หอสมุดกลาง สถาบัน...
จุฬาลงกรณ์มหาวิ...

บทที่2

ความรู้เรื่องฉนวน

ความหมายของฉนวน

ฉนวน คือ วัสดุที่ต้านทานหรือป้องกันมิให้พลังงานความร้อนส่งผ่านจากด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่งได้สะดวก[1](กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน,2538)

ฉนวนความร้อน คือวัสดุที่ป้องกันการถ่ายเทความร้อนให้เกิดขึ้นน้อยที่สุด จุดมุ่งหมายการติดตั้งฉนวนความร้อนคือต้องการเก็บรักษาพลังงานไม่ให้มีการถ่ายเทออกไปหรือเข้ามาภายในบริเวณที่ต้องการ[2](ตระการ ก้าวกสิกรรม,2537)

ฉนวน คือ วัสดุที่มีคุณสมบัติในการป้องกันความร้อน การออกแบบโดยใช้ฉนวนกับมวลสารเป็นผลดีในการหน่วงเหนี่ยวความร้อน ทำให้ปริมาณความร้อนเข้ามาภายในอาคารลดต่ำลงในช่วงเวลาที่อุณหภูมิภายนอกมากที่สุด

หน้าที่ของฉนวน

ฉนวนกันความร้อนที่ดีจะต้องเป็นวัสดุที่มีน้ำหนักเบาซึ่งประกอบไปด้วยฟองอากาศเล็กๆ จำนวนมาก ฟองอากาศนี้มีคุณสมบัติต้านทานการนำความร้อน โดยการสกัดกั้นความร้อนให้อยู่ในบริเวณฟองอากาศเล็ก ๆ จำนวนมากนี้ทำให้ไม่เกิดการพาความร้อน

William C. Turner และ John F. Malloy ได้กล่าวถึงหน้าที่การใช้งานของฉนวนไว้ในหนังสือ Thermal Insulation Handbook(1981) ไว้ดังนี้

1. เพื่อประหยัดพลังงาน (To conserve energy)
2. เพื่อควบคุมการถ่ายเทความร้อน (To control heat transfer)
3. เพื่อควบคุมอุณหภูมิ (To control temperature)
4. เพื่อควบคุมความเย็น (To retard freezing)
5. เพื่อป้องกันการลุกไหม้ (To protection from burn)
6. เพื่อควบคุมความร้อน (To control fire)

---

[1]กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.ฉนวนกันความร้อนช่วยประหยัดพลังงาน. เอกสารพิมพ์เผยแพร่ กรุงเทพ: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ 2538 หน้า 3

[2] ตระการ ก้าวกสิกรรม, คู่มือฉนวนความร้อน, กรุงเทพฯ: ห้างจำกัดนำอักษรการพิมพ์ 2537

ฉนวนแต่ละชนิดจะมีความต้านทานความร้อนที่แตกต่างกัน ฉนวนที่ดีจะต้องมีความต้านทานความร้อนที่ผ่านจากด้านหนึ่งไปอีกด้านหนึ่งให้ลดลงเหลือน้อยที่สุด ทั้งนี้พิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์ของการนำความร้อน (ค่า k) ยิ่งมีค่าน้อย แสดงว่ามีค่าความเป็นฉนวนที่สามารถต้านทานความร้อนได้ดีกว่า ดังตัวอย่างตารางที่1 แสดงการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ของการนำความร้อนของวัสดุชนิดต่าง ๆ

วัสดุ	ค่า k = watt/m^{o}C
โฟมฉีด	0.023
โฟมแผ่น	0.031
ฉนวนใยแก้ว	0.035
ไม้อัด	0.123
แผ่นยิบซั่ม	0.191
กระเบื้องแผ่นเรียบ	0.288

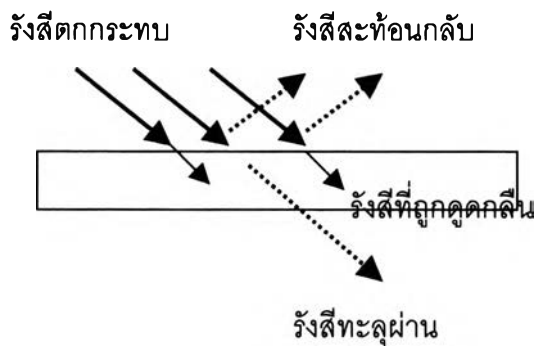
ตารางที่2.1 : เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ของการนำความร้อนของวัสดุชนิดต่าง ๆ
ที่มา: กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานกรมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม,เอกสารเผยแพร่, บุฉนวนกันความร้อนเพื่อช่วยประหยัดพลังงาน, หน้า 4

จะเห็นได้ว่าวัสดุที่มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำ (ค่า k) หรือค่าความต้านทานความร้อนสูง (ค่าR) จะมีความต้านทานความร้อนได้ดี เช่น โฟมแผ่น ฉนวนใยแก้ว ไม้อัด แผ่นยิบซั่ม และกระเบื้องแผ่นเรียบ

ลักษณะการถ่ายเทความร้อนในฉนวน

การถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer) เป็นกระบวนการที่มีการเกิดการเคลื่อนที่ของพลังงาน โดยธรรมชาติแล้วการถ่ายเทความร้อนจะเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำ เช่นเดียวกับน้ำที่ไหลจากที่สูงไปยังที่ต่ำ การถ่ายเทความร้อนแบ่งออกเป็น 3 วิธีด้วยกัน คือ การนำความร้อน(Conduction) การพาความร้อน(Convection) การแผ่รังสีความร้อน (Radiation)

1. การนำความร้อน (Conduction) คือ ปรากฏการณ์ที่พลังงานความร้อนถ่ายเทระหว่างวัตถุที่สัมผัสกัน
2. การพาความร้อน (Convection) คือ ปรากฏการณ์พลังงานความร้อนถ่ายเทโดยอาศัยการเคลื่อนที่ของมวลสารของของไหล หรือ ก๊าซ ที่มีพลังงานบรรจุจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง
3. การแผ่รังสีความร้อน (Radiation) คือการถ่ายเทความร้อนโดยอาศัยสเปกตรัมการแผ่รังสี คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่เปล่งออกมาจากพื้นผิวของวัตถุที่ถูกกระตุ้นทางความร้อน (รังสีนี้รวมแสงที่ตามองเห็น คลื่นวิทยุ และรังสีเอ็กซ์) กระจายออกไปทุกทิศทาง และเมื่อรังสีนี้ไปกระทบอีกวัตถุหนึ่ง บางส่วนอาจสะท้อนกลับ บางส่วนอาจส่งผ่านทะลุไป และบางส่วนอาจถูกดูดกลืนไว้ ถ้ารังสีที่ตกกระทบคือ รังสีความร้อน รังสีที่ถูกดูดกลืนไว้จะปรากฏเป็นความร้อนภายในวัตถุที่ดูดกลืนรังสีนั้นไว้ดังรูป 2.1 แสดงรังสีความร้อนที่ตกกระทบ ถูกดูดกลืน และทะลุผ่าน



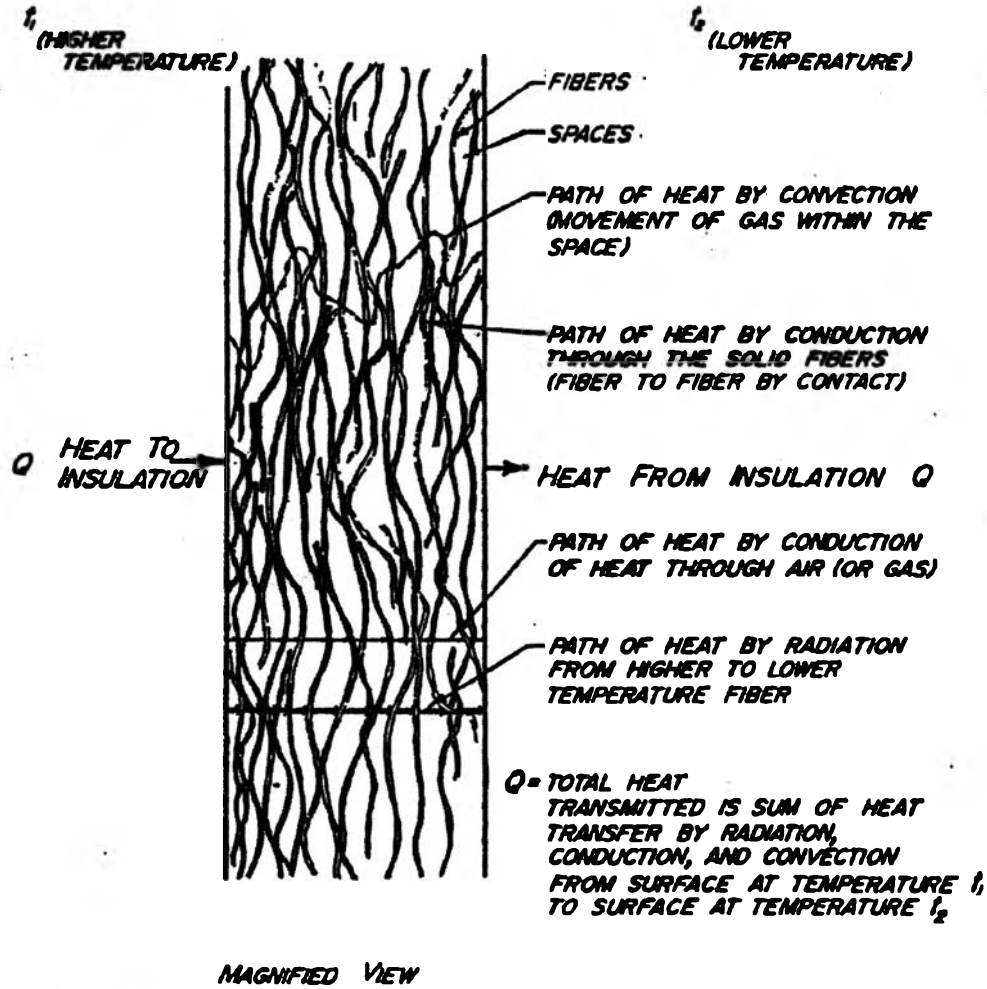
รูปที่ 2.1 : แสดงรังสีความร้อนที่ตกกระทบ ถูกดูดกลืน และทะลุผ่าน

ข้อสังเกต:

- การนำความร้อนและการพาความร้อนจะต้องมีตัวกลางในการส่งถ่ายพลังงาน
- การแผ่รังสีความร้อนถ้านำสิ่งใดมากั้นระหว่างวัตถุทั้ง 2 สิ่ง ก็จะกลายเป็นอุปสรรคต่อการแผ่รังสีของวัตถุทั้ง 2 ทันที
- ในความเป็นจริง การถ่ายเทความร้อนจะเป็นรูปแบบผสมของทั้ง 3 วิธี เพียงแต่วิธีไหนเป็นวิธีเด่นมากกว่าในบางกรณี

รูป 2.2 ต่อไปนี้ แสดงการถ่ายเทความร้อนภายในฉนวนใยแก้ว ผิวทางด้านซ้ายมือของฉนวนมีอุณหภูมิสูงกว่าผิวทางด้านขวามือ ความร้อนจะไหลจากทางด้านซ้ายไปทางด้านขวา ความร้อนที่ไหลผ่านช่องอากาศระหว่างเส้นใยหรือเซลล์ของวัสดุฉนวน ทำให้ความร้อนไหลผ่านช้าลง เพราะขนาดพอเหมาะของช่องอากาศเหล่านี้ทำให้การพาความร้อนจากด้านหนึ่งของเซลล์สู่อีกด้านหนึ่งมีปริมาณน้อยลง เส้นทางการนำความร้อนจะผ่านส่วนที่เป็นเส้นทางยาวคดเคี้ยว ถ้าวัสดุนี้มีลักษณะหนาแน่นเพียงพอ ก็สามารถลดการถ่ายเทความร้อนลงได้

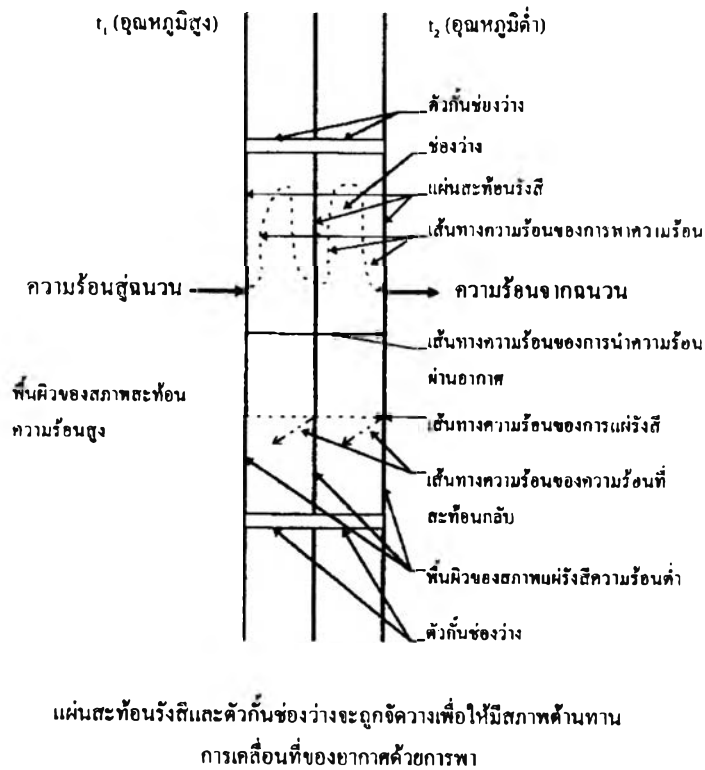
รูปที่ 2 .2 รูปแสดงการถ่ายเทความร้อนภายในฉนวน



ที่มา : Turner William C and John F Malloy. Thermal insulation handbook. Malabar, Fla: R.E Krieger.1981

การถ่ายเทความร้อนในฉนวนที่มีลักษณะเส้นใย การนำความร้อนจะเปลี่ยนแปลงตามความหนาแน่นของฉนวน ถ้าเส้นใยที่มีจำนวนมากขึ้น จะทำให้ความหนาแน่นมากขึ้น ช่วยให้การแผ่รังสีความร้อนภายในเส้นใยลดลงด้วย ลักษณะถ่ายเทความร้อนแบบนี้มักเกิดขึ้นกับวัสดุฉนวนแบบมวล (Mass insulation) ซึ่งฉนวนที่ดีควรเป็นฉนวนที่มีสภาพนำความร้อนน้อยที่สุด

สำหรับฉนวนผิวสะท้อนรังสี (Reflective Insulation) มีลักษณะการถ่ายเทความร้อนดังรูป 2.3 แสดงการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุฉนวนผิวสะท้อนรังสี



แผ่นสะท้อนรังสีและตัวกั้นช่องว่างจะถูกจัดวางเพื่อให้มีสภาพด้านทาน
การเคลื่อนที่ของอากาศด้วยการพา

รูปที่ 2.3 แสดงการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุฉนวนผิวสะท้อนรังสี
ที่มา: ตระการ ก้าวกสิกรรม, คู่มือฉนวนความร้อน 2537

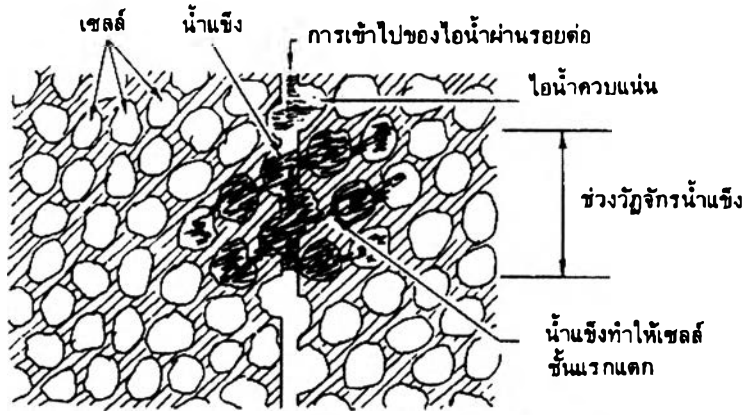
หากมีการติดตั้งฉนวนแบบมวลหรือฉนวนผิวสะท้อนรังสี ในช่องว่างที่สามารถดูดอากาศภายในช่องออกไปได้หรือใกล้เคียงสุญญากาศ การถ่ายเทความร้อนจะลดลงมาก สภาพการนำความร้อนจะเข้าใกล้ศูนย์

ผลกระทบจากความชื้นในฉนวนอาคาร

ฉนวนเปียกจะทำให้คุณสมบัติความเป็นฉนวนลดลง 23 เท่า (ตระการ ก้าวกสิกรรม,2537) ของฉนวนแห้ง หมายความว่า ฉนวนจะทำหน้าที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพเมื่อฉนวนแห้ง ฉนวนที่มีสภาพเปียกหรือเปียกบางส่วน การถ่ายเทความร้อนจะผ่านโพรงอากาศที่บรรจุด้วยน้ำจะเป็น

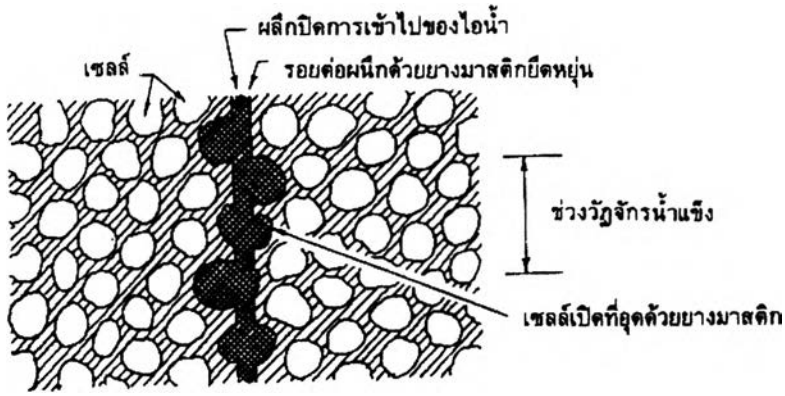
ลักษณะการนำความร้อนแทนการป้องกันความร้อน ถ้าอุณหภูมิอากาศต่ำลง ความชื้นจะยิ่งเพิ่มการนำความร้อน และทำให้การถ่ายเทความร้อนเพิ่มขึ้น ฉนวนที่อิ่มตัวไปด้วยน้ำอย่างเต็มที่จะมีสภาพนำความร้อนมากกว่าสภาพนำความร้อนของน้ำ (ตระการ กสิกรรม,2537) ทำให้คุณค่าความเป็นฉนวนถูกทำลายลง ถ้ามีการฉีกขาดเกิดขึ้นจะทำให้ฉนวนเสื่อมสภาพอย่างรวดเร็ว

การควบแน่นจะเกิดขึ้นได้เมื่ออุณหภูมิที่ผิวสัมผัสกับอากาศเท่ากับหรือต่ำกว่าจุดน้ำค้างของบรรยากาศรอบข้างเสมอ เมื่ออุณหภูมิภายนอกอาคารเปลี่ยนแปลง จุดควบแน่นก็เปลี่ยนที่ด้วย เป็นการเพิ่มปริมาณน้ำจากการควบแน่นมากขึ้นซึ่งทำให้เซลล์ของฉนวนมีเสียหายมากขึ้นดังรูป 2.4



รูปที่ 2.4 แสดงภาพขยายการซึมผ่านของน้ำในฉนวนเซลลูลาร์กลาสที่บริเวณรอยต่อของฉนวน
ที่มา: Turner william C and John F malloy, Thermal Insulation Handbook 1981

ในบางตำราอ้างว่ามีวิธีการป้องกันการแทรกซึมของไอน้ำเข้าไปได้ ด้วยการผนึกรอยต่อด้วยวัสดุจำพวกไม้มาสติก(Mastic) ที่ยืดหยุ่น ซึ่งบรรจุเข้าไประหว่างเซลล์ที่ต่อกัน เพื่อป้องกันการสะสมของน้ำ ยางที่ใช้ต้องมีความยืดหยุ่นได้ดีในที่อุณหภูมิต่ำ ต้องไม่มีการแข็งตัวและหดตัวอันเป็นสาเหตุให้เกิดความเสียหายต่อฉนวนได้ รูปที่ 2.5 แสดงการบรรจุยางไม้ระหว่างรอยต่อของฉนวน



ภาคตัดขวางของฉนวนเซลลูลาร์กลาส แสดงการบรรจุยางไม้ระหว่างรอยต่อของฉนวน

รูปที่ 2.5 ภาพขยายของฉนวนเซลลูลาร์กลาสแสดงการป้องกันการแทรกซึมของไอน้ำโดยบรรจุยางไม้ระหว่างรอยต่อของฉนวน ที่มา: Turner william C and John F malloy, Thermal Insulation Handbook 1981

วิธีการนี้ในความเป็นจริงในการก่อสร้างไม่นิยมทำ จากการทดสอบสาเหตุเป็นเพราะทำให้เพิ่มภาระในการก่อสร้างทั้งทางด้านงบประมาณและเวลา เพราะทำลำบาก ถ้ายังไม่แห้งจะเลอะเทอะ เหนียวเหนอะหนะ และต้องการพื้นที่ในการทำให้แห้ง อีกประการหนึ่งต้องการช่างมีฝีมือในการเก็บรายละเอียดให้เรียบร้อย จึงไม่คุ้มกับการป้องกันด้วยวิธีนี้ ดังนั้นในการก่อสร้างจริงจึงไม่เป็นที่นิยม ปัจจุบันยังไม่ได้มีคิดค้นวิธีการอื่นในการป้องกันการซึมผ่านของความชื้นจึงต้องเป็นประเด็นที่จะศึกษาในการวิจัยครั้งนี้

ระบบฉนวนกับการประยุกต์ใช้งาน

ระบบฉนวนมีการนำมาประยุกต์ใช้งานในด้านต่างๆ แบ่งออกได้เป็นระบบใหญ่ๆดังนี้

1. ระบบฉนวนอาคาร
2. ระบบฉนวนอุปกรณ์เชิงกล
3. ระบบฉนวนในการประยุกต์ใช้งานพิเศษ

1. ระบบฉนวนอาคาร คือ ระบบฉนวนที่มีการติดตั้งภายในเปลือกอาคารประเภทต่าง ๆ เช่น อาคารพักอาศัย อาคารพาณิชยกรรม อาคารอุตสาหกรรม ประกอบด้วยฉนวนที่ใช้

งานกับผนัง เพดาน หลังคา พื้นและฐานรากอาคาร ที่ทำจากโครงสร้างอาคาร เช่น ไม้, คอนกรีตหรือโลหะ

2. ระบบฉนวนอุปกรณ์เชิงกล เป็นระบบฉนวนที่ใช้งานกับระบบท่อปรับอากาศทั้งการทำความเย็นและความร้อน ระบบท่อเย็น และน้ำร้อน ถังเก็บ ภาชนะต่าง ๆ และอุปกรณ์ทางกลอื่น ๆ
3. ระบบฉนวนในการประยุกต์ใช้งานพิเศษ เป็นระบบที่ไม่ใช้ 2 ระบบดังกล่าว แต่เป็นระบบที่ใช้กับสิ่งอำนวยความสะดวกในการกักเก็บรักษาความเย็น ห้องปรับสภาพแวดล้อมและงานส่งอาหารทางเรือเป็นต้น

ระบบฉนวนอาคาร

ระบบฉนวนอาคาร Building System ฉนวนที่ใช้เป็นฉนวนที่ทำหน้าที่ป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคาร การใช้งานควรคำนึงถึงการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังอาคารจากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคาร จึงจำเป็นต้องเลือกใช้ให้เหมาะสมดังนั้น การเลือกใช้ฉนวนกับอาคารควรพิจารณาถึงคุณสมบัติต่าง ๆ ให้เหมาะกับการใช้งาน

ระบบฉนวนอาคารแบ่งออกได้เป็น

1. ฉนวนเพดานและหลังคาอาคาร ป้องกันความร้อนที่มาจากด้านบนของอาคาร
2. ฉนวนผนังอาคาร เช่น ผนังไม้, ผนังก่ออิฐ, ผนังคอนกรีต, ผนังโลหะ ฯลฯ
3. ฉนวนพื้นและฐานรากอาคาร ฉนวนที่ใช้จะต้องมีการกันความชื้นเพราะพื้นดินมีความชื้นมากกว่าอากาศ แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ พื้นที่ยกสูงขึ้นจากพื้นดิน และพื้นที่ติดกับพื้นดินไม่มีการระบายอากาศ
4. ฉนวนหน้าต่างและประตู เป็นการอุดเพื่อป้องกันการรั่วซึมความร้อนผ่านมาบริเวณช่วงรอยต่อระหว่างหน้าต่างและประตู รวมถึงการติดตั้งฟิล์มสะท้อนรังสีความร้อนบนกระจกหน้าต่างประตู

วัสดุที่นำมาผลิตฉนวนกันความร้อน

สำหรับการผลิตฉนวนกันความร้อน วัสดุพื้นฐาน (Basic Materials) ที่ใช้ในการผลิตมีหลายประเภทโดยจำแนกออกเป็น 4 กลุ่มได้ดังนี้

1. ประเภทใยแร่ (Mineral fibrous material) เช่น asbestos, rock, slag หรือ glass wool
2. ประเภทเซลล์ (Mineral cellular material) เช่น foamed glass, calcium silicate, perlite, vermiculite, foamed concrete หรือceramic
3. ประเภทโครงสร้างเส้นใย (Organic fibrous material) เช่น wood, cane cotton hair, cellulose หรือsynthetic fiber
4. ประเภทโฟม Organic cellular material เช่น cork, foamed rubber, polystyrene หรือpolyurethane

ประเภทของวัสดุฉนวนป้องกันความร้อน

มีการจำแนกไว้หลายวิธีด้วยกัน ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขและข้อกำหนดในการนำไปอ้างอิง ซึ่งได้รวบรวมวิธีการแบ่งประเภทของฉนวนกันความร้อนได้ดังนี้

1. การแบ่งประเภทตามลักษณะของฉนวนกันความร้อน
2. การแบ่งประเภทตามส่วนประกอบหลักที่ใช้ทำเป็นวัสดุฉนวนป้องกันความร้อน
3. การแบ่งประเภทตามรูปแบบทางกายภาพ (physical forms)ของฉนวนกันความร้อน

1. <u>การแบ่งประเภทตามลักษณะของฉนวนกันความร้อน</u>

1.1 ฉนวนแบบมวล

1.2 ฉนวนผิวสะท้อนรังสี

1.3 ฉนวนผ้า

1.1 ฉนวนแบบมวล

- ฉนวนที่มีความหนาแน่นมาก การพาความร้อนจะลดลง (การเคลื่อนที่อากาศภายในฉนวนจะน้อยลงจนไม่มีการเคลื่อนที่) ถ้าทำให้ภายในฉนวนเป็นสุญญากาศหรือแทนที่อากาศในช่องด้วยก๊าซที่มีสภาพนำความร้อนต่ำกว่าอากาศ ประเภทก๊าซเฉื่อย ฉนวนจะมีคุณสมบัติดียิ่งขึ้น
- การแผ่รังสีระหว่างเส้นใยฉนวน เมื่อเส้นใยชิดกันมากขึ้นความหนาแน่นฉนวนจะเพิ่มขึ้น การแผ่รังสีจะลดลง เนื่องจากอุณหภูมิของเส้นใยที่ติดกันมีค่าใกล้เคียงกัน

1.2 ฉนวนผิวสะท้อนรังสี

เป็นวัสดุฉนวนที่ลดการถ่ายเทความร้อนจากการแผ่รังสี มีคุณสมบัติคือ มีค่าการแผ่รังสีและการดูดกลืนรังสีต่ำ

1.3 ฉนวนผ้า

ปัจจุบันมีการผลิตฉนวนแบบผ้าขึ้น จัดเป็นวัสดุฉนวนชนิด Textile Fiber ผลิตจากกระบวนการดึงเส้นแก้วจากรูของก้นเบ้าที่ทำจาก Platinum มีลักษณะเป็นเส้นใยแก้วยาวต่อเนื่องกัน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3.5 ถึง 25 ไมครอน นำมาทอเป็นผืนผ้าใยแก้ว มีทั้งชนิด woven และ nonwoven จากข้อมูลของบริษัทไมโครไฟเบอร์อุตสาหกรรมได้ให้รายละเอียดไว้ว่า อุณหภูมิใช้งานสูงสุด 600 องศาเซลเซียส มีคุณสมบัติป้องกันไฟลาม มีความหนา 0.2 ม.ม หรือ 0.0079นิ้ว น้ำหนักประมาณ 200 กรัมต่อตารางเมตร ลักษณะการทอเป็นผืนทอแบบไขว้ธรรมดา มีขนาดความกว้าง 90-106 ซม.

2. <u>การแบ่งประเภทตามส่วนประกอบหลักที่ใช้ทำเป็นวัสดุฉนวนป้องกันความร้อน</u>

วัสดุที่นำมาใช้เป็นส่วนประกอบที่ใช้ทำฉนวนป้องกันความร้อนแบ่งได้เป็น 5 ประเภทใหญ่ๆ ได้ดังนี้

2.1 ชนิดชั้นอากาศหรือฟิล์มอากาศ ประกอบไปด้วยพื้นผิวหลาย ๆชั้น ความต้านทานความร้อนจะเกิดขึ้นจากชั้นของพื้นผิวและชั้นของอากาศในลักษณะนำความร้อนหรือพาความร้อนคร่อมระหว่างชั้นอากาศนี้

2.2 ชนิดวัสดุแบบเซลล์(Cellular Material) ประกอบไปด้วยชั้นเล็ก ๆ ที่ผลึกติดกับเซลล์อันอื่น ๆ ฉนวนแบบเซลล์ผลิตขึ้นจากแก้ว พลาสติกและยาง ตัวอย่างของฉนวนชนิดนี้ได้แก่ เซลลูลาร์กลาส (Cellular Glass) โฟมอิแลซโตเมตริคแบบขยายตัว โฟมโพลิสไตรินโฟมโพลิไอโซไซยานูเรต และโพลิยูริเทน และโฟมยูเรียฟอร์มาลดีไรด์

2.3 ชนิดวัสดุแบบเส้นใย(Fibrous Material) ประกอบไปด้วยเส้นใยที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กๆ จำนวนมาก เส้นใยเหล่านี้อาจทำมาจากวัสดุอินทรีย์ อย่างเช่น เส้นผม ใยพืชต่าง ๆ หรืออาจทำจากวัสดุสังเคราะห์ เช่นใยแก้ว ใยหิน ใยขี้โลหะ ใยอะลูมิน่า ซิลิเกต ใยแร่หิน (Asbestos) หรือใยคาร์บอน

2.4 ชนิดวัสดุแบบเกล็ดหรือแผ่น (Flake Material) ประกอบด้วยอนุภาคขนาดเล็กจำนวนมาก อนุภาคเหล่านี้อาจถูกเทเข้าไปในช่องอากาศหรือทำให้เกาะตัวเข้าด้วยกัน เพื่อทำเป็นรูปทรงฉนวนที่แข็ง ฉนวนแบบเกล็ดที่มีรูปทรงแข็งสามารถใช้งานเป็นฉนวนท่อ

หรือ การใช้งานด้านอื่น ๆ ในลักษณะเป็นบล๊อคหรือแผ่นอัด ฉนวนแบบเกล็ดที่รู้จักทั่วไป คือ เพอร์ไลต์ และเวอร์มิคูไลต์

2.5 ชนิดวัสดุแบบเกรนนูลาร์ (Granular) ประกอบด้วยโพรงเล็ก ๆ ซึ่งเป็นโพรงหรือกลวง ซึ่งช่องกลวงเหล่านี้ สามารถถ่ายเทอากาศระหว่างกันและกันได้ จึงทำให้แตกต่างจากฉนวนแบบเซลล์ วัสดุที่ใช้ทำฉนวนชนิดนี้อาจเป็น แมกนีเซียม แคลเซียมซิลิเกต ดินได้อะตอม (Diatomaccous earth) หรือไม้ก๊อกพืช (Vegetable cork) วัสดุชนิดแรกส่วนใหญ่จะใช้เป็นฉนวนในระบบท่อทางด้านอุตสาหกรรม ส่วนไม้ก๊อกจะใช้งานกับการทำความเย็นที่อุณหภูมิต่ำ

2.6 ชนิดแผ่นบางผิวสะท้อนรังสี (Reflective Material) ประกอบด้วยแผ่นที่มีสภาพการสะท้อนรังสีความร้อนสูงหรือสภาพการแผ่รังสีต่ำ ทำหน้าที่สะท้อนรังสีความร้อนกลับ

2.7 ชนิดผ้า มีลักษณะทอเป็นผืนที่ใช้กันอยู่ปัจจุบันโดยการนำใยแก้วที่ผ่านกระบวนการดึงเส้นแก้วให้มีลักษณะเป็นเส้นเส้นนำมาทอเป็นผืนผ้าทอแบบไขว้ธรรมดามีความหนาประมาณ 0.2 ม.ม

3. <u>การแบ่งประเภทตามรูปแบบทางกายภาพ (physical forms)ของฉนวนกันความร้อน</u>[4]

การแบ่งประเภทตามรูปแบบทางกายภาพ (physical forms)ของฉนวนกันความร้อน แบ่งได้ 7 ชนิดได้แก่

3.1 แบบลูสฟิล (Loose fill) เช่น dry granules or nodules, poured or blown in place

3.2 แบบกึ่งแข็ง (Flexible or semirigid) เช่น blankets and batts of wool – like material

3.3 แบบแข็ง (Rigid) เช่น boards and blocks

3.4 แบบแผ่น (Membrane) เช่น reflective insulation

3.5 แบบพ่น (Spray applied) เช่น mineral fiber or insulating concrete

3.6 แบบหล่อในที่ (Poured in place) เช่น insulating concrete

3.7 แบบโฟม (Foamed in place) เช่น polyurethane

---

[4] John Handcock callender, <u>Time – Server Standards for Architectural Design Data</u>. McGraw-Hill International Book Compamy. 1983

คุณสมบัติของฉนวนผนังอาคาร

ปัจจุบันมีการผลิตฉนวนกันความร้อนแบบต่างๆ เป็นจำนวนมากเพื่อให้เหมาะกับการใช้งานประเภทต่างๆ ในที่นี้จะขอกล่าวถึงคุณสมบัติของฉนวนกันความร้อนชนิดสำคัญที่ยังใช้กันอยู่ในปัจจุบันดังนี้

1. **ฉนวนแคลเซียมซิลิเกต** (Calcium Sillicate)
2. **ฉนวนเซลลูล่าร์กลาส** (Cellular Glass)
3. **ฉนวนใยเซลลูโลส** (Cellulosic Fiber)
4. **ฉนวนโฟมชนิดสารยืดหยุ่น**
5. **ฉนวนใยแก้ว** (Glass Fiber)
6. **ฉนวนใยแร่** (Mineral Fiber)
7. **ฉนวนเพอร์ไลท์** (Perlite) **หรือ ซิลิกาโฟม**(Expanded Sillica)
8. **ฉนวนโพลิสไตรีนโฟม**(Polystyrene Foam)
9. **ฉนวนโพลิยูริเทน/โพลิไอโซไซยานูเรตโฟม** (Polyuerethane/Polyisocyanurate Foam)
10. **ฉนวนเวอร์มิคูไลท์** (Vermiculite)
11. **ฉนวนผิวสะท้อนรังสี** (Aluminum Foild)
12. **ฉนวนผ้าแก้ว**

1. **ฉนวนแคลเซียมซิลิเกต**(Calcium Sillicate)

เป็นฉนวนป้องกันความร้อนชนิด Granular **ชนิดหนึ่ง ประกอบไปด้วยไฮดรัสแคลเซียมซิลิเกต ซึ่งในขณะระหว่างอยู่ในขั้นตอนการผลิต ไอน้ำจะเปลี่ยนรูปหินปูนและซิลิกาไปเป็นไฮดรัสแคลเซี่ยมซิลิเกต ฉนวนชนิดนี้นิยมนำไปใช้ในการหุ้มท่อและภาชนะในกระบวนการทางอุตสาหกรรมที่มีอุณหภูมิสูง และมีความจำเป็นต้องใช้วัสดุที่มีความทนแรงอัดสูง**

2. **ฉนวนเซลลูล่าร์กลาส**(Cellular Glass)

ฉนวนเซลลูลาร์กลาส หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าฉนวนแก้วแบบเซลล์วัสดุที่มีลักษณะเป็นโฟมแข็งก่อตัวขึ้นโดยการเป่าแก้วที่มีไฮโดรเจนซัลไฟด์ให้เกิดเป็นโฟมที่มีเซลล์ขนาดเล็กมาก โฟมแก้วที่ได้นี้จะมีความจุของเซลล์ที่ชิดกัน และเนื่องจากเป็นฉนวนที่ทำมาจากสารอนินทรีย์จึงเป็น

ฉนวนที่สามารถกั้นความชื้นได้ แต่ก็เกิดการเสียหายได้เมื่อโดนความชื้นบ่อยๆ เซลลูลาร์กลาส สามารถใช้งานที่อุณหภูมิสูง เป็นฉนวนที่ไม่เป็นพิษ

การใช้งานฉนวนเซลลูลาร์กลาส จะใช้งานได้ทั้งภายนอกและภายในอาคาร นอกจากนี้ยังสามารถติดตั้งใต้ดินได้ด้วย ช่วงอุณหภูมิใช้งานอยู่ในช่วง180^{o}C ถึง 650^{o}C (ตระการ ก้าวกสิกรรม,2537) แต่การใช้งานที่อุณหภูมิต่ำกว่า -180^{o}Cก็สามารถทำได้ ถ้าได้รับการออกแบบเป็นพิเศษ การใช้งานกับอาคารมักใช้บริเวณหลังคา พื้น และ ผนัง การใช้งานในอุตสาหกรรมสามารถใช้กับอุณหภูมิต่ำมาก และใช้เป็นฉนวนหุ้มท่อได้

3. ฉนวนใยเซลลูโลส(Cellulosic Fiber)

ฉนวนใยเซลลูโลส ผลิตขึ้นมาจากไม้หรือกระดาษที่ใช้แล้วนำกลับมาใช้ใหม่ Recycle ด้วยการแผ่และดึงให้กระจายออกทำการย่อยละเอียดจนเป็นปุย จากนั้นทำการประสานเข้าด้วยกันด้วยกรดบอแร็กซ์ ซึ่งจะช่วยให้มีสภาพต้านทานการลุกไหม้ การดูดซับความชื้น และการยับยั้งการเจริญเติบโตของฟังไจ ฉนวนชนิดนี้นับเป็นฉนวนที่มีคุณสมบัติทางความร้อนต่ำ ราคาถูก และผลิตด้วยกรรมวิธีง่ายจึงเป็นฉนวนที่นิยมใช้กัน แต่ควรระวังเรื่องการไหม้ไฟเพราะความสามารถในการป้องกันไฟไม่ดี การออกแบบและติดตั้งควรให้มีความหนาเพียงพอในการใช้งาน

การใช้งานฉนวนใยเซลลูโลส ใช้บริเวณโพรงผนังและเพดานของอาคารที่พักอาศัย ใช้ในลักษณะแบบเส้นใยอัดเป็นแผ่น (Batts) และแบบคลุม (Blankets) หรือแบบโฟม ฉีดเข้าไปในช่องซ มักใช้เป็นฉนวนใต้ดาดฟ้า หลังคา หรือ ถังใต้ดินขนาดใหญ่

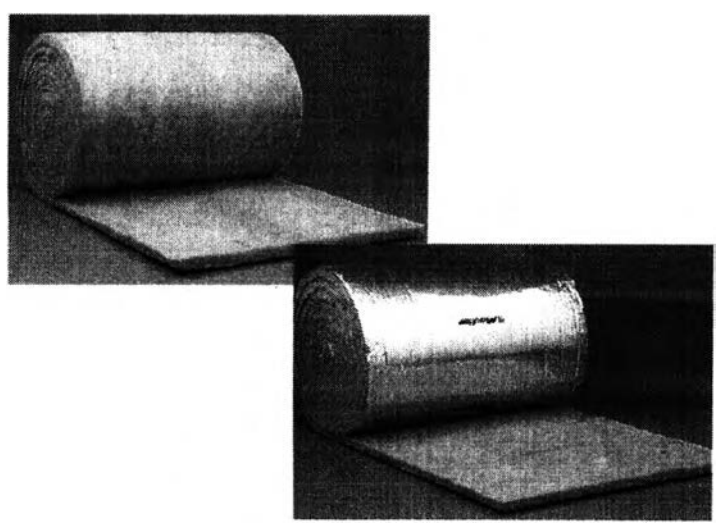
4. ฉนวนโฟมชนิดสารยืดหยุ่น

หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า โฟมแบบขยาย(Expanded rubber foam) เป็นฉนวนที่มีความยืดหยุ่น เมื่อพ่นออกมาแล้วมีการขยายตัวในแบบที่มีอยู่หรือเรียกว่า mold ฉนวนชนิดนี้มีความจุของเซลล์ที่ชิดกันมากทำให้สามารถต้านทานการแทรกซึมของไอน้ำได้ดี จึงเหมาะกับการใช้งานในอุณหภูมิที่ต่ำ เช่นในระบบท่อส่งความเย็น

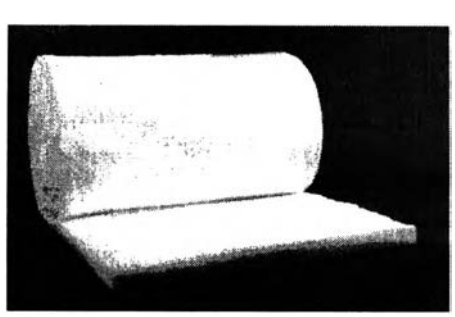
5. ฉนวนใยแก้ว(Glass Fiber)

ฉนวนใยแก้วผลิตขึ้นมาจากการฟันก้อนแก้วด้วยการปั่นจนเป็นเส้นเกลียวบาง ฉนวนชนิดนี้ทำออกมามีทั้งลักษณะแบบลูสฟิลล์แบบแผ่นอัด (Boards) และเส้นใยอัดเป็นแผ่นหรือแบบคลุมหรือห่ม วัสดุชนิดนี้มีแนวโน้มที่จะคืนสภาพความหนาใหม่ได้ภายหลังเมื่อใช้ในลักษณะเส้นใยอัดแผ่น ฉนวนชนิดนี้น้ำสามารถแทรกซึมเข้าไปได้ ข้อจำกัดของฉนวนประเภทนี้ คือ ตัวประสานสามารถลุกไหม้ได้ ซึ่งผิวหน้าโดยทั่วไปประกอบด้วยกระดาษเคลือบแอสฟัลต์ หรือกระดาษแผ่นบางๆ ซ้อนทับกัน เพราะฉะนั้นแม้ว่าวัสดุที่ใช้ทำฉนวนเป็นวัสดุที่ไม่ไหม้ไฟ ในการใช้งานจึงไม่ควรหันผิวหน้าที่ง่ายต่อการติดไฟเข้าหาเปลวไฟ หรือพื้นที่อุณหภูมิสูงกว่า 80 องศาเซลเซียสได้ เพราะอาจเกิดการลุกไหม้ของผิวหน้า หรือเกิดควันที่เป็นอันตรายได้

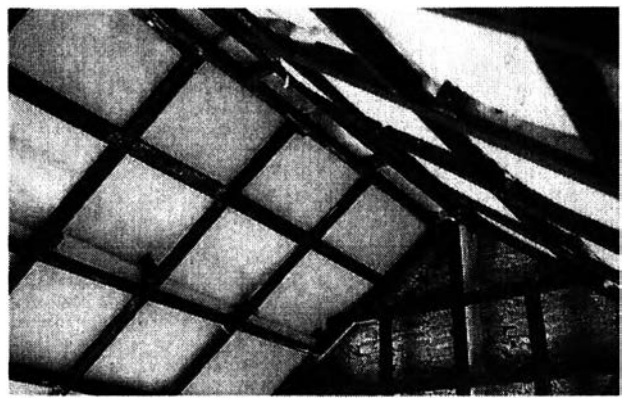
ฉนวนใยแก้วแบบแผ่นอัด มีหลายคุณสมบัติขึ้นอยู่กับวัสดุที่ให้และเปอร์เซนต์ของใยแก้วที่ผสมอยู่ การนำฉนวนใยแก้วไปใช้งานมักจะใช้งานเป็นฉนวนหลังคาอาคาร ผนัง พื้น ห้องใต้ถุนตึก และระบบท่อ นอกจากนี้ยังใช้งานด้านอุตสาหกรรมด้วย เช่น เป็นฉนวนหุ้มถัง ท่อลมเป็นต้น

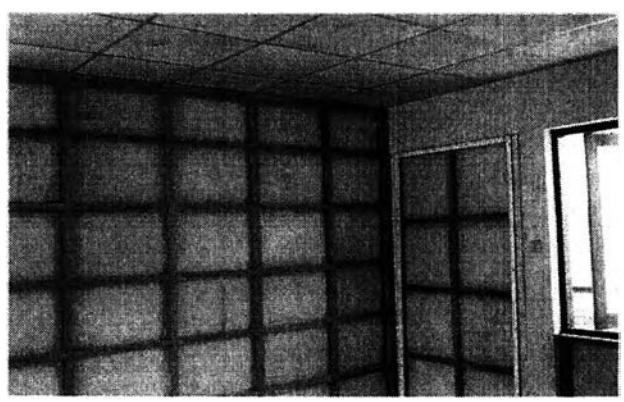


รูปที่ 2.6 ก แสดงภาพฉนวนใยแก้วแบบต่าง ๆ
ที่มา : บริษัทไมโครไฟเบอร์อุตสาหกรรม



รูป2.6ข แสดงภาพฉนวนใยแก้วแบบต่างๆ
ที่มา บริษัทไมโครไฟเบอร์อุตสาหกรรม





รูปที่ 2.7 แสดงการติดตั้งฉนวนใยแก้วในหลังคาและผนังอาคาร
ที่มา : บริษัทไมโครไฟเบอร์อุตสาหกรรม

6. **ฉนวนใยแร่**(Mineral Fiber)

ฉนวนใยแร่หรืออาจเรียกว่าหินแร่(Mineral rocK) **หรือฝอยขี้โลหะ**(Slag wool) **ผลิตขึ้นมาในลักษณะคล้ายคลึงกับฉนวนใยแก้ว วัสดุที่นำมาใช้ในการผลิตใยแร่ คือ ขี้โลหะจากการผลิตเหล็กกล้า ทองแดง หรือ ตะกั่ว ฉนวนใยแร่จะมีรูปแบบคล้ายกับฉนวนใยแก้ว การใช้งานมีลักษณะที่เหมือนกันทั้งในอาคารบ้านเรือน อาคารเชิงพาณิชย์ และอาคารอุตสาหกรรม**

ใยแร่ทำมาจากหินหรือขี้โลหะ ดังนั้นจึงไม่เป็นวัสดุที่ติดไฟ และมีอุณหภูมิหลอมละลายมากกว่า 1200°C (**ตระการ ก้าวกสิกรรม**,2537) **อย่างไรก็ตามตัวประสาน** (Binder) **อาจเป็นวัสดุที่**

ติดไฟได้ การฉาบฉนวนด้วยกระดาษเคลือบแอสฟัลต์หรือกระดาษแผ่นบางซ้อนทับกัน ช่วยให้ผิวหน้าลดการซึมผ่านของไอน้ำของฉนวนแบบเส้นใยอัดเป็นแผ่น แต่เนื่องจากผิวหน้าเหล่านี้สามารถลุกไหม้ได้ จึงควรหลีกเลี่ยงการหันเข้าหาเปลวไฟหรืออุณหภูมิสูง การลุกไหม้ของผิวหน้าหรือตัวประสานอินทรีย์ทำให้เกิดเป็นไอพิษได้

คุณสมบัติอื่น ๆ เช่น เสถียรภาพของขนาด สมรรถนะทางความร้อน และสภาพการติดไฟ พบว่าไม่เป็นผลกระทบจากอายุการใช้งาน เนื่องจากใยแร่ไม่มีความยืดหยุ่นได้เหมือนใยแก้ว จึงไม่สามารถปรับสภาพคืนสู่ความหนาเดิม สภาพต้านทานความร้อนอาจลดลง เมื่อเกิดความชื้นในฉนวนใยแร่ แต่จะมีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะชั่วคราว เมื่อฉนวนแห้งคุณสมบัติจะกลับมาเหมือนเดิม ไม่มีการเจริญเติบโตของฟังไจและแบคทีเรียในฉนวนใยแร่ รวมทั้งไม่มีผลกระทบจากสัตว์ต่าง ๆ ด้วย ใยแร่แบบแผ่นอัดจะใช้เป็นฉนวนสำหรับมุงหลังคา หรือผนัง สามารถประยุกต์ใช้กับงานอุตสาหกรรมได้

7. ฉนวนเพอร์ไลท์(Perlite) หรือซิลิกาโฟม(Expanded Sillica)

ฉนวนเพอร์ไลท์แบบลูสฟิลล์ทำจากเม็ดแก้วภูเขาไฟแบบทราย ที่ถูกขยายตัวขึ้นจากเดิมราว 4 เท่าทำให้มีโครงสร้างเป็นฟองอากาศเล็กอยู่ภายใน โดยปกติจะมีการใช้ซิลิโคนที่ไม่ติดไฟเคลือบเพอร์ไลท์เพื่อเพิ่มสภาพต้านทานการซึมผ่านของน้ำ และป้องกันไม่ให้ความชื้นทะลุผ่านเข้ามาได้ และเนื่องจากเพอร์ไลท์เป็นสารอนินทรีย์จึงไม่ใช้สารที่ติดไฟ รวมทั้งไม่ช่วยให้แบคทีเรียหรือฟังไจเจริญเติบโต

เพอร์ไลโฟม หากนำมาผสมกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์จะได้รูปแบบคอนกรีตที่เป็นฉนวนมีน้ำหนักเบา โดยความหนาแน่นจะเปลี่ยนแปลงตามอัตราส่วนการผสมกัน คอนกรีตพอไลด์ซึ่งอาจหล่อเป็นรูปทรงสำเร็จรูป หรือหล่อในที่ นับเป็นคอนกรีตที่มีความแข็งเพียงพอถ้ามีความหนาแน่นสูง สำหรับสภาพนำความร้อน ขึ้นอยู่กับความหนาแน่นโดยจะเพิ่มขึ้นตามความหนาแน่น

เพอร์ไลท์มักนำมาใช้งานในอาคารเชิงพาณิชย์และอุตสาหกรรม ในลักษณะวัสดุแผ่นอัดเป็นฉนวนหลังคา การใช้งานต่อมานิยมใช้เป็นคอนกรีต คอนกรีตฉนวนพอร์ไลท์ใช้ทั้งแบบหล่อสำเร็จและหล่อในขณะใช้งาน โดยใช้งานกับ ดาดฟ้า หลังคา ผนังอาคาร สำหรับเพอร์ไลท์โฟมที่มีความหนาแน่นต่ำ จะใช้ในลักษณะเป็นฉนวนแบบลูสฟิลล์

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

8. **ฉนวนโพลิสไตรีนโฟม**(Polystyrene Foam)

ฉนวนโพลิสไตรีนโฟมผลิตขึ้นมา 2 รูปแบบ คือ แบบโฟมอัดรีด(Exturded) และแบบโฟมหล่อ(molded) โฟมที่ผลิตด้วยกระบวนการอัดรีดมีความหนาแน่นบรรจุมากกว่า มีรูปร่างที่คงที่มากกว่าและสามารถทนแรงกดและแรงดึงได้มากกว่าโฟมที่ผลิตด้วยกระบวนการหล่อแบบ Polystyrene Foam สามารถลุกติดไฟได้ เพราะฉะนั้นในการนำมาใช้งานต้องมีเปลือกที่มีความต้านทานเปลวไฟ เช่น ยิบซั่มบอร์ด และยังต้องป้องกันไม่ให้วัสดุกระทบกับแสงอาทิตย์โดยตรง เพราะจะทำให้เป็นสีเหลือง และเสื่อมสภาพ อุณหภูมิการใช้งานสูงสุด 80 องศาเซลเซียส ถ้าอุณหภูมิการใช้งานสูงกว่านี้อาจเป็นสาเหตุทำให้วัสดุอ่อนตัวลงได้มักใช้งานในอาคารที่พัก ทางพาณิชย์ และอุตสาหกรรม

9. **ฉนวนโพลิยูริเทน/โพลิไอโซไซยานูเรตโฟม** (Polyuerethane/Polyisocyanurate Foam)

โพลิยูริเทน และโพลิไอโซไซยานูเรตโฟม คือวัสดุฟลูออโรคาร์บอนที่พ่นให้เป็นโฟม โครงสร้างจะแข็งขึ้นอยู่กับการบ่ม โดยโฟมเหล่านี้มีทั้งการหล่อเป็นแผ่นอัด หรือแบบฉีด หรือสเปรย์ในชิ้นงานหรือโครงสร้าง

การเปลี่ยนแปลงขนาดของโพลิยูริเทนและโพลีไอโซไซยานูเรตโฟมขึ้นอยู่กับอายุการใช้งาน เมื่อถูกเผาไหม้จะให้ควันมาก และให้ก๊าซไฮโดรเจนไซยาไนด์ (HCN) ซึ่งเป็นก๊าซพิษที่อันตรายมากที่สุดชนิดหนึ่ง เมื่อสูดดมอาจเสียชีวิตได้ในเวลาสั้น ๆ โพลิยูริเทน และโพลิไอโซไซยานูเรตโฟมเป็นสารที่ลุกไหม้ได้ และต้องหุ้มด้วยวัสดุหน่วงไฟไหม้ เมื่อใช้เป็นฉนวนความร้อนในการประยุกต์ใช้งานโดยมากนิยมใช้ในอาคารพาณิชย์อาคารอุตสาหกรรม และอาคารพักอาศัย โพลิยูริเทนและโพลิไอโซไซยานูเรตโฟมแบบแข็งจะใช้ในลักษณะฉนวนหลังคา ฉนวนพื้นและฐานราก ฉนวนช่องโพรง ผนัง และฉนวนผนังภายนอก และภายใน

10. **ฉนวนเวอร์มิคูไลท์**

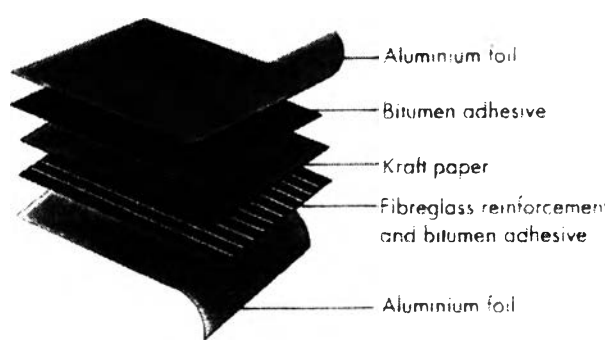
ทำมาจากแร่ไมกาซึ่งมีลักษณะเป็นเกล็ดๆ คล้ายกระจกมีน้ำเป็นส่วนประกอบ ในกระบวนการผลิตอนุภาคจะได้รับความร้อนอย่างรวดเร็วจนเกิดการล่อนเป็นเกล็ดของชั้นไมกา การใช้งานเป็นลักษณะของฉนวนป้องกันความร้อนแบบเทบรรจุเข้าไปในบล๊อค หรือโพรงผนัง หรือถ้านำไป

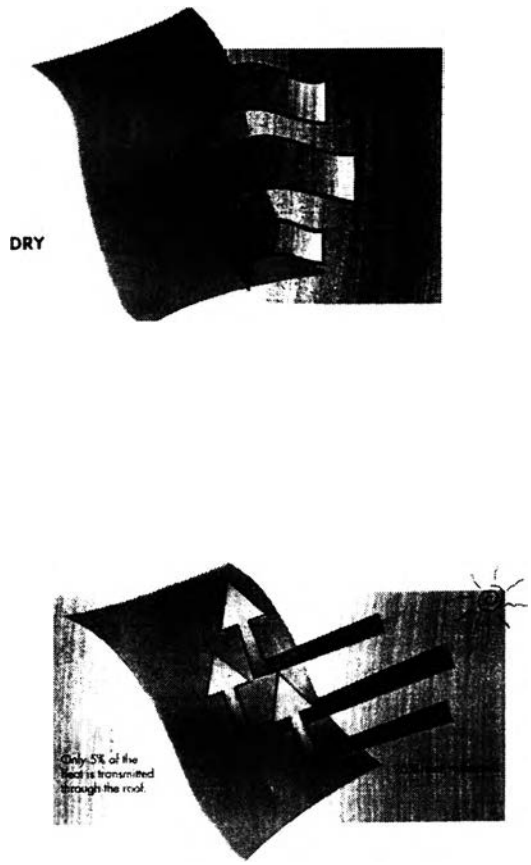
ผสมกับปูนซีเมนต์หรือทราย จะได้เป็นคอนกรีตวอร์มิคูไลท์ ที่มีสภาพนำความร้อนต่ำกว่าคอนกรีตปกติถึง 10 เท่า

10. ฉนวนผิวสะท้อนรังสี

มีคุณสมบัติสะท้อนรังสีที่เกิดจากการแผ่รังสี พื้นผิวที่มีความเรียบการสะท้อนรังสีก็จะยิ่งมีค่ามากขึ้น ถ้ามีการติดตั้งภายในระหว่างช่องอากาศในผนัง หลังคา หรือเพดาน จะทำให้มีประสิทธิภาพในการกันความร้อนมากขึ้น วัสดุที่สามารถนำมาใช้สกัดกั้นรังสีความร้อนมีหลายประเภทพอจะกล่าวได้ดังนี้

1. Single-Sided Foild มีลักษณะเป็นอลูมินั่มฟอยล์ 1 ด้าน และอีกด้านเป็นวัสดุเสริม เช่น กระดาษเหนียว (Kraft Paper) หรือ Polypropylene บางชนิด
2. Double-Sided Foild มีลักษณะเป็นแผ่นอลูมินั่มฟอยล์ 2 ด้าน ระหว่างฟอยล์ทั้งสองเสริมด้วยกระดาษเหนียว (Kraft Paper) และใยไฟเบอร์ ติดด้วยยางมะตอย
3. Foild-Faced Insulation เป็นฉนวนชนิดป้องกันการนำความร้อนโดยผิวหน้าด้านหนึ่งเป็นอลูมินั่มฟอยล์

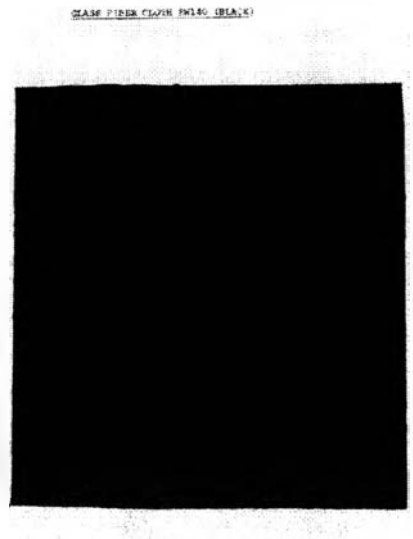




รูปที่ 2.8 แสดงรายละเอียดฉนวนอลูมินั่มฟอด์ย
ที่มา : บริษัทไมโครไฟเบอร์อุตสาหกรรม

12 ฉนวนผ้าแก้ว

จัดเป็นวัสดุฉนวนชนิด Textile Fiber ผลิตจากกระบวนการดึงเส้นแก้วจากรูของก้นเบ้าที่ทำจาก Platinum มีลักษณะเป็นเส้นใยแก้วยาวต่อเนื่องกัน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3.5 ถึง 25 ไมครอน นำมาทอเป็นผืนผ้าใยแก้ว มีทั้งชนิด woven และ nonwoven จากข้อมูลของบริษัทไมโครไฟเบอร์อุตสาหกรรม ได้ให้รายละเอียดไว้ว่า อุณหภูมิใช้งานสูงสุด 600 องศาเซลเซียส มีคุณสมบัติป้องกันไฟลาม มีความหนา 0.2 ม.ม หรือ 0.0079นิ้ว น้ำหนักประมาณ 200 กรัมต่อตารางเมตร ลักษณะการทอเป็นผืนทอแบบไขว้ธรรมดา มีขนาดความกว้าง 90-106 ซ.ม



รูปที่ 2.9 แสดงฉนวนผ้าแก้ว

ที่มา : บริษัทไมโครไฟเบอร์อุตสาหกรรม

ฉนวนกันความร้อนที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายกันในปัจจุบันจะได้แก่ฉนวนประเภท

1. ฟลอยด์
2. โฟม
3. ไฟเบอร์กลาส
4. ร๊อควูล
5. เซลลูโลส

ฉนวนกันความร้อนที่ใช้กับผนังอาคาร

ฉนวนกันความร้อนที่ใช้กับส่วนประกอบโครงสร้างผนังของอาคารได้แก่ เส้นใยแร่อัดแผ่นหรือลูสฟิลล์, โฟม, เซลลูโลสหรือลูสฟิลล์,โฟมอัดแผ่น ใยไม้อัดแผ่น,เส้นใยอัดแผ่น,เส้นใยแร่อัดแผ่น โดยเลือกใช้ตามความเหมาะสมได้ดังนี้

ส่วนประกอบผนัง	ฉนวนผนังสำหรับอาคารพักอาศัย	ฉนวนผนังสำหรับอาคารพาณิชย์/อุตสาหกรรม
1.โพรงผนัง	เส้นใยแร่อัดแผ่นหรือลูสฟิลล์, โฟม, เซลลูโลสลูสฟิลล์	เส้นใยแร่อัดแผ่น, โฟม, เซลลูโลส
2.การหุ้มโครง (Frame)	โฟมแผ่นอัด,ใยไม้แผ่นอัด	โฟมแผ่นอัด, เส้นใยอัดแผ่น
3..Panel	-	เพนเนลมีโฟม, ใยไม้,หรือใยแร่แผ่นอัด เส้นใยแร่อัดแผ่นหุ้มด้วยผิวโลหะหรือแร่

ตารางที่ 2.2 แสดงวัสดุฉนวนที่ใช้กับผนังอาคาร

การแบ่งประเภทของผนังตามวัสดุที่ใช้ทำผนังแบ่งออกเป็น 4 ประเภทใหญ่ ๆ คือผนังไม้ ผนังก่ออิฐ ผนังคอนกรีต ผนังโลหะ ซึ่งแต่ละประเภทจะมีวิธีการหุ้มฉนวนที่แตกต่างออกไป

การเลือกใช้ฉนวนผนังอาคาร

การเลือกใช้ฉนวนกับอาคารควรพิจารณาถึงคุณสมบัติต่าง ๆ ของฉนวนแต่ละประเภทให้เหมาะกับการใช้งาน และสภาพแวดล้อม พื้นที่ตั้ง ข้อคำนึงในการเลือกใช้ฉนวนควรพิจารณาคุณสมบัติของฉนวนในการนำมาใช้งานดังนี้

- ความสามารถในการกันความร้อน
- ช่วงอุณหภูมิการใช้งาน
- ลักษณะทางกายภาพ
- การแทรกซึมน้ำ
- การดูดน้ำ
- การกัดกร่อนวัสดุที่ถูกฉนวนหุ้ม
- สภาพการติดไฟ
- ความหนาแน่นและน้ำหนัก
- ความหนาแน่นของวัสดุ
- การยืดหดตัวเมื่อได้รับความร้อน
- การกันน้ำและความชื้น

- การทนต่อแรงอัด
- ความแข็งแรงและทนทาน
- ความปลอดภัยต่อสุขภาพ
- การทนต่อแมลงและเชื้อรา
- ความจุความร้อน
- การปลอดจากสารเคมีและกลิ่น
- การเสื่อมสภาพ
- การทนต่อสารเคมี
- การบำรุงรักษา
- ปัจจัยต่าง ๆที่มีผลกระทบต่อคนและสุขภาพ
- การดูดซับเสียง

ตารางที่ 2.3 เปรียบเทียบข้อดีและข้อจำกัดของฉนวน

ชนิดของฉนวน	ข้อดี	ข้อจำกัด
แคลเซียมซิลิเกต (Calcium Silicate)	– ไม่ติดไฟ – Temperature Limits สูง 650 องศาเซลเซียส – คุณภาพทางกายภาพและความร้อนไม่เปลี่ยน	– สถาพนำความร้อนปานกลาง – การซึมผ่านของไอน้ำสูง – การดูดซึมน้ำสูง – ราคาแพง
ใยเซลลูโลส(Cellulose)	– สภาพนำความร้อนต่ำ – ราคาถูก – ไม่เป็นพิษ	– ติดไฟง่าย – การดูดซึมน้ำสูง – ราคาแพง
โฟมชนิดสารยืดหยุ่น(Elastomeric Foam)	– สภาพนำความร้อนต่ำ – ติดตั้งง่าย/ราคาถูก – ไม่เป็นพิษ	– ติดไฟได้และเกิดควันสูง – ไวต่อแสงอุลตร้าไวโอเลต – Temperature Limits ต่ำ 105 องศาเซลเซียส
ใยแก้ว(Fiber Glass)	– สภาพนำความร้อนต่ำ – ราคาถูก – ไม่เป็นพิษ – การดูดซึมน้ำต่ำ	– ตัวประสาน (binder) ลุกไหม้ได้ – สภาพการซึมผ่านของไอน้ำสูง – Temperature Limits ปานกลาง700 องศาเซลเซียส

ชนิดของฉนวน	ข้อดี	ข้อจำกัด
ใยแร่(Mineral Fiber or Rock Wool)	– สภาพนำความร้อนต่ำ – ราคาถูก – ไม่เป็นพิษ – ไม่เป็นพิษ	– ตัวประสาน (binder) ลุกไหม้ได้ – สภาพการซึมผ่านของไอน้ำสูง – Temperature Limits สูงที่ 1300 องศาเซลเซียส
เพอร์ไลท์หรือซิลิกาโฟม(perlite or Expanded Silica)	– สภาพนำความร้อนต่ำ – ไม่ติดไฟ – ไม่เป็น	– การซึมของไอน้ำและการดูดซึมน้ำสูง – ต้องมีเปลือกหุ้มกั้นไอน้ำ
โพลีสไตรีนโฟม (Polystyrene Foam)	– สภาพนำความร้อนต่ำ – ใช้เป็นตัวผนึก หรือกันซึมได้ – สภาพการซึมเข้าของน้ำและการดูดซึมน้ำต่ำ – ไม่เป็นพิษ	– ติดไฟได้ – Temperature Limits ที่ 82 องศาเซลเซียส – ราคาปานกลาง
โพลียูริเทน / โพลีไอโซไซยานูเรตโฟม(Polyurethane/polyIsocyanurate Foam)	– สภาพนำความร้อนต่ำสุด – ใช้เป็นตัวผนึก หรือกันซึมได้ – สภาพการซึมเข้าของน้ำและการดูดซึมต่ำ	– ติดไฟได้ – เกิดควันที่เป็นพิษ ขณะลุกไหม้ แก้ไขโดยใส่สารกันไฟลาม – ราคาปานกลางถึงสูง
เวอร์มิคูไลท์ (Vermiculite)	– Temperature Limits สูง 405 องศาเซลเซียส – ไม่ติดไฟ – ไม่เป็นพิษ	– สภาพนำความร้อนสูง – การดูดซึมน้ำสูง – ราคาปานกลาง

ที่มา : เอกสารประกอบการบรรยาย " โครงการวิจัยและถ่ายทอดเทคโนโลยีการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน",2541

ตารางที่ 2.4 เปรียบเทียบคุณสมบัติของฉนวน

ชนิดของฉนวน	ราคา	ช่วงอุณหภูมิใช้งาน	ค่าการนำความร้อน	คุณสมบัติด้านเสียง	การป้องกันไฟ	การดูดซับความชื้น	ความเป็นพิษ	ผลกระทบสิ่งแวดล้อม
RocKwool	++	+++	+	+++	+	+	+	+
Glasswool	++	+	+	++	0	+	+	+
polyurethene	-	-	+	0	--	+	-	-
Polystyrene	0	-	0	0	- -	+	-	-
Polyethylene	-	-	0	0	- - -	+	-	-
Cellulosic Fiber	-	0	0	0	0	- -	+	0
Calcium Silicate	-	-	+	0	++	0	0	-

+++ดีที่สุด ++ดีมาก + ดี 0 ปานกลาง -พอใช้ - -ไม่ดี - - -แย่

ที่มา : เอกสารประกอบการบรรยาย " โครงการวิจัยและถ่ายทอดเทคโนโลยีการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน",2541

รูปที่ 2.10 แสดงการเปรียบเทียบค่าความต้านทานความร้อน(ค่าR) ของวัสดุหนา 1 นิ้ว

1. ช่องว่างอากาศที่มีฟลอยด์ด้านเดียวหรือสองด้านมีค่าความต้านทานความร้อนที่แตกต่างกันมาก แต่ค่าความต้านทานความร้อนจะมากน้อยขึ้นอยู่กับทิศทางการไหลของความร้อน ในตารางเป็นการถ่ายเทความร้อนในแนวนอน
2. ค่าความต้านทานความร้อนของช่องว่างอากาศไม่ได้แปรผันโดยตรงกับความหนาของช่องว่างอากาศ
3. ขึ้นอยู่กับความหนาแน่น ค่าความต้านทานความร้อนของคอนกรีตมวลเบาอาจแปรผันได้ตั้งแต่ 0.03 ไปจนถึง 0.3 m^2, kw

ที่มา : เทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงานเพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีกว่า,2542