

สารบัญภาพประกอบ

ภาพที่	หน้า
1.1 การเกิดความร้อนของชิ้นงาน	3
1.2 ระเบียบวิธีวิจัย.....	8
2.1 ยางพาราหลังได้รับการอบด้วยระบบไมโครเวฟ ชนิดสายพานลำเลียงอย่างต่อเนื่อง	9
2.2 โครงสร้างภายในของยางพาราระหว่างวิธีการอบด้วยระบบไมโครเวฟ กับวิธีรมควันธรรมดา	10
2.3 แบบจำลองทางกายภาพใน 1 มิติสำหรับกระบวนการทำความร้อน ด้วยไมโครเวฟในวัสดุที่เป็น Non-Hygroscopic	16
2.4 ผลจากการทดลองสำหรับกระบวนการทำความร้อนด้วย ไมโครเวฟในวัสดุที่เป็น Non-Hygroscopic	17
2.5 แผนภาพลักษณะการเชื่อมติดของกาวอีพ็อกซีกับโพลีโพรพิลีน.....	18
2.6 แบบจำลองแสดงการกระจายอุณหภูมิ จากจุดตรงกลางของกาวที่ใช้เวลาต่าง ๆ กัน	18
3.1 การผลิตยางแผ่นรมควัน	21
3.2 ตัวอย่างขั้นตอนการผลิตยางแท่งโดยใช้ยางก้อนจับตัว	23
3.3 ลักษณะของ cis-configuration ของยางธรรมชาติ	23
3.4 ลักษณะสายโซ่โมเลกุลของยางธรรมชาติ.....	24
3.5 แผนผังแสดงขั้นตอนการเกิดปฏิกิริยาควบแน่นด้วยกำมะถัน	31
3.6 โครงสร้างการเชื่อมโยงแบบต่าง ๆ.....	31
3.7 สูตรโครงสร้างทางเคมีของ MBT และ MBTS	36
3.8 ตัวอย่างแสดงการเปรียบเทียบอัตราเร็วในการเกิดปฏิกิริยาควบแน่น ของสารตัวเร่งปฏิกิริยาในกลุ่มต่าง ๆ	37
3.9 สูตรโครงสร้างทางเคมีของ DPG.....	37
3.10 ผลของสารกระตุ้นปฏิกิริยาต่ออัตราเร็วในการเกิดปฏิกิริยาควบแน่น	38
3.11 โครงสร้างของเขม่าดำ	40
3.12 โมเดลแสดงโครงสร้างของเขม่าดำ	41

3.13	หมู่ฟังก์ชันเคมีบนพื้นผิวของเขม่าดำ	42
3.14	สเปกตรัมของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าและช่วงความถี่ของไมโครเวฟ	48
3.15	การแพร่ของคลื่นไมโครเวฟผ่านวัสดุชนิดต่าง ๆ	50
3.16	ทฤษฎีการเกิดความร้อน	54
3.17	กลไกการเกิดโพลาริซ	54
3.18	รังสีการตกกระทบและการดูดซับโดยวัสดุไดอิเล็กตริก	62
3.19	สนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กในท่อนำคลื่นรูปทรงสี่เหลี่ยม	65
3.20	แบบจำลองสำหรับการวิเคราะห์สนามแม่เหล็กไฟฟ้า ภายในท่อนำคลื่นรูปทรงสี่เหลี่ยม	66
4.1	ระบบไมโครเวฟท่อนำคลื่นรูปทรงสี่เหลี่ยม	72
4.2	เครื่องบดผสมสองลูกกลิ้ง (Two roll mill)	73
4.3	ขั้นตอนการผสมยางธรรมชาติคอมพาวด์	74
4.4	เครื่องเน็ตเวิร์คอะนาไลเซอร์ (Network Analyzer)	75
4.5	เครื่อง Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)	75
4.6	อัตราการเพิ่มอุณหภูมิของยางธรรมชาติคอมพาวด์ที่ผสมเขม่าดำ หลังให้ความร้อนด้วยระบบไมโครเวฟที่กำลังไมโครเวฟต่างกัน	79
4.7	ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของยางธรรมชาติคอมพาวด์กับเวลา ที่สุตรและความหนาต่างกันโดยใช้กำลังไมโครเวฟ 1,000 วัตต์	80
4.8	การกระจายอุณหภูมิของยางธรรมชาติคอมพาวด์สุตรที่ 3 กำลังไมโครเวฟ 1,000 วัตต์	81
4.9	เปอร์เซ็นต์การเชื่อมโยงพันธะ (crosslink)	83
4.10	FTIR spectrum ของยางธรรมชาติและยางธรรมชาติคอมพาวด์	83
5.1	แบบจำลองทางกายภาพสำหรับการวิเคราะห์การอุ่น (pre-heating) ยางธรรมชาติ คอมพาวด์ด้วยไมโครเวฟชนิดท่อนำคลื่นรูปทรงสี่เหลี่ยม (TE ₁₀ mode)	88
5.2	แบบจำลองแสดงความสัมพันธ์ระหว่างไมโครเวฟและยางธรรมชาติคอมพาวด์ ภายในท่อนำคลื่นรูปทรงสี่เหลี่ยม	89
5.3	แบบจำลองสำหรับการวิเคราะห์สนามแม่เหล็กไฟฟ้า ภายในท่อนำคลื่นรูปทรงสี่เหลี่ยม	89
5.4	การแบ่งกริดของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (grid system configuration)	95

5.5	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าพลังงานที่ดูดซับไปเป็นพลังงานความร้อน ($\tan \delta$) กับอุณหภูมิที่มีค่าต่าง ๆ กัน.....	99
5.6	เปรียบเทียบการกระจายอุณหภูมิของชิ้นงานยางธรรมชาติคอมพาวด์ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับการทดลองที่กำลังไมโครเวฟ 500 วัตต์.....	100
5.7	เปรียบเทียบการกระจายอุณหภูมิของชิ้นงานยางธรรมชาติคอมพาวด์ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับการทดลองที่กำลังไมโครเวฟ 1,000 วัตต์.....	101
5.8	เปรียบเทียบการกระจายอุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$) ภายในชิ้นงานยางธรรมชาติคอมพาวด์ระหว่างการทดลองและแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ณ ช่วงเวลา 5 นาที ความถี่ 2.45 GHz หน้า 30 มม.	102
5.9	ผลการวิเคราะห์จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แสดงการกระจายอุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$) ณ ช่วงเวลาต่างกัน ความถี่ 2.45 GHz. กำลังไมโครเวฟ 500 วัตต์ หน้า 30 มม.	103
5.10	ผลการวิเคราะห์จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แสดงการกระจายอุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$) ณ ช่วงเวลาต่างกัน ความถี่ 2.45 GHz. กำลังไมโครเวฟ 1,000 วัตต์ หน้า 30 มม.	104
5.11	ผลการวิเคราะห์จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แสดงการดูดกลืนพลังงานไมโครเวฟในยางธรรมชาติคอมพาวด์ (kW/m^3) กำลังไมโครเวฟต่างกัน ณ ช่วงเวลา 5 นาที ความถี่ 2.45 GHz หน้า 30 มม.	104
5.12	ผลการวิเคราะห์จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แสดงการกระจายอุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$) ที่ความหนาต่างกัน ณ ช่วงเวลา 5 นาที ความถี่ 2.45 GHz กำลังไมโครเวฟ 1,000 วัตต์.....	105
5.13	ผลการวิเคราะห์จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แสดงการดูดกลืนพลังงานไมโครเวฟในยางธรรมชาติคอมพาวด์ (kW/m^3) ที่ความหนาต่างกัน ณ ช่วงเวลา 5 นาที ความถี่ 2.45 GHz กำลังไมโครเวฟ 1,000 วัตต์.....	106
5.14	ผลการวิเคราะห์จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แสดงการกระจายอุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$) ที่ความถี่ที่ความถี่ต่างกัน ณ ช่วงเวลา 5 นาที กำลังไมโครเวฟ 1,000 วัตต์ หน้า 30 มม.	108

5.15	ผลการวิเคราะห์จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แสดงการดูดกลืนพลังงานไมโครเวฟ ในยางธรรมชาติคอมพาวด์ (kW/m^3) ที่ความถี่ต่างกัน ณ ช่วงเวลา 5 นาที กำลังไมโครเวฟ 1,000 วัตต์ หน้า 30 มม.	109
5.16	แนวโน้มการกระจายอุณหภูมิและการดูดซับพลังงานไมโครเวฟภายในชิ้นงาน ยางธรรมชาติคอมพาวด์กรณีต่าง ๆ	109
ก.1	เครื่องเน็ตเวิร์คออนไลน์เซอร์.....	129