مقدمة

طور الإنسان معالجاته للظروف البيئية المحيطة به من خلال التجارب الطويلة والمستمرة في ممارسة البناء فاستطاع أن يتعرف على خصائص مواد البناء فصار يستخدمها بأقصى فعالية لتلبية احتياجاته ومتطلباته .. فمن بين العيوب الرئيسية في المباني الخرسانية رداءة سلوكها وتصرفها الحراري بالنظر الى طبيعة المناخ وشدة حرارته . وافضل دليل على ذلك هو منحنى استهلاك الطاقة الكهربائية في مدينة الرياض فالملاحظ ارتفاع استهلاك الكهرباء في فصل الصيف بمقدار الضعف عن فصل الشتاء . والسبب في هذا التزايد الكبير يرجع بصورة أساسية إلى الطاقة الكهربائية المستعملة لتشغيل وسائل التكييف المتنوعة والتي يضطر إليها الناس لطرد الحرارة الشديدة والنافذة الى مساكنهم نتيجة رداءة ومقاومة الحوائط والأسقف لاختراق الحرارة من الخارج .

1 – 3 -1 العزل الحراري *Heat Insulation* **:**

العزل الحراري هو استخدام مواد لها خواص تساعد في الحد من تسرب وانتقال الحرارة من خارج المبنى إلى داخله صيفاً ، ومن داخله إلى خارجه شتاءً .

ويمكن تقسيم الحرارة التي تخترق المبنى والتي يفترض التخلص منها باستعمال أجهزة التكييف للحفاظ على درجة الحرارة الملائمة إلى ثلاثة أنواع هي :

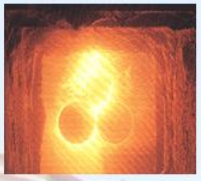
1- الحرارة التي تخترق الجدران والأسقف والأرضيات .

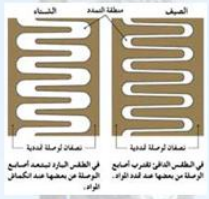
2- الحرارة التي تخترق النوافذ والأبواب والفتحات الأخرى .

3- الحرارة التي تنتقل عبر فتحات التهوية .

وتقدر الحرارة التي تخترق الجدران والأسقف في أيام الصيف بنسبة 60-70 ٪ من الحرارة المراد إزاحتها بأجهزة التكييف . وأما البقية فتأتي من النوافذ وفتحات التهوية .

وتقدر نسبة الطاقة الكهربائية المستهلكة في الصيف لتبريد المبنى بحوالي 66 ٪ من كامل الطاقة الكهربائية المستهلكة . ومن هنا تنبع أهمية العزل الحراري لتخفيض استهلاك الطاقة الكهربائية المستخدمة في أغراض التكييف ؛ وذلك للحد من تسرب الحرارة خلال الجدران والأسقف لتحقيق الهدف الوظيفي الملائم للمسكن وتقليل التكلفة .





1 – 3 – 2 معامل الانتقال الحراري *Thermal Transmittance, U-Value* **:**

ويعبر عن المعدل الزمني لمرور التيار الحراري بالوات (watt, w) من خلال العناصر الإنشائية داخل وخارج المبنى ، ويرمز له بـ U ووحدة القياس له هي : وات/ م^2 . سْ ($w/m^2 . c°$) .

وقيمة معامل الانتقال الحراري ضرورية لمعرفة كفاءة العازل الحراري ، بحيث كلما قلت قيمة معامل الإنتقال الحراري تزداد قدرة العزل الحراري .

1 – 3 – 3 معامل التوصيل الحراري *Thermal Conductivity, k* **:**

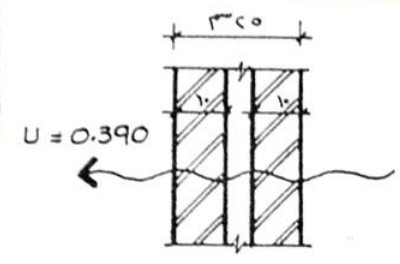
وهو كمية الحرارة التي تمر خلال وحدة من المساحة للعنصر الإنشائي بعامل اختلاف درجة حرارة مئوية واحدة ، ووحدة القياس له هي : وات/ م . سْ ($w/m . c°$) .

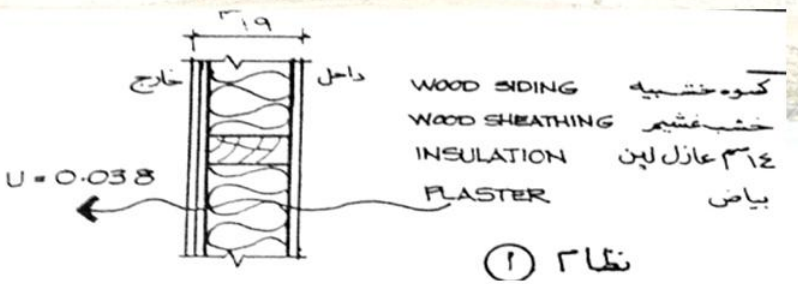
1 – 3 – 4 طرق إنتقال الحرارة *Heat Transfare* **:**

تنتقل الحرارة خلال المواد عن طريق وسائل الإنتقال فيزيائياً ، وهي التوصيل ، الحمل ، الإشعاع التي يمكن تعيفها كما يلي :

أ) التوصيل *Conduction* **:**

هو إنتقال الحرارة من خلال جزيئات الجسم الصلب الأسخن (الأعلى حرارة) إلى جزيئاته الأكثر برودة (الأقل حرارة) والملامسة للجزيئات الساخنة فيه .





ب) الحمل *Convection* :

وهو إنتقال الحرارة في السوائل وكذلك الغازات المتحركة . ويتم نتيجة لحركة الجزيئات الساخنة للسائل أو الغاز حيث تُشكل هذه الحركة تيارات الحمل والتي بدورها تعمل على توازن درجة حرارة السائل أو الغاز . ففي الغاز كالهواء يكون إنتقال الحرارة بالحمل في الهواء المحيط بمصدر الحراراة فترتفع جزيئات الهواء الملامسة لمصدر الحرارة لأعلى بسبب تمددها وخفة وزنها ويحل محلها جزيئات من الهواء البارد الذي يجري تسخينه أيضاً ليصعد إلى الأعلى ناقلاً الحرارة خلال جزيئاته .

ج) الإشعاع *Radiation*:

وهو تحول الطاقة الحرارية في جسم ما إلى طاقة حرارية إشعاعية (طاقة تُشع إلى خارجه) وإنتقالها إلى جسم آخر يقوم بدوره بتحويلها إلى طاقة حرارية . والأشعة الحرارية هي عبارة عن موجات كهرومغناطيسية تُشبه موجات الضوء ومختلفة عنها في طول الموجة وتُسمى بالأشعة فوق البنفسجية وبالتالي فهي تحتاج إلى وسط مادي تنتقل من خلاله وبذلك يحدث الإنتقال للطاقة الحرارية إشعاعياً حتى في الفراغ .

2 – 1 فوائد العزل الحراري

1-ترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية أثناء عمليات التبريد والتدفئة ، بنسب قد تصل إلى 30 - 40 % .

2-حماية العناصر الإنشائية للمبنى والمحافظة على الأثاث من تغيرات دراجات الحراة .

3- رفع مستوى الراحة والسلامة الصحية لساكني المبنى .

4-تخفيض تكاليف شراء أجهزة التكييف والتدفئة من خلال تقليل سعتها .

5-التقليل من التلوث البيئي والانبعاث الحراري والضجيج .

2 – 2 معايير اختيار مواد العزل الحراري المناسبة :

1 – أن تكون المادة العازلة ذات معامل توصيل حراري منخفض .

2 – أن تكون على درجة عالية في مقاومتها لنفاذ الماء وبخار الماء .

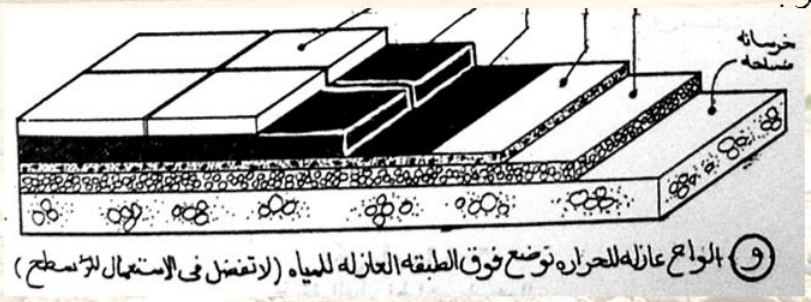
3 – أن تكون على درجة عالية في مقاومتها للإشعاع الحراري .

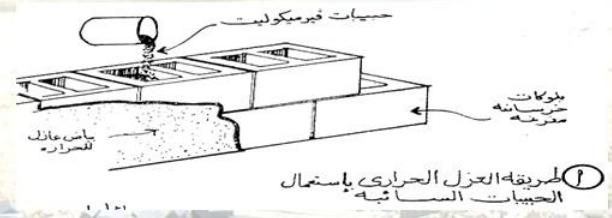
4 – أن تكون على درجة عالية في مقاومتها للاجهادات الناتجة عن الفروقات الكبيرة في درجات الحرارة التي تؤدي إلى التمدد والإنكماش المتبادل والمستمر الذي يتسبب في فقد بعض الخواص الميكانيكية الهامة لمادة العزل الحراري .

5 – أن تكون ذات خواص ميكانيكية جيدة كارتفاع معامل المقاومة الانضغاطية ومعامل المقاومة للكسر .

6 – أن تكون مقاومة للحريق .

7 – ألا ينتج عنها أضرار صحية ، وأن تكون مقاومة للبكتيريا والعفن وغير قابلة لنمو الحشرات فيها





8 – أن تكون ثابتة الأبعاد على المدى الطويل ، قليلة القابلية للتمدد أو التقلص تحت تأثير العوامل الجوية والمناخية المحيطة .
9 – أن تكون مقاومة للتفاعلات والتغيرات الكيميائية .
10 –أن تكون سهلة التركيب .
11- أن تكون مطابقة للمواصفات القياسية الأردنية.

2 – 3 خصائص مواد العزل الحراري :

إن اختيار مادة عازلة معينة يستلزم معرفة خصائصها والتي يمكن تلخيصها كالتالي :

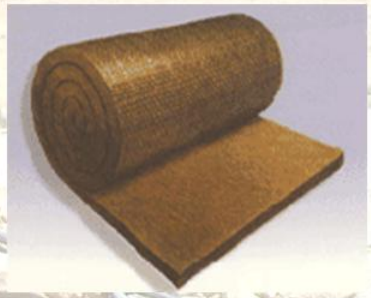
1 - الخصائص الفيزيوحرارية *Phsiothermal Characteristics* :

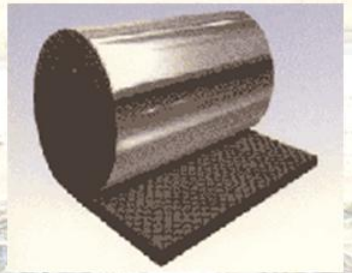
مثل خاصية التوصيل الحراري ، الإنتشارية الحرارية ، مقاومة الصدمة الحرارية ، الإختزان الحراري والإنبعاثية والماصية والحرارة النوعية وغيرها .
ومعامل التوصيل الحراري للمادة يُعتبر من أهم الخصائص التي يتم بها تمييز وتقييم مادة العزل الحراري ، وتوضح قدرة المادة على العزل الحراري ، فكلما إنخفض هذا المعامل دل ذلك على زيادة مقاومة المادة لنقل الحرارة والعكس صحيح . ومن ذلك يتضح أن المقاومة الحرارية تتناسب تناسباً عكسياً مع معامل التوصيل الحراري لمادة العزل الحراري .

ويتم إنتقال الحرارة خلال المادة العازلة بواسطة جميع وسائل الإنتقال المعروفة وهي (التوصيل ، الحمل ، الإشعاع) كما ذُكر سابقاً . ويُلاحظ أن المواد ذات الأسطح العاكسة تُعتبر مواداً فعالة في العزل الحراري لقدرتها العالية على عكس الإشعاعات والموجات الحرارية وصدها بشرط أن تُقابل فراغاً هوائياً . وتزداد قدرة هذه المواد على العزل بزيادة لمعانها وصقلها . ولمعرفة المقاومة الكلية للإنتقال الحراري لابدمن تجميع كل المقاومات المختلفة لطبقات الحائط والسقف والأرضيه بما فيها مقاومة الطبقة الهوائية الملاصقة للأسطح الداخلية والخارجية . وتجميع هذه المقاومات يُشبه تماماً تجميع المقاومات الكهربائية ، فهي تكون على التوازي أو التوالي ، ويعتمد هذا على موقع هذه المواد في الحائط أو الأرضية أو السقف . وإضافة لما ذُكر من خواص حرارية فإن هناك خواص أخرى كالحرارة النوعية والسعة الحرارية ومعامل التمدد والإنتشار والتي يفضل معرفتها لكل مادة عازلة .

2 – الخصائص الميكانيكية لمواد العزل الحراري *Mechanical Characteristics* :

من أهم الخواص الميكانيكية لمواد العزل الحراري والتي يتوجب معرفتها وتُحدد إمكانية إستخدام مادة ما في تطبيق معين من عدمه هي خواص مثل : مقاومة الضغط ، مقاومة الثني ، مقاومة القص . فخاصية مقاومة الضغط تُعتبر من أهم الخصائص الميكانيكية المطلوبة للمواد العازلة وتدل على القوة التي يُمكن أن تتحملها المادة حين تتعرض لقوة إنضغاط أو أوزان معينة . وتُقاس تلك الخاصية بإستخدام وحدة الكتلة مقسومة على المساحة (كجم/م2) أو الكيلو باسكال .





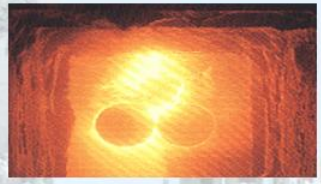
3 – الخصائص الفيزيائية *Physical Characteristics* :

ومن أهمها الكثافة ، ثبات الأبعاد ، التمدد بالحرارة ، المرونة ، مقاومة التراخي والهبوط ، خاصية إمتصاص الماء ، نفاذية بخار الماء والخاصية الشعرية لامتصاص الماء *Capillary Rise* .

وتُعتبر خاصية إمتصاص الماء ونفاذية بخار الماء من أهم الخواص الفيزيائية التي تُؤثر على مدى مقاومة التوصيل الحراري للمواد العازلة ، فمعامل التوصيل الحراري للماء عالٍ جداً وبالتالي فإن إمتصاص مادة العزل الحراري للماء أو الرطوبة يؤدي إلى رفع قيمة معامل التوصيل الحراري للمادة العازلة بشكل كبير ، ويتناسب ذلك مع كمية الماء أو الرطوبة التي توجد بداخل المادة والتي بالتالي تفقد المادة قدرتها على العزل الحراري بشكل كبير . وعليه فإنه كلما زادت الرطوبة (الماء) في مادة العزل كلما زاد توصيلها للحرارة وبالتالي تنخفض خاصيتها في عزل الحرارة .

4 - خصائص الإحتراق *Burning Characteristics*:

إن معرفة قابلية الإحتراق ومدى مقدرة المادة العازلة على مقاومة الحريق يُساعد في تحديد الخطورة التي قد تنشأ عند إحتراقها . كما أن معرفة الخصائص المتعلقة بتصرف المواد العازلة عند الحريق وخاصة تلك القابلة للإحتراق يُساعد في إتخاذ الإجراءات المناسبة للوقاية من الخطورة المحتملة منها . ومن أهم القيم التي يُمكن تحديدها في هذا المجال معدل الإحتراق ، معدل إنتشار اللهب على الأسطح ، معدل إمتداد الحريق ، كثافة الدخان ، درجة سُمِّية المواد الناتجة عن الإحتراق .



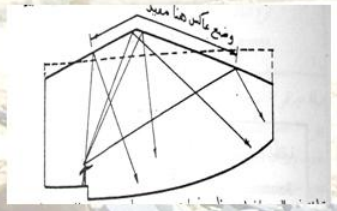
5 – الخصائص الأمنية والصحية :

يكون لبعض المواد العازلة خواص معينة منها ما قد يعرض الإنسان للخطر سواء وقت التخزين ، أو أثناء النقل أو التركيب ، أو خلال فترة الاستعمال ، فقد تسبب بعضها في إحداث عاهات في جسم الإنسان دائمة أو مؤقتة كالجروح والبثور والتسمم والالتهابات الرئوية أو الحساسية في الجلد والعينين مما يستوجب أهمية معرفة التركيب الكيميائي للمادة العازلة ، بالإضافة إلى صفاتها الفيزيائية الأخرى من حيث قابليتها للاحتراق والتسامي وغيرها من الصفات المذكورة في الفقرة 3-4 (خصائص الإحتراق) .

6 – الخصائص الصوتية *Acoustic Characteristics*:

بعض المواد العازلة للحرارة تستخدم أيضاً لتحقيق متطلبات عزل الصوت مثل تشتيته أو إمتصاص الإهتزازات . لذا فإن معرفة الخواص المرتبطة بهذا الجانب قد يحقق هدفين بوسيلة واحدة نتيجة لاستخدام تلك المواد ، وهما العزل الحراري والعزل الصوتي .

إضافة إلى ما سبق من خواص فإن هناك خواص أخرى قد تكون ضرورية عند اختيار المادة العازلة المناسبة كمعرفة الكثافة والقدرة على مقاومة الانكماش وإمكانية الاستعمال لعدة مرات ، وسهولة الاستعمال والصيانة ، وانتظام الأبعاد ومقاومة التفاعلات الكيميائية والمقاسات والسماكات المتوفرة ، بالإضافة للعامل الاقتصادي الذي يلعب دوراً هاماً في استخدام تلك المواد العازلة وكذلك العمر الافتراضي لمادة العزل بالمقارنة بمستوى جودة العزل التي تقدمها تلك المادة .



2 – 4 مواد العزل الحراري :

يمكن تقسيم مواد العزل الحراري من حيث منشأها (مصادرها) وكذلك من حيث التركيب الفراغي لها كالتالي :

أ) مصادر مواد العزل الحراري :

تنقسم مواد العزل الحراري حسب مصادرها إلى أربعة أقسام :

1 – المواد العازلة من أصل حيواني : مثل صوف وشعر الحيوانات واللباد ، ويعتبر استخدامها كمواد عازلة محدوداً .

2 – المواد العازلة من أصل جمادي : كالصوف الزجاجي ، والخرسانة والخرسانة الخفيفة .

3 – المواد العازلة الصناعية : وتشمل المطاط والبلاستيك الرغوي مثل البوليسترين والبولي يورثين الرغوي وأيضاً أنواع الخرسانة الخفيفة .

4 – المواد العازلة من أصل نباتي : وتشمل الألياف أو المواد السليولوزية مثل القصب والقطن وخلافه .

المواد العازلة للحرارة

تركيب ليفي

أ) ألياف معدنية
- الالياف الزجاجية
- الألياف الصخرية
- الألياف الأسبستوسية

ب) ألياف غير معدنية
- الصوف الطبيعي
- اللباد
- الألياف الاصطناعية
- الألياف النباتية

تركيب خلوي

أ) مواد خلوية غير عضوية
- الزجاج الرغوي
- الطين المدد
- الخرسانة الرغوية
- الخرسانة الخلوية

ب) مواد رغوية عضوية
- البوليسترين المقلوب
- البوليسترين المبثوق
- البوليورثين
- الفومالديهايد
- الفينول الرغوي

تركيب مسامي

أ) مواد مسامية طبيعية
- الخشب بأنواعه
- القش
- القصب
- الحجارة البركانية
- البيرلايت الممد

ب) لدائن مسامية

تركيب فشري

- الفيرميكيولايت
- الميكا الممدة
- الطين الصفحي الممدد

2 – 5 أنواع المواد العازلة واستخداماتها :

يمكن أن توجد المواد العازلة على عدة صور كما هو موضح بالجدول السابق ونأخذ بعضاً منها كأمثلة مستخدمة كالتالي :

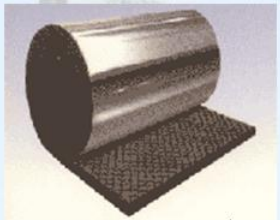
1 – اللباد (ألياف غير معدنية) .

يوجد على شكل لفائف طويلة وسماكات مختلفة ، وأغلب اللباد مغلف بالورق أو برقائق معدنية مزودة بإطار من الجانبين لمسك الجوانب، ويمكن أن تكون الرقيقة المعدنية على وجه واحد من تلك اللفائف ، كما يمكن أن يكون أحد الأوجه مغلفاً بالورق المغطى بالأسفلت أو البيتومين ليعمل كحاجز للبخار أو الرطوبة أو طبقة من الورق الرقيق المثقب على الوجه الآخر وهو حالياً قليل الإستخدام .

وغالباً ما يصنع اللباد من مواد عضوية تشتمل على ألياف زجاجية . وكذلك يمكن توفير الألياف السليولوزية على هيئة اللباد . ويوضع اللباد على الحائط الداخلي للبناء ، وغالباً ما يستخدم في عزل الأسقف والحوائط .

2 – حبيبات الحشو الخفيف (مواد مسامية طبيعية) .

وتتكون هذه المادة العازلة من حبيبات صغيرة ، وعند استخدام عزل الحبيبات فإن معدات الشفط الموجودة في الناقلات الحاملة لهذه المادة العازلة تقوم بشفط الحبيبات وتوجيهها للمكان المطلوب عزله حيث يتم بثقها .



3 – سائل رغوي مبثوق (مواد خلوية عضوية) .

توجد هذه المادة بنوعين : أحدهما : ألياف غير عضوية من النوع اللاصق ، والثاني : يكون مبثوقاً حيث يتصلب بعد بثقه بفترة وجيزة ويتركب النوع غير العضوي من ألياف الصوف المعدني . ويتم تركيبه بواسطة آلات خاصة مصممة لهذا الغرض، أما النوع الثاني فيتكون من عبوتين مناسبتين لأغراض الرش (البثق) .

4 – الألواح الصلبة أو الشرائح (مواد رغوية غير عضوية) .

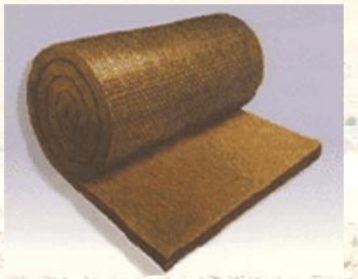
وهي واسعة الانتشار ،

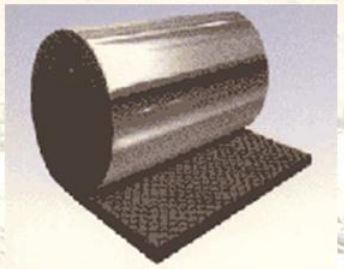
وتستخدم في المباني لعزل الأسطح والخرسانات الرغوية .

وتصنع المواد العازلة كما يلي :

1 – الألياف الزجاجية *Fiber Glass* :

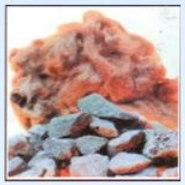
تكون المواد الأولية لمادة الزجاج الليفي والذي يطلق عليه أيضاً اسم الصوف الزجاجي أو الزجاج الليفي من الرمل والصودا وبعض الإضافات الأخرى التي يتم مزجها ومن ثم صهرها في فرن عند درجة (1400) س حيث تنتقل بعدها إلى جهاز الغزل لتحويلها بطريقة الطرد المركزي إلى آلياف معدنية دقيقة . ثم يجري بعدهامعالجة الألياف بمادة رابطة راتنجية (*Binder*)ويتم إنتاج الزجاج الليفي بسماكات وكثافات وأشكال مختلفة تُشبه الصوف الصخري . ويتميز الزجاج الليفي بمقاومته الكبيرة للإحتراق وقدرته على عزل الصوت ويُنصح بإستخدامه في المباني الحديدية . وهي مادة مشابهة لمادة الصوف الصخري حيث أن لها معامل إمتصاص ماء ورطوبة عادلي وقوة تحملها للضغط منخفضة جداً .





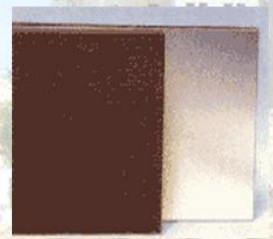
2 – الصوف الصخري *Rock wool* :

يتم صناعة الصوف الصخري من الصخور الطبيعية ، ويمكن صناعتة أيضاً من خبث الحديد أو النحاس أو الرصاص بدلاً من الصخور الطبيعية كمادة خام .
ويتم صهر الخبث باستخدام الفحم كوقود ، ويغزل الصوف الصخري في ألياف بصب المادة المنصهرة في وعاء دوار .
وتجفف الألياف بواسطة البخار وتبرد بسرعة لدرجة حرارة الغرفة . ويتم رش تلك الألياف مع مادة صمغية من الفينيل والتي تعمل كرابط (*Binder*) وتُضغط ، ثم يتم معالجتها بتمريرها في فرن ، ويتم تقطيع الشرائح الناتجة بالحجم المناسب ، ويمكن إضافة مادة أخرى هي الزيوت المعدنية لتقي السطح ضد الأتربة والمياه ، ولا تتأثر خواصها من حيث الثبات ومقاومة الحريق بمرور الوقت أو تغير درجات الحرارة .
تتميز مادة الصوف الصخري بمقاومة عالية للحريق وقدرة عالية على عزل الصوت ويُعيبها قابليتها العالية لامتصاص الماء والرطوبة والمقاومة الضعيفة جداً للإنضغاط .



3 –البوليسترين الممدد (البوليسترين المشكل بالقولبة) *Expanded or Molded Polystyrene* :

يُعتمد في إنتاج مادة البوليسترين على عملية البلمرة لمادة الـ "ستايرين" الخام وهي مركب كيميائي عضوي من مشتقات البترول . ولصناعة البوليسترين يتم معالجة هذه الحبيبات حرارياً وبوجود مادة محفزة . ثم يجري خلط المركب بالماء الساخن وكميات من غاز الميثان (المساعد للتمدد) وهو مايسمى بعملية البلمرة . ينتج عن عملية البلمرة هذه حبيبات صغيرة من البوليسترين تكون مشبعة بغاز الميثان . ويتم تصنيع مادة العزل الحراري من البوليسترين الحبيبي الممدد على ثلاثة مراحل وهي مرحلة التمدد الأولي للحبيبات ثم مرحلة إنضاج الحبيبات الممددة ثم أخيراً مرحلة القولبة والتي يجري فيها تعبئة قوالب الإنتاج النهائي بالحبيبات الممددة ثم يتم حقن الحبيبات الممددة في القوالب المغلقة ببخار الماء والذي يعمل على تتمدد الحبيبات وعلى تجميع سطوحها مما يؤدي إلى إلتحامها .



4 –البوليسترين المشكل بالبثق *Extruded Polystyrene* :

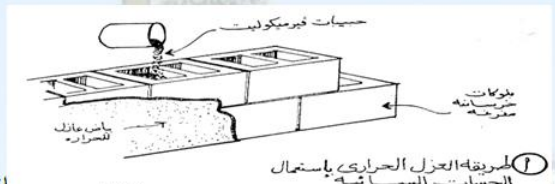
تعتمد صناعة هذا النوع من البوليسترين على المادة الناتجة عن عملية بلمرة الستايرين والمتمثلة في حبيبات البوليسترين وتتم عملية التصنيع بوضع المادة الخام أولاً وتمييعها بالحرارة في جهاز البثق ومن ثم خلطها بمادة رافعة (نافخة) (*HCFC*) غير ضارة بطبقة الأوزون ثم يجري بعدها الإستمرار في عملية بثق المادة المضغوطة من الجهاز إلى الجو الخارجي على شكل مادة لدنة ويمتاز البوليسترين المشكل بالبثق في تركيبه الخلوي بدرجة عالية من التجانس وبخلاياه المغلقة وبقدرة عالية في العزل حيث أن معامل التوصيل الحراري لهذه المواد يُعتبر منخفض جداً ويُنصح باستخدامها في المناطق المعرضة للماء أو الرطوبة دون الحاجة لاستخدام مواد أخرى لحمايتها من الماء أو الرطوبة وكما هو مستخدم في نظام السطح المقلوب الوارد ذكره لاحقاً وذلك لمقاومتها الكبيرة لإمتصاص الماء والرطوبة .

5 – مادة البوليوريثين : *Polyliurethene*

هناك نوعان من مادة البوليريثين الرغوي يجري إنتاجهما لأغراض العزل الحراري والصوتي وهما البوليوريثين المرشوش وألواح البوليوريثين الصلبة (البوليوريثين المرن والبوليوريثين الجاسيء) ويتم إنتاج النوعين عن طريق تفاعل كيميائي بين كل من مادة الأيزوسيانيد مع مادة راتنيجية سائلة مثل الهيدروكسيل مع إضافة مواد محفزة وغازات نافخة مثل الفلوروكربون وتعتمد نوعية وجودة المادة المنتجة من البوليورثين على نوع المادة الراتنيجية المستعملة وكذلك المواد الأخرى الداخلة في عملية التصنيع مثل غازات النفخ ، المواد المحفزة والمواد المعيقة للإشتعال .. إلخ .ويوصى عند تركيب مادة البوليوريثين في الأسطح (الأسقف) أن يتم تركيبها باستخدام النظام التقليدي المذكور لاحقاً بحيث تكون الألواح العازلة للحرارة تحت طبقة العازل المائي وذلك لحمايتها من الماء والرطوبة . وعند رش البوليوريثين في الموقع فإنه يتطلب فريق من العمالة المتخصصة في عملية التنفيذ للحصول على طبقة متجانسة وبكثافة ثابتة ما للسماكة المطلوبة .

وبعد إتمام عملية الرش يجب تزويد سطح البوليورثين بطبقة واقية
(*Coating*)وذلك لحماية المادة من تأثير مياه الأمطار وأشعة الشمس الفوق بنفسجية .

وتستخدم تلك المواد لتغليف هياكل المباني ، وبذلك يمكن الحصول على عزل لكامل هيكل المبنى مما يقلل من تأثير العناصر ذات التوصيل الجيد للحرارة .
ويعمل معظم مصنعي تلك المواد على وجود وسائل لهروب بخار الماء الذي يمكن أن يتسرب لمادة العزل ، ويجب أن تُغطى بمادة غير قابلة للإشتعال عند إستخدامها كمادة عازلة للحرارة كما هو الحال في معظم إستخداماتها .
ويؤثر الزمن سلباً على تلك المادة ، وتتناسب درجة الإنكماش
أو التمدد مع درجة الحرارة والرطوبة ومدة التعرض للحالات القصوى .



طريقة العزل الحراري باستعمال الحبيبات السائبة

6 - البيرلايت الممدد *Extruded Perlite* **:**

ينتج البيرلايت الممدد كمادة عازلة على شكل حبيبات ممددة بيضاء اللون من هشيم المادة الطبيعية [illegible] الأولية صناعياً بالحرارة مما يؤدي إلى تمددها ثم يتم تعريضها إلى درجات حرارة عالية ينتج عنه تميع السطح الخارجي للحبيبات ويتم إنتاج حبيبات البيرلايت الممدد بكثافات تتراوح بين 35 و 240 كغم/م3 وتستعمل الحبيبات كمادة عازلة للحرارة لملء التجاويف والفراغات في مجالات البناء . وتحتوي المادة على مسامات مفتوحة مملوءة بالهواء فهي عرضة لإمتصاص الماء بنسب عالية ولذلك يتم أحياناً معالجتها بمادة السليكون للتقليل من عملية إمتصاص الماء والرطوبة ويمكن خلط البيرلايت الممدد مع الإسمنت ليعطي خرسانة خفيفة عازلة وبأشكال مختلفة .

7- الخرسانة الخلوية :

وهي خرسانة خفيفة منخفضة الكثافة بسبب حجم الخلايا والمسامات الهوائية الموزعة فيها والتي يتم إنتاجها عن طريق إضافة مسحوق أو محلول على شكل خليط يتفاعل بوجود الماء ضمن الكتلة الخرسانية الطازجة أثناء عملية الخلط ، ويعتبر مسحوق الألمنيوم المضاف لخلطة الخرسانة من أهم وأكثر المساحيق المستخدمة لإنتاج الخرسانة الخلوية حيث يتم إضافة مسحوق الألمنيوم إلى الإسمنت والرمل والماء في خلاطة مركزية . وبعد المزج مباشرة يتم صب الخليط الذي يكون على شكل عجينة سائلة في قوالب حسب المقاس المراد في التصميم .

ويحدث تفاعل الألمنيوم مع الجير وتتفاعل ألومينات الكالسيوم وغاز الهيدروجين لتكوين الخلايا المسامية في الخرسانة ، كما يمكن إضافة مادة هايدروكسيد الصوديوم للتعجيل في عملية توليد الهيدروجين اللازم لتشكيل الخلايا المسامية . وقد سجل هذا الاختراع في السويد عام 1929م ويوجد في أسواق المملكة تحت مسمى سيبوريكس . وتتراوح كثافة الخرسانة الخلوية بين (200 إلى 1400) كجم/م3 . وتنقص مقاومة هذا النوع من الخرسانة للكسر . وتزيد موصليتها للحرارة مع زيادة كثافتها . كما يجب معالجتها للحد من امتصاصها للرطوبة .

8 – الزجاج الرغوي :

وهو من المواد الخاملة ويتكون من الزجاج الصافي الذي لا يحتوي على أي مواد رابطة بين جزيئاته وهو مصنف من نوع المواد العازلة ذات التركيب الخلوي وتصل كثافته إلى (140 كجم/م3) ، وتبلغ موصليته الحرارية إلى (0.55 وات/م.س) فقط عند درجة حرارة (20)س ورغم احتوائه على مسامية عالية من الفراغات الهوائية إلا أنه يمتاز بمقاومة ميكانيكية عالية للكسر والشد والثني والقص وهو غير منفذ للماء وغير قابل للإحتراق ومجال ثباته الحراري هو بين (- 260°م) و (+ 430°م) . ويمكن استخدامه في الأماكن التي لا تزيد درجة حرارتها عن (250°م) .

2 – 7 إستخدام المواد العازلة للحرارة في الأسطح والجدران والأرضيات :

1 –الطرق المتبعة في عزل الأسطح والجدران .

عزل الأسطح :

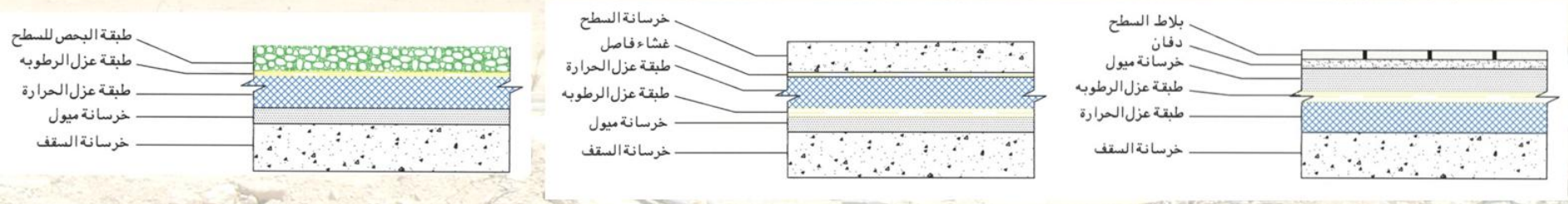
يوجد هناك نوعان من الأنظمة التي تستخدم في عزل الأسطح ، هما نظام السطح التقليدي ونظام السطح المقلوب . ففي النوع الأول (النظام التقليدي) تكون طبقة العازل المائي فوق طبقة العازل الحراري (كما هو موضح بالأشكال الموضحة أدناه) لحماية العازل الحراري من الماء وخاصة مواد العزل الحراري التي تكون فيها نسبة إمتصاص الماء مرتفعة نسبياً ، وفي هذا النظام يتعرض الغشاء العازل للماء (العزل المائي) إلى الإجهادات الحرارية المتواصلة والناتجة عن التفاوت الكبير في درجات الحرارة بين الليل والنهار وبين فصول السنة المختلفة والتي تؤدي إلى تمدد وتقلص هذا لغشاء مما يفقده مرونته وبالتالي قدرته على العزل نتيجة الجفاف والتشقق الذي قد يلحق به ، وفي هذا النظام يتعرض غشاء العازل للماء إلى إجهادات ميكانيكية أثناء التركيب أو بعده نتيجة وجود بعض أجهزة التكييف وغيرها وأعمال الصيانة على سطح المبنى وبالتالي يقل العمر الإفتراضي للعازل المائي وتزداد تكاليف الصيانة وفي حالة فشل النظام كعازل مائي فإنه قد يؤدي إلى أضرار جسيمة داخل المبنى يصعب حصرها نتيجة تسرب المياه ، وهذا عوضاً عن الأضرار التي تلحق بالعازل الحراري لوصول الماء إليه .

أما في النوع الثاني (نظام السطح المقلوب) والذي يكون فيه العزل الحراري فوق طبقة العازل المائي ، يقوم العزل الحراري بحماية العازل المائي من الإجهاد الحراري والتعرض للأشعة الفوق بنفسجية وكذلك الإجهاد الميكانيكي أثناء التركيب وبعده وعليه يزيد العمر الإفتراضي لغشاء العازل المائي ، وبالتالي تنخفض تكاليف الصيانة بدرجة كبيرة .

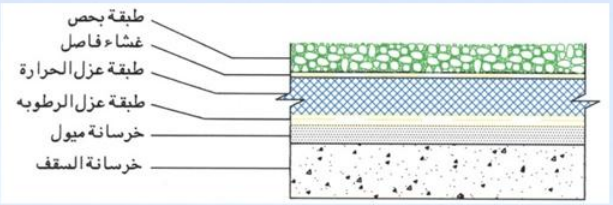
ولكي يتسنى إستخدام نظام السطح المقلوب يجب أن تكون مقاومة مادة العزل الحراري لامتصاص الماء والرطوبة ذا مقاومة كبيرة بحيث يجب أن لاتزيد نسبة إمتصاص مادة العازل الحراري للماء عن (0.2%) بالنسبة للحجم وذلك حسب ما جاء في المواصفة الألمانية (DIN53421) .

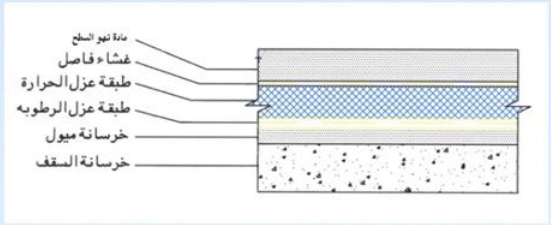
أمثلة على العزل الحراري للسطح :

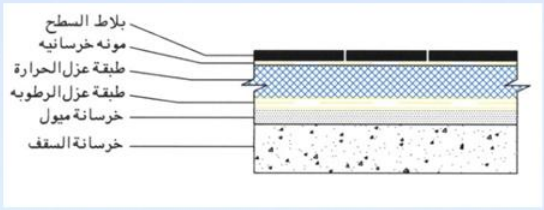
أ) طريقة عزل السطح التقليدي



أمثلة على العزل الحراري للسطح :
ب) طريقة عزل السطح المقلوب







عزل الجدران الخارجية :

يوجد هناك أربعة أنواع من الأنظمة التي تستخدم في عزل الجدران الخارجية للمباني وهي :

1 – النظام الأول :

ويُعرف بنظام الجدار الواحد المبنى من الطوب الأحمر أو الطوب الأسمنتي والذي توضع في داخله شرائح متوازية الأضلاع من العزل الحراري مثل البوليسترين المبثوق أو المدد أو الصوف الصخري وغيرها .

وفي هذه الأنظمة يوجد نوعين من الجسور الحرارية التي نُصنفها كالتالي :-

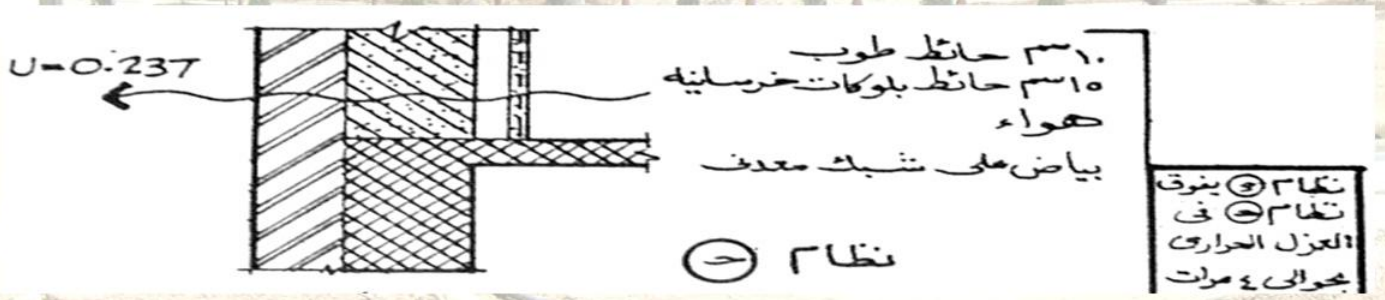
أ) الجسور الحرارية الناتجة عن الأجزاء الموصلة بين نهايتي جسم البلوك .

ب) الجسور الحرارية الناتجة عن إستخدام المونه الأسمنتيه بين البلوك أثناء التركيب . وهذه الجسور تسيء إلى نظام العزل حيث لاتؤمن الحد الأدنى من متطلبات توفير الطاقة الكهربائية .

2 – النظام الثاني :

وهو نظام الجدار الواحد من الطوب الإسمنتي المعزول بشريحة واحدة من مادة البوليستيرين المبثوق أو الممدد ، وفي هذا النظام يوجد جسور حرارية ناتجة عن إستخدام المونه الأسمنتية بين البلوك أثناء التركيب وعليه فهو أفضل من النظام الأول

ولكن نسبة تسرب الحرارة في هذا النظام قد تصل إلى 49% تقريباً لوجود الجسور الحرارية السابقة الذكر (المونة الإسمنتية) .



3 - النظام الثالث :

وهو النظام التقليدي ، ويُعتبر الحل الأفضل في عزل الجدران ، وفي هذا النظام يتم بناء جدارين متوازيين بحيث تركب أنواع العزل الحراري بين فراغ الجدارين حيث تفصل هذه الألواح بين الجدار الخارجي والجدار الداخلي للمبنى بشكل كامل وتلغى الجسور الحرارية الموجودة في الأنظمة السابقة الذكر (الشكل) ويؤخذ في الإعتبار عامل التكلفة والصيانة ، كما يؤخذ في الإعتبار الجسور الحرارية الموجودة في الكمرات والأعمدة والميدات الأرضية التي لا يغطيها مادة عازلة للحرارة في الجدران الخارجية .

4 - النظام الرابع :

وهو نظام العزل من الخارج حيث يتم تثبيت العوازل الحرارية على الجدران الخارجية للمبنى وبحيث يتم تغليفه تماماً ثم يتم تركيب التشطيبات الخارجية مثل الزجاج أو حجر الرياض أو مواد (STB) من الخارج وفي هذا النظام يتم التغلب على جميع الجسور الحرارية . وهو النظام الوحيد الذي يعزل الأعمدة والجسور و الميدات ويُلغي عملها كجسور حرارية ، ولكن يجب مراعاة مراجعة طريقة تثبيت مواد النهو الخارجي للمبنى والتكلفة الإجمالية لهذا النظام .

نظام العزل من الداخل :

يمكن إستخدام نظام العزل من الداخل في المباني ذات التشطيب الخارجي الخاص أو في عزل المباني القائمة المبنيه سابقاً والغير معزولة حرارياً وفي هذا النظام يمكن تركيب ألواح العزل الحراري على جميع الجدران الداخلية المواجهة للمحيط الخارجي باستخدام مادة لاصقة أو طريقة تثبيت تتناسب مع مادة العزل الحراري المستخدمة .

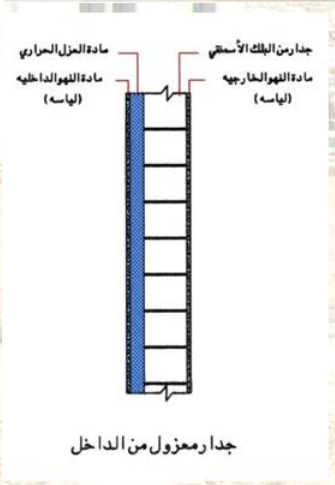
ثم يجب بعد ذلك تغطية السطح الداخلي للعزل الحراري بالتشطيبات الداخلية المناسبة مثل :-

1 - لياسة إسمنتية بسماكة 20 مم على أن يتم تركيبها على الشبك المعدني المثبت ميكانيكياً في الحائط .

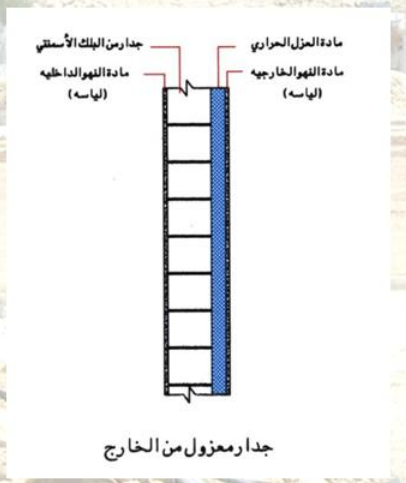
2 - لوح من الجبس بسماكة لا تقل عن 9.5 مم .

3 - لوح إسمنتي بسماكة لا تقل عن 8 مم .

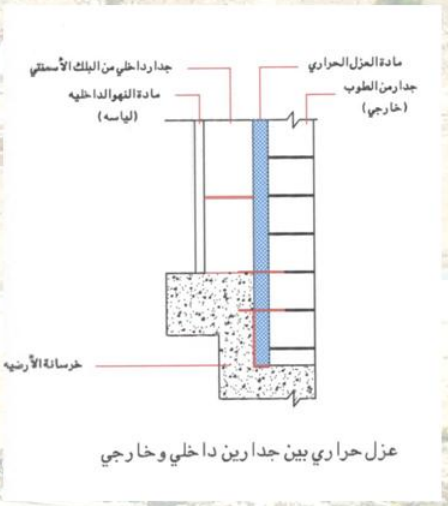
وفي هذا النظام يتم عزل جميع الأعمدة وجزء من الكمرات من الداخل وعليه يتم التخلص من أحد الجسور الحرارية التي تؤثر بشكل كبير على نجاح أو فشل النظام الخاص بالعزل الحراري للمبنى .



جدار معزول من الداخل



جدار معزول من الخارج



عزل حراري بين جدارين داخلي وخارجي

عزل الأرضيات :

قد تصل درجات حرارة التربة على عمق 3 أمتار إلى 33 ° مئوية تقريباً . وعليه فإن عزل الأرضيات هام جداً . ومن شأن عملية العزل الجيد للأرضيات أو يقلل من تدفق الحرارة من الأرضيات في المباني المكيفة ويجب

أن تتوفر في مادة العزل الحراري للأرضيات شروط أساسية وهي :

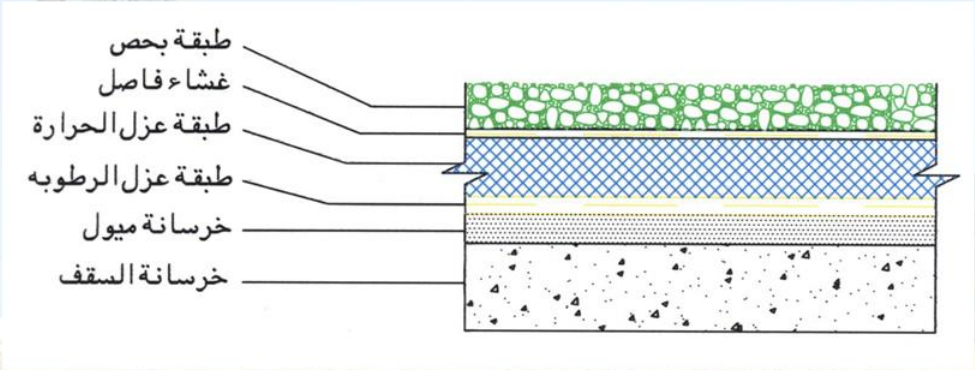
1 - أن تكون ذات قوة إنضغاطية عالية .

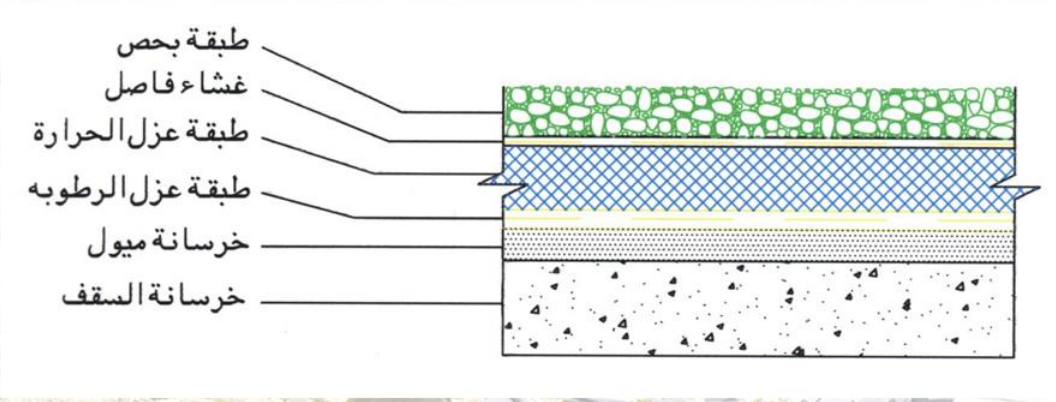
2 - أن تكون مقاومة لامتصاص الماء والرطوبة .

3 – أن تكون ذات معامل توصيل حراري منخفض ، أي أنه لابد أن توفر الحد الأدنى المطلوب للعزل الحراري .

ومن التطبيقات الخاصة في عزل الأرضيات المخازن المبردة والأسطح المستعملة كمواقف للسيارات وفي هذه التطبيقات يجب إستخدام مواد عزل لاتقل قوة إنضاغطها عن 680 كيلوباسكال .

ويمكن تركيب عزل الأرضيات بأحد النظامين التاليين :





الخصائص العامة لمواد العزل الحراري المستخدمة في المباني

المادة العازلة	الكثافة كجم/م3	الاستخدام	معامل التوصيل الحراري عند 24 مئوية واط/م.كلفن	النسبة المئوية لامتصاص الماء % من حجم المادة (ASTM C272)	نفاذية بخار الماء2 بيرم/بوصة (ASTM E96)	قوة تحمل الضغط كجم/م2	مقاومة الحريق	تغير الصفات الحرارية مع الزمن
قوالب أو الواح البوليستيرين الحبيبي الممدد Expanded or Molded Polystyrene	20 – 13	الجدران	0.0374	2.5	5 – 0.6	528 – 80	يحترق ويخرج دخاناً	لا يتأثر
	35 – 32	الأسطح	0.0331					
ألواح البوليسيرين المبثوق Extruded Polystyrene	28 – 26	الجدران	0.0288	0.3	1.4 – 0.4	2000 – 240	يحترق ويخرج دخاناً	يتأثر كثيراً لاستخدام غاز الفريون في إنتاجه
	35 – 32	الأسطح	0.0288					
البوليوريثين Polyliurethene	28 – 26	الجدران	0.026	5 – 2	4 – 2	960 – 320	يحترق ويخرج دخاناً	يتأثر كثيراً لاستخدام غاز الفريون في إنتاجه
	48 – 35	الأسطح	0.023					
الخرسانة الخفيفة Light Weight Concrete	240 – 1040	للجدران والأسقف	0.43 – 0.065	49.33 – 12.52 امتصاص عالي يمكن معالجته	—	–	يقاوم الحرارة وينصهر عند 1100 س	لا يتأثر
الزجاج الرغوي	140	للجدران والأسقف	0.55	صفر	—	–	يقاوم الحرارة وينصهر عند 430 س	لا يتأثر
الألياف الزجاجية Fiber Glass	120 – 17	الأسقف المعدنية والجدران	0.051	مرتفعة جداً	مرتفعة جداً	ضعيفة	الألياف مقاومة للحريق والمواد الرابطة تحترق	لا يتأثر
الصوف الصخري Rock wool	120 – 29	الأسقف المعدنية والجدران	0.051	مرتفعة جداً	مرتفعة جداً	ضعيفة	الألياف مقاومة للحريق والمواد الرابطة تحترق	لا يتأثر
البيرلايت Perlite	240 – 80	الجدران	0.39 – 0.16	مرتفعة جداً	مرتفعة جداً	يعتمد على قوة تحمل الخلطة الإسمنتية	يقاوم الحرارة وينصهر عند 1300 س	لا يتأثر