



บทที่ 3

การทดลอง

ในงานวิจัยนี้ ศึกษาถึงผลของเซนเอกซ์เทนเดอร์ที่มีต่อสมบัติของโฟมพอลิยูรีเทนยืดหยุ่น ความหนาแน่นสูงชนิดไมโครเซลลูโลสอิลาสโตเมอร์ที่ผลิตจากน้ำมันปาล์ม โดยศึกษาการเตรียมไมโครเซลลูโลสอิลาสโตเมอร์จากปาล์มพอลิออล หาชนิดและอัตราส่วนที่เหมาะสมของเซนเอกซ์เทนเดอร์ที่ใช้ในการเตรียมโฟมพอลิยูรีเทน และศึกษาผลของเซนเอกซ์เทนเดอร์ต่อสมบัติทางกายภาพต่างๆ ของโฟมพอลิยูรีเทนที่เตรียมได้

3.1 สารเคมีที่ใช้ในการวิจัย

1 น้ำมันปาล์ม

● บริษัทผู้ผลิต	บจก. ไอลีน	
● สมบัติทั่วไป	ค่าของกรด	0.5
	ค่าไอโอดีน	57.88
	ความถ่วงจำเพาะ	0.9010

2 เพนตะอิริทริทอล (pentaerythritol)

● บริษัทผู้จำหน่าย	บจก. สยามเคมีคอลอินดัสตรี	
● สมบัติทั่วไป	ลักษณะทางกายภาพ	ผงละเอียดสีขาว
	น้ำหนักโมเลกุล	136
	ฟังก์ชันนัลลิตี้	4

3 กลีเซอรอล

● สมบัติทั่วไป	ลักษณะทางกายภาพ	ของเหลวใสเหนียว
	น้ำหนักโมเลกุล	92.09
	ฟังก์ชันนัลลิตี้	3

- 4 แคลเซียมออกไซด์ (calcium oxide)
- สมบัติทั่วไป ลักษณะทางกายภาพ ผงสีขาว
น้ำหนักโมเลกุล 53
- 5 พอลิเอสเตอร์พอลิเอทิลีน
- ชื่อทางการค้า Rayelast A 8411
 - บริษัทผู้ผลิต บจก. ทีพีไอ โพลีเอทิลีน
 - สมบัติทั่วไป ประเภทพอลิเอสเตอร์พอลิเอทิลีน พอลิเอสเตอร์พอลิเอทิลีน
ความหนืดที่ 60°C 900-1,100 เซนติพอยส์ (cp)
จำนวนไฮดรอกซิลเฉลี่ย 55 mg KOH/g
- 6 ปาล์มพอลิเอสเตอร์จากสถาบันน้ำมันปาล์มของประเทศมาเลเซีย (ปาล์มพอลิเอสเตอร์-M)
- บริษัทผู้ผลิต Malaysian Palm Oil Board (MPOB)
 - สมบัติทั่วไป ประเภทพอลิเอสเตอร์พอลิเอทิลีน พอลิเอสเตอร์พอลิเอทิลีน
น้ำหนักโมเลกุลประมาณ 1,000
ความหนืดที่ 25°C 4,000-8,000 เซนติพอยส์
จำนวนไฮดรอกซิลเฉลี่ย 170-185 mg KOH/g
ค่าความเป็นกรด 2-3 mg KOH/g
ปริมาณน้ำเจือปน 0.1-0.3 %
- 7 Modified MDI
- ชื่อทางการค้า Rayelast B 9800
 - บริษัทผู้ผลิต บจก. ทีพีไอ โพลีเอทิลีน
 - สมบัติทั่วไป ความหนืดที่ 60°C 200-300 เซนติพอยส์
ปริมาณไอโซไซยาเนต 18.7-19.7 % by weight
- 8 สารเติมแต่ง
- ชื่อทางการค้า Rayelast C 5205
 - บริษัทผู้ผลิต บจก. ทีพีไอ โพลีเอทิลีน

- สมบัติทั่วไป เป็นของผสมของตัวเร่งปฏิกิริยา, เซนเอกซ์เทนเดอร์, สารควบคุมขนาดของเซลล์ หรือสารลดแรงตึงผิว และสารฟู จำนวนไฮดรอกซิลเฉลี่ย 1,600 mg KOH/g

9 เซนเอกซ์เทนเดอร์มี 3 ชนิด ได้แก่

โมโนเอทิลีนไกลคอล

- บริษัทผู้ผลิต บจก. ทีพีไอ โพลีออล
- สมบัติทั่วไป จำนวนไฮดรอกซิลเฉลี่ย 1,801 mg KOH/g

โมโนโพรพิลีนไกลคอล

- บริษัทผู้ผลิต บจก. ทีพีไอ โพลีออล
- สมบัติทั่วไป จำนวนไฮดรอกซิลเฉลี่ย 1,474 mg KOH/g

1,4-บิวเทนไดออล

- บริษัทผู้ผลิต บจก. ทีพีไอ โพลีออล
- สมบัติทั่วไป จำนวนไฮดรอกซิลเฉลี่ย 1,245 mg KOH/g

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1 เครื่องมือสำหรับเตรียมสารประกอบพอลิออลจากน้ำมันปาล์ม

- ขวดก้นกลม 4 คอ ขนาด 500 มิลลิลิตร
- เครื่องกวนเชิงกล
- เทอร์โมมิเตอร์ (0-300°C)
- เครื่องควบแน่น
- ท่อนำแก๊สไนโตรเจน
- เต้าให้ความร้อน
- ตัวดักน้ำ

- 2 เครื่องมือสำหรับวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีด้วยเทคนิค FT-IR
 - ฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (Fourier transform infrared spectrophotometer: FT-IR) รุ่น Perkin Elmer System 2000 – FT-IR

- 3 เครื่องมือสำหรับตรวจสอบความหนืดของสารประกอบพอลิออล และ modified MDI
 - เครื่องวัดความหนืดแบบบรูคฟิลด์ (Brookfield viscometer) รุ่น RVT

- 4 เครื่องมือสำหรับเตรียมโฟมพอลิยูรีเทนจากปาล์มพอลิออล
 - เครื่องชั่ง แบบตัวเลขความละเอียดในระดับทศนิยม 2 ตำแหน่ง
 - เครื่องกวนเชิงกล

- 5 เครื่องมือสำหรับเตรียมโฟมพอลิยูรีเทนจากของผสมระหว่างปาล์มพอลิออล-M และพอลิออลทางการค้า
 - เครื่องชั่ง แบบตัวเลขความละเอียดในระดับทศนิยม 2 ตำแหน่ง
 - เครื่องกวนเชิงกล
 - นาฬิกาจับเวลา
 - แม่พิมพ์เหล็กแบบปิด ขนาด 305 x 152 x 6.3 มม.
 - แม่พิมพ์เหล็กแบบปิด ขนาด 305 x 152 x 12.5 มม.

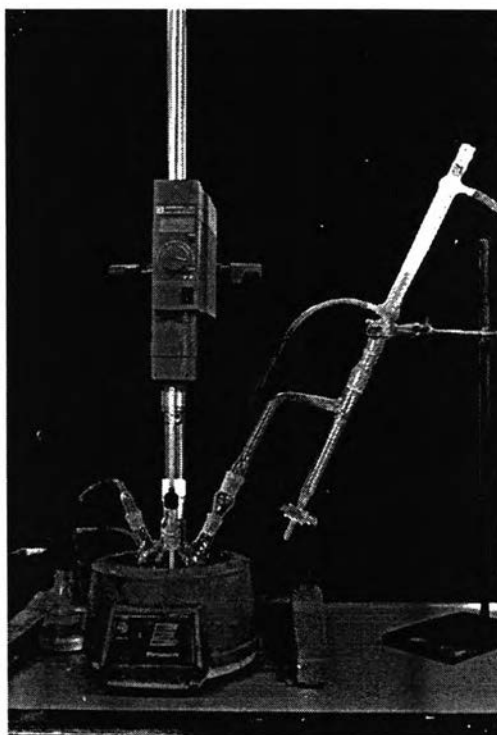
- 6 เครื่องมือสำหรับตรวจสอบสมบัติของโฟมพอลิยูรีเทน
 - เครื่อง Universal Testing Machine รุ่น A LLOYD model LR100K
 - เครื่องวัดความแข็ง Shore A
 - เครื่องทดสอบความสามารถในการคืนตัว วิธี B
 - เครื่องวัดความต้านทานการขัดถู (Din Abrasion Tester) รุ่น HT-8621 B
 - เครื่องชั่งน้ำหนักแบบตัวเลขความละเอียดในระดับทศนิยม 4 ตำแหน่งของ Mettler Toledo รุ่น XS 204
 - กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscope: SEM) รุ่น Jeol JSM-5900LV
 - เครื่องดิฟเฟอเรนเชียลสแกนนิ่งคาลอริมิเตอร์ (Differential scanning calorimetry: DSC) ของ Mettler Toledo รุ่น DSC822e

3.3 วิธีทดลอง

3.3.1 การเตรียมสารประกอบพอลิออลจากน้ำมันปาล์ม

1. ใส่น้ำมันปาล์ม 200 กรัม ลงในขวดก้นกลม 4 คอ ปั่นกวนที่ความเร็ว 500 รอบ/นาที ภายใต้บรรยากาศของแก๊สไนโตรเจน และให้ความร้อนจนกระทั่งอุณหภูมิถึง 150°C
2. เติมเพนตะอริทริทอล 89 กรัม (หรือกลีเซอรอล 80 กรัม) และให้ความร้อนจนกระทั่งอุณหภูมิถึง 200°C
3. เติมแคลเซียมออกไซด์ 0.15 กรัม และให้ความร้อนจนกระทั่งถึงอุณหภูมิ 245°C
4. ปั่นกวนของผสมตลอดเวลาภายใต้บรรยากาศของแก๊สไนโตรเจน โดยให้อุณหภูมิของผสมคงที่เป็นเวลา 90 นาที
5. นำของผสมที่ได้ 1 ส่วน มาทดสอบการละลายในเอทานอล 3 ส่วน จนกระทั่งเกิดการละลายอย่างสมบูรณ์จึงลดความร้อนลงภายใต้บรรยากาศของแก๊สไนโตรเจน พร้อมทั้งกวนของผสมตลอดเวลา จนกระทั่งถึงอุณหภูมิต้อง

อุปกรณ์ที่ใช้ในการสังเคราะห์ปาล์มพอลิออลแสดงไว้ในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการสังเคราะห์ปาล์มพอลิออล

6. นำปาล์มพอลิออกไซด์ที่ได้จากปฏิกิริยาระหว่างเพนตะอิริทริทอล หรือกลีเซอรอลกับ น้ำมันปาล์ม ซึ่งต่อไปนี้จะเรียกว่า ปาล์มพอลิออกไซด์-P และปาล์มพอลิออกไซด์-G ตามลำดับ ไปหาค่าไฮดรอกซิล (OHV) ตามมาตรฐาน ASTM D 4274

3.3.2 การวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีด้วยเทคนิค FT-IR

นำน้ำมันปาล์ม ปาล์มพอลิออกไซด์-P ปาล์มพอลิออกไซด์-G และปาล์มพอลิออกไซด์-M มาวิเคราะห์ หมู่ฟังก์ชันโดยเทคนิค FT-IR spectroscopy ด้วยเครื่องฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (Fourier transform infrared spectrophotometer: FT-IR) รุ่น Perkin Elmer System 2000-FT-IR (รูปที่ 3.2) ซึ่งทำให้ทราบถึงลักษณะทางเคมีที่เกิดขึ้นในโพลีเมอร์

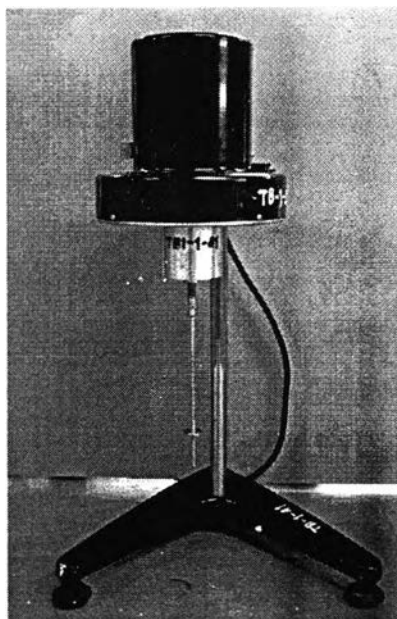


รูปที่ 3.2 ฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรโฟโตมิเตอร์

3.3.3 การตรวจสอบความหนืดของสารประกอบพอลิออกไซด์ และ modified MDI

นำปาล์มพอลิออกไซด์-P ปาล์มพอลิออกไซด์-M พอลิออกไซด์ทางการค้า และ modified MDI มาวัดความหนืดด้วยเครื่องวัดความหนืดแบบบรูคฟิลด์ (Brookfield viscometer) รุ่น RVT (รูปที่ 3.2) ซึ่งการวัดทำได้โดยการนำสารประกอบพอลิออกไซด์ใส่ในบีกเกอร์ 250 มิลลิลิตร ให้ท่วมสเกลของหัววัดความหนืด แล้วจึงเปิดเครื่อง หาคความหนืดที่ได้ นำความเร็วรอบ และเบอร์ของหัววัดความหนืด ไป

หาค่าแฟกเตอร์จากคู่มือของเครื่อง และนำค่าที่ได้จากสเกลบนเครื่อง คำนวณค่าความหนืดที่ได้ เป็นหน่วยเซนติพอยส์ โดยห้วงวัดความหนืดที่ใช้คือเบอร์ 5 ที่ความเร็วรอบ 20 รอบต่อนาที



รูปที่ 3.3 เครื่องวัดความหนืดแบบบริคฟิลด์

3.3.4 การเตรียมโฟมพอลิยูรีเทนจากปาล์มพอลิออล

1. นำปาล์มพอลิออล-P ปาล์มพอลิออล-G หรือปาล์มพอลิออล-M ปริมาณ 85 กรัมมา ผสมกับสารเติมแต่ง (Rayelast C 5205) ปริมาณ 15 กรัม เข้าด้วยกัน จากนั้นปั่น ผสมด้วยเครื่องปั่นความเร็วสูงโดยใช้ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 8-10 วินาที
2. เติม modified MDI ปริมาณตาม $\text{NCO:OH index} = 1:1$ จากนั้นปั่นผสมด้วยเครื่อง ปั่นความเร็วสูงที่ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 วินาที จะได้โฟมพอลิยูรีเทน

3.3.5 การเตรียมโฟมพอลิยูรีเทนจากของผสมระหว่างปาล์มพอลิออล-M และพอลิออลทางการค้า

1. นำปาล์มพอลิออล-M พอลิออลทางการค้า และสารเติมแต่ง มาผสมเข้าด้วยกันที่อัตราส่วนต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 3.1 จากนั้นปั่นผสมด้วยเครื่องปั่นความเร็วสูงโดยใช้ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 8-10 วินาที
2. เติม modified MDI ปริมาณตามที่แสดงไว้ในตารางที่ 3.1 โดยวิธีการหาปริมาณ modified MDI อยู่ในภาคผนวก จากนั้นปั่นผสมด้วยเครื่องปั่นความเร็วสูงที่ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 วินาที จะได้โฟมพอลิยูรีเทน
3. เทของผสมลงในแก้วพลาสติกขนาด 185 มล.และปล่อยให้โฟมเกิดการฟูตัวอย่างอิสระ
4. วัดเวลาที่ทำให้โฟมเริ่มฟู (cream time)* และเวลาที่หยิกไม่ขาด (pinch time)*
5. เตรียมโฟมพอลิยูรีเทนโดยใช้แม่พิมพ์ ให้มีความหนาแน่นอยู่ช่วง 450 ± 50 กก./ลบม.
6. ทดสอบสมบัติทางกายภาพเพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างปาล์มพอลิออล-M และพอลิออลทางการค้า

* หมายเหตุ

Cream time (CT) คือ ระยะเวลาที่ผ่านไปตั้งแต่เริ่มผสมจนกระทั่งมองเห็นการเปลี่ยนแปลง หรือระยะเวลาที่เกิดการเพิ่มความหนืดและปริมาตรของโฟมซึ่งในที่นี้หมายถึง เวลาที่พอลิยูรีเทนเริ่มฟูตัว

Pinch time (PT) คือ ระยะเวลาที่ผ่านไปตั้งแต่เริ่มผสมจนกระทั่งถึงเวลาที่เมื่อฉีกโฟมแล้วพอลิยูรีเทนไม่ฉีกขาด เพื่อนำไปใช้ในการประมาณเวลาการถอดโมลด์ โดยเริ่มจับเวลาตั้งแต่ทำการปั่นจนถึงเวลาที่ฉีกโฟมไม่ขาด

ตารางที่ 3.1 สูตรที่ใช้ในการสังเคราะห์โฟมพอลิยูรีเทนชนิดยืดหยุ่นหนาแน่นสูง

ลำดับ	ส่วนประกอบ ชื่อสูตร	สารผสมพอลิออล (A*) (ส่วน)			เซนเอกซ์เทนเดอร์ (pbw ของ A*)			modified MDI (pbw ของ A*)
		พอลิออล ทางการค้า	ปาล์มพอลิออล-M	สารเติม แต่ง	MEG	MPG	1,4- BD	
1	P0	100	-	17.65	-	-	-	113
2	P20	80	20	17.65	-	-	-	122
3	P40	60	40	17.65	-	-	-	130
4	P60	40	60	17.65	-	-	-	138
5	P80	20	80	17.65	-	-	-	146

3.3.6 การเตรียมโฟมพอลิยูรีเทนสูตร P40 เพื่อศึกษาผลของเซนเอกซ์เทนเดอร์ **

- นำปาล์มพอลิออล-M พอลิออลทางการค้า สารเติมแต่ง และเซนเอกซ์เทนเดอร์ มาผสมเข้าด้วยกันที่อัตราส่วนต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 3.2 จากนั้นปั่นผสมด้วยเครื่องปั่นความเร็วสูงโดยใช้ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 8-10 วินาที
- เติม modified MDI ปริมาณตามที่แสดงไว้ในตารางที่ 3.2 โดยวิธีการหาปริมาณ modified MDI อยู่ในภาคผนวก จากนั้นปั่นผสมด้วยเครื่องปั่นความเร็วสูงที่ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 วินาที จะได้โฟมพอลิยูรีเทน
- เทของผสมลงในแก้วพลาสติกขนาด 185 มล. และปล่อยให้โฟมเกิดการฟุ้งตัวอย่างอิสระ
- วัดเวลาที่ทำให้โฟมเริ่มฟู (cream time) และเวลาที่หยิกไม่ขาด (pinch time)
- เตรียมโฟมพอลิยูรีเทนโดยใช้แม่พิมพ์ ให้มีความหนาแน่นอยู่ช่วง 450 ± 50 กก./ลบม.

หมายเหตุ

- * A หมายถึงสารผสมพอลิออล ที่ผสมพอลิออลทางการค้า ปาล์มพอลิออล-M และสารเติมแต่ง
- ** เนื่องจากผลที่ได้จากการทดลองพบว่าโฟมพอลิยูรีเทนสูตร P40 มีสมบัติทางกายภาพที่เหมาะสมจึงนำไปศึกษาผลของเซนเอกซ์เทนเดอร์

ตารางที่ 3.2 สูตรที่ใช้ในการสังเคราะห์โพลีเอทิลีนชนิดยืดหยุ่นหนาแน่นสูงเพื่อศึกษาผลของ เซนเอกซ์เทนเดอร์

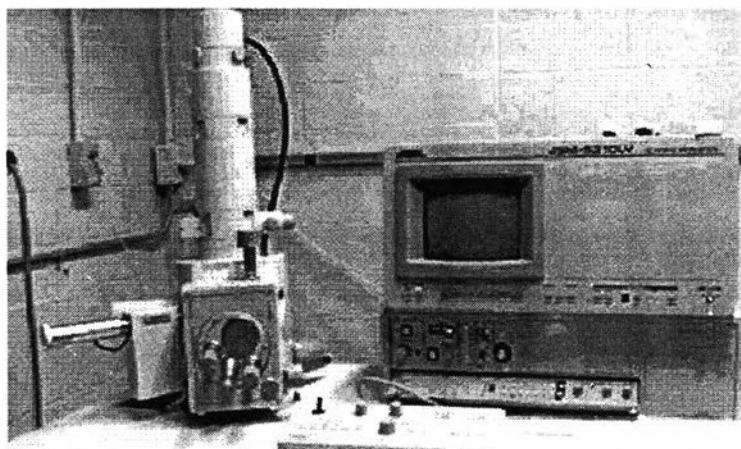
ลำดับ	ส่วนประกอบ ชื่อสูตร	สารผสมพอลิเอทิลีน (A*) (ส่วน)			เซนเอกซ์เทนเดอร์ (pbw ของ A*)			modified MDI (pbw ของ A*)
		พอลิเอทิลีน ทางการค้า	พอลิเอทิลีน- M	สารเติม แต่ง	MEG	MPG	1,4- BD	
1	P40-EG5	60	40	17.65	5	-	-	154
2	P40-EG10	60	40	17.65	10	-	-	182
3	P40-EG15	60	40	17.65	15	-	-	205
4	P40-PG5	60	40	17.65	-	5	-	155
5	P40-PG10	60	40	17.65	-	10	-	175
6	P40-PG15	60	40	17.65	-	15	-	193
7	P40-BD5	60	40	17.65	-	-	5	151
8	P40-BD10	60	40	17.65	-	-	10	174
9	P40-BD15	60	40	17.65	-	-	15	189

* หมายเหตุ

A หมายถึงสารผสมพอลิเอทิลีน ที่ผสมพอลิเอทิลีนทางการค้า พอลิเอทิลีน-M และสารเติมแต่ง

3.4 การตรวจสอบสัณฐานวิทยา

นำชิ้นงานทดสอบขนาด 6 x 6 x 2 มม. มาตรวจสอบสัณฐานวิทยาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (รูปที่ 3.4) โดยใช้กระแสนิอิเล็กตรอน (electron beam) 15 กิโลโวลต์ ที่กำลังขยาย 110 เท่า เพื่อดูลักษณะขนาด และความสม่ำเสมอของเซลล์ที่เกิดขึ้น

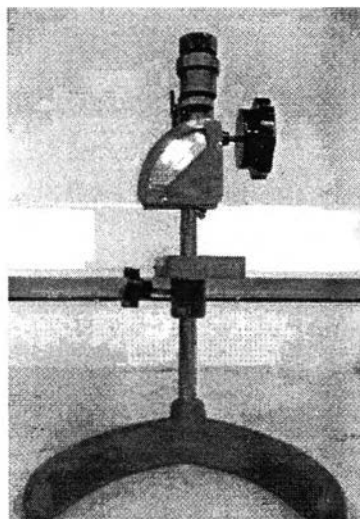


รูปที่ 3.4 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

3.5 การทดสอบสมบัติทางกายภาพ

3.5.1 การทดสอบความแข็ง

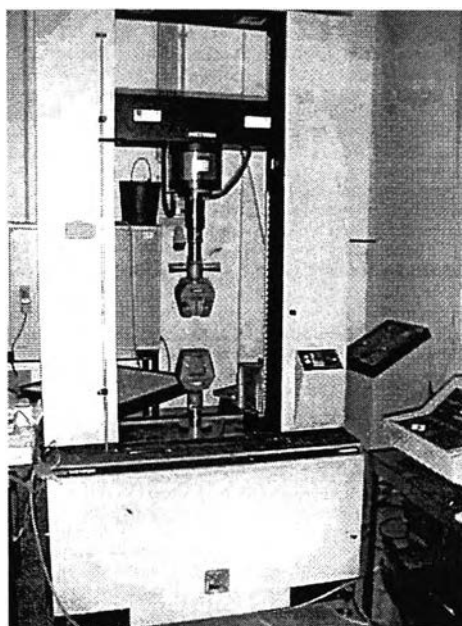
ทดสอบความแข็งด้วยเครื่องวัดความแข็ง Shore A (รูปที่ 3.5) โดยนำชิ้นงานตัวอย่างขนาด 305 x 152 x 6.3 มม. มาทำการวัดความแข็งที่ 5 ตำแหน่งต่างกัน ซึ่งแต่ละตำแหน่งห่างกันอย่างน้อย 10 มม. จากนั้นหาค่าเฉลี่ย



รูปที่ 3.5 เครื่องวัดความแข็ง Shore A

3.5.2 การทดสอบสมบัติด้านการดึง

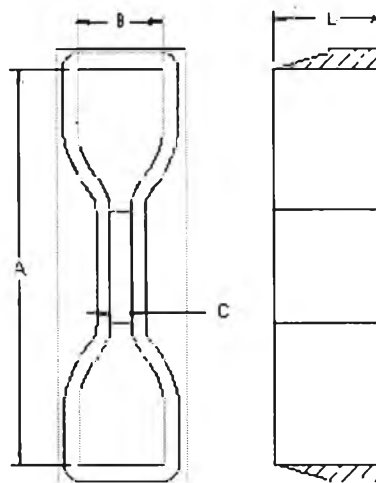
ทดสอบสมบัติด้านการดึงได้แก่ ความทนแรงดึง เปรอริเซ็นต์การยืดตัว ณ จุดขาด และยังส์มอดุลัส ตามมาตรฐาน ASTM D 412 ด้วยเครื่อง Universal Testing Machine รุ่น LLOYD model LR100K (รูปที่ 3.6) ใช้ load cell ขนาด 1 กิโลนิวตัน และใช้อัตราเร็วในการดึง 500 มม./นาที โดยตัดชิ้นทดสอบ จากชิ้นงานตัวอย่างที่ได้จากแม่พิมพ์หนา 6.3 มม. ด้วย Die C (รูปที่ 3.7)



รูปที่ 3.6 เครื่อง Universal Testing Machine

D-412-C-IMP

#	Nominal Dimension
A	4.500
B	1.000
C	.250
D	1.250



*Dimensions are in Inches

รูปที่ 3.7 ขนาด Die C ตามมาตรฐาน ASTM D 412-87

3.5.3 การทดสอบความต้านทานการขัดถู

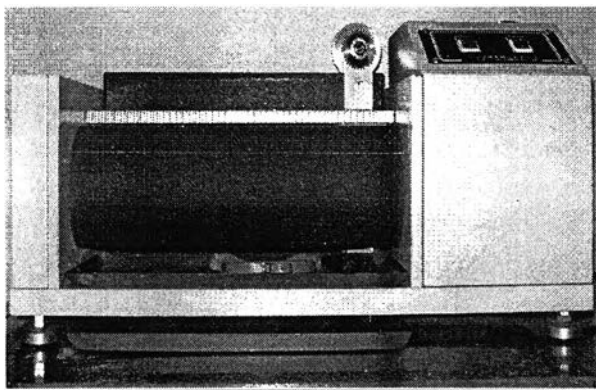
ทดสอบตามมาตรฐาน DIN 53516 ด้วยเครื่องวัดความต้านทานการขัดถู (Din Abrasion Tester) รุ่น HT-8621 B(รูปที่ 3.8) โดยตัดชิ้นทดสอบจากชิ้นงานตัวอย่างที่ได้จากแม่พิมพ์หนา 12.5 มม. ด้วย Die วงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16.0 ± 0.2 มม. แล้วรายงานความสูญเสียจากการขัดถู (Abrasion loss)

$$\text{ความสูญเสียจากการขัดถู} = \frac{[\text{นน. ชิ้นงานก่อนทดสอบ} - \text{นน. ชิ้นงานหลังทดสอบ}](c) \times 200000}{\text{ความถ่วงจำเพาะ} \times A^*}$$

*หมายเหตุ

ค่า A หาได้จากการนำขนาดมาตรฐานมาทดสอบการขัดถู 3 ครั้งแล้วหาค่าเฉลี่ย

$$\text{ค่า A} = \frac{[\text{นน. ชิ้นงานก่อนทดสอบ} - \text{นน. ชิ้นงานหลังทดสอบ}](g) \times 1000}{\text{ความถ่วงจำเพาะ}}$$

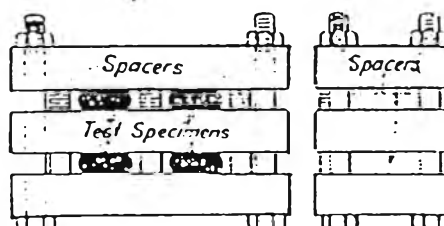


รูปที่ 3.8 เครื่องวัดความต้านทานการขาด

3.5.4 การทดสอบความสามารถในการคืนตัว

ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D395 (Method B) ด้วยเครื่องทดสอบที่ประกอบด้วยแผ่นเหล็กสองแผ่นหรือมากกว่านั้น (รูปที่ 3.9) โดยตัดชิ้นทดสอบจากชิ้นงานตัวอย่างที่ได้จากแม่พิมพ์หนา 12.5 มม. ด้วย Die วงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 29.0 ± 0.5 มม. โดยชิ้นทดสอบซึ่งวัดความหนาเรียบร้อยแล้วจะถูกอัดอยู่ระหว่างแผ่นเหล็กจนได้ความหนาเท่ากับ ความหนาของแท่งเหล็กที่ค้ำไว้ (6.2 มม.) ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง และเมื่อการทดสอบสิ้นสุดลง ให้นำชิ้นทดสอบตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลาครึ่งชั่วโมง และทำการวัดความหนาของชิ้นทดสอบอีกครั้ง เพื่อนำไปหาค่า compression set ต่อไป

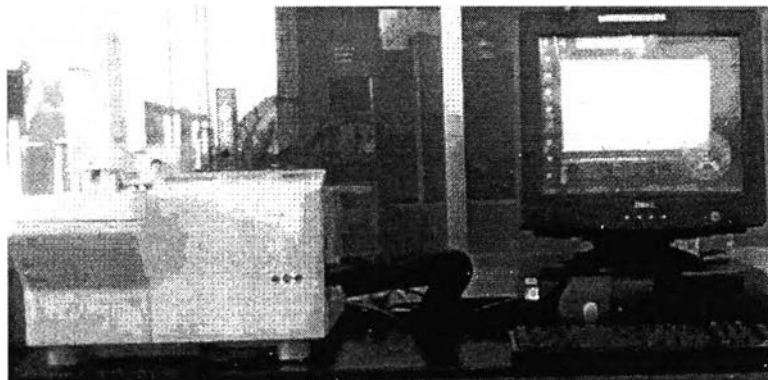
$$\text{ค่า compression set (\% ของความเสียหายจากเริ่มต้น)} = \frac{(\text{ความหนาของชิ้นงานก่อนอบ} - \text{ความหนาของชิ้นงานหลังอบ}) \times 100}{\text{ความหนาของชิ้นงานก่อนอบ} - \text{ความหนาของแท่งเหล็ก}}$$



รูปที่ 3.9 เครื่องทดสอบความสามารถในการคืนตัว วิธี B

3.6 การตรวจสอบสมบัติทางความร้อนด้วยเทคนิค DSC

การวิเคราะห์สมบัติทางความร้อนของโพลีเมอร์ สามารถวิเคราะห์ได้ด้วยเครื่อง DSC ดังแสดงในรูปที่ 3.10 ซึ่งสามารถบอกถึง อุณหภูมิสถานะต่างๆ ของโพลีเมอร์ได้ โดยใช้ช่วงอุณหภูมิตั้งแต่ -60 ถึง 180 องศาเซลเซียส อัตราการให้ความร้อนเท่ากับ 10 องศาเซลเซียสต่อนาที



รูปที่ 3.10 เครื่องดิฟเฟอเรนเชียลสแกนนิ่งคาลอริมิเตอร์