

บทคัดย่อ

173924

รหัสโครงการ : RSA4580041
ชื่อโครงการ : อีพ็อกซี-เส้นใยแก้วคอมโพสิตหอบด้วยคลีนไมโครเวฟ
ชื่อนักวิจัย : รองศาสตราจารย์ ดร. วราภรณ์ ตันรัตนกุล
สถาบัน : สาขาวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
varapom.t@psu.ac.th
ระยะเวลาโครงการ : 42 เดือน

โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการอบอีพ็อกซี-เส้นใยแก้วคอมโพสิตด้วยเตาไมโครเวฟ โดยเปรียบเทียบกับคอมโพสิตที่อบด้วยตู้อบความร้อน คอมโพสิตประกอบด้วยอีพ็อกซีเรซิน (ชนิด diglycidyl ether of bisphenol A) สารทำให้แข็งกลุ่มแอนไฮไดรด์ ได้แก่ methyl tetrahydrophthalic anhydride (MTHPA) และ methyl hexahydrophthalic anhydride (MHHPA) และตัวเร่งปฏิกิริยา ได้แก่ tris-2,4,6-dimethyl aminomethyl phenol, 2-ethyl-4-methyl imidazole และ N,N-dimethylbenzylamine และเส้นใยแก้วชนิด chopped strand mat ที่มีน้ำหนักเฉพาะ 300 g/m² ผสมอีพ็อกซีและสารทำให้แข็งในอัตราส่วน 100:80 โดยน้ำหนัก เติมตัวเร่งปฏิกิริยาตามน้ำหนักของอีพ็อกซีในปริมาณ 1% และ 4% ผสมเส้นใยแก้วประมาณ 15% ของเรซิน สูตรเรซินที่ศึกษามีทั้งหมด 7 สูตร โคนแปรเปลี่ยนตามชนิดของสารทำให้แข็งและตัวเร่งปฏิกิริยา อบเรซินและคอมโพสิตด้วยเตาไมโครเวฟที่ใช้ในครัวเรือน เลือกสภาวะการอบที่เหมาะสม โดยให้ได้ชิ้นงานที่แข็งทั่วทั้งแผ่น ไม่มีฟองอากาศ ไม่มีรอยไหม้ การอบด้วยเตาไมโครเวฟมี 2 แบบ คือ การอบแบบชั้นตอนเดียวและการอบแบบหลายชั้นตอน ส่วนการอบด้วยตู้อบความร้อนมีชั้นตอนเดียว คือ ใช้อุณหภูมิ 150°C และเวลาที่ซับซ้อนขึ้นอยู่กับปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาและความหนาของชิ้นงาน ทดสอบสมบัติเชิงกลของชิ้นงานที่อบด้วยเตาไมโครเวฟและตู้อบความร้อนตามมาตรฐาน ASTM ได้แก่ tensile properties, flexural properties (three-point bending) และ impact strength วิเคราะห์ตัวอย่างด้วยเทคนิค DSC, DMTA TGA และ SEM และตรวจสอบความหนืดของเรซินและอุณหภูมิของเรซินระหว่างการอบในระยะเวลาต่างๆ ก่อนที่เรซินจะแข็งตัว ผลการทดลองพบว่า การอบด้วยเตาไมโครเวฟแบบชั้นตอนเดียว สามารถให้สมบัติเชิงกลที่เทียบเท่ากับการอบด้วยตู้อบความร้อน ความแตกต่างของสมบัติเชิงกลระหว่างชิ้นงานที่อบด้วยเตาไมโครเวฟและตู้อบความร้อนขึ้นอยู่กับสูตรเรซินและประเภทของสมบัติเชิงกล เนื่องจากมีสมบัติเชิงกลทั้งที่สูงขึ้นและต่ำลงเมื่ออบด้วยเตาไมโครเวฟ มีสูตรเรซินบางสูตรที่เหมาะสมต่อการอบด้วยเตาไมโครเวฟ การอบด้วยเตาไมโครเวฟแบบหลายชั้นตอน ให้ค่าสมบัติเชิงกลที่สูงกว่าการอบแบบชั้นตอนเดียวและการอบด้วยตู้อบความร้อน ทั้งนี้เป็นเพราะการอบแบบหลายชั้นตอนจะมีการอุ่นเรซินในการอบชั้นตอนแรก ทำให้เรซินมีอุณหภูมิและความหนืดไม่สูงมากนัก การเกาะติดกับเส้นใยแก้วจะดีขึ้น ทำให้แรงยึดเกาะระหว่างเรซินและเส้นใยแก้ว (interfacial adhesion) สูงขึ้น ในทางตรงข้ามการอบแบบชั้นตอนเดียวจะทำให้เรซินมีอุณหภูมิสูงขึ้นทันที จึงทำให้เรซินมีความหนืดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว การยึดเกาะระหว่างเรซินและเส้นใยแก้วจึงลดลง และทำให้มีการกักขังโมเลกุลอยู่ในโครงร่างแห สมบัติเชิงกลจึงต่ำกว่า เตาไมโครเวฟที่ใช้ในครัวเรือนจะควบคุมระดับกำลังวัตต์โดยมีระยะเวลาที่ให้คลื่นออกมา ดังนั้น ระยะเวลาที่กำหนดไว้จึงไม่ใช่ระยะเวลาที่เรซินได้รับคลื่นไมโครเวฟ ระยะเวลาที่ได้รับคลื่นขึ้นอยู่กับระดับกำลัง (power level) ที่ใช้ และจะมีค่าน้อยกว่าระยะเวลาที่ใช้ เช่น ที่ระดับกำลัง 3 เรซินจะได้รับคลื่นไมโครเวฟเป็นระยะเวลา 30% ของระยะเวลาที่ตั้งไว้ในการใช้เตาไมโครเวฟนี้ ด้วยเหตุนี้จึงกล่าวได้ว่า การอบด้วยเตาไมโครเวฟจะใช้เวลาน้อยกว่าการอบด้วยตู้อบความร้อน และสามารถให้สมบัติเชิงกลที่ดีกว่าตัวอย่างที่อบด้วยตู้อบความร้อน แต่จำเป็นต้องใช้สภาวะการอบที่เหมาะสม ข้อจำกัดของโครงการวิจัยนี้คือ ไม่สามารถสร้างเตาไมโครเวฟได้เอง ทำให้ไม่สามารถควบคุมการปล่อยคลื่นให้แม่นยำ ไม่สามารถปล่อยคลื่นให้เป็นเวลาต่อเนื่อง และควบคุมกำลังวัตต์ได้

คำหลัก : อีพ็อกซี คอมโพสิต เส้นใยแก้ว ไมโครเวฟ การอบ

นำเรซินที่มีส่วนผสมตามที่กำหนดก่อน แล้วนำแผ่นใยแก้วที่ซึ่งน้ำหนักไว้แล้ว จุ่มลงในเรซินนี้จนเปียกชุ่มทั่วทั้งแผ่น เทเรซินลงในเบ้าพิมพ์ให้ทั่ว วางแผ่นใยแก้วนั้นบนเรซิน และเทเรซินที่เหลือให้ท่วมแผ่นใยแก้ว

2. การอบด้วยตู้อบความร้อนจะอบที่ 150°C เป็นเวลาต่างๆ ขึ้นอยู่กับปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาและความหนาของชิ้นงาน การอบด้วยเตาไมโครเวฟจะเลือกใช้สภาวะการอบที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับสูตรเรซินและความหนาของชิ้นงาน มีการอบ 2 แบบ ดังนี้ การอบแบบชั้นตอนเดียวและการอบแบบหลายชั้นตอน (สองชั้นตอนและสามชั้นตอน) แต่ละชั้นตอนจะใช้ระดับกำลังและเวลาต่างกัน
3. ตรวจสอบความสามารถในการอบด้วยเตาไมโครเวฟของเรซินสูตรต่างๆ วิเคราะห์ปริมาณการเกิดปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นด้วยเทคนิค DSC
4. ทดสอบสมบัติเชิงกลของเรซินและคอมโพสิตตามมาตรฐาน ASTM สมบัติเชิงกลที่ทดสอบได้แก่ tensile properties, flexural properties (three-point bending) และ impact strength เปรียบเทียบสมบัติเชิงกลแต่ละประเภทระหว่างชิ้นงานที่อบด้วยตู้อบความร้อนและอบด้วยเตาไมโครเวฟ
5. วิเคราะห์คุณลักษณะต่างๆของเรซินและคอมโพสิตที่อบด้วยตู้อบความร้อนและเตาไมโครเวฟ ด้วยเทคนิคต่อไปนี้ DSC, DMTA, TGA และ SEM โดยตรวจสอบ T_g , α transition temperature, พลังงานกระตุ้น, การสลายตัว และ interfacial adhesion ระหว่างเรซินและเส้นใยแก้ว
6. ตรวจสอบความหนืดและอุณหภูมิของเรซินระหว่างการอบ

ขอบเขตการวิจัย

1. ใช้สารเคมีและเส้นใยแก้วที่ผลิตขายทั่วไป ไม่สังเคราะห์เอง และนำมาใช้โดยไม่มีการดัดแปลงใดๆ
2. ใช้เตาไมโครเวฟที่ใช้ในครัวเรือน และใช้ตู้อบความร้อนชนิดที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ
3. ไม่ศึกษาจลนพลศาสตร์ของการเกิดปฏิกิริยาเคมี
4. ไม่เปรียบเทียบสมบัติเชิงกลระหว่างสูตร แต่จะเปรียบเทียบสูตรเดียวกันระหว่างที่อบด้วยตู้อบความร้อนและอบด้วยเตาไมโครเวฟ การวิเคราะห์คุณลักษณะต่างๆเป็นไปในทำนองเดียวกันคือ เปรียบเทียบตัวอย่างที่ได้จากการอบต่างกัน

สรุปผลการดำเนินการ

การทดลองบรรลุวัตถุประสงค์คือ สามารถใช้เตาไมโครเวฟอบอีพ็อกซีเรซินและอีพ็อกซีคอมโพสิต ให้มีสมบัติเชิงกลเทียบเท่าหรือดีกว่าการอบด้วยตู้อบความร้อน การอบด้วยเตาไมโครเวฟจำเป็นต้องใช้การอบแบบหลายชั้นตอน คือ มีการอุ่นเรซินก่อนแล้วจึงให้เรซินเกิดปฏิกิริยาภายหลัง วิธีนี้จะทำให้เรซินเกาะติดบนเส้นใยแก้วได้ดีขึ้น ส่งผลให้สมบัติเชิงกลสูงขึ้น การอบด้วยเตาไมโครเวฟสามารถทำให้อีพ็อกซีเกิดปฏิกิริยาเคมีได้สมบูรณ์ แต่อาจมีการเชื่อมโยงโมเลกุลหรือโครงร่างแหไม่สมบูรณ์ได้ถ้าใช้สภาวะการอบไม่เหมาะสม การอบด้วยเตาไมโครเวฟมีความซับซ้อนมากกว่าการอบด้วยตู้อบความร้อน เพราะการมีความร้อนเกิดขึ้นในเรซินแตกต่างกัน ดังนั้น การเปลี่ยนแปลงสภาวะการอบในเตาไมโครเวฟแม้เพียงเล็กน้อย ก็อาจมีผลกระทบต่อชิ้นงานที่ได้ นอกจากนี้ขนาดของชิ้นงานและสูตรเรซินมีอิทธิพลต่อการเลือกสภาวะการอบด้วยเตาไมโครเวฟด้วย เชื่อว่าการอบด้วยเตาไมโครเวฟและการอบด้วยตู้อบไม่ทำให้โครงสร้างโมเลกุลของอีพ็อกซีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งตรวจสอบได้จากการมีพลังงานกระตุ้นใกล้เคียงกัน