



246705



รายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการ การแปรสภาพทางความร้อนเหนียวด้วยไมโครเวฟของวัสดุเชิงประกอบเอทิลีนไวนิลแอลกอฮอล์โคพอลิเมอร์และยางธรรมชาติจากเศษยางพื้นรองเท้า

โดย

รศ.ดร.ดวงดาว อาจองค์ และคณะ

พฤษภาคม 2552

โครงการวิจัยขนาดกลางเรื่องยางพารา

600251053

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ



246705



รายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการ การแปรสภาพทางความร้อนเหนียวนำด้วยไมโครเวฟของวัสดุเชิงประกอบเอทิลีนไวนิลแอลกอฮอล์โคพอลิเมอร์และยางธรรมชาติจากเศษยางพื้นรองเท้า

โดย

รศ.ดร.ดวงดาว อัจจงค์ และคณะ

พฤษภาคม 2552

โครงการวิจัยขนาดกลางเรื่องยางพารา



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การแปรสภาพทางความร้อนเหนียวนำด้วยไมโครเวฟของวัสดุเชิงประกอบเอทิลีนไวไนลแอซีเตตโคพอลิเมอร์และยางธรรมชาติจากเศษยางพื้นรองเท้า

คณะผู้วิจัย	สังกัด
1. รศ.ดร.ดวงดาว อัจจงค์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2. อ.ดร.วิบูลย์ ศรีเจริญชัยกุล	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
3. นายคณิต สูงประสิทธิ์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชุดโครงการวิจัยขนาดกลางเรื่องยางพารา

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)
(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว.ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

รายงานสำหรับผู้บริหาร (Executive summary)

ชื่อโครงการ . การแปรสภาพทางความร้อนเหนี่ยวนำด้วยไมโครเวฟของวัสดุเชิงประกอบเอทิลีนไวนิล
แอซีเตตโคพอลิเมอร์และยางธรรมชาติจากเศษยางพื้นรองเท้า
Microwave-induced Thermal Conversion of Ethylene-Vinyl Acetate Copolymer/
Natural Rubber Composite from Shoe Sole Scrap

ชื่อหัวหน้าโครงการ

ชื่อ-สกุล รศ.ดร.ดวงดาว อัจจงค์
หน่วยงาน ภาควิชาวัสดุศาสตร์
ที่อยู่ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถ.พญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน
กรุงเทพฯ 10330
โทรศัพท์.....0-2218-5559..... E-mail address.....duangdao.a@chula.ac.th

ผู้ร่วมวิจัย

ชื่อ-สกุล ดร.วิบูลย์ ศรีเจริญชัยกุล
หน่วยงาน ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
ที่อยู่ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถ.พญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน
กรุงเทพฯ 10330
โทรศัพท์.....02-218-6689..... E-mail address.....viboon.sr@chula.ac.th

นักศึกษาร่วมวิจัย

ชื่อ-สกุล นายคณิต สูงประสิทธิ์
หน่วยงาน ภาควิชาวัสดุศาสตร์
ที่อยู่ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถ.พญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน
กรุงเทพฯ 10330
โทรศัพท์.....-..... E-mail address.....Kapanda_soong@hotmail.com

งบประมาณทั้งโครงการ.....350,000.....บาท

ระยะเวลาดำเนินการ.....20.....เดือน ตั้งแต่วันที่ 11 ตุลาคม 2550 ถึงวันที่ 31 พฤษภาคม 2552

ปัญหาที่ทำการวิจัยและความสำคัญ

งานวิจัยนี้ดำเนินการแปรสภาพเศษวัสดุเหลือทิ้งคือเศษยางพื้นรองเท้าให้เป็นพลังงานเชื้อเพลิง โดยกระบวนการไพโรไลซิสและแก๊สซิฟิเคชันภายใต้พลังงานไมโครเวฟ โดยอาศัยความสามารถในการดูดซับคลื่นไมโครเวฟให้เป็นพลังงานความร้อนของวัสดุที่มีค่าคงที่ไดอิเล็กทริกสูง เช่น ซิลิกอนคาร์ไบด์มาใช้ในการไพโรไลซิสและแก๊สซิฟิเคชันวัสดุที่มีค่าคงที่ไดอิเล็กทริกต่ำซึ่งไม่สามารถทำให้ร้อนได้โดยคลื่นไมโครเวฟคือ เศษยางพื้นรองเท้าและที่อยู่ในรูปวัสดุเชิงประกอบระหว่างยางธรรมชาติและเอทิลีนไวนิลแอลกอฮอล์ เพื่อเป็นการลดขยะที่เหลือจากอุตสาหกรรมให้เกิดประโยชน์ในด้านของพลังงาน ลดมลภาวะแวดล้อม และต้นทุนในการจัดเก็บขยะ รวมทั้งเป็นระบบที่สามารถพัฒนาไปใช้ในอุตสาหกรรมได้ในทุกขนาด

วัตถุประสงค์

เพื่อผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากเศษยางพื้นรองเท้าและโดยใช้กระบวนการสลายตัวทางความร้อนด้วยพลังงานจากคลื่นไมโครเวฟภายใต้สภาวะที่ไม่มีออกซิเจนหรือที่เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า “ไพโรไลซิส” และภายใต้บรรยากาศที่จำกัดก๊าซออกซิเจนที่เรียกว่า “แก๊สซิฟิเคชัน”

ผลการดำเนินงาน

จากการศึกษาสมบัติทางความร้อน และธาตุองค์ประกอบของเศษยางพื้นรองเท้า เอทิลีนไวนิลแอลกอฮอล์และยางธรรมชาติ (EVA/NR) พบว่า EVA/NR มีปริมาณคาร์บอนร้อยละ 57.6 โดยน้ำหนัก ซึ่งมีความเหมาะสมต่อการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงที่อุณหภูมิการสลายตัวที่สูงกว่า 500 °C ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ EVA/NR เกิดการสลายตัวอย่างสมบูรณ์

ในส่วนของการแปรสภาพทางความร้อนนั้นงานวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบระบบการให้ความร้อนของเตาปฏิกรณ์ 2 ระบบ ได้แก่เตาปฏิกรณ์ระบบไมโครเวฟ และเตาปฏิกรณ์ไฟฟ้า โดยทำการศึกษาผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแปรสภาพทางความร้อนโดยการเหนี่ยวนำไมโครเวฟ ณ กำลังของไมโครเวฟ ก๊าซพา และสัดส่วนซิลิกอนคาร์ไบด์ (SiC) ที่แตกต่างกัน ผลการวิจัยพบว่าอุณหภูมิของเตาปฏิกรณ์มีค่าสูงขึ้นเมื่อกำลังของไมโครเวฟมีค่าเพิ่มมากขึ้น และเมื่ออัตราส่วนระหว่างก๊าซพา Ar:O₂ เท่ากับ 99:1 หรือภายใต้สภาวะการเกิดแก๊สซิฟิเคชันสามารถผลิตก๊าซได้ในปริมาณที่สูงกว่าที่อัตราส่วน Ar:O₂ เท่ากับ 100:0 หรือภายใต้สภาวะการเกิดไพโรไลซิส อย่างไรก็ตามจากการวิเคราะห์ชนิดของก๊าซที่เกิดขึ้นพบว่าการแปรสภาพทางความร้อนจากทั้งสองสภาวะสามารถผลิตก๊าซได้คล้ายคลึงกัน อาทิ H₂, CO₂, CH₄, และ ก๊าซไฮโดรคาร์บอน แต่ในปริมาณที่แตกต่างกันโดยปริมาณของก๊าซแต่ละชนิดนั้นพบว่าเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับปริมาณของก๊าซที่ผลิตได้นั้นคือมีค่าที่สูงขึ้นเมื่อกำลังของไมโครเวฟและปริมาณของออกซิเจน

ในระบบมีค่าที่สูงขึ้น แต่ในขณะเดียวกันพบว่าผลของอัตราส่วนระหว่าง SiC : EVA/NR นั้นยังไม่มีเป็นที่ชัดเจนนักเนื่องจากข้อจำกัดของตัวกำเนิดคลื่นการให้ความร้อนโดยไม่โครเวฟที่ยังไม่มีความสม่ำเสมอพอ และเมื่อทำการเปรียบเทียบกับเตาปฏิกรณ์ไฟฟ้าพบว่าเตาปฏิกรณ์ระบบไมโครเวฟสามารถผลิตก๊าซได้ในปริมาณที่มากกว่า โดยเฉพาะปริมาณของ H_2 , CO_2 , และ CH_4 นั้นพบว่ามีค่าที่มากกว่าอย่างชัดเจน โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่อัตราส่วน Ar: O_2 99:1 ที่มีการเกิดปฏิกิริยาแก๊สซิฟิเคชันขึ้น ทั้งนี้คาดว่าเนื่องมาจากการที่ระบบไมโครเวฟนั้นมีความเหมาะสมหรือช่วยให้เกิดปฏิกิริยาแก๊สซิฟิเคชันได้ดีกว่านั่นเอง

สรุปผลการวิจัย

1. EVA/NR ซึ่งเป็นวัตถุดิบที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีปริมาณคาร์บอนสูงถึงร้อยละ 57.6 และสลายตัวอย่างสมบูรณ์ที่อุณหภูมิ 500 °C ซึ่งมีความเหมาะสมที่นำมาผลิตเป็นก๊าซเชื้อเพลิง
2. เมื่อกำลังของไมโครเวฟและสัดส่วนของก๊าซออกซิเจนมีค่าที่สูงมากขึ้นสามารถผลิตก๊าซ H_2 , CO_2 , CH_4 , และ ไฮโดรคาร์บอน ได้ในปริมาณที่สูงขึ้น
3. เตาปฏิกรณ์ระบบไมโครเวฟมีประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซได้ดีกว่าเตาปฏิกรณ์ไฟฟ้าซึ่งสามารถเห็นได้ชัดเจนที่อัตราส่วนระหว่าง Ar: O_2 เท่ากับ 99:1 ทั้งนี้คาดว่าเนื่องมาจากการที่ระบบไมโครเวฟนั้นมีความเหมาะสมหรือช่วยให้เกิดปฏิกิริยาแก๊สซิฟิเคชันได้ดีกว่า
4. ผลของอัตราส่วนของ SiC : EVA/NR นั้นพบว่ายังไม่มีเป็นที่ชัดเจนนักเนื่องจากข้อจำกัดของตัวกำเนิดคลื่นการให้ความร้อนโดยไม่โครเวฟที่ยังไม่มีความสม่ำเสมอพอ

ข้อเสนอแนะ

1. เตาไมโครเวฟที่ใช้ในการทดลองควรเป็นระบบที่ให้คลื่นแบบ multimode ซึ่งสามารถผลิตคลื่นไมโครเวฟที่มีความสม่ำเสมอได้ดีกว่าที่ใช้ในงานวิจัยนี้ซึ่งเป็นแบบ single mode
2. ควรออกแบบให้ระบบเตาปฏิกรณ์ไมโครเวฟสามารถวัดอุณหภูมิได้ง่ายและถูกต้องมากขึ้นซึ่งคณะผู้วิจัยแนะนำให้วัดอุณหภูมิในเตาปฏิกรณ์ด้วยไพโรมิเตอร์
3. ควรทำการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ที่ได้ทั้งในรูปของแข็ง และของเหลว เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

ผลงานทางวิชาการที่คาดว่าจะเกิดขึ้น

1. บทความในวารสารวิชาการระดับนานาชาติที่มีค่า impact factor และ/หรือที่อยู่ในฐานข้อมูล

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ.....	ก
สารบัญรูป.....	ข
สารบัญตาราง.....	จ
บทคัดย่อ (ภาษาไทย).....	1
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ).....	2
บทที่ 1 บทนำ.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1 เอทิลีนไวนิลแอลกอฮอล์โคพอลิเมอร์ (EVA).....	5
2.2 หลักการทั่วไปเกี่ยวกับการให้ความร้อนโดยใช้ไมโครเวฟ.....	6
2.3 กระบวนการเคมีเชิงความร้อน (Thermochemical process).....	10
2.4 การแปรสภาพทางความร้อนด้วยไมโครเวฟ.....	14
บทที่ 3 วิธีการทดลอง.....	16
3.1 วัสดุ.....	16
3.2 เครื่องมือ.....	16
3.3 เครื่องทดสอบ.....	18
3.4 วิธีการทดลอง.....	20
บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน.....	26
4.1 การออกแบบระบบเตาปฏิกรณ์.....	26
4.2 การสอบเทียบอุปกรณ์ที่ใช้วัดก๊าซ (Gas Chromatography).....	28
กับก๊าซมาตรฐาน	
4.3 ธาตุองค์ประกอบ และสมบัติทางความร้อนของ EVA/NR.....	29
4.4 การวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแปรสภาพทางความร้อน.....	31
บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงาน.....	53
บรรณานุกรม.....	55

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 โครงสร้างของเอทิลีนไวนิลแอลกอฮอล์โคพอลิเมอร์.....	5
รูปที่ 2.2 ช่วงความถี่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและการใช้งาน.....	6
รูปที่ 2.3 เปรียบเทียบการให้ความร้อนโดยการใช้อิทธิพลไมโครเวฟ และอ่างน้ำมัน	7
รูปที่ 2.4 แสดงกลไกการเกิดความร้อนโดยไม่โครเวฟ จากการเหนี่ยวนำอิเล็กทรอนิกส์.....	8
และ การเหนี่ยวนำไดโพล	
รูปที่ 2.5 การตอบสนองของวัสดุต่อไมโครเวฟ A: ทะลุผ่าน, B สะท้อนกลับ, C.....	9
และD: ดูดซับ (after Sutton, 1989)	
รูปที่ 2.6 การแก๊สโครมาโทกราฟีแบบต่างๆ.....	12
รูปที่ 3.1 เครื่อง Gas Chromatography; Varian CP-3800.....	18
รูปที่ 3.2 TGA ยี่ห้อ METTLER TOLEDO รุ่น รุ่น TGA/SDTA 851.....	19
รูปที่ 3.3 Elemental analyzer ยี่ห้อ FISON รุ่น NA-2000.....	19
รูปที่ 3.4 ขั้นตอนการทดลองโดยรวมในงานวิจัยนี้.....	20
รูปที่ 3.5 เครื่องบด MING LEE STONG CRUSHER.....	22
รูปที่ 3.6 การผสมเศษยางพื้นรองเท้า (EVA/NR) ซิลิกอนคาร์ไบด์ (SiC).....	22
และเส้นใยควอตซ์ (quartz wool) ในเตาปฏิกรณ์ควอตซ์	
รูปที่ 3.7 ระบบการแปรสภาพทางความร้อนโดยการเหนี่ยวนำไมโครเวฟ.....	23
รูปที่ 3.8 ระบบการให้ความร้อนโดยการใช้อิทธิพลไฟฟ้า.....	24
รูปที่ 4.1 แสดงการไหลของก๊าซอาร์กอน และแอโรซิไรล์ ผ่าน Mass flow controller.....	26
รูปที่ 4.2 แสดงการดัดแปลงเครื่องไมโครเวฟ.....	27
รูปที่ 4.3 แสดงเตาไฟฟ้าที่ใช้ในการทดลอง.....	28
รูปที่ 4.4 แสดงช่วงเวลาและการตอบสนองของ Hydrocarbon.....	29
รูปที่ 4.5 การสลายตัวของ EVA/NR ภายใต้บรรยากาศที่ปราศจากออกซิเจน.....	31
รูปที่ 4.6 การสลายตัวของ EVA/NR โดยการกำจัดกรดแอซิติก และเกิดเป็นพันธะคู่.....	31
รูปที่ 4.7 การกระจายตัวของผลิตภัณฑ์ที่อัตราส่วน Ar: O ₂ ในก๊าซพา 100:0.....	35
อัตราส่วน EVA/NR: SiC 1:1	
รูปที่ 4.8 การกระจายตัวของผลิตภัณฑ์ที่อัตราส่วน Ar: O ₂ ในก๊าซพา 99:1.....	35
อัตราส่วน EVA/NR:SiC 1:1	

หน้า

รูปที่ 4.9 การตอบสนองต่อไฮโดรคาร์บอนที่อัตราส่วน EVA/NR: SiC 1:1.....	39
ระหว่างอัตราส่วน Ar:O ₂ ในก๊าซพา 100:0 (Ar) และ 99:1 (ArO ₂)	
รูปที่ 4.10 การตอบสนองต่อไฮโดรคาร์บอนของเครื่อง Gas Chromatography.....	39
อัตราส่วน Ar:O ₂ ในก๊าซพา 100:0 อัตราส่วนระหว่าง EVA/NR: SiC 1:1	
รูปที่ 4.11 การตอบสนองต่อไฮโดรคาร์บอนของเครื่อง Gas Chromatography.....	40
อัตราส่วน Ar:O ₂ ในก๊าซพา 99:1 อัตราส่วนระหว่าง EVA/NR: SiC 1:1	
รูปที่ 4.12 การแปรสภาพของคาร์บอนใน EVA/NR ไปเป็นก๊าซไฮโดรคาร์บอนที่.....	41
อัตราส่วนระหว่าง Ar:O ₂ 100:0	
รูปที่ 4.13 การแปรสภาพของคาร์บอนใน EVA/NR ไปเป็นก๊าซไฮโดรคาร์บอนที่.....	41
อัตราส่วนระหว่าง Ar:O ₂ 99:1	
รูปที่ 4.14 การตอบสนองต่อไฮโดรคาร์บอนของเครื่อง Gas Chromatography.....	41
อัตราส่วน Ar:O ₂ ในก๊าซพา 100:0	
รูปที่ 4.15 การตอบสนองต่อไฮโดรคาร์บอนของเครื่อง Gas Chromatography.....	42
อัตราส่วน Ar:O ₂ ในก๊าซพา 99:1	
รูปที่ 4.16 น้ำหนักของก๊าซไฮโดรเจนที่กำลังของไมโครเวฟต่างๆระหว่าง.....	43
อัตราส่วน Ar:O ₂ ในก๊าซพา 100:0 (Ar) และ 99:1 (ArO ₂)	
รูปที่ 4.17 น้ำหนักของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่กำลังของไมโครเวฟต่างๆระหว่าง.....	43
อัตราส่วน Ar:O ₂ ในก๊าซพา 100:0 (Ar) และ 99:1 (ArO ₂)	
รูปที่ 4.18 น้ำหนักของก๊าซมีเทนที่กำลังของไมโครเวฟต่างๆระหว่างอัตราส่วน Ar:O ₂	44
ในก๊าซพา 100:0 (Ar) และ 99:1 (ArO ₂)	
รูปที่ 4.19 อุณหภูมิที่เกิดขึ้นที่กำลังของไมโครเวฟ 110, 330, และ 550 วัตต์.....	46
รูปที่ 4.20 การกระจายตัวของผลิตภัณฑ์จากระบบการให้ความร้อนโดยเตาไฟฟ้า.....	47
(a) และไมโครเวฟ (b) จากผลการศึกษาของ A. Domínguez และคณะ	
รูปที่ 4.21 การกระจายตัวของผลิตภัณฑ์ทั้งระบบการให้ความร้อนโดยไมโครเวฟ.....	48
และเตาไฟฟ้าที่อัตราส่วน Ar:O ₂ 100:0	
รูปที่ 4.22 การกระจายตัวของผลิตภัณฑ์ทั้งระบบการให้ความร้อนโดยไมโครเวฟ.....	48
และเตาไฟฟ้าที่อัตราส่วน Ar:O ₂ 99:1	
รูปที่ 4.23 การกระจายตัวของผลิตภัณฑ์จากการแปรสภาพทางความร้อนที่.....	49
อัตราส่วน EVA/NR:SiC 2:1 ที่อัตราส่วน Ar:O ₂ 100:0	

	หน้า
รูปที่ 4.24 การกระจายตัวของผลิตภัณฑ์จากการแปรสภาพทางความร้อนที่อัตราส่วน EVA/NR:SiC 2:1 ที่อัตราส่วน Ar:O ₂ 99:1	50
รูปที่ 4.25 การกระจายตัวของผลิตภัณฑ์จากการแปรสภาพทางความร้อนโดยใช้เตาไฟฟ้า เปรียบเทียบระหว่างอัตราส่วน Ar:O ₂ 100:0 และ 99:1	50
รูปที่ 4.26 การกระจายตัวของผลิตภัณฑ์ของแข็ง ของเหลว และก๊าซที่อัตราส่วน EVA/NR :SiC เท่ากับ (a) 1:1 และ (b) 2:1 ภายใต้อัตราส่วนระหว่าง Ar:O ₂ 100:0	51
รูปที่ 4.27 การกระจายตัวของผลิตภัณฑ์ของแข็ง ของเหลว และก๊าซที่อัตราส่วน EVA/NR :SiC เท่ากับ (a) 1:1 และ (b) 2:1 ภายใต้อัตราส่วนระหว่าง Ar:O ₂ 99:1	52

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 3.1 แสดงสัดส่วนของก๊าซที่มีในถังก๊าซมาตรฐาน.....	17
ตารางที่ 4.1 แสดงความเข้มข้นโดยปริมาตร และพื้นที่ใต้กราฟของ C ₁ -C ₂ , C ₃ , C ₄ , และ C ₅	29
ตารางที่ 4.2 วัตถุประสงค์ประกอบของ EVA/NR.....	30
ตารางที่ 4.3 การกระจายตัวของผลิตภัณฑ์ (% โดยน้ำหนัก) ที่อัตราส่วน ระหว่าง Ar:O ₂ เท่ากับ 100:0 ทั้งระบบการให้ความร้อนโดยใช้ไมโครเวฟ และการใช้เตาไฟฟ้า.....	32
ตารางที่ 4.4 การกระจายตัวของผลิตภัณฑ์ (% โดยน้ำหนัก) ที่ อัตราส่วนระหว่าง Ar:O ₂ เท่ากับ 99:1 ทั้งระบบการให้ความร้อนโดยใช้ ไมโครเวฟ และการใช้เตาไฟฟ้า.....	33
ตารางที่ 4.5 การกระจายตัวของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการไพโรไลสเศษหนังเทียมโดย O. Yilmaz และคณะ [13].....	33
ตารางที่ 4.6 ผลของอุณหภูมิที่มีต่อการกระจายตัวของผลิตภัณฑ์ทั้งการให้ ความร้อนแบบใช้เตาไฟฟ้า และการให้ความร้อนโดยไมโครเวฟของ สลัดจ์น้ำเสียโดย A. Domínguez และคณะ.....	34
ตารางที่ 4.7 ปริมาณของก๊าซ H ₂ (× 10 ⁻⁴ กรัม) ที่อัตราส่วนของ EVA/SiC 1:1.....	37
ตารางที่ 4.8 ปริมาณของก๊าซ CO ₂ (× 10 ⁻⁴ กรัม) ที่อัตราส่วนของ EVA/SiC 1:1.....	37
ตารางที่ 4.9 ปริมาณของ H ₂ , CO ₂ , และ CH ₄ จากการแปรสภาพทางความร้อนของ สลัดจ์น้ำเสียโดยการใช้ระบบการให้ความร้อนโดยไมโครเวฟที่อุณหภูมิต่างกัน จากงานวิจัยของ A. Domínguez และคณะ.....	38
ตารางที่ 4.10 ร้อยละโดยปริมาตรของ H ₂ , CO ₂ , และ CH ₄ จากการแปรสภาพ ทางความร้อนสลัดจ์ของน้ำเสียโดยการใช้ระบบการให้ความร้อน โดยเตาไฟฟ้าอุณหภูมิต่างกัน จากงานวิจัยของ A. Domínguez และคณะ.....	38
ตารางที่ 4.11 ปริมาณของก๊าซ CH ₄ (× 10 ⁻⁴ กรัม) ที่อัตราส่วนของ EVA/SiC 1:1.....	45
ตารางที่ 4.12 ปริมาตรของ H ₂ , CO ₂ , และ CH ₄ เปรียบเทียบระหว่างระบบการ ให้ความร้อนโดยไมโครเวฟและเตาไฟฟ้าที่อุณหภูมิเดียวกัน จากงานวิจัยของ A. Domínguez และคณะ.....	45

ตารางที่ 4.13 สัดส่วนของผลิตภัณฑ์ของแข็ง ของเหลว และก๊าซ จากการ..... 50
แปรสภาพทางความร้อนจากระบบการให้ความร้อนโดยเตาไฟฟ้าที่ 700 °C

บทคัดย่อ

246705

การไพโรไลซิสและแก๊สซิฟิเคชันของพอลิเมอร์เชิงประกอบเอทิลีนไวนิลแอสีเตตโคพอลิเมอร์และยางธรรมชาติจากเศษยางพื้นรองเท้าได้รับการแปรสภาพให้กลายเป็นเชื้อเพลิงโดยอาศัยความร้อนที่ได้จากการเหนี่ยวนำไมโครเวฟโดยใช้ซิลิกอนคาร์ไบด์เป็นตัวช่วยในการดูดซับคลื่นไมโครเวฟให้เป็นพลังงานความร้อนโดยทำการเปรียบเทียบกับการใช้เตาปฏิกรณ์แบบพลังงานไฟฟ้าเป็นแหล่งให้พลังงานความร้อน อุณหภูมิที่ใช้ในการแปรสภาพด้วยเตาปฏิกรณ์ไมโครเวฟอยู่ในช่วง 250-1,000 องศาเซลเซียส ซึ่งพบว่าระบบเตาปฏิกรณ์ไมโครเวฟนั้นใช้เวลาเพียง เล็กน้อยในการทำให้อุณหภูมิสูงถึงอุณหภูมิที่ต้องการซึ่งอัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมินี้ขึ้นอยู่กับกำลังของคลื่นไมโครเวฟ โดยในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษการแปรสภาพภายใต้สภาวะของบรรยากาศที่แตกต่างกัน 2 บรรยากาศคือที่ 100% แก๊สอาร์กอน (ไพโรไลซิส) และ 99% แก๊สอาร์กอน/1% แก๊สออกซิเจน (แก๊สซิฟิเคชัน) นอกจากนี้ได้ทำการศึกษผลของพลังงานของคลื่นไมโครเวฟและปริมาณของซิลิกอนคาร์ไบด์ที่มีต่อชนิดและปริมาณของผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิงที่เตรียมได้

จากการศึกษาพบว่า การแปรสภาพทางความร้อนภายใต้บรรยากาศที่มีแก๊สออกซิเจนหรือโดยกระบวนการแก๊สซิฟิเคชันนั้นจะสามารถผลิตแก๊สไฮโดรเจน (H_2) คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และไฮโดรคาร์บอนที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำได้มากกว่ากระบวนการไพโรไลซิส เมื่อเปรียบเทียบผลระหว่างเตาปฏิกรณ์ไมโครเวฟและเตาปฏิกรณ์ไฟฟ้าพบว่า การให้ความร้อนโดยใช้พลังงานคลื่นไมโครเวฟนั้นจะให้ผลิตภัณฑ์ในส่วนที่เป็นแก๊สสูงกว่าในขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่เป็นของแข็งนั้นจะพบได้สูงกว่าในระบบการให้ความร้อนโดยใช้เตาไฟฟ้า โดยที่ผลิตภัณฑ์ที่เป็นแก๊สนั้นจะมีปริมาณที่สูงขึ้นเมื่อกำลังของคลื่นไมโครเวฟมีค่ามากขึ้นโดยผลิตภัณฑ์หลักคือ แก๊สไฮโดรเจน (H_2), แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และไฮโดรคาร์บอนที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ สำหรับผลของซิลิกอนคาร์ไบด์นั้นยังไม่มีเป็นที่แน่ชัดอันเนื่องมาจากข้อจำกัดในการให้ความร้อนของไมโครเวฟ ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่าเตาปฏิกรณ์ไมโครเวฟนั้นใช้เวลาที่น้อยกว่า มีประสิทธิภาพมากกว่าซึ่งมีความเหมาะสมในการแปรสภาพทางความร้อนขยะที่เป็นวัสดุพอลิเมอร์ให้กลายเป็นพลังงานทดแทน

Abstract**246705**

Pyrolysis and gasification processes were utilized in order to evaluate the feasibility on production of value added fuels from ethylene-vinyl acetate copolymer/natural rubber composite (EVA/NR) which is in form of shoe sole scrap. The heat for thermal conversion was supplied via novel microwave induced heating using silicon carbide (SiC) as microwave absorber. Similar experiments were also performed using conventional furnace to compare the effect of heating method. The pyrolysis/gasification temperature ranged from 250-1,000°C which could be reached within a few minutes for microwave. The reaction took place in 100%Ar and 99% Ar/1%O₂ atmosphere for pyrolysis and gasification, respectively. The influence of microwave power, reacting atmosphere, and amount of SiC on the characteristic of products was evaluated. Favprable conditions for producing high gas fraction with greater proportion of energy rich hydrocarbon and hydrogen were determined.

From the results, it was shown that thermal conversion under atmosphere that has oxygen can be generating higher content of H₂, CO₂, and light hydrocarbon than in 100% Ar atmosphere. More gas fraction was obtained from microwave heating than that of conventional furnace while solid product from the later technique was higher. Gas product from microwave heating increases with higher microwave power and contained mainly H₂, CO₂, and light hydrocarbon. The effect of silicon carbide ratio is not clearly because of limitation of microwave heating in this experiment. Compared with convention heating, microwave induced heating required significantly shorter times which resulted in superior overall efficiency of the process, suitable for thermochemical conversion of this polymerics waste to more valuable fuels.