229311

บทคัดย่อ

รหัสงานวิจัย: IUG5080029

ชื่องานวิจัย: สมบัติทางวิศวกรรม การจำลองทางคอมพิวเตอร์ และผลของความร้อนและแสงยูวีของผลิตภัณฑ์จากวัสดุผสมระหว่างพลาสติกกับผงขี้เลื่อยไม้

ผู้วิจัยหลัก: ศาสตราจารย์ ดร. ณรงค์ฤทธิ์ สมบัติสมภพ

ที่อยู่อิเล็กทรอนิกส์: narongrit.som@kmutt.ac.th

ระยะเวลาการดำเนินงาน: ตั้งแต่วันที่28 กันยายน 2550 ถึง 27 กันยายน 2552

วัตถุประสงค์:

1. เพื่อศึกษาสมบัติด้านวิศวกรรมของผลิตภัณฑ์ Wood Polymer Composites (WPC) ที่มีหน้าตัดและขนาดของผลิตภัณฑ์แตกต่างกันสำหรับโครงการคานและโครงสร้างพื้น
2. เพื่อศึกษารูปแบบการยึดต่อของหน้าตัดที่มีประสิทธิภาพในการรับแรงสูงสุดของผลิตภัณฑ์ WPC ที่มีหน้าตัดต่าง ๆ
3. เพื่อศึกษาผลของแสงยูวีและความร้อนที่มีการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพ โครงสร้างเคมีและสมบัติทางกลเชิงวิศวกรรมของผลิตภัณฑ์ WPC และศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้ Ca/Zn complex แทนการใช้สารเพิ่มเสถียรภาพทางความร้อนของทางบริษัท
4. เพื่อสนับสนุนการพัฒนาผลผลิตเชิงคุณภาพแก่ภาคเอกชนที่เป็นอุตสาหกรรมขนาดเล็กถึงขนาดกลาง โดยผ่านกระบวนการวิจัยจากหน่วยงานภาครัฐ

วิธีการทดลอง ผลการทดลองและการอภิปรายผลการทดลอง

โครงการวิจัยนี้ มีการดำเนินใน 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 การศึกษาสมบัติด้านวิศวกรรมของผลิตภัณฑ์ WPC ที่มีหน้าตัดและขนาดของผลิตภัณฑ์แตกต่างกันและรูปแบบการยึดต่อของหน้าตัด และส่วนที่ 2 การศึกษาผลของแสงยูวีและความร้อนที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติของผลิตภัณฑ์ WPC สำหรับงานวิจัยในส่วนที่ 1 ประกอบด้วยงานวิจัย 4 ส่วนย่อย ดังนี้ ส่วนที่ 1.1 เป็นการศึกษาสมบัติด้านวิศวกรรมของชิ้นงาน WPC ที่มีรูปร่างและขนาดของหน้าตัดแตกต่างกัน หน้าตัดที่ทำการศึกษามีทั้งสิ้น 5 หน้าตัด ได้แก่ รหัสหน้าตัด M001, M005, M009, M014 และ M015 โดยทำการศึกษาผลของรูปร่างหน้าตัดและทิศทางการทดสอบที่มีต่อสมบัติการรับแรงดัด ผลการศึกษาพบว่า ชิ้นงานหน้าตัด M005 มีสมบัติในการรับแรงดัดสูงที่สุด และปัจจัยที่มีผลต่อสมบัติการรับแรงดัด คือ จำนวนของช่องกลวง (hallow core) ความหนาของผนังชิ้นงานในแนวตั้ง (web) ความหนาของผนังชิ้นงานในแนวนอน (flange) และความหนาแน่นของชิ้นงาน จากนั้นได้ทำการศึกษางานวิจัยส่วนที่ 1.2 ศึกษาแนวทางการต่อยึดคานหน้าตัดประกอบแบบต่าง ๆ โดยใช้หน้าตัด M001 ชิ้นงานหลักในการประกอบ โดยลักษณะของคานหน้าตัดประกอบมี 4 แบบ คือ I-Beam, II-Beam, Rectangular Beam และ Square Beam และมีรูปแบบการยึดต่อใน 3 รูปแบบ คือ การยึดต่อโดยใช้ตะปูเกลียว การยึดต่อโดยใช้ตะปูเกลียวร่วมกับกาว และการยึดต่อโดยใช้กาว ผลการทดสอบพบว่า คานหน้าตัดประกอบ I-Beam ที่ยึดด้วยกาวเพียงอย่างเดียวมีประสิทธิภาพสูงสุดโดยพิจารณาจากสมบัติการรับกำลังและต้นทุนการผลิต งานในส่วนที่ 1.3 เป็นการปรับปรุงโปรแกรม

คอมพิวเตอร์สำเร็จรูปสำหรับการออกแบบโครงสร้าง โดยการนำข้อมูลที่ได้จากส่วนแรกและส่วนที่สองมาปรับปรุงและปรับแก้ในโปรแกรมสำเร็จรูปที่ได้ทำการพัฒนา ซึ่งจากการปรับปรุงโปรแกรมสำเร็จรูปทำให้โปรแกรมสำเร็จรูปที่มีอยู่มีความหลากหลายของหน้าตัด และมีประสิทธิภาพในการใช้งานสะดวกมากยิ่งขึ้น โดยโปรแกรมสามารถใช้งานได้ครอบคลุมหน้าตัดของคานและพื้นที่ทางบริษัทผู้ร่วมทุนวิจัยผลิตอยู่ งานส่วนที่ 1.4 เป็นการศึกษาผลของการใช้สารเพิ่มเสถียรภาพทางความร้อนชนิด Ca/Zn Complex ในปริมาณต่าง ๆ เปรียบเทียบกับสารเพิ่มเสถียรภาพทางความร้อนที่ทางบริษัท วีพีวู้ด จำกัด ใช้อยู่ โดยทำการปรับสัดส่วน Ca/Zn Complex ในปริมาณ 2.5, 5.0 และ 7.5 ส่วนในพลาสติก PVC 100 ส่วน จากการศึกษาพบว่า สารเพิ่มเสถียรภาพทางความร้อนชนิด Ca/Zn Complex มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับสารเพิ่มเสถียรภาพทางความร้อนที่ทางบริษัท วีพีวู้ด จำกัด ใช้อยู่ โดยพิจารณาจากสมบัติทางเสถียรภาพทางความร้อน และสมบัติทางกล

สำหรับงานวิจัยในส่วนที่ 2 ซึ่งเป็นการศึกษาผลของแสงยูวีและความร้อนที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติของผลิตภัณฑ์ WPC สามารถแบ่งงานวิจัยออกเป็น 2 ส่วนย่อย โดยมีรายละเอียดดังนี้ ส่วนที่ 2.1 เป็นการปรับปรุงการเสื่อมสภาพทางความร้อนของวัสดุผสมพีวีซีและผงขี้เลื่อยไม้ โดยในงานวิจัยได้มีการปรับเปลี่ยนชนิดและปริมาณของสารเพิ่มเสถียรภาพทางความร้อน โดยสารเพิ่มเสถียรภาพทางความร้อนที่นำมาทำการศึกษา ประกอบด้วย สเตียเรทของสังกะสี (zinc stearate), สเตียเรทของตะกั่ว (lead stearate) และซีโอไลท์ (zeolite) และมีการปรับเปลี่ยนปริมาณสารเพิ่มเสถียรภาพทางความร้อน ตั้งแต่ 2.4 และ 4.8 phr และทำการประเมินผลจากการวัดการเปลี่ยนแปลงสีและค่าดัชนีความเหลือง (CIE yellowness index) ก่อนและการบ่มเร่งด้วยความร้อน, ค่าดัชนีพอลิอีน (polyene index), เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักที่สูญเสียไป (%weight loss) และอุณหภูมิการสลายตัว (T_d) จากผลการศึกษาวิจัย พบว่า การใช้สเตียเรทของสังกะสี และสเตียเรทของตะกั่วเป็นสารเพิ่มเสถียรภาพทางความร้อนมีส่วนช่วยในการปรับปรุงเสถียรภาพทางความร้อนของพีวีซีทั้งในกรณีของพีวีซี และวัสดุผสมพีวีซีและผงขี้เลื่อยไม้ โดยสารเพิ่มเสถียรภาพความร้อนทั้ง 2 ชนิด มีส่วนช่วยในการหน่วงการเกิดปฏิกิริยา unzip ในสายโซ่ของพีวีซีให้เกิดได้ช้าลงส่งผลให้เกิดพันธะคู่ แบบคอนจูเกต (conjugated double bond) ในสายโซ่พีวีซีได้ลดลง ผลของการเติมสารเพิ่มเสถียรภาพทางความร้อนที่มีต่ออุณหภูมิการสลายตัวของพีวีซี พบว่า การเติมสเตียเรทของสังกะสีมีผลทำให้อุณหภูมิการสลายตัวของพีวีซีมีแนวโน้มลดลง ในขณะที่การเติมสเตียเรทของตะกั่วไม่มีผลทำให้อุณหภูมิการสลายตัวของพีวีซีเกิดการเปลี่ยนแปลง ส่วนการเติมซีโอไลท์มีผลทำให้อุณหภูมิการสลายตัวของพีวีซีมีค่าเพิ่มสูงขึ้นจาก 264 เป็น 280°C จากการพิจารณาผลของเสถียรภาพทางความร้อนและอุณหภูมิการสลายตัว พบว่า สเตียเรทของตะกั่วเป็นสารเพิ่มเสถียรภาพทางความร้อนที่มีประสิทธิภาพเหมาะสมกับพีวีซีมากที่สุด ส่วนผลของการเติมผงขี้เลื่อยลงในพีวีซี พบว่า ผงขี้เลื่อยมีส่วนเหนี่ยวนำให้พีวีซีเกิดการสลายตัวเนื่องจากความร้อนได้ง่ายขึ้น สำหรับงานวิจัยในส่วนที่ 2.2 การปรับปรุงการเสื่อมสภาพเนื่องจากแสงยูวีของวัสดุผสมพีวีซีและผงขี้เลื่อยไม้ ทางคณะวิจัยฯ ได้ทำการศึกษาผลของชนิดและปริมาณของสารเพิ่มเสถียรภาพทางแสงยูวี และผลของปริมาณผงขี้เลื่อย ภายใต้สภาวะการบ่มเร่งในเครื่องเร่งสภาวะ QUV และสภาวะแวดล้อมตามธรรมชาติ และทำการประเมินผลจากสมบัติทางกล ทางกายภาพและโครงสร้างทางเคมี งานวิจัยในส่วนนี้ยังดำเนินการไม่แล้วเสร็จ เนื่องจากเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนคู่ที่ใช้เป็นเครื่องมือหลักในการวิจัยชำรุดเสียหายหลายครั้ง นอกจากนี้ ขั้นตอนการบ่มเร่งสภาวะด้วยแสงยู

วีเกิดความล่าช้า เนื่องจากต้องรอการใช้เครื่องบ่มเร่งสภาวะด้วยแสงยูวี อย่างไรก็ตามทางคณะวิจัยฯ ขณะนี้ปัญหาต่างๆ ผ่านไปได้ด้วยดีแล้ว และขณะนี้อยู่ระหว่างเก็บผลการทดลอง และคาดว่าจะสามารถดำเนินการวิจัยจนสามารถผลิตบทความวิจัยตีพิมพ์ในวารสารระดับนานาชาติจากงานวิจัยในส่วนดังกล่าวนี้ได้จำนวน 1 บทความ ภายในเดือนธันวาคม 2552

ผลลัพธ์ที่ได้จากโครงการวิจัย จนถึงขณะนี้ คือบทความวิจัยได้รับการตอบรับในตีพิมพ์ในวารสารวิชาการนานาชาติที่มีค่า journal impact factors จำนวน 2 บทความ และสิทธิบัตร จำนวน 1 สิทธิบัตร มีดังนี้

- Sombatsompop N, Prapruit W, Chaochanchaikul K, Pulngern T & Rosarpitak V - Effect of Cross-section Design and Testing Conditions on Flexural Properties of Wood/PVC Composite Beams - ***Journal of Vinyl & Additive Technology*** (in press) (JIF = 0.658) มีรายละเอียดดังเอกสารแนบ 1
- Sombatsompop N, Taptim K, Chaochanchaikul K, Thongpin C & Rosarpitak V (2008) Improvement of Structural and Thermal Stabilities of PVC and Wood/PVC Composites by Pb and Zn Stearates, and Zeolite - ***Journal of Macromolecular Science. Part A: Pure and Applied Chemistry***, 45(7): 534-541.(JIF = 0.720) มีรายละเอียดดังเอกสารแนบ 2
- สิทธิบัตร เรื่อง *"กรรมวิธีการเสริมแรงผลิตภัณฑ์จากวัสดุผสมพีวีซีและขี้เลื่อยไม้โดยเส้นใยแก้วสังเคราะห์และสารเพิ่มเสถียรภาพทางความร้อนและแสงยูวี"* สิทธิบัตรไทย เลขที่คำขอ 0801004853 ณ วันที่ 22 กันยายน 2551 มีรายละเอียดดังเอกสารแนบ 3

229311

Abstract

Project Code: IUG5080029

Project Title: Engineering Properties, Computer Simulations and Thermal and UV light Effects of Wood Plastic Composite (WPC) Products

Main Researcher: Professor Dr Narongrit Sombatsompop

Email address: narongrit.som@kmutt.ac.th

Project Period: 28st September 2007 - 27st September 2009

Objectives:

1. To study the engineering properties of wood polymer composites (WPC) products with different sizes and cross-sections for beam and floor applications.
2. To propose joining methods of WPC members for optimum engineering properties for various WPC cross-sections.
3. To study the effects of thermal and UV ageing on the physical, structural and mechanical properties of WPC products and to explore possibility of using Ca/Zn complex stabilizer for replacement of the existing thermal stabilizer of V.P. Wood Co. Ltd.
4. To encourage small-medium enterprise research works in collaboration between private sector and university.

Methodology, Result and Discussion

The content of this research project was divided into two parts, which were (Part 1) studies on engineering properties of wood-polymer composites (WPC) with different sizes and cross-sections as well as their joint properties, and (Part 2) effects of thermal and UV ageing on the properties of WPC composites products.

Part 1 involved the effects of sizes and cross-sections of WPC products and loading direction on engineering properties of wood-polymer composites (WPC), and proposed methods of joining all the WPC parts for structural applications. This part can be described in 4 sub-parts. Part 1.1 assessed the engineering properties of five different cross-sections which were designated as M001, M005, M009, M014 and M015. The experimental results suggested that the M005 gave the highest flexural properties. Higher flexural properties were obtained when testing the WPVC composites in edge-wise loading direction. The findings in this work suggested that low number of hollow cores with thick flanges and webs should be used to obtain the composite with higher flexural properties. The WPVC composite with low density was observed to exhibit lower flexural strength. The rate of loading had a marginal effect on the flexural properties of the composites. Part 1.2 studied the methods of joining WPC products. In this part, four different joining configurations were proposed, these including I-

Beam, II-Beam, Rectangular Beam and Square Beam and three joining methods were used, these being screw, screw-adhesive and adhesives. The results suggested that joining the WPC members with adhesives gave the most satisfaction in terms of ultimate strength capacity and cost savings. Part 1.3 involved upgrading and improving the ready-to-use computer program by adding the engineering properties of a wider range of single and jointed WPC members obtained in Parts 1.1 and 1.2 into the existing program obtained in our previous projects with the V.P. Wood Co. Ltd. Part 1.4 studied the effect of Ca/Zn complex stabilizer on the thermal stability of WPC by varying the Ca/Zn stabilizer of 2.5, 5.0 and 7.5 parts per hundred PVC in order to replace the toxic-metal based thermal stabilizer. The results suggested that Ca/Zn complex stabilizer gave the same stabilizing effect and mechanical properties of the WPC products as compared with the metal based stabilizer that was being used by the V.P. Wood Co. Ltd.

Part 2 investigated the effects of thermal and UV ageing on the properties of WPC composites products and this part was considered by two separate parts. Part 2.1 aimed to improve the thermal stability of PVC using zinc stearate, lead stearate and zeolite by varying their loadings from 2.4-4.8 phr PVC, and assess thermal stabilities in terms of yellowness index, polyene content, %weight loss, decomposition temperature (T_d) before and after thermal ageing. It was found that the additions of Zn and Pb stearates into PVC and wood/PVC composite could improve the thermal stability of the PVC. At low test temperature, the additions of Zn and Pb stearates could improve the thermal stabilities of PVC by retarding the upzipped reaction and by reducing the conjugated double bonds in PVC, Pb stearate being the most suitable for thermally stabilizing the PVC. Around the T_d range, the addition of Zn stearate reduced the T_d value of PVC whereas that of Pb stearate had no effect on the change in T_d value. Zeolite loading could shift the T_d value of the PVC from 264 to 280°C. The addition of wood particles increased the polyene content and decreased the decomposition temperature of the PVC. The effect of wood flour on the thermal and structural changes of PVC overruled that of thermal stabilizer loading. Part 2.2 currently focuses on the effects of UV stabilizer type and loading as well as wood content on mechanical and structural properties of WPC products before and after QUV ageing. This part of work is yet to complete since the twin-screw extruder, which is the main equipment for this work, was broken down. In addition, carrying out the work in QUA equipment is time-consuming. However, all the problems have now been solved and we are the process of analyzing the experimental results and preparing a manuscript for publishing in an international journal. All are expected to be finalized by the end of December 2009.

At present, the research outputs obtained from this work were two accepted publications in international journals with impact factors and one patent application (under consideration).

- **Sombatsompop N,** Prapruit W, Chaochanchaikul K, Pulngern T & Rosarpitak V - Effect of Cross-section Design and Testing Conditions on Flexural Properties of Wood/PVC Composite Beams - ***Journal of Vinyl & Additive Technology*** (in press) (JIF = 0.658)
- **Sombatsompop N,** Taptim K, Chaochanchaikul K, Thongpin C & Rosarpitak V (2008) Improvement of Structural and Thermal Stabilities of PVC and Wood/PVC Composites by Pb and Zn Stearates, and Zeolite - ***Journal of Macromolecular Science. Part A: Pure and Applied Chemistry***, 45(7): 534-541.(JIF = 0.720)
- Reinforcing and stabilizing Methods for Wood/PVC Composite Products by Synthetic Glass Fiber and Thermal-UV Stabilizers, ***Thai Patent Application,*** Number 0801004853, filed on 22nd September 2008, owned by TRF, V.P. Wood Co. Ltd. and KMUTT.