สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ..... (3)

Abstract..... (4)

กิตติกรรมประกาศ..... (5)

สารบัญ..... (6)

บทที่

1. บทนำ..... 1

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 1

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย..... 2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 2

2. ทฤษฎี..... 3

2.1 วัฏจักรการเผาไหม้ (The burning cycle)..... 3

2.2 ยางคลอโรพรีน..... 4

2.3 หน้าที่ของสารทนไฟ..... 5

2.4 หลักการเลือกใช้สารทนไฟ..... 5

2.4.1 จำพวกฟอสเฟต..... 5

2.4.2 พวกที่มีสารประกอบฮาโลเจน..... 5

2.4.3 แอนติโมนีไตรออกไซด์..... 6

2.4.4 ไฮเดรทอลูมินา..... 6

2.5 ประเภทของสารทนไฟ..... 6

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
2.6	**ธาตุในสารทนไฟที่ใช้ในพอลิเมอร์**	7
	2.6.1 สารประกอบโบรอน	8
	2.6.2 อลูมิเนียมออกไซด์	8
	2.6.3 สารประกอบฟอสฟอรัส	9
	2.6.4 แอนติโมนีไตรออกไซด์	10
	2.6.5 สารประกอบคลอรีนและโบรมีน	11
2.7	**หลักการทดสอบการทนไฟ**	12
	2.7.1 การทดสอบขนาดใหญ่	12
	2.7.2 การทดสอบขนาดเล็ก	12
2.8	**วิธีการทดสอบการทนไฟตามมาตรฐาน ISO 3582 – 1978 (E)**	12
	2.8.1 ขอบเขตและลักษณะการใช้งาน	12
	2.8.2 เครื่องมือทดสอบการทนไฟ	13
	2.8.3 ความแม่นยำ	13
	2.8.4 จำนวน,ขนาด การทำเครื่องหมายและการชั่งน้ำหนักของชิ้นทดสอบ	13
	2.8.5 การปรับสภาพชิ้นทดสอบ	13
	2.8.6 ขั้นตอนการทดสอบการทนไฟ	14
3.	**วิธีการวิจัย**	17
3.1	**วัสดุ**	17
	3.1.1 ยางแท่ง STR 5L	17
	3.1.2 ยางคลอโรพรีน	17
	3.1.3 ซิงค์ออกไซด์	17
	3.1.4 กรดสเตียริก	17
	3.1.5 แมกนีเซียมออกไซด์	17
	3.1.6 สารแอนติออกซิแดนท์	17

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
	3.1.7 ทีเอ็มทีดี	18
	3.1.8 กำมะถัน	18
	3.1.9 แอนติโมนีไตรออกไซด์	18
	3.1.10 เขม่าดำ	18
	3.1.11 ซิลิกา	18
	3.1.12 แคลเซียมคาร์บอเนต	18
	3.2 อุปกรณ์	18
	3.2.1 เครื่องผสมยางแบบปิด	18
	3.2.2 เครื่องผสมยางสองลูกกลิ้ง	18
	3.2.3 เครื่อง Oscillating disk rheometer	19
	3.2.4 เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง	19
	3.2.5 เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง	19
	3.2.6 เครื่องอัดเบ้ายาง	19
	3.2.7 เบ้า	19
	3.2.8 เครื่องวัดความหนา	19
	3.2.9 อุปกรณ์ทดสอบการทนไฟ	19
	3.3 วิธีดำเนินการวิจัย	20
	3.3.1 การทดสอบสมบัติการทนไฟ	20
	3.3.2 การศึกษาอิทธิพลของปริมาณของสารแอนติโมนีไตรออกไซด์ต่อสมบัติการทนไฟของยางธรรมชาติ	23
	3.3.3 การศึกษาอิทธิพลของสัดส่วนการเบลนด์ระหว่างยางธรรมชาติกับยางคลอโรพรีนต่อสมบัติการทนไฟ	24
	3.3.4 การศึกษาอิทธิพลของสารแอนติโมนีไตรออกไซด์ต่อสมบัติการทนไฟ ของยางเบลนด์	25

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ **หน้า**

3.3.5 การศึกษาอิทธิพลของสารตัวเติมต่อสมบัติการทนไฟของยางเบลนด์ 26

3.3.6 การศึกษาอิทธิพลของปริมาณซิลิกาต่อสมบัติการทนไฟของยางเบลนด์ 27

4 ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง 29

4.1 ผลการศึกษาอิทธิพลของปริมาณของสารแอนติโมนีไตรออกไซด์ต่อสมบัติการทนไฟของยางธรรมชาติ 29

4.2 สมบัติการทนไฟของยางเบลนด์ระหว่างการใช้ยางธรรมชาติร่วมกับยางคลอโรพรีน 31

4.3 สมบัติการทนไฟของยางเบลนด์ที่เติมสารแอนติโมนีไตรออกไซด์ 37

4.4 สมบัติการทนไฟของยางเบลนด์ที่ผสมสารตัวเติมชนิดต่าง ๆ ในปริมาณ 25 phr 42

4.5 สมบัติการทนไฟของยางเบลนด์ที่ผสมซิลิกาในปริมาณต่าง ๆ 47

5 สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง 52

5.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยครั้งต่อไป 52

บรรณานุกรม 53

ภาคผนวก 54

ภาคผนวก ก 55

ภาคผนวก ข 57

รายการตาราง

ตาราง หน้า

3.1 ปริมาณสารเคมีชนิดต่างๆ ที่ใช้ในสูตรยางคอมเปานด์..... 24

3.2 ปริมาณสารเคมีชนิดต่างๆ ที่ใช้ในสูตรยางคอมเปานด์..... 25

3.3 ปริมาณสารเคมีชนิดต่างๆ ที่ใช้ในสูตรยางคอมเปานด์..... 26

3.4 ปริมาณสารเคมีชนิดต่างๆ ที่ใช้ในสูตรยางคอมเปานด์..... 27

3.5 ปริมาณสารเคมีชนิดต่างๆ ที่ใช้ในสูตรยางคอมเปานด์..... 28

4.1 สมบัติการทนไฟของยางธรรมชาติที่ผสมสารแอนติโมนีไตรออกไซด์ ในปริมาณต่าง ๆ..... 29

4.2 สมบัติการทนไฟของยางเบลนด์..... 32

4.3 สมบัติการทนไฟของเบลนด์ที่เติมสารแอนติโมนีไตรออกไซด์..... 37

4.4 สมบัติการทนไฟของยางเบลนด์ที่ผสมสารตัวเติมชนิดต่าง ๆ ในปริมาณ 25 phr..... 42

4.5 สมบัติการทนไฟของยางเบลนด์ที่ผสมซิลิกาในปริมาณต่าง ๆ..... 47

รายการภาพประกอบ

รูปที่ **หน้า**

2.1 รูปแบบของกระบวนการเผาไหม้ 3
2.2 โครงสร้างยางคลอโรพรีน 4
2.3 โครงสร้างสารทนไฟแต่ละชนิด 6
2.4 ปฏิกิริยาการสลายตัวของกรดบอริก 8
2.5 ปฏิกิริยาการสลายตัวของสารอินทรีย์ฟอสเฟต 9
2.6 ปฏิกิริยาการสลายตัวของแอนติโมนีออกซีคลอไรด์ 10
2.7 ปฏิกิริยาของไฮโดรเจนเฮไลด์ 11
2.8 ปฏิกิริยารูปโซ่ในกระบวนการเผาไหม้ของสารประกอบคลอรีน 12
3.1 การปรับขนาดของไฟสำหรับการทดสอบการทนไฟ 20
3.2 การวางชิ้นทดสอบสำหรับการทดสอบการทนไฟ 21
4.1 เวลาที่ไฟดับของยางธรรมชาติที่เติมสารแอนติโมนีไตรออกไซด์ในปริมาณต่าง ๆ 30
4.2 อัตราการเผาไหม้ของยางธรรมชาติที่เติมสารแอนติโมนีไตรออกไซด์ในปริมาณต่าง ๆ 31
4.3 เวลาที่ไฟดับของสูตรยางเบลนด์ที่มีสัดส่วนระหว่างยางคลอโรพรีนกับยางธรรมชาติ.. 33
4.4 ระยะทางที่เผาไหม้ของสูตรยางเบลนด์ที่มีสัดส่วนระหว่างยางคลอโรพรีนกับ
ยางธรรมชาติ 34
4.5 น้ำหนักที่สูญเสียไปจากเผาไหม้ของสูตรยางเบลนด์ที่มีสัดส่วน
ระหว่างยางคลอโรพรีนกับยางธรรมชาติต่าง ๆ 35
4.6 อัตราการเผาไหม้ของสูตรยางเบลนด์ที่มีสัดส่วนระหว่างยางคลอโรพรีน
กับยางธรรมชาติ 35
4.7 เวลาที่ไฟดับของสูตรยางเบลนด์ที่เติมและไม่เติมสารแอนติโมนีไตรออกไซด์..... 38
4.8 ระยะทางที่เผาไหม้ของสูตรยางเบลนด์ที่เติมและไม่เติมสารแอนติโมนีไตรออกไซด์. 39
4.9 น้ำหนักที่สูญหายของสูตรยางเบลนด์ที่เติมและไม่เติมสารแอนติโมนีไตรออกไซด์ .. 40
4.10 อัตราการเผาไหม้ของสูตรยางเบลนด์ที่เติมและไม่เติมสารแอนติโมนีไตรออกไซด์. 41
4.11 เวลาที่ไฟดับของสูตรยางเบลนด์ที่เติมสารตัวเติมชนิดต่าง ๆ ในปริมาณ 25 phr.... 43
4.12 ระยะทางที่เผาไหม้ของยางสูตรที่เติมสารตัวเติมชนิดต่าง ๆ ในปริมาณ 25 phr.... 44

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.13 น้ำหนักที่สูญเสียไปจากการเผาไหม้ของสูตรยางที่เติมสารตัวเติมชนิดต่าง ๆ ในปริมาณ 25 phr..... 45
4.14 แสดงอัตราการเผาไหม้ของสูตรยางเบลนด์ที่เติมสารตัวเติมชนิดต่าง ในปริมาณ 25 phr..... 46
4.15 เวลาที่ไฟดับของสูตรยางเบลนด์ที่เติมซิลิกาในปริมาณต่าง ๆ 48
4.16 ระยะที่ไหม้ไฟของยางสูตรยางที่ใช้ซิลิกาในปริมาณต่าง ๆ 49
4.17 น้ำหนักที่สูญหายจากการเผาไหม้ของยางของยางเบลนด์ที่ใช้ซิลิกา ในปริมาณต่าง ๆ..... 50
4.18 อัตราการเผาไหม้ของยางเบลนด์ที่ใช้ซิลิกาในปริมาณต่าง ๆ..... 51