

การศึกษากระบวนการแปรรูปยางแบบต่อเนื่องด้วยเครื่องเอกซทруд

Study of Continuous Rubber Processing by Extruder

สุรัชย์ ศิริพัฒน์¹ อดุลย์ ณ วิเชียร¹ สุมนา แจ่มเหมือน¹

¹ กลุ่มอุตสาหกรรมยาง สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษากระบวนการแปรรูปยางแบบต่อเนื่องด้วยเครื่องเอกซทруд ในการทดลองออกสูตรยางขอบกระจกรถยนต์ตามมาตรฐาน มอก .697-2530 พบว่า อัตราส่วนระหว่างยางธรรมชาติกับยางสังเคราะห์อยู่ระหว่าง 25-75 % จากนั้นทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์ยางขอบกระจกรถยนต์ เช่น เปอร์เซ็นต์การบวมพอง (Die swell) และอัตราการไหล จากผลการทดลองพบว่า เมื่อเพิ่มความเร็วสกรูจะมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การบวมพองของยางขอบกระจกรถยนต์ลดลง แต่มีอัตราการไหลเพิ่มขึ้น

คำนำ

กระบวนการแปรรูปยางแห้ง (ยางแผ่นรมควัน (RSS) ยางแท่ง (STR)) โดยการขึ้นรูปยางที่ได้ผสมสารเคมีเรียบร้อยแล้วให้เป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ มีหลายวิธี ได้แก่ การอัดขึ้นรูป โดยใช้แม่พิมพ์ (Moulding) ผลิตภัณฑ์ เช่น ประเก็น /ซีลยาง การใช้เครื่องคาลเ็นเดอร์ (Calender) และการอัดผ่านตาย (Extruding)^[1] ผลิตภัณฑ์ เช่น ท่อยาง ยางรัดของ มูลค่าการส่งออกผลิตภัณฑ์ยางของไทย ตามประเภทผลิตภัณฑ์จากการเอ็กซทรูด เช่น ท่อยาง (Hose) มีมูลค่า 4,967.83 ล้านบาท ยางรัดของ (Rubber Band) มีมูลค่า 1,855.03 ล้านบาท ผลิตภัณฑ์จากการเอ็กซทรูด มีอีกหลายผลิตภัณฑ์ที่มีความต้องการของตลาด ทั้งภายในและต่างประเทศ อุตสาหกรรมยานยนต์ เช่น ท่อยางทนน้ำมัน ขอบกระจกรถ ยางปิดน้ำฝน ผลิตภัณฑ์ในงานวิศวกรรม เช่น ยางกันซึม waterstop ผลิตภัณฑ์ในทางการแพทย์ ยางซีลขอบกระจก ยางขอบฝาตู้อบ ยางขอบฝาตู้แช่แข็ง ยางขอบประตูตู้คอนเทนเนอร์ รวมทั้งผลิตภัณฑ์อื่นๆ

การเอ็กซทรูดเป็นกระบวนการแปรรูปหลักของอุตสาหกรรมพลาสติกชนิดหนึ่ง^[2] เช่น การทำพลาสติกผง (powder) และเม็ด (pellets) การผลิต เส้นใย ท่อ แผ่นพลาสติก เป็นต้น การผลิตผลิตภัณฑ์จากพลาสติกนั้นเพียงแค่นำเม็ดพลาสติกที่อัดขึ้นรูปแล้วไปขึ้นรูปให้ได้แล้ว ต่างจากยางที่ต้องมีการวัลคาไนซ์ภายหลังการแปรรูป ดังนั้นกระบวนการแปรรูปยาง จึงต้องคำนึงถึงปัจจัยและเทคนิคต่างๆ เริ่มตั้งแต่การบดยาง(masticate) การผสมยางกับสารเคมี การขึ้นรูป การวัลคาไนซ์ และการตกแต่งผลิตภัณฑ์ ปัญหาของการเอ็กซทรูดมีหลายอย่าง เช่น ยางพองโตมากกว่า die (die swell) ยางมีขนาดไม่สม่ำเสมอ ยางสก๊อชให้ผิวหยาบ เป็นเม็ด ยางมีรูพรุน ผิวหยาบ และ ขอบไม่เรียบหยาบ เป็นต้น

ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตแบบต่อเนื่อง มีการผลิตปริมาณมากต่อครั้งของการผลิต และต้องใช้เครื่องมือและวิธีการผลิต หลายอย่างประกอบกัน เริ่มจากการเตรียมยางผสมสารเคมี แล้วนำยางผสมสารเคมี ปริมาณที่สม่ำเสมอเข้าสู่เครื่องเอ็กซทรูด ยางจะอยู่ใน Barrel (กระบอกลอย) เพื่อให้ยางอุ่นก่อนส่งยางออกไปให้ต่อเนื่องตลอดเวลาโดย Screw (สกรู) ผ่านช่องที่เปิดไว้ ช่องนี้เรียกว่า die ลักษณะของยางที่ไหลออกมาจากช่อง จะมีรูปร่างเป็นไปตามผลิตภัณฑ์ เช่น ยางขอบกระจกรถ ท่อยาง เป็นต้นผลิตภัณฑ์ต้องออกมาอย่างต่อเนื่อง ผ่านเครื่องทำให้ผลิตภัณฑ์ยางคงรูปแล้วลดอุณหภูมิ และสิ้นสุดที่เครื่องม้วนเก็บผลิตภัณฑ์

จากปัญหาและเทคนิคในกระบวนการแปรรูปยาง ด้วยการเอ็กซทรูด ดังกล่าวนั้นมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ แต่ข้อมูลดังกล่าวมีไม่เพียงพอในการแก้ปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้น ดังนั้นจึงต้องมีการศึกษาข้อมูลทางด้านเทคนิคและปัจจัยต่างๆที่มีอิทธิพลต่อการผลิตอย่างถูกต้อง เพียงพอเพื่อการผลิตผลิตภัณฑ์ให้ได้สินค้ามีคุณภาพ และลดเวลา ลดต้นทุนในการผลิต และเป็นการส่งเสริม การผลิตและส่งออกในรูปของผลิตภัณฑ์หรือการเพิ่มมูลค่ายางของประเทศไทยมากขึ้น

ระเบียบวิธีการวิจัย

อุปกรณ์

1. เครื่องเอกซทรูด
2. เครื่องบดขยงสองลูกกลิ้ง
3. เครื่องวัดความทนทานต่อแรงดึง (Tensile Tester)
4. ขางแผ่นรมควันชั้น 3
5. Zinc oxide
6. Carbon black N 330

วิธีการทดลอง

1. ศึกษาการออกสูตรยาง ผลิตภัณฑ์ ขยงขอบกระจกรถยนต์ตามมาตรฐาน มอก. 697-2530 โดยทำการบดผสมขยงกับสารเคมีตามตารางที่ 1 หลังจากนั้นทำการ ทดสอบสมบัติการคงรูป ที่อุณหภูมิ 150 °C และสมบัติทางกายภาพ

2. ศึกษาปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการขึ้นรูปด้วยเครื่อง extruder โดย เลือกสูตรขยงที่เหมาะสม จากข้อ 1. มาทำการ ศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่อลักษณะของผลิตภัณฑ์ , อัตราการไหลของขยง และ %die swell จากเครื่อง extruder ได้แก่ ศึกษาผลของความเร็วสกรูที่ระดับ 20-50 รอบต่อนาที

3.บันทึกข้อมูล วิเคราะห์ และสรุปผล

ระยะเวลาทำการทดลอง

ตุลาคม 2551 - กันยายน 2553

สถานที่ดำเนินการ

กลุ่มอุตสาหกรรมยาง สถาบันวิจัยขยง

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ศึกษาการออกสูตรขยงและทดสอบสมบัติทางกายภาพ

จากผลการออกสูตรขยงขอบกระจกรถยนต์ตามตารางที่ 1 และทดสอบสมบัติทางกายภาพตามตารางที่ 1 และ 2 จะเห็นได้ว่า สูตรขยง 1,2 และ 3 มีสมบัติทางกายภาพไม่ผ่านมาตรฐาน มอก. 697-2530 เช่น ความต้านทานต่อการขยบตัว เป็นต้น แต่สูตรขยง 4, 5 และ 6 ตามลำดับ มีสมบัติทางกายภาพผ่านมาตรฐาน มอก. 697-2530 จากนั้นได้ทำเลือกสูตรขยง 4,5 และ 6 ตามลำดับ มาทำการออกขยงขอบกระจกรถยนต์ด้วยเครื่องเอกซทรูด โดยทำการแปรความเร็วสกรูที่ระดับ 20, 30, 40 และ 50 รอบต่อ

นาที่ ตามตารางที่ 3-5 พบว่า ขางขอบกระจกที่ออกได้มีผิวเรียบและขอบไม่ขรุขระ และมี % die swell ลดลงที่ทุกๆระดับความเร็วสกรู อันเป็นผลมาจากทำให้ยางมีเวลาอยู่ใน Die นานขึ้นและสามารถเกิดการคลายตัวมากขึ้น จึงมีผลทำให้เกิด Die swell น้อยลง ส่วนอัตราการไหลของยางมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความเร็วสกรูและปริมาณของยางธรรมชาติ อาจเป็นผลมาจากโมเลกุลของยางจะพันกันแบบยุ่งเหยิงหรือ Random coil ขณะถูกหลอมเหลวภายในเครื่อง Extruder เมื่อถูกอัดผ่าน Die สายโซ่โมเลกุลจะถูกบังคับให้เรียงตัวเนื่องจากแรงเฉือน (Shear stress) ที่พยายามทำให้สายโซ่โมเลกุลอยู่ในลักษณะ random เหมือนเดิม

ตารางที่ 1 สูตรยางผสมสารเคมี

ยางและสารเคมี	ปริมาณ (phr)					
	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3	สูตร 4	สูตร 5	สูตร 6
RSS#3	45	45	45	50	25	75
EPDM	55	55	55	50	75	25
ZnO	3	3	3	3	3	3
Stearic Acid	1	1	1	1	1	1
Paraffinic wax	1	1	1	1	1	1
6 PPD	1	1	1	1	1	1
Paraffinic oil	1	1	1	1	1	1
CBS	2	2	2	2	2	2
S	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4
CaCO ₃	-	-	20	100	100	100
N 550	20	30	30	20	20	20

ตารางที่ 2 สมบัติทางกายภาพของสูตรยางต่างๆ

Physical Properties	มอก. 697-	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3	สูตร 4	สูตร 5	สูตร 6
	2530						
Hardness (Shore A)	70±5	57.3	64.9	67.7	72.2	73.1	72.5
Tensile strength (MPa)	< 7.0	7.2	12.8	11.4	7.0	9.2	9.6
Elongation at break (%)	< 200 %	343	461	450	372	501	404
Compression set (%), 70 °C, 22 hr	> 50 %	64.62	62.33	56.22	33.88	35.18	29.04
Ozone resistance at 50 pphm, 20 % strain , 40 °C , 72 hr	ไม่แตก	ไม่แตก	ไม่แตก	ไม่แตก	ไม่แตก	ไม่แตก	ไม่แตก
Physical Properties, after ageing							
@100°C, 70 hrs							
Change of Tensile strength (%)	> 25 %	-16.67	0.68	-23.68	-10.0	-22.83	0.00
Change of Elongation at break (%)	> 35 %	-20.41	-17.14	-30.44	-24.73	-23.95	-11.14
Change of Hardness (%)	-5,+10	4.36	1.39	3.10	2.49	1.64	2.62

ตารางที่ 3 ผลของความเร็วสกรูต่อลักษณะภายนอกของผลิตภัณฑ์

	ลักษณะภายนอกของผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 70 °C				ลักษณะภายนอกของผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 80 °C			
	20 rpm	30 rpm	40 rpm	50 rpm	20 rpm	30 rpm	40 rpm	50 rpm
สูตร 4	ผิวเรียบ	ผิวเรียบ	ผิวเรียบ	ผิวเรียบ	ผิวเรียบ	ผิวเรียบ	ผิวเรียบ	ผิวเรียบ
สูตร 5	ผิวเรียบ	ผิวเรียบ	ผิวเรียบ	ผิวเรียบ	ผิวเรียบ	ผิวเรียบ	ผิวเรียบ	ผิวเรียบ
สูตร 6	ผิวเรียบ	ผิวเรียบ	ผิวเรียบ	ผิวเรียบ	ผิวเรียบ	ผิวเรียบ	ผิวเรียบ	ผิวเรียบ

ตารางที่ 4 ผลของความเร็วจึงสกรูต่อ % die swell

	% die swell ของผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 70 °C				% die swell ของผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 80 °C			
	20 rpm	30 rpm	40 rpm	50 rpm	20 rpm	30 rpm	40 rpm	50 rpm
สูตร 4	67.69	67.21	60.52	56.63	67.44	57.87	60.30	61.07
สูตร 5	50.80	52.52	53.82	50.87	57.74	49.59	47.50	51.15
สูตร 6	45.54	42.36	45.10	40.05	52.40	49.66	43.62	45.86

ตารางที่ 5 ผลของความเร็วสกรูต่ออัตราการไหล

	อัตราการไหล ของผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 70 °C (g)				อัตราการไหล ของผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 80 °C (g)			
	20 rpm	30 rpm	40 rpm	50 rpm	20 rpm	30 rpm	40 rpm	50 rpm
สูตร 4	122.4	142.8	228.4	327.8	149.0	249.2	253.8	380.0
สูตร 5	134.2	151.0	154.7	161.2	179.4	255.6	321.6	315.2
สูตร 6	111.8	201.2	297.8	380.2	99.4	156.2	305.8	420.6

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

เมื่อเพิ่มความเร็วสกรูของเครื่องเอกซทรูดจะมีผลทำให้ % die swell ของยางลดลงแต่อัตราการไหลจะเพิ่มขึ้น

ข้อเสนอแนะ

ในการผลิตยางแบบต่อเนื่องด้วยเครื่องเอกซทรูดต้องมีการศึกษาข้อมูลเพิ่มเติม เช่น ความหนืดของยางคอมพาวด์ ปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อ % die swell

คำขอขอบคุณ

ขอขอบคุณหัวหน้ากลุ่มอุตสาหกรรมยาง สสท บัณฑิตวิทยาลัย และเจ้าหน้าที่บุคคลสมชายและทดสอบที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์ในการบดผสมยางกับสารเคมี ทดสอบและวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ

เอกสารอ้างอิง

วารสารณ์ ขจรไชยกูล และ นุชนาฏ ธีระนอง. 2545. **คู่มือเทคโนโลยียาง**. สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการ เกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.กรุงเทพฯ. 88 น.

เจริญ นาคะสรรค์ .2542, **การบวนการแปรรูปพลาสติก**, ภาควิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี.