

การเตรียมและศึกษาสมบัติของโพลีเอทิลีนไครดรีนรีไซเคิล/ถั่วลันเตา PCC คอมโพสิต เพื่อใช้เป็นวัสดุป้องกันการประทุของไฟฟ้าสถิต

อดิศักดิ์ เบ้านอก อุบลลักษณ์ รัตนศักดิ์ และ สุปราณี แก้วภิรมย์*

บทคัดย่อ

คอมโพสิตจากโพลีเอทิลีนไครดรีนกับถั่วลันเตา PCC เตรียมขึ้นจากโพลีเอทิลีนไครดรีนใช้แล้วผสมกับถั่วลันเตา PCC (ร้อยละ 0 10 20 30 และ 40 โดยน้ำหนัก) ในตัวทำละลายโทลูอีน โดยวิธีหล่อเป็นฟิล์มจากสารละลาย (Solution casting technique) วิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีของฟิล์มคอมโพสิตที่เตรียมได้ด้วยเทคนิคฟูรีเออร์ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรสโกปี จากนั้นศึกษาสมบัติเชิงกล ลักษณะทางสัณฐานวิทยา ค่ามอดูลัสของน้ำ และค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าเชิงพื้นผิว ผลการศึกษาพบว่าฟิล์มคอมโพสิตมีค่าระยะยั้ง ณ จุดขาดเพิ่มขึ้น แต่มีค่ามอดูลัสของยังลดลงเมื่อปริมาณถั่วลันเตา PCC เพิ่มขึ้น การวิเคราะห์สัณฐานวิทยาด้วยเทคนิคกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่าอนุภาค Fe_2O_3 และ SiO_2 ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักในถั่วลันเตา PCC มีการกระจายตัว อย่างสม่ำเสมอในฟิล์มคอมโพสิต นอกจากนี้ยังพบว่าค่ามอดูลัสของน้ำและค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าเชิงพื้นผิวของฟิล์มโพลีเอทิลีนไครดรีนคอมโพสิตลดลงเมื่อปริมาณถั่วลันเตา PCC เพิ่มขึ้น โดยค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าเชิงพื้นผิวของฟิล์มคอมโพสิตลดลงจาก 1.03×10^{11} เป็น 5.93×10^{10} Ω/square เมื่อเพิ่มปริมาณถั่วลันเตา PCC จากร้อยละ 10 เป็นร้อยละ 40 โดยน้ำหนัก แสดงให้เห็นว่าฟิล์มคอมโพสิตที่เตรียมขึ้นมีสมบัติป้องกันการประทุของไฟฟ้าสถิต (Electrostatic discharge) ได้

คำสำคัญ : โพลีเอทิลีนไครดรีน, ถั่วลันเตา PCC, วัสดุป้องกันการเกิดไฟฟ้าสถิต, สภาพต้านทานไฟฟ้าเชิงพื้นผิว

ภาควิชาเคมี และศูนย์ความเป็นเลิศด้านนวัตกรรมทางเคมี, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา อ.เมือง จ.ชลบุรี

* ผู้ติดต่อ, อีเมล: kaewpiro@buu.ac.th รับเมื่อ 7 มกราคม 2557 ตอบรับเมื่อ 1 พฤษภาคม 2557

Preparation and Characterizations of Recycled Polystyrene Foam/PCC fly-ash Composite for Use as Anti-electrostatic Discharge Material.

Adisak Baonok, Ubolluk Rattanasak, and Supranee Kaewpirom*

Abstract

Composites with various formulations were prepared from recycled polystyrene foam and pulverized coal combustion (PCC) fly ash by solution casting technique, using toluene as a solvent. PCC fly ash content was varied from 0 to 40 %wt. Chemical structure of the composite film was investigated by Fourier-transform infrared spectroscopy (FT-IR). Tensile properties, morphology, water contact angle, and surface resistivity were also examined. The experimental results showed that with the increment of PCC fly ash content, the elongation at break of the composites increased while the Young's modulus decreased. SEM images of the polystyrene/PCC fly ash composites exhibited good dispersion of Fe_2O_3 and SiO_2 particles in polystyrene matrix. Moreover, it was found that water contact angle and surface resistivity of the composites decreased with increasing PCC fly ash content. The surface resistivity of the composites was reduced from 1.03×10^{11} to 5.93×10^{10} Ω/square as the PCC fly ash content increased from 10 to 40 %wt. These imply that the proposed recycled polystyrene foam/PCC fly ash composites can be potentially used as anti-electrostatic discharge materials.

Keywords : Polystyrene foam, PPC fly ash, Anti-electrostatic Discharge Material, Surface resistivity

Department of Chemistry, Faculty of Science, Burapha University, Muang, Chonburi.

* Corresponding author, E-mail: kaewpiro@buu.ac.th Received 7 January 2014, Accepted 1 May 2014

1. บทนำ

ปัจจุบัน บรรจุภัณฑ์พลาสติกมีบทบาทในชีวิตประจำวันเพิ่มมากขึ้น ภาชนะบรรจุอาหารที่ทำจากโพลีเอทิลีนเป็นบรรจุภัณฑ์อีกชนิดหนึ่งที่มีการใช้อย่างแพร่หลายและก่อให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมเนื่องจากโพลีเอทิลีนไม่สามารถย่อยสลายได้ การนำไปฝังต้องใช้เวลาที่มาก และการเผาทำให้เกิดมลพิษในอากาศ ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันมนุษย์จึงมีความพยายามที่จะนำขยะโพลีเอทิลีนมาใช้ให้เกิดประโยชน์ในด้านต่างๆ มากมาย Lui และคณะ [1] ได้เตรียมวัสดุดูดซับมากพิเศษ (Superabsorbent) จากคอมโพสิตที่ประกอบด้วยกรดอะคริลิก ขยะโพลีเอทิลีนและดินเหนียวชนิด Na-MMT ได้สำเร็จ ต่อมา Kan และ Demirbog [2] ได้ศึกษาวิธีพัฒนาขยะโพลีเอทิลีนมาใช้เป็นมวลรวม (Aggregate) ในงานคอนกรีต โดยขยะโพลีเอทิลีนที่มีสมบัติเป็นมวลรวมได้ดีเนื่องจากความหนาแน่น การนำความร้อนและความแข็งแรงของคอนกรีตเพิ่มขึ้น Garcia คณะ [3] ค้นพบกระบวนการนำขยะโพลีเอทิลีนมาใช้ใหม่ โดยใช้ตัวทำละลายที่ได้จากธรรมชาติและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม Schmidt และคณะ [4] ได้ผลิตและทดสอบสมบัติของแผ่นวงจรพิมพ์ (Printed circuit board, PCB) ที่เตรียมมาจากขยะโพลีเอทิลีน แต่พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้ค่อนข้างเปราะ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดในการนำขยะโพลีเอทิลีนมาใช้ให้เกิดประโยชน์โดยการนำกลับมาใช้ใหม่ (Recycle) เป็นในรูปของบรรจุภัณฑ์พลาสติกสำหรับงานอิเล็กทรอนิกส์ที่สามารถลดการประทุของไฟฟ้าสถิตได้และมีค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าต่ำกว่า $10^{12} \Omega/\text{square}$ เพื่อลดการคายประจุจาก

ไฟฟ้าสถิตของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ระหว่างการเก็บรักษาขนส่งหรือเคลื่อนย้าย [5]

อย่างไรก็ตามเนื่องจากโพลีเอทิลีนมีสมบัติเป็นฉนวนไฟฟ้า จึงจำเป็นต้องมีการเติมสารตัวเติมนำไฟฟ้าเพื่อช่วยเพิ่มค่าการนำไฟฟ้า และสารตัวเติมนำไฟฟ้าที่น่าสนใจคือถ่านลอยจากการเผาถ่านหินชนิด Pulverized coal combustion (PCC) ซึ่งเป็นถ่านจากโรงไฟฟ้าแม่เมาะ จ.ลำปาง และมีอนุภาคที่นำไฟฟ้าได้คือ Fe_2O_3 เป็นองค์ประกอบในปริมาณมากถึงร้อยละ 15.6 [6] งานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาการเตรียมพอลิเมอร์คอมโพสิตจากโพลีเอทิลีนด้วยวิธีหล่อเป็นฟิล์มจากสารละลาย โดยใช้โทลูอีนเป็นตัวทำละลาย และใช้ถ่านลอย PCC เป็นสารตัวเติมนำไฟฟ้า จากนั้นจะได้วิเคราะห์สมบัติต่างๆ ของฟิล์มที่เตรียมขึ้น ได้แก่ โครงสร้างทางเคมี สมบัติเชิงกล ลักษณะทางสัณฐานวิทยา ค่ามุมสัมผัสของน้ำ และค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าเชิงพื้นที่ เพื่อประเมินศักยภาพในการใช้งานเป็นวัสดุป้องกันการเกิดการประทุของไฟฟ้าสถิตต่อไป

2. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีทดลอง

2.1 วัสดุ

ขยะโพลีเอทิลีนชนิด Expanded polystyrene foam (EPS) ตัวทำละลายโทลูอีน (Toluene) เกรดการค้าซื้อจากบริษัท CT chemical supply Co. Ltd. และถ่านลอยจากการเผาถ่านหินแบบใช้ถ่านหินบด (PCC) จากโรงไฟฟ้าแม่เมาะ จ.ลำปาง ซึ่งมีองค์ประกอบแสดงในตารางที่ 1

2.2 วิธีทดลอง

2.2.1 การเตรียมฟิล์ม

ละลายโพลิเมอร์ในแอลกอฮอล์ด้วยโพลีเอทิลีน เทฟล่อน เมื่อโพลิเมอร์ละลายหมด จึงเติมตัวเติม PCC ลงตามอัตราส่วนที่กำหนดในตารางที่ 2 จากนั้นกวนด้วยแท่งแก้วคนสาร จนสารผสมเป็นเนื้อเดียวกัน ก่อนเทลงในจานเพาะเชื้อ (Petri-dish) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 ซม. ทิ้งให้โพลิเมอร์ระเหยในตู้ดูดควันเป็นเวลา 48 ชม. ก่อนนำมาอบในตู้อบลมร้อน (Hot-air oven) อุณหภูมิ 50 °C เป็นเวลา 24 ชม. สูดทำให้ออบในตู้อบสุญญากาศ (Vacuum oven) อุณหภูมิ 50°C เป็นเวลา 24 ชม. เพื่อกำจัดตัวทำละลายที่ตกค้างให้หมด จะได้ฟิล์มคอมโพสิตที่มีความหนาประมาณ 0.22 mm

ตารางที่ 1 องค์ประกอบของตัวเติม PCC

ชนิดของออกไซด์	ปริมาณที่พบ (%wt.)
SiO ₂	36.13
Al ₂ O ₃	25.02
CaO	16.41
Fe ₂ O ₃	12.79
SO ₃	3.31
K ₂ O	2.58
MgO	2.18
Na ₂ O	1.58

2.2.2 การวิเคราะห์สมบัติของฟิล์ม

วิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีของฟิล์มคอมโพสิตที่เตรียมขึ้นด้วยเทคนิคอินฟราเรดสเปกโตรสโคปี (Perkin Elmer, System 2000) ที่ช่วงเลขคลื่น 400 – 4,000 cm⁻¹

ตารางที่ 2 ปริมาณองค์ประกอบของฟิล์มคอมโพสิต

ชื่อตัวอย่าง	โพลิเมอร์ (g)	โพลีเอทิลีน (mL)	ตัวเติม PCC (g)
EPS	2.00	20.0	0.00
EPS10PCC	2.00	20.0	0.20
EPS20PCC	2.00	20.0	0.40
EPS30PCC	2.00	20.0	0.60
EPS40PCC	2.00	20.0	0.80

ศึกษาการกระจายตัวของอนุภาคตัวเติม PCC และ สันฐานวิทยาของฟิล์มคอมโพสิต ด้วยเทคนิค SEM-EDX (Leo, 1450 VP) ใช้ตัวตรวจวัดสัญญาณชนิด SED detector และตัวตรวจวัดสัญญาณรังสีเอกซ์ในระดับพลังงาน K เคลือบผิวตัวอย่างด้วยทองคำ

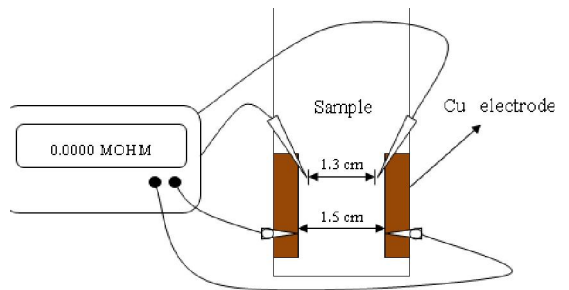
ศึกษาค่ามุมสัมผัสของน้ำบนพื้นผิวของฟิล์มคอมโพสิต โดยหยดน้ำปราศจากไอออน (Deionized water) ด้วยไมโครไซริงจ์ (Microsyringe) ลงบนพื้นผิวของแผ่นฟิล์มคอมโพสิต เพื่อให้ได้ของเหลวหนึ่งหยด สัมผัสกับผิวหน้าวัสดุ จากนั้นผ่านแสงด้านหน้าของเหลว จะได้ภาพของหยดของเหลวบนฉากรับภาพวัดมุมสัมผัสโดยใช้ฉากวัดมุม (Protractor) ที่ติดอยู่กับจอร์บีภาพ และทำการคำนวณค่ามุมสัมผัสด้วยโปรแกรมของเครื่องวัดค่ามุมสัมผัส (Drop Shape Analyzer DSA30S, KRÜSS)

ศึกษาสมบัติเชิงกล (Tensile properties) ของฟิล์มคอมโพสิตรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาด 30 mm × 10 mm × 0.1 mm โดยใช้เครื่องทดสอบแรงดึง (Testometric, Micro 350) ทำการทดสอบที่อุณหภูมิ 29°C ความชื้นสัมพัทธ์ 60 % กำหนดความยาวพิงก์ (Gauge length)

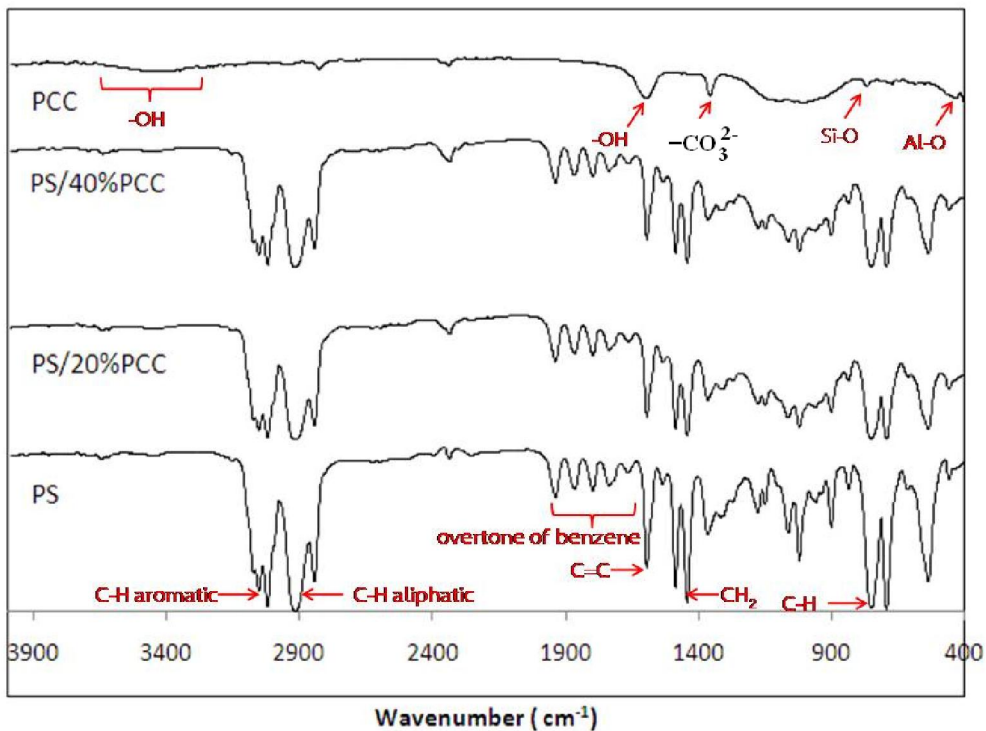
10 mm อัตราเร็วในการดึง 10 mm/min ส่วนวัดแรง (Load cell) 50 N

วัดค่าความต้านทานไฟฟ้าเชิงพื้นผิว (Surface resistivity) ของฟิล์มคอมโพสิต ที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์ ปกติที่อุณหภูมิห้อง (~80%) ตามมาตรฐาน ASTM E 104-02 ด้วยเครื่องวัดความต้านทานไฟฟ้า ชนิด 4 โพรบ (Agilent digital multimeter 34401A) ใช้อิเล็กโทรดทองแดงขนาด $0.5 \times 2.1 \text{ cm}^2$ และใช้หัววัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.03 cm ระยะห่าง ระหว่างหัววัดเท่ากับ 1.3 cm และระยะห่างของอิเล็กโทรดเท่ากับ 1.5 cm ดังแสดงในรูปที่ 1 ค่าความต้านทานไฟฟ้าที่วัดได้นำมาคำนวณค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าของตัวอย่างโดยใช้สมการที่ 1 ตามมาตรฐาน ASTM D 257-07

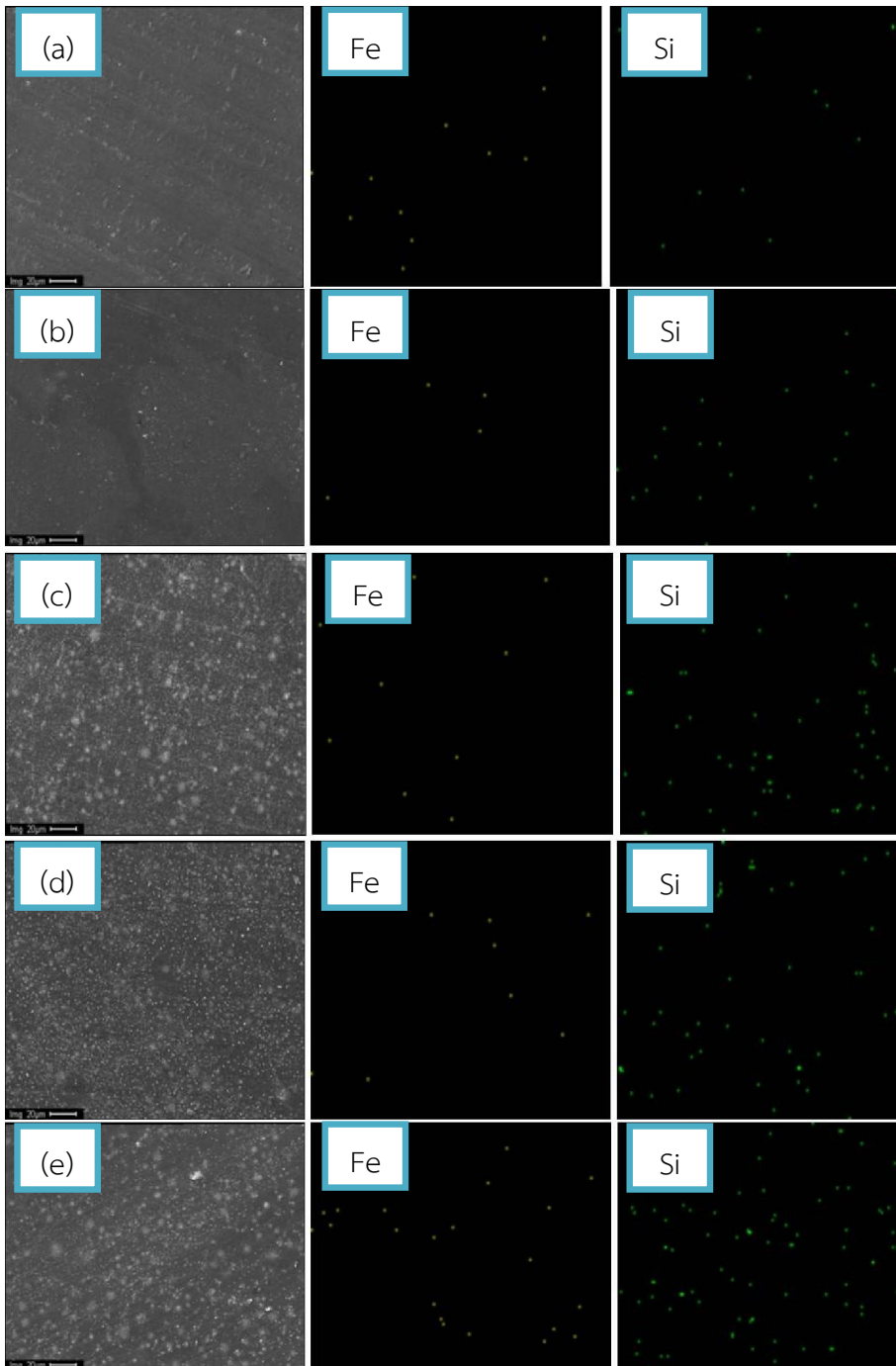
$P_s = (P/g) R_s$ เมื่อ $P = 2(a+b+2g)$ (1)
โดย P_s คือ สภาพต้านทานไฟฟ้าเชิงพื้นผิว ในหน่วย Ω/square R_s คือ ค่าความต้านทานไฟฟ้าที่ได้จากการทดลอง ในหน่วย Ω a และ b คือ ความยาวและความกว้างของอิเล็กโทรด ตามลำดับ ในหน่วย cm และ g คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของปลายเข็มวัด ในหน่วย cm



รูปที่ 1 การวัดค่าความต้านทานไฟฟ้า [5]



รูปที่ 2 อินฟราเรดสเปกตรัมของตัวอย่าง PCC ฟิล์มพอลิไธรีน และฟิล์มคอมโพสิต



รูปที่ 3 ภาพถ่าย SEM-EDX (K, Fe และ K, Si) แสดงการกระจายตัวของ Fe และ Si ในฟิล์มพอลิอิมไอดีรีนคอมโพสิตที่มีอัตราส่วนเนื้อถอย PCC เท่ากับ (a) 0 (b) 10 (c) 20 (d) 30 และ (e) 40 %wt ที่กำลังขยาย 500 เท่า

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1. โครงสร้างทางเคมีของฟิล์มคอมโพสิต

อินฟราเรดสเปกตรัมของแก้วลอย PCC ฟิล์มพอลิไสตรีน และฟิล์มคอมโพสิตแสดงในรูปที่ 2

จากรูปพบว่าพอลิไสตรีนแสดงพีกการยืด (stretching) = C-H ของวงเบนซีนที่เลขคลื่น 3,083 – 3,026 cm^{-1} พีกการยืดของ C-H ของหมู่แอลคิลที่ 2850 cm^{-1} พีกการยืดของ CH_2 แบบสมมาตร (Symmetric) และไม่สมมาตร (Asymmetric) หรือโอเวอร์โทน (Overtone) ที่ 1,944 – 1,744 cm^{-1} การยืดของ C = C ที่ 1,602 cm^{-1} การงอ (bending) ของ C-H ของหมู่ CH_2 ที่ 1,452 cm^{-1} การงอของ C-H (ออกนอกระนาบ) ที่ 757 และ 697 cm^{-1} ซึ่งผลดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยที่ตีพิมพ์แล้ว [7-9] เมื่อพิจารณาสเปกตรัมของแก้วลอย PCC พบพีกของหมู่ -OH ที่เลขคลื่น 3,435 cm^{-1} และ 1,595 cm^{-1} พีกของ $-\text{CO}_3^{2-}$ ที่ 1,353 cm^{-1} เป็น พีกของ Al-O ที่ 467 และพีกของ Si-O ที่ 1,110 cm^{-1} ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ นัชชา [10]

สเปกตรัมของฟิล์มคอมโพสิตแสดงพีกสำคัญของทั้งพอลิไสตรีนและแก้วลอย แต่ไม่พบพีกของ Al-O และ Si-O เนื่องจากเกิดการซ้อนทับกันของสเปกตรัม

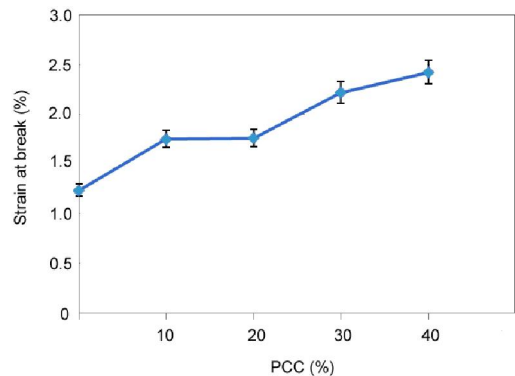
3.2. สันฐานวิทยาของฟิล์มคอมโพสิต

ผลการศึกษาลักษณะพื้นผิวของฟิล์มคอมโพสิตด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด กำลังขยาย 500 เท่า แสดงในรูปที่ 3 จากรูปพบว่า พื้นผิวของฟิล์มพอลิไสตรีนขรุขระมากขึ้นตามปริมาณของแก้วลอย PCC ที่เติมมากขึ้น อนุภาคแก้วลอย PCC กระจายตัวค่อนข้างสม่ำเสมอ และมีการแยกเฟสอย่างชัดเจนจาก

เมตริกซ์ของพอลิไสตรีน นอกจากนี้ยังพบการซ้อนทับหรือเกาะกลุ่มกันของแก้วลอย PCC ด้วย ซึ่งการซ้อนทับนี้มีผลทำให้ฟิล์มคอมโพสิตนำไฟฟ้าได้ดีขึ้น เมื่อศึกษาการกระจายตัวของธาตุ Fe และ Si ที่เป็นองค์ประกอบในแก้วลอย PCC ในฟิล์มคอมโพสิต พบว่าเมื่อมีปริมาณของแก้วลอยเพิ่มขึ้น ปริมาณธาตุ Fe และ Si ในฟิล์มคอมโพสิตก็จะมีมากขึ้นด้วย โดยธาตุทั้งสองมีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ และจำนวนจุดที่แสดงธาตุ Si มีมากกว่า Fe ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณองค์ประกอบของ SiO_2 ในแก้วลอย PCC ซึ่งมีมากกว่า Fe_2O_3 (ตารางที่ 1) อย่างไรก็ตาม พบว่ามีการปนเปื้อนของอนุภาค Fe และ Si ในฟิล์มคอมโพสิตที่ไม่ผสมแก้วลอย (รูปที่ 3 (a)) ซึ่งอาจเกิดขึ้นในระหว่างการจัดเก็บตัวอย่างก่อนทำการทดสอบ

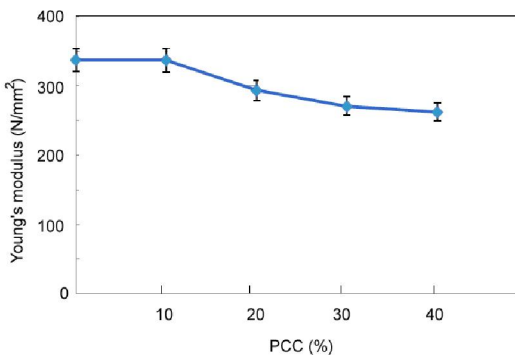
3.3 สมบัติเชิงกล

ผลการทดสอบสมบัติความทนต่อแรงดึงของฟิล์มคอมโพสิตที่มีอัตราส่วนของแก้วลอย PCC ต่างกัน แสดงดังรูปที่ 4-5



รูปที่ 4 ผลของปริมาณแก้วลอย PCC ต่อความเครียด ณ จุดขาดของฟิล์มคอมโพสิต

จากรูปที่ 4 พบว่าความเครียด ณ จุดขาดของฟิล์มคอมโพสิตมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณของถ้ำลอย PCC ทั้งนี้เนื่องจากอนุภาคถ้ำลอย PCC ที่เติมลงไปจะแทรกตัวอยู่ระหว่างสายโซ่ของพอลิไตรีน ทำให้มีช่องว่างระหว่างสายโซ่ในการเคลื่อนที่มากขึ้น เมื่อถูกแรงกระทำจึงสามารถปรับตัวต่อแรงดึงได้ดีขึ้นและมีความยืดหยุ่นมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับแนวโน้มของค่ามอดูลัสของยังสำหรับฟิล์มคอมโพสิตที่ลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณของถ้ำลอย PCC (รูปที่ 5) นอกจากนี้การเพิ่มขึ้นของค่าความเครียด ณ จุดขาดและการลดลงของค่ามอดูลัสของยังของฟิล์มคอมโพสิตเมื่อปริมาณถ้ำลอย PCC เพิ่มขึ้น อาจเกิดจากความไม่ต่อเนื่องของวัฏภาคพอลิไตรีน ซึ่งสอดคล้องกับผลของภาพถ่าย SEM (รูปที่ 3) ซึ่งแสดงการแยกเฟสที่ชัดเจนระหว่างอนุภาคถ้ำลอย PCC และเมทริกซ์ของพอลิไตรีน



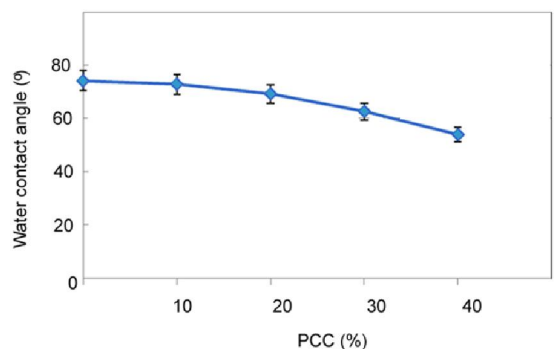
รูปที่ 5 ผลของปริมาณถ้ำลอย PCC ต่อค่ามอดูลัสของยังของฟิล์มคอมโพสิต

อย่างไรก็ตาม ค่าความเครียด ณ จุดขาดและค่ามอดูลัสของยังสำหรับฟิล์มคอมโพสิตที่เตรียมในงานวิจัยนี้ยังมีค่าค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับฟิล์มพอลิไตรีนเกรดการค้า [11] ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากฟิล์มคอม-

โพสิต ที่ได้เตรียมจากขยะโพลีเอทิลีนผ่านการขึ้นรูปและใช้งานมาแล้วอย่างน้อยหนึ่งครั้ง การนำมาขึ้นรูปใหม่จึงทำให้สมบัติเชิงกลของผลิตภัณฑ์ที่ได้ด้อยลงกว่าเดิม

3.4 ค่ามุมสัมผัสของน้ำ

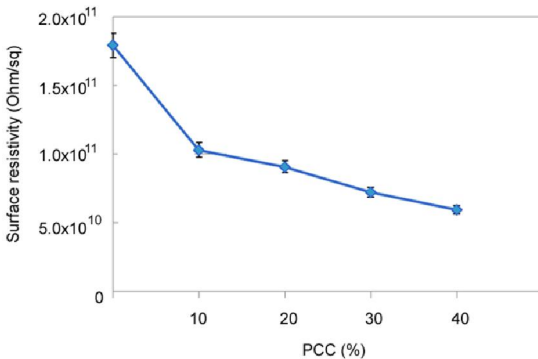
ค่ามุมสัมผัสของน้ำสำหรับฟิล์มคอมโพสิตแสดงในรูปที่ 6 ซึ่งพบว่าฟิล์มพอลิไตรีนมีค่ามุมสัมผัสของน้ำเท่ากับ 74.2 องศา แสดงให้เห็นความไม่ชอบน้ำของพอลิไตรีน [12] เมื่อเติมถ้ำลอย PCC ฟิล์มคอมโพสิตมีค่ามุมสัมผัสของน้ำลดลง และลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่อปริมาณของถ้ำลอยเพิ่มขึ้น จนถึง 53.9 องศา เมื่อมีปริมาณถ้ำลอยเท่ากับ 40% ผลการทดลองดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า ฟิล์มคอมโพสิตเกิดการเปียกน้ำได้ดีขึ้นหรือมีสมบัติเป็นไฮโดรฟิลิก (Hydrophilic) มากขึ้นเมื่อปริมาณของถ้ำลอยเพิ่มขึ้น [13] ซึ่งสมบัตินี้จะช่วยให้ฟิล์มคอมโพสิตนำไฟฟ้าได้ดีขึ้น เนื่องจากค่าการนำไฟฟ้าของวัสดุจะเพิ่มขึ้นเมื่อความชื้นมากขึ้น [5]



รูปที่ 6 ผลของปริมาณถ้ำลอย PCC ต่อค่ามุมสัมผัสของน้ำของฟิล์มคอมโพสิต

3.5 สภาพต้านทานไฟฟ้าเชิงพื้นผิว

ผลของปริมาณเถ้าลอย PCC ต่อค่าสภาพความต้านทานไฟฟ้าเชิงพื้นผิวของฟิล์มคอมโพสิตแสดงในรูปที่ 7



รูปที่ 7 ผลของปริมาณเถ้าลอย PCC ต่อค่าสภาพความต้านทานไฟฟ้าเชิงพื้นผิวของฟิล์มคอมโพสิต

จากรูปพบว่าฟิล์มพอลิสไตรีนที่ไม่เติมเถ้าลอย PCC มีค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าเชิงพื้นผิวเท่ากับ 1.79×10^{11} Ω/square จัดเป็นวัสดุที่มีสมบัติเป็นฉนวนไฟฟ้า [14-16] ส่วนฟิล์มคอมโพสิตพบว่าค่าสภาพต้านทานไฟฟ้ามีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาณของเถ้าลอย PCC เพิ่มขึ้นและลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อความเข้มข้นของเถ้าลอยอยู่ในช่วง 0 ถึง 10% ซึ่งจัดเป็นค่าความเข้มข้นวิกฤติ (Critical concentration region) ในฟิล์มคอมโพสิตที่มีความเข้มข้นของเถ้าลอยมากกว่า 10% พบว่าอัตราการลดลงของค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าเชิงพื้นผิวมีค่าน้อยลงและเมื่อเพิ่มปริมาณเถ้าลอยจนถึง 40% ค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าเชิงพื้นผิวมีค่าเท่ากับ 5.93×10^{10} Ω/square ดังนั้นฟิล์มคอมโพสิตที่สังเคราะห์ขึ้นในงานวิจัยนี้ซึ่งมีค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าเชิงพื้นผิวอยู่ในช่วง

1.03×10^{11} ถึง 5.93×10^{10} Ω/square จึงจัดอยู่ในวัสดุประเภทกระจายไฟฟ้าสถิต (Dissipative material) สามารถถ่ายเทประจุได้ช้าๆ และมีค่าความต้านทานไฟฟ้าอยู่ระหว่างฉนวนและตัวนำอิเล็กทรอนิกส์ [15-16] แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของการนำคอมโพสิตนี้ไปใช้ประโยชน์เป็นวัสดุป้องกันการประทุของไฟฟ้าสถิตได้

4. สรุปผล

ฟิล์มคอมโพสิตจากขยะโฟมพอลิสไตรีนกับเถ้าลอย PCC (ร้อยละ 10 -40 โดยน้ำหนัก) ที่สังเคราะห์ขึ้นโดยวิธีหล่อเป็นฟิล์มจากสารละลายในตัวทำละลายโทลูอีน มีศักยภาพในการนำไปใช้ประโยชน์เป็นวัสดุป้องกันการประทุของไฟฟ้าสถิตได้ โดยมีค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าเชิงพื้นผิวอยู่ในช่วง 1.03×10^{11} ถึง 5.93×10^{10} Ω/square ถึงแม้ว่าสมบัติเชิงกลของฟิล์มคอมโพสิตที่เตรียมได้ ยังมีค่าค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับฟิล์มพอลิสไตรีนเกรดการค้า

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากศูนย์ความเป็นเลิศด้านนวัตกรรมทางเคมี (PERCH-CIC) สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] P.S. Liu, L. Li, N.L. Zhou, J. Zhang, S.H. Wei and J. Shen, "Waste Polystyrene Foam Graft-acrylic acid/montmorillonite Superabsorbent Nanocomposite", Journal of Applied Polymer Science 104, 2007, pp. 2341–2349.

- [2] A. Kan and R. Demirbog, "A new Technique of Processing for Waste-expanded Polystyrene Foams as Aggregates" *Journal of Materials Processing Technology* 209, 2009, pp. 2994–3000.
- [3] M. T. García, I. Gracia, G. Duque, A. de Lucas, and J. F. Rodríguez, "Study of the Solubility and Stability of Polystyrene Wastes in a Dissolution Recycling Process" *Waste Management* 29, 2009, pp. 1814–1818.
- [4] P. N. S. Schmidt, M. O. H. Cioffi, H. J. C. Voorwald, and J. L. Silveira, "Flexural Test On Recycled Polystyrene", *Procedia Engineering* 10, 2011, pp. 930–935.
- [5] W. Srihata and S. Kaewpirom, "Anti-electrostatic Discharge Materials from Chitosan/poly(ethylene glycol) Blends", *The Journal of Industrial Technology*, 9, 2013, pp. 1-10. (in Thai)
- [6] P. Chindaprasit and U. Rattanasak, "Shrinkage Behavior of Structural Foam Lightweight Concrete Containing Glycol Compounds and Fly Ash", *Materials and Design* 32, 2011, pp. 723-727.
- [7] W. Wen-Ping and P. Cai-Yuan, "Preparation and Characterization of Polystyrene/graphite Composite Prepared by Cationic Grafting Polymerization", *Polymer* 45, 2004, pp. 3987-3995.
- [8] Y. Adan, B. Leon, and S. Ramiro, "Synthesis and Characterization of the Polystyrene-asphaltene Graft Copolymer by FT-IR Spectroscopy", *CT&F Ciencia, Tecnología y Futuro* 3, 2008, pp. 157-167.
- [9] S. Jitian, "Determination of Optical Constants of Polystyrene Films from IR Reflection-absorption Spectra", *ANUL XVIII* 1, 2011, pp.41-48.
- [10] N. Sanguansak, "Properties of blended geopolymer prepared from pulverized coal combustion (PCC) and fluidized-bed coal combustion (FBC) fly ashes", *Chemical Project, Faculty of Science, Burapha University, Thailand*. 2013.
- [11] R. R. Tiwari and D.R. Paul, "Effect of Organoclay on the Morphology, Phase Stability and Mechanical Properties of Polypropylene/polystyrene Blends", *Polymer* 52, 2011, pp. 1141-1154.
- [12] L. Yuan, Q. J. Pham, P. K. Johnston and P. F. Green, "Contact Angle of Water on Polystyrene Thin Films: Effects of CO₂ Environment and Film Thickness", *Langmuir* 23, 2007, pp. 9785-9793.
- [13] W. Phuchaduek, U. Rattanasak and S. Kaewpirom, "Investigations on Electrostatic Dissipative Materials Derived from Poly(vinyl alcohol)/ferrofluid Composites", *Songklanakarini Journal of Science and Technology* 35, 2013, pp. 529-535.

- [14] R. Kumar, “Comparative Study of Surface Free Energy and Surface Resistivity of Polypropylene Polystyrene Thin Films after DC Plasma Treatment” *Polymer* 52, 2007, pp. 336-339.
- [15] Huntsman, L.L.C, “Electrostatic Properties of Expandable Polystyrene”, Available: http://texas.transconsteel.com/products/ultraframe/docs/Electrostatic_Properties.pdf, 26 December 2013.
- [16] S. Kara, E. Arda, F. Dolastir and Ö. Pekcan, “Electrical and Optical Percolations of Polystyrene Latex–multiwalled Carbon Nanotube Composites”, *Journal of Colloid and Interface Science* 344, 2010, pp. 395-401.