ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมป้องกันอัคคีภัย)

ปริญญา

วิศวกรรมป้องกันอัคคีภัย — **สาขา**

โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา — **ภาควิชา**

เรื่อง การใช้วุ้นผงบุกและวุ้นผงบุกผสมเม็ดแมงลักเป็นวัสดุเคลือบผิวเพื่อหน่วงเวลาการลุกติดไฟ

Uses of Konjac Gel and a Mixture of Konjac and Basil Seed Gel as Fire Retardant Coating Materials

นามผู้วิจัย นายจุลดิษย์ จายนียโยธิน

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

(รองศาสตราจารย์อภิญญา ดวงจันทร์, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ณัฐศักดิ์ บุญมี, Ph.D.)

ประธานสาขาวิชา .....

(รองศาสตราจารย์สุรชัย รดาการ, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... **เดือน** ..... **พ.ศ.** .....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การใช้วุ้นผงบุกและวุ้นผงบุกผสมเม็ดแมงลักเป็นวัสดุเคลือบผิว เพื่อหน่วงเวลาการลุกติดไฟ

Uses of Konjac Gel and a Mixture of Konjac and Basil Seed Gel as Fire Retardant Coating Materials

โดย

นายจุลดิษย์ จายนียโยธิน

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมป้องกันอัคคีภัย)
พ.ศ. 2553

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จุลดิษย์ จายนียโยธิน 2553: การใช้วุ้นผงบุกและวุ้นผงบุกผสมเม็ดแมงลักเป็นวัสดุเคลือบผิวเพื่อหน่วงเวลาการลุกติดไฟ ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมป้องกันอัคคีภัย) สาขาวิชาป้องกันอัคคีภัย โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์อภิญญา ดวงจันทร์, Ph.D. 76 หน้า

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาสมบัติการหน่วงเวลาการลุกติดไฟของวัสดุอุ้มน้ำจากธรรมชาติ ได้แก่ วุ้นบุกผงและวุ้นบุกผงผสมเม็ดแมงลัก บนผิววัสดุฐานที่เป็นแผ่นไม้อัดสัก ไม้อัดยาง และแผ่นใยไม้อัดชนิดความหนาแน่นปานกลางขนาด 10x10 ตารางเซนติเมตร เปรียบเทียบกับสารหน่วงเวลาการลุกติดไฟสังเคราะห์ที่มีจำหน่ายในท้องตลาดประเภทฟองโฟมดับเพลิงเข้มข้นและพอลิเมอร์เจลดับเพลิงเข้มข้น โดยควบคุมสารหน่วงเวลาต่างๆมีปริมาณน้ำบนชั้นเคลือบป้องกันวัสดุฐานเท่ากันที่ 50 มิลลิลิตร โดยการทดสอบด้วยเครื่องแคลอรีมิเตอร์รูปกรวย Cone Calorimeter เพื่อควบคุมปริมาณฟลักซ์ความร้อนคงที่ที่ 50 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร และ 60 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร ที่แผ่ไปยังผิววัสดุที่ทำการทดสอบ ทำการบันทึกน้ำหนักที่สูญเสียและทำการจับเวลาตั้งแต่เริ่มให้พลังงานความร้อนจนกระทั่งวัสดุฐานลุกติดไฟเพื่อวัดประสิทธิภาพของวัสดุหน่วงเวลาต่างๆ พบว่าที่ฟลักซ์ความร้อน 50 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร วุ้นที่ได้จากบุกผงและบุกผงผสมเม็ดแมงลักมีคุณสมบัติด้านการหน่วงเวลาประมาณ 252 วินาทีดีกว่าวัสดุหน่วงเวลาประเภทฟองโฟมและประเภทพอลิเมอร์เจลที่มีจำหน่ายอยู่ในท้องตลาดประมาณ 120 วินาทีและ 20 วินาทีตามลำดับ

_____ _____ ___ / ___ / ___

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Juladit Chayaniyayodhin 2010: Uses of Konjac Gel and a Mixture of Konjac and Basil Seed Gel as Fire Retardant Coating Materials, Kasetsart University. Master of Engineering (Fire Protection Engineering), Major Field: Fire Protection Engineering, Interdisciplinary Graduate Program. Thesis Advisor: Associate Professor Apinya Duangchan, Ph.D. 76 pages.

This research studies on using konjac gel (Amorphophallus konjac) and a mixture of konjac gel and basil seed (Ocimum basilicum) natural water absorbed materials, as fire retardants. Ignition delay time of each material coated on 10x10 square centimeter. of substrates which are made of teak plywood, hevea plywood and medium density fiber board is compared with those of "Class A" synthetic fire fighting foam and commercial fire retardant gel. The water content in all fire retardant mixtures is 50 cubic centimeter. The tests were performed using Cone Calorimeter at heat fluxes of 50 and 60 kilowatt per square meter. The results from this research showed that konjac gel and the mixture of konjac and basil seed gel showed about the same ignition delay time. Their ignition time was 252 seconds or 120 and 20 seconds longer than that of the "Class A" synthetic fire fighting foam and that of the commercial fire retardant gel, respectively at 50 kilowatt per square meter of heat flux.

_____ _____ __ / __ / __

Student's signature Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. อภิญญา ดวงจันทร์ ประธานกรรมการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐศักดิ์ บุญมี กรรมการ และรองศาสตราจารย์ ดร. นิพนธ์ เธียรศิริพิพัฒน์ ผู้ทรงคุณวุฒิ ที่ให้ความช่วยเหลือและให้คำแนะนำ แนวคิดและหลักการในการทำวิทยานิพนธ์ ตลอดจนกรุณาให้คำปรึกษาและแนะนำจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วง ขอขอบคุณศูนย์วิจัยเพื่อความปลอดภัยจากอัคคีภัยและภาควิชาวิศวกรรมโลหการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความอนุเคราะห์การใช้เครื่องมือในการทำวิจัย รวมทั้งขอขอบคุณ เพื่อนๆ พี่ๆ วิศวกรรมป้องกันอัคคีภัย รุ่น 1 และบุคคลากรของภาควิชาวิศวกรรมป้องกันอัคคีภัยที่ได้ช่วยเหลือสนับสนุนและเป็นกำลังใจให้ผู้วิจัยในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

จุลดิษย์ จายนียโยธิน

มีนาคม 2553

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	9
อุปกรณ์	9
วิธีการ	18
ผลและวิเคราะห์	26
ผล	26
วิเคราะห์	39
สรุปและข้อเสนอแนะ	51
สรุป	51
ข้อเสนอแนะ	52
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	53
ภาคผนวก	54
ประวัติการศึกษาและทำงาน	76

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ผลการเผาชิ้นงานตัวอย่างไม้อัดสักความหนา 3.3 มิลลิเมตรที่ฟลักซ์ความร้อน 50 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร	33
2	ผลการเผาชิ้นงานตัวอย่างไม้อัดยางพาราความหนา 3.1 มิลลิเมตรที่ฟลักซ์ความร้อน 50 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร	34
3	ผลการเผาชิ้นงานตัวอย่างใยไม้อัดชนิดความหนาแน่นปานกลาง ความหนา 6 มิลลิเมตรที่ฟลักซ์ความร้อน 50 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร	35
4	ผลการเผาชิ้นงานตัวอย่างไม้อัดสักความหนา 3.3 มิลลิเมตรที่ฟลักซ์ความร้อน 50 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร	36
5	ผลการเผาชิ้นงานตัวอย่างไม้อัดยางพาราความหนา 3.1 มิลลิเมตรที่ฟลักซ์ความร้อน 60 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร	37
6	ผลการเผาชิ้นงานตัวอย่างใยไม้อัดชนิดความหนาแน่นปานกลาง ความหนา 6 มิลลิเมตรที่ฟลักซ์ความร้อน 60 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร	38

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	สามเหลี่ยมของไฟ	4
2	การวางชิ้นงานในการทดสอบ LIFT และ REA	7
3	อาคารและบริเวณโดยรอบที่ได้รับการฉีดป้องกันด้วยวัสดุเจลดับเพลิงที่มีขายในท้องตลาดก่อนที่ไฟป่าจะลามเข้าทำความเสียหาย	8
4	เครื่องแคลอรีมิเตอร์รูปกรวยของศูนย์วิจัยเพื่อความปลอดภัยจากอัคคีภัย	10
5	ส่วนให้ฟลักซ์ความร้อนรูปทรงกรวยของเครื่องแคลอรีมิเตอร์รูปกรวย	11
6	ส่วนชั่งน้ำหนักชิ้นงานและส่งสัญญาณไปยังเครื่องบันทึกข้อมูล	11
7	อุปกรณ์วัดค่าฟลักซ์ตกกระทบพื้นผิวชิ้นงานทดสอบ	12
8	อุปกรณ์สร้างประกายไฟ	13
9	โฟมดับเพลิงเข้มข้น Class A ANSUL-A	14
10	สารดับเพลิงเข้มข้นประเภทเจลที่ใช้ในการทดลอง	15
11	แบบจำลองโมเลกุลของน้ำตาลเชิงซ้อนของหัวบุก	16
12	ลักษณะต้นบุกและหัวบุกก่อนทำการแปรรูปเป็นผงบุก	17
13	ผงบุกสำหรับรับประทานที่ใช้ในการทดลอง	17
14	เม็ดแมงลักที่ใช้ในการทดลอง	18
15	วิธีวัดความชื้นในชิ้นงานทดสอบด้วยเครื่องวัดความชื้นเนื้อไม้ชนิดแทง	19
16	ภาชนะปิดผนึกสำหรับเก็บชิ้นงานพร้อมสารดูดความชื้น	20
17	การวัดความหนาชิ้นงานด้วยเวอร์เนียคาลิบเปอร์	22
18	ภาชนะใส่ตัวอย่างสำหรับการทดสอบการเผา	22
19	ชิ้นงานตัวอย่างขณะเผาด้วยวิธี Piloted ignition	23
20	ชิ้นงานเมื่อได้รับฟลักซ์ความร้อนและคายไอที่ติดไฟได้ออกมา	23
21	ชิ้นงานขณะลุกติดไฟ	24
22	การตีสารละลายโฟมด้วยเครื่องปั่นความเร็วรอบ 1600 รอบต่อนาที	27
23	ฟองโฟมหลังผ่านการตีด้วยเครื่องปั่นเป็นเวลา 1 นาที	27
24	ลักษณะชิ้นงานที่ถูกเคลือบด้วยสารดับเพลิงฟองโฟม	28

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
25	ลักษณะเจลป้องกันไฟที่ความเข้มข้นร้อยละ 2 โดยปริมาตร	29
26	ชิ้นงานที่ได้รับการเคลือบผิววัสดุด้วยเจลดับเพลิง	29
27	วุ้นจากผงบุกที่ความเข้มข้น 1 กรัมต่อน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร	30
28	ชิ้นงานที่เคลือบด้วยวุ้นจากผงบุก	31
29	วุ้นจากผงบุก 0.75 กรัม และเม็ดแมงลัก 0.25 กรัม กับน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร	32
30	ชิ้นงานที่เคลือบผิวด้วยวุ้นผงบุกและเมล็ดแมงลัก	32
31	แผ่นไม้อัดสักแห้งหลังการทดสอบเผา	39
32	แผ่นไม้อัดยางพาราแห้งหลังการทดสอบเผา	40
33	แผ่นใยไม้อัดชนิดความหนาแน่นปานกลางแห้งหลังการทดสอบเผา	40
34	ชั้นฟองโฟมขยายตัวพองสูงขึ้นเมื่อได้รับความร้อน	42
35	ชั้นฟองโฟมขยายตัวจนล้นออกด้านข้าง	42
36	ชิ้นงานตัวอย่างทดสอบเคลือบด้วยวุ้นผงบุกมีขี้เถ้าสีดำเกิดขึ้นด้านบน	43
37	เนื้อเจลบนชิ้นงานตัวอย่างเมื่อคายน้ำหมด	44
38	เถ้าสีดำบนผิววัสดุฐานที่เคลือบด้วยวุ้นผงบุก	45
39	ความสามารถในการหน่วงเวลาการลุกติดไฟบนผิววัสดุฐานของวัสดุหน่วงเวลาประเภทต่างๆ เปรียบเทียบระหว่างฟลักซ์ความร้อน 50 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตรและ ฟลักซ์ 60 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร	46
40	การสูญเสียมวลต่อมวลเริ่มต้นของชั้นเคลือบป้องกันและวัสดุฐานประเภทต่างๆ กับเวลาการให้ฟลักซ์ความร้อนที่ 50 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร	47
41	อัตราการสูญเสียมวลของวัสดุเคลือบผิวชนิดฟองโฟมบนไม้อัดสัก	48
42	อัตราการสูญเสียมวลของวัสดุเคลือบผิวชนิดเจลดับเพลิงบนไม้อัดสัก	49
43	อัตราการสูญเสียมวลของวัสดุเคลือบผิวชนิดวุ้นจากผงบุกบนไม้อัดสัก	50
44	อัตราการสูญเสียมวลของวัสดุเคลือบผิวชนิดวุ้นจากผงบุกผสมเม็ดแมงลักบนไม้อัดสัก	50

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
1	การสูญเสียมวลต่อมวลเริ่มต้นของไม้สักอัดแห้งที่สูญเสีย เทียบกับเวลาการให้ ฟลักซ์ความร้อนที่ 50 กิโลวัตต์ ต่อตารางเมตร	55
2	การสูญเสียมวลต่อมวลเริ่มต้นของไม้สักอัดพรมน้ำที่สูญเสีย เทียบกับเวลาการให้ฟลักซ์ความร้อนที่ 50 กิโลวัตต์ ต่อตารางเมตร	55
3	การสูญเสียมวลต่อมวลเริ่มต้นของไม้สักอัดเคลือบผิวด้วยฟองโฟมดับเพลิงที่สูญเสีย เทียบกับเวลาการให้ฟลักซ์ความร้อนที่ 50 กิโลวัตต์ ต่อตารางเมตร	56
4	การสูญเสียมวลต่อมวลเริ่มต้นของไม้สักอัดที่เคลือบผิวด้วยเจลดับเพลิงสูญเสีย เทียบกับเวลาการให้ฟลักซ์ความร้อนที่ 50 กิโลวัตต์ ต่อตารางเมตร	56
5	การสูญเสียมวลต่อมวลเริ่มต้นของไม้สักอัดที่เคลือบผิวด้วยวุ้นผงบุกที่สูญเสีย เทียบกับเวลาการให้ฟลักซ์ความร้อนที่ 50 กิโลวัตต์ ต่อตารางเมตร	57
6	การสูญเสียมวลต่อมวลเริ่มต้นของไม้สักอัดที่เคลือบผิวด้วยวุ้นผงบุกผสมแมงลักที่สูญเสีย เทียบกับเวลาการให้ฟลักซ์ความร้อนที่ 50 กิโลวัตต์ ต่อตารางเมตร	57
7	การสูญเสียมวลต่อมวลเริ่มต้นของไม้ยางพาราอัดแห้งที่สูญเสีย เทียบกับเวลาการให้ฟลักซ์ความร้อนที่ 50 กิโลวัตต์ ต่อตารางเมตร	58
8	การสูญเสียมวลต่อมวลเริ่มต้นของไม้ยางพาราอัดพรมน้ำที่สูญเสีย เทียบกับเวลาการให้ฟลักซ์ความร้อนที่ 50 กิโลวัตต์ ต่อตารางเมตร	58
9	การสูญเสียมวลต่อมวลเริ่มต้นของไม้ยางพาราอัดเคลือบผิวด้วยฟองโฟมดับเพลิงที่สูญเสีย เทียบกับเวลาการให้ฟลักซ์ความร้อนที่ 50 กิโลวัตต์ ต่อตารางเมตร	59
10	การสูญเสียมวลต่อมวลเริ่มต้นของไม้ยางพาราอัดที่เคลือบผิวด้วยเจลดับเพลิงสูญเสีย เทียบกับเวลาการให้ฟลักซ์ความร้อนที่ 50 กิโลวัตต์ ต่อตารางเมตร	59
11	การสูญเสียมวลต่อมวลเริ่มต้นของไม้ยางพาราอัดที่เคลือบผิวด้วยวุ้นผงบุกที่สูญเสีย เทียบกับเวลาการให้ฟลักซ์ความร้อนที่ 50 กิโลวัตต์ ต่อตารางเมตร	60

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
12	การสูญเสียมวลต่อมวลเริ่มต้นของไม้ยางพาราอัดที่เคลือบผิวด้วยวุ้นผงบุกผสมแมงลักที่สูญเสีย เทียบกับเวลาการให้ฟลักซ์ความร้อนที่ 50 กิโลวัตต์ ต่อตารางเมตร	60
13	การสูญเสียมวลต่อมวลเริ่มต้นของแผ่นใยไม้อัดชนิดความหนาแน่นปานกลางแห้งที่สูญเสีย เทียบกับเวลาการให้ฟลักซ์ความร้อนที่ 50 กิโลวัตต์ ต่อตารางเมตร	61
14	การสูญเสียมวลต่อมวลเริ่มต้นของแผ่นใยไม้อัดชนิดความหนาแน่นปานกลางพรมน้ำที่สูญเสีย เทียบกับเวลาการให้ฟลักซ์ความร้อนที่ 50 กิโลวัตต์ ต่อตารางเมตร	61
15	การสูญเสียมวลต่อมวลเริ่มต้นของแผ่นใยไม้อัดชนิดความหนาแน่นปานกลางเคลือบผิวด้วยฟองโฟมดับเพลิงที่สูญเสีย เทียบกับเวลาการให้ฟลักซ์ความร้อนที่ 50 กิโลวัตต์ ต่อตารางเมตร	62
16	การสูญเสียมวลต่อมวลเริ่มต้นของแผ่นใยไม้อัดชนิดความหนาแน่นปานกลางที่เคลือบผิวด้วยเจลดับเพลิงสูญเสีย เทียบกับเวลาการให้ฟลักซ์ความร้อนที่ 50 กิโลวัตต์ ต่อตารางเมตร	62
17	การสูญเสียมวลต่อมวลเริ่มต้นของแผ่นใยไม้อัดชนิดความหนาแน่นปานกลางที่เคลือบผิวด้วยวุ้นผงบุกที่สูญเสีย เทียบกับเวลาการให้ฟลักซ์ความร้อนที่ 50 กิโลวัตต์ ต่อตารางเมตร	63
18	การสูญเสียมวลต่อมวลเริ่มต้นของแผ่นใยไม้อัดชนิดความหนาแน่นปานกลางที่เคลือบผิวด้วยวุ้นผงบุกผสมแมงลักที่สูญเสีย เทียบกับเวลาการให้ฟลักซ์ความร้อนที่ 50 กิโลวัตต์ ต่อตารางเมตร	63
19	การสูญเสียมวลต่อมวลเริ่มต้นของไม้สักอัดแห้งที่สูญเสีย เทียบกับเวลาการให้ฟลักซ์ความร้อนที่ 60 กิโลวัตต์ ต่อตารางเมตร	64
20	การสูญเสียมวลต่อมวลเริ่มต้นของไม้สักอัดพรมน้ำที่สูญเสีย เทียบกับเวลาการให้ฟลักซ์ความร้อนที่ 60 กิโลวัตต์ ต่อตารางเมตร	64

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
21	การสูญเสียมวลต่อมวลเริ่มต้นของไม้สักอัดเคลือบผิวด้วยฟองโฟมดับเพลิงที่สูญเสีย เทียบกับเวลาการให้ฟลักซ์ความร้อนที่ 60 กิโลวัตต์ ต่อตารางเมตร	65
22	การสูญเสียมวลต่อมวลเริ่มต้นของไม้สักอัดที่เคลือบผิวด้วยเจลดับเพลิงสูญเสีย เทียบกับเวลาการให้ฟลักซ์ความร้อนที่ 60 กิโลวัตต์ ต่อตารางเมตร	65
23	การสูญเสียมวลต่อมวลเริ่มต้นของไม้สักอัดที่เคลือบผิวด้วยวุ้นผงบุกที่สูญเสีย เทียบกับเวลาการให้ฟลักซ์ความร้อนที่ 60 กิโลวัตต์ ต่อตารางเมตร	66
24	การสูญเสียมวลต่อมวลเริ่มต้นของไม้สักอัดที่เคลือบผิวด้วยวุ้นผงบุกผสมแมงลักที่สูญเสีย เทียบกับเวลาการให้ฟลักซ์ความร้อนที่ 60 กิโลวัตต์ ต่อตารางเมตร	66
25	การสูญเสียมวลต่อมวลเริ่มต้นของไม้ยางพาราอัดแห้งที่สูญเสีย เทียบกับเวลาการให้ฟลักซ์ความร้อนที่ 60 กิโลวัตต์ ต่อตารางเมตร	67
26	การสูญเสียมวลต่อมวลเริ่มต้นของไม้ยางพาราอัดพรมน้ำที่สูญเสีย เทียบกับเวลาการให้ฟลักซ์ความร้อนที่ 60 กิโลวัตต์ ต่อตารางเมตร	67
27	การสูญเสียมวลต่อมวลเริ่มต้นของไม้ยางพาราอัดเคลือบผิวด้วยฟองโฟมดับเพลิงที่สูญเสีย เทียบกับเวลาการให้ฟลักซ์ความร้อนที่ 60 กิโลวัตต์ ต่อตารางเมตร	68
28	การสูญเสียมวลต่อมวลเริ่มต้นของไม้ยางพาราอัดที่เคลือบผิวด้วยเจลดับเพลิงสูญเสีย เทียบกับเวลาการให้ฟลักซ์ความร้อนที่ 60 กิโลวัตต์ ต่อตารางเมตร	68
29	การสูญเสียมวลต่อมวลเริ่มต้นของไม้ยางพาราอัดที่เคลือบผิวด้วยวุ้นผงบุกที่สูญเสีย เทียบกับเวลาการให้ฟลักซ์ความร้อนที่ 60 กิโลวัตต์ ต่อตารางเมตร	69
30	การสูญเสียมวลต่อมวลเริ่มต้นของไม้ยางพาราอัดที่เคลือบผิวด้วยวุ้นผงบุกผสมแมงลักที่สูญเสีย เทียบกับเวลาการให้ฟลักซ์ความร้อนที่ 60 กิโลวัตต์ ต่อตารางเมตร	69
31	การสูญเสียมวลต่อมวลเริ่มต้นของแผ่นใยไม้อัดชนิดความหนาแน่นปานกลางแห้งที่สูญเสีย เทียบกับเวลาการให้ฟลักซ์ความร้อนที่ 60 กิโลวัตต์ ต่อตารางเมตร	70

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
32	การสูญเสียมวลต่อมวลเริ่มต้นของแผ่นใยไม้อัดชนิดความหนาแน่นปานกลาง 70พรมน้ำที่สูญเสีย เทียบกับเวลาการให้ฟลักซ์ความร้อนที่ 60 กิโลวัตต์ ต่อตารางเมตร	70
33	การสูญเสียมวลต่อมวลเริ่มต้นของแผ่นใยไม้อัดชนิดความหนาแน่นปานกลางเคลือบผิวด้วยฟองโฟมดับเพลิงที่สูญเสีย เทียบกับเวลาการให้ฟลักซ์ความร้อนที่ 60 กิโลวัตต์ ต่อตารางเมตร	71
34	การสูญเสียมวลต่อมวลเริ่มต้นของแผ่นใยไม้อัดชนิดความหนาแน่นปานกลางที่เคลือบผิวด้วยเจลดับเพลิงสูญเสีย เทียบกับเวลาการให้ฟลักซ์ความร้อนที่ 60 กิโลวัตต์ ต่อตารางเมตร	71
35	การสูญเสียมวลต่อมวลเริ่มต้นของแผ่นใยไม้อัดชนิดความหนาแน่นปานกลางที่เคลือบผิวด้วยวุ้นผงบุกที่สูญเสีย เทียบกับเวลาการให้ฟลักซ์ความร้อนที่ 60 กิโลวัตต์ ต่อตารางเมตร	72
36	การสูญเสียมวลต่อมวลเริ่มต้นของแผ่นใยไม้อัดชนิดความหนาแน่นปานกลางที่เคลือบผิวด้วยวุ้นผงบุกผสมแมงลักที่สูญเสีย เทียบกับเวลาการให้ฟลักซ์ความร้อนที่ 60 กิโลวัตต์ ต่อตารางเมตร	72
37	การสูญเสียมวลต่อมวลเริ่มต้นของชั้นเคลือบป้องกันและวัสดุฐานประเภทแผ่นใยไม้อัดชนิดความหนาแน่นปานกลางกับเวลาการให้ฟลักซ์ความร้อนที่ 50 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร	73
38	การสูญเสียมวลต่อมวลเริ่มต้นของชั้นเคลือบป้องกันและวัสดุฐานประเภทแผ่นไม้อัดยางพารากับเวลาการให้ฟลักซ์ความร้อนที่ 50 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร	73
39	การสูญเสียมวลต่อมวลเริ่มต้นของชั้นเคลือบป้องกันและวัสดุฐานประเภทแผ่นไม้อัดสักกับเวลาการให้ฟลักซ์ความร้อนที่ 50 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร	74
40	การสูญเสียมวลต่อมวลเริ่มต้นของชั้นเคลือบป้องกันและวัสดุฐานประเภทแผ่นใยไม้อัดชนิดความหนาแน่นปานกลางกับเวลาการให้ฟลักซ์ความร้อนที่ 60 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร	74

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
41	การสูญเสียมวลต่อมวลเริ่มต้นของชั้นเคลือบป้องกันและวัสดุฐานประเภทแผ่นไม้อัดยางพาราเทียบกับเวลาการให้ฟลักซ์ความร้อนที่ 60 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร	75
42	การสูญเสียมวลต่อมวลเริ่มต้นของชั้นเคลือบป้องกันและวัสดุฐานประเภทแผ่นไม้อัดสักเทียบกับเวลาการให้ฟลักซ์ความร้อนที่ 60 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร	75

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การใช้วุ้นผงบุกและวุ้นผงบุกผสมเม็ดแมงลักเป็นวัสดุเคลือบผิว เพื่อหน่วงเวลาการลุกติดไฟ

Uses of Konjac Gel and a Mixture of Konjac and Basil Seed Gel as Fire Retardant Coating Materials

คำนำ

อัคคีภัยเป็นสาเหตุของการสูญเสียทรัพย์สินเป็นจำนวนมากและควบคุมได้ยาก หากสามารถจำกัดการลุกลามขยายวงกว้างของไฟไม่ให้ลุกลามไปติดยังบริเวณข้างเคียงได้ ความสูญเสียนั้นก็จะลดลงอยู่ในวงจำกัด

โดยทั่วไปขณะเกิดเหตุเพลิงไหม้ พนักงานดับเพลิงจะใช้น้ำในการฉีดหล่อเลี้ยงบริเวณข้างเคียงของจุดเกิดเหตุเพลิงไหม้เพื่อป้องกันการลุกลาม ซึ่งคุณสมบัติของน้ำนั้น มีความสามารถในการไหลตัวได้ดี แต่มีข้อจำกัดที่มีความคงตัวต่ำ จึงทำให้น้ำไม่สามารถยึดเกาะอยู่บนพื้นผิวได้เป็นเวลานาน จึงจำเป็นต้องใช้น้ำเป็นปริมาณมาก ฉีดเลี้ยงบริเวณข้างเคียงเป็นระยะ และน้ำส่วนเกินที่ไหลออกจากพื้นผิวก็จะสูญเสียไป ไม่เกิดประโยชน์อีก ซึ่งหากเกิดเหตุเพลิงไหม้ในจุดที่ขาดแคลนแหล่งน้ำดับเพลิง เช่นในพื้นที่ห่างไกล หรือในกรณีไฟไหม้ป่า รวมทั้งในจุดที่การลากสายฉีดน้ำดับเพลิงขนาดใหญ่เข้าถึงได้ยาก เช่นในพื้นที่ชุมชนแออัด หรือในเขตเมืองที่มีความหนาแน่นของบ้านเรือนสิ่งปลูกสร้างสูง การควบคุมไฟไม่ให้ลุกลามไปติดบริเวณข้างเคียงจะยิ่งทำได้ยากขึ้น เพราะปริมาณน้ำที่จะนำไปใช้ฉีดเลี้ยงมีจำกัด โดยจากการศึกษาเหตุการณ์เพลิงไหม้ที่ผ่านมา พบว่ากรณีเกิดไฟป่าที่ไม่สามารถควบคุมการลุกลามได้ มักสร้างความเสียหายให้กับบ้านเรือนและสิ่งปลูกสร้างที่อยู่โดยรอบพื้นที่ชายป่า ในกรณีเพลิงไหม้ชุมชนแออัดจะพบว่าเพลิงลุกลามไปยังบ้านเรือนข้างเคียงอย่างรวดเร็ว โดยแทบไม่สามารถควบคุมเพลิงได้เลย ทำให้เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สิน และเกิดความสูญเสียทางอ้อม เช่น โอกาสทางธุรกิจ และยังมีปัญหาเรื่องมลพิษตามมาอีกมากมาย ซึ่งในต่างประเทศพบว่าในบางพื้นที่มีการใช้สารเคมีประเภทโฟม และเจลชนิดเข้มข้นผสมน้ำเพื่อใช้ในการดับเพลิงและควบคุมเพลิงไหม้ประเภท ก (Class A) เพื่อให้น้ำสามารถติดอยู่บนผิววัสดุได้นานขึ้น แต่สารดับเพลิงเหล่านี้มีราคาสูง และเป็นสารสังเคราะห์ซึ่งไม่สามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ดังนั้นหากนำวัสดุที่มีความสามารถในการอุ้มน้ำที่หาได้ง่ายจากธรรมชาติ ไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม มาช่วยให้น้ำสามารถคงตัวอยู่บนผิววัสดุได้นานขึ้น ช่วยหน่วงเวลาการลุกติดไฟของวัสดุ ในบริเวณข้างเคียง จะทำให้การเข้าควบคุมเพลิงไหม้มีความต้องการใช้ปริมาณน้ำในการควบคุมเพลิงลดลง และใช้น้ำที่มีอยู่อย่างจำกัดได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งจะช่วยลดการสูญเสียต่อทรัพย์สิน และเพิ่มความปลอดภัยให้กับพนักงานดับเพลิง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุประสงค์

ศึกษาความเป็นไปได้และทดสอบคุณสมบัติในการหน่วงเวลาการลุกติดไฟของวัสดุจากธรรมชาติที่มีคุณสมบัติอุ้มน้ำประเภทวุ้นจากบุกผงและบุกผงผสมเม็ดแมงลักบนผิววัสดุฐานประกอบด้วยไม้อัดสัก ไม้อัดยางพารา และแผ่นใยไม้อัดชนิดความหนาแน่นปานกลาง ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เปรียบเทียบกับสารดับเพลิงประเภทฟองโฟมและเจลที่มีขายในท้องตลาด โดยใช้เป็นสารเคลือบป้องกันที่ใช้ขณะเกิดเหตุเพลิงไหม้ในบริเวณใกล้เคียงเพื่อป้องกันการลุกลาม

ขอบเขตของงานวิจัย

ทำการทดสอบเผาวัสดุฐานประกอบด้วยไม้อัดสัก ไม้อัดยางพารา และแผ่นใยไม้อัดชนิดความหนาแน่นปานกลาง ด้วยเครื่องแคลอรีมิเตอร์รูปกรวยที่ค่าฟลักซ์ความร้อน 50 และ 60 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร เปรียบเทียบระหว่างวุ้นจากผงบุก วุ้นจากผงบุกผสมเม็ดแมงลัก โฟมดับเพลิงเข้มข้น Ansul-A และ เจลดับเพลิงเข้มข้น Barricade ที่ความหนาแน่นน้ำบนผิววัสดุ 5 ลิตรต่อตารางเมตร

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้สารหน่วงเวลาการลุกติดไฟจากธรรมชาติชนิดใหม่ ที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันการลุกติดไฟ สามารถผลิตได้ในประเทศ และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

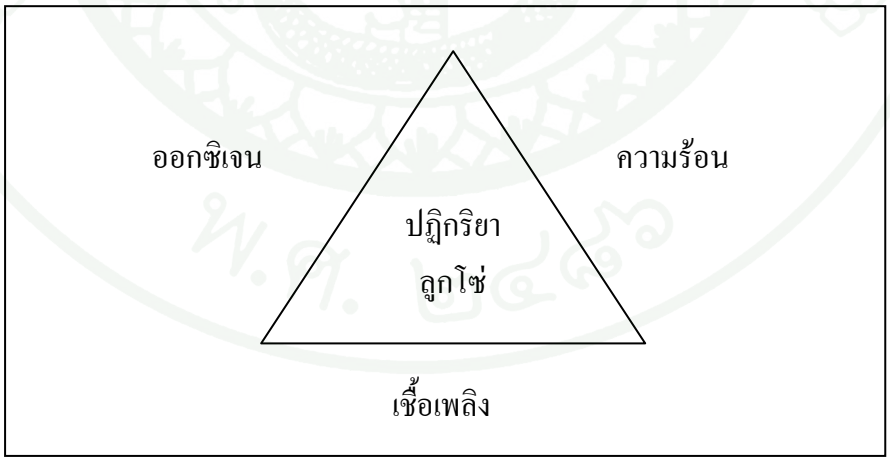
การตรวจเอกสาร

กลไกการลุกติดไฟและการเผาไหม้ของไม้

การเกิดเพลิงไหม้ทางทฤษฎีหมายถึง การเปลี่ยนรูปของสารประกอบหนึ่งไปเป็นสารประกอบอีกชนิดหนึ่งโดยมีความร้อนเป็นตัวกระตุ้น โดยทั่วไปแล้วสารประกอบนั้นต้องอาศัยแก๊สออกซิเจนในการเผาไหม้ โดยการสันดาปหรือการเผาไหม้ (combustion) ของเชื้อเพลิงเป็นปฏิกิริยาทางเคมีซึ่งเชื้อเพลิงรวมตัวกับออกซิเจนในอากาศ และปล่อยพลังงานออกมาในรูปของความร้อน และแสงสว่าง โดยการเผาไหม้จะเกิดขึ้นได้ต้องมีองค์ประกอบของไฟสามอย่างรวมกัน หรือที่เรียกว่าสามเหลี่ยมของไฟดังในภาพที่ 1 ได้แก่

ก. วัตถุเชื้อเพลิง ซึ่งอยู่ในสภาพของแข็ง ของเหลว หรือแก๊ส
ข. ออกซิเจน ซึ่งมีอยู่ในอากาศประมาณร้อยละ 21 โดยปริมาตร
ค. ความร้อน

โดยเมื่อมีองค์ประกอบครบทั้งสามอย่างนี้จะทำให้เกิดการลุกไหม้ และเกิดเป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ต่อเนื่องต่อไป และเมื่อองค์ประกอบอย่างใดอย่างหนึ่งถูกตัดออก ไฟก็จะดับ



ภาพที่ 1 สามเหลี่ยมของไฟ (fire triangle)

ที่มา: Quintiere (2006)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ทั้งนี้การที่ไฟจะลุกติดขึ้นได้นั้น เชื้อเพลิงจะต้องอยู่ในรูปของไอระเหย (fuel vapour) หรือฝอยละเอียดของของเหลว (liquid mist) หรือฝุ่นละอองของแข็ง (solid dust) ที่อยู่ในสภาวะฟุ้งกระจายพร้อมที่จะสันดาปในอัตราส่วนที่เหมาะสมกับอากาศและทำปฏิกิริยาต่อเนื่องต่อไป โดยเชื้อเพลิงของแข็ง เช่น ไม้ กระดาษ ผ้า และพลาสติก นั้นจะไม่สามารถเผาไหม้วัสดุโดยตรงได้ แต่วัสดุจะต้องสลายตัวเป็นรูปไอระเหยที่สามารถติดไฟได้เสียก่อนจึงสามารถลุกไหม้ได้ โดยปฏิกิริยาที่วัสดุเชื้อเพลิงของแข็งสลายตัวทางเคมี แล้วคายไอที่สามารถติดไฟได้ออกมานี้เรียกว่า ปฏิกิริยาไพโรไลซิส (pyrolysis) ปฏิกิริยาไพโรไลซิสนี้เริ่มจากเชื้อเพลิงของแข็งได้รับการถ่ายเทความร้อนจากแหล่งความร้อนภายนอก ซึ่งจะทำให้เชื้อเพลิงของแข็งมีอุณหภูมิสูงขึ้น เมื่อเชื้อเพลิงของแข็งมีอุณหภูมิสูงขึ้นถึงระดับที่เกิดปฏิกิริยาไพโรไลซิส โครงสร้างของเชื้อเพลิงจะเกิดการสลายตัวทางเคมี และคายไอระเหยที่ติดไฟได้ออกจากผิวของเชื้อเพลิง เมื่อไอระเหยที่ติดไฟได้มีความเข้มข้นเพียงพอก็จะเกิดการสันดาปลุกไหม้ และคายความร้อนออกจากการสันดาป ซึ่งจะทำให้ปฏิกิริยาการลุกไหม้รุนแรงขึ้น และต่อเนื่องเป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ต่อไป โดยความร้อนที่เชื้อเพลิงได้รับจากแหล่งความร้อนภายนอกเรียกว่าฟลักซ์ความร้อน

พฤติกรรมของวัสดุประเภทฟองโฟมและเจลในการเป็นวัสดุป้องกันเพลิงไหม้

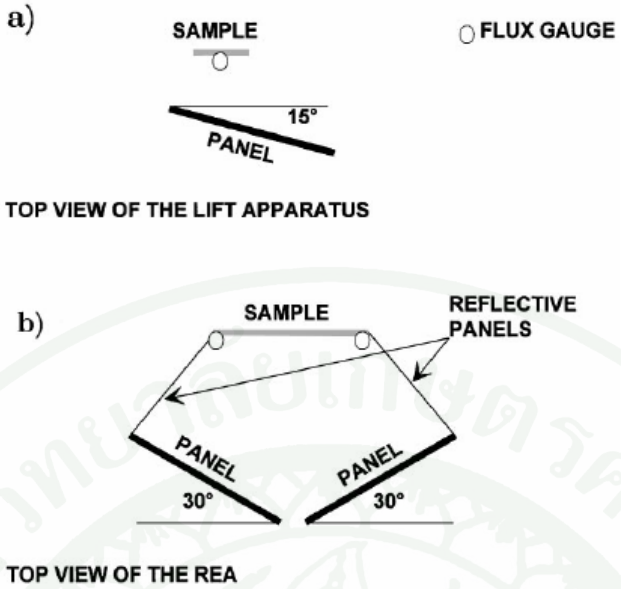
จากการทดลองของ Tafreshi and Marzo (1999) ที่ทำการทดลองเกี่ยวกับพฤติกรรมของวัสดุประเภทโฟมดับเพลิงและเจลในด้านการป้องกันไฟพบว่า ในการทดลองทดสอบการลุกติดไฟและการลุกลามของเปลวไฟ LIFT (Lateral Ignition and Flame-spread Test) ทำการทดลองโดย ใช้แผ่นแผ่รังสีความร้อนขนาด 280x483 ตารางมิลลิเมตร มีการแผ่รังสีความร้อนขนาด 50 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร ที่จุดกึ่งกลางของแผ่นทดสอบ วางในแนวตั้ง ทำมุม 15 องศา กับแผ่นทดสอบที่เป็นแผ่นสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 155x155 ตารางมิลลิเมตร โดยมีหัวแก๊สออกซีอะเซทิลีนติดตั้งอยู่เหนือแผ่นตัวอย่าง ดังแสดงในภาพที่ 3 กับวัสดุประเภทเจล ที่ความเข้มข้นเจล ร้อยละ 6 เมื่อให้ความร้อนแก่ชิ้นงานทดสอบ ตลอดชั้นของเจลมีสภาพเป็นเค้กทั้งหมด ทำให้มีการปกป้องผิวของชิ้นงานทดสอบได้ดีจนกระทั่งน้ำในเจลระเหยไปหมด และกลไกในการป้องกันการลุกติดไฟเกี่ยวข้องกับกระบวนการแพร่ของความร้อนเป็นหลัก ซึ่งความร้อนที่แผ่รังสีมานี้จะถูกดูดซับโดยผิวหน้าของเจลแทบจะทันที แต่ทั้งนี้ไม่สามารถทดสอบกับวัสดุประเภทโฟมดับเพลิงได้ เนื่องจากชั้นโฟมมีความหนาเกินกว่าเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ในการทดลองการรับการแผ่รังสีความร้อน REA (Radiant Exposure Apparatus) กับวัสดุประเภทโฟมดับเพลิงและเจล ได้ทำการทดลองโดยใช้ แผ่นให้ความร้อนขนาด 380x830 ตารางมิลลิเมตร สองชุดเป็นแหล่งให้ความร้อน โดยมีการป้อนก๊าซธรรมชาติและอากาศให้กับแผ่นให้ความร้อนนี้ โดยแผ่นทำความร้อนนี้จะทำมุม 30 องศา กับแนวของวัสดุตัวอย่างที่ต้องการทดสอบ ดังภาพที่ 2 ซึ่งจะมีค่าฟลักซ์ความร้อน 18 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร ซึ่งเป็นค่าต่ำสุดโดยประมาณที่ทำให้วัสดุฐานประเภทไม้อัดติดไฟ มีแผงสะท้อนความร้อนวางประกบเพื่อป้อกันการสูญเสียความร้อน ซึ่งการวางแผ่นความร้อนและชิ้นงานแบบนี้จะทำให้การแผ่รังสีสู่ผิวชิ้นงานทดสอบมีความเป็นระเบียบ ชิ้นงานตัวอย่างที่จะทดสอบมีขนาด 300x300 ตารางมิลลิเมตร และติดตั้งเทอร์โมคัปเปิ้ลเพื่อวัดอุณหภูมิไว้ทั่วชิ้นงาน และมีการติดตั้งหัวแก๊สออกซีอะเซทิลีนอยู่เหนือแผ่นตัวอย่างทดสอบเหมือนกับใน การทดสอบ LIFT ได้ผลการทดลองว่า หลังจากให้ความร้อนชิ้นงานไประยะเวลาหนึ่ง อุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิบนผิวชิ้นงานทดสอบที่เคลือบด้วยโฟมวัดได้ว่าที่ผิวชิ้นงานยังไม่ได้รับความร้อนจากแหล่งกำเนิด ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากความเป็นฉนวนที่ดีของเนื้อโฟม ที่มีค่าการแพร่ความร้อนต่ำ หมายถึง การแผ่รังสีความร้อนได้ถูกดูดซับไว้ในความหนาของชั้นโฟม ซึ่งค่าของอุณหภูมิบนผิวชิ้นงานที่เคลือบด้วยโฟม จะเพิ่มขึ้นช้ากว่าชิ้นงานที่ถูกเคลือบด้วยเจล โดยพบว่าน้ำในโฟมระเหยหมดไปเมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 14 นาที ซึ่งเมื่อถึงจุดนั้น ค่าของอุณหภูมิจะอ่านได้เท่ากับค่าของชิ้นงานที่เคลือบด้วยเจลที่น้ำในชั้นเจลระเหยหมดไปเช่นกัน

ซึ่งเมื่อดูที่จุดน้ำระเหยออกไปหมด พบว่าวัสดุโฟมใช้เวลาไป 14 นาที ส่วนวัสดุเจลใช้เวลาไปประมาณ 9 นาที จึงสามารถกล่าวได้ว่า วัสดุเคลือบป้องกันอัคคีภัยชนิดโฟมสามารถให้เวลาป้องกันได้มากกว่าเจลอีก 5 นาที ที่ค่าฟลักซ์ความร้อนวิกฤต เมื่อสรุปผลจากการทดลองทั้งสองประเภทได้ข้อสรุปว่า สารทั้งสองแบบให้การปกป้องผิวชิ้นงานใกล้เคียงกัน โดยสารทั้งสองมีกลไกการป้องกันที่แตกต่างกัน สารป้องกันโฟมสามารถป้องกันผิวของชิ้นงานที่อุณหภูมิต่ำได้เป็นเวลากว่าครึ่งหนึ่งของระยะเวลาที่ใช้ทดสอบ ส่วนการใช้งานในการเคลือบผิววัสดุที่อยู่ในแนวดิ่ง สารป้องกันชนิดเจล แสดงความสามารถในการป้องกันอย่างสม่ำเสมอตลอดระยะเวลาในการทดลอง โดยยังคงสภาพความเข้มข้นของน้ำที่ป้องกันการลุกติดไฟได้อย่างเพียงพอ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 2 การวางชิ้นงานในการทดสอบ LIFT และ REA

ที่มา: Tafreshi and Marzo (1999)

สารดับเพลิงประเภทฟองโฟมและเจลที่มีขายในท้องตลาด

จากการศึกษาเอกสารของสมาคมป้องกันอัคคีภัยแห่งชาติของประเทศสหรัฐอเมริกา (NFPA) พบว่า ได้มีการรับรองสารดับเพลิงชนิดโฟมประเภท class A สำหรับเชื้อเพลิงของแข็งทั่วไป เช่น ไม้ ผ้า กระดาษ ฯลฯ เนื้อโฟมชนิดนี้เป็นฟองอากาศที่ได้จากการผสมสารลดแรงตึงผิวเข้ากับน้ำที่ความเข้มข้นตามที่ผู้ผลิตระบุ โดยมีผู้ผลิตหลายรายในท้องตลาด ซึ่งส่วนใหญ่สารดับเพลิงประเภทโฟม มักใช้ในการดับเพลิงประเภทที่กำลังลุกลามขยายวงกว้างเช่น ไฟป่า และไฟไหม้ในชนบท ทุ่งนา พืชไร่ และบ้านเรือนประชาชน โดยโฟมจะช่วยเสริมประสิทธิภาพของน้ำให้ดีขึ้น เพราะสามารถแผ่กระจายปกคลุมผิวเชื้อเพลิงได้ทั่วและค้างอยู่นานกว่าการใช้น้ำเพียงอย่างเดียว และส่วนประกอบที่เป็นน้ำยังสามารถซึมลงไปในผิวเชื้อเพลิงที่ดูดซึมน้ำได้อีกด้วย ทำให้ดับไฟได้เร็วขึ้นและป้องกันการลุกลามไปยังบริเวณข้างเคียง มีกลไกการดับเพลิงที่ผู้ผลิตกล่าวอ้างว่า เป็นการปกคลุมผิวเชื้อเพลิงด้วยชั้นมวลของน้ำที่หนากว่าปกติ ซึ่งน้ำที่ซ้อนกันได้หลายชั้นนี้จะช่วยดูดซึมพลังงานความร้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพกว่าเดิม มีการสร้างชั้นของไอระเหยของน้ำคั่นระหว่างไฟกับผิวเชื้อเพลิง ทำให้การลุกติดไฟของเชื้อเพลิงยากกว่าปกติ เพราะความเข้มข้นของไอเชื้อเพลิง ถูกเจือจางด้วยไอน้ำ นอกจากนี้ยังช่วยให้พนักงานดับเพลิง มองเห็นด้วยว่า

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตรงไหนที่ถูกฉีดน้ำไปแล้ว เนื่องจากเนื้อโฟมมีสีขาวเด่นชัด ทำให้ไม่จำเป็นต้องฉีดน้ำที่มีอยู่อย่างจำกัด ซ้ำลงไปบนที่เดิมอีก ช่วยประหยัดน้ำที่ใช้ในการดับไฟได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่สารดับเพลิงประเภทโฟม มีข้อจำกัดจากความหนาแน่นที่น้อยกว่าน้ำ ทำให้ระยะทางในการฉีดสั้นลง พนักงานดับเพลิงต้องเข้าไปฉีดใกล้ต้นเพลิงมากขึ้น และแนวการฉีด ได้รับผลกระทบจากแรงลม ทำให้ลำโฟมที่ฉีดมีแนวเบี่ยงเบน หากฉีดในที่ที่มีกระแสลมแรง

ส่วนวัสดุประเภทเจลอุ้มน้ำสังเคราะห์ที่มีอยู่ในท้องตลาด มีไม่แพร่หลายเท่าวัสดุประเภทโฟมดับเพลิง ส่วนใหญ่ใช้ในการดับไฟป่า ทุ่งหญ้า และการฉีดโดยตรงไปยังไฟไหม้อาคารบ้านเรือนดังแสดงในภาพที่ 3 นอกจากนี้ยังใช้ในการเคลือบผิวเชื้อเพลิง เพื่อป้องกันการได้รับการแผ่รังสีความร้อนได้ด้วย เนื่องจากเจลมีความสามารถในการคงสภาพ และคงความหนาแน่นน้ำบนผิวเชื้อเพลิงได้นานกว่าสารดับเพลิงประเภทอื่น โดยมีกลไกการป้องกันการลุกติดไฟบนผิวเชื้อเพลิงคล้ายๆ สารดับเพลิงประเภทโฟม ด้วยการคายน้ำออกจากตัวเพื่อลดอุณหภูมิบนผิวเชื้อเพลิง และ สร้างชั้นไอน้ำคั่นระหว่างผิวเชื้อเพลิงกับเปลวไฟ แต่สารประเภทเจลที่ทำจากพอลิเมอร์บางชนิด ยังไม่สามารถย่อยสลายได้ในธรรมชาติ ทำให้ตกค้างเป็นสารปนเปื้อนอยู่เป็นระยะเวลานาน

ภาพที่ 3 อาคารและบริเวณโดยรอบที่ได้รับการฉีดป้องกันด้วยวัสดุเจลดับเพลิงที่มีขายในท้องตลาดก่อนที่ไฟป่าจะลามเข้าทำความเสียหาย

ที่มา: www.barricade.com.au (2553)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. เครื่องทดสอบการเผาวัสดุ Cone Calorimeter FTT รุ่น Dual Cone ตามมาตรฐาน ASTM
2. เครื่องชั่งดิจิตอล ทศนิยมสองตำแหน่ง ขนาด 400 กรัม Ohausรุ่น Scout Pro 400 g.
3. เตาอบไล่ความชื้นปรับอุณหภูมิและเวลาชนิดลมร้อน Sanyo รุ่น OMT
4. เครื่องวัดความชื้นเนื้อวัสดุ Extech Instruments รุ่น MO210
5. กระบอกตวงขนาด 100 มิลลิลิตร
6. กระบอกฉีดยาขนาด 5 มิลลิลิตร
7. บีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร
8. บีกเกอร์ ขนาด 500 มิลลิลิตร
9. ปรอทวัดอุณหภูมิและเครื่องวัดความชื้นอากาศ
10. แท่งแก้วคน
11. กระดาษกรอง
12. น้ำกลั่น
13. แผ่นอลูมิเนียมฟอยล์
14. นาฬิกาจับเวลา
15. เวอร์เนียคาลิบเปอร์
16. กล่องเก็บรักษาชิ้นงานพร้อมสารดูดความชื้น
17. แผ่นไม้อัดสัก ขนาด 10 x 10 ตารางเซนติเมตร หนา 4 มิลลิเมตร
18. แผ่นไม้อัดยางพารา ขนาด 10 x 10 ตารางเซนติเมตร หนา 4 มิลลิเมตร
19. แผ่นใยไม้อัดชนิดความหนาแน่นปานกลาง (MDF Medium Density Fiber Board) ขนาด 10 x 10 ตารางเซนติเมตร หนา 6 มิลลิเมตร
20. บุกผงสำเร็จรูป ขนาดแบ่งขาย 1 กิโลกรัม ราคา 600 บาท
21. เม็ดแมงลัก เครื่องหมายการค้าไร่ทิพย์ ขนาด 1 กิโลกรัม ราคา 70 บาท
22. โฟมดับเพลิงเชื้อเพลิง Class A ANSUL-A ชนิดเข้มข้น ขนาด 5 แกลลอน ราคา 4000 บาท
23. เจลดับเพลิงชนิดเข้มข้นของ BARRICADE GEL ขนาด 1 แกลลอน ราคา 1000 บาท
24. เครื่องตีผสมสารดับเพลิงให้เกิดฟอง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เครื่องทดสอบการเผาวัสดุแคลอรีมิเตอร์รูปกรวย (Cone Calorimeter)

เครื่องมือทดสอบการเผาวัสดุ แคลอรีมิเตอร์ รูปกรวย (Cone Calorimeter) เป็นอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่สามารถควบคุมการปล่อยค่าฟลักซ์ความร้อน พร้อมทั้งสามารถบันทึกข้อมูลค่าพลังงานที่คายออกจากการเผาไหม้ วิเคราะห์องค์ประกอบของควันไฟ และบันทึกค่าอัตรามวลของวัสดุที่สูญเสียจากการเผาไหม้ โดยอ้างอิงตามมาตรฐานการทดสอบ ASTM E 1354 ทั้งนี้ เครื่องแคลอรีมิเตอร์รูปกรวยยังสามารถใช้ในการศึกษาพฤติกรรมการจุดติดไฟ และการเผาไหม้ของวัสดุอีกด้วย โดยสามารถศึกษาการจุดติดไฟแบบไพล็อต (piloted ignition) และแบบลุกไหม้ด้วยตัวเอง (auto ignition) ได้

ภาพที่ 4 เครื่องแคลอรีมิเตอร์รูปกรวย ของศูนย์วิจัยเพื่อความปลอดภัยจากอัคคีภัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย บริเวณพื้นที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ตะวันออก วิทยาเขตอุเทนถวาย

โดยเครื่องแคลอรีมิเตอร์รูปกรวย (ภาพที่ 4) มีส่วนประกอบหลักที่สำคัญดังนี้

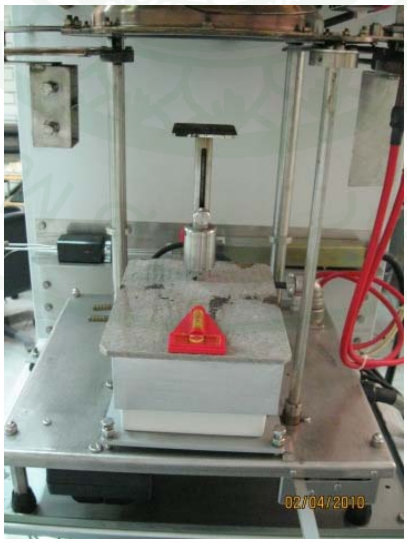
1. ส่วนให้ความร้อนทรงกรวย ประกอบด้วยขดลวดให้ความร้อนขดเป็นทรงกรวย มีปลายเปิดด้านบนและมีอุปกรณ์วัดอุณหภูมิติดตั้งอยู่ภายใน สามารถปรับตั้งค่าอุณหภูมิการทำงานได้ ใช้สำหรับให้ฟลักซ์ความร้อนกับชิ้นงาน โดยสามารถปรับตั้งแนวการปล่อยฟลักซ์ความร้อนได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ทั้งแนวราบ และในแนวดิ่ง ลักษณะส่วนให้ฟลักซ์ความร้อนทรงกรวย ด้านบนเป็นที่ดูดควัน โดยทำการตั้งอัตราการดูดควันที่ 24 ลิตรต่อวินาที แสดงในภาพที่ 5

ภาพที่ 5 ส่วนให้ฟลักซ์ความร้อนรูปทรงกรวยของเครื่องแคลอรีมิเตอร์รูปกรวย

2. ส่วนชั่งน้ำหนักและส่งสัญญาณน้ำหนักของวัสดุทดสอบ (load cell) ประกอบด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักที่สามารถปรับระยะความสูงของก้านตาชั่งได้ ทำหน้าที่ชั่งน้ำหนักชิ้นงานระหว่างการทดสอบให้ฟลักซ์ความร้อนและส่งข้อมูลไปยังเครื่องบันทึกข้อมูล (data logger) ลักษณะส่วนชั่งน้ำหนักและส่งสัญญาณน้ำหนักของวัสดุทดสอบ แสดงในภาพที่ 6



ภาพที่ 6 ส่วนชั่งน้ำหนักชิ้นงานและส่งสัญญาณไปยังเครื่องบันทึกข้อมูล

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. อุปกรณ์วัดค่าฟลักซ์ความร้อนที่ตกกระทบบนผิวชิ้นงานทดสอบ (flux meter) ทำหน้าที่วัดค่าฟลักซ์ความร้อนที่ตกกระทบพื้นผิวชิ้นงาน ใช้เพื่อวัดค่าฟลักซ์ที่ตกกระทบชิ้นงาน และเพื่อทำการปรับค่าอุณหภูมิของเครื่องให้ความร้อนทรงกรวยเพื่อให้ค่าฟลักซ์ตกกระทบชิ้นงานที่ต้องการการตรวจวัด ต้องให้ระยะความสูงของอุปกรณ์ตรวจวัดอยู่ในระดับเดียวกับชิ้นงานทดสอบ ลักษณะอุปกรณ์วัดค่าฟลักซ์ความร้อนที่ตกกระทบบนผิวชิ้นงานทดสอบ แสดงในภาพที่ 7

ภาพที่ 7 อุปกรณ์วัดค่าฟลักซ์ตกกระทบพื้นผิวชิ้นงานทดสอบ (Flux meter)

4. อุปกรณ์สร้างประกายไฟนำร่อง (piloted ignition spark plug) ทำหน้าที่ สปาร์คให้เกิดประกายไฟตลอดเวลาที่ทำการทดลองให้ฟลักซ์ความร้อนแก่ชิ้นงาน เพื่อเป็นตัวเริ่มจุดไอของเชื้อเพลิงให้ลุกติดไฟในกรณีทดสอบการเผาไหม้แบบไพล็อต (piloted ignition testing) ลักษณะอุปกรณ์สร้างประกายไฟนำร่อง แสดงในภาพที่ 8 โดยอุปกรณ์นี้สามารถปรับให้อยู่ในตำแหน่งใช้งาน หรือปรับให้อยู่ในตำแหน่งไม่ใช้งานเพื่อทดสอบการลุกติดไฟด้วยตัวเอง (auto ignition) ได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 8 อุปกรณ์สร้างประกายไฟนำร่อง

การจุดติดไฟแบบไพล็อต (piloted ignition) เป็นการจุดติดไฟที่เกิดจากการลุกติดไฟของไอเชื้อเพลิงที่ติดไฟได้กับอากาศเนื่องจากการได้รับประกายไฟ หรือเปลวไฟเล็กๆ จากภายนอก โดยจุดติดไฟแบบไพล็อตนี้ จะเป็นจุดที่มีค่าความเข้มข้นต่ำสุดของไอเชื้อเพลิงที่ติดไฟได้ (lower flamable limit)

การจุดติดไฟแบบลุกไหม้ด้วยตัวเอง (auto ignition) เป็นจุดติดไฟที่เกิดจากเชื้อเพลิงได้รับความร้อนสูงจนคายไอเชื้อเพลิงออกมาปริมาณมากเพียงพอที่จะลุกไหม้ได้เองในอากาศโดยไม่ต้องได้รับการกระตุ้นของประกายไฟหรือเปลวไฟเล็กๆจากภายนอก

คุณสมบัติเบื้องต้นของสารดับเพลิงเข้มข้นประเภทฟองโฟมที่มีจำหน่ายในท้องตลาดที่ใช้ในการทดลอง

สารฟองโฟมดับเพลิง Class A เข้มข้น ANSUL-A (ภาพที่ 9) ส่วนประกอบหลักเป็นสารลดแรงตึงผิวไฮโดรคาร์บอนที่ปราศจากฟลูออรีน ได้แก่สารไดเอทธิลีนไกลคอล โมโนบิวทิลอีเทอร์ เกลืออินทรีย์ และน้ำ มีความสามารถในการดับเชื้อเพลิง Class A หรือไฟที่เกิดจากเชื้อเพลิงประเภทของแข็งได้ดี สามารถผสมเจือจางกับน้ำที่ความเข้มข้นระหว่างร้อยละ 0.1 ถึง 1 โดยปริมาตรได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

และมีคุณสมบัติในการไม่จับตัวเป็นน้ำแข็งได้ถึง –6.7 องศาเซลเซียส แต่สามารถก่อให้เกิดการระคายเคืองกับผิวหนังและดวงตาได้หากสัมผัส

ภาพที่ 9 โฟมดับเพลิงเข้มข้น Class A ANSUL-A

คุณสมบัติเบื้องต้นของสารดับเพลิงเข้มข้นประเภทเจลที่มีจำหน่ายในท้องตลาดที่ใช้ในการทดลอง

คุณสมบัติเบื้องต้นของสารดับเพลิงเข้มข้นประเภทเจลอุ้มน้ำที่มีจำหน่ายในท้องตลาด (ภาพที่ 10) ประกอบไปด้วยสารดูดซับน้ำพอลิเมอร์ที่เมื่อสัมผัสกับน้ำจะสร้างเจลป้องกันความร้อนที่สามารถป้องกันรังสีความร้อนได้เป็นอย่างดี ทั้งนี้ผู้ผลิตกล่าวว่าสารดับเพลิงเจลนี้สามารถใช้ในการดับไฟ และสามารถใช้ในการพ่นเคลือบผิวเพื่อป้องกันการลุกไหม้ รวมทั้งป้องกันกรณีเกิดไฟไหม้ป่าลุกลามเข้าเขตที่อยู่อาศัยได้เป็นอย่างดี

โดยผู้ผลิตอ้างว่าสารดูดซับน้ำพอลิเมอร์นี้สามารถดูดซับน้ำได้เป็นจำนวนหลายร้อยเท่าเทียบกับน้ำหนักตัวเอง ซึ่งทำให้มีผลดีเลิศในการดับไฟ โดยผู้ผลิตแนะนำให้เจือจางเจลเข้มข้นกับน้ำที่อัตราความเข้มข้นระหว่างร้อยละ 1-3 โดยปริมาตร ซึ่งจะทำให้เกิดเจลดับเพลิงที่มีสมบัติเป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัว โดยเมื่อทำการฉีดพ่นเจลลงบนผิววัสดุแล้วจะสร้างชั้นของฉนวนกันความร้อนระหว่างเปลวไฟและผิววัสดุที่ได้รับการป้องกัน โดยเจลนี้มีความสามารถในการติดกับผิววัสดุได้ทั้งในแนวดิ่งและแนวราบ เช่น ผนังอาคาร หลังคาอาคาร ฝ้าเพดาน ชายคา หน้าต่างบานกระจก ถังเก็บแก๊สแรงดันสูง ยานพาหนะต่างๆ รวมไปถึงต้นไม้และต้นหญ้า และมีความสามารถคงตัว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อยู่ได้แม้มีกระแสลมแรง โดยแตกต่างจากการใช้น้ำเพียงอย่างเดียวฉีดดับเพลิง เนื่องจากน้ำปริมาณร้อยละ 90 ที่ฉีดออกไปดับเพลิง จะสูญเสียและไหลออกจากพื้นผิวที่ฉีดน้ำใส่เนื่องจากแรงดึงดูดของโลก และน้ำที่ตกค้างอยู่ก็จะระเหยออกจากพื้นผิวอย่างรวดเร็วเนื่องจากความร้อน ซึ่งจะทำให้วัสดุที่เป็นเชื้อเพลิงสามารถลุกติดไฟขึ้นได้อย่างรวดเร็ว ผู้ผลิตระบุว่า เจลเข้มข้นมีส่วนผสมหลักเป็นเจลพอลิเมอร์แขวนลอยในน้ำมันพืช ซึ่งมีข้อเสียที่วัสดุนี้มีความลื่นมาก อาจเป็นอันตรายกับผู้ที่เหยียบสารละลายที่หกอยู่บนพื้น และมีความระคายเคืองต่อผิวหนังและดวงตา เช่นเดียวกับสารดับเพลิงประเภทโฟมเข้มข้น

ภาพที่ 10 สารดับเพลิงเข้มข้นประเภทเจล

คุณสมบัติเบื้องต้นของวัสดุอุ้มน้ำที่ได้จากธรรมชาติ ประเภทบุกผง

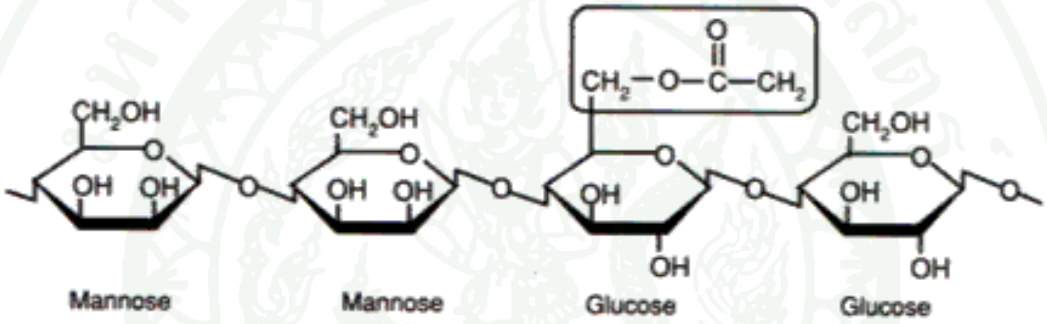
วัสดุประเภทเจลอุ้มน้ำที่ได้จากธรรมชาติที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ เจลที่ได้จากสารกลูโคแมนแนนที่มาจากพืชประเภทหัวบุก (ภาพที่ 12) ชื่อวิทยาศาสตร์ Amorphophallus campanulatus Bl. ex Decne. วงศ์ ARACEAE. ซึ่งสารกลูโคแมนแนนนี้ เป็นสารประกอบน้ำตาลเชิงซ้อนของน้ำตาลแมนโนส และน้ำตาลกลูโคส มีแบบจำลองโมเลกุลแสดงในภาพที่ 11 มีมวลโมเลกุลและความหนืดสูงสุดของสารเส้นใยอาหารเท่าที่รู้จักในปัจจุบัน มีความสามารถในการดูดซึมน้ำไว้ในตัวได้มากถึงสองร้อยเท่าของน้ำหนักตัว นอกจากนี้ สารกลูโคแมนแนน ยังสามารถ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เปลี่ยนกลับจากวัสดุเจลกลับเป็นของเหลวได้ และสามารถคงสภาวะเป็นวัสดุเจลตลอดไป ไม่ย้อนกลับเป็นของเหลว หากนำมาผ่านกระบวนการทางความร้อน

สารประเภทเจลธรรมชาตินี้ไม่มีความเป็นพิษหากได้รับการสัมผัสโดยผิวหนังและดวงตา และสามารถย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติได้ผลผลิตออกมาเป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ

การแปรรูปหัวบุกให้เป็นผงบุกเพื่อการบริโภค (ภาพที่ 13) จะใช้วิธีการบดหัวบุกอบแห้งด้วยวิธีทางกล และทำการสกัดสารประกอบซิลิเกตออกจากผงบุกเพื่อป้องกันการเกิดนิ่วในไต



ภาพที่ 11 แบบจำลองโมเลกุลของน้ำตาลเชิงซ้อนของหัวบุก

ที่มา: www.glucomannan.com (2553)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 12 ต้นบุกและหัวบุกก่อนทำการแปรรูปเป็นผงบุก

ที่มา : www.glucomannan.com (2553)

ภาพที่ 13 ผงบุกสำหรับรับประทานที่ใช้ในการทดลอง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คุณสมบัติเบื้องต้นของวัสดุอุ้มน้ำที่ได้จากธรรมชาติ ประเภทเม็ดแมงลัก

วัสดุประเภทเจลอุ้มน้ำอีกชนิดที่ได้จากธรรมชาติ ได้แก่ เจลที่ได้จากการพองตัวของเมล็ดที่ได้จากพืชตระกูลแมงลัก (ชื่อวิทยาศาสตร์ Ocimum basilicum Linn. f. var citratrum back Labiatae) ซึ่งเมล็ดพืชประเภทนี้ เมื่อนำมาแช่น้ำ จะสามารถดูดซึมน้ำได้ในปริมาณมากประมาณสองร้อยเท่าของน้ำหนักตัวเช่นกัน และเมือกวุ้นของเมล็ดแมงลัก มีลักษณะเหนียวสามารถยึดติดบนผิววัสดุได้ดีพอควร และไม่มีความเป็นพิษหากสัมผัสทางผิวหนังและดวงตา สามารถรับประทานได้ และสารประเภทเจลธรรมชาตินี้ ยังสามารถย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติและได้ผลผลิตออกมาเป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และไอน้ำ ลักษณะเม็ดแมงลักที่มีจำหน่ายในท้องตลาด แสดงในภาพที่ 14

ภาพที่ 14 เม็ดแมงลักชนิดกึ่งสำเร็จรูปที่ใช้ในการทดลอง

วิธีการ

ทำการศึกษาข้อมูลในประเด็นเกี่ยวกับการลุกติดไฟของวัสดุฐานประเภทไม้เมื่อได้รับฟลักซ์ความร้อนขนาดคงที่ รายละเอียดเครื่องทดสอบเผาชิ้นงานวัสดุ Cone Calorimeter พฤติกรรมของวัสดุประเภทฟองโฟมและเจลในการเป็นวัสดุป้องกันเพลิงไหม้ คุณสมบัติเบื้องต้นของสารดับเพลิงเข้มข้นประเภทฟองโฟมที่มีจำหน่ายในท้องตลาด คุณสมบัติเบื้องต้นของสารดับเพลิงเข้มข้นประเภทเจลอุ้มน้ำที่มีจำหน่ายในท้องตลาด และคุณสมบัติของสารที่มีคุณสมบัติสามารถอุ้มน้ำได้จากธรรมชาติที่มีความเป็นไปได้ในการใช้เป็นสารทดแทนสารดับเพลิงเข้มข้นที่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศได้แก่ บุกผงและเม็ดแมงลัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การเตรียมชิ้นงานทดสอบและการเตรียมวัสดุหน่วงเวลาการลุกติดไฟประเภทต่างๆ

1. ทำการเตรียมตัวอย่างวัสดุที่ใช้ในการเผาทดสอบดังนี้

2. วัดค่าความชื้นของวัสดุด้วยเครื่องวัดความชื้นในเนื้อวัสดุและบันทึกข้อมูล โดยการแทงขั้ววัดความชื้นของเครื่องวัดความชื้นเนื้อวัสดุ Extech Instruments รุ่น MO210 เข้าในเนื้อวัสดุประเภทต่างๆ ลึกไม่น้อยกว่า 3 มิลลิเมตร รอจนค่าความชื้นที่ได้คงที่แล้วจึงบันทึกข้อมูล ดังภาพที่ 15

3. อบไล่ความชื้นในวัสดุด้วยด้วยเตาอบไล่ความชื้นปรับอุณหภูมิและตั้งเวลาชนิดลมร้อน Sanyo รุ่น OMT ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

4. วัดความชื้นในวัสดุหลังอบไล่ความชื้นและบันทึกค่าความชื้น

5. เก็บรักษาวัสดุที่อบไล่ความชื้นแล้วในภาชนะปิดสนิทที่มีสารดูดความชื้นชนิดซิลิก้าเจลภายใน ดังภาพที่ 16

ภาพที่ 15 การวัดความชื้นในชิ้นงานทดสอบด้วยเครื่องวัดความชื้นเนื้อไม้ชนิดแทงของ Extech Instruments รุ่น MO210

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 16 ภาชนะปิดผนึกสำหรับเก็บชิ้นงานพร้อมสารดูดความชื้นซิลิก้าเจล

6. ทำการหาความเข้มข้นของวัสดุหน่วงเวลาการลุกติดไฟประเภทต่างๆ ได้แก่ โฟมดับเพลิงเข้มข้น Class A ANSUL-A ของ ANSUL เจลป้องกันไฟเข้มข้น บุกผง และบุกผงผสมเม็ดแมงลัก ที่เหมาะสม โดยอัตราค่าความเข้มข้นดังกล่าวจะต้องมีค่าปริมาณน้ำบนผิววัสดุเท่ากันที่ปริมาตร 5 ลิตร ต่อพื้นที่ผิววัสดุที่ใช้ในการทดสอบการลุกติดไฟ 1 ตารางเมตร หรือ ที่ค่าปริมาณน้ำ 50 มิลลิลิตรต่อพื้นที่ชิ้นงานทดสอบขนาด 10x10 ตารางเซนติเมตร และทำการบันทึกค่าความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารดับเพลิงทั้งหมด

7. ทำการทดสอบเผาตัวอย่างชิ้นงานวัสดุฐานประเภทไม้อัดสามประเภท ประกอบด้วย

7.1 ไม้อัดสักขนาด 10 x 10 ตารางเซนติเมตร ความหนา 3.3 มิลลิเมตร

7.2 ไม้อัดยางพาราขนาด 10 x 10 ตารางเซนติเมตร ความหนา 3.1 มิลลิเมตร

7.3 แผ่นใยไม้อัดชนิดความหนาแน่นปานกลาง (MDF) ขนาด 10 x 10 ตารางเซนติเมตร ความหนา 6 มิลลิเมตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ทำการทดสอบโดยวิธี Piloted ignition ด้วยเครื่อง Cone Calorimeter FTT รุ่น Dual Cone ตามมาตรฐาน ASTM ที่ควบคุมค่าฟลักซ์ความร้อนที่แผ่ลงบนผิววัสดุที่ใช้ในการทดสอบคงที่

โดยขั้นตอนดำเนินการเผาชิ้นงานแต่ละชิ้นเป็นดังนี้

1. ทำการวัดความหนาชิ้นงานตัวอย่างด้วยเวอร์เนียคาลิบเปอร์ บันทึกค่าความหนาจริงของชิ้นงานตัวอย่าง ดังภาพที่ 17

2. ทำการประกอบอุปกรณ์วัดค่าฟลักซ์ความร้อน และปรับตั้งอุณหภูมิขดลวดความร้อนให้ได้ค่าฟลักซ์ความร้อนคงที่ที่ 50 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร

3. ใส่ชิ้นงานตัวอย่างในภาชนะใส่ตัวอย่างที่รองด้วยวัสดุทนไฟ (ภาพที่ 18) ให้มีระยะห่างระหว่างผิวชิ้นงานจนถึงระดับขดลวดทำความร้อนเท่ากันทุกชิ้น ดังภาพที่ 19

4. เริ่มดำเนินการเผาชิ้นงานโดยให้ชิ้นงานรับการแผ่รังสีความร้อน ทำการกดเครื่องมือทดสอบให้บันทึกข้อมูล ระยะเวลาและน้ำหนักที่สูญเสีย (ภาพที่ 20)

5. ดำเนินการเผาจนวัสดุที่ทดสอบลุกติดไฟ (ภาพที่ 21) ทำการกดปุ่มหยุดเวลาและให้เครื่องมือบันทึกข้อมูล

6. เผาชิ้นงานแต่ละชนิดซ้ำชนิดละสามชิ้นในแต่ละสภาวะการทดสอบ

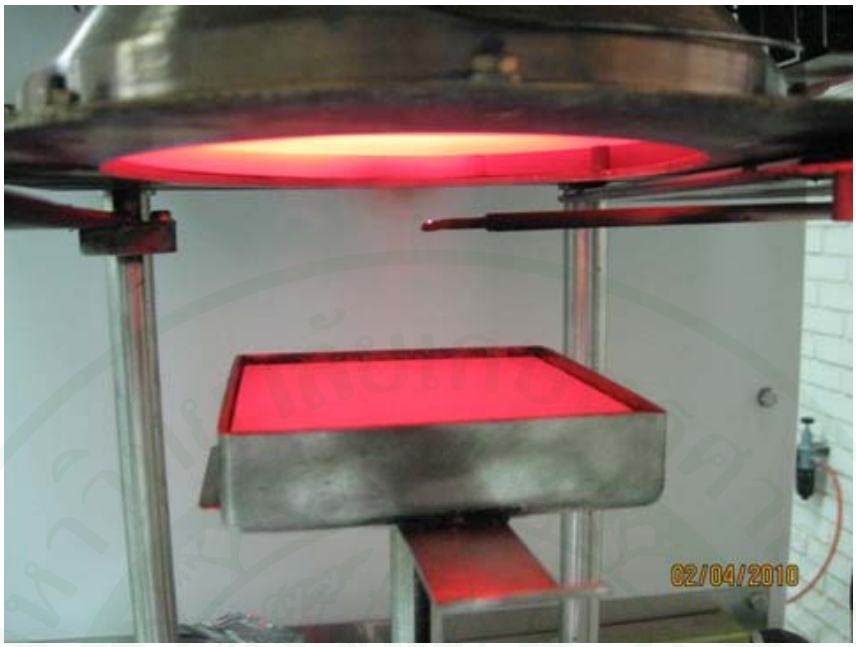
7. เมื่อทำการเผาชิ้นงานทั้งหมดแล้ว ดำเนินการทดลองเช่นเดิมแต่เผาชิ้นงานที่สภาวะค่าฟลักซ์ความร้อน 60 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 17 การวัดความหนาชิ้นงานแต่ละชนิดด้วยเวอร์เนียคาลิบเปอร์

ภาพที่ 18 ภาชนะใส่ตัวอย่างสำหรับการทดสอบเผาชิ้นงานตัวอย่าง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 19 ชิ้นงานตัวอย่างไม้อัดสักแห้งขณะทำการทดสอบเผาด้วยวิธี Piloted ignition

ภาพที่ 20 ชิ้นงานตัวอย่างไม้อัดสักแห้งเมื่อได้รับฟลักซ์ความร้อนจะคายไอที่ติดไฟได้ออกมา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 21 ชิ้นงานตัวอย่างไม้อัดสักแห้งขณะลุกติดไฟ

8. ทำการทดสอบเผาชิ้นงานทดสอบตามการทดลองข้างต้นด้วยชิ้นงานวัสดุฐานที่ได้รับการเคลือบผิวป้องกันต่างๆ ที่มีความเข้มข้นที่ได้จากการทดลองหาค่าความเข้มข้นที่เหมาะสมในข้อ 2. โดยมีรายละเอียดดังนี้

8.1 ผิวชิ้นงานเปียก โดยทำการพรมน้ำกลั่นลงบนผิวชิ้นงานทดสอบ บันทึกน้ำหนักก่อนและหลังการพรมน้ำ เพื่อประมาณปริมาณน้ำที่คงอยู่บนผิวชิ้นงานทดสอบ

8.2 ฟองโฟมดับเพลิง Class A โดยผสมน้ำกลั่นปริมาตร 50 มิลลิลิตรกับน้ำยาโฟม Class A เข้มข้นปริมาตร 1 มิลลิลิตร และตีส่วนผสมด้วยเครื่องกวนที่ความเร็ว 1600 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 นาที จะได้ฟองโฟมปริมาตรประมาณ 400 มิลลิลิตร

8.3 เจลป้องกันไฟ โดยผสมน้ำกลั่นปริมาตร 50 มิลลิลิตรกับน้ำยาเจลป้องกันไฟเข้มข้นปริมาตร 1 มิลลิลิตร และทำการกวนส่วนผสมด้วยแท่งแก้วคนเป็นเวลา 1 นาที จะได้เจลป้องกันไฟปริมาตรประมาณ 50 มิลลิลิตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

8.4 วุ้นจากผงบุก โดยผสมน้ำกลั่นปริมาตร 50 มิลลิลิตร กับผงบุกน้ำหนัก 1 กรัม และทำการกวนส่วนผสมด้วยแท่งแก้วคนเป็นเวลา 5 นาที จะได้วุ้นผงบุกปริมาตรประมาณ 50 มิลลิลิตร

8.5 วุ้นจากผงบุกและเม็ดแมงลัก โดยผสมน้ำกลั่นปริมาตร 50 มิลลิลิตร กับผงบุกน้ำหนัก 0.75 กรัม และเม็ดแมงลักน้ำหนัก 0.25 กรัม และทำการกวนส่วนผสมด้วยแท่งแก้วคนเป็นเวลา 5 นาที จะได้วุ้นผงบุกผสมเม็ดแมงลักปริมาตรประมาณ 50 มิลลิลิตร

โดยทำการเผาชิ้นงานทดสอบจำนวน 3 ชิ้นงานทดสอบต่อหนึ่งสภาวะ ทำการบันทึกข้อมูลและหาค่าเฉลี่ยของผลที่ในแต่ละสภาวะ แสดงผลการทดลองในภาคผนวก

9. ทำการวิเคราะห์ผลการทดลองที่ได้ เพื่อสรุปคุณสมบัติของวัสดุฐานแต่ละชนิด และสมรรถนะของสารหน่วงเวลาการลุกติดไฟชนิดต่างๆ ทั้งสารดับเพลิงฟองโฟม สารดับเพลิงชนิดเจลโพลิเมอร์ และสารหน่วงเวลาการติดไฟจากวุ้นที่ได้จากธรรมชาติเปรียบเทียบกับการไม่ใช้สารดับเพลิง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลและการวิเคราะห์

ผล

1. ค่าความชื้นของชิ้นงานทดสอบ

ค่าความชื้นของชิ้นงานทดสอบก่อนการอบไล่ความชื้นทุกตัวอย่างมีค่าความชื้นระหว่าง 12 ถึง 16 เปอร์เซ็นต์ และค่าความชื้นของชิ้นงานทุกตัวอย่างหลังผ่านการอบไล่ความชื้นเป็นเวลา 24 ชั่วโมง มีค่าความชื้นต่ำกว่า 6 เปอร์เซ็นต์ โดยในกรณีที่เครื่องวัดความชื้นในเนื้อไม้แสดงค่าผลการวัดได้ต่ำกว่าร้อยละ 6.00 จะมีค่าความชื้นในเนื้อไม่ที่ไม่เกินร้อยละ 6 เนื่องจากช่วงการวัดความชื้นของเครื่องวัดความชื้นเนื้อไม้ มีค่าจำกัดที่ความชื้นต่ำสุดร้อยละ 6

2. ค่าความเข้มข้นที่เหมาะสมของวัสดุหน่วงเวลาการลุกติดไฟประเภทต่างๆ

2.1 ค่าความเข้มข้นของฟองโฟมดับเพลิง Class A

เมื่อทำการผสมโฟมดับเพลิง Class A เข้มข้นกับน้ำกลั่นที่ค่าความเข้มข้นที่ผู้ผลิตแนะนำที่ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร (โฟมดับเพลิงเข้มข้นปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร กับน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร) พบว่าหลังจากทำการตีด้วยเครื่องปั่นเป็นเวลา 1 นาทีแล้ว (ภาพที่ 22) สารละลายโฟมไม่สามารถเปลี่ยนเป็นฟองโฟมได้ทั้งหมด โดยมีสารละลายบางส่วนมีสภาพเป็นของเหลวตกค้างอยู่บริเวณก้นภาชนะ จึงไม่สามารถนำไปเคลือบผิวชิ้นงานทดสอบได้ เนื่องจากจะทำให้ปริมาณน้ำบนผิวชิ้นงานทดสอบมีค่าปริมาณน้ำน้อยกว่า 50 มิลลิลิตร ผู้วิจัยจึงทำการเพิ่มความเข้มข้นของโฟมเข้มข้นครั้งละร้อยละ 1 โดยที่ความเข้มข้นร้อยละ 2 โดยปริมาตร หรือปริมาณสารโฟม 1 มิลลิลิตร ต่อน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร สารละลายโฟมสามารถตีให้มีสถานะเป็นฟองโฟมได้ทั้งหมด โดยเมื่อตีด้วยเครื่องปั่นเป็นเวลา 1 นาทีแล้ว ได้ปริมาตรเนื้อโฟมประมาณ 400 มิลลิลิตร (ภาพที่ 23) เมื่อเคลือบแล้วมีลักษณะตามภาพที่ 24

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 22 การตีสารละลายโฟมด้วยเครื่องปั่นความเร็วรอบ 1600 รอบต่อนาที

ภาพที่ 23 ฟองโฟมหลังผ่านการตีด้วยเครื่องปั่นเป็นเวลา 1 นาที

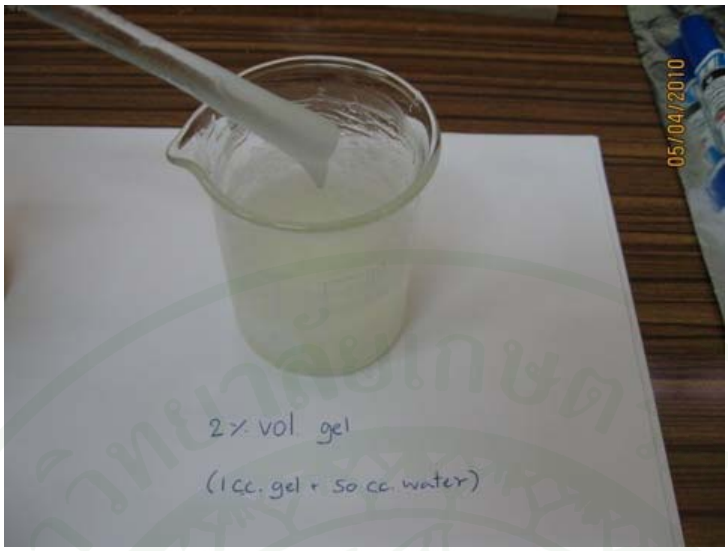
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 24 ชิ้นงานที่ถูกเคลือบด้วยสารดับเพลิงประเภทฟองโฟมมีความสูงประมาณ 4 เซนติเมตร จากผิววัสดุ

2.2 ค่าความเข้มข้นของเจลป้องกันไฟ Barricade gel

ความเข้มข้นที่เหมาะสมของเจลป้องกันไฟกับน้ำกลั่นปริมาตร 50 มิลลิลิตร ที่ร้อยละ 2 โดยปริมาตร (เจลป้องกันไฟปริมาตร 1 มิลลิลิตร กับน้ำกลั่นปริมาตร 50 มิลลิลิตร) จะสามารถกวนให้สารละลายมีสภาพเป็นเนื้อเจลได้ทั้งหมดโดยไม่มีส่วนที่เป็นของเหลวหลงเหลืออยู่ มีความหนืดและการไหลเหมาะสมในการเคลือบบนผิวชิ้นงานทดสอบให้มีความหนาของชั้นเคลือบสม่ำเสมอตลอดชิ้นงาน (ภาพที่ 25 และ 26)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 25 ลักษณะเจลป้องกันไฟที่ความเข้มข้นร้อยละ 2 โดยปริมาตร

ภาพที่ 26 ชิ้นงานที่ได้รับการเคลือบผิววัสดุด้วยเจลดับเพลิง มีความหนาชั้นเจลประมาณ 5 มิลลิเมตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.3 ค่าความเข้มข้นของวุ้นบุกผง

ความเข้มข้นของปริมาณบุกผง 1 กรัม กับน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตรจะได้วุ้นบุกผงที่มีความหนืดเหมาะสมกับการนำไปเคลือบบนชิ้นงานทดสอบหลังผ่านการกวนผสมด้วยแท่งแก้วคนเป็นเวลา 5 นาที (ภาพที่ 27)โดยที่ปริมาณความเข้มข้นบุกผงสูงกว่านี้จะได้เนื้อวุ้นที่แข็งไม่สามารถนำไปเคลือบบนผิวชิ้นงานได้ และปริมาณความเข้มข้นบุกผงที่ต่ำกว่านี้ จะได้เนื้อวุ้นที่เหลวคล้ายน้ำไม่สามารถนำไปเคลือบบนชิ้นงานได้เช่นกัน โดยเมื่อเคลือบลงบนผิวชิ้นงานแล้วจะมีลักษณะดังภาพที่ 28

ภาพที่ 27 วุ้นจากผงบุกผสมน้ำกลั่นที่ความเข้มข้น ร้อยละ 2 โดยน้ำหนัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 28 ชิ้นงานที่เคลือบด้วยวุ้นจากผงบุก มีความหนาชั้นวุ้นประมาณ 5 มิลลิเมตร

2.4 ค่าความเข้มข้นของวุ้นบุกผงผสมเม็ดแมงลัก

ผู้วิจัยได้ทำการทดลองผสมเม็ดแมงลักที่ความเข้มข้นต่างๆ กับน้ำกลั่นปริมาตร 50 มิลลิลิตรแล้ว พบว่าเม็ดแมงลักเพียงชนิดเดียวไม่มีสมบัติที่เหมาะสมกับการใช้เป็นวัสดุป้องกันการลุกติดไฟบนผิววัสดุฐาน เนื่องจากเม็ดแมงลักใช้เวลาในการพองตัวนาน และวุ้นเม็ดแมงลักที่ได้ไม่มีความหนืดเพียงพอในการคงตัวอยู่บนผิววัสดุได้ตลอดการทดสอบ ผู้วิจัยจึงทำการผสมเม็ดแมงลักกับผงบุกที่ความเข้มข้นต่างๆกัน โดยให้น้ำหนักรวมของส่วนผสมผงบุกและเม็ดแมงลักอยู่ที่ 1 กรัมต่อปริมาตรน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร ได้ค่าความเข้มข้นสูงสุดของเม็ดแมงลักและผงบุกที่เม็ดแมงลัก 0.25 กรัม ต่อผงบุก 0.75 กรัม จึงจะได้วุ้นที่มีความหนืดเหมาะสมกับการใช้เป็นชั้นเคลือบป้องกันการลุกติดไฟบนผิววัสดุฐาน (ภาพที่ 29 และ 30)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 29 วุ้นจากผงบุกร้อยละ 1.5 โดยน้ำหนักและเม็ดแมงลักร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนักกับน้ำกลั่น

ภาพที่ 30 ชิ้นงานที่เคลือบด้วยวุ้นจากผงบุกและเม็ดแมงลัก มีความหนาชั้นวุ้นประมาณ 5 มิลลิเมตร

3. ผลการทดลองเผาชิ้นงานทดสอบด้วยเครื่อง Cone Calorimeter จำแนกตามชนิดวัสดุฐาน

3.1 การเผาชิ้นงานทดสอบไม้อัดสัก ที่ค่าฟลักซ์ความร้อน 50 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร ในสภาวะการทดลองต่างๆ ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 1

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 1 ผลการเผาชิ้นงานตัวอย่างไม้อัดสักความหนา 3.3 มิลลิเมตร ฟลักซ์ความร้อน 50 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร

การเผาชิ้นงานตัวอย่างไม้อัดสักความหนา 3.3 มิลลิเมตร ฟลักซ์ 50 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร				
ชิ้นงาน	สภาวะการทดสอบ	น้ำหนักชิ้นงาน (กรัม)	ระยะเวลาจนถึงจุดติดไฟ (วินาที)	ค่าเฉลี่ย (วินาที)
1	ชิ้นงานแห้ง	21.41	23	24.33
2		22.42	24	
3		22.1	26	
4	ชิ้นงานพรมน้ำที่ผิว	20.81	29	29.33
5		21.62	31	
6		20.31	28	
7	ชิ้นงานเคลือบด้วยฟองโฟมดับเพลิง	20.37	167	169.33
8		21.54	171	
9		21.59	170	
10	ชิ้นงานเคลือบด้วยเจลดับเพลิง	19.42	229	234.00
11		21.13	237	
12		22.04	236	
13	ชิ้นงานเคลือบด้วยเจลผงบุก	18.43	236	252.33
14		20.83	254	
15		18.97	267	
16	ชิ้นงานเคลือบด้วยเจลผงบุกผสมเม็ดแมงลัก	22.46	258	252.67
17		19.11	252	
18		21.4	248	

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.2 การเผาชิ้นงานทดสอบไม้อัดยางพารา ที่ค่าฟลักซ์ความร้อน 50 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร ในสภาวะการทดลองต่างๆ ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการเผาชิ้นงานตัวอย่างไม้อัดสักความหนา 3.3 มิลลิเมตร ฟลักซ์ความร้อน 50 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร

การเผาชิ้นงานตัวอย่างไม้อัดยางพาราความหนา 3.1 มิลลิเมตร ฟลักซ์ 50 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร				
ชิ้นงาน	สภาวะการทดสอบ	น้ำหนักชิ้นงาน (กรัม)	ระยะเวลาจนถึงจุดติดไฟ (วินาที)	ค่าเฉลี่ย (วินาที)
1	ชิ้นงานแห้ง	16.86	15	14.33
2		15.66	14	
3		14.7	14	
4	ชิ้นงานพรมน้ำที่ผิว	14.83	18	19.00
5		14.81	19	
6		15.39	20	
7	ชิ้นงานเคลือบด้วยฟองโฟมดับเพลิง	15.67	169	160.33
8		15.6	156	
9		15.48	156	
10	ชิ้นงานเคลือบด้วยเจลดับเพลิง	19.25	245	257.00
11		17.17	257	
12		20.51	269	
13	ชิ้นงานเคลือบด้วยเจลผงบุก	17.22	259	259.33
14		15.62	264	
15		15.42	255	
16	ชิ้นงานเคลือบด้วยเจลผงบุกผสมเม็ดแมงลัก	16.11	269	273.33
17		18.02	273	
18		15.88	278	

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.3 การเผาชิ้นงานทดสอบแผ่นใยไม้อัดชนิดความหนาแน่นปานกลาง ที่ค่าฟลักซ์ความร้อน 50 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร ในสภาวะการทดลองต่างๆ ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการเผาชิ้นงานตัวอย่างใยไม้อัดชนิดความหนาแน่นปานกลาง ความหนา 6 มิลลิเมตร ฟลักซ์ความร้อน 50 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร

การเผาชิ้นงานตัวอย่างใยไม้อัดชนิดความหนาแน่นปานกลางขนาด 6 มิลลิเมตร ฟลักซ์ 50 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร				
ชิ้นงาน	สภาวะการทดสอบ	น้ำหนักชิ้นงาน (กรัม)	ระยะเวลาจนถึงจุดติดไฟ (วินาที)	ค่าเฉลี่ย (วินาที)
1	ชิ้นงานแห้ง	43.95	19	19.00
2		41.79	17	
3		42.59	21	
4	ชิ้นงานพรมน้ำที่ผิว	42.68	22	23.00
5		41.57	24	
6		45.55	23	
7	ชิ้นงานเคลือบด้วยฟองโฟมดับเพลิง	43.58	164	157.33
8		43.3	152	
9		43.5	156	
10	ชิ้นงานเคลือบด้วยเจลดับเพลิง	46.25	247	254.00
11		43.47	262	
12		43.31	253	
13	ชิ้นงานเคลือบด้วยเจลผงบุก	42.38	301	279.67
14		42.48	263	
15		43.22	275	
16	ชิ้นงานเคลือบด้วยเจลผงบุกผสมเม็ดแมงลัก	43.23	277	275.00
17		43.22	263	
18		43.63	285	

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4. ผลการทดลองเผาชิ้นงานทดสอบด้วยเครื่อง Cone Calorimeter จำแนกตามชนิดวัสดุฐาน

4.1 การเผาชิ้นงานทดสอบไม้อัดสัก ที่ค่าฟลักซ์ความร้อน 60 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร ในสภาวะการทดลองต่างๆ ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการเผาชิ้นงานตัวอย่างไม้อัดสักความหนา 3.3 มิลลิเมตร ฟลักซ์ความร้อน 60 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร

การเผาชิ้นงานตัวอย่างไม้อัดสักความหนา 3.3 มิลลิเมตร ฟลักซ์ 60 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร				
ชิ้นงาน	สภาวะการทดสอบ	น้ำหนักชิ้นงาน (กรัม)	ระยะเวลาจนถึงจุดติดไฟ (วินาที)	ค่าเฉลี่ย (วินาที)
1	ชิ้นงานแห้ง	21.01	21	20.00
2		21.37	21	
3		19.72	18	
4	ชิ้นงานพรมน้ำที่ผิว	20.04	23	23.33
5		20.03	24	
6		20.09	23	
7	ชิ้นงานเคลือบด้วยฟองโฟมดับเพลิง	19.73	140	143.00
8		23.1	152	
9		20.21	137	
10	ชิ้นงานเคลือบด้วยเจลดับเพลิง	20.87	227	210.00
11		20.92	213	
12		21.09	190	
13	ชิ้นงานเคลือบด้วยเจลผงบุก	19.86	228	215.33
14		19.52	207	
15		20.48	211	
16	ชิ้นงานเคลือบด้วยเจลผงบุกผสมเม็ดแมงลัก	20.45	215	228.00
17		19.7	246	
18		19.09	223	

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.2 การเผาชิ้นงานทดสอบไม้อัดยางพารา ที่ค่าฟลักซ์ความร้อน 60 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร ในสภาวะการทดลองต่างๆ ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการเผาชิ้นงานตัวอย่างไม้อัดยางพาราความหนา 3.1 มิลลิเมตร ฟลักซ์ความร้อน 60 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร

การเผาชิ้นงานตัวอย่างไม้อัดยางพาราความหนา 3.1 มิลลิเมตร ฟลักซ์ 60 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร				
ชิ้นงาน	สภาวะการทดสอบ	น้ำหนักชิ้นงาน (กรัม)	ระยะเวลาจนถึงจุดติดไฟ (วินาที)	ค่าเฉลี่ย (วินาที)
1	ชิ้นงานแห้ง	16.85	12	12.67
2		18.68	13	
3		17.47	13	
4	ชิ้นงานพรมน้ำที่ผิว	15.36	17	19.33
5		15.44	17	
6		21.28	24	
7	ชิ้นงานเคลือบด้วยฟองโฟมดับเพลิง	15.73	135	137.67
8		16.87	140	
9		15.54	138	
10	ชิ้นงานเคลือบด้วยเจลดับเพลิง	15.63	216	206.33
11		17.31	194	
12		15.15	209	
13	ชิ้นงานเคลือบด้วยเจลผงบุก	15.9	202	207.00
14		17.1	207	
15		18.34	212	
16	ชิ้นงานเคลือบด้วยเจลผงบุกผสมเม็ดแมงลัก	17.38	237	229.00
17		21.05	210	
18		20.67	240	

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.4 การเผาชิ้นงานทดสอบแผ่นใยไม้อัดชนิดความหนาแน่นปานกลาง ที่ค่าฟลักซ์ความร้อน 60 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตรในสภาวะการทดลองต่างๆ ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ผลการเผาชิ้นงานตัวอย่างแผ่นใยไม้อัดชนิดความหนาแน่นปานกลางหนา 6 มิลลิเมตร ฟลักซ์ความร้อน 60 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร

การเผาชิ้นงานตัวอย่างใยไม้อัดชนิดความหนาแน่นปานกลางขนาด 6 มิลลิเมตร ฟลักซ์ 60 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร				
ชิ้นงาน	สภาวะการทดสอบ	น้ำหนักชิ้นงาน (กรัม)	ระยะเวลาจนถึงจุดติดไฟ (วินาที)	ค่าเฉลี่ย (วินาที)
1	ชิ้นงานแห้ง	42.35	14	14.00
2		43.68	14	
3		42.85	14	
4	ชิ้นงานพรมน้ำที่ผิว	43054	19	18.67
5		43.26	18	
6		43.26	19	
7	ชิ้นงานเคลือบด้วยฟองโฟมดับเพลิง	41.79	133	132.00
8		43.32	130	
9		43.17	133	
10	ชิ้นงานเคลือบด้วยเจลดับเพลิง	43.21	189	186.67
11		43.68	174	
12		42.27	197	
13	ชิ้นงานเคลือบด้วยเจลผงบุก	45.43	207	206.67
14		42.66	200	
15		42.79	213	
16	ชิ้นงานเคลือบด้วยเจลผงบุกผสมเม็ดแมงลัก	43.87	201	205.00
17		45	205	
18		42.37	209	

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิเคราะห์

จากผลการทดลองเผาชิ้นงานวัสดุฐานสามชนิดกับวัสดุหน่วงเวลาการลุกติดไฟห้าชนิด ได้แก่ น้ำกลั่น ฟองโฟมดับเพลิง เจลดับเพลิง วุ้นจากผงบุก และวุ้นจากผงบุกผสมเม็ดแมงลักได้ผลการทดลองแบ่งได้ดังนี้

1. บนผิววัสดุฐานชนิดเดียวกัน พบว่า ระยะเวลาเฉลี่ยการลุกติดไฟของวัสดุที่ไม่ได้รับการป้องกันจะลุกไหม้เร็วที่สุด เนื่องจากวัสดุมีความแห้งสนิท เมื่อได้รับความร้อนจากแหล่งความร้อนภายนอก ผิวหน้าของวัสดุมีอุณหภูมิสูงขึ้นและเกิดปฏิกิริยาไพโรไลซิสอย่างรวดเร็ว (ภาพที่ 31 ถึง 33)

ภาพที่ 31 แผ่นไม้อัดสักแห้งหลังการทดสอบเผาที่ค่าฟลักซ์ 50 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 32 แผ่นไม้อัดยางพาราแห้งหลังการทดสอบเผาที่ค่าฟลักซ์ 50 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร

ภาพที่ 33 แผ่นใยไม้อัดชนิดความหนาแน่นปานกลางแห้งหลังการทดสอบเผาที่ค่าฟลักซ์ 50 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. กรณีพรมน้ำลงบนผิววัสดุ พบว่าปริมาณน้ำที่ตกค้างบนผิววัสดุมีเพียงเล็กน้อยจากน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเพียงประมาณหนึ่งกรัมแสดงว่า มีน้ำอยูบนผิวหน้าวัสดุประมาณ หนึ่งมิลลิลิตรเท่านั้น จึงทำให้ระยะเวลาการลุกติดไฟช้ากว่ากับวัสดุแห้งเพียงเล็กน้อยเฉลี่ยประมาณ 4 วินาที เนื่องจากผิวของวัสดุที่ใช้ในการทดลองทั้งหมดค่อนข้างมีความเรียบ ไม่มีความพรุน และไม่ดูดซึมน้ำ

3. จากผลการทดลองพบว่าวัสดุประเภทฟองโฟมดับเพลิงมีความสามารถในการหน่วงเวลาการลุกติดไฟได้ต่ำกว่าวัสดุประเภทเจลดับเพลิง และวุ้นจากธรรมชาติ เป็นที่สังเกตได้ว่าขณะทำการทดลองเมื่อชิ้นงานที่เคลือบผิวด้วยฟองโฟมได้รับความร้อน ชั้นโฟมขยายตัวอย่างรวดเร็ว ทั้งความสูงของชั้นโฟม และขยายตัวไหลล้นออกด้านข้าง (ภาพที่ 34 และ 35) จนทำให้ชั้นโฟมเข้าใกล้กับแหล่งกำเนิดความร้อน จึงทำให้เกิดการสูญเสียมวลอย่างรวดเร็ว ซึ่งการที่ชั้นโฟมสูงขึ้นเข้าใจว่าเกิดจากแก๊สที่ถูกขังภายในฟองโฟมได้รับความร้อน จึงขยายตัวอย่างรวดเร็ว และเมื่อชั้นฟองโฟมขยายตัว จะเข้าใกล้กับขดลวดทำความร้อนยิ่งขึ้น ซึ่งทำให้ผิวของฟองโฟมด้านบนได้รับฟลักซ์ความร้อนสูงกว่าชั้นโฟมที่อยู่ด้านล่าง จึงทำให้น้ำในชั้นโฟมระเหยออกไปอย่างรวดเร็วกว่าวัสดุประเภทเจลและวุ้นจากธรรมชาติที่มีการขยายตัวต่ำกว่า รวมทั้งการที่เนื้อโฟมไหลออกด้านข้างจะทำให้ปริมาณน้ำที่อยู่บนผิววัสดุลดลงไปอีก จึงทำให้หน่วงเวลาการลุกติดไฟได้น้อยกว่าวัสดุประเภทเจลและวุ้น โดยพบว่าช่วงแรกที่ฟองโฟมขยายตัวสูงขึ้นมีอัตราการสูญเสียมวลอย่างรวดเร็วและอัตราการสูญเสียมวลค่อยๆ ลดลงเมื่อชั้นโฟมเตี้ยลงซึ่งแตกต่างจากวัสดุประเภทเจลดับเพลิงวุ้นจากผงบุก และวุ้นจากผงบุกผสมเม็ดแมงลักที่มีอัตราการสูญเสียมวลคงที่ต่อเนื่องจนถึงจุดลุกติดไฟ ดังในภาพผนวกที่ 2 ซึ่งอาจเป็นข้อจำกัดจากการทดลองด้วยเครื่อง แคลอรีมิเตอร์รูปกรวยที่แหล่งกำเนิดความร้อนอยู่ใกล้กับชิ้นงานทดสอบ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 34 ชั้นฟองโฟมขยายตัวพองสูงขึ้นเมื่อได้รับความร้อน

ภาพที่ 35 ชั้นฟองโฟมขยายตัวเมื่อได้รับความร้อนจนพองสูงขึ้นและล้นออกด้านข้าง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4. การเปรียบเทียบผลด้านความสามารถในการลุกติดไฟของวัสดุประเภทเจลดับเพลิงและวุ้นที่ได้จากธรรมชาติ พบว่า วัสดุประเภทเจลดับเพลิงเมื่อได้รับความร้อนจะเกิดการคายน้ำออกทีละน้อยพร้อมกับการที่ชั้นเจลหดตัวลง จนในที่สุดเมื่อเนื้อเจลคายน้ำออกไปหมดแล้ว สิ่งที่หลงเหลือเป็นเม็ดเจลกระจายอยู่ทั่วไปบนผิวของชิ้นงาน (ภาพที่ 36) เปิดเผยผิวของวัสดุฐานต่อแหล่งจ่ายฟลักซ์ความร้อน ชิ้นงานจึงลุกติดไฟในที่สุด ส่วนกรณีวุ้นที่ได้จากผงบุกนั้น พบว่า เมื่อผิวหน้าของวุ้นได้รับความร้อนจะเกิดชั้นวุ้นแห้งสีขาวขึ้นบนผิวหน้า และจะค่อยๆ ไหม้จนกลายเป็นขี้เถ้าสีดำในที่สุด (ภาพที่ 37) ซึ่งในบริเวณที่อยู่ใต้ขี้เถ้าสีดำนี้พบว่าเหลือเนื้อวุ้นตกค้างบางส่วนและผิวชิ้นงานด้านล่างไม่ได้รับความเสียหาย เข้าใจว่าการเกิดขี้เถ้า (Char formation) นี้ มีสมบัติในการเป็นฉนวนความร้อนจึงทำให้สามารถหน่วงเวลาการลุกติดไฟได้นานกว่าเจลดับเพลิงที่ไม่เกิดขี้เถ้าขึ้นบนผิวหน้า

ภาพที่ 36 ภาพระยะใกล้ของผิววัสดุฐานที่เคลือบด้วยเจลดับเพลิง เมื่อเนื้อเจลแห้งหมด ทิ้งวัสดุสีขาวกระจายทั่วผิวชิ้นงาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 37 ชิ้นงานตัวอย่างทดสอบเคลือบด้วยวุ้นผงบุก ขณะได้รับฟลักซ์ความร้อน มีขี้เถ้าสีดำเกิดขึ้นด้านบน

5. กรณีวุ้นบุกผง และวุ้นบุกผงผสมเม็ดแมงลักพบว่า ชิ้นงานที่เคลือบด้วยวุ้นบุกผงเพียงอย่างเดียว เมื่อได้รับความร้อน เนื้อวุ้นบางส่วนจะเริ่มไหลเข้ารวมตัวกันเป็นก้อน จึงทำให้เปิดเผยผิวหน้าชิ้นงานวัสดุฐานต่อแหล่งความร้อนมีควันขึ้นและเปลี่ยนเป็นสีดำ แต่ที่ชิ้นงานยังไม่ลุกติดไฟเข้าใจว่าเกิดจากการคายไอน้ำของเนื้อวุ้นที่อยู่รอบๆ ทำให้ความเข้มข้นของแก๊สที่วัสดุฐานคายออกมาเจือจางลงจนทำให้ไม่ถึงจุดที่เกิดการลุกไหม้ แต่วุ้นบุกผงผสมเม็ดแมงลักที่เม็ดแมงลักกระจายตัวทั่วผิวชิ้นงาน (ภาพที่ 38) พบว่าเมื่อได้รับความร้อนเนื้อวุ้นจะมีการไหลไปรวมกันเป็นก้อนน้อยกว่าวุ้นที่ได้จากบุกผงเพียงอย่างเดียว จึงทำให้มีแนวโน้มว่าสามารถหน่วงเวลาการลุกติดไฟได้ดีกว่าวุ้นบุกผงเพียงอย่างเดียว

6. กรณีเปรียบเทียบระหว่างวัสดุฐานแต่ละชนิดพบว่า วัสดุฐานทั้งสามชนิดมีระยะเวลาในการลุกติดไฟใกล้เคียงกัน โดยไม้อัดสักใช้เวลาในการลุกติดไฟช้าที่สุด รองลงมาด้วยแผ่นใยไม้อัดชนิดความหนาแน่นปานกลาง MDF และไม้ยางตามลำดับ

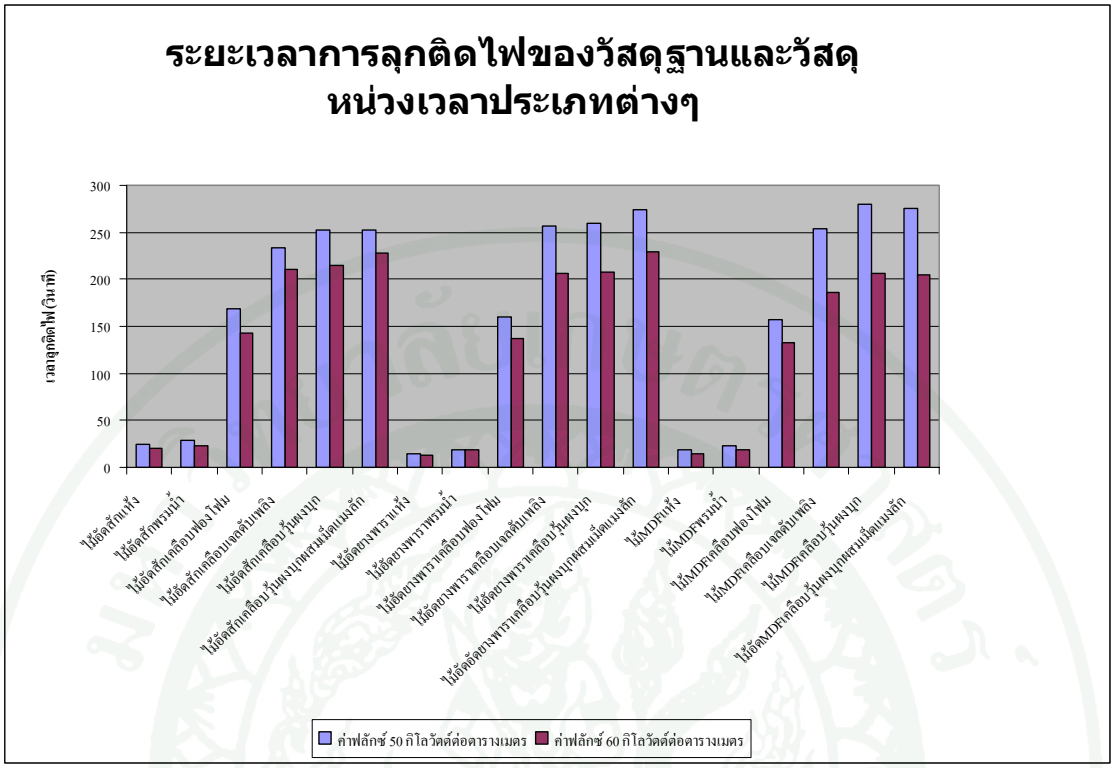
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 38 ภาพระยะใกล้ของผิววัสดุฐานที่เคลือบด้วยวุ้นจากผงบุกผสมเม็ดแมงลัก พบว่ามีเถ้าสีดำปกคลุมผิวหน้าบางส่วน โดยเมื่อขูดเถ้าออกแล้ว ผิววัสดุด้านล่างยังมีความชื้นและมีสภาพไม่ไหม้ไฟ

การเปรียบเทียบวัสดุหน่วงเวลาการลุกติดไฟบนผิววัสดุฐานเปรียบเทียบกับฟลักซ์ความร้อน 50 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร และฟลักซ์ความร้อน 60 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร

วัสดุฐานที่ไม่ได้รับการป้องกันและวัสดุฐานที่ได้รับการเคลือบป้องกันด้วยวัสดุหน่วงเวลาประเภทต่างๆ มีระยะเวลาการลุกไหม้ที่ฟลักซ์ความร้อน 60 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตรเป็นไปในทางเดียวกันกับการทดสอบเผาชิ้นงานที่ฟลักซ์ความร้อน 50 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร โดยชิ้นงานที่ทดสอบที่ฟลักซ์ความร้อนสูงกว่าจะลุกไหม้ติดไฟเร็วกว่าชิ้นงานที่ทดสอบที่ค่าฟลักซ์ความร้อนต่ำกว่า ดังแสดงในภาพที่ 39

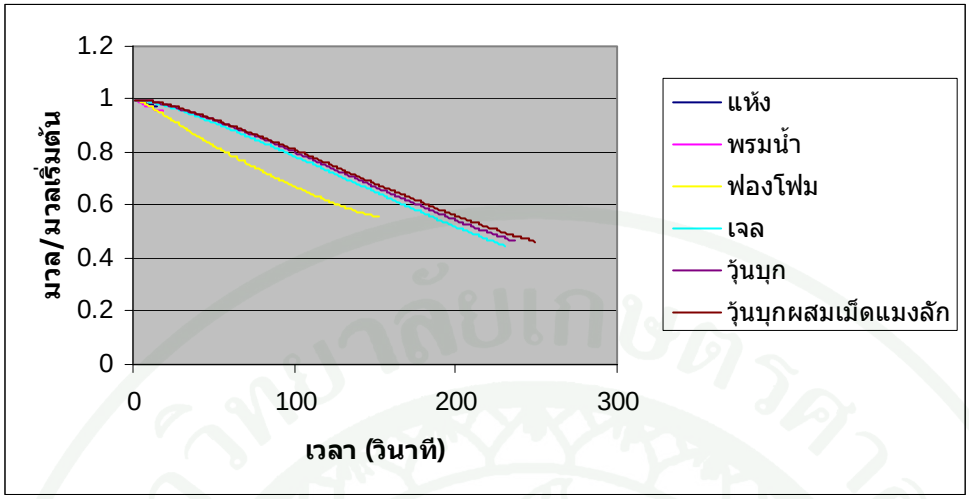
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 39 ความสามารถในการหน่วงเวลาการลุกติดไฟบนผิววัสดุฐานของวัสดุหน่วงเวลาประเภทต่างๆ เปรียบเทียบระหว่างฟลักซ์ความร้อน 50 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตรและ ฟลักซ์ 60 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร

จากภาพที่ 40 พบว่าวัสดุประเภทฟองโฟมมีค่า มวลต่อมวลตั้งต้นลดลงรวดเร็วกว่าวัสดุเคลือบผิวประเภทเจลดับเพลิง วุ้นจากผงบุก และวุ้นจากผงบุกผสมเม็ดแมงลัก เข้าใจว่าเกิดจากเมื่อวัสดุเคลือบผิวฟองโฟมได้รับความร้อนจะขยายตัวขึ้นอย่างรวดเร็วและเข้าใกล้แหล่งให้พลังงานความร้อน จึงทำให้มวลต่อมวลตั้งต้นมีค่าต่ำกว่าวัสดุเคลือบผิวประเภทอื่น เนื่องจากได้รับฟลักซ์ความร้อนสูงกว่า จึงมีค่ามวลต่อมวลตั้งต้นต่ำกว่า และลดลงเร็วกว่าที่เวลาการรับความร้อนเดียวกัน

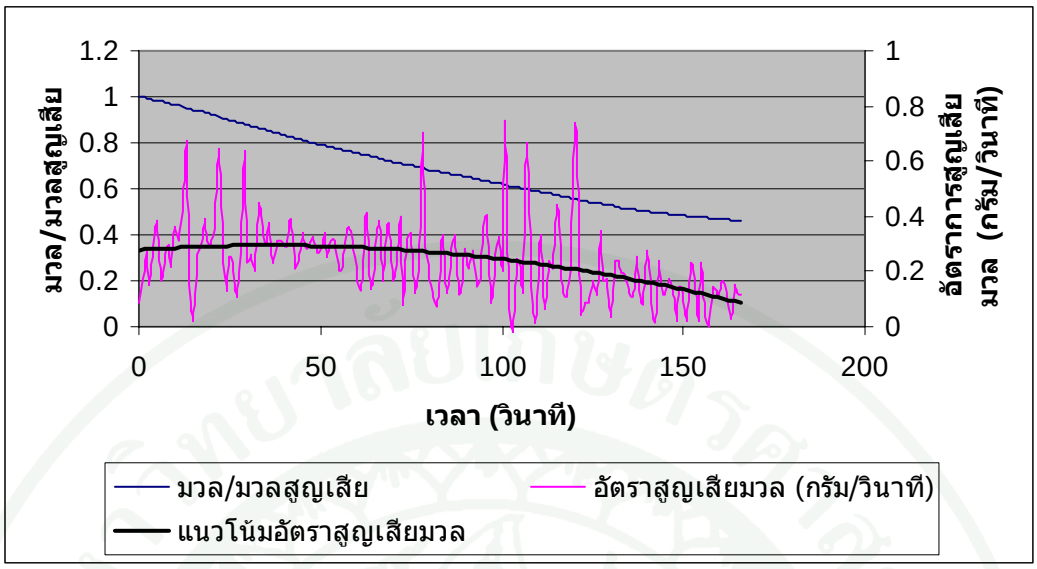
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 40 มวลต่อมวลเริ่มต้นของชั้นเคลือบป้องกันประเภทต่างๆบนวัสดุฐาน กับระยะเวลาการให้ฟลักซ์ความร้อนที่ 50 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร

เมื่อพิจารณาเส้นกราฟอัตราการสูญเสียมวลของวัสดุเคลือบผิวประเภทฟองโฟมดับเพลิงบนไม้อัดสักที่ค่าฟลักซ์ความร้อน 50 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร (ภาพที่ 41) พบว่าเมื่อชิ้นงานได้รับความร้อนจะมีอัตราการสูญเสียมวลในระดับสูง และค่อยๆ ลดลงเมื่อเวลาผ่านไป โดยมวลส่วนใหญ่ที่สูญเสียเข้าใจว่าเป็นการสูญเสียน้ำและสารโฟมในชั้นเคลือบผิวออกไปในรูปก๊าซและไอน้ำ โดยค่าเฉลี่ยอัตราการสูญเสียมวลจะมีค่าสูงในช่วงแรก และมีแนวโน้มลดลงเมื่อเวลาผ่านไป และเมื่อสังเกตจากเส้นกราฟอัตราการสูญเสียมวลที่มีค่าสูงขึ้น และลดลงสลับกันประกอบกับการสังเกตชิ้นงานขณะได้รับความร้อน พบว่าเมื่อชั้นโฟมได้รับความร้อนจะขยายตัวขึ้นสูง ฟองอากาศภายในฟองโฟมมีขนาดใหญ่ขึ้นและระเบิดคายไอน้ำและก๊าซออกเป็นระยะ จึงทำให้สูญเสียมวลขณะนั้นสูง โดยที่ชั้นโฟมที่อยู่ด้านล่างจะต้องใช้เวลารับพลังงานความร้อนระยะหนึ่งจึงขยายตัวและระเบิดออก ทำให้ช่วงเวลานี้มีอัตราการสูญเสียมวลต่ำกว่า โดยกระบวนการนี้จะเกิดสลับกันเป็นระยะจนความหนาชั้นโฟมลดลงทำให้อัตราการสูญเสียมวลต่ำลงในช่วงท้ายการทดลองก่อนวัสดุฐานลุกติดไฟ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 41 อัตราการสูญเสียมวลของวัสดุเคลือบผิวชนิดฟองโฟมบนไม้อัดสัก ค่าฟลักซ์ความร้อน 50 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร

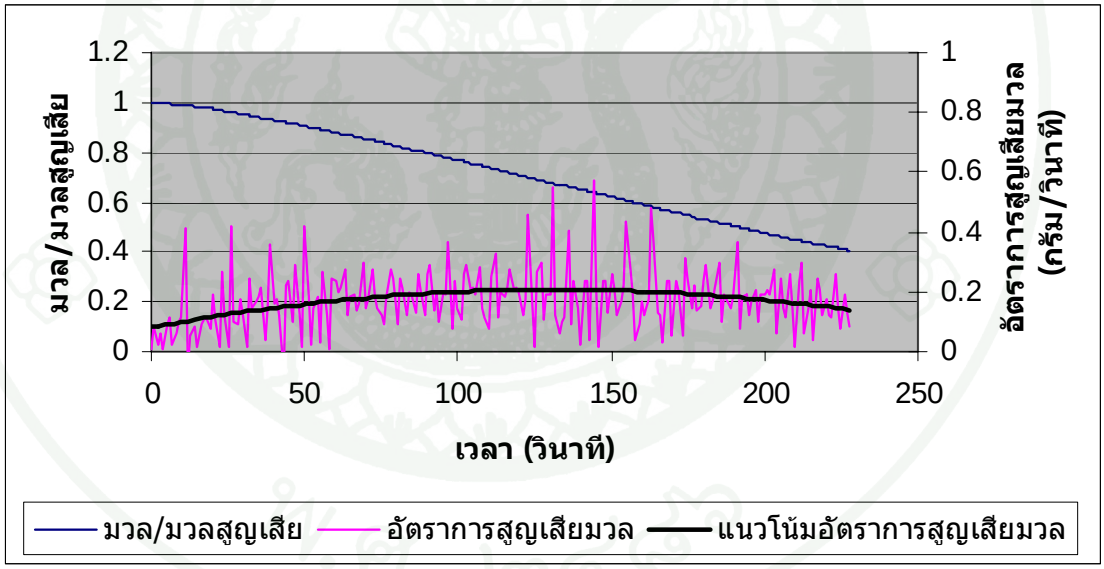
เมื่อพิจารณาเส้นกราฟอัตราการสูญเสียมวลของวัสดุเคลือบผิวประเภทเจลดับเพลิง บนไม้อัดสักที่ค่าฟลักซ์ความร้อน 50 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร (ภาพที่ 42) พบว่าเมื่อชิ้นงานได้รับความร้อนในช่วงแรกจะมีอัตราการสูญเสียมวลสูงขึ้นเรื่อยๆ จนถึงจุดสูงสุดเมื่อเวลาผ่านไปประมาณหนึ่งร้อยวินาที และจะค่อยๆ ลดลงช้าๆ จนถึงจุดลุกติดไฟของวัสดุฐาน เข้าใจว่าช่วงแรกที่อัตราการสูญเสียมวลเพิ่มสูงขึ้นเกิดจากเมื่อชิ้นงานทดสอบได้รับพลังงานความร้อน วัสดุเจลเคลือบผิวจะดูดซับพลังงานความร้อนไว้ โดยน้ำในเนื้อเจลจะดูดซับพลังงานความร้อนในการเพิ่มอุณหภูมิและความร้อนแฝงเพื่อเปลี่ยนสถานะเป็นไอระเหยออกจากชิ้นงาน ทำให้ชั้นเจลที่อยู่ด้านล่างได้รับพลังงานความร้อนต่ำกว่า โดยต้องใช้เวลาระยะหนึ่งจึงทำให้ชั้นเจลชั้นถัดไปได้รับพลังงานความร้อนและมีการระเหยออกมากในช่วงกลางการทดลองจนกระทั่งปริมาณน้ำในชั้นผิวเคลือบมีปริมาณลดลงจึงมีการคายน้ำออกน้อยลงทำให้มีอัตราการสูญเสียมวลลดลงในช่วงท้ายการทดลองก่อนวัสดุฐานลุกติดไฟ เช่นเดียวกับวัสดุเคลือบผิวประเภทวุ้นผงบุก และวุ้นจากผงบุกผสมเม็ดแมงลัก (ภาพที่ 43 และ 44)

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบแนวโน้มอัตราการสูญเสียมวลของวัสุดเคลือบผิวฟองโฟมเจลดับเพลิง วุ้นจากผงบุก และวุ้นจากผงบุกผสมเม็ดแมงลัก พบว่าแนวโน้มของวัสดุประเภทฟองโฟมมีอัตราการสูญเสียมวลสูงในช่วงต้นก่อนลดลงเมื่อเวลาผ่านไป เข้าใจว่าสัมพันธ์กับความสูงของชั้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

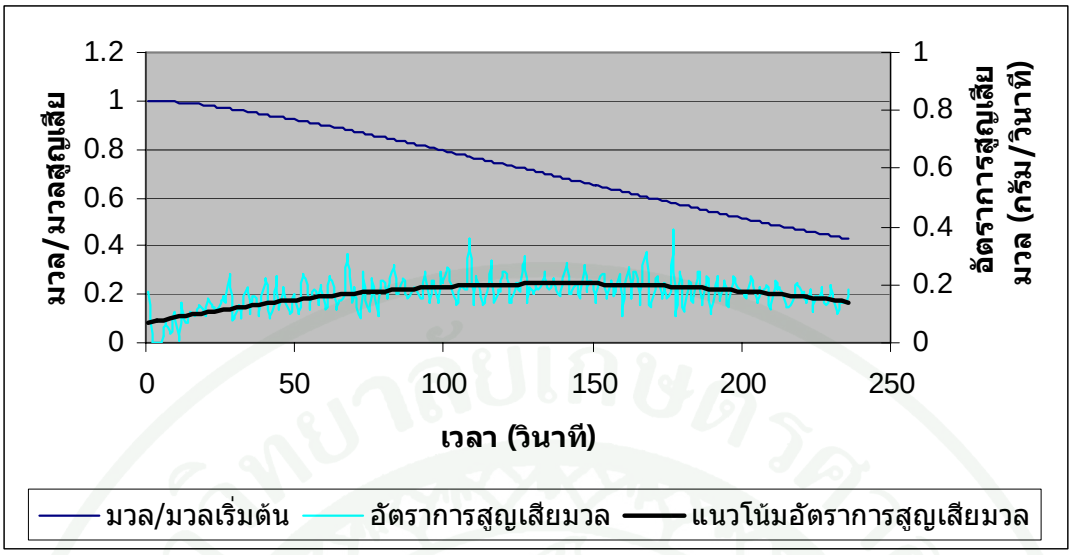
โฟมเมื่อได้รับความร้อนจึงเข้าใกล้แหล่งพลังงานความร้อนทำให้ปริมาณฟลักซ์ความร้อนที่ผิวหน้าของโฟมมีค่าสูงกว่าจึงมีอัตราการสูญเสียมวลสูงกว่าวัสดุประเภทเจลและวุ้นชนิดต่างๆ

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างวัสดุประเภทเจลดับเพลิง และวุ้นจากผงบุกทั้งสองชนิด (ภาพที่ 42 ถึง 44) พบว่าเส้นกราฟอัตราการสูญเสียมวลของวุ้นจากผงบุกทั้งสองประเภทมีค่าอัตราสูญเสียมวลต่ำกว่าเจลดับเพลิง โดยค่าอัตราการสูญเสียมวลสูงสุดของเจลดับเพลิงมีค่าประมาณ 0.5 กรัมต่อวินาที แต่วุ้นจากผงบุกทั้งสองชนิดมีอัตราการสูญเสียมวลสูงสุดประมาณ 0.4 กรัมต่อวินาที เข้าใจว่าเกิดจากการที่มีขี้เถ้าขึ้นปกคลุมบนผิวหน้าของชั้นเคลือบที่ได้จากวุ้นผงบุกและวุ้นจากผงบุกผสมเม็ดแมงลัก โดยขี้เถ้านี้มีสมบัติการเป็นฉนวนความร้อนในระดับหนึ่ง จึงทำให้ชั้นเคลือบผิวที่อยู่ด้านล่างได้รับความร้อนน้อยกว่าจึงทำให้วุ้นจากผงบุกและผงบุกผสมเม็ดแมงลักมีค่าอัตราการสูญเสียมวลต่ำกว่าวัสดุเคลือบผิวชนิดอื่นที่ใช้ในการทดลอง

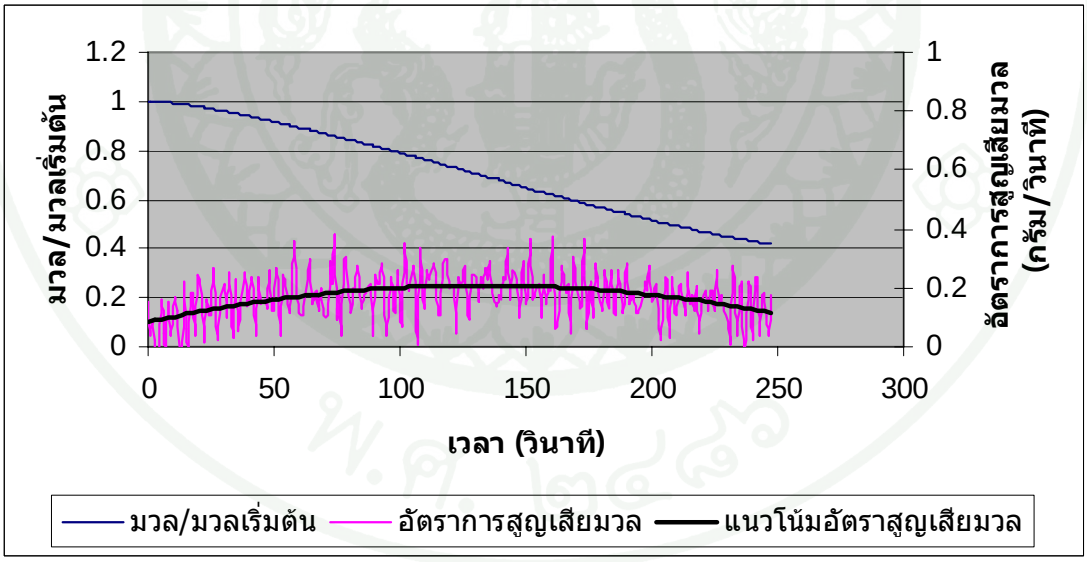


ภาพที่ 42 อัตราการสูญเสียมวลของวัสดุเคลือบผิวชนิดเจลดับเพลิงบนไม้อัดสัก ค่าฟลักซ์ความร้อน 50 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 43 อัตราการสูญเสียมวลของวัสดุเคลือบผิวชนิดวุ้นจากผงบุกบนไม้อัดสัก ค่าฟลักซ์ความร้อน 50 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร



ภาพที่ 44 อัตราการสูญเสียมวลของวัสดุเคลือบผิวชนิดวุ้นจากผงบุกผสมเม็ดแมงลักบนไม้อัดสัก ค่าฟลักซ์ความร้อน 50 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

จากการทดลองสามารถสรุปผลการทดลองเป็นระยะเวลาการลุกติดไฟเฉลี่ยที่วัสดุฐานแต่ละประเภทที่ฟลักซ์ความร้อน 50 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตรพบว่า วัสดุประเภทไม้ประเภทต่างๆ ที่ไม่ได้รับการป้องกันและได้รับการป้องกันด้วยการพรมน้ำมีระยะเวลาการลุกติดไฟเฉลี่ยที่ 21 วินาที ส่วนการป้องกันด้วยวัสดุประเภทฟองโฟมดับเพลิงมีความสามารถในการหน่วงเวลาการลุกติดไฟได้เฉลี่ย 140 วินาทีโดยวัสดุประเภทเจลดับเพลิง วุ้นจากผงบุก และวุ้นจากผงบุกผสมเม็ดแมงลัก แสดงความสามารถในการหน่วงเวลาการลุกติดไฟได้ดีกว่าวัสดุประเะเภทอื่น โดยมีค่าเฉลี่ยการหน่วงเวลาการลุกติดไฟที่ 240 วินาที และที่ที่ฟลักซ์ความร้อน 60 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร พบว่า วัสดุประเภทไม้ประเภทต่างๆ ที่ไม่ได้รับการป้องกันและได้รับการป้องกันด้วยการพรมน้ำมีระยะเวลาการลุกติดไฟเฉลี่ยที่ 18 วินาที ส่วนการป้องกันด้วยวัสดุประเภทฟองโฟมดับเพลิงมีความสามารถในการหน่วงเวลาการลุกติดไฟได้เฉลี่ย 137 โดยวัสดุประเภทเจลดับเพลิง วุ้นจากผงบุก และวุ้นจากผงบุกผสมเม็ดแมงลัก แสดงความสามารถในการหน่วงเวลาการลุกติดไฟได้ดีกว่าวัสดุประเะเภทอื่น โดยมีค่าเฉลี่ยการหน่วงเวลาการลุกติดไฟที่ 210 วินาที

ทั้งนี้วัสดุอุ้มน้ำจากธรรมชาติที่ได้จากผงบุก และผงบุกผสมเม็ดแมงลักที่นำมาทดลองเปรียบเทียบกับวัสดุเจลดับเพลิงที่สังเคราะห์จากพอลิเมอร์ แสดงสมบัติการหน่วงเวลาการลุกติดไฟได้เท่ากับหรือดีกว่าวัสดุเจลดับเพลิงที่สังเคราะห์จากพอลิเมอร์ โดยระยะเวลาการลุกติดไฟเฉลี่ยของวัสดุฐานที่เคลือบป้องกันด้วยวุ้นบุกผงและวุ้นบุกผงผสมเม็ดแมงลักลุกติดไฟช้ากว่าวัสดุเจลดับเพลิงที่ค่าฟลักซ์ความร้อน 50 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร 15 วินาที ซึ่งเข้าใจว่าวุ้นจากธรรมชาติที่เป็นสารอินทรีย์เมื่อได้รับความร้อนสูงจะเกิดเป็นขี้เถ้าที่ผิวหน้า ซึ่งขี้เถ้ามีสมบัติเป็นฉนวนป้องกันฟลักซ์ความร้อนที่แผ่ลงไปยังชั้นวัสดุที่อยู่ด้านล่าง แตกต่างจากวัสดุเจลพอลิเมอร์ที่เมื่อได้รับความร้อนแล้วน้ำที่ดูดซับไว้ภายในระเหยออก เจลจะหดตัว และไม่เกิดขี้เถ้าขึ้นบนผิววัสดุ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข้อเสนอแนะ

สิ่งที่ได้ทำการศึกษานี้เป็นความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับคุณสมบัติด้านการหน่วยการลุกติดไฟ การใช้งานวัสดุเคลือบผิวหน่วงเวลาการลุกติดไฟในสภาวะการทำงานจริง ต้องการคุณสมบัติที่เหมาะสมด้านอื่นด้วย เช่น คุณสมบัติด้านการยึดเกาะพื้นผิวแนวดิ่งที่ดี จึงต้องทำการศึกษาเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติต่างๆเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานในเชิงพาณิชย์ต่อไป และผงบุกที่ใช้ในการทดลองนี้มีราคาค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุอุ้มน้ำหน่วงเวลาการลุกติดไฟประเภทอื่นๆ โดยต้นทุนของโฟมดับเพลิงและเจลดับเพลิงเมื่อเจือจางมีค่าใช้จ่าย 4.21 บาทต่อลิตร วุ้นจากบุกผงมีต้นทุน 12 บาทต่อลิตร และ วุ้นจากบุกผงผสมเม็ดแมงลักมีต้นทุน 9.35 บาทต่อลิตร เข้าใจว่าเป็นเพราะผงบุกที่ใช้เป็นเกรดที่ใช้รับประทานได้โดยมีการผ่านกระบวนการสกัดแยกเอาสารประกอบซิลิเกตออกจากผงบุก เพื่อไม่ให้เกิดเป็นนิ่วในผู้บริโภค ซึ่งหากในอนาคตมีการศึกษาและพัฒนาการใช้วุ้นจากผงบุกเพื่อวัตถุประสงค์ในการดับเพลิง ก็ไม่น่าจำเป็นต้องผ่านกระบวนการสกัดสารประกอบซิลิเกตออก น่าจะทำให้ผงบุกมีราคาถูกลงจนมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์หากนำมาใช้เป็นสารดับเพลิงหรือสารหน่วงเวลาการลุกติดไฟ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

Tafreshi, A.M. and M. Marzo. 1999. Foams and gels as fire protection agents. **Fire Safety Journal** 33: 295-305.

Gardiner, B.S., B.Z. Dlugogorski and G.J. Janeson. 1998. Rheology of fire fighting foams. **Fire Safety Journal** 33: 61-75.

Quintiere J.G. 2006. **Fundamentals of fire phenomena.** n.p.

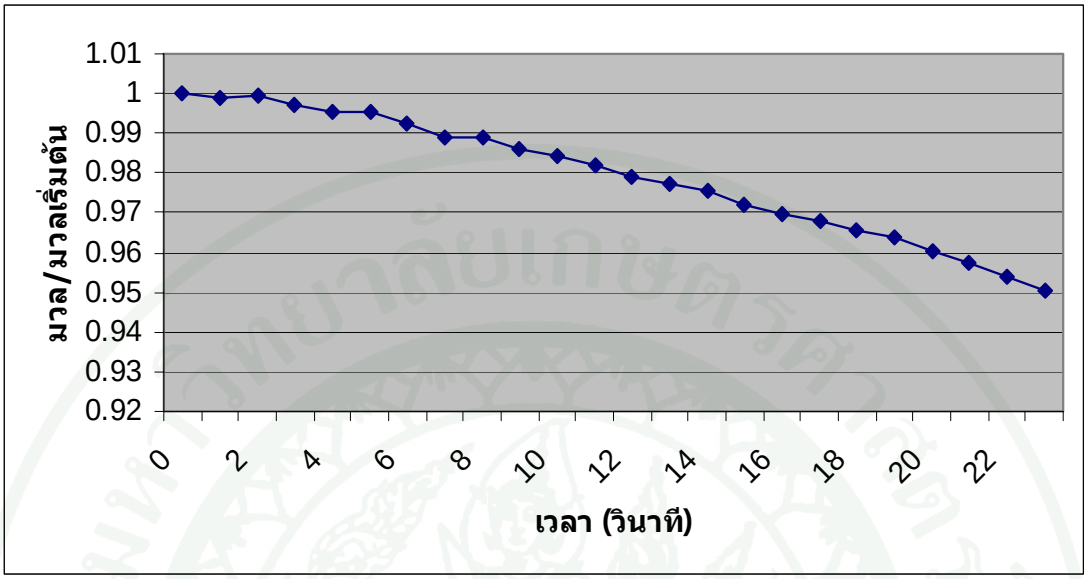
Vytenis, B. 1995**. National Fire Protection Association.** SFPE Handbook of Fire Protection Engineering. Second Edition.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

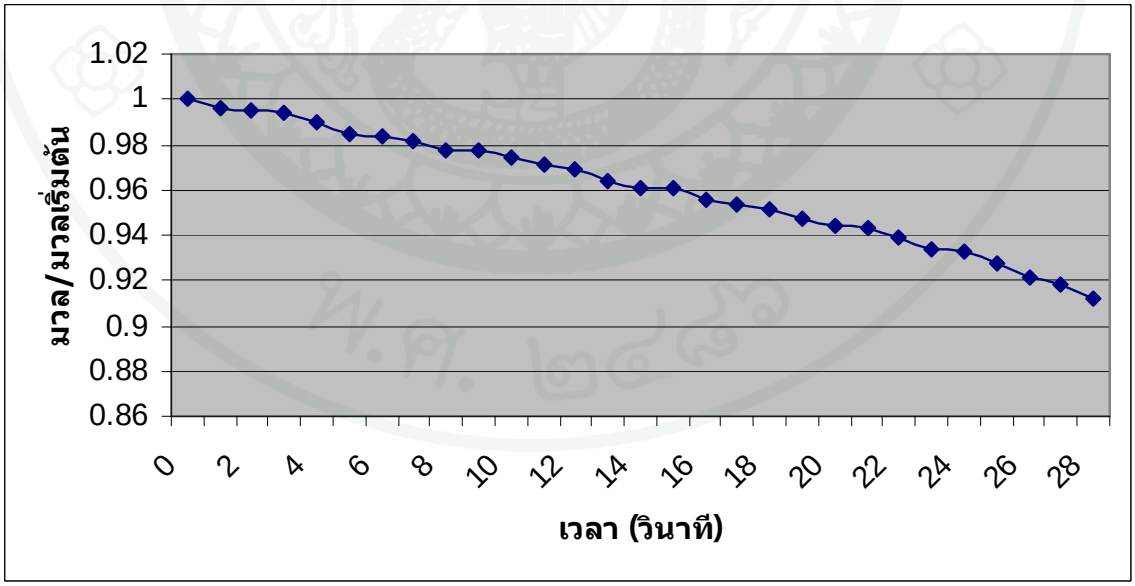
ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1. การเผาชิ้นงานทดสอบที่ค่าฟลักซ์ความร้อน 50 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร

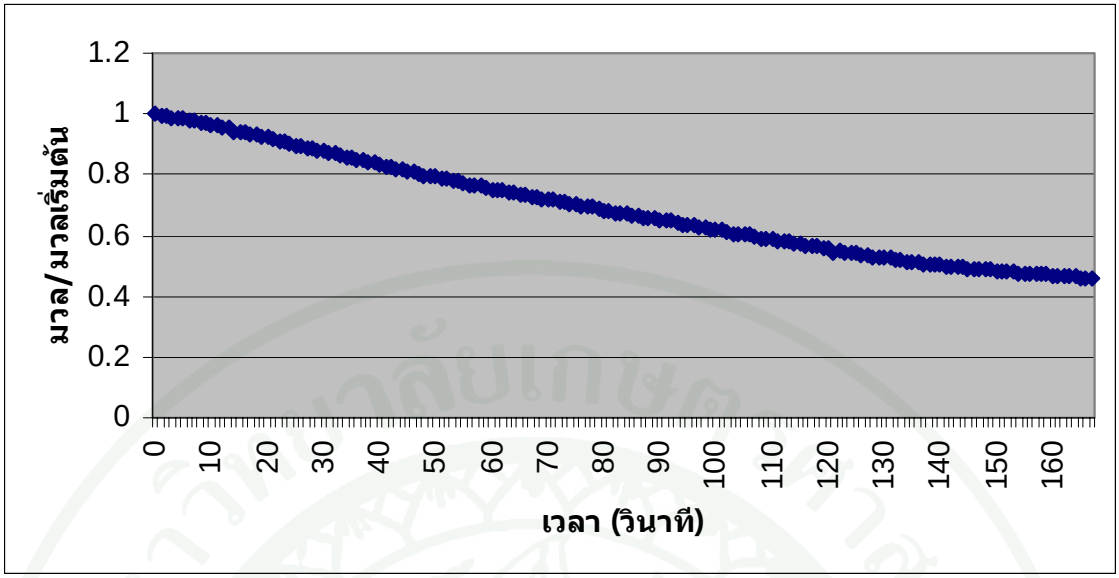


ภาพผนวกที่ 1 การสูญเสียมวลต่อมวลเริ่มต้นของไม้อัดสักแห้งที่สูญเสียเทียบกับเวลาการให้ฟลักซ์ความร้อนที่ 50 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร

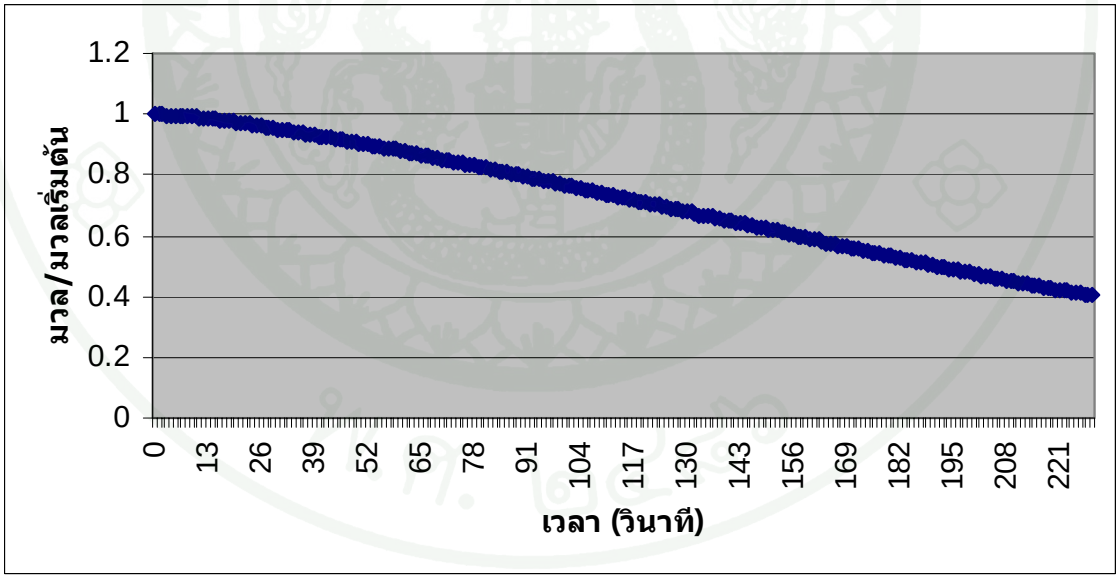


ภาพผนวกที่ 2 การสูญเสียมวลต่อมวลเริ่มต้นของไม้อัดสักพรมน้ำที่สูญเสียเทียบกับเวลาการให้ฟลักซ์ความร้อนที่ 50 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

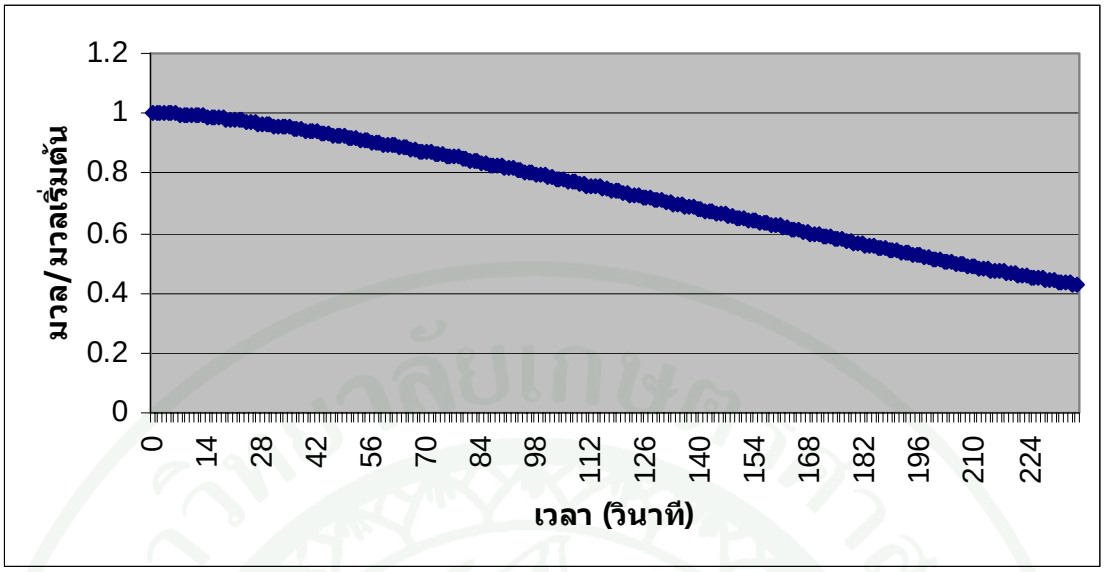


ภาพผนวกที่ 3 การสูญเสียมวลต่อมวลเริ่มต้นของไม้อัดสักเคลือบด้วยฟองโฟมดับเพลิงที่สูญเสียเทียบกับเวลาการให้ฟลักซ์ความร้อนที่ 50 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร

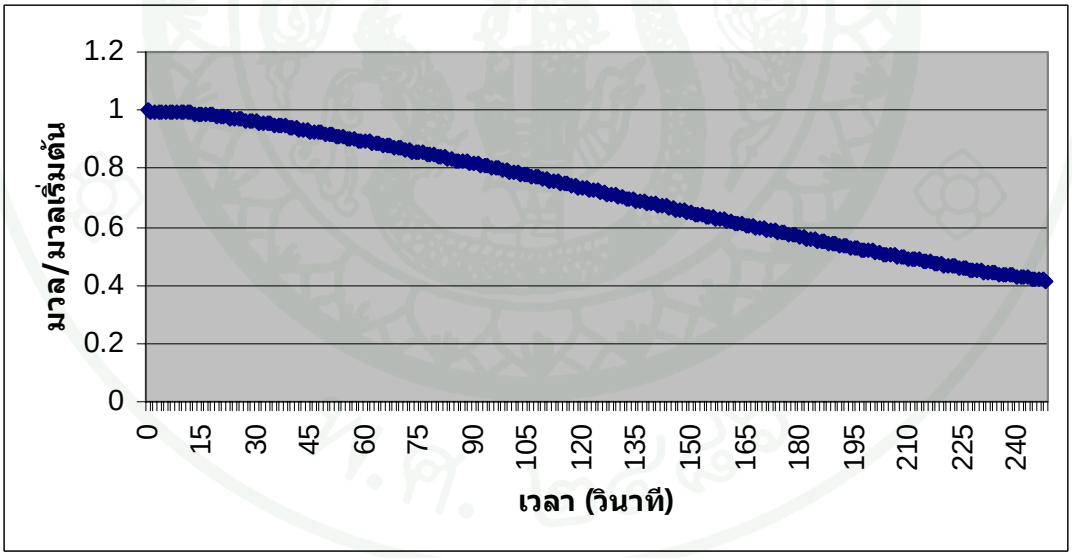


ภาพผนวกที่ 4 การสูญเสียมวลต่อมวลเริ่มต้นของไม้อัดสักเคลือบด้วยเจลดับเพลิงที่สูญเสียเทียบกับเวลาการให้ฟลักซ์ความร้อนที่ 50 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

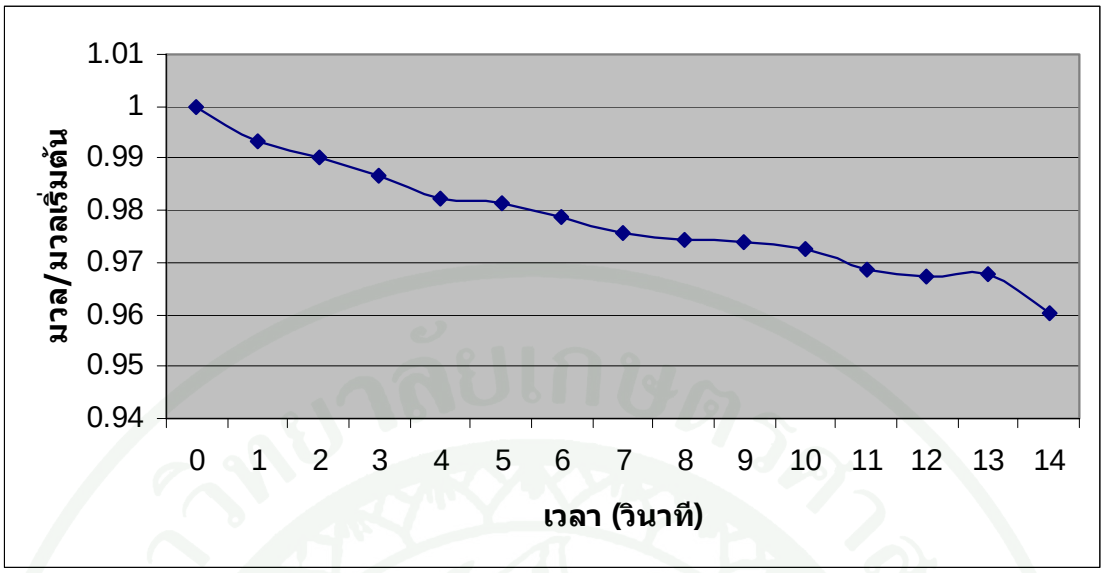


ภาพผนวกที่ 5 การสูญเสียมวลต่อมวลเริ่มต้นของไม้อัดสักเคลือบด้วยวุ้นจากผงบุกที่สูญเสียเทียบกับเวลาการให้ฟลักซ์ความร้อนที่ 50 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร

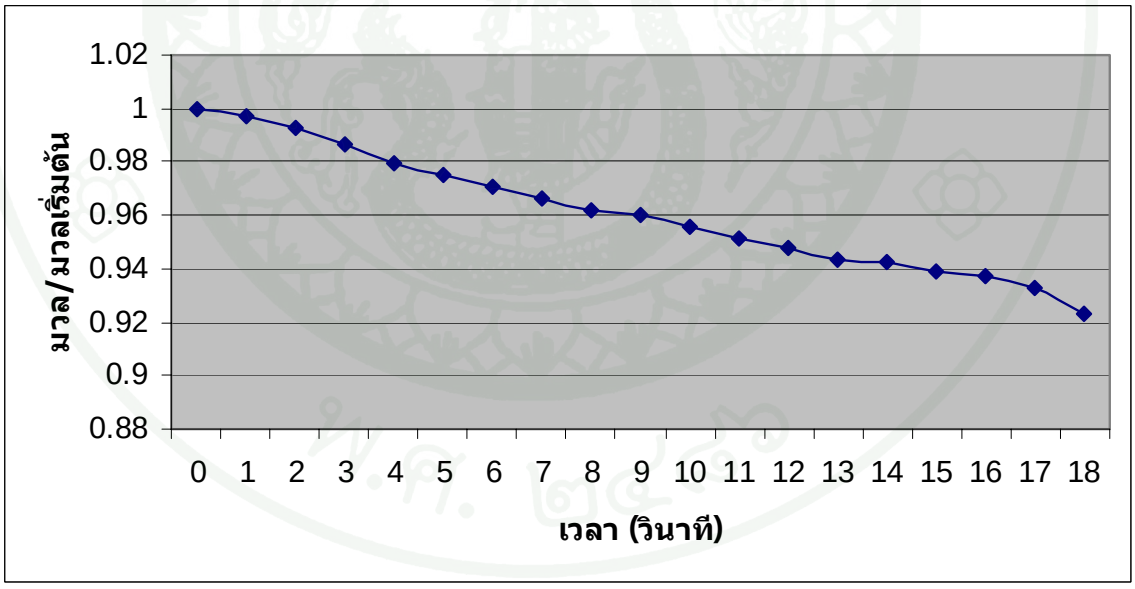


ภาพผนวกที่ 6 การสูญเสียมวลต่อมวลเริ่มต้นของไม้อัดสักเคลือบด้วยวุ้นจากผงบุกและเม็ดแมงลักที่สูญเสียเทียบกับเวลาการให้ฟลักซ์ความร้อนที่ 50 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

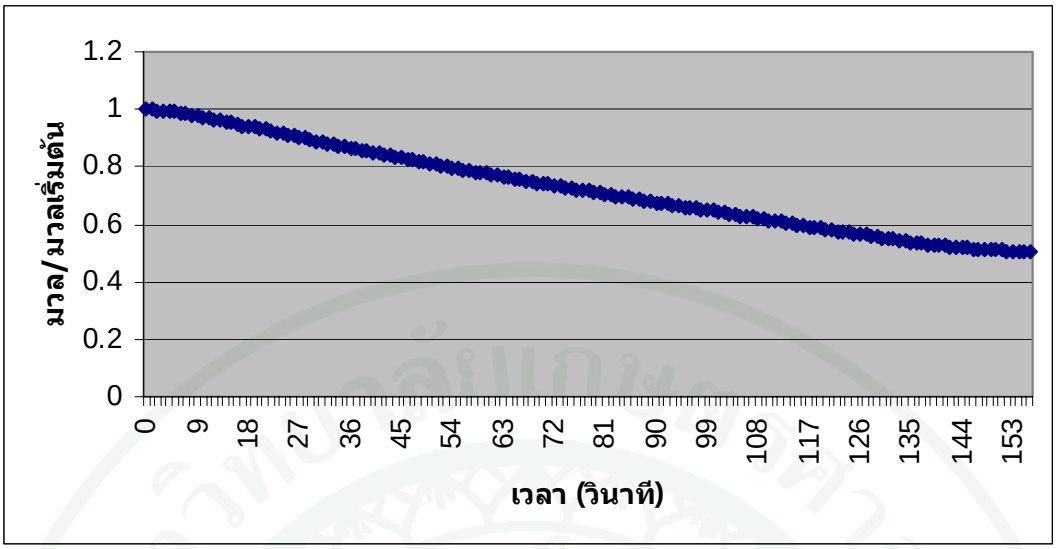


ภาพผนวกที่ 7 การสูญเสียมวลต่อมวลเริ่มต้นของไม้อัดยางพาราแห้งที่สูญเสียเทียบกับเวลาการให้ฟลักซ์ความร้อนที่ 50 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร

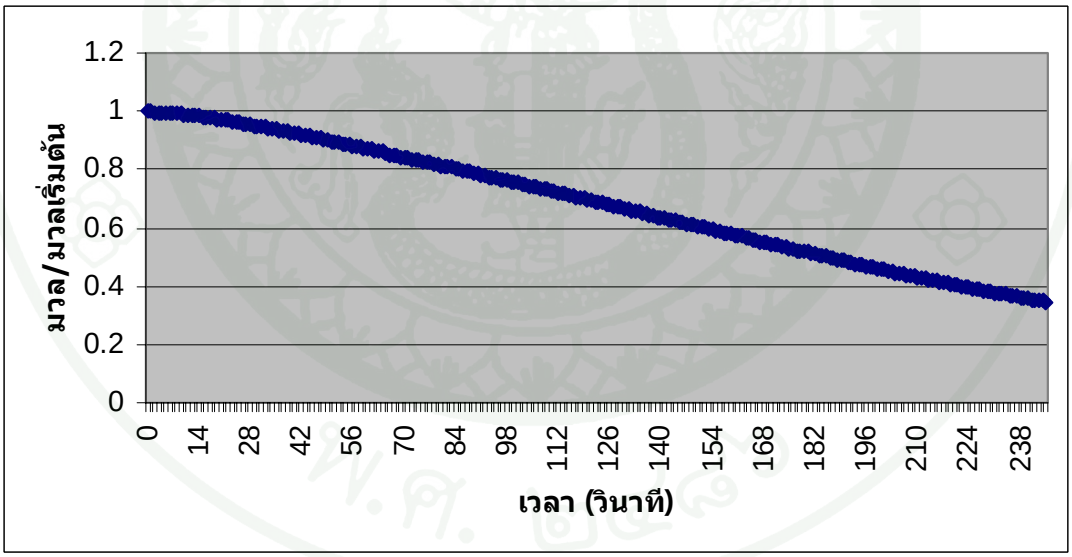


ภาพผนวกที่ 8 การสูญเสียมวลต่อมวลเริ่มต้นของไม้อัดยางพาราพรมน้ำที่สูญเสียเทียบกับเวลาการให้ฟลักซ์ความร้อนที่ 50 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

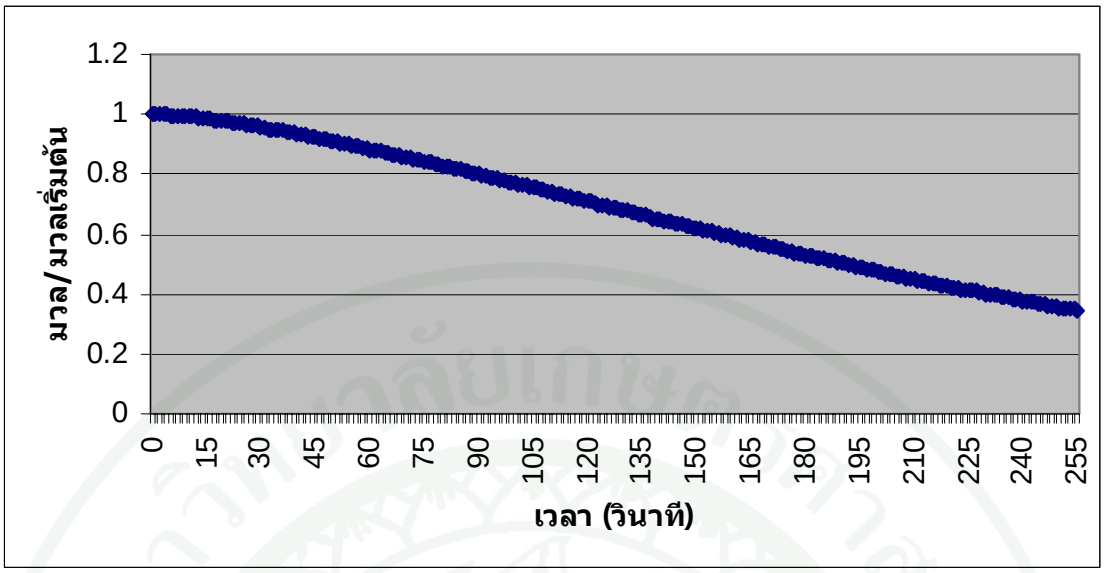


ภาพผนวกที่ 9 การสูญเสียมวลต่อมวลเริ่มต้นของไม้อัดยางพาราเคลือบด้วยฟองโฟมดับเพลิงที่สูญเสียเทียบกับเวลาการให้ฟลักซ์ความร้อนที่ 50 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร

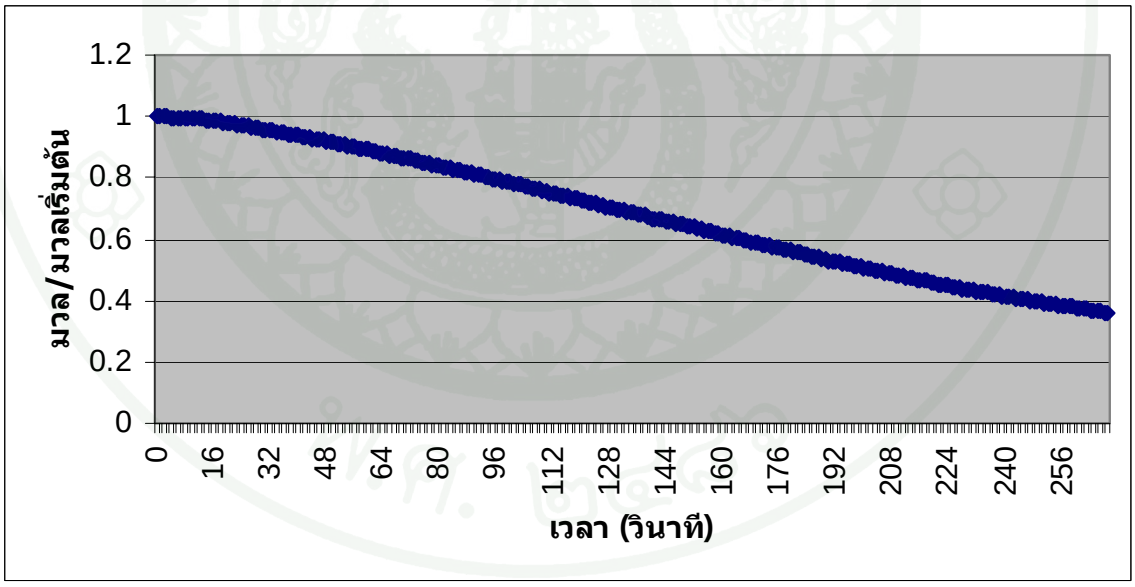


ภาพผนวกที่ 10 การสูญเสียมวลต่อมวลเริ่มต้นของไม้อัดยางพาราเคลือบเจลดับเพลิงที่สูญเสียเทียบกับเวลาการให้ฟลักซ์ความร้อน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

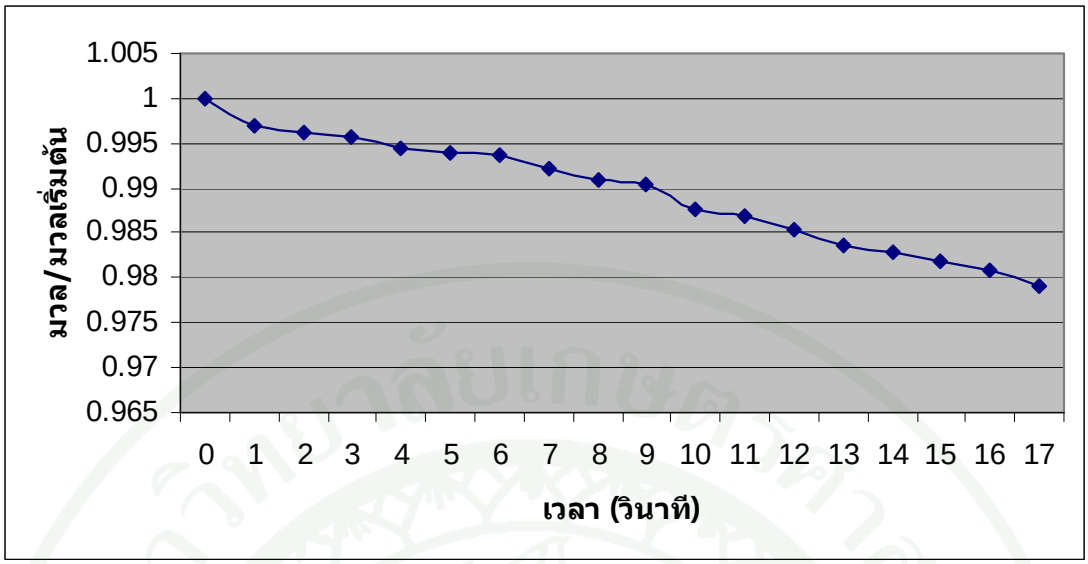


ภาพผนวกที่ 11 การสูญเสียมวลต่อมวลเริ่มต้นของไม้อัดยางพาราเคลือบด้วยวุ้นจากผงบุกที่สูญเสียเทียบกับเวลาการให้ฟลักซ์ความร้อนที่ 50 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร

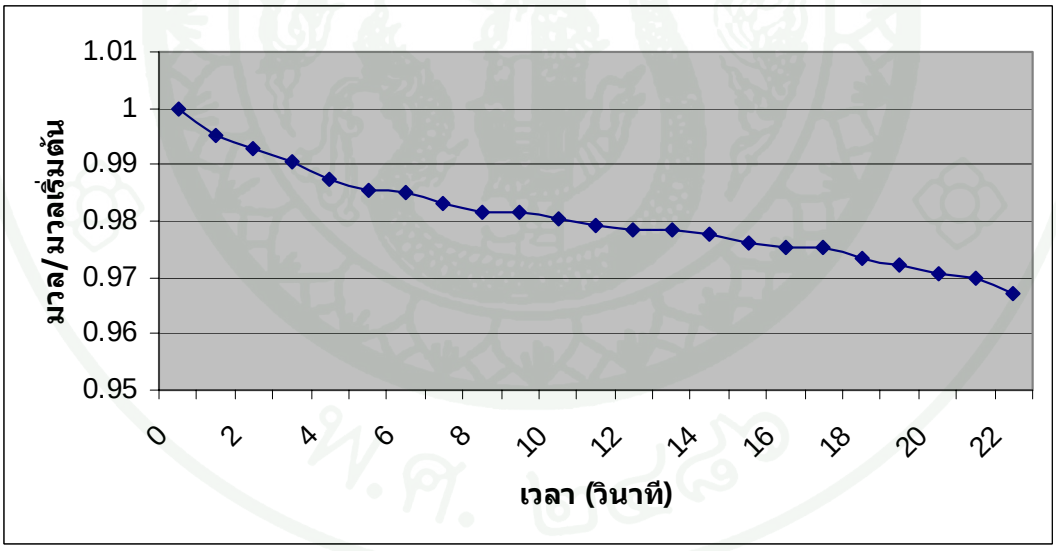


ภาพผนวกที่ 12 การสูญเสียมวลต่อมวลเริ่มต้นของไม้อัดยางพาราเคลือบด้วยวุ้นจากผงบุกและเม็ดแมงลักที่สูญเสียเทียบกับเวลาการให้ฟลักซ์ความร้อนที่ 50 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

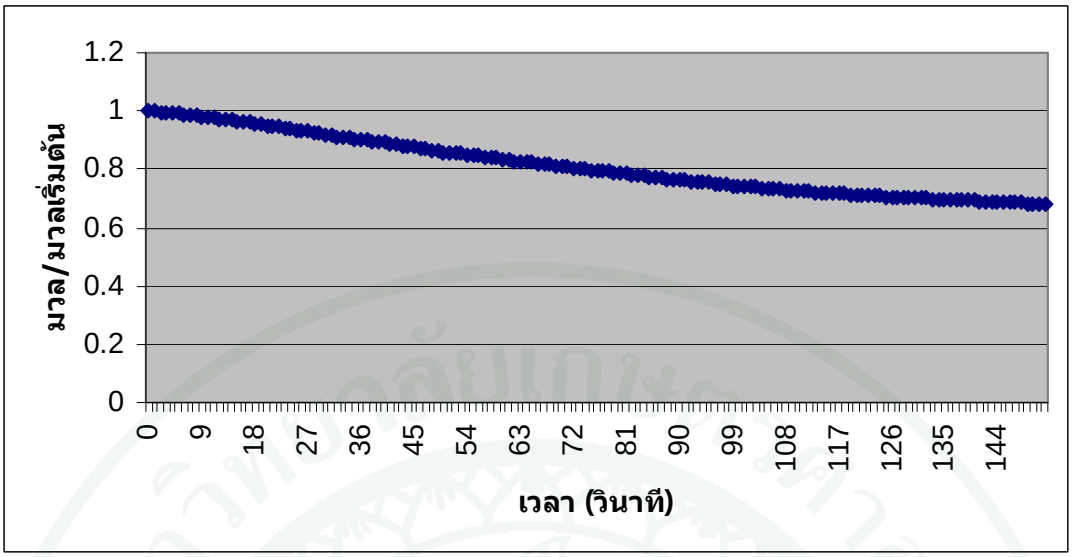


ภาพผนวกที่ 13 การสูญเสียมวลต่อมวลเริ่มต้นของแผ่นใยไม้อัดชนิดความหนาแน่นปานกลางแห้งที่สูญเสียเทียบกับเวลาการให้ฟลักซ์ความร้อนที่ 50 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร

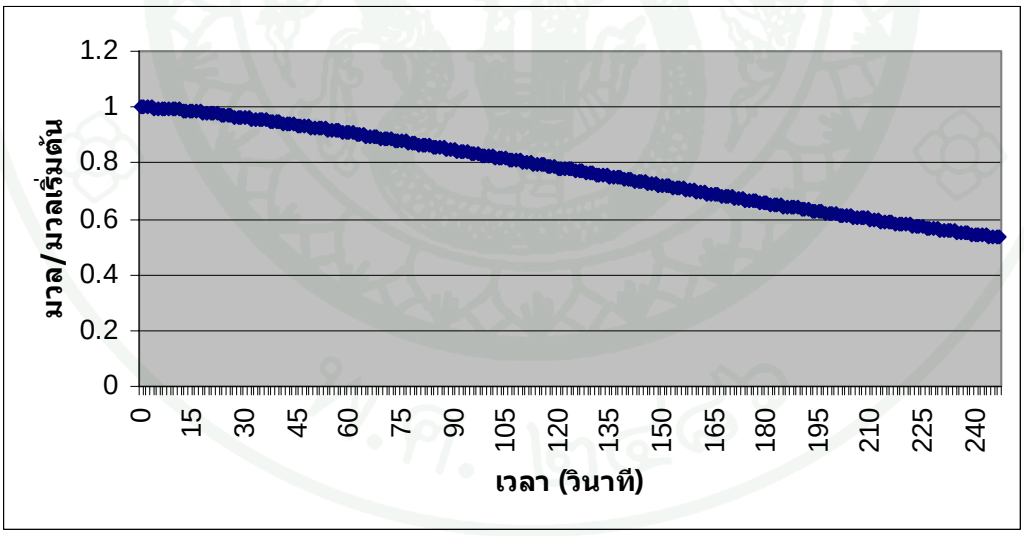


ภาพผนวกที่ 14 การสูญเสียมวลต่อมวลเริ่มต้นของแผ่นใยไม้อัดชนิดความหนาแน่นปานกลางพรมน้ำที่สูญเสียเทียบกับเวลาการให้ฟลักซ์ความร้อนที่ 50 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

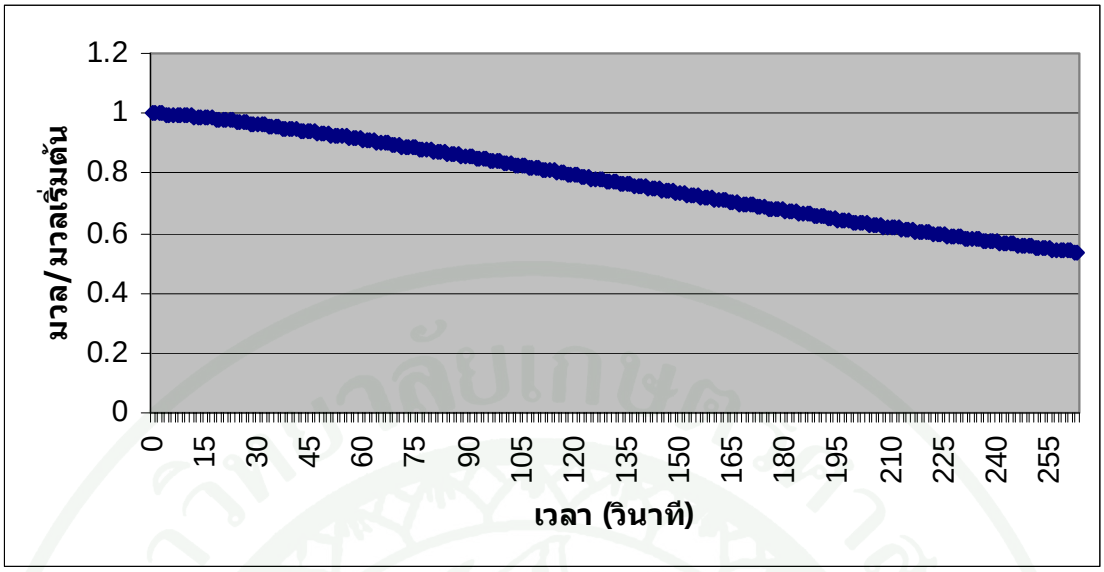


ภาพผนวกที่ 15 การสูญเสียมวลต่อมวลเริ่มต้นของแผ่นใยไม้อัดชนิดความหนาแน่นปานกลางเคลือบด้วยฟองโฟมดับเพลิงที่สูญเสียเทียบกับเวลาการให้ฟลักซ์ความร้อนที่ 50 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร

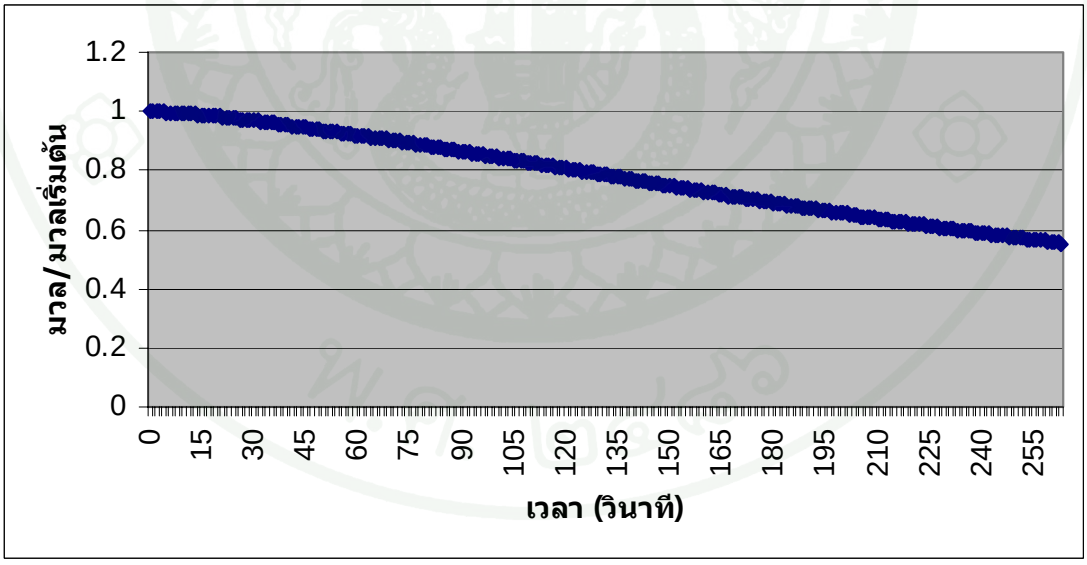


ภาพผนวกที่ 16 การสูญเสียมวลต่อมวลเริ่มต้นของแผ่นใยไม้อัดชนิดความหนาแน่นปานกลางเคลือบเจลดับเพลิงที่สูญเสียเทียบกับเวลาการให้ฟลักซ์ความร้อนที่ 50 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



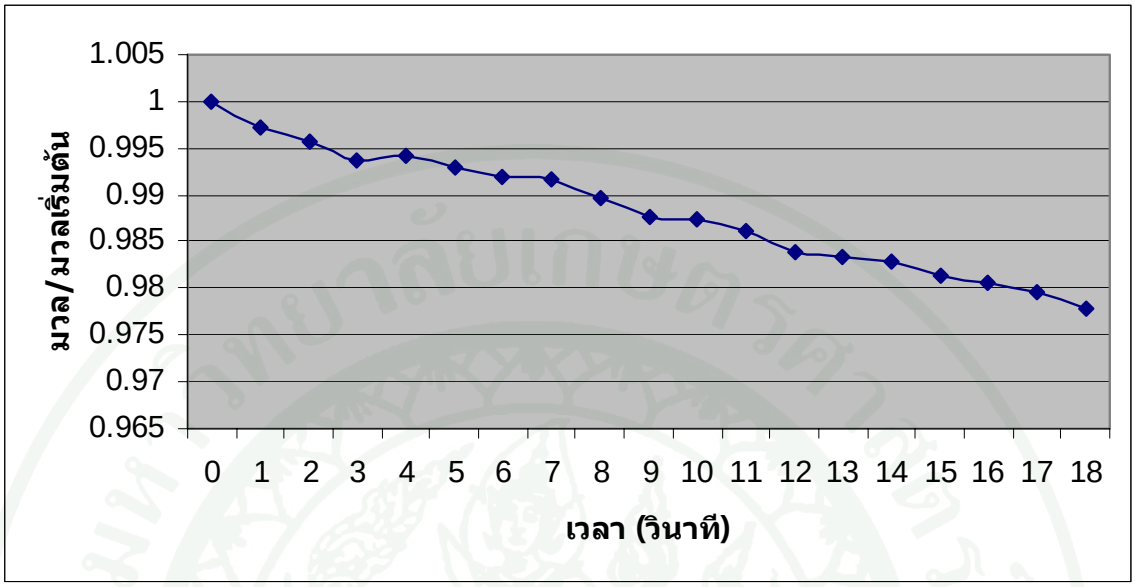
ภาพผนวกที่ 17 การสูญเสียมวลต่อมวลเริ่มต้นของแผ่นใยไม้อัดชนิดความหนาแน่นปานกลางเคลือบด้วยวุ้นจากผงบุกที่สูญเสียเทียบกับเวลาการให้ฟลักซ์ความร้อนที่ 50 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร



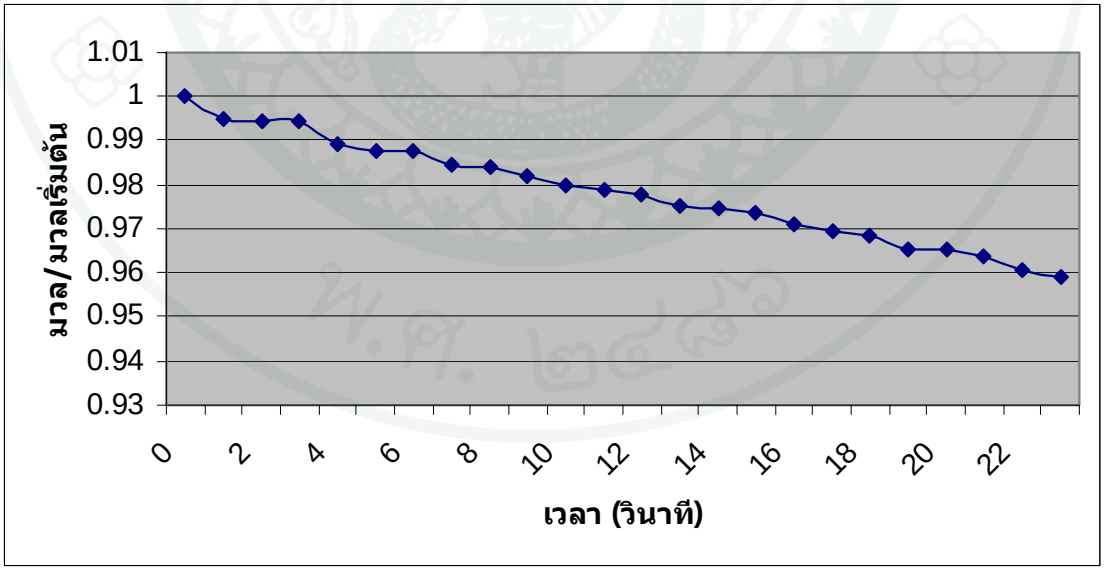
ภาพผนวกที่ 18 การสูญเสียมวลต่อมวลเริ่มต้นของแผ่นใยไม้อัดชนิดความหนาแน่นปานกลางเคลือบด้วยวุ้นจากผงบุกและเม็ดแมงลักที่สูญเสียเทียบกับเวลาการให้ฟลักซ์ความร้อนที่ 50 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. การเผาชิ้นงานทดสอบที่ค่าฟลักซ์ความร้อน 60 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร

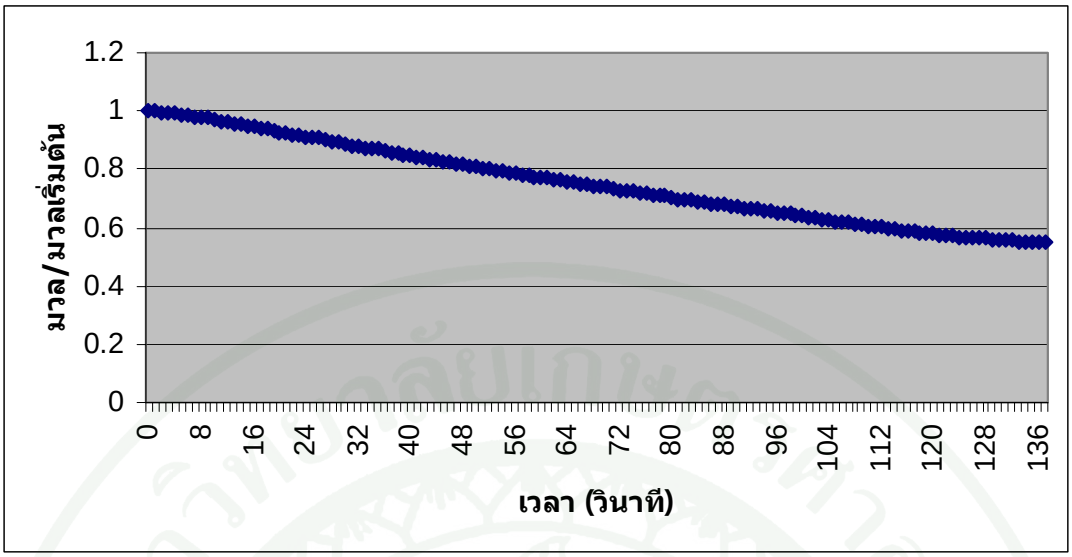


ภาพผนวกที่ 19 การสูญเสียมวลต่อมวลเริ่มต้นของไม้อัดสักแห้งที่สูญเสียเทียบกับเวลาการให้ฟลักซ์ความร้อนที่ 60 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร

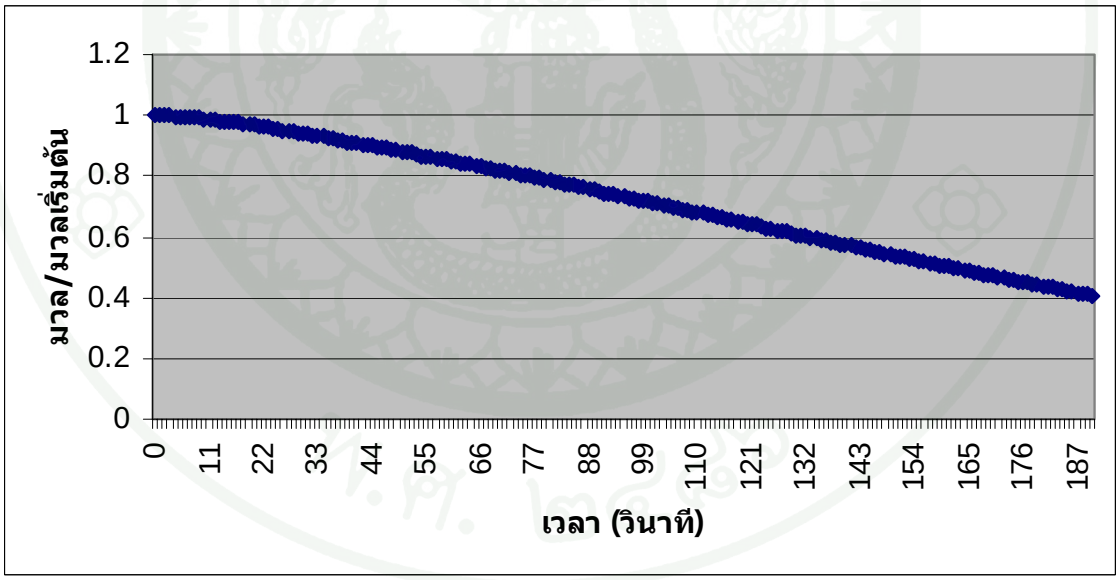


ภาพผนวกที่ 20 การสูญเสียมวลต่อมวลเริ่มต้นของไม้อัดสักพรมน้ำที่สูญเสียเทียบกับเวลาการให้ฟลักซ์ความร้อนที่ 60 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

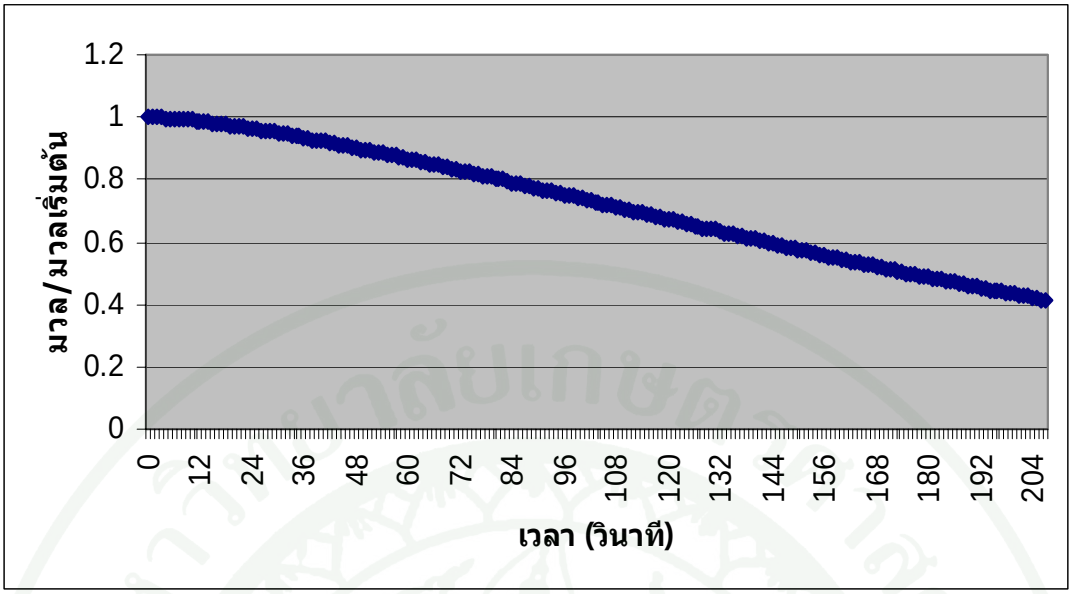


ภาพผนวกที่ 21 การสูญเสียมวลต่อมวลเริ่มต้นของไม้อัดสักเคลือบด้วยฟองโฟมดับเพลิงที่สูญเสียเทียบกับเวลาการให้ฟลักซ์ความร้อนที่ 60 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร

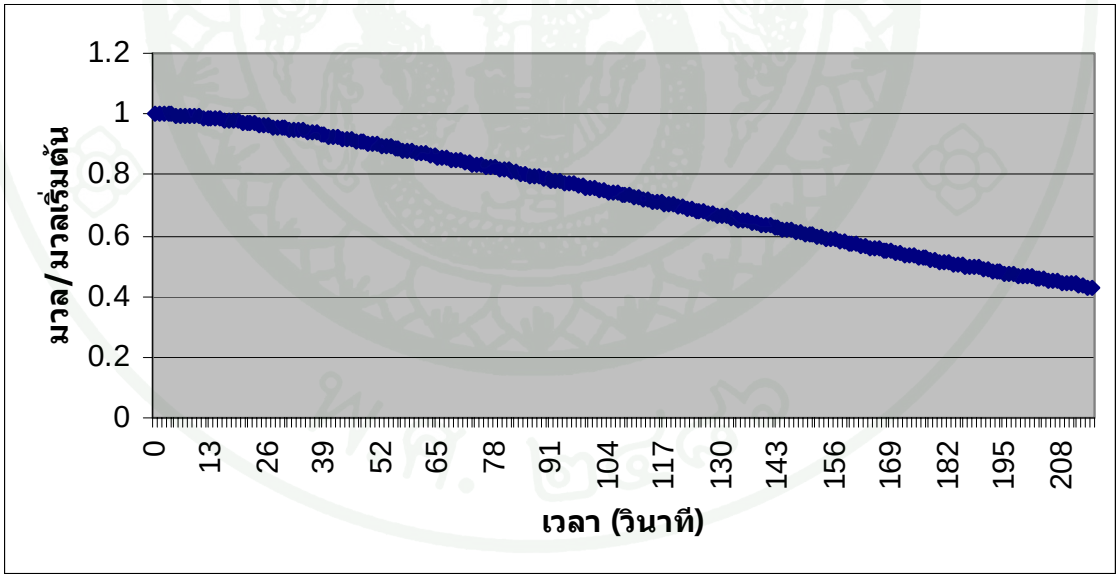


ภาพผนวกที่ 22 การสูญเสียมวลต่อมวลเริ่มต้นของไม้อัดสักเคลือบด้วยเจลดับเพลิงที่สูญเสียเทียบกับเวลาการให้ฟลักซ์ความร้อนที่ 60 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

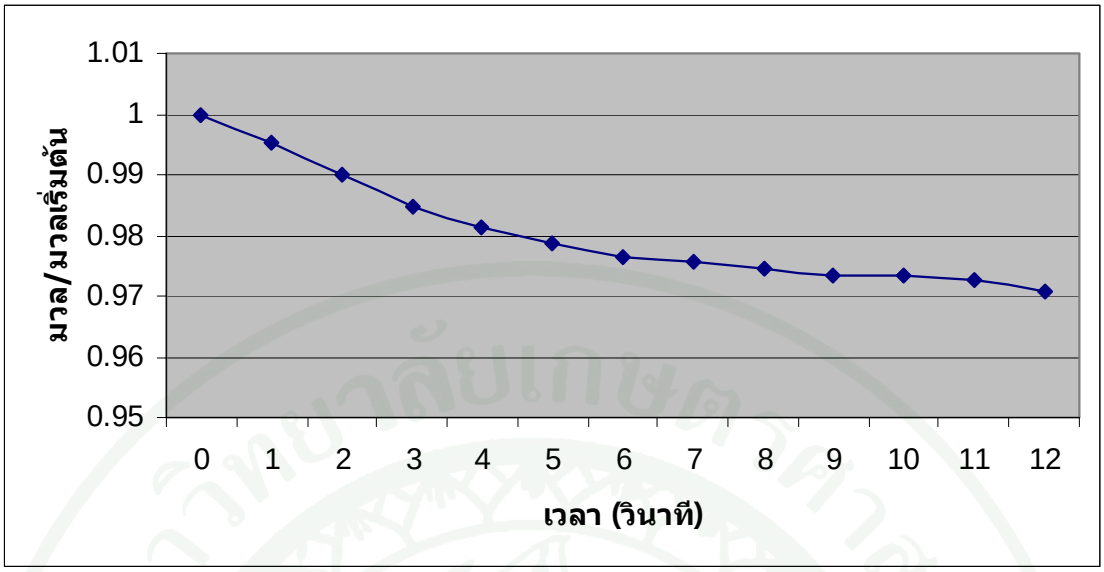


ภาพผนวกที่ 23 การสูญเสียมวลต่อมวลเริ่มต้นของไม้อัดสักเคลือบด้วยวุ้นจากผงบุกที่สูญเสียเทียบกับเวลาการให้ฟลักซ์ความร้อนที่ 60 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร

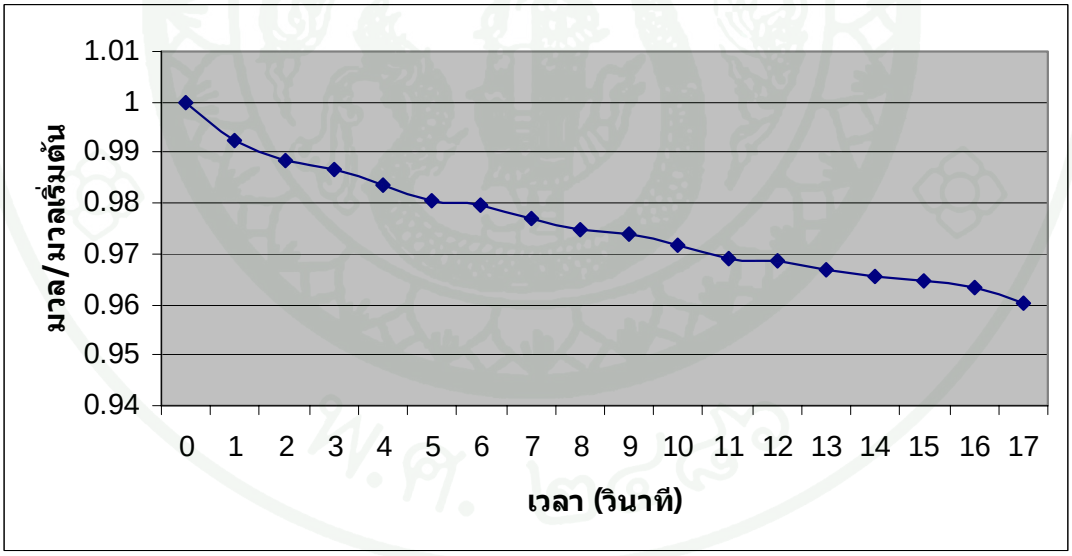


ภาพผนวกที่ 24 การสูญเสียมวลต่อมวลเริ่มต้นของไม้อัดสักเคลือบด้วยวุ้นจากผงบุกและเม็ดแมงลักที่สูญเสียเทียบกับเวลาการให้ฟลักซ์ความร้อนที่ 60 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

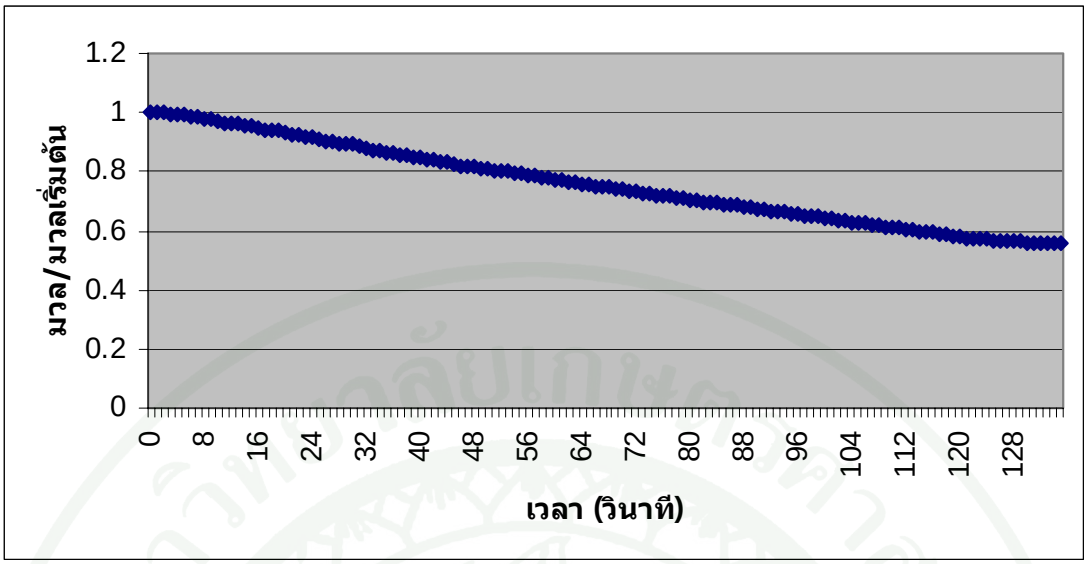


ภาพผนวกที่ 25 การสูญเสียมวลต่อมวลเริ่มต้นของไม้อัดยางพาราแห้งที่สูญเสียเทียบกับเวลาการให้ฟลักซ์ความร้อนที่ 60 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร

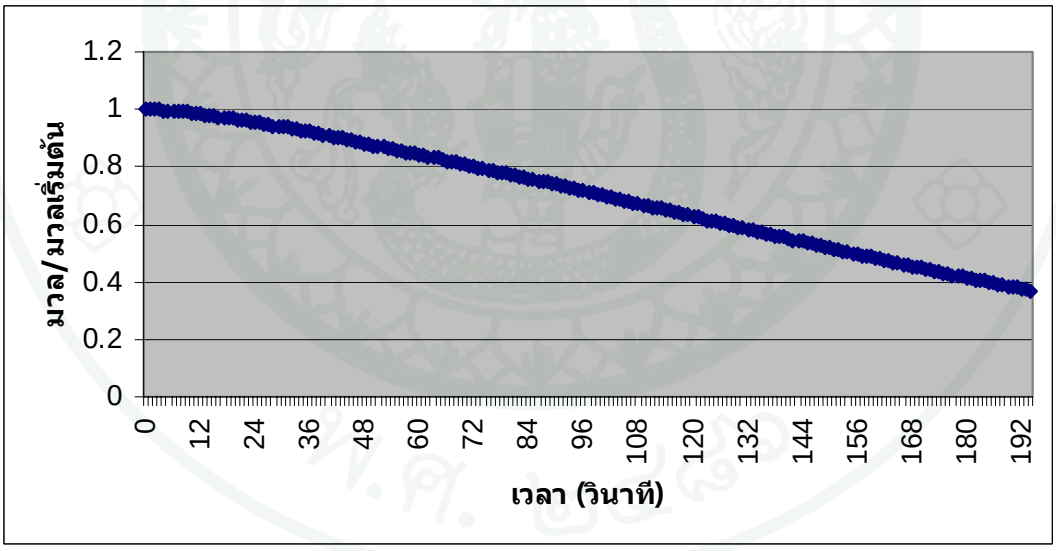


ภาพผนวกที่ 26 การสูญเสียมวลต่อมวลเริ่มต้นของไม้อัดยางพาราพรมน้ำที่สูญเสียเทียบกับเวลาการให้ฟลักซ์ความร้อนที่ 60 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

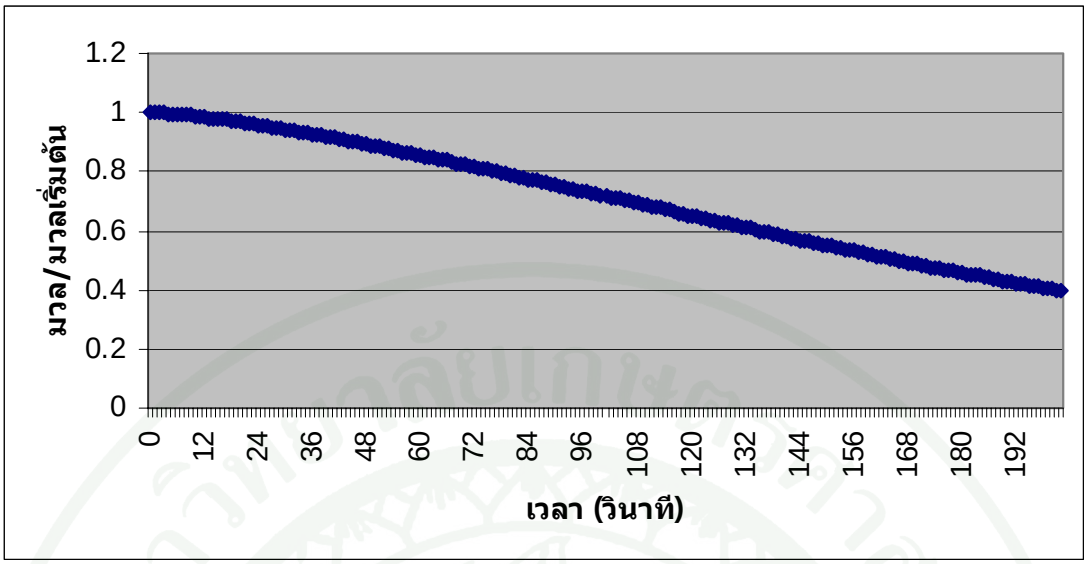


ภาพผนวกที่ 27 การสูญเสียมวลต่อมวลเริ่มต้นของไม้อัดยางพาราเคลือบด้วยฟองโฟมดับเพลิงที่สูญเสียเทียบกับเวลาการให้ฟลักซ์ความร้อนที่ 60 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร

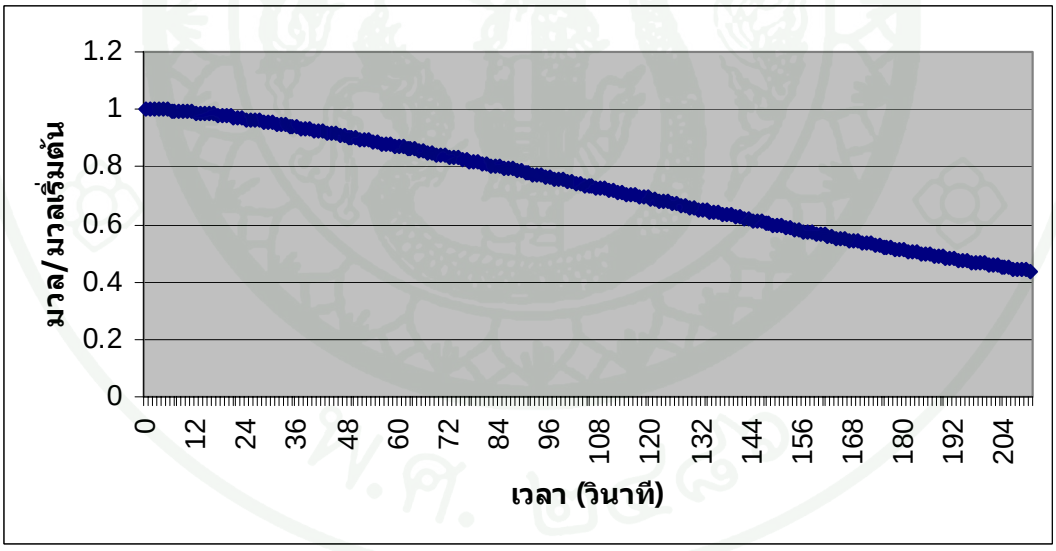


ภาพผนวกที่ 28 การสูญเสียมวลต่อมวลเริ่มต้นของไม้อัดยางพาราเคลือบเจลดับเพลิงที่สูญเสียเทียบกับเวลาการให้ฟลักซ์ความร้อนที่ 60 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

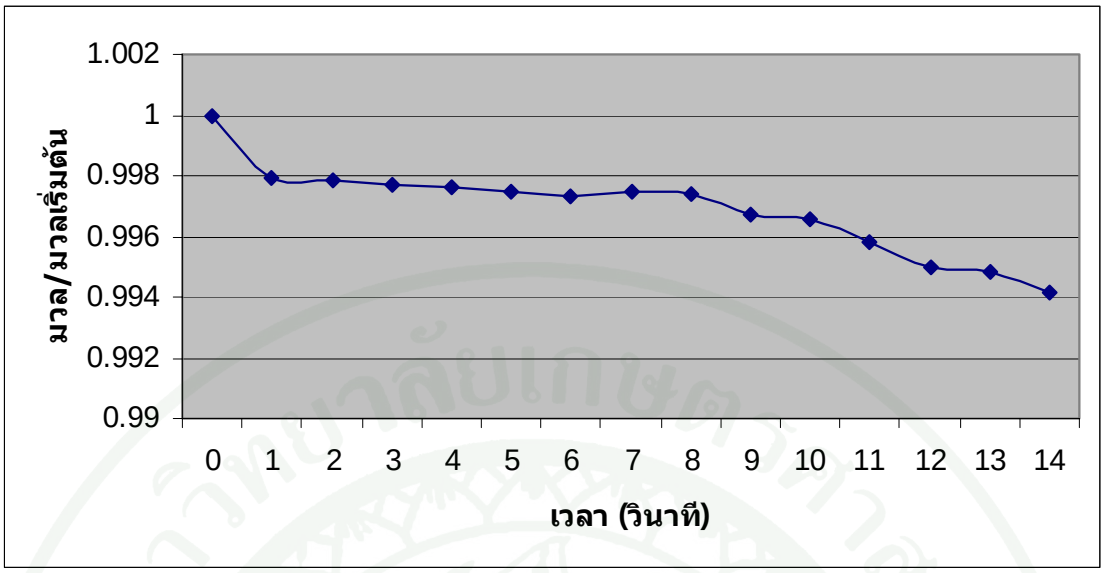


ภาพผนวกที่ 29 การสูญเสียมวลต่อมวลเริ่มต้นของไม้อัดยางพาราเคลือบด้วยวุ้นจากผงบุกที่สูญเสียเทียบกับเวลาการให้ฟลักซ์ความร้อนที่ 60 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร

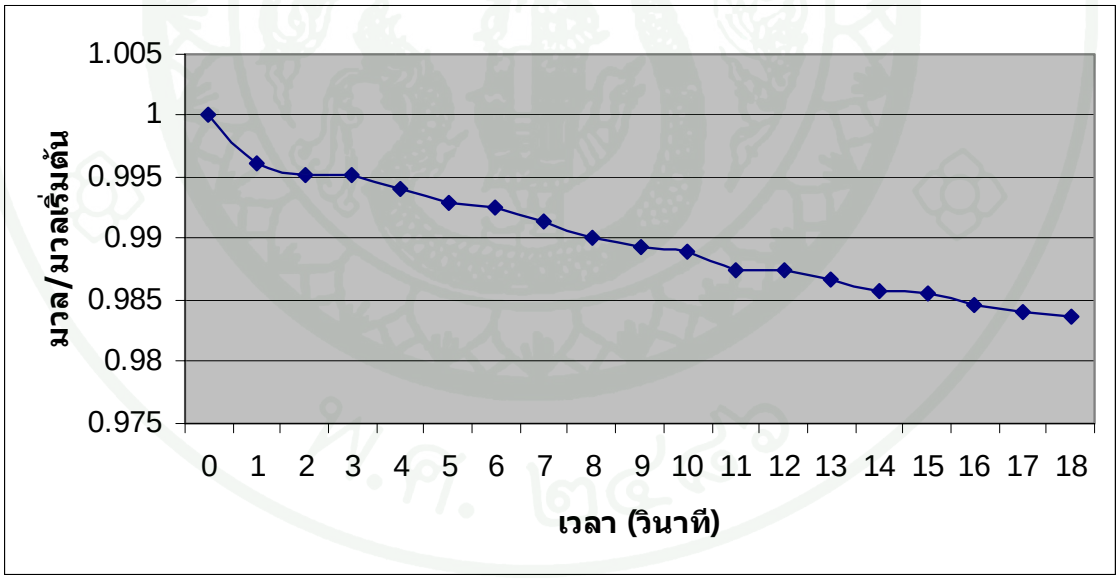


ภาพผนวกที่ 30 การสูญเสียมวลต่อมวลเริ่มต้นของไม้อัดยางพาราเคลือบด้วยวุ้นจากผงบุกและเม็ดแมงลักที่สูญเสียเทียบกับเวลาการให้ฟลักซ์ความร้อนที่ 60 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

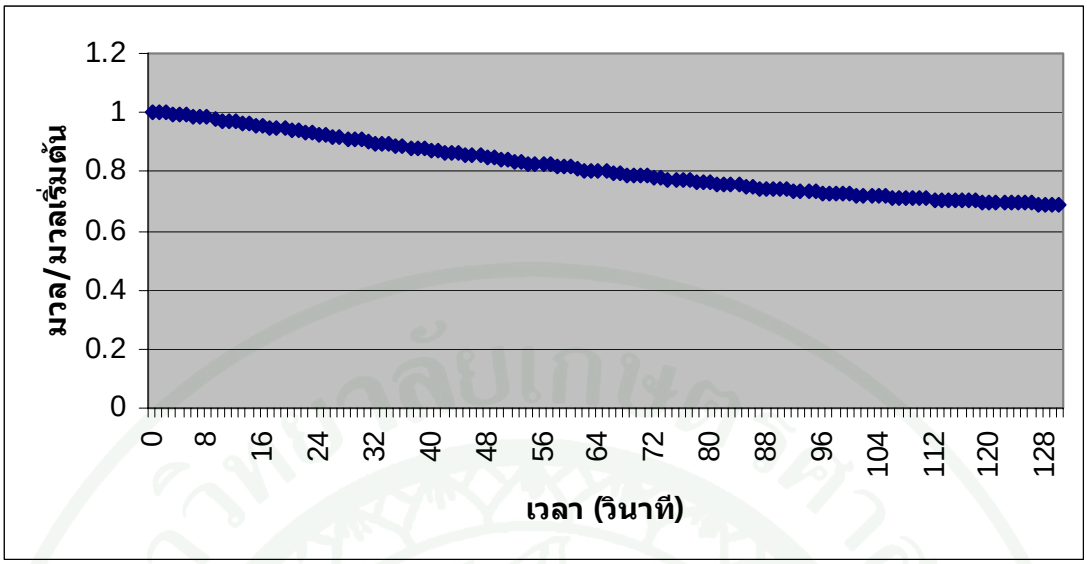


ภาพผนวกที่ 31 การสูญเสียมวลต่อมวลเริ่มต้นของแผ่นใยไม้อัดชนิดความหนาแน่นปานกลางแห้งที่สูญเสียเทียบกับเวลาการให้ฟลักซ์ความร้อนที่ 60 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร

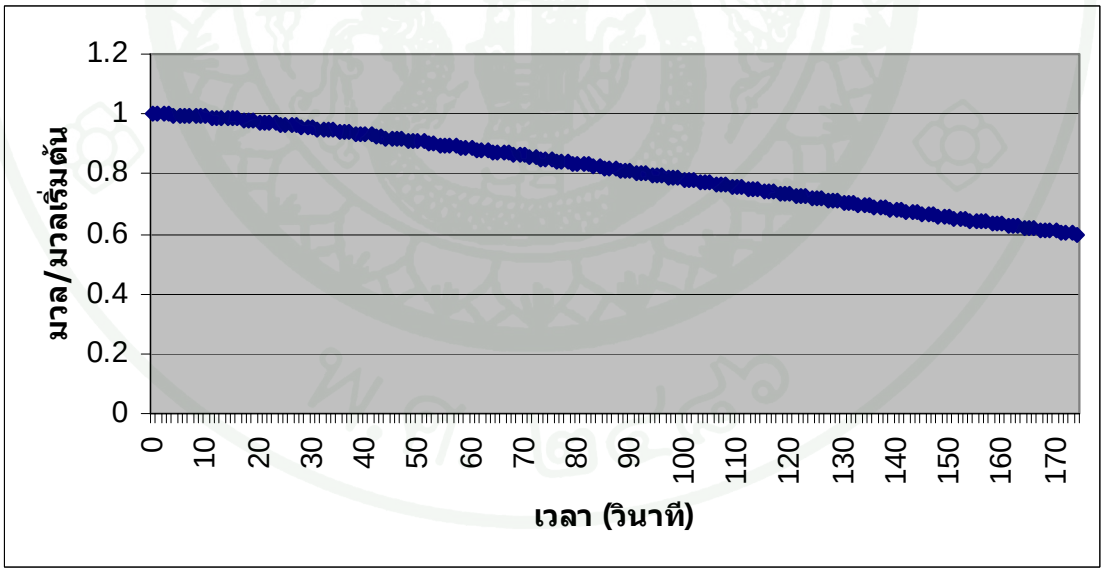


ภาพผนวกที่ 32 การสูญเสียมวลต่อมวลเริ่มต้นของแผ่นใยไม้อัดชนิดความหนาแน่นปานกลางพรมน้ำที่สูญเสียเทียบกับเวลาการให้ฟลักซ์ความร้อนที่ 60 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

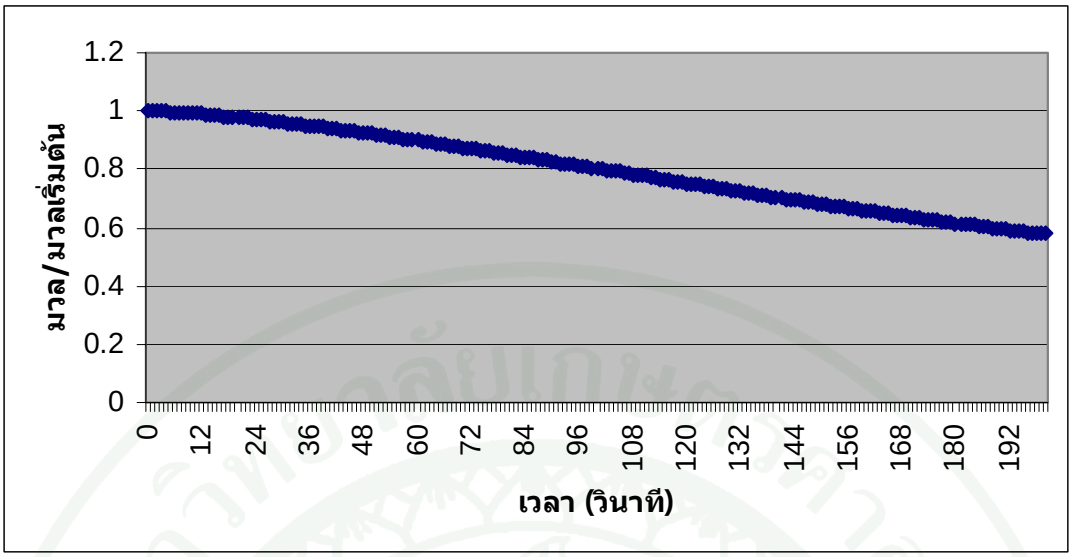


ภาพผนวกที่ 33 การสูญเสียมวลต่อมวลเริ่มต้นของแผ่นใยไม้อัดชนิดความหนาแน่นปานกลางเคลือบด้วยฟองโฟมดับเพลิงที่สูญเสียเทียบกับเวลาการให้ฟลักซ์ความร้อนที่ 60 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร

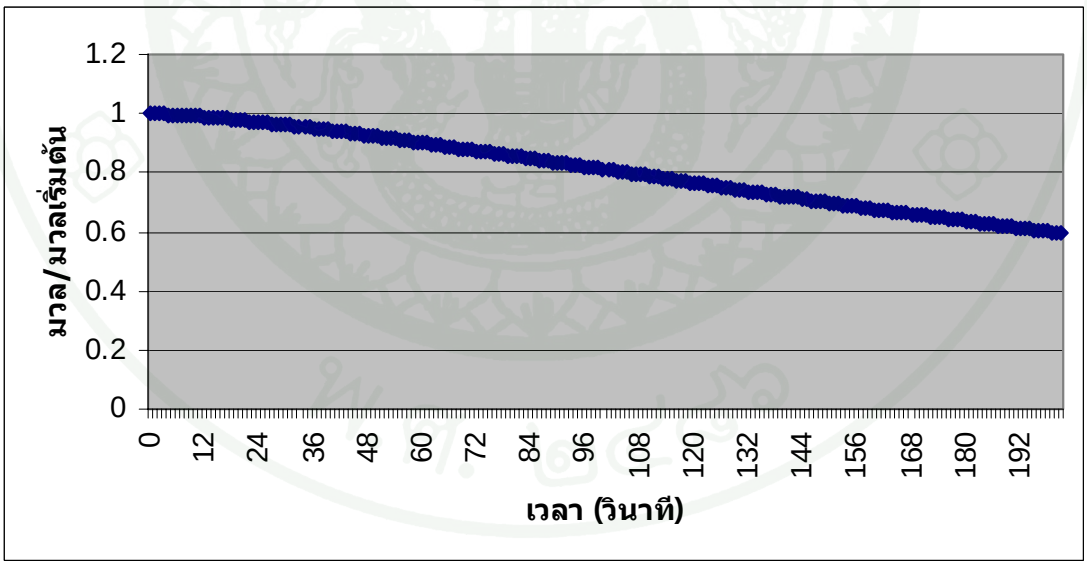


ภาพผนวกที่ 34 การสูญเสียมวลต่อมวลเริ่มต้นของแผ่นใยไม้อัดชนิดความหนาแน่นปานกลางเคลือบเจลดับเพลิงที่สูญเสียเทียบกับเวลาการให้ฟลักซ์ความร้อนที่ 60 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

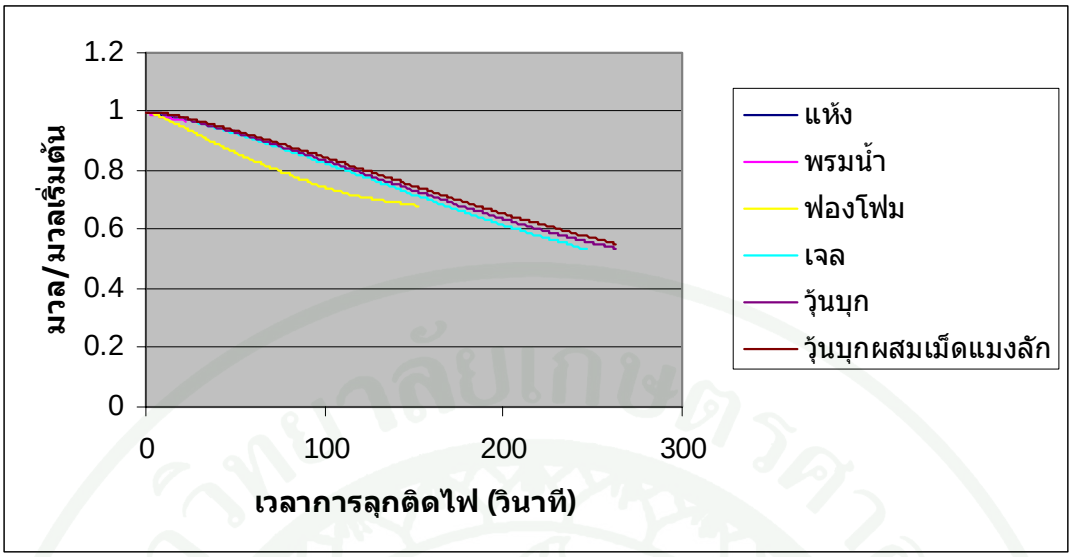


ภาพผนวกที่ 35 การสูญเสียมวลต่อมวลเริ่มต้นของแผ่นใยไม้อัดชนิดความหนาแน่นปานกลางเคลือบด้วยวุ้นจากผงบุกที่สูญเสียเทียบกับเวลาการให้ฟลักซ์ความร้อนที่ 60 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร

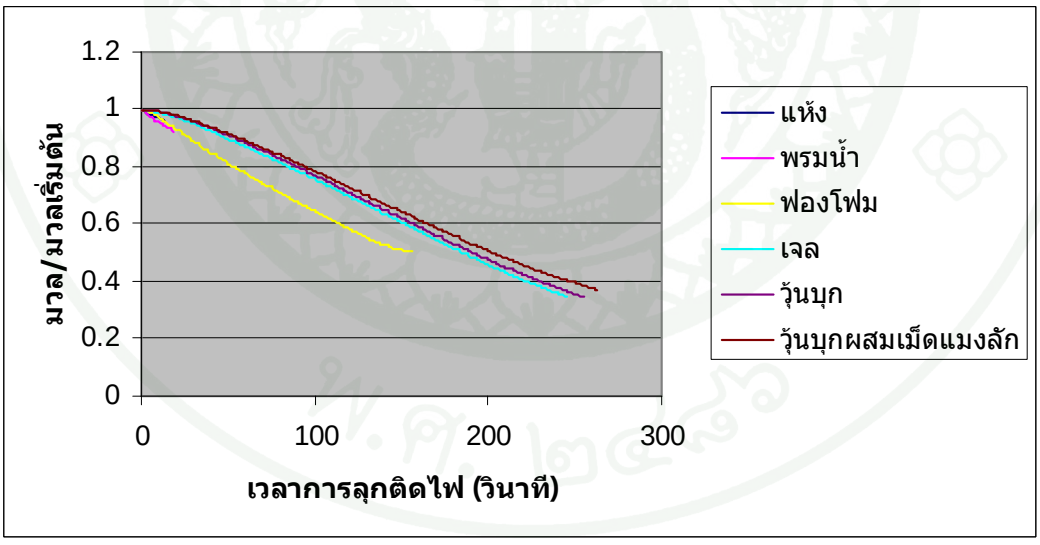


ภาพผนวกที่ 36 การสูญเสียมวลต่อมวลเริ่มต้นของแผ่นใยไม้อัดชนิดความหนาแน่นปานกลางเคลือบด้วยวุ้นจากผงบุกและเม็ดแมงลักที่สูญเสียเทียบกับเวลาการให้ฟลักซ์ความร้อน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

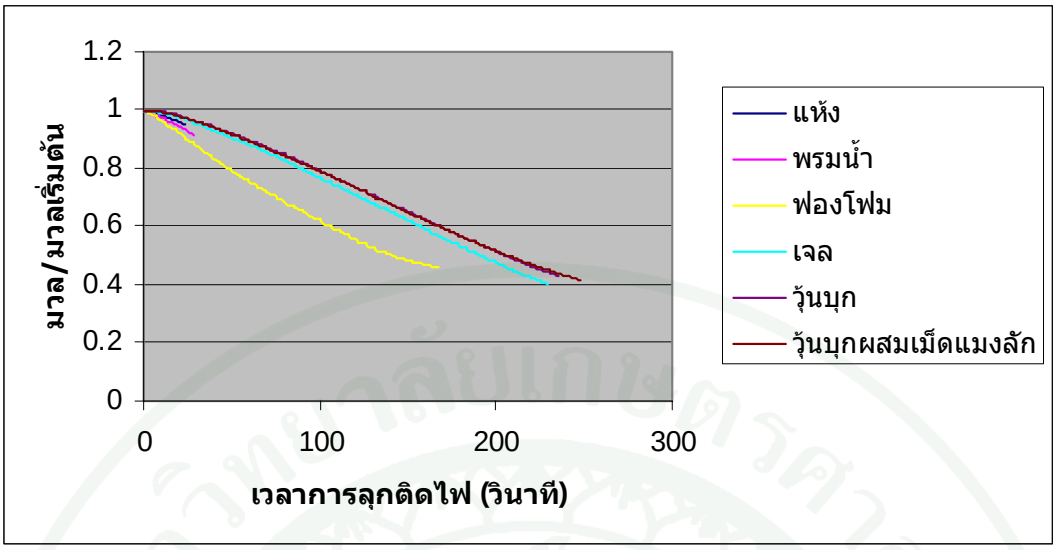


ภาพผนวกที่ 37 การสูญเสียมวลต่อมวลเริ่มต้นของชั้นเคลือบป้องกันและวัสดุฐานประเภทแผ่นใยไม้อัดชนิดความหนาแน่นปานกลางกับเวลาการให้ฟลักซ์ความร้อนที่ 50 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร

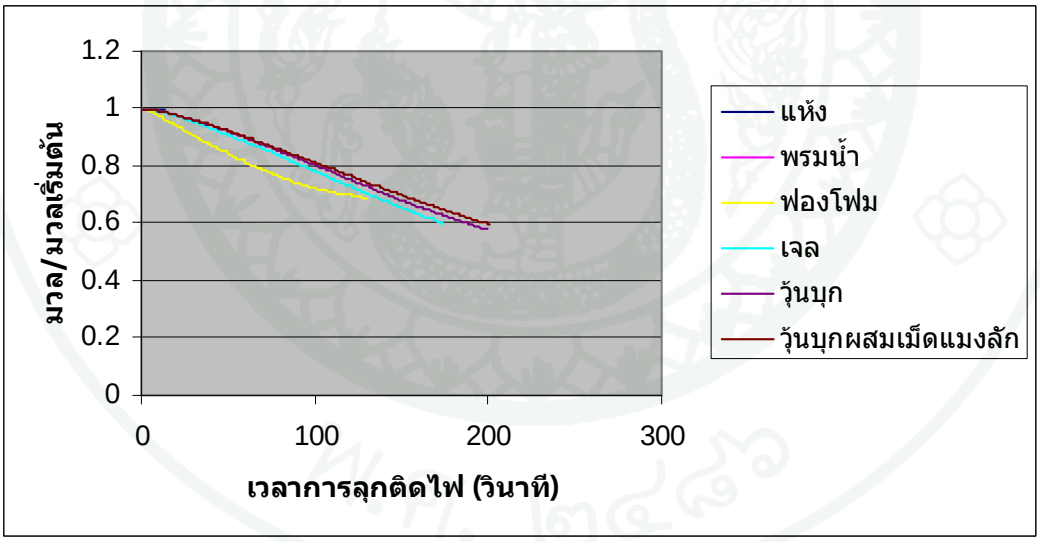


ภาพผนวกที่ 38 การสูญเสียมวลต่อมวลเริ่มต้นของชั้นเคลือบป้องกันและวัสดุฐานประเภทแผ่นไม้อัดยางกับเวลาการให้ฟลักซ์ความร้อนที่ 50 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

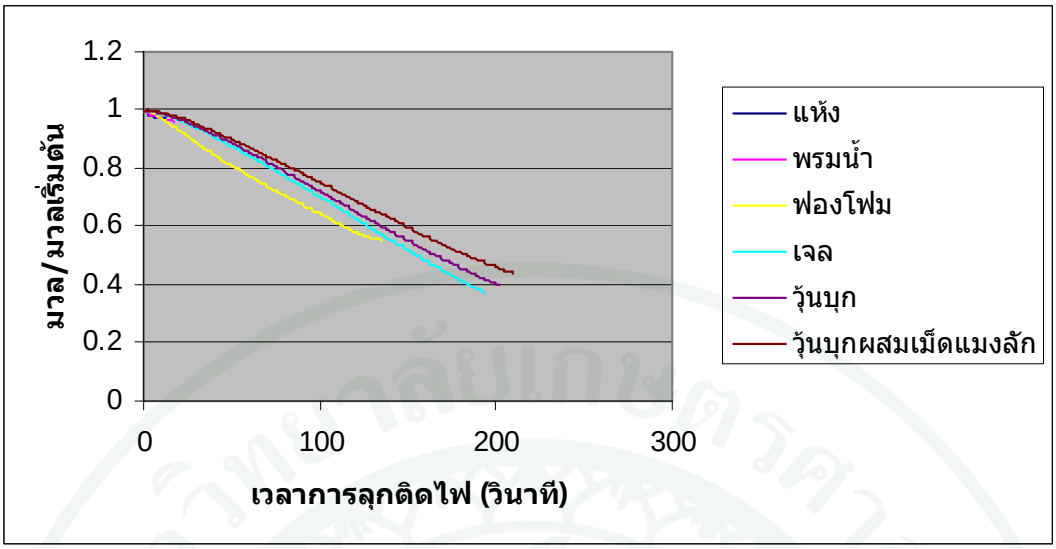


ภาพผนวกที่ 39 การสูญเสียมวลต่อมวลเริ่มต้นของชั้นเคลือบป้องกันและวัสดุฐานประเภทแผ่นไม้อัดสักกับเวลาการให้ฟลักซ์ความร้อนที่ 50 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร

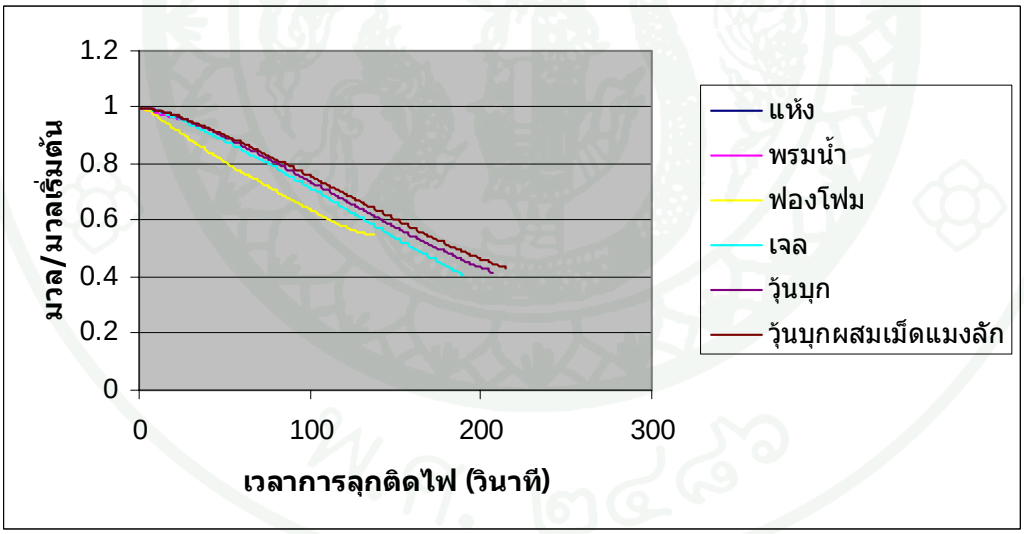


ภาพผนวกที่ 40 การสูญเสียมวลต่อมวลเริ่มต้นของชั้นเคลือบป้องกันและวัสดุฐานประเภทแผ่นใยไม้อัดชนิดความหนาแน่นปานกลางกับเวลาการให้ฟลักซ์ความร้อนที่ 60 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ 41 การสูญเสียมวลต่อมวลเริ่มต้นของชั้นเคลือบป้องกันและวัสดุฐานประเภทแผ่นไม้อัดยางกับเวลาการให้ฟลักซ์ความร้อนที่ 60 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร



ภาพผนวกที่ 42 การสูญเสียมวลต่อมวลเริ่มต้นของชั้นเคลือบป้องกันและวัสดุฐานประเภทแผ่นไม้อัดสักกับเวลาการให้ฟลักซ์ความร้อนที่ 60 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อสกุล	นายจุลดิษย์ จายนียโยธิน
เกิดวันที่	23 เมษายน พ.ศ. 2520
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	วศ.บ. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (โลหการ) วศ.ม. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (โลหการ)
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	ที่ปรึกษาด้านความปลอดภัยอัคคีภัย
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	ที่ปรึกษาความปลอดภัยอัคคีภัยอิสระ
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	- ร่วมเขียนหนังสือคู่มือเทคนิคการตรวจสอบอาคารของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย - คณะอนุกรรมการ ปรับปรุงมาตรฐานควบคุมควันไฟของ วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย - คณะทำงานร่างมาตรฐานความปลอดภัยวัสดุในงานด้านอัคคีภัย โครงการที่ 4 กรมโยธาธิการและผังเมือง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์