

บทที่ 3

วิธีการทดลอง

3.1 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

1. อีพอกซีเรซิน (Epiclon 850) : บริษัท สยามเคมีคัล อินดัสตรี จำกัด
2. สารบ่ม (Luckamide TD-982-E) : บริษัท สยามเคมีคัล อินดัสตรี จำกัด
3. ฟิวซีเรซิน (ค่า K = 70) : บริษัท ไทยนามพลาสติกส์ จำกัด
4. พลาสติไซเซอร์ (DOP) : บริษัท ไทยนามพลาสติกส์ จำกัด
5. สเตบิลไลเซอร์ (Irganox 1076) : บริษัท ซีบา สเปนเซียลตี้ (ประเทศไทย) จำกัด
6. ยางเหลว (Hycar 1300) : บริษัท ชันนี่เวลด์ (1989) จำกัด
7. เอทานอล : แล็บสแกน

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

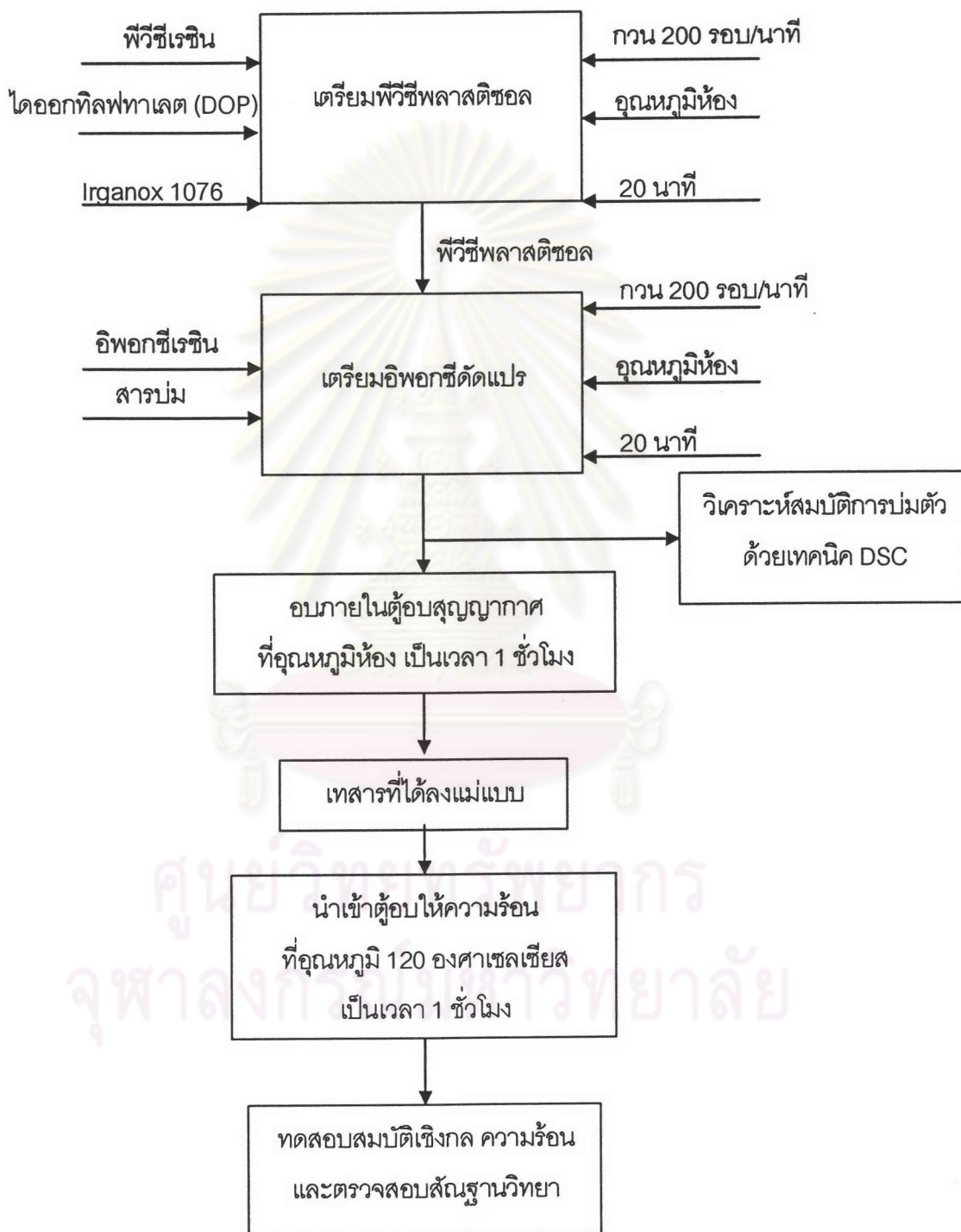
1. มอเตอร์ปั่นกวนชนิดปรับรอบได้ พร้อมใบพัด
2. เตาอบให้ความร้อน
3. ตู้อบสูญญากาศ
4. เครื่องแก้วอื่นที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์

1. เครื่อง Universal Tensile Testing Machine LLOYD รุ่น LR 100K
2. ดิฟเฟอเรนเชียลสแกนนิ่งแคลอริมิเตอร์ (DSC) เมทเลอร์-โทเลโด รุ่น DSC 822-e/400w
3. เทอร์โมกราวิเมตริกแอนาไลเซอร์ (TGA) เมทเลอร์-โทเลโด
รุ่น TGA/SDTA 851e/LS/1600
4. กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) รุ่น JSM-5410 LV
5. เครื่องทดสอบความทนทานต่อแรงกระแทก รุ่น ATS

3.4 ขอบเขตการทดลอง

ขอบเขตและขั้นตอนการทดลองแสดงไว้ในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ขอบเขตและขั้นตอนการทดลอง

3.5 การเตรียมพีวีซีพลาสติกซอล

ชุดอุปกรณ์ที่ใช้เตรียมพีวีซีพลาสติกซอลตามมาตรฐาน ISO 4612 แสดงไว้ในรูปที่ 3.2 ทำการเตรียมพีวีซีพลาสติกซอลจากพีวีซีเรซินและ DOP ในอัตราส่วน 100:30, 100:35, 100:40, 100:45 และ 100:50 รายละเอียดของปริมาณสารเคมีที่ใช้ในแต่ละการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 3.1

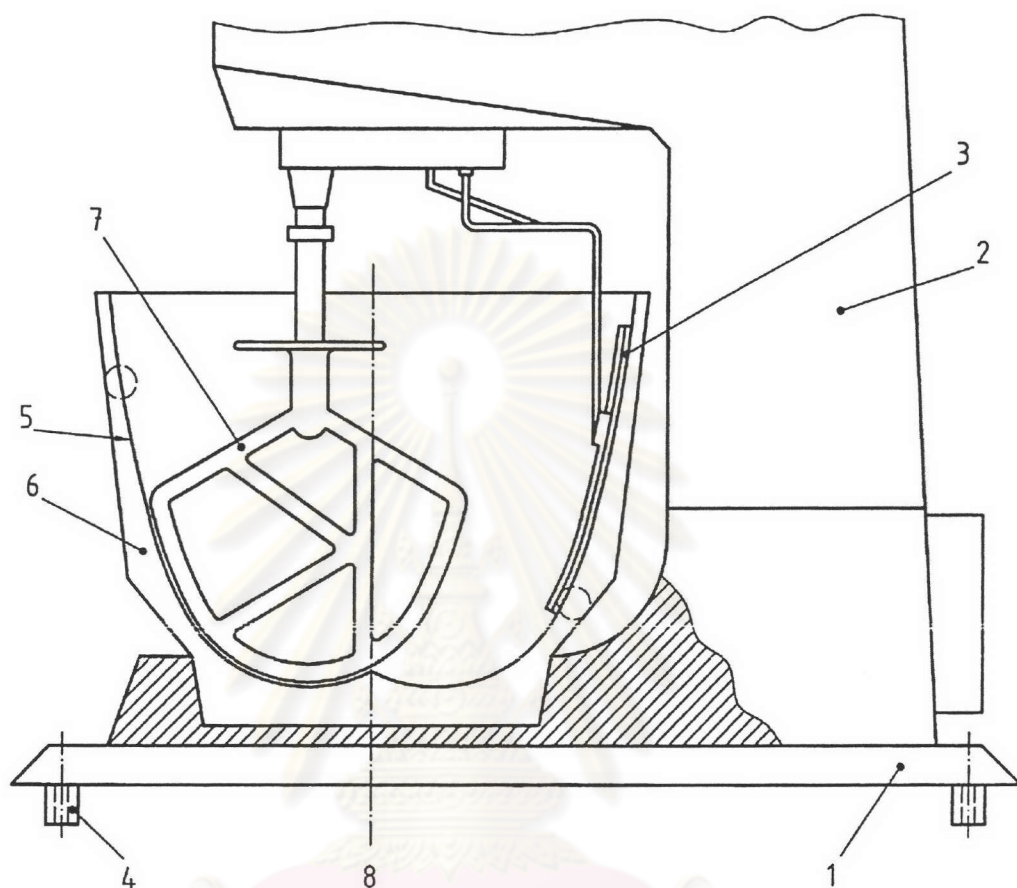
การทดลองเริ่มโดยทำการผสมพีวีซีเรซิน DOP และ Irganox 1076 ในชุดอุปกรณ์ ทำการปั่นกวนด้วยความเร็ว 200 รอบ/นาที ที่อุณหภูมิห้อง กวนให้เข้ากันเป็นเวลา 20 นาที

ตารางที่ 3.1 ปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการเตรียมพีวีซีพลาสติกซอล

พีวีซีเรซิน:DOP	พีวีซีเรซิน (กรัม)	DOP (กรัม)	Stabilizer (กรัม)
100:30	100	30	2
100:35	100	35	2
100:40	100	40	2
100:45	100	45	2
100:50	100	50	2

หมายเหตุ : Stabilizer คือ Irganox 1076

ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



Key

- 1 Base
- 2 Mixer
- 3 Optional wiper or scraper, rotating to clean inside of bowl
- 4 Feet
- 5 Stainless-steel bowl
- 6 Optional jacket for circulation of cooling water
- 7 Beater
- 8 Main axis of rotation

รูปที่ 3.2 ชุดอุปกรณ์ในการเตรียมพีวีซีพลาสติกชอล

3.6 การเตรียมชิ้นงานอิพอกซีเรซินดัดแปรด้วยฟิวซีพลาสติซอล

3.6.1 การเตรียมอิพอกซีเรซินดัดแปร

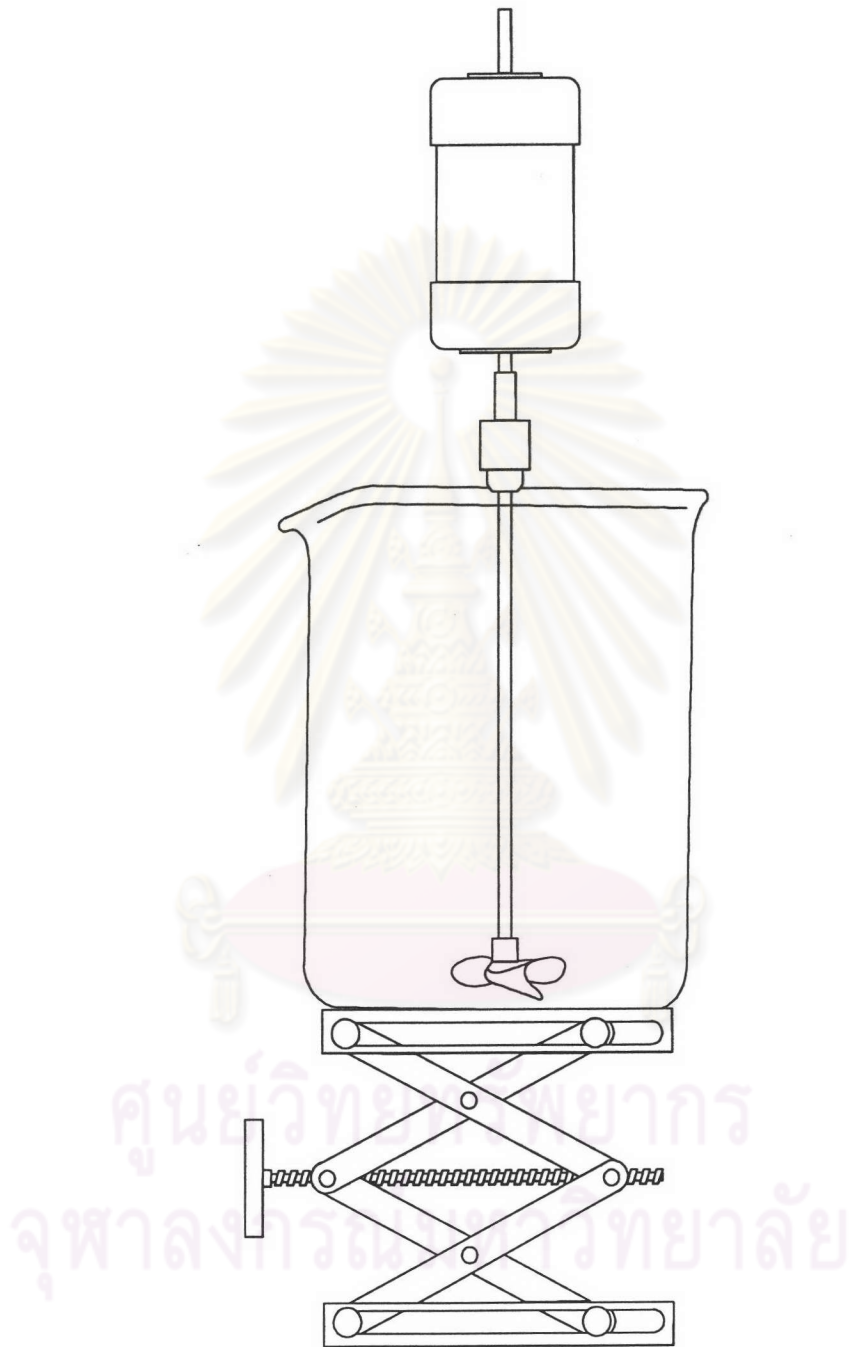
ชุดอุปกรณ์ที่ใช้เตรียมอิพอกซีเรซินดัดแปรแสดงไว้ในรูปที่ 3.3 โดยเตรียมอิพอกซีเรซินดัดแปรด้วยฟิวซีพลาสติซอลในปริมาณ 20 40 60 80 และ 100 phr และผสมอิพอกซีเรซินกับ CTBN (ซึ่งใช้เป็นสารดัดแปรเปรียบเทียบ) แทนฟิวซีพลาสติซอลในปริมาณเท่ากัน รายละเอียดของปริมาณสารเคมีที่ใช้ในแต่ละการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 3.2

การทดลองเริ่มโดยผสมอิพอกซีเรซิน สารดัดแปร (ฟิวซีพลาสติซอล หรือ CTBN) และสารบ่มในชุดอุปกรณ์ ปั่นกวนด้วยความเร็ว 200 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิห้อง กวนให้เข้ากันเป็นเวลา 20 นาที

ตารางที่ 3.2 ปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการเตรียมอิพอกซีเรซินดัดแปร

อิพอกซีเรซิน:สารดัดแปร	อิพอกซีเรซิน (กรัม)	สารดัดแปร (กรัม)	สารบ่ม (กรัม)
100:20	100	20	25
100:40	100	40	25
100:60	100	60	25
100:80	100	80	25
100:100	100	100	25

หมายเหตุ : สารดัดแปร คือ ฟิวซีพลาสติซอล และ CTBN
อัตราส่วนระหว่างอิพอกซีเรซินและสารบ่มเป็น 4 : 1



รูปที่ 3.3 ชุดอุปกรณ์ในการเตรียมอิพอกซีเรซินดัดแปร

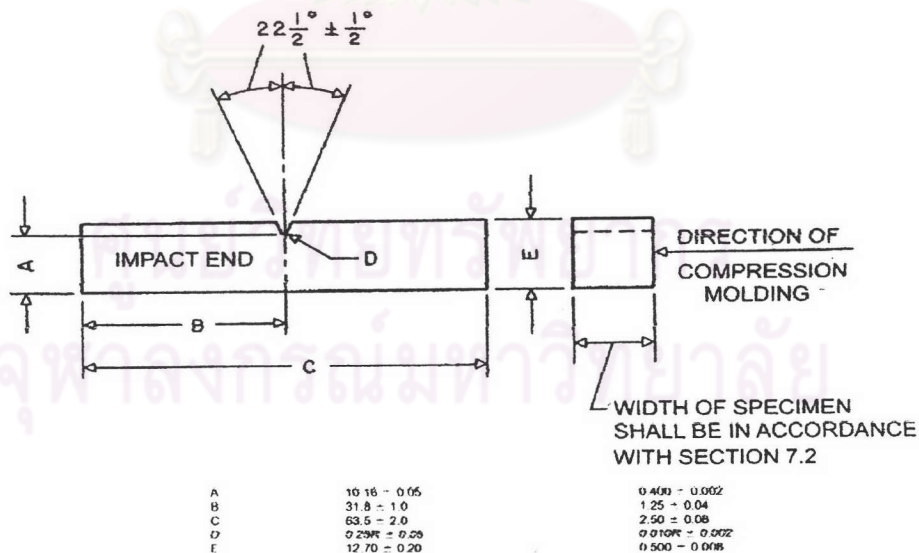
3.6.2 การขึ้นรูปชิ้นงานอิพอกซีเรซินดัดแปร

หลังจากทำการบั่นกวนสารผสมแล้ว นำไปใส่ฟองอากาศออกโดยใช้ตู้อบสุญญากาศ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และนำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาเทใส่ในแม่แบบ หลังจากนั้นนำไปให้ความร้อนภายในตู้อบที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เพื่อให้อิพอกซีดัดแปรเกิดการบ่มตัว แล้วนำชิ้นงานที่ได้ไปทดสอบสมบัติเชิงกลต่างๆ

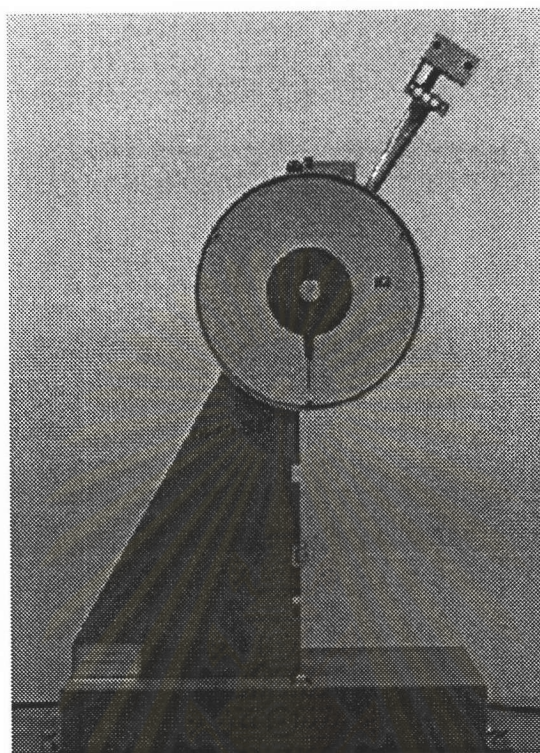
3.7 การทดสอบสมบัติของชิ้นงานอิพอกซีเรซินดัดแปร

3.7.1 การทดสอบความทนแรงกระแทก

เตรียมชิ้นงานทดสอบความทนแรงกระแทกตามมาตรฐาน ASTM D256 แบบ Charpy ดังแสดงในรูปที่ 3.4 แล้วนำไปทดสอบความทนแรงกระแทกด้วยเครื่องทดสอบความทนทานต่อแรงกระแทก รุ่น ATS ดังรูปที่ 3.5 โดยใช้หัวค้อนขนาด 2 จูล รายงานค่าความทนแรงกระแทกในหน่วยจูลต่อเมตร²



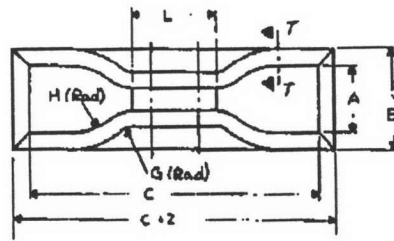
รูปที่ 3.4 ลักษณะชิ้นงานทดสอบสมบัติความทนแรงกระแทก



รูปที่ 3.5 เครื่องทดสอบความทนทานต่อแรงกระแทก รุ่น ATS

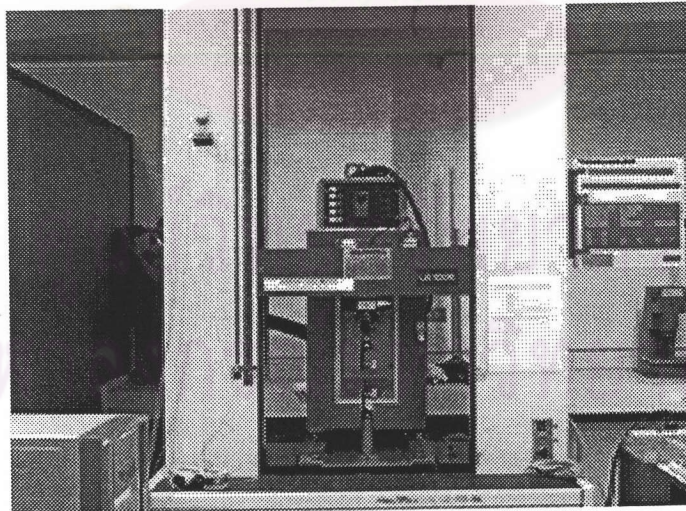
3.7.2 การทดสอบสมบัติด้านแรงดึง

เตรียมชิ้นงานรูปดัมเบลล์ตามมาตรฐาน ASTM D638 ชนิด C ดังแสดงในรูปที่ 3.6 แล้วนำไปทดสอบความทนแรงดึงด้วยเครื่อง Universal Tensile Testing Machine LLOYD รุ่น LR 100K ดังรูปที่ 3.7 โดยใช้ load cell ขนาด 1000 นิวตัน ซึ่งดึงด้วยอัตราเร็ว 50 มิลลิเมตรต่อนาที และมีความยาวเกจบนชิ้นงานเท่ากับ 40 มิลลิเมตร รายงานค่ามอดุลัส ความทนแรงดึง และเปอร์เซ็นต์การยืดตัว



Dimension	Millimetres		Inches	
	Value	Tolerance	Value	Tolerance
A	25	± 1	1.0	± 0.04
B	40	max	1.6	max
C	115	min	4.5	min
G	14	± 1	0.56	± 0.04
H	25	± 2	1.0	± 0.08
L	33	± 2	1.31	± 0.08
Z	13	± 1	0.5	± 0.04

รูปที่ 3.6 ลักษณะและขนาดชิ้นงานดัมเบลล์สำหรับทดสอบสมบัติการทนแรงดึง



รูปที่ 3.7 เครื่อง Universal Tensile Testing LLOYD รุ่น LR 100K

3.7.3 การวิเคราะห์สมบัติทางความร้อนด้วยดิฟเฟอเรนเชียลสแกนนิ่งแคลอริมิเตอร์ (DSC)

การวิเคราะห์สมบัติทางความร้อนด้วยดิฟเฟอเรนเชียลสแกนนิ่งแคลอริมิเตอร์ เมทเธอร์-โทเลโด รุ่น DSC 822-e/400w ดังแสดงในรูปที่ 3.8 เพื่อหาอุณหภูมิการบ่มตัว และอุณหภูมิกลาสทรานซิชันของอิพอกซีเรซินดัดแปร โดยนำอิพอกซีเรซินดัดแปรที่หนักประมาณ 10 มิลลิกรัมบรรจุในถาดอะลูมิเนียม (DSC pan) ซึ่งนำน้ำหนักสารที่แน่นอนแล้วปิดฝา ซึ่งใช้อากาศเป็นสารอ้างอิง โดยให้ภาวะของการทดสอบเริ่มจากอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จนถึง 220 องศาเซลเซียส อัตราการเพิ่มความร้อน 10 องศาเซลเซียสต่ออนาที ทำการทดสอบภายใต้บรรยากาศของแก๊สไนโตรเจน

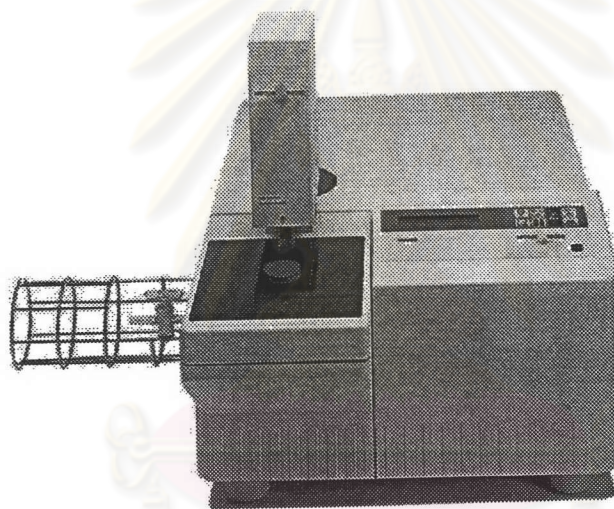


รูปที่ 3.8 ดิฟเฟอเรนเชียลสแกนนิ่งแคลอริมิเตอร์ เมทเธอร์-โทเลโด รุ่น DSC 822-e/400w

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.7.4 การวิเคราะห์สมบัติทางความร้อนด้วยเทอร์โมกราวิเมตริกแอนาไลเซอร์ (TGA)

การวิเคราะห์สมบัติทางความร้อนด้วยเทอร์โมกราวิเมตริกแอนาไลเซอร์ เมทเลอร์-โทเลโด รุ่น TGA/SDTA 851e/LS/1600 ดังแสดงในรูปที่ 3.9 เพื่อหาเสถียรภาพทางความร้อน และอุณหภูมิการสลายตัวของชิ้นงานอิพอกซีเรซินดัดแปร โดยนำอิพอกซีเรซินดัดแปรที่มีน้ำหนักประมาณ 15 มิลลิกรัม ใส่ในภาชนะใส่ตัวอย่างซึ่งเป็นถาดอะลูมิเนียม ตั้งภาวะทดสอบโดยให้อุณหภูมิเริ่มต้นที่ 100 องศาเซลเซียส แล้วเพิ่มอุณหภูมิโดยใช้อัตราการให้ความร้อนเท่ากับ 20 องศาเซลเซียสต่อนาที จนถึงอุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส ทำการทดสอบภายใต้บรรยากาศของแก๊สไนโตรเจน



รูปที่ 3.9 เทอร์โมกราวิเมตริกแอนาไลเซอร์ เมทเลอร์-โทเลโด รุ่น TGA/SDTA 851e/LS/1600

3.7.5 การตรวจสอบลักษณะพื้นผิวด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM)

การตรวจสอบลักษณะพื้นผิวของชิ้นงานอิพอกซีเรซินดัดแปร กระทำโดยนำชิ้นงานไปทำการเคลือบพื้นผิวน้ำตัดด้วยทองคำ แล้วทำการส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) รุ่น JSM-5410 LV ดังแสดงในรูปที่ 3.10 ที่กำลังขยาย 10,000 เท่า เพื่อศึกษาการกระจายตัวของฟิวซิลลาสติซอลในอิพอกซีเรซิน



รูปที่ 3.10 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด รุ่น JSM-5410 LV

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย