

## บทที่ 3

### วิธีดำเนินการวิจัย

#### 3.1 วัตถุดิบและสารเคมี

- ผงพอลิไวนิลคลอไรด์ (พีวีซี) ได้รับความอนุเคราะห์จาก บริษัท ไทยพลาสติกและเคมีภัณฑ์ จำกัด โดยมี ค่า  $K = 66$  และ  $DP = 1,050$
- เม็ดเอทิลีนไวนิลอะซีเตตโคพอลิเมอร์ (อีวีเอ) ได้รับความอนุเคราะห์จาก บริษัท ไทยนามพลาสติกส์ จำกัด โดยมีปริมาณไวนิลอะซีเตต 28 % โดยน้ำหนัก
- มอนต์มอริลโลไนต์ (MMT) มีค่า CEC เท่ากับ 71 meq/100 g จากสถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- ไดไอโซนิลฟทาเลต (DINP) ใช้เป็นพลาสติกไซเซอร์ ได้รับความอนุเคราะห์จาก บริษัท ไทยนามพลาสติกส์ จำกัด
- แบริยมซิงค์สเตบิไลเซอร์ ใช้เป็นสารเพิ่มเสถียรภาพทางความร้อน ได้รับความอนุเคราะห์จาก บริษัท ไทยนามพลาสติกส์ จำกัด
- กรดสเตียริก ใช้เป็นสารหล่อลื่น ได้รับความอนุเคราะห์จาก บริษัท ไทยนามพลาสติกส์ จำกัด
- ออกตะเดซิลเอมีน ใช้เป็นสารตัดแปรมอนต์มอริลโลไนต์ จากห้างหุ้นส่วนจำกัด เอ.ซี. เอส. ซีนอน
- น้ำกลั่น

#### 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเตรียมมอนต์มอริลโลไนต์ตัดแปร

- เครื่องปั่นกวนเชิงกล (Mechanical Stirrer)
- อุปกรณ์เครื่องแก้ว
- ตู้อบสาร
- แท่นให้ความร้อน (hot plate)
- บั้มสุญญากาศ

### 3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการขึ้นรูปแผ่นพีวีซี

- เครื่องบดผสมแบบ 2 ลูกกลิ้ง (Two-roll mill) ยี่ห้อ LAB TECH (ภาควิชาวัสดุศาสตร์)
- เครื่องอัดแบบ (compression molding) ยี่ห้อ LAB TECH (ภาควิชาวัสดุศาสตร์)

### 3.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์

- เครื่องเอกซเรย์ดิฟแฟรคโตมิเตอร์ (X-ray diffractometer, XRD)  
รุ่น Bruker AXS Model D8 (ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาฯ)
- เครื่องฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (FT-IR)  
รุ่น Nicolet-Impact 400D (ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาฯ)
- เครื่องทดสอบความต้านแรงดึง (Universal Testing Machine)  
รุ่น LLOYD model LR 100K plus (ภาควิชาวัสดุศาสตร์)
- เครื่องทดสอบความต้านแรงกระแทก  
รุ่น GOTECH GT-7045-MD (ภาควิชาวัสดุศาสตร์)
- กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, SEM)  
รุ่น JEOL JSM-6400 (ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาฯ)
- เครื่องดิฟเฟอเรนเชียลสแกนนิ่งแคลอริมิเตอร์ (Differential Scanning Calorimeter, DSC) รุ่น Shimadzu DSC 60 (ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาฯ)
- เครื่องเทอร์โมกราวิเมตริกแอนาไลเซอร์ (Thermogravimetric Analyzer, TGA)  
รุ่น METTLER TOLEDO 851e (ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาฯ)

### 3.5 ขอบเขตการทดลอง

การทดลองแบ่งเป็น 6 ส่วน คือ

- การเตรียมมอนต์มอริลโลไนต์ดัดแปร
- การวิเคราะห์มอนต์มอริลโลไนต์ดัดแปร
- การเตรียมพีวีซี/มอนต์มอริลโลไนต์นาโนคอมพอสิต
- การเตรียมพอลิเมอร์ผสมระหว่างพีวีซี/อีวีเอ
- การเตรียมพีวีซี/อีวีเอ/มอนต์มอริลโลไนต์นาโนคอมพอสิต
- การวิเคราะห์และตรวจสอบสมบัติของพอลิเมอร์นาโนคอมพอสิต

### 3.6 วิธีการทดลอง

#### 3.6.1 การเตรียมมอนต์มอริลโลไนต์ดัดแปร

1. เตรียมสารละลายกรดไฮโดรคลอริก โดยใช้ไฮโดรคลอริกเข้มข้น 10 มิลลิลิตร ใส่ลงในน้ำ 150 มิลลิลิตร
2. เติม 10.8 กรัม ออกตะโดเดซิลเอมีน (octadodecyl amine) ลงในสารละลายที่เตรียมได้จากข้อ 1 พร้อมให้ความร้อนที่ 80 องศาเซลเซียส ประมาณ 2-3 นาที
3. เติม 25 กรัม ของดินเบนโตไนท์ ลงในสารละลายในข้อ 2 พร้อมทั้งกวนดินให้มีการกระจายตัวที่ดี และเติมน้ำเพิ่มอีก 1000 มิลลิลิตร และกวนด้วยความเร็วสูงเพื่อให้ดินกระจายตัวเป็นเวลาครึ่งชั่วโมง
4. หลังจากนั้นให้กรองตะกอนขาวที่เกิดขึ้น และล้างด้วยน้ำกลั่นหลายๆ ครั้ง เพื่อกำจัดคลอไรด์ไอออน ซึ่งสามารถตรวจสอบโดยใช้สารละลายซิลเวอร์ไนเตรท ( $\text{AgNO}_3$ ) เป็นตัวบ่งชี้ว่ายังมีคลอไรด์ไอออนอยู่
5. กรองได้ไปอบให้แห้งในตู้อบสุญญากาศที่อุณหภูมิ 70-80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และอบให้ละเอียดผ่านตะแกรง 100 เมช

#### 3.6.2 การวิเคราะห์โครงสร้างมอนต์มอริลโลไนต์ดัดแปร

##### 3.6.2.1 วิเคราะห์ด้วยเทคนิคอินฟราเรดสเปกโทรสโคปี (IR)

ทำการวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบว่าออกตะโดเดซิลเอมีนได้แทรกเข้าไปในโครงสร้างผลึกของมอนต์มอริลโลไนต์ด้วยเทคนิค FT-IR โดยนำมอนต์มอริลโลไนต์ดัดแปร (OMMT) ที่เตรียมได้ไปอัดเม็ดกับผงโปแตสเซียมโบรไมด์ (KBr) แล้วนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (FT-IR) ดังแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 เครื่อง FT-IR รุ่น Nicolet-Impact 400D

### 3.6.2.2 วิเคราะห์ด้วยเทคนิคเอกซเรย์ดิฟแฟรกชัน (XRD)

วิเคราะห์โครงสร้างของมอนต์มอริลโลไนต์ดัดแปรด้วยเทคนิค XRD ซึ่งมีขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง ดังนี้

1. นำแผ่นยึดตัวอย่าง (sample holder) ดังแสดงในรูปที่ 3.2 มาประกอบให้เรียบร้อย
2. นำผงตัวอย่างที่บดละเอียดแล้วมาบรรจุลงบนแผ่นยึดตัวอย่าง แล้วกดเบาๆ
3. ปาดผงตัวอย่างส่วนเกินออกจากแผ่นยึดตัวอย่าง
4. นำฝาหลังปิดเข้ากับแผ่นยึดตัวอย่าง
5. นำแผ่นยึดตัวอย่างที่ประกอบเรียบร้อยแล้วเสียบกับแกนยึดตัวอย่างของเครื่อง XRD ดังแสดงในรูปที่ 3.3 โดยระวังไม่ให้นิ้วสัมผัสบริเวณที่มีผงตัวอย่าง
6. ทำการวัดที่ค่ามุม  $2\theta$  ตั้งแต่ 1-16 องศา อัตราเร็ว 2 องศา/วินาที ที่ศักย์ไฟฟ้า 40 กิโลโวลต์ และกระแสไฟฟ้า 40 มิลลิแอมแปร์



รูปที่ 3.2 ส่วนประกอบและลักษณะของแผ่นที่ยึดตัวอย่าง (sample holder)



รูปที่ 3.3 เครื่อง XRD รุ่น Bruker AXS Model D8

### 3.6.3 การเตรียมพีวีซี/มอนต์มอริลโลไนต์นาโนคอมพอสิต

แบ่งเป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้

#### 1. ขั้นตอนการผสม

นำผงพีวีซีเรซินมาผสมกับสารเติมแต่งชนิดต่างๆ ได้แก่ ไดไอโซไนนิลฟทาเลต (DINP) แบเรียมซิงค์เตปัลโลเซอร์ (Ba-Zn) และกรดสเตียริก (SA) ในอัตราส่วนดังแสดงในตารางที่ 3.1 ด้วยเครื่องบดผสมแบบสองลูกกิ้ง (two-roll mill) ดังแสดงในรูปที่ 3.4 ที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที โดยเริ่มจากการเทของผสมเข้าไปในช่องว่างระหว่างลูกกิ้งทั้งสอง ปรับความเร็วของลูกกิ้งลูกหน้าให้เร็วกว่าลูกกิ้งลูกหลัง (ลูกกิ้งลูกหน้า 12 รอบ/นาที, ลูกกิ้งลูกหลัง 7 รอบ/นาที) รวมทั้งปรับความกว้างของช่องเพื่อให้บีบของผสมผ่านไป เมื่อของผสมผ่านช่องว่างลูกกิ้ง 3-4 ครั้ง ของผสมจะเริ่มเกาะติดเป็นแผ่นเดียวกันและสามารถพันรอบลูกกิ้งได้ และเพื่อให้เกิดความสม่ำเสมอในเนื้อของของผสม จะต้องให้ผ่านลูกกิ้งซ้ำไปมาหลายครั้ง โดยใช้มีดตัดของผสมที่พันรอบลูกกิ้งลูกหน้าไปตามยาวประมาณ 3/4 ของความยาวลูกกิ้ง ขณะเดียวกันใช้มีดม้วนของผสมที่ถูกตัดเข้ามา จนส่วนผสมต่างๆ เข้ากันได้ดี จึงค่อยๆ เติมมอนต์มอริลโลไนต์ตัดแปรลงไปและทำการผสมต่อเป็นเวลา 5 นาที จากนั้นตัดแผ่นฟิล์มที่ได้จากลูกกิ้ง เพื่อนำไปขึ้นรูปชิ้นงานต่อไป

ตารางที่ 3.1 อัตราส่วนของสารที่ใช้เตรียมพีวีซี/มอนต์มอริลโลไนต์นาโนคอมพอสิต

PVC (g)	OMMT (g)	DINP (g)	Ba-Zn (g)	SA (g)
100	0	20	2	0.2
100	2	20	2	0.2
100	4	20	2	0.2
100	6	20	2	0.2



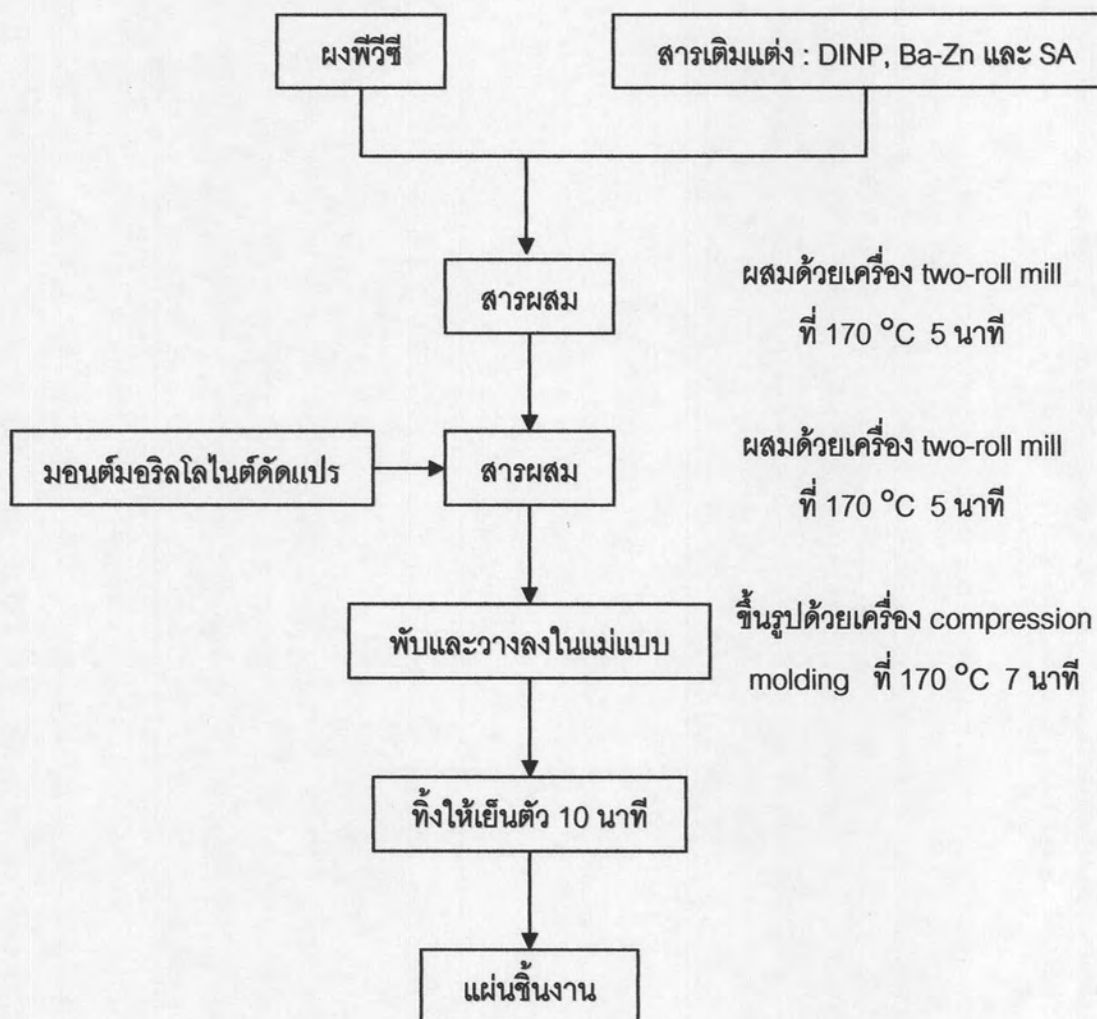
รูปที่ 3.4 เครื่องบดผสมแบบสองลูกกลิ้ง (two-roll mill) รุ่น LAB TECH

## 2. ขั้นตอนการขึ้นรูป

นำฟิล์มพีวีซี/มอนต์มอริลโลไนต์นาโนคอมพอสิตที่ได้จากเครื่องบดผสมแบบสองลูกกลิ้งมาพับและวางลงบนแม่แบบขนาด 10x10 ตารางนิ้ว เพื่อเตรียมกดอัดเป็นแผ่นให้มีความหนา 3 มิลลิเมตร ด้วยเครื่องอัดแบบ (compression molding) ดังแสดงในรูปที่ 3.5 ที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส ความดัน 1000 psi โดยใช้เวลาสำหรับอุณหภูมิช่วงแรก (pre-heating time) 2 นาที จากนั้นกดอัดไล่ฟองอากาศเป็นเวลา 1 นาที แล้วจึงกดอัดในช่วงสุดท้าย (final-pressing time) เป็นเวลา 4 นาที จากนั้นใช้เวลาในการลดอุณหภูมิลงจนเหลือ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที นำชิ้นงานออกจากแม่แบบ และตัดเป็นชิ้นทดสอบตามรูปร่างและขนาดที่ต้องการเพื่อใช้ทดสอบสมบัติต่างๆ ต่อไป โดยขั้นตอนในการเตรียมพีวีซี/มอนต์มอริลโลไนต์นาโนคอมพอสิตแสดงไว้ในรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.5 เครื่องอัดแบบ (compression molding) รุ่น LAB TECH



รูปที่ 3.6 ขั้นตอนการเตรียมพีวีซี/มอนต์มอริลโลไนต์นาโนคอมพอสิต

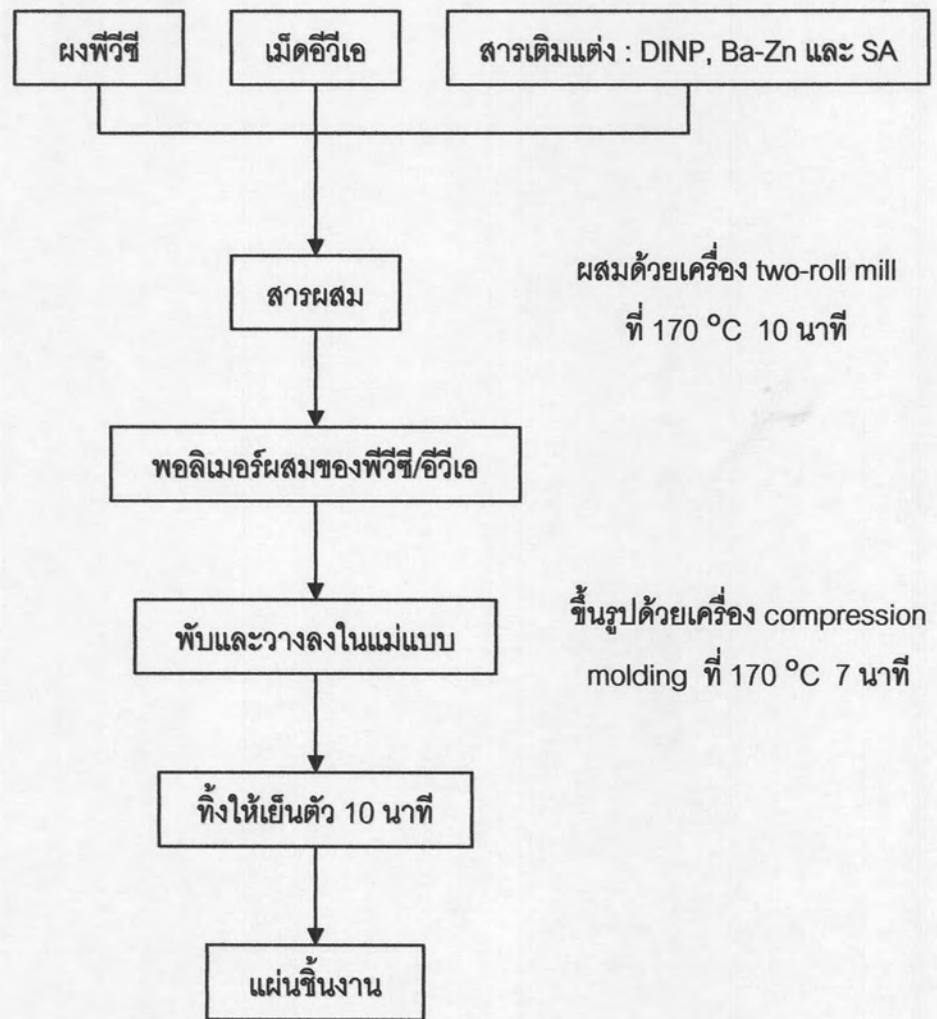


### 3.6.4 การเตรียมพอลิเมอร์ผสมระหว่างพีวีซี/อีวีเอ

นำผงพีวีซีมาผสมกับเม็ดอีวีเอ และสารเติมแต่งต่างๆ ในอัตราส่วนดังแสดงในตารางที่ 3.2 ด้วยเครื่องบดผสมแบบสองลูกกลิ้ง เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นจึงนำแผ่นฟิล์มพอลิเมอร์ผสมที่ได้มาขึ้นรูปเป็นชิ้นงานด้วยเครื่องอัดแบบ (ใช้ภาวะในการผสมและขึ้นรูปเหมือนข้อ 3.5.3) และเมื่อชิ้นงานเย็นตัวลงให้นำชิ้นงานออกจากแม่แบบ แล้วตัดเป็นชิ้นทดสอบตามรูปร่างและขนาดที่ต้องการเพื่อใช้ทดสอบสมบัติต่างๆ ต่อไป โดยขั้นตอนการเตรียมพอลิเมอร์ผสมระหว่างพีวีซี/อีวีเอ แสดงไว้ในรูปที่ 3.7

ตารางที่ 3.2 อัตราส่วนของสารที่ใช้เตรียมพอลิเมอร์ผสมระหว่างพีวีซี/อีวีเอ

PVC (g)	EVA (g)	DINP (g)	Ba-Zn (g)	SA (g)
100	2.5	20	2	0.2
100	5	20	2	0.2
100	7.5	20	2	0.2
100	10	20	2	0.2



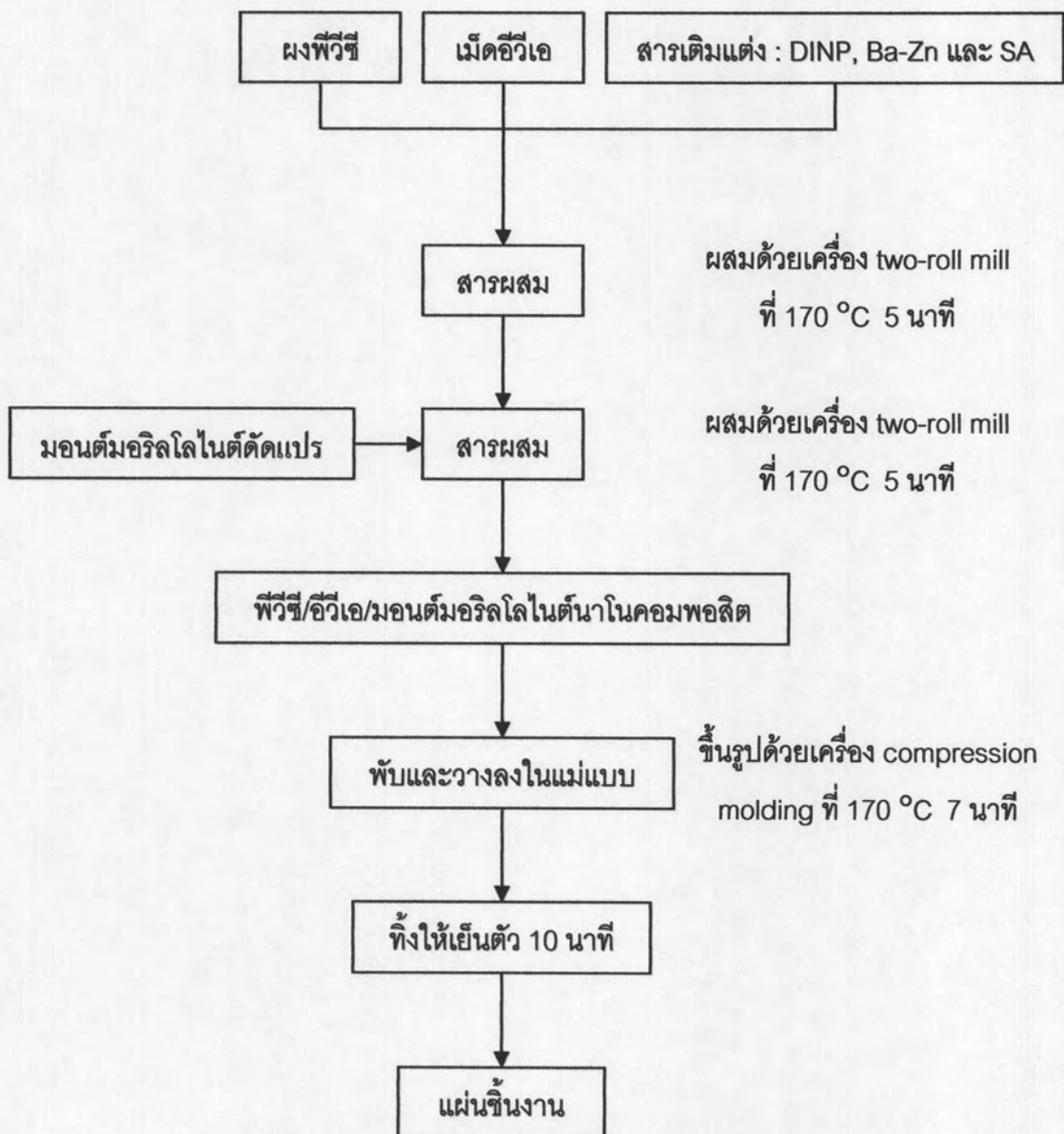
รูปที่ 3.7 ขั้นตอนการเตรียมพอลิเมอร์ผสมระหว่างพีวีซี/อีวีเอ

### 3.6.5 การเตรียมพีวีซี/อีวีเอ/มอนต์มอริลโลไนต์นาโนคอมพอสิต

นำผงพีวีซีมาผสมกับเม็ดอีวีเอ และสารเติมแต่งต่างๆ ในอัตราส่วนดังแสดงในตารางที่ 3.3 ด้วยเครื่องบดผสมแบบสองลูกกลิ้ง เป็นเวลา 5 นาที แล้วจึงค่อยๆ เติมมอนต์มอริลโลไนต์ดัดแปรลงไป ทำการผสมต่อเป็นเวลา 5 นาที จากนั้นนำแผ่นฟิล์มที่ได้มาขึ้นรูปขึ้นงานด้วยเครื่องอัดแบบ (ใช้ภาวะในการผสมและขึ้นรูปเหมือนข้อ 3.5.3) และเมื่อขึ้นงานเย็นตัวลงให้นำชิ้นงานออกจากแม่แบบ แล้วจึงตัดเป็นชิ้นทดสอบตามรูปร่างและขนาดที่ต้องการเพื่อใช้ทดสอบสมบัติต่างๆ ต่อไป โดยขั้นตอนในการเตรียมพอลิเมอร์ผสมระหว่างพีวีซี/อีวีเอ แสดงไว้ในรูปที่ 3.8

ตารางที่ 3.3 อัตราส่วนของสารที่ใช้เตรียมพีวีซี/อีวีเอ/มอนต์มอริลโลไนต์นาโนคอมพอสิต

PVC (g)	EVA (g)	OMMT (g)	DINP (g)	Ba-Zn (g)	SA (g)
100	2.5	2	20	2	0.2
		4			
		6			
100	5	2	20	2	0.2
		4			
		6			
100	7.5	2	20	2	0.2
		4			
		6			
100	10	2	20	2	0.2
		4			
		6			



รูปที่ 3.8 ขั้นตอนการเตรียมพีวีซี/ชิวเอ/มอนต์มอริลโลไนต์นาโนคอมพอสิต

### 3.6.6 การวิเคราะห์และตรวจสอบสมบัติของพอลิเมอร์นาโนคอมพอสิต

#### 3.6.6.1 การวิเคราะห์โครงสร้างของพอลิเมอร์นาโนคอมพอสิตด้วยเทคนิค XRD

วิเคราะห์โครงสร้างของมอนต์มอริลโลไนต์ในวัสดุนาโนคอมพอสิตโดยเทคนิค X-ray Diffraction (XRD) ด้วยเครื่อง Bruker AXS Model D8

ภาวะที่ใช้ในการทดลอง

หลอดรังสีเอกซ์ : Cu

แหล่งกำเนิดรังสีเอกซ์ :  $\text{CuK}\alpha$

โดยเครื่องเริ่มทำงานที่มุม  $2\theta$  ตั้งแต่ 2-16 องศา ด้วยอัตราเร็ว 2 องศา/วินาที คำนวณระยะห่างระหว่างระนาบ 001( $d_{001}$ ) ของมอนต์มอริลโลไนต์ จากสมการของแบรกก์ (Bragg's equation) ดังนี้

$$n\lambda = 2d\sin\theta$$

โดย d คือ ระยะห่างระหว่างชั้นผลึก

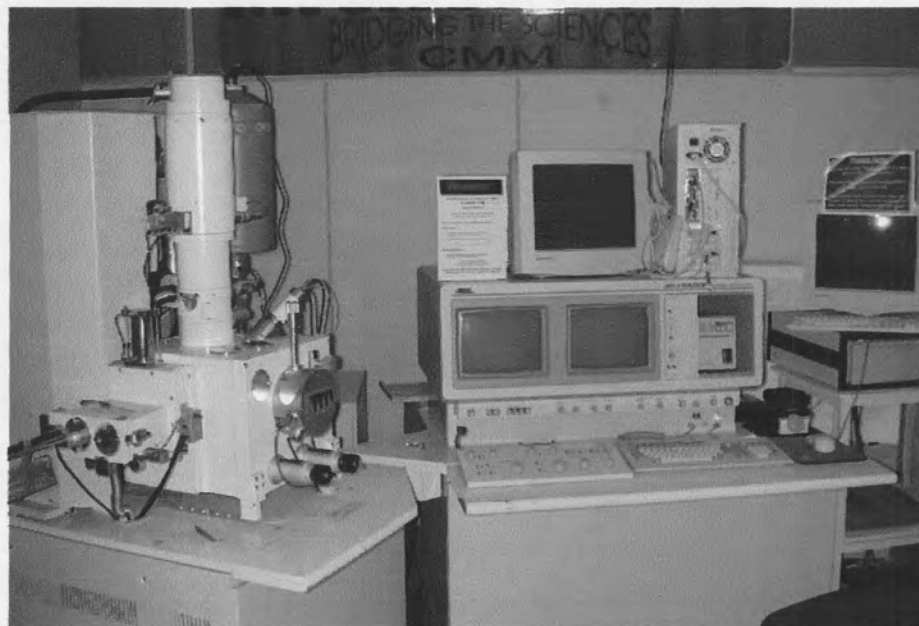
n คือ ตัวเลขจำนวนเต็ม ( $n = 1$ )

$\lambda$  คือ ความยาวคลื่น (wave length) ของแสง ( $\lambda = 1.54060 \text{ \AA}$ )

$\theta$  คือ มุมที่รังสีเอกซ์ตกกระทบผิวของผลึก

#### 3.6.6.2 การตรวจสอบสัณฐานวิทยาด้วยเทคนิค SEM

การตรวจสอบสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์นาโนคอมพอสิตด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด รุ่น JEOL JSM-6400 ดังแสดงในรูปที่ 3.9 เป็นการตรวจสอบลักษณะพื้นผิวทางภาคตัดขวางของชั้นทดสอบ โดยตัดชั้นทดสอบขนาด  $1 \times 4$  เซนติเมตร ไปจุ่มในไนโตรเจนเหลวแล้วหักชั้นทดสอบ นำส่วนที่หักไปตรวจสอบในภาคตัดขวาง โดยนำชั้นทดสอบที่เตรียมไว้ข้างต้นไปเคลือบผิวด้วยทองคำ ก่อนทำการตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่ใช้ศักย์ไฟฟ้า 15 กิโลโวลต์ ที่กำลังขยาย 1,000 เท่า



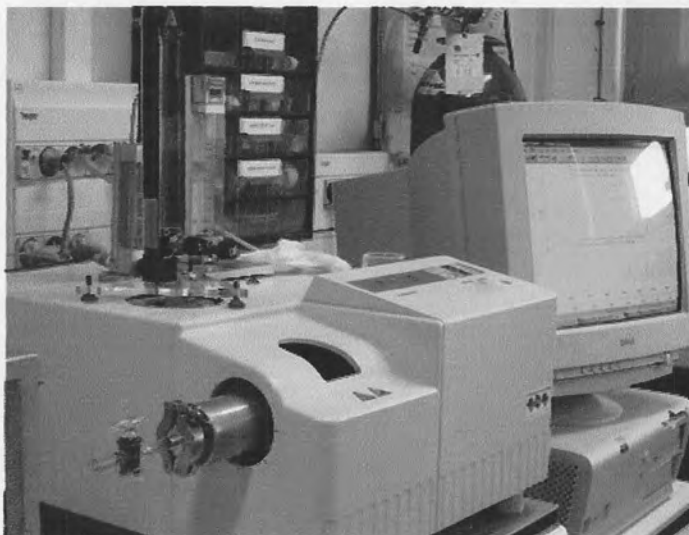
รูปที่ 3.9 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด รุ่น JEOL JSM-6400

### 3.6.6.3 การวิเคราะห์สมบัติทางความร้อนของพอลิเมอร์นาโนคอมพอสิต

ในงานวิจัยได้ทำการวิเคราะห์สมบัติทางความร้อนของพอลิเมอร์นาโนคอมพอสิตที่เตรียมได้ด้วยเทคนิค TGA และ DSC โดยมีรายละเอียด ดังนี้

#### การวิเคราะห์ด้วยเทคนิค TGA

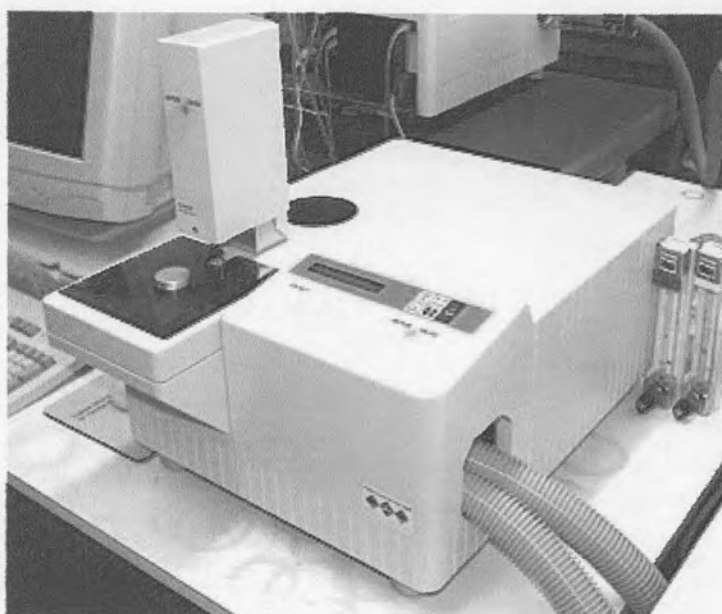
การวิเคราะห์สมบัติทางความร้อนด้วยเทคนิค TGA เป็นการศึกษาเสถียรภาพทางความร้อน และอุณหภูมิการสลายตัวของพอลิเมอร์นาโนคอมพอสิต ด้วยเครื่อง TGA รุ่น METTLER TOLEDO 851e ดังแสดงในรูปที่ 3.10 โดยนำชิ้นทดสอบซึ่งมีน้ำหนักประมาณ 3-10 มิลลิกรัม ใส่ในถาดอะลูมิเนียม (aluminium pan) โดยใช้ภาชนะในการทดสอบเริ่มจากอุณหภูมิ 50 ถึง 1000 องศาเซลเซียส อัตราการเพิ่มความร้อน 20 องศาเซลเซียส/นาที ทำการทดสอบภายใต้บรรยากาศของแก๊สไนโตรเจน



รูป 3.10 เครื่อง TGA รุ่น METTLER TOLEDO 851e

### การวิเคราะห์ด้วยเทคนิค DSC

การวิเคราะห์สมบัติทางความร้อนด้วยเทคนิค DSC เพื่อตรวจสอบอุณหภูมิกลาสแทรน-ซิชัน ( $T_g$ ) ของแผ่นพีวีซีทั้งที่ผสมและไม่ผสมอีวีเอ ด้วยเครื่อง DSC รุ่น Shimadzu DSC 60 ดังแสดงในรูปที่ 3.11 โดยนำตัวอย่างทดสอบหนักประมาณ 10 มิลลิกรัม บรรจุในภาดอะลูมิเนียม อุณหภูมิที่ใช้ตรวจสอบอุณหภูมิกลาสแทรนซิชันอยู่ในช่วง -50 ถึง 170 องศาเซลเซียส โดยทำการเพิ่มอุณหภูมิด้วยอัตรา 10 องศาเซลเซียส/นาที และทำการทดสอบภายใต้บรรยากาศไนโตรเจน



รูปที่ 3.11 เครื่อง DSC รุ่น Shimadzu DSC 60

### 3.6.6.4 การทดสอบสมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์นาโนคอมพอสิต

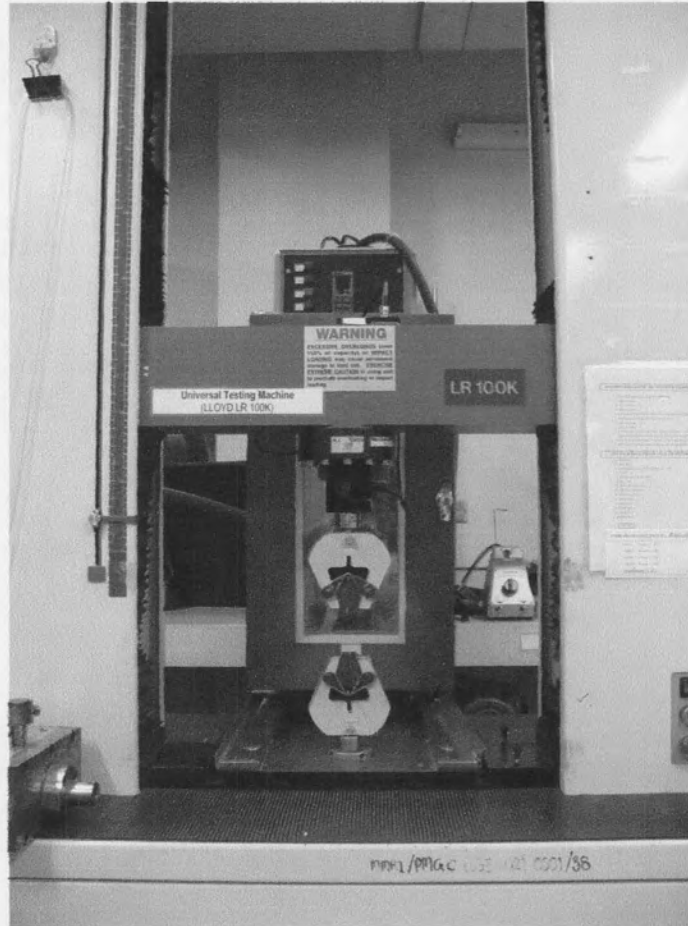
ในงานวิจัยได้ทำการทดสอบสมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์นาโนคอมพอสิตที่ได้ โดยทดสอบความต้านแรงดึง (tensile strength) และความต้านแรงกระแทก (impact strength) โดยมีรายละเอียดดังนี้

#### การทดสอบความต้านแรงดึง (Tensile strength)

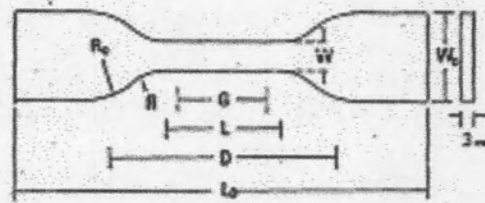
ทำการทดสอบความต้านแรงดึงตามมาตรฐาน ASTM D638-03 ด้วยเครื่อง Universal Testing Machine รุ่น LLOYD LR 100K ดังรูปที่ 3.12 โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. ตัดชิ้นทดสอบให้มีขนาดดังแสดงในรูปที่ 3.13
2. วัดความกว้างและความหนาของชิ้นทดสอบในบริเวณ gage length ที่ตำแหน่งต่างๆ 3 แห่ง แล้วหาค่าเฉลี่ย
3. เลือกตัวจับ (grip) ที่ใช้ยึดชิ้นทดสอบ โดยคำนึงถึงลักษณะและความหนาของชิ้นทดสอบ
4. ตั้งค่าความหนาและความกว้างของชิ้นทดสอบลงในเครื่อง กำหนดให้ระยะระหว่างหัวจับ (gage length) เท่ากับ 25 มิลลิเมตร และความเร็วในการดึงเท่ากับ 50 มิลลิเมตร/นาที โดยน้ำหนักเซลล์ (load cell) ที่ใช้ทดสอบเท่ากับ 100 นิวตัน
5. ยึดปลายทั้งสองของชิ้นทดสอบไว้กับตัวจับ ทำการดึงจนกระทั่งชิ้นทดสอบขาด





รูปที่ 3.12 เครื่อง Universal Testing Machine รุ่น LLOYD LR 100K



W : 6 มิลลิเมตร	L : 33 มิลลิเมตร	G : 25 มิลลิเมตร	R : 14 มิลลิเมตร
W <sub>0</sub> : 19 มิลลิเมตร	L <sub>0</sub> : 115 มิลลิเมตร	D : 65 มิลลิเมตร	R <sub>0</sub> : 25 มิลลิเมตร

รูปที่ 3.13 ขนาดชิ้นงานตามมาตรฐาน ASTM D638-03 (type IV)

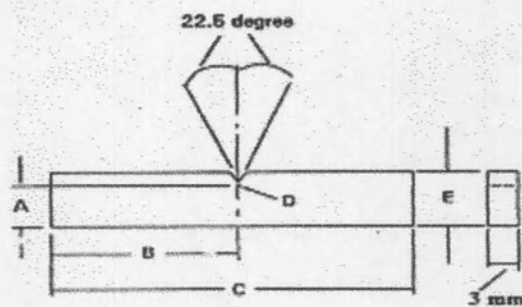
### การทดสอบความต้านแรงกระแทก (Impact strength)

ทำการทดสอบความต้านแรงกระแทกตามมาตรฐาน ASTM D256-04 ด้วยเครื่องทดสอบความต้านแรงกระแทก รุ่น GOTECH GT-7045-MD ดังรูปที่ 3.14 โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. ตัดชิ้นทดสอบให้มีขนาด 12.7 x 63.5 มิลลิเมตร และทำการบากชิ้นทดสอบ โดยทำมุม 22.5 องศา ดังรูปที่ 3.15
2. วัดความกว้างชิ้นทดสอบที่ตำแหน่งของรอยบาก รวมทั้งความหนาของชิ้นทดสอบที่ตำแหน่งต่างๆ 3 แห่ง แล้วหาค่าเฉลี่ย
3. ยึดปลายข้างหนึ่งของชิ้นทดสอบไว้กับตัวจับ โดยหันส่วนที่มีรอยบากเข้าหาเครื่องทดสอบ
4. ตั้งค่าความหนาและความกว้างของชิ้นทดสอบลงในเครื่อง แล้วทำการทดสอบ ชิ้นงานจนเกิดการแตกหัก



รูปที่ 3.14 เครื่องทดสอบความต้านแรงกระแทก รุ่น GOTECH GT-7045-MD



A :  $10.16 \pm 0.05$  มิลลิเมตร      B : ค่าสูงสุด 32.00, ค่าต่ำสุด 31.50  
 C : ค่าสูงสุด 63.50, ค่าต่ำสุด 53.50      D :  $0.25 \pm 0.05$  มิลลิเมตร      E :  $12.70 \pm 0.15$  มิลลิเมตร

รูปที่ 3.15 ขนาดชิ้นงานตามมาตรฐาน ASTM D256-04 (Izod type)