

บทที่ 3

วิธีการทดลอง

3.1 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

1. พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (LDPE) เกรด LD1902F/FA มีดัชนีการไหล 2.0 กรัม/10 นาที ของ บริษัท ไทยโพลิเอทิลีน จำกัด
2. พีอีแว็กซ์ (PE wax) มีน้ำหนักโมเลกุล 1500 ± 500 ความหนืด 20-40 cps ของบริษัท ไทยโพลิเอทิลีน จำกัด
3. แป้งมันสำปะหลัง เกรดการค้า ของบริษัทไทยวา จำกัด

3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

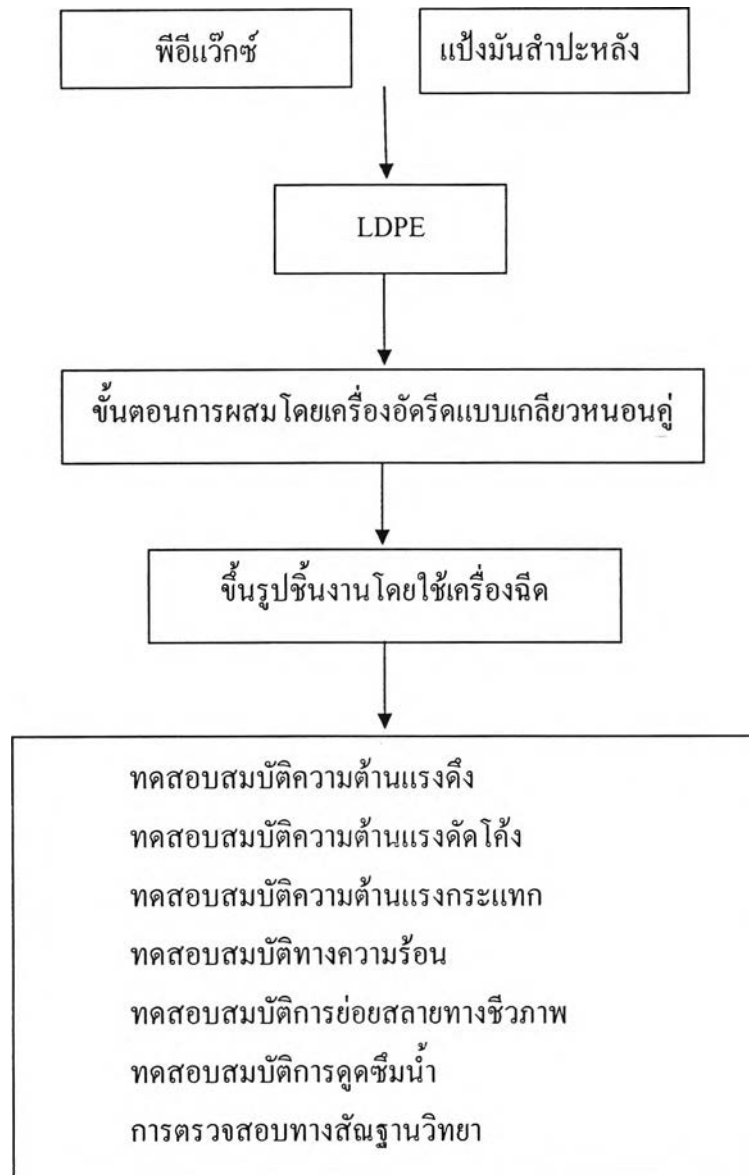
1. แท่นให้ความร้อน (hot plate)
2. ภาชนะใส่สาร
3. แท่งแก้ว
4. ช้อนตักสาร
5. เทอร์โมมิเตอร์
6. เวอร์เนีย
7. เคซิเคเตอร์
8. ตู้อบสูญญากาศ
9. เครื่องชั่งน้ำหนัก
10. ตู้กระจกขนาด 25 ซม. × 50 ซม. × 30 ซม. ที่ฝาปิดสนิทสำหรับใส่น้ำ

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1. เครื่องอัดรีดแบบเกลียวหอนคู่ (twin screw extruder) รุ่น Thermo prism
2. เครื่องฉีด (injection molding) ของ Battenfield Austria รุ่น BA 250/50CDC
3. เครื่องดิฟเฟอเรนเชียลสแกนนิ่งแคลอริมิเตอร์ (DSC) ของบริษัท METTLER TOLEDO รุ่น DSC822e
4. เครื่อง Universal Testing Machine ของ LLOYD รุ่น LR100K
5. เครื่องทดสอบความต้านแรงกระแทก ของ Gotech รุ่น GT-7045-MDH
6. เครื่อง Universal Testing Machine ของ LLOYD รุ่น 500

7. เครื่องทำรอยบากชิ้นงาน
8. เครื่องตัดชิ้นงาน
9. กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, SEM)
ของ JEOL รุ่น JSM-5900LV

3.4 ขั้นตอนการทดลอง



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการทดลอง

3.4.1 การผสมขั้นต้น (premix)

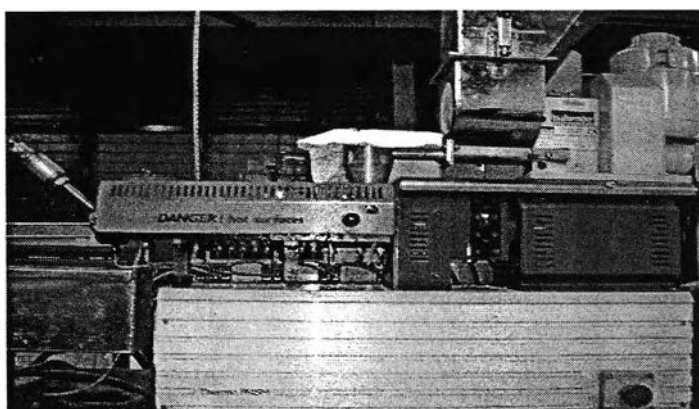
นำฟิอิวีแก๊ซ และแป้งมันสำปะหลัง มาผสมกันก่อนในภาชนะดังแสดงในรูปที่ 3.2 โดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส พร้อมทั้งทำการปั่นกวนจนหลอมเหลวเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน (ทั้งแป้งมันสำปะหลัง และฟิอิวีแก๊ซสามารถเข้ากันได้ดี)



รูปที่ 3.2 ภาชนะและอุปกรณ์ให้ความร้อนที่ใช้ผสมฟิอิวีแก๊ซและแป้งมันสำปะหลังขั้นต้น

3.4.2 การผสม

นำสารผสมระหว่างฟิอิวีแก๊ซและแป้งมันสำปะหลังที่ได้จากการผสมขั้นต้น มาผสมกับพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำที่อัตราส่วนในสูตรต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 3.1 โดยใช้เครื่องอัดรีดชนิดเกลียวคู่ ที่อุณหภูมิ 100-150 องศาเซลเซียส และความเร็วรอบสกรู 25-35 รอบต่อนาที จากนั้นตัดพอลิเมอร์ผสมที่ออกมาจากหัวคายน์ด้วยเครื่องตัดเม็ด เพื่อให้ได้เม็ดพอลิเมอร์ผสมเล็กๆ สำหรับใช้ในการขึ้นรูปต่อไป



รูปที่ 3.3 เครื่องอัดรีดชนิดเกลียวคู่

ตารางที่ 3.1 อัตราส่วนของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ พีโอแว็กซ์ และแป้งมันสำปะหลัง

สูตร	LDPE/PE wax	Starch (phr)*
1	50/50	100
2	50/50	80
3	50/50	50
4	50/50	20
5	50/50	0
6	80/20	100
7	80/20	80
8	80/20	50
9	80/20	20
10	80/20	0
11	100/0	100
12	100/0	80
13	100/0	50
14	100/0	20
15	100/0	0

* ปริมาณ phr ของแป้งมันสำปะหลังเทียบกับพลาสติกผสมของ LDPE และ PE wax

3.4.3 การขึ้นรูปพอลิเมอร์ผสม

นำเม็ดพอลิเมอร์ผสมที่เตรียมได้ไปขึ้นรูปเป็นชิ้นงานด้วยเครื่องฉีด ดังแสดงในรูปที่ 3.4 ที่อุณหภูมิ 100-150 องศาเซลเซียส จากนั้นนำชิ้นงานที่ได้จากการขึ้นรูปไปทดสอบสมบัติต่างๆ



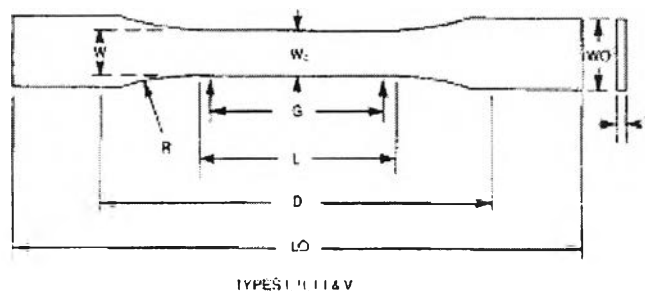
รูปที่ 3.4 เครื่องฉีดพลาสติก

3.4.4 การทดสอบสมบัติความต้านแรงดึง

เตรียมชิ้นงานให้มีขนาดตามมาตรฐาน ASTM D638-82a (type I) ดังแสดงในรูปที่ 3.5 ด้วยเครื่องฉีด แล้วนำไปทดสอบสมบัติความต้านแรงดึงด้วยเครื่อง Universal Testing Machine ของ LLOYD รุ่น LR 100K ดังแสดงในรูปที่ 3.6

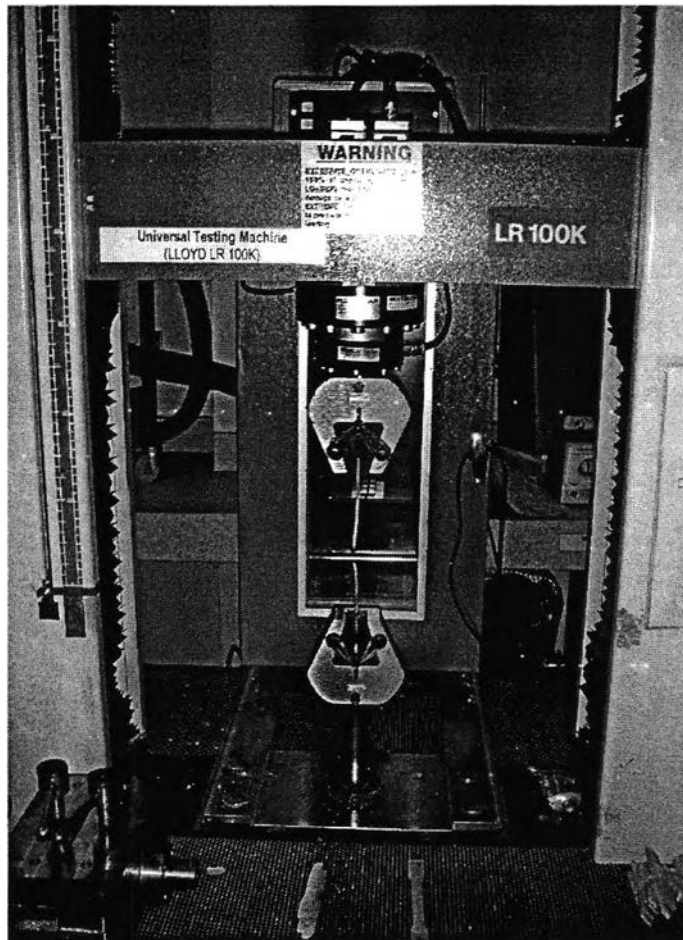
โดยใช้ภาวะในการทดสอบดังนี้

อุณหภูมิ	25 องศาเซลเซียส
ความชื้นสัมพัทธ์	50 เปอร์เซ็นต์
น้ำหนักที่ใช้ทดสอบ	1 กิโลนิวตัน
ความเร็วในการทดสอบ	50 มม./นาที



W: 13 มม. L: 57 มม. G: 50 มม. R: 76 มม. W₀: 19 มม. L₀: 165 มม. D: 115 มม. R₀: 76 มม.

รูปที่ 3.5 ขนาดชิ้นงานความต้านแรงดึงตามมาตรฐาน ASTM D638-82a (type I)



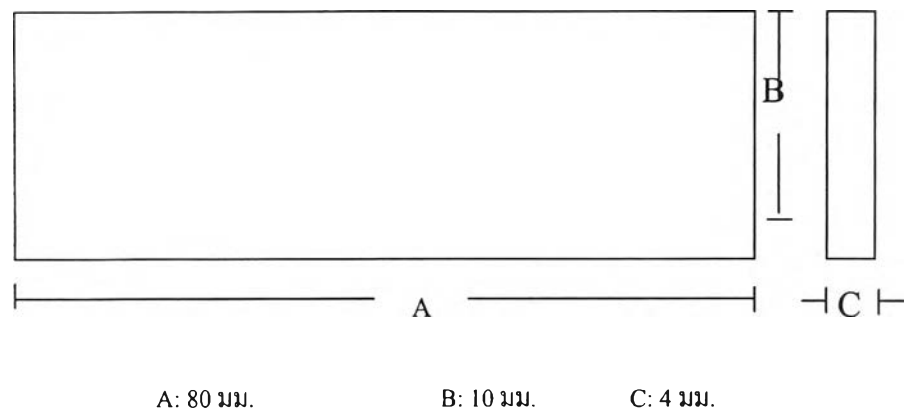
รูปที่ 3.6 เครื่อง Universal Test Machine ของ LLOYD รุ่น LR100K

3.4.5 การทดสอบสมบัติความต้านแรงดัดโค้ง

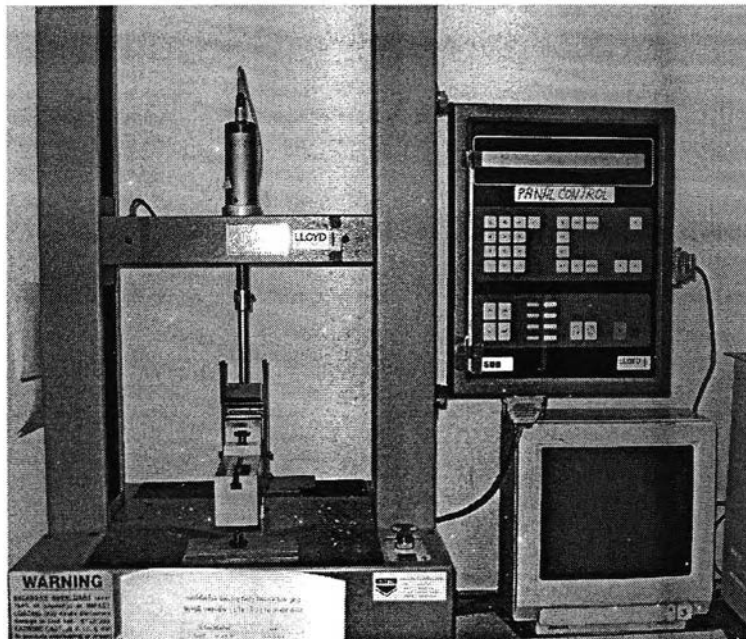
นำชิ้นงานที่ขึ้นรูปด้วยเครื่องฉีดให้มีขนาดตามมาตรฐาน ASTM D790-81 (รูปที่ 3.7) ไปทดสอบสมบัติความต้านแรงดัดโค้งด้วยเครื่อง Universal Testing Machine ของ LLOYD รุ่น 500 ดังแสดงในรูปที่ 3.8

โดยใช้ภาวะในการทดสอบ ดังนี้

อุณหภูมิ	25	องศาเซลเซียส
ความชื้นสัมพัทธ์	50	เปอร์เซ็นต์
น้ำหนักที่ใช้ทดสอบ	2500	กิโลนิวตัน
ความเร็วในการทดสอบ	50	มม./นาที
ระยะที่ใช้ทดสอบ	50	มม.



รูปที่ 3.7 ขนาดชิ้นงานความต้านแรงดัดโค้งตามมาตรฐาน ASTM D 790-81



รูปที่ 3.8 เครื่อง Universal Testing Machine ของ LLOYD รุ่น 500

3.4.6 การทดสอบความต้านแรงกระแทก

เตรียมชิ้นงานให้มีขนาดตามมาตรฐาน ASTM D256-04 (type Izod) ดังแสดงในรูปที่ 3.9 แล้วนำไปทดสอบความต้านแรงกระแทกด้วยเครื่องทดสอบความต้านแรงกระแทก ของ Gotech รุ่น GT-7045-MDH ดังแสดงในรูปที่ 3.10

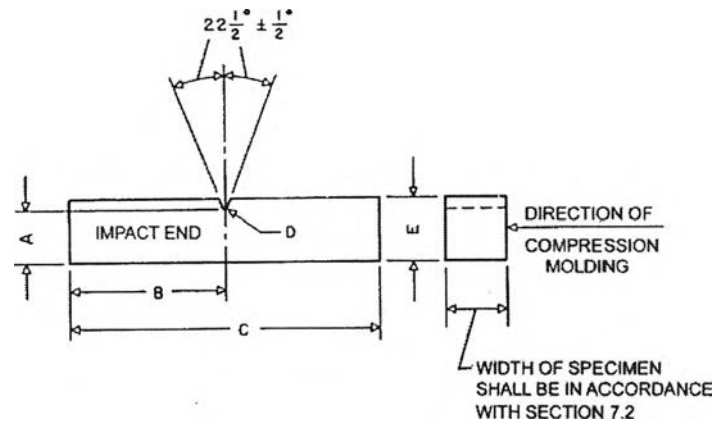
โดยใช้ภาวะในการทดสอบ ดังนี้

อุณหภูมิ

25 องศาเซลเซียส

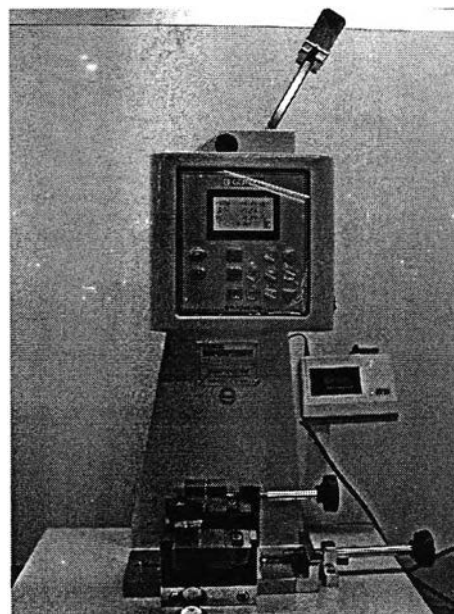
ความชื้นสัมพัทธ์

50 เปอร์เซ็นต์



A	10.16 \pm 0.06	0.400 \pm 0.002
B	31.8 \pm 1.0	1.25 \pm 0.04
C	63.5 \pm 2.0	2.50 \pm 0.08
D	0.25R \pm 0.05	0.010R \pm 0.002
E	12.70 \pm 0.20	0.500 \pm 0.008

รูปที่ 3.9 ขนาดชิ้นงานความต้านแรงกระแทกตามมาตรฐาน ASTM D256-04 (type Izod)



รูปที่ 3.10 เครื่องทดสอบความต้านแรงกระแทกของ Gotch รุ่น GT-7045-MDH



3.4.7 การทดสอบการดูดซึมความชื้น

การทดสอบมีขั้นตอน ดังนี้

1. ตัดชิ้นงานให้มีขนาด 2.0 ซม. × 2.0 ซม. นำไปอบไล่ความชื้นในตู้อบสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในเดซิเคเตอร์ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
2. ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของชิ้นงาน (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง)
3. นำชิ้นงานไปวางบนตะแกรงในตู้กระจก ซึ่งควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ 50% แล้วตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง
4. นำชิ้นงานไปชั่งน้ำหนักอีกครั้ง (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง)
5. นำค่าที่ได้ไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การดูดซึมความชื้นได้จากสมการต่อไปนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์การดูดซึมความชื้น} = [(M_2 - M_1)/M_1] \times 100$$

เมื่อ M_1 = น้ำหนักชิ้นงานเริ่มต้น

M_2 = น้ำหนักชิ้นงานเมื่อระยะเวลาผ่านไปตามที่กำหนด

3.4.8 การทดสอบความสามารถในการย่อยสลายทางชีวภาพ

การทดสอบมีขั้นตอน ดังนี้

1. นำชิ้นงานรูปดัมเบลล์ไปใส่ไว้ในเดซิเคเตอร์ตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง
2. ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของชิ้นงานทดสอบก่อนนำไปฝังดิน
3. นำชิ้นงานไปฝังลงในดินลึกจากผิวดิน 5 ซม. ในกระบะที่บรรจุดินอยู่เต็ม (กระบะใส่ดินต้องมีรูสำหรับระบายน้ำส่วนเกินออก)
4. รดน้ำบนดินให้ชุ่ม จากนั้นนำกระบะดินเก็บไว้ที่อุณหภูมิประมาณ 30 องศาเซลเซียส ทิ้งไว้ตามระยะเวลาที่กำหนด (3 และ 6 สัปดาห์)
5. นำชิ้นงานออกจากดินอย่างระมัดระวัง และล้างเบาๆ ด้วยน้ำกลั่นเพื่อเอาดินที่ติดที่ผิวออก จากนั้นทำชิ้นงานให้แห้งโดยใส่ในตู้อบสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักชิ้นงานคงที่
6. นำชิ้นงานที่ผ่านการฝังดินตามระยะเวลาที่กำหนด และผ่านการอบให้แห้งแล้ว มาทำการชั่งน้ำหนัก เพื่อดูน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงไป

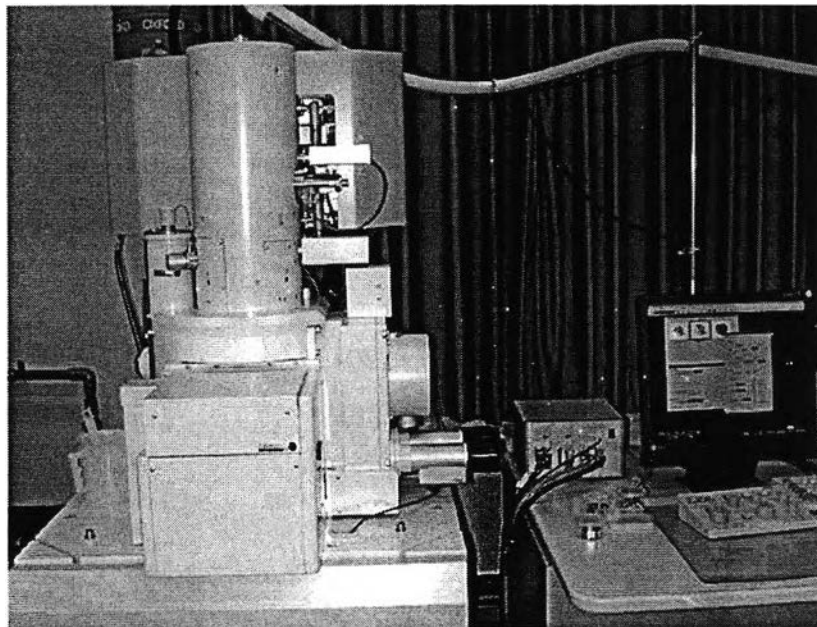
7. คำนวณหาน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงไป จากสมการต่อไปนี้
เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่หายไป = $[(W_1 - W_2)/W_1] \times 100$

เมื่อ W_1 = น้ำหนักชิ้นงานเริ่มต้น
 W_2 = น้ำหนักชิ้นงานเมื่อระยะเวลาผ่านไปตามกำหนด

8. นำชิ้นงานที่ผ่านการฝังดินตามระยะเวลาที่กำหนดไปทดสอบสมบัติความต้านแรงดึง เพื่อเปรียบเทียบกับสมบัติก่อนฝังดิน

3.4.9 การตรวจสอบลักษณะพื้นผิวของชิ้นงานด้วยเทคนิค SEM

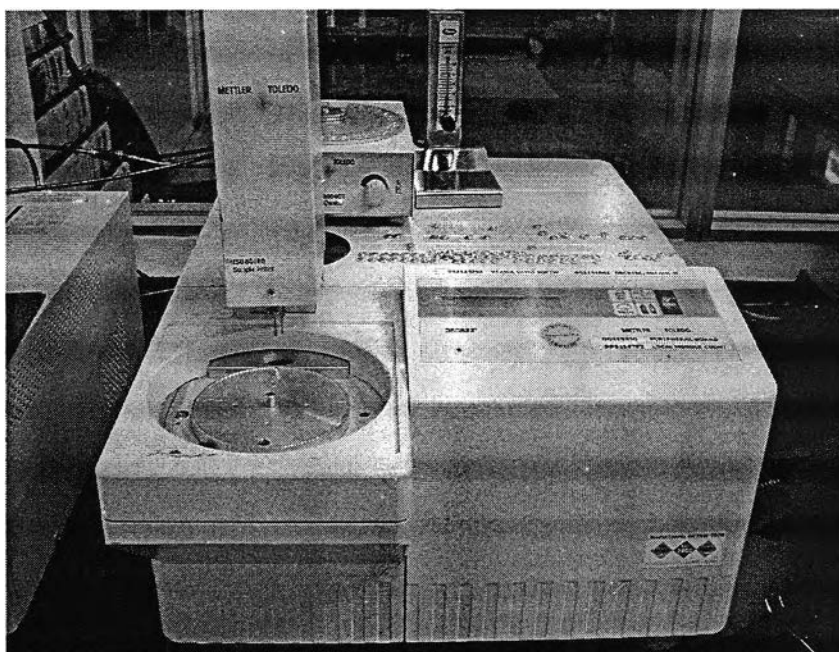
ทำการตรวจสอบลักษณะพื้นผิวของชิ้นงานทั้งก่อนและหลังฝังดินด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ของ JEOL รุ่น JSM-5900LV ดังแสดงในรูป 3.11 โดยใช้ศักย์ไฟฟ้า 15 กิโลโวลต์ โดยศึกษาจากชิ้นงานที่ได้ผ่านการทดสอบสมบัติความต้านแรงกระแทก



รูปที่ 3.11 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ของ JEOL รุ่น JSM-5900LV

3.4.10 การทดสอบสมบัติทางความร้อน

ทดสอบสมบัติทางความร้อนของชิ้นงาน ด้วยเครื่องดิฟเฟอเรนเชียลสแกนนิ่งแคลอริมิเตอร์ (DSC) ของ METTLER TOLEDO รุ่น DSC822e โดยใช้อุณหภูมิในการทดสอบที่ 25-200 องศาเซลเซียส อัตราเร็วการให้ความร้อน 10 องศาเซลเซียส/นาที ภายใต้บรรยากาศของแก๊สไนโตรเจน



รูปที่ 3.12 เครื่องดิฟเฟอเรนเชียลสแกนนิ่งแคลอริมิเตอร์ของ
METTLER TOLEDO รุ่น DSC822e