

ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

ภาคผนวก ก

ตารางผลการทดลองผลของปริมาณ Hydrocerol 2047 ต่อสมบัติของพอลิเอไพลีนและ

พอลิเอไพลีนคอมพอสิตที่มีการเสริมแรงด้วยเส้นใยมะพร้าว

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงขลา

ตาราง ก-1 แสดงผลของปริมาณ Hydrocerol 2047 ต่อความหนาแน่นของพอลิพอไพลีนและพอลิพอไพลีนคอมพอสิตที่มีการเสริมแรงด้วยเส้นใยมะพร้าว

Hydrocerol 2047 (phr)	ความหนาแน่น (g/cm ³)	
	พอลิพอไพลีน	พอลิพอไพลีนคอมพอสิตที่มีการเสริมแรงด้วยเส้นใยมะพร้าว
0	0.855±0.004	0.877±0.004
0.25	0.841±0.002	0.862±0.004
0.50	0.842±0.002	0.865±0.003
0.75	0.847±0.006	0.868±0.004
1.00	0.839±0.005	0.873±0.006
1.25	0.833±0.006	0.873±0.004
1.50	0.833±0.008	0.873±0.004

ตาราง ก-2 แสดงผลของปริมาณ Hydrocerol 2047 ต่อค่ามอดุลัสการดึงยืดและ Specific tensile modulus ของพอลิพอไพลีนและพอลิพอไพลีนคอมพอสิตที่มีการเสริมแรงด้วยเส้นใยมะพร้าว

Hydrocerol 2047 (phr)	พอลิพอไพลีน		พอลิพอไพลีนคอมพอสิตที่มีการเสริมแรงด้วยเส้นใยมะพร้าว	
	Tensile modulus (MPa)	Specific tensile modulus [MPa/(g/cm ³)]	Tensile modulus (MPa)	Specific tensile modulus [MPa/(g/cm ³)]
0	480.40±9.65	562.53±9.65	488.02±9.27	556.46±9.27
0.25	468.03±4.05	556.52±4.05	461.93±11.91	535.89±11.91
0.50	472.98±6.14	561.73±6.14	498.51±10.11	576.31±10.11
0.75	481.12±6.66	573.44±6.66	492.71±10.29	564.39±10.29
1.00	468.26±5.92	558.79±5.93	441.90±13.63	505.61±13.63
1.25	460.89±5.01	553.29±5.01	420.89±10.51	481.57±10.51
1.50	444.81±5.29	535.92±5.29	409.90±10.41	467.39±10.41

ตาราง ก-3 แสดงผลของปริมาณ Hydrocerol 2047 ต่อค่าความต้านทานแรงดึงและ Specific tensile strength ของพอลิเอพ็อกไซด์และพอลิเอพ็อกไซด์คอมพอสิตที่มีการเสริมแรงด้วยเส้นใยมะพร้าว

Hydrocerol 2047 (phr)	พอลิเอพ็อกไซด์		พอลิเอพ็อกไซด์คอมพอสิตที่มีการเสริมแรงด้วยเส้นใยมะพร้าว	
	Tensile strength (MPa)	Specific tensile strength [MPa/(g/cm ³)]	Tensile strength (MPa)	Specific tensile strength [MPa/(g/cm ³)]
0	29.77±0.42	34.85±0.42	27.64±0.59	31.52±0.59
0.25	29.43±0.30	35.00±0.29	27.62±0.69	32.04±0.69
0.50	29.84±0.13	35.43±0.13	28.51±0.49	32.96±0.49
0.75	30.69±0.19	36.58±0.19	28.93±0.39	33.14±0.39
1.00	29.47±0.19	35.16±0.19	28.07±0.05	32.11±0.05
1.25	29.26±0.25	35.13±0.25	27.73±0.36	31.73±0.36
1.50	29.13±0.25	35.09±0.25	25.95±0.52	29.59±0.52

ตาราง ก-4 แสดงผลของปริมาณ Hydrocerol 2047 ต่อค่ามอดูลัสการโค้งงอและ Specific flexural modulus ของพอลิเอพ็อกไซด์และพอลิเอพ็อกไซด์คอมพอสิตที่มีการเสริมแรงด้วยเส้นใยมะพร้าว

Hydrocerol 2047 (phr)	พอลิเอพ็อกไซด์		พอลิเอพ็อกไซด์คอมพอสิตที่มีการเสริมแรงด้วยเส้นใยมะพร้าว	
	Flexural modulus (MPa)	Specific flexural modulus [MPa/(g/cm ³)]	Flexural modulus (MPa)	Specific flexural modulus [MPa/(g/cm ³)]
0	516.27±5.34	604.53±5.34	621.48±11.42	708.64±11.42
0.25	640.48±15.80	761.56±15.80	677.94±10.84	786.47±10.84
0.50	660.38±11.38	784.30±11.38	673.00±9.24	778.03±9.24
0.75	658.33±8.71	784.66±8.72	656.28±4.88	751.43±4.88
1.00	625.66±8.06	746.62±8.06	676.21±14.43	773.68±14.43
1.25	627.03±9.04	752.75±9.04	685.12±11.24	783.75±11.24
1.50	630.45±4.45	759.57±4.45	687.35±13.11	783.35±13.11

ตาราง ก-5 แสดงผลของปริมาณ Hydrocerol 2047 ต่อ Flexural strength และ Specific flexural strength ของพอลิเอพ็อกไซด์และพอลิเอพ็อกไซด์คอมพอสิตที่มีการเสริมแรงด้วยเส้นใยมะพร้าว

Hydrocerol 2047 (phr)	พอลิเอพ็อกไซด์		พอลิเอพ็อกไซด์คอมพอสิตที่มีการเสริมแรงด้วยเส้นใยมะพร้าว	
	Flexural strength (MPa)	Specific flexural strength [MPa/(g/cm ³)]	Flexural strength (MPa)	Specific flexural strength [MPa/(g/cm ³)]
0	20.94±0.19	24.53±0.19	25.56±0.76	29.15±0.76
0.25	25.93±0.38	30.84±0.38	27.05±0.39	31.38±0.39
0.50	26.52±0.37	31.49±0.37	26.57±0.37	30.72±0.37
0.75	25.69±0.09	30.62±0.09	26.52±0.20	30.38±0.20
1.00	24.60±0.30	29.35±0.30	28.20±0.38	32.26±0.38
1.25	24.66±0.71	29.61±0.71	28.21±0.69	32.28±0.69
1.50	24.58±0.10	29.61±0.10	28.16±0.21	32.11±0.21

ตาราง ก-6 แสดงผลของปริมาณ Hydrocerol 2047 ต่อ Peak energy และ Specific peak energy ที่ได้

จากการทดสอบความทนทานต่อแรงกระแทกของพอลิเอพ็อกไซด์และพอลิเอพ็อกไซด์คอมพอสิตที่มีการเสริมแรงด้วยเส้นใยมะพร้าว

Hydrocerol 2047 (phr)	พอลิเอพ็อกไซด์		พอลิเอพ็อกไซด์คอมพอสิตที่มีการเสริมแรงด้วยเส้นใยมะพร้าว	
	Peak energy (kJ/m ²)	Specific peak energy [(kJ/m ²) / (g/cm ³)]	Peak energy (kJ/m ²)	Specific peak energy [(kJ/m ²) / (g/cm ³)]
0	13.82±0.72	16.18±0.72	14.23±0.55	16.23±0.55
0.25	13.68±0.91	16.27±0.91	14.74±0.86	17.10±0.86
0.50	14.19±1.57	16.86±1.57	14.35±1.37	16.58±1.37
0.75	13.94±0.94	16.61±0.94	14.74±0.39	16.88±0.39
1.00	14.28±0.35	17.05±0.35	14.84±0.30	16.98±0.30
1.25	14.55±0.94	17.46±0.94	14.80±1.14	16.93±1.14
1.50	14.63±0.67	17.63±0.67	15.30±1.10	17.44±1.10

ตาราง ก-7 แสดงผลของปริมาณ Hydrocerol 2047 ต่อ Break energy และ Specific break energy ที่
ได้จากการทดสอบความทนทานต่อแรงกระแทกของพอลิเอทิลีนและพอลิเอทิลีน
คอมพอสิตที่มีการเสริมแรงด้วยเส้นใยมะพร้าว

Hydrocerol 2047 (phr)	พอลิเอทิลีน		พอลิเอทิลีนคอมพอสิตที่มีการเสริมแรง ด้วยเส้นใยมะพร้าว	
	Break energy (kJ/m ²)	Specific break energy [(kJ/m ²) / (g/cm ³)]	Break energy (kJ/m ²)	Specific break energy [(kJ/m ²) / (g/cm ³)]
0	15.46±0.68	18.11±0.68	16.22±0.84	18.50±0.84
0.25	15.38±0.57	18.28±0.57	16.25±1.11	18.85±1.11
0.50	15.24±0.82	18.10±0.82	16.14±1.17	18.66±1.17
0.75	15.47±0.99	18.44±0.99	16.19±0.69	18.54±0.69
1.00	15.34±0.70	18.31±0.70	16.84±0.66	19.28±0.66
1.25	15.89±1.06	19.71±1.06	16.42±1.52	18.78±1.52
1.50	16.03±0.95	19.31±0.95	16.28±1.30	18.56±1.30

ภาคผนวก ข

ตารางแสดงผลชนิดของสารเสริมแรงต่อสมบัติทางกายภาพ

และสมบัติเชิงกลของพอลิโพรไพลีนคอมพอสิตที่มีโครงสร้างแบบโฟม

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

ตาราง ข-1 แสดงผลของปริมาณ Hydrocerol 2047 ต่อความหนาแน่นของพอลิพอไพลีนคอมพอสิตที่มีการเสริมแรงด้วยผงแคลบและเส้นใยแก้ว

Hydrocerol 2047 (phr)	ความหนาแน่น (g/cm ³)	
	พอลิพอไพลีนคอมพอสิตที่มีการเสริมแรงด้วยผงแคลบ	พอลิพอไพลีนคอมพอสิตที่มีการเสริมแรงด้วยเส้นใยแก้ว
0	0.896±0.011	0.887±0.002
0.25	0.892±0.002	0.879±0.002
0.50	0.893±0.005	0.883±0.003
0.75	0.899±0.013	0.885±0.005
1.00	0.895±0.004	0.886±0.004
1.25	0.886±0.003	0.886±0.013
1.50	0.888±0.002	0.885±0.001

ตาราง ข-2 แสดงผลของปริมาณ Hydrocerol 2047 ต่อค่ามอดุลัสการดึงยึดและ Specific tensile modulus ของพอลิพอไพลีนคอมพอสิตที่มีการเสริมแรงด้วยผงแคลบและเส้นใยแก้ว

Hydrocerol 2047 (phr)	พอลิพอไพลีนคอมพอสิตที่มีการเสริมแรงด้วยผงแคลบ		พอลิพอไพลีนคอมพอสิตที่มีการเสริมแรงด้วยเส้นใยแก้ว	
	Tensile modulus (MPa)	Specific tensile modulus [MPa/(g/cm ³)]	Tensile modulus (MPa)	Specific tensile modulus [MPa/(g/cm ³)]
0	474.17±9.68	529.21±9.68	545.92±9.18	615.46±9.18
0.25	426.13±11.15	477.73±11.15	524.19±8.94	596.34±8.94
0.50	452.17±15.40	506.35±15.40	563.56±7.81	638.23±7.81
0.75	413.16±16.79	459.58±16.79	544.30±17.03	615.03±17.03
1.00	385.11±7.63	30.29±7.63	542.58±3.52	612.39±3.52
1.25	371.00±11.44	418.74±11.44	527.79±8.37	595.70±8.37
1.50	371.00±15.61	417.80±15.61	513.14±14.73	579.82±14.73

ตาราง ข-3 แสดงผลของปริมาณ Hydrocerol 2047 ต่อค่าความต้านทานแรงดึงและ Specific tensile strength ของพอลิพอไพลีนคอมพอสิตที่มีการเสริมแรงด้วยผงแคลบและเส้นใยแก้ว

Hydrocerol 2047 (phr)	พอลิพอไพลีนคอมพอสิตที่มีการเสริมแรง ด้วยผงแคลบ		พอลิพอไพลีนคอมพอสิตที่มีการเสริมแรง ด้วยเส้นใยแก้ว	
	Tensile strength (MPa)	Specific tensile strength [MPa/(g/cm ³)]	Tensile strength (MPa)	Specific tensile strength [MPa/(g/cm ³)]
0	27.05±0.35	30.19±0.35	40.49±0.16	45.65±0.16
0.25	26.88±0.68	30.14±0.68	40.20±0.88	45.73±0.88
0.50	26.17±0.38	29.31±0.38	38.63±0.23	43.74±0.23
0.75	26.23±0.16	29.18±0.16	38.28±0.76	43.25±0.76
1.00	26.31±0.44	29.40±0.44	37.80±0.38	42.66±0.38
1.25	25.24±0.68	28.48±0.68	36.84±0.45	41.58±0.45
1.50	25.09±0.36	28.26±0.36	35.62±0.87	40.25±0.87

ตาราง ข-4 แสดงผลของปริมาณ Hydrocerol 2047 ต่อค่ามอดูลัสการโค้งงอและ Specific flexural modulus ของพอลิพอไพลีนคอมพอสิตที่มีการเสริมแรงด้วยผงแคลบและเส้นใยแก้ว

Hydrocerol 2047 (phr)	พอลิพอไพลีนคอมพอสิตที่มีการเสริมแรง ด้วยผงแคลบ		พอลิพอไพลีนคอมพอสิตที่มีการเสริมแรง ด้วยเส้นใยแก้ว	
	Flexural modulus (MPa)	Specific flexural modulus [MPa/(g/cm ³)]	Flexural modulus (MPa)	Specific flexural modulus [MPa/(g/cm ³)]
0	669.04±14.74	746.70±14.74	852.28±15.23	960.86±15.23
0.25	679.00±8.16	761.22±8.16	1117.8±18.97	1271.67±18.97
0.50	672.15±14.79	752.68±14.79	1002.42±15.04	1135.29±15.04
0.75	734.58±13.01	817.11±13.01	1050.94±11.82	1187.50±11.82
1.00	736.99±10.02	823.45±10.02	1128.95±14.20	1274.21±14.20
1.25	780.23±7.12	880.63±7.12	1141.18±16.28	1288.01±16.28
1.50	764.94±14.16	861.42±14.16	1080.47±8.89	1220.87±8.89

ตาราง ข-5 แสดงผลของปริมาณ Hydrocerol 2047 ต่อ Flexural strength และ Specific flexural strength ของพอลิโพรไพลีนคอมพอสิตที่มีการเสริมแรงด้วยผงแคลเซียมและเส้นใยแก้ว

Hydrocerol 2047 (phr)	พอลิโพรไพลีนคอมพอสิตที่มีการเสริมแรง ด้วยผงแคลเซียม		พอลิโพรไพลีนคอมพอสิตที่มีการเสริมแรง ด้วยเส้นใยแก้ว	
	Flexural strength (MPa)	Specific flexural strength [MPa/(g/cm ³)]	Flexural strength (MPa)	Specific flexural strength [MPa/(g/cm ³)]
0	25.75±0.84	28.74±0.84	32.43±0.73	36.56±0.73
0.25	25.64±0.77	28.75±0.77	49.18±0.64	55.95±0.64
0.50	25.57±0.74	28.63±0.74	44.32±1.67	50.19±1.67
0.75	27.41±0.55	30.49±0.55	48.32±0.41	54.61±0.41
1.00	27.54±0.51	30.77±0.51	48.33±0.41	54.54±0.41
1.25	28.49±0.17	32.16±0.17	48.24±0.27	54.44±0.27
1.50	28.13±0.37	31.68±0.37	48.62±0.73	54.93±0.73

ตาราง ข-6 แสดงผลของปริมาณ Hydrocerol 2047 ต่อ Peak energy และ Specific peak energy ที่ได้

จากการทดสอบความทนทานต่อแรงกระแทกของพอลิโพรไพลีนคอมพอสิตที่มีการเสริมแรงด้วยผงแคลเซียมและเส้นใยแก้ว

Hydrocerol 2047 (phr)	พอลิโพรไพลีนคอมพอสิตที่มีการเสริมแรง ด้วยผงแคลเซียม		พอลิโพรไพลีนคอมพอสิตที่มีการเสริมแรง ด้วยเส้นใยแก้ว	
	Peak energy (kJ/m ²)	Specific peak energy [(kJ/m ²) / (g/cm ³)]	Peak energy (kJ/m ²)	Specific peak energy [(kJ/m ²) / (g/cm ³)]
0	12.05±0.67	13.45±0.67	15.77±1.06	17.78±1.06
0.25	13.16±0.14	14.75±0.14	16.05±0.93	18.77±0.93
0.50	12.90±0.11	14.44±0.11	15.96±0.64	18.07±0.64
0.75	13.13±0.18	14.60±0.18	16.75±0.72	18.93±0.72
1.00	13.13±0.24	14.67±0.24	16.78±1.03	18.94±1.03
1.25	13.14±0.12	14.83±0.12	16.79±0.71	18.95±0.71
1.50	13.03±0.25	14.67±0.25	16.74±0.57	18.92±0.57

ตาราง ก-7 แสดงผลของปริมาณ Hydrocerol 2047 ต่อ Break energy และ Specific break energy ที่ได้จากการทดสอบความทนทานต่อแรงกระแทกของของพอลิพอไพลีนคอมพอลิตที่มีการเสริมแรงด้วยผงแคลบและเส้นใยแก้ว

Hydrocerol 2047 (phr)	พอลิพอไพลีนคอมพอลิตที่มีการเสริมแรง ด้วยผงแคลบ		พอลิพอไพลีนคอมพอลิตที่มีการเสริมแรง ด้วยเส้นใยแก้ว	
	Break energy (kJ/m ²)	Specific break energy [(kJ/m ²) / (g/cm ³)]	Break energy (kJ/m ²)	Specific break energy [(kJ/m ²) / (g/cm ³)]
0	13.44±1.01	15.00	18.51±0.97	20.87
0.25	13.58±0.18	15.22	18.67±1.6	21.24
0.50	13.41±0.14	15.02	18.42±0.95	20.86
0.75	13.51±0.17	15.03	18.62±1.08	21.04
1.00	13.64±0.32	05.24	18.89±1.10	21.32
1.25	13.73±0.18	15.50	18.96±0.95	32.40
1.50	13.87±0.43	15.61	18.80±0.95	21.24

มหาวิทยาลัยศิลปากร - สงวนลิขสิทธิ์

ภาคผนวก ก

การนำเสนอผลงานวิจัย

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

เอกสารตอบรับการลงทะเบียน

การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยมหิดล ครั้งที่ 1

เรียนคุณ วรลักษณ์ พงศ์สรฤทธิ

ตามที่ท่านได้ส่งบทคัดย่อเพื่อร่วมนำเสนอใน การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับ
บัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยมหิดล ครั้งที่ 1 "เรื่องบัณฑิตศึกษาเพื่อการพัฒนาประเทศไทย" นั้น
ทางบัณฑิตวิทยาลัยขอแจ้งให้ทราบดังนี้

1. ทางบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล ยินดีที่จะรับท่านเข้าร่วมนำเสนอในการประชุมครั้งนี้
ในรูปแบบโปสเตอร์
2. ผู้เสนอผลงานต้องแก้ไขและลงทะเบียนเข้าร่วมการประชุมฯ ทาง www.grad.mahidol.ac.th
ภายในวันที่ 22 ธันวาคม 2549 โดยใช้

Username :Voraluck

Password :iknxaun

ในการลงทะเบียนพร้อมทั้งส่ง files บทคัดย่อที่ท่านได้ทำการแก้ไขตามข้อเสนอแนะ และ
ชำระค่าลงทะเบียนภายใน 12 มกราคม 2550

3. บัณฑิตวิทยาลัยจะประกาศโปรแกรมการนำเสนอผลงานอีกครั้งหลังจากวันที่ 12 มกราคม 2550
4. เปลี่ยนแปลงกำหนดการเสนอผลงาน จากเดิม 1-2 กุมภาพันธ์ 2550 เปลี่ยนเป็น 30-31
มกราคม 2550 สถานที่ตามเดิม ณ อาคารบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล ตำบลศาลายา
จังหวัดนครปฐม

E-mail ฉบับนี้ถูกส่งโดยระบบอัตโนมัติ หากต้องการติดต่อหรือตอบกลับกรุณาติดต่อที่

e-mail: grwdr@mahidol.ac.th

Effect of chemical foaming agents and reinforcement types on properties of foamed polypropylene composite

Voraluck Pongsorarith* and Nattakorn Hongsrirphan

(Department of Materials Science and Engineering, Faculty of Engineering and Industrial Technology, Silpakorn University)

Abstract

This research is aimed to investigate effects of chemical foaming agents (CFAs) on physico-mechanical properties of different types of fiber (coconut coir, husk flour and glass fiber) filled Polypropylene (PP) foamed composite. 10 phr of reinforcement fibers and 3 phr of maleated-polypropylene as a compatibilizer were mixed with PP by twin screw extruder at different amounts of chemical foaming agents (0.25, 0.50, 0.75, 1.00, 1.25 and 1.50 phr). All types of reinforcement were dried at 100 °C in an air circulating oven for 24 h (moisture content <1%) before mixing. The specimens of PP foamed composites were prepared by injection molding. Optical microscopy showed that using CFAs in PP produced foamed samples with finely closed-cell structure. Increasing CFAs would decrease cell size. With CFAs content more than 0.75 phr, the cell structure changed to be open-cell. Addition all types of fibers exhibited open cellular structure because of the fiber length. The mechanical properties of composite reached the maximum value at the 0.75 phr of CFAs. PP/ glass fiber foamed composite showed the highest mechanical properties compared to coconut coir and husk flour-PP foamed composites. It could be concluded that the properties of foamed thermoplastic wood composite were affected by CFAs content and reinforcement types due to changing of foam structure.

Introduction

Wood-fiber composites utilize wood fibers as a reinforcing filler in a polymer matrix are growing rapidly in non-structural wood-replacement like decking. Recently, most processors of wood composites are evaluating the newer alternative of foamed composites that are lighter and feel more like real wood. Foamed wood composites also accept screws and nails similar to real wood and internal pressures created by foaming give better surface smoothness than do their non-foamed counterparts.

An experimental investigation was conducted to determine the effects of chemical foaming agents (CFAs) on physico-mechanical properties of different types of fiber (coconut coir, husk flour and glass fiber) filled Polypropylene (PP) foamed composite.

Methodology

10 phr of reinforcement fibers and 3 phr of maleated-polypropylene as a compatibilizer were mixed with PP by twin screw extruder at different amounts of chemical foaming agents (0.25, 0.50, 0.75, 1.00, 1.25 and 1.50 phr). All types of reinforcement were dried at 100 °C in an air circulating oven for 24 h (moisture content <1%) before mixing. The specimens of PP foamed composites were prepared by injection molding at 220 °C. The processing temperature was fixed at a temperature where the dispersed gas bubbles created the necessary expansion after injection. All physico-mechanical tests were performed according to standard testing methods. The tensile and flexural test (Universal testing machine, Lloyd Instruments LR 50K) were tested according to ASTM D 638-99 and ASTM D 790-00. The morphology of PP foamed composites were investigated by using optical microscope (Olympus).

Results and discussion

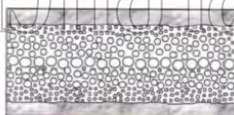


Fig.1. Injection foamed structure [1]

With CFAs content more than 0.75 phr, the cell structure then changed to be open-cell.

Adding all types of fiber exhibited larger cellular structure compared with foamed PP without fiber because cell walls were connected by effect of the fiber length as showed in Fig.2. Using different types of fiber (coconut coir, husk flour and glass fiber) could affect cellular structure of composite. Coconut coir and glass fibers were longer than cell diameter, thus cellular structure became open cell which their cell sizes were larger and more irregular. Rice husk flour were flake particles then cellular structure was more regular than other two types of fibers.

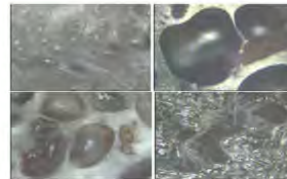


Fig.2. Optical micrographs of PP foamed composites. ((a) without fibers, (b) coconut fiber, (c) rice husk flour and (d) glass fiber.)

Fig.3. shows that the tensile modulus of PP foamed composites with and without coconut fiber increased with the increase of CFAs content until 0.75 phr of CFAs where the tensile modulus reached the maximum value. Further increase of CFAs resulted the decrease in tensile modulus. Fig.4. shows that the flexural modulus of PP foamed composites with and without coconut fiber were increased with respect to CFAs content. Adding 0.25 phr of CFAs increased 15-25% in flexural modulus and flexural modulus reached the maximum value at 1.25-1.50 phr of CFAs resulting from the increase in wall thickness of solid skin. Different types of fiber affected mechanical properties of PP foamed composites. PP/ glass fiber foamed composite showed the highest mechanical properties compared to coconut coir and husk flour-PP foamed composites.

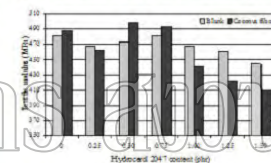


Fig.3. Tensile modulus of PP foamed composites with and without coconut fiber at different amount of CFAs.

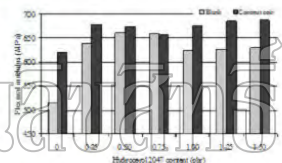


Fig.4. Flexural modulus of PP foamed composites with and without coconut fiber at different amount of CFAs.

Conclusions

These results showed that the properties of foamed thermoplastic wood composite were affected by CFAs content and reinforcement types due to changing of foam structure. The mechanical properties of composite reached the maximum value at the 0.75 phr of CFAs. PP/ glass fiber foamed composite showed the highest mechanical properties compared to coconut coir and husk flour-PP foamed composites.

References

1. D. Pentrakoon and J.W. Ellis, *An introduction to plastic foams*, Chulalongkorn University Press, 2005.
2. A.K. Bledzki and O. Faruk, *Composites: Part A*, 2005.

ผลของ **Chemical foaming agents** และชนิดของสารเสริมแรงต่อสมบัติของพอลิพรอไพลีนคอมพอสิตที่มีโครงสร้างแบบโฟม

วรลักษณ์ พงศ์สรฤทธิ์* และ ณัฐกาญจน์ หงส์ศรีพันธ์ (ภาควิชาวิทยาการและวิศวกรรมวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร)

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์: การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงอิทธิพลของปริมาณ **Chemical foaming agents (CFAs)** ที่มีต่อสมบัติเชิงกลและ **cell morphology** ของพอลิพรอไพลีนคอมพอสิตที่มีสารเสริมแรงเป็นเส้นใยมะพร้าว ผงแมกนีเซียม และเส้นใยแก้ว **วิธีการวิจัย:** ทำการอบสารเสริมแรงที่อุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง (ปริมาณความชื้น < 1%) จากนั้นนำไปผสมกับพอลิพรอไพลีนด้วยเครื่อง **Twin screw extruder** ที่อัตราส่วนของเส้นใยเท่ากับ 10 phr โดยเติม **maleated-polypropylene (MAPP)** ลงไป 3 phr เพื่อทำหน้าที่เป็น **compatibilizer** โดยจะทำการเปลี่ยนแปลงปริมาณของ **CFAs** ที่ใช้ตั้งแต่ 0.25, 0.50, 0.75, 1.00, 1.25 และ 1.50 phr จากนั้นนำไปขึ้นรูปด้วยกระบวนการ **Injection molding** ผลการศึกษา: จากการทดสอบด้วย **optical microscopy** พบว่าการใช้ **CFAs** ในพอลิพรอไพลีนจะทำให้ได้วัสดุเนื้อโฟม ลักษณะแบบเซลล์ปิด เมื่อเพิ่มปริมาณ **CFAs** จะทำให้ขนาดของเซลล์โฟมลดลง เมื่อปริมาณของ **CFAs** มากกว่า 0.75 phr เซลล์โฟมจะเปลี่ยนมาเป็นเซลล์เปิด ส่วนการผสมเส้นใยทุกชนิดจะทำให้ได้คอมพอสิตเนื้อโฟมแบบเซลล์เปิดอันเป็นผลมาจากความยาวของเส้นใย จากการทดสอบสมบัติเชิงกลพบว่าสมบัติเชิงกลของคอมพอสิตจะมีค่ามากที่สุดเมื่อปริมาณของ **CFAs** เท่ากับ 0.75 phr โดยที่ชิ้นงานที่มีการเสริมแรงด้วยเส้นใยแก้วจะมีสมบัติเชิงกลที่สูงที่สุด **สรุป:** ผลการศึกษาแสดงว่าปริมาณของ **CFAs** และชนิดของสารเสริมแรงมีอิทธิพลต่อสมบัติของพอลิพรอไพลีนคอมพอสิตที่มีโครงสร้างแบบโฟม เนื่องจากไปทำให้โครงสร้างแบบโฟมมีรูปแบบที่เปลี่ยนไป

บทนำ

ปัจจุบันการใช้วัสดุคอมพอสิตที่มีการเสริมแรงด้วยเส้นใยไม้ทดแทนไม้จริงในงานที่ไม่ต้องการความแข็งแรงมากนักเพิ่ม ขึ้นอย่างรวดเร็ว จึงมีงานวิจัยจำนวนมากที่พยายามวิจัยพัฒนาปรับปรุงสมบัติของวัสดุดังกล่าว วิธีหนึ่งที่มีความน่าสนใจในการใช้ปรับปรุงสมบัติของวัสดุคอมพอสิตคือ การทำให้วัสดุคอมพอสิตมีโครงสร้างแบบโฟม ซึ่งจะทำให้มีน้ำหนักเบาและมีความคล้ายคลึงกับไม้จริงเพิ่มมากขึ้น วัสดุคอมพอสิตที่มีโครงสร้างแบบโฟมนั้นจะสามารถรองรับการขึ้นสกรูและการตอกตะปูได้เหมือนกับไม้จริงมากกว่าวัสดุคอมพอสิตตามปกติ จากการมีแรงดันภายในโครงสร้างเนื่องจากกระบวนการทำให้เกิดโครงสร้างแบบโฟมนั้นจะทำให้วัสดุมีผิวหน้าที่เรียบมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับชิ้นงานคอมพอสิตปกติ

วัสดุคอมพอสิตที่มีโครงสร้างแบบโฟมที่ใช้กันมากนั้นคือวัสดุที่มี **polystyrene** เป็นเมทริกซ์ แต่ในช่วง 2 -3 ปีที่ผ่านมาได้มีการพัฒนาวัสดุคอมพอสิตที่มีโครงสร้างแบบโฟมที่มีเมทริกซ์เป็น **ABS, ASA, SAN, PVC** และพอลิพรอไพลีน ออกมาใช้มากขึ้น ซึ่งการทำวัสดุคอมพอสิตให้มีโครงสร้างแบบโฟมนั้นจะส่งผลให้ความหนาแน่นลดลงถึง 5-50% แต่การผลิตโฟมจากเทอร์โมพลาสติกคอมพอสิตก็ยังคงมีปัญหาคือที่ปริมาณการเกิดโครงสร้างแบบโฟมจำนวนมาก โครงสร้างที่ได้จะไม่เสถียรทำให้ไม่สามารถงูปร่างไว้ได้

นอกจากนี้โครงสร้างแบบโฟมของวัสดุคอมพอสิตที่ผลิตได้ยังมีลักษณะเซลล์ที่มีขนาดใหญ่และไม่สม่ำเสมอทำให้ความแข็งแรงของชิ้นงานที่ได้ไม่ดึ้นก จึงเกิดเป็นข้อจำกัดการใช้งานเทอร์โมพลาสติกคอมพอสิตที่มีโครงสร้างแบบโฟมขึ้น [1]

จากงานวิจัยของ A.K. Bledzki และคณะ [2-3] ที่ได้ทำการศึกษาอิทธิพลของการเติม MAPP และชนิดของ chemical foaming agents, CFAs (endothermic, exothermic และ endo/exothermic) ที่มีต่อความหนาแน่น สมบัติเชิงกลและสมบัติทางกายภาพ ความขรุขระของผิวชิ้นงาน และ cell morphology ของวัสดุคอมพอสิตที่มีพอลิพรอไพลีนเป็นเมทริกซ์ โดยอาศัยกระบวนการ Injection moulding จากการศึกษาพบว่าเซลล์ของวัสดุคอมพอสิตที่เตรียมได้มีลักษณะกลมและชนิดของ CFAs นั้นมีผลต่อขนาดของเซลล์ โดยวัสดุคอมพอสิตที่มีการใช้ exothermic foaming agent จะมีขนาดและการกระจายตัวของเซลล์อย่างสม่ำเสมอมากที่สุด แต่การใช้ endothermic foaming agent ก็ส่งผลให้ผิวหน้าของชิ้นงานมีความขรุขระลดลงถึง 70% และการเติม MAPP ลงไปมีผลทำให้สมบัติเชิงกลและสมบัติทางกายภาพของชิ้นงานเพิ่มขึ้นถึง 80%

ในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาถึงอิทธิพลของปริมาณ Chemical foaming agents (CFAs) ที่มีต่อ สมบัติเชิงกลและ Cell morphology ของพอลิพรอไพลีนคอมพอสิตที่มีการเสริมแรงด้วยเส้นใยมะพร้าว และศึกษาถึงอิทธิพลของชนิดของสารเสริมแรงต่อสมบัติของเทอร์โมพลาสติกคอมพอสิตที่มีโครงสร้างแบบโฟม โดยจะทำการเปลี่ยนแปลงชนิดของสารเสริมแรงจากเส้นใยมะพร้าวเป็นผงเกลบและเส้นใยแก้ว ตามลำดับ

มหาวิทยาลัยศิลปากร ส่วนวนลิขสิทธิ์

2.1 วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี

พอลิเมอร์เมทริกซ์ที่ใช้คือ Homopolymer Polypropylene (Polene 1100NK) จากบริษัท ไทปิโตรเคมีคัล (TPI) จำกัด มีค่า melt flow index เท่ากับ 11 g/10 min ที่อุณหภูมิ 230 °C สารเสริมแรงที่ใช้คือเส้นใยมะพร้าวที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใย 150-250 μm และมีความยาวของเส้นใยอยู่ในช่วง 5-10 mm ผงเกลบที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 150-250 μm และเส้นใยแก้วที่อยู่ในรูปของ masterbatch คือ Polene 1111NX GA6 ซึ่งเป็น Polene 1100NK ที่มีการเสริมแรงด้วยเส้นใยแก้ว 30% w/w จากบริษัท ไทปิโตรเคมีคัล (TPI) จำกัด มีความหนาแน่นเท่ากับ 1.11 g/cm³ และค่า melt flow index เท่ากับ 4 g/10 min ที่อุณหภูมิ 230 °C ก่อนการทดลองทำการอบสารเสริมแรงทุกชนิดที่อุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมงเพื่อให้มีความชื้นประมาณ 1-2% จากนั้นนำไปเก็บไว้ในภาชนะปิดภายใต้การดูดความชื้น Maleic anhydride-polypropylene, MAPP (Fusabond P MZ 109D) ทำหน้าที่เป็น compatibilizer จากบริษัท ดูปองด์ ประเทศสหรัฐอเมริกา มีอุณหภูมิการหลอมเหลวเท่ากับ 162 °C และค่า melt flow index เท่ากับ 49 g/10 min ที่อุณหภูมิ 190 °C และ chemical foaming agent ที่ใช้คือ Hydrocerol 2047 จากบริษัท คลาเรียนท์ ประเทศไทย มีอุณหภูมิการสลายตัวประมาณ 190 °C

2.2 การเตรียมตัวอย่าง

เตรียมตัวอย่างพอลิพรอไพลีนคอมพอสิตเพื่อศึกษาอิทธิพลของปริมาณ Hydrocerol 2047 ต่อสมบัติของวัสดุคอมพอสิต โดยนำพอลิพรอไพลีนผสมกับ MAPP 3 phr เพื่อเตรียมตัวอย่างพอลิพรอไพลีน

คอมพอลิตที่ไม่มีการเติมเส้นใยมะพร้าวและนำพอลิพรอไฟลีนผสมกับ MAPP 3 phr และเส้นใยมะพร้าว 10 phr เพื่อเตรียมตัวอย่างพอลิพรอไฟลีนคอมพอลิตที่มีการเติมเส้นใยมะพร้าว โดยจะเปลี่ยนแปลงปริมาณของ Hydrocerol 2047 ที่ใช้ทั้งในการเตรียมวัสดุคอมพอลิตทั้งสองแบบดังนี้ 0, 0.25, 0.50, 0.75, 1.00, 1.25 และ 1.50 phr ทำการผสมด้วยเครื่อง twin screw extruder ที่อุณหภูมิ 170-180 °C ความเร็วในการหมุนของสกรูเท่ากับ 100 rpm

เตรียมตัวอย่างพอลิพรอไฟลีนคอมพอลิตเพื่อศึกษาอิทธิพลของชนิดของเส้นใยต่อสมบัติของวัสดุคอมพอลิต โดยนำพอลิพรอไฟลีนผสมกับ MAPP 3 phr และผงแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 10 phr ที่ปริมาณการเติม Hydrocerol 2047 เท่ากับ 0.75 phr ด้วยเครื่อง twin screw extruder ที่สภาวะในการผสมข้างต้น

นำ extruded strand ที่เตรียมได้ในทุกอัตราส่วนไปฉีดเป็นชิ้นงานที่ใช้ในการทดสอบ tensile และ flexural ตามมาตรฐาน ASTM D 638-99 และ ASTM D 790-00 ด้วยเครื่อง Injection molding ที่อุณหภูมิ 220 °C ชิ้นงานที่ได้จากการฉีดจะถูกนำไปไว้ที่อุณหภูมิ 23 ± 2 °C และที่ปริมาณความชื้น 50 ± 2 %RH เป็นเวลาอย่างน้อย 40 ชั่วโมงตามมาตรฐาน ASTM D 618-99

2.3 การทดสอบชิ้นงาน

ศึกษาสมบัติเชิงกลของชิ้นงานโดยการทำการทดสอบ tensile และ flexural ตามมาตรฐาน ASTM D 638-99 และ ASTM D 790-00 ด้วยเครื่อง Universal Testing Machine (Lloyd Instruments LR 50K) โดยทำการทดสอบ tensile ที่ crosshead speed เท่ากับ 5 mm/min โดยใช้ load cell ขนาด 5 kN และทำการทดสอบ flexural ที่ crosshead speed เท่ากับ 5.2 mm/min โดยใช้ load cell ขนาด 1 kN ที่อุณหภูมิห้อง ค่าที่ได้จากการทดสอบรายงานในรูปของค่าเฉลี่ยของการทดสอบ ตัวอย่าง 5 ชิ้น จากนั้นนำชิ้นงานไปศึกษาสมบัติ morphology โครงสร้างของเซลล์และลักษณะของเซลล์ของชิ้นงานด้วยเครื่อง Optical microscope (Olympus)

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

3.1 สมบัติเชิงกลของพอลิพรอไฟลีนคอมพอลิต

3.1.1 ผลของปริมาณ Hydrocerol 2047 ต่อสมบัติเชิงกลของพอลิพรอไฟลีนคอมพอลิต

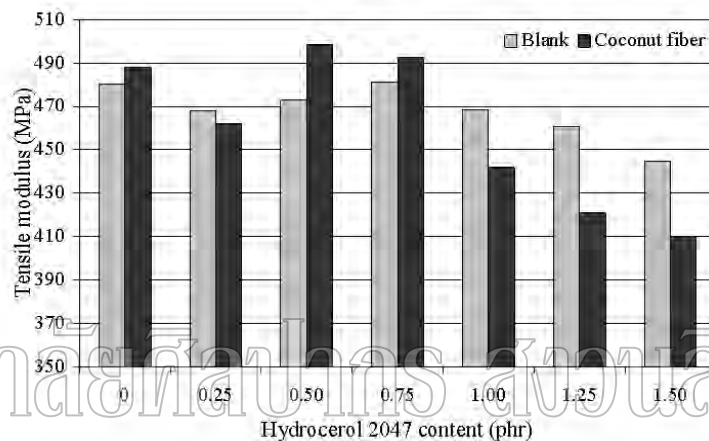
จากการทดสอบ tensile ของชิ้นงานคอมพอลิตที่มีและไม่มีเส้นใยมะพร้าวที่ปริมาณการเติม Hydrocerol 2047 ต่างๆ สามารถแสดงผลการทดลองได้ดังรูปที่ 1 โดยรูปที่ 1 (ก) จะแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Tensile modulus กับปริมาณของ Hydrocerol 2047 และรูปที่ 1 (ข) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Tensile strength กับปริมาณของ Hydrocerol 2047

จากรูปที่ 1 (ก,ข) แสดงให้เห็นว่าเมื่อเติม Hydrocerol 2047 ลงไปในวัสดุคอมพอลิต 0.25 phr ทั้งที่มีการเสริมแรงและไม่มีการเสริมแรงด้วยเส้นใยมะพร้าว จะมีผลทำให้ค่า Tensile modulus และค่า Tensile strength มีค่าลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับชิ้นงานที่ไม่มีเส้นใยมะพร้าวเติม Hydrocerol 2047 ทั้งนี้เนื่องจากการเติม Hydrocerol 2047 นั้นมีผลทำให้วัสดุคอมพอลิตมีโครงสร้างที่เปลี่ยนแปลงไป โดยจะทำให้วัสดุคอมพอลิตเกิดเป็นโครงสร้างแบบโฟมขึ้นตรงกลางของชิ้นงาน^[4] ทำให้ความแข็งแรงของชิ้นงานจึงมีค่าลดลง และเมื่อเพิ่มปริมาณ Hydrocerol 2047 เป็น 0.50 และ 0.75 phr จะส่งผลให้ค่า Tensile modulus และค่า Tensile strength ของวัสดุคอมพอลิตเพิ่มมากขึ้นจากนั้นจึงมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้เนื่องมาจากเมื่อ

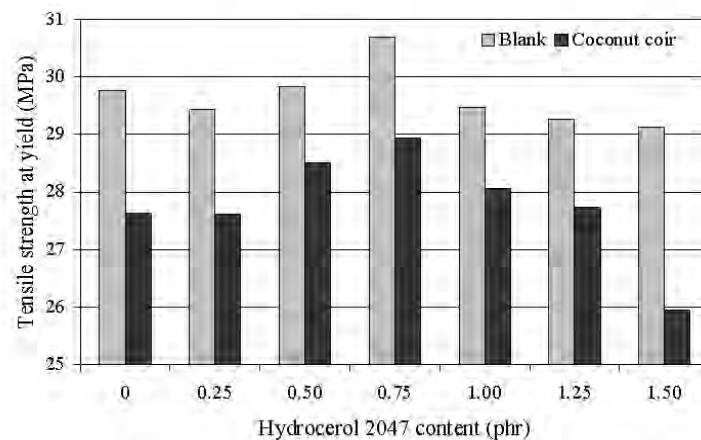
ปริมาณของ Hydrocerol 2047 เพิ่มมากขึ้นจะมีผลทำให้เซลล์โฟมที่เกิดขึ้นมีขนาดเล็กลง ค่าความแข็งแรงของชิ้นงานจึงมีค่าเพิ่มมากขึ้น แต่เมื่อปริมาณของ Hydrocerol 2047 เท่ากับ 1.00 phr ปริมาณของก๊าซที่เกิดจากการสลายตัวของ Hydrocerol 2047 จะเพิ่มมากขึ้น แรงดันของก๊าซภายในเซลล์จึงมีค่าเพิ่มขึ้น จนกระทั่งเนื้อพอลิเมอร์คอมพอสิตไม่สามารถรักษาสภาพของเซลล์ไว้ได้ เซลล์จึงเกิดการเชื่อมต่อกันคล้ายกับเซลล์เปิด ค่าความแข็งแรงของชิ้นงานคอมพอสิตมีค่าลดลง^[5-6]

จากการทดสอบ flexural ของชิ้นงานคอมพอสิตที่มีและไม่มีเส้นใยมะพร้าวที่ปริมาณการเติม Hydrocerol 2047 ต่างๆ สามารถแสดงผลการทดลองได้ดังรูปที่ 2 โดยรูปที่ 2 (ก) จะแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Flexural modulus กับปริมาณของ Hydrocerol 2047 และรูปที่ 2 (ข) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Flexural strength กับปริมาณของ Hydrocerol 2047

(ก)



(ข)

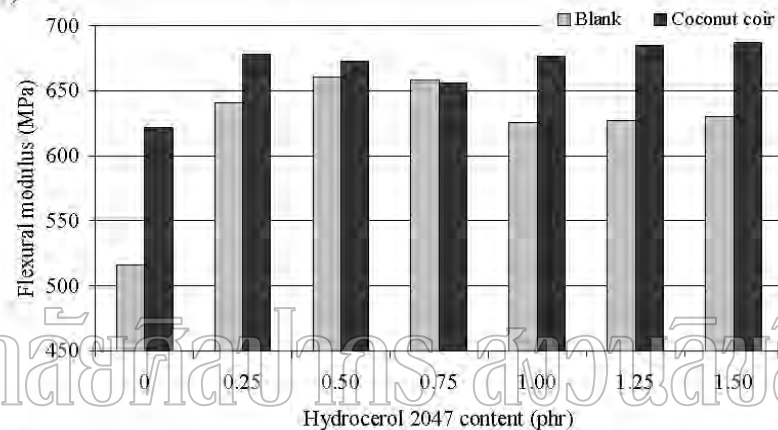


รูปที่ 1 (ก) แสดงค่า Tensile modulus และ (ข) ค่า Tensile strength at yield ของวัสดุคอมพอสิตที่มีการเสริมแรงด้วยเส้นใยมะพร้าวเปรียบเทียบกับพอลิพรอไพลีนที่ไม่มีการเติมเส้นใย ที่ปริมาณการเติม H2047 ต่างๆ

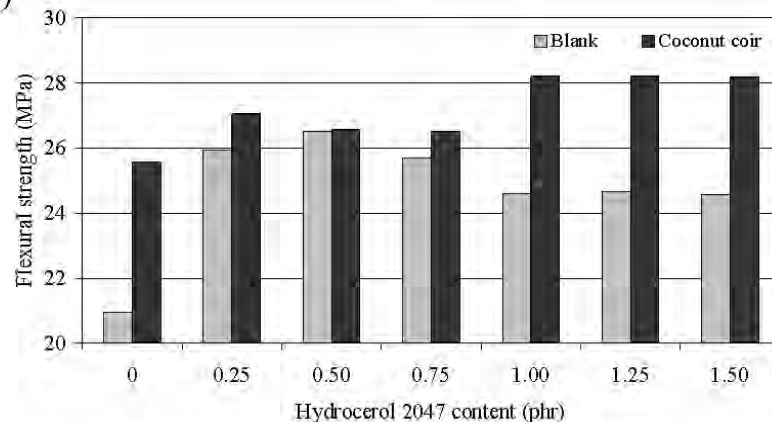
จากรูปที่ 2 (ก,ข) แสดงให้เห็นว่าความสัมพันธ์ระหว่างค่า Flexural modulus และความสัมพันธ์ระหว่างค่า Flexural strength กับปริมาณของ Hydrocerol 2047 ที่ปริมาณการเติม Hydrocerol 2047 เท่ากับ 0-0.75 phr ทั้งชิ้นงานที่มีและไม่มีเส้นใยมะพร้าวจะมีแนวโน้มเดียวกับผลการทดลองที่ได้จากการทดสอบ tensile เนื่องจากแรงดันของก๊าซที่เกิดขึ้นในเซลล์จะส่งผลให้ชิ้นงานมีความแข็งแรงที่

เพิ่มมากขึ้น ทำให้ค่า Flexural modulus และค่า Flexural strength มีค่าเพิ่มขึ้นมากเมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุคอมพอสิตที่ไม่มีการเติม Hydrocerol 2047 แต่เมื่อปริมาณของ Hydrocerol 2047 ที่เติมในวัสดุคอมพอสิตมีค่ามากกว่า 1.00 phr วัสดุคอมพอสิตที่ไม่มีการเติมเส้นใยมะพร้าวจะมีค่า Flexural modulus และค่า Flexural strength ลดลงเช่นเดียวกับผลการทดสอบ tensile แต่ในชิ้นงานคอมพอสิตที่มีการเติมเส้นใยมะพร้าวนั้นค่า Flexural modulus และค่า Flexural strength จะเพิ่มขึ้นจนมีค่าสูงสุดและมีค่าใกล้เคียงกันในทุก 3 อัตราส่วนของ Hydrocerol 2047 คือ 1.00, 1.25 และ 1.50 phr เนื่องจากการที่ลักษณะของเซลล์จะเกิดการเปลี่ยนแปลงจากเซลล์ปิดไปเป็นเซลล์ที่เชื่อมต่อกันคล้ายเซลล์เปิด ก๊าซภายในเซลล์จะผลักเนื้อคอมพอสิตไปอยู่ที่ผนัง ทำให้ความหนาของผนังมีค่าเพิ่มมากขึ้น ผนังจึงมีความแข็งเพิ่มมากขึ้น เมื่อทำการทดสอบ flexural จึงได้ค่าที่สูงตามไปด้วย

(ก)



(ข)

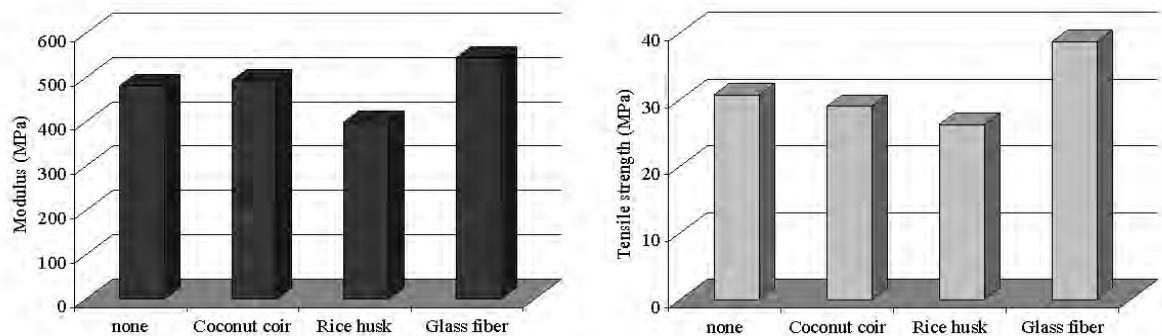


รูปที่ 2 (ก) แสดงค่า Flexural modulus และ (ข) ค่า Flexural strength ของวัสดุคอมพอสิตที่มีการเสริมแรงด้วยเส้นใยมะพร้าวเปรียบเทียบกับพอลิโพรไพลีนที่ไม่มีการเติมเส้นใย ที่ปริมาณการเติม H2047 ต่างๆ

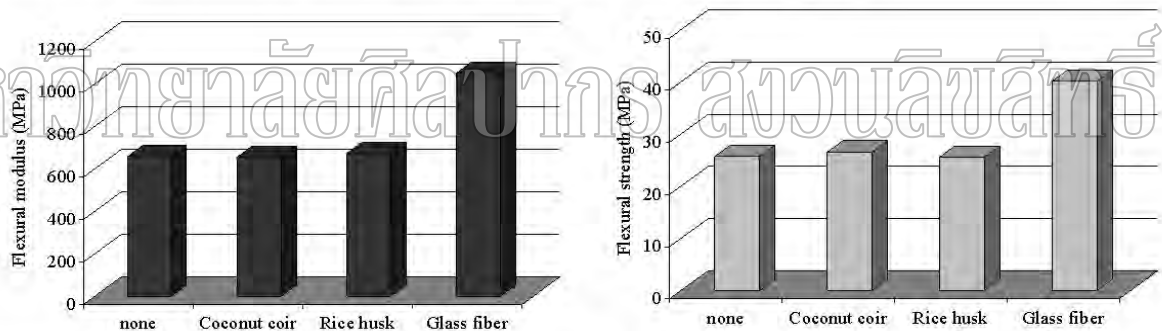
3.1.2 ผลของชนิดของสารเสริมแรงต่อสมบัติเชิงกลของพอลิโพรไพลีนคอมพอสิต

เมื่อทำการศึกษาค่าของผลของชนิดของสารเสริมแรงต่อสมบัติเชิงกลของพอลิโพรไพลีนคอมพอสิตที่มีโครงสร้างแบบโพรที่ปริมาณการเติม Hydrocerol 2047 เท่ากับ 0.75 phr พบว่าได้ผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 3 และ 4 ซึ่งวัสดุคอมพอสิตที่มีการเสริมแรงด้วยเส้นใยมะพร้าวมีสมบัติเชิงกลใกล้เคียงกับวัสดุที่ไม่มีการเติมเส้นใย ส่วนการเติมเส้นใยแก้วมีผลทำให้สมบัติเชิงกลเพิ่มมากขึ้นกว่าชิ้นงานที่ไม่มีการเติมเส้นใยถึง

25% และทำให้ค่า **flexural modulus** เพิ่มขึ้นถึง 65% เนื่องจากความแข็งแรงของตัวเส้นใยเอง แต่ชิ้นงานที่มีการเติมผงเกลบเป็นสารเสริมแรงนั้นพบว่ามีความแข็งแรงลดลงประมาณ 17% เนื่องจากผงเกลบมีอนุภาคที่มีรูปร่างไม่แน่นอน การเติมสารเสริมแรงที่มีรูปร่างไม่แน่นอนจะส่งผลทำให้ความแข็งแรงของวัสดุคอมพอสิตมีค่าลดลงเพราะอนุภาคของสารเสริมแรงจะไม่สามารถรับแรงเค้นที่ถ่ายเทมาจากพอลิเมอร์เมทริกซ์ได้ [12-13]



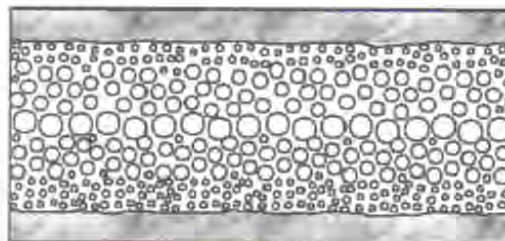
รูปที่ 3 (ก) แสดงค่า Modulus และ (ข) ค่า Tensile strength ของวัสดุคอมพอสิตที่มีการเสริมแรงด้วยเส้นใยมะพร้าว ผงเกลบ และเส้นใยแก้ว ที่ปริมาณการเติม H2047 เท่ากับ 0.75 phr



รูปที่ 4 (ก) แสดงค่า Flexural modulus และ (ข) ค่า Flexural strength ของวัสดุคอมพอสิตที่มีการเสริมแรงด้วยเส้นใยมะพร้าว ผงเกลบ และเส้นใยแก้ว ที่ปริมาณการเติม H2047 เท่ากับ 0.75 phr

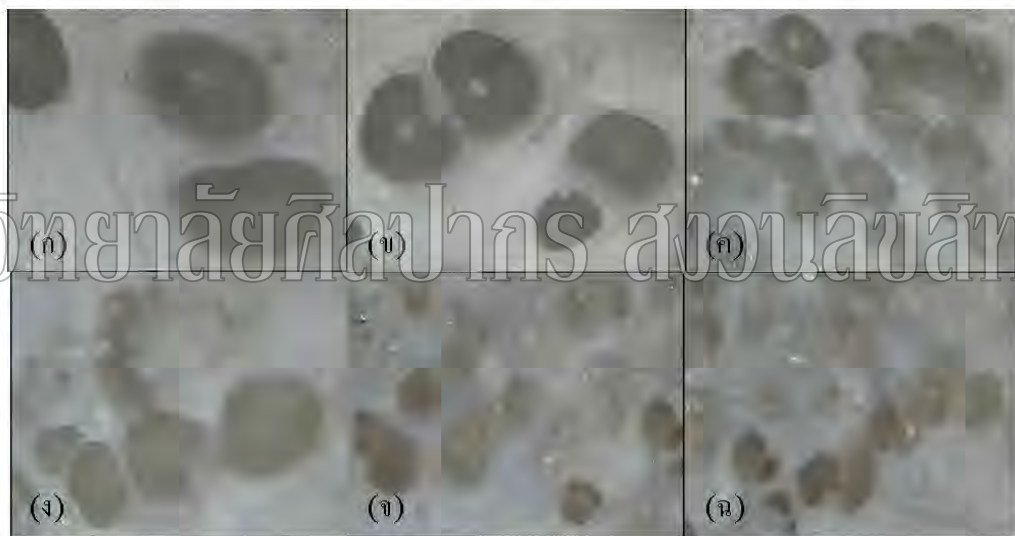
3.2 Cell morphology

จากการศึกษา Cell morphology ของภาคตัดขวางของชิ้นงานคอมพอสิตพบว่าโครงสร้างมีลักษณะเป็นแบบแซนวิช ก้อนบริเวณแกนกลางของชิ้นงานจะมีลักษณะเป็นเซลล์เล็กๆจำนวนมากที่ถูกห่อหุ้มด้วยผิวที่เป็นพอลิโอฟิลีนคอมพอสิตแข็งดังแสดงในรูปที่ 5 โดยลักษณะของเซลล์และขนาดของเซลล์ที่เกิดขึ้นจะขึ้นอยู่กับอัตราส่วนการผสมของ Hydrocerol 2047



รูปที่ 5 แสดงแบบจำลองโครงสร้างแบบแซนวิชของภาคตัดขวางของชิ้นงานคอมพอสิตที่มีโครงสร้างแบบโฟม^[4]

เมื่อนำพื้นผิวที่ขาดจากการทดสอบ tensile ด้วยเครื่อง Universal testing machine มาศึกษา ลักษณะของ cell ของโครงสร้างแบบโฟมของชิ้นงานด้วยเครื่อง Optical Microscope พบว่าลักษณะของ เซลล์ในชิ้นงานคอมพอสิตที่ไม่มีการเติมสารเสริมแรง ที่ปริมาณการเติม Hydrocerol 2047 ต่างๆ ได้ผล การศึกษาดังแสดงในรูปที่ 6 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเซลล์มีลักษณะเป็นแบบเซลล์ปิด และปริมาณของ Hydrocerol 2047 มีอิทธิพลต่อลักษณะและขนาดของเซลล์ กล่าวคือที่ปริมาณการเติม Hydrocerol 2047 เท่ากับ 0.25 phr เซลล์ที่เกิดขึ้นจะมีขนาดใหญ่ และมีจำนวนน้อย เนื่องจากมีก๊าซเกิดขึ้นจากปฏิกิริยาการสลายตัวของ Hydrocerol 2047 น้อย ดังนั้นก๊าซที่เกิดขึ้นนี้จึงมีแนวโน้มที่จะมารวมตัวกันเพื่อที่จะมีแรงดันให้เพียงพอ สำหรับการเกิดเป็นเซลล์โฟมได้^[9] เมื่อปริมาณของ Hydrocerol 2047 เพิ่มขึ้นเซลล์จะมีขนาดลดลง จนกระทั่งปริมาณของ Hydrocerol 2047 เท่ากับ 1.00 phr เซลล์โฟมที่เกิดขึ้นจะเกิดการเชื่อมต่อกันคล้าย กับเซลล์เปิด เนื่องมาจากก๊าซที่เกิดจากปฏิกิริยาการสลายตัวของ Hydrocerol 2047 เกิดมากขึ้นทำให้แรงดัน ของก๊าซภายในเซลล์เพิ่มมากขึ้นจนกระทั่งพอลิเมอร์เมทริกซ์ไม่สามารถรักษาสภาพของเซลล์ไว้ได้ เซลล์จึงเกิด การเชื่อมต่อกันคล้ายกับเซลล์เปิด^[5-8]



รูปที่ 6 แสดง Optical micrographs ของภาคตัดขวางของชิ้นงานคอมพอสิตที่ไม่มีการเติมสารเสริมแรงเมื่อ มีการเติม Hydrocerol 2047 ที่ปริมาณต่างๆ คือ (ก) 0.25, (ข) 0.50, (ค) 0.75, (ง) 1.00, (จ) 1.25 และ (ฉ) 1.50 phr โดยบริเวณที่มีสีเข้มที่แสดงในภาพคือ โพรงอากาศของเซลล์โฟม

เมื่อทำการศึกษาอิทธิพลของชนิดของสารเสริมแรงต่อลักษณะของเซลล์ที่เกิดขึ้น พบว่าการเติมสาร เสริมแรงมีอิทธิพลทำให้เซลล์มีขนาดใหญ่ขึ้น ผนังเซลล์เกิดการเชื่อมต่อกันเป็นเซลล์เปิดเพิ่มมากขึ้น และเมื่อ เปลี่ยนแปลงชนิดของเส้นใยจากเส้นใยมะพร้าวซึ่งมีปริมาณลิกนินสูง มาเป็นผงเกลบที่มีปริมาณเซลลูโลสและ SiO_2 สูง เทียบกับการใช้เส้นใยแก้วซึ่งเป็นเส้นใยอนินทรีย์นั้นแสดงให้เห็นว่าองค์ประกอบที่แตกต่างกันนั้นไม่ มีผลต่อลักษณะของเซลล์ แต่ปัจจัยที่มีผลต่อลักษณะของเซลล์คือลักษณะของเส้นใย เส้นใยแก้วและเส้นใย มะพร้าวนั้นมีลักษณะเป็นเส้นใยยาวที่มีความยาวมากกว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใย ทำให้ผนังเซลล์โฟม ที่เกิดขึ้นเกิดการเชื่อมต่อกันจนเกิดเป็นเซลล์ที่มีขนาดใหญ่และมีรูปร่างไม่แน่นอน ในขณะที่การใช้ผงเกลบที่มี ลักษณะรูปร่างของอนุภาคเป็นแผ่นเป็นสารเสริมแรงนั้นจะทำให้ได้เซลล์ที่มีความสม่ำเสมอมากขึ้น ดังแสดงใน รูปที่ 7



รูปที่ 7 แสดง Optical micrographs ของภาคตัดขวางของชิ้นงานคอมพอสิตเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงชนิดของสารเสริมแรงที่ใช้ (ก) แสดงภาคตัดขวางของชิ้นงานชิ้นงานที่ไม่มีการเติมสารเสริมแรง (ข, ค และ ง) แสดงภาคตัดขวางของชิ้นงานชิ้นงานที่มีการเติมเส้นใยมะพร้าว ผงเกล็ดและเส้นใยแก้วเป็นสารเสริมแรงตามลำดับ ที่ปริมาณการเติม Hydrocerol 2047 เท่ากับ 0.75 phr

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาถึงอิทธิพลของปริมาณ Chemical foaming agents (CFAs) ที่มีต่อสมบัติเชิงกล และ cell morphology ของ Polypropylene (PP) คอมพอสิตที่มีสารเสริมแรงเป็นเส้นใยมะพร้าว ผงเกล็ด และเส้นใยแก้วพบว่าปริมาณของ CFAs และชนิดของสารเสริมแรงมีอิทธิพลต่อสมบัติของโฟลโฟลีนคอมพอสิตที่มีโครงสร้างแบบโฟม เนื่องจากไปทำให้โครงสร้างแบบโฟมมีรูปแบบที่เปลี่ยนไป โดยปริมาณของ H2047 ที่ทำให้โฟลโฟลีนคอมพอสิตมีสมบัติเชิงกลที่ดีที่สุดคือที่ 0.75 phr และการเติมเส้นใยแก้วจะทำให้ได้โฟลโฟลีนคอมพอสิตที่มีสมบัติเชิงกลที่ดีที่สุด

เอกสารอ้างอิง

1. J.H. Schut, <http://www.plasticstechnology.com>, (03/10/2006).
2. A.K. Bledzki and O. Faruk, **Composites: Part A** (2005).
3. A.K. Bledzki and J. Gassan, **Progress in Polymer Science**, Vol. 24 (1999) : 221 – 274.
4. D. Pentrakoon and J.W. Ellis, **An introduction to plastic foams**, Chulalongkorn University Press, Bangkok, 2005.
5. L.M. Matuana, **Polymer Engineering and Science**, Vol. 37 (1997) : 1137-1147.
6. L.M. Matuana, **Polymer Engineering and Science**, Vol.38 (1998) : 1862-1872.
7. P. Rachtanapun, S.E.M. Selke and L.M. Matuana, **Journal of Applied Polymer Science**, Vol. 88 (2003) : 2842-2850.
8. Q. Li and L.M. Matuana, **Journal of Applied Polymer Science**, Vol. 88 (2003) : 3139-3150.
9. D. Klempner and K.C. Frisch, **Handbook of Polymeric Foams and Foam Technology**, Hanser Publishers, New York, 1991.
10. M.V. Nair, P.Y. Handa, A.K. Metha and P. Agarwal, **Thermochimica Acta**, Vol. 396 (2003) : 57-65.
11. G. Zhang and M.R. Thompson, **Composites Science and Technology**, Vol. 65, (2005) : 2240-2249.
12. H.S. Yang and H.J. Kim, **Composites structure** (2005).
13. H.S. Yang and J. Son, **Composites structure**, Vol. 63 (2004) : 305-312.



การประชุมวิชาการบัณฑิตศึกษาด้านสาขาโพลิเมอร์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 1

10 – 11 พฤษภาคม 2550

เอกสารตอบรับการลงทะเบียน

การประชุมวิชาการบัณฑิตศึกษาด้านสาขาโพลิเมอร์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 1

st (1 Polymer Graduate Conference of Thailand)

ณ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตศาลายา จังหวัดนครปฐม

ชื่อ-นามสกุล ผู้เสนอผลงาน: Voraluck Pongsorrarath O-PP06
หัวข้อเรื่อง: Effect of Chemical Foaming Agents on Physico-mechanical Properties of Natural Fiber-polypropylene Composites

รูปแบบการนำเสนอ: Oral Presentation Sessions: Polymer Physics

วันที่: 11 May 2007 เวลา: 09.30-10.30
ห้อง: SC4-407

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

หมายเหตุ

- 1) ผู้นำเสนองานวิจัยในรูปแบบ Oral presentation
 - นำไฟล์การนำเสนอที่บันทึกในแผ่นซีดี ส่งที่จุดลงทะเบียนในงาน ในวันที่ 10 พฤษภาคม 2550 เวลา 08.00 – 09.00 น.
 - เตรียมการนำเสนอได้ทั้งภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษ ระยะเวลาการนำเสนอและตอบคำถาม ไม่เกินคนละ 20 นาที
- 2) ผู้นำเสนองานวิจัยในรูปแบบ Poster presentation
 - นำ poster ส่งที่จุดลงทะเบียนในงาน เวลา 08.00 – 09.00 น. วันที่ 10 พฤษภาคม 2550
 - เก็บ poster ในวันที่ 11 พฤษภาคม 2550 ตั้งแต่เวลา 14.30 น.

หลักสูตรวิทยาศาสตรและเทคโนโลยีโพลิเมอร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

ตึกวิทยาศาสตร์ 3 คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

ต.ศาลายา อ.พุทธมณฑล จ.นครปฐม 73170

โทรศัพท์ : 0-2441-9816-20 ต่อ 1148

โทรสาร : 0-2441-0511

E-mail : 1st_polymergrads@thaipolymersociety.org

Effect of Chemical Foaming Agents on Physico-mechanical Properties of Natural Fiber-polypropylene Composites

Voraluck Pongsorrarith and Nattakarn Hongsriphan*

Department of Materials Science and Engineering, Faculty of Engineering and Industrial Technology,
Silpakorn University, Sanam Chandra Palace, Muang, Nakornpathom, 73000
Phone/Fax 0-3421-9363, E-mail*: nattakar@su.ac.th

Abstract

Natural fiber filled-plastic composites have played important role in non-structural wood-replacement application. In this research, the feasibility of developing cellular structures in polypropylene wood composites has been studied. 10 phr of reinforcement fibers and 3 phr of maleated-polypropylene as a compatibilizer were mixed with PP by twin screw extruder at different amounts of Chemical foaming agents (0.25, 0.50, 0.75, 1.00, 1.25 and 1.50 phr) to investigate the effect of CFAs on properties of PP wood composites. The specimen of PP foamed composites was prepared by injection molding. The structures of foamed composites were examined using Optical microscopy and SEM, the results showed that using CFAs in PP produced foamed samples with heterogeneous nature comprising of lower density foam core with finely closed-cell structure surrounding by solid skin. Increasing CFAs would decrease cell size and increase volume fraction of open cell. Specific flexural modulus and specific impact strength were found to increase with respect to CFAs content. PP/ coconut coir foamed composite showed the highest mechanical properties compared to PP foamed and PP/rice husk foamed composites.

Keywords : Polypropylene wood composites, Foamed, Chemical foaming agents

1. Introduction

Polymer-fiber composites utilizing natural fibers as reinforcing filler in the polymer matrix are known to be advantageous over the neat polymer in terms of materials cost and some mechanical properties such as stiffness and strength.^[1] These products are growing rapidly in non-structural wood-replacement applications like decking. Recently, most processors of wood composites are evaluating the newer alternative of foamed composites that are lighter and feel more like real wood. Foamed wood composites also accept screws and nails similar to real wood and internal pressures created by foaming give

better surface smoothness than do their non-foamed counterparts.^[2]

The feasibility of developing cellular structures in polypropylene-natural fiber composites has been studied and effects of chemical foaming agents (CFAs) on physico-mechanical properties of different types of natural fiber (coconut coir and husk flour) filled polypropylene (PP) composites has been investigated.

2. Experimental

10 phr of natural fibers (coconut coir or rice husk flour, moisture content <1%) and 3 phr of maleated-polypropylene (Fusabond P MZ 109D,

Dupont) as a compatibilizer were mixed with polypropylene (1100NK, IRPC Co. Ltd) by twin screw extruder (Thermo Hakke, Rheomex PTW16/25D) at different amounts (0.25, 0.50, 0.75, 1.00, 1.25 and 1.50 phr) of chemical foaming agents (Hydrocerol 2047). The specimen were prepared by injection molding (Battenfeld, PLUS 350/75) at 220°C which was the temperature where the dispersed gas bubbles created the necessary expansion after injection. Densities of non-foamed and foamed specimen were measured according to ASTM D-1622. Flexural test (Universal testing machine, Lloyd Instruments LR 50K) and Izod impact test (Radmana, ITR2000) were tested according to ASTM D-790 and ASTM D-3623, respectively. The morphology of PP foamed composites was investigated by using optical microscope (Olympus) and scanning electron microscope (Philips, XL30CP).

3. Results and discussion

Densities of PP and PP/wood composite at the different amount of CFAs are illustrated in Figure 1. Increasing CFAs reduced density of foamed PP greater than those of PP/natural fiber composites. CFAs reduced density of foamed coconut coir composites greater than foamed rice husk ones. The variation of densities was due to the changing of cellular structures when CFAs content was varied.

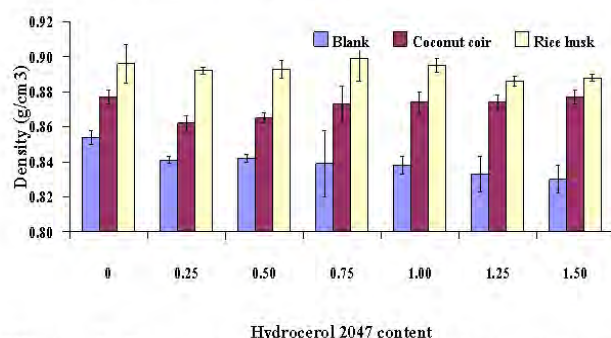


Figure 1. Densities of PP and PP/wood composites at the different amount of CFAs.

Optical microscopy showed that using CFAs in PP produced foamed specimen with heterogeneous

nature comprising of lower density foam core surrounding by solid skin as illustrated with the drawing picture in Figure 2. Typically, the foam core had a finely closed-cell structure as seen in Figure 3 (a). Increasing CFAs would decrease cell size but increased volume fraction of open cell in the structure.

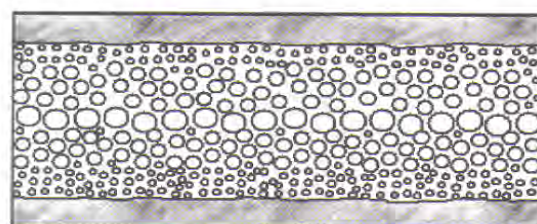


Figure 2. Schematic representation of an injection foamed structure.^[3]

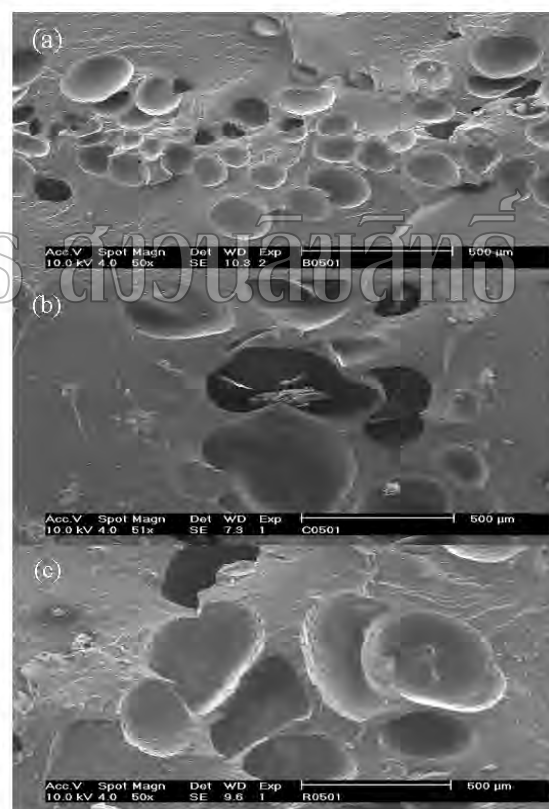


Figure 3. SEM micrographs showed impact fracture surface of foamed (a) PP, (b) PP/coconut coir and (c) PP/rice husk composites at 0.50 phr of CFAs content.

As shown in Figure 3(b) and 3(c), foamed composites with natural fibers exhibited bigger cell sizes compared with foamed PP without fiber at the same CFA content. Using different fibers (coconut coir and rice husk) also altered cellular structure of foamed

composites.^[1] Since coconut coir fibers were longer than typical closed-cell diameter, foamed cells tended to become open-cell structure with irregular shape. On the other hand, foamed composites with rice husk flour had fewer cells but more regular and bigger cell size in average due to the flake shape of rice husk. It is noted that bulk density of coconut coir is lower than one of rice husk, thus the number of coconut coir fibers added with the same fraction in composite (10 phr) are somewhat greater than numbers of rice husk flakes added.

Specific flexural modulus for PP and PP wood composites are illustrated in Figure 4. For foamed PP, specific flexural modulus was found to increase with respect to CFAs content up to 0.75 phr of CFAs. Specific flexural modulus of foamed PP-coconut coir composites reached the maximum at 0.25 phr of CFAs and remained almost constant. In contrast, specific flexural modulus of foamed PP-rice husk composites increased with respect to CFAs content. This is related to changing of foam structure. In foamed composites, higher internal pressure (higher CFAs) would form more open-cells^[2], which solid skin will be denser and increase their stiffness.

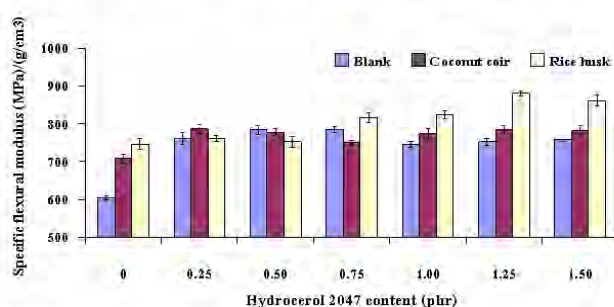


Figure 4. Specific flexural modulus of PP and PP/wood composite at the different amount of CFAs.

The measured of Izod impact strength of PP and PP/wood composite at the different amount of CFAs are shown in Figure 5. PP and PP composites are found to increase in specific impact strength with foaming structure.^[4-5] Increasing CFAs caused slightly

change in specific impact strength. The improvement of specific impact strength was greater in PP/coconut coir composite than PP/rice husk composites because better compatibility between fibers and matrix in PP/coconut coir composite.^[1] Because broken fibers were found in the SEM samples, it is noted that coconut coir fibers had adhered to the polymer matrix much better.

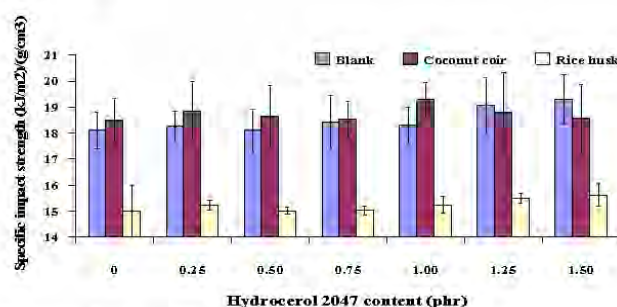


Figure 5. Specific impact strength of PP and PP/wood composite at the different amount of CFAs.

4. Conclusion

The properties of foamed PP/wood composite were affected by CFAs content and fiber types due to changing of foam structure. Increasing CFAs would decrease cell size and increase volume fraction of open cells. Cell structure was also altered by types of fibers and affected the mechanical properties. Foamed PP/fiber composite exhibited better mechanical property than non-foamed.

References

- [1] Bledski, A.K., **Composites: Part A**, **37**, 1358, (2006).
- [2] Schut, J.H., Foaming expands possibilities for wood-fiber composites, **Plastics Technol**, (2001), www.plasticstechnology.com.
- [3] Pentrakoon, D., et al., **An Introduction to Plastics Foams**, 1, (2005).
- [4] Matuana, L.M., **Polym Eng Sci**, **38**, 1862, (1998).
- [5] Li, Q., et al, **Polym Eng Sci**, **88**, 3139, (2003).

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล นางสาววรลักษณ์ พงศ์สรฤทธิ
ที่อยู่ 75 หมู่ 2 ตำบลคลองสวน อำเภอบางบ่อ จังหวัดสมุทรปราการ 10560

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2548 สำเร็จการศึกษาปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาปิโตรเคมีและวัสดุพอลิเมอร์
จากมหาวิทยาลัยศิลปากร พระราชวังสนามจันทร์ นครปฐม
พ.ศ. 2548 ศึกษาต่อระดับปริญญาโทบัณฑิต สาขาวิทยาการและวิศวกรรมพอลิเมอร์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ทุนที่ได้รับระหว่างการศึกษ

พ.ศ. 2548 ทุนผู้ช่วยอาจารย์วิชา Polymer Technology Laboratory, Polymer Science
Laboratory และ Chemical Engineering Laboratory
พ.ศ. 2549 ทุนผู้ช่วยอาจารย์วิชา Chemical Engineering Laboratory