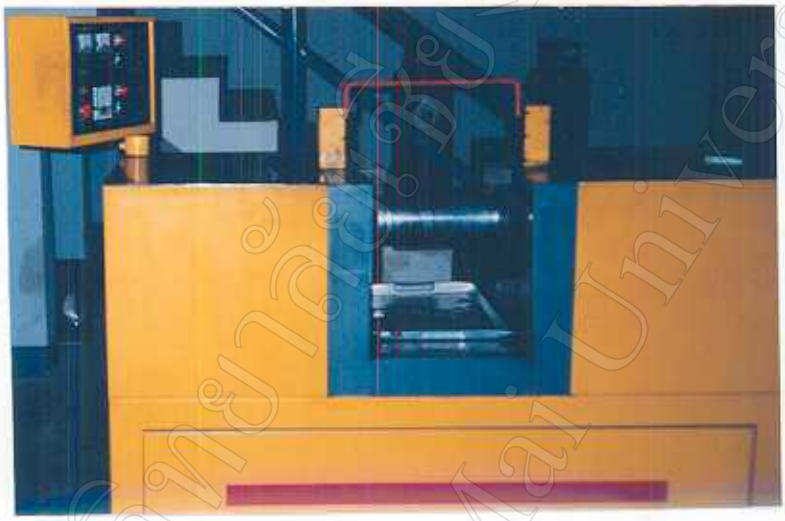
บทที่ 2
การทดลอง

2.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1) เครื่องผสมชนิดลูกกลิ้งสองตัว (two – roll mixer) LR-110 ของบริษัท Lab Tech Engineering Co. Ltd. ประเทศไทย ดังแสดงในรูป 2.1
2) เครื่องมือขึ้นรูปแบบฉีด (injection molding machine) ของบริษัท Griffin & George Co. Ltd. ดังแสดงในรูป 2.2
3) เครื่องบดพลาสติก ของบริษัทจงเจริญการช่าง ประเทศไทย ดังแสดงในรูป 2.3
4) เครื่องกดอัด (hot press machine) LR-20 ของบริษัท Lab Tech Engineering Co.Ltd. ประเทศไทย ดังแสดงในรูป 2.4
5) เครื่องทดสอบความทนแรงดึง (tensile testing machine) Autograph AGS-500A ของบริษัท Shimadzu ประเทศญี่ปุ่น ดังแสดงในรูป 2.5
6) เครื่องทดสอบความแข็งแบบร็อคเวลล์ (Rockwell hardness testing machine) DXT– 3 ของบริษัท Seiki Co. Ltd. ประเทศญี่ปุ่น ดังแสดงในรูป 2.6
7) เครื่องทดสอบความทนแรงโค้งงอ (flexural testing machine) รุ่น LRX ของบริษัท Lloyd ประเทศอังกฤษ ดังแสดงในรูป 2.7
8) เครื่องทดสอบความทนแรงกระแทก (impact testing machine) รุ่น TMI 43-1 ของบริษัท Testing Machines, Inc. ประเทศสหรัฐอเมริกา ดังแสดงในรูป 2.8
9) Differential Scanning Calorimeter (DSC) รุ่น DSC7 ของบริษัท Perkin-Elmer ดังแสดงในรูป 2.9
10) Thermogravimetric Analyser (TGA) รุ่น TGA7 ของบริษัท Perkin-Elmer ดังแสดงในรูป 2.10
11) Melt Flow Indexer รุ่น MP993a Extrusion Plastameter ของบริษัท Tinius Oison Testing machine Co., Inc. ประเทศสหรัฐอเมริกา ดังแสดงในรูป 2.11
12) กล้องจุลทรรศน์พร้อมอุปกรณ์ถ่ายภาพ รุ่น BX60M ของบริษัท Olympus Co. Ltd. ประเทศญี่ปุ่น ดังแสดงในรูป 2.12

2.2 วัสดุและสารเคมี

1) เม็ดพลาสติกพอลิพรอพิลีน จากบริษัท อุตสาหกรรมปิโตรเคมิคัลไทย จำกัด (TPI)
2) ถุงร้อน (พลาสติกชนิด PP) ยี่ห้อ aro จากบริษัท สยามแม็คโคร จำกัด
3) เส้นใยแก้วชนิด E-glass จากบริษัท สยามไฟเบอร์กลาส จำกัด
4) เมทานอล จาก Fisher Scientific UK Limited



รูป 2.1 เครื่องผสมชนิดลูกกลิ้งสองตัว (two – roll mixer)

รูป 2.2 เครื่องมือขึ้นรูปแบบฉีด (injection molding machine)

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

รูป 2.3 เครื่องบดพลาสติก

รูป 2.4 เครื่องกดอัด (hot press machine)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

รูป 2.5 เครื่องทดสอบความทนแรงดึง (tensile testing machine)

รูป 2.6 เครื่องทดสอบความแข็งแบบร็อคเวลล์ (Rockwell hardness testing machine)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

รูป 2.7 เครื่องทดสอบความทนแรงโค้งงอ (flexural testing machine)

รูป 2.8 เครื่องทดสอบความทนแรงกระแทก (impact testing machine)

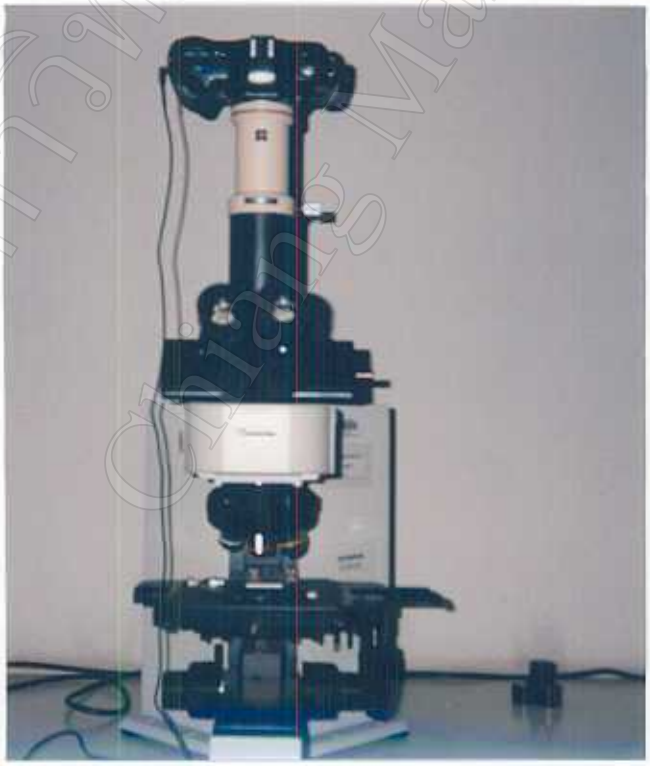
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

รูป 2.9 Differential Scanning Calorimeter (DSC)

รูป 2.10 Thermogravimetric Analyser (TGA)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

รูป 2.11 Melt Flow Indexer



รูป 2.12 กล้องจุลทรรศน์พร้อมอุปกรณ์ถ่ายภาพ

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

2.3 วิธีการทดลอง

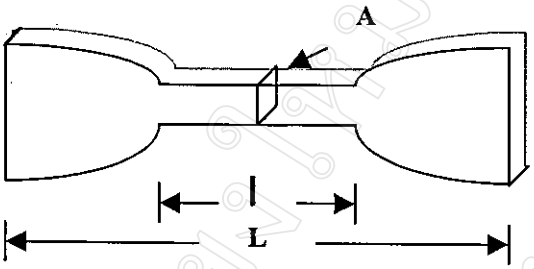
2.3.1 การหาอุณหภูมิในการหลอมเหลวและสมบัติทางความร้อนของเม็ดพลาสติกและถุงพลาสติกที่ใช้ในการทดลอง

นำเม็ดพลาสติกและถุงพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีนไปหาอุณหภูมิในการหลอมเหลว (T_m) โดยใช้เครื่อง DSC (Differential Scanning Calorimeter) เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการขึ้นรูปชิ้นงานต่อไป และวิเคราะห์หาอุณหภูมิที่เริ่มสูญเสียน้ำหนัก (weight loss, T_{wl}) ของเม็ดพลาสติกและถุงพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีนโดยเทคนิค TGA (Thermogravimetric Analysis) เพื่อใช้เป็นข้อมูลหาช่วงอุณหภูมิในการขึ้นรูปของชิ้นงาน นอกจากนี้ยังได้ทำการทดสอบหาความหนาแน่นและอัตราการไหลตัวของเม็ดพลาสติก และถุงพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีน โดยใช้เครื่องมือ Melt Flow Index ในการวิเคราะห์ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการแปรรูปของชิ้นงานต่อไป

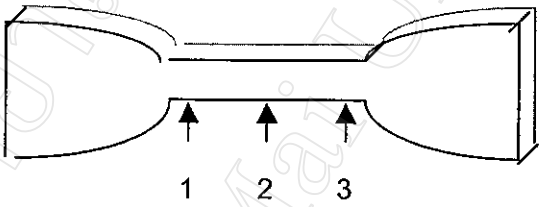
2.3.2 การหาสมบัติเชิงกลบางอย่างของชิ้นงานที่มีส่วนผสมต่างๆ

ตอนที่ 1 ชิ้นงานพลาสติกผสมระหว่างเม็ดพลาสติกกับถุงพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีน

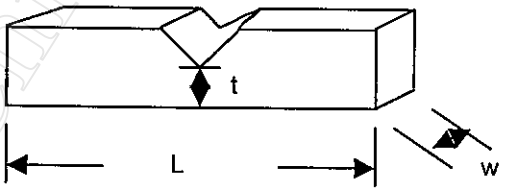
1) เตรียมแผ่นชิ้นงานที่ได้จากการผสมเม็ดพลาสติกกับถุงพลาสติกที่ทำจาก PP ด้วยอัตราส่วนต่างๆ ที่กำหนดไว้ ผสมกันโดยใช้เครื่องผสมชนิดลูกกลิ้งสองตัวโดยพักวัสดุผสมบนลูกกลิ้งนาน 10 นาที ซึ่งตั้งอุณหภูมิของลูกกลิ้งทั้งสองไว้ที่ 170 °C และ 185 °C จากนั้นเปิดสวิทช์ให้ลูกกลิ้งทั้งสองทำงานประมาณ 10 นาที ทิ้งให้เย็นแล้วลอกออก
2) นำแผ่นชิ้นงานที่ได้ไปบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบดพลาสติก
3) นำพลาสติกที่ผ่านการบดมาขึ้นรูปด้วย Injection molding machine โดยให้อุณหภูมิ 175 °C นาน 10 นาที/ชิ้น ได้ชิ้นงานรูปดัมเบลล์ ดังแสดงในรูป 2.13 และรูป 2.14 แสดงตำแหน่ง 3 ตำแหน่ง ที่ใช้ในการวัดพื้นที่หน้าตัดของชิ้นงาน
4) นำชิ้นงานไปทดสอบหาค่าความทนแรงดึงสูงสุด (tensile strength), เปอร์เซ็นต์การยืดตัว (percentage elongation), มอดุลัสของยัง (Young' s modulus), ค่าความแข็งร็อคเวลล์ (Rockwell hardness), ความทนแรงโค้งงอ (flexural strength) ส่วนกรณีทดสอบความทนแรงกระแทก (impact strength) จะใช้ชิ้นงานที่มีลักษณะดังรูป 2.15



รูป 2.13 ชิ้นงานรูปดัมเบลล์



รูป 2.14 ตำแหน่ง 3 ตำแหน่ง ที่ใช้ในการวัดพื้นที่หน้าตัดของชิ้นงาน



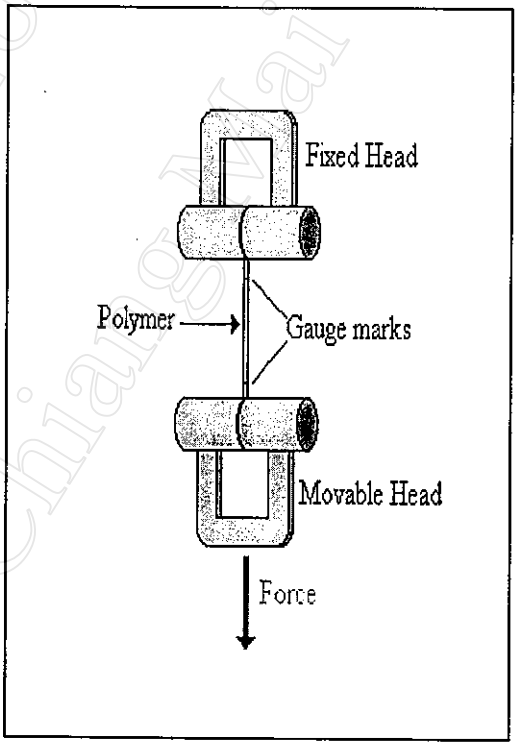
รูป 2.15 ชิ้นงานทดสอบความทนแรงกระแทก

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

การทดสอบค่าความทนแรงดึง (Tensile strength)

1) นำชิ้นงานที่ได้หลังการขึ้นรูปด้วย Injection molding machine ไปวัดความหนาและความกว้างของชิ้นงาน
2) นำชิ้นงานไปทดสอบด้วยเครื่องทดสอบความทนแรงดึงโดยใช้เงื่อนไข ดังนี้
   Load cell 500 kg_f (5 kN), Test speed 20 mm/min
3) กดปุ่ม UP เพื่อทำการดึงชิ้นงาน โดยจะมีเครื่องรับข้อมูลบันทึกออกมาในลักษณะเส้นโค้งแรง ระยะยืด จากนั้นนำกราฟที่ได้มาแปลผลเพื่อทำการวิเคราะห์ต่อไป

รูป 2.16 แสดงการจับชิ้นงานเพื่อทดสอบความทนแรงดึง และรูป 2.17 แสดงลักษณะของชิ้นงานเมื่อทดสอบความทนแรงดึง



รูป 2.16 การจับชิ้นงานเพื่อทดสอบความทนแรงดึง

รูป 2.17 ลักษณะของชิ้นงานเมื่อทดสอบความทนแรงดึง

การทดสอบความแข็ง (Hardness Testing)

1) นำชิ้นงานไปหาค่าความแข็งโดยใช้เครื่องทดสอบความแข็งชนิดร็อคเวลล์ โดยใช้หัวกด กดลงบนชิ้นงานด้วยแรงกดรอง (miner load) ที่ 10 กิโลกรัม จากนั้นเพิ่มแรงกดเป็นแรงกดหลัก (major load) แล้วทำการประมวลผลโดยรวมค่าการคืนตัวของชิ้นงาน โดยหัวกดที่ใช้ในการทดสอบจะใช้เป็นหัวกดสเกล R ซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ½ นิ้ว แรงกดหลัก 60 กิโลกรัม กดเป็นเวลา 15 วินาที
2) อ่านค่าความแข็งได้โดยตรงจากหน้าปัดของเครื่อง หน่วยเป็น HRR

การทดสอบความทนแรงกระแทก (Impact Testing)

1) นำชิ้นงานไปวัดความหนาและความกว้างของชิ้นงานตรงรอยบากเพื่อคำนวณพื้นที่หน้าตัดของชิ้นงาน เพื่อนำไปทด สอบความทนแรงกระแทก
2) ติดตั้งอุปกรณ์เครื่องทดสอบค่าความทนแรงกระแทกแล้วทำการเหวี่ยงลูกตุ้มเพื่อให้ทราบค่าเฉลี่ยของค่าความเสียดทานกับอากาศ (E_{air})
3) นำชิ้นงานไปติดตั้งในเครื่องทดสอบความทนแรงกระแทก โดยวางชิ้นงานตรงรอยบากให้อยู่ด้านเดียวกับหัวเหวี่ยงที่จะมากระแทก (แบบ Izod) แล้วทดสอบชิ้นงานหาค่าความทนแรงกระแทกทั้งหมด (E_{ob})

4) นำค่าที่ได้จากข้อ 3 ไปหักลบกับค่าที่ได้จากข้อ 2 แล้วนำค่าที่ได้ไปหารกับพื้นที่หน้าตัดเพื่อให้ได้ค่าความทนแรงกระแทก แล้วบันทึกผล

การทดสอบความเค้นการโค้งงอ (Flexural Testing)

1) นำชิ้นงานที่ได้หลังการขึ้นรูปด้วย Injection molding machine ไปวัดความหนาและความกว้างของชิ้นงาน จากนั้นนำไปทดสอบด้วยเครื่องทดสอบความทนแรงโค้งงอ โดยใช้ load cell ขนาด 250 kg_f (2500 N) กดชิ้นงานทดสอบจนโค้งงอจากแนวระดับ 10 mm (1 cm)
2) ได้ค่าความเค้นการโค้งงอจากการคำนวณของคอมพิวเตอร์ที่ต่อเข้ากับเครื่องทดสอบการโค้งงอ

ตอนที่ 2 ชิ้นงานพลาสติกผสมระหว่างถุงพลาสติก PP กับเส้นใยแก้ว

การทดลองนี้เพื่อปรับปรุงสมบัติเชิงกลของพลาสติกที่เตรียมจากถุงร้อน

1) เตรียมชิ้นงานจากถุงร้อน PP ผสมเส้นใยแก้ว 1-20 %โดยน้ำหนัก โดยใช้เครื่องผสมชนิดลูกกลิ้งสองตัวที่อุณหภูมิ 170 °C กับ 185 °C น้ำหนักวัสดุรวมในการผสมแต่ละครั้ง 150 กรัม
2) นำแผ่นชิ้นงานที่ได้ไปบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบดพลาสติก
3) นำพลาสติกที่ผ่านการบดมาขึ้นรูปด้วย Injection molding machine โดยให้อุณหภูมิ 175 °C นาน 10 นาที/ชิ้น
4) นำชิ้นงานไปทดสอบสมบัติเชิงกลต่าง ๆ ดังอธิบายใน ตอนที่ 1
5) นำชิ้นงานที่ทดสอบสมบัติความทนแรงดึงในข้อ 4 แล้ว ไปหลอมเพื่อแยกเส้นใยออก แล้วนำมาส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 5 เท่า เพื่อหาความยาวของเส้นใยแก้วที่ฝังในเมทริกซ์

ตอนที่ 3 ชิ้นงานผสมระหว่างถุงพลาสติกและเม็ดพลาสติก PP ผสมกับเส้นใยแก้ว

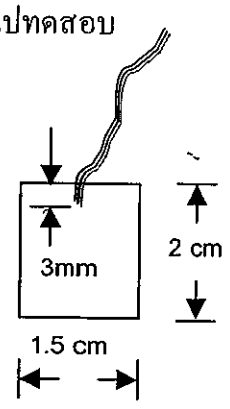
การทดลองนี้เพื่อปรับปรุงสมบัติเชิงกลของพลาสติกที่เตรียมจากถุงร้อนและเม็ดพลาสติก

1) นำวัสดุผสมระหว่างถุงร้อนและเม็ดพลาสติก PP ซึ่งในตอนที่ 1 พบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดเป็น 60:40 มาผสมกับเส้นใยแก้ว 1-20 %โดยน้ำหนัก โดยใช้เครื่องผสมชนิดลูกกลิ้งสองตัวที่อุณหภูมิ 170 °C กับ 185 °C น้ำหนักวัสดุรวมในการผสมแต่ละครั้ง 150 กรัม
2) นำแผ่นชิ้นงานที่ได้ไปบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบดพลาสติก
3) นำพลาสติกที่ผ่านการบดมาขึ้นรูปด้วย Injection molding machine โดยให้อุณหภูมิ 175 °C นาน 10 นาที/ชิ้น
4) นำชิ้นงานไปทดสอบสมบัติเชิงกลต่าง ๆ ดังอธิบายใน ตอนที่ 1

ตอนที่ 4 ทดสอบค่าแรงดึงที่ทำให้เส้นใยหลุดออกจากเมทริกซ์ (Pull - out Test)

1) นำถุงร้อน PP มาทำให้เป็นแผ่นโดยเครื่องผสมชนิดลูกกลิ้งสองตัวที่อุณหภูมิ 170 °C กับ 185 °C น้ำหนักวัสดุในการผสมแต่ละครั้งประมาณ 50 กรัม
2) ตัดชิ้นงานให้มีขนาดเล็กประมาณ 1.5 x 2 cm
3) ทำการวัดเส้นผ่าศูนย์กลางและความยาวของมัดเส้นใยโดยไมโครมิเตอร์แล้วบันทึกผล
4) นำมัดเส้นใยสอดเข้าไปในแผ่นพลาสติก PP ที่ประกบกัน จากนั้นนำไปหลอมเพื่อให้แผ่นพลาสติกประกบเข้าด้วยกันโดยใช้เครื่องอัดแผ่นพลาสติก
5) นำชิ้นงานที่เตรียมได้มาวัดค่าความเค้นเฉือนโดยใช้เครื่องทดสอบแรงดึง

รูป 2.18 แสดงชิ้นงานที่จะนำไปทดสอบ



รูป 2.18 ลักษณะชิ้นงานที่นำไปทดสอบ Pull - out Test