การศึกษาอิทธิพลของขี้ตะกรันอลูมิเนียมจากโรงหล่อที่มีผลต่อสมบัติของวัสดุผสมพอลิเมอร์-พื้นหลักพอลิพรอพิลีน

Influence of Aluminum Dross from Aluminum Casting Factory On Polypropylene Matrix-polymer Composite Materials

ไพบูลย์ แย้มเผื่อน* ปราโมทย์ พูนนายม มนัส ศรีสวัสดิ์ เจษฎา แก้ววิชิตร และกิตติพงษ์ กิมะพงศ์

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ถนนรังสิต – นครนายก ตำบลคลองหก อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110 E-mail: piboon.y@en.rmutt.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการนำเศษวัสดุเหลือใช้ที่เกิดจากกากอลูมิเนียม ได้แก่กากที่เหลือจากขบวนการผลิตอลูมิเนียมซึ่งเรียกว่า ขี้ตะกรันอลูมิเนียม โดยนำกากอลูมิเนียมดังกล่าวมาผ่านขบวนการทำให้บริสุทธิ์ เพื่อกำจัดสิ่งสกปรกจากนั้นนำมาบดเป็นผงด้วยเครื่องบดลดขนาดวัตถุจนได้ขนาด 200 เมช จากนั้นนำสารที่ได้เตรียมไปใช้เป็นสารเสริมแรงในพอลิเมอร์ โดยการนำมาผสมกับพอลิเมอร์ชนิดพอลิพรอพิลีน ด้วยขบวนการผสมแบบหลอมละลายใช้เครื่องผสมภายในที่อุณหภูมิ 220 ^{0}C รอบการผสม 40 รอบต่อนาที ใช้เวลาการผสม 5 นาที การผสมสารตัวเติมที่เตรียมไว้ โดยใช้สัดส่วนการผสม 1, 3, 5, 7 และ 9% โดยน้ำหนัก จากการผสมพบว่าของผสมที่ได้มีสีเปลี่ยนเป็นสีเทา มีความแข็งมากขึ้น ผลการทดสอบสมบัติเชิงกล โดยการทดสอบแรงดึง พบว่าวัสดุผสมที่เตรียมได้มีความแข็งแรงมากขึ้น และมีค่ามอดูลัสมากขึ้น แต่มีการยืดตัวต่ำลง เมื่อนำไปทดสอบความแข็งพบว่ามีความแข็งมากขึ้น นอกจากนั้นเมื่อนำไปทดสอบความเป็นผลึกพบว่ามีความเป็นผลึกมากขึ้น ดังนั้นวัสดุผสมที่ได้มีสมบัติไปในทางที่มีความแข็งเกร็งมากขึ้น ทั้งนี้น่าจะมาจากสมบัติของสารเสริมแรงที่ได้จากเศษวัสดุที่เหลือจากขบวนการผลิตอลูมิเนียม ดังนั้นงานวิจัยนี้เป็นแนวทางการนำเศษวัสดุที่เหลือจากขบวนการอุตสาหกรรมมาใช้ให้เกิดประโยชน์นอกจากได้วัสดุผสมชนิดใหม่ที่มีสมบัติที่ดีขึ้นจากเดิม ยังช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากขยะอุตสาหกรรมอีกด้วย

คำสำคัญ: *อลูมิเนียมออกไซด์ พอลิพรอพิลีน วัสดุผสม ขี้ตะกรันอลูมิเนียม*

Abstract

This research studies the utilization of aluminum scraps, for instance by passing them through the purification process in order to eliminate the dirt, i.e. dross. The aluminum scraps were crushed by the ball mill to the size of 200 meshes and mix with polypropylene, acting as filler, to strengthen the polymer. The process is called melt blending process, using intimae mixer at the temperature of 220 degree Celsius, 40 mixing rounds per minute

and given five minutes of the mixing time, the filler mixtures have mixing ratios of 1, 3, 5, 7 and 9% weight. After the mixing, the color of the composites changed to grey and became harder. The results of tensile test method showed that the prepared filler became stronger with higher modulus value, while its elasticity decreased. The hardness and crystallization tests-indicated the hardness and the crystallization of the composite materials were higher than the non-composited one. Therefore, the composite materials had higher rigidity due to the recycled aluminum oxide filler. Thus this research is a guideline for utilizing the aluminum oxide scraps from the industrial process to form new composites with improved property. It also helps reduce the environmental problem from industrial wastes.

Keywords: *aluminum oxide, polypropylene, composites, aluminum dross*

---

1. บทนำ

อลูมิเนียมเป็นโลหะที่พบในชีวิตประจำวันและใช้ในงานต่าง ๆ มาก รองจากเหล็กและทองแดง เช่น ใช้ทำภาชนะในครัวเรือน ของใช้อื่นๆ และวัสดุก่อสร้าง อลูมิเนียมเป็นโลหะที่นำไปใช้แทนเหล็กและทองแดงมากขึ้นทุกที โดยข้อดีของอลูมิเนียมคือเป็นโลหะที่มีน้ำหนักเบากว่าเหล็กและทองแดง มีราคาถูกและไม่เกิดสนิม ในกระบวนการผลิตล้อแม็กรถยนต์นั้นขั้นตอนของการหลอมอลูมิเนียมจะมีการเติมฟลักซ์ (Flux)ลงไป เพื่อจำกัดสารมลทินจนน้ำอลูมิเนียมหลอมเหลว ซึ่งจะมีอลูมิเนียมส่วนหนึ่งลอยขึ้นเหนือผิวน้ำอลูมิเนียมหลอมเหลวผสมมากับฟลักซ์ที่เรียกว่า อลูมิเนียมออกไซด์ (Aluminum Oxide, Al_2O_3) หรือกากหรือขี้ตะกรันอลูมิเนียม (Dross) (เชาวลิต ลิ้มมณีวิจิตร, 2549) ซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้จากกระบวนการหลอมอลูมิเนียม โดยขี้ตะกรันอลูมิเนียมส่วนนี้จะมีการนำกลับมาไปใช้ใหม่น้อย จึงเป็นวัสดุที่จะต้องถูกนำไปทิ้งหรือกำกัดโดยเปล่าประโยชน์

ทางผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำขี้ตะกรันอลูมิเนียมนี้มาใช้ให้เกิดประโยชน์ โดยการนำขี้ตะกรันอลูมิเนียมไปบดให้เป็นผงแล้วนำมาผสมกับพอลิเมอร์ เพราะพลาสติกเข้ามามีบทบาทต่อการดำรงชีวิตในปัจจุบัน สมบัติเด่นของพลาสติกคือมีน้ำหนักเบาสามารถขึ้นรูปได้ง่าย ทำให้มีปริมาณการใช้สูงทั้งอุตสาหกรรมและเกษตรกรรมพลาสติกที่ใช้กันในทุกวันนี้มีวัตถุดิบมาจากกระบวนการสังเคราะห์พอลิเมอร์ มีอัตราการใช้ที่สูงและมีราคาแพง คาดว่าในอนาคตวัตถุดิบเหล่านี้จะมีปริมาณที่น้อยลงดังนั้นจึงนำพอลิเมอร์มาผสมกับวัสดุตัวอื่น เพื่อประโยชน์ในด้านของการลดวัตถุดิบพอลิเมอร์ลงเป็นการลดต้นทุนการผลิตเป็นแนวทางในการลดราคาของผลิตภัณฑ์ส่งผลให้การแข่งขันในอุตสาหกรรมพลาสติกเป็นไปได้ด้วยดีและลดปริมาณใช้น้ำมันรวมทั้งทรัพยากรธรรมชาติได้อีกด้วย วัสดุที่นำมาผสมนั้นถ้าเป็นของเหลือใช้จะให้ต้นทุนการผลิตต่ำลง ซึ่งวัสดุเหลือใช้นี้อาจส่งผลในเรื่องการปรับปรุงกระบวนการผลิตและผลิตภัณฑ์ รวมไปถึงสมบัติต่างๆของพอลิเมอร์ ด้วย

โดยในงานวิจัยนี้เป็นการนำพอลิพรอพีลีนซึ่งเป็นพลาสติกที่นิยมใช้งานอย่างกว้างขวางทั้งในรูปแบบของบรรจุภัณฑ์ เช่น ถุงพลาสติก ถาดใส่อาหาร ขวดน้ำดื่ม เป็นต้น เนื่องจากปัจจุบันมีการนำพอลิพรอพีลีนไปใช้ ทดแทนวัสดุแบบเดิม เช่น การ

นำไปใช้งานกับชิ้นงานที่ทำจากไม้ หรือ โลหะ เพื่อลดต้นทุน แต่พอลิพรอพีลีนมีข้อจำกัดคือมีความแข็งต่ำและทนการสึกหรอได้น้อยโดยเฉพาะเมื่อเทียบกับวัสดุโลหะ หรือเอ็นจิเนียร์ริ่งพลาสติกบางชนิด ที่มีราคาแพง ในการปรับปรุงสมบัติด้านความแข็งของพอลิพรอพีลีนสามารถทำได้โดยการเติมสารเสริมแรง เช่น Fiber Glass, CaCo3 (สุภาพรณ์ ทุ่มสอน, 2544) Natural Fiber ในงานวิจัยนี้เป็นการนำอลูมิเนียมออกไซด์ ที่เหลือจากการหล่ออลูมิเนียมมาผสมลงในพอลิพรอพีลีนเพื่อทำการปรับปรุงสมบัติด้านความแข็งและการทนการสึกหรอ (Pitawala et al., 2007)

2. วัสดุและอุปกรณ์การทดลอง

2.1 การเตรียมขี้ตะกรันอลูมิเนียม

ทำความสะอาดขี้ตะกรันอลูมิเนียม ที่ได้จากงานหล่อ โดยการนำขี้ตะกรันอลูมิเนียม ไปแช่น้ำแล้วรินน้ำออกทำซ้ำเรื่อย ๆ จนน้ำที่แช่ขี้ตะกรันอลูมิเนียมใสไม่ขุ่นจากนั้นนำขี้ตะกรันอลูมิเนียมที่ได้ไปตากแดดให้แห้ง จากนั้นนำขี้ตะกรันอลูมิเนียมที่แห้งแล้วไปทุบด้วยฆ้อนให้มีขนาดเล็ก แล้วนำไปคัดขนาดด้วยเครื่องร่อน (Sieve Shaker) โดยใช้ ตะแกรง ร่อนขนาด 1 mm เพื่อนำขี้ตะกรันอลูมิเนียมไปบดละเอียดโดยใช้เครื่องบดลดขนาดวัตถุด้วยลูกบด ใช้เวลาในการบดประมาณ 6 ชั่วโมง จากนั้นนำไปคัดขนาดโดยใช้ตะแกรงร่อนขนาด 200 เมช แสดงดังรูปที่ 1 แล้วเก็บขี้ตะกรันอลูมิเนียมบดละเอียดที่ได้ไว้ในกล่องพลาสติก

รูปที่ 1 ขี้ตะกรันอลูมิเนียม ขนาด 200 เมช สำหรับใช้ผสมในพอลิพรอพิลีน

2.2 การผสมในเครื่องผสมภายใน (Internal Mixer)

นำพอลิเมอร์ได้แก่ พอลิพรอพีลีนผสมกับสารตัวเติมขี้ตะกรันอลูมิเนียมบดละเอียด (Al_2O_3Dross) ในเครื่องผสมแล้วนำไปผสมในเครื่องผสมภายในอุณหภูมิในการผสม 220^{0}C และความเร็วรอบ 40 รอบต่อนาที (rpm) ใช้เวลาในการผสม 5 นาที โดยใช้สัดส่วนการผสม 1, 3, 5, 7 และ 9% โดยน้ำหนัก พอลิเมอร์ผสมที่ผ่านออกมาจากเครื่องผสมแบบผสมแบบปิด ถูกทำให้เย็น และทำการตัดเป็นเม็ดโดยเครื่องบดเม็ดพลาสติก โดยนำเม็ดพอลิเมอร์ผสมที่ได้ไปอบในเตาอบ อุณหภูมิ 80^{0}C เป็นเวลา 8 ชั่วโมง ก่อนนำไปขึ้นรูป จากนั้นนำเม็ดพอลิเมอร์ผสมที่ได้ไปขึ้นรูปโดยวิธีการอัดขึ้นรูปร้อน โดยขึ้นรูปเป็นชิ้นงานทดสอบมาตรฐานรูปดับเบลตามASTM D638 Type IV (American National Standard, 1996) อุณหภูมิในการขึ้นรูป 1700^{0}C ที่แรงกดดัน 10 ตัน ให้ความร้อนก่อน อัดขึ้นรูป (Preheating) 8 นาที เวลาในการอัดขึ้น (Pressing) 5 นาที และทำให้เย็นตัวอย่างรวดเร็ว (Rapid cooling) โดยแท่นหล่อเย็นเป็นเวลา 5 นาที จากนั้นรอให้ชิ้นงานเย็นตัวที่อุณหภูมิห้อง

3. การทดสอบ

3.1 การทดสอบแรงดึง (Tensile Testing)

ทำการทดสอบแรงดึงตามมาตรฐาน ASTM D 638 (American National Standard, 1996) จากชิ้นงานทดสอบรูปดัมเบล โดยใช้เครื่องทดสอบแรงดึงของ บริษัท Monsanto/T2000 ที่ load cell 100 N ความเร็วในการทดสอบ 500 mm/min บันทึกแรง (Force) และระยะที่ยืด (Displacement) โดยซอฟแวร์ของเครื่อง ทำการทดสอบแต่ละตัวอย่างด้วยชิ้นงานทดสอบ 5 ชิ้น โดยศึกษาค่าความต้านทานแรงดึง ณ จุดคราก (yield stress) มอดูลัส (Modulus) และเปอร์เซ็นต์การยืดตัวที่จุดขาด (% Elongation at break) ของชิ้นงานซึ่งค่าต่าง ๆ จะได้มาจากซอฟแวร์ Tension General Purpose Test Program

3.2 การทดสอบความแข็ง (Hardness Testing)

ทำการวัดความแข็งของพอลิเมอร์ตามมาตรฐาน ASTM D2240 (American National Standard, 1996) โดยใช้เครื่องวัดความแข็งแบบ Shore D โดยนำชิ้นงานวางบนแท่นทดสอบ จากนั้นกดน้ำหนักของเครื่องวัดความแข็งลงบนชิ้นงาน ใช้เวลาในการกด 15 วินาที และทำการบันทึกค่าความแข็งที่ได้ โดยเลือกจุดในการทดสอบ 5 จุด

3.3 การศึกษาสมบัติทางความร้อนจากเทคนิค Differential Scanning Calorimetry (DSC)

ทำการศึกษาสมบัติทางความร้อนของพอลิเมอร์ จากเทคนิค DSC โดยเครื่อง Perkin Elmer DSC 7 ชิ้นงานตัวอย่าง ประมาณ 10 mg ใส่ลงในภาชนะทดสอบที่ทำจากอลูมิเนียม (Aluminum pan) ทำการเทียบอุณหภูมิ (Calibrate) โดยใช้ Indium ในการทดสอบจะให้ความร้อนกับตัวอย่างจาก 50-200 ^{0}C ที่อัตราการใช้ความร้อน 20^{0}C/min และอยู่ที่อุณหภูมิ 200^{0}C เป็นเวลา 3 นาที จากนั้นทำให้เย็นตัวจาก 20-50 ^{0}C ที่อัตราการให้ความร้อน 5^{0}C/min บันทึกอุณหภูมิการหลอมละลาย (Tm), อุณหภูมิการเกิดผลึก (Tc) และ Melting enthalpy (Heat of Fusion, Δ Hf) (ASM International, 2000)

3.4 การศึกษาโครงสร้างจุลภาคจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอนแบบส่องกวาด (Scanning Electron Microscope)

ทำการศึกษาโครงสร้างจุลภาคของพอลิเมอร์ โดยศึกษาลักษณะของการยึดเกาะระหว่างพอลิเมอร์กับสารตัวเติมอลูมิเนียมออกไซด์ และศึกษาการกระจายตัวของสารตัวเติมบนโครงสร้างของพอลิเมอร์ (Polymer Matrix)จากตัวอย่างชิ้นงานที่หักในไนโตรเจนเหลว และทำการเคลือบผิวด้วยทอง บันทึก Secondary Electron Lmage จาก JEOL Scanning Electron Microscope ที่ความต่างศักย์ 20 kV

3.5 การทดสอบความเสียดทาน (Abrasion Testing)

ในการทดสอบการสึกหรอผู้วิจัยได้จัดสร้างแสดงดังรูปที่ 2 เพื่อทดสอบเปรียบเทียบกันระหว่างชิ้นงานที่เตรียมได้กับชิ้นงานที่เป็นพอลิพอพีลีน โดยใช้เปรียบเทียบในงานวิจัยนี้โดยเฉพาะ โดยจะทดสอบตามมาตรฐาน DIN 53516 โดยชิ้นงานทดสอบจะมีรูปร่างเป็นทรงกระบอก Ø16 mm สูง 6 mm ขึ้นรูปด้วยการอัดขึ้นรูปร้อน อุณหภูมิในการขึ้นรูป 170 ^{0}C ที่แรงดัน 10 ตันให้ความร้อนก่อนอัดขึ้นรูป (preheating) 8 นาที เวลาในการอัดขึ้นรูป (pressing) 5 นาที ซึ่งมีหลักการทำงานในการทดสอบดังต่อไปนี้

นำชิ้นงานทดสอบที่เตรียมได้ไปใส่ในแป้นจับยึดชิ้นงานโดยผิวหน้าชิ้นงานจะถูกวางบนกระดาษทราย ซึ่งบนแป้นจับชิ้นงานจะมีแกนเหล็กสำหรับใส่ตุ้มถ่วงน้ำหนักเพื่อกดทับชิ้นงาน จากนั้นจะกดสวิทช์

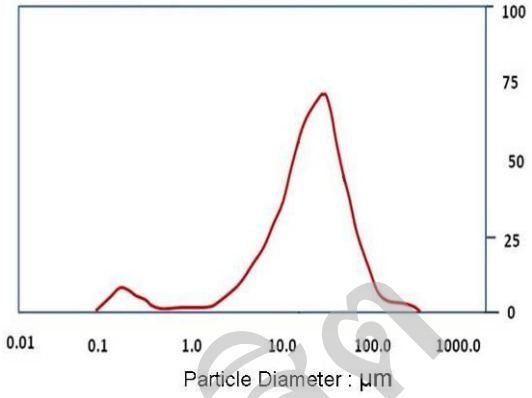
ให้เครื่องทำงาน โดยเครื่องจะเคลื่อนที่เดินหน้า- ถอยหลัง ด้วยระบบนิวเมตริก โดยไม่ยกชิ้นงานในจังหวะถอยกลับ โดยวิเคราะห์ความเสียดทานจากน้ำหนักที่หายไป จากจำนวนที่ทดสอบ 400 รอบ ใช้น้ำหนักกดทับ 20 N ความเร็วรอบ 1 รอบ/วินาที กระดาษทรายสำหรับขัดเบอร์ 600

รูปที่ 2 เครื่องทดสอบความเสียดทาน

4. ผลการทดลอง

4.1 ขนาดอนุภาคของ ขี้ตะกรันอลูมิเนียม

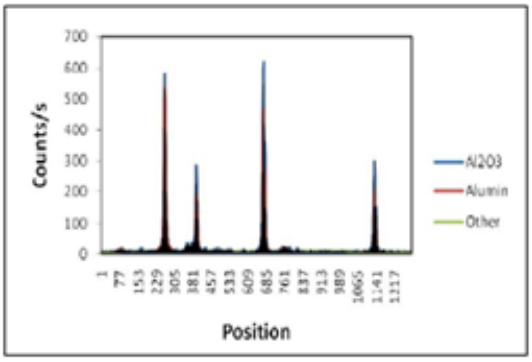
นำขี้ตะกรันอลูมิเนียม ที่ได้จากการบดนำมาคัดขนาดโดยการใช้ตะแกรงร่อน (Sieve) ซึ่งตะแกรงที่ใช้มีขนาดมาตรฐาน 200 เมช จากนั้นทำการวิเคราะห์ขนาดของขี้ตะกรันอลูมิเนียม ได้โดยการใช้เครื่อง Master Sizing พบว่าขนาดของขี้ตะกรันอลูมิเนียมมีการกระจายตัว เฉลี่ยอยู่ที่ 49 ไมโครเมตร แสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 การกระจายตัวของขนาดอนุภาค ขี้ตะกรัน

4.2 การวิเคราะห์โครงสร้างของ ขี้ตะกรันอลูมิเนียม จากเทคนิค X-ray Diffraction (XRD)

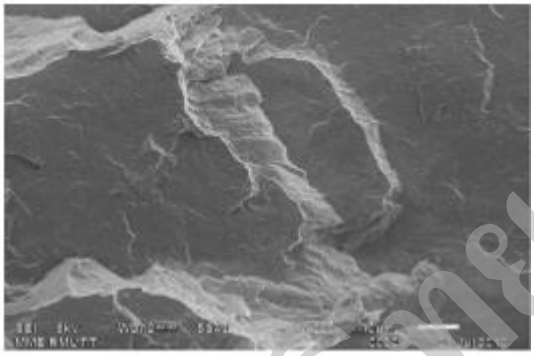
นำขี้ตะกรันอลูมิเนียมที่ได้จากการบดนำมาคัดขนาดโดยการใช้ตะแกรงร่อน (Sieve) ซึ่งตะแกรงที่ใช้มีขนาดมาตรฐาน 200 เมช จากนั้น ทำการวิเคราะห์ส่วนผสมทางเคมีของขี้ตะกรันอลูมิเนียม โดยการใช้การเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ พบว่าส่วนประกอบหลักของ ขี้ตะกรันอลูมิเนียมเป็น Al_2O_3 77.9% อลูมินา 28% และมีธาตุอื่น เช่นสังกะสี ซิลิกอน แคลเซียม ทองแดง ลิเทียม ออกไซด์ของเหล็กโพแทสเซียมผสมอยู่เล็กน้อย แสดงดังรูปที่ 4



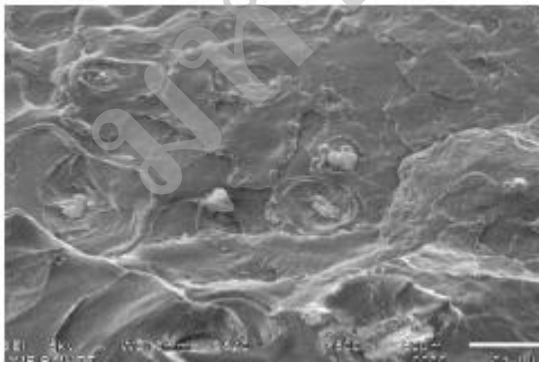
รูปที่ 4 การวิเคราะห์โครงสร้างของ ขี้ตะกรันอลูมิเนียมจากเทคนิค X-ray Diffraction (XRD)

4.3 การศึกษาโครงสร้างของขี้ตะกรันอลูมิเนียมจากกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอน แบบส่องกวาด (Scanning Electron Microscope)

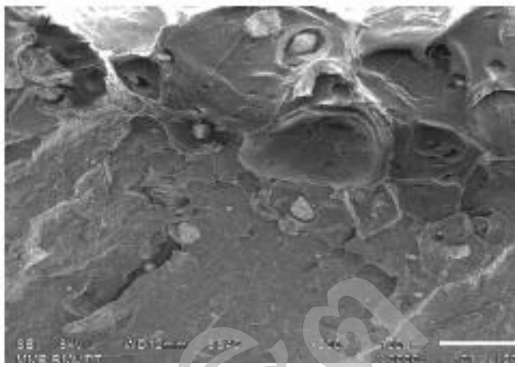
รูปที่ 5 แสดงภาพของพอลิพรอพีลีนที่ไม่เติมขี้ตะกรันอลูมิเนียม รูปที่ 6 และ 7 แสดงขี้ตะกรันอลูมิเนียมที่กระจายตัวอยู่ในเนื้อของพอลิพรอพีลีน รูปที่ 7 ที่การผสมขี้ตะกรันอลูมิเนียม 7% จะมีอนุภาคขี้ตะกรันอลูมิเนียมกระจายตัวในพอลิพรอพีลีนค่อนข้างมาก รูปที่ 8 ที่อนุภาคของขี้ตะกรันอลูมิเนียมจะมีเส้นใยของพอลิพรอพีลีนอยู่รอบ ๆ ทำให้เกิดการยึดเกาะระหว่างพอลิพรอพีลีนและขี้ตะกรันอลูมิเนียม



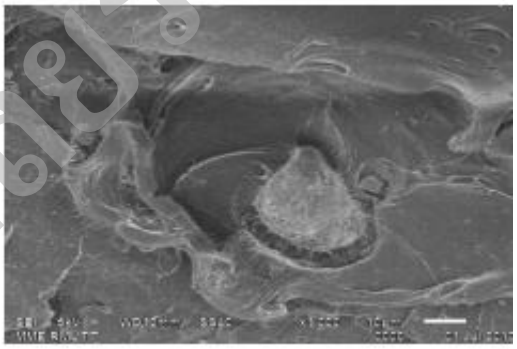
รูปที่ 5 โครงสร้างจุลภาคจากกล้องจุทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกวาด (SEM) ของพอลิพรอพีลีน 100% (X1000)



รูปที่ 6 โครงสร้างจุลภาคจากกล้องจุทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกวาด (SEM) ของพอลิพรอพีลีนที่ผสมขี้ตะกรันอลูมิเนียม 3wt % (X500)



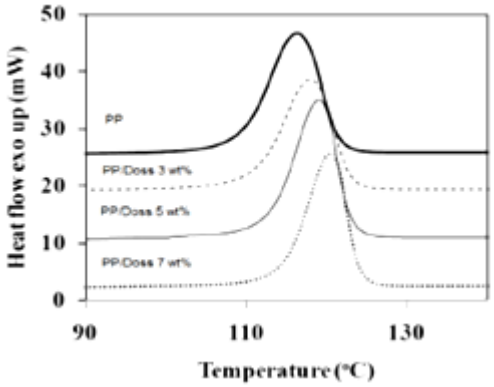
รูปที่ 7 โครงสร้างจุลภาคจากกล้องจุทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกวาด (SEM) ของพอลิพรอพีลีนที่ผสมขี้ตะกรันอลูมิเนียม 7wt % (X200)



รูปที่ 8 โครงสร้างจุลภาคจากกล้องจุทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกวาด (SEM) ของพอลิพรอพีลีน ที่ผสมขี้ตะกรันอลูมิเนียม 7wt% (X1000)

4.4 การเกิดผลึก

ศึกษาอิทธิพลของสารตัวเติม ที่มีผลต่อการเกิดผลึกของพอลิพรอพริลีน ที่ได้จากเทคนิค DSC พบว่าพอลิพรอพริลีนที่ผสมกับสารตัวเติมมีค่าสูงกว่า Tc ของพอลิพรอพีลีน (สุภาพรณ์ ทุ่มสอน, 2554) ดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 อุณหภูมิในการเกิดผลึกจากเทคนิค DSC ของ พอลิพรอพิลีนและพอลิพอพริลีนที่ผสมกับขี้ตะกรันอลูมิเนียมที่สัดส่วน 3, 5 และ 7%

ขณะที่มีอัตราการเกิดผลึกสูงขึ้นตามปริมาณสารตัวเติม แต่ไม่แตกต่างกันมากนักตามตารางที่ 1 ซึ่งจากผลการทดลองได้แสดงว่า ขี้ตะกรันอลูมิเนียมส่งผลให้พอลิเมอร์เกิดผลึกได้ดีกว่า และจากค่า Tc ที่เพิ่มขึ้น เมื่อผสมกับขี้ตะกรันอลูมิเนียมจะช่วยส่งผลในการลดเวลาในกระบวนการผลิตได้ เช่น กระบวนการขึ้นรูปแบบฉีด

ตารางที่ 1 แสดง ปริมาณการเกิดผลึกจากเทคนิค DSC ของพอลิพรอพิลีนและพอลิพรอพิลีนที่ผสมกับขี้ตะกรันอลูมิเนียม ที่สัดส่วน 0, 1, 3, 5, 7, และ 9 %

ปริมาณของขี้ตะกรันอลูมิเนียม (wt%)	% การเกิดผลึก
0	29
1	32
3	33
5	34.5
7	35
9	36

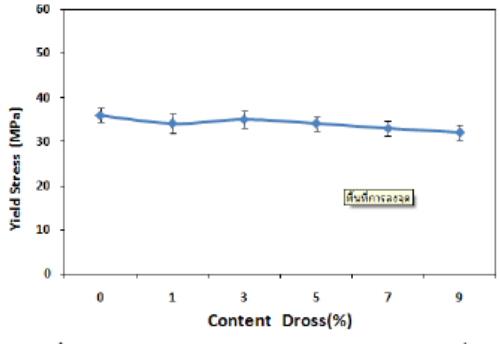
4.5 สมบัติเชิงกล

จากการทดสอบสมบัติทางกล แสดงดังรูปที่ 10 จากรูป 10 ชิ้นงานทดสอบจะมีสีเข้มขึ้นตามอัตราส่วนผสมของขี้ตะกรันอลูมิเนียมที่มากขึ้น

รูปที่ 10 ชิ้นงานทดสอบแรงดึงตามมาตรฐาน ASTM D 638 Type IV (Cirino et al, 2006) ของพอลิพรอพิลีนและพอลิพรอพิลีนที่ผสมกับขี้ตะกรันอลูมิเนียม ที่สัดส่วน 0, 1, 3, 5, 7 และ 9 %

4.5.1 Yield Stress

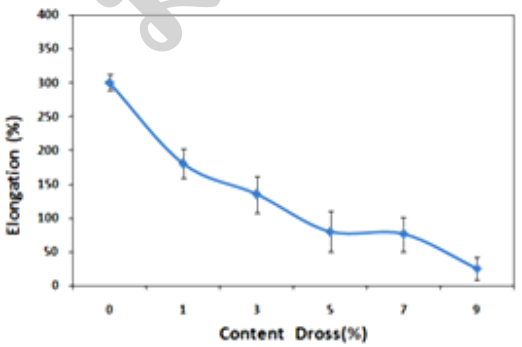
จากการทดสอบค่า yield stress ของพอลิพรอพิลีนที่ผสมกับขี้ตะกรันอลูมิเนียมที่ปริมาณการผสม 0-9% แสดงดังรูปที่ 11 พบว่ามีแนวโน้มคงที่ ค่า yield stress ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเช่นกัน ทั้งนี้ ค่า yield stress สัมพันธ์กับการเสียรูปอย่างถาวร (Permanent deformation) ซึ่งสะท้อนถึงการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างหลัก (Matrix) โดยที่โครงสร้างหลักของคอมโพสิท คือ พอลิพรอพีลีน ดังนั้นค่า yield stress ของคอมโพสิทที่ได้ จึงมีค่าไม่ต่างจากค่า yield stress ของพอลิพรอพีลีน



รูปที่ 11 แสดงค่า Yield Stress ของพอลิพรอพิลีนที่ปริมาณการผสมขี้ตะครันอลูมิเนียม ที่สัดส่วนต่างๆ

4.5.2 Elongation

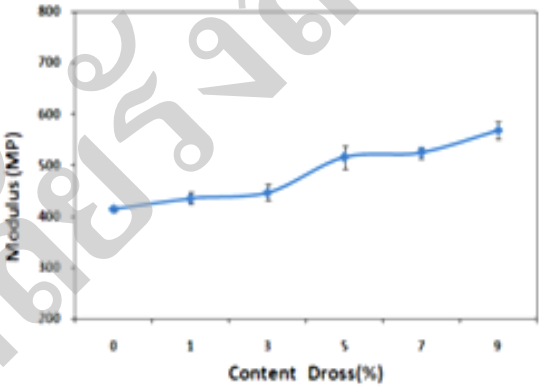
ทดสอบการยืดตัวที่จุดขาด (% Elongation at break) ของพอลิพอพริลีน แสดงดังในรูปที่ 12 พบว่าเมื่อปริมาณขี้ตะกรันอลูมิเนียม เพิ่มขึ้น(% Elongation at Break) ของพอลิพรอพีลีนลดลง เนื่องจากการนำสารตัวเติมที่แข็งมาผสมกับพอลิเมอร์ โดยที่สารตัวเติมเป็นจุดรวมของความเครียด (stress Concentrator) เมื่อปริมาณสารตัวเติมเพิ่มขึ้น จะส่งผลให้มีจุดรวมของความเครียดมากขึ้น ทำให้พอลิพรอพีลีน ที่ผสมกับสารตัวเติมมีความสามารถในการยืดตัวลดลง และสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของมอดูลัสโดยที่มอดูลัสของพอลิเมอร์เพิ่มขึ้น % การยืดตัวที่จุดขาดจะลดลง (สมนึก สังข์หนู และเจษฎา วงษ์อ่อน, 2551)



รูปที่ 12 แสดงค่าการยืดตัวที่จุดขาดของพอลิพรอพิลีนที่ปริมาณการผสมขี้ตะกรันอลูมิเนียมสัดส่วนต่างๆ

4.5.3 มอดูลัส (Modulus)

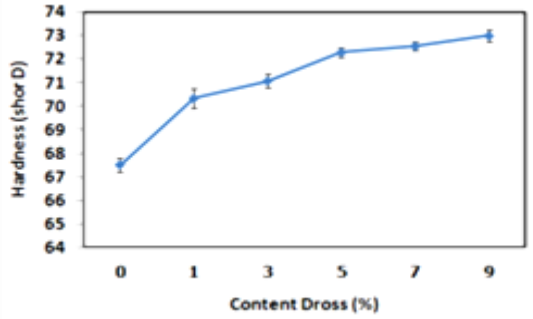
รูปที่ 13 แสดงมอดุลัสของพอลิพรอพีลีนที่ผสมกับขี้ตะกรันอลูมิเนียม ที่ปริมาณการผสมสารตัวเติม 0-9 wt% พบว่ามอดูลัสของพอลิพรอพีลีนเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณสารตัวเติมเพิ่มขึ้น เนื่องจากสารตัวเติมมีค่ามอดูลัสที่มากกว่าพอลิพรอพีลีนจึงส่งผลให้ค่ามอดูลัสของพอลิพรอพีลีนที่ผสมกับสารเติมเพิ่มขึ้น (สมนึก สังข์หนู และเจษฎา วงษ์อ่อน, 2551)



รูปที่ 13 แสดงค่ามอดูลัสของพอลิพรอพิลีนที่ปริมาณการผสมขี้ตะกรัน ที่สัดส่วนต่างๆ

4.5.4 การทดสอบความแข็ง (Hardness Testing)

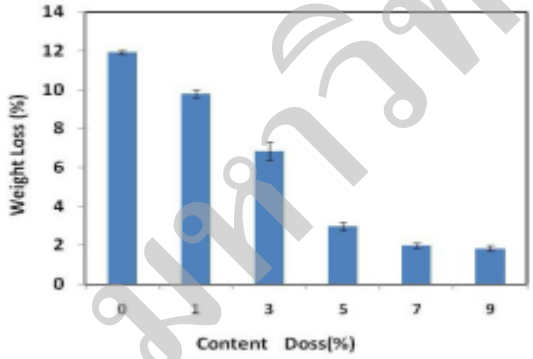
รูปที่ 14 แสดงค่าความแข็งของ พอลิพรอพีลีนที่ผสมขี้ตะกรันอลูมิเนียม ที่ปริมาณการผสมสารตัวเติม 0-9wt% พบว่าความแข็งของพอลิพรอพีลีนเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณสารตัวเติมเพิ่มขึ้น จะเห็นได้ว่าเนื่องจากสารตัวเติมมีค่าความแข็งที่มากกว่าพอลิพรอพีลีน จึงส่งผลให้ค่าความแข็งของพอลิพรอพีลีน ที่ผสมกับสารตัวเติมเพิ่มขึ้นโดย พอลิพรอพีลีนที่ผสมขี้ตะกรันอลูมิเนียม ที่ 5, 7, และ 9% จะมีค่าความแข็งเพิ่มขึ้นใกล้เคียงกัน



รูปที่ 14 การแสดงค่าความแข็งของ พอลิพรอพิลีนที่ปริมาณการผสมขี้ตะกรันอลูมิเนียมที่สัดส่วนต่างๆ

4.5.5 การทดสอบการสึกหรอ

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้จัดสร้างเครื่องทดสอบการสึกหรอ โดยใช้หลักการขัดสีของชิ้นงานกับพื้นผิวที่มีความหยาบ เพื่อดูความสามารถในการคงทนต่อการขัดสีของวัสดุ โดยดูจากน้ำหนักที่หายไปซึ่งแสดงในรูปที่ 15



รูปที่ 15 แสดงค่าน้ำหนักที่ลดลงของพอลิพรอพิลีนที่ปริมาณการผสมขี้ตะกรันอลูมิเนียมที่สัดส่วนต่างๆ

จากผลการทดลองพบว่าค่าการสูญเสียน้ำหนักมีแนวโน้มลดลงตามปริมาณของ ขี้ตะกรันอลูมิเนียม ที่เติมลงไป เนื่องจากวัสดุที่มีสัดส่วนของขี้ตะกรันอลูมิเนียม ซึ่งมีความแข็งทำให้มีความสามารถทนทานต่อการขัดสีมากกว่าพอลิพรอพิลีนเพียงอย่างเดียว โดยจากรูปจะเห็นได้ว่าค่าการลดลงของน้ำหนักของ พอลิพรอพิลีนลดลงถึง 12% ในขณะที่เมื่อเติมขี้ตะกรันอลูมิเนียม ลงไปเล็กน้อยค่าการลดลงของน้ำหนักลดลงเหลือ 10% และลดลงต่ำที่สุดสัดส่วน 9% ค่าการลดลงของน้ำหนักเหลือ 2 % และมีแนวโน้มคล้ายกับ (Yiqun Liu และ Zhongqing Fan, 2006) ดังแสดงในรูปที่ 15

5. บทสรุป

ในการนำขี้ตะกรันอลูมิเนียม ที่เหลือจากการหล่ออลูมิเนียมมาผสมกับพอลิพรอพิลีนเพื่อปรับปรุงสมบัติ พบว่าขี้ตะกรันอลูมิเนียมที่เติมลงไปช่วยเพิ่มสมบัติการเป็นผลึก และทำให้วัสดุผสมมีความแข็งและทนการสึกหรอได้มากขึ้น จึงความเป็นไปได้ในการนำเศษวัสดุเหลือใช้ดังกล่าวมาใช้เป็นสารตัวเติมในพลาสติก ในงานวิจัยนี้พบว่าพอลิพรอพิลีนที่ผสมขี้ตะกรันอลูมิเนียม 7 % จะมีคุณสมบัติโดยรวมดีที่สุด คือ มีค่ามอดูลัส ค่าความแข็งและทนการสึกหรอสูงใกล้เคียงกับพอลิพรอพิลีนที่ผสมขี้ตะกรันอลูมิเนียม 9% แต่จะมีความสามารถในการยืดตัวดีกว่าที่ผสมขี้ตะกรันอลูมิเนียม 9 %

6. เอกสารอ้างอิง

เชาวลิต ลิ้มมณีวิจิตร. (2549). ความสะอาดของอะลูมิเนียม หลอมเหลวสำหรับการหล่อโลหะ. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

สมนึก สังข์หนู และเจษฎา วงษ์อ่อน. (2551). การศึกษาเส้นใยผสมระหว่างพอลิเอทธิลีนกับอลูมิเนียมฟอยล์นำกลับมาใช้ใหม่. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

สุภาพรณ์ ทุ่มสอน. (2554). ความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างกระบวนการผลิตและสมบัติของ

พอลิเอทธิลีนที่ผสมกับเปลือกหอยแครง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

American National Standard. (1996). Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics. Annual Book of ASTM Standard, ASTM D 638-96, Vol.08.02, New York.

American National Standard. (1996). Standard Test Method for Rubber Property - Durometer Hardness. Annual Book of ASTM Standard, ASTM D 2240-00, Vol.09.01, New York.

ASM International. (2000). ASM Handbook Volume 2 Properties and Selection: Nonferrous Alloys and Special Purpose Materials.ASM International, USA, CD-ROM.

H.M.J.C. Pitawala M.A.K.L. Dissanayake. (2007). Combined effect of AL_2O_3 nano-fillers and EC plasticizer on ionic conductivity enhancement in the solid polymer electrolyte $(PEO)_9LiTf$". [a]. Postgraduate Institute of Science University of Peradeniya, Peradeniya, Sri Lanka 2007.

Yiqun Liu Zhongqing Fan. (2006). Application of nano powdered rubber in friction materials. SINOPEC Beijing Research Institute of Chemical Industry Plastic Processing Center.

มหาวิทยาลัยรังสิต