الباب الثالث

المواد العازلة للحرارة وأسس اختيارها وتطبيقاتها

١/٣ مقدمة:

تصنع المواد العازلة للحرارة من مواد مختلفة، منها مواد تكونت في الطبيعة مثل الصخور البركانية الخفيفة الوزن كحجر الخفاف والفيرميكيولايت والبيرلايت المعالج بالحرارة ومنها ما يغزل بوساطة الحرارة كالصوف الصخري والألياف الزجاجية، ومنها ما يصنع من مواد كيميائية كالبوليستيرين والبولي يوريثان.

وتتميز مواد العزل الحراري بكثافة منخفضة وبمعامل توصيل حراري منخفض نتيجة احتوائها على مسامات وفراغات مملوءة بالهواء أو الغاز (تتميز الغازات بشكل عام برداءة التوصيل الحراري)، وهي موزعة بأحجام وأشكال مختلفة في المادة حيث تشكل نسبة كبيرة من الحجم الكلي للمادة.

٢/٣ تصنيف المواد العازلة للحرارة:

لمعرفة وفهم خصائص المواد العازلة للحرارة والتي تعتبر أمراً أساسياً يساعد على اختيار هذه المواد في المكان المناسب وتحت الظروف المناسبة، لا بد من التعرف على طبيعة تركيب هذه المواد.

١/٢/٣ تصنيف المواد العازلة للحرارة حسب طبيعة تركيبها الخلوي:

- المواد العازلة الرقائقية (Flake Insulators):

وهي مواد مؤلفة من أجزاء صغيرة على شكل رقائق متراكمة أو قشور يتخللها الهواء، ومثال على هذه المواد الفيرميكيوليت والميكا الممددة والطين الصفحي الممدد.

- المواد العازلة الليفية (Fiber Insulators):

وهي مواد مكونة من ألياف شعرية يتخللها الهواء، ويمكن أن تكون مصنعة من مواد غير عضوية كالألياف الزجاجية والصوف الصخري أو من مواد عضوية كالصوف الطبيعي والقطن و الألياف النباتية واللباد.

- المواد العازلة المسامية (Porous Insulators):

الفراغات في هذه المواد عبارة عن مسامات مختلفة في حجمها وطريقة توزيعها، منها ما هو طبيعي كالخشب والقش و القصب والحجارة البركانية و البيرلايت الممدد وخرسانة الركام الخفيف، ومنها ما هو صناعي بشكل لدائن مسامية كالإسفنج.

- المواد العازلة الخلوية (Cellular Insulators):

وتتميز بتركيب خلوي ذو فراغات صغيرة الحجم وموزعة بشكل متجانس، ويمكن أن تكون مصنعة من مواد غير عضوية كالزجاج الرغوي والخرسانة الخفيفة الرغوية والخلوية والطين الممدد، أو من مواد عضوية كالبوليسترين الممدد المبثوق، الفلين الممدد والبولي وريثان و الفورمالديهايد والفينول الرغوي.

٢/٢/٣ تصنيف المواد العازلة للحرارة حسب الشكل النهائي:

يتم إنتاج المواد العازلة بأشكال مختلفة لتتوافق وبسهولة مع الأنماط المختلفة لتطبيقات العزل الحراري وتكون بأحد الأشكال التالية:

أ- ألواح جاسئة:

وهي ألواح صلبة غير قابلة للثني بأبعاد وقياسات محددة، يمكن قصها ونشرها إلى قطع أصغرلتتوافق ونوع التطبيق، تستخدم ألواح العزل الحراري الجاسئة في الجدران السقوف وتحت الأرضيات بسماكات معينة، ويجب عند استعمال الألواح الجاسئة مراعاة خصائص المادة العازلة والظروف التشغيلية التي سوف تتعرض لها، فلا يجوز استعمال ألواح جاسئة مصنوعة من مادة قابلة للاحتراق في أماكن مكشوفة ومعرضة لأخطار الحريق، ولا يجوز كذلك استعمال ألواح جاسئة ماصة للماء في أماكن معرضة لتسرب المياه أو تكاثف بخار الماء عليها إن لم تكن تلك الألواح معالجة بشكل مناسب ضد الاحتراق أو ضد امتصاص الماء ونفاذ بخار الماء، ويجب مراعاة قدرة تحمل الألواح الجاسئة للأحمال الواقعة عليها عند استخدامها في السقوف أو الأرضيات، كما يجب عدم استعمال الألواح المصنوعة من مواد قابلة للتحلل بأشعة الشمس فوق البنفسجية في مناطق مكشوفة ومعرضة لأشعة الشمس.

ومن أمثلة الألواح الجاسئة ألواح الصوف الصخري بكثافات عالية وألواح البوليسترين الجاسئة

ب-ألواح شبه جاسئة:

وهي ألواح مرنة (فرشات أو بطانيات)، وتستخدم في المناطق غير المعرضة لأي أحمال نظرا لعدم قدرتها على مقاومة الأحمال الواقعة عليها دون حدوث تغيير في شكلها ومقاساتها بسبب الانضغاط، وتعتبر السقوف المعلقة أو ما شابهها من أفضل الأماكن لاستخدامها، ويجب عدم استخدام الألواح شبه الجاسئة أو المرنة في الجدران نظراً لإمكانية هبوطها تحت تأثير وزنها أو تشوهها خلال عملية البناء مما يسبب حدوث جسور حرارية في أماكن الهبوط والتشوه. ومن أمثلة هذا النوع من العوازل الحرارية بطانيات الصوف الصخري والبولي يوريثان المرن.

ت- مغلفات الأنابيب:

وتصنع على شكل قطع مسبقة التشكيل، لعزل الأنابيب والسطوح الاسطوانية وتنتج هذه المغلفات بأشكال جاسئة أو شبه جاسئة(مرنة).

ث- بطانيات ولفائف:

حيث تكون قابلة للطي والثني وتتصف بالليونة والمرونة، ويمكن تكسية سطوحها برقائق الألمنيوم أو الورق المعالج بالقار، كما يمكن تغطية أحد السطحين أو كلاهما بشبك معدني مرن، ومن الأمثلة عليها الصوف الصخري والصوف الزجاجي، ويفضل عدم استعمال مثل هذه النمط في الجدران نظراً لإمكانية هبوطها تحت تأثير وزنها، أو حدوث تشوهات لها أثناء عملية البناء، وفي حال استخدامها في الجدران يجب تثبيتها بحيث يتم ضمان عدم هبوطها.

ج- خرسانة عازلة للحرارة:

عبارة عن مزيج من انواع مختلفة من الركام الخفيف والأسمنت والماء، حيث تتحول بعد جفافها إلى خرسانة خفيفة عازلة للحرارة، كالخرسانة الرغوية و خرسانة الركام الخفيف.

ح- مواد سائبة:

وتكون على شكل حبيبات أو ألياف سائبة أو مساحيق، تستخدم لملئ الفراغات والتجاويف بطريقة السكب أو الضخ أو الملىء باليد، وكمثال عليها حبيبات البيرلايت السائب وحبيبات البولسيترين السائب والركام الخفيف.

ونظراً لقدرة العوازل السائبة على امتصاص الماء أو الرطوبة، فيجب عدم تعرضها لمصادر مياه أو رطوبة.كما أن هذه المواد قابلة للتراص حين تعرضها لأحمال ضاغطة، لذا يجب أخذ الاحتياطات اللازمة لعدم تعريضها إلى أية أحمال تغير من خصائصها لأن ذلك يقلل من كفاءتها في العزل الحراري.

خ- مواد رغوية (منفذة بالرش أو بالحقن):

تستعمل مواد العزل الحراري الرغوية في تعبئة الفراغات والفجوات في الجدران المزدوجة وفي الأماكن غير منتظمة الشكل بالحقن، وتتطلب هذه العملية مهارة فنية في التطبيق للتأكد من امتلاء الفراغات بشكل كامل ومتجانس، وتستخدم مواد العزل الرغوية على السقوف والأرضيات والسطوح الأخرى بسماكات مختلفة وحسب الحاجة بالرش، ويجب في هذه الحالة مراعاة نظافة السطوح والأحوال الجوية السائدة كدرجة الحرارة والرياح والمطر عند تنفيذ العزل الحراري في الأماكن المكشوفة ، ومن أمثلة هذه العوازل البولي يوريثان.

د- أشكال أخرى:

من أجل الأماكن التي يصعب استعمال الأشكال السابقة من مواد العزل الحراري، أو التي تتطلب استخدام أنواع مختلفة لمواد العزل الحراري، يمكن أن نستخدم مواد عازلة بالأشكال التالية :

- مواد حشو للفواصل.
- معاجين عازلة للحرارة.
- أشرطة عازلة للحرارة.
- طلاءات منفوشة.

٣/٢/٣ تصنيف المواد العازلة للحرارة حسب تركيبها الكيميائي:

أ- مواد عضوية:

- البوليسترين الممدد(المشكل بالقولبة).
- البوليسترين المبثوق(المشكل بالبثق).
- البولي يوريثان وينتج كألواح جاسئة أو رغوة تطبق في الموقع.

ب- مواد غير عضوية:

- الألياف المعدنية وتشمل الصوف الصخري والصوف الزجاجي.
- الخرسانة الخفيفة العازلة للحرارة.

تستخدم الخرسانة الخفيفة كطبقة عازلة للحرارة في الأسقف والأرضيات، كما تستخدم في تعبئة الفراغات والفجوات في الجدران المزدوجة، كما تستخدم في إنتاج قطع إنشائية متنوعة على شكل بلوك خفيف مفرغ أو مصمت عازل للحرارة، ونظراً لقابلية الخرسانة الخفيفة لامتصاص الماء فلا يجوز استعمالها في الأماكن المعرضة للمياه أو الرطوبة دون حمايتها بشكل مناسب.

٣/٣ خصائص مواد العزل الحراري:

١/٣/٣ معامل التوصيل الحراري (Thermal Conductivity):

تمتاز مواد العزل الحراري مقارنة ببقية المواد بقيم منخفضة لمعامل التوصيل الحراري، وبالتالي يعتمد اختيار مادة العزل الحراري على مقدار تخفيض الفقد أو الكسب الحراري المطلوب.

٢/٣/٣ الكثافة (Density):

وهي الخاصية التي تعبر عن وزن متر مكعب واحد من المادة العازلة للحرارة (كيلو غرام/متر مكعب)، وتكمن أهمية هذه الخاصية لأغراض تصميم أنظمة العزل الحراري بتحديد صفاتها من حيث موصليتها الحرارية وثبات مقاساتها وقدرتها على الاختزان الحراري والتأخر الزمني ومعامل النقص للعناصر الإنشائية الداخلة في تركيبها، كما أن معرفة الكثافة ضرورية في إجراء الحسابات الإنشائية لعناصر المباني المختلفة.

٣/٣/٣ امتصاص الماء (Water Absorption):

وهي الخاصية التي تعبر عن قدرة المادة أو قابليتها على امتصاص الماء عند غمرها فيه، وتكمن أهمية هذه الخاصية في معرفة كمية الماء التي يمكن أن يمتصها جسم مادة العزل الحراري أثناء تعرضه للمياه، وبالتالي اتخاذ الإجراءات المناسبة لمنع وصول الماء إليه، حيث أن امتصاص المادة العازلة للماء يفقدها كفاءتها في عزل الحرارة.

٤/٣/٣ امتصاص الرطوبة (Water Absorption or Hygroscopy):

وهي الخاصية التي تعبر عن قدرة المادة على امتصاص الرطوبة من الهواء المحيط والتي تكون على شكل بخار ماء، وتكمن أهمية هذه الخاصية في معرفة كمية الرطوبة التي يمكن للعازل الحراري امتصاصها وبالتالي اتخاذ الإجراءات المناسبة لمنع وصول الرطوبة إليه، مع السماح بخروج الرطوبة منه حيث أن وجود الرطوبة فيه يفقده كفاءته في عزل الحرارة.

٥/٣/٣ نفاذية بخار الماء (Water Vapour Permeability):

وهي الخاصية التي تعبر عن كمية الرطوبة النافذة خلال المادة على شكل بخار ماء بتأثير فرق في ضغط بخار الماء بين سطحي المادة، وكظاهرة فيزيائية ينتقل بخار الماء من السطح المعرض للهواء الدافئ نافذاً خلال العناصر الإنشائية إلى الجهة المعرضة للهواء البارد، وتختلف المواد الإنشائية و مواد العزل الحراري بدرجة نفاذيتها لبخار الماء، ويجب اتخاذ الاحتياطات الوقائية كوضع أغشية حاجزة للبخار مثلاً في الاماكن التي يمكن أن تتعرض لتكاثف بخار الماء.

وفي بعض المواد العازلة للحرارة ذات الخلايا المغلقة لا تكمن الخطورة فحسب في إمكانية تكاثف البخار داخل خلاياها التي لا تسمح لدخول الماء السائل إليها بل إن هذه الخلايا قد تتعرض إلى تلف في حالة تجمد الماء المتكاثف في داخلها وبالتالي تفقدها كفاءتها في عزل الحرارة.

٦/٣/٣ ثبات المقاسات (Dimensional Stability):

وهي الخاصية التي تعبر عن قدرة المادة على الاحتفاظ بحجمها وشكلها مع مرور الزمن رغم تعرضها لتغيرات الحرارة والرطوبة وغيرها، والمحافظة على ثبات أبعاد وسماكات مادة العزل الحراري له أهمية في استمرار الأداء الحراري لهذه المادة خلال عمرها التشغيلي.

٧/٣/٢ الاحتراق والاشتعال (Combustion and Flammability):

الاحتراق هو تلف المادة نتيجة تأكسدها عند تعرضها للنيران، أما الاشتعال فيعني حدوث اللهب مع الاحتراق، وتكمن أهمية هذه الخاصية في تحديد إمكانية احتراق المادة أو اشتعالها والمخاطر الناجمة عن ذلك، لذا يجب اتخاذ الاحتياطات اللازمة بعدم تركيب مثل هذه المواد العازلة للحرارة في العناصر الإنشائية في مواضع يمكن وصول النار إليها.

٨/٣/٣ مقاومة الضغط (Pressure Resistance):

وهي الخاصية التي تعبر عن قدرة المادة على تحمل ضغوط معينة قد تتعرض لها لسبب أو لآخر، وتكمن أهمية هذه الخاصية في تحديد مدى قدرة تحمل المادة لضغوط يتوقع أن تتعرض لها أثناء عمليات النقل والتركيب، أو خلال عمرها التشغيلي دون حدوث تهشم أو تشوه لها أو فقدان لأي من خصائصها التشغيلية الأخرى.

٩/٣/٣ مقاومة العوامل الجوية (Weathering Resistance):

وهي الخاصية التي تعبر عن مدى قدرة المادة على مقاومة العوامل الجوية عند تعرضها لها بشكل مباشر وبخاصة الأشعة فوق البنفسجية الناتجة عن أشعة الشمس إضافة إلى العوامل الأخرى كالأمطار والرياح والحرارة وغيرها.

وتكمن أهمية هذه الخاصية في معرفة تأثير هذه العوامل على أداء المادة وعلى عمرها التشغيلي عند استعمالها بشكل مكشوف ومعرض لهذه العوامل.

١٠/٣/٣ درجة الحرارة التشغيلية (Working Temperature):

وهي الخاصية التي تعبر عن قدرة المادة على الاحتفاظ بخصائصها التشغيلية دون حدوث أي ضرر لها عند تعرضها لارتفاع درجات الحرارة أو انخفاضها عن حد معين، وتكمن أهمية هذه الخاصية في تحديد درجات الحرارة التشغيلية القصوى والدنيا التي يمكن للمادة أن تؤدي وظيفتها عندها بشكل جيد.

١١/٣/٣ التراصّ و الهبوط (Compaction and Setting):

وهي الخاصية التي تعبر عن تغير أبعاد وكثافة المادة عند تعرضها للأحمال أو الاهتزازات وبالتالي تغير معامل التوصيل الحراري لها، وتكمن أهمية هذه الخاصية في تحديد مدى ملاءمة مادة العزل الحراري كالمواد السائبة والليفية بحيث توضع بشكل مناسب في أماكن لا يؤدي فيه استعمالها إلى تكون جسور حرارية بسبب التراص أو الهبوط.

١٢/٣/٣ استرجاع الأبعاد (Dimensional Recovery):

وهي الخاصية التي تعبر عن قدرة المادة على العودة إلى أبعادها الأصلية بعد زوال أي أحمال مؤقتة قد تتعرض لها، إذ أن عدم استرجاع أبعادها قد يتسبب في زيادة قيمة معامل التوصيل الحراري لها ونقصان مقاومتها الحرارية وبالتالي انخفاض كفاءتها في العزل الحراري.

١٣/٣/٣ الالتصاق (Adhesion):

هذه الخاصية تبين قدرة المادة على الالتصاق على السطوح المخصصة للتطبيق عليها بدون تقشر أو تقبع لاحق، وهي من الخصائص المهمة التي يجب توفرها في المواد الرغوية العازلة للحرارة المنفذة بالطلاء أو الرش على السطوح، وتعتبر درجة الحرارة عند التطبيق وكذلك درجة حرارة السطح المراد تنفيذ العازل الحراري عليه عوامل مهمة تؤثر على خاصية الالتصاق يجب أخذها بالحسبان، كذلك فإنه من المهم بيان حدود درجات الحرارة التي يجب أن يطبق عندها العازل الحراري والتي تؤدي إلى التصاق سليم أو تحديد خاصية الالتصاق عند درجات حرارة مختلفة لضمان التصاق جيد طوال مدة الاستعمال.

١٤/٣/٣ الانكماش (Shrinkage):

وهي الخاصية التي تعبر عن تغير أبعاد مواد العزل الحراري الرغوية أو المنفذة بالرش بعد جفافها، وتكمن أهمية هذه الخاصية في تحديد مدى انكماش المادة وتأثير ذلك على حجمها وخصائصها الحرارية ومدى إمكانية حدوث التشققات فيها بعد جفافها.

٤/٣ اختيار مواد العزل الحراري:

يجب الأخذ بعين الاعتبار عند اختيار مادة العزل الحراري الظروف التشغيلية والبيئية المحيطة بها والقدرة على مقاومتها ومن ثم تحقيق المتطلبات التصميمية المطلوبة منا. ويتم الاختيار وفق الأسس التالية:

(أ)المناخ السائد:

- طبيعة المناخ العام
- درجة التعرض للعوامل الجوية

(ب)تصميم المباني وطبيعة إشغالها:

- توجيه المباني (Buildings Orientation)
- تهوية المباني (Buildings Ventilation)
- العناصر الإنشائية المستخدمة(Buildings Elements)

(ج)خصائص مواد العزل الحراري:

- الموصلية الحرارية
- السعة الحرارية النوعية
- امتصاص الماء ونفاذية بخار الماء
- مقاومة العوامل الجوية
- الكثافة
- الانضغاطية
- الاحتراق والاشتعال
- درجة الحرارة التشغيلية
- الأخطار الصحية
- المواد المضافة

(د) جودة تصنيع العازل الحراري

(هـ) الجدوى الاقتصادية للعزل الحراري

٣/٥ المواد العاكسة للحرارة:

تختلف مبدئياً طبيعة انتقال الحرارة في المواد المسامية أو الخلوية العازلة للحرارة عنها في المواد العازلة العاكسة للحرارة. ففي المواد المسامية أو الخلوية تشكل المسامات والخلايا الهوائية المنتشرة في المادة العازلة للحرارة حواجز أمام مجرى التيار الحراري وبذلك تعيق انتقال الحرارة من السطح الحار إلى السطح البارد للمادة، أما في حالة المواد العازلة العاكسة للحرارة فتتم إعاقة الجزء المنتقل بالإشعاع من الحرارة خلال عناصر البناء حيث أن السطوح اللامعة لهذه المواد تعكس الجزء الأكبر من الأشعة الحرارية الساقطة عليها، ومن ناحية عمليه فيمكن الحد من انتقال الحرارة خلال العناصر الإنشائية بعمل تجاويف فيها على شكل طبقة فراغية داخلية بحيث يتم تغليف أحد سطوح التجويف أو كلا السطحين بشرائح أو أغشية من المواد العازلة العاكسة للحرارة.

إن قيمة الانبعاثية للمواد العازلة العاكسة للحرارة لها أثر كبير على انتقال الحرارة الإشعاعية من سطوح المواد سلباً أو إيجاباً فالمواد العازلة العاكسة للحرارة ذات السطوح اللامعة لها قيم انبعاثية منخفضة لذلك فإنه من المفيد استخدامها في العزل الحراري.