

ผลของการบ่มเร่งสภาวะด้วยแสงยูวีและสารเคลือบผิวชนิดซีเรียมออกไซด์ที่มีผลต่อสมบัติเชิงกล
และการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางเคมีในวัสดุเชิงประกอบระหว่างพีวีซีและผงซีลี้อยไม้

**Effect of UV-Weathering Aging and CeO₂ Based Coating Layer on Mechanical
and Structural Changes in Wood/PVC Composites**

นภัส ปัทมสัตยาสนธิ (Napat Pattamasattayasonthi)* กัลทิมา เชาว์ชาญชัยกุล (Kantima Chaochanchaikul)**

ณรงค์ฤทธิ์ สมบัติสมภพ (Narongrit Sombatsompop)***

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาผลของเวลาในการบ่มเร่งสภาวะ อุณหภูมิการควบแน่น และการใช้สารเคลือบผิวในวัสดุเชิงประกอบระหว่างพีวีซีและผงซีลี้อยไม้ที่มีอัตราส่วนของพีวีซีและผงซีลี้อยไม้ 100:100 โดยน้ำหนัก แล้วนำไปทดสอบสมบัติเชิงกลและการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางเคมี พบว่า สมบัติความทนแรงดึงและแรงดัดงอมีค่าลดลงเมื่อใช้เวลาในการบ่มเร่งสภาวะนานขึ้น ซึ่งมีอิทธิพลมากกว่าการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิการควบแน่น สำหรับปริมาณหมู่พอลิอินและค่าดัชนีความเหลืองพบว่าค่าสูงขึ้นตามเวลาในการบ่มเร่งสภาวะที่เพิ่มขึ้น ส่วนสมบัติความชอบน้ำซึ่งวัดจากค่ามุมการเปียกผิวนั้น พบว่า ค่ามุมการเปียกผิวดลดลงเมื่อใช้เวลาในการบ่มเร่งสภาวะนานขึ้น เนื่องจากโมเลกุลของน้ำสามารถสร้างพันธะไฮโดรเจนกับหมู่ไฮดรอกซิลบนผิวของผงซีลี้อยไม้ได้ และเมื่อเคลือบผิววัสดุเชิงประกอบด้วยสีย้อมไม้สูตรน้ำที่มีซีเรียมออกไซด์เป็นสารเพิ่มเสถียรภาพทางแสง พบว่าสมบัติต่างๆ 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 and water molecules. The acrylic coating containing CeO₂ proposed in this work was sufficiently effective for maintaining the levels of hydrophilicity and mechanical properties of the WPVC composites.

คำสำคัญ : พอลิไวนิลคลอไรด์ (พีวีซี) ผงซีลี้อยไม้ วัสดุเชิงประกอบ

Key Words : Poly(vinyl chloride), Wood flour, Composite

*มหบัณฑิต หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีวัสดุ คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

**นักศึกษาปริญญาเอก สาขาวิชาเทคโนโลยีวัสดุ คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

***ศาสตราจารย์ สาขาวิชาเทคโนโลยีวัสดุ คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

บทนำ

ในปัจจุบันแนวโน้มการนำวัสดุเชิงประกอบระหว่างไม้และพลาสติก (Wood and Plastic Composites, WPC) มาใช้งานมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากราคาถูก สมบัติทางกลที่ดี มีความคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงขนาด และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ซึ่งวัสดุเชิงประกอบระหว่างไม้กับพีวีซีมีข้อได้เปรียบด้านสมบัติเชิงกลและการต้านทานการติดไฟที่ดีมากกว่าวัสดุเชิงประกอบระหว่างไม้กับเทอร์โมพลาสติกชนิดอื่นๆ อย่างไรก็ตาม WPC สามารถเกิดปฏิกิริยาการเสื่อมสภาพด้วยความร้อนและแสงยูวี ซึ่งส่งผลต่อสมบัติเชิงกล (Matuana et al., 2001, 2002) โดยทั่วไปผลิตภัณฑ์พีวีซีสามารถสลายตัวด้วยแสงยูวีที่มีความยาวคลื่นมากกว่า 250 nm ความยาวคลื่นนี้สามารถทำให้เกิดการแตกของพันธะ C-Cl ในโมเลกุลของพีวีซี ซึ่งทำให้เกิดพันธะคู่หรือหมู่พอลิอิน (-CH=CH-) และทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์พีวีซี โดยเมื่อรวมกับออกซิเจนส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ซึ่งทำให้เกิดหมู่คาร์บอนิลในสายโซ่ของพีวีซีส่งผลให้เกิดการแตกตัวและการเชื่อมโยงของสายโซ่ และการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางเคมีเนื่องจากการบ่มเร่งด้วยแสงยูวียังส่งผลโดยตรงกับสมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงกลและลักษณะภายนอกของผลิตภัณฑ์พีวีซีในระหว่างการใช้งาน ซึ่งงานวิจัยส่วนใหญ่ได้ทำการศึกษาการเสื่อมสภาพด้วยแสงของวัสดุเชิงประกอบระหว่างไม้กับพอลิเอทิลีน (Stark & Matuana, 2006, 2007; Muasher et al., 2006; Bengtsson et al., 2007) แต่ในงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวัสดุเชิงประกอบระหว่างไม้กับพีวีซี (WPVC) ยังมีเพียงเล็กน้อย (Matuana et al., 2001, 2002) ซึ่งในการนำผลิตภัณฑ์ WPVC ไปใช้งานจริงจำเป็นต้องคำนึงถึงความทนทานต่อสภาวะแวดล้อมซึ่งส่งผลต่อรูปลักษณะภายนอก และสมบัติทางกลและทางความร้อนของชิ้นงาน WPC ให้มีสมบัติที่ดีอยู่คง ปัญหาที่มักพบบ่อยกับ WPVC เมื่อนำไปใช้งานกลางแจ้ง คือ การซีดจางของสีชิ้นงาน สมบัติทางกลที่ลดลง และรอย

แตกร้าวที่ผิวของชิ้นงาน ซึ่งมีสาเหตุมาจากแสงยูวี และความชื้น

ดังนั้นการศึกษาปัจจัยและกลไกการสลายตัวอันเนื่องมาจากสภาวะแวดล้อมของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพลาสติกและผงขี้เลื่อยไม้จึงมีความสำคัญอย่างมากต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ WPC ให้สามารถแข่งขันกับไม้จริง และวัสดุเลียนแบบไม้ประเภทอื่นๆ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดทำการศึกษาอิทธิพลเวลาในการบ่มเร่งสภาวะ อุณหภูมิในการควมแน่น และสารเคลือบผิวในวัสดุเชิงประกอบระหว่างพีวีซีและผงขี้เลื่อยไม้ โดยทำการศึกษาจากสมบัติทางกล และการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างเคมีของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพีวีซีและผงขี้เลื่อยไม้

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

วัสดุที่ใช้ในงานวิจัย

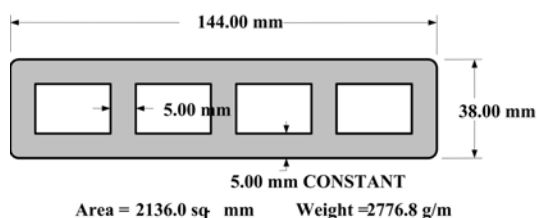
พีวีซีเกรดอครีลที่มีค่า K Value เท่ากับ 58 และสารเติมแต่งชนิดต่างๆ รวมถึงผงขี้เลื่อยไม้ (มีขนาดอนุภาคประมาณ 100–300 ไมครอน) ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท วิ.พี.วี. จำกัด สารอะมิโนไซเลน คือ N-(2-Aminoethyl)-3-Aminopropyltrimethoxysilane (KBM 603, $M_w=222.4$) เป็นของบริษัท Shin-Etsu Chemical จำกัด (ประเทศญี่ปุ่น) 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

การผสมพีวีซีและผงซีลี้อยู่เริ่มจากการนำผงซีลี้อยู่ไปอบในตู้อบ ณ อุณหภูมิ 80 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมงหรือจนกระทั่งน้ำหนักคงที่ จากนั้นนำผงซีลี้อยู่มาผสมกับพีวีซีคอมพาวด์ โดยมีอัตราส่วนผสมพีวีซี:ผงซีลี้อยู่ 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 หลังจากที่ได้ชิ้นงานตัวอย่างผ่านหัวขึ้นรูปแล้ว ชิ้นงานตัวอย่างส่งผ่านเข้าสู่ระบบควบคุมขนาด และระบบหล่อเย็นโดยลักษณะของหน้าตัดชิ้นงาน M005 แสดงดังรูปที่ 1 จากนั้นทำการเตรียมชิ้นงานทดสอบ โดยทำการตัดชิ้นงานบริเวณบนและล่างของชิ้นงาน 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 ซึ่งสภาวะในการบ่มเร่งเริ่มต้นจากแสงยูวี A (340 nm) ที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 8 ชั่วโมง จากนั้นทำการให้ความชื้นแก่

ชิ้นงานในสภาวะควบแน่นที่อุณหภูมิ 40, 50 และ 60 °C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง 45 นาที และทำการสเปรย์น้ำบนผิวชิ้นงาน เป็นเวลา 15 นาที และทำการเก็บชิ้นงานตัวอย่างมาทดสอบสมบัติต่างๆ ที่เวลา 0, 168, 336 และ 504 ชั่วโมง

ผลของสารเคลือบผิว

สารเคลือบผิวที่ใช้ คือ สีข้อมไม้สูตรน้ำที่มีซีเรียมออกไซด์ (CeO₂) เป็นสารเพิ่มเสถียรภาพทางแสง ของบริษัท ทีโอเอ เพ้นท์ จำกัด (ประเทศไทย) โดยการผสมสีข้อมไม้กับน้ำ ซึ่งเริ่มจากการเตรียมสีข้อมไม้ให้มีอัตราส่วน 0, 15 และ 30 %v/v โดยการเติมน้ำลงในสีข้อมไม้แล้วทำการกวนจนสีข้อมไม้กับน้ำละลายเข้าด้วยกันเป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นทำการพ่นสีข้อมไม้ลงบนชิ้นงานด้วยปืนพ่นสีระบบใช้ลมอัด จากนั้นควรปล่อยให้แห้งสนิทประมาณ 1 วันก่อนนำมาทำการบ่มเร่งสภาวะ

วิธีการทดสอบ

สมบัติทางกล

ทำการทดสอบการรับแรงดึง และแรงคด ด้วยเครื่อง SHIMADZU tensile tester (ประเทศญี่ปุ่น) สำหรับการทดสอบสมบัติความทนแรงดึง ทำการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D638 (2003) ชิ้นงานทดสอบรูปทรงดัมเบลล์ แบบ Type I ส่วนการทดสอบสมบัติความทนแรงคด ทำการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D790 (2003)

การวิเคราะห์การสลายตัวทางเคมี

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

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

การวิเคราะห์สี

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

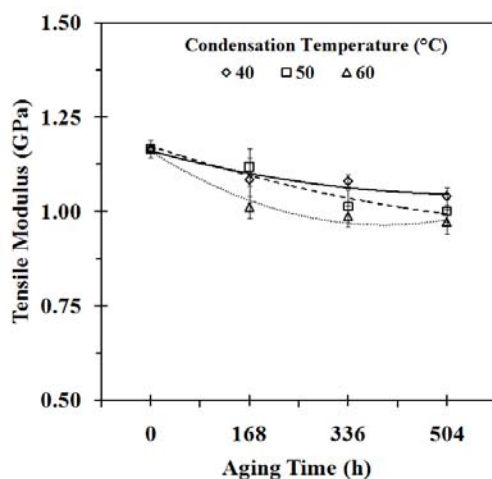
$$YI = \frac{100(1.28X_{CIE} - 1.06Z_{CIE})}{Y_{CIE}} \quad (2)$$

การวิเคราะห์ความเปียกผิว

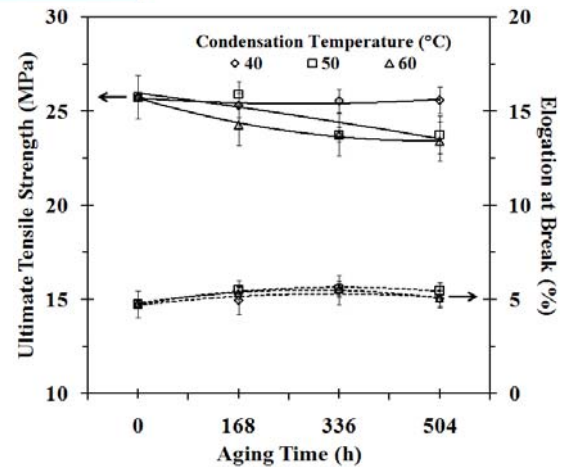
ทำการวิเคราะห์มุมการเปียกผิวของชิ้นงานโดยทำการทดสอบก่อนและหลังทำการบ่มเร่งสภาวะ ด้วยเครื่อง Contact Angle Goniometer รุ่น 100-00 ของบริษัท Ramé-Hart Instrument จำกัด (ประเทศสหรัฐอเมริกา) โดยทำการรายงานผลเป็นค่ามุมการเปียกผิวของน้ำ (Contact Angle) โดยใช้ น้ำกลั่นผิวนิ่งของเหลวที่ใช้ในการทดสอบ

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

ผลของอุณหภูมิในการควบแน่น

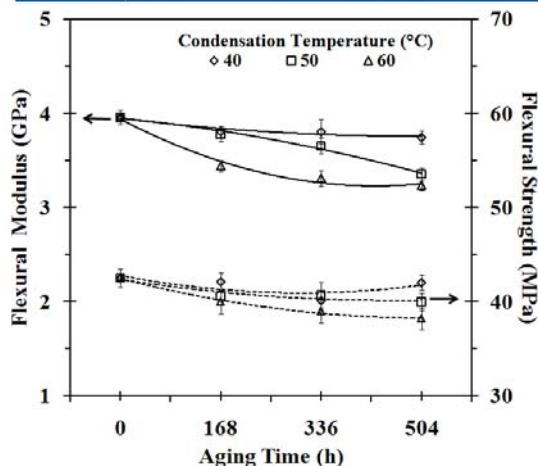


รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่ามอดูลัสและเวลาการบ่มเร่งสภาวะด้วยแสงยูวีของวัสดุเชิงประกอบที่อุณหภูมิการควบแน่นต่างๆ กัน

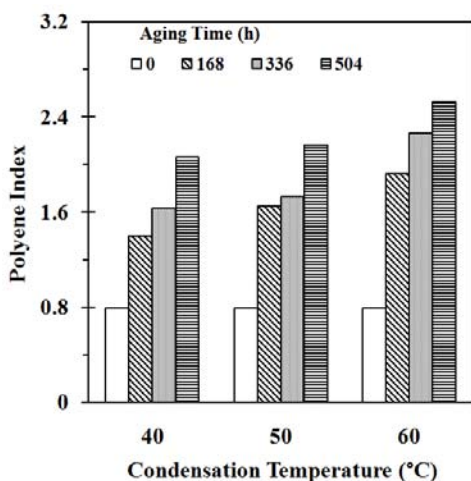


รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานแรงดึงสูงสุดกับค่าเปอร์เซ็นต์การยืดตัว ณ จุดขาด และเวลาการบ่มเร่งสภาวะด้วยแสงยูวีของวัสดุเชิงประกอบที่อุณหภูมิการควบแน่นต่างๆ กัน

รูปที่ 2 และ รูปที่ 3 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติความต้านทานแรงดึงกับเวลาในการบ่มเร่งสภาวะด้วยแสงยูวีของวัสดุเชิงประกอบที่อุณหภูมิการควบแน่นต่างๆ กัน พบว่า เมื่อพิจารณาเวลาการบ่มเร่งที่มากขึ้น มีผลให้สมบัติความต้านทานแรงดึงมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากวัสดุเชิงประกอบมีผงซีลเลอร์ซึ่งสามารถดูดซับน้ำในระหว่างบ่มเร่งในเครื่องบ่มเร่งสภาวะ จึงทำให้วัสดุเชิงประกอบมีความแข็งแรงลดลง และเมื่ออุณหภูมิในการควบแน่นที่เพิ่มมากขึ้น ส่งผลทำให้สมบัติความต้านทานแรงดึงมีแนวโน้มลดลงมากขึ้น เนื่องมาจากอุณหภูมิที่มากขึ้นมีผลทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ในสภาวะการบ่มเร่งมีมากขึ้น (Andrade et al., 1990) จึงส่งผลทำให้วัสดุเชิงประกอบเกิดการสามารถดูดซับน้ำได้มากขึ้น จึงส่งผลให้วัสดุเชิงประกอบมีความแข็งแรงลดลงเช่นกัน และจากรูปที่ 4 พบว่า ค่าสมบัติความต้านทานแรงดึงยังมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยเมื่อเวลาในการบ่มเร่งและอุณหภูมิในการควบแน่นเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้มีสาเหตุเช่นเดียวกับการทดสอบสมบัติการรับแรงดึง



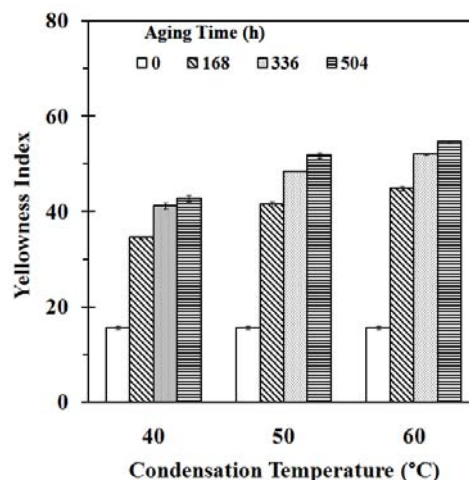
รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติความต้านทานแรงดัดงอและเวลาการบ่มเร่งสภาวะด้วยแสงยูวีของวัสดุเชิงประกอบที่อุณหภูมิการควบแน่นต่างๆ



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณหมู่พอลิอินและเวลาการบ่มเร่งสภาวะด้วยแสงยูวีของวัสดุเชิงประกอบที่อุณหภูมิการควบแน่นต่างๆ

จากรูปที่ 5 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณหมู่พอลิอินกับเวลาในการบ่มเร่งสภาวะด้วยแสงยูวีของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพีวีซีและผงซีลีอ์ไมท์ที่อุณหภูมิการควบแน่นต่างๆ กัน พบว่า เมื่อเวลาในการเร่งสภาวะด้วยแสงเพิ่มมากขึ้นมีผลทำให้ปริมาณหมู่พอลิอินในวัสดุเชิงประกอบมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องมาจากแสงยูวีมีผลทำให้พีวีซีเกิดการสลายตัวเกิดเป็นพันธะคู่แบบคอนจูเกต (Sombatsompop et al., 2003; Sombatsompop & Chaochanchaikul, 2005) และ

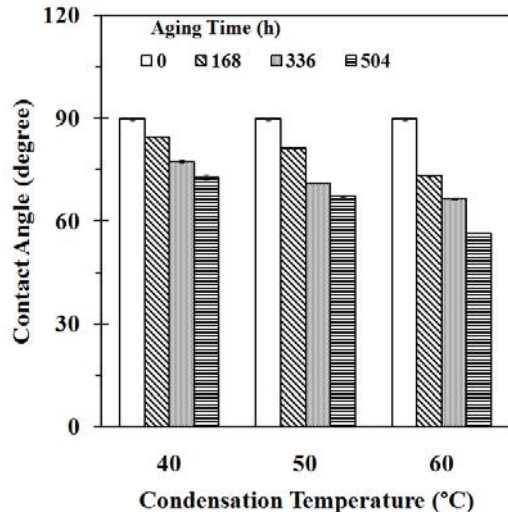
เมื่ออุณหภูมิในการควบแน่นที่เพิ่มมากขึ้นส่งผลให้ปริมาณหมู่พอลิอินในวัสดุเชิงประกอบมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากอุณหภูมิการควบแน่นที่เพิ่มมากขึ้นมีผลทำให้ชิ้นงานดูดซับน้ำได้มากขึ้น ซึ่งโมเลกุลของน้ำมีผลไปเหนี่ยวนำทำให้พีวีซีเกิดการสลายตัวได้ง่ายขึ้น และการเพิ่มของปริมาณหมู่พอลิอิน ส่งผลให้ค่าดัชนีความเหลืองเพิ่มสูงขึ้น (Sombatsompop et al., 2008) ดังรูปที่ 6



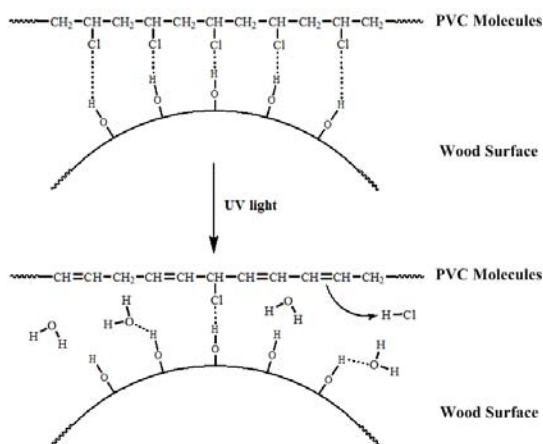
รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีความเหลืองและเวลาการบ่มเร่งสภาวะด้วยแสงยูวีของวัสดุเชิงประกอบที่อุณหภูมิการควบแน่นต่างๆ

จากรูปที่ 7 พบว่า เมื่อเวลาในการบ่มเร่งสภาวะเพิ่มมากขึ้นมีผลทำให้ค่ามุมการเปิกผิวมีค่าลดลง เนื่องจากการบ่มเร่งสภาวะด้วยแสงยูวีมีผลทำให้พีวีซีเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้มากขึ้นเกิดหมู่คาร์บอนิล (Matuana et al., 2002) จึงทำให้พีวีซีมีความชอบน้ำเพิ่มมากขึ้น และที่อุณหภูมิควบแน่น 60 °C เวลาในการบ่มเร่ง 504 ชั่วโมง พบว่าค่ามุมการเปิกผิวมีค่าน้อยที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากอุณหภูมิการควบแน่นที่สูงขึ้นมีผลทำให้พีวีซีเกิดการเสื่อมสภาพมากขึ้น ส่งผลทำให้เกิดพันธะพอลิอินมากขึ้น และส่งผลทำให้เกิดพันธะทุติยภูมิแบบแรงดึงดูดระหว่างขั้ว ระหว่างอะตอมคลอรีนของพีวีซีและหมู่ไฮดรอกซิลบนผิวของผงซีลีอ์ไมท์ลดลง จึงส่งผลให้โมเลกุลของน้ำสามารถเข้าทำพันธะ

ไฮโดรเจนกับหมู่ไฮดรอกซิลบนผิวของผงซีลือยไม้ได้ง่ายขึ้น จึงส่งผลให้วัสดุเชิงประกอบสมบัติความชอบน้ำมากขึ้น ดังรายละเอียดที่แสดงในรูปที่ 8



รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างค่ามุมการเปียกผิวและเวลาการบ่มเร่งสภาวะด้วยแสงยูวีของวัสดุเชิงประกอบที่อุณหภูมิการควบแน่นต่างๆ

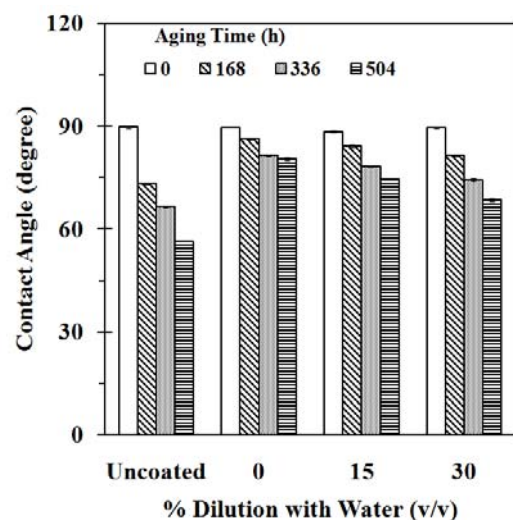


รูปที่ 8 กลไกการทำให้วัสดุเชิงประกอบมีสมบัติความชอบน้ำเพิ่มขึ้นภายหลังการบ่มเร่งด้วยแสงยูวี

ผลของสารเคลือบผิว

ในการทดลองจะใช้อุณหภูมิในการควบแน่น 60 °C เพื่อศึกษาสารเคลือบผิวที่มีผลต่อสมบัติเชิงกลและการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางเคมีของวัสดุเชิงประกอบพีวีซีและผงซีลือยไม้ที่มีการเคลือบผิวด้วยสีซีลือยไม้สูตรน้ำที่มี

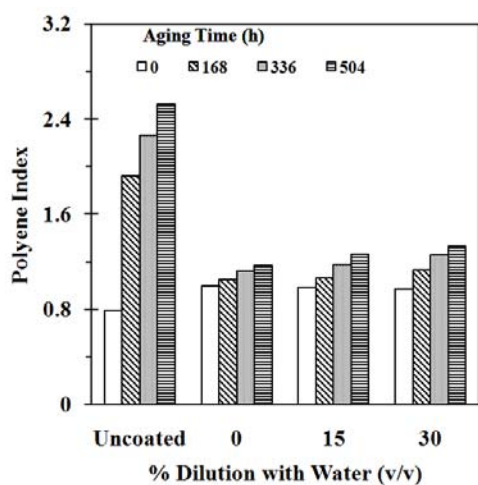
ซีลือยออกไซด์เป็นสารเพิ่มเสถียรภาพทางแสง โดยมีการปรับเปลี่ยนความเข้มข้นของสีซีลือยไม้ด้วยการเจือจางด้วยน้ำ ดังตารางที่ 2 พบว่า เมื่อทำการปรับเปลี่ยนความเข้มข้นของสีซีลือยไม้ สมบัติเชิงกลมีแนวโน้มไม่เปลี่ยนแปลง เนื่องจากเกิดความผิดพลาดจากการทดลอง จึงได้ทำการเปรียบเทียบชิ้นงานที่ไม่ทำการเคลือบผิวและเคลือบผิวพบว่า ในชิ้นงานที่ไม่ได้ทำการเคลือบผิว เมื่อเวลาในการบ่มเร่งสภาวะเพิ่มมากขึ้น สมบัติเชิงกลมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย แต่ในวัสดุเชิงประกอบที่ทำการเคลือบผิวด้วยสีซีลือยไม้ที่มีความเข้มข้นต่างๆ กัน เมื่อเวลาในการบ่มเร่งสภาวะเพิ่มมากขึ้น สมบัติเชิงกลมีแนวโน้มไม่เปลี่ยนแปลง ทั้งนี้เนื่องจากการที่เคลือบผิวของชิ้นงานวัสดุเชิงประกอบด้วยสีซีลือยไม้สูตรน้ำโดยมีสารเพิ่มเสถียรภาพทางแสงชนิดซีลือยออกไซด์เป็นองค์ประกอบสามารถช่วยป้องกันการเสื่อมสภาพของพีวีซีในชิ้นงานวัสดุเชิงประกอบ โดยสารเพิ่มเสถียรภาพทางแสงชนิดซีลือยออกไซด์ทำหน้าที่ดูดซับแสงยูวีแทนและช่วยสะท้อนแสงยูวีให้กับวัสดุเชิงประกอบอีกด้วย (Gächter & Müller, 1990)



รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างค่ามุมการเปียกผิวและเวลาการบ่มเร่งสภาวะด้วยแสงยูวีของวัสดุเชิงประกอบที่มีการเคลือบผิวด้วยสีซีลือยไม้ที่มีความเข้มข้นต่างๆ

ตารางที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติเชิงกลและเวลาการบ่มเร่งสภาวะด้วยแสงยูวีเอของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพีวีซีและผงซีลี้อยู่ไม้ที่มีการเคลือบผิวด้วยสีซ่อมไม้ที่มีความเข้มข้นต่างๆ

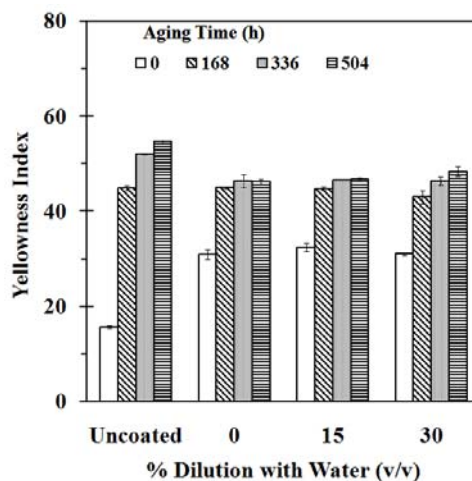
Properties	Uncoated				% Dilution with Water (v/v)											
					0				15				30			
					Aging Time (h)				Aging Time (h)				Aging Time (h)			
	0	168	336	504	0	168	336	504	0	168	336	504	0	168	336	504
Tensile Modulus (GPa)	1.2	1.0	1.0	1.0	1.1	0.9	1.0	1.0	1.0	0.8	1.0	1.0	1.0	0.8	1.0	1.1
Ultimate Tensile 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 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณหมู่พอลิอินและเวลาการบ่มเร่งสภาวะด้วยแสงยูวีเอของวัสดุเชิงประกอบที่มีการเคลือบผิวด้วยสีซ่อมไม้ที่มีความเข้มข้นต่างๆ

จากการที่สมบัติเชิงกลของวัสดุเชิงประกอบที่มีการเคลือบผิวด้วยสีซ่อมไม้สูตรน้ำที่มีซีเรียมออกไซด์ไม่เปลี่ยนแปลง เนื่องจากชั้นของสารเคลือบผิวสามารถป้องกันไม่ให้ผิวของไม้ดูดซับน้ำได้ ซึ่งสามารถดูได้จากกราฟการวัดมุมการเปื่อยผิวด้านของชิ้นงานวัสดุเชิงประกอบดังรูปที่ 9 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ามุมการเปื่อยผิวด้านและเวลาที่ใช้ในการบ่มเร่งสภาวะด้วยแสงยูวีเอของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพีวีซีและผงซีลี้อยู่ไม้ที่มีการเคลือบผิวด้วยสีซ่อมไม้ที่มีความเข้มข้นต่างๆ กัน พบว่าวัสดุเชิงประกอบที่ทำการเคลือบผิว เมื่อทำการบ่มเร่งสภาวะส่งผลทำให้ค่ามุมการเปื่อยผิวด้านมีค่าลดลงเพียงเล็กน้อย ซึ่งในทางตรงกันข้ามค่ามุมการเปื่อยผิวด้านของ

วัสดุเชิงประกอบที่ไม่ได้ทำการเคลือบผิว เมื่อทำการบ่มเร่งสภาวะค่ามุมการเปื่อยผิวด้านมีค่าลดลงอย่างมาก เนื่องจากชั้นของสารเคลือบผิวสามารถป้องกันไม่ให้ผิวของไม้ดูดซับน้ำได้ และสารเคลือบผิวช่วยป้องกันการเสื่อมสภาพของวัสดุเชิงประกอบเนื่องจากแสงยูวีเอ ส่งผลทำให้สมบัติความชอบน้ำของวัสดุเชิงประกอบมีแนวโน้มไม่เปลี่ยนแปลง และเมื่อทำการปรับเปลี่ยนความเข้มข้นของสีซ่อมไม้ พบว่าค่ามุมการเปื่อยผิวด้านมีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย



รูปที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีความเหลืองและเวลาการบ่มเร่งสภาวะด้วยแสงยูวีเอของวัสดุเชิงประกอบที่มีการเคลือบผิวด้วยสีซ่อมไม้ที่มีความเข้มข้นต่างๆ

เมื่อทำการเคลือบผิววัสดุเชิงประกอบระหว่างพีวีซีและผงซีลี้อยู่ไม้ด้วยสีซ่อมไม้สูตรน้ำที่มีซีเรียมออกไซด์ ซึ่งจากการทดลองหาปริมาณหมู่พอลิอินและค่าดัชนีความ

เหลือง ดังรูปที่ 10 และรูปที่ 11 ตามลำดับ พบว่าสารเคลือบผิวด้วยสีข้อมไม้สูตรน้ำที่มีซีเรียมออกไซด์เป็นสารเพิ่มเสถียรภาพทางแสงช่วยดูดซับแสงยูวีและช่วยในการป้องกันการเกิดการเสื่อมสภาพด้วยแสงของพีวีซีในชิ้นงานวัสดุเชิงประกอบ

สรุปผลการวิจัย

จากผลการทดลองสมบัติเชิงกลและการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางเคมี พบว่าสมบัติความทนแรงดึงและแรงดัดงอลดลงเมื่อเวลาในการบ่มเร่งสภาวะมากขึ้น และอุณหภูมิในการควบแน่น 60 °C ทำให้สมบัติเชิงกลลดลงมากที่สุด ส่วนปริมาณหมู่พอลิอินและค่าดัชนีความเหลืองเพิ่มมากขึ้น เมื่อเวลาในการบ่มเร่งสภาวะเพิ่มขึ้น แต่ไม่พบการเปลี่ยนแปลงเมื่อเวลาในการบ่มเร่งสภาวะมากขึ้น เนื่องจากโมเลกุลของน้ำสามารถเข้าทำพันธะไฮโดรเจนกับหมู่ไฮดรอกซิลบนผิวผงซีเรียมไม้ และสารเคลือบผิวที่มีซีเรียมออกไซด์สามารถช่วยป้องกันการเสื่อมสภาพ ซึ่งส่งผลทำให้สมบัติเชิงกลและสมบัติความชอบน้ำของวัสดุเชิงประกอบมีแนวโน้มไม่เปลี่ยนแปลง

ข้อเสนอแนะ

ควรศึกษาผลของการเติมสารป้องกันแสงยูวีที่มีผลต่อสมบัติเชิงกล การเปลี่ยนแปลงเกี่ยวกับรูปลักษณะภายนอก และการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างเคมีของวัสดุเชิงประกอบเมื่อได้รับการบ่มเร่งสภาวะ

กิตติกรรมประกาศ

คณะวิจัยขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีที่ให้การสนับสนุนการวิจัย บริษัท วี.พี. วัสดุ จำกัด นอกจากนี้ขอขอบคุณทุนวิจัยมหาบัณฑิต สกว. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระดับปริญญาโท 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.