

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญรูปประกอบ.....	ฎ

บทที่

1	บทนำ.....	1
1.1	ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2	วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	1
1.3	ขอบเขตงานวิจัย.....	2
1.4	วิธีการดำเนินงานวิจัยโดยสังเขป.....	2
1.5	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
2	เอกสารและรายงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1	วัสดุเสริมองค์ประกอบ.....	4
2.2	วัสดุเสริมองค์ประกอบที่มีพอลิเมอร์เป็นเมทริกซ์.....	4
2.3	เส้นใยมะพร้าวและผงแคลบ.....	6
2.4	เส้นใยแก้ว.....	8
2.5	พอลิเมอร์โฟม.....	10
2.6	ทฤษฎีการเกิดโฟม.....	10
2.6.1	กระบวนการเกิดฟองก๊าซ.....	11
2.6.2	กระบวนการเติบโตของฟองก๊าซ.....	11
2.6.3	กระบวนการเสถียรของฟองก๊าซ.....	13
2.7	Foaming agents.....	14
2.7.1	Physical foaming agents (PFAs).....	14
2.7.2	Chemical foaming agents (CFAs).....	15

บทที่	หน้า
2.8 สมบัติทั่วไปของพอลิเมอร์โฟม.....	17
2.8.1 สมบัติเชิงกล.....	18
2.8.2 สมบัติเชิงความร้อน.....	21
2.8.3 สมบัติอื่นๆของพอลิเมอร์โฟม.....	22
2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	23
3 วิธีการดำเนินงานวิจัย.....	25
3.1 วัตถุประสงค์.....	25
3.2 เครื่องมือ.....	26
3.3 วิธีการทดลอง.....	27
3.3.1 การวิเคราะห์คุณลักษณะของ Hydrocerol 2047	27
3.3.2 การเตรียมตัวอย่าง	29
3.3.3 การศึกษาความหนาแน่นของชิ้นงาน	32
3.3.3 การศึกษาสมบัติเชิงกลของชิ้นงาน.....	32
3.3.4 การศึกษาสมบัติทางกายภาพของชิ้นงาน.....	37
4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง.....	39
4.1 การวิเคราะห์คุณลักษณะของ Hydrocerol 2047	39
4.2 ผลของปริมาณ Hydrocerol 2047 ต่อลักษณะทางกายภาพของพอลิพรอไฟลีน และพอลิพรอไฟลีนคอมพอสิตที่มีการเสริมแรงด้วยเส้นใยมะพร้าว	42
4.3 ผลของโครงสร้างแบบโฟมต่อสมบัติเชิงกลของพอลิพรอไฟลีนคอมพอสิต	49
4.4 ผลของชนิดของสารเสริมแรงต่อลักษณะทางกายภาพและสมบัติเชิงกลของ เทอร์โมพลาสติกคอมพอสิตที่มีโครงสร้างแบบโฟม	59
5 สรุปผลการทดลอง.....	72
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	72
5.2 ข้อเสนอแนะ	73

บรรณานุกรม	74
ภาคผนวก	79
ภาคผนวก ก	80
ภาคผนวก ข	85
ภาคผนวก ค	90
ประวัติผู้วิจัย	105

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

สารบัญตาราง

ตารางที่

หน้า

2.1	แสดงการเปรียบเทียบสมบัติของโลหะและวัสดุเสริมองค์ประกอบที่มีพอลิเมอร์เป็นเมทริกซ์.....	5
2.2	แสดงส่วนประกอบทางเคมีของเส้นใยมะพร้าวและผงแคลบ.....	7
2.3	แสดงสมบัติเชิงกลของเส้นใยแก้วเปรียบเทียบกับเส้นใยมะพร้าว.....	8
2.4	แสดงการเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของเส้นใยธรรมชาติและเส้นใยแก้ว.....	9
2.5	แสดงสมบัติของ PFAs ที่นิยมใช้กันทั่วไป.....	14
2.6	แสดงสมบัติของ CFAs ที่นิยมใช้กันทั่วไป.....	16
2.7	แสดงค่าความต้านทานความร้อนของก๊าซชนิดต่างๆที่ใช้เป็น foaming agents ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส	22
3.1	แสดงรหัสตัวอย่างและส่วนผสมต่างๆที่ใช้ในการเตรียมของผสม	30
4.1	ค่าเปอร์เซ็นต์ Transmittance ที่ความยาวคลื่นต่างๆของ Hydrocerol 2047 ก่อนและหลังเผา	41

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

สารบัญรูปประกอบ

รูปที่		หน้า
2.1	แสดงโครงสร้างทางเคมีของเซลลูโลส.....	6
2.2	แสดงโครงสร้างทางเคมีของเฮมิเซลลูโลส.....	7
2.3	แสดงโครงสร้างทางเคมีของลิกนิน.....	8
2.4	แสดงโครงสร้างของโฟมแบบเซลล์เปิดและเซลล์ปิด.....	10
2.5	แสดงโครงสร้างของเซลล์ที่ขึ้นตอนการขยายตัวของฟองก๊าซต่างๆ.....	12
2.6	แสดงผลขององค์ประกอบของเฟสของพอลิเมอร์ที่มีต่อพฤติกรรมของโฟมที่มีความหนาแน่นเท่ากับ 32 kg m^{-3} เมื่อได้รับแรงกดอัด.....	19
2.7	แสดงกลไกการเปลี่ยนแปลงรูปร่างเมื่อได้รับแรงกดอัดของโฟมเซลล์เปิด.....	19
2.8	แสดงกลไกการเปลี่ยนแปลงรูปร่างเมื่อได้รับแรงกดอัดของโฟมเซลล์ปิด.....	20
2.9	แสดง compression stress-strain curve ของ flexible foam.....	20
2.10	แสดง compression stress-strain curve ของ rigid foam.....	21
3.1	เครื่อง Thermogravimetric analyzer (TGA) ของบริษัท Perkin Elmer.....	27
3.2	เครื่อง Fourier Infrared Spectroscopy (FTIR) ของบริษัท Bruker Optics.....	28
3.3	แสดง Hydrocerol 2047 ก่อนเผาและหลังเผาที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 ชั่วโมง.....	28
3.4	เครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนคู่ของบริษัท Thermo Hakke.....	29
3.5	เครื่องฉีดพลาสติกของบริษัท Battenfeld รุ่น PLUS 350/75.....	31
3.6	ตัวอย่างชิ้นงานทดสอบความต้านทานแรงดึง ชิ้นงานทดสอบความต้านทานต่อการโค้งงอและชิ้นงานทดสอบความทนทานต่อแรงกระแทก.....	32
3.7	เครื่องทดสอบวัสดุแบบเอนกประสงค์ของบริษัท Lloyd Instruments รุ่น LR 50K.....	34
3.8	แสดงการทดสอบความทนทานต่อการโค้งงอ.....	34
3.9	เครื่อง Instrumented Impact Tester ของบริษัท Radmana รุ่น ITR2000.....	37
3.10	กล้องจุลทรรศน์แบบแสง.....	38
3.11	Scanning Electron Microscope ของบริษัท Philips รุ่น XL30CP.....	38

4.1	แสดงน้ำหนักที่ลดลงของ Hydrocerol 2047 เมื่อเกิดปฏิกิริยาการสลายตัวทางความร้อนภายใต้อากาศ ที่อัตราการให้ความร้อน 20 องศาเซลเซียสต่อนาที.....	39
4.2	แสดง FTIR Spectra ของ Hydrocerol 2047 ก่อนเผา	40
4.3	แสดง FTIR Spectra ของ Hydrocerol 2047 หลังเผา	41
4.4	ผลของปริมาณ Hydrocerol 2047 ต่อความหนาแน่นของพอลิพรอไพลีนและพอลิพรอไพลีนคอมพอสิตที่มีการเสริมแรงด้วยเส้นใยมะพร้าว.....	43
4.5	แสดงแบบจำลองโครงสร้างแบบแซนวิชของชิ้นงานคอมพอสิตที่มีโครงสร้างแบบโฟมตามแนวยาว	44
4.6	แสดงแบบจำลองโครงสร้างภาคตัดขวางของเซลล์โฟมของชิ้นงานพอลิพรอไพลีนและชิ้นงานพอลิพรอไพลีนคอมพอสิต	45
4.7	แสดง Optical micrographs ของภาคตัดขวางของชิ้นงานพอลิพรอไพลีนที่มีโครงสร้างแบบโฟมที่อัตราส่วนของ Hydrocerol 2047 เท่ากับ 0.25, 0.50, 0.75, 1.00, 1.25 และ 1.50 phr.....	47
4.8	แสดง Optical micrographs ของภาคตัดขวางของชิ้นงานพอลิพรอไพลีนคอมพอสิตที่มีการเสริมแรงด้วยเส้นใยมะพร้าวที่อัตราส่วนของ Hydrocerol 2047 เท่ากับ 0.25, 0.50, 0.75, 1.00, 1.25 และ 1.50 phr.....	48
4.9	แสดงการเกิด craze ในชิ้นงานพอลิพรอไพลีนเมื่อชิ้นงานได้รับแรงดึงยืดและแสดงการขาดออกของชิ้นงาน.....	49
4.10	แสดงค่า Specific tensile modulus ของพอลิพรอไพลีนและพอลิพรอไพลีนคอมพอสิตที่มีการเสริมแรงด้วยเส้นใยมะพร้าวที่ปริมาณการเติม Hydrocerol 2047 ต่างๆ.....	51
4.11	แสดงค่า Specific tensile strength ของพอลิพรอไพลีนและพอลิพรอไพลีนคอมพอสิตที่มีการเสริมแรงด้วยเส้นใยมะพร้าวที่ปริมาณการเติม Hydrocerol 2047 ต่างๆ.....	52
4.12	แสดงค่า Specific flexural modulus ของพอลิพรอไพลีนและพอลิพรอไพลีนคอมพอสิตที่มีการเสริมแรงด้วยเส้นใยมะพร้าวที่ปริมาณการเติม Hydrocerol 2047 ต่างๆ.....	53
4.13	แสดงโครงสร้างของชิ้นงานโฟมเปรียบเทียบกับโครงสร้าง I-beam ที่มีความแข็งแรงเท่ากัน	55

4.14	แสดงค่า Specific flexural strength ของพอลิพรอไพลีนและพอลิพรอไพลีนคอมพอสิตที่มีการเสริมแรงด้วยเส้นใยมะพร้าวที่ปริมาณการเติม Hydrocerol 2047 ต่างๆ.....	56
4.15	แสดงค่า Specific peak energy ของพอลิพรอไพลีนและพอลิพรอไพลีนคอมพอสิตที่มีการเสริมแรงด้วยเส้นใยมะพร้าวที่ปริมาณการเติม Hydrocerol 2047 ต่างๆ.....	57
4.16	แสดงค่า Specific break energy ของพอลิพรอไพลีนและพอลิพรอไพลีนคอมพอสิตที่มีการเสริมแรงด้วยเส้นใยมะพร้าวที่ปริมาณการเติม Hydrocerol 2047 ต่างๆ.....	58
4.17	แสดง Optical micrographs ของอนุภาคเส้นใยมะพร้าว ผงแคลบ และเส้นใยแก้ว.....	59
4.18	ผลของชนิดของสารเสริมแรงต่อความหนาแน่นของพอลิพรอไพลีนคอมพอสิตที่ปริมาณ Hydrocerol 2047 ต่างๆ.....	60
4.19	แสดง SEM micrographs ของภาคตัดขวางของชิ้นงานพอลิพรอไพลีนคอมพอสิตที่มีการเสริมแรงด้วยเส้นใยมะพร้าว ผงแคลบและเส้นใยแก้วที่เกิดการแตกหักจากการทดสอบความทนทานต่อแรงกระแทก.....	63
4.20	แสดงลักษณะของสารเสริมแรงที่ภาคตัดขวางของชิ้นงานพอลิพรอไพลีนคอมพอสิตที่มีการเสริมแรงด้วยเส้นใยมะพร้าว ผงแคลบ และเส้นใยแก้วที่เกิดการแตกหักเนื่องจากได้รับแรงกระแทก.....	64
4.21	แสดงค่า Specific tensile modulus ของพอลิพรอไพลีนคอมพอสิตที่มีการเสริมแรงด้วยเส้นใยมะพร้าว ผงแคลบและเส้นใยแก้วที่ปริมาณการเติม Hydrocerol 2047 ต่างๆ.....	65
4.22	แสดงค่า Specific tensile strength ของพอลิพรอไพลีนคอมพอสิตที่มีการเสริมแรงด้วยเส้นใยมะพร้าว ผงแคลบและเส้นใยแก้วที่ปริมาณการเติม Hydrocerol 2047 ต่างๆ.....	66
4.23	แสดงค่า Specific flexural modulus ของพอลิพรอไพลีนคอมพอสิตที่มีการเสริมแรงด้วยเส้นใยมะพร้าว ผงแคลบและเส้นใยแก้วที่ปริมาณการเติม Hydrocerol 2047 ต่างๆ.....	67
4.24	แสดงค่า Specific flexural strength ของพอลิพรอไพลีนคอมพอสิตที่มีการเสริมแรงด้วยเส้นใยมะพร้าว ผงแคลบและเส้นใยแก้วที่ปริมาณการเติม Hydrocerol 2047 ต่างๆ.....	68

4.25	แสดงค่า Specific peak energy ของพอลิพรอไพลีนคอมพอสิตที่มีการเสริมแรงด้วยเส้นใยมะพร้าว ผงแคลบและเส้นใยแก้วที่ปริมาณการเติม Hydrocerol 2047 ต่างๆ.....	69
4.26	แสดงค่า Specific break energy ของพอลิพรอไพลีนคอมพอสิตที่มีการเสริมแรงด้วยเส้นใยมะพร้าว ผงแคลบและเส้นใยแก้วที่ปริมาณการเติม Hydrocerol 2047 ต่างๆ.....	70

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์