ผลของการบ่มเร่งสภาวะด้วยแสงยูวีและสารเคลือบผิวชนิดซีเรียมออกไซด์ที่มีผลต่อสมบัติเชิงกลและการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางเคมีในวัสดุเชิงประกอบระหว่างพีวีซีและผงขี้เลื่อยไม้

Effect of UV-Weathering Aging and CeO_2 Based Coating Layer on Mechanical and Structural Changes in Wood/PVC Composites

นภัส ปัทมสัตยาสนธิ (Napat Pattamasattayasonthi)* กัลทิมา เชาว์ชาญชัยกุล (Kantima Chaochanchaikul)**
ดร.ณรงค์ฤทธิ์ สมบัติสมภพ (Dr.Narongrit Sombatsompop)***

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาผลของเวลาในการบ่มเร่งสภาวะ อุณหภูมิการควบแน่น และการใช้สารเคลือบผิวในวัสดุ เชิงประกอบระหว่างพีวีซีและผงขี้เลื่อยไม้ที่มีอัตราส่วนของพีวีซีและผงขี้เลื่อยไม้ 100:100 โดยน้ำหนัก แล้วนำไปทดสอบสมบัติเชิงกลและการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางเคมี พบว่า สมบัติความทนแรงดึงและแรงดัดงอมีค่าลดลงเมื่อใช้เวลาในการบ่มเร่งสภาวะนานขึ้น ซึ่งมีอิทธิพลมากกว่าการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิการควบแน่น สำหรับปริมาณหมู่ พอลิอีนและค่าดัชนีความเหลืองพบว่ามีค่าสูงขึ้นตามเวลาในการบ่มเร่งสภาวะที่เพิ่มขึ้น ส่วนสมบัติความชอบน้ำซึ่งวัดจากค่ามุมการเปียกผิวนั้น พบว่า ค่ามุมการเปียกผิวลดลงเมื่อใช้เวลาในการบ่มเร่งสภาวะนานขึ้น เนื่องจากโมเลกุลของน้ำสามารถสร้างพันธะไฮโดรเจนกับหมู่ไฮดรอกซิลบนผิวของผงขี้เลื่อยไม้ได้ และเมื่อเคลือบผิววัสดุเชิงประกอบด้วย สีย้อมไม้สูตรน้ำที่มีซีเรียมออกไซด์เป็นสารเพิ่มเสถียรภาพทางแสง พบว่าสมบัติต่าง ๆ มีแนวโน้มไม่เปลี่ยนแปลง

ABSTRACT

Composite samples of poly(vinyl chloride) (PVC) and wood flour (WPVC) were prepared in the PVC:wood ratio of 1:1 and the mechanical and structural changes of the WPVC composites were assessed in terms of UV aging time and condensation temperature. Acrylic coating, containing cerium dioxide as UV absorber, was used for moderation of mechanical and structural changes of PVC in WPVC composites. The experimental results indicated that the tensile and flexural properties monotonically reduced when the aging time was increased, the effect being more pronounced at high condensation temperatures. It was observed that the polyene and yellowness indexes in WPVC composites increased with UV aging time. The hydrophilicity of the WPVC was quantified by contact angle results and was found to increase with increasing UV aging due to a formation of hydrogen bonding between -OH groups on the wood surfaces

* *มหาบัณฑิต หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีวัสดุ คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี*

** *นักศึกษาปริญญาเอก สาขาวิชาเทคโนโลยีวัสดุ คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี*

*** *ศาสตราจารย์ สาขาวิชาเทคโนโลยีวัสดุ คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี*

and water molecules. The acrylic coating containing CeO_2 proposed in this work was sufficiently effective for maintaining the levels of hydrophilicity and mechanical properties of the WPVC composites.

คำสำคัญ : พอลิไวนิลคลอไรด์ (พีวีซี) ผงขี้เลื่อยไม้ วัสดุเชิงประกอบ
Key Words : Poly(vinyl chloride), Wood flour, Composite

บทนำ

ในปัจจุบันแนวโน้มการนำวัสดุเชิงประกอบระหว่างไม้และพลาสติก (Wood and Plastic Composites, WPC) มาใช้งานมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากราคาถูก สมบัติทางกลที่ดี มีความคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงขนาด และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ซึ่งวัสดุเชิงประกอบระหว่างไม้กับพีวีซีมีข้อได้เปรียบด้านสมบัติเชิงกลและการต้านทานการติดไฟที่ดีมากกว่าวัสดุเชิงประกอบระหว่างไม้กับเทอร์โมพลาสติกชนิดอื่นๆ อย่างไรก็ตาม WPC สามารถเกิดปฏิกิริยาการเสื่อมสภาพด้วยความร้อนและแสงยูวี ซึ่งส่งผลต่อสมบัติเชิงกล (Matuana *et al.*, 2001, 2002) โดยทั่วไปผลิตภัณฑ์พีวีซีสามารถสลายตัวด้วยแสงยูวีที่ความยาวคลื่นมากกว่า 250 nm ความยาวคลื่นนี้สามารถทำให้เกิดการแตกของพันธะ C-Cl ในโมเลกุลของพีวีซี ซึ่งทำให้เกิดพันธะคู่หรือหมู่พอลิอีน $(-CH=CH-)_n$ และทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์พีวีซี โดยเมื่อรวมกับออกซิเจนส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ซึ่งทำให้เกิดหมู่คาร์บอนิลในสายโซ่ของพีวีซีส่งผลให้เกิดการแตกตัวและการเชื่อมโยงของสายโซ่ และการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางเคมีเนื่องจากการบ่มเร่งด้วยแสงยูวียังส่งผลโดยตรงกับสมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงกลและลักษณะภายนอกของผลิตภัณฑ์พีวีซีในระหว่างการใช้งาน ซึ่งงานวิจัยส่วนใหญ่ได้ทำการศึกษาการเสื่อมสภาพด้วยแสงของวัสดุเชิงประกอบระหว่างไม้กับพอลิโอลิฟิน (Stark and Matuana, 2006, 2007; Muasher *et al.*, 2006; Bengtsson *et al.*, 2007) แต่ในงานวิจัยที่เกี่ยวกับวัสดุเชิงประกอบระหว่างไม้กับพีวีซี (WPVC) ยังมีเพียงเล็กน้อย (Matuana et al., 2001, 2002) ซึ่งในการนำผลิตภัณฑ์ WPVC ไปใช้งานจริงจำเป็นต้องคำนึงถึงความทนทานต่อสภาวะแวดล้อมซึ่งส่งผลต่อรูปลักษณ์ภายนอก และสมบัติทางกลและทางความร้อนของชิ้นงาน WPC ให้มีสมบัติที่ด้อยลง ปัญหาที่มักพบบ่อยกับ WPVC เมื่อนำไปใช้งานกลางแจ้ง คือ การซีดจางของสีชิ้นงาน สมบัติทางกลที่ลดลง และรอยแตกร้าวที่ผิวของชิ้นงาน ซึ่งมีสาเหตุมาจากแสงยูวี และความชื้น

ดังนั้นการศึกษาปัจจัยและกลไกการสลายตัวอันเนื่องมาจากสภาวะแวดล้อมของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพลาสติกและผงขี้เลื่อยไม้จึงมีความสำคัญอย่างมากต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ WPC ให้สามารถแข่งขันกับไม้จริง และวัสดุเลียนแบบไม้ประเภทอื่นๆ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดทำการศึกษาอิทธิพลเวลาในการบ่มเร่งสภาวะ อุณหภูมิในการควบแน่น และสารเคลือบผิวในวัสดุเชิงประกอบระหว่างพีวีซีและผงขี้เลื่อยไม้ โดยทำการศึกษาจากสมบัติทางกลและการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างเคมีของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพีวีซีและผงขี้เลื่อยไม้

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

วัตถุดิบที่ใช้ในงานวิจัย

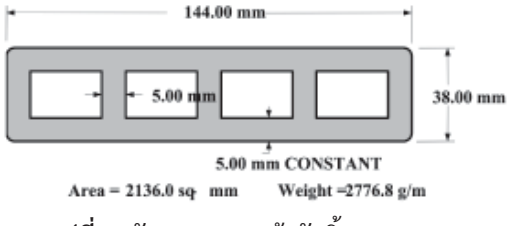
พีวีซีเกรดอัดรีดที่มีค่า K Value เท่ากับ 58 และสารเติมแต่งชนิดต่างๆ รวมถึงผงขี้เลื่อยไม้ (มีขนาดอนุภาคประมาณ 100-300 ไมครอน) ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท วี.พี.วู้ด จำกัด สารอะมิโนไซเลน คือ N-2(Aminoethyl)-3-Aminopropyltrimethoxysilane (KBM 603, M_w=222.4) เป็นของบริษัท Shin-Etsu Chemical จำกัด (ประเทศญี่ปุ่น) โดยใช้ปริมาณ 1 wt% ในการปรับปรุงผิวผงขี้เลื่อยไม้ ซึ่งสูตรของพีวีซีคอมปาวด์และวัสดุเชิงประกอบ มีรายละเอียดดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สูตรพีวีซีคอมปาวด์และปริมาณผงขี้เลื่อยไม้ที่อัตราส่วน 100:100 โดยน้ำหนัก

Ingredient	Concentration (pph)
Suspension PVC Grade SIAMVIC® 258 RS (K Value = 58)	100.0
Emulsion PVC Grade SIAMVIC® 167 GZ (K Value = 67)	4.0
One Pack Heat Stabilizer (PF 608 A)	3.6
External Lubricant (Finalux® G-741)	0.6
Calcium Stearate (Ca St)	0.6
$CaCO_3$ (Omyacarb®-2T)	12.0
Processing Aids (PA-20)	6.0
Wood Flour	100.0

การผสมและขึ้นรูปชิ้นงานตัวอย่าง

การผสมพีวีซีและผงขี้เลื่อยไม้ เริ่มจากการนำผงขี้เลื่อยไม้ไปอบในตู้อบ ณ อุณหภูมิ 80 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมงหรือจนกระทั่งน้ำหนักคงที่ จากนั้นนำผงขี้เลื่อยไม้มาผสมกับพีวีซีคอมปาวด์ โดยมีอัตราส่วนผสมพีวีซี:ผงขี้เลื่อยไม้ คือ 100:100 โดยน้ำหนัก ดังตารางที่ 1 จากนั้นนำของผสมมาผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องปั่นผสมแบบความเร็วสูงเป็นเวลา 2 นาที จากนั้นนำไปขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนคู่รุ่น KMD-90-36 (ประเทศเยอรมัน) ซึ่งอุณหภูมิที่ใช้ในการผลิต ตั้งแต่ช่วงป้อนวัตถุดิบถึงหัวขึ้นรูป คือ 180, 170, 175 และ 180 °C ตามลำดับ ใช้ความเร็วของสกรู 40 รอบ/นาที วัสดุผสมถูกหลอมและอัดรีดผ่านหัวขึ้นรูปหน้าตัด M005 หลังจากที่ชิ้นงานตัวอย่างผ่านหัวขึ้นรูปแล้ว ชิ้นงานตัวอย่างส่งผ่านเข้าชุดระบบควบคุมขนาด และระบบหล่อเย็นโดยลักษณะของหน้าตัดชิ้นงาน M005 แสดงดังรูปที่ 1 จากนั้นทำการเตรียมชิ้นงานทดสอบโดยทำการตัดชิ้นงานบริเวณบนและล่างของชิ้นงาน เพื่อใช้ในการทดสอบการบ่มเร่งสภาวะต่อไป



รูปที่ 1 ลักษณะของหน้าตัดชิ้นงาน M005

ขั้นตอนการบ่มเร่งสภาวะแวดล้อม

นำชิ้นงานตัวอย่างที่ขึ้นรูปได้ และผ่านการเตรียมเป็นชิ้นงานทดสอบแล้วมาทำการบ่มเร่งสภาวะด้วยเครื่อง QUV รุ่น QUV/Spray ของบริษัท Q-Panel Lab Products จำกัด (ประเทศอเมริกา) โดยทำการทดสอบอ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM G154 (2006) Cycle 7

ผลของอุณหภูมิในการควบแน่น

นำชิ้นงานมาทำการบ่มเร่งสภาวะ ซึ่งสภาวะในการบ่มเร่งเริ่มต้นจากฉายแสงยูวี A (340 nm) ที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 8 ชั่วโมง จากนั้นทำการให้ความชื้นแก่ชิ้นงานในสภาวะควบแน่นที่อุณหภูมิ 40, 50 และ 60 °C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง 45 นาที และทำการสเปรยน้ำบนผิวชิ้นงาน เป็นเวลา 15 นาที และทำการเก็บชิ้นงานตัวอย่างมาทดสอบสมบัติต่าง ๆ ที่เวลา 0, 168, 336 และ 504 ชั่วโมง

ผลของสารเคลือบผิว

สารเคลือบผิวที่ใช้ คือ สีย้อมไม้สูตรน้ำที่มีซีเรียมออกไซด์ (CeO_2) เป็นสารเพิ่มเสถียรภาพทางแสง ของบริษัท ทีโอเอ เพ้นท์ จำกัด (ประเทศไทย) โดยการผสมสีย้อมไม้กับน้ำ ซึ่งเริ่มจากการเตรียมสีย้อมไม้ให้มีอัตราส่วน 0, 15 และ 30 %v/v โดยการเติมน้ำลงในสีย้อมไม้แล้วทำการกวนจนสีย้อมไม้กับน้ำละลายเข้าด้วยกันเป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นทำการพ่นสีย้อมไม้ลงบนชิ้นงานด้วยปืนพ่นสีระบบใช้ลมอัด จากนั้นควรปล่อยให้มีแห้งสนิทประมาณ 1 วัน ก่อนนำมาทำการบ่มเร่งสภาวะ

วิธีการทดสอบ

สมบัติทางกล

ทำการทดสอบการรับแรงดึง และแรงดัดด้วยเครื่อง SHIMADZU tensile tester (ประเทศญี่ปุ่น) สำหรับการทดสอบสมบัติความทนแรงดึง ทำการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D638 (2003) ชิ้นงานทดสอบรูปทรงดัมเบลล์ แบบ Type I ส่วนการทดสอบสมบัติความทนแรงดัด ทำการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D790 (2003)

การวิเคราะห์การสลายตัวทางเคมี

ทำการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางเคมีของชิ้นงานวัสดุเชิงประกอบก่อนและหลังทำการบ่มเร่งสภาวะด้วยเครื่อง Fourier Transform Infrared spectrometers รุ่น Nicolet 6700 FT-IR spectrometer บริษัท Thermo-Nicolet จำกัด (ประเทศอเมริกา) โดยใช้เทคนิค ATR-FTIR เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณหมู่พอลิอีนดังสมการที่ 1

$$Polyene\ index = \frac{\%R_{1650} - \%R_{baseline}}{\%R_{2920} - \%R_{baseline}} \quad (1)$$

การวิเคราะห์สี

ทำการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสีของชิ้นงานวัสดุเชิงประกอบก่อนและหลังทำการบ่มเร่งสภาวะ โดยทำการวัดค่าดัชนีความเหลือง (Yellowness Index, YI) ด้วยเครื่อง UV-Vis-NIR Spectrophotometer รุ่น UV 3100 บริษัท Shimadsu จำกัด (ประเทศญี่ปุ่น) โดยใช้มาตรฐานในการส่องสว่าง C ซึ่งให้ค่า Tristimulus Values X, Y และ Z ดังสมการที่ 2

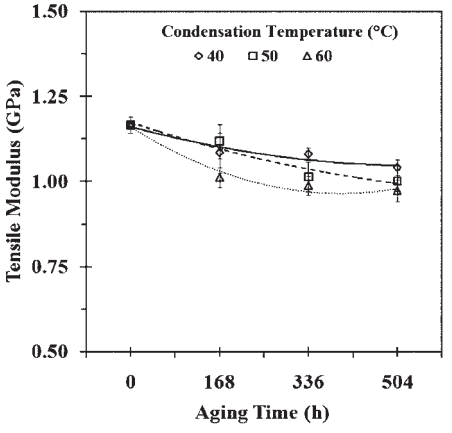
$$YI = \frac{100(1.28X_{CIE} - 1.06Z_{CIE})}{Y_{CIE}} \quad (2)$$

การวิเคราะห์ความเปียกผิว

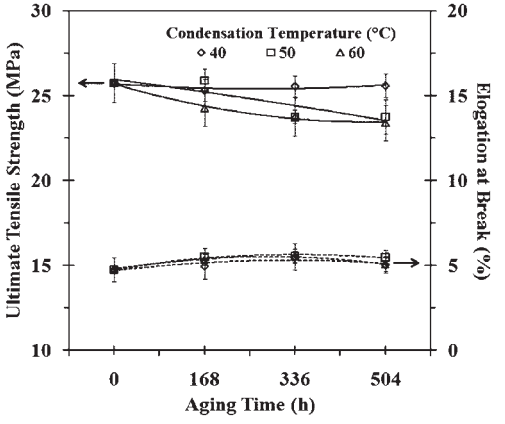
ทำการวิเคราะห์มุมการเปียกผิวของชิ้นงานโดยทำการทดสอบก่อนและหลังทำการบ่มเร่งสภาวะด้วยเครื่อง Contact Angle Goniometer รุ่น 100-00 ของบริษัท Ramé-Hart Instrument จำกัด (ประเทศสหรัฐอเมริกา) โดยทำการรายงานผลเป็นค่ามุมการเปียกผิวของน้ำ (Contact Angle) โดยใช้น้ำกลั่นเป็นของเหลวที่ใช้ในการทดสอบ

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

ผลของอุณหภูมิในการควบแน่น



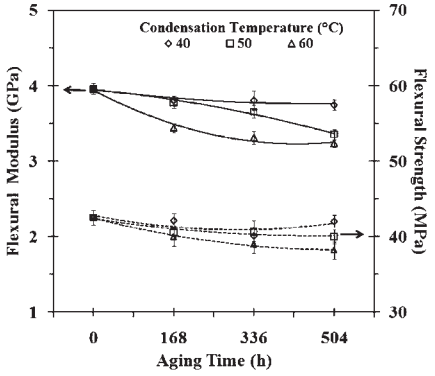
รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่ามอดุลัสและเวลาการบ่มเร่งสภาวะด้วยแสงยูวีของวัสดุเชิงประกอบที่อุณหภูมิการควบแน่นต่าง ๆ กัน



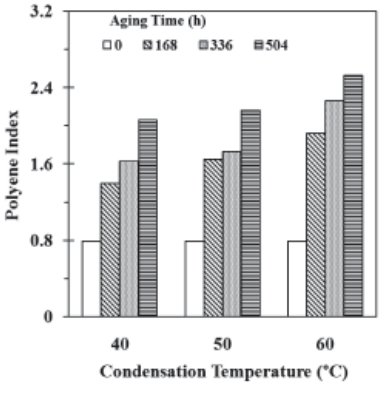
รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานแรงดึงสูงสุดกับค่าเปอร์เซ็นต์การยืดตัว ณ จุดขาด และเวลาการบ่มเร่งสภาวะด้วยแสงยูวีของ วัสดุเชิงประกอบที่อุณหภูมิการควบแน่นต่าง ๆ กัน

รูปที่ 2 และ รูปที่ 3 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติความต้านทานแรงดึงกับเวลาในการบ่มเร่งสภาวะด้วยแสงยูวีของวัสดุเชิงประกอบที่อุณหภูมิการควบแน่นต่าง ๆ กัน พบว่า เมื่อพิจารณาเวลาการบ่มเร่งที่มากขึ้น มีผลให้สมบัติความต้านทานแรงดึงมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากวัสดุเชิงประกอบ

มีผงขี้เลื่อยไม้ซึ่งสามารถดูดซับน้ำในระหว่างบ่มเร่งในเครื่องบ่มเร่งสภาวะ จึงทำให้วัสดุเชิงประกอบมีความแข็งแรงลดลง และเมื่ออุณหภูมิในการควบแน่นที่เพิ่มมากขึ้น ส่งผลทำให้สมบัติความต้านทานแรงดึงมีแนวโน้มลดลงมากขึ้น เนื่องมาจากอุณหภูมิที่มากขึ้นมีผลทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ในสภาวะการบ่มเร่งมีมากขึ้น (Andrade *et al*., 1990) จึงส่งผลทำให้วัสดุเชิงประกอบเกิดการสามารถดูดซับน้ำได้มากขึ้น จึงส่งผลให้วัสดุเชิงประกอบมีความแข็งแรงลดลงเช่นกัน และจากรูปที่ 4 พบว่า ค่าสมบัติความต้านทานแรงดัดงอมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย เมื่อเวลาในการบ่มเร่งและอุณหภูมิในการควบแน่นเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้มีสาเหตุเช่นเดียวกับกรณีการทดสอบสมบัติการรับแรงดึง

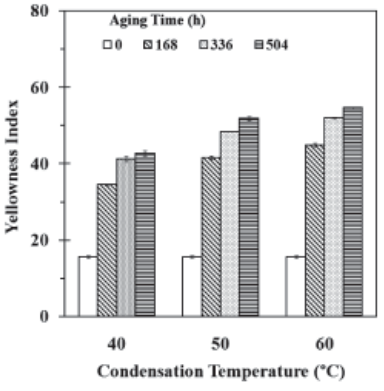


รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติความต้านทานแรงดัดงอและเวลาการบ่มเร่งสภาวะด้วยแสงยูวีของวัสดุเชิงประกอบที่อุณหภูมิการควบแน่นต่าง ๆ



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณหมู่พอลิอีนและเวลาการบ่มเร่งสภาวะด้วยแสงยูวีของวัสดุเชิงประกอบที่อุณหภูมิการควบแน่นต่าง ๆ

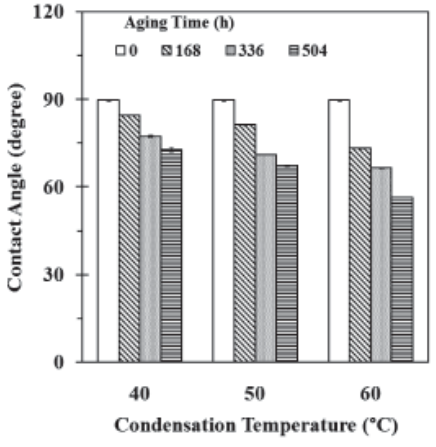
จากรูปที่ 5 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณหมู่พอลิอีนกับเวลาในการบ่มเร่งสภาวะด้วยแสงยูวีของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพีวีซีและผงขี้เลื่อยไม้ที่อุณหภูมิการควบแน่นต่าง ๆ กัน พบว่า เมื่อเวลาในการเร่งสภาวะด้วยแสงเพิ่มมากขึ้นมีผลทำให้ปริมาณหมู่พอลิอีนในวัสดุเชิงประกอบมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องมาจากแสงยูวีมีผลทำให้พีวีซีเกิดการสลายตัวเกิดเป็นพันธะคู่แบบคอนจูเกเตด (Sombatsompop *et al*., 2003; Sombatsompop and Chaochanchaikul, 2005) และเมื่ออุณหภูมิในการควบแน่นที่เพิ่มมากขึ้นส่งผลให้ปริมาณหมู่พอลิอีนในวัสดุเชิงประกอบมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากอุณหภูมิการควบแน่นที่เพิ่มมากขึ้นมีผลทำให้ชิ้นงานดูดซับน้ำได้มากขึ้นซึ่งโมเลกุลของน้ำมีผลไปเหนี่ยวนำทำให้พีวีซีเกิดการสลายตัวได้ง่ายขึ้น และการเพิ่มของปริมาณหมู่พอลิอีน ส่งผลให้ค่าดัชนีความเหลืองเพิ่มสูงขึ้น (Sombatsompop *et al*., 2008) ดังรูปที่ 6



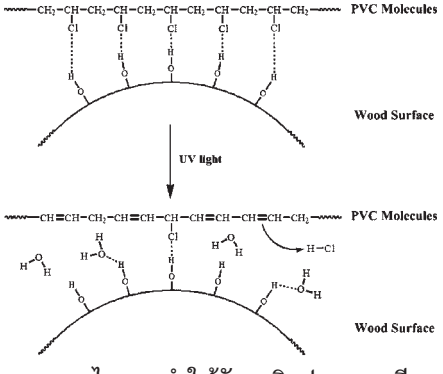
รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีความเหลืองและเวลาการบ่มเร่งสภาวะด้วยแสงยูวีของวัสดุเชิงประกอบที่อุณหภูมิการควบแน่นต่าง ๆ

จากรูปที่ 7 พบว่า เมื่อเวลาในการบ่มเร่งสภาวะเพิ่มมากขึ้นมีผลทำให้ค่ามุมการเปียกผิวมีค่าลดลง เนื่องจากการบ่มเร่งสภาวะด้วยแสงยูวีมีผลทำให้พีวีซีเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้มากขึ้นเกิดหมู่คาร์บอนิล (Matuana *et al*., 2002) จึงทำให้พีวีซีมีความชอบน้ำเพิ่มมากขึ้น และที่อุณหภูมิควบแน่น

60 °C เวลาในการบ่มเร่ง 504 ชั่วโมง พบว่าค่ามุมการเปียกผิวมีค่าน้อยที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากอุณหภูมิการควบแน่นที่สูงขึ้นมีผลทำให้พีวีซีเกิดการเสื่อมสภาพมากขึ้น ส่งผลทำให้เกิดปริมาณหมู่พอลิอีนมากขึ้น และส่งผลทำให้เกิดพันธะทุติยภูมิแบบแรงดึงดูดระหว่างขั้ว ระหว่างอะตอมคลอรีนของพีวีซีและหมู่ไฮดรอกซิลบนผิวของผงขี้เลื่อยไม้มีลดลง จึงส่งผลให้โมเลกุลของน้ำสามารถเข้าทำพันธะไฮโดรเจนกับหมู่ไฮดรอกซิลบนผิวของผงขี้เลื่อยไม้ได้ง่ายขึ้น จึงส่งผลให้วัสดุเชิงประกอบสมบัติความชอบน้ำมากขึ้น ดังรายละเอียดที่แสดงในรูปที่ 8



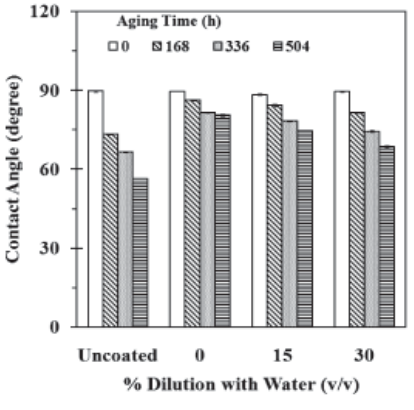
รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างค่ามุมการเปียกผิวและเวลาการบ่มเร่งสภาวะด้วยแสงยูวีของวัสดุ เชิงประกอบที่อุณหภูมิการควบแน่นต่าง ๆ



รูปที่ 8 กลไกการทำให้วัสดุเชิงประกอบมีสมบัติความชอบน้ำเพิ่มขึ้นภายหลังการบ่มเร่งด้วยแสงยูวี

ผลของสารเคลือบผิว

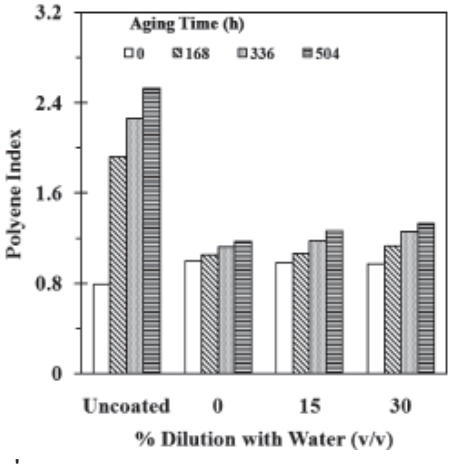
ในการทดลองจะใช้อุณหภูมิในการควบแน่น 60 °C เพื่อศึกษาสารเคลือบผิวที่มีผลต่อสมบัติเชิงกลและการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางเคมีของวัสดุเชิงประกอบพีวีซีและผงขี้เลื่อยไม้ที่มีการเคลือบผิวด้วยสีย้อมไม้สูตรน้ำที่มีซีเรียมออกไซด์เป็นสารเพิ่มเสถียรภาพทางแสง โดยมีการปรับเปลี่ยนความเข้มข้นของสีย้อมไม้ด้วยการเจือจางด้วยน้ำดังตารางที่ 2 พบว่าเมื่อทำการปรับเปลี่ยนความเข้มข้นของสีย้อมไม้สมบัติเชิงกลมีแนวโน้มไม่เปลี่ยนแปลง เนื่องจากเกิดความผิดพลาดจากการทดลอง จึงได้ทำการเปรียบเทียบชิ้นงานที่ไม่ทำการเคลือบผิวและเคลือบผิว พบว่าในชิ้นงานที่ไม่ได้ทำการเคลือบผิว เมื่อเวลาในการบ่มเร่งสภาวะเพิ่มมากขึ้น สมบัติเชิงกลมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย แต่ในวัสดุเชิงประกอบที่ทำการเคลือบผิวด้วยสีย้อมไม้ที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ กัน เมื่อเวลาในการบ่มเร่งสภาวะเพิ่มมากขึ้น สมบัติเชิงกลมีแนวโน้มไม่เปลี่ยนแปลง ทั้งนี้เนื่องจากการที่เคลือบผิวของชิ้นงานวัสดุเชิงประกอบด้วยสีย้อมไม้สูตรน้ำโดยมีสารเพิ่มเสถียรภาพทางแสงชนิดซีเรียมออกไซด์เป็นองค์ประกอบสามารถช่วยป้องกันการเสื่อมสภาพของพีวีซีในชิ้นงานวัสดุเชิงประกอบ โดยสารเพิ่มเสถียรภาพทางแสงชนิดซีเรียมออกไซด์ทำหน้าที่ดูดซับแสงยูวีแทนและช่วยสะท้อนแสงยูวีให้กับวัสดุเชิงประกอบอีกด้วย (Gächter and Müller, 1990)



รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างค่ามุมการเปียกผิวและเวลาการบ่มเร่งสภาวะด้วยแสงยูวีของวัสดุเชิงประกอบที่มีการเคลือบผิวด้วยสีย้อมไม้ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

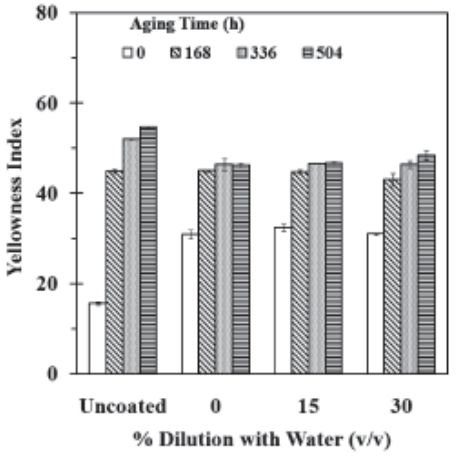
ตารางที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติเชิงกลและเวลาการบ่มเร่งสภาวะด้วยแสงยูวีเอของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพีวีซีและผงขี้เลื่อยไม้ที่มีการเคลือบผิวด้วยสีย้อมไม้ที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ

Properties	Uncoated				% Dilution with Water (v/v)											
					0				15				30			
	Aging Time (h)				Aging Time (h)				Aging Time (h)				Aging Time (h)			
	0	168	336	504	0	168	336	504	0	168	336	504	0	168	336	504
Tensile Modulus (GPa)	1.2	1.0	1.0	1.0	1.1	0.9	1.0	1.0	1.0	0.8	1.0	1.0	1.0	0.8	1.0	1.1
Ultimate Tensile Strength (MPa)	25.7	24.3	23.8	23.4	26.1	24.4	23.3	22.9	24.7	23.5	22.5	22.1	23.7	23.9	22.2	23.5
Elongation at break (%)	4.8	5.3	5.5	5.1	5.7	5.3	5.4	4.6	5.7	5.6	5.3	4.3	5.2	5.2	4.6	4.9
Flexural Modulus (GPa)	4.0	3.4	3.3	3.2	3.2	3.5	3.1	3.1	3.1	3.2	3.0	3.1	2.9	3.3	3.0	2.8
Flexural strength (MPa)	42.5	40.0	39.0	38.2	35.9	39.9	36.7	36.9	34.3	37.3	36.2	36.3	35.4	39.0	36.2	35.5



รูปที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณหมู่พอลิอีนและเวลาการบ่มเร่งสภาวะด้วยแสงยูวีของวัสดุเชิงประกอบที่มีการเคลือบผิวด้วยสีย้อมไม้ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

จากการที่สมบัติเชิงกลของวัสดุเชิงประกอบที่มีการเคลือบผิวด้วยสีย้อมไม้สูตรน้ำที่มีซีเรียมออกไซด์ไม่เปลี่ยนแปลง เนื่องจากชั้นของสารเคลือบผิวสามารถป้องกันไม่ให้ผิวของไม้ดูดซับน้ำได้ ซึ่งสามารถดูได้จากการวัดมุมการเปียกผิวของชิ้นงานวัสดุเชิงประกอบดังรูปที่ 9 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ามุมการเปียกผิวและเวลาที่ใช้ในการบ่มเร่งสภาวะด้วยแสงยูวีเอของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพีวีซีและผงขี้เลื่อยไม้ที่มีการเคลือบผิวด้วยสีย้อมไม้ที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ กัน พบว่า วัสดุเชิงประกอบที่ทำการเคลือบผิว เมื่อทำการบ่มเร่งสภาวะส่งผลทำให้ค่ามุมการเปียกผิวมีค่าลดลงเพียงเล็กน้อย ซึ่งในทางตรงกันข้ามค่ามุมการเปียกผิวของวัสดุเชิงประกอบที่ไม่ได้ทำการเคลือบผิว เมื่อทำการบ่มเร่งสภาวะค่ามุมการเปียกผิวมีค่าลดลงอย่างมาก เนื่องจากชั้นของสารเคลือบผิวสามารถป้องกันไม่ให้ผิวของไม้ดูดซับน้ำได้ และสารเคลือบผิวช่วยป้องกันการเสื่อมสภาพของวัสดุเชิงประกอบเนื่องจากแสงยูวี ส่งผลทำให้สมบัติความชอบน้ำของวัสดุเชิงประกอบมีแนวโน้มไม่เปลี่ยนแปลง และเมื่อทำการปรับเปลี่ยนความเข้มข้นของสีย้อมไม้ พบว่าค่ามุมการเปียกผิวมีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย



รูปที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีความเหลืองและเวลาการบ่มเร่งสภาวะด้วยแสงยูวีของวัสดุเชิงประกอบที่มีการเคลือบผิวด้วยสีย้อมไม้ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

เมื่อทำการเคลือบผิววัสดุเชิงประกอบระหว่างพีวีซีและผงขี้เลื่อยไม้ด้วยสีย้อมไม้สูตรน้ำที่มีซีเรียมออกไซด์ ซึ่งจากการทดลองหาปริมาณหมู่พอลิอีนและ

ค่าดัชนีความเหลือง ดังรูปที่ 10 และรูปที่ 11 ตามลำดับ พบว่าสารเคลือบผิวด้วยสีย้อมไม้สูตรน้ำที่มีซีเรียมออกไซด์เป็นสารเพิ่มเสถียรภาพทางแสงช่วยดูดซับแสงยูวีและช่วยในการป้องกันการเกิดการเสื่อมสภาพด้วยแสงของพีวีซีในชิ้นงานวัสดุเชิงประกอบ

สรุปผลการวิจัย

จากผลการทดลองสมบัติเชิงกลและการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางเคมี พบว่าสมบัติความทนแรงดึงและแรงดัดงอลดลงเมื่อเวลาในการบ่มเร่งสภาวะมากขึ้น และอุณหภูมิในการควบแน่น 60 °C ทำให้สมบัติเชิงกลลดลงมากที่สุด ส่วนปริมาณหมู่พอลิอีนและค่าดัชนีความเหลืองเพิ่มมากขึ้น เมื่อเวลาในการบ่มเร่งสภาวะเพิ่มขึ้น แต่มุมการเปียกผิวลดลงเมื่อเวลาในการบ่มเร่งสภาวะมากขึ้น เนื่องจากโมเลกุลของน้ำสามารถเข้าทำพันธะไฮโดรเจนกับหมู่ไฮดรอกซิลบนผิวผงขี้เลื่อยไม้ และสารเคลือบผิวที่มีซีเรียมออกไซด์สามารถช่วยป้องกันการเสื่อมสภาพ ซึ่งส่งผลทำให้สมบัติเชิงกลและสมบัติความชอบน้ำของวัสดุเชิงประกอบมีแนวโน้มไม่เปลี่ยนแปลง

ข้อเสนอแนะ

ควรศึกษาผลของการเติมสารป้องกันแสงยูวีที่มีผลต่อสมบัติเชิงกล การเปลี่ยนแปลงเกี่ยวกับรูปลักษณ์ภายนอก และการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างเคมีของวัสดุเชิงประกอบเมื่อได้รับการบ่มเร่งสภาวะ

กิตติกรรมประกาศ

คณะวิจัยขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีที่ให้การสนับสนุนการวิจัย บริษัท วี.พี. วู้ด จำกัด นอกจากนี้ขอขอบคุณทุนวิจัยมหาบัณฑิต สกว. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโลยีระดับปริญญาโท สัญญาเลขที่ MRG-OSMEP505S118

เอกสารอ้างอิง

Andrade, C., Sarria, J., and Alonso, C. 1999. Relative Humidity in the Interior of Concrete Exposed to Natural and Artificial Weathering. Cem. Concr. Res. 29(8): 1249-1259.

Bengtsson, M., Stark, NM., and Oksman, K. 2007. Durability and Mechanical Properties of Silane Cross-linked Wood Thermoplastic Composites. Compos. Sci. Technol. 67(13): 2728-2738.

Gächter, R., and Müller, H. 1990. Plastics Additives Handbook. New York: Hanser Publishers.

Matuana, LM., and Kamdem, DP. 2002. Accelerated Ultraviolet Weathering of PVC/Wood-Flour Composites. Polym. Eng. Sci. 42(8): 1657-1666.

Matuana, LM., Kamdem, DP., and Zhang, J. 2001. Photoaging and Stabilization of Rigid PVC/Wood-Fiber Composites. J. Appl. Polym. Sci. 80(11): 1943-1950.

Muasher, M., and Sain, M. 2006. The Efficacy of Photostabilizers on the Color Change of Wood Filled Plastic Composites. Polym. Degrad. Stab. 91(5): 1156-1165.

Sombatsompop, N., and Chaochanchaikul, K. 2005. Average Mixing Torque, Tensile and Impact Properties, and Thermal Stability of Poly(vinyl chloride)/Sawdust Composites with Different Silane Coupling Agents. J. Appl. Polym. Sci. 96: 213-221.

Sombatsompop, N., Chaochanchaikul, K., Phromchirasuk, C., and Thongsang, S. 2003. Effect of Wood Sawdust Content on Rheological and Structural Changes, and Thermo-Mechanical Properties of PVC/Sawdust Composites. Polym. Intl. 52(12): 1847-1855.

Sombatsompop, N., Taptim, K., Chaochanchaikul, K., Thongpin, C., and Rosarpitak, V. 2008. Improvement of Structural and Thermal Stabilities of PVC and Wood/PVC Composites by Pb and Zn Stearates and Zeolite. J. Macromol. Sci. A. 45(7): 534-541.

Stark, NM., and Matuana, LM. 2006. Influence of Photostabilizers on Wood Flour-HDPE Composites Exposed to Xenon-Arc Radiation with and without Water Spray. Polym. Degrad. Stab. 91(2): 3048-3056.

Stark, NM., and Matuana, LM. 2007. Characterization of Weathered Wood-Plastic Composite Surfaces using FTIR Spectroscopy, Contact Angle, and XPS. Polym. Degrad. Stab. 92(10): 1883-1890.