



พฤติกรรมการสึกหรอของวัสดุเชิงประกอบพอลิไวนิลคลอไรด์ผสมผงขี้เลื่อยไม้สำหรับผลิตภัณฑ์ไม้พื้น

Wear behavior of wood/pvc composite for woodlike flooring products

สุรัตน์ กิตติพิรกร¹, อติสร กองแก้ว¹, รณฤทธิ์ เมืองสุข¹, ขวัญเนตร สมบัติสมภพ¹, ธีระศักดิ์ หมากรบิน²

Surat Kittiperakorn¹, Adisorn Kongkeaw¹, Ronnarit Muangsuk¹, Kwannate Sombatsomop¹ and Teerasak Markpin^{2*}

¹Department of Civil and Environmental Engineering Technology, College of Industrial Technology, King Mongkut's University of Technology North Bangkok.

²Polymer Processing and Flow research group, School of Energy, Environment and Materials, King Mongkut's University of Technology Thonburi.

* e-mail: teerasak.mar@kmutt.ac.th

บทคัดย่อ :งานวิจัยนี้ทำการศึกษาอิทธิพลของน้ำหนัก ระยะทางในการขัดถู และสภาวะความชื้น ที่มีผลต่อสมบัติความทนทานต่อการสึกหรอของวัสดุเชิงประกอบพอลิไวนิลคลอไรด์ผสมผงขี้เลื่อยไม้ จากผลการทดลองพบว่า เมื่อเพิ่มน้ำหนักในการทดสอบทำให้การสึกหรอมีค่าสูงขึ้น แต่เมื่อเพิ่มน้ำหนักเป็น 1000 กรัม การสึกหรอสูงขึ้นในช่วงระยะทางในการขัดถู 0.5-1.5 กิโลเมตร จากนั้นเริ่มมีแนวโน้มคงที่ในช่วง 1.5-2.0 กิโลเมตร ส่วนผลของระยะทางที่มีต่อการสึกหรอพบว่า เมื่อเพิ่มระยะทางในการทดสอบมากขึ้นส่งผลให้การสึกหรอมีค่าสูงขึ้น จากการตรวจสอบโครงสร้างทางสัณฐานวิทยา พบว่า ที่น้ำหนัก 250-500 กรัมและที่ระยะทางในการขัดถู 0.5-1.5 กิโลเมตร การสึกหรอเกิดขึ้นเนื่องจากอิทธิพลในการสึกหรอของพอลิไวนิลคลอไรด์ ส่วนที่ระยะทาง 1.5-2.0 กิโลเมตร พบว่า ผงขี้เลื่อยไม้เริ่มมีอิทธิพลต่อการต้านทานการสึกหรอของชิ้นงาน และที่น้ำหนัก 1000 กรัม ระยะทาง 0.5-1.5 กิโลเมตร พบว่า การสึกหรอที่เกิดขึ้นเป็นอิทธิพลมาจากการขัดถูร่วม (3-body wear) ส่วนที่ระยะทาง 1.5-2.0 กิโลเมตร พบกระบวนการต้านทานการสึกหรออันเป็นผลมาจากอิทธิพลของผงขี้เลื่อยไม้ร่วมกับการเกิด Transfer film สำหรับผลของความชื้น พบว่า ในกรณีที่ไม้ขัดผิวชิ้นงานสามารถต้านทานความชื้นได้ดีกว่าชิ้นงานที่มีการขัดผิวหน้าออก ที่ความชื้น 3%พบว่า การสึกหรอที่เกิดขึ้นเป็นผลมาจากการเกิดปฏิกิริยาเคมีของพอลิไวนิลคลอไรด์ที่ผิวหน้า และที่ความชื้น 6 %พบว่า ผงขี้เลื่อยไม้เริ่มมีอิทธิพลต่อการต้านทานการสึกหรอของชิ้นงานส่วนที่ความชื้น 9 %พบว่า เกิดกระบวนการขัดถูร่วม (3-body wear) ส่งผลให้ชิ้นงานมีปริมาณการสึกหรอสูงขึ้น

Abstract: The work is to study the effects of load, sliding distance and water absorption on wear properties and mechanism of wood/PVC composites. The experimental results indicated that the weight loss increased with increased the load from 250 to 500g. When applying the load at 1000g, the weight loss increased at sliding distance of 0.5-1.5 kilometers followed by stability at sliding distance of 1.5-2.0 kilometers. The longer sliding distance the greater the weight loss in the wood/PVC composites. The worn surface of wood/PVC composites at loading 250g and 500g at 0.5-1.5 kilometers for sliding distance showed wear mechanism of Polyvinylchloride, and that ago 1.5-2.0 kilometers sliding distance, the wear mechanism came from wood flour effect. The three-body abrasion was been at the load of 1000g at 0.5-1.5 kilometers sliding distance. The transfer film improved wear properties at 1.5-2.0





kilometers sliding distance. For results of the moisture conditions, the unscrubbed specimens had more moisture resistance than the scrubbed specimens. The weight loss increased because the specimen volume and density increased by water absorption. As a result, the weight loss was high at 3% moisture. The mechanical wear involved chemical reactions on the PVC surface. The wear mechanism at 6% and 9% moisture contents involved wood resistance effect and abrasive three-body effect, respectively.

บทนำ

ในอดีตมนุษย์ใช้ไม้เป็นวัสดุหลักในงานทางด้านวิศวกรรมโยธา ทั้งในส่วนโครงสร้างหลัก โครงสร้างรอง และการงานออกแบบตกแต่งภายใน แต่เนื่องจากปัจจุบันไม้จริงมีปริมาณน้อยลง และกฎหมายควบคุมการตัดไม้เพื่อใช้งานเครื่องจักรขึ้น ทำให้ไม้ที่ใช้งานในประเทศมีปริมาณน้อยลง และบางส่วนต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ซึ่งอาจนำไปสู่การขาดแคลนในอนาคต ดังนั้นจึงเกิดแนวความคิดที่จะผลิตวัสดุทดแทนไม้ขึ้น วัสดุทดแทนไม้ประเภทหนึ่งที่ได้เริ่มเข้ามามีบทบาท คือ วัสดุเชิงประกอบของพอลิเมอร์และไม้ (Wood polymer composites; WPC) ซึ่งจากการวิจัยของณรงค์ฤทธิ์ สมบัติสมภพ และคณะ [1, 2] พบว่าสามารถผลิตผลิตภัณฑ์จากวัสดุเชิงประกอบของพอลิเมอร์และผงขี้เลื่อยไม้ (Sawdust) ได้ โดยสามารถใช้ผงขี้เลื่อยไม้ในปริมาณที่สูงถึง 100 ส่วนกับพอลิเมอร์ 100 ส่วนได้ ซึ่งสมบัติเด่นของผลิตภัณฑ์จากวัสดุเชิงประกอบของพอลิเมอร์และผงขี้เลื่อยไม้ คือ ได้ผลิตภัณฑ์ไม้เทียมที่มีความเหนียว ความยืดหยุ่น ทนทานต่อปลวก ทำการติดตั้งได้รวดเร็ว และมีน้ำหนักเบา ทำให้ลดค่าใช้จ่ายในการขนส่ง แต่อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์ไม้เทียมนี้ยังมีข้อจำกัดในเรื่องของการรับแรงเค้นในการใช้งานจริง ผลิตภัณฑ์มีการเคลื่อนย้ายที่ และติดตั้งเพื่อการประกอบเข้ากับส่วนประกอบอื่น ๆ หรือการบุผิวเนื่องจากหิน ดิน ทรายที่ติดมากับพื้นรองเท้า การขีดถู ทำให้เกิดการสึกหรอ ซึ่งการสึกหรอเป็นเรื่องสำคัญอย่างมากต่ออายุการใช้งานของวัสดุ อีกทั้งงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการสึกหรอของวัสดุเชิงประกอบพีวีซีและผงขี้เลื่อยไม้ยังมีผู้ศึกษาไม่มากนักในงานวิจัยนี้จึงมีแนวความคิดที่จะศึกษาผลของวัสดุ ซึ่งได้แก่ อิทธิพลของน้ำหนัก ระยะทางการขีดถู และผลของสภาวะความชื้น ที่มีต่อความทนทานต่อการสึกหรอของผลิตภัณฑ์ เพื่อประโยชน์ต่อการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้เหมาะสมกับการใช้งานและให้ผลิตภัณฑ์มีความทนทานต่อการใช้งานในอนาคตต่อไป

วิธีการทดลอง

ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นผลิตภัณฑ์ไม้พื้น มีลักษณะเป็นวัสดุเชิงประกอบของพอลิไวนิลคลอไรด์ผสมผงขี้เลื่อยไม้ ซึ่งวัสดุที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ได้รับความอนุเคราะห์จาก บริษัท วิ พี วู้ด จำกัด ตัดให้ชิ้นงานทดสอบมีขนาด 120x120x3 มิลลิเมตร โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ส่วน

ส่วนที่ 1 ดำเนินการศึกษาผลของน้ำหนักและระยะทางการขีดถูที่มีผลต่อการสึกหรอของวัสดุเชิงประกอบพอลิไวนิลคลอไรด์ผสมผงขี้เลื่อยไม้ โดยทำการปรับเปลี่ยนลูกตุ้มน้ำหนักขนาด 250 500 1000 กรัม ตามลำดับ และปรับเปลี่ยนระยะทางการขีดถูเป็น 0.5 1.0 1.5 2.0 กิโลเมตร ตามลำดับ แล้วนำมา



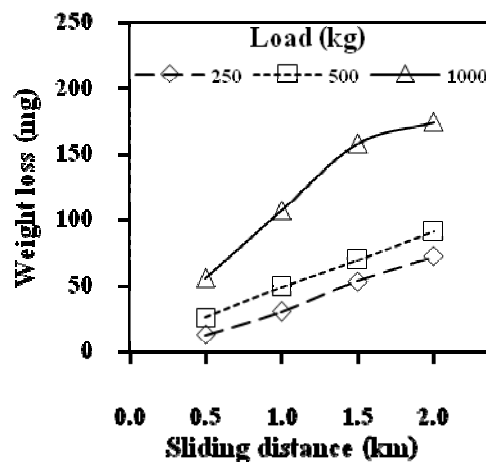


ทดสอบการสึกหรอโดยการขัดถูด้วยเครื่อง Taber Abraser Model 5130 ใช้ดίσกขัด Taber เบอร์ CS-17 และทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D4060-07 [3]

ส่วนที่ 2 ดำเนินการศึกษาผลของสภาวะความชื้นที่มีผลต่อการสึกหรอของวัสดุเชิงประกอบพอลิไวนิลคลอไรด์ผสมผงซีลี้อยไม้ โดยทำการเลือกคั่งน้ำหนักที่ 250 กรัมทดสอบสภาวะความชื้นโดยการแช่น้ำที่สภาวะความชื้น 3 6 และ 9% ตามมาตรฐาน ASTM D570-10[4]

ผลการทดลอง และการอภิปรายผลการทดลอง

อิทธิพลของน้ำหนักและระยะทางการขัดถูที่มีผลต่อวัสดุเชิงประกอบพอลิไวนิลคลอไรด์ผสมผงซีลี้อยไม้



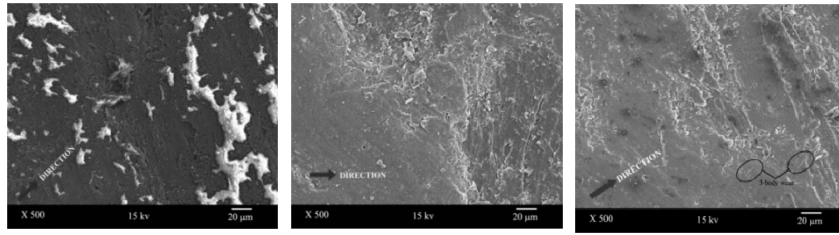
รูปที่ 1 น้ำหนักที่หายไปของวัสดุเชิงประกอบพอลิไวนิลคลอไรด์และผงซีลี้อยไม้ ที่ผ่านการทดสอบการสึกหรอที่ น้ำหนัก 250 500 และ 1000 กรัม ระยะทางในการขัดถู 0.5-2.0 กิโลเมตร

รูปที่ 1 แสดงน้ำหนักที่หายไปของวัสดุเชิงประกอบพอลิไวนิลคลอไรด์และผงซีลี้อยไม้ ที่ผ่านการทดสอบการสึกหรอที่น้ำหนัก 250 500 และ 1000 กรัม ระยะทางในการขัดถู 0.5-2.0 กิโลเมตร จากการทดสอบพบว่าเมื่อระยะทางในการขัดถูเพิ่มมากขึ้น การสึกหรอมีค่าสูงขึ้น เป็นเช่นเดียวกันนี้ทั้งในกรณีน้ำหนัก 250 500 และ 1000 กรัม เนื่องจากผลของความร้อนสะสม (Frictional heating) ที่เกิดขึ้นระหว่างลัดขัดกับผิวของชิ้นงาน ทำให้เกิดการสูญเสียเนื้อวัสดุมากขึ้น [5] โดยที่น้ำหนัก 250 และ 500 กรัม น้ำหนักที่หายไปของชิ้นทดสอบมีแนวโน้มเหมือนกันเป็นเส้นตรง ส่วนที่น้ำหนัก 1000 กรัม น้ำหนักที่หายไปของชิ้นทดสอบมีแนวโน้มสูงขึ้น เนื่องจากการสึกหรอที่เกิดจากการขัดถูบริเวณผิวหน้าของวัสดุ การที่วัสดุจะหลุดออกจากผิวหน้าไปนั้นเกิดจากการเสียดสีของอนุภาคที่มีความแข็งซึ่งอาจแทรกอยู่ระหว่างผิวของวัสดุ 2 ชนิด หรือฝังอยู่ในวัสดุใดวัสดุหนึ่งเป็นการสึกหรอแบบสามเนื้อ (3-body wear) และการเสียดสีรูปแบบลักษณะของความเครียดระดับจุลภาคอันเนื่องมาจากการลื่นไถลของคู่สัมผัส หรืออนุภาคแข็งที่บริเวณผิวหน้าของวัสดุ คือ การเกิดเศษอนุภาคที่หลุดออกมาทำหน้าที่ร่วมขัดถู [6 - 7] (รูปที่ 2) โดยมีแนวโน้มของน้ำหนักที่หายไปเพิ่มขึ้นในช่วง 0.5-1.5 กิโลเมตร คงที่ แต่เมื่อพิจารณา 1.5 - 2.0 กิโลเมตร น้ำหนักที่หายไปมี





แนวโน้มนำลดลงเนื่องจาก Transfer Film ที่เกิดขึ้นส่งผลให้การสูญเสียของเนื้อวัสดุลดลงดังแสดงในรูปที่ 3 นอกจากนี้ผลของการเพิ่มน้ำหนักทดสอบพบว่า น้ำหนักทดสอบมากขึ้นแนวโน้มนำของการสูญเสียเนื้อวัสดุมีค่าสูงขึ้นเนื่องจากการเพิ่มภาระแรงกระทำ (Contact pressure) บริเวณลัดกับผิวหน้าชิ้นงาน [8]

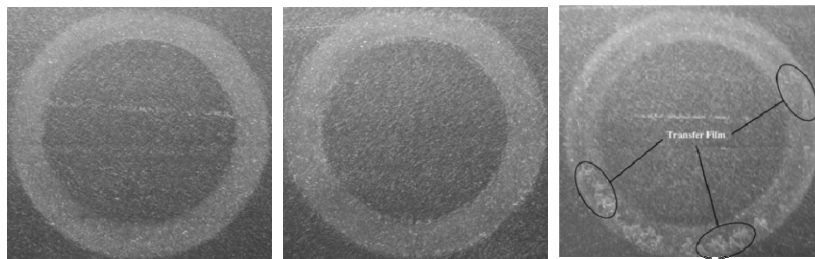


a)

b)

c)

รูปที่ 2 ลักษณะพื้นผิวของวัสดุเชิงประกอบพอลิไวนิลคลอไรด์และผงขี้เลื่อยไม้ที่น้ำหนักและระยะทางในการขัดถูที่ต่างๆ ดังนี้ a) 250-1.0 b) 500-1.0 c) 1000-1.0 กิโลเมตร ที่กำลังขยาย 500 เท่าโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

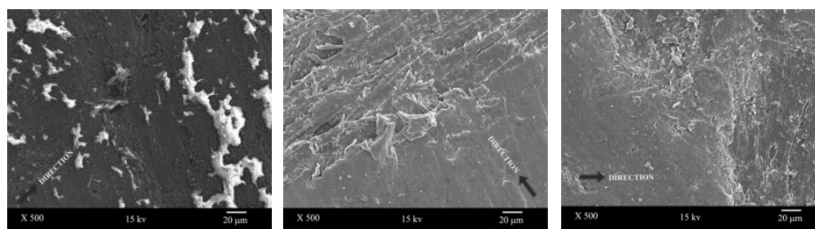


a)

b)

c)

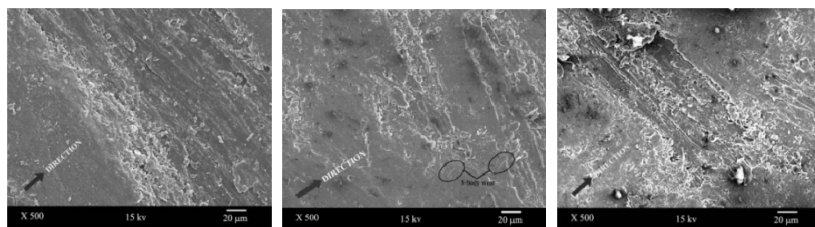
รูปที่ 3 ลักษณะพื้นผิวของวัสดุเชิงประกอบพอลิไวนิลคลอไรด์และผงขี้เลื่อยไม้ที่น้ำหนักและระยะทางในการขัดถูที่ต่างๆ ดังนี้ a) 250-2.0 b) 500-2.0 c) 1000-2.0 กิโลเมตร โดยกล้องถ่ายภาพดิจิทัล



a)

b)

c)



d)

e)

f)

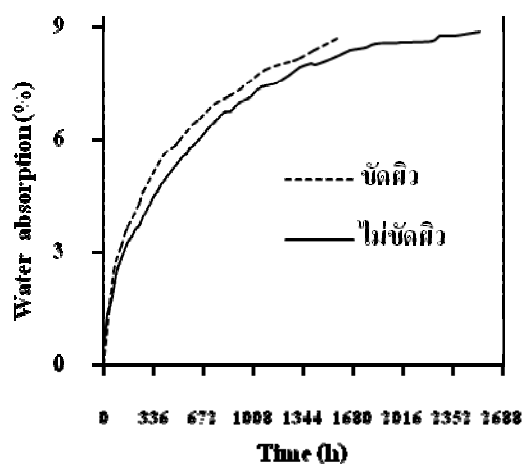
รูปที่ 4 ลักษณะพื้นผิวของวัสดุเชิงประกอบพอลิไวนิลคลอไรด์และผงขี้เลื่อยไม้ที่น้ำหนัก และระยะทางการขัดถูที่ต่างๆ ดังนี้ a) 250-1.0 b) 250-2.0 c) 500-1.0 d) 500-2 e) 1000-1.0 และ f) 1000 กรัม-2.0 กิโลเมตร ที่กำลังขยาย 500 เท่าโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด





รูปที่ 4 แสดงลักษณะพื้นผิวของวัสดุเชิงประกอบพอลิไวนิลคลอไรด์และผงซีลีอ์ไม้น้ำหนักและระยะทางการขัดถูที่ต่างๆ จากการศึกษพบว่า ที่น้ำหนัก 250 และ 500 กรัมระยะทางในการขัดถู 0.5-1.5 กิโลเมตร (รูปที่ 4 a, c) การสึกหรอเกิดขึ้นเฉพาะบริเวณผิวหน้าของชิ้นทดสอบ ซึ่งเป็นกลไกการสึกหรอของพอลิไวนิลคลอไรด์เนื่องจากความล้า (Fatigue wear) การสึกหรอที่เกิดขึ้นเกิดจากการสะสมของความเสียหายที่เกิดจากการให้แรงเข้าไปซ้ำๆ หรือการให้แรงกระทำแบบวงรอบ (Cyclic loading) เป็นจำนวนมากพอจนเกิดความเสียหายขึ้น เมื่อพิจารณาระยะทางการขัดถูที่ 1.5-2.0 กิโลเมตร (รูปที่ 4 b, d) พบว่า ผิวหน้าของพอลิไวนิลคลอไรด์ถูกเปิดผิวจนถึงชั้นของผงซีลีอ์ไม์ ซึ่งจะเริ่มแสดงอิทธิพลของผงซีลีอ์ไม์ที่มีต่อการสึกหรอ โดยเกิดการต้านทานการสึกหรอของผงซีลีอ์ไม์ที่อยู่ใต้ผิวพอลิไวนิลคลอไรด์ ส่วนที่น้ำหนัก 1000 กรัม (รูปที่ 4 e, f) พบว่า การสึกหรอมีแนวโน้มสูงขึ้น เนื่องจากกลไกการขัดถูร่วม (3-body wear) ตั้งแต่ที่ระยะทาง 0.5-1.5 กิโลเมตร และมีแนวโน้มเริ่มคงที่เนื่องจากกลไกการต้านทานการสึกหรอของผงซีลีอ์ไม์ร่วมกับ Transfer Film ที่ระยะทาง 1.5-2.0 กิโลเมตร

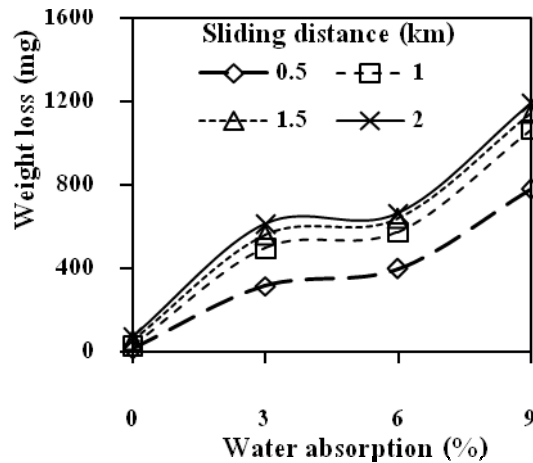
อิทธิพลของความชื้นที่มีผลต่อวัสดุเชิงประกอบพอลิไวนิลคลอไรด์ผสมผงซีลีอ์ไม์



รูปที่ 5 ปริมาณการดูดซับความชื้นของวัสดุเชิงประกอบพอลิไวนิลคลอไรด์ผสมผงซีลีอ์ไม์

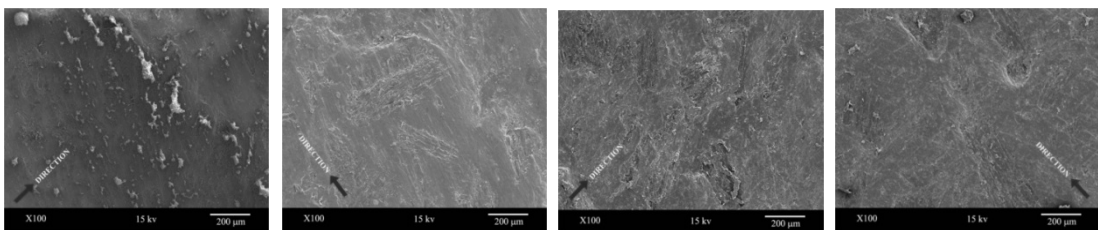
รูปที่ 5 แสดงปริมาณการดูดซับความชื้นของวัสดุเชิงประกอบพอลิไวนิลคลอไรด์ผสมผงซีลีอ์ไม์ ในกรณีที่ไม่ได้ขัดผิวหน้า พบว่าที่เวลา 0 – 1008 ชั่วโมงชิ้นงานเกิดการดูดซับน้ำได้เร็ว และมีแนวโน้มเริ่มคงที่ในช่วงเวลา 1344 ชั่วโมง ส่วนในกรณีของชิ้นงานที่ขัดผิวหน้าออกพบว่า ชิ้นงานดูดซับน้ำได้เร็วกว่าชิ้นงานที่ไม่ได้ขัดผิวหน้า เนื่องจากมีพอลิไวนิลคลอไรด์บางส่วนหลุดออกมาจากเมตริกซ์ จึงทำให้การต้านทานความชื้นลดลง [9]





รูปที่ 6 น้ำหนักของวัสดุเชิงประกอบพอลิไวนิลคลอไรด์ผสมผงซีเลียมที่ 250 กรัม และระยะทางในการขัดถู 0.5 - 2.0 กิโลเมตร ความชื้น 0 3 6 และ 9 เปอร์เซ็นต์

รูปที่ 6 แสดงน้ำหนักที่หายไปของวัสดุเชิงประกอบพอลิไวนิลคลอไรด์ผสมผงซีเลียมจากการทดสอบพบว่า ที่ระยะทางเพิ่มขึ้นการสึกหรอจะมีค่าสูงขึ้น ทั้งในกรณี 0.5-2.0 กิโลเมตร เนื่องจากผลของความร้อนสะสม (Frictional heating) ที่เกิดขึ้นระหว่างลัดขัดกับผิวชิ้นงาน ทำให้เกิดการสูญเสียเนื้อวัสดุมากขึ้น [5] ที่ระยะทาง 0.5-1 กิโลเมตร น้ำหนักที่หายไปของชิ้นทดสอบจะน้อยกว่า 1.5-2.0 กิโลเมตร ส่วนที่ระยะทาง 1.5-2.0 กิโลเมตร น้ำหนักที่หายไปของชิ้นทดสอบมีค่าใกล้เคียงกันเนื่องจากระยะทาง 0.5-1.0 กิโลเมตร เกิดการสึกหรอที่ผิวหน้าของพอลิไวนิลคลอไรด์ ส่วนระยะทาง 1.5-2.0 กิโลเมตร เกิดการต้านทานการสึกหรอของผงซีเลียมไม่ทำให้การสึกหรอมีค่าลดลง ซึ่งแสดงดังรูปที่ 7



a) b) c) d)

รูปที่ 7 ลักษณะพื้นผิวของวัสดุเชิงประกอบพอลิไวนิลคลอไรด์ผสมผงซีเลียมที่น้ำหนัก 250 กรัม ความชื้น 3% ที่ระยะทาง a) 0.5 b) 1.0 c) 1.5 d) 2.0 กิโลเมตร กำลังขยาย 100 เท่า โดยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

สำหรับผลของการเพิ่มปริมาณความชื้นพบว่า เกิดการสูญเสียน้ำหนักของวัสดุมากในช่วง 3% เนื่องจากปฏิกิริยาที่ผิวหน้าถูกเปิดออกจนถึงผงซีเลียม และเกิดกลไกการต้านทานการสึกหรอของผงซีเลียม





ไม้ที่ความชื้น 6% ส่วนปริมาณความชื้น 9% การสูญเสียเนื้อวัสดุจะเริ่มสูงขึ้น เนื่องจากผงซีลี้อยไม้ที่ด้านทานการสึกหรอ เมื่อถูกขัดถูจนหลุดออกจึงมีโอกาสเกิดกลไกการขัดถูร่วม 3-body wear) ได้สูง

สรุปผลการทดลอง

- 1) ผลของน้ำหนักที่ 250 และ 500 กรัม การสึกหรอมีค่าสูงขึ้นคงที่ ส่วนที่น้ำหนัก 1000 กรัม การสึกหรอเกิดสูงขึ้นในช่วงระยะทาง 0.5-1.5 กิโลเมตร และมีแนวโน้มเริ่มคงที่ในช่วง 1.5-2.0 กิโลเมตร
- 2) การพิจารณาโครงสร้างพื้นฐานวิทยา พบว่า ที่น้ำหนัก 250-500 กรัม ระยะทางในการขัดถู 0.5-1.5 กิโลเมตร พบว่า การสึกหรอเกิดขึ้นเนื่องจากอิทธิพลในการสึกหรอของพอลิไวนิลคลอไรด์ ส่วนที่ระยะทาง 1.5-2.0 กิโลเมตร พบว่า ผงซีลี้อยไม้เริ่มมีอิทธิพลต่อการด้านทานการสึกหรอของชิ้นงาน และที่น้ำหนัก 1000 กรัมระยะทาง 0.5-1.5 กิโลเมตร พบว่า การสึกหรอที่เกิดขึ้นเป็นเป็นอิทธิพลมาจากกลไกการขัดถูร่วม (3-body wear) ส่วนที่ระยะทาง 1.5-2.0 กิโลเมตรพบกระบวนการด้านทานการสึกหรออันเป็นผลมาจากอิทธิพลของผงซีลี้อยไม้ร่วมกับการเกิดTransfer film
- 3) ผลของระยะทางในการขัดถูที่มีต่อการสึกหรอ พบว่า เมื่อเพิ่มระยะทางในการทดสอบมากขึ้น ส่งผลให้การสึกหรอของวัสดุเชิงประกอบพอลิไวนิลคลอไรด์ผสมผงซีลี้อยไม้มีค่าสูงขึ้น
- 4) ผลของความชื้นที่มีต่อการสึกหรอ พบว่า เมื่อเพิ่มความชื้นในการทดสอบมากขึ้น การสึกหรอของวัสดุเชิงประกอบพอลิไวนิลคลอไรด์ผสมผงซีลี้อยไม้มีค่าสูงขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- [1] Sombatsompop, N. and Phromchirasuk, C., 2004, “Effects of Acrylic Based Processing Aids on Processability, Rheology, Thermal and Structural Stability, and Mechanical Properties of PVC/Wood SawdustComposites”, Journal of Applied Polymer Science, Vol. 92, pp. 782-790.
- [2] Sombatsompop, N. and Chaochanchaikul, K., 2005, “Average Mixing Torque, Tensile and Impact Properties and Thermal Stability of PVC/Sawdust Composites with Different Silane Coupling Agents” Journal of Applied Polymer Science, Vol. 96, pp. 213-221.
- [3] American Society for Testing and Material, 2007, “ASTM D4060-07 : Standard Test Method for Resistance of Organic Coating by the Taber Abraser” Annual Book of ASTM Standards, Vol. 3.02, ASTM, Philadelphia.
- [4] American Society for Testing and Material, 2010, “ASTM D570-98 : Standard Test Method for Water Absorption of Plastics” Annual Book of ASTM Standards, Vol. 3.02, ASTM, Philadelphia.
- [5] Liaoa, Y.S., McKellopa, H., Lua, Z., Campbell, P., Benyaa, P., 2003, “The Effect of Frictional Heating and Forced Cooling on the Serum Lubricant and Wear of UHMW Polyethylene Cups Against Cobalt–Chromium and Zirconia Balls”, Biomaterials, Vol. 24, pp. 3047–3059.





- [6] Yamane, M., Stolarski, T.A., Tobe, S., 2008, “Influence of Counter Material on Friction and Wear Performance of PTFE–Metal Binary Coatings”, Tribology International, Vol. 41, pp. 269–281.
- [7] Jia, B.B., Li, T.S., Liu, X.J., Cong, P.H., 2007, “Tribological Behaviors of Several Polymer–Polymer Sliding Combinations Under Dry Friction and Oil-Lubricated Conditions”, Wear, Vol. 262, pp. 1353–1359.
- [8] Ravikiran, A., Jahanmir, S., 2001, “Effect of contact pressure and load on wear of alumina”, Wear, Vol. 251, pp. 980–984.
- [9] <http://en.wikipedia.org/wiki/PVC> [2008, November 12].

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณบริษัท วี พี วู้ด จำกัด สำหรับความอนุเคราะห์วัสดุ ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้อุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับการศึกษาและการทำวิจัยในครั้งนี้

คำสำคัญ: Wood/PVC Composite, Wear, Flooring Products

