



ศูนย์กลางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร

### ปัญหาพิเศษ

#### เรื่อง

การหาแนวทางในการกำจัดฟองอากาศภายในผลิตภัณฑ์พลาสติกที่ยืด  
สำหรับเก็บรักษาตัวอย่างแมลง

The Way to Get Rid of Air-Bubble in Bio-Plastic  
for Insect Specimen Preservation.



T098868

โดย

นางสาวนอร่าตี อับดุลราติบ

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์มานพ นชะพงษ์

ร/พ.  
๗356๗  
๑53๘

เสนอ

ภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน..... 98868  
วัน,เดือน,ปี..... 12 JUN 2009

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต(เกษตรศาสตร์)

พุทธศักราช 2538

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ใบรับรองปัญหาพิเศษปริญญาตรี  
ภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช**



เรื่อง

การหาแนวทางในการกำจัดฟองอากาศภายในผลิตภัณฑ์พลาสติกเทียม

สำหรับเก็บรักษาตัวอย่างแมลง

**The Way to Get Rid of Air-Bubble in Bio-Plastic  
for Insect Specimen Preservation.**

โดย  
นางสาวนอรติ อับดุลราติบ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

( อาจารย์ มาณพ นระพงษ์ )  
ประธานกรรมการอาจารย์ที่ปรึกษา

ภาควิชารับรองแล้ว

( อาจารย์ สำเริง คำทอง )

หัวหน้าภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช  
วันที่ 29 เดือน มีนาคม พ.ศ. 2539

20 ส.ค. 2539  
ปพ.  
1695671  
2538

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## คำนิยม

ปัญหาพิเศษอันเป็นเหตุแห่งความภาคภูมิใจของข้าพเจ้าฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องจากความอนุเคราะห์และให้การสนับสนุนในทุกๆด้านจากบุคคลหลายๆท่าน ข้าพเจ้าใคร่ขอขอบพระคุณท่าน รศ. แสน ตีควัฒนานนท์ ที่กรุณาอนุเคราะห์ตัวอย่างแมลง ในการทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้ และอาจารย์มานพ นชะพงษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ ที่ให้ความกรุณาช่วยแนะนำและให้คำปรึกษาในด้านต่างๆที่เป็นประโยชน์ตลอดจนช่วยตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ จนปัญหาพิเศษฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี กราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา ที่ให้การช่วยเหลือทั้งทางด้านกำลังทรัพย์ และกำลังใจ นอกจากนี้ข้าพเจ้าขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องทุกท่าน ที่ช่วยจัดหาอุปกรณ์ต่างๆ ที่จำเป็นในระหว่างการทำทดลอง เพื่อนักศึกษาคณะเทคโนโลยีการเกษตรสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุกคนที่ได้ช่วยเหลือข้าพเจ้าในทุกๆสิ่งตลอดจนกำลังใจ และความห่วงใย แก่ข้าพเจ้าตลอดมา

นอรติ อับดุลราติบ

สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช

2538

## บทคัดย่อ

### การหาแนวทางในการกำจัดฟองอากาศภายในผลิตภัณฑ์พลาสติกเทียม

#### สำหรับเก็บรักษาตัวอย่างแมลง

#### The Way to Get Rid of Air Bubble in Bio-Plastic

#### for Insect Specimen Preservation

การเก็บตัวอย่างแมลงโดยใช้กรรมวิธีการหล่อด้วยผลิตภัณฑ์พลาสติกเทียม (Bio-Plastic) ซึ่งผลิตด้วยพลาสติกเหลวเรียกว่า เรซิน (Resin) ประเภท Polyester , Epoxy , Acrylic และตัวทำปฏิกิริยาพวก ตัวทำแข็ง (Hardener) เป็นสารประกอบของเปอร์ออกไซด์ของสารอินทรีย์ (Organic peroxide) ชนิดที่นิยมใช้คือ MEPK (methyl ethyl ketone peroxide) และ Cyclonox หรือ Cyclohexanon peroxide จัดเป็นของเหลวใสไม่มีสี โดยเติมลงในเรซินประมาณ 1-3 % แล้วคนให้เข้ากันจะเกิดปฏิกิริยาเคมีเปลี่ยนรูปจากของเหลวเป็นของแข็ง ในการทำผลิตภัณฑ์พลาสติกเทียมนี้จะมีปัญหาเกิดขึ้นมาก และปัญหาที่สำคัญในขบวนการผลิต คือ การเกิดฟองอากาศภายในผลิตภัณฑ์พลาสติกเทียม จึงได้มีการศึกษาและแก้ปัญหาการเกิดฟองอากาศ โดยทำการศึกษานำตัวอย่างแมลงที่จะทำการหล่อด้วยพลาสติกเทียม มาเคลือบด้วยสารละลายแลคเกอร์โดยวิธีการจุ่ม , เคลือบด้วยสารยูรีเทนโดยวิธีการทา และเคลือบด้วยเรซินที่ผสมตัวทำแข็งแล้วโดยวิธีการทา แล้วทิ้งไว้ให้แห้ง จึงวางตัวอย่างลงในแม่แบบแล้วทำการหล่อด้วยพลาสติกเทียม ผลปรากฏว่า การเคลือบตัวอย่างด้วยเรซินสามารถแก้ปัญหาการเกิดฟองอากาศได้ดีที่สุดในตัวอย่างแมลง ที่มีปีกบาง และแมลงที่มีช่องว่างภายในลำตัวน้อย แต่ไม่ได้ผลดีกับแมลงจำพวก แมลงปีกแข็ง และแมลงที่มีช่องว่างภายในลำตัวมาก จึงได้มีการศึกษาต่อในการกำจัดฟองอากาศที่เกิดจากตัวอย่างแมลงปีกแข็ง และมีช่องว่างภายในลำตัวมาก โดยทำการเคลือบแมลงด้วยเรซินที่ผสมตัวทำแข็งแล้ว ในสภาพความร้อนในตู้อบที่อุณหภูมิ 45-50 องศาเซลเซียส แล้วทิ้งไว้ในตู้อบจนแข็งตัว , การนำตัวอย่างแมลงมาแช่ลงในเรซินที่ยังไม่ได้ผสมตัวทำแข็งเป็นเวลา 40 นาที ที่อุณหภูมิ 45-50 และ 55-60 องศาเซลเซียส แล้วทำการเปรียบเทียบทั้งสามการทดลอง ซึ่งผลปรากฏว่า การแก้ปัญหาการเกิดฟองอากาศที่เกิดจากแมลงปีกแข็งได้ดีที่สุด คือ การเคลือบตัวแมลงด้วยเรซินที่ยังไม่ได้ผสมตัวทำแข็งนาน 40 นาที ที่อุณหภูมิ 55-60 องศาเซลเซียส นั้นสามารถแก้ปัญหาการเกิดฟองอากาศได้ถึง 98.4 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อมาได้มีการศึกษาหาแนวทางการแก้ปัญหาการเกิดฟองอากาศอีกวิธีที่ได้ผลดีโดยใช้เครื่องดูดอากาศ เมื่อทำการหล่อแก้วเทียมภายใต้เครื่องสูญญากาศสามารถแก้ปัญหาการเกิดฟองอากาศได้ดีที่สุด สำหรับแมลงปีกแข็งมีช่องว่างภายในลำตัวมากสามารถกำจัดฟองอากาศได้ถึง 100% ส่วนแมลงชนิดอื่นแก้ปัญหาการเกิดฟองอากาศได้ดีที่ส่วนบนสุดของเรซิน แต่ไม่สามารถดึงฟองอากาศที่อยู่บริเวณใต้ปีกของแมลงได้หมด การแก้ปัญหาในกรณีนี้ต้องใช้เครื่องสูญญากาศร่วมกับวิธีการอื่น เช่น การเคลือบตัวอย่างแมลงก่อนการหล่อ หรือวิธีการวางตัวอย่างแมลงโดยการไล่ฟองอากาศภายใต้ปีกของแมลง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

	หน้า
สารบัญตาราง	(1)
สารบัญภาพ	(2)
คำนำ	
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการ	8
ผลการทดลอง	14
สรุปผลการทดลอง	37
ข้อเสนอแนะ	38
เอกสารอ้างอิง	39
ภาคผนวก	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(1)

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1	15
แสดงประสิทธิภาพของกรรมวิธีต่างๆในการเคลือบ แมลงทั้ง 6 ชนิด	
2	16
แสดงประสิทธิภาพการเคลือบแมลงปีกแข็งที่มีช่องว่าง ภายในลำตัวมาก	
3	23
แสดงคุณภาพของชิ้นงานกับปริมาณตัวทำแข็งและความ ดันภายในเครื่องสูญญากาศ โดยไม่ใส่แมลงในแก้วเทียม	
4	31
แสดงคุณภาพของการหล่อแมลงในผลิตภัณฑ์แก้วเทียม ในเครื่องสูญญากาศ	
ตารางภาคผนวกที่	
1	41
แสดงการวิเคราะห์ทางสถิติของประสิทธิภาพของกรรมวิธี ในการเคลือบแมลงทั้ง 6 ชนิด	
2	41
แสดงประสิทธิภาพการเคลือบแมลงปีกแข็งที่มีช่องว่าง ภายในลำตัวมาก	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 ตัวอย่างแมลงที่เคลือบด้วยแลคเกอร์ก่อนทำการหล่อ	17
2 ตัวอย่างแมลงที่เคลือบด้วยยูรีเทนก่อนทำการหล่อ	18
3 ตัวอย่างแมลงที่เคลือบด้วยเรซินที่ผสมตัวทำแข็งก่อนทำการหล่อ	19
4 ตัวอย่างแมลงที่เคลือบด้วยเรซินที่ผสมตัวทำแข็ง ที่อุณหภูมิ 45-50 °C ก่อนทำการหล่อ	20
5 ตัวอย่างแมลงที่เคลือบด้วยเรซินที่ไม่ผสมตัวทำแข็ง ที่อุณหภูมิ 45-50 °C ก่อนทำการหล่อ	21
6 ตัวอย่างแมลงที่เคลือบด้วยเรซินที่ผสมตัวทำแข็ง ที่อุณหภูมิ 55-60 °C ก่อนทำการหล่อ	22
7 ก. เครื่องสูญญากาศ(ซ้ายมือ) และVacuum pump (ขวามือ) ข. แสดงชั้นวางและการวางชิ้นงานภายในเครื่องสูญญากาศ	24
8 แสดงการดูดฟองอากาศออกจากเรซินในเครื่องสูญญากาศ	25
9 แสดงการดูดฟองอากาศจากเรซินที่ยังไม่แข็งและจากตัวแมลง ในเครื่องสูญญากาศ	26
10 ก. ชิ้นงานที่ผสมตัวทำแข็ง 2.0% นำเข้าเครื่องสูญญากาศความดัน 74 cm.Hg ข. ชิ้นงานที่ผสมตัวทำแข็ง 1.5% นำเข้าเครื่องสูญญากาศความดัน 74 cm.Hg	27
11 ก. ชิ้นงานที่ผสมตัวทำแข็ง 1.0% นำเข้าเครื่องสูญญากาศความดัน 74 cm.Hg ข. ชิ้นงานที่ผสมตัวทำแข็ง 0.5% นำเข้าเครื่องสูญญากาศความดัน 74 cm.Hg	28
12 ชิ้นงานที่ผสมตัวทำแข็ง 0.5% นำเข้าเครื่องสูญญากาศความดัน 60 cm.Hg	29
13 ก. ปัญหาการเกิดฟองอากาศภายใต้ปีกแมลง ข. แสดงการแตกหักของขนแมลงภายใต้การใช้เครื่องสูญญากาศ	32
14 แสดงตัวอย่างแมลงปีกแข็งภายใต้การใช้เครื่องสูญญากาศ ได้ผล 100%	33
15 แสดงการวางแมลงปีกบางขนาดใหญ่ คล้ายการวาง cover-slip	34
16 แสดงการวางแม่แบบในกะบะน้ำ	35
17 (ขวามือ) แสดงตัวอย่างแมลงที่มีปีกบางและขนาดใหญ่ ที่สามารถ กำจัดฟองอากาศได้ปีกได้ โดยการเคลือบแมลงด้วยแลคเกอร์ และการวางแบบ cover-slipก่อนนำเข้าเครื่องสูญญากาศ (ซ้ายมือ) แสดงตัวอย่างแมลงที่มีขนมาก โดยการเคลือบแมลงด้วย แลคเกอร์ก่อนนำเข้าเครื่องสูญญากาศ เพื่อกำจัดปัญหาการแตกหักของขน	36

## คำนำ

ในการเก็บตัวอย่างแมลงภายในผลิตภัณฑ์พลาสติกเทียม(Bio-Plastic) ในปัจจุบันเป็นที่นิยมเป็นอย่างมาก เพราะการเก็บรักษาตัวอย่างแมลงในพลาสติกเทียมนี้ ทำให้สามารถเก็บลักษณะทางสัณฐานวิทยาและสีสันทนของแมลงได้อย่างครบถ้วน ซึ่งเป็นประโยชน์มากในการศึกษาด้านวิชากีฏวิทยา ทำให้นักศึกษาได้เห็นตัวอย่างจริงของแมลงแต่ละชนิด เป็นผลให้เข้าใจในบทเรียนได้แจ่มแจ้งมากยิ่งขึ้น และในปัจจุบันนี้ผลิตภัณฑ์พลาสติกเทียมได้รับความนิยมมากในการทำของที่ระลึก เช่น พวงกุญแจ ของชำร่วย และเครื่องประดับต่างๆ เป็นการค้าได้ แต่ในกรรมวิธีการผลิตนั้นมีปัญหามากมาย ปัญหาที่มักเกิดมากที่สุดในช่วงการผลิตคือ การเกิดฟองอากาศภายในแท่งพลาสติกเทียม ทำให้ผลิตภัณฑ์ผลิตออกมามีคุณภาพต่ำ และอาจมีผลเสียหายทางเศรษฐกิจอีกด้วยในกรณีที่ผลิตเป็นการค้า ดังนั้นการหาแนวทางในการกำจัดฟองอากาศภายในผลิตภัณฑ์พลาสติกเทียม จึงเป็นที่น่าสนใจเป็นอย่างมาก เพื่อที่จะได้นำแนวทางดังกล่าวไปใช้ให้เกิดประโยชน์ ในการผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติกเทียมให้มีคุณภาพ และมีความสวยงามตลอดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## วัตถุประสงค์ในการทดลอง

1. เพื่อศึกษาแนวทางในการผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติกเทียมสำหรับเก็บรักษาตัวอย่างแมลง
2. เพื่อศึกษาหาแนวทางหรือวิธีการในการกำจัดฟองอากาศที่เกิดขึ้นในขณะที่ทำการผลิตพลาสติกเทียม
3. เพื่อนำแนวทางการแก้ปัญหาดังกล่าวไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อไปทั้งทางด้านธุรกิจและด้านการศึกษาระดับปริญญาโท



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ตรวจเอกสาร

ในการเก็บตัวอย่างแมลงด้วยผลิตภัณฑ์พลาสติกเทียม ( Bio-plastic) นั้นในปัจจุบันเป็นที่นิยม ใช้กันเป็นอย่างมาก เนื่องจากการเก็บตัวอย่างดังกล่าวนี้สามารถที่จะคงสภาพตัวอย่างได้สมบูรณ์ที่สุด ทั้งด้านสรีระวิทยาของแมลง (Lavlton, 1974) และสีถิ่นของแมลง และยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้เกี่ยวกับการหล่อ ชิ้นงานที่เราจะบรรจุด้วยวัสดุสวยงามเล็กๆ อย่างเช่น เกล็ดหินที่มีสีสรรต่างๆ เปลือกหอย ฟู แมลง ดอกไม้แห้งต้นไม้เล็กๆและอื่นๆ กรรมวิธีการผลิตดังกล่าวนี้ มักนิยมใช้ทำเป็นของที่ระลึก ของชำร่วย ประโยชน์ของผลิตภัณฑ์นี้นอกจากเพิ่มความสวยงามแล้วยังมีผลทางด้านการศึกษา ในสาขาที่สัตววิทยา ธรณีวิทยา ชีววิทยา และเป็นอุตสาหกรรมในครัวเรือน หรือเป็นงานอดิเรกได้ (ทรงกลด,2534)

ประโยชน์ด้านการศึกษาในสาขาที่สัตววิทยานั้น เราสามารถเก็บตัวอย่างแมลงชนิดต่างๆ ให้คงสภาพความสมบูรณ์ ทั้งรูปร่างและสีสรรตลอดไป ซึ่งถ้าเป็นแมลงที่ไม่พบเห็นบ่อยนัก ควรมีการเก็บรักษาเป็นอย่างดีในสภาพที่สมบูรณ์ที่สุด และเป็นประโยชน์ในแง่การศึกษาทางด้าน Morphology ถ้าลักษณะที่สำคัญที่ใช้แยกชนิดต่างๆของแมลงเกิดหายไป เราก็ไม่สามารถที่จะจำแนกชนิดของแมลงนั้นๆได้ และยังใช้แมลงที่หล่อในแท่งแก้วพลาสติกเทียมเป็นอุปกรณ์ทางการศึกษาด้านสัตววิทยา จัดเป็นอุปกรณ์ทางด้านโสตทัศนศึกษาชนิดหนึ่ง วีรศักดิ์ (2521) ให้ความหมายเกี่ยวกับ โสตทัศนศึกษา (Audio-visual education) ไว้ว่า คือ เครื่องมือที่ช่วยในการเรียนการสอนให้จดจำง่ายต่อการเรียนรู้ เช่น แผนภูมิ ภาพวาด รูปภาพ ภาพยนตร์ของที่ใช้ในการสื่อเขียน แบบจำลอง ตัวอย่าง ซึ่งการเก็บตัวอย่างแมลงโดยกรรมวิธีการหล่อด้วยพลาสติกเทียม ทำให้ผู้เรียนได้เห็นของจริงที่สมบูรณ์ ช่วยให้ผู้เรียนได้มีประสบการณ์เรียนที่ใกล้เคียงกับของจริงมากที่สุด สามารถเข้าใจบทเรียนได้แจ่มแจ้งมากยิ่งขึ้น สร้างความสนใจและเป็นแรงจูงใจในการเรียนรู้มากขึ้น และช่วยให้ผู้เรียนเรียนได้รวดเร็วขึ้น

จากรายงานของ ชวลิต (2525) กล่าวถึงพลาสติกที่ใช้ในการหล่อชิ้นงานนั้นจัดเป็นพลาสติกประเภทคงรูป คือเป็นพลาสติกที่เมื่อนำมาประกอบเป็นผลิตภัณฑ์แล้วไม่สามารถนำกลับไปหลอมละลายได้อีก พลาสติกชนิดนี้ทนต่อความร้อนที่อุณหภูมิสูง ทนทานต่อสารเคมี และทนต่อความกดดัน ทนต่อกรดและด่าง จึงเหมาะที่จะนำไปใช้ในการทำผลิตภัณฑ์ที่ทนต่อความร้อน และมีความแข็งแรง ลักษณะของวัสดุดิบของพลาสติกชนิดนี้มีทั้งชนิดที่เป็นเม็ด และชนิดที่เป็นของเหลว แต่ส่วนมากมักจะอยู่ในรูปของเหลว เราเรียกว่า เรซิน (Resin)

เมื่อนำไปประกอบเป็นผลิตภัณฑ์ ก็ใช้วิธีการหล่อลงในแม่แบบ โดยให้พลาสติกทำปฏิกิริยาเคมี กับตัวทำแข็ง(Hardener) แล้วพลาสติกจะเกิดปฏิกิริยาทางเคมีทำให้เกิดความร้อน เปลี่ยนสภาพเป็นพลาสติกแข็งคงรูป พลาสติกที่นำมาใช้ได้แก่ Unsaturated Polyester (โพลีเอสเตอร์ที่ไม่อิ่มตัว) หรือโพลีเมอร์ที่มีหมู่เอสเทอร์อยู่ และมีพันธะคู่ในสายโซ่หลักทำให้เกิดการเชื่อมขวางเป็นโพลีเมอร์แบบร่างแห ใช้เคลือบวัสดุและทำให้ผลิตภัณฑ์แข็งแรง (กัญจนนา,2533) เช่นนำมาใช้ทำใยแมงวงจระ ทำตัวเรือ ผลิต Adjustable wheel chair และผลิต Magnetic levitation train (Clemishaw,1988)

Jones (1994) และ Miller (1966) ได้อธิบายลักษณะที่สำคัญของ เรซินประเภท Polyester ว่าจัดเป็นพลาสติกจำพวก TS (Thermoset) เมื่อเป็นวัสดุฉีดเป็นเรซินที่ไม่มีสี ทนต่อความร้อนได้ 300 องศาฟาเรนไฮน์ ผลิตภัณฑ์ที่ทำจาก Polyester ได้แก่ ชิ้นส่วนของเรือ ชิ้นส่วนภายในเครื่องบิน ถังบรรจุของ เฟอร์นิเจอร์ ส่วนประกอบภายในอาคาร เช่น ผนังห้อง แฉกกันแดด โคมไฟ นอกจากนี้ยังใช้ทำชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดเล็กๆ เช่น ตุ๊กตา กระจุกงาช้างเทียม หินอ่อนเทียม เซรามิกเทียม แก้วเทียม เป็นต้น โพลีเอสเตอร์ผสมกับอคริลิก (Acrylic) ใช้ทำไข่มุกเทียม และเครื่องประดับในการตกแต่งกายอีกหลายชนิด Mutreja. (1974) รายงานเพิ่มเติมว่า Polyester มีความทนทานต่อสารเคมีได้ดี ทนต่อกรด-ด่าง แต่ไม่สามารถทนต่อกรดเข้มข้น และด่างของโลหะ ละลายได้ดีในพวก Hydrocarbons และ Ketone ,Phenol , Chlorinated phenols และ Cresols

Epoxy จัดเป็นเรซินอีกชนิดหนึ่ง ซึ่ง (Billis,1992 และ May,1988) ได้อธิบายถึงลักษณะของ Epoxy ไว้ว่าเมื่อเป็นวัสดุฉีดมีสถานะเป็นของเหลว มักเรียกกันว่า Epoxy resin เป็นพลาสติกที่ได้รับความนิยมและรู้จักกันอย่างแพร่หลายมากในจำพวกพลาสติกพวก TS ด้วยกัน พลาสติกชนิดนี้มีความหดตัวน้อยมากเป็นขนวนไฟฟ้าที่ดี ทนต่อความร้อนได้สูง ประมาณ 600 องศาฟาเรนไฮน์ ทนต่อกรดและด่าง และสารเคมีได้ดีมาก มีการดูดซึมความชื้นในอัตราต่ำ นิยมใช้ทำกาวที่มีคุณภาพสูง จัดเป็นพลาสติกที่คนส่วนใหญ่รู้จักแพร่หลายในรูปกาว โดยทำออกมาเป็น 2 หลอด หลอดหนึ่งเป็น Epoxy อีกหลอดหนึ่งเป็นน้ำยาทำให้แข็ง เมื่อจะใช้ก็นำมาบีบผสมให้เข้ากัน ใช้ติดสิ่งต่างๆได้ทุกชนิด เช่น โลหะ แก้ว เซรามิก พลาสติก ไม้ นอกจากนี้ใช้ทำกาวแล้วยังนิยมใช้ทำผลิตภัณฑ์ไฟเบอร์กลาสชนิดดี ใช้ทำ

อุปกรณ์บางอย่างสำหรับเครื่องเสลิกอปเตอร์ และรถยนต์ และใช้เป็นวัสดุเคลือบผิวต่างๆได้อีกด้วย (Symour,1975)

พลาสติก 2 ประเภทที่จัดเป็นเรซิน คือ Polyester และ Epoxy จัดเป็นพลาสติกจำพวก Thermosets (TS) Symour (1975) กล่าวว่า Thermosets คือ สารโพลิเมอร์ที่ยังใช้ประโยชน์อะไรไม่ได้ หากยังอยู่ในสภาพวัตถุดิบ แต่ถ้านำวัตถุดิบโพลิเมอร์เทอร์โมเซท มาให้ความร้อนจนถึงอุณหภูมิที่จุดๆหนึ่ง จะเกิดปฏิกิริยาทางเคมีขึ้นในสารโพลิเมอร์นั้น โมเลกุลจะเกาะจับตัวกันตามขบวนการทางเคมีฟิสิกส์ เรียกว่า Cross-link bond ปฏิกิริยาการจับตัวกันเป็นสายโซ่นี้เราเรียกว่า Polymerization ภายหลังปฏิกิริยา Polymerization แล้ว สารโพลิเมอร์จะกลายเป็นพลาสติก เรียกว่า Thermosets ซึ่งไม่สามารถที่จะเปลี่ยนกลับไปเป็นสภาพสารอินทรีย์สารโพลิเมอร์ได้อีก ดังนั้นพลาสติกประเภท เทอร์โมเซท (นิยมเรียกย่อๆว่า TS ) เป็นพลาสติกที่มีรูปทรงถาวร จะนำไปหลอมละลายอีกไม่ได้ ในประเทศอังกฤษ เรียกพลาสติกประเภทนี้ว่า ดิวโรพลาสติก Duroplastics

ตัวทำปฏิกิริยาเคมี (Hardener) เป็นสารเคมีที่จะทำให้พลาสติกแข็งตัวตามธรรมชาติ เมื่อผสมด้วย Cobolt naphthenateซึ่งเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาลงไปในพลาสติกแล้วก็ตาม พลาสติกนั้นก็ยังไม่แข็งตัวจำเป็นจะต้องผสมตัวทำแข็ง (Hardener) โดยใช้เปอร์ออกไซด์ของสารอินทรีย์ (Organic peroxide) ชนิดที่นิยมใช้ คือ MEKP ( Methyl ethyl ketone peroxide ) และ Cyclonox หรือ Cyclohexanon peroxide เป็นของเหลวใสไม่มีสี ลงไปประมาณ 1-3 % แล้วคนให้เข้ากันจะทำให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมี ทำให้เกิดความร้อนสูง ประมาณ 200 องศาฟาเรนไฮน์ แล้วทำการเปลี่ยนรูปจากของเหลวมาเป็นของแข็ง จะช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับ อัตราส่วนผสมของตัวเร่งปฏิกิริยา หรือตัวทำแข็งที่เข้าทำปฏิกิริยา (Ronald,1978)

การทำผลิตภัณฑ์แก้วเทียมมีปัญหามากมายหลายประการในการผลิต พิจิต(2521) สรุปไว้ดังนี้คือ

1. เรซินไม่แข็งตัว เนื่องจากการใส่ตัวเร่งปฏิกิริยา (Accelerator)
2. เรซินแข็งตัวช้า เนื่องจากการใส่ตัวทำแข็งน้อยเกินไป ควรใช้ในอัตราส่วน 1-2 % อาจใช้ความร้อนช่วยเร่งการเกิดปฏิกิริยาในการทำให้แข็งตัวด้วย
3. ชิ้นงานแข็งตัวเป็นบางส่วน อาจเกิดเนื่องจากการผสมตัวทำแข็ง และตัวเร่งปฏิกิริยาไม่เข้ากับเนื้อของเรซินหรือส่วนผสมของเรซินแต่ละถ้วยมีอัตราการแข็งตัวไม่เท่ากัน

4. เนื้อชิ้นงานแตกร้าว เนื่องจากการใส่ตัวทำแข็งมากเกินไป ควรเลือกใช้ให้เหมาะสมกับปริมาณของเรซิน หรืออาจใช้วิธีลดความร้อนที่เกิดขึ้นหลังจากที่เรซินเริ่มแข็งตัว ทำได้โดยใช้ลมเป่า ระบายความร้อนโดยใช้น้ำ หรือตั้งทิ้งไว้ในที่ที่มีความเย็น

5. ชิ้นงานที่หล่อออกมาจะมีผิวหยาบขรุขระออกมาเป็นบางส่วน ซึ่งเกิดจากการแข็งตัวของเรซินไม่เท่ากัน แก้ไขโดยการเทเรซินลงในแม่แบบไม่ควรเทเพียงครั้งเดียว ควรเทผิวหน้าชิ้นงานให้หนาประมาณ 2-3 มิลลิเมตร ให้เรซินแข็งตัวเสียก่อน จึงเททับในชั้นต่อไป

6. ชิ้นงานมีเส้นขนตามแนวรอยของแม่แบบ ควรขัดออกด้วยกระดาษทรายน้ำ หรือเครื่องขัดอื่นๆ ให้เรียบเสียก่อน แล้วจึงตกแต่งผิวให้สวยงาม เช่น ขัดด้วยยาขัด แล้วพ่นหรือเคลือบด้วยโพลียูรีเทน

7. ผิวชิ้นงานแห้วหรือเป็นรูฟองอากาศ ซึ่งเกิดจากการหล่อชิ้นงานไม่เต็มเพราะมีฟองอากาศและไม่เข้าใจในวิธีการหล่อที่ตีพ้อ หรือยังขาดความชำนาญในการหล่อ ซึ่งมีวิธีแก้ไขได้หลายทาง คือ

-หล่อชิ้นงานในส่วนที่คาดว่าจะเกิดฟองอากาศให้เต็มเสียก่อน จึงค่อยทำการเทหล่อจนเต็มแม่แบบ

-เอียงแม่แบบแล้วค่อยๆ เทเรซินลงไป โดยผสมตัวทำแข็งน้อยๆ ใช้ประมาณ 0.3 % ให้เรซินปรับระดับสูงขึ้นพร้อมทั้งไล่ฟองอากาศออกด้วย

-เทเรซินลงในแม่แบบจนเกือบเต็ม แล้วยึดแม่แบบกับเครื่องเขย่าให้เกิด การสั่นสะเทือน เรซินจะอัดฟองอากาศออกมา จากนั้นจึงเทเรซินลงไปให้เต็ม

-เทเรซินลงในแม่แบบในตู้สุญญากาศ ซึ่งวิธีนี้จะทำได้รวดเร็วและประหยัดเวลามาก

-ใช้แปลงจุ่มเรซิน แล้วขยี้ให้ทั่วตัวอย่าง ก่อนเทเรซินให้เต็ม

การเก็บตัวอย่างแมลงในแท่งแก้วพลาสติกเทียม ปัญหาที่มักพบบ่อยที่สุด คือ การเกิดฟองอากาศ ในตัวอย่างแมลง ซึ่งมีสาเหตุเนื่องมาจากการที่แมลงไม่แห้งพอ หรืออาจเกิดจากช่องว่างภายในลำตัวของแมลงเอง ซึ่งแมลงที่มีขนาดใหญ่ และเป็นพวกแมลงปีกแข็ง แมลงจำพวกนี้จะมีช่องว่างภายในลำตัวมาก เมื่อนำตัวอย่างเหล่านี้มาทำการบรรจุแท่งแก้วพลาสติกเทียม จะทำให้เกิดปัญหาในเรื่องฟองอากาศมาก

จากรายงานของ บรรณเลข (2526) กล่าวถึง ความสามารถของ แลคเกอร์ ที่สามารถลดการแทรกซึม ของความชื้น และแก๊สได้ดี และแลคเกอร์จะไม่ทำให้เกิดผลเสียต่อการผลิตแท่ง

แก้วพลาสติกเทียมด้วย ซึ่งเคยมีรายงานของการลงแลคเกอร์ในผลิตภัณฑ์พลาสติกเทียมว่า ทำให้ผิวของชิ้นงานเรียบและสะอาด แลคเกอร์ที่ใช้แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ แบบแห้งในอากาศ หรือแบบแห้งโดยการ Oxidization และแบบติดโดยปฏิกิริยาทางเคมี เป็นสิ่งสำคัญมากที่แลคเกอร์กับชิ้นงานจะติดกันได้ดี ซึ่งบางครั้งต้องใช้สารช่วยให้ติดทาที่ผิวของชิ้นงาน เช่น สารพวกยูรีเทนซึ่งมีคุณสมบัติที่คล้ายคลึงกับแลคเกอร์ กรรมวิธีในการลงแลคเกอร์

การพ่น : ใช้กันมากที่สุดใช้ได้กับชิ้นงานทุกลักษณะ ระหว่างที่ทำการพ่นความหนาของผิวแลคเกอร์จะขึ้นกับความหนืดของแลคเกอร์ ความดันของลมที่ใช้พ่น และรูปทรงของหัวพ่น ในการใช้สีโลหะอาจทำให้ผิวของแลคเกอร์เรียบยาก

การชุบจุ่มแลคเกอร์ : ก็เป็นกรรมวิธีที่ประหยัดวิธีหนึ่งแต่ก็จะเหมาะสำหรับ การชุบเพียงครั้งเดียวเท่านั้น ชิ้นงานที่จะนำมาชุบควรมีความเหมาะสม

การทำด้วยลูกกลิ้ง : จะใช้เมื่อต้องการทาแลคเกอร์ที่บางส่วนของชิ้นงาน ซึ่งอาจใช้ลูกกลิ้ง หรือฟู่กันก็ได้ หรือนำชิ้นงานมาลากบนลูกกลิ้ง

### **ข้อควรระวังในการทำผลิตภัณฑ์พลาสติกเทียม โดย Harry (1980)**

1. ควรทำในที่ที่มีอากาศถ่ายเทได้โดยสะดวก
2. ในขณะที่ทำควรใส่แว่นตาเพื่อป้องกันการระเหยของสารเคมีเข้าตา
3. ไม่ควรทำใกล้บริเวณที่มีไฟ
4. ไม่ควรเก็บเรซินไว้ในที่มีอุณหภูมิสูง และใกล้เปลวไฟ
5. ควรตรวจดูว่า Catalist ที่นำมาใช้นั้นถูกต้องหรือไม่ก่อนที่จะทำการผสมลงในสารละลายเรซิน เพราะอาจทำให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมี และเกิดการระเบิดขึ้นได้
6. ไม่ควรให้เรซินเข้าตา เพราะจะเป็นอันตรายได้ ควรล้างออกด้วยน้ำที่สะอาดและเย็น แล้วรีบไปพบแพทย์ทันที

## อุปกรณ์และวิธีการ

### อุปกรณ์

1. แม่แบบ (Block) : ควรเลือกวัสดุที่ทำมาจาก aluminum ,polyethylene , RTV , silicone , polyuretane , latex และควรเช็ดทำความสะอาดภายในแม่แบบให้สะอาด ในการทดลองนี้เราใช้แม่แบบพลาสติกที่ทนต่อความร้อน ไม่อ่อนจนเกินไป เพราะจะทำให้แกะออกจากแม่แบบยากเมื่อเรซินแข็งตัวแล้ว
2. ไม้กวน : วัสดุที่ใช้อาจเป็นไม้ โลหะ แก้ว หรือพลาสติก ควรมีลักษณะปลายแหลม ไม่ทำปฏิกิริยากับเรซิน หลังใช้แล้วควรทำความสะอาดทุกครั้งด้วยสารละลายเรซิน
3. ถ้วยผสมเรซินก่อนเทลงในแม่แบบ : อาจใช้เป็นถ้วยพลาสติก หรือถ้วยกระดาษที่เคลือบด้วยไข ถ้วยควรควรมีขีดบอกปริมาตร เป็น 100-200 มิลลิตร
4. หลอดหยด (Droper) : ใช้สำหรับกะปริมาณตัวทำแข็ง (Hardener) หยดต่อซีซี
5. คีมตัดเหล็ก : ใช้ตัดเข็มที่ปักแมลง ในกรณีที่ไม่สามารถดึงเข็มออกจากส่วนอกของแมลงได้
6. เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer) : ใช้วัดอุณหภูมิในตู้อบแมลงที่ใช้ความร้อนจากหลอดไฟ
7. ตู้อบแมลงโดยใช้ความร้อนจากหลอดไฟ
8. แปรงฟุ้งกัน : ใช้สำหรับทาบนตัวแมลง
9. พลาสติกสำหรับหล่อชิ้นงานเป็นพลาสติก Unsaturated polyester resin : ในงานผลิตภัณฑ์พลาสติกเทียมใช้สาร Polyester Resin เบอร์ 240-BS โดยทางร้านจะผสมตัวเร่งปฏิกิริยา (Accelerator) เป็นสารประกอบพวก Cobalt naphthenate มีลักษณะเป็นของเหลวสีม่วง ใช้ควบคุมเวลาการแข็งตัวของเรซิน ถ้าเติมตัวเร่งปฏิกิริยามากในสารเรซินซึ่งหยดตัวทำให้แข็งแล้วจะใช้เวลาในการแข็งตัวเร็ว ตัวเร่งปฏิกิริยานี้สามารถใช้เติมได้ก่อนล่วงหน้า ถ้าใส่ตัวเร่งปฏิกิริยาอย่างเดียวจะทำให้เรซินไม่แข็งตัว หรืออาจต้องใช้เวลานานเป็นเดือนกว่าเรซินจะแข็งตัว อัตราส่วนที่ใช้ประมาณ 1-2 %
10. ตัวกระตุ้นปฏิกิริยาให้เรซินแข็งตัว (Catalyst hardener) : เป็นสารประกอบพวก Methyl ethyl ketone peroxide (MEKP) เป็นของเหลวใสไม่มีสี มีกลิ่นฉุนคล้ายกรด ใช้ผสมกับสารเรซิน เกิดปฏิกิริยาการแข็งตัวของเรซิน เวลาที่จะใช้งานถึงจะผสมกับเรซิน ในกรณีที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิของสภาพแวดล้อมสูงก็จะใส่ในปริมาณน้อยลง อัตราส่วนที่ใช้ประมาณ 1-2 % ข้อควรระวัง ไม่ควรผสมตัวทำแข็ง กับตัวเร่งปฏิกิริยา โดยตรงจะทำให้เกิดการลุกไหม้เป็นไฟได้ ควรเลี้ยงโดยการผสมกับสารเรซินเพียงอย่างเดียวอย่างใดอย่างหนึ่งก่อน คนจนเนื้อสารเข้ากันแล้วจึงค่อยเติมสารอีกชนิดหนึ่งลงไป ดังนั้นจึงไม่ควรเก็บสารทั้งสองชนิดนี้ไว้ในบริเวณใกล้กัน

11. ตัวทำละลายของสารเรซิน (solvent) : เป็นสารละลายพวก Acetone เป็นสารที่สามารถลดความเงาของเรซินได้ ใช้ล้างทำความสะอาดเรซิน มีคุณสมบัติเป็นตัวทำละลายที่ดี

12. สารละลายแลคเกอร์ในรูปสเปรย์ฉีดพ่น : ใช้ในการฉีดพ่นตัวอย่างแมลง

13. สารละลายยูรีเทน : ใช้ในการเคลือบโดยวิธีการทาหบบนตัวแมลง

14. แอลกอฮอล์ 70 % : ใช้เช็ดทำความสะอาดตัวแมลง

15. ตัวอย่างแมลง (Speciman) : แมลงปีกบาง ได้แก่ ผีเสื้อ แมลงปอ และแมลงปีกแข็ง ได้แก่ ค้างคาว ค้างคาว แมลงทับ ค้างคาว เป็นตัวอย่างที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3-5 วัน

### วิธีการทดลอง

#### การทดลองที่ 1. การเคลือบแมลงป้องกัน ฟองอากาศก่อนทำการหล่อ

##### 1. การเตรียมตัวอย่างแมลงในการหล่อพลาสติกเทียม

นำตัวอย่างที่จะใช้ในการหล่อ ได้แก่ ผีเสื้อ 2 ตัว แมลงปอ ค้างคาว ค้างคาว และแมลงทับ อย่างละ 1 ตัว จำนวน 3 ชุด มาทำความสะอาดด้วยแอลกอฮอล์ 70 % แล้วปล่อยให้แห้งไว้ให้แห้งแล้วจึงทำการเคลือบตัวอย่างแมลงโดยวิธีต่างๆดังนี้

-ชุดที่หนึ่ง ฉีดพ่นด้วยแลคเกอร์โดยฉีดให้ทั่วตัวแมลงให้ระยะห่างประมาณ

12 นิ้ว ทิ้งไว้ให้แห้งก่อนทำการหล่อด้วยพลาสติกเทียม

-ชุดที่สอง ทาหบบด้วยสารละลายยูรีเทน โดยใช้พู่กันทาให้ทั่วลำตัวแมลง ทิ้งไว้ให้แห้งก่อนทำการหล่อด้วยพลาสติกเทียม

-ชุดที่สาม ทาหบบด้วยสารละลายเรซินที่ผสมตัวทำแข็งแล้ว โดยใช้พู่กันทาให้ทั่วลำตัวแมลง ทิ้งไว้ให้แห้งก่อนทำการหล่อด้วยพลาสติกเทียม

## 2. กรรมวิธีในการหล่อพลาสติกเทียม

2.1 นำเรซินที่ผสมตัวเร่งปฏิกิริยาแล้วมาใส่ตัวทำแข็งในอัตราส่วน 1-2 % (คิดเป็นปริมาณ 20 หยดต่อ 100 ซีซี) เมื่อหยดตัวทำแข็งแล้วให้ทำการคนเรซินโดยใช้ไม้คนปลายแหลมคนไปทางเดียวกันตลอดไม่ควรคนแรงเกินไปเพราะจะทำให้เกิดฟองอากาศในขณะที่คนได้ ในการคนควรคนให้ทั่วกันและผสมกันอย่างทั่วถึง สังเกตได้จากการเปลี่ยนสีของเรซิน โดยจะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง (ในขณะที่คนถ้าเกิดฟองอากาศให้ใช้ไม้คนเขี่ยฟองอากาศออกให้หมดก่อนที่จะเทลงในแม่แบบ) ในการผสมเรซินแต่ละครั้งไม่ควรผสมในปริมาณมากจนเกินไปเนื่องจากเรซินมีราคาแพงควรกะปริมาณเรซินที่เทลงในแม่แบบให้มีความหนาประมาณ 0.5-1.0 เซนติเมตรแล้วตั้งทิ้งไว้ให้แข็งตัวใช้เวลาประมาณ 10-15 นาที สังเกตได้จากความหนืดของเรซินโดยการทดลองเอียงแม่แบบแล้วสังเกตว่าเรซินไม่ไหลตามการเอียง

2.2 ทำการผสมเรซินกับตัวทำแข็งในอัตราส่วน 1% แล้วเททับลงบนเรซินที่เริ่มแข็งตัวในข้อ 2.1 ให้มีความหนาประมาณครึ่งหนึ่งของความสูงของแม่ตง แล้วจึงนำตัวอย่างแม่ตงที่เตรียมไว้ในข้อที่ 1 มาวางลงบนเรซิน โดยวางในลักษณะหงายท้องแม่ตงขึ้น เพื่อให้ผิวหน้าของชิ้นงานเรียบ และในขณะที่วางควรวางค่อยๆอย่าให้เกิดฟองอากาศ ถ้ามีฟองอากาศเกิดขึ้นให้ใช้ไม้คนเขี่ยฟองอากาศออก ปล่อยให้เรซินเริ่มแข็งตัว ถ้าตัวอย่างลอกก็ให้ใช้ไม้กดทับลงบนตัวอย่างจนเรซินเริ่มแข็งตัวใช้เวลาประมาณ 30-40 นาที (เนื่องจากผสมตัวทำแข็งน้อย)

2.3 ผสมเรซินใหม่อีกในอัตราส่วน 1 % แล้วเททับชั้นบน ในการเทเรซินในแต่ละชั้นควรมีความหนาประมาณ 1 เซนติเมตร สามารถช่วยลดปริมาณฟองอากาศได้ ในขณะที่เรซินยังไม่แข็งตัวก็สามารถใช้ไม้เขี่ยฟองอากาศออกได้ การเทเรซินควรเทลงบนจุดเดียวในตัวแม่แบบไม่ควรเทราดตัวแม่ตงไปมา ควรเทให้เรซินค่อยๆไหลมทั่วแม่แบบ

2.4 เมื่อเทเรซินจนท่วมตัวแม่ตงแล้วให้นำแม่แบบลงไปแช่ในเครื่องหล่อเย็น โดยใช้ น้ำเป็นตัวระบายความร้อน แต่ระวังอย่าให้น้ำเข้าไปในเรซิน เพราะจะทำให้เกิดฝ้า และชิ้นงานไม่สวยได้ เมื่อเรซินแข็งตัวแล้วจึงแกะออกจากแม่แบบ

## การทดลองที่ 2 การเคลือบตัวอย่างแม่ตงขนาดใหญ่ก่อนทำการหล่อ

### 1. การเคลือบตัวอย่างแม่ตง

นำตัวอย่างแม่ตงที่มีปีกแข็ง และมีช่องว่างภายในสำคัญมาทำการทดลอง โดยแบ่ง

ออกเป็นสองกลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 นำตัวอย่างแมลงมาเคลือบด้วยเรซินที่ผสมตัวทำแข็งแล้วที่อุณหภูมิ 45-50 °C และกลุ่มที่ 2 นำตัวอย่างแมลงมาทำการไล่ฟองอากาศโดยการแช่ตัวอย่างแมลงในเรซินที่ยังไม่ผสมตัวทำแข็งนาน 40 นาที ที่อุณหภูมิ 45-50 และ 55-60 °C แล้วจึงนำมาหล่อพลาสติกเทียม

## 2.กรรมวิธีการหล่อพลาสติกเทียม

ปฏิบัติเหมือนกรรมวิธีการหล่อในข้อ 2 ของการทดลองที่ 1

### การทดลองที่ 3 การใช้เครื่องสูญญากาศ เพื่อกำจัดฟองอากาศผลิตภัณฑ์พลาสติกเทียม (Bio-plastic)

#### 3.1.กรรมวิธีการประดิษฐ์เครื่องสูญญากาศ

เครื่องสูญญากาศเพื่อกำจัดฟองอากาศที่เกิดขึ้นในขณะทำการหล่อชิ้นงาน Bio-plastic ประกอบไปด้วย (แสดงผังภาพที่ 7ก)

- 1-ท่อ PVC (Poly vinyl chloride) ที่มีความหนาประมาณ 0.5-1.0 เซนติเมตร มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 9 นิ้ว
- 2-ยางกลม (rubber seal) สำหรับลวดช่องว่างระหว่างฝาปิดกับตัวถัง
- 3-พลาสติกชนิดแข็งและใสหนาประมาณ 1.50 เซนติเมตร ใช้ปิดเป็นฝาและด้านท้ายของตัวถัง
- 4-น็อตที่ใช้สำหรับยึดฝาติดกับตัวถัง
- 5-เกจวัดความดันภายในตัวถัง
- 6-สายท่อที่ต่อเข้ากับเครื่อง Vacuum pump และ วาล์วเปิด-ปิด
- 7-วาล์วระบายอากาศเพื่อลดความดันภายในเครื่องสูญญากาศ
- 8-ส่วนที่เป็นชั้นวาง เพื่อเพิ่มพื้นที่ในการวางแม่แบบขณะทำการดูดฟองอากาศ ควรเป็นเส้นลวดชนิดแข็ง

#### 3.2.วิธีการทดลอง

1. นำเรซินที่ผสมตัวทำแข็งปริมาณ 1.0 % คนให้เข้ากันแล้วจึงนำเข้าเครื่องสูญญากาศเพื่อทำการดูดอากาศ

2. เปิดเครื่องดูดอากาศให้มีความดันภายในเท่ากับ 74cm.Hg โดยสังเกตจากเข็มที่หน้าปิดเครื่องวัดความดันที่ติดอยู่ส่วนบนของเครื่องสูญญากาศ ในช่วงนี้จะทำการดูดฟองอากาศจากเนื้อเรซินจนหมดสังเกตได้คล้ายกับการเดือดของน้ำ(ดังภาพที่8)ในการเปิดเครื่องดูดอากาศ เพื่อดูดฟองอากาศออกจากเรซินในชั้นที่1(ผิวหน้าของชิ้นงาน)ใช้เวลาเปิดเครื่องนานประมาณ 5 นาที ปิดเครื่องเมื่อพบว่าไม่มีฟองอากาศที่ชิ้นงาน แล้วจึงเปิดวาล์วให้ลมเข้าภายในเครื่อง แต่ไม่ควรเปิดแรงเกินไปเพราะอากาศจะดันทำให้เรซินกระเด็นออกจากแม่แบบเป็นเนื้อเครื่อง และยังทำให้ผิวส่วนบนของชิ้นงานไม่เรียบอีกด้วย

3. เมื่อเรซินในชั้นแรกเริ่มแข็งตัวแล้วให้ผสมเรซินกับตัวทำแข็ง 0.5 % เพื่อเทในชั้นต่อไป ซึ่งในชั้นนี้จะวางตัวอย่างแมลงลงไป (ชั้นที่ 2) แล้วจึงนำไปเข้าเครื่องสูญญากาศ ในการดูดอากาศในครั้งนี้ให้สังเกตว่าฟองอากาศที่เกาะอยู่บริเวณลำตัวแมลงลอยขึ้นสู่ผิวหน้า(ดังภาพที่ 9) จึงทำการลดความดันภายในเครื่องโดยการเปิดวาล์วให้อากาศภายนอกเข้าสู่เครื่อง ควรเปิดเพียงเบาๆแล้วพยายามปรับให้เข็มของเครื่องวัดความดันอยู่ที่ช่วงความดัน 55-60 cm.Hg แล้วเปิดเครื่องทิ้งไว้ประมาณ 10-15 นาที ในช่วงที่ปรับความดันภายในเครื่องให้คงที่ที่ 55-60 cm.Hg นี้จะพบว่าฟองอากาศที่ลอยอยู่บริเวณผิวหน้าจะมีลักษณะเป็นเม็ดเล็กๆและมีปริมาณน้อย ให้นำชิ้นงานนั้นออกจากเครื่องสูญญากาศ แล้วตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เพื่อให้เรซินยึดติดกับลำตัวของแมลง

4. เมื่อเรซินในชั้นที่ 2 ยึดลำตัวแมลงแน่นแล้ว ให้ผสมเรซินกับตัวทำแข็ง 0.5 % เพื่อเททับลงบนตัวแมลงเป็นชั้นสุดท้าย โดยเทเรซินให้ท่วมตัวแมลง แล้วนำเข้าเครื่องสูญญากาศ เช่นเดียวกับการทำในชั้นที่ 2 (ข้อที่ 3)

5. นำชิ้นงานที่ในข้อที่ 4 วางในกะบะน้ำ เพื่อช่วยในการระบายความร้อนในขณะที่เรซินเกิดปฏิกิริยาแข็งตัว ระวังอย่าให้น้ำโดนชิ้นงาน เพราะจะทำให้ชิ้นงานเป็นฝ้า ตั้งทิ้งไว้จนชิ้นงานแข็งตัวแล้วจึงเคาะออกจากแม่แบบ (ใช้เวลาประมาณ 24 ชั่วโมงในการแข็งตัวของชิ้นงาน)

### ข้อควรระวังในการใช้เครื่องสูญญากาศ

1. ไม่ควรเปิดเครื่องสูญญากาศนานเกินไป ไม่ควรเปิดนานเกิน 30 นาที ต่อการใช้งาน 1 ครั้ง
2. ในการควบคุมความดันภายในเครื่องดูดอากาศให้มีความดัน เท่ากับ 74 cm.Hg เพื่อทำการดูดอากาศออกจากชิ้นงานควรเปิดประมาณ 3-5 นาที แล้วให้ลดระดับความดันภายในเครื่องให้เหลือ 55-60 cm.Hg เพื่อให้ฟองอากาศที่ลอยสู่ผิวหน้าถูกอากาศจากภายนอกอัดให้มีฟองขนาดเล็ก และในการลดระดับความดันควรเปิดวาล์วให้อากาศเข้าสู่เครื่องช้าๆและค่อยๆ เพื่อไม่เกิดความเสียหายแก่ชิ้นงานได้
3. ภายหลังจากปิด switch เครื่องดูดอากาศทุกครั้ง ต้องทำการปิดวาล์วที่ต่อระหว่างตัวเครื่องกับ Vacuum pump เพื่อลดปัญหาการดูดน้ำมันเครื่องออกจาก Vacuum pump
4. เมื่อต้องการเปิดฝาเครื่องสูญญากาศ ควรลดระดับความดันภายในเครื่องให้เป็น 0 โดยการเปิดวาล์วระบายอากาศเข้าอย่างช้าๆ

## ผลการทดลอง

### การทดลองที่ 1 การเคลือบแมลงป้องกันการเกิดฟองอากาศก่อนทำการหล่อ

จากการทดลองเคลือบตัวอย่างแมลงด้วยสารละลายแลคเกอร์ , ทาหับด้วยสารละลายยูรีเทน และเคลือบแมลงด้วยสารละลายเรซินที่ผสมตัวทำแข็ง ที่อุณหภูมิห้อง ผลปรากฏว่าในการทดลองทั้งสามชนิดนั้น ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ในตัวอย่างแมลงที่มีปีกบางมีลำตัวขนาดเล็ก การเคลือบด้วยเรซินที่ผสมกับตัวทำแข็งแล้ว สามารถลดปริมาณฟองอากาศได้ดีที่สุด โดยเฉลี่ย 4.07 ( 1 กำจัดฟองอากาศได้น้อยที่สุด , 5 กำจัดฟองอากาศได้มากที่สุด ) คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้ 81.4% เมื่อเปรียบเทียบกับ การเคลือบตัวอย่างแมลงด้วยแลคเกอร์ และสารละลายยูรีเทน สามารถกำจัดฟองอากาศได้โดยเฉลี่ยเท่ากับ 3.70 และ 3.92 และคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้ 74.0 % และ 78.4 % ตามลำดับ (ตารางผลการทดลองที่ 1) แต่การทดลองทั้งสามชนิดไม่สามารถแก้ปัญหาการเกิดฟองอากาศกับแมลงที่มีปีกแข็ง และมีช่องว่างภายในลำตัวมากได้

### การทดลองที่ 2 การเคลือบตัวอย่างแมลงที่มีขนาดใหญ่ก่อนทำการหล่อ

การทดลองเคลือบตัวอย่างแมลงด้วยสารละลายเรซินที่ผสมตัวทำแข็งที่อุณหภูมิ 45-50 องศาเซลเซียส กับการเคลือบตัวอย่างแมลงด้วยสารละลายเรซินที่ไม่ผสมตัวทำแข็ง โดยแช่ไว้นาน 40 นาที ที่อุณหภูมิเดียวกัน ผลปรากฏว่าการเคลือบตัวอย่างแมลง ด้วยสารละลายเรซินที่ไม่ผสมตัวทำแข็งนาน 40 นาทีที่อุณหภูมิ 45-50 องศาเซลเซียส สามารถแก้ปัญหาการเกิดฟองอากาศที่เกิดเนื่องจากตัวอย่างแมลงที่มีปีกแข็งมีขนาดใหญ่และมีช่องว่างภายในลำตัวมากได้โดยเฉลี่ย 4.85 คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้ 97% (ตารางผลการทดลองที่ 2)

### ผลการทดลอง

ตารางที่ 1 แสดงประสิทธิภาพของกรรมวิธีต่างๆ ในการเคลือบแมลงทั้ง 6 ชนิด

ตัวอย่างแมลง	ชนิดของสารเคลือบ			
	แลคเกอร์	ยูรีเทน	เรซินผสมตัวทำแข็ง	เจลลี่
ด้วงหนวดยาว	3.5	4.3	4.7	4.50
ด้วงกว้าง	2.0	3.6	3.6	3.06
แมลงทับ	3.2	2.7	2.3	2.73
ผีเสื้อ	4.6	4.5	4.6	4.56
ผีเสื้อ	4.4	4.0	4.6	4.32
แมลงปอ	4.5	4.4	4.6	4.50
เจลลี่	3.70 <sup>A</sup>	3.92 <sup>A</sup>	4.07 <sup>A</sup>	
เปอร์เซ็นต์ (%)	74.0	78.4	80.4	

C.V. =23.01%

F test =0.2545<sup>NS</sup>

NS = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

หมายเหตุ : 1-5 คือ ประสิทธิภาพในการกำจัดฟองอากาศในตัวอย่างแมลง

( 1= กำจัดฟองอากาศได้น้อยที่สุด 20% และ 5 =กำจัดฟองอากาศ

ได้มากที่สุด 100% )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 ประสิทธิภาพการเคลือบแมลงปีกแข็งที่มีช่องว่างภายในลำตัวมาก

ตัวอย่างแมลงปีกแข็ง (ตัว)

	1	2	3	4	5	6	(%)
เคลือบด้วยเรซิน ที่ผสมตัวทำแข็ง ที่อุณหภูมิ 45-50 °C	4.0	2.7	3.3	2.6	3.5	2.6	62.2 <sup>A</sup>
เคลือบด้วยเรซิน ที่ไม่ผสมตัวทำแข็งที่ อุณหภูมิ 45-50 °C นาน 40 นาที	4.8	4.9	4.8	4.8	4.9	4.9	97.0 <sup>B</sup>
เคลือบด้วยเรซิน ที่ไม่ผสมตัวทำแข็งที่ อุณหภูมิ 55-60 °C นาน 40 นาที	5.0	4.95	4.9	4.95	4.9	4.8	98.4 <sup>B</sup>
F-test	54.815**						
C.V. (%)	7.87%						

หมายเหตุ : 1-5 คือ ประสิทธิภาพในการกำจัดฟองอากาศในตัวอย่างแมลง  
(1= กำจัดฟองอากาศได้น้อยที่สุด 20% และ 5=กำจัดฟองอากาศ  
ได้มากที่สุด 100% )

: ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรแตกต่างกัน หมายถึง มีความแตกต่างกัน

อย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 1 % โดยวิธี DMRT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 1 ตัวอย่างแมลงที่เคลือบด้วยแลคเกอร์ก่อนทำการหล่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2 ตัวอย่างแมลงที่เคลื่อนด้วยยูรีเทนก่อนทำการหล่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3 ตัวอย่างแมลงที่เคลือบด้วยเรซินที่ผสมตัวทำแข็งก่อนทำการหล่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4 ภาพแสดงตัวอย่างแมลงที่เคลือบเรซินที่ผสมตัวทำแข็ง  
ที่อุณหภูมิ 45-50 องศาเซลเซียส ก่อนทำการหล่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5 ภาพแสดงตัวอย่างแมลงที่เคลื่อนเรซินที่ไม่ผสมตัวทำแข็ง ที่อุณหภูมิ 45-50 องศาเซลเซียส ก่อนทำการหล่อ

ลิขสิทธิ์สงวนลิขสิทธิ์ในเอกสารฉบับนี้  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า  
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำออกจำหน่ายหรือเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 6 ภาพแสดงตัวอย่างแมลงที่เคลือบเรซินที่ไม่ผสมตัวทำแข็ง  
ที่อุณหภูมิ 55-60 องศาเซลเซียส ก่อนทำการหล่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### การทดลองที่ 3 การใช้เครื่องสูญญากาศเพื่อกำจัดฟองอากาศในผลิตภัณฑ์พลาสติก

#### 3.1 ผลของปริมาณตัวทำแข็งและความดันภายในเครื่องสูญญากาศต่อคุณภาพ

##### ผลิตภัณฑ์ โดยไม่ใส่แมลงโมโนแก๊วเทียม

ตารางที่ 3 คุณภาพของชิ้นงานกับปริมาณตัวทำแข็งที่ความดันต่างๆ

ปริมาณตัวทำแข็งและความดัน (cm.Hg)	คุณภาพของผลิตภัณฑ์แก๊วเทียม
ปริมาณตัวทำแข็ง 2% ความดัน 74 cm.Hg เปิดเครื่องนาน 5 นาที	ชิ้นงานมีลักษณะหยาบ เมื่อส่องดูเนื้อของชิ้นงานด้วยแว่นขยายกำลังขยาย 10 เท่าพบว่าชิ้นงานมีฟองอากาศ และมีรูพรุนในเนื้อแข็งตัวเร็วทำให้ผิวหน้าของชิ้นงานไม่เรียบ ขรุขระ ไม่มีคุณภาพ ใช้เวลาในการแข็งตัวของชิ้นงาน 15 นาที (ภาพที่ 10 ก))
ปริมาณตัวทำแข็ง 1.5 % ความดัน 74 cm.Hg เปิดเครื่องนาน 5 นาที	ชิ้นงานมีลักษณะหยาบ เมื่อส่องดูเนื้อของชิ้นงานด้วยแว่นขยายกำลังขยาย 10 เท่าพบว่าชิ้นงานมีรูพรุนน้อยกว่าที่ 2% ผิวหน้าด้านข้างไม่เรียบ ใช้เวลาในการแข็งตัว 25 นาที (ภาพที่ 10 ข)
ปริมาณตัวทำแข็ง 1.0 % ความดัน 74 cm.Hg เปิดเครื่องเวลา 5.5 นาที	เนื้องานมีความเรียบมากเมื่อส่องด้วยแว่นขยายที่ กำลังขยาย 10 เท่าไม่พบฟองอากาศ ผิวหน้าเรียบ แต่ผิวล่างของงานพบรอยขูดตัวของชิ้นงาน ใช้เวลาในการแข็งตัวประมาณ 30 นาที(ภาพที่ 11ก)
ปริมาณตัวทำแข็ง 0.5 % ความดัน 74 cm.Hg เปิดเครื่องนาน 10 นาที	เนื้อชิ้นงานเรียบมาก ไม่พบฟองอากาศภายในชิ้นงาน ผิวหน้าของชิ้นงานเรียบ เนื้องานมีความละเอียดมาก มีคุณภาพดี ผิวส่วนบนของชิ้นงานไม่เรียบสม่ำเสมอ ใช้เวลาในการแข็งตัวประมาณ 45 นาที (ภาพที่ 11ข)
ปริมาณตัวทำแข็ง 0.5 % ความดัน 60 cm.Hg เปิดเครื่องนาน 25-30 นาที	เนื้อภายในของชิ้นงานเรียบมาก ไม่มีฟองอากาศ ผิวหน้าและผิวส่วนบนของชิ้นงานเรียบสม่ำเสมอ การดูดฟองอากาศใช้เวลานานแต่ได้ผลดีงานมีคุณภาพ เนื้องานมีความละเอียดมาก ใช้เวลาในการแข็งตัว 45-50 นาที (ภาพที่ 12)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่วารณใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 7 ก. เครื่องสุญญากาศ (ซ้ายมือ) และ Vacuum pump (ขวามือ) และ  
ข.ภาพแสดงชั้นวางและการวางชิ้นงานภายในเครื่องสุญญากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 8 ภาพแสดงการดูฟองอากาศออกจากเรซินในเครื่องสูญญากาศ  
ในภาพจะเห็นจุดขาวๆ คือฟองอากาศในแก้วเทียมที่ยังไม่แข็งตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



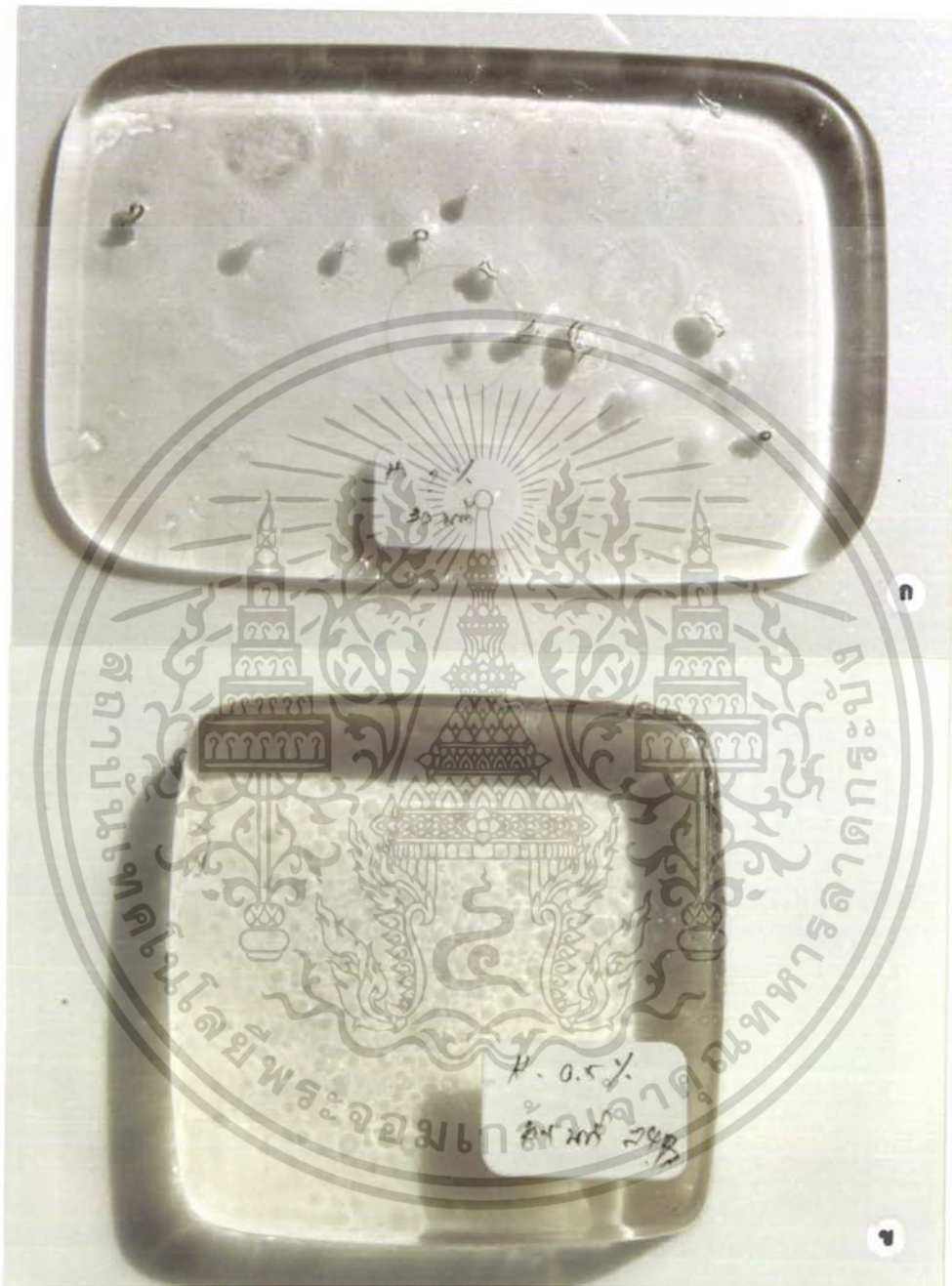
ภาพที่ 9 ภาพแสดงการดูคฟองอากาศออกจากเรซินที่ยังไม่แข็งตัว  
และจากตัวแมลงในเครื่องจุลทรรศน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 10 ชิ้นงานที่ผสมตัวทำแข็ง 2.0% นำเข้าเครื่องสุญญากาศความดัน 74 cm.Hg  
(ก) ใช้เวลาในการแข็งตัว 20 นาที  
ชิ้นงานที่ผสมตัวทำแข็ง 1.5% นำเข้าเครื่องสุญญากาศความดัน 74 cm.Hg  
(ข) ใช้เวลาในการแข็งตัว 25 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 11 ชิ้นงานที่ผสมตัวทำแข็ง 1.0% นำเข้าเครื่องสุญญากาศความดัน 74 cm.Hg  
(ก) ใช้เวลาในการแข็งตัว 30 นาที  
ชิ้นงานที่ผสมตัวทำแข็ง 0.5% นำเข้าเครื่องสุญญากาศความดัน 74 cm.Hg  
(ข) ใช้เวลาในการแข็งตัว 45 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 12 ชิ้นงานที่ผสมตัวทำแข็ง 0.5% นำเข้าเครื่องสุญญากาศความดัน 60 cm.Hg ใช้เวลาในการแข็งตัว 45 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุป ปริมาณตัวทำเน้จความเข้มน 0.5 %ที่ความดัน ประมาณ 60 cm.Hg ได้ผลดีที่สุคและจัดเป็นผลลคกัณห์ที่มีคุณภาพดี โดยคูกจาก ช้่งงานมีความละเอียคมากไม่พบฟองอากาศในเนืองาน ผิวหน้าและผิวส่วนบนของช้่งงานมีความเรียบสม่าเสมอ (ด้่งภาพที่ 12) จึงเหมาะที่จะใช้ความเข้มนของตัวทำเน้จในปริมาณนี้ คือ 0.5 % ในช้่งที่วางตัวอย่างแมลง และในช้่งสุดท้ายของการหล่อช้่งงาน (ช้่งที่ 2,3 ของช้่งงาน) ส่วนในช้่งแรกของการหล่อไม่ควรรใช้เวลานานในการเน้จตัวของเรช้่น และในช้่งนี้ผิวหน้าของช้่งงานก็มีความเรียบ จัดว่ามีคุณภาพดี (ด้่งในภาพที่ 11ก)

หมายเหตุ : ในการเปิดเครื่องคูดอากาศควรสังเกตุว่าฟองอากาศถูกค้ดออกหมดหรือยัง เพราะถ้าเปิดเครื่องค่อท้่งที่ฟองอากาศหมดแล้ว อากาศจะคูดผิวหน้าของช้่งงานช้่นมาแทน ในช้่งนี้ควรเปิดวาล์วให้อากาศเข้า แต่เปิดเบาๆและช้า เพื่อไม่ให้ผิวของช้่งงานเสียหาย ควรลดระดับภายในตัวเครื่องให้เหลือ 55-60 cm.Hg เปิดเครื่องสั๊กฟัก แล้วสังเกตุว่าฟองอากาศเป็นเม็ดเล็กที่บริเวณผิวของเรช้่น จึงปิดเครื่องนำออกมาวางไว้ข้างนอกเพื่อให้ฟองอากาศหลุดแล้วลอยตัวช้่นเองขณะที่รอการเน้จตัวของช้่งงาน

### 3.2 ผลการหล่อแมลงในผลลคกัณห์แก้วเทียมในเครื่องสุญญากาศ

ในการทดลองแบ่งตัวอย่างแมลงออกเป็น 3 ลักษณะ คือ แมลงที่มีปีกบางขนาดใหญ่ แมลงที่มีปีกเน้จมีช่องว่างภายในลำตัวมาก และแมลงที่มีขนมาก นำแมลงเหล่านี้มาหล่อแก้วเทียมในเครื่องสุญญากาศ โดยในช้่งที่ 1 (ช้่งผิวหน้างาน) ใช้ปริมาณตัวทำเน้จ 1.0% และในช้่งที่ 2,3 ใช้ตัวทำเน้จปริมาณ 0.5% ใช้ความดันที่ 74 cm.Hg และปรับระดับลดลงเหลือ 60 cm.Hg เมื่อสังเกตุพบว่าที่ความดัน 74 cm.Hg สามารถค้ดฟองอากาศที่อยู่บริเวณลำตัวแมลงช้่นมาสู่ผิวหน้าได้เกือบหมด จึงค่อลดความดันเหลือ 55-60 cm.Hg แล้วเปิดเครื่องท้่งไว้ประมาณ 10 นาที สังเกตุว่าฟองอากาศเป็นเม็ดเล็กลอยอยู่บนผิวหน้าเรช้่น จึงนำออกมาจากเครื่องให้ฟองอากาศเม็ดเล็กๆหลุดออกในสภาพห้อง ในช้่งสุดท้ายของการหล่อควรวางแม่แบบในกะบะน้ำเพื่อช่วยในการระบายความร้อนในขณะที่ช้่งงานเริ่มเน้จตัว(ภาพที่ 16) ใช้เวลาประมาณ 24 ชั่วโมงเมื่อเน้จตัวดีแล้วจึงเคาะออกจากแม่แบบ สังเกตุผลที่ได้จากช้่งงานคุณภาพของช้่งงาน

ตารางที่ 4 คุณภาพของการหล่อแมลงในผลิตภัณฑ์แก้วเทียมในเครื่องสูญญากาศ

ชนิดของแมลง	คุณภาพของผลิตภัณฑ์แก้วเทียม
แมลงปีกบางและมีขนาดใหญ่ เช่น ผีเสื้อ แมลงปอ	การดึงฟองอากาศออกจากตัวแมลงสามารถดึงออกจากส่วนบนได้หมด แต่ไม่สามารถดึงฟองอากาศจากด้านล่างบริเวณใต้ปีกของแมลงได้ (ดังภาพที่ 13ก)
แมลงที่มีขนาดใหญ่และมีขนมาก	ไม่พบฟองอากาศที่สำคัญของแมลง แต่มีปัญหาเนื่องจากขณะดูดอากาศ เรซินจะดันให้ขนของแมลงหลุดหรือแตกหัก ทำให้ชิ้นงานมีความสกปรกมาก (ดังแสดงในภาพที่ 13ข)
แมลงที่มีปีกแข็งและมีช่องว่างในลำตัวมาก	สามารถกำจัดฟองอากาศออกไปได้หมดไม่มีปัญหาเรื่องฟองอากาศเลย จัดว่าได้ผลดี 100% (ดังแสดงในภาพที่ 14)

**แนวทางการแก้ปัญหาที่เกิดกับการหล่อแมลงในเครื่องสูญญากาศ**

แมลงที่มีปีกบางขนาดใหญ่ เราสามารถแก้ปัญหาได้โดยการนำแมลงไปเคลือบด้วยแลคเกอร์ก่อนนำมาหล่อ และลักษณะการวางตัวอย่างแมลงก็มีผลต่อการเกิดฟองอากาศภายใต้ปีกของแมลงเช่นกัน เราสามารถแก้ไขได้โดยการเทเรซินที่ผสมตัวทำแข็ง 0.5% ลงไปบนเรซินชั้นที่ 1 ที่เริ่มแข็งตัวโดยให้ความสูงประมาณครึ่งหนึ่งของความสูงของแมลง แล้ววางแมลงลงไปโดยมีลักษณะการวางแบบวาง cover-slip บนแผ่น slide (ดังแสดงในภาพที่ 15) แล้วจึงนำเข้าเครื่องสูญญากาศทำการหล่อแก้วเทียม ผลที่ได้คือสามารถแก้ปัญหาการเกิดฟองอากาศที่บริเวณใต้ปีกของแมลงได้ (ดังแสดงในภาพที่ 17 ซ้ายมือ)

แมลงที่มีขนเป็นจำนวนมาก สามารถแก้ปัญหาการแตกหักของขนของแมลงได้ โดยการเคลือบตัวอย่างแมลงด้วยแลคเกอร์ก่อนที่จะทำการหล่อแก้วเทียม เพราะแลคเกอร์จะทำให้หน้าในการยึดเกาะขนของแมลงให้ติดกัน เมื่อนำมาดูดอากาศในเครื่องสูญญากาศแล้ว จึงสามารถลดปัญหาการหลุดและแตกหักของขนแมลงได้ (ดังแสดงในภาพที่ 17 ขวามือ)



ภาพที่ 13 ภาพแสดงปัญหาการเกิดฟองอากาศภายใต้ปีกแมลง(ก) จะเห็นฟองอากาศขนาดเล็กใต้ปีกของผีเสื้อ และภาพแสดงการแตกหักของขนแมลงภายใต้การดูดอากาศจากเครื่องสูญญากาศ (ข) ทำให้แก้วเทียมสกปรกไม่สวยงาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 14 ภาพแสดงตัวอย่างแมลงปีกแข็งภายใต้การใช้เครื่องดูจุลทรรศน์  
ได้ผลดี 100 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 15 แสดงลักษณะการวางแมลงปีกบางและมีขนาดใหญ่ โดยการวางเอียง ทำมุม 45 องศา กับชั้นของเรซิน คล้ายการวาง cover-slip บนแผ่น slide

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 16 แสดงการวางแม่แบบในกะบะน้ำ เพื่อช่วยระบายความร้อนขณะที่เรซินเริ่มแข็งตัว เป็นขั้นตอนสุดท้ายในการผลิตแก้วเทียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 17 : ภาพแสดงตัวอย่างแมลงที่มีปีกบางและมีขนาดใหญ่ที่สามารถกำจัด  
ฟองอากาศได้ปึก โดยการเคลือบแมลงด้วยแลคเกอร์ และการวาง  
แบบ cover-slip ก่อนนำเข้าเครื่องสตูญญาทาศ (ขวามือ) ก  
: ภาพแสดงตัวอย่างแมลงที่มีขนมาก โดยการเคลือบแมลงด้วยแลคเกอร์  
ก่อนนำเข้าเครื่องสตูญญาทาศ เพื่อกำจัดปัญหาการแตกหักของขนของ  
แมลง ข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สรุปผลการทดลอง

แนวทางการกำจัดฟองอากาศภายในตัวแมลงขณะที่ทำการหล่อแก้วเทียม แบ่งได้หลายลักษณะตามชนิดและลักษณะของแมลง

แมลงที่มีปีกบาง และกว้างขนาดใหญ่ เช่น ผีเสื้อ แมลงปอ แมลงชนิดนี้จะเกิดปัญหา มากเรื่องฟองอากาศที่บริเวณปีกก่อนที่จะทำการหล่อควรเคลือบสำหรับตัวแมลงด้วย แลคเกอร์ ยูรีเทน หรือเรซิน แต่การเคลือบแมลงด้วยเรซินจะเกิดความยุ่งยากในการทำ เพราะเรซินมีความหนืดมาก ควรเคลือบด้วยแลคเกอร์ชนิดสเปรย์ เพราะจากผลการทดลอง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเคลือบแมลงด้วยแลคเกอร์แล้วควรวางตัวอย่างแมลงแบบการวาง cover-slip เพื่อไล่ฟองอากาศได้ปีกของแมลง แล้วจึงนำเข้าสู่เครื่องสุญญากาศ

แมลงที่มีขนบริเวณลำตัวมากควรเคลือบแมลงด้วยแลคเกอร์ ก่อนทำการหล่อแก้วเทียม เพื่อให้แลคเกอร์เคลือบบนแมลงให้ติดแน่นกับตัวแมลง และป้องกันการแตกหักของขนขณะที่นำเข้าสู่เครื่องสุญญากาศ

แมลงปีกแข็งและมีลำตัวขนาดใหญ่มีช่องว่างภายในลำตัวมาก เราสามารถกำจัดฟองอากาศที่เกิดขึ้นภายในตัวแมลงได้โดยการทำกรหล่อแมลงในเครื่องสุญญากาศ จัดเป็นการกำจัดฟองอากาศได้ดีที่สุดสำหรับแมลงชนิดนี้

ในการหล่อแก้วเทียมมีปัจจัยหลายอย่างที่เป็นอุปสรรคในการผลิตแก้วเทียมให้มีคุณภาพ เช่น ปริมาณฟองอากาศ ปริมาณตัวทำแข็งซึ่งปริมาณตัวทำแข็งนี้ก็มีผลต่อคุณภาพของชิ้นงานเช่นเดียวกัน ถ้าใช้ปริมาณตัวทำแข็งมากเกินไปก็จะทำให้ชิ้นงานแตกร้าว มีฟองอากาศภายในมาก ถ้าใช้ในปริมาณที่น้อยเกินไปชิ้นงานก็จะแข็งตัวช้าเสียเวลาในการทำ ดังนั้นปริมาณตัวทำแข็งจึงมีผลต่อคุณภาพของชิ้นงาน และจากผลการทดลองนี้สรุปได้ว่า ปริมาณตัวทำแข็ง 0.5-1.0% มีความเหมาะสมในการผลิตตัวอย่างแมลงในแก้วเทียม

## ข้อเสนอแนะ

1. จากการทดลองใช้เรซินที่ผสมตัวทำแข็งทาทับบนตัวแมลง มักเกิดปัญหาทับแมลงที่มีปีกบางเนื่องจากเรซินจะมีความหนืดมาก เมื่อใช้พู่กันทาทับบนปีกของแมลงจะทำให้ปีกของแมลงหักได้ง่าย ควรทำในลักษณะเบามือ หรืออาจหลีกเลี่ยงการเคลือบแมลงโดยวิธีนี้ แต่หันไปใช้วิธีการฉีดพ่นด้วยแลคเกอร์ หรือการทาทับบด้วยสารละลายยูรีเทนได้ เพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดความเสียหายของตัวอย่างแมลง เนื่องจากผลที่ออกมาที่มีความแตกต่างกันอย่างมาก

2. ขณะที่ทำการหล่อเย็นควรเทเรซินให้ครบทุกชั้นเสียก่อน จนท่วมตัวแมลงแล้วจึงนำไปทำการหล่อเย็น ขณะที่ทำการหล่อเย็นไม่ควรเทเรซินทับลงไปอีก เพราะชั้นด้านล่างสุดของเรซินเริ่มแข็งตัวและพร้อมที่จะร้อนออกจากแม่แบบได้แล้ว ถ้าชั้นบนสุดของเรซินแข็งแล้วจะทำให้ กิคว่างระหว่าง เรซินกับแม่แบบ ซึ่งถ้าเราผสมเรซินแล้วเททับบลงไปจะส่งผลให้ผิวด้านหน้าของชิ้นงานไม่เรียบ

3. ในการวางตัวอย่างแมลงควรวางในลักษณะหงายท้องแมลงขึ้น เพื่อแก้ปัญหาผิวด้านหน้าของชิ้นงานไม่เรียบ

4. ในการเร่งปฏิกิริยาให้สารละลายเรซินแข็งตัวได้เร็วขึ้นนั้น อาจใช้แสงแดดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา หรือความร้อนจากแสงไฟก็ได้ การเร่งปฏิกิริยาโดยวิธีดังกล่าวนี้ไม่ควรใส่ตัวทำแข็งมาก เพราะจะทำให้เรซินทำปฏิกิริยารุนแรง เกิดการแตกร้าวของชิ้นงานได้

5. การเททับเรซินลงในแต่ละชั้นควรให้ชั้นบนสุดมีความหนืดมากๆ คือเมื่อจับวางเอียงแล้วเรซินไหลเข้ามาหรือเกือบไม่ไหล แต่ไม่ควรเทเรซินทับเมื่อชิ้นงานของเริ่มร้อนออกจากแม่แบบ

6. ในการวางตัวอย่างแมลงประเภทที่มีปีกบาง เช่น ผีเสื้อ แมลงปอ ควรเทเรซินลงในแม่แบบก่อน แล้วค่อยวางตัวอย่างแมลงโดยให้ปีกข้างหนึ่งจุ่ม กับเรซินในแม่แบบก่อนแล้วเอียงตัวแมลงทำมุม 45 องศาขึ้นของเรซิน แล้วค่อยวางตัวแมลงลงไปไม่ให้เกิดฟองอากาศ การวางตัวอย่าง โดยวิธีดังกล่าวนี้จะคล้ายกับวิธีการปิด clover slip บนแผ่นสไลด์

## เอกสารอ้างอิง

- กัญญา ตระกูลด .2533. เทคโนโลยีโพลีเมอร์. Express Media Ltd.,Part. 304 p.
- ชวลิต คาบแก้ว .2525. งานพลาสติก.Plastics crafts . O.S Phinting house Co.,Ltd. 135 p.
- ทรงกลด ชื้อสัตตบงกช .2534.กรรมวิธีการหล่อผลิตภัณฑ์แก้วเทียม. ศูนย์ป้องกันการ  
กำจัดค้กแดนและศัตรูพืชพิเศษ . กรมส่งเสริมการเกษตร
- บรรเลง ศรีนิล .2526. เทคโนโลยีพลาสติก. โครงการสนับสนุนเทคนิคอุตสาหกรรม  
สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) .228 P.
- พิชิต เลี่ยมพิพัฒน์ .2534. ผลิตภัณฑ์พลาสติกหล่อ ขั้นตอนการทำผลิตภัณฑ์แก้วเทียม .  
เอกสารพิมพ์เผยแพร่โดยงานออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม  
กองบริการอุตสาหกรรม
- พิชิต เลี่ยมพิพัฒน์ ,ส.จิ๋ว มานะศิลป์ .2521. พลาสติกหล่อ.จัดพิมพ์และเผยแพร่  
โดยมานะศิลป์ อุตสาหกรรม .171 หน้า
- วิมล วิริยะวิทย์ .2518. พลาสติก . กองบริการอุตสาหกรรม กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม .  
103 หน้า
- วีรศักดิ์ ลีลาพฤกษ์ .2521. เทคโนโลยีทางการศึกษา(วัสดุอุปกรณ์ การเรียน การสอน) .  
สำนักพิมพ์วัฒนาพานิช. 240 หน้า
- Cleminshaw ,Doug.1988. Design in plastics. Rockpart Publishers .New York. 238p.
- Billis B.,ed.,1992. Epoxy Resins , Blackie, Glasgow. 432p.
- Harry,L. Hess and Plastics Education Foundation . 1980. Plastics Laboratory  
Procedures.Bobbs.Merrill.Educational Publishing Indianapolis. 328 p.
- Jones,E,R.,1994. Handbook of polymer -Fiber Composites . Longman Scientific and  
Technical . England . 584p.
- Lavlon,E. 1974. Industrail Arts Plastics. Chas.A.Bennett Co., Inc. Pearia,Illinois.465p.
- May ,C.A.,1988. Epoxy ResinsChemistry and Technology , Marcel Dekker,  
New York. 289p.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Miller,M.L.,1966.The Structure of Polymers. Reinhold,New York 498p.

Mutreja ,L . K.,1974. Metal coatings on plastics. Small Business Publication. Ronald .

D.Back.1978. Basic Technology for Plastic Product Design. New York.381p.

Symour,R .B ,1975. Modern plastic Technology . Reston Prentices-Hall. 518p.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวก

ตารางที่ 1 แสดงการวิเคราะห์ทางสถิติของประสิทธิภาพของกรรมวิธีในการเคลื่อนแมลงทั้ง 6 ชนิด

SOV	df	SS	MS	F-ratio	F-table	
					0.05	0.01
Treatment	2	0.408	0.204	0.2545 <sup>NS</sup>	4.10	7.56
Ex.Error	15	12.022	0.8014			
Total	17	12.43				

ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 2 แสดงประสิทธิภาพการเคลื่อนแมลงปีกแข็งที่มีช่องว่างภายในลำตัวมาก

SOV	df	SS	MS	F-ratio	F-table	
					0.05	0.01
Treatment	2	12.498	6.249	54.815**	3.68	6.36
Ex.Error	15	1.71	0.114			
Total	17	14.205				

\*\* = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญอย่างยิ่งที่ระดับ 0.01



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ในการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนำไปใช้