สารบัญ

หน้า

สารบัญตาราง (3)
สารบัญรูป (4)
บทที่ 1 บทนำ 1
ความสำคัญและที่มาของปัญหา 1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2
ขอบเขตของการวิจัย 2
ประโยชน์ที่ได้รับ 3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4
วัสดุเชิงประกอบ 4
เมทริกซ์พอลิเมอร์ 10
กล่องบรรจุเครื่องดื่ม 12
การรีไซเคิลบรรจุภัณฑ์และปัจจัยที่เกี่ยวข้อง 13
ระบบพลาสมา 13
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย 21
การออกแบบระบบพลาสมาที่ความดันบรรยากาศ 21
การติดตั้งอุปกรณ์ระบบพลาสมาทั้งระบบพร้อมทดสอบการทำงานเบื้องต้น 22
การเตรียมวัตถุดิบสำหรับการผลิตวัสดุเชิงประกอบ 25
การเตรียมเครื่องอัดขึ้นรูปด้วยความร้อนและการทรีตเมนต์ด้วยพลาสมา 26
การปรับตั้งพารามิเตอร์ของพลาสมา 27
การผลิตชิ้นงานวัสดุเชิงประกอบและทดสอบสมบัติของชิ้นงาน 30
ขั้นตอนในการผลิตวัสดุเชิงประกอบ 32
การศึกษาสมบัติของแผ่นวัสดุเชิงประกอบ 39
การถ่ายทอดผลการวิจัย 43
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 44
การทดสอบสมบัติทางกลเพื่อหาค่าพารามิเตอร์สำหรับระบบพลาสมา 44
การทดสอบสมบัติทางกลของแผ่นวัสดุเชิงประกอบโดยใช้พลาสมาที่ความดันบรรยากาศ 50
การศึกษาโครงสร้างของแผ่นวัสดุเชิงประกอบผ่านกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน
แบบส่องกราด 64
ผลการดำเนินการถ่ายทอดผลการวิจัย 69

มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี

บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 73
สรุปผล 73
อภิปรายผล 74
ข้อเสนอแนะ 74
บรรณานุกรม 76
ภาคผนวก 78

มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 สมบัติของเทอร์มอเซตติงและเทอร์มอพลาสติก 10
2.2 ประเภทของปฏิกิริยาพลาสมา 14
2.3 ส่วนประกอบของพลาสมาจากการประยุกต์ใช้งาน 15
2.4 ปฏิกิริยาพลาสมา 17
2.5 ปฏิกิริยาที่พื้นผิว 18
2.6 ค่าพารามิเตอร์ในกระบวนการ Atmospheric Non – Thermal Plasma 19
3.1 ปริมาณอัตราการไหลของก๊าซที่ใช้ในการผลิตแผ่นวัสดุสำเร็จรูป 28
3.2 เวลาในการทำพลาสมาของวัสดุองค์ประกอบที่ใช้ในการผลิตแผ่นวัสดุสำเร็จรูป 28
3.3 สัดส่วนของวัสดุองค์ประกอบที่ใช้ในการผลิตแผ่นวัสดุสำเร็จรูป 30
4.1 อัตราส่วนของพอลิเมอร์รีไซเคิลและกล่องบรรจุเครื่องดื่ม 51

มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	การจำแนกประเภทของวัสดุเชิงประกอบตามชนิดของเมทริกซ์	5
2.2	สมบัติเชิงกลของวัสดุเชิงประกอบพอลิเมอร์เปรียบเทียบกับวัสดุองค์ประกอบ	6
2.3	ปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันของพอลิเอทิลีน	11
2.4	ส่วนประกอบของปฏิกิริยาพลาสมา	14
2.5	การประยุกต์ใช้งาน Non thermal plasma ในงานต่างๆ	15
2.6	เทคนิคของระบบพลาสมาที่ความดันบรรยากาศ	19
2.7	ปฏิกิริยาทางเคมีเมื่อเกิดกระบวนการพลาสมา	20
3.1	เครื่องพลาสมาที่ความดันบรรยากาศ	21
3.2	หัวสำหรับทำพลาสมาของเครื่องพลาสมาที่ความดันบรรยากาศ	22
3.3	ก๊าซออกซิเจนและก๊าซอาร์กอนสำหรับการทำพลาสมา	22
3.4	ระบบการทำพลาสมาของงานวิจัย	23
3.5	การเชื่อมต่อท่อก๊าซและไฟฟ้าของระบบพลาสมาที่ความดันบรรยากาศ	23
3.6	การเกิดพลาสมาที่หัวสำหรับทำพลาสมา	24
3.7	เม็ดพลาสติกรีไซเคิล	25
3.8	กล่องบรรจุเครื่องดื่มที่ผ่านการล้างและตัดเป็นชิ้น	26
3.9	เครื่องอัดขึ้นรูปด้วยความร้อน	26
3.10	แม่พิมพ์สำหรับการขึ้นรูปด้วยความร้อน	27
3.11	การทำพลาสมาและไม่ทำพลาสมาของวัสดุเชิงประกอบในแม่พิมพ์	28
3.12	การทรีตเมนต์ด้วยพลาสมาของวัสดุเชิงประกอบในแม่พิมพ์	29
3.13	แผ่นของวัสดุเชิงประกอบที่ได้หลังจากการขึ้นรูป	29
3.14	ลักษณะเป็นดัมเบลตามมาตรฐาน ASTM D638	30
3.15	ไดอะแกรมการผลิตชิ้นส่วนของแผ่นเอนกประสงค์	31
3.16	การชั่งน้ำหนักวัสดุองค์ประกอบ	32
3.17	การบรรจุวัสดุองค์ประกอบลงในแม่พิมพ์	33
3.18	เปิดก๊าซเพื่อทำพลาสมา	33
3.19	ปรับอัตราตราการไหลของก๊าซ	34
3.20	เปิดวาล์วและเครื่องพลาสมาเพื่อทำพลาสมา	34
3.21	แม่พิมพ์จะถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ระหว่างการทำพลาสมา	35
3.22	การใส่แม่พิมพ์ลงในเครื่องอัดขึ้นรูปด้วยความร้อน	35
3.23	การอัดแม่พิมพ์ด้วยความดันคงที่	36
3.24	การนำแม่พิมพ์ออกจากเครื่องอัดขึ้นรูปด้วยความร้อน	36
3.25	การแกะแผ่นวัสดุเชิงประกอบออกจากแม่พิมพ์	37

มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.26	แผ่นวัสดุเชิงประกอบเอนกประสงค์	37
3.27	ตัดแผ่นวัสดุเชิงประกอบเอนกประสงค์	38
3.28	แผ่นวัสดุเชิงประกอบเอนกประสงค์ที่ตัดเป็นดัมเบิล ASTM D638	38
3.29	เครื่องทดสอบสมบัติเชิงกล	39
3.30	การจับยึดของชิ้นทดสอบบนเครื่องทดสอบสมบัติเชิงกล	40
3.31	เครื่องทดสอบกำลังดึงชิ้นงาน	40
3.32	แท่นวางชิ้นงานสำหรับทดสอบด้วยเครื่อง SEM/EDS	41
3.33	กระบวนการเคลือบด้วยทองของชิ้นงาน	41
3.34	การนำชิ้นงานเข้าสู่เครื่อง SEM/EDS	42
3.35	การวิเคราะห์ผลด้วยเครื่อง SEM/EDS	42
4.1	ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียด เมื่อใช้เวลาทำพลาสมา 2 นาที	45
4.2	ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียด เมื่อใช้เวลาทำพลาสมา 10 นาที	45
4.3	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นและเวลาที่ใช้ทำพลาสมา	46
4.4	ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียด เมื่อใช้อัตราการไหลเป็นของก๊าซอาร์กอนอย่างเดียว	47
4.5	ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียด เมื่ออัตราการไหลของก๊าซออกซิเจนเป็น 25%	47
4.6	ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียด เมื่ออัตราการไหลของก๊าซออกซิเจนเป็น 50%	48
4.7	ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียด เมื่ออัตราการไหลของก๊าซออกซิเจนเป็น 75%	49
4.8	ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียด เมื่อใช้อัตราการไหลเป็นของก๊าซออกซิเจนอย่างเดียว	49
4.9	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นและอัตราการไหลเป็นของก๊าซออกซิเจนที่ใช้ทำพลาสมา	50
4.10	ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียด เมื่อกล่องบรรจุเครื่องดื่มรีไซเคิลเป็น 5 กรัม	52
4.11	ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียด เมื่อกล่องบรรจุเครื่องดื่มรีไซเคิลเป็น 10 กรัม	52
4.12	ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียด เมื่อกล่องบรรจุเครื่องดื่มรีไซเคิลเป็น 15 กรัม	53

มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.13 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียด เมื่อกล่องบรรจุเครื่องดื่มรีไซเคิลเป็น 20 กรัม 54
4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียด เมื่อกล่องบรรจุเครื่องดื่มรีไซเคิลเป็น 25 กรัม 54
4.15 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียด เมื่อกล่องบรรจุเครื่องดื่มรีไซเคิลเป็น 30 กรัม 55
4.16 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียด เมื่อกล่องบรรจุเครื่องดื่มรีไซเคิลเป็น 35 กรัม 56
4.17 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียด เมื่อกล่องบรรจุเครื่องดื่มรีไซเคิลเป็น 40 กรัม 56
4.18 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียด เมื่อกล่องบรรจุเครื่องดื่มรีไซเคิลเป็น 45 กรัม 57
4.19 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียด เมื่อกล่องบรรจุเครื่องดื่มรีไซเคิลเป็น 50 กรัม 58
4.20 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียด เมื่อกล่องบรรจุเครื่องดื่มรีไซเคิลเป็น 55 กรัม 58
4.21 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียด เมื่อกล่องบรรจุเครื่องดื่มรีไซเคิลเป็น 60 กรัม 59
4.22 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียด เมื่อกล่องบรรจุเครื่องดื่มรีไซเคิลเป็น 65 กรัม 60
4.23 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียด เมื่อกล่องบรรจุเครื่องดื่มรีไซเคิลเป็น 70 กรัม 60
4.24 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนกล่องบรรจุเครื่องดื่มรีไซเคิลกับโมดูลัสความยืดหยุ่น 61
4.25 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนกล่องบรรจุเครื่องดื่มรีไซเคิลกับความเค้นสูงสุด 62
4.26 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนกล่องบรรจุเครื่องดื่มรีไซเคิลกับระยะยืดสูงสุด 63
4.27 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนกล่องบรรจุเครื่องดื่มรีไซเคิลกับระยะยืดจนขาด 63
4.28 การวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค EDS จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด 64
4.29 สเปกตรัมจากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค EDS 65
4.30 ภาพตัดขวางในกรณีที่ยังไม่มีการทดสอบแรงดึงของแผ่นวัสดุเชิงประกอบที่ยังไม่ผ่านการทำพลาสมา 65
4.31 ภาพตัดขวางในกรณีที่ยังไม่มีการทดสอบแรงดึงของแผ่นวัสดุเชิงประกอบที่ผ่านการทำพลาสมา 66

มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.32 ภาพตัดขวางขยายในกรณีที่ยังไม่มีการทดสอบแรงดึงของแผ่นวัสดุเชิงประกอบที่ผ่านการทำพลาสมา 66
4.33 ภาพแผ่นวัสดุเชิงประกอบที่ไม่ผ่านการทำพลาสมาในกรณีที่การทดสอบแรงดึงแล้ว 67
4.34 ภาพแผ่นวัสดุเชิงประกอบที่ผ่านการทำพลาสมาในกรณีที่การทดสอบแรงดึงแล้ว 68
4.35 เปิดการเสวนาการถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชน 70
4.36 การเสวนาและแลกเปลี่ยนเรียนรู้เรียนรู้ระหว่างผู้ปฏิบัติงานในชุมชนกับงานวิจัย 70
4.37 การนำแผ่นวัสดุเชิงประกอบที่ผลิตได้ไปประยุกต์ใช้งานเป็นโคมไฟและผลิตภัณฑ์อื่นๆ 71
4.38 อธิบายขั้นตอนการผลิตแผ่นวัสดุเชิงประกอบ 71
4.39 แผ่นวัสดุเชิงประกอบที่ผลิตได้จากการใช้ระบบพลาสมาที่ความดันบรรยากาศ 72
4.40 ถ่ายรูปร่วมกัน 72

มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี