บทที่ 3

การดำเนินการวิจัย

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

3.1.1 วัสดุ

ในการทดลองนี้จะใช้วัสดุเม็ดพลาสติก 2 ประเภท คือ เม็ดพลาสติกพอลิโพรพิลีนและเม็ดพลาสติกพอลิคาร์บอเนต โดยเม็ดพลาสติกพอลิคาร์บอเนต เครื่องหมายการค้า Makrolon เกรด 3208 ของบริษัท Bayer (Thailand) จำกัด สมบัติของเม็ดพลาสติก ดังแสดงในตารางที่ 3.1 และเม็ดพลาสติกพอลิโพรพิลีน ที่ใช้มี 2 ชนิดคือ เม็ดพลาสติกพอลิโพรพิลีน เครื่องหมายการค้า Pro-fax เกรด PD-943 ชนิดงานเป่าฟิล์ม และ เกรด SW-586 ชนิดงานหล่อฟิล์ม ของบริษัท HMC Polymer จำกัด สมบัติของเม็ดพลาสติกดังแสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.1 สมบัติของเม็ดพลาสติกพอลิคาร์บอเนต เครื่องหมายการค้า Makrolon

Makrolon 3208 data			
Typical properties data	Unit	Test method	Makrolon-3208
MFI (Melt flow index)	g/10 min	ISO/R 1133	3.5-5
Density	g/cm^3	ISO/R 483	1.2
Bulk density	kg/m^3	-	650
Vicat softening temperature	°C	-	150

ตารางที่ 3.2 สมบัติของเม็ดพลาสติกพอลิโพรพิลีน เครื่องหมายการค้า Pro-fax

Pro-fax Properties data				
Typical properties data	Unit	Test method	PD-943 (ชนิดเป่าฟิล์ม)	SW-586 (ชนิดหล่อฟิล์ม)
MFR (Melt flow rate)	g/10 min	ASTM D 1238	11	11
Density	g/cm^3	ASTMD792A-2	0.9	0.9
Izod impact	ft-lbs/in (J/m)	ASTM D 256 A	0.7(37.3)	-
Tensile strength	psi (Mpa)	ASTM D 638	5,200(36.4)	4,300(30)
Elongation at yield	%	ASTM D 638	10	-
Flexural modulus	psi (Mpa)	ASTM D 788	270,000 (1,860)	174,000 (1,200)

3.1.2 อุปกรณ์

1 เครื่องอัดรีดแบบสกรูคู่ (Twin screw extruder)

2 เครื่องเป่าขึ้นรูปฟิล์มพลาสติก (Blow film extruder)

3 เครื่องหล่อขึ้นรูปฟิล์มพลาสติก (Cast film extruder)

4 เครื่องผสมเม็ดพลาสติกแบบแขนเหวี่ยง

5 เครื่อง Differential Scanning Calorimetry

6 อุปกรณ์ทดลองความหนาแน่นของเม็ดพลาสติก (Density gradient tester)

7 อุปกรณ์วัดความหนาแน่นปรากฏ (Apparent density apparatus)

8 เครื่องวัดดรรชนีการไหล (Melt flow index tester)

9 เครื่องทดสอบความทนแรงดึงของฟิล์ม (Tensile tester)

10 เครื่องทดสอบการทนต่อการฉีกขาดของฟิล์ม (Elmendrof tear tester)

11 เครื่องทดสอบความขุ่นของฟิล์ม (Haze meter)

3.2 วิธีการทดลอง

3.2.1 การออกแบบการทดลอง

ในการศึกษาสมบัติเชิงกลของฟิล์มพอลิโพรพิลีนที่ผสมพอลิคาร์บอเนต มีขั้นตอนการศึกษาคือ

1.ศึกษาและรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับสมบัติของฟิล์มพอลิโพรพิลีน และพอลิคาร์บอเนตตลอดจนการทดสอบสมบัติเชิงกลบางประการของฟิล์มพลาสติก

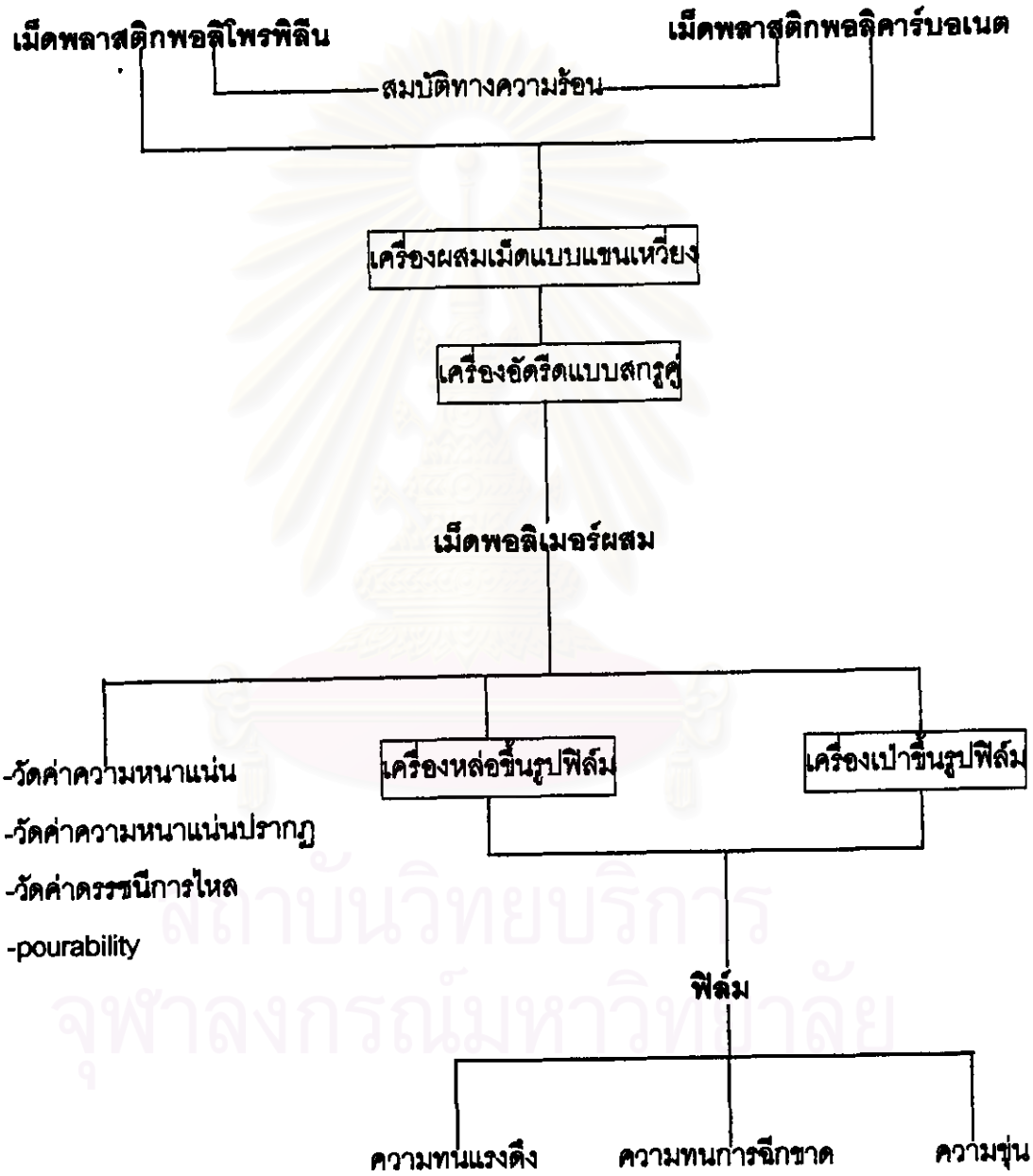
2.ศึกษาจุดหลอมเหลวของเม็ดพลาสติกพอลิโพรพิลีน อุณหภูมิกลาสทรานซิชั่นของพอลิคาร์บอเนต และเทคนิคการเตรียมพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิโพรพิลีนกับพอลิคาร์บอเนตที่อัตราส่วนต่างๆ โดยกระบวนการอัดรีดแบบสกรูคู่

3.ศึกษาเทคนิคและ รวบรวมข้อมูลการผลิตฟิล์มพลาสติก โดยกระบวนการเป่าฟิล์ม และกระบวนการหล่อฟิล์ม ตลอดจนการกำหนดสภาวะการขึ้นรูปฟิล์ม จากพอลิโพรพิลีนที่ผสมพอลิคาร์บอเนต ด้วยกระบวนการผลิตทั้ง 2 แบบ

4.ทดสอบสมบัติของเม็ดพอลิเมอร์ผสม เปรียบเทียบกับสมบัติของเม็ดพลาสติกพอลิโพรพิลีน

5 ทำการทดสอบสมบัติเชิงกลของฟิล์มผสมที่เตรียมได้จากกระบวนเป่าฟิล์มและกระบวนการหล่อฟิล์มเปรียบเทียบกับสมบัติของฟิล์มพอลิโพรพิลีนที่เตรียมจากกระบวนการเดียวกัน

ขั้นตอนดำเนินการทดลอง



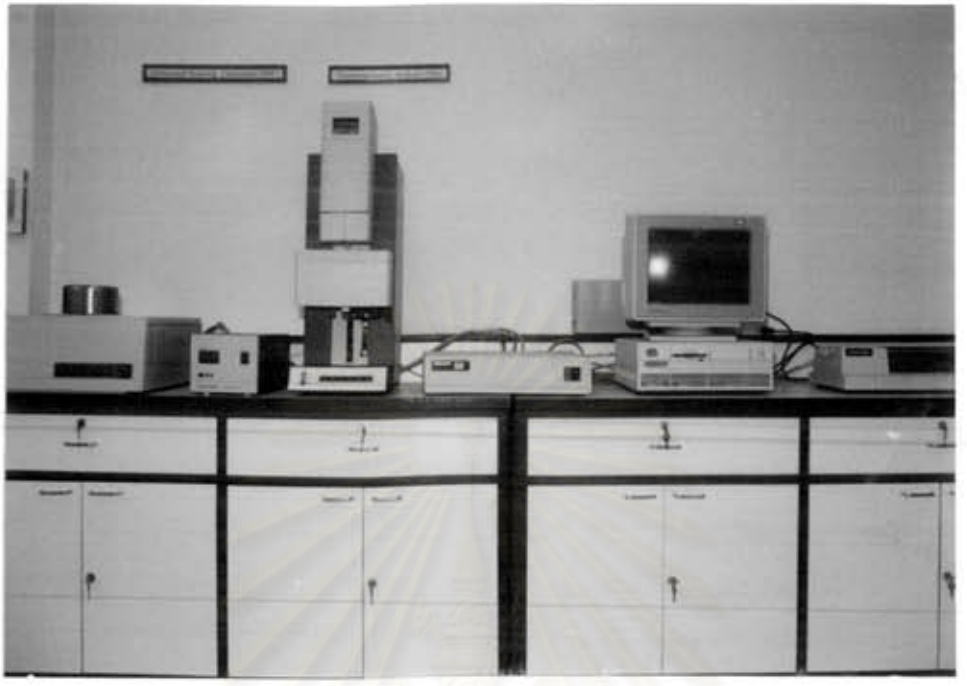
ภาพที่ 3.1 แผนผังแสดงขั้นตอนดำเนินการทดลอง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2.2 การศึกษาสมบัติเชิงความร้อน

ในการวิจัยนี้จะศึกษาสมบัติเชิงความร้อนของเม็ดพลาสติกพอลิโพรพิลีน และเม็ดพลาสติกพอลิคาร์บอเนต เพื่อศึกษาในขณะที่ทำการผสมพลาสติกทั้ง 2 ชนิดเข้าด้วยกันนั้น พอลิคาร์บอเนตมีการหลอมตัวหรือไม่ ทั้งนี้เนื่องจากเม็ดพลาสติกทั้ง 2 ชนิด มีอุณภูมิการผลิตแตกต่างกัน โดยใช้เครื่อง Differential Scanning Calorimetry (DSC) เป็นอุปกรณ์ในการศึกษา หลักการทำงานของเครื่อง ใช้หลัก null-balance พลังงานที่สารตัวอย่างได้รับหรือคายออกมาจะถูกชดเชยโดยการเพิ่ม (adding) หรือหักออก (subtracting) เพื่อให้เกิดความสมดุลย์ โดยมีแหล่งพลังงานจากอุปกรณ์ให้ความร้อน (heater) และเทอร์มอมิเตอร์แบบ platinum resistance เป็นตัวให้ความร้อนและวัดอุณหภูมิตามลำดับ อุปกรณ์ให้ความร้อนจะให้พลังงานอย่างต่อเนื่องเพื่อรักษาอุณหภูมิของสารตัวอย่างจนกระทั่งอุณหภูมิจากแหล่งอ้างอิง (reference holder) ให้สัญญานทางไฟฟ้าออกมาเท่ากัน โดยแปรตามพฤติกรรมทางความร้อนของสารตัวอย่าง พลังงานที่วัดจะอยู่ในหน่วยมิลลิวัตต์ สามารถวัดได้โดยหาพื้นที่ใต้กราฟ โดยทั่วไปเครื่อง DSC สามารถใช้ในการศึกษาเกี่ยวกับพอลิเมอร์ได้หลายอย่าง อาทิเช่น จุดหลอมเหลว อุณหภูมิกลาสทรานซิชั่น ความสามารถในการผสมเป็นเนื้อเดียวกัน ความทนต่อการถูกออกซิไดซ์ของพอลิเมอร์ ปฏิกิริยาทางจลนศาสตร์ ความจุความร้อนจำเพาะ เป็นต้น

วิธีทดลอง ตัวอย่างในการศึกษาคือ พอลิโพรพิลีนชนิดเป่าฟิล์มและชนิดหล่อฟิล์ม และพอลิคาร์บอเนต ภาชนะบรรจุตัวอย่างใช้ภาชนะอลูมินั่ม (aluminum pan) มีจุดหลอมเหลวที่ 660 องศาเซลเซียล นำตัวอย่างบรรจุในภาชนะและใช้อุปกรณ์อัด ปิดฝาภาชนะ เปิดเครื่อง DSC ตรวจความพร้อมในการทำงานของเครื่อง ตั้งค่าตัวแปร (parameters) และเงื่อนไขการทดลอง คือ อุณหภูมิเริ่มต้น 60 องศาเซลเซียล อุณหภูมิสุดท้าย 220 องศาเซลเซียล scanning rate 10 องศาเซลเซียลต่อนาที ค่าตัวแปรและเงื่อนไขการทดลองอาจจะปรับเปลี่ยนตามความเหมาะสม เครื่องจะทำการวัดและวิเคราะห์ตามเงื่อนไขที่ตั้งไว้



ภาพที่ 3.2 เครื่อง Differential Scanning Calorimetry

3.2.3 การเตรียมเม็ดพลาสติกผสม

ชั่งน้ำหนักเม็ดพลาสติกพอลิโพรพิลีนทั้ง 2 ชนิด และเม็ดพลาสติกพอลิคาร์บอเนต ตามตารางที่ 3.4 โดยกำหนดให้น้ำหนักรวมของเม็ดพลาสติกทั้ง 2 ชนิดเท่ากับ 5,000 กรัม หลังจากนั้นจึงนำมาผสมกันโดยใช้เครื่องผสมพลาสติกแบบแขนเหวี่ยง เพื่อให้เม็ดพลาสติกผสมเข้ากัน และให้สัญลักษณ์แทนสูตรการผสมที่อัตราส่วนต่าง ๆ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.3 แสดงอัตราส่วนการผสมของเม็ดพลาสติกพอลิโพรพิลีนชนิดเป่าฟิล์ม และชนิดหล่อฟิล์มกับเม็ดพลาสติกพอลิคาร์บอเนต

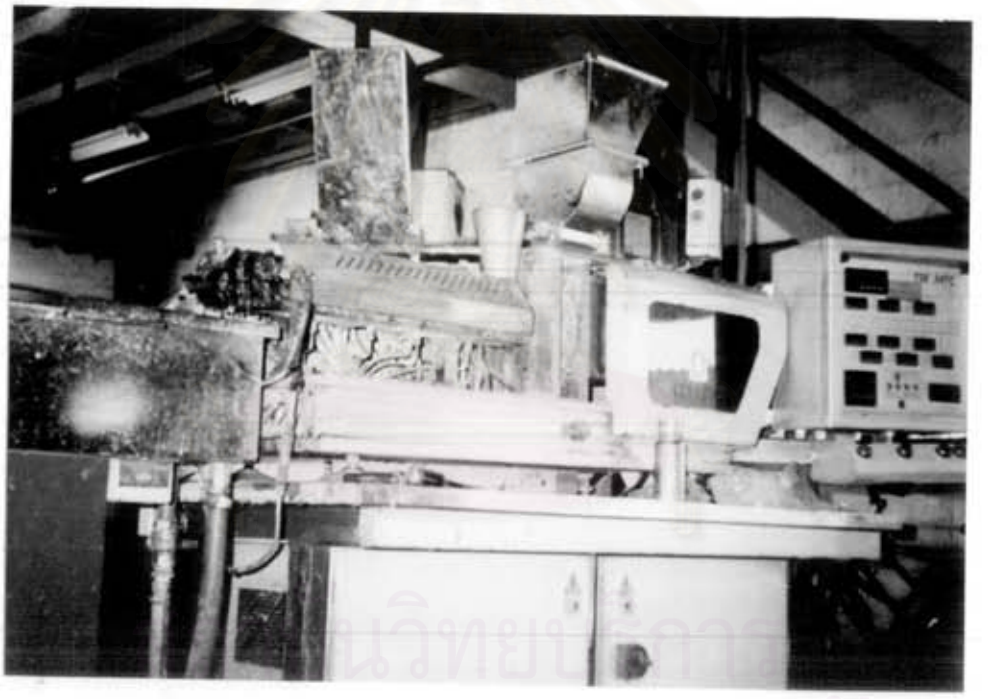
สูตรการผสม	อัตราการผสม (v/v)			น้ำหนัก (w/w) (กรัม)		
	PP เป่าฟิล์ม	PP หล่อฟิล์ม	PC	PP เป่าฟิล์ม	PP หล่อฟิล์ม	PC
PD 1	100	-	-	5,000	-	-
PD 2	95	-	5	4,673.0	-	326.9
PD 3	90	-	10	4,356.7	-	643.3
PD 4	85	-	15	4,050.1	-	949.8
PD 5	80	-	20	3,753.1	-	1,246.8
PD 6	75	-	25	3,465.0	-	1,535.0
SW 1	-	100	-	-	5,000	-
SW 2	-	95	5	-	4,673.0	326.9
SW 3	-	90	10	-	4,356.7	643.3
SW 4	-	85	15	-	4,050.1	949.8
SW 5	-	80	20	-	3,753.1	1,246.8
SW 6	-	75	25	-	3,465.0	1,535.0

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพที่ 3.3 เครื่องผสมแบบแขนเหวี่ยง

ใส่เม็ดพลาสติกที่เตรียมได้ทีละอัตราส่วนลงในเครื่องผสมเม็ดพลาสติกแบบแขนเหวี่ยง ปิดฝาหม้อผสมให้สนิท ตรวจเช็คน็อตที่ขันบริเวณส่วนปลายของหม้อผสมให้แน่น เพื่อกันเม็ดพลาสติกไหลออกมาขณะทำการผสม เปิดเครื่องผสมโดยตั้งเวลาในการผสมแต่ละสูตร 5 นาที เมื่อทำการผสมครบ 5 นาที ให้ขันน็อตที่ส่วนปลายของหม้อผสมออก และเทเม็ดพลาสติกที่ผสมแล้วใส่ถุง ทำความสะอาดหม้อผสมทุกครั้งก่อนที่จะผสมสูตรอื่นต่อไป จากนั้นนำเม็ดพลาสติกที่ผสมได้มาอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 120 เซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เพื่อไล่ความชื้นที่มีอยู่ แล้วจึงนำมาเก็บ

ไว้ในโถกันความชื้น (desiccator) นำเม็ดพลาสติกผสมที่ผ่านการอบแล้วทำการผสม เพื่อตัดเป็นเม็ดใหม่ ด้วยเครื่องอัดรีดแบบสกรูคู่ โดยมีขั้นตอนดำเนินการคือ เปิดเครื่องอัดรีด ตั้งอุณหภูมิของขดลวดความร้อน โซนที่ 1 ประมาณ 190 องศาเซลเซียล โซนที่ 2-4 และดายประมาณ 200 องศาเซลเซียล ทิ้งไว้ประมาณครึ่งชั่วโมง จากนั้นเติมเม็ดพลาสติกที่ผสมแล้วลงในกรวยเติมเม็ด เดินความเร็วรอบสกรู ประมาณ 15 rpm พลาสติกผสมที่หลอมจะถูกขับผ่านดายเป็นเส้นยาว ผ่านน้ำ โดยชุดดึงจะทำงานแบบต่อเนื่อง และจะมีอุปกรณ์ตัดเม็ดใหม่ ติดอยู่ท้ายชุดดึง ปรับอุณหภูมิของขดลวดความร้อนแต่ละโซนให้เหมาะสม ตั้งความเร็วรอบสกรู,ชุดดึง และใบมีดตัดเม็ดในอุปกรณ์ตัดเม็ดใหม่ให้สัมพันธ์กัน จะได้เม็ดพลาสติกผสมออกมาก่อนนำขึ้นรูปให้ทำการอบอีกครั้งที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียล เป็นเวลา 2 ชั่วโมง



ภาพที่ 3.4 เครื่องอัดรีดแบบสกรูคู่

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2.4 การหาความหนาแน่น (Density)

ความหนาแน่นของพลาสติก คือหน่วยน้ำหนักต่อปริมาตรของพลาสติก มีหน่วยเป็น กรัมต่อลูกบาศก์เซ็นติเมตร มีหลักการในการทดสอบคือเตรียมสารละลายในคอลัมน์แก้วให้มีค่าความหนาแน่นกระจายแตกต่างกันตามความสูงของคอลัมน์ และใส่ลูกแก้วมาตรฐานที่มีค่าความหนาแน่นเฉพาะลงในคอลัมน์ ลูกแก้วนี้จะลอยอยู่ในสารละลายบริเวณที่มีความหนาแน่นเท่ากับความหนาแน่นของลูกแก้ว จึงทำให้ทราบค่าความหนาแน่นของสารละลายผสมในคอลัมน์เป็นช่วง ๆ ภาวะการทดสอบจะต้องควบคุมอุณหภูมิของคอลัมภ์ ที่ 23 $\pm$ 1 องศาเซลเซียล หรือ 27 $\pm$ 1 องศาเซลเซียล ความหนาแน่นของลูกแก้วมาตรฐานจะต้องครอบคลุมช่วงความหนาแน่นของเม็ดพลาติกที่ต้องการทดสอบ ชิ้นงานทดสอบจะต้องอยู่ในลักษณะรูปทรงทางเรขาคณิตอย่างง่าย หากจำเป็นต้องมีการตัดชิ้นงาน ต้องระวังไม่ให้ชิ้นงานมีการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่น ที่อาจจะเกิดขึ้นได้จากแรงอัด (compressive stress) ในการทดลองนี้ จะใช้เม็ดพลาสติกผสมที่ได้จากกระบวนการรีดผสมแบบสกรูคู่ ซึ่งมีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอก

การเตรียมคอลัมน์หาความหนาแน่นเป็นเทคนิคการเตรียมสารละลายแบบต่อเนื่อง เตรียมอุปกรณ์ตามรูปที่ 3.5 ใช้ขวดรูปชมพู่ที่มีขนาดเท่ากัน โดยให้ของเหลวที่มีความหนาแน่นสูงอยู่ในขวด A และของเหลวที่มีความหนาแน่นน้อยกว่าอยู่ในขวด B จะควบคุมการไหลของของเหลวจะเริ่มจาก A ไป B การคำนวณอัตราส่วนปริมาตรที่ใช้ คำนวณได้ตามสูตร

$$V_a > D_b . V_b / D_a$$

เมื่อ V_a = ปริมาตรเริ่มต้นของของเหลวในขวด A

V_b = ปริมาตรเริ่มต้นของของเหลวในขวด B

D_a = ความหนาแน่นของของเหลวที่เริ่มต้นในขวด A

D_b = ความหนาแน่นของของเหลวที่เริ่มต้นในขวด B

เติมปริมาณที่เหมาะสมของของเหลวในขวด A ที่มีความหนาแน่นมากกว่าลงในขวด B ด้วยวิธีการไหลโดยตรงจากก้นขวด A ไปยังก้นขวด B ระหว่างขวด A และขวด B จะมีวาล์วควบคุมสำหรับควบคุมอัตราการไหล ภายในขวด B มีการกวนของเหลวผสมด้วยเครื่องผสมความเร็วสูง จากนั้นส่งของเหลวที่อยู่ในขวด B ลงในคอลัมภ์ควบคุมอัตราการไหลอย่างช้าๆ ใช้เวลาในการเตรียมคอลัมน์ประมาณ 1 ชั่วโมง

วิธีการทดลอง เลือกระบบของสารละลาย 2 ชนิด คือ เมทานอลและสารละลายคาร์บอนเตตระคลอไรด์ โดยมีช่วงความหนาแน่นของสารละลายหลังเตรียมระหว่าง 0.79-1.59 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (ภาคผนวก ก .) ใช้ลูกแก้วมาตรฐาน 2 ลูก ที่มีความหนาแน่นต่างกัน คือ ลูกที่ 1 ความหนาแน่น 0.8546 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ที่ 23 องศาเซลเซียล ลูกที่ 2 ความหนาแน่น 0.9713 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ที่ 23 องศาเซลเซียล นำเมทานอลเติมลงในขวด B และคาร์บอนเตตระคลอไรด์ เติมในขวด A ต่อท่อจาก roller pump ลงสู่ก้นคอลัมน์ที่ล้างสะอาดแล้ว เปิดสวิทช์เพื่อให้ของเหลวจาก A ไปยังขวด B ที่ขวด B จะมีการกวนสารละลายแล้วเติมลงสู่คอลัมน์ ควบคุมอุณหภูมิคอลัมน์ที่ 27$\pm$ 0.1 องศาเซลเซียล ใส่ลูกแก้วมาตราฐานลงในคอลัมน์ โดยใช้ตระกร้าค่อยๆ เลื่อนลงสู่ก้นคอลัมน์ จากนั้นทิ้งไว้ให้เสถียร นำเม็ดพลาสติกพอลิโพรพิลีน และเม็ดพลาสติกผสมมาทำให้เปียกด้วยสารละลายเมทานอล ค่อยๆหย่อนลงในคอลัมน์ และปล่อยให้เม็ดพลาสติกเข้าสู่สมดุลประมาณ 10-20 นาที อ่านความสูงของลูกแก้วมาตรฐานและตัวอย่างเม็ดพอลิเมอร์ผสม จากเส้นบอกระดับที่ติดอยู่กับชุดอุปกรณ์ การคำนวณหาค่าความหนาแน่น คำนวณจากสูตร

$$\text{ความหนาแน่นของเม็ดพอลิเมอร์ตัวอย่าง} = a + [(x-y)(b-a) / (z-y)]$$

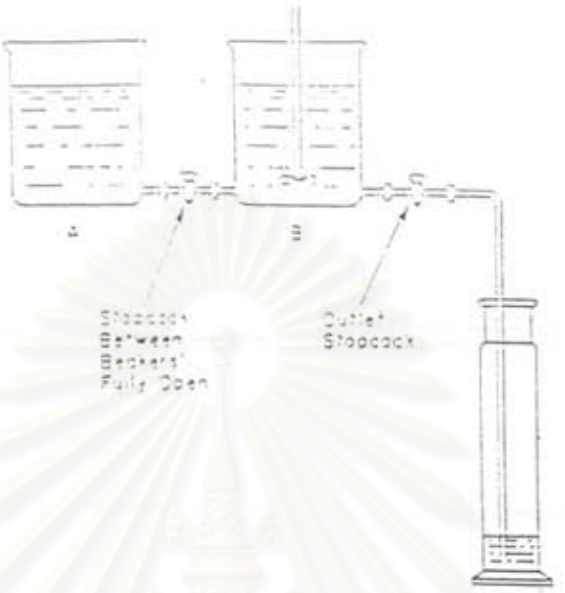
โดยที่ a = ความหนาแน่นของลูกแก้วมาตราฐาน ลูกที่ 2

b = ความหนาแน่นของลูกแก้วมาตราฐาน ลูกที่ 1

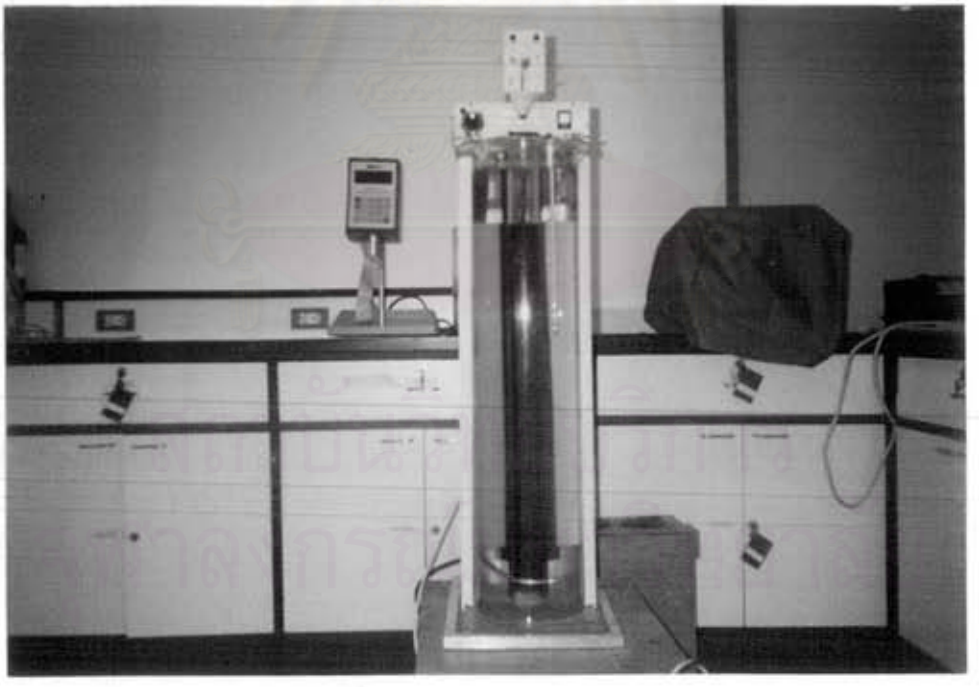
x = เส้นระยะห่างจากก้นหลอดของเม็ดพลาสติกตัวอย่าง

y = ระยะห่างจากก้นหลอดของลูกแก้วมาตรฐาน ลูกที่ 2

z = ระยะห่างจากก้นหลอดของลูกแก้วมาตรฐาน ลูกที่ 1



ภาพที่ 3.5 การเตรียมอุปกรณ์วัดความหนาแน่น



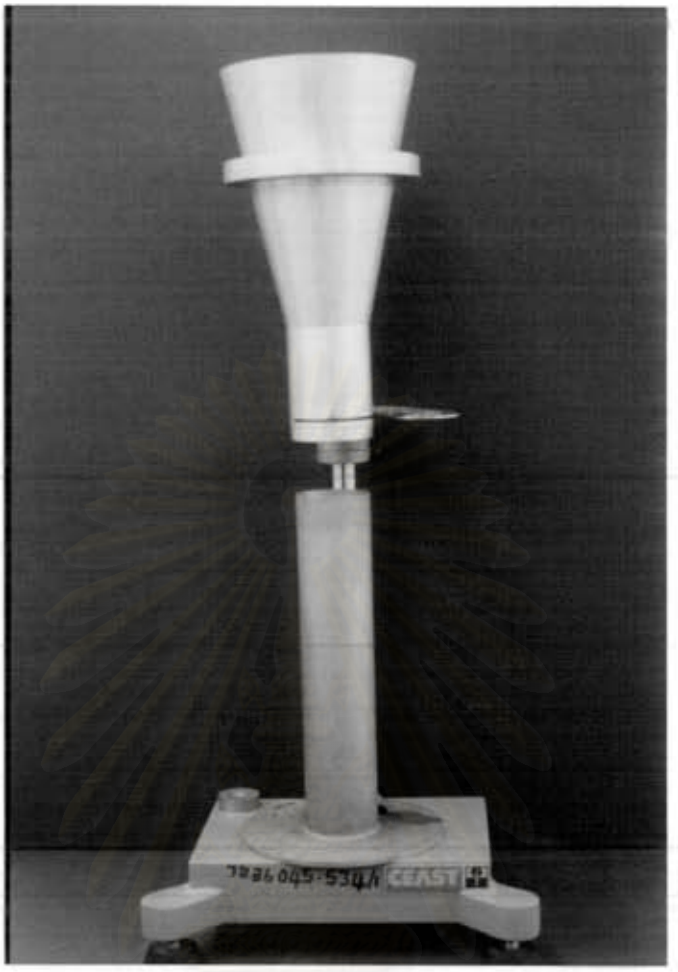
ภาพที่ 3.6 อุปกรณ์วัดความหนาแน่น

3.2.5 การหาความหนาแน่นปรากฏ (Apparent density) และ pourability

การทดสอบความหนาแน่นปรากฏ เป็นการหาความหนาแน่นของเม็ดพลาสติกที่รวมอากาศที่อยู่ระหว่างช่องว่างของเม็ดพลาสติก ความหนาแน่นนี้จะบอกว่าเม็ดพลาสติกมีการจัดเรียงตัวในกรวยเติมเม็ดโปร่งเพียงใด ส่วนการทดสอบ pourability จะบอกความสามารถในการพยุงตัวและไหลตามแรงโน้มถ่วงโลกของเม็ดพลาสติกผ่านกรวยเติมได้ดีสม่ำเสมอเพียงใด

วิธีทดลอง หาความหนาแน่นปรากฏ วางกรวย (funnel) บนแขนจับเหนือถ้วยวัดปริมาตร (measuring cup) ให้ส่วนล่างของกรวยอยู่สูงจากส่วนบนของถ้วยวัดปริมาตร 38 มิลลิเมตร ปิดส่วนล่างของกรวยไว้ เทเม็ดพลาสติกที่ทำการทดสอบจำนวน 500± 20 ลูกบาศก์เซนติเมตร ในกรวย และเปิดส่วนล่างของกรวยอย่างรวดเร็ว เพื่อให้ไหลลงมาอย่างอิสระลงสู่ถ้วยวัดปริมาตร เมื่อเม็ดพลาสติกตัวอย่างไหลผ่านส่วนล่างของกรวยลงในถ้วยวัดปริมาตรจนเต็มแล้ว ปาดเม็ดพลาสติกส่วนที่ล้นเกินขอบของถ้วยวัดปริมาตรออก จากนั้นนำถ้วยวัดปริมาตรพร้อมเม็ดพลาสติกไปชั่งน้ำหนัก เทเม็ดพลาสติกออกและชั่งน้ำหนักถ้วยวัดปริมาตรอีกครั้ง นำน้ำหนักของถ้วยวัดปริมาตรเปล่าไปลบออกจากน้ำหนักของถ้วยวัดปริมาตรที่มีเม็ดพลาสติกอยู่ จะได้น้ำหนักของเม็ดพลาสติกที่ทดสอบรวมกับอากาศที่อยู่ระหว่างช่องว่าง

วิธีทดลอง ความสามารถในการเคลื่อนตัวของเม็ดพลาสติกตัวอย่าง โดยการชั่งน้ำหนักของเม็ดพลาสติกที่ต้องการทดสอบ ให้มีน้ำหนักเป็น 100 เท่าของความหนาแน่นของเม็ดพลาสติกนั้นๆ (ความหนาแน่นที่ไม่รวมอากาศระหว่างช่องว่าง) เปิดส่วนล่างของกรวยและเริ่มจับเวลาทันทีตั้งแต่เม็ดพลาสติกเริ่มไหลออกจากก้นกรวยจนกระทั่งเม็ดพลาสติกไหลออกหมด บันทึกเวลาที่ได้



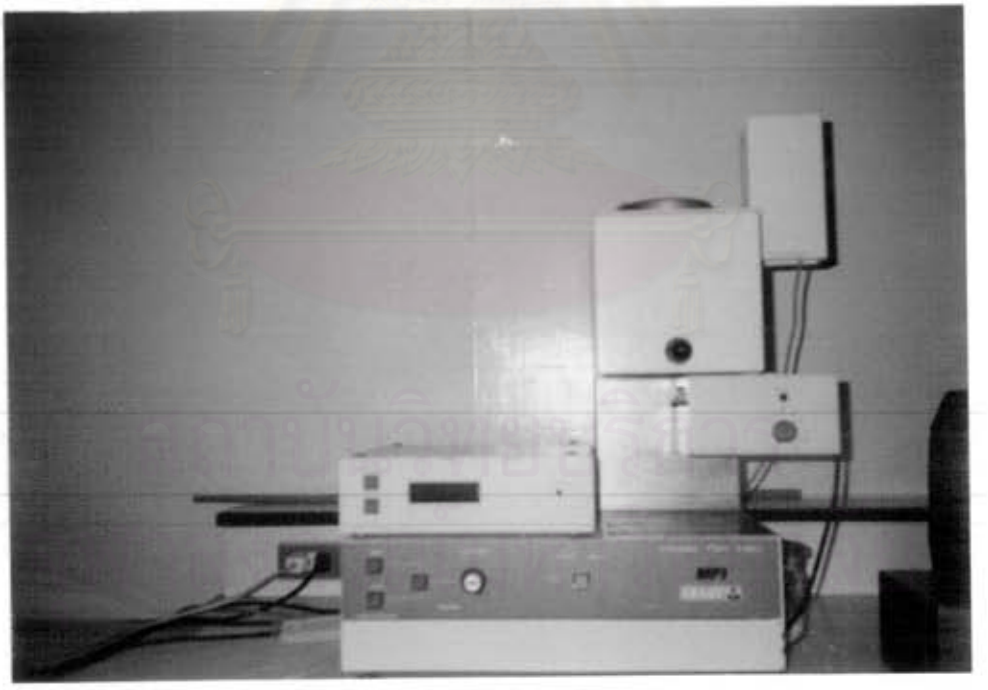
ภาพที่ 3.7 อุปกรณ์ทดสอบความหนาแน่นปรากฏ(Apparent density) และ pourability

3.2.6. การหาค่าดรรชนีการไหล (Melt Flow Index)

การทดสอบนี้ เป็นการวัดปริมาณพลาสติกหลอมในหน่วยกรัมที่ไหลผ่าน orifice มาตรฐาน ภายใต้อุณหภูมิและน้ำหนักกดคงที่ ตามระยะเวลาที่กำหนด ค่าอัตราการไหลสามารถวัดได้จากเครื่อง Extrusion plastometer ค่านี้จะบอกขนาดโมเลกุลของพอลิเมอร์ทางอ้อมและเป็นสมบัติเฉพาะตัวของพอลิเมอร์แต่ละชนิด ใช้ในการแบ่งเกรดของพอลิเมอร์ การรายงานผลนิยมรายงานในหน่วยน้ำหนักของพอลิเมอร์หลอมที่ถูกอัดผ่าน orifice เป็นกรัมต่อ 10 นาที มาตรฐานที่นิยมใช้ในการทดสอบคือ ASTM D 1238 ค่าดรรชนีการไหลจะมีความสัมพันธ์กับความหนืด

ของพอลิเมอร์หลอม และน้ำหนักโมเลกุล กล่าวคือ ถ้าค่าดรรชนีการไหลต่ำ แสดงว่าพอลิเมอร์หลอมมีความหนืดสูง และมีน้ำหนักโมเลกุลสูง ในทางตรงกันข้าม ถ้าค่านี้สูงแสดงว่าพอลิเมอร์หลอมสามารถไหลผ่าน orifice ได้ง่าย ดังนั้นค่าความหนืดจึงมีค่าต่ำ และมีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ นอกจากนี้ค่านี้ยังสามารถนำไปช่วยพิจารณาในการเลือกเม็ดพลาสติก ให้ตรงกับขบวนการผลิตได้ และยังบอก ความแข็งแรงของพอลิเมอร์หลอม ซึ่งมีความสำคัญต่อการผลิต

วิธีการทดลอง ภาวะที่ใช้ในการทดสอบ น้ำหนักที่ใช้กด 2160 กรัม อุณหภูมิหลอมพอลิเมอร์ 230 องศาเซลเซียล เปิดเครื่องทดสอบและตั้งอุณหภูมิทิ้งไว้ประมาณ 15 นาที ก่อนการทดสอบ ใส่เม็ดพลาสติกตัวอย่างจำนวน 5 กรัมลงใน cylinder ให้หมดภายใน 1 นาทีแล้ววาง แท่งน้ำหนักลงบนส่วนบนของ cylinder วางน้ำหนักกดที่เลือกไว้ลงบนแท่งน้ำหนักหลังจากนาทีที่ 6-8 ทำการตัดพลาสติกหลอมที่ถูกหลอมดันออกมา ทำการตัดทุกๆ 30 วินาที รวบรวมพลาสติกที่ถูกตัดอย่างน้อย 5 ชิ้น แล้วนำไปชั่งน้ำหนักเมื่อเย็นตัวลง แล้วนำค่าที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย นำค่าเฉลี่ยที่ได้ไปคำนวณหาค่าดรรชนีการไหลที่ 10 นาที



ภาพที่ 3.8 อุปกรณ์วัดค่าดรรชนีการไหล

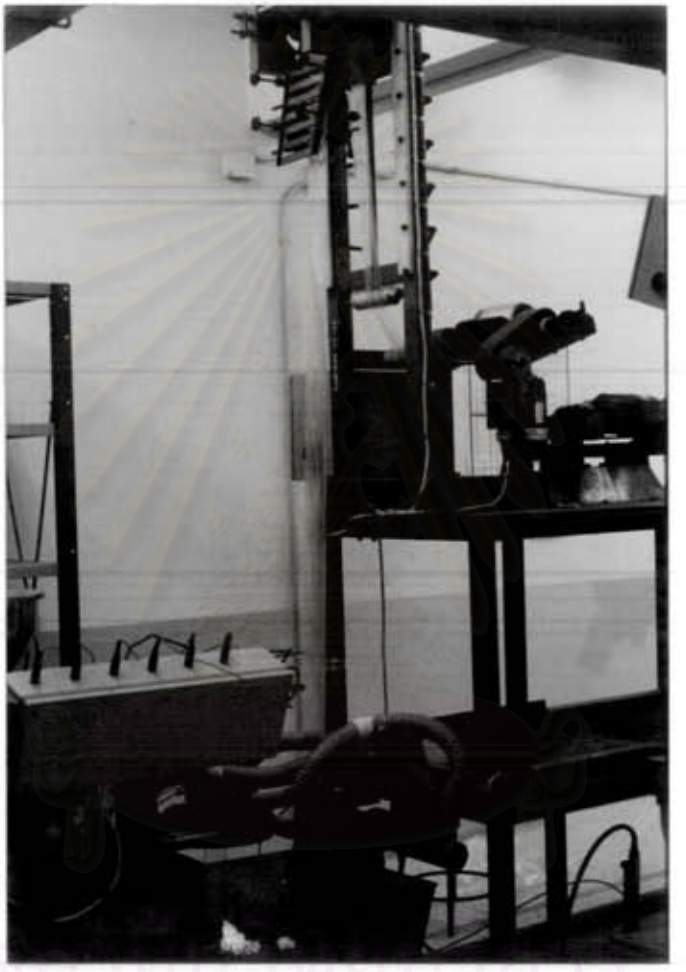
3.2.7 การขึ้นรูปฟิล์มพลาสติกโดยการเป่า (Blow film)

เปิดเครื่องอัดรีด โดยตั้งอุณหภูมิของขดลวดความร้อน โซนที่ 1 ประมาณ 190 องศาเซลเซียล โซนที่ 2-4 และอุณหภูมิดายที่ประมาณ 200 องศาเซลเซียส ทิ้งไว้ประมาณ 1 ชั่วโมง ทำการตรวจสอบระบบหล่อเย็น โดยดูจากปริมาณน้ำหล่อเย็นที่ไหลออกมาจากเครื่องจักร เมื่อได้อุณหภูมิตามที่ต้องการนำเม็ดพลาสติกผสมที่อบแล้วใส่ในกรวยเติมเม็ด เริ่มเดินสกรูด้วยความเร็วรอบต่ำๆ ที่ประมาณ 10 rpm พลาสติกเหลวจะถูกขับผ่านดาย ออกมาในแนวดิ่ง 90 องศา ตั้งอุณหภูมิของขดลวดความร้อนตั้งแต่ โซนที่ 1-4 และที่ดายจนได้อุณหภูมิที่เหมาะสมในการผลิตฟิล์มพลาสติกที่ผ่านดายออกมาจะเป็นรูปทรงกระบอกกลวง ปรับปริมาณลมภายในหลอดพลาสติกเพื่อให้พลาสติกขยายตัวออกทางด้านแนวนอน ส่วนลมหล่อเย็นภายนอกที่อยู่เหนือดาย จะช่วยทำหน้าที่หล่อให้ฟิล์มเย็นตัวแนวเส้นที่อยู่ระหว่างพลาสติกเหลวและพลาสติกที่เย็นตัวเรียกว่า frost line จากนั้นผ่านตัวถุงโป่ง (bubble) ไปยังลูกกลิ้งดึง แล้วถึงปล่อยให้ฟิล์มผ่านน้ำ ฟิล์มที่ผ่านน้ำแล้วจะถูกดึงโดยลูกกลิ้งยาง (nip rolls) เพื่อไปม้วนเก็บยังลูกกลิ้งอีกชุดหนึ่ง ความหนาของฟิล์มที่ได้จะควบคุมให้คงที่ที่ค่าหนึ่ง ความกว้างของฟิล์มเมื่อม้วนเก็บประมาณ 12 เซนติเมตร ทำการขึ้นรูปฟิล์มใหม่ โดยใช้พลาสติกผสมอัตราอื่นๆ ต่อไปจนครบ

3.2.8 การขึ้นรูปฟิล์มพลาสติกโดยการหล่อ (Cast film)

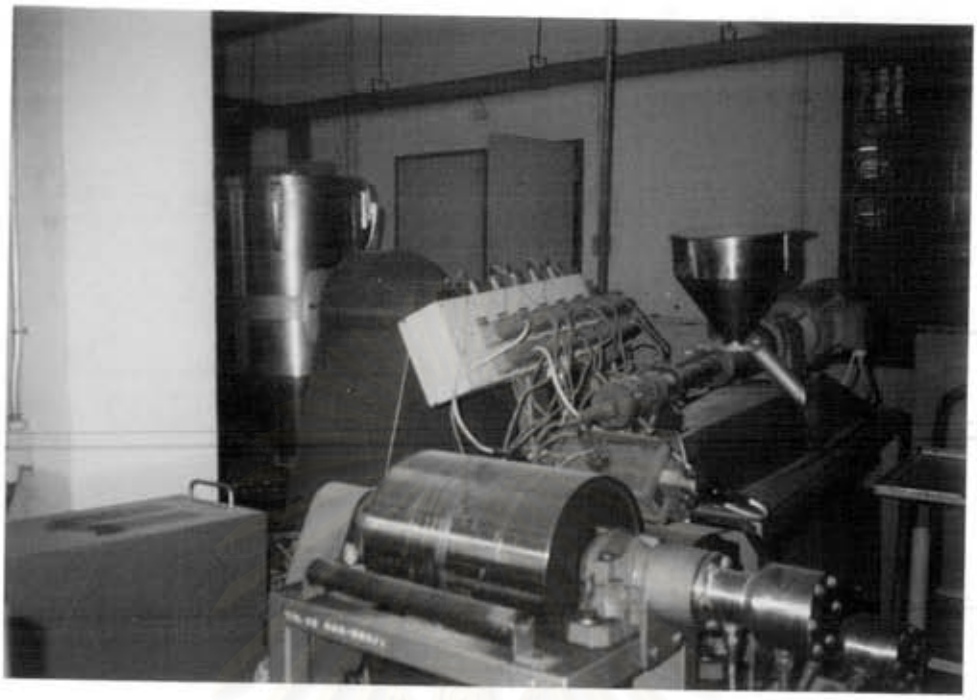
เปิดเครื่องอัดรีดโดยตั้งอุณหภูมิของขดลวดความร้อน โซนที่ 1 ประมาณ 190 องศาเซลเซียล โซนที่ 2-4 และอุณหภูมิดายที่ ประมาณ 200 องศาเซลเซียล ทิ้งไว้ประมาณ 1 ชั่วโมง ทำการตรวจสอบระบบหล่อเย็น โดยดูจากปริมาณน้ำหล่อเย็นที่ไหลออกมาจากเครื่องจักร เมื่อได้อุณหภูมิตามที่ต้องการ ให้นำเม็ดพอลิเมอร์ผสมที่อบแล้วใส่ในกรวยเติมเม็ด เริ่มเดินสกรูด้วยความเร็วรอบต่ำๆ ที่ประมาณ 10 rpm พลาสติกเหลวจะถูกขับผ่านหัวดาย ออกมาในแนวเอียงประมาณ 45 องศา ตรวจสอบลักษณะของพลาสติกเหลวที่ออกมาผ่านดาย เพื่อตั้งอุณหภูมิของขดลวดความร้อนตั้งแต่ โซนที่ 1-4 และที่ดาย จนได้อุณหภูมิที่เหมาะสมในการผลิตฟิล์ม พลาสติกเหลวจะถูกขับออกมาในลักษณะเป็นแผ่เป็นแผ่นลงมายังลูกกลิ้งรับ แล้วถูกม้วน

ดึงไปเก็บยังลูกกลิ้งอีกชุดหนึ่ง ปรับความเร็วรอบของสกรู เพื่อให้สัมพันธ์กับการดึงแผ่นฟิล์ม ความหนาของฟิล์มที่ได้จะควบคุมให้คงที่ที่ค่าหนึ่งๆ ความกว้างฟิล์มประมาณ 12 เซนติเมตร ความเร็วรอบของสกรูที่เพิ่มขึ้น จะเป็นสัดส่วนแปรผันกับปริมาณของพลาสติกเหลวที่ผ่านดาย



ภาพที่ 3.9 เครื่องอัดรีดขึ้นรูปฟิล์มโดยการเป่า

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



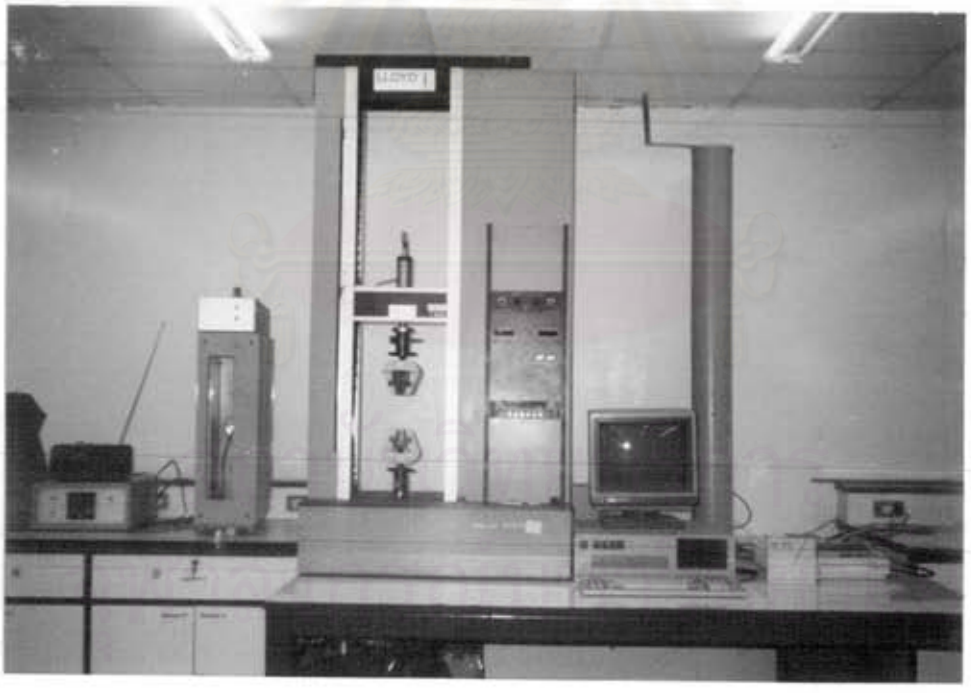
ภาพที่ 3.10 เครื่องอัดรีดขึ้นรูปฟิล์มโดยการหล่อ

3.2.9 การทดสอบความทนแรงดึง

การทนต่อแรงดึงของพลาสติกเป็นสมบัติเชิงกลอย่างหนึ่ง บ่งบอกถึงความแข็งแรงของพลาสติกที่ทนแรงดึงหรือมีการยืดหยุ่น ทำการทดสอบภายใต้น้ำหนักกดมาตรฐาน เป็นการทดสอบแบบระยะสั้น มาตรฐานการทดสอบแบบอเมริกันจะมี 2 แบบ คือ ASTM D638 (1984) และ D 882 (41983) ในกรณี D 638 จะขึ้นรูปชิ้นงานเป็นดัมเบล D 882 จะใช้ทดสอบชิ้นงานที่เป็นแผ่นฟิล์ม มีความหนาน้อยกว่า 1.0 มิลลิเมตร นอกจากนี้ยังมีความเร็ว และอุณหภูมิ เข้ามาเกี่ยวข้อง โดย D 638 ใช้ความเร็วในการดึงชิ้นงานคือ 1, 5, 10, 50, 100, 500 มิลลิเมตรต่อนาที เลือกตามลักษณะของชิ้นงานทดสอบ ส่วน D 882 จะเลือกตามระยะระหว่างหัวจับ (grips) และอัตราความเครียดเริ่มต้นที่ต้องการ เช่น 10 เปอร์เซ็นต์ , 50 เปอร์เซ็นต์ และ 100 เปอร์เซ็นต์

การทดสอบมาตรฐาน ASTM D 882 ฟิล์มจะมีการขดตัวเท่ากันตลอดความยาวของฟิล์ม ดังนั้นชิ้นงานทดสอบ จึงนิยมตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า อุปกรณ์ทดสอบความทนแรงดึงในปัจจุบันเป็นระบบอิเลคทรอนิค เพราะอ่านค่าได้รวดเร็ว และราคาไม่แพงมากนัก วัดค่าได้ในช่วงกว้าง เครื่องทดสอบขนาดใหญ่ จะสามารถวัดได้ทั้งค่า การทนแรงดึงการทนแรงอัด การทนแรงเฉือน ฯลฯ โดยเครื่องขาดสอบจะเป็นแบบยูนิเวอร์เซล (Universal Testing Machine)

วิธีทดลอง เตรียมชิ้นงานตัวอย่าง โดยการตัดชิ้นทดสอบเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าทั้งสองแนว ขนาด กว้าง 5.0 มิลลิเมตร ยาว 110 มิลลิเมตร ตั้งระยะห่างระหว่างกริพส์ (initial grip separation) 50 มิลลิเมตร ความเร็วของการแยกกริพส์ (speed) ใช้ 100 มิลลิเมตร/นาที ใช้โหลดเซล (load cell) ขนาด 1 กิโลนิวตัน ใส่ชิ้นงานทดสอบเข้าที่กริพส์ของเครื่องทดสอบ และหนีบกริพส์ให้แน่น เพื่อป้องกันการเลื่อนหลุดในขณะทดสอบ ตรวจภาวะการทำงานให้ถูกต้อง เครื่องจะบันทึกข้อมูลและคำนวณผลการทดสอบตามค่าตัวเลือกที่เลือกไว้



ภาพที่ 3.11 อุปกรณ์วัดค่าการทนแรงดึง

3.2.10 การทดสอบการฉีกขาด

การทดสอบการฉีกขาดของพลาสติก นิยมใช้กับพลาสติกที่อยู่ในรูปของแผ่นฟิล์ม ปัจจุบันฟิล์มพลาสติกถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ การทดสอบการฉีดขาดฟิล์มจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะบอกให้ทราบถึงความสามารถในการทนต่อการฉีกขาด ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่จะช่วยให้สามารถนำฟิล์มไปใช้งานอย่างเหมาะสม การทดสอบดังกล่าวจะมีความแม่นยำพอ ฟิล์มมักจะมีความสม่ำเสมอในการจัดเรียงตัวของโมเลกุลน้อยกว่าการขึ้นรูปด้วยกระบวนการผลิตแบบอื่น โดยอาจมีการจัดเรียงตัวตามไปในทิศทางเดียวหรือสองทิศทาง (mono-or bi–axially oriented film) ดังนั้นจึงควรทำการทดสอบสมบัติต่าง ๆ ของฟิล์ม ทั้งตามแนวเครื่องและแนวขวาง ปัญหาที่มักพบในการฉีกขาดของฟิล์มที่ทดสอบทั้งแบบ trouser และแบบ elmendorf พบว่ามักจะไม่เกิดการฉีกขาดไปตามแนวความยาวของชิ้นงาน แต่จะขาดแบบไร้ทิศทางที่แน่นนอน สำหรับการทดสอบการฉีกขาดแบบ trouser นั้นไม่สามารถใช้แรงสำหรับฉีกชิ้นงานให้สม่ำเสมอตลอดการทดสอบได้ ดังนั้นในการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างกราฟของแรงและการยืดตัว (force–extension curve) ต้องพิจารณาเป็นช่วง ๆ

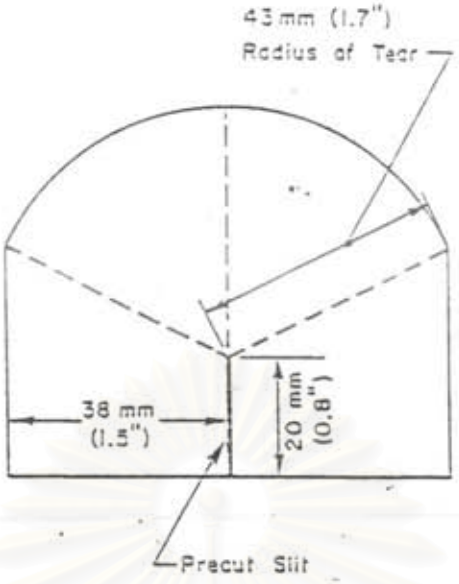
เครื่องทดสอบความทนการฉีกขาดของแผ่นฟิล์มแบบ elmendorf มีลักษณะคล้ายล้อครึ่งวงกลม ประกอบด้วยหัวจับถูกยึดติดอยู่กับที่ 1 อัน และเคลื่อนที่ได้ 1 อัน มีลูกตุ้มยึดติดไว้ ซึ่งลูกตุ้มดังกล่าวสามารถแกว่งได้อย่างอิสระโดยมีตลับลูกปืนช่วยในการลดแรงเสียดทาน ชิ้นงานทดสอบ จะถูกยึดติดไว้กับหัวจับทั้งสองข้าง กลไกของเครื่องเริ่มทำงาน พลังงานศักย์ของลูกตุ้มจะทำให้ฟิล์มเกิดการฉีกขาดตลอดความยาว และพลังงานที่ถูกดูดกลืนไว้โดยกระบวนการดังกล่าวจะสามารถอ่านได้โดยตรงจาก calibrated scale บนลูกตุ้มซึ่ง scale นี้จะมีค่าเป็นศูนย์เมื่อคลายลูกตุ้มออกในขณะที่ไม่มีฟิล์มตัวอย่างอยู่ ค่าที่อ่านได้จาก scale นี้สามารถเปลี่ยนไปเป็นค่า การทนการฉีกขาดได้เมื่อทราบค่า calibration factor ของเครื่อง , ความยาวของรอยฉีกขาดและความหนาของฟิล์มตัวอย่าง

มาตรฐาน ASTM ได้กำหนดเกี่ยวกับการทดสอบสมบัติของแผ่นชีท (sheet) และแผ่นฟิล์ม ไว้หลายวิธี คือ ASTM D1004 (1986) ซึ่งถูกยกเลิกไปแล้ว เป็นการทดสองหาค่าความทนต่อแรงที่ทำให้เกิดการฉีกขาดที่อัตรา 51 mm/min แรงสูงสุดที่อ่านได้ต่อความหนาของฟิล์ม คือ ค่าความทนการฉีกขาดของฟิล์ม การทดสอบวิธีนี้ใช้ชิ้นงานทดสอบเหมือนกับการทดสอบวัสดุจำพวกยางใน ASTM D624 (1981)

ASTM D1922 (1967) เป็นวิธีทดสอบเช่นเดียวกับ มาตรฐานที่ BS 2782 วิธีทดสอบที่ 360A เป็นการทดสอบแบบ elmendorf โดยใช้เครื่องทดสอบที่มีขนาดต่างกันและการทดสอบที่ D 1938 (1967) เป็นการทดสอบฉีกขาดแบบ trouser แต่ใช้ขนาดของชิ้นงานทดสอบต่างจากมาตรฐานอังกฤษ และใช้อัตราเร็วที่ 250 mm/mim

ASTM D2582 เป็นการทดสอบเกี่ยวกับการฉีกขาดทั้งในขณะที่การฉีกขาดขยายออกไปพร้อมกัน โดยการปล่อยให้ pointer ที่ทราบน้ำหนักตกลงจากความสูงที่กำหนดไว้ลงบนแผ่นฟิล์มที่ถูงขึงไว้ข้างล่าง พลังงานจลน์ของ prointer จะถูกดูดซึมไว้โดยแผ่นฟิล์มที่วัดความยาวของรอยขาดบนแผ่นฟิล์ม ค่า tear resistance สามารถคำนวณได้จากน้ำหนักและความสูงของ pointer ที่ตกลงมา

วิธีการทดลองวัดความหนาเฉลี่ยของแผ่นฟิล์มที่ทำการทดสอบ เตรียมตัวอย่างฟิล์มพลาสติกตามภาพที่ 3.12 ทำการตั้งเครื่องโดยการปรับ zero control ให้ pointer ชี้ scale ไปที่ ค่า 0 นำชิ้นงานมาวางไว้ที่หัวจับและล็อกให้แน่น ทำการทดสอบโดยการดึงสลักที่เป็นมีดปล่อยให้เหวี่ยงอย่างอิสระ ชิ้นงานจะถูกฉีกขาด กด sector release machanism แล้วอ่านค่าแรงที่ได้ บันทึกผลการทดลอง

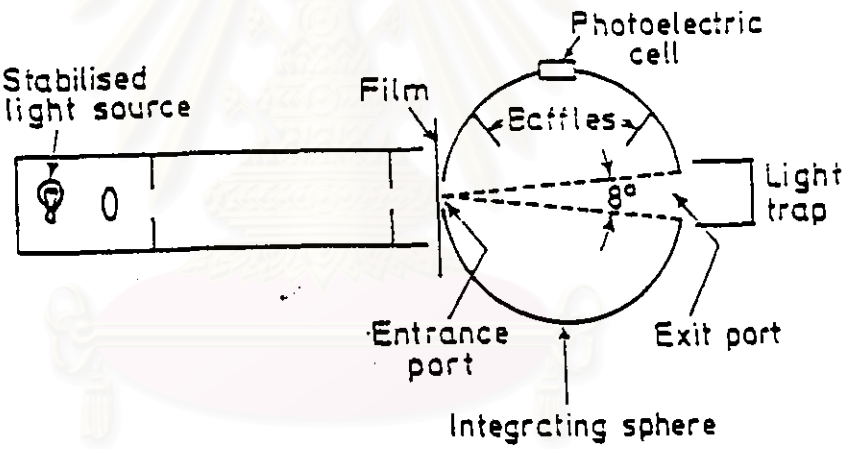


ภาพที่ 3.12 การเตรียมชิ้นงานทดสอบความทนการฉีกขาด

ภาพที่ 3.13 เครื่องทดสอบความทนการฉีกขาด

3.2.11 การทดสอบความขุ่นของฟิล์ม

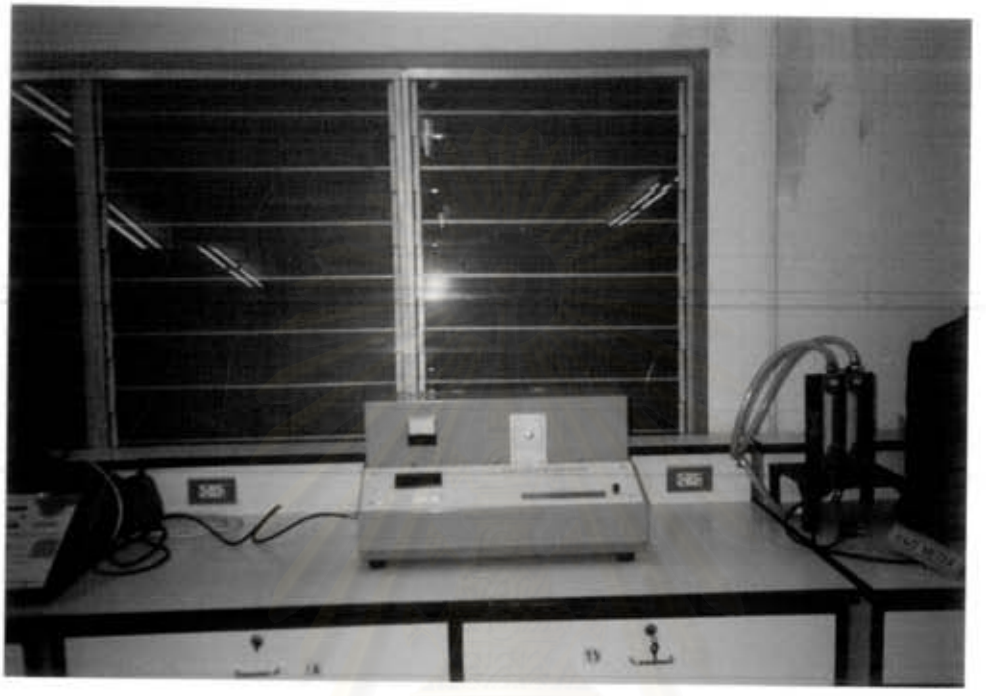
สมบัติความขุ่นของฟิล์มพลาสติก มีผลต่อการใช้งานด้านบรรจุภัณฑ์ โดยจะเป็นปัจจัยหนึ่งที่ใช้เลือกฟิล์มพลาสติก ความขุ่นมักจะรายงานเป็นค่าเปอร์เซ็นต์ความขุ่นของชิ้นงาน เครื่องวัดความขุ่นของชิ้นงานประกอบด้วย ส่วนสำคัญคือแหล่งผลิตแสง (light source) ทำหน้าที่ในการให้แสงที่มีความสม่ำเสมอ ส่วนรับการตกกระทบของแสง (intergrating sphere) ชิ้นตัวอย่างจะถูกวางในตำแหน่งทางเข้าส่วนรับการตกกระทบของแสง ขวางทางเข้า (entrance port) ซึ่งจะอยู่ในตำแหน่งเดียวกับ ช่องทางออก (exit part) ลำแสงที่ผ่านชิ้นงานทดสอบมาจะถูกดูดกลืนโดยส่วนของ light trap ตามภาพที่ 3.14



ภาพที่ 3.14 แสดงหลักการทำงานของเครื่องวัดความขุ่น
(Briston,1988:116)

วิธีทดลอง การเตรียมชิ้นงานทดสอบโดยการ นำแผ่นฟิล์มมาตัดให้ได้ขนาด 50 x 50 มิลลิเมตร ตรวจความพร้อมของเครื่องโดยการทดสอบกดปุ่มวัดค่า Tt = 100.00 ± 0.1%, ค่า Td = 00.0% และค่า Haze = 00.0% หากค่าคาดเคลื่อนให้ทำการปรับเครื่องใหม่ ตามคู่มือการใช้งาน ดึงกล่องใส่ฟิล์มตัวอย่างออกมา วางชิ้นงานในกล่องให้แนบกับผนังทางด้านซ้าย ดันกล่องปิดเข้าไปสู่ตำแหน่งเดิมอ่านค่า ความขุ่นของชิ้นงาน โดยเครื่องจะคำนวณค่าและแสดง

ผลเป็นค่าความขุ่นของฟิล์มตัวอย่าง จากนั้น ดึงกล่องออกมาเปลี่ยนชิ้นงานตัวอย่างละทำการวัดใหม่จนเสร็จ โดยไม่ต้องปรับเครื่องอีก ในการทดลอง ตัวอย่างละ 3 ชิ้น



ภาพที่ 3.15 อุปกรณ์วัดค่าความขุ่นชิ้นงาน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย