

668 225

02687

0.5

การสร้างหมุดย้ำประเภท พ็อพ ริเวต และ ไดรฟ์ ริเวต
จากวัสดุใช้แล้วพลาสติกพอลิคาร์บอเนต

ปริญญานิพนธ์
ของ
ชัชวาลย์ ธุระสาร

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา
ธันวาคม 2541

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

คณะกรรมการควบคุมและคณะกรรมการสอบได้พิจารณาปริญญานิพนธ์
ฉบับนี้แล้วเห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษา
มหาบัณฑิต วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒได้

คณะกรรมการควบคุม

.....ประธาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์พูนเกียรติ ประถมบุตร)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ถนอมสิน ดิสภาพร)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์พูนเกียรติ ประถมบุตร)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ถนอมสิน ดิสภาพร)

.....กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม

(ดร.อุปวิทย์ สุวคันธกุล)

.....กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม

(อาจารย์พิชิต เลี่ยมพิพัฒน์)

บัณฑิตวิทยาลัยอนุมัติให้รับปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา ของมหาวิทยาลัย
ศรีนครินทรวิโรฒ

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ศาสตราจารย์ ดร.เสริมศักดิ์ วิศาลาภรณ์)

วันที่ 30 เดือน ธันวาคม พ.ศ 2541

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงด้วยความเรียบร้อย โดยได้รับความกรุณาจากผู้ช่วยศาสตราจารย์พูนเกียรติ ประถมบุตร ประธานกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ถนอมสิน ดิสถาพร กรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ ที่ได้เสียสละเวลาให้คำแนะนำในการศึกษาค้นคว้า ตลอดจนแก้ไขปรับปรุงสำนวนภาษาในการเขียนเป็นอย่างดี ขอขอบคุณ ดร.อุปวิทย์ สุวคันทรกุล และอาจารย์พิชิต เลี่ยมพิพัฒน์ กรรมการสอบ ซึ่งได้ให้คำแนะนำเพื่อแก้ไขให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ และข้าราชการ จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 3 ท่านคือ อาจารย์วิโรจน์ เตชะวิญญูธรรม หัวหน้าศูนย์เทคโนโลยีพลาสติก จากสำนักพัฒนาเทคโนโลยีเพื่ออุตสาหกรรม ที่กรุณาอนุเคราะห์การอัดฉีดพลาสติก คุณมนัส อินทร์จันทร์ นายช่างเทคนิคประจำห้องปฏิบัติการวัสดุวิทยาศาสตร์ ที่กรุณาดำเนินการทดสอบชิ้นงานวิจัย อาจารย์ศิริพร ดาวพิเศษ หัวหน้าห้องปฏิบัติการวัสดุวิทยาศาสตร์ ที่กรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณสมบัติของหมุดย้ำที่ได้จากงานวิจัยทำให้งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี

สุดท้ายผู้วิจัยขออ้อมระลึกถึงพระคุณของคณาจารย์ประจำสาขาอุตสาหกรรมศึกษาทุกท่านที่กรุณาให้คำแนะนำและให้กำลังใจผู้วิจัยด้วยดีตลอดมา

ชัชวาลย์ ชุระสาร

สารบัญ

บทที่

หน้า

1	บทนำ.....	1
	ภูมิหลัง.....	1
	ความหมายของการวิจัย.....	3
	ความสำคัญของการวิจัย.....	3
	ขอบเขตของการวิจัย.....	3
	นิยามศัพท์เฉพาะ.....	4
2	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	6
	ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับพลาสติก.....	7
	ความหมายของพลาสติก.....	7
	แหล่งกำเนิดของพลาสติก.....	7
	ประเภทของพลาสติก.....	8
	คุณสมบัติทั่วไปของพลาสติก.....	8
	โครงสร้างของพลาสติก.....	9
	การทดสอบคุณสมบัติทางกลของพลาสติก.....	10
	ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับงานขึ้นรูปพลาสติก.....	24
	งานรีด.....	24
	งานเอ็กทรูชั่น.....	25
	งานฉีดเป่า.....	25
	งานฉีด.....	26
	เครื่องฉีดพลาสติก.....	27
	กรรมวิธีฉีดพลาสติก.....	30
	ชุดฉีด.....	31
	การให้ความร้อนและควบคุมอุณหภูมิของการหลอมพลาสติก.....	32

หน่วยเปิด - ปิด แม่แบบ.....	34
แม่แบบ.....	35
การติดตั้งอุณหภูมิในการฉีดพลาสติก.....	36
ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับหมุดย้า	39
ความหมายของหมุดย้า.....	39
วัสดุหมุดย้าประเภท พ็อพ ริเว็ต และ ไครฟ์ ริเว็ต.....	41
คุณสมบัติทั่วไปของหมุดย้าประเภท พ็อพ ริเว็ต และ ไครฟ์ ริเว็ต.....	44
โครงสร้างของหมุดย้าประเภท พ็อพ ริเว็ต และ ไครฟ์ ริเว็ต.....	45
เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ร่วมกับ พ็อพ ริเว็ต และ ไครฟ์ ริเว็ต.....	46
การทดสอบคุณสมบัติทางกลของหมุดย้าประเภท พ็อพ ริเว็ต และ ไครฟ์ ริเว็ต.....	47
การใช้หมุดย้าประเภท พ็อพ ริเว็ต และ ไครฟ์ ริเว็ต.....	48
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	48
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	49
วัสดุที่ใช้ในการวิจัย.....	49
เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย.....	50
สถานที่และระยะเวลาในการวิจัย.....	50
การดำเนินการวิจัย.....	51
การทดสอบค่าความแข็งแรงสูงสุดของผลิตภัณฑ์.....	53
การวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบ.....	54
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	54
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	57
ผลการวิเคราะห์ ค่าเฉลี่ยแรงดึง - แรงเฉือนของวัสดุหมุดย้า พ็อพ ริเว็ต	60

ผลการวิเคราะห์ ค่าเฉลี่ยแรงดึง - แรงเฉือนของวัสดุหมุดย้ำ	
ไครฟ์ ริเวิร์ด.....	61
5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	62
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	62
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	62
เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย.....	62
การดำเนินการวิจัย.....	63
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	63
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	64
การอภิปรายผล.....	64
ข้อเสนอแนะ.....	65
บรรณานุกรม.....	66
ภาคผนวก.....	69
ภาคผนวก ก หนังสือขอความอนุเคราะห์ยืมห้องปฏิบัติการวิจัย	70
หนังสือรับรองผลการตรวจสอบคุณสมบัติของงานวิจัย และ	
ภาพประกอบผลงานวิจัย.....	71
ประวัติย่อของผู้วิจัย.....	98

บัญชีตาราง

ตาราง

หน้า

1	แสดงค่าการทนแรงกระทบของพลาสติก.....	16
2	แสดงค่าการทนแรงดึงของพลาสติก.....	17
3	แสดงค่าการทนแรงอัดของพลาสติก.....	18
4	แสดงค่าการทนความร้อนขณะใช้งานของพลาสติก.....	20
5	อุณหภูมิที่ใช้ทำขึ้นรูปของพลาสติก.....	21
6	การดูดซึมน้ำของพลาสติก.....	22
7	ลักษณะสีของพลาสติก.....	23
8	แสดงค่าอุณหภูมิในช่วงต่าง ๆ ของการฉีดพลาสติกพอลิคาร์บอเนต.....	37
9	แสดงอัตราส่วนผสมของวัสดุใช้แล้วกับวัสดุใหม่ของพลาสติก พอลิคาร์บอเนต.....	49
10	แสดงจำนวนประชากรและกลุ่มตัวอย่าง พ็อพ ริเว็ต.....	55
11	แสดงจำนวนประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ไครฟ์ ริเว็ต.....	55
12	แสดงผลการทดสอบหาค่าความแข็งแรงสูงสุดของ พ็อพ ริเว็ต.....	58
13	แสดงผลการทดสอบหาค่าความแข็งแรงสูงสุดของ ไครฟ์ ริเว็ต.....	59
14	แสดงค่าเฉลี่ยแรงดึง - แรงเหวี่ยง สูงสุดของวัสดุหมุดย้ำ พ็อพ ริเว็ต.....	60
15	แสดงค่าเฉลี่ยแรงดึง - แรงเหวี่ยง สูงสุดของวัสดุหมุดย้ำ ไครฟ์ ริเว็ต.....	61

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ

หน้า

1	โครงสร้างของพลาสติกพอลิคาร์บอเนต.....	9
2	เครื่องทดสอบบอเนกประสงค์.....	10
3	ชิ้นงานทดสอบของแรงดึง	11
4	แสดงแผนภาพความเค้น - อัตรายืด ซึ่งแสดงการเปลี่ยนรูปของ ชิ้นงานทดสอบแรงดึง.....	12
5	การทดสอบแรงเฉือน.....	13
6	เครื่องทดสอบความแข็ง.....	14
7	หวัคคความแข็งด้วยวิธีชาร์.....	14
8	แสดงค่าความแข็งของพลาสติกชนิดต่าง ๆ.....	15
9	อัตราเฉลี่ยการยืดตัวของเทอร์โมพลาสติกบางชนิด ณ อุณหภูมิห้อง.....	19
10	การจัดระเบียบบล็อกพลาสติกแผ่น.....	24
11	หลักการของงานเอ็กทรูชัน.....	25
12	เครื่องฉีดเป่าพลาสติกแบบอัดโน้มติ ด้านซ้ายเป็นแบบเป่าขึ้นรูป ด้านขวาเป็นชุดฉีด.....	26
13	แบบ (ก และ ข) ลักษณะของเครื่องฉีดพลาสติกแบบตามทิศทางการฉีด	28
14	แบบ (ค และ ง) ลักษณะของเครื่องฉีดพลาสติกแบบตามทิศทางการฉีด	29
15	กรรมวิธีการฉีดพลาสติก.....	30
16	ชุดฉีด.....	31
17	ฮีทเตอร์ (Heater) ไฟฟ้าสำหรับให้ความร้อนกระบอกสูบฉีดพลาสติก.....	32
18	เทอร์โมมิเตอร์ของเหลวแบบมีเข็มชี้บอกอุณหภูมิ.....	33
19	แสดงลักษณะการกระทำของแรงอัดปิดแม่แบบของชุดเปิด - ปิด แม่แบบด้วยกลไกร่วม.....	34
20	ชิ้นส่วนประกอบหลัก ๆ ของแม่แบบฉีดพลาสติกที่สามารถถอด เปลี่ยนได้.....	35

21	เครื่องฉีดพลาสติกอ่อนชนิดที่เลือกใช้ในงานวิจัย.....	37
22	การยึดประกอบของ พ็อพ ริเว็ต.....	39
23	การยึดประกอบของ ไครฟ์ ริเว็ต.....	40
24	แสดงลักษณะส่วนหัวของ พ็อพ ริเว็ต.....	41
25	แสดงลักษณะการใช้งานของ พ็อพ ริเว็ต.....	41
26	แสดงลักษณะส่วนหัวของ ไครฟ์ ริเว็ต.....	42
27	แสดงลักษณะการใช้งานของ ไครฟ์ ริเว็ต.....	43
28	แสดงลักษณะการยึดประกอบของ พ็อพ ริเว็ต และ ไครฟ์ ริเว็ต.....	44
29	โครงสร้างของ พ็อพ ริเว็ต.....	45
30	โครงสร้างของ ไครฟ์ ริเว็ต.....	46
31	เครื่องมือดึง พ็อพ ริเว็ต ชนิดต่าง ๆ.....	46
32	เครื่องมือที่ใช้กับ ไครฟ์ ริเว็ต.....	47
33	การทดสอบแรงดึงและแรงเฉือน.....	47
34	แสดงขั้นตอนการดำเนินการวิจัยสร้างผลิตภัณฑ์.....	56
35	แบบวัสดุหมุดย้ำ พ็อพ ริเว็ต มาตรฐาน 2 : 1.....	76
36	แบบวัสดุหมุดย้ำ ไครฟ์ ริเว็ต มาตรฐาน 2 : 1.....	77
37	ก และ ข แม่พิมพ์ฉีดพลาสติก.....	78
38	อุปกรณ์ขนถ่ายสัมภาระขึ้นเครื่องบิน.....	79
39	วัสดุใช้แล้ว.....	79
40	ตัดวัสดุใช้แล้วออกเป็นชิ้นเพื่อเข้าเครื่องบด.....	80
41	วัสดุใช้แล้วที่ถูกบดเป็นชิ้นเล็ก ๆ.....	80
42	พลาสติกพอลิคาร์บอเนตใหม่ - ใช้แล้ว.....	81
43	เครื่องชั่งน้ำหนัก.....	81
44	ก ข ค และ ง แสดงอัตราส่วนผสมของพลาสติกพอลิคาร์บอเนต ระหว่างใหม่ - ใช้แล้ว.....	82-83

45	ติดตั้งแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก.....	84
46	ปรับแต่งกระแสไฟฟ้า ตั้งเวลา นับจำนวนชิ้น.....	84
47	ตัวอย่างชิ้นงานสำเร็จรูป.....	85
48	ชิ้นงานที่ได้ทั้งหมด.....	85
49	ก ข ค และ ง ชิ้นงานที่ได้จากอัตราส่วนผสมต่าง ๆ.....	86-87
50	แบบทดสอบแรงดึง.....	88
51	แบบทดสอบแรงเฉือน.....	89
52	ชิ้นงานทดสอบแรงดึง - แรงเฉือนของ พ็อพ ริเว็ต.....	90
53	ชิ้นงานทดสอบแรงดึง - แรงเฉือนของ ไครฟ์ ริเว็ต.....	90
54	ชิ้นงานทดสอบแรงดึง - แรงเฉือนของ พ็อพ ริเว็ต ทั้ง 4 กลุ่ม.....	91
55	ชิ้นงานทดสอบแรงดึง - แรงเฉือนของ ไครฟ์ ริเว็ต ทั้ง 4 กลุ่ม.....	92
56	การทดสอบชิ้นงานทดสอบแรงดึง.....	93
57	การทดสอบชิ้นงานทดสอบแรงเฉือน.....	93
58	ก และ ข การยึดประกอบชิ้นงานตัวอย่างระหว่างแผ่นไม้กับแผ่นไม้ ด้วย พ็อพ ริเว็ต และ ไครฟ์ ริเว็ต	94
59	ก และ ข การยึดประกอบชิ้นงานตัวอย่างระหว่างแผ่นพลาสติกกับ แผ่นพลาสติกด้วย พ็อพ ริเว็ต และ ไครฟ์ ริเว็ต.....	95
60	ก และ ข การยึดประกอบชิ้นงานตัวอย่างระหว่างแผ่นยางกับแผ่นยาง ด้วยพ็อพ ริเว็ต และ ไครฟ์ ริเว็ต.....	96
61	การยึดประกอบชิ้นงานตัวอย่างระหว่างแผ่นไม้กับแผ่นพลาสติกและ แผ่นไม้กับแผ่นยางด้วย พ็อพ ริเว็ต และ ไครฟ์ ริเว็ต.....	97
62	การยึดประกอบชิ้นงานตัวอย่างระหว่างแผ่นพลาสติกกับแผ่นยางด้วย พ็อพ ริเว็ต และ ไครฟ์ ริเว็ต.....	97

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

เครื่องบินโดยสารขนาดใหญ่ชนิดลำตัวกว้าง เช่น AIRBUS 330, DC 10 - 30 ER, MD - 11, Boeing 747 - 400 ฯลฯ ต้องมีอุปกรณ์ส่วนควบอากาศยาน (airborne equipment) ซึ่งมีลักษณะเป็นตู้และเป็นแผ่นขนาดต่าง ๆ กัน อุปกรณ์นี้มีชื่อเรียกโดยรวมว่า Unit Load Device หรือเรียกย่อ ๆ ว่า อุปกรณ์ ULD ใช้สำหรับบรรจุสัมภาระผู้โดยสาร สินค้า พืช และไปรษณีย์ภัณฑ์ ก่อนนำเข้าระหว่างบรรทุกอากาศยาน ส่งผลให้การทำงานถ่ายระหว่างภาคพื้นและอากาศยานกระทำได้รวดเร็วขึ้น บรรทุกภัณฑ์ไม่เสียหายและสามารถใช้พื้นที่ระหว่างบรรทุกภายในอากาศยานได้เกิดประโยชน์สูงสุด(ULD maintenance manual. 2541 : 1) วัสดุที่นำมาใช้สร้างอุปกรณ์ ULD โดยเฉพาะชนิดที่มีลักษณะเป็นตู้จะใช้วัสดุใน 3 ประเภทคือ โลหะผสมชนิดน้ำหนักเบา ไฟเบอร์กลาส และพลาสติกพอลิคาร์บอเนต เป็นต้น

ในงานวิจัยชิ้นนี้ ผู้วิจัยมีส่วนเกี่ยวข้องโดยตรงกับอุปกรณ์ ULD ของบริษัทการบินไทย จำกัด (มหาชน) ในฐานะเป็นผู้จัดการแผนกซ่อมบำรุงอุปกรณ์ ULD พบว่า อุปกรณ์ ULD ชนิดที่มีลักษณะเป็นตู้ที่ใช้วัสดุพลาสติกพอลิคาร์บอเนตเป็นผนังในด้านต่าง ๆ ของตู้ ซึ่งมีจำนวนถึง 3139 ตู้ (ULD equipment inventory april. 1998 : 1) เมื่อผนังด้านใดชำรุดเสียหายอันเกิดจากการแตกร้าว ทะลุ นึกขาดจากสาเหตุใดก็ตาม ต้องทำการถอดออกแล้วจำหน่ายทิ้งเป็นวัสดุใช้แล้ว ในหนึ่งปีคาดว่าจะมีปริมาณประมาณ 2,000 กิโลกรัม ปัญหาที่เกิดขึ้นก็คือพลาสติกใช้แล้วชนิดนี้ไม่สามารถย่อยสลายได้เองในธรรมชาติ และไม่เป็นที่ต้องการของโรงงานผลิตพลาสติกที่ใช้วัตถุดิบจากพลาสติกใช้แล้ว เพราะยังไม่มีงานศึกษาวิจัยรองรับเพื่อเป็นแนวทางว่าสมควรนำกลับเข้าสู่ขบวนการผลิตซ้ำเพื่อทำเป็นผลิตภัณฑ์อะไรได้บ้าง วัสดุเหลือใช้เหล่านี้จึงถูกทิ้งไว้ในธรรมชาติสร้างมลภาวะให้แก่สิ่งแวดล้อมเพิ่มขึ้นอีก ถึงแม้ว่าในปัจจุบันจะมีวิธีการกำจัดพลาสติกใช้แล้วชนิดนี้หลายวิธี แต่ที่เหมาะสมสามารถใช้ได้ดีในกรณีนี้มีอยู่ 2 วิธีคือ การเผาทำลายให้เป็นเถ้า

โดยใช้อุณหภูมิในการเผาที่ 2192 องศาฟาเรนไฮต์ขึ้นไป เพื่อให้แก๊สที่เกิดขึ้นในขณะเผาทำลายได้สลายตัวไปด้วย (บรรจุก๊าซพลาสติกใช้แล้วขยะไฮเทคที่ต้องเร่งแก้ไข. 2534 : 12) และการนำพลาสติกใช้แล้วชนิดนี้กลับเข้าสู่กระบวนการผลิตซ้ำ (recycle) เพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ (บรรจุก๊าซพลาสติกใช้แล้วขยะไฮเทคที่ต้องเร่งแก้ไข. 2534 : 96)

เพื่อให้เกิดความแน่นอนชัดเจนยิ่งขึ้นถึงแนวทางในการแก้ปัญหาวัสดุใช้แล้ว ชนิดนี้ยังมีวิธีการอื่นที่เหมาะสมหรือไม่ ผู้วิจัยจึงได้ขอความร่วมมือจากตัวแทนจำหน่ายอุปกรณ์ขนถ่ายสัมภาระในประเทศไทย โดยขอให้สอบถามไปยังบริษัทผู้ผลิตพลาสติกพอลิคาร์บอเนตที่ใช้ผลิตเป็นแผ่นผนังของอุปกรณ์ขนถ่ายสัมภาระว่ามีแนวทางในการแก้ปัญหาแผ่นผนังพลาสติกพอลิคาร์บอเนตใช้แล้วอย่างไร ก็ได้รับคำแนะนำกลับมามีให้ใช้วิธีการเผาทำลายให้เป็นถ้ำ เพราะวัสดุใหม่มีราคาถูก (Axxis N.V. 1996 : 1) แต่ตามคำแนะนำนี้ไม่สามารถนำมาใช้ปฏิบัติได้ เนื่องจากยังไม่มีแหล่งเตาเผาอุณหภูมิสูงที่ใช้เผาทำลายวัสดุใช้แล้วชนิดนี้ได้จึงเหลือทางเลือกที่เหมาะสมที่สุดคือ การนำวัสดุใช้แล้วชนิดนี้กลับเข้าสู่กระบวนการผลิตซ้ำเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ให้สามารถก่อประโยชน์ได้อีก

จากการศึกษาถึงคุณลักษณะด้านต่าง ๆ ของพลาสติกพอลิคาร์บอเนต เปรียบเทียบกับพลาสติกชนิดต่าง ๆ โดยเน้นเฉพาะคุณสมบัติทางกลด้านความต้านทานแรงดึงกับความต้านทานแรงเฉือนพบว่า สามารถทำเป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในงานยึดประกอบได้ เช่น ผลิตภัณฑ์วัสดุหมุดย้ำประเภท พ็อพ ริเว็ต (Pop Rivet) และ ไดรฟ์ ริเว็ต (Drive Rivet) ซึ่งโดยปกติแล้วผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 ชนิดนี้ ผลิตจากวัสดุจำพวกโลหะผสม เช่น เหล็ก ทองแดง เหล็กไร้สนิม อะลูมิเนียม นิกเกิล ฯลฯ เมื่อนำมายึดประกอบกับชิ้นงานที่เป็นโลหะ จึงไม่ตรงตามหลักการที่ถูกต้องที่ว่า วัสดุหมุดย้ำที่ดีที่สุดต้องเป็นวัสดุชนิดเดียวกันกับชิ้นงาน (งานย้ำหมุด สำนักพัฒนาเทคนิคศึกษา สวพ. : 2)

วัสดุหมุดย้ำประเภท พ็อพ ริเว็ต ที่จะสร้างขึ้นนี้เป็นวัสดุหมุดย้ำชนิดใหม่ที่ออกแบบให้หดตัวเข้ามาเมื่อยึดประกอบกับชิ้นงานโดยไม่มีการคืนสภาพตามคุณสมบัติด้านยึดตัวของเทอร์โมพลาสติก สามารถใช้แก้ปัญหางานยึดประกอบที่ต้องการให้ผลงานทั้งชิ้นมีความเป็นฉนวนไฟฟ้า เช่น งานยึดประกอบอุปกรณ์เกี่ยวกับแสงสว่างจากไฟฟ้า งานยึดประกอบแผงอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ งานยึดประกอบของเล่นเด็กที่ทำจากพลาสติก และงานยึดประกอบวัสดุที่เป็นโลหะเกือบทุกชนิด ส่วนวัสดุหมุดย้ำ ไดรฟ์ ริเว็ต ที่จะ

สร้างขึ้นนี้เชื่อได้ว่ามีคุณภาพที่ใกล้เคียงกันกับที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ จึงสามารถใช้ทดแทนการนำเข้าได้

ในการพิจารณานำพลาสติกพอลิคาร์บอเนตใช้แล้วกลับมาผ่านขบวนการผลิตเพื่อใช้ซ้ำเป็นผลิตภัณฑ์วัสดุหมุดย้ำประเภท พ็อพ ริเว็ต และ ไครฟ์ ริเว็ต ได้เป็นไปตามหลักการของวิศวกรรมคุณค่าในเรื่องการทดสอบคุณค่า สามารถตอบคำถามพื้นฐานได้ว่าสามารถนำวัสดุใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่ให้เกิดประโยชน์ได้จริง เสียค่าใช้จ่ายน้อย เหมาะสมกับประโยชน์ที่จะได้รับ มีแหล่งวัตถุดิบที่มากพอ ต้นทุนในการผลิตต่ำ และได้ผลผลิตที่ใช้ประโยชน์ได้จริง (อัมพิกา ไกรฤทธิ. 2533 : 25 - 27) เชื่อได้ว่าการวิจัยนี้จะเป็นการสร้างประโยชน์สูงสุดให้แก่พลาสติกพอลิคาร์บอเนตใช้แล้วจากอุปกรณ์ขนถ่ายสัมภาระขึ้นเครื่องบินโดยสารขนาดใหญ่ได้

ความมุ่งหมายของการวิจัย

ความมุ่งหมายของการวิจัยครั้งนี้เพื่อ

1. สร้างหมุดย้ำประเภท พ็อพ ริเว็ต และ ไครฟ์ ริเว็ต จากวัสดุใช้แล้วพลาสติกพอลิคาร์บอเนตกับวัสดุพลาสติกพอลิคาร์บอเนตใหม่ใน 4 อัตราส่วนของน้ำหนัก
2. ศึกษาคุณสมบัติทางกลของหมุดย้ำประเภท พ็อพ ริเว็ต และ ไครฟ์ ริเว็ต
 - 2.1 ด้านความต้านทานแรงดึง
 - 2.2 ด้านความต้านทานแรงเฉือน

ความสำคัญของการวิจัย

ผลการวิจัยครั้งนี้ จะได้ผลิตภัณฑ์วัสดุหมุดย้ำชนิดใหม่ประเภท พ็อพ ริเว็ต และ ไครฟ์ ริเว็ต ที่เป็นโลหะเพื่อใช้กับงานยึดโลหะ ทำให้ผลงานมีคุณสมบัติพิเศษเป็นฉนวนไฟฟ้า

ขอบเขตของการวิจัย

1. สร้างหมุดย้ำประเภท พ็อพ ริเว็ต ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4.8 มิลลิเมตร x 20 มิลลิเมตร จำนวน 4 อัตราส่วนของน้ำหนัก (กิโลกรัม) โดยให้วัสดุใช้แล้วผสมกับวัสดุใหม่ของพลาสติกพอลิคาร์บอเนต

2. สร้างหมุดย้ำประเภท ไครฟ์ ริเว็ต ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร x 25.4 มิลลิเมตร จำนวน 4 อัตราส่วนของน้ำหนัก (กิโลกรัม) โดยให้วัสดุใช้แล้วผสมกับวัสดุใหม่ ของพลาสติกชนิดพอลิคาร์บอเนต

3. การสร้างหมุดย้ำ ใช้กรรมวิธีการฉีดพลาสติก (Injection Moulding)

4. สีของตัวหมุดย้ำเป็นสีธรรมชาติไม่มีการผสมสีอื่น

5. การตรวจสอบคุณสมบัติของหมุดย้ำ

5.1 การทดสอบความต้านทานแรงดึง

5.2 การทดสอบความต้านทานแรงเฉือน

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. พ็อพ ริเว็ต หมายถึง หมุดย้ำแบบมีก้านค้ำที่มีส่วนประกอบแบ่งเป็น

2 ส่วนคือ

1.1 ส่วนของตัวหมุดย้ำ เป็นชิ้นเดียวกันตลอด มีรูตรงกลางตลอดทั้งตัว แบ่งออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

1.1.1 ส่วนหัวของหมุดย้ำ เมื่อใช้งานจะอยู่ด้านบนหรือด้านหน้า ของชิ้นงาน มีลักษณะนูนโค้งกลมมน

1.1.2 ส่วนลำตัวของหมุดย้ำ เมื่อใช้งานจะอยู่ภายในรูของชิ้นงาน และโผล่พ้นชิ้นงานออกไปทางด้านล่างหรือด้านหลังชิ้นงาน ประมาณ $1\frac{1}{2}$ เท่า ของเส้นผ่าศูนย์กลางตัวหมุดย้ำ

1.2 ส่วนของก้านค้ำจะมีปลายด้านบนแหลม ปลายด้านล่างบานกลม มีขนาดใหญ่กว่าเส้นผ่าศูนย์กลางของตัวหมุดย้ำมีความยาวตลอดลำตัวและโผล่พ้นออกจาก ส่วนหัวของหมุดย้ำ 38 มิลลิเมตร

ในการใช้งานจะใช้เครื่องมือเฉพาะสำหรับหมุดย้ำชนิดนี้ ค้ำก้านค้ำของ หมุดย้ำทำให้ส่วนปลายของตัวหมุดย้ำหดตัวเข้ามาอัดรัดชิ้นงาน ก้านค้ำจะขาดออกจากกัน เป็น 2 ส่วน หลุดออกจากตัวหมุดย้ำที่บริเวณจุดขาด (Pin Break)

2. ไครฟ์ ริเว็ต หมายถึง หมุดย้ำแบบมีก้านทุบที่มีส่วนประกอบแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ

2.1 ส่วนของตัวหมุดย้าเป็นชิ้นเดียวกันมีรูตรงกลางตลอดทั้งตัว แบ่งออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

2.1.1 ส่วนหัวของหมุดย้าเมื่อใช้งานจะอยู่ด้านบนหรือด้านหน้าของชิ้นงาน มีลักษณะนูนโค้งกลมมน

2.1.2 ส่วนลำตัวของหมุดย้าจะถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วนตามความยาวจากปลายด้านล่างขึ้นมาจนห่างจากส่วนหัว 6 มิลลิเมตร

2.2 ส่วนของก้านทูป มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่โตกว่าเส้นผ่าศูนย์กลางของตัวหมุดย้า เท่ากับ 0.5 มิลลิเมตร มีความยาวเท่ากับความยาวของตัวหมุดย้า ปลายด้านบนตัดเรียบ ปลายด้านล่างเรียวมน

ในการใช้งานจะใช้แรงดึงจากหมอนทูปที่ปลายด้านบนให้ก้านทูปอัดขยาย รวบลงไปในตัวหมุดย้าจนมิดเสมอกับส่วนหัวของหมุดย้าพอดี ส่วนลำตัวของหมุดย้าจะถูกแบ่งขยายออกรัศมีชิ้นงาน

3. คุณสมบัติทางกลของหมุดย้า หมายถึง ความสามารถในการตอบสนองต่อแรงกลที่มากกระทำได้ ไม่ว่าแรงนั้นจะมีลักษณะใด ๆ ก็ตาม หมุดย้าจะเกิดแรงต้านภายในเมื่อมีแรงภายนอกมากระทำ ถ้าแรงที่มากกระทำนั้นมีขนาดมากกว่าความสามารถของหมุดย้าจะต้านรับไว้ได้ หมุดย้าก็จะเสียรูปขาดออกจากกัน ซึ่งลักษณะของแรงกลที่มากกระทำต่อหมุดย้านี้จะเป็นตัวชี้บอกถึงความแข็งแรงของหมุดย้า

4. ความต้านทานแรงดึงของหมุดย้า หมายถึง ค่าความแข็งแรงสูงสุดของหมุดย้าที่ทนต่อแรงดึงที่มากกระทำได้ โดยที่หมุดย้าไม่ยืดออกหรือขาดออกจากกัน

5. ความต้านทานแรงเฉือนของหมุดย้า หมายถึง ค่าความแข็งแรงสูงสุดของหมุดย้าที่ทนต่อแรงเฉือนที่มากกระทำได้ โดยที่หมุดย้าไม่ยืดออกหรือขาดออกจากกัน

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาและค้นคว้าข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องจากเอกสาร ตำรา งานวิจัย ซึ่งจะเป็นประโยชน์ให้การทำวิจัยครั้งนี้บรรลุตามจุดมุ่งหมายที่ได้ตั้งไว้โดยแยกเป็นหัวข้อได้ดังนี้

1. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับพลาสติก
 - 1.1 ความหมายของพลาสติก
 - 1.2 แหล่งกำเนิดของพลาสติก
 - 1.3 ประเภทของพลาสติก
 - 1.4 คุณสมบัติทั่วไปของพลาสติกพอลิคาร์บอเนต
 - 1.5 โครงสร้างของพลาสติกพอลิคาร์บอเนต
 - 1.6 การทดสอบคุณสมบัติทางกลของพลาสติก
2. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับงานขึ้นรูปพลาสติก
 - 2.1 งานรีด
 - 2.2 งานเอ็กทรูชั่น
 - 2.3 งานฉีดเป่า
 - 2.4 งานฉีด
 - 2.4.1 เครื่องฉีดพลาสติก
 - 2.4.2 กรรมวิธีฉีดพลาสติก
 - 2.4.3 ชุดฉีด
 - 2.4.4 การให้ความร้อนและควบคุมอุณหภูมิของการหลอมพลาสติก
 - 2.4.5 หน่วยเปิด - ปิด แม่แบบ
 - 2.4.6 การตั้งอุณหภูมิในการฉีดพลาสติก
3. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับหมุดย้ำ
 - 3.1 ความหมายของหมุดย้ำ

3.2 วัสดุหมุดย้าประเภท พ็อพ ริเว็ต และ ไครฟ์ ริเว็ต

3.3 คุณสมบัติทั่วไปของหมุดย้าประเภท พ็อพ ริเว็ต และ ไครฟ์ ริเว็ต

3.4 โครงสร้างของหมุดย้าประเภท พ็อพ ริเว็ต และ ไครฟ์ ริเว็ต

3.5 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ร่วมกับหมุดย้าประเภท พ็อพ ริเว็ต และ ไครฟ์ ริเว็ต

3.6 การทดสอบคุณสมบัติทางกลของหมุดย้าประเภท พ็อพ ริเว็ต และ ไครฟ์ ริเว็ต

3.7 การใช้หมุดย้าประเภท พ็อพ ริเว็ต และ ไครฟ์ ริเว็ต

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับพลาสติก

1.1 ความหมายของพลาสติก พลาสติกคือสารสังเคราะห์ (synthetic materials) ที่มนุษย์คิดค้นขึ้นมา มีโครงสร้างโมเลกุลขนาดใหญ่มาก ที่เรียกว่าแมโครโมเลกุล (Macromolecule) ประกอบด้วยธาตุสำคัญคือ คาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจน คลอรีน ฟลูออรีน ฯลฯ โดยมีอัตราส่วนของแต่ละธาตุมากน้อยแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับชนิดและประเภทของพลาสติก (พิชิต เลี่ยมพิพัฒน์. 2536 : 8)

สมาคมวิศวกรรมการผลิต และสมาคมอุตสาหกรรมพลาสติกแห่งสหรัฐอเมริกา ได้ให้คำจำกัดความของพลาสติกว่า “พลาสติก คือ วัสดุที่ประกอบด้วยสารหลายอย่าง มีน้ำหนักโมเลกุลสูง คงรูปเมื่อผ่านกรรมวิธีการผลิต ลักษณะอ่อนตัวขณะทำการผลิตด้วยกรรมวิธีการผลิตด้วยความร้อน หรือแรงอัดหรือทั้งสองอย่าง” (Swanson, Roberts, Plastic Technology. 1965 : 17)

1.2 แหล่งกำเนิดของพลาสติกมี 5 แหล่งใหญ่ ๆ คือ (พิชิต เลี่ยมพิพัฒน์. 2536 : 26)

1.2.1 ผลผลิตทางการเกษตร เช่น เซลลูโลสไนเตรท (cellulose nitrate) เซลลูโลสอะซิเตท (cellulose acetate) บิวทีเรท (butyrate) เชลแล็ก (shellac) เอทิล เซลลูโลส (ethyl cellulose) เคซีน (casein) ฯลฯ

1.2.2 ผลผลิตทางการเกษตรและน้ำมันมีน้อยมาก เช่น ฟิวราน (furan)

1.2.3 ผลผลิตจากน้ำมันและถ่านหิน เป็นแหล่งที่ใช้ผลิตพลาสติกชนิดต่างๆ ได้มากที่สุด เช่น พอลิเอทิลีน (polyethylene) พอลิพรอพิลีน (polypropylene) พอลิสไตรีน (polystyrene) ฟีนอล - ฟอรั้มัลดีไฮด์ (phenol - formaldehyde) เมลามีน - ฟอรั้มัลดีไฮด์ (melamine - formaldehyde) ยูเรีย - ฟอรั้มัลดีไฮด์ (urea - formaldehyde) ไนลอน (nylon) พอลิเอสเทอร์ (polyester) อคริลิก (acrylic) อีพอกซี (epoxy) ฯลฯ

1.2.4 ผลผลิตจากน้ำมันและสินแร่ เช่น พอลิไวนิล บิวทีรัล (polyvinyl butyral) พอลิไวนิลคาร์บาซอล (polyvinyl carbazole) พอลิไวนิล อะซิเตท (polyvinyl acetate) พอลิไวนิล แอลกอฮอล์ (polyvinyl alcohol) ซิลิโคน (silicone) พอลิไวนิล อะซิเตท - คลอไรด์ (polyvinyl acetate - chloride) พอลิไวนิล - คลอไรด์ (polyvinyl chloride) ฯลฯ

1.2.5 ผลผลิตจากสินแร่ มีการผลิตน้อย เช่น แคลเซียม - อะลูมิเนียม ซิลิเกต (calcium - aluminium silicate) พลาสติกที่ใช้อยู่ประมาณร้อยละ 90 มีแหล่งกำเนิดจากน้ำมันเกือบทั้งสิ้น

1.3 ประเภทของพลาสติก แบ่งเป็น 2 ประเภทคือ (ชลธิชา นุ่มหอม. 2538 : 4)

1.3.1 พลาสติกคงรูปหรือเทอร์โมเซตติง (thermosetting) ไม่สามารถนำกลับมาผ่านกระบวนการผลิตเพื่อใช้ใหม่ได้

1.3.2 พลาสติกเปลี่ยนรูปหรือเทอร์โมพลาสติก (thermoplastic) สามารถนำกลับมาผ่านกระบวนการผลิตเพื่อใช้ใหม่ได้

1.4 คุณสมบัติทั่วไปของพลาสติก ประเภทเทอร์โมพลาสติก ชนิดพลาสติก พอลิคาร์บอเนต (polycarbonate หรืออักษรย่อ PC) (บรรเลง ศรีนิล. 2535 : 73 - 74)

1.4.1 สีและลักษณะที่มีขายตามท้องตลาดเป็นเม็ดสีธรรมชาติ (ใสไม่มีสี จนถึงออกเหลืองอ่อน สามารถย้อมสีได้ทุกสี)

1.4.2 มีความแข็งแรงเชิงกลสูงในช่วงอุณหภูมิสูง คงขนาดและทนความร้อนได้ดี เป็นฉนวนไฟฟ้า ไม่เสื่อมคุณภาพง่าย ดูดซึมน้ำน้อยมาก

1.4.3 อุณหภูมิที่ใช้งานได้เป็นระยะเวลานาน ๆ อยู่ระหว่าง 110 - 135 องศาฟาเรนไฮต์

1.4.4 การทนต่อสารเคมีจะทนต่อกรดอ่อน แอลกอฮอล์ เบนซีน น้ำมันเครื่องและไขมัน แต่มีข้อจำกัดในการทนต่อกรดอ่อนและด่างอ่อน อีกทั้งไม่ทนต่อด่างแก่ คีโตน (ketone) อีเทอร์ (ether) สารพวกคลอรีเนทไฮโดรคาร์บอน (chlorinated hydrocarbon) เบนซอล (benzol)

1.4.5 สภาพและกลิ่นเมื่อไหม้ไฟ : เมื่อจ่ออยู่ในเปลวไฟจะติด แต่เมื่อดึงออกจากเปลวไฟจะดับ มีเถ้าดำ เปลวจ้ำ และมีเขม่า มีกลิ่นฉุน

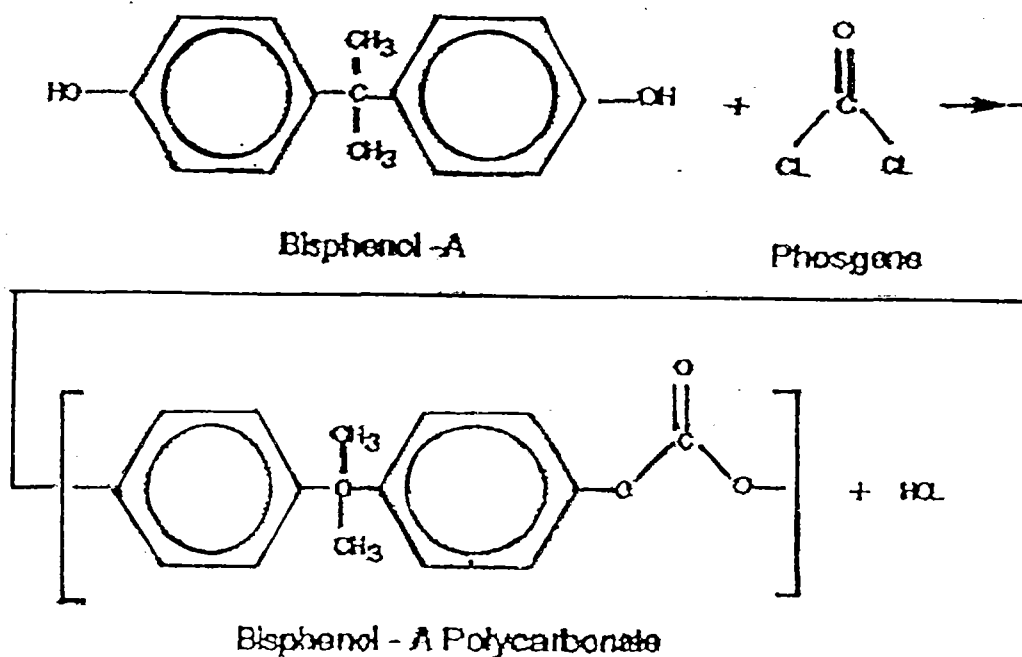
1.4.6 มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (γ) 23.97 BTU. in/ft².h องศาฟาเรนไฮต์

1.4.7 มีค่าความร้อนจำเพาะ (c) 0.279 BTU /lb/ องศาฟาเรนไฮต์

1.4.8 มีค่าความหนาแน่น (p) ที่อุณหภูมิ 68 องศาฟาเรนไฮต์ เท่ากับ 1.2 g/cm³

1.4.9 ใช้ระยะเวลาอบแห้ง (ก่อนนำเข้าเครื่องฉีด) 8 - 12 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 248 - 260 องศาฟาเรนไฮต์ มีอัตราการหดตัวอยู่ระหว่างร้อยละ 0.4 - 0.8

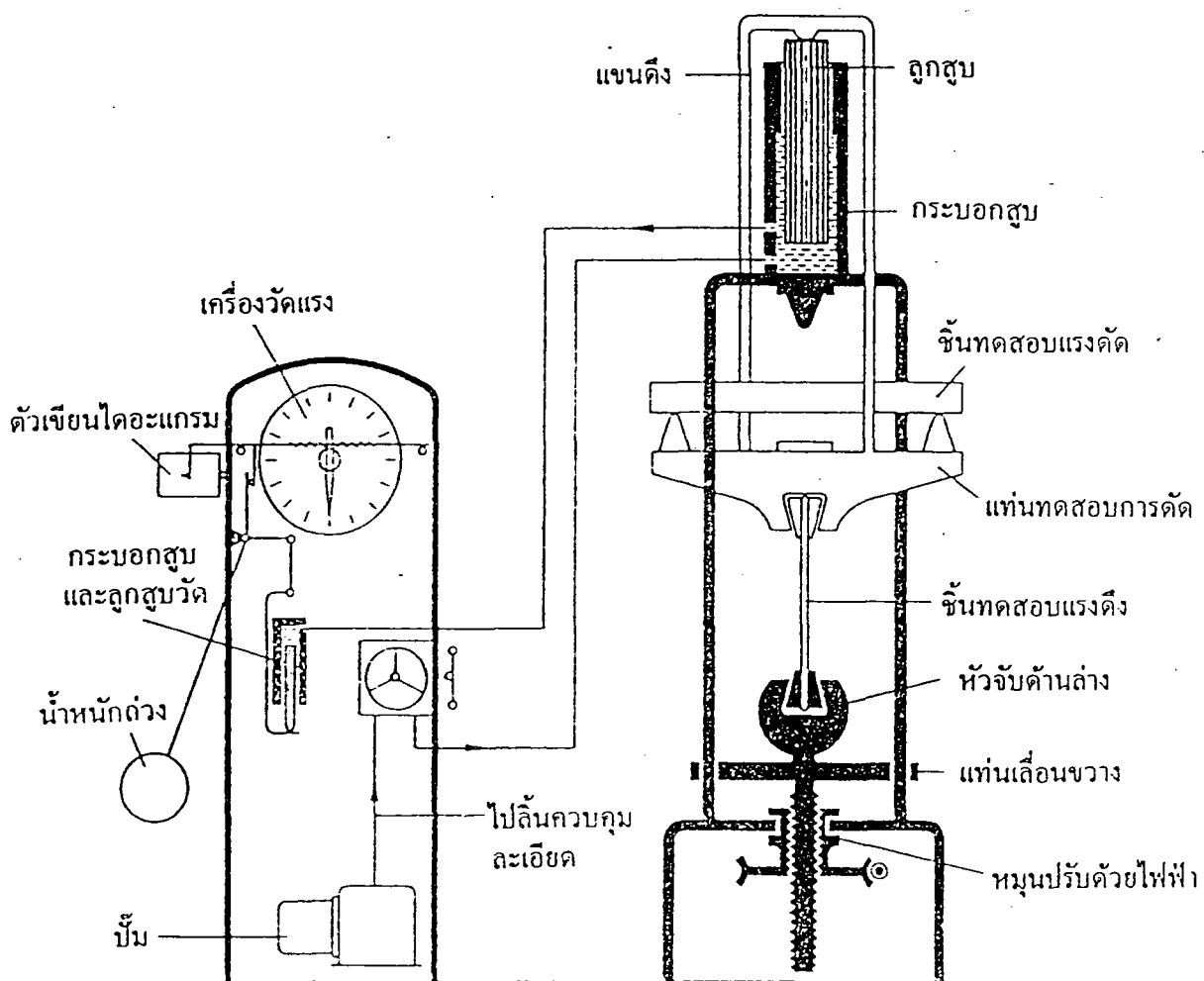
1.5 โครงสร้างของพลาสติกพอลิคาร์บอเนต (พิชิต เลี่ยมพิพัฒน์. 2536 : 150) ดังภาพประกอบ 1



ภาพประกอบ 1 โครงสร้างของพลาสติกพอลิคาร์บอเนต

1.6 การทดสอบคุณสมบัติทางกลของพลาสติก

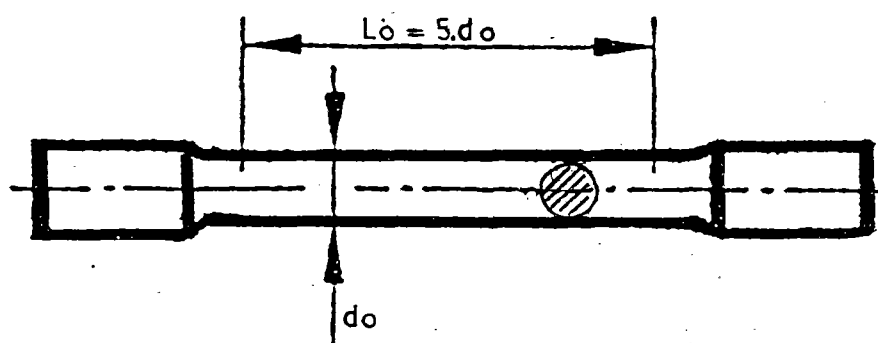
การหาคุณสมบัติทางกลของวัสดุ เป็นการทดสอบที่สำคัญอย่างหนึ่งตามประเภทของภาระในการทดสอบมีการแบ่งกลุ่มการทดสอบเป็นหลายกลุ่ม การทดสอบที่กระทำด้วยภาระที่มีความเร็วช้าหรือคงที่จะเรียกว่าการทดสอบแบบสถิต (static test) ส่วนการทดสอบที่มีการใช้ภาระที่มีความเร็วมากหรือการกระแทกจะเรียกว่าการทดสอบแบบพลวัต (dynamic test) (มานพ ดันตระบัณฑิตย์ และ สำลี แสงห้าว. 2537 : 134) ดังภาพประกอบ 2



ภาพประกอบ 2 เครื่องทดสอบเอนกประสงค์

1.6.1 การทดสอบความต้านแรงดึง

การทดสอบโดยการดึงจะใช้หาค่าคุณสมบัติของวัสดุที่จะต้องทำเป็นชิ้นทดสอบ เช่น มีภาคตัดขวางกลม หรือสี่เหลี่ยมผืนผ้า เป็นต้น ขนาด $L_0 = 5 \cdot d_0$ ด้วยเหตุนี้จึงเรียกว่า ชิ้นทดสอบสัดส่วน ดังภาพประกอบ 3



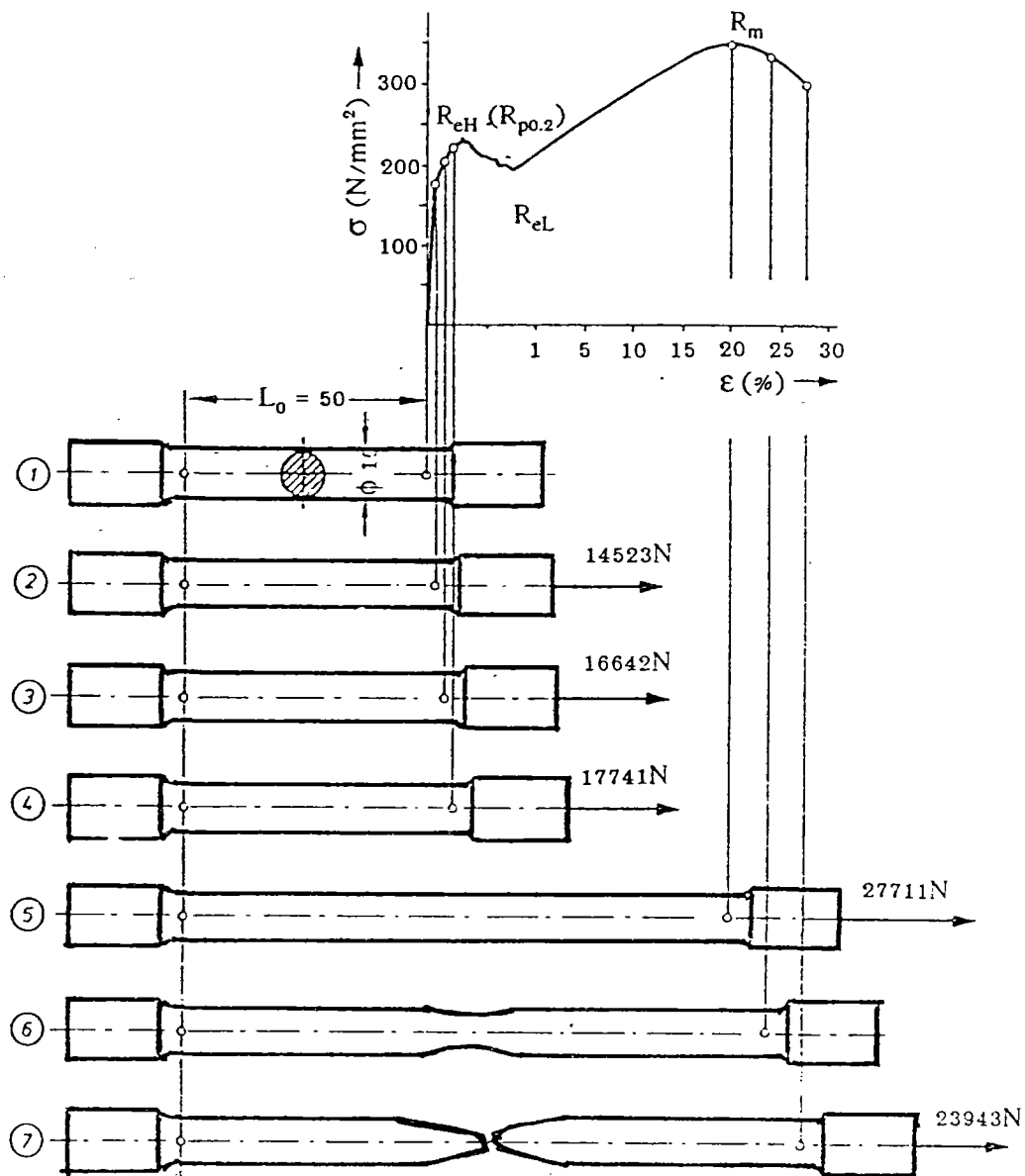
ภาพประกอบ 3 ชิ้นทดสอบแรงดึง

L_0 = ความยาวของชิ้นงานทดสอบสัดส่วนที่ใช้ทำการทดสอบแรงดึง

d_0 = ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของชิ้นงานทดสอบสัดส่วนที่ใช้ทำการทดสอบ

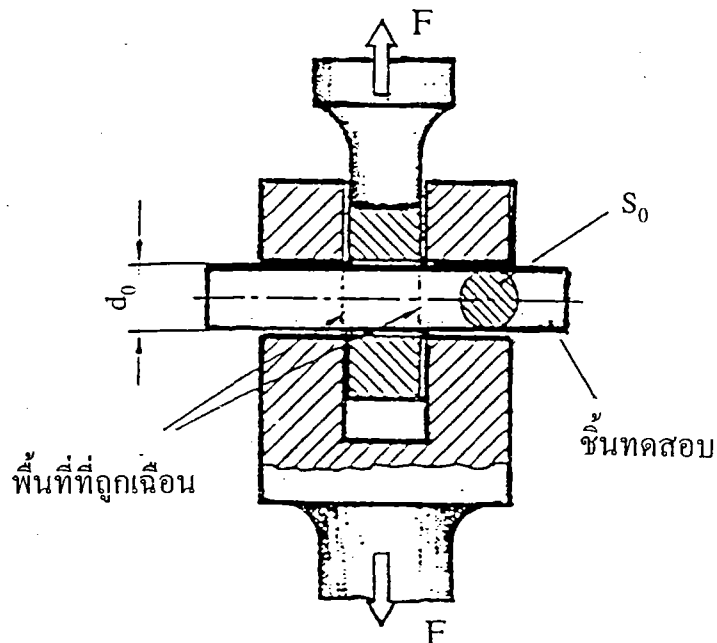
แรงดึง

ในการทดสอบ ชิ้นทดสอบจะถูกนำมาจับยึดที่ปลายด้วยหัวจับงานที่ด้านบนและด้านล่างในเครื่องทดสอบ เครื่องทดสอบส่วนใหญ่จะขับเคลื่อนด้วยระบบไฮดรอลิกส์ หัวจับด้านบนจะเคลื่อนขึ้นข้างบนอย่างช้า ๆ และค่อย ๆ ดึงชิ้นทดสอบด้วยแรงดึงเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ทำให้ชิ้นทดสอบเกิดการยืดออกไปเรื่อย ๆ เช่นกัน ในขณะที่ทำการทดสอบจะมีอุปกรณ์วัดแรงดึงและความยาวที่ยืดออก (ΔL) ในอุปกรณ์นี้จะมีการวัดค่าความเค้น (σ) และอัตรายืด (Σ) ด้วยการเขียนเป็นแผนภาพความเค้น - อัตรายืด ดังภาพประกอบ 4



ภาพประกอบ 4 แสดงแผนภาพความเค้น - อัตรายืด ที่แสดงการเปลี่ยนรูปของชิ้นงานทดสอบแรงดึง

1.6.2 การทดสอบความต้านแรงเฉือน ดังภาพประกอบ 5



ภาพประกอบ 5 การทดสอบด้วยแรงเฉือน

การทดสอบจะนำชิ้นทดสอบไปยึดให้แน่นกับเครื่องมือที่จะเฉือน โดยจะให้แรงเฉือนแก่ชิ้นงานทดสอบที่จะถูกเฉือนอยู่ 2 จุด จากค่าของแรงและเส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นงานทดสอบ จะได้ค่าความเค้นเฉือน ดังนี้

F = แรงเฉือน (N)

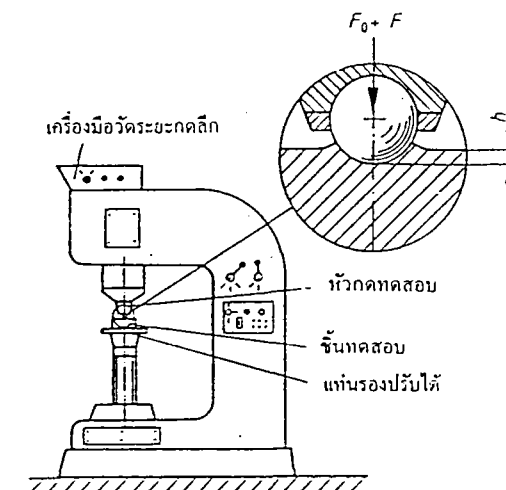
d = เส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นงานทดสอบ (mm)

A = พื้นที่หน้าตัดของชิ้นงานทดสอบ (mm^2)

τ = ความเค้นเฉือนของชิ้นงานทดสอบ (N/mm^2)

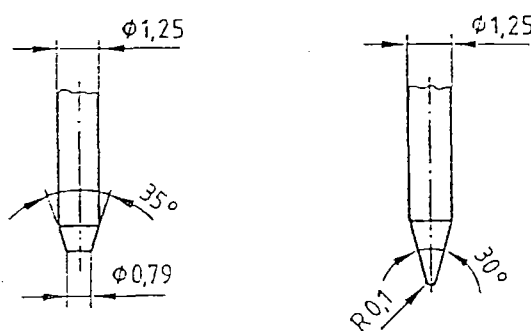
$$\tau = \frac{F}{2 A} = \frac{2 F}{\pi d^2}$$

1.6.3 การทดสอบความแข็งของพลาสติกด้วยบอลกด ดังภาพประกอบ 6



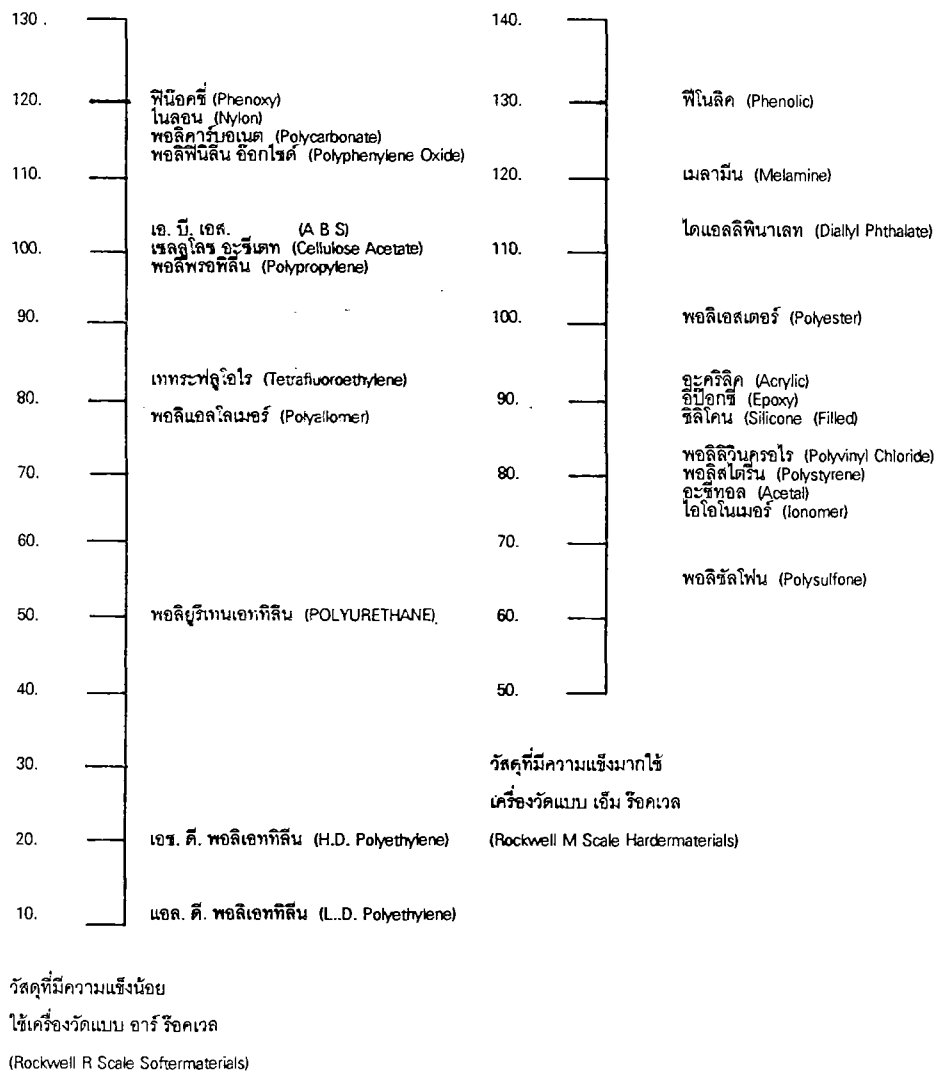
ภาพประกอบ 6 การทดสอบความแข็งของพลาสติกด้วยบอลกด

พลาสติกแข็งและพลาสติกอ่อนจะนิยมนิยามทดสอบความแข็งด้วยวิธีชอร์ (DIN 53505) จะใช้แรงสปริงกดหัวกดทดสอบให้ไปกดชั้นทดสอบโดยหลังจาก 3 วินาที สามารถอ่านค่าความแข็งบนสเกล (ระหว่าง 0 - 100) ได้ตามแต่ความแข็งของพลาสติก จะมีหัวกดทดสอบที่มีปลายแตกต่างกัน 2 รูปร่างให้เลือกใช้ เนื่องจากการทดสอบวิธีนี้ไม่ค่อยแม่นยำเท่าที่ควรจึงต้องมีการทดสอบบนชั้นทดสอบอย่างน้อย 3 ครั้ง วิธีการทดสอบนี้สามารถกระทำได้รวดเร็วมาก ดังภาพประกอบ 7



ภาพประกอบ 7 หัวกดความแข็งด้วยวิธีชอร์

ความแข็งของพลาสติก หมายถึง ความสามารถสูงสุดของพลาสติกที่ทนทานต่อการขีดข่วน กดทับ คัดงอได้โดยไม่เสียรูปทรงไปจากเดิม ในกรณีของพลาสติกพอลิคาร์บอเนตเมื่อเทียบกับพลาสติกอื่นมีค่าอยู่ในระดับสูง (พิชิต เลี่ยมพิพัฒน์. 2536 : 265) ดังภาพประกอบ 8



ภาพประกอบ 8 แสดงค่าความแข็งของพลาสติกชนิดต่าง ๆ

การทนแรงกระทบของพลาสติก หมายถึง คุณสมบัติสูงสุดของพลาสติกที่สามารถทนต่อแรงตีกระทบที่มากกระทำได้โดยไม่แตกหักออกจากกัน ในกรณีของพลาสติกพอลิคาร์บอเนต เมื่อเทียบกับเทอร์โมพลาสติกอื่นจะมีค่าทนแรงกระทบได้สูงสุด

ดังตาราง 1

ตาราง 1 แสดงค่าการทนแรงกระทบของพลาสติก

ชนิดของพลาสติก	ฟุตปอนด์ (Footpounds)
1. * พอลิคาร์บอเนต (Polycarbonate)	8.0
2. พอลิไวนิล คลอไรด์ (Polyvinyl Chloride)	5.5
3. พอลิยูรีเทน (Polyurethane)	5.0 ค่าไม่คงที่เปลี่ยนแปลงได้
4. อะครีโรไนไตรล์ บิวตะไดอีน สไตรีน (Acrylonitrile Butadiene Styrene)	4.2
5. ฟีนอล ฟอร์มัลดีไฮด์ (Phenol Formaldehyde)	4.0
6. โลโนเมอร์ (Lonomer)	3.5
7. พอลิแอลลิเมอร์ (Polyallomer)	3.2
8. พอลิเอทิลีน (Polyethylene, H. D.)	3.0
9. เททราฟลูออโรเอทิลีน (Tetrafluoroethylene)	3.0
10. พอลิเอทิลีน ออกไซด์ (Polyphenylene Oxide)	2.4
11. เซลลูโลส อะซีเตต (Cellulose Acetate)	2.2
12. พอลิพรอพิลีน (Polypropylene)	2.0
13. พอลิซัลโฟน (Polysulfone)	1.9
14. ฟีน็อกซี (Phenoxy)	1.8
15. ไนลอน (Nylon)	1.5
16. อะซีทัล (Acetal)	1.4
17. อีพ็อกซี (Epoxy)	1.0
18. พอลิเอสเตอร์ (Polyester)	0.8
19. พอลิสไตรีน (polystyrene)	0.7
20. ไดอัลลิล ฟทาเลต (Diallyl Phthalate)	0.5
21. อะคริลิก (Acrylic)	0.33
22. เมลามีน ฟอร์มัลดีไฮด์ (Melamine Formaldehyde)	0.30
23. พอลิเอทิลีน แอล ดี (Polyethylene, L. D.)	ค่าไม่คงที่เปลี่ยนแปลงได้ (flexible)
24. ซิลิโคน (Silicone)	ค่าไม่คงที่เปลี่ยนแปลงได้ (flexible)

ความหนาแน่นสูง (High Density) = H.D. ความหนาแน่นต่ำ (Low Density) = L.D.
(พิชิต เลี่ยมพิพัฒน์. 2536 : 268)

การทนแรงดึงของพลาสติก หมายถึง คุณสมบัติสูงสุดของพลาสติกที่ทนต่อแรงดึงที่มากกระทำโดยไม่มียืดออกหรือขาดออกจากกัน ในกรณีของพลาสติกพอลิคาร์บอเนต เมื่อเทียบกับพลาสติกชนิดอื่น ๆ แล้วมีค่าอยู่ในระดับกลาง (พิชิต เลี่ยมพิพัฒน์. 2536 : 266) ดังตาราง 2

ตาราง 2 แสดงค่าการทนแรงดึงของพลาสติก

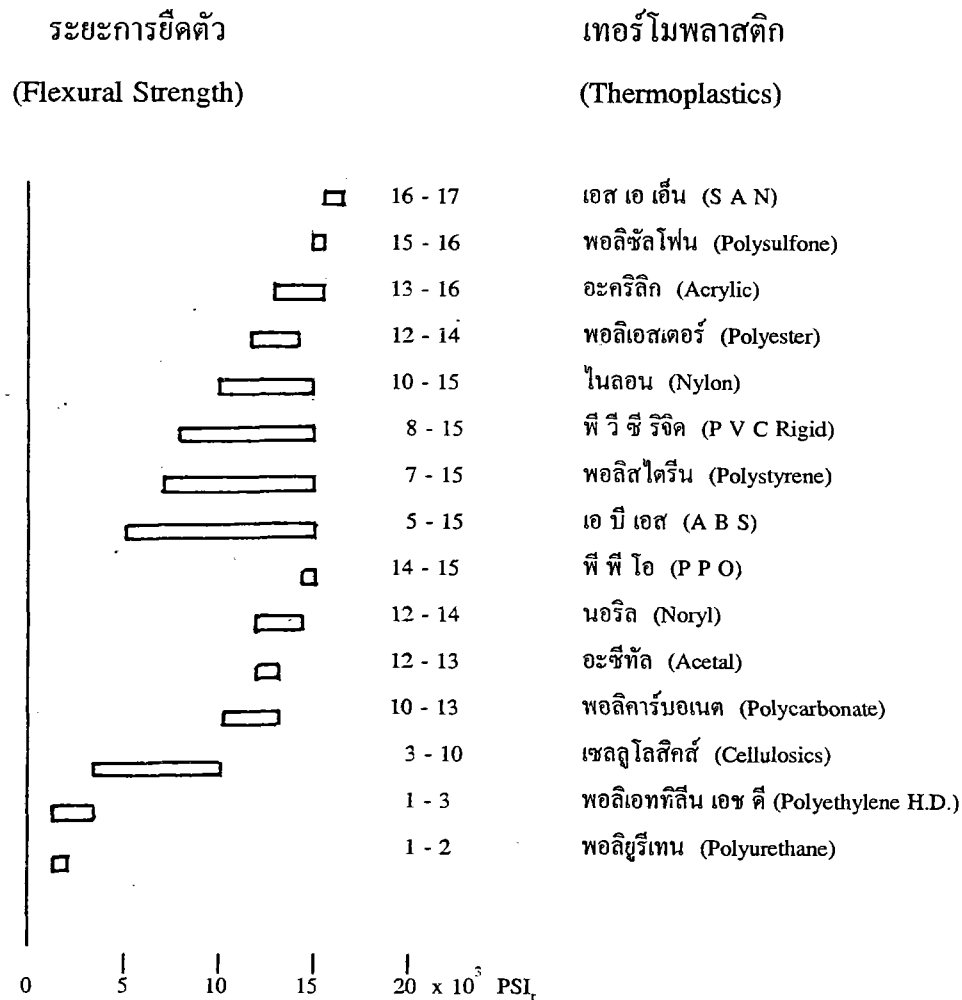
ชนิดของพลาสติก	พี เอส ไอ (PSI)
1. พอลิเอสเตอร์ (Polyester)	30,000
2. ซิลิโคน (Silicone)	28,000
3. อีพ็อกซี่ (Epoxy)	17,000
4. ไนลอน (Nylon)	15,000
5. พอลิซัลโฟน (Polysulfone)	10,200
6. พอลิฟีนิลีน ออกไซด์ (Polyphenylene Oxide)	9,600
7. * พอลิคาร์บอเนต (Polycarbonate)	9,500
8. อะคริลิก (Acrylic)	9,000
9. อะซีทัล (Acetal)	8,800
10. ฟีนอล ฟอร์มัลดีไฮด์ (Phenol Formaldehyd)	8,500
11. ฟีนอกซี่ (Phenoxy)	8,500
12. เมลามีน ฟอร์มัลดีไฮด์ (Melamine Formaldehyde)	8,300
13. เซลลูโลส อะซีเตท (Cellulose Acetate)	8,000
14. อะคริโลไนไตรล์ บิวตะไดอีน สไตรีน (Acrylonitrile Butadiene Styrene)	7,000
15. พอลิสไตรีน (Polystyrene)	7,000
16. ไดอัลลิล ฟทาเลท (Diallyl Phthalate)	6,000
17. พอลิยูรีเทน (Polyurethane)	6,000
18. พอลิพรอพิลีน (Polypropylene)	5,300
19. พอลิเอทิลีน เอช ดี (Polyethylene, H. D.)	5,000
20. เททระฟลูออโรเอทิลีน (Tetrafluoroethylene)	5,000
21. พอลิไวนิล คลอไรด์ (Polyvinyl Chloride)	4,800
22. โลโนเมอร์ (Lonomer)	4,000
23. พอลิแอลโลเมอร์ (Polyallomer)	3,500
24. พอลิเอทิลีน แอล ดี (Polyethylene, L. D.)	2,000

การทนแรงอัดของพลาสติก หมายถึง คุณสมบัติสูงสุดของพลาสติกที่สามารถทนต่อแรงอัดที่มากกระทำได้โดยไม่แตกหักออกจากกัน ในกรณีของพลาสติกพอลิคาร์บอเนต เมื่อเทียบกับพลาสติกอื่น ๆ มีค่าทนแรงอัดอยู่ในระดับกลาง (พิชิต เลี่ยมพิพัฒน์. 2536 : 267) ดังตาราง 3

ตาราง 3 แสดงค่าการทนแรงอัดของพลาสติก

ชนิดของพลาสติก	(Specific Gravity)
1. อีพ็อกซี่ (Epoxy)	35,000
2. ฟีนอล ฟอร์มัลดีไฮด์ (Phenol Formaldehyde)	34,000
3. เมลามีน ฟอร์มัลดีไฮด์ (Melamine Formaldehyde)	30,000
4. เซลลูโลส อะซีเตต (Cellulose Acetate)	28,000
5. พอลิเอสเตอร์ (Polyester)	25,000
6. ไดอัลลิล ฟธาลาต (Diallyl Phthalate)	23,000
7. พอลิยูรีเทน (Polyurethane)	20,000
8. อะคริลิก (Acrylic)	16,000
9. พอลิฟีนิลีน ออกไซด์ (Polyphenylene Oxide)	16,000
10. พอลิสไตรีน (Polystyrene)	15,000
11. ซิลิโคน (Silicone)	15,000
12. พอลิซัลโฟน (Polysulfone)	13,900
13. อะซีทัล (Acetal)	13,000
14. ไนลอน (Nylon)	13,000
15. * พอลิคาร์บอเนต (Polycarbonate)	12,500
16. ฟีนอกซี่ (Phenoxy)	11,000
17. พอลิไวนิลคลอไรด์ (Polyvinyl Chloride)	11,000
18. อะคริโรไนทริล บิวตะไดอิน สไตรีน (Acrylonitrile Butadiene Styrene)	10,000
19. ไอโอโนเมอร์ (Ionomer)	8,000
20. พอลิพรอพิลีน (Polypropylene)	7,000
21. พอลิแอลโลเมอร์ (Polyallomer)	4,000
22. พอลิเอทิลีน เอช ดี (Polyethylene, H. D.)	3,200
23. พอลิเอทิลีน แอล ดี (Polyethylene, L. D.)	2,300
24. เททระฟลูออโรเอทิลีน (Tetrafluoroethylene)	1,700

การยึดตัวของพลาสติก หมายถึง คุณสมบัติสูงสุดของพลาสติกที่สามารถยึดตัวออกได้โดยไม่ฉีกขาดออกจากกัน ในกรณีของพลาสติกพอลิคาร์บอเนต เมื่อเทียบกับพลาสติกอื่นมีค่าเฉลี่ยในระดับกลางค่อนข้างสูง (โรแลนด์. 1980 : 358 - 359)
 ดังภาพประกอบ 9



ภาพประกอบ 9 อัตราเฉลี่ยการยึดตัวของเทอร์โมพลาสติกบางชนิด ณ อุณหภูมิห้อง

การทนความร้อนขณะใช้งานของพลาสติก หมายถึง คุณสมบัติสูงสุดของพลาสติกที่สามารถทนต่อความร้อนที่เกิดขึ้นในขณะใช้งานได้โดยไม่มีการเปลี่ยนสภาพไปจากเดิม ในกรณีของพลาสติกพอลิคาร์บอเนตเมื่อเทียบกับพลาสติกอื่นมีค่าอยู่ในระดับกลาง (พิชิต เลี่ยมพิพัฒน์. 2536 : 269) ดังตาราง 4

ตาราง 4 แสดงค่าการทนความร้อนขณะใช้งานของพลาสติก

ชนิดของพลาสติก	อุณหภูมิ องศาฟาเรนไฮต์
1. อะซีทัล (Acetal)	220
2. อะคริลิก (Acrylic)	180
3. อะคริโลไนไตรล์ บิวตะไดอิน สไตรีน (Acrylonitrile Butadiene Styrene)	200
4. เซลลูโลส อะซีเตท (Cellulose Acetate)	180
5. ไดแอลลิ ฟทาเลท (Diallyl Phthalate)	425
6. อีพ็อกซี่ (Epoxy)	400
7. ไอโอโนเมอร์ (Ionomer)	220
8. เมลามีน ฟอรัลดีไฮด์ (Melamine Formaldehyde)	210
9. ไนลอน (Nylon)	325
10. ฟีนอล ฟอรัลดีไฮด์ (Phenol Formaldehyde)	450
11. ฟีน็อกซี่ (Phenoxy)	170
12. พอลิแอลโลเมอร์ (Polyallomer)	210
13. * พอลิคาร์บอเนต (Polycarbonate)	250
14. พอลิเอสเตอร์ (Polyester)	250
15. พอลิเอทิลีน แอล ดี (Polyethylene, L. D.)	200
16. พอลิเอทิลีน เอช ดี (Polyethylene, H. D.)	250
17. พอลิฟีนีลีน ออกไซด์ (Polyphenylene Oxide)	375
18. พอลิพรอพิลีน (Polypropylene)	300
19. พอลิสไตรีน (Polystyrene)	170
20. พอลิซัลโฟน (Polysulfone)	325
21. พอลิยูรีเทน (Polyurethane)	200
22. พอลิไวนิล คลอไรด์ (Polyvinyl Chloride)	175
23. ซิลิโคน (Silicone)	600
24. เททราฟลูออโรเอทิลีน (Tetrafluoroethylene)	550

อุณหภูมิที่ใช้ในการขึ้นรูปของพลาสติก หมายถึง อุณหภูมิความร้อนที่ใช้ในการหลอมละลายเม็ดพลาสติกให้เป็นของเหลวพร้อมที่จะฉีดเข้าแม่พิมพ์เป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ในกรณีของพลาสติกพอลิคาร์บอเนต เมื่อเทียบกับพลาสติกอื่น ๆ มีค่าอยู่ในระดับที่สูงมาก (พิชิต เลี่ยมพิพัฒน์. 2536 : 269) ดังตาราง 5

ตาราง 5 อุณหภูมิที่ใช้ทำการขึ้นรูปของพลาสติก

ชนิดของพลาสติก	อุณหภูมิ องศาเรนไฮต์
1. อะซีทัล (Acetal)	350
2. อะครีลิก (Acrylic)	325
3. อะคริโลไนไตรล์ บิวตะไดอิน สไตรีน (Acrylonitrile Butadiene Styrene)	350
4. เซลลูโลส อะซีเตท (Cellulose Acetate)	280
5. ไดแอลลิ ฟธาลาต (Diallyl Phthalate)	300
6. อีพ็อกซี่ (Epoxy)	300
7. ไอโอโนเมอร์ (Ionomer)	325
8. เมลามีน ฟอรัลดีไฮด์ (Melamine Formaldehyde)	325
9. ไนลอน (Nylon)	500
10. ฟีนอล ฟอรัลดีไฮด์ (Phenol Formaldehyde)	325
11. ฟีน็อกซี่ (Phenoxy)	350
12. พอลิแอลโลเมอร์ (Polyallomer)	300
13. * พอลิคาร์บอเนต (Polycarbonate)	450
14. พอลิเอสเทอร์ (Polyester)	300
15. พอลิเอทิลีน แอล ดี (Polyethylene, L. D.)	300
16. พอลิเอทิลีน เอช ดี (Polyethylene, H. D.)	300
17. พอลิฟีนิลิน ออกไซด์ (Polyphenylene Oxide)	425
18. พอลิพรอพิลีน (Polypropylene)	350
19. พอลิสไตรีน (Polystyrene)	300
20. พอลิซัลโฟน (Polysulfone)	550
21. พอลิยูรีเทน (Polyurethane)	425
22. พอลิไวนิล คลอไรด์ (Polyvinyl Chloride)	350
23. ซิลิโคน (Silicone)	325
24. สไตรีน อะครีโลไนไตรล์ (Styrene Acrylonitrile)	325

การดูดซึมน้ำของพลาสติก หมายถึง คุณสมบัติของพลาสติกในแต่ละชนิดที่ยอมให้น้ำซึมผ่านเข้ามาได้ในจำนวนที่จำกัด ในกรณีของพลาสติกพอลิคาร์บอเนต เมื่อเทียบกับพลาสติกอื่น ๆ มีค่าที่ยอมให้น้ำซึมผ่านได้น้อยมาก (พิชิต เลี่ยมพิพัฒน์. 2536 : 267) ดังตาราง 6

ตาราง 6 การดูดซึมน้ำของพลาสติก

ชนิดของพลาสติก	เปอร์เซ็นต์การดูดซึม คิดเป็นร้อยละ (Percent Absorbed)
1. เททระฟลูออโรเอทิลีน (Tetrafluoroethylene)	0.00
2. พอลิอะโรเมอร์ (Polyallomer)	0.01
3. พอลิเอทิลีน เอช ดี (Polyethylene, H. D.)	0.01
4. พอลิพรอพิลีน (Polypropylene)	0.01
5. พอลิเอทิลีน แอล ดี (Polyethylene, L. D.)	0.015
6. พอลิสไตรีน (Polystyrene)	0.04
7. พอลิฟีนิลีน ออกไซด์ (Polyphenylene Oxide)	0.06
8. อีพ็อกซี่ (Epoxy)	0.10
9. ซิลิโคน (Silicone)	0.12
10. ฟีน็อกซี่ (Phenoxy)	0.13
11. * พอลิคาร์บอเนต (Polycarbonate)	0.15
12. อะซีทัล (Acetal)	0.22
13. พอลิซัลโฟน (Polysulfone)	0.22
14. อะครีลิก (Acrylic)	0.30
15. ไอโอโนเมอร์ (Ionomer)	0.30
16. อะคริโลไนไตรล์ บิวตะไดอีน สไตรีน (Acrylonitrile Butadiene Styrene)	0.35
17. ไดอัลลิล ฟทาเลท (Diallyl Phthalate)	0.35
18. เมลามีนฟอร์มาลดีไฮด์ (Melamine Formaldehyde)	0.35
19. พอลิไวนิล คลอไรด์ (Polyvinyl Chloride)	0.40
20. พอลิเอสเตอร์ (Polyester)	0.55
21. ฟีนอล ฟอร์มาลดีไฮด์ (Phenol Formaldehyde)	0.60
22. พอลิยูรีเทน (Polyurethane)	0.80
23. ไนลอน (Nylon)	1.50
24. เซลลูโลส อะซีเตท (Cellulose Acetate)	3.80

สีของพลาสติก หมายถึง สีที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติจากวัตถุดิบต่าง ๆ ที่นำมาผ่านกระบวนการผลิตเป็นผงหรือเม็ดพลาสติก จึงทำให้พลาสติกมีหลายสีแตกต่างกันไปในกรณีของพลาสติกพอลิคาร์บอเนต เมื่อเทียบกับพลาสติกอื่นจะมีสีใสมองผ่านได้ (พิชิต เลี่ยมพิพัฒน์. 2536 : 268) ดังตาราง 7

ตาราง 7 ลักษณะสีของพลาสติก

ชนิดของพลาสติก	สี (Color)
1. อะซีทัล (Acetal)	สีน้ำตาลอ่อนทึบแสง
2. อะคริลิก (Acrylic)	ใสเหมือนแก้ว
3. อะคริโลไนไตรล์ บิวตะไดอิน สไตรีน (Acrylonitril Butadiene Styrene)	สีน้ำตาลอ่อนทึบแสง
4. เซลลูโลส อะซีเตท (Cellulose Acetate)	ใสมองผ่านได้
5. ไดอัลลิล ฟทาเลท (Diallyl Phthalate)	สีเทาทึบ
6. อีพ็อกซี่ (Epoxy)	ใสมองผ่านได้
7. ไอโอโนเมอร์ (Ionomer)	ใสมองผ่านได้
8. เมลามีน ฟอรัลดีไฮด์ (Melamine Formaldehyde)	สีเทาทึบ
9. ไนลอน (Nylon)	สีขาวทึบแสง
10. ฟีนอล ฟอรัลดีไฮด์ (Phenol Formaldehyde)	สีเทาดำทึบแสง
11. ฟีน็อกซี่ (Phenoxy)	ใสเหมือนแก้ว
12. พอลิแอลโลเมอร์ (Polyallomer)	สีขาวขุ่นเหมือนนม
13. * พอลิคาร์บอเนต (Polycarbonate)	ใสมองผ่านได้
14. พอลิเอสเตอร์ (Polyester)	ใสมองผ่านได้
15. พอลิเอทิลีน แอล ดี (Polyethylene, L. D.)	สีขาวขุ่นเหมือนนม
16. พอลิเอทิลีน เอช ดี (Polyethylene, H. D.)	สีขาวขุ่นเหมือนนม
17. พอลิฟีนิลิน ออกไซด์ (Polyphenylene Oxide)	สีเทาแกมแดงทึบแสง
18. พอลิพรอพิลีน (Polypropylene)	สีขาวขุ่นเหมือนนม
19. พอลิสไตรีน (Polystyrene)	ใสเหมือนแก้ว
20. พอลิซัลโฟน (Polysulfone)	สีเหลืองอำพันใสมองผ่านได้
21. พอลิยูรีเทน (Polyurethane)	สีเหลืองอำพันทึบแสง
22. พอลิไวนิล คลอไรด์ (Polyvinyl Chloride)	สีฟ้าอ่อนใสมองผ่านได้
23. ซิลิโคน (Silicone)	มีหลายสีเปลี่ยนแปลงได้
24. เททระฟลูออโรเอทิลีน (Tetrafluoroethylene)	สีขาวทึบแสง

2. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับงานขึ้นรูปพลาสติก

งานขึ้นรูปพลาสติกสามารถทำได้หลายรูปแบบ ดังนี้

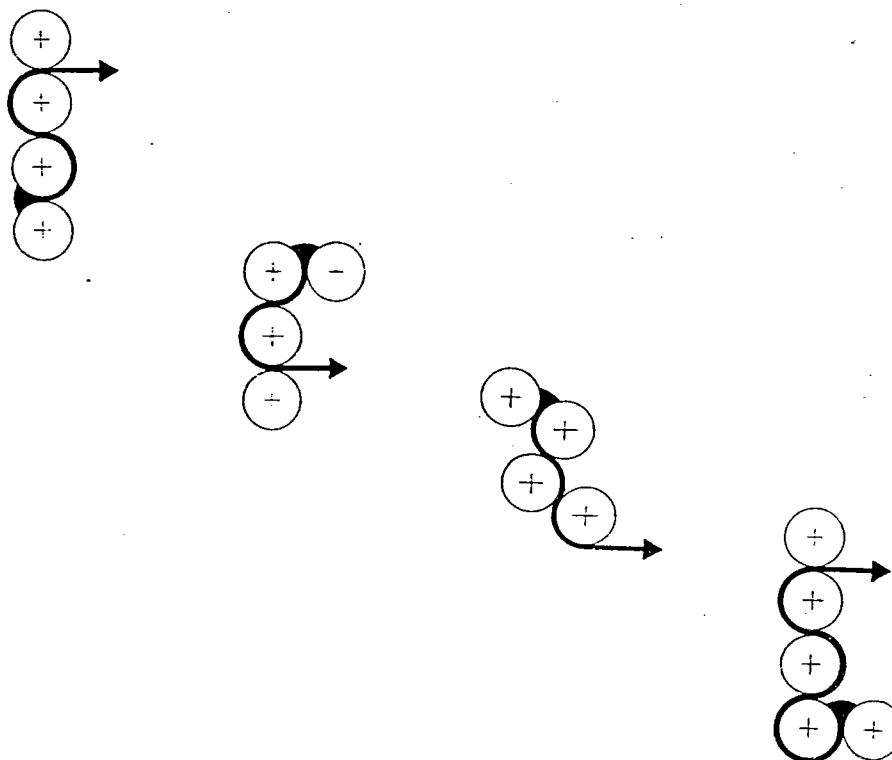
2.1 งานรีด (calendering)

2.2 งานเอ็กทรูชัน (extrusion)

2.3 งานฉีดเป่า (injection blow moulding)

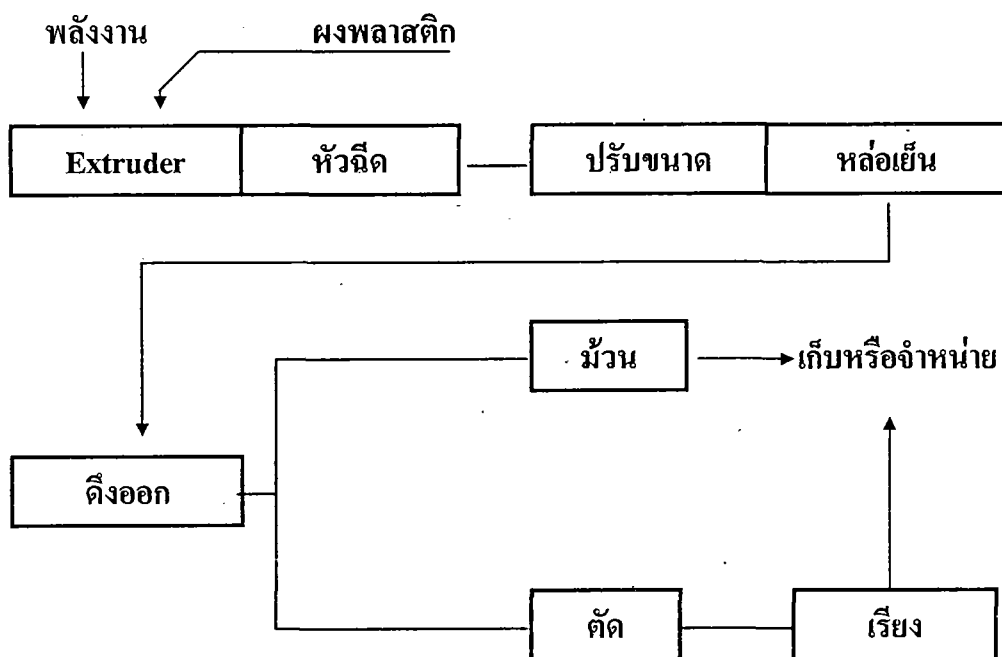
2.4 งานฉีด (injection moulding) ใช้ในงานวิจัย

2.1 งานรีด ในงานพลาสติก หมายถึง งานขึ้นรูปเทอร์โมพลาสติก โดยให้พลาสติกผ่านลูกรีดสองตัวหรือมากกว่าจนได้แผ่นพลาสติกยาวต่อเนื่องกันไม่รู้จักจบ เช่น การผลิตแผ่นฟิล์ม พีวีซี ที่ใช้เป็นวัสดุห่อหุ้มอาหาร การผลิตเป็นแผ่นพลาสติกแข็ง หรือแผ่นพลาสติกอ่อนที่ใช้ในสำนักงาน หรือใช้เป็นวัสดุตกแต่งต่าง ๆ โดยปกติงานรีดพลาสติกจะใช้ลูกรีด 4 ถึง 5 ลูก โดยแบ่งการจัดระเบียบของลูกรีดไว้ 4 แบบ (บรรณเลข ศรนิล. 2535 : 21) ดังภาพประกอบ 10



ภาพประกอบ 10 การจัดระเบียบลูกรีดพลาสติกแผ่น

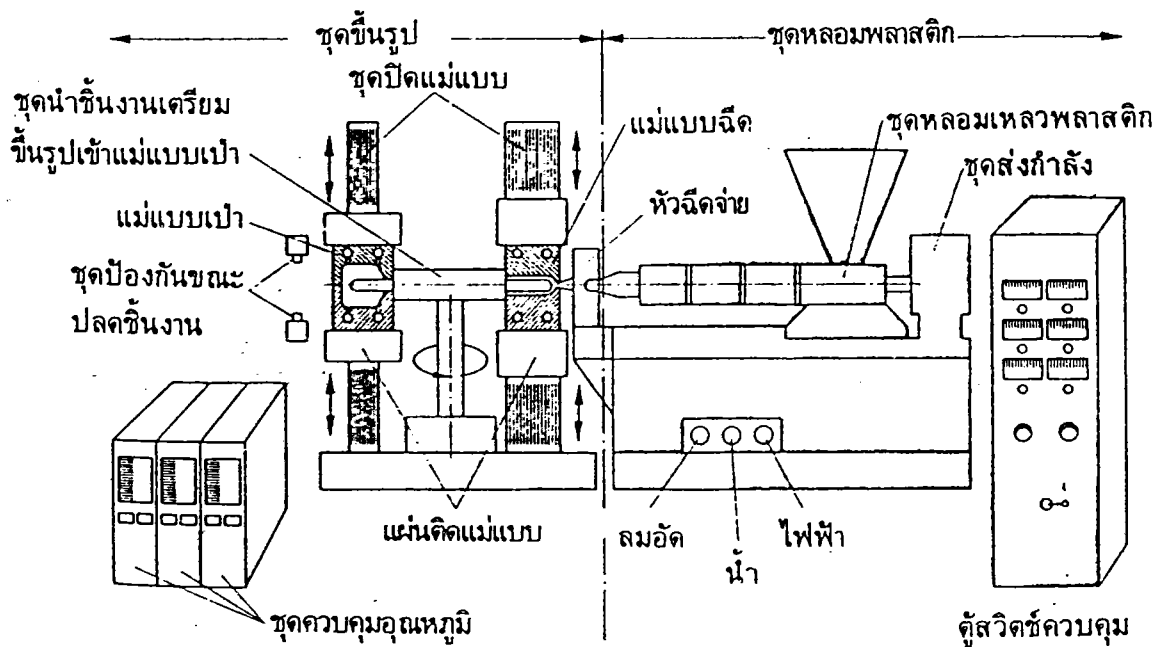
2.2 งานเอ็กทรูชั่น หมายถึง การผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติกที่มีรูปทรงแตกต่างจากพลาสติกแผ่นโดยทั่วไปที่ยาวต่อเนื่องกันไม่รู้จักจบจากสารพลาสติกที่เป็นฝุ่น หรือเป็นเม็ดพลาสติก โดยในการนี้มีเครื่องเอ็กทรูเดอร์ (extruder) เป็นส่วนที่สำคัญที่สุดของขบวนการผลิตในระบบเอ็กทรูชั่น อันประกอบไปด้วยเครื่องปรับขนาดคาร์ลิเบรเตอร์ (calibrator) ชูดหล่อเย็น เครื่องดึง เครื่องม้วน หรือเครื่องตัด (บรรเลง ศรนิล. 2535 : 35) ดังภาพประกอบ 11



ภาพประกอบ 11 หลักการของงานเอ็กทรูชั่น

2.3 งานฉีดเป่า หมายถึง การขึ้นรูปพลาสติกซึ่งมีกรรมวิธีร่วมกันระหว่างงานฉีดและงานเป่า โดยมีข้อดีของงานฉีดเป่าคือ ชิ้นงานไม่มีตะเข็บรอยต่อตรงคอ และกันของภาชนะ นอกจากนี้ยังทำให้ได้ชิ้นงานที่มีความหนาเฉลี่ยแน่นอนและใกล้เคียงกัน ผลิตภัณฑ์จากงานฉีดเป่าส่วนใหญ่จะเป็นภาชนะสำหรับใส่ของเหลวต่าง ๆ เครื่องฉีดเป่า

ประกอบด้วย ชุดหลอมพลาสติกชุดเตรียมขึ้นรูปประกอบอยู่ด้วยกัน และมีชุดเป่าขึ้นรูปติดตั้งอยู่ใกล้ ๆ ดังภาพประกอบ 12



ภาพประกอบ 12 เครื่องฉีดเป่าพลาสติกแบบอัตโนมัติ ด้านซ้ายเป็นแบบเป่าขึ้นรูป ด้านขวาเป็นชุดฉีด (บรรณเลข ธรนิต. 2535 : 157)

2.4 งานฉีด เป็นงานขึ้นรูปพลาสติกที่เลือกใช้ในงานวิจัยนี้

2.4.1 เครื่องฉีดพลาสติก

2.4.2 กรรมวิธีฉีดพลาสติก

2.4.3 ชุดฉีด

2.4.4 การให้ความร้อนและควบคุมอุณหภูมิของการหลอมพลาสติก

2.4.5 หน่วยเปิด - ปิดแม่แบบ

2.4.6 แม่แบบ

2.4.7 การตั้งอุณหภูมิในการฉีดพลาสติก

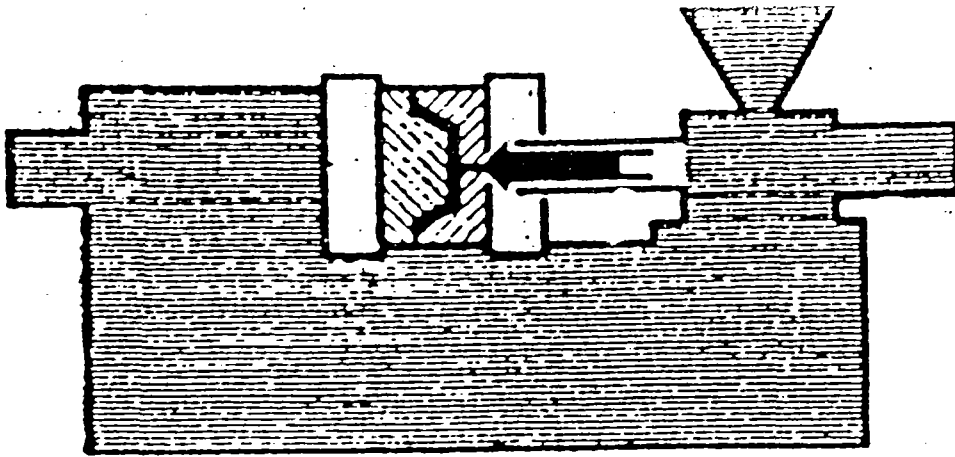
การแปรรูปพลาสติกโดยการฉีดนั้นจะทำจากพลาสติกที่เป็นเม็ดหรือเป็นผงก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับส่วนประกอบของเครื่องฉีดที่จะดัดแปลงให้เหมาะสมกับพลาสติกชนิดต่าง ๆ สำหรับเทอร์โมพลาสติกนั้น เมื่อได้รับความร้อนจะอ่อนตัวแล้วกลายเป็นของเหลวสามารถนำไปแปรรูปได้หลายครั้ง โดยทั่วไปจะเป็นแบบสัณฐานชาติของพลาสติกและแบบผสมสี พร้อมทั้งเติมสารผสมหรือสารนำร่องเพื่อช่วยต่อการฉีด ทำให้พลาสติกเหลวไหลได้ดีขึ้น

เนื่องจากคุณสมบัติของพลาสติกขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ความแข็งแรง จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ลักษณะของการรับภาระและระยะเวลาในการรับภาระ นอกจากนี้ยังมีปัจจัยจากสารเคมี ความชื้น รังสีจากแสงอาทิตย์ และอิทธิพลจากกรรมวิธีการผลิต ดังนั้นก่อนที่จะทำการแปรรูปพลาสติกเป็นผลิตภัณฑ์จึงต้องรู้คุณสมบัติพลาสติกนั้น ๆ ให้แน่ชัดเสียก่อน

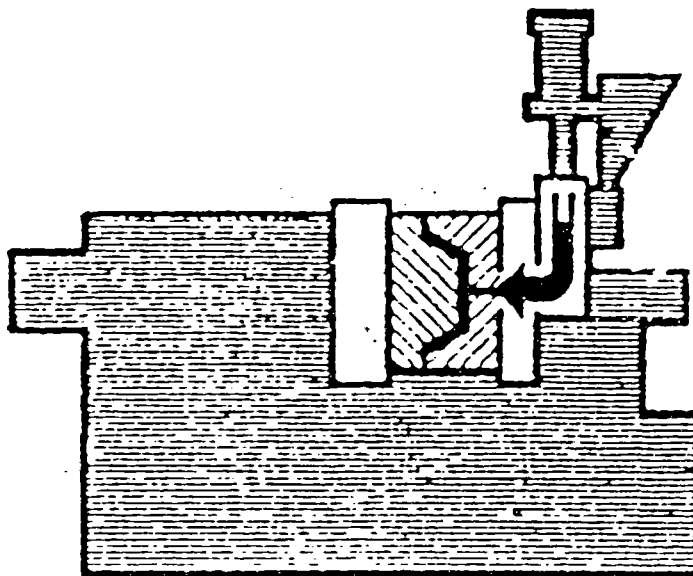
คุณสมบัติที่ดีของพลาสติกคือ มีน้ำหนักน้อย เป็นฉนวนไฟฟ้าและความร้อน ทนทานต่อสารเคมี แปรรูปง่าย แต่ข้อเสียก็มี เช่น มีความแข็งแรงน้อย ใช้ได้ในขนาดจำกัด ขยายตัวมากเมื่อได้รับความร้อน ในงานฉีดนั้นจะทำต่อเมื่อต้องการผลิตชิ้นงานเป็นจำนวนมาก อุณหภูมิที่ใช้ในการฉีดอยู่ระหว่าง 302 - 572 องศาฟาเรนไฮต์ (บรรเลง ศรีนิล. 2535: 69)

2.4.1 เครื่องฉีดพลาสติก แบ่งตามลักษณะของทิศทางการฉีดได้ 4 แบบ

(บรรเลง ศรีนิล. 2535 : 77 - 78) ดังภาพประกอบ 13, 14

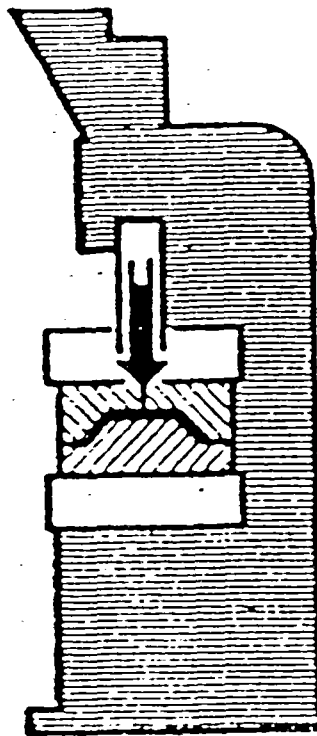


แบบ ก ทำงานตามแนวนอน พลาสติกไหลเข้าแบบเป็นเส้นตรงตามแนวนอน ตั้งฉากกับระนาบของแม่แบบ

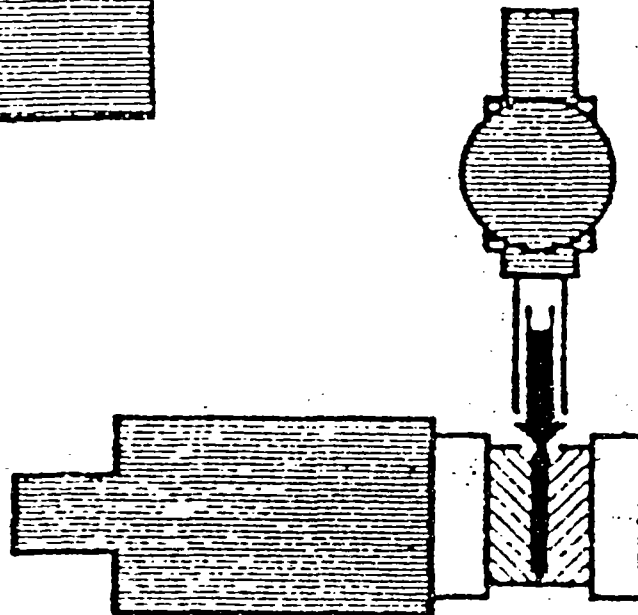


แบบ ข แบบหัวฉีดอยู่ในแนวตั้งแต่พลาสติกไหลเข้าแบบตามแนวนอน โดยพลาสติกเหลวที่ออกจากกระบอกสูบในแนวตั้งแล้วจะเปลี่ยนทิศทางไป 90 องศา ไปอยู่ในแนวนอนไหลเข้าแบบในแนวตั้งฉากกับระนาบของแม่แบบเช่นเดียวกับแบบ ก

ภาพประกอบ 13 (แบบ ก และ ข) ลักษณะของเครื่องฉีดพลาสติกแบบตามทิศทางการฉีด



แบบ ค แบบหัวฉีดทำงานในแนวตั้ง
โดยพลาสติกเหลวจะถูกป้อนลงในแนวตั้ง
เข้าในแม่แบบในแนวตั้งจากกับระนาบเปิด
- ปิดแบบ



แบบ ง แบบหัวฉีดอยู่ในแนวตั้ง พลาสติกไหลเข้าแบบในแนวตั้งจากกับทิศทาง
เปิด - ปิดแบบหรืออยู่ในแนวเดียวกับระนาบของแม่แบบ

ภาพประกอบ 14 (แบบ ค และ ง) ลักษณะของเครื่องฉีดพลาสติกแบบตามทิศทางการฉีด

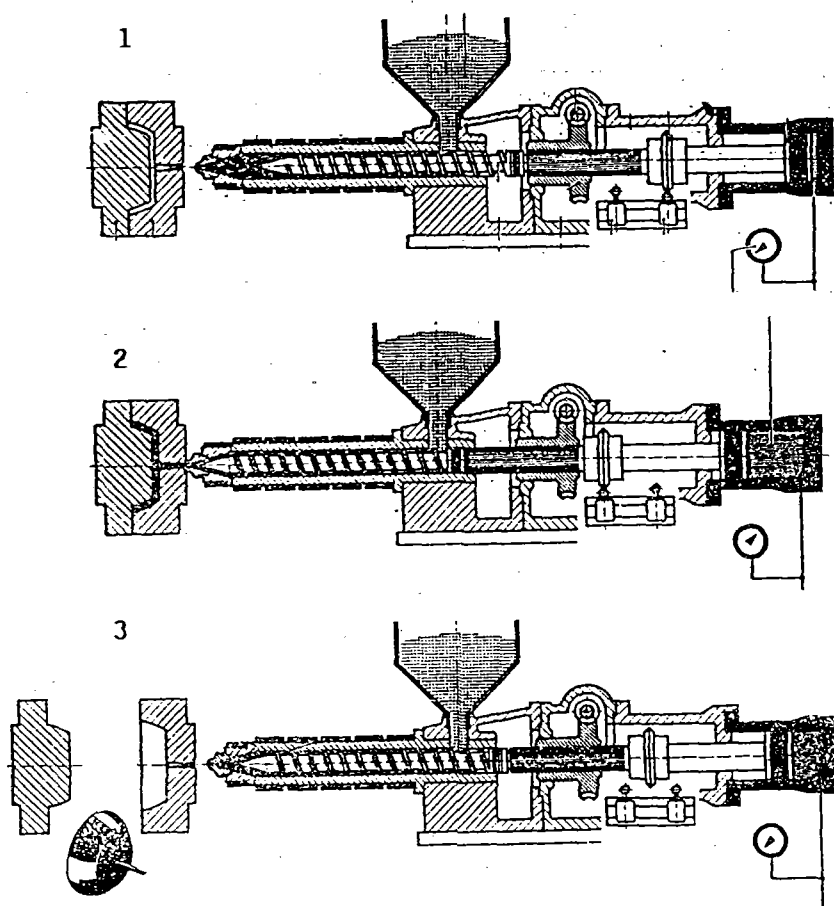
แบบที่ใช้มากที่สุดคือ แบบ ก โดยชุดฉีดและหน่วยเปิด - ปิดแบบอยู่ในทิศทางเดียวกัน

แบบ ข เป็นการออกแบบพิเศษในกรณีที่การทำงานปกติไม่สะดวก

แบบ ค และ ง โดยปกติจะออกแบบไว้สำหรับการฉีดหุ้มชิ้นส่วนที่เป็นโลหะ เช่น ค้ำมมีด ค้ำมไขควง ฯลฯ (บรรเลง ศรีนิล. 2535 : 77 - 78)

2.4.2 กรรมวิธีฉีดพลาสติก

พลาสติกซึ่งอาจจะเป็นเม็ดหรือผงในกรวยเติมจะถูกเกลียวหนอนหมุนส่งไปยังด้านหน้าของกระบอกสูบ ซึ่งมีแผ่นความร้อนหรือน้ำมันร้อนหุ้มอยู่ จะทำให้พลาสติกหลอมเหลว จากนั้นเกลียวหนอนจะเคลื่อนที่ดันพลาสติกผ่านหัวฉีดไปเข้าแม่แบบซึ่งปิดอยู่ หลังจากนั้นแม่แบบซึ่งหล่อเย็นอย่างดียิ่งจะทำให้ชิ้นงานเย็นและแข็งตัว สามารถถอดออกจากแม่พิมพ์ได้ในระยะเวลาอันสั้น ดังภาพประกอบ 15



ภาพประกอบ 15 กรรมวิธีฉีดพลาสติก

จังหวะในรูปที่ 1 แม่แบบปิด การหลอมพลาสติกสิ้นสุด

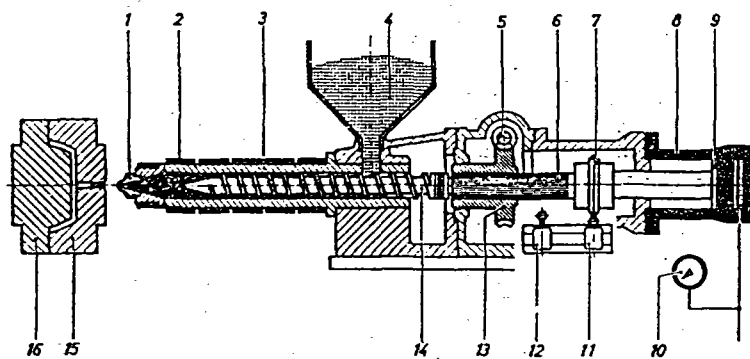
จังหวะในรูปที่ 2 การฉีดพลาสติกเหลวสิ้นสุด

จังหวะในรูปที่ 3 แม่แบบเปิด ชิ้นงานถูกปลดออก

(บรรเลง ศรีนิล. 2535 : 78)

2.4.3 ชุดฉีด

จังหวะการทำงานของชุดฉีดพลาสติกก็คือ พลาสติกจากกรวยเดิมเข้าหลอมในกระบอกสูบ ทำการอัดพลาสติกเหลวเข้าแบบ หลังจากชิ้นงานเข้าแบบและเย็นตัวจนปลดออกจากแบบได้แล้ว ก็จะนำพลาสติกใหม่เข้าหลอมในกระบอกสูบเพื่อรอจังหวะฉีดต่อไป ดังภาพประกอบ 16



ภาพประกอบ 16 ชุดฉีด

ชุดฉีดมีส่วนประกอบดังนี้

- | | |
|--|--|
| 1. หัวฉีด | 2. Heaterแผ่นความร้อนมีหน้าที่ทำให้เม็ดหรือผลพลาสติกหลอมเหลว |
| 3. กระบอกสูบหลอมพลาสติก | 4. กรวยเดิมพลาสติก |
| 5. เพลาเฟืองหนอนสำหรับทดความเร็วส่งกำลังให้เกลียวหนอนเคลื่อนที่ตามแนวแกน | 6. เพลา สปีลน์ (spline) สำหรับส่งกำลังให้เกลียวหนอนเคลื่อนที่ตามแนวแกน |
| 7. แ่งสำหรับกด ลิมิต สวิตช์ (limit switch) | 8. กระบอกสูบไฮดรอลิกส์ |

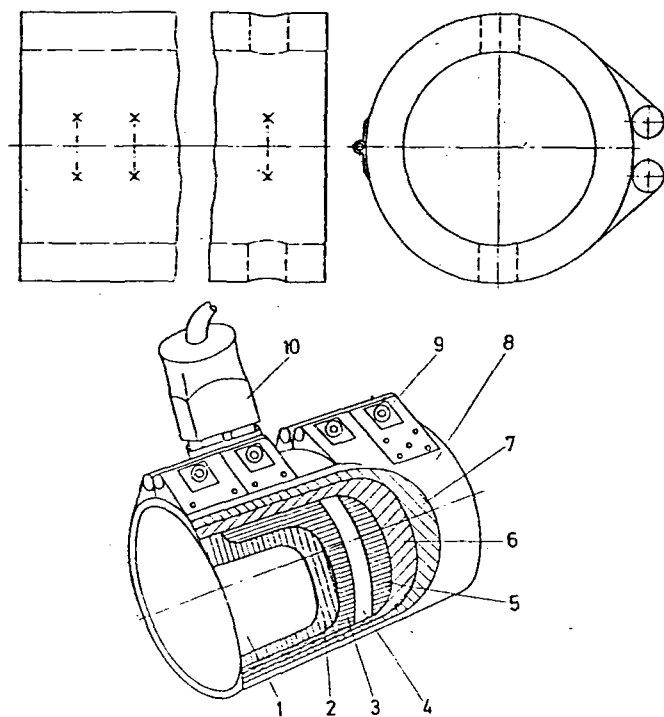
- | | |
|---|---|
| 9. ลูกสูบไฮดรอลิกส์ | 10. เกจวัดความดัน |
| 11. ลิ้มิต สวิทช์ (limit switch)
สำหรับตั้งปริมาณพลาสติก
ที่จะฉีดแต่ละครั้ง | 12. ลิ้มิต สวิทช์ (limit switch)
ตั้งระยะเดินหน้าของลูกสูบ |
| 13. เฟืองหนอน | 14. เพลาเกลียวหนอน |
| 15. แม่แบบด้านฉีดเข้า (อยู่กับที่) | 16. แม่แบบด้านเคลื่อนที่ |

(บรรเลง ศรีนิล. 2535 : 79)

2.4.4 การให้ความร้อนและควบคุมอุณหภูมิของการหลอมพลาสติก

การให้ความร้อนในเครื่องฉีดพลาสติกนั้นจะใช้ไฟฟ้าเกือบทั้งหมด

ความร้อนที่ออกจากลวดความร้อนไฟฟ้า สามารถจะส่งผ่านไปยังวัสดุที่ต้องการทำให้ร้อนได้ทุกส่วนและเพื่อให้ได้อุณหภูมิคงที่ในช่วงที่ต้องการให้ความร้อนจะทำได้โดยการควบคุมฮีตเตอร์ (heater) ไฟฟ้า และจะต้องหาขนาดของฮีตเตอร์ (heater) ให้เหมาะสมกับขนาดของ เครื่องด้วย ดังภาพประกอบ 17



ภาพประกอบ 17 ฮีตเตอร์ (heater) ไฟฟ้าสำหรับให้ความร้อนกระบอกสูบฉีดพลาสติก

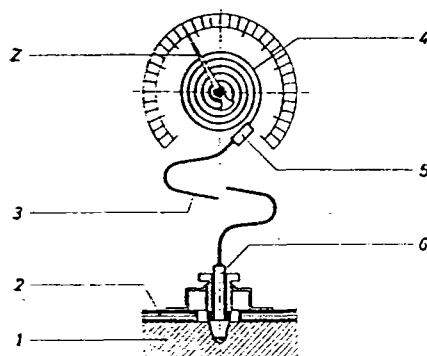
กระบอกสูบฉีดพลาสติก มีส่วนประกอบดังนี้

- | | |
|-------------------|------------------------------|
| 1. ผนังโลหะด้านใน | 2. ฉนวนไมเคไนท์ (micanite) |
| 3, 5 ลวดความร้อน | 4, 6 ฉนวนไมเคไนท์ (micanite) |
| 7. แผ่นโลหะคั่น | 8. ผิวโลหะด้านนอก |
| 9. สกรูขันประกอบ | 10. ปลั๊กเสียบ |

(บรรเลง ศรีนิล. 2535 : 96 - 98)

การควบคุมอุณหภูมิของการหลอมพลาสติก เนื่องจากพลาสติกส่วนใหญ่มีช่วงอุณหภูมิหลอมตัวสำหรับฉีดเข้าแบบแคบมาก จึงจำเป็นต้องมีการวัดและควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในช่วงที่พอเหมาะตลอดเวลา เพราะถ้าร้อนเกินไปจะทำให้พลาสติกไหม้และถ้าเย็นเกินไปจะทำให้ความหนืดสูงมากจนวิ่งเข้าแบบได้ไม่เต็มที่

สำหรับอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิที่ใช้กับเครื่องฉีดพลาสติกมีหลายแบบ เช่น แบบเทอร์โมมิเตอร์ของเหลวแบบมีเข็ม แบบใช้เทอร์โมคลิเมนต์ (thermoclement) โฟโตเซลล์ (photo cell) แบบอินดักชั่น (induction) และแบบใช้อิเล็กทรอนิกส์ ฯลฯ ในที่นี้จะแสดงเฉพาะแบบที่ใช้กับเครื่องฉีดที่ใช้ในการวิจัยเท่านั้น คือแบบเทอร์โมมิเตอร์ของเหลวแบบมีเข็ม ดังภาพประกอบ 18



ภาพประกอบ 18 เทอร์โมมิเตอร์ของเหลวแบบมีเข็มชี้บอกอุณหภูมิ

เทอร์โมมิเตอร์ของเหลวแบบมีเข็มชี้บอกอุณหภูมิ มีส่วนประกอบดังนี้

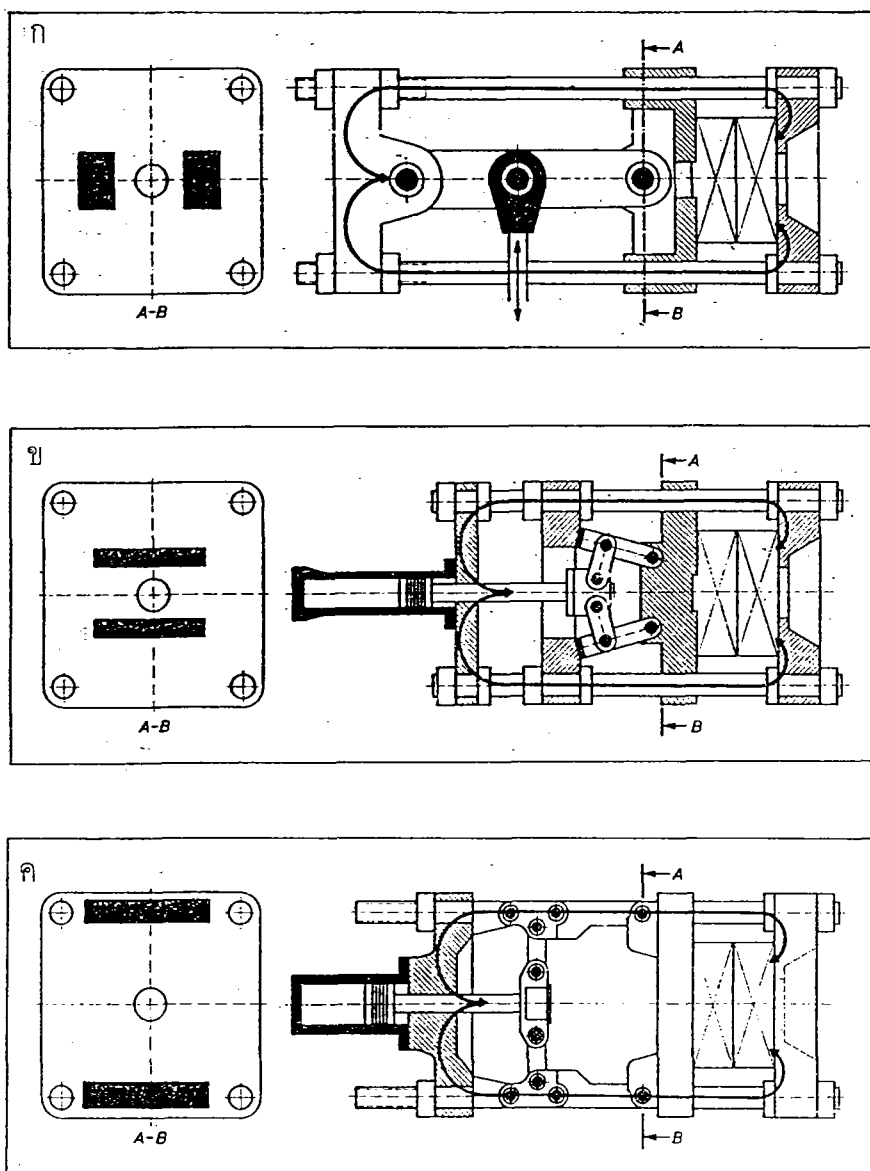
- | | |
|---------------------------|----------------------|
| 1. ผิวกระบอกสูบฉีดพลาสติก | 2. ฮีตเตอร์ (heater) |
| 3. ท่อเล็ก | 4. ท่อสปริง |

5. หัวต่อ

6. แท่งกระเปาะรับความร้อน

2.4.5 หน่วยเปิด - ปิด แม่แบบ

หน่วยเปิด - ปิด แม่แบบ ทำหน้าที่เคลื่อนที่เปิดและปิดแม่แบบ โดยปกติจะมีสองฝาประกบกัน โดยด้านที่ฉีดพลาสติกเข้าจะเป็นด้านอยู่กับที่และอีกด้านหนึ่งจะทำหน้าที่เคลื่อนไหวเปิด - ปิด ฝาประกบทั้งสองจะประกบอยู่กับแผ่นติดแม่แบบที่ติดมากับเครื่องฉีดพลาสติกโดยทั่ว ๆ ไป ดังภาพประกอบ 19



ภาพประกอบ 19 แสดงลักษณะการกระทำของแรงอัดปิดแม่แบบของชุดเปิด - ปิด แม่แบบระบบปิดด้วยกลไกร่วม (interlocking)

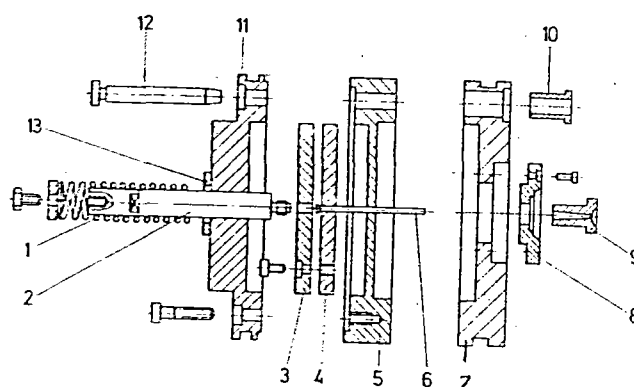
แบบ ก ระบบคานล้อย่างง่ายซึ่งใช้ไฮดรอลิกส์หรือมอเตอร์ไฟฟ้าเป็นตัวส่งกำลังเคลื่อนไหว

แบบ ข ระบบกระเดื่องล้อย ใช้ไฮดรอลิกส์ส่งกำลังขับเคลื่อน

แบบ ค ระบบคานล้อยกู่ ใช้ไฮดรอลิกส์ส่งกำลังขับเคลื่อน

2.4.6 แม่แบบ (Mould)

พลาสติกมีคุณสมบัติพิเศษที่สามารถแปรรูปเป็นรูปร่างอย่างไรก็ได้ตามต้องการ โดยในการแปรรูปนี้จะต้องมีแม่แบบเป็นตัวทำให้เกิดรูปทรงของชิ้นงาน ดังภาพประกอบ 20



ภาพประกอบ 20 ชิ้นส่วนประกอบหลัก ๆ ของแม่แบบฉีดพลาสติกที่สามารถถอดเปลี่ยนได้

แม่แบบฉีดพลาสติกที่สามารถถอดเปลี่ยนได้ มีส่วนประกอบดังนี้

1. สปริงดันสลักดันปลดชิ้นงานกลับ
2. สลักดันปลดชิ้นงาน
- 3, 4 แผ่นประกอบแท่งยันปลดชิ้นงาน
- 5, 7 แผ่นประกอบแม่แบบ
6. แท่งยันปลดชิ้นงาน
8. แผ่นประกอบหัวนำฉีด
9. หัวนำฉีด สปริง บูช (sprue bush)

10. ปลอกนำเลื่อน
11. แผ่นฐานของแม่แบบ
12. สลักนำเลื่อน
13. แผ่นประคองศูนย์

(บรรเลง ศรีนิล. 2535 : 107)

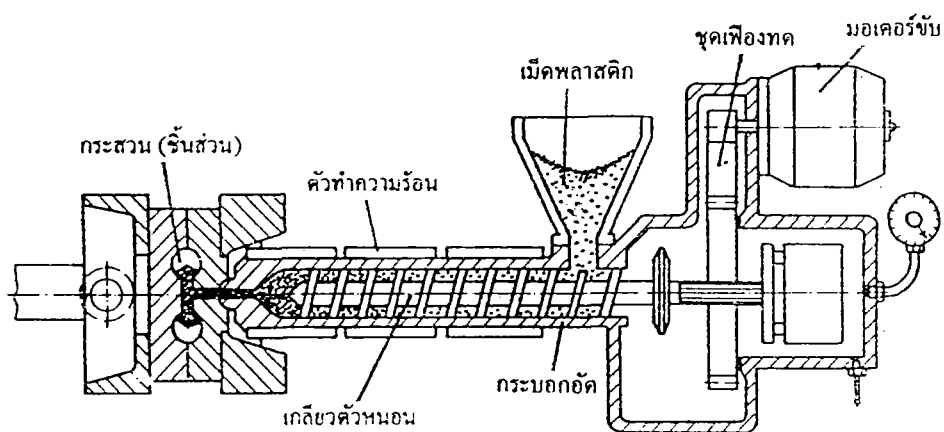
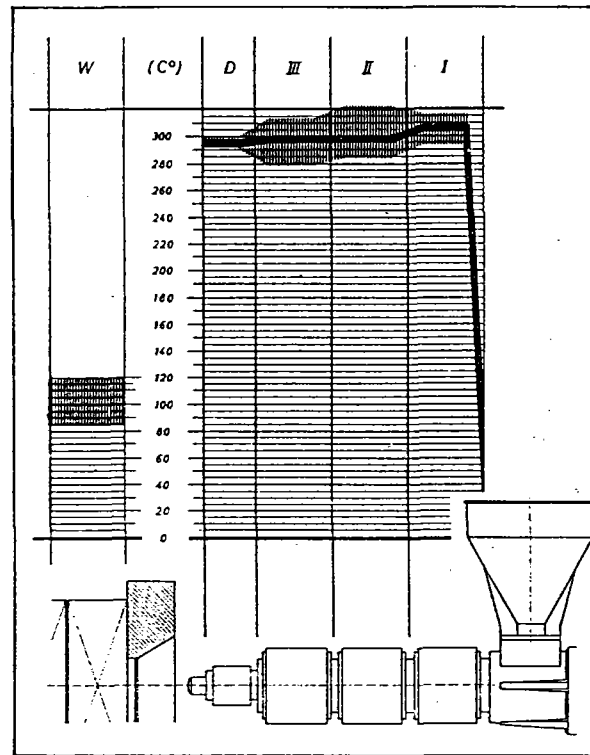
2.4.7 การตั้งอุณหภูมิในการฉีดพลาสติก

ในการฉีดเทอร์โมพลาสติกนั้น เนื่องจากช่วงการหลอมตัวของพลาสติกค่อนข้างจะแคบ นั่นคือถ้าอุณหภูมิสูงเกินไปพลาสติกจะสลายตัว ถ้าต่ำเกินไปพลาสติกจะมีความฝืดมาก ไหลเข้าแบบได้ไม่สะดวก ดังนั้นการควบคุมอุณหภูมิในช่วงต่าง ๆ ระหว่างทำการหลอมและฉีดพลาสติกจึงมีความสำคัญมาก การตั้งอุณหภูมิที่จุดต่าง ๆ ของเครื่องจะทำได้ โดยการตั้งที่ตัวควบคุมอุณหภูมิของฮีตเตอร์ (Heater) แต่ละตัวที่หุ้มกระบอกสูบอยู่ สำหรับแม่แบบนี้ก็จำเป็นจะต้องรักษาอุณหภูมิให้พอดีด้วย ถ้าอุณหภูมิสูงเกินไปก็จะทำให้ไม่สามารถเปิดแบบได้เร็วทำให้จังหวะการฉีดช้า แต่ถ้าอุณหภูมิต่ำเกินไปก็จะทำให้การเย็นตัวของพลาสติกที่ต้องวิ่งไปเข้าแบบเป็นระยะทางไกล ๆ อาจทำให้พลาสติกเหลวเย็นตัวจนมีความหนืดสูงไม่สามารถวิ่งเข้าแบบท้ายได้เต็มแบบ การควบคุมอุณหภูมิของแม่แบบจะทำได้โดยการปรับวาล์วน้ำหล่อเย็นแม่แบบ (บรรเลง ศรีนิล. 2535 : 145)

ดังตาราง 8 และภาพประกอบ 21

ตาราง 8 แสดงค่าอุณหภูมิในช่วงต่าง ๆ ของการฉีดพอลิคาร์บอเนต

W = แม่แบบ D = หัวฉีด



ภาพประกอบ 21 เครื่องฉีดพลาสติกอุณหภูมิที่เลือกใช้ในงานวิจัย

ช่วงเวลาฉีด เริ่มต้นตั้งแต่ลูกสูบหรือเกลียวนอน ซึ่งขณะนี้ทำหน้าที่เป็นลูกสูบเริ่มอัดพลาสติกเข้าแม่แบบจนถึงระยะสุดด้านหน้า

ช่วงเวลาของการรักษาความดัน เนื่องจากพลาสติกเหลวขณะฉีดเข้าแบบนี้ยังร้อนและเหลวอยู่ ถ้าไม่รักษาความดันเอาไว้ พลาสติกจะดันย้อนกลับออกจากแบบและนอกจากนั้นขณะที่พลาสติกเย็นตัวลงนี้จะมีการหดตัว จึงจำเป็นต้องรักษาความดันอัดเพิ่มเติมเอาไว้เพื่อให้พลาสติกไปชดเชยได้เต็มที่ชั่วขณะหนึ่งจนกว่าพลาสติกจะคงตัว

ช่วงเวลาเติมพลาสติก เมื่อพลาสติกในแม่แบบคงตัวแล้วก็จะลดความดันในกระบอกสูบและแม่แบบได้ ในช่วงนี้จะหมุนเกลียวนอนให้พลาสติกจากกรวยเติมเข้ามาในกระบอกสูบ ทำการหลอมเหลวเพื่อเตรียมฉีดในจังหวะต่อไป

ช่วงเวลาถอยหัวฉีดกลับ เพื่อให้สะดวกในการปลดชิ้นงานและตัดชิ้นงานออกรวมไปถึงการป้องกันการสันสะท้อนในจังหวะเปิด - ปิด แม่แบบ จึงต้องถอยหัวฉีดหรือชุดฉีดทั้งชุดออกห่างจากแม่แบบ

ช่วงเวลาเปิดแบบ ในการเปิดแบบออกเพื่อปลดชิ้นงานจะเริ่มทันทีที่ถอยหัวฉีดออกห่างจากแม่แบบ

ช่วงเวลาปลดชิ้นงาน เมื่อแบบเปิดออกจะต้องมีการทำงานปลดชิ้นงานด้วยระบบกลไกต่าง ๆ ผลักดันให้ชิ้นงานหลุดออกมา ระยะเวลาที่ใช้จะยาวหรือสั้นขึ้นอยู่กับลักษณะและรูปทรงของชิ้นงานและการแยกชิ้นงานออก

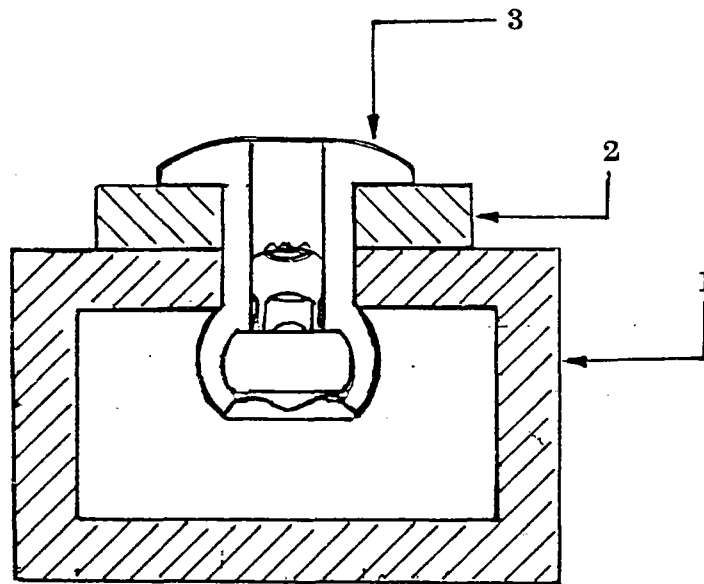
ช่วงเวลาปิดแบบ เมื่อปลดชิ้นงานเรียบร้อยแล้วก็ต้องเดินแม่แบบเข้าประกบกันเพื่อรอจังหวะฉีดต่อไป ทั้งนี้ต้องระวังความเรียบร้อยภายในแบบ เช่น ต้องไม่มีเศษพลาสติกค้างอยู่ เป็นต้น

ช่วงเวลาเดินหัวฉีดเข้า เมื่อแม่แบบปิดสนิทก็สามารถเดินหัวฉีดเข้าหาแม่แบบเพื่อฉีดในจังหวะต่อไปได้ทันที

ช่วงเวลาหล่อเย็น โดยปกติแม่แบบจะมีการหล่อเย็นอยู่แล้วอย่างต่อเนื่อง ในการรักษาอุณหภูมิแม่แบบให้พอดี ทันทีที่พลาสติกวิ่งเข้าแม่แบบ การระบายความร้อนออกจากพลาสติกก็จะเริ่มขึ้นและจะไปสิ้นสุดเอาเมื่อพลาสติกคงตัว พร้อมทั้งจะเปิดแบบปลดชิ้นงานได้ (บรรเลง ศรีนิล, 2535 : 154 - 155)

3. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับหมุดย้ำ

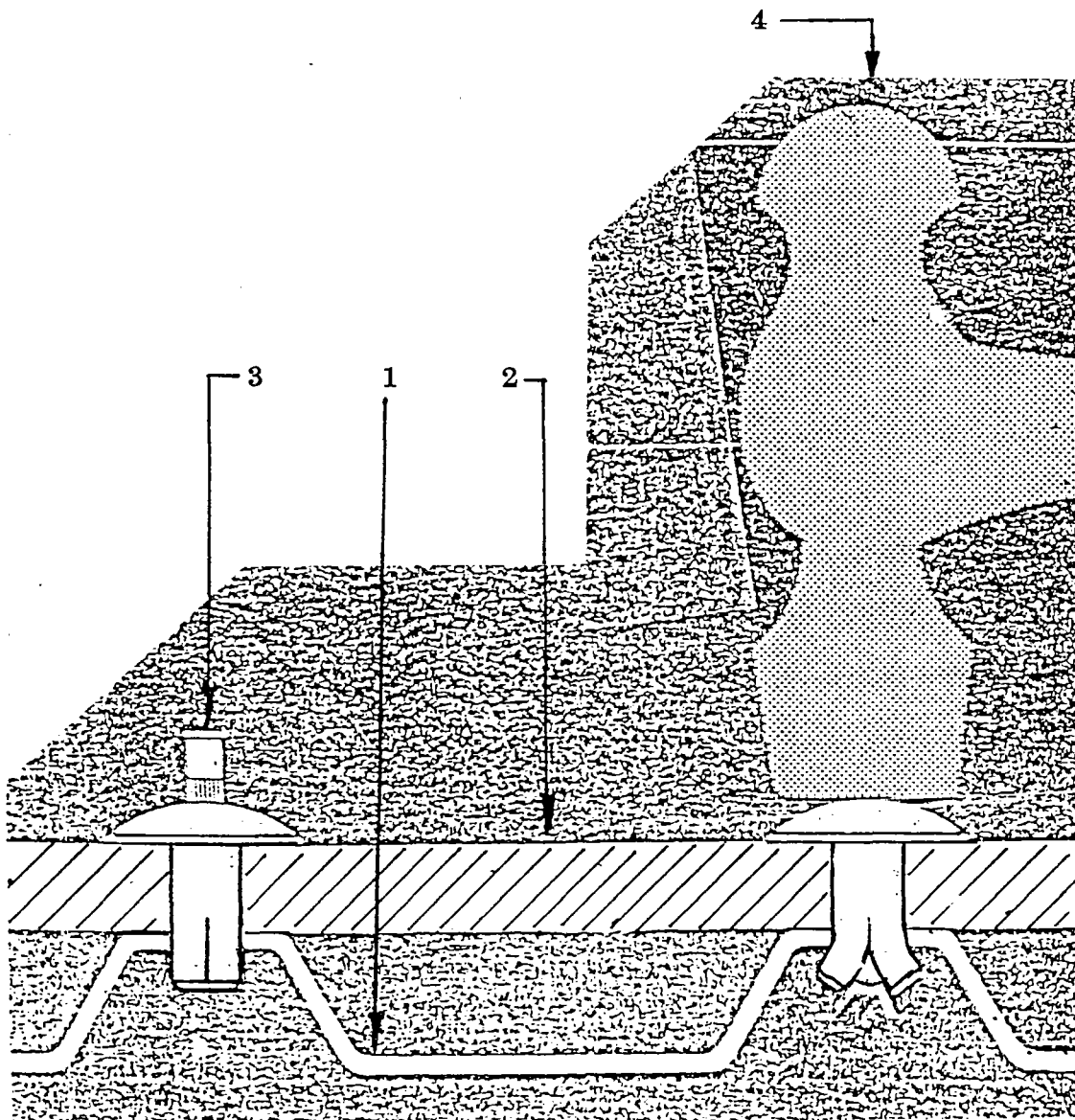
3.1 ความหมายของหมุดย้ำ หมายถึง วัสดุหมุดย้ำที่ใช้ยึดประกอบชิ้นงานที่มีลักษณะเป็นแผ่นตั้งแต่ 2 ชิ้นขึ้นไปเข้าด้วยกัน ดังภาพประกอบ 22 และ 23



ภาพประกอบ 22 การยึดประกอบของ พ็อพ ริเว็ต

1. ภาพหน้าตัดชิ้นงานที่เป็นโครงสร้างหลัก
2. ภาพหน้าตัดชิ้นงานที่นำมาประกอบยึดกับโครงสร้างหลัก
3. ภาพหน้าตัดของหมุดย้ำ พ็อพ ริเว็ต ที่แสดงให้เห็นลักษณะในการยึดประกอบชิ้นงานทั้งสองเข้าด้วยกัน

(เอ็น พี อาร์. 1992 : 1)



ภาพประกอบ 23 การยึดประกอบของ ไครฟ์ รีเว็ต

1. โครงสร้างหลัก
2. ชั้นงานที่นำมายึดประกอบกับโครงสร้างหลัก
3. หมุดย้า ไครฟ์ รีเว็ต ในสภาพปกติ
4. หมุดย้า ไครฟ์ รีเว็ต ในสภาพที่ก้านทูลถูกทูลด้วยหมอนแล้วไปแบ่งที่ปลายของหมุดย้าให้บานออกรัดชั้นงาน

(Avdel. nd. unpagel.)

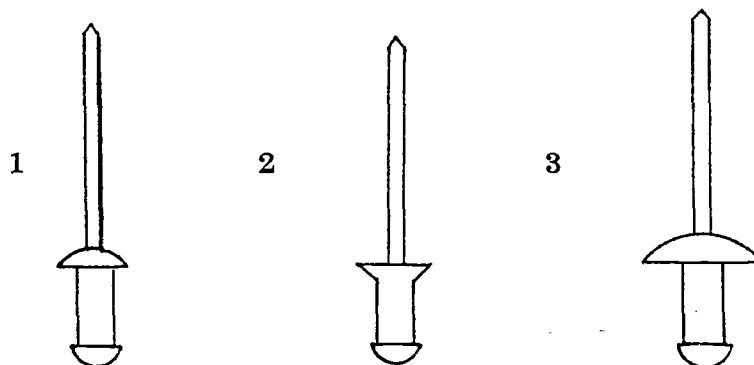
3.2 ประเภทของหมุดย้ำ พ็อพ ริเว็ต และ ไดรฟ์ ริเว็ต แบ่งเป็น

2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

3.2.1 ตามลักษณะส่วนหัวของหมุดย้ำ

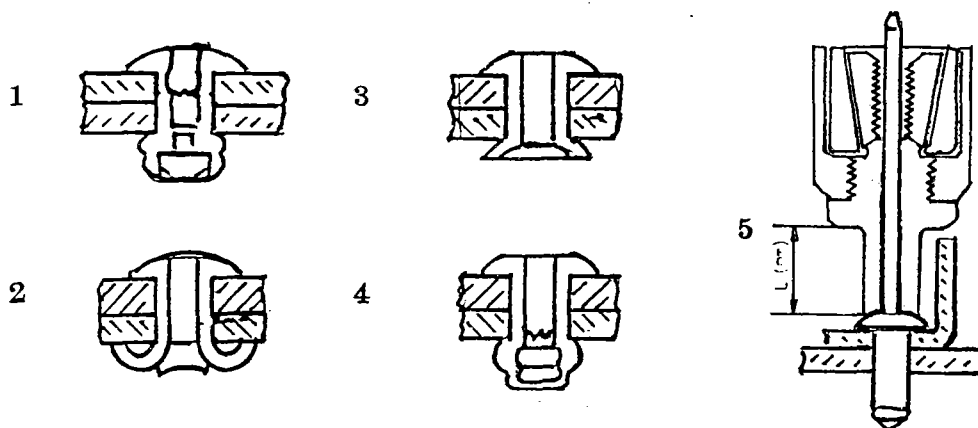
3.2.2 ตามลักษณะการใช้งาน

ดังภาพประกอบ 24 และ 25



ภาพประกอบ 24 แสดงลักษณะส่วนหัวของ พ็อพ ริเว็ต

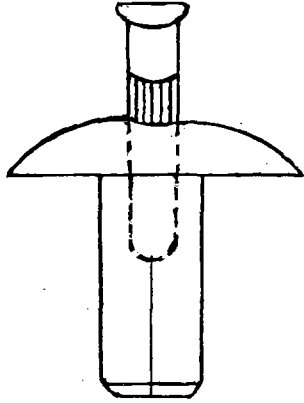
1. หมุดย้ำหัวกลม
2. หมุดย้ำหัวฝักรหรือหัวเรียบ
3. หมุดย้ำหัวมีรัศมีกว้าง



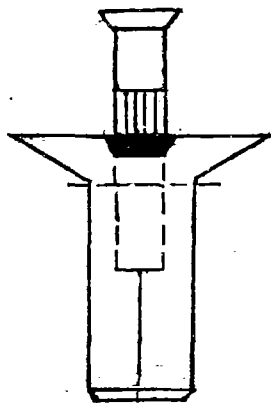
ภาพประกอบ 25 แสดงลักษณะการใช้งานของ พ็อพ ริเว็ต

1. ใช้กับงานที่กันน้ำเข้า
2. ใช้กับงานที่อ่อน เช่น พลาสติก ไฟเบอร์
3. ใช้กับงานที่มีพื้นที่ด้านในแคบ
4. ใช้กับงานที่มีความหนาบางไม่เท่ากัน
5. ใช้กับงานที่มีลักษณะเป็นฉาก

ชนิดหัวกลม

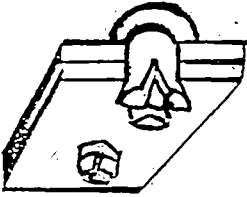
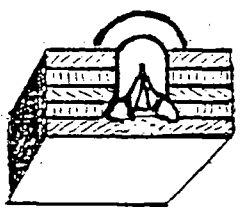
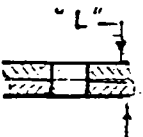
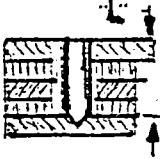
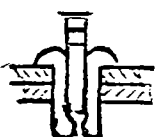
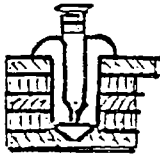


ชนิดหัวเรียบ



ภาพประกอบ 26 แสดงลักษณะส่วนหัวของ ไดรฟ์ รีเวิร์ต

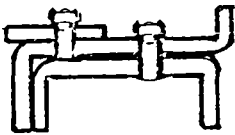
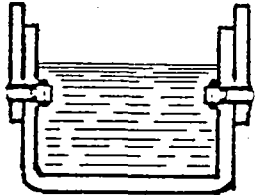
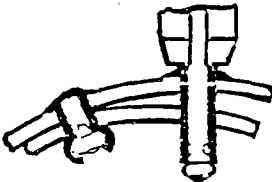
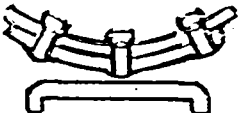
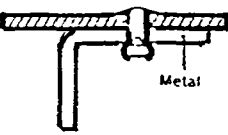
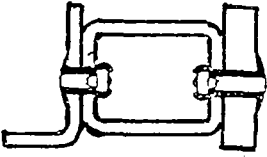
ไครฟ์ รีเว็ต แสดงลักษณะการใช้งาน (Avdel. nd. unpaged) ดังภาพประกอบ 27

 การประกอบยึดวัสดุชนิดแผ่นเข้าด้วยกัน	 การประกอบยึดวัสดุชนิดแผ่นเข้ากับไม้ อิฐ หรือ คอนกรีต
 เลือกหมุดย้ำที่เหมาะสม - ระยะเกาะยึดของหมุดย้ำ จะต้องมีความเท่ากับความหนาของชิ้นงาน รวมกัน	 เลือกระยะเกาะยึดที่เหมาะสม - ระยะเกาะยึดเมื่อ ต้องการยึดวัสดุแผ่นกับวัสดุอื่น ๆ นั้น คือระยะ "L" ซึ่งจะรวมความหนาของวัสดุแผ่นและความลึกของรู
 การใส่หมุดย้ำ - บริเวณปีกส่วนหัวของหมุดย้ำต้อง แนบสนิทกับผิวหน้าของชิ้นงาน	 การใช้หมุดย้ำ - บริเวณปีกส่วนหัวของหมุดย้ำต้อง แนบสนิทกับผิวหน้าของวัสดุแผ่น
 การย้ำหมุด - ส่วนปลายของหมุดย้ำจะบานออก รัศมีชิ้นงาน เมื่อสลักของหมุดย้ำถูกทุบลงไปให้ เรียบเสมอกับส่วนหัวของหมุดย้ำ	 การย้ำหมุด - ส่วนปลายของหมุดย้ำจะบานออกยึด ชิ้นงานเข้าด้วยกันอย่างแน่นหนาโดยไม่ไถลออกมาจากวัสดุ

ภาพประกอบ 27 ลักษณะการใช้งานของ ไครฟ์ รีเว็ต

3.3 คุณสมบัติทั่วไปของหมุดย้ำ พ็อพ ริเว็ต และ ไดรฟ์ ริเว็ต

(เอ็น พี อาร์. 1992 : 1 - 2) ดังภาพประกอบ 28

 การยึดประกอบด้านเดียวกัน	 ป้องกันน้ำรั่วซึมออกได้
 มีความต้านทานต่อการสั่นสะเทือน	 มีความแข็งแรงในการยึดประกอบ
 ใช้ได้สะดวกในทุกทิศทาง	 ใช้ได้แม้ในพื้นที่จำกัด
 ใช้ยึดประกอบวัสดุต่างชนิดกันได้	 ใช้ยึดประกอบชิ้นงานที่หนาไม่เท่ากัน

ภาพประกอบ 28 ลักษณะการยึดประกอบของ พ็อพ ริเว็ต และ ไดรฟ์ ริเว็ต

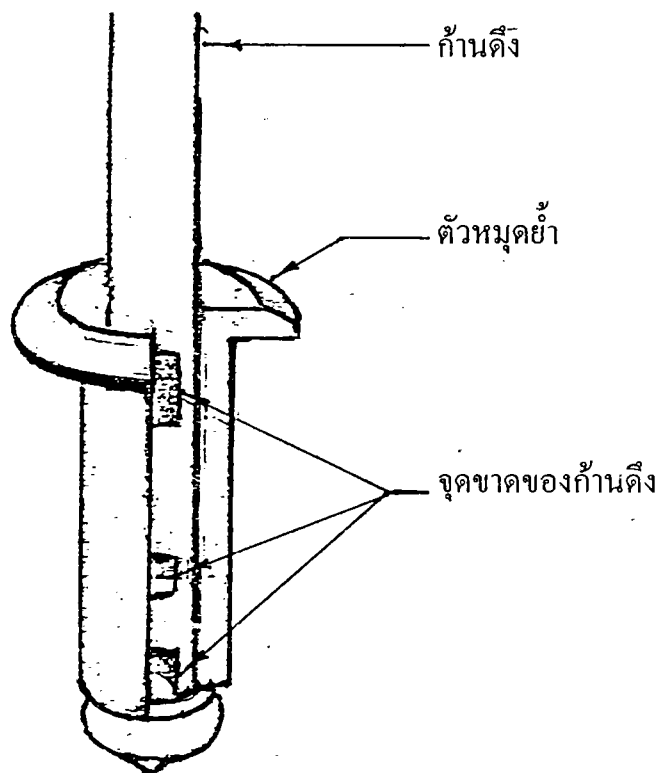
3.4 โครงสร้างของหมุดย้ำ พ็อพ ริวิต และ ไดรฟ์ ริวิต

พ็อพ ริวิต ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ (เอ็น พี อาร์. 1992)

3.4.1 ส่วนของก้านดิ่ง

3.4.2 ส่วนของตัวหมุดย้ำ

ดังภาพประกอบ 29



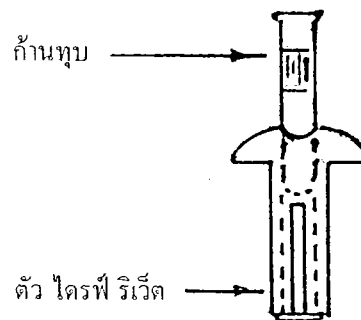
ภาพประกอบ 29 โครงสร้างของ พ็อพ ริวิต

ไครฟ์ ริเวต ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ

3.4.1 ส่วนของก้านทูป

3.4.2 ส่วนของตัว ไครฟ์ ริเวต

ดังภาพประกอบ 30

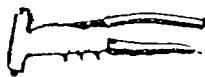
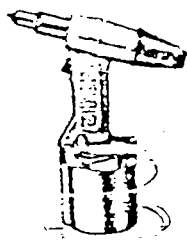
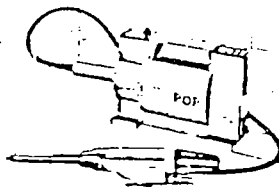


ภาพประกอบ 30 โครงสร้างของ ไครฟ์ ริเวต

3.5 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ร่วมกับ พ็อพ ริเวต และ ไครฟ์ ริเวต

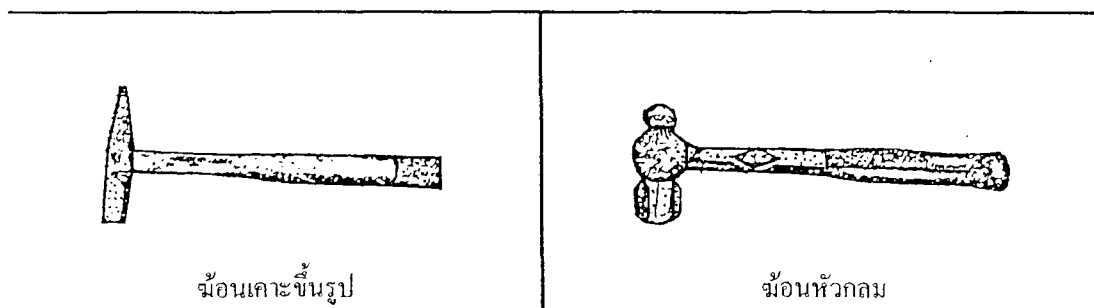
ดังภาพประกอบ 31

พ็อพ ริเวต

		
แบบใช้มือบีบที่ค้ำ	แบบใช้มือจับค้ำโยกเข้า - ออก	แบบใช้มือจับยึดเข้า - ออก
		
แบบใช้กำลังลมอัด	แบบใช้กำลังลมอัด	

ภาพประกอบ 31 เครื่องมือดึง พ็อพ ริเวต ชนิดต่าง ๆ

ไครฟ์ ริเว็ต ใช้เครื่องมือเพียงอย่างเดียวคือฆ้อน สำหรับทุบก้านลงไปเท่านั้น
 ดังภาพประกอบ 32



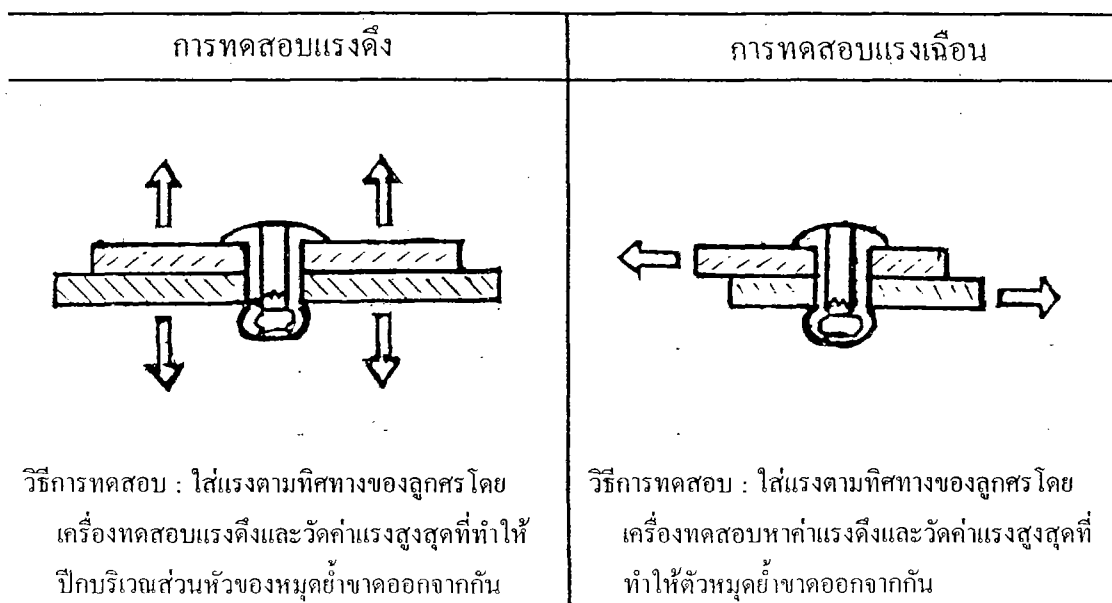
ภาพประกอบ 32 เครื่องมือที่ใช้กับ ไครฟ์ ริเว็ต

3.6 การทดสอบคุณสมบัติทางกลของหมุดย้ำประเภท พ็อพ ริเว็ต และ
 ไครฟ์ ริเว็ต ใช้วิธีทดสอบเหมือนกันเพียง 2 วิธีเท่านั้นคือ (เอ็น พี อาร์. 1992 : 15)

3.6.1 การทดสอบแรงดึง

3.6.2 การทดสอบแรงเฉือน

ดังภาพประกอบ 33



ภาพประกอบ 33 การทดสอบแรงดึงและแรงเฉือน

3.7 การใช้หมุดย้ำประเภท พ็อพ ริเว็ต และ ไดรฟ์ ริเว็ต ในงานทั่ว ๆ ไป เช่น (เอ็น พี อาร์. 1992 : 1 - 2)

3.7.1 งานที่เกี่ยวกับอุปกรณ์ที่เคลื่อนที่ได้ โดยทำหน้าที่ยึดประกอบชิ้นส่วนต่าง ๆ เข้าด้วยกัน เช่น อุปกรณ์ภายในรถยนต์โดยสารทุกชนิด รถบรรทุก เรือโดยสาร เครื่องบิน รถจักรยาน ตู้ขนส่งสินค้า ฯลฯ

3.7.2 งานที่เกี่ยวกับอุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เช่น คอมพิวเตอร์ แผงสวิทช์ควบคุม ลิฟท์ อุปกรณ์สื่อสารต่าง ๆ ฯลฯ

3.7.3 งานที่เกี่ยวกับที่ปักอาศัย เช่น ยึดประกอบหลังคาฝ้าผนังห้อง ประตูปาน หน้าต่าง ฯลฯ

3.7.4 งานที่เกี่ยวกับอุปกรณ์ที่ใช้ในการบริโภคและระบบอำนวยความสะดวกต่าง ๆ เช่น ระบบพลังแสงอาทิตย์ อุปกรณ์ทางการแพทย์ เครื่องใช้ในครัว ฯลฯ

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในประเทศเยอรมันนี้มีงานวิจัยชิ้นหนึ่งที่คล้ายคลึงกันมาก เป็นการวิจัยเกี่ยวกับการนำวัสดุเหลือใช้จากพลาสติกชนิด เอ บี เอส คอพอลิเมอร์ (ABS Copolymer) ที่เป็นชิ้นส่วนของรถยนต์ BMW มาผ่านกระบวนการผลิตใหม่เป็นผลิตภัณฑ์เดิม เพื่อใช้ซ้ำเป็นการลดต้นทุนการผลิตและแก้ปัญหามลพิษพลาสติกที่ส่งผลต่อสภาวะแวดล้อมเป็นพิษในธรรมชาติได้ (Wolf. 1991 : Abstract)

ในประเทศไทยมีการนำวัสดุพลาสติกที่เหลือใช้กลับมาใช้ใหม่เหมือนกัน แต่เกือบทั้งหมดไม่ได้ทำในรูปของงานวิจัยแต่มีงานวิจัยชิ้นหนึ่งที่คั่นหามาตรการทางกฎหมายในการส่งเสริมการหมุนเวียนพลาสติกกลับมาใช้ใหม่ มีหลายรูปแบบ วิธีการหนึ่งที่น่าสนใจคือ กานำกลับเข้าสู่กระบวนการผลิตใหม่ (Reprocessing) ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีรูปแบบเหมือนเดิม หรือแตกต่างจากเดิม (วสันต์ เอารัตน์. 2537 : 35)

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยเพื่อสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่นี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการเป็นขั้นตอนโดยมีรายละเอียดแบ่งเป็นหัวข้อ ดังนี้

1. วัสดุที่ใช้ในการวิจัย
2. เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย
3. สถานที่และระยะเวลาในการวิจัย
4. การดำเนินการวิจัย
5. การทดสอบหาค่าความแข็งแรงสูงสุดของผลิตภัณฑ์
6. การวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบ
7. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. วัสดุที่ใช้ในการวิจัย

วัสดุที่ใช้ในการวิจัยเป็นพลาสติกพอลิคาร์บอเนตใช้แล้ว ได้มาจากอุปกรณ์ขนถ่ายสัมภาระขึ้นเครื่องบินผสมกับพลาสติกพอลิคาร์บอเนตใหม่ จำนวน 3 อัตราส่วนโดยน้ำหนัก (กิโลกรัม) และวัสดุใช้แล้วเพียงอย่างเดียวโดยไม่ผสมวัสดุใหม่เลย ดังตาราง 9

ตาราง 9 แสดงอัตราส่วนผสมของวัสดุใช้แล้วกับวัสดุใหม่ของพลาสติกพอลิคาร์บอเนต

ชนิดที่	วัสดุใช้แล้ว	วัสดุใหม่
1	25	75
2	50	50
3	75	25
4	100	0

2. เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

- 2.1 เครื่องตัดพลาสติกเหลือใช้
- 2.2 เครื่องบดพลาสติกเหลือใช้
- 2.3 เครื่องชั่งน้ำหนัก
- 2.4 แม่พิมพ์ของฟ็อก ริเว็ต และ ไครฟ์ ริเว็ต
- 2.5 เครื่องยกแม่พิมพ์ติดตั้งและถอดแม่พิมพ์ออกจากเครื่องฉีดพลาสติก
- 2.6 เครื่องฉีดพลาสติก
- 2.7 เครื่องทดสอบแรงดึงและแรงเฉือน
- 2.8 สว่านลม ดอกสว่านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.8 มิลลิเมตร และ 6 มิลลิเมตร ดอกคว้านปากกรู ตะไบชนิดหยาบและละเอียด ฝ้อนหัวกลม และเครื่องมือดัดก้านดิ่ง ฟ็อก ริเว็ต
- 2.9 แผ่นพลาสติกพอลิคาร์บอเนต หนา 1.5 มิลลิเมตร กว้าง 50 มิลลิเมตร ยาว 100 มิลลิเมตร จำนวน 72 ชิ้น
- 2.10 แผ่นพลาสติกพอลิคาร์บอเนต หนา 1.5 มิลลิเมตร กว้าง 90 มิลลิเมตร ยาว 220 มิลลิเมตร จำนวน 24 ชิ้น

3. สถานที่และระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

สถานที่ : ภาควิชาวิศวกรรมการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ (ถนนพหลโยธินสาย 10800) เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

ระยะเวลาที่ใช้ในการสร้างผลิตภัณฑ์ แบ่งตามขั้นตอนดังนี้

- | | |
|---|-----------|
| 3.1 ขั้นรวบรวมข้อมูลและศึกษาข้อมูล | 1 สัปดาห์ |
| 3.2 ขั้นตอนออกแบบเพื่อสร้างแม่พิมพ์ | 1 สัปดาห์ |
| 3.3 ขั้นสร้างแม่พิมพ์โดยโรงงานสร้างแม่พิมพ์ | 2 สัปดาห์ |
| 3.4 ขั้นการฉีดพลาสติกตามสัดส่วนที่กำหนด | 1 สัปดาห์ |
| 3.5 ขั้นทดสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ขั้นต้น | 1 สัปดาห์ |
| 3.6 ขั้นทดสอบหาจุดขาดที่พอดีของก้านดิ่ง | 1 สัปดาห์ |
| 3.7 ขั้นทดสอบหาค่าความแข็งแรงสูงสุดของผลิตภัณฑ์โดยสร้างชิ้นงานทดสอบตามมาตรฐานที่กำหนด | 1 สัปดาห์ |

3.8 ขั้นสรุปผลงานวิจัย

รวมเวลาที่ใช้ทั้งหมด

4 สัปดาห์

3 เดือน

4. การดำเนินการวิจัย

4.1 ศึกษาข้อมูลเพื่อหาข้อสรุปความเป็นไปได้ในการสร้าง พ็อพ ริเว็ต และ ไดรฟ์ ริเว็ต ด้วยพลาสติกพอลิคาร์บอเนต

4.2 ออกแบบรูปร่างของ พ็อพ ริเว็ต และ ไดรฟ์ ริเว็ต ให้เหมาะสมกับ คุณสมบัติเฉพาะของพลาสติกพอลิคาร์บอเนต โดยเน้นแก้ปัญหาการกิ้นตัวของพลาสติก ประเภทเทอร์โมพลาสติกทุกชนิด เพราะผลิตภัณฑ์ที่จะสร้างนี้เป็นผลิตภัณฑ์ที่จะต้องทำ หน้าที่ยึดประกอบชิ้นส่วนต่าง ๆ เข้าด้วยกัน การกิ้นตัวเมื่อทำการยึดประกอบไปแล้ว ต้องไม่เกิดขึ้น

4.3 เขียนแบบวิศวกรรม กำหนดขนาดที่แท้จริงของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการผลิต มีรายละเอียดในส่วนที่ต้องการอย่างครบถ้วน

4.4 ปรึกษาร่วมกับช่างทำแม่พิมพ์สำหรับงานฉีดพลาสติกถึงปัญหาการ หดตัวของผลิตภัณฑ์

4.5 เตรียมวัตถุดิบ

4.5.1 ทำความสะอาดชิ้นส่วนอุปกรณ์ขนถ่ายสั้ม่ภาระขึ้นเครื่องบินที่เป็น วัสดุเหลือใช้จากพลาสติกพอลิคาร์บอเนต

4.5.2 นำชิ้นส่วนวัสดุเหลือใช้มาตัดย่อยเป็นชิ้นขนาด 50 x 50 มิลลิเมตร ด้วยเครื่องตัดโลหะชนิดใช้เท้าเหยียบ

4.5.3 นำชิ้นส่วนวัสดุเหลือใช้ที่ตัดย่อยแล้วเข้าเครื่องบดเป็นชิ้นเล็ก ๆ ขนาด 2 x 4 มิลลิเมตร

4.5.4 นำชิ้นส่วนวัสดุเหลือใช้ที่บดย่อยแล้วชั่งน้ำหนักตามที่กำหนดมี หน่วยเป็นกิโลกรัม จัดแยกไว้เป็นกลุ่ม

4.5.5 นำวัสดุใหม่ชั่งน้ำหนักตามที่กำหนดมีหน่วยเป็นกิโลกรัม จัดแยก ไว้เป็นกลุ่ม

4.5.6 นำวัสดุเหลือใช้ผสมกับวัสดุใหม่ตามเกณฑ์ที่กำหนดแล้วบรรจุ ใสถุงเก็บไว้

4.6 การผลิตผลิตภัณฑ์โดยกรรมวิธีการฉีดพลาสติก

4.6.1 ติดตั้งแม่พิมพ์กับเครื่องฉีดพลาสติก

4.6.2 นำวัตถุดิบที่เตรียมไว้แล้วใส่เข้าเครื่องอบไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ

248 - 266 องศาฟาเรนไฮต์ เป็นเวลา 8 ชั่วโมง

4.6.3 ปรับอุณหภูมิกระบอกฉีดตามเกณฑ์ที่กำหนด

4.6.3.1 ช่วงระยะที่ 1 เป็นช่วงลำเลียงวัตถุดิบเข้าสู่ชุดหลอม
ละลาย ปรับอุณหภูมิระหว่าง 158 - 194 องศาฟาเรนไฮต์

4.6.3.2 ช่วงระยะที่ 2 เป็นช่วงหลอมละลายวัตถุดิบให้เป็นของ
เหลว ปรับอุณหภูมิระหว่าง 446 - 500 องศาฟาเรนไฮต์

4.6.3.3 ช่วงระยะที่ 3 เป็นช่วงที่วัตถุดิบหลอมเหลวได้ดีแล้ว
พร้อมที่จะฉีดเข้าแม่แบบ ปรับอุณหภูมิระหว่าง 500 - 572 องศาฟาเรนไฮต์

4.6.4 ปรับความดันฉีดประมาณ 1300 - 1800 บาร์

4.6.5 ปรับความดันอัดประมาณร้อยละ 40 - 60 ของความดันฉีด

4.6.6 ปรับความดันด้านกลับของเกลียวหนอนประมาณ 50 - 150 บาร์

4.6.7 ปรับความเร็วในการฉีดสูงเพราะชิ้นงานบาง

4.6.8 ปรับอุณหภูมิของแม่พิมพ์ไม่น้อยกว่า 185 องศาฟาเรนไฮต์

4.6.9 ทดลองฉีดก่อนฉีดจริงเข้าแม่พิมพ์เพื่อดูว่าการหลอมละลายของ
พลาสติกพร้อมที่จะฉีดจริงได้หรือยัง

4.6.10 ฉีดพลาสติกชิ้นงานที่ได้เป็นชิ้นแรกแล้วปรับแต่งความดันฉีด
อุณหภูมิกระบอกฉีด โดยอาศัยประสบการณ์ของผู้ชำนาญการฉีดพลาสติกให้อยู่ในจุดที่
ดีที่สุดที่ทำให้ได้ชิ้นงานที่ครบถ้วนสมบูรณ์ตามต้องการ

4.7 ตรวจสอบ คัดเลือก ผลิตภัณฑ์ที่สมบูรณ์ที่สุดแล้วจัดแยกประเภท

4.8 ตบแต่งผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกรรมวิธีการฉีดพลาสติกโดยตัดกรีบหรือส่วน
ที่ไม่ต้องการทิ้งไป

4.9 จัดแยกประเภทแล้วบรรจุใส่ในภาชนะที่สะอาดพร้อมที่จะใช้งานได้ทันที

5. การทดสอบหาค่าความแข็งแรงสูงสุดของผลิตภัณฑ์

5.1 ออกแบบชิ้นงานทดสอบแรงดึงให้มีรูปทรงและขนาดความกว้างกับความยาวที่ใช้ได้พอดีกับเครื่องทดสอบแรงดึงของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ดังรายละเอียดดังภาพประกอบ 58 ในภาคผนวก

5.2 ออกแบบชิ้นงานทดสอบแรงเฉือนในรูปทรงและขนาดความกว้างกับความยาวที่ใช้ได้พอดีกับเครื่องทดสอบแรงเฉือนของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ดังรายละเอียดดังภาพประกอบ 59 ในภาคผนวก

5.3 สร้างชิ้นงานทดสอบแรงดึงตามแบบดังภาพประกอบ 58 ในภาคผนวก ด้วยแผ่นพลาสติกพอลิคาร์บอเนต

5.4 สร้างชิ้นงานทดสอบแรงเฉือนตามแบบดังภาพประกอบ 59 ในภาคผนวก ด้วยแผ่นพลาสติกพอลิคาร์บอเนต

5.5 ทำการยึดประกอบชิ้นงานทดสอบแรงดึงเข้าด้วยกันโดยใช้ พ๊อพ ริเว็ต 1 ตัวต่อ 1 ชุดชิ้นงานทดสอบ การทดสอบแรงดึงของ พ๊อพ ริเว็ต แบ่งกลุ่มตามอัตราส่วนผสมมี 4 กลุ่ม สุ่มมากลุ่มละ 3 ตัว รวมเป็น 12 ตัว

ชุดชิ้นงานทดสอบแรงดึง 12 ชุด ทำการทดสอบแรงดึง 12 ครั้ง จดบันทึกค่าแรงดึงสูงสุดที่ได้ทุกครั้งลงในตารางแสดงผล

5.6 ทำการยึดชิ้นงานทดสอบแรงเฉือนเข้าด้วยกันโดยใช้ พ๊อพ ริเว็ต 1 ตัวต่อ 1 ชุดชิ้นงานทดสอบ การทดสอบแรงเฉือนของ พ๊อพ ริเว็ต แบ่งตามอัตราส่วนผสมมี 4 กลุ่ม สุ่มมากลุ่มละ 3 ตัว รวมเป็น 12 ตัว ใช้กับชุดชิ้นงานทดสอบแรงเฉือน 12 ชุด ทำการทดสอบแรงเฉือน 12 ครั้ง จดบันทึกค่าแรงเฉือนสูงสุดที่ได้ทุกครั้งลงในตารางแสดงผล

5.7 ทำการยึดประกอบชิ้นงานทดสอบแรงดึงเข้าด้วยกันโดยใช้ ไดรฟ์ ริเว็ต 1 ตัวต่อ 1 ชุดชิ้นงานทดสอบ การทดสอบแรงดึงของ ไดรฟ์ ริเว็ต แบ่งตามอัตราส่วนผสม มี 4 กลุ่ม สุ่มมากลุ่มละ 3 ตัว รวมเป็น 12 ตัว ใช้กับชุดชิ้นงานทดสอบแรงดึง 12 ชุด ทำการทดสอบแรงดึง 12 ครั้ง จดบันทึกค่าแรงดึงสูงสุดที่ได้ทุกครั้งลงในตารางแสดงผล

5.8 ทำการยึดประกอบชิ้นงานทดสอบแรงเฉือนเข้าด้วยกันโดยใช้ ไครฟ์ ริเว็ต 1 ตัวต่อ 1 ชุดชิ้นงานทดสอบ การทดสอบแรงเฉือนของ ไครฟ์ ริเว็ต แบ่งตามอัตราส่วนผสมมี 4 กลุ่ม สุ่มมากลุ่มละ 3 ตัว รวมเป็น 12 ตัว ใช้กับชุดชิ้นงานทดสอบแรงเฉือน 12 ชุด ทำการทดสอบแรงเฉือน 12 ครั้ง จดบันทึกค่าแรงเฉือนที่ได้ทุกครั้งลงในตารางแสดงผล

6. การวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบ

การทดสอบหาค่าความแข็งแรงสูงสุดของผลิตภัณฑ์วัสดุหมุดย้ำ พ็อพ ริเว็ต และ ไครฟ์ ริเว็ต ใช้รูปแบบกับวิธีการเดียวกันโดยจัดแบ่งกลุ่มของข้อมูลออกเป็น ส่วน ๆ ข้อมูลสำคัญที่ต้องการคือค่าเฉลี่ยที่ได้จากตารางแสดงผลการทดสอบหาค่าความแข็งแรงสูงสุดของผลิตภัณฑ์นำมาจัดใหม่ให้ง่ายต่อการเปรียบเทียบ ดังตาราง 14 และ 15

7. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกรรมวิธีการฉีดพลาสติก

พ็อพ ริเว็ต มี 4 กลุ่ม ๆ ละ 40 ตัว รวมเป็น 160 ตัว

ไครฟ์ ริเว็ต มี 4 กลุ่ม ๆ ละ 40 ตัว รวมเป็น 160 ตัว

กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกรรมวิธีการฉีดพลาสติก โดยใช้วิธี

การสุ่ม

พ็อพ ริเว็ต มี 4 กลุ่ม ๆ ละ 40 ตัว สุ่มออกมากลุ่มละ 6 ตัว รวมเป็น 24 ตัว

ไครฟ์ ริเว็ต มี 4 กลุ่ม ๆ ละ 40 ตัว สุ่มออกมากลุ่มละ 6 ตัว รวมเป็น 24 ตัว

ดังตาราง 10 และ 11

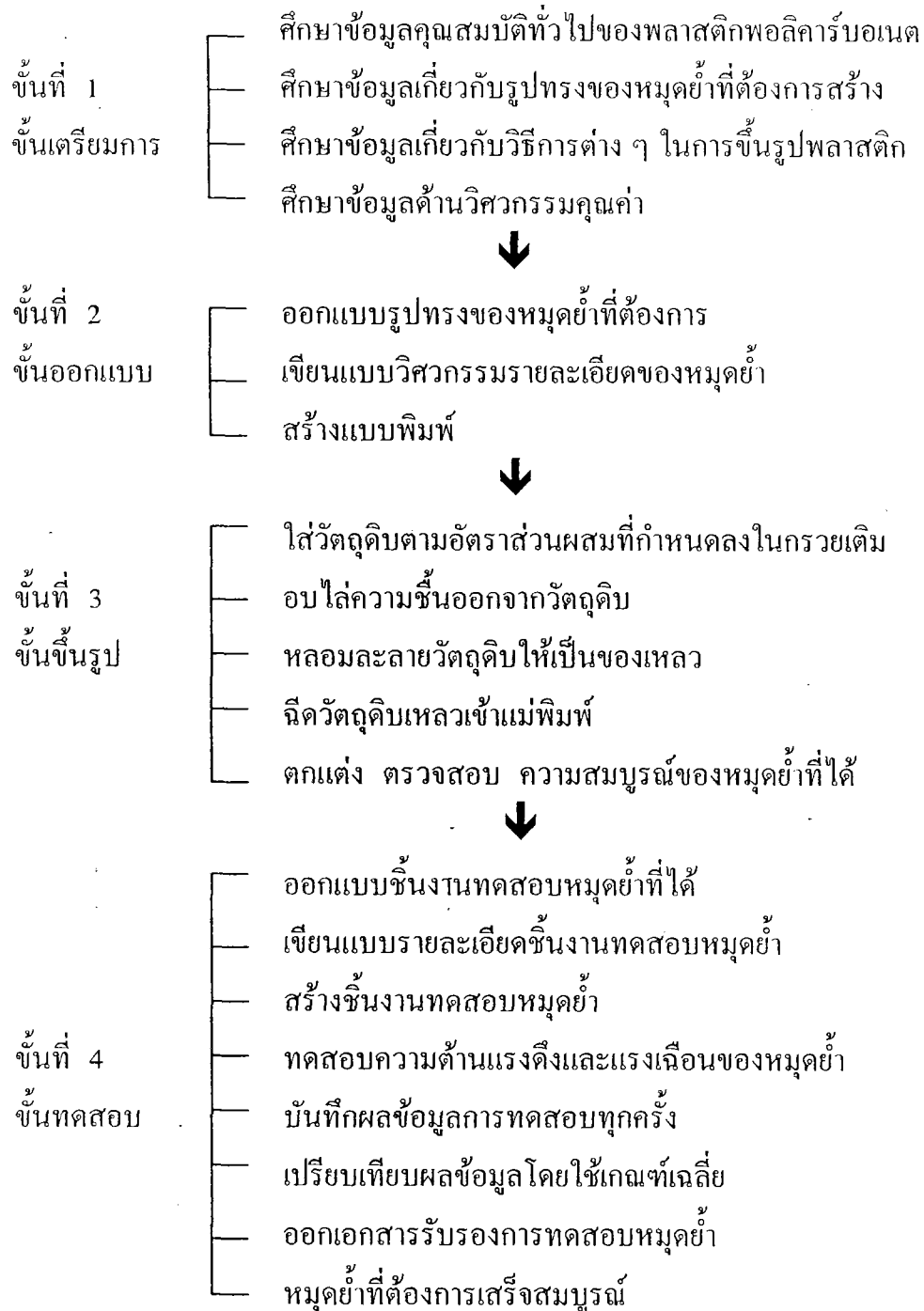
ตาราง 10 แสดงจำนวนประชากรและกลุ่มตัวอย่าง พ็อพ ริเว็ต

กลุ่มที่	อัตราส่วนผสมระหว่าง A และ B	จำนวนที่ผลิต (ประชากร)	กลุ่มตัวอย่าง (วิธีสุ่ม)
1	25 : 75	40	6
2	50 : 50	40	6
3	75 : 25	40	6
4	100 : 0	40	6
	รวม	160	24

ตาราง 11 แสดงจำนวนประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ไครฟ์ ริเว็ต

กลุ่มที่	อัตราส่วนผสมระหว่าง A และ B	จำนวนที่ผลิต (ประชากร)	กลุ่มตัวอย่าง (วิธีสุ่ม)
1	25 : 75	40	6
2	50 : 50	40	6
3	75 : 25	40	6
4	100 : 0	40	6
	รวม	160	24

งานวิจัยเพื่อสร้างหมุดย้ำประเภท พ็อพ ริเว็ต และ ไครฟ์ ริเว็ต จากวัสดุใช้แล้ว
พลาสติกพอลิคาร์บอเนต ได้ดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนดังภาพประกอบ 34



ภาพประกอบ 34 แสดงขั้นตอนการดำเนินการวิจัยสร้างผลิตภัณฑ์

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยสร้างหมุดย้ำประเภท พ็อพ ริเว็ต และ ไครฟ์ ริเว็ต วัสดุใช้แล้วพลาสติกพอลิคาร์บอเนต ตามขั้นตอนต่าง ๆ ที่ได้นำเสนอไว้แล้วจนสำเร็จเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีรูปทรงและขนาดตรงตามที่ต้องการทุกอย่าง ในขั้นตอนต่อไปซึ่งถือว่าเป็นจุดสำคัญอย่างหนึ่งของงานวิจัยนี้คือ การตรวจสอบคุณสมบัติทางกลของผลิตภัณฑ์ในด้านความต้านทานแรงดึงกับแรงเฉือน ได้ดำเนินการตรวจสอบและรับรองผลการตรวจสอบอย่างเป็นทางการโดยห้องปฏิบัติการวัสดุวิทยา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ค่าความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการตรวจสอบนี้เชื่อถือได้ว่ามีความเที่ยงตรงมากที่สุด

ผู้วิจัยได้ดำเนินการนำข้อมูลที่ได้จากการตรวจสอบหาค่าความแข็งแรงสูงสุดของผลิตภัณฑ์หมุดย้ำประเภท พ็อพ ริเว็ต และ ไครฟ์ ริเว็ต มาจัดกลุ่มใหม่ลงในตารางแสดงผลที่ได้จัดทำรูปแบบนำเสนอไว้แล้ว โดยแยกออกเป็นประเภทดังนี้

1. ตารางแสดงผลการทดสอบหาค่าความแข็งแรงสูงสุดของ พ็อพ ริเว็ต
ดังตาราง 12

2. ตารางแสดงผลการทดสอบหาค่าความแข็งแรงสูงสุดของ ไครฟ์ ริเว็ต
ดังตาราง 13

ข้อมูลในแต่ละกลุ่ม โดย 1 กลุ่มมี 3 ชิ้นงานทดสอบ จะถูกนำมาหาค่าเฉลี่ยแล้วนำค่าเฉลี่ยที่ได้ไปแสดงผลในตารางแสดงค่าเฉลี่ย แรงดึง และแรงเฉือน ที่ได้จัดทำรูปแบบนำเสนอไว้แล้ว โดยแยกออกเป็นประเภทดังนี้

1. ตารางแสดงค่าเฉลี่ย แรงดึง - แรงเฉือนสูงสุดของ พ็อพ ริเว็ต ดังตาราง 14
2. ตารางแสดงค่าเฉลี่ย แรงดึง - แรงเฉือนสูงสุดของ ไครฟ์ ริเว็ต ดังตาราง 15

ตาราง 12 แสดงผลการทดสอบหาค่าความแข็งแรงสูงสุดของ พื้พ ริเว็ด

กลุ่มชิ้นงานทดสอบ	อัตราส่วนผสม	แรงดึง (T)		แรงเฉือน (S)	
		N	kgf	N	kgf
กลุ่ม 1					
T 1.1, S 1.1	25 : 75	261	26.61	370	37.72
T 1.2, S 1.2	25 : 75	245	24.97	406	41.39
T 1.3, S 1.3	25 : 75	232	23.65	386	39.35
ค่าเฉลี่ย		246	25.08	387	39.49
กลุ่ม 2					
T 2.1, S 2.1	50 : 50	260	26.50	381	38.84
T 2.2, S 2.2	50 : 50	263	26.81	431	43.93
T 2.3, S 2.3	50 : 50	256	26.10	422	43.02
ค่าเฉลี่ย		260	26.47	411	41.93
กลุ่ม 3					
T 3.1, S 3.1	75 : 25	245	24.97	384	39.14
T 3.2, S 3.2	75 : 25	231	23.55	459	46.79
T 3.3, S 3.3	75 : 25	274	27.93	443	45.16
ค่าเฉลี่ย		250	25.49	429	43.69
กลุ่ม 4					
T 4.1, S 4.1	100 : 0	294	29.97	396	40.37
T 4.2, S 4.2	100 : 0	274	27.93	400	40.77
T 4.3, S 4.3	100 : 0	266	27.12	445	45.36
ค่าเฉลี่ย		278	28.34	414	42.17

ตาราง 13 แสดงผลการทดสอบหาค่าความแข็งแรงสูงสุดของ ไดรฟ์ รีเวิร์ต

กลุ่มชิ้นงานทดสอบ	อัตราส่วนผสม ระหว่าง A : B	แรงดึง (T)		แรงเฉือน (S)	
		N	kgf	N	kgf
กลุ่ม 1					
T 1.1, S 1.1	25 : 75	968	98.67	1,307	133.23
T 1.2, S 1.2	25 : 75	776	79.10	1,265	128.95
T 1.3, S 1.3	25 : 75	962	98.06	1,266	129.05
ค่าเฉลี่ย		902	91.94	1,279	130.41
กลุ่ม 2					
T 2.1, S 2.1	50 : 50	823	83.89	1,354	138.02
T 2.2, S 2.2	50 : 50	857	87.36	1,281	130.58
T 2.3, S 2.3	50 : 50	758	77.27	1,371	139.76
ค่าเฉลี่ย		813	82.84	1,335	136.12
กลุ่ม 3					
T 3.1, S 3.1	75 : 25	794	80.94	1,277	130.17
T 3.2, S 3.2	75 : 25	819	83.49	1,291	131.60
T 3.3, S 3.3	75 : 25	804	81.96	1,376	140.27
ค่าเฉลี่ย		806	82.13	1,315	134.02
กลุ่ม 4					
T 4.1, S 4.1	100 : 0	1,047	106.73	1,328	135.37
T 4.2, S 4.2	100 : 0	866	88.28	1,359	138.53
T 4.3, S 4.3	100 : 0	881	89.81	1,347	137.31
ค่าเฉลี่ย		931	94.94	1,345	137.07

ตาราง 14 แสดงค่าเฉลี่ยแรงดึง - แรงเหวี่ยง สูงสุดของวัสดุหมุดย้ำ พ็อพ ริเว็ต

กลุ่ม	อัตราส่วนผสม A : B (วัสดุใช้แล้ว : ใหม่)	ตัวอย่างที่ใช้ ทดสอบแรงดึง (ชิ้นงาน)	ค่าเฉลี่ยแรงดึง สูงสุด		ตัวอย่างที่ใช้ ทดสอบแรงเหวี่ยง (ชิ้นงาน)	ค่าเฉลี่ยแรงเหวี่ยง สูงสุด	
			N	kgf		N	kgf
1	25 : 75	3	246	25.08	3	387	39.49
2	50 : 50	3	260	26.47	3	411	41.93
3	75 : 25	3	250	25.49	3	429	43.69
4	100 : 0	3	278	28.34	3	414	42.17

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากตารางแสดงค่าเฉลี่ยแรงดึง - แรงเหวี่ยงสูงสุดของหมุดย้ำ พ็อพ ริเว็ต อนุমানได้ว่า

1. ค่าเฉลี่ยแรงดึงสูงสุดของตัวอย่างทดสอบแรงดึงทั้ง 4 กลุ่ม มีค่าที่ใกล้เคียงกัน แสดงถึงว่าอัตราส่วนผสมของวัสดุใช้แล้วกับวัสดุใหม่ที่ถูกกำหนดให้มีความแตกต่างกันในแต่ละกลุ่ม ร้อยละ 25 ส่งผลกระทบน้อยมากกับค่าความแข็งแรงด้านความต้านทานแรงดึงของวัสดุหมุดย้ำ พ็อพ ริเว็ต ที่ผลิตขึ้นโดยวิธีการฉีดพลาสติก

2. ค่าเฉลี่ยแรงเหวี่ยงสูงสุดของตัวอย่างทดสอบแรงเหวี่ยงทั้ง 4 กลุ่ม มีค่าที่ใกล้เคียงกัน แสดงถึงว่าอัตราส่วนผสมของวัสดุใช้แล้วกับวัสดุใหม่ที่ถูกกำหนดให้มีความแตกต่างกันในแต่ละกลุ่ม ร้อยละ 25 ส่งผลกระทบน้อยมากกับค่าความแข็งแรงด้านความต้านทานแรงเหวี่ยงของวัสดุหมุดย้ำ พ็อพ ริเว็ต ที่ผลิตขึ้นโดยวิธีการฉีดพลาสติก

3. จากข้อมูลในกลุ่มที่ 4 วัสดุที่ใช้แล้วร้อยละ 100 เมื่อนำกลับมาผ่านขบวนการผลิตเพื่อใช้ซ้ำในครั้งที่ 1 จะมีค่าความต้านทานแรงดึงกับแรงเหวี่ยงเพิ่มขึ้น แต่ค่าความยืดหยุ่นจะลดลง

ตาราง 15 แสดงค่าเฉลี่ยแรงดึง - แรงเฉือน สูงสุดของวัสดุหมุดย้า ไครฟ์ รีเว็ต

กลุ่ม	อัตราส่วนผสม A : B (วัสดุใช้แล้ว : ใหม่)	ตัวอย่างที่ใช้ ทดสอบแรงดึง (ชิ้นงาน)	ค่าเฉลี่ยแรงดึง		ตัวอย่างที่ใช้ ทดสอบแรงเฉือน (ชิ้นงาน)	ค่าเฉลี่ยแรงเฉือน	
			สูงสุด			สูงสุด	
			N	kgf		N	kgf
1	25 : 75	3	902	91.94	3	1,279	130.41
2	50 : 50	3	813	82.84	3	1,335	136.12
3	75 : 25	3	806	82.13	3	1,315	134.02
4	100 : 0	3	931	94.94	3	1,345	137.07

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากตารางแสดงค่าเฉลี่ยแรงดึง - แรงเฉือนสูงสุดของวัสดุหมุดย้า ไครฟ์ รีเว็ต อนุমানได้ว่า

1. ค่าเฉลี่ยแรงดึงสูงสุดของตัวอย่างทดสอบแรงดึงทั้ง 4 กลุ่ม มีค่าใกล้เคียงกัน แสดงถึงว่าอัตราส่วนผสมของวัสดุใช้แล้ว กับวัสดุใหม่ที่ถูกกำหนดให้มีความแตกต่างกันในแต่ละกลุ่ม ร้อยละ 25 ส่งผลกระทบน้อยมากกับค่าความแข็งแรงด้านความต้านทานแรงดึงของวัสดุหมุดย้า ไครฟ์ รีเว็ต ที่ผลิตขึ้นโดยวิธีการฉีดพลาสติก

2. ค่าเฉลี่ยแรงเฉือนสูงสุดของตัวอย่างทดสอบแรงเฉือนทั้ง 4 กลุ่ม มีค่าใกล้เคียงกัน แสดงถึงว่าอัตราส่วนผสมของวัสดุใช้แล้วกับวัสดุใหม่ที่ถูกกำหนดให้มีความแตกต่างกันในแต่ละกลุ่ม ร้อยละ 25 ส่งผลกระทบน้อยมากกับค่าความแข็งแรงด้านความต้านทานแรงเฉือนของวัสดุหมุดย้า ไครฟ์ รีเว็ต ที่ผลิตขึ้นโดยวิธีการฉีดพลาสติก

3. จากข้อมูลในกลุ่มที่ 4 วัสดุใช้แล้ว ร้อยละ 100 เมื่อนำกลับมาผ่านกระบวนการผลิตเพื่อใช้ซ้ำในครั้งที่ 1 จะมีค่าความต้านทานแรงดึงกับแรงเฉือนเพิ่มขึ้น แต่ค่าความยืดหยุ่นจะลดลง

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. สร้างหมุดย้ำประเภท พ็อพ ริเว็ต และ ไครฟ์ ริเว็ต จากวัสดุใช้แล้วพลาสติกพอลิคาร์บอเนตกับวัสดุพลาสติกพอลิคาร์บอเนตใหม่ใน 4 อัตราส่วนของน้ำหนัก
2. ศึกษาคุณสมบัติทางกลของหมุดย้ำประเภท พ็อพ ริเว็ต และ ไครฟ์ ริเว็ต
 - 2.1 ด้านความต้านทานแรงดึง
 - 2.2 ด้านความต้านทานแรงเฉือน

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกรรมวิธีการฉีดพลาสติกตามอัตราส่วนผสมระหว่างวัสดุใช้แล้วกับวัสดุใหม่ของพลาสติกพอลิคาร์บอเนต ดังตาราง 9

พ็อพ ริเว็ต มี 4 กลุ่ม ๆ ละ 40 ตัว รวมเป็น 160 ตัว

ไครฟ์ ริเว็ต มี 4 กลุ่ม ๆ ละ 40 ตัว รวมเป็น 160 ตัว

กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกรรมวิธีการฉีดพลาสติกโดยใช้วิธีการสุ่ม

พ็อพ ริเว็ต มี 4 กลุ่ม ๆ ละ 40 ตัว สุ่มออกมากลุ่มละ 6 ตัว รวมเป็น 24 ตัว
ดังตาราง 12

ไครฟ์ ริเว็ต มี 4 กลุ่ม ๆ ละ 40 ตัว สุ่มออกมากลุ่มละ 6 ตัว รวมเป็น 24 ตัว
ดังตาราง 13

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องตัดพลาสติกเหลือใช้
2. เครื่องบดพลาสติกเหลือใช้
3. เครื่องชั่งน้ำหนัก

4. แม่พิมพ์ของ พ็อพ ริเว็ต และ ไครฟ์ ริเว็ต
5. เครื่องยกแม่พิมพ์ติดตั้ง และถอดแม่พิมพ์ออกจากเครื่องฉีดพลาสติก
6. เครื่องฉีดพลาสติก
7. เครื่องทดสอบแรงดึงและแรงเฉือน
8. ส่วนลม ดอกส่วนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4.8 มิลลิเมตร และ 6 มิลลิเมตร ดอกคว้านปากรูป ตะไบชนิดหยาบและละเอียด ฆ้อนหัวกลม และเครื่องมือตักก้นตึง พ็อพ ริเว็ต
9. แผ่นพลาสติกพอลิคาร์บอเนต หนา 1.5 มิลลิเมตร กว้าง 50 มิลลิเมตร ยาว 100 มิลลิเมตร จำนวน 72 ชิ้น
10. แผ่นพลาสติกพอลิคาร์บอเนต หนา 1.5 มิลลิเมตร กว้าง 90 มิลลิเมตร ยาว 220 มิลลิเมตร จำนวน 24 ชิ้น

การดำเนินการวิจัย

การสร้างหมุดย้ำประเภท พ็อพ ริเว็ต และ ไครฟ์ ริเว็ต จากวัสดุใช้แล้ว พลาสติกพอลิคาร์บอเนต แบ่งขั้นตอนในการดำเนินการออกเป็น 4 ขั้นตอน ดังภาพประกอบ 34

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์คุณสมบัติของหมุดย้ำประเภท พ็อพ ริเว็ต และ ไครฟ์ ริเว็ต ในด้านความต้านทานแรงดึงกับแรงเฉือน กระทำการตรวจสอบและรับรองผลการตรวจสอบอย่างเป็นทางการ โดยมีเอกสารรับรองจากห้องปฏิบัติการวัสดุวิทยา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ รายละเอียดแสดงในภาคผนวก

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยสรุปผลได้ดังนี้

1. การสร้างหมุดย้ำประเภท พ็อพ ริเว็ต และ ไครฟ์ ริเว็ต จากวัสดุใช้แล้ว

พลาสติกพอลิคาร์บอเนตกับวัสดุพลาสติกพอลิคาร์บอเนตใหม่ ใน 4 อัตราส่วนของน้ำหนัก ดังตาราง 9 พบว่า กลุ่มที่ 4 ดีที่สุดในการนำมาสร้างผลิตภัณฑ์หมุดย้ำประเภท พ็อพ ริเว็ต และ ไครฟ์ ริเว็ต และสามารถแก้ปัญหาที่นำเสนอไว้ในการขอทำวิจัยได้มากที่สุด

2. คุณสมบัติทางกลของหมุดย้ำประเภท พ็อพ ริเว็ต และ ไครฟ์ ริเว็ต ในด้านความต้านทานแรงดึง - แรงเฉือน มีค่าที่ใกล้เคียงกัน ดังตาราง 18 และ 19 พบว่า กลุ่มที่ 4 มีค่าความแข็งแรงทางกลสูงที่สุด

การอภิปรายผล

ผลการวิจัยครั้งนี้ ได้ผลิตภัณฑ์วัสดุหมุดย้ำ พ็อพ ริเว็ต ชนิดใหม่ที่สร้างจากวัสดุใช้แล้วพลาสติกพอลิคาร์บอเนตที่ทำลายคุณสมบัติการกั้นตัวของพลาสติกชนิดยืดหยุ่นทั่วไป เพราะเมื่อใช้งานจะถูกดึงด้วยก้านดึงโลหะจากส่วนปลายให้หดตัวเองเข้าหาชิ้นงาน เมื่อก้านดึงโลหะขาดหลุดออกไปแล้วก็จะอัดรัดชิ้นงานอยู่ได้โดยไม่ต้องมีวัสดุอื่นเสริมรองรับที่ส่วนปลายเพื่อป้องกันการคลายตัวไว้ มีค่าความแข็งแรงทางกลในด้านความต้านทานแรงดึง - แรงเฉือน อยู่ในระดับที่ใช้ได้กับงานยึดประกอบโลหะที่มีน้ำหนักเบาต่าง ๆ ที่เน้นความต้องการความเป็นฉนวนไฟฟ้าของทั้งชิ้นงาน

ส่วนผลิตภัณฑ์วัสดุหมุดย้ำ ไครฟ์ ริเว็ต ที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้ สร้างจากพลาสติกต่างชนิดกันกับที่นำเข้าจากต่างประเทศ ผลจากการตรวจสอบคุณสมบัติทางกลด้านความต้านทานแรงดึง - แรงเฉือน พบว่า มีค่าความแข็งแรงที่ใกล้เคียงกันมาก เชื่อได้ว่าสามารถผลิตในเชิงพาณิชย์เพื่อทดแทนการนำเข้าได้

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาคุณภาพ

1.1 การสร้างหมุดย้ำประเภท พ็อพ ริเว็ต จากวัสดุใช้แล้วของพลาสติก พอลิคาร์บอเนตให้มีค่าความต้านทานแรงดึง - แรงเฉือน เพิ่มขึ้นสามารถทำได้ถ้าไม่มี ความจำเป็นต้องทำให้ชิ้นงานทั้งชิ้นเป็นฉนวนไฟฟ้า โดยออกแบบให้จุดขาดของก้านดิ่ง โลหะให้ขาดแล้วไม่หลุดออกไปจากตัวของหมุดย้ำจะอัดคาลอยู่ทั้งตัวของหมุดย้ำ เหมือน กับกรณีของก้านทูปของหมุดย้ำ ไดรฟ์ ริเว็ต ที่อัดคาลอยู่ตลอดทั้งตัวของหมุดย้ำ วิธีนี้ จะช่วยให้ค่าความต้านทานแรงดึง - แรงเฉือน เพิ่มขึ้นอีกมากจนใกล้เคียงกับหมุดย้ำ พ็อพ ริเว็ต ที่สร้างจากโลหะ

1.2 การสร้างหมุดย้ำประเภท พ็อพ ริเว็ต และ ไดรฟ์ ริเว็ต จากวัสดุ ใช้แล้วพลาสติกพอลิคาร์บอเนต ควรใส่เม็ดสีพลาสติกผสมลงไปด้วยจะช่วยให้ผลิตภัณฑ์ ดูสวยงามน่าใช้มากขึ้น

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยครั้งต่อไป

2.1 สร้างก้านดิ่งของหมุดย้ำ พ็อพ ริเว็ต ที่เป็นโลหะ

2.2 สร้างเครื่องมือดิ่งก้านดิ่งของหมุดย้ำ พ็อพ ริเว็ต ที่เป็นโลหะ

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กัญจนา ตระกูลกู. เทคโนโลยี โพลีเมอร์. พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพฯ : ห้างหุ้นส่วนจำกัด เอ็กซ์เพรสมีเดีย, 2533.
- งานย้าหมุด กรุงเทพฯ : สำนักเทคนิคศึกษา สวพ, 2536.
- ชลธิชา นุ่มแอม. โพลีเมอร์ POLYMER. กรุงเทพฯ : พรสิการพิมพ์, สิงหาคม 2538.
- ชาตรี หลักทอง, ประสงค์ ศรีเจริญชัย และสุมาลี วงศ์จันทร์. วัสดุวิศวกรรมเบื้องต้น. กรุงเทพฯ : แมคกรอ - ฮิล อินเตอร์เนชั่นแนล เอ็นเตอร์ไพรส์ อิงส์, 2539.
- “บรรณภัณฑ์พลาสติกที่ใช้แล้วขยะไฮเทคที่ต้องเร่งแก้ไข,” ผู้ส่งออก. ปักษ์แรก 9 - 12 : 96 กุมภาพันธ์ 2534.
- บรรเลง ศรีนิล. ตารางโลหะ 128, 2524. เทคโนโลยีพลาสติก. พิมพ์ครั้งที่ 8 กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย - ญี่ปุ่น), 2535.
- พิชิต เลี่ยมพิพัฒน์. พลาสติก. พิมพ์ครั้งที่ 10 กรุงเทพฯ : ห้างหุ้นส่วน จำกัด ป. สัมพันธ์พาณิชย์, 2536.
- : เอฟอาร์พี. พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพฯ : ห้างหุ้นส่วน จำกัด ป. สัมพันธ์พาณิชย์, 2537.
- . พลาสติกวิศวกรรม. กรุงเทพฯ : บริษัทพาณิชย์พระนคร, 2538.
- มานพ ตันตระบัณฑิตย์. วัสดุวิศวกรรม. กรุงเทพฯ : บริษัท ส.เอเชียเพรส (1989 จำกัด, 2536.
- . งานทดสอบวัสดุอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ : ห้างหุ้นส่วนจำกัด เอช - เอน การพิมพ์, 2531.
- มานพ ตันตระบัณฑิตย์ และ ลำลี แสงห้าว. วัสดุช่างอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ : บริษัทประชาชน จำกัด, 2537.
- วสันต์ เอารัตน์. มาตรฐานทางกฎหมายในการส่งเสริมการหมุนเวียนพลาสติก กลับมาใช้ใหม่. วิทยานิพนธ์ นค.ม. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2537. ถ่ายเอกสาร.

ศิริพร วัฒนากิตติกุล. การเคลือบพลาสติกบนผิวโลหะร้อนในฟลูอิดไคร์เบค.

วิทยานิพนธ์ วท.ม. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2532. ถ่ายเอกสาร.

สุพล โชติวรรณ. “กว่าจะมาเป็นพลาสติก,” เทคโนโลยี 38. 10(1) : 38 - 42; มีนาคม 2533.

Axxis N.V. **Keddel and Bommen.** a/s, 1996.

Avdel Engineered Assembly Systems. n.p, nd.

Beck, Ronald D. **Plastic Product Design.** Second edition, New York : Von Nostrand, Reinhold Company Inc. 1980.

Buninski Renne G. **Engineering Materials Properties and Selection.** Reston, Virginia 22090 : Reston Publishing Company, Inc. A Prentice - Hall Company, 1979.

J. A. Brydson. **Handbook for Plastic Processors.** London Frome : Butler & Tonner Ltd,

Murphy Glenn. **Engineering Materials.** third edition. Seranton : International Textbook Company, 1957.

Pop Rivets. NPR, Tokyo : Black and Decker, 1992.

Toensmeier Patrick. **Plastic Handbook.** U.S.A. McGraw - Hill, Inc. 1994.

ULD Maintenance Manual. (TG), 1998.

ULD Equipment Inventory. (TG), April, 1998.

Wolf, Roland. “**Reprocessing of ABS Automobile Parts Performance and Economy,**” Dissertation Abstracts International. 1991.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

หนังสือขอความอนุเคราะห์ยืมห้องปฏิบัติการวิจัย
หนังสือรับรองผลการตรวจสอบคุณสมบัติของงานวิจัย
และภาพประกอบผลงานวิจัย

ที่ ทม 1007/ ๒๔๖๖



บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

15 กันยายน 2541

เรื่อง ขออนุญาตใช้เครื่องฉีดพลาสติกเพื่อการวิจัย

เรียน คณะศึกษาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือการวิจัย

ด้วย นายชัชวาลย์ ชูระสาร นิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การสร้างหมุดย้ำประเภท ฟ็อล์ฟ ริเว็ต และไทรฟ์ ริเว็ต จากวัสดุใช้แล้วพลาสติกพอลิคาร์บอเนต" โดยมีคณะกรรมการควบคุมการทำวิทยานิพนธ์ คือ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ขุนเกียรติ ประถมบุตร

ประธาน

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ณอมสิน ตีสถาพร

กรรมการ

บัณฑิตวิทยาลัยเรียนมาเพื่อขออนุญาตใช้เครื่องฉีดพลาสติก โดยมีหัวหน้าศูนย์เทคโนโลยีพลาสติกเป็นผู้จัดทำ และขอให้หัวหน้าห้องปฏิบัติการวัสดุวิทยาทำการทดสอบหมุดย้ำที่ได้จากการฉีดพลาสติก ในระหว่างเดือน กันยายน 2541 เพื่อเป็นข้อมูลในการทำวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัยหวังว่าคงได้รับความอนุเคราะห์จากท่าน และขอขอบคุณเป็นอย่างสูงมา

ณ โอกาสนี้

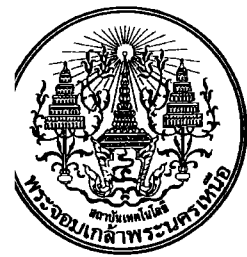
ขอแสดงความนับถือ

(ศาสตราจารย์ ดร. เสริมศักดิ์ วิศาลาภรณ์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานเลขานุการบัณฑิตวิทยาลัย

โทร./โทรสาร. 258-4119



MATERIALS SCIENCE LABORATORY

Production Engineering Department

King Mongkut's Institute of Technology North Bangkok



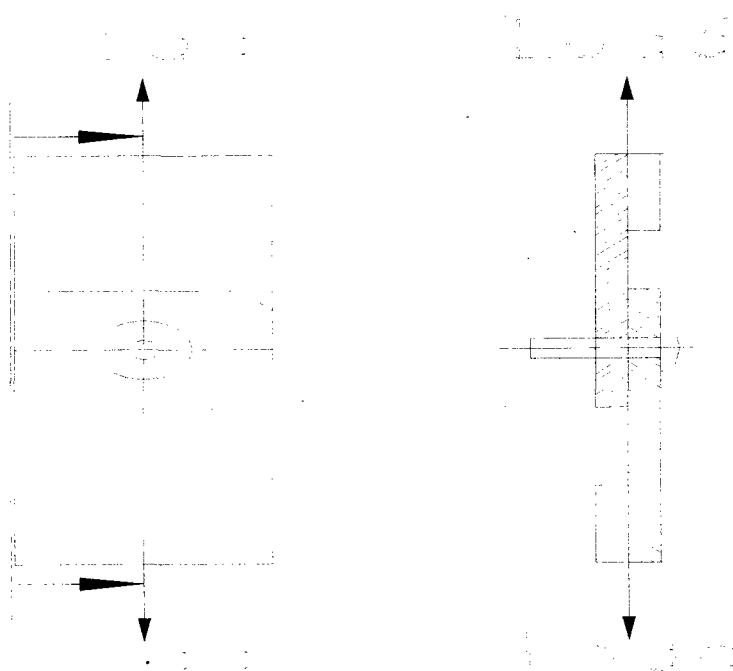
MSL

TEST REPORT

Report No. MSL 284/98

Name : MR. CHATCHAWAL TURASARN
Student ID No. : 381998248
Faculty : Graduate School
Degree : M. Ed.
Major : Industrial Education (SRINAKARINWIROT UNIVERSITY)
Test Problem : Determination of Tensile Strength and Shear Strength
Test Method : Tension Test and Shear Test
Test Object : Pop Rivet and Drive Rivet
Date of test : 29/09/98

THIS IS REPORT that the specimens were submitted to our laboratory for the purpose of tests. The results of tests were as follows



Sketches of Shear Test

.../2

-2-

1) TENSION TEST

Group. 1

Specimen	Loots at Load	
Pop Rivet	N	kgf
T1	261	26.61
T2	245	24.97
T3	232	23.65

Specimen	Loots at Load	
Drive Rivet	N	kgf
T1	968	98.67
T2	776	79.10
T3	962	98.06

Group. 2

Specimen	Loots at Load	
Pop Rivet	N	kgf
T1	260	26.50
T2	263	26.81
T3	256	26.10

Specimen	Loots at Load	
Drive Rivet	N	kgf
T1	823	83.89
T2	857	87.36
T3	758	77.27

Group. 3

Specimen	Loots at Load	
Pop Rivet	N	kgf
T1	245	24.97
T2	231	23.55
T3	274	27.93

Specimen	Loots at Load	
Drive Rivet	N	kgf
T1	794	80.94
T2	819	83.49
T3	804	81.96

-3-

Group. 4

Specimen	Loots at Load	
Pop Rivet	N	kgf
T1	294	29.97
T2	274	27.93
T3	266	27.12

Specimen	Loots at Load	
Drive Rivet	N	kgf
T1	1,047	106.73
T2	866	88.28
T3	881	89.81

2) SHEAR TEST

Group. 1

Specimen	Loots at Load	
Pop Rivet	N	kgf
S1	370	37.72
S2	406	41.39
S3	386	39.35

Specimen	Loots at Load	
Drive Rivet	N	kgf
S1	1,307	133.23
S2	1,265	128.95
S3	1,266	129.05

Group. 2

Specimen	Loots at Load	
Pop Rivet	N	kgf
S1	381	38.84
S2	431	43.93
S3	422	43.02

Specimen	Loots at Load	
Drive Rivet	N	kgf
S1	1,354	138.02
S2	1,281	130.58
S3	1,371	139.76

.../4

-4-

Group. 3

Specimen	Loots at Load	
	N	kgf
S1	384	39.14
S2	459	46.79
S3	443	45.16

Specimen	Loots at Load	
	N	kgf
Drive Rivet		
S1	1,277	130.17
S2	1,291	131.60
S3	1,376	140.27

Group. 4

Specimen	Loots at Load	
	N	kgf
Pop Rivet		
S1	396	40.37
S2	400	40.77
S3	445	45.36

Specimen	Loots at Load	
	N	kgf
Drive Rivet		
S1	1,328	135.37
S2	1,359	138.53
S3	1,347	137.31

This report reflects our findings at time and place of inspection only.

Test by:

M. Manasarin Inchan

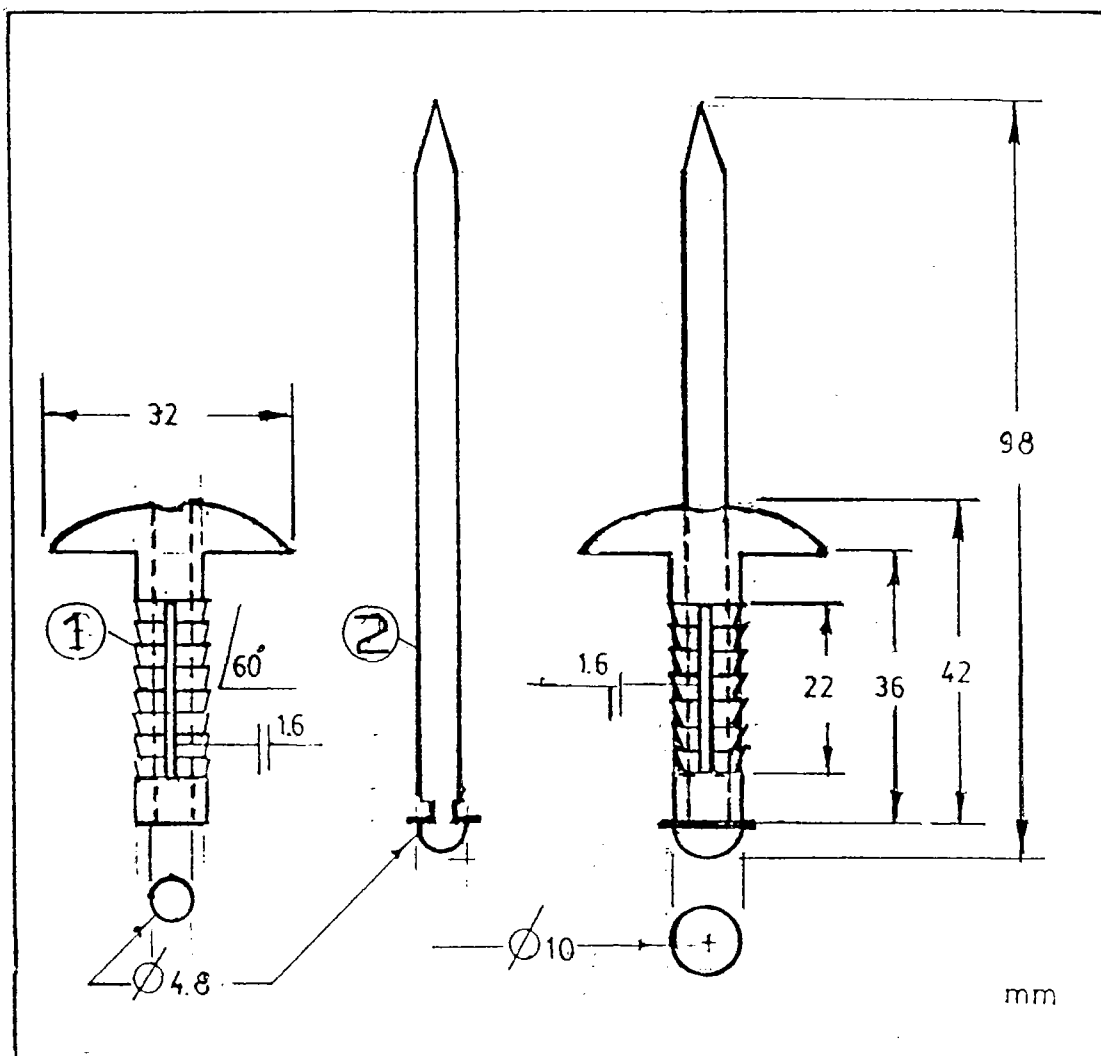
(Mr. Manasarin Inchan)

Examined and approved by:

S. Siriporn Daopiset

(Mrs. Siriporn Daopiset)

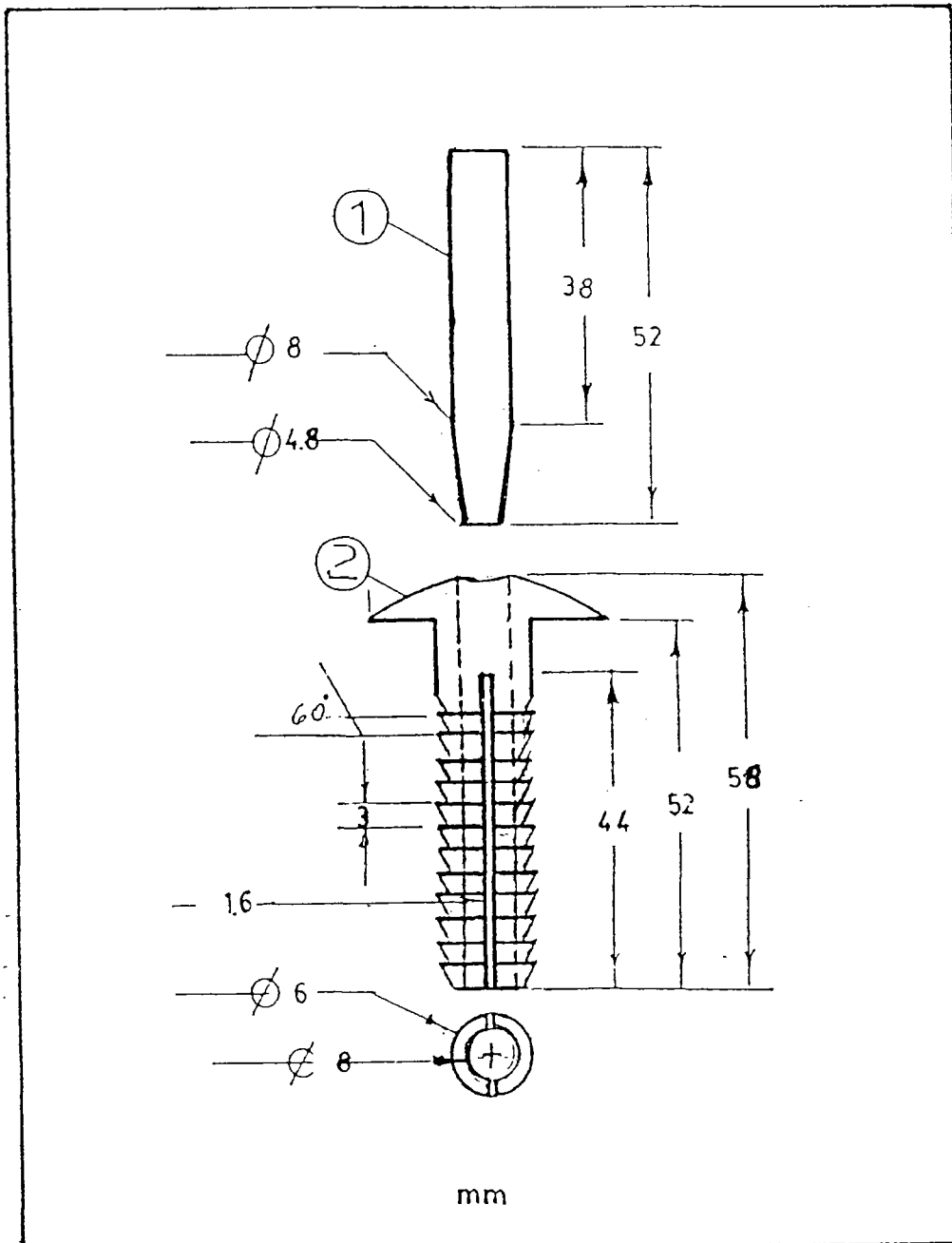
Head of Material Science Laboratory



ภาพประกอบ 35 แบบวัสดุหมุดย้า พ็พ ริเว็ต มาตรฐาน 2 : 1

1 ตัว พ็พ ริเว็ต เป็นพลาสติกพอลิคาร์บอเนต

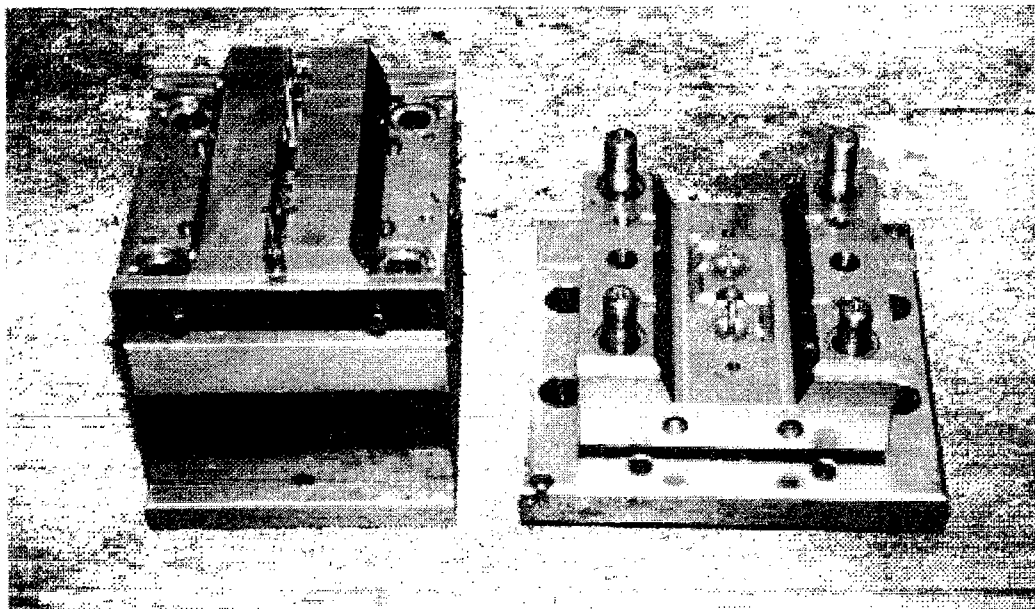
2 ด้านคิงของ พ็พ ริเว็ต เป็นอะลูมิเนียมผสม



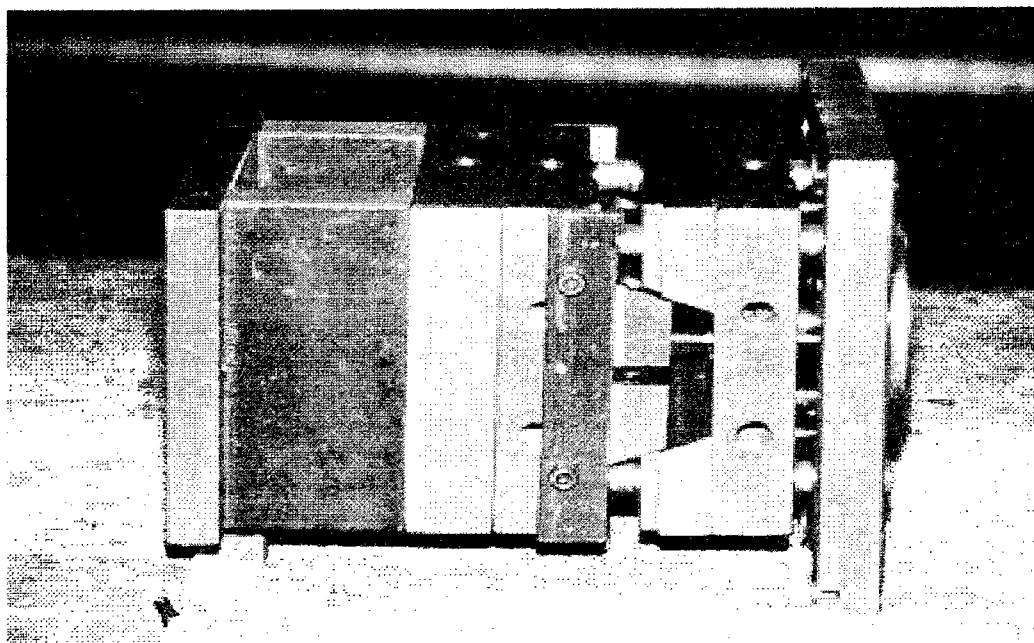
ภาพประกอบ 36 แบบวัสดุหมุดย้า ไดรฟ์ ริเว็ต มาตรฐาน 2 : 1

1. ก้านทูลงไปในตัว ไดรฟ์ ริเว็ต เป็นพลาสติกพอลิคาร์บอเนต
2. ตัว ไดรฟ์ ริเว็ต เป็นพลาสติกพอลิคาร์บอเนต

ก



ข



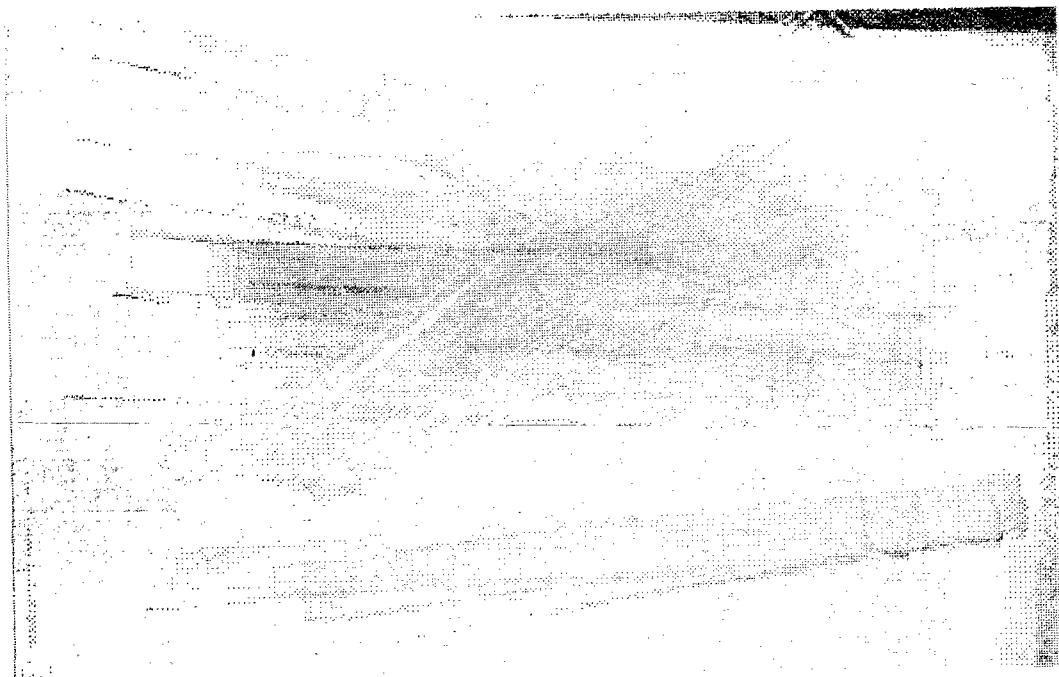
ภาพประกอบ 37 ก และ ข แม่พิมพ์ฉีดพลาสติก



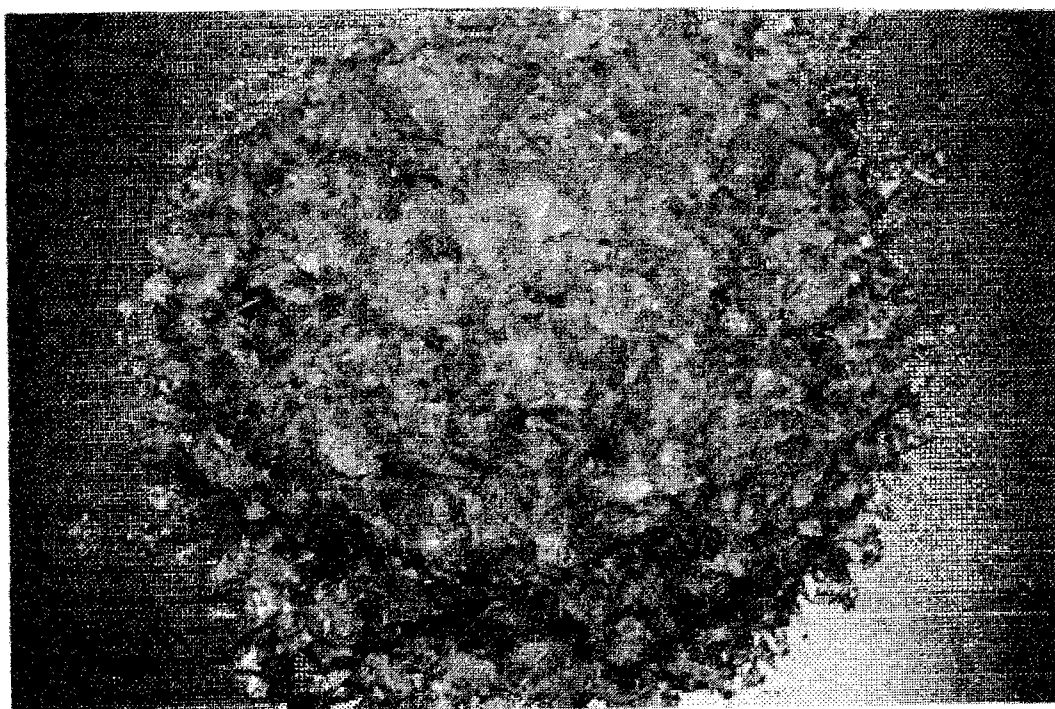
ภาพประกอบ 38 อุปกรณ์ขนถ่ายสัมภาระขึ้นเครื่องบิน



ภาพประกอบ 39 วัสดุใช้แล้ว



ภาพที่ 40 คัดวัสดุใช้แล้วออกเป็นชั้นเพื่อเข้าเครื่องบด



ภาพประกอบ 41 วัสดุใช้แล้วที่ถูกบดเป็นชิ้นเล็ก ๆ

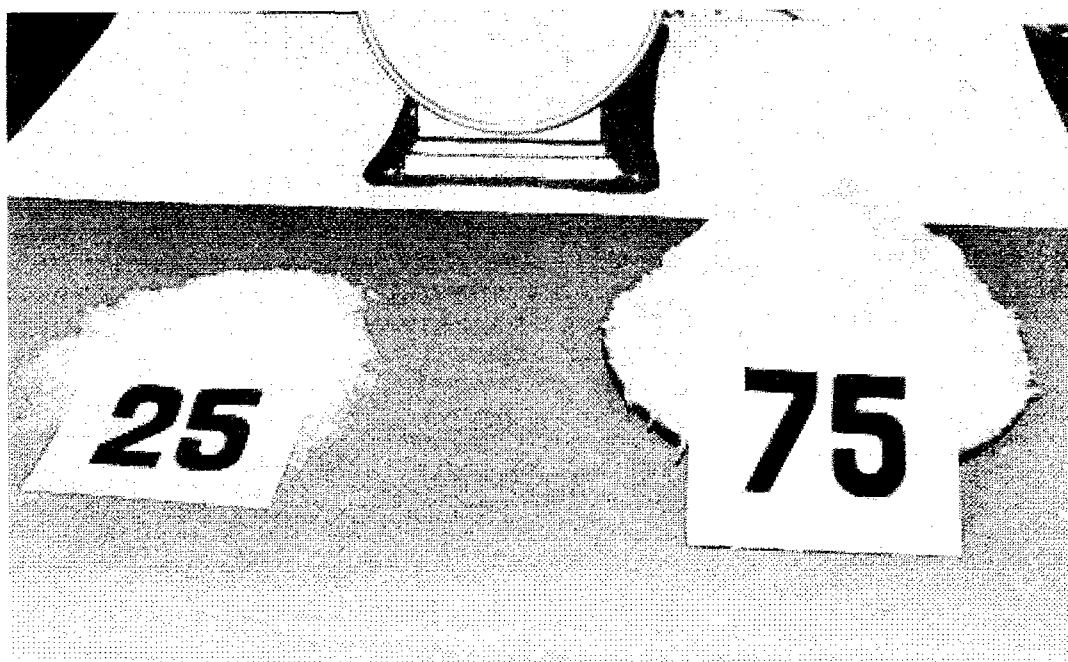


ภาพประกอบ 42 พลาสติกพอลิคาร์บอเนตใหม่ – ใช้งานได้

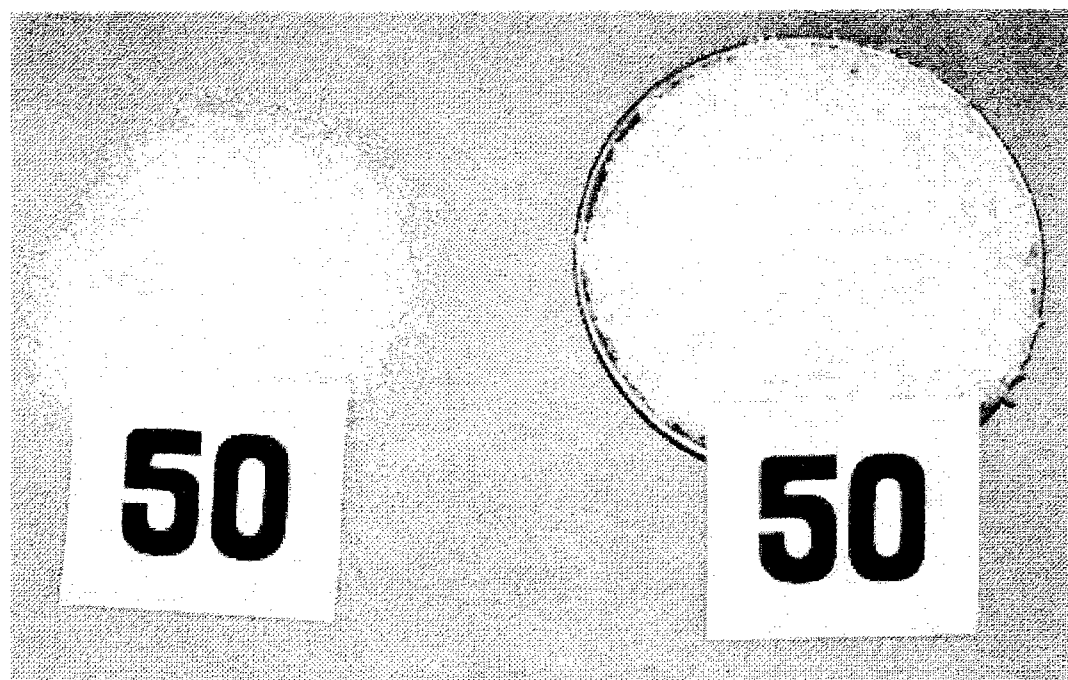


ภาพประกอบ 43 เครื่องชั่งน้ำหนัก

ก

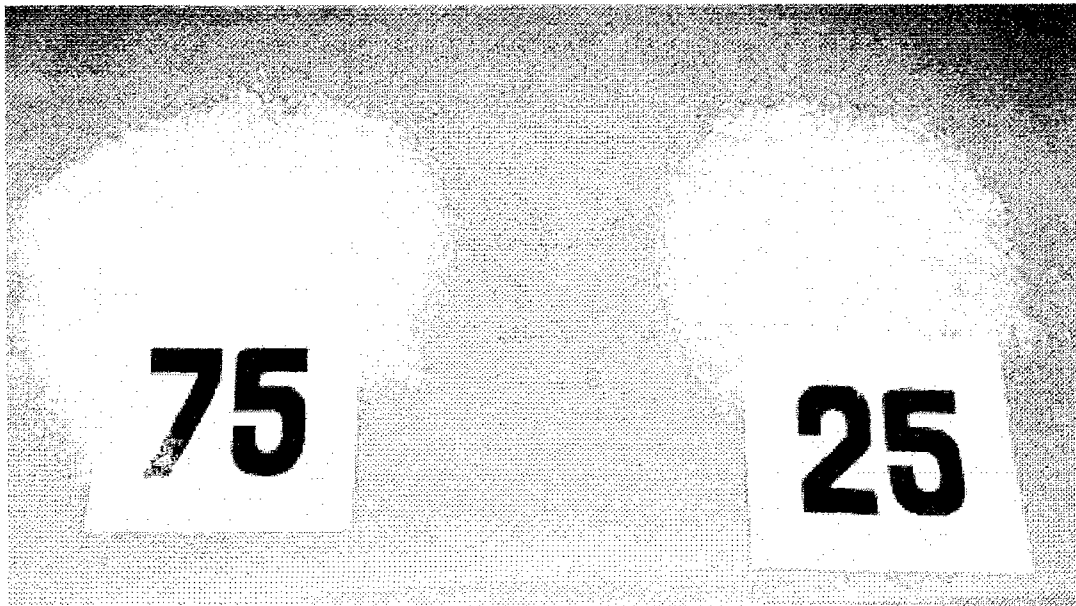


ข

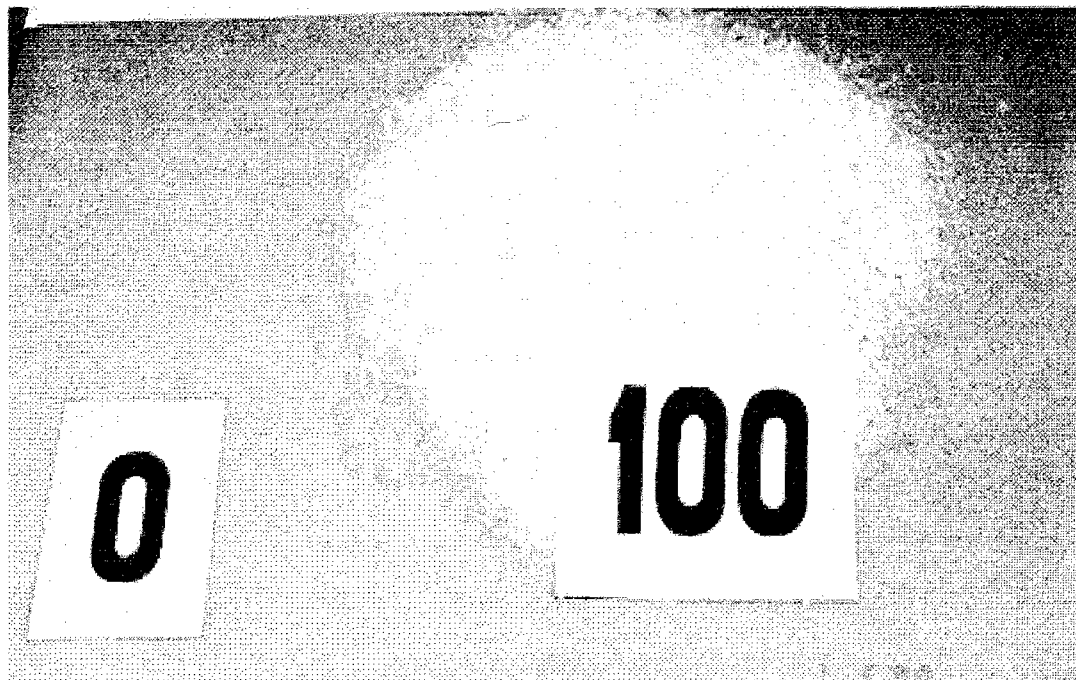


ภาพประกอบ 44 ก และ ข แสดงอัตราส่วนผสมของพลาสติกพอลิคาร์บอเนต ระหว่างใหม่-ใช้แล้ว

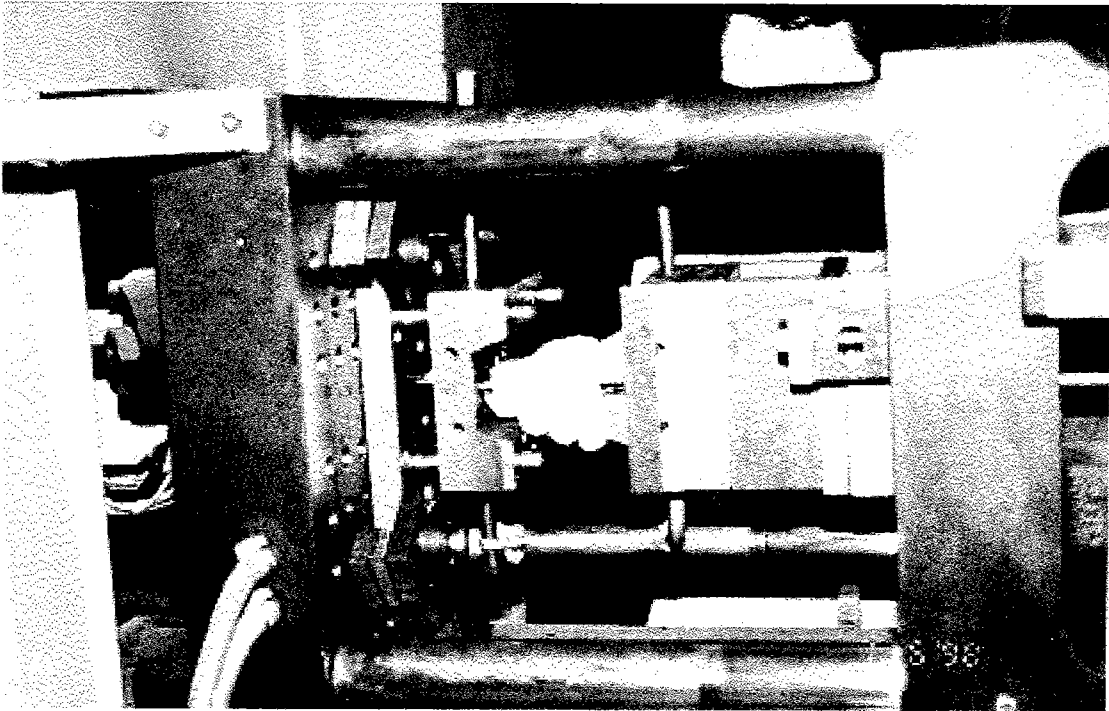
ค



ง



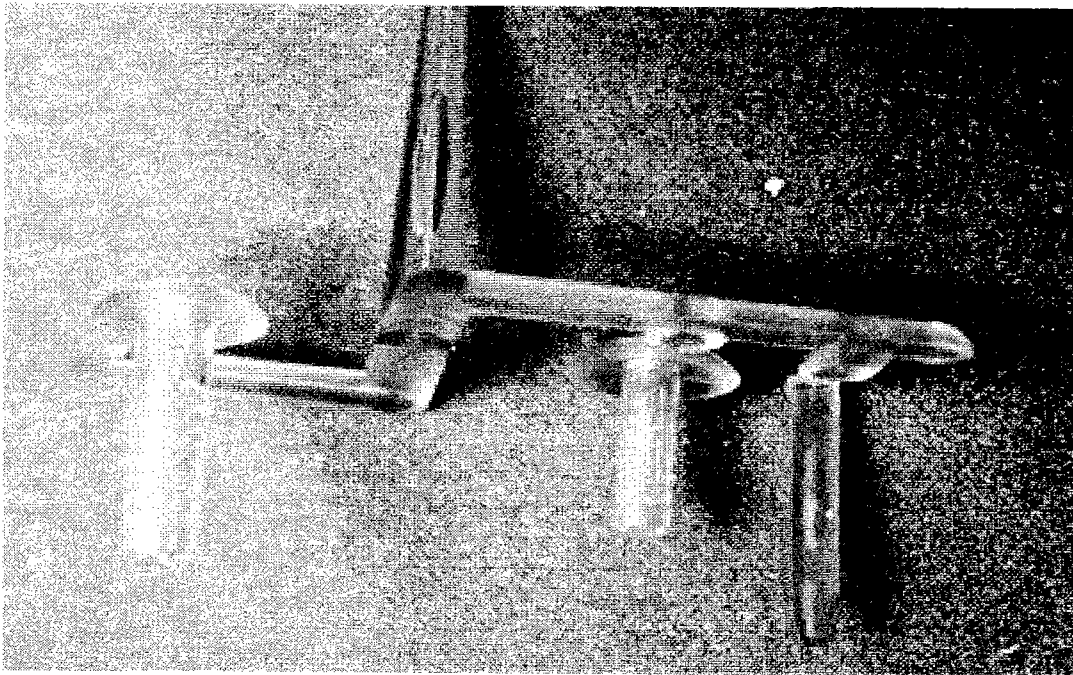
ภาพประกอบ 44 ค และ ง แสดงอัตราส่วนผสมของพลาสติกพอลิคาร์บอเนต ระหว่างใหม่-ใช้แล้ว



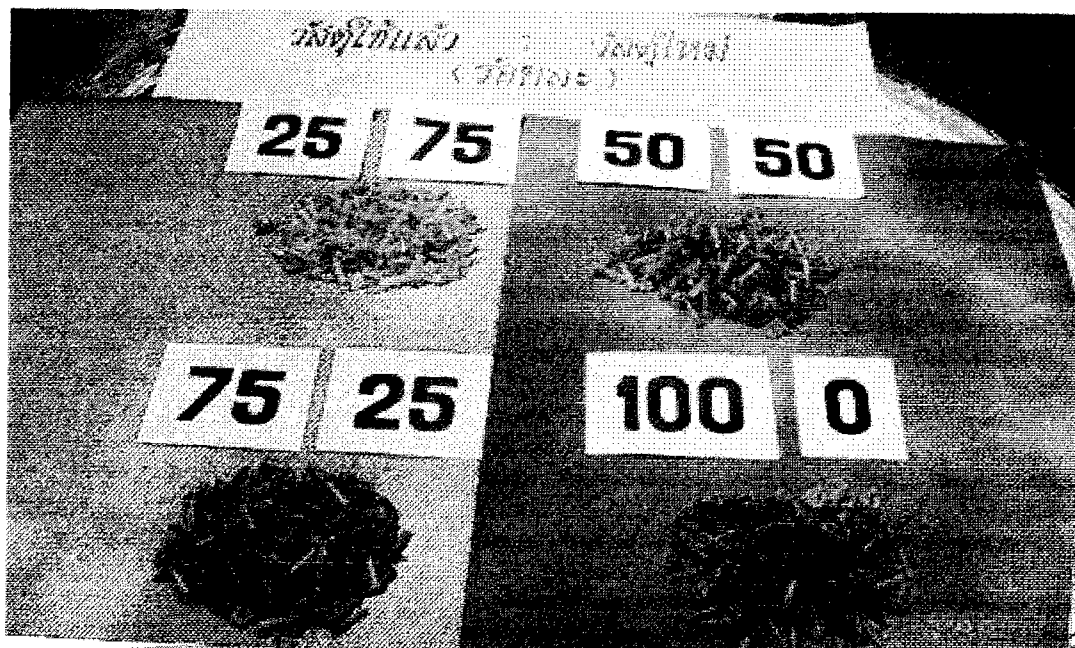
ภาพประกอบ 45 ติดตั้งแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก



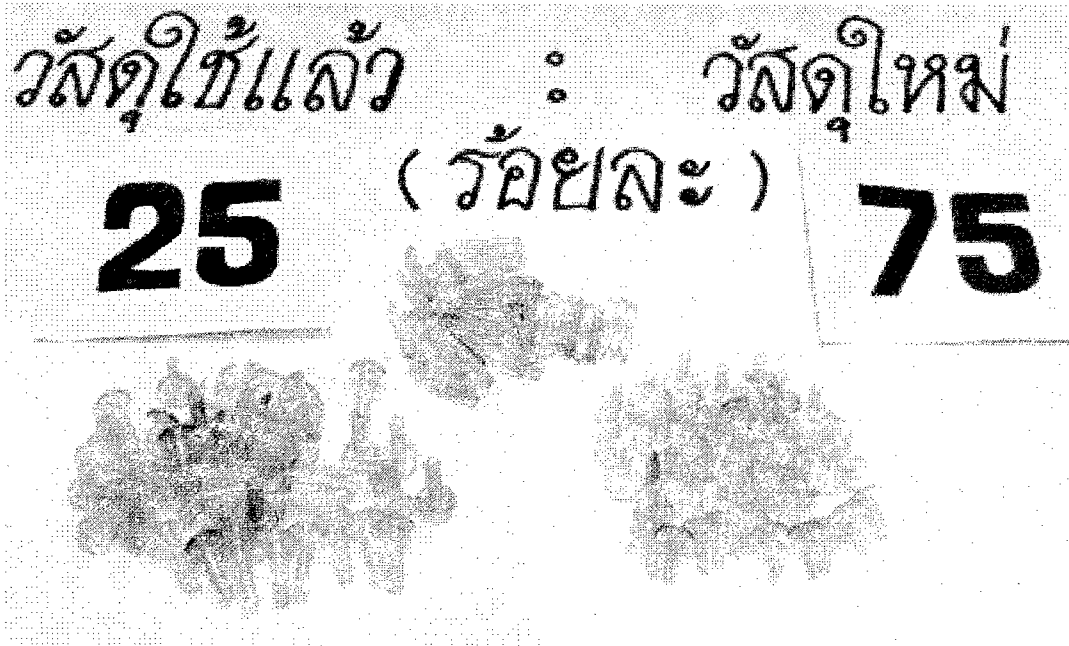
ภาพประกอบ 46 ปรับแต่งกระแสไฟฟ้า ตั้งเวลาฉีด นับจำนวนชิ้น



ภาพประกอบ 47 ตัวอย่างชิ้นงานสำเร็จรูป



ภาพประกอบ 48 ชิ้นงานที่ได้ทั้งหมด



ก



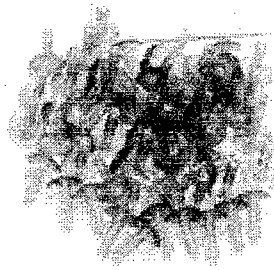
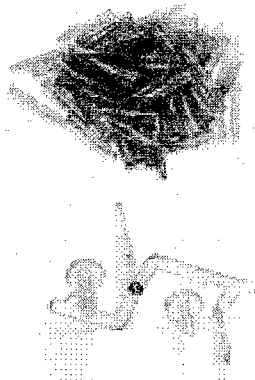
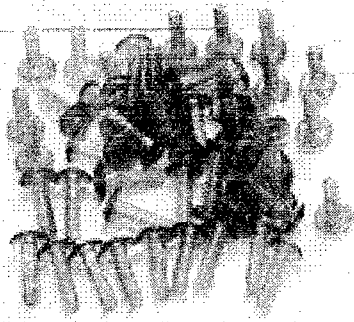
ข

ภาพประกอบ 49 ก และ ข ชิ้นงานที่ได้จากอัตราส่วนผสมต่าง ๆ

วัสดุที่เหลือ : วัสดุใหม่
(วัสดุละ)

75

25

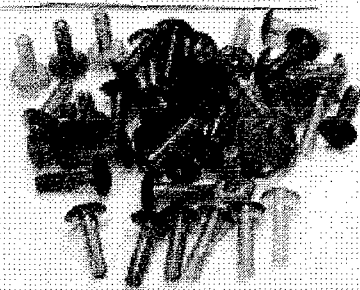


ค

วัสดุที่เหลือ : วัสดุใหม่
(วัสดุละ)

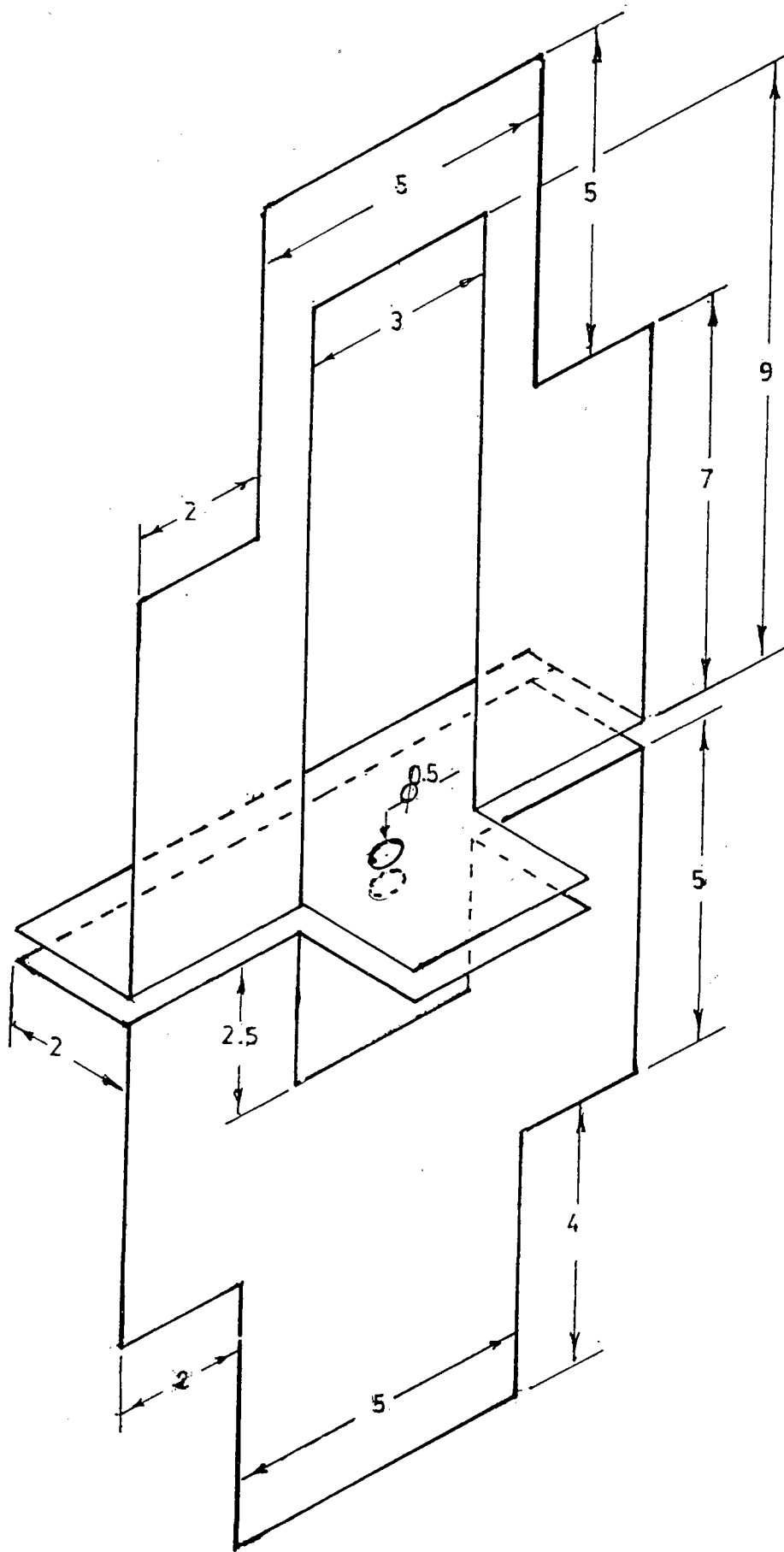
100

0

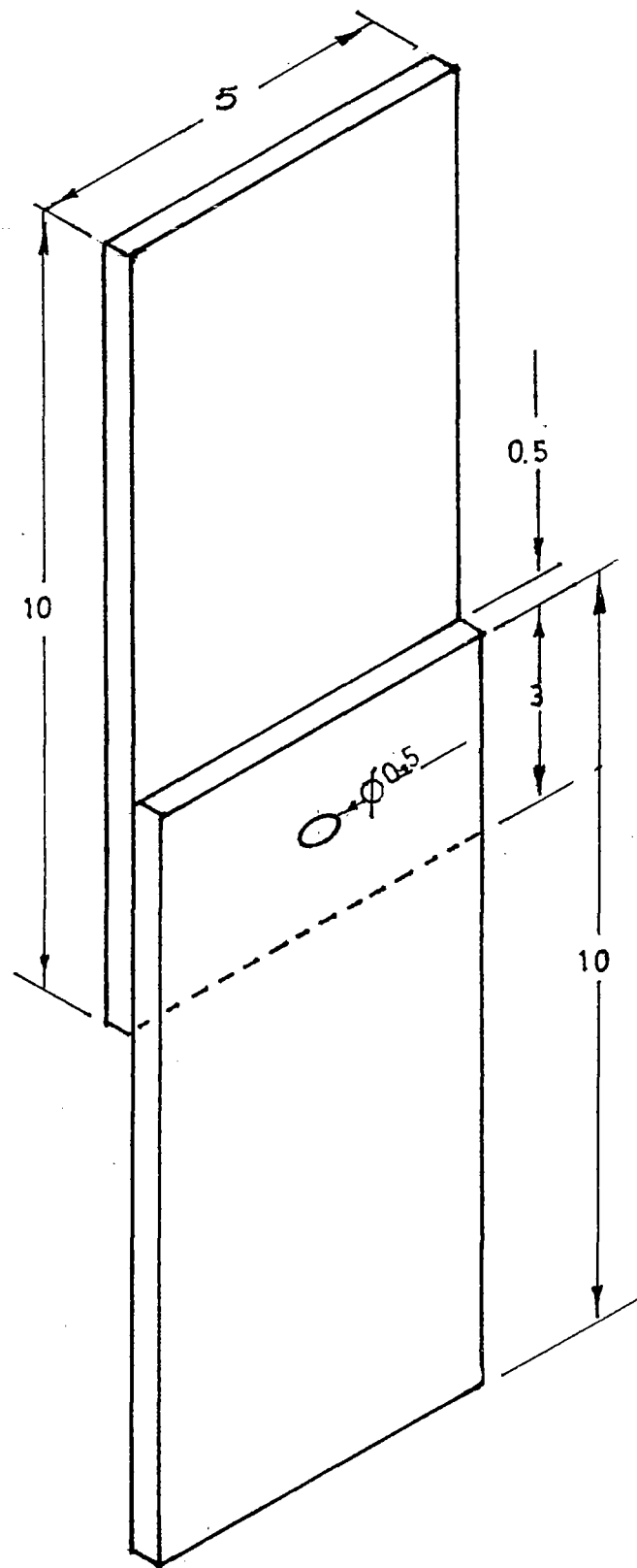


ง

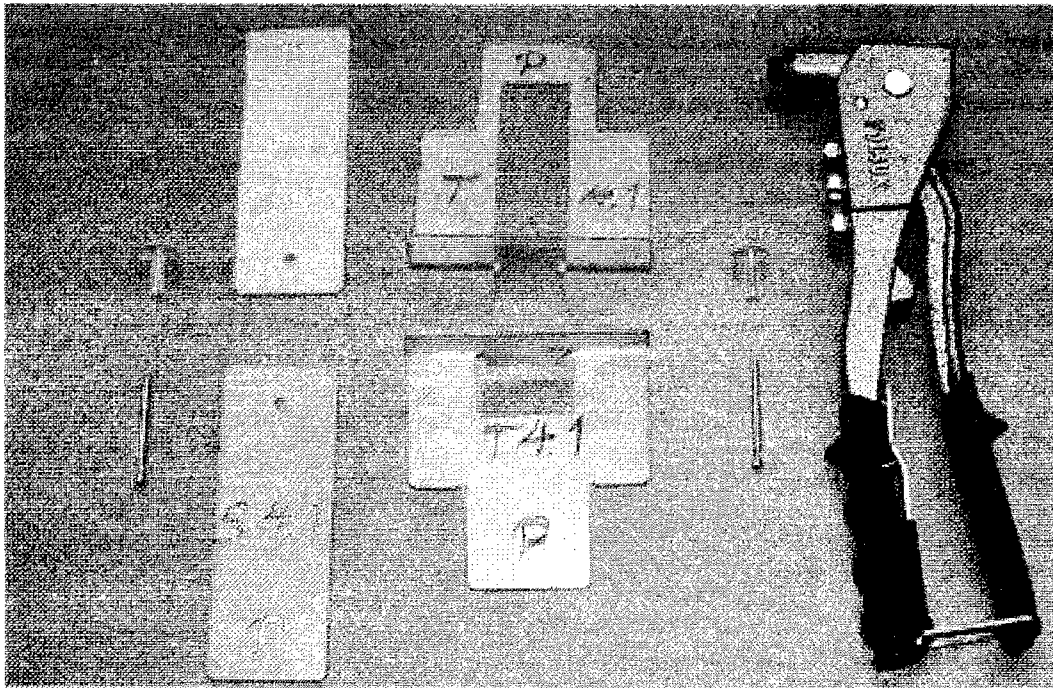
ภาพประกอบ 49 ค และ ง ชิ้นงานที่ได้จากอัตราส่วนผสมต่างๆ



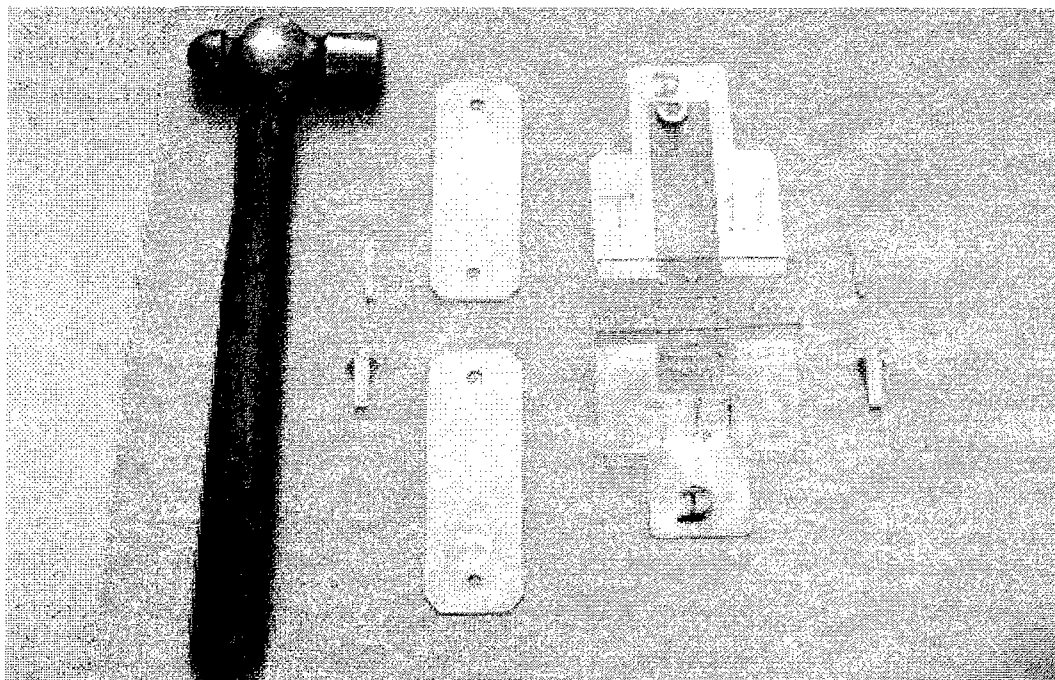
ภาพประกอบ 50 แบบชิ้นงานทดสอบแรงดึง อัตราส่วน 1 : 1 (เซนติเมตร)



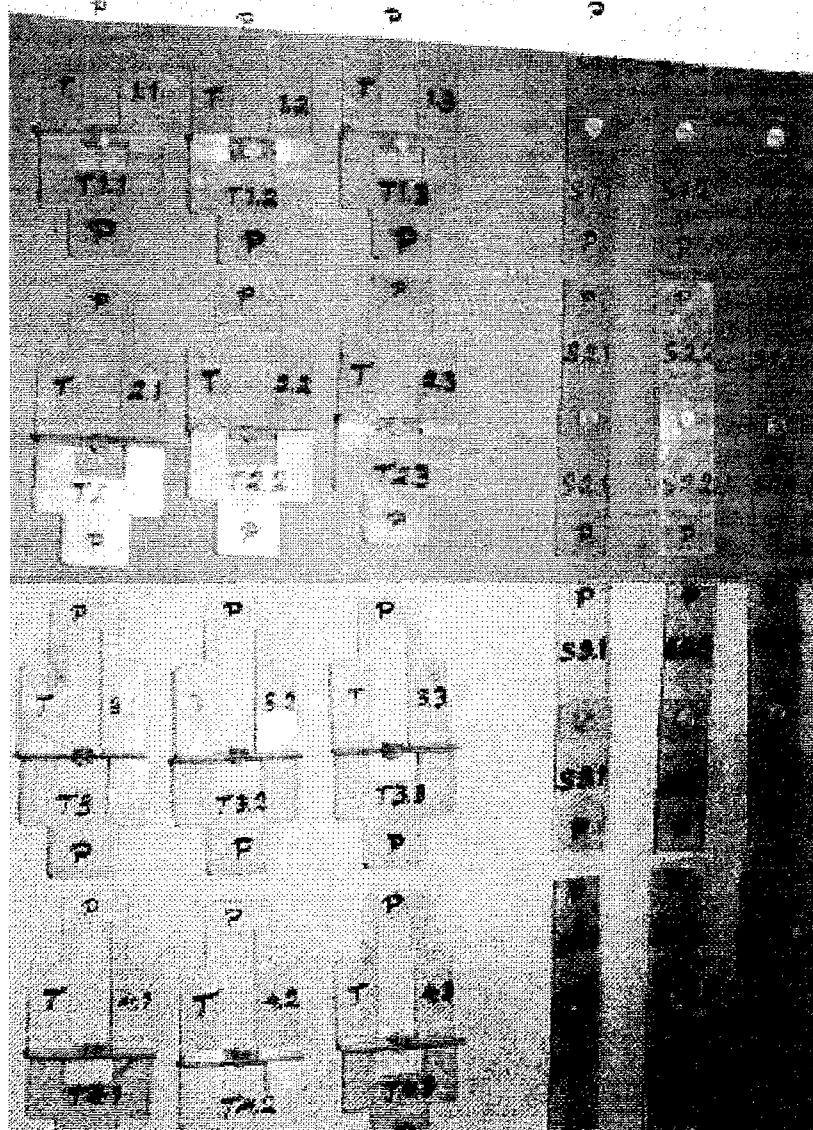
ภาพประกอบ 51 แบบชิ้นงานทดสอบแรงเฉือน อัตราส่วน 1 : 1 (เซนติเมตร)



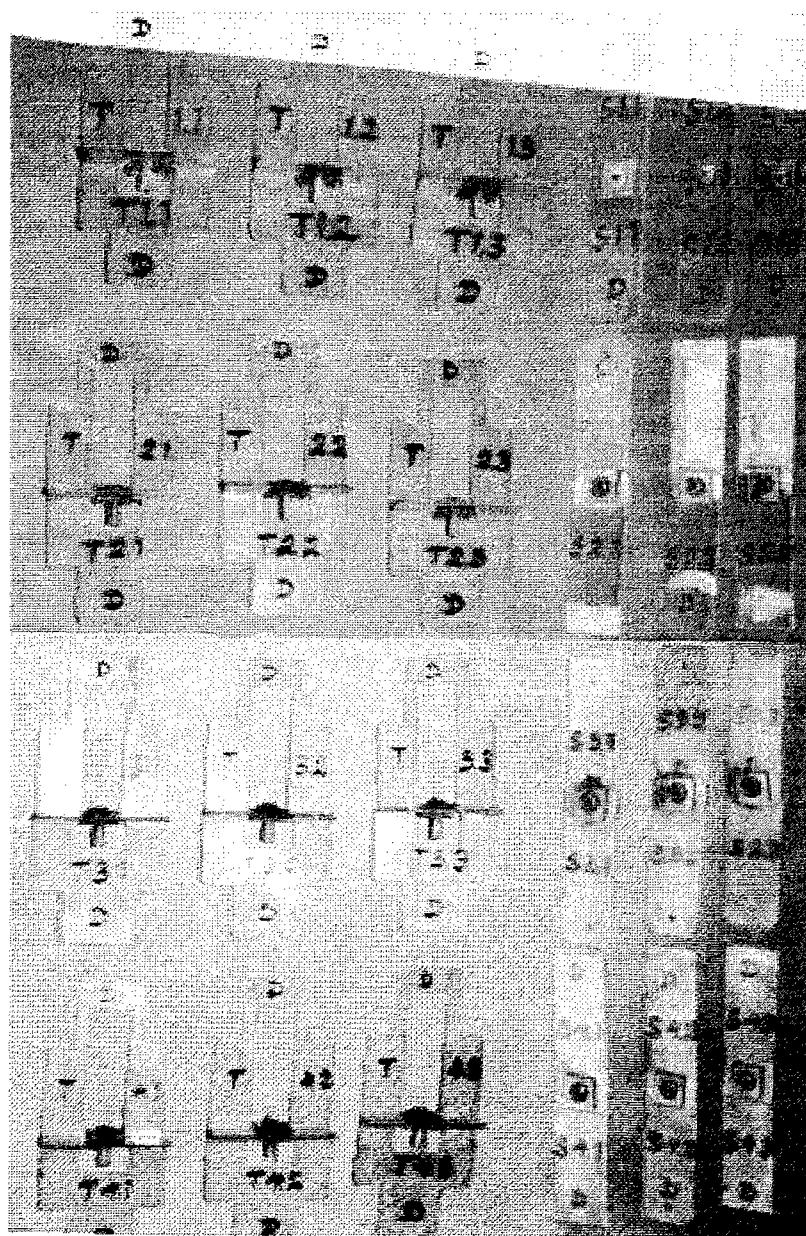
ภาพประกอบ 52 ชิ้นงานทดสอบ แรงดึง – แรงเฉือน ด้วยพ็อพ ริเว็ต



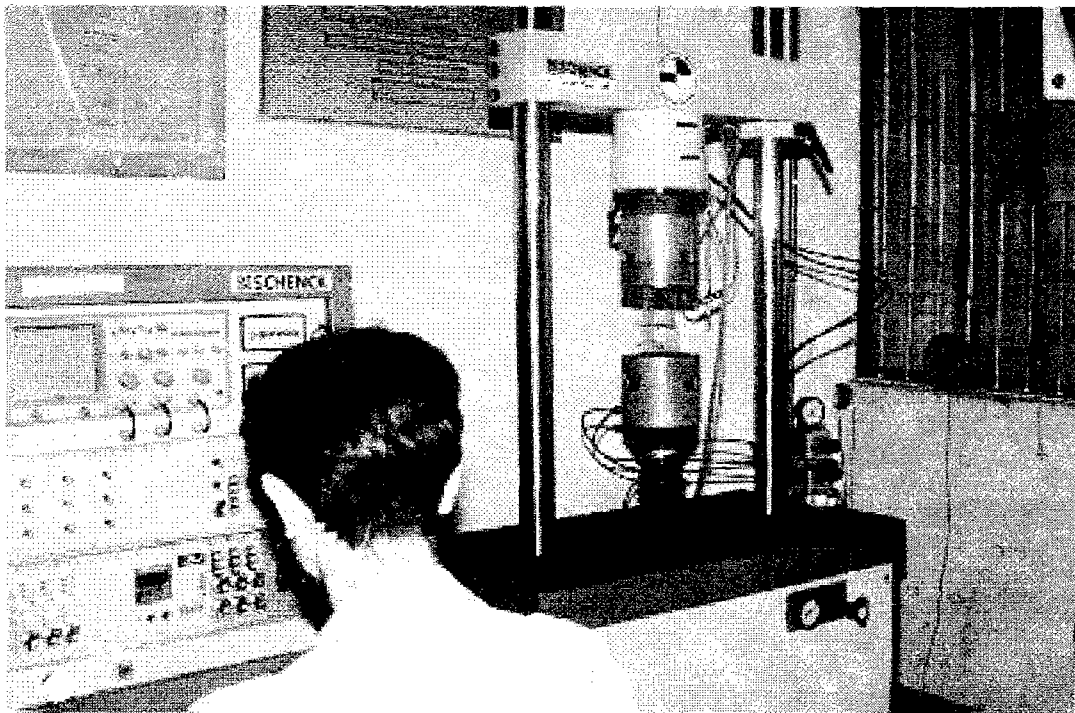
ภาพประกอบ 53 ชิ้นงานทดสอบแรงดึง - แรงเฉือน ด้วยไครฟ์ รีเวด



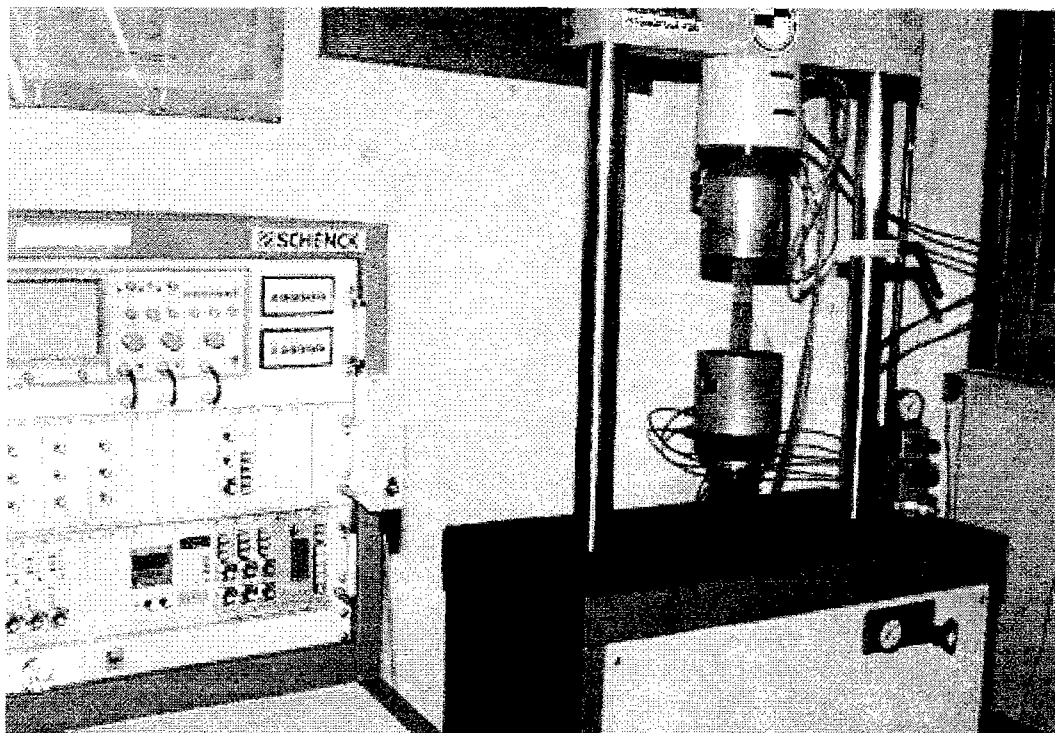
ภาพประกอบ 54 ชิ้นงานทดสอบแรงดึง-แรงเหวี่ยง ด้วยฟ็อล์ฟ ริเว็ต ทั้ง 4 กลุ่ม



ภาพประกอบ 55 ชิ้นงานทดสอบแรงดึง-แรงเหวี่ยง ด้วยไดรฟ์รีเวิร์ต ทั้ง 4 กลุ่ม

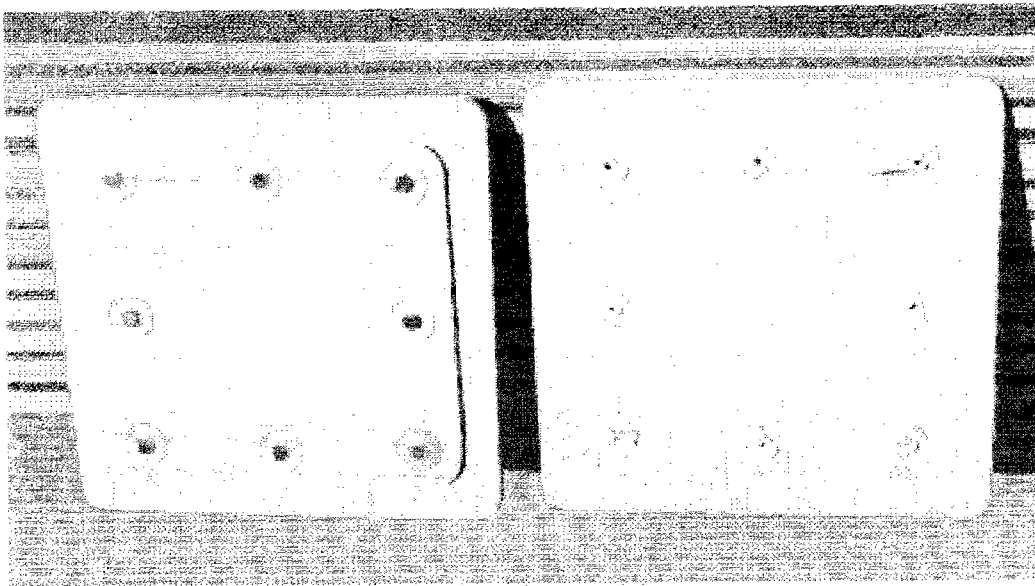


ภาพประกอบ 56 การทดสอบแรงดึง

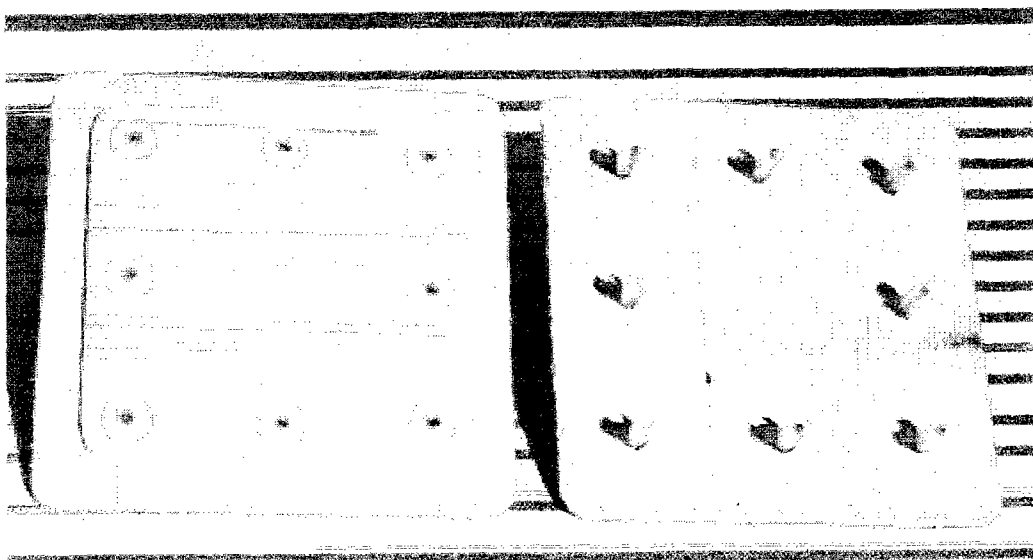


ภาพประกอบ 57 การทดสอบแรงเฉือน

ก

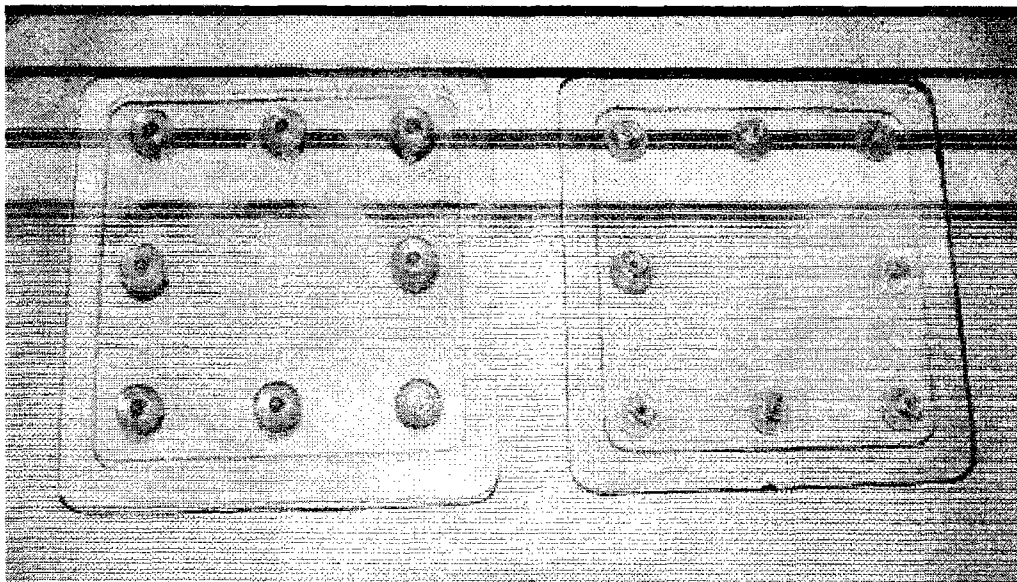


ข

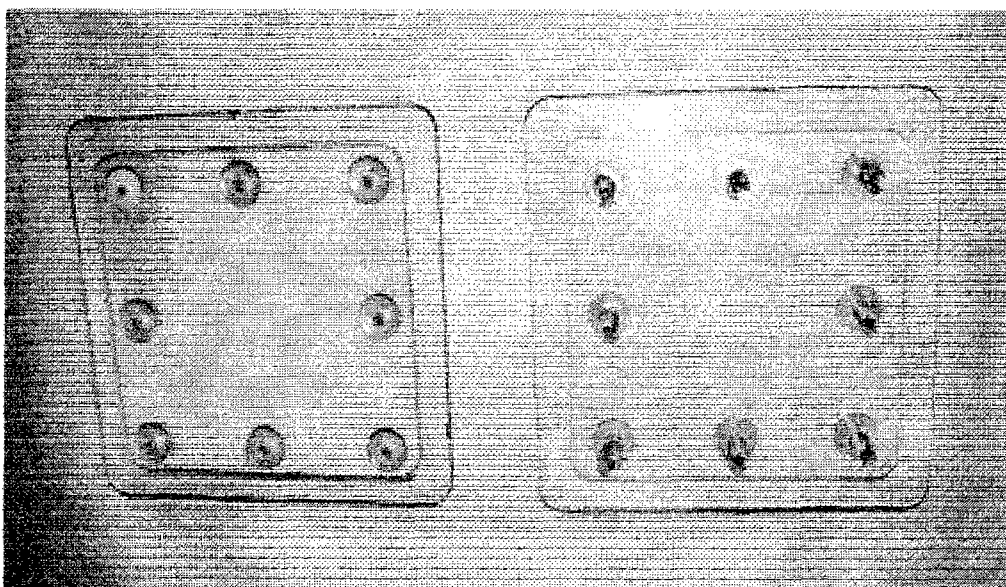


ภาพประกอบ 58 ก และ ข การยึดประกอบชิ้นงานตัวอย่าง

ก

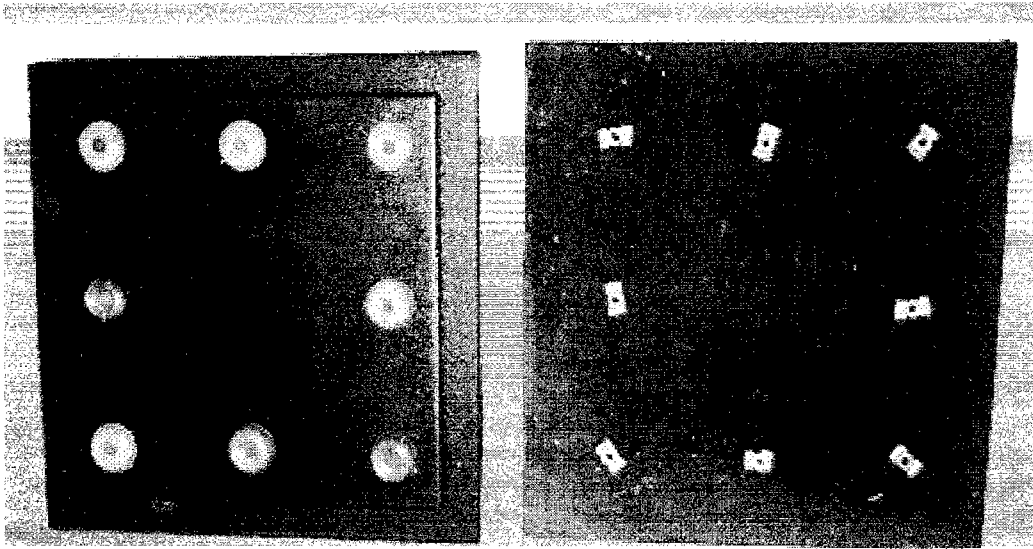


ข

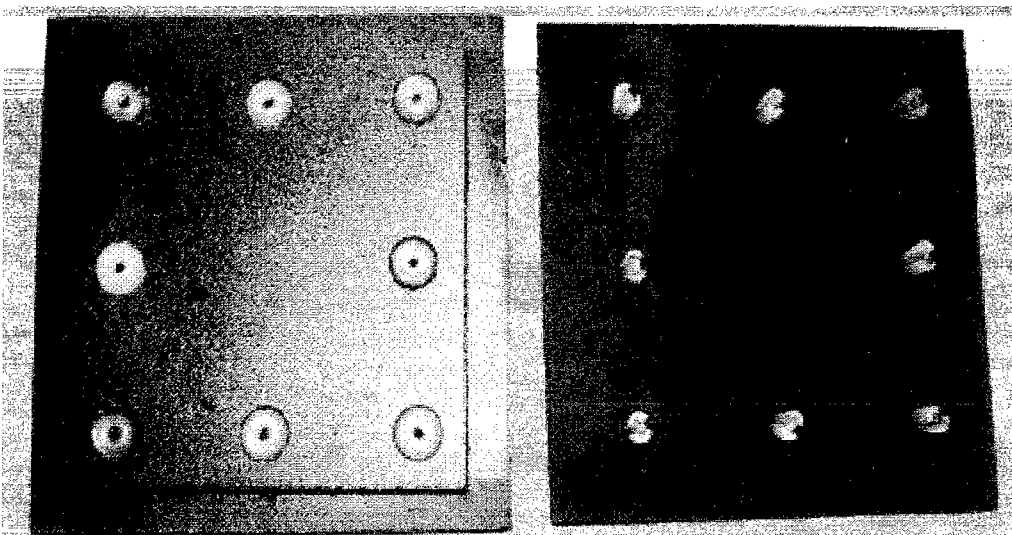


ภาพประกอบ 59 ก และ ข การยึดประกอบชิ้นงานตัวอย่าง

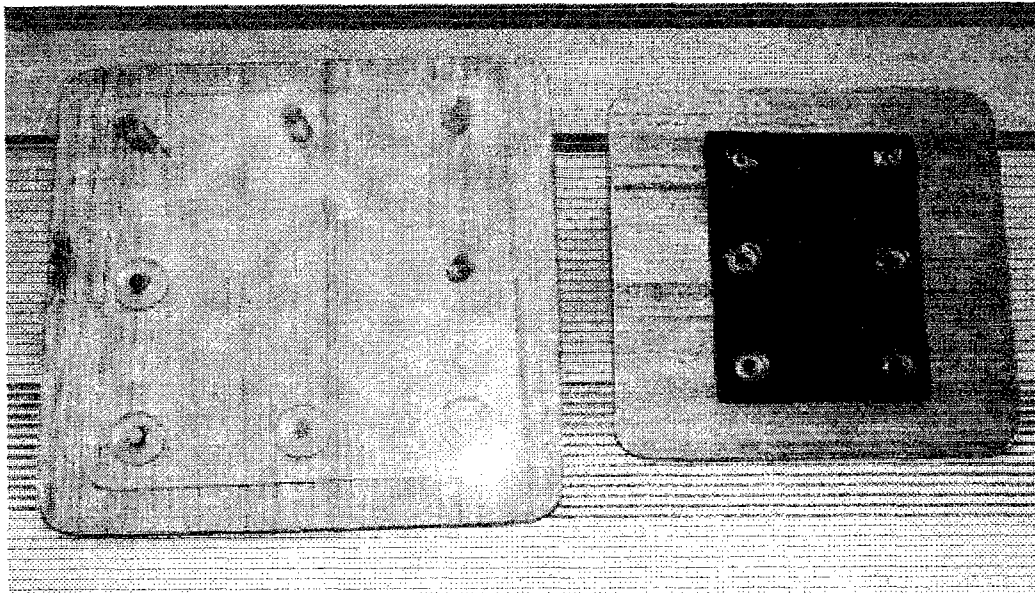
ก



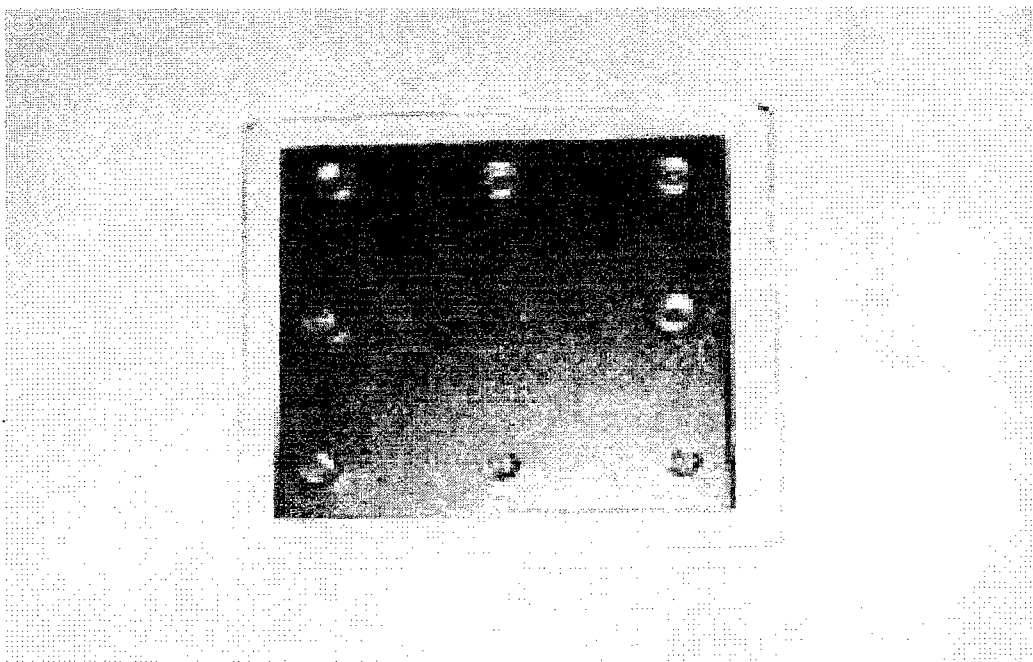
ข



ภาพประกอบ 60 ก และ ข การยึดประกอบชิ้นงานตัวอย่าง



ภาพประกอบ 61 การยึดประกอบชิ้นงานตัวอย่าง



ภาพประกอบ 62 การยึดประกอบชิ้นงานตัวอย่าง

ประวัติย่อของผู้วิจัย

ชื่อ นายชัชวาลย์ ชื้อสกุล ฐะสาร
เกิดวันที่ 19 เดือน พฤศจิกายน พุทธศักราช 2493
สถานที่เกิด กรุงเทพมหานคร
สถานที่อยู่ปัจจุบัน บ้านเลขที่ 903 หมู่ 9 ถนนรามอินทรา (67)
แขวงจระเข้บัว เขตลาดพร้าว กรุงเทพฯ 10230
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน ผู้จัดการแผนกซ่อมบำรุงอุปกรณ์ขนถ่ายสัมภาระขึ้น
เครื่องบิน
สถานที่ทำงานปัจจุบัน บริษัท การบินไทย จำกัด (มหาชน)

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2513	ปวช. (ช่างเชื่อมและโลหะแผ่น) จากโรงเรียนช่างกลปทุมวัน
พ.ศ. 2531	ปวส. (อุตสาหกรรมการผลิต) จากวิทยาลัยช่างกลปทุมวัน
พ.ศ. 2533	ร.ป.บ. (บริหารรัฐกิจ) จากมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาราช
พ.ศ. 2538	วท.บ. (เทคโนโลยีอุตสาหกรรมการผลิต) จากสถาบันราชภัฏพระนคร
พ.ศ. 2541	กศ.ม. (อุตสาหกรรมศึกษา) จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การสร้างหมุดย้ำประเภท พ็อพ ริเวต และ ไครฟ์ ริเวต
จากวัสดุใช้แล้วพลาสติกพอลิคาร์บอเนต

บทคัดย่อ
ของ
ชัชวาลย์ ชูระสาร

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา
ธันวาคม 2541

การสร้างหมุดย้ำประเภท พ็อพ ริเว็ต และ ไครฟ์ ริเว็ต จากวัสดุใช้แล้วพลาสติก พอลิคาร์บอเนต เป็นงานวิจัยที่มีจุดมุ่งหมายใน 2 ประเด็นคือ

ประเด็นที่ 1 เพื่อศึกษาอัตราส่วนผสมระหว่างวัสดุใช้แล้วพลาสติกพอลิ - คาร์บอเนตกับวัสดุใหม่พลาสติกพอลิคาร์บอเนตใน 4 อัตราส่วนของน้ำหนัก คิดเป็น ร้อยละ ดังนี้ กลุ่มที่ 1 25 : 75, กลุ่มที่ 2 50 : 50, กลุ่มที่ 3 75 : 25, กลุ่มที่ 4 100 : 0 เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการสร้างหมุดย้ำประเภท พ็อพ ริเว็ต และ ไครฟ์ ริเว็ต ด้วยวิธีการฉีดพลาสติก หมุดย้ำนี้จะใช้สำหรับงานยึดประกอบชิ้นงานที่เป็นแผ่นพลาสติก พอลิคาร์บอเนต และชิ้นงานอื่น ๆ ที่เป็นโลหะ โดยมีคุณสมบัติพิเศษที่ช่วยให้ชิ้นงาน ทั้งชิ้นมีความเป็นฉนวนไฟฟ้า

ประเด็นที่ 2 เพื่อศึกษาคูณสมบัติทางกลของหมุดย้ำที่ได้จากงานวิจัยนี้ในด้าน ความต้านทานแรงดึงและความต้านทานแรงเฉือน ว่ากลุ่มอัตราส่วนผสมใดให้ค่าสูงสุด

ผลสรุปของงานวิจัยนี้ได้ผ่านการตรวจสอบและรับรองผลการตรวจสอบอย่าง เป็นทางการโดยห้องปฏิบัติการวัสดุวิทยา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าพระนครเหนือ บ่งชี้ว่า กลุ่มที่ใช้วัสดุใช้แล้วเพียงอย่างเดียวโดยไม่ต้องผสม กับวัสดุใหม่คือ กลุ่มที่ 4 อัตราส่วน 100 : 0 มีความเหมาะสมที่สุดในการนำมาสร้าง เป็นวัสดุหมุดย้ำ พ็อพ ริเว็ต และ ไครฟ์ ริเว็ต เพราะมีค่าความต้านทานแรงดึงและ ความต้านทานแรงเฉือนสูงที่สุด

**PRODUCING OF POP RIVET AND DRIVE RIVET FROM
RECYCLING USED POLYCARBONATE**

AN ABSTRACT

BY

CHATCHAWAL TURASARN

**Presented in partial fulfillment of the requirements for the
Master of Education degree in Industrial Education
at Srinakharinwirot University
December 1998**

Subject : Producing of Pop Rivet and Drive Rivet from Recycling used Polycarbonate

This Research aims into 2 points.

Point 1 : To find out the combination between the used polycarbonate and new polycarbonate. There were 4 groups of weight proportion as follows :

Group 1 25 : 75

Group 2 50 : 50

Group 3 75 : 25

Group 4 100 : 0

The researcher produced Pop Rivet and Drive Rivet by plastic injection. These Rivets are used for holding the polycarbonate assembly and non - metallic works with insulated characteristic.

Point 2 : To find out the highest quality of tensile strength and shear strength.

The results indicated that Group 4 with proportion of 100 : 0 has the highest quality in terms of tensile strength and shear strength to produce Pop Rivet and Drive Rivet.

The results of the research were examined and officially certified by Materials Science Laboratory, Production Engineering Department, King Mongkut's Institute of Technology North Bangkok.