บทที่ 3

การทดลอง

<u>สารที่ใช้</u>

1. เม็ดพลาสติกโพลีโพรพิลีน ชนิดแรนดัมโคโพลิเมอร์ : บริษัท อุตสาหกรรมปิโตรเคมีกัลไทย จำกัด (มหาชน)

คุณสมบัติ

ปริมาณโคโมโนเมอร์, เอทธิลีน : 3%

ค่าดัชนีการไหล (MFI) : 10.1 g/10 min

ความด้านทานแรงกระแทก (Izod Notch Impact) : 3.65 kg.cm/cm

ความแข็ง (Hardness) : 85 R-scale

ความด้านทานแรงดึง (Tensile strength at yield) : 268 kg/cm^2

ความทนต่อการบิดงอ (Flexural strength) : 357 kg/cm^2

โมดูลัสของการบิดงอ (Flexural Modulus) : $0.70 * 10^4$ kg/cm^2

อุณหภูมิการบิดเบี้ยวด้วยความร้อน (Heat Defection Temperature): $76^{\circ}C$

2. เม็ดพลาสติกโพลีโพรพิลีน ชนิดบล็อคโคโพลิเมอร์ : บริษัทอุตสาหกรรมปิโตรเคมีกัลไทย จำกัด (มหาชน)

คุณสมบัติ

ปริมาณโคโมโนเมอร์, เอทธิลีน : 11%

ค่าดัชนีการไหล (MFI) : 8.3 g/10 min

ความด้านทานแรงกระแทก (Izod Notch Impact) : 10 kg.cm/cm

ความแข็ง (Hardness) : 88 R-scale

ความด้านทานแรงดึง (Tensile strength at yield) : 165 kg/cm^2

ความทนต่อการบิดงอ (Flexural strength) : 296 kg/cm^2

โมดูลัสของการบิดงอ (Flexural Modulus) : $0.8 * 10^4$ kg/cm^2

อุณหภูมิการบิดเบี้ยวด้วยความร้อน (Heat Deflection Temperature) : $81^{\circ}C$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. สารก่อตัวคริสตัลไลน์, Mineral base : CHEM HAYAHI COMPANY

คุณสมบัติ

Type of mineral	: TALC
Density (g/cc)	: 2.78
Molecular weight	: 379.2
Crystal system	: Monoclinic system, Rhombic system
Melting Point ($^{\circ}C$)	: 1500°c

4. สารก่อตัวคริสตัลไลน์ , Organic base : MILLIKEN CHEMICAL

คุณสมบัติ

Chemical name	: 3,4 - Dimethyl dibenzylidene Sorbitol
Melting Point ($^{\circ}F$)	: 258
Purity	: 98 %
Colour (ALPHA)	: 80

5. สารก่อตัวคริสตัลไลน์, Organo Metallic base : UNICHEMA INTERNATIONAL

คุณสมบัติ

Material : Organo Metallic Homopolymer based on ZINC and triglyceside derivative

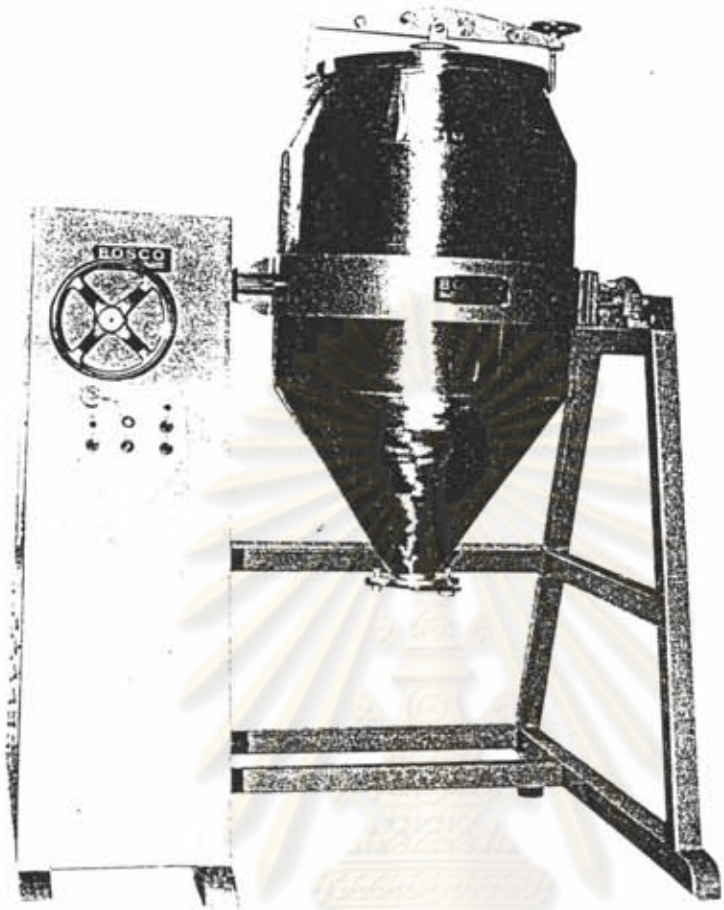
Melting point ($^{\circ}C$)	: 380 - 400
Bulk density (kg/l)	: 0.16 - 0.3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>เครื่องมือที่ใช้</u>

1. เครื่องผสม (Mixer) : BOSCO

ความจุ (Capacity)	: 50 กิโลกรัม
ขนาดไฟฟ้า	: 380 โวลท์, 50 เฮิทซ์
ขนาดมอเตอร์	: 1 แรงม้า



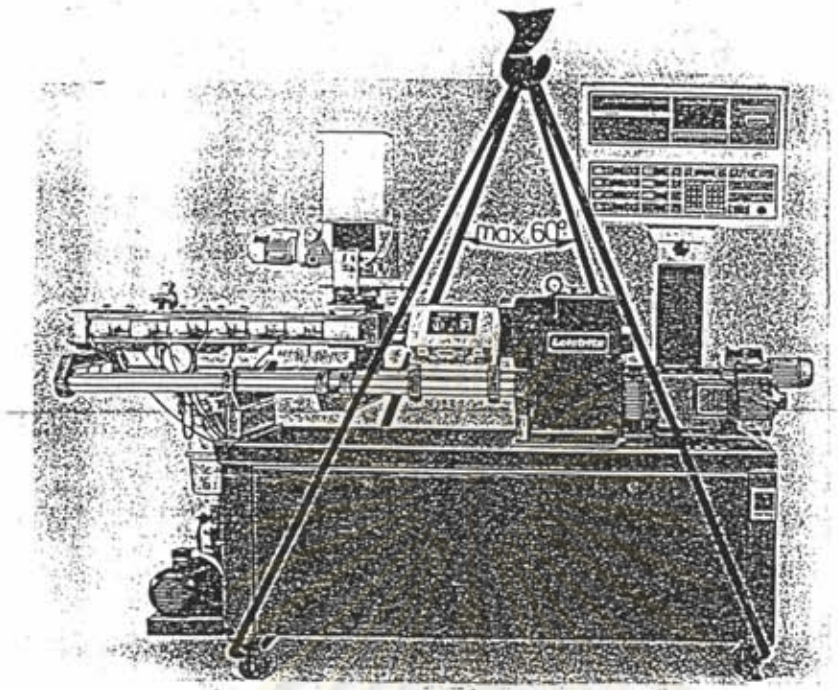
รูปที่ 3.1 เครื่องผสมที่ใช้

2. เครื่องอัดรีด (Extruder) : Leistritz

Twin screw extruder

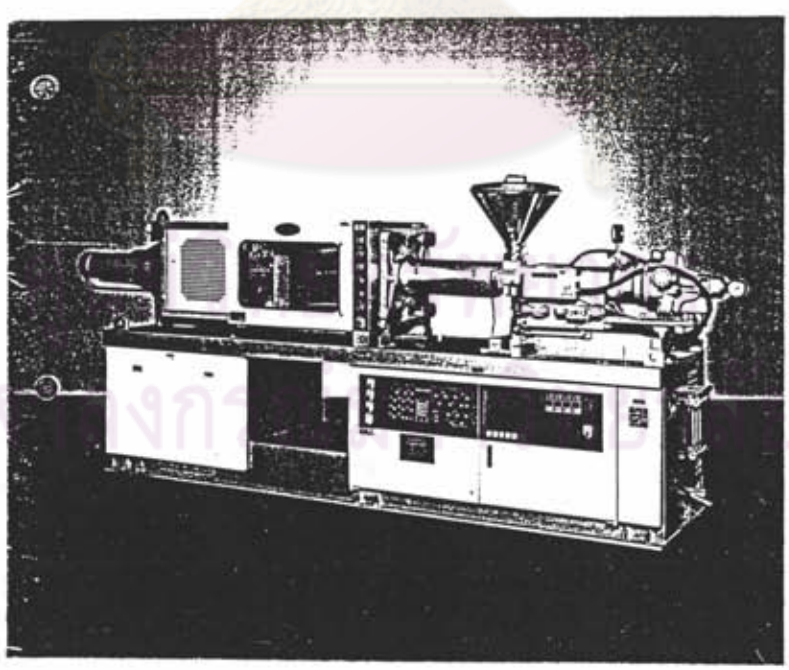
Screw diameter	34 mm.
Center distance of screw	30 mm.
Flight depth	4 mm.
Number of heating zone	9
Operating lenght of screws	10R = 33, 53XD
Heating bands without air cooling	1
Heating bands withair cooling	8
Total heating power	12.6 kw.
Permissible pressure during continuous operation	250 bar
Mix permissible temperature	400°C

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.2 Twin Screw Extruder

3. เครื่องฉีดเข้าแบบ (Injecting Molding Machine) : JSW Model J-1018BS



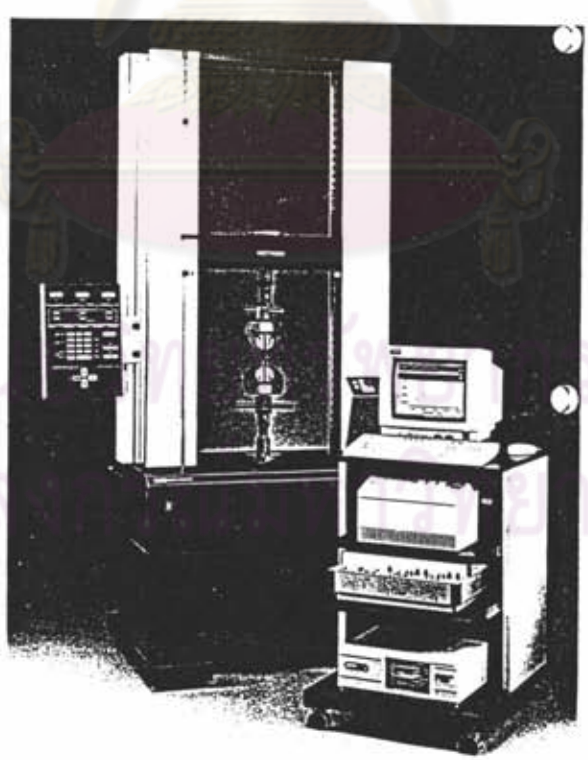
รูปที่ 3.3 Injection Molding Machine

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4. เครื่องวิเคราะห์ทางความร้อน Differential scanning calorimeter (DSC) : NETZSCH DSC 200

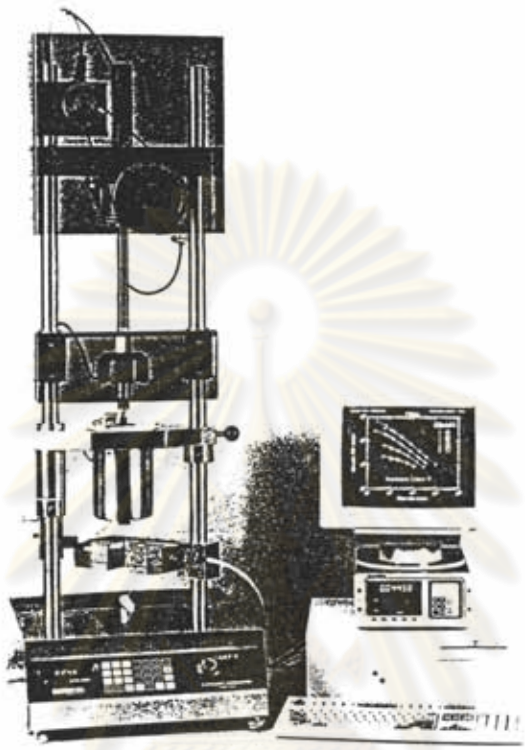
รูปที่ 3.4 Differential Scanning Calorimeter

5. Universal Testing Machine : INSTRON 4302



รูปที่ 3.5 Universal Testing Machine

6. Capillary Rheometer : KAYENESS



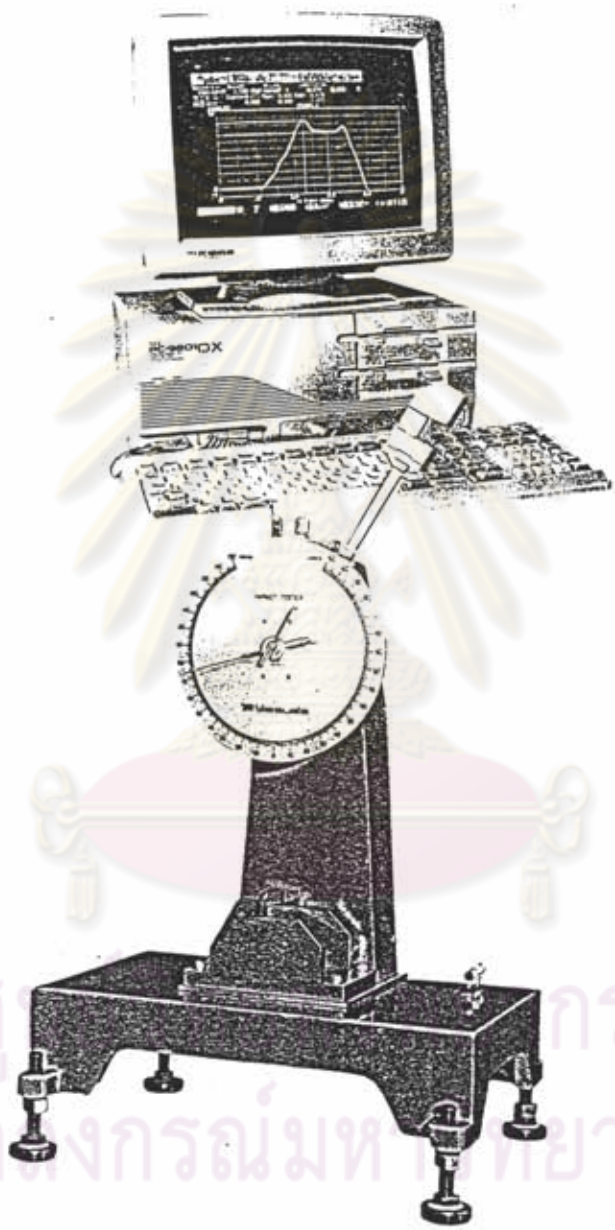
รูปที่ 3.6 Capillary Rheometer

7. Hardness Tester : Matsuzawa Seiki Model DXT-1

รูปที่ 3.7 เครื่อง Hardness Tester

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

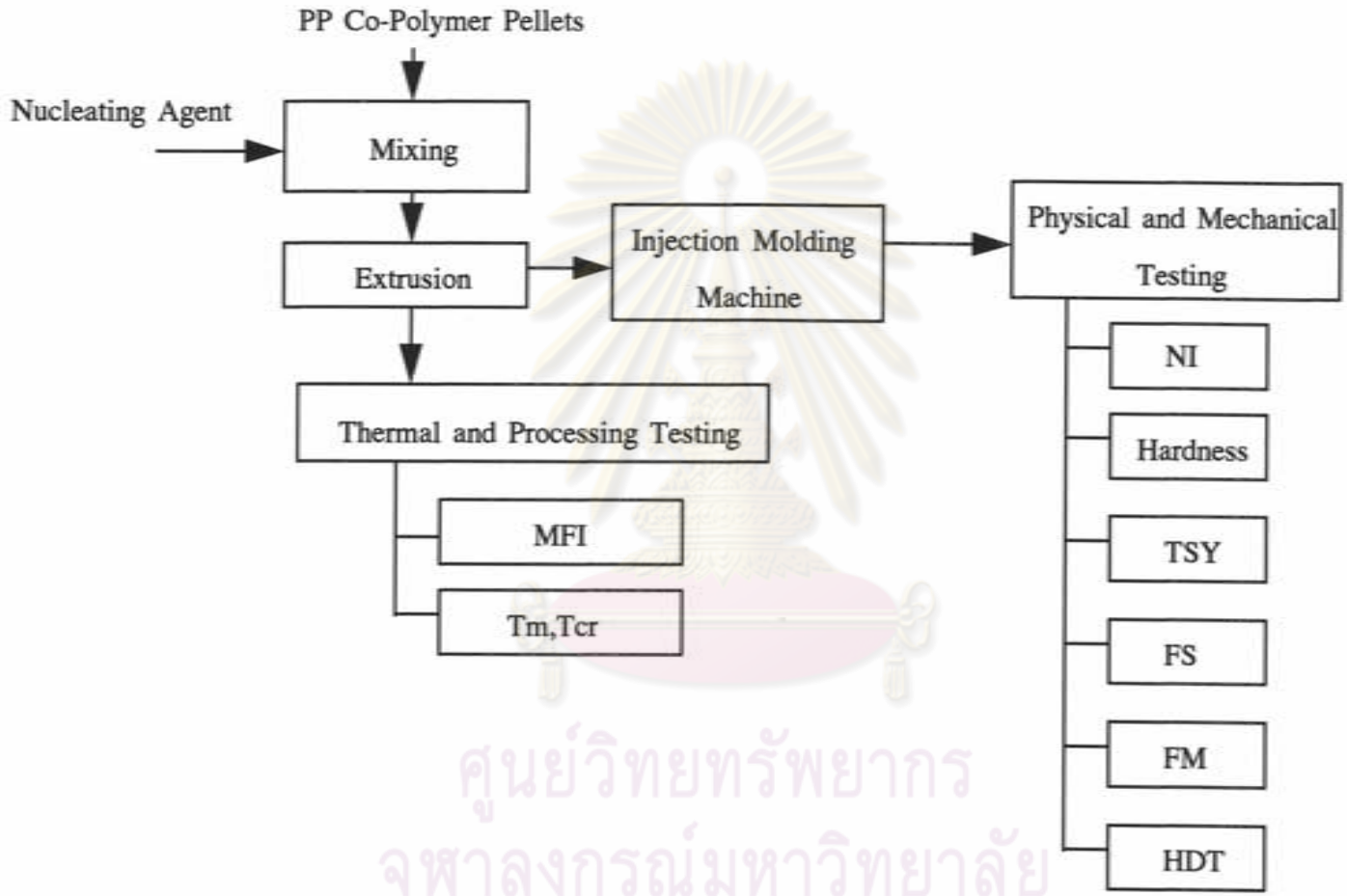
8. Izod Impact Tester : YASUDA



รูปที่ 3.8 Izod Impact Tester

9. เครื่อง Heat Deflection Tester : YASUDA SEIKI HD-148PC

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 3.9 แผนการทดลอง

<u>วิธีการทดลอง</u>

1. ระบบผสม (Mixing system)

ปริมาณเม็ดพลาสติกที่ใช้ 10 กิโลกรัม ผสมกับสารก่อตัวคริสตัลไลน์ แต่ละประเภทที่อัตราผสม 0.13%, 0.15%, 0.17%, 0.21%, 0.25%, 0.29%, 0.30% และ 0.31% โดยใช้ความเร็วรอบของเครื่อง 30 รอบต่อนาที

2. การอัดรีด (Extrusion)

โดยการใช้เครื่อง Extruder ภายใต้สภาวะ ดังต่อไปนี้

Temperature profile : 190, 195, 200, 200, 200, 200, 200, 205, 210 $^{\circ}C$

Screw speed : 150 rpm

Melt temperature : 230$^{\circ}C$

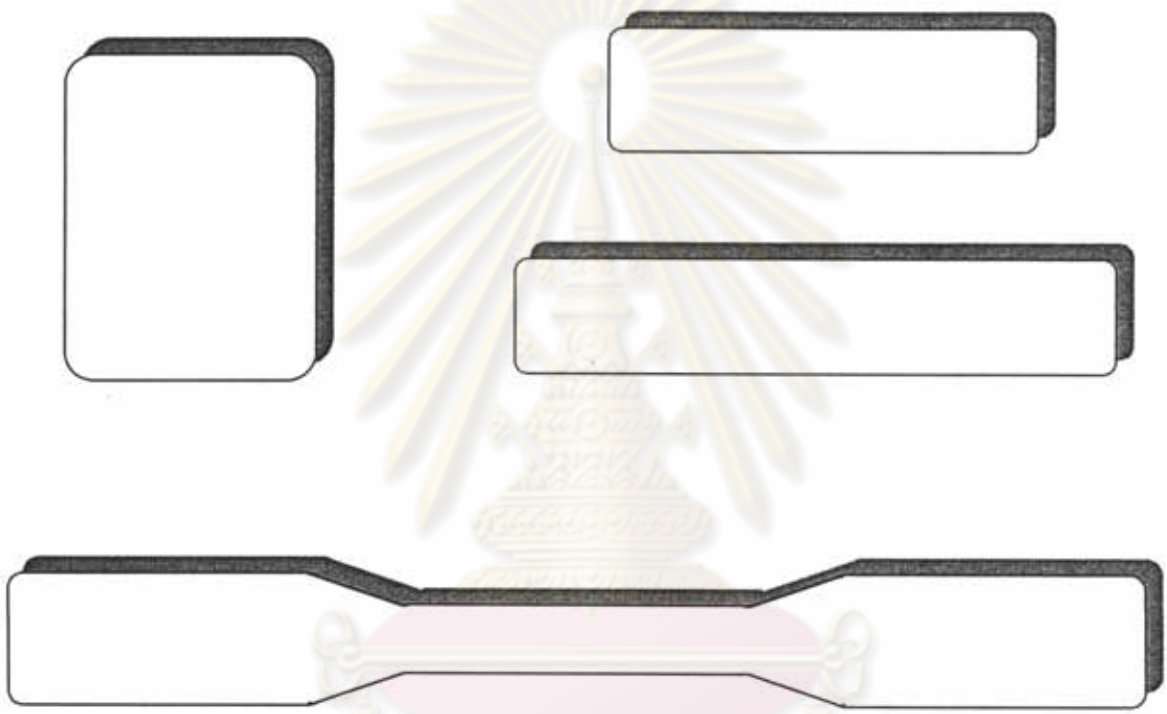
Cut : 15 kg/hr.

3. การเตรียมชิ้นงาน (Specimen) เพื่อใช้ทดลอง

นำเม็ดพลาสติกที่ได้จากขั้นตอนการอัดรีด มาเตรียมชิ้นงานโดยการฉีดเข้าแบบ โดยใช้เครื่อง Injection Molding Machine ภายใต้สภาวะต่อไปนี้

- Screw Diamter : 40 mm.
- Molding Temperature : 50$^{\circ}C$
- Injection Temperature 5 Zone : 190, 190, 195, 200, 200$^{\circ}C$
- Injection Pressure : 440 - 560 kgf/cm^2
- Cooling Time : 50 sec.
- Injection Time : 15 sec.
- Suck Back : 54 mm.
- Hopper Capacity : 50l
- Heating Capacity : 10.05 kw.
- Clamping Force : 100 MT

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.10 รูปร่างลักษณะชิ้นงานที่เตรียมได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4. การวิเคราะห์หาค่าอุณหภูมิหลอมเหลว (Tm) และอุณหภูมิการเกิดผลึก (Tcr) โดยการใช้เครื่อง Differential Scanning Calorimeter (DSC) รุ่น Netzsch DSC 200 ในการหาอุณหภูมิหลอมเหลว (Tm) ใช้สภาวะในการทดลอง ดังนี้

ช่วงอุณหภูมิ (Temperatue range)	50 - 200°C
อัตราการเพิ่มความร้อน (Heating Rate)	10°C / min
Sensitivity	000 / Rg 500 V
น้ำหนักของตัวอย่างที่ใช้ประมาณ	8 - 9 มิลลิกรัม

และในการหาอุณหภูมิการเป็นผลึก (Tcr) ใช้สภาวะในการทดลอง ดังนี้

ช่วงอุณหภูมิ (Temperature ragne)	200 C - 70 C
อัตราการลดความร้อน (Cooling Rage)	10 °C / min
Sensitivity	000 / Rg 500 V
น้ำหนักของตัวอย่างที่ใช้ประมาณ	8 - 9 มิลลิกรัม

5. การทดสอบสมบัติเชิงกล

5.1 การทดสอบหาดัชนีการไหล (Melt flow index) : ASTM D-1238

เครื่องมือและอุปกรณ์

- Capillary Rheometer "KAYENESS"
- เครื่องชั่ง

วิธีการทดสอบ

1. ใช้ปริมาณของเม็ดพลาสติก 20 - 30 กรัม
2. เมื่ออุณหภูมิของ cylinder ถึง 230°C ทำการแช่ piston และ die ก่อนการวิเคราะห์ 1 นาที
3. เทเม็ดพลาสติก ผ่าน filling funnel ลงใน cylinder เลื่อน piston ลงมาและให้ใช้มือกดผ่านน้ำหนัก 2.16 kg ด้วยแรงพอประมาณเป็นเวลา 5 วินาที
4. กด start piston จะเคลื่อนที่ขึ้นและลงพร้อมกับใช้มือกดจน piston support ค้างที่ระยะ Sv
5. การทำงานของเครื่อง
   - เครื่องจะนับเวลาถอยหลัง 240 วินาที (Tv) จนถึง O

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- Piston support จะเคลื่อนที่ลงมาจนถึง Cylinder
- น้ำหนัก 2.16 kg จะเริ่มกดอย่างอิสระ จน piston ลงมาถึงระยะ Sm เครื่องจะเริ่มทำการวัดค่า MFI อ่านค่าจากเครื่อง

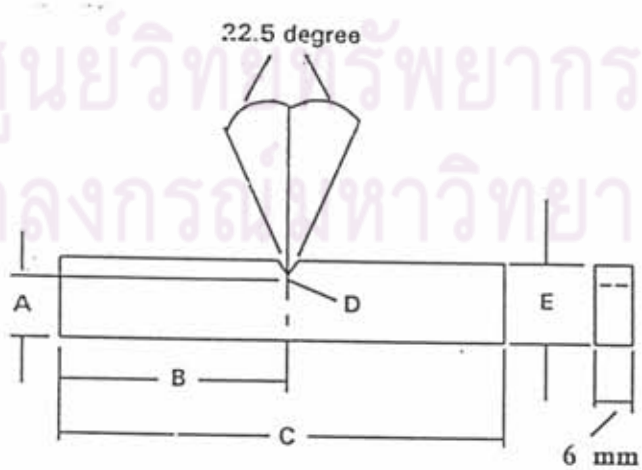
5.2 การทดสอบความต้านทานแรงกระแทก (Izod Notched Impact, NI) : ASTM 256

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. Izod Impact Tester "YASUDA"
2. Pendulum hammer ขนาด 4J
3. Thickness gauge for depth measuring ความละเอียด ± 0.01 mm
4. Micrometer scale 0.01 mm

การเตรียมชิ้นงาน

1. เตรียมชิ้นงาน 5 ชิ้นจากเครื่อง injection molding
2. เหลาขอบชิ้นงานและตัดขอบ gate mark จมลึกลงไปในชิ้นงานเล็กน้อย
3. นำชิ้นงานทั้งหมดไป condition ในห้องควบคุมอุณหภูมิ 23 ± 2° C และความชื้น 50 ± 5% โดยระยะเวลาในการปรับสภาวะต้องไม่น้อยกว่า 8 ชั่วโมง
4. นำชิ้นงานไปบากโดยเครื่อง Notching Machine โดยบากในด้านตรงข้ามกับ gate mark ชิ้นงานที่ได้จะมีลักษณะดังรูป



รูปที่ 3.11 ลักษณะชิ้นงานที่ใช้วัดความต้านทานแรงกระแทก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5. ใช้ Micrometer วัดความกว้าง (mm) บริเวณรอยบาก และใช้ Thickness gauge วัดความหนา (mm) ที่เหลือตรงรอยบาก บันทึกค่าโดยละเอียด ทศนิยม 2 ตำแหน่ง
6. นำชิ้นงานที่ผ่านการบากแล้วไป condition อีกไม่น้อยกว่า 1 ชั่วโมงก่อนที่จะนำไปทดสอบ

วิธีการทดสอบ

1. เปลี่ยน pendulum เป็น 4J แล้วทำการหาความฝืดของเข็มที่ใช้วัดค่า NI โดยการปล่อยตุ้มน้ำหนักอิสระโดยไม่มีชิ้นงานมากั้น (ปกติค่าจะอยู่ระหว่าง 0.02-0.03J)
2. นำชิ้นงานไปใส่ในตำแหน่งที่ใส่ชิ้นงานของเครื่อง โดยต้องใส่ชิ้นงานในแนวตั้งฉากให้ gauge mark อยู่ด้านบน และรอยบากหันไปทาง pendulum
3. ปล่อย pendulum ไปกระแทกชิ้นงาน (ชิ้นงานจะหัก) อ่านค่าบน scale และบันทึก
4. ทำซ้ำตามข้อ 2 และ 3 จนครบ 5 ชิ้น
5. ค่า NI ที่อ่านได้จะเป็นค่าเฉลี่ย

5.3 การทดสอบความแข็ง (Hardness) : ASTM D-785

เครื่องมือและอุปกรณ์

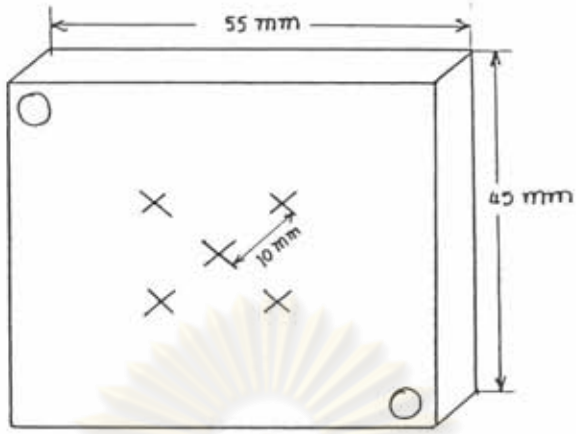
เครื่อง Hardness Tester Matsuzawa Seiki model DXT-1

การเตรียมชิ้นงาน

1. เตรียมชิ้นงานที่ได้จาก injection molding จำนวน 2 ชิ้น เลือกชิ้นงานที่เรียบไม่บิดงอ โดยพิจารณาว่าเมื่อวางชิ้นงานบนพื้นราบ ควรเรียบแนบสนิทกับพื้น
2. เหลาแบบชิ้นงานให้เรียบร้อย

วิธีการทดสอบ

1. Condition ชิ้นงานที่ความชื้นสัมพัทธ์ 50 ± 5% และอุณหภูมิ 23 ± 2^{o} C นาน 8 ชั่วโมง



รูปที่ 3.12 ลักษณะชิ้นงานที่ใช้วัดค่าความแข็ง

2. การตั้ง Condition ของเครื่อง Hardness Tester สำหรับ R-scale โดยจะใช้ขนาดของ Ball 1/2 นิ้ว และน้ำหนักที่ใช้กด 60 kgf
3. ในการวัดค่า Hardness จะวัดค่าที่จุดต่างๆ บนชิ้นงาน จำนวน 5 จุด แต่ละจุดต้องห่างกันโดยมีจุดตรงกลางชิ้นงาน 1 จุด และอีก 4 จุดจะอยู่ตามมุมของชิ้นงาน โดยที่จุดจะต้องห่างจากจุดตรงกลางประมาณ 10 mm
4. วางชิ้นงานบนฐาน โดยหงายด้านที่มีรูปวงกลมซึ่งเป็นรอยของ mold ขึ้น แล้วหมุนแกนฐานให้ยกขึ้น
5. กดปุ่ม start เครื่องจะทำการวัด Hardness รอจนตัวเลขคงที่ บันทึกค่าที่ได้ และเปลี่ยนตำแหน่งในการวัดจนครบ 5 จุด
6. ทำการทดลองชิ้นงานชิ้นที่ 2 ซ้ำ เหมือนงานชิ้นแรก และอ่านค่าความแข็ง
7. ค่าความแข็งที่อ่านค่าได้ จะเป็นค่าเฉลี่ย

5.4 การทดสอบความทนต่อแรงดึง (Tensile Strength at Yield) :

ASTM D-638

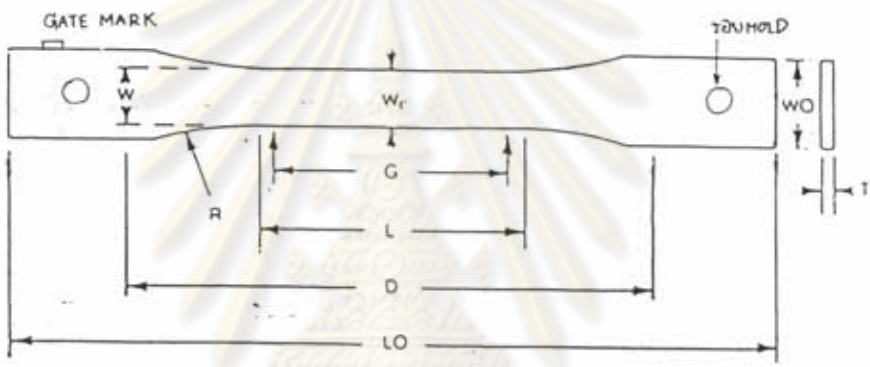
เครื่องมือและอุปกรณ์

1. Universal Testing Machine "Instron 4302" (UTM)
2. Micrometer Scale 0.01 mm

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การเตรียมชิ้นงาน

1. เตรียมชิ้นงานจากการฉีดด้วยเครื่อง Injection molding โดยเลือกชิ้นงานที่สมบูรณ์จำนวน 2 ชิ้น
2. Condition ชิ้นงานในห้องควบคุมอุณหภูมิ (Condition Room) ที่อุณหภูมิ $23\pm2^{O}C$ และความชื้นสัมพัทธ์ $50\pm5\%$ เป็นเวลาอย่างน้อย 8 ชั่วโมง
3. วัดความหนาของชิ้นงานทั้ง 2 ชิ้น ที่ตำแหน่งทั้ง 3 ตามรูปที่ 3.13 บันทึกตำแหน่งบางที่สุดลงบนชิ้นงาน สำหรับความกว้างของชิ้นงานจะวัดบริเวณตรงกลางของชิ้นงาน



รูปที่ 3.13 ชิ้นงานที่ใช้วัดค่าความทนต่อแรงดึง

วิธีการทดสอบ

1. การเตรียมเครื่อง UTM เพื่อทดสอบ Tensile Strength
   - เปลี่ยนหน่วยการทดสอบ
   - ใช้ load 10 KN และตั้งระยะห่างของ grip 114.3 mm
2. การทดสอบ Tensile
   - เลือกหัวข้อ Test a Sample จากหน้าจอ
   - ใส่ชิ้นงานที่เครื่อง UTM โดยให้ gate mark อยู่ด้านบนและหันเข้าหาผู้ทดลอง ตั้งระยะของหัว grip tensile โดยขอบล่างของ grip บน กับขอบบนของ grip ล่าง ให้ห่างกันเท่ากับ 114.3 mm และ clamp ให้แน่น เครื่อง UTM จะเริ่มทำการดึงด้วย speed 5mm/min จนกระทั่งชิ้นงานขาด ให้ถอดเอาชิ้นงานที่ขาดออกจาก grip tensile

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- ทดสอบกับชิ้นงานที่ 2 เหมือนกับชิ้นงานแรก
- ผลบนเครื่องจะรายงานค่าเฉลี่ย

5.5 การทดสอบความทนต่อการบิดงอ (Flexural Strength) และโมดูลัสของการบิดงอ (Flexural Modulus) : ASTM D790

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. Universal testing Machine : "INSTRON 4302" (UTM)
2. Micrometer scale 0.01 mm
3. Cutter

การเตรียมชิ้นงาน

1. ชิ้นงานได้มาจากการฉีดด้วยเครื่อง Injection Molding
2. เหลาขอบชิ้นงานโดยใช้ Cutter จมลึกลงไปในชิ้นงานเล็กน้อย
3. นำชิ้นงานไป Condition ในห้องควบคุมอุณหภูมิ $23 \pm 2^{\circ}C$ และความชื้น $50 \pm 5\%$ เป็นเวลานาน 24 ชั่วโมง
4. ขนาดของชิ้นงานคือ 127 x 12.7 x3.2 cm (5 x 1/2 x 1/8 inch)

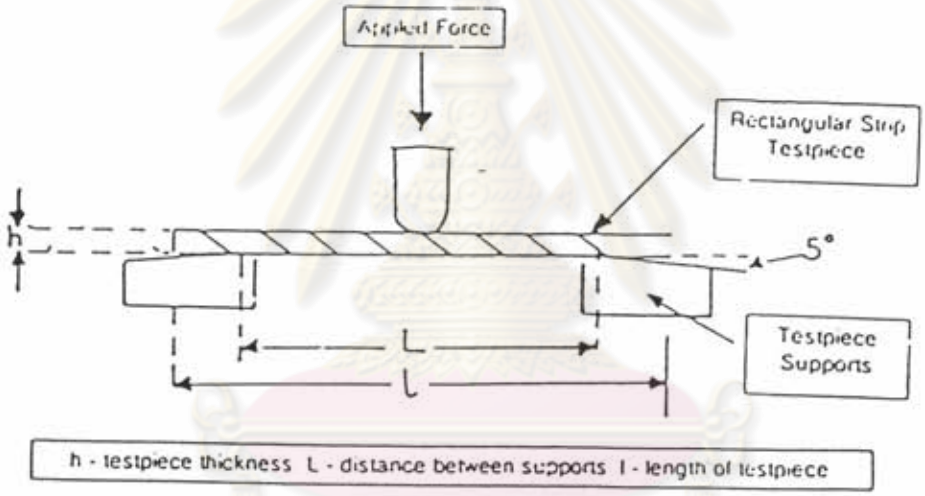
วิธีการทดสอบ

1. เปิดสวิทช์เครื่อง UTM แล้วปรับ load cell เป็น 0
2. วัดความหนา (h) และความกว้าง (b) ที่จุดสูนย์กลางของชิ้นงานที่ผ่านการ Condition ด้วย Micrometer ให้ละเอียดถึงทศนิยมตำแหน่งที่ 2
3. ที่เครื่อง UTM ปรับตั้ง Parameter ดังนี้
   - h (ความหนา) mm (ป้อนความหนาของชิ้นงาน)
   - b (ความกว้าง) mm (ป้อนความหนาของชิ้นงาน)
   - Fy (Force start) 0.1 kg.
   - F (Rupture threshold) 0.2 kg.
   - L (Max. Extension) 20 mm
   - Lv (Support span) 101.6 mm
   - Xl (Lower force) 1.0 kg.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- Xh (Upper force) 10kg

4. ใช้ Support Radius 2 mm ตั้งระยะ Support span 101.6 mm Diamiter ของ Indentor ขนาด 5 mm กองตั้งฉากกับชิ้นงานบริเวณตรงกลาง
5. ใส่ชิ้นงานที่จุดศูนย์กลาง ของ Support แล้วเริ่มทดสอบ
6. หลังจากเสร็จชิ้นงานแรก ชิ้นงานต่อไป ป้อนข้อมูลเฉพาะความหนา (h) และความกว้าง (b)
7. อ่านค่าจากเครื่อง



รูปที่ 3.14 การทดสอบค่าความทนต่อการบิดงอและโมดูลัสของการบิดงอ

5.6 การทดสอบอุณหภูมิของการบิดเบี้ยวด้วยความร้อน (Heat Deflection Temperature) : ASTM D-648

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. Oven
2. Heat Deflection Tester YASUDA SEIKI HD-148 PC
3. Micrometer ขนาด 0-25 mm ความละเอียด 0.01 mm

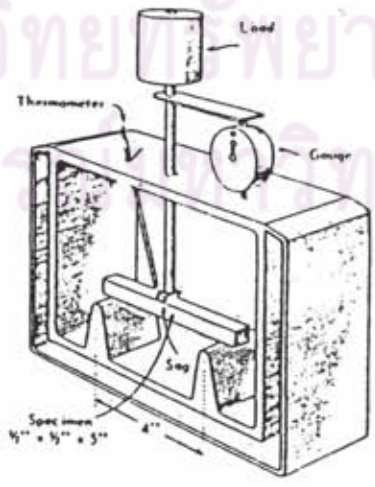
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การเตรียมชิ้นงาน

1. เตรียมชิ้นงานโดยวิธีการฉีดแบบ โดย Injection molding
2. เลือกชิ้นงานที่สมบูรณ์ 2 ชิ้น เหลาขอบชิ้นงานให้เรียบและตัด gate mark ให้จมลึกลงในชิ้นงานเล็กน้อย ขนาดของชิ้นงานคือ 5 x 1/2 x 1/8 นิ้ว แต่ความหนาอาจเป็นได้ตั้งแต่ 1/8 ถึง1/2 นิ้ว
3. นำชิ้นงานไป Condition ที่อุณหภูมิ 23 ± 2° และความชื้นสัมพัทธ์ 50 ± 5% เป็นเวลา 48 ชั่วโมง
4. วัดความหนาและความกว้างตรงกลางของชิ้นงานโดยใช้ Micrometer ความละเอียด 0.01 mm

วิธีการทดสอบ

1. เปิดเครื่อง HDT set up Condition ต่างๆ ให้เรียบร้อย
2. เลื่อน rack ออกมาข้างหน้า
3. ใส่ชิ้นงานใน rack ตามแนวตั้ง ให้ชิ้นงานอยู่ตรงกลางพอดี และตำแหน่ง gate mark หงายขึ้นและอยู่ด้านใน
4. ปล่อย weight up handle เพื่อให้ Indentor สัมผัสชิ้นงาน
5. เลื่อน rack กลับเข้าไป
6. ใส่น้ำหนักตามที่คำนวณได้ แล้วกดปุ่มให้เครื่องทำงาน
7. เมื่อเสร็จการทดสอบเครื่องจะทำการ cooling เอง
8. อ่านค่าจากเครื่อง



รูปที่ 3.15 การทดสอบอุณหภูมิของการบิดเบี้ยวด้วยความร้อน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย