

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(7)
คำอธิบาย คำย่อ และอักษรย่อที่ใช้	(9)
คำนำ	1
การตรวจเอกสาร	2
ทฤษฎี	2
ชนิดของยางที่ใช้ในกระบวนการผลิตยางรถยนต์	2
โครงสร้างทั่วไปของยางรถยนต์	8
ประเภทของยาง	10
ระบบการเผาไหม้ในอุตสาหกรรม	14
กระบวนการคาร์บอนไนซ์ หรือ การไพโรไลส์	21
ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	22
งานวิจัยด้านพลังงานหมุนเวียน	22
งานวิจัยด้านการเผาไหม้	23
งานวิจัยด้านเตาอุตสาหกรรม	25
งานวิจัยด้านการนำยางรถยนต์มาใช้ประโยชน์	27
อุปกรณ์และวิธีการ	28
อุปกรณ์	28
วิธีการ	30
ผล	35
วิจารณ์	125
สรุป	144
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	145

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แสดงสัดส่วนของส่วนประกอบของยางรถยนต์ประเภทต่าง ๆ (% โดยน้ำหนัก)	2
2	เปรียบเทียบส่วนประกอบของยางธรรมดา (bias/ cross-ply) กับยางเรเดียล (radial ply)	12
3	เปรียบเทียบส่วนประกอบของยางธรรมดา (bias/ cross-ply) กับยางเรเดียล (radial ply) (ต่อ)	13
4	ตารางเปรียบเทียบประสิทธิภาพของยางธรรมดา (bias/ cross-ply) กับยางเรเดียล (radial ply)	14
5	ตารางสังเกตสีควัน	33
6	ตารางบันทึกกลิ่นจากการเผาไหม้	34
7	ผลการผลิตยางตามกรรมวิธีต่างๆ	37
8	ค่าความหนาแน่นของยางที่ผลิตได้	38
9	ผลการทดลอง ก่อนเผาเชื้อเพลิงยางละเอียด (แห้ง) ในบอมบี้	40
10	ผลการทดลอง หลังเผาเชื้อเพลิงยางละเอียด (แห้ง) ในบอมบี้	41
11	ผลการทดลอง ก่อนเผาเชื้อเพลิงยางละเอียด (ชื้น) ในบอมบี้	42
12	ผลการทดลอง หลังเผาเชื้อเพลิงยางละเอียด (ชื้น) ในบอมบี้	43
13	ผลการทดลอง ก่อนเผาเชื้อเพลิงยางหยาบ (แห้ง) ในบอมบี้	44
14	ผลการทดลอง หลังเผาเชื้อเพลิงยางหยาบ (แห้ง) ในบอมบี้	45
15	ผลการทดลอง ก่อนเผาเชื้อเพลิงยางหยาบ (ชื้น) ในบอมบี้	46
16	ผลการทดลอง หลังเผาเชื้อเพลิงยางหยาบ (ชื้น) ในบอมบี้	47
17	ผลการทดลอง ก่อนเผาเชื้อเพลิงยางตะไบ (แห้ง) ในบอมบี้	48
18	ผลการทดลอง หลังเผาเชื้อเพลิงยางตะไบ (แห้ง) ในบอมบี้	49
19	ผลการทดลอง ก่อนเผาเชื้อเพลิงยางตะไบ (ชื้น) ในบอมบี้	50
20	ผลการทดลอง หลังเผาเชื้อเพลิงยางตะไบ (ชื้น) ในบอมบี้	51
21	ผลการทดลอง ก่อนเผาเชื้อเพลิงถ่านหิน (ลิกไนต์) ในบอมบี้	52
22	แสดงผลการทดลอง หลังเผาเชื้อเพลิงถ่านหิน (ลิกไนต์) ในบอมบี้	53

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
23	การเพิ่มอุณหภูมิของน้ำในบอมบ์แคลอริมิเตอร์เมื่อเผาผลาญยางละเอียด (แห้ง)	54
24	การเพิ่มอุณหภูมิของน้ำในบอมบ์แคลอริมิเตอร์เมื่อเผาผลาญยางละเอียด (ชื้น)	55
25	การเพิ่มอุณหภูมิของน้ำในบอมบ์แคลอริมิเตอร์เมื่อเผาผลาญยางหยาบ (แห้ง)	56
26	การเพิ่มอุณหภูมิของน้ำในบอมบ์แคลอริมิเตอร์เมื่อเผาผลาญยางหยาบ (ชื้น)	57
27	การเพิ่มอุณหภูมิของน้ำในบอมบ์แคลอริมิเตอร์เมื่อเผาผลาญตะไไ (แห้ง)	58
28	การเพิ่มอุณหภูมิของน้ำในบอมบ์แคลอริมิเตอร์เมื่อเผาผลาญตะไไ (ชื้น)	59
29	การเพิ่มอุณหภูมิของน้ำในบอมบ์แคลอริมิเตอร์เมื่อเผาผลาญถ่านหิน (ลิกไนต์)	60
30	แสดงผลของความชื้นต่ออัตราการปล่อยพลังงานและค่าความร้อนจำเพาะ	61
31	แสดงผลการทดลอง ก่อนเผาเชื้อเพลิงผสม พยางละเอียด : ถ่านหิน (1:9) ในบอมบ์ฯ	64
32	ผลการทดลอง หลังเผาเชื้อเพลิงผสมพยางละเอียด : ถ่านหิน (1:9) ในบอมบ์ฯ	65
33	ผลการทดลอง ก่อนเผาเชื้อเพลิงผสม พยางหยาบ : ถ่านหิน (1:9) ในบอมบ์ฯ	66
34	ผลการทดลอง หลังเผาเชื้อเพลิงผสมพยางหยาบ : ถ่านหิน (1:9) ในบอมบ์ฯ	67
35	ผลการทดลอง ก่อนเผาเชื้อเพลิงผสม พยางตะไไ : ถ่านหิน (1:9) ในบอมบ์ฯ	68
36	ผลการทดลอง หลังเผาเชื้อเพลิงผสมพยางตะไไ : ถ่านหิน (1:9) ในบอมบ์ฯ	69
37	ผลการทดลอง ก่อนเผาเชื้อเพลิงผสม พยางละเอียด : ถ่านหิน (2:8) ในบอมบ์ฯ	70
38	ผลการทดลอง หลังเผาเชื้อเพลิงผสมพยางละเอียด : ถ่านหิน (2:8) ในบอมบ์ฯ	71
39	ผลการทดลอง ก่อนเผาเชื้อเพลิงผสม พยางหยาบ : ถ่านหิน (2:8) ในบอมบ์ฯ	72
40	ผลการทดลอง หลังเผาเชื้อเพลิงผสมพยางหยาบ : ถ่านหิน (2:8) ในบอมบ์ฯ	73
41	ผลการทดลอง ก่อนเผาเชื้อเพลิงผสม พยางตะไไ : ถ่านหิน (2:8) ในบอมบ์ฯ	74
42	ผลการทดลอง หลังเผาเชื้อเพลิงผสมพยางตะไไ : ถ่านหิน (2:8) ในบอมบ์ฯ	75
43	ผลการทดลอง ก่อนเผาเชื้อเพลิงผสม พยางละเอียด : ถ่านหิน (3:7) ในบอมบ์ฯ	76
44	ผลการทดลอง หลังเผาเชื้อเพลิงผสมพยางละเอียด : ถ่านหิน (3:7) ในบอมบ์ฯ	77
45	ผลการทดลอง ก่อนเผาเชื้อเพลิงผสม พยางหยาบ : ถ่านหิน (3:7) ในบอมบ์ฯ	78
46	ผลการทดลอง หลังเผาเชื้อเพลิงผสมพยางหยาบ : ถ่านหิน (3:7) ในบอมบ์ฯ	79

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
47	ผลการทดลอง ก่อนเผาเชื้อเพลิงผสม พงยางตะไไ : ถ่านหิน (3:7) ในบอมบ์ฯ	80
48	ผลการทดลอง หลังเผาเชื้อเพลิงผสม พงยางตะไไ : ถ่านหิน (3:7) ในบอมบ์ฯ	81
49	ผลการทดลอง ก่อนเผาเชื้อเพลิงผสม พงยางละเอียด : ถ่านหิน (4:6) ในบอมบ์ฯ	82
50	ผลการทดลอง หลังเผาเชื้อเพลิงผสม พงยางละเอียด : ถ่านหิน (4:6) ในบอมบ์ฯ	83
51	ผลการทดลอง ก่อนเผาเชื้อเพลิงผสม พงยางหยาบ : ถ่านหิน (4:6) ในบอมบ์ฯ	84
52	ผลการทดลอง หลังเผาเชื้อเพลิงผสม พงยางหยาบ : ถ่านหิน (4:6) ในบอมบ์ฯ	85
53	ผลการทดลอง ก่อนเผาเชื้อเพลิงผสม พงยางตะไไ : ถ่านหิน (4:6) ในบอมบ์ฯ	86
54	ผลการทดลอง หลังเผาเชื้อเพลิงผสม พงยางตะไไ : ถ่านหิน (4:6) ในบอมบ์ฯ	87
55	ผลการทดลอง ก่อนเผาเชื้อเพลิงผสม พงยางละเอียด : ถ่านหิน (5:5) ในบอมบ์ฯ	88
56	ผลการทดลอง หลังเผาเชื้อเพลิงผสม พงยางละเอียด : ถ่านหิน (5:5) ในบอมบ์ฯ	89
57	ผลการทดลอง ก่อนเผาเชื้อเพลิงผสม พงยางหยาบ : ถ่านหิน (5:5) ในบอมบ์ฯ	90
58	ผลการทดลอง หลังเผาเชื้อเพลิงผสม พงยางหยาบ : ถ่านหิน (5:5) ในบอมบ์ฯ	91
59	ผลการทดลอง ก่อนเผาเชื้อเพลิงผสม พงยางตะไไ : ถ่านหิน (5:5) ในบอมบ์ฯ	92
60	ผลการทดลอง หลังเผาเชื้อเพลิงผสม พงยางตะไไ : ถ่านหิน (5:5) ในบอมบ์ฯ	93
61	การเพิ่มอุณหภูมิของน้ำในบอมบ์แคลอริมิเตอร์เมื่อเผาเชื้อเพลิงผสม พงยางละเอียด : ถ่านหิน (1:9)	94
62	การเพิ่มอุณหภูมิของน้ำในบอมบ์แคลอริมิเตอร์เมื่อเผาเชื้อเพลิงผสม พงยางหยาบ : ถ่านหิน (1:9)	95
63	การเพิ่มอุณหภูมิของน้ำในบอมบ์แคลอริมิเตอร์เมื่อเผาเชื้อเพลิงผสม พงยางตะไไ : ถ่านหิน (1:9)	96
64	การเพิ่มอุณหภูมิของน้ำในบอมบ์แคลอริมิเตอร์เมื่อเผาเชื้อเพลิงผสม พงยางละเอียด : ถ่านหิน (2:8)	97
65	การเพิ่มอุณหภูมิของน้ำในบอมบ์แคลอริมิเตอร์เมื่อเผาเชื้อเพลิงผสม พงยางหยาบ : ถ่านหิน (2:8)	98

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
66	การเพิ่มอุณหภูมิของน้ำในบอมบ์แคลอริมิเตอร์เมื่อเผาเชื้อเพลิงผสม ผงยางตะไบ : ถ่านหิน (2:8)	99
67	การเพิ่มอุณหภูมิของน้ำในบอมบ์แคลอริมิเตอร์เมื่อเผาเชื้อเพลิงผสม ผงยางละเอียด : ถ่านหิน (3:7)	100
68	การเพิ่มอุณหภูมิของน้ำในบอมบ์แคลอริมิเตอร์เมื่อเผาเชื้อเพลิงผสม ผงยางหยาบ : ถ่านหิน (3:7)	101
69	การเพิ่มอุณหภูมิของน้ำในบอมบ์แคลอริมิเตอร์เมื่อเผาเชื้อเพลิงผสม ผงยางตะไบ : ถ่านหิน (3:7)	102
70	การเพิ่มอุณหภูมิของน้ำในบอมบ์แคลอริมิเตอร์เมื่อเผาเชื้อเพลิงผสม ผงยางละเอียด : ถ่านหิน (4:6)	103
71	การเพิ่มอุณหภูมิของน้ำในบอมบ์แคลอริมิเตอร์เมื่อเผาเชื้อเพลิงผสม ผงยางหยาบ : ถ่านหิน (4:6)	104
72	การเพิ่มอุณหภูมิของน้ำในบอมบ์แคลอริมิเตอร์เมื่อเผาเชื้อเพลิงผสม ผงยางตะไบ : ถ่านหิน (4:6)	105
73	การเพิ่มอุณหภูมิของน้ำในบอมบ์แคลอริมิเตอร์เมื่อเผาเชื้อเพลิงผสม ผงยางละเอียด : ถ่านหิน (5:5)	106
74	การเพิ่มอุณหภูมิของน้ำในบอมบ์แคลอริมิเตอร์เมื่อเผาเชื้อเพลิงผสม ผงยางหยาบ : ถ่านหิน (5:5)	107
75	การเพิ่มอุณหภูมิของน้ำในบอมบ์แคลอริมิเตอร์เมื่อเผาเชื้อเพลิงผสม ผงยางตะไบ : ถ่านหิน (5:5)	108
76	ผลการทดลอง ก่อนเผาเชื้อเพลิงผงยางละเอียด (ลटकลิน/ควัน) ในบอมบ์ฯ	112
77	ผลการทดลอง หลังเผาเชื้อเพลิงผงยางละเอียด (ลटकลิน/ควัน) ในบอมบ์ฯ	113
78	ผลการทดลอง ก่อนเผาเชื้อเพลิงผงยางหยาบ (ลटकลิน/ควัน) ในบอมบ์ฯ	114
79	ผลการทดลอง หลังเผาเชื้อเพลิงผงยางหยาบ (ลटकลิน/ควัน) ในบอมบ์ฯ	115
80	ผลการทดลอง ก่อนเผาเชื้อเพลิงผงยางตะไบ (ลटकลิน/ควัน) ในบอมบ์ฯ	116

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
81 ผลการทดลอง หลังเผาเชื้อเพลิงฟอสซิล (ลดกลิ่น/ควัน) ในบอมบ์ฯ	117
82 การเพิ่มอุณหภูมิของน้ำในบอมบ์แคลอรีมิเตอร์ เมื่อเผาฟอสซิล (ลดกลิ่น/ควัน)	118
83 การเพิ่มอุณหภูมิของน้ำในบอมบ์แคลอรีมิเตอร์ เมื่อเผาฟอสซิล (ลดกลิ่น/ควัน)	119
84 การเพิ่มอุณหภูมิของน้ำในบอมบ์แคลอรีมิเตอร์ เมื่อเผาฟอสซิล (ลดกลิ่น/ควัน)	120
85 เปรียบเทียบคุณสมบัติของฟอสซิล ฟอสซิลไร้ควัน และถ่านหิน	121
86 ผลเปรียบเทียบค่าความร้อนจำเพาะจากการศึกษาและจากสมการ (ฟอสซิล)	133
87 ผลเปรียบเทียบค่าความร้อนจำเพาะจากการศึกษาและจากสมการ (ฟอสซิล)	134
88 ผลเปรียบเทียบค่าความร้อนจำเพาะจากการศึกษาและจากสมการ (ฟอสซิล)	135
89 วิเคราะห์การใช้ฟอสซิลในเตาตะกรับชนิดป้อนเหนือเตา	141
90 วิเคราะห์การใช้ฟอสซิลในเตาตะกรับชนิดป้อนใต้เตา	141
91 วิเคราะห์การใช้ฟอสซิลในเตาตะกรับแบบมีน้ำหล่อเย็น	142
92 วิเคราะห์การใช้ฟอสซิลในเตาตะกรับเคลื่อนที่ด้วยโซ่	142
93 วิเคราะห์การใช้ฟอสซิลในเตาเผาชนิดฟลูอิดไดซ์เบด	142

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า	
1	สูตรโครงสร้างยางธรรมชาติ	3
2	สูตรโครงสร้างยางบิวไทล์	4
3	สูตรโครงสร้างของบิวตาไดอิน	5
4	สูตรโครงสร้างของยาง EPDM	6
5	สูตรโครงสร้างของยาง SBR	7
6	โครงสร้างยางรถยนต์	8
7	รายละเอียดโครงสร้างหน้ายางและไหล่ยาง	8
8	แนวการวางผ้าใบของยางธรรมดา (Bias & Bias Belted)	10
9	แนวการวางผ้าใบของยางเรเดียล (Radial Ply)	11
10	แสดงตัวอย่างเตาเผาชนิดป้อนเหนือตะกรับที่เคลื่อนที่ได้	16
11	เตาเผาชนิดป้อนใต้ตะกรับ	17
12	เตาเผาตะกรับเขย่าและมีน้ำหล่อเย็น	18
13	เตาเผาชนิดตะกรับเคลื่อนที่ด้วยโซ่	19
14	ภาพขยายผิวสัมผัสหินเจียรหยาบ	28
15	ภาพขยายผิวสัมผัสหินเจียรละเอียด	28
16	ภาพขยายผิวสัมผัสตะไบ	29
17	การเจียรผงบยางรถยนต์	31
18	ผงบยางที่ผลิตจากหินเจียรละเอียดความเร็วรอบ 2,900 rpm (ผงบยางละเอียด)	36
19	ผงบยางที่ผลิตจากหินเจียรหยาบความเร็วรอบ 2,900 rpm (ผงบยางหยาบ)	36
20	ผงบยางที่ผลิตโดยให้ตะไบ (ผงบยางตะไบ)	37
21	กราฟแสดงช่วงที่อุณหภูมิของน้ำเพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอ (Steady Stage)	61
22	ผงบยางละเอียด (ลดควัน/กลิ่น)	109
23	ภาพผงบยางหยาบ (ลดควัน/กลิ่น)	110
24	ภาพผงบยางตะไบ (ลดควัน/กลิ่น)	110
25	การเผาผงบางบนตะแกรง	122

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
26	การเผ่ากำจัดกลิ่นและควันของผงยางละเอียด	123
27	การเผ่ากำจัดกลิ่นและควันของผงยางละเอียด (ลดกลิ่น/ควัน)	124
28	ความหนาแน่นของผงยางก่อนและหลังผ่านกระบวนการดูดความชื้น	126
29	แผนภูมิเปรียบเทียบค่าความร้อนจำเพาะก่อนและหลังการดูดความชื้น	127
30	แผนภูมิเปรียบเทียบอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิของน้ำในบอมบ์แคลอริมิเตอร์ ก่อนและหลังผ่านกระบวนการดูดความชื้นจากผงยางละเอียด	128
31	แผนภูมิเปรียบเทียบอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิของน้ำในบอมบ์แคลอริมิเตอร์ ก่อนและหลังผ่านกระบวนการดูดความชื้นจากผงยางหยาบ	128
32	แผนภูมิเปรียบเทียบอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิของน้ำในบอมบ์แคลอริมิเตอร์ ก่อนและหลังผ่านกระบวนการดูดความชื้นจากผงยางตะไบ	129
33	แผนภูมิเปรียบเทียบอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิของน้ำในบอมบ์แคลอริมิเตอร์ ก่อนและหลังผ่านกระบวนการดูดความชื้นของเชื้อเพลิงผสมผงยางละเอียดกับถ่านหิน	130
34	แผนภูมิเปรียบเทียบอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิของน้ำในบอมบ์แคลอริมิเตอร์ ก่อนและหลังผ่านกระบวนการดูดความชื้นของเชื้อเพลิงผสมผงยางหยาบกับถ่านหิน	131
35	แผนภูมิเปรียบเทียบอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิของน้ำในบอมบ์แคลอริมิเตอร์ ก่อนและหลังผ่านกระบวนการดูดความชื้นของเชื้อเพลิงผสมผงยางตะไบกับถ่านหิน	131
36	แผนภูมิแสดงค่าความร้อนจำเพาะและสมการทำนายค่าความร้อนจำเพาะของ เชื้อเพลิงผสมถ่านหินและผงยางละเอียด	133
37	แผนภูมิแสดงค่าความร้อนจำเพาะและสมการทำนายค่าความร้อนจำเพาะของ เชื้อเพลิงผสมถ่านหินและผงยางหยาบ	134
38	แผนภูมิแสดงค่าความร้อนจำเพาะและสมการทำนายค่าความร้อนจำเพาะของ เชื้อเพลิงผสมถ่านหินและผงยางตะไบ	135
39	ค่าความหนาแน่นของผงยาง (ลดกลิ่น/ควัน)	136
40	แผนภูมิเปรียบเทียบอัตราการเพิ่มอุณหภูมิของน้ำในบอมบ์แคลอริมิเตอร์ของ เชื้อเพลิงผงยาง ผงยาง(ลดกลิ่น/ควัน) และถ่านหิน	137
41	แผนภูมิเปรียบเทียบคุณสมบัติของผงยาง ผงยาง(ลดกลิ่น/ควัน) และถ่านหิน	138

คำอธิบาย คำย่อ และอักษรย่อที่ใช้

Btu	=	British thermal unit
°C	=	Centigrade degree
cm	=	centimeter
°F	=	Fahrenheit degree
g	=	gram
hr	=	hour
K	=	Kelvin Degree
l	=	liter
m	=	meter
min	=	minute
rpm	=	round per minute