเกลียวที่อยู่ส่วนล่างทั้ง 2 ข้าง

3.4 เครื่องพับกล่อง เป็นเครื่องพับที่มีรูปร่างลักษณะและหลักการทำงานทั่วไปคล้ายกับเครื่องพับชิ้นงาน เพียงแต่ปากพับบนของเครื่องชนิดนี้จะแบ่งออกเป็นชิ้นเล็ก ๆ หลายขนาด ซึ่งยึดอยู่บนแท่นกดยึดชิ้นงานด้วยสลักเกลียวที่สามารถถอดเข้าออกได้ง่าย โดยใบพับชิ้นเล็ก ๆ เหล่านี้ เรียกว่า ฟิงเกอร์ (finger) มีขนาดต่าง ๆ ตั้งแต่ 25, 50, 75, 100, 125 และ 150 มิลลิเมตร ซึ่งขนาดของเครื่องมีขนาดเช่นเดียวกับเครื่องพับชิ้นงาน ส่วนลักษณะของเครื่องพับกล่องสามารถดูได้จากภาพประกอบ 19



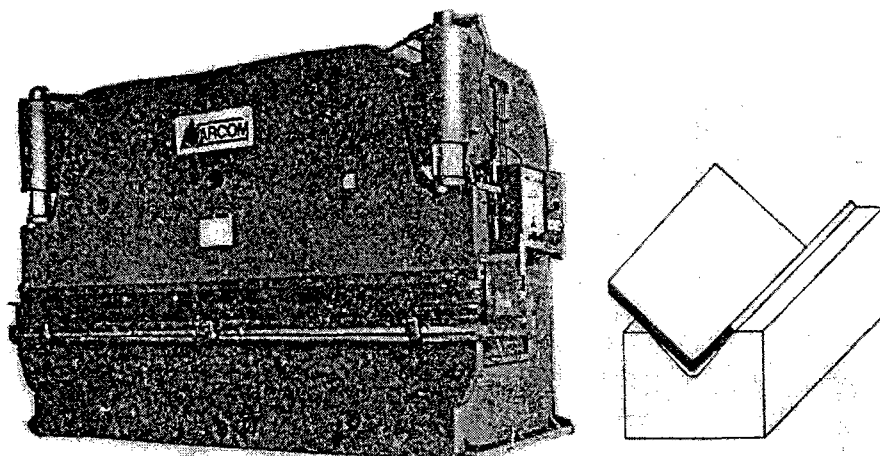
ภาพประกอบ 19 เครื่องพับกล่อง

ลักษณะการพับกล่อง ดังภาพประกอบ 20



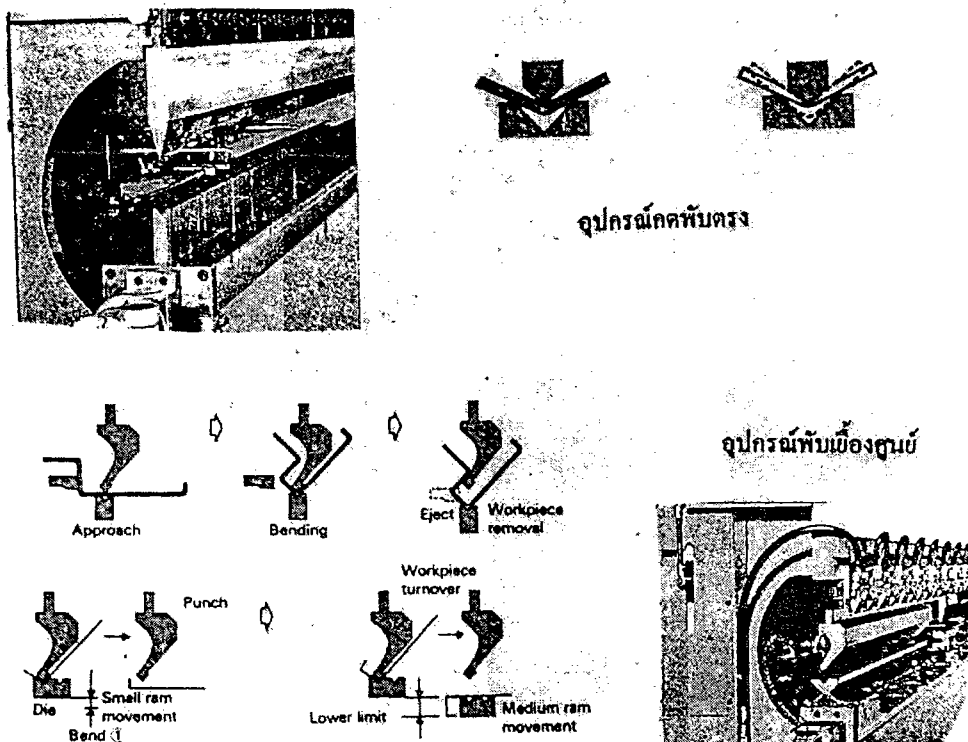
ภาพประกอบ 20 การพับกล่อง

3.5 เครื่องกดพับชนิดไฮดรอลิก เป็นเครื่องพับโลหะแผ่นให้เป็นมุมต่าง ๆ โดยใช้ใบกดพับ กดอัดชิ้นงานลงไปแบบมุมฉากและแบบคมมืด ซึ่งแบบพับนั้นเป็นรูปสี่เหลี่ยมจตุรัส ที่ผิวแต่ละด้านจะทำเป็นร่องเป็นแบบพับขนาดต่าง ๆ ไว้ด้านละแบบ ซึ่งใบพับจะมีทั้งแบบยาวตลอดความยาวของเครื่องและแบบแบ่งเป็นชิ้นเล็ก ๆ เพื่อใช้พับกล่อง เครื่องพับนี้จะทำงานโดยไฮดรอลิกขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า ส่วนขนาดของเครื่องจะบอกที่ความยาวและความหนาของชิ้นงานที่สามารถพับได้และแรงกดอัดสูงสุดของเครื่องเมื่อกดพับ ชิ้นงานเต็มความยาวใบกดพับ เช่น เครื่องกดพับโลหะแผ่นชนิดไฮดรอลิกขนาด 2440 x 1.2 มิลลิเมตร แรงกด 120 ตัน ส่วนลักษณะของเครื่องกดพับชนิดไฮดรอลิกสามารถดูได้จากภาพประกอบ 21



ภาพประกอบ 21 เครื่องกดพับชนิดไฮดรอลิก

ลักษณะของใบกดพับและแบบพับ ดังภาพประกอบ 22



ภาพประกอบ 22 ใบกดพับและแบบพับ

โดยสรุปผู้วิจัยได้เลือกหลักการทำงาน ขนาดและวัสดุของเครื่องพับชิ้นงานมาใช้ในการออกแบบสร้างเครื่องพับแผ่นอะคริลิก เพราะสามารถพับในงานทั่วไปได้ ซึ่งผู้วิจัยออกแบบให้เครื่องพับแผ่นอะคริลิกสามารถพับมุม พับราง พับท่อเหลี่ยมและพับกล่องเหลี่ยมได้ โดยที่ปากพับบนเป็นชั้นเดียวกันไม่ต้องแบ่งเป็นชั้นเล็ก ๆ เหมือนเครื่องพับกล่อง

3.6 อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างเครื่องพับแผ่นอะคริลิก

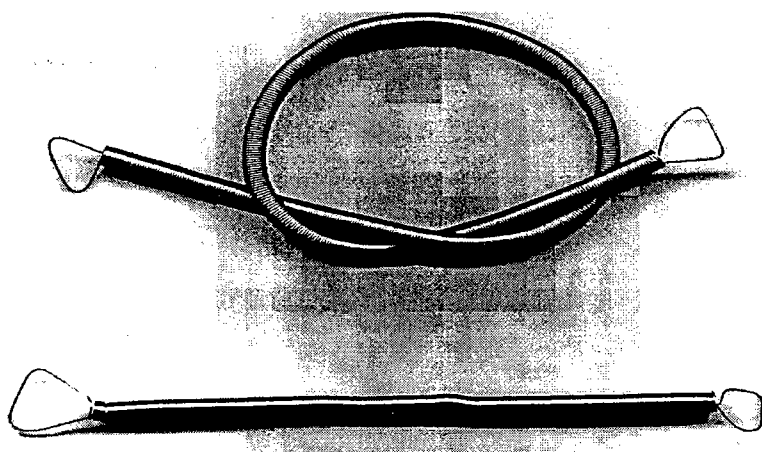
ในการสร้างเครื่องพับแผ่นอะคริลิกในการวิจัยครั้งนี้ จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์หลายอย่างมาประกอบกัน เพื่อให้เครื่องพับแผ่นอะคริลิกมีสมรรถนะตามที่ต้องการ ซึ่งรายละเอียดของอุปกรณ์ต่าง ๆ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.6.1 อุปกรณ์สร้างความร้อน (ณรงค์ ขอนตะวันและคณะ. ม.ป.ป. : 47 - 48)

อุปกรณ์สร้างความร้อนเป็นส่วนประกอบที่อยู่ภายในเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้ให้ความร้อนโดยทั่วไป เช่น เต้าไฟฟ้า เตาไฟฟ้า และหม้อหุงข้าวไฟฟ้า เป็นต้น อุปกรณ์สร้างความร้อนจัดได้ว่าเป็นอุปกรณ์หลักในการทำงานของเครื่อง เพราะทำหน้าที่เป็นตัวเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานความร้อน ซึ่งเป็นจุดมุ่งหมายของเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ให้ความร้อนโดยทั่ว ๆ ไป ที่ต้องการนำความร้อนออกมาใช้งาน ตามปกติอุปกรณ์สร้างความร้อนมักจะเรียกว่า ลวดความร้อน แผ่นความร้อนหรือฮีตเตอร์ (Heater) ซึ่งอุปกรณ์สร้างความร้อนส่วนใหญ่จะเป็นลวดนิโครม (Nichrome wire) ที่มีส่วนผสมของนิเกิล (Nickel) ร้อยละ 60 เหล็ก (Iron) ร้อยละ 24 และโครเมียม (Chromium) ร้อยละ 16 โดยทั่วไปอุปกรณ์สร้างความร้อนมีความต้านทานสูงกว่าลวดทองแดงประมาณ 50 - 60 เท่า ซึ่งอุปกรณ์สร้างความร้อนมีคุณสมบัติที่จะนำมาใช้เป็นอุปกรณ์เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้ามาเป็นพลังงานความร้อน โดยเฉพาะลวดนิโครมสามารถให้ความร้อนได้สูงสุด 900 องศาเซลเซียส ซึ่งไม่หลอมละลายง่าย ทั้งยังให้พลังงานไฟฟ้ากับลวดนิโครม 1 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง ซึ่งลวดนิโครมจะเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าออกมาในรูปของความร้อนประมาณ 3,412 บีทียูต่อชั่วโมง (B.T.U/hr.) โดยทั่วไปอุปกรณ์ให้ความร้อนสามารถแบ่งออกตามลักษณะการออกแบบเพื่อการใช้งานได้ 3 แบบ คือ

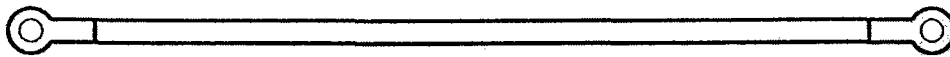
3.6.1.1 ลวดความร้อนแบบเปลือย มีอยู่ 2 ลักษณะ คือ

3.6.1.1.1 ลวดความร้อนที่เป็นขดคล้ายสปริง ซึ่งมีขนาดของกำลังไฟฟ้ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางหรือความโตของเส้นลวด กล่าวคือถ้าลวดมีเส้นใหญ่ก็จะมีกำลังไฟฟ้ามาก แต่ถ้าลวดเส้นเล็กก็จะมีกำลังไฟฟ้าน้อย โดยลวดความร้อนที่เป็นขดคล้ายสปริงมีจำหน่ายโดยทั่วไปมี 3 ขนาด คือ 300 วัตต์ 600 วัตต์ และ 1,000 วัตต์ ซึ่งลวดความร้อนดังกล่าวมักจะมีใช้ในเต้าไฟฟ้า เครื่องเป่าผมและเครื่องอบแห้ง เป็นต้น ซึ่งลักษณะลวดความร้อนที่เป็นขดคล้ายสปริง ดังภาพประกอบ 23



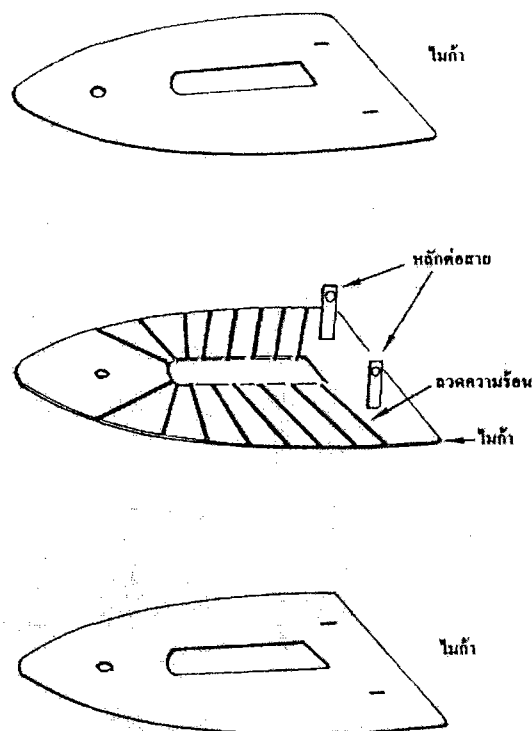
ภาพประกอบ 23 ลวดความร้อนที่เป็นขดคล้ายสปริง

3.6.1.1.2 ลวดความร้อนเส้นแบน เป็นลวดความร้อนที่ใช้ในเครื่องเชื่อมพลาสติกไฟฟ้าเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งนำมาใช้ในงานประดิษฐ์พลาสติก เช่น ทำปกพลาสติกหุ้มสมุด ปกพลาสติกหุ้มหนังสือ กระเป๋าพลาสติก ถังพลาสติก เป็นต้น โดยทั่วไปลวดความร้อนเส้นแบนที่มีจำหน่ายจะมีความกว้าง 2 มิลลิเมตร ส่วนความยาวมีให้เลือกหลายขนาด โดยเริ่มตั้งแต่ 200 มิลลิเมตร 250 มิลลิเมตร และ 300 มิลลิเมตร ซึ่งลักษณะของลวดความร้อนเส้นแบน ดังภาพประกอบ 24



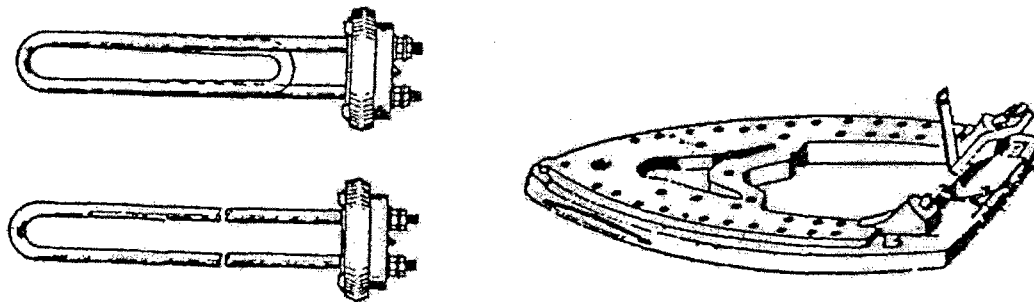
ภาพประกอบ 24 ลวดความร้อนเส้นแบน

3.6.1.2 ลวดความร้อนแบบกึ่งปิด ซึ่งลวดความร้อนแบบนี้โดยทั่วไปจะมีลักษณะเป็นเส้นแบนพันรอบแผ่นไมก้า (Mica) ซึ่งมีคุณสมบัติทนต่อความร้อนได้สูงและเป็นฉนวนไฟฟ้า จากนั้นจึงนำแผ่นไมก้าที่พันลวดไปปิดทับหน้าหลังด้วยแผ่นไมก้าอีกทีหนึ่ง โดยทั่วไปลวดความร้อนแบบนี้มักใช้ในเตารีดไฟฟ้า เครื่องปั๊มหนังและหม้อหุงข้าวไฟฟ้ารุ่นเก่า ซึ่งลักษณะของลวดความร้อนแบบกึ่งปิด ดังภาพประกอบ 25



ภาพประกอบที่ 25 ลวดความร้อนแบบกึ่งปิด

3.6.1.3 ลวดความร้อนแบบปิด ซึ่งลวดความร้อนแบบนี้ทำได้โดยนำลวดความร้อนแบบเปลือย ซึ่งมีลักษณะเป็นขดคล้ายสปริงสอดเข้าไปในท่อโลหะ แล้วเทแมกนีเซียมออกไซด์ (Magnesium oxide) เข้าไปภายในท่อ ซึ่งแมกนีเซียมออกไซด์นี้จะมีคุณสมบัติเป็นฉนวนไฟฟ้า ไม่แตกหรือร้าวง่ายเมื่อได้รับความร้อนสูง ทั้งยังมีคุณสมบัติส่งถ่ายความร้อนได้ดีอีกด้วย ซึ่งลวดความร้อนแบบนี้มักใช้ในหม้อหุงข้าวไฟฟ้า กระทะไฟฟ้าและเครื่องทำน้ำอุ่น ซึ่งลักษณะของลวดความร้อนแบบปิด ดังภาพประกอบที่ 26



ภาพประกอบที่ 26 ลวดความร้อนแบบปิด

โดยสรุปผู้วิจัยเลือกลวดความร้อนแบบเปลือย ซึ่งเลือกลวดความร้อนที่เป็นขดคล้ายสปริงขนาด 300 วัตต์ เพราะสามารถให้ความร้อนสูงสุดถึง 900 องศาเซลเซียส เพราะอุณหภูมิในการทำให้แผ่นอะคริลิกอ่อนตัวประมาณ 140 - 160 องศาเซลเซียส เท่านั้น นอกจากนี้กำลังไฟฟ้าต่ำทำให้ประหยัดกระแสไฟฟ้า ส่วนข้อดีอีกอย่างคือยังสามารถดัดยัดลวดให้ยาวได้ตามความต้องการ อีกทั้งยังหาซื้อง่าย

3.6.2 แผ่นทนความร้อน

แผ่นทนความร้อนมีคุณสมบัติพิเศษ คือ สามารถทนความร้อนได้สูง มีความแข็งแรงเป็นฉนวนและต้านทานความร้อนสูงรวมทั้งทนทานต่อการกัดกร่อนได้ดี (อนันต์ภักดิ์ โชติมงคล, 2538 : 54) ซึ่งแผ่นทนความร้อนที่เป็นแผ่นแข็งมีรายละเอียดดังนี้

3.6.2.1 แผ่น โยหินสาลี (Asbestos) ผลิตขึ้นจากใยหินสาลีผสมปูนซีเมนต์ ซึ่งมีคุณสมบัติถูกต้องตามกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกระเบื้องใยหินแผ่นเรียบ มอก. 21 - 2514 และมาตรฐาน ISO (International Organization for Standardization) มีลักษณะเป็นแผ่นเรียบผิวสม่ำเสมอ สีเทาทั่วทั้งแผ่น ทนต่อความร้อน ขยายตัวน้อยเมื่อได้รับความร้อน ไม่ติดไฟ ไม่ยุบ ไม่เปื่อยหรือยุ่ย คงทนถาวรต่อแดด ฝน น้ำหนักเบา ไม่เสียหายเมื่อถูกน้ำ เลื่อย เจาะ ตอกตะปูและติดตั้งง่าย (บริษัทคำวัสตุก่อสร้างจำกัด. ม.ป.ป. : 6) ซึ่งแผ่นใยหินสาลีมีหลายขนาด ดังรายละเอียดในตาราง 1 ขนาดและน้ำหนักของแผ่นใยหินสาลี

ตาราง 1 ขนาดและน้ำหนักของแผ่นใยหินสำลี

ชนิด	ขนาดเป็นเซนติเมตร	น้ำหนักเป็นกิโลกรัม
แผ่นใยหินสำลี	120 x 120 x 0.4	10.1
	120 x 240 x 0.4	20.3
	120 x 240 x 0.6	30.5
	120 x 240 x 0.8	40.7

(บริษัทกระเบื้องกระดาศไทยจำกัด. ม.ป.ป. : ไม่ปรากฏเลขหน้า)

3.6.2.2 แผ่นใยหินอโมไซต์ หรือชื่อทางการค้าว่าเบสโทลักซ์ (Asbestolux) เป็นวัสดุก่อสร้างและตกแต่งชนิดพิเศษที่มีคุณสมบัติทนไฟได้เป็นอย่างดี เป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดี เหมาะใช้ทำฝ้าและฝ้าเพดานหรือกรุผนังภายในเพื่อป้องกันอัคคีภัย มีน้ำหนักเบา แข็งแรงทนทาน ไม่ยืดหดสามารถทนความร้อนได้ถึง 2,000 องศาเซลเซียส เป็นเวลาถึง 6 ชั่วโมง เพราะผลิตจากใยหินอโมไซต์ ดินเบาและสารประกอบจำพวกอนินทรีย์อื่น ๆ โดยผ่านกรรมวิธีแบบใหม่ แผ่นใยหินอโมไซต์มีสีขาวนวลอยู่ในตัวเอง เป็นวัสดุก่อสร้างที่ไม่มีปฏิกิริยาทางเคมี บำรุงรักษาง่ายและทนทาน (บริษัทค้าวัสดุก่อสร้างจำกัด. ม.ป.ป. : 6) ซึ่งใยแผ่นหินอโมไซต์มีหลายชนิด หลายขนาด ดังรายละเอียดในตาราง 2 ชนิด ขนาดและน้ำหนักของแผ่นใยหินอโมไซต์

ตาราง 2 ชนิด ขนาดและน้ำหนักของแผ่นใยหินอโมไซต์

ชนิด	ขนาดเป็นเซนติเมตร	น้ำหนักเป็นกิโลกรัม
แผ่นใยหินอโมไซต์ชนิดไม่ขัดผิวไม่ลบมุม	120 x 240 x 0.4	8.30
	120 x 240 x 0.6	12.44
	120 x 240 x 0.9	18.66
แผ่นใยหินอโมไซต์ชนิดขัดผิวไม่ลบมุม	60 x 120 x 0.4	2.07
	120 x 120 x 0.4	4.15
	120 x 240 x 0.4	8.30
	60 x 120 x 0.6	3.11
	120 x 120 x 0.6	6.22
	120 x 240 x 0.6	12.44
	60 x 120 x 0.9	4.67
	120 x 120 x 0.9	9.33
	120 x 240 x 0.9	18.66
แผ่นใยหินอโมไซต์ชนิดขัดผิวลบมุม (เรียบ)	50 x 50 x 0.6	1.08
	60 x 60 x 0.6	1.56
	50 x 50 x 0.9	1.62
	60 x 60 x 0.9	2.34
แผ่นใยหินอโมไซต์ชนิดขัดผิวลบมุม (ลายเส้นตรง)	50 x 50 x 0.6	1.06
	60 x 60 x 0.6	1.54
	50 x 50 x 0.9	1.59
	60 x 60 x 0.9	2.31

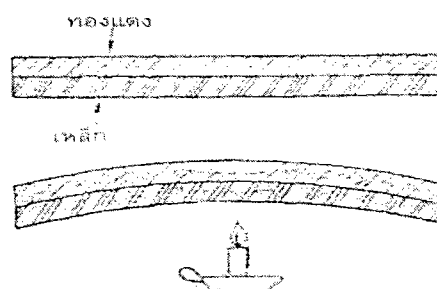
(บริษัทกระเบื้องกระดาศไทยจำกัด. ม.ป.ป. : ไม่ปรากฏเลขหน้า)

โดยสรุปผู้วิจัยเลือกใช้แผ่นใยหินสำลีสขนาด 120 x 120 x 0.4 เซนติเมตร เป็นวัสดุกันความร้อนให้กับเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก เพื่อป้องกันความร้อนจากชุดลดความร้อนขนาด 300 วัตต์ ขณะใช้งานปั๊มแผ่นอะคริลิก เพื่อไม่ให้ปากปั๊มล่างและโครงของปั๊มแผ่นอะคริลิกร้อนมากเกินไป ส่วนสาเหตุที่เลือกแผ่นใยหินสำลีสขนาด 120 x 120 x 0.4 เซนติเมตร เพราะแผ่นใยหินสำลีสที่ใช้กับเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิกต้องมีความยาว 65 เซนติเมตร อีกทั้งแผ่นใยหินสำลีสเมื่อนำมาวางประกบเข้าด้วยกัน 3 แผ่น จะมีความแข็งแรงโดยซีกแผ่นกลางลงด้านล่าง เพื่อเป็นช่องว่างลดความร้อนจะประกบลดความร้อนให้อยู่ในแนวตรงได้ ส่วนการใช้แผ่นใยหินสำลีสบางที่สุดเพราะต้องการให้ชุดลดความร้อนมีความหนาให้น้อยที่สุดเมื่อติดตั้งบนตัวเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก จะได้ปั๊มแผ่นอะคริลิกที่มีความกว้างของขอบปั๊มไม่น้อยกว่า 15 มิลลิเมตรได้ อีกทั้งรายละเอียดในข้อ 1.4.8.1.1.2 ยังใช้แผ่นใยหินสำลีสเป็นวัสดุกันความร้อนในชุดลดความร้อนแนวตรงอีกด้วย

3.6.3 อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ (ณรงค์ ขอนตะวันและคณะ. ม.ป.ป. : 48 – 53)

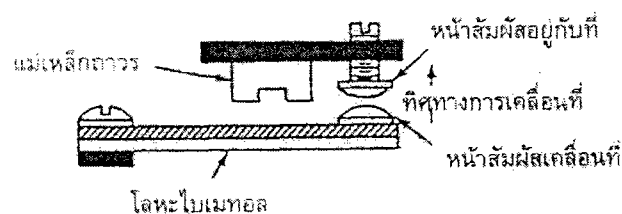
อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิหรือเทอร์โมสแตท (Thermostat) หรือออโตเมติก (Automatic) ในที่นี้จะเรียกว่าเทอร์โมสแตท ซึ่งเทอร์โมสแตทจัดได้ว่าเป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญ เพราะเทอร์โมสแตทเป็นอุปกรณ์ที่ทำให้ความร้อนที่ออกมาจากเครื่องใช้ไฟฟ้าคงที่ โดยที่ผู้ใช้งานสามารถปรับอุณหภูมิหรือความร้อนของเครื่องใช้ไฟฟ้าให้เป็นไปตามความต้องการได้ เทอร์โมสแตทสามารถแบ่งออกได้ 5 ชนิด คือ

3.6.3.1 อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิชนิดแผ่นโลหะคู่ (Bi – metal Strip type) โดยนำเอาโลหะ 2 ชนิด ที่มีอัตราการขยายตัวไม่เท่ากันมาประกบยึดติดเข้าด้วยกัน เมื่อแผ่นโลหะคู่ถูกความร้อนจะเกิดการงอตัวซึ่งลักษณะการงอตัวของแผ่นโลหะคู่สามารถนำไปบังคับหน้าสัมผัส (contact) ของเครื่องใช้ไฟฟ้าให้ตัดการทำงานเมื่อเครื่องมีความร้อนถึงจุดที่ต้องการ โลหะที่นิยมนำมาทำเป็นแผ่นโลหะคู่ก็คือเหล็กกับทองแดงหรือเหล็กกับทองเหลือง ซึ่งลักษณะของแผ่นโลหะคู่เมื่อได้รับความร้อน ดังภาพประกอบ 27



ภาพประกอบ 27 แผ่นโลหะคู่เมื่อได้รับความร้อน

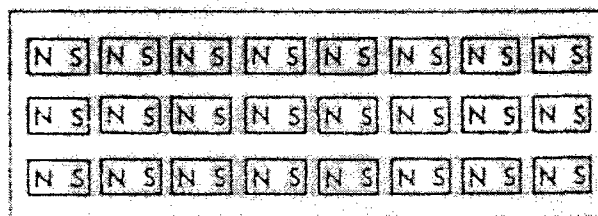
ส่วนลักษณะของแผ่นโลหะคู่เมื่อประกบกับหน้าสัมผัสของสวิตช์ไฟฟ้า ดังภาพประกอบ 28



ภาพประกอบ 28 แผ่นโลหะคู่เมื่อประกบกับหน้าสัมผัสของสวิตช์ไฟฟ้า

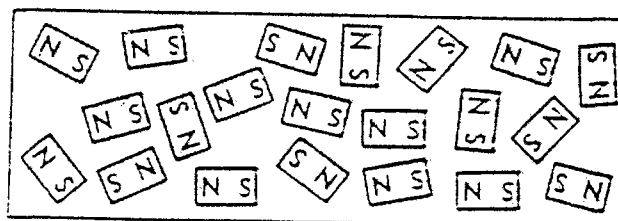
3.6.3.2 อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิชนิดแม่เหล็ก (Magnetic type) ซึ่งทฤษฎีของแม่เหล็กได้กล่าวถึงสารที่มีคุณสมบัติเป็นแม่เหล็กว่า สารดังกล่าวนั้นต้องมีอนุหรือโมเลกุลภายในเรียงตัวกันอย่างมี

ระเบียบและถ้าโมเลกุลเรียงตัวเป็นระเบียบมากคุณสมบัติในการเป็นแม่เหล็กก็ย่อมมีมากด้วย ซึ่งลักษณะการเรียงตัวกันของอนุภาคภายในสารที่มีสภาพเป็นแม่เหล็ก ดังภาพประกอบ 29



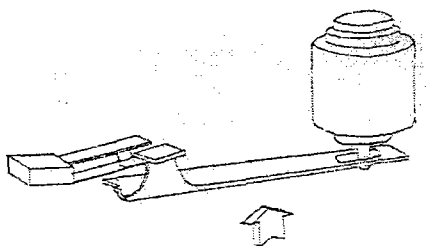
ภาพประกอบ 29 การเรียงตัวกันของโมเลกุลภายในสารที่มีสภาพเป็นแม่เหล็ก

แต่ถ้าโมเลกุลของภายในสารเรียงตัวกันน้อยก็มีความสมบัติของแม่เหล็กน้อยตามไปด้วย หรือถ้าโมเลกุลของสารไม่เรียงตัวกันเลยคุณสมบัติของการเป็นแม่เหล็กก็จะมี ซึ่งลักษณะการไม่เรียงตัวกันของโมเลกุลภายในสารที่ไม่มีสภาพเป็นแม่เหล็ก ดังภาพประกอบ 30



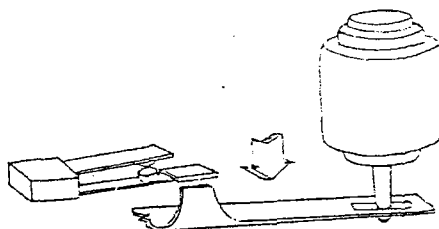
ภาพประกอบ 30 การไม่เรียงตัวกันของโมเลกุลภายในสารที่ไม่มีสภาพเป็นแม่เหล็ก

จากความรู้เรื่องแม่เหล็กดังที่กล่าวมาแล้ว ถ้านำเอาสารที่มีคุณสมบัติเป็นแม่เหล็กไปให้ความร้อนเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ โมเลกุลจะสั่นสะเทือนและทำให้คุณสมบัติในการเป็นแม่เหล็กลดลงเรื่อย ๆ จนถึงจุดคลายสภาพแม่เหล็ก ซึ่งหมายถึงการหมดสภาพความเป็นแม่เหล็กนั่นเอง แต่ถ้าให้ความร้อนกับสารแม่เหล็กโดยไม่ให้เกิดจุดคลายสภาพแม่เหล็กและปล่อยให้สารแม่เหล็กดังกล่าวเย็นตัวลง สารแม่เหล็กที่ได้รับความร้อนก็ยังคงสภาพของความเป็นแม่เหล็กได้ดังเดิม ซึ่งตัวอย่างการนำอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิชนิดนี้มาใช้งานโดยใช่มือกีดกันของอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิจะทำให้ก้านดังกล่าวยุบและดูดติดลงไปเพราะอำนาจภายใน ดังภาพประกอบ 31



ภาพประกอบ 31 การใช้มือกดก้านของอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิจะทำให้หน้าสัมผัสแต่ละกัน

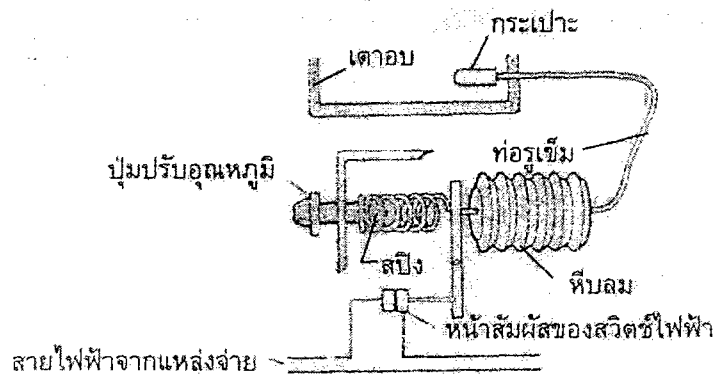
แต่เมื่อนำอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิไปให้ความร้อน สนามแม่เหล็กภายในจะอ่อนกำลังลงตามความร้อนที่ได้รับ จนกระทั่งสนามแม่เหล็กดังกล่าวอ่อนมากจนไม่สามารถจะดูดก้านบังคับของตัวเองได้ ซึ่งก้านบังคับดังกล่าวจะถูกสปริงภายในดึงกลับออกมาอยู่ในลักษณะเดิม ดังภาพประกอบ 32



ภาพประกอบ 32 อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิจะย่นหน้าสัมผัสให้แยกออกจากกัน

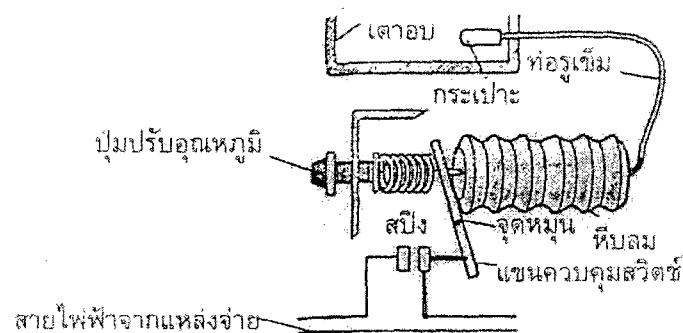
ซึ่งปรากฏการณ์ข้างต้นสามารถนำการเคลื่อนตัวของก้านบังคับของเทอร์โมสแตทชนิดนี้มาบังคับการตัดต่อหน้าสัมผัสภายในเครื่องใช้ไฟฟ้า ทำให้สามารถตัดกระแสไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าเมื่อความร้อนถึงอุณหภูมิที่ตั้งไว้ได้

3.6.3.3 อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิชนิดใช้สารไวต่ออุณหภูมิ ซึ่งอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิชนิดนี้จะมีใช้ทั้งการควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ผลิตความร้อนและเครื่องใช้ไฟฟ้าที่เป็นเครื่องทำความเย็นโดยอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิชนิดนี้จะอาศัยสารที่มีคุณสมบัติไวต่ออุณหภูมิ เช่น แอลกอฮอล์ แอมโมเนียและฟรอนเป็นตัวบังคับให้อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิทำงานได้ โดยการนำอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิชนิดนี้มาให้ความร้อนที่ปลายกระเปาะ ซึ่งทำให้สารที่อยู่ภายในกระเปาะและภายในท่อรูเข็มเกิดการขยายตัว โดยการขยายตัวที่เกิดขึ้นจะทำให้เกิดแรงดัน ซึ่งแรงดันนี้จะผลักดันหีบลม (Bello) ให้เคลื่อนที่และการเคลื่อนที่ของหีบลมนี้สามารถนำไปบังคับหรือควบคุมหน้าสัมผัสให้ตัดกระแสไฟฟ้าไม่ให้ไหลผ่านเครื่องใช้ไฟฟ้า เมื่อความร้อนของเครื่องใช้ไฟฟ้าถึงจุดที่ตั้งไว้ ซึ่งลักษณะของกระเปาะที่ไม่ได้รับความร้อนหีบลมจะไม่ขยายตัว ดังภาพประกอบ 33



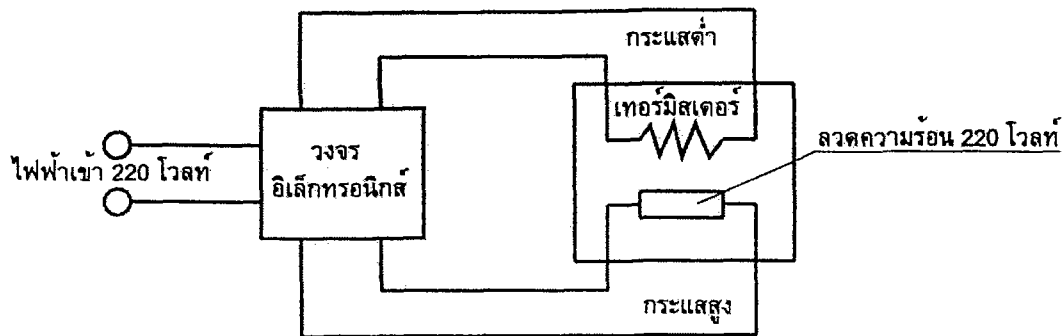
ภาพประกอบ 33 กระเปาะที่ไม่ได้รับความร้อนหีบลมจะไม่ขยายตัว

ส่วนลักษณะของกระเปาะที่ได้รับความร้อนหีบลมจะขยายตัว ดังภาพประกอบ 34



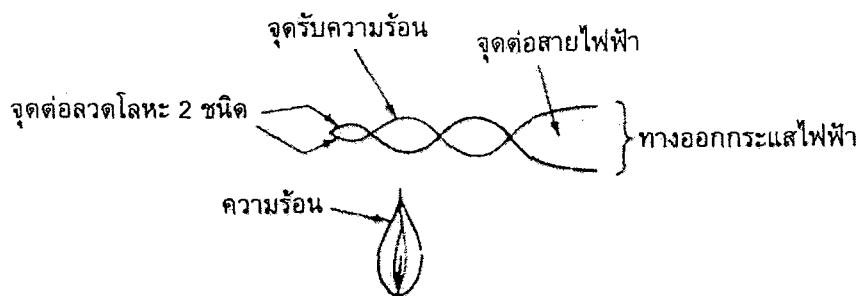
ภาพประกอบ 34 กระเปาะที่ได้รับความร้อนหีบลมจะขยายตัว

3.6.3.4 อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิชนิดเทอร์มิสเตอร์ (Thermister) เป็นอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ที่มีคุณสมบัติสามารถเปลี่ยนค่าความต้านทานของตัวมันเองได้ เมื่ออุณหภูมิหรือความร้อนเปลี่ยนแปลง ซึ่งการเปลี่ยนแปลงลักษณะนี้สามารถนำมาป้อนให้กับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อให้วงจรดังกล่าวตัดกระแสไฟฟ้าไม่ให้ไหลผ่านเครื่องใช้ไฟฟ้าเมื่ออุณหภูมิสูงถึงจุดที่ตั้งไว้ได้ ซึ่งลักษณะวงจรการทำงานของเทอร์มิสเตอร์ ดังภาพประกอบ 35



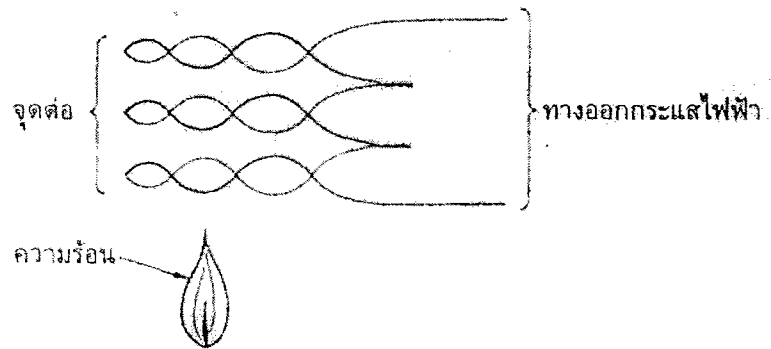
ภาพประกอบ 35 วงจรการทำงานของเทอร์มิสเตอร์

3.6.3.5 อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิชนิดเทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple) ซึ่งเทอร์โมคัปเปิล หมายถึงการนำเอาลวด 2 ชนิดมาพันต่อกันให้แน่น เมื่อจุดต่อของโลหะทั้ง 2 ได้รับความร้อนจะเป็นผลทำให้ปลายของลวดมีแรงดันไฟฟ้าเกิดขึ้นมา ซึ่งการเกิดของแรงดันไฟฟ้างกล่าวสามารถนำไปจ่ายให้กับวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อไปควบคุมกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านเครื่องใช้ไฟฟ้าต่อไป สำหรับลวดที่ใช้มักเป็นลวดเหล็กกับทองแดง เพราะลวดทั้ง 2 ชนิดนี้ เมื่อนำมาต่อเข้าด้วยกันและได้รับความร้อนจะสามารถให้แรงดันไฟฟ้ามากกว่าลวดโลหะชนิดอื่น ซึ่งลักษณะการนำเอาลวดโลหะ 2 ชนิดมาพันต่อกัน ดังภาพประกอบ 36



ภาพประกอบ 36 การนำเอาลวดโลหะ 2 ชนิดมาพันต่อกัน

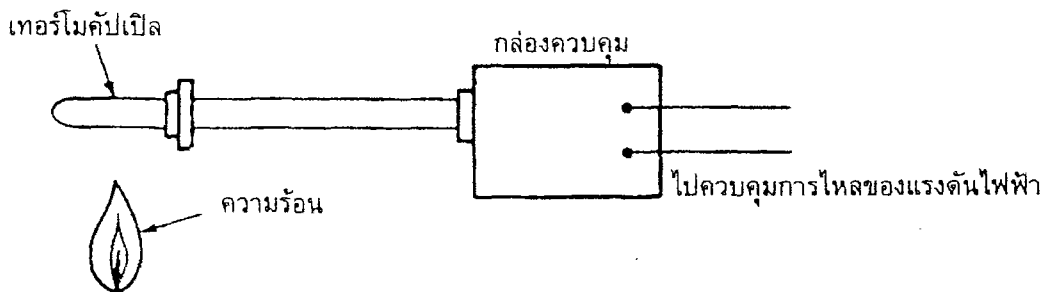
เมื่อต้องการแรงดันไฟฟ้าที่สูงขึ้นก็สามารถทำได้โดยต่อเทอร์โมคัปเปิลหลายตัวต่อกันเป็นอันดับ ซึ่งลักษณะการต่อเทอร์โมคัปเปิลหลายตัวต่อกันเป็นอันดับ ดังภาพประกอบ 37



ภาพประกอบ 37 การต่อเทอร์โมคัปเปิลหลายตัวต่อกันเป็นอันดับ

ส่วนลักษณะการต่อเทอร์โมคัปเปิลไปควบคุมการไหลของแรงดันไฟฟ้า ดังภาพประกอบ

38



ภาพประกอบ 38 การต่อเทอร์โมคัปเปิลไปควบคุมการไหลของแรงดันไฟฟ้า

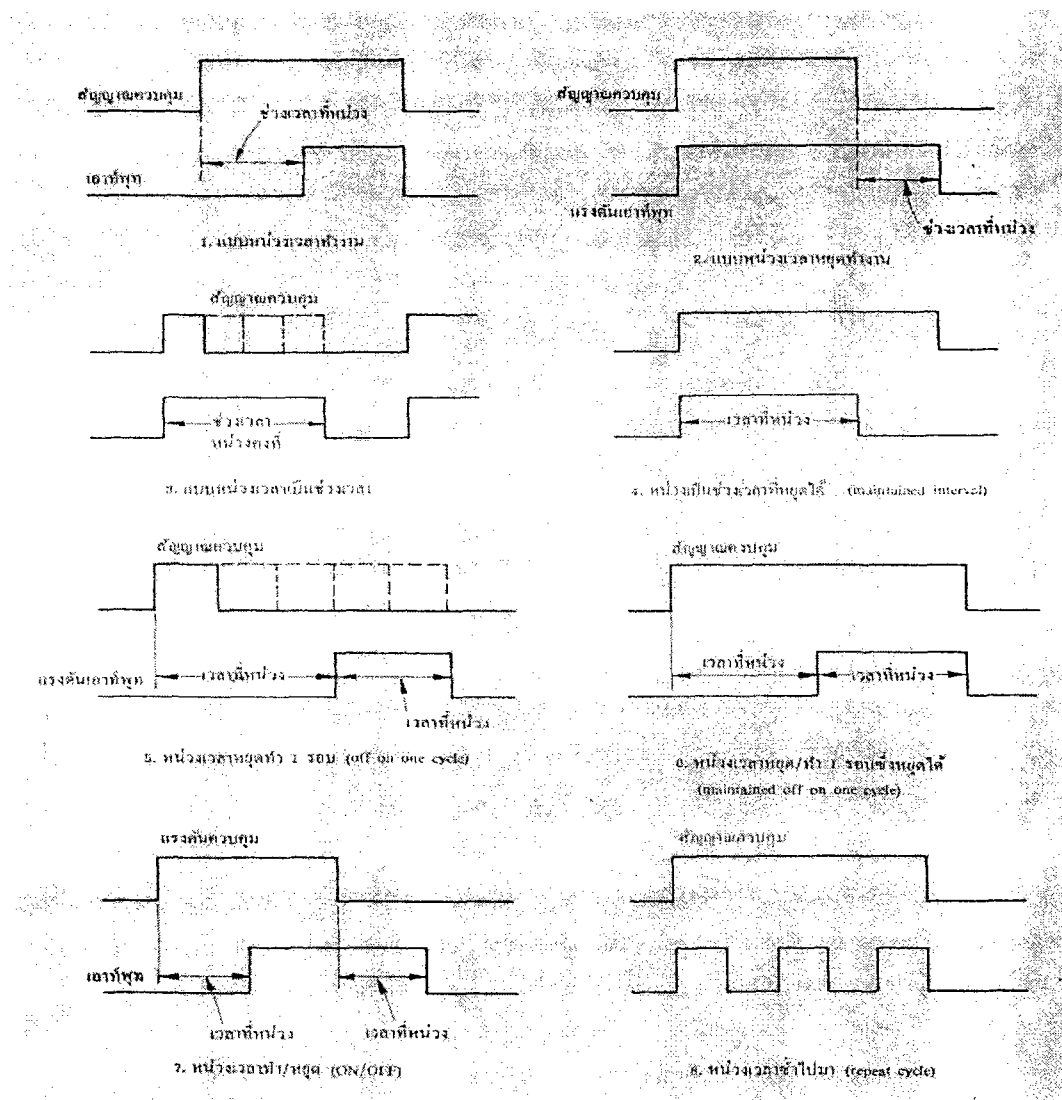
โดยสรุปผู้วิจัยเลือกอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิชนิดใช้สารไวต่ออุณหภูมิ เพราะว่าเหมาะที่จะใช้ควบคุมอุปกรณ์สร้างความร้อนของขดลวดความต้านทานขนาด 300 วัตต์ของเครื่องปั๊มอะคริลิกแผ่น เนื่องจากความร้อนที่ใช้ในการทำให้อะคริลิกแผ่นอ่อนตัวประมาณ 140 – 160 องศาเซลเซียส อีกทั้งมีปุ่มปรับเพื่อเลือกอุณหภูมิได้ตามต้องการอย่างต่อเนื่อง

3.6.4 อุปกรณ์ตั้งเวลา (ยี่ห้อ กุ๊ววรรณ. 2530 : 218 – 224)

เครื่องตั้งเวลามีส่วนเกี่ยวข้องในกิจการอุตสาหกรรม เช่น การควบคุมการทำงานของเครื่องจักรหรือเครื่องไฟฟ้าให้ได้ลำดับการทำงานตามที่กำหนด โดยหลักการภายใน ซึ่งแบ่งได้เป็นส่วนแรงดันป้อนเข้าหรืออินพุท ซึ่งป้อนแรงดันไฟฟ้า 220 โวลท์ หรือแรงดันไฟฟ้าตรงอาจจะเป็น 9, 12 หรือ 24 โวลท์ก็ได้

ภายในจะประกอบด้วยส่วนการทำงานเพื่อตั้งเวลาตามที่กำหนด กับส่วนแรงดันไฟฟ้าออกหรือเอาต์พุตเป็น สวิตช์ซึ่งตัดไฟหรือจ่ายไฟให้แก่เครื่องที่ถูกควบคุมนั้นเมื่อถึงเวลาที่ตั้งไว้

3.6.4.1 ลักษณะการทำงานของอุปกรณ์ตั้งเวลา โดยลักษณะการใช้งานของเครื่องตั้งเวลา พอแบ่งตามลักษณะการทำงาน ซึ่งลักษณะแผนผังการทำงานการตั้งเวลาแบบต่าง ๆ ดังภาพประกอบ 39



ภาพประกอบ 39 แผนผังการทำงานการตั้งเวลาแบบต่าง ๆ

3.6.4.1.1 แบบหน่วงเวลาทำงาน (on delay) เป็นแบบที่พบเห็นกันมากที่สุด แบบนี้จะเริ่มให้แรงดันไฟฟ้าออกทำงานหลังจากตั้งเวลาไปแล้วตามค่าที่ตั้งไว้ และถ้าหยุดสัญญาณควบคุมแรงดันไฟฟ้าออกก็จะหยุดด้วย

3.6.4.1.2 แบบหน่วงเวลาหยุดทำงาน (off delay) ลักษณะแบบนี้ คือ เมื่อมีสัญญาณควบคุมหน้าสัมผัสของเครื่องตั้งเวลาจะแตะกัน เมื่อสัญญาณควบคุมหมดลงหน้าสัมผัสจะยังแตะต่อไปอีกตามช่วงเวลาที่ตั้งไว้

3.6.4.1.3 แบบหน่วงเวลาเป็นช่วง (interval) แบบนี้จะทำงานตามคำสั่งของสัญญาณควบคุมครั้งแรกเท่านั้น คือเมื่อมีสัญญาณควบคุมเข้ามาหน้าสัมผัสจะแตะกัน เมื่อครบเวลาหน้าสัมผัสจะหยุด ซึ่งระหว่างช่วงหน้าสัมผัสแตะกันนี้สัญญาณควบคุมไม่สามารถทำอะไรได้

3.6.4.1.4 แบบหน่วงเป็นช่วงเวลาหยุด (maintained interval) เป็นการหน่วงเวลาแบบพิเศษที่เพิ่มการหยุดทำงานโดยที่สัญญาณควบคุมเกิดขาดหายไป ซึ่งระหว่างที่ทำการหน่วงเวลาอยู่หน้าสัมผัสของอุปกรณ์ตั้งเวลาจะแยกออกทันที

3.6.4.1.5 แบบหน่วงเวลาหยุดทำ 1 รอบ กรณีนี้วงจรจะเริ่มทำงานทันทีที่มีสัญญาณควบคุมเข้ามากระตุ้นหรือทริก (Trig) ซึ่งการหน่วงจะอยู่ในลักษณะวงจรเปิดจนครบเวลาที่ตั้งช่วงแรกแล้วแรงดันไฟฟ้าออกจะหน่วงช่วงหลังต่อไปและจะคืนตัวเมื่อหน่วงเวลาครบแล้ว

3.6.4.1.6 แบบหน่วงเวลาหยุดทำ 1 รอบที่หยุดได้ (maintained off on one cycle) หน้าหลักคล้ายแบบหน่วงเวลาหยุดทำ 1 รอบ แต่ยังขึ้นกับสัญญาณควบคุม คือถ้าขาดหายไปจะทำให้แรงดันไฟฟ้าออกจะถูกตัดวงจรกลับเริ่มต้นใหม่หรือรีเซ็ต

3.6.4.1.7 แบบหน่วงเวลาทำหยุด เมื่อสัญญาณควบคุมเริ่มเข้ามาระนาถเวลาที่จะเริ่มต้นขึ้นทันที พอครบกำหนดเวลาหน้าสัมผัสก็จะแตะกันและยังคงแตะกันตลอดตามเท่าที่สัญญาณควบคุมต้องการ เมื่อสัญญาณควบคุมหายไปหน้าสัมผัสยังคงแตะกันต่อไปอีกตามค่าเวลาที่ตั้ง

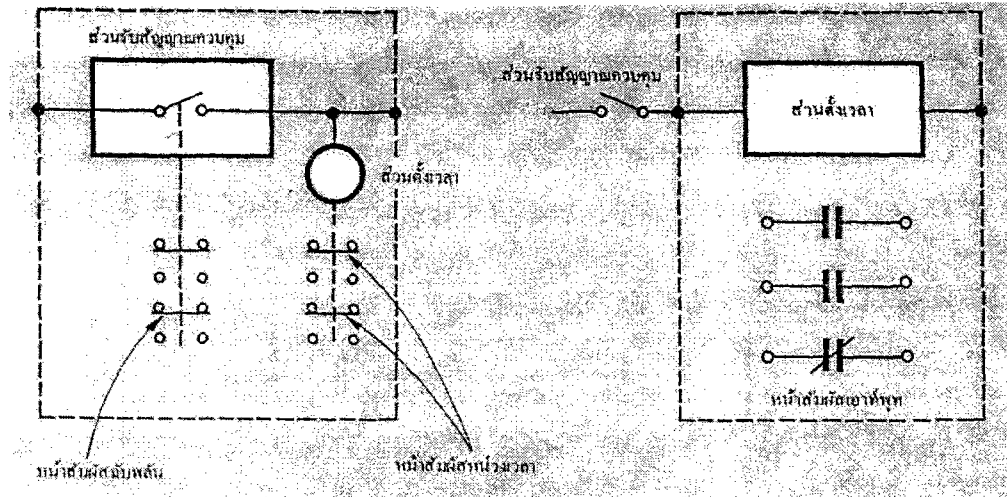
3.6.4.1.8 แบบหน่วงเวลาซ้ำไปมา (repeat cycle) เมื่อสัญญาณควบคุมเริ่มเข้ามาระนาถเวลาที่จะเริ่มต้นขึ้นทันที โดยหน้าสัมผัสจะวงจรปิด - เปิดสลับกันไปมาจนกว่าสัญญาณควบคุมจะหายไป

3.6.4.2 ประเภทของอุปกรณ์ตั้งเวลา มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.6.4.2.1 อุปกรณ์ตั้งเวลาอิเล็กทรอนิกส์ เป็นอุปกรณ์ตั้งเวลาที่ประกอบด้วย 3 ส่วนใหญ่ ๆ คือ ส่วนรับสัญญาณควบคุม ส่วนตั้งเวลาและส่วนแรงดันไฟฟ้าออก แต่มีอุปกรณ์ตั้งเวลาอีกประเภทหนึ่งเป็นแบบตัดวงจรกลับเริ่มต้นใหม่ คือสัญญาณที่มาควบคุมนั้นจะควบคุมการทำงานและให้หยุดทำงาน สัญญาณนี้อาจจะมาจากทางกลไก หรือจะเป็นสัญญาณทางไฟฟ้าก็ได้ แต่ถ้าการทำงานเป็นแบบสลับวงจรปิด - เปิด การควบคุมมักมาจากสวิตช์ธรรมดาหรือมาจากวงจรควบคุมเลย ซึ่งลักษณะแผนผังการทำงานของอุปกรณ์ตั้งเวลาอิเล็กทรอนิกส์ ดังภาพประกอบ 40

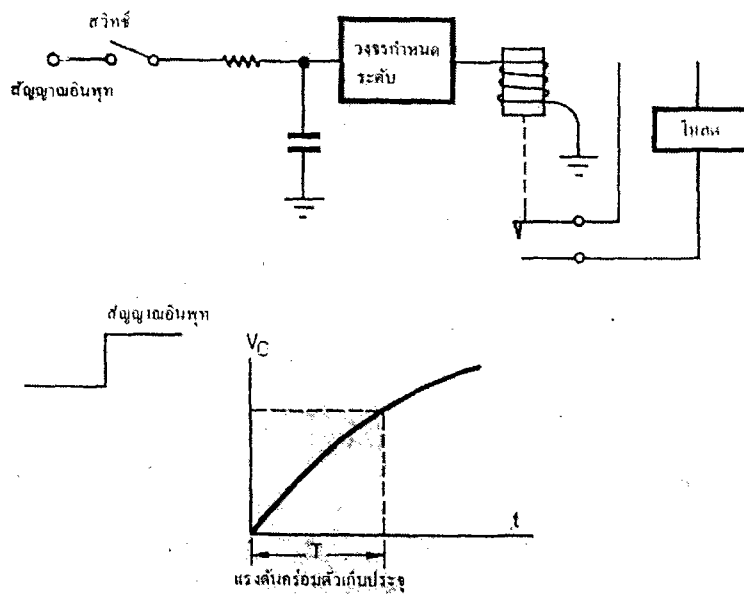
อุปกรณ์ตั้งเวลาแบบตัววงจรกลับเริ่มต้นใหม่

อุปกรณ์ตั้งเวลาแบบสลับวงจรปิด - เปิด



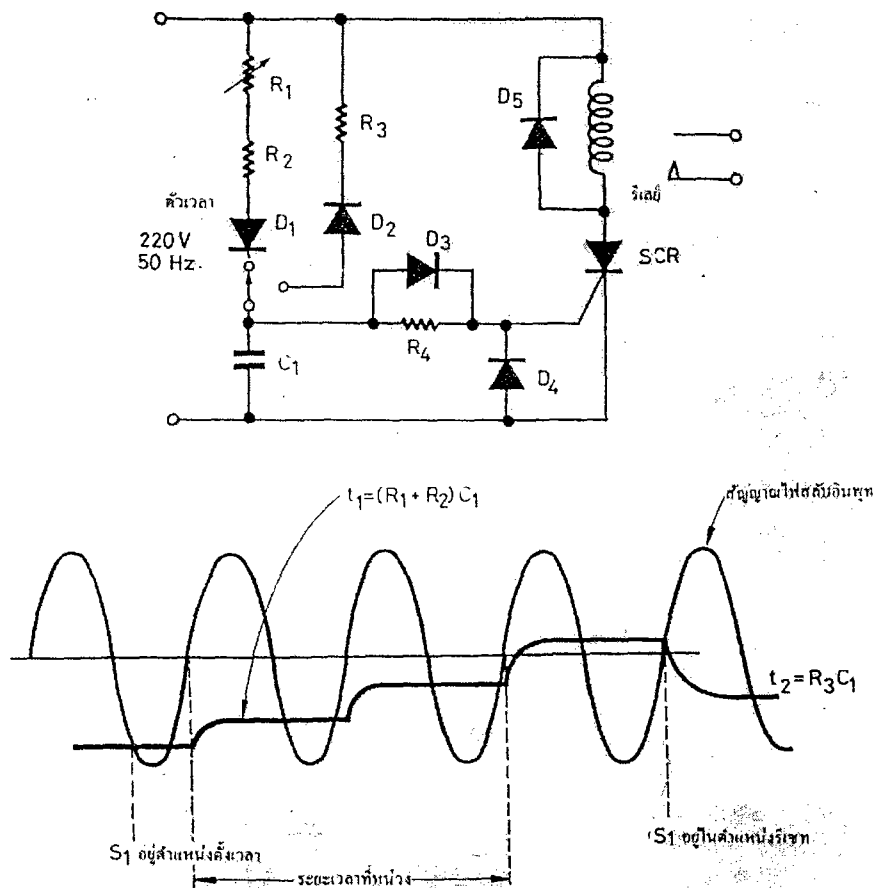
ภาพประกอบ 40 แผนผังการทำงานของอุปกรณ์ตั้งเวลาอิเล็กทรอนิกส์

3.6.4.2.1.1 หลักการตั้งเวลาของอุปกรณ์ตั้งเวลาอิเล็กทรอนิกส์ มักอาศัยหลัก การกำหนดเวลาจากค่าคงที่ของรีเลย์ที่ตั้งไว้ กล่าวคือใช้กระแสไฟฟ้าประจุในตัวเก็บประจุไฟฟ้าและให้ค่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวเก็บประจุค่อย ๆ สูงขึ้นเรื่อย ๆ จนถึงค่า ๆ หนึ่งที่ตั้งไว้ก็จะมีกระแสไฟฟ้าไปกระตุ้น รีเลย์ให้ทำงาน ซึ่งลักษณะวงจรของอุปกรณ์ตั้งเวลาอิเล็กทรอนิกส์ ดังภาพประกอบ 41



ภาพประกอบ 41 วงจรของอุปกรณ์ตั้งเวลาอิเล็กทรอนิกส์

ดังนั้นการกำหนดกระแสไฟฟ้าประจุให้ตัวเก็บประจุไฟฟ้าจึงต้องใช้กระแสไฟฟ้าตรง แต่อย่างไรก็ตาม ซึ่งสามารถสร้างวงจรตั้งเวลาโดยใช้ไฟฟ้ากระแสสลับได้ แต่ใช้ไดโอดเป็นตัวเรียงกระแสไฟฟ้าหรือเรกติไฟให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรงได้ ซึ่งลักษณะวงจรของอุปกรณ์ตั้งเวลาอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้กระแสไฟฟ้าสลับเป็นแรงดันไฟฟ้าเข้า ดังภาพประกอบ 42



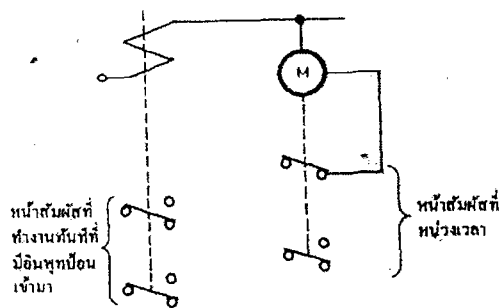
ภาพประกอบ 42 วงจรของอุปกรณ์ตั้งเวลาอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับเป็นแรงดันไฟฟ้าเข้า

เมื่อสวิตช์ S_1 อยู่ในตำแหน่งตั้งเวลาจะกลับเริ่มต้นใหม่ โหลดจะได้รับการปลดออกจากไฟฟ้ากระแสสลับ ตัวเก็บประจุไฟฟ้าจะคายตัวจนค่าแรงดันไฟฟ้าคร่อมในตัวเป็นลบอยู่เพราะทิศทางของ D_2 เป็นตัวกำหนด เมื่อเริ่มต้นตั้งเวลาโดยปรับ S_1 มาที่ตำแหน่งตั้งเวลา กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน R_1 , R_2 และ D_1 จะมาประจุไฟฟ้าให้ C_1 ทุก ๆ จังหวะรอบวงจร ทำให้แรงดันไฟฟ้าคร่อม C_1 ค่อย ๆ สูงขึ้นทีละน้อยจนในที่สุดก็พอเพียงที่จะทำให้ SCR ได้รับกระแสกระตุ้นในที่สุดระยะเวลาที่ตั้งนี้จึงขึ้นอยู่กับค่า R_1 , R_2 และ C_1 เป็นสำคัญ

ของยูเจที่ช่วยให้ยูเจที่นำกระแสไฟฟ้าทันทีทันใดไปกระตุ้นเอสซีอาร์ทำให้เริ่มทำงาน ซึ่งการกำหนดค่าเวลาขึ้นกับค่าของ R_2 และ C_1 นั้นเอง

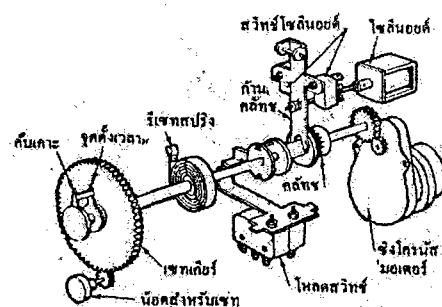
สำหรับวงจรตั้งเวลาโดยใช้ไอซีก็มีลักษณะคล้ายกันกล่าวคือ เมื่อกระตุ้นที่แรงดันไฟฟ้าเข้าทำให้วงจรเริ่มทำงานจะทำให้เริ่มประจุไฟฟ้าให้กับตัวเก็บประจุไฟฟ้า โดยผ่านทาง R_1 เมื่อค่าแรงดันไฟฟ้าคร่อม C มีค่ามากถึงค่า η หนึ่ง จะทำให้แรงดันไฟฟ้าออกลดค่าระดับแรงดันไฟฟ้า ดังภาพประกอบ 50 เมื่อเอาค่าแรงดันไฟฟ้าออกนี้ไปใช้ในการควบคุมรีเลย์

3.6.4.2.2 อุปกรณ์ตั้งเวลาที่ใช้มอเตอร์ขับเคลื่อน ซึ่งชิงโครนสมอเตอร์เป็นมอเตอร์ที่มีความเร็วในการหมุนคงที่ขึ้นกับค่าความถี่ของไฟฟ้าเลี้ยงมอเตอร์ โดยเมื่อเริ่มต้นจะเริ่มต้นด้วยกระแสไฟฟ้าไหลผ่านทางเข้า คลัทช์โซลินอยด์ เมื่อมอเตอร์หมุนไปตามจำนวนรอบที่ตั้งไว้ ส่วนของโซลินอยด์จะทำงานให้มอเตอร์หยุดค้าง เพื่อไม่ให้หมุนกลับไปในตำแหน่งตั้งวงจรกลับเริ่มต้นใหม่ (ชุดตั้งวงจรกลับเริ่มต้นใหม่เป็นสปริงดึงให้มอเตอร์หมุนกลับไปสู่จุดเริ่มต้น) เพื่อป้องกันมิให้มอเตอร์เสียหายจึงต้องเอาหน้าสัมผัสอีกชุดหนึ่งมาเปิดวงจรมอเตอร์ออกไป ซึ่งลักษณะการทำงานและแผนผังการทำงานของอุปกรณ์ตั้งเวลาที่ใช้มอเตอร์ขับเคลื่อน ดังภาพประกอบ 44



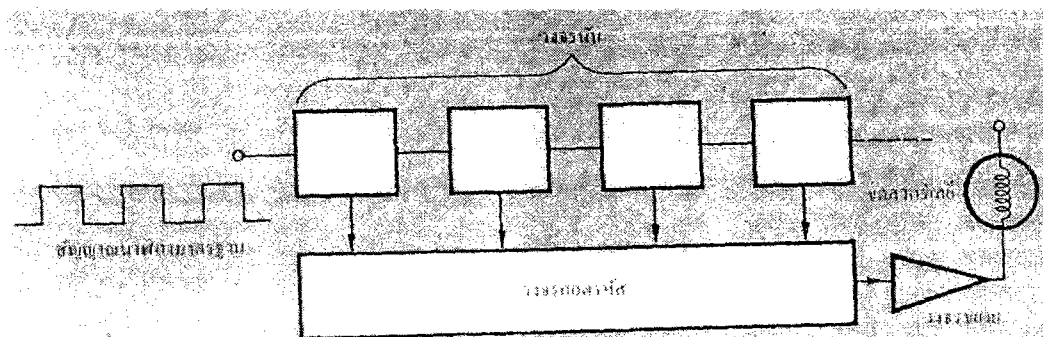
ภาพประกอบ 44 การทำงานและแผนผังการทำงานของอุปกรณ์ตั้งเวลาที่ใช้มอเตอร์ขับเคลื่อน

ซึ่งลักษณะโครงสร้างจริงของอุปกรณ์ตั้งเวลาที่ใช้มอเตอร์ขับเคลื่อน ดังภาพประกอบ 45



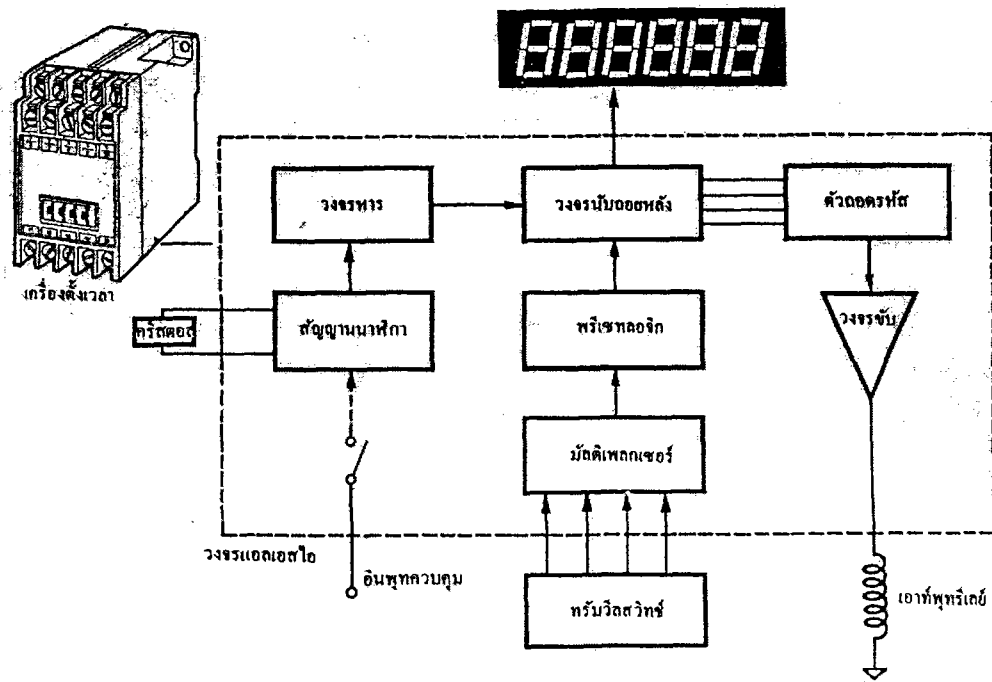
ภาพประกอบ 45 โครงสร้างจริงของอุปกรณ์ตั้งเวลาที่ใช้มอเตอร์ขับเคลื่อน

3.6.4.2.3 อุปกรณ์ตั้งเวลาแบบตัวเลขหรือดิจิตอล เมื่อต้องการตั้งเวลาตามโปรแกรม และให้ความเชื่อมั่นได้สูง อุปกรณ์ที่ใช้มักเป็นอุปกรณ์ตั้งเวลาแบบตัวเลข อุปกรณ์ตั้งเวลาแบบตัวเลขธรรมดา จนถึงแบบที่ใช้ไมโครโปรเซสเซอร์เข้าควบคุมการทำงาน ซึ่งลักษณะวงจรของอุปกรณ์ตั้งเวลาแบบตัวเลข ดังภาพประกอบ 46



ภาพประกอบ 46 วงจรของอุปกรณ์ตั้งเวลาแบบตัวเลข

ด้วยสัญญาณนาฬิกาที่ใช้เป็นมาตรฐานเวลาส่วนมากนำมาจากคริสตอล ซึ่งมีความถูกต้องสูง โดยนำความถี่ของคริสตอลที่ผลิตความถี่ขึ้นออกมาลดความถี่ลงให้เหลือความถี่มาตรฐานอาจจะเป็น 1 เฮิร์ตซ์ เป็นต้น โดยป้อนเข้าวงจรนับแล้วนับเวลาออกมา ซึ่งการโปรแกรมเวลาอาจโปรแกรมโดยใช้สวิตช์เป็นตัวเลือกค่าเวลา หรือใช้ทรีมิลลิวัดสวิตช์เป็นตัวตั้งโปรแกรม เมื่อวงจรนับ ๑ มาเปรียบเทียบกับค่าที่ตั้งไว้ ก็จะส่งแรงดันไฟฟ้าออกมาให้กับรีเลย์เพื่อทำงานต่อไป ซึ่งในอุปกรณ์ตั้งเวลาที่เป็นส่วนหนึ่งของงานควบคุมการผลิตเป็นลำดับอาจใช้ไมโครโปรเซสเซอร์เข้าควบคุม โดยหลักการทางฮาร์ดแวร์ ซึ่งจะอาศัยการสร้างโปรแกรมให้เครื่องตรวจสอบการทำงานของตัวเองและตรวจเช็คเวลาตลอดไปได้ วิธีการนี้จะทำให้การทำงานมีประสิทธิภาพสูงขึ้น ซึ่งลักษณะแผนผังการทำงานของอุปกรณ์ตั้งเวลาแบบตัวเลข ดังภาพประกอบ 47



ภาพประกอบ 47 แผนผังการทำงานของอุปกรณ์ตั้งเวลาแบบตัวเลข

โดยสรุปผู้วิจัยเลือกใช้อุปกรณ์ตั้งเวลาอิเล็กทรอนิกส์แบบสลับวงจรปิด - เปิดที่ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ เป็นสัญญาณเข้าอุปกรณ์ เป็นตัวควบคุมระยะเวลาในการให้ความร้อนอะคริลิกแผ่นให้อ่อนตัวของเครื่องพิมพ์อะคริลิกแผ่น เพราะให้ความเที่ยงตรงสูงกว่าอุปกรณ์ตั้งเวลาที่ใช้มอเตอร์ขับเคลื่อน แต่ราคาสูงกว่าอุปกรณ์ตั้งเวลาแบบตัวเลข ซึ่งอุปกรณ์ตั้งเวลาอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในงานวิจัยมีลักษณะการทำงานแบบหน่วงเวลาหยุดทำงาน

3.6.5 พัฒนาระบายความร้อน (อนุตร จำลองกุล. 2541 : 70 - 75)

3.6.5.1 ลักษณะทั่วไปของพัดลม ด้วยพัดลมเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการบังคับอากาศด้วยความกดดันต่ำ ๆ ที่ใช้ในงานวิศวกรรม ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้งาน ออบแห้งวัสดุการเกษตร ระบายอากาศ ทำความเย็น ลำเลียงวัสดุ ให้ความร้อน เป็นต้น ซึ่งการกำหนดความหมายของพัดลม (Fan) และเครื่องเป่าอากาศ (Blower) นั้นบางครั้งมักใช้สับสนกันอยู่เสมอ โดยสมาคมวิศวกรรมเครื่องกล (The Society of Mechanical Engineers) ได้จำแนกอุปกรณ์ดังกล่าวเป็น 2 ประเภท คือ

3.6.5.1.1 ชั้น 1 (Class 1) เป็นอุปกรณ์ที่ทำงาน ณ ความดันมากกว่าหรือเท่ากับ 1 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (27.7 นิ้วของน้ำ) อุปกรณ์ในชั้นนี้ส่วนใหญ่เป็นเครื่องเป่าอากาศ

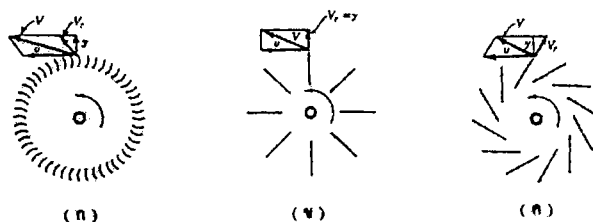
3.6.5.1.2 ชั้น 2 (Class 2) เป็นอุปกรณ์ที่ทำงาน ณ ความดันน้อยกว่า 1 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุปกรณ์ในชั้นนี้ส่วนใหญ่เป็นพัดลมหรือพัดลมหมุนเหวี่ยง

3.6.5.2 ลักษณะการสร้างพัดลม

3.6.5.2.1 พัดลมหมุนเหวี่ยง (Centrifugal Flow Fans) ซึ่งพัดลมแบบนี้ใช้ได้กับงานที่มีความต้านทานลมสูงหรือเฮดลมสูง ด้วยอากาศจะไหลเข้าชนานกับแกนของใบพัดและตั้งฉากกับแกนของใบพัดตรงทางออก ซึ่งมีลักษณะการสร้าง 3 แบบ คือ

3.6.5.2.1.1 แบบใบพัดมีตรง (Straight Blade หรือ Radial Fans) โดยพัดลมชนิดนี้จะมีเพลาดำและมีจำนวนซี่ใบพัด 5 ถึง 12 ซี่ ซึ่งลักษณะการสร้างเป็นใบล้อหมุนด้วยความเร็วรอบต่ำ โดยปกติใช้เป็นพัดลมระบายอากาศเสียออกไปสู่ภายนอก ซึ่งเหมาะที่จะใช้งานกับอากาศสกปรกหรืองานที่ใช้ในการขนถ่ายวัสดุซึ่งไหลผ่านตัวพัดลม

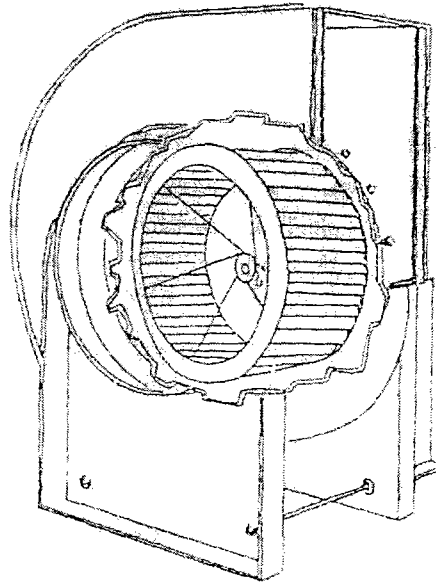
3.6.5.2.1.2 แบบใบพัดโค้งไปข้างหน้า (Forward Curved Blade Fans) โดยการทำงานของพัดลมชนิดนี้จะมีเสียงเบาที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับพัดลมชนิดอื่น ๆ แต่มีข้อเสียคือลักษณะของมอเตอร์จะทำงานเกินกำลังและมีช่วงการทำงานของพัดลมที่ไม่มีเสถียร ใบพัดของพัดลมชนิดนี้มีใบที่ละเอียดประมาณ 20 ถึง 64 ซี่ เพลาใบพัดมีขนาดเล็ก หมุนด้วยความเร็วรอบสูงกว่าพัดลมใบพัดมีตรง ความเร็วลมที่เคลื่อนที่เร็วกว่าพัดลมใบพัดโค้งไปข้างหลัง ที่ความเร็วปลายใบพัดเท่ากัน ซึ่งลักษณะแผนผังความเร็วของพัดลมหมุนเหวี่ยงแบบต่าง ๆ ดังภาพประกอบ 48



(ก) แบบใบพัดโค้งไปข้างหน้า
(ข) แบบใบพัดมีตรง
(ค) แบบใบพัดโค้งไปข้างหลัง

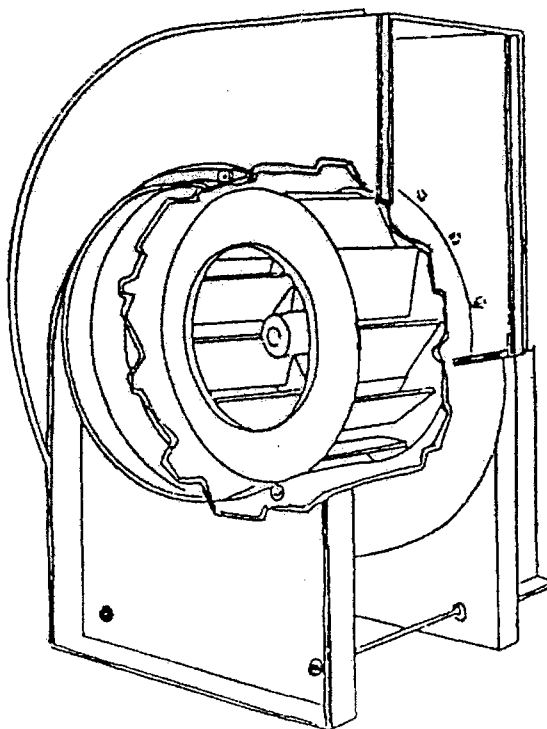
ภาพประกอบ 48 แผนผังความเร็วของพัดลมหมุนเหวี่ยงแบบต่าง ๆ

จากภาพประกอบ 48 จะเห็นว่าช่วงร้อยละของปริมาตรที่เปิดกว้างเพิ่มขึ้น ค่ากำลังงานที่ให้กับแกนของพัดลมจะเพิ่มขึ้น ซึ่งอาจก่อให้เกิดลักษณะที่มอเตอร์จะทำงานเกินกำลังได้ ดังนั้น จึงไม่ควรใช้พัดลมประเภทนี้กับระบบที่มีอัตราการไหลของอากาศเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ซึ่งช่วงเวลาที่ เหมาะสมสำหรับการทำงานของพัดลมคือควรมีปริมาตรที่เปิดกว้างประมาณร้อยละ 30 - 50 ซึ่งลักษณะพัด ลมหมุนเหวี่ยงแบบใบพัดโค้งไปข้างหน้า ดังภาพประกอบ 49



ภาพประกอบ 49 พัดลมหมุนเหวี่ยงแบบใบพัดโค้งไปข้างหน้า

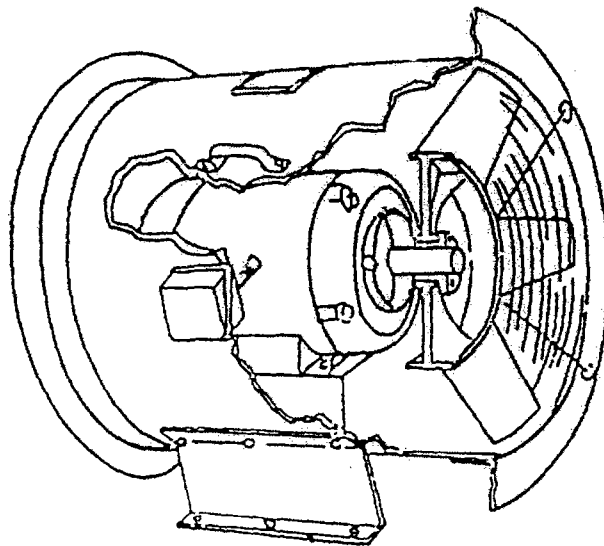
3.6.5.2.1.3 แบบใบพัดโค้งไปข้างหลัง (Backward Curved Blade Fans) เป็น พัดลมที่มีราคาสูง แต่มีข้อได้เปรียบมากกว่าพัดลมประเภทอื่นอาทิการทำงาน of พัดลมไม่ก่อให้เกิดเสียงดัง เกินควร ไม่มีลักษณะที่มอเตอร์ทำงานเกินกำลัง ไม่มีช่วงการทำงานของพัดลมที่ไม่มีความเสถียร ช่วงที่ เหมาะสมสำหรับการทำงานของพัดลมควรมีปริมาตรที่เปิดกว้างประมาณร้อยละ 50 - 60 ใบพัดของพัดลม ประเภทนี้จะมีซี่ใบไม่ถี่ละเอียดเท่ากับใบพัดโค้งไปข้างหน้า จะมีซี่ใบพัดประมาณ 10 - 50 ซี่ โดยมุมที่โค้งไป ข้างหลังนี้จะต้องเป็นมุมที่พอเหมาะ ซึ่งจะสามารถเปลี่ยนพลังงานจลน์เป็นพลังงานความกดดันได้โดยตรงได้ มากที่สุด เหมาะใช้กับการระบายอากาศ เนื่องจากสามารถควบคุมความกดดันและปริมาณลมได้ง่ายกว่า ซึ่งลักษณะพัดลมหมุนเหวี่ยงแบบใบพัดโค้งไปข้างหลัง ดังภาพประกอบ 50



ภาพประกอบ 50 พัดลมหมุนเหวี่ยงแบบใบพัดโค้งไปข้างหลัง

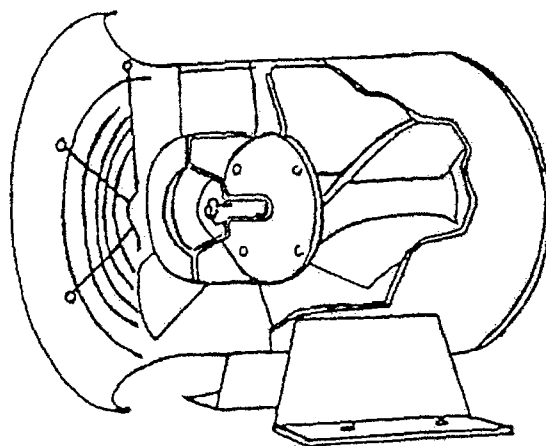
3.6.5.2.2 พัดลมอากาศไหลตามแนวแกน (Axial Flow Fans) เป็นพัดลมที่อากาศจะไหลขนานกับแกนของใบพัดและตั้งฉากกับระนาบการหมุนของใบพัด ซึ่งมีราคาถูกและไม่มีลักษณะที่มอเตอร์ทำงานเกินกำลัง แต่การทำงานของพัดลมจะมีเสียงดังเมื่อเปรียบเทียบกับพัดลมแบบหมุนเหวี่ยงและมีช่วงการทำงานของพัดลมที่ไม่มีเสถียร ซึ่งช่วงที่เหมาะสมสำหรับการทำงานของพัดลมประเภทนี้ควรมีปริมาตรที่เปิดกว้างประมาณร้อยละ 55 – 75 ซึ่งจะให้ค่าประสิทธิภาพสูงสุด เป็นพัดลมที่ส่งลมได้ในปริมาณมาก เหมาะกับงานที่มีความต้านทานลมต่ำ ซึ่งการสร้างมี 2 ลักษณะ คือ

3.6.5.2.2.1 ลักษณะที่ลมพัดเป็นสกรู (Tube Axial Fans) จะมีโครงสร้างประกอบด้วยใบพัดภายในทรงกระบอก โดยลมที่เคลื่อนที่ออกจะหมุนเป็นเกลียวสกรู ให้ความกดดันลมปานกลาง ซึ่งลักษณะของพัดลมอากาศไหลตามแนวแกนแบบลมพัดเป็นสกรู ดังภาพประกอบ 51



ภาพประกอบ 51 พัดลมอากาศไหลตามแนวแกนแบบลมพัดเป็นสกรู

3.6.5.2.2.2 ลักษณะที่ลมพัดเป็นเส้นตรง (Vane Axial Fans) โดยจะมีแผ่นกันอากาศ(Air Guide Vane) รับลมทางด้านออกช่วยในการปรับทิศทางการเคลื่อนที่ของลมให้ไหลอยู่ในแนวเส้นตรง ซึ่งทำให้การไหลของลมแบบปั่นป่วน (Turbulence) ลดลงทั้งมีประสิทธิภาพดีกว่าแบบแรก ซึ่งลักษณะของพัดลมอากาศไหลตามแกนแบบลมพัดเป็นเส้นตรง ดังภาพประกอบ 52



ภาพประกอบ 52 พัดลมอากาศไหลตามแกนแบบลมพัดเป็นเส้นตรง

โดยสรุปผู้วิจัยเลือกพัดลมหมุนเหวี่ยงแบบใบพัดโค้งไปข้างหน้า เพื่อใช้ในการระบายความร้อนให้แก่แผ่นอะคริลิกหลังการพับ เพื่อเร่งการคงรูปสำหรับการพับแผ่นอะคริลิกแบบเครื่องพับ เพราะว่ามีเสียงเบากว่าพัดลมชนิดอื่น มีความเร็วรอบสูงกว่าพัดลมใบพัดรัศมีตรง อีกทั้งความเร็วลมเคลื่อนที่เร็วกว่าพัดลมใบพัดโค้งไปข้างหลังที่ความเร็วปลายใบพัดเท่ากัน

3.6.6 อุปกรณ์ตัดตอนและป้องกันในวงจรไฟฟ้า (นักทรร วังเทพินทร์. 2539 : 167 - 175)

อุปกรณ์ตัดตอนและป้องกันในวงจรไฟฟ้า โดยจะกล่าวถึงอุปกรณ์ตัดตอนแบบต่าง ๆ และอุปกรณ์ป้องกันที่สามารถป้องกันอันตรายที่จะเกิดขึ้นกับอุปกรณ์ไฟฟ้า เพื่อให้เกิดความปลอดภัยจากการใช้ไฟฟ้า ซึ่งอุปกรณ์เหล่านี้มีหน้าที่แตกต่างกัน เช่น อุปกรณ์ป้องกันกระแสไหลเกินพิกัด อุปกรณ์ป้องกันกระแสจากการลัดวงจร เป็นต้น ซึ่งอุปกรณ์ตัดตอนและป้องกันในวงจรไฟฟ้ามีหลายชนิด ดังรายละเอียดต่อไปนี้

3.6.6.1 สวิตช์ (Switch) เป็นอุปกรณ์ตัดต่อวงจรไฟฟ้า ที่ใช้ควบคุมการเปิด - ปิดวงจรไฟฟ้า ซึ่งใช้กับวงจรไฟฟ้าที่กินกระแสไฟฟ้าไม่เกิน 3 แอมแปร์ ที่แรงดันไฟฟ้า 220 โวลท์ ซึ่งสวิตช์ที่ใช้กันโดยทั่วไปมีหลายชนิด คือ

3.6.6.1.1 สวิตช์ 2 ขั้วเปิด - ปิด 1 ทาง (Double Pole Single - throw Switch)

หรือสวิตช์ DPST

3.6.6.1.2 สวิตช์ 2 ขั้วเปิด - ปิด 2 ทาง (Double Pole Double - throw Switch)

หรือสวิตช์ DPDT

3.6.6.1.3 สวิตช์เปิด - ปิด 2 ทาง (Single Pole Double - throw Switch) หรือสวิตช์

SPDT

3.6.6.1.4 สวิตช์ 1 ขั้วเปิด - ปิด 1 ทาง (Single Pole - Single throw Switch)

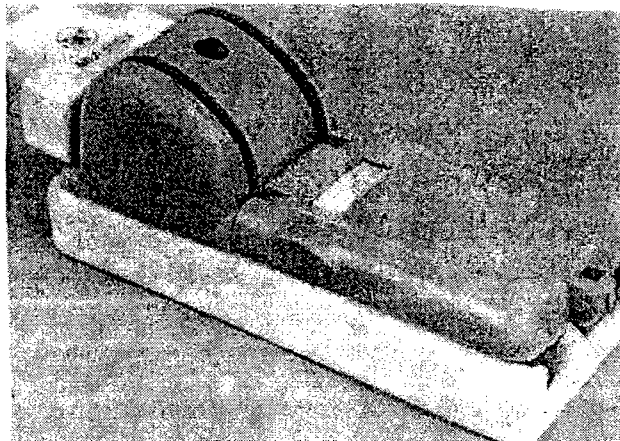
หรือสวิตช์ SPST

ซึ่งสัญลักษณ์ของสวิตช์แบบต่าง ๆ ดังภาพประกอบ 53



ภาพประกอบ 53 สัญลักษณ์ของสวิตช์แบบต่าง ๆ

3.6.6.2 สวิตช์ตัดตอนแบบใบมีด หรือคัตเอาต์ (Cut - out) เป็นสวิตช์ตัดตอนที่มีฟิวส์ (Fuse) ในตัว สามารถตัดตอนวงจรไฟฟ้าได้ อีกทั้งมีฟิวส์ที่ใช้ป้องกันกระแสลัดวงจรและกระแสไฟฟ้าเกินได้ ส่วนขนาดของฟิวส์ที่ใช้สำหรับคัตเอาต์มีหลายขนาดตั้งแต่ 20, 30, 60 และ 100 แอมแปร์ ซึ่งลักษณะของสวิตช์ตัดตอนแบบใบมีด ดังภาพประกอบ 54



ภาพประกอบ 54 สวิตซ์ตัดตอนแบบไบเมทัล

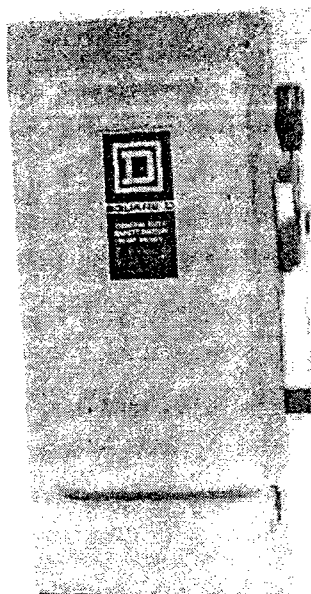
3.6.6.3 คาร์ทริดจ์ฟิวส์ (Cartridge fuse) เป็นฟิวส์ชนิดบรรจุในกระบอกที่ทำด้วย กระเบื้อง ซึ่งภายในกระบอกฟิวส์บรรจุด้วยทรายหรือสารบางชนิดที่ใช้สำหรับดับเปลวอาร์ค (Arc) ในขณะ ที่ ฟิวส์ขาด โดยทั่วไปคาร์ทริดจ์ฟิวส์ใช้ในวงจรเมน เพื่อเป็นฟิวส์ป้องกันการลัดวงจรของวงจรเมน ซึ่งใช้งานคู่ กับสวิตซ์ตัดตอนแบบไบเมทัล ส่วนคาร์ทริดจ์ฟิวส์นั้นมีหลายขนาดตั้งแต่ 5 – 60 แอมแปร์ ซึ่งคาร์ทริดจ์ฟิวส์นี้ใช้ งานได้สะดวกมากกว่าฟิวส์เส้นในสวิตซ์ตัดตอนแบบไบเมทัล เพราะสามารถถอดเปลี่ยนได้ง่ายโดยไม่ต้องใช้ เครื่องมืออื่น ๆ ช่วย ซึ่งลักษณะของคาร์ทริดจ์ฟิวส์ ดังภาพประกอบ 55



ภาพประกอบ 55 คาร์ทริดจ์ฟิวส์

3.6.6.4 สวิตซ์นิรภัย หรือ Safety Switch มีโครงสร้างคล้ายสวิตซ์ไบเมทัลแต่มีขนาดใหญ่ กว่า ส่วนมากใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม ใช้สำหรับตัดต่อกระแสไฟฟ้าที่เข้าอาคารหรือโรงงาน

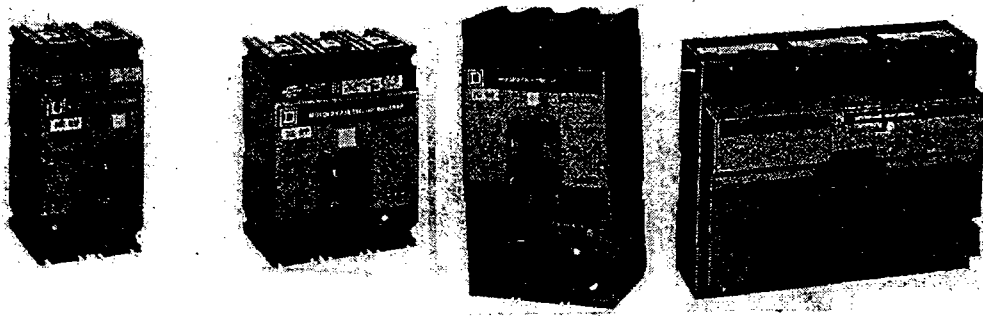
ซึ่งภายในมีฟิวส์ประกอบอยู่ด้วยเป็นคาร์ทริดจ์ฟิวส์ชนิดไบเมทัล ชนิดหลอดหรือชนิด HRC ซึ่งมีความปลอดภัยสูง ส่วนลักษณะของสวิตช์นิรภัยติดตั้งอยู่ในตู้โลหะแข็งแรง ทั้งยังสามารถปิดล็อกกุญแจได้ ถ้าสวิตช์ยังอยู่ในลักษณะวงจรปิดจะไม่สามารถเปิดตู้โลหะได้ ซึ่งลักษณะของสวิตช์นิรภัย ดังภาพประกอบ 56



ภาพประกอบ 56 สวิตช์นิรภัย

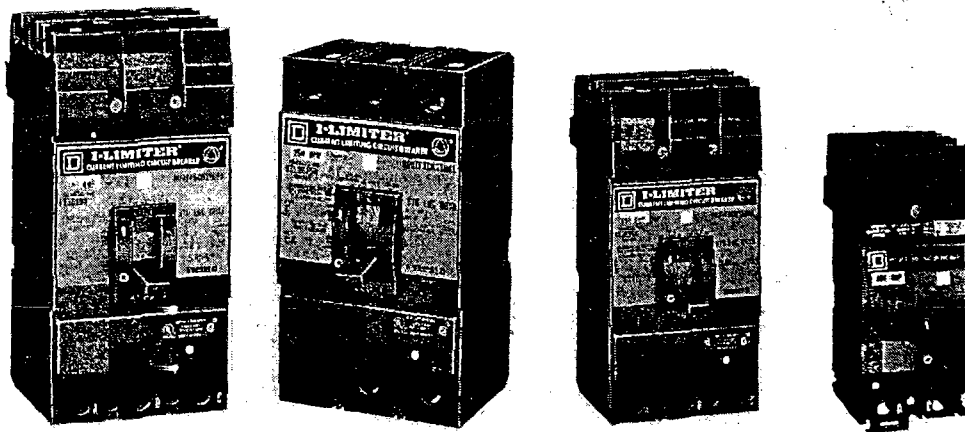
3.6.6.5 ตัดตอนอัตโนมัติ หรือเซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker) คือเมนสวิตช์ชนิดหนึ่งที่ทำหน้าที่ตัดวงจรออกอย่างอัตโนมัติ เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลเกินกำหนดในวงจร (Over Current) หรือเกิดกระแสไฟฟ้าลัดวงจร (Short Circuits Current) ซึ่งตัดตอนอัตโนมัตินี้มีหลายชนิด ดังรายละเอียดต่อไปนี้

3.6.6.5.1 ตัดตอนอัตโนมัติที่ทำงานด้วยความร้อนและแม่เหล็ก (Thermal - magnetic Circuit Breaker) เป็นตัดตอนอัตโนมัติที่ทำหน้าที่ป้องกันกระแสไฟฟ้าไหลผ่านและป้องกันกระแสไฟฟ้าลัดวงจร เหมาะที่จะใช้ในการควบคุมมอเตอร์ ปั๊มลม ปั๊มน้ำหรืออุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต้องทำงานเป็นเวลานาน ๆ ต่อเนื่องกัน ซึ่งลักษณะของตัดตอนอัตโนมัติที่ทำงานด้วยความร้อนและแม่เหล็ก ดังภาพประกอบ 57



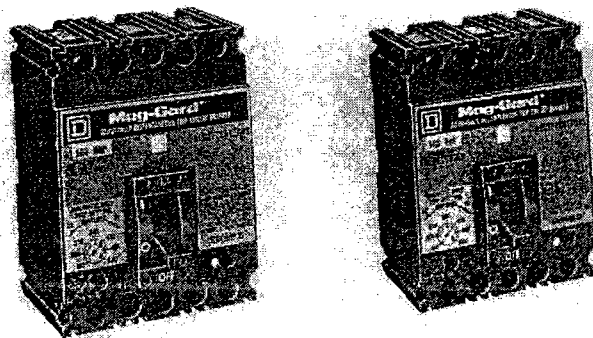
ภาพประกอบ 57 ตัดตอนอัตโนมัติที่ทำงานด้วยความร้อนและแม่เหล็ก

3.6.6.5.2 ตัดตอนอัตโนมัติทำหน้าที่จำกัดกระแสไฟฟ้า (Current Limiting Circuit Breaker) เป็นตัดตอนอัตโนมัติที่ใช้ป้องกันกระแสไฟฟ้าไหลเกินพิกัดเพียงอย่างเดียวเท่านั้น นิยมใช้ทำหน้าที่ป้องกันวงจรไฟฟ้าในบ้านพักอาศัย ในโรงงานอุตสาหกรรม อีกทั้งในวงจรแสงสว่างและวงจรกำลังในระบบไฟฟ้ากำลัง ซึ่งลักษณะของตัดตอนอัตโนมัติทำหน้าที่จำกัดกระแสไฟฟ้า ดังภาพประกอบ 58



ภาพประกอบ 58 ตัดตอนอัตโนมัติทำหน้าที่จำกัดกระแสไฟฟ้า

3.6.6.5.3 ตัดตอนอัตโนมัติที่ทำงานด้วยผลของแม่เหล็ก (Magnetic Only Circuit Breaker) เป็นตัดตอนอัตโนมัติที่ทำงานด้วยผลของแม่เหล็กเพียงอย่างเดียวนี้ ซึ่งกำหนดขึ้นตามมาตรฐาน NEC (National Electrical Code) ที่สร้างขึ้นเพื่อป้องกันกระแสไฟฟ้าไหลเกิน เพื่อนำไปควบคุมโหลดมอเตอร์โดยเฉพาะ (Motor Overload Protection) และตัดตอนอัตโนมัติแบบนี้ยังสามารถตั้งเวลาการตัดวงจร (Trip) ได้อีกด้วย ซึ่งลักษณะของตัดตอนอัตโนมัติที่ทำงานด้วยผลของแม่เหล็ก ดังภาพประกอบ 59



ภาพประกอบ 59 ตัดตอนอัตโนมัติที่ทำงานด้วยผลของแม่เหล็ก

3.6.6.6 สวิตช์ทิจิโน (Tichino Switch) เป็นตัดตอนอัตโนมัติอีกแบบหนึ่งที่นิยมใช้กันมากในงานควบคุมโหลดไฟฟ้าเป็นจุด ๆ เช่น เครื่องปรับอากาศ มอเตอร์ปั้มน้ำหรือเครื่องกลไฟฟ้าอื่น ๆ เป็นต้น ซึ่งสวิตช์ทิจิโนใช้ป้องกันได้ทั้งกระแสไฟฟ้าไหลเกินและการลัดวงจร โดยในตัวสวิตช์จะมีแผ่นโลหะตัวนำสีเงินลักษณะแบน ๆ มีค่าตั้งแต่ 10, 15, 20 และ 25 แอมแปร์ ให้มาด้วย ให้ผู้ใช้งานเลือกใช้ตามขนาดของกระแสไฟฟ้าของโหลดและยังสามารถตั้งขนาดของกระแสไฟฟ้าที่ต้องการให้ตัดวงจรได้อีกด้วย โดยปรับปุ่มปรับขนาดกระแสไฟฟ้าตัดวงจร ซึ่งมีค่าให้เลือกตั้งแต่ร้อยละ 0 – 25 ซึ่งสวิตช์ทิจิโนมีทั้งแบบ 1 เฟส 2 สาย จนถึงแบบ 3 เฟส 4 สาย การปรับแต่งปุ่มปรับกระแสไฟฟ้าตัดวงจรใช้วิธีเดียวกัน ซึ่งใช้งานได้ง่ายโดยกดปุ่มหมายเลข 1 สวิตช์ก็จะปิดวงจรทำงานปกติ เมื่อต้องการเปิดวงจรให้กดปุ่มหมายเลข 0 ซึ่งในขณะที่ปุ่มหมายเลข 1 ใช้งานปกติอยู่นั้นถ้าเกิดการลัดวงจรหรือกระแสไฟฟ้าไหลเกิน ปุ่มหมายเลข 1 จะดังออกมาในตำแหน่งวงจรเปิดทันที ซึ่งเป็นที่สังเกตได้ชัดเจน

โดยสรุปผู้วิจัยเลือกอุปกรณ์ตัดตอนและป้องกันในวงจรไฟฟ้าชนิดตัดตอนอัตโนมัติทำหน้าที่จัดกระแสไฟฟ้า เพราะใช้ป้องกันกระแสไฟฟ้าไหลเกินพิกัดในวงจรควบคุมระบบไฟฟ้าของเครื่องพับแผ่นอะคริลิกได้ดี

3.6.7 อุปกรณ์ป้องกันภัยอันตรายจากไฟฟ้า (นภัทร วจนเทพินทร์และชูศักดิ์ ขำพิมพ์. 2539 : 143 – 149)

ไฟฟ้านั้นมีประโยชน์มากมายก็จริง แต่ในเวลาเดียวกันก็มีอันตรายอยู่ในตัวเอง ถ้ารู้จักใช้ก็ได้ประโยชน์มหาศาล ถ้าใช้ผิดวิธีก็อาจได้รับอันตรายถึงชีวิต ดังนั้นจึงควรเข้าใจและรู้พื้นฐานทางด้านความปลอดภัยในการใช้ไฟฟ้า เพราะความประมาทหรือการเพิกเฉยต่อสิ่งที่เกิดขึ้นเพียงเล็กน้อย อาจนำมาสู่ความหายนะและการสูญเสียต่าง ๆ แม้กระทั่งชีวิตของผู้ใช้ไฟฟ้าเอง ซึ่งผู้ที่ได้รับอันตรายจากไฟฟ้านั้น เนื่องจากส่วนใดส่วนหนึ่งของร่างกายบังเอิญเข้าไปแตะและต่อเป็นส่วนหนึ่งในวงจรไฟฟ้าหรือต่อครบวงจร ซึ่งอาจจะสัมผัสถูกสาย 2 เส้น หรือเพียงเส้นเดียว หรืออาจจะสัมผัสถูกวัตถุที่มีกระแสไฟฟ้ารั่วไหลอยู่ในขณะที่ร่างกายส่วนอื่นสัมผัสอยู่กับพื้นดินหรือที่ชื้นแฉะ ทำให้กระแสไฟฟ้าสามารถไหลผ่านร่างกายลงสู่ดินครบวงจรทำให้เกิดอันตรายแก่ร่างกายได้ ซึ่งกระแสไฟฟ้าไหลไปตามทางเดินไฟฟ้านั้น ถ้ามีทางไหลของกระแสไฟฟ้ามาก

กว่า 1 ทางแล้ว กระแสไฟฟ้าจะไหลไปในทางที่มีความต้านทานน้อยที่สุด ดังนั้นเพื่อให้ร่างกายมีความต้านทานมากมีกระแสไฟฟ้าผ่านน้อยหรือไม่ผ่านเลย จึงพอจำแนกวิธีป้องกันได้ดังนี้

3.6.7.1 การใช้ฉนวนป้องกันกระแสไฟฟ้า ซึ่งฉนวนหุ้มสายไฟฟ้าหรือหุ้มสายอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ นั้น เป็นสิ่งที่ชำรุดฉีกขาดได้และฉนวนหุ้มสายไฟฟ้าจะชำรุดได้ง่ายยิ่งขึ้นถ้าผู้ใช้งานใช้อย่างขาดการทะนุถนอมและไม่เอาใจใส่ เช่น การดึงหรือกระชากผ่านของมีคมหรือวัตถุที่มีขอบหรือมุมแข็งหรือการวางในทางที่มีการเหยียบไปมาหรือมีวัตถุหนักเคลื่อนที่ทับอยู่เสมอ ก็เป็นเหตุทำให้ฉนวนชำรุดเสียหายได้ นอกจากนี้การต่อสายไฟฟ้าใช้งานอย่างชั่วคราวมักจะใช้ตะปูตอกกดทับไว้ ทำให้ฉนวนชำรุดกลายเป็นสายเปลือยได้ จุดต่อต่าง ๆ ที่ต่อไว้มิได้มีการพันฉนวนป้องกันซึ่งจะกลายเป็นจุดอันตรายไปด้วย สิ่งเหล่านี้ถ้าผู้ใช้งานละเลยไม่ให้ความเอาใจใส่ก็จะนำอันตรายมาสู่ผู้ใช้งานได้ เพื่อเป็นการป้องกันอันตรายดังกล่าว จึงควรมั่นตรวสภาพฉนวนของสายไฟฟ้าหรืออุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ เพื่อหารอยแตกปริหรือฉีกขาด โดยเฉพาะอย่างยิ่งตรงข้อต่ออุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น ข้อหลอด ปลั๊ก ถ้าพบว่ามีการชำรุดอย่าปล่อยทิ้งไว้ ควรรีบซ่อมแซมหรือเปลี่ยนทันที

3.6.7.2 การป้องกันด้วยการต่อลงดิน เป็นการป้องกันกระแสไฟฟ้าดูดด้วยวิธีการต่อลงดินเป็นวิธีที่ให้ความปลอดภัยมากที่สุด เพราะเมื่อกระแสไฟฟ้ารั่วไหลในระบบไฟฟ้า กระแสไฟฟ้านั้นจะไหลลงดินไปทั้งหมด เมื่อมีผู้ไปสัมผัสถูกอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีกระแสไฟฟ้ารั่วไหลอยู่จึงไม่เกิดอันตราย เพราะกระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านลงดินได้สะดวกกว่าไหลผ่านร่างกายมนุษย์

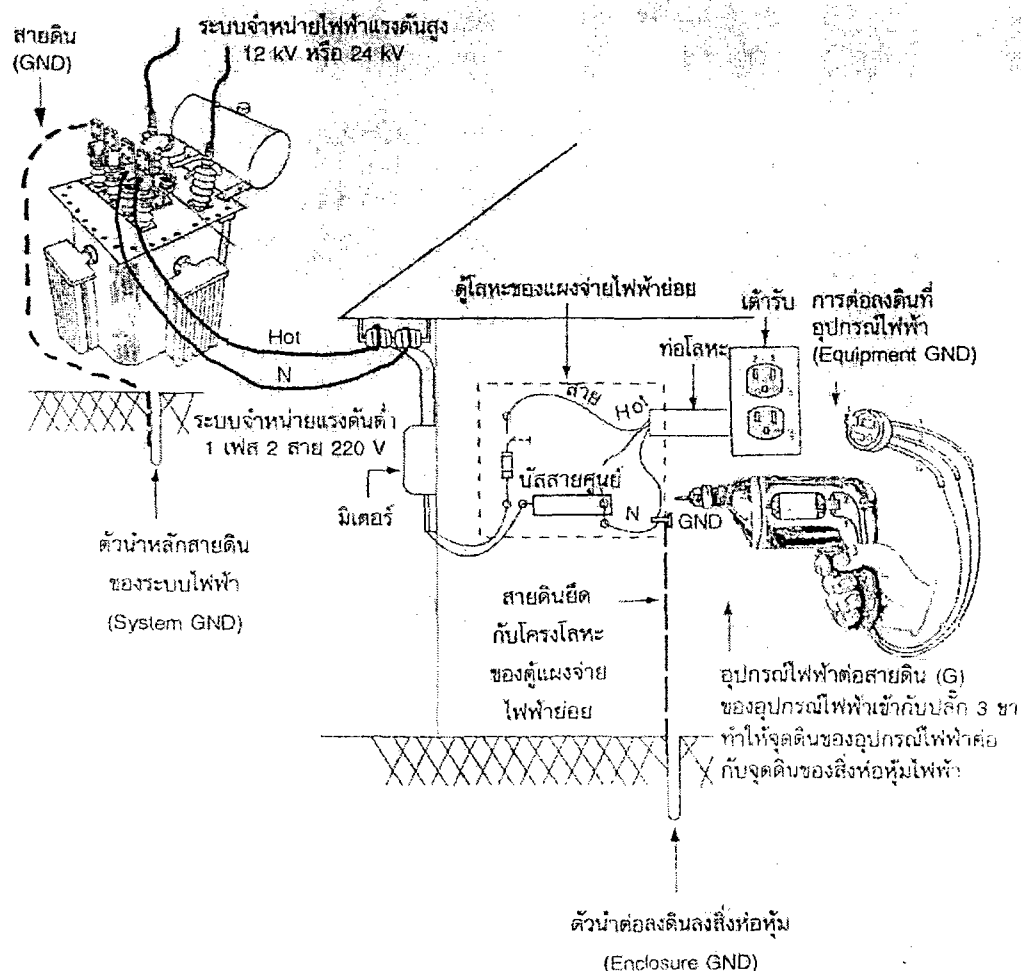
3.6.7.2.1 หลักในการต่อลงดินสามารถแบ่งได้ 3 กรณี คือ

3.6.7.2.1.1 การต่อลงดินที่ระบบจ่ายไฟฟ้า (System Grounding)

3.6.7.2.1.2 การต่อลงดินที่อุปกรณ์ไฟฟ้า (Equipment Grounding)

3.6.7.2.1.3 การต่อลงดินที่สิ่งห่อหุ้ม (Enclosure Grounding)

ซึ่งลักษณะการต่อสายดิน ดังภาพประกอบ 60



ภาพประกอบ 60 การต่อสายดิน

3.6.7.2.2 วิธีการต่อลงดิน จากมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ได้กำหนดวิธีการต่อลงดินเอาไว้ดังนี้

3.6.7.2.2.1 วิธีการต่อลงดิน โดยส่วนโลหะของท่อหรือช่องทางเดินสายไฟฟ้า ก่อเลี้ยงสาย ก่อเลี้ยงสวิตช์และบริเวณที่ติดต้องมีการต่อลงดินดังนี้

3.6.7.2.2.1.1 จัดทำทางเดินไฟฟ้าลงดินให้ต่อเนื่องถึงกันอย่างถาวร

3.6.7.2.2.1.2 ทางเดินไฟฟ้าลงดินต้องสามารถทนกระแสไฟฟ้าลัดวงจรที่อาจเกิดขึ้นได้

3.6.7.2.2.1.3 ทางเดินลงดินจะต้องมีความต้านทานรวมของวงจรต่ำหรืออิมพีแดนซ์ต่ำพอที่จะทำให้อุปกรณ์ป้องกันระบบไฟฟ้าทำงาน

3.6.7.2.2.1.4 สายดินของเครื่องใช้ไฟฟ้าต้องมีขนาดไม่เล็กกว่าที่กำหนดใน

ตาราง 3

ตาราง 3 ขนาดตัวนำสำหรับต่อลงดินของเครื่องใช้ไฟฟ้า

พิกัดขนาดปรับตั้งของตัดตอนอัตโนมัติ หรือขนาดฟิวส์ต้นทางของวงจรไฟฟ้า (แอมแปร์)	ขนาดตัวนำสำหรับต่อลงดิน (ตารางมิลลิเมตร)
6 – 10	1
16	2.5
25	4
35 – 40 – 50 – 63	6
100	10
200	16
400	35
600	50
800	75
1,000 – 1,200	95
1,600	120
2,000	150
2,500	185
3,000 – 4,000	240
5,000 – 6,000	400

3.6.7.2.2.1.5 ขั้วดินต้องฝังลึกในดินไม่น้อยกว่า 2.40 เมตร ถ้าจำเป็นต้องมีขั้วดินหลายอัน ขั้วดินต้องห่างกันไม่น้อยกว่า 1.80 เมตร และต้องต่อเข้ารวมกัน

3.6.7.2.2.2 ตัวนำขั้วดินและจุดต่อตัวนำขั้วดินต้องต่อกับขั้วดินที่จุดหนึ่งตามสะดวก แต่จะต้องอยู่ภายในบริเวณของผู้ใช้ไฟฟ้าและต้องอยู่ทางด้านกระแสไฟฟ้าเข้าของบริเวณตัดตอนหรืออุปกรณ์ป้องกันกระแสไฟฟ้าเกิน ซึ่งจุดต่อขั้วดินควรอยู่ในกล่องของอุปกรณ์ตัดตอนหรือเครื่องป้องกันกระแสเกิน โดยตัวนำขั้วดินที่มาต่อกับขั้วดินนี้ต้องใส่ไว้ในท่อโลหะหรือต้องเป็นตัวนำที่มีฉนวนหุ้มและต้องเป็นเส้นเดียวกันตลอด ซึ่งขนาดของตัวนำขั้วดินของระบบไฟฟ้าต้องไม่เล็กกว่าที่กำหนดในตาราง 4

ตาราง 4 ขนาดของตัวนำขั้วดินของระบบไฟฟ้า

ขนาดสายประธาน (ตารางมิลลิเมตร)	ขนาดตัวนำขั้วดิน (ตารางมิลลิเมตร)
50 และเล็กกว่า	10
70	16
95 – 120	25
150	35
180 – 240	50
300	70
400 ขึ้นไป	95

3.6.7.2.2.3 ขั้วดิน โดยขั้วดินได้แก่สิ่งใดสิ่งหนึ่งดังต่อไปนี้

3.6.7.2.2.3.1 โครงสร้างอาคารที่เป็นโลหะ ซึ่งเชื่อมต่อกันทั้งอาคารและมี
การต่อลงดินถูกต้อง

3.6.7.2.2.3.2 แผ่นโลหะซึ่งมีพื้นที่ไม่น้อยกว่า 0.20 ตารางเมตร ถ้าเป็น
เหล็กต้องอาบโลหะชนิดกันผุกร่อนและต้องหนาไม่น้อยกว่า 6 มิลลิเมตร ถ้าเป็นโลหะอื่นซึ่งไม่ผุกร่อนต้อง
หนาไม่น้อยกว่า 1.50 มิลลิเมตร

3.6.7.2.2.3.3 ท่อเหล็กอาบสังกะสีหรือฉาบโลหะกันผุกร่อนชนิดอื่น ซึ่งมี
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายในมากกว่า 18 มิลลิเมตร และยาวมากกว่า 2.40 เมตร

3.6.7.2.2.3.4 แท่งเหล็กอาบสังกะสีกันผุกร่อนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่
กว่า 15 มิลลิเมตร และยาวมากกว่า 2.40 เมตร

3.6.7.2.2.4 ความต้านทานของดิน โดยความต้านทานของดิน ณ จุดที่ฝังต้องไม่
เกิน 25 โอห์ม ถ้าเกินต้องเพิ่มขั้วดินอีกจนไม่เกิน

3.6.7.2.2.5 ข้อควรปฏิบัติในการต่อลงดิน

3.6.7.2.2.5.1 ห้ามเอาสายดินของเครื่องมือต่อเข้ากับสายศูนย์ เพราะถ้าทำ
เช่นนี้แล้วหากสายศูนย์ขาดจะทำให้โครงโลหะของเครื่องใช้ไฟฟ้ามีแรงดันไฟฟ้าเท่ากับแรงดันไฟฟ้าของสาย
ไฟฟ้า เมื่อมีคนไปสัมผัสอาจได้รับอันตรายจากไฟฟ้าดูดได้

3.6.7.2.2.5.2 ในระบบจ่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง ซึ่งมีการต่อลงดิน
ที่หม้อแปลงไฟฟ้าและตามเสาไฟฟ้าเป็นระยะ ๆ สามารถใช้สายที่ต่อกับหลักดินเป็นสายดินของระบบและสาย
ดินของเครื่องมือได้

3.6.7.2.2.5.3 ห้ามต่อสายดินผ่านฟิวส์หรืออุปกรณ์ป้องกันแบบอัตโนมัติ
นอกจากกรณีต่อผ่านตัดตอนอัตโนมัติและตัดตอนอัตโนมัติที่ตัดสายทุกเส้นของวงจรและสายดินพร้อมกันไป
ด้วย

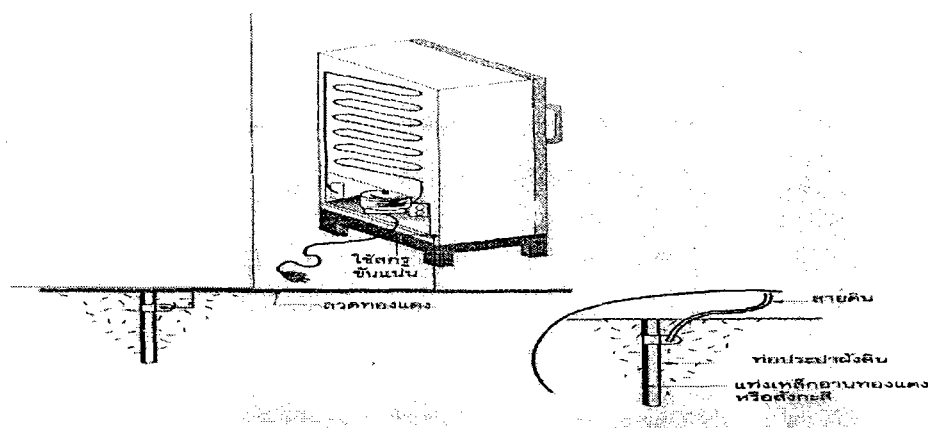
3.6.7.2.2.5.4 ห้ามต่อสายดินผ่านสวิตช์ตัดตอน ยกเว้นในกรณีที่ติดตั้งในที่
เห็นได้ชัด โดยทำเครื่องหมายให้เห็นชัดว่าเป็นสวิตช์สายดินและให้ใช้เฉพาะผู้มีหน้าที่โดยตรงเท่านั้น

3.6.7.2.2.5.5 จุดต่อต่าง ๆ ในวงจรของสายดินจะต้องต่อให้มั่นคงแข็งแรงและมีความต่อเนื่องทางไฟฟ้าที่สมบูรณ์ โดยใช้อุปกรณ์และวิธีการต่อสายให้เหมาะสม เช่น การเชื่อมและการใช้ขั้วยึดสายดินกับหลักดินที่เหมาะสมเป็นต้น

3.6.7.2.3 คำแนะนำในการต่อลงดินของอุปกรณ์ไฟฟ้า เครื่องใช้ไฟฟ้าส่วนใหญ่จะมีโครงสร้างภายนอกเป็นโลหะ เช่น เครื่องซักผ้า ตู้เย็น เตาหุงต้ม ปัมป์น้ำ สว่าน เป็นต้น ซึ่งอุปกรณ์เหล่านี้เมื่อเกิดชำรุด ของวงจรไฟฟ้า เช่น ฉนวนเสื่อมสภาพหรือมีการแตกหักของฉนวนทำให้สายไฟฟ้าไปสัมผัสกับโครงโลหะของเครื่องใช้ไฟฟ้านั้น ๆ กระแสไฟฟ้าก็สามารถรั่วไหลมายังโครงสร้างนั้นได้และเมื่อมีผู้นำอุปกรณ์ไฟฟ้าไปใช้งานหรือสัมผัสอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดนั้น ๆ ในขณะที่ทำงานอยู่ กระแสไฟฟ้าก็จะไหลผ่านตัวผู้ใช้งานหรือผู้ที่สัมผัสอุปกรณ์นั้นลงสู่ดินทำให้ได้รับอันตรายได้

วิธีการป้องกันอุบัติเหตุดังกล่าวคือ การต่อสายดินโดยใช้สายไฟฟ้าต่อกับโครงสร้างส่วนที่เป็นโลหะของอุปกรณ์หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าเหล่านั้นลงดิน เพื่อเป็นทางให้กระแสไฟฟ้าที่อาจรั่วไหลออกมาจากอุปกรณ์เหล่านั้น (เพราะเหตุเนื่องจากฉนวนเสื่อมสภาพหรือฉีกขาด) ไหลลงสู่ดินโดยผ่านทางสายดินที่ได้ต่อไว้ แทนที่จะไหลผ่านตัวผู้ใช้งานหรือผู้ที่ไปสัมผัสอุปกรณ์เหล่านั้น ซึ่งวิธีการป้องกันโดยการใช้สายดินนี้เป็นวิธีมาตรฐานที่นิยมใช้กันอยู่ทั่วไป

อุปกรณ์ไฟฟ้าบางชนิดมีสายดินต่อมาให้เรียบร้อยแล้ว ปลั๊กไฟฟ้าที่ใช้งานจึงมี 3 ขา ดังนั้นการนำมาใช้งานจึงควรจัดเตรียมเต้าเสียบที่มีสายดินพร้อมอยู่แล้ว คือเต้าเสียบไฟฟ้าไว้ 3 เส้น โดยใช้เส้นหนึ่งเป็นสายเชื่อมต่อลงดินหรือเดินสายร้อยท่อโลหะและใช้ท่อโลหะเป็นสายดินหรือถ้าเดินสายไฟฟ้าไว้เป็นชนิด 2 เส้น อยู่แล้ว ก็ให้เดินสายไฟฟ้าเพิ่มอีกเส้นหนึ่งเพื่อใช้เป็นสายดิน โดยที่สายดินที่ใช้จะต้องไม่น้อยกว่า 1/3 ของสายไฟฟ้าทั้ง 2 เส้น ที่ใช้งานอยู่หรือถ้าอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดที่ไม่มีสายดินผู้ใช้งานควรจะต้องสายดินจากโครงโลหะของเครื่องใช้ไฟฟ้านั้นลงดินโดยตรง ซึ่งอาจจะต่อสายดินเข้ากับท่อประปาที่เป็นโลหะหรือต่อเข้ากับแท่งโลหะไร้สนิม (Ground Rod) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร ยาวไม่น้อยกว่า 150 เซนติเมตร และฝังลึกจากผิวดินอย่างน้อย 30 เซนติเมตร ก็จะได้ระบบสายดินที่สมบูรณ์ อันตรายที่อาจเกิดขึ้นได้จะไม่มี ซึ่งลักษณะตัวอย่างการต่อสายดินของตู้เย็นเข้ากับหลักดิน ดังภาพประกอบ 61



ภาพประกอบ 61 ตัวอย่างการต่อสายดินของตู้เย็นเข้ากับหลักดิน

โดยสรุปผู้วิจัยป้องกันภัยอันตรายจากไฟฟ้าดูดในขณะที่ใช้เครื่องพับแผ่นอะคริลิกให้กับผู้ใช้เครื่องพับหรือผู้ที่อาจสัมผัสเครื่องพับแผ่นอะคริลิก ซึ่งใช้วิธีการป้องกันอันตรายโดยการต่อสายลงดิน เพราะเป็นวิธีการมาตรฐานที่ให้ความปลอดภัยสูงที่นิยมใช้กันอยู่

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยแบ่งงานวิจัยที่เกี่ยวข้องออกเป็น 2 ส่วน คือ

4.1 งานวิจัยเกี่ยวกับการสร้างเครื่อง ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ทรงเดช หล้าพันธ์ (2533 : 37) ได้ศึกษาเกี่ยวกับเครื่องเชื่อมพลาสติก โดยใช้ขดลวดความร้อนเป็นตัวให้ความร้อนในการหลอมละลายชิ้นงานพลาสติกและลวดเชื่อมพลาสติกในขณะที่ทำการเชื่อม ซึ่งใช้ลวดความร้อนที่ใช้แรงดันไฟฟ้า 100 โวลท์ และใช้กระแสไฟฟ้าสูงสุด 6 แอมแปร์ การปรับแรงดันไฟฟ้าจะมีลักษณะของการปรับตามเส้น โดยมีปุ่มปรับแรงดันไฟฟ้าที่มีขนาดความต้านทาน 20 กิโลโอห์ม

พิชัย อัมภมมงคล (2538 : 31 – 35) ได้ออกแบบและพัฒนาเครื่องอบแห้งแบบการระเหิดน้ำ โดยใช้สับปะรดเป็นผลไม้ที่ใช้ในการทดลองอบแห้ง ซึ่งการให้ความร้อนในการอบแห้งใช้ขดลวดไฟฟ้าในการให้ความร้อนโดยตรง โดยไม่ต้องผ่านตัวกลางในการส่งถ่ายความร้อน จึงทำให้ไม่สูญเสียพลังงานความร้อนให้กับตัวกลาง โดยการอบแห้งสับปะรดใช้อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส ส่วนวิธีการควบคุมอุณหภูมิของขดลวดไฟฟ้าเป็นแบบปิด – เปิด ซึ่งมีผลทำให้อุณหภูมิแกว่งขึ้นลงอยู่ในช่วง 76 – 90 องศาเซลเซียส จึงควรปรับปรุงให้ชุดควบคุมอุณหภูมิของขดลวดไฟฟ้าเป็นชนิดที่สามารถควบคุมอุณหภูมิมีการแกว่งตัวขึ้น - ลงน้อยกว่านี้

บรรเลง ศรีนิลและคณะ (2532 : 77) ได้ศึกษาสถานภาพทางเทคโนโลยีอุตสาหกรรมพลาสติกในประเทศไทย ซึ่งในส่วนที่เกี่ยวกับสถานภาพด้านเทคโนโลยีการผลิตด้วยการขึ้นรูปร้อน มักพบปัญหาว่าต้องใช้แผ่นพลาสติกที่มีความยืดตัวสูงในการขึ้นรูป ส่วนปัญหาในการให้ความร้อนนั้นขึ้นอยู่กับเวลาและความหนาของแผ่นพลาสติก ซึ่งยังต้องอาศัยประสบการณ์ของผู้ปฏิบัติงานอยู่

โดยสรุปงานวิจัยของทรงเดช หล้าพันธ์ใช้ความร้อนจากขดลวดไฟฟ้าในการหลอมละลายชิ้นงานพลาสติกและลวดเชื่อมพลาสติก ส่วนงานวิจัยของพิชัย อัมภมมงคลได้ระบุถึงการใช้ขดลวดไฟฟ้าในการให้ความร้อนใน การอบแห้งสับปะรดโดยตรง โดยไม่ต้องผ่านตัวกลางในการส่งถ่ายความร้อน จึงทำให้ไม่สูญเสียพลังงานความร้อนให้กับตัวกลาง แต่ก็มีปัญหาในการควบคุมความร้อนให้อุณหภูมิคงที่ เพราะในงานวิจัยนี้เลือกใช้วิธีการควบคุมอุณหภูมิของขดลวดไฟฟ้าเป็นแบบปิด – เปิด ซึ่งมีผลทำให้อุณหภูมิแกว่งขึ้นลงจากงานวิจัยของทรงเดช หล้าพันธ์และพิชัย อัมภมมงคลทำให้ผู้วิจัยเลือกวิธีการให้ความร้อนให้แผ่นอะคริลิกอ่อนตัวโดยใช้ขดลวดไฟฟ้าเป็นตัวให้ความร้อน ส่วนในเรื่องของการควบคุมอุณหภูมิของขดลวดไฟฟ้าให้คงที่ อยู่ค่าเดียวนั้นทำได้ยากเพราะอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิที่มีใช้อยู่ทั่วไปมีหลักการจ่ายแรงดันไฟฟ้าเข้าสู่ชุดสร้างความร้อนเมื่ออุณหภูมิต่ำกว่าค่าที่ตั้งไว้ พออุณหภูมิขึ้นสูงถึงค่าที่ตั้งไว้อุปกรณ์ควบคุมก็จะหยุดจ่ายแรงดันไฟฟ้าเข้าสู่ขดลวด จึงมีผลทำให้อุณหภูมิมีการแกว่งตัวขึ้นลงบ้าง ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิที่มีการแกว่งตัวขึ้นลงของอุณหภูมิน้อยจึงได้เลือกใช้อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิชนิดใช้สารไวต่ออุณหภูมิ เพราะว่าจะเหมาะที่จะใช้กับอุณหภูมิในการทำให้แผ่นอะคริลิกอ่อนตัว ซึ่งใช้อุณหภูมิประมาณ 140 – 160 องศาเซลเซียส อีกทั้งอุปกรณ์ควบคุมชนิดนี้มีปุ่มปรับเพื่อเลือกอุณหภูมิที่ต้องการ โดยเลือกค่าได้อย่างต่อเนื่อง อีกทั้งงานวิจัยของบรรเลง ศรีนิลและคณะยังระบุถึงปัญหาในการขึ้นรูปแผ่นพลาสติกโดยใช้ความร้อนมักมีปัญหาดังที่

ต้องอาศัยประสบการณ์ของผู้ปฏิบัติงานเป็นตัวเลือกใช้อุณหภูมิและระยะเวลาในการให้ความร้อนให้แผ่นพลาสติกอ่อนตัว เพื่อให้เหมาะสมกับความหนาของแผ่นพลาสติก ดังนั้นผู้วิจัยจึงคิดแก้ปัญหาที่จะเกิดกับเครื่องพับแผ่นอะคริลิก โดยต้องทดลองหาอุณหภูมิและช่วงเวลาที่เหมาะสมในการให้ความร้อนให้แผ่นอะคริลิกอ่อนตัวก่อนการพับในความหนาขนาดต่าง ๆ เพื่อจะได้ทำตารางเลือกใช้อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการทำแผ่นอะคริลิกอ่อนตัวก่อนการพับในความหนาขนาดต่าง ๆ ติดตั้งบนตัวเครื่องพับแผ่นอะคริลิกและจัดพิมพ์ในคู่มือการใช้งานอีกด้วย

4.2 งานวิจัยที่เกี่ยวกับการประเมินสมรรถนะของเครื่อง ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ขวลิต เชียงกุล (2538 : ไม่ปรากฏเลขหน้า) ได้สร้างเตาหลอมละลายอลูมิเนียมขนาด 1 กิโลกรัม แล้วประเมินสมรรถนะของเตาหลอมละลายอลูมิเนียมขนาด 1 กิโลกรัม โดยผู้เชี่ยวชาญทางด้านงานหล่อโลหะ จำนวน 10 คน ซึ่งประเมินสมรรถนะในด้านลักษณะทางกายภาพ ลักษณะทางด้านการใช้งาน ลักษณะการบำรุงรักษา สมรรถนะการหลอมละลายและความเหมาะสมในการนำไปใช้งาน

ศุภโชค สุภาวสุทธิ์ (2539 : 88 – 93) ได้สร้างเครื่องผลิตตัวเรือนอัตโนมัติสำหรับเครื่องประดับเทียม แล้วประเมินสมรรถนะของเครื่องผลิตตัวเรือนอัตโนมัติสำหรับเครื่องประดับเทียม โดยผู้เชี่ยวชาญทางด้านการผลิตเครื่องประดับเทียมจำนวน 10 คน ซึ่งประเมินสมรรถนะในด้านลักษณะทางกายภาพทั่วไป ลักษณะการใช้งาน ลักษณะการบำรุงรักษา สมรรถนะการหลอมละลายของเตาหลอมและความเหมาะสมด้านการนำไปใช้งาน

สุวรรณ ไตรัคมี (2540 : ไม่ปรากฏเลขหน้า) ได้พัฒนาเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์ แล้วประเมินสมรรถนะของเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์ โดยผู้เชี่ยวชาญทางด้านยานยนต์จำนวน 4 คน ซึ่งประเมินสมรรถนะในด้านลักษณะทางกายภาพทั่วไป ลักษณะการใช้งาน ลักษณะการบำรุงรักษา ความเหมาะสมด้านการนำมาใช้งานและการกดแป้นคลัทช์

อุดมศักดิ์ ธัญญรักษ์ (2540 : 97 – 101) ได้สร้างเครื่องฉีดพลาสติกแนวตั้ง แบบใช้คันโยก แล้วประเมินสมรรถนะของเครื่องฉีดพลาสติกแนวตั้ง แบบใช้คันโยก โดยผู้เชี่ยวชาญทางด้านงานฉีดพลาสติกจำนวน 10 คน ซึ่งประเมินสมรรถนะในด้านลักษณะทางกายภาพทั่วไป ลักษณะการใช้งาน ลักษณะการบำรุงรักษาและความเหมาะสมด้านการนำมาใช้งาน

โดยสรุปจากงานวิจัยที่กล่าวมาแล้วผู้วิจัยจะประเมินสมรรถนะของเครื่องพับแผ่นอะคริลิกโดยผู้เชี่ยวชาญทางด้านการพับแผ่นอะคริลิกจำนวน 5 คน ซึ่งจะประเมินสมรรถนะในด้านเครื่องพับแผ่นอะคริลิกและด้านรอยพับแผ่นอะคริลิก เพราะว่าการใช้เครื่องพับแผ่นอะคริลิกนั้น เป็นการกระทำกับแผ่นอะคริลิกให้ได้รอยพับที่มีคุณภาพ ส่วนสมรรถนะด้านเครื่องพับแผ่นอะคริลิกนั้น จะเน้นประเมินสมรรถนะในแง่ของการกระทำกับแผ่นอะคริลิก การใช้งาน ลักษณะทางกายภาพและการบำรุงรักษา

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยเรื่องการสร้างเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิกเป็นการวิจัยเชิงทดลอง (experimental research) ที่มีความมุ่งหมายการวิจัยเพื่อสร้างเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก ทดลองปั๊มแผ่นอะคริลิกตามตารางปรับตั้งเครื่อง และประเมินสมรรถนะเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก ซึ่งการสร้างเครื่องและการทดลองเครื่องผู้วิจัยดำเนินการเอง ส่วนการประเมินสมรรถนะเครื่องนั้นให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการปั๊มแผ่นอะคริลิกประเมินสมรรถนะด้านเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิกและด้านรอยปั๊มแผ่นอะคริลิก ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการดังนี้

1. การหาข้อมูลพื้นฐานที่ใช้ในการวิจัย
2. การกำหนดรายละเอียดสมรรถนะเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก
3. การสร้างเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก
4. การทดลองปั๊มแผ่นอะคริลิกตามตารางปรับตั้งเครื่อง
5. การสร้างคู่มือการใช้งานเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก
6. การสร้างแบบประเมินสมรรถนะเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก
7. การประเมินสมรรถนะเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก

1. การหาข้อมูลพื้นฐานที่ใช้ในการวิจัย

การหาข้อมูลพื้นฐานที่ใช้ในการวิจัย ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาหาข้อมูลเพื่อใช้ในการกำหนดรายละเอียดสมรรถนะเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก เพื่อใช้ในการสร้างเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก ใช้ในการทดลองปั๊มแผ่นอะคริลิกตามตารางปรับตั้งเครื่อง ใช้ในการสร้างคู่มือการใช้งานเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก ใช้ในการสร้างแบบประเมินสมรรถนะเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิกและใช้ในการประเมินสมรรถนะเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก ผู้วิจัยดำเนินการดังนี้

1.1 การศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยได้ทำการศึกษารายละเอียดเนื้อเรื่องต่อไปนี้

- 1.1.1 อะคริลิก
- 1.1.2 หลักการออกแบบเครื่องจักร
- 1.1.3 เครื่องปั๊ม
- 1.1.4 อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก
- 1.1.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.2 การสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญด้านการปั๊มแผ่นอะคริลิก ผู้วิจัยดำเนินการดังนี้

- 1.2.1 ขออนุญาตจากบัณฑิตวิทยาลัยที่ออกให้เมื่อวันที่ 18 ตุลาคม 2543 ไปมอบให้นายจรูญ เพียรผู้ผู้เชี่ยวชาญด้านการปั๊มแผ่นอะคริลิก เพื่อบันทึกหมายวัน เวลาและสถานที่ในการสัมภาษณ์

1.2.2 สัมภาษณ์นายจร สุเพียร ผู้เชี่ยวชาญทางด้านการปั๊มอะคริลิกในเดือนตุลาคม 2543 ซึ่งผู้วิจัยทำการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญด้านการปั๊มอะคริลิกด้วยตัวเอง คำถามที่ใช้ในการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญด้านการปั๊มอะคริลิกเน้นถามในเรื่องแผ่นอะคริลิกที่นำมาใช้ในการปั๊ม วิธีการปั๊มและรอยปั๊มของชิ้นงานที่ได้

2. การกำหนดรายละเอียดสมรรถนะเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก

การกำหนดรายละเอียดสมรรถนะเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก ผู้วิจัยกำหนดรายละเอียดสมรรถนะเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิกก่อน ต่อจากนั้นจึงไปขอคำแนะนำจากนายจรูญ ขาวสีจาน ผู้เชี่ยวชาญด้านการสร้างเครื่องจักร และนายจร สุเพียร ผู้เชี่ยวชาญด้านการปั๊มแผ่นอะคริลิก แล้วปรับปรุงแก้ไขรายละเอียดสมรรถนะเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก ซึ่งได้ดำเนินการในเดือนตุลาคม 2543 ซึ่งแบ่งสมรรถนะเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิกออกเป็น 2 ด้าน ดังนี้

2.1 ด้านเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก ซึ่งประกอบด้วยรายละเอียดดังนี้

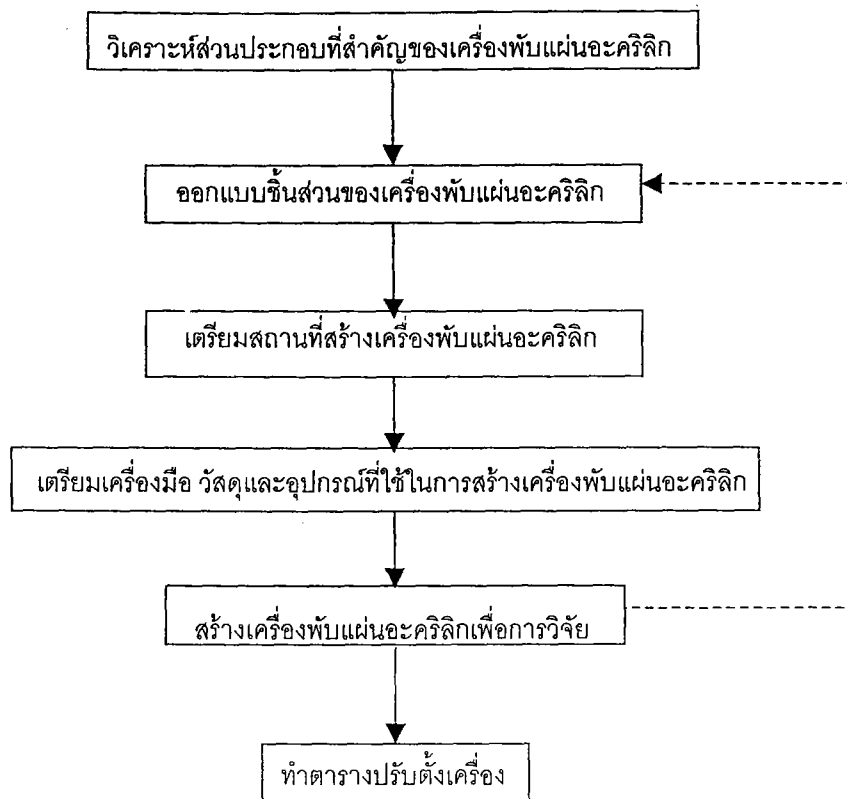
- 2.1.1 ปรับตั้งเครื่องง่าย
- 2.1.2 ตั้งมุมในการปั๊มได้ตั้งแต่ 30 – 179 องศา
- 2.1.3 ปั๊มแผ่นอะคริลิกความหนา 1 – 3 มิลลิเมตร ได้
- 2.1.4 ปั๊มแผ่นอะคริลิกที่มีรอยพับยาว 600 มิลลิเมตร ได้
- 2.1.5 ปั๊มแผ่นอะคริลิกเป็นรางตัวยูได้
- 2.1.6 ปั๊มแผ่นอะคริลิกเป็นท่อนสี่เหลี่ยมได้
- 2.1.7 ปั๊มแผ่นอะคริลิกเป็นกล่องสี่เหลี่ยมได้
- 2.1.8 ปั๊มแผ่นอะคริลิกได้ทุกสี
- 2.1.9 ปั๊มแผ่นอะคริลิกได้สะดวกกว่าการพับมือ
- 2.1.10 ควบคุมการทำงานโดยใช้คนเพียงคนเดียว
- 2.1.11 ปั๊มได้เสร็จสิ้นภายในเครื่องเพียงเครื่องเดียว
- 2.1.12 โครงสร้างของเครื่องแข็งแรง
- 2.1.13 มีความปลอดภัยในการใช้งาน
- 2.1.14 เป็นเครื่องต้นแบบได้
- 2.1.15 บำรุงรักษาเครื่องง่าย

2.2 ด้านรอยปั๊มแผ่นอะคริลิก ซึ่งประกอบด้วยรายละเอียดดังนี้

- 2.2.1 ตั้งองศาตามมุมพับที่ต้องการได้
- 2.2.2 ความตรงของรอยพับ
- 2.2.3 ผิวของรอยพับ

3. การสร้างเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยดำเนินการสร้างเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิกในเดือนพฤศจิกายน 2543 ถึงมกราคม 2544 มีรายละเอียดขั้นตอนการสร้างเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิกตามภาพประกอบ 62



ภาพประกอบ 62 ขั้นตอนการสร้างเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก

3.1 วิเคราะห์ส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก จากการหาข้อมูลพื้นฐานที่ใช้ในการวิจัยที่กล่าวมาแล้ว ผู้วิจัยได้แบ่งส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิกออกเป็น ส่วนประกอบต่าง ๆ ดังนี้

3.1.1 ชุดแท่นปั๊มแผ่นอะคริลิก มีขนาดความกว้าง 500 มิลลิเมตร ความยาว 1,200 มิลลิเมตร ความสูง 1,200 มิลลิเมตร

3.1.2 ชุดขดลวดความร้อน ใช้ลวดความร้อนที่เป็นขดคล้ายสปริงขนาด 300 วัตต์

3.1.3 ชุดพัดลมระบายความร้อน ใช้พัดลมหมุนเหวี่ยงแบบใบพัดโค้งไปข้างหน้า ขนาด 65 วัตต์ ใบพัดเส้นผ่าศูนย์กลาง 250 มิลลิเมตร

3.1.4 แท่นประคองมุมแผ่นอะคริลิกภายหลังการปั๊ม สำหรับปั๊มแผ่นอะคริลิกแบบมือปั๊ม ซึ่งเปิดระยะประคองมุมได้สูงสุด 300 มิลลิเมตร

3.1.5 ตู้ควบคุมไฟฟ้า ใช้ขนาดกว้าง 285 มิลลิเมตร ยาว 355 มิลลิเมตร สูง 155 มิลลิเมตร

3.1.6 ฐานของเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก ใช้ขนาดกว้าง 340 มิลลิเมตร ยาว 995 มิลลิเมตร สูง 725 มิลลิเมตร

3.2 ออกแบบชิ้นส่วนของเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก

ผู้วิจัยได้ดำเนินการออกแบบแล้วเขียนแบบ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

3.2.1 แบบภาพประกอบ แสดงส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก

3.2.2 แบบแยกส่วนแต่ละส่วนของเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก

ส่วนการปรับปรุงแบบเครื่องปั๊มอะคริลิกแผ่น ผู้วิจัยนำแบบไปขอคำแนะนำจากนายจรูญ ขาวสีจาน ผู้เชี่ยวชาญด้านการสร้างเครื่องจักร นายจรู สุเพียร ผู้เชี่ยวชาญด้านการปั๊มแผ่นอะคริลิกและนายสมศักดิ์ เจริญสุข ผู้เชี่ยวชาญด้านไฟฟ้า แล้วปรับปรุงแก้ไขแบบ เพื่อเตรียมแบบไว้ใช้ในการสร้างเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิกเพื่อการวิจัยต่อไป ดังรายละเอียดของแบบในภาคผนวก ก

3.3 เตรียมสถานที่สร้างเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก ผู้วิจัยได้ขอหนังสือจากบัณฑิตวิทยาลัย ที่ออกเมื่อวันที่ 9 พฤศจิกายน 2543 ไปมอบให้อธิการบดีสถาบันราชภัฏสกลนคร เพื่อขอความร่วมมือเพื่อการวิจัย โดยขอใช้สถานที่ เครื่องมือ เครื่องจักรกลของโรงฝึกโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมการผลิต คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏสกลนคร จังหวัดสกลนคร ซึ่งใช้ระยะเวลาในการสร้างและปรับปรุงเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิกเป็นเวลา 3 เดือน ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2543 ถึง มกราคม 2544

3.4 เตรียมเครื่องมือ วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก ดังรายละเอียดต่อไปนี้

3.4.1 เครื่องมือที่ใช้สร้างเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิกมีดังนี้

3.4.1.1 บรรทัดโลหะ

3.4.1.2 ตลับเมตร

3.4.1.3 เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์

3.4.1.4 เหล็กฉาก

3.4.1.5 เหล็กขีด

3.4.1.6 เหล็กนำศูนย์

3.4.1.7 เครื่องตัดโลหะ

3.4.1.8 เลื่อยตัดโลหะ

3.4.1.9 กรรไกรตัดโลหะแผ่น

3.4.1.10 เครื่องตัดก๊าซออกซิอะเซตที่ลิน

3.4.1.11 เครื่องตัดไฮโดรลิก

3.4.1.12 เครื่องปั๊มโลหะแผ่น

3.4.1.13 แท่นขึ้นรูปโลหะ

3.4.1.14 ค้อน

3.4.1.15 เครื่องเจียรโลหะ

3.4.1.16 เครื่องไสโลหะ

3.4.1.17 เครื่องกลึงโลหะ

3.4.1.18 สว่านแท่นไฟฟ้า

3.4.1.19 เครื่องเชื่อมไฟฟ้า

- 3.4.1.20 หัวแรงไฟฟ้าบัดกรีโลหะ
- 3.4.1.21 หัวแรงไฟฟ้าบัดกรีสกรูไฟฟ้า
- 3.4.1.22 คีมย้ำหมุด
- 3.4.1.23 ประแจแหวนชุดใหญ่
- 3.4.1.24 ประแจแอลชุดใหญ่
- 3.4.1.25 ประแจล็อกชุดใหญ่
- 3.4.1.26 ไขควง
- 3.4.1.27 แคมป์มิเตอร์
- 3.4.1.28 มัลติมิเตอร์
- 3.4.1.29 บีมลมไฟฟ้า
- 3.4.1.30 กาวกันสนิม
- 3.4.1.31 แปรงทาสี
- 3.4.1.32 คีม
- 3.4.1.33 ปากการูปตัวซี
- 3.4.1.34 ปากกาอัดไม้
- 3.4.1.35 ปากกาจับงาน
- 3.4.1.36 เครื่องทำเกลียว
- 3.4.1.37 มีด
- 3.4.1.38 สกัดโลหะ
- 3.4.2 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้สร้างเครื่องพับอะคริลิกแผ่นมีดังนี้
 - 3.4.2.1 เหล็กเส้นแบนขนาด 25 x 76 x 200 มิลลิเมตร
 - 3.4.2.2 เหล็กเส้นแบนขนาด 12 x 76 x 600 มิลลิเมตร
 - 3.4.2.3 เหล็กเส้นแบนขนาด 6 x 25 x 600 มิลลิเมตร
 - 3.4.2.4 เหล็กเส้นสี่เหลี่ยมขนาด 25 x 25 x 200 มิลลิเมตร
 - 3.4.2.5 เหล็กเส้นกลมเส้นผ่าศูนย์กลาง 19 มิลลิเมตร ยาว 200 มิลลิเมตร
 - 3.4.2.6 เหล็กท่อนสี่เหลี่ยมอย่างหนาขนาด 38 x 38 x 600 มิลลิเมตร
 - 3.4.2.7 สังกะสีแผ่นเรียบ เบอร์ 30 ขนาด 1000 x 600 มิลลิเมตร
 - 3.4.2.8 กระเบื้องแผ่นเรียบหนา 4 x 1220 x 2440 มิลลิเมตร 1 แผ่น
 - 3.4.2.9 พลาสติกทนความร้อนสีน้ำตาลหนา 5 มิลลิเมตร จำนวน 2 กิโลกรัม
 - 3.4.2.10 ลวดเชื่อมไฟฟ้าขนาด 2.6 มิลลิเมตร 1 ก้อน
 - 3.4.2.11 ก้อนแคลเซียมคาร์ไบด์ 10 กิโลกรัม
 - 3.4.2.12 น้ำมันสน 1 แกลลอน
 - 3.4.2.13 กระดาษน้ำเบอร์ 150 จำนวน 4 แผ่น
 - 3.4.2.14 กระดาษน้ำเบอร์ 300 จำนวน 4 แผ่น
 - 3.4.2.15 สีน้ำมันรองพื้นแห้งช้า 0.5 แกลลอน
 - 3.4.2.16 สีน้ำมันแห้งช้าสีน้ำเงินเข้ม 0.5 แกลลอน
 - 3.4.2.16 สลักเกลียวหัวฝังขนาด M6 x 25 มิลลิเมตร 20 ตัว

- 3.4.2.17 สลักเกลียวทรงกระบอกหัวฝังขนาด M10 x 50 มิลลิเมตร 10 ตัว
- 3.4.2.18 นอตหกเหลี่ยมขนาด M10 มิลลิเมตร 10 ตัว
- 3.4.2.19 สลักเกลียวหัวแฉกงานโลหะแผ่นขนาด 3.5 x 20 มิลลิเมตร 20 ตัว
- 3.4.2.20 สายไฟฟ้าเดี่ยวเดินเครื่องยาว 8 เมตร
- 3.4.2.21 สายไฟฟ้าคู่เดินเครื่อง 5 เมตร
- 3.4.2.22 ตู้ควบคุมไฟฟ้าเหล็กขนาด 285 x 355 x 155 มิลลิเมตร 1 ตู้
- 3.4.2.23 ขดลวดความร้อนขนาด 600 วัตต์ 1 เส้น
- 3.4.2.24 หลอดไฟโซลีสีขาว 1 ชุด สีเหลือง 3 ชุด
- 3.4.2.25 หัวต่อปลายสายแบบหางปลาแดง 20 ตัว
- 3.4.2.26 โอเวอร์โวลต์รีเลย์ยี่ห้อ Moeller รุ่น PKZM 1-16 1 ตัว
- 3.4.2.27 รีเลย์พร้อมช็อกเกียะห์ยี่ห้อ Omron รุ่น MK2P-I 3 ตัว
- 3.4.2.28 สวิตช์ตั้งเวลาพร้อมช็อกเกียะห์ยี่ห้อ WIP รุ่น WT-34C 3 ตัว
- 3.4.2.29 ไมโครสวิตช์ยี่ห้อ Camco รุ่น Z-15GW22-B 1 ตัว
- 3.4.2.30 ท่อพลาสติกสี่เหลี่ยมขนาด 10 มิลลิเมตร ยาว 2000 มิลลิเมตร 1 เส้น
- 3.4.2.31 pushbutton switch รุ่น KS-22 2 ตัว
- 3.4.2.32 พัดลมระบายความร้อนยี่ห้อ Oriental รุ่น MRW18-TTAUL ขนาด 65 วัตต์

1 ตัว

- 3.4.2.33 เทปพันสายไฟฟ้า 1 ม้วน
- 3.4.2.34 ตะกั่วบัดกรีงานโลหะแผ่น 1 แท่ง
- 3.4.2.35 ตะกั่วบัดกรีวงจรไฟฟ้า 1 ขด
- 3.4.2.36 อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิชนิดสารไวต่ออุณหภูมิ 50 – 300 องศาเซลเซียส 1 ตัว
- 3.4.2.37 ปลอกมีอรรถจักรยาน 2 คู่

3.5 สร้างเครื่องพับแผ่นอะคริลิกเพื่อการวิจัย มีรายละเอียดดังนี้

- 3.5.1 สร้างแท่นรองรับชิ้นขนาดกว้าง 380 มิลลิเมตร ยาว 700 มิลลิเมตร สูง 80 มิลลิเมตร
- 3.5.2 สร้างแผ่นยึดจุดหมุนของปากพับขนาดกว้าง 75 มิลลิเมตร ยาว 380 มิลลิเมตร หนา 25 มิลลิเมตร และใบพับขนาด กว้าง 82 มิลลิเมตร ยาว 705 มิลลิเมตร หนา 26 มิลลิเมตร
- 3.5.3 สร้างปากพับขนาดกว้าง 72 มิลลิเมตร ยาว 600 มิลลิเมตร หนา 22 มิลลิเมตร
- 3.5.4 สร้างขดลวดความร้อนขนาดกว้าง 116 มิลลิเมตร ยาว 650 มิลลิเมตร หนา 12 มิลลิเมตร
- 3.5.5 สร้างใบพับขนาดกว้าง 82 มิลลิเมตร ยาว 705 มิลลิเมตร หนา 26 มิลลิเมตร
- 3.5.6 สร้างฐานของเครื่องขนาดกว้าง 340 มิลลิเมตร ยาว 995 มิลลิเมตร สูง 725 มิลลิเมตร
- 3.5.7 สร้างแผ่นตั้งมุมพับของเครื่องขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 140 มิลลิเมตร หนา 5 มิลลิเมตร
- 3.5.8 สร้างแท่นประกอบมุมขนาดกว้าง 152 มิลลิเมตร ยาว 350 มิลลิเมตร สูง 130 มิลลิเมตร
- 3.5.9 พ่นสีส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องด้วยสีน้ำเงินเข้ม
- 3.5.10 ประกอบตู้ควบคุมไฟฟ้าบนฐานของเครื่องทางด้านบนซ้ายมือ
- 3.5.11 ประกอบชิ้นส่วนข้อ 3.5.1 – 3.5.8 เข้าด้วยกัน

- 3.5.12 ติดตั้งพัดลมระบายความร้อนด้านล่างฐานของเครื่อง
- 3.5.13 สร้างท่อจ่ายลม
- 3.5.14 ติดตั้งท่อจ่ายลมระหว่างพัดลมกับชุดลดความร้อน
- 3.5.15 ติดสติ๊กเกอร์รายละเอียดบนหน้าปัดตู้ควบคุมไฟฟ้า
- 3.5.16 ประกอบอุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้าบนหน้าปัดและภายในตู้ควบคุมไฟฟ้า
- 3.5.17 ต่อสายไฟฟ้าเข้าเครื่อง
- 3.5.18 ติดตั้งแท่งวัดความร้อนระหว่างตู้ควบคุมไฟฟ้ากับชุดลดความร้อน
- 3.5.19 ต่อสายดินของเครื่อง
- 3.5.20 ทดลองใช้เครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก แล้วปรับปรุงแก้ไข

ดูรายละเอียดการสร้างเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิกจากภาคผนวก ก

3.6 ทำตารางปรับตั้งเครื่อง โดยข้อความแนะนำจากนายจร สุกเพียร ผู้เชี่ยวชาญด้านการปั๊มแผ่นอะคริลิก ดังรายละเอียดในภาคผนวก ข

4. การทดลองปั๊มแผ่นอะคริลิกตามตารางปรับตั้งเครื่อง

การทดลองปั๊มแผ่นอะคริลิกตามตารางปรับตั้งเครื่อง ทำการทดลองเพื่อยืนยันความถูกต้องของตารางปรับตั้งเครื่องที่ได้จากคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญด้านการปั๊มแผ่นอะคริลิก มีรายละเอียดดังนี้

4.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยทำการทดลองด้วยตัวเองที่บ้านเลขที่ 3/1 หมู่ 5 ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ ทำการทดลองปั๊มแผ่นอะคริลิกใสและสีตามตารางปรับตั้งเครื่องจำนวน 300 แผ่น ในเดือน มกราคม 2544 ได้ดำเนินการดังนี้

4.1.1 สร้างแบบทดลองปั๊มแผ่นอะคริลิกตามตารางปรับตั้งเครื่อง เมื่อสร้างแบบทดลองเสร็จแล้ว นำแบบทดลองไปขอคำแนะนำจากนายจรูญ ขาวสีจวน ผู้เชี่ยวชาญด้านการสร้างเครื่องจักร และนายจร สุกเพียร ผู้เชี่ยวชาญด้านการปั๊มแผ่นอะคริลิก แล้วปรับปรุงแก้ไข ดังรายละเอียดแบบทดลองในภาคผนวก ค

4.1.2 เตรียมแผ่นอะคริลิกที่ใช้ในการทดลอง โดยใช้แผ่นอะคริลิกใสและสีขนาดกว้าง 100 มิลลิเมตร ยาว 100 มิลลิเมตร จำนวน 300 แผ่น ดังรายละเอียดต่อไปนี้

4.1.2.1 แผ่นอะคริลิกความหนา 1 มิลลิเมตร สี สีขาว เทา เหลือง ม่วง แดง น้ำตาล เขียว น้ำเงินและดำ อย่างละ 6 แผ่น จำนวนทั้งหมด 60 แผ่น

4.1.2.2 แผ่นอะคริลิกความหนา 1.5 มิลลิเมตร สี สีขาว เทา เหลือง ม่วง แดง น้ำตาล เขียว น้ำเงินและดำ อย่างละ 6 แผ่น จำนวนทั้งหมด 60 แผ่น

4.1.2.3 แผ่นอะคริลิกความหนา 2 มิลลิเมตร สี สีขาว เทา เหลือง ม่วง แดง น้ำตาล เขียว น้ำเงินและดำ อย่างละ 6 แผ่น จำนวนทั้งหมด 60 แผ่น

4.1.2.4 แผ่นอะคริลิกความหนา 2.5 มิลลิเมตร สี สีขาว เทา เหลือง ม่วง แดง น้ำตาล เขียว น้ำเงินและดำ อย่างละ 6 แผ่น จำนวนทั้งหมด 60 แผ่น

4.1.2.5 แผ่นอะคริลิกความหนา 3 มิลลิเมตร สี สีขาว เทา เหลือง ม่วง แดง น้ำตาล เขียว น้ำเงินและดำ อย่างละ 6 แผ่น จำนวนทั้งหมด 60 แผ่น

4.1.3 ดึงกระดาษที่ปิดบนแผ่นอะคริลิกออกทั้ง 2 ด้าน

4.1.4 ตรวจสอบความหนาของแผ่นอะคริลิกทุกแผ่น โดยใช้เวอร์เนียคาลิเปอร์วัดความหนา ถ้าแผ่นใดความหนาไม่ถูกต้องให้คัดออก แล้วนำแผ่นใหม่ที่มีความหนาถูกต้องมาแทน

4.1.5 ตีร่างเส้นแนวพับโดยใช้เหล็กขีด

4.1.6 ปิดกระดาษกาวบอกความหนาของแผ่นอะคริลิก บอกการพับและบอกชิ้นงานแผ่นที่ 1 หรือ 2 หรือ 3 ที่มุมบนซ้ายมือของแผ่นอะคริลิกทั้ง 300 แผ่น

4.1.7 ทดลองพับแผ่นอะคริลิกตามตารางปรับตั้งเครื่องทั้ง 300 แผ่น มุมที่เลือกใช้ในการพับ คือ มุม 90 องศา ซึ่งเป็นมุมที่นิยมพับกันมาก

4.1.8 ตรวจสอบรอยพับที่ละแผ่นด้วยแว่นขยายและบรรทัดโลหะ แล้วทำเครื่องหมาย ✓ (ถูก) ลงในผลการทดลองพับแบบเครื่องพับและผลการทดลองพับแบบมือพับ ในช่องรอยพับใช้ได้ หรือช่องรอยพับใช้ไม่ได้

เมื่อผู้วิจัยทำการทดลองพับแผ่นอะคริลิกตามตารางปรับตั้งเครื่องแล้วบันทึกผลการทดลองลงในแบบทดลองทั้ง 10 แบบทดลอง ดังรายละเอียดในภาคผนวก ค จากนั้นจึงนำไปวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

4.2 การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล

การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูลผู้วิจัยได้ทำในเดือนมกราคม 2544 ซึ่งการทดลองครั้งนี้เป็นการยืนยันความถูกต้องของตารางปรับตั้งเครื่องพับแผ่นอะคริลิก ที่ได้จากคำแนะนำของนายจเร สุเพียร ผู้เชี่ยวชาญด้านการพับแผ่นอะคริลิก โดยนำข้อมูลจากแบบทดลองมาดำเนินการดังต่อไปนี้

4.2.1 กำหนดเกณฑ์การแปลความหมายข้อมูล

ตารางปรับตั้งเครื่องพับแผ่นอะคริลิกถูกต้อง หมายถึง ผลการทดลองพับแผ่นอะคริลิกได้ รอยพับใช้ได้ทั้ง 300 แผ่น

ตารางปรับตั้งเครื่องพับแผ่นอะคริลิกไม่ถูกต้อง หมายถึง ผลการทดลองพับแผ่นอะคริลิก ได้รอยพับใช้ไม่ได้ตั้งแต่ 1 แผ่น ขึ้นไป

4.2.2 การนำเสนอข้อมูลจากผลการทดลองพับแผ่นอะคริลิกตามตารางปรับตั้งเครื่องเป็นการนำเสนอข้อมูลในรูปแบบความเรียงเกี่ยวกับผลการทดลองโดยเปรียบเทียบกับเกณฑ์การแปลความหมายข้อมูลที่ตั้งไว้

5. การสร้างคู่มือการใช้งานเครื่องพับแผ่นอะคริลิก ผู้วิจัยได้ดำเนินการดังนี้

5.1 สร้างคู่มือการใช้งานเครื่องพับแผ่นอะคริลิก ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างในเดือนกุมภาพันธ์ 2544 โดยภายในคู่มือการใช้งานเครื่องพับแผ่นอะคริลิกประกอบด้วยรายละเอียดภายในคู่มือดังนี้

5.1.1 คำเตือนก่อนการใช้งาน

5.1.2 ข้อมูลจำเพาะ

5.1.3 ส่วนประกอบของเครื่อง

5.1.4 การใช้เครื่อง

เมื่อสร้างคู่มือการใช้งานเครื่องพับแผ่นอะคริลิกเสร็จแล้วนำคู่มือการใช้งานเครื่องพับแผ่นอะคริลิกไปขอคำแนะนำจากนายจรูญ ขาวสีจาน ผู้เชี่ยวชาญด้านการสร้างเครื่องจักร และนายจร สุเพียร ผู้เชี่ยวชาญด้านการพับแผ่นอะคริลิกแล้วปรับปรุงแก้ไข

5.2 การหาประสิทธิภาพคู่มือการใช้งานเครื่องพับแผ่นอะคริลิก

การหาประสิทธิภาพคู่มือการใช้งานเครื่องพับแผ่นอะคริลิกผู้วิจัยดำเนินการดังนี้

5.2.1 การสร้างแบบประเมินประสิทธิภาพคู่มือการใช้งานเครื่องพับแผ่นอะคริลิก โดยผู้วิจัยสร้างแบบประเมินประสิทธิภาพคู่มือการใช้งานเครื่องพับแผ่นอะคริลิกที่ประกอบด้วยคำถาม 2 ตอน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ตอนที่ 1 เป็นการประเมินประสิทธิภาพคู่มือการใช้งานเครื่องพับแผ่นอะคริลิก แบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ซึ่งกำหนดค่าคะแนน (Weight) ออกเป็น 5 ระดับ ตามวิธีของลิเคอร์ (รวิวรรณ ชินะตระกูล, 2538 : 92) ดังนี้

- 5 หมายถึง ผลการประเมินในระดับดีมาก
- 4 หมายถึง ผลการประเมินในระดับดี
- 3 หมายถึง ผลการประเมินในระดับพอใช้
- 2 หมายถึง ผลการประเมินในระดับควรปรับปรุง
- 1 หมายถึง ผลการประเมินในระดับใช้ไม่ได้

ซึ่งแบบประเมินประสิทธิภาพคู่มือการใช้งานเครื่องพับแผ่นอะคริลิกในตอนที่ 1 มีทั้งหมด 5 ข้อ

ตอนที่ 2 เป็นข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญด้านการพับแผ่นอะคริลิก เพื่อการปรับปรุงประสิทธิภาพของคู่มือการใช้เครื่องพับแผ่นอะคริลิก

ส่วนการปรับปรุงแบบประเมินประสิทธิภาพคู่มือการใช้งานเครื่องพับแผ่นอะคริลิก ผู้วิจัยได้ดำเนินการในเดือนกุมภาพันธ์ 2544 โดยนำแบบประเมินประสิทธิภาพคู่มือการใช้งานเครื่องพับแผ่นอะคริลิกไปขอคำแนะนำจากนายจรูญ ขาวสีจาน ผู้เชี่ยวชาญด้านการสร้างเครื่องจักร และนายจร สุเพียรผู้เชี่ยวชาญด้านการพับแผ่นอะคริลิก แล้วทำการปรับปรุงแก้ไข

5.2.2 การประเมินประสิทธิภาพคู่มือการใช้งานเครื่องพับแผ่นอะคริลิก ผู้วิจัยได้ดำเนินการในเดือนกุมภาพันธ์ 2544 มีรายละเอียดดังนี้

5.2.2.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยควบคุมการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง โดยทำการประเมินประสิทธิภาพคู่มือการใช้งานที่ร้านของผู้เชี่ยวชาญด้านการพับแผ่นอะคริลิกครั้งละ 1 คนจากผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 5 คน คือ นายสุรสิทธิ์ อินสอน ผู้จัดการร้านวิเอสโฆฆณา นายวัชร ตรีลักษณ์ ผู้จัดการร้านศรีลักษณ์โฆฆณา นายสมคิด ดอกไม้ ผู้จัดการร้านสมคิดการช่าง นายสมชาย ทิมทอง ผู้จัดการร้านเพชรศักดิ์เกอร์แอนด์ดีไซน์ และนายถวัลย์ พลสาเดช ผู้จัดการร้านมารวย โดยมอบคู่มือการใช้งานและแบบประเมินประสิทธิภาพคู่มือการใช้งานให้กับผู้เชี่ยวชาญ จากนั้นจึงอธิบายวิธีการประเมินประสิทธิภาพคู่มือการใช้งานก่อน แล้วจึงให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินประสิทธิภาพของคู่มือการใช้งาน เมื่อผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 คน ประเมินประสิทธิภาพคู่มือการใช้งานเสร็จแล้ว ผู้วิจัยจึงเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อนำไปวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

5.2.2.2 การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล

การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูลผู้วิจัยได้ทำในเดือนกุมภาพันธ์ 2544 ซึ่งเป็นการประเมินประสิทธิภาพคู่มือการใช้งานเครื่องพับแผ่นอะคริลิก โดยนำข้อมูลที่ได้จากแบบประเมินประสิทธิภาพคู่มือการใช้งานเครื่องพับแผ่นอะคริลิกทั้งหมดมาดำเนินการด้วยวิธีทางสถิติดังรายละเอียดต่อไปนี้

5.2.2.2.1 กำหนดเกณฑ์การแปลความหมายข้อมูลที่เป็นค่าเฉลี่ยต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

ค่าเฉลี่ยระหว่าง	ความหมาย
4.51-5.00	ผลการประเมินในระดับดีมาก
3.51-4.50	ผลการประเมินในระดับดี
2.51-3.50	ผลการประเมินในระดับพอใช้
1.51-2.50	ผลการประเมินในระดับต้องปรับปรุง
1.00-1.50	ผลการประเมินในระดับใช้ไม่ได้

5.2.2.2.2 นำคะแนนที่ได้มาคำนวณโดยใช้สูตรในข้อ 5.2.2.2.4

5.2.2.2.3 การนำเสนอข้อมูลจากการประเมินประสิทธิภาพคู่มือการใช้งานเครื่องพับแผ่นอะคริลิก ผู้วิจัยได้นำเสนอในภาคผนวก ข ซึ่งได้นำเสนอข้อมูลจากแบบประเมินประสิทธิภาพคู่มือการใช้งานเครื่องพับแผ่นอะคริลิกในตอนต้นที่ 1 โดยนำเสนอในรูปแบบตารางแปลความหมายประกอบความเรียงเกี่ยวกับประสิทธิภาพคู่มือการใช้งานเครื่องพับแผ่นอะคริลิก โดยเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่ตั้งไว้ ส่วนการนำเสนอข้อมูลในตอนต้นที่ 2 เป็นการนำเสนอข้อมูลในรูปแบบการจัดลำดับความถี่ของคำถามปลายเปิดที่เป็นข้อเสนอแนะมารวบรวมเรียงลำดับจากข้อที่มีความถี่มากที่สุดไปจนถึงน้อยสุด

5.2.2.2.4 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ค่าเฉลี่ยเลขคณิต

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N}$$

เมื่อ	$\bar{X}$	คือ ค่าคะแนนเฉลี่ย
	$\sum X$	คือ ผลรวมของคะแนนทั้งหมด
	N	คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยใช้สูตร

$$SD = \sqrt{\frac{N\sum X^2 - (\sum X)^2}{N(N-1)}}$$

เมื่อ SD คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่างประชากร

X คือ ข้อมูลแต่ละจำนวน

N คือ จำนวนของกลุ่มตัวอย่างประชากร

6. การสร้างแบบประเมินสมรรถนะเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก

การสร้างแบบประเมินสมรรถนะเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิกผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างในเดือนกุมภาพันธ์ 2544 ซึ่งผู้ประเมินสมรรถนะในการวิจัยครั้งนี้ คือ ผู้เชี่ยวชาญด้านการปั๊มแผ่นอะคริลิกจำนวน 5 คน ซึ่งจะต้องประเมินสมรรถนะเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิกในด้านเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิกและด้านรอยปั๊มแผ่นอะคริลิก เพื่อนำเอาผลการประเมินสมรรถนะเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิกมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่อประเมินสมรรถนะต่อไป

2.1 สร้างแบบประเมินสมรรถนะเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก โดยผู้วิจัยสร้างแบบประเมินสมรรถนะเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก เพื่อประเมินสมรรถนะในด้านเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิกและด้านรอยปั๊มแผ่นอะคริลิกที่ประกอบด้วยคำถาม 2 ตอน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ตอนที่ 1 เป็นการประเมินสมรรถนะเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก โดยเป็นการประเมินสมรรถนะแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ซึ่งกำหนดค่าคะแนน (Weight) ออกเป็น 5 ระดับ ตามวิธีของลิเคอร์ (รวิวรรณ ชินะตระกูล, 2538 : 92) ดังนี้

- 5 หมายถึง ผลการประเมินในระดับดีมาก
- 4 หมายถึง ผลการประเมินในระดับดี
- 3 หมายถึง ผลการประเมินในระดับพอใช้
- 2 หมายถึง ผลการประเมินในระดับควรปรับปรุง
- 1 หมายถึง ผลการประเมินในระดับใช้ไม่ได้

ซึ่งแบบประเมินสมรรถนะเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิกในตอนที่ 1 เป็นการประเมินสมรรถนะด้านเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก ซึ่งมีอยู่ด้วยกัน 15 ข้อ และด้านรอยปั๊มแผ่นอะคริลิก ซึ่งมีอยู่ด้วยกัน 3 ข้อ โดยให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการปั๊มแผ่นอะคริลิกประเมินสมรรถนะเครื่องหลังจากทดลองใช้เครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิกประกอบการใช้บรรทัดโลหะ บรรทัดวัดมุม เวอร์เนียคาลิปเปอร์วัดความหนาและแว่นขยายตรวจชิ้นงานก่อนการประเมินสมรรถนะเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก

ตอนที่ 2 เป็นข้อเสนอของผู้เชี่ยวชาญด้านการปั๊มแผ่นอะคริลิก เพื่อการปรับปรุงสมรรถนะเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก ซึ่งเป็นข้อเสนอแนะด้านเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิกและด้านรอยปั๊มแผ่นอะคริลิก

ส่วนการปรับปรุงแบบประเมินสมรรถนะเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก ผู้วิจัยได้ดำเนินการเดือนกุมภาพันธ์ 2544 โดยนำแบบประเมินสมรรถนะเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิกไปขอคำแนะนำจากนายจรูญ ขาวสีจาน ผู้เชี่ยวชาญด้านการสร้างเครื่องจักร และนายจรูญ สุเพียร ผู้เชี่ยวชาญด้านการปั๊มแผ่นอะคริลิก เพื่อปรับปรุงภาษาทางด้านเทคนิคแล้วปรับปรุงแก้ไข จากนั้นจึงนำแบบประเมินสมรรถนะเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิกไปขอคำแนะนำจากผู้ช่วยศาสตราจารย์สมจิตต์ รัตนอุดมโชค ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดผล เพื่อปรับปรุงด้านการประเมินผลสมรรถนะเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิกต่อไป

7. การประเมินสมรรถนะเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก

การประเมินสมรรถนะเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิกผู้วิจัยดำเนินการในเดือนกุมภาพันธ์ 2544 มีรายละเอียดดังนี้

7.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยทำการควบคุมการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง ซึ่งการประเมินสมรรถนะเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิกได้ดำเนินการดังนี้

7.1.1 มอบคู่มือการใช้งานเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิกให้นายสุรสิทธิ์ อินสอน ผู้จัดการร้านวีเอส โฆษณา นายวัชร ศรีลักษณ์ ผู้จัดการร้านศรีลักษณ์โฆษณา นายสมคิด ดอกไม้ ผู้จัดการร้านสมคิดการช่าง นายสมชาย ทิมทอง ผู้จัดการร้านเพชรศักดิ์เกอร์แอนดีไซน์ และนายถวัลย์ พลสาเดช ผู้จัดการร้านมารวย ที่ร้านของผู้เชี่ยวชาญด้านการปั๊มแผ่นอะคริลิกทั้ง 5 คน ก่อนการประเมินสมรรถนะเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิกล่วงหน้า 7 วัน เพื่อให้ศึกษารายละเอียดคู่มือการใช้งานเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิกก่อน

7.1.2 ประเมินสมรรถนะเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก โดยนำแบบประเมินสมรรถนะเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิกพร้อมคู่มือการใช้งานเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก กลุ่มตัวอย่างที่เป็นแผ่นอะคริลิกจำนวน 18 แผ่น บรรทัดโลหะ บรรทัดตุ้ม เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ แวนชยายและเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิกไปให้ผู้เชี่ยวชาญที่ร้านของผู้เชี่ยวชาญที่ละคน เพื่อประเมินสมรรถนะเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก ดังรายละเอียดต่อไปนี้

7.1.2.1 ผู้วิจัยแนะนำส่วนประกอบและสาเหตุหลักการทำงานของเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก ให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการปั๊มแผ่นอะคริลิกก่อนการประเมินสมรรถนะเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก

7.1.2.2 ผู้เชี่ยวชาญด้านการปั๊มแผ่นอะคริลิกทดลองใช้เครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิกกับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นแผ่นอะคริลิกใสและสีต่าง ๆ และความหนาที่แตกต่างกัน จำนวน 18 แผ่น แล้วใช้บรรทัดโลหะ บรรทัดตุ้ม เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์วัดความหนาและแวนชยายตรวจชิ้นงานก่อนการประเมินสมรรถนะด้านเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิกและด้านรอยปั๊มแผ่นอะคริลิก

เมื่อผู้เชี่ยวชาญด้านการปั๊มแผ่นอะคริลิกทั้ง 5 คน ประเมินสมรรถนะเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิกเสร็จแล้ว ผู้วิจัยจึงเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อนำไปวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

7.2 การจัดกระทำข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

การจัดกระทำข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูลผู้วิจัยได้ทำในเดือนมีนาคม 2544 ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้เป็นการประเมินสมรรถนะของเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิกในด้านเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิกและด้านรอยปั๊มแผ่นอะคริลิก โดยนำข้อมูลที่ได้ในแบบประเมินสมรรถนะทั้งหมดมาดำเนินการด้วยวิธีทางสถิติดังต่อไปนี้

7.2.1 กำหนดเกณฑ์การแปลความหมายข้อมูลที่เป็นค่าเฉลี่ยต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

ค่าเฉลี่ยระหว่าง	ความหมาย
4.51-5.00	ผลการประเมินในระดับดีมาก
3.51-4.50	ผลการประเมินในระดับดี
2.51-3.50	ผลการประเมินในระดับพอใช้
1.51-2.50	ผลการประเมินในระดับต้องปรับปรุง
1.00-1.50	ผลการประเมินในระดับใช้ไม่ได้

7.2.2 นำคะแนนที่ได้มาคำนวณโดยใช้สูตรในข้อ 7.2.4

7.2.3 การนำเสนอข้อมูลจากการประเมินสมรรถนะของเครื่องพับแผ่นอะคริลิก ผู้วิจัยได้นำเสนอดังนี้

7.2.3.1 การนำเสนอข้อมูลจากแบบประเมินสมรรถนะเครื่องพับแผ่นอะคริลิกในตอนต้นที่ 1 เป็นการนำเสนอข้อมูลในรูปแบบของตารางแปลความหมายประกอบความเรียงเกี่ยวกับสมรรถนะของเครื่องพับแผ่นอะคริลิก ในด้านเครื่องพับแผ่นอะคริลิกและด้านรอยพับแผ่นอะคริลิก โดยเปรียบเทียบกับเกณฑ์ในระดับที่ตั้งไว้

7.2.3.2 การนำเสนอข้อมูลจากแบบประเมินสมรรถนะตอนต้นที่ 2 เป็นการนำเสนอข้อมูลในรูปแบบการจัดลำดับความถี่ของคำถามปลายเปิดที่เป็นข้อเสนอแนะมารวบรวมเรียงเรียงลำดับ จากข้อที่มีความถี่มากที่สุดไปจนถึงน้อยสุด

7.2.4 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

7.2.4.1 ค่าเฉลี่ยเลขคณิต

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N}$$

เมื่อ $\bar{X}$ คือ ค่าคะแนนเฉลี่ย
 $\sum X$ คือ ผลรวมของคะแนนทั้งหมด
 N คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

7.2.4.2 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยใช้สูตร

$$SD = \sqrt{\frac{N\sum X^2 - (\sum X)^2}{N(N-1)}}$$

เมื่อ SD คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่างประชากร
 X คือ ข้อมูลแต่ละจำนวน
 N คือ จำนวนของกลุ่มตัวอย่างประชากร

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้นำผลการวิจัยตามขั้นตอน ซึ่งประกอบด้วย การหาข้อมูลพื้นฐานที่ใช้ในการวิจัย การกำหนดรายละเอียดสมรรถนะเครื่องพับแผ่นอะคริลิก การสร้างเครื่องพับแผ่นอะคริลิก การทดลองพับแผ่นอะคริลิกตามตารางปรับตั้งเครื่อง การสร้างคู่มือการใช้งานเครื่องพับแผ่นอะคริลิก การสร้างแบบประเมินสมรรถนะเครื่องพับแผ่นอะคริลิก และการประเมินสมรรถนะเครื่องพับแผ่นอะคริลิกเสร็จแล้ว ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้นำข้อมูลการทดลองพับแผ่นอะคริลิกตามตารางปรับตั้งเครื่อง และการประเมินสมรรถนะเครื่องพับแผ่นอะคริลิกมาทำการวิเคราะห์ดังนี้

1. การทดลองพับแผ่นอะคริลิกตามตารางปรับตั้งเครื่อง มีรายละเอียดดังนี้

1.1 เกณฑ์การแปลความหมายข้อมูล

ตารางปรับตั้งเครื่องพับแผ่นอะคริลิกถูกต้อง หมายถึง ผลการทดลองพับแผ่นอะคริลิกได้รอยพับใช้ได้ทั้ง 300 แผ่น

ตารางปรับตั้งเครื่องพับแผ่นอะคริลิกไม่ถูกต้อง หมายถึง ผลการทดลองพับแผ่นอะคริลิกได้รอยพับใช้ไม่ได้ตั้งแต่ 1 แผ่นขึ้นไป

1.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดลองพับแผ่นอะคริลิกตามตารางปรับตั้งเครื่อง ซึ่งตารางปรับตั้งเครื่องมี 2 ตาราง ตารางบนเป็นตารางสำหรับการปรับตั้งเครื่องเพื่อการพับแผ่นอะคริลิกใส ตารางล่างเป็นตารางสำหรับการปรับตั้งเครื่องเพื่อการพับแผ่นอะคริลิกสี (ขาว เทา เหลือง ม่วง แดง น้ำตาล เขียว น้ำเงิน และดำ) ดังรายละเอียดในภาคผนวก ข ซึ่งผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดลองพับแผ่นอะคริลิกตามตารางปรับตั้งเครื่อง ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1.2.1 การทดลองพับแผ่นอะคริลิกใสตามตารางปรับตั้งเครื่อง ผลการทดลองพับแผ่นอะคริลิกใสตามตารางปรับตั้งเครื่องได้รอยพับใช้ได้ทั้ง 30 แผ่น แสดงว่า ตารางปรับตั้งเครื่องพับแผ่นอะคริลิกใสถูกต้อง สามารถพับแผ่นอะคริลิกใสความหนา 1 - 3 มิลลิเมตร ได้ ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค

1.2.2 การทดลองพับแผ่นอะคริลิกสีขาวตามตารางปรับตั้งเครื่อง ผลการทดลองพับแผ่นอะคริลิกสีขาวตามตารางปรับตั้งเครื่องได้รอยพับใช้ได้ทั้ง 30 แผ่น แสดงว่า ตารางปรับตั้งเครื่องพับแผ่นอะคริลิกสีสามารถพับแผ่นอะคริลิกสีขาวความหนา 1 - 3 มิลลิเมตร ได้ ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค

1.2.3 การทดลองพับแผ่นอะคริลิกสีเทาตามตารางปรับตั้งเครื่อง ผลการทดลองพับแผ่นอะคริลิกสีเทาตามตารางปรับตั้งเครื่องได้รอยพับใช้ได้ทั้ง 30 แผ่น แสดงว่า ตารางปรับตั้งเครื่องพับแผ่นอะคริลิกสีสามารถพับแผ่นอะคริลิกสีเทาความหนา 1 - 3 มิลลิเมตร ได้ ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค

1.2.4 การทดลองพับแผ่นอะคริลิกสีเหลืองตามตารางปรับตั้งเครื่อง ผลการทดลองพับแผ่นอะคริลิกสีเหลืองตามตารางปรับตั้งเครื่องได้รอยพับใช้ได้ทั้ง 30 แผ่น แสดงว่า ตารางปรับตั้งเครื่องพับแผ่นอะคริลิกสีเหลืองสามารถพับแผ่นอะคริลิกสีเหลืองความหนา 1 - 3 มิลลิเมตร ได้ ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค

1.2.5 การทดลองพับแผ่นอะคริลิกสีม่วงตามตารางปรับตั้งเครื่อง ผลการทดลองพับแผ่นอะคริลิกสีม่วงตามตารางปรับตั้งเครื่องได้รอยพับใช้ได้ทั้ง 30 แผ่น แสดงว่า ตารางปรับตั้งเครื่องพับแผ่นอะคริลิกสีม่วงสามารถพับแผ่นอะคริลิกสีม่วงความหนา 1 - 3 มิลลิเมตร ได้ ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค

1.2.6 การทดลองพับแผ่นอะคริลิกสีแดงตามตารางปรับตั้งเครื่อง ผลการทดลองพับแผ่นอะคริลิกสีแดงตามตารางปรับตั้งเครื่องได้รอยพับใช้ได้ทั้ง 30 แผ่น แสดงว่า ตารางปรับตั้งเครื่องพับแผ่นอะคริลิกสีแดงสามารถพับแผ่นอะคริลิกสีแดงความหนา 1 - 3 มิลลิเมตร ได้ ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค

1.2.7 การทดลองพับแผ่นอะคริลิกสีน้ำตาลตามตารางปรับตั้งเครื่อง ผลการทดลองพับแผ่นอะคริลิกสีน้ำตาลตามตารางปรับตั้งเครื่องได้รอยพับใช้ได้ทั้ง 30 แผ่น แสดงว่า ตารางปรับตั้งเครื่องพับแผ่นอะคริลิกสีน้ำตาลสามารถพับแผ่นอะคริลิกสีน้ำตาลความหนา 1 - 3 มิลลิเมตร ได้ ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค

1.2.8 การทดลองพับแผ่นอะคริลิกสีเขียวตามตารางปรับตั้งเครื่อง ผลการทดลองพับแผ่นอะคริลิกสีเขียวตามตารางปรับตั้งเครื่องได้รอยพับใช้ได้ทั้ง 30 แผ่น แสดงว่า ตารางปรับตั้งเครื่องพับแผ่นอะคริลิกสีเขียวสามารถพับแผ่นอะคริลิกสีเขียวความหนา 1 - 3 มิลลิเมตร ได้ ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค

1.2.9 การทดลองพับแผ่นอะคริลิกสีน้ำเงินตามตารางปรับตั้งเครื่อง ผลการทดลองพับแผ่นอะคริลิกสีน้ำเงินตามตารางปรับตั้งเครื่องได้รอยพับใช้ได้ทั้ง 30 แผ่น แสดงว่า ตารางปรับตั้งเครื่องพับแผ่นอะคริลิกสีน้ำเงินสามารถพับแผ่นอะคริลิกสีน้ำเงินความหนา 1 - 3 มิลลิเมตร ได้ ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค

1.2.10 การทดลองพับแผ่นอะคริลิกสีดำตามตารางปรับตั้งเครื่อง ผลการทดลองพับแผ่นอะคริลิกสีดำตามตารางปรับตั้งเครื่องได้รอยพับใช้ได้ทั้ง 30 แผ่น แสดงว่า ตารางปรับตั้งเครื่องพับแผ่นอะคริลิกสีดำสามารถพับแผ่นอะคริลิกสีดำความหนา 1 - 3 มิลลิเมตร ได้ ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค

จากผลการทดลองพับแผ่นอะคริลิกสีข้อ 1.2.2 – 1.2.10 แสดงว่า ตารางปรับตั้งเครื่องพับแผ่นอะคริลิกสีถูกต้อง สามารถพับแผ่นอะคริลิกสีขาว เทา เหลือง ม่วง แดง น้ำตาล เขียว น้ำเงินและดำความหนา 1 - 3 มิลลิเมตร ได้

สรุปจากผลการทดลองพับแผ่นอะคริลิกสีและสีข้อ 1.2.1 – 1.2.10 แสดงว่า ตารางปรับตั้งเครื่องพับแผ่นอะคริลิกถูกต้อง

2. การหาสมรรถนะเครื่องพับแผ่นอะคริลิก มีรายละเอียดดังนี้

2.1 สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

เพื่อให้การวิเคราะห์ข้อมูลและการแปลความหมายของผลการวิเคราะห์ข้อมูลเป็นที่เข้าใจตรงกัน ผู้วิจัยจึงได้กำหนดสัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

$\bar{X}$ แทน	ค่าเฉลี่ย
SD แทน	ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)
N แทน	จำนวนข้อมูลทั้งหมด

2.2 เกณฑ์การแปลความหมายข้อมูลที่เป็นค่าเฉลี่ย

ค่าเฉลี่ยระหว่าง	ความหมาย
4.51 – 5.00	ผลการประเมินในระดับดีมาก
3.51 – 4.50	ผลการประเมินในระดับดี
2.51 – 3.50	ผลการประเมินในระดับพอใช้
1.51 – 2.50	ผลการประเมินในระดับต้องปรับปรุง
1.00 – 1.50	ผลการประเมินในระดับใช้ไม่ได้

2.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการประเมินสมรรถนะเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก

จากการประเมินสมรรถนะเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิกจากผู้เชี่ยวชาญด้านการปั๊มแผ่นอะคริลิกจำนวน 5 คน ในด้านเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิกและด้านรอยปั๊มแผ่นอะคริลิก ผู้วิจัยได้ทำการประเมินสมรรถนะเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก ซึ่งได้แสดงผลการวิเคราะห์ดังนี้

2.3.1 การประเมินสมรรถนะเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก

ผลการวิเคราะห์สมรรถนะเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิกแสดงในตาราง 5

ตาราง 5 การวิเคราะห์สมรรถนะเครื่องพับแผ่นอะคริลิก ด้านเครื่องพับแผ่นอะคริลิกและด้านรอยพับแผ่นอะคริลิก

ด้านเครื่องพับแผ่นอะคริลิก	N	$\bar{X}$	SD	ความหมาย
ปรับตั้งเครื่องง่าย	5	5.00	0.00	ดีมาก
ตั้งมุมในการพับได้ตั้งแต่ 30 – 179 องศา	5	3.60	0.55	ดี
พับแผ่นอะคริลิกความหนา 1 – 3 มิลลิเมตรได้	5	4.20	0.45	ดี
พับแผ่นอะคริลิกที่มีรอยพับยาว 600 มิลลิเมตรได้	5	4.00	1.00	ดี
พับแผ่นอะคริลิกเป็นรางตัวยูได้	5	4.00	1.00	ดี
พับแผ่นอะคริลิกเป็นท่อนสี่เหลี่ยมได้	5	3.80	0.45	ดี
พับแผ่นอะคริลิกเป็นท่อนสี่เหลี่ยมได้	5	4.00	0.00	ดี
พับแผ่นอะคริลิกได้ทุกสี	5	4.20	0.84	ดี
พับแผ่นอะคริลิกได้สะดวกกว่าการพับด้วยมือ	5	4.60	0.55	ดีมาก
ควบคุมการทำงานโดยใช้คนเพียงคนเดียว	5	4.80	0.45	ดีมาก
พับได้เสร็จสิ้นภายในเครื่องเพียงเครื่องเดียว	5	4.80	0.45	ดีมาก
โครงสร้างของเครื่องแข็งแรง	5	5.00	0.00	ดีมาก
มีความปลอดภัยในการใช้งาน	5	4.40	0.89	ดี
เป็นเครื่องต้นแบบได้	5	4.80	0.45	ดีมาก
บำรุงรักษาเครื่องง่าย	5	4.40	0.55	ดี
เฉลี่ยด้านเครื่องพับแผ่นอะคริลิก		4.37	2.32	ดี
ด้านรอยพับแผ่นอะคริลิก				
ได้องศาตามมุมที่ต้องการ	5	4.00	0.71	ดี
ความตรงของรอยพับ	5	3.80	0.45	ดี
ผิวของรอยพับ	5	3.80	0.34	ดี
เฉลี่ยด้านรอยพับแผ่นอะคริลิก		3.87	1.18	ดี
เฉลี่ยรวม		4.29	2.61	ดี

จากตาราง 5 สามารถวิเคราะห์สมรรถนะเครื่องพับแผ่นอะคริลิก ตามรายละเอียดดังนี้

สมรรถนะเครื่องพับแผ่นอะคริลิกมีสมรรถนะอยู่ในเกณฑ์ดี คือ ค่าเฉลี่ย = 4.29

สมรรถนะด้านเครื่องพับแผ่นอะคริลิกมีสมรรถนะอยู่ในเกณฑ์ดี คือ ค่าเฉลี่ย = 4.37

ปรับตั้งเครื่องง่ายและโครงสร้างของเครื่องแข็งแรงอยู่ในเกณฑ์ดีมาก คือ ค่าเฉลี่ย = 5.00

ซึ่งเป็นระดับการประเมินสูงสุด

ตั้งมุมในการพับได้ตั้งแต่ 30 – 179 องศา อยู่ในเกณฑ์ดี คือ ค่าเฉลี่ย = 3.60 ซึ่งเป็นระดับการประเมินต่ำสุด

สมรรถนะด้านรอยพับแผ่นอะคริลิกมีสมรรถนะอยู่ในเกณฑ์ดี คือ ค่าเฉลี่ย = 3.87

ใต้ตอมุมมัมพับที่ต้องการอยู่ในเกณฑ์ดี คือ ค่าเฉลี่ย = 4.00 ซึ่งเป็นระดับการประเมิน
สูงสุด

ความตรงของรอยพับและผิวของรอยพับอยู่ในเกณฑ์ดี คือ ค่าเฉลี่ย = 3.80 ซึ่งเป็นระดับ
การประเมินต่ำสุด

2.3.2 ข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญด้านการพับแผ่นอะคริลิก

สำหรับข้อมูลจากคำถามปลายเปิดเพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการพับแผ่นอะคริลิกแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระเกี่ยวกับสมรรถนะเครื่องพับแผ่นอะคริลิก ในด้านเครื่องพับแผ่นอะคริลิกและด้านรอยพับแผ่นอะคริลิก ผู้วิจัยได้รวบรวมข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญด้านการพับแผ่นอะคริลิกนำเสนอในตาราง 6 ดังนี้

ตาราง 6 ข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญด้านการพับแผ่นอะคริลิกที่มีต่อสมรรถนะเครื่องพับแผ่นอะคริลิก

ข้อเสนอแนะ	จำนวนผู้เชี่ยวชาญที่ให้ข้อเสนอแนะ
ด้านเครื่องพับแผ่นอะคริลิก	
1. ควรมีการสร้างเครื่องพับแผ่นอะคริลิกในเชิงธุรกิจให้มีราคาเหมาะสม เพราะจะได้มีการใช้งานในวงกว้าง	1 คน
2. ควรมีสเกลวัดระยะของแผ่นอะคริลิกที่ใบพับ	1 คน
3. ควรเปิด - ปิดปากพับบนโดยใช้หลักการของกระดิ่งส่งกำลัง ด้วยการให้เหยียบ แทนการใช้มือโยก	1 คน
4. สเกลวัดมุมไม่ควรอยู่ที่พื้นที่หน้าตัดของแผ่นวัดมุมพับ แต่ควรอยู่ที่เส้นรอบวงของแผ่นวัดมุมพับ เพื่อสะดวกในการมอง	1 คน
5. ควรมีพื้นที่ของเครื่องพับด้านผู้ปฏิบัติงานให้มากกว่านี้ เพื่อไม่ให้ชิ้นงานที่มีความยาวมากงอทำให้ไม่สะดวกในการทำงาน	1 คน
ด้านรอยพับแผ่นอะคริลิก	
1. ควรปรับปรุงการตั้งมุมพับให้เที่ยงตรงมากกว่านี้	1 คน
2. บางครั้งผิวรอยพับยังมีฟองอากาศ	1 คน

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเพื่อการสร้างเครื่องพับแผ่นอะคริลิก เพื่อทดลองพับแผ่นอะคริลิกตามตารางปรับตั้งเครื่อง และประเมินสมรรถนะเครื่องพับแผ่นอะคริลิก มีรายละเอียดดังนี้

ความมุ่งหมายการวิจัย

1. เพื่อสร้างเครื่องพับแผ่นอะคริลิก
2. เพื่อทดลองพับแผ่นอะคริลิกตามตารางปรับตั้งเครื่อง
2. เพื่อประเมินสมรรถนะเครื่องพับแผ่นอะคริลิก

ความสำคัญของการวิจัย

จากผลการวิจัยครั้งนี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ดังนี้
ได้เครื่องพับแผ่นอะคริลิกต้นแบบพร้อมคู่มือการใช้งาน เพื่อเป็นเครื่องต้นแบบให้กับเจ้าของสถานประกอบการขนาดเล็กและบุคคลอื่นที่สนใจในการทำงานด้านการพับแผ่นอะคริลิก

สมมุติฐานการวิจัย

เครื่องพับแผ่นอะคริลิกมีสมรรถนะด้านเครื่องพับแผ่นอะคริลิกและด้านรอยพับแผ่นอะคริลิกอยู่ในระดับดี

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้แบ่งกระบวนการวิจัยออกเป็น 7 ขั้นตอน คือ
ขั้นตอนที่ 1 การหาข้อมูลพื้นฐานที่ใช้ในการวิจัย โดยทำการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญด้านการพับแผ่นอะคริลิก เพื่อเตรียมการในการทำวิจัย
ขั้นตอนที่ 2 การกำหนดรายละเอียดสมรรถนะเครื่องพับแผ่นอะคริลิก เพื่อเป็นข้อมูลหลักในการออกแบบสร้างเครื่องพับแผ่นอะคริลิกให้สัมพันธ์กับสมรรถนะที่กำหนดขึ้น
ขั้นตอนที่ 3 การสร้างเครื่องพับแผ่นอะคริลิก โดยทำการออกแบบ สร้างเครื่องต้นแบบ แล้วปรับปรุงแก้ไข จากนั้นจึงเชิญผู้เชี่ยวชาญด้านการพับแผ่นอะคริลิก เพื่อขอคำแนะนำในการปรับปรุงเครื่องและทำตารางปรับตั้งเครื่อง
ขั้นตอนที่ 4 การทดลองพับแผ่นอะคริลิกตามตารางปรับตั้งเครื่อง เพื่อเป็นการยืนยันความถูกต้องของตารางปรับตั้งเครื่องที่ได้จากคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญด้านการพับแผ่นอะคริลิก

ขั้นตอนที่ 5 การสร้างคู่มือการใช้งานเครื่องพับแผ่นอะคริลิก เพื่อประกอบการใช้เครื่องพับแผ่นอะคริลิกและใช้ประกอบการประเมินสมรรถนะเครื่องพับแผ่นอะคริลิก

ขั้นตอนที่ 6 การสร้างแบบประเมินสมรรถนะเครื่องพับแผ่นอะคริลิก เพื่อนำไปใช้ในการประเมินสมรรถนะเครื่องพับแผ่นอะคริลิกในขั้นที่ 7 ต่อไป

ขั้นตอนที่ 7 การประเมินสมรรถนะเครื่องพับแผ่นอะคริลิก โดยนำเครื่องพับแผ่นอะคริลิก คู่มือการใช้งานเครื่อง แบบประเมินสมรรถนะ บรรทัดโลหะ บรรทัดวัดมุม เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ แวนชยายและกลุ่มตัวอย่างที่เป็นแผ่นอะคริลิกจำนวน 18 แผ่น เพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการพับแผ่นอะคริลิกจำนวน 5 คน ที่มีประสบการณ์ในการพับแผ่นอะคริลิกไม่น้อยกว่า 10 ปี ทดลองใช้เครื่องและพับแผ่นอะคริลิกทั้ง 18 แผ่น จากนั้นจึงตรวจด้วยเครื่องมือที่เตรียมให้ แล้วจึงประเมินสมรรถนะเครื่องพับแผ่นอะคริลิกในแบบประเมินสมรรถนะ ซึ่งการประเมินสมรรถนะทำการด้านเครื่องพับแผ่นอะคริลิกและด้านรอยพับแผ่นอะคริลิก

ผลการวิจัย

ผู้วิจัยสร้างเครื่องพับอะคริลิกแผ่น ทดลองพับแผ่นอะคริลิกตามตารางปรับตั้งเครื่องและประเมินสมรรถนะเครื่องพับอะคริลิกแผ่น จากผลการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้นำผลการวิจัยมานำเสนอเป็นหัวข้อเพื่อให้สอดคล้องกับความมุ่งหมายการวิจัยดังนี้

1. การทดลองพับแผ่นอะคริลิกตามตารางปรับตั้งเครื่อง นำมาอภิปรายผลดังนี้

1.1 การวิเคราะห์ผลการทดลองพับแผ่นอะคริลิกตามตารางปรับตั้งเครื่อง พบว่า ตารางปรับตั้งเครื่องพับแผ่นอะคริลิกสีถูกต้อง สามารถพับอะคริลิกแผ่นใสความหนา 1 – 3 มิลลิเมตร ได้ และตารางปรับตั้งเครื่องพับแผ่นอะคริลิกสีถูกต้อง สามารถพับอะคริลิกแผ่นใสความหนา 1 – 3 มิลลิเมตร ได้

1.2 การวิเคราะห์เวลาที่ใช้ในตารางปรับตั้งเครื่องพับแผ่นอะคริลิกสี พบว่า ใช้เวลามากกว่าตารางปรับตั้งเครื่องพับอะคริลิกแผ่นสี เพราะว่าแผ่นอะคริลิกสีสะสมความร้อนได้ดีกว่าแผ่นอะคริลิกใส ดังรายละเอียดในภาคผนวก ข

1.3 การวิเคราะห์ตารางปรับตั้งเครื่องพับแผ่นอะคริลิกสี พบว่า เวลาให้ความร้อนของการพับแบบพับมือแผ่นอะคริลิกความหนา 1.5 มิลลิเมตร กับ 2 มิลลิเมตร ใช้เวลาเท่ากัน คือ 12.5 วินาที ดังรายละเอียดในภาคผนวก ข

2. ผลการประเมินสมรรถนะเครื่องพับอะคริลิกแผ่น ผลปรากฏได้ดังนี้

2.1 การวิเคราะห์สมรรถนะเครื่องพับแผ่นอะคริลิก พบว่า มีสมรรถนะอยู่ในเกณฑ์ดี

2.2 การวิเคราะห์สมรรถนะด้านเครื่องพับแผ่นอะคริลิก พบว่า มีสมรรถนะอยู่ในเกณฑ์ดี

2.2.1 การวิเคราะห์สมรรถนะด้านเครื่องพับแผ่นอะคริลิก พบว่า ปรับตั้งเครื่องง่าย และโครงสร้างของเครื่องแข็งแรงอยู่ในเกณฑ์ดีมาก ซึ่งเป็นระดับการประเมินสูงสุด

2.2.2 การวิเคราะห์สมรรถนะด้านเครื่องพับแผ่นอะคริลิก พบว่า ตั้งมุมในการพับตั้งแต่ 30 – 179 องศา อยู่ในเกณฑ์ดี ซึ่งเป็นระดับการประเมินต่ำสุด

2.3 การวิเคราะห์สมรรถนะด้านรอยพับแผ่นอะคริลิก พบว่า มีสมรรถนะอยู่ในเกณฑ์ดี

2.3.1 การวิเคราะห์สมรรถนะด้านรอยพับแผ่นอะคริลิก พบว่า ได้ตรงตามมุมที่ต้องการอยู่ในเกณฑ์ดี ซึ่งเป็นระดับการประเมินสูงสุด

2.3.2 การวิเคราะห์สมรรถนะด้านรอยพับแผ่นอะคริลิก พบว่า ความตรงของรอยและผิวของรอยพับอยู่ในเกณฑ์ดี ซึ่งเป็นระดับการประเมินต่ำสุด

2.4 การวิเคราะห์ข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนาละครเวที พบว่า มีข้อเสนอแนะบางข้อที่ผู้วิจัยควรให้ข้อมูลเพิ่มเติม

2.4.1 ด้านเครื่องพับแผ่นอะคริลิกควรเปิด - ปิดปากพับบน โดยใช้หลักการของกระเดื่อง
ส่งกำลังด้วยการใช้เท้าเหยียบแทนมือโยก

2.4.2 ด้านเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิกควรมีพื้นที่ของเครื่องด้านผู้ปฏิบัติงานให้มากกว่านี้ เพื่อให้ชิ้นงานที่มีความยาวมากงอทำให้ไม่สะดวกในการทำงาน

2.4.3 ด้านรอยพับแผ่นอะคริลิกควรปรับปรุงการดั่งมพับให้เที่ยงตรงมากกว่านี้

2.4.4 ด้านรอยพับแผ่นอะคริลิกบางครั้งผิวรอยพับยังมีฟองอากาศ

อภิปรายผล

1. การทดลองพับแผ่นอะคริลิกตามตารางปรับตั้งเครื่อง นำมาอภิปรายผลดังนี้

1.1 การวิเคราะห์ผลการทดลองพับแผ่นอะคริลิกตามตารางปรับตั้งเครื่อง พบว่า ตารางปรับตั้งเครื่องพับแผ่นอะคริลิกสีถูกต้อง สามารถพับอะคริลิกแผ่นใสความหนา 1 – 3 มิลลิเมตร ได้ และตารางปรับตั้งเครื่องพับแผ่นอะคริลิกสีถูกต้อง สามารถพับอะคริลิกแผ่นใสความหนา 1 – 3 มิลลิเมตร ได้ เพราะว่าผลการทดลองพับแผ่นอะคริลิกได้รอยพับใช้ได้ทั้ง 300 แผ่น คือ ลักษณะผิวและแนวพับของแผ่นอะคริลิกบริเวณรอยพับไม่มีรอยไหม้ แตก ร้าว เป็นฟองอากาศ แนวพับบิด

1.2 การวิเคราะห์เวลาที่ใช้ในตารางปรับตั้งเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิกใส พบว่า ใช้เวลามากกว่า ตารางปรับตั้งเครื่องปั๊มอะคริลิกแผ่นสี เพราะว่าแผ่นอะคริลิกสีสะสมความร้อนได้ดีกว่าแผ่นอะคริลิกใส ดังนั้น แผ่นอะคริลิกใสจึงต้องใช้เวลาในการให้ความร้อนให้แนวพับอ่อนตัวมากกว่า

1.3 การวิเคราะห์ตารางปรับตั้งเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิกสี พบว่า เวลาให้ความร้อนของการปั๊มแบบปั๊มมือแผ่นอะคริลิกความหนา 1.5 มิลลิเมตร กับ 2 มิลลิเมตร ใช้เวลาเท่ากัน คือ 12.5 วินาที เพราะว่าเหตุผลแรก คือ สเกลของสวิตซ์ตั้งเวลามีความละเอียด 1 ช่อง = 2.5 วินาที เหตุผลรอง คือ ความหนา 1.5 มิลลิเมตร และ 2 มิลลิเมตร นั้น มีความหนาแตกต่างกันอยู่ 0.5 มิลลิเมตร ซึ่งแตกต่างกันไม่มากนักพอที่จะใช้เวลาให้ความร้อนเดียวกันได้ เหตุผลสุดท้าย คือ ไม่สามารถปรับเวลาให้ต่ำกว่า 10 วินาที ได้ เพราะแผ่นอะคริลิกสีความหนา 1 มิลลิเมตร จะไม่อ่อนตัว ไม่สามารถปรับเวลาให้สูงกว่า 17.5 วินาที ได้ เพราะแผ่นอะคริลิกสีความหนา 3 มิลลิเมตร ผิวจะเป็นฟอง เพราะได้รับความร้อนนานเกินไป

2. ผลการประเมินสมรรถนะเครื่องปั๊มอะคริลิกแผ่น ผลปรากฏได้ดังนี้

2.1 การวิเคราะห์สมรรถนะเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก พบว่า มีสมรรถนะอยู่ในเกณฑ์ดี

2.2 การวิเคราะห์สมรรถนะด้านเครื่องพับแผ่นอะคริลิก พบว่า มีสมรรถนะอยู่ในเกณฑ์ดี

2.2.1 การวิเคราะห์สมรรถนะด้านเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก พบว่า ปรับตั้งเครื่องง่ายอยู่ในเกณฑ์ดีมาก ซึ่งเป็นระดับการประเมินสูงสุด เพราะว่าเป็นมาจากด้านหน้าของตู้ควบคุมไฟฟ้ามีตารางปรับตั้งเครื่องติดอยู่ ซึ่งระยะเวลาในการปรับตั้งเครื่องได้มาจากคำแนะนำของนายจร สุกเพียรผู้เชี่ยวชาญด้านการปั๊มแผ่นอะคริลิกทำให้ผู้ใช้งานปรับตั้งตามตารางได้ง่าย ทำให้แก้ปัญหาในเรื่องประสิทธิภาพของผู้ใช้เครื่องได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของบรรเลง ศรีนิลและคณะได้ชี้ไว้ (2532 : 82) ส่วนโครงสร้างของเครื่องแข็งแรงอยู่

ในเกณฑ์ดีมาก ซึ่งเป็นระดับการประเมินสูงสุด เพราะผู้วิจัยได้ออกแบบโครงสร้างของเครื่องโดยอาศัยข้อมูลจากหลักการออกแบบเครื่องจักรของวรวิทย์ อึ้งภากรณ์และชาญ ฤกษ์งาน (2541 : 11-17) และข้อมูลเรื่องเครื่องปั๊มแผ่นโลหะของสุชาติ กิจพิทักษ์ (2540 : 85 – 91) ซึ่งโครงสร้างส่วนใหญ่เลือกใช้วัสดุและขนาดตามเครื่องปั๊มแผ่นโลหะชนิดเครื่องปั๊มชิ้นงาน ซึ่งเป็นเครื่องที่มีความแข็งแรงมาก เพราะใช้ในงานปั๊มแผ่นโลหะ

2.2.2 การวิเคราะห์สมรรถนะด้านเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก พบว่า ตั้งมุมในการพับตั้งแต่ 30 – 179 องศา อยู่ในเกณฑ์ดี ซึ่งเป็นระดับการประเมินต่ำสุด เพราะแผ่นอะคริลิกที่นำมาพับมีความหนาถึง 5 ระดับ ตั้งแต่ 1 – 3 มิลลิเมตร แต่ใบพับของเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิกถูกยึดตายตัวไม่ได้มีการปรับให้เลื่อนขึ้นลงตามความหนาที่พับ ถ้าความหนาของแผ่นอะคริลิกเกิน 1 มิลลิเมตร ขึ้นไป ทำให้จุดศูนย์กลางของมุมพับที่อยู่กึ่งกลางความหนาของแผ่นอะคริลิกอยู่สูงกว่าจุดศูนย์กลางจุดหมุนของใบพับ เมื่อทำการพับอาจทำให้มุมพับคลาดเคลื่อนได้ แต่สามารถแก้ไขได้โดยการคลายปากพับบนที่กดแผ่นอะคริลิกในจังหวะที่พับแผ่นอะคริลิกจนชนที่ตั้งมุม ให้แผ่นอะคริลิกเคลื่อนตัวถอยหลังเล็กน้อย แล้วกดปากพับบนให้แน่นเหมือนเดิม จะทำให้แผ่นอะคริลิกแนบกับใบพับ ทำให้ได้มุมตามต้องการได้

2.3 การวิเคราะห์สมรรถนะด้านรอยพับแผ่นอะคริลิก พบว่า มีสมรรถนะอยู่ในเกณฑ์ดี

2.3.1 การวิเคราะห์สมรรถนะด้านรอยพับแผ่นอะคริลิก พบว่า ได้ตรงตามมุมที่ต้องการอยู่ในเกณฑ์ดี ซึ่งเป็นระดับการประเมินสูงสุด

2.3.2 การวิเคราะห์สมรรถนะด้านรอยพับแผ่นอะคริลิก พบว่า ความตรงของรอยและผิวของรอยพับอยู่ในเกณฑ์ดี ซึ่งเป็นระดับการประเมินต่ำสุด

2.4 การวิเคราะห์ข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญด้านการพับแผ่นอะคริลิก พบว่า มีข้อเสนอแนะบางข้อที่ผู้วิจัยควรให้ข้อมูลเพิ่มเติม

2.4.1 ด้านเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิกควรเปิด – ปิดปากพับบน โดยใช้หลักการของกระเดื่องส่งกำลังด้วยการใช้เท้าเหยียบแทนมือโยก ผู้วิจัยต้องการให้ใช้มือควบคุมคันโยกในการเปิด – ปิดปากพับบนแทนการใช้เท้าเหยียบ เพราะขณะออกแรงดึงใบพับเพื่อพับแผ่นอะคริลิก ต้องการให้เท้าทั้ง 2 ข้าง ของผู้ควบคุมเครื่องยืนอยู่บนพื้นอย่างมั่นคง จะได้ไม่เสียการทรงตัว

2.4.2 ด้านเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิกควรมีพื้นที่ของเครื่องด้านผู้ปฏิบัติงานให้มากกว่านี้ เพื่อไม่ให้ชิ้นงานที่มีความยาวมากงอทำให้ไม่สะดวกในการทำงาน ผู้วิจัยต้องการออกแบบเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิกให้ใช้พื้นที่ในการติดตั้งน้อย และเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิกที่สร้างขึ้นเป็นเครื่องพับขนาดเล็ก ชิ้นงานที่นำมาพับส่วนใหญ่จึงมีขนาดเล็ก

2.4.3 ด้านรอยพับแผ่นอะคริลิกควรปรับปรุงการตั้งมุมพับให้เที่ยงตรงมากกว่านี้ ผู้วิจัยขอแนะนำวิธีการพับให้ได้มุมตามองศาที่ต้องการ คือ ต้องใช้วิธีการคลายปากพับบนที่กดแผ่นอะคริลิกในจังหวะที่พับแผ่นอะคริลิกจนชนที่ตั้งมุม ให้แผ่นอะคริลิกเคลื่อนตัวถอยหลังเล็กน้อย แล้วกดปากพับบนให้แน่นเหมือนเดิม จะทำให้แผ่นอะคริลิกแนบกับใบพับ ทำให้ได้มุมตามต้องการได้

2.4.4 ด้านรอยพับแผ่นอะคริลิกบางครั้งผิวรอยพับยังมีฟองอากาศ ผู้วิจัยขอให้เหตุผลที่ทำให้รอยพับแผ่นอะคริลิกบางครั้งผิวรอยพับยังมีฟองอากาศ สาเหตุเพราะแผ่นอะคริลิกบางกว่าขนาดที่ทำการพับ ซึ่งเกิดจากกรรมวิธีการผลิตจากการหล่อในบางแผ่นเท่านั้น ซึ่งการหล่อทำโดยเทอะคริลิกเหลวลงบนแบบแผ่นแก้ว แล้วใช้แบบแผ่นแก้วอีกแผ่นหนึ่งกดลงให้อะคริลิกเหลวอยู่ในช่องว่างตามความหนาที่ต้องการ ทำให้แผ่นอะคริลิกบางแผ่น อาจมีบางจุดที่มีความหนาน้อยกว่าตำแหน่งอื่น ๆ ได้ มักพบในแผ่นอะคริลิกเกรดต่ำกว่าเกรด A

ข้อเสนอแนะ

ผลจากการวิจัย ผู้วิจัยขอเสนอแนะบางสิ่งบางอย่าง เพื่อให้เกิดแนวความคิดใหม่ ๆ เกี่ยวกับงานวิจัยที่จะเกิดขึ้นต่อไป

1. การปรับปรุงเครื่องปั๊มอะคริลิกแผ่นที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้น

1.1 สเกลตั้งเวลาควรละเอียดกว่าช่องละ 2.5 วินาที

1.2 ควรทำแผ่นโลหะตรวจสอบความหนา 5 ระดับ คือ 1, 1.5, 2, 2.5 และ 3 มิลลิเมตร ซึ่งวัดความหนาโดยใช้วิธีเสียบแผ่นอะคริลิกเข้าไปในช่อง ติดตั้งแผ่นโลหะตรวจสอบความหนาไว้กับตัวเครื่องในตำแหน่งที่ใช้งานได้สะดวก

1.3 ควรมีสัญญาณเสียงบอกการหมดเวลาให้ความร้อนและระบายความร้อนด้วยพัดลม นอกจากใช้การสว่างและการดับของหลอดไฟฟ้าบนตู้ควบคุมแล้ว ควรเพิ่มสัญญาณเสียงเข้าไปร่วมด้วย

2. ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยต่อ

ควรทดลองหาเวลาปรับตั้งเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิกกับแผ่นพลาสติกอื่นที่โดนความร้อนแล้วอ่อนตัว เช่น พีวีซี โพลีคาร์บอนเนต โพลีสไตรีน เป็นต้น

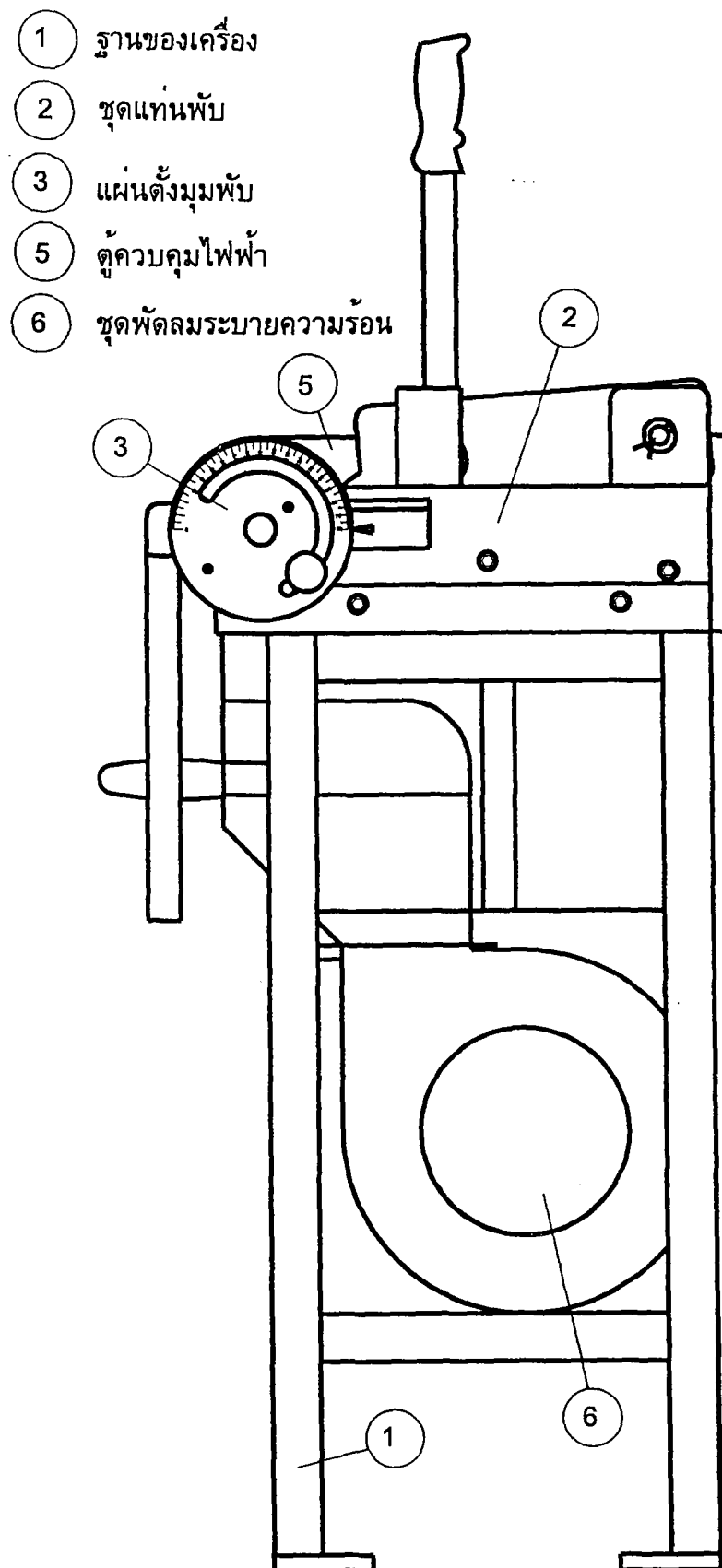
บรรณานุกรม

- โซ สาลิจัน. (2534). *เทคโนโลยีพื้นฐาน*. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.
- ณรงค์ ขอนตะวันและคณะ. (ม.ป.ป.). *คู่มือซ่อมเครื่องไฟฟ้าภายในบ้าน*. กรุงเทพฯ : แฉ่งหนังสือเบอร์ 22
สวนจตุจักร.
- ทรงเดช หล้าพันธ์. (2533). *การสร้างชุดการสอนเรื่องการเชื่อมพลาสติกด้วยลมร้อนตามหลักสูตร
ประกาศนียบัตรวิชาชีพพุทธศักราช 2530*. วิทยานิพนธ์ คอ.ม. (เทคโนโลยีการผลิต).
กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. ถ่ายเอกสาร.
- ทวี เทศเจริญ. (2540). *กรรมวิธีการผลิต*. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบัน
เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- นภัทร วัจนเทพินทร์ และชูศักดิ์ ขำพิมพ์. (2539). *เทคโนโลยีไฟฟ้ากำลัง สำหรับช่างอุตสาหกรรม*.
กรุงเทพฯ : บริษัทสยามสปอร์ต ซินดิเคท จำกัด.
- บรรเลง ศรีนิลและคณะ. (2532). *โครงการศึกษาสถานภาพของเทคโนโลยีในอุตสาหกรรมพลาสติกใน
ประเทศไทย*. กรุงเทพฯ : ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์
เทคโนโลยี และการพลังงาน.
- บริษัทกระเบื้องกระดาศไทยจำกัด. (ม.ป.ป.). *ราคาผลิตภัณฑ์กระเบื้องกระดาศ*. กรุงเทพฯ : บริษัท
กระเบื้องกระดาศไทยจำกัด.
- บริษัทคำวัสดุก่อสร้างจำกัด. (ม.ป.ป.). *คู่มือการใช้วัสดุสำหรับงานก่อสร้าง*. กรุงเทพฯ : บริษัทประชุมการ
ช่างจำกัด.
- พิชัย อัสภูมิมงคล. (2538). *การออกแบบและพัฒนาเครื่องอบแห้งแบบระเหิดน้ำ*. วิทยานิพนธ์ วศ.ม.
(วิศวกรรมเครื่องกล). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนคร
เหนือ. ถ่ายเอกสาร.
- พิชิต เลี่ยมพิพัฒน์. (2540ก). *เครื่องประดับ*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : หจก. ป. สัมพันธ์พาณิชย์.
- พิชิต เลี่ยมพิพัฒน์. (2540ข). *พลาสติก*. พิมพ์ครั้งที่ 14. กรุงเทพฯ : หจก. ป. สัมพันธ์พาณิชย์.
- มนตรี ยอดบางเดย. (2538). *ออกแบบผลิตภัณฑ์*. กรุงเทพฯ : โอ. เอส. พริ้นติ้งเฮาส์.
- มนตรี สุภาพร. (2541). *วิสัยทัศน์อนาคตประเทศไทย พุทธศักราช 2570*. กรุงเทพฯ : บริษัท เอส. อาร์.
พริ้น ดิง แมสโปรดักส์ จำกัด.
- นานพ ดันตระบัณฑิตย์. (2540). *วัสดุวิศวกรรม*. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ : บริษัทประชาชนการพิมพ์จำกัด.
- เย็น ภู่วรรณ. (2530). *อิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม*. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ : บริษัทเอเชียเพรสจำกัด.
- รวีวรรณ ชินะตระกูล. (2538). *วิธีวิจัยการศึกษา*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : หจก. ภาพพิมพ์.
- สมบุรณ์ สงวนญาติ. (2534). *เทคโนโลยีการเรียนการสอน*. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์กรมศาสนา.
- สมาคมอุตสาหกรรมพลาสติกไทย. (2539). *ทำเนียบสมาชิกสมาคมอุตสาหกรรมพลาสติกไทย 38-39*.
กรุงเทพฯ : ธีรพงษ์การพิมพ์.
- สุชาติ กิจพิทักษ์. (2540). *งานโลหะแผ่นเบื้องต้น*. กรุงเทพฯ : เม็ดทรายพริ้นติ้ง.
- อนันต์ภักดี โชติมงคล. (2538, มกราคม – เมษายน). "คุณรู้จักเซรามิกดีขนาดไหน," *เซรามิก*. 2538(1) : 54.
- อนันต์ จำลองกุล. (2541). *บีม พัดลม เครื่องอัดและระบบจ่าย*. กรุงเทพฯ : ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องจักร
กลเกษตร คณะวิศวกรรมและเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล.

อำพล ชี้อตรงและอนงค์ ที่สงัด. (2535). วัสดุช่าง. กรุงเทพฯ : ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ.

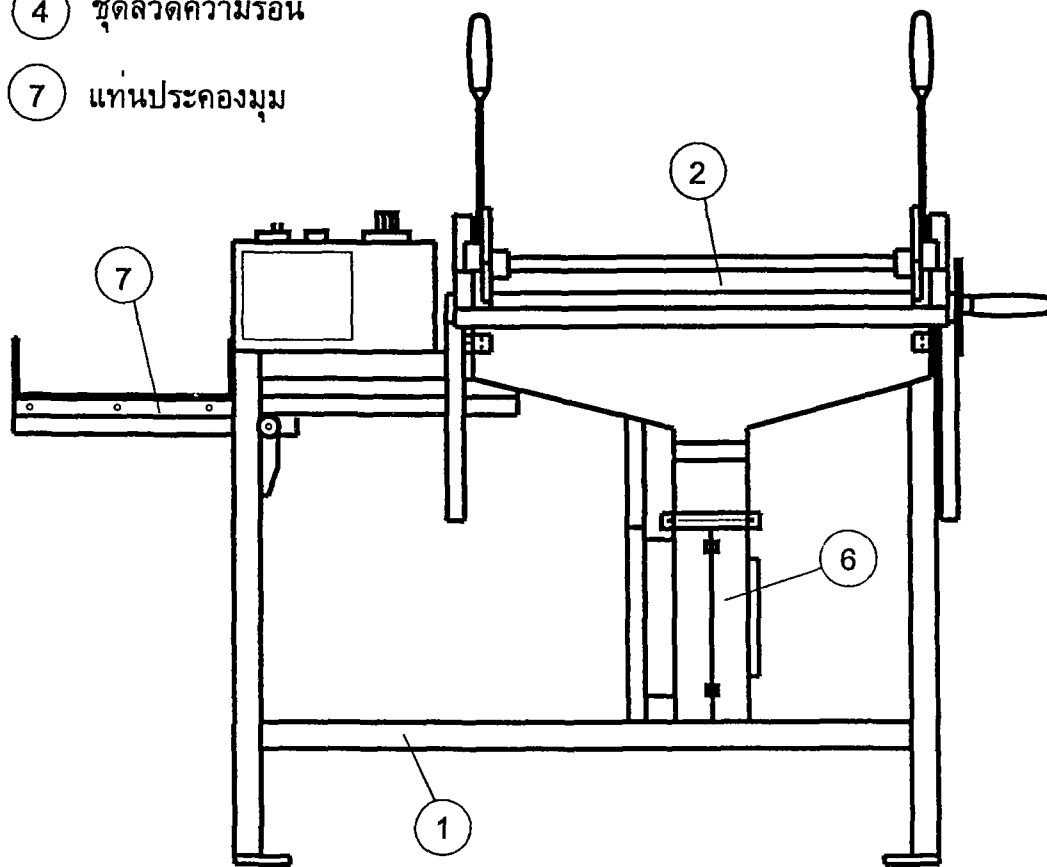
ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
ส่วนประกอบของเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก

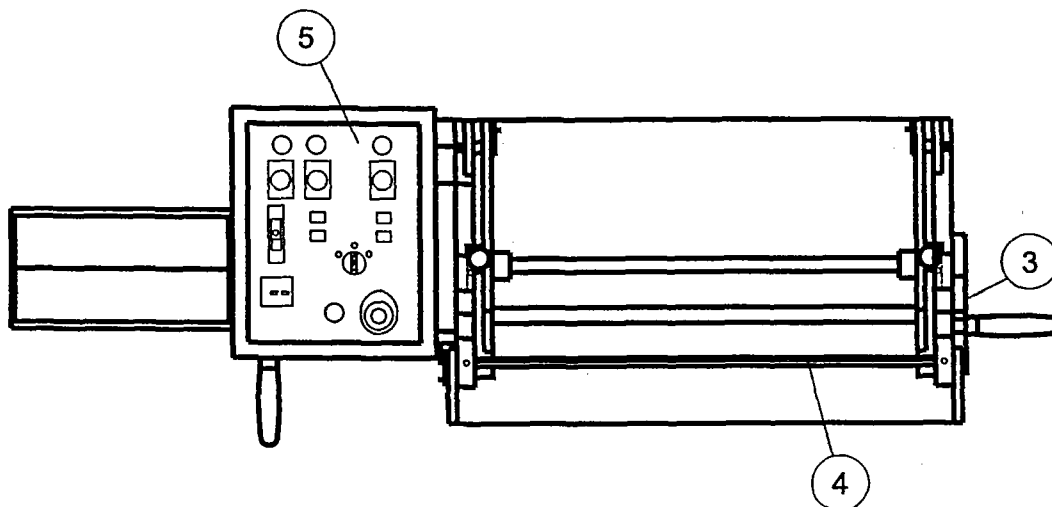


ภาพประกอบ 63 ภาพด้านข้างขวาเครื่องพับแผ่นอะคริลิก มาตรฐาน 1:5

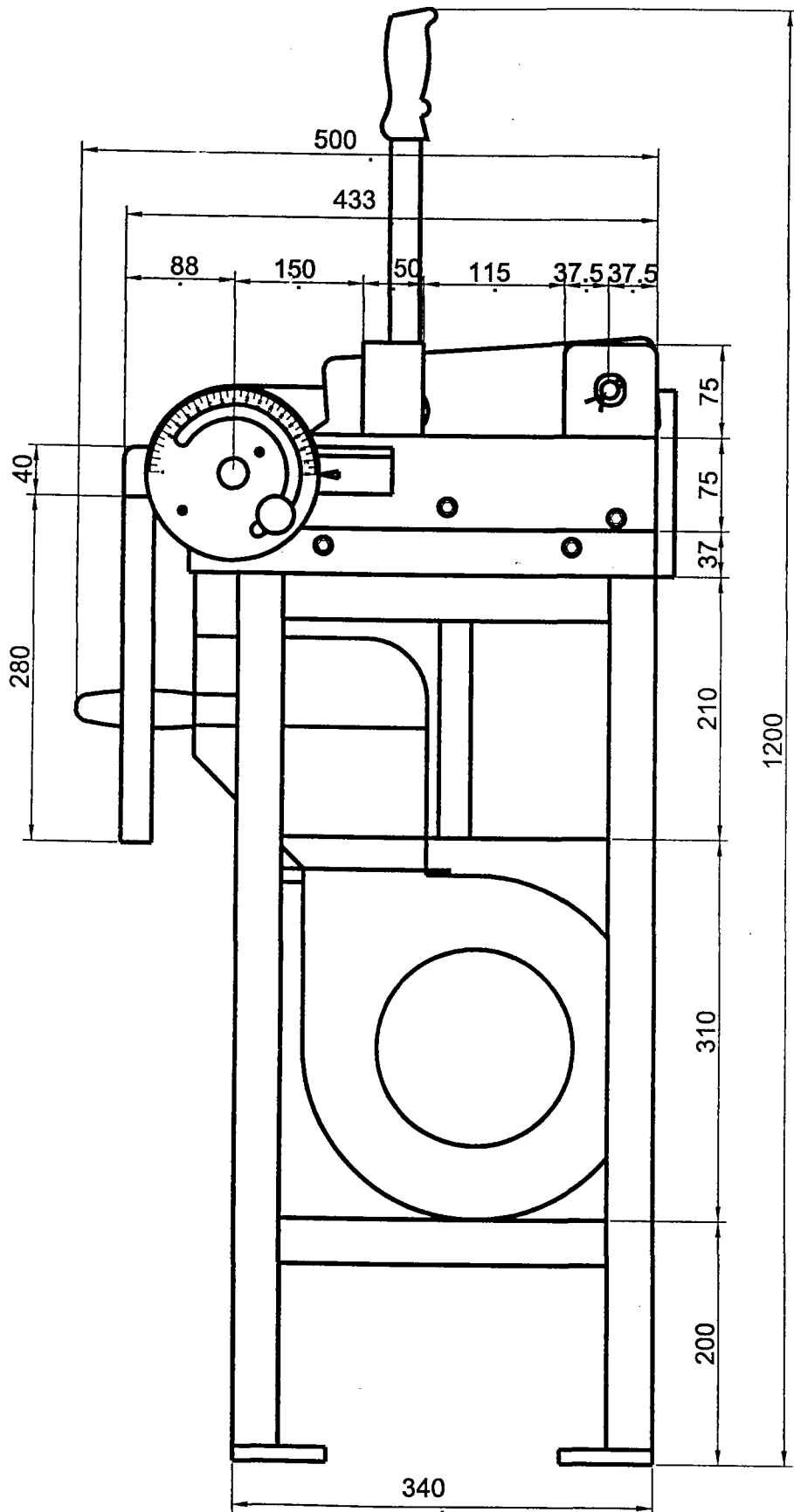
- ④ ชุดลดความร้อน
⑦ แท่นประกอบมุม



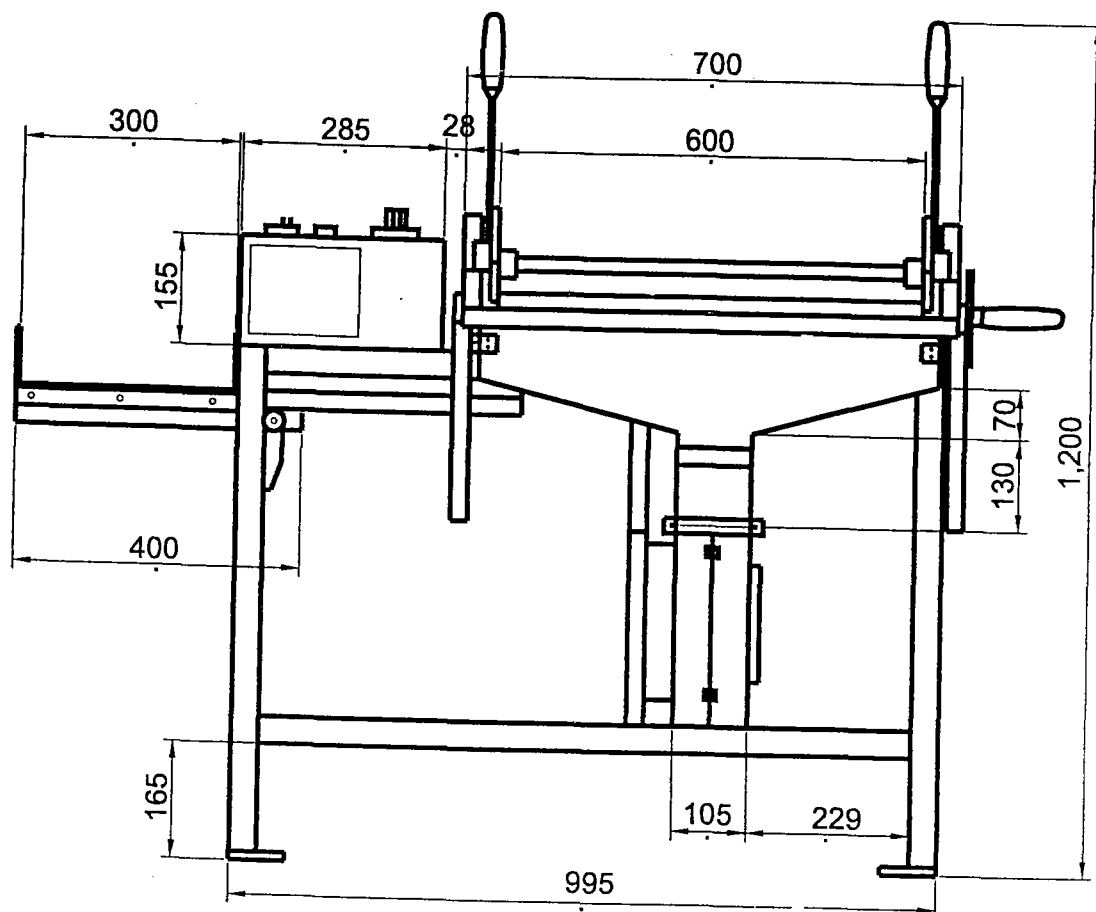
ภาพประกอบ 64 ภาพด้านหน้าเครื่องพับแผ่นอะคริลิก มาตรฐาน 1:10



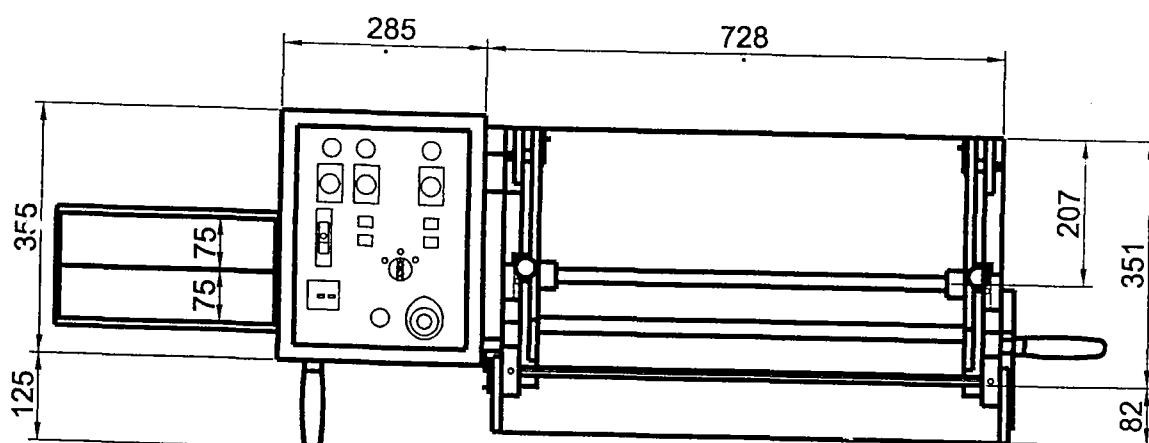
ภาพประกอบ 65 ภาพด้านบนเครื่องพับแผ่นอะคริลิก มาตรฐาน 1:10



ภาพประกอบ 66 ขนาดภาพด้านข้างขาเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก มาตราส่วน 1:5

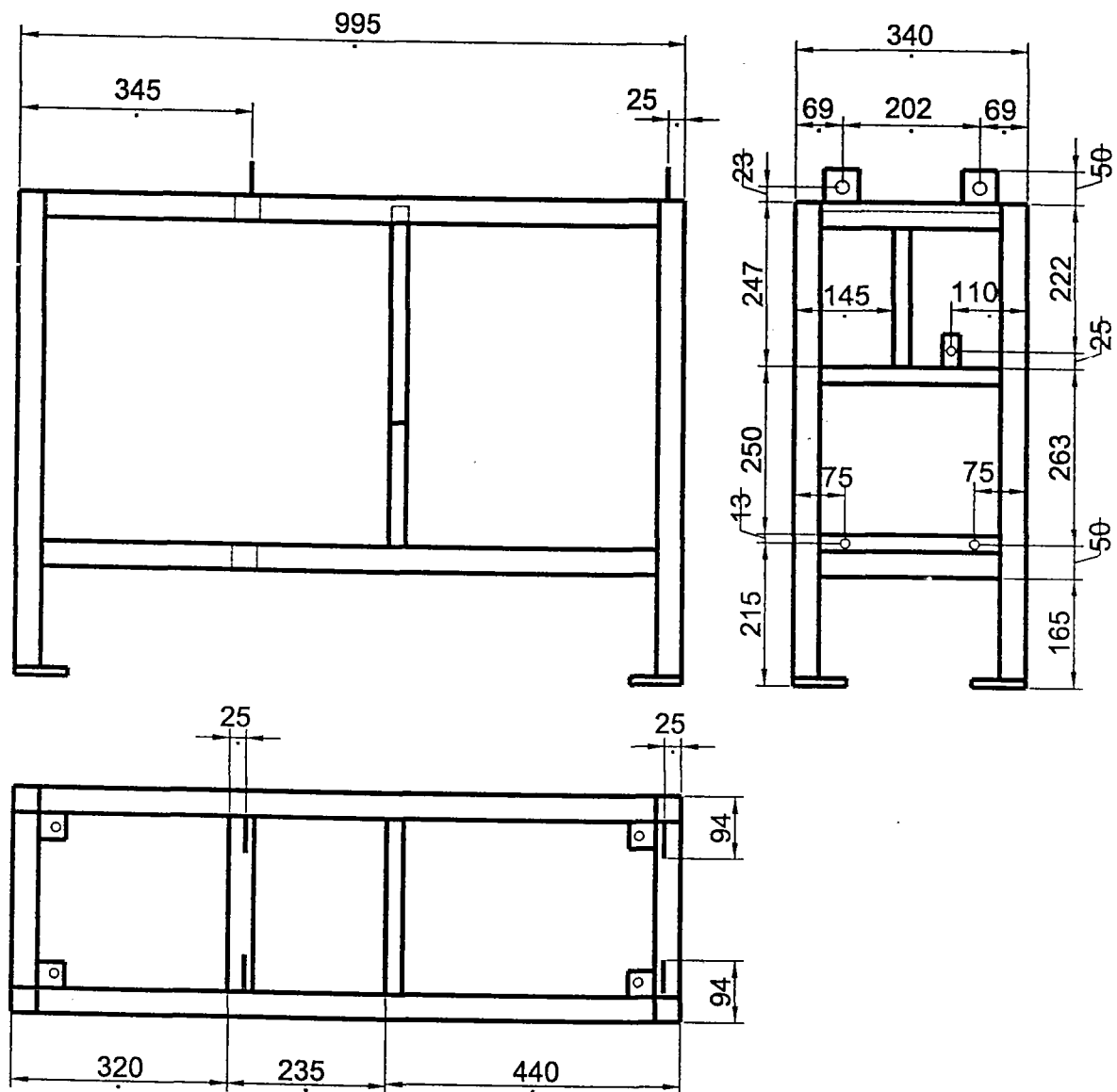


ภาพประกอบ 67 ขนาดภาพด้านหน้าเครื่องพับแผ่นอะคริลิก มาตรฐาน 1:10

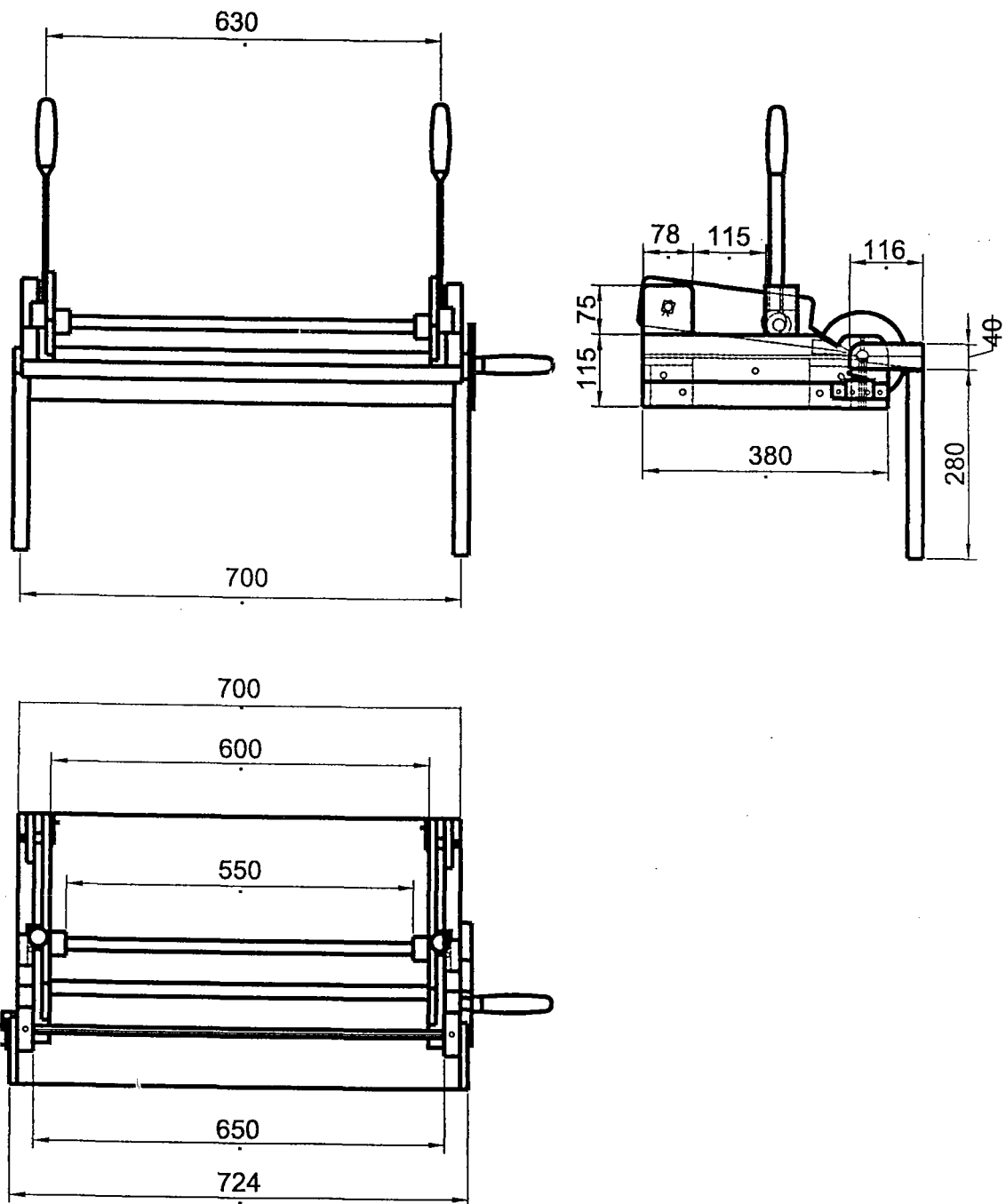


ภาพประกอบ 68 ขนาดภาพด้านบนเครื่องพับแผ่นอะคริลิก มาตรฐาน 1:10

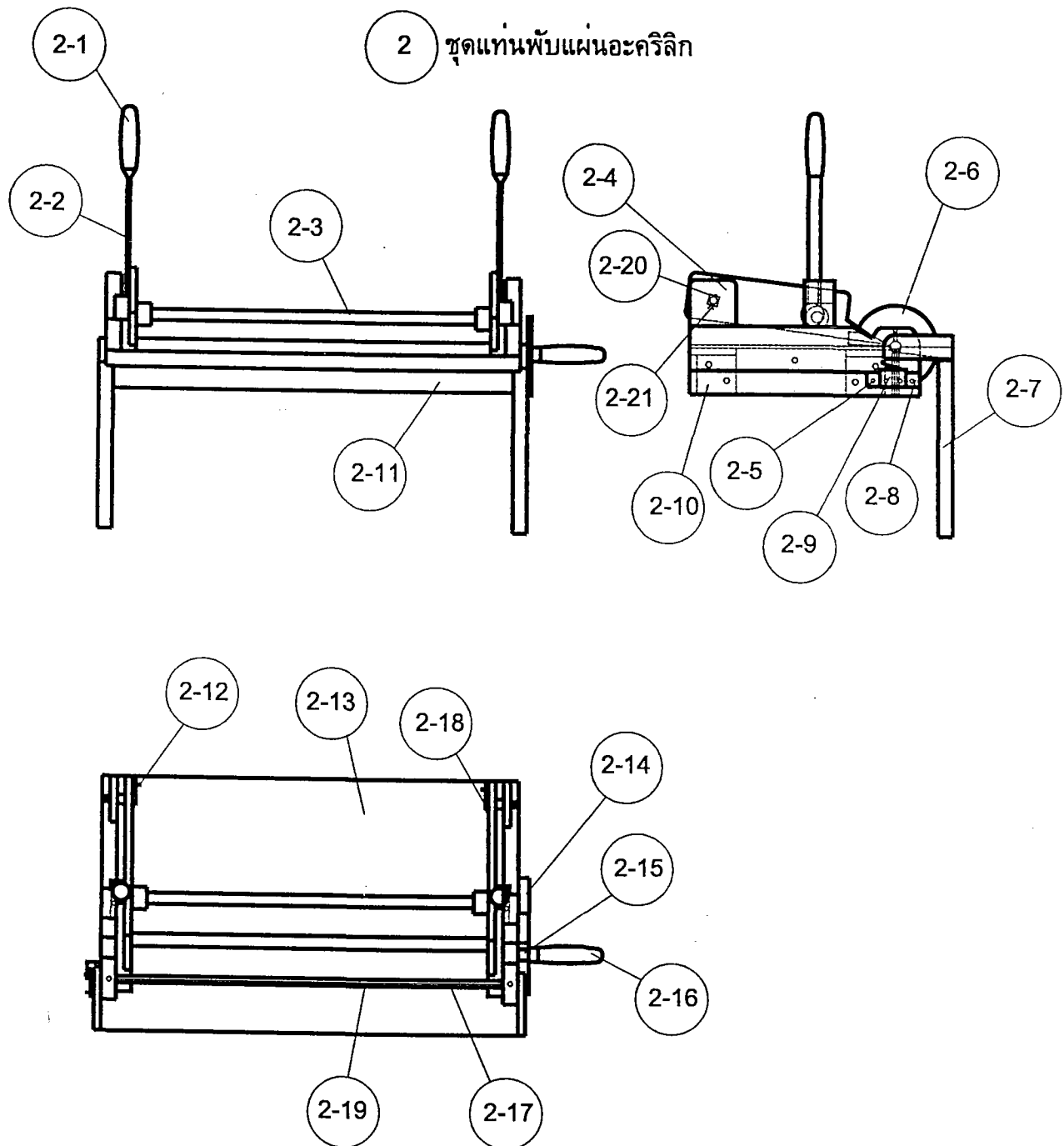
1) ฐานของเครื่องพับแผ่นอะคริลิก



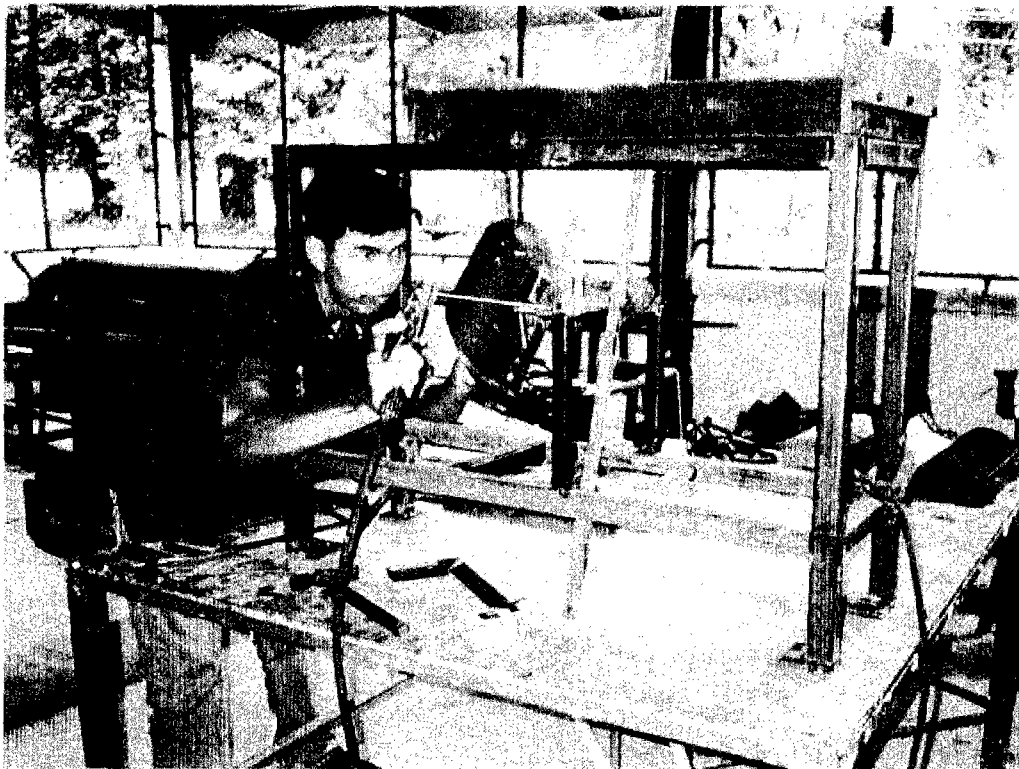
ภาพประกอบ 69 ฐานเครื่องพับแผ่นอะคริลิก มาตรฐาน 1:10



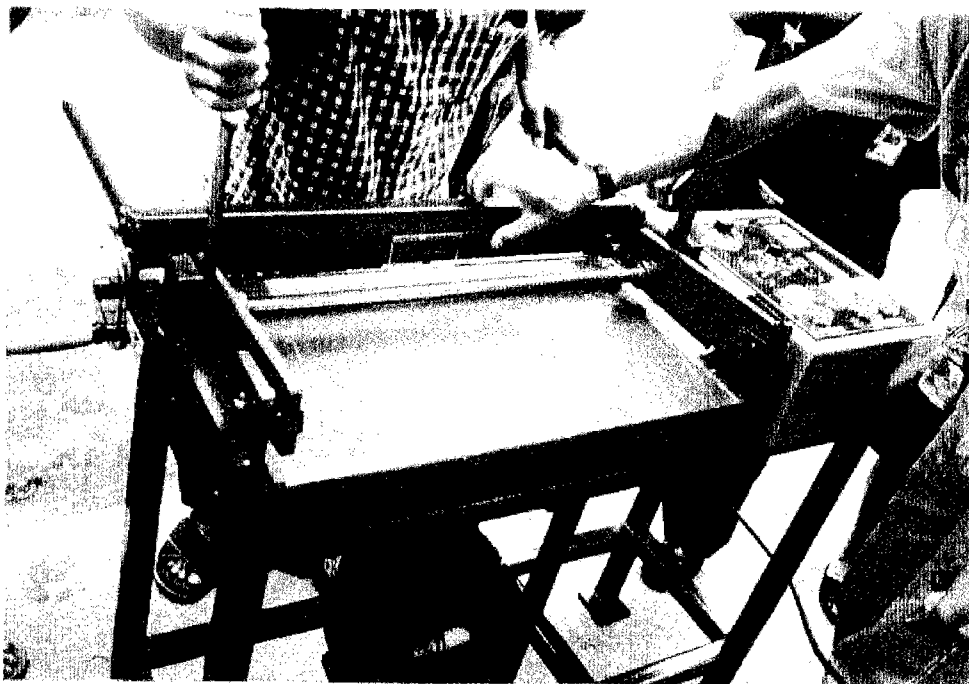
ภาพประกอบ 70 ขนาดชุดแท่นพับแผ่นอะคริลิก มาตรฐาน 1:10



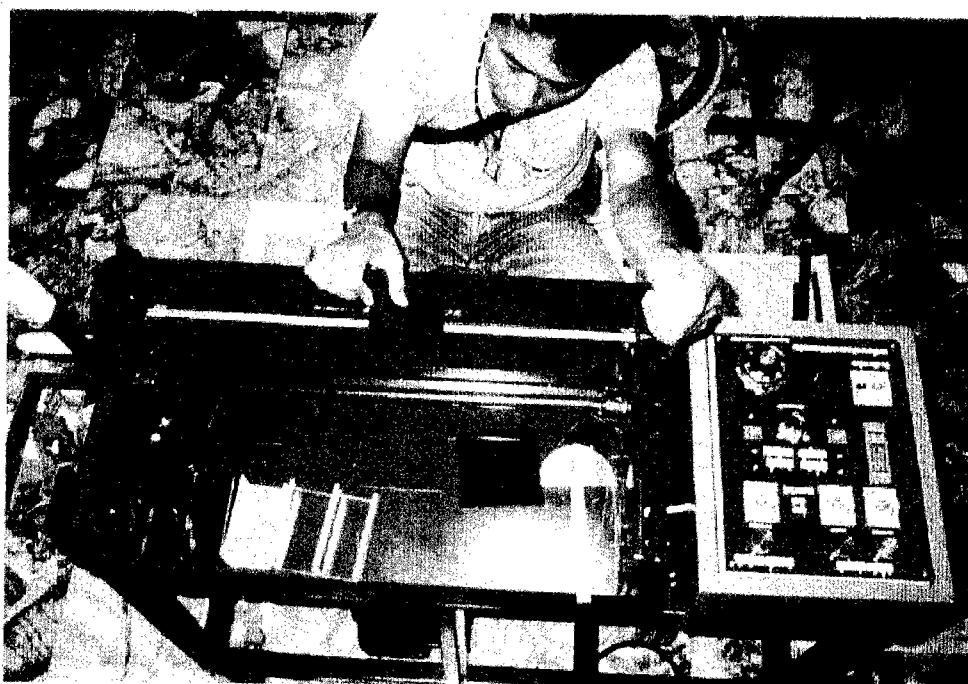
ภาพประกอบ 71 ชุดแทนพับแผ่นอะคริลิก มาตรฐาน 1:10



ภาพประกอบ 72 การสร้างเครื่องทับแผ่นอะคริลิก



ภาพประกอบ 73 การทดลองพับแผ่นอะคริลิกตามตารางปรับตั้งเครื่อง



ภาพประกอบ 74 การประเมินสมรรถนะเครื่องพับแผ่นอะคริลิก

ภาคผนวก ข
คู่มือการใช้งานเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก

คู่มือ

การใช้งานเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก

คำนำ

เครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิกสร้างขึ้นเพื่อใช้ในการปั๊มแผ่นอะคริลิกในงานทั่วไป ที่มีความหนาไม่เกิน 3 มิลลิเมตร เพื่อความปลอดภัยและสะดวกในการใช้งานจึงได้จัดทำคู่มือการใช้งานเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิกขึ้น ซึ่งภายในคู่มือประกอบด้วย คำเตือนก่อนการใช้งาน ข้อมูลเฉพาะ ส่วนประกอบของเครื่อง และการใช้เครื่อง หวังว่าคู่มือการใช้งานเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิกจะช่วยให้ผู้อ่านใช้เครื่องได้ง่ายขึ้น

อนวัต สุเพียร

สารบัญ

	หน้า
คำเตือนก่อนการใช้งาน	1
ข้อมูลเฉพาะ	1
ส่วนประกอบของเครื่อง	2
การใช้เครื่อง	3

คำเตือนก่อนการใช้งาน

- เพื่อป้องกันอันตรายจากไฟไหม้และไฟช็อต ไม่ควรวางเครื่องพับแผ่นอะคริลิกในที่ฝนสาดถึงหรือบริเวณที่เปียกชื้น
- ควรติดตั้งเครื่องพับแผ่นอะคริลิกกับพื้นที่ทำงานให้แน่น เพื่อป้องกันเครื่องล้ม
- ควรติดตั้งสายดินกับตัวเครื่อง เพื่อป้องกันอันตรายจากไฟฟ้า
- ไม่ควรเปิดฝาคู่ควบคุมไฟฟ้าของเครื่องพับแผ่นอะคริลิกออกด้วยตัวเอง โปรดให้ช่างผู้ชำนาญเป็นผู้กระทำเท่านั้น
- เครื่องพับแผ่นอะคริลิกใช้ไฟฟ้ากระแสสลับในระหว่าง 110 ถึง 240 โวลท์ ความถี่ 50/60 เฮิร์ตซ์เท่านั้น
- ถ้ามีของเหลวตกเข้าไปในตู้ควบคุมไฟฟ้า ชุดขดลวดความร้อน หรือพัดลมระบายความร้อน รีบถอดปลั๊กไฟฟ้าวอก แล้วให้ช่างผู้ชำนาญทำความสะอาดและทำการตรวจสอบเครื่องทันที
- ขณะใช้งานระวังอย่าให้มือโดนชุดขดลวดความร้อน
- ถ้ามีเศษผงติดในชุดขดลวดความร้อนให้ใช้เครื่องลมเป่าหรือเครื่องดูดฝุ่นดูดออก
- ถอดปลั๊กไฟฟ้าวอก เมื่อไม่ต้องการใช้เครื่องพับแผ่นอะคริลิกเป็นเวลานาน ๆ โปรดดึงที่ตัวปลั๊กเท่านั้นอย่าดึงที่สายไฟฟ้า
- เมื่อเลิกใช้งานให้ใช้ผ้าคลุมของเครื่องคลุมเครื่องทุกครั้ง เพื่อป้องกันฝุ่นละอองเข้าไปในชุดขดลวดความร้อน

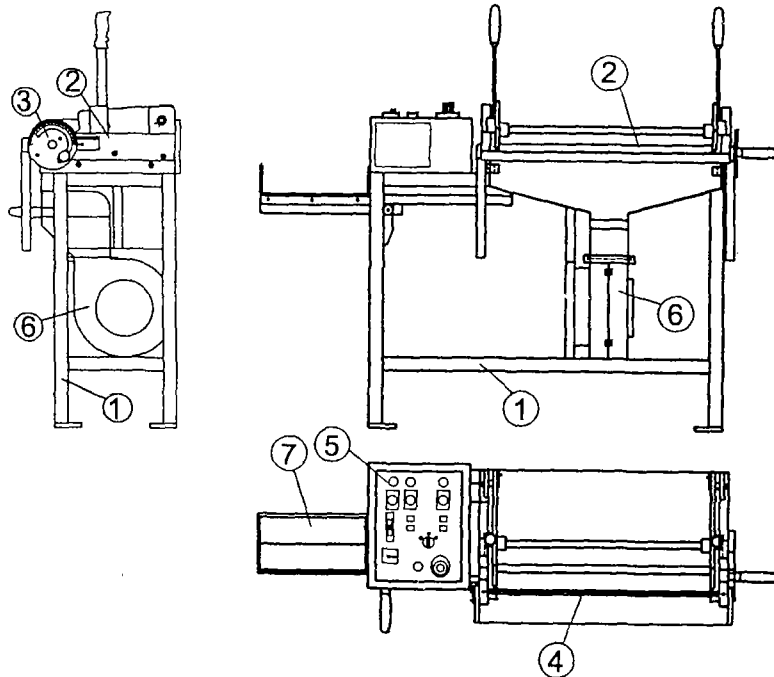
ข้อมูลเฉพาะ

- ขนาด กว้าง 480 ยาว 120 สูง 120 มิลลิเมตร
- ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ 110 – 240 โวลท์ 50 เฮิร์ตซ์
- ขดลวดความร้อนขนาด 300 วัตต์
- น้ำหนัก 92.5 กิโลกรัม
- พับแผ่นอะคริลิกได้ทุกสีที่มีความหนาไม่เกิน 3 มิลลิเมตร ดูรายละเอียดในตารางปรับตั้งเครื่องพับแผ่นอะคริลิก ที่ด้านหน้าของตู้ควบคุมไฟฟ้า
- เลือกการพับได้ 2 แบบ คือ แบบเครื่องพับ และแบบมือพับ โดยบิตสวิตช์เลือกการพับบนตู้ควบคุมไฟฟ้า ถ้าต้องการหยุดเครื่องชั่วคราวให้บิตสวิตช์ไปที่ปิด
- ควบคุมการให้ความร้อนและแรงการคงรูปด้วยพัดลมด้วยสวิตช์ตั้งเวลาเป็นวินาที (1 ช่อง = 2.5 วินาที)
- ตั้งมุมพับแบบจานหมุน

ส่วนประกอบของเครื่อง

ส่วนประกอบของเครื่องพับแผ่นอะคริลิกตามภาพประกอบ 1 มีรายละเอียดดังนี้

1. ฐานของเครื่อง
2. ชุดแท่นพับ
3. แผ่นตั้งมุมพับ
4. ชุดลดความร้อน
5. ตู้ควบคุมไฟฟ้า
6. ชุดพัดลมระบายความร้อนรอยพับ
7. แท่นประกอบมุม



ภาพประกอบ 75 ส่วนประกอบของเครื่องพับแผ่นอะคริลิก

การใช้เครื่อง

ตาราง 7 ตารางปรับเครื่องพับแผ่นอะคริลิก สำหรับแผ่นอะคริลิกใส (ใช้ความร้อน 150 องศาเซลเซียส)

ความหนา (มม.)	พับแบบเครื่องพับ		พับแบบมือพับ
	เวลาให้ความร้อน(วินาที)	เวลาเร่งการคงรูป(วินาที)	เวลาให้ความร้อน(วินาที)
1	15	22.5	12.5
1.5	20	25	15
2	22.5	27.5	17.5
2.5	25	30	20
3	27.5	32.5	22.5

ตาราง 8 ตารางปรับเครื่องพับแผ่นอะคริลิก สำหรับแผ่นอะคริลิกสี (ใช้ความร้อน 150 องศาเซลเซียส)

ความหนา (มม.)	พับแบบเครื่องพับ		พับแบบมือพับ
	เวลาให้ความร้อน(วินาที)	เวลาเร่งการคงรูป(วินาที)	เวลาให้ความร้อน(วินาที)
1	12.5	17.5	10
1.5	15	20	12.5
2	17.5	22.5	12.5
2.5	20	25	15
3	22.5	27.5	17.5

การเปิด - ปิดเครื่อง ทำได้ดังนี้

หลังจาดเสียบปลั๊กจ่ายไฟฟ้าเข้าตู้ควบคุมแล้ว ให้สังเกตสวิตช์ที่มีคำว่า ปิด - เปิดเครื่อง ที่อยู่ด้านล่างทางซ้ายมือของตู้ควบคุมไฟฟ้า ถ้าต้องการเปิดเครื่องกดปุ่มสีดำ (1) หลอดไฟฟ้าสีเขียวที่อยู่ด้านข้างจะสว่าง ถ้าต้องการปิดเครื่องให้กดปุ่มสีแดง (2) หลอดไฟฟ้าสีเขียวที่อยู่ด้านข้างจะดับ

การเลือกแบบการพับ

เครื่องพับแผ่นอะคริลิกสามารถเลือกทำการพับได้ 2 แบบ คือ

1. การพับแบบเครื่องพับ สามารถเลือกการพับได้โดยบิตสวิตช์เลือกการพับ ที่มีคำว่าเลือกการพับ โดยบิตสวิตช์เลือกการพับให้ลูกศรชี้คำว่าเครื่องพับ เครื่องก็พร้อมจะทำการพับแผ่นอะคริลิกแบบ

เครื่องพับ ซึ่งเป็นการพับที่เป็นการพับหลักของเครื่อง เพราะว่าพับได้ง่ายและเสร็จสิ้นในตัวเอง คือเมื่อทำการพับเสร็จแล้วจะมีการเร่งการคงรูปให้รอยพับด้วยพัลลภระบายความร้อน

2. การพับแบบมือพับ สามารถเลือกการพับได้โดยบิตสวิตช์เลือกการพับให้ลูกศรชี้คำว่ามือพับ เครื่องก็พร้อมจะทำการพับแผ่นอะคริลิกแบบมือพับ ซึ่งเป็นการพับที่เป็นการพับเสริมของเครื่อง เพราะว่าต้องใช้มือพับแผ่นอะคริลิกที่รอยพับอ่อนตัว เมื่อพับชิ้นงานเสร็จแล้วต้องนำชิ้นงานไปวางบนแท่นประคองมุมให้ชิ้นงานคงรูปเอง

การหยุดเครื่องชั่วคราว

การทำงานอาจมีความจำเป็นที่ต้องการหยุดเครื่องชั่วคราว เพื่อการเตรียมแผ่นอะคริลิก เช่น การทำเครื่องหมายแนวพับ การป้องกันไม่ให้เครื่องร้อนมากเกินไปจากความร้อนของชุดลดความร้อน เกิดเหตุขัดข้องในการทำงาน เป็นต้น ผู้ปฏิบัติงานสามารถหยุดเครื่องชั่วคราวได้ โดยการบิตสวิตช์เลือกการพับให้ลูกศรชี้คำว่าปิด ชุดลดความร้อนหรือพัลลภระบายความร้อนจะหยุดทำงานในทันที

การเตรียมแผ่นอะคริลิกก่อนการพับ

การเตรียมแผ่นอะคริลิกก่อนการพับทำได้โดย ลอกกระดาษปิดแผ่นอะคริลิกออก จากนั้นให้ตีเส้นแนวพับด้วยสีเทียน เหล็กขีด หรือมีดก็ได้ ถ้าไม่ต้องการให้เป็นรอยมากอาจขีดเฉพาะส่วนขอบของแผ่นก็ได้ ถ้าต้องการพับกล่อ่งที่ชิ้นงานเป็นแผ่นเดียวกันต้องบากมุมด้วยเลื่อยก่อน

การพับแบบเครื่องพับ

- ปรับแผ่นตั้งมุม ก่อนทำการพับต้องตั้งมุมที่ต้องการจะพับก่อน โดยใช้มือหมุนคลายล็อกแผ่นตั้งมุมที่อยู่ด้านขวามือของเครื่องพับ จากนั้นหมุนแผ่นตั้งมุมไปยังองศาที่ต้องการ ต้องเลือกใช้ลูกศรชี้ให้ตรงกับความหนาของ แผ่นอะคริลิกที่พับ เมื่อตั้งได้มุมตามที่ต้องการให้ใช้มือหมุนล็อกแผ่นตั้งมุมให้แน่น
- ตั้งเวลาเครื่องพับ โดยดูตารางปรับตั้งเครื่องพับให้ตรงกับแผ่นอะคริลิกสี หรือแผ่นอะคริลิกสีให้ดูรายละเอียดของการตั้งเวลาในช่องเครื่องพับให้ตรงกับความหนาของอะคริลิกแผ่นที่นำมาพับ นำเวลาให้ความร้อนในตารางไปหมุนตัวตั้งเวลาที่เขียนว่าความร้อนบนตู้ควบคุมไฟฟ้าด้านเครื่องพับ ให้ได้เวลาตามตาราง จากนั้นนำเวลาเร่งการคงรูปในตารางไปหมุนตัวตั้งเวลาที่เขียนว่าพัลลภบนตู้ควบคุมไฟฟ้าด้านเครื่องพับ ให้ได้เวลาตามตาราง
- นำแผ่นอะคริลิกวางแนวพับบนกึ่งกลางลดความร้อน
- ดึงคันโยกกดปากพับบนลงกดชิ้นงาน
- กดสวิตช์นับเวลาสีดำ (ON) ด้านเครื่องพับ หลอดไฟฟ้าสีเหลืองบนสวิตช์ตั้งเวลาจะสว่าง
- ทำการพับ เมื่อหลอดไฟฟ้าสีเหลืองดับ แสดงว่าแนวพับอ่อนตัวแล้ว ทำการพับโดยดึงคันโยกกดปากพับบนลงกดชิ้นงาน แล้วยกคันโยกไปพับขึ้นจนชนกับแผ่นตั้งมุมที่ตั้งไว้ หลอดไฟฟ้าสีเหลืองของพัลลภจะสว่าง ยกคันโยกไปพับค้างไว้จนหลอดไฟฟ้าสีเหลืองดับ แสดงว่าแนวพับคงรูปแล้ว จึงปล่อยคันโยกไปพับลง ดันคันโยกปากพับบนไปข้างหลัง จากนั้นจึงเอาชิ้นงานที่พับแล้วออก

หมายเหตุ เพื่อให้ได้มุมพับตามองศาที่ต้องการถ้าแผ่นอะคริลิกหนาเกิน 1 มิลลิเมตร ในจังหวะที่พับแผ่นอะคริลิกจนชนมุมที่ตั้งไว้ ให้คลายคันโยกปากพับบน แผ่นอะคริลิกจะติดตัว

เองเลื่อนถอยหลังเล็กน้อย จะทำให้แผ่นอะคริลิกแนบกับใบพับ แล้วรีบกดปากพับบน
ให้กดขึ้นงานให้แน่นเหมือนเดิม จะทำให้ได้มุมพับตามต้องการ

- เมื่อเลิกใช้เครื่อง ให้กดสวิตช์ปิดเครื่อง ถอดปลั๊ก และเอาผ้าคลุมเครื่อง

การพับแบบมือพับ

- ปรับแผ่นตั้งมุม ก่อนทำการพับต้องตั้งมุมที่ต้องการจะพับก่อน โดยใช้มือหมุนคลายล็อกแผ่นตั้งมุมที่อยู่ด้านขวามือของเครื่องพับ จากนั้นหมุนแผ่นตั้งมุมไปยังองศาที่ต้องการ ต้องเลือกใช้ลูกศรชี้ให้ตรงกับความหนาของ แผ่นอะคริลิกที่พับ เมื่อตั้งได้มุมตามที่ต้องการให้ใช้มือหมุนล็อกแผ่นตั้งมุมให้แน่น
- ตั้งเวลาเครื่องพับ โดยดูตารางปรับตั้งเครื่องพับให้ตรงกับแผ่นอะคริลิกสี หรือแผ่นอะคริลิกสี ให้ดูรายละเอียดของการตั้งเวลาในช่องมือพับให้ตรงกับความหนาของอะคริลิกแผ่นที่นำมาพับ นำเวลาให้ความร้อนในตารางไปหมุนตัวตั้งเวลาที่เขียนว่าความร้อนบนตู้ควบคุมไฟฟ้าด้านมือพับ ให้ได้เวลาตามตาราง
- กดสวิตช์นับเวลาสีดำ (ON) ด้านมือพับ หลอดไฟฟ้าสีเหลืองบนสวิตช์ตั้งเวลาจะสว่าง
- ทำการพับ เมื่อหลอดไฟฟ้าสีเหลืองดับ แสดงว่าแนวพับอ่อนตัวแล้ว ทำการพับโดยแผ่นอะคริลิกออกมาใช้มือพับ แล้วนำไปวางบนแท่นประคองมุมทางด้านซ้ายมือของเครื่อง ที่ตั้งระบียบไว้แล้ว เพื่อให้คงรูปเองในอากาศ
- เมื่อเลิกใช้เครื่อง ให้กดสวิตช์ปิดเครื่อง ถอดปลั๊ก และเอาผ้าคลุมเครื่อง

แบบประเมินประสิทธิภาพคู่มือการใช้งานเครื่องพับแผ่นอะคริลิก

คำชี้แจง แบบประเมินประสิทธิภาพชุดนี้ แบ่งออกเป็น 2 ตอน

ตอนที่ 1 แบบประเมินประสิทธิภาพคู่มือการใช้งานเครื่องพับแผ่นอะคริลิก โดยให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการพับแผ่นอะคริลิกเป็นผู้ประเมิน

ตอนที่ 2 ข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญด้านการพับแผ่นอะคริลิก เพื่อการปรับปรุงประสิทธิภาพของคู่มือ

ตอนที่ 1

แบบประเมินประสิทธิภาพคู่มือการใช้งานเครื่องพับแผ่นอะคริลิก

คำชี้แจง : ข้อแนะนำในการประเมินประสิทธิภาพคู่มือการใช้งานเครื่องพับแผ่นอะคริลิก

โปรดอ่านข้อความและทำเครื่องหมาย ✓ (ถูก) ลงในช่องว่างทางขวามือซึ่งเป็นมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ตามการประเมินของท่านหลังจากอ่านคู่มือการใช้งานเครื่องพับแผ่นอะคริลิกแล้ว โดยมีค่าระดับคะแนนกำหนดไว้ดังนี้

- 5 หมายถึง ผลการประเมินในระดับดีมาก
- 4 หมายถึง ผลการประเมินในระดับดี
- 3 หมายถึง ผลการประเมินในระดับพอใช้
- 2 หมายถึง ผลการประเมินในระดับควรปรับปรุง
- 1 หมายถึง ผลการประเมินในระดับใช้ไม่ได้

ตอนที่ 1 แบบประเมินประสิทธิภาพคู่มือการใช้งานเครื่องพับแผ่นอะคริลิก

ข้อที่	รายละเอียด	ระดับการประเมิน				
		ดีมาก	ดี	พอใช้	ควรปรับปรุง	ใช้ไม่ได้
		(5)	(4)	(3)	(2)	(1)
1	ตัวอักษรชัดเจน.....	.....	.....	.....	.....	.....
2	ภาพประกอบชัดเจน.....	.....	.....	.....	.....	.....
3	อ่านเข้าใจง่าย.....	.....	.....	.....	.....	.....
4	เนื้อหาครบ.....	.....	.....	.....	.....	.....
5	จัดลำดับเนื้อหาเหมาะสม.....	.....	.....	.....	.....	.....

ตอนที่ 2 ข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนาละครเวที เพื่อการปรับปรุงประสิทธิภาพของกลุ่ม

This image shows a full page of a handwriting practice worksheet. It consists of numerous horizontal rows, each defined by two parallel dotted lines. The rows are evenly spaced and extend across the entire width of the page, providing a guide for letter height and placement. There is no text or other markings on the page.

ตอนที่ 1 แบบประเมินประสิทธิภาพคู่มือการใช้งานเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก

ข้อที่	รายละเอียด	ระดับการประเมิน									
		1	2	3	4	5	Σx	Σx^2	$(\Sigma x)^2$	$\bar{x}$	SD
1	ตัวอักษรชัดเจน	5	4	4	4	4	21	89	441	4.2	0.45
2	ภาพประกอบชัดเจน	4	4	4	3	4	19	73	361	3.8	0.45
3	อ่านเข้าใจง่าย	4	4	3	4	4	19	73	361	3.8	0.45
4	เนื้อหาครบ	4	4	3	4	4	19	73	361	3.8	0.45
5	จัดลำดับเนื้อหาเหมาะสม	4	4	3	4	4	19	73	361	3.8	0.45
	รวม						97	381	1885	3.88	1.00

กำหนดเกณฑ์การแปลความหมายข้อมูลที่เป็นค่าเฉลี่ยต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

ค่าเฉลี่ยระหว่าง	แปลความ
4.51-5.00	ผลการประเมินในระดับดีมาก
3.51-4.50	ผลการประเมินในระดับดี
2.51-3.50	ผลการประเมินในระดับพอใช้
1.51-2.50	ผลการประเมินในระดับต้องปรับปรุง
1.00-1.50	ผลการประเมินในระดับใช้ไม่ได้

คู่มือการใช้งานเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิกมีประสิทธิภาพ 3.88

ตอนที่ 2 ไม่มีผู้เชี่ยวชาญแสดงความคิดเห็น

ภาคผนวก ค
แบบทดลองพับแผ่นอะคริลิกตามตารางปรับตั้งเครื่อง

แบบทดสอบพับแผ่นอะคริลิกใสตามตารางปรับตั้งเครื่อง

ความ หนา แผ่น อะครี ลิก	ผลการทดลองพับแบบเครื่องพับ			ผลการทดลองพับแบบมือพับ			หมายเหตุ
	ชั้นงาน แผ่นที่	รอยพับใช้ ได้	รอยพับใช้ ไม่ได้	ชั้นงาน แผ่นที่	รอยพับใช้ ได้	รอยพับใช้ ไม่ได้	
1	1	✓		1	✓		
	2	✓		2	✓		
	3	✓		3	✓		
1.5	1	✓		1	✓		
	2	✓		2	✓		
	3	✓		3	✓		
2	1	✓		1	✓		
	2	✓		2	✓		
	3	✓		3	✓		
2.5	1	✓		1	✓		
	2	✓		2	✓		
	3	✓		3	✓		
3	1	✓		1	✓		
	2	✓		2	✓		
	3	✓		3	✓		

รอยพับใช้ได้ หมายถึง ลักษณะรอยพับปกติ (ผิวไม่มีรอยไหม้ แดง ร้าว เป็นฟองอากาศ แนวพับบิด)

รอยพับใช้ไม่ได้ หมายถึง ลักษณะรอยพับไม่ปกติ (ผิวมีรอยไหม้ แดง ร้าว เป็นฟองอากาศ แนวพับบิด)

แบบทดสอบพับแผ่นอะคริลิกสีขาวตามตารางปรับตั้งเครื่อง

ความ หนา แผ่น อะครี ลิก	ผลการทดลองพับแบบเครื่องพับ			ผลการทดลองพับแบบมือพับ			หมายเหตุ
	ชิ้นงาน แผ่นที่	รอยพับใช้ ได้	รอยพับใช้ ไม่ได้	ชิ้นงาน แผ่นที่	รอยพับใช้ ได้	รอยพับใช้ ไม่ได้	
1	1	✓		1	✓		
	2	✓		2	✓		
	3	✓		3	✓		
1.5	1	✓		1	✓		
	2	✓		2	✓		
	3	✓		3	✓		
2	1	✓		1	✓		
	2	✓		2	✓		
	3	✓		3	✓		
2.5	1	✓		1	✓		
	2	✓		2	✓		
	3	✓		3	✓		
3	1	✓		1	✓		
	2	✓		2	✓		
	3	✓		3	✓		

รอยพับใช้ได้ หมายถึง ลักษณะรอยพับปกติ (ผิวไม่มีรอยไหม้ แตก ร้าว เป็นฟองอากาศ แนวพับบิด)

รอยพับใช้ไม่ได้ หมายถึง ลักษณะรอยพับไม่ปกติ (ผิวมีรอยไหม้ แตก ร้าว เป็นฟองอากาศ แนวพับบิด)

แบบทดสอบพับแผ่นอะคริลิกสีเทาตามตารางปรับตั้งเครื่อง

ความ หนา แผ่น อะครี ลิก	ผลการทดลองพับแบบเครื่องพับ			ผลการทดลองพับแบบมือพับ			หมายเหตุ
	ชิ้นงาน แผ่นที่	รอยพับใช้ ได้	รอยพับใช้ ไม่ได้	ชิ้นงาน แผ่นที่	รอยพับใช้ ได้	รอยพับใช้ ไม่ได้	
1	1	✓		1	✓		
	2	✓		2	✓		
	3	✓		3	✓		
1.5	1	✓		1	✓		
	2	✓		2	✓		
	3	✓		3	✓		
2	1	✓		1	✓		
	2	✓		2	✓		
	3	✓		3	✓		
2.5	1	✓		1	✓		
	2	✓		2	✓		
	3	✓		3	✓		
3	1	✓		1	✓		
	2	✓		2	✓		
	3	✓		3	✓		

รอยพับใช้ได้ หมายถึง ลักษณะรอยพับปกติ (ผิวไม่มีรอยไหม้ แตก ร้าว เป็นฟองอากาศ แน่นพับบิด)

รอยพับใช้ไม่ได้ หมายถึง ลักษณะรอยพับไม่ปกติ (ผิวมีรอยไหม้ แตก ร้าว เป็นฟองอากาศ แน่นพับบิด)

แบบทดสอบพับแผ่นอะคริลิกสี่เหลี่ยมตามตารางปรับตั้งเครื่อง

ความ หนา แผ่น อะครี ลิก	ผลการทดลองพับแบบเครื่องพับ			ผลการทดลองพับแบบมือพับ			หมายเหตุ
	ชั้นงาน แผ่นที่	รอยพับใช้ ได้	รอยพับใช้ ไม่ได้	ชั้นงาน แผ่นที่	รอยพับใช้ ได้	รอยพับใช้ ไม่ได้	
1	1	✓		1	✓		
	2	✓		2	✓		
	3	✓		3	✓		
1.5	1	✓		1	✓		
	2	✓		2	✓		
	3	✓		3	✓		
2	1	✓		1	✓		
	2	✓		2	✓		
	3	✓		3	✓		
2.5	1	✓		1	✓		
	2	✓		2	✓		
	3	✓		3	✓		
3	1	✓		1	✓		
	2	✓		2	✓		
	3	✓		3	✓		

รอยพับใช้ได้ หมายถึง ลักษณะรอยพับปกติ (ผิวไม่มีรอยไหม้ แตก ร้าว เป็นฟองอากาศ แนวพับบิด)

รอยพับใช้ไม่ได้ หมายถึง ลักษณะรอยพับไม่ปกติ (ผิวมีรอยไหม้ แตก ร้าว เป็นฟองอากาศ แนวพับบิด)

แบบทดสอบพับแผ่นอะคริลิกสีม่วงตามตารางปรับตั้งเครื่อง

ความ หนา แผ่น อะครี ลิก	ผลการทดลองพับแบบเครื่องพับ			ผลการทดลองพับแบบมือพับ			หมายเหตุ
	ชั้นงาน แผ่นที่	รอยพับใช้ ได้	รอยพับใช้ ไม่ได้	ชั้นงาน แผ่นที่	รอยพับใช้ ได้	รอยพับใช้ ไม่ได้	
1	1	✓		1	✓		
	2	✓		2	✓		
	3	✓		3	✓		
1.5	1	✓		1	✓		
	2	✓		2	✓		
	3	✓		3	✓		
2	1	✓		1	✓		
	2	✓		2	✓		
	3	✓		3	✓		
2.5	1	✓		1	✓		
	2	✓		2	✓		
	3	✓		3	✓		
3	1	✓		1	✓		
	2	✓		2	✓		
	3	✓		3	✓		

รอยพับใช้ได้ หมายถึง ลักษณะรอยพับปกติ (ผิวไม่มีรอยไหม้ แตก ร้าว เป็นฟองอากาศ แนวพับบิด)

รอยพับใช้ไม่ได้ หมายถึง ลักษณะรอยพับไม่ปกติ (ผิวมีรอยไหม้ แตก ร้าว เป็นฟองอากาศ แนวพับบิด)

แบบทดลองพับแผ่นอะคริลิกสีแดงตามตารางปรับตั้งเครื่อง

ความ หนา แผ่น อะครี ลิก	ผลการทดลองพับแบบเครื่องพับ			ผลการทดลองพับแบบมือพับ			หมายเหตุ
	ชั้นงาน แผ่นที่	รอยพับใช้ ได้	รอยพับใช้ ไม่ได้	ชั้นงาน แผ่นที่	รอยพับใช้ ได้	รอยพับใช้ ไม่ได้	
1	1	✓		1	✓		
	2	✓		2	✓		
	3	✓		3	✓		
1.5	1	✓		1	✓		
	2	✓		2	✓		
	3	✓		3	✓		
2	1	✓		1	✓		
	2	✓		2	✓		
	3	✓		3	✓		
2.5	1	✓		1	✓		
	2	✓		2	✓		
	3	✓		3	✓		
3	1	✓		1	✓		
	2	✓		2	✓		
	3	✓		3	✓		

รอยพับใช้ได้ หมายถึง ลักษณะรอยพับปกติ (ผิวไม่มีรอยไหม้ แตก ร้าว เป็นฟองอากาศ แนวพับบิด)

รอยพับใช้ไม่ได้ หมายถึง ลักษณะรอยพับไม่ปกติ (ผิวมีรอยไหม้ แตก ร้าว เป็นฟองอากาศ แนวพับบิด)

แบบทดสอบพับแผ่นอะคริลิกสีน้ำตาลตามตารางปรับตั้งเครื่อง

ความ หนา แผ่น อะครี ลิก	ผลการทดลองพับแบบเครื่องพับ			ผลการทดลองพับแบบมือพับ			หมายเหตุ
	ชั้นงาน แผ่นที่	รอยพับใช้ ได้	รอยพับใช้ ไม่ได้	ชั้นงาน แผ่นที่	รอยพับใช้ ได้	รอยพับใช้ ไม่ได้	
1	1	✓		1	✓		
	2	✓		2	✓		
	3	✓		3	✓		
1.5	1	✓		1	✓		
	2	✓		2	✓		
	3	✓		3	✓		
2	1	✓		1	✓		
	2	✓		2	✓		
	3	✓		3	✓		
2.5	1	✓		1	✓		
	2	✓		2	✓		
	3	✓		3	✓		
3	1	✓		1	✓		
	2	✓		2	✓		
	3	✓		3	✓		

รอยพับใช้ได้ หมายถึง ลักษณะรอยพับปกติ (ผิวไม่มีรอยไหม้ แตก ร้าว เป็นฟองอากาศ แนวพับบิด)

รอยพับใช้ไม่ได้ หมายถึง ลักษณะรอยพับไม่ปกติ (ผิวมีรอยไหม้ แตก ร้าว เป็นฟองอากาศ แนวพับบิด)

แบบทดสอบพับแผ่นอะคริลิกสีเขียวตามตารางปรับตั้งเครื่อง

ความ หนา แผ่น อะครี ลิก	ผลการทดลองพับแบบเครื่องพับ			ผลการทดลองพับแบบมือพับ			หมายเหตุ
	ชั้นงาน แผ่นที่	รอยพับใช้ ได้	รอยพับใช้ ไม่ได้	ชั้นงาน แผ่นที่	รอยพับใช้ ได้	รอยพับใช้ ไม่ได้	
1	1	✓		1	✓		
	2	✓		2	✓		
	3	✓		3	✓		
1.5	1	✓		1	✓		
	2	✓		2	✓		
	3	✓		3	✓		
2	1	✓		1	✓		
	2	✓		2	✓		
	3	✓		3	✓		
2.5	1	✓		1	✓		
	2	✓		2	✓		
	3	✓		3	✓		
3	1	✓		1	✓		
	2	✓		2	✓		
	3	✓		3	✓		

รอยพับใช้ได้ หมายถึง ลักษณะรอยพับปกติ (ผิวไม่มีรอยไหม้ แตก ร้าว เป็นฟองอากาศ แนวพับบิด)

รอยพับใช้ไม่ได้ หมายถึง ลักษณะรอยพับไม่ปกติ (ผิวมีรอยไหม้ แตก ร้าว เป็นฟองอากาศ แนวพับบิด)

แบบทดสอบพับแผ่นอะคริลิกสีน้ำเงินตามตารางปรับตั้งเครื่อง

ความ หนา แผ่น อะครี ลิก	ผลการทดลองพับแบบเครื่องพับ			ผลการทดลองพับแบบมือพับ			หมายเหตุ
	ชั้นงาน แผ่นที่	รอยพับใช้ ได้	รอยพับใช้ ไม่ได้	ชั้นงาน แผ่นที่	รอยพับใช้ ได้	รอยพับใช้ ไม่ได้	
1	1	✓		1	✓		
	2	✓		2	✓		
	3	✓		3	✓		
1.5	1	✓		1	✓		
	2	✓		2	✓		
	3	✓		3	✓		
2	1	✓		1	✓		
	2	✓		2	✓		
	3	✓		3	✓		
2.5	1	✓		1	✓		
	2	✓		2	✓		
	3	✓		3	✓		
3	1	✓		1	✓		
	2	✓		2	✓		
	3	✓		3	✓		

รอยพับใช้ได้ หมายถึง ลักษณะรอยพับปกติ (ผิวไม่มีรอยไหม้ แตก ร้าว เป็นฟองอากาศ แนวพับบิด)

รอยพับใช้ไม่ได้ หมายถึง ลักษณะรอยพับไม่ปกติ (ผิวมีรอยไหม้ แตก ร้าว เป็นฟองอากาศ แนวพับบิด)

แบบทดสอบพับแผ่นอะคริลิกสีดำตามตารางปรับตั้งเครื่อง

ความ หนา แผ่น อะครี ลิก	ผลการทดลองพับแบบเครื่องพับ			ผลการทดลองพับแบบมือพับ			หมายเหตุ
	ชั้นงาน แผ่นที่	รอยพับใช้ ได้	รอยพับใช้ ไม่ได้	ชั้นงาน แผ่นที่	รอยพับใช้ ได้	รอยพับใช้ ไม่ได้	
1	1	✓		1	✓		
	2	✓		2	✓		
	3	✓		3	✓		
1.5	1	✓		1	✓		
	2	✓		2	✓		
	3	✓		3	✓		
2	1	✓		1	✓		
	2	✓		2	✓		
	3	✓		3	✓		
2.5	1	✓		1	✓		
	2	✓		2	✓		
	3	✓		3	✓		
3	1	✓		1	✓		
	2	✓		2	✓		
	3	✓		3	✓		

รอยพับใช้ได้ หมายถึง ลักษณะรอยพับปกติ (ผิวไม่มีรอยไหม้ แตก ร้าว เป็นฟองอากาศ แนวพับบิด)

รอยพับใช้ไม่ได้ หมายถึง ลักษณะรอยพับไม่ปกติ (ผิวมีรอยไหม้ แตก ร้าว เป็นฟองอากาศ แนวพับบิด)

ภาคผนวก ง
แบบประเมินสมรรถนะเครื่องพิมพ์แผ่นอะคริลิก

แบบประเมินสมรรถนะเครื่องพับแผ่นอะคริลิก

คำชี้แจง แบบประเมินสมรรถนะชุดนี้ แบ่งออกเป็น 2 ตอน คือ

ตอนที่ 1 แบบประเมินสมรรถนะเครื่องพับแผ่นอะคริลิก โดยให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการพับแผ่นอะคริลิกประเมินสมรรถนะเครื่องพับแผ่นอะคริลิกในด้านเครื่องพับแผ่นอะคริลิกและด้านรอยพับแผ่นอะคริลิก

ตอนที่ 2 ข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญด้านการพับแผ่นอะคริลิก เพื่อการปรับปรุงสมรรถนะของเครื่องพับแผ่นอะคริลิก

ตอนที่ 1

แบบประเมินสมรรถนะเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก

คำชี้แจง : ข้อแนะนำในการประเมินสมรรถนะเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก

1. แบบประเมินสมรรถนะเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิกในตอนที่ 1 เป็นการประเมินสมรรถนะเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก 2 ด้าน คือ

1.1 ด้านเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก มีทั้งหมด 15 ข้อ

1.2 ด้านรอยปั๊มแผ่นอะคริลิก มีทั้งหมด 3 ข้อ

2. โปรดอ่านข้อความและทำเครื่องหมาย ✓ (ถูก) ลงในช่องว่างทางขวามือซึ่งเป็นมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ตามการประเมินของท่าน หลังจากทดลองใช้เครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิกที่เตรียมไว้ให้ประกอบการใช้ บรรทัดโลหะ บรรทัดวัดมุม เวอร์เนียคาลิเปอร์และแว่นขยายตรวจชิ้นงานก่อนการประเมินเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก โดยมีค่าระดับคะแนนกำหนดไว้ดังนี้

5 หมายถึง ผลการประเมินในระดับดีมาก

4 หมายถึง ผลการประเมินในระดับดี

3 หมายถึง ผลการประเมินในระดับพอใช้

2 หมายถึง ผลการประเมินในระดับควรปรับปรุง

1 หมายถึง ผลการประเมินในระดับใช้ไม่ได้

ตอนที่ 1 แบบประเมินสมรรถนะเครื่องพับแผ่นอะคริลิก

ข้อที่	รายละเอียด	ระดับการประเมิน				
		ดีมาก (5)	ดี (4)	พอใช้ (3)	ควรปรับปรุง (2)	ใช้ไม่ได้ (1)
	<u>ด้านเครื่องพับแผ่นอะคริลิก</u>					
1	ปรับตั้งเครื่องง่าย.....	.....	.....	.....	.....	.....
2	ตั้งมุมในการพับได้ตั้งแต่ 30 – 179 องศา.....	.....	.....	.....	.....	.....
3	พับแผ่นอะคริลิกความหนา 1 – 3 มิลลิเมตรได้.....	.....	.....	.....	.....	.....
4	พับแผ่นอะคริลิกที่มีรอยพับยาว 600 มิลลิเมตรได้.....	.....	.....	.....	.....	.....
5	พับแผ่นอะคริลิกเป็นรางตัวยูได้.....	.....	.....	.....	.....	.....
6	พับแผ่นอะคริลิกเป็นท่อนสี่เหลี่ยมได้.....	.....	.....	.....	.....	.....
7	พับแผ่นอะคริลิกเป็นกล่องสี่เหลี่ยมได้.....	.....	.....	.....	.....	.....
8	พับแผ่นอะคริลิกได้ทุกสี.....	.....	.....	.....	.....	.....
9	พับแผ่นอะคริลิกได้สะดวกกว่าการพับด้วยมือ.....	.....	.....	.....	.....	.....
10	ควบคุมการทำงานโดยใช้คนเพียงคนเดียว.....	.....	.....	.....	.....	.....
11	พับได้เสร็จสิ้นภายในเครื่องเพียงเครื่องเดียว.....	.....	.....	.....	.....	.....
12	โครงสร้างของเครื่องแข็งแรง.....	.....	.....	.....	.....	.....
13	มีความปลอดภัยในการใช้งาน.....	.....	.....	.....	.....	.....
14	เป็นเครื่องต้นแบบได้.....	.....	.....	.....	.....	.....
15	บำรุงรักษาเครื่องง่าย.....	.....	.....	.....	.....	.....
	<u>ด้านรอยพับแผ่นอะคริลิก</u>					
1	ได้ตรงตามมุมพับที่ต้องการ.....	.....	.....	.....	.....	.....
2	ความตรงของรอยพับ.....	.....	.....	.....	.....	.....
3	ผิวของรอยพับ.....	.....	.....	.....	.....	.....

ตอนที่ 2 ข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญด้านการปั๊มแผ่นอะคริลิก เพื่อการปรับปรุงสมรรถนะของเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก

1. ด้านเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก.....

This image shows a full page of white paper with horizontal dashed lines, typical of primary school writing paper. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

2. ด้านรอยพับแผ่นอะคริลิก.....

[illegible]

ภาคผนวก จ
หนังสือขอความร่วมมือในการวิจัย



ที่ ทม ๑๐๑๒/ ๓๖๒๕

บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สุขุมวิท ๒๓ กรุงเทพฯ ๑๐๑๑๐

๑๘ ตุลาคม ๒๕๕๓

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน อธิการบดีสถาบันราชภัฏสกลนคร

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมิน

เนื่องด้วย นายอนุวัต สุเพียร นิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง “การสร้างเครื่องพับอะคริลิกแผ่น” โดยมี อาจารย์ ดร.ไพรัช วงศ์ยุทธไกร และ อาจารย์ โสภาส สุขหวาน เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในกรณีนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ ผู้ช่วยศาสตราจารย์สมจิตต์ รัตนอุดมโชค ผู้ช่วยอธิการบดีฝ่ายประกันคุณภาพการศึกษา อาจารย์จรรยา ขาวสีงาน คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และ อาจารย์สมศักดิ์ เจริญสุข ประธานโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบประเมินสมรรถนะเครื่องพับอะคริลิกแผ่น

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่าน ได้โปรดพิจารณาให้ข้าราชการในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นายอนุวัต สุเพียร ซึ่งจะ เป็นประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพการศึกษา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ศาสตราจารย์ ดร.เสริมศักดิ์ วิศาลาภรณ์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. ๖๖๔-๑๐๐๐ ต่อ ๕๖๒๖, ๕๖๔๔

โทรสาร. ๒๕๘-๔๑๑๕

ที่ ทม ๑๐๑๒/ ๑๖๕๖



บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สุขุมวิท ๒๓ กรุงเทพฯ ๑๐๑๑๐

๑๘ ตุลาคม ๒๕๔๓

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้จัดการร้านมงคลโฆษณา

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมิน

เนื่องด้วย นายอนุวัต สุเพียร นิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง “การสร้างเครื่องพับอะคริลิกแผ่น” โดยมี อาจารย์ ดร.ไพรัช วงศ์ยุทธไกร และ อาจารย์ โอภาส สุขหวาน เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ ท่าน เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบประเมินสมรรถนะเครื่องพับอะคริลิกแผ่น

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่าน ได้โปรดพิจารณาเป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นายอนุวัต สุเพียร ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพการศึกษา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ศาสตราจารย์ ดร.เสริมศักดิ์ วิศาลาภรณ์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. ๖๖๔-๑๐๐๐ ต่อ ๕๗๒๖, ๕๖๔๔

โทรสาร. ๒๕๘-๔๑๑๕



ที่ ทม ๑๐๑๒/ ๓๔๖๔

บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สุขุมวิท ๒๓ กรุงเทพฯ ๑๐๑๑๐

พฤษภาคม ๒๕๔๓

เรื่อง ขออนุญาตใช้สถานที่

เรียน อธิการบดีสถาบันราชภัฏสกลนคร

เนื่องด้วย นายอนุวัต สุเพียร นิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำปริญญานิพนธ์เรื่อง “การสร้างเครื่องพับอะคริลิกแผ่น” โดยมี อาจารย์ ดร.ไพรัช วงศ์ยุทธไกร และ อาจารย์โอภาส สุขหวาน เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ นิสิตมีความจำเป็นต้องเก็บข้อมูลเพื่อการวิจัย โดยขออนุญาตใช้สถานที่และเครื่องมือเครื่องจักรในโรงฝึกงานโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (การผลิต) คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏสกลนคร ในการสร้างเครื่องพับอะคริลิกแผ่น ในระหว่างเดือนพฤษภาคม - ธันวาคม ๒๕๔๓

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่าน ได้โปรดพิจารณาให้ นายอนุวัต สุเพียร ได้ใช้สถานที่ในการเก็บข้อมูลทำปริญญานิพนธ์ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพการศึกษา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ศาสตราจารย์ ดร.เสริมศักดิ์ วิสาลาภรณ์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. ๖๖๔-๑๐๐๐ ต่อ ๕๗๒๖, ๕๖๔๔

โทรสาร. ๒๕๘-๔๑๑๕

ที่ ทม ๑๐๑๒/๒๐๓



บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท ๒๓ กรุงเทพฯ ๑๐๑๑๐

๒ กุมภาพันธ์ ๒๕๔๔

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้จัดการร้านวีเอสโฆษณา

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือการวิจัย

เนื่องด้วย นายอนุวัต สุเพียร นิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำปริญญานิพนธ์เรื่อง “การสร้างเครื่องพับอะคริลิกแผ่น” โดยมี อาจารย์ดร.ไพรัช วงศ์ยุทธไกร และ อาจารย์โอภาส สุขหวาน เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ ท่าน เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือการวิจัย

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่าน ได้โปรดพิจารณาเป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นายอนุวัต สุเพียร ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพการศึกษา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ศาสตราจารย์ ดร.เสริมศักดิ์ วิศาลาภรณ์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. ๖๖๔-๑๐๐๐ ต่อ ๕๗๒๖, ๕๖๔๔

โทรสาร. ๒๕๘-๔๑๑๕

ที่ ทม ๑๐๑๒/ ๖ ๐๔



บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท ๒๓ กรุงเทพฯ ๑๐๑๑๐

๖ กุมภาพันธ์ ๒๕๔๔

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้จัดการร้านศรีลักษณ์โฆษณา

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือการวิจัย

เนื่องด้วย นายอนุวัต สุเพียร นิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำปริญญานิพนธ์เรื่อง “การสร้างเครื่องพับอะคริลิกแผ่น” โดยมี อาจารย์ ดร.ไพรัช วงศ์ยุทธไกร และ อาจารย์โอภาส สุขหวาน เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญท่าน เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือการวิจัย

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่าน ได้โปรดพิจารณาเป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นายอนุวัต สุเพียร ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพการศึกษา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ศาสตราจารย์ ดร.เสริมศักดิ์ วิศาลาภรณ์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. ๖๖๔-๑๐๐๐ ต่อ ๕๗๒๖, ๕๖๔๔

โทรสาร. ๒๕๘-๔๑๑๕

ที่ ทม ๑๐๑๒/ ๖๐๕



บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สุขุมวิท ๒๓ กรุงเทพฯ ๑๐๑๑๐

๖ กุมภาพันธ์ ๒๕๕๔

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้จัดการร้านสมคิดการช่าง

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือการวิจัย

เนื่องด้วย นายอนุวัต สุเพียร นิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำปริญญานิพนธ์เรื่อง “การสร้างเครื่องพับอะคริลิกแผ่น” โดยมี อาจารย์ ดร.ไพรัช วงศ์ยุทธไกร และ อาจารย์โอภาส สุขหวาน เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ ท่าน เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือการวิจัย

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่าน ได้โปรดพิจารณาเป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นายอนุวัต สุเพียร ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพการศึกษา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ศาสตราจารย์ ดร.เสริมศักดิ์ วิศาลาภรณ์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. ๖๖๔-๑๐๐๐ ต่อ ๕๗๒๖, ๕๖๔๔

โทรสาร. ๒๕๘-๔๑๑๕

ที่ ทม ๑๐๑๒/๖๐๖



144

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท ๒๓ กรุงเทพฯ ๑๐๑๑๐

๖ กุมภาพันธ์ ๒๕๔๔

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้จัดการร้านเพชรตึกเกอร์เอนด์ดีไซน์

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือการวิจัย

เนื่องด้วย นายอนุวัต สุเพียร นิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำปริญญานิพนธ์เรื่อง “การสร้างเครื่องพับอะคริลิกแผ่น” โดยมี อาจารย์ ดร.ไพรัช วงศ์ยุทธไกร และ อาจารย์โอภาส สุขหวาน เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ ท่าน เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือการวิจัย

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่าน ได้โปรดพิจารณาเป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นายอนุวัต สุเพียร ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพการศึกษา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ศาสตราจารย์ ดร.เสริมศักดิ์ วิศาลาภรณ์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. ๖๖๔-๑๐๐๐ ต่อ ๕๗๒๖, ๕๖๔๔

โทรสาร. ๒๕๘-๔๑๑๕

ที่ ทม ๑๐๑๒/๖๐๗



บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท ๒๓ กรุงเทพฯ ๑๐๑๑๐

๖ กุมภาพันธ์ ๒๕๔๔

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้จัดการร้านมารวย

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือการวิจัย

เนื่องด้วย นายอนุวัต สุเพียร นิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง “การสร้างเครื่องพับอะคริลิกแผ่น” โดยมี อาจารย์ ดร.ไพรัช วงศ์ยุทธไกร และ อาจารย์โอภาส สุขหวาน เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ ท่าน เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือการวิจัย

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่าน ได้โปรดพิจารณาเป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นายอนุวัต สุเพียร ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพการศึกษา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ศาสตราจารย์ ดร.เสริมศักดิ์ วิศาลาภรณ์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. ๖๖๔-๑๐๐๐ ต่อ ๕๖๒๖, ๕๖๔๔

โทรสาร. ๒๕๘-๔๑๑๕

ภาคผนวก จ
รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

1. รายชื่อผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบประเมินสมรรถนะเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก

- | | |
|-------------------------------|--|
| 1.1 นายจรรณ ขาวสีจาน | <p>ผู้เชี่ยวชาญด้านการสร้างเครื่องจักร</p> <p>ประสบการณ์ในการทำงาน 15 ปี</p> <p>ตำแหน่งคณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี</p> <p>สถานที่ทำงาน สถาบันราชภัฏสกลนคร</p> <p>วุฒิการศึกษา การศึกษามหาบัณฑิตสาขาอุตสาหกรรมศึกษา</p> |
| 1.2 นายสมศักดิ์ เจริญสุข | <p>ผู้เชี่ยวชาญด้านไฟฟ้า</p> <p>ประสบการณ์ในการทำงาน 25 ปี</p> <p>ตำแหน่งประธานโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม</p> <p>สถานที่ทำงาน สถาบันราชภัฏสกลนคร</p> <p>วุฒิการศึกษา ครุศาสตรอุตสาหกรรมมหาบัณฑิตสาขาเทคโนโลยีเทคนิคศึกษา</p> |
| 1.3 นางสาวสมจิตต์ รัตนอุดมโชค | <p>ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดผล</p> <p>ประสบการณ์ในการทำงาน 15 ปี</p> <p>ตำแหน่งผู้ช่วยผู้อำนวยการฝ่ายประกันคุณภาพการศึกษา</p> <p>สถานที่ทำงาน สถาบันราชภัฏสกลนคร</p> <p>วุฒิการศึกษา พัฒนบริหารศาสตรมหาบัณฑิตสาขาสถิติประยุกต์</p> |
| 1.4 นายจเร สุเพียร | <p>ผู้เชี่ยวชาญด้านการปั๊มแผ่นอะคริลิก</p> <p>ประสบการณ์ในการทำงาน 12 ปี</p> <p>ตำแหน่งผู้จัดการร้านมงคลโฆษณา</p> <p>สถานที่ทำงานร้านมงคลโฆษณา กรุงเทพฯ</p> |

2. รายชื่อผู้เชี่ยวชาญประเมินสมรรถนะเครื่องปั๊มแผ่นอะคริลิก

- | | |
|-------------------------|--|
| 2.1 นายสุรสิทธิ์ อินสอน | <p>ผู้เชี่ยวชาญด้านการปั๊มแผ่นอะคริลิก</p> <p>ประสบการณ์ในการทำงาน 17 ปี</p> <p>ตำแหน่งผู้จัดการร้านวิเอสโฆษณา</p> <p>สถานที่ทำงาน ร้านวิเอสโฆษณา กรุงเทพฯ</p> |
| 2.2 นายวัชร ศรีลักษณ์ | <p>ผู้เชี่ยวชาญด้านการปั๊มแผ่นอะคริลิก</p> <p>ประสบการณ์ในการทำงาน 20 ปี</p> <p>ตำแหน่งผู้จัดการร้านศรีลักษณ์โฆษณา</p> <p>สถานที่ทำงาน ร้านศรีลักษณ์โฆษณา กรุงเทพฯ</p> |

- 2.3 นายสมคิด ดอกไม้ ผู้เชี่ยวชาญด้านการพับแผ่นอะคริลิก
ประสบการณ์ในการทำงาน 16 ปี
ตำแหน่งผู้จัดการร้านสมคิดการช่าง
สถานที่ทำงาน ร้านสมคิดการช่าง นนทบุรี
- 2.4 นายสมชาย ทิมทอง ผู้เชี่ยวชาญด้านการพับแผ่นอะคริลิก
ประสบการณ์ในการทำงาน 18 ปี
ตำแหน่งผู้จัดการร้านเพชรสตีกเกอร์แอนดี้ดีไซน์
สถานที่ทำงาน ร้านเพชรสตีกเกอร์แอนดี้ดีไซน์ นนทบุรี
- 2.5 นายถวัลย์ พลสาเดช ผู้เชี่ยวชาญด้านการพับแผ่นอะคริลิก
ประสบการณ์ในการทำงาน 21 ปี
ตำแหน่งผู้จัดการร้านมารวย
สถานที่ทำงาน ร้านมารวย กรุงเทพฯ

ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ สกุล	นายอนุวัต สุเพียร
สถานที่เกิด	เขตดุสิต จังหวัดกรุงเทพมหานคร
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	3/1 หมู่ 5 ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร จังหวัดกรุงเทพฯ 10900
ตำแหน่งหน้าที่การงาน	อาจารย์ 2 ระดับ 6
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	สถาบันราชภัฏสกลนคร อำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ.2519	มัธยมศึกษาปีที่ 3 จากโรงเรียนสารวิทยา จังหวัดกรุงเทพฯ
พ.ศ.2522	ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) สาขาช่างเชื่อมและโลหะแผ่น จากวิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษา วิทยาเขตพระนครเหนือ จังหวัดกรุงเทพฯ
พ.ศ.2524	ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) สาขาช่างเชื่อมและโลหะแผ่น จากวิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษา วิทยาเขตพระนครเหนือ จังหวัดกรุงเทพฯ
พ.ศ.2529	ครุศาสตรบัณฑิต (คบ.) สาขาอุตสาหกรรมศิลป์ จากวิทยาลัยครูพระนคร จังหวัดกรุงเทพฯ
พ.ศ.2544	การศึกษามหาบัณฑิต (กศ.ม) วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ จังหวัดกรุงเทพฯ