



การศึกษาเปรียบเทียบการใช้งานฉนวนกันความร้อนในอาคาร
The Study of Comparison in Using Insulation for Building

นายเกรียงไกร เอกจิตต์
นายปรกรณ์ พกมณี
นายสุรศักดิ์ พานิชนาวา

วัน เดือน ปี..... 16.ค.ค. 2541
เลขทะเบียน..... 0.39002
เลขเรียกหนังสือ..... T 409113 กข๖๗๗

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2540

THE STUDY OF COMPARISON IN USING INSULATION FOR BUILDING

MR.KRIANGKRAI AKKAJIT

MR.PAKORN POKMANEE

MR.SURAK PANICHNAVA

**A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIRMENT
FOR THE BACHELOR DEGREE OF CONSTUCTIONENGINEERING
KING MONGUT'S INSULTIUTE OF TECHNOLOGY LADKARABANG**

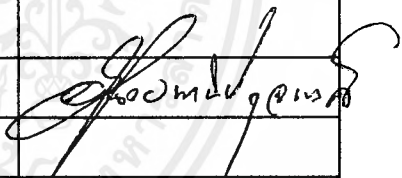
1997

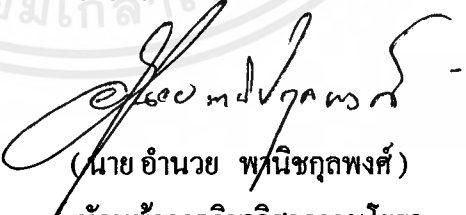
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบคำร้องขอทำโครงการพิเศษ

หัวข้อโครงการพิเศษ การศึกษาเปรียบเทียบการใช้งานฉนวนกันความร้อนในอาคาร
The Study of Comparison in Using Insulation for Building

นักศึกษา 1. นายเกรียงไกร เอกจิตต์ รหัสประจำตัว 37014023
2. นายปกรณ์ พกมณี รหัสประจำตัว 37014225
3. นายสุรศักดิ์ พานิชนาวา รหัสประจำตัว 37014534
หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมการก่อสร้าง
ภาควิชา วิศวกรรมโยธา
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ศิลปชัย จานสุวรรณ

คณะกรรมการพิจารณา	ลายมือชื่อ
1. อาจารย์ ศิลปชัย จานสุวรรณ	
2. อาจารย์ อำนวย พานิชกุลพงศ์	
3. ผศ. ศิริวัฒน์ ไชยชนะ	

ภาควิชาวิศวกรรมโยธารับรองแล้ว

(นาย อำนวย พานิชกุลพงศ์)
หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา
วันที่.....เดือน..... พ.ศ.....

การศึกษาเปรียบเทียบการใช้งานฉนวนกันความร้อนในอาคาร

The Study of Comparison in Using Insulation for Building

โดย นายเกรียงไกร เอกจิตต์

นายปรกรณ์ พกมณี

นายสุรศักดิ์ พานิชนาวา

อาจารย์ที่ปรึกษา อ. ศิลป์ชัย จานสุวรรณ

บทคัดย่อ

ในการอนุรักษ์พลังงานในอาคารมีการใช้ฉนวนกันความร้อนหลายประเภท การเลือกฉนวนกันความร้อนที่เหมาะสมเป็นทางเลือกหนึ่งที่จะช่วยในการป้องกันความร้อนไม่ให้เข้ามาสู่ภายในอาคาร แต่ฉนวนกันความร้อนแต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติในการใช้งานที่แตกต่างกัน ดังนั้นในการเลือกพิจารณาใช้ฉนวนกันความร้อนให้มีความเหมาะสมกับประเภทของอาคารต่าง ๆ นั้น จึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง เพื่อให้เกิดความคุ้มค่าในการลงทุน ด้านการติดตั้งฉนวนกันความร้อน และการใช้งานฉนวนให้เกิดประสิทธิภาพในการต้านทานความร้อนสูงสุด โครงการพิเศษฉบับนี้จึงได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบการพิจารณาการเลือกใช้งานฉนวนกันความร้อนให้เหมาะสมกับประเภทของอาคารและองค์ประกอบของอาคารส่วนต่าง ๆ เพื่อเป็นข้อมูลในการตัดสินใจในการพิจารณาเลือกใช้ฉนวนกันความร้อนที่เหมาะสม มีประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์สูงสุด

ABSTRACT

Reserve energy of the building use insulation which is the way to protect heat from outside . However , each kinds of insulation are different capacity. Therefore , we should choose insulation to be suitable to each kind of building .This is important thing because it is the efficiency of investment , and most ability to protect the heat . So special project educate the comparative of each kind of insulation to be suitable to each kind of the building and the composite of building . In the result, we can use these data to consider when we choose insulation to make the most usefulness.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษนี้สามารถสำเร็จล่วงได้ด้วยดี มิได้เกิดจากคณะผู้จัดทำเพียงกลุ่มเดียวเท่านั้น แต่ยังมี บุคคล และ บริษัท ผู้ซึ่งมีส่วนทำให้โครงการพิเศษนี้บรรลุผลตามเป้าหมายที่ได้วางไว้ ทางคณะผู้จัดทำจึงใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บุคคล และ บริษัท ผู้ได้มีส่วนช่วยเหลือในการทำโครงการพิเศษนี้

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ ศิลป์ชัย จานสุวรรณ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการพิเศษที่คอยให้คำแนะนำพร้อมทั้ง คำปรึกษา โครงการพิเศษเป็นอย่างดีตลอดมา

ขอขอบพระคุณ บริษัท ห้างร้าน ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูล , วัสดุตัวอย่าง พร้อมทั้งคำแนะนำในการทำโครงการนี้

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ ประจักษ์ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ขอขอบคุณ เพื่อน ๆ ทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจให้กับคณะผู้จัดทำ
สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ และคุณแม่ ที่ให้กำลังใจ คำปรึกษา และการเลี้ยงดูที่ดีตลอดมา

นายเกรียงไกร เอกจิตต์

นายปกรณ์ พกมณี

นายสุรศักดิ์ พานิชนาวา

คณะผู้จัดทำโครงการ

คำนำ

รายงานการศึกษาโครงการพิเศษฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาในรายวิชา SPECIAL PROJECT ตามหลักสูตรปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ของนักศึกษาชั้นปีที่ 4

ปีการศึกษา 2540 ภาควิชาวิศวกรรมโยธา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษาเปรียบเทียบการใช้งานฉนวนความร้อนในอาคาร ทั้งนี้อาศัยข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้จากบริษัทผู้ผลิตฉนวนความร้อนและจากบทความทางวิชาการ

ผู้จัดทำหวังว่ารายงานฉบับนี้จะเป็นประโยชน์และสามารถใช้เป็นแนวทางในการศึกษาการเลือกใช้งานฉนวนความกั้นร้อนให้เหมาะสมกับอาคาร แก่ผู้ที่สนใจได้บ้าง

สุดท้ายนี้ หากโครงการพิเศษฉบับนี้ มีข้อผิดพลาดหรือบกพร่องประการใด ทางคณะผู้จัดทำกราบขออภัยไว้ ณ ที่นี้

นายเกรียงไกร เอกจิตต์

นายปกรณ์ พกมณี

นายสุรศักดิ์ พานิชนาวา

คณะผู้จัดทำโครงการ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ	I
กิตติกรรมประกาศ	II
คำนำ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูป	V
สารบัญตาราง	VI
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 หลักการถ่ายเทความร้อนของฉนวนความร้อน	
2.1 การนำความร้อน	6
2.2 การพาความร้อน	7
2.3 การแผ่รังสีความร้อน	7
2.4 สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน	9
2.5 การถ่ายเทความร้อนในฉนวน	14
บทที่ 3 ฉนวนความร้อนในอาคาร	
3.1 การจำแนกประเภทฉนวนความร้อน	16
3.2 ประเภทของฉนวนที่ใช้ในงานก่อสร้างปัจจุบัน	21
3.3 การเปรียบเทียบคุณสมบัติวัสดุฉนวน	58
บทที่ 4 การประยุกต์ใช้ฉนวนกันความร้อนในอาคาร	
4.1 ระบบฉนวนในอาคาร	61
4.2 ฉนวนเพดาน	64
4.3 ฉนวนหลังคา	71
4.4 ฉนวนผนัง	81
4.5 ฉนวนพื้นและฐานราก	92
4.6 ฉนวนหน้าต่างและประตู	95
4.7 การติดตั้งแผ่นสะท้อนความร้อน	101
4.8 การติดตั้งฉนวนเยื่อกระดาษ	104
4.9 การติดตั้งฉนวนพ่นเคลือบเซรามิก	106
4.10 การติดตั้งฉนวนใยหินและใยแก้ว	108

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 แสดงการสะท้อนกลับ การดูดกลืนและการทะลุผ่านของรังสีที่ตกกระทบ	8
รูปที่ 2.2 แสดงการนำความร้อนตามข้อกำหนดของสัมประสิทธิ์การนำความร้อน	10
รูปที่ 2.3 แสดงการถ่ายเทความร้อนผ่าน โครงสร้างอาคารที่ประกอบด้วยวัสดุแตกต่างกัน	11
ภ ชนิด	
รูปที่ 2.4 รูปประกอบตัวอย่างการคำนวณ หาค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนรวม	12
รูปที่ 2.5 แสดงการห้วงเวลาของผนังก่ออิฐฉาบปูนและผนังเบา	13
รูปที่ 2.6 แสดงการไหลของความร้อนผ่านมวลของฉนวน	15
รูปที่ 3.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นและสัมประสิทธิ์การนำความร้อน	24
รูปที่ 3.2 กราฟแสดงสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นและสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของ	29
ฉนวนใยแก้วและใยหิน	
รูปที่ 3.3 ความหนาของฉนวนต่าง ๆ เทียบกับ โพลียูรีเทนโฟม	35
รูปที่ 3.4 การนำแผ่นโพลีเอทรีนไปเผาไฟ	49
รูปที่ 3.5 แสดงรายละเอียดของโครงสร้างแต่ละชั้นของแผ่นสะท้อนรังสีความร้อน	53
รูปที่ 4.1 เพดานแบบกระเบื้อง	65
รูปที่ 4.2 เพดานแบบมีช่องใต้หลังคา-A	66
รูปที่ 4.3 เพดานแบบมีช่องใต้หลังคา-B	67
รูปที่ 4.4 การติดตั้งฉนวนที่เชื่อมสะพานรอด	68
รูปที่ 4.5 การติดตั้งฉนวนใกล้อุปกรณ์ไฟฟ้า	68
รูปที่ 4.6 เพดานโครงสร้างโลหะ-A	69
รูปที่ 4.7 เพดานโครงสร้างโลหะ-B	70
รูปที่ 4.8 เพดาน โครงสร้างโลหะ-C	71
รูปที่ 4.9 หลังคาแบบ Built-up	72
รูปที่ 4.10 หลังคาแบบ Built-up หุ้มฉนวน	73
รูปที่ 4.11 หลังคา Built-up ที่เรียวสอบลงมา	75
รูปที่ 4.12 หลังคาแบบแผ่นเยื่อชั้นเดียว	75
รูปที่ 4.13 หลังคาแบบแผ่นเยื่อซ้อนด้วยฉนวนระบบกลุสเลด	76
รูปที่ 4.14 หลังคาแบบแผ่นเยื่อซ้อนด้วยฉนวนระบบติด	77
รูปที่ 4.15 หลังคาโพลียูรีเทน	78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 3.1 แสดงคุณสมบัติฉนวนใยแก้ว	23
ตารางที่ 3.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นกับค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน	24
ตารางที่ 3.3 แสดงคุณสมบัติฉนวนใยหิน	28
ตารางที่ 3.4 แสดงการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน	28
ตารางที่ 3.5 แสดงค่าแรงอัดที่อุณหภูมิต่าง ๆ	29
ตารางที่ 3.6 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ณ อุณหภูมิต่าง ๆ	29
ตารางที่ 3.7 แสดงคุณสมบัติฉนวนแคลเซียมซิลิเกต	30
ตารางที่ 3.8 แสดงคุณสมบัติฉนวนเยื่อกระดาษ	32
ตารางที่ 3.9 แสดงคุณสมบัติฉนวนโพลียูรีเทน	35
ตารางที่ 3.10 แสดงคุณสมบัติฉนวนโพลีเอทรีน โฟม	37
ตารางที่ 3.11 การเปรียบเทียบคุณสมบัติทางด้านเคมี ฟิสิกส์ และด้านเทคนิคต่าง ๆ	38
ตารางที่ 3.12 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของฉนวนความร้อน	40
ตารางที่ 3.13 แสดงคุณสมบัติแผ่นสะท้อนรังสีความร้อน	54
ตารางที่ 3.14 แสดงคุณสมบัติฉนวนเซรามิค	57
ตารางที่ 3.15 แสดงคุณสมบัติฉนวนทั่วไปของฉนวนกันความร้อนในอาคาร	58
ตารางที่ 3.16 การสรุปเปรียบเทียบ ข้อดี ข้อเสีย และข้อจำกัดของฉนวนแต่ละชนิด	59
ตารางที่ 4.1 การประกอบฉนวนในอาคาร	62
ตารางที่ 4.2 การประกอบฉนวนกับอาคารต่าง ๆ	63
ตารางที่ 4.3 การสูญเสียพลังงานสำหรับบ้านที่ใช้การปรับอากาศทำความเย็น	64
ตารางที่ 5.1 การประกอบฉนวนกับอาคาร	123
ตารางที่ 5.2 ค่าเปรียบเทียบการติดตั้งฉนวนใต้หลังคา	130
ตารางที่ 5.3 การเปรียบเทียบฉนวนเซรามิคกับโพลียูรีเทน โฟม	138
ตารางที่ 5.4 การเปรียบเทียบคุณสมบัติฉนวนที่ติดตั้งใต้ผิวหลังคา	141
ตารางที่ 5.5 การเปรียบเทียบวัสดุฉนวนที่ติดตั้งกับฝ้าเพดาน	144
ตารางที่ 5.6 การเปรียบเทียบวัสดุฉนวนที่ติดตั้งทับผิวหน้าของผนัง	146
ตารางที่ 5.7 การเปรียบเทียบวัสดุฉนวนที่ติดตั้งภายในช่องของผนัง	149
ตารางที่ 5.8 การเปรียบเทียบวัสดุฉนวนที่ติดตั้งกับหลังคาโรงงานอุตสาหกรรม	154

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.11 การติดตั้งฉนวนโพลีเอทธีรีนโฟม	111
4.12 การติดตั้งฉนวนโพลียูรีเทน	111
บทที่ 5 การเลือกใช้ฉนวนความร้อนให้เหมาะสมกับอาคาร	
5.1 การพิจารณาเลือกใช้ฉนวนความร้อน	121
5.2 การเลือกวัสดุประเภทต่าง ๆ ในอาคารเพื่อคุณสมบัติทางฉนวน	124
5.3 การพิจารณาเลือกวัสดุฉนวนให้เหมาะสมกับประเภทอาคาร	133
5.4 การเปรียบเทียบวัสดุฉนวนกันความร้อน	135
5.5 บทสรุปการเปรียบเทียบวัสดุฉนวนกับอาคาร	150
5.6 สาเหตุของการเสื่อมประสิทธิภาพของฉนวน	157
5.7 ผลกระทบการใช้ฉนวนกันความร้อน	158
5.8 การพิจารณาเลือกฉนวนใหม่ในการซ่อมแซมฉนวนเก่า	160
บทที่ 6 เศรษฐศาสตร์ของฉนวนความร้อน	
6.1 ความหนาฉนวนความร้อนในเชิงเศรษฐศาสตร์	161
6.2 ราคาฉนวนความร้อน	163
บทที่ 7 สรุปวิเคราะห์และแนะนำ	
7.1 บทสรุป	168
7.2 บทวิเคราะห์	171
7.3 ข้อเสนอแนะ	171
ภาคผนวก ก.	173
ภาคผนวก ข.	178
ภาคผนวก ค.	183
บรรณานุกรม	186

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 3.1 แสดงคุณสมบัติฉนวนใยแก้ว	23
ตารางที่ 3.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นกับค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน	24
ตารางที่ 3.3 แสดงคุณสมบัติฉนวนใยหิน	28
ตารางที่ 3.4 แสดงการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน	28
ตารางที่ 3.5 แสดงค่าแรงอัดที่อุณหภูมิต่าง ๆ	29
ตารางที่ 3.6 แสดงค่าสัมประสิทธิ์นำความร้อน ณ อุณหภูมิต่าง ๆ	29
ตารางที่ 3.7 แสดงคุณสมบัติฉนวนแคลเซียมซิลิเกต	30
ตารางที่ 3.8 แสดงคุณสมบัติฉนวนเยื่อกระดาษ	32
ตารางที่ 3.9 แสดงคุณสมบัติฉนวนโพลียูรีเทน	35
ตารางที่ 3.10 แสดงคุณสมบัติฉนวนโพลีเอทรีนโฟม	37
ตารางที่ 3.11 การเปรียบเทียบคุณสมบัติทางด้านเคมี ฟิสิกส์ และด้านเทคนิคต่าง ๆ	38
ตารางที่ 3.12 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของฉนวนความร้อน	40
ตารางที่ 3.13 แสดงคุณสมบัติแผ่นสะท้อนรังสีความร้อน	54
ตารางที่ 3.14 แสดงคุณสมบัติฉนวนเซรามิค	57
ตารางที่ 3.15 แสดงคุณสมบัติฉนวนทั่วไปของฉนวนกันความร้อนในอาคาร	58
ตารางที่ 3.16 การสรุปเปรียบเทียบ ข้อดี ข้อเสีย และข้อจำกัดของฉนวนแต่ละชนิด	59
ตารางที่ 4.1 การประกอบฉนวนในอาคาร	62
ตารางที่ 4.2 การประกอบฉนวนกับอาคารต่าง ๆ	63
ตารางที่ 4.3 การสูญเสียพลังงานสำหรับบ้านที่ใช้การปรับอากาศทำความเย็น	64
ตารางที่ 5.1 การประกอบฉนวนกับอาคาร	123
ตารางที่ 5.2 ค่าเปรียบเทียบการติดตั้งฉนวนใต้หลังคา	130
ตารางที่ 5.3 การเปรียบเทียบฉนวนเซรามิคกับ โพลียูรีเทน โฟม	138
ตารางที่ 5.4 การเปรียบเทียบคุณสมบัติฉนวนที่ติดตั้งใต้ผิวหลังคา	141
ตารางที่ 5.5 การเปรียบเทียบวัสดุฉนวนที่ติดตั้งกับฝ้าเพดาน	144
ตารางที่ 5.6 การเปรียบเทียบวัสดุฉนวนที่ติดตั้งทับผิวหน้าของผนัง	146
ตารางที่ 5.7 การเปรียบเทียบวัสดุฉนวนที่ติดตั้งภายในช่องของผนัง	149
ตารางที่ 5.8 การเปรียบเทียบวัสดุฉนวนที่ติดตั้งกับหลังคาโรงงานอุตสาหกรรม	154

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 แสดงการสะท้อนกลับ การดูดกลืนและการทะลุผ่านของรังสีที่ตกกระทบ	8
รูปที่ 2.2 แสดงการนำความร้อนตามข้อกำหนดของสัมประสิทธิ์การนำความร้อน	10
รูปที่ 2.3 แสดงการถ่ายเทความร้อนผ่านโครงสร้างอาคารที่ประกอบด้วยวัสดุแตกต่างกัน	11
n ชนิด	
รูปที่ 2.4 รูปประกอบตัวอย่างการคำนวณ หาค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนรวม	12
รูปที่ 2.5 แสดงการห้วงเวลาของผนังก่ออิฐฉาบปูนและผนังเบา	13
รูปที่ 2.6 แสดงการไหลของความร้อนผ่านมวลของฉนวน	15
รูปที่ 3.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นและสัมประสิทธิ์การนำความร้อน	24
รูปที่ 3.2 กราฟแสดงสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นและสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของ	29
ฉนวนใยแก้วและใยหิน	
รูปที่ 3.3 ความหนาของฉนวนต่าง ๆ เทียบกับ โพลียูรีเทนโฟม	35
รูปที่ 3.4 การนำแผ่น โพลีเอทรีนไปเผาไฟ	49
รูปที่ 3.5 แสดงรายละเอียดของโครงสร้างแต่ละชั้นของแผ่นสะท้อนรังสีความร้อน	53
รูปที่ 4.1 เพดานแบบกระเบื้อง	65
รูปที่ 4.2 เพดานแบบมีช่องใต้หลังคา-A	66
รูปที่ 4.3 เพดานแบบมีช่องใต้หลังคา-B	67
รูปที่ 4.4 การติดตั้งฉนวนที่เชื่อมสะพานรอย	68
รูปที่ 4.5 การติดตั้งฉนวนใกล้อุปกรณ์ไฟฟ้า	68
รูปที่ 4.6 เพดานโครงสร้างโลหะ-A	69
รูปที่ 4.7 เพดานโครงสร้างโลหะ-B	70
รูปที่ 4.8 เพดานโครงสร้างโลหะ-C	71
รูปที่ 4.9 หลังคาแบบ Built-up	72
รูปที่ 4.10 หลังคาแบบ Built-up หุ้มฉนวน	73
รูปที่ 4.11 หลังคา Built-up ที่เรียวยาวลงมา	75
รูปที่ 4.12 หลังคาแบบแผ่นเยื่อชั้นเดียว	75
รูปที่ 4.13 หลังคาแบบแผ่นเยื่อซ้อนด้วยฉนวนระบบลูสเลด	76
รูปที่ 4.14 หลังคาแบบแผ่นเยื่อซ้อนด้วยฉนวนระบบติด	77
รูปที่ 4.15 หลังคาโพลียูรีเทน	78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.16 หลังคาคอนกรีตน้ำหนักเบา	79
รูปที่ 4.17 หลังคาแผ่นเหล็กกล้า	80
รูปที่ 4.18 โครงผนังที่หุ้มฉนวนในลักษณะต่าง ๆ	82
รูปที่ 4.19 การบุฉนวนผนังก่ออิฐ	84
รูปที่ 4.20 การบุฉนวนผนังก่ออิฐ 2 ชั้น	85
รูปที่ 4.21 การบุฉนวนผนังคอนกรีต	87
รูปที่ 4.22 ผนังอิฐมวลผสมคอนกรีตบล็อก	89
รูปที่ 4.23 ผนังแบบคอนกรีต	90
รูปที่ 4.24 ผนังโลหะ	91
รูปที่ 4.25 การบุฉนวนพื้นที่มีการระบายอากาศ	93
รูปที่ 4.26 การบุฉนวนพื้นที่ไม่มีการระบายอากาศ	94
รูปที่ 4.27 ฉนวนปิดกันกระจุยด้วยแผ่นปิดติดภายใน	96
รูปที่ 4.28 ประตูฉนวนมีช่องมองเป็นกระจก 2 ชั้น	97
รูปที่ 4.29 ธรณีประตูแบบรูปอาน	98
รูปที่ 4.30 ลักษณะธรณีประตูนํ้าหนักพลังงานแบบต่าง ๆ	98
รูปที่ 4.31 รูปแบบตัวกันซึมแบบต่าง ๆ	100
รูปที่ 4.32 การติดตั้งแผ่นสะท้อนความร้อนกับแปไม้	101
รูปที่ 4.33 การติดตั้งแผ่นสะท้อนความร้อนกับแปเหล็ก	102
รูปที่ 4.34 การติดตั้งแผ่นสะท้อนความร้อนกับฝ้าผนังภายใน	102
รูปที่ 4.35 การติดตั้งแผ่นสะท้อนความร้อนกับหลังคาโลหะ	103
รูปที่ 4.36 การพันฉนวนเยื่อกระดาษเหนือฝ้าเพดาน	104
รูปที่ 4.37 การพันฉนวนเยื่อกระดาษเข้าระหว่างผนัง	105
รูปที่ 4.38 การพันฉนวนเยื่อกระดาษใต้หลังคาโรงงาน	105
รูปที่ 4.39 การผสมเซรามิกก่อนทำการติดตั้ง	107
รูปที่ 4.40 การพันฉนวนเซรามิกบนคาน้ำฟ้าอาคาร	107
รูปที่ 4.41 การติดตั้งฉนวนใยแก้วบนฝ้าเพดาน	108
รูปที่ 4.42 การติดตั้งฉนวนใยแก้วบนโครงหลังคา	110

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.43 การติดตั้งแบบแผ่นฉนวนใยแก้วกับฝ้าเพดาน	110
รูปที่ 4.44 การพ่นฉนวนโพลียูรีเทนใต้หลังคา	113
รูปที่ 4.45 แสดงการติดตั้งแผ่นโพลียูรีเทน โฟม	118
รูปที่ 4.46 การสร้างโรงงานที่ใช้หลังคาน้ำหนักเบาสำเร็จรูป	119
รูปที่ 5.1 แหล่งที่มาของความร้อนภายในอาคาร	125
รูปที่ 5.2 การเปรียบเทียบคุณสมบัติและราคาของฉนวนเซรามิก	137
รูปที่ 5.3 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของโพลียูรีเทน โฟม	138
รูปที่ 5.4 การเปรียบเทียบคุณสมบัติการต้านทานความร้อนของฉนวนที่ติดได้ผิวหลังคา	139
รูปที่ 5.6 ค่าการสะท้อนรังสีความร้อนของวัสดุแผ่นสะท้อน	140
รูปที่ 5.7 การเปรียบเทียบราคาของวัสดุฉนวนที่ติดตั้งใต้หลังคา	140
รูปที่ 5.8 คุณสมบัติของวัสดุฉนวนที่เหมาะสมกับฝ้าเพดาน	142
รูปที่ 5.9 การเปรียบเทียบราคาของวัสดุฉนวนที่ติดตั้งกับฝ้าเพดาน	143
รูปที่ 5.10 การเปรียบเทียบคุณสมบัติวัสดุฉนวนที่ติดตั้งทับผิวผนังและวัสดุที่เป็นผนังฉนวน	145
รูปที่ 5.11 การเปรียบเทียบราคาวัสดุฉนวนที่ใช้ในงานผนัง	146
รูปที่ 5.12 การเปรียบเทียบคุณสมบัติวัสดุฉนวนที่ติดตั้งในช่องผนัง	147
รูปที่ 5.13 การเปรียบเทียบราคาวัสดุฉนวนที่ติดตั้งภายในช่องผนัง	148
รูปที่ 6.1 ตำแหน่งที่เหมาะสมของความหนาฉนวน	162
รูปที่ 1ข ฉนวนโพลีเอทรีน โฟมใต้หลังคาโรงงาน	178
รูปที่ 2ข ฉนวนเซรามิกพ่นที่ตู้สาขาของค์การ โทรศัพท์	179
รูปที่ 3ข การนำฉนวนเซรามิกพ่น ณ อาคารท่าอากาศยานกรุงเทพ	179
รูปที่ 4ข การนำฉนวนใยแก้วแบบหุ้มอะลูมิเนียมติดตั้งใต้หลังคา	180
รูปที่ 5ข การนำแผ่นสะท้อนความร้อนติดตั้งใต้หลังคา	180
รูปที่ 6ข การนำฉนวนใยแก้วหุ้มเนื้อโครมหลังคาไม้	181
รูปที่ 7ข การพ่นฉนวนเซรามิกบนหลังคาอาคาร	181
รูปที่ 8ข การยกหลังคาสูงระบายอากาศ	182
รูปที่ 9ข การนำฉนวนใยแก้วหุ้มท่อระบบปรับอากาศ	182

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากสภาพปัญหาเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมในปัจจุบันได้ ส่งผลกระทบต่ออุณหภูมิของโลก และมีแนวโน้มว่าจะสูงขึ้นเรื่อย ๆ ซึ่งการก่อสร้างในปัจจุบันจึงนิยมใช้ฉนวนกันความร้อนช่วยลดการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกอาคารที่เข้าสู่ภายในอาคาร ดังนั้นการเลือกใช้ฉนวนกันความร้อนให้เหมาะสมกับพื้นที่ห้อง ผนัง หลังคา และองค์อาคารอื่น ๆ จะสามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างอาคาร และยังเป็นการใช้งานฉนวนกันความร้อนให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งจะส่งผลให้สามารถประหยัดพลังงานในการรักษาอุณหภูมิในอาคาร

ดังนั้นฉนวนกันความร้อนนับว่าเป็นส่วนที่จำเป็นในอาคารสิ่งก่อสร้างสมัยใหม่ และการนำฉนวนความร้อนมาใช้ในอาคารยังเป็นวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างอาคารให้ถูกต้องตาม พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการพิเศษ

1. เพื่อให้ทราบถึงประสิทธิภาพและคุณสมบัติของฉนวนกันความร้อนแต่ละชนิดที่ใช้ในอาคาร
2. เพื่อศึกษาผลกระทบและอายุในการใช้งานของฉนวนกันความร้อนแต่ละชนิด
3. เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการเลือกใช้ฉนวนกันความร้อนให้เหมาะสมกับการใช้งานในอาคาร

1.3 ขอบเขตของโครงการพิเศษ

1. ศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติของฉนวนกันความร้อนแต่ละชนิด
2. ศึกษาถึงอายุการใช้งานและผลกระทบในการใช้ฉนวนกันความร้อนแต่ละชนิด
3. ศึกษาถึงการเลือกใช้งานฉนวนกันความร้อนให้เหมาะสมกับงาน
4. ศึกษาเปรียบเทียบราคาของฉนวนกันความร้อนแต่ละชนิด
5. ศึกษาขั้นตอนการติดตั้งฉนวนกันความร้อนในอาคาร

1.4 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในโครงการพิเศษ

ในการศึกษาการเลือกใช้งานฉนวนความร้อนให้เหมาะสมกับอาคารนั้นจำเป็นที่จะต้องทราบถึงหลักการถ่ายเทพลังงาน และค่าสัมประสิทธิ์ที่เกี่ยวข้องในการหาประสิทธิภาพการใช้งานของฉนวน ตลอดจนยังต้องทำการศึกษาคุณสมบัติของฉนวนแต่ละประเภท และอาศัยหลักการทางเศรษฐศาสตร์ในการวิเคราะห์ความหนาของฉนวน ความคุ้มค่าในการลงทุนในการนำฉนวนความร้อนมาใช้ในอาคาร แนวทางปฏิบัติในการนำฉนวนความร้อนไปประยุกต์ใช้ในอาคาร

1.5 วิธีที่ใช้ในการดำเนินการโครงการพิเศษ

1. ศึกษาและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับฉนวนกันความร้อนที่มีใช้ในการก่อสร้างอาคารในปัจจุบัน
2. ศึกษาหลักการและเหตุผลในการเลือกใช้งานฉนวนกันความร้อนแต่ละชนิด
3. ศึกษาการติดตั้งฉนวนกันความร้อนในอาคารตามแต่ละชนิด
4. เปรียบเทียบประสิทธิภาพและอายุการใช้งานตลอดจนผลกระทบข้างเคียงของฉนวนกันความร้อนแต่ละชนิด
5. เปรียบเทียบราคาและความเหมาะสมในการใช้งานของฉนวนกันความร้อน
6. สรุปผลการวิเคราะห์และเปรียบเทียบ

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพในการใช้งานฉนวนความร้อนตลอดจนอายุในการงาน
2. ทำให้สามารถเลือกใช้งานฉนวนกันความร้อนแต่ละชนิดให้เหมาะสมกับงาน
3. ทำให้ทราบถึงข้อดี-ข้อเสียของฉนวนกันความร้อนแต่ละชนิด
4. ทราบถึงความก้าวหน้าทางวิศวกรรมวัสดุของวัสดุกันความร้อนที่มีใช้ในการก่อสร้างในปัจจุบัน

1.7 นิยามของฉนวนกันความร้อน

ในปัจจุบันเทคโนโลยีในการก่อสร้างถูกพัฒนาไปมาก ความหลากหลายในการเลือกใช้วัสดุจึงเป็นไปอย่างค่อนข้างอิสระจนทำให้ได้รูปแบบที่แปลกใหม่ ซึ่งการนำวัสดุมาใช้นั้นบ่อยครั้งที่ไม่เหมาะสมกับประเทศไทยเรา ซึ่งเป็นเขตร้อนชื้นที่มีอิทธิพลจากแสงแดดและมีฝนตกชุกโดยจะมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิสูงตลอดปี ในการออกแบบและใช้งาน ปัญหาใหญ่อย่างหนึ่งของการออกแบบอาคารคือการลดปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นซึ่งความร้อนที่สะสมในอาคาร โดยทั่วไปจะมาจาก 5 สาเหตุคือ

1. ความร้อนจากดวงอาทิตย์
2. ความร้อนจากคนที่อยู่อาศัยหรือที่ทำงานในอาคารและเครื่องใช้สำนักงานต่างๆ
3. ความร้อนจากแสงสว่าง (จากหลอดไฟและบัลลาสต์)
4. ความร้อนจากเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่างๆที่อยู่ในอาคาร
5. ความร้อนจากลมรั่ว

ความร้อนที่เกิดจากดวงอาทิตย์จะเป็นความร้อนที่ค่อนข้างมาก เมื่อเทียบกับความร้อนในส่วนอื่น ๆ ความร้อนในส่วนนั้นจะเข้าสู่อาคารได้ 2 ทางคือ

1. ความร้อนที่ผ่านหลังคา
2. ความร้อนที่ผ่านหน้าต่าง ผนังหรือกำแพง

ความร้อนต่อหนึ่งพื้นที่ที่ผ่านเข้ามาทางช่องเปิด เช่น ช่องแสงหน้าต่างกระจกจะมากที่สุดมีปริมาณเป็น 2 เท่าของความร้อนต่อหน่วยพื้นที่ที่ผ่านเข้ามาทางหลังคา ซึ่งปริมาณความร้อนดังกล่าว จะส่งผลถึงผู้ที่อยู่อาศัยภายในอาคาร จึงมีการคิดค้นวัสดุซึ่งสามารถช่วยในการป้องกันและต้านทานความร้อน มิให้เข้าสู่ภายในอาคาร ซึ่งวัสดุนั้นคือ “ฉนวนความร้อน”

ฉนวนกันความร้อน หมายถึง วัสดุที่ป้องกันความร้อนมิให้พลังงานความร้อนไหลผ่านจากด้านหนึ่งไปสู่อีกด้านหนึ่งได้สะดวก ซึ่งต่างจากวัสดุทนไฟคือ วัสดุโลหะที่สามารถทนอุณหภูมิสูงได้ตามมาตรฐาน ASTM ที่ $1,430^{\circ}\text{C}$ และมาตรฐาน DIN ที่ $1,580^{\circ}\text{C}$ แต่วัสดุฉนวนกันความร้อนจะทนอุณหภูมิได้สูงไม่เกิน $1,483^{\circ}\text{C}$ โดยฉนวนกันความร้อนจะป้องกันมิให้มีการถ่ายเทปริมาณความร้อนเข้ามาภายในอาคาร โดยจะอาศัยคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุที่นำมาทำเป็นฉนวน คือ เป็นวัสดุที่มีน้ำหนักเบา มักจะประกอบด้วยฟองอากาศเล็ก ๆ จำนวนมากมาย มีเซลล์อากาศที่อยู่นิ่ง ๆ ความต้านทานต่อการถ่ายเทความร้อนขึ้นอยู่กับเซลล์อากาศจำนวนมาก โดยที่เซลล์อากาศนี้มีอากาศอยู่นิ่งหรือค่อนข้างนิ่งในมวลของฉนวน เซลล์อากาศจะอยู่นิ่งถ้าเส้นผ่าศูนย์กลางของมันไม่ใหญ่กว่าระยะ ทางเดินอิสระเฉลี่ย ในทางปฏิบัติสามารถถือได้ว่าเท่ากับ 0.09 ไมครอน วัสดุที่มีคุณสมบัติดังกล่าวสามารถนำมาผลิตเป็นฉนวนได้ และฟองอากาศที่อยู่ในเซลล์อากาศจะทำให้มวลของฉนวนมีลักษณะพรุน โดยฟองอากาศเหล่านี้มีคุณสมบัติในการต้านทานการถ่ายเทความร้อน ด้วยการสกัดกั้นความร้อนให้อยู่ภายในฟองอากาศเล็ก ๆ จำนวนมากนี้ จึงเป็นผลให้วัสดุที่พิจารณามีคุณสมบัติในความเป็นฉนวนกันความร้อน

ยังมีวัสดุอีกประเภทหนึ่งที่มีคุณสมบัติด้านทานการแผ่รังสีความร้อนของดวงอาทิตย์ หรือ สะท้อนรังสีความร้อนกลับ โดยคุณสมบัติแล้วไม่ถือวัสดุที่ใช้หลักการสะท้อนแสงเป็นวัสดุลด ความร้อนจากการแผ่รังสี แต่ก็จัดเป็นวัสดุที่ช่วยในการป้องกันความร้อนที่จะถ่ายเทเข้าสู่ภายใน อาคารได้ชนิดหนึ่ง

โดยวัสดุที่จะนำมาผลิตเป็นฉนวนจะต้องมีคุณสมบัติอื่น ๆ ที่ ป้องกันปัจจัยเสี่ยงต่าง ๆ ที่มีผล ต่อวัสดุฉนวน เช่น ความร้อน , ความชื้น , สารเคมี , รังสีอุลตราไวโอเลต , แรงกดที่กระทำต่อวัสดุ ฉนวน เป็นต้น อย่างไรก็ตามการเลือกวัสดุมาผลิตเป็นฉนวนใช้ในอาคารจะต้องมีคุณสมบัติดัง กล่าวก่อนข้างครบถ้วนหรือเป็นที่ยอมรับ แต่การหาวัสดุที่มีคุณสมบัติครบถ้วนทุกประการย่อม เป็นไปได้ยาก ดังนั้นฉนวนแต่ละชนิดจึงมีทั้งข้อดี และข้อด้อยที่แตกต่างกัน สำหรับประเทศ- ไทยการใช้ผนังก่ออิฐฉาบปูนได้ถูกยึดถือเป็นระบบฉนวนที่ยอมรับกันมานาน ทั้ง ๆ ที่คุณสมบัติ หลายอย่างด้อยกว่าวัสดุใหม่ ๆ ที่มีความเหมาะสมกับสภาวะต่าง ๆ ในเมืองไทย ทำให้ต้องมีการ รณรงค์ให้มีการใช้วัสดุฉนวนประเภทต่าง ๆ เพื่อเป็นการประหยัดการใช้พลังงานของประเทศได้อีก ทางหนึ่ง

ในการเลือกใช้งานฉนวนในงานแต่ละประเภทผู้ใช้ต้องใช้ให้ถูกชนิด และความหนาที่มี ประสิทธิภาพ ผู้นำวัสดุฉนวนไปประยุกต์ใช้งานจะต้องทราบรายละเอียดดังนี้

- ความร้อนไหลอย่างไรและฉนวนมีผลอย่างไรต่อการไหล
- ฉนวนต่างชนิดให้ผลต่างกันอย่างไร
- ฉนวนที่สามารถหาได้ในปัจจุบัน
- การติดตั้งฉนวนจะติดตั้งที่ไหนและการติดตั้งเป็นอย่างไร
- ปริมาณของฉนวนที่ต้องการใช้

ซึ่งรายละเอียดเกี่ยวกับวัสดุฉนวนชนิดต่าง ๆ จะได้กล่าวในบทต่อไป

ในโครงการพิเศษฉบับนี้ จะกล่าวถึงฉนวนที่ใช้เป็นฉนวนกันความร้อนโดยเฉพาะและนิยมนำ มาใช้ในงานก่อสร้างอาคาร เช่น ใยแก้ว , ใยหิน , โฟม , วัสดุสะท้อนแสง เป็นต้น ซึ่งจะกล่าว ถึงการเปรียบเทียบในความเหมาะสมที่จะนำ วัสดุฉนวนประเภทต่าง ๆ ไปใช้งานให้เกิดประโยชน์ และความเหมาะสมกับส่วนต่าง ๆ ของอาคารมากที่สุด

บทที่ 2

หลักการถ่ายเทความร้อนของฉนวนความร้อน

ก่อนที่จะทำความเข้าใจถึงวิธีที่ฉนวนความร้อนสามารถกันความร้อนได้อย่างไรนั้น ต้องทำความเข้าใจเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของพลังงานว่ามีพฤติกรรมอย่างไร โดยพลังงานในที่นี้ หมายถึง งาน และความร้อน ซึ่งความร้อนก็คือ พลังงานรูปแบบหนึ่งที่สามารถทำให้ประสาทสัมผัสของคนปกติ เกิดความรู้สึกร้อนหรือเย็นก็ได้ ความร้อนอาจเปลี่ยนมาจากพลังงานรูปอื่น และตัวมันเองก็สามารถเปลี่ยนไปเป็นพลังงานรูปอื่นได้เช่นเดียวกัน โดยการเคลื่อนที่ของพลังงานความร้อนเนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิเรียกว่า การถ่ายเทความร้อน

การถ่ายเทความร้อน โดยธรรมชาติจะเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำเช่นเดียวกับน้ำที่ไหลจากที่สูงไปยังที่ต่ำ โดยการถ่ายเทความร้อนสามารถแบ่งออกได้เป็นสามรูปแบบคือ การนำความร้อน , การพาความร้อน , การแผ่รังสีความร้อนโดยการนำความร้อน (Conduction) ใช้สำหรับการถ่ายเทความร้อน (คือเมื่อมีความแตกต่างของอุณหภูมิ) ในตัวกลางที่อยู่กับที่ ซึ่งอาจเป็นของแข็งหรือของไหล เช่น การถ่ายเทความร้อนที่ผ่านผนัง หรือกำแพง เป็นต้น การพาความร้อน (Convection) เป็นการถ่ายเทความร้อนโดยความร้อนนั้นถูกพาไปโดยตัวกลางของของไหล หรือก๊าซ ที่มีพลังงานบรรจุอยู่จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง เช่น ภายในอาคาร ความร้อนจะผ่านผนังเข้ามาโดยการนำ (Conduction) จากนั้นผิวของผนังด้านในก็จะร้อนขึ้น จะทำให้อากาศรอบ ๆ กำแพงด้านในร้อนขึ้น แล้วจะลอยตัวสูงขึ้น จะหมุนเวียนกับอากาศตรงกลางห้อง ซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่า จะเกิดการถ่ายเทความร้อนแบบพาขึ้น และสำหรับการแผ่รังสีความร้อน (Radiation) ซึ่งวัตถุทุกชนิด ณ อุณหภูมิหนึ่ง ๆ จะส่งพลังงานออกมาในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเสมอแม้ว่าไม่มีตัวกลางก็ตาม เช่น ความร้อนจากดวงอาทิตย์ที่ส่งมายังโลก โดยผ่านสุญญากาศ ซึ่งความร้อนนี้จะได้รับการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ เป็นต้น

จากคำจำกัดความข้างต้น จะเห็นว่าการนำและการพาความร้อนต้องมีตัวกลางในการส่งผ่านพลังงานขณะที่การแผ่รังสีความร้อนไม่จำเป็นต้องมี แต่อย่างไรก็ตามในความเป็นจริงแล้วการถ่ายเทความร้อนมักไม่ปรากฏว่าเป็นวิธีใดวิธีหนึ่งโดยเฉพาะ แต่จะเป็นรูปแบบผสมของวิธีดังกล่าวข้างต้นรวมกัน เพียงแต่รูปแบบไหนจะสำคัญมากกว่าเป็นกรณี ๆ ไปเท่านั้น โดยสัดส่วนของปริมาณความร้อนทั้ง 3 ลักษณะนั้น การแผ่รังสีความร้อนจะมีปริมาณมากที่สุดคือประมาณ 87% - 90%

2.1 การนำความร้อน

เมื่อความร้อนมีการส่งผ่านในสภาพการนำความร้อนโดยความร้อนจะถูกส่งผ่านจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งในวัตถุชิ้นเดียวกัน การถ่ายเทความร้อนแบบการนำความร้อน นี้จะมีการเคลื่อนตัวของพลังงานจากจุดที่มีพลังงานสูงหรืออุณหภูมิสูงไปสู่จุดที่มีพลังงานต่ำหรืออุณหภูมิต่ำกว่าโดยจะถือว่าไม่มีการสูญเสียพลังงานและอุณหภูมิในระหว่างการเคลื่อนตัว

การถ่ายเทความร้อนที่มีการทะลุผ่านวัสดุอาคารจะใช้หลักการนำความร้อนโดยความร้อนจะเคลื่อนตัวจากด้านของวัตถุที่มีอุณหภูมิสูงไปสู่ด้านที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า โดยปริมาณความร้อนที่ผ่านเข้าสู่วัตถุและผ่านออกอีกด้านหนึ่งจะขึ้นอยู่กับ

1. ผลต่างของอุณหภูมิระหว่างสองผิวของวัตถุ
2. ความหนาของวัตถุ
3. พื้นที่ในการรับการนำความร้อน
4. อัตราการนำความร้อนของวัตถุแต่ละชนิด

คุณสมบัติของวัตถุที่มีการไหลของความร้อนจะเรียกว่า “ สัมประสิทธิ์การนำความร้อน ”

(k) โดยจะแสดงอยู่ในรูปของปริมาณความร้อนจุล ที่ไหลผ่านวัสดุเนื้อเดียวกัน หนา 1 เมตร และมีพื้นที่หน้าตัด 1 ตารางเมตรในเวลา 1 วินาที ทำให้อุณหภูมิที่ผิวข้างหนึ่งสูงกว่าอีกข้างหนึ่ง 1 องศาเซลเซียส และค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนมีปัจจัยที่ต้องคำนึงถึง ดังนี้

1. ชนิดของวัสดุที่มีค่าการนำความร้อนที่แตกต่างกัน
2. ค่าความหนาแน่นของวัสดุที่จะแปรผันโดยตรงกับค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน
3. ปริมาณความชื้นที่มีอยู่ในช่องว่างภายในเนื้อของวัสดุ ซึ่งความชื้นจะเป็นตัวนำได้ดีกว่าอากาศ
4. อุณหภูมิในเนื้อวัสดุ

ซึ่งการคำนวณหาปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทต่อ 1 วินาที ระหว่างผิวสองด้านของวัสดุสามารถแสดงได้ดังสมการ

$$q_c = (t_1 - t_2) \frac{Ak}{x}$$

เมื่อ

q_c = ปริมาณความร้อนโดยการนำ J/s , W

t_1 = อุณหภูมิสูงของผิววัสดุ , ($^{\circ}C$)

t_2 = อุณหภูมิต่ำของผิววัสดุ , ($^{\circ}C$)

A = พื้นที่ของกานนำความร้อน , (m^2)

x = ความหนาของวัสดุ , (m)

k = ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน , (W/ms)

2.2 การพาความร้อน

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่าการพาความร้อนเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของของไหลหรือ ก๊าซ เมื่อของไหลสัมผัสพื้นที่ผิวของของแข็งที่อุณหภูมิแตกต่างกัน การแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดพาความร้อนจะเกิดขึ้นโดยการพาความร้อนสามารถแบ่งออกได้เป็นสองลักษณะ คือ การพาความร้อนแบบอิสระหรือโดยธรรมชาติ และการพาความร้อนแบบบังคับ ลักษณะแรกเป็นการถ่ายเทความร้อนโดยอาศัยความแตกต่างของความหนาแน่นของของไหล จากเหตุผลที่ว่าของไหลเมื่อได้รับความร้อนและมีอุณหภูมิสูงขึ้นจะมีความหนาแน่นลดลงกว่าอากาศโดยรอบทำให้เกิดการยกตัว (Buoyant force) ลอยตัวขึ้น เช่น การถ่ายเทความร้อนจากหลังคาสู่อากาศโดยรอบที่สงบ เป็นต้น ส่วนการพาแบบบังคับจะเป็นการถ่ายเทความร้อนโดยใช้แรงภายนอกมาเคลื่อนที่ของไหลผ่านพื้นที่ของแข็งที่มีอุณหภูมิต่างกัน เช่น แรงจากปั๊มหรือพัดลม ปริมาณการถ่ายเทความร้อนแบบพาความร้อนสามารถหาได้จาก กฎนิวตันว่าด้วยการเย็นตัว (Newton ' s law of cooling) ที่ว่า

$$Q = hA(t_1 - t_2)$$

เมื่อ

q_c = ปริมาณความร้อนโดยการนำ J/s , W

t_1 = อุณหภูมิสูงของผิววัสดุ , (°C)

t_2 = อุณหภูมิต่ำของผิววัสดุ , (°C)

A = พื้นที่ของการนำความร้อน , (m²)

h = ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน , (W/m²s)

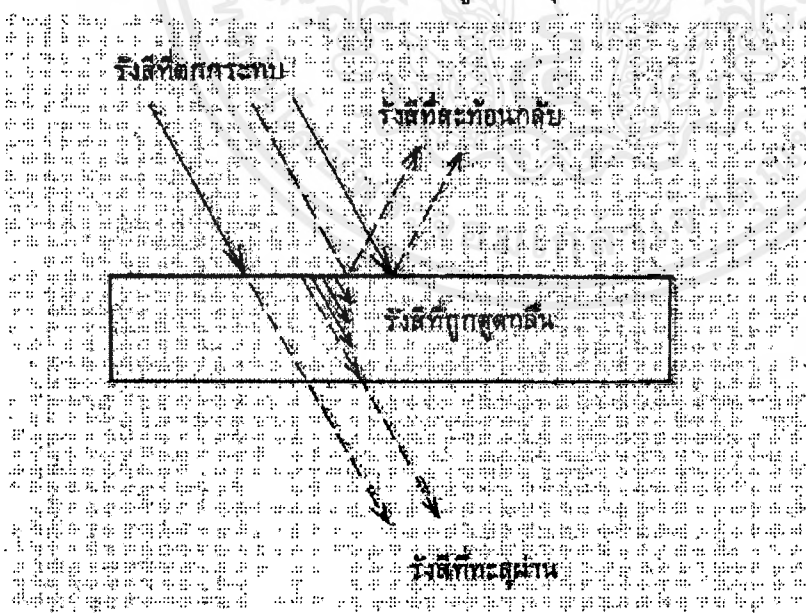
2.3 การแผ่รังสีความร้อน

การแผ่รังสีความร้อน คือ กระบวนการที่พลังงานความร้อนซึ่งแผ่ออกโดยสาร ณ อุณหภูมิหนึ่ง ๆ การแผ่รังสีจะเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงรูปแบบอิเล็กตรอนในอะตอมของสาร พลังงานของการแผ่รังสีจะถูกส่งออกมาในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic waves) โดยมีลักษณะคล้ายกับคลื่นแสงและคลื่นไฟฟ้า และความยาวของคลื่นที่แผ่ออกมาจากแหล่งกำเนิด ณ อุณหภูมิห้อง มีค่าประมาณ 10 ไมครอน (10⁻⁶ เมตร) ความร้อนที่ถูกปล่อยออกมาจากวัตถุร้อนจะถูกปล่อยออกมาในรูปของรังสีพลังงานมีหลายช่วงความถี่แต่คลื่นรังสีที่ทำให้เกิดความ

ร้อนขึ้น คือ คลื่นที่มีช่วงความถี่อยู่ในย่าน " รังสีอินฟราเรด " เท่านั้น โดยพลังงานที่ถูกปล่อยออกมานี้จะวิ่งไปจนกระทั่งกระทบกับวัตถุที่เย็นกว่าซึ่งวัตถุนั้นจะทำการดูดซับบางส่วนของรังสีพลังงานความร้อนไว้และบางส่วนก็จะทะลุผ่านวัตถุออกไป ตลอดจนมีบางส่วนที่จะเกิดการสะท้อนที่ผิววัตถุแล้วออกไปขึ้นกับตัวของวัตถุเองและคุณสมบัติทางพื้นผิวของวัตถุนั้น สำหรับวัตถุที่ทึบสีดำส่วนที่ทะลุผ่านจะเท่ากับศูนย์

สรุป

1. การนำความร้อนเป็นการถ่ายพลังงานความร้อนซึ่งเกิดขึ้นเมื่ออากาศอุ่นมีการชนกันของโมเลกุลมากกว่าอากาศที่เย็นกว่า โดยจะเป็นวิธีที่ความร้อนจะเคลื่อนที่ผ่านวัตถุที่ทึบ ซึ่งเป็นวิธีที่ผ่านวัตถุที่ทึบของอาคาร จนวนเป็นตัวนำที่ไม่ดีและจะเป็นตัวหน่วงการไหลของความร้อน
2. การพาความร้อน การไหลของอากาศในอาคารจะมีค่าน้อยเมื่อผ่านชั้นส่วนด้านนอกของอาคาร
3. การแผ่รังสีความร้อนจะเกิดจากวัตถุที่อุ่นไปสู่วัตถุที่เย็นกว่าซึ่งจะเป็นสเปกตรัมช่วงแคบ ๆ การแผ่รังสีจะถูกควบคุมได้ที่บริเวณผิวหน้าโดยการใช้วัสดุเคลือบที่มีคุณสมบัติการสะท้อนความร้อนที่ได้รับจากแสงอาทิตย์ ซึ่งสามารถลดอุณหภูมิลงได้โดยใช้สีอ่อน สำหรับในช่องว่างของผนังการแผ่รังสีจะถูกควบคุมโดยการใช้ฉนวนในบริเวณช่องว่าง



รูปที่ 2.1 แสดงการสะท้อนกลับ การดูดกลืน และการทะลุผ่านของรังสีที่ตกกระทบ

รังสีความร้อนที่พื้นผิวใด ๆ สามารถแผ่ออกไปได้มากที่สุด (maximum flux ; W/m^2) นั้นเป็นไปตามสมการซึ่งเรียกว่า " Stefan - Boltzmann Law "

$$E_b = \sigma T^4$$

เมื่อ

T = อุณหภูมิสัมบูรณ์, ($^{\circ}C$)

σ = ค่าคงที่ของสเตฟาน - โบลต์ซมันน์ = 5.67×10^{-8} (W/m^2C^4)

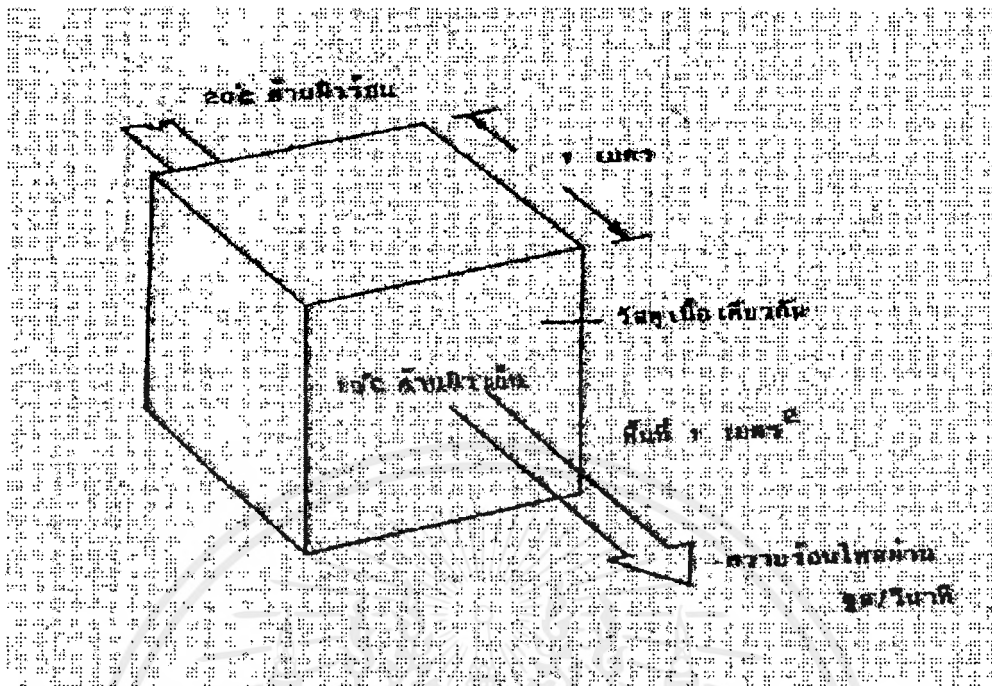
2.4 สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน

โดยทั่วไปแล้วปริมาณความร้อนที่สูญเสียจะแสดงในรูปของอัตราการผ่านของความร้อนที่ทะลุผ่านวัสดุก่อสร้างและฉนวนกันความร้อนตลอดจนช่องว่างอากาศของวัสดุ ในโครงสร้างอาคาร คือ ผนัง พื้น ฝ้าเพดาน และ หลังคา ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์จะอยู่ในรูปของ เวลา , พื้นที่ , ความยาว , ความหนา ของวัสดุนั้น ๆ จะมีค่าต่าง ๆ ดังนี้คือ

1. สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (Thermal Conductivity , k factor)

ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุต่าง ๆ คือปริมาณความร้อนจุล (JOULES) ไหลผ่านวัสดุเนื้อเดียวกัน หนา 1 เมตร และมีพื้นที่หน้าตัด 1 ตารางเมตรในเวลา 1 วินาทีที่ทำให้ อุณหภูมิที่ผิวข้างหนึ่งสูงกว่าอีกข้างหนึ่ง 1 องศาเซลเซียส เช่น วัสดุโพลียูรีเทนโฟมขนาด $1 \times 1 \times 1$ เมตรมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนเท่ากับ 0.025 วัตต์ต่อเมตร-องศาเซลเซียส หรือ หมายถึง อนุญาตให้ปริมาณความร้อน 0.025 จูล สามารถผ่านเข้าไปในวัสดุได้ในเวลา 1 วินาที กำหนดให้ความแตกต่างของอุณหภูมิสองด้านเท่ากับ 1 องศาเซลเซียส

ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k) ของวัสดุต่าง ๆ ที่ใช้ประกอบการคำนวณหาค่าความต้านทานความร้อนของวัสดุก่อสร้างอาคาร ให้ใช้ค่าจากการทดสอบหรือรับรองโดยผู้ผลิตหรือสถาบันการทดสอบที่เชื่อถือได้ ในกรณีที่ไม่มีผลการทดสอบหรือรับรองค่าความต้านทานความร้อนของวัสดุก่อสร้างนั้นให้ใช้ค่าที่กำหนดไว้ในตารางภาคผนวก ก. โดยค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุต่าง ๆ ในภาคผนวก เป็นประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม พ.ศ.2539



รูปที่ 2.2 แสดงการนำความร้อนตามข้อกำหนดของสัมประสิทธิ์การนำความร้อน

2. ความนำความร้อน (Thermal Conductance, C)

หมายถึงปริมาณความร้อนที่ไหลผ่านวัสดุเนื้อเดียวกัน ซึ่งมีพื้นที่ 1 ตารางเมตร แล้วทำให้อุณหภูมิของผิวหน้าทั้งสองข้างมีอุณหภูมิแตกต่างกัน 1 องศาเซลเซียสที่ความหนาจริงของวัสดุนั้น ๆ มีหน่วยเป็น $W/m^2 \text{ } ^\circ C$ ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังสมการต่อไปนี้

$$C = \frac{k}{\Delta x}$$

เมื่อ

Δx = ความหนาของวัสดุ (ม.)

C = ค่าความนำความร้อน ($W/m^2 \text{ } ^\circ C$)

3. ความต้านทานความร้อน (Thermal Resistance , R)

การพิจารณาถึงคุณสมบัติที่ดีในการเป็นฉนวนจะใช้ค่า สัมประสิทธิ์การนำความร้อนและความนำความร้อน แต่เนื่องจากค่าดังกล่าวจะมีค่าน้อยกว่าหนึ่งและมีตำแหน่งทศนิยมหลายตำแหน่งเมื่อวัสดุนั้นมีคุณสมบัติเป็นฉนวน จึงอาจจะทำความเข้าใจได้ยากและเนื่องจากการศึกษาการถ่ายเทความร้อน มักจะคิดในรูปของค่าการต้านทานการถ่ายเทความร้อนของวัตถุนั้น ฉะนั้นจึงใช้ค่าความต้านทานความร้อนแทนค่าความนำความร้อน โดยค่าความต้านทานความร้อนของวัสดุใด ๆ

จะเป็นส่วนกลับของค่าความนำความร้อนซึ่งคำนวณได้ดังสมการต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$R = \frac{1}{C} = \frac{\Delta x}{k}$$

เมื่อ

R = ค่าความต้านทานความร้อน ($\text{m}^2\text{C/W}$)

ค่าความต้านทานความร้อนจะแสดงถึงความสามารถในการต้านทานความร้อนในวัสดุใด ๆ และจะแสดงถึงคุณสมบัติของความเป็นฉนวนของวัสดุ ในการคำนวณความต้านทานรวมของวัสดุแตกต่างกัน n ชนิด (R_T) จะต้องนำค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศ (Air film) มาคำนวณรวมด้วย โดยสามารถแบ่งความต้านทานของฟิล์มอากาศออกเป็น 3 ประเภท คือ

1. ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวด้านนอกของอาคาร (R_o)
2. ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวด้านในของอาคาร (R_i)
3. ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศ ที่อยู่ภายในช่องว่างอากาศของผนังหลังคาและเพดาน (R_a)

ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศ สำหรับวัสดุใด ๆ จะแปรผกผันกับค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีที่ผิวของวัสดุนั้น ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศได้จาก ภาคผนวก ก.

การคำนวณหาความต้านทานรวมของวัสดุ n ชนิดสามารถคำนวณโดยวิธีดังต่อไปนี้

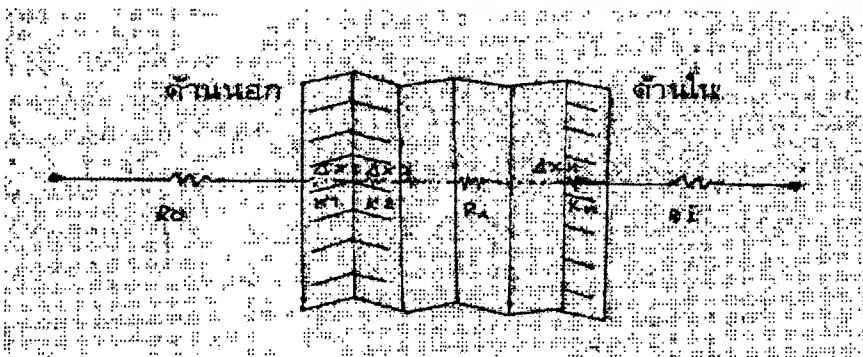
$$R_T = R_o + \frac{\Delta x_1}{k_1} + \frac{\Delta x_2}{k_2} + \dots + \frac{\Delta x_n}{k_n} + R_i + R_a$$

เมื่อ

$\Delta x_1, \Delta x_2, \dots, \Delta x_n$ คือ ความหนาของวัสดุที่อาคารประกอบขึ้น ชนิดที่ 1, 2, ..., n

$k_1, k_2, \dots, k_n$ คือ สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุชนิดที่ 1, 2, ..., n

R_o, R_i, R_a คือ ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวด้านนอกและด้านใน และภายในช่องว่างอากาศ



รูปที่ 2.3 แสดงสภาพการถ่ายเทความร้อนผ่านโครงสร้างอาคาร ซึ่งประกอบด้วยวัสดุแตกต่างกัน

n ชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (Transmittance , U)

ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม คือ ส่วนกลับของค่าความต้านทานความร้อนรวม สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$U = \frac{1}{R_T}$$

ตัวอย่าง การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม

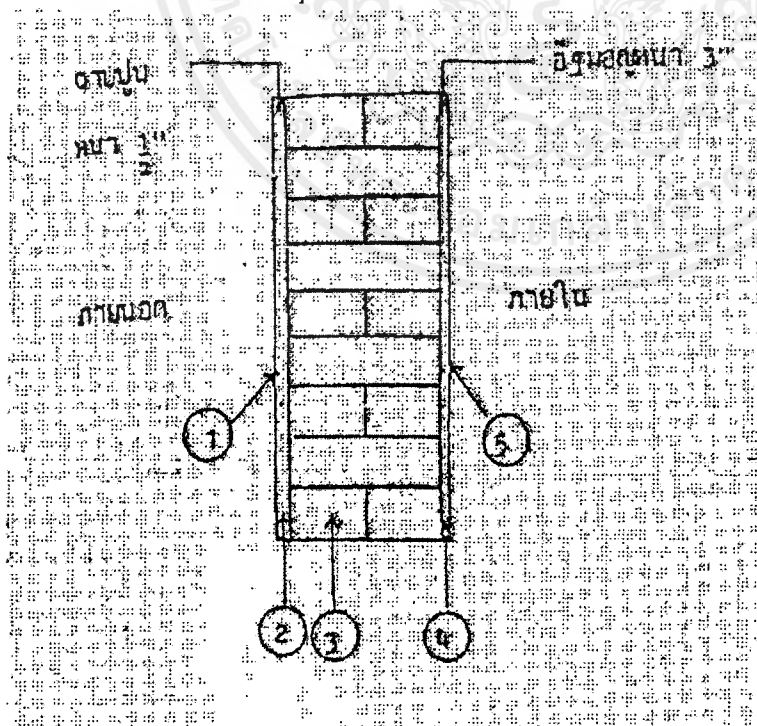
การหาค่า U ของกำแพงซึ่งก่ออิฐฉาบปูน (Brick Outside Wall) เป็นกำแพงภายนอกของอาคารประกอบด้วย ปูนฉาบหนา 1/2" อิฐมวลเบา 3" ดังรูปที่ 2.3

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + R_4$$

1. Outside Air Film $R_1 = 0.17$
2. ฉาบปูน 1/2" $R_2 = 0.5/5 = 0.10$
3. อิฐมวลเบา 3" $R_3 = 3/5 = 0.60$
4. ฉาบปูน 1/4" $R_4 = 0.5/5 = 0.10$
5. Inside Air Film $R_5 = 0.68$

$$R_T = 1.65$$

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{1.65} = 0.61 \text{ W/m}^2\text{C}$$



รูปที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 การถ่ายเทความร้อนในฉนวน

จุดมุ่งหมายในการติดตั้งฉนวนความร้อน คือ ต้องการเก็บรักษาพลังงานไม่ให้เกิดการถ่ายเทออกไป หรือเข้ามาภายในบริเวณที่ต้องการ นั่นคือฉนวนความร้อนต้องยับยั้งหรือขัดขวางการถ่ายเทความร้อนให้เกิดน้อยที่สุด แต่อย่างไรก็ตามการถ่ายเทความร้อนสามารถเกิดขึ้นได้ทั้งสามรูปแบบ ถึงแม้ว่าโดยปกติแล้วจะพิจารณาว่าฉนวนความร้อนที่ใช้ในงานก่อสร้างเป็นลักษณะรูปร่างของแข็ง และคาดว่าฉนวนความร้อนจะถ่ายเทความร้อนในรูปของการนำความร้อน ดังนั้นในการกำหนดคุณสมบัติของฉนวนจะกำหนดเฉพาะสภาพการนำความร้อนเท่านั้น แต่ในความเป็นจริงการถ่ายเทความร้อนจะเกิดขึ้นทั้งสามรูปแบบคือ การนำความร้อน การพาความร้อน การแผ่รังสีความร้อน ฉะนั้นจึงใช้คำว่า “สภาพนำความร้อนปรากฏ” (Apparant thermal conductivity) แทน

พิจารณาหลักการถ่ายเทความร้อนภายในฉนวนความร้อนจากรูปที่ 2.6 ผิวด้านซ้ายมือของฉนวนมีอุณหภูมิสูงกว่าผิวทางด้านขวามือ ฉะนั้นการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นจะมีความร้อนไหลจากผิวทางขวาไปสู่ผิวทางซ้าย ซึ่งความร้อนที่ไหลผ่านฉนวนที่บรรจุเต็มไปด้วยอากาศหรือก๊าซ (อากาศเป็นตัวนำความร้อนที่เลว หรือเป็นฉนวนที่ดี) ที่เกิดจากการพองตัวของเส้นใย หรือการขยายตัวของเซลล์ของวัสดุฉนวนจะทำให้อัตราการไหลที่ช้าลงโดยถ้าช่องอากาศนี้มีขนาดและปริมาณที่เหมาะสม และเพียงพอการพาความร้อนจากด้านหนึ่งสู่อีกด้านหนึ่งก็จะมีปริมาณน้อยลง และทำให้เส้นทางการถ่ายเทความร้อนด้วยการนำความร้อนผ่านส่วนที่เป็นเส้นใยยาวขึ้นและคดเคี้ยวเพื่อจำกัดการนำความร้อน และวัสดุส่วนที่เป็นของแข็งควรที่จะเป็นวัสดุที่บอบบางเพียงพอหรือมีผิวสะท้อนแสงที่ดี เพื่อลดการถ่ายเทความร้อนจากการแผ่รังสีความร้อน

บทที่ 3

ฉนวนความร้อนในอาคาร

การที่ประเทศไทยตั้งอยู่ในบริเวณที่มีสภาพภูมิศาสตร์ในเขตร้อนชื้น ดังนั้นความร้อนจากแสงอาทิตย์ และความชื้นจึงมีอิทธิพลต่อสภาวะความสบายของคนและผู้อยู่อาศัยในอาคาร ดังนั้นฉนวนความร้อนจึงเป็นทางเลือกหนึ่งในการปรับปรุงสภาพความร้อนได้ทางหนึ่ง และยังเป็นตัวช่วยในการประหยัดการใช้พลังงานด้วย เพราะในช่วงสิบกว่าปีที่ผ่านมา ราคาเชื้อเพลิงและพลังงานชนิดต่าง ๆ ได้สูงขึ้นตลอดเวลา

3.1 การจำแนกประเภทฉนวนความร้อน

จากการที่ได้ทราบมาแล้วว่า ฉนวน คือ วัสดุที่ต้านทานหรือป้องกันมิให้พลังงานความร้อนที่ส่งผ่านจากด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่งได้สะดวก (อุณหภูมิสองด้านจะต้องแตกต่างกัน) จุดประสงค์ในการใช้ฉนวนเพื่อช่วยในการรักษาอุณหภูมิ และช่วยลดการใช้พลังงาน และการจำแนกประเภทของฉนวนความร้อนมีหลายวิธีการ แล้วแต่จะยึดถือคุณสมบัติทางด้านใดมาจำแนก

จำแนกตามหลักฟิสิกส์ของวัสดุ

1. ประเภทเซลล์ปิด (Close cell)
2. ประเภทเซลล์เปิด (Open cell) ยังจำแนกย่อยออกเป็น
 - Granular cell เช่น โฟมต่าง ๆ , แคลเซียมซิลิเกต
 - Fiber cell เช่น โยแก้ว , โยหิน
3. ประเภทสะท้อนแสง (Reflective)

จำแนกตามอุณหภูมิของงานที่จะใช้

1. ไครโอเจนิค (Cryogenic rang) คือ ฉนวนที่ใช้งานระหว่างอุณหภูมิ -230 ถึง -65 องศาเซลเซียส
2. อุณหภูมิต่ำ (Low temperature rang) คือฉนวนที่ใช้งานระหว่างอุณหภูมิ -65 ถึง 100 องศาเซลเซียส
3. อุณหภูมิปานกลาง (Medium temperature rang) คือ ฉนวนที่ใช้งานระหว่างอุณหภูมิ 100 ถึง 550 องศาเซลเซียส
4. อุณหภูมิสูง (High temperature rang) คือ ฉนวนที่ใช้งานระหว่างอุณหภูมิ 550 ถึง 1500 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ที่เป็นที่นิยมคือการจำแนกตามลักษณะของฉนวน

1. แบบหลูสฟิลล์ (Loose fill)
2. แบบแผ่นม้วน (Blanket)
3. แบบแผ่นเรียบ (Batt)
4. แบบบอร์ดกันความร้อน (Board)
5. แบบแผ่นหรือบล็อก (Slab or Block)
6. แบบแผ่นสะท้อน (Reflective)
7. พลาสติกโฟม
8. อื่น ๆ

ผลิตภัณฑ์บางชนิดจะประกอบด้วยฉนวนมากกว่าหนึ่งประเภท เช่น ฉนวนเส้นใยที่ห่อหุ้มด้วยวัสดุสะท้อนรังสีความร้อน

โดยผลิตภัณฑ์ของแต่ละผู้ผลิตจะมีความแตกต่างกัน ในค่าความต้านทาน และความสามารถในการดูดซับเสียงและอื่น ๆ แล้วแต่ทางผู้ผลิตจะกำหนดคุณสมบัติเด่นของผลิตภัณฑ์ตน

1) ฉนวนหลูสฟิลล์ วัสดุที่ใช้ส่วนใหญ่จะบรรจุในภาชนะแล้วนำไปเทหรือพ่นในสถานที่ที่ต้องการ เช่น ช่องว่างของวัสดุก่อสร้าง , พื้นใต้หลังคา เป็นต้น ฉนวนแบบหลูสฟิลล์แบ่งได้ 2 ชนิดคือ

1.1 แบบเส้นใย เช่น โยแร่ , โยหิน , โยเซลลูโลส , โยไม้

- ฉนวนโยแร่ มีลักษณะเป็นใยหลวมๆหรือผ้าฝ้ายและประกอบด้วยส่วนสำคัญของเกลือซิลิเกตของแคลเซียมและอลูมิเนียม โยแร่ลักษณะต่างๆไปจะคล้ายกันแต่จะแตกต่างกันที่วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต

- โยหิน ทำจากหินธรรมชาติ(หินปูน)หรือหินชนวน

- โยของเศษโลหะหลวม ทำจากเศษโลหะจากเตาหลอมเหล็ก,ทองแดง,ตะกั่ว ซึ่งทำจากโลหะชนิดเดียวหรือหลายชนิด

- โยแก้ว ทำจากทรายซิลิกาและส่วนผสมอื่นๆ

ในการผลิตโยหินและโยของเศษโลหะต้องนำวัตถุดิบ ประกอบไปด้วยส่วนผสมของอนุภาค , ซิลิกา , และปูนขาวหรือแมกนีเซียมไปหลอมละลาย วัตถุดิบหลอมเหลวจะไหลเป็นสายเล็ก ๆ ทางด้านล่างของเตาหลอม และทำให้เย็นลงก็จะกลายเป็นเส้นใยแร่ สามารถนำมาสานทอเป็นแผ่นม้วน , แผ่นแข็ง , แผ่นบอร์ดได้ตามต้องการ

ฉนวนเส้นใยไม้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำหนักเบา ด้านทานการผ่านของความร้อนและความชื้นได้ แต่ต้องมีการเติมสารกันไฟไว้ด้วยจะนำไปใช้ในงานที่มีอุณหภูมิต่ำซึ่งจะมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับฉนวนในอาคารอื่น ๆ การผลิตจะผลิตในลักษณะของแผ่นม้วน และ แผ่นแข็ง

1.2 ฉนวนแบบเกล็ด เช่น เพอร์ไลต์ และ เวอร์มิคูไลต์ เป็นชนิดแร่

เพอร์ไลต์ (มีสีขาว น้ำหนักเบา ทำจากหินภูเขาไฟ) เมื่อแร่แตกละเอียดที่อุณหภูมิ 1800 องศาฟาเรนไฮต์ ส่วนประกอบของเพอร์ไลต์จะขยายตัวและเปลี่ยนเป็นสีขาว เมื่อไอน้ำเข้าไปในเซลล์เล็ก ๆ ทำให้โครงสร้างภายในพรุนคล้ายรังผึ้ง ทำให้มีคุณสมบัติความเป็นฉนวนที่ดีเยี่ยม ผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ได้คือ ปูนฉาบผนังน้ำหนักเบาและเป็นคอนกรีตสำเร็จ เพอร์ไลต์มีคุณสมบัติ ไม่ไหม้ไฟทำให้ไม่ต้องบุฉนวนทับอีก น้ำและความชื้นไม่มีผลต่อประสิทธิภาพ

เวอร์มิคูไลต์ เป็นแร่ในกลุ่มคอนไมก้า ที่เมื่อถูกความร้อนจะขยายตัวทันที เป็นวัตถุเฉื่อย น้ำหนักเบา เป็นเกล็ดและไม่ลามไฟ ผลิตโดยการเพิ่มแร่อะลูมิเนียม แมกนีเซียม ซิลิกา และน้ำ โดยผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ได้จะเป็นส่วนประกอบเพื่อใช้ในฉนวนน้ำหนักเบา , คอนกรีตและปูนฉาบ

2) ฉนวนแบบแผ่นม้วน เป็นเส้นใยยืดหยุ่นที่ผลิตจาก ใยแร่ ใยแก้ว ผ้าฝ้าย ฉนวนประเภทนี้อาจประกอบด้วยวัสดุมากกว่าหนึ่งชนิด เช่น

- แบบไม่มีวัสดุใด ๆ ปกคลุมเลย
- แบบมีวัสดุกันไอน้ำห่อหุ้มอยู่
- แบบมีวัสดุสะท้อนที่ผิว

ฉนวนแบบแผ่นม้วนแบบมีวัสดุกันไอน้ำเป็นวัสดุที่เหมาะสมที่จะใช้ในงานก่อสร้างและงานที่ต้องสัมผัสกับไอน้ำและความชื้นบ่อย ๆ ถ้าผิวของฉนวนมีผิวสะท้อนแสงติดอยู่ต้องเว้นช่องว่างอากาศอย่างน้อย $\frac{3}{4}$ นิ้ว

3) ฉนวนแบบแผ่นเรียบ คล้ายกับแบบแผ่นม้วนแต่ต่างกันที่ความยาวซึ่งเท่ากับ 48 นิ้ว แต่แบบแผ่นม้วนจะยาวกว่า ความหนาปกติที่ 1" - 6" โดยใช้ความหนา 2" - 3" กับผนังอาคาร , 3" - 6" กับเพดานหรือหลังคา และ 2" สำหรับใต้พื้น ฉนวนต้องราบเรียบอาจจะมีวัสดุป้องกันไอน้ำหรือผิวสะท้อนด้านหนึ่ง การติดตั้งต้องเอาด้านวัสดุป้องกันไอน้ำหันเข้าพื้นที่อุ่นของอาคารในฤดูหนาว

4) บอร์ดกันความร้อน มีความหนาปกติที่ ๘ นิ้ว และขนาดแผ่นใหญ่กว่า 4x10 ฟุต ตามความเหมาะสมของการใช้งาน ตัวฉนวนทำจากใยแร่ โฟม ใยพืช ผลิตภัณฑ์นี้ใช้เป็นแผ่นเพื่อกันเสียง



แผ่นฉนวนบอร์ดของอาคารเป็นจุดประสงค์หลักในการผลิตแผ่นฉนวน มีขนาดมาตรฐานเท่ากับ $4 \times 8-12$ ฟุตขอบเรียบมีความหนาตามความเหมาะสมของงาน แผ่นฉนวนบอร์ดจะประกอบด้วยสองผิวที่ต่างกันคือ ด้านหนึ่งจะเป็นผิวปกติและอีกด้านหนึ่งจะเป็นผิวที่ตกแต่งเพื่อการโชว์ผิวในงานผนังหรืออาจใช้ร่วมกับงานคอนกรีตเสริมเหล็ก , คอนกรีตมวลเบาในอาคาร

การผลิตฉนวนบอร์ดจะนำวัตถุดิบต่าง ๆ มาทำเป็นเส้นใยแล้วจึงนำไปผ่านกระบวนการการอัดเป็นแผ่นบอร์ด และตัดขนาดตามที่ต้องการ ฉนวนบอร์ดถูกออกแบบเพื่อใช้ห่อหุ้มผนังโครงสร้างแต่ควรที่จะเคลือบแอสฟัลต์ (Asphalt) เพื่อป้องกันความชื้นและไอน้ำในงานผนังด้านนอกอาคาร

ฉนวนตกแต่งหลังคา เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีหลายจุดประสงค์ในตัว คือ 1) ตกแต่งหลังคา 2) เป็นฉนวนกันความร้อน 3) เป็นผิวภายในอาคาร ในบางกรณีใช้ในงาน 4) ฉนวนกันเสียง 5) ด้านทานแรงลมและแผ่นดินไหว แต่การติดตั้งแผ่นฉนวนเป็นวัสดุหลังคานั้นต้องมีการยึดเกาะกับตัวโครงสร้างของอาคารอย่างมั่นคงแข็งแรง และยังต้องมีการมีชั้นกันความชื้นและไอน้ำรวมอยู่ด้วยในบางผลิตภัณฑ์ผิวจะมีรูพรุนเพื่อการดูดซับเสียงที่ดีขึ้น

5) แผ่นหรือบล็อกกันความร้อน โดยทั่วไปจะมีขนาดและความหนาน้อยกว่าแผ่นบอร์ดกันความร้อน มีขนาดประมาณ 24×48 นิ้ว หนา 1 นิ้ว หรืออาจใหญ่กว่าตามความเหมาะสมของงานสามารถแบ่งได้หลายชนิด เช่น

1. แผ่นไม้ก๊อก เป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำจากไม้ก๊อกสีน้ำตาล ทำการอัดขึ้นรูปเป็นแผ่นให้ได้ความหนาที่ต้องการ มีคุณสมบัติคือ ความนำต่ำ , ด้านทานความชื้นสูง , ติดตั้งง่าย , กันเสียง ใช้ได้ทั้งในงานผนังและเพดาน

2. แผ่นเส้นใยไม้และซีเมนต์ เป็นผลิตภัณฑ์ที่เป็นส่วนประกอบของเส้นใยไม้และซีเมนต์บอร์ดแลนด์ แล้วนำมาผ่านกระบวนการผลิตให้เป็นเส้นใย จากนั้นก็ขึ้นรูปเป็นแผ่นหนาประมาณ 1-3 นิ้ว สามารถนำไปใช้ในงานต่าง ๆ เช่น 1) เพิ่มความแข็งแรงของโครงสร้าง 2) ฉนวนความร้อนอาคาร 3) วัสดุดูดซับเสียง 4) ตกแต่งผิวภายในอาคาร 5) ฐานปูนฉาบผนัง

3. แผ่นใยแร่ ใช้วัสดุในการผลิต เช่น โยหิน , โยเศษโลหะ , โยแก้ว และอาจมีแอสฟัลต์ฉาบผิวหน้าอีกทีเพื่อกันความชื้น สามารถนำไปใช้กับงานหลังคาแบนราบ ในอาคารพาณิชย์ โรงงานอุตสาหกรรม

4. ไฟเบอร์บอร์ด เป็นผลิตภัณฑ์ที่ประกอบด้วยวัสดุฉนวนหลาย ๆ ชั้น นำมาอัดกันเป็นแผ่น สามารถใช้เป็นฉนวนหลังคา

5. แผ่นเพอร์ไลต์ เป็นผลิตภัณฑ์ที่ประกอบขึ้นด้วยเม็ดเพอร์ไลต์ที่อัดตัวกับสารยึดเกาะ มีคุณสมบัติไม่ไหม้ไฟ ด้านทานความชื้น ขนาดมาตรฐานคือ 12x36 นิ้ว และมีความหนา $\frac{1}{2}$ - 5/2 นิ้ว ใช้กับงานหลังคาเป็นส่วนใหญ่

6. แผ่นใยแก้ว ผลิตภัณฑ์เป็นส่วนประกอบของเซลล์อากาศและเส้นใยแก้ว มีคุณสมบัติกันความชื้น ไม่ลามไฟ ไม่มีกลิ่น ป้องกันแมลงกันกิน และน้ำหนักเบา ใช้ในการบุรองด้านในผนัง พื้น หรือเหนือฝ้าเพดาน

7. แผ่นโพนพลาสติก

6) ฉนวนแบบสะท้อนรังสี มีความแตกต่างกับฉนวนชนิดอื่น ๆ คือใช้หลักการสะท้อนรังสีความร้อนแทนการป้องกันโดยการหน่วงการเคลื่อนตัวของความร้อน การใช้งานฉนวนให้เกิดประสิทธิภาพจะต้องมีหนึ่งช่องอากาศหรือมากกว่าเหนือแผ่นฉนวน มีขนาดอย่างน้อย พ นิ้ว ประสิทธิภาพของฉนวนสะท้อนรังสีความร้อนจะต้องมีอัตราการฉายแสงต่ำ และผิวสะท้อนต้องมีสีสว่าง เช่น ฟอยล์อะลูมิเนียม ฉนวนแบบสะท้อนแสงสามารถแบ่งได้หลายรูปแบบ ดังนี้

1. ชนิดแผ่นม้วนหรือแผ่นแข็งที่ห่อหุ้มด้วยแผ่นสะท้อน
2. ชนิด Accordion
3. ชนิดแผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์หลาย ๆ ชั้น
4. ยิปซัมบอร์ดที่มีผิวอะลูมิเนียม
5. ผิวกระดาษสะท้อนแสงหรือวัสดุอื่น ๆ

7) ฉนวนโพนพลาสติก มีสารพลาสติกโพน , คาร์บอนไดออกไซด์ , ฟลูออโรคาร์บอน หรือก๊าซชนิดอื่น ๆ ที่มีน้ำหนักเบา นำมาผ่านกระบวนการผลิตเป็นลักษณะแผ่นแข็ง , บอร์ด และแบบแผ่นที่มีการห่อหุ้มด้วยวัสดุอื่น ซึ่งตัวโพนเองก็เป็นตัวต้านทานอยู่แล้วและเมื่อมีการเติมก๊าซเข้าไปยิ่งทำให้มีคุณสมบัติที่เป็นฉนวนดียิ่งขึ้น ฉนวนโพนในอาคารส่วนใหญ่จะใช้ชนิดแผ่นแข็งเพราะมีน้ำหนักเบา วัสดุป้องกันไอน้ำได้ดี , ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k) ต่ำ , มีความต้านทานต่อการฉุ่พังและการเสื่อม

ฉนวนโพนที่มีใช้ในปัจจุบันเช่น โพลีสไตรีน , โพลียูรีเทน , โพลีเอทรีน แต่ละชนิดจะมีหลายขนาด , ความหนา และลักษณะผิว ขึ้นกับลักษณะของงานที่นำไปใช้ ความหนาที่ใช้ทั่วไปมีค่าอยู่ระหว่าง 1-4 นิ้วและมีขนาดประมาณ 4x10 ฟุต การนำผลิตภัณฑ์โพนไปใช้ในงานก่อสร้างอาคาร เช่น ฉนวนหลังคา , โครงผนัง , ฉนวนฐานรากและพื้น , ฐานปูนฉาบ

8) ฉนวนอื่น ๆ เป็นฉนวนที่นำวัสดุมาใช้รวมกัน 2 ชนิดหรือมากกว่า เช่น ระบบผนังคู่ ประกอบด้วยฉนวนเป็นแกนกลางและผิวเป็นแผ่นยิปซัมบอร์ด เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอนกรีตมวลเบา เป็นผลิตภัณฑ์คอนกรีตชนิดหนึ่งที่ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k) ที่แปรผันไปตามความแข็งแรงและความต้านทาน ดังนั้นการปรับปรุงค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของคอนกรีตทำได้โดยการแทนที่กรวดและส่วนผสมด้วยวัสดุมวลเบา เช่น เพอร์ไลต์ , เวอร์มิคูไลต์ และเศษโลหะจากเตาหลอม

3.2 ประเภทของฉนวนความร้อนที่ใช้ในงานก่อสร้างปัจจุบัน

ในการเลือกใช้ฉนวนความร้อนในอาคารผู้ออกแบบต้องพิจารณาคุณสมบัติของฉนวนแต่ละชนิดให้เหมาะสมกับความต้องการและจุดประสงค์ของการใช้อาคาร ซึ่งในปัจจุบันมีฉนวนที่สามารถนำมาใช้ในการก่อสร้างอาคารหลายชนิด เช่น

1. ฉนวนใยแก้ว (Glass Wool)
2. ฉนวนใยหิน (Rock Wool)
3. แคลเซียมซิลิเกต (Calcium silicate)
4. ฉนวนเยื่อกระดาษ
5. ฉนวนประเภทโฟม
6. ฉนวนเส้นใยไม้
7. อะลูมิเนียมฟอยล์ (Aluminium Foil)
8. เซรามิคพ่นเคลือบ (Ceramic Coating)

โดยย่อหน้าต่อไปนี้จะกล่าวถึงคุณสมบัติของฉนวนแต่ละชนิดและจะทำการเปรียบเทียบคุณสมบัติของแต่ละบริษัทผู้ผลิตที่ผลิตอยู่ในปัจจุบันและที่มีใช้ในประเทศ

3.2.1 ฉนวนใยแก้ว

เป็นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากแก้วรีไซเคิลนำมาหลอมละลายและฉีดเป็นเส้นใยแก้วขนาดเล็กมาก และใช้กาวชนิดพิเศษ (เรซิน) ยึดเกาะติดกัน ทำให้เกิดเป็นโพรงอากาศขนาดเล็ก ๆ จำนวนมหาศาล ช่องอากาศเหล่านี้จะเป็นตัวช่วยลดการส่งผ่านความร้อนและยังช่วยในการดูดซับเสียงสะท้อนให้น้อยลงอีกด้วย เมื่อเกิดการยึดเกาะกันก็จะทำให้การแปรรูปเป็นรูปแบบต่าง ๆ ได้ เช่น แบบแผ่น , แบบแผ่นม้วน , แบบแผ่นผ้าเตาดาน เป็นไปได้สะดวก

แผ่นฉนวนใยแก้วสำเร็จรูปอาจจะมีการหุ้มผิวหน้าฉนวน ด้วย ไวนิล (Vinyl film) หรือ อะลูมิเนียม ฟอยล์ กระดาษเคลือบเพื่อเหตุผลดังต่อไปนี้

1. ความสวยงามของผิวฉนวน
2. เพิ่มความสามารถในการดูดซับเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เพิ่มความสามารถในการสะท้อนรังสีความร้อน
4. เป็นตัวป้องกันไอน้ำและความชื้น
5. ป้องกันการหลุดร่อนของเส้นใย
6. ป้องกันการสัมผัสของคน
7. ช่วยยืดอายุการใช้งาน

คุณสมบัติพื้นฐานของใยแก้ว มีดังนี้

คุณสมบัติทางกายภาพ

- ก) เป็นวัสดุสีเหลืองและขาว (โดยปกติใยแก้วจะไม่มีสี)
- ข) รูปร่าง ความหนา สัดส่วนที่ไม่เปลี่ยนแปลง (การยืดหยุ่นตัวได้ถึง 90%)
- ค) ไม่ติดไฟ ไม่ดูดซึมน้ำและความชื้น (ใยแก้วเป็นสารอนินทรีย์)
- ง) น้ำหนักเบา ความหนาแน่นของเนื้อใยแก้วมีตั้งแต่ 10-48 กิโลกรัมต่อหนึ่งลูกบาศก์เมตรสำหรับแบบม้วนและแผ่น แต่ถ้าเป็นท่อสำเร็จรูปมีตั้งแต่ 56-100 กิโลกรัมต่อหนึ่งลูกบาศก์เมตร
- จ) เป็นวัสดุที่ไม่เป็นเนื้อเดียวกัน ประกอบขึ้นด้วยเส้นใยจำนวนมากมาย ซึ่งเส้นใยแก้วแต่ละเส้นมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 4-9 ไมครอน (1 ไมครอนเท่ากับ 10^{-6} เมตร) ความยาวแต่ละเส้นตั้งแต่ 150 - 220 มิลลิเมตร

คุณสมบัติทางเคมี

- ก) คุณสมบัติทางเคมีคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงตลอดอายุการใช้งาน
- ข) ทนต่อการกัดกร่อน (Corrosion) ของสารต่าง ๆ ได้ดี
- ค) ไม่มีสารคลอไรด์ที่ปนอยู่ในผลิตภัณฑ์ และไม่เป็นสารพิษต่อมนุษย์
- ง) ไม่ละลายน้ำและสารเคมีอื่น ๆ
- จ) ไม่เกิดเชื้อรา และไม่ถูกทำลายด้วยแมลงและสัตว์ต่าง ๆ

คุณสมบัติทางฉนวน

- ก) ใยแก้วชนิดไม่มีเรซินจะทนความร้อนได้สูงถึง 540°C
- ข) ใยแก้วสีเหลืองชนิดที่กาวเรซินเป็นฉนวนกันความร้อนได้ตั้งแต่ -150 ถึง 350°C
- ค) ใยแก้วสีขาวชนิดมีกาวเรซิน (ทนอุณหภูมิสูง) ทนความร้อนได้สูงถึง 370°C
- ง) มีค่าความต้านทานการนำความร้อน (R) ตั้งแต่ 0.668-0.769 ต่อความหนา 25.4 มิลลิเมตรของใยแก้ว ($\text{m}^2\text{ }^{\circ}\text{C/W}$)
- จ) มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k) ตั้งแต่ 0.031-0.038 $\text{W/m }^{\circ}\text{C}$

การเลือกจนวนความร้อนประเภทใยแก้ว ให้ใช้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มาตรฐาน มอก. 487-2526 หรือมาตรฐานอื่น ๆ ที่เทียบเท่า และมีการรับประกันอายุใช้งานไม่น้อยกว่า 5 ปี

การประยุกต์ใช้งานฉนวนใยแก้วโดยทั่วไปจะใช้งานเป็นฉนวนหลังคาอาคาร ผนัง พื้น ห้องใต้ดินตึก เป็นต้น

สำหรับคุณสมบัติฉนวนใยแก้วแยกตามบริษัทผู้ผลิตแสดงในตารางที่ 3.1
ตารางที่ 3.1 แสดงคุณสมบัติฉนวนใยแก้ว

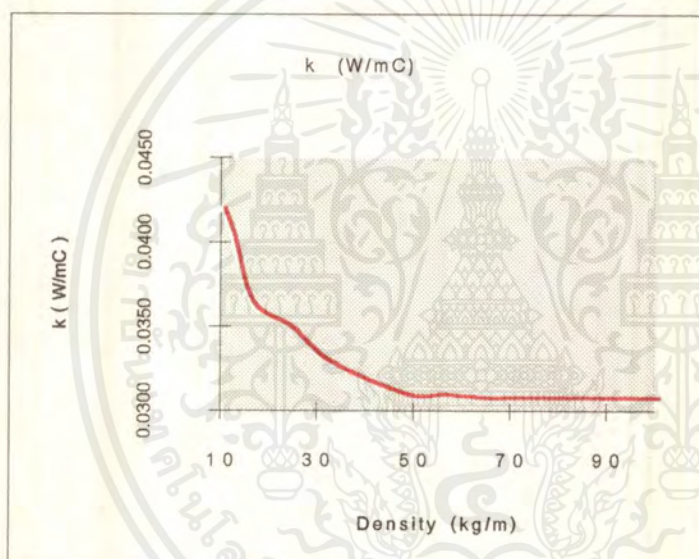
คุณสมบัติ	บ. ไมโครไฟเบอร์อุตสาหกรรม		บ.สยามไฟเบอร์กลาส	
สัมประสิทธิ์การนำความร้อน ที่ความหนาแน่นต่าง ๆ ที่ 24 °C *ค่า k ยิ่งน้อย ยิ่งมีความเป็นฉนวนที่ดี	ความหนาแน่น	" k " (W/mC)	ความหนาแน่น	" k " (W/mC)
	16	0.0389	16	0.0365
	24	0.0356	24	0.0650
	32	0.0337	32	0.0330
	48	0.0324	48	0.0310
ความหนา (มม.)	13 , 25 , 38 , 50 ,		13 , 25 , 38 , 50 ,	
ขนาดมาตรฐาน (ม.)	1.22x15.25		1.22x15.25	
อุณหภูมิใช้งานสูงสุด °C	200		232	
ค่าดูดซึมน้ำ ,เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก	ไม่เกิน 1.5%		ไม่เกิน 3%	
การเสื่อมสภาพลงจากผลของ				
อุณหภูมิที่เป็นวัฏจักร	ไม่มี		ไม่มี	
สัตว์จำพวกหนู หนัด ใส่เดือน	ไม่มี		ไม่มี	
ความชื้น	ชั่วคราว		ชั่วคราว	
พึงใจ/แบคทีเรีย	ไม่มี		ไม่มี	
สภาพอากาศ	ไม่มี		ไม่มี	
ลม	ปานกลาง		ปานกลาง	
ปัจจัยที่กระทบต่อคน				
การเป็นพิษ	ไม่มี		ไม่มี	
กลิ่น	ไม่มี		ไม่มี	
การสัมผัส	มี		มี	
การดูดซับเสียง	ดี		ดี	
สภาพการติดไฟ				
ระดับการกระจายไฟ ¹	25		25	
ระดับการมีส่วนเป็นเชื้อเพลิง	5		5	
ระดับการเกิดควัน ²	50		50	
ผลกระทบของอายุต่อ				
เสถียรภาพของขนาด	ไม่มี		ไม่มี	
สมรรถนะทางความร้อน	ไม่มี		ไม่มี	
สภาพการติดไฟ	ไม่มี		ไม่มี	
หมายเหตุ 1. ระดับปกติที่ยอมรับได้เท่ากับ 25 2. ระดับปกติที่ยอมรับได้เท่ากับ 50				

เอกสารนี้เป็นเอกสารทรัพย์สินทางปัญญาของบริษัทฯ ไม่ควรเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การที่ฉนวนใยแก้วมีค่าความหนาแน่นหลายค่า เพราะลักษณะโครงสร้างเป็นเซลล์ปิด โดยใช้เส้นใยประสานกับการฉนวนพิเศษ จะทำให้มีโพรงอากาศอยู่ในช่องว่างของการประสานของเส้นใยซึ่งสามารถให้ความร้อนผ่านไปได้ ดังนั้นการที่มีปริมาณเส้นใยแก้วต่อปริมาตรมากขึ้น ซึ่งก็คือความหนาแน่นมากขึ้น ก็ทำให้มีปริมาณเส้นใยและโพรงอากาศเพิ่มขึ้นเป็นผลทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนลดลงโดยสามารถแสดงได้ดังข้อมูลข้างล่างนี้

ตารางที่ 3.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นกับค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน

Density kg/m ³	10	12	16	24	32	48	56	64	72	80	100
k (W/mC)	0.0420	0.0405	0.0365	0.0350	0.0330	0.0310	0.0310	0.0308	0.0308	0.0308	0.0308



รูปที่ 3.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นและสัมประสิทธิ์การนำความร้อน

เนื่องจากเส้นใยแก้วเมื่อสัมผัสกับร่างกายอาจเกิดการระคายเคืองต่อผิวหนัง ซึ่งเกิดจากการอักเสบของผิวหนังที่ถูกเส้นใยที่คมตำ การหนักเบาของอาการระคายเคืองนี้จะขึ้นกับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางและความแข็งแรงของเส้นใย อาการระคายเคืองหรือคันจะเกิดเมื่อร่างกายสัมผัสกับเส้นใยแก้วที่มีขนาดโตกว่า 3 ไมครอน โดยอาการเช่นนี้จะเกิดขึ้นชั่วคราวและสามารถแก้ไขได้โดยการล้างผิวหนังบริเวณที่เกิดอาการด้วยน้ำอุ่น และสบู่อ่อน และผลกระทบของเส้นใยที่มีต่อระบบหายใจส่วนบน กล่าวคือ หากสูดอากาศที่มีใยแก้วเข้าจมูกมากเกินไป จะทำให้เกิดอาการคัน หรืออักเสบที่จมูก หรือลำคอ มีสาเหตุเช่นเดียวกับอาการที่เกิดขึ้นที่ผิวหนัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำแนะนำในการทำงานเกี่ยวกับใยแก้ว

สวมใส่เสื้อผ้าที่หลวม ใส่เสื้อแขนยาว ไม่ปิดคอ และเอวใส่กางเกงขายาว และสวมหมวกเพื่อป้องกันไม่ให้ผิวหนังไปสัมผัสกับใยแก้ว เสื้อผ้าที่หลวมยังช่วยไม่ให้เส้นใยมีโอกาสถูกกับผิวหนัง ในบางกรณีอาจจำเป็นต้องใส่ถุงมือ

ป้องกันฝุ่น ในกรณีที่ต้องตัดใยแก้วด้วยเลื่อยกล หรือต้องขัดผิวใยแก้ว ควรมีอุปกรณ์สำหรับดูดฝุ่น กรณีที่ตัดด้วยมือควรให้มีฝุ่นเกิดขึ้นน้อยที่สุด

อย่าถูหรือเกาผิวหนัง เมื่อมีใยแก้วติดที่ผิวหนังอย่าถูหรือเกา ให้ล้างออกด้วยน้ำอุ่น และสบู่อ่อน หลังจากล้างทำความสะอาดผิวหนังแล้ว จะทาผิวหนังด้วยครีมหรือโลชั่นก็ได้

ป้องกันตา โดยใส่แว่นป้องกัน ในกรณีทำการติดตั้งใยแก้วในลักษณะอยู่เหนือศีรษะ หรือในสภาพที่ใยแก้วอาจมีโอกาสเข้าตาได้

ใช้ที่ปิดจมูก กรณีทำงานในบริเวณที่มีปริมาณใยแก้วปนกับอากาศมากกว่าปกติ

แยกเสื้อผ้าซักต่างหาก เสื้อผ้าที่สวมใส่เมื่อทำงานเกี่ยวกับใยแก้วควรแยกออกมาซักต่างหาก ไม่ควรปนกับเสื้อผ้าอื่น ๆ เพื่อไม่ให้ใยแก้วติดไปกับเสื้อผ้าอื่น ๆ

ทำความสะอาดสถานที่ทำงาน ปิดกวาดทำความสะอาดสถานที่ทำงาน เมื่อเสร็จงานแล้วเศษของใยแก้วควรนำไปทิ้งที่ถังขยะ อย่าปล่อยให้เศษใยแก้ววางทิ้งไว้ในสถานที่ทำงาน

3.2.2 ฉนวนใยหิน

ฉนวนใยหินมีลักษณะคล้ายขนสัตว์ และฉนวนใยแก้วแต่ทำจากก้อนหินวัตถุดิบที่เหมาะสมในการทำที่สุด คือหินปูน (Limestone) และ หินภูเขาไฟ (Basalt) และยังมีส่วนผสมอื่นๆ เช่น ซีโลหะจากเตาเผา โดยก้อนหินและส่วนผสมจะถูกนำมาเผาจนหลอมละลายในเตาเผาที่ใช้ ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง ด้วยอุณหภูมิสูงถึง 1,300 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นลาวาที่ละลายออกมาจะถูกทำให้เป็นสายเส้นใยและทำให้เย็นลงในลำดับต่อมา เส้นใยไฟเบอร์ที่ได้จากการผลิตจะนำมาประสานเข้ากันด้วย Thermosetting Binder และพันตามแนวรางลงบนสายพานที่เคลื่อนที่อย่างช้า ๆ จนกลายเป็นผืนยาว (Mat) เมื่อแห้งแล้วก็จะยึดเส้นไฟเบอร์ให้รวมกันเป็นแผ่น จากนั้นก็นำมาตัดแบ่งตามขนาดที่ต้องการ เช่น แบบแผ่นแข็ง (Rigid) มีขนาด 1,200x600 มิลลิเมตร , แบบแผ่นม้วน (Blakets) มีขนาด 5,000x1,200 มิลลิเมตร โดยทั้งแบบแผ่นม้วนและแผ่นแข็งสามารถผลิตให้มีความหนาแน่นและความหนาต่างกันได้ตามต้องการ ความหนาแน่นมาตรฐานจะมีค่าอยู่ระหว่าง 40-200 กก./ลบ.ม. ส่วน ความหนาของแผ่นจะอยู่ระหว่าง 13 -100 มิลลิเมตร แผ่นฉนวนใยหินสามารถเลี้ยวสุดปิดผิวได้หลายชนิด เพื่อให้เหมาะสมกับลักษณะการใช้งานโดยอาจจะปิดเพียง

ด้านเดียวหรือสองด้าน ทำได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. แผ่นอะลูมิเนียมพอยด์แบบเสริมแรง ประเภท กันไฟ ด้านเดียว
2. แผ่นอะลูมิเนียมพอยด์แบบเสริมแรง ประเภท กันไฟ สองด้าน
3. แผ่นโพลีโพรพิลีนพอยด์แบบเสริมแรงสีขาว สำหรับงานที่ต้องการความสวยงาม
4. Glass Cloth (สีขาว , สีดำ) สำหรับงานควบคุมเสียง
5. นิโอพลีน เรซิน สำหรับควบคุมเสียง/งานฉนวนระบบ Curtain Wall
6. ตาข่ายลวดเหล็กเหล็ยม

การฉนวนด้วยวัสดุดังกล่าวข้างต้นเป็นตัวช่วยลดการซึมผ่านของไอน้ำของฉนวนเส้นใยอัดเป็นแผ่น แต่เนื่องจากผิวหน้าเหล่านี้สามารถถูกไหม้ได้ จึงควรหลีกเลี่ยงการหันเข้าหาเปลวไฟหรืออุณหภูมิสูง ซึ่งการถูกไหม้ของผิวหรือตัวประสานเส้นใยในฉนวนสามารถทำให้เกิดเป็นไอพิษได้

คุณสมบัติของฉนวนใยหิน มีดังนี้

คุณสมบัติทางกายภาพ

- ก) เป็นวัสดุสีน้ำตาลปนเขียวอ่อน (เนื่องจากผลิตมาจากหิน)
- ข) รูปร่าง ความหนา สัดส่วนคงทนไม่เปลี่ยนแปลง
- ค) ไม่ติดไฟสามารถทนไฟที่อุณหภูมิสูง 800 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที และไม่ดูดซึมน้ำ
- ง) น้ำหนักปานกลาง ความหนาแน่นของเนื้อใยหินมีตั้งแต่ 48-400 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
- จ) เป็นวัสดุที่ไม่เป็นเนื้อเดียวกัน ประกอบขึ้นด้วยเส้นใยหินจำนวนมากมาย ซึ่งมีใยหินแต่ละเส้นที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 5-10 ไมครอน ยาวแต่ละเส้น 50-100 มิลลิเมตร

คุณสมบัติทางเคมี

- ก) คุณสมบัติทางเคมีคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงตลอดอายุการใช้งาน
- ข) ทนต่อการกัดกร่อนของสารต่าง ๆ พอควร
- ค) ต้องมีสารคลอไรด์ผสมอยู่ในสินค้าได้ไม่เกิน 10 ppm ตามมาตรฐาน ASTM D-512
- ง) ไม่ละลายและดูดซึมน้ำ

คุณสมบัติทางฉนวน

- ก) ใยหินชนิดไม่มีเรซิน จะทนความร้อนได้ถึง 1,000 องศาเซลเซียส
- ข) ใยหินชนิดมีเรซินและแผ่น ทนความร้อนได้ถึง 100-550 องศาเซลเซียส
- ค) ใยหินชนิดท่อสำเร็จรูป ทนความร้อนได้ถึง 100-550 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง) มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k) ตั้งแต่ 0.044-0.165 W/mC

คุณสมบัติเช่น เสถียรภาพของขนาด สมรรถนะทางความร้อน และสภาพการติดไฟพบว่ามีเป็นผลกระทบจากอายุการใช้งาน และอุณหภูมิที่เป็นวัฏจักรหรือสภาพอากาศ เนื่องจากใยหินไม่มีความยืดหยุ่นได้เหมือนใยแก้ว จึงไม่สามารถปรับสภาพคืนสู่ความหนาออกแบบได้ภายหลังการบรรจุ ดังนั้นสภาพด้านทานความร้อนออกแบบอาจต่ำลง สำหรับกรณีเมื่อเกิดความชื้นในฉนวนใยหิน สภาพนำความร้อนจะลดลง แต่จะมีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะชั่วคราว เมื่อฉนวนแห้ง คุณสมบัติจะกลับมาเหมือนเดิม นอกจากคุณสมบัติในการทนทานต่อความร้อนแล้ว คุณสมบัติของเส้นใยที่โปร่งตัวยังทำให้สามารถใช้ป้องกันเสียงสะท้อนได้ด้วย

ใยหินจะไม่ช่วยในการเจริญเติบโตของ พืช ไร่ แบคทีเรีย รวมทั้งไม่มีผลกระทบจากสัตว์ต่าง ๆ ด้วยและเนื่องจากใยหินอาจมีสะเก็ดเกิดขึ้นในเนื้อฉนวนจากการที่ขี้ไคลหะ ที่ใช้ทำให้เกิดการหมุนตัวออกมาเป็นอนุภาคย่อย ๆ แทนที่จะเป็นเส้นใย ซึ่งหากในเนื้อฉนวนมีสะเก็ดบรรจุอยู่มากจะเป็นผลให้สภาพการนำความร้อนปรากฏสูงขึ้นกว่าการเพิ่มขึ้นของความหนาแน่นของฉนวนที่สมนัยกัน

ฉนวนใยหินมีการนำมาใช้งานในการก่อสร้างอาคารทั้ง อาคารบ้านเรือน อาคารเชิงพาณิชย์ และอาคารอุตสาหกรรม นำไปประยุกต์ใช้งาน เช่น มุงหลังคา ฝ้าเพดาน บุผนังกำแพง ผังเบา เพื่อลดปริมาณความร้อนที่มาในอาคาร และลดเสียงรบกวนจากภายนอกโดยเฉพาะเสียงฝนตกกระทบหลังคาเหล็ก (Metal Sheet)

สำหรับคุณสมบัติโดยสรุปของฉนวนใยหินดังแสดงในตารางที่ 3.3

ข้อแตกต่างระหว่างฉนวนใยแก้ว (Glass Wool) กับ ฉนวนใยหิน (Rock Wool)

ลักษณะโครงสร้างของใยแก้วจะเกิดจากเส้นใยที่ยาวกว่า ดังนั้นความแข็งแรงในโครงสร้างจึงมากกว่า สามารถลดความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์ลงได้ต่ำคือ ตั้งแต่ 10-48 กก./ลบ.ม. ส่วนโครงสร้างของใยหินเป็นเส้นใยขนาดสั้น ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเพิ่มความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์คือ มีค่าตั้งแต่ 48-400 กก./ลบ.ม. เพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้กับผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 3.3 แสดงคุณสมบัติของฉนวนใยหิน

คุณสมบัติ	LOXLEY CSR
สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k) W/m °C	0.036 (ที่ 20 °C)
ความหนาแน่นของวัสดุ ρ kg/m ³	40-150
ความหนา (มม.)	25 , 38 , 50 , 75
ขนาดมาตรฐาน (ม.) ม้วน	1.2x7.5
อุณหภูมิใช้งานสูงสุด °C	300
ค่าดูดซึมน้ำ ,เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก	ไม่เกิน 0.2%
การเสื่อมสภาพจากผลของ	
อุณหภูมิที่เป็นวัฏจักร	ไม่มี
สัตว์จำพวกหนู หนัด ไล่เดือน	ไม่มี
ความชื้น	ชั่วคราว
พึงใจ/แบคทีเรีย	ไม่มี
สภาพอากาศ	ไม่มี
ลม	ปานกลาง
ปัจจัยที่กระทบต่อคน	
การเป็นพิษ	ไม่มี
กลิ่น	ไม่มี
การสัมผัส	ไม่มี
การดูดซับเสียง	ดี
สภาพการติดไฟ	
ระดับการกระจายไฟ ¹	15
ระดับการมีส่วนเป็นเชื้อเพลิง	0
ระดับการเกิดควัน ²	0
ผลกระทบของอายุต่อ	
เสถียรภาพของขนาด	ไม่มี
สมรรถนะทางความร้อน	-
สภาพการติดไฟ	ไม่มี

หมายเหตุ 1. ระดับปกติที่ยอมให้เท่ากับ 25

2. ระดับปกติที่ยอมให้เท่ากับ 50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k) ระหว่าง “ฉนวนใยแก้ว” (Glass Wool) กับ “ฉนวนใยหิน” (Rock Wool)

ตารางที่ 3.4 แสดงการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k , W/m °C)

ความหนาแน่น	12	16	24	32	40	48	60	64	72	80	100	120	136
ฉนวนใยแก้ว					0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04
ฉนวนใยหิน	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	



ที่อุณหภูมิ 20 C

รูปที่ 3.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน จากกราฟเมื่อเทียบสัมประสิทธิ์การนำความร้อน และการใช้งาน สรุปได้ว่า

1. ใยแก้ว ความหนาแน่น 16 กก./ลบ.ม. เทียบเท่ากับ ใยหิน ความหนาแน่น 40 กก./ลบ.ม
2. ใยแก้ว ความหนาแน่น 24 กก./ลบ.ม. เทียบเท่ากับ ใยหิน ความหนาแน่น 60 กก./ลบ.ม
3. ใยแก้ว ความหนาแน่น 32 กก./ลบ.ม. เทียบเท่ากับ ใยหิน ความหนาแน่น 80 กก./ลบ.ม

3.2.3 ฉนวนแคลเซียมซิลิเกต

ฉนวนแคลเซียมซิลิเกต ประกอบด้วยไฮดรอกไซด์แคลเซียมซิลิเกต โดยระหว่างกรรมวิธี การผลิตที่การอบด้วยความดันและอุณหภูมิสูง ไอน้ำจะเปลี่ยนรูปหินปูนและซิลิกา (เส้นใยอนินทรีย์) ไปเป็นไฮดรอกไซด์แคลเซียมซิลิเกตจากนั้นจึงทำให้เป็นแผ่น ซึ่งสารประกอบชนิดนี้นับว่าเป็นองค์ประกอบ ที่แข็งแรง ทนทาน นอกจากนี้ยังมีความสามารถต้านทานต่อความเปียกชื้นที่เกิดขึ้นบ่อย ๆ ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติพื้นฐานของ แคลเซียมซิลิเกต มีดังนี้

คุณสมบัติทางกายภาพ

- ก) สามารถใช้งานได้ถึงอุณหภูมิสูงสุด 650 องศาเซลเซียส
- ข) ความหนาแน่น (Bulk density) 190-230 กก./ลบ.ม.
- ค) ความแข็งแรงในการดัดโค้งเข้ารูป (Flexural Strength) 345 kN/m²
- ง) ความแข็งแรงต่อแรงอัด (Compressive Strength)

ที่อุณหภูมิ °C	ความหนาแน่น%	แรงอัด kN/m ²
400	1.5	690
500	1.6	690
600	1.7	620

ตารางที่ 3.5 แสดงค่าแรงอัด ที่อุณหภูมิต่าง ๆ

จ) ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน

ที่อุณหภูมิ °C	k (W/m °C)
50	0.052
100	0.056
150	0.061
200	0.066
250	0.072
300	0.078
350	0.085

ตารางที่ 3.6 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ ณ อุณหภูมิต่าง ๆ

- ฉ) การหดตัว ที่ 650 °C เท่ากับ 1.3-1.6%
- ช) ค่าความร้อนจำเพาะ 0.84 KJ/Kg °C

คุณสมบัติการเป็นฉนวนของแคลเซียมซิลิเกต

เนื่องจากแคลเซียมซิลิเกต ประกอบขึ้นมาจากเนื้อทรายและปูนเป็นตัวประสาน ดังนั้นเนื้อภายในจึงเป็นระบบ เซลล์เปิด ที่มีช่องว่างของรูอากาศอยู่ระหว่างเซลล์ ซึ่งอากาศเหล่านี้จะทำหน้าที่เป็นฉนวนที่ดี

สมรรถนะของแคลเซียมซิลิเกตทางความร้อนจะลดลงตามอายุ แต่ผลของความชื้นที่ดูดซึมจะทำให้สมรรถนะทางความร้อนลดลงบ้าง และจะกลับสภาพปกติเมื่อแห้ง นอกจากนี้แคลเซียมซิลิเกตยังเป็นวัสดุที่ต้านทานไฟไหม้ได้เป็นเยี่ยม ทั้งยังไม่ติดไฟ , มีน้ำหนักเบา , ดูดซับเสียง เมื่อนำมาแปรรูปเป็นแผ่นสามารถนำไปใช้ในงานผนัง กำแพงอาคาร และจากกันผนังภายในและภายนอก เพราะทนต่อการขูด , บวม และการเคลื่อนของข้อต่อ และสามารถตกแต่งผิวฉนวนได้ตามต้องการ

ตารางที่ 3.7 แสดงคุณสมบัติของแผ่นฉนวนแคลเซียมซิลิเกต

คุณสมบัติ	LOXLEY TOMBO
สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k) $W/m^{\circ}C$	0.15
ความหนาแน่นของวัสดุ ρ kg/m^3	800
ความหนา (มม.)	6 , 8 , 10 , 12
อุณหภูมิใช้งานสูงสุด $^{\circ}C$	650
ค่าดูดซึมน้ำ , เปอร์เซ็นโดยน้ำหนัก	75
การเสื่อมสภาพจากผลของ	
อุณหภูมิที่เป็นวัฏจักร	ไม่มี
สัตว์จำพวกหนู นมด ไล่เดือน	ไม่มี
ความชื้น	ชั่วคราว
พึงใจ/แบคทีเรีย	ไม่มี
สภาพอากาศ	ไม่มี
ลม	ไม่มี
ปัจจัยที่กระทบต่อคน	
การเป็นพิษ	ไม่มี
กลิ่น	ไม่มี
การสัมผัส	ไม่มี
การดูดซับเสียง	ดี
สภาพการติดไฟ	
ระดับการกระจายไฟ	0
ระดับการมีส่วนเป็นเชื้อเพลิง	0
ระดับการเกิดควัน	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.7 (ต่อ) แสดงคุณสมบัติของแผ่นฉนวนแคลเซียมซิลิเกต

คุณสมบัติ	LOXLEY TOMBO
ผลกระทบของอายุต่อเสถียรภาพของขนาด	จะหดตัว 1.1% ภายหลังเปียกโชก 24 ชม. ที่ 650
สมรรถนะทางความร้อน	ไม่มี
ค่า pH	10

ฉนวนความร้อน แคลเซียมซิลิเกตไม่นิยมนำมาใช้ในอาคารที่พักอาศัย อาคารพาณิชย์ อาคารอุตสาหกรรม เพราะอุณหภูมิของอาคารเหล่านี้จะมีค่าไม่เกิน 200 องศาเซลเซียสจึงไม่จำเป็นต้องใช้ฉนวนแคลเซียมซิลิเกต แต่จะนิยมนำไปใช้ในการหุ้มฉนวนท่อและภาชนะในกระบวนการทาง อุตสาหกรรมที่มีอุณหภูมิสูง ๆ และจำเป็นต้องใช้ความทนแรงอัดสูง หรือใช้เป็นแผ่นผ้าที่ต้องสัมผัสกับความชื้นสูง

3.2.4 ฉนวนเยื่อกระดาษ

ผลิตภัณฑ์ฉนวนเยื่อกระดาษผลิตขึ้นจากการนำกระดาษที่ใช้แล้วนำมาหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ (Recycled) ผ่านกระบวนการผลิตซึ่งมีส่วนผสมของสารเคมี 2 ชนิด คือ บอแรกซ์ และ กรดบอแรกซ์ โดยบอแรกซ์ มีลักษณะเฉพาะในการป้องกันมิให้เป็นแหล่งอาศัยของหนู แมลงสาบ มด ปลวก และยับยั้งการเจริญเติบโตได้บางส่วน ส่วนกรดบอแรกซ์มีส่วนช่วยในการชะลอการลุกลามของไฟ ในขณะที่ เกิดอัคคีภัย

ฉนวนเยื่อกระดาษมีลักษณะฟูนุ่ม เหมือนขนแกะจึงส่งผลให้มีคุณสมบัติพิเศษในการป้องกันความร้อนและเสียงได้ดี นอกจากนี้ยังไม่ดูดซึมความชื้น จึงทำให้ฉนวนเยื่อกระดาษคงสภาพฟูนุ่มอยู่ได้นาน และจากลักษณะคล้ายปุยนุ่มนี้ ทำให้สามารถใช้พ่นเข้าไปปกคลุมพื้นที่ได้ทุกซอกทุกมุม (No Gaps) ทำให้ไม่มีช่องว่างให้ความร้อนถ่ายเทผ่านได้ จึงให้ประสิทธิภาพในการกันความร้อนดียิ่งขึ้น

คุณสมบัติพื้นฐานของฉนวนเยื่อกระดาษ

1. ไม่ลามไฟ ฉนวนเยื่อกระดาษมีส่วนผสมของ กรดบอแรกซ์ ซึ่งเป็นสารทนไฟ จึงไม่เป็นเชื้อไฟ เมื่อโดนไฟเผาจะไหม้เฉพาะส่วน แต่ไม่ติดหรือลามไปส่วนอื่น
2. ไม่มีสารพิษเจือปน ฉนวนเยื่อกระดาษเป็นผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ ทำจากเยื่อกระดาษและผ่านกระบวนการสังเคราะห์ด้วยสารเคมีที่ไม่เป็นอันตรายต่อร่างกาย ไม่มีผลกระทบแม้สูดดมเข้าไป
3. น้ำหนักเบา มีน้ำหนักเพียง 2.5 กก./ตร.ม. (ความหนา 75 มิลลิเมตร)
4. ไม่มีการยุบตัว มีความหนาแน่นค่อนข้างสูง จะมีลักษณะฟูอย่างนั้นตลอดไม่ยุบตัวหรือเสื่อมสภาพ มีอายุการใช้งานนาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ไม่ทำให้เกิดเชื้อรา เนื่องจากฉนวนเยื่อกระดาษมีส่วนผสมของสารเคมีที่สามารถกันเชื้อราได้ ในกรณีหลังคารั่วซึมเล็กน้อย เมื่อมีแสงแดดส่องลงมาพร้อมกับความร้อน น้ำก็จะระเหยแห้งไปเองอย่างรวดเร็ว แต่ถ้าหลังคารั่วมาก ๆ และน้ำซึมลงมาถึงฝ้า ก็ไม่ทำให้ฝ้าเน่าหรือเกิดเชื้อราตามฝ้าหรือแม้แต่กลิ่นเหม็นอับ และที่สำคัญฉนวนเยื่อกระดาษไม่อุ้มน้ำจึงไม่ก่อให้เกิดปัญหาฝ้าถล่ม

6. ความสามารถในการกันเสียง ฉนวนเยื่อกระดาษมีลักษณะฟูนุ่ม มีฟองอากาศ จึงช่วยลดการทะลุทะลวงของเสียงสามารถลดเสียงได้ถึง 42-47% ตั้งแต่ 50-60 เดซิเบล ลดเสียงสะท้อน

7. ควบคุมการกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ เพราะว่าฉนวนเยื่อกระดาษเป็นฉนวนกันความร้อนที่มีประสิทธิภาพสูง จึงเป็นตัวช่วยแยกความร้อนและความเย็นออกจากกัน ทำให้ไม่เกิดการกลั่นตัวขึ้น

ฉนวนเยื่อกระดาษที่มีความหนาแน่นต่ำ (เนื่องจากผลของอากาศที่พ่นเข้าไปในเครื่องจักรผลิตฉนวนมากเกินไป) ฉนวนจะยุบตัวลงที่ละน้อยจนกระทั่งอาจสูงถึง 20 เปอร์เซ็นต์ จากผลของอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง , การลั่นสะเทือน และผลกระทบของความชื้น ซึ่งการยุบตัวนี้จะเป็นสาเหตุทำให้ความหนาของฉนวนที่ติดตั้งลดลง และสภาพต้านทานความร้อนของวัสดุก็ลดลงด้วย

ผลกระทบเหล่านี้จะเป็นผลโดยตรงกับเทคนิคการใช้งาน เมื่อวัสดุพ่นตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตอย่างเข้มงวด ปัญหาการยุบตัวจะไม่มี ไม่ว่าจะเป็นการใช้งานในลักษณะแนวราบ หรือการใช้งานด้วยการพ่นเข้าไปในผนัง

การประยุกต์ใช้งานฉนวนเยื่อกระดาษ จะใช้งานในลักษณะพ่นเข้าไปในโพรงผนังและห้องเพดานของอาคารที่พักอาศัย หรือใช้พ่นสำหรับเป็นฉนวนใต้ดาดฟ้า หลังคา กำแพง ในอาคารสำนักงาน โรงงาน โรงภาพยนตร์ สนามกีฬา

ตารางที่ 3.8 แสดงคุณสมบัติของฉนวนเยื่อกระดาษ

คุณสมบัติ	CELLUMAX	Natural Insulation
สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k) $W/m^{\circ}C$	0.032	0.029
ความหนาแน่นของวัสดุ ρ kg/m^3	56-72	40
ความหนา (นิ้ว)	1-4.0	1-3.5
อุณหภูมิใช้งานสูงสุด $^{\circ}C$	65	92
ค่าดูดซึมน้ำ , เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก	-	2%
การเสื่อมสภาพลงจากผลของ อุณหภูมิที่เป็นวัฏจักร สัตว์จำพวกหนู หนู มด ไล่เดือน ความชื้น พังไจ/แบคทีเรีย	- ขึ้นกับการจัดการ ความเป็นฉนวนลดลง อาจเจริญเติบโต	- ขึ้นกับการจัดการ ความเป็นฉนวนลดลง อาจเจริญเติบโต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.8(ต่อ) แสดงคุณสมบัติของฉนวนเยื่อกระดาษ

คุณสมบัติ	CELLUMAX	Natural Insulation
สภาพอากาศ	ไม่นำออกมาสัมผัส	ไม่นำออกมาสัมผัส
ลม	เล็กน้อย	เล็กน้อย
ปัจจัยที่กระทบต่อคน		
การเป็นพิษ	ไม่มี	ไม่มี
กลิ่น	ไม่มี	ไม่มี
การสัมผัส	ไม่มี	ไม่มี
การดูดซับเสียง	ดี	ดี
สภาพการติดไฟ		
ระดับการกระจายไฟ	15	18
ระดับการมีส่วนเป็นเชื้อเพลิง	0	0
ระดับการเกิดควัน	0	2
ผลกระทบของอายุต่อ		
เสถียรภาพของขนาด	จะยุบตัว	จะยุบตัว
สมรรถนะทางความร้อน	ลดลงเมื่อยุบตัว	ลดลงเมื่อยุบตัว
สภาพไฟไหม้	ขึ้นกับการจัดการใน	ขึ้นกับการจัดการใน
	การติดตั้ง	การติดตั้ง

เนื่องจากฉนวนเยื่อกระดาษต้องมีการเติมสารเคมีที่ละลายน้ำได้ในส่วนผสม เมื่อใช้ป้องกันความร้อนและกันไฟ การติดตั้งในบริเวณซึ่งมีการกลั่นตัวของหยดน้ำ หรือบริเวณที่ต้องเปียกน้ำ อาจทำให้ประสิทธิภาพการต้านทานความร้อนของฉนวนลดลง จึงจำเป็นต้องเคลือบสารกันไฟทับหน้าผิวฉนวนอีกที และระดับความร้อนสูงสุดที่ฉนวนทนได้นั้นก็ไม่สูงมากนักจึงควรนำไปประยุกต์ใช้งานให้ถูกต้องกับคุณสมบัติของตัวฉนวน

การกำหนดความหนาของฉนวนขึ้นอยู่กับความต้องการและจุดประสงค์ของงาน เช่น พ่นได้หลังคา , พับผิวหน้าผนัง , ช่องผนังเบา โดยทั่วไปจะมีความหนาอยู่ที่ 50 , 75 , 100 มิลลิเมตร หรือตามความหนาของคร่าว เหล็กซี หรือ เคร่าไม้

3.2.5 ฉนวนโฟม ประกอบด้วย โฟลียูรีเทนโฟม , โฟลีโอทธีรีนโฟม , โฟลีสไตรีนโฟม

3.2.5.1 โฟลียูรีเทน คือ วัสดุฟูลออโรคาร์บอนที่พ่นให้เป็นโฟม เป็นฉนวนเซลล์ปิดมี

ลักษณะเป็นพลาสติกเหลว และจะแข็งตัวตามกำหนดเวลาและระยะเวลาการบ่ม โดยส่วนผสมของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะประกอบด้วย 2 ส่วนที่มีหน้าที่ต่างกันคือ ส่วนที่เป็นฉนวนความร้อน และส่วนที่เป็นผิวของฉนวน โดยส่วนผสมแรก (Polyol) จะเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในการแข็งตัวของฉนวน ความสัมพันธ์ของส่วนผสมจะแปรผันไปตามลักษณะการนำฉนวนไปประยุกต์ใช้งานและจุดประสงค์ของผู้ใช้

ฉนวนโพลียูรีเทนมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนประมาณ 0.016 ถึง 0.022 W/mC ณ ความหนาแน่นเท่ากับ 32 กก./ลบ.ม. แบบสเปรย์ในพื้นที่อาคารจะมีความหนาแน่นเมื่อสเปรย์เรียบร้อยแล้วประมาณ 32-48 กก./ลบ.ม. สำหรับค่าความจุของเซลล์ปิดของโฟมแบบแข็งอยู่ในราว 90 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากภายในเป็นก๊าซฟลูออโรคาร์บอน โดยทั่วไปคือ ฟรีออน-11 ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำกว่าอากาศ จึงเป็นเหตุผลที่ทำให้ค่า k ของฉนวนโพลียูรีเทนโฟมจึงต่ำ อย่างไรก็ตามค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนจะเพิ่มขึ้นตามอายุของโฟมและอากาศที่แพร่กระจายเข้าไปในเซลล์ แต่กระบวนการนี้สามารถทำให้ลดลงหรือกำจัดออกไปได้เมื่อใช้เป่าลมที่ผิวหน้าด้านทานการซึมผ่าน เข้าไปของอากาศฉาบไว้

เนื่องจากฉนวนโฟมโพลียูรีเทนมีความจุของเซลล์ที่ชิดกันสูงมาก การซึมเข้าไปได้ของไอน้ำ และการดูดซึมน้ำจึงต่ำมากแต่ยังต้องมี การเคลือบผิวหน้าด้วยวัสดุกันชื้นทับหน้าอีกที จึงเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการต้านทานความชื้นยิ่งขึ้น และตัวผลิตภัณฑ์ยังเป็นตัวต้านทานการเติบโตของฟังไจและแบคทีเรีย และไม่เป็นพิษยกเว้นเมื่อถูกเผาไหม้จะให้ควันมาก และก๊าซไฮโดรไซยาไนด์ (HCN) ซึ่งเป็นก๊าซที่อันตรายชนิดหนึ่งจึงจำเป็นต้องมีการผสมสารกันไฟไว้ด้วย แต่ฉนวนโพลียูรีเทนโฟมถ้าสัมผัสกับรังสีอัลตราไวโอเล็ตโดยตรงจะทำให้เสื่อมสภาพอย่างรวดเร็ว จึงจำเป็นต้องทาทับผิวหน้าด้วยสารกันรังสี อัลตราไวโอเล็ต

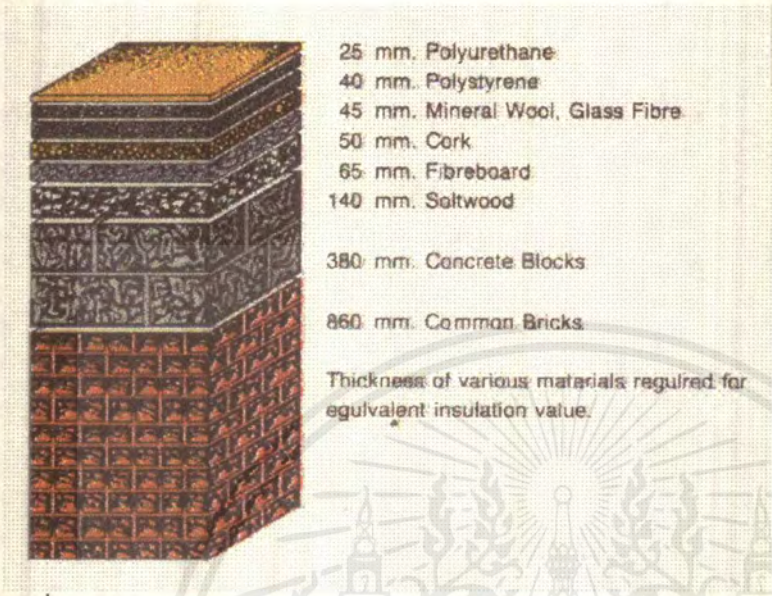
ฉนวนโพลียูรีเทนที่ใช้ในงานก่อสร้างมีทั้งแบบแผ่นที่ในการหุ้มโครงสร้าง และแบบพ่นในที่ ซึ่งก่อนการติดตั้ง ต้องทำความสะอาดพื้นที่ติดตั้งก่อน และจะมีการพ่น Primer เพื่อช่วยในการยึดเกาะของตัวฉนวนกับพื้นที่ที่จะทำการติดตั้ง เช่น ไม้อัด , คอนกรีต , กระเบื้อง , ลังกะสี หรือหลังคาเหล็ก โดยไม่มีช่องว่างหรือโพรงอากาศ จึงสามารถกันรั่ว กันซึมและกันสนิมได้ ซึ่งปัจจุบันฉนวนโพลียูรีเทนสามารถติดตั้งได้โดยการฉีดไปที่ใต้หลังคา และฉีดเข้าระหว่างฝ้าผนัง ที่ก่ออิฐสองชั้น แต่ค่าก่อสร้างจะมีราคาแพง

เมื่อเปรียบเทียบค่าความหนาของฉนวนโพลียูรีเทนโฟมกับฉนวนประเภทอื่น ๆ ที่มีค่าความต้านทานความร้อนเท่ากันดังแสดงในรูปที่ 3.3

ความสามารถในการทนอุณหภูมิของฉนวนโพลียูรีเทนสามารถทนได้ระหว่าง -50 ถึง 150 °C โดยขึ้นอยู่กับสถานที่ในการติดตั้งและการนำฉนวนไปประยุกต์ใช้ในงานต่าง ๆ โดยฉนวนโฟมฉีดเป็นฉนวนกันความร้อนได้ดีกว่า โฟมแผ่น ฉนวนใยแก้ว ไม้อัด แผ่นยิปซัม และกระเบื้องแผ่นเรียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตามลำดับ หรืออาจจะกล่าวได้อีกนัยหนึ่งว่า โฟมฉนวนนั้นมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำกว่า
ฉนวน อื่น ๆ



รูปที่ 3.3 ความหนาของฉนวนต่าง ๆ กับ โพลียูรีเทนโฟม

ตารางที่ 3.9 แสดงคุณสมบัติของฉนวนโพลียูรีเทนโฟม

คุณสมบัติ	Baymer	Loxley	Vinsulfoam	Thermobond	P.U.FOAM
สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k) W/mC	0.023	0.023	0.022	0.023	0.0216
ความหนาแน่นของวัสดุ ρ (pcf)	32	36-40	35	36.5	40
หน่วยแรงรับแรงอัด kg/m ²	2	1.04	2	1.48	2.2
ค่าความขรุขระเซลล์ (%)	90-95	94	95	90	
อุณหภูมิใช้งานสูงสุด °C	-30 ถึง 100	-45 ถึง 90	-50 ถึง 110	-30 ถึง 100	-70 ถึง 100
การเสื่อมสภาพลงจากผลของ					
อุณหภูมิที่เป็นวัฏจักร	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
สัตว์จำพวกหนู หนัด ได้เดือน	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
ความชื้น	เล็กน้อย	เล็กน้อย	เล็กน้อย	เล็กน้อย	เล็กน้อย
พัง/แตกที่เรียบ	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
สภาพอากาศ	แสงแดด	แสงแดด	แสงแดด	แสงแดด	แสงแดด
ลม	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
ปัจจัยที่กระทบต่อคน					
การเป็นพิษ	ผลิตก๊าซพิษเมื่อถูกไหม้	ผลิตก๊าซพิษเมื่อถูกไหม้	ผลิตก๊าซพิษเมื่อถูกไหม้	ผลิตก๊าซพิษเมื่อถูกไหม้	ผลิตก๊าซพิษเมื่อถูกไหม้
กลิ่น	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
การสัมผัส	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.9(ต่อ) แสดงคุณสมบัติของฉนวนโพลียูรีเทนโฟม

คุณสมบัติ	Baymer	Loxley	Vinsulfoam	Thermobond	P.U.FOAM
การดูดซับเสียง	ปานกลาง	ปานกลาง	ปานกลาง	ปานกลาง	ปานกลาง
สภาพการติดไฟ					
ระดับการกระจายไฟ					
ระดับการมีส่วนเป็นเชื้อเพลิง					
ระดับการเกิดควัน					
ผลกระทบของอายุต่อ					
เสถียรภาพของขนาด	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
สมรรถนะทางความร้อน	ลดลง	ลดลง	ลดลง	ลดลง	ลดลง
สภาพการติดไฟ	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี

เพราะวิธีการติดตั้งใช้การฉีดยาฉีดอัดแน่นได้หลังคาก่อนที่จะปิดฝ้าเพดาน แตกต่างจากวัสดุ
ปูรองหรือปูบนเพดานซึ่งเมื่อหมดอายุการใช้งาน จะหลุดร่วงฉีกขาดได้ทำให้ประสิทธิภาพการกัน
ความร้อนต่ำลง แต่ฉนวนโพลียูรีเทนโฟมเมื่อโดนความร้อนสูงเป็นเวลานาน ๆ โฟมจะเปลี่ยนรูป
เช่น บิด-งอ บุปสลาย และเสื่อมสภาพการกันความร้อนเช่นกัน

3.2.5.2 ฉนวน โพลีเอทรีนโฟม

ฉนวนโพลีเอทรีนโฟมเป็นสารที่สังเคราะห์มาจากโพลิเมอร์ที่มีคุณภาพสูง ที่บริสุทธิ์
สะอาด ไร้สารพิษ ปลอดภัย ไม่มีกลิ่น ไม่มีพิษ ผสมสาร มีโครงสร้างเป็นฟองอากาศขนาดเล็ก
เกาะเกี่ยวกันอย่างหนาแน่นมีการเรียงตัวที่สม่ำเสมอและคงที่ เป็นอิสระไม่ทะลุถึงกัน เป็นฉนวน
เซลล์ปิดที่สมบูรณ์ จึงมีสภาพความเป็นกลางทั้งทางกายภาพและทางเคมี ทนทานต่อกรด ด่าง
และสารเคมีทุกชนิด คงสภาพการเป็นฉนวนกันความร้อนได้ยาวนาน

ด้านการซึมผ่านของไอน้ำในอากาศได้เด็ดขาด ไม่อมน้ำในเนื้อวัสดุ เหมาะกับ
สภาวะ ความชื้นสูงอย่างประเทศไทย เป็นฉนวนที่มีค่าการนำความร้อนต่ำ ไม่แห้งกรอบ ไม่หดตัว
สามารถทนความร้อนประมาณได้ 85-93 องศาเซลเซียส ทำให้เหมาะที่จะนำไปใช้ประกอบในงาน
ก่อสร้างองค์อาคารต่าง ๆ เช่น ผนัง ฝ้าเพดาน มีความสะดวกในการติดตั้ง น้ำหนักเบา ยืดหยุ่นดี
โค้งงอได้ตามลักษณะการใช้งาน

เนื่องจากผลิตจากสารโพลิเมอร์จึงสามารถติดไฟได้จึงควรผสม สารต้านทานไฟ เข้าไปในส่วน
ผสม ทำให้เมื่อเกิดเพลิงไหม้เนื้อวัสดุจะเกิดการหด และยุบตัวติดกับผิวของวัสดุที่ยึดติดอยู่ทันที ไม่
มีไฟฟ้าสถิตย์ในเนื้อฉนวน ไม่สร้างมลภาวะให้สิ่งแวดล้อม เป็นฉนวนที่สามารถนำกลับมารีไซเคิล

ตารางที่ 3.10 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติของ Polyethylene Foam

Polyethylene Foam	ความหนาแน่น Kg./m3.	การนำความร้อน W./m ² .° C.	อุณหภูมิใช้งาน ° C.	ค่าการดูดซับน้ำ	การซึมซับ m./s.	โครงสร้าง เซลล์	ค่าต้านทานการซึมผ่านของไอน้ำ	สภาพการหดตัว	การดูดซับเสียง
Super-Cell	33 - 45	0.03 ที่ 25 ° C.	-80 ถึง +85	< 2.0 % หลัง 28 วัน		เซลล์ปิด	3,500		
Thermafex ชนิด FRZ.FRN	35 - 40	0.033 ที่ 10 ° C. 0.038 ที่ 40 ° C.	-80 ถึง +95	= 1.05 % หลัง 7 วัน < 2.0 % หลัง 28 วัน		เซลล์ปิด	=> 3,500	2 % ในเส้น ศ.ก. 3.5 % ในความยาว	60 % ที่ 300 - 2,500 MHz.
- ชนิด FR	35	0.035 ที่ 10 ° C. 0.038 ที่ 40 ° C.	-80 ถึง +110	< 1.01 % หลัง 7 วัน < 1.6 % หลัง 28 วัน	0.27x10 ⁻¹²	เซลล์ปิด	=> 3,500	น้อยกว่า 0.8 %	

ตารางที่ 3.11 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติของฉนวนความร้อน

คุณสมบัติ	ฉนวน P.E. FOAM	ฉนวน P.U. FOAM	ฉนวนใยแก้ว (FIBER GLASS)
1. โครงสร้างเซลล์ (Cell Structure)	เซลล์ปิด (Closed Cell)	เซลล์กึ่งเปิด-ปิด (Semi-Closed Cell)	เซลล์เปิด (Open Cell)
2. ความหนาแน่น (Density)	33-45 Kg./m. ³	32-35 Kg./m. ³	16-32 Kg./m. ³
3. ค่าการนำความร้อน (Density)	0.030 W/mk. (Mean Temp.= 25 °c)	0.028 W/mk. (Not mention)	0.042 W/mk. (16 Kg./m. ³) (Mean Temp.= 20 °c)
4. อุณหภูมิใช้งาน (Temperature Service)	-80 °c. ถึง +85 °c.	-118 °c. ถึง +82 °c.	+200 °c.
5. ความทนทานต่อสารเคมี (Density)	ดีเยี่ยม (Excellent)	ไม่ดี (Poor)	ดี (Good)
6. ค่าการดูดซึมน้ำ (Water Absorption)	ต่ำมาก (Low)	สูง (High)	สูงมาก (Very High)
7. การติดไฟ (Flammability)	ไม่ลามไฟ (Self-extinguishing)	ลามไฟ (High Flame Spread)	ไม่ติดไฟ (Non-combustion)
8. การเกิดควันพิษเมื่อติดไฟ และปริมาณควัน (toxy in fire and smoke density)	ไม่มีพิษ ควันน้อย (Non toxic and low smoke density)	เป็นพิษ ควันมาก (Toxic and high smoke density)	น้อย

ตารางที่ 3.11(ต่อ) แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติของฉนวนความร้อน

คุณสมบัติ	ฉนวน P.E. FOAM	ฉนวน P.U. FOAM	ฉนวนใยแก้ว (FIBER GLASS)
9. ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และสภาพของวัสดุ	ไม่เป็นมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม คงสภาพการเป็นเซลล์ปิดและมีความเป็นฉนวนตลอดอายุการใช้งาน กรณีอยู่ในที่โล่งแจ้งควรทาสีทับผิววัสดุ	เมื่อใช้งานไประยะหนึ่งเนื้อโฟมจะแตกตัวเป็นรอยทำให้น้ำซึมเข้าไปสะสมและเนื้อฉนวนจะเสื่อมสภาพหลุดร่อนทำให้คุณสมบัติการเป็นฉนวนลดลงไปตามระยะเวลาการใช้งาน	เมื่อใช้ไประยะหนึ่งเส้นใยจะเริ่มหลุดร่วงและเป็นฝุ่นละอองฟุ้งกระจายเมื่อสัมผัสผิวหนังจะระคายเคืองเมื่อสูดดมเข้าไปจะเกิดอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจ คุณสมบัติการเป็นฉนวนจะลดลงด้วย
10. อายุการใช้งาน (Working-life)	ระยะเวลานาน 7-10 ปี คุ้มค่ากับการพิจารณาใช้สินค้าไม่สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในระยะยาว	ภายในระยะเวลา 2-3 ปี ไม่คุ้มค่าและอาจต้องเพิ่มค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงในระยะต่อไป	ภายในระยะเวลา 2-3 ปี ไม่คุ้มค่า และอาจต้องเพิ่มค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงในระยะต่อไป

ตารางที่ 3.12 การเปรียบเทียบคุณสมบัติทางด้านเคมี ฟิสิกส์ และด้านเทคนิคต่างๆ
(Closed Cell Polyethylene Foam Insulation) กับ ฉนวนขาง (Closed Cell Insulation)

คุณสมบัติ	ฉนวนโพลีเอทธีลีนโฟม	ฉนวนขาง	รายละเอียด
1. ชนิดของวัสดุ	พลาสติกโพลีเอทธีลีน	ขางสังเคราะห์ผสมพลาสติก	ฉนวนโพลีเอทธีลีนโฟม เป็นสารสังเคราะห์จากโพลิเมอร์ที่มีคุณภาพสูงคงทนต่อทุกสภาพอากาศได้ดี ทนต่อโอโซนและมีการต้านทานความร้อนที่ดี ไม่มีสภาพเป็นพิษในเนื้อวัสดุจึงนิยมใช้แพร่หลายทั้งทางด้านวิศวกรรมพิเศษ เช่น ใช้เป็นวัสดุฉนวนในการทำฉนวนมอดกแต่ง สามารถใช้เป็นวัสดุฉนวนในการทำบรรจุภัณฑ์ เช่น ขวดใส่ยาหอบดตา ส่วนฉนวนขางทำมาจากขางธรรมชาติผสมพลาสติกไม่ทนทานต่อสภาพอากาศ และโอโซน ส่วนมากใช้ทำยางรถยนต์ กระเบื้อง ยางปูพื้น
2. โครงสร้างทางเคมี	Thermoplastic Material ชนิดหลอมเปลี่ยนรูปเมื่อไหม้ไฟ	Thermoplastic Material ชนิดไม่หลอมเป็นผงเถ้าถ่านเมื่อไหม้	ฉนวนโพลีเอทธีลีนโฟม มีโครงสร้างแบบ Closed Cell จะมีจุดหลอมละลายที่ 93 °c. ส่วนฉนวนขางจะมีโครงสร้างแบบ Chemical Cross Linking ฉนวนขาง จะเริ่มไหม้ไฟที่อุณหภูมิ 120 °c.

ตารางที่ 3.12(ต่อ) การเปรียบเทียบคุณสมบัติทางด้านเคมี ฟิสิกส์ และด้านเทคนิคต่างๆ

คุณสมบัติ	ฉนวนโพลีเอทรีลีนโฟม	ฉนวนยาง	รายละเอียด
3. ชนิดของก๊าซ Blowing Agent	ใช้ได้หลายชนิด เช่น ไนโตรเจน บิวเทน มีเทน ฟรีออน	ไนโตรเจน คาร์บอนไดออกไซด์	ฉนวนโพลีเอทรีลีนโฟม สามารถใช้ กับงานที่มีอุณหภูมิมากกว่า -80°C . โดยที่โครงสร้างของฉนวนยังคงอยู่ ในสภาพเดิม ในขณะที่ฉนวนยาง ใช้งานอุณหภูมิต่ำกว่า -40°C . จะ เกิดการเปลี่ยนสภาพของโครงสร้าง โดยสิ้นเชิง
4. ความหนาแน่น	30Kg./m^3 - 50Kg./m^3	60Kg./m^3 - 90Kg./m^3	ฉนวนโพลีเอทรีลีนโฟม มีน้ำหนัก เบากว่าฉนวนยางถึง 2-3 เท่าตัว และมีความหนาแน่นน้อยกว่าฉนวน ยาง จึงมีความเหมาะสมในการนำ ไปใช้งานปรับอากาศ ทำให้ผู้ออก แบบสะดวกในการลดขนาดตัวรองรับ (HANGER SUPPORT)
5. โครงสร้างภายใน	ผนังเซลล์ (Fine closed cell)	ผนังเซลล์แบบปิดยืด หยุ่นได้ (Elastic closed cell)	ฉนวนโพลีเอทรีลีนโฟม เป็นผนัง เซลล์ปิดที่มีโครงสร้างที่สมบูรณ์ เรียงตัวกันอย่างคงที่ ทำให้ผนัง เซลล์เป็นเซลล์ปิดที่มีความยืดหยุ่น โครงสร้างอ่อนนุ่ม เมื่อเกิดแรงดึง ผนังเซลล์จะเกิดการฉีกขาดง่ายทำ ให้สูญเสียความเป็นฉนวนเซลล์ปิด ได้ง่าย

ตารางที่ 3.12(ต่อ) การเปรียบเทียบคุณสมบัติทางด้านเคมี ฟิสิกส์ และด้านเทคนิคต่างๆ

คุณสมบัติ	ฉนวนโพลีเอทธีลีนโฟม	ฉนวนยาง	รายละเอียด
6. ความหนาของผนังเซลล์	โดยเฉลี่ย 2 ไมครอน	โดยเฉลี่ย 4-6 ไมครอน	ฉนวนโพลีเอทธีลีนโฟม มีโครงสร้างแบบเซลล์ปิดที่มีการเรียงตัวอย่างสม่ำเสมอ ผิวภายนอกและภายในมีโครงสร้างเป็นฉนวนที่เหมือนกัน เมื่อนำผิวถูกทำลายแต่ลักษณะเซลล์ปิดยังคงคุณภาพคืออยู่ ฉนวนยางมีผิวหน้าหนาไม่เรียบ ผิวภายในภายนอกต่างกัน เมื่อผิวภายนอกซึ่งหนานำถูกทำลาย ทำให้ผิวภายในแตกเกิดรูพรุนทำให้น้ำและไอน้ำแทรกซึมได้ง่าย ส่งผลให้โครงสร้างภายในของฉนวนยางเสื่อมสภาพ ฉนวนยางจึงมีคุณภาพในการเป็นฉนวนต่ำ
7. ผิวฉนวนทั้งด้านในและด้านนอก	ผิวฉนวนบางมีโครงสร้างของผิวฉนวนที่ทนทานและแข็งแรง	ผิวฉนวนหนาทั้งด้านในและด้านนอก (ซึ่งหนากว่าผนังเซลล์ 10 เท่าขึ้นไป)	ฉนวนโพลีเอทธีลีนโฟม มีลักษณะเป็นเซลล์ปิดสม่ำเสมอโดยตลอดทั้งที่ผิวและเนื้อฉนวน จึงทำให้คุณสมบัติทางกายภาพทุกประการมีประสิทธิภาพ และมีความคงที่แน่นอน ส่วนฉนวนยางมีผิวด้านนอกและด้านในเป็นลักษณะแผ่นยางเนื้อเดียว ไม่เหมือนกับโครงสร้างในเนื้อฉนวนอ่อนนุ่ม ปรึแตกง่ายจึงทำให้คุณสมบัติทางกายภาพลดลง และก่อให้เกิดปัญหาการ Condensation ในระยะเวลาสั้น

ตารางที่ 3.12(ต่อ) การเปรียบเทียบคุณสมบัติทางด้านเคมี ฟิสิกส์ และด้านเทคนิคต่างๆ

คุณสมบัติ	ฉนวนโพลีเอทรีลีนโฟม	ฉนวนยาง	รายละเอียด
8. ลักษณะเนื้อฉนวน	เป็นเซลล์ปิดแบบสมบูรณ์ไม่มีรูพรุน	มีรูพรุนไม่เป็นเซลล์ปิดที่สมบูรณ์	ฉนวนโพลีเอทรีลีนโฟม ที่ใช้ในการหุ้มฉนวนความร้อนท่อน้ำเย็นจะไม่ก่อให้เกิดการแทรกซึมของอากาศและความชื้นที่จะผ่านผิวหรือเนื้อฉนวนโดยเด็ดขาด เพราะโครงสร้างเซลล์ปิดที่สมบูรณ์ ฉนวนยางจะมีโครงสร้างที่ไม่สมบูรณ์ ทำให้เกิดการเสื่อมสภาพได้เร็ว ดังนั้นอากาศและความชื้นจึงแทรกซึมได้อย่างง่ายดาย ในระยะเวลาอันสั้น ทั้งยังสามารถเก็บกักสะสมน้ำไว้ภายในเนื้อฉนวนได้อย่างดีด้วย
9. ความคงทนต่ออุณหภูมิสูง	คงสภาพความเป็นฉนวนที่อุณหภูมิ 93 °c.	คงสภาพความเป็นฉนวนที่อุณหภูมิ 120 °c.	ฉนวนโพลีเอทรีลีนโฟม และฉนวนยาง โดยปกติแล้วจะมีอุณหภูมิใช้งานสูงสุดโดยเฉลี่ย 85 °c. ดังนั้นฉนวนทั้งสองประเภทจึงสามารถใช้งานในระบบงานฉนวนความร้อนที่ใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 3.12(ต่อ) การเปรียบเทียบคุณสมบัติทางด้านเคมี ฟิสิกส์ และด้านเทคนิคต่างๆ

คุณสมบัติ	ฉนวนโพลีเอทรีลีนโฟม	ฉนวนยาง	รายละเอียด
10. ความคงทนต่อสภาพอากาศเมื่อใช้ภายนอก	2-3 ปี	1-2 ปี	ฉนวนโพลีเอทรีลีนโฟม จะเกิดการกร่อนตัวของผนังเซลล์ที่ผิวฉนวนเนื่องจากรังสี U.V. ซึ่งแต่ละชั้นของผิวจะใช้ระยะเวลาในการกร่อนตัวค่อนข้างนาน แต่ละโครงสร้างของเซลล์ภายในยังมีความสมบูรณ์และคงประสิทธิภาพ ฉนวนยางจะไม่มีคุณสมบัติในการทนแสงแดดและฝนในสภาพภูมิอากาศนี้ โดยที่โครงสร้างของเซลล์ภายในจะเสื่อมสภาพอย่างรวดเร็ว ถึงแม้ว่าสภาพภายนอกของฉนวนยางจะเป็นปกติ
11. ความคงทนต่ออุณหภูมิสูง	ดีมาก	ไม่ดี	ฉนวนโพลีเอทรีลีนโฟม สามารถทนทานต่อกรด ด่าง และสารเคมีทุกชนิด ผิวฉนวนสามารถใช้สีทุกชนิดทาได้ดี ฉนวนยางไม่สามารถทนทานต่อกรด ด่าง และสารเคมี การทาสีที่ผิวฉนวนจะต้องใช้สีที่ผลิตขึ้นมาโดยเฉพาะและมีราคาแพงกว่าสีธรรมดาหลายเท่า

ตารางที่ 3.12(ต่อ) การเปรียบเทียบคุณสมบัติทางด้านเคมี ฟิสิกส์ และด้านเทคนิคต่างๆ

คุณสมบัติ	ฉนวนโฟลีโอทรีลีนโฟม	ฉนวนยาง	รายละเอียด
12. การแทรกซึม	ต่ำกว่า	พอใช้	ฉนวนโฟลีโอทรีลีนโฟม ในรายละเอียดของผิวและเนื้อฉนวนในข้อ 5,6,7 และ 8 นั้นเป็นคุณสมบัติที่เด่นชัดที่ทำให้ค่าการแทรกซึมความชื้นมีค่าต่ำมาก ส่วนฉนวนยางมีค่าการแทรกซึมความชื้นอยู่ในระดับพอใช้ เหมาะที่จะใช้งานฉนวนความร้อนได้ในภูมิประเทศที่มีค่าความชื้นสัมพัทธ์ระดับต่ำ ถึงปานกลาง
13. การดูดซึมน้ำ	0.15% (by weight)	10% (by weight)	ฉนวนยางความหนาแน่น 0.09 g/cm ³ ฉนวนยางปริมาตร 100 cm ³ (มีน้ำหนัก= 9 กรัม) สามารถดูดซึมน้ำไว้ได้ถึง 0.9 กรัม ในขณะที่ฉนวนโฟลีโอทรีลีนโฟม 100 cm ³ (มีน้ำหนัก 302 กรัม) ดูดซึมน้ำไว้เพียง 0.45 กรัม ซึ่งน้อยกว่าฉนวนยางถึง 2 เท่า
14. ค่าสภาพการนำความร้อน (K-Value)	ต่ำ	ต่ำ	ฉนวนโฟลีโอทรีลีนโฟม มีค่าสภาพการนำความร้อนต่ำกว่าฉนวนยาง (ค่าสภาพการนำความร้อนของฉนวนโฟลีโอทรีลีนโฟม ความหนา 5.5 มม. อุณหภูมิเฉลี่ย 41 °c. = 0.057 W/MK สำหรับฉนวนยาง ความหนา 6.0 มม. ที่อุณหภูมิเฉลี่ย 43 °c. = 0.062 W/MK

ตารางที่ 3.12(ต่อ) การเปรียบเทียบคุณสมบัติทางด้านเคมี ฟิสิกส์ และด้านเทคนิคต่างๆ

คุณสมบัติ	ฉนวนโพลีเอทรีลีนโฟม	ฉนวนยาง	รายละเอียด
15. การเปลี่ยนแปลงค่าสภาพการนำความร้อน	มีการเปลี่ยนแปลงน้อย มีค่า	มีการเปลี่ยนแปลงมากและเร็วกว่า	ฉนวนโพลีเอทรีลีนโฟม มีโครงสร้างเป็นแบบเซลล์ปิดตลอดทั้งเนื้อเซลล์ มีความทนทานต่อสารเคมีสูง มีค่าการดูดซึมน้ำที่ต่ำ จึงทำค่าสภาพการนำความร้อนไม่เปลี่ยนแปลงต่างจากฉนวนยางที่มีโครงสร้างของฉนวนยางไม่สม่ำเสมอ บริเวณผิวทั้งด้านนอกและด้านในจะหนา แต่บริเวณภายในจะมีลักษณะเป็นรูพรุนทำให้มีการดูดซึมน้ำที่สูง ค่าสภาพการนำความร้อนก็เพิ่มสูงด้วย
16. การติดไฟ	ดับไฟได้ในตัว	ดับไฟได้ในตัว	ฉนวนโพลีเอทรีลีนโฟม เมื่อเกิดการเผาไหม้จะหลอมเปลี่ยนสภาพแต่จะไม่ลามไฟ (ดับไฟได้ในตัว Self Extinguishing ตามมาตรฐาน DIN 4102) ส่วนฉนวนยางเมื่อเกิดการเผาไหม้จะแตกเป็นผงเถ้าถ่านและอุดรุ่นอมความร้อน
17. ปริมาณควันและชนิด	ต่ำ (H_2O, CO_2)	สูง (CO)	ฉนวนโพลีเอทรีลีนโฟม เมื่อเกิดการเผาไหม้จะมีปริมาณควันต่ำ ก๊าซที่เกิดขึ้นจะเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ ส่วนฉนวนยางจะมีปริมาณควันมากและเกิดก๊าซคาร์บอน - มอนนอกไซด์ (CO) ที่เป็นพิษ

ตารางที่ 3.12(ต่อ) การเปรียบเทียบคุณสมบัติทางด้านเคมี ฟิสิกส์ และด้านเทคนิคต่างๆ

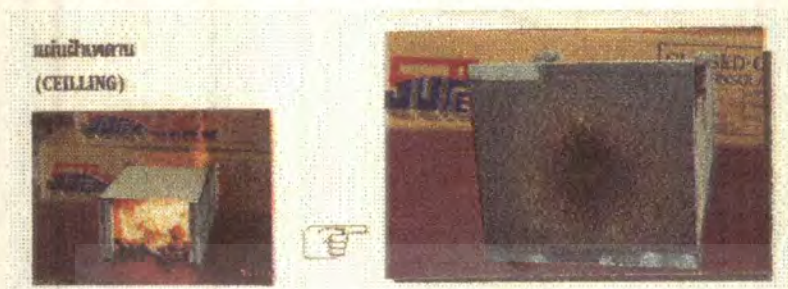
คุณสมบัติ	ฉนวนโพลีเอทธีลีนโฟม	ฉนวนยาง	รายละเอียด
18. ความยืดหยุ่น	ปานกลาง	สูง	ฉนวนโพลีเอทธีลีนโฟม จะมีความยืดหยุ่นได้พอควรซึ่งจะส่งผลให้โครงสร้างของฉนวนคงสภาพได้ดี (ไม่มีขาด) ส่วนฉนวนยางมีความยืดหยุ่นสูง เมื่อติดตั้ง ไม่ระวังจะทำให้เซลล์ฉีกขาดได้ง่าย
19. การติดตั้งบริเวณที่มีรูปทรงต่างๆ	ง่าย	ค่อนข้างยาก	ฉนวนโพลีเอทธีลีนโฟม สามารถตัดแต่งรูปได้สวยงามตามลักษณะรูปทรงของอุปกรณ์นั้น และได้ความสมบูรณ์ของเนื้อฉนวนอย่างแท้จริง ฉนวนยาง หากตัดได้ไม่ได้ขนาด หรือรูปทรงที่แท้จริงสามารถที่จะใช้แรงดึงหรือแรงกดเพื่อให้เข้ารูปทรง อันจะก่อให้เกิดเนื้อฉนวนไม่สมบูรณ์ และสร้างปัญหาในระยะเวลาอันสั้น
20. ชนิดของกาวยาใช้	Neoprene Base Adhesive	Neoprene Base Adhesive	กาวยาฉนวนโพลีเอทธีลีนโฟม เป็นกาวยาที่มีคุณภาพเยี่ยมราคาขอมเขา ใช้ทาเพียงบางๆ จะทำให้มีประสิทธิภาพในการประสานรอยต่อของฉนวนโพลีเอทธีลีนโฟม ได้ดีเยี่ยม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.12(ต่อ) การเปรียบเทียบคุณสมบัติทางด้านเคมี ฟิสิกส์ และด้านเทคนิคต่างๆ

คุณสมบัติ	ฉนวนโฟลีโอทรีซีนโฟม	ฉนวนยาง	รายละเอียด
21. ขนาดความหนา ชนิดแผ่น	ผลิตความหนาได้ 12 มม.	ผลิตความหนาได้ 50 มม.	ฉนวนโฟลีโอทรีซีนโฟม ในปัจจุบัน มีวิวัฒนาการของการประกบเพื่อให้ ได้ความหนาที่ต้องการโดยใช้วิธี Heating Limination หรือ Spraying Limination โดยใช้กา พิเศษที่มีค่าการขีดเกาะสูง และได้ ทำการทดสอบแล้วว่าไม่ทำให้ค่า สภาพการนำความร้อนและค่าความ ยืดหยุ่นของฉนวนเปลี่ยนแปลงแต่ ประการใด

ได้ แต่ไม่สามารถทนต่อรังสีอัลตราไวโอเลต เพราะจะเกิดการกัดกร่อนของผนังเซลล์ที่ผิวฉนวน ทำให้ประสิทธิภาพในการต้านทานความร้อนลดลง



รูปที่ 3.4 การนำแผ่นโพลีเอทรีนโฟมไปเผา จะเกิดการยุบตัวไม่เป็นเชื้อไฟ ไม่ลามไฟ

3.2.5.3 ฉนวนโพลีสไตรีนโฟม

ฉนวนโพลีสไตรีนโฟมสังเคราะห์มาจากปิโตรเลียม ผลิตภัณฑ์มี 2 รูปแบบ คือ แบบโฟมอัดรีด (Extruded) และแบบโฟมหล่อ (Molden) โฟมที่ผลิตด้วยกระบวนการอัดรีดจะมีความหนาแน่นบรรจุมากกว่า และสามารถทนแรงกดและแรงดึงได้มากกว่าโฟมที่ผลิตด้วยกระบวนการแบบหล่อ ความหนาแน่นของโฟมแบบอัดรีดโดยปกติอยู่ในช่วง 28.84 ถึง 41.65 กก./ลบ.ม. มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนเท่ากับ 0.017 W/mC อย่างไรก็ตามถ้ามีอากาศแพร่กระจายในโฟมจะทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนเพิ่มขึ้นอีก 0.029 W/mC ส่วนการดูดซับความชื้นอยู่ระหว่าง 0.5 ถึง 0.7 เปอร์เซ็นต์

ฉนวนโพลีสไตรีนเป็นฉนวนประเภทเซลล์ปิด ลักษณะเฉื่อย ที่มีน้ำหนักเบา ไม่เป็นอาหารของสัตว์ต่าง ๆ สามารถรับแรงอัดได้ประมาณ 10-60 ปอนด์/ตารางนิ้ว และสามารถคืนสภาพได้อย่างรวดเร็ว ทำให้สามารถนำไปใช้ในงานก่อสร้างที่ต้องรับแรงอัด เช่น ฐานราก หลังคา ผนัง และสามารถใช้ได้ทั้งอาคารอุตสาหกรรม , อาคารพาณิชย์ , อาคารที่พักอาศัย รวมทั้งห้องเย็น โดยค่าความเป็นฉนวนจะคงอยู่ได้นานถ้า ไม่มีการกระทบจากการที่ต้องรับแสงแดดโดยตรงหรือสัมผัสกับสารเคมีที่ทำปฏิกิริยากับโพลีสไตรีน และปริมาณความชื้นที่มากเกินไป

โฟมแผ่นโพลีสไตรีน ทนอุณหภูมิได้สูงไม่เกิน 150°C ซึ่งจะพบเห็นได้ทั่วไปตามท้องตลาดเป็นแผ่นสีขาว น้ำหนักเบา แต่มีความหนาแน่นมากกว่าโฟมทั่วไป มีขนาดความหนาต่าง ๆ กัน มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนน้อยกว่าของฉนวนใยแก้ว โฟมแผ่นใช้บุรอบผนังตู้แช่อาหารสด เพื่อป้องกันความร้อน แต่การใช้โฟมแผ่นกับตู้แช่อาหารสดนี้ไม่ถูกต้องนัก ทั้งนี้เพราะ โฟมแผ่นจะเสื่อมสภาพการเป็นฉนวนอย่างรวดเร็ว เนื่องจากการดูดซับน้ำที่กลั่นตัวจากไอน้ำในอากาศรอบผนังตู้แช่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่3.12 แสดงคุณสมบัติของฉนวนโพลีสไตรีน

คุณสมบัติ	ฉนวนโพลีสไตรีน
สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k) W/mC	0.0374
ความหนาแน่นของวัสดุ ρ (pcf)	1
ความหนา (นิ้ว)	๘ - 20
ขนาดมาตรฐาน (ม.) ม้วน	-
อุณหภูมิใช้งานสูงสุด $^{\circ}C$	85
ค่าดูดซึมน้ำ ,เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก	ไม่เกิน 4%
การเสื่อมสภาพลงจากผลของ	
อุณหภูมิที่เป็นวัฏจักร	ไม่มี
สัตว์จำพวกหนู หนัด ไล่เดือน	ไม่มี
ความชื้น	เล็กน้อย
พังใจ/แบคทีเรีย	ไม่มี
สภาพอากาศ	อุลตราไวโอเล็ตทำให้เสื่อม
ลม	ไม่มี
ปัจจัยที่กระทบต่อคน	
การเป็นพิษ	ไม่มี
กลิ่น	ไม่มี
การสัมผัส	ไม่มี
การดูดซับเสียง	ปานกลาง
สภาพการติดไฟ	เกิดควันพิษ
ระดับการกระจายไฟ	
ระดับการมีส่วนเป็นเชื้อเพลิง	-
ระดับการเกิดควัน	-
ผลกระทบของอายุต่อ	
เสถียรภาพของขนาด	ไม่มี
สมรรถนะทางความร้อน	ไม่มี
สภาพการติดไฟ	สามารถลุกไหม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การนำฉนวนโฟลีสไตรีนไปประยุกต์ใช้งานในอาคารจำเป็นต้องปฏิบัติเพิ่มเติมดังนี้

1. ไม่นำไปติดตั้งใกล้แหล่งความร้อนหรือเปลวไฟ
2. ป้องกันการสัมผัสสารเคมีที่ทำปฏิกิริยาต่อฉนวน
3. ไม่ควรติดตั้งฉนวนให้สัมผัสกับแสงแดดโดยตรง
4. แม้ว่าฉนวนโฟลีสไตรีนจะสามารถกันความชื้นได้ดีแต่การออกแบบไปใช้ในงาน

ฐานรากหรืองานผนังที่ต้องสัมผัสกับความชื้นบ่อย ๆ ควรที่จะเลือกชนิดที่มีการผสมสารกันความชื้นไว้ด้วย

5. โครงสร้างหลังคาที่เป็นแอสฟัลต์ควรมีอุณหภูมิสูงไม่เกิน 200 องศาฟาเรนไฮต์
6. รอยต่อระหว่างแผ่นฉนวนโฟลีสไตรีนควรทำเป็นแบบ ต่อตรง (Butt Joint) และ

แบบเขี้ยวร่อง (Shiplap Joint)

7. การใช้ก๊าซฟรียอนในการผสมในฉนวนโฟลีสไตรีนโฟม จะทำให้ตัวฉนวนมีค่าความต้านทานความร้อนสูงกว่าฉนวนโฟลีสไตรีนโฟม แต่การใช้ก๊าซฟรียอนสามารถที่จะแพร่กระจายออกไปได้และมีอากาศเข้ามาแทนที่ ทำให้ค่าความต้านทานความร้อนลดลงประมาณ 50%

การใช้นวนความร้อนประเภทโฟมส่วนมากจะมีการแสดงผลที่ไม่ได้คาดหวังจากการใช้งาน ซึ่งผลในทางลบของ ฉนวนโฟลีสไตรีนจะเกิดการความควบแน่นเป็นบริเวณกว้างในแผ่นบอร์ด , ละลายได้ง่ายเมื่อสัมผัสกับความร้อนและแสงอาทิตย์ ยากที่จะเชื่อมต่อพันธะ ซึ่งสามารถหลีกเลี่ยงได้ หรือใช้ฉนวนประเภทอื่น หรือไม่ก็ในการติดตั้งต้องใช้ความระมัดระวังอย่างสูงและควรใช้ผู้เชี่ยวชาญในการติดตั้ง

3.2.6 ฉนวนใยไม้

ฉนวนเส้นใยไม้เป็นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากไม้ก๊อกสีน้ำตาล , ไม้เนื้ออ่อน , ชานอ้อย หรือ ไม้ก๊อกที่มีน้ำหนักเบา ด้านทานการผ่านของความร้อนและความชื้นได้ แต่ต้องมีการเติมสารกันไฟไว้ด้วย จะนำไปใช้ในงานที่มีอุณหภูมิค่าซึ่งจะมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับฉนวนในอาคารอื่น ๆ เพราะลักษณะทางกายภาพของเนื้อ ไม้คล้ายกับลักษณะของวัสดุฉนวนคือ มีความพรุนอยู่ในตัว และช่องว่างระหว่าง เยื่อไม้จะมีอากาศอยู่ ทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุประเภทไม้จะมีค่าอยู่ระหว่าง $0.25-0.05 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$ โดยเฉพาะแผ่นไม้ก๊อกที่มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำเกือบเท่าวัสดุฉนวน คือ $0.042 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$ การผลิตจะผลิตในลักษณะของแผ่นม้วน หรือ แผ่นแข็ง และนำมาผสมกับปูนซีเมนต์หรือโฟม เพื่อเพิ่มความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์ เช่น แผ่นเซโกลกริต แต่ความนิยมที่จะนำฉนวนใยไม้ไปใช้เป็นฉนวนกันความร้อน ไม่นิยมมากนักเพราะยังไม่มีคำแนะนำในคุณสมบัติด้านการกันไฟและกันความชื้นของวัสดุ จึงไม่นำมาใช้ภายนอกอาคาร แต่ฉนวนใยไม้มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

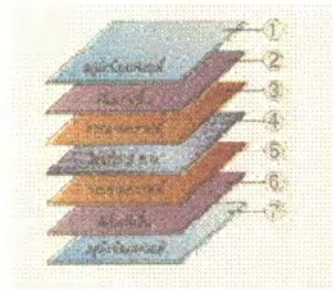
คุณสมบัติในการดูดซับเสียงที่ดี จึงนิยมที่จะนำไปใช้เป็นผนังภายใน เช่น ผนังห้องอัดเสียง , ห้องดนตรี เป็นต้น

3.2.7 แผ่นสะท้อนรังสีความร้อน

รังสีความร้อนที่แผ่จากดวงอาทิตย์เป็นคลื่นแม่เหล็กที่สามารถ ผ่านเนื้อวัสดุต่าง ๆ และจะแปรสภาพเป็นพลังงานความร้อนทันทีที่มีวัตถุมารองรับ โดยเนื้อวัตถุจะดูดกลืนพลังงานความร้อนไว้และเพิ่มความร้อนกับเนื้อวัตถุเองตามคุณภาพของวัตถุแต่ละชนิด ยกตัวอย่างเช่น เฟอร์นิเจอร์เครื่องใช้ต่าง ๆ ที่อยู่ในอาคารจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นและสูงกว่าอุณหภูมิของอากาศโดยรอบ ความร้อนที่เกิดขึ้นจากรังสีความร้อนคลื่นแม่เหล็กจากดวงอาทิตย์นั่นเองที่ผ่านเข้ามากระทบกับวัตถุและ เริ่มแปรเป็นพลังงานความร้อนขึ้นทันที โดยวัสดุต่าง ๆ จะดูดกลืนพลังงานความร้อนนั้นไว้ สิ่งต่าง ๆ เหล่านี้ เป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดความร้อนอบอ้าวขึ้นภายในอาคาร ดังนั้นการเลือกใช้ฉนวนความร้อนประเภทที่สามารถสะท้อนรังสีความร้อน จะช่วยในการลดปริมาณความร้อนที่ผ่านเข้ามาในอาคาร

การใช้ฉนวนความร้อนแบบสะท้อนรังสีความร้อน (Heat Refection) ต่างกับฉนวนความร้อนที่ป้องกันความร้อนโดยวิธีดูดซับ (Heat Insulation) สามารถยกตัวอย่างให้เข้าใจได้ง่าย คือ ในประเทศที่มีอากาศหนาวเย็นมาก มักจะออกแบบอาคาร โดยมีชั้นใยหินหรือใยแก้วเพื่อป้องกันความร้อนจากภายในสูญเสียออกไปและป้องกันความหนาวจากภายนอกเล็ดลอดเข้ามาภายในอาคาร แต่ในประเทศที่มีอากาศร้อน หากออกแบบโดยใช้ระบบเหมือนในประเทศที่มีอากาศหนาวแล้ว ผลที่จะได้รับคือ ความร้อนจะถูกสะสมไว้ในช่องว่างของเส้นใย และจะถ่ายเทความร้อนออกมาซึ่งเป็นการหน่วงความร้อนให้สามารถเข้ามาในอาคารช้าลงและมีปริมาณน้อยลง ดังนั้นการใช้ฉนวนความร้อนแบบสะท้อนแสงจึงทำการสะท้อนรังสีความร้อนมิให้ผ่านเข้ามาในอาคาร

ฉนวนความร้อนประเภทสะท้อนแสงนี้จะประกอบขึ้นด้วยชั้นของฟอยล์หนึ่งชั้นหรือมากกว่า และส่วนประกอบของชั้นอื่น ๆ โดยประสิทธิภาพของฉนวนชนิดนี้จะขึ้นอยู่กับปริมาณแสงที่สะท้อนได้ตลอดช่วงเวลา และความเป็นมันเงาของผิวฉนวน นอกจากการเป็นฉนวนความร้อนแล้ว ยังช่วยในการป้องกันความชื้นของน้ำจากหลังคาทั้งยังป้องกันฝุ่น (มีการเคลือบสารกันการเกาะของฝุ่นละออง) และควันทิจะเข้ามาสู่ภายในอาคาร การติดตั้งฉนวนต้องกำหนดให้มีช่องว่างเหนือแผ่นฉนวนอย่างน้อย $\frac{3}{4}$ นิ้ว เพื่อเป็นช่องในการถ่ายเทความร้อนที่ยังหลงเหลืออยู่เหนือแผ่นฉนวน ทำให้ลดความร้อนที่จะผ่านเข้าสู่อาคาร นอกจากนำฉนวนความร้อนประเภทสะท้อนแสงนี้ไปใช้ในงานหลังคาแล้ว ยังสามารถนำไปใช้ในงานผนังได้อีกด้วย



รูปที่ 3.5 แสดงรายละเอียดของโครงสร้างแต่ละชั้นของฉนวน

โครงสร้างที่สำคัญของแผ่นฉนวนสะท้อนความร้อนมีรายละเอียดดังนี้

ชั้นที่ 1 แผ่นอะลูมิเนียม ชั้นที่ 1 ทำหน้าที่สะท้อนรังสีความร้อน

ชั้นที่ 2 แผ่นฟิล์มกันชื้น ทำหน้าที่ป้องกันความชื้น

ชั้นที่ 3 กระดาษกราฟ ทำหน้าที่ยึดแผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์และเส้นใยให้แข็งแรงรวมทั้งป้องกันแรงปะทะ และลดปัญหาการยืดหดตัวของวัสดุเมื่อได้รับความร้อน

ชั้นที่ 4 ขางมะตอยและใยแก้ว 3 ทาง ทำหน้าที่ช่วยยึด โครงสร้างและเสริมความแข็งแรงของแผ่นสะท้อนแสง ไม่ให้ฉีกขาดได้ง่าย

ชั้นที่ 5 กระดาษกราฟ ทำหน้าที่ยึดแผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์และเส้นใยให้แข็งแรงรวมทั้งป้องกันแรงปะทะและลดปัญหาการยืดหดตัวของวัสดุเมื่อได้รับความร้อน

ชั้นที่ 6 แผ่นฟิล์มกันชื้น ทำหน้าที่ป้องกันความชื้น

ชั้นที่ 7 แผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์ ชั้นที่ 2 ทำหน้าที่สกัดกั้นการแผ่รังสีความร้อนไม่ให้ถ่ายเทลงสู่ด้านล่าง

ฉนวนความร้อนประเภทสะท้อนแสง เป็นวัสดุที่มีเนื้อละเอียด ยึดติดกันแน่นเป็นแผ่นเดียวกัน ด้วยความร้อนและแรงดันสูง ทำให้ไม่เป็นขุยจนจึงสัมผัสด้วยมือได้ ไม่ทำให้เกิดอาการแพ้ ไม่เป็นอันตรายต่อระบบหายใจ จึงปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงานและผู้อาศัยในอาคาร

การพิจารณาประสิทธิภาพของฉนวนสะท้อนแสงต้องคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ ต่อไปนี้

1. ค่าการสะท้อนความแสงที่ผิว (Reflectivity) คือ ค่าแสดงความสามารถของวัสดุที่จะสามารถสะท้อนปริมาณรังสีความร้อนที่ปล่อยออกมาจากวัตถุซึ่งก็คือ ดวงอาทิตย์ คิดค่าเป็นเปอร์เซ็นต์ ในฉนวนสะท้อนรังสีความร้อนค่าการสะท้อนแสงไม่ควรน้อยกว่า 94%

2. ค่าการแผ่รังสีของวัตถุ (Emissivity) คือ การเปรียบเทียบการแผ่รังสีของวัตถุนิดหนึ่ง ที่มีอุณหภูมิค่าหนึ่งเท่ากับ อุณหภูมิของวัตถุดำ (Black Body) ขึ้นหนึ่งพบว่า

$$\frac{E}{Eb} = \varepsilon$$

เมื่อ E = กำลังงานการแผ่รังสีของวัตถุ และ ε = สภาพการแผ่รังสีความร้อน ซึ่งโดยทั่วไป $\varepsilon < 1$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากวัสดุชนิดใด ๆ จะไม่เป็นตัวดูดกลืนรังสีที่สมบูรณ์แบบเท่ากับวัสดุดำ ดังนั้นวัสดุที่มีการแผ่รังสีต่ำจะแสดงถึงความสามารถในหยุดความร้อนไว้ที่ผิวของวัสดุก่อนที่จะยอมให้ผ่านออกไปโดยการแผ่รังสีของวัสดุต่าง ๆ จะแสดงในตารางที่ 3.12

ตารางที่ 3.12 แสดงค่าการแผ่รังสีออกจากวัสดุชนิดต่าง ๆ

ชนิด	ค่าการแผ่รังสีออกจากวัตถุ
อะลูมิเนียม (Aluminium)	0.05
ทองคำ (Gold)	0.02
อิฐผิวมัน (Brick , White Glazed)	0.25
ก้อนกรวด (Gravel)	0.29
คอนกรีต (Concrete)	0.91
อิฐมอญ (Brick Red)	0.88
บล็อกจากคอนกรีต (Brick,Buff,Light)	0.55
หลังคา (built-up)	0.50
กระจก (Glass Polished Plate)	0.94

จากข้อมูลในตารางค่าการแผ่รังสีต่ำที่สุดคือทองคำ แต่ทองคำมีราคาสูงมากจึงไม่เหมาะสมในการเลือกใช้งาน ดังนั้นอะลูมิเนียมซึ่งเป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติรองมาจึงเป็นวัสดุที่เหมาะสมในการนำมาใช้เป็นฉนวนสะท้อนรังสีความร้อน

นอกจากแผ่นสะท้อนที่ผิวเป็นอะลูมิเนียมพอยด์และระหว่างแผ่นอะลูมิเนียมเป็นชั้นของส่วนประกอบดังรูปที่ 3.5 แล้วยังมีผลิตภัณฑ์ที่ระหว่างชั้นของแผ่นอะลูมิเนียมเป็นกระเปาะอากาศที่เชื่อมต่อกันด้วยแผ่นโพลีเอทรีลีน ซึ่งการเปลี่ยนแปลงความร้อนก็จะเป็นไปโดยการถ่ายเทความร้อนซึ่งสามารถยับยั้งได้โดยการช่วยเหลือจากกระเปาะอากาศในแผ่นฉนวน ทำให้ฉนวนดังกล่าวมีคุณสมบัติการกันรังสีความร้อน และป้องกันการสะสมอากาศร้อนในช่องว่างของหลังคาและในบ้าน

ตารางที่ 3.13 แสดงคุณสมบัติของแผ่นสะท้อนรังสีความร้อน

คุณสมบัติ	PARSEC	VINSULATO R	TYVEK	CPAC	DURAFOIL	POLYNUM
ค่าการสะท้อนแสง %	95	95	94	95	95	97
ค่าการแผ่รังสี %	5	5	6	5	5	3
ค่าแรงดึง kN/m	40.7	14.5				7.021
น้ำหนัก kg/m ²	218.12	378				0.377
ค่าการต้านทานไอน้ำ		< 0.0226	0.04	<=0.2	0.04	0.02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.8 ฉนวนเซรามิกชนิดพ่นเคลือบ

ฉนวนเซรามิกเป็นฉนวนกันความร้อนที่นำมาใช้ในงานป้องกันความร้อนจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ ไม่ให้เข้ามาในอาคารบ้านเรือน (Building Thermal Insulation) ลักษณะของฉนวนกันความร้อนชนิดนี้เป็นส่วนประกอบของผงเซรามิกหลายชนิด เช่น barium metabrite , magnesium aluminium silica และ silicates mica และ titanium ผสมอยู่ในสีพวก Terpolymer โดยคุณสมบัติของวัสดุประเภทเซรามิกแล้ว จะมีความสามารถในการทนความร้อนที่อุณหภูมิสูง ๆ ได้ มีค่าการต้านทานความร้อน (Thermal Resistance : R) มาก การนำวัสดุเซรามิกมาเป็นส่วนประกอบของฉนวนกันความร้อน จึงมีความเหมาะสมและมีความแข็งแรง

คุณสมบัติของทั่วไปของฉนวนเซรามิก

- ทำหน้าที่เป็นตัวกันความร้อน
- ไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อม
- สามารถเลือกสีได้ตามต้องการ
- ยึดติดกับพื้นผิวได้ดี ต้องไม่หลุดร่อนง่าย ตลอดอายุการใช้งาน
- กันน้ำทนน้ำขังได้นานระดับหนึ่ง
- ต้องสามารถป้องกันสนิมได้ดี
- ไม่ติดไฟ ไม่เกิดควัน
- ทำความสะอาดได้ง่ายโดยใช้น้ำและสบู่
- รักษาสิ่งปลูกสร้างที่เคลือบให้อยู่ในสภาพที่ดี
- ลดสภาพการเป็นตัวแทนเสียงของวัสดุที่ฉาบเคลือบ ลดเสียงรบกวน

ฉนวนเซรามิกจะลดการแผ่รังสีความร้อนก่อนที่ปริมาณความร้อนทั้งหมดจะเข้าสู่อาคาร เพราะติดตั้งไว้ภายนอกอาคาร ซึ่งเป็นด่านแรกที่ปริมาณความร้อนจะต้องสัมผัส แต่การติดตั้งฉนวนความร้อนไว้ภายในอาคาร ก็เท่ากับมีความร้อนจำนวนหนึ่งสะสมภายในอาคารแล้ว การกำจัดปริมาณความร้อนนั้นออกจากอาคาร จะทำได้ยากขึ้น ตามที่ได้กล่าวข้างต้นแล้วว่ารังสีความร้อนที่แผ่มาจากดวงอาทิตย์โดยตรง ส่วนใหญ่เป็นรังสีอินฟราเรดที่เป็นคลื่นความร้อน ถ้าเปรียบเทียบการลดความร้อนระหว่างการใช้นฉนวนเซรามิก และการใช้สีขาวพ่นพื้นผิว ซึ่งสีขาวมีคุณสมบัติในการสะท้อนคลื่นแม่เหล็กได้ถึง 90-95% แต่จะสะท้อนในช่วงคลื่น อัลตราไวโอเลต (Ultraviolet Ray) และ รังสีที่สามารถมองเห็นได้ (Visbile Ray) ซึ่งมีคลื่นความร้อนอยู่เพียงเล็กน้อย แต่ฉนวนเซรามิกจะสะท้อนในช่วงคลื่น อินฟราเรด ซึ่งเป็นคลื่นความร้อน และปริมาณความร้อนที่เกิดจากการแผ่รังสีมีค่าประมาณ 87-90%ของการถ่ายเทความร้อนทั้ง 3 วิธี ดังนั้นหากสามารถ

ลดปริมาณการแผ่รังสีความร้อนลงได้ ก็สมารถที่จะลดปริมาณความร้อนลงได้เป็นอย่างมาก

ฉนวนเซรามิกใช้ได้กับงานที่ต้องการป้องกันความร้อน โดยอุณหภูมิในการใช้งานไม่ควรเกิน 200 องศาเซลเซียส ($392^{\circ}F$) โดยปกติแล้วเฉพาะผงเซรามิก สามารถทนความร้อนได้ $100^{\circ}C$ ขึ้นไป แต่เมื่อผสมสีอะคริลิกเพื่อสะดวกในการใช้งาน คุณสมบัติของสีทนอุณหภูมิที่เกิน $200^{\circ}C$ ไม่ได้ จึงเป็นข้อจำกัดของฉนวนเซรามิกที่ไม่สามารถใช้งานในที่อุณหภูมิสูงได้ไม่มากนักจึงเหมาะกับการใช้ป้องกันความร้อนจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ที่เข้ามาในอาคาร

การติดตั้งฉนวนเซรามิกจะติดตั้งไว้ด้านนอกอาคาร ที่เป็นพื้นที่รับความร้อนโดยตรง เช่น หลังคา หรือผนังอาคาร ที่รับความร้อนโดยตรง ให้มีความหนาประมาณ 0.3-0.375 มิลลิเมตร เนื่องจากส่วนผสมของเซรามิกจำเป็นต้องมีการผสมสารช่วยในการยึดเกาะ , สารกันความชื้น , สารป้องกันสนิม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของตัวผลิตภัณฑ์

อันตรายที่เกิดจากการติดตั้งฉนวนเซรามิก

- ถ้าสูดดมไอของฉนวนในขณะที่ทำการติดตั้งเข้าไป จะเกิดอาการไอและมีอาการปวดหัว , คลื่นไส้ , มีอาการระคายเคืองที่จมูก ลำคอ และอาจเป็นอันตรายแก่ปอด

- ถ้าสัมผัสกับดวงตาจะเกิดอาการระคายเคืองดวงตาเล็กน้อย

- ถ้าสัมผัสกับผิวหนังจะเกิดอาการระคายเคืองของผิวหนัง ซึ่งจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ

ปริมาณและเวลาที่ถูกสัมผัส

- ถ้ามีการทานเข้าไปจะเกิดอาการระคายเคืองที่ลำไส้ , คลื่นไส้อาเจียน และท้องร่วงอย่าง

รุนแรง

วิธีการปฐมพยาบาลเบื้องต้น

ผิวหนัง : ล้างบริเวณที่สัมผัสด้วยสบู่อุ่นกับน้ำ ขจัดสารที่ตกค้างเป็นบนเสื้อผ้าให้หมดก่อนที่จะนำมาใช้ใหม่

ตา : ล้างด้วยน้ำสะอาดหลาย ๆ ครั้ง กระพริบตาถี่ และนำตัวพบแพทย์ทันที

กลืนกิน : ดื่มน้ำอย่างน้อย 2 แก้วตามทันที และนำตัวพบแพทย์ทันที

สูดดม : ในกรณีที่ไม่รุนแรง ให้เคลื่อนย้ายผู้ป่วยไปในที่ ๆ อากาศบริสุทธิ์

ในกรณีที่จำเป็นอาจต้องให้ออกซิเจนหรือ ทำการผายปอด และนำตัวพบแพทย์ทันที

ตารางที่ 3.14 แสดงคุณสมบัติของฉนวนเซรามิค

คุณสมบัติ	THERMO-SHIELD	ICC	CA
ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนW/m °C	0.027	0.037	-
ความหนาแน่น kg/m³	1.5	-	
ค่าสะท้อนพลังงานแสงอาทิตย์ %	85	86.9	91
ค่าดูดกลืนพลังงานแสงอาทิตย์ %	15	13.1	9
ค่าการคายพลังงานความร้อน	-	0.9	0.94
Tensile Strength (PSI)	615		
ความหนา (มม.)	0.375	0.3	0.3-0.4
อุณหภูมิใช้งานสูงสุด (°C)			
สภาพการติดไฟ	93	ไม่เกิน 100	ไม่เกิน 100
ระดับการกระจายของเปลวไฟ			
ระดับการมีส่วนเป็นเชื้อเพลิง	-	11	5
ระดับการเกิดควัน	-	0	0
การเสื่อมสภาพลดลงจาก	-	0	0
สัตว์จำพวก หนู หมัด นก			
ความชื้น	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
แบคทีเรีย	เล็กน้อย	เล็กน้อย	เล็กน้อย
สภาพอากาศ	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
ลม	ที่อุณหภูมิสูง	ที่อุณหภูมิสูง	ที่อุณหภูมิสูง
ปัจจัยที่กระทบคน (ติดตั้งเสร็จแล้ว)	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
การเป็นพิษ			
กลิ่น	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
การดูดซับเสียง	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
ผลกระทบของอายุต่อ	ดี	ดี	ดี
เสถียรภาพของขนาด	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
สมรรถนะความร้อน	อุณหภูมิสูง	อุณหภูมิสูง	อุณหภูมิสูง
สภาพติดไฟ	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี

3.3 การเปรียบเทียบคุณสมบัติวัสดุฉนวน

จากข้อมูลที่ได้กล่าวมาข้างต้นแล้วนั้น ทำให้สามารถเข้าใจและทำความเข้าใจฉนวนชนิดต่างได้ดียิ่งขึ้น และตารางที่ 3.15 จะเป็นการสรุปเปรียบเทียบค่าความต้านทานความร้อน (R) , ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k) , และความหนาแน่นของฉนวนความร้อน รวมทั้งค่าใช้จ่ายเปรียบเทียบในการนำฉนวนความร้อนไปประยุกต์ใช้งานในอาคาร ซึ่งค่าต่าง ๆ เหล่านี้เป็นตัวชี้ในเบื้องต้นว่าฉนวนชนิดนั้นมีความสามารถในการต้านทานความร้อนเพียงใด และเป็นเครื่องมือในการช่วยเลือกฉนวนความร้อนให้เหมาะสม กับอาคารมากที่สุด และคุ้มค่าแก่การลงทุน

ตารางที่ 3.15 แสดงคุณสมบัติทั่วไปของฉนวนกันความร้อนในอาคาร

ชนิด/ลักษณะฉนวน	k (W/m °C)	ρ (kg/m³)	ค่าใช้จ่ายในการใช้งาน
เส้นใยอัดแผ่นและแบบคลุม			
ใยแก้ว	0.038	24	ต่ำ
ใยหิน	0.036	40	ต่ำ
ลูตไฟลต์			
เยื่อกระดาษ	0.032	56	ปานกลาง
ฉนวนโฟมในที			
โพลียูรีเทน	0.023	36.5	ปานกลาง
โพลีเอทรีน	0.033	33	ปานกลาง
บล็อก, แผ่นอัด			
โพลีสไตรีน	0.0374	1 pcf	ต่ำ
แคลเซียมซิลิเกต	0.15	800	สูง
โพลีเอทรีน	0.033	35	ปานกลาง
สะท้อนรังสีความร้อน			
แผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์	95%	-	ต่ำ
เซรามิคพ่นเคลือบ	86.9%	86.9	ปานกลาง

ตารางที่ 3.16 การสรุปเปรียบเทียบ ข้อดี ข้อเสีย และข้อจำกัดของฉนวนแต่ละชนิด

ฉนวน	ข้อดี	ข้อเสีย	ข้อจำกัด
แคลเซียมซิลิเกต	ไม่ติดไฟ, อุณหภูมิใช้งานสูงสุด, แข็งแล้วคุณภาพทางกายภาพและความร้อนไม่เปลี่ยน	สภาพนำความร้อนปานกลาง, สภาพการซึมผ่านของไอน้ำและดูดซึมน้ำสูง, ราคาแพง ความหนาแน่นสูง	ไม่สามารถใช้ในที่ที่มีน้ำอย่างถาวร, ใช้เป็นฉนวนไม่ได้ดีเมื่อเปียก
ฉนวนเยื่อกระดาษ	ไม่ทำให้เกิดควัน, สภาพการนำความร้อนต่ำ, ไม่เป็นพิษ	ติดไฟ, ราคาแพงต้องผสมสารกันไฟ, สภาพซึมน้ำสูง, อาจยุบตัวตามอายุ	ถ้าติดตั้งไม่ดีค่าความต้านทานจะลดลง, สารกันไฟอาจทำปฏิกิริยากับโลหะ
โพลียูรีเทนโฟม	เป็นฉนวนที่ดี, สภาพการซึมน้ำต่ำ	จะเกิดการแตกตัวเป็นรอยแตกตามอายุงาน ทำให้น้ำเข้าไป ค่าความต้านทานลดลง	ติดตั้งห่างจากแหล่งเพลิง ความร้อนแสงแดด
ใยแก้ว	สภาพนำความร้อนต่ำ, ราคาต่ำ, ไม่ติดไฟ, ค่าการซึมน้ำต่ำ	ตัวประสานอาจถูกไฟ, อากาศเคลื่อนออกที่อาจลดสภาพความต้านทาน, จะเกิดการกรอบและแตกหักตามอายุ, ระบายเคื่องเมื่อสัมผัส	ต้องมีวัสดุหุ้มเพื่อกันไอน้ำเนื่องจากค่าซึมน้ำสูง, จำกัดที่อุณหภูมิปานกลาง
ใยแร่	สภาพนำความร้อนต่ำกันเสียงได้ดี, ไม่เป็นพิษ, ทนอุณหภูมิสูง	วัสดุประสานอาจติดไฟ, อากาศเคลื่อนที่อาจลดค่าความต้านทาน ใช้เปลือกหุ้มผิว	ต้องมีวัสดุหุ้มเพื่อกันไอน้ำเนื่องจากค่าซึมน้ำสูง, จำกัดที่อุณหภูมิปานกลาง
โพลีเอทรีน	ค่าดูดซึมน้ำต่ำ, ไม่ลามไฟ, ไม่มีพิษ, ด้านทานความร้อนดี	ไวต่อแสงแดด, ติดไฟได้	อุณหภูมิใช้งานไม่สูงนัก

ตารางที่ 3.16 (ต่อ) การสรุปเปรียบเทียบ ข้อดี ข้อเสีย และข้อจำกัดของฉนวนแต่ละชนิด

ฉนวน	ข้อดี	ข้อเสีย	ข้อจำกัด
โพลีสไตรีน	สภาพนำความร้อนต่ำ ใช้เป็นตัวฉนวนกัน ชื้น สภาพซึมเข้าไปได้ ของน้ำและดูดซึมต่ำ	ติดไฟ , อุณหภูมิใช้ งานต่ำ	อุณหภูมิใช้งานสูงสุด เพียง 82 °C
เซรามิกฟั่นเคลือบ	มีค่าสะท้อนความร้อน ดี, ช่วยลดการสะสม ของความร้อน ,ค่านำ ความร้อนต่ำ	ติดตั้งยาก, ราคาปาน กลาง, มีสารที่ต้อง ผสมในการติดตั้งมาก	ต้องติดตั้งในเวลาที่ อากาศดีเท่านั้น, ต้อง ใช้ช่างผู้ชำนาญในการ ติดตั้ง ,
แผ่นสะท้อนความ ร้อน	สะท้อนความร้อนได้ สูง, ติดตั้งง่าย น้ำหนัก เบา ,ราคาต่ำ ไม่เป็น พิษ	เมื่อมีฝุ่นเกาะค่า สะท้อนจะลดลง , มีค่า นำความร้อนสูง, ซ้ำรดได้ง่าย	ต้องใช้ช่างผู้ชำนาญใน การติดตั้ง , ส่วนใหญ่ ใช้เฉพาะงานหลังคา

บทที่ 4

การประยุกต์ใช้ฉนวนกันความร้อนในอาคาร

ระบบฉนวนความร้อนและการประยุกต์ใช้งานฉนวน สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ระบบใหญ่ ๆ คือ ระบบฉนวนอาคาร , ระบบฉนวนอุปกรณ์เชิงกล และระบบฉนวนในการประยุกต์ใช้งานเป็นพิเศษ

ระบบฉนวนอาคาร คือ ระบบฉนวนที่ติดตั้งในหรือกับอาคารที่ปิดมิดชิด ประกอบด้วยฉนวนที่ใช้งานกับผนังเพดาน หลังคา พื้น และฐานรากอาคาร เป็นการประยุกต์ใช้งานกับอาคารที่ทำจากโครงสร้างไม้ ตึก หรือ โครงสร้างโลหะ ตามประเภทการใช้งาน ถือเป็นอาคารที่พักอาศัย อาคารพาณิชย์ หรืออาคารทางอุตสาหกรรม

ระบบฉนวนอุปกรณ์เชิงกล เป็นระบบฉนวนที่ใช้งานกับระบบท่อปรับอากาศทั้งการทำความเย็นและความร้อนระบบท่อน้ำเย็น และน้ำร้อน ถึงเก็บ ภาชนะต่าง ๆ และ อุปกรณ์ทางกลอื่นๆ

สำหรับระบบฉนวนในการประยุกต์ใช้งานเป็นพิเศษ เป็นระบบที่นอกเหนือจากระบบทั้งสองที่กล่าวข้างต้น อันได้แก่ สิ่งอำนวยความสะดวกในการเก็บรักษาความเย็น , ห้องปรับอากาศแวดล้อม และงานเรือ เป็นต้น

ในบทนี้จะเป็นการกล่าวถึงการประยุกต์ใช้งานใน 2 รูปแบบแรกเป็นหลัก โดยมีรูปภาพประกอบการติดตั้งระบบเป็นตัวอย่างหลากหลายลักษณะด้วยกัน ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ในสภาพความเป็นจริง หากต้องการจะติดตั้งฉนวนกับระบบใด ๆ อย่างไม่รู้ตาม รูปภาพที่แสดงเป็นเพียงวิธีแนะนำเท่านั้น ผู้ออกแบบสามารถดัดแปลงให้เหมาะสมตามสภาวะที่ต้องการ ตามหน้าที่เฉพาะที่เหมาะสม สภาพอากาศ หรือสภาพทางภูมิศาสตร์ นอกจากนี้ควรปรึกษาดัชนีบริษัทผู้ผลิตสำหรับการใช้งาน และข้อจำกัดที่แตกต่างออกไป โดยเฉพาะการติดตั้งที่มีข้อสงสัยหรือไม่แน่ใจในการปฏิบัติ หรือการติดตั้งที่ต้องการความแน่นอนในการใช้งานสูง เป็นต้น

4.1 ระบบฉนวนอาคาร (Building Systems)

เมื่อฉนวนถูกติดตั้งในหรือกับอาคารที่ปิดมิดชิด ความร้อนที่สูญเสียหรือได้รับมาผ่านอาคารปิดนี้จะกลายเป็นความซับซ้อนยิ่งขึ้นกว่าการคิดเฉพาะฉนวนเพียงลำพัง ชิ้นส่วน โครงสร้าง โดยปกติมีการนำความร้อนมากกว่าตัวอาคารที่หุ้มฉนวนเอง ชิ้นส่วนโครงสร้างโดยทั่วไปอาจเป็นไม้ เหล็กกล้า หรือตึก และฉนวนที่หุ้มอาจจัดวางระหว่างชิ้นส่วนโครงสร้าง หรือผิวด้านในหรือผิวด้าน

นอกของชั้นส่วนเหล่านี้ การจัดวางฉนวนด้านนอกโครงจะช่วยลดผลกระทบของการถดถอยของการถ่ายเทความร้อนผ่านชั้นส่วนโครงสร้าง

ตารางที่ 4.1 แสดงการจำแนกชนิดของฉนวนที่ใช้ในส่วนย่อยของอาคาร การแยกลักษณะฉนวนสำหรับอาคารที่พักอาศัย กับอาคารพาณิชย์/อุตสาหกรรม ออกจากกันเนื่องจากความแตกต่างของโครงสร้างอาคาร

ตารางที่ 4.1 การประกอบฉนวนกับอาคาร

ส่วนประกอบอาคาร	ฉนวนที่ใช้	
	อาคารที่พักอาศัย	อาคารพาณิชย์ / อุตสาหกรรม
หลังคา/เพดาน		
คานโครงสร้างหลังคา	เส้นใยแก้ว, หินอัดแผ่น , ฉนวนเยื่อกระดาษ (เซลลูโลสกลูสฟิลล์) , แผ่นสะท้อนความร้อน	เส้นใยอัดแผ่น ,แผ่นสะท้อนความร้อน , โฟมพ่น
คานบนคานค้ำ	โฟมอัดแผ่น , โฟมพ่น , เซรา-มิกพ่นเคลือบ	เซรามิกพ่นเคลือบ , โฟมพ่น
เพดานแบบกระเบื้อง	แผ่นใยแก้ว, หิน , แผ่นยิปซัม ฉนวนเยื่อกระดาษ , โฟมพ่น เซล โลกริด	อาคารพาณิชย์ : แผ่นใยแก้ว, หิน , แผ่นยิปซัม , ฉนวนเยื่อกระดาษ , โฟมพ่น อุตสาหกรรม : ไม่มี
ผนัง		
โพรคนัง	โฟมพ่น , ฉนวนเยื่อกระดาษ , ใยแก้ว , ใยหิน อัดแผ่น	โฟมพ่น , ฉนวนเยื่อกระดาษ ใยแก้ว , ใยหิน อัดแผ่น
การหุ้มโครงสร้าง	โพลีไธรีน , โพลีเอทรีน , ใยไม้อัดแผ่น	โพลีไธรีน , โพลีเอทรีน แผ่นอัด
ฐานราก	โฟมแผ่นอัด	โฟมแผ่นอัด , ฉนวนใยหินอัดแผ่น
ผนังอาคาร	โพลีเอทรีนอัดแผ่น , ผนังสำเร็จรูป , คอนกรีตบล็อกมวลเบา	ผนังสำเร็จรูป , คอนกรีต บล็อกมวลเบา , วัสดุทนไฟ
พื้น , ฐานราก		
พื้นคอนกรีตหรือฉนวน	โฟมแผ่นอัด ,	โฟมแผ่นอัด
ตามแนวขอบ	ฉนวนใยแก้ว , ใยหิน	ฉนวนใยแก้ว , ใยหิน
พื้นโครงไม้	ฉนวนใยแก้ว , ใยหิน	ฉนวนใยแก้ว , ใยหิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ: ฉนวนอุทฟีลล์ใยแร่ อย่างเช่น เพอร์ไลท์ และเวอร์มิคูไลท์ หรือเม็ดโฟมใช้สำหรับฟิลล์ช่องว่างในคอนกรีตบล็อก

ตารางที่ 4.2 การประกอบฉนวนกับอาคารต่าง ๆ

ฉนวนที่ใช้		ส่วนประกอบอาคาร					
		เหนือคาค้ำ	ใต้หลังคา	ในโพรง	การหุ้มหรือใช้ด้านข้าง	แผ่นคอนกรีต	รอยไม้หรือเหล็ก
ฉนวนแบบอุทฟีลล์	เชิงกระดาน	-	N-R	N-R	-	N-R	N-R
ฉนวนแผ่นแข็ง	ไม้แก้ว/ใยหิน	N-R	-	N	N-R	N-R	N-R
	โพลีเอทรีรีน	N-R	-	N	N-R	N-R	N-R
	โพลีสไตรีน	-	-	N	N-R	N	N
	ใยไม้	N-R	-	N	N-R	-	-
เส้นใยอัดแน่นหรือคลุม	ใยแก้ว	-	N-R	N-R	N-R	-	N-R
	ใยหิน	-	N-R	N-R	N-R	-	N-R
ฉนวนในชั้นงาน	ยูรีเทนโฟม	N-R	N-R	N-R	-	-	N-R
อื่น ๆ	แผ่นสะท้อนความร้อน	N	N-R	-	N	N-R	N-R
	เซรามิกพ่นเคลือบ	N-R	N-R	-	-	N-R	N-R

หมายเหตุ N = ใช้ในโครงสร้างใหม่

R = ใช้ในการปรับปรุงของเดิม

- = ไม่ใช้งาน

สำหรับการพิจารณาการสูญเสียหรือได้รับความร้อนภายในอาคารที่พักอาศัย โครงสร้างอาคารนับเป็นพื้นที่หลักขั้นแรกในการพิจารณา เนื่องจากโครงสร้างเป็นพื้นที่ส่วนใหญ่ของตัวอาคาร คือ ประมาณ 65% ของพื้นที่อาคารทั้งหมดการสูญเสียหรือได้รับความร้อนหลักในอาคารที่พักอาศัยจะเป็นการถ่ายเทผ่าน เพดาน , ผนัง , พื้น , ฝ้าต่าง และประตู และผ่านการแทรกซึม

ตารางที่ 4.3 แสดงระดับของการได้รับความร้อนผ่านพื้นที่ดังกล่าว ในบ้านที่ไม่หุ้มฉนวน และบ้านที่หุ้มฉนวนอย่างดีของบ้านที่ใช้การปรับอากาศสำหรับทำความเย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 การสูญเสียพลังงานสำหรับบ้านที่ใช้การปรับอากาศทำความเย็น (MJ)

การสูญเสียผ่าน	ไม่หุ้มฉนวน		หุ้มฉนวนอย่างดี	
	ชั่วโมงสูญเสียสูงสุด	วัน	ชั่วโมงสูญเสียสูงสุด	วัน
เพดาน	5.8 (18%)	88.6	1.7(7%)	24.2
ผนัง	3.1(10%)	46.4	1.2(5%)	15.7
กระจก				
น้ำและพาความร้อน	2.2(7%)	30.8	2.2(9%)	30.8
แผ่รังสีความร้อน	15.7(49%)	124.7	15.7(60%)	124.7
การแทรกซึม	5.3(16%)	106.9	5.3(19%)	106.9
ภาระทั้งหมด	32.1	369.4	26.1	302.3

จากตารางที่ 4.3 พบว่าการสูญเสียพลังงานแผ่รังสีความร้อนผ่านกระจก , การแทรกซึม และผ่านเพดาน โดยเฉพาะการสูญเสียผ่านเพดานหากมีการหุ้มฉนวนอย่างดีแล้ว การสูญเสียก็จะลดลง สำหรับการสูญเสียผ่านกระจกสามารถจะลดลงได้ด้วยการลดขนาดของหน้าต่าง หรือประตูที่เป็นกระจกลง พบว่ากระจกจะทำให้อุณหภูมิสะสมอยู่ในตัวอาคารมากกว่าปกติถึง 6.8 เท่า

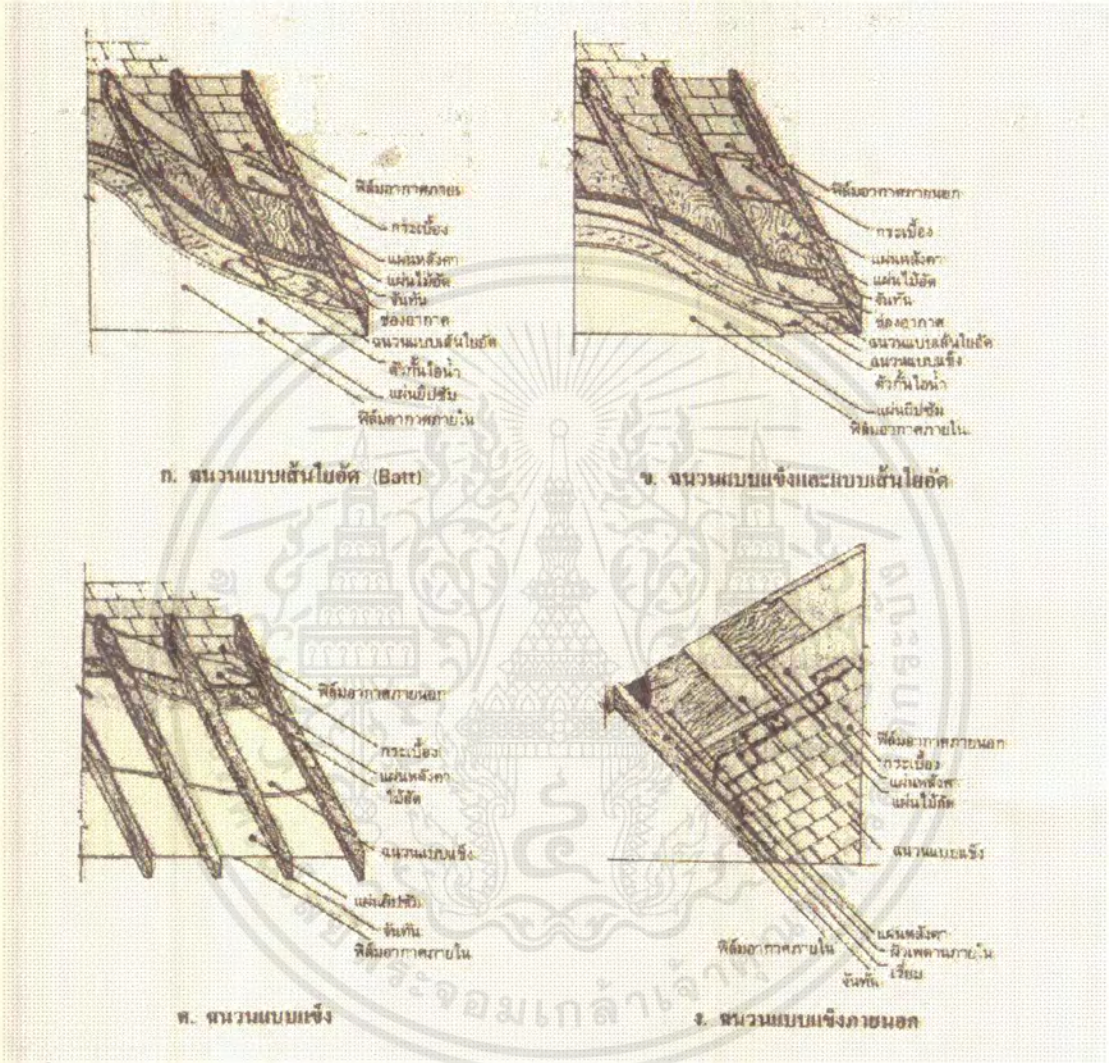
4.2 ฉนวนเพดาน

การหุ้มฉนวนเพดานมีผลทำให้ลดการสูญเสียพลังงานอย่างชัดเจนมาก ซึ่งจะเห็นได้จากตารางที่ 4.2 ในอาคารที่ไม่มีการหุ้มฉนวนเพดาน พลังงานที่สูญเสียผ่านเพดานมีค่ามากถึง 22 % ของพลังงานการสูญเสียทั้งหมดขณะที่เมื่อหุ้มฉนวนเพดานแล้วการสูญเสียจะลดลงเหลือเพียง 8% ของพลังงานการสูญเสียทั้งหมด

สำหรับการออกแบบหุ้มฉนวนเพดานสามารถกระทำได้ 2 ลักษณะคือ เพดานแบบกะชีครอล (Cathedral ceiling) ดังแสดงในรูปที่ 4.1 ซึ่งเป็นลักษณะของเพดานที่ทาบบนหลังคา ในลักษณะมุมเอียงที่เท่ากัน อีกลักษณะหนึ่งคือเพดานแบบให้มีช่องว่างใต้หลังคา ลักษณะนี้การประกอบเพดานจะขนานไปกับพื้นห้องโดยเริ่มจากผนังด้านหนึ่งไปจรดผนังอีกด้านหนึ่ง ดังรูปที่ 4.2 และ 4.3

เพดานแบบกะชีครอล การหุ้มฉนวนจะใช้ฉนวนแบบเส้นใยอัดเป็นแผ่น (รูปที่ 4.1 ก) หรือแบบแผ่นอัดแข็งร่วมกับเส้นใยอัดเป็นแผ่น (รูปที่ 4.1 ข) ถ้าต้องการบังจันทัน (Rafters) ไว้ แต่ถ้าต้องการเผยจันทันออกมาเพื่อความสวยงามฉนวนที่ใช้ระหว่างจันทันอาจเป็นฉนวนแบบแข็ง

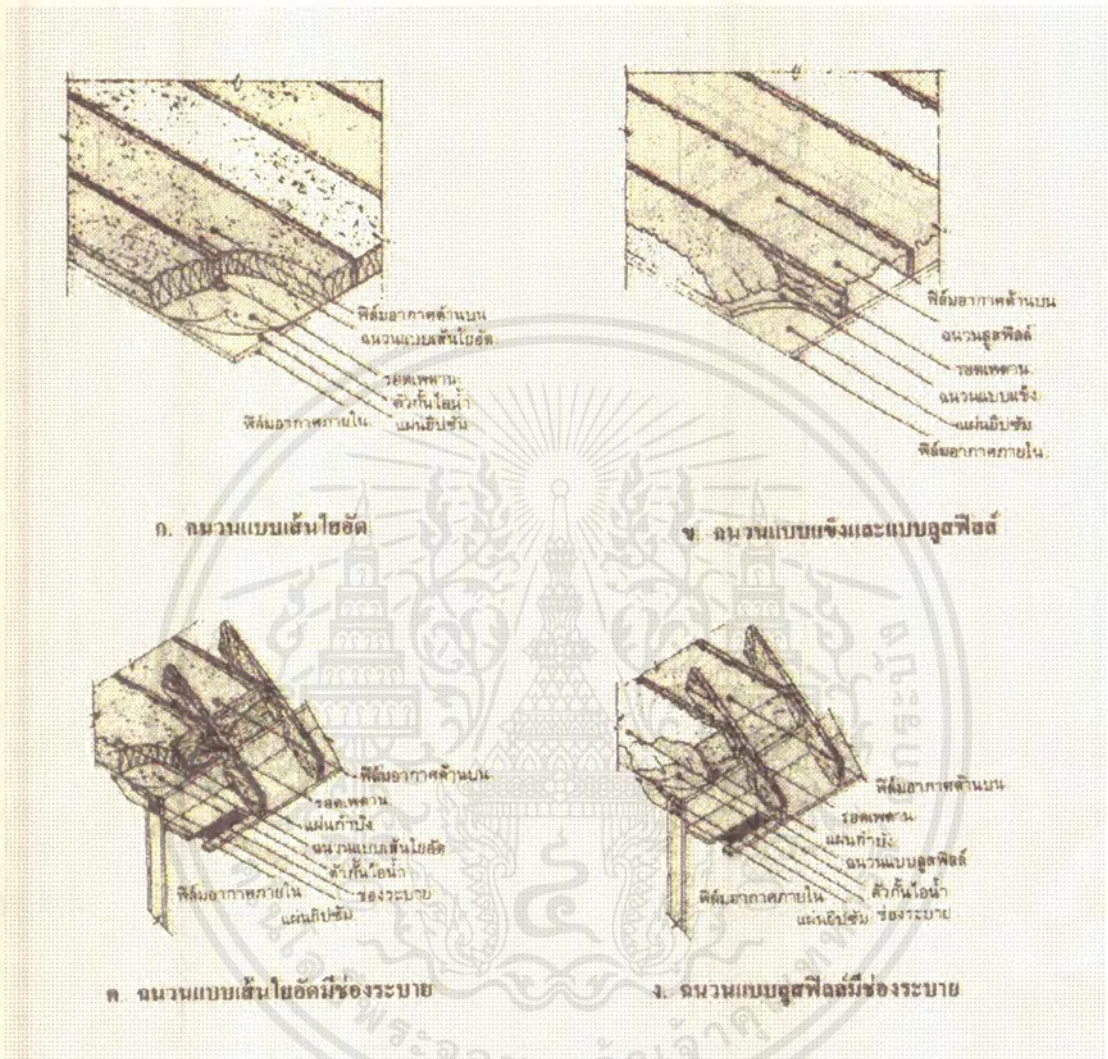
(รูปที่ 4.1 ค) ถัดจากฉนวนออกมาจะปิดทับด้วยแผ่นอัดยิปซัม หรือแผ่นกันเสียง (รูปที่ 4.1 ก, ข และ ค) อย่างไรก็ตามก็ควรพิจารณาการเผยจันทันออกมา อาจใช้ฉนวนแบบแข็งอยู่ด้านบนเพดานแบบกระเบื้องก็ได้ด้วย ดังรูปที่ 4.1 ง ซึ่งวิธีนี้จะไม่กระทบต่อการตกแต่งภายใน



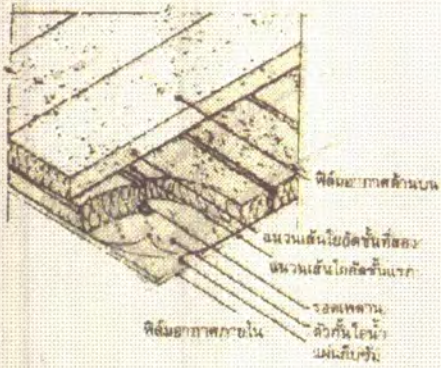
รูปที่ 4.1 เพดานแบบกระเบื้อง

ส่วนการหุ้มฉนวนแบบประกอบเพดานขนานกับพื้นห้อง ฉนวนที่ใช้อาจเป็นแบบเส้นใยอัดเป็นแผ่น หรือแบบลูสฟิลต์ติดตั้งระหว่างช่องของจันทัน (รูปที่ 4.2 ก และ ข) เพื่อให้จะให้ความชื้นระบายออกมาได้ จะต้องมียังช่องระบายซอฟฟิต (Soffit vent) บริเวณใต้ชายคาด้วย (รูปที่ 4.2 ค) ในกรณีที่หากต้องการให้มีสภาพด้านทานความร้อนเพิ่ม เป็นพิเศษอาจใช้แผ่นหุ้มหรือฉนวนแผ่นอัดแข็งเสริมได้จันทันเข้ามาอีกได้ (รูปที่ 4.2 ค) หรืออาจใช้ฉนวนแบบเส้นใยอัดเป็นแผ่นหรือ ลูสฟิลต์เสริมทางด้านบนของฉนวนชั้นแรก หรืออาจใช้ฉนวนแบบเส้นใยอัดเป็นแผ่นเสริมความหนาให้มากเป็นพิเศษ (รูปที่ 4.3 ค) สำหรับการเสริมฉนวนแบบเส้นใยอัดเป็นแผ่นเพิ่มเข้ามาอีกชั้นหนึ่ง เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

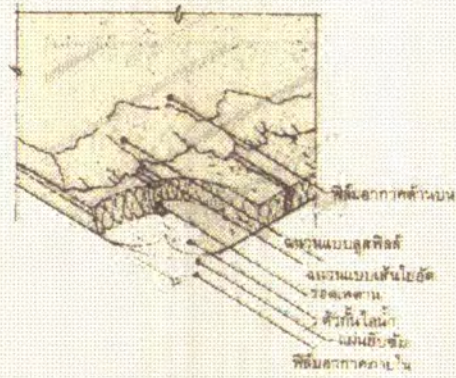
ชั้นที่เพิ่มเข้ามาจะติดตั้งในลักษณะตั้งฉากกับฉนวนแผ่นแรก ถ้าไม่มีคานโครงหลังคา (Truss) ขวางกัน (รูปที่ 4.3 ก)



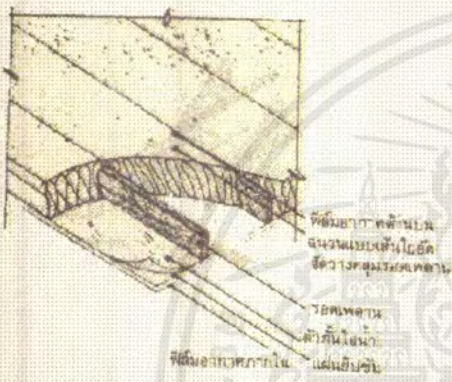
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



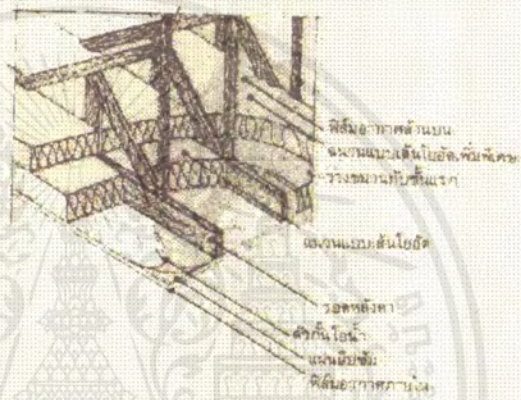
ก. ฉนวนแบบเส้นใยอัดชั้นที่สอง ตั้งฉากกับรอยต่อแผ่น



ข. ฉนวนแบบจุดฟิล์มอีกหนึ่งชั้น บนฉนวนแบบเส้นใยอัด



ค. ฉนวนแบบเส้นใยอัดหนาพิเศษ

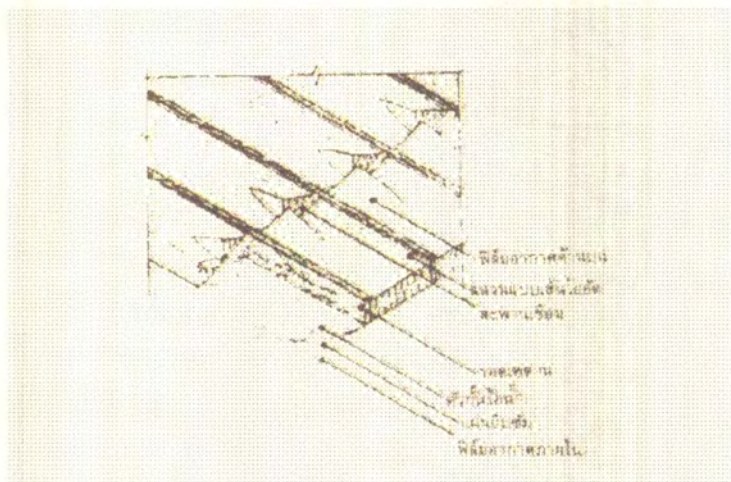


ง. ฉนวนแบบเส้นใยอัดชั้นที่สองขนานกับชั้นฉนวนระหว่างคานโครงหลังคา

รูปที่ 4.3 เพดานแบบมีช่องใต้หลังคา - B (Frame Ceilings - B)

กรณีหากโครงสร้างรอยด (Joist) เพดานมีสะพานต่อเชื่อมอยู่ด้วย ฉนวนแบบเส้นใยอัดแผ่นที่ใช้ควรถูกผ่าแยกออกตรงบริเวณคร่อมสะพาน และเก็บปลายไว้ได้และบนสะพานเพื่อคงความต่อเนื่องของชั้นฉนวน (รูปที่ 4.4)

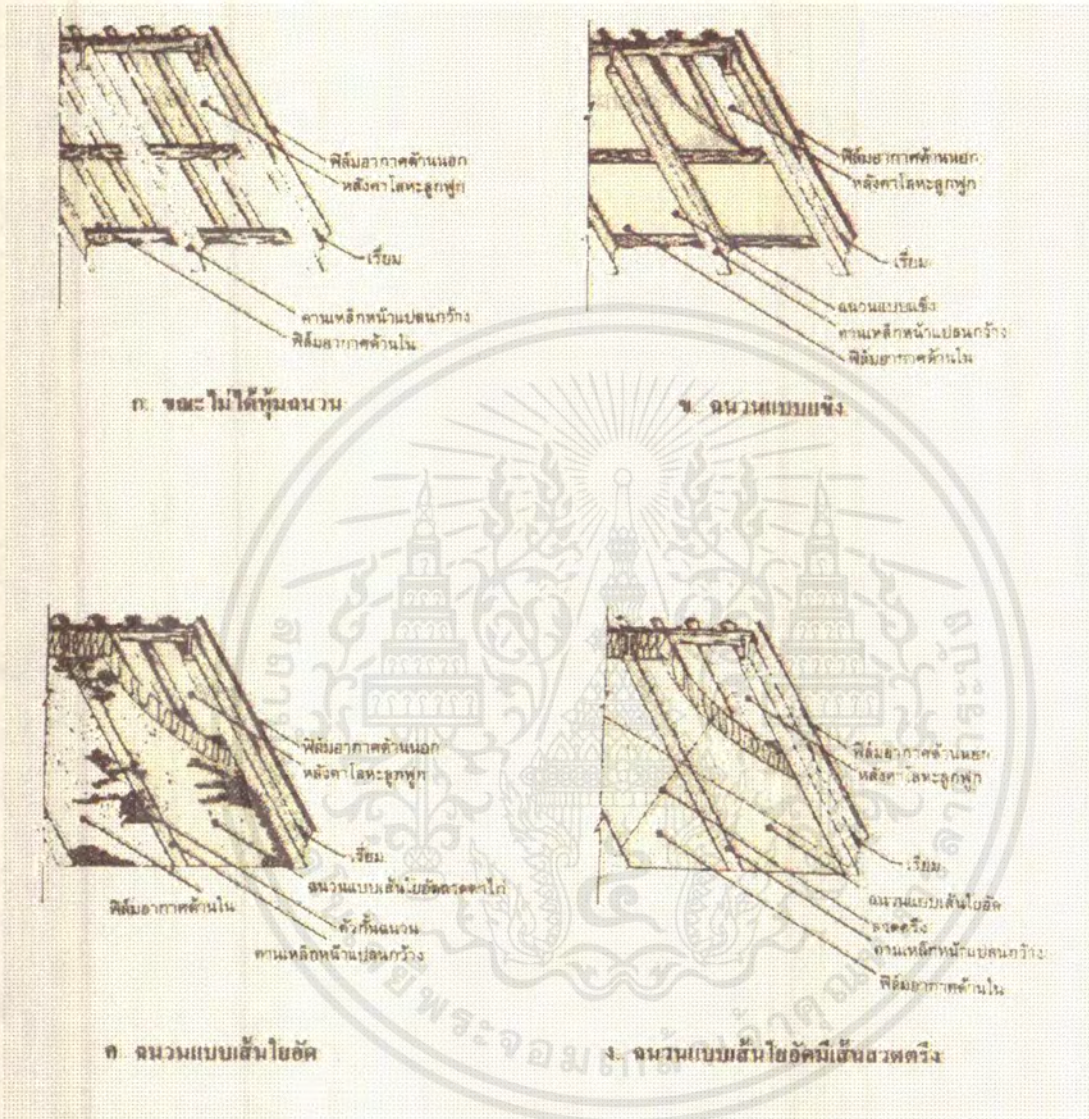
ถ้าหากกรณีหากมีการติดตั้งอุปกรณ์ส่องสว่าง เช่น หลอดไฟ หรือ อุปกรณ์ไฟฟ้าอื่น ๆ การติดตั้งฉนวนควรให้มีระยะห่างจากอุปกรณ์เหล่านี้อย่างน้อย 8 ซม. เพื่อที่จะให้อากาศโดยรอบกระจายความร้อนออกไป เพื่อป้องกันความร้อนขึ้นสูงเกินขนาด (รูปที่ 4.5) นอกจากนี้ การหุ้มฉนวนกับอุปกรณ์ไฟฟ้าโดยตรงอาจทำให้เกิดไฟไหม้ขึ้นมาได้ หากไม่มีการออกแบบฉนวนเพื่อป้องกันไฟไหม้ที่ดีพอ



รูปที่ 4.4 การติดตั้งฉนวนที่มีสะพานเชื่อมรอยต่อ

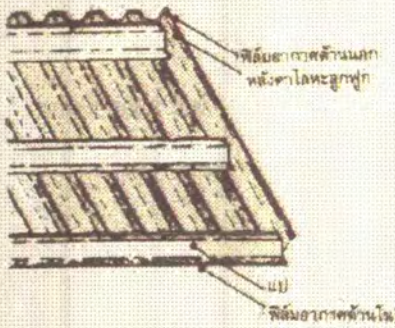


รูปที่ 4.5 การติดตั้งฉนวนใกล้อุปกรณ์ไฟฟ้า

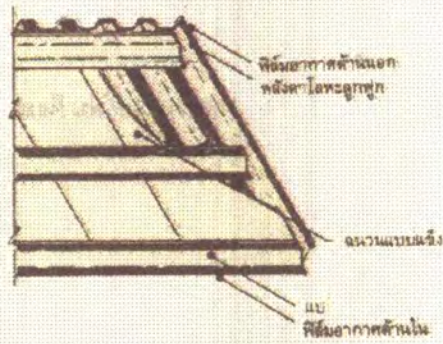


รูปที่ 4.6 เพดาน โครงสร้างโลหะ - A

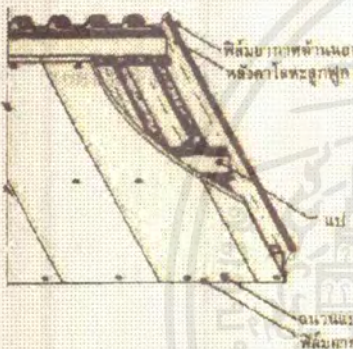
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



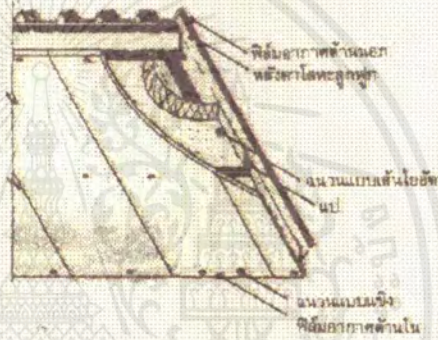
ก. โครงสร้างแบบแปไม่หุ้มฉนวน



ข. ฉนวนแบบแข็งวางบนแป



ง. ฉนวนแบบแข็งวางใต้แป

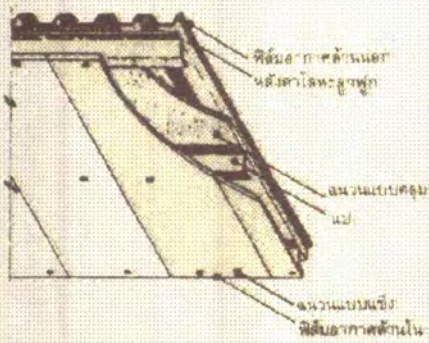


จ. ฉนวนแบบแข็งและแบบฉนวนใยแก้ว

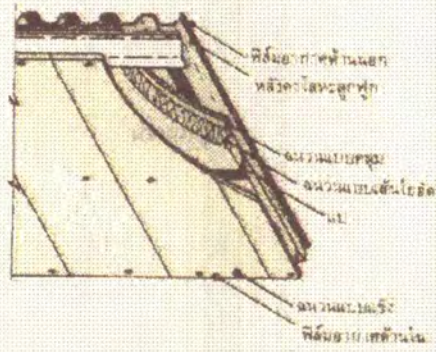
รูปที่ 4.7 เพดานโครงสร้างโลหะ - B

หลังคาโรงงานอุตสาหกรรมโดยทั่วไป มักนิยมใช้โครงสร้างโลหะเพื่อความแข็งแรงทนทาน (รูปที่ 4.6 ก และ 4.7 ก) การหุ้มฉนวนสามารถหุ้มด้วยแผ่นอัดแข็ง (รูปที่ 4.6 ข และ 4.7 ข และ ค) แบบเส้นใยอัดเป็นแผ่น (รูปที่ 4.6 ค) แบบคลุม (รูปที่ 4.8 ก) หรือแบบผสมของทั้งสามชนิดนี้ (รูปที่ 4.7 ง และ 4.8 ข) และบางกรณีอาจใช้ฉนวนเป็นแบบสเปรย์บนฉนวน (รูปภาพที่ 4.8 ค) ด้วย

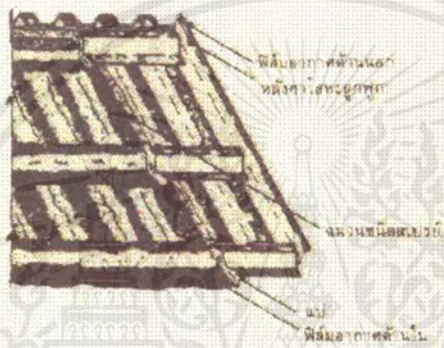
อนึ่ง หากฉนวนที่ใช้เป็นฉนวนแบบโฟม พึงระวังว่าอัตราการเกิดอันตรายจากไฟไหม้ อาจจำกัดการใช้งานฉนวนประเภทนี้ในบางกรณีได้



ก. ฉนวนแบบคลุมวางบนแป



ข. ฉนวนแบบแข็ง แบบแผ่นใยสังเคราะห์ และแบบ EPS

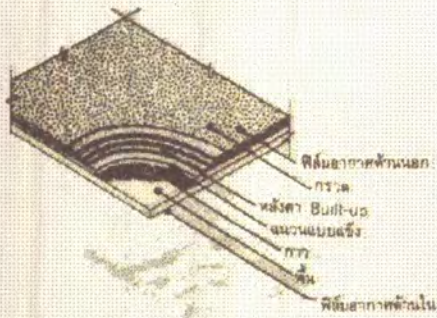


ค. ฉนวนสปรอยบนผิวใต้หลังคา

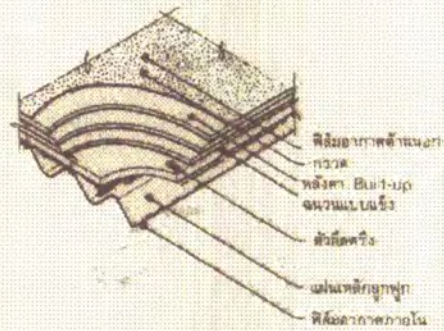
รูปที่ 4.8 เพดานโครงสร้างโลหะ - C

4.3 ฉนวนหลังคา

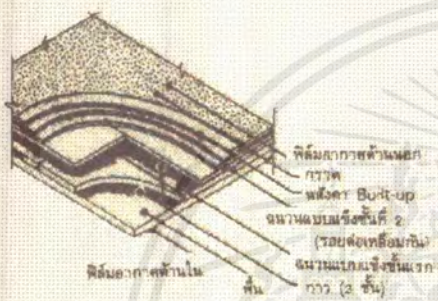
หลังคาที่ไม่ได้หุ้มฉนวน เมื่อได้รับรังสีความร้อน หลังคาจะดูดซับความร้อนกักเก็บไว้เป็นจำนวนมาก ทำให้อุณหภูมิของผิวหลังคาสูงขึ้นมาก อาจมากกว่าอุณหภูมิของอากาศภายนอกในช่วงวันที่ร้อนมาก ๆ ถึง 15 องศาเซลเซียส ซึ่งมีผลทำให้อุณหภูมิภายในห้องที่ไม่มีการปรับอากาศอาจสูงกว่าอุณหภูมิบรรยากาศขณะนั้นอีก การหุ้มฉนวนหลังคาจะช่วยลดทอนสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้ไปได้มาก เนื่องจากฉนวนจะช่วยลดทอนความร้อนที่จะแผ่เข้าสู่อาคาร สะท้อนรังสีความร้อนบางส่วนกลับและไม่เป็นตัวกักเก็บความร้อนไว้



ก. หุ้มฉนวนปกติ



ข. หุ้มฉนวนบนหลังคาโลหะ



ค. หุ้มฉนวน 2 ชั้น



ง. หุ้มฉนวนบนหลังคาโลหะ 2 ชั้น

รูปที่ 4.10 หลังคาแบบ Built-up หุ้มฉนวน

ฉนวนความร้อนที่นำมาติดตั้งในระบบหลังคาลักษณะดังกล่าวจะช่วยลดปริมาณการสูญเสียพลังงาน(ความร้อนหลังคาได้เป็นอย่างมาก) อย่างไรก็ตามพบว่าการเพิ่มความหนาของฉนวนมากขึ้น จะเพิ่มความเสียหายแก่หลังคาแบบนี้เนื่องจากแผ่นเยื่อหลังคา (Membrane) ด้านบนของฉนวนถูกนำไป อยู่ภายใต้อุณหภูมิที่รุนแรงมากกว่า นอกจากนี้ผลต่างอุณหภูมิระหว่างผิวด้านบนและด้านล่างของฉนวน ที่มีค่ามากจะเป็นสาเหตุให้ฉนวนผิวด้านบนเกิดการขยายตัวของวัสดุที่แตกต่างกัน ซึ่งเป็นการเพิ่มความเครียดต่อแผ่นเยื่อหลังคาด้วย แต่ก็ยังไม่พบแหล่งที่ยืนยันว่าอายุการใช้งานหลังคาที่หุ้มฉนวนจะสั้นลง

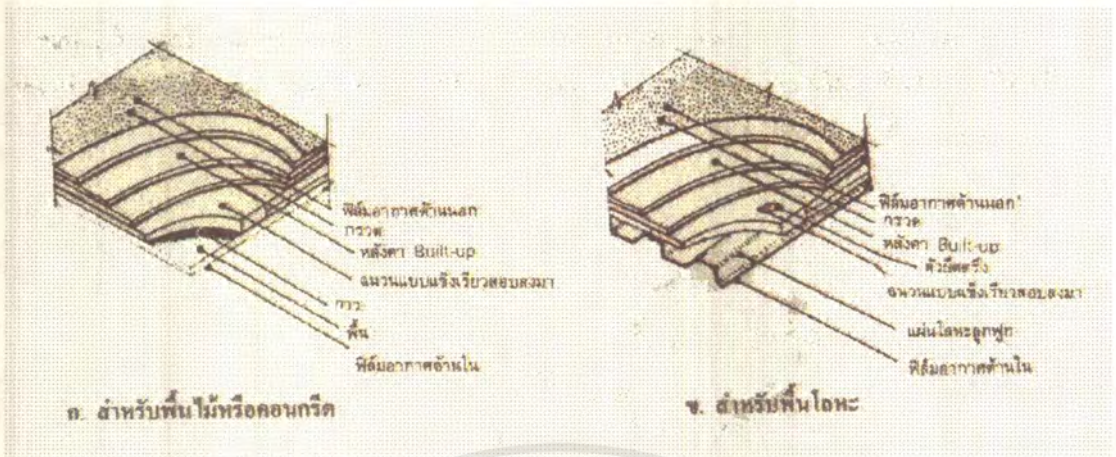
สภาพการคุกกร่อน (หรือสี) ของพื้นผิวหลังคาพบว่ามีค่าสำคัญมากกว่าความหมายของฉนวนในการหาอุณหภูมิพื้นผิวหลังคา ประมาณว่าอุณหภูมิจะเพิ่มมากขึ้นระหว่าง 14-16 องศาเซลเซียส ระหว่างหลังคาสีขาวและหลังคาสีดำ โดยไม่ว่าหลังคาจะหุ้มฉนวนหรือไม่

เนื่องจากช่วงอุณหภูมิที่กว้างของหลังคาแบบ Built-up ฉนวนจึงต้องมีสัมประสิทธิ์การขยายตัวน้อยกว่าของแผ่นหลังคา ซึ่งแนะนำว่าประมาณหนึ่งในสี่ของสัมประสิทธิ์การขยายตัวของแผ่นเยื่อหลังคา

ความเค้นเฉือนระหว่างคานฟ้าและ ฉนวนอาจเป็นสาเหตุให้ฉนวนหลุดออกมาจากคานฟ้าได้ ในบางกรณีดังนั้น การศึกษาน้ำหนักดินที่ใช้ควรมีความทนแรงเฉือนที่ยอมรับได้สัมพันธ์กับ คานฟ้า ฉนวนและวัสดุแผ่นเยื่อหลังคาที่ใช้ในหลังคา นอกจากนี้อุณหภูมิการใช้งานอาจมีผลกระทบต่อคุณสมบัติเหล่านี้ จึงควรมีการควบคุมอย่างระมัดระวัง

วัสดุฉนวนสำหรับหลังคาแบบ Built-up ได้แก่ โยแกวแบบแข็งหุ้มผิวหน้าด้วยกระดาษแอสฟัลต์ แผ่นยูรีเทนเคลือบแอสฟัลต์, โยแกว, อะลูมิเนียมแผ่นบาง หรือโพลีเอทรีนหุ้มผิวหน้าด้วยกระดาษ โพลีสไตรีนแผ่นอัด โพลีไอโซไซยานูเรต แผ่นหุ้มผิวหน้าด้วยแอสฟัลต์-แรย์ซิน หรือโลหะแผ่นบาง ฟิโนลิกโฟมแผ่นอัด และเพอร์ไรต์แผ่นอัด นอกจากนี้สามารถใช้แทนวัสดุผสม คือ ยูรีเทน/เพอร์ไรต์ เพอร์ไรต์/ยูรีเทน/เพอร์ไรต์ โยแกว / ยูรีเทน และ ไอโซไซยานูเรต/เพอร์ไรต์ สำหรับการยึดฉนวนให้แน่นหนา กับคานฟ้าเหล็กกล้าด้วยแอสฟัลต์ร้อนจะต้องใช้เวลาแอสฟัลต์ประมาณหนึ่งวันสำหรับการแข็งตัวเพื่อป้องกันการลื่นไถล ส่วนการที่มีแอสฟัลต์เป็นตัวหลักจะต้องการการบ่มหลายวันถึงหลายอาทิตย์ ขึ้นอยู่กับชนิดของฉนวน หากเป็นยางไม้ที่มีตัวทำลายเป็นตัวหลักจะทำลายโพลีสไตรีนโฟม จึงไม่ควรใช้กับฉนวนที่เป็นโพลีสไตรีนโฟม

ความชื้นที่เกิดขึ้นในชั้นหลังคาถือว่าเป็นปัญหาคอนเดน ปัญหาที่สัมพันธ์กับความชื้นจะรวมปัญหาที่เกี่ยวกับการสูญเสียความแข็งแรง และการเปลี่ยนแปลงขนาดของวัสดุหลังคา การกัดกร่อน การชะล้าง การพองตัว การเน่าเปื่อยพุพองของวัสดุอินทรีย์ และการเจริญเติบโต ของแอลจี รา และ ฟังไจ รวมทั้งการเกิดน้ำขังเนื่องจากผลของการระบายที่ไม่ดีพอของหลังคาสามารถเร่งให้ปัญหาเหล่านี้เกิดขึ้นได้มากยิ่งขึ้น วัสดุหลังคาและฉนวนที่อึดตัวไปด้วยน้ำจะทำให้สภาพนำความร้อนเพิ่มขึ้นด้วย สำหรับการแก้ปัญหาการขังตัวของน้ำบนหลังคาที่ราบสามารถควบคุมได้ด้วยระบบฉนวนที่เรียวสอบลงมาเพื่อช่วยในการระบายน้ำที่เหมาะสม รูปที่ 4.11



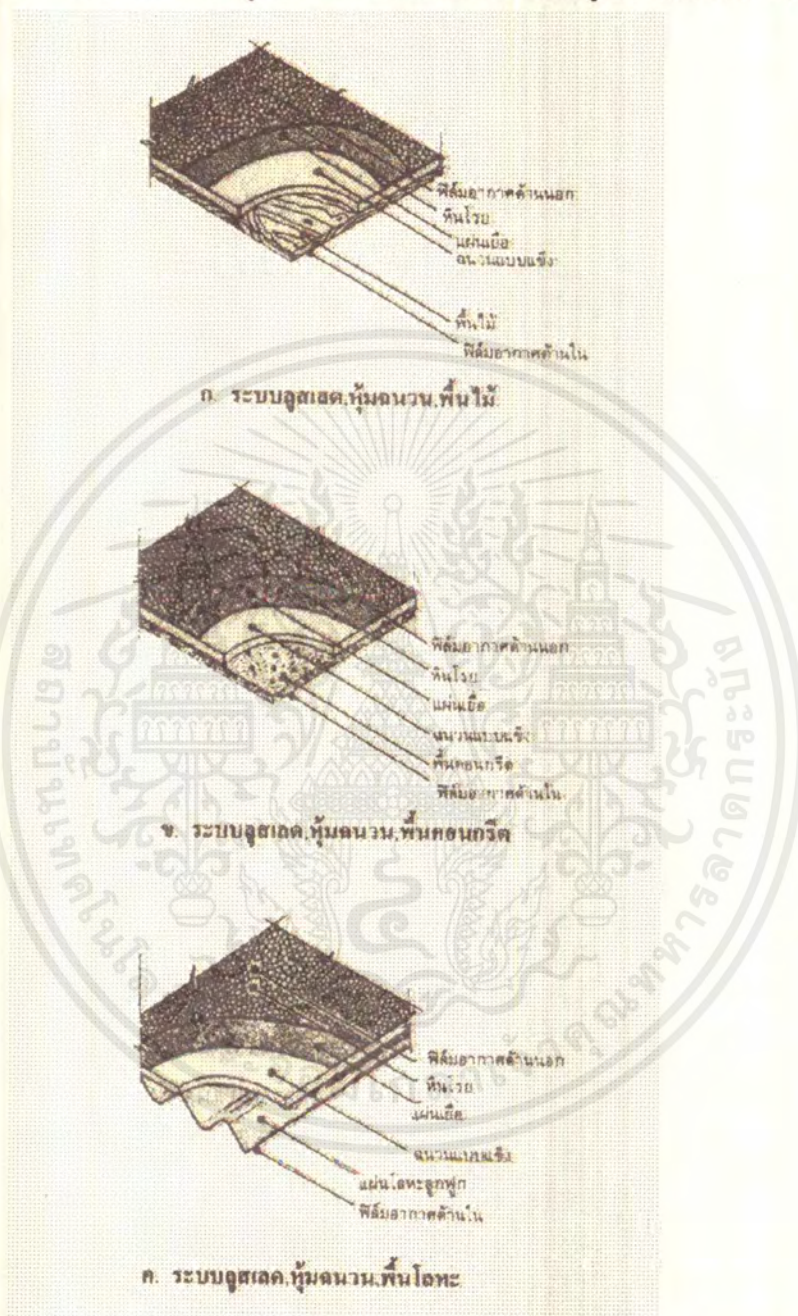
รูปที่ 4.11 หลังคา Built-up ที่เรียวยอดลงมา



รูปที่ 4.12 หลังคาแบบ แผ่นเยื่อชั้นเดียว

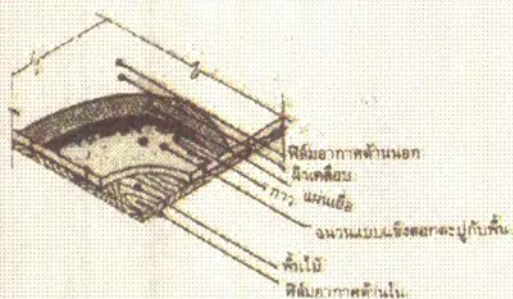
นอกเหนือจากหลังคาแบบ Built-up แล้วหลังคาที่ได้รับความนิยมอีกรูปแบบหนึ่งคือ หลังคาแบบแผ่นเยื่อชั้นเดียว Single-ply membrane roof ดังรูปที่ 4.12 ระบบหลังคาแบบนี้จะใช้แผ่นวัสดุแผ่นเดียววางทับบนคานาหลังคา โดยมี ชั้นของแอสฟัลต์และสารเคลือบผิวหน้าอื่น ๆ เคลือบทับอีกที โดยการประกอบแผ่นเยื่อหลังคาสามารถประกอบได้ 2 ลักษณะ คือ อาจยึดติดด้วยกาว และมีผิวเคลือบสำเร็จ เคลือบทับ หรือใช้สกรูทาบ (รูปที่ 4.13 ข) ลักษณะนี้เรียกว่าระบบติด (Attached System) อีกลักษณะหนึ่งคือ การใช้วัสดุที่มีน้ำหนักมากกดทับแผ่นเยื่อไม้ ซึ่งโดยทั่วไปจะใช้หินผิวเรียบที่มีน้ำหนักประมาณ 50 kg/m ลักษณะนี้เรียกว่าระบบลูสเลด (Loose-laid System) (รูปที่ 4.12 ก) ระบบลูสเลดนี้นับว่าเป็นระบบที่ทำให้สูญเสียการปกป้องแผ่นเยื่อหลังคาจากไฟไหม้ลม และรังสีอุลตราไวโอเลตได้ โดยที่หากมีลมแรงหรือคนงานสามารถทำให้หินกรวดเคลื่อนที่ไปรวมกันเป็นกระจุก อย่างไรก็ตาม หากมีการตรวจสอบอยู่เสมอก็จะแก้ปัญหานี้ไปได้ สำหรับวัสดุแผ่นเยื่อหลังคาที่ใช้ได้แก่ โพลีไวนิลคลอไรด์ (PVC) PVC/เสริมไนลอน/ทับ PVC คลอริเนตต์โพลีเอทิลีน (CPE) CPE/เสริมโพลีเอสเตอร์/ทับ CPE และวัสดุผสมเอทีนกลิน น้ำมันดิน เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฝุ่นแอนทราไซต์ อาจมี หรือไม่มีการเสริมด้วยใยแก้ว สำหรับการหุ้มฉนวนหลังคาแบบนี้จะใช้ ฉนวนแบบแผ่นแข็งสอดแทรกทับอยู่กับฉนวนฟ้ายหลังคาคงแสดงใน รูปที่ 4.13 และ 4.14

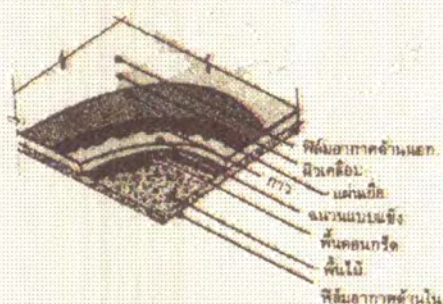


รูปที่ 4.13 หลังคาแบบ แผ่นเยื่อซ้อนด้วยฉนวนลักษณะระบบ ฉนวน

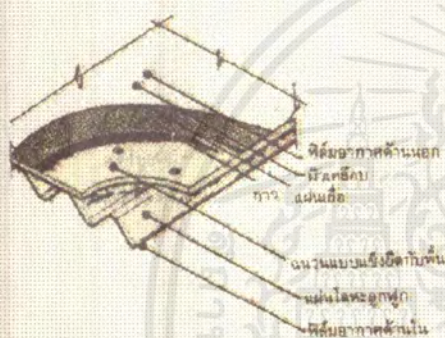
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก. ระบบติดหุ้มฉนวนพื้นไม้



ข. ระบบติดหุ้มฉนวนพื้นคอนกรีต



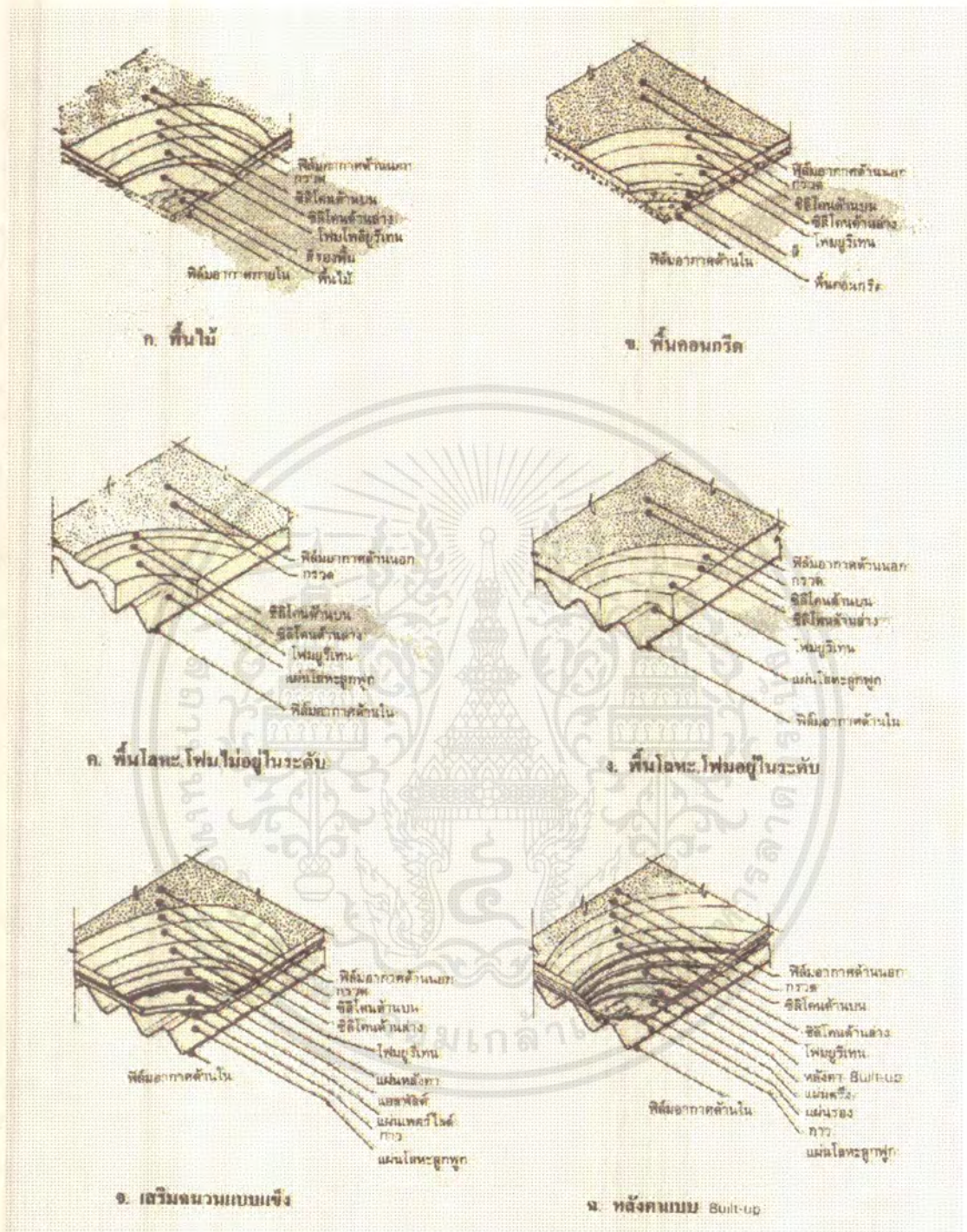
ค. ระบบติดหุ้มฉนวนพื้นโลหะ



ง. ระบบติดหุ้มฉนวนพื้นโลหะอีกลักษณะหนึ่ง

รูปที่ 4.14 หลักการแบบ แผ่นเยื่อปูซ้อนด้วยฉนวนลักษณะระบบติด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.15 หลังคา โพลียูรีเทน

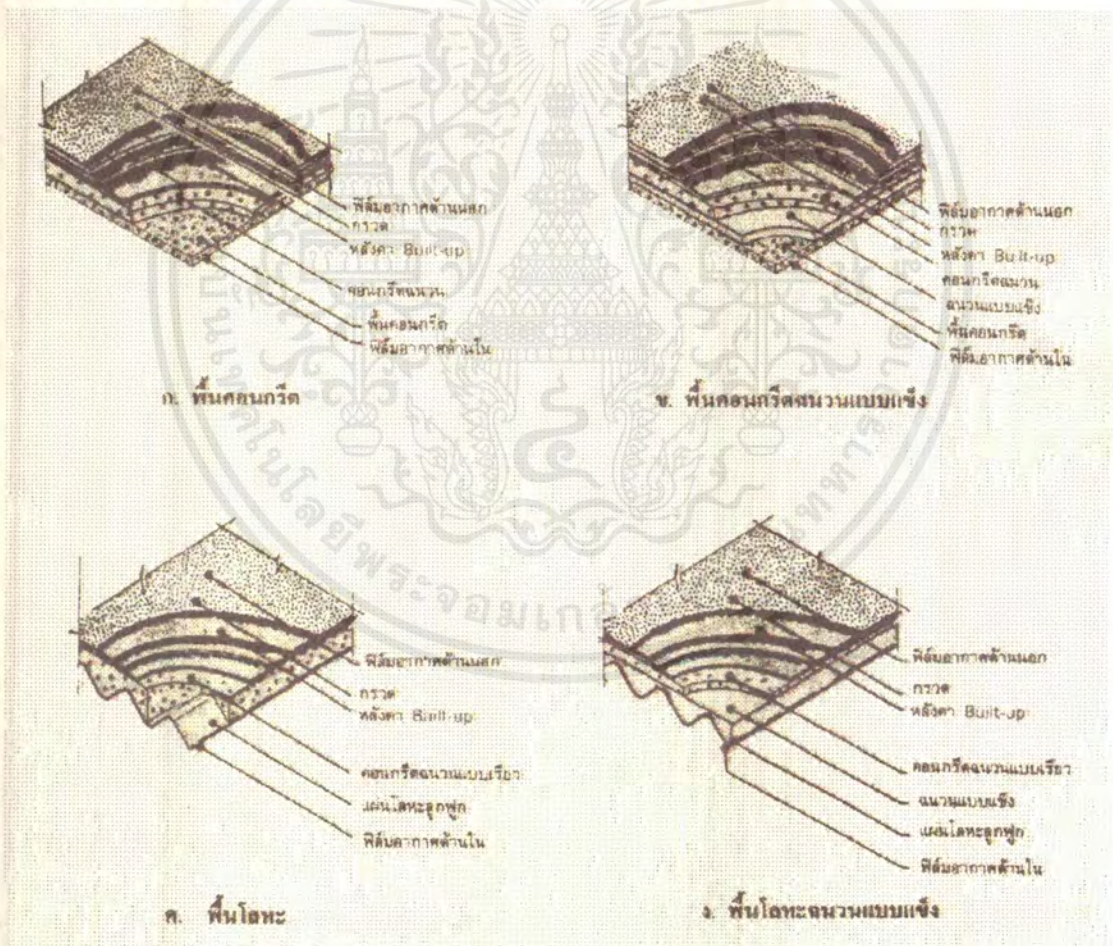
ระบบฉนวนหลังคาในรูปแบบอื่น ๆ ที่น่าสนใจอีกคือ ระบบหลังคาซิติโคนยูรีเทน ระบบหลังคาคอนกรีตเพอร์โลดหรือเวอร์มิคูโลด และระบบฉนวนหลังคาโลหะ ระบบหลังคาซิติโคนยูรีเทนเป็นลักษณะฉนวนชั้นโพลียูรีเทนที่สเปรย์บนชิ้นงาน คือ ฝ้าเพดาน หลังคา ปิดทับด้วยยางซิติ-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอนสเปรย์ทับชั้นหนึ่งหรือสองชั้น ดังแสดงในรูปที่ 4.15 ซึ่งเป็นลักษณะของหลังคาแบบนี้ในรูปแบบต่าง ๆ

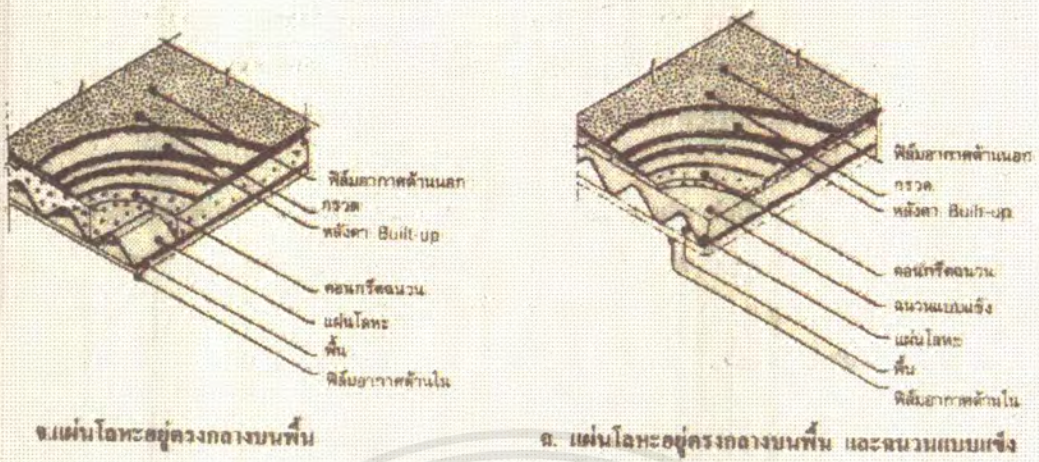
ระบบหลังคาคอนกรีตเพอร์ไลต์ หรือ เวอร์มิคูไลต์ เป็นระบบฉนวนหลังคาประเภทคอนกรีตน้ำหนักเบาที่ใช้กับคาน้ำหลังคาแบบคอนกรีต หรือหลังคาโลหะ สามารถออกแบบการวางตัวของฉนวนได้เป็น 2 ลักษณะ คือ ฉนวนหล่อทับบนคาน้ำหลังคา (รูปที่ 4.16 ก ,ค และ จ) หรือฉนวนหล่อทับบนฉนวนโพลีสไตรีนแผ่นอัดอีกทีหนึ่ง (รูปที่ 4.16 ข ,ง และ ฉ) โดยแบบหลังคาอาจเป็นลักษณะฉนวนคลุมทับหลังคาแบบ built-up อีกทีหนึ่งก็ได้ (รูปที่ 4.16 ข) ซึ่งใช้กับการทำหลังคาใหม่จากหลังคาเดิม

สำหรับระบบฉนวนหลังคาโลหะใช้ฉนวนใยแก้วแบบเส้นใยอัดเป็นแผ่น และแบบคลุมจั่ววางด้านบน และหรือวางระหว่างรอยรองรับโลหะหรือแป (รูปที่ 4.17)



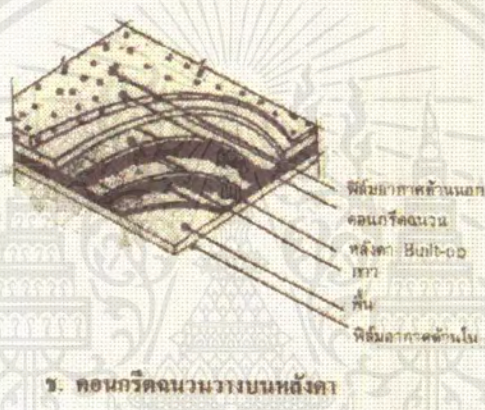
รูปที่ 4.16 หลังคาคอนกรีตน้ำหนักเบา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



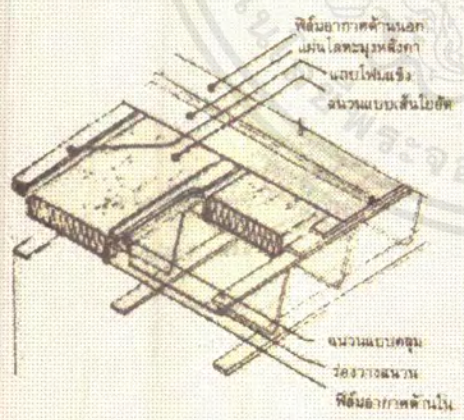
จ. แผ่นโลหะอยู่ตรงกลางบนพื้น

ด. แผ่นโลหะอยู่ตรงกลางบนพื้น และฉนวนแบบแข็ง

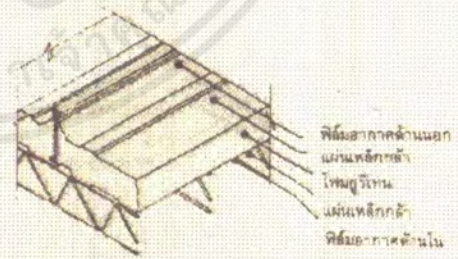


ข. คอนกรีตฉนวนวางบนหลังคา

รูปที่ 4.16 (ต่อ) หลังคาคอนกรีตน้ำหนักเบา



ก. แบบคดุมและฉนวนฉนวน



ข. แผ่นฉนวนถึงส่วนเว้ารูป

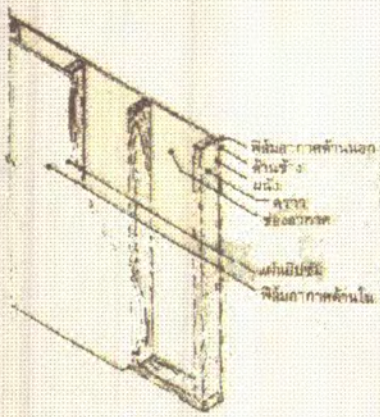
รูปที่ 4.17 หลังคาแผ่นเหล็กกล้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

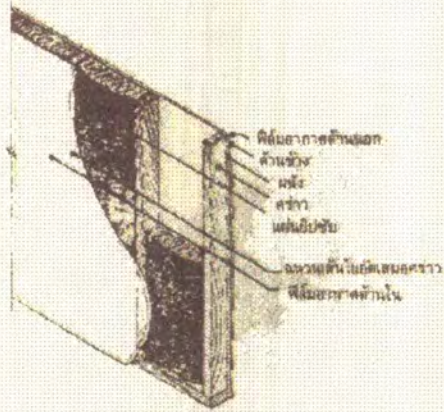
4.4 ฉนวนผนัง

ผนังประกอบด้วยวัสดุและพื้นผิวที่มีสภาพด้านทานความร้อนอยู่ข้างแล้ว ดังนั้นการเพิ่มฉนวนให้กับผนังที่ยังไม่ได้หุ้มฉนวน จึงไม่ลดการสูญเสียพลังงานมากเท่ากับที่ได้รับจากการหุ้มฉนวนให้กับเพดานหรือหลังคา แต่ก็ไม่ถึงกับที่จะละเลยไม่ใส่ใจต่อผลของการสูญเสียพลังงานผ่านผนังที่ไม่ได้หุ้มฉนวนได้

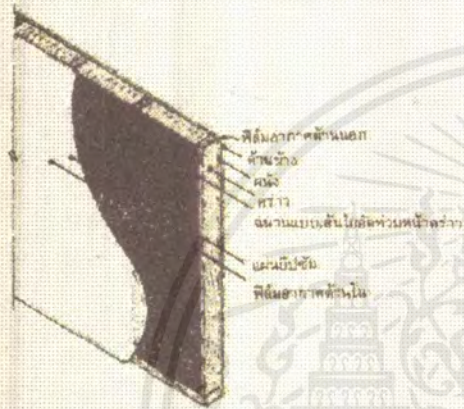
หากจะแบ่งประเภทของผนังตามวัสดุที่ใช้ทำผนังจะแบ่งออกเป็น 4 ประเภทหลัก ๆ คือ ผนังไม้ ผนังก่ออิฐ ผนังคอนกรีต และผนังโลหะ ซึ่งแต่ละประเภทจะมีวิธีการหุ้มฉนวนที่แตกต่างกันออกไปข้างในรายละเอียด ผนังไม้ซึ่งมักเป็นผนังของอาคารที่พักอาศัย ปกตินิยมหุ้มด้วยฉนวนประเภทใยแก้วหรือใยแร่แบบเส้นใยอัดแน่น สำหรับผนังที่สร้างขึ้นใหม่ซึ่งวิธีการติดตั้งฉนวนสามารถกระทำได้หลายรูปแบบดังแสดงใน รูปที่ 4.18 ข,ค และ ง ได้แก่วิธีฉนวนเสมอคร่าว, บุฉนวนท่อมหน้าคร่าว และฉนวนแบบไม่ฉาบผิวประกอบแผ่นกันไอน้ำโฟลีโอเทธิลิน หรือใช้แผ่นหุ้มฉนวนทำหน้าที่แทนแผ่นกันไอน้ำ ดังรูปที่ 4.18 จ และรูปที่ 4.18 ฉ เป็นการหุ้มฉนวน เมื่อผนังที่ต้องการหุ้มฉนวนมีท่อน้ำบรรจุน้ำอยู่ในผนังด้วย ซึ่งวิธีการหุ้มฉนวนควรจัดวางฉนวนอยู่ระหว่างท่อและผนังด้านนอก



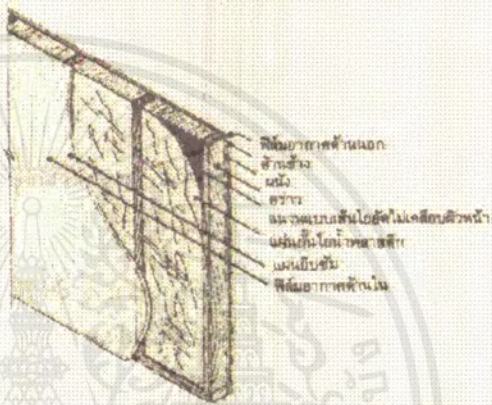
ก. ยี่งว้นบุดนนวน



ข. บุดนนวนแบบส้นไออ้อคตอว้



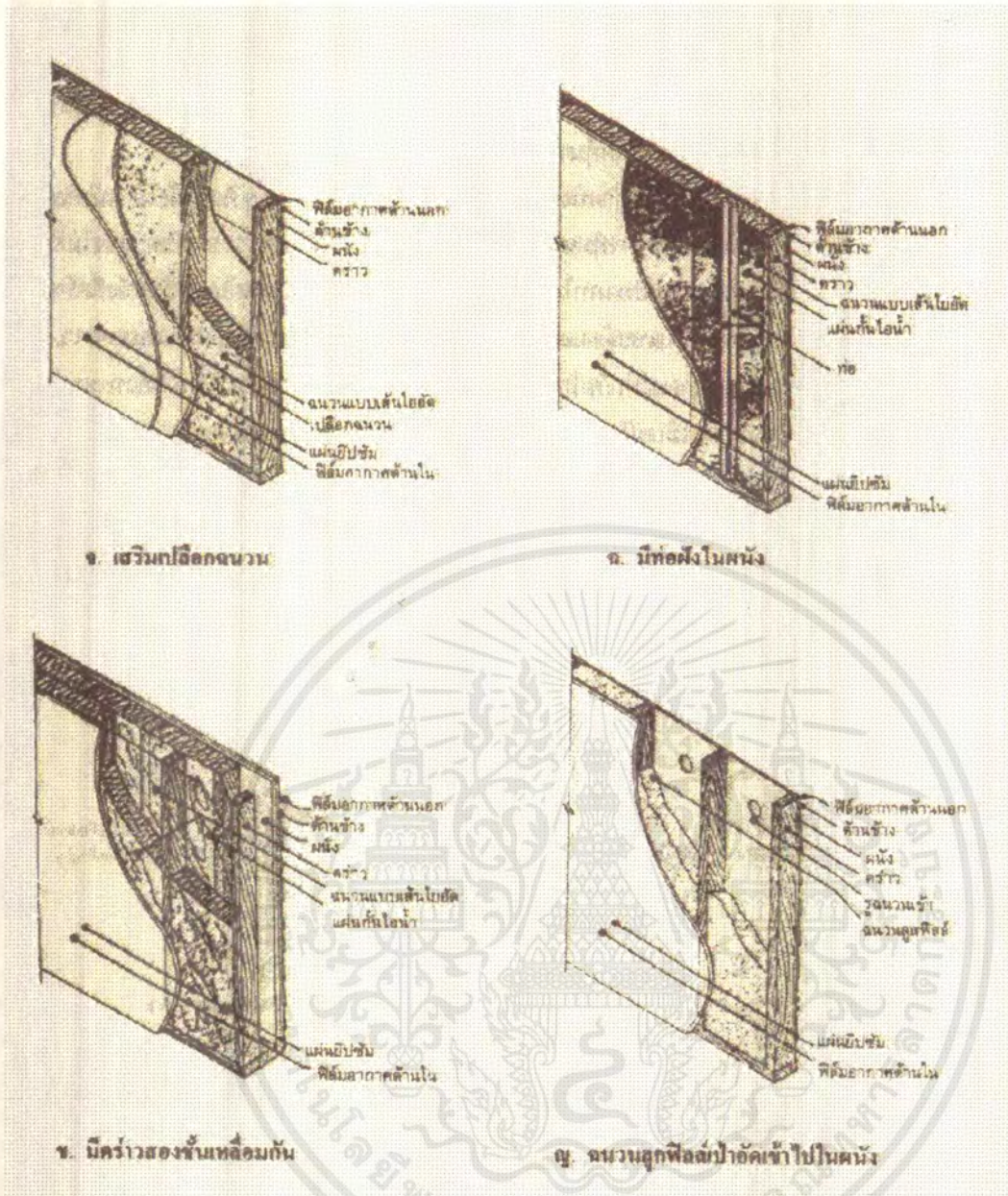
ค. บุดนนวนส้นไออ้อคทอว้ทอว้



ง. บุดนนวนส้นไออ้อคทอว้ทอว้ทอว้

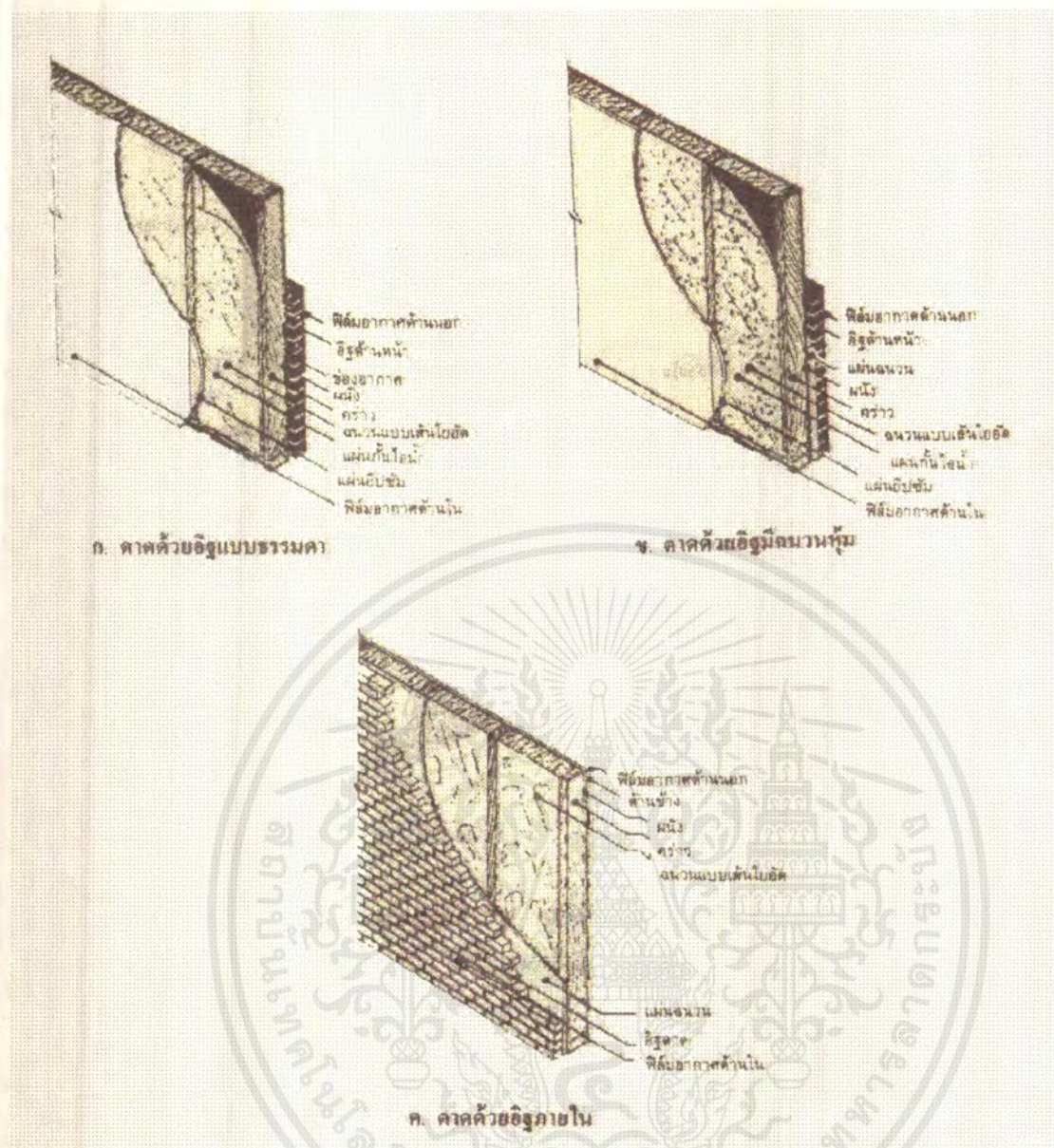
รูปที่ 4.18 โครงผนังที่หุ้มฉนวนในลักษณะต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.18(ต่อ) โครงผนังไม้ที่หุ้มฉนวนในลักษณะต่างๆ

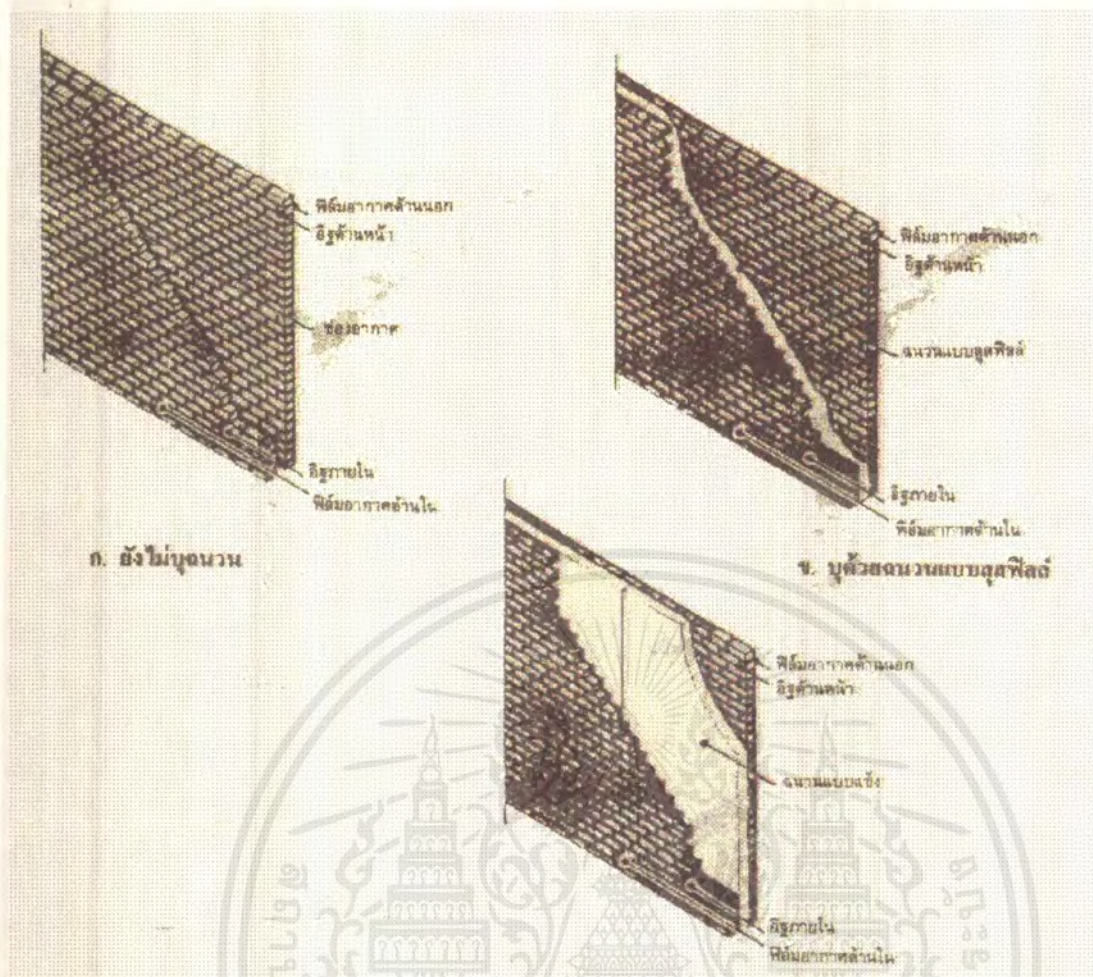
รูปที่ 4.18 ข แสดงผนังโครงสร้าง 2 ชั้น เพื่อต้องการเพิ่มสภาพความต้านทานความร้อนรวมให้มากขึ้น ในการประยุกต์ใช้งานในลักษณะผนังฉนวนชั้นเยี่ยม ส่วนรูปที่ 4.18 ง เป็นการประยุกต์ใช้กับผนังที่ไม่เคยมีการหุ้มฉนวนมาก่อนด้วยการใช้ฉนวนแบบลู่ฟิลล์เป่าเข้าไปในผนังด้านนอกที่เจาะรูขึ้นมา หรือลักษณะฉีดโฟมในชั้นงาน ซึ่งเมื่อบรรจุฉนวนเข้าไปในผนังเรียบร้อยแล้ว ควรจะต้องอุดรูให้เรียบร้อยด้วย



รูปที่ 4.19 การบุฉนวนผนังก่ออิฐ

ผนังแบบก่ออิฐ (รูปที่ 4.19) แบบอิฐมอญใช้กับที่พักอาศัย หรืออาคารพาณิชย์ การหุ้มฉนวน มีลักษณะคล้ายคลึงกับผนังโครงไม้ (รูปที่ 4.19 ก และ ข) ซึ่งเป็นลักษณะคาคด้วยอิฐภายนอก โดยรูป ก ระหว่างอิฐและแผ่นหุ้มฉนวนเป็นช่องอากาศ ส่วนรูป ข ระหว่างอิฐและแผ่นหุ้มฉนวนจะมีแผ่นหุ้มฉนวนอีกชั้นหนึ่ง สำหรับรูปที่ 4.19 ค เป็นการใชผนังก่ออิฐคาคด้านในผนังไม้ถัดจากฉนวนและแผ่นหุ้มฉนวน ส่วนรูปที่ 4.20 เป็นการก่ออิฐซ้อน 2 ชั้น ลักษณะการหุ้มฉนวนอาจเป็นฉนวนแบบลูตฟิลต์ตามรูป ข หรือแบบแผ่นอัดแข็งตามรูป ค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.20 การบุฉนวนผนังก่ออิฐ 2 ชั้น

สำหรับผนังก่ออิฐแบบอิฐบุล็อก หรือ คอนกรีตบล็อก (รูปที่ 4.21) ซึ่งสามารถใช้เป็นผนังได้ทั้งอาคารที่พักอาศัยและอาคารพาณิชย์ วิธีการหุ้มฉนวนที่ง่ายที่สุดสำหรับผนังลักษณะนี้คือ การใช้ฉนวนแบบลูตฟิลต์ หรือ โฟมบรรจุเข้าไปในช่องแกนคอนกรีตบล็อก (รูปที่ 4.21 ข) สำหรับรูปแบบอื่นๆ หากต้องให้ผนังมีสภาพความต้านทานความร้อนที่สูงขึ้นหรือต้องการตกแต่งภายในภายนอกอาคารให้สวยงามขึ้น สามารถกระทำได้ดังรูปที่ 4.21 ค.ถึง ๓

รูปที่ 4.21 ค เป็นลักษณะการตกแต่งภายในภายนอกที่ง่ายที่สุด คือ ใช้ปูนผสมทรายฉาบด้านนอก และใช้ปูนพลาสติกทรายภายใน รูปที่ 4.21 ง ใช้ฉนวนแบบแข็งหุ้มด้านนอกเพิ่มเติมเข้ามาก่อนฉาบทับด้วยปูนผสมทราย รูปที่ 4.21 จ-ฎ เป็นการใช้แผ่นยิปซัมบุภายในแทนฉนวน โดยอาจปล่อยช่องหลังแผ่นยิปซัมไว้ (รูปที่ 4.21 จ) หรือบรรจุด้วยฉนวนแบบแข็ง (รูปที่ 4.21 ฉ) ฉนวนแบบเส้นใยอัดเป็นแผ่น (รูปที่ 4.21 ช) แบบแผ่นหุ้มด้านใน (รูปที่ 4.21 ฌ) แบบแผ่นแข็งบวกร่องอากาศ (รูปที่ 4.21 ฎ) และแบบฉนวนฉนวนสะท้อนรังสี (รูปที่ 4.21 ฏ) สำหรับรูปที่ 4.21 ฐ และ ๓ เป็นลักษณะการหุ้มฉนวนภายนอกอาคาร แทนภายใน ที่เรียกว่า ฉนวนภายนอก พบว่าการหุ้มฉนวนลักษณะนี้จากการใช้คอมพิวเตอร์ในการ

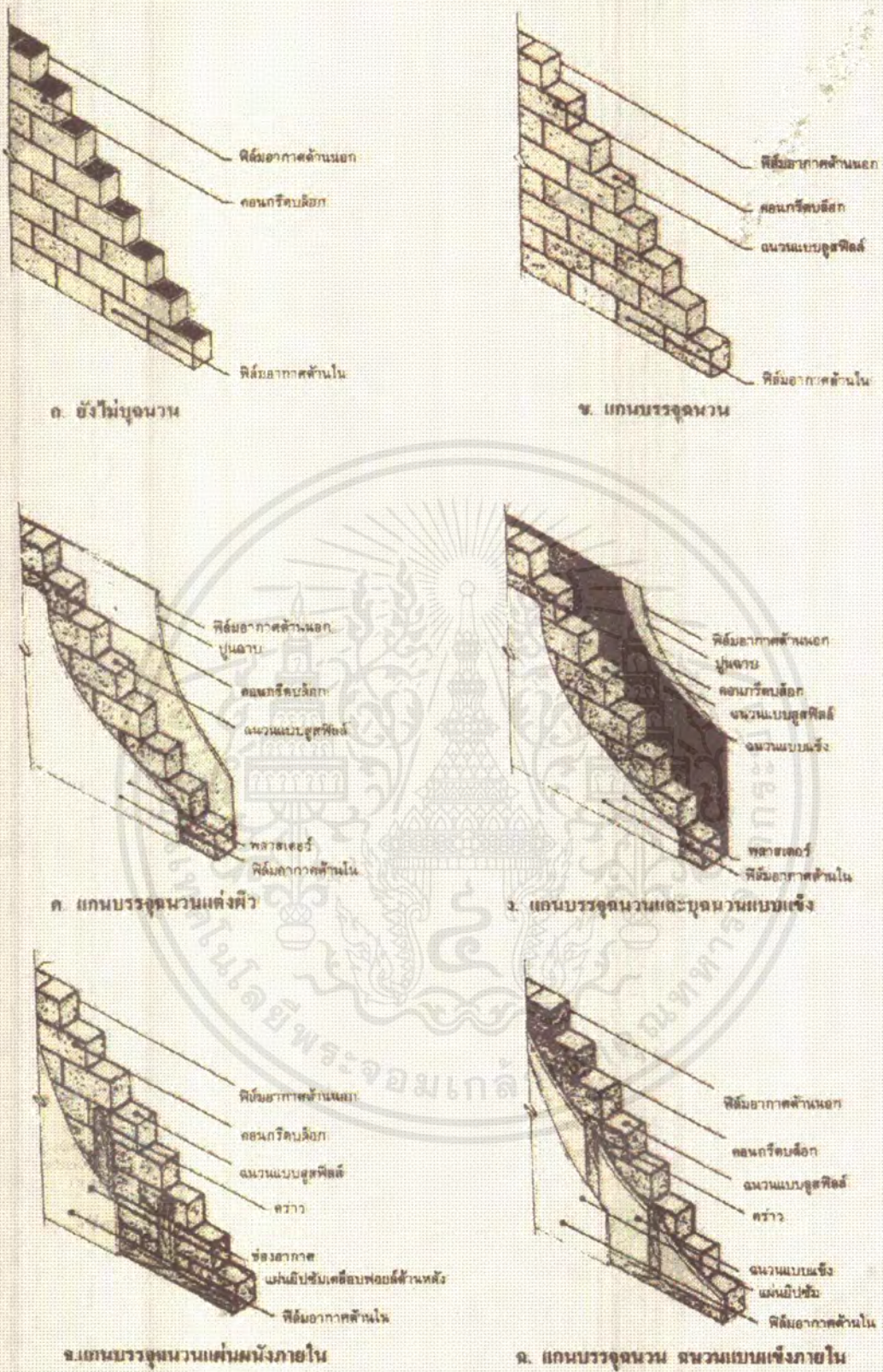
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิเคราะห์จะสิ้นเปลืองพลังงานที่ใช้ไปน้อยกว่าการหุ้มฉนวนภายในที่มีลักษณะการหุ้มและเป็นฉนวนแบบเดียวกัน สาเหตุเนื่องมาจากความจุความร้อนที่เก็บสะสมไว้ในผนังอิฐ ที่มีค่ามากกว่าสำหรับการบุฉนวนภายในอาคาร โดยเปอร์เซ็นต์ของการประหยัดพลังงานที่แน่นอนขึ้นอยู่กับสภาพอากาศและอุณหภูมิของเทอร์โมสแตท ที่ตั้งกลับมาในเวลากลางคืน

รูปที่ 4.22 เป็นผนังแบบผสมระหว่างอิฐมวลเบาและคอนกรีตบล็อก โดยการบุฉนวนสำหรับผนังแบบนี้ สามารถกระทำได้ดังรูปที่ 4.22 ข ถึง จ คือใช้ฉนวนแบบลู่สฟิรระหว่างผนังทั้งสอง (รูปที่ 4.22 ข) ใช้ฉนวนแบบแผ่นอัดแข็งระหว่างผนังทั้งสอง (รูปที่ 4.22 ค) บุผนังด้านในด้วยฉนวนแบบแผ่นอัดแข็งแล้วปิดทับด้วยยิปซัมบอร์ด (รูปที่ 4.22 ง) หรือบุผนังด้านในด้วยระบบแข็งแล้วปิดทับด้วยยิปซัมบอร์ด (รูปที่ 4.22 จ)

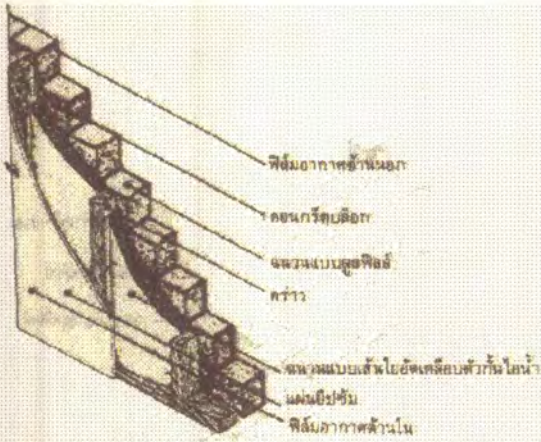
ผนังแบบคอนกรีต (รูปที่ 4.23) การบุฉนวนนิยมใช้ฉนวนแบบแข็ง โดยอาจเป็นฉนวนแบบแข็งที่ผิวหน้าไม่ได้รับการปรับแต่ง (รูปที่ 4.23 ก) หรืออาจเป็นฉนวนแบบแข็งที่ทำผิวหน้าเรียบร้อยสำหรับผิวภายในอาคาร (รูปที่ 4.23 ข และ ค) นอกจากนี้ฉนวนที่ใช้อาจเป็นบล็อกโฟมแข็งสำหรับใช้ห่อคอนกรีตเป็นผนังได้ด้วย (รูปที่ 4.23 ง)

สำหรับผนังโลหะ (รูปที่ 4.24) ซึ่งใช้สำหรับอาคารพาณิชย์ อุตสาหกรรม การบุฉนวนนิยมใช้ฉนวนแบบเส้นใยอัดเป็นแผ่น ทั้งผนังโลหะแบบลูกฟูก หรือ แผ่นเรียบ (รูปที่ 4.24 ค ถึง ข) โดยการตกแต่งผนังอาจใช้ยิปซัมบอร์ดภายในหรือเป็นฉนวนแบบที่ทำผิวหน้าเรียบร้อย (รูปที่ 4.24 จ และ ช) ส่วนรูปที่ 4.24 ฉ เป็นการใช้โครงโลหะจัดเป็นช่องทำเป็นกรอบล้อมแผ่นฉนวนที่ซ้อนกันเป็นชั้น ๆ เป็นลักษณะที่ง่ายแก่การติดตั้งและเคลื่อนย้าย และเพื่อป้องกันการแทรกซึมของไอน้ำการบุฉนวนในลักษณะตาม รูปที่ 4.24 ค, ง และ ช อาจมีแผ่นกันไอน้ำฉาบหน้าฉนวน หรือทำเป็นแผ่นบางทาบด้านหลังของแผ่นยิปซัมบอร์ด

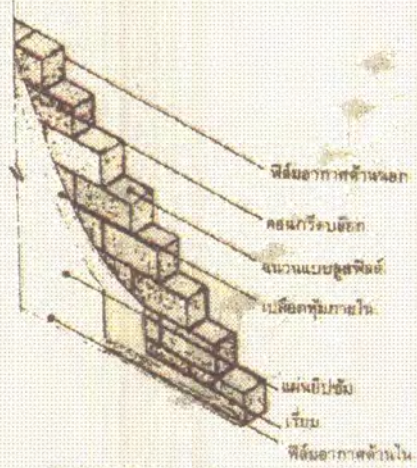


รูปที่ 4.21 การปูฉนวนผนังคอนกรีต

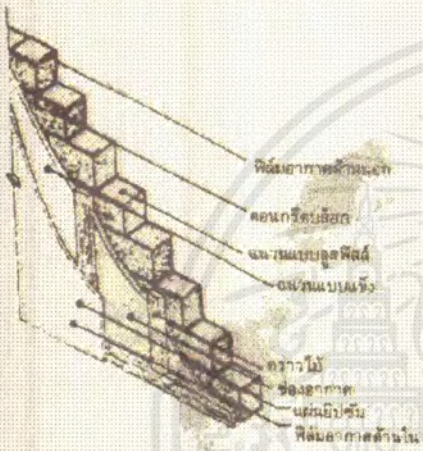
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



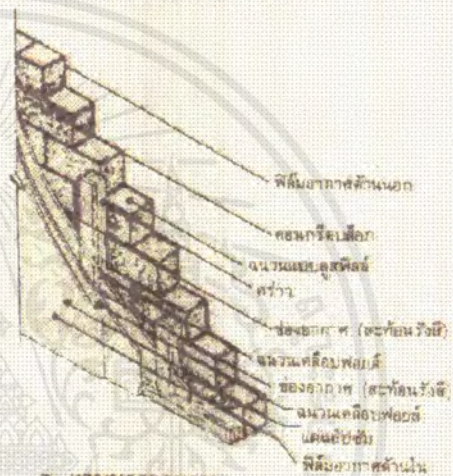
ข. แกนบรรจุนวน
สานวนแบบเส้นใยอัดภายใน



จ. แกนบรรจุนวน
ปลีอกถนนวนภายใน



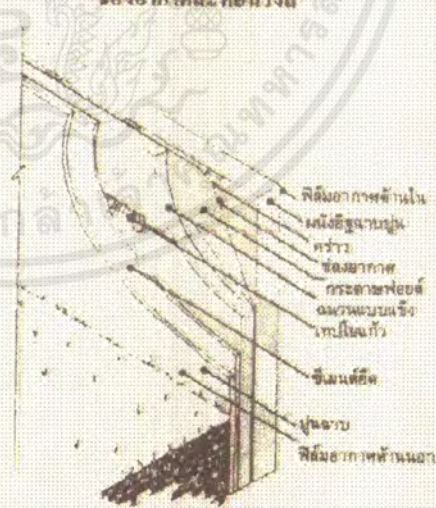
ฉ. แกนบรรจุนวน
สานวนแบบแข็งและช่องอากาศ



ญ. แกนบรรจุนวน
ช่องอากาศสองชั้น



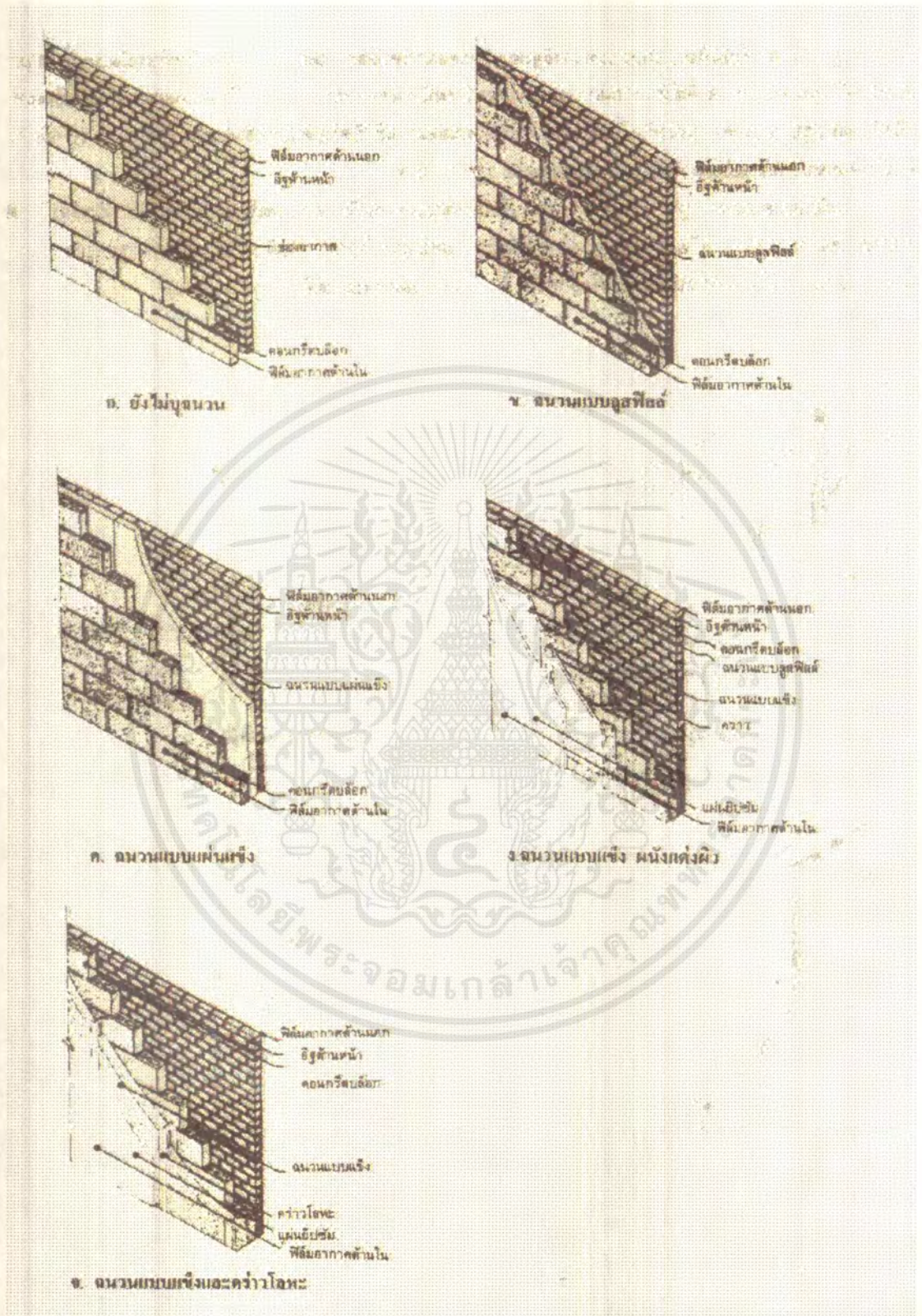
ฎ. สานวนภายนอก



ท. สานวนภายนอกอีกลักษณะหนึ่ง

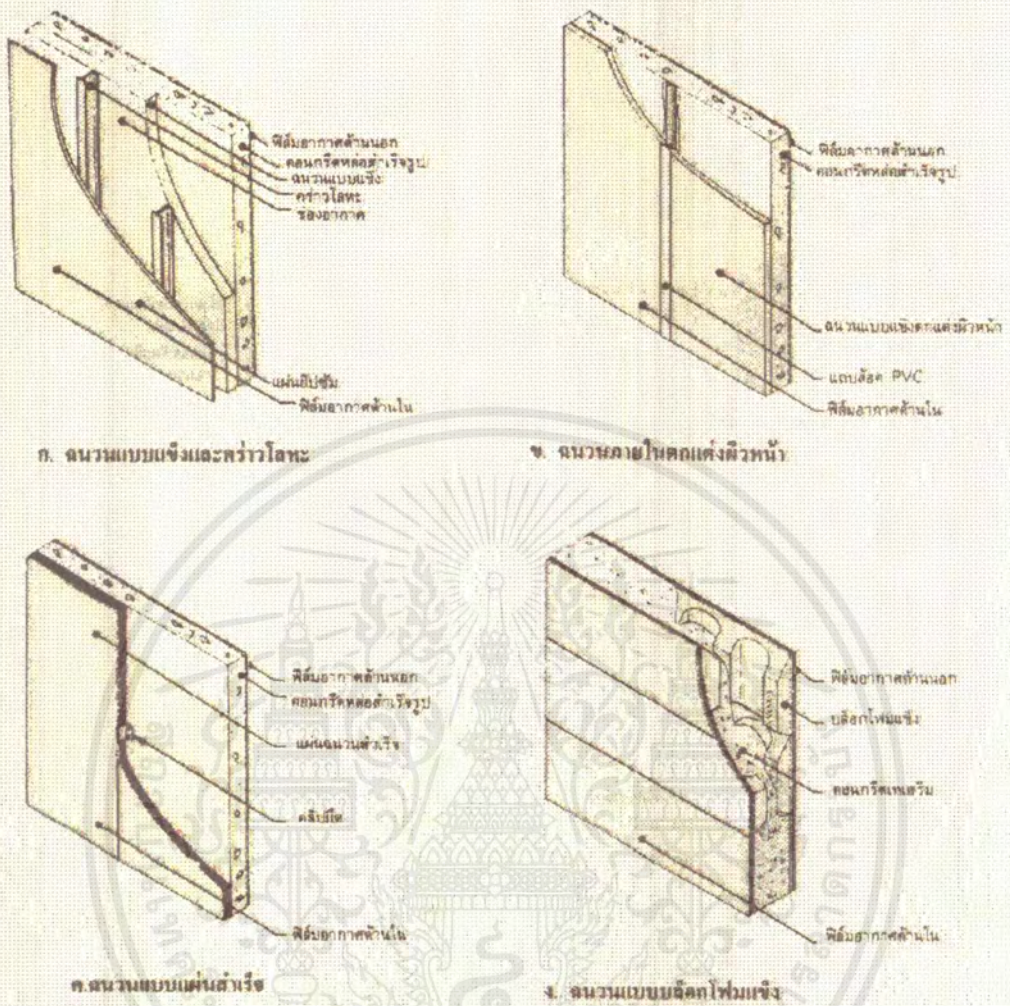
รูปที่ 4.21(ต่อ) การบรรจุนวนผนังคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



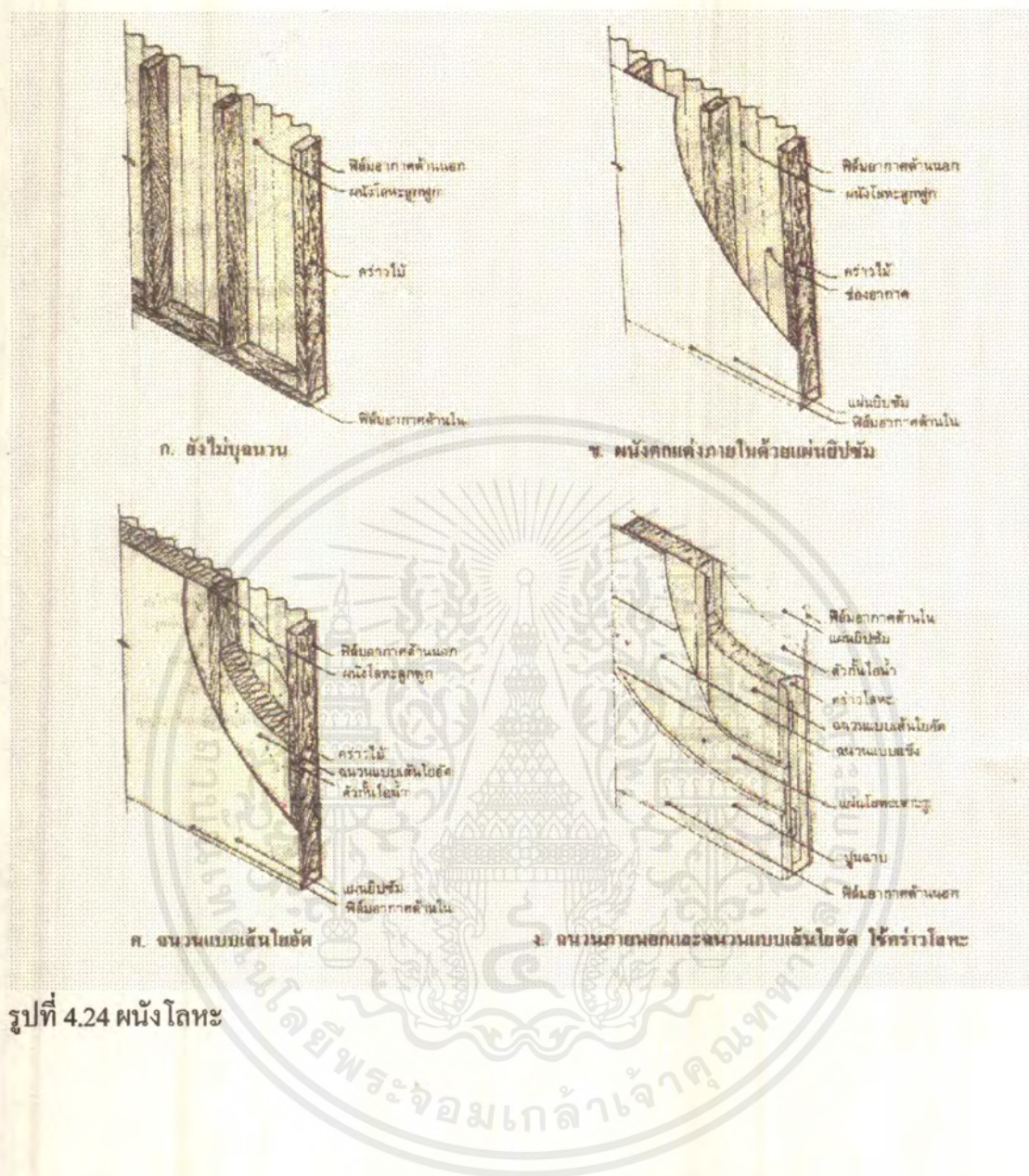
รูปที่ 4.22 ผนังอิฐมวลผสมคอนกรีตบล็อก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



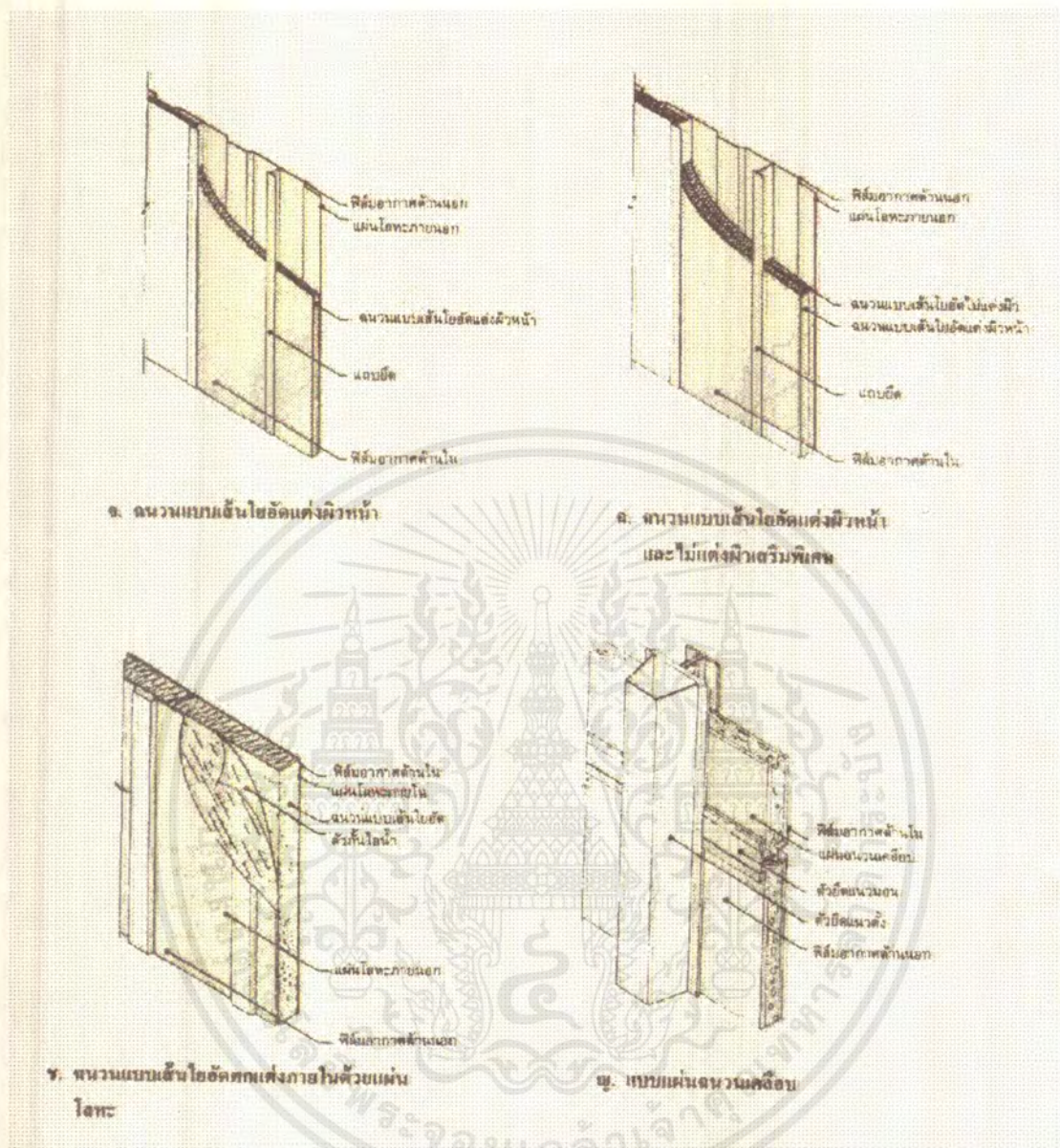
รูปที่ 4.23 ผนังแบบคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.24 ผนังโลหะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.24(ต่อ) ผนังโลหะ

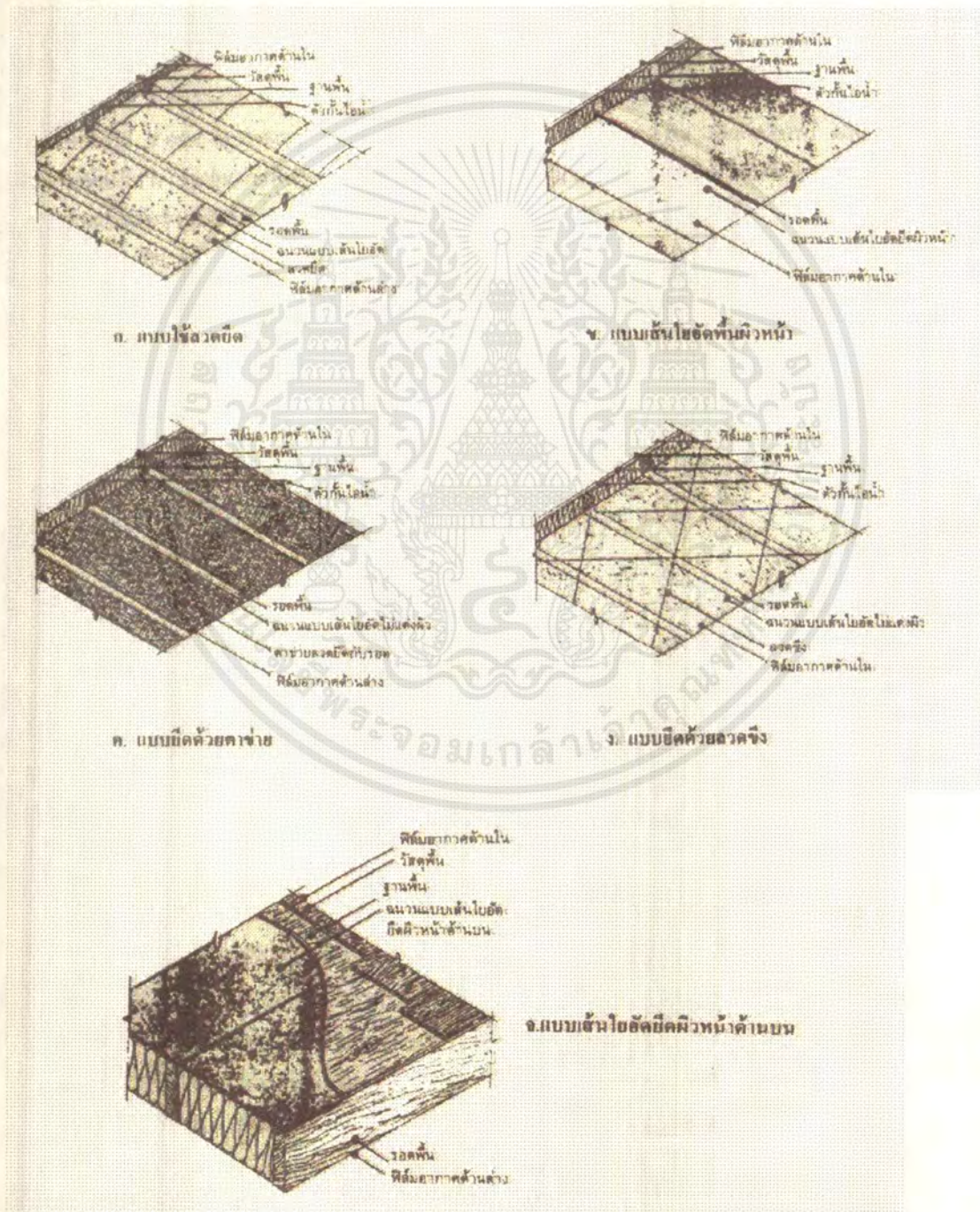
4.5 ดินถมพื้นและฐานราก

พื้นและฐานรำนับเป็นส่วนที่พลังงานสูญเสียออกไปจากอาคารอีกด้านหนึ่ง ซึ่งถึงแม้ว่าจะไม่ได้ใส่ไว้ในตารางที่ 4.2 แต่ก็เป็นส่วนที่พลังงานสูญเสียออกไปเช่นเดียวกับที่สูญเสียออกไปผ่านผนังข้าง จะมีข้อแตกต่างกันที่พื้นดินจะมีความชื้นในดินมากกว่าอากาศ การหุ้มฉนวนเพื่อลดทอนการสูญเสียพลังงานของพื้นจึงต้องมีการบุด้วยแผ่นกันไอน้ำเสมอ หากจะแบ่งประเภทของพื้นสามารถแบ่งออกได้ 2 ลักษณะใหญ่คือ พื้นที่มีช่องใต้ถุน คือมีการระบายอากาศเป็นพื้นอาคารที่ยกสูงขึ้นมาจากพื้นดินนั่นเอง อีกลักษณะคือพื้นที่ติดกับพื้นดินไม่มีการระบายอากาศ ที่เรียกว่า

ฐานราก (Foundation)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

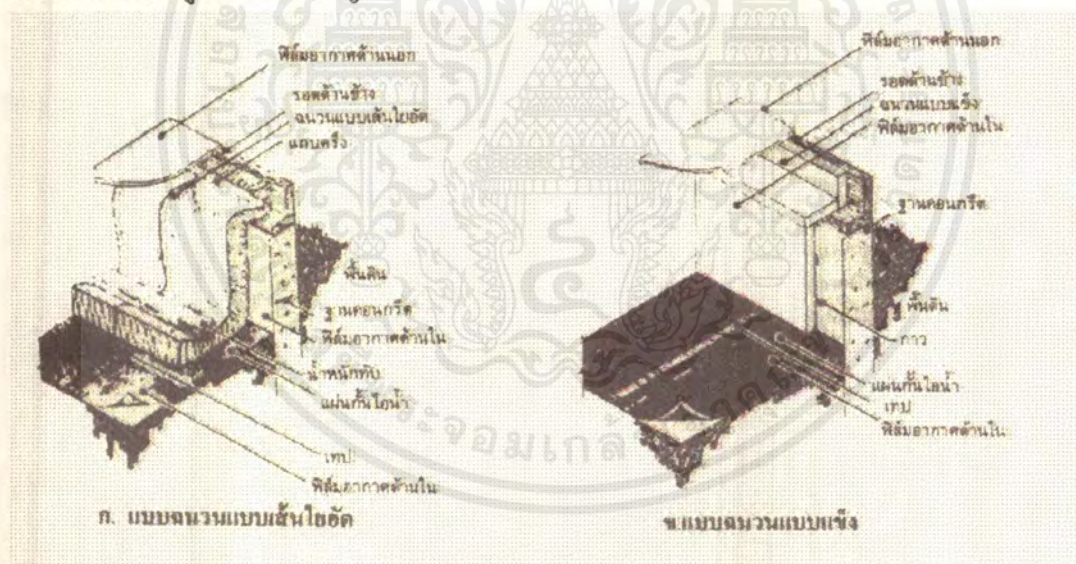
การหุ้มฉนวนหรือบุฉนวนพื้นลักษณะแรกจะมีลักษณะคล้ายคลึงกับการบุฉนวนผนัง ฉนวนที่ใช้โดยปกติจะเป็นฉนวนใยแก้วหรือใยแร่แบบเส้นใยจัดเป็นแผ่น โดยติดตั้งระหว่างรอยรองรับ (ไม้หรือโลหะ) วิธีการหนึ่งในหลาย ๆ วิธีดังรูปที่ 4.25 สำหรับแผ่นกันไอน้ำอาจฉาบเคลือบบนผิวหน้าของผิวฉนวน ซึ่งปกติจะติดตั้งบนผิวหน้าที่ร้อนกว่าอีกผิวหน้าหนึ่ง ตามรูปเป็นการติดตั้งของพื้นอาคารที่ทำความร้อนในตัวอาคาร หากเป็นอาคารที่ใช้เครื่องปรับอากาศทำความเย็นแผ่นกันไอน้ำจะอยู่ด้านล่างแทน



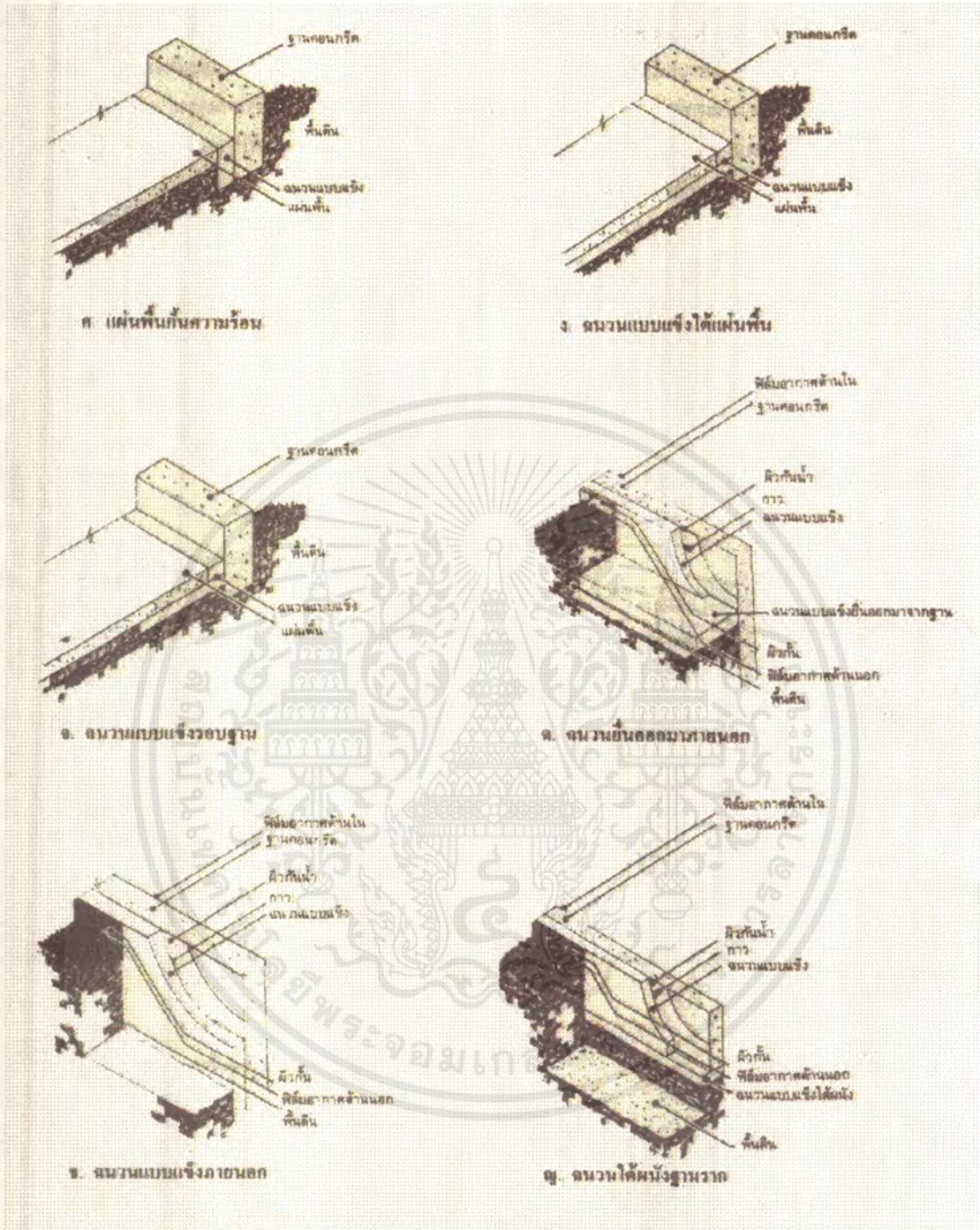
รูปที่ 4.25 การบุฉนวนพื้นที่มีการระบายอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนการบูรณวณของพื้นที่ไม่มีการระบายอากาศ การติดตั้งฉนวนอาจใช้ฉนวนแบบเส้นใยอัดเป็นแผ่นทาบทับเข้ากับโครงขนาบขอบพื้น (Stringer and header joist) (รูปที่ 4.26 ก) โดยติดตั้งโดยรอบขอบพื้น ปลายฉนวนปล่อยทางลงมากันผนังของฐานราก และให้มีระยะฉนวนห่างออกมาจากผนังฐานรากออกมาประมาณ 50-60 cm จะมีน้ำหนักทับไว้เช่น หิน หรือ โครงยึดกับพื้น นอกจากนี้ การติดตั้งอาจใช้ฉนวนแบบแข็งในลักษณะตามรูปที่ 4.26 ข โดยลักษณะตามรูปที่ 4.26 ก และ ข จะเป็นฉนวนที่ติดตั้งภายในตัวอาคารและมีแผ่นกันไอน้ำทาบทับพื้นด้านล่างไว้ สำหรับลักษณะตามรูปที่ 4.26 ก-จ ซึ่งเป็นลักษณะการติดตั้งฉนวนภายในตัวอาคารเช่นกัน แต่เป็นลักษณะที่ไม่มีช่องว่างใต้พื้นเหมือนลักษณะตามรูปที่ 4.26 ก และ ข ฉนวนที่ใช้จะเป็นฉนวนแบบแข็งติดตั้งรอบขอบภายในผนังส่วนพื้น อาจเป็นฉนวนแบบโพลีสไตรีนและเส้นใยแก้ว อาจใช้เฉพาะรอบขอบผนังส่วนพื้น (รูปที่ 4.26 ค) หรือยื่นออกมาได้แผ่นพื้นประมาณ 50 ซม หรือวางข้างใต้แผ่นพื้นทั้งหมด (รูปที่ 4.26 จ) แล้วแต่ว่ามีความต้องการป้องกันการสูญเสียความร้อนเพียงใด ขึ้นอยู่กับราคาศนวนและค่าใช้จ่ายในการประหยัคพลังงาน) หากเป็นลักษณะการบูรณวณภายนอกอาคารสามารถติดตั้งในลักษณะตามรูปที่ 4.26 ฉ-ญ



รูปที่ 4.26 การบูรณวณพื้นที่ไม่มีการระบายอากาศ



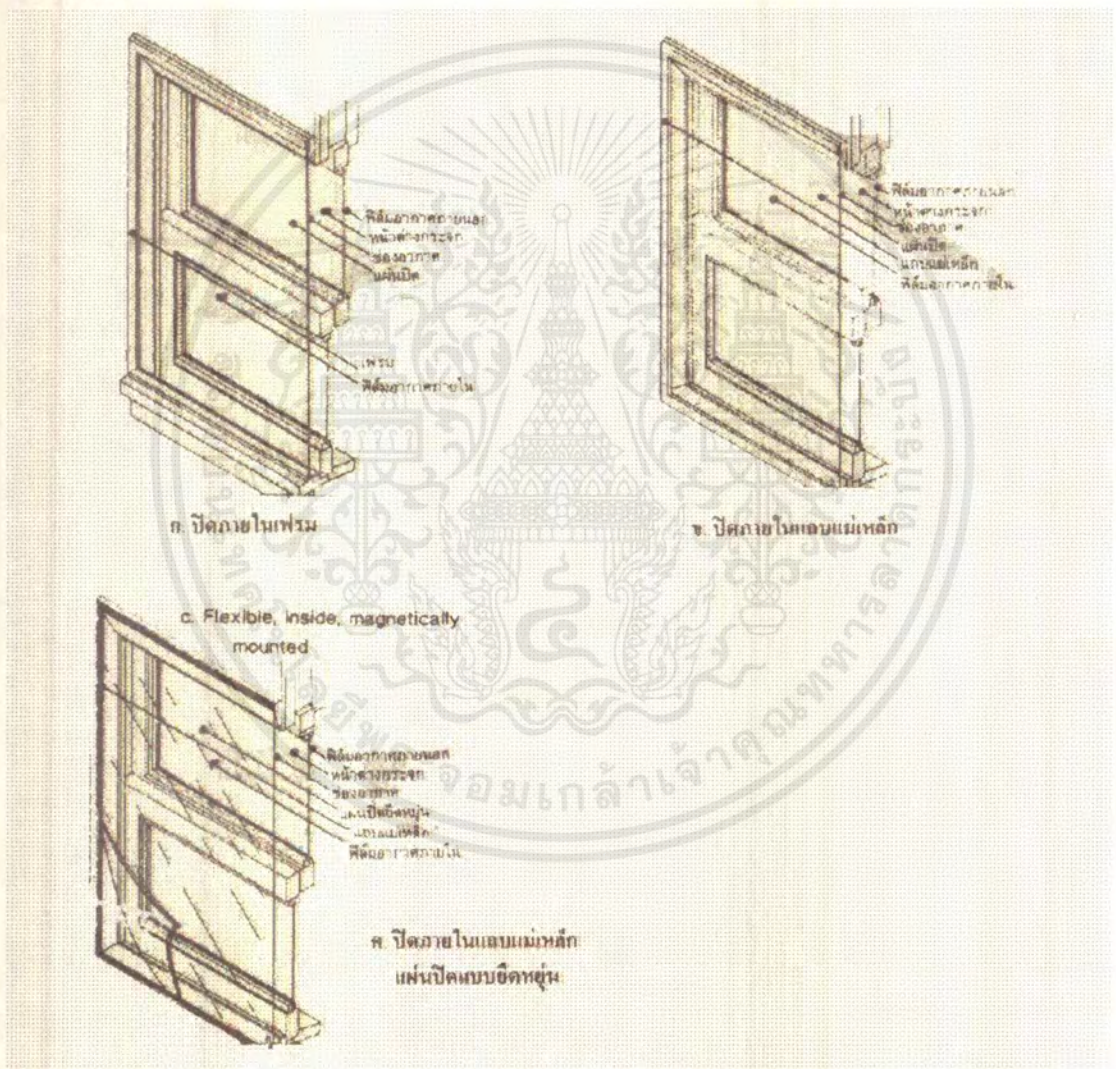
รูปที่ 4.26 การบุฉนวนพื้นที่ไม่มีการระบายอากาศ

4.6 ฉนวนหน้าต่างและประตู

หน้าต่างและประตูโดยเฉพาะที่เป็นกระจกหรือวัสดุใสคล้ายกระจก นับเป็นจุดที่พลังงานสูญเสียออกไปจากระบบได้มาก เนื่องจากหน้าต่างและประตูทำให้ผนังขาดความต่อเนื่อง จึงทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานตรงช่วงรอยต่อระหว่างหน้าต่างและประตูกับผนังนี้โดยรอบขอบหน้าต่างและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประตู และหากเป็นหน้าต่างและประตูที่โปร่งแสง การสูญเสียจะเพิ่มจะเพิ่มขึ้นจากการแผ่รังสีความร้อนผ่านวัสดุโปร่งแสงนี้ โดยทั่วไปวิธีการปฏิบัติในการลดการสูญเสียพลังงานนี้ สามารถกระทำได้หลากหลายวิธีเช่น การใช้ม่านบังแดด โดยการใช้น้ำมันบังแดดแบบธรรมดาอาจสามารถลดการสูญเสียพลังงานผ่านกระจกหน้าต่างประตูลงได้ประมาณ 25 ถึง 30 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่หากเป็นม่านบังแดดแบบที่เป็นฉนวน อาจสามารถลดการสูญเสียพลังงานลงได้ประมาณ 35 ถึง 45 เปอร์เซ็นต์ และหากมีการผนึกกันรั่วที่ขอบหน้าต่างจะสามารถลดการสูญเสียลงได้อีกในราว 10 ถึง 20 เปอร์เซ็นต์



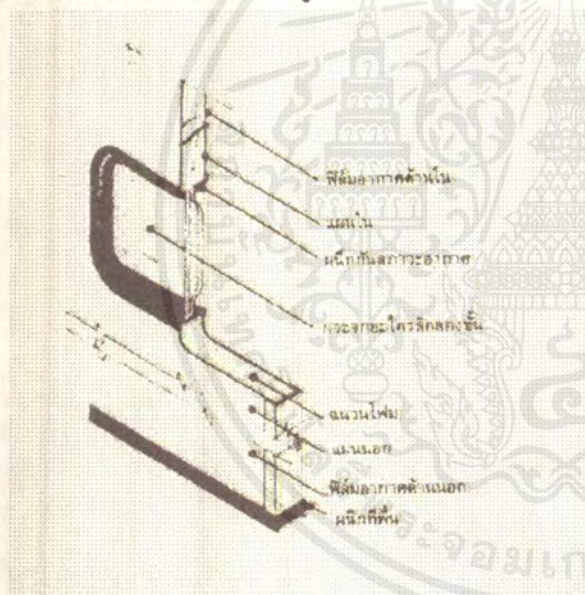
รูปที่ 4.27 ฉนวนการปิดกันกระจกด้วยแผ่นปิดติดภายใน

เครื่องปิดกัน (Shutter) ที่เป็นฉนวน เป็นอีกวิธีหนึ่งที่สามารถใช้ลดทอนการสูญเสียพลังงานได้โดยสามารถติดตั้งทั้งภายในหรือภายนอกหน้าต่าง หรือระหว่างบานกระจกหน้าต่างสองชั้นการติดตั้งภายนอกสามารถลดความเค้นทางความร้อนในกระจกแก้วลงได้บ้าง ดังแสดงในรูปที่ 4.27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อีกวิธีในการลดการสูญเสียพลังงานคือ การติดตั้งฟิล์มสะท้อนรังสีความร้อนบนกระจกหน้าต่างและประตูซึ่งสามารถลดภาระความเย็นที่ต้องสูญเสียออกไปสำหรับกรณีห้องที่ใช้ระบบปรับอากาศทำความเย็นลงได้มาก พบว่าสามารถลดพลังงานการแผ่รังสีที่ตกกระทบกระจกหน้าต่างแล้ว ถ่ายเทสู่ห้อง 82% เหลือ 24%

สำหรับกรณีของประตู ประตูด้านทางเข้าหากต้องการลดการสูญเสียลงอีก อาจใช้ประตูแบบวัสดุที่บวมที่มีแกนประตู บรรจุด้วยวัสดุฉนวนประเภทโฟม โดยช่องแสงของประตู (หรือช่องคนมอง) อาจใช้แผ่นกระจกแบบสองชั้นทำด้วยอะคริลิกพลาสติก (รูปที่ 4.28) นอกจากนี้เพื่อต้องการลดการสูญเสียลงอีก บริเวณขอบประตูและหน้าต่างทั้งแบบเลื่อนหรือแบบเหวี่ยงเปิด-ปิด จะมีการออกแบบให้กันการรั่วซึมด้วย โดยออกแบบธรณีประตูและฐานหน้าต่างในลักษณะต่าง ๆ (รูปที่ 4.29) ในการนี้จะมีการออกแบบตัวกันการรั่วซึม (Weather stripping) เสริมเข้ากับขอบประตูและหน้าต่างด้วย ลักษณะรูปแบบของตัวกันการรั่วซึมดังแสดงในรูปที่ 4.30



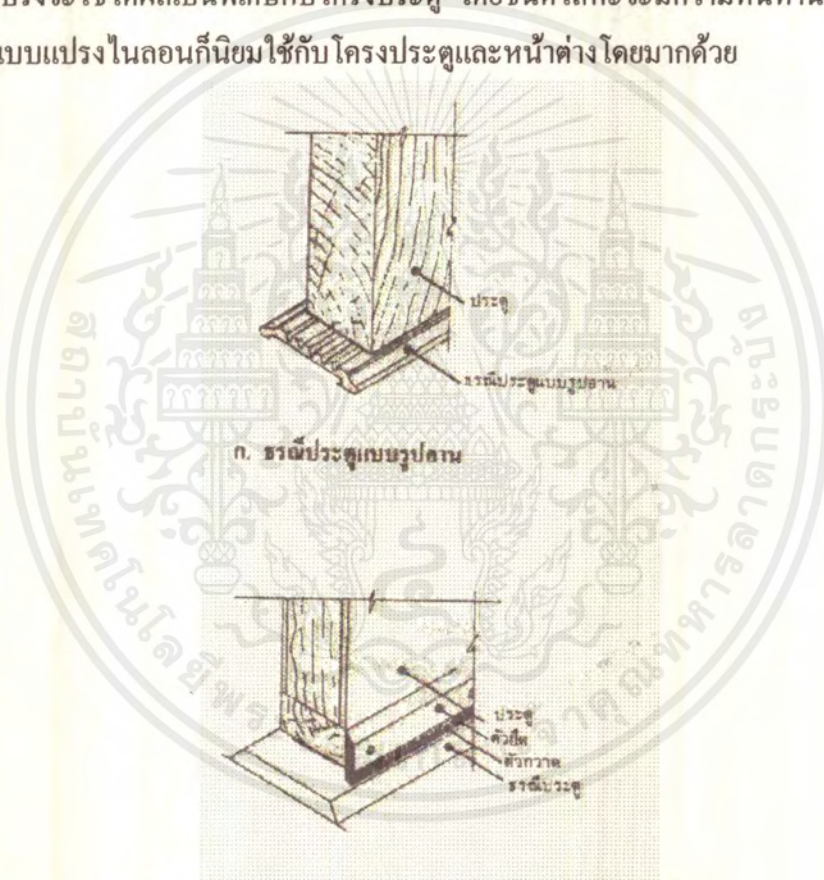
รูปที่ 4.28 ประตูฉนวนมีช่องมองเป็นกระจก 2 ชั้น

รูปที่ 4.29 ธรณีประตูแบบรูปอาน (Saddle threshold) นับเป็นรูปแบบที่ง่ายที่สุด ซึ่งหากต้องการให้มีการรั่วซึมน้อยลงอาจเพิ่มตัวกันการรั่วซึมแบบกวาด Sweep เข้ากับประตูได้ (รูปที่ 4.29 ข) หรือแบบปะเก็นทอวงแหวน (รูปที่ 4.29 ค) โดยตัวกันการรั่วซึมแบบกวาดอาจทำจากวัสดุจำพวก สึกหลาดอัด ยาง ไวนิล ชนิดยืดหยุ่น หรือ นิโอพรีน และหากต้องการการป้องกันที่ดีมากยิ่งขึ้น ธรณีแบบบล็อกล็อกซึ่งกันและกัน interlocking รูปอาน (รูปที่ 4.29 ง) จะช่วยป้องกันฝุ่นและแสงได้ดี นอกจากนี้ในกรณีหากต้องการให้มีการผนึกกันซึมที่ดี ลักษณะการผนึกแบบอานโค้ง Bubble seal ดังรูปที่ 4.29 จ นับเป็นลักษณะที่มีการกันซึมที่ดี อย่างไรก็ตามหากมีการใช้งานมากหากมีคนเดินผ่าน

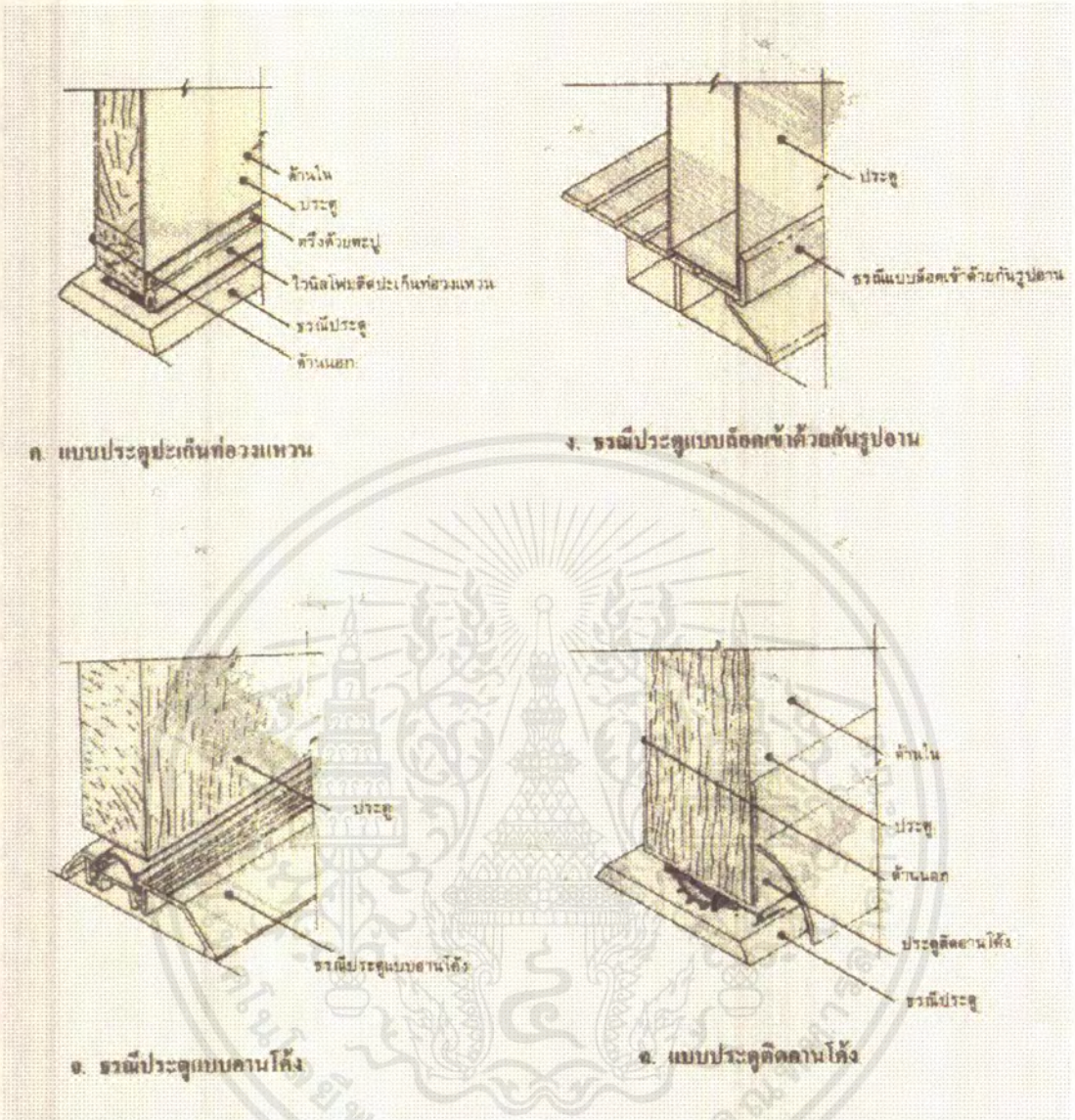
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มากจะทำให้บานโค้งชำรุดเสียหายเร็วกว่ากำหนด ซึ่งในลักษณะนี้หากใช้ตัวกันซึมตามลักษณะในรูปที่ 4.29 ฉ จะแก้ปัญหาได้ โดยยังคงมีลักษณะกันซึมได้เท่ากับแบบบานโค้งหรืออาจจะดีกว่าเสียอีก

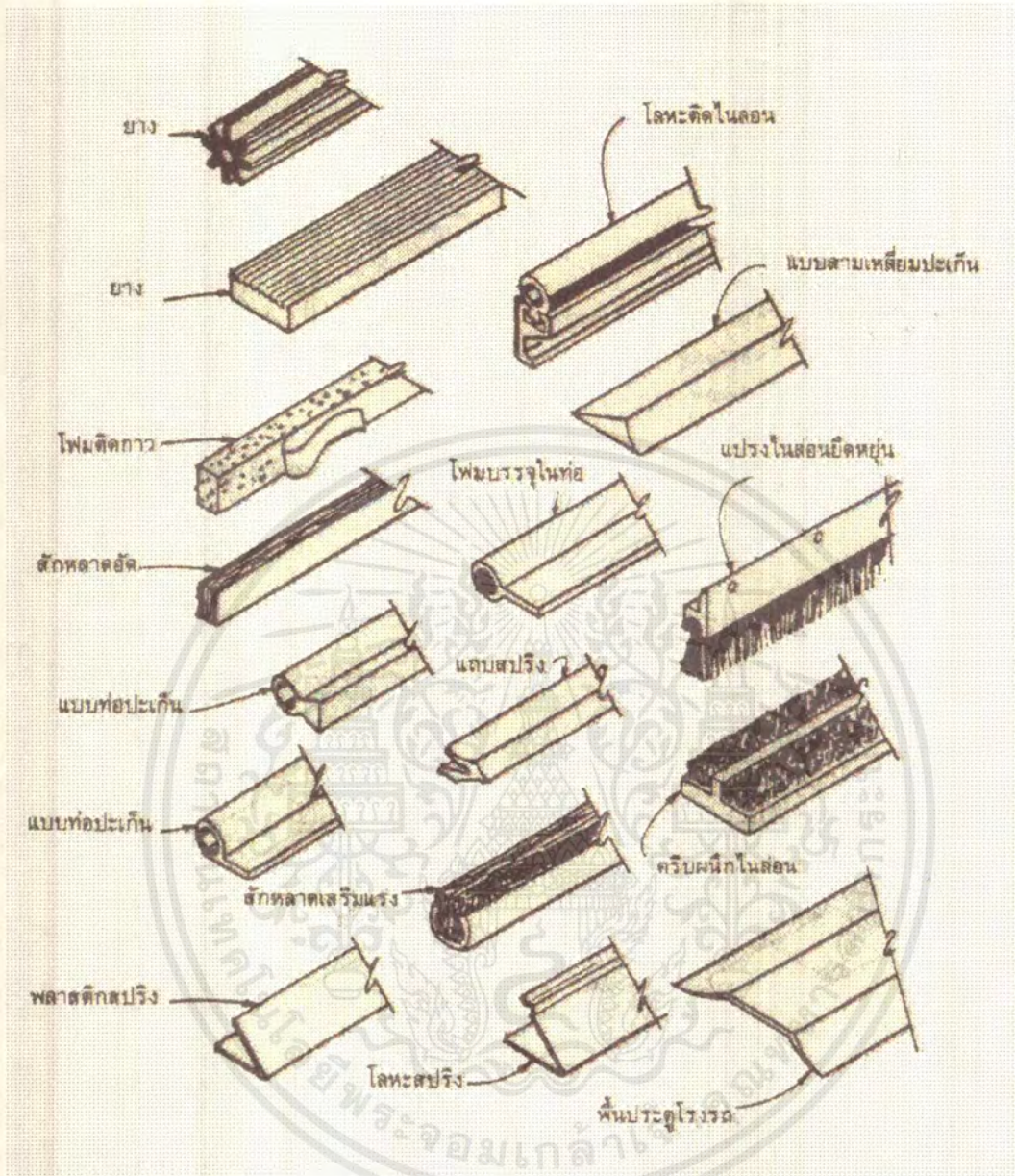
สำหรับรูปแบบตัวกันการรั่วซึม (รูปที่ 4.30) ลักษณะสักรีดอัดและโฟมติดกาว และตัวกันการรั่วซึม EPDM นับเป็นรูปแบบที่ง่ายในการใช้งาน แต่ความคงทนจะต่ำจึงเหมาะกับการใช้งานที่มีการอัดตัว และไม่มีการเสียดสีเท่านั้น รูปแบบประเก็นวงแหวนหรือสามเหลี่ยมที่ทำจากไวไนล PVC เทอร์โมพลาสติก หรือ ยางซิลิโคน อาจดกตะปูหรือสอดเข้าไปในช่อง ส่วนพลาสติกหรือโลหะสปริงจะใช้ได้ผลเป็นพิเศษกับโครงประตู โดยชนิดโลหะจะมีความทนทานสูง นอกจากนี้ตัวกันซึมแบบแปรงไนลอนก็นิยมใช้กับโครงประตูและหน้าต่างโดยมากด้วย



รูปที่ 4.30 ลักษณะธรณีประตูอนุรักษ์พลังงานแบบต่าง ๆ



รูปที่ 4.30 (ต่อ) ลักษณะธรณีประตูอนุรักษ์พลังงานแบบต่างๆ



รูปที่ 4.31 รูปแบบตัวกันซึมแบบต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7 การติดตั้งแผ่นสะท้อนความร้อน

เนื่องจากแผ่นสะท้อนความร้อนมีลักษณะเป็นม้วนยาวมีความเหนียวทนทาน แข็งแรง การติดตั้งจึงทำได้โดยสะดวกรวดเร็วและง่ายในทุกพื้นที่ ซึ่งสามารถแบ่งการติดตั้งได้ 4 ลักษณะ คือ

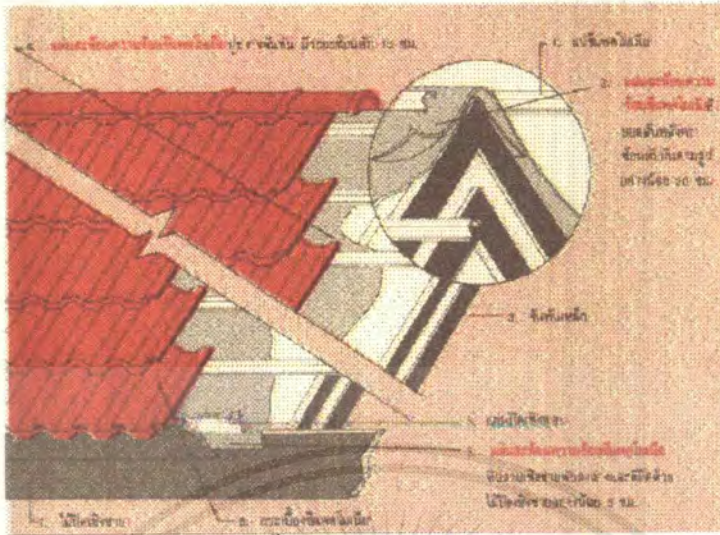
1. การติดตั้งกับแปไม้
2. การติดตั้งกับโครงเหล็ก
3. การติดตั้งหลังคาอาคารคอนกรีต
4. การติดตั้งกับฝ้าผนัง

1. การติดตั้งกับแปไม้ ใช้ปูตามแนวนานกับเชิงชายมีระยะดกท้องข้างระหว่างจันทัน โดยจะปูลงบนจันทันก่อนการติดตั้งแปไม้ แล้วใช้ตะปูเกลียวเจาะยึดแป ยึดแผ่นสะท้อนความร้อนติดกับจันทัน โดยให้มีระยะซ้อนทับระหว่างแผ่น 15 เซนติเมตร ควรมีระยะทิ้งห่างจากวัสดุที่ใช้นุ่งหลังคา (Air Space) อย่างน้อย 2.5 ซม.



รูปที่ 4.32 การติดตั้งแผ่นสะท้อนความร้อนกับแปไม้

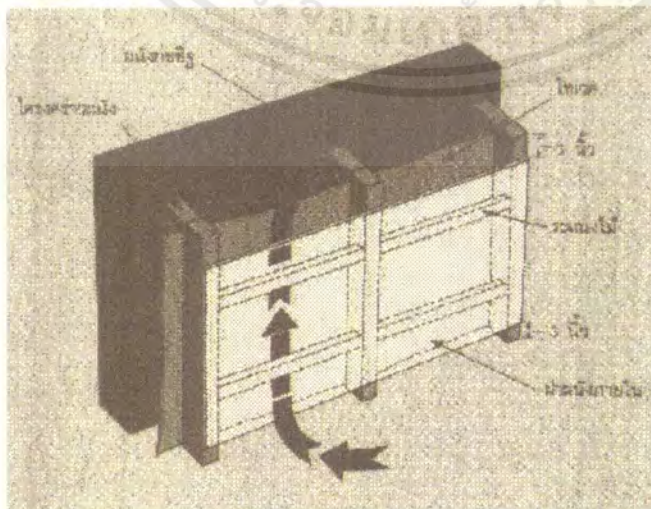
2. การติดตั้งกับโครงเหล็ก ควรปูแผ่นสะท้อนความร้อนบนแปในลักษณะวางแปไปตลอด โดยให้มีระยะดกท้องข้างประมาณ 3 ซม. ระหว่างแป โดยเริ่มปูจากเชิงชายขึ้นไปบนสันหลังคา และให้มีระยะซ้อนทับด้านข้างของแผ่นสะท้อนความร้อน 15 ซม. หลังจากนั้นจึงลงมือมุงหลังคา สำหรับโครงหลังคาพิเศษอาจทำให้จุดรองรับของแผ่นสะท้อนความร้อนมีช่วงกว้างมาก ดังนั้นควรใช้ลวดเหล็กกรรมดา หรือลวดดาข่ายรองรับแผ่นสะท้อนก่อนปู



รูปที่ 4.33 การติดตั้งแผ่นสะท้อนความร้อนกับแปเหล็กลูก

3. การติดตั้งหลังคาฝ้าคอนกรีต ให้เลือกแนวที่จะติดตะปูคอนกรีตเพื่อปูแผ่นสะท้อนแสง ตรงช่องระหว่างคานฝ้ากับฝ้าซึ่งช่องว่าง ระหว่างแผ่นฉนวนกับพื้นคานฝ้าและช่องว่างใต้ฝ้านี้ยังห่างเท่าไรยิ่งกันความร้อนได้ดียิ่งขึ้น ติดตะปูตลอดแนวผนังทั้งฝ้าผนังด้านซ้ายและด้านขวา จึงลวดแต่ละเส้นจากตะปูด้านหนึ่ง ไปยังตัวที่อยู่ตรงข้ามกัน ปูแผ่นฉนวนบนลวดแต่ละเส้นซึ่งให้ตั้งแล้วยึดติดกับลวด ด้วยเทป ทำเช่นนี้จนปูได้ทั่วหลังคาคอนกรีต

4. การติดตั้งกับผนัง โดยขึ้นโครงคร่าวตลอดแนวผนัง ปูแผ่นฉนวนไว้หลังโครงคร่าว ติดลวดยึดหรือดอกระปูเพื่อยึดไว้ให้ติดกัน ทำเช่นนี้จนปูได้ทั่วทั้งฝ้าผนังแล้วจึงตีกระทงเพื่อติดตั้งฝ้าผนังภายใน สำหรับการติดตั้งที่ผนังภายนอกอาคาร ก็ทำได้โดยขึ้น โครงคร่าวและปูแผ่นฉนวน ตีกระทงและฝ้าผนังด้านนอกด้วยวิธีเดียวกันแต่ฝ้าผนังต้องอยู่ห่างจากพื้น 3 นิ้ว และห่างจากกันสาด 3 นิ้ว เพื่อถ่ายเทอากาศ

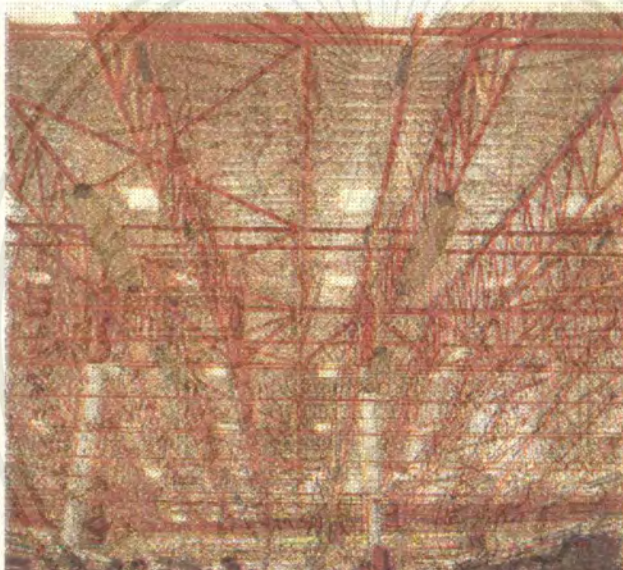


รูปที่ 4.34 การติดตั้งแผ่นสะท้อนความร้อนกับฝ้าผนังภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการติดตั้งแผ่นสะท้อนความร้อนกับหลังคากระเบื้องและหลังคาโลหะ มีขั้นตอนในการติดตั้งดังนี้

1. จึงลวดเหล็กอาบสังกะสี บนแปเหล็ก โดยผูกกับแปคู่ต้นหลังคาแล้วพาดผ่านแปตัวอื่น ๆ มาผูกปลายลวดกับแปตัวล่างสุด โดยพยายามจึงให้ตึง
2. ผูกลวดตามลักษณะดังกล่าว ตลอดผืนหลังคา โดยให้มีระยะห่างกันทุก ๆ 0.50 ม.
3. ปูแผ่นสะท้อนความร้อนบนลวด โดยปูในแนวลาดเอียงของหลังคา เมื่อปูได้ 1 แนว ควรติดตั้งวัดคุมงหลังคาทับทันทีเพื่อป้องกันปัญหาแรงลม
4. ปูแผ่นสะท้อนความร้อนในแนวถัดไป โดยให้มีระยะซ้อนทับกับแนวเดิม 0.10 เมตร ทำเช่นนี้ตลอดผืนหลังคา



รูปที่ 4.35 การติดตั้งแผ่นสะท้อนความร้อนกับหลังคาโลหะ

5. บริเวณที่ต้องการเปิดช่องแสง หรือช่องพัดลมดูดอากาศ ทำได้โดยจึงลวดเป็นกรอบ แล้วตัดแผ่นสะท้อนความร้อนเท่ากับบริเวณที่ต้องการเปิดช่อง เชื่อมขอบแผ่นสะท้อนความร้อนกับกรอบลวดด้วยลวดเย็บกระดาษ หรือเทปกา

คำแนะนำเพื่อความปลอดภัยในการติดตั้ง

- ภายในโครงสร้างหลังคาบ้าน โดยทั่วไปมักมี เศษผง , ฝุ่นละออง , หรือสิ่งสกปรกอื่น ๆ ที่เป็นอันตรายต่อผิวหนัง ดวงตาหรือระบบหายใจ ผู้ติดตั้งจึงควรสวมแว่นป้องกันดวงตา หน้ากากครอบจมูกและปาก ตลอดจนชุดป้องกันที่มีฉนวนกันความร้อนติดตัว

- ก่อนติดตั้ง ควรตรวจสอบสภาพของสายไฟเหนือฝ้า จนแน่ใจว่าไม่มีการรั่วซึมของไฟฟ้า แล้ว จึงลงมือติดตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ขณะติดตั้ง ต้องใช้ความระมัดระวัง อย่าเดินไปบนส่วนใดส่วนหนึ่งที่เห็นว่าไม่น่าจะรับน้ำหนักมาก ๆ ได้เป็นอันตราย

- ควรให้ผู้ที่มีประสบการณ์เป็นผู้ติดตั้งจะสะดวกและปลอดภัยกว่า

4.8 การติดตั้งฉนวนเยื่อกระดาษ

การติดตั้งฉนวนเยื่อกระดาษมีหลายรูปแบบที่สามารถเลือกตามความเหมาะสมของลักษณะงาน โดยแบ่งเป็น 3 ลักษณะดังนี้

1. ระบบพ่นแห้ง
2. ระบบน้ำ
3. ระบบการ

1.ระบบพ่นแห้ง การติดตั้งระบบแห้ง ความเหมาะสมของการติดตั้งแบบนี้เหมาะสำหรับบ้านพักอาศัยธรรมดา เป็นการติดตั้งบนฝ้าเพดานในลักษณะฟูร่วน เหนียวอย่างยิ่งสำหรับฝ้าเพดานฉาบเรียบ ซึ่งไม่จำเป็นต้องเป็นฝ้าฉาบเรียบแนวนอนเท่านั้น อาจเป็นฝ้าเอียงขนานไปกับตามรูปหลังคา ฝ้าโค้งหรือฝ้าเล่นระดับ

บ้านพักที่อยู่อาศัยมานานแล้วสามารถติดตั้งได้โดยไม่ต้องรื้อหลังคาหรือฝ้า แต่ใช้วิธีเปิดกระเบื้องมุงหลังคาเพียงแผ่นหรือสองแผ่น จากนั้นช่างติดตั้งจะทำการสำรวจพื้นที่และเตรียมการด้วยการล้อมปิดช่อง รู หรือ รอยร้าวของฝ้าบางแห่ง เช่นระบบไฟ Down Light หม้อแปลง ฯ จากนั้นช่างติดตั้งจะทำการฉีดย่น หลังติดตั้งเสร็จแล้วประมาณ 2-3 วัน ผิวหน้าของฉนวนเยื่อกระดาษจะเริ่มประสานตัวกันในลักษณะ Interlock เป็นผิวเรียบคล้ายพรม จึงไม่ทำให้ฟุ้งกระจาย



รูปที่ 4.36 การพ่นฉนวนเยื่อกระดาษเหนือฝ้าเพดาน

2. ระบบน้ำ ใช้ในการติดตั้งกับกำแพงเบา โดยการฉีดย่นพร้อมกับน้ำเข้าระหว่างผนังกันห้อง เหมาะที่จะทำเป็นผนังกันห้องประชุมเพื่อกันเสียงรบกวนจากภายนอก กันห้องดนตรี ห้องอัดเสียง ห้องจัดเลี้ยง โรงภาพยนตร์ เป็นต้น ซึ่งโดยปกติแล้วจะต้องทำผนังถึง 2 ชั้น โดยชั้นหนึ่งจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรจุฉนวนฉนวนกันความร้อน ชั้นที่สองจะปล่อยเป็นโพรงอากาศเพื่อป้องกันการทะลุทะลวงของเสียง แต่สำหรับฉนวนเยื่อกระดาษแล้วสามารถฉีดเข้าไปพร้อมกับละอองน้ำเข้าไปในระหว่างกำแพง เส้นใยจะยึดเกาะกันแน่น ด้วยแรงอัดฉีดพ่น



รูปที่ 4.37 การพ่นฉนวนเยื่อกระดาษเข้าระหว่างผนัง

3. ระบบกาว เป็นการติดตั้งที่ใช้ระบบฉีดพ่นควบคู่กับกาว เหมาะสำหรับโรงงานหรืออาคารที่ไม่มีฝ้าใต้หลังคา และมักมีฝ้าลาดเอียงไปตามแนวหลังคามาก หรืออาคารพาณิชย์ที่มีช่องว่างระหว่างฝ้าและหลังคาน้อย อาคารที่ไม่ต้องการเก็บเสียงหรือไม่ต้องการให้มีเสียงก้อง เช่น สนามกีฬา, โรงภาพยนตร์, ห้องอัดเสียง ฯ โดยวิธีการติดตั้งทำได้ดังนี้



รูปที่ 4.38 การพ่นฉนวนเยื่อกระดาษใต้หลังคาโรงงาน

- การเตรียมสถานที่ ทำการเดินสายไฟให้เรียบร้อยก่อนติดตั้ง
- ช่วงติดตั้งใช้ผ้าใยหรือพลาสติกคลุมทับส่วนที่ไม่ต้องการติดตั้ง เช่น ท่อสายไฟบางจุด ชี้อ และกำแพงอื่น ๆ
- สามารถฉีดเยื่อกระดาษติดกับพื้นผิวที่ต้องการได้ทันที เช่นเดียวกับการพ่นสีเคลือบจนได้ความหนาที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- หลังจากการติดตั้งเสร็จไม่น้อยกว่า 2-3 วัน ต้องระวังไม่ให้เกิดการเคาะ แกะ เกา กด หรือขูดขีดผิวหน้า

ข้อควรระวังเป็นพิเศษในการติดตั้ง

สารเคมีป้องกันไฟที่ใช้ผสมในผลิตภัณฑ์ เป็นสารเคมีที่ละลายน้ำได้ เมื่อนำไปใช้ป้องกันไฟ ในบริเวณซึ่งมีการกลั่นตัวของหยดน้ำหรือบริเวณที่ต้องเปียกน้ำ อาจทำให้จำเป็นจะต้องใช้สเปรย์ กันไฟพ่นทับถ้าจำเป็น ฉนวนเยื่อกระดาษที่ใช้ผสมกับน้ำ ไม่ควรนำไปพ่นบนแผ่นไม้ที่เคลือบผิว ด้วยพลาสติกกลาไมนเท เนื่องจากจะทำให้ลอกได้ และไม่ควรมานำไปใช้กับฝาผนังที่ปิดไว้นิล หรือ พลาสติกทั้งสองข้างของฝาผนัง ซึ่งทำให้ระเหยไม่ได้ เว้นเสียแต่ว่าจะปล่อยให้ตัวเยื่อกระดาษแห้งสนิทเสียก่อน การตรวจสอบผิวก่อนที่จะติดตั้ง เพื่อมิให้มีสนิม ผุพัง หยดน้ำ เป็นต้น พื้นผิวที่จะใช้งานควรมีการป้องกันการรั่วซึมเสียก่อน

4.9 การติดตั้งฉนวนพ่นเคลือบเซรามิก

ฉนวนกันความร้อนพ่นเคลือบเซรามิก สามารถติดตั้งได้ทั้งการทาด้วยแปรง , ใช้ลูกกลิ้งหรือ ใช้เครื่องพ่นแล้วแต่ความเหมาะสมของพื้นผิวงาน ซึ่งขั้นตอนการทำงานจะเป็นดังนี้

1. ทำความสะอาดพื้นผิวที่จะติดตั้งให้สะอาด โดยการล้างด้วยน้ำแล้วใช้แปรงขัด หรืออาจจะ ใช้เครื่องฉีดน้ำแรงดันสูง ๆ ฉีด ทำความสะอาด หลังจากทำความสะอาดพื้นแล้วถ้า มีบริเวณที่เป็นรอยร้าว ให้อุดรอยร้าวด้วยน้ำยากันซึมก่อน แต่ถ้าเป็นพื้นผิวเหล็ก บางครั้งจะมีสนิม ต้องทำการพ่นน้ำยากันสนิมก่อน พ่นรองพื้นก่อนแล้วทิ้งให้แห้ง ดังนั้นก่อนการทำการพ่นเคลือบ ฉนวนเซรามิก พื้นผิวที่จะพ่นเคลือบต้องสะอาด ปราศจากคราบไขมัน และสิ่งสกปรก เนื่องจากจะเป็นสาเหตุทำให้ประสิทธิภาพในการยึดเกาะของฉนวนลดน้อยลง ทำให้มีโอกาสร่อนก่อนเวลา

การพ่นน้ำยากันสนิมในกรณีที่พื้นผิวเป็น โลหะ เช่น เหล็ก , สังกะสี , อะลูมิเนียม การใช้น้ำยากันสนิม ใช้ได้ทั้งพื้นผิวที่มีรอยสนิมเกิดขึ้นแล้ว หรือพื้นผิวโลหะที่ยังไม่เกิดสนิม ซึ่งเป็นการ ป้องกันสนิม ถ้าเป็นผิวที่มีสนิมอยู่แล้วต้องใช้กระดาษทราย หรือเครื่องเจีย เจียหรือขัดรอยสนิมออกให้หมดก่อน

2. หลังจากรองพื้นสนิมแห้งแล้ว จึงทำการพ่นเคลือบฉนวนเซรามิกทับ โดยพ่นบาง ๆ ให้ ได้ความหนาประมาณ 5-6 มิลลิเมตร ทิ้งไว้ให้แห้ง จากนั้นจึงพ่นทับอีกครั้งหนึ่ง ที่ความหนา 5-6 มิลลิเมตรเช่นกัน ซึ่งจะส่งผลให้ความหนารวมของฉนวนพ่นเคลือบเซรามิกที่ติดตั้งเรียบร้อยแล้ว ประมาณ 10-12 มิลลิเมตร

3. ฉนวนเซรามิกฟั่นเคลือบจะแห้งภายใต้สภาวะอุณหภูมิบรรยากาศ ภายใน 24 ชั่วโมง และจะมีระยะเวลาในการบ่มภายใน 21 วัน หลังจากติดตั้งไปแล้ว 21 วัน จะมีประสิทธิภาพเต็มที่



รูปที่ 4.39 การผสมเซรามิกก่อนทำการติดตั้ง



รูปที่ 4.40 การพ่นเซรามิกบนคอร์ตฟุตบอลลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อควรระวังในการติดตั้ง

1. เนื่องจากฉนวนพ่นเคลือบเซรามิก เป็นฉนวนกันความร้อนจึงควรเป็นผิวชั้นบน (Top Coat) ดังนั้นหลังจากพ่นฉนวนเรียบร้อนแล้ว ไม่ควรทาสีอื่น ๆ ทับบนฉนวนอีก
2. การติดตั้งฉนวนเมื่อเกิดฝนตกจะติดตั้งไม่ได้

4.10 การติดตั้งฉนวนใยแก้วและใยหิน

การติดตั้งฉนวนใยแก้วและใยหินสามารถติดตั้งได้หลายรูปแบบเช่น

1. การติดตั้งโดยการปูฝ้าเพดานและฝ้าผนังด้วยโครงคร่าวโลหะ
2. การติดตั้งด้วยโครงคร่าวไม้
3. การติดตั้งกับผนังอิฐและซีเมนต์บล็อก
4. การติดตั้งกับท้องหลังคาคอนกรีตหล่อ
5. การติดตั้งกับ โครงหลังคาแบบต่าง ๆ
6. การติดตั้งกับฝ้าเพดานชนิดแขวน

การติดตั้งติดตั้งฉนวนใยแก้วชนิดแผ่นม้วนและห่อหุ้มด้วยอะลูมิเนียมฟอยด์ โดยเฉพาะฝ้า

เพดานโครงคร่าว T-BAR

วิธีการติดตั้ง

1. ใช้คัตเตอร์กรีดเทปกาวโดยสอดเข้าไปด้านในแล้วตัด
2. เปิดฝ้าเพดานบริเวณที่ต้องการปูเพื่อนำแผ่นม้วนฉนวนใยแก้ว ขึ้นไปด้านบนฝ้าเพดาน
3. ปูแผ่นม้วนฉนวนใยแก้ว ตามแนวฝ้าเพดาน โคนกึ่งม้วนฉนวนใยแก้วให้ออกจากตัว
4. ปิดฝ้าเพดาน เมื่อปูจนเต็มแนวยาวของฝ้าแล้วทำชั้นตอนเดียวกันจนเต็มพื้นที่ฝ้าเพดาน
5. หากเกิดรอยฉีกขาดให้ซ่อมแซมด้วยเทปใสหรือเทปอะลูมิเนียมฟอยด์
6. ควรติดตั้งแผ่นฉนวนใยแก้วห่างประมาณ 3 นิ้ว จากจุดที่มีการติดตั้งดวงไฟทุกครั้ง



รูปที่ 4.41 การติดตั้งฉนวนใยแก้วบนฝ้าเพดาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการติดตั้งฉนวนใยแก้ว กับหลังคาเหล็ก

ก. กรณีที่ยังไม่ได้ปิดหลังคา สามารถทำได้ 2 วิธี คือ

1. ใช้ตะแกรงเหล็ก
2. ใช้ตาข่ายกรงไก่

ข. กรณีที่ปิดหลังคาแล้ว สามารถทำได้โดยวิธีการผูกมัด

ก.1 การติดตั้งโดยการใช้ตะแกรงเหล็ก มี 2 วิธี คือ

ก.1.1 โดยการเชื่อมตะแกรงเหล็กในช่องแป วิธีนี้จะทำได้ยาก แฉ่งงานจะออกมาสวย สามารถใช้ได้กับฉนวนใยแก้วหรือใยหินที่มีความหนาแน่นสูง และความหนามากกว่า 2 นิ้ว เพราะช่องแปจะสูงประมาณ 4 นิ้ว วิธีการติดตั้งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

- ทำการเชื่อมตะแกรงเหล็กในช่องแป (ขนาดแปอาจจะเป็น 1.20 , 1.50 , 1.70 และ 2.00 เมตร)

- ปูฉนวนใยแก้วหรือใยหิน ลงบนตะแกรงเหล็ก
- ปิดหลังคาเหล็ก (Metal Sheet) ทับฉนวนที่ปูเสร็จ

ก.1.2 โดยการเชื่อมตะแกรงเหล็กบนแป วิธีนี้จะง่าย และรวดเร็วกว่าแต่ไม่สามารถใช้ฉนวนใยแก้วหรือใยหินที่มีความหนาแน่น สูงมากและความหนาของแผ่นฉนวนต้องไม่เกิน 2 นิ้ว เพราะถ้ามีความหนาแน่นมาก แผ่นฉนวนจะไม่สามารถกดได้ หรือถ้ากดได้ ความหนาของแผ่นฉนวนจะไม่สม่ำเสมอ เพราะรอบทับของลอนหลังคา มีขั้นตอนการติดตั้งดังต่อไปนี้

- ทำการเชื่อมตะแกรงเหล็กบนแป
- ทำการปูฉนวนใยแก้วหรือใยหินบนตะแกรงเหล็ก
- ปิดหลังคาเหล็กทับแผ่นฉนวน

ขนาดของตะแกรงเหล็กที่นิยมใช้มีดังนี้

1. ขนาด 4 มม. ระยะ 20 X 20 ซม.
2. ขนาด 4 มม. ระยะ 15 X 15 ซม.
3. ขนาด 3.6 มม. ระยะ 15 X 15 ซม.

ก.2 การติดตั้งโดยการใช้ตาข่ายกรงไก่ ขนาด 1 นิ้ว มีวิธีการติดตั้งดังต่อไปนี้

- วางตาข่ายกรงไก่อบนแป
- วางแผ่นโลหะ (Plate) เจาะรู ขันสกรู หรือยิงด้วย Rivet
- จัดระยะห่างของการเจาะรูประมาณ 30 , 50 เซนติเมตร
- ปูแผ่นฉนวนใยแก้วหรือใยหินลงบนตาข่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ปิดหลังคาเหล็กทับแผ่นฉนวนที่ปูเรียบร้อยแล้ว

ข. กรณีที่ปิดหลังคาแล้ว สามารถติดตั้งโดยการผูกมัดชุบก็ได้ในขนาด No. 18 ซึ่งการติดตั้งโดยการผูกมัด จะต้องพิจารณาจากขนาดความกว้าง ความสูงของแป ประกอบด้วย ถ้ำแปกว้าง 1 เมตร สูงประมาณ 6-7 เมตร สามารถติดตั้งโดยวิธีนี้ได้ ระยะห่างของการผูกมัดควรจะเป็นระยะ 30 เซนติเมตร ให้ผูกตั้งฉากไปกับแปเป็นเส้นขนานกันไป ซึ่งเมื่อติดตั้งเสร็จแล้วจะ ไม่เป็นคลื่น



รูปที่ 4.42 การติดตั้งฉนวนใยแก้วบนโครงหลังคา



รูปที่ 4.43 การติดตั้งฉนวนใยแก้วแบบแผ่นกับฝ้าเพดาน

ข้อควรพิจารณาในการติดตั้งฉนวนใยแก้วมีดังนี้

สวมใส่เสื้อผ้าที่หลวม ใส่เสื้อแขนยาว ไม่ปิดคอ และใส่กางเกงขายาว และสวมหมวกเพื่อป้องกันไม่ให้ผิวหนังไปสัมผัสกับใยแก้ว เสื้อผ้าที่หลวมยังช่วยไม่ให้เส้นใยมีโอกาสติดกับผิวหนัง ในบางกรณีอาจจำเป็นต้องใส่ถุงมือ

ป้องกันฝุ่น ในกรณีที่ต้องตัดใยแก้วด้วยเลื่อยกล หรือต้องขัดผิวใยแก้ว ควรมีอุปกรณ์สำหรับดูดฝุ่น กรณีที่ตัดด้วยมือควรให้มีฝุ่นเกิดขึ้นน้อยที่สุด

อย่าถูหรือเกาผิวหนัง เมื่อมีใยแก้วติดที่ผิวหนังอย่าถูหรือเกา ให้ล้างออกด้วยน้ำอุ่น และสบู่อ่อน หลังจากล้างทำความสะอาดผิวหนังแล้ว จะทาผิวหนังด้วยครีมหรือโลชั่นก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ป้องกันตา โดยใส่แว่นป้องกัน ในกรณีทำการติดตั้งใยแก้วในลักษณะอยู่เหนือศีรษะ หรือในสภาพที่ใยแก้วอาจมีโอกาสดูดเข้าตาได้

ใช้ที่ปิดจมูก กรณีทำงานในบริเวณที่มีปริมาณใยแก้วปนกับอากาศมากกว่าปกติ

แยกเสื้อผ้าซักต่างหาก เสื้อผ้าที่สวมใส่เมื่อทำงานเกี่ยวกับใยแก้วควรแยกออกมาซักต่างหากไม่ควรปนกับเสื้อผ้าอื่น ๆ เพื่อไม่ให้ใยแก้วติดไปกับเสื้อผ้าอื่น ๆ

ทำความสะอาดสถานที่ทำงาน ปิดกวาดทำความสะอาดสถานที่ทำงาน เมื่อเสร็จงานแล้วเศษของใยแก้วควรนำไปทิ้งที่ถังขยะ อย่าปล่อยให้เศษใยแก้ววางทิ้งไว้ในสถานที่ทำงาน

4.11 การติดตั้งฉนวนโพลีเอทรีนโฟม

การนำฉนวนโพลีเอทรีนโฟมไปใช้ในงานก่อสร้างอาคารนั้น สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้ 2 ลักษณะ คือ 1. ผนัง 2. ฝ้าเพดานแบบต่าง ๆ ซึ่งมีขั้นตอนการติดตั้งที่คล้ายกัน ดังนี้

1. ทำความสะอาดพื้นที่ ที่จะทำการติดตั้ง
2. การยึดเกาะของแผ่นโพลีเอทรีนโฟมสามารถกระทำได้ดังนี้
 - ติดได้ด้วยกาวทุกชนิด (LATEX)
 - ตอกด้วยตะปูหัวโต
 - ยิงด้วยลวดยึด
 - กัดด้วย PEG
3. ในการนำแผ่นโพลีเอทรีนโฟม มาติดตั้งเข้ากับฝ้าเพดาน สามารถติดได้ทั้งเหนือฝ้าและใต้ฝ้า
4. ในการนำแผ่นโพลีเอทรีนโฟม มาติดตั้งเข้ากับผนังกระทำได้โดยการปิดที่ผิวหน้าของผนังหรือสอดเป็นแกนกลางในผนัง 2 ชั้น

เนื่องจากแผ่นโพลีเอทรีนโฟมมีลักษณะคล้ายแผ่นยางฉะนั้นในการติดตั้งฉนวนโพลีเอทรีนโฟม ที่ผิวหน้าของผนังและฝ้าเพดาน อาจทำให้สภาพสถาปัตยกรรมภายในอาคารดูด้อยค่าลง จึงควรทำการปิดทับแผ่นฉนวนด้วยวอลล์เปเปอร์ หรือควรที่จะติดตั้งเหนือแผ่นฝ้าเพดาน

4.12 การติดตั้งฉนวนโพลียูรีเทน

การติดตั้งฉนวนโพลียูรีเทนในงานก่อสร้างอาคาร โดยการฉีดหรือเท มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. การรองพื้นผิวก่อนการติดตั้ง (Primer)

ทำหน้าที่เป็นตัวยึดเกาะผิวหน้าของวัตถุ โดยการฉีดยาชั้นรองพื้นลงไปบนผิวหน้าของวัตถุที่ได้รับการทำความสะอาดพื้นผิวแล้ว ชั้นรองพื้นจะเกาะติดหน้าของวัตถุโดยไม่มีช่องว่างใด ๆ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในสภาพอากาศที่ไม่เหมาะสม เช่นมีฝนตกไม่ควรที่จะทำการติดตั้งฉนวน โพลียูรีเทนแบบพ่นในที่เพราะจะทำให้สาร โฟมสามารถเจือปนไปกับน้ำ ทำให้ไม่ได้ส่วนผสมที่ต้องการตามมาตรฐาน

2. การพ่นตัวโพลียูรีเทน (Rigid Polyurethane Foam)

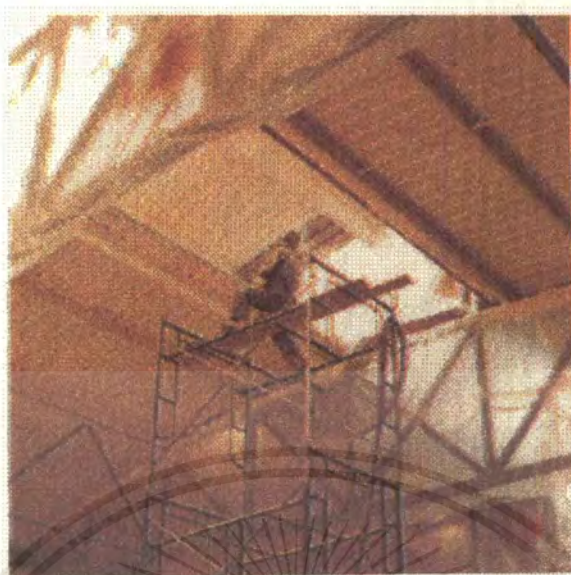
หลังจากพ่นชั้นรองพื้นเรียบร้อยแล้ว โพลียูรีเทน โฟมชนิดคงรูป จะถูกฉีดพ่นลงบนวัสดุเพื่อทำหน้าที่เป็นฉนวน โดยปกติแล้วโพลียูรีเทน โฟมจะประกอบด้วยส่วนผสมของเหลว 2 ส่วนซึ่งแยกออกจากกัน และจะถูกผสมเข้ากันที่ชั้นตอนสุดท้ายของเครื่องสเปรย์ ที่ทำงานด้วยแรงดันอากาศ ควบคุมส่วนผสมและอุณหภูมิของส่วนผสมโดยผู้ชำนาญ

3. การพ่นทับผิวหน้า (Elastomeric Membrane)

การพ่นทับหน้าตัว โฟมโพลียูรีเทน เพื่อการป้องกันผิวชั้นนอก และรักษาคุณสมบัติของฉนวนให้ยาวนาน โดยสารเคลือบผิวหน้ามีคุณสมบัติในการป้องกันรังสีอุลตราไวโอเลต ป้องกันการซึมผ่านของน้ำ การกัดเซาะของสารเคมีและสภาพอากาศ รวมทั้งให้ความแข็งแรงกับพื้นผิว



รูปที่ 4.43 การพ่นโพลียูรีเทน โฟมบนคานฟ้าอาคาร



รูปที่ 4.44 การพ่น โพลียูรีเทน โฟมใต้หลังคา

ข้อแนะนำในการติดตั้งฉนวน โพลียูรีเทน โฟม

เรียบ

- ความหนาของชั้น โฟมแต่ละชั้นไม่ควรมีค่าน้อยกว่า 2 ซม. เนื่องจากจะทำให้ผิว
- ในสภาพอากาศที่ไม่ดี ลมแรง อุณหภูมิสูงและต่ำเกินไป ปริมาณความชื้นมาก อาจมี
- ผลต่อประสิทธิภาพของฉนวน ดังนั้นจึงควรติดตั้งในสภาพอากาศที่แจ่มใสจะดีที่สุด
- สภาพอุณหภูมิโดยรอบพื้นที่ติดตั้งไม่ควรจะต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียส
- ผู้ที่ทำการพ่นฉนวน โพลียูรีเทน โฟมควรมีที่ปิดหน้าเพื่อป้องกันละอองที่อาจจะฟุ้ง
- กระจายเมื่อลมแรง
- พื้นที่ที่จะทำการติดตั้งควรอยู่ในสภาพแห้ง เพราะสารในส่วนผสม (Isocyanate) สามารถทำปฏิกิริยากับน้ำทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา ซึ่งจะมีผลต่อการยึดเกาะของ โฟมกับผิวติดตั้ง และเกิดการเปราะ , ร่วนของตัวฉนวน
- หากพื้นผิวที่จะติดตั้งมีการชำรุด หรือเกิดการพองตัว ต้องทำการซ่อมแซม หรือ
- เปลี่ยนก่อนติดตั้งฉนวน
- ก่อนที่จะทำการพ่นฉนวน โฟมลงบนพื้นไม้ต้องทำการเคลือบผิวไม้ก่อน
- การพ่นฉนวนระหว่างที่ติดกันและมีหลังคาที่ต่อกัน ควรที่จะแยกพ่นแต่ละอาคาร เพื่อป้องกันการหลุดตัวที่ไม่เท่ากันของอาคาร ซึ่งจำทำให้เกิดรอยแตกที่ผิวฉนวน โฟม

4.12.1 การประยุกต์ใช้ฉนวนโพลียูรีเทน

การประยุกต์ฉนวนโพลียูรีเทนโพนีใช้กับงานในอาคารนั้น มีวิธีการนำไปใช้งานได้หลายวิธี ขึ้นกับความเหมาะสม ของการใช้งานรวมถึงสถานที่ที่จะการติดตั้ง ดังนั้น วิธีการนำไปประยุกต์ใช้ ก็จะมีวิธีที่แตกต่างกันไป ตามที่จะกล่าวต่อไปนี้

1. แผ่นฉนวนโพลียูรีเทนโพนีในแกนกลางที่ใช้ในผนังภายนอก

วิธีที่ใช้กับฉนวนในแกนกลาง

ฉนวนในแกนกลางโดยแผ่นโพลียูรีเทนโพนี นิยมใช้ในอาคารใหม่ มีวิธีการติดตั้งอยู่ด้วยกัน 3 วิธี ดังต่อไปนี้

- แผ่นฉนวนโพลียูรีเทนโพนี ติดตั้งที่ผนังก่ออิฐภายนอกของโครงสร้างที่มีรูโพรงระหว่างแผ่นคู่ (มีหรือไม่มีช่องอากาศตรงกลาง)
- การติดตั้งฉนวนโพลียูรีเทนโพนี ในสถานที่ก่อสร้าง โดยการฉีดโพนีในช่องอากาศระหว่าง เปลือกด้านในและ ด้านนอกของผนังโพรงภายนอก
- ผนังบล็อกกับการใช้ฉนวนกันความร้อนในแกนกลาง หน้าที่และลักษณะของฉนวนในแกนกลาง คือ
- ป้องกันการแทรกซึมของความชื้น
- ป้องกันผิวด้านในของผนังโพรงจากความร้อน
- ทดแทนการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศให้อยู่ในอุณหภูมิที่สบายทั้งฤดูร้อนและฤดูหนาว
- ติดตั้งง่ายเป็นฉนวนที่น่าพอใจที่สุดและขนาดของการประหยัดพลังงานมากจึงทำให้ประหยัด
- ไม่จำกัดการออกแบบของสถาปนิก

วัสดุที่ใช้ทำฉนวนในแกนกลางจะต้องทำให้เกิดความพอใจในด้านกายภาพ, เทคนิค, และด้านการเงิน ตามความต้องการที่จะใช้ทำอาคาร โรงงาน

2. แผ่นฉนวนโพลียูรีเทนโพนีที่ใช้ในผนังภายนอกสำเร็จรูป

วิธีติดตั้งฉนวนแผ่นผนังภายนอกสำเร็จรูป

ในปัจจุบันบริษัทอุตสาหกรรมมีความต้องการ ทางด้านความสมบูรณ์แบบทางด้านประสิทธิภาพและเทคนิคในการสร้างอาคาร กระบวนการทางการเงิน และการรักษาอุณหภูมิที่ถูกต้องในการผลิตเป็นสิ่งสำคัญ ความยืดหยุ่นของสถานที่ (ความง่ายในการรื้อถอนและการประกอบขึ้นใหม่) เป็นความสำคัญรองลงมา สิ่งที่ต้องการคือคุณภาพและเทคนิคในการติดตั้งของผนังภายนอกสำหรับอาคารอุตสาหกรรม

- มีค่าความเป็นฉนวนกันความร้อนที่ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สถาปนิกสามารถออกแบบได้อย่างอิสระ, ใช้ได้กับความสูงของอาคารต่างๆ ไม่จำกัดผิวหน้าและสี
- มีน้ำหนักเบา, ติดตั้งง่าย
- ติดตั้งแล้วไม่เกิดผลกระทบในสภาพอากาศต่างๆ, ก่อสร้างได้รวดเร็ว
- สามารถถอดออกและประกอบขึ้นใหม่ได้, สามารถที่จะขยายออกได้
- ระบบผนังสมบูรณ์ในทุกรายละเอียด (นุ่ม, หลังคา, ประตู, หน้าต่าง ฯลฯ)
- ไม่ต้องการการบำรุงรักษา
- ผิวด้านนอกและด้านในทนต่อการกัดกร่อนของสารเคมีและสภาพอากาศต่าง ๆ

3. หลังคาแบนราบที่มีแผ่นฉนวนโพลียูรีเทนโฟม

ข้อดี

- มีน้ำหนักเบา
- การนำไปใช้ประโยชน์ดีมาก
- ง่ายต่อการปู
- มีคุณสมบัติทางสถาปัตยกรรม

หน้าที่และคุณสมบัติ

- ประหยัดพลังงานได้ดีมาก
- ประหยัดค่าใช้จ่ายในการปู
- การกระจายความร้อนที่ถูกต้องสำหรับสิ่งก่อสร้าง
- ป้องกันการควบแน่น
- ป้องกันน้ำฝนรั่วซึม
- เกิดแรงที่เท่า ๆ กันใน โครงสร้าง

คุณภาพของฉนวนบนหลังคาแบนราบเป็นตัวแปรที่สำคัญยิ่งในการพิจารณาหน้าที่ของอาคาร ในการวางแผนลงบนหลังคาเป็นสิ่งที่สำคัญ ซึ่งจะควบคุม โดยแผ่นหลังคาที่ผลิต และการออกแบบมาตรฐานของหลังคาแบนราบ

4. หลังคาชนิดแปที่มีแผ่นฉนวนโพลียูรีเทนโฟม

มี 2 เหตุผลหลักในการใช้ฉนวนกับหลังคาชนิดแป คือ

- ประหยัดพลังงาน
- เป็นกฎหมายที่จำเป็นต้องใช้ในอาคารพักอาศัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อดี

- เป็นการระบายน้ำของน้ำฝน
- ง่ายต่อการตรวจสอบการรั่ว
- เอื้ออำนวยต่อการทำช่องเปิด (ปล่องไฟ, เสาอากาศ ฯลฯ)
- มีอายุการใช้งานนาน
- ออกแบบอาคารที่เหมาะสมกับความต้องการของมนุษย์
- ให้ความเป็นอิสระต่อสถาปนิกในการออกแบบ
- เป็นสิ่งเพิ่มเติมที่อาคารพักอาศัยต้องการ

หน้าที่และคุณสมบัติ

ไม่มีอาคารพักอาศัยใดที่ต้องการเปลี่ยนแปลงเนื้อที่และพลังงาน หลังคาชนิดแปรมีลักษณะทางกายภาพและการเงินตามต้องการ และเป็นตัวช่วยให้บรรยากาศมีความน่าอยู่ ซึ่งมีความต้องการใช้วัสดุนานที่มีคุณภาพสูง และคุณภาพของวัสดุนานสำหรับหลังคาชนิดแปรมีความสำคัญยิ่งต่อการใช้พลังงานของอาคาร

รูปที่ 4.44 แสดงการใช้แผ่นฉนวน โพลียูรีเทนโฟม กับหลังคา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ฉนวนด้านในและด้านนอกของผนังภายนอก

ผนังด้านนอกของอาคารยอมรับว่ามีการสูญเสียความร้อนถึง 45% จากทุกชนิดของอาคาร ผนังภายนอกเป็นส่วนประกอบใหญ่ของพื้นที่ผิวด้านนอก ฉนวนของผนังด้านนอกเป็นสิ่งที่สำคัญยิ่งสำหรับการลดพลังงานของบ้านพักอาศัย

ผนังที่ไม่มีฉนวนคลุม (ผนังก่ออิฐหนา 24 ซม.) มีการใช้พลังงานน้ำมันประมาณ 12 ลิตร/ตารางเมตร/ปี สำหรับผนังที่มีฉนวนที่มีประสิทธิภาพมีการใช้พลังงานน้ำมันประมาณ 4 ลิตร/ตารางเมตร/ปี

หน้าที่และคุณสมบัติของผนังภายนอก

5.1 ฉนวนความร้อนด้านนอก

- ป้องกันอุณหภูมิของพื้นที่ผนังทั้งหมด ทำให้มีการประหยัดพลังงานที่สูงมาก
- มีความคงทน, บำรุงรักษาผนังด้านนอกและฉนวนกันความร้อนได้ง่าย
- ป้องกันความร้อนจากพื้นและคานประคอง
- ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งฉนวน โพลียูรีเทน โฟม ผันแปรตามชนิดของผนังภายนอก (ผนังเดี่ยว และผนังที่มีรูโหว่) ทั้งในอาคารใหม่และเก่า

5.2 ฉนวนความร้อนด้านใน

- ควบคุมอุณหภูมิไม่ให้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้กระบวนการถ่ายเทความร้อนไม่มีความต่อเนื่อง
- ไม่จำกัดความคิดของสถาปนิกในการออกแบบผนัง
- การติดตั้งฉนวนจะเป็นห้องๆ (room by room)
- เสียค่าใช้จ่ายในการติดตั้งน้อย, ติดตั้งได้ง่าย เหมาะสำหรับการติดตั้งเองได้

6. การกลายสภาพอาคารเก่าให้เป็นอาคารสมัยใหม่ โดยใช้แผ่นฉนวน โพลียูรีเทน โฟม

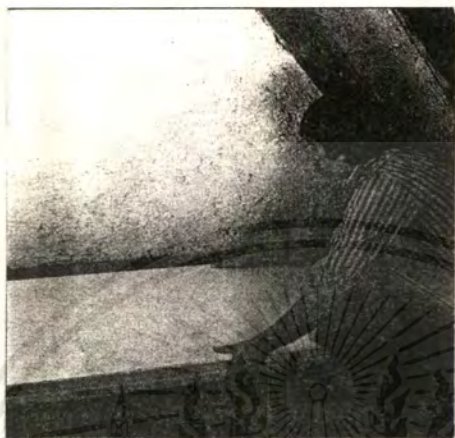
ฉนวนที่มีคุณสมบัติประโยชน์มากแต่เสียค่าใช้จ่ายน้อย

ในทุกๆวิธีที่จะทำการปรับปรุงอาคารเก่า ซึ่งวิธีนี้มีภาระหน้าที่ที่ค่าใช้จ่ายถูกกว่าวิธีอื่น เนื่องจากมีข้อดี ดังนี้

- เป็นส่วนสำคัญที่ใช้ในการปรับปรุงอาคาร
- ประหยัดพลังงานได้ดีมาก
- ทำให้สภาพอากาศภายในดี
- เป็นผลิตภัณฑ์ที่ดีกว่าที่เคยใช้ในอาคาร
- เก็บรักษาความร้อนได้ดี (ในกรณีการใช้เครื่องทำความร้อน ในเมืองหนาว)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผนังด้านนอกที่ไม่มีฉนวนคลุม มีการใช้พลังงานน้ำมันประมาณ 12 ลิตร/ตารางเมตร/ปี ซึ่งตัวเลขนี้สามารถลดลง ได้ถ้าติดตั้งฉนวนที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งจะสามารถประหยัดได้ถึง 10 ลิตร/ตารางเมตร/ปี ถ้ามีฉนวนหลังคา, เพดาน, พื้น และท่อน้ำร้อน



รูปที่ 4.45 แสดงการตั้งแผ่นฉนวนกันความร้อนโพลียูรีเทนโฟม

7. การใช้แผ่นฉนวน โพลียูรีเทนโฟมสำหรับหลังคาน้ำหนักเบา

หลังคาน้ำหนักเบาในการก่อสร้างโรงงานมีความต้องการ โครงสร้างที่ประหยัดและวัสดุที่มีคุณภาพดี

เป็นความพอใจทางเศรษฐศาสตร์ที่จะติดตั้งก่อนในการสร้างอาคาร โรงงานขนาดใหญ่เพื่อการผลิตและเก็บของ, อาคารคณะผู้บริหาร, อาคารการค้าและอุตสาหกรรม, หอনিทรรศการ, พลัปปลา, โรงเรียน, โรงยิมเนเซียม ฯลฯ นั้นหมายความว่า การต้องการเทคนิคระดับสูง, ระบบโครงสร้างที่มีความยืดหยุ่นของผิวพื้นราบของอาคาร และช่วงความกว้าง, รวมกับค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างต่ำ, ค่าบำรุงรักษาต่ำ และฉนวนความร้อนซึ่งเป็นสิ่งที่สำคัญที่สุด

ความต้องการวัสดุฉนวนคุณภาพดี หรือหลังคาสำเร็จน้ำหนักเบา ซึ่งเป็นสิ่งที่รวมคุณสมบัติทั้งหมดของวัสดุฉนวนที่สำคัญ

ชนิดของหลังคาน้ำหนักเบา

- หลังคาแบนราบน้ำหนักเบา ที่ไม่มีการระบายอากาศ มีหน้าตัดเป็นแผ่นเหล็กรูปสี่เหลี่ยมคางหมู
- หลังคาแบนราบน้ำหนักเบา ที่ไม่มีการระบายอากาศ มีหน้าตัดเป็นแผ่นเหล็กรูปสี่เหลี่ยมคางหมูคู่ประกบฉนวนที่อยู่ตรงแกนกลาง
- หลังคาน้ำเบาของโครงสร้างไม้
- หลังคาโรงงานน้ำหนักเบา ที่มีการระบายอากาศ และมีแผ่นฉนวนที่มีที่รองรับตัวเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- หลังคาพื้นเลื้อยที่มีชนิดสิ่งคลุมแบบต่างๆ

รูปที่ 4.46 การสร้างโรงงานที่ใช้หลังคาน้ำหนักเบาสำเร็จรูป

8. การปรับปรุงฉนวนความร้อนในโรงเลี้ยงสัตว์โดยใช้โพลียูรีเทนโฟม

การที่จะได้รับผลประโยชน์และการแข่งขันกันในการเลี้ยงสัตว์ ที่อยู่อาศัยของสัตว์เลี้ยงจึงต้องมีขนาดใหญ่ และต้องมีการรักษาสุขภาพของสัตว์เลี้ยง รวมไปถึงพันธุกรรมและอาหารที่ใช้เลี้ยงสัตว์, สภาพอากาศ ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องพิจารณา ในการปรับปรุงโรงเลี้ยงสัตว์ทั้งใหม่และเก่า ต้องเพิ่มเงื่อนไขเกี่ยวกับฉนวนด้วย

องค์ประกอบที่จำเป็นสำหรับสภาพแวดล้อมที่ดีของโรงเลี้ยงสัตว์ คือ

- มีความอบอุ่นที่เพียงพอ
- มีการระบายอากาศที่ดี
- มีแสงสว่างเพียงพอ

เงื่อนไขไม่ดีที่เกิดขึ้นจะทำให้สัตว์เลี้ยงมีสุขภาพไม่ดีหรือป่วย และเป็นสาเหตุให้เกิดความเสียหายต่ออาคาร ซึ่งเป็นผลให้โครงสร้างเสื่อมโทรมลง

การรักษาความร้อนไว้โดยปราศจากค่า ใช้จ่ายในการติดตั้งเครื่องทำความร้อนมีความสำคัญด้านหนึ่งของการควบคุมความร้อนที่แผ่ออกมาของสัตว์เลี้ยง ซึ่งปราศจากค่าใช้จ่ายในการติดตั้งเครื่องทำความร้อน การที่จะทำให้สำเร็จถ้าพื้นที่มีโครงสร้างปิดล้อม ซึ่งจะต้องมีน้ำหนักเบาและประกอบด้วยฉนวนกันความร้อน สำหรับฤดูหนาว ถ้าเป็นฤดูร้อน จะต้องควบคุมอุณหภูมิภายในของสัตว์ไม่ให้สูงเกินไปโดย ปราศจากการติดตั้งเครื่องทำความเย็น

ข้อกำหนดพิเศษโดยสภาพแวดล้อมของโรงเลี้ยงสัตว์

วัสดุกันความร้อนที่เหมาะสม ต้องรวมไปถึงความสามารถที่มีสูงของฉนวน, มีความต้านทานต่อการผุกร่อนของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหายใจและมูลสัตว์ และต้องไม่เกิดผลกระทบโดยไอน้ำและความชื้น

9. การใช้แผ่นฉนวนโพลียูรีเทน โฟมในห้องเย็น

พลังงานความเย็นมีราคาสูงกว่าพลังงานความร้อน 10 เท่า

หน้าที่สำคัญของห้องเย็น คือ ป้องกันการเน่าเสียและรักษาคุณภาพของผลผลิต ฉนวนความร้อนซึ่งเป็นตัวแปรที่สำคัญ

- พลังงานความเย็นมีราคาสูงกว่าพลังงานความร้อน 10 เท่า จึงเป็นสาเหตุให้ฉนวนความร้อนเป็นสิ่งจำเป็นที่สุด
- มีความต้องการเกี่ยวกับความถูกต้องของสภาพอากาศและอุณหภูมิ และการป้องกันการควบแน่นของความชื้นหรือน้ำแข็ง (เป็นสิ่งที่ลดประสิทธิภาพและคุณภาพของห้องเก็บ) ซึ่งสถานที่ที่มีความต้องการการกระจายตัวของโครงสร้างฉนวน
- มีความต้องการการได้รับเงินลงทุนกลับคืนให้เร็วที่สุด คือ เวลาในการก่อสร้างและค่าใช้จ่ายต่อน้อยที่สุด
- นโยบายของผู้จัดการที่มีความต้องการให้อาคารมีค่าใช้จ่ายต่ำ
- ความเข้มงวดของกฎหมายต้องการในด้านสุขวิทยาและสุขภาพของการใช้วัสดุอาคารชนิดของโครงสร้าง
- ห้องเย็น เป็นห้องที่ใช้สำหรับแช่แข็ง, ปรับอุณหภูมิให้พอเหมาะสำหรับการใช้งาน เช่น ห้องเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และควบคุมบรรยากาศในห้องทดลอง
- ห้องเก็บความเย็น (ป้องกันไฟและ โครงสร้างน้ำหนักเบา) เครื่องทำความเย็นเพื่อถนอมการค้า, เครื่องทำความเย็นในโรงงาน, เครื่องทำความเย็นในที่พักอาศัย, โกดังความเย็นพิเศษ, ห้องเย็นการค้า

บทที่ 5

การเลือกใช้นวนความร้อนให้เหมาะสมกับอาคาร

ในปี พ.ศ. 2540 การสำรวจจำนวนอาคารในกรุงเทพฯ พบว่ามี โรงแรมขนาดใหญ่มากกว่า 100 แห่ง โรงพยาบาลเอกชน 136 แห่ง อาคารสำนักงานขนาดใหญ่กว่า 100 แห่ง ห้างสรรพสินค้ากว่า 100 แห่ง อาคารเหล่านี้ต้องใช้ไฟฟ้าในการเดินเครื่องปรับอากาศ เพื่อปรับความเย็นในอาคารถึงกว่าร้อยละ 50 ที่เหลือใช้เพื่อระบบแสงสว่าง ลิฟต์และอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่น ๆ คิดเป็นค่าไฟฟ้าที่ต้องจ่ายออกไปถึงเดือนละนับล้านบาท ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงมีการดำเนินการในแนวทางต่าง ๆ เพื่อประหยัดการใช้พลังงาน และฉนวนกันความร้อนนับว่าเป็นทางเลือกหนึ่งในการปรับปรุงอาคารให้สามารถประหยัดการใช้พลังงานได้ และยังเป็นการปฏิบัติตามพระราชกฤษฎีกากำหนดอาคารควบคุม

5.1 การพิจารณาเลือกใช้นวนความร้อน

ปัจจุบันฉนวนกันความร้อนชนิดและประเภทต่าง ๆ ได้ถูกนำออกมาจำหน่ายเพิ่มมากขึ้นเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ ที่มีจุดประสงค์ที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งแต่ละประเภทก็จะมี ความเหมาะสมกับงานที่นำไปประยุกต์ใช้ ได้หลากหลาย แต่ก็มีข้อจำกัดในการใช้งานของฉนวนแต่ละประเภทที่ไม่เหมือนกัน ในการพิจารณาเลือกใช้นวนความร้อนมีหลักเบื้องต้นดังนี้

1. ความสามารถในการทนอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดของฉนวนชนิดนั้น ๆ
2. ควรคำนึงถึงความแข็งแรง ทนทานต่อสภาพการทำงาน ความสิ้นเปลือง โดยไม่

เสื่อมสภาพหรือเสียรูป

3. ฉนวนจะต้องมีสภาพทางเคมีคงที่ เป็นฉนวนป้องกันการกัดกร่อนได้ดี มีอายุการใช้งานพอสมควรแก่การลงทุน

4. ติดตั้ง ดูแล และซ่อมแซมได้ง่าย

5. จะต้องไม่ติดไฟ หรือ ไม่ลามไฟ และไม่ทำให้เกิดควัน ซึ่งเป็นอันตรายต่อชีวิต

6. จะต้องมีความสัมพันธ์การนำความร้อน (k) ต่ำ และค่าความต้านทานความร้อน

(R) สูง

7. ต้องไม่ดูดซึมน้ำ ทนต่อแมลง สัตว์ต่าง ๆ เช่น มด หนู เป็นต้น

8. ต้องกันความชื้นทั้งในฉนวนที่ใช้กับอุณหภูมิสูงและต่ำ สำหรับอุณหภูมิสูงนั้น ความชื้นจะทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานความร้อนโดยการระเหย ส่วนอุณหภูมิต่ำ ความชื้นจะกลายเป็น

หยดน้ำและแข็งตัว ซึ่งทั้งสองกรณีล้วนแต่ทำให้คุณสมบัติของการเป็นฉนวนลดลง และอาจเสื่อมสภาพในที่สุด

9. สามารถลดความเสี่ยงดังภายในอาคารลงได้เพียงใด เช่น ความดังของเครื่องจักรกลต่าง ๆ ในโรงงาน

10. สามารถเป็นฉนวนกันเสียงที่เกิดจากภายนอกอาคารเช่น เสียงดังจากการจราจร หรือเสียงฝนตกกระทบหลังคาเหล็ก

11. มีความหนาแน่นน้อย น้ำหนักเบา ราคาถูกและหาซื้อได้ง่าย

12. ไม่หดรัดหรือแตกยุ่ยในการใช้งาน

13. สามารถติดตั้งเข้าระบบอาคาร ได้อย่างสะดวกรวดเร็ว

14. ไม่ได้ผลิตโดยใช้สารที่ทำลายชั้นโอโซน

15. การห่อหุ้มทับฉนวนจำเป็นหรือไม่

16. จุดประสงค์ในการใช้ประโยชน์ในอาคารหรือพื้นที่บริเวณที่มีการติดตั้งฉนวน

17. สามารถติดตั้งเข้ากับโครงสร้างและลักษณะทางสถาปัตยกรรมของอาคารได้ง่าย

18. สามารถนำวัสดุฉนวนหลายประเภทมาใช้ร่วมกันเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพด้านความร้อนของฉนวนทั้งระบบ

การมองภาพรวมของฉนวนความร้อนที่นำมาใช้งานอาคาร ควรมีลักษณะ ดังนี้

คุณสมบัติทางการประหยัดพลังงานและการกันความร้อน

1. มีความสามารถในการกันความร้อนได้ดี (มีค่าความต้านทานความร้อน (R) สูง

2. ไม่สะสมความร้อนหรือมีความจุความร้อน (Thermal Capacity) ต่ำ

3. มีความทนทานต่อการขยายตัวและหดตัวได้ดี เพื่อลดปัญหาการแตกร้าวในกรณีที่ใช้

กับงานภายนอก

4. ไม่ดูดหรืออมความชื้น

5. กันน้ำได้ดี

คุณสมบัติในการก่อสร้างและระบบเศรษฐกิจ

1. มีน้ำหนักเบา

2. มีความยืดหยุ่นในการทำงานสูง

3. มีความสามารถต้านทานแรงลมและการสั่นสะเทือน

4. หาง่ายในท้องตลาด

5. ทำงานง่าย

6. ราคาประหยัด

7. คำบำรุงรักษาต่ำและมีความทนทานสูง
คุณสมบัติทางด้านการเกี่ยวกับสภาพแวดล้อม

- 1. ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพและสภาพแวดล้อม
- 2. มีความสวยงามและทนทาน
- 3. มีอัตราการกันไฟหรือไม่ติดไฟ
- 4. มีความสามารถในการกันเสียง

ตารางที่ 5.1 การประกอบฉนวนกับอาคาร

ส่วนประกอบอาคาร	ฉนวนที่ใช้	
	อาคารที่พักอาศัย	อาคารพาณิชย์ / อุตสาหกรรม
<u>หลังคา/เพดาน</u>		
คานโครงสร้างหลังคา	เส้นใยแก้ว, หินอัดแผ่น , ฉนวนเยื่อ-กระดาษ (เซลลูโลสกลูตฟิลล์) , แผ่นสะท้อนความร้อน	เส้นใยอัดแผ่น , แผ่นสะท้อนความร้อน , โฟมพ่น
คานบนลาดฟ้า	โฟมอัดแผ่น , โฟมพ่น , เซรามิกพ่นเคลือบ	เซรามิกพ่นเคลือบ , โฟมพ่น
เพดานแบบคะชีครอล	แผ่นใยแก้ว, ใยหิน , แผ่นยิปซัม ฉนวนเยื่อกระดาษ , โฟมพ่น เซลโลกริต	อาคารพาณิชย์ : แผ่นใยแก้ว, ใยหิน , แผ่นยิปซัม , ฉนวนเยื่อกระดาษ , โฟมพ่น อุตสาหกรรม : ไม่มี
<u>ผนัง</u>		
โพรงผนัง	โฟมพ่น , ฉนวนเยื่อกระดาษ , ใยแก้ว , ใยหิน อัดแผ่น	โฟมพ่น , ฉนวนเยื่อกระดาษ ใยแก้ว , ใยหิน อัดแผ่น
การหุ้มโครงสร้าง	โพลีไธรีน , โพลีเอทรีน , ใยไม้อัดแผ่น	โพลีไธรีน , โพลีเอทรีน แผ่นอัด
ฐานราก	โฟมแผ่นอัด	โฟมแผ่นอัด , ฉนวนใยหินอัดแผ่น
ผนังอาคาร	โพลีเอทรีนอัดแผ่น , ผนังสำเร็จรูป , คอนกรีตบล็อกมวลเบา	ผนังสำเร็จรูป , คอนกรีตบล็อกมวลเบา , วัสดุทนไฟ
<u>พื้น , ฐานราก</u>		
พื้นคอนกรีตหรือฉนวน	โฟมแผ่นอัด ,	โฟมแผ่นอัด ,
ตามแนวขอบ	ฉนวนใยแก้ว , ใยหิน	ฉนวนใยแก้ว , ใยหิน
พื้นโครงไม้	ฉนวนใยแก้ว , ใยหิน	ฉนวนใยแก้ว , ใยหิน

หมายเหตุ: ฉนวนกลูตฟิลล์ใยแร่ อย่างเช่น เพอร์ไลต์ และเวอร์มิคูไลต์ หรือเม็ดโฟมใช้สำหรับฟิลล์ช่องว่างในคอนกรีตบล็อก แต่มีใช้ในประเทศไทยไม่มากนัก

5.2 การเลือกวัสดุประเภทต่างๆ ในอาคารเพื่อคุณสมบัติทางฉนวน

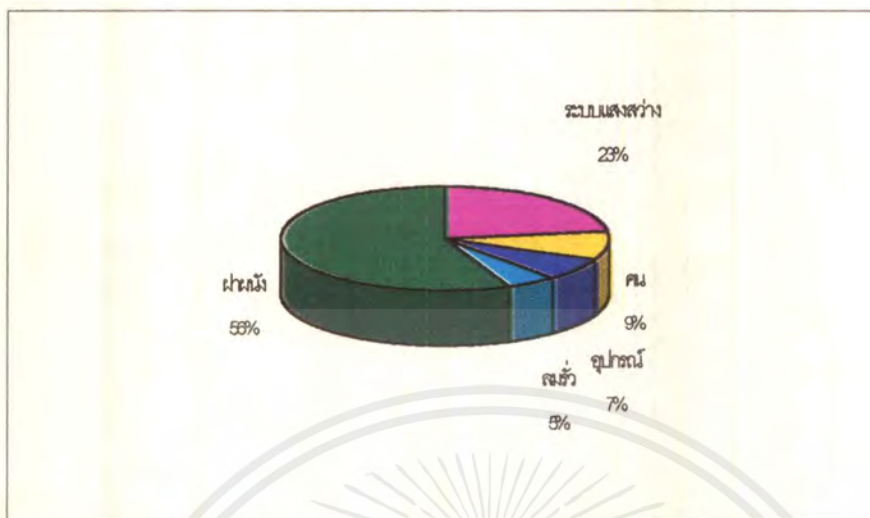
ปัญหาใหญ่อย่างหนึ่งของการออกแบบอาคาร คือ การลดปริมาณความร้อนที่จะเข้ามาในอาคาร (Cooling Load) การที่จะนำเอาความเย็นตอนช่วงกลางคืนมาใช้กับกลางวัน โดยอาศัยการหน่วงของเวลา (Time Lag) ของวัสดุนั้นทำได้ยากมากเพราะ ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างกลางวันและกลางคืนมีไม่เพียงพอ ดังนั้นเทคโนโลยีในปัจจุบันจึงยึดหลักของการควบคุมความร้อนที่เข้ามาในอาคารให้น้อยที่สุด

การเลือกวัสดุมาใช้ภายในอาคารจะต้องมีคุณสมบัติทางด้านการประหยัดพลังงานและการกันความร้อน , สภาพแวดล้อม , การก่อสร้างและระบบเศรษฐกิจ แต่การที่จะแสวงหาวัสดุที่มีคุณสมบัติครบถ้วนทุกประการย่อมเป็นไปได้ยากสำหรับประเทศไทย เนื่องจากยี่ห้อระบบการใช้ผนังก่ออิฐฉาบปูนมาเป็นระยะเวลานาน ทั้ง ๆ ที่มีวัสดุใหม่ ๆ ซึ่งมีคุณสมบัติเหมาะสมกับสภาวะเมืองไทยมากกว่า

วัสดุผนังภายนอก

การเลือกใช้วัสดุผนังอาคารประเภทใดนั้นต้องคำนึงถึงหลักที่ว่า ผนังนั้นทำหน้าที่อะไรให้กับตัวอาคาร เช่น กันความร้อน , ความชื้น , เสียง , ไฟ , ประหยัดพลังงาน , คงทนต่อแรงกระทบ เป็นต้น ดังนั้นผนังบริเวณส่วนชักร้างต้องกันความร้อนและคงทนต่อแรงกระทบได้ดี ส่วนผนังครัวต้องสามารถป้องกันไฟ และคงทนต่อแรงกระทบได้ดี ในขณะที่ผนังห้องน้ำต้องกันความชื้นได้ดี มีความแข็งแรงพอที่จะแขวนอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้

ความร้อนที่ผ่านฝาผนังเข้ามาสู่ภายในอาคาร มาจาก 5 แหล่งด้วยกัน คือ ความร้อนที่ผ่านผนังเข้ามา , ความร้อนที่เกิดจากระบบแสงสว่าง , ความร้อนที่เกิดจากคนที่อยู่ในอาคาร , ความร้อนจากอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่อยู่ในอาคาร และความร้อนจากลมร้อนที่รั่วเข้าไปในอาคารแต่ความร้อนที่ฝาผนังของอาคารมีผลมากกว่าแหล่งอื่น ๆ เพราะสามารถให้ความร้อนเข้ามาได้มากที่สุดตามพื้นที่ของผนัง จึงจำเป็นที่ต้องหาแนวทางในการป้องกันความร้อนเหล่านี้ ดังรูปที่ 6.1



รูปที่ 5.1 แสดงแหล่งที่มาของความร้อนภายในอาคาร

ในการใช้ฉนวนกันความร้อนในอาคารที่ใช้งานในปัจจุบันจะมีลักษณะของฉนวนดังนี้ ฉนวนใยแก้วและใยหิน จะเป็นแบบแผ่นม้วนหรือแผ่นแข็ง ฉนวนเยื่อกระดาษ โพลียูรีเทนโฟม และฉนวนเซรามิคจะใช้ในพ่นในสถานที่ โพลีเอทรีนโฟม, โพลีสไตรีนโฟม, แกลเซียมซิลิเกต และฉนวนเส้นใยไม้ จะเป็นลักษณะแผ่น

จากข้อมูลการเปรียบเทียบระหว่างผนัง 4 ชนิด ได้แก่

1. ผนังแบบ Exterior Insulation Finish Systems (EIFS) 3 นิ้ว (ผนัง EIFS ที่มีโฟมหนา 3 นิ้ว)
2. 4 นิ้ว Brick (ผนังก่ออิฐฉาบปูนเรียบหนา 10 ซม.)
3. 8 นิ้ว Brick (ผนังก่ออิฐฉาบปูนเรียบหนา 20 ซม.)
4. 8 นิ้ว Brick + Air Space (ผนังก่ออิฐฉาบปูนเรียบหนา 20 ซม. ที่มีช่องว่างอากาศตรงกลาง)

พบว่าผนังแต่ละชนิดมีคุณสมบัติแตกต่างกัน ในด้านการป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคาร และมีข้อควรพิจารณา ดังนี้

- ผนัง EIFS 3 นิ้ว ซึ่งกำหนดให้มีฉนวนกลางจะมีปริมาณความร้อนที่ผ่านผนังเข้ามาได้น้อยที่สุด และ ไม่มีการสะสมความร้อนในช่วงเวลากลางวันอีกด้วย อีกทั้งยังมีค่าการกักเก็บความร้อนน้อยกว่ามาก ดังนั้นถ้ามีการเริ่มเปิดเครื่องปรับอากาศในเวลาเดียวกันแล้ว การใช้ผนัง EIFS จะทำให้ห้องเย็นเร็วกว่าผนังชนิดอื่นที่ต้องนำเอาความเย็นจากเครื่องปรับอากาศไปปรับอุณหภูมิของผนังที่ถ่ายเทเข้ามาและเฟอร์นิเจอร์ภายในห้องก่อน แล้วค่อยเพิ่มความเย็นให้แก่ห้องนั้น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

● ถ้าอาคารที่ไม่มีการใช้ระบบปรับอากาศและไม่มีความต้องการระบบปรับอากาศผนัง Brick 8 นิ้ว+โฟมตรงกลาง (หรือมี Air Space) แล้วแต่ความเหมาะสม น่าจะเป็นระบบผนังที่เหมาะสมที่สุดเพราะจะทำให้มีปริมาณความร้อนที่เข้ามาในเวลากลางวันน้อยกว่าระบบอื่น ๆ แต่หากมีระบบปรับอากาศจะทำให้มีการสูญเสียพลังงานในการรีดเอาความร้อน และ ความชื้นออกจากอาคารเป็นจำนวนมาก

ในปัจจุบันผนังที่มีคุณสมบัติเหมาะสมต่อการใช้งานและมีคุณสมบัติต่าง ๆ ที่ต้องการด้านการกันความร้อนครบถ้วน ได้แก่ ผนังเบาแบบ EIFS หรือระบบผนังสำเร็จรูป เนื่องจากการสะสมความร้อนในผนังน้อยที่สุด โดยมีคุณสมบัติดังนี้

- มีความสามารถในการกันความร้อนได้ดีมีค่าความต้านทานความร้อน (R) สูง
- ไม่สะสมความร้อนหรือมีความจุความร้อนต่ำ
- กันความชื้นและการรั่วซึมของอากาศได้ดี เนื่องจากวัสดุภายนอกเป็นระบบ

เซลล์ปิด

- ผนังระบบนี้สามารถทำงานได้รวดเร็ว เพราะส่วนประกอบของผนังระบบนี้ส่วนใหญ่เป็นวัสดุสำเร็จรูป จึงช่วยลดการสูญเสียเวลา และพลังงานในการก่อสร้าง
- แข็งแรงทนทาน ทนต่อการทะลุทะลวง
- สีภายนอกทนทาน ไม่เกิดการแตกร้าวลាយงาหรือผุกร่อนจากรังสีอัลตราไวโอเล็ตหรือป้องกัน รังสีอัลตราไวโอเล็ตได้ดี ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา
- สามารถฉาบผิวทับทาสีใหม่ กริดหรือทูปออกได้โดยไม่ทำลายโครงสร้างเหล็ก เนื่องจากโครงสร้างเหล็กมีน้ำหนักร้อยละ 100% อยู่ภายนอก
- สามารถกระจายน้ำหนักหากเกิดแผ่นดินไหว หรือมีกระแสมแรง ๆ เพราะองค์ประกอบของอาคารสามารถป้องกันแรงลมได้มากกว่า 150 กม./ชม.

การคำนวณกันความร้อนประเภทต่าง ๆ ติดตั้งเข้าไปในระบบผนัง ซึ่งอาจจะทำได้โดยการพันทับที่ผิวของผนัง , ใส่เข้าไปในช่องว่างระหว่างผนัง 2 ชั้น หรือ ไปตามโครงคร่าวของผนัง ก็เป็นวิธีในการกันความร้อนที่จะเข้ามาในอาคารโดยผ่านทางผนัง มีปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงดังนี้

1. ความร้อนภายในอาคารที่ต้องสัมผัสกับตัวฉนวน เช่น ภายในโรงงาน-อุตสาหกรรม การเลือกใช้ฉนวนความร้อนประเภทต่าง ๆ ต้องเลือกชนิดที่มีความสามารถในการทนความร้อนได้ สูง ๆ เพราะ โรงงานจะมีอุปกรณ์ที่ให้อุณหภูมิสูง เช่น Boiler , Steam flow เป็นต้น มีฉนวนบางชนิดถ้าได้มีการสัมผัสกับความร้อนที่เกินขีดจำกัดของตัวฉนวน ประสิทธิภาพทางความร้อนก็จะลดลงและเสื่อมสภาพเร็วกว่าปกติ

2. สภาพลักษณะภายนอกที่สัมผัสผนัง เช่น สภาพเสียงดังจากการจราจร ก็ควรเลือกใช้ฉนวนที่มีความสามารถในการป้องกันเสียงไม่ให้เข้ามาภายในอาคาร เช่น ฉนวนใยหินที่ติดตั้งโดยการปูไว้กับโครงคร่าวผนัง , ฉนวนโพลีเอทรีน ที่ใช้แบบปิดทับผิวหน้าของผนัง

3. การติดตั้งฉนวนในผนังโรงงานไม่ได้ช่วยในการต้านทานความร้อนได้เต็มที่ เพราะการที่ฉนวนจะเป็นตัวหน่วงความร้อนมิให้เข้ามาในอาคาร แต่เมื่อถึงเวลาที่ฉนวนต้องคายความร้อนที่เก็บไว้ออกมาโดยรวมกับความร้อนภายในโรงงานด้วยแล้ว ก็จะทำให้ความร้อนในอาคาร โรงงานอุตสาหกรรมมีอุณหภูมิสูงขึ้น ดังนั้นจึงควรจัดให้มีการระบายอากาศออกภายนอกพื้นที่อาคาร เช่น ทำช่องระบายอากาศที่ผนัง , การติดตั้งพัดลมดูดอากาศไว้ที่หลังคา ก็จะเป็นการช่วยระบายความร้อนภายในอาคาร ได้ดีทางหนึ่ง

4. ความสวยงามทางสถาปัตยกรรมที่ต้องการ เพราะการติดตั้งฉนวนในบางชนิด เช่น ฉนวนโฟมโพลีเอทรีน ซึ่งจะปิดทับผิวหน้าของผนังโดยตรงอาจจะไม่สวยงามเท่าไรนัก ฉะนั้น ในการติดตั้งฉนวนที่ผิวผนังควรที่จะมีการนำแผ่นยิปซัมมาปิดทับอีกที เพื่อเพิ่มความสวยงามแก่อาคาร

5. ความสามารถในการยึดเกาะของฉนวนที่สามารถเกาะกับผนังได้ถาวรไม่หลุดร่อนง่าย

6. ฉนวนที่ใส่เข้าไปในช่องว่างของผนัง หรือปูไปตามโครงคร่าวผนัง จะเป็นการยากที่จะทำการตรวจสอบฉนวนนั้น ๆ ว่ายังคงมีสภาพที่ดีอยู่หรือไม่ และการที่จะปรับปรุงแก้ไขก็ทำได้ยากด้วยเช่นกัน

7. ผนังภายนอกเป็นส่วนของอาคารที่ต้องสัมผัสกับความชื้นหรือไอน้ำมากที่สุด ดังนั้นจึงควรเลือกฉนวนที่สามารถป้องกันความชื้นได้ดี และความชื้นไม่เป็นผลกระทบต่อฉนวน ตลอดจนป้องกันความควบแน่นของอากาศที่จะกลายเป็นหยดน้ำ

วัสดุพื้น

ในกรณีของอาคารที่มีสภาพแวดล้อมภายนอกที่ดี หรือมี Climate Temperature ที่เย็นแล้ว การเลือกใช้วัสดุพื้นก็สามารถใช้วัสดุที่มีค่าตัวนำ เช่น หินอ่อน , แกรนิต , หรือกระเบื้อง ได้ช่วยนำความร้อนจากดินเข้ามาภายในอาคารแต่ต้องมีระบบป้องกันความชื้นที่ดี หรือการใช้ฉนวนความร้อนเข้าร่วมในงานพื้น ก็สามารถป้องกันความร้อนที่จะเข้าสู่อาคารได้เช่นกัน

● ไม่มีคุณสมบัติเป็นฉนวนในระดับหนึ่ง ซึ่งจะลดค่าการนำความร้อนจากดินลงไปมาก ทำให้สูญเสียความรู้สึกเย็นจากสภาพแวดล้อมลงไปเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้งานหินชนิดต่าง ๆ ควรมีการอุดรูระหว่างไม้ให้สนิท จะได้ไม่มีการถ่ายเทความร้อนเข้าและออกจากอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- หินแกรนิต มีความคงทนเป็นฉนวนในระดับหนึ่ง แต่ให้ความรู้สึกที่แข็งกระด้าง เหมาะกับงานในบริเวณพื้นนอกบ้าน แต่มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนสูง
- หินอ่อน ให้ความรู้สึกนุ่มนวลกว่าแกรนิต แต่ดูแลรักษายาก
- กระเบื้องเคลือบ มีความคงทนและดูแลรักษาง่ายแต่ดูด้อยค่ากว่าหินธรรมชาติ
- พื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก มีความแข็งแรงทนทาน แต่ควรที่จะติดตั้งฉนวนกันความร้อนประเภทโฟมแผ่นก่อนการเทคอนกรีตรวมด้วย เพื่อประสิทธิภาพด้านความร้อน เช่นในงานห้องเย็นที่ต้องเก็บรักษาอุณหภูมิ

- พื้นคอนกรีตสำเร็จรูป สามารถดำเนินการเช่นเดียวกับพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก คือ ก่อนการเทคอนกรีตทับหน้า ควรที่จะติดตั้งฉนวนความร้อนก่อน จากนั้นค่อยทำการตกแต่งผิวการนำฉนวนกันความร้อนประเภทต่าง ๆ ติดตั้งเข้าไปในระบบพื้น ซึ่งอาจจะทำได้โดยการปูแผ่นฉนวนก่อนการเทคอนกรีต หรือพันฉนวนบนพื้นก่อนการเทคอนกรีต ซึ่งวัสดุฉนวนที่ใช้จะเป็นประเภทโฟมต่างๆ เช่น โพลีสไตรีนโฟม , โพลียูรีเทนโฟม , โพลีเอธีรีนโฟม หรือใช้แผ่นใยแก้ว ซึ่งวิธีการดังกล่าวก็เป็นวิธีในการกันความร้อนที่จะเข้ามาในอาคาร โดยผ่านทางผนัง มีปัจจัยที่ต้องคำนึงถึง ดังนี้

1. เนื่องจากพื้นเป็นจุดที่ต้องรับน้ำหนักที่กระทำต่อพื้นมาก ดังนั้นฉนวนจึงควรที่จะสามารถทนต่อแรงอัดและแรงดึงได้ดี
2. เนื่องจากพื้นเป็นส่วนของอาคารที่อยู่ติดกับพื้นดิน ซึ่งมีความชื้นอยู่ ฉนวนจึงจำเป็นต้องสามารถป้องกันความชื้นหรือไอน้ำที่จะเข้ามาภายในอาคาร
3. ฉนวนที่ใช้ต้องไม่ทำปฏิกิริยากับคอนกรีตที่เททับหน้าฉนวน
4. ก่อนการเทคอนกรีตต้องแน่ใจว่าฉนวนความร้อนที่ติดตั้งต้องอยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน แข็งตัวเป็นแผ่น
5. ฉนวนความร้อนที่ติดตั้งต้องไม่ทำปฏิกิริยากับเหล็กเสริมคอนกรีต
6. ฉนวนความร้อนที่ติดตั้งกับระบบพื้น มีข้อด้อยเช่นเดียวกับฉนวนที่ใช้ในระบบผนัง คือ ไม่สามารถตรวจสอบฉนวนได้ว่าอยู่ในสภาพที่ยังมีความเป็นฉนวนอยู่หรือไม่
7. การติดตั้งฉนวนความร้อนกับงานพื้นอาคารนิยมจะใช้อาคารที่ต้องรักษาอุณหภูมิภายในให้คงที่ เช่น ห้องเย็น , สำนักงานชั่วคราว เพราะอาคารทั่วไปแล้วความร้อนที่จะถ่ายเทผ่านพื้นอาคาร เข้าสู่ภายในมีค่าน้อยจึงไม่ค่อยนิยมใช้ในพื้นที่ทั่วไป

วัสดุผนังหลังคา

การเลือกใช้วัสดุผนังหลังคาจะต้องคำนึงถึงวัตถุประสงค์คือ ความต้องการในการกันรั่ว , กันความร้อน , กันเสียง , แข็งแรงทนทาน และเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมในประเทศไทย แต่อันที่เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งมอบไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จริงแล้วหัวใจหลักของหน้าที่หลังคาคือความสามารถในการกันรั่วได้ 100% นอกจากนี้ยังต้องมีความสวยงาม คงทนถาวร ดังนั้นถ้าต้องการคุณสมบัติทางด้านการกันความร้อนต้องมีการติดตั้งฉนวนความร้อนเพิ่มเติมเข้าไปกับโครงสร้างของหลังคา

สิ่งที่ควรคำนึงถึงการออกแบบระบบกันความร้อนในส่วนของหลังคาคือ ควรทำให้มีอุณหภูมิเหนือหลังคาค่อนข้างสูงเพื่อป้องกันนก, หนู หรือแมลงต่าง ๆ เข้ามาอาศัยอยู่ใต้หลังคา แต่ต้องคำนึงถึงการระบายอากาศภายใต้หลังคาด้วย และในระดับต่ำจากผิวหลังคาต้องมีระบบฉนวนเพื่อกันความร้อนไม่ให้เข้ามาภายในอาคารอย่างสมบูรณ์ โดยการเลือกใช้ฉนวนชนิดต่างๆ ในงานหลังคามีข้อควรพิจารณา ดังนี้

1. การใช้ฉนวนความร้อนประเภทสะท้อนรังสีในงานหลังคาอาคาร ต้องมีช่องว่างเหนือแผ่นฉนวนอย่างน้อย $\frac{3}{4}$ นิ้ว เพื่อเพิ่มค่าการเป็นฉนวนให้กับหลังคา
2. ฉนวนความร้อนชนิดอะลูมิเนียมฟอยล์เพียงชั้นเดียวไม่สามารถกันความร้อนจากหลังคาได้ต้องมีอย่างน้อย 3-4 ชั้น โดยแต่ละชั้นมี ช่องว่างอากาศ (Air Gap) ไม่น้อยกว่า $\frac{3}{4}$ นิ้ว เนื่องจากอะลูมิเนียมมีคุณสมบัติในการนำความร้อนด้วยจึงใช้ช่องอากาศเป็นฉนวนอีกทางหนึ่ง แผ่นสะท้อนรังสียังต้องป้องกันการรั่วซึมได้ดีด้วย ประสิทธิภาพการสะท้อนผิวของแผ่นฟอยล์จะขึ้นกับความ “มัน-เงา” อยู่ตลอดเวลาของแผ่นอะลูมิเนียม มิฉะนั้นจะทำให้ฟอยล์สูญเสียคุณสมบัติในการสะท้อนรังสีดวงอาทิตย์ทำให้ไม่สามารถทำหน้าที่เป็นฉนวนกันความร้อนได้
3. หลังคาที่เป็นสังกะสีหรือกระเบื้อง ควรตีฝ้าหรือติดตั้งวัสดุสะท้อนความร้อนหรือฉนวนกันความร้อน ถ้ามีช่องว่างระหว่างหลังคากับฝ้ามาก ควรมีการเจาะช่องลมเพื่อระบายอากาศโดยธรรมชาติ
4. การใช้ฉนวนความร้อนแต่ละประเภทในงานหลังคาสามารถกระทำได้ดังนี้
 - ฉนวนโพลียูรีเทนโฟม ใช้การฉีดพ่นใต้หลังคา และต้องมีการเตรียมผิววัสดุก่อนฉีด
 - ฉนวนเยื่อกระดาษ พ่นบนฝ้าเพดานหรือใต้หลังคา ต้องอาศัยความชำนาญในการติดตั้ง จึงจะได้ความหนาแน่นและความหนาที่ถูกต้อง
 - ฟอยล์ติดตั้งใต้หลังคาบนแนวแป หรือติดตั้งเหนือฝ้าเพดาน
 - ฉนวนเซรามิกพ่นเคลือบลงบนผิวของหลังคา ต้องเตรียมผิวให้พร้อมก่อนพ่น และขึ้นกับสภาพอากาศก่อนการติดตั้งด้วย
 - ฉนวนใยแก้ว หรือใยหิน ติดตั้งไปกับแนวฝ้าเพดาน
5. การติดตั้งฉนวนในงานหลังคาต้องคำนึงถึงรอยต่อระหว่างฉนวน เพื่อป้องกันการเกิดลอดของความร้อนที่จะเข้ามาตามรอยต่อของแผ่นฉนวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. การติดตั้งฉนวนความร้อนเข้ากับหลังคาต้องคำนึงถึงการติดตั้งให้สามารถยึดเกาะกับหลังคาได้ทุกชนิดของหลังคา เช่น Matel Sheet , กระเบื้องมอเนียร์ เป็นต้น
7. การนำฉนวน โพลียูรีเทน โฟม ไปติดตั้งในงานหลังคาต้องมีการป้องกันในเรื่องการดูดซึมน้ำ ฉะนั้นต้องมีวัสดุปิดทับป้องกันความชื้นจากภายนอก และไม่ควรที่จะติดตั้งให้สัมผัสกับแสงแดดโดยตรง จึงควรใช้ฟันทึกลับหลังคาหรือเหนือแผ่นฝ้าแทน
8. การติดตั้งฉนวนความร้อนแบบสะท้อนรังสี (อะลูมิเนียมฟอยล์และฉนวนเซรามิก)และชนิดใยแก้ว สามารถกระทำได้ 2 วิธี คือ

- 8.1 การติดตั้งขนานไปกับโครงหลังคา อาจจะติดตั้งบนแป หรือ ใต้แป
- 8.2 การติดตั้งบน โครงฝ้าเพดาน

ตารางที่ 5.2 แสดงค่าเปรียบเทียบการติดตั้งฉนวนในหลังคา

รายการ	แบบติดตั้งขนานไปกับ โครงหลังคา	แบบติดตั้งบนฝ้าเพดาน
1.ความต้านทานความร้อน (R)		
ฟิล์มอากาศด้านนอก	0.055	0.055
วัสดุหลังคา หนา12 มม.	0.014	0.014
อากาศใต้อหลังคา	0.458	1.356
ฉนวนใยแก้ว หนา 2 นิ้ว	1.430	1.430
อีปซัมบอร์ด	0.047	0.047
ฟิล์มอากาศด้านใน	0.162	0.162
ค่าความต้านทานโดยรวม	2.168	3.064
2. พื้นที่ติดตั้งฉนวน	มากกว่า	น้อยกว่าประมาณ 30%
3. การติดตั้ง	ยาก	ง่ายกว่า
4.การเป็นที่ยู่อาศัยของแมลงหรือสัตว์ต่าง ๆ	มีโอกาสเกิดได้มากเนื่องจากอุณหภูมิและสภาวะที่เหมาะสม	โอกาสเกิดได้น้อยเพราะอุณหภูมิที่สะสมค่อนข้างสูง

การเลือกจะใช้การติดตั้งแบบใดนั้น ต้องพิจารณาจากลักษณะ โครงสร้างของหลังคา เช่น หลังคาโรงงานจะนิยมติดตั้งขนานไปกับความลาดชันของหลังคา เนื่องจากเป็นหลังคาที่ไม่มีฝ้าเพดาน ถ้าเป็นอาคารพักอาศัยจะนิยมติดตั้ง แบบวางบน โครงฝ้าเพดานซึ่งสะดวกในการติดตั้ง แต่ถ้าพื้นที่เหนือฝ้าเพดานมีการติดตั้งงานระบบของอาคารเช่น ท่อระบบปรับอากาศ สายไฟ ควรจะติดตั้งตามแนวลาดเอียงของหลังคา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าพิจารณาถึงการติดตั้งวัสดุกันความร้อนแบบสะท้อนรังสีความร้อนทั้ง 2 แบบ การติดตั้งแบบวางบนโครงฝ้าเพดานจะมีประสิทธิภาพที่ดีกว่า เนื่องจากการสะท้อนรังสีความร้อนแบบวางบนโครงฝ้าเพดานสามารถสะท้อนแสงแดดกลับหมดได้เพียงครั้งเดียว ซึ่งส่งผลให้อุณหภูมิภายในห้องโถงหลังคาจะสูงกว่า ซึ่งการติดตั้งวัสดุสะท้อนรังสีความร้อนแบบขนาน กับ โครงหลังคาสามารถสะท้อนรังสีความร้อนได้ 2 ครั้ง แต่อาจจะสะท้อนไม่เต็มประสิทธิภาพในบางมุมเอียงของหลังคา ฉะนั้นถ้าพิจารณาในลักษณะประสิทธิภาพการสะท้อนรังสีความร้อนแล้ว แบบที่ติดตั้งบนฝ้าเพดานจะมีประสิทธิภาพที่สูงกว่า

9.การใช้ฉนวนความร้อนกับการใช้การระบายอากาศ (Turbule Ventilator) ช่วยในการระบายอากาศในอาคาร ซึ่งจะส่งผลให้ 1) ระบายอากาศเสีย 2) ลดความชื้นในอาคาร 3) ลดความร้อนในอาคาร (การพาความร้อน) ซึ่งมีหลักการในการป้องกันความร้อนที่ต่างจากการกันฉนวนความร้อนคือ

- การใช้ฉนวนความร้อน : ป้องกันความร้อนไม่ให้เข้าสู่ภายในอาคาร
- การระบายอากาศ : ระบายความร้อนออกจากภายในอาคาร

ตัวอย่าง การเปรียบเทียบการป้องกันความร้อนของฉนวนความร้อนและการใช้พัดลมดูดอากาศ

สมมติ : หลังคาโรงงานเป็นโลหะ พื้นที่หลังคา = 1,000 ตร.ม.

: ความสูงของหลังคาจากพื้นเฉลี่ย = 8 ม.

: อุณหภูมิภายนอก = 28°C

: อุณหภูมิภายใน = 34°C

: อุณหภูมิผิหลังคา = 60°C

1) ไม่มีแผ่นสะท้อนความร้อน , ไม่มีพัดลมดูดอากาศ (Turbule Ventilator)

Thermal Transmittance , $U = 4.717 \text{ W/m}^2 \text{ }^{\circ}\text{C}$

จาก $q = UA(t_2 - t_1)$

$$= 4.717 \times 1000 \times (60 - 34)$$

$$= 123 \text{ kW}$$

2) มีแผ่นสะท้อนความร้อน , ไม่มีพัดลมดูดอากาศ

Thermal Transmittance , $U = 0.476 \text{ W/m}^2 \text{ }^{\circ}\text{C}$

$$q = 0.476 \times 1000 \times (60 - 34)$$

$$= 12 \text{ kW}$$

ป้องกันความร้อนได้ 111 kW

3) ไม่มีแผ่นสะท้อนความร้อน , มีพัดลมดูดอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จาก $q = QpC_p(t_i - t_o)$

$$Q = \frac{111 \times 1000}{1.160 \times 1010 \times (34 - 28)} = 15.8 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$= 56,850 \text{ m}^3/\text{hr}$$

ที่ ความเร็วลม 12 km/hr , Turbule Ventilator 1 ตัว ดูดอากาศได้ 1,500 m³/hr

ต้องใช้ Turbule Ventilator 38 ตัว

การนำอุปกรณ์ที่ใช้ในการระบายอากาศมาใช้งานร่วมกับฉนวนกันความร้อน ที่ติดตั้งอยู่ภายในอาคารจะเป็นช่วยในการระบายอากาศที่ยังคงเหลืออยู่ภายในอาคาร อันเนื่องจากปริมาณความร้อนที่ฉนวนความร้อนไม่สามารถป้องกันที่สามารถผ่านเข้ามาภายในอาคารได้หมด จากหลักการพาความร้อนความร้อนที่ยังเหลืออยู่ภายในอาคารจะลอยตัวสูงขึ้น และจะถูกพัดลมดูดอากาศระบายออกไป การใช้อุปกรณ์ระบายความร้อน และวัสดุฉนวนจึงมีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในอาคารที่ต้องการรักษาความเย็นให้อยู่ภายในอาคารอย่างสม่ำเสมอ เช่น โรงงาน , โรงเกษตร

10. สำหรับอาคารที่มีงบประมาณมากพอสมควรและต้องการผลทางด้านการป้องกันความร้อนผ่านเข้ามาในอาคารสูง จึงควรจะมีการระบายอากาศโดยการตีฝ้าให้มีช่องระบายในหลังคาตอนข้างมาก หรือในบางกรณีใช้วิธียกหลังคาสูงเป็นหลังคา 2 ชั้น สำหรับอาคารที่มีงบประมาณสูงมาก ๆ จึงเป็นการเพิ่มช่องอากาศและช่วยในการระบายความร้อนอีกทางหนึ่ง

หลังคาโรงงานทั่ว ๆ ไปเป็นแผ่นกระเบื้องใยหิน หรือแผ่นเหล็ก (Metal Sheet) ที่มีการเคลือบผิวหน้าให้มีความมันเงาเท่านั้น จึงมีคุณสมบัติต้านทานความร้อนที่จะผ่านเข้ามาในอาคารได้ในระดับหนึ่ง แต่ถ้ามีการใช้ฉนวน โพลียูรีเทน หรือฉนวนที่มีการฉีกพันที่หลังคาเก่า เช่น ฉนวนเยื่อกระดาษ ทำให้สามารถเพิ่มชั้นการกันความร้อน ซึ่งจะเป็นการที่ถูกกว่าการที่จะเปลี่ยนระบบหลังคาทั้งหมดและติดตั้งฉนวนใหม่ควบคู่ไป

วัสดุฝ้าเพดาน

วัสดุฝ้าเพดานที่นิยมใช้เป็นฉนวน คือแผ่นยิปซัม ซึ่งเป็นวัสดุที่สามารถกันความร้อนได้ในระดับหนึ่ง (แต่โดยความหมายแล้วยิปซัมไม่จัดเป็นฉนวน) การใช้ยิปซัมในอาคารส่วนใหญ่เป็นไปเพื่อความสะดวกในการตกแต่งอาคาร และถ้าต้องการประสิทธิภาพด้านความร้อนเพิ่มขึ้นก็สามารถใช้ประกอบกับฉนวนใยแก้ว , ใยหิน , ฉนวนเยื่อกระดาษ แผ่นยิปซัมยังสามารถใช้ในการกันเสียงได้ดี หากมีการติดตั้งที่ถูกต้อง และยังเป็นการแบ่งพื้นที่ของอาคารทั้งในแนวราบและแนวตั้ง เป็นการป้องกันการถ่ายเทความร้อนผ่านแต่ละชั้นของอาคาร

5.3 การพิจารณาเลือกวัสดุฉนวนให้เหมาะสมกับประเภทอาคาร

อาคารที่พักอาศัย : เนื่องจากลักษณะของอาคารที่เป็นที่พักอาศัยนั้นมีอุณหภูมิที่แตกต่างกันระหว่างภายนอกและภายในอาคารไม่มากเท่ากับโรงงานอุตสาหกรรม และพื้นที่รับการถ่ายเทความร้อนส่วนใหญ่ของอาคารคือ หลังคา ดังนั้นจึงควรใช้วัสดุกันความร้อนกับงานหลังคาของอาคารเป็นส่วนใหญ่ เช่น แผ่นสะท้อนรังสีความร้อน , โฟมโพลียูรีเทน , ฉนวนพ่นเคลือบเซรามิค, ฉนวนใยแก้ว , โยหิน เป็นต้น ซึ่งนิยมที่จะติดตั้งใต้หลังคาเพราะหลีกเลี่ยงปัญหาจากความร้อนหรือไอน้ำที่จะมากระทบต่อประสิทธิภาพของฉนวน แต่ถ้ามีการป้องกันรังสีอุลตราไวโอเลตและความชื้นที่ดีแล้วก็สามารถที่จะใช้ติดตั้งเหนือผิวหลังคาได้ เช่น ฉนวนเซรามิคพ่นเคลือบ , โพลียูรีเทนโฟม และถึงแม้การถ่ายเทความร้อนผ่านผนัง และพื้นของอาคารที่พักอาศัยจะมีปริมาณไม่มากนักแต่ก็ควรที่จะนำมาพิจารณารวมด้วยทำให้เพิ่มประสิทธิภาพในการกันความร้อนได้เต็มที่ ซึ่งสามารถใช้วัสดุฉนวนในการติดตั้ง เช่น ฉนวนใยแก้ว , ฉนวนเยื่อกระดาษ , แผ่นยิปซัม , แผ่นแคลเซียมซิลิเกต หรืออาจจะใช้ฉนวนโยหินได้ในกรณีที่ต้องการคุณสมบัติทางด้านการกันเสียง เพราะฉนวนโยหินสามารถต้านทานความร้อนที่สูงกว่าอุณหภูมิของอาคารที่พักอาศัย การนำฉนวนดังกล่าวติดตั้งกับผนังสามารถทำได้โดยการติดตั้งทับผิวหน้าของผนังหรือใส่เข้าไปในช่องว่างระหว่างผนัง และสามารถใช้อุณหภูมิกันความร้อนกับงานเพดานของอาคาร ซึ่งใช้วัสดุฉนวนเช่นเดียวกับงานผนัง แต่การพิจารณาเลือกใช้วัสดุฉนวนใด ๆ ในอาคารที่พักอาศัย นั้น ปัจจัยหลักที่ควรพิจารณาส่งแรกและสำคัญที่สุดคือ ประสิทธิภาพในการต้านทานความร้อนของวัสดุฉนวน และ งบประมาณในการลงทุนด้านฉนวนความร้อนของเจ้าของอาคารซึ่งอาจจะเป็นปัจจัยหลักก็ได้

อาคารพาณิชย์และอาคารสูง : เนื่องจากพื้นที่ในการถ่ายเทความร้อนของอาคารพาณิชย์และอาคารสูงส่วนใหญ่คือผนังของอาคาร ดังนั้นการเลือกฉนวนให้เหมาะสมควรใช้ฉนวน ที่มีลักษณะการติดตั้งคู่ไปกับผนังภายนอกของอาคารจะเหมาะสมกว่าผนังภายในอาคาร อาจทำได้โดยการบุเข้ากับโครงคร่าวของผนัง หรือพ่นเข้าไปในช่องว่างของผนังในกรณีผนัง 2 ชั้น หรือพ่นทับผิวหน้าของผนัง ฉนวนที่สามารถติดตั้งได้ในลักษณะดังกล่าวเช่น ฉนวนใยแก้ว , ฉนวนโยหิน , ฉนวนเยื่อกระดาษ , ฉนวนโพลียูรีเทนโฟม ฉนวนโพลีเอทรีนโฟม , แผ่นสะท้อนความร้อนรังสี แผ่นแคลเซียมซิลิเกต เป็นต้น และอาคารสูงที่มีปัญหาเรื่องเสียงจากภายนอกบริเวณ เช่น เสียงจากการจราจร จึงควรเลือกใช้ฉนวนที่มีคุณสมบัติการกันเสียงที่ดี เช่น ฉนวนโยหิน แต่ก็พิจารณาเรื่องช่วงเวลาในการหน่วงอุณหภูมิของวัสดุฉนวนที่นำมาใช้รวมด้วย

อาคารสูงในกรุงเทพฯ ส่วนใหญ่จะใช้ผนังกระจก (Curtain Wall) ที่สามารถกันความร้อนได้ระดับหนึ่ง เพื่อเพิ่มความสวยงามและเพิ่มความแสงสว่างภายในอาคาร ดังนั้นการใช้ฉนวนในอาคารลักษณะนี้ก็จะใช้เฉพาะภายในอาคารเช่น งานฝ้าเพดาน อาจใช้แผ่นยิปซัม , แคลเซียมซิลิเกต

(ฉนวนใยประเภทเส้นใย เช่น ใยแก้ว , ใยหิน , ใยไม้ ฟูเหนือฝ้าเพดานได้ หรือฉนวนประเภทที่ติดตั้งโดยการพ่นในที่พ่นเหนือฝ้าเพดาน แต่จะเสียค่าใช้จ่ายมาก เพราะใช้พื้นที่มาก) ผงภายในกันห้อง และงานหลังคาอาคาร ซึ่งควรใช้ฉนวนความร้อนประเภทที่สามารถสะท้อนรังสีความร้อน ได้ดีและสามารถทนต่อความร้อนแสงแดด ลมที่กระทำต่อตัวฉนวนตลอดเวลา เช่น ฉนวนพ่นเคลือบเซรามิก (แต่ผลิตภัณฑ์เมื่อใช้ไปเป็นเวลานาน สีของตัวผลิตภัณฑ์จะดำไม่สวยงาม) , แผ่นสะท้อนความร้อนปูก่อนการเทพื้นลาดฟ้า , โพลียูรีเทนโฟมที่มีการเคลือบผิวกันรังสีอุลตราไวโอเลต และความชื้น เป็นอย่างดี

อาคารโรงงานอุตสาหกรรม : การที่พื้นที่รับความร้อนส่วนใหญ่ของโรงงานคือหลังคา ซึ่งส่วนใหญ่แล้วเป็นหลังคากระเบื้องหรือหลังคาเหล็ก (Metal sheet) จึงควรติดตั้งฉนวนประเภทสะท้อนรังสีความร้อนและป้องกันความร้อนที่จะผ่านมาทางหลังคาได้ และสามารถยึดเกาะกับวัสดุหลังคาได้ดี เช่น แผ่นสะท้อนความร้อน , ฉนวนพ่นเคลือบเซรามิก หรือฉนวนประเภทเซลล์ปิดที่ไม่ยอมให้ความร้อนผ่าน เช่น โพลียูรีเทนโฟม , โพลีเอทรีนโฟม หรือการใช้ร่วมกันและใช้ฉนวนประเภทเส้นใยช่วยในการกรุผนังโรงงาน แต่อุณหภูมิที่สูงจากการทำงานของเครื่องจักรกลภายในโรงงานเมื่อติดตั้งฉนวนแล้วก็จะเป็นการกั้นไม่ให้ความร้อนถ่ายเทออกจากตัวโรงงานเช่นกัน ดังนั้น ควรทำการติดตั้งช่องระบายอากาศและพัดลมดูดอากาศ ช่วยในการระบายความร้อนภายในโรงงานออกไปสู่ภายนอก คุณสมบัติของวัสดุฉนวนที่ใช้ในโรงงานที่ต้องคำนึงถึงมากที่สุดคือ ความสามารถทนต่ออุณหภูมิสูง , ทนต่อการสัมผัสสารเคมีที่ใช้ในโรงงาน และราคาต่อพื้นที่ของวัสดุฉนวน เพราะพื้นที่ในการติดตั้งฉนวนในโรงงานอุตสาหกรรมจะกว้างมากซึ่งถ้ามองในปัจจัยข้างต้น แผ่นสะท้อนความร้อนจะมีความเหมาะสมที่สุด และรองมาคือฉนวนใยแก้วแต่ควรเป็นชนิดที่ห่อหุ้มด้วยวัสดุกันไอน้ำหรือแผ่นอะลูมิเนียมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการกันความร้อน และป้องกันอันตรายจากเส้นใยแก้ว

อาคารทางการเกษตร : คืออาคารที่ใช้ในการเลี้ยงสัตว์ หรือ เก็บผลผลิตทางการเกษตร ซึ่งการเลือกฉนวนที่เหมาะสมจะมีหลักการที่คล้ายกับอาคาร โรงงานอุตสาหกรรม แต่ควรใช้วัสดุที่สามารถทนอุณหภูมิที่ต่ำกว่า และสามารถทนด้านทานความชื้นและไอน้ำไม่ให้ผ่านเข้าสู่ภายในอาคาร เช่น โรงเลี้ยงไก่จำเป็นต้องมีการติดตั้งฉนวนความร้อน เพราะ ไก่เป็นสัตว์ที่ทนต่ออากาศร้อนไม่ได้ และไวด้อการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ดังนั้นวัสดุฉนวนที่นำมาติดตั้ง ต้องไม่มีมลพิษต่อไก่ที่เลี้ยง จึงควรใช้ฉนวนจำพวกแผ่นสะท้อนความร้อน หรือ โฟมที่ฉีดพ่นที่หลังคาโรงเลี้ยงเช่น โพลียูรีเทนโฟม เป็นต้น

อาคารพิเศษ : คืออาคารที่ไม่จัดอยู่ในจำพวกอาคารข้างต้น เช่น โรงภาพยนตร์ สนามกีฬา ห้างสรรพสินค้า มีคุณสมบัติของฉนวนที่ต้องการแตกต่างกันตามจุดประสงค์ของการใช้อาคารสามารถแยกประเภทได้ ดังนี้

1. อาคารที่ต้องการกันเสียงจากภายนอกเข้าสู่ภายในและจากภายในออกสู่ภายนอก เช่น โรงภาพยนตร์ ห้องอัดเสียง การเลือกใช้ฉนวนในอาคารประเภทนี้ผลิตภัณฑ์ฉนวนต้องมีคุณสมบัติในการดูดซับเสียง และป้องกันเสียงได้ดี และต้องการความสวยงามในการติดตั้ง เช่น ฉนวนใยหิน , ฉนวนเยื่อกระดาษ , ฉนวนใยแก้ว , ฉนวนเส้นใยไม้

2. อาคารที่ต้องการคุณสมบัติด้านการกันไฟรวมกับการต้านทานความร้อน เช่น ห้างสรรพสินค้า โรงพยาบาล สนามกีฬา เนื่องจากเป็นอาคารที่มีประชาชนจำนวนมากที่ใช้งานจึงต้องมีระบบ ป้องกันอัคคีภัยที่ดี การเลือกใช้ฉนวนในอาคารเหล่านี้ต้องมีคุณสมบัติด้านการกันไฟที่ดี โดยไม่เป็นเชื้อไฟ ไม่เป็นตัวลามไฟและไม่ทำให้เกิดควัน เช่น ฉนวนใยหิน , แผ่นฉนวนสะท้อนรังสี , ฉนวนพ่นเคลือบเซรามิก , แผ่นฉนวนแคลเซียมซิลิเกต , ฉนวนใยแก้ว , แผ่นแคลเซียมซิลิเกต เป็นต้น

3. อาคารที่ต้องการคุณสมบัติการกันความชื้นที่ดี เช่นอาคารที่มีสระว่ายน้ำภายใน ห้องเย็น การเลือกใช้ฉนวนที่เหมาะสมกับอาคารเหล่านี้ต้องมีคุณสมบัติต้านทานความชื้น ทนต่อไอน้ำ และการควบแน่น เช่น ฉนวนเยื่อกระดาษ , โพลีเอทรีน โฟม , โพลีสไตรีน , แผ่นแคลเซียมซิลิเกต เป็นต้น

5.4 การเปรียบเทียบวัสดุฉนวนกันความร้อน

จากการที่ได้แบ่งความเหมาะสมของฉนวนกันความร้อนกับประเภทของอาคารแล้ว การใช้ฉนวนกันความร้อนยังต้องพิจารณาถึงความเหมาะสมกับส่วนต่าง ๆ ของอาคาร ซึ่งความร้อนที่ผ่านเข้ามาในอาคาร (สำหรับประเทศไทย) จะเข้ามามากที่สุด ใน 2 ส่วน คือ มัณ และ หลังคาของอาคาร ในย่อหน้าต่อจากนี้จะทำการเปรียบเทียบความเหมาะสมของฉนวนแต่ละชนิดในด้าน ความสามารถในการต้านทานความร้อน , การนำไปใช้งาน , ราคา , ความหนาของฉนวน หรือ ค่าความต้านทานของวัสดุฉนวน โดยการเปรียบเทียบวัสดุฉนวนที่เหมาะสมกับอาคารจะคิดที่สภาพปกติของอาคาร คือ ที่อุณหภูมิไม่เกิน 150 องศาเซลเซียสและไม่มีผลกระทบด้านสารเคมีหรือแรงกระทำต่างๆ ที่ทำให้ค่าความต้านทานของวัสดุฉนวนลดลง

5.4.1 ฉนวนกันความร้อนกับงานหลังคา

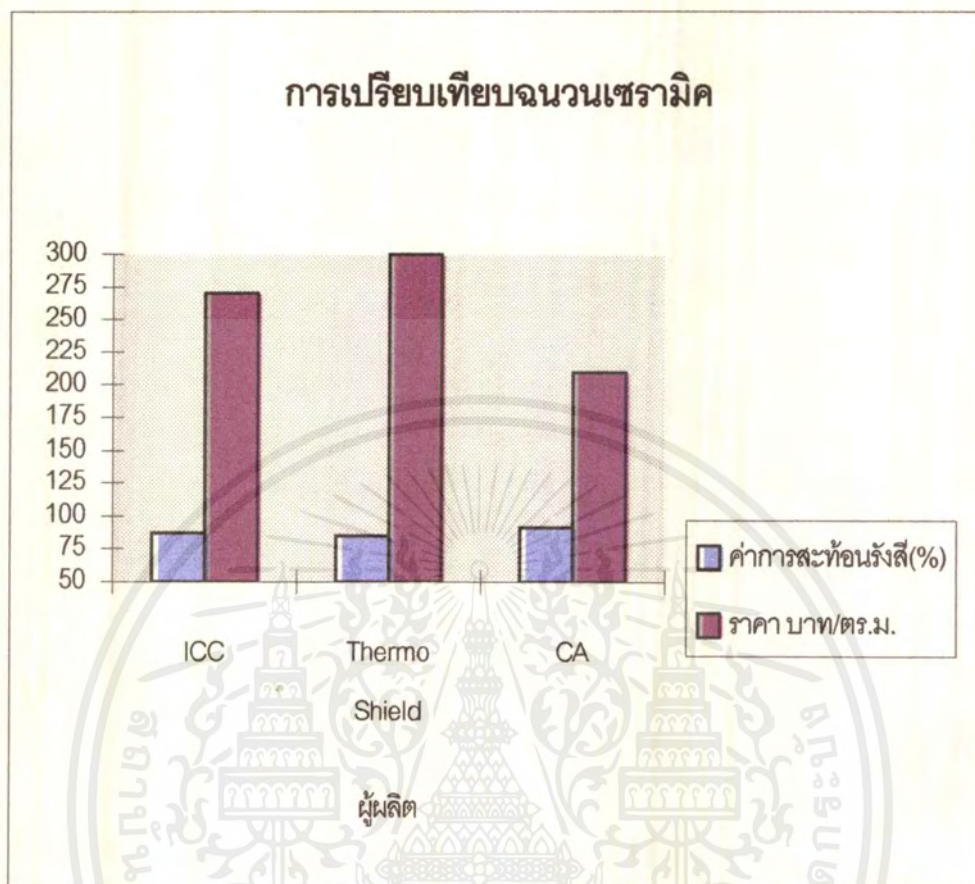
ฉนวนที่ติดตั้งเข้ากับหลังคาซึ่งฉนวน โดยทั่วไปจะมีคุณสมบัติที่จะสามารถติดตั้งเข้ากับประเภทของหลังคาได้ทุก เช่น หลังคาเหล็ก , หลังคากระเบื้องมอเนียร์ , หลังคาแผ่นกระเบื้องซีเมนต์ใยหิน

เพราะการติดตั้งฉนวนเข้ากับหลังคาจะใช้การพ่นหรือการทาเข้ากับหลังคาทำให้สามารถที่จะเข้าถึงได้ทุกซอกทุกมุมของพื้นที่หลังคา และก่อนการติดตั้งฉนวนเข้ากับหลังคายังต้องมีการทำความสะอาดพื้นที่ และทำการพ่นชั้นรองพื้นก่อนเสมอ ทำให้เพิ่มความสามารถในการยึดเกาะของวัสดุฉนวนกับหลังคาได้อย่างดี การติดตั้งฉนวนกันความร้อนกับหลังคาสามารถแบ่งแยกได้เป็น

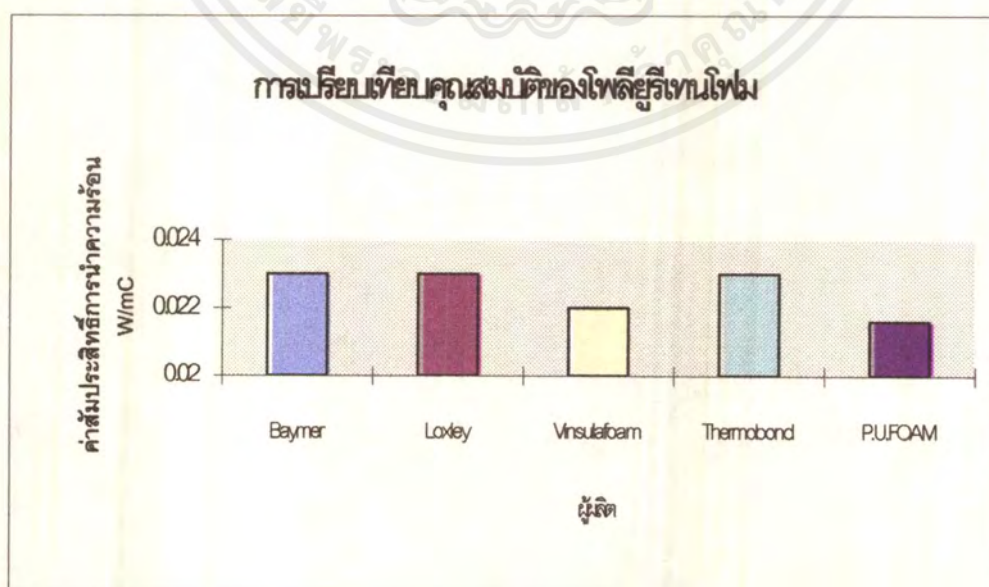
- 1) การติดตั้งเหนือพื้นที่หลังคา
- 2) การติดตั้งใต้พื้นที่หลังคา

โดยฉนวนกันความร้อนที่นิยมติดตั้งกับหลังคาเช่น ฉนวนใยแก้ว , ฉนวนใยหิน , โพลียูรีเทนโฟม , แผ่นโพลีเอทรีนโฟม , ฉนวนเยื่อกระดาษ แผ่นสะท้อนรังสีความร้อน , เซรามิกพ่นเคลือบ ซึ่งการใช้ฉนวนกันความร้อนกับงานหลังคาจะเป็นการป้องกันความร้อนที่ระดับหนึ่ง แต่ก็ยังมีปริมาณความร้อนหลงเหลืออยู่ จึงควรจัดให้มีช่องระบายความร้อนเพิ่มเติมด้วย

การติดตั้งฉนวนกันความร้อนแบบที่ติดตั้งเหนือพื้นที่หลังคา เช่นหลังคาอาคารคอนกรีต หลังคาแผ่นเหล็ก สามารถเลือกใช้ฉนวนกันความร้อนที่เหมาะสมกับลักษณะงานได้แก่ ฉนวนเซรามิกพ่นเคลือบ , ฉนวนโพลียูรีเทนโฟม (ต้องมีการเคลือบผิวป้องกันรังสีอุลตราไวโอเลตและความชื้น) แต่ลักษณะการต้านทานความร้อนของวัสดุฉนวนทั้ง 2 ชนิด มีความแตกต่างกันคือ ฉนวนเซรามิกพ่นเคลือบจะใช้หลักการสะท้อนรังสีความร้อน และการปิดกั้นความร้อนซึ่งค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนค่าของฉนวนเซรามิกมีค่าเท่ากับ $0.029 \frac{W}{Cm}$ แต่ความหนาของฉนวนจะอยู่ที่ 0.5 มิลลิเมตร จึงมีผลโดยตรงต่อค่าความต้านทานความร้อนของฉนวนเซรามิกที่แปรผันโดยตรงต่อความหนาของวัสดุฉนวนมีค่าน้อยเมื่อเทียบกับโพลียูรีเทนโฟม (แต่ฉนวนโพลียูรีเทนโฟมจะใช้หลักการห่อหุ้มและปิดกั้นมิให้ความร้อนผ่าน) จึงทำการแยกคุณสมบัติของฉนวนพิจารณา ซึ่งฉนวนประเภทอื่นไม่เป็นที่นิยมใช้เพราะถ้าใช้ฉนวนอื่น ๆ เช่น ฉนวนใยแก้ว , ฉนวนใยหิน จำเป็นต้องทำการเคลือบผิวฉนวนด้วยวัสดุป้องกันความชื้นที่มีความหนามาก จึงเป็นการเพิ่มความหนาของฉนวนและหลังคาโดยไม่จำเป็น การเลือกใช้วัสดุฉนวน จะทำการเปรียบเทียบด้านราคาและคุณสมบัติของฉนวนจะแสดงในรูปต่อไปนี้ (รูปที่ 5.2 ถึง 5.3) ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบที่สามารถเห็นได้ชัดเจน แต่การเลือกวัสดุฉนวนนั้นยังต้องพิจารณาปัจจัยอื่นๆ ประกอบด้วยโดยเฉพาะ ค่าการดูดซึมน้ำของวัสดุฉนวน

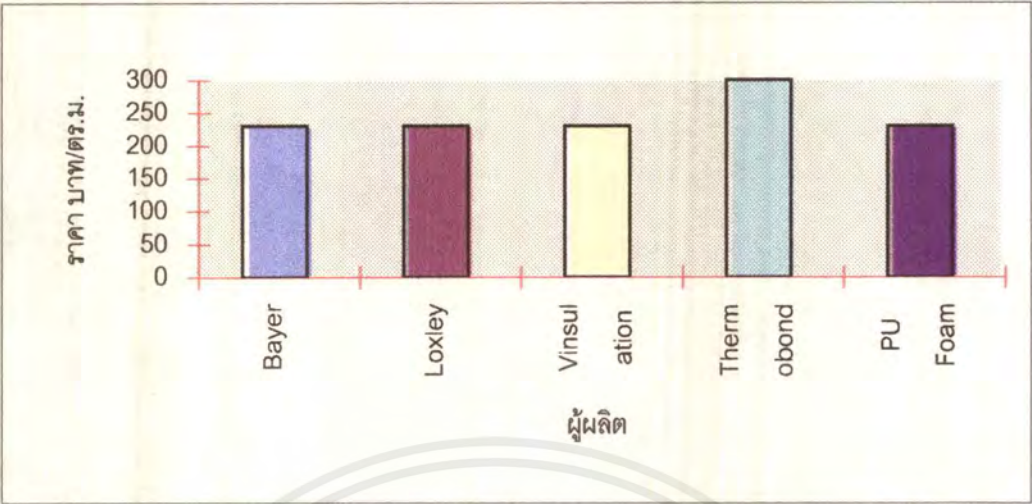


รูปที่ 5.2 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติและราคาของฉนวนเซรามิก



รูปที่ 5.3 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติของโฟลียูรีเทนโฟม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.3 แสดงการเปรียบเทียบราคาของฉนวนที่ติดตั้งผิวบนของหลังคา

จากข้อมูลข้างต้นก็นำวัสดุฉนวนทั้ง 2 ชนิด ไปติดตั้งเข้ากับหลังโรงงานที่ใช้วัสดุกระเบื้องซีเมนต์ใยหินหนา 5 มม. ลาดเอียง 15° ไม่มีฝ้าเพดาน มีพื้นที่ทั้งหมด 1,000 ตร.ม. สามารถทำการเปรียบเทียบได้ดังนี้

ตารางที่ 5.3 การเปรียบเทียบฉนวนเซรามิคกับ โพลียูรีเทนโฟม

โครงสร้าง	ฉนวนเซรามิค		โพลียูรีเทน โฟม		หมายเหตุ
	$\Delta x/k$	R	$\Delta x/k$	R	
- ฟิล์มอากาศที่ผิวบนหลังคา		0.055		0.055	ภาคผนวก ก
- วัสดุฉนวน	0.0005/0.029	0.0172	0.05/0.023	2.174	
- วัสดุหลังคา	0.005/0.198	0.025	0.005/0.198	0.025	
- โฉงหลังคา		0.664		0.153	ภาคผนวก ก
ค่าความต้านทานร้อนรวม (R_T)		0.761		2.407	
ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนรวม (U)	1/0.761	1.314		0.415	

หมายเหตุ โพลียูรีเทนโฟมคิดค่า “k” เท่ากับ 0.023 ที่ความหนา 2 นิ้ว

การเปรียบเทียบเงินลงทุนในการติดตั้งระหว่าง โพลียูรีเทนโฟมหนา 2 นิ้ว กับ ฉนวนเซรามิค ฟันเคลือบ ในพื้นที่ 1,000 ตร.ม. จะแสดงได้ดังนี้

ราคาเฉลี่ยโพลียูรีเทนโฟม 250 บาท/ตร.ม. ฉะนั้นค่าติดตั้ง เท่ากับ 250,000 บาท

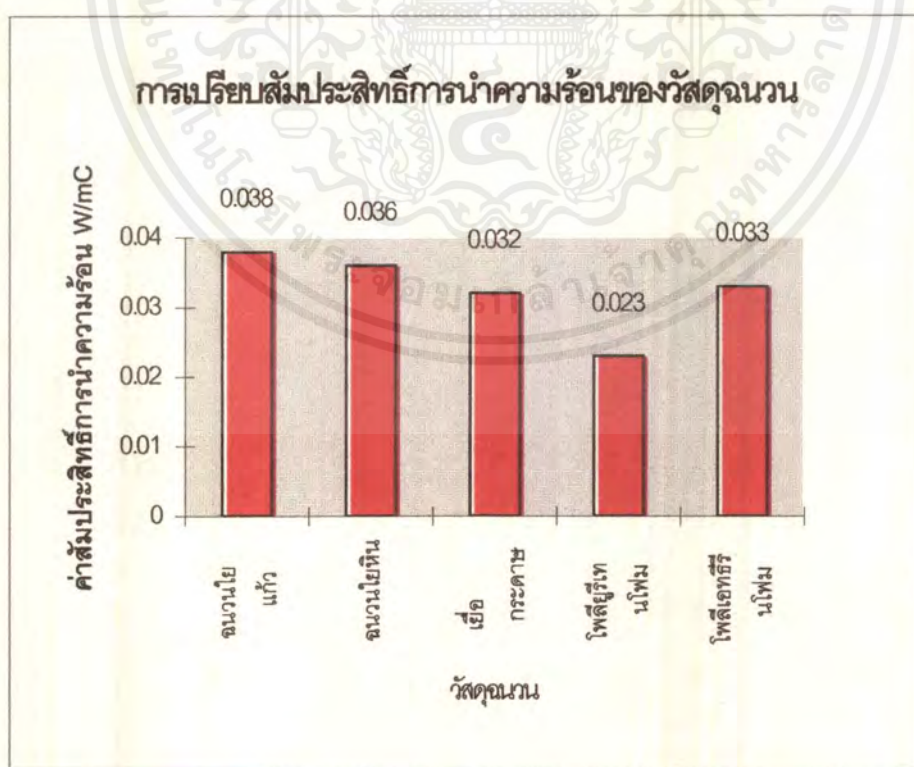
ราคาเฉลี่ยฉนวนเซรามิค 240 บาท/ตร.ม. ฉะนั้นค่าติดตั้ง เท่ากับ 240,000 บาท

จากข้อมูลการเปรียบเทียบข้างต้นจะเห็นว่าโพลียูรีเทนโฟมมีค่าความต้านทานความร้อนรวมมากกว่าฉนวนเซรามิคประมาณ 3 เท่า แต่ราคาของฉนวนเซรามิคจะต่ำกว่า ซึ่งถ้าพิจารณาถึงประสิทธิภาพที่ได้รับกับราคาในการลงทุนติดตั้งแล้ว โพลียูรีเทนโฟมจะมีความคุ้มค่ามากกว่า แต่ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลิตภัณฑ์โฟม โดยทั่วไปจะนิยมติดตั้งใต้ผิวหลังคามากกว่า เพราะจะได้หลีกเลี่ยงปัญหาในด้านความชื้นและแสงแดดที่จะมาทำอันตรายต่อตัวโฟม ฉะนั้นการติดตั้งที่ผิวของวัสดุหลังคา เช่น หลังคาซีเมนต์ไยหิน , คาคีฟคอนกรีต ควรที่จะใช้ฉนวนเซรามิกในการติดตั้งโดยการพันทับผิวบนของหลังคา สำหรับหลังคาแผ่นเหล็ก (Metal sheet) และหลังคากระเบื้องมอเนียร์ ไม่ควรที่จะใช้ฉนวนเซรามิกเพราะผิววัสดุหลังคาเป็นตัวสะท้อนรังสีความร้อนได้ดีระดับหนึ่งแล้ว และวัสดุหลังคามีการเดิมสีในตัวแล้ว ถ้าจะทำการติดตั้งฉนวนกันความร้อนในหลังคาควรที่จะใช้การติดตั้งใต้หลังคาแทนซึ่งจะพิจารณาต่อไป

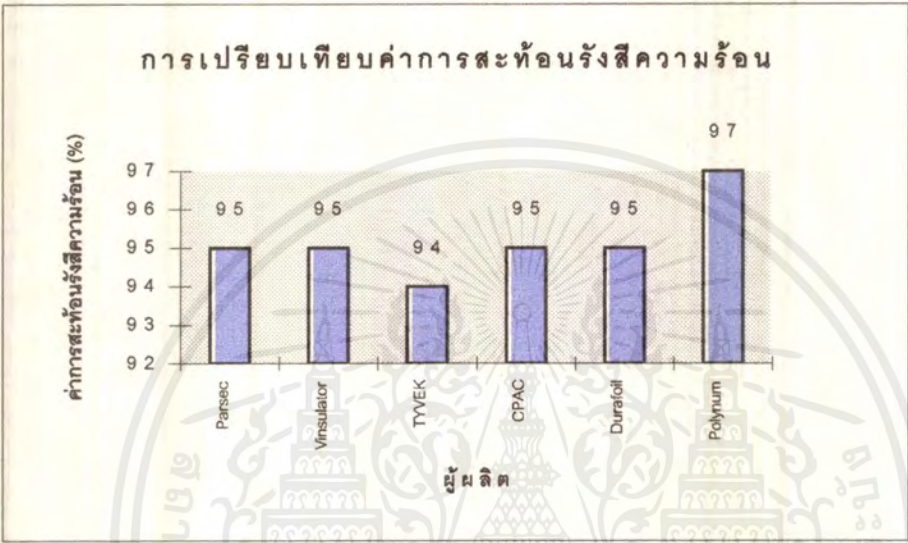
การติดตั้งฉนวนกันความร้อนชนิดติดตั้งใต้หลังคา เช่น หลังคาแผ่นเหล็ก , หลังคากระเบื้องมอเนียร์ หลังคาแผ่นกระเบื้องซีเมนต์ไยหิน สามารถเลือกใช้ฉนวนกันความร้อนที่เหมาะสมกับการใช้งาน คือ ฉนวนใยแก้ว , ฉนวนใยหิน , ฉนวนเยื่อกระดาษ , โฟลียูรีเทนโฟม , โพลีเอธีรีนโฟม , แผ่นสะท้อนรังสี ความร้อน ซึ่งหลักการของแผ่นสะท้อนรังสีความร้อนมีหลักในการต้านทานความร้อน ที่แตกต่างจากฉนวนประเภทอื่น ๆ คือจะ ใช้การสะท้อนรังสีความร้อนแทนการปิดกั้นหรือหน่วงความร้อน ดังนั้นการพิจารณาในด้านคุณสมบัติของฉนวนจึงต้องพิจารณาแยกกัน โดยจะทำการเปรียบเทียบในด้านคุณสมบัติทางความร้อน และราคาต่อตารางเมตรของวัสดุฉนวนดังรูปที่ 5.4 ถึง 5.7



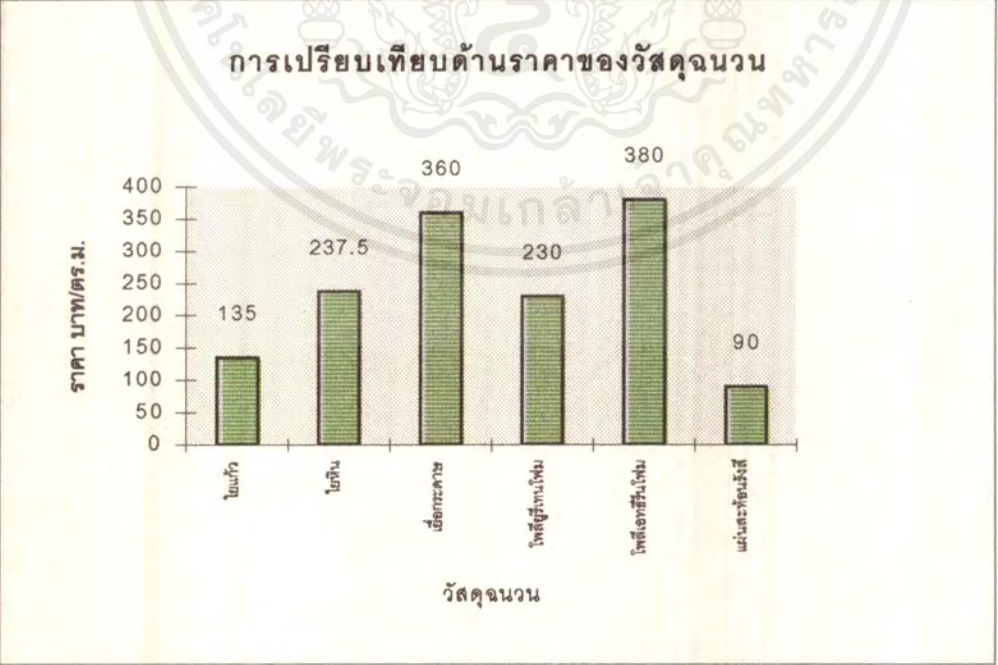
รูปที่ 5.4 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติการต้านทานความร้อนของฉนวนที่ติดตั้งใต้ผิวหลังคา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการกราฟจะเห็นว่าฉนวน โพลียูรีเทน โฟมมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนที่ต่ำสุดรองมาคือฉนวนเยื่อกระดาษ และฉนวน โพลีเอทรีน โฟม ซึ่งจากเนื้อหาข้างต้นเป็นที่ทราบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำจะแสดงถึงความเป็นฉนวนที่ดี ส่วนวัสดุประเภทแผ่นสะท้อนรังสีความร้อนจะทำการเปรียบเทียบในลักษณะของค่าการสะท้อนรังสีของแผ่นสะท้อน ซึ่งจะแสดงในกราฟดังนี้



รูปที่ 5.6 แสดงค่าการสะท้อนรังสีความร้อนของวัสดุแผ่นสะท้อน



รูปที่ 5.7 แสดงการเปรียบเทียบราคาของวัสดุฉนวนที่ติดตั้งได้ทั้งคา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากข้อมูลข้างต้นวัสดุฉนวนที่เหมาะสมที่จะติดตั้งได้ผิวหลังคา คือ แผ่นสะท้อนรังสีความร้อน , ฉนวนใยแก้ว (มีการห่อหุ้มด้วยวัสดุกันชื้น หรือแผ่นสะท้อน) , โพลียูรีเทนโฟม เนื่องจากวัสดุทั้ง 3 ชนิดมีความนิยมในการใช้งาน และมีประสิทธิภาพในการต้านทานความร้อนที่ดี ซึ่งสามารถเปรียบเทียบความเหมาะสมโดยขอยกตัวอย่างการติดตั้งฉนวนทั้ง 3 ชนิดได้ผิววัสดุหลังคากระเบื้องมอเนียร์ที่เอียง 30° ในอาคารที่พักอาศัย ที่มีฝ้าเพดานยิปซัมหนา 9 มม. ในพื้นที่ 200 ตร.ม.

ตารางที่ 5.4 การเปรียบเทียบคุณสมบัติวัสดุฉนวนที่ติดตั้งได้ผิวหลังคา

โครงสร้าง	แผ่นสะท้อนความร้อน		โพลียูรีเทนโฟม		ฉนวนใยแก้ว	
	$\Delta x/k$	R	$\Delta x/k$	R	$\Delta x/k$	R
- ฟิล์มอากาศที่ผิวบนหลังคา		0.055		0.055		0.055
- วัสดุหลังคา	0.012/0.836	0.014	0.012/0.836	0.014	0.012/0.836	0.014
- ช่องว่างอากาศ 100 มม.		0.675		-		0.675
- วัสดุฉนวน			0.05/0.023	2.174	0.05/0.038	1.316
- โฉงหลังคา		1.356		0.458		1.356
- ฝ้าเพดาน	0.009/0.191	0.047	0.009/0.191	0.047	0.009/0.191	0.047
ค่าความต้านทานความร้อนรวม (R_p)		2.147		2.748		3.463
ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนรวม (U)	$1/2.147$	0.466	$1/2.748$	0.364	$1/3.463$	0.289

หมายเหตุ - ค่าต่าง ๆ อ้างอิงมาจากภาคผนวก ก.

- ฉนวนใยแก้วคิดที่ความหนาแน่น $24 \frac{kg}{m^3}$ หนา 2 นิ้ว
- โพลียูรีเทนโฟม ที่ความหนา 2 นิ้ว

การเปรียบเทียบเงินลงทุนในการติดตั้งฉนวนกันความร้อนได้ผิวหลังคา สามารถแสดงได้ดังนี้

ราคาเฉลี่ยแผ่นสะท้อนความร้อน 90 บาท/ตร.ม. ฉะนั้นราคาค่าติดตั้ง เท่ากับ 18,000 บาท

ราคาเฉลี่ยโพลียูรีเทนโฟม 230 บาท/ตร.ม. ฉะนั้นราคาค่าติดตั้ง เท่ากับ 46,00 บาท

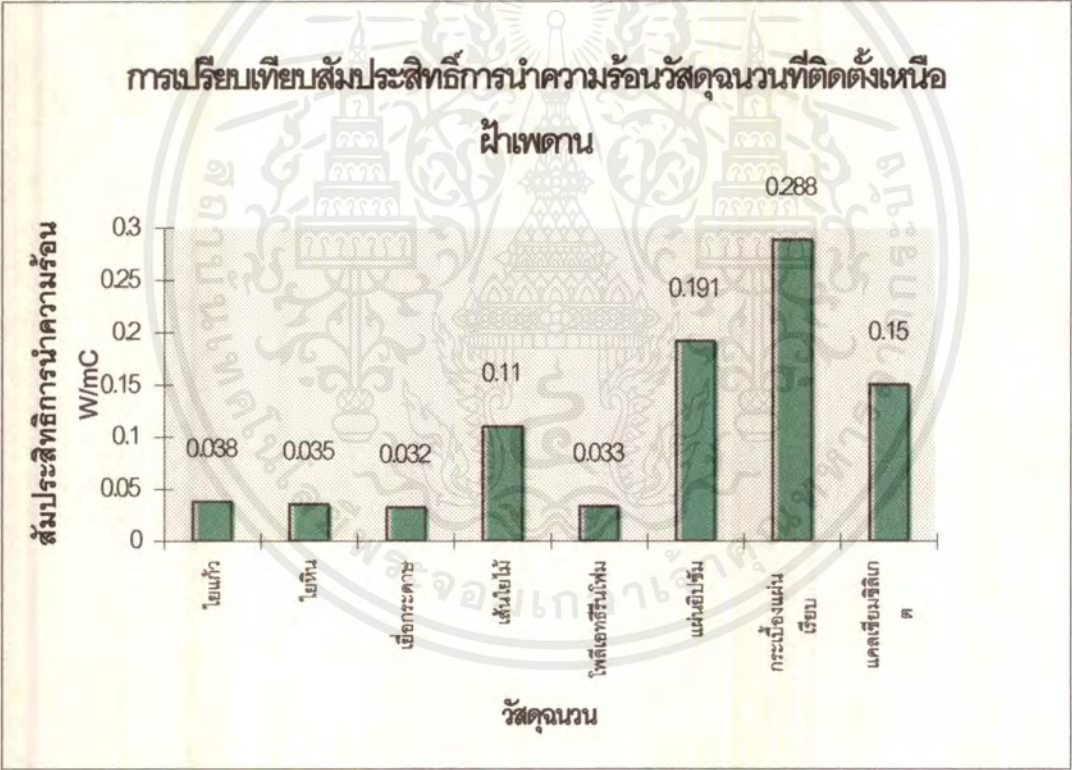
ราคาเฉลี่ยฉนวนใยแก้ว + ค่าช่างทาไก่ 180 บาท/ตร.ม. ฉะนั้นราคาค่าติดตั้งเท่ากับ 36,000 บาท

จากข้อมูลในการเปรียบเทียบวัสดุฉนวนที่ติดตั้งได้ผิววัสดุหลังคา จะพบว่าฉนวนใยแก้ว (ชนิดที่มีการห่อหุ้มด้วยแผ่นสะท้อนความร้อนและแผ่นกันชื้น) จะมีประสิทธิภาพในการต้านทานความร้อนสูงสุด ซึ่งความเหมาะสมในการเลือกใช้วัสดุฉนวนในการติดตั้งได้ผิวหลังคาควรที่จะเลือกใช้ฉนวนใยแก้วเพราะมีประสิทธิภาพการต้านทานความร้อนที่ดีและมีราคาที่เหมาะสมกว่าโพลียูรีเทนโฟม แต่การติดตั้งฉนวนใยแก้วต้องรักษาค่าความหนาของวัสดุฉนวน ไม่ให้เกิดการยุบตัวลงหรือป้องกันกาหดตัวของวัสดุหลังคาที่จะมากระทำต่อฉนวน เพราะถ้าความหนาลดลงค่าความต้านทานของ

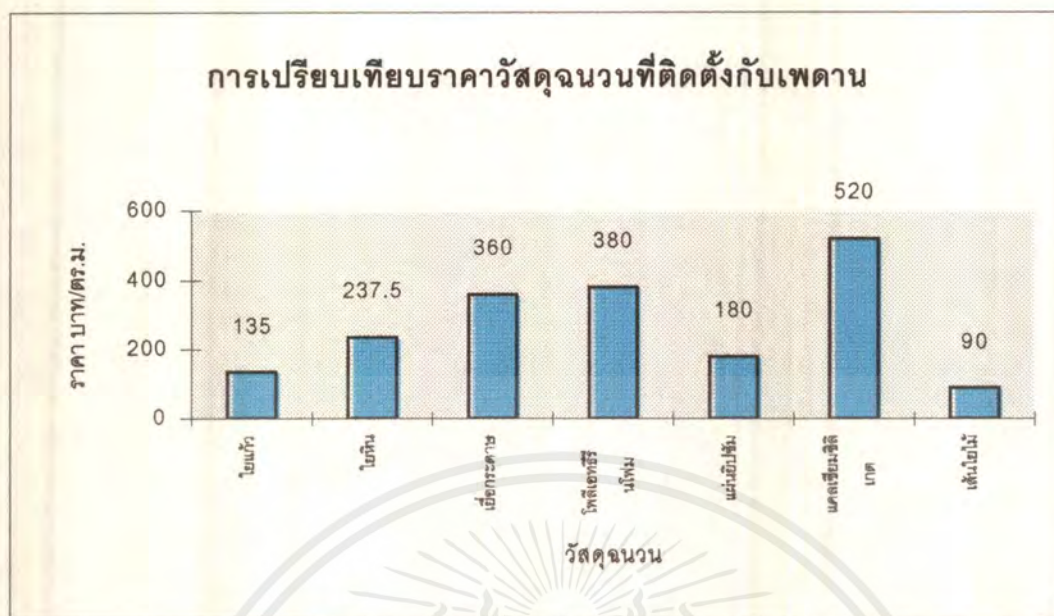
นวนก็จะลดลงตามไปด้วย แต่ถ้าเงินลงทุนในการติดตั้งนวนกันความร้อนมีจำกัดก็สามารถใช้แผ่นสะท้อนความร้อนแทนได้ถึงแม้จะได้อะสิทธิภาพการต้านทานความร้อนที่ลดลง

5.4.2 การติดตั้งนวนกับฝ้าเพดาน

เมื่อมีการติดตั้งวัสดุนวนที่หลังคาแล้ว แต่ก็ยังมีปริมาณความร้อนที่จะถ่ายเทลงสู่ภายในอาคารได้อีก ผ่านทางฝ้าเพดานของห้องต่าง ๆ ฉะนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องมีการติดตั้งวัสดุนวนเหนือฝ้าฝ้าเพดาน เพื่อป้องกันการถ่ายเทความร้อนอีกชั้นหนึ่ง และวัสดุนวนที่นิยมใช้ในงานฝ้าเพดาน เช่น นวนใยแก้ว , นวนใยหิน , นวนเยื่อกระดาษ , แผ่นอิพซั่ม , นวนเส้นใยไม้ , โพลีเอทรีน โพลียูรีเทน และ แคลเซียมซิลิเกต โดยสามารถเปรียบเทียบคุณสมบัติการต้านทานความร้อนและราคาได้ดังรูปที่ 5.8 ถึง 5.9



รูปที่ 5.8 แสดงคุณสมบัติของวัสดุนวนที่เหมาะสมกับฝ้าเพดาน



รูปที่ 5.9 แสดงการเปรียบเทียบราคาของวัสดุฉนวนที่ติดตั้งกับฝ้าเพดาน

จากรูปที่ 5.8 ถึง 5.9 ซึ่งจะแสดงถึงคุณสมบัติและราคาของวัสดุฉนวนจะเห็นได้ว่า ฉนวนเยื่อกระดาษมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำสุด และรองมาคือ โพลีเอทรีนโฟม และฉนวนโยหิน แต่ฉนวนโยหินไม่เหมาะสมนักที่ใช้ติดตั้งเหนือฝ้าเพดาน เนื่องจากฉนวนโยหินจะมีประสิทธิภาพที่ใกล้เคียงกับฉนวนโยแก้วซึ่งมีราคาต่อตารางเมตรถูกกว่า และยังมีความหนาแน่นที่น้อยกว่าด้วย จึงนิยมใช้ฉนวนโยแก้วแทน ส่วนด้านราคาแล้วแผ่นเส้นใยไม้มีราคาต่ำสุด และรองมาคือ ฉนวนโยแก้ว และแผ่นยิปซัม แต่ผลิตภัณฑ์ฉนวนยังไม่รวมถึงค่าวัสดุฝ้าเพดานยกเว้นแผ่นยิปซัมและกระเบื้องแผ่นเรียบที่เป็นฝ้าเพดานและวัสดุฉนวนในตัว ดังนั้นถ้าห้องภายในอาคาร ไม่ต้องการคุณสมบัติด้านการกันความร้อนที่มากนัก ก็ควรที่ใช้เพียงแผ่นยิปซัมแทนกระเบื้องแผ่นเรียบก็เพียงพอ แต่ควรที่จะมีการติดตั้งฉนวนที่หลังคา ก่อน หรือถ้าห้องภายในอาคารต้องการความร้อนมิให้เข้ามาภายในห้องก็ควรที่จะมีการติดตั้งฉนวนเหนือแผ่นฝ้าเพดาน ซึ่งสามารถแสดงการเปรียบเทียบได้ดังตารางที่ 5.5 ส่วนแผ่นเส้นใยไม้ราคาแสดงในรูปที่ 5.10 เป็นราคาของแผ่นเซโลกริต แต่ถ้าเป็นแผ่นฉนวนเส้นใยไม้ที่ใช้ในงานที่ต้องการคุณสมบัติในการต้านทานเสียงที่ดี ราคาแผ่นฉนวนจะประมาณ 300 บาท/ตร.ม. แต่ถ้าเจ้าของอาคารมีงบประมาณที่เพียงพอก็อาจใช้ฉนวนเยื่อกระดาษซึ่งมีคุณสมบัติในการต้านทานความร้อนดีกว่าฉนวนชนิดอื่นได้ และสามารถติดตั้งได้ทั้งเหนือฝ้าเพดานและใต้ฝ้าเพดาน และยังเป็นการตกแต่งฝ้าเพดานไปในตัว แต่ส่วนมากจะนิยมติดตั้งในอาคารสาธารณะที่มีผู้ใช้อาคารเป็นจำนวนมากเช่น โรงละคร , โรงภาพยนตร์ สำหรับแผ่นโพลีเอทรีนโฟม เนื่องจากปัจจัยของความหนาของแผ่นที่บาง และราคาที่สูงพอสมควร ตลอดจนเมื่อติดตั้งที่ผิวหน้าของแผ่นฝ้าจะดูไม่สวยงามนัก จึงไม่เหมาะสมกับงานฝ้าเพดาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.5 การเปรียบเทียบวัสดุฉนวนที่ติดตั้งกับฝ้าเพดาน

การติดตั้งวัสดุฉนวนบนฝ้าเพดานในอาคารพักอาศัยที่มีหลังคากระเบื้องมอเนียร์ ลาดเอียง 30° และติดตั้งแผ่นสะท้อนความร้อนใต้ผิวหลังคา

โครงสร้าง	ฉนวนใยกระดาษ		โพลีเอทรีนโฟม		ฉนวนใยแก้ว	
	$\Delta x/k$	R	$\Delta x/k$	R	$\Delta x/k$	R
- ฟิล์มอากาศที่ผิวบนหลังคา		0.055		0.055		0.055
- วัสดุหลังคา	0.012/0.836	0.014	0.012/0.836	0.014	0.012/0.836	0.014
- ช่องว่างอากาศ 100 มม.		0.675		0.675		0.675
- โฉงหลังคา		1.356		1.356		1.356
- วัสดุฉนวน	0.05/0.032	1.563	0.005/0.033	0.152	0.05/0.038	1.316
- ฝ้าเพดานยิปซัมหนา 9 มม.	0.009/0.191	0.047	0.009/0.191	0.047	0.009/0.191	0.047
ค่าความต้านทานความร้อนรวม (R_T)		3.71		2.299		3.463
ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนรวม (U)	$1/3.71$	0.269	$1/2.299$	0.435	$1/3.463$	0.289

หมายเหตุ - ค่าต่าง ๆ อ้างอิงมาจากภาคผนวก ก.

- ฉนวนใยแก้วคิดที่ความหนาแน่น $24 \frac{kg}{m^3}$ หนา 2 นิ้ว
- ฉนวนใยกระดาษ ความหนา 2 นิ้ว
- โพลีเอทรีนโฟม ความหนา 5 มม. (ความหนาที่ผลิตจริง)

จากตารางที่ 5.5 จะเห็นได้ว่าฉนวนใยกระดาษจะมีประสิทธิภาพสูงสุดในการต้านทานความร้อนที่ผ่านทางฝ้าเพดาน และรองมาคือฉนวนใยแก้ว แต่ถ้าเปรียบเทียบทางด้านราคาแล้วจะพบว่า ฉนวนใยกระดาษจะมีราคาสูงกว่าฉนวนใยแก้วถึง 2 เท่าซึ่งถ้าพิจารณาเลือกใช้วัสดุฉนวนให้เหมาะสมแล้ว ฉนวนใยแก้วชนิดแผ่นที่ปูเหนือฝ้าเพดานจะให้ความเหมาะสมทั้งทางด้านราคาและประสิทธิภาพของฉนวนจะเหมาะสมมากที่สุด

5.4.3 การติดตั้งฉนวนกับงานผนังอาคาร

การนำวัสดุฉนวนไปประยุกต์ใช้ในงานผนังของอาคาร ซึ่งแบ่งได้เป็นผนังภายนอก และผนังภายในอาคาร สามารถที่จะปฏิบัติได้ดังนี้คือ 1) การติดตั้งทับผิวหน้าของผนัง 2) การติดตั้งเข้าระหว่างช่องว่างของผนังคู่ ซึ่งวัสดุฉนวนที่เหมาะสมกับ ฉนวนใยแก้ว , ฉนวนใยหิน , โพลียูรีเทนโฟม , โพลีสไตรีนโฟม , โพลีเอทรีนโฟม , ฉนวนใยกระดาษ , แผ่นแคลเซียมซิลิเกต และแผ่นสะท้อนความร้อน โดยสามารถแยกวัสดุฉนวนที่ติดตั้งทับผิวหน้าของผนังได้ดังนี้

- แผ่นโพลีเอทรีนโฟม
- ฉนวนใยกระดาษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- แผ่นแคลเซียมซิลิเกต (ใช้เป็นผนังในตัว)

- แผ่นยิปซัมกันความร้อน

ส่วนวัสดุฉนวนที่ติดตั้งเข้าระหว่างช่องของผนังคู่ หรือ โครงเคร่าผนังมีดังนี้

- ฉนวนใยแก้ว

- ฉนวนใยหิน

- ฉนวนเยื่อกระดาษ

- โพลียูรีเทนโฟม

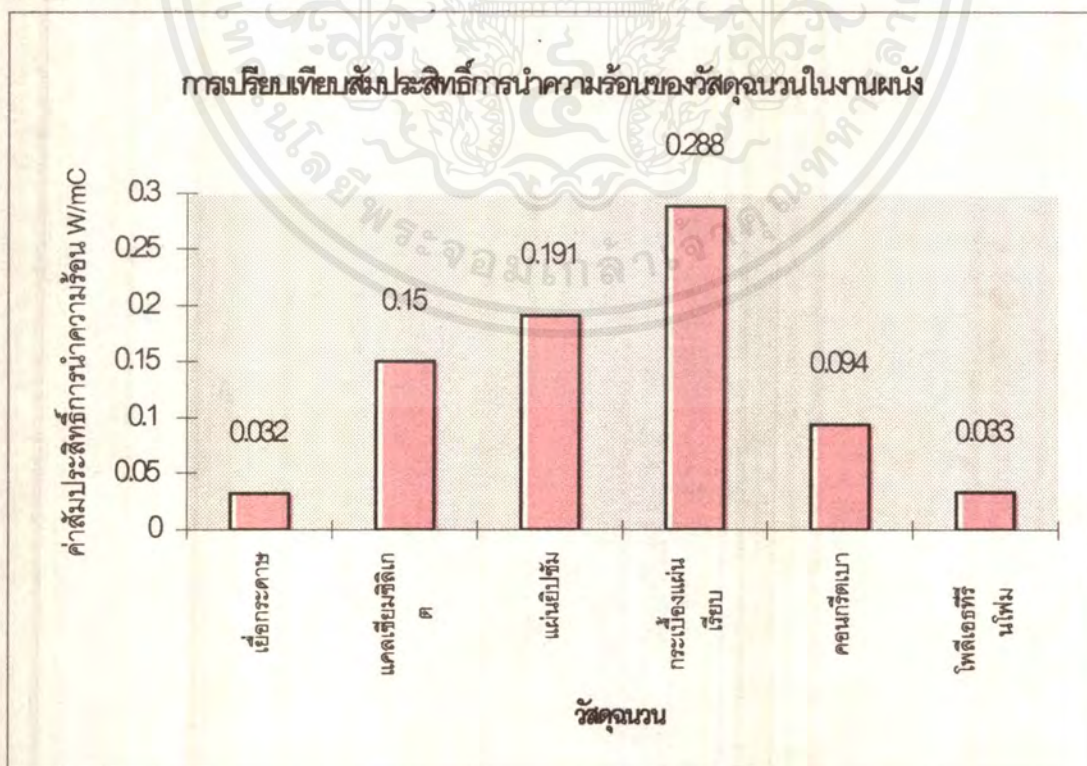
- โพลีสไตรีนโฟม

- แผ่นสะท้อนรังสีความร้อน

การเปรียบเทียบคุณสมบัติของวัสดุฉนวนกันความร้อนที่ติดตั้งกับผนัง จะพิจารณาเฉพาะ ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนและราคาของวัสดุฉนวน โดยจะแยกพิจารณาในแต่ละประเภทของการติดตั้ง

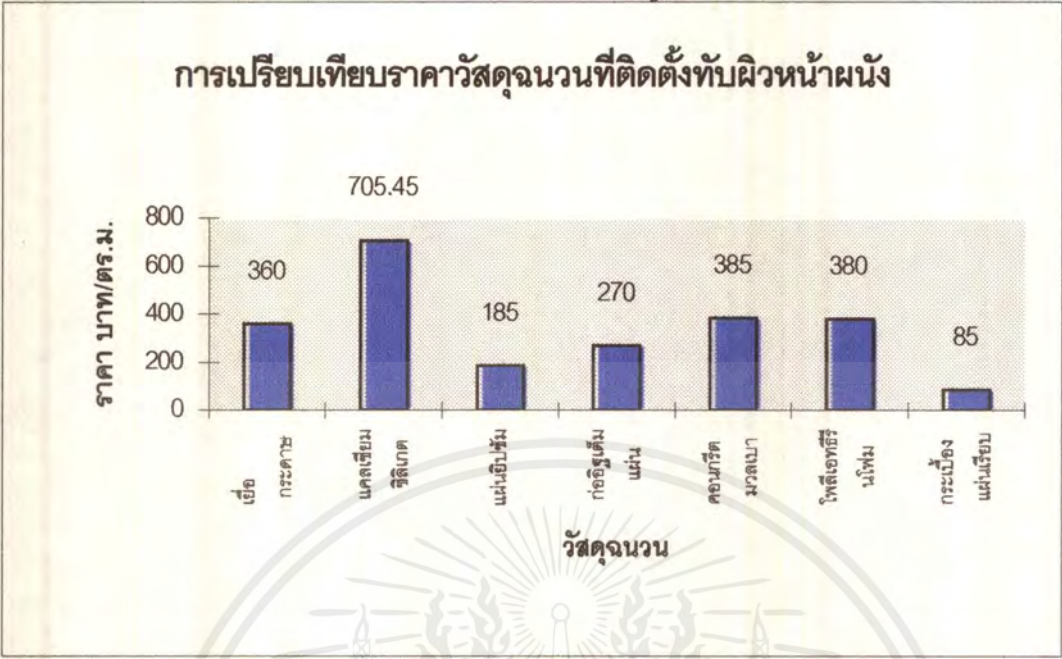
1. การเปรียบเทียบวัสดุฉนวนที่ติดตั้งกับผิวของผนังหรือเป็นวัสดุผนังในตัว

เนื่องจากวัสดุผนังของอาคารบางชนิดมีคุณสมบัติในการต้านทานความร้อนอยู่ในตัวของวัสดุผนังจึงสามารถที่จะนำมาเปรียบเทียบกับวัสดุฉนวนที่ใช้ในการติดตั้งทับหน้าผนังก่ออิฐหรือบล็อกคอนกรีต ดังแสดงในรูปที่ 5.10 ถึง 5.12



รูปที่ 5.10 แสดงการเปรียบเทียบวัสดุฉนวนที่ติดตั้งทับผิวผนังและวัสดุที่เป็นผนังฉนวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.11 แสดงการเปรียบเทียบราคาวัสดุฉนวนที่ใช้ในงานผนัง

จากรูปที่ 5.10 และ 5. 11 จะเห็นว่า ฉนวนเยื่อกระดาษมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำสุด และรองมาคือ โฟลีโอเทรีน โฟมและคอนกรีตมวลเบา แต่คอนกรีตมวลเบาใช้วัสดุที่ใช้เป็นฉนวนโดยตรง จึงสามารถใช้แผ่นแคลเซียมซิลิเกตแทน และตารางที่ 5.6 จะเป็นการเปรียบเทียบการใช้วัสดุฉนวนทั้ง 3 ชนิด ที่ติดตั้งเข้ากับผนังคอนกรีตปิดทับด้วยกระเบื้องโมเสก ในอาคารพาณิชย์ ตารางที่ 5.6 แสดงการเปรียบเทียบวัสดุฉนวนที่ติดตั้งทับผิวหน้าของผนัง

โครงสร้าง	ฉนวนเยื่อกระดาษ		โฟลีโอเทรีนโฟม		แคลเซียมซิลิเกต	
	$\Delta x/k$	R	$\Delta x/k$	R	$\Delta x/k$	R
- ฟิล์มอากาศด้านนอก		0.044		0.044		0.044
- กระเบื้องโมเสก	0.012/1.298	0.009	0.012/1.298	0.009	0.012/1.298	0.009
- ผนังคอนกรีต หนา 15 ซม.	0.15/1.442	0.104	0.15/1.442	0.104	0.15/1.442	0.104
- วัสดุฉนวน	0.05/0.032	1.563	0.005/0.033	0.152	0.009/0.151	0.059
- ฟิล์มอากาศด้านใน.		0.120		0.120		0.120
ค่าความต้านทานความร้อนรวม (R_T)		1.84		0.429		0.336
ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนรวม (U)	$1/1.84$	0.543	$1/0.429$	2.331	$1/0.336$	2.976

หมายเหตุ - ค่าต่าง ๆ อ้างอิงมาจากภาคผนวก ก.

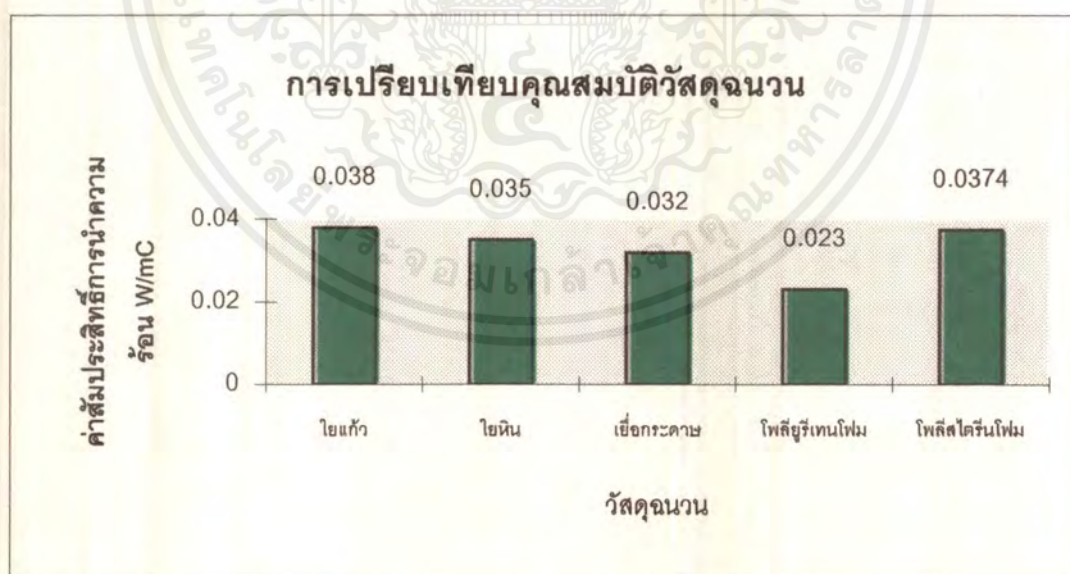
- โฟลีโอเทรีน โฟม หนา 5 มม.
- ฉนวนเยื่อกระดาษ ความหนา 2 นิ้ว
- แผ่นแคลเซียมซิลิเกต หนา 9 มม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 5.11 พบว่าวัสดุฉนวนที่ใช้ในการปิดทับผิวหน้าของผนังมีราคาที่สูงกว่าแผ่นยิปซัมมาก แต่จะให้ประสิทธิภาพในการต้านทานความร้อนที่น้อยกว่าวัสดุฉนวนที่ใช้ในการปิดทับหน้าผิวผนัง จากข้อมูลตารางที่ 5.6 พบว่าการใช้วัสดุฉนวนในอาคารผนังคอนกรีต หรือผนังก่ออิฐเพียงชั้นเดียว จะให้ค่าประสิทธิภาพในการต้านทานความร้อนที่ไม่สูงมากนักเมื่อเทียบกับการติดตั้งวัสดุฉนวนในงานหลังคา แต่ถ้ามีความต้องการติดตั้งฉนวนเข้ากับงานผนัง ฉนวนเยื่อกระดาษมีความเหมาะสมมากที่สุดถึงแม้ว่าจะมีราคาสูงก็ตาม เพราะฉนวนเยื่อกระดาษสามารถใช้เป็นวัสดุในการตกแต่งผนังและยังสามารถเป็นวัสดุที่ให้ประสิทธิภาพในการกันเสียงที่ดี ดังนั้นการใช้ฉนวนเยื่อกระดาษจึงนิยมใช้ในอาคารที่มีลักษณะพิเศษ เช่น โรงมหรสพ โรงภาพยนตร์ เป็นต้น แต่ถ้าอาคารใดที่ไม่เจาะจงคุณสมบัติในการต้านทานความร้อนที่ผ่านเข้ามาในผนังอาคาร สามารถใช้แผ่นยิปซัมในการปิดทับผิวหน้าของผนังอาคารแทนการใช้วัสดุฉนวนประเภทอื่น

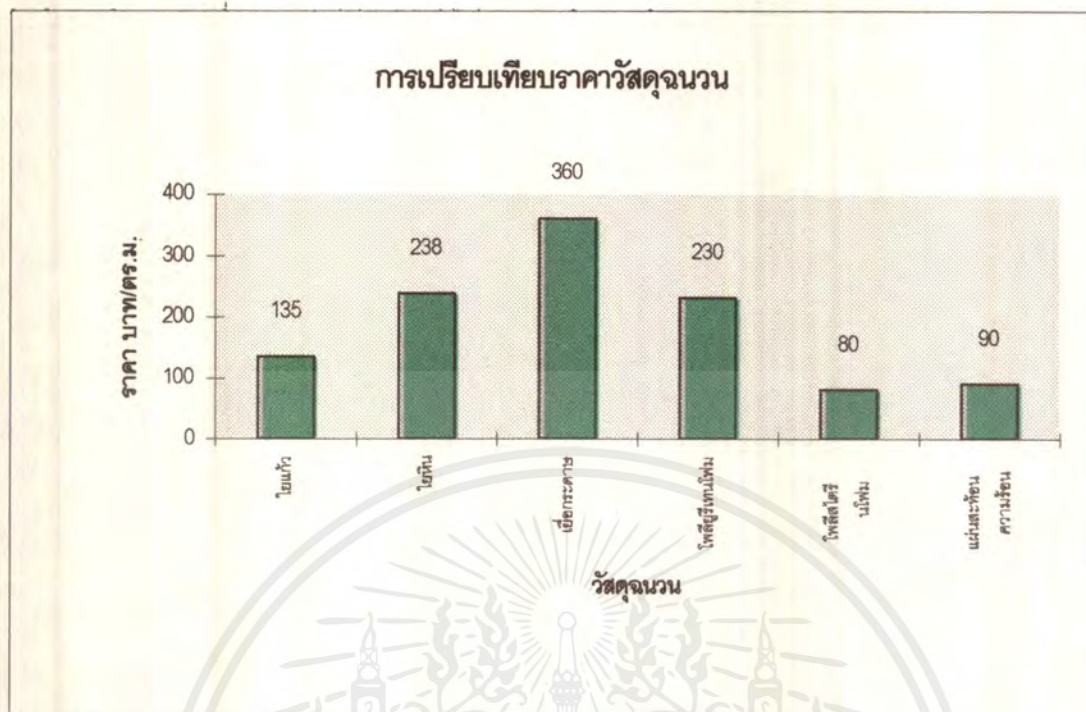
2. การเปรียบเทียบวัสดุฉนวนที่ติดตั้งภายในช่องผนัง

การนำวัสดุฉนวนกันความร้อนติดตั้งภายในช่องผนังอาคาร นอกจากต้องคำนึงถึงปัจจัยในด้านของราคา และประสิทธิภาพของวัสดุฉนวนแล้วควรคำนึงถึงความสะดวกในการติดตั้งวัสดุฉนวนเข้ากับผนังโดยไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างของผนัง ซึ่งข้อมูลการเปรียบเทียบจะแสดงในรูปที่ 5.12 และ 5.13



รูปที่ 5.12 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติของวัสดุฉนวนที่ติดตั้งภายในช่องผนัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.13 แสดงการเปรียบเทียบราคาวัสดุฉนวนที่ติดตั้งภายในช่องผนัง

จากรูปที่ 5.13 พบว่าโพลีสไตรีนโฟม และแผ่นสะท้อนความร้อนมีราคาต่ำสุด แต่เนื่องจากวัสดุทั้งสอง ไม่เหมาะสมที่จะติดตั้งในงานผนังอาคารเพราะประสิทธิภาพของการต้านทานความร้อนไม่ได้เต็มที่ และช่วงเวลาที่สะท้อนรังสีความร้อนนั้นน้อยกว่าที่ใช้ในงานหลังคาเพราะรังสีความร้อนอาจถูกบดบังจากตัวอาคารข้างเคียง หรือต้นไม้ จึงควรพิจารณาเลือกใช้ ฉนวนโยแกว, เยื่อกระดาษ, โพลียูรีเทนโฟม นับว่าเหมาะสมกว่า ทั้งผนังภายนอกและผนังภายในอาคาร หลังจากที่มีการติดตั้งวัสดุฉนวนในช่องว่างของผนังแล้ว ควรปิดทับด้วย แผ่นยิปซัม ทำให้เกิดความสวยงามและเพิ่มประสิทธิภาพการต้านทานความร้อนของผนัง นอกจากนั้นแผ่นยิปซัมยังเป็นวัสดุที่ช่วยกันเสียงได้ แต่ควรระวังเลือกเสมอว่าฉนวนที่ติดตั้งในช่องผนัง โอกาสที่จะซ่อมแซม หรือทำการเปลี่ยนแปลงฉนวนนั้นน้อยลง

การเปรียบเทียบคุณสมบัติความต้านทานความร้อนของวัสดุฉนวน ที่ติดตั้งภายในช่องของผนังอาคาร อาจเป็นผนังที่ใช้การก่ออิฐและมีการเว้นช่องกลาง หรือการติดตั้งวัสดุฉนวนเข้ากับโครงเคร่าของผนัง สามารถแสดงให้เห็นได้จากตัวอย่างผนังอาคารสูงที่ใช้การก่ออิฐและมีการสอดวัสดุฉนวนภายในช่องกลางของผนังต่าง ๆ ดังตารางที่ 5.7

ตารางที่ 5.7 แสดงการเปรียบเทียบวัสดุฉนวนที่ติดตั้งภายในช่องของผนัง

โครงสร้าง	ฉนวนใยกระดาษ		โฟลียูรีเทนโฟม		ฉนวนใยแก้ว	
	$\Delta x/k$	R	$\Delta x/k$	R	$\Delta x/k$	R
- ฟิล์มอากาศด้านนอก		0.044		0.044		0.044
- ปูนฉาบ	0.012/0.533	0.023	0.012/0.533	0.023	0.012/0.533	0.023
- ผนังอิฐ	0.115/0.807	0.143	0.115/0.807	0.143	0.115/0.807	0.143
- วัสดุฉนวน	0.05/0.032	1.563	0.05/0.023	2.174	0.05/0.038	1.316
- ผนังอิฐ	0.115/0.807	0.143	0.115/0.807	0.143	0.115/0.807	0.143
- ปูนฉาบ	0.012/0.533	0.023	0.012/0.533	0.023	0.120/0.533	0.023
- ฟิล์มอากาศด้านใน		0.120		0.120		0.120
ค่าความต้านทานความร้อนรวม (R_p)		2.059		2.67		1.812
ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนรวม (U)	$1/2.059$	0.486	$1/2.67$	0.374	$1/1.812$	0.552

หมายเหตุ - ค่าต่าง ๆ อ้างอิงมาจากภาคผนวก ก.

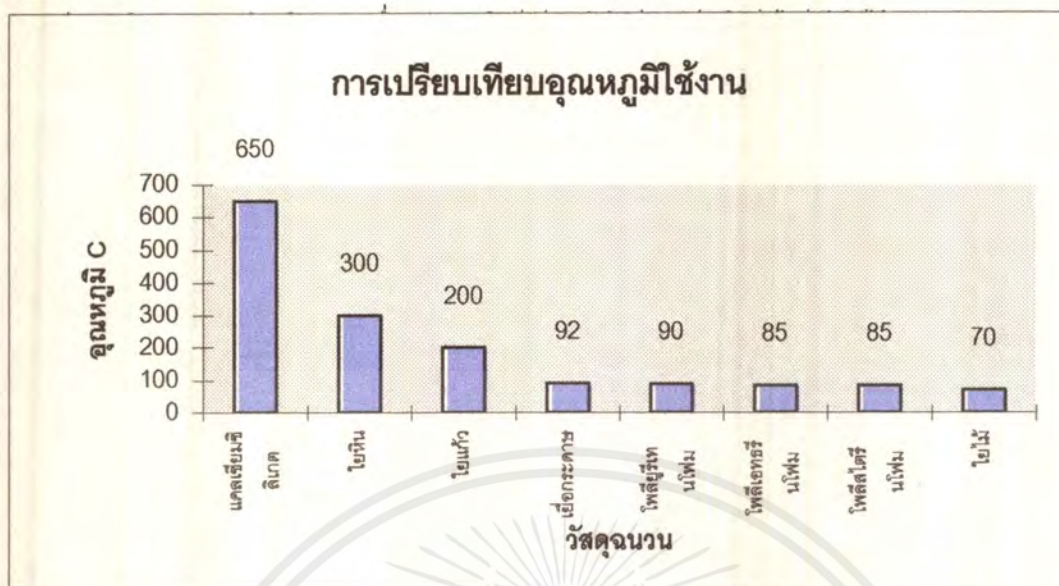
- ฉนวนใยกระดาษ โฟลียูรีเทนโฟม และ ฉนวนใยแก้ว คิดที่ความหนา 5 มม.

จากตารางที่ 5.7 พบว่า ค่าความต้านทานความร้อนของวัสดุฉนวนที่ติดตั้งภายในช่องผนังมีค่าสูงกว่าการติดตั้งวัสดุฉนวนทับผิวหน้าของผนังอาคาร ดังนั้นการป้องกันการถ่ายเทความร้อนผ่านทางผนังของอาคาร การติดตั้งวัสดุฉนวนภายในช่องผนังจึงมีความเหมาะสมกว่าการติดตั้งฉนวนทับผิวหน้าของผนังอาคาร ซึ่งวัสดุฉนวนที่เหมาะสมในการติดตั้งภายในช่องผนัง นั้น

โฟลียูรีเทนโฟมมีความเหมาะสมทั้งด้านราคาและประสิทธิภาพการต้านทานความร้อน หากเป็นการติดตั้งเข้ากับโครงเคร่าผนังของอาคาร ฉนวนใยแก้วชนิดแผ่นแข็ง หรือฉนวนใยหิน เป็นวัสดุฉนวนที่มีความเหมาะสมกว่าการใช้โฟลียูรีเทน โฟมที่ใช้พ่น เพราะการใช้ฉนวนใยแก้วสามารถยึดเกาะกับ โครงเคร่าของผนังได้ดี ทำการติดตั้งได้สะดวกและเป็นวัสดุที่ป้องกันการลุกลามของไฟในขณะที่เกิดอัคคีภัยได้ดีกว่า นอกจากการใช้วัสดุฉนวนยึดเข้ากับโครงเคร่าผนังแล้ว ควรเพิ่มเติมโดยใช้แผ่นยิปซัมปิดทับ โครงเคร่าอีกชั้นหนึ่งเพื่อให้เกิดความสวยงาม และเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการต้านทานความร้อนของผนังอาคารอีกด้วย

นอกจากการเปรียบเทียบคุณสมบัติของวัสดุฉนวนและ ราคาของฉนวนแล้วอาจจะทำการเปรียบเทียบคุณสมบัติทางด้านอุณหภูมิสูงสุดในการใช้งานที่วัสดุฉนวนสามารถทนได้ ซึ่งเป็นข้อมูลในการเลือกใช้ฉนวนให้เหมาะสมกับงาน แนวทางหนึ่งที่ต้องพิจารณา ดังแสดงในกราฟต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.16 การเปรียบเทียบอุณหภูมิใช้งานสูงสุดของฉนวนกันความร้อน

จากรูปที่ 5.16 แสดงอุณหภูมิใช้งานสูงสุดของวัสดุฉนวน พบว่าแคลเซียมซิลิเกต เป็นวัสดุฉนวนที่สามารถใช้งานได้ที่อุณหภูมิสูงสุด และรองลงมาคือ ฉนวนโยหินและโยแก้ว ตามลำดับ ซึ่งการทราบถึงอุณหภูมิสูงสุดที่ฉนวนนั้น ๆ สามารถทนได้ เป็นการคิดที่จะเลือกวัสดุฉนวนให้เหมาะสมกับการนำวัสดุฉนวนไปประยุกต์ใช้ในงานต่าง ๆ ได้โดยอุณหภูมิใช้งานไม่เป็นผลบดบังฉนวนกันความร้อน ซึ่งวัสดุฉนวนบางชนิดถ้ามีการใช้งานที่อุณหภูมิที่สูงกว่าขีดจำกัดทางคุณสมบัติของตัวฉนวน จะมีผลให้ฉนวนนั้น ๆ มีคุณสมบัติในการต้านทานความร้อนลดลง เช่น โพลียูรีเทนโฟม โพลีสไตรีนโฟม ถ้าใช้ในที่อุณหภูมิสูง ๆ โครงสร้างภายในเซลล์ฉนวน จะเกิดการหดตัวหรืออาจสลายไปอันเนื่องมาจากความร้อนที่ได้รับทำให้ความหนาและความหนาแน่นของวัสดุฉนวนลดลง จึงมีผลต่อประสิทธิภาพในการต้านทานความร้อนของฉนวนกันความร้อนโดยตรง ดังนั้นการเลือกใช้ฉนวนกันความร้อนให้เหมาะสมกับอุณหภูมิใช้งานจึงเป็นการยืดอายุและเพิ่มประสิทธิภาพของฉนวนได้ทางหนึ่ง

5.5 บทสรุปการเปรียบเทียบวัสดุฉนวนกันความร้อนกับอาคาร

การเปรียบเทียบวัสดุฉนวนที่เหมาะสมกับส่วนขององค์อาคารต่าง ๆ นอกจากจะพิจารณาในด้าน ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน , ค่าความต้านทานความร้อน และ ราคาวัสดุฉนวน ยังต้องคำนึงถึงปัจจัยอื่น ๆ ประกอบด้วย คือ ค่าการดูดซึมความชื้น , อุณหภูมิสูงสุดในการใช้งาน (ลำดับการทนอุณหภูมิสูงของฉนวน คือ แคลเซียมซิลิเกต , ฉนวนโยหิน , ฉนวนโยแก้ว) , การติดตั้งในสถานที่เสี่ยง , อายุการใช้งานและระยะเวลาในการคุ้มทุนของวัสดุฉนวน เป็นต้น ซึ่งถ้าสามารถพิจารณาปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้ได้ครบถ้วนก็สามารถเลือกใช้วัสดุฉนวนที่มีคุณภาพมากที่สุดได้

จากข้อมูลการเปรียบเทียบวัสดุฉนวนชนิดต่าง ๆ กับส่วนของอาคาร และประเภทของอาคาร แล้วนั้น ย่อหน้าต่อจากนี้จะนำเสนอการสรุปถึงความเหมาะสมในการเลือกใช้ฉนวนกันความร้อนของอาคารประเภทต่าง ๆ กับวัสดุฉนวนชนิดต่าง ๆ

1. อาคารพักอาศัย ตามที่ได้กล่าวมาข้างต้น พื้นที่การถ่ายเทความร้อนของอาคารที่พักอาศัยส่วนใหญ่คือหลังคา ดังนั้นการติดตั้งฉนวนกันความร้อนที่เหมาะสมใช้กับงานหลังคา ซึ่งวัสดุฉนวนแต่ละชนิดมีความเหมาะสมกับชนิดของวัสดุหลังคาที่แตกต่างกัน สามารถแยกประเภทและจำแนกความเหมาะสมได้ดังนี้

1.1 หลังคากระเบื้องซีเมนต์ใยหิน วัสดุฉนวนที่เหมาะสมคือ ฉนวนใยแก้ว , โพลียูรีเทนโฟม และแผ่นสะท้อนความร้อน ตามลำดับ โดยเฉพาะฉนวนใยแก้ว มีการห่อด้วยแผ่นสะท้อนซึ่งมีประสิทธิภาพในการต้านทานความร้อนที่ดี และยังมีราคาเหมาะสมกับการลงทุนในอาคารที่พักอาศัย การติดตั้งที่เหมาะสมคือใต้ผิวหลังคา การแก้ปัญหาด้านความชื้น และความร้อนจากแสงอาทิตย์ซึ่งมีผลทางลบต่อประสิทธิภาพของฉนวน และต้องมีการป้องกันการหลุดร่อนของเส้นใยแก้วที่จะมาทำอันตรายต่อผู้อยู่อาศัยในอาคาร สำหรับฉนวนเซรามิกที่มีความเหมาะสมในการติดตั้งกับผิวบนของหลังคา กระเบื้องซีเมนต์ใยหินไม่เหมาะนักที่จะนำมาติดตั้งในอาคารที่พักอาศัย โดยมีเหตุผลเนื่องจากประสิทธิภาพการต้านทานความร้อนที่ต่ำกว่าฉนวนใยแก้วและยังมีราคาที่สูงกว่า ซึ่งพื้นที่ในการติดตั้งฉนวนกันความร้อนกับอาคารที่พักอาศัยมีไม่มากนัก จะยิ่งทำให้ราคาการติดตั้งฉนวนเซรามิกพุ่งเคลือบสูงขึ้น

นอกจากการติดตั้งวัสดุฉนวนไว้ใต้ผิวหลังคาแล้ว ควรมีการเจาะช่องระบายความร้อนจากหลังคา เพื่อช่วยในการระบายความร้อนที่ยังคงเหลืออยู่ใต้ผิวหลังคา

1.2 หลังคากระเบื้องมอเนียร์ เนื่องจากผิวบนของวัสดุหลังคาได้ทำการเคลือบสีไว้แล้ว การติดตั้งวัสดุฉนวนควรทำการติดตั้งฉนวนกันความร้อนไว้ใต้ผิวหลังคา ซึ่งสามารถทำได้โดยการวางไว้เหนือฝ้าเพดาน หรือวางขนานไปกับโครงหลังคา วัสดุฉนวนกันความร้อนที่เหมาะสมกับหลังคากระเบื้องมอเนียร์ คือ ฉนวนใยแก้ว (ชนิดห่อด้วยแผ่นสะท้อนความร้อน) , โพลียูรีเทนโฟม และแผ่นสะท้อนความร้อน ถึงสำคัญในการติดตั้งฉนวนใยแก้วใต้ผิวหลังคาต้องไม่ให้มีการกดทับจากวัสดุหลังคา

1.3 หลังคาลาดฟ้าคอนกรีต เนื่องจากวัสดุฉนวนที่สามารถติดตั้งกับผิวบนของหลังคา ลาดฟ้าคอนกรีตมีอยู่ 2 ชนิด ดังที่กล่าวแล้วข้างต้น คือฉนวนเซรามิกพ่นเคลือบและ โพลียูรีเทนโฟม แต่ถ้าพิจารณาถึงความเหมาะสมแล้วไม่ควรที่จะเลือกใช้ฉนวนที่ติดตั้งกัมม ษณของหลั สถา การที่พั กอาศัยเนื่องจาก โพลียูรีเทนโฟมอาจเสื่อมสภาพเร็วกว่าปกติถ้าต้องมีการสัมผัสกับควา มชื้น และรังสีอุลตราไวโอเลต ส่วนฉนวนเซรามิกก็มีประสิทธิภาพในการต้านทานความร้อนที่ต่ำกว่า

วัสดุฉนวนประเภทอื่นที่สามารถติดตั้งได้ผิวหลังคา ควรพิจารณาใช้วัสดุฉนวนที่ติดตั้งได้ผิวหลังคา คอนกรีตแทน เช่นแผ่นฉนวนใยแก้ว , ฉนวนเยื่อกระดาษ หรือทำการพ่นโฟลียูรีเทนโฝม แต่ถ้ามีความจำเป็นต้องมีการเลือกใช้แล้วก็สามารถเลือกใช้ได้ ทั้ง 2 ชนิดตามแต่จุดประสงค์ของงาน เช่น ถ้าต้องการความสวยงามของผิวหลังคาและสามารถใช้พื้นที่ผิวหลังคาให้เกิดประโยชน์อื่นได้ด้วย ควรใช้ฉนวนเซรามิกพ่นเคลือบ หรือถ้าต้องการคุณสมบัติทางด้านการต้านทานความร้อนที่ดี แต่มีการใช้งานพื้นที่บนหลังคาน้อยก็ควรใช้โฟลียูรีเทนโฝม

การเปรียบเทียบคุณสมบัติวัสดุฉนวนที่เหมาะสมกับหลังคาคอนกรีตในอาคารที่พักอาศัย ที่มีการติดตั้งฝ้าเพดาน 9 มม.

ตารางที่ 5.7 การเปรียบเทียบคุณสมบัติวัสดุฉนวนที่ติดตั้งเหนือฝ้าเพดาน

โครงสร้าง	ฉนวนเยื่อกระดาษ		โฟลียูรีเทนโฝม		ฉนวนใยแก้ว	
	$\Delta x/k$	R	$\Delta x/k$	R	$\Delta x/k$	R
- ฟิล์มอากาศที่ผิวบนหลังคา		0.055		0.055		0.055
- หลังคาคอนกรีตหนา 12 ซม.	0.12/0.1.442	0.083	0.12/1.442	0.083	0.12/1.442	0.083
- ช่องว่างอากาศ 100 มม.		-		-		0.675
- วัสดุฉนวน	0.05/0.032	1.563	0.05/0.023	2.174	0.05/0.038	1.316
- โฉงหลังคา		0.458		0.458		1.356
- ฝ้าเพดาน	0.009/0.191	0.047	0.009/0.191	0.047	0.009/0.191	0.047
ค่าความต้านทานร้อนรวม (R _t)		2.21		2.817		3.532
ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนรวม (U)	$1/2.21$	0.453	$1/2.817$	0.355	$1/3.532$	0.283

หมายเหตุ - ค่าต่าง ๆ อ้างอิงมาจากภาคผนวก ก.

- ฉนวนใยแก้วคิดที่ความหนาแน่น $24 \frac{kg}{m^3}$ หนา 2 นิ้ว
- โฟลียูรีเทนโฝม ที่ความหนา 2 นิ้ว
- ฉนวนเยื่อกระดาษ ที่ความหนา 2 นิ้ว

การเปรียบเทียบด้านราคาในการติดตั้งวัสดุฉนวนดังที่ได้กล่าวมาข้างต้นพบว่า ฉนวนใยแก้ว มีราคาต่ำสุด และรองลงมาคือ โฟลียูรีเทนโฝม ซึ่งจากการพิจารณาทั้งด้านประสิทธิภาพการต้านทานความร้อน และราคา ตลอดจนความเหมาะสมของอาคารฉนวนใยแก้ว (ชนิดห่อด้วยแผ่นสะท้อน) นับว่ามีความเหมาะสมใช้ในการติดตั้งได้ผิวหลังคาคอนกรีต ส่วนฉนวนใยหินนิยมใช้ในงานทางอุตสาหกรรมมากกว่าใช้ในอาคารที่พักอาศัย เพราะมีประสิทธิภาพที่ใกล้เคียงกับฉนวนใยแก้วแต่สามารถทนต่ออุณหภูมิได้สูงกว่ามาก

นอกเหนือจากแผ่นยิปซัมที่ใช้ในงานฝ้าเพดานของอาคารแล้วแผ่นแคลเซียมซิลิเกต ยังเป็นวัสดุที่มีความเหมาะสมในการนำไปใช้งานอีกชนิดหนึ่งเพราะมีคุณสมบัติในการต้านทานความร้อนที่ดีกว่าแผ่นยิปซัม และยังเป็นวัสดุกันความชื้นและกันเสียงที่ดี แต่ราคาของวัสดุมีราคาแพงมากจึงไม่นิยมใช้ในอาคารที่พักอาศัย

2. อาคารโรงงานอุตสาหกรรม เนื้อที่ของโรงงานอุตสาหกรรมส่วนใหญ่จะถูกครอบคลุมด้วยวัสดุหลังคา ซึ่งเป็นช่องทางที่มีการถ่ายเทความร้อนมากที่สุด ฉะนั้นการติดตั้งวัสดุฉนวนในโรงงานอุตสาหกรรม จึงควรติดเข้ากับหลังคาโรงงานจะเป็นการเหมาะสมที่สุด โดยวัสดุหลังคาของโรงงานอุตสาหกรรมส่วนใหญ่แบ่งออกเป็น

2.1 หลังคาแผ่นเหล็ก (Metal Sheet) การเลือกใช้ฉนวนกันความร้อนให้เหมาะสมกับหลังคาสามารถเลือกได้คือ ฉนวนในแก้ว , โพลียูรีเทน และ แผ่นสะท้อนความร้อน ตามลำดับ โดยพิจารณาจากความเหมาะสมทางด้านราคา และค่าความสามารถในการต้านทานความร้อนเป็นหลัก เพราะการลงทุนในการสร้างโรงงานอุตสาหกรรมส่วนใหญ่จะคำนึงถึงผลทางด้านราคาของวัสดุเป็นหลักโดยพิจารณาถึงจุดคุ้มทุนของโครงการ ส่วนประสิทธิภาพจะพิจารณาเป็นอันดับรองลงมา ยกเว้นในกรณีที่โรงงานนั้น ๆ ต้องการคุณสมบัติเป็นพิเศษเช่น โรงงานอาหารสด ที่ต้องการรักษาความเย็นภายในอาคารตลอดเวลา ก็ควรใช้โพลียูรีเทนโฟมที่มีความหนาเพิ่มขึ้นเพราะจะเพิ่มค่าความต้านทานความร้อนให้สูงขึ้น และ ไม่นิยมใช้ฉนวนใยแก้วเนื่องจากปัญหาของเส้นใยที่อาจหลุดลงมาปนกับผลิตภัณฑ์ในสายการผลิตเพราะ โรงงานอุตสาหกรรมทั่วไปจะ ไม่มีการใช้แผ่นยิปซัมเป็นวัสดุเพดาน การติดตั้งวัสดุฉนวนควรติดได้ผิวหลังคาจะเป็นการเหมาะสมที่สุด และควรที่จะมีการเพิ่มพัดลมระบายอากาศช่วยในการระบายความร้อน ที่ยังมืออยู่ภายในอาคารออกภายนอก

2.2 หลังคากระเบื้องซีเมนต์ใยหิน วัสดุฉนวนกันความร้อนที่มีความเหมาะสมกับหลังคาโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้กระเบื้องซีเมนต์ใยหิน สามารถที่จะทำการติดตั้งได้ทั้งผิวบนและผิวล่างของวัสดุหลังคา เพราะผิวบนของกระเบื้องซีเมนต์ใยหินจะไม่สามารถช่วยในการสะท้อนรังสีความร้อนเช่นเดียวกับหลังคาแผ่นโลหะ (Metal sheet) ดังนั้นวัสดุฉนวนกันความร้อนที่เหมาะสมกับหลังคากระเบื้องซีเมนต์ใยหินในโรงงานอุตสาหกรรม คือ ฉนวนใยแก้ว , โพลียูรีเทนโฟม , เซรามิค ฟันเคลือบ ตามลำดับ ซึ่งสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 5. เป็นตัวอย่างอาคารโรงงานที่ใช้หลังคากระเบื้องซีเมนต์ใยหินหนา 5 มม. ลาดเอียง 15° ไม่มีฝ้าเพดาน

ตารางที่ 5.8 การเปรียบเทียบวัสดุฉนวนที่ติดตั้งกับหลังคาโรงงานอุตสาหกรรม

โครงสร้าง	ฉนวนเซรามิก		โพลียูรีเทนโฟม		ฉนวนใยแก้ว	
	$\Delta x/k$	R	$\Delta x/k$	R	$\Delta x/k$	R
- ฟิล์มอากาศที่ผิวบนหลังคา		0.055		0.055		0.055
- วัสดุหลังคา	0.005/0.198	0.025	0.005/0.198	0.025	0.005/0.198	0.025
- ช่องว่างอากาศ 100 มม.		-		-		0.675
- วัสดุฉนวน	0.0005/0.029	0.017	0.05/0.023	2.174	0.05/0.038	1.316
- โฉงหลังคา		0.664		0.664		0.664
ค่าความต้านทานร้อนรวม (R_p)		0.761		2.918		2.735
ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนรวม (U)	$1/0.7611$	1.314	$1/2.918$	0.343	$1/2.735$	0.366

หมายเหตุ - ค่าต่าง ๆ อ้างอิงมาจากภาคผนวก ก.

- ฉนวนใยแก้วคิดที่ความหนาแน่น $24 \frac{kg}{m^3}$ หนา 2 นิ้ว
- โพลียูรีเทนโฟม ที่ความหนา 2 นิ้ว
- ฉนวนเยื่อกระดาษ ที่ความหนา 2 นิ้ว

เนื่องจากการติดตั้งฉนวนกันความร้อนในโรงงานอุตสาหกรรมที่ต้องการสามารถของวัสดุในการทนต่ออุณหภูมิสูง ๆ ฉนวนใยหิน และแผ่นแคลเซียมซิลิเกตจะมีความเหมาะสมมากที่สุด เพราะวัสดุทั้ง 2 สามารถทนต่ออุณหภูมิได้สูงกว่า 300 องศาเซลเซียส และไม่เป็นวัสดุที่ลามไฟจึงสามารถป้องกันไฟได้ระดับหนึ่ง

3. อาคารพาณิชย์และอาคารสูง เนื่องจากพื้นที่ในการถ่ายเทความร้อนส่วนใหญ่ของอาคารดังกล่าวคือผนังของอาคาร ดังนั้นการใช้วัสดุฉนวนในงานผนังของอาคาร จึงควรทำการติดตั้งวัสดุฉนวนเข้ากับช่องว่างของผนังหรือยึดติดกับโครงคร่าวของผนัง ก่อให้เกิดประสิทธิภาพที่สูงกว่าการปิดทับผิวหน้าผนังของอาคารด้วยวัสดุฉนวน วัสดุฉนวนกันความร้อนที่เหมาะสมกับการติดตั้งกับผนังของอาคารคือ โพลียูรีเทนโฟม หรือ ฉนวนใยแก้ว เพราะวัสดุทั้งสองมีประสิทธิภาพในการต้านทานความร้อนที่ดี และสามารถติดตั้งเข้ากับงานผนังอาคารได้ง่าย

นอกจากการใช้ฉนวนกันความร้อนในงานผนังของอาคารแล้ว ถ้าผู้เป็นเจ้าของอาคารมีความประสงค์ป้องกันการถ่ายเทความร้อนเข้ามาสู่ภายในอาคารให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น การใช้ฉนวนกันความร้อนในงานฝ้าเพดานของอาคาร จากการศึกษาเปรียบเทียบครั้งนี้พบว่าวัสดุฉนวน

ที่ควรใช้เป็นแนวทางการพิจารณา ได้แก่ การติดตั้งฉนวนใยแก้วไว้เหนือแผ่นฝ้าเพดานยิปซัม หรือใช้ฉนวนเยื่อกระดาษถ้าอาคารนั้นต้องการคุณสมบัติในการป้องกันเสียง พร้อมกับเป็นวัสดุในการตกแต่งผิวฝ้าเพดาน

4. อาคารพิเศษ อาคารที่นอกเหนือจากการจัดหมวดหมู่ในข้างต้น สามารถแบ่งแยกตามความต้องการประสิทธิภาพการในการประยุกต์ใช้งานของวัสดุฉนวนกันความร้อนที่แตกต่างกัน ดังนี้

อาคารทางการเกษตร : วัสดุฉนวนที่มีความเหมาะสมกับอาคารทางการเกษตร ต้องมีคุณสมบัติพื้นฐานที่ต้องพิจารณา คือ สามารถกันความร้อน ได้ดีและ ไม่เป็นอันตราย หรือก่อให้เกิดสิ่งตกค้างในผลผลิตทางการเกษตร ดังนั้นวัสดุฉนวนที่เหมาะสมกับอาคารทางการเกษตร เช่น โฟลียูรีเทนโฟม แผ่นสะท้อนความร้อน ยกตัวอย่างเช่น อาคารเลี้ยงไก่ที่มีการติดตั้งเครื่องปรับอากาศจำเป็นต้องใช้ฉนวนกันความร้อนในการป้องกันความร้อนมิให้มีการถ่ายเทเข้ามาภายในอาคาร

อาคารสาธารณะ : อาทิเช่น ห้างสรรพสินค้า , โรงภาพยนตร์ , อาคารกีฬาในร่ม เป็นต้น ซึ่งอาคารเหล่านี้จะต้องการคุณสมบัติของวัสดุฉนวนที่แตกต่างกัน ความเหมาะสมของวัสดุฉนวนกันความร้อนกับประเภทอาคารสามารถแบ่งได้ดังนี้

- ห้างสรรพสินค้า ต้องใช้วัสดุที่มีความสามารถในการกันความร้อนที่ดีและป้องกันไฟได้ดีเช่นกัน วัสดุฉนวนที่เหมาะสมคือ ฉนวนใยแก้ว , ฉนวนใยหิน เพราะนอกจากฉนวนดังกล่าวจะใช้ในงานอาคารแล้วยังนิยมนำไปประยุกต์ใช้ในงานระบบของอาคารอีกทางหนึ่ง จึงเป็นการสะดวกที่จะสั่งซื้อจากผู้ผลิตเพียงประเภทเดียว ก็สามารถที่จะประยุกต์ใช้ฉนวนกันความร้อนได้ทั้งอาคาร

- โรงภาพยนตร์ , โรงละคร ต้องใช้วัสดุที่มีความสามารถในการกันความร้อนและป้องกันไฟที่ดี รวมทั้งกันการสะท้อนของเสียง และกันเสียงจากภายนอก วัสดุฉนวนที่เหมาะสมคือ ฉนวนใยหิน , ฉนวนเยื่อกระดาษ เนื่องจากฉนวนดังกล่าวมีประสิทธิภาพครบถ้วนตามต้องการแล้วยังสามารถใช้เป็นวัสดุตกแต่งผิวอาคารให้เกิดความสวยงามได้

- อาคารกีฬาในร่ม คุณสมบัติพื้นฐานการใช้วัสดุฉนวนในอาคารประเภทนี้จะคล้ายกับ โรงภาพยนตร์ แต่ไม่จำเป็นต้องใช้วัสดุที่มีราคาแพงนักอาจเป็นเพียงฉนวนใยแก้ว , โฟลียูรีเทนโฟม ซึ่งมีความเหมาะสมในระดับที่น่าพอใจเมื่อเปรียบเทียบกับราคาในการติดตั้ง

ข้อควรพิจารณาของฉนวนใยแก้ว (Glass Wool) และใยหิน (Rock Wool)

เนื่องจาก โครงสร้างเซลล์ของฉนวนใยแก้วและใยหินเป็นแบบเซลล์เปิด (Open Cell) ถ้าปราศจากวัสดุกันความชื้นที่ห่อหุ้มทับอีกชั้น หรือวัสดุกันความชื้นเกิดการฉีกขาด ละอองน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถที่จะซึมผ่านเข้าไปในตัวของฉนวน และสะสมอยู่ในเนื้อฉนวนใยแก้วหรือใยหินได้ ทำให้วัสดุฉนวนนั้นเสื่อมคุณภาพในระยะเวลาอันสั้น และในกรณีที่มีการฉีกขาดของวัสดุกันความชื้น เช่นแผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์ , แอสฟัลต์ (Asphalt) เพียงเล็กน้อยก็สามารถเป็นทางที่ความชื้นสามารถแทรกซึมเข้าไปอยู่ข้างในได้ตลอด ดังนั้นจึงควรเลือกฉนวนใยแก้วและใยหินที่มีความแข็งแรงทนทาน ของแผ่นที่ห่อหุ้มผิวฉนวน เพื่อยืดอายุการใช้งานของฉนวนให้ยาวนานขึ้น

การเปรียบเทียบคุณสมบัติ ของแผ่นสะท้อนรังสีความร้อนได้หลังคา กับฉนวนแผ่นหนาที่ไว้เหนือฝ้าเพดาน

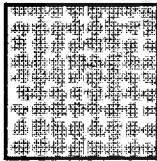
การป้องกันความร้อนในเวลากลางวัน

- แผ่นสะท้อนความร้อน : สะท้อนรังสีความร้อนออกจากระบบหลังคา
- ฉนวนแผ่นหนา : ป้องกันความร้อนจากโรงหลังคาไม่ให้เข้าอาคาร

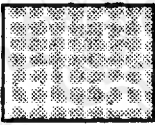
ความร้อนที่หลงเหลือในเวลากลางวัน

- แผ่นสะท้อนความร้อน : น้อยมาก (ความร้อนสะสมในโรงหลังคาน้อย)
- ฉนวนแผ่นหนา : ความร้อนที่สะสมในโรงหลังคาและใน ฉนวนแผ่นหนา จะถ่ายเทต่อมายังตัวอาคาร

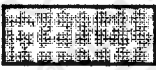
เปรียบเทียบความหนาของวัสดุต่าง ๆ ที่มีผลในการป้องกันความร้อนได้เท่ากัน



คอนกรีต
 $k = 1.442$
 $L = 3031$ มม.



อิฐก่อ
 $k = 1.154$
 $L = 2426$ มม.



แผ่นยิปซัม
 $k = 0.191$
 $L = 416$ มม.



ใยแก้ว
 $k = 0.038$
 $L = 80$ มม.



แผ่นสะท้อนความร้อน
 $R = 2.102$
 $L < 1$ มม.

หมายเหตุ : $R = 2.102$ มาจาก Air Gap 100 มม. = 1.204

5.6 สาเหตุของการเสื่อมประสิทธิภาพของฉนวน

ฉนวนความร้อนจะเสื่อมประสิทธิภาพลงเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง ขนาด ความหนา และสูญเสียค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน สาเหตุส่วนใหญ่เกิดมาจากน้ำหรือไอน้ำที่ทะลุผ่านเข้าภายในฉนวนความร้อน และเกิดขึ้นได้เมื่อฉนวนมีอายุการใช้งานนานขึ้น ทำให้ฉนวนเกิดการซึมของน้ำ ซึ่งเมื่อน้ำหรือไอน้ำสามารถผ่านเข้าไปในตัวฉนวนได้แล้ว นอกจากจะลดประสิทธิภาพทางความร้อนของฉนวน และยังส่งผลถึงโครงสร้างของอาคารที่ฉนวนนั้นห่อหุ้มอยู่ด้วย เช่น เมื่อน้ำสามารถผ่านเข้าไปในฉนวนหลังคาที่เป็นโพลียูรีเทน จะทำให้โครงสร้างของหลังคาเกิดสนิมได้ โดยสาเหตุการเสื่อมของฉนวนสามารถแบ่งได้ ดังนี้

1. การออกแบบอาคารที่ไม่เหมาะสม เช่น การกำหนดความชันของหลังที่น้อยเกินไป ทำให้น้ำสามารถขังอยู่บนหลังคาเป็นเวลานานไม่ไหลผ่านออกไป และเมื่อเป็นเวลานาน ๆ น้ำที่ขังอยู่ที่ผิวของฉนวนสามารถซึมลงสู่ชั้นล่างที่เป็นโครงหลังคา หากรุนแรงมากขึ้นก็จะส่งผลถึงฝ้าเพดาน ทำให้กระทบถึงโครงสร้างหลักของอาคารให้เกิดอันตรายได้

2. การติดตั้งที่ไม่เหมาะสม รวมถึงการติดตั้งที่ผิดวิธี และการยึดโยงที่ไม่ถูกต้อง ทำให้ฉนวนกันความร้อนมีประสิทธิภาพที่ด้อยลงไป เช่น การติดตั้งฉนวนที่ทนอุณหภูมิต่ำทับบนวัสดุฉนวนที่ทนอุณหภูมิได้สูง ๆ

3. การเลือกขนาดของฉนวนที่ไม่เหมาะสม ซึ่งรวมถึงความหนาและขนาดของฉนวนที่ทำการติดตั้ง เช่นการเลือกความหนาของฉนวนที่ต่ำไปใช้ในงานที่มีอุณหภูมิสูง ทำให้อายุการใช้งานของฉนวนสั้นลง เพราะต้องสัมผัสกับความร้อนที่เกินขีดจำกัดของตัวผลิตภัณฑ์

4. การเสื่อมตามธรรมชาติ วัสดุทุกชนิดจะมีอายุการใช้งานที่ต่างกันและเมื่อถึง ณ เวลาหนึ่งคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์นั้น ๆ ก็จะค่อย ๆ เสื่อมลงตามเวลา ฉนวนกันความร้อนก็เช่นเดียวกัน ที่เมื่อถึงเวลาหนึ่งก็ต้องมีการเสื่อมของคุณสมบัติทางด้านการต้านทานความร้อน เช่น ฉนวนโพลียูรีเทนโฟม เมื่อมีการใช้งานนาน ช่องว่างภายในตัวฉนวนก็จะถูกแทนที่ด้วยอากาศหรือก๊าซต่าง ๆ เพราะก๊าซมีคุณสมบัติในการเป็นฉนวนที่ดีไม่เท่าก๊าซบริสุทธิ์ หรือสุญญากาศ แต่เจ้าของอาคารสามารถคำนวณหาอายุการใช้งานของฉนวนความร้อนที่คุ้มค่า แก่การลงทุน โดยใช้ฉนวนกันความร้อนในอาคาร ซึ่งเป็นตัวช่วยในการตัดสินใจในการเปลี่ยน หรือติดตั้งฉนวนความร้อนใหม่และอาจใช้ค่าความต้านทานความร้อนของตัวฉนวนที่ลดลงเป็นปัจจัยหนึ่งในการตัดสินใจ การติดตั้งฉนวนความร้อนใหม่เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการต้านทานความร้อนของอาคารและลดต้นทุนในการประหยัดการใช้พลังงานในอาคาร

5. การเสื่อมเนื่องจากน้ำและไอน้ำ เมื่อน้ำหรือไอน้ำไหลเข้าสู่ภายในของฉนวนความร้อนจะทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของฉนวนเพิ่มขึ้นเนื่องจากน้ำ มีคุณสมบัติเป็นตัวนำความ

ร้อนได้ดีกว่าอากาศที่เคยอยู่ภายในโครงสร้างของฉนวนที่อาจเป็นระบบเซลล์ปิดหรือเซลล์เปิดก็ตาม ซึ่งน้ำมีผลต่อประสิทธิภาพการต้านทานความร้อนของฉนวนทุกชนิดไม่ว่าจะเป็น ฉนวนใยแก้ว , ฉนวนใยหิน , ฉนวนโฟมประเภทต่าง ๆ และจะมีผลมากขึ้น ถ้าฉนวนที่มีค่าการดูดซึมน้ำสูง เช่น ฉนวนโพลียูรีเทนโฟม ซึ่งเป็นฉนวนที่น้ำไม่สามารถซึมผ่านได้ง่ายนัก แต่ฉนวนโพลียูรีเทน-โฟมเป็นฉนวนที่ไวต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมี และเมื่อมีการใช้งานเป็นเวลานานความสามารถในการต้านทานการซึมของน้ำจะลดลง ฉนวนสามารถดูดซับน้ำเข้าไป ทำให้เกิดการขยายตัวของเซลล์ภายในฉนวนและจะยุบตัวเมื่อน้ำออกจากเซลล์ ทำให้ประสิทธิภาพการต้านทานความร้อนของฉนวนลดลง จึงไม่นิยมใช้ฉนวนโพลียูรีเทนโฟมในพื้นที่ที่ชื้น ซึ่งฉนวนที่มีความชื้นในตัวเองมาก ๆ ควรทำการเปลี่ยนหรือรีดออก เพราะอาจมีผลไปทำอันตรายต่อโครงสร้างอาคารได้ แต่ถ้ามีความชื้นในเซลล์ไม่มากนัก ก็ขึ้นอยู่กับการตัดสินใจของเจ้าของอาคาร เพราะยังมีปัจจัยอื่นช่วยในการตัดสินใจ เช่น ค่าความต้านทานความร้อน , ราคาฉนวนทางเศรษฐศาสตร์

ถ้าฉนวนเปียกจะทำให้คุณสมบัติความเป็นฉนวนลดลงถึง 23 เท่าของฉนวนแห้ง จากผลของสภาพน้ำของน้ำที่มากกว่าอากาศอยู่ 23 เท่า นั้นแสดงว่าฉนวนจะทำหน้าที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เมื่อฉนวนมีความแห้งอย่างสัมพัทธ์ เมื่อฉนวนมีสภาพเปียก อาจมีบางส่วนหรือทั้งหมด อากาศหรือก๊าซในโพรงอากาศถูกแทนที่ด้วยน้ำ การถ่ายเทความร้อนผ่านโพรงอากาศที่บรรจุด้วยน้ำจะเป็นลักษณะการนำความร้อนผ่านน้ำแทนที่จะผ่านอากาศหรือก๊าซ ยิ่งไปกว่านั้นหากสถานะอากาศลดต่ำลง ความชื้นซึ่งแข็งตัวเป็นน้ำแข็งจะยิ่งเพิ่มสภาพการนำความร้อน ในฉนวนที่ประกอบไปด้วยวัสดุประเภทเซลล์ ซึ่งสภาพที่น้ำซึมเข้าไปในฉนวนจะทำให้ไอน้ำผ่านเข้าไปได้ และ เมื่อไรที่อุณหภูมิของไอน้ำถึงจุดน้ำค้าง ก็จะทำให้เกิดการควบแน่น ณ จุดที่ไอน้ำอยู่ขณะนั้น และเมื่อน้ำที่ความแน่นซึมผ่านเข้าไปในชั้นที่อุณหภูมิต่ำ และถึงจุดเยือกแข็งของน้ำน้ำก็จะกลายเป็นน้ำแข็ง ผลึกน้ำแข็งเหล่านี้จะเป็นสาเหตุให้เซลล์ของฉนวนแตกออกในไม่ช้า ซึ่งทำให้คุณค่าของฉนวนถูกทำลายลง จากเหตุผลดังกล่าว อายุและการทำงานที่เหมาะสมของฉนวนขึ้นอยู่กับเปลือกกันไอน้ำที่หุ้มฉนวนด้านนอกซึ่งจะป้องกันการทะลุทะลวงของไอน้ำตลอดชีวิตทั้งหมด

6. การเสื่อมที่เกิดจากการสัมผัสกับสิ่งที่เป็นปัจจัยเสี่ยงต่อประสิทธิภาพทางความร้อนของฉนวน เช่น สารเคมี , รังสีอัลตราไวโอเลต , ความร้อนที่มีอุณหภูมิสูงมาก ๆ , ฝุ่นละอองที่มาปิดทับผิวสะท้อนแสงของวัสดุฉนวนสะท้อนรังสีความร้อน

5.7 ผลกระทบจากการใช้ฉนวนกันความร้อน

การเลือกใช้ฉนวนกันความร้อนชนิดใดนั้นต้องคำนึงผลกระทบและผลข้างเคียง ที่ได้รับจากการใช้ฉนวนประเภทนั้น ๆ ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หากเกิดเพลิงไหม้ในอาคารที่มีการติดตั้งฉนวนประเภทโฟม เช่น โพลีสไตรีน , โพลียูรีเทน ซึ่งฉนวนดังกล่าวไม่มีสภาพการกันไฟแล้ว ควันที่เกิดจากการเผาไหม้ซึ่งมี ก๊าซคาร์บอน ไดออกไซด์เป็นหลัก จะเป็นอันตรายต่อบุคคลในอาคารและสำคัญอย่างยิ่งสำหรับอาคารสูงที่มี ฉนวนอยู่ในผนัง ทำให้มีการขยายตัวของไฟไปตามช่องผนัง การผสมก๊าซฟิออนในฉนวนโพลียูรีเทน โฟมเพื่อเพิ่มความต้านทานความร้อนของฉนวน แต่ถ้ามีการแพร่กระจายของก๊าซออกมาจาก ฉนวนแล้วก็จะส่งผลกระทบต่อมนุษย์ได้เช่นกัน

นอกจากนี้ฉนวนโฟมโพลียูรีเทนซึ่งมีก๊าซฟิออนผสมอยู่ แม้ว่าการติดตั้งอย่างดีแล้วก๊าซก็ยังสามารถแพร่กระจายออกไปได้ซึ่งก๊าซดังกล่าวเป็นพิษต่อร่างกาย และ โฟมแผ่นโพลีสไตรีน ยังไม่เหมาะที่จะนำมาเป็นฉนวนกันความร้อนภายในอาคารบ้านพักอาศัย เพราะเป็นฉนวนที่เสื่อมสภาพได้ง่าย ติดไฟง่าย และเมื่อติดไฟจะเกิดก๊าซพิษ

ผลจากฉนวนประเภทเส้นใย เมื่อมีระยะเวลาการใช้งานนานขึ้นจะเกิดการหลุดล่อนของเส้นใย ตกลงสู่พื้นที่ของอาคาร จะส่งผลกระทบต่อผู้อยู่อาศัยภายในอาคารตามที่ได้กล่าวมาแล้วในข้างต้น และการติดตั้งยังส่งผลถึงโครงสร้างของอาคารได้เช่นกัน ตัวอย่างเช่น การติดตั้งฉนวนชนิดที่พ่นได้หลังคาเมื่อเกิดการรั่วของหลังคาจะไม่สามารถทราบได้เลย จนกว่าจะเห็นรอยด่างบนผิวของฉนวน ซึ่งอาจจะเข้าไปเพราะ น้ำได้เข้าไปทำปฏิกิริยากับโครงสร้างให้เกิดความเสียหายแล้ว อันตรายที่เกิดจากการติดตั้งฉนวนเซรามิก

- ถ้าสูดดมไอของฉนวนในขณะที่ทำการติดตั้งเข้าไป จะเกิดอาการ ไอและมีอาการปวดศีรษะ, คลื่นไส้ , มีการระคายเคืองที่จมูก ลำคอ และอาจเป็นอันตรายต่อปอด

- ถ้าสัมผัสกับดวงตาจะเกิดอาการระคายเคืองต่อดวงตเล็กน้อย

- ถ้าสัมผัสกับผิวหนังจะเกิดอาการระคายเคืองของผิวหนัง ซึ่งจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณและเวลาที่ถูกสัมผัส

- ถ้ามีการรับประทานเข้าไปจะเกิดอาการระคายเคืองที่ลำไส้ , คลื่นไส้อาเจียน และท้องร่วงอย่างรุนแรง

การใช้ฉนวนกันความร้อนที่ติดตั้งภายนอกอาคารและต้องโชว์ผิวของฉนวน เช่นฉนวนเซรามิกพ่นเคลือบ เมื่ออายุการใช้งานนานขึ้นสีของฉนวนจะซีดลงและด่างเป็นจุด ๆ ทำให้ความสวยงามของอาคารลดลง

ในการป้องกันความร้อนไม่ให้ถ่ายเทเข้ามาสู่ภายในอาคารนั้น การใช้ฉนวนกันความร้อนถือเป็นทางเลือกหนึ่งที่ใช้ได้ผล แต่สำหรับอาคารที่ก่อสร้างขึ้นใหม่มีแนวทางที่จะป้องกันความร้อนเข้ามาในอาคาร เริ่มตั้งแต่การออกแบบอาคาร การวางตำแหน่งอาคารให้สัมพันธ์กับทิศทางลม , แสงแดด ทิศทางของอาคาร การจัดพื้นที่บริเวณรอบอาคาร เช่น แหล่งน้ำ ต้นไม้ ร่มเงาต่าง ๆ ดังนั้น

การใช้ฉนวนกันความร้อนจำเป็นที่ต้องใช้ข้อมูลนำมาประกอบในการพิจารณาเลือก ใช้วัสดุเพื่อการประหยัดพลังงานในอาคารที่ก่อสร้างใหม่

การเลือกฉนวนความร้อนให้เหมาะสมนั้นต้องทราบถึงสาเหตุของการเสื่อมประสิทธิภาพของฉนวนว่ามีสาเหตุมาจากปัจจัยใดบ้าง ทำให้สามารถรู้ถึงความเหมาะสมของผลิตภัณฑ์ฉนวนที่ควรใช้เพื่อหลีกเลี่ยง ปัจจัยเสี่ยงต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้นต่อฉนวน

5.8 การพิจารณาเลือกฉนวนใหม่ในการซ่อมแซมฉนวนเก่า

การพิจารณาเลือกวัสดุฉนวนใหม่ ภายหลังจากทำการซ่อมแซมหรือรีดถอนวัสดุฉนวนเก่าออกจากอาคาร ควรคำนึงถึงการเข้ากันได้และการประสานกับวัสดุฉนวนเดิม ให้เป็นเนื้อเดียวกัน ซึ่งไม่จำเป็นต้องใช้วัสดุฉนวนประเภทเดิม แต่อาจจะหาวัสดุฉนวนชนิดใหม่ ที่มีการพัฒนาคุณสมบัติให้ดีขึ้นเรื่อย ๆ ซึ่งบางทีอาจมีคุณสมบัติที่ดีกว่าวัสดุฉนวนเดิมและอาจเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายในการติดตั้ง ก่อนจะทำการติดตั้งฉนวนใหม่เข้าไปแทนที่ฉนวนเก่าต้องทำความสะอาดพื้นที่ที่จะติดตั้งฉนวนใหม่ และต้องทำการซ่อมแซม โครงสร้างของอาคาร ณ จุดที่ชำรุดก่อนการติดตั้งเช่นกัน

สำหรับผู้ประกอบการทั้งหลาย ก่อนการพิจารณาฉนวนสำหรับกันความร้อนให้กับอาคารแต่ละประเภท ควรขอรายการและรายละเอียดของสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ที่เป็นฉนวนจากผู้ขายมาศึกษา ก่อน โดยมีหลักเกณฑ์ในการพิจารณาเลือกฉนวนเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจ เพื่อให้ได้วัสดุที่ดีมีประสิทธิภาพ ประสิทธิภาพสูงสุด คุ่มค่าการลงทุน

บทที่ 6

เศรษฐศาสตร์ของฉนวนความร้อน

ในการใช้งานฉนวนความร้อนเพื่อประหยัดพลังงานในอาคาร สิ่งสำคัญ 3 สิ่งที่ต้องคำนึงถึงเป็นอย่างมากคือ ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งฉนวน , ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาฉนวนความร้อน และ หากหุ้มฉนวนแล้วค่าใช้จ่ายจำนวนเท่าไรที่สามารถประหยัดได้ หรือกล่าวง่าย ๆ คือ “คุ้มหรือไม่” ฉะนั้นจึงต้องพิจารณาถึงจำนวน , ชนิด , ความหนา ตลอดจนราคาฉนวนและค่าติดตั้ง ว่าจะทำให้เกิดความเหมาะสมในเชิงเศรษฐศาสตร์เพียงใด

6.1 ความหนาฉนวนความร้อนในเชิงเศรษฐศาสตร์

โดยปกติความหนาของฉนวนความร้อนจะมีมาตรฐานกำหนดไว้อยู่แล้ว เช่น ฉนวนโพลียูรีเทนโฟมจะกำหนดความหนาที่มีประสิทธิภาพไว้ที่ 25 มิลลิเมตร , ฉนวนความร้อนแบบเซรามิกโคดิ่ง กำหนดความหนาไว้ที่ 0.375 มิลลิเมตร เป็นต้น ความหนาเหล่านี้อาจจะไม่ใช่ความหนาที่เหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ที่สุดสำหรับการใช้งานในกรณีหนึ่ง ๆ

การหุ้มฉนวนหนามาก ๆ ย่อมป้องกันการสูญเสียความร้อนได้มากเช่นกัน ผลที่ตามมา คือ การประหยัดพลังงานได้ดีขึ้นแต่ขณะเดียวกันก็เสียค่าใช้จ่ายในการหุ้มฉนวนเพิ่มขึ้นตามไป ในกรณีที่หุ้มฉนวนหนาเกินไป จะเสียค่าใช้จ่ายไม่คุ้มค่าพลังงานที่ประหยัดได้ และในกรณีที่หุ้มฉนวนบางเกินไป พลังงานความร้อนก็จะสูญเสียอย่างน่าเสียดาย ดังนั้นควรหาความหนาฉนวนความร้อนที่เหมาะสมและคุ้มค่าแก่การลงทุนตลอดจนเกิดประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานสูงสุด

ดังนั้นความหนาของฉนวนที่เหมาะสมในเชิงเศรษฐศาสตร์ หมายความว่า ความหนาของฉนวนที่มีราคาต่ำสุด เมื่อเปรียบเทียบกับราคาเชื้อเพลิงในช่วงระยะเวลาเดียวกัน แต่ถ้าระยะเวลาเชื้อเพลิงเปลี่ยนแปลงเพิ่มสูงขึ้น จะทำให้ต้นทุนในการผลิตเปลี่ยนแปลงไป ตัวที่จะสามารถควบคุมราคาเชื้อเพลิงให้คงอยู่ในอัตราเดิมคือ ฉนวนเพียงแต่เพิ่มความหนาของฉนวนเท่านั้น

การคำนวณหาความหนาฉนวนความร้อนในเชิงเศรษฐศาสตร์ นำเสนอโดย L.B. McMillan เมื่อปี 1926 มีสิ่งสำคัญที่จะคำนวณหา 2 ส่วน ซึ่งใช้ประกอบการเขียนกราฟเพื่อหาจุดเหมาะสม

1. มูลค่าการการสูญเสียความร้อนผ่านฉนวนความร้อนซึ่งประเมินออกมาเป็นค่าใช้จ่ายของพลังงานที่ต้องจ่ายต่อการสูญเสียพลังงานนั้น (Lost of heat)

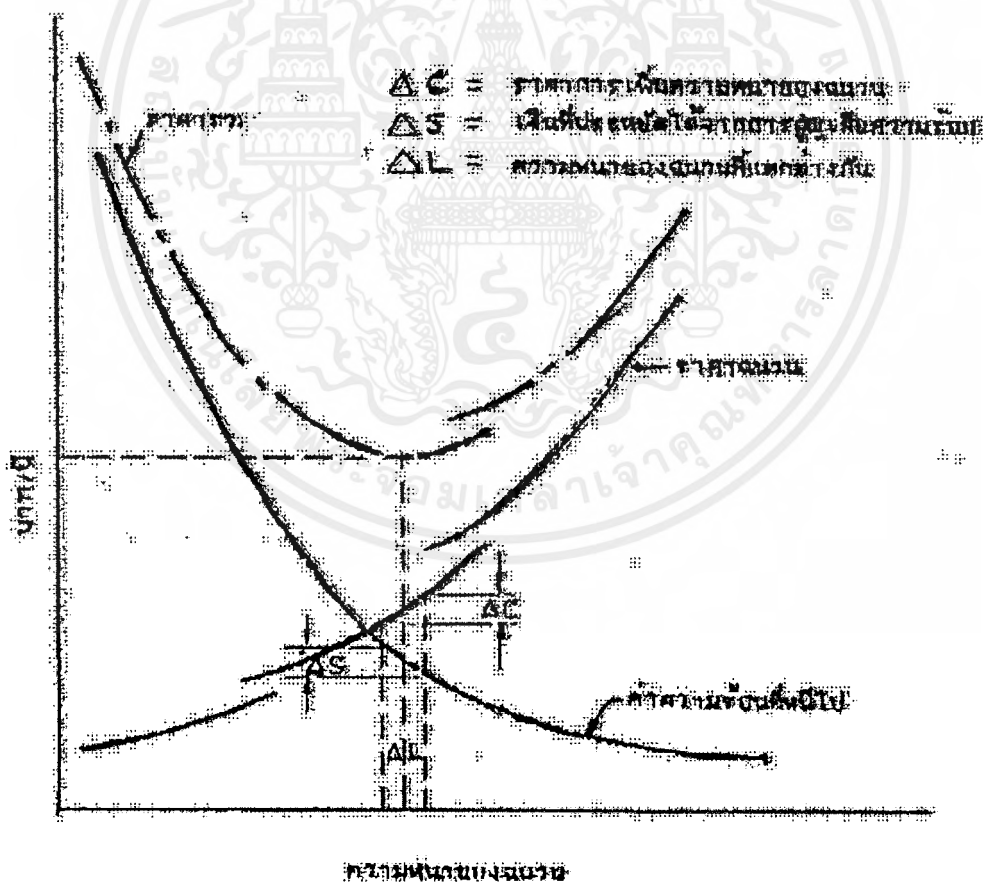
- ขนาดพื้นที่
- ชนิดของฉนวน
- อุณหภูมิภายในอาคาร

- ชั่วโมงการใช้งานต่อปี
- การนำความร้อนของฉนวน
- ความหนาของฉนวน

2. ราคาของฉนวน (Insulation Cost)

- ราคาวัสดุที่ประกอบการติดตั้ง
- อายุการใช้งานของฉนวน
- ค่าแรง
- ราคาของวัสดุฉนวน
- อื่น ๆ

จากข้อมูลดังกล่าวเมื่อนำไปคำนวณจะได้กราฟออกมา 2 เส้นตัดกัน เมื่อรวมมูลค่าของทั้ง 2 กราฟ ณ ตำแหน่งเดียวกันจะได้เส้นราคารวม (Total Cost) ดังรูปที่ 7.1



รูปที่ 6.1 แสดงตำแหน่งที่เหมาะสมของความหนาฉนวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหามูลค่าของราคาฉนวน คือ การนำรายละเอียดของข้อมูลข้างต้น มาคำนวณร่วมกันโดยหาที่ละชั้นตามตำแหน่งการเพิ่มของความหนาฉนวน เช่น คำนวณหามูลค่าการสูญเสียความร้อนที่ฉนวนหนา 25 มิลลิเมตรก็คำนวณหามูลค่าของฉนวนที่ 25 มิลลิเมตร เมื่อเปลี่ยนค่าการคำนวณก็ต้องคำนวณมูลค่าฉนวนที่ความหนาเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน หลังจากที่ได้ข้อมูลการสูญเสียความร้อนและมูลค่าของฉนวนแล้วนำมาพล็อตกราฟตามชั้นความหนา ดังรูปที่ 6.1 จะได้จุดตัดกันของเส้น Lost of heat กับ Insulation Cost เป็นตำแหน่งที่เหมาะสมของฉนวนความร้อนในเชิงเศรษฐศาสตร์

การออกแบบฉนวนความร้อนสำหรับอาคารควรที่จะรวมการออกแบบส่วนประกอบของอาคาร เช่น พื้น ผนัง เพดาน และหลังคา เข้าไปด้วยเพราะวัสดุอาคารส่วนมากจะมีความต้านทานความร้อนอยู่ในตัวอยู่บ้างแล้วจึงนำค่าความนำความร้อนรวม “ U “ ของระบบพื้น ผนัง (ผนังที่มีการปรับอากาศทำความเย็นค่า U ควรน้อยกว่า 0.1 และผนังที่มีการปรับอากาศทำความร้อนควรมีค่า U ไม่เกิน 0.15) เพดาน หรือหลังคาเป็นพื้นฐานของการคำนวณ และฉนวนความร้อนควรเป็นส่วนหนึ่งของระบบที่ใช้ในโครงสร้างอาคาร ดังนั้นวิธีการแก้ไขปัญหारेื่องความหนาวัสดุฉนวนจึงควรอยู่บนพื้นฐานของการเปรียบเทียบระบบ

6.2 ราคาฉนวนความร้อน

ราคาของฉนวนความร้อนในอาคารจะมีหลายช่วงของราคาขึ้นอยู่กับ ชนิด , ประเภท , ความหนา , ความหนาแน่น , ขนาด , สถานที่ในการติดตั้ง และได้มีการรวมค่าแรงงานไว้หรือไม่ โดยทั่วไปแล้วจะแยกค่าวัสดุฉนวนออกจากค่าแรงงานในการติดตั้ง ซึ่งจะคิดเทียบกับหน่วยพื้นที่ต่อตารางเมตร หรือในบางบริษัทผู้ผลิตก็จะคิดเป็นแบบเหมารวมคิดตามขนาดของงานและความยากง่ายของงาน ในการตกลงราคากันระหว่างบริษัทผู้ผลิตกับลูกค้าจะมีการตกลงราคาส่วนลดและระยะเวลาการประกันฉนวนความร้อน (ควรร้อยอย่างน้อย 5 ปี) รวมทั้งการบริการหลังการขายของทางบริษัท

สรุปราคากลางฉนวนกันความร้อน

ราคาไม่รวม VAT	
ฉนวนใยแก้ว หนา 2 นิ้ว ความหนาแน่น 24 กก./ลบ.ม. พอยต์ 2 ด้าน	
ค่าของ+ค่าแรง	172.00บาท/ตร.ม.
แผ่นสะท้อนความร้อน สีเงิน 2 ด้าน ชนิดไม่ลามไฟ	
ค่าของ+ค่าแรง	76.00 บาท/ตร.ม.
เซรามิคสะท้อนความร้อน	
ค่าของ+ค่าแรง	172.00 บาท/ตร.ม.

	ค่าของ	ค่าแรง
ฉนวนกันความร้อนแบบโฟมโพลียูรีเทน (ความหนา 1 นิ้ว)		
PU	230 บาท/ตร.ม.	
BAYMER	230 บาท/ตร.ม.	
Vinsulator	160 บาท/ตร.ม.	
LOXLEY	230 บาท/ตร.ม.	
Thermobond	300 บาท/ตร.ม.	

ฉนวนกันความร้อนแบบโฟมโพลีเอทรีลีน		
MICCELL	375บาท/ตร.ม.	
THERMAFLEX	460บาท/ตร.ม.	

ฉนวนกันความร้อนแบบโฟมโพลีสไตรีน		
บางกอกโฟม	80บาท/ตร.ม.	

ฉนวนใยหิน (ความหนาแน่น 60 kg/ m ² หนา 2 นิ้ว)		
LOXLEY CSR	256บาท/ตร.ม.	
VINSULATOR	220บาท/ตร.ม.	
MICROROCK	238.5บาท/ตร.ม.	

แผ่นเซโกลกริต (ขนาด 0.6x0.6x1")		
เซต โกลกริตไทย	85 บาท/ตร.ม.	15บาท/ตร.ม.

ผนังสำเร็จรูป		
TG ARMOUR WALL	1320บาท/ตร.ม.	

แผ่นยิปซัม		
ตราช้าง	400บาท/ตร.ม.	135บาท/ตร.ม.
ตราบ้าน	300บาท/ตร.ม.	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	ค่าของ	ค่าแรง
ผนังห้องเย็น		
XL	797 บาท/ตร.ม.	150 บาท/ตร.ม.
หลังคา Matel Sheet		
SUNTECH	200บาท/ตร.ม.	
สยาบโปรเมท	280บาท/ตร.ม.	70 บาท/ตร.ม.
ผนังเบาคอนกรีตสำเร็จรูป		
ชนิดความหนา 8.5 เซนติเมตร กว้าง 60 ซม.	420 บาท/ตร.ม.	
แผ่นอินสุกรีต ขนาด 50x1220x2440 มม.	500 บาท/ตร.ม.	30 บาท/ตร.ม.
น้ำหนัก 90 กิโลกรัม		
คอนกรีตมวลเบา		
Super Block	380 บาท/ตร.ม.	
Q-CON	390 บาท/ตร.ม.	
ฉนวนเยื่อกระดาษ		
Cellumax	360 บาท/ตร.ม.	
หมายเหตุ	ราคานี้ยังไม่รวมภาษีมูลค่าเพิ่ม 10 %	

*** สภาพตลาดรวมของผลิตภัณฑ์ฉนวนกันความร้อนและมูลค่าตลาดรวม**

สภาพรวมของตลาดผลิตภัณฑ์ฉนวนกันความร้อนในปัจจุบันมีการแข่งขันค่อนข้างสูงและมีการขายตัดราคากันจนกระทั่งเสียราคาไปมากเกินไป โดยไม่คำนึงถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์มากนัก ซึ่งในความเป็นจริงหากพิจารณาถึงคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ จะเห็นว่าเป็นผลิตภัณฑ์ที่ไม่ควรจะมีการลดราคาต่ำกว่าความเป็นจริงมาก แต่ควรจะแข่งขันกัน โดยการนำเอาคุณสมบัติ และความพิเศษของผลิตภัณฑ์ของบริษัทผู้ผลิตมาเผยแพร่ สำหรับมูลค่าตลาดรวมของฉนวนกันความร้อน ซึ่งประกอบด้วยผลิตภัณฑ์ไฟเบอร์กลาส อะลูมิเนียมฟอยด์ โพลียูรีเทน เซรามิก-โคงดิ่ง และอื่น ๆ คาดว่าน่าจะมีมูลค่าตลาดรวมประมาณ 1,000 ล้านบาท โดยตลาดใหญ่จะอยู่ที่ไยแก้วสูงถึงประมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

600 ล้านบาท รongมาเป็นผลิตภัณฑ์จำพวกโคมซึ่งมีอยู่ในตลาดมานาน มีส่วนแบ่งทางการตลาดประมาณ 30% หรือประมาณ 300 ล้านบาท ที่เหลือยังเป็นส่วนของผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ ที่ยังมีความนิยมน้อยอยู่ หรือยังไม่เป็นที่รู้จักมากนักในวงการก่อสร้าง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7

สรุปวิเคราะห์และแนะนำ

จากการทำการศึกษาถึงอุปกรณ์ที่ใช้ในการต้านทานความร้อน ซึ่งในโครงการพิเศษฉบับนี้จะกล่าวเฉพาะ วัสดุฉนวนกันความร้อนที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน ทำให้ทราบถึงคุณสมบัติ ข้อจำกัด และวิธีการนำไปประยุกต์ใช้งานในอาคาร สามารถสรุปได้ดังนี้

7.1 บทสรุป

การอนุรักษ์พลังงานในอาคารแต่ละประเภท ฉนวนกันความร้อนมีส่วนช่วยอย่างมากในการป้องกันมิให้พลังงานความร้อนถ่ายเทเข้ามาสู่ภายในอาคาร แต่การที่จะเลือกฉนวนกันความร้อนให้เหมาะสมกับอาคารแต่ละประเภท และทำให้ฉนวนกันความร้อนเกิดประสิทธิภาพในการใช้งานได้สูงสุดนั้น ผู้ออกแบบอาคารต้องทราบข้อมูลในการออกแบบเลือกใช้งานฉนวนกันความร้อนในอาคารดังนี้

1. ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุฉนวนที่เลือก (k)
2. ค่าความต้านทานความร้อนของวัสดุฉนวนที่เลือก (R)
3. คุณสมบัติพื้นฐานของฉนวนที่จะเลือกใช้งาน
4. ข้อจำกัดในการใช้งานฉนวนแต่ละประเภท
5. แนวทางที่จะนำฉนวนกันความร้อนไปใช้ในอาคาร
6. ความคุ้มค่าในการลงทุนในการเลือกติดตั้งฉนวนกันความร้อน
7. ความพึงพอใจของเจ้าของอาคาร
8. ต้นทุนของเจ้าของในการก่อสร้างอาคาร หรือทำการปรับปรุงอาคาร
9. ความเหมาะสมและความสวยงามทางด้านสถาปัตยกรรมอาคาร
10. กฎหมายและพระราชบัญญัติ ความคุ้มครองก่อสร้างอาคาร

ความเหมาะสมของวัสดุฉนวนกันความร้อนที่ติดตั้งกับหลังคา , ฝ้าเพดาน และผนัง ของอาคาร จะมีความเหมาะสมดังนี้

หลังคา

ฉนวนชนิดติดตั้งเหนือผิวบนของหลังคาสามารถเรียงลำดับความเหมาะสมได้ดังนี้

1. ฉนวนเซรามิกพ่นเคลือบ
2. โฟลียูรีเทนโฟม

ฉนวนชนิดที่ติดตั้งได้ผิวของหลังคาสามารถเรียงลำดับความเหมาะสมได้ดังนี้

1. โฟลียูรีเทนโฟม
2. ฉนวนใยแก้ว (ชนิดห่อด้วยแผ่นสะท้อนความร้อน)
3. แผ่นสะท้อนความร้อน

ฝ้าเพดาน

ฉนวนที่ติดตั้งเข้ากับระบบเพดานของอาคารสามารถเรียงลำดับความเหมาะสมได้ดังนี้

1. ฉนวนใยแก้ว/ใยหิน
2. ฉนวนเยื่อกระดาษ

ผนังอาคาร

ฉนวนกันความร้อนที่ติดตั้งเข้ากับผนังแบบติดตั้งทับผิวหน้า หรือใช้วัสดุฉนวนที่เป็นผนังในตัว สามารถเรียงลำดับความเหมาะสมได้ดังนี้

1. ฉนวนเยื่อกระดาษ
2. ฉนวนใยแก้ว
3. แผ่นโฟลีโอเทธิร์นโฟม

ฉนวนกันความร้อนที่ติดตั้งเข้าไปในช่องว่างระหว่างผนัง สามารถเรียงลำดับความเหมาะสมได้ดังนี้

1. โฟลียูรีเทนโฟม
2. ฉนวนใยแก้ว/ใยหิน
3. ฉนวนเยื่อกระดาษ

นอกจากการแบ่งความเหมาะสมของการเลือกใช้ฉนวนกันความร้อนกับส่วนต่าง ๆ ของอาคาร บทการศึกษาการเลือกใช้ฉนวนกันความร้อนยังเจาะจงลงไปถึงประเภทของอาคารและประเภทวัสดุของอาคารเหล่านั้น โดยสามารถที่จะสรุปได้ดังนี้

อาคารที่พักอาศัย

1. หลังกระเบื้องซีเมนต์ใยหิน
 - ฉนวนใยแก้ว (ชนิดห่อด้วยแผ่นสะท้อนความร้อน)
 - ฉนวนโฟลียูรีเทนโฟม
 - แผ่นสะท้อนความร้อน
2. หลังกระเบื้องมอเนียร์
 - ฉนวนใยแก้ว (ชนิดห่อด้วยแผ่นสะท้อนความร้อน)
 - ฉนวนโฟลียูรีเทนโฟม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- แผ่นสะท้อนความร้อน

3. หลังคาคอนกรีต

- ฉนวนใยแก้ว

- ฉนวนเซรามิกพ่นเคลือบ

อาคารโรงงานอุตสาหกรรม

1. หลังคากระเบื้องซีเมนต์ใยหิน

- ฉนวนใยแก้ว

- โฟลียูรีเทนโฟม

- ฉนวนเซรามิกพ่นเคลือบ

2. หลังคากระเบื้องแผ่นโลหะ

- ฉนวนฉนวนใยแก้ว

- โฟลียูรีเทนโฟม

อาคารพาณิชย์และอาคารสูง

1. ผนังอาคาร

- ฉนวนเยื่อกระดาษ

- ฉนวนใยแก้ว

- โฟลียูรีเทนโฟม

2. ฝ้าเพดาน

- ฉนวนใยแก้ว

- ฉนวนเยื่อกระดาษ

อาคารพิเศษ

1. อาคารการเกษตร

- โฟลียูรีเทนโฟม

- แผ่นสะท้อนความร้อน

2. ห้างสรรพสินค้า

- ฉนวนใยแก้ว

3. โรงภาพยนตร์ โรงมหรสพ

- ฉนวนเยื่อกระดาษ

- ฉนวนใยหิน

- ฉนวนใยแก้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้งานฉนวนกันความร้อนเป็นเพียงทางเลือกหนึ่งที่จะป้องกันการถ่ายเทความร้อน จากที่มีอุณหภูมิสูงสู่ที่ที่มีอุณหภูมิต่ำ (ในประเทศไทย คือจากภายนอกสู่ภายในอาคาร) แต่ยังมีแนวทางอื่น ๆ ที่สามารถป้องกันการถ่ายเทความร้อนได้ เช่น การใช้กระจกกันความร้อน , การใช้อุปกรณ์บังแดด อย่างไรก็ตาม ฉนวนกันความร้อนก็ยังเป็นทางเลือกที่นิยมที่สุดและสะดวกที่สุดที่จะนำมาใช้งานในอาคาร

7.2 บทวิเคราะห์

เนื่องจากการข้อมูลที่ได้ส่วนใหญ่เป็นข้อมูลที่ได้จากผู้ผลิตวัสดุฉนวน ซึ่งจะเป็นข้อมูลที่จะเน้นถึงข้อดีในผลิตภัณฑ์ของตน ทำให้จะเป็นการยากที่จะเจาะจงลงไปว่าวัสดุฉนวนชนิดใด คือผลิตภัณฑ์ที่ดีที่สุดและเหมาะสมในงานใดงานหนึ่งมากที่สุด จึงเป็นหน้าที่ของเจ้าของอาคารและผู้ออกแบบจะเป็นผู้ตัดสินใจโดยอาศัยข้อมูลเชิงเปรียบเทียบแต่ละผลิตภัณฑ์

จากข้อมูลความเหมาะสมในการนำฉนวนความร้อนมาใช้ในอาคาร จะพบว่าอาคารจะทำการติดตั้งฉนวนความร้อนควรที่จะติดตั้งตั้งแต่เริ่มการก่อสร้าง เพราะความสะดวกในการเลือกตำแหน่ง หรือพื้นที่ที่จะทำการติดตั้ง ได้หลายทางเลือก และยังไม่เป็นที่จะต้องทำการเปลี่ยน โครงสร้างของอาคาร แต่ถ้าจะทำการติดตั้งภายหลังที่อาคารได้ทำการก่อสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้ว พื้นที่ในการติดตั้งจะถูกบังคับ และถูกจำกัดจากลักษณะของอาคารที่ได้ก่อสร้างไว้แล้ว เช่น ไม่สามารถที่จะทำการติดตั้งฉนวนโพลียูรีเทนโฟม ในผนังคู่ของอาคารที่ปิดงานผนังเรียบร้อยแล้ว

7.3 ข้อเสนอแนะ

ฉนวนกันความร้อนที่เหมาะสมกับอาคารต้องมีคุณสมบัติที่ครบถ้วนคือ สามารถต้านทานความร้อน , ไอน้ำ , ความชื้น , สารเคมี , รังสีอัลตราไวโอเลต ที่ดี และสามารถทนต่อ อุณหภูมิใช้งานได้ ทนต่อแรงกระทำต่าง ๆ ได้ ซึ่งผลกระทบเหล่านี้จะเป็นสาเหตุที่ทำให้ประสิทธิภาพในการต้านทานความร้อนของ ฉนวนลดลง ดังนั้นวัสดุฉนวนกันความร้อนที่ดีต้องมีคุณสมบัติเฉพาะ ในการต้านทานต่อปัจจัยลบเหล่านี้ แต่จากการศึกษาฉนวนกันความร้อนเกือบทุกประเภทจะมีคุณสมบัติไม่ครบหรือขาดคุณสมบัติในบางข้อ จึงเป็นเหตุให้ อายุการใช้งานของฉนวนกันความร้อนอยู่ที่ประมาณ 5-10 ปีเท่านั้น ไม่ยาวนานเท่าอายุของอาคารทำให้ต้องมีการซ่อมแซม หรือทำการเปลี่ยนฉนวนกันความร้อนใหม่ ถ้ายังต้องการคุณสมบัติในการต้านทานความร้อนของฉนวนอยู่ ทำให้ผู้เป็นเจ้าของอาคารต้องคำนึงถึงปัจจัยเหล่านี้ในการเลือกใช้ฉนวนกันความร้อน

หากเจ้าของอาคารหรือผู้ออกแบบอาคารตัดสินใจในการใช้ฉนวนกันความร้อน ในการป้องกันรังสีความร้อนจากภายนอกอาคารแล้ว ประสิทธิภาพของฉนวนกันความร้อนยังขึ้นอยู่กับ การติดตั้งฉนวนกันความร้อนที่ถูกต้องวิธีและได้มาตรฐานตามข้อกำหนดของสถาบันที่ให้การรับรอง บริษัทผู้ผลิตวัสดุฉนวนกันความร้อน เช่น ความหนาของฉนวนที่ทำการพ่นได้หลังคาน้อยเกินไป ก็จะทำให้ค่าความต้านทานความร้อนของฉนวนลดลงเนื่องจากค่าความต้านทานความร้อน เป็นสัดส่วนโดยตรงกับความหนาของฉนวนที่ติดตั้ง ฉะนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีการควบคุมดูแลการติดตั้งอย่างใกล้ชิด เพื่อเป็นการมั่นใจว่าจะได้ผลิตภัณฑ์ฉนวนกันความร้อนที่มี ประสิทธิภาพในการต้านทานความร้อนสูงสุด และควรที่จะทำการตรวจสอบลักษณะทางกายภาพ ของฉนวน เพราะถึงแม้จะ ไม่มีปัจจัยเสี่ยงมากระทบต่อฉนวนกันความร้อน แต่ฉนวนกันความร้อน ก็จะสามารถเสื่อมประสิทธิภาพลงตามอายุการใช้งาน และฉนวนกันความร้อนบางชนิดยังเป็นที่สะสมของ สิ่งที่มีผลต่อผู้อยู่อาศัยในอาคารนั้น ๆ ได้

ภาคผนวก ก.

ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k) และค่าความหนาแน่นของวัสดุต่าง ๆ

ลำดับ ที่	วัสดุ	ความหนาแน่น กก./ม ³	ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน วัตต์ /ม องศาเซลเซียส
1	แผ่นซีเมนต์แอสเบสตอส	1,860	0.198
2	แผ่นฉนวนกันความร้อน แอสเบสตอส	720	0.108
3	วัสดุฉนวนหลังคาที่ทำด้วยแอสฟัลท์	2,240	1.226
4	บิทูเมน (bitumen)		1.298
5	อิฐ		
	(ก) แห้ง และฉาบปูนหรือปิด ด้วยโมเสค	1,760	0.807
	(ข) ความชื้น 6%	1,872	1.211
	(ค) ผนัง (ไม่ฉาบปูน)		1.154
6	คอนกรีต	2,400	1.442
7	คอนกรีต ชนิดเบา ขนาดความ หนาแน่นต่าง ๆ	960	0.303
		1,120	0.346
		1,280	0.476
8	แผ่นไม้ก๊อก	144	0.042
9	แผ่นไฟเบอร์ (fibre board)	264	0.052
10	ไฟเบอร์กลาส (ดูใบแก้ว)		
	(ก) แบบม้วน (Blanket)	10-24	0.038
	(ข) แบบแผ่น (Rigid board)	32-48	0.033
	(ค) แบบท่อสำเร็จ	56-80	0.038
11	แผ่นกระจก	2,512	1.053
12	ใยแก้ว ตานเป็นแผ่น หรือสอด ใส่อยู่ระหว่างวัสดุ 2 แผ่น(แห้ง)	32	0.035
13	แผ่นยิปซัม	880	0.191
14	ใยแร่อัดแน่นเป็นแผ่น	32-104	0.035-0.032
15	โฟลีสไตรีน เป่งขยายตัว	16	0.035

ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k) และค่าความหนาแน่นของวัสดุต่าง ๆ (ต่อ)

ลำดับ ที่	วัสดุ	ความหนาแน่น กก./ม ³	ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน วัตต์ /ม องศาเซลเซียส
16	แผ่นไม้อัดฮาร์ดบอร์ด		
	(ก) มาตรฐาน	1,024	0.216
	(ข) ปานกลาง	640	0.123
17	โลหะ		
	(ก) โลหะผสมของอะลูมิเนียม แบบธรรมดา	2,672	211
	(ข) ทองแดง ที่มีขายเชิงการค้า	8,784	385
	(ค) เหล็กกล้า	7,840	47.6
18	วัสดุฉนวนหรือปิดผิว		
	(ก) อีปซั่ม	880	0.035-0.032
	(ข) ปูนฉาบ น้ำหนักเบา น้ำหนักปานกลาง	300	0.191
	(ค) เพอร์ไลท์	1,104	0.274
	(ง) ปูนผสมทราย	1,568	0.115
	(จ) เวอร์มิคูไลท์	640-960	0.533
19	โพลียูรีเทน โฟม	24	0.035
20	วัสดุทำพื้น PVC	1,360	0.173
21	ดินอัดหลวม (ร่วนซุย) ความชื้น 14 %	1,200	0.375
22	หิน		
	(ก) หินทราย	2,000	1.298
	(ข) แกรนิต	2,640	2.927
	(ค) หินอ่อน	2,640	1.298
23	กระเบื้องหลังคา	1,890	0.836
24	ไม้		
	(ก) ไม้เนื้ออ่อน	608	0.125
	(ข) ไม้เนื้อแข็ง	720	0.138

ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k) และค่าความหนาแน่นของวัสดุต่าง ๆ (ต่อ)

ลำดับ ที่	วัสดุ	ความหนาแน่น กก./ม ³	ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน วัตต์ /ม องศาเซลเซียส
25	เวอร์มิคูไลท์ แบบเม็ดหยาบอัด หลวม	80-112	0.065
26	ไม้อัดซีพบอร์ด	800	0.144
27	ไม้พื้นแผ่นเรียบ	400	0.086
28	หินล้าง	2,245	0.115
29	กรวดล้าง	2,244	0.115

ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา

ชนิดของผิววัสดุ	ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน วัตต์ /ม องศาเซลเซียส
ก. กรณีของผนังอาคาร	
ก.1 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนัง ด้านใน (R)	
ก.1.1 กรณีที่ผิวมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง	0.120
ก.1.2 กรณีที่ผิวมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ	0.299
ก.2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนัง ด้านนอก (R) (ผิวมีค่าผิวมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง)	0.044
ข. กรณีของหลังคา	
ข.1 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนัง ด้านใน (R)	
ข.1.1 กรณีที่ผิวมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง	
, ข.1.1.1 หลังคาราบ	0.162
ข.1.1.2 หลังคาเอียงทำมุม 22.5° กับแนวระดับ	0.148
ข.1.1.3 หลังคาเอียงทำมุม 45° กับแนวระดับ	0.133

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา (ต่อ)

ชนิดของผิววัสดุ	ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน วัตต์ /ม องศาเซลเซียส
ข.1.1 กรณีที่ผิวมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ	
ข.1.1.1 หลังคาราบ	0.801
ข.1.1.2 หลังคาเอียงทำมุม 22.5° กับแนวระดับ	0.595
ข.1.1.3 หลังคาเอียงทำมุม 45° กับแนวระดับ	0.391
ข.2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวด้าน นอกของหลังคา (R_0) (ผิวมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูงและเอียงทำมุม ใด ๆ)	0.055

หมายเหตุ

1. ค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีความร้อนต่ำใช้กับกรณีที่ผิวผนังหรือหลังคาเป็นผิวสะท้อนแสง เช่น ผนังหรือหลังคาที่มีการติดแผ่นอะลูมิเนียม เป็นต้น สำหรับกรณีทั่วไปให้ถือเป็นผิวผนังที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง
2. กรณีที่หลังคาทำมุมเอียงระหว่าง 0° กับ 22.5° ใช้วิธีเชิงเส้นประมาณค่าในช่วงระหว่างค่าที่ 0° กับ 22.5°
3. กรณีที่หลังคาทำมุมเอียงระหว่าง 22.5° กับ 45° ใช้วิธีเชิงเส้นประมาณค่าในช่วงระหว่างค่าที่ 22.5° กับ 45°
4. กรณีที่หลังคาทำมุมเอียงมากกว่า 45° ให้ใช้ค่าที่ 45° ได้โดยตรง

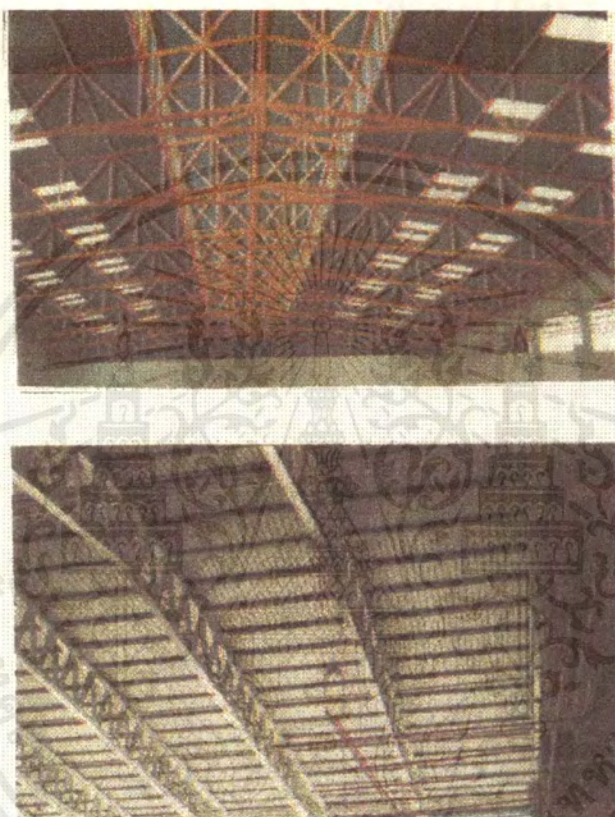
ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศในช่องว่างผนังหรือหลังคา

ชนิดของช่องอากาศ	ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน วัตต์ /ม องศาเซลเซียส		
	5 มม.	20 มม.	100 มม.
ก. กรณีช่องว่างอากาศในผนัง			
ก.1 ช่องว่างอากาศที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง	0.110	0.148	0.160
ก.2 ช่องว่างอากาศที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ	0.250	0.578	0.606
ข. กรณีช่องว่างอากาศในหลังคา			
ข.1 ช่องว่างอากาศที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง			
ข.1.1 ช่องว่างอากาศแนวราบ	0.110	0.148	0.174
ข.1.2 ช่องว่างอากาศเอียงทำมุม 22.5° กับแนวระดับ	0.110	0.148	0.165
ข.1.3 ช่องว่างอากาศเอียงทำมุม 45° กับแนวระดับ	0.110	0.148	0.158
ข.2 ช่องว่างอากาศที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ			
ข.2.1 ช่องว่างอากาศแนวราบ	0.250	0.572	1.423
ข.2.2 ช่องว่างอากาศเอียงทำมุม 22.5° กับแนวระดับ	0.250	0.571	1.095
ข.2.3 ช่องว่างอากาศเอียงทำมุม 45° กับแนวระดับ	0.250	0.570	0.768
ค. กรณีช่องว่างอากาศในเพดาน			
ค.1 ช่องว่างอากาศที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง	-	0.458	-
ค.2 ช่องว่างอากาศที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ	-	1.356	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ภาพประกอบ การประยุกต์ใช้ฉนวนความร้อนในอาคาร

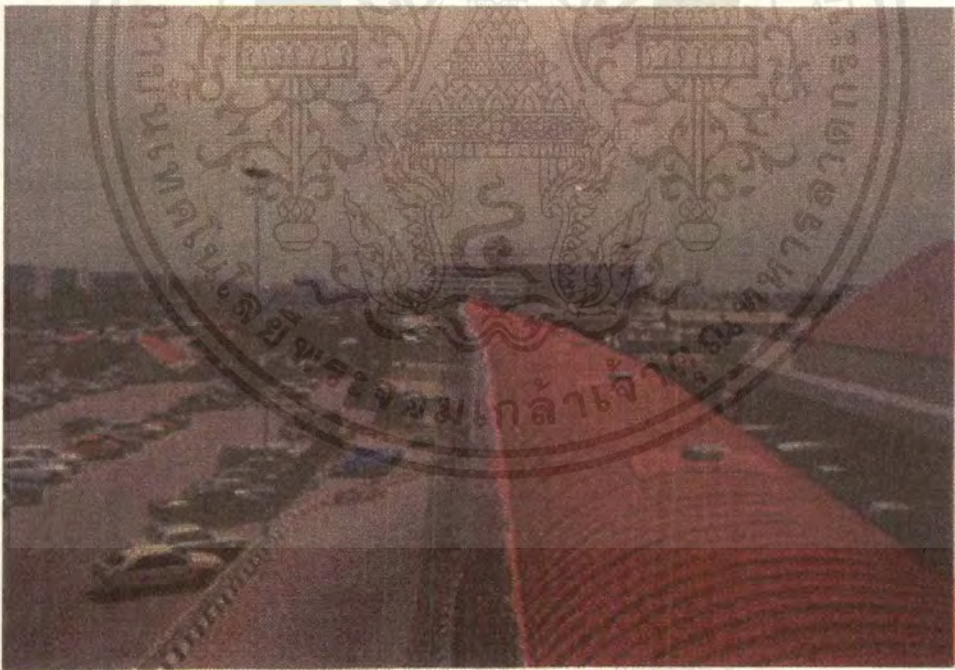


รูปที่ 1x ฉนวน โพลีเอทรีนใต้หลังคาอาคาร โรงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2ข แสดงการนำนวนชนรามิคพ่น ณ ผู้สาขาขององค์การโทรศัพท์



รูปที่ 3ข แสดงการนำนวนชนรามิคพ่น ณ อาคารท่าอากาศยานกรุงเทพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4ข แสดงการนำฉนวนใยแก้วหุ้มแผ่นอะลูมิเนียมติดตั้งได้หลังคา



รูปที่ 5ข แสดงการนำแผ่นสะท้อนความร้อนติดตั้งได้หลังคา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

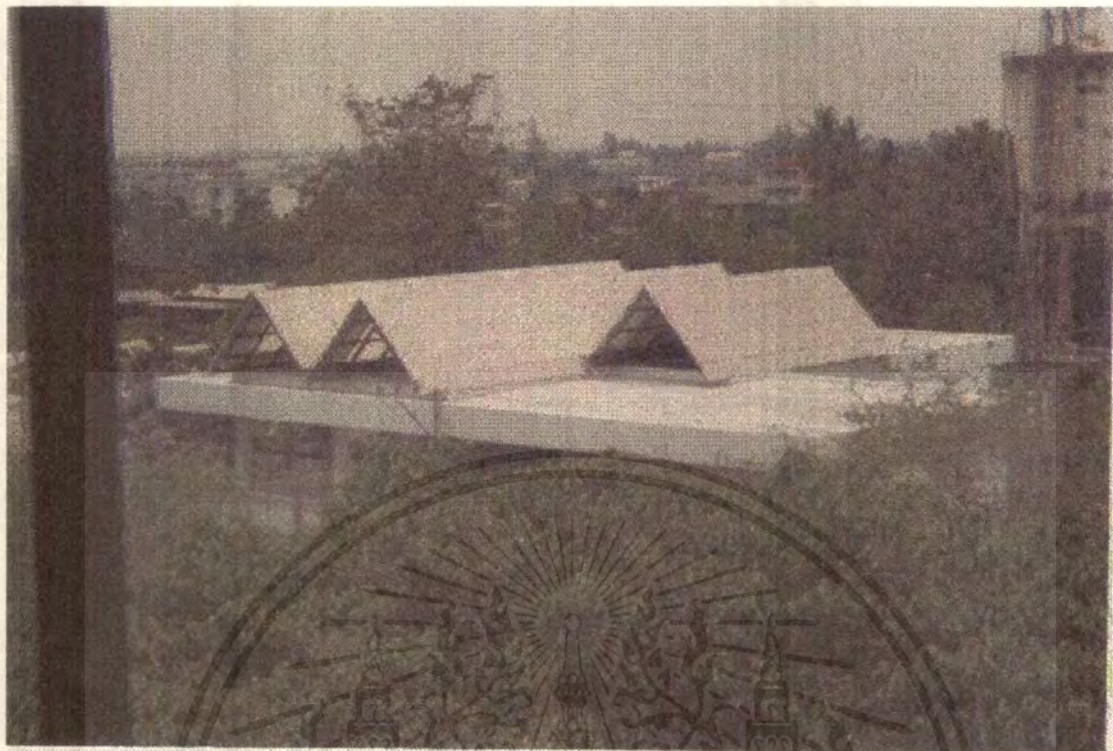


รูปที่ 6๗ การนำแผ่นใยแก้วมาเหนือโครงหลังคาไม้

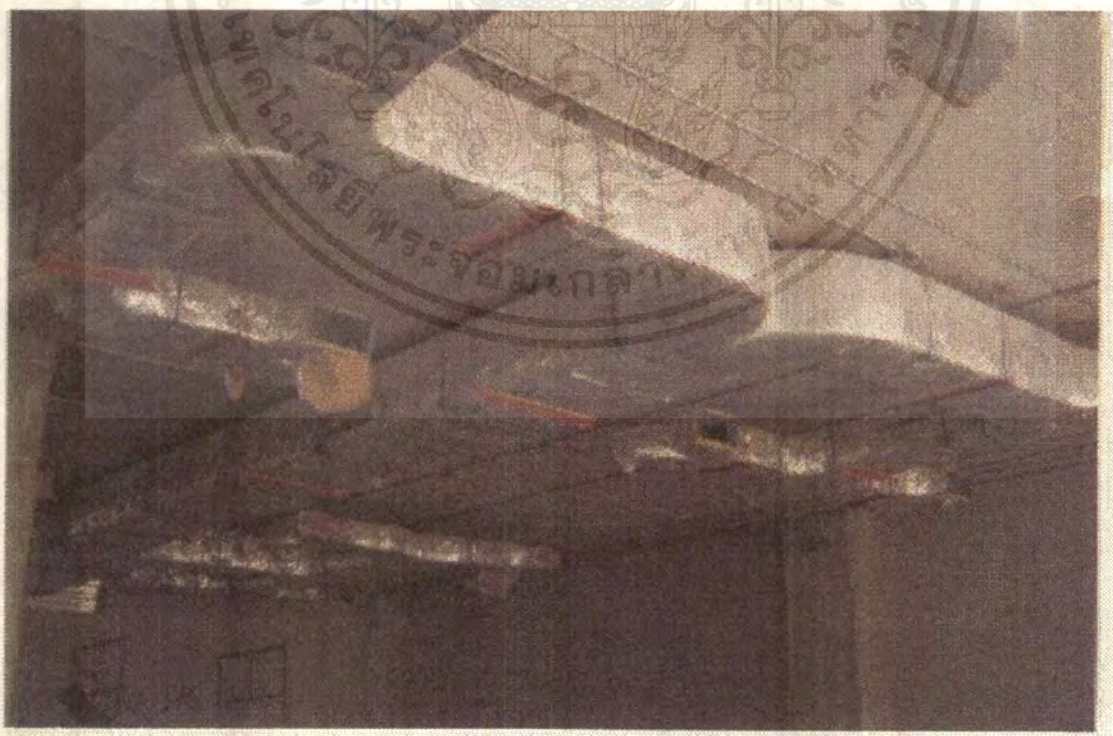


รูปที่ 7๗ แสดงการติดตั้งฉนวนเซรามิกบนหลังคาอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 8ข แสดงการยกพื้นที่ได้หลังคาให้สูงเพื่อการไหลเวียนของอากาศ
และเพิ่มปริมาณอากาศที่สามารถช่วยต้านทานความร้อนได้



รูปที่ 9ข การนำฉนวนใยแก้วไปหุ้มท่อระบบปรับอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

มาตรฐานวัสดุฉนวน

การวัดค่าการลามไฟ

การวัดค่ามาตรฐานการลามไฟของพื้นผิว ใช้ค่าตามมาตรฐาน ASTM-E84 โดยจะบอกเป็นค่าของดัชนีการลามไฟ (FIRE SPREAD INDEX) ซึ่งเป็นการทดลองหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางในการลามของไฟ และระยะเวลาการลามไฟ โดยการคำนวณที่ไม่คำนึงถึงเปลวไฟด้านหน้าที่ห่างออกไปจากจุดพิจารณา เช่น พื้นที่การลามไฟ 3.05 เมตร (10 ฟุต) ในเวลา $2\frac{1}{2}$ นาที และนำข้อมูลที่ได้ สร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะทาง กับระยะเวลาการลามไฟ และพื้นที่ได้กราฟดังกล่าวคือค่า พื้นที่ทั้งหมดในการลามของไฟ

ถ้าพื้นที่ทั้งหมด (A_T) น้อยกว่าหรือเท่ากับ 97.5 ฟุต-นาทีก ดัชนีการลามไฟจะมีค่าเท่ากับ 0.515 เท่าของพื้นที่ทั้งหมด ($FSI = 0.515A_T$) และ ถ้าพื้นที่ทั้งหมด (A_T) มากกว่า 97.5 ฟุต-นาทีก ดัชนีการลามไฟจะมีค่าเท่ากับ 4,900หารด้วยผลต่างของ 195 ลบด้วย พื้นที่ทั้งหมด(A_T)

$$FSI = \frac{4900}{(195 - A_T)}$$

สูตรในการคำนวณหาพื้นที่การลามไฟ สามารถหาได้จากสมการดังนี้

$$A_T = \frac{550}{t}$$

เมื่อ A_T = พื้นที่ของการลามไฟทั้งหมด

t = ระยะเวลาการลามของไฟ

เช่น เวลาที่เปลวไฟด้านหน้าแผ่กระจายไปเป็นระยะทางมากที่สุด (19.7 ฟุต) ในเวลา 10 นาที

$$\text{พื้นที่การลามไฟทั้งหมดเท่ากับ } A_T = \frac{550}{10} = 55$$

เมื่อได้ค่าของพื้นที่แล้วก็จะนำไปคำนวณหา ค่าดัชนีการลามไฟต่อไป

$$FSI = 0.515 \times 55 = 28.325 \quad \text{เมื่อ } A_T \leq 97.5 \text{ ฟุต-นาทีก}$$

โดยค่าดัชนีการลามไฟที่ยอมรับของวัสดุฉนวนกันความร้อนต้องมีค่าไม่เกิน 25

ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม “ การทดสอบความทนไฟ-วัสดุก่อสร้าง-การทดสอบสภาพไม่ติดไฟ ” มอก.1338-2539 ได้กำหนด สภาพการติดไฟหรือสภาพไม่ติดไฟ ของวัสดุก่อสร้างที่เหมาะสมสำหรับการยอมรับ สำหรับการนำวัสดุทดสอบไปเผาในเตาเผา และคำนวณหาระยะเวลาเฉลี่ยของเปลวไฟที่ลุกไหม้ มีค่าไม่ควรเกิน 20 วินาที จึงถือว่าวัสดุทดสอบเป็นวัสดุอยู่ในสภาพไม่ติดไฟ

“มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยแก้ว” มอก.487-2526 ซึ่งความหมายของแผ่นใยแก้วตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแล้ว หมายถึง ผลิตภัณฑ์ใยแก้วที่มีใยแก้วเป็นวัสดุหลักโดยใช้สารยึด(Binding agent) ช่วยยึดเส้นใยแก้วให้เกาะเป็นแผ่น จะมีวัสดุที่เหมาะสมปิดทับผิวหน้าด้วยหรือไม่ก็ได้ โดยมีค่าความหนาแน่นที่ระบุและสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของแผ่นฉนวนใยแก้ว แสดงดังตารางต่อไปนี้

ความหนาแน่นที่ความหนาแน่นที่ระบุ kg/m ³	ความหนาแน่นที่ระบุ (มม.)	เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของความหนาแน่น	สัมประสิทธิ์การนำความร้อนที่อุณหภูมิ 70 ± 5 °C W/m °C สูงสุด	สัมประสิทธิ์การนำความร้อนอ้างอิงที่อุณหภูมิเฉลี่ย 0 °C W/m °C สูงสุด
8	50,70,100	± ร้อยละ 12	0.063	0.043
10	50,75		0.066	0.044
12	100		0.063	0.041
16	25,40		0.058	0.038
20	50,75		0.052	0.036
24	100		0.049	0.034
32	25		0.047	0.033
40	40		0.044	0.032
48	50		0.043	0.032
64	20,25		0.042	0.032
80	12		0.042	0.032
96	20		0.042	0.032
120	25		0.042	0.032
96	12,20		0.047	0.035
120	25			

แผ่นใยแก้วที่หนาเกิน 50 มิลลิเมตร อาจใช้แผ่นใยแก้วหลายแผ่นมาซ้อนติดกันเพื่อให้ได้ความหนาตามต้องการ สำหรับแผ่นใยแก้วที่ค่าความหนาแน่น 24 kg/m³ ซึ่งต้องบรรจุอัดหลังจากเปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาชนะบรรจุแล้ว 4 ชั่วโมง แผ่นใยแก้วต้องคืนสู่ความหนาเดิม ในกรณีนี้ให้มีเกณฑ์คลาดเคลื่อน
ทางบวกอย่างเดียว



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. สำนักงานอนุรักษ์พลังงาน , “คู่มือการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร” , มิถุนายน 2536
2. นาวาตรีตระการ ก้าวถิกรรม , “คู่มือฉนวนความร้อน” , บ. เอ็ม แอนด์ อี จำกัด , 2537
3. รศ.ดร.สุนทร บุญญาธิการ , “บ้านประหยัดพลังงานเพื่อคุณภาพชีวิตคนรุ่นใหม่” , TECHNO MEDIA NEWS , 2540
4. รศ.ดร.สุนทร บุญญาธิการ , “การอนุรักษ์พลังงานและเทคโนโลยีการก่อสร้างอาคาร” , การประชุมทางวิชาการเรื่อง “การเลือกใช้วัสดุ และ อุปกรณ์ประกอบอาคารเพื่อช่วยในการประหยัดพลังงาน” , ณ บางกอกคอนเนชั่นเซ็นเตอร์ เซ็นทรัลพลาซ่า , 18 ตุลาคม 2534
5. รศ.ดร.พิภพ ตุนทรสมัย , “วัสดุวิศวกรรมการก่อสร้าง” , สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) , สิงหาคม 2536
6. H.LESLIE SIMMONS , AIA , CSI , “Repairing and Extending Weather Barring”
7. PAUL DUNHAM CLOSE , “SOUND CONTROL AND THERMAL INSULATION OF BUILDING”