جمهورية العراق

وزارة الإعمار والإسكان
الهيئة العامة للمباني

وزارة التخطيط
الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية

مدونة العزل الحراري

مدونة بناء عراقية

م.ب.ع ٥٠١

الطبعة الاولى
٢٠١٣م-١٤٣٤هـ

جمهورية العراق

وزارة الإعمار والإسكان

الهيئة العامة للمباني

وزارة التخطيط

الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية

مدونة العزل الحراري

مدونة بناء عراقية

م.ب.ع ٥٠١

ان هذه المدونة ملتمسة رسميا وملزمة بموجب قانون الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية ومنشورة في جريدة الوقائع العراقية بعددها ذي المرقم ٤٣٣٢ في ١ ٩ ٢٠١٤ وجميع ما تحتويه من اشتراطات ملزمة الاتباع والتطبيق من قبل الجهات الحكومية والقطاع الخاص لجميع المشاريع الانشائية وقطاع التشييد في جمهورية العراق وكل نسخة غير مختومة بختم الوزارة تعاقب حقوق الطبع والنشر والتوزيع لغير مؤوزة

وزارة الاعمار والاسكان

الطبعة الاولى

٢٠١٣م - ١٤٣٤هـ

اللجنـــــــــــــة العليا لمشـــــروع المـــــواصفات الفنيـــة والمدونـــات العراقيـــــــــة

محمد صـاحب الدراجـــي / وزيـــر الاعمـــــار والاســـــــكان / رئيـس اللجنـــــــــة

استبرق ابراهيـم الشـــوك / الوكيـــل الاقـــدم لـــوزارة الاعمـــــــار والاســـــــــكان

د.حميد علي عمران الانباري / عضو هيئة المســتشـــــارين / الامانـة العامة لمجلس الـــــــوزراء

سعـد عبـد الوهـــــاب / رئيس الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية / رئيس اللجنة الفنيـة

حســين مجيـــد حســـين / مديرعام الهيئة العامة للمباني / وزارة الإعمار والإسكان / مديرالمشـــروع

رياض حمـودي الوزيـــــر/ مدير عام التخطيط والمتابـــعة / وزارة البلديات والأشغـــال العامـــــة

جـلال حسيـن حســـــن / مدير عام شـركة الرشـــــيد / وزارة الصنـــــاعة والمعـــــادن

لـــــواء كريـــم العبيـــدي/ وزارة البيـــئـــة

د.نمير خورشيـــد سعـــيد / قسم هندســة البناء والانشـــاءات / الجامعـة التكنولوجيـــــــــــــــة

رعد عبد الجليل عبد الامير/ مدير عام دائرة التصـاميـــم الهندسية / وزارة الموارد المائيـــــــــة

صـــادق محمـود الشمـري / مدير عام شـــركة ابن الرشـــــــــد / أمانة بغـــــــــــــــداد

خضير عباس داود/ مديرعام دائرة شؤون المحافظات غير المنتظمة في اقليم/ وزارة العلوم والتكنولوجيا

الفريـــق العامـــل على إعـــداد مدونـــة العـــزل الحـــراري

الأســـــتاذ الدكتور / شـــاكر أحمـــد صالـــح

الأستاذ مساعد الدكتور / وســـن اسماعيل خليل

الأستاذ المساعد الدكتور / طـــالب كشاش مرتضى

المـــدرس الدكتـــور / زينب عامر شمس الدين

المـــــــدرس / اسيل شعبان منســـي

فـــريـــق تدقيـــق مدونـــة العـــزل الحـــراري

الأســـــتاذ الدكتور/ بهجت رشـــاد شـــاهين

الأســـــــتاذ / زهيـــر ميخائيل ساكو

الاســـــتاذ الدكتور / زين العابدين محمد رؤوف

الاســـــتاذ المساعد / صدقي اسماعلى رزوقي

اللجنـــــــــــــة الفنيـــــــــــــة للمشـــــــروع

الخبير المهندس سعـد عبـد الوهـــاب / رئيس اللجنـــــة

الدكتور المهندس علي عبـــــد الحسيـــــن مجبـــــل

الدكتور الجيولـوجـي قـــراس فيصـــل عبـد الحميـــد

ر.مهندسين أقدم حســـــيـــن محمـــــد علـــــــــي

الدكتورالمهندس خالـــد احـــمـــد جـــــــــودي

الدكتورالمهندس خالـــــــد كامـــــــــــل داود

الدكتورالمهندس رائـــد رمـــــــزي العمـــــــري

الدكتورالمهندس محمـــــــــد مصلـــح ســـــلمـــان

ر.مهندسين أقدم داود عـــــــــواد حـــمـــــود

الدكتور المهندس ليـــــث خـــالـــــد كامـــــــل

ر.مهندسين أقدم نيـــــران حســـيـــن علـــــوان

ر.مهندســـين جنـــان رضـــــا محـــمـــــد

اللجنـــــــــــــة الاداريـــــــــــة للمشـــــــــــروع

الخبير المهندس حسين مجيد حسيـن / مديرالمشـــروع

الدكتورالمهندس رائـــد حســـــــــن عبـــــود

م.ر.مهندسيـــن الهـام ابراهيـــم عـــبـد الـــــرزاق

لجنـــــــــــة متابعـــــــــة المدونـــــــــــة

الخبير المهنـدس جبار حمزة لطيـــف / رئيـــس اللجنـــة

الخبيـــر/ ســـــــميرة ابـــــــراهيم علـــــــــي

تقديم

بسم الله الرحمن الرحيم

لَئِنْ كانَ يَحِقُّ للأُمَمِ والأفرادِ أنْ تفتخرَ بنتاجِها الفِكْريّ و العِلْميّ مِمّا يُجَلّي مَنْقبَةً ظاهِرةً، أو مَزيّةً يَصْعُبُ مَرامُها. فلوزارةِ الاعمارِ والاسْكانِ السَّبْقُ والقدْحُ المُعَلّى في أنْ تكُونَ قد اضْطَلَعتْ بأعباءِ قيادةِ مهمةِ مشروعِ إصدارِ مُدَوّناتِ ومواصفاتِ البناءِ في العراق.

فانبرتْ لهُ بعزيمةٍ ماضيةٍ وغايةٍ شَمّاءَ لاتقفُ دُونَها غايةٌ، بأنْ كَلّفتْ أُولي العِرفانِ وأهلِ التحصيلِ في كلِّ علمٍ (من عُلُومِ مُدَوّناتِ ومواصفاتِ البناء) مِمّن هُمْ أهْلٌ للاعدادِ، أعانَهم في ذلك نُظراءُ لَهم بالرّأيِ و المَشُورةِ مُدَقِقينَ عَمَلِ أقرانِهم، مُؤازرينَ لَهُم برأيٍ حَصِيفٍ ومَشُورةٍ صَوابٍ .

فَسارَتْ عَمَلِيّةُ إعْدادِ كُلِّ مُدَوّنَةٍ على رَوِيّةٍ يَحْدُوها عَقْدٌ مُوَثّق، مُيَمّمَةً سَمْتَ غايتِها مُقْتَصّةً أثَرَ تَجارب الآخرينَ في مُدَوّناتهم، تَنْحُو نَهْجاً مُسَدّداً، فَجاءَتْ حَسَنَةَ الدِيباجةِ، مُحْكَمَةَ التّبويبِ، مُطَّرِدَةَ الفُصُولِ، جَزِلَةَ المَبْحَثِ، مَبْسُوطَةَ العِبارةِ، مُسْتَوْعِبَةً لأطْرافِ غاياتِها، على النّحوالذي بَيْنَ يَدَيْ قارِئِها.

وما بقيَ على عَاتِقِ الغيرِ إلّا الانتفاعُ من عُصَارةِ الفِكْرِ هذهِ بجَلِيلِ المَنفعةِ وأرْجَاها، وأنْ تَتَضَافرَ الجُهُودُ نَحْوَ جَعْلِها مَوْضِعِ التّطبيقِ والإلْزامِ، بنيّةٍ جازِمةٍ حَازِمةٍ. وعندَ ذلك لَنْ يَغدُوَ المَطْلَبُ صَعْباً في أنْ يأتيَ البناءُ في العراق مُحْكَمَ السّمَاتِ والأشْرَاطِ تخطيطاً وتنفيذاً وإشرافاً واستعمالاً .

ووزارةُ الإعمارِوالإسكانِ تَضَعُ هذهِ المُدَوّنَةَ لَبِنَةً تَرْصُفُها لإعْلاءِ صَرْحِ رايةِ العلمِ والبناءِ في عِراقِنا العزيز، واللهُ المُوفِقُ لِسَواءِ السبيلِ. إنهُ نِعْمَ الهادي ونِعْمَ النصير.

المهندس
محمد صاحب الدراجي
وزير الإعمار و الإسكان
رئيس اللجنة العليا
لمشروع المدونات و المواصفات العراقية

كلمة فريق الاعداد

بسم الله الرحمن الرحيم

بتوفيق من الله وفضل وقع الاختيار من قبل الجهات ذات العلاقة على فريقنا التابع لمكتب الاستشارات العلمية والهندسية للجامعة التكنولوجية لاعداد مدونة العزل الحراري.

لايخفى على احد اهمية اعداد المدونات عموما وخاصة مدونة العزل الحراري بما يتلاءم والظروف البيئية العراقية، اذ ان وجود المدونات يساهم في تطوير قطاع التشييد والعمل على وفق المواصفات المحلية والاقليمية والعالمية بما يؤمن اداء جيداً لكافة مواد العزل الحراري المختارة بحسب متطلبات العمل.

حرص فريق الاعداد على تضمين هذه المدونة كافة المعلومات المطلوبة في اعمال العزل الحراري للمباني، حيث تكونت المدونة من تسعة ابواب واعتمدت في توصيف العمل على احدث المواصفات العراقية او المواصفات الاخرى في حالة عدم وجود مواصفة عراقية مختصة. ويسر فريق الاعداد وهو يضع بين أيدي المختصين هذه المدونة ان يقدم شكره وتقديره الى اللجنة العليا لمشروع المدونات وإدارة مشروع اعداد وتطوير وتحسين مواصفات وتشريعات ومدونات البناءواللجنة الفنية لمشروع اعداد المدونات وكافة الجهات التي ساهمت في اظهار هذه المدونة كذلك يسرنا ان نستقبل اي اراء او ملاحظات من شأنها تحسين المدونة مستقبلا ومن الله التوفيق.

أ.د. شاكر احمد صالح

رئيس فريق الاعداد

المحتوى

الموضوع	رقم الصفحة
الباب (1) المقدمة	
1-1: تمهيد	1/1
1-2 : الهدف	1/1
1-3: أهمية العزل الحراري في الأبنية العراقية	1/1
1-4: تطبيقات مدونة العزل الحراري	2/1
1-5 : المصطلحات و التعاريف والرموز	3/1
1-5 /1: المصطلحات	3/1
1-5 /2: التعاريف	5/1
1-5 /2/ 1 : ألواح التغطية للسقوف النهائية (Cover Boards)	5/1
1-5 /2/ 2 : أغطية مجاري الهواء (Duct coverings)	5/1
1-5 /2/ 3 : أدوات (Appliance)	5/1
1-5 /2/ 4 : الاكساء للسقوف النهائية (Roof Covering)	5/1
1-5 /2/ 5 : الاكساء الخارجي (Exterior Cladding)	5/1
1-5 /2/ 6 : بطانة مجرى (Duct lining)	6/1
1-5 /2/ 7 : البلاطات الخرسانية المركبة جاهزة الصب	6/1
1-5 /2/ 8 : التجويف الهوائي	6/1
1-5 /2/ 9 : جدار فاصل (Curtain Wall)	6/1
1-5 /2/ 10 : الجدار المجوف (Cavity Wall)	6/1
1-5 /2/ 11 : الجدران المصمتة (المفردة) (Solid Walls)	6/1
1-5 /2/ 12 : حاجز هوائي(Air Barrier)	6/1

الموضوع	رقم الصفحة
1-5 /2/ 13 : الحاجز المعيق للهواء (Air Retarder)	6/1
1-5 /2/ 14 : الحاجز المعيق لبخار الماء (Vapor Retarder)	7/1
1-5 /2/ 15 : روابط الجدار (Wall Ties)	7/1
1-5 /2/ 16 : زاوية ارتفاع الشمس (Sun's altitude)	7/1
1-5 /2/ 17 : السقف الناتئ (Roof Overhang)	7/1
1-5 /2/ 18 : السقف المقلوب (Inverted Roof)	7/1
1-5 /2/ 19 : السقف الثانوي (False Ceiling)	7/1
1-5 /2/ 20 : صندوق توزيع الهواء (Plenum)	7/1
1-5 /2/ 21 : القصور الحراري (Thermal Inertia)	7/1
1-5 /2/ 22 : مجموعة أجزاء السقف النهائي (Roof Assembly)	7/1
1-5 /2/ 23 : منظومة السقف النهائي (Roof System)	7/1
1-5 /2/ 24 : ميل السقف النهائي (Roof Slope)	7/1
1-5 /2/ 25 : مجرى هواء (Air duct)	8/1
1-5 /2/ 26 : منظومة تجهيز الهواء (Supply air system)	8/1
1-5 /2/ 27 : منظومة إرجاع الهواء (Return air system)	8/1
1-5 /2/ 28 : منظومة تهوية (Ventilation system)	8/1
1-5 /2/ 29 : منظومة مجاري الهواء (Duct system)	8/1
1-5 /2/ 30 : مقاومة بخار الماء (Water Vapor Resistance)	8/1
1-5 /2/ 31 : معامل الملبس (Clothing Insulation)	8/1
1-5 /2/ 32 : واجهة من الطابوق (Brick Veneer)	8/1
1-5/3 الرموز	9/1
مراجع الباب (1)	

الموضوع	رقم الصفحة
الباب (2) **البيانات المناخية العراقية والمتطلبات المعمارية في تصميم العزل الحراري للمباني**	
2-1: تمهيد	1/2
2-2: البيانات المناخية العراقية	1/2
2-3: تصنيف المباني والمنشآت لإغراض العزل الحراري	14/2
2-3/1: بحسب قصورها الحراري (Thermal Inertia)	14/2
2-3/1/1: مبان ذات قصور حراري كبير (ثقيلة التركيب)	14/2
2-3/1/2: مبان ذات قصور حراري متوسط (متوسطة التركيب)	14/2
2-3/1/3: مبان ذات قصور حراري منخفض (خفيفة التركيب)	14/2
2-3/2: بحسب درجة تعرضها إلى الأحمال الحرارية الخارجية	14/2
2-4: المتطلبات المعمارية في تصميم العزل الحراري للمباني	15/2
2-4/1: الإتجاه الجغرافي للمبنى	15/2
2-4/2: شكل البناء وموقعه	17/2
2-4/2/1: اختلاف موقع البناء	17/2
2-4/2/2: علاقة موقع البناء بمواقع الأبنية المجاورة	18/2
2-4/2/3: ارتفاع المبنى	18/2
2-4/3: غلاف المبنى	18/2
2-4/4: النوافذ	18/2
2-4/4/1: موقع النافذة للسيطرة على أشعة الشمس المباشرة	18/2
2-4/4/2: موقع النافذة للتهوية الطبيعية	18/2
2-4/4/3: الأشكال الهندسية للنوافذ للسيطرة على أشعة الشمس	19/2
2-4/5: التظليل الخارجي	19/2
2-4/5/1: التظليل بالأجزاء المتحركة	19/2
2-4/5/1/1: المشبكات الخشبية	19/2

الموضوع	رقم الصفحة
2-4-5-1-2: الستائر والمظلات الخارجية المتحركة الرأسية والمائلة والدوارة من الخشب واللدائن والمعادن والاقمشة... الخ	19/2
2-4-5-1-3: الستائر المعدنية التي توضع في فراغ النوافذ ذات الزجاج المزدوج	19/2
2-4-5-1-4: الأذرع العمودية المعدنية المتحركة	19/2
2-4-5-1-5: مظلات مصنوعة من المعادن أو البلاستك	19/2
2-4-5-2: التظليل بالأجزاء الإنشائية والتركيبية	19/2
2-4-5-2-1: المصدات الأفقية	20/2
2-4-5-2-2: المصدات العمودية	20/2
2-4-5-2-3: المصدات المركبة	20/2
2-4-5-3: التظليل بإستعمال الباحات والشرف والفناءات	20/2
2-4-5-4: التظليل بإستعمال الأشجار والنباتات والمسطحات المائية والنافورات	20/2
2-5: العوامل المؤثرة في تصميم العزل الحراري	21/2
2-5-1: الظروف الجوية	21/2
2-5-2: المتطلبات المعمارية	23/2
2-5-3: معامل انتقال الحرارة الإجمالي (U-Value) للعناصر الإنشائية	23/2
2-6: الراحة الحرارية (Thermal Comfort)	23/2
2-6-1: عوامل مؤثرة في الراحة الحرارية مرتبطة بالإنسان نفسه (Personal Factors)	23/2
2-6-1-1: نوع النشاط الإنساني	23/2
2-6-1-2: معامل الملبس	24/2
2-6-2: عوامل مؤثرة في الراحة الحرارية ذات ارتباط مباشر بالظروف البيئية المحيطة	24/2
2-7: توزيع الطبقات وعلاقته بالاختزان الحراري	28/2
2-7-1: اختزان الحرارة (Heat Storage)	28/2
2-7-2: تأثير موقع العازل الحراري على الاختزان الحراري	29/2

الموضوع	رقم الصفحة
2-7/2/1: عزل حراري خارج	29/2
2-7/2/2: عزل حراري داخلي	29/2
2-8: المتطلبات التصميمية المعمارية لترشيد إستهلاك الطاقة في المباني	29/2
مراجع الباب (2)	
الباب (3) **مواد العزل الحراري أنواعها وخصائصها**	
3-1 : تمهيد	1/3
3-2 : العوامل المحددة لاختيار مواد العزل الحراري	1/3
3-3 : تصنيف المواد العازلة للحرارة	1/3
3-3/1 : تصنيف المواد العازلة للحرارة اعتماداً على مصادرها	1/3
3-3/2 : تصنيف المواد العازلة للحرارة اعتماداً على تركيبها المسامي	1/3
3-3/2/1 : المواد العازلة الرقائقية (Flake Insulators)	1/3
3-3/2/2 : المواد العازلة الليفية (Fiber Insulators)	2/3
3-3/2/3: المواد العازلة المسامية (Porous Insulators)	2/3
3-3/2/4 : المواد العازلة الخلوية (Cellular Insulators)	2/3
3-3/2/5 : المواد العازلة العاكسة (Mineral Insulators)	2/3
3-3/3 : تصنيف المواد العازلة للحرارة اعتماداً على أشكالها و تراكيبها البنائية	2/3
3-3/3/1 : ألواح جاسئة (Rigid Panels)	2/3
3-3/3/2 : ألواح شبه جاسئة (Semi- Rigid Panels)	2/3
3-3/3/3: خرسانة عازلة للحرارة (Thermal Insulator Concrete)	2/3
3-3/3/4: مواد عازلة سائبة (Loose-Fill Insulators)	2/3
3-3/3/5: عوازل تترغى بالرش (Spray Foam Insulators)	3/3
3-3/3/6: مواد عازلة فرشية (Blankets)	3/3
3-4/3 : تصنيف العوازل الحرارية اعتماداً على تراكيبها الكيميائية	3/3

الموضوع	رقم الصفحة
3-3/4/1: العوازل العضوية (Organic Insulators)	3/3
3-3/4/2: العوازل غير العضوية (Inorganic Insulators)	3/3
3-3/5 : تصنيف العوازل الحرارية اعتماداً على مبدأ عازليتها للحرارة	3/3
3-3/5/1: المواد العازلة لانتقال الحرارة بالتوصيل	3/3
3-3/5/2: المواد العازلة لانتقال الحرارة بالحمل	3/3
3-3/5/3: المواد العازلة لانتقال الحرارة بالإشعاع	3/3
3-3/6: تصنيف العوازل الحرارية اعتماداً على مواقع استعمالها	3/3
3-3/6/1: العوازل المستعملة في السطوح	3/3
3-3/6/2: العوازل المستعملة في الجدران	3/3
3-3/6/3: العوازل المستعملة في الأرضيات	3/3
3-3/6/4: العوازل المستعملة في الأسس	3/3
3-3/7: تصنيف العوازل الحرارية اعتماداً على توافرها محليا	4/3
3-4: الطلاءات الداخلية للسيطرة على الأحمال الحرارية الإشعاعية	4/3
3-5: العازل الحراري الهوائي	4/3
3-6 : خواص المواد العازلة للحرارة	4/3
3-6/1: المواصلة الحرارية [(C - value) Thermal Conductance]	4/3
3-6/2: معامل الموصلية الحرارية [(k-value) Thermal Conductivity]	4/3
3-6/3 :المعامل الإجمالي لانتقال الحرارة [(U-value)Overall heat transfer coefficient]	4/3
3-6/4: المقاومة الحرارية [(R - value) Thermal Resistance]	4/3
3-6/5:الانبعاثية (Emissivity)	5/3
3-6/6: المواصلة الحرارية السطحية [(F -value) Surface Thermal Conductance]	5/3
3-6/7: الكثافة الكتلية (Density)	5/3
3-6/8: امتصاص الماء (Water Absorption)	5/3

الموضوع	رقم الصفحة
3-9/6: امتصاص الرطوبة (Moisture Absorption)	5/3
3-10/6: نفاذية بخار الماء (Water Vapor Permeability)	5/3
3-11/6: ثبات الأبعاد (Dimensional Stability)	5/3
3-12/6: الاحتراق والاتقادية (Combustion and Flammability)	5/3
3-13/6: مقاومة الضغط (Pressure Resistance)	6/3
3-14/6: مقاومة العوامل الجوية (Weathering Resistance)	6/3
3-15/6: درجة الحرارة التشغيلية(السعة الحرارية) (Working Temperature)	6/3
3-16/6: التراص و الهبوط (مقاومة الانضغاط) (Compacting and Setting)	6/3
3-17/6: استرجاع الأبعاد (Dimensional Recovery)	6/3
3-18/6: خاصية الالتصاق (Adhesion)	6/3
3-19/6: خاصية الانكماش (Shrinkage)	6/3
3-7: طرائق تثبيت المواد العازلة	6/3
3-8: خزن و تأثير المواد المستعملة على البيئة و الصحة العامة	7/3
مراجع الباب (3)	
الباب (4) **أسس ومبادئ وأساليب تصميم العزل الحراري**	
4-1: تمهيد	1/4
4-2: طرائق انتقال الحرارة	1/4
4-2/1: انتقال الحرارة بالتوصيل	1/4
4-2/2: انتقال الحرارة بالحمل	1/4
4-2/3: انتقال الحرارة بالإشعاع	2/4
4-3: العيوب الحرارية (Thermal Defects)	2/4
4-3/1: الجسور الحرارية (Thermal Bridges)	2/4

الموضوع	رقم الصفحة
4-3/1/1: الجسور الحرارية الإنشائية	2/4
4-3/1/2: الجسور الحرارية النظامية (Systematic Thermal Bridges)	4/4
4-3/1/3:الجسور الحرارية الناتجة من الحمل الحراري (Convective Thermal Bridges)	4/4
4-3/2: عيوب العازل الحراري في الأبنية	5/4
4-4: تحديد المقاومة الحرارية [Thermal Resistance (R)]	5/4
4-4/1: المقاومة الحرارية السطحية (المقاومة الحرارية للسطوح الخارجية والداخلية للعناصر الإنشائية)	6/4
4-4/1/1: العناصر الإنشائية ذات السطوح المستوية	6/4
4-4/1/2: العناصر الإنشائية ذات السطوح غير المستوية	8/4
4-4/2: المقاومة الحرارية للتجاويف الهوائية	9/4
4-4/2/4: التجاويف الهوائية المقفلة أو غير المهواة (Unventilated Air Layers)	9/4
4-4/2/5: التجاويف الهوائية جيدة التهوية (Well-Ventilated Air Layers)	10/4
4-4/2/6: التجاويف الهوائية قليلة التهوية (Slightly Ventilated Air Layers)	10/4
4-4/3: المقاومة الحرارية لطبقات المواد في العناصر الإنشائية	11/4
4-5: حساب المعامل الاجمالي لانتقال الحرارة (U-Value) للعناصر الإنشائية المختلفة	12/4
4-5/1: حساب المعامل الإجمالي لانتقال الحرارة للعناصر المؤلفة من عدة طبقات متجانسة	12/4
4-5/2: معامل انتقال الحرارة للنوافذ	14/4
4-5/2/1: حساب معامل انتقال الحرارة للزجاج	16/4
4-5/2/1/1: الزجاج المنفرد (طبقة واحدة فقط من الزجاج)	16/4
4-5/2/1/2: الزجاج متعدد الطبقات	17/4

الموضوع	رقم الصفحة
4-5/2/2: معامل انتقال الحرارة لإطار النافذة	20/4
4-5/2/2/1: الأطر اللدائنية (Plastic Frames)	20/4
4-5/2/2/2: الأطر الخشبية (Wood Frames)	21/4
4-5/2/2/3: الأطر المعدنية (Metal Frames)	22/4
4-5/2/3: معامل انتقال الحرارة الخطي لتقاطع الإطار/الزجاج	25/4
4-5/3/2/1: فواصل الزجاج من الألمنيوم أو الفولاذ	25/4
4-5/3/2/2: فواصل زجاجية ذات عزل حراري محسن(Thermally Improved Spacers)	26/4
4-5/3: معامل انتقال الحرارة للأبواب	31/4
4-5/3/1: الأبواب المزججة بالكامل (Fully Glazed Doors)	31/4
4-5/3/2: الأبواب المتضمنة ألواح من الزجاج أو المواد غير الشفافة	31/4
4-5/3/3: الأبواب ذات الأوجه الخارجية غير الحاوية على زجاج	32/4
4-5/4: حساب المعامل الإجمالي لانتقال الحرارة للعناصر غير متجانسة التركيب	32/4
4-5/5: تصحيح معامل انتقال الحرارة	33/4
4-5/5/1: التصحيح نتيجة لوجود الفجوات الهوائية في العازل الحراري	34/4
4-5/5/2: تصحيح معامل انتقال الحرارة نتيجة للتثبيت الميكانيكي للعازل الحراري	36/4
4-5/5/3: تصحيح معامل انتقال الحرارة لنظام السقوف النهائية المقلوبة (Inverted Roof System)	37/4
4-6: حساب المعامل الإجمالي لانتقال الحرارة للبناية	38/4
4-7: التيار الحراري المنتقل عبر العناصر الإنشائية	38/4
4-8: متطلبات تصميم العزل الحراري	40/4
4-8/1: المعامل الاجمالي لانتقال الحرارة (U-Value)	40/4
4-8/1/1: السقوف النهائية والأرضيات (Final Roofs and Floors)	40/4
4-8/1/2: الجدران	41/4
4-8/1/3: الأبواب والنوافذ	41/4

الموضوع	رقم الصفحة
4-2/8: الجسور الحرارية	42/4
4-3/8: كمية بخار الماء المتكاثف ضمن العناصر الإنشائية	42/4
مراجع الباب (4)	
الباب (5) **تأثير الرطوبة الداخلية وفوائد معيقات بخار الماء وحواجز الهواء في الأبنية**	
5 -1: تمهيد	1/5
5 – 2: أشكال تكثف بخار الماء	1/5
5-1/2: تكثف بخار الماء السطحي(Surface Condensation)	1/5
5-2/2: تكثف بخار الماء داخل العنصر الإنشائي (Interstitial Condensation)	1/5
5 – 3: العوامل المسببة لتكثف بخار الماء	1/5
5-1/3: تدفق الحرارة (Heat Flow)	1/5
5-2/3: تسرب الهواء (Air Leakage)	2/5
5-3/3: انتقال الرطوبة	2/5
5 – 4: أضرار تكثف بخار الماء	2/5
5-1/4: اضرار الرطوبة النسبية	2/5
5-2/4: أضرار التكثف السطحي	3/5
5-3/4: أضرار التكثف داخل العنصر الإنشائي	3/5
5 – 5: الإجراءات اللازمة لتجنب تكثف بخار الماء	3/5
5 – 6: معيقات بخار الماء(Vapor Retarder)	4/5
5-1/6: المواد والمتطلبات	4/5

الموضوع	رقم الصفحة
5-2/6: موقع معيقات بخار الماء ضمن البناء	6/5
5 -7: الحواجز الهوائية (Air Barriers)	7/5
5-1/7: المواد و المتطلبات	7/5
5-2/7: موقع الحواجز الهوائية ضمن البناء	8/5
5 -8: تحديد نقطة الندى السطحية للأبنية	8/5
مراجع الباب (5)	
الباب (6) **العزل الحراري للسقوف النهائية المستوية**	
6-1: تمهيد	1/6
6 -2: أنواع أنظمة العزل الحراري في السقوف الخرسانية المستوية	1/6
6-1/2: النظام التقليدي للعزل الحراري (Traditional Thermal Insulation Roof System)	1/6
6-2/2: النظام المقلوب (المحمي) للعزل الحراري (Inverted Thermal Insulation Roof System)	1/6
6-3: مواد العزل الحراري المستعملة في السقوف النهائية المستوية	1/6
6-1/3: المواد العازلة الفرشية (Blankets)	1/6
6-2/3: المواد العازلة السائبة (Loose - Fill Insulations)	1/6
6-3/3: المواد العازلة المرغاة موقعيا (Foamed – In – Place Insulations)	1/6
6-4/3: المواد العازلة الجاسئة (Rigid Insulations)	1/6
6-5/3: المواد العازلة العاكسة (Reflective Insulations)	1/6
6-4: متطلبات تصميم العزل الحراري للسقوف النهائية المستوية	1/6

الموضوع	رقم الصفحة
6-5: طرائق التنفيذ	2/6
6-5/1: طرائق تنفيذ العزل الحراري للسقوف الخرسانية المستوية	2/6
6-5/1/1: تهيئة سطح السقف الخرساني النهائي المستوي	2/6
6-5/1/2: طريقة تنفيذ العزل الحراري لنظام السقوف النهائية التقليدية	2/6
6-5/1/3: طريقة تنفيذ العزل الحراري لنظام السقوف النهائية المقلوبة (المحمية)	5/6
6-5/2: طرائق تنفيذ العزل الحراري للسقوف المعدنية	6/6
6-5/2/1: تنفيذ العزل الحراري للسقوف المعدنية بإستعمال البولي يوريثين	6/6
6-5/2/2: تنفيذ العزل الحراري للسقوف المعدنية بإستعمال الالواح الجاسئة	7/6
6-6: تفتيش التنفيذ	7/6
مراجع الباب (6)	
الباب (7) **العزل الحراري للجدران والأبواب والنوافذ**	
7-1: تمهيد	1/7
7-2: أنواع الجدران	1/7
7-2/1: الجدران المجوفة (المزدوجة) (Cavity Walls)	1/7
7-2/1/1: الجدران المزدوجة ذات التجويف الهوائي الذي لا يحتوي على مادة عازلة	1/7
7-2/1/2: الجدران المزدوجة ذات التجويف الهوائي الحاوي على عزل حراري جزئي	2/7
7-2/1/3: الجدران المزدوجة ذات التجويف المعزول حراريا بشكل كامل	3/7
7-2/2: الجدران المفردة المصمتة (Solid Walls)	5/7
7-2/2/1: الجدران المفردة المصمتة المعزولة من الخارج بطبقة من المادة العازلة للحرارة	5/7
7-2/2/2: الجدران المفردة المصمتة المعزولة من الداخل بطبقة من المادة العازلة للحرارة	5/7

الموضوع	رقم الصفحة
7-2/3: جدران الألواح الخرسانية مسبقة الصب (Precast Concrete Panel Walls)	6/7
7-2/4: الجدران الهيكلية الخشبية [Framed Walls (Stud Walls)]	7/7
7-2/4/1: الجدران الهيكلية الخشبية ذات الواجهة الخارجية من الطابوق (Brick Masonry Veneer Walls)	9/7
7-2/4/2: الجدران الهيكلية الخشبية ذات الواجهة الداخلية من الطابوق	9/7
7-3: المواد العازلة المستعملة في الجدران	10/7
7-3/1: المواد العازلة الفرشية والمواد العازلة على شكل قطع (Batts and Blankets)	10/7
7-3/1/1: قطع ألياف الزجاج العازلة للمباني(Glass Fiber Batts Building Insulation)	10/7
7-3/1/2: قطع الصوف المعدني العازلة للمباني (Mineral Wool Batts Building Insulation)	10/7
7-3/1/3: الصوف الزجاجي والصخري المدعم برقائق معدنية مثل رقائق الألمنيوم (Glass and Rock Wool with Aluminum Foils)	11/7
7-3/1/4: المواد العضوية (Organic Materials)	11/7
7-3/1/5: المواد العازلة الفرشية المرنة (Flexible Blankets)	11/7
7-3/2: المواد العازلة السائبة التي تضخ أو ترش موقعيا [Loss-Fill (blown-in) or Sprayed in Place]	11/7
7-3/2/1: الصوف المعدني مثل الصوف الصخري الحبيبي	11/7
7-3/2/2: اللدائن السيليلوزية والرغوية	11/7
7-3/2/3: ألياف الزجاج	11/7
7-3/2/4: حبيبات البيرلايت السائبة	11/7
7-3/2/5: حبيبات البولي ستايرين السائبة	11/7
7-3/3: المواد العازلة الجاسئة (Rigid Insulations)	11/7

الموضوع	رقم الصفحة
7-3/3/1: ألواح البولي ستايرين الممدد والمقولب (Expanded and Molded Polystyrene Boards)	12/7
7-3/3/2: ألواح البولي ستايرين المشكل بالبثق (Extruded Polystyrene Boards)	12/7
7-3/3/3: ألواح البولي يوريثان الممدد (Expanded Polyurethane Boards)	12/7
7-3/3/4: ألواح البولي ايسو سينورات (Polyisocyanurate Boards)	12/7
7-3/3/5: ألواح الألياف المعدنية	12/7
7-3/3/6: ألواح البيرلايت (Perlite Boards)	12/7
7-3/4: المواد العازلة المرغاة موقعياً (Foamed-in- Place insulations)	12/7
7-3/5: المواد العازلة العاكسة للحرارة (Reflective Insulations)	12/7
7-3/5/1: الرقائق المعدنية العاكسة (Reflective Foils)	12/7
7-3/5/2: قطع الرقائق المقواة (Concertina Foil Batts)	12/7
7-3/5/3: قطع الرقائق متعددة الخلايا (Multi-Cell Foil Batts)	12/7
7-3/6: مواد الإنهاء الداخلي والخارجي	13/7
7-3/6/1: ملاط البياض (Plastering Mortars)	13/7
7-3/6/1/1: بياض السمنت الرغوي (Foamed Cement Plaster)	13/7
7-3/6/1/2: بياض البيرلايت الممدد(Expanded Perlite Plaster)	13/7
7-3/6/1/3: بياض حبيبات رغوة البولي ستايرين(Foamed Polystyrene Beds Plaster)	13/7
7-3/6/1/4: بياض الفيرميكيوليت (Vermiculite Plaster)	13/7
7-3/6/1/5: بياض الجص اللامائي	13/7
7-3/6/2: مواد الإكساء للجدران	13/7
7-3/6/2/1: ألواح مركبة المقطع من الايبوكسي والبولي ستايرين (Composite Boards from Epoxy and Polystyrene)	13/7

الموضوع	رقم الصفحة
7-3/2/6/2: ألواح مركبة المقطع من الرخام والبولي ستايرين (Composite Boards from Marble and Polystyrene)	14/7
7-3/2/6/3: ألواح مركبة المقطع من الحجر الصناعي والبولي ستايرين (Composite Boards from Artificial Rock and Polystyrene)	14/7
7-4/2/6/3: رقائق الألمنيوم العاكسة (Reflective Aluminum Foils)	14/7
7-4: اختيار موقع المادة العازلة للحرارة في الجدران	14/7
7-1/4: المواد العازلة للحرارة المثبتة على السطح الخارجي للجدار	14/7
7-1/1/4: حالات إستعمال المواد العازلة الخارجية	14/7
7-2/1/4: المواد العازلة للحرارة المستعملة للعزل من الخارج	15/7
7-2/4: المواد العازلة للحرارة المثبتة بين الطبقتين الخارجية والداخلية للجدار المجوف (المزدوج)	15/7
7-1/2/4: حالات الأستعمال للمواد العازلة بين الطبقات الإنشائية	15/7
7-2/2/4: المواد العازلة للحرارة المثبتة في وسط الجدار المجوف (المزدوج)	15/7
7-3/4: المواد العازلة المثبتة على السطح الداخلي للجدار	15/7
7-1/3/4: حالات إستعمال المواد العازلة الداخلية	15/7
7-2/3/4: المواد العازلة للحرارة المستعملة للعزل من الداخل	15/7
7-5: متطلبات تصميم العزل الحراري للجدران	16/7
7-6: العزل الحراري للنوافذ	16/7
7-1/6: زيادة فعالية العزل الحراري للزجاج	16/7
7-1/1/6: الزجاج المنفرد	16/7
7-2/1/6: الزجاج الفعال للعزل الحراري (Efficient Glazing)	17/7
7-3/1/6: الزجاج ذو الفعالية العالية للعزل الحراري (High-Efficient Glazing) أو الزجاج ذو الانبعاثية الواطئة	17/7
7-2/6: زيادة فعالية العزل الحراري لإطار النافذة	17/7

الموضوع	رقم الصفحة
7-7: زيادة فعالية العزل الحراري للأبواب	18/7
7-7/1: الأبواب ذات الأوجه الحديدية والمحشوة بمواد عازلة للحرارة	18/7
7-7/2: أبواب ألياف الزجاج المعزولة حراريا	18/7
7-8: طرائق التنفيذ	18/7
7-8/1: طرائق التنفيذ باستعمال المواد العازلة السائبة	18/7
7-8/2: طرائق التنفيذ باستعمال المواد العازلة شبه الجاسئة	19/7
7-8/2/1: طريقة تنفيذ العزل الحراري للجدران المزدوجة	19/7
7-8/2/2: طريقة تنفيذ العزل الحراري للجدران المنفردة	20/7
7-8/2/3: طريقة تنفيذ العزل الحراري لجدار معدني	20/7
7-8/3: طريقة التنفيذ باستعمال المواد العازلة الجاسئة	22/7
7-8/3/1: طريقة تنفيذ العزل الحراري لجدار مجوف (مزدوج)	22/7
7-8/4: طرائق التنفيذ باستعمال المواد العازلة المرغاة	23/7
7-9: تفتيش التنفيذ	24/7
مراجع الباب (7)	
الباب (8) **العزل الحراري للأرضيات**	
8-1: تمهيد	1/8
8-2: أنواع الأرضيات	1/8
8-2/1: الأرضيات المصمتة الملامسة للتربة (Solid Ground Floors)	1/8
8-2/2: الأرضيات المعلقة (Suspended Floors)	1/8
8-3: مواد العزل الحراري المستعملة في الأرضيات	1/8
8-3/1: ألواح البولي ستايرين الممدد (Expanded Polystyrene Boards)	1/8
8-3/2: ألواح البولي ستايرين المشكلة بالبثق (Extruded Polystyrene Boards)	1/8

الموضوع	رقم الصفحة
8-3/3: الألياف الزجاجية (Glass Fibers)	2/8
8-4/3: ألواح البولي يوريثان (Polyurethane Boards)	2/8
8-4: متطلبات تصميم العزل الحراري للأرضيات الملامسة للتربة	2/8
8-5 : طرائق التنفيذ	2/8
8-1/5: تنفيذ الأرضيات المصمتة الملامسة للتربة	2/8
8-2/5: تنفيذ الأرضيات المعلقة	3/8
8-6: تفتيش التنفيذ	4/8
مراجع الباب (8)	
الباب (9) **العزل الحراري للمنظومات الميكانيكية والصحية**	
9-1: تمهيد	1/9
9-2: أهداف العزل الحراري للمنظومات الميكانيكية والصحية	1/9
9-3: العزل الحراري للأنابيب	1/9
9-1/3: طرائق تحضير وتثبيت العازل (Preparation and Installation)	2/9
9-2/3:عزل الأنابيب ذات درجات الحرارة الأقل من درجة حرارة المحيط (Insulation For Below-Ambient Temperature)	3/9
9-3/3: عزل الأنابيب ذات درجات الحرارة الأعلى من درجة حرارة المحيط (Insulation For Above-Ambient Temperature)	4/9
9-4/3: عزل الأنابيب تحت الأرض(Underground Pipe Insulation)	4/9
9 -4: العزل الحراري لمجاري الهواء	4/9
9-1/4: المواد العازلة لمجاري هواء منظومات التدفئة، التهوية والتكييف	6/9
9-2/4: طرائق التحضير وتثبيت العازل(Preparation and Installation)	7/9
9-3/4: تسرب الهواء (Air Leakage)	8/9
9-4/4: مجاري الهواء الخارجية (Outdoor Ducts)	8/9

الموضوع	رقم الصفحة
9-5: العزل الحراري للأجهزة	9/9
9-5/1: العزل الحراري للأجهزة الخاصة بدرجات الحرارة المنخفضة	9/9
9-5/2: العزل الحراري للأجهزة الخاصة بدرجات الحرارة المرتفعة	9/9
مراجع الباب (9)	
الملحق (أ)	
جدول الوحدات	أ/1
الملحق (ب) **جداول معامل الموصلية الحرارية للمواد الإنشائية**	
الجدول ب-1 معامل الموصلية الحرارية لمواد البناء	ب/1
الجدول ب-2 معامل المواصلة الحرارية للطابوق المثقب والكتل الخرسانية المجوفة	ب/3
الجدول ب-3 معامل الموصلية الحرارية لمواد العزل الحراري	ب/4
الملحق (ج) **أمثلة للتصميم الحراري لعناصر إنشائية مختلفة**	
ج-1: معامل انتقال الحرارة الإجمالي للجدران	ج/1
ج-1: معامل انتقال الحرارة الإجمالي للسقوف	ج/7
الملحق (د) **أمثلة العزل الحراري للمنظومات الميكانيكية والصحية**	
المثال(د-1): العزل الحراري لمنظومة مجاري الهواء	د/1
المثال (د-2): العزل الحراري لمنظومة أنابيب الماء	د/4

الباب 1

المقدمة

1-1 تمهيد

يعتبر العراق من الدول التي يمتاز مناخها بحرارته الشديدة صيفاً وبرودته شتاءً، كما أن ظاهرة الاحترار العالمي (Global warming) ساهمت في جعل موسم الشتاء قصيراً مقارنة مع فصل الصيف الحار، وما يرافقه من شحة في الماء و بالتالي التصحر مما يعني ازدياد الحاجة إلى استهلاك الوقود والطاقة الكهربائية لأغراض التبريد والتدفئة، وهذا يؤثر سلباً على الاقتصاد الوطني نتيجة لتخصيص جزء كبير من ميزانية الدولة لسد الحاجة إلى الطاقة، بالإضافة للتلوث البيئي المرافق لحرق الوقود وبالتالي يستوجب تعاون جميع المؤسسات الحكومية وغير الحكومية والمنظمات الدولية لحل هذه المشكلات لتصبح مرجعا تصميميا للمباني.

1-2 الهدف

تهدف هذه المدونة إلى وضع أسس ومبادئ العزل الحراري للأبنية بما فيها الجدران والأرضيات والسقوف والأبواب والنوافذ والأعمال الميكانيكية والصحية وتطوير أداء الأبنية بالاستعمال الاقتصادي الأمثل لمواد العزل الحراري بما يتلاءم والبيئة العراقية فضلا عن تحديد أنواع الرطوبة الداخلية في الأبنية وأسبابها وتأثيراتها السلبية على صحة الإنسان وما تسببه من تلف للمواد البنائية وطرائق المعالجة باستعمال حواجز الهواء ومبطئات بخار الماء.

1-3 أهمية العزل الحراري في الأبنية العراقية

يشمل العزل الحراري استخدام مواد ذات خواص عازلة حرارياً و التي تمتاز بكثافتها الواطئة ومساميتها العالية، أي أن توصيلها الحراري رديئاً وبهذا تمنع اكتساب الحرارة إلى المبنى صيفاً وتسريبها شتاءً، مما يؤدي إلى ترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية وتأمين الارتياح الحراري للإنسان والذي يعرف على انه شعور الإنسان بالارتياح الذهني وتمتعه بالنشاط في البيئة التي يعيش فيها.

إن التغيرات المناخية الكبيرة التي شهدها العالم ومنه العراق بسبب الاحترار العالمي (Global warming) وما رافقه من تلوث ناتج عن استخدام الإنسان لمصادر غير طبيعية لإنتاج الطاقة، فضلا عما تنفثه المصانع ووسائل النقل من ملوثات بيئية وإتباع أساليب البناء الحديثة كاستخدام الخرسانة المسلحة في تشييد الأبنية، كل هذا أدى إلى ارتفاع ملحوظ في درجات الحرارة مما يستوجب عزل الأبنية.

تمكنت العديد من دول العالم المتقدمة من الحصول على أبنية معزولة جيداً عن طريق استخدام المواد العازلة للجدران، السقوف، الأرضيات، الأبواب والنوافذ، فضلا عن استخدام وسائل حديثة في العزل الحراري كتثبيت رقائق الألمنيوم على جدران الأبنية العالية، استخدام الزجاج المزدوج والعاكس لأشعة الشمس والإنهاء الخارجي للجدران بأنواع من الدهانات ذات الأسماء التجارية التي يصل عزلها الحراري إلى حوالي 60%.

إن الاطلاع على آخر ما توصلت إليه الشركات العالمية في مجال العزل الحراري وتطبيق ما نراه ملائماً للبيئة العراقية فضلا عن تطوير أسلوب البناء معمارياً عن طريق تقليل فتحات الأبواب والنوافذ إلى الحدود

الدنيا المسموحة والتي عادة لا تتجاوز 20% من مساحة الفضاءات المخدومة وخاصة في غرف الطابق العلوي لان الزجاج هو السطح الأبرد شتاءً والادفأ صيفاً فضلا عن أن هذه الفتحات تسمح بمرور تيارات الهواء الحار الأخف وزناً في الطوابق العلوية من الأبنية، أما إنشائياً فيفضل البناء بالطابوق، والكتل الخرسانية الخفيفة الوزن (الثرمستون) ذات العزل الحراري الجيد والابتعاد عن البناء بالكتل الخرسانية (البلوك) ذات العزل الحراري الرديء، كما يمكن إحاطة المدن بالحزام الأخضر والاستفادة من الطاقة الشمسية لتوليد الطاقة الكهربائية وغيرها من وسائل العزل الحراري.

1-4 تطبيقات مدونة العزل الحراري

تطبق هذه المدونة في الأبنية التالية:

1/4-1 الأبنية والدور السكنية.

2/4-1 المحلات والمراكز التجارية.

3/4-1 الأبنية الحكومية كالجامعات، المستشفيات والوزارات ... الخ.

4/4-1 المطاعم والفنادق والمرافق السياحية.

5/4-1 المكاتب والمرافق العامة.

5-1 المصطلحات والتعاريف والرموز

1/5-1 المصطلحات

ت	المصطلح باللغة العربية	المصطلح باللغة الانكليزية
1	أغطية مجاري الهواء	Duct coverings
2	أنابيب	Pipes
3	الأرضيات المعلقة	Suspended floors
4	الأرضيات المصمتة الملامسة للتربة	Solid ground floors
5	ألواح مركبة المقطع من الايبوكسي والبولي ستايرين	Composite boards from epoxy and polystyrene
6	ألواح مركبة المقطع من الرخام والبولي ستايرين	Composite boards from marble and polystyrene
7	ألواح مركبة المقطع من الحجر الصناعي والبولي ستايرين	Composite boards from artificial rock and polystyrene
8	بطانة مجاري الهواء	Duct linings
9	بياض حبيبات المرغى البولي ستايرين	Foamed polystyrene beds plaster
10	بياض الفيرمكيولايت	Vermiculite plaster
11	بياض السمنت الرغوي	Foamed cement plaster
12	بياض البيرلايت الممدد	Expanded perlite plaster
13	تسريب	Leakage
14	تكثف	Condensation
15	التجاويف الهوائية المقفلة أو غير المهواة	Unventilated air layers
16	التجاويف الهوائية جيدة التهوية	Well - ventilated air layers
17	التجاويف الهوائية قليلة التهوية	Slightly ventilated air layers
18	الجسور الحرارية	Thermal bridges
19	الجدران المجوفة	Cavity walls
20	الجدران المفردة المصمتة	Solid walls
21	جدران الألواح الخرسانية مسبقة الصب	Precast concrete panel walls
22	جدران الهياكل ذات الطبقات الخارجية من الطابوق الطيني	Clay brick masonry veneer walls

ت	المصطلح باللغة العربية	المصطلح باللغة الانكليزية
23	حاجز معيق البخار	Vapor retarder
24	الخرسانة الخلوية	Cellular concrete
25	درجة حرارة السطح	Surface temperature
26	روابط الجدار	Wall ties
27	رقائق الألمنيوم العاكسة	Reflective aluminum foils
28	الرقائق المعدنية العاكسة	Reflective foils
29	الزجاج الفعال للعزل الحراري	Efficient glazing
30	سمك	Thickness
31	السمك الاقتصادي	Economic thickness
32	صندوق توزيع الهواء	Plenum
33	عازل	Insulation
34	العوازل الحرارية المرغاة موقعيا	Foamed –in –place insulations
35	فتحات الخدمة	Service openings
36	الفراغات الهوائية	Gaps
37	قطع الرقائق المقواة	Concertina foil batts
38	قطع الرقائق متعددة الخلايا	Multi-cell foil batts
39	لاصق	Adhesive
40	مجاري الهواء	Air ducts
41	مجرى الهواء المجهز	Supply air duct
42	مجرى الهواء الراجع	Return air duct
43	مجرى الهواء العادم	Exhaust air duct
44	مجرى الهواء النقي	Fresh air duct
45	منظومة الأنابيب	Piping system
46	المقاومة الحرارية	Thermal resistance
47	المعامل الإجمالي لانتقال الحرارة	Overall heat transfer coefficient (U-value)
48	معامل الموصلية الحرارية	Thermal conductivity coefficient
49	المفاصل التبادلية	Staggered joints

ت	المصطلح باللغة العربية	المصطلح باللغة الانكليزية
50	المواد العازلة الفرشية	Batts and blankets
51	المواد العازلة الفرشية المرنة	Flexible blankets
52	المواد العازلة للحرارة السائبة أو التي ترش موقعيا	Loose fill (blown –in) or sprayed in place
53	المواد العازلة للحرارة الجاسئة	Rigid insulations
54	منظومات ختم الهواء	Air sealing systems
55	المواد العازلة العاكسة للحرارة	Reflective insulations
56	نظام السقوف النهائية المقلوبة	Inverted roof system
57	النظام التقليدي للعزل الحراري	Traditional thermal insulation roof system
58	نقطة الندى	Dew point

1-2/5 التعاريف

1-2/5-1 ألواح التغطية للسقوف النهائية (Cover Boards)

عبارة عن طبقة رقيقة من المادة العازلة للحرارة (مثل ألواح البيرلايت أو ألياف الخشب)، تثبت هذه الألواح عادة فوق الطبقة الرئيسة العازلة للحرارة لغرض تحسين خواصها مثلا تحسين مقاومتها للحريق، مقاومتها للانضغاط، أو لمنع حدوث التلف الموقعي للطبقة الرئيسة العازلة للحرارة أو لمنع حدوث مشكلة عدم توافق خواص المادة الرئيسة العازلة مع المواد الأخرى التي في تماس معها.

1-2/5-2 أغطية مجاري الهواء (Duct coverings)

هي مواد اللصق والعزل والربط والأشرطة والأغطية والدهان وكل ما يستعمل لتغطية السطوح الخارجية للمجرى و مجمعات الهواء وأغطية المراوح.

1-2/5-3 أدوات (Appliances)

هي أية أدوات يتم بناؤها ووضعها لتؤدي وظيفة أو مجموعة من الوظائف التي اعدت من اجلها.

1-2/5-4 الأكساء للسقوف النهائية (Roof Covering)

هو الطبقة الخارجية التي تغطي طبقات السقف الأخرى، وتستعمل مواد مختلفة لاكساء السقوف النهائية مثل الكاشي، البلاطات السمنتية، ألواح رقائقية خاصة وغيرها.

1-2/5-5 الأكساء الخارجي (Exterior Cladding)

يعرف بشكل عام بأنه طبقة حماية أو طبقة إنهاء تثبت على السطح الخارجي للمنظومة البنائية المحيطة بالمبنى (مادة إنهاء، طابوق، زجاج، ألمنيوم، خشب ... الخ).

1-2/5/6 بطانة مجرى (Duct lining)

هي مواد اللصق والعزل والربط والدهان والأشرطة المستعملة في تبطين السطح الداخلي للمجرى ومجمعات الهواء وأغطية المراوح ومجمع الهواء.

1-2/5/7 البلاطات الخرسانية المركبة جاهزة الصب

البلاطات تتضمن طبقة من المادة العازلة تقع ضمن البلاطة الخرسانية بين الطبقتين الخرسانيتين المكونتين لوجهي البلاطة و قد تتضمن البلاطات المركبة المصنعة في المعمل طبقة الإنهاء الداخلية أيضا.

1-2/5/8 التجويف الهوائي

هو المساحة أو المنطقة الموجودة بين طبقة العازل الحراري وطبقة الاكساء الداخلية أو الخارجية للجدار أو الفجوة الهوائية بين طبقتي جدارين متوازيين (التجويف قد يكون مهوى aerated أو مقفل التهوية) من الطابوق أو الخرسانة.

1-2/5/9 جدار فاصل (Curtain Wall)

إن الجدار الفاصل هو أي جدار خارجي أو داخلي مرتبط بالمبنى لتقطيع الفضاءات الكبيرة ولا يتحمل الأحمال المسلطة على الأرضيات أو السقوف النهائية للمبنى. وهذا النوع يشمل الجدران الثقيلة مثل الجدران المكونة من طبقة من الطابوق 12 سم أو البلاطات الخرسانية المسبقة الصب 12 سم. في الاستعمالات العامة (الفضاءات المنفتحة على بعضها) فان الجدران الفاصلة تعرف على إنها جدران ذات سمك قليل مكون عادة من هيكل من الألمنيوم ويستعمل الزجاج أو الألواح المعدنية لغلق الفراغات الموجودة بين أجزاء هذا الهيكل.

1-2/5/10 الجدار المجوف (Cavity Wall)

الجدران التي تنشأ من قشرتين من الطابوق أو القطع الخرسانية ويكون بينهما تجويف هوائي.

1-2/5/11 الجدران المصمتة (المفردة) (Solid Walls)

يفترض أن لا تحتوي الجدران المفردة على فراغ هوائي ضمن تركيبها. تشمل الجدران الصماء أو المصمتة، جدران القطع الخرسانية، الألواح الخرسانية، جدران الطابوق، جدران البلاطات الخرسانية جاهزة الصب (Precast Concrete Panel Walls) التي تتكون من بلاطات خرسانية مصنعة داخل المعامل تشيد على هيكل إنشائي من الحديد أو تتكون من الخرسانة المصبوبة موقعيا، ويتم تثبيت عناصر إضافية داخل أو في بعض الأحيان ضمن هذه البلاطات لغرض إكمال جميع المتطلبات الإنشائية لها.

1-2/5/12 حاجز هوائي (Air Barrier)

هو أي عنصر يساعد بشكل فعال على مقاومة معدل تدفق الهواء خلال الجدار الخارجي أو العناصر الإنشائية الأخرى مثل السقوف وغيرها وبنسبة تزيد عن 50%.

1-2/5/13 الحاجز المعيق للهواء (Air Retarder)

أي عنصر يساعد بشكل فعال في مقاومة معدل تدفق الهواء خلال الجدار الخارجي وبين العناصر الإنشائية الأخرى مثل السقوف وغيرها وبنسبة تقل عن 50%.

14/2/5-1 الحاجز المعيق لبخار الماء (Vapor Retarder)

هو أي عنصر يساهم في السيطرة أو تحديد تدفق بخار الماء خلال الجدار الخارجي.

15/2/5-1 روابط الجدار (Wall Ties)

عبارة عن أشرطة معدنية صغيرة مجعدة (Corrugated Stripes) تغرز في الطبقة الخارجية للجدار أو دعامات الجدار حيث تطمر داخل مفاصل المونة الموجودة بين الطابوق في الطبقة الخارجية لجدار الطابوق وتساعد على ربط جدار الطابوق الخارجي مع الجدار الآخر المغلف الذي يقع خلف جدار الطابوق.

16/2/5-1 زاوية ارتفاع الشمس (Sun's altitude)

هي الزاوية التي يصنعها الشعاع المباشر من الشمس مع السطح الأفقي و تختلف باختلاف الوقت ، حيث تكون في حدها الأعلى الساعة الثانية عشر ظهرا.

17/2/5-1 السقف الناتئ (Roof Overhang)

هو عبارة عن امتداد للسقف بعيدا عن الجدار الخارجي للمبنى.

18/2/5-1 السقف المقلوب (Inverted Roof)

هو نوع من أنواع السقوف النهائية ينفذ بوضع طبقة العازل الحراري فوق طبقة المانع للرطوبة.

19/2/5-1 السقف الثانوي (False Ceiling)

عبارة عن سقف وسطي معلق يتم تثبيته أسفل السقف الإنشائي، وبذلك فان الفراغ المتكون بين السقفين يمكن استعماله لوضع مجاري الهواء أي استغلاله لتدوير الهواء وتوزيعه في المبنى.

20/2/5-1 صندوق توزيع الهواء (Plenum)

هي حجيرة هواء يتصل بها عدد من مجاري الهواء و تكون جزءاً من منظومة توزيع الهواء

21/2/5-1 القصور الحراري (Thermal Inertia)

هو كمية الحرارة المختزنة داخل البناء عند درجة حرارة معينة ، ويساوي حاصل ضرب كتلة البناء في سعته الحرارية النوعية في درجة حرارته.

22/2/5-1 مجموعة أجزاء السقف النهائي (Roof Assembly)

يشمل هذا المصطلح، السقف الإنشائي، حاجز الهواء أو البخار (إن وجد)، طبقة العازل الحراري (إن وجدت) وطبقة الاكساء النهائية للسقف.

23/2/5-1 منظومة السقف النهائي (Roof System)

يشمل هذا المصطلح حاجز الهواء أو البخار (إن وجد)، طبقة العازل الحراري (إن وجدت) وطبقة الاكساء النهائية للسطح.

24/2/5-1 ميل السقف النهائي (Roof Slope)

هي الزاوية بين سطح السقف النهائي مع الخط الأفقي ويعبر عنها بنسبة وحدة طول راسي إلى وحدة طول أفقي.

1-5/2/25 مجرى هواء (Air duct)

هو ممر لنقل الهواء من و إلى أدوات التهوية أو التكييف أو التدفئة و لا يشمل مجمعات الهواء و يكون مفتوحا أو ذا عوارض منظمة لتقسيم الهواء.

1-5/2/26 منظومة تجهيز الهواء (Supply air system)

هي مجموعة من مجاري ومخارج الهواء والمجمعات التي يتم إمرار الهواء من خلالها، تصل هذه المجموعة بين وحدة مناولة الهواء (دافعات الهواء) والمكان أو الأماكن المطلوب تكييفها أو تهويتها.

1-5/2/27 منظومة إرجاع الهواء (Return air system)

هي مجموعة من مجاري ومخارج الهواء والمجمعات يتم بُنقل الهواء خلالها من المكان المكيف إلى وحدة مناولة الهواء.

1-5/2/28 منظومة تهوية(Ventilation system)

هي منظومة ميكانيكية الغرض منها تحقيق التهوية القسرية وتغيير الهواء في مكان مغلق.

1-5/2/29 منظومة مجاري الهواء (Duct system)

هي مجموعة مجاري الهواء المتصلة لنقل الهواء فضلا عن التراكيب ومنظمات الخنق ومجمعات الهواء و المراوح و ملاحق وحدات مناولة الهواء.

1-5/2/30 مقاومة بخار الماء (Water Vapor Resistance)

هي المقاومة التي تبديها المواد المبطئة أو المعيقة لانتقال الرطوبة بهيئة بخار الماء في الأماكن التي يمكن أن تتعرض لتكاثف بخار الماء ووحدة قياسها(نيوتن * 10^{6} * ثا/ غم.متر)

1-5/2/31 معامل الملبس (Clothing Insulation)

هي المقاومة الحرارية المكافئة لمقاومة طبقة متجانسة واحدة تغطي كافة اجزاء الجسم ، وهي تتأثر بنوع وكمية الملابس التي يرتديها الإنسان ويعبر عنها بوحدة (clo.) حيث أن:

وحدة الملبس (1clo.) تعادل 1.55 م^{2}/واط.

1-5/2/32 واجهة من الطابوق (Brick Veneer)

هي طبقة سطحية من الطابوق تستعمل لغرض تغليف الجدار الهيكلي.

3/5-1 الرموز

ت	الرمز	التعريف بالرمز
1	A	المساحة السطحية الفعلية للجزء الناتئ
2	A_d	المساحة الصافية للأبواب
3	A_F	مساحة الأرضيات المكشوفة أو غير الملامسة للتربة
4	A_f	مساحة الإطار للنافذة
5	$A_{f,de}$	المساحة الظاهرية (التفصيلية) الخارجية للإطار
6	$A_{f,di}$	المساحة الظاهرية (التفصيلية) الداخلية للإطار
7	$A_{f,e}$	مساحة الاسقاط الخارجية للإطار
8	$A_{f,i}$	مساحة الاسقاط الداخلية للإطار
9	A_G	مساحة الأرضيات الملامسة للتربة
10	A_g	مساحة الزجاج للنافذة أو الباب والتي تكون المساحة الأقل من المساحتين المرئيتين من كلا الجانبين للنافذة أو الباب
11	A_P	مساحة الإسقاط للجزء الناتئ
12	A_v	مساحة الفتحات في التجويف الهوائي
13	A_w	المساحة الصافية للأجزاء المصمتة من الجدران الخارجية
14	A_{win}	المساحة الصافية للنوافذ الخارجية
15	A_p	مساحة اللوح غير الشفاف (المعتم) للنافذة أو الباب
16	b_f	عرض الإطار
17	b_j	عرض قواطع الحرارة
18	C	المواصلة الحرارية
19	d	سمك الطبقة
20	d_o	سمك طبقة العازل الحراري التي يمر خلالها مسمار التثبيت
21	d_1	طول مسمار التثبيت الذي يخترق طبقة العازل الحراري
22	d_i	سمك الطبقة i
23	d_j	سمك طبقة الزجاج أو المادة المكونة للطبقة j
24	f	معامل الإنتقال لمياه الأمطار
25	h_c	معامل انتقال الحرارة بالحمل
26	h_r	معامل انتقال الحرارة بالإشعاع
27	h_{ro}	معامل الإشعاع الحراري لسطح الجسم الأسود

ت	الرمز	التعريف بالرمز
28	I_p	المحيط الكلي للوح المعتم
29	I_g	المحيط الكلي للزجاج الذي يمثل مجموع المحيط المرئي للوح الزجاج في النافذة أو الباب
30	k	معامل الموصلية الحرارية
31	k	الموصلية الحرارية للعازل البديل مقاسة عند متوسط درجة حرارة مذكورة ضمن الجدول
32	k_f	معامل الموصلية الحرارية لمسمار التثبيت
33	k_j	معامل الموصلية الحرارية للزجاج أو المادة المكونة للطبقة j
34	k_t	الموصلية الحرارية للعازل من الجدول 9-3/ 1 و بحسب معدل درجة حرارة المائع
35	n	عدد الطبقات الموجودة في العنصر الإنشائي
36	n_f	عدد مسامير التثبيت في المتر المربع الواحد
37	q	معدل إنتقال الحرارة
38	Q	معدل الفيض الحراري المنتقل
39	R	المقاومة الحرارية
40	R_1	المقاومة الحرارية للطبقة الحاوية على تجويف هوائي
41	R_f	المقاومة الحرارية لطبقة العازل الحراري التي يخترقها مسمار التثبيت
42	R_i	المقاومة الحرارية لطبقة العازل الحراري الواقعة فوق طبقة العازل المائي
43	R_c	المقاومة الحرارية للفراغات الهوائية
44	R_s	المقاومة الحرارية السطحية للعنصر الإنشائي ذي السطح المستوي
45	R_{sc}	المقاومة الحرارية السطحية الخارجية
46	R_{si}	المقاومة الحرارية السطحية الداخلية
47	R_{sp}	المقاومة الحرارية السطحية
48	R_T	المقاومة الحرارية الإجمالية للعنصر الإنشائي قبل حساب التصحيح
49	$R_{T,h}$	المقاومة الحرارية الإجمالية للعنصر الإنشائي بإهمال أية جسور حرارية
50	$R_{T,u}$	المقاومة الحرارية الإجمالية للعنصر الإنشائي بوجود تجويف هوائي مغلق
51	$R_{T,v}$	المقاومة الحرارية الإجمالية للعنصر الإنشائي بوجود تجويف هوائي جيد التهوية
52	r	نصف القطر الخارجي الفعلي للأنبوب

ت	الرمز	التعريف بالرمز
53	T	اقل سمك مطلوب للعازل الحراري
54	Tm	متوسط درجة الحرارة الديناميكية
55	t	سمك العازل المدرج في الجدول (9-3/ 1) و بحسب معدل درجة حرارة المائع و القطر الاسمي للأنبوب
56	t_e	درجة حرارة الهواء الخارجي
57	t_i	درجة حرارة الهواء الداخلي
58	t_{se}	درجة حرارة السطح الخارجي للعنصر الإنشائي
59	t_{si}	درجة حرارة السطح الداخلي للعنصر الإنشائي
60	U	المعامل الإجمالي للانتقال الحراري
61	U_d	معامل انتقال الحرارة الإجمالي للأبواب
62	U_F	معامل انتقال الحرارة الإجمالي للأرضيات المكشوفة أو غير الملامسة للتربة
63	U_G	معامل انتقال الحرارة الإجمالي للأرضيات الملامسة للتربة
64	U_f	معامل انتقال الحرارة لإطار النافذة
65	U_g	معامل انتقال الحرارة للزجاج
66	U_R	معامل انتقال الحرارة الإجمالي للسقوف المكشوفة
67	U_T	معامل انتقال الحرارة الإجمالي لكامل المبنى
68	U_w	معامل انتقال الحرارة الإجمالي للأجزاء المصمتة من الجدران الخارجية
69	U_{win}	معامل انتقال الحرارة الإجمالي للنوافذ الخارجية
70	V	سرعة الرياح القريبة من السطح الخارجي
71	X	معامل زيادة الفقدان الحراري الناتج من اختراق مياه الأمطار إلى طبقة العازل المائي
72	ψ_p	معامل انتقال الحرارة الإجمالي للألواح غير الشفافة
73	$_g\psi$	معامل انتقال الحرارة الخطي نتيجة للتأثير المشترك للزجاج و فواصل الزجاج والإطار
74	ΔU_g	قيمة التصحيح لمعامل انتقال الحرارة نتيجة وجود التجاويف الهوائية في العازل الحراري
75	ΔU_f	قيمة التصحيح لمعامل انتقال الحرارة الإجمالي نتيجة لمواد التثبيت الميكانيكية
76	ΔU_r	قيمة التصحيح لمعامل انتقال الحرارة نتيجة تكثف بخار الماء في نظام السقوف المقلوب

م	الرمز	التعريف بالرمز
77	ξ	الانبعاثية
78	σ	ثابت ستيفان- بولتزمان (Stefan-Blotzmann Constant)
79	ρ	معدل سرعة تكثف بخار الماء خلال الفصول الحارة

مراجع الباب (1)

[1]-National Mechanical Insulation Committee (NMIC), "***Mechanical Insulation Design Guide-Glossary***", (2009).

الباب 2

البيانات المناخية العراقية والمتطلبات المعمارية في تصميم العزل الحراري للمباني

2-1 تمهيد

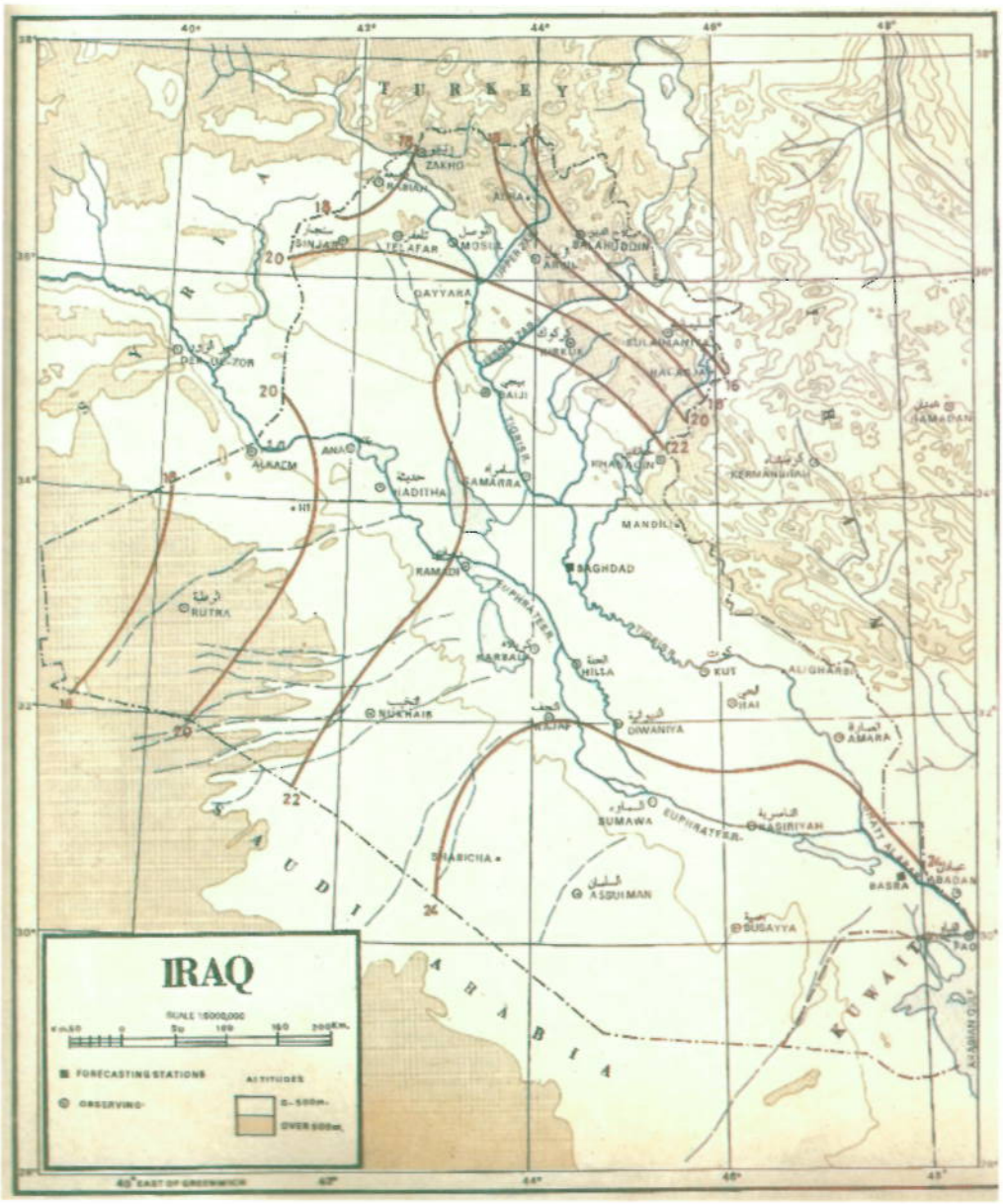
يمتاز مناخ العراق بأنه حار وجاف صيفا، بارد ممطر شتاءً حيث تصل درجات الحرارة الى -5 درجة مئوية أحيانا في فصل الشتاء وتصل الى أعلى معدلاتها من 46 الى 50 درجة مئوية أو في بعض الاحيان أعلى في شهري تموز وآب. تتميز أشهر الصيف في العراق بنوعين من الرياح، رياح جنوبية وجنوبية شرقية وهي رياح رملية جافة تهب عادة بين شهري نيسان ومايس. يغلب نوع آخر من الرياح على مناخ العراق بين شهري حزيران وأيلول تسمى الرياح الشمالية والشمالية الغربية وهي رياح جافة أيضا ومعتدلة الحرارة. من هذه البيانات المناخية يظهر وجود فارق كبير في درجات الحرارة بين فصلي الصيف والشتاء بل حتى خلال اليوم الواحد، لذلك يجب مراعاة تصميم الأبنية حراريا بإختيار الظروف الأكثر حرجا من حيث درجات الحرارة التصميمية وخلافها.

2-2 البيانات المناخية العراقية

فيما يلي أهم البيانات المناخية والخرائط الكنتورية المناخية العراقية:

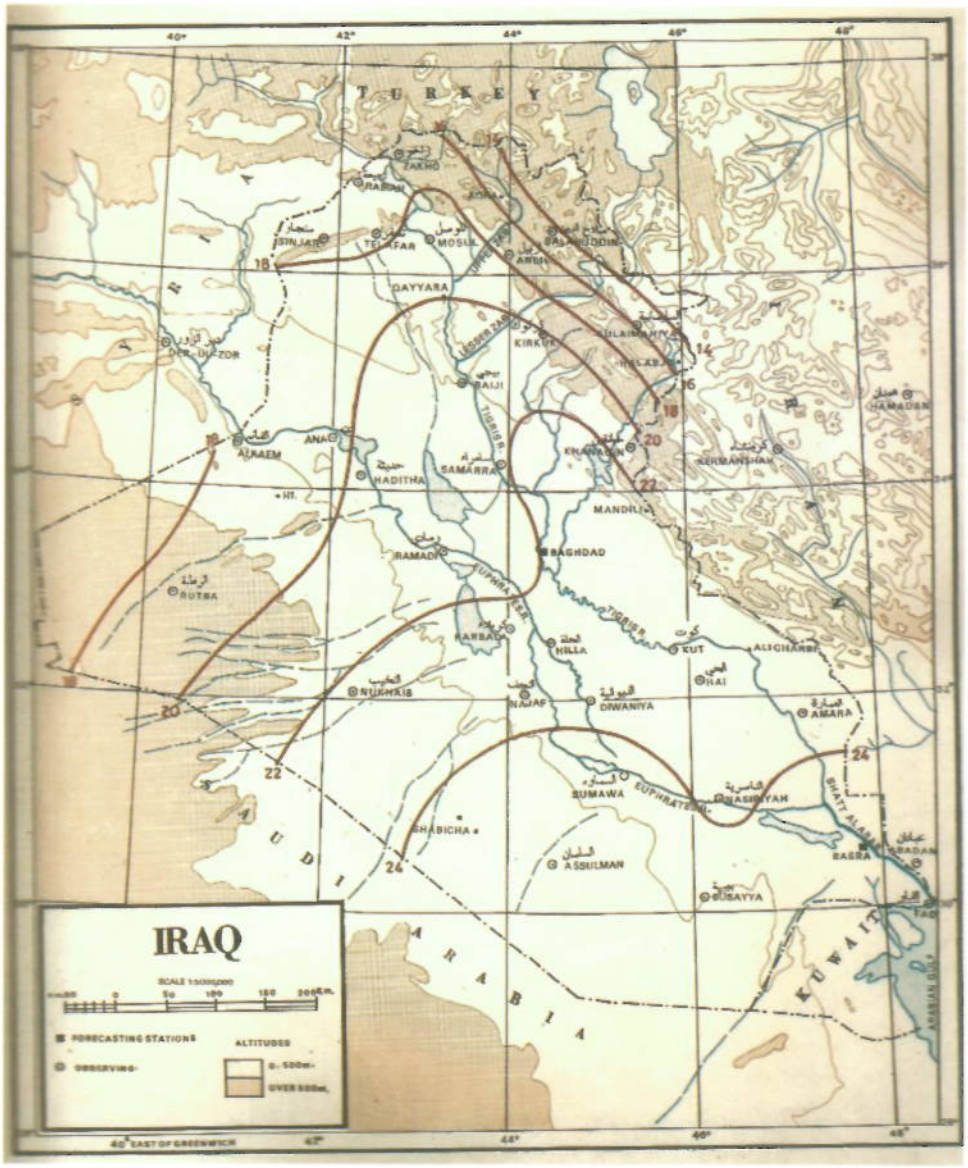
الجدول 2-1/2: البيانات المناخية العراقية[1]

ت	المدينة	درجة الحرارة الجافة التصميمية (درجة مئوية)		الرطوبة النسبية %		الفارق اليومي في درجات الحرارة (درجة مئوية)	الارتفاع عن سطح البحر M	خط العرض N	خط الطول E
		صيفا	شتاء	صيفا	شتاء				
1	بغداد	47	1	16	82	18.7	34.1	°33.23	°44.23
2	البصرة	47	2.5	38	89	15	2.4	°30.57	°47.78
3	الموصل	46	0.5	18.5	90	18.5	223	°36.32	°43.15
4	سليمانية	42	1.5	2.5	77	15	853	°35.55	°45.45
5	كركوك	46	2	14	81	16	331	°35.47	°44.40
6	نجف	48	4	14	82	17	50	°32.0	°44.32
7	سماوه	47	4.5	14	85	13.5	6	°31.30	°45.25
8	سنجار	42	1.5	17	78	12.5	538	°36.32	°41.83
9	حديثة	46	1	18	93	15	108	°34.07	°42.37



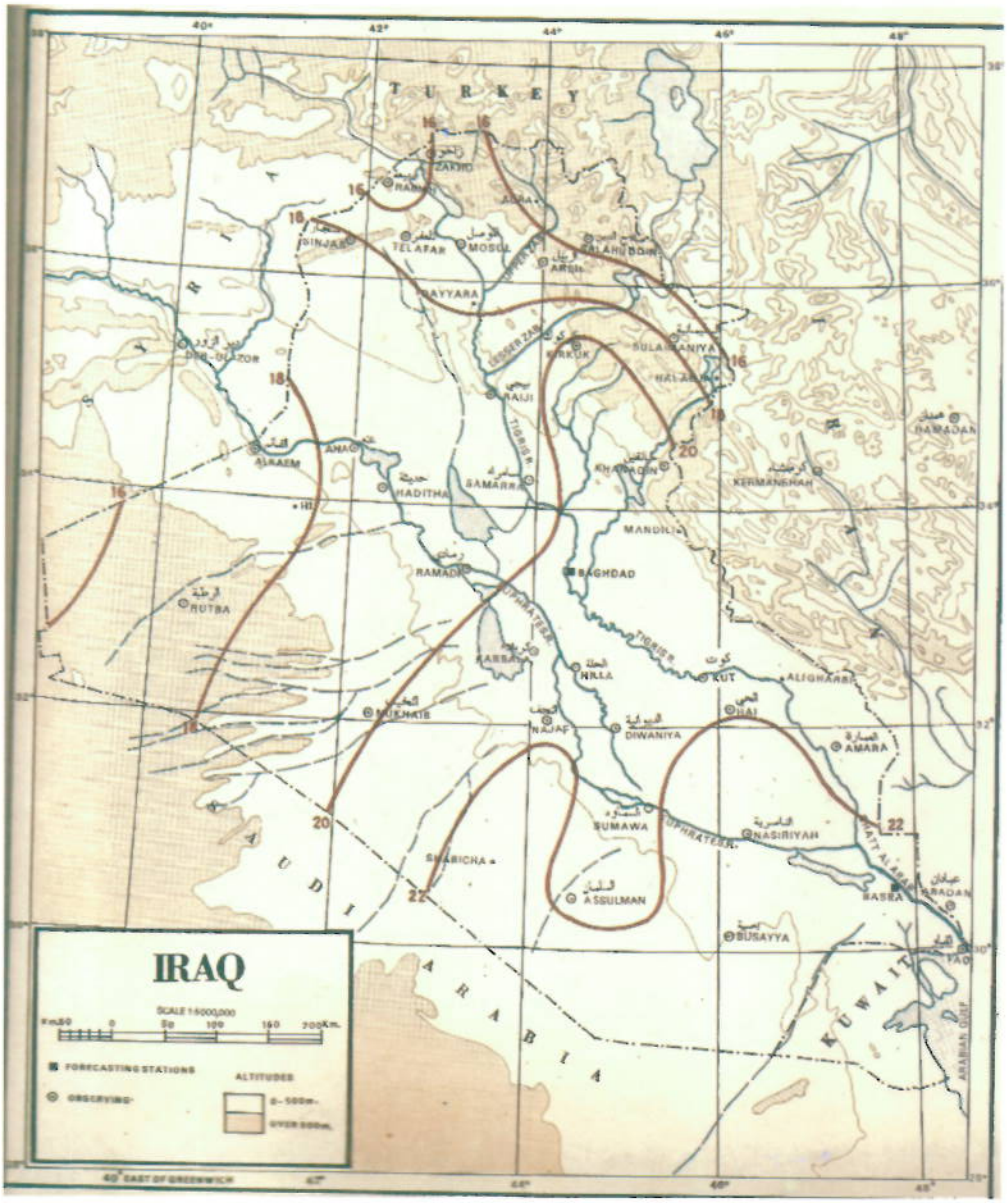
الشكل 2-1/2: خارطة العراق الكنتورية للمعدل السنوي لدرجات الحرارة (مئوي)[2]

الشكل 2-2/2: خارطة العراق الكنتورية لمعدل درجات الحرارة لفصل الشتاء (مئوي) [2]

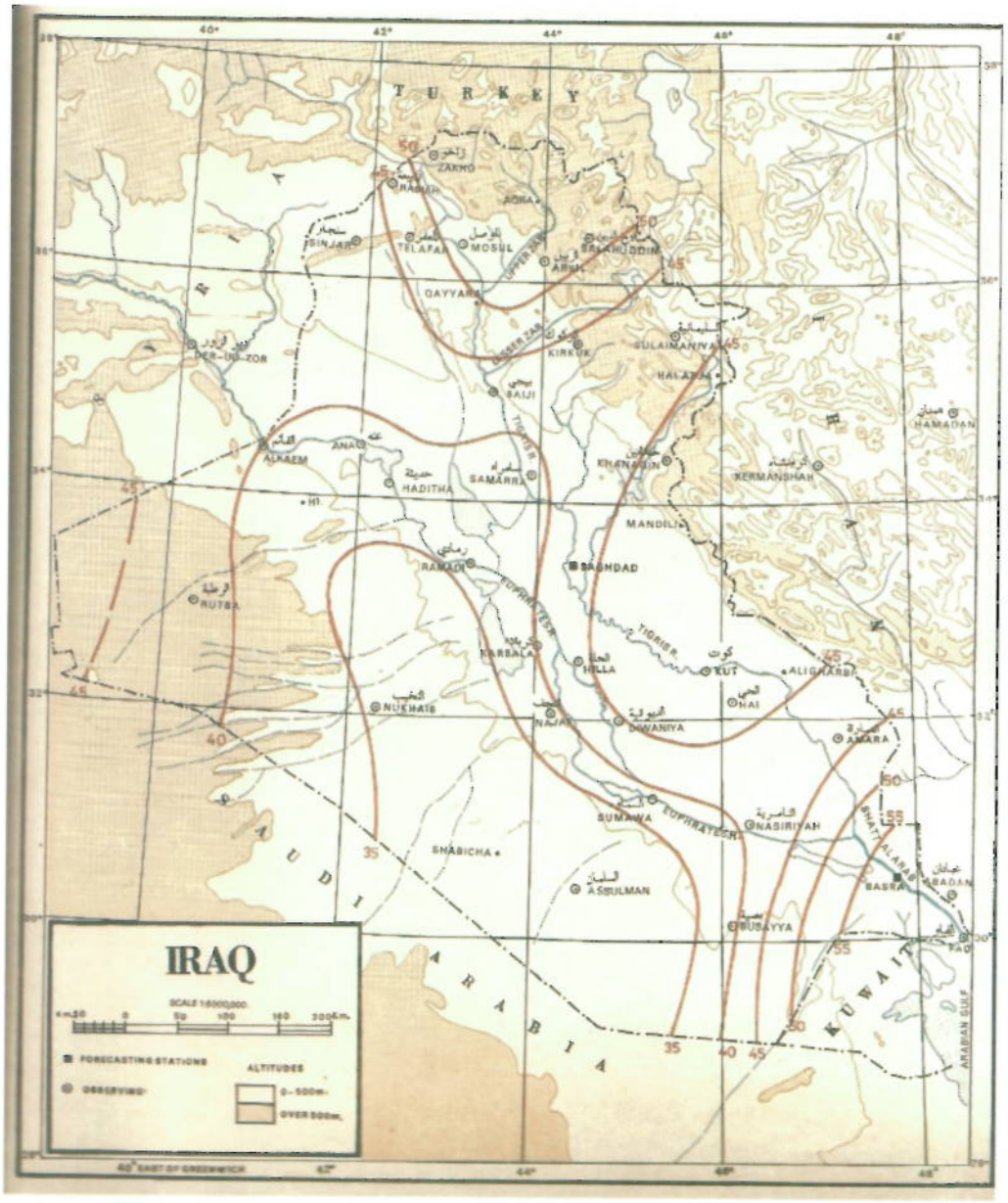


الشكل 3/2-2: خارطة العراق الكنتورية لمعدل درجات الحرارة لفصل الربيع (مئوي) [2]

الشكل 2-4/2: خارطة العراق الكنتورية لمعدل درجات الحرارة لفصل الصيف(مئوي) [2]



الشكل 2-5/2: خارطة العراق الكنتورية لمعدل درجات الحرارة لفصل الخريف(مئوي) [2]

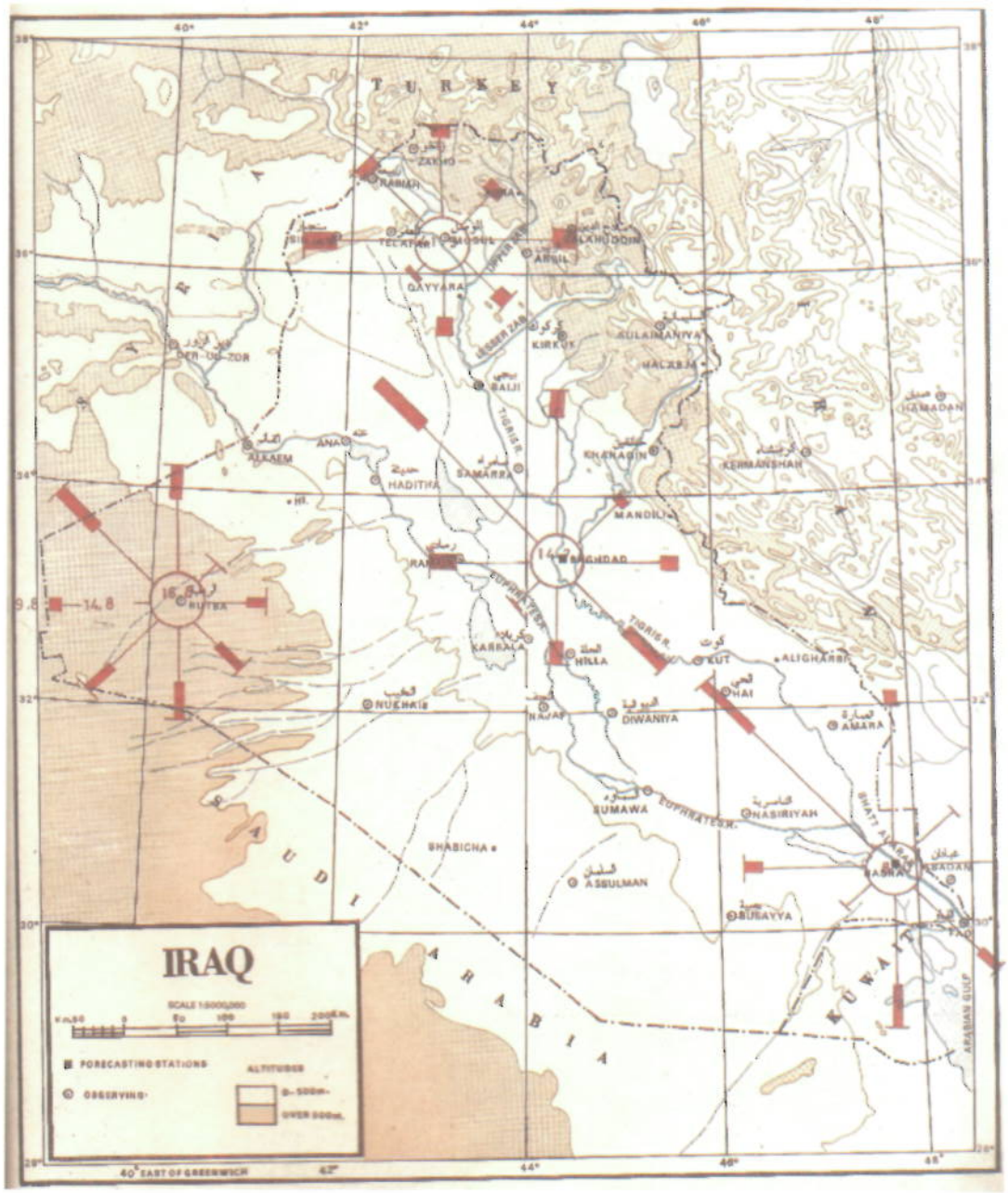


الشكل 2-6/2: خارطة العراق الكنتورية للمعدل السنوي للرطوبة النسبية(%)[2]

الشكل 2-7/2: خارطة العراق الكنتورية لمعدل الرطوبة النسبية لفصل الشتاء(%)[2]

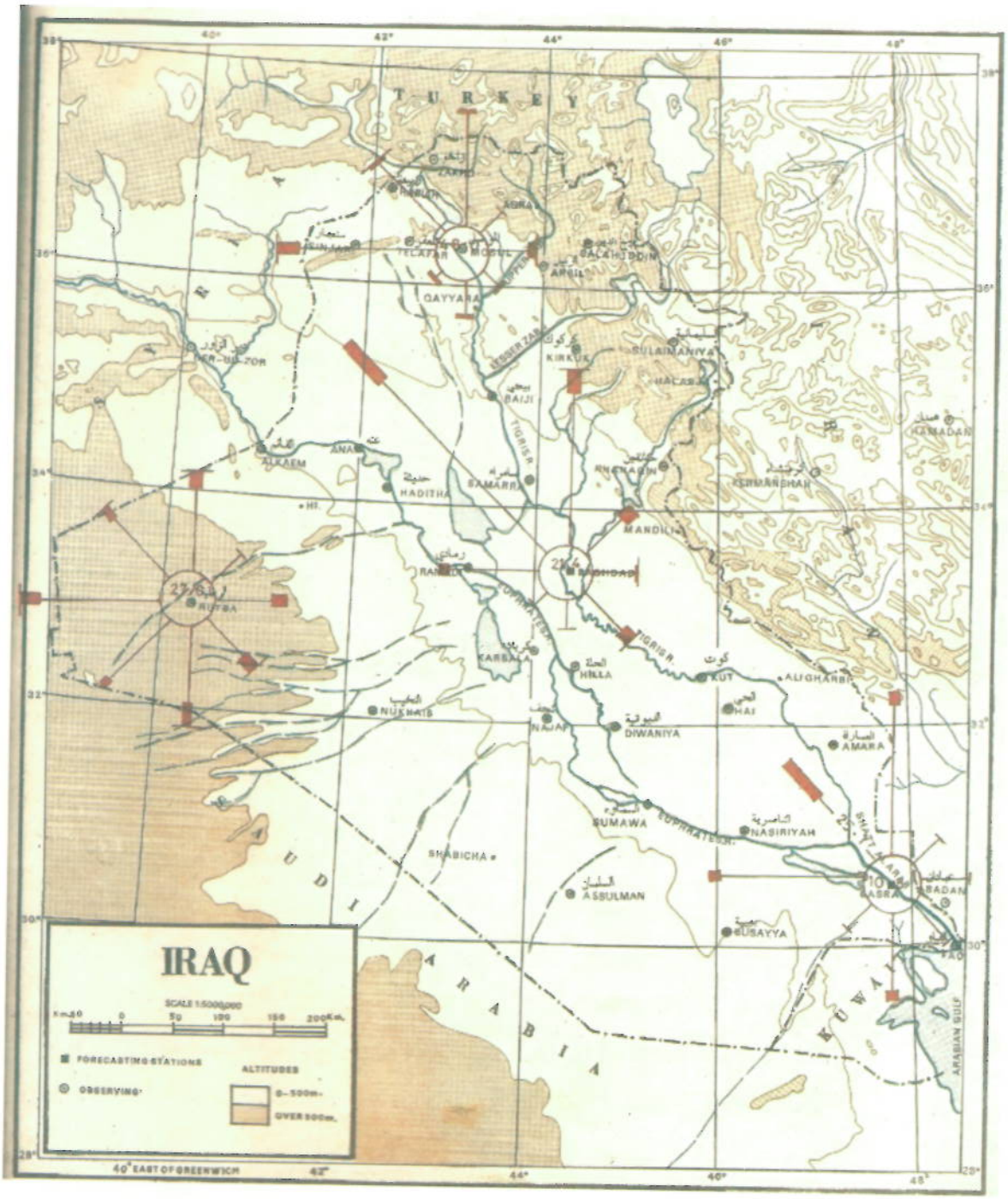
الشكل 2-8/2: خارطة العراق الكنتورية لمعدل الرطوبة النسبية لفصل الصيف(%)[2]

الشكل 2-9/2: المعدل الشهري لتكرارات الرياح"سرعة واتجاهاً" ضمن الاتجاهات المعينة خلال شهر كانون الثاني[2]



الشكل 2-10/2: المعدل الشهري لتكرارات الرياح"سرعة واتجاهاً" ضمن الاتجاهات المعينة خلال شهر نيسان[2]

الشكل 2-11/2: المعدل الشهري لتكرارات الرياح"سرعة واتجاهاً" ضمن الاتجاهات المعينة خلال شهر تموز[2]



الشكل 2-12/2: المعدل الشهري لتكرارات الرياح"سرعة واتجاهاً" ضمن الاتجاهات المعينة خلال شهر تشرين الأول[2]

2-3 تصنيف المباني والمنشآت لإغراض العزل الحراري

تصنف الأبنية لإغراض العزل الحراري كما يلي:

1/3-2 بحسب قصورها الحراري (Thermal Inertia)

يعرف القصور في العازلية الحرارية للمبنى كما مبين في الفقرة 1-21/2/5. تقسم الأبنية بحسب قصورها في العازلية الحرارية عند عدم إستعمال مواد العزل الحراري الى ثلاثة أنواع، ثقيلة التركيب ومتوسطة التركيب وخفيفة التركيب.

1/1/3-2 ميان ذات قصور حراري كبير (ثقيلة التركيب)

وهي المباني أو المنشآت الحجرية أو الخرسانية أو المشيدة بالطابوق وذات تقسيمات داخلية (Partitions) متعددة مبنية من الطابوق أو الخرسانة.

2/1/3-2 ميان ذات قصور حراري متوسط (متوسطة التركيب)

وهي الأبنية المؤلفة من طابق واحد والمبنية من الخرسانة أو الطابوق وتحتوي على تقسيمات داخلية قليلة جدا مبنية من الطابوق أو الخرسانة.

3/1/3-2 ميان ذات قصور حراري منخفض (خفيفة التركيب)

هذه المباني يمكن تصنيفها إلى:

1/3/1/3-2 الأبنية ذات طابق واحد المبنية من مواد خفيفة الوزن ولا تحتوي على تقسيمات داخلية.

2/3/1/3-2 الأبنية ذات طابق واحد ومبنية من مواد خفيفة الوزن وتحتوي على تقسيمات داخلية قليلة جدا مبنية من نفس المواد.

3/3/1/3-2 الطوابق العليا من المباني المبنية من مواد خفيفة الوزن ولا تحتوي على تقسيمات داخلية.

2/3-2 بحسب درجة تعرضها إلى الأحمال الحرارية الخارجية

تصنف الأبنية بحسب درجة تعرضها إلى الأحمال الحرارية الخارجية (العوامل الجوية) إلى:

1/2/3-2 أبنية محمية: حيث تكون سرعة الرياح اقل من 0.5 متر/ثانية وتشمل:

1/1/2/3-2 الطابقين الأولين فوق مستوى الأرض في الأبنية الواقعة ضمن المناطق الداخلية في المدن.

2/2/3-2 أبنية معتدلة التعرض: حيث تكون سرعة الرياح (0.5-5) متر/ثانية وتشمل:

1/2/2/3-2 الطوابق الثالث والرابع والخامس من الأبنية الواقعة ضمن المناطق الداخلية في مراكز المدن.

2/2/2/3-2 الطوابق الأول والثاني والثالث في الأبنية الواقعة ضمن المناطق المحيطة بالمدن.

3/2/3-2 أبنية شديدة التعرض: حيث سرعة الرياح اكبر من 5 متر/ثانية وتشمل:

1/3/2/3-2 الطابق السادس والطوابق الأخرى التي تعلوه في الأبنية التي تقع ضمن المناطق الداخلية مراكز المدن.

2/3/2/3-2 الطابق الرابع والطوابق الأخرى التي تعلوه في الأبنية الواقعة ضمن المناطق المحيطة بالمدن.

3/3/2/3-2 الأبنية الواقعة بالقرب من الشواطئ أو على جوانب المرتفعات.

4-2 المتطلبات المعمارية في تصميم العزل الحراري للمباني

هناك العديد من المتطلبات المعمارية التي يجب أخذها بنظر الاعتبار عند تصميم العزل الحراري للمباني، وهذه المتطلبات تعتمد على عدة عوامل تؤثر على مقدار الفقدان والاكتساب الحراري عبر العناصر الخارجية للمبنى وأهم هذه العوامل هي:

1/4-2 الإتجاه الجغرافي للمبنى

تؤثر الرياح تأثيرا كبيرا على المقاومة الحرارية للسطوح الخارجية للعناصر البنائية المواجهة لها، وتتناسب شدة تأثر السطوح بالرياح مع شدة الرياح نفسها، فكلما تزداد سرعة الرياح فإن المقاومة الحرارية السطحية الخارجية لعناصر البناء (المواجهة للرياح) سوف تنخفض، فضلا عند ازدياد إمكانية تسرب الهواء إلى داخل المبنى من خلال مفاصل الأبواب والنوافذ المواجهة للرياح، إضافة إلى ذلك فان أشعة الشمس المباشرة تعتبر مصدرا حراريا إضافيا يجب الإستفادة منه واستثماره في فصل الشتاء وتجنبه في فصل الصيف. لذلك فإن الإتجاه الجغرافي للمبنى يؤدي دورا مهما في عمليات فقد الحرارة وكسبها، وبناءً على ذلك يجب مراعاة الاعتبارات التالية عند تصميم العزل الحراري للمباني وصولا لأفضل تعامل حراري مع البيئة:

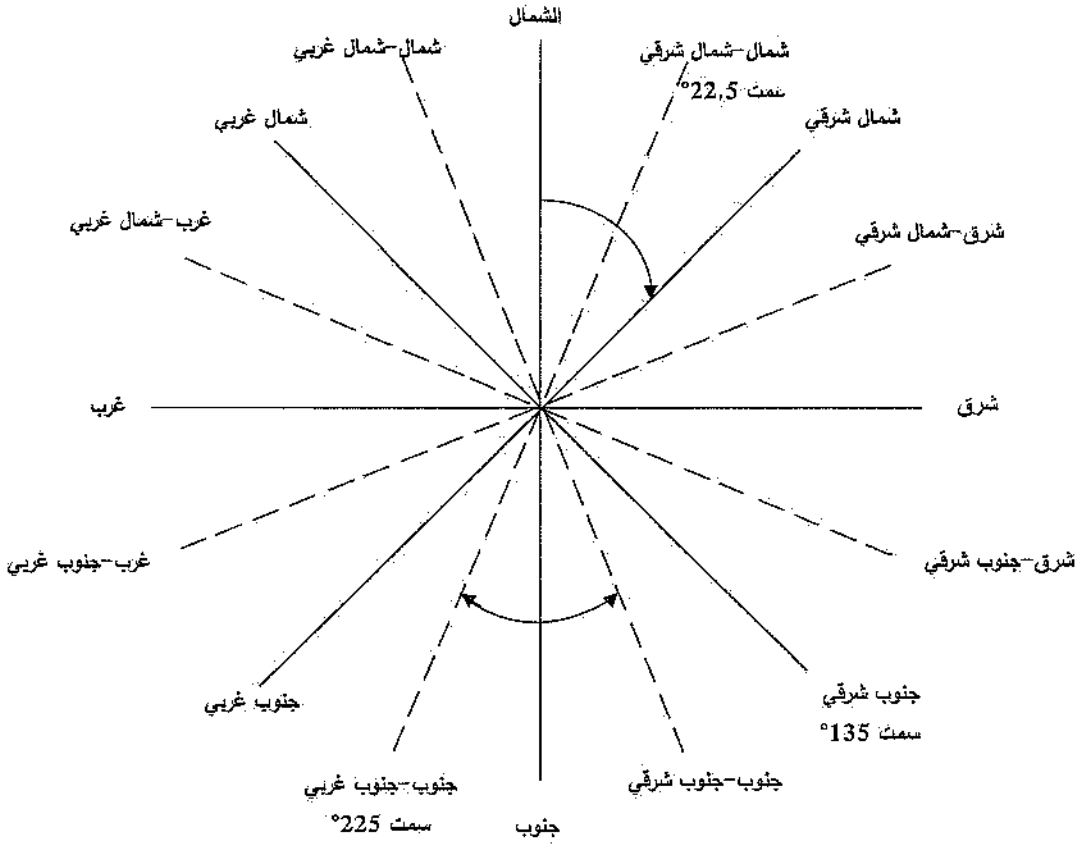
1/1/4-2 يراعى جعل الواجهات والجدران الكبيرة للمبنى نحو الإتجاهات التي تكون فيها زوايا إرتفاع الشمس كبيرة صيفا وصغيرة شتاءً، ويجب التقليل من الواجهات المقابلة لزوايا شمس الصيف الواطئة (يفضل الزاوية المحصورة بين سمت 135°ولغاية 225° كما مبين في الشكل 2-1/4).

2/1/4-2 يجب ان تكون نوافذ الأبنية الواقعة بإتجاه الرياح محكمة وصغيرة في حين تكون النوافذ الكبيرة في الاتجاه المعاكس.

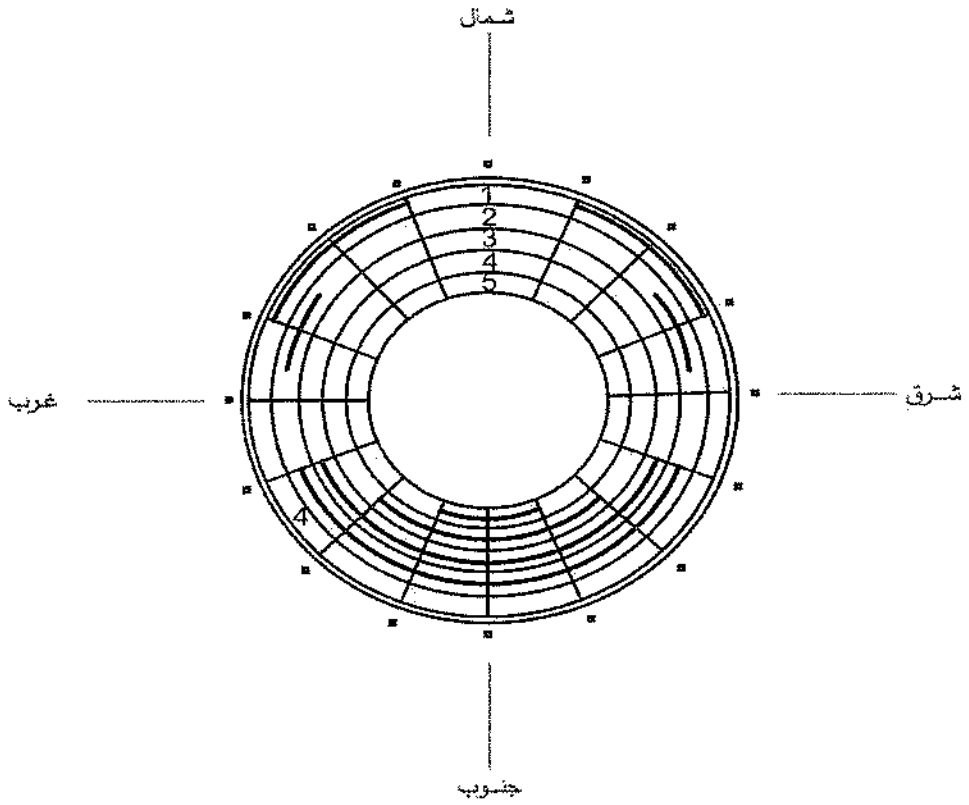
3/1/4-2 يجب ان يكون ضلع البناية الصغير عموديا على اتجاه الريح المزعجة.

4/1/4-2 ينبغي تقليل مساحات الأبواب والنوافذ والواجهات الزجاجية المعرضة للرياح السائدة.

5/1/4-2 اتخاذ التدابير اللازمة لمنع وحجب أشعة الشمس من الدخول إلى المبنى صيفا، والسماح بدخولها إلى المبنى شتاء بإستعمال مظلات واقية، مع ملاحظة التوصيات في استعمال المصدات الثابتة في الشكل 2/4-2.



الشكل 2-1/4: الاتجاهات الجغرافية



الشكل 2-4-2: توصيات حدود استعمال المصدات الشمسية الثابتة[3]

1- مصدات عمودية 2- مصدات مركبة 3- مصدات أفقية 4- المشبكات الخشبية 5- حافة افقية

ملاحظة- للواجهات الشرقية والغربية يجب استعمال مصدات شمسية متحركة لعدم صلاحية المصدات الثابتة.

2-4-2 شكل البناء وموقعه

هنالك عدة عوامل أخرى تؤخذ بنظر الإعتبار في التصميم وهي:

1/2/4-2 اختلاف موقع البناء

يتعرض المبنى الذي يقع على قمة مرتفعة إلى الرياح وأشعة الشمس والأمطار أكثر من المبنى الواقع في واد منخفض، كذلك يتعرض المبنى الواقع على سفح الجبل المواجه للرياح السائدة (windward side) إلى تأثير هذه الرياح بشكل اكبر من المبنى الواقع على السفح المعاكس(Leeward side).

2-4-2/2 علاقة موقع البناء بمواقع الأبنية المجاورة

إن وجود المبنى ضمن مجمع سكني كثيف يساعد في تخفيف تأثير شدة الرياح والأمطار وأشعة الشمس عليه.

2-4-2/3 ارتفاع المبنى

إن زيادة ارتفاع موقع المبنى عن باقي الأبنية المجاورة له والمحيطة به يجعله أكثر عرضة لمواجهة الرياح والأمطار المباشرة مما لو كان بإرتفاع مساو لباقي الأبنية.

2-4-3 غلاف المبنى

إن لغلاف المبنى الأثر الكبير على كمية الفقدان الحراري شتاءً والاكتساب الحراري صيفاً، ولذلك تؤخذ النقاط الاتية بنظر الإعتبار عند تنفيذ غلاف المبنى:

2-4-3/1 إستعمال مواد التشييد ذات الموصلية الحرارية الواطئة وذات السعة الحرارية العالية للحصول على حدود معامل انتقال الحرارة الاجمالي للعنصر الانشائي المحدد وبحسب الجدول 4-1/8 ولغرض الوصول الى إستقرار في درجات الحرارة داخل المبنى وقلة التغيير في درجات الحرارة بين الليل والنهار.

2-4-3/2 ينبغي إستغلال قابلية الألوان للإمتصاص والإنعكاس الحراري للمواد في واجهات المباني.

2-4-3/3 ينبغي إستعمال الجدران المجوفة المزدوجة أو إستعمال العوازل الحرارية والنباتات المتسلقة في واجهات المباني.

2-4-4 النوافذ

تعتبر النوافذ من الأجزاء الرئيسة المؤثرة على زيادة الكسب أو الفقدان الحراري وتزداد إيجابياتها في التبادل الحراري إذا ما أحسن إختيار موقعها وأبعادها وإتجاهها.

2-4-4/1 موقع النافذة للسيطرة على أشعة الشمس المباشرة

يجب وضع أقل ما يمكن من النوافذ في إتجاه الغرب والشرق ويجب وضع النوافذ الواسعة في الإتجاه الجنوبي ويترك الى المصمم تقدير سعة النافذة في الإتجاهات الأخرى مستندا الى الحاجة للإضاءة الطبيعية والتهوية مع التأكيد على تجهيزات الحجب الشمسي في الاوقات المزعجة من السنة.

2-4-4/2 موقع النافذة للتهوية الطبيعية

ينبغي توافر نافذتين على الأقل في كل فضاء احداهما باتجاه الرياح السائدة والأخرى بالاتجاه المعاكس للحصول على التهوية الطبيعية ولتقليل الأحمال الحرارية داخل الفضاءات ولتكوين حركة هواء محسوسة لزيادة الراحة الحرارية وللتخلص من الرطوبة والروائح، على أن يؤخذ بنظر الإعتبار أن تكون النافذة المدابرة للرياح(Lee ward) أكبر من نافذة دخول الهواء المواجهة للرياح (windward) لتكوين سرعة ريح محسوسة داخل الفضاء وأكثر انتظاما. ان التهوية الطبيعية في مباني المناطق الحارة الجافة تحكمها قرارات اختلاف الضغط ما بين واجهات المباني(من خلال الانضغاط والانفتاح للمباني ومن خلال فرق درجة الحرارة ....الخ) ويتم ذلك باستعمال النوافذ والمناور والمداخن الهوائية ومناورة الاقتراب والابتعاد بين المباني

(المناطق المظللة والمناطق المشمسة).

2-4-4-3 الأشكال الهندسية للنوافذ للسيطرة على أشعة الشمس

يعتبر الشكل المستطيل والمربع والأشكال القريبة منها هي السائدة للنوافذ في أغلب التصاميم الهندسية وقد توضع هذه النوافذ في الجدران بوضع أفقي أو عمودي وبحسب الاتجاهات التالية:

2-4-4-3/1 في الإتجاه الشمالي(وشمال–الشمال الشرقي) (وشمال الشمال–الغربي) يفضل استعمال النوافذ العمودية لفعاليتها الصيفية في تخفيض الأشعة الشمسية الصيفية.

2-4-4-3/2 في الزاوية المحصورة بين الإتجاه الجنوبي الشرقي 135° والإتجاه الجنوبي الغربي 225° يفضل استعمال النوافذ العمودية لقابليتها الجيدة في تخفيض الأشعة الشمسية الصيفية والسماح لأكبر كمية من الأشعة الشمسية الشتائية إذا ما قورنت بالنوافذ الأفقية.

2-4-5 التظليل الخارجي[3]

يعتبر تظليل الأبنية وتظليل الفتحات والنوافذ من العوامل المؤثرة على التقليل من الحمل الحراري المسلط على المباني في موسم الصيف حيث إنه يساعد على التخلص من الأشعة المباشرة في الأيام الحارة.

تشمل أساليب التظليل للسيطرة على أشعة الشمس ثلاثة أنواع وهي كالتالي:

2-4-5-1 التظليل بالأجزاء المتحركة

يراعى إستعمال الأجزاء المتحركة على الواجهات التي لايمكن منع الشمس فيها نهائيا لكل ساعات النهار كالواجهتين الشرقية التي تواجهها الشمس منذ ظهورها والغربية التي تستلم الاشعاع الشمسي بعد زوال الشمس وتبقى زوايا إرتفاع الشمس أمامهما واطئة لساعات طويلة لايمكن منعها نهائيا بواسطة المانعات الثابتة الأفقية والعمودية. وتشمل الأجزاء المتحركة للتظليل:

2-4-5-1/1 المشبكات الخشبية.

2-4-5-1/2 الستائر والمظلات الخارجية المتحركة الرأسية والمائلة والدوارة من الخشب واللدائن والمعادن والاقمشة... الخ.

2-4-5-1/3 الستائر المعدنية التي توضع في فراغ النوافذ ذات الزجاج المزدوج.

2-4-5-1/4 الأذرع العمودية المعدنية المتحركة.

2-4-5-1/5 مظلات مصنوعة من المعادن أو البلاستك.

2-4-5-2 التظليل بالأجزاء الإنشائية والتركيبية

وهي أجزاء تستعمل بشكل رئيس لمنع أشعة الشمس من النفوذ الى داخل المباني من الفتحات والنوافذ وتدعى بمانعات أو مصدات الشمس وتقسم الى:

2-4/5/2/1 المصدات الأفقية

تعمل المصدة الأفقية على منع أشعة الشمس المباشرة في الأوقات التي تكون فيها زاوية إرتفاع الشمس عالية (Sun's altitude) وزاوية الظل الأفقية صغيرة ويفضل استعمالها في الإتجاه الجنوبي بين زاويتي سمت 135° الى 225°، وممكن أن تكون ثابتة أو متحركة بدوران.

2-4/5/2/2 المصدات العمودية

تعمل المصدة العمودية على صد أشعة الشمس المباشرة في الأوقات التي تكون فيها زاوية إرتفاع الشمس واطئة وزاوية الظل الأفقية كبيرة ويفضل استعمالها في الإتجاه ما بين صفر– 90°من الشمال وما بين 270°– 360° بإتجاه الشمال، وممكن أن تكون ثابتة أو متحركة بدوران.

2-4/5/2/3 المصدات المركبة

وهي المصدة التي تتكون من مصدة أفقية ومصدة عمودية وتعتبر هذه المصدات فعالة في كل الإتجاهات ولكنها مهمة جدا في الإتجاهات بزاوية سمت من 45°-135° عن الشمال وزاوية سمت من 225°-315°بإتجاه الشمال(الزاويةالغربية). كما يفضل في هذه الاتجاهات استعمال الاقنعة الخشبية ذات الغلق التام في الاوقات الصعبة.

2-4/5/3 التظليل باستعمال الباحات والشُرف والفناءات

يراعى استعمال الباحات والشُرف كمعالم معمارية للأبنية الواقعة في مناطق تمتاز بمناخها الحار حيث إنها تهيء الظل وتعتبر واقيات جيدة من أشعة الشمس.

2-4/5/4 التظليل باستعمال الأشجار والنباتات والمسطحات المائية والنافورات

إن الاشجار والنباتات والمسطحات المائية والنافورات تستعمل في مقتربات المباني لتقليل تأثير الاحمال الحرارية الخارجية على المبنى حيث يقل متوسط درجة حرارة الهواء الخارجية في هكذا ظروف بمقدار يتراوح بين 8-10°مئوية.

تؤخذ النقاط التالية بنظر الإعتبار عند إختيار النبات المناسب للتظليل:

2-4/5/4/1 استعمال النباتات كثيفة التوريق التي تعطي ظلا كثيفا، أما النباتات قليلة التوريق فانها تعطي ظلا متقطعا يؤثر على قابليتها في حجب الحمل الحراري الخارجي المؤثر.

2-4/5/4/2 استعمال النباتات المرتفعة وكثيرة الإنتشار حيث أنها أفضل في تقليل أعباء الاحمال الحرارية الخارجية.

2-4/5/4/3 استعمال الأشجار والشجيرات متساقطة الأوراق شتاءً (النباتات الموسمية) حيث أنها تعطي خواص مناخية جيدة فتستعمل صيفا للتظليل أما في الشتاء فتسمح لأشعة الشمس بالدخول الى الفضاءات الداخلية.

2-5 العوامل المؤثرة في تصميم العزل الحراري

يمكن تحديد العوامل التالية لإعتبارها المؤثر في التصميم:

1/5-2 الظروف الجوية

قبل البدء بعملية التصميم للعزل الحراري يجب تحديد المتطلبات التصميمية اللازم توافرها داخل المبنى والظروف الجوية السائدة صيفا وشتاءً وهي كما يلي :

1/1/5-2 المتطلبات التصميمية اللازم توافرها داخل المبنى لكل منطقة مناخية وتتضمن التالي:

1/1/1/5-2 درجات الحرارة التصميمية الداخلية.

2/1/1/5-2 الرطوبة النسبية التصميمية الداخلية المتوقعة.

3/1/1/5-2 معدل التهوية التصميمية

2/1/5-2 الظروف المناخية الخارجية السائدة صيفا وشتاءً لكل منطقة مناخية وتتضمن التالي:

1/2/1/5-2 درجات الحرارة الخارجية.

2/2/1/5-2 الرطوبة النسبية القصوى والدنيا السائدة.

3/2/1/5-2 سرعة الرياح واتجاهها.

4/2/1/5-2 شدة الأشعة الشمسية وزاوية سقوطها.

5/2/1/5-2 درجة حرارة الهواء.

الجدول 2-1/5 يبين درجات الحرارة والرطوبة النسبية الموصى بها داخل الأماكن المكيفة.

الفارق في درجات الحرارة بين الحيز والسطوح الداخلية يجب ان لا يزيد عن 3م° مع الأخذ بنظر الأعتبار امكانية رفع درجة الحرارة في حالة تصعيد التحرك الهوائي لغاية 1متر/ثانية بمعامل ملبس 0.5 .clo وتتبدل بحسب الجهد الذي يتعرض له الانسان.

الجدول 2-1/5: درجات الحرارة والرطوبة النسبية الموصى بها داخل الاماكن المكيفة* [4]

رقم	المكان المكيف	صيفا		شتاء		سرعة الهواء (متر/ثانية)
		درجة حرارة البصلة الجافة (درجة مئوية)	الرطوبة النسبية (%)	درجة حرارة البصلة الجافة (درجة مئوية)	الرطوبة النسبية (%)	
1	الشقق السكنية	24	55-50	21	50-40	0.15-0.13
2	الاسواق المركزية	26	55-50	21	50-40	0.25
3	الكافتريا	26	50	23-21	30-20	0.25
4	المطاعم	26-23	60-55	23-21	30-20	0.15-0.13
5	المطابخ	31-29	-	23-21	-	0.25-0.15
6	المكاتب	26-23	60-50	23-21	30-20	0.23 -0.13
7	المكتبات	22-20	55-40	22-20	55-40	اقل من 0.13
8	المتاحف	22-20	55-40	22-20	55-40	اقل من 0.13
9	غرف الهاتف	26-22	50-40	26-22	50-40	0.15-0.13
10	استديوهات الاذاعة والتلفزيون	26-23	55-45	23-21	50-40	0.15-0.13

*ملاحظة: يتم اعتماد معامل تصحيح لعموم المعايير المعتمدة في الجدول 2-1/5 ليكون الجدول اكثر ملاءمة للظروف المناخية العراقية بحسب توصيات وبحوث تطبيقية عالمية عديدة في ظروف المناطق الاستوائية[5،6].

2-2/5 المتطلبات المعمارية

لقد تم الإشارة الى المتطلبات المعمارية الضرورية في تصميم العزل الحراري للمباني في الفصل 2-4.

2-3/5 معامل انتقال الحرارة الإجمالي (U-Value) للعناصر الإنشائية

تعتمد قيمة معامل انتقال الحرارة الإجمالي لعناصر البناء على عدة عوامل، منها خواص المواد المكونة للتركيب الإنشائي، سمكها ودرجة تعرض السطوح الخارجية للعناصر الإنشائية إلى العوامل الجوية. عند زيادة قيمة معامل انتقال الحرارة الإجمالي لعناصر البناء فأن كمية الحرارة المفقودة شتاءً والمكتسبة صيفاً سوف تزداد، وبالتالي يزداد استهلاك الطاقة اللازمة لتدفئة وتكييف المبنى، وعليه يجب تصميم العناصر الإنشائية للمبنى بحيث تكون قيمة معامل انتقال الحرارة الإجمالي لها ضمن الحدود المسموح بها التي ستذكر في الجدول 4-1/8 .

2-6 الراحة الحرارية (Thermal Comfort)

تتأثر الراحة الحرارية بالعوامل التالية:

2-1/6 عوامل مؤثرة في الراحة الحرارية مرتبطة بالإنسان نفسه (Personal Factors)

هذه العوامل تشمل:

2-1/1/6 نوع النشاط الإنساني

تعتمد كمية الطاقة الحرارية الناتجة من معدل الأيض لجسم الإنسان والتي يقوم الإنسان بتبديدها في الجو المحيط على نوع النشاط الذي يمارسه الإنسان وهي مبينة في الجدول 2-1/6.

الجدول 2-1/6: كمية الحرارة المتحررة عن جسم الإنسان بحسب نوع النشاط المبذول[7]

نوع النشاط	كمية الحرارة المتحررة (واط/شخص/ساعة)
النوم	70
الجلوس مع حركة خفيفة	160-130
الوقوف مع عمل خفيف	190-160
الجلوس مع حركة كثيفة	230-190
الوقوف مع عمل معتدل وحركة خفيفة	290-230
المشي مع حمل أو رفع أشياء خفيفة	410-290
عمل كثيف متقطع	580-440
عمل شاق محتمل	700-580
عمل شاق بأقصى حد لمدة 30 دقيقة	1100

القيم المذكورة هي قيم متوسطة مستقاة من عدة مراجع و تشمل الحرارة المحسوسة والكامنة.

حيث أن:

الحرارة المحسوسة:هي الحرارة التي يحس بها جسم الانسان بارتفاع أو انخفاض درجة حرارة البصلة الجافة . ان ثبوت الحرارة المحسوسة يعني ثبوت درجة حرارة البصلة الجافة للهواء.

الحرارة الكامنة : هي الحرارة التي تقترن باضافة بخار الماء أو ازالته من الهواء. ان ثبوت الحرارة الكامنة يعني بقاء كمية بخار الماء الممزوجة مع الهواء ثابتة.

2-1/6-2 معامل الملبس

يحدد نوع الملبس الذي يرتديه الإنسان كمية الحرارة التي يفقدها الجسم إلى الوسط المحيط، حيث تقل كمية الحرارة المفقودة من جسم الإنسان بازدياد نوع الملبس وعدده وقدرته على عزل الحرارة. إن العازلية الحرارية للملبس تعتبر من العوامل المهمة والمؤثرة في إحتساب حدود الراحة الحرارية للانسان وتتراوح مابين (clo. 1-0.5) في الموسم الصيفي و (clo. 2-1.5) في الموسم الشتوي وتعتبر (clo. 4) أعلى قيمة لمعامل الملبس شتاءً والذي يترتب عليه تقليل درجة الراحة الحرارية المعتمدة شتاءً.

2/6-2 عوامل مؤثرة في الراحة الحرارية ذات ارتباط مباشر بالظروف البيئية المحيطة

هناك أربعة عوامل للظروف البيئية المحيطة لها تأثير على الراحة الحرارية هي:

1/2/6-2 درجة حرارة الهواء (C°) Air Temperature

2/2/6-2 الرطوبة النسبية (%) Relative Humidity

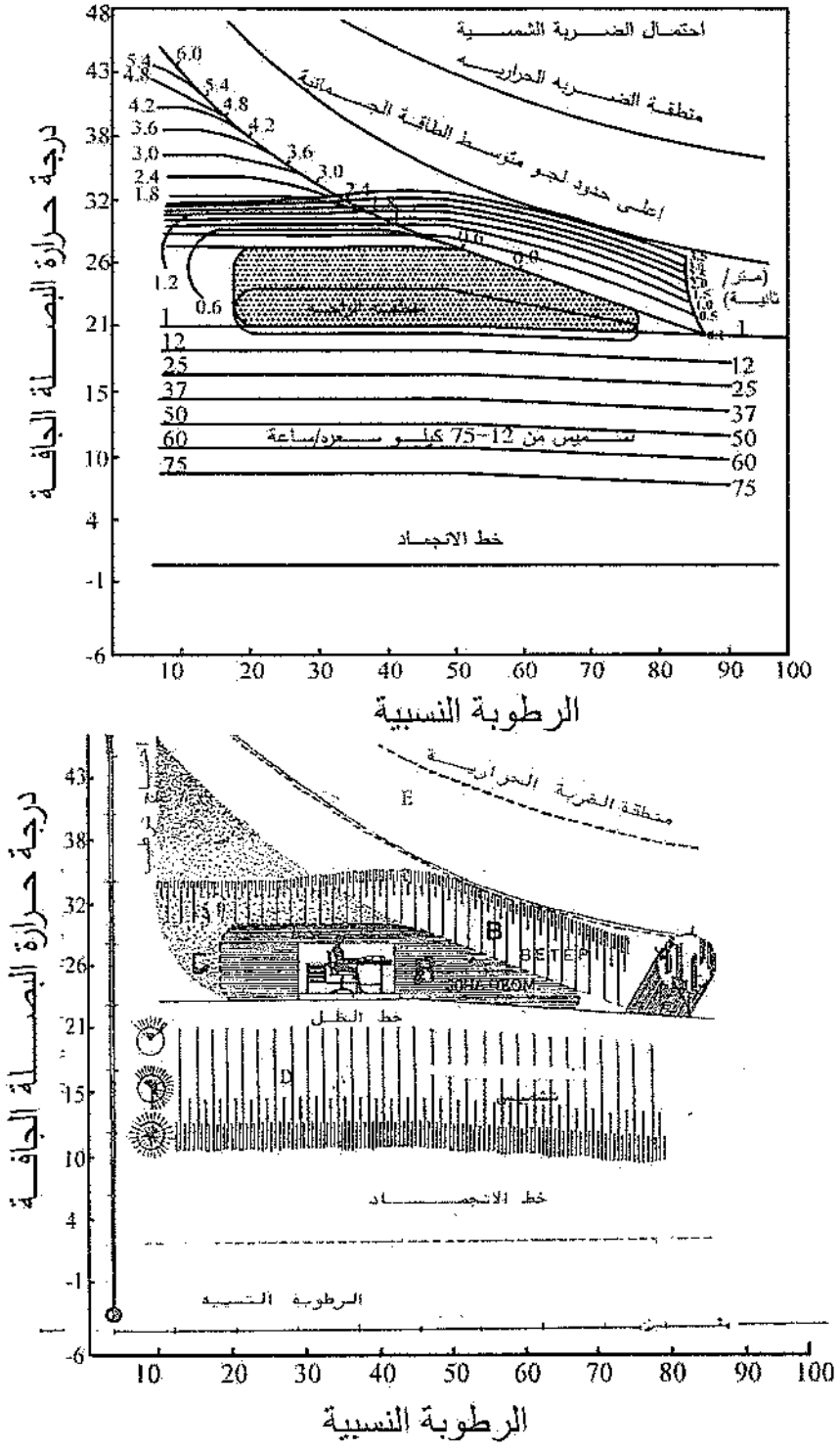
3/2/6-2 حركة أو سرعة الهواء (m/s) Air Velocity

4/2/6-2 متوسط درجة الحرارة الإشعاعية (C°) Mean Radiant Temperature

يتم تحديد مستوى الراحة الحرارية للعوامل المؤثرة المذكورة آنفا بأشكال بيانية تبين مجال الراحة الحرارية الذي يقع فيه هذا المستوى.

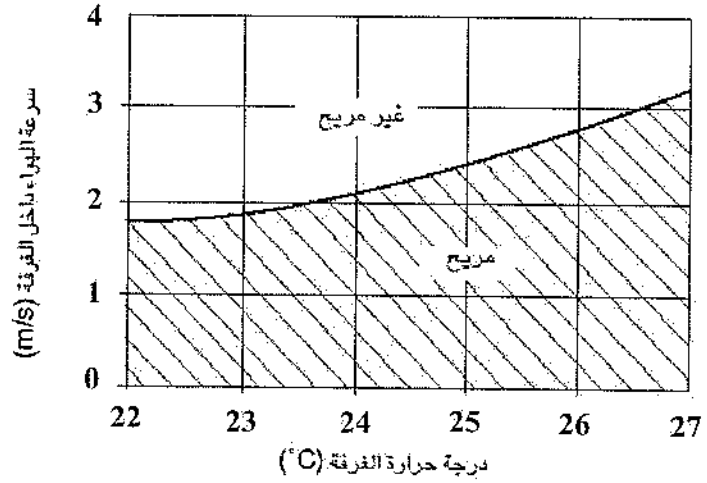
يبين الشكل 2-1/6 مجال الراحة الحرارية تبعا لدرجة حرارة الهواء ورطوبته النسبية داخل حيز الأشغال ويبين الشكل 2-2/6 مجال الراحة الحرارية تبعا لسرعة الهواء داخل حيز الأشغال.

يبين الشكل 2-3/6 مجال الراحة الحرارية تبعا لمتوسط درجة حرارة الهواء داخل حيز الأشغال ومتوسط درجة حرارة السطوح الداخلية لعناصر البناء، فعلى سبيل المثال، إذا كانت درجة حرارة الهواء داخل مبنى غير معزول حراريا في الشتاء تساوي 20 درجة مئوية ومتوسط درجة حرارة السطوح الداخلية لعناصر البناء تساوي 12درجة مئوية، فعند استعمال الشكل 2-3/6 يتبين إن الإقامة في هذا المبنى تكون غير مريحة بسبب ازدياد كمية الطاقة الإشعاعية الصادرة عن جسم الإنسان إلى السطوح الداخلية الباردة لعناصر البناء والتي تشكل الجزء الأكبر من الطاقة الحرارية التي يفقدها جسم الإنسان وهذا يؤدي إلى حدوث خلل في الاتزان الحراري وللوصول إلى الراحة الحرارية فان ذلك يتطلب رفع درجة حرارة الهواء داخل المبنى عدة درجات أعلى من 20 درجة مئوية لغرض الدخول في مجال الراحة الحرارية وهذا يعني المزيد من استهلاك وهدر الطاقة. أما في حالة العزل الحراري الجيد لعناصر البناء المختلفة فان درجة حرارة السطوح الداخلية لهذه العناصر تكون قريبة من درجة حرارة الهواء داخل المبنى وتقع ضمن مجال الراحة الحرارية كما مبين في الشكل 2-3/6، كذلك يبين الشكل 2-3/6 الحدود القصوى للراحة الحرارية والتي يجب مراعاتها في تصميم العزل الحراري للعناصر الخارجية للمبنى بهدف الوقاية الحرارية في فصل الصيف.

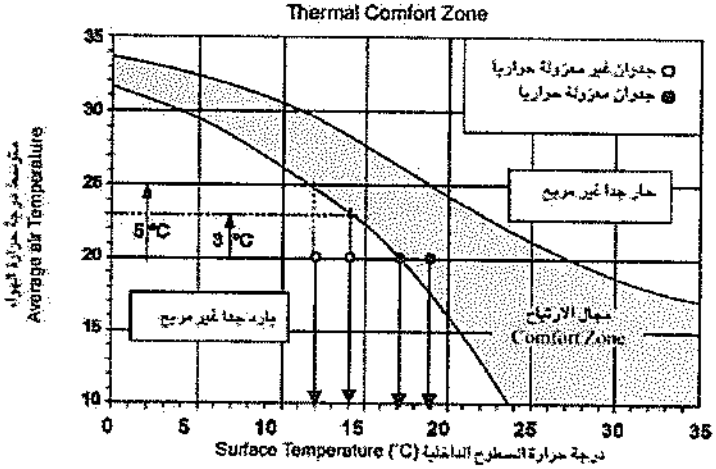


الشكل 2-1/6: مخطط التقويم البيوميناخي (لأولكي) والذي يشير الى حدود منطقة الراحة الحرارية بأعتماد درجات الحرارة والرطوبة النسبية[5]

ملاحظة: يتم اعتماد درجات الحرارة والرطوبة النسبية (المتغيرات الثابتة والمأخوذة عن نشرات الانواء الجوية لجميع فصول السنة) والتي يتطلب تسقيطها مباشرة على مخطط التقويم البيومناخي وكذلك يشير المخطط الى المناطق خارج حدود الراحة الحرارية ومحددات اعادة التقويم من خلال ادخال مقومات تقويمية اضافية للوصول الى الراحة الحرارية كالتحرك الهوائي في حالة درجات الحرارة لغاية (33 درجة مئوية) والترطيب في حالة الجفاف الحراري (رطوبة نسبية اقل من 30%) او الاشعاع الحراري المضاف في حالة تقليل درجة الحرارة عن الحد الادنى للراحة الحرارية (يتراوح بين 12-75 كيلو سعرة/ساعة)، وكذلك يحدد المجال الذي يتطلب مداخلات ميكانيكية (تبريد أو تدفئة) في الحالات الحرجة والتي لايمكن معالجتها طبيعياً.



الشكل 2-2/6: مجال الراحة الحرارية تبعا لسرعة الهواء[7]



الشكل 2-3/6: مجال الراحة الحرارية تبعا لمتوسط درجة حرارة الهواء داخل حيز الاشغال ومتوسط درجة حرارة السطوح الداخلية لعناصر البناء[7]

2-7 توزيع الطبقات وعلاقته بالاختزان الحراري

يعتمد الاختزان الحراري للمادة على كثافتها الكتلية وسعتها الحرارية ان كانت مادة متجانسة واحدة أو مجموعة مواد مكونة لتركيب انشائي متكامل لتصبح أساسا في عملية الاختزان الحراري والتي تعتمد أساسا على الاختلاف الحراري بين وجهي المادة المتجانسة الواحدة أو التركيب الانشائي المتكامل.

2-7/1 اختزان الحرارة (Heat Storage)

تتناسب مقدرة المادة على اختزان الحرارة طرديا مع كثافتها الكتلية (ρ) وسعتها الحرارية (C_p)، وحجمها (V) والفرق في درجات الحرارة المؤثرة (Δt).

يمكن إيجاد كمية الحرارة المختزنة (Q_s) باستعمال المعادلة التالية:

$$Q_s = \rho . C_p . V . \Delta t \qquad (1/7\text{-}2)$$

حيث :

Q_s: كمية الحرارة المختزنة في المادة ، J (جول)

ρ :الكثافة الكتلية للمادة وتقدر بوحدات، kg/m^3

C_p: السعة الحرارية النوعية بثبوث الضغط للمادة ، J/kg .K

Δt: فرق درجة الحرارة بين السطح الداخلي والخارجي للمادة ، K

V: حجم المادة ، m^3

تؤخذ قيمة السعة الحرارية النوعية للمادة من الجدول 2-7/1.

الجدول 2-7/1: السعة الحرارية النوعية لبعض المواد[7،8]

المادة	السعة الحرارية النوعية (جول/كغم.كلفن)
المواد اللاعضوية والمواد العازلة المصنوعة منها	1000
الخشب والصفائح الخشبية	1800
الألياف النباتية والنسيجية	1300
المواد اللدائنية والمواد العازلة المصنوعة منها	1500
المعادن – الألمنيوم – الفولاذ – النحاس	 900 500 400
الهواء (كثافة 1.2 كغم/م^3)	1000
الماء	4180

2-7-2 تأثير موقع العازل الحراري على الاختزان الحراري

2-7-2/1 عزل حراري خارجي

يجب وضع الطبقة الخفيفة العازلة للحرارة إلى الخارج من العنصر الانشائي، ففي فصل الشتاء فان الطبقة الداخلية تقوم بامتصاص الحرارة الداخلية في أثناء عملية تدفئة المبنى واختزانها والاحتفاظ بها، في حين تقوم الطبقة الخارجية العازلة للحرارة بإعاقة ومنع انتقال الحرارة المختزنة داخل الطبقة الداخلية إلى الخارج والحيلولة دون فقدانها بسرعة. وبذلك تكون كمية الحرارة المختزنة كبيرة، وهذه الحرارة المختزنة سوف تنبعث ثانية إلى داخل المبنى في ساعات توقف أجهزة التدفئة عن العمل مما يساعد على بقاء الجو الداخلي دافئا لمدة من الزمن.

أما في فصل الصيف، فأن الطبقة الخارجية العازلة للحرارة تعمل على إعاقة انتقال حرارة الجو الخارجية المرتفعة إلى داخل المبنى وتحمي الطبقة الداخلية من تأثيرات الحرارة الخارجية المرتفعة.

2-7-2/2 عزل حراري داخلي

يمكن وضع الطبقة الخفيفة العازلة للحرارة إلى الداخل للعنصر الإنشائي، وفي هذه الحالة فأن هذه الطبقة ونتيجة لصغر موصليتها الحرارية وقلة قابليتها على اختزان الحرارة، تعمل على إسراع عملية تدفئة المبنى أو تكييفه ولكن في نفس الوقت فأن توقف أجهزة التدفئة والتكييف عن العمل يؤدي أيضا إلى سرعة فقدان الحرارة الداخلية شتاءً وارتفاعها صيفاً.

2-8 المتطلبات التصميمية المعمارية لترشيد إستهلاك الطاقة في المباني

تؤخذ التوصيات البيئية والإنسانية المذكورة في الجدول 2-8/1 بنظر الإعتبار في التصميم المعماري لغرض الترشيد الأمثل لاستهلاك الطاقة في المباني.

الجدول 2-1/8: التوصيات البيئية والانسانية في التصميم المعماري لغرض الترشيد الأمثل في استهلاك الطاقة للمباني [7,3]

نوع الفعالية	التوصيات
إختيار وتخطيط الموقع العام	• ينبغي تظليل الممرات والطرق. • يجب استعمال طوبوغرافية الأرض والمباني المجاورة للحماية من الرياح الباردة (مناخ بارد). ولتقليل المساحات الخارجية للجدران من خلال التضام.
شكل البناء وكتلته	• ينبغي تقليل نسبة المساحة السطحية للبناء إلى حجمه مما يحقق أكبر قدر من الفراغات الداخلية (مناخ حار جاف/بارد). • يجب الاهتمام بالتشكيل والتوجيه المناسب للبناء لتقليل التعرض للرياح الباردة (مناخ بارد). • البناء تحت الأرض أو جزئيا تحت الأرض (مناخ حار جاف / بارد). • شكل البناء ذو الاستطالة حيث تفضل الاستطالة بالشكل القريب من المربع وعلى أن تكون الاستطالة باتجاه شمال/جنوب للواجهة الواسعة لاعطاء موازنة في تأثير الحمل الحراري الإجمالي (سنويا).

تتمة الجدول 2-1/8: التوصيات البيئية والانسانية في التصميم المعماري لغرض الترشيد الأمثل في استهلاك الطاقة للمباني [7,3]

نوع الفعالية		التوصيات
التوجيه	- إعتبارات الشمس	• الواجهة ذات الإستطالة تكون الواجهات الشمالية والواجهات الجنوبية المظللة صيفا والمنفتحة شتاءً لضمان الحجب الصيفي والانفتاح الشتوي.
	إعتبارات الإضاءة الطبيعية	• تظليل الفتحات على الواجهات الشرقية والغربية والجنوبية (باستعمال كاسرات شمسية مناسبة)، وبحسب الفقرة 2-4-1/5
تشكيل السقوف		• تستعمل السقوف المستوية بعازلية حرارية عالية في المناطق الحارة الجافة. • تستعمل السقوف المزدوجة بنفاذية هوائية فيما بينها لتقليل الاعباء الحرارية على السقف الاساس.

تتمة الجدول 2-1/8: التوصيات البيئية والانسانية في التصميم المعماري لغرض الترشيد الأمثل في استهلاك الطاقة للمباني [7,3]

نوع الفعالية		التوصيات
تصميم الفتحات	– التوجيه	• يعد إتجاه الجنوب بالزاوية المحصورة بين سمت 135-225 هو الأمثل تبعا لإعتبارات الشمس والرياح والإضاءة. يلي ذلك إتجاه الشمال ثم الشرق مع التظليل الجيد صيفا بإتجاه الشرق وإستبعاد الواجهة الغربية بقدر الامكان.
	–الواجهات والسطح	• تهيئة السطح اللازم للتهوية الطبيعية الجيدة من خلال السقائف الثانوية والمظلات الخفيفة. • تكبير مساحة الفتحات الجنوبية مع تأمين التظليل صيفا (مناخ بارد). • تقليل مساحة النوافذ المعرضة للرياح الباردة شتاءً مع السد المحكم (مناخ بارد).
	– الوضع	• في المسقط الأفقي تكون الفتحات متقابلة قدر الإمكان لتحقيق التهوية النافذة، وعلى ان تكون الفتحات في جانب المبنى المدابر للريح (LeeWard) أكبر من تلك في جانبه المواجه للريح (WindWard). • تكون مناسيب الفتحات المتقابلة متغيرة لتحقق حركة الهواء الملاطفة لجسم الانسان.
	– المعالجات	• كسر حدة الإشعاع الشمسي باستعمال الواقيات وكاسرات الشمس. وبحسب المحددات المشار اليها سابقا. • تقليل نفاذ الحرارة للداخل باستعمال زجاج خاص(زجاج مطلي بمواد عاكسة للحرارة أو استعمال زجاج ثنائي اوثلاثي الطبقات عازل للحرارة). • التحكم في توجيه الهواء الداخل بإستعمال الضلف المحورية والشرائح المتحركة.

تتمة الجدول 2-1/8: التوصيات البيئية والانسانية في التصميم المعماري لغرض الترشيد الأمثل في استهلاك الطاقة للمباني [7,3]

نوع الفعالية		التوصيات
تصميم الفتحات	- عمل فتحات علوية	• لسحب الهواء من الخارج وتوزيعه بصورة متجانسة . • لزيادة الإشعاع الشمسي داخل الفراغات باستعمال سطوح عاكسة خارج الفتحات في الموسم الشتوي. • لإسقاط الضوء الطبيعي لعمق أكبر داخل الفراغ باستعمال عواكس على الفتحات (الرفوف الضوئية).
مواد الإنهاء		• استعمال الإنهاء الخشن للواجهات لإلقاء الظلال وتشتيت الحرارة (مناخ حار). • استعمال الألوان الفاتحة لأعمال الإنهاء الخارجية لكي تعكس الحرارة (مناخ حار). • استعمال ألوان داكنة حول الفتحات لتلافي الإنعكاسات الحرارية والضوئية المباشرة إلى الداخل (مناخ حار).

تتمة الجدول 2-1/8: التوصيات البيئية والانسانية في التصميم المعماري لغرض الترشيد الأمثل في استهلاك الطاقة للمباني [7,3]

نوع الفعالية		التوصيات
معالجات غلاف المبنى	– لتقليل انتقال الحرارة	• استعمال العزل الحراري للغلاف. • استعمال جدران وسقوف مزدوجة. • زيادة سمك الغلاف. • استعمال الاقنعة والمزروعات والمتسلقات والمسطحات المائية والمياه المتدفقة في مقتربات المبنى.
	– لتأخير انتقال الحرارة للداخل	• استعمال الجدار المخزن للحرارة (الحجر الطبيعي)(ذي السعة الحرارية العالية).
	– عناصر معمارية مساعدة	• الفناءات المظللة والمشمسة. • المناور الخدمية والخاصة بالملاقف الهوائية. • السقوف الثانوية.
تنسيق الموقع		•الحفاظ قدر الإمكان على المكونات الطبيعية للموقع من أشجار ومزروعات ومسطحات مائية وناقورات. • استعمال حزام من الأشجار لترشيح الهواء المحمل بالتراب أو كمصدات للرياح. • استعمال الاشجار لاعادة الظلال وتوجيه حركة الهواء

مراجع الباب (2)

[1]-Weather Underground , www. Wunerground

[2]– "*أطلس مناخ العراق*"، الهيئة العامة للأنواء الجوية العراقية، بغداد،(1989).

[3]–"*دليل العزل الحراري*"، اللجنة الإستشارية للطاقة، المركز القومي للإستشارات الهندسية/ إصدار قسم الإعلام والعلاقات العامة وزارة النفط –طبعة جديدة ومنقحة بدون تاريخ.

[4]-ASHRAE Handbook, HVAC Applications,(2007).

[5]-Victor Olgyay.," ***Design with Climate***", Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism, Princeton, New Jersey,(1963).

[6]–سوخا نوف،"*الطاقة الاشعاعية والشمس والعمارة*"،طشقند،(1973)(باللغة الروسية).

[7] –"*كود العزل الحراري للأبنية في الجمهورية العربية السورية*"، بدون تاريخ.

[8] –الكودات العربية الموحدة لتصميم وتنفيذ المباني،"*كود العزل الحراري*"،جامعة الدول العربية، مجلس وزراء الإسكان والتعمير العرب،(2003).

[9]-ASHRAE Handbook Fundamentals,(2009).

[10]-Turner L., **"*Climate and Architechure*",** Report for Honor's Section 8 of MET 1010 International to the Atmosphere, Florida State University, Dec. (2003).

الباب 3

مواد العزل الحراري أنواعها وخصائصها

3-1 تمهيد

يتناول هذا الباب أنواع وخواص المواد العازلة للحرارة التي تعرف على أنها تلك المواد التي تقلل من انتقال الحرارة و تتميز بكثافتها الكتلية الواطئة ومساميتها العالية ورداءة توصيلها الحراري. ان الهدف الرئيس من استعمال هذه المواد هو تأخير سريان الحرارة وبالتالي التحكم في درجة الحرارة النهائية للمبنى واستقراره الحراري.

3-2 العوامل المحددة لاختيار مواد العزل الحراري

3-2/1 أن تكون المادة مقاومة للماء و الرطوبة بنفسها، أو بواسطة حواجز غشائية مبطنة تعمل كطبقة داخلية تمنع الهواء الدافئ أو البارد من الخروج، أو مواد تشكل طبقة سطحية خارجية تمنع دخول الرياح للحفاظ عليها من التلف.

3-2/2 أن تكون المادة ذات خصائص ميكانيكية جيدة، مثل تحمل الضغط، الشد والقص وقليلة الانفعالات الناتجة من الأحمال التي تتعرض لها.

3-2/3 أن تكون المادة ذات متانة و ديمومة عالية و ذات عمر وظيفي طويل.

3-2/4 أن تكون المادة ذات قابلية تمدد وتقلص قليلة ومتوافقة مع الجزء الإنشائي المراد عزله.

3-2/5 أن تكون المادة سهلة التركيب واقتصادية، كذلك يفضل أن تكون العوازل الحرارية مستكملة مصنعيا ولها القابلية على الالتصاق والالتواء في حالات خاصة ومجهزة بمشبكات تقوية وبمواد كيمياوية مقاومة للحشرات و مقاومة للحريق بدرجة اتقاد عالية أو بمواصفات إطفاء تلقائي مع عزلها بطبقتين من مادة مقاومة لنفاذية البخار أو الماء ولا تبعث غازات سامة عند الاحتراق.

3-2/6 صديقة للبيئة عند تصنيعها واستعمالها.

3-3 تصنيف المواد العازلة للحرارة

3-3/1 تصنيف المواد العازلة للحرارة اعتماداً على مصادرها

3-3/1/1 المواد العازلة الطبيعية مثل ألياف السليلوز وأصواف الحيوانات ... الخ.

3-3/1/2 المواد العازلة الصناعية مثل الاسفنج والصوف الزجاجي وأنواع الخرسانة الخفيفة أو المونة الرغوية والخلوية مثل الثرمستون وغيره.

3-3/2 تصنيف المواد العازلة للحرارة اعتماداً على تركيبها المسامي

3-3/2/1 المواد العازلة الرقائقية (Flake Insulators)

مواد على شكل رقائق متراكمة أو قشور تتخللها مسام هوائية مثل الفيرمكيولايت والمايكا الممددة.

3-2/2/3 المواد العازلة الليفية (Fiber Insulators)

مواد مكونة من ألياف شعرية تتخللها فجوات هوائية ويمكن أن تكون مواد غير عضوية مثل ألياف الزجاج، السيراميك، الصوف الصخري، أو مواد عضوية مثل أصواف الحيوانات، القطن، القصب وألياف نباتية أخرى.

3-2/3/3 المواد العازلة المسامية (Porous Insulators)

مواد تحتوي على مسام وفراغات مختلفة في حجمها وطريقة توزيعها وهي إما طبيعية مثل الخشب، القش، القصب، الحجارة البركانية، البيرلايت أو صناعية بشكل لدائن مسامية كالاسفنج.

3-2/4/3 المواد العازلة الخلوية (Cellular Insulators)

مواد ذات تركيب خلوي بفراغات صغيرة الحجم وموزعة بشكل متجانس وهي إما عضوية مثل الفلين، البولي يوريثان، البولي ستايرين، أو غير عضوية مثل الزجاج الرغوي، الخرسانة الخفيفة الرغوية.

3-2/5/3 المواد العازلة العاكسة (Reflective Insulators)

رقائق معدنية عاكسة للإشعاع الحراري مثل رقائق الألمنيوم والقصدير .

3-3 تصنيف المواد العازلة للحرارة اعتماداً على أشكالها و تراكيبها البنائية

3-3/1 ألواح جاسئة (Rigid Panels)

ألواح صلدة ضعيفة الثني بأبعاد وقياسات محددة، وتستعمل لعزل الجدران،السقوف والأرضيات حرارياً، مثل البولي يوريثان والبولي ستايرين.

3-3/2 ألواح شبه جاسئة (Semi- Rigid Panels)

ألواح مرنة تكون على شكل طبقات أو لفائف تستخدم في المناطق غير المعرضة لأية أحمال لعدم قدرتها على مقاومة الأحمال المسلطة عليها، وتثبت بواسطة المسامير وغيرها في حالة استعمالها في الجدران و يفضل استعمال الغشاء اللاصق المتكامل مصنعيا (بدون مسامير) لتثبيتها لتجنب نشوء الجسور الحرارية وكذلك لضمان عدم نفاذية البخار و الماء، لإمكانية هطولها تحت تأثير وزنها، وبالتالي حصول تشوه في أثناء عملية البناء ومثال على ذلك الصوف الصخري والزجاجي .... الخ

3-3/3 خرسانة عازلة للحرارة (Thermal Insulator Concrete)

عبارة عن مزج أنواع مختلفة من الركام الخفيف مع السمنت و الماء التي تتحول بعد جفافها إلى خرسانة رديئة التوصيل للحرارة، ومثال على ذلك الخرسانة الرغوية، وخرسانة الركام الخفيف.

3-3/4 مواد عازلة سائبة (Loose-Fill Insulators)

عبارة عن حبيبات أو ألياف سائبة أو مساحيق تستعمل لملء الفراغات والتجاويف بطريقة الضخ ومثال على ذلك حبيبات البيرلايت، البولي ستايرين ... الخ.

نظراً لقدرة العوازل السائبة على امتصاص الماء أو الرطوبة فيجب حمايتها من الماء أو الرطوبة، ولأن هذه المواد قابلة للتراص عندما تتعرض لأحمال مسلطة وبالتالي تقلل من فعاليتها في العزل الحراري، لهذا يجب عدم تعريضها لأية أحمال.

3-3/3/5 عوازل تترغى بالرش (Spray Foam Insulators)

عوازل ترش على شكل طبقة رغوية في السقوف، الأرضيات والسطوح، بسمك معين. تتطلب هذه العملية مهارة عالية في التنفيذ لملء الفجوات بشكل كامل ومتجانس مع مراعاة نظافة السطوح والأحوال المناخية مثل درجة الحرارة، الرياح والمطر عند التنفيذ. مثال على ذلك رغوة البولي يوريثان.

3-3/3/6 مواد عازلة فرشية (Blankets)

مواد تتوافر على شكل قطع بأبعاد مختلفة لغرض فرشها واستعمالها في العزل الحراري للسقوف والسطوح.

3-3/4 تصنيف العوازل الحرارية اعتماداً على تراكيبها الكيميائية

3-3/4/1 العوازل العضوية (Organic Insulators)

مثل الألياف النباتية كالقصب، القطن، وكذلك أصواف الحيوانات، البولي ستايرين، البولي يوريثان.

3-3/4/2 العوازل غير العضوية (Inorganic Insulators)

مثل ألياف الزجاج، الصوف الصخري، الرقائق المعدنية ... الخ.

3-3/5 تصنيف العوازل الحرارية اعتماداً على مبدأ عازليتها للحرارة

3-3/5/1 المواد العازلة لانتقال الحرارة بالتوصيل

مثل الفلين، البولي يوريثان، البولي ستايرين، الخرسانة الخفيفة الرغوية.

3-3/5/2 المواد العازلة لانتقال الحرارة بالحمل

مثل الفلين، البولي يوريثان، البولي ستايرين، الخرسانة الخفيفة الرغوية.

3-3/5/3 المواد العازلة لانتقال الحرارة بالإشعاع

مثل رقائق الألمنيوم، والقصدير.

3-3/6 تصنيف العوازل الحرارية اعتماداً على مواقع استعمالها

3-3/6/1 العوازل المستعملة في السطوح

مثل الفلين، البولي يوريثان، البولي ستايرين.

3-3/6/2 العوازل المستعملة في الجدران

مثل ألياف الزجاج، الصوف الصخري ... الخ.

3-3/6/3 العوازل المستعملة في الأرضيات

مثل ألياف الزجاج، الصوف الصخري ... الخ .

3-3/6/4 العوازل المستعملة في الأسس

مثل الفلين والعوازل المصنعة المتكاملة والقابلة للصق عمودياً.

3-3-7/3 تصنيف العوازل الحرارية اعتماداً على توافرها محليا

مثل الصوف المعدني الذي يجب أن يكون مطابقا للمواصفة العراقية 1990/1477 والصوف الصخري الذي يجب أن يكون مطابقا للمواصفة العراقية 3926/ 2004 وكتل الخرسانة الخلوية (الثرمستون) التي يجب أن تكون مطابقة للمواصفة العراقية 2000/1441 والبولي ستايرين الذي يجب ان يكون مطابقاً للمواصفات الامريكية ASTM C578.

3-4 الطلاءات الداخلية للسيطرة على الأحمال الحرارية الإشعاعية

يجب أن تطلى الجدران والسقوف والأرضيات بطلاءات تعمل كحواجز إشعاعية Radiant Barriers ووظيفتها الأساسية كمادة عازلة للحرارة. يجب تطبيق المواصفة ASTM C1321–09 فيما يخص هذا الفصل من حيث تنفيذ واستعمال هذه الطلاءات.

3-5 العازل الحراري الهوائي

عبارة عن فجوة هوائية في الجدار المجوف بسمك 40 ملم. من الممكن وضع مادة عازلة حراريا لتملأ جزءاً من الفجوة والجزء الآخر يترك كفجوة هوائية تحافظ على جفاف المادة العازلة.

3-6 خواص المواد العازلة للحرارة

3-6-1/ المواصلة الحرارية [Thermal Conductance (C - value)]

هي كمية الحرارة المنتقلة عموديا من خلال وحدة مساحة (متر^2) في أثناء وحدة الزمن (ساعة) لتركيب إنشائي عند كون الاختلاف بين درجتي حرارة سطحيه درجة واحدة وتقاس بوحدة (واط / متر^2. كلفن).

3-6-2/ معامل الموصلية الحرارية [Thermal Conductivity (k-value)]

هي كمية الحرارة المنتقلة عموديا عبر المادة المتجانسة من خلال وحدة مساحة (متر^2) ووحدة سمك (متر) عند كون الاختلاف بين درجتي حرارة سطحيه الخارجي والداخلي درجة واحدة وخلال وحدة زمن (ساعة) وتقاس بوحدات (واط / متر.كلفن). لاحظ الملحق (ب).

3-6-3/ المعامل الإجمالي لانتقال الحرارة [Overall heat transfer coefficient (U-value)]

هي كمية الحرارة المنتقلة عموديا في أثناء وحدة الزمن (ساعة) من خلال وحدة مساحة (متر^2) لتركيب إنشائي متكامل عند كون الاختلاف بين درجة حرارة سطحيه درجة واحدة وتقاس بوحدات (واط / متر^2 . كلفن). لاحظ الملحق (ج).

3-6-4/ المقاومة الحرارية [Thermal Resistance (R - value)]

هي الممانعة التي يبديها التركيب الإنشائي لانتقال الحرارة خلاله في أثناء وحدة الزمن(ساعة) وخلال وحدة مساحة (متر^2) عند وجود فرق درجة واحدة بين سطحيه. تقاس بوحدة (متر^2 . كلفن/ واط) وتمثل معكوس المواصلة الحرارية (C – value).

5/6-3 الانبعاثية (Emissivity)

نسبة الطاقة الإشعاعية التي يصدرها جسم ما درجة حرارته (t) إلى الطاقة الإشعاعية التي يصدرها الجسم الأسود ذو درجة الحرارة نفسها، حيث أن انبعاثية الجسم الأسود المطلق تساوي واحد. يعرف الجسم الأسود المطلق بأنه الجسم أو السطح الذي يمتص كامل الطاقة الإشعاعية الساقطة عليه و يصدر اكبر طاقة إشعاعية مقارنة بما تصدره الأجسام الأخرى.

6/6-3 المواصلة الحرارية السطحية [(F -value)Surface Thermal Conductance]

كمية الحرارة المنتقلة في أثناء وحدة الزمن من سطح المادة أو المائع الملامس لها (الهواء أو غيره) ذي وحدة مساحة (متر) عندما يكون الفرق بين درجتي حرارة المائع والسطح درجة مئوية واحدة .تقاس بوحدة (واط/ متر^2.كلفن).

7/6-3 الكثافة الكتلية (Density)

تعرف الكثافة الكتلية للمادة العازلة للحرارة على أنها كتلة المادة (كغم) أو (غم) إلى حجم المادة (متر^3) أو (سم^3)، والكثافة الوزنية للمادة تحسب بالنيوتن / متر^3 أو الداين / سم^3. لاحظ الملحق (ب).

8/6-3 امتصاص الماء (Water Absorption)

قابلية المادة العازلة للحرارة على امتصاص الماء في حالة تعرضها للمياه. ومن المهم تحديد الأساليب والوسائل لمنع وصول الماء إليها وضمان كفاءتها وعدم تلفها.

9/6-3 امتصاص الرطوبة (Moisture Absorption)

قدرة المادة العازلة للحرارة على امتصاص الرطوبة على شكل بخار الماء. ومن المهم تحديد الأساليب والوسائل لمنع وصول الرطوبة إليها وخروجها منها وضمان فعاليتها وعدم تلفها .

10/6-3 نفاذية بخار الماء (Water Vapor Permeability)

يجب حساب كمية بخار الماء النافذة والمتكاثفة خلال مادة العزل الحراري بتأثير فرق ضغط بخار الماء بين سطحي المادة، حيث ينتقل بخار الماء من السطح الدافئ إلى السطح البارد وذلك لاتخاذ الوسائل والأساليب لمنع تكاثف البخار في المادة العازلة للحرارة وضمان فعاليتها وعدم تلفها.

11/6-3 ثبات الأبعاد (Dimensional Stability)

وهي الخاصية التي تعبر عن قدرة المادة على الاحتفاظ بحجمها وشكلها مع مرور الزمن رغم تعرضها لتغيرات الحرارة والرطوبة، ولذلك يجب اختيار مادة العزل الحراري القادرة على المحافظة على أبعادها وشكلها رغم الاجهادات الحرارية والرطوبة التي تتعرض لها خلال العمر الوظيفي لها.

12/6-3 الاحتراق والاتقادية (Combustion and Flammability)

رفع درجة الاتقاد لمواد العزل الحراري تعتمد على اصول تصنيفها معمليا و إجراءات حمايتها من خلال التغليف بمواد ذات درجة اتقاد عالية، فضلا عن درجة اتقاد المادة العازلة. كذلك يفضل إدخال مواد تكميلية

ذات قابلية على بعث غاز ثنائي اوكسيد الكربون بكثافة عالية لتغطية المادة العازلة في حالة احتراقها ومن ثم إطفائها تلقائيا.

13/6-3 مقاومة الضغط (Pressure Resistance)

قابلية المادة العازلة للحرارة على تحمل الضغوط المسلطة عليها في أثناء نقلها وتركيبها وخلال العمر الوظيفي لها.

14/6-3 مقاومة العوامل الجوية (Weathering Resistance)

مقاومة مواد العزل الحراري للظروف البيئية المختلفة في حالة تعرضها المباشر لها كالرياح والأمطار وأشعة الشمس ...الخ .

15/6-3 درجة الحرارة التشغيلية(السعة الحرارية) (Working Temperature)

يجب معرفة درجتي الحرارة العليا والدنيا اللتين تعمل عندها المادة العازلة للحرارة بفعالية بدون أي ضرر أو تشوه والتأكد من عدم تعرضها لدرجات حرارة خارجة عن تلك الحدود في أثناء استعمالها.

16/6-3 التراص و الهبوط (مقاومة الانضغاط) (Compacting and Setting)

خاصية المادة العازلة للحرارة بتغير أبعادها وكثافتها عند تعرضها للأحمال أو الاجهادات وبالتالي تغير خواصها الأخرى. من المهم اختيار المادة الملائمة لمثل هذه الظروف.

17/6-3 استرجاع الأبعاد (Dimensional Recovery)

قدرة المادة العازلة للحرارة على استرجاع أبعادها الأصلية بعد زوال العوامل المؤثرة. وهي مهمة في المحافظة على خواصها وفعاليتها.

18/6-3 خاصية الالتصاق (Adhesion)

قدرة المادة العازلة وخاصة الرغوية منها على الالتصاق بالسطوح بدون تقشر وفي درجات حرارة مختلفة لضمان التصاق جيد ولمدة زمنية طويلة .

19/6-3 خاصية الانكماش (Shrinkage)

قابلية انكماش مادة العزل الحراري وهي قد تسبب تشققها وتؤثر على بقية الخواص.

7-3 طرائق تثبيت المواد العازلة

يرتبط أداء المواد العازلة لوظيفتها بطرائق تثبيتها في السقوف والجدران والأرضيات ويجب إتباع توجيهات الشركة المنتجة لهذه المواد وتكون بإحدى الطرائق التالية:

1/7-3 التثبيت بالمواد اللاصقة.

2/7-3 التثبيت برش المواد على السطح.

3/7-3 التثبيت الميكانيكي.

4/7-3 التثبيت بالمواد الضاغطة كالمشبكات السلكية و المكبوسة مصنعيا.

3-8 خزن و تأثير المواد المستعملة على البيئة و الصحة العامة

3-8/1 يجب أن تكون المواد غير سامة ولا تنتج أية أبخرة وغير قابلة للتعفن.

3-8/2 يجب إتباع تعليمات الصحة والسلامة للشركة المنتجة عند استعمالها وخاصة قابليتها على الاشتعال وانبعاث الغازات السامة كرغوة البولي يوريثان.

3-8/3 يجب ارتداء القفازات والملابس الواقية لمنع الإصابة بحساسية الجلد وحماية العينين بلبس النظارات والجهاز التنفسي ومنع استنشاقها بوضع كمامات للأنف.

3-8/4 يجب خزنها في مخازن مسقفة وجيدة التهوية وبعيدة عن الرطوبة ومصادر النيران ، ويجب الانتباه إلى خزن المواد العازلة في مكان جاف وضمان عدم تمزقها أو تشققها ومعاملتها بمشبكات نحاسية أيضا عند تثبيتها. وتشكل بعض هذه المواد خطراً على صحة الإنسان مما يستوجب معرفة تركيبها الكيميائي وخواصها الفيزيائية .

- يجب أن تعامل مع مواد صادة للحشرات و القوارض.

مراجع الباب (3)

[1]-الكودات العربية الموحدة لتصميم وتنفيذ المباني ***كود العزل الحراري***"،جامعة الدول العربية، مجلس وزراء الإسكان والتعمير العرب، 2003.

[2] – ***"كود العزل الحراري للأبنية في الجمهورية العربية السورية"***، بدون تاريخ.

[3]– ***"المواصفات القياسية العامة للعزل الحراري والمائي لمدينة دبي"*** ، الجزء رقم (1)، سبتمبر 2006 .

[4]– المواصفة العراقية (I.O.S) رقم 1477، ***الصوف المعدني***"، الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية، 1990.

[5]– المواصفة العراقية (I.O.S) رقم 3926، ***الصوف الصخري***"، الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية، 2004.

[6]-Elroy, Mc. , etal., "***Thermal Insulation Performance***",ASTM STP 718, 1980, pp. 566.

[7]-Graves, et. al., "***Insulation Materials: Testing and Applications***", ASTM STP 116 ,2nd volume , 1991 , pp. 654.

[8]-Harley,B.,"***Insulate and Weatherize***",2002.

[9]- Powell , et. al., "***Thermal Insulation: Materials and Systems*** " ASTM International , 1988, pp. 755 .

[10]-Bynum, R. T., " ***Insulation Handbook***", 2000, pp. 494.

[11]-Malloy, T. ,et. al., " ***Thermal Insulation Handbook*** ",McGraw-Hill ,1981, pp. 929.
[12]-The American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers, " ***ASHRAE Handbook Fundamentals*** " ,1981 .
[13]-American Society for Testing and Materials C578-09، "***Standard Specification for Rigid , Cellular Polystyrene Thermal Insulation*** ", 2009.
[14]-International Building Code , 2009.
[15]-British Standard Institute, BS 6676: Part2: 1986, "***Code ofPracticefor Installation of batts (Slabs) Filling the Cavity*** ".

الباب 4

أسس ومبادئ وأساليب تصميم العزل الحراري

4-1 تمهيد

يساهم التصميم الجيد للعزل الحراري للمباني في تقليل 50 إلى 70 بالمائة من الطاقة المستهلكة في التدفئة والتبريد لهذه الأبنية بسبب تقليله من الاكتساب والفقدان في الحرارة من المباني، وبذلك فان تحسين فعالية استهلاك الطاقة للمباني يساعد بشكل كبير على تقليل تكاليف التدفئة والتبريد ويتيح ظروفاً مريحة وصحية داخل هذه المباني. فضلا عن ذلك فان مثل هذا التحسن في فعالية استهلاك الطاقة يساهم في إطالة عمر المنشأ ويقلل من تكاليف صيانته ويقلل التلوث البيئي والانبعاث الحراري. من المعروف ان المنشآت التي تستهلك قدرا أقل من الطاقة المصنعة لتشغيلها واشغالها تُعد صديقة للبيئة.

4-2 طرائق انتقال الحرارة

تكون عملية تدفق الحرارة (Heat Flow) إما متغيرة مع الزمن (Transient Process) أو ثابتة (Steady Process)، ففي الحالة المتغيرة فان درجة الحرارة و/أوتدفق الحرارة يتغيران مع الزمن في حين تحدث الحالة الثابتة لانتقال الحرارة عندما تصل درجة الحرارة وتدفق الحرارة إلى حالة الاتزان حيث تبقى ثابتة ولا تتغير مع الزمن (حالة الاستقرار الحراري).

4-2/1 انتقال الحرارة بالتوصيل

إن إنتقال الحرارة بالتوصيل الحراري هو الانتقال المباشر للحرارة خلال جزيئات المادة الصلبة والناتج من التماس الفيزيائي بين جزيئات المادة الصلبة، حيث يحدث انتقال الحرارة بالتوصيل نتيجة حركة الجزيئات للمادة والذي ينتج منه انتقال طاقة الجزيئات العالية إلى الجزيئات المجاورة لها واطئة الطاقة وبالتالي زيادة درجة حرارتها. يعتبر معامل الموصلية الحرارية للمادة (k-value) صفة مميزة للمادة المتجانسة العازلة للحرارة وهو يتغير مع درجة الحرارة وكثافة المادة (درجة الرص للمادة) وتركيبها. إن بعض القيم النموذجية لمعامل الموصلية الحرارية لمواد بناء مختلفة مبينة في الملحق (ب) يمكن أخذها بنظر الإعتبار في تصميم العزل الحراري للمباني.

4-2/2 انتقال الحرارة بالحمل

إن إنتقال الحرارة بالحمل الحراري في الأبنية هو انتقال الطاقة الحرارية الناتج من حركة جزيئات الهواء الساخن المحيط للمادة، حيث يرتفع الهواء الساخن الى الأعلى بسبب نقصان كثافته ويحل محله الهواء البارد الذي ينزل إلى الأسفل مكوناً دورة من الحمل الحراري والذي يطلق عليه الحمل الحراري الحر.

4-2/3 انتقال الحرارة بالإشعاع

تحول جزء من الطاقة الحرارية الداخلية في الجسم (حركة الجزيئات والذرات)إلى طاقة إشعاع على شكل موجات كهرومغناطيسية بسرعة الضوء حيث تنتقل الطاقة من السطوح الساخنة إلى السطوح الباردة، عندما ترتطم هذه الطاقة بسطح ما، فإنها تمتص من قبل هذا السطح وتتحول من جديد إلى طاقة حرارية تؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة ذلك السطح.

هناك مصطلح عادة ما يتم استخدامه عند وصف انتقال الحرارة بالإشعاع وهو الانبعاثية (Emissivity) المُعرف في الفصل 3-6.

4-3 العيوب الحرارية (Thermal Defects)

تصنف العيوب الحرارية في نظام العزل الحراري إلى الأنواع التالية:

4-1/3 الجسور الحرارية (Thermal Bridges)

تحدث الجسور الحرارية بشكل رئيس نتيجة لاختراق عناصر إنشائية لها معامل توصيل حراري عال طبقة العازل للحرارة، مما يؤدي إلى زيادة معدل تدفق الحرارة خلالها.

تصنف الجسور الحرارية إلى المجاميع التالية:

4-1/1/3 الجسور الحرارية الإنشائية

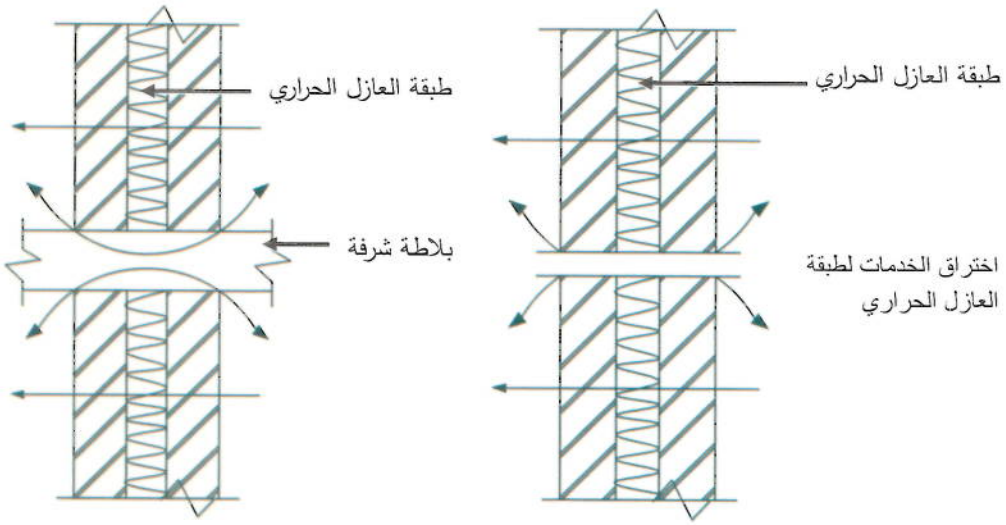
تحدث الجسور الحرارية الإنشائية عندما تخترق عناصر إنشائية عالية المقاومة وذات معامل توصيل عال للحرارة طبقة العازل الحراري. إن أبرز الأمثلة النموذجية لهذا النوع من الجسور الحرارية وأكثرها شيوعا هي:

4-1/1/1/3 مناطق تقاطع الأعتاب مع الجدران.

4-2/1/1/3 فتحات النوافذ في الجدران.

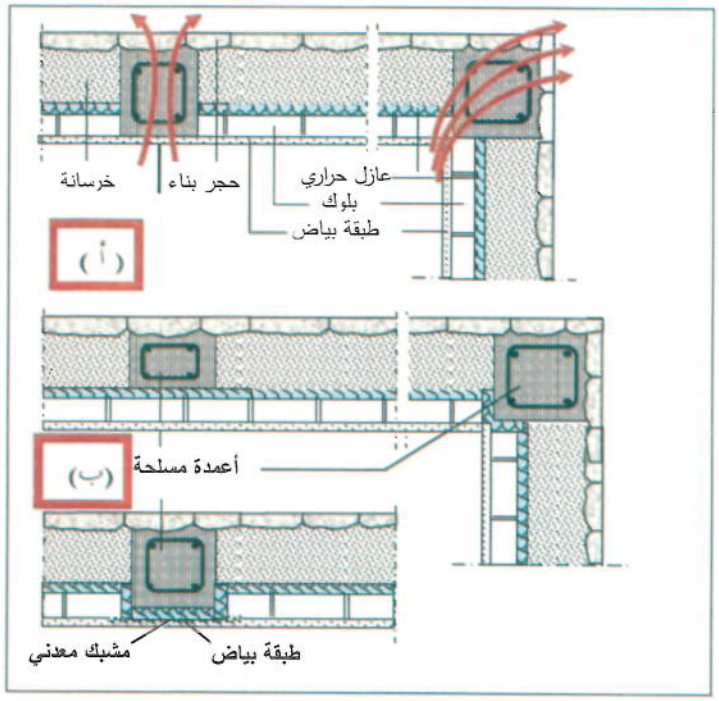
4-3/1/1/3 اختراق العديد من خدمات البناية للعازل الحراري مثل أنابيب الماء، المداخن، مجاري الهواء وحزم القابلوات الكهربائية (Cables) ومواد التثبيت.

يبين الشكل 4-1/3 أمثلة لبعض إحتمالات الجسور الحرارية الانشائية، ويبين الشكل 4-2/3 الحلول المقترحة لمعالجة الجسور الحرارية الانشائية.



أ- اختراق بعض الخدمات (مثل انابيب المياه،مجاري الهواء وغيرها) طبقة العازل ب- تقاطع الجدار مع بلاطة شرفة

الشكل 4-1/3: أمثلة لبعض احتمالات الجسور الحرارية الانشائية



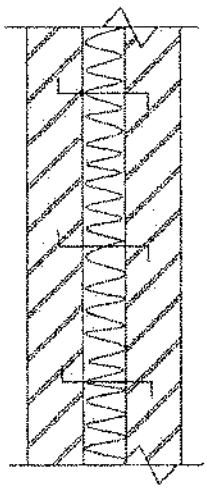
أ- مسقط افقي لتلاقي جدارين مسببا الجسور الحرارية

ب-الحل المقترح لمعالجة الجسور الحرارية عند نقاط الالتقاء

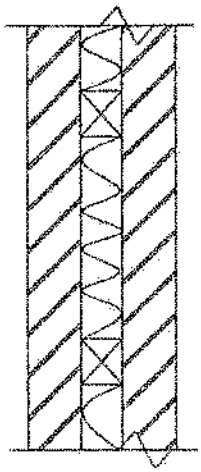
الشكل 4-2/3: مسقط افقي لتلاقي جدارين والحل المقترح لمعالجة الجسور الحرارية عند نقاط الالتقاء

4-3/1/2 الجسور الحرارية النظامية (Systematic Thermal Bridges)

يحدث هذا النوع من الجسور الحرارية بسبب استعمال روابط الجدار (Wall Ties) أو المفاصل الموجودة في الجدار المصمت أو بسبب وجود الدعامات (Studs) في نوع الجدران الحاوي على دعامات (Stud Wall) يمكن تقليل تأثير حدوث هذا النوع من الجسور وذلك باستعمال روابط الجدار او دعامات الجدران المصنوعة من مواد ذات موصلية حرارية واطئة مثل البلاستك عالي المقاومة بحيث يتم الحصول على قيم لمعامل انتقال الحرارة للعنصر الانشائي ضمن الحدود المبينة في 4-8 . الشكل 4-3/3 يبين أمثلة للجسور الحرارية النظامية.



ب- الروابط في الجدران المزدوجة



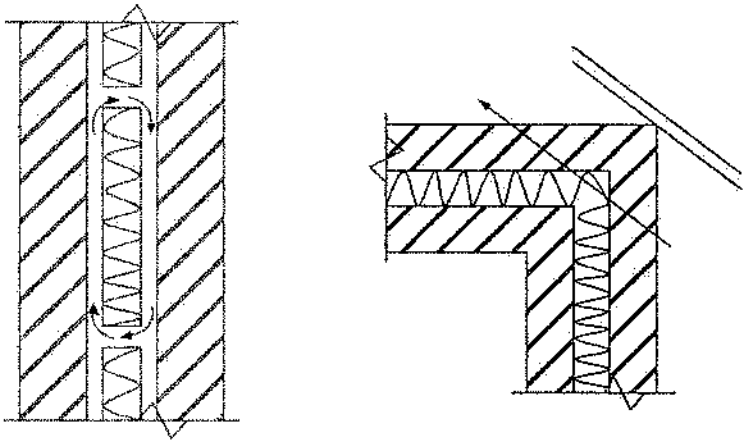
أ-الدعامات في الجدران المزدوجة والحاوية على دعامات داخلية

الشكل 4-3/3: بعض الأمثلة للجسور الحرارية النظامية

4-3/1/3 الجسور الحرارية الناتجة من الحمل الحراري (Convective Thermal Bridges)

تشير الجسور الحرارية الناتجة من الحمل الحراري إلى مواقع في المبنى تحدث فيها حركة غير مرغوب بها للهواء داخل العناصر الإنشائية لذلك المبنى، وذلك نتيجة لحدوث الحمل الحراري داخل الفجوات الهوائية الموجودة في العنصر أو الفجوات الهوائية الموجودة في المادة العازلة للحرارة نفسها أو في التجاويف الهوائية الموجودة على جانبي الطبقة العازلة للحرارة نتيجة التنفيذ والتثبيت غير الجيدين لطبقة العازل الحراري. كذلك فانه من المحتمل حدوث زيادة في فقدان الحرارة عند دخول الهواء الخارجي إلى داخل الطبقة العازلة للحرارة أو البخار أو الماء.

يبين الشكل4-4/3 بعض الامثلة للجسور الحرارية الناتجة من الحمل الحراري.



أ- اختراق الهواء الخارجي الى داخل المبنى

ب- الحمل الطبيعي حول طبقة العازل الحراري

الشكل 4-3/4: بعض الامثلة للجسور الحرارية الناتجة من الحمل الحراري

4-3/2 عيوب العازل الحراري في الأبنية

يجب تجنب حدوث عيوب في العازل الحراري والتي تتضمن ما يلي:

4-3/2/1 عدم الاستمرارية للمادة العازلة للحرارة في تصميم العزل الحراري للأبنية يؤدي إلى تقليل فعالية المادة العازلة للحرارة.

4-3/2/2 وجود الفجوات والشقوق داخل العازل الحراري نتيجة التثبيت والتنفيذ غير الجيدين لطبقة المادة العازلة للحرارة.

4-3/2/3 تحرك طبقة المادة العازلة عن موقعها المحدد نتيجة عدم تحذف التثبيت الجيد والكافي لها.

4-4 تحديد المقاومة الحرارية [Thermal Resistance (R)] [1]

تعبر المقاومة الحرارية (R-Value) عن مقاومة المادة لتدفق الحرارة خلالها حيث كلما كانت قيمة المقاومة الحرارية لعناصر المنشأ عالية كانت أفضل من ناحية العزل الحراري، ويعبر عن قيمة المقاومة الحرارية بوحدات (م^2.كلفن)/واط [$(m^2.K)/W$].

حيث إن:

(m^2) م^2: يشير إلى متر مربع واحد من تركيب انشائي باسماك محددة لتراكيبها.

(K) كلفن: يشيرالى الفرق بدرجة حرارية واحدة ما بين سطحي المادة.

(W) واط: يشير إلى كمية الحرارة المتدفقة خلال المادة.

تعتمد المقاومة الحرارية للمادة العازلة على نوع المادة، سمكها وكثافتها.

4-1/4 المقاومة الحرارية السطحية (المقاومة الحرارية للسطوح الخارجية والداخلية للعناصر الإنشائية)

4-1/1/4 العناصر الإنشائية ذات السطوح المستوية

4-1/1/1/4 في حالة عدم توافر معلومات محددة ودقيقة عن الظروف البيئية المحيطة بالعناصر الإنشائية فان قيم المقاومة السطحية الداخلية (R_{si}) والمقاومة السطحية الخارجية (R_{se}) تؤخذ من الجدول 4-1/4 الخاص بالعناصر الإنشائية ذات السطوح المستوية.

الجدول 4-1/4: المقاومة الحرارية السطحية[1]

المقاومة الحرارية السطحية $(m^2.K)/W$	اتجاه تدفق الحرارة		
	إلى الأعلى (صاعد)	أفقيا	إلى الأسفل (هابط)
المقاومة الحرارية السطحية الداخلية (R_{si})	0.10	0.13	0.17
المقاومة الحرارية السطحية الخارجية (R_{se})	0.04	0.04	0.04
ملاحظة (1): إن القيم الموضحة في الجدول هي قيم تصميمية وفي حالة حساب القيم الحرارية التي لا تعتمد على اتجاه تدفق الحرارة أو عندما يكون اتجاه تدفق الحرارة متغيرا ففي هذه الحالات يمكن استعمال الاتجاه الأفقي لتدفق الحرارة. ملاحظة (2) : تطبق قيم المقاومة الحرارية السطحية الموجودة في هذا الجدول على السطوح التي تكون في تماس مع الهواء ولا يتم تحديد أي قيمة للمقاومة الحرارية السطحية للسطوح التي تكون في تماس مع مواد أخرى غير الهواء.			

ملاحظة :- تم حساب قيم المقاومة السطحية الداخلية المبينة في الجدول 4-1/4 باستعمال انبعاثية (ε) مساوية 0.9 وقيمة h_{ro} محسوبة عند درجة حرارة 20 °م. كذلك تم حساب قيمة المقاومة السطحية الخارجية بأستعمال ε=0.9 وقيمة h_{ro} محسوبة عند درجة حرارة 10 °م، باستعمال سرعة رياح مساوية إلى 4 متر/ثانية.

4-1/1/2/4 في حالة تحديد الظروف المحيطة بسطوح العناصر الإنشائية فأن المقاومة الحرارية السطحية للعنصر الإنشائي تحسب بإستعمال المعادلة التالية:

$$R_s = \frac{1}{hc + hr} \qquad (4-1/4)$$

حيث إن:

h_c: معامل إنتقال الحرارة بالحمل، $W/(m^2.K)$

h_r: معامل إنتقال الحرارة بالإشعاع ، $W/(m^2.K)$

وأن:

$$h_r = \xi h_{ro} \qquad (2/4-4)$$

$$h_{ro} = 4\sigma T_m \qquad (3/4-4)$$

حيث إن:

ξ: الانبعاثية للسطح.

h_{ro}: معامل الإشعاع الحراري لسطح الجسم الأسود ، $W/(m^2.K)$ ، أنظر الجدول 2/4-4.

σ: هو ثابت يسمى (Stefan-Blotzmann) وقيمته 5.67×10^{-8} $W/(m^2.K)$

T_m: متوسط درجة الحرارة الديناميكية (Mean Thermodynamic Temp.) للسطح وما يحيط به ، K.

إن قيمة الانبعاثية ξ المساوية إلى0.9 تعتبر مقبولة للسطوح الخارجية والداخلية.

الجدول 4-4/2: قيم معامل إنتقال الحرارة بالإشعاع لسطح الجسم الأسود،h_{ro}[1]

معدل درجة الحرارة C°	h_{ro} $W/(m^2.K)$
10-	4.1
0	4.6
10	5.1
20	5.7
30	6.3

يمكن إيجاد المعامل h_c كالتالي:

في حالة السطوح الداخلية أو الخارجية للتجاويف الهوائية جيدة التهوية [لاحظ الفقرة 4-5/2/5] فأن:

$$h_c = h_{ci} \qquad (4/4-4)$$

حيث إن:

h_{ci} =5 واط/(م^2.كلفن) $[W/(m^2.K)]$ عند تدفق الحرارة إلى الأعلى.

h_{ci} =2.5 واط/(م^2.كلفن) عند تدفق الحرارة أفقيا.

h_{ci} = 0.7 واط/(م^2.كلفن) عند تدفق الحرارة إلى الأسفل.

أما في حالة السطوح الخارجية فان:

$$h_c = h_{ce} \qquad (5/4-4)$$

حيث إن:

$$h_{ce} = 4+4v \qquad (6/4-4)$$

وتمثل v سرعة الرياح القريبة من السطح الخارجي، m/sec

يبين الجدول 4-3/4 قيم المقاومة الحرارية السطحية الخارجية (R_{se}) بالاعتماد على سرعة الرياح المختلفة.

الجدول 4-3/4: قيم المقاومة الحرارية السطحية الخارجية(R_{se}) عند سرع رياح مختلفة[1]

سرعة الرياح (m/sec)	R_{se} $(m^2.K)/W$
1	0.08
2	0.06
3	0.05
4	0.04
5	0.04
7	0.03
10	0.02

4-2/1/4 العناصر الإنشائية ذات السطوح غير المستوية

إن الأجزاء الإنشائية الناتئة من السطوح للعناصر الإنشائية مثل الأعمدة تهمل عند حساب المقاومة الحرارية الإجمالية للعنصر الإنشائي إذا كانت مكونة من مواد لها معامل موصلية حرارية لا يزيد عن 2.5 واط/(م.كلفن).

أما إذا كانت الأجزاء الناتئة مؤلفة من مواد لها معامل موصلية حرارية يزيد عن 2.5 واط/(م.كلفن) أو إذا كانت غير معزولة حراريا، فيتم إجراء حسابات المقاومة الحرارية الإجمالية على فرض عدم وجود هذه الأجزاء ولكن لحساب المقاومة الحرارية السطحية فأن المقاومة الحرارية السطحية الفعلية المحسوبة بدون وجود هذه الأجزاء الناتئة تضرب بنسبة تمثل قيمة مسقط المساحة الناتئة (Projected Area) مقسومة على قيمة المساحة السطحية الفعلية للجزء الناتئ حيث تحسب بإستعمال المعادلة التالية:

$$R_{sp} = R_s \times \frac{Ap}{A} \qquad (7/4-4)$$

حيث إن :

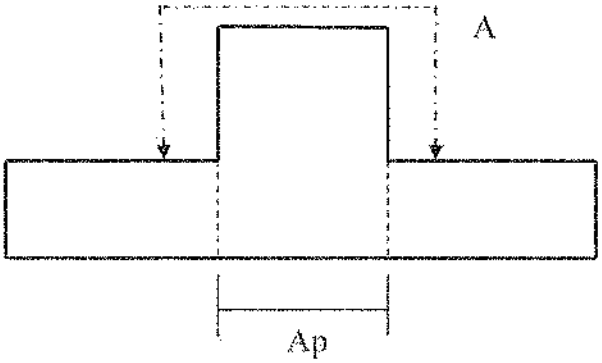
R_{sp}: المقاومة الحرارية السطحية محسوبة بأخذ الجزء الناتئ بنظر الاعتبار، $(m^2.K)/W$

R_s: المقاومة الحرارية السطحية للعنصر الإنشائي ذي السطح المستوي ، $(m^2.K)/W$ ، محسوبة بحسب الفقرة 4-1/1/4.

Ap: مساحة الإسقاط للجزء الناتئ ، m^2

A: المساحة السطحية الفعلية للجزء الناتئ ، m^2 ، كما مبين بالشكل 4-1/4

تستعمل المعادلة 4-7/4 لحساب كل من المساحة السطحية الخارجية والداخلية للعنصر الإنشائي الحاوي على السطوح غير المستوية.



الشكل 4-1/4: المساحة السطحية الفعلية للجسر المقلوب(A) ومساحة الإسقاط (Ap) للجزء الناتئ من العنصر الإنشائي (الجسر المقلوب)[1]

4-2/4 المقاومة الحرارية للتجاويف الهوائية[1]

يتم تطبيق قيم المقاومة الحرارية المثبتة في هذا البند على التجاويف الهوائية التي:

4-1/2/4 تكون محاطة بسطحين متوازيين وعموديين على اتجاه تدفق الحرارة ولهما انبعاثية حرارية لا تقل عن 0.8.

4-2/2/4 لها سمك (باتجاه تدفق الحرارة) اقل من 0.1 متر في حاصل ضرب اي من بعديها الاخرين ولا يزيد عن 0.3 متر.

4-3/2/4 ليس لها تبادل بالهواء مع المحيط الداخلي للمبنى (تجاويف مقفلة).

ملاحظة (1): إن اغلب مواد البناء لها انبعاثية حرارية عالية أعلى من 0.8.

ملاحظة (2): لا يتم حساب معامل انتقال الحرارة للعناصر الإنشائية الحاوية على تجاويف هوائية بسمك اكبر من 0.3 متر لعدم أهميته في التوصيل الحراري وبدلاً عن ذلك يجب حساب التدفق الحراري بتطبيق مبدأ التوازن الحراري (13789ISO)[2].

هناك عدة أنواع من التجاويف الهوائية:

4-4/2/4 التجاويف الهوائية المقفلة أو غير المهواة (Unventilated Air Layers)

وهي التجاويف التي لا يكون هناك تدفق للهواء خلالها والقيم التصميمية للمقاومة الحرارية لهذه التجاويف الهوائية مبينة في الجدول 4-4/4.

إن التجويف الهوائي الذي لايحتوي على عازل حراري بينه وبين المحيط الخارجي والمتضمن فتحات صغيرة نافذة إلى المحيط الخارجي يمكن اعتباره تجويفا هوائيا مغلقا، إذا كانت هذه الفتحات مرتبة بطريقة تمنع حدوث التدفق الهوائي خلال التجويف الهوائي وعندما لاتزيد هذه الفتحات عن:

4-1/4/2/4 1500 ملم^2 لكل متر من الطول (بالاتجاه الأفقي) للتجاويف الهوائية الرأسية.

4-4/2/4/2 500 ملم^2 لكل متر مربع من المساحة السطحية للتجويف الهوائي الأفقي.

ملاحظة :- تعتبر فتحات التصريف على هيئة مفاصل عمودية مفتوحة والتي تكون موجودة في الطبقة الخارجية لجدار مجوف (Masonary Cavity Wall) فتحات مغلقة.

4-4/2/4/5 التجاويف الهوائية جيدة التهوية (Well-Ventilated Air Layers)

تكون الفتحات الموجودة بين هذه التجاويف الهوائية والمحيط الخارجي تزيد عن:

4-4/2/5/1 1500 ملم^2 لكل متر طول (بالاتجاه الافقي) للتجاويف الهوائية الرأسية.

4-4/2/5/2 1500 ملم^2 لكل متر مربع من المساحة السطحية للتجاويف الهوائية الأفقية.

يتم حساب المقاومة الحرارية الإجمالية للعنصر الإنشائي الحاوي على تجاويف هوائية جيدة التهوية (R_{Tv}) بإهمال المقاومة الحرارية للتجويف الهوائي وجميع الطبقات الأخرى بين التجويف الهوائي والمحيط الخارجي. ويتم استعمال المقاومة الحرارية السطحية الخارجية كما مبين في البند 4-4/1 أو استعمال المقاومة الحرارية السطحية الداخلية (R_{si}) المبينة في الجدول 4-4/1.

4-4/2/4/6 التجاويف الهوائية قليلة التهوية (Slightly Ventilated Air Layers)

إن التجاويف الهوائية قليلة التهوية هي تلك التجاويف التي يكون لها شرط أساسي لتحديد التدفق الهوائي من المحيط الخارجي إلى داخلها من خلال فتحات تكون ضمن الحدود التالية:

4-4/2/6/1 اكبر من 500 ملم^2 ولكن اقل من 1500 ملم^2 لكل متر طول بالاتجاه الأفقي للتجاويف الهوائية الرأسية.

4-4/2/6/2 اكبر من 500 ملم^2 ولكن اقل من 1500 ملم^2 لكل متر مربع من المساحة السطحية للتجاويف الهوائية الأفقية.

يمكن حساب المقاومة الحرارية الإجمالية للعنصر الإنشائي (R_T) الحاوي على تجويف هوائي قليل التهوية بإستعمال المعادلة التالية:

$$R_T = \frac{1500 - Av}{1000} R_{T,u} + \frac{Av - 500}{1000} R_{T,v} \qquad (8/4\text{-}4)$$

حيث إن:

$R_{T,u}$: المقاومة الحرارية الإجمالية للعنصر الإنشائي بوجود تجويف هوائي مغلق، $(m^2.K)/W$ ، وتحسب المقاومة الحرارية للتجويف بالاعتماد على الجدول 4-4/4.

$R_{T,v}$: المقاومة الحرارية الإجمالية للعنصر الإنشائي بوجود تجويف هوائي جيد التهوية، $(m^2.K)/W$ ، بالاعتماد على المحددات المبينة في الفقرة 4-4/2/5.

A_v: مساحة الفتحات في التجويف الهوائي، mm^2

ملاحظة: تعتمد المقاومة الحرارية للتجويف الهوائي على نوع مادة السطوح المحيطة بالتجويف، عرض التجويف، واتجاه تدفق الحرارة خلاله. بصورة عامة، تزداد المقاومة الحرارية للتجويف الهوائي الرأسي بزيادة عرض (سمك) التجويف حتى تصل إلى قيمتها القصوى عند عرض 20 ملليمتراً تقريباً ولا تزداد بعد ذلك.
أما التجويف الهوائي الأفقي فأن مقاومته للتدفق الحراري الهابط أعلى من مقاومته للتدفق الحراري الصاعد، كما تزداد المقاومة الحرارية للتجويف إذا كانت السطوح المحيطة به ذات انبعاثية منخفضة كأن يغلف احد سطوحه بورق الألمنيوم مثلاً.

الجدول 4-4/4: المقاومة الحرارية للتجاويف الهوائية المقفلة المحاطة بسطوح ذات انبعاثية عالية[1]

سمك التجويف الهوائي (mm)	المقاومة الحرارية $(m^2.K)/W$		
	اتجاه تدفق الحرارة		
	إلى الأعلى (صاعد)	أفقي	إلى الأسفل(هابط)
0	0.00	0.00	0.00
5	0.11	0.11	0.11
7	0.13	0.13	0.13
10	0.15	0.15	0.15
15	0.16	0.17	0.17
25	0.16	0.18	0.19
50	0.16	0.18	0.21
100	0.16	0.18	0.22
300	0.16	0.18	0.23
ملاحظة : يمكن الحصول على المقاومة الحرارية لتجويف هوائي سمكه بين القيم المثبتة في الجدول بإستعمال طريقة الإستكمال الخطي (Linear Interpolation)			

القيم المبينة في الجدول 4-4/4 هي لتجاويف هوائية محاطة بسطحين متوازيين وعموديين على اتجاه تدفق الحرارة ولهما انبعاثية حرارية لا تقل عن 0.8.

4-4/3 المقاومة الحرارية لطبقات المواد في العناصر الإنشائية

يتم حساب المقاومة الحرارية (R) لأي طبقة من طبقات العنصر الإنشائي متجانس التركيب والمكون من مواد متجانسة بإستعمال المعادلة التالية:

$$R=\frac{d}{k} \qquad (9/4-4)$$

حيث إن :

d: سمك الطبقة،m

k: معامل الموصلية الحرارية التصميمية للمادة المكونة للطبقة، ويحسب إما بالاعتماد على ISO10456[3] أو يتم إيجادها اعتماداً على الجداول المبينة في الملحق (ب) وتكون بوحدات W/(m.K).اما

العنصر الانشائي متجانس التركيب والمكون من مواد غير متجانسة مثل الكتل الخرسانية المجوفة (البلوك) والطابوق المثقب وماشابه ذلك فتحسب مقاومته الحرارية بأستعمال المعادلة التالية:

$$R = \frac{1}{C} \qquad (10/4\text{-}4)$$

حيث ان:

C: معامل المواصلة الحرارية للمادة غير المتجانسة المكونة للطبقة ويتم ايجادها اعتمادا على الجداول المبينة في الملحق (ب) ، $W/(m^2.K)$

يجب حساب المقاومة الحرارية مقربة إلى ما لا يقل عن ثلاثة أرقام عشرية في حسابات تصميم العزل الحراري.

4-5 حساب المعامل الاجمالي لانتقال الحرارة (U-Value) للعناصر الإنشائية المختلفة

توصف في بعض الأحيان المادة العازلة للحرارة متكاملة التنفيذ بالاعتماد على المعامل الاجمالي (U-value) لانتقال الحرارة بدلا من معامل المقاومة الحرارية (R-value) في حالة الاكتساب الحراري من الخارج الى الداخل.

يعتبر المعامل الاجمالي لانتقال الحرارة (U-Value) مقياسا لانتقال الحرارة خلال العنصر الإنشائي من الخارج الى الداخل في حين ان معامل المقاومة الحرارية (R-Value) هو مقياس لمقاومة المادة لانتقال الحرارة من الداخل الى الخارج .

يستعمل المعامل الاجمالي لانتقال الحرارة بشكل خاص لوصف الخواص الحرارية للزجاج والنوافذ والأبواب ولغرض حساب مقدار الاكتساب الحراري للمبنى. ويمثل معامل انتقال الحرارة مقلوب معامل المقاومة الحرارية أو يمثل معامل المقاومة الحرارية مقلوب معامل انتقال الحرارة حيث إن:

$$R = \frac{1}{U} \text{ أو } U = \frac{1}{R} \qquad (1/5\text{-}4)$$

يعبر عن قيمة المعامل الاجمالي للانتقال الحرارة بوحدات ، واط/(م^2 .كلفن) $[W/(m^2.K)]$.

4-1/5 حساب المعامل الإجمالي لانتقال الحرارة للعناصر المؤلفة من عدة طبقات متجانسة

يحسب المعامل الإجمالي لانتقال الحرارة للعناصر المؤلفة من عدة طبقات متجانسة (إنظر الشكل 4-1/5) بإستعمال المعادلة التالية:

$$U = \frac{1}{R_T} \qquad (2/5\text{-}4)$$

حيث إن:

U: المعامل الإجمالي لانتقال الحرارة للعنصر المؤلف من عدة طبقات متجانسة ، $W/(m^2.K)$.

R_T: المقاومةالحرارية الإجمالية للعنصر المؤلف من عدة طبقات متجانسة ، $(m^2.K)/W$

تحسب المقاومة الحرارية الاجمالية R_T بإستعمال المعادلة التالية:

$$R_T = R_{si} + \sum_{i=1}^{i=n} \frac{di}{ki} + R_C + R_{se} \qquad (3/5\text{-}4)$$

حيث إن:

R_{si}: المقاومة الحرارية السطحية الداخلية ، $(m^2.K)/W$ ، كما في البند 4-4/1.

R_c: المقاومة الحرارية للتجاويف الهوائية ، $(m^2.K)/W$ ، كما في البند 4-4/2.

R_{se}: المقاومة الحرارية السطحية الخارجية ، $(m^2.K)/W$ ، كما في البند 4-4/1.

d_i: سمك الطبقة i ، m

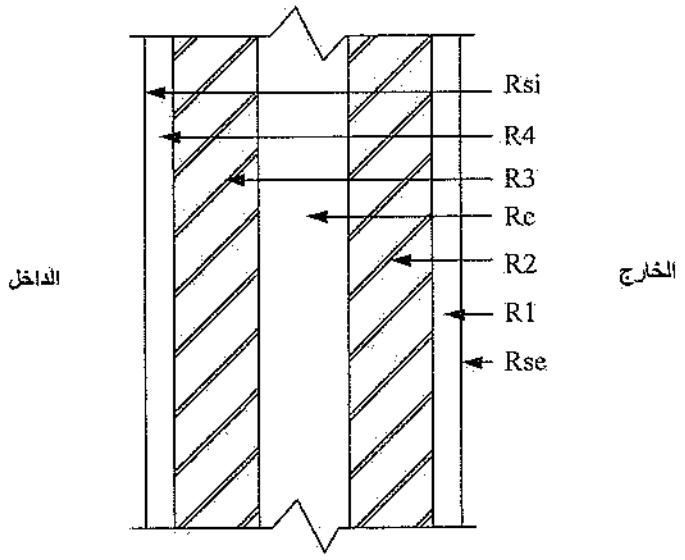
ki: معامل الموصيلة الحرارية للطبقة i ، W/(m.K) وتحسب قيمته بحسب ISO 10456 [3] أو تؤخذ من الجدولين ب-1 و ب-3 في الملحق (ب).

n: عدد الطبقات الموجودة في العنصر الإنشائي.

عند حساب المقاومة الحرارية الإجمالية للعناصر الإنشائية الداخلية (القواطع وغيرها) أو العناصر الإنشائية الموجودة بين المحيط الداخلي والفضاء غير المشمول بالتدفئة (Unheated Space)، فأن المقاومة الحرارية السطحية الداخلية (R_{si}) يعوض عن قيمتيها لكلا سطحي العنصر الإنشائي (السطح الداخلي والسطح الخارجي).

ملاحظة (1) : من الأمثلة على فضاءات الأبنية غير المشمولة بالتدفئة هي مواقف السيارات، غرف الخزن.

ملاحظة (2): تحذف المقاومة الحرارية السطحية الخارجية والداخلية من المعادلة 4-3/5 عند حساب المقاومة الحرارية الإجمالية للعنصر الإنشائي من السطح إلى السطح الأخر.



Rsi: المقاومة الحرارية السطحية الداخلية
R4:المقاومة الحرارية للانهاء الداخلي
R3: المقاومة الحرارية لمادة الجدار الداخلي
Rc: المقاومة الحرارية للفراغ الهوائي
R2: المقاومة الحرارية لمادة الجدار الخارجي
R1: المقاومة الحرارية لمادة الانهاء الخارجي
Rse: المقاومة الحرارية السطحية الخارجية

الشكل 4-1/5: مقطع في جدار مؤلف من طبقات متجانسة

4-2/5 معامل انتقال الحرارة للنوافذ

يمكن حساب المعامل الاجمالي لانتقال الحرارة للنافذة، U_{win}، بتطبيق المعادلة التالية:

$$U_{win} = \frac{\sum A_g U_g + \sum A_f U_f + \sum l_g \Psi_g}{\sum A_g + \sum A_f} \qquad (4/5\text{-}4)$$

حيث إن:

U_g: المعامل الاجمالي لانتقال الحرارة للزجاج ، $W/(m^2.K)$ ، ويحسب كما سيوضح في الفقرة 4-1/2/5 أو يمكن الحصول عليه من الجدول 4-3/5.

U_f: المعامل الاجمالي لانتقال الحرارة لإطار النافذة ، $W/(m^2.K)$ ، حيث يحسب كما سيوضح في الفقرة 4-2/2/5.

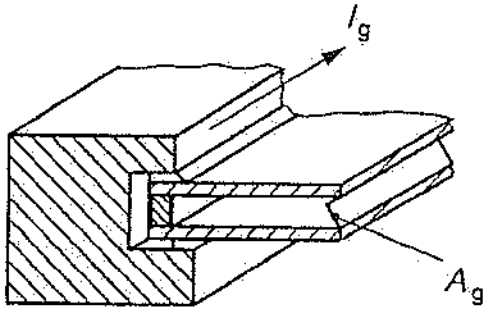
Ψ_g: المعامل الاجمالي لانتقال الحرارة الخطي نتيجة للتأثير المشترك للزجاج، فواصل الزجاج (Spacer) والإطار ، $W/(m^2.K)$ ، ويحسب كما سيوضح في الفقرة 4-5/2/3.

A_g: مساحة الزجاج للنافذة أو الباب وهي المساحة الأقل من المساحتين المرئيتين من كلا الجانبين للنافذة أو الباب ، m^2، وكما مبين في الشكل 4-5/2.

I_g: المحيط الكلي للزجاج والذي يمثل مجموع المحيط المرئي للوح الزجاج في النافذة أو الباب ، m. عندما يكون المحيط على جانبي لوح الزجاج (الخارجي والداخلي) مختلفاً ففي هذه الحالة يؤخذ المحيط الأكبر، الشكل 4-5/2.

A_f: مساحة الإطار للنافذة ، m^2

إن مساحة الإطار للنافذة هي المساحة الأكبر من مساحتي الاسقاط الخارجية ($A_{f,e}$) والداخلية ($A_{f,i}$).



الشكل 4-5/2: توضيح مساحة الزجاج ومحيط التزجيج للنافذة او الباب[4]

Ig - المحيط االكلي للزجاج المرئي

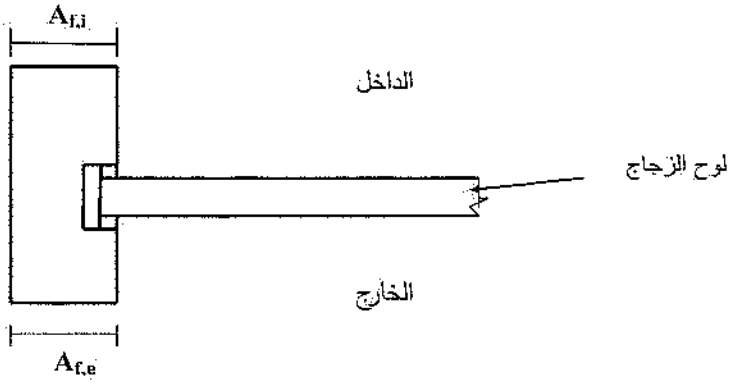
Ag- مساحة الزجاج للنافذة

$A_{f,i}$: مساحة الاسقاط الداخلية للإطار ، m^2

تمثل مساحة الاسقاط الداخلية للإطار بوحدات m^2 ، مساحة مسقط الإطار الداخلي للنافذة وتشمل على الإطار المحيط باللوح الزجاجي (Sashes) إن وجد وفي مستوى مواز لمستوي لوح الزجاج، أنظر الشكل 4-5/3.

$A_{f,e}$: مساحة الاسقاط الخارجية للإطار ، m^2

تمثل مساحة الاسقاط الخارجية للإطار، مساحة مسقط الإطار الخارجي للنافذة وتشتمل على الإطار المحيط بالتزجيج (Sashes) إن وجد وفي مستوي مواز لمستوي لوح الزجاج، الشكل 4-5/3.



الشكل 4-3/5: مساحة الاسقاط الداخلية والخارجية لإطار النافذة أو الباب[4]

ملاحظة:- يتم تحديد أبعاد النافذة (الارتفاع، العرض، عرض الإطار وسمك الإطار) الى اقرب مليمتر.

في حالة الزجاج المنفرد (أي طبقة واحدة من الزجاج) فان الحد الأخير من البسط في المعادلة 4/5-4 $[I_g\Psi_g]$ يؤخذ صفرا (ليس هناك تأثير لفاصل الزجاج) حيث أن أي تصحيح لقيم معامل انتقال الحرارة للزجاج يهمل في هذه الحالة.

4-5/2/1 حساب معامل انتقال الحرارة للزجاج

4-5/2/1/1 الزجاج المنفرد (طبقة واحدة فقط من الزجاج)

يحسب المعامل الاجمالي لانتقال الحرارة للزجاج المنفرد أو نوع الزجاج المكون من عدة طبقات مختلفة بدون وجود فراغ هوائي فيها بإستعمال المعادلة التالية :

$$Ug = \frac{1}{R_{se} + \sum_j \frac{d_j}{k_j} + R_{si}} \qquad (5/5\text{-}4)$$

حيث إن:

R_{se}: هي المقاومة الحرارية السطحية الخارجية ، $(m^2.K)/W$ ، وتؤخذ من الجدول 4-5/1.

k_j: معامل الموصلية الحرارية للزجاج أو المادة المكونة للطبقة j ، $W/(m.K)$

ملاحظة:- في حالة عدم توافر معلومات محددة عن الزجاج المستعمل في النوافذ يتم اعتماد قيمة معامل الموصلية للحرارة بمقدار 1W/(m.K)

d_j: سمك طبقة الزجاج أو المادة المكونة للطبقة j ، m

R_{si}: المقاومة الحرارية السطحية الداخلية ، $(m^2.K)/W$ ، تؤخذ من الجدول 4-1/5.

إن قيم المقاومة الحرارية السطحية الداخلية والخارجية المبينة في الجدول 4-1/5 هي لسطوح الزجاج ذات الانبعاثية الاعتيادية (الاعلى من أو المساوية إلى 0.8).

الجدول 4-1/5: المقاومة الحرارية السطحية للزجاج[4]

موقع النافذة	السطح الداخلي R_{si} $(m^2.K)/W$	السطح الخارجي R_{se} $(m^2.K)/W$
رأسي، أو مائل بزاوية α مع الأفق حيث إن $60° \leq \alpha \leq 90°$ (اتجاه تدفق الحرارة $\pm 30°$ عن المستوي الأفقي)	0.13	0.04
أفقي، أو مائل بزاوية α مع الأفق حيث إن $0° \leq \alpha < 60°$ (اتجاه تدفق الحرارة أكثر من $30°$ عن المستوى الافقي)	0.1	0.04

4-2/1/2/5 الزجاج متعدد الطبقات

يحسب المعامل الاجمالي لانتقال الحرارة، U_g ، للزجاج متعدد الطبقات ، $W/(m^2.K)$ كما يلي:

$$U_g = \frac{1}{R_{se} + \sum_j \frac{d_j}{k_j} + \sum_j R_{sj} + R_{si}} \qquad (6/5\text{-}4)$$

حيث إن:

R_{se}: المقاومة الحرارية السطحية الخارجية ، $(m^2.K)/W$ ، وتؤخذ من الجدول 4-1/5.

k_j: معامل الموصلية الحرارية للزجاج أو المادة المكونة للطبقة j ، $W/(m.K)$

d_j: سمك طبقة الزجاج أو المادة المكونة للطبقة j ، m

R_{si}: المقاومة الحرارية السطحية الداخلية ، $(m^2.K)/W$ ، وتؤخذ من الجدول 4-1/5.

R_{sj}: المقاومة الحرارية للفراغ الهوائي بين طبقات الزجاج ، $(m^2.K)/W$

يبين الجدول 4-2/5 بعض القيم للمقاومة الحرارية للفراغ الهوائي بين ألواح الزجاج المزدوجة (R_{sj}) (Double Glazing) محسوبة بالاعتماد على ISO-EN673 [5] وهذه المعلومات تطبق:

أ- للنوافذ الرأسية.

ب-للنوافذ الحاوية على فراغات مملوءة بالهواء.

ج- عندما يكون سطحا الزجاج غير مطليين أو يطلى احداهما بطبقة ذات انبعاثية حرارية واطئة.

الجدول4-2/5: المقاومة للفراغ الهوائي غير المهوى (المقفل) (Unventilated) للنوافذ الرأسية المزدوجة[4]

سمك الفراغ الهوائي mm	المقاومة الحرارية السطحية R_s $(m^2.K)/W$				
	سطح واحد مطلي بطبقة ذات انبعاثية اعتيادية بمقدار				لسطحين غير مطليين
	0.1	0.2	0.4	0.4	
6	0.211	0.191	0.163	0.132	0.127
9	0.299	0.259	0.211	0.162	0.154
12	0.377	0.316	0.247	0.182	0.173
15	0.447	0.364	0.297	0.197	0.186
50	0.406	0.336	0.260	0.189	0.179

يمكن الحصول على قيم المعامل الاجمالي لانتقال الحرارة (U_g) للزجاج الرأسي متعدد الطبقات من الجدول 4-3/5.

الجدول 4-3/5: المعامل الاجمالي لانتقال الحرارة للزجاج الرأسي ثنائي وثلاثي الطبقات والحاوي على فراغات مملوءة بأنواع مختلفة من الغاز[4]

الزجاج			المعامل الاجمالي لانتقال الحرارة لأنواع مختلفة من الفراغات الغازية [أ] (Ug) (W/(m².K))					
النوع	الزجاج	الانبعاثية	الأبعاد mm	الهواء	الأرغون	الكريبتون	SF 6 [ب]	زينون
زجاج ثنائي الطبقات	زجاج غير مطلي(زجاج اعتيادي)	0.89	4-6-4	3.3	3	2.8	3	2.6
			4-8-4	3.1	2.9	2.7	3.1	2.6
			4-12-4	2.8	2.7	2.6	3.1	2.6
			4-16-4	2.7	2.6	2.6	3.1	2.6
			4-20-4	2.7	2.6	2.6	3.1	2.6
	لوح واحد مطلي من الزجاج	≤ 0.2	4-6-4	2.7	2.3	1.9	2.3	1.6
			4-8-4	2.4	2.1	1.7	2.4	1.6
			4-12-4	2	1.8	1.6	2.4	1.6
			4-16-4	1.8	1.6	1.6	2.5	1.6
			4-20-4	1.8	1.7	1.6	2.5	1.7
	لوح واحد مطلي من الزجاج	≤ 0.15	4-6-4	2.6	2.3	1.8	2.2	1.5
			4-8-4	2.3	2	1.6	2.3	1.4
			4-12-4	1.9	1.6	1.5	2.3	1.5
			4-16-4	1.7	1.5	1.5	2.4	1.5
			4-20-4	1.7	1.5	1.5	2.4	1.5
	لوح واحد مطلي من الزجاج	≤ 0.1	4-6-4	2.6	2.2	1.7	2.1	1.4
			4-8-4	2.2	1.9	1.4	2.2	1.3
			4-12-4	1.8	1.5	1.3	2.3	1.3
			4-16-4	1.6	1.4	1.3	2.3	1.4
			4-20-4	1.6	1.4	1.4	2.3	1.4
	لوح واحد مطلي من الزجاج	≤ 0.05	4-6-4	2.5	2.1	1.5	2	1.2
			4-8-4	2.1	1.7	1.3	2.1	1.1
			4-12-4	1.7	1.3	1.1	2.1	1.2
			4-16-4	1.4	1.2	1.2	2.2	1.2
			4-20-4	1.5	1.2	1.2	2.2	1.2
زجاجي ثلاثي الطبقات	زجاج غير مطلي(زجاج اعتيادي)	0.89	4-6-4-6-4	2.3	2.1	1.8	1.9	1.7
			4-8-4-8-4	2.1	1.9	1.7	1.9	1.6
			4-12-4-12-4	1.9	1.8	1.6	2	1.6
	لوحان مطليان من الزجاج	≤ 0.2	4-6-4-6-4	1.8	1.5	1.1	1.3	0.9
			4-8-4-8-4	1.5	1.3	1	1.3	0.8
			4-12-4-12-4	1.2	1	0.8	1.3	0.8
	لوحان مطليان من الزجاج	≤ 0.15	4-6-4-6-4	1.7	1.4	1.1	1.2	0.9
			4-8-4-8-4	1.5	1.2	0.9	1.2	0.8
			4-12-4-12-4	1.2	1	0.7	1.3	0.7
	لوحان مطليان من الزجاج	≤ 0.1	4-6-4-6-4	1.7	1.3	1	1.1	0.8
			4-8-4-8-4	1.4	1.1	0.8	1.1	0.7
			4-12-4-12-4	1.1	0.9	0.6	1.2	0.6
	لوحان مطليان من الزجاج	≤ 0.05	4-6-4-6-4	1.6	1.2	0.9	1.1	0.7
			4-8-4-8-4	1.3	1	0.7	1.1	0.5
			4-12-4-12-4	1	0.8	0.5	1.1	0.5

ملاحظة: قيم المعامل الاجمالي لانتقال الحرارة المثبتة في الجدول احتسبت على وفق ISO-EN673 وتطبق للغازات بالانبعاثية والتراكيز المحددة في الجدول.

أ تركيز الغاز ≥ 90%

ب يمنع إستعمال غاز SF6 في بعض الحالات.

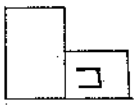
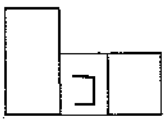
4-5/2/2 معامل انتقال الحرارة لإطار النافذة

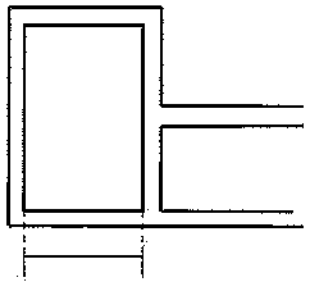
إن الاسلوب المفضل لتحديد قيم المعامل الاجمالي لانتقال الحرارة لإطار النافذة هو بطريقة الحسابات العددية (Numerical Calculation Methods) وذلك بالاعتماد على ISO10077-2[6] أو باستعمال طرائق القياس المباشر مثل طرائق الصندوق الساخن (Hot-Box Methods) على وفق ISOEN12412[7] في حالة عدم توافر مثل هذه المعلومات لإغراض التصميم الحراري عندها يجب الحصول على القيم من الجداول والإشكال البيانية المبينة في هذه الفقرة حيث يتم الاعتماد عليها لغرض إجراء الحسابات التصميمية لأنواع مختلفة من أطر النوافذ الرأسية.

4-5/2/2/1 الأُطر اللدائنية (Plastic Frames)

يبين الجدول 4-5/4 القيم التقريبية للمعامل الاجمالي لانتقال الحرارة للأُطر اللدائنية الحاوية على تسليح معدني، وكذلك يمكن استعمال القيم المبينة في هذا الجدول للأُطر غير المسلحة عند عدم توافر المعلومات اللازمة لها.

الجدول4-5/4: المعامل الاجمالي لانتقال الحرارة للأُطر اللدائنية المسلحة[4]

نوع مادة الإطار	نوع الإطار	U_f W/(m^2.K)
بولي يورثين	إطار له لب معدني سمك البولي يورثين ≤ 5 ملم	2.8
PVC(*) بمقطع مجوف	مقطع بتجويفين داخل خارج 	2.2
	مقطع بثلاثة تجاويف داخل خارج 	2.0
(*) تكون المسافة بين السطوح الداخلية لجدران التجاويف الهوائية لمقطع الإطار لاتقل عن 5 مليمتر [كما موضح في الشكل 4-5/4]		

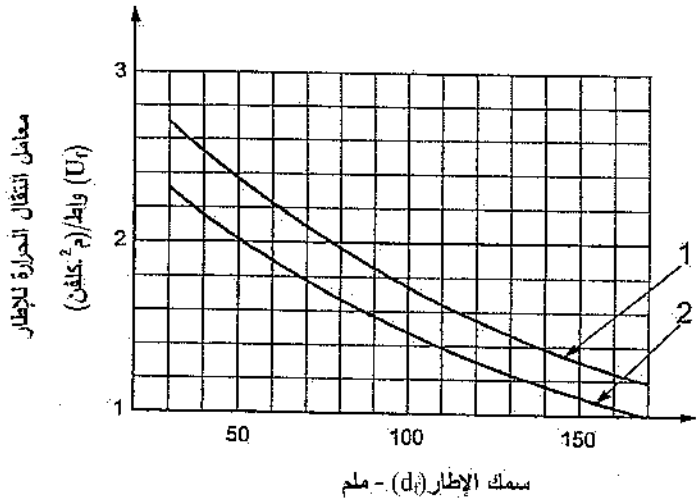


≥5ملم

الشكل 4-5/4: تجويف فارغ في مقطع إطار لدائني للنافذة

4-5-2/2/2/4 الأطر الخشبية (Wood Frames)

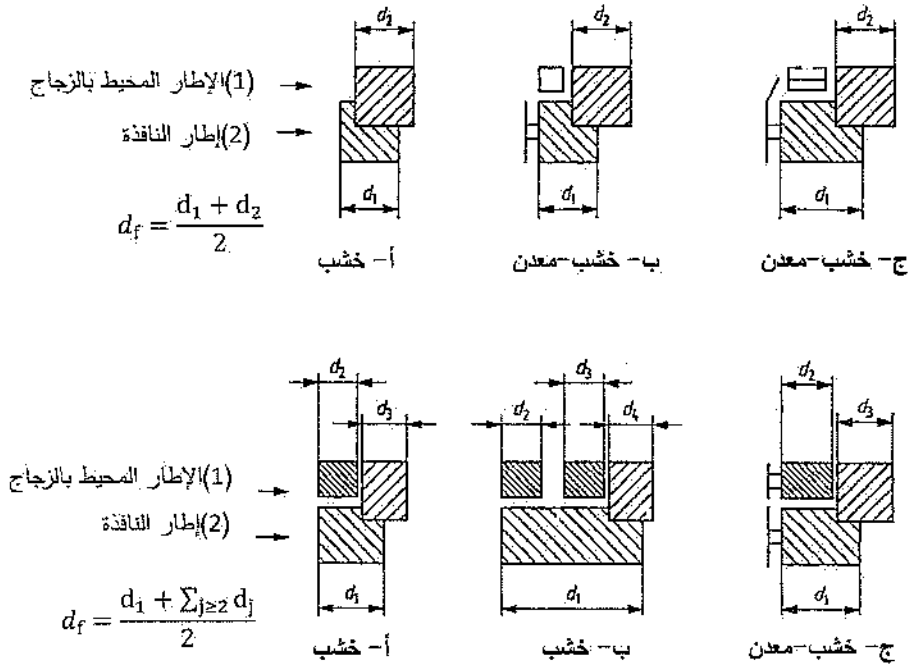
يتم الحصول على قيم المعامل الاجمالي لانتقال الحرارة للأطر الخشبية (U_f) من الشكل 4-5/5 حيث إن هذه القيم هي لخشب بمحتوى رطوبة بمقدار 12%.



الشكل 4-5/5: معامل انتقال الحرارة الاجمالي للأطر الخشبية وأطر الخشب–المعدن بالاعتماد على سمك الإطار، d_f، لاحظ الشكل 4-6/5 [4].

ملاحظة:- المنحني (1) يستعمل لإطار مصنوع من الخشب الصلب (Hard wood) بكثافة 700 kg/m^3، ومعامل موصلية حرارية (k) =0.18 W/(m.K) .

والمنحني (2) يستعمل لإطار مصنوع من الخشب الطري (Soft Wood) بكثافة 500 kg/m^3، ومعامل موصلية حرارية (k) =0.13 W/(m.K) .



ملاحظة:- الجانب الأيمن من مقطع النافذة يمثل الداخل

الجانب الأيسر من مقطع النافذة يمثل الخارج

الشكل 4-5/6: تعريف سمك الإطار (d_f) لأنواع مختلفة من النوافذ[4]

4-5/2/2/3 الأُطر المعدنية (Metal Frames)

يتم إيجاد المعامل الاجمالي لانتقال الحرارة للإطارات المعدنية U_f، بتطبيق المعادلة التالية:

$$U_f = \frac{1}{R_{si}A_{f,i}/A_{f,di} + R_f + R_{se}A_{f,e}/A_{f,de}} \qquad (7/5\text{-}4)$$

حيث إن:-

R_{si}: المقاومة الحرارية السطحية الداخلية المناسبة للإطار وعند عدم توافرها يعوض عنها بقيمة $0.13(m^2.K)/W$

R_{se}: المقاومة السطحية الخارجية المناسبة للإطار وعند عدم توافرها يعوض عنها بقيمة $0.04\ (m^2.K)/W$

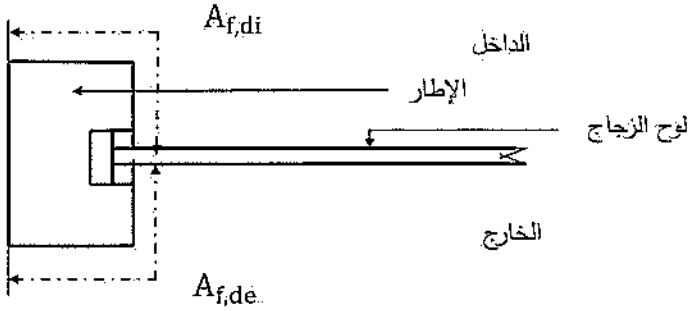
$A_{f,i}$: مساحة الاسقاط الداخلية للإطار ، m^2 ، وهي كما مبينة في الشكل 4-3/5 في البند 4-2/5.

$A_{f,e}$: مساحة الاسقاط الخارجية للإطار ، m^2 ، وكما مبينة في الشكل 4-3/5 في البند4-2/5.

$A_{f,di}$: المساحة الظاهرية (التفصيلية) الداخلية للإطار، m^2، وهذه هي مساحة الإطار وتشمل معها مساحة الإطار المحيط بالزجاج (Sashes) إن وجد. وتكون هذه المساحة في تماس مع الهواء الداخلي للمبنى، الشكل 4-7/5.

$A_{f,de}$: المساحة الظاهرية (التفصيلية) الخارجية للإطار ، m^2، وهي تشمل مساحة الإطار المحيط بالزجاج (Sashes) إن وجد. وتكون هذه المساحة في تماس مع الهواء الخارجي، أنظر الشكل 4-7/5.

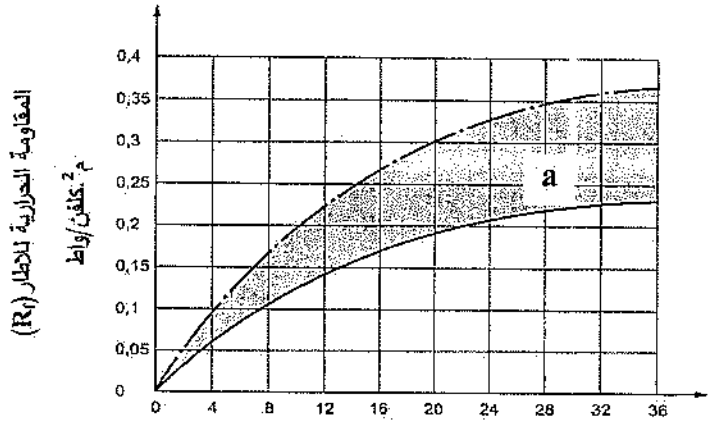
R_f : المقاومة الحرارية لمقطع الإطار، $(m^2.K)/W$



الشكل 4-7/5: المساحة الظاهرية الداخلية والخارجية لإطار النافذة [4]

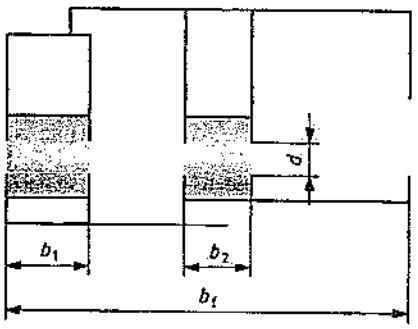
أ- تكون قيمة المقاومة الحرارية للإطار المعدني غير الحاوي على قاطع حراري (Thermal Break) مساوية إلى الصفر $(R_f = 0)$.

ب- أما للإطار المعدني الحاوي على قواطع حرارية فان المقاومة الحرارية للإطار R_f تؤخذ من الشكل4-8/5 حيث يستعمل الخط المنقط من هذا الشكل.



الشكل 4-5/8: قيم المقاومة الحرارية للإطار المعدني المتضمن قواطع حرارية[4]

(a) تشير المساحة المظللة المبينة في الشكل إلى حدود القيم التي تم الحصول عليها من مجموعة فحوص وقياسات للإطار مشتقة من الفرق في درجة الحرارة السطحية خلال الإطار.



d: المسافة الأصغر (الأقل) بين مقاطع الألمنيوم المتقابلة الحاوية على قواطع الحرارة .

b_j: عرض قواطع الحرارة (Width of Thermal Break).

b_f: عرض مقطع الإطار (باتجاه تدفق الحرارة)

الشكل 4-5/9: المسافة الأصغر بين المقاطع المتقابلة من قواطع الحرارة للإطار المعدني(d)[4]

3/2/5-4 معامل انتقال الحرارة الخطي لتقاطع الإطار/الزجاج

يمثل معامل انتقال الحرارة للزجاج، U_g ، معامل انتقال الحرارة لمنتصف مساحة الزجاج ولا يمثل تأثير فواصل الزجاج (Glass Spacers) الموجودة في حافاته. ومن الناحية الأخرى، فان معامل انتقال الحرارة للإطار (U_f)، هو للإطار فقط بدون الزجاج.

يمثل معامل انتقال الحرارة الخطي (Ψ_g)، التوصيل الحراري الإضافي الناتج من التداخل بين الإطار والزجاج والفواصل للزجاج الذي يتأثر بالخواص الحرارية لكل من هذه الأجزاء.

يبين الجدولان 4-5/5 و 4-6/5 قيم Ψ_g لأنواع شائعة من الترابط بين الإطارات والزجاج وفواصل الزجاج التي يمكن استعمالها عند عدم توافر نتائج تفصيلية للحسابات المعتمدة بحسب ISO 10077-2[6].

ملاحظة:- للزجاج المنفرد فان قيمة Ψ_g تساوي صفرا.

1/3/2/5-4 فواصل الزجاج من الألمنيوم أو الفولاذ

يشير الجدول 4-5/5 إلى قيم Ψ_g للفواصل الزجاجية من الألمنيوم أو الفولاذ غير السبائكي Non- Alloy Steel لأنواع محددة من الإطارات والزجاج.

الجدول 4-5/5: قيم المعامل الاجمالي لانتقال الحرارة الخطي لأنواع شائعة من فواصل الزجاج (مثل فواصل الزجاج من الالمنيوم اوالفولاذ) [4]

نوع الإطار	المعامل الاجمالي لانتقال الحرارة الخطي لأنواع مختلفة من الزجاج W/(m².K)	
	زجاج شفاف ثنائي أو ثلاثي الطبقة غير مطلي وبفراغات مملوءة بالهواء أو الغاز	زجاج ثنائي(أ) أو ثلاثي(ب) الطبقة مطلي بطلاء منخفض الانبعاثية وبفراغات مملوءة بالهواء أو الغاز
الخشب أو PVC	0.06	0.08
معدن يحتوي على قاطع حراري (Metal with a Thermal Break)	0.08	0.11
معدن لا يحتوي على قاطع حراري	0.02	0.05
(أ) لوح واحد زجاجي مطلي للزجاج ثنائي الطبقة . (ب) لوحان مطليان للزجاج ثلاثي الطبقة.		

4-5-2/3/2/5 فواصل زجاجية ذات عزل حراري محسن (Thermaly Improved Spacers)

يبين الجدول 4-5/6 قيم المعامل الاجمالي لانتقال الحرارة الخطي لأنواع مختلفة من الزجاج لها فواصل ذات عزل حراري محسن.

الجدول 4-5/6: قيم المعامل الاجمالي لانتقال الحرارة الخطي لأنواع مختلفة من فواصل الزجاج المحسنة حراريا[4]

نوع الإطار	المعامل الاجمالي لانتقال الحرارة الخطي لأنواع مختلفة الفواصل المحسنة حراريا W/(m².K)	
	زجاج ثنائي أو ثلاثي الطبقة غير مطلي وبفراغات مملوءة بالهواء أو الغاز	زجاج ثنائي(أ) أو ثلاثي(ب) الطبقة مطلي بطلاء منخفض الانبعاثية وبفراغات مملوءة بالهواء أو الغاز
الخشب أو PVC	0.05	0.06
معدن يحتوي على قاطع حراري (Metal with a Thermal Break)	0.06	0.08
معدن لا يحتوي على قاطع حراري	0.01	0.04
(أ) لوح واحد زجاجي مطلي للزجاج ثنائي الطبقة. (ب) لوحان مطليان للزجاج ثلاثي الطبقة.		

تبين

الجداول 4-5/7 إلى 4-5/10 قيم المعامل الاجمالي لانتقال الحرارة للنوافذ

أ- ذات الموقع الرأسي.

ب- بأبعاد 1.23م× 1.48 م.

ج- بمساحة إطار تساوي 30% و20% من المساحة الإجمالية للنافذة.

د- ذات لوح زجاج وإطار من الأنواع التالية:

- زجاج بمعامل انتقال حراري $Ug \leq 2.1$ وغير مطلي.
- زجاج بمعامل انتقال حراري $Ug \geq 2.0$ ذي انبعاثية واطئة.
- بإطار له معامل انتقال حراري U_f مساوٍ إلى 7.0 ومن معدن لا يحتوي على قاطع للحرارة.
- باطار له معامل انتقال حراري يقع بين $2.2 \leq U_f \leq 3.8$ ومن معدن حاو على قاطع للحرارة

- باطار بمعامل انتقال للحرارة $U_f \leq 2$ من الخشب أو PVC .
- يمكن أن يتم تحديد قيم معامل انتقال الحرارة لنوافذ بأبعاد أخرى ومثبتة بشكل ليس رأسيا وبمساحات أخرى للإطار كجزء من المساحة الإجمالية للنافذة باستعمال المعادلات السابقة المذكورة آنفاً في البند 4-5/2.
- ملاحظة:- يراعى الاخذ بنظر الاعتبار تقليل التسرب الحراري بين الاطار والأجزاء المتحركة بأقل ما يمكن وذلك باستعمال مواد عازلة تساعد في احكام الغلق بين الجزء المتحرك والاطار.

الجدول 4-7/5: المعامل الاجمالي لانتقال الحرارة للنوافذ الرأسية (U_{win}) ذات الواح زجاج واطارات وفواصل زجاج مختلفة بمساحة اطار تشكل 30% من المساحة الكلية للنافذة [4]

نوع الزجاج	U_g W/(m².K)	المعامل الاجمالي لانتقال الحرارة لانواع شائعة من أطر الزجاج U_f W/(m².K)												
		0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.6	3.0	3.4	3.8	7.0
منفرد	5.7	4.2	4.3	4.3	4.4	4.5	4.5	4.6	4.6	4.8	4.9	5	5.1	6.1
مزدوج أو ثلاثي	3.3	2.7	2.8	2.8	2.9	2.9	3	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	4.5
	3.2	2.6	2.7	2.7	2.9	2.9	3	3	3.1	3.2	3.3	3.5	3.6	4.4
	3.1	2.6	2.6	2.7	2.7	2.8	2.9	2.9	3	3.1	3.3	3.4	3.5	4.3
	3.0	2.5	2.5	2.6	2.7	2.7	2.8	2.8	3	3.1	3.2	3.3	3.4	4.2
	2.9	2.4	2.5	2.5	2.6	2.7	2.7	2.8	2.9	3	3.1	3.2	3.4	4.2
	2.8	2.3	2.4	2.5	2.5	2.6	2.6	2.7	2.8	2.9	3.1	3.2	3.3	4.1
	2.7	2.3	2.3	2.4	2.5	2.5	2.6	2.6	2.7	2.9	3	3.1	3.2	4
	2.6	2.2	2.3	2.3	2.4	2.5	2.4	2.6	2.7	2.6	2.9	3	3.2	4
	2.5	2.1	2.2	2.3	2.3	2.4	2.4	2.5	2.6	2.5	2.8	3	3.1	3.9
	2.4	2.1	2.1	2.2	2.2	2.3	2.4	2.4	2.5	2.5	2.8	2.9	3	3.8
	2.3	2	2.1	2.1	2.2	2.2	2.3	2.4	2.5	2.4	2.7	2.8	3	3.8
	2.2	1.9	2	2	2.1	2.1	2.2	2.3	2.4	2.3	2.6	2.8	2.9	3.7
	2.1	1.9	1.9	2	2	2.1	2.2	2.2	2.3	2.3	2.6	2.7	2.8	3.6
	2.0	1.8	1.9	2	2	2.1	2.1	2.2	2.2	2.3	2.5	2.6	2.7	3.6
	1.9	1.8	1.8	1.9	1.9	2	2.1	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.7	3.6
	1.8	1.7	1.8	1.8	1.9	1.9	2	2.1	2.2	2.3	2.4	2.6	2.7	3.5
	1.7	1.6	1.7	1.7	1.8	1.9	1.9	2	2.1	2.2	2.4	2.5	2.6	3.4
	1.6	1.6	1.6	1.7	1.7	1.8	1.9	1.9	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	3.3
	1.5	1.5	1.5	1.6	1.7	1.7	1.8	1.8	2	2.1	2.2	2.3	2.5	3.3
	1.4	1.4	1.5	1.5	1.6	1.7	1.7	1.8	1.9	2	2.2	2.3	2.4	3.2
	1.3	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.6	1.7	1.8	2	2.1	2.2	2.3	3.1
	1.2	1.3	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.6	1.8	1.9	2.1	2.1	2.3	3.1
	1.1	1.2	1.3	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6	1.7	1.9	2.1	2.2	2.2	3
	1.0	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4	1.4	1.5	1.8	1.9	2	2.1	2.9
	0.9	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.4	1.4	1.6	1.7	1.9	1.9	2	2.9
	0.8	1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.4	1.5	1.7	1.8	1.9	2	2.8
	0.7	0.9	1	1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.4	1.5	1.7	1.8	1.9	2.7
	0.6	0.9	0.9	1	1	1.1	1.2	1.2	1.4	1.5	1.7	1.8	1.8	2.7
	0.5	0.8	0.8	1.9	1	1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.8	2.6

الجدول 4-8/5: المعامل الاجمالي لانتقال الحرارة للنوافذ الرأسية (U_{win}) ذات الواح زجاج واطارات وفواصل زجاج مختلفة بمساحة اطار تشكل 20% من المساحة الكلية للنافذة [4]

نوع الزجاج	U_g W/(m².K)	المعامل الاجمالي لانتقال الحرارة لانواع شائعة من أطر الزجاج U_f W/(m².K)											
		0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.6	3.0	3.4	3.8	7.0
منفرد	5.7	4.7	4.8	4.8	4.8	4.9	4.9	5	5	5.1	5.2	5.2	5.3	6
مزدوج أو ثلاثي	3.3	3	3	3	3.1	3.1	3.2	3.2	3.3	3.4	3.5	3.5	3.6	4.1
	3.2	2.9	2.9	3	3	3	3.1	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.5	4
	3.1	2.8	2.8	2.9	2.9	3	3	3	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.9
	3.0	2.8	2.8	2.8	2.9	2.9	3	3	3.1	3.1	3.2	3.3	3.4	3.9
	2.9	2.6	2.7	2.7	2.8	2.8	2.8	2.9	3	3.1	3.1	3.2	3.3	3.8
	2.8	2.6	2.6	2.7	2.7	2.8	2.8	2.8	2.9	3	3.1	3.1	3.2	3.7
	2.7	2.5	2.6	2.6	2.6	2.6	2.7	2.7	2.8	2.9	3	3.1	3.1	3.6
	2.6	2.4	2.4	2.5	2.5	2.6	2.6	2.6	2.7	2.9	2.9	3.1	3	3.5
	2.5	2.3	2.4	2.4	2.4	2.5	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3	3	3.5
	2.4	2.2	2.3	2.3	2.4	2.4	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3	3.4
	2.3	2.2	2.2	2.2	2.3	2.3	2.4	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.3
	2.2	2.1	2.1	2.2	2.2	2.3	2.3	2.4	2.4	2.6	2.6	2.7	2.7	3.2
	2.1	2	2	2.1	2.1	2.2	2.2	2.2	2.3	2.5	2.6	2.7	2.7	3.1
	2.0	2	2	2.1	2.1	2.2	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.6	2.7	3.1
	1.9	1.9	1.9	2	2.1	2.1	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.6	3.1
	1.8	1.8	1.9	1.9	2	2	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.5	2.6	3
	1.7	1.7	1.8	1.8	1.9	1.9	1.9	2	2.1	2.3	2.3	2.4	2.4	2.9
	1.6	1.7	1.7	1.7	1.8	1.8	1.9	1.9	2	2.2	2.3	2.3	2.4	2.8
	1.5	1.6	1.6	1.7	1.7	1.8	1.8	1.9	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.7
	1.4	1.5	1.5	1.6	1.6	1.7	1.7	1.9	1.9	2.1	2.2	2.3	2.4	2.7
	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.6	1.7	1.8	1.9	2	2.1	2.2	2.3	2.6
	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	1.9	2	2.1	2.5
	1.1	1.3	1.3	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	1.9	2	2.4
	1.0	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	1.9	2.3
	0.9	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.8	2.3
	0.8	1	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	2.2
	0.7	0.9	1	1	1.1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.7	2.1
	0.6	0.9	0.9	0.9	1	1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	2
	0.5	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	1	1	1.1	1.3	1.4	1.5	1.5	1.9

الجدول 4-9/5: المعامل الاجمالي لانتقال الحرارة للنوافذ الرأسية (U_{win}) ذات الواح زجاج وأطارات وفواصل زجاج ذات عزل حراري محسن بمساحة اطار تشكل 30% من المساحة الكلية للنافذة [4]

نوع الزجاج	U_g W/(m².K)	المعامل الاجمالي لانتقال الحرارة لانواع شائعة من أطر الزجاج U_f W/(m².K)												
		0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.6	3.0	3.4	3.8	7.0
منفرد	5.7	4.2	4.3	4.4	4.4	4.5	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9	5	5.1	6.1
مزدوج أو ثلاثي	3.3	2.7	2.7	2.8	2.9	2.9	3	3	3.1	3.2	3.4	3.5	3.6	4.4
	3.2	2.6	2.7	2.7	2.8	2.8	2.9	3	3	3.2	3.3	3.4	3.5	4.4
	3.1	2.5	2.6	2.7	2.7	2.8	2.8	2.9	3	3.1	3.2	3.3	3.5	4.3
	3.0	2.5	2.5	2.6	2.6	2.7	2.8	2.8	2.9	3	3.1	3.3	3.4	4.2
	2.9	2.4	2.5	2.5	2.6	2.6	2.7	2.8	2.8	3	3.1	3.2	3.3	4.2
	2.8	2.3	2.4	2.4	2.5	2.6	2.6	2.7	2.8	2.9	3	3.1	3.2	4.1
	2.7	2.3	2.3	2.4	2.4	2.5	2.6	2.6	2.7	2.8	2.9	3	3.2	4
	2.6	2.2	2.2	2.3	2.4	2.4	2.5	2.5	2.6	2.6	2.9	3	3.1	3.9
	2.5	2.1	2.2	2.2	2.3	2.4	2.4	2.5	2.6	2.8	2.9	3	3.0	3.9
	2.4	2	2.1	2.2	2.3	2.3	2.4	2.5	2.5	2.7	2.8	3	3	3.8
	2.3	2	2	2.1	2.2	2.3	2.3	2.4	2.4	2.7	2.8	2.9	2.9	3.7
	2.2	1.9	2	2	2.1	2.1	2.2	2.3	2.3	2.6	2.7	2.8	2.8	3.7
	2.1	1.8	1.9	2	2	2.1	2.1	2.2	2.3	2.5	2.6	2.8	2.8	3.6
	2.0	1.8	1.9	1.9	2	2	2.1	2.1	2.3	2.5	2.6	2.7	2.7	3.6
	1.9	1.7	1.8	1.8	1.9	2	2	2.1	2.2	2.4	2.5	2.7	2.7	3.5
	1.8	1.7	1.8	1.8	1.9	1.9	2	2.2	2.2	2.4	2.5	2.6	2.6	3.5
	1.7	1.6	1.6	1.8	1.8	1.9	1.9	2.1	2.2	2.3	2.5	2.6	2.6	3.3
	1.6	1.5	1.6	1.6	1.7	1.7	1.8	1.9	2.1	2.3	2.5	2.5	2.6	3.3
	1.5	1.4	1.5	1.6	1.6	1.7	1.7	1.8	1.9	2.2	2.4	2.5	2.5	3.2
	1.4	1.4	1.4	1.5	1.5	1.6	1.7	1.7	1.8	2.1	2.3	2.4	2.5	3.2
	1.3	1.3	1.4	1.4	1.5	1.5	1.6	1.7	1.7	2.1	2.3	2.4	2.4	3.1
	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.7	2	2.2	2.3	2.4	3
	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	2	2.2	2.3	2.4	3
	1.0	1.1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6	1.9	2.1	2.2	2.3	2.9
	0.9	1.1	1.1	1.2	1.3	1.3	1.4	1.4	1.5	1.9	2.1	2.2	2.3	2.8
	0.8	1.0	1.1	1.1	1.2	1.3	1.3	1.4	1.5	1.8	2	2.1	2.2	2.7
	0.7	0.9	0.9	1.0	1.1	1.2	1.2	1.3	1.4	1.7	1.9	2.1	2.2	2.6
	0.6	0.8	0.9	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.7	1.9	2	2.1	2.5
	0.5	0.7	0.8	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.6	1.8	2	2	2.4
	0.5	0.7	0.8	0.8	0.9	1	1	1.2	1.3	1.6	1.8	1.9	2	2.3
	0.5	0.7	0.8	0.8	0.9	1	1	1.1	1.2	1.5	1.7	1.9	1.9	2.2
	0.5	0.7	0.8	0.8	0.9	1	1	1.1	1.2	1.5	1.7	1.8	1.9	2.1
	0.5	0.7	0.8	0.8	0.9	1	1	1.1	1.2	1.5	1.7	1.8	1.8	2.0
	0.5	0.7	0.8	0.8	0.9	1	1	1.1	1.2	1.5	1.7	1.8	1.8	2.0
	0.5	0.7	0.8	0.8	0.9	1	1	1.1	1.2	1.5	1.7	1.8	1.8	2.0
	0.5	0.7	0.8	0.8	0.9	1	1	1.1	1.2	1.5	1.7	1.8	1.8	2.0

الجدول 4-10/5: المعامل الاجمال لانتقال الحرارة للنوافذ الرأسية (U_{win}) ذات الواح زجاج واطارات وفواصل زجاج ذات عزل حراري محسن بمساحة اطار تشكل 20% من المساحة الكلية للنافذة [4]

نوع الزجاج	U_g W/(m^2.K)	المعامل الاجمالي لانتقال الحرارة لانواع شائعة من أطر الزجاج U_f W/(m^2.K)												
		0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.6	3.0	3.4	3.8	7.0
منفرد	5.7	4.7	4.8	4.8	4.8	4.9	4.9	5	5	5.1	5.2	5.2	5.3	6
مزدوج أو ثلاثي	3.3	2.9	3	3	3.1	3.1	3.2	3.2	3.3	3.3	3.4	3.5	3.6	4.1
	3.2	2.9	2.9	3	3	3	3.1	3.1	3.2	3.2	3.3	3.4	3.5	4
	3.1	2.8	2.8	2.9	2.9	3	3	3.1	3.2	3.2	3.2	3.3	3.4	3.9
	3.0	2.7	2.7	2.8	2.8	2.9	2.9	3	3.1	3.2	3.2	3.3	3.3	3.8
	2.9	2.6	2.7	2.7	2.7	2.8	2.8	2.9	2.9	3	3.1	3.2	3.2	3.7
	2.8	2.5	2.6	2.6	2.7	2.7	2.7	2.8	2.8	2.9	3	3.1	3.2	3.7
	2.7	2.5	2.5	2.5	2.6	2.6	2.7	2.7	2.8	2.9	2.9	3	3.1	3.6
	2.6	2.4	2.4	2.5	2.5	2.5	2.6	2.6	2.7	2.8	2.8	2.9	3	3.5
	2.5	2.3	2.3	2.4	2.4	2.5	2.5	2.5	2.6	2.7	2.8	2.8	2.9	3.4
	2.4	2.2	2.3	2.3	2.3	2.4	2.4	2.5	2.5	2.6	2.7	2.8	2.8	3.3
	2.3	2.1	2.2	2.2	2.3	2.3	2.4	2.4	2.5	2.6	2.6	2.7	2.8	3.3
	2.2	2.1	2.1	2.1	2.2	2.2	2.3	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.7	3.2
	2.1	2.0	2.0	2.1	2.1	2.1	2.2	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.6	3.1
	2.0	1.9	2	2.0	2.0	2.1	2.1	2.2	2.3	2.3	2.4	2.5	2.6	3.1
	1.9	1.8	1.9	1.9	2	2.0	2.0	2.1	2.2	2.3	2.5	2.5	2.5	3
	1.8	1.8	1.8	1.8	1.9	1.9	2	2.0	2.1	2.2	2.3	2.3	2.4	2.9
	1.7	1.7	1.7	1.8	1.8	1.8	1.9	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.3	2.9
	1.6	1.6	1.6	1.7	1.7	1.8	1.8	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.8
	1.5	1.5	1.6	1.6	1.7	1.7	1.8	1.8	1.9	1.9	2	2.1	2.2	2.7
	1.4	1.4	1.5	1.5	1.6	1.6	1.7	1.8	1.9	1.9	2	2.1	2.2	2.6
	1.4	1.4	1.4	1.5	1.5	1.6	1.6	1.7	1.8	1.9	1.9	2	2.1	2.5
	1.3	1.3	1.4	1.4	1.5	1.5	1.6	1.6	1.7	1.8	1.9	1.9	2	2.5
	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4	1.4	1.5	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	1.9	2.4
	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.4	1.4	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.3
	1.0	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.8	2.3
	0.9	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	2.2
	0.8	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	2.1
	0.7	0.9	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	2.1
	0.6	0.8	0.8	0.9	0.9	1.0	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	2.0
	0.5	0.7	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	1.0	1.1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.9

3/5-4 معامل انتقال الحرارة للأبواب

يحسب المعامل الاجمالي لانتقال الحرارة للأنواع المختلفة من الابواب كما يلي:

1/3/5-4 الأبواب المزججة بالكامل (Fully Glazed Doors)

يحسب معامل انتقال الحرارة للأبواب U_d، التي تكون فيها طبقة أو وجه الباب مزججة بشكل كامل بتطبيق المعادلة التالية:

$$U_d = \frac{\sum A_g U_g + \sum A_f U_f + \sum l_g \Psi_g}{\sum A_g + \sum A_f} \qquad (8/5\text{-}4)$$

حيث إن A_f، A_g، l_g، U_g، U_f، Ψ_g كما معرفة في المعادلة 4/5-4.

في حالة لوح الزجاج المنفرد يعتبر الحد الأخير من البسط للمعادلة 8/5-4 $(\sum l_g \Psi_g)$ صفرا (عدم وجود تأثير لفواصل الزجاج) حيث يُهمل كل تصحيح.

2/3/5-4 الأبواب المتضمنة ألواح من الزجاج أو المواد غير الشفافة

عندما يتضمن الباب الإطار وألواحاً من الزجاج ومواد غير شفافة فعند ذلك تستعمل المعادلة التالية لغرض حساب المعامل الاجمالي لانتقال الحرارة للباب U_d:

$$U_d = \frac{\sum A_g U_g + \sum A_p U_p + \sum A_f U_f + \sum l_g \Psi_g + \sum l_p \Psi_p}{\sum A_g + \sum A_p + \sum A_f} \qquad (9/5\text{-}4)$$

حيث إن:

A_f، A_g، l_g، U_g، U_f، Ψ_g، تم تعريفها في المعادلة 4/5-4.

A_p: مساحة اللوح غيرالشفاف (المعتم) للنافذة أو الباب والتي تمثل المساحة الأصغر من المساحات المنظورة على جانبي النافذة أو الباب ، m^2، الشكل 2/5-4.

l_p: المحيط الكلي للوح المعتم ، m، وهو مجموع المحيط المنظور للوح المعتم في النافذة أو الباب. إذا كان المحيط مختلفاً على جانبي النافذة أو الباب يؤخذ المحيط الأكبر، الشكل 2/5-4.

Ψ_p: معامل انتقال الحرارة للألواح غير الشفافة ، $W/(m^2.K)$

عندما لا يحتوي على أي أعمال زجاج فان $A_g=0$ و $l_g=0$.

Ψ_p تعتبر صفرا عندما يكون:

1/2/3/5-4 الاكساء الخارجي والداخلي للإطار بمعامل موصلية حرارية اقل من 0.5 واط/(م.كلفن).

2/2/3/5-4 معامل الموصلية الحرارية لأي مواد تكوّن جسوراً حرارية عند حافات الأبواب بمعامل انتقال حرارة اقل من 0.5 واط/(م.كلفن).

الملاحظة (1):- القيم الاعتيادية والنموذجية لأنواع مختلفة من أطر النوافذ والمبينة في الفقرة 4-2/2/5 تستعمل أيضا لأطر الأبواب.

الملاحظة (2):- القيم النموذجية لمعامل انتقال الحرارة الخطي Ψ لتقاطع الإطار/الزجيج والمبينة في الفقرة 4-3/2/5 تستعمل أيضا للأبواب.

4-3/3/5 الأبواب ذات الأوجه الخارجية غير الحاوية على زجاج

يحسب معامل انتقال الحرارة للأبواب المعتمة غير الشفافة وغير المتضمنة للإطار باستعمال المعادلة 4-4/5 حيث تعتبر مساحة الزجاج ومحيطه A_g، l_g مساويتين إلى صفر.

4-4/5 حساب المعامل الإجمالي لانتقال الحرارة للعناصر غير متجانسة التركيب

تحسب انتقالية الحرارة للعناصر غير متجانسة التركيب بتقسيمها إلى عدة مساحات متجانسة التركيب، وذلك لان المقاومة الحرارية لمكونات هذه العناصر تختلف من مساحة إلى أخرى. بعد ذلك تحسب انتقالية الحرارة لكل مساحة على حدة بحسب المعادلتين 4-2/5 و 4-3/5 ثم يحسب معامل انتقال الحرارة الإجمالي (U-Value) للعنصر غير متجانس التركيب بحسب المعادلة التالية:

$$U = \frac{\sum UiAi}{A} \qquad (10/5\text{-}4)$$

حيث إن:

A: المساحة الإجمالية للعنصر غير متجانس التركيب، m^2

Ai: مساحة الجزء (i) من العنصر ، m^2

U: المعامل الإجمالي لانتقال الحرارة للعنصر ، واط/(م^2.كلفن).

Ui: معامل انتقال الحرارة للمساحة i من العنصر ، $W/(m^2.K)$ ، وكمثال على ذلك، يحسب معامل انتقال الحرارة الإجمالي للعنصر الإنشائي غير متجانس التركيب المبين في الشكل 4-10/5 بإستعمال المعادلة التالية:

$$U = \frac{U_1A_1 + U_2A_2}{A} \qquad (11/5\text{-}4)$$

حيث إن :

U_1: معامل انتقال الحرارة لجزء العنصر الذي مقطعه (1-1) ، $W/(m^2.K)$

A_1: مجموع مساحة الجزء الذي مقطعه (1-1) ، m^2

U_2: معامل انتقال الحرارة لجزء العنصر الذي مقطعه (2-2) ، $W/(m^2.K)$

A_2: مجموع مساحة الجزء الذي مقطعه (2-2) ، m^2

A: مجموع المساحات $(A_2 + A_1)$ ، m^2

ويحسب المعامل الإجمالي لانتقال الحرارة للجدران التي تحتوي عناصر غير متجانسة من نوافذ وأبواب على وفق العلاقة التالية :

$$U = \frac{\sum U_d A_d + \sum U_w A_w + \sum U_{win} A_{win}}{A} \qquad (12/5\text{-}4)$$

حيث إن:

U: معامل انتقال الحرارة الإجمالي للجدران الخارجية شاملة جميع الفتحات الخارجية ، $W/(m^2.K)$

U_d: معامل انتقال الحرارة الإجمالي للأبواب الخارجية ، $W/(m^2.K)$

U_w: معامل انتقال الحرارة الإجمالي للأجزاء المصمتة من الجدران الخارجية ، $W/(m^2.K)$

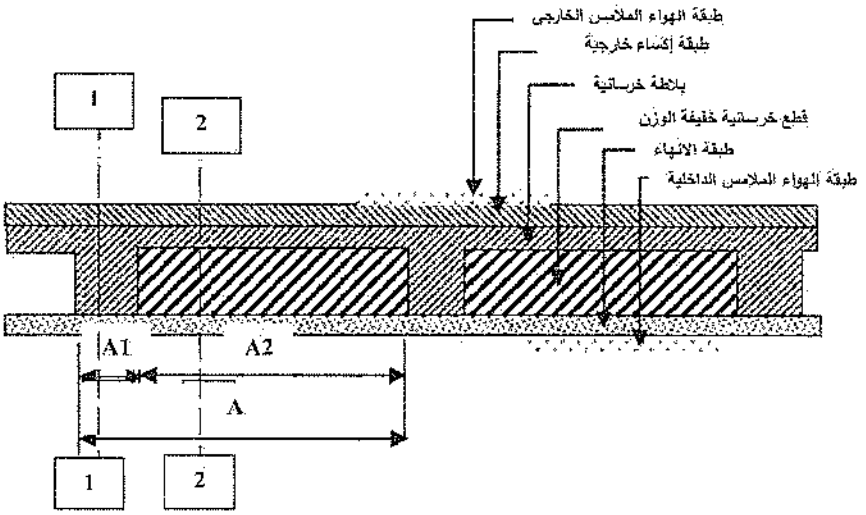
U_{win}: المعامل الإجمالي لانتقال الحرارة للنوافذ الخارجية، $W/(m^2.K)$

A: المساحة الكلية للجدران الخارجية شاملة جميع الفتحات الخارجية ، m^2

A_d: المساحة الصافية (Net Area) للأبواب الخارجية، m^2

A_w: المساحة الصافية (Net Area) للأجزاء المصمتة من الجدران الخارجية ، m^2

A_{win}: المساحة الصافية (Net Area) للنوافذ الخارجية ، m^2



الشكل 4-5/10: تفاصيل عنصر إنشائي غير متجانس التركيب[8]

4-5/5 تصحيح معامل انتقال الحرارة[1]

يمكن حساب معامل انتقال الحرارة المصحح (U_c) باضافة قيمة التصحيح الكلي لمعامل انتقال الحرارة (ΔU) إلى معامل انتقال الحرارة المحسوب للعنصر الإنشائي (U) كما ذكر سابقا في هذه المدونة وكما يلي:

$$U_c = U + \Delta U \qquad (13/5\text{-}4)$$

حيث تحسب قيمة التصحيح الكلي لمعامل انتقال الحرارة ΔU بإستعمال المعادلة التالية :

$$\Delta U = \Delta U_g + \Delta U_f + \Delta U_r \qquad (14/5\text{-}4)$$

حيث إن:

ΔU_g: قيمة التصحيح لمعامل انتقال الحرارة نتيجة وجود الفراغات الهوائية في العازل الحراري، $W/(m^2.K)$ ، وتحسب كما سيوضح في الفقرة 4-5/5/1.

ΔU_f: قيمة التصحيح لمعامل انتقال الحرارة نتيجة لمواد التثبيت الميكانيكية ، $W/(m^2.K)$ ، وتحسب كما سيوضح في الفقرة 4-5/5/2.

ΔU_r: قيمة التصحيح لمعامل انتقال الحرارة نتيجة للتكثف في نظام السقوف المقلوبة ، $W/(m^2.K)$ ، وتحسب كما سيوضح في الفقرة 4-5/5/3.

إذا كانت قيمة التصحيح الكلي لمعامل انتقال الحرارة (ΔU) اقل من 3% من القيمة الكلية لمعامل انتقال الحرارة (U) فليس هناك حاجة لأخذ التصحيح لمعامل انتقال الحرارة بنظر الاعتبار في تصميم العزل الحراري.

4-5/5/1 التصحيح نتيجة لوجود الفجوات الهوائية في العازل الحراري[1]

تستعمل الفجوات الهوائية كمصطلح عام للفراغات الهوائية الموجودة في العازل الحراري أو كعازل حراري بعينه أو بين العازل الحراري وأجزاء العنصر الإنشائي المجاورة له. تقسم الفجوات الهوائية إلى مجموعتين رئيستين:

4-5/5/1/1 الفراغات الهوائية (Gaps) التي تحصل نتيجة أخطاء في التنفيذ للعزل الحراري أو توجد ضمن المادة العازلة وتكون باتجاه تدفق الحرارة.

4-5/5/1/2 الفجوات الهوائية الشقية التي يطلق عليها (Cavities) وتكون على شكل شقوق طويلة موجودة بين طبقات المادة العازلة للحرارة أو بين المادة العازلة والعنصر الإنشائي المثبتة عليه المادة العازلة وباتجاه عمودي على اتجاه تدفق الحرارة.

ليس هناك ضرورة لإجراء التصحيح لمعامل انتقال الحرارة نتيجة لوجود الفجوات الهوائية عند تثبيت المادة العازلة المكونة من أكثر من طبقة واحدة بمفاصل تبادلية الترتيب (Staggered Joints).

لغرض تسهيل إجراء حسابات عملية التصحيح لمعامل انتقال الحرارة فان طريقة تثبيت المادة العازلة على سطح العنصر الإنشائي تستعمل كأساس لعملية التصحيح، حيث هناك ثلاثة مستويات للتنفيذ مبينة في الجدول 4-5/5/11.

الجدول 4-11/5: تصحيح المعامل الاجمالي لانتقال الحرارة نتيجة للفجوات الهوائية $\Delta U''$[1]

المستوى	الوصف	قيمة التصحيح $\Delta U''$ $W/(m^2.K)$
0	عدم وجود فجوات هوائية في العازل الحراري، أو وجود فجوات هوائية ثانوية ليس لها تأثير واضح على قيمة معامل انتقال الحرارة.	0.00
1	وجود فجوات هوائية تربط بين السطحين الساخن والبارد للعازل الحراري ولكن لا تسبب حدوث دوران للهواء بين السطحين الساخن والبارد للعازل الحراري.	0.01
2	وجود فجوات هوائية تربط بين السطحين الساخن والبارد للعازل الحراري مع وجود فجوات تسبب حدوث دوران حر للهواء بين السطحين الساخن والبارد للعازل الحراري.	0.04

تُعدل القيم المثبتة في الجدول 4-11/5 ($\Delta U''$) لغرض إيجاد قيمة التصحيح لمعامل انتقال الحرارة نتيجة لوجود الفجوات الهوائية (ΔU_g) بحسب المعادلة التالية:

$$\Delta U_g = \Delta U'' \left(\frac{R_1}{R_{Th}}\right)^2 \qquad (15/5\text{-}4)$$

حيث ان :

$\Delta U''$: القيم المثبتة في الجدول 4-11/5.

R_1: المقاومة الحرارية لطبقة العازل الحراري الحاوية على فجوات هوائية ، $(m^2.K)/W$ ، كما مبين في البند 4-3/4 وباستعمال المعادلة 4-9/4.

R_{Th}: المقاومة الحرارية الإجمالية للعنصر الإنشائي بإهمال الجسور الحرارية ، $(m^2.K)/W$ ، كما مبين في البند 4-1/5 وباستعمال المعادلة 4-3/5.

2/5/5-4 تصحيح معامل انتقال الحرارة نتيجة للتثبيت الميكانيكي للعازل الحراري[1]

عندما تخترق مواد التثبيت الميكانيكية طبقة العازل الحراري (مسامير التثبيت والروابط وغيرها) مثل الروابط (Ties) التي تربط بين الجدارين الخارجي والداخلي للجدار المزدوج (Cavity Wall) أو مسامير التثبيت في السقوف فان قيمة التصحيح لمعامل انتقال الحرارة تكون على وفق المعادلة التالية:

$$\Delta U_{f\infty} \alpha \frac{K_f A_f n_f}{d_o} \left[\frac{R_1}{R_{T,h}}\right]^2 \qquad (16/5\text{-}4)$$

حيث ان:

α: معامل يكون ثابتاً بقيمة 0.8 إذا كانت مسامير التثبيت تخترق الطبقة العازلة للحرارة بالكامل .

أما إذا كان مسمار التثبيت يحدث فجوة في طبقة العازل للحرارة (Recessed Fastener) كما مبين في الشكل 11/5-4 فأن قيمة α تحسب من المعادلة:

$$\alpha = 0.8 \times \frac{d_1}{d_o} \qquad (17/5\text{-}4)$$

حيث أن:

K_f: معامل الموصلية الحرارية لمسمار التثبيت ، واط/(م.كلفن).

n_f: عدد مسامير التثبيت في المتر المربع الواحد.

A_f: مساحة مقطع مسمار تثبيت واحد ، m^2

d_o: سمك طبقة العازل الحراري التي يمر خلالها مسمار التثبيت ، m

d_1: طول مسمار التثبيت الذي يخترق طبقة العازل الحراري ، m

R_1: المقاومة الحرارية لطبقة العازل الحراري التي يخترقها مسمار التثبيت، $(m^2.K)/W$

$R_{T,h}$: المقاومة الحرارية الإجمالية للعنصر الإنشائي بإهمال أي جسور حرارية ، $(m^2.K)/W$

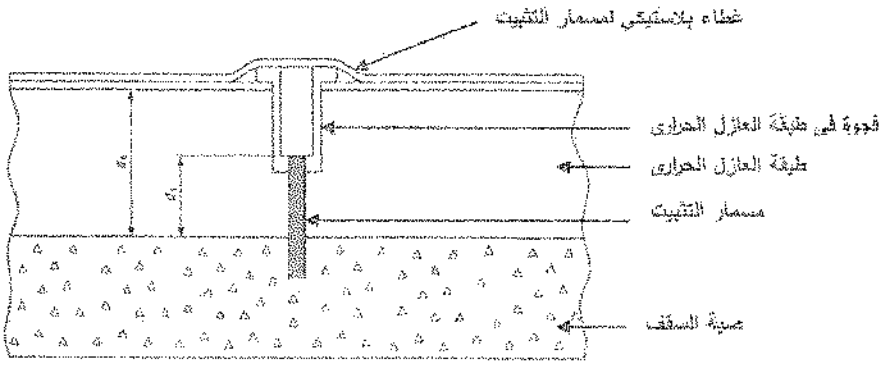
وكما مبينة حساباتها في البند 1/5-4 وبتطبيق المعادلة 3/5-4.

ملاحظة:- يمكن إن تكون قيمة d_1 اكبر من سمك طبقة المادة العازلة إذا اخترق مسمار التثبيت هذه الطبقة بصورة مائلة. في حالة مسامير التثبيت المسببة لحدوث الفجوة فأن قيمة d_1 تكون اقل من سمك طبقة المادة العازلة للحرارة وتحسب R_1 من حاصل قسمة d_1 على معامل الموصلية الحرارية للمادة العازلة.

لا يُجرى التصحيح لمعامل انتقال الحرارة نتيجة لوجود مسامير التثبيت في الحالات التالية:

1/2/5/5-4 عندما يكون هناك روابط للجدران (Wall Ties) تمر خلال التجويف الهوائي الفارغ بين الجدار الخارجي والداخلي للجدران المجوفة المزدوجة.

2/2/5/5-4 عندما يكون معامل الموصلية الحرارية لمسامير التثبيت اقل من 1 واط/(م.كلفن).



الشكل 4-11/5: مسامير التثبيت من النوع الذي يحدث فجوة في طبقة العازل الحراري[1]

(Recessed Roof Fastener)

4-3/5/5 تصحيح معامل انتقال الحرارة لنظام السقوف النهائية المقلوبة (Inverted Roof System)[1]

في نظام السقف المقلوب تثبت طبقة العازل الحراري فوق طبقة العازل المائي. يُجرى التصحيح لنظام السقوف النهائية المقلوبة وذلك نتيجة لاختراق مياه الأمطار لهذه السقوف وتجمعها بين الطبقة العازلة للحرارة وطبقة العازل المائي. ولا تُجرى عملية التصحيح لمعامل انتقال الحرارة للمباني المكيفة حيث إن خطر تكثف بخار الماء يكون قليلا في هذه المباني.

تحسب قيمة التصحيح لمعامل انتقال الحرارة للسقوف النهائية (ΔU_r) من المعادلة التالية:

$$\Delta U_r = \rho . f X . \left(\frac{R_1}{R_T}\right)^2 \qquad (18/5\text{-}4)$$

حيث إن:

ρ: هو معدل سرعة تكثف بخار الماء خلال الفصول الحارة ، ملم/يوم.

f: معامل الإنتقال لمياه الأمطار.

X: معامل زيادة الفقدان الحراري الناتج من اختراق مياه الأمطار إلى طبقة العازل المائي، $(W.day)/(m^2.K.mm)$

R_1: المقاومة الحرارية لطبقة العازل الحراري الواقعة فوق طبقة العازل المائي، $(m^2.K)/W$

R_T: المقاومة الحرارية الإجمالية للعنصر الإنشائي قبل حساب التصحيح، $(m^2.K)/W$

عند استعمال طبقة واحدة من العازل الحراري فوق طبقة العازل المائي مع وجود مفاصل بين ألواح العازل الحراري من النوع (Butt Joints) ولحالة الاكساء المفتوح (Open Covering) للسطح كالاكساء بالركام فان قيمة $f X = 0.04$.

6-4 حساب المعامل الإجمالي لانتقال الحرارة للبناية[8]

تحسب قيمة المعامل الإجمالي لانتقال الحرارة لكامل البناء من المعادلة التالية:

$$U_T = \frac{\sum(U_d A_d + U_F A_F + U_G A_G + U_R A_R + U_w A_w + U_{win} A_{win})}{A} \qquad (1/6\text{-}4)$$

حيث إن:

U_T: المعامل الإجمالي لانتقال الحرارة لكل المبنى ، $W/(m^2.K)$

U_d: المعامل الإجمالي لانتقال الحرارة للأبواب الخارجية ، $W/(m^2.K)$

U_F: المعامل الإجمالي لانتقال الحرارة للأرضيات غير الملامسة للتربة، $W/(m^2.K)$

U_G: المعامل الإجمالي لانتقال الحرارة للأرضيات الملامسة للتربة ، $W/(m^2.K)$

U_R : المعامل الإجمالي لانتقال الحرارة للسقوف المكشوفة ، $W/(m^2.K)$

U_wالمعامل الإجمالي لانتقال الحرارة للأجزاء المصمتة من الجدران الخارجية ، $W/(m^2.K)$

U_{win}: المعامل الإجمالي لانتقال الحرارة للنوافذ ، $W/(m^2.K)$

A: المساحة الخارجية الإجمالية لكل المبنى ، m^2

A_d: المساحة الصافية للأبواب الخارجية ، m^2

A_F: مساحة الأرضيات غير الملامسة للتربة ، m^2

A_G: مساحة الأرضيات الملامسة للتربة ، m^2

A_R: مساحة السقوف المكشوفة ، m^2

A_w: المساحة الصافية للأجزاء المصمتة من الجدران الخارجية ، m^2

A_{win}: المساحة الصافية للنوافذ ، m^2

7-4 التيار الحراري المنتقل عبر العناصر الإنشائية[8]

يحسب معدل التيار الحراري المنتقل خلال العناصر الإنشائية من داخل المبنى حيث درجة حرارة الهواء الداخلي (t_i) إلى الهواء الخارجي بدرجة حرارة (t_e) على وفق المعادلة التالية:

$$Q = A.U\,(t_i - t_e) \qquad (1/7\text{-}4)$$

حيث إن:

Q: معدل الفيض الحراري المنتقل ، W

A: مساحة العنصر الإنشائي ،m^2

U: معامل انتقال الحرارة للعنصر الإنشائي ، $W/(m^2.K)$

يمكن حساب كثافة معدل التيار الحراري المار من خلال وحدة المساحة بإستعمال المعادلة التالية:

$$q = Q/A = U\,(t_i - t_e) \qquad (2/7\text{-}4)$$

حيث إن:

q: كثافة معدل انتقال الحرارة ، W/m^2

يستعمل معدل التيار الحراري (Q) اساساً لحساب كمية الحرارة المفقودة والمكتسبة خلال العناصر الإنشائية اللازمة لغرض تحديد إحمال التدفئة وأحمال التكييف المطلوبة للمبنى.

تحسب درجة حرارة السطح الداخلي والسطح الخارجي للعنصر الإنشائي من المعادلات التالية:

$$t_{si} = t_i - (R_{si}.q) \qquad (3/7\text{-}4)$$

أو

$$t_{si} = t_i - (R_{si}.U.\Delta t) \qquad (4/7\text{-}4)$$

$$t_{se} = t_e - (R_{se}.U.\Delta t) \qquad (5/7\text{-}4)$$

حيث إن:

t_{si}: درجة حرارة السطح الداخلي للعنصر الإنشائي ، C°

t_{se}: درجة حرارة السطح الخارجي للعنصر الإنشائي ، C°

t_i: درجة حرارة الهواء الداخلي ، C°

t_e: درجة حرارة الهواء الخارجي ، C°

R_{si}: المقاومة الحرارية للسطح الداخلي ، $(m^2.K)/W$

R_{se}: المقاومة الحرارية للسطح الخارجي ، $(m^2.K)/W$

q: كثافة معدل انتقال الحرارة ، W/m^2

U: معامل انتقال الحرارة الإجمالي للعنصر الإنشائي ، $W/(m^2.K)$

Δt: الفرق بين درجة حرارة الهواء الداخلي والخارجي ، C°

لحساب درجة حرارة السطوح الفاصلة بين طبقات العنصر الإنشائي كما مبين في الشكل 4-1/7، تستعمل العلاقات التالية:

$$t_{si} = t_i - (R_{si}.q)\ (C°)$$

$$t_1 = t_{si} - (R_1.q)(C°)$$

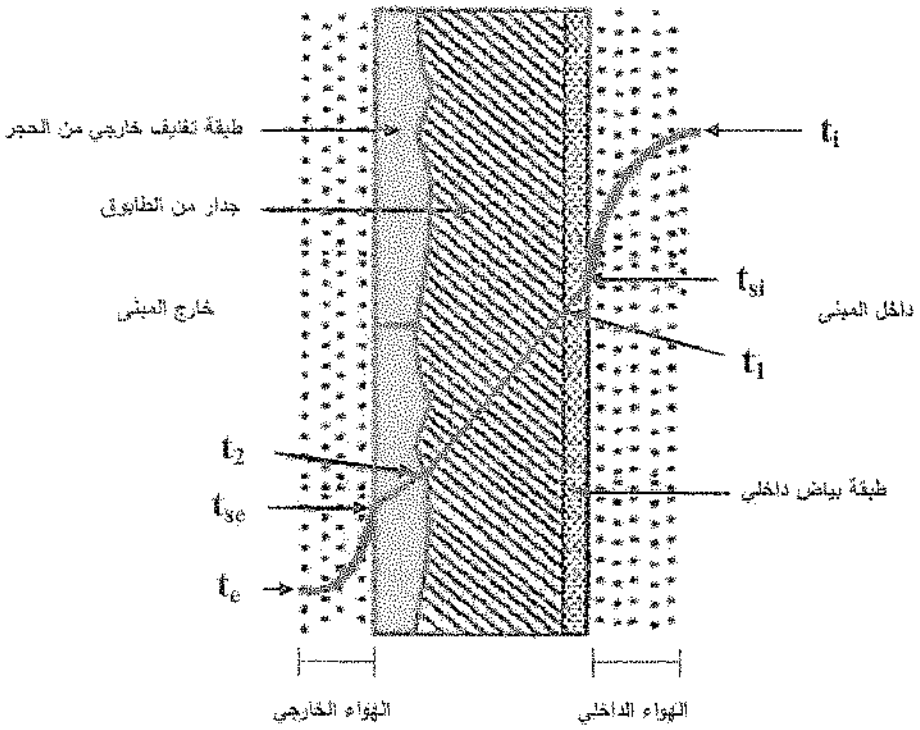
$$t_2 = t_1 - (R_2.q)(C°)$$

$$\vdots$$

$$t_{se} = t_e - (R_{se}.q)(C°)$$

وبذلك فإن المعادلة العامة هي كالتالي:

$$t_n = t_{n-1} - (R_n.q)\ (C°) \qquad (6/7\text{-}4)$$



الشكل 4-1/7: توزيع درجات الحرارة خلال عنصر إنشائي مكون من عدة طبقات[8]

4-8 متطلبات تصميم العزل الحراري[8]

4-8/1 المعامل الاجمالي لانتقال الحرارة (U-Value)

4-8/1/1 السقوف النهائية والأرضيات (Final Roofs and Floors)

يجب أن لا تتجاوز قيمة المعامل الإجمالي لانتقال الحرارة لكل من السقوف النهائية والأرضيات القيم المذكورة في الجدول 4-1/8.

4-8/1/2 الجدران

تزداد القيم الكلية للمعامل الاجمالي لانتقال الحرارة للجدران الخارجية بزيادة عدد الفتحات من الأبواب والنوافذ ضمن هذه الجدران، حيث إن معامل انتقال الحرارة للنوافذ والأبواب أعلى من معامل انتقال الحرارة للجدار المصمت (Masonry Wall).

يجب أن لاتزيد قيمة معامل انتقال الحرارة للجدران عن القيم المسموح بها المبينة في الجدول 4-1/8.

4-3/1/8 الأبواب والنوافذ

تصنف الأبواب والنوافذ بحسب قيمة المعامل الاجمالي لانتقال الحرارة لها. ولتحديد معامل انتقال الحرارة لأنواع مختلفة من الأبواب والنوافذ تستعمل الجداول 4-3/5 و 4-7/5 الى 4-10/5 أو يمكن استعمال قيمة معامل انتقال الحرارة المعطاة من قبل الشركات المصنعة للأبواب والنوافذ.

يجب أن لا تزيد قيم معامل انتقال الحرارة للفتحات الزجاجية عن القيم المثبتة في الجدول 4-1/8.

الجدول 4-1/8: القيم القصوى المسموح بها للمعامل الاجمالي لانتقال الحرارة لعناصر البناء المختلفة[8]

العنصر الإنشائي	الرمز	القيم القصوى المسموح بها لمعامل انتقال الحرارة $W/(m^2.K)$
السقف الأخير	U_{roof}	0.5
الجدران الخارجية بدون فتحات	U_w	0.8
الفتحات عندما تكون: $A_{win} \leq 0.2\ A_{facade}$	U_{win}	5.2
الفتحات عندما تكون: $A_{win} > 0.2\ A_{facade}$	U_{win}	3.5
الواجهات الخارجية شاملة جميع الفتحات	U_{facade}	1.5
الأرضيات الملاصقة للتربة	U_G	1
الأرضيات ما بين الطوابق	U_F	1
الأرضيات المكشوفة	U_F	0.5

حيث إن:

A_{facade}: مساحة الواجهة

A_{win}: مجموع مساحة النوافذ والأبواب الخارجية

4-2/8 الجسور الحرارية

تؤدي الجسور الحرارية وتسرب الهواء إلى زيادة فقدان الحرارة من المبنى، ولهذا السبب تؤخذ النقاط التالية بنظر الاعتبار عند تصميم العزل الحراري للمبنى لغرض تقليل الجسور الحرارية وتسرب الهواء.

4-8/2/1 الاهتمام بتصميم مناطق الربط بين العناصر الإنشائية للتأكد من استمرارية الطبقة العازلة للحرارة وحاجز الهواء.

4-8/2/2 التقليل قدر الإمكان من اختراق الأجزاء الخدمية للمبنى (أنابيب الماء، مجاري الهواء وغيرها) أو أجزائه الانشائية للعازل الحراري.

4-8/3 كمية بخار الماء المتكاثف ضمن العناصر الإنشائية

4-8/3/1 لا يجوز أن تتجاوز كمية بخار الماء المتكاثف داخل العنصر الإنشائي قيمة 0.5 كغم/م^2، وتحسب بحسب الفصل 5-8.

4-8/3/2 لا يجوز أن تتجاوز كمية بخار الماء المتكاثف عن 0.3 كغم/م^2 داخل المادة العازلة إن كانت من النوع الليفي أو ضمن فراغ الهواء أو أي مادة عالية الامتصاص للماء.

مراجع الباب (4)

[1]-International Organization of Standards (ISO), 6946, 2007(E), "***Building Components and Building Elements- Thermal Resistance and Thermal Transmittance- Calculation Method***", Second Edition, (2007).

[2]-International Organization of Standards (ISO), 13789, "***Thermal Performance of Buildings – Transmission and Ventilation Heat Transfer Coefficients-Calculation Method***", (2006).

[3]-International Organization of Standards (ISO), 10456, "***Building Materials and Products – Hygrothermal Properties – Tabulated Design Values and Procedures for Determining Declared and Design Thermal Values***", (2007).

[4]-International Organization of Standards (ISO), 10077-1, "***Thermal Performance of Windows, Doors and Shutters- Calculation of Thermal Transmittance, Part 1: General***", Second Edition, Sep, (2006).

[5]-International Organization of Standards (ISO), EN 673, "***Glass in Building Determination of Thermal Transmittance (U-Value) – Calculation Method***", (2007).

[6]-International Organization of Standards (ISO), 10077-2,"***ThermalPerformance of Windows, Doors and Shutters- Calculation of Thermal Transmittance, Part 1: Numerical Method for Frames***", (2007).

[7]-International Organization of Standards (ISO), EN 12412, "***Thermal Performance of Windows, Doors and Shutters- Determination of Thermal Transmittance by Hot Box Method – Part 2: Frames***", (2007).

[8]-"*كود العزل الحراري للأبنية في الجمهورية العربية السورية*"، بدون تاريخ.

[9]-"***Energy Smart Housing Manual***", Chapter7, Insulation, (2006).

[10]-National Mechanical Insulation Committee (NMIC)"***Mechanical Insulation Design Guide-Design Data***", (2009).
[11]-Persily, A.K., "***Envelope Design Guidelines for Federal Office Buildings: Thermal Integrity and Air Tightness***", March, (1993).
[12]-International Organization of Standards (ISO), 9774, "***Thermal Insulation for Building Applications- Guidelines for Selecting Specification Requirements***", (2001).
[13]-International Organization of Standards (ISO), 13370:2007(E), "***Thermal Insulation Performance of Buildings- Heat Transfer Via the Ground - Calculation***", (2007).
[14]-Straube, J., "***Thermal Control in Buildings***", Building Science Digest 011, (2006).
[15]- "***Reflective Insulation, Radiant Barriers and Radiation Control Coatings***", Compiled by RIMA International (Reflective Insulation Manufacturers Association), Second Edition, May, (2002).
[16]- "***Thermal Bridges in Residential Building in Denmark***", Organization for the Promotion of Energy Technologies, (2002).

الباب 5

تأثير الرطوبة الداخلية وفوائد معيقات بخار الماء وحواجز الهواء في الأبنية

5-1 تمهيد

تتعرض اغلب الأبنية إلى مصادر عديدة للرطوبة والبخار مسببة تلفا للمواد البنائيةغير المقاومة للرطوبة بتعجيل تآكلها وصدئها وتدهور حالتها مع الزمن. يهتم هذا الفصل بأنواع تكثف بخار الماء والعوامل المسببة له والمشاكل والحلول والطرائق المتبعة لمنع تكثف بخار الماء في الجدران والسقوف والأرضيات وأخيرا معيقات البخار وحواجز الهواء.

5 –2 أشكال تكثف بخار الماء

يبدأ التكثف عند انخفاض درجة حرارة الهواء إلى نقطة الندى (dew point) أو عند تماس الهواء الرطب مع سطح بارد. ويكون التكثف لبخار الماء على شكلين:

5-2/1 تكثف بخار الماء السطحي (Surface Condensation)

يحدث عندما يكون الهواء الرطب في تماس مع سطح داخلي بارد للبناية. ويلاحظ ذلك في المطابخ والحمامات والنوافذ وفي المسابح الداخلية والمغلقة.

5-2/2 تكثف بخار الماء داخل العنصر الإنشائي (Interstitial Condensation)

يحدث عند انتقال الرطوبة الناتجة من بخار الماء من الأماكن الدافئة (حيث يكون فيها ضغط بخار الماء أكبر) خلال المواد البنائية إلى السطوح الأبرد (التي يكون فيها ضغط بخار الماء أوطأ) بسبب الخاصية الشعرية لدخول الماء عبر مسام المادة مما يؤدي إلى تلف الطبقات الداخلية للمواد البنائية مع الزمن. وعليه من المهم جدا وضع معيقات لانتقال بخار الماء (Vapor barriers) ومثال عليها رقائق البولي أثيلين والاسفلت الثقيل... الخ.

ان هذه الظاهرة لا تشكل خطورة او اهمية كبيرة إلا في مناطق محدودة. فالتكثف قلما يحدث في الصيف لأن الفرق في درجة الحرارة الداخلية للأبنية لا يكون اقل من (15–20) درجة مئوية عن درجة الحرارة الخارجية. ولا يحدث إلا عندما تكون الرطوبة في الخارج عالية جدا وهذه الظروف لا تكون إلا في أوقات وجيزة جدا وفي مناطق محددة جدا في شمال العراق.

5-3 العوامل المسببة لتكثف بخار الماء

تشمل العوامل المسببة لتكثف بخار الماء ما يلي:

5-3/1 تدفق الحرارة (Heat Flow)

يكون سريان أو انتقال الحرارة من السطح الأكثر حرارة إلى السطح الأقل حرارة ويتأثر هذا الانتقال بالفرق بين درجة حرارة السطحين وخواص المواد التي تنتقل الحرارة من خلالها.

2/3-5 تسرب الهواء (Air Leakage)

يتسرب الهواء خلال البناء من الداخل للخارج وبالعكس بسبب عدم السيطرة على حركته نتيجة عدم احكام غلق منافذ البناء ووجود الفراغات بين اطر الأبواب والنوافذ والجدران وغيرها.

3/3-5 انتقال الرطوبة

تنتقل الرطوبة من المناطق ذات تركيز البخار العالي إلى مناطق تركيز البخار الاوطأ من خلال مواد مسامية أو من خلال الخاصية الشعرية. يمكن تلخيص مصادر الرطوبة داخل البناء وكمياتها الناتجة منها في الجدول 5-1/3.

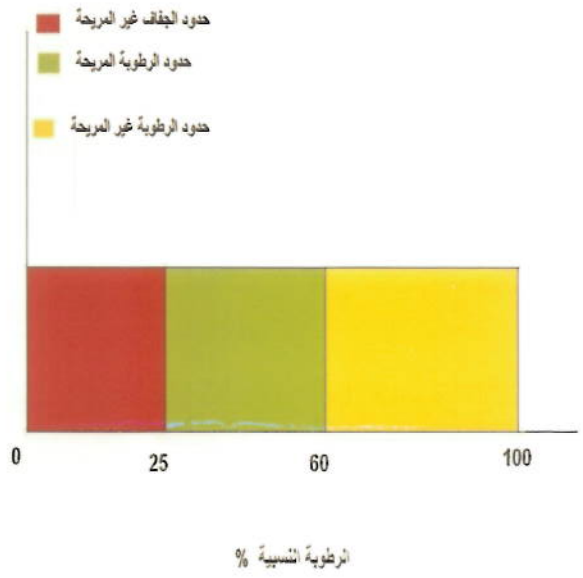
الجدول 5-1/3: المصادر الداخلية المتنوعة للرطوبة[1]

ت	المصادر	الرطوبة الناتجة (لتر/يوم)
1	الاشخاص (معدل التبخر لكل شخص)	1.2
2	الاستحمام لكل شخص	0.4 – 0.2
3	غسل الأرضيات	0.2
4	غسل الصحون	0.5
5	الطبخ لأربعة أشخاص	2 - 0.9
6	التبخر الفصلي للمواد الإنشائية للمنزل	8 - 3
7	النباتات (خمسة نباتات)	0.5 – 0.2
8	الحيوانات المنزلية (حيوان واحد)	0.5 – 0.2

4-5 أضرار تكثف بخار الماء

1/4-5 اضرار الرطوبة النسبية

يتراوح معدل الرطوبة النسبية المريحة للإنسان بين (25- 60) % وعند نقصان الرطوبة النسبيةالى اقل من 25 % أو زيادتها الى اعلى من 60 % سيكون مقدار الرطوبة النسبية غير مريح والشكل 5-1/4 يوضح المجال المريح للرطوبة النسبية لانعكاسه المناسب على تكثف بخار الماء.



الشكل 5-1/4: الرطوبة النسبية و الارتياح للاماكن المأهولة [2]

5-2/4 أضرار التكثف السطحي

5-1/2/4 يعتبر وجود الرطوبة على السطوح الداخلية للأبنية سببا رئيسا في التلوث الداخلي بسبب ما لها من تأثيرات سلبية على صحة الإنسان نتيجة نمو البكتريا بالإضافة إلى تلف العناصر البنائية.

5-2/2/4 يسبب زيادة كلفة التكييف.

5-3/2/4 يسبب زيادة كلفة الصيانة الدورية للأبنية بسبب تلف مواد الانهاء الداخلية للسقوف و الجدران.

5-4/2/4 يسبب نقصان المقاومة الحرارية للعنصر الإنشائي وللعازل الحراري نفسه إن حصل داخله.

5-3/4 أضرار التكثف داخل العنصر الإنشائي

5-1/3/4 يسبب تجمع الرطوبة داخل العناصر الإنشائية ومنها الخرسانة المسلحة صدأ حديد التسليح والمعادن الأخرى.

5-2/3/4 يسبب انتفاخ وتلف مواد العزل الحراري.

5-3/3/4 وجود الأملاح والمركبات الكيميائية وزيادة تراكيزها يؤدي إلى تدهور المواد الإنشائية وكذلك قد يؤدي إلى تلف بعض أنواع التأسيسات الكهربائية والميكانيكية والصحية.

5-5 الإجراءات اللازمة لتجنب تكثف بخار الماء

5-1/5 زيادة معدل التهوية الطبيعية أو الميكانيكية الى حوالي 30 م^3 / الساعة للتخلص من رطوبة الهواء الداخلي بتجديد الهواء بهواء جاف نقي فتزداد درجة حرارة نقطة الندى الداخلية. ولأجل ذلك يجب أن لا تقل المساحة المفتوحة المخصصة للتهوية الطبيعية عن 5 % من المساحة الداخلية للطابق.

2/5-5 زيادة درجة حرارة السطوح الداخلية لعناصر البناء بعزلها حراريا بشكل جيد بحيث لا يزيد الفرق بين درجة حرارتها ودرجة حرارة الهواء الداخلي على(3 درجات مئوية).

3/5-5 أن تكون الطبقة التي تلي مادة العزل الحراري من الجهة الباردة فيه ذات نفاذية عالية لبخار الماء لتساعد على مروره خلالها بسهولة إلى السطح الخارجي بدون أن يتكاثف على مادة العزل الحراري ويضر بخصائصها الحرارية.

4/5-5 اختيار المواد الأنشائية بحيث تقل مقاوميتها لبخار الماء كلما اتجهنا الى الطبقات الانشائية الخارجية.

5/5-5 أن توضع طبقة العازل الحراري داخل العنصر الإنشائي أقرب إلى جانبه الخارجي في حين توضع الطبقات الأقل مقاومة للحرارة في الجانب الداخلي منه.

6/5-5 تشغيل التدفئة المستمرة لمدة تزيد على 16 ساعة / اليوم في الأبنية الثقيلة كالأبنية الحجرية والخرسانية لتجنب تكثف الرطوبة على السطوح الداخلية للجدران الخارجية التي تحتاج لمدة زمنية لخزن الحرارة قبل أن تصبح درجة حرارتها أعلى من درجة حرارة نقطة الندى.

7/5-5 تشغيل التدفئة غير المستمرة لمدة تقل عن 8 ساعات/اليوم للأبنية الخفيفة والأبنية المعزولة حراريا.

6-5 معيقات بخار الماء (Vapor Retarder)

تعرف معيقات بخار الماء على أنها مواد تبطئ انتقال بخار الماء. وتكون من مواد ذات أشكال وخواص ومواصفات مختلفة تثبت على وفق متطلبات وطرائق محددة. لاحظ الجدول 5-1/6 الذي يبين مقاومة المواد لنفوذ بخار الماء (Water Vapor Permeability).

1/6-5 المواد والمتطلبات

تستعمل مواد معيقات بخار الماء بالأشكال التالية:

1/1/6-5 أغشية غير حاملة للأثقال مصنعة على شكل طبقات ورقائق لدنة أو رقائق معدنية مطوية لاحظ الجدول 5-2/6 الذي يبين العلاقة بين موضع استعمال الغشاء وبين الخاصية المطلوبة منه بحسب متطلبات المواصفة الاميريكيةASTM C755-97 .

2/1/6-5 مواد قيرية بنفاذية واطئة و شبه سائلة، تُرش على أو تُطلى بها السطوح باستعمال المالج أو الفرشاة أو أية وسيلة أخرى تحظى بموافقة المهندس المخول.

3/1/6-5 مواد بنائية صلبة أو شبه صلبة ذات نفاذية واطئة تشكل جزءا من البناء.

ومن الممكن تصنيف معيقات بخار الماء اعتمادا على نفاذيتها و كمايلي:

4/1/6-5 مواد غير منفذة لبخار الماء مثل الأغشية المطاطية، رقائق البولي اثيلين والزجاج وطبقات الألمنيوم المطوية.

5- 5/1/6 مواد شبه منفذة لبخار الماء مثل الخشب الرقائقي(المعاكس) والأسفلت الثقيل

5- 6/1/6 مواد منفذة لبخار الماء مثل الألواح الجبسية غير المطلية والعوازل السليلوزية.

الجدول 5–1/6: مقاومة المواد لنفوذ بخار الماء[3]

ت	المواد	مقاومة بخار الماء (نيوتن * 10^{6} . ثانية / غم . متر)
1	الصخور البنائية الجيرية والرملية	135 - 80
2	الوحدات الخرسانية المصمتة	80 - 54
3	الوحدات الخرسانية المجوفة	54 - 27
4	الطابوق الطيني المصمت والمجوف	54 - 27
5	خرسانة الركام الخفيف الوزن	800 - 380
6	الخرسانة الرغوية	54 - 27
7	الكاشي السيراميكي	1620 - 540
8	المطاط	4300
9	اللبخ بالسمنت	190 - 80
10	البياض بالجص	54
11	الخشب الطبيعي	200
12	الواح الخشب الرقائقي (المعاكس)	450 - 270
13	الاسفلت والقار سمك 20 ملم	10000
14	ألواح البولي ستايرين (كثافة 30 كغم / $م^3$)	540 - 200
15	ألواح البولي ستايرين (كثافة 25 كغم / $م^3$)	380 - 160
16	ألواح البولي ستايرين (كثافة 15 كغم / $م^3$)	270 - 100
17	البولي يوريثان	540 - 160
18	الألياف النباتية والمعدنية	5.4
19	ألواح الفلين المزفت	160 - 27

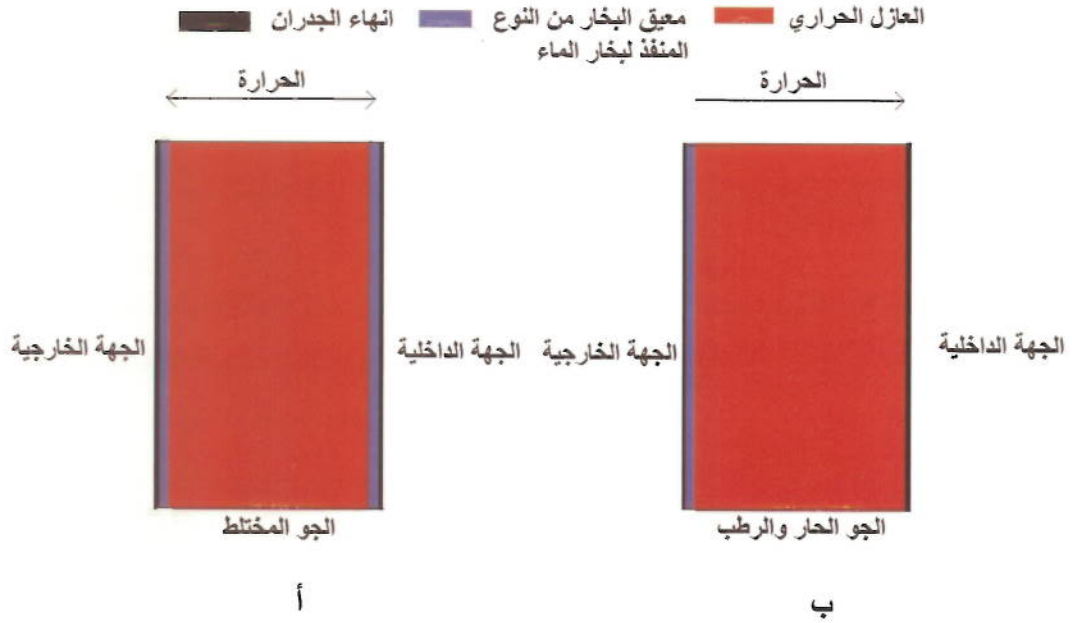
الجدول 5-2/6 : العلاقة بين موضع استعمال الغشاء المعيق لانتقال الماء وبين الخاصية المطلوبة منه

ت	النوع	مقاومة الانثقاب	مقاومة القشط	مقاومة التمزق	مقاومة الحرائق	مقاومة الصدأ	مقاومة التعفن	مقاومة الشد
1	الجدران في الابنية السكنية	واطئة	واطئة	واطئة				
2	تحت السقوف للابنية التجارية والسكنية	عالية	عالية	واطئة			مفضلة	
3	عوازل الانابيب (صفر درجة مئوية)	متوسطة	متوسطة	متوسطة	مفضلة	مفضلة		واطئة
4	عوازل الانابيب (تحت درجة الصفر المئوي)	عالية	عالية	عالية	مفضلة	مفضلة		متوسطة
5	عوازل مجاري الهواء والتكييف	متوسطة	متوسطة	متوسطة	مفضلة	مفضلة		متوسطة
6	عوازل الابنية المعدنية	متوسطة	متوسطة	متوسطة	مفضلة	مفضلة		متوسطة

5-2/6 موقع معيقات بخار الماء ضمن البناء

في الأجواء المختلطة (الحارة والباردة) في العراق وخاصة في المناطق الشمالية والوسطى والغربية منه، تحتاج الأبنية إلى حمايتها من الرطوبة الخارجية والداخلية. تثبت معيقات بخار الماء ذات النفاذية على كلا السطحين الداخلي والخارجي للعناصر البنائية وذلك للسماح لبخار الماء بالانتقال الى خارج البناء ومنع تجمعه ضمن البناء. إن ضغط بخار الماء يكون أعلى في الوجه الساخن للعنصر الإنشائي من وجهه البارد، لذا يكون انتقال بخار الماء من منطقة الضغط الأعلى (الوجه الساخن) نحو منطقة الضغط المنخفض (الوجه البارد)، و في الأبنية السكنية يكون الفرق في ضغط بخار الماء (بين داخل البناء و خارجه) اكبر ما يمكن في فصل الشتاء، ويكون اتجاه حركة بخار الماء من داخل البناء (الادفأ) نحو خارجه (الأبرد). لذا يجب أن توضع الطبقة المعيقة لبخار الماء عند الوجه الداخلي الادفأ مع مراعاة أن تكون المادة التي تغلف المادة العازلة من الجهة الباردة ذات مقاومة بخار ماء منخفضة لتسهل عملية مرور بخار الماء من خلالها نحو السطح الخارجي للبناء قبل أن يتكثف داخل العازل الحراري ويضر به. (لاحظ الشكل 5-6/1 (أ)).

أما في الأجواء الحارة والرطبة كما في جنوب العراق، تحتاج الأبنية إلى حمايتها من الرطوبة الخارجية لذلك تثبت معيقات بخار الماء على السطح الخارجي للعناصر البنائية لمنع انتقال بخار الماء إلى داخل البناء (لاحظ الشكل 5 -1/6 (ب)).



الشكل 5–1/6: أماكن تثبيت معيقات بخار الماء[4]

5- 7 الحواجز الهوائية (Air Barriers)

تعرف الحواجز الهوائية على أنها وسيلة لحماية المبنى بما فيه المواد البنائية و العوازل الحرارية من التلف بسبب الرطوبة. وعليه يجب أن تكون حواجز الهواء مقاومة لتسرب الهواء وقوية وذات ديمومة عالية ومحيطة بالبناء ومستندة على سطوح خارجية وداخلية قوية تمنعها من الحركة عند هبوب الرياح القوية.

5-1/7 المواد والمتطلبات

تستعمل العديد من المواد كحواجز للهواء على شكل طبقات من مواد مصمتة للسطوح الكبيرة أو شرائح للمفاصل المتحركة.

تقسم مواد حواجز الهواء إلى:

5-1/1/7 طبقات مرنة مثل البولي أثيلين.

5-2/1/7 طبقات المواد المصمتة كالخشب الرقائقي(المعاكس)، الزجاج.

5-3/1/7 مواد الختم مثل رغوة اليوريثان، السليكون

5-4/1/7 شرائح لحجز الهواء والتي تثبت مع الأبواب والنوافذ.

إن أهم المتطلبات التي يجب توافرها في مواد حواجز الهواء هي الديمومة وعدم نفاذية الهواء والاستمرارية والإسناد الإنشائي.

الديمومة: يجب اختيار المادة المناسبة لعمر المبنى وإلا فهي ستحتاج إلى صيانة دورية

عدم نفاذية الهواء: يجب اختيار المادة التي تمنع الهواء من المرور خلالها وبحسب الشروط التي حددت في المواصفة ASTM E 2178.

الاستمرارية: يجب ضمان ترابط القطع المستعملة كحواجز للهواء سواء في السقوف أو الجدران أو الأرضيات وعدم ترك الفراغات التي تسمح بتسرب الهواء.

الإسناد الإنشائي: يجب إسناد المواد بمثبتات أو مواد لاصقة لتتمكن من تحمل أحمال الرياح أو مكيفات الهواء بدون تكسرها أو تلفها أو إزاحتها أو انحنائها.

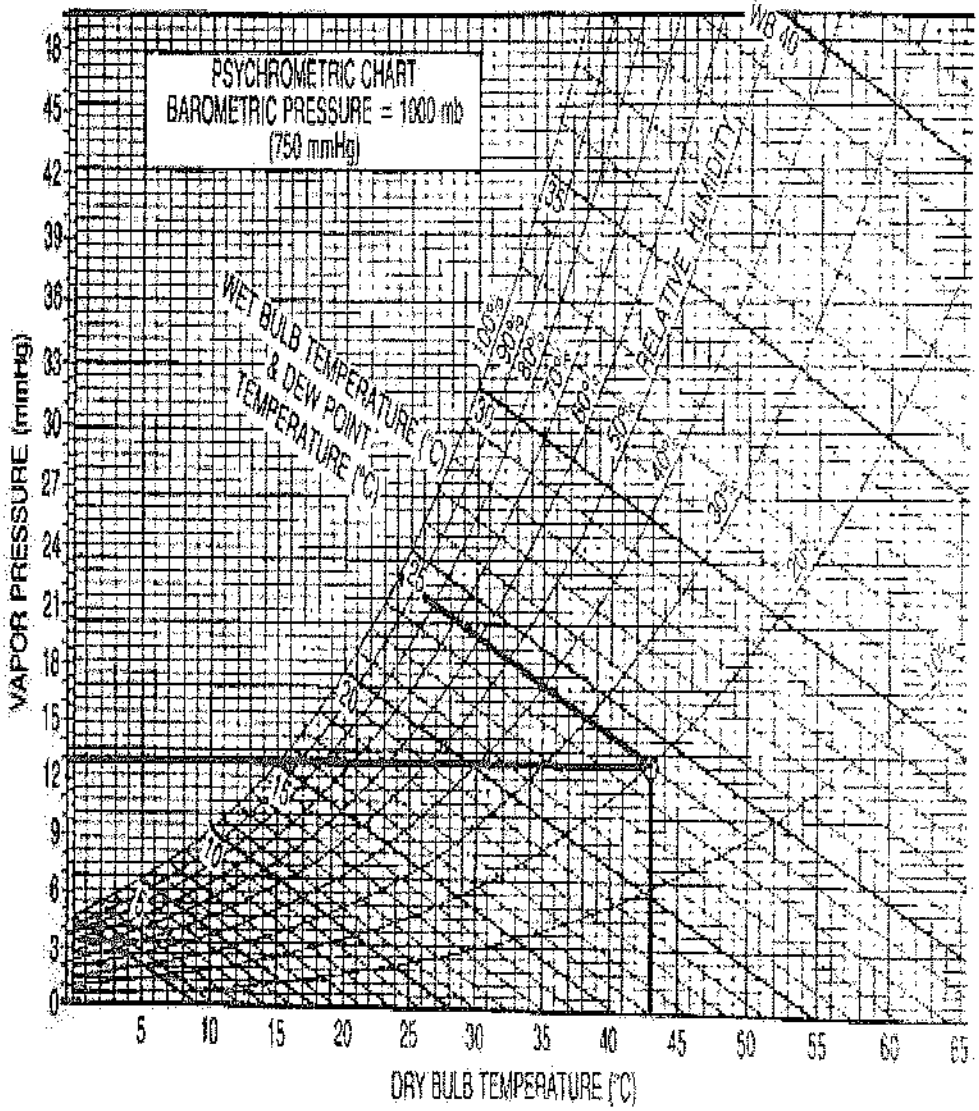
من المهم تحديد مقاومة المواد لتسرب الهواء فإذا قلت عن 50% من ضغط الهواء فلا يمكن اعتبارها حواجز للهواء وإنما مبطئات للهواء (Air Retarders) .

5-7/2 موقع الحواجز الهوائية ضمن البناء

يثبت حاجز الهواء في أي مكان في البناء بهدف منع تسرب الهواء، ولكن يمكن الاستفادة من حاجز الهواء كمبطئ لبخار الماء أيضا بتثبيته في الجهة الرطبة والدافئة من المبنى حيث ضغط بخار الماء عال، وفي هذه الحالة يسمى بحاجز الهواء والبخار. وعند استعماله خارجياً يجب ان تكون مادته تتحمل التغيرات الحرارية المسببة لتمددها وتقلصها، وعليه تستعمل مواد مقاومة للأشعة فوق البنفسجية. وكما يجب توافر تهوية كافية ليومين أو ثلاثة أيام عند استعمال مواد الختم للمعالجة.

5-8 تحديد نقطة الندى السطحية للأبنية

تمثل نقطة الندى (Dew point) درجة الحرارة التي عندها يبدأ بخار الماء بالتكثف بعد ملامسة الهواء للسطوح الباردة للأبنية. لايحدث تكثف لبخار الماء عند درجات حرارة أعلى من نقطة الندى، ولكن عند درجات حرارة مساوية أو أقل من نقطة الندى فان بخار الماء يتكثف على سطوح الابنية الملامسة للهواء. يمكن تقدير مدى حدوث التكثف لبخار الماء على سطوح الأبنية باستعمال الشكل 5-1/8، حيث يشير هذا الشكل الى العديد من خواص الهواء. عند معرفة خاصيتين للهواء فقط وبعد تحديد نقطة التقاطع، يمكن ايجاد الخواص الاخرى للهواء من الشكل. عند رسم خط افقي من نقطة التقاطع يوازي المحور السيني فان نقطة تقاطعه مع منحني التشبع الممثل لرطوبة نسبية 100% يمثل نقطة الندى. مثال على ذلك، عندما تكون درجة حرارة الغرفة 43 درجة مئوية والرطوبة النسبية 20% فان نقطة الندى هي 15 درجة مئوية وكما مبين في الشكل 5-1/8.



الشكل 5– 1/8: تحديد نقطة الندى وضغط بخار الماء[5]

مراجع الباب (5)

[1]-Straube ,J . F., **"*Moisture in Buildings*"**, ASHRAE Journal , (2002), 5pp.

[2]-Lstiburek , J., **"*Relative Humidity*"**, Building Science Corporation, (2002),8pp.

[3] - الكودات العربية الموحدة لتصميم وتنفيذ المباني **" *كود العزل الحراري*"**، جامعة الدول العربية، مجلس وزراء الإسكان والتعمير العرب، (2003).

[4]-Lstiburek , J., **"*Moisture Control for Buildings*"**, ASHRAE Journal, (2002),6pp.

[5]-Directory of Building Inspection and Testing Professionals ," ***Table of Dew Point Data for Building Condensation*** ", www.inspectApedia.com

[6]-American Society for Testing and Materials E2178-03, **"*Standard Test Method for Air Permeance of Building Materials* "**, Annual Book of ASTM, (2003), 7PP.

[7]-**"*Insulation Hand Book Part 1: Thermal Performance*"**, an Independent Publication of The Insulation Council of Australia and New Zealand, March,(2008).

الباب 6

العزل الحراري للسقوف النهائية المستوية

6-1 تمهيد

يحدث فقدان أو اكتساب كبير للحرارة خلال السقوف النهائية للمبنى ولهذا السبب أصبح من الضروري استعمال مواد عازلة للحرارة عند إنشاء السقوف النهائية للمبنى لغرض تيسير عزل حراري مناسب لهذه السقوف. يعتبر تكثف بخار الماء داخل السقوف النهائية وانتقال الحرارة الكبير من الخارج الى الداخل الذي يحدث صيفاً في المناطق الحارة الجافة من المشاكل المهمة التي تتعرض لها هذه السقوف. ولمنع حدوث هذا التكثف مع تهيئة عزل حراري مناسب للسقوف النهائية فان ذلك يتطلب تصميماً جيداً ومناسباً للعزل الحراري لها.

6-2 أنواع أنظمة العزل الحراري في السقوف الخرسانية المستوية

بشكل عام هناك نوعان لنظم العزل الحراري للسقوف الخرسانية النهائية المستوية هما:

6-2/1 النظام التقليدي للعزل الحراري (Traditional Thermal Insulation System)

في هذا النظام تثبت طبقة العازل الحراري أسفل طبقة العازل المائي. ويكون هذا النظام في مناسباً حالة استعمال مواد عازلة للحرارة ذات قابلية امتصاص عالية للماء.

6-2/2 النظام المقلوب (المحمي) للعزل الحراري (Inverted Thermal Insulation Roof System)

في هذا النظام، تثبت طبقة العازل الحراري فوق طبقة العازل المائي، مما يساعد في المحافظة على طبقة العزل المائي من التغيير في درجات الحرارة. وتستعمل مع هذا النظام مواد العزل الحراري الأقل قابلية لامتصاص الماء.

6-3 مواد العزل الحراري المستعملة في السقوف النهائية المستوية

إن مواد العزل الحراري المستعملة في السقوف النهائية المستوية يجب أن تطابق المواصفات المبينة في الفصل 3-3.

هناك خمسة أشكال رئيسة للمواد العازلة للحرارة المستعملة في السقوف النهائية المستوية وهي:

6-3/1 المواد العازلة الفرشية (Blankets)

6-3/2 المواد العازلة السائبة (Loose - Fill Insulations)

6-3/3 المواد العازلة المرغاة موقعياً (Foamed – In – Place Insulations)

6-3/4 المواد العازلة الجاسئة (Rigid Insulations)

6-3/5 المواد العازلة العاكسة (Reflective Insulations)

6-4 متطلبات تصميم العزل الحراري للسقوف النهائية المستوية

يمكن تلخيص أهم المتطلبات لتصميم العزل الحراري للسقوف النهائية المستوية بما يلي:

1/4-6 يجب إن لا يزيد معامل انتقال الحرارة للسقوف النهائية عن 0.5 واط/(م^2.كلفن) مثلما مبين في الجدول 4-1/8.

2/4-6 من المهم التأكد ان المادة العازلة للحرارة قد ثُبتت بشكل صحيح، وذلك لان فعالية العزل الحراري لهذه المادة تقل بشكل كبير عند تثبيتها بشكل غير صحيح.

3/4-6 تجنب حصول ثقب أو اختراق لطبقة العازل الحراري سواء بالخدمات المختلفة كأنابيب المياه ومجاري الهواء أو بالعناصر الإنشائية المختلفة.

5-6 طرائق التنفيذ

1/5-6 طرائق تنفيذ العزل الحراري للسقوف الخرسانية المستوية

1/1/5-6 تهيئة سطح السقف الخرساني النهائي المستوي

1/1/1/5-6 يجب إن يكون سطح السقف نظيفا قبل وضع المادة العازلة للحرارة فوقه.

2/1/1/5-6 من المهم جداً إجراء عملية الإصلاح لكل التشققات الموجودة في سطح السقف النهائي باستعمال مواد الإصلاح الخاصة لهذا الغرض مثل مواد الايبوكسي والمواد البوليمرية. وهناك عدة اسماء تجارية شائعة يمكن استعمالها بعد التأكد من مطابقتها للمواصفات التي من أهمها ASTM C 882-99.

3/1/1/5-6 معالجة كل من نقاط التقاء السطوح الرأسية (ستارة السقف النهائي) مع السطوح الأفقية للسقف النهائي وكذلك أماكن مفاصل الصب باستعمال المونة الخاصة بذلك مثل الحشوات الفلينية.

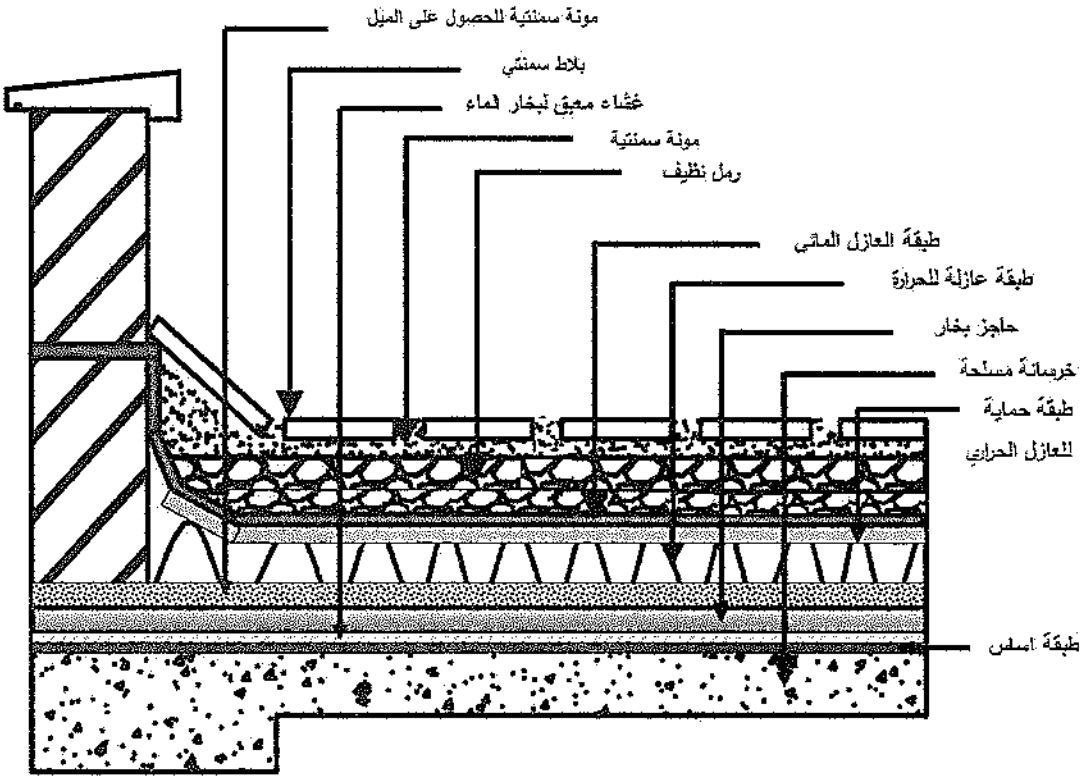
4/1/1/5-6 معالجة أماكن اختراق التراكيب الميكانيكية للسقف النهائي بالمونة الخاصة لهذا الغرض.

2/1/5-6 طريقة تنفيذ العزل الحراري لنظام السقوف النهائية التقليدية

ينفذ العزل الحراري لنظام السقوف النهائية التقليدية للمناطق الباردة باتباع الخطوات التالية:

1/2/1/5-6 تثبيت غشاء معيق للبخار فوق بلاطة السقف النهائي ثم وضع حاجز الرطوبة وبعده طبقة مونة سمنتية للحصول على الميل ثم طبقة العازل الحراري ، ثم يوضع مانع البخار لمنع بخار الماء من الاختراق إلى طبقة العازل الحراري.

2/2/1/5-6 تُوضع طبقة العازل المائي ثم طبقة من الرمل النظيف مع مراعاة الحصول على الميل المطلوب ثم يُكسى السطح بطبقة من البلاط السمنتي أو أي طبقة إنهاء تحظى بموافقة المهندس، كما مبين في الشكل 6-1/5 الذي أخذ بنظر الاعتبار اسلوب التسطيح المقترح في الدراسة المقدمة من قبل المركز الوطني للإستشارات الهندسية في وزارة الإعمار و الإسكان.



الشكل 6-1/5: تفاصيل العزل الحراري لسقف نهائي تقليدي للمناطق الباردة[1]

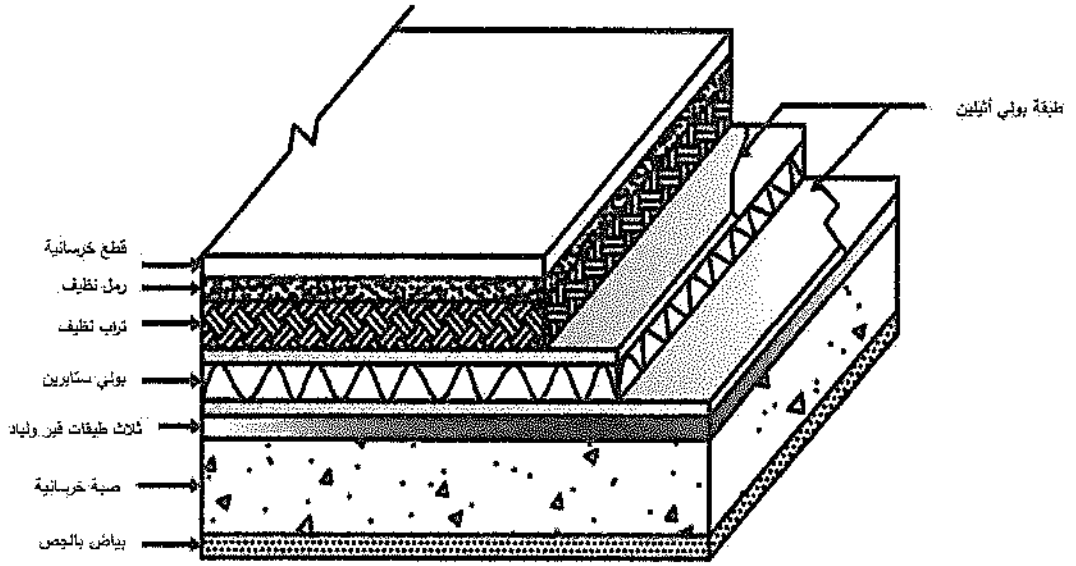
أما للمناطق الحارة الجافة فتُتبع الخطوات التالية لتنفيذ العزل الحراري لنظام السقوف النهائية التقليدية:

6-3/2/1/5 تُستعمل ثلاث طبقات من القيرواللباد فوق الصبة الخرسانية ثم تُوضع طبقة من البولي أثيلين فوق طبقات القيرواللباد.

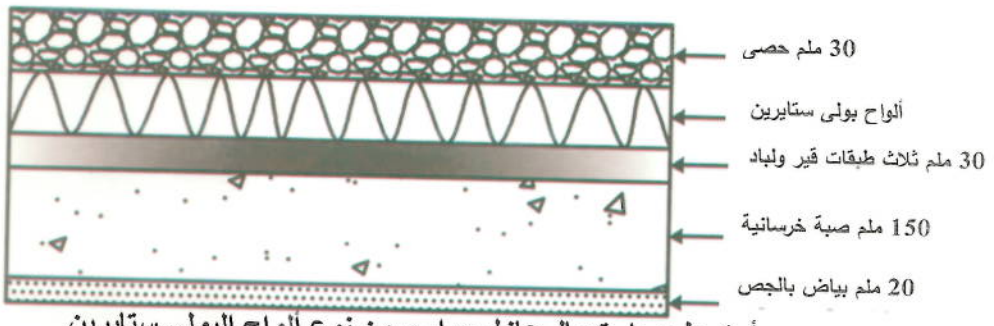
6-4/2/1/5 تُوضع طبقة العازل الحراري مثل البولي ستايرين ثم طبقة من البولي أثيلين تليها طبقة من تراب نظيف.

6-5/2/1/5 يُستعمل رمل نظيف للحصول على الميل المطلوب للسطح ثم يُكسى السطح بطبقة من البلاط السمنتي أو أي مادة انهاء أخرى مع ملء الفراغات بين البلاطات بالماستك .

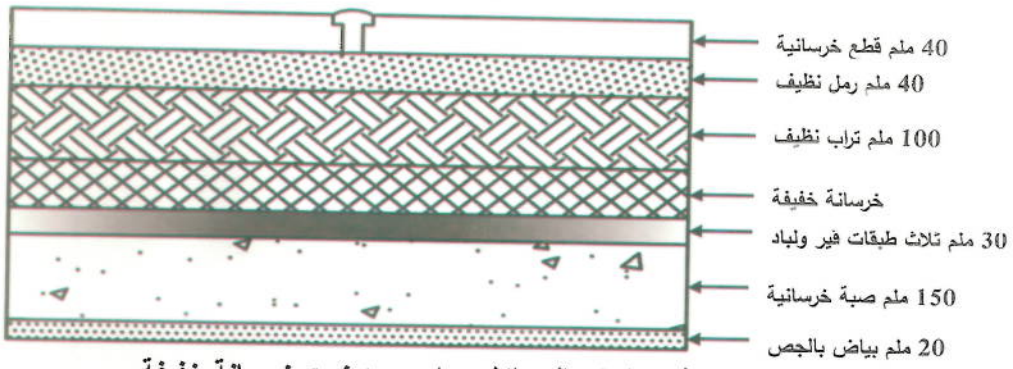
ان تفاصيل تنفيذ العزل الحراري للسقف النهائي التقليدي في المناطق الحارة الجافة مبينة في الشكل 6-2/5، كذلك يبين الشكل 6-3/5 أمثلة أخرى لنماذج سقوف معزولة حرارياً.



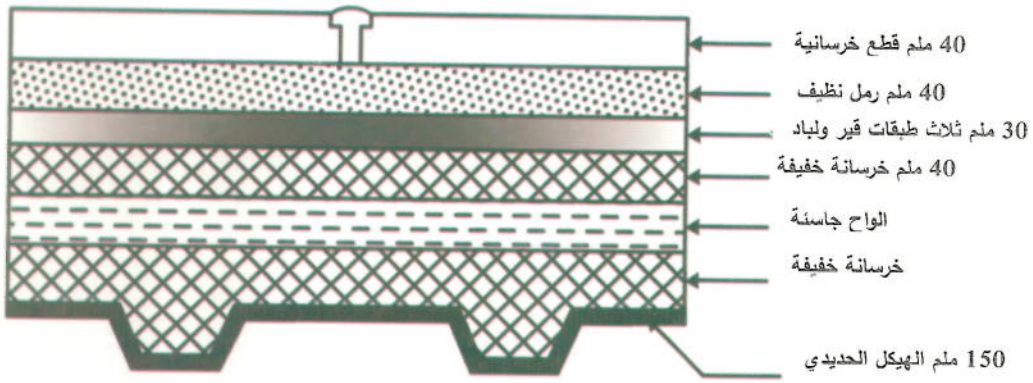
الشكل 6-2/5 :تفاصيل تنفيذ العزل الحراري للسقف النهائي التقليدي في المناطق الحارة الجافة [2]



أ- تسطيح باستعمال عازل حراري من نوع ألواح البولي ستايرين
الابعاد للمثال فقط



ب- تسطيح باستعمال عازل حراري من نوع خرسانة خفيفة
الابعاد للمثال فقط



ج- تسطيح باستعمال عازل حراري من نوع ألواح البولي ستايرين في الهياكل الحديدية
الابعاد للمثال فقط

الشكل 6-3/5: أمثلة لنماذج سقوف معزولة حراريا[2]

6-3/1/5 طريقة تنفيذ العزل الحراري لنظام السقوف النهائية المقلوبة (المحمية)

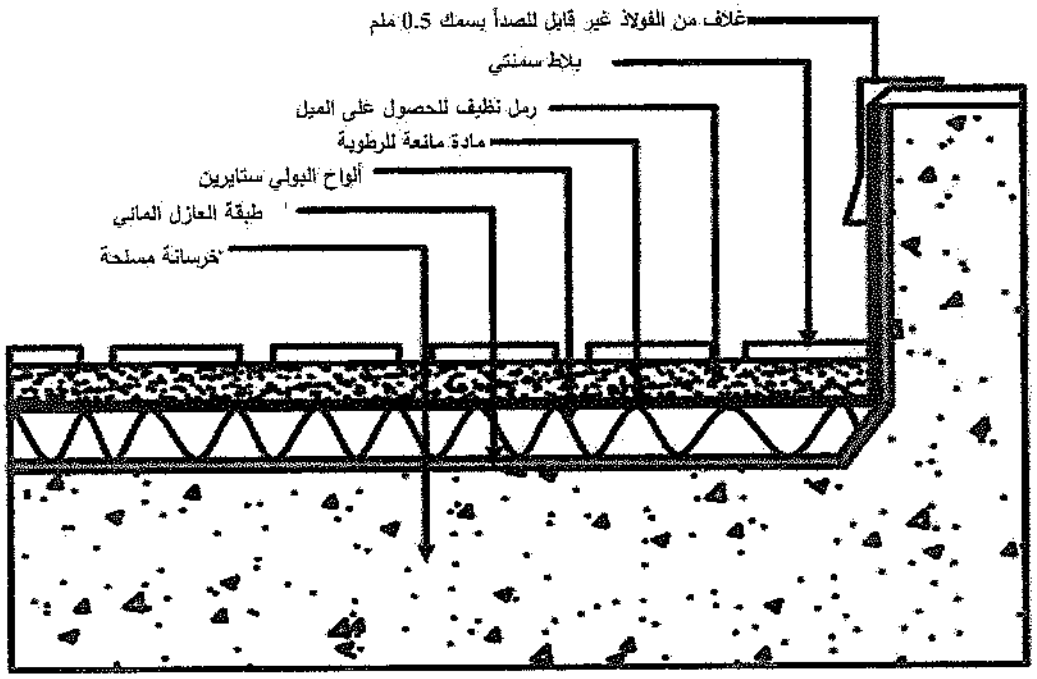
تُتبع الخطوات التالية عند تنفيذ العزل الحراري لنظام السقف المقلوب:

6-1/3/1/5 وضع طبقة من العازل المائي فوق بلاطة السقف، ثم تُوضع طبقة العازل للحرارة فوقها.

2/3/1/5-6 وضع طبقة من مادة مانعة للرطوبة فوق طبقة العازل للحرارة ثم تفرش طبقة من الرمل فوقها مع مراعاة الحصول على الميل المطلوب للسقف.

3/3/1/5-6 يُكسى السقف النهائي بالبلاط السمنتي أو أي مادة إنهاء تحظى بموافقة المهندس.

إن تفاصيل تنفيذ العزل الحراري للسقف النهائي المقلوب مبينة في الشكل 6-4/5 .



الشكل 6-4/5 : تفاصيل العزل الحراري للسقف بالنظام المقلوب[1]

2/5-6 طرائق تنفيذ العزل الحراري للسقوف المعدنية

يُستعمل البولي يوريثين والألياف المعدنية لغرض العزل الحراري للسقوف المعدنية ويكون التنفيذ كالتالي:

1/2/5-6 تنفيذ العزل الحراري للسقوف المعدنية باستعمال البولي يوريثين

تُتبع الخطوات التالية لتنفيذ العزل الحراري للسقوف المعدنية باستعمال البولي يوريثين:

1/1/2/5-6 يستعمل البولي يوريثين في حالته الرغوية لغرض العزل الحراري في السقوف المعدنية حيث يُحقن بين لوحين معدنيين ويتم ذلك في المصنع بحيث تُنقل السقوف المعزولة الى موقع العمل كاملة.

2/2/5-6 تنفيذ العزل الحراري للسقوف المعدنية باستعمال الالواح الجاسئة

تُتبع الخطوات التالية لتنفيذ العزل الحراري للسقوف المعدنية باستعمال مواد العزل الحراري من الالواح الجاسئة مثل ألواح الالياف المعدنية الصلبة، الالواح الزجاجية الخلوية، ألواح البولي يوريثين، ألواح البولي ستايرين ذي الضغط العالي:

1/2/2/5-6 يُثبت الهيكل المعدني للسقف أولاً ثم تصب الخرسانة خفيفة الوزن داخل الهيكل.

2/2/2/5-6 تُثبت الالواح العازلة للحرارة فوق طبقة الخرسانة خفيفة الوزن.

3/2/2/5-6 تُصب طبقة من الخرسانة خفيفة الوزن بسمك 40 مم.

4/2/2/5-6 تُفرش ثلاث طبقات من القير بسمك 30 مم.

5/2/2/5-6 تُفرش طبقة من الرمل النظيف بسمك 40 مم.

6/2/2/5-6 يُكسى السقف النهائي بالبلاط السمنتي أو أي مادة انهاء تحظى بموافقة المهندس.

ان تفاصيل تنفيذ العزل الحراري للسقوف المعدنية باستعمال ألواح العزل الحراري الجاسئة مبينة في الشكل 6-3/5/ج.

6-6 تفتيش التنفيذ

يجب تفتيش أعمال تنفيذ العزل الحراري للسقوف النهائية كما يلي:

1/6-6 التأكد أن التنفيذ للسقف النهائي المستوي مطابق للرسوم والتفاصيل المعطاة.

2/6-6 التأكد أن ميل السقف النهائي هو مناسب ومطابق لمواصفات العمل.

3/6-6 التأكد أن التصريف الجيد لمياه الأمطار للسقف النهائي.

4/6-6 التأكد أن عملية التثبيت للمادة العازلة للحرارة مطابقة للمواصفات والمتطلبات المحددة من قبل المنتج والتأكد من عدم حدوث أي فراغات بين المادة العازلة والسطوح المثبتة عليها.

5/6-6 يجب أن تطابق خواص المادة العازلة للحرارة متطلبات الفصل 3-5 من مدونة العزل الحراري.

مراجع الباب (6)

[1] - مواصفات بنود أعمال العزل الحراري (إشتراطات أسس التصميم والتنفيذ)، جمهورية مصر العربية، وزارة الإسكان والمرافق والتنمية العمرانية، المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء، (2008).

[2] - " ***دليل العزل الحراري*** " ، اللجنة الإستشارية للطاقة، المركز القومي للإستشارات الهندسية/ إصدار قسم الإعلام والعلاقات العامة وزارة النفط –طبعة جديدة ومنقحة بدون تاريخ.

[3]-Smith, T., "***Building Envelope Design Guide-Roofing Systems***", Supported by Building Enclosure Council (BEC), (2009).

[4]-National Aeronautics and Space Administration (NASA), Division 07-Thermal and Moisture Protection, Section 07220, "***Roof and Deck Insulation***", June (2005).

[5]-Unified Facilities Guide Specifications (UFGS) Section 072200, "***Roof and Deck Insulation***", Nov. 2008.

[6]- "*Thermal Bridges in Residential Building in Denmark*", Organization for the Promotion of Energy Technologies, (2002).
[7]- " *Insulation*" Chapter Seven, Energy Smart Housing Manual, Sustainable Energy Authority Victoria, (2002).

الباب 7

العزل الحراري للجدران والأبواب والنوافذ

7-1 تمهيد

يتأثر المعامل الاجمالي للانتقال الحراري (U-Value) للجدار الخارجي بشكل كبير بدرجة تعرض الجدار للظروف الخارجية، مقدار الإشعاع الشمسي الذي يتسلمه وحالة الجو من الرياح والرطوبة وعدد الفتحات كالأبواب والنوافذ. تحدث زيادة واضحة في المعامل الإجمالي للانتقال الحراري للجدار الخارجي عند احتوائه على عدد كبير من الفتحات، لان هذه العناصر لها معامل انتقال حراري أعلى من الجدار.

7-2 أنواع الجدران

يمكن بشكل عام تصنيف الجدران كالتالي:

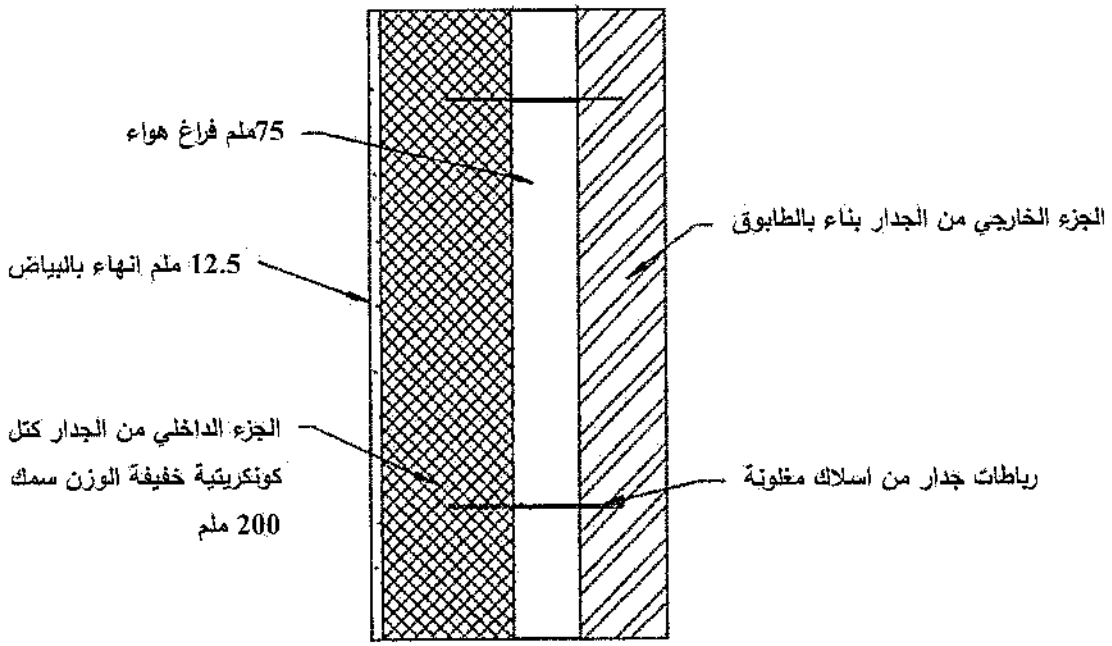
7-2/1 الجدران المجوفة (المزدوجة) (Cavity Walls)

يفترض ان تُنشأ هذه الجدران من طبقتين من الطابوق أو من الكتل الخرسانية لا يقل سمك كل منهما عن 90 ملليمترا، يفصل بين هاتين الطبقتين فراغ أو تجويف هوائي حيث يعتبر الهواء الموجود في هذا التجويف عازلاً جيداً للحرارة وهو يمنح مقاومة جيدة لتدفق الحرارة خلال الجدار. إن زيادة أو قلة سمك التجويف الهوائي للجدار يحكم حالة العزل الحراري للجدار، حيث يجب إن لايقل سمك التجويف الهوائي للجدار عن 50 ملليمترا ويمكن إن يصل سمكه إلى 75 ملليمترا أو حتى 100 ملليمتر كحد أقصى.

ينبغي ان تستعمل روابط الجدران (Wall Ties) لغرض ربط الطبقة الخارجية مع الطبقة الداخلية للجدران المجوفة لتحقيق الاستقرارية الإنشائية للجدار. تصنف الجدران المجوفة (المزدوجة) إلى:

7-2/1/1 الجدران المزدوجة ذات التجويف الهوائي الذي لا يحتوي على مادة عازلة

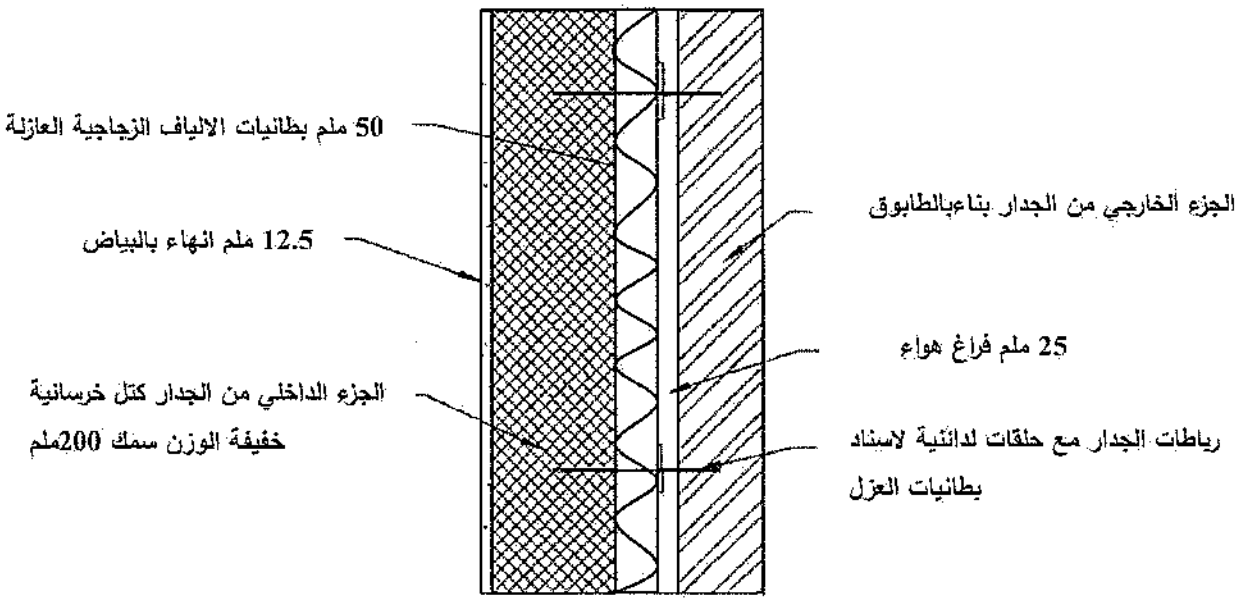
يتم الاعتماد في هذا النوع من الجدران على الهواء الموجود في التجويف كمادة عازلة للحرارة، الشكل 7-2/1.



الشكل 7-1/2: نموذج جدار مزدوج بتجويف هوائي لا يحتوي على مادة عازلة (الابعاد هي للمثال)[1]
(يثبت معيق البخار بحسب الفقرة 7-5/4/8)

7-2/1/2 الجدران المزدوجة ذات التجويف الهوائي الحاوي على عزل حراري جزئي

في هذا النوع من الجدران يملأ جزء من التجويف الهوائي بمادة عازلة للحرارة. من اهم العوازل المستعملة في هذا النوع من الجدران هي المواد العازلة على شكل قطع كقطع الياف الزجاج او قطع الصوف المعدني والشكل 7-2/2 يوضح تفاصيل جدار مزدوج ذي عزل حراري جزئي.

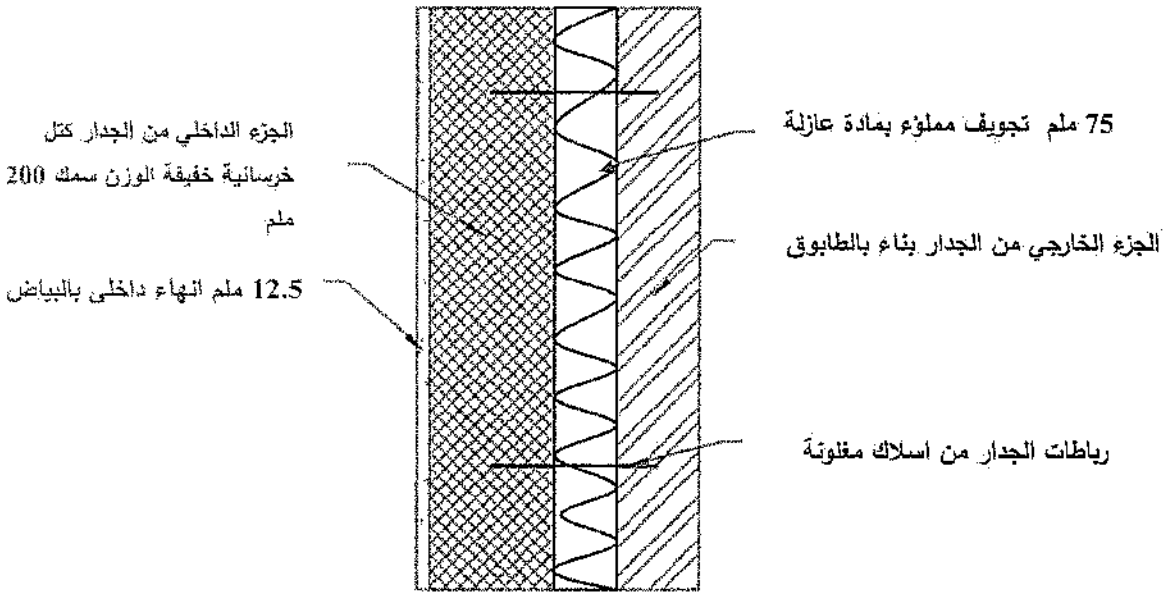


الشكل 7-2/2: نموذج جدار مزدوج بعزل حراري جزئي (الابعاد هي للمثال)[1]
(يثبت معيق البخار بحسب الفقرة 7-5/4/8)

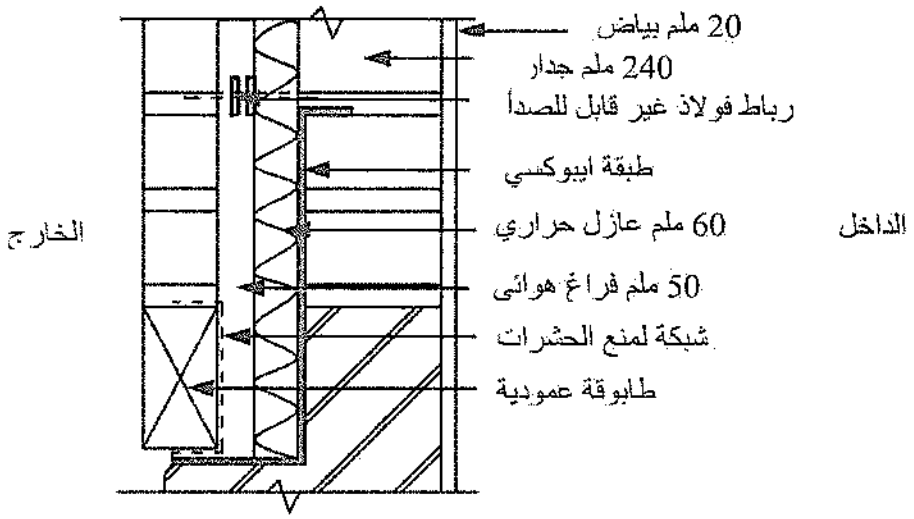
7-3/1/2 الجدران المزدوجة ذات التجويف المعزول حراريا بشكل كامل

يتضمن هذا النوع من الجدران تجويفاً بين طبقتي الجدار الخارجية والداخلية مملوءاً بمادة عازلة للحرارة، لاحظ الشكل 7-3/2. ويمكن استعمال هذا النوع في زيادة فعالية العزل الحراري للجدران القائمة المزدوجة ذات التجويف الهوائي الذي لايحتوي على مواد عازلة المذكورة في الفقرة 7-1/1/2 حيث يكون التنفيذ بأستعمال مواد رغوية والتي سيرد ذكرها في البند 7-4/8.

من سلبيات هذا النوع من الجدران امكانية نفوذ الماء من الوجه الخارجي الى الوجه الداخلي للجدار والذي يمكن علاجه اما باستعمال مواد عازلة حاوية على راتنجات طاردة للماء او بجعل الجدار كما في المخطط الموضح في الشكل 7-4/2. ومن اهم العوازل الحرارية المستعملة لمثل هذا النوع المواد العازلة الرغوية او التي ترش موقعيا.



الشكل 7-3/2: نموذج جدار مزدوج بعزل حراري كلي (الابعاد هي للمثال)[1]
(يثبت معيق البخار بحسب الفقرة 7-8/4/5)



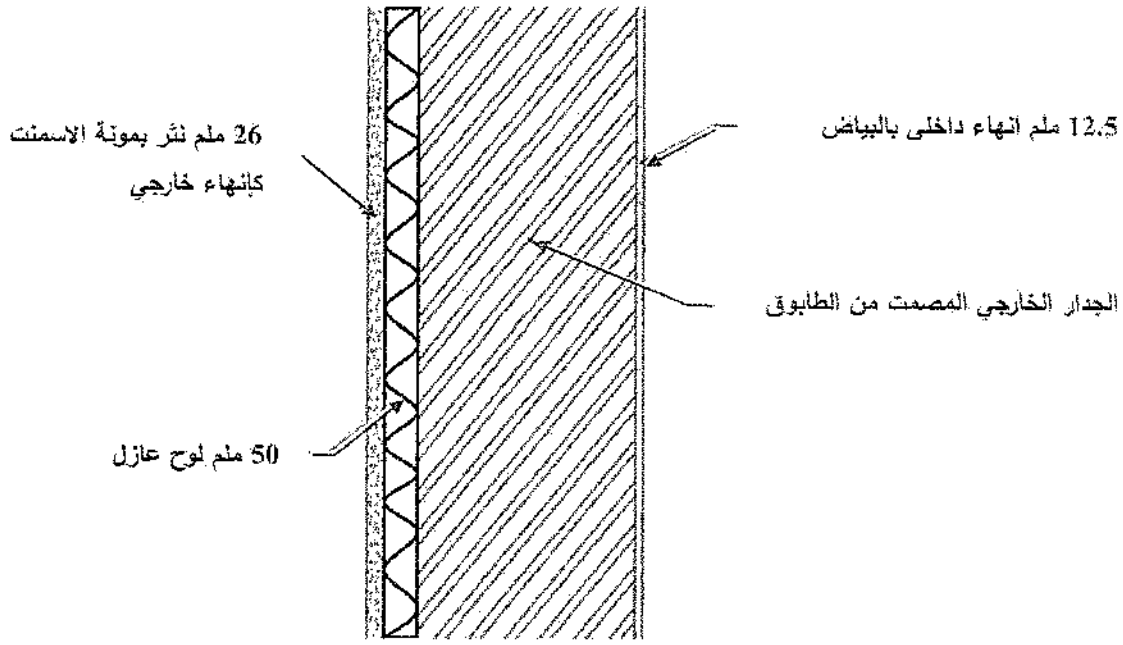
الشكل 7-4/2: نموذج جدار لتثبيت عازل حراري يتأثر بالرطوبة (الابعاد هي للمثال)
(يثبت معيق البخار بحسب الفقرة 7-8/4/5)

2/2-7 الجدران المفردة المصمتة (Solid Walls)

يشمل هذا النوع جدران الكتل الخرسانية، جدران الطابوق الطيني، جدران الالواح الخرسانية. وتكون هذه الجدران مصمتة غير حاوية على تجويف ضمن تركيبها. ويصنف هذا النوع من الجدران اعتمادا على موقع طبقة العازل الحراري إلى:

1/2/2-7 الجدران المفردة المصمتة المعزولة من الخارج بطبقة من المادة العازلة للحرارة

وهي جدران توضع فيها الطبقة العازلة للحرارة من الخارج قبل طبقة الانهاء الاخيرة، لاحظ الشكل7-5/2. إن لاستعمال العزل الحراري على السطح الخارجي للجدران بعض المساوئ لاحتمال تضرره نتيجة لتعرضه إلى الصدمات والاحمال الحرارية المباشرة.



الشكل 7-5/2 : نموذج تثبيت طبقة العازل الحراري على الوجه الخارجي لجدار مصمت

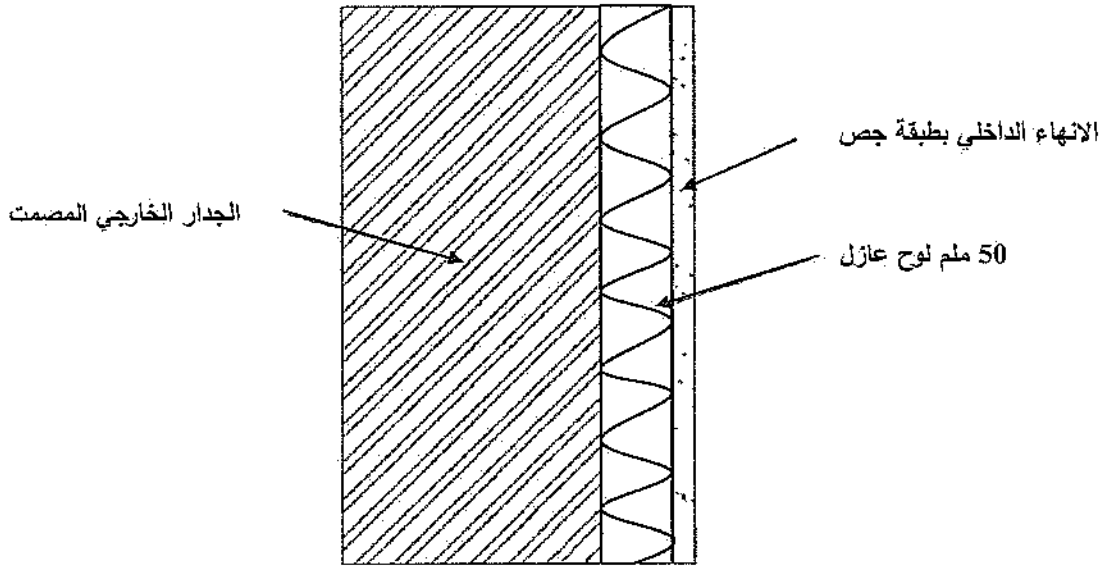
(الابعاد هي للمثال)[1]

(يثبت معيق البخار بحسب الفقرة 7-5/4/8)

2/2/2-7 الجدران المفردة المصمتة المعزولة من الداخل بطبقة من المادة العازلة للحرارة

في هذا النوع توضع طبقة المادة العازلة للحرارة من الجهة الداخلية للجدار قبل طبقة الانهاء الداخلي، لاحظ الشكل 7-6/2. ان استعمال هذا الاسلوب سيقلل من أبعاد الغرفة أو المحيط الداخلي للمبنى كذلك

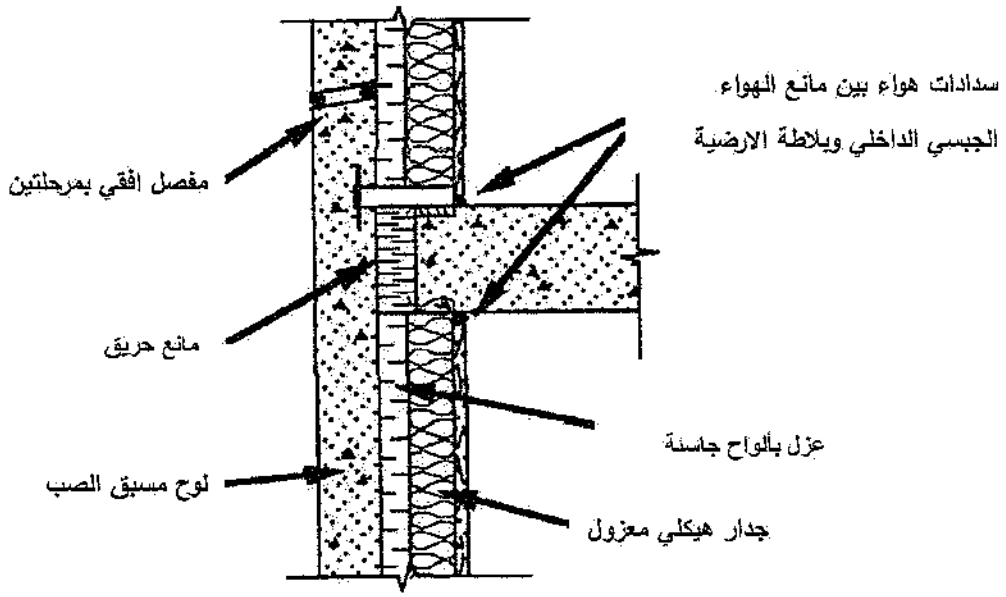
يحدث التكثف داخل الجدار عند عدم استعمال حاجز البخار الذي يجب تثبيته على السطح الساخن من طبقة العازل الحراري.



الشكل 7-6/2: تثبيت طبقة العازل الحراري على الوجه الداخلي لجدار مصمت (الابعاد هي للمثال)[1]
(يثبت معيق البخار بحسب الفقرة 7-5/4/8)

7-3/2 جدران الألواح الخرسانية مسبقة الصب (Precast Concrete Panel Walls)

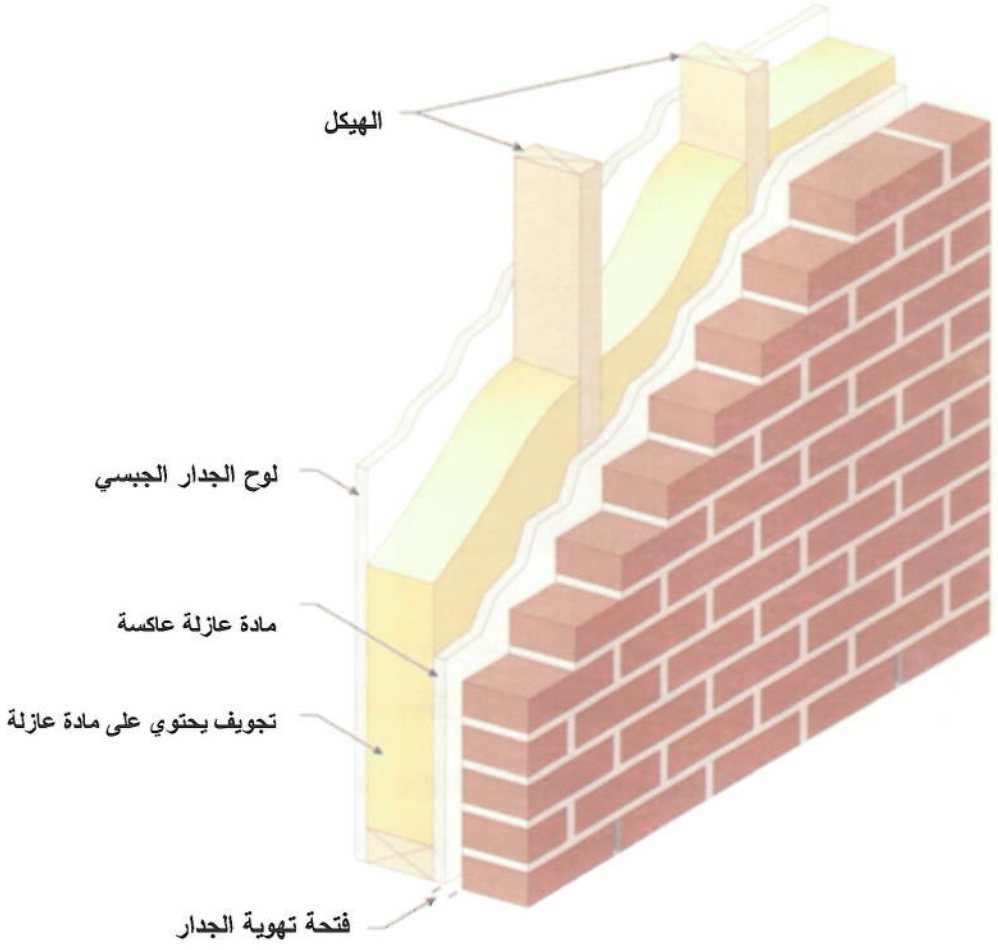
توضع طبقة العازل الحراري على الوجه الداخلي للجدار اللوحي الخرساني مسبق الصب المعزول حراريا حيث تثبت المادة العازلة للحرارة مباشرة على وجهه الخلفي، لاحظ الشكل 7-7/2. في بعض الأحيان توضع طبقة المادة العازلة ضمن وداخل اللوح الخرساني وتسمى الألواح في هذه الحالة بالألواح المركبة أو الألواح الشطائرية (ألواح السندوج) (Sandwich Panel).



الشكل 7-2/ 7: جدار مسبق الصب مع عزل جاسيء[2]
(يثبت معيق البخار بحسب الفقرة 7-5/4/8)

7-4/2 الجدران الهيكلية الخشبية [Framed Walls (Stud Walls)]

تصنف الجدران الهيكلية الخشبية التي تحتاج الى دقة في التنفيذ اضافة الى ارتفاع كلفتها والمبينة تفاصيلها كمقطع عام في الشكل 7-8/2 إلى:

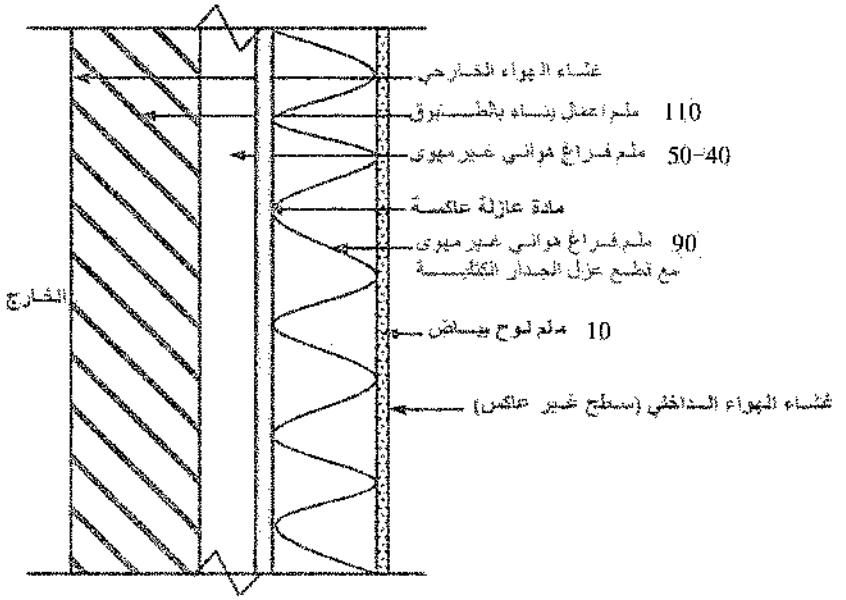


الشكل 7-8/2: جدار هيكلي خشبي بواجهة من الطابوق الطيني[3]
(يثبت معيق البخار بحسب الفقرة 7-8/4/5)

1/4/2-7 الجدران الهيكلية الخشبية ذات الواجهة الخارجية من الطابوق

(Brick Masonry Veneer Walls)

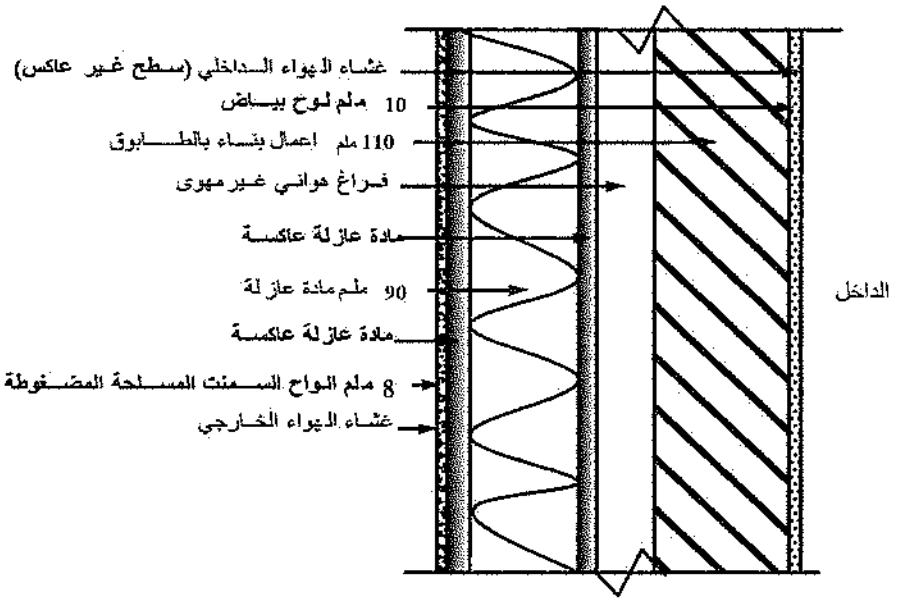
ينبغي إنشاء هذا النوع من الجدران من طبقة من الطابوق الطيني على السطح الخارجي للهيكل الخشبي الخاص بالجدار مع تثبيت مادة العزل الحراري من النوع العاكس مباشرة على السطح الخارجي للهيكل، كما مبين في الشكلين 7-2/8 و7-2/9.



الشكل 7-2/9: مقطع لجدار هيكلي بواجهة من الطابوق (الابعاد هي للمثال)[4]
(يثبت معيق البخار بحسب الفقرة 7-5/4/8)

2/4/2-7 الجدران الهيكلية الخشبية ذات الواجهة الداخلية من الطابوق

يتكون هذا النوع من الجدران من طبقة من الطابوق تقع على السطح الداخلي لهيكل الجدار إضافة إلى طبقات أخرى من مواد بناء مختلفة يتألف الجدار منها كما مبين في الشكل 7-2/10.



الشكل 7-10/2: مقطع لجدار هيكلي بطبقة داخلية من الطابوق (الابعاد هي للمثال)[4]
(يثبت معيق البخار بحسب الفقرة 7-5/4/8)

7-3 المواد العازلة المستعملة في الجدران

يمكن استعمال أنواع مختلفة من المواد العازلة للحرارة في الجدران وتشمل هذه الأنواع ما يلي:

7-1/3 المواد العازلة الفرشية والمواد العازلة على شكل قطع (Batts and Blankets)

تستعمل هذه المواد عادة في الجدران الهيكلية الخشبية لإغراض العزل الحراري والصوتي معا وتشمل ما يأتي:

7-1/1/3 قطع ألياف الزجاج العازلة للمباني(Glass Fiber Batts Building Insulation)

تكون مطابقة للمواصفتين الامريكيتين ASTM C 167-98 و ASTM C 165-95.

7-2/1/3 قطع الصوف المعدني العازلة للمباني(Mineral Wool Batts Building Insulation)

تكون مطابقة للمواصفة الامريكية ASTM C 167-98.

7-3/1/3 الصوف الزجاجي والصخري المدعم برقائق معدنية مثل رقائق الألمنيوم
(Glass and Rock Wool with Aluminum Foils)

يكون مطابقاً للمواصفة الامريكية ASTM C 167-98.

7-4/1/3 المواد العضوية (Organic Materials)

ومنها مثلاً الصوف الطبيعي و البولي استر. تكون مطابقة للمواصفة الامريكية ASTM C 167-98.

إن جميع المواد المشار اليها في الفقرات المذكورة آنفاً تستعمل في جميع الجدران المعرضة للظروف الجوية الخارجية (رياح، اشعة شمس، امطار، رطوبة ... الخ).

7-5/1/3 المواد العازلة الفرشية المرنة (Flexible Blankets)

يوصى باستعمال الألياف المعدنية على الجدران ذات السطوح المستوية مثل البلاطات الخرسانية مسبقة الصب التي تكون مطابقة للمواصفة الامريكية ASTM C1101/C1101M – 95 والمواصفة ASTM C 447-85.

7-2/3 المواد العازلة السائبة التي تضخ أو ترش موقعيا

(Loose-Fill (blown-in) or Sprayed in Place)

هناك العديد من المواد العازلة للحرارة المتوافرة بشكل مواد سائبة تضخ أو ترش موقعيا وتشمل:

7-1/2/3 الصوف المعدني مثل الصوف الصخري الحبيبي

يكون مطابقاً للمواصفتين الامريكيتين ASTM C 687-96 و ASTM C 447-85.

7-2/2/3 اللدائن السيليلوزية والرغوية

تكون مطابقة للمواصفات الامريكية ASTM C 687-96 و ASTM C 1015-99 و ASTM C 447-85.

7-3/2/3 ألياف الزجاج

تكون مطابقة للمواصفتين الامريكيتين ASTM C 687-96 و ASTM C 447-85.

7-4/2/3 حبيبات البيرلايت السائبة

تكون مطابقة للمواصفات الامريكية ASTM C 687-96 و ASTM C 549-02 و ASTM C 520-98 و ASTM C 447-85.

7-5/2/3 حبيبات البولي ستايرين السائبة

تكون مطابقة للمواصفات الامريكية ASTMC 687-96 و ASTM C 520-98 و ASTM C 447-85.

7-3/3 المواد العازلة الجاسئة (Rigid Insulations)

هناك العديد من الألواح الجاسئة المستعملة لإغراض العزل الحراري للجدران وأكثرها شيوعا هي:

7-3/3/1 ألواح البولي ستايرين الممدد والمقولب(Expanded and Molded Polystyrene Boards)

تكون مطابقة للمواصفات الامريكية ASTM E 2430-05 وASTM C 550-95 و ASTM C 165-95 و ASTM C 303-98 و ASTM C 447-85 .

7-3/3/2 ألواح البولي ستايرين المشكل بالبثق (Extruded Polystyrene Boards)

تكون مطابقة للمواصفات الامريكية ASTM C 550-95 و ASTM C 165-95 و ASTM C 303-98 و ASTM C 447-85.

7-3/3/3 ألواح البولي يوريثين الممدد (Expanded Polyurethane Boards)

تكون مطابقة للمواصفات الامريكية ASTM C 550-95 و ASTM C 165-95 و ASTM C 303-98 و ASTM C 447-85.

7-3/3/4 ألواح البولي ايسو سينورات (Polyisocyanurate Boards)

تكون مطابقة للمواصفات الامريكية ASTM C 1289-98 و ASTM C 550-95 و ASTM C 165-95 و ASTM C 303-98 و ASTM C 447-85 .

7-3/3/5 ألواح الألياف المعدنية

تكون مطابقة للمواصفات الامريكية ASTM C 1101\C 1101M-95 و ASTM C 550-95 و ASTM C 612-00a و ASTM C 165-95 و ASTM C 303-98 و ASTM C 447-85.

7-3/3/6 ألواح البيرلايت (Perlite Boards)

تكون مطابقة للمواصفات الامريكية ASTM C 728-97 و ASTM C 550-95 و ASTM C 165-95 و ASTM C 303-98و ASTM C 447-85.

7-3/4 المواد العازلة المرغاة موقعياً (Foamed-in- Place insulations)

تتكون اغلب المواد المرغاة من مجموعتين من المواد تخلط مع بعضها وتتفاعل كيميائيا. من الموادالمرغاة الأكثر شيوعا رغوة البولي يوريثين المرشوش التي تكون مناسبة لملء التجاويف في الجدران الهيكلية الخارجية.

7-3/5 المواد العازلة العاكسة للحرارة (Reflective Insulations)

يشمل هذا النوع من العزل الحراري المواد التالية:

7-3/5/1 الرقائق المعدنية العاكسة (Reflective Foils)

تكون مطابقة للمواصفتين الامريكيتين ASTM C 1224-99 و ASTM C 727-90.

7-3/5/2 قطع الرقائق المقواة (Concertina Foil Batts)

تكون مطابقة للمواصفتين الامريكيتين ASTM C 1224-99 و ASTM C 727-90.

7-3/5/3 قطع الرقائق متعددة الخلايا (Multi-Cell Foil Batts)

تكون مطابقة للمواصفتين الامريكيتين ASTM C 1224-99 و ASTM C 727-90.

يفترض ان جميع المواد المشار إليها في الفقرات المذكورة آنفاً مناسبة للاستعمال في الجدران الهيكلية.

7-3/6 مواد الإنهاء الداخلي والخارجي

هناك العديد من المواد تستعمل كمواد إنهاء خارجية أو داخلية للجدران لتحقيق العزل الحراري ومنها:

7-3/6/1 ملاط البياض (Plastering Mortars)

ينبغي إنهاء الجدران بأنواع بياض داخلي وخارجي خفيفة الوزن ذات موصلية حرارية منخفضة ومن أمثلتها:

7-3/6/1/1 بياض السمنت الرغوي(Foamed Cement Plaster)

تستعمل مضافات كيميائية للخلطات السمنتية تحدث تفاعلات كيميائية تنتج منها غازات مولدة للرغوة المتجانسة منتجة ملاطا" سمنتيا" خفيف الوزن ذا موصلية حرارية منخفضة بحسب كثافة المونة الناتجة.

7-3/6/1/2 بياض البيرلايت الممدد (Expanded Perlite Plaster)

البيرلايت هو زجاج بركاني طبيعي يخلط مع السمنت لإنتاج بياض خفيف الوزن عازل للحرارة. وتتوافر منه في الأسواق المحلية خلطات جاهزة تخلط فقط بالماء لعمل البياض المطلوب.

7-3/6/1/3 بياض حبيبات رغوة البولي ستايرين (Foamed Polystyrene Beds Plaster)

تتكون الخلطة من رمل سليكي مدرج وسمنت بورتلاندي عادي وحبيبات رغوة البولي ستايرين و ماء الخلط ومضافات خاصة لتحسين قابلية التشغيل وزيادة التماسك.

7-3/6/1/4 بياض الفيرميكيوليت (Vermiculite Plaster)

يستعمل الفيرميكيوليت في إنتاج بياض خفيف الوزن عازل للحرارة. وتتكون الخلطة من فيرميكيوليت و سمنت بورتلاندي أو جبس و ماء ومواد ملدنة.

7-3/6/1/5 بياض الجص اللامائي

لعمل ملاط البياض للطبقة الأولية يخلط الجص اللامائي مع الرمل ثم يخلط مزيجهما بالماء للوصول إلى القوام المناسب. ولغرض عمل ملاط بياض طبقة الاكساء الخارجية النهائية يخلط الجص فقط بالماء. ولتحسين الخواص الحرارية للخلطة يمكن إضافة حبيبات رغوة البولي ستايرين أو البيرلايت أو الفيرميكيوليت للخلطات السابقة.

7-3/6/2 مواد الإكساء للجدران

إن مواد اكساء الجدران العازلة للحرارة الشائعة هي:

7-3/6/2/1 ألواح مركبة المقطع من الايبوكسي والبولي ستايرين

(Composite Boards from Epoxy and Polystyrene)

هي عبارة عن رخام صناعي ذي مقطع مركب من طبقتين مندمجتين باستعمال مادة لاصقة وهما:

أ- الطبقة الأمامية من المونة الايبوكسية المسلحة.

ب- الطبقة الخلفية من البولي ستايرين قليل الامتصاص للماء.

تركب هذه الألواح على سطوح الجدران من الطابوق باستعمال المونة السمنتية الاعتيادية. أما عند تركيبها على السطوح الخرسانية الملساء فانها تُلصق بمادة لاصقة أساسها راتنج بولي فينيل اسيتات (P.V.A) أو ستايرين البيوتادين ربر (S.B.R) حيث تفرش العجينة على سطح الخرسانة ثم تمشط بمشط صلب، بعد ذلك يضغط على البلاطة بعد وضعها فوق العجينة حتى يتم التصاقها بالعجينة. ويكون تركيب الألواح من أسفل الجدار إلى الأعلى. يعتمد مقدار العزل الحراري لهذه البلاطات على سمك طبقة البولي ستايرين الذي يتراوح بين 20-50 مليمترا.

7-2/2/6/3 ألواح مركبة المقطع من الرخام والبولي ستايرين

(Composite Boards from Marble and Polystyrene)

هذه الألواح مشابهة لتلك المبينة في العبارة 7-1/2/6/3 فيما عدا إن الطبقة الأمامية عبارة عن رخام طبيعي بسمك يتراوح من 10-15 مليمترا، وطريقة التركيب لهذه الألواح مشابهة للنوع السابق من الألواح. يعتمد مقدار العزل الحراري لهذه البلاطات على سمك طبقة البولي ستايرين الذي يتراوح بين 20- 50 مليمترا.

7-3/2/6/3 ألواح مركبة المقطع من الحجر الصناعي والبولي ستايرين

(Composite Boards from Artificial Rock and Polystyrene)

هي ألواح مركبة المقطع من مونة بوليمرية أو جبسية معالجة بطبقة سطحية ذات ملمس وشكل يشبهان الحجر الطبيعي مع طبقة خلفية من رغوة البولي ستايرين قليل الامتصاص للماء. تركب هذه الألواح على الجدران الطابوقية باستعمال المونة السمنتية الاعتيادية أو قد تستعمل العجينة اللاصقة الجاهزة لغرض تركيبها على سطوح الخرسانة الناعمة أو البياض. يعتمد مقدار العزل الحراري لهذه البلاطات على سمك طبقة البولي ستايرين التي يتراوح سمكها بين 20-50 مليمترا.

7-4/2/6/3 رقائق الألمنيوم العاكسة (Reflective Aluminum Foils)

هي عبارة عن طبقات من الالمنيوم. تتميز هذه الرقائق بمنع انتشار الحرارة بالإشعاع. يكون تركيبها عادة على السطح الخارجي أو بين فراغات الجدران المزدوجة.

7-4 اختيار موقع المادة العازلة للحرارة في الجدران

هناك ثلاث طرائق لوضع المادة العازلة للحرارة في الجدران وهي:

7-1/4 المواد العازلة للحرارة المثبتة على السطح الخارجي للجدار

7-1/1/4 حالات إستعمال المواد العازلة الخارجية

تستعمل المواد العازلة المثبتة على السطح الخارجي للجدار في الحالات التالية:

7-1/1/1/4 عزل المباني الأثرية القائمة بدون إتلاف المحتويات الأثرية الداخلية من نقوش وزخارف وديكورات وخلافه.

7-1/1/4-2 عزل المباني القائمة بدون إيقاف العمل داخل المبنى في أثناء تنفيذ العزل كالمستشفيات والمدارس.

7-1/1/4-3 عزل المباني المعرضة للرطوبة الخارجية.

7-1/4-2 المواد العازلة للحرارة المستعملة للعزل من الخارج

من انسب المواد المستعملة هي:

7-1/2/1/4 التكسية بألواح مركبة المقطع من الرخام والبولي ستايرين.

7-2/2/1/4 التكسية بألواح مركبة المقطع من الايبوكسي والبولي ستايرين، لاحظ 7-1/2/6/3.

7-3/2/1/4 التكسية بألواح مركبة المقطع من الحجر الصناعي والبولي ستايرين، لاحظ 7-3/2/6/3.

7-4/2/1/4 الخرسانة الخلوية (Cellular Concrete)

7-2/4 المواد العازلة للحرارة المثبتة بين الطبقتين الخارجية والداخلية للجدار المجوف (المزدوج)

7-1/2/4 حالات الأستعمال للمواد العازلة بين الطبقات الإنشائية

7-1/1/2/4 عزل المباني تحت التنفيذ بمراعاة عمل جدران خارجية تحتوي على فراغ هوائي بدون مادة عازلة حيث تحقن المادة العازلة لملء الفراغ وتحسين الأداء الحراري للمبنى.

7-2/2/4 المواد العازلة للحرارة المثبتة في وسط الجدار المجوف (المزدوج)

تصلح جميع المواد العازلة للحرارة للاستعمال في المباني قيد التنفيذ. أما في حالة المباني القائمة، فالمواد العازلة المناسبة هي التي يمكن حقنها داخل الفراغ القائم عن طريق عمل ثقوب في الاتجاهين ثم ضخ المادة العازلة من أسفل إلى الأعلى وتشمل:

7-1/2/2/4 البولي يوريثان العازل للحرارة

7-2/2/2/4 أنواع الملاط الخلوي الخفيف العازل للحرارة

7-3/2/2/4 ملاط الفيرميكيولايت

7-4/2/2/4 ملاط حبيبات البولي ستايرين

7-3/4 المواد العازلة المثبتة على السطح الداخلي للجدار

7-1/3/4 حالات إستعمال المواد العازلة الداخلية

7-1/1/3/4 عزل الجدران المبنية والقائمة الملاصقة لمبنى مجاور.

7-2/1/3/4 في حالة تعذر عزل الجدران من الخارج مثل عزل جدران شقة في الطوابق العليا بحيث يتعذر الوصول لجدرانها من الخارج لإجراء العزل الحراري عليها.

7-3/1/3/4 في حالة عزل واجهات مبنى ذي قيمة أثرية.

7-2/3/4 المواد العازلة للحرارة المستعملة للعزل من الداخل

ان من انسب المواد المستعملة في العزل من الداخل هي:

7-1/2/3/4 التكسية بألواح مركبة المقطع من الايبوكسي و البولي ستايرين.

2/2/3/4-7 العزل الحراري بالألواح الجاسئة مع حمايتها بتغليفها بألواح خشبية أو بناء جدار داخلي أو بعمل بياض سمنتي على مشبك.

ملاحظة: توضع المادة العازلة في موضع يكون أقرب الى مصدر الحرارة وذلك على وفق مباديء انتقال الحرارة. ففي البلدان الباردة توضع المادة العازلة من الداخل في حين في البلدان الحارة توضع المادة العازلة من الخارج.

5-7 متطلبات تصميم العزل الحراري للجدران

ينبغي ان تؤمن متطلبات تصميم العزل الحراري للجدران ما يلي:

1/5-7 لا تزيد قيم معامل انتقال الحرارة للجدران عن القيم الموضحة في الجدول 4-1/8.

2/5-7 من الضروري حماية جميع المواد العازلة للحرارة من ظروف الرطوبة (مثل اختراق مياه الأمطار ومصادر الرطوبة الداخلية وغيرها).

3/5-7 غلق جميع الفتحات الموجودة في الجدار بإحكام لمنع حدوث تسرب الهواء خلال الجدار أو تقليله قدر الإمكان، حيث يجب ان لا يزيد مقدار تسرب الهواء عن 3 لتر/ثانية للأبواب و 2 لتر/ثانية للفتحات الرأسية الأخرى.

4/5-7 لا يكون البولي ستايرين المشكل بالبثق في تماس مع السطوح التي تزيد درجة حرارتها عن 75 درجة مئوية (حماية له من خطر الاحتراق).

5/5-7 تثبيت الألواح الجاسئة العازلة للحرارة في الجدران المجوفة بشكل جيد بحيث لاتحدث حركة أو إزاحة لهذه الألواح عن موقعها داخل التجويف الهوائي.

6-7 العزل الحراري للنوافذ

إن اغلب الفقدان في الحرارة يحدث خلال النوافذ وهذا يعود إلى إن الزجاج يسمح للحرارة بالتسرب من خلاله بشكل اكبر من باقي مواد البناء الأخرى. تختلف النوافذ بشكل كبير عن المواد العازلة المستعملة في الجدران، حيث ان النوافذ ترتبط وتتأثر بدرجة حرارة الهواء الخارجي، ضوء الشمس، الرياح، فضلاً عن درجة حرارة الهواء داخل المبنى وكذلك باستعمالها من قبل شاغلي المبنى. تتأثر النوافذ أيضا بالإشعاع الشمسي وبتدفق الهواء الموجود حولها، لذلك فان مقدار المقاومة الحرارية (R-value) لا يبين بشكل دقيق هذا الترابط بين النوافذ ومحيطها، ولهذا فأن فعالية العزل الحراري للنوافذ تقدر من قبل صانعي النوافذ بمعامل انتقال الحرارة (U-Value).

1/6-7 زيادة فعالية العزل الحراري للزجاج

ينبغي تقليل الفقدان الحاصل للحرارة خلال النوافذ وذلك بتحسين الخواص الحرارية للزجاج المستعمل فيها. بصورة عامة هناك أنواع عديدة من الزجاج المستعمل في الأبنية وهي كالتالي:

1/1/6-7 الزجاج المنفرد

وهو النوع المتعارف عليه والشائع استعماله في الأبنية القديمة والذي لا يمنح عزلا حراريا جيدا للمبنى.

2/1/6-7 الزجاج الفعال للعزل الحراري (Efficient Glazing)

يفترض أن يتكون هذا النوع من الزجاج من طبقتين أو ثلاث طبقات من الزجاج تفصل بينهما طبقة من الهواء. ويكون الفقدان في الحرارة لهذا النوع من الزجاج اقل بمقدار النصف بالمقارنة مع الزجاج المفرد، وعلى الرغم من ذلك فان هذا الفقدان في الحرارة لايزال كبيرا بالمقارنة مع الفقدان الحراري الحاصل خلال العناصر الإنشائية الأخرى.

3/1/6-7 الزجاج ذو الفعالية العالية للعزل الحراري (High-Efficient Glazing) أو الزجاج ذو الانبعاثية الواطئة

يمتاز هذا النوع بطلاء السطح الخارجي للوح الزجاج الداخلي بمادة خاصة تسمح للضوء بالمرور من خلال اللوح ولكن تسمح بمرور مقدار قليل من الحرارة. تكون الخواص الحرارية لهذا النوع من الزجاج 50-60% أفضل بالمقارنة بالزجاج الفعال للعزل الحراري. فضلاً عن الأنواع السابقة، فان هناك أنواعاً من الزجاج يُملأ فيها الفراغ بين طبقتي الزجاج بغاز نبيل(خامل) بدلا من الهواء، حيث إن معامل التوصيل الحراري للغاز النبيل اقل من الهواء، وفي اغلب الأحيان فان الغاز النبيل المستعمل هو غاز الاركون.

إن استعمال الزجاج المكون من ثلاث طبقات يساعد في زيادة فعالية العزل الحراري. إذ بوجود طبقة ثالثة من الزجاج مع طلاء الطبقتين الداخليتين بطلاء معدني يمكن الحصول على أفضل عزل حراري يتعزز باستعمال احد الغازات النبيلة مثل الكربتون (Krypton) أو الزينون (Xenon) بدلا من غاز الاركون. يبين الجدول 4-3/5 معامل انتقال الحرارة لأنواع الزجاج المختلفة.

2/6-7 زيادة فعالية العزل الحراري لإطار النافذة

فضلا عن الزجاج فان إطار النوافذ يجب إن يؤخذ بنظر الاعتبار عند العمل على زيادة فعالية العزل الحراري للنوافذ في المبنى. فالاطار المصنوع من الخشب له خواص حرارية جيدة ولكن ديمومته واطئة عند تعرضه للرطوبة. ومن ناحية أخرى تمتلك الأطر المصنوعة من المواد الصناعية مثل البولي فينيل كلوريد أو البولي يورثين خواص عزل حراري مقاربة للإطار المصنوع من الخشب. أما اطار النوافذ المصنوع من الياف الزجاج أو الفينيل فينبغي أن يتضمن لباً من مادة عازلة للحرارة ليعطي عزلا حراريا جيدا. لاحظ الجدول 4-4/5.

اذا كان إطار النوافذ مصنوعاً من الألمنيوم فينبغي أن يتضمن مواد عازلة للحرارة داخل الفراغ الموجود في مقطع الإطار. وحيث أن من المحتمل أن يحصل فقدان في الحرارة من خلال الفراغات الموجودة بين النافذة المتحركة وإطارها الكلي لذلك تستعمل أشرطة خاصة تسمى (Weather Stripping) توضع في محيط الاطار، على أن تصنع هذه الأشرطة من مواد قابلة للانضغاط تساعد على غلق الفراغات الموجودة بين إطار النافذة المتحركة واطارها الكلي عند غلقها للتقليل من الفقدان المحتمل للحرارة.

7-7 زيادة فعالية العزل الحراري للأبواب

إن فعالية العزل الحراري للأبواب تقدر أيضا بمعامل انتقال الحرارة. إذ تتوافر في الوقت الحاضر أنواع عديدة من الأبواب ذات الفعالية العالية للعزل الحراري وتشمل:

1/7-7 الأبواب ذات الأوجه الحديدية والمحشوة بمواد عازلة للحرارة

حيث تكون فعاليتها للعزل الحراري أعلى بكثير من الأبواب غير الحاوية على لب من مادة عازلة للحرارة. وأكثر الأنواع شيوعا هي الأبواب المغلفة بالحديد الحاوية على رغوة البولي يوريثين العازلة للحرارة كمادة مالئة.

2/7-7 أبواب ألياف الزجاج المعزولة حراريا

يفترض ان تكون هذه الأبواب بنفس فعالية العزل الحراري للأبواب الحديدية المعزولة، وذات مظهر وشكل خارجي مماثل للخشب أو غيره من الانهاءات. ولاتحتاج هذه الأبواب إلى طلاء وليس لها القابلية على التمدد والتقلص عند تعرضها إلى تغيرات في الحرارة والرطوبة.

يراعى التثبيت الجيد للنوافذ والأبواب للحصول على العزل الحراري الجيد، حيث يجب غلق الفراغات المتكونة بين إطار النوافذ والأبواب والجدار بشكل محكم لتقليل الفقدان في الحرارة ومنع حدوث التكثف داخل العناصر الإنشائية.

8-7 طرائق التنفيذ

تعتمد طرائق تنفيذ العزل الحراري للجدران على نوع المادة العازلة المستعملة ونوع الجدار.

1/8-7 طرائق التنفيذ باستعمال المواد العازلة السائبة

يفترض أن تستعمل هذه المواد لعزل الجدران المزدوجة (المجوفة). ويمكن تلخيص طريقة تنفيذ العزل الحراري للجدران المزدوجة باستعمال المواد العازلة بما يلي:

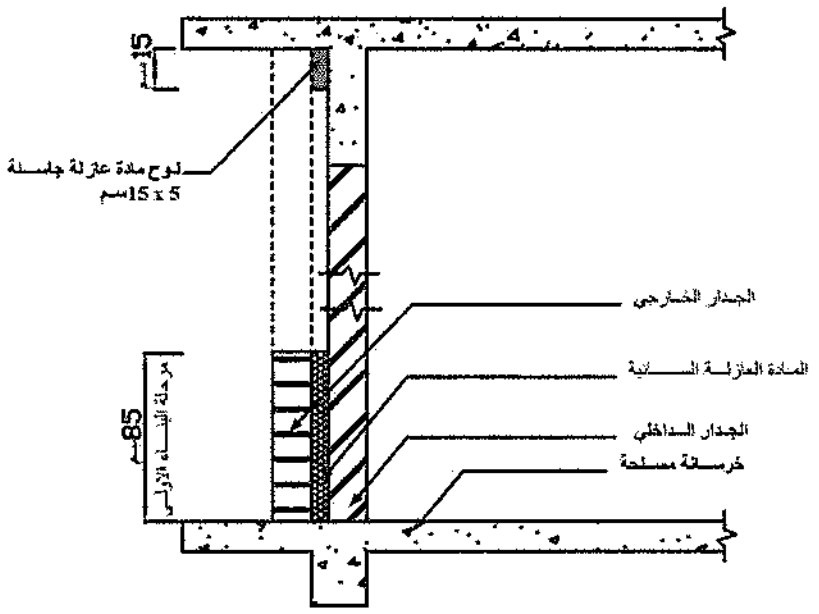
1/1/8-7 بناء مرحلة أولى من الجدار الخارجي بارتفاع 750 إلى 1000 مليمترا مع ترك الفراغ التصميمي بين الجدارين بحيث لا يقل عن 50 مليمترا.

2/1/8-7 يوضع غشاء حاجز للبخار على السطح الداخلي للجدار الخارجي ثم تستخرج المادة العازلة السائبة من عبواتها داخل الفراغ يدويا حتى يُملأ بها الفراغ تماما.

3/1/8-7 يكرر العمل ببناء مرحلة أخرى من الجدار الخارجي حتى المرحلة الأخيرة الى منسوب يقل بمقدار 150 مليمترا من أسفل السقف ليتيسر ادخال المادة العازلة السائبة منه.

4/1/8-7 يوضع لوح عازل من مادة جاسئة بإبعاد 150×50 مليمترا في اعلى الفراغ الهوائي بلصقه بالسقف بواسطة السيلكون في عدة نقاط ثم يستكمل بناء الجدار الخارجي.

أنظر الشكل 7-1/8 الذي يبين تفاصيل تنفيذ عزل الجدار المزدوج باستعمال مواد عازلة سائبة.



الشكل 7-1/8: طريقة تنفيذ العزل الحراري لجدار مزدوج باستعمال مواد العزل السائبة[5]
(يثبت معيق البخار بحسب الفقرة 7-5/4/8)

7-2/8 طرائق التنفيذ باستعمال المواد العازلة شبه الجاسئة

يمكن استعمال المواد العازلة شبه الجاسئة للعزل الحراري للجدران المزدوجة أو المنفردة من الطابوق أو الخرسانة المسلحة وتستعمل أيضا لعزل الجدران المعدنية. إن طريقة التنفيذ المتبعة للعزل الحراري لأنواع الجدران المختلفة هي كما يلي:

7-1/2/8 طريقة تنفيذ العزل الحراري للجدران المزدوجة

تتبع الخطوات التالية لتنفيذ العزل الحراري للجدران المزدوجة باستعمال ألواح العزل الحراري شبه الجاسئة:

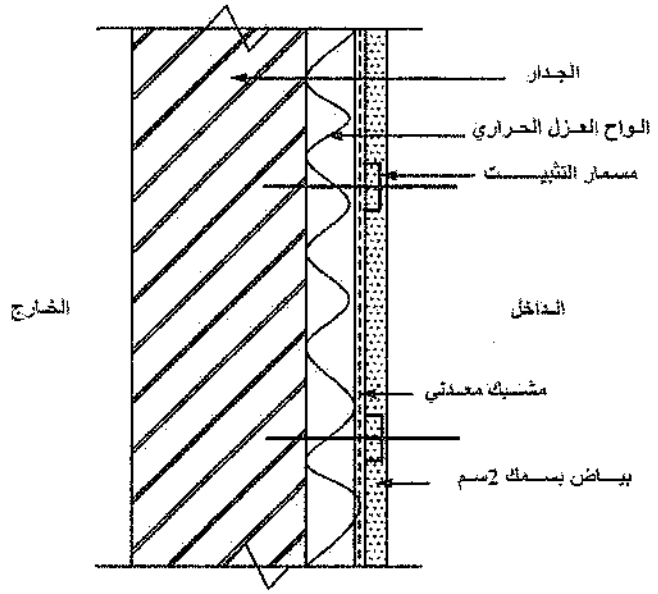
7-1/1/2/8 بناء الجدار الداخلي بارتفاع الطابق الكامل للبناية.

7-2/1/2/8 تثبيت الألواح الجاسئة على الوجه الخارجي للجدار الداخلي بحيث تكون أغلفتها إلى الخارج ويكون التثبيت بالسيلكون في عدة نقاط أو باستعمال مشابك مرتبة كل 400 مليمترا ويتحقق ذلك على كل سطح الجدار.

7-3/1/2/8 يستكمل بناء الجدار الخارجي بكامل ارتفاع الطابق.

7-8/2/2 طريقة تنفيذ العزل الحراري للجدران المنفردة

تتبع الخطوات التالية عند تنفيذ العزل الحراري لجدار منفرد باستعمال ألواح العزل الحراري شبه الجاسئة، وكما مبين في الشكل 7-8/2.



الشكل 7-8/2: طريقة تثبيت العزل الحراري لجدار منفرد باستعمال المواد العازلة شبه الجاسئة[5] (يثبت معيق البخار بحسب الفقرة 7-8/4/5)

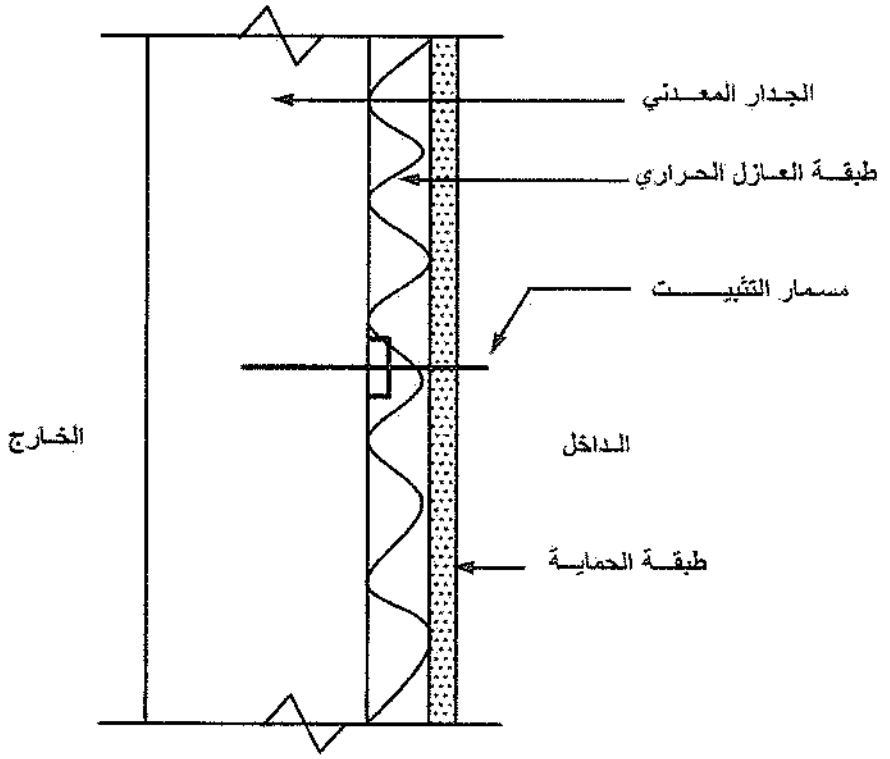
7-8/2/2/1 تثبيت المادة العازلة بالغراء أو السيلكون في عدة نقاط على الوجه الداخلي للجدار بحيث يكون غلافها للخارج إذا وجد.

7-8/2/2/2 تركيب مشبك معدني بالتثبيت الميكانيكي بمسامير تثبيت.

7-8/2/2/3 وضع طبقة بياض سمنتي فوق المشبك المعدني للوقاية بسمك 20 مليمترا.

7-8/3/2 طريقة تنفيذ العزل الحراري لجدار معدني

تتبع الخطوات التالية عند العزل الحراري لجدار معدني باستعمال ألواح شبه جاسئة وكما مبين في الشكل 7-8/3.



الشكل 7-3/8: طريقة العزل الحراري لجدار منفرد معدني باستعمال المواد العازلة شبه الجاسئة[5]
(يثبت معيق البخار بحسب الفقرة 7-5/4/8)

7-1/3/2/8 تثبيت المادة العازلة على السطح الداخلي للجدار باستعمال السيلكون في عدة نقاط.

7-2/3/2/8 وضع طبقة حماية من ألواح الألمنيوم أو الفولاذ غير القابل للصدأ وتثبيتها ميكانيكيا بمسامير التثبيت.

7-8/3 طريقة التنفيذ باستعمال المواد العازلة الجاسئة

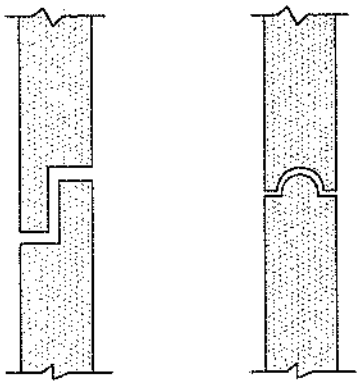
يمكن استعمال هذا النوع من المواد العازلة للحرارة في الجدران المزدوجة والجدران المنفردة (المصمتة) حيث تعتمد طريقة التنفيذ على نوع الجدار وهي كالتالي:

7-8/3/1 طريقة تنفيذ العزل الحراري لجدار مجوف (مزدوج)

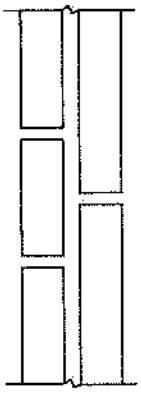
7-8/3/1/1 بناء الجدار الداخلي وتثبيت الألواح ذات السمك المطلوب عليه من الجهة الخارجية مع ربطها ببعضها بانواع من المفاصل كما مبين في الشكل 7-8/4. وفي حالة عدم توافر هذا النوع من الألواح يمكن استعمال النوع العادي ولكن باستعمال طبقتين من الألواح مكافئتين للسمك المطلوب، على ان تكون مفاصل الألواح تبادلية (Staggered Joints) كما مبين في الشكل 7-8/5.

7-8/3/1/2 توضع الألواح وتثبت بمستحلب القار على البارد أو بمسامير التثبيت.

7-8/3/1/3 بناء الجدار الخارجي مع استعمال روابط الجدران التي تساعد على ربط الجدار الداخلي والخارجي مع بعضهما.

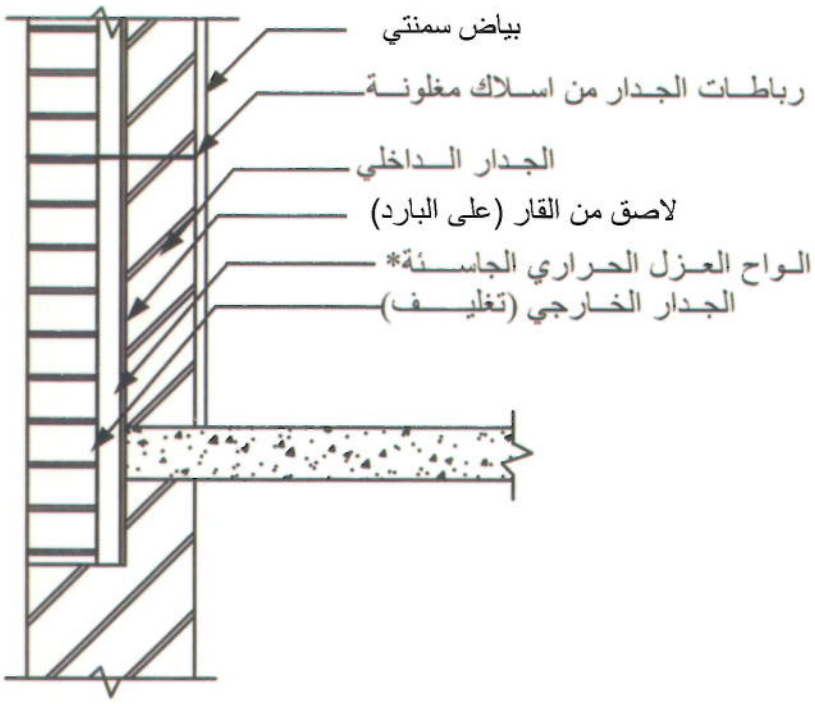


الشكل 7-8/4: انواع المفاصل للالواح العازلة الجاسئة المستعملة في الجدران[5]



الشكل 7-8/5: اسلوب وضع طبقتين من الألواح الجاسئة العادية بمفاصل تبادلية[5]

أنظر الشكل 7-6/8 الذي يبين تفاصيل تنفيذ العزل الحراري لجدار مزدوج باستعمال ألواح العزل الحراري الجاسئة.



*ألواح العزل الحراري الجاسئة المتراكبة اما بمفاصل خاصة (أنظر الشكل 7-4/8) أو بمفاصل تبادلية (أنظر الشكل 7-5/8)

الشكل 7-6/8: تفاصيل تنفيذ العزل الحراري لجدار مزدوج بالمواد العازلة الجاسئة[5]
(يثبت معيق البخار بحسب الفقرة 7-5/4/8)

7-4/8 طرائق التنفيذ باستعمال المواد العازلة المرغاة

تتبع الخطوات التالية لتنفيذ العزل الحراري لجدار مزدوج قائم باستعمال المواد العازلة المرغاة:

7-1/4/8 تحقن المادة العازلة الرغوية للجدار القائم بعد حفر ثقوب في الجدار الخارجي باستعمال آلات خاصة لهذا الغرض.

7-2/4/8 تكون الثقوب متباعدة بمسافة متر في الاتجاهين وبقطر يتراوح من 2 إلى 5 سنتمترات.

7-8/4/3 يُخلط مركبا المادة المرغاة في الخلاطات الخاصة بها وبالنسب التي توصي بها الشركة المنتجة، ثم تُضخ المادة المرغاة مباشرة في الثقوب من أسفل إلى الأعلى لحين ظهورها من الثقب الأعلى.

7-8/4/4 يُغلق الثقب بمونة سريعة التصلب ويكرر العمل لحين ملء الفراغ بالكامل بالمادة المرغاة العازلة.

7-8/4/5 عندما يكون من الضروري إستعمال حاجز معيق للبخار(Vapour Retarder) في أي نوع من أنواع الجدران فأنه من الضروري في الأجواء الباردة تثبيت هذا الحاجز على سطح الجدار الذي يكون في تماس مع الفضاء الداخلي، اما في الاجواء المختلطة (الحارة والباردة) في العراق وخاصة في المناطق الشمالية والوسطى والغربية تثبت معيقات البخار على كلا السطحين الداخلي والخارجي للجدار. ولكن في الأجواء الحارة الرطبة كما في جنوب العراق يصبح من الضروري تثبيت الحاجز المعيق للبخار على سطح الجدارالذي في تماس مع الفضاء الخارجي للمبنى.

7-9 تفتيش التنفيذ

عند تفتيش تنفيذ العزل الحراري للجدران ينبغي أن تؤخذ النقاط التالية بنظر الاعتبار:

7-9/1 التأكد من مطابقة المادة العازلة للحرارة المستعملة للمواصفات العراقية إن وجدت أو أي مواصفات أخرى معتمدة مثل المواصفات العالمية ISO و المواصفات البريطانية B.S والمواصفات الأمريكية ASTM.

7-9/2 تفتيش كون التنفيذ مطابقاً للمخططات والمواصفات المحددة.

7-9/3 غلق جميع الفراغات الموجودة حول النوافذ والأبواب بشكل محكم باستعمال رغوة البولي يوريثين أو مواد مماثلة لها لمنع تسرب ودخول الهواء داخل الجدران من خلال هذه الفراغات مع عدم استعمال الرغوات التمددية (Expanding Foams).

7-9/4 التأكد أن المواد العازلة لا تتعرض إلى انكباس عند تثبيتها.

7-9/5 التأكد أن طبقة المادة العازلة مستمرة، وخصوصا في مناطق الترابط بين الجدران مع بعضها البعض أو بين الجدران والعناصر الإنشائية الأخرى (السقوف النهائية والأرضيات).

7-9/6 التأكد أن المواد العازلة للحرارة تثبت بشكل صحيح حول صناديق الربط لمفاتيح الكهرباء، مجاري الهواء، أنابيب المياه، الأبواب، النوافذ وغيرها من العناصر التي تخترق طبقة العازل الحراري.

7-9/7 التأكد أن المواد العازلة للحرارة تكون بعيدة بمسافة 100 مليمترا على الاقل عن مصادر الإنارة أو أي مصدر آخر لانبعاث الحرارة.

7-9/8 تكون جميع المآخذ الكهربائية و الأسلاك الكهربائية آمنة ومغلفة بشكل جيد قبل تثبيت أي نوع من المواد العازلة للحرارة.

مراجع الباب (7)

[1]-Charlett, A., ***(Fundamental Building Technology)***, First Published by Taylor and Francis, 2007.

[2]-Persily, A.K., "***Envelope Design Guidelines for Federal Office Buildings: Thermal Integrity and Air Tightness***", March 1993.

[3]- **"Insulation"**, DOE/CE-0180, Department of Energy, Assistant Secretary, Energy Efficiency and Renewable Energy, 2008.

[4]-**"Insulation HandBook Part1: thermal performance"**, an Independent Publication of The Insulation Concil of Australia and New Zealand, March, 2008.

[5]-"*مواصفات بنود أعمال العزل الحراري (إشتراطات أسس التصميم والتنفيذ)* "، جمهورية مصر العربية، وزارة الإسكان والمرافق والتنمية العمرانية، المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء، 2008.

[6]- "***Insulation***" Chapter Seven, Energy Smart Housing Manual, Sustainable Energy Authority ,Victoria, 2002.

[7]- "***Thermal Insulation, Environmental Acoustics***", Volume 04.06, Annual Book of ASTM Standards, American Society for Testing and Materials, 2005.

[8]- "***Technical Notes on Brick Construction Brick Masonry Cavity Walls Selection of Materials***", Brick Industry Association, Virginia, Feb.1999.

[9]-Lemieux, D. J. and Totten P.E., "***Building Envelope Design Guide-Wall Systems***", Supported by Building Enclosure Council (BEC), 2009.

[10]-Yarbrough, D.W., "***Reflective Insulation for Residential and Commercial Applications***",Issue of construction specifier magazine, Sep. 2005.

[11]-Bynum, R.T., "***Insulation HandBook***", 2000.

[12] –" *المواصفات القياسية العامة للعزل الحراري والمائي لمدينة دبي"* ،الجزء رقم (1)، سبتمبر، 2006

الباب 8

العزل الحراري للأرضيات

8-1 تمهيد

يشكل التدفق الحراري مشكلة مهمة في الأرضيات الملاصقة للتربة فقط، حيث إن الحرارة يمكن إن تنتقل من المبنى إلى التربة التي تكون بدرجة حرارة اقل من درجة الحرارة داخل المبنى. ولهذا السبب يكون من الضروري استعمال مادة عازلة للحرارة عند إنشاء الأرضيات الملاصقة للتربة. كذلك تنتقل الرطوبة من التربة الموجودة أسفل الأرضيات إلى المبنى بواسطة الخاصية الشعرية عن طريق الفراغات الموجودة في مواد الإنشاء لهذه الأرضيات. وبذلك فان الأرضيات الملامسة للتربة تحتاج إلى وضع حاجز مانع للرطوبة (Damp Proof Barrier) عند التنفيذ لغرض مقاومة ارتفاع الرطوبة من التربة إلى المبنى أو توضع مادة عازلة للحرارة ذات قابلية امتصاص واطئة للرطوبة.

8-2 أنواع الأرضيات

هناك نوعان من الأرضيات الملامسة للتربة وهي

8-2/1 الأرضيات المصمتة الملامسة للتربة (Solid Ground Floors)

تتكون هذه الأرضيات من طبقة خرسانية تصب بشكل مباشر على طبقة مرصوصة بشكل جيد من مواد صلدة يطلق عليها طبقة التربيع. وهذه الطبقة توضع فوق التربة مباشرة ثم تليها الطبقات الاخرى من العازل المائي والحراري وكما مبين في الشكل 8-1/5.

8-2/2 الأرضيات المعلقة (Suspended Floors)

إن هذه الأرضيات لا تستند مباشرة على التربة ولكن تستند على مساند خاصة، وهذه المساند تستند بدورها بشكل مباشر على التربة. ويستعمل هذا النوع من الأرضيات في المواقع التي يكون سطح التربة غير مستو أي يميل بمقدار معين حيث إن ذلك يقلل من كمية المواد اللازمة لملء الفراغات لغرض الحصول على الاستوائية المطلوبة للتربة. كذلك فان هذا النوع من الأرضيات يمكن استعماله لحل مشكلة التغير في تحمل التربة الموجود في بعض المناطق، كما مبين في الشكل 8-2/5.

8-3 مواد العزل الحراري المستعملة في الأرضيات

تعزل الأرضيات عادة باستعمال ألواح العزل الحراري الجاسئة وذات الكثافة العالية لكي تتحمل قوى الضغط المسلطة عليها وتشمل:

8-3/1 ألواح البولي ستايرين الممدد (Expanded Polystyrene Boards)

تكون قيمة معامل الموصلية الحرارية لهذه الألواح بحدود 0.035 واط/(م.كلفن).

8-3/2 ألواح البولي ستايرين المشكلة بالبثق (Extruded Polystyrene Boards)

تكون قيمة معامل التوصيل الحراري لهذه الألواح بحدود 0.025 واط/(م.كلفن).

3/3-8 الألياف الزجاجية (Glass Fibers)

تكون قيمة معامل التوصيل الحراري بحدود 0.04 واط/(م.كلفن).

4/3-8 ألواح البولي يوريثان (Polyurethane Boards)

تكون قيمة معامل التوصيل الحراري لهذه الألواح بحدود 0.025 واط/(م.كلفن).

8-4 متطلبات تصميم العزل الحراري للأرضيات الملامسة للتربة

إن متطلبات تصميم العزل الحراري للأرضيات هي كالتالي:

1/4-8 يجب أن لا يتجاوز معامل انتقال الحرارة للأرضيات المختلفة القيم المبينة في الجدول4-1/8.

2/4-8 تجنب حدوث الجسور الحرارية وذلك بمنع حصول ثقب أو اختراق مادة العزل الحراري بواسطة الخدمات المختلفة (أنابيب المياه، مجاري الهواء وغيرها) أو بالعناصر الإنشائية المختلفة.

3/4-8: التأكد من إستمرارية طبقة العازل الحراري في مناطق الربط بين الأرضيات الملامسة للتربة وعناصر البناء المختلفة مثل الجدران وغيرها.

8-5 طرائق التنفيذ

1/5-8 تنفيذ الأرضيات المصمتة الملامسة للتربة

تتبع الخطوات التالية لتنفيذ الأرضيات المصمتة الملامسة للتربة:-

1/1/5-8 ترص طبقة من مواد صلبة بشكل جيد وتسمى هذه الطبقة بالتربيع.

2/1/5-8 تتكون طبقة التربيع من طابوق مكسر، حجر مكسر، خرسانة أو حجارة غير مصقولة.

3/1/5-8 تكون القطع المستعملة في طبقة التربيع كبيرة، بعد أن ترص طبقة التربيع بشكل جيد تفرش على سطحها طبقة من الرمل النظيف ليساعد على ملء الفجوات الكبيرة الموجودة بين قطع طبقة التربيع ويمنع الفقدان في كميات الخرسانة بسبب دخولها بين هذه الفراغات في أثناء عملية صب الأرضية.

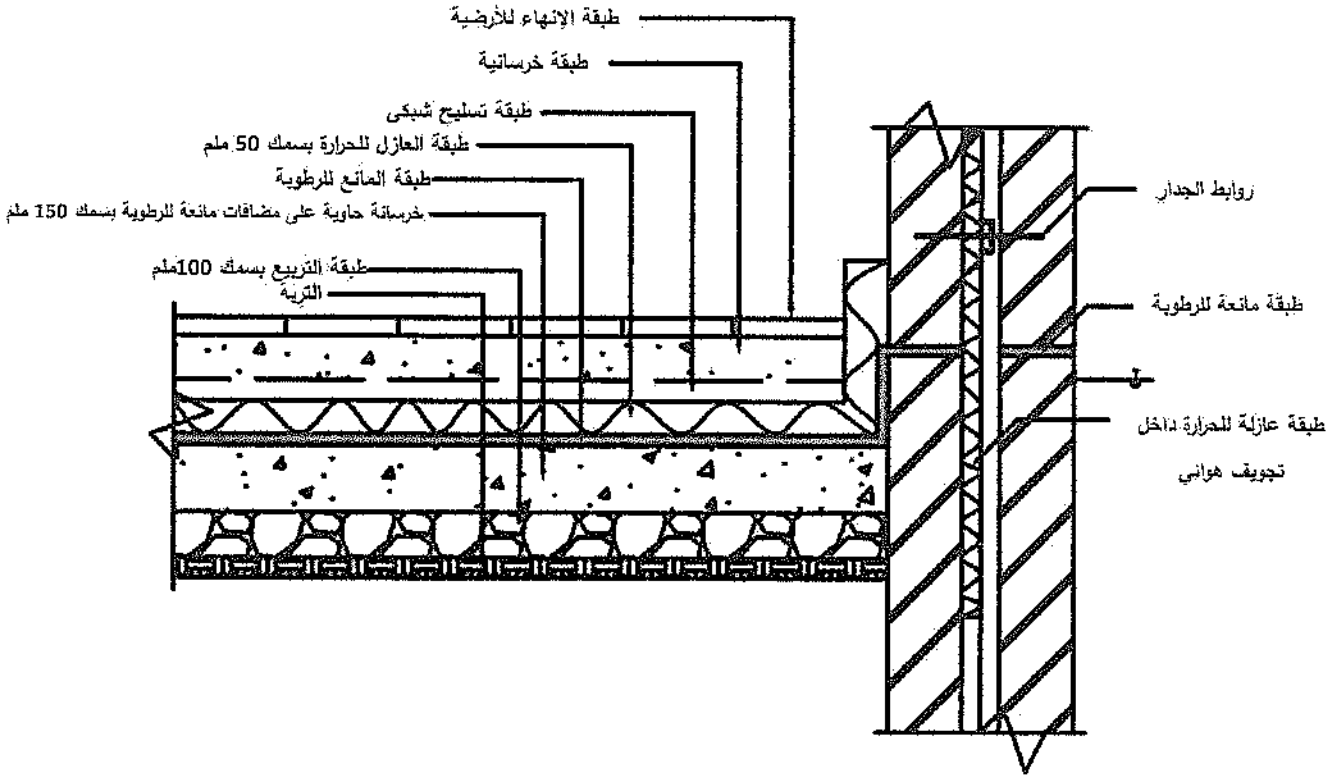
4/1/5-8 تصب طبقة من الخرسانة الاعتيادية وباستعمال أنواع خاصة من المضافات للحصول على خرسانة قليلة النفاذية.

5/1/5-8 ثم توضع طبقة من العازل المائي بحسب متطلبات العزل المائي ويراعى أن تكون طبقة العازل المائي مستمرة في الاتجاه العمودي عند إلتقاء الارضية بالجدار مع إمتدادها عرضيا" عبر الجدار وكما موضح في الشكل 8-1/5.

6/1/5-8 توضع طبقة من العازل الحراري بسمك لا يقل عن 50 مليمتراً فوق طبقة العازل المائي، كما توضع طبقة من العازل الحراري بشكل رأسي على الطول المحيط بالأرضية وتثبت على الجدران المحيطة بالأرضية بارتفاع لا يقل عن 500 مليمتراً وذلك لمنع الفقدان الحاصل في الحرارة في منطقة إلتقاء الأرضية بالجدران وكذلك ضمان استمرارية طبقة العازل الحراري في مناطق إلتقاء العناصر الإنشائية المختلفة، عندما يكون من الضروري استعمال أكثر من طبقة واحدة من مادة العزل الحراري فإن ذلك يتطلب وضع المادة العازلة للحرارة بطبقتين ترتبان بطريقة تبادلية(Staggered Joints) لتلافي وجود المفاصل فوق بعضها.

8-5/1/7 تصب الأرضية الخرسانية فوق طبقة العازل الحراري، ويمكن إن تتضمن هذه الطبقة حديد تسليح على شكل مشبك بحسب الحاجة حيث يمنح هذا التسليح المقاومة الإنشائية لطبقة الأرضية الخاصة في المواقع الضعيفة.

8-5/1/8 تستكمل الطبقة النهائية للأرضية طبقا لنوع الإنهاء المحدد في مواصفات العمل [استعمال كاشي، خشب.....الخ] ، أنظر الشكل 8-5/1.

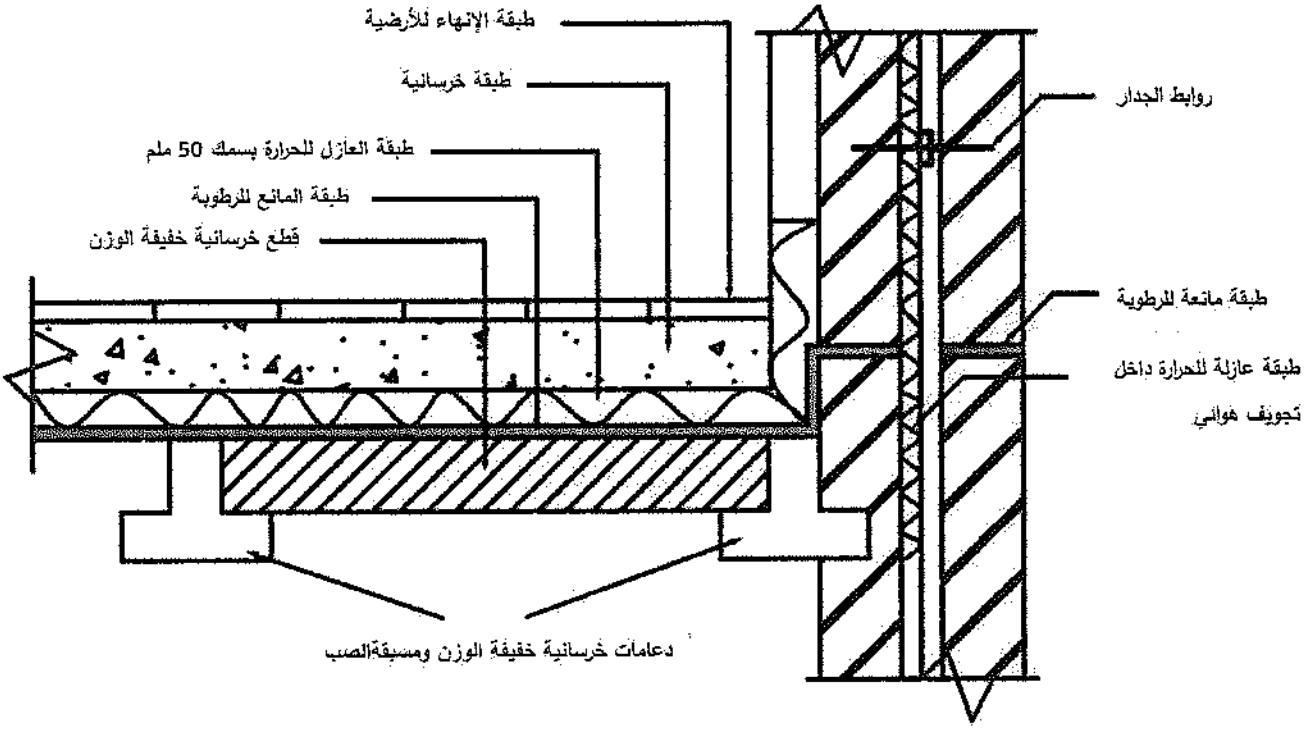


الشكل 8-5/1: تفاصيل تنفيذ الأرضيات المصمتة الملامسة للتربة والمعزولة حراريا[1]
(الابعاد للمثال فقط)

8-5/2 تنفيذ الأرضيات المعلقة

إن تنفيذ هذا النوع من الأرضيات يكون بإستعمال الخرسانة مسبقة الصب (Precast Concrete) حيث تتكون من دعامات على شكل حرف T مقلوب مسبقة الصب وخفيفة الوزن لغرض تسهيل عملية نقلها ووضعها في الموقع. وتكون هذه الدعامات مسبقة الجهد لغرض تقليل أبعادها وأوزانها. تُملأ المسافات بين هذه الدعامات بقطع خرسانية مسبقة الصب وخفيفة الوزن أيضا، ثم توضع طبقة من العازل المائي مباشرة فوق الأرضية الخرسانية تليها طبقة العازل الحراري بسمك لا يقل عن 50 ملليمترا. بعد ذلك تصب طبقة من

الخرسانة بسمك 100 مليمتر فوق طبقة العازل الحراري وأخيرا تستكمل طبقة الإنهاء للأرضية طبقا لنوع الإنهاء المحدد في مواصفات العمل، أنظر الشكل 8-2/5.



الشكل 8-2/5: تفاصيل تنفيذ الأرضيات المعلقة المعزولة حراريا[1]
(الابعاد للمثال فقط)

8-6 تفتيش التنفيذ

تؤخذ النقاط الاتية بنظر الاعتبار عند تفتيش التنفيذ للأرضيات.

8-6/1 تكون طبقة المانع للرطوبة في الأرضيات مستمرة، غير منفذة للماء مرتبطة مع طبقة المانع للرطوبة في الجدار.

8-6/2 التأكد من عدم وجود فراغات وفجوات هوائية بين ألواح العازل الحراري عند التنفيذ والتأكد من الترتيب التبادلي للمفاصل (Staggered Joints) بين الألواح في حالة استعمال أكثر من طبقة من العازل الحراري، ويراعى الدقة عند تقطيعها بحيث تتطابق الزوايا والفراغات غير المنتظمة.

3/6-8 التأكد من استعمال القطع الرأسية من العازل الحراري بحيث تثبت على الجدران بشكل جيد حول محيط الأرضية لمنع حدوث الجسور الحرارية نتيجة لانتقال الحرارة من داخل المبنى خلال الطبقة الداخلية للجدار المزدوج.

4/6-8 التأكد من أن سمك الأرضية و العازل و طبقات الإنهاء هي ضمن المواصفات المحددة للعمل.

5/6-8 التأكد من أن خواص المادة العازلة المستعملة في التنفيذ مطابقة للمواصفات العالمية المعتمدة ومواصفات ومتطلبات العمل.

مراجع الباب (8)

[1]-Charlett, A., "***Fundamental Building Technology***", First Published by Taylor and Francis, (2007).

[2]- "***Thermal Insulation, Environmental Acoustics***", Volume 04.06, Annual Book of ASTM Standards, American Society for Testing and Materials,(2005).

[3]- "***Thermal Insulation of Floors***", Dow Construction Products, a Division of the Dow Chemical Company Ltd.

[4]- " ***Insulation***" Chapter Seven, Energy Smart Housing Manual, Sustainable Energy Authority Victoria,(2002).

الباب 9

العزل الحراري للمنظومات الميكانيكية والصحية

1-9 تمهيد

يتطرق هذا الباب لمتطلبات العزل الحراري للمنظومات الميكانيكية والصحية كمجاري الهواء، الأنابيب، الخزانات، الأحواض وبقية الآلات المستعملة ضمن هذه المنظومات كما يتطرق لأهداف العزل وشروط تثبيت المواد العازلة.

2-9 أهداف العزل الحراري للمنظومات الميكانيكية والصحية

يستعمل العزل الحراري أولا لخفض الكسب أو الفقد الحراري من سطوح آلات وأجزاء هذه المنظومات عندما تكون درجة حرارتها تختلف عن درجة حرارة المحيط. والعازل يستعمل في هذه المنظومات لتحقيق عدة أهداف أهمها حفظ الطاقة (Energy Conservation)، وحماية الأشخاص من ملامسة السطوح ذات الدرجات الحرارة المرتفعة أو المنخفضة (Personal Protection)، التقليل من إمكانية تكثف بخار الماء على السطوح (Condensation Control)، تقليل الطاقة المطلوبة للمحافظة على الأماكن المجمدة لأطول مدة زمنية (Freeze Protection)، كما يستعمل أحياناً للسيطرة على ضوضاء المنظومات الميكانيكية (Noise Control) ومنع أو تقليل احتمالية انتشار الحريق (Fire Safety).

3-9 العزل الحراري للأنابيب

جميع الأنابيب المركبة ضمن منظومات التدفئة والتبريد يجب أن تعزل حراريا على وفق الجدول9-1/3. إن قيم سمك العازل الحراري المذكورة ضمن الجدول تمثل أقل سمك مطلوب للعازل(Minimum Thickness) بموصلية حرارية ضمن الحدود المدرجة عند متوسط درجة الحرارة المناظرة له في الجدول (Mean Rating Temperature) ولمعدل درجات الحرارة التصميمية للمائع المار خلال الأنبوب (Fluid Design Temperature Range). إن هذه الموصلية مطابقة لعازل الصوف الزجاجي (Fiberglass Insulation) ولعازل الرغوة المرنة (Elastomeric Foam Insulation) المستعملين عادةً كعازل حراري لمواضع الاستعمال هذه. أما بالنسبة لبقية العوازل التي لها موصلية حرارية لم تُذكر ضمن الجدول فإن أقل سمك عازل يحسب كما يلي:-

$$T = r\left[\left(1+\frac{t}{r}\right)^{K/kt} - 1\right] \qquad (1/3-9)$$

T = أقل سمك مطلوب للعازل الحراري ، cm

r = نصف القطر الخارجي الفعلي للأنبوب، cm

t = سمك العازل المدرج بالجدول 9-1/3 بحسب معدل درجة حرارة المائع والقطر الاسمي للأنبوب.

K= الموصلية الحرارية للعازل البديل مقاسة عند متوسط درجة الحرارة المذكورة ضمن الجدول.

kt = الموصلية الحرارية للعازل من الجدول 9-1/3 بحسب معدل درجة حرارة المائع.

الجدول 9-1/3: أقل سمك مطلوب للعازل الحراري للأنابيب (cm) [1][أ]

معدل درجة حرارة المائع (C°)	موصلية العازل الحرارية		القطر الاسمي للأنبوب mm				
	الموصلية الحرارية W/(m.K)	متوسط درجة الحرارة (C°)	25>	40 >-25	100> -40	200 >-100	200≥
منظومات التدفئة (بخار، بخار متكاثف والماء الحار)[ب،ج] Heating System (Steam, Steam Condensate, and Hot Water)							
>177	0.049 -0.046	121	6.4	7.6	7.6	10.2	10.2
177 -122	0.046 -0.042	93	3.8	6.4	7.6	7.6	7.6
121-94	0.043 -0.039	66	3.8	3.8	5.1	5.1	5.1
93-61	0.042 -0.036	52	2.5	2.5	2.5	3.8	3.8
41-60	0.040 -0.032	38	1.3	1.3	2.5	2.5	2.5
منظومات الماء الحار للاستعمال المنزلي Domestic and Service Hot-Water Systems							
41+	0.040 -0.032	38	1.3	1.3	2.5	2.5	2.5
منظومات التبريد (الماء المثلج، المحلول الملحي ومائع التثليج)[د] Cooling Systems (Chilled Water, Brine, and Refrigerant)							
16-4	0.040 -0.032	38	1.3	1.3	2.5	2.5	2.5
<4	0.040 -0.032	38	1.3	2.5	2.5	2.5	3.8

أ- بالنسبة لبقية العوازل التي لها موصلية حرارية لم تذكر ضمن الجدول فإن أقل سمك عازل يحسب من المعادلة (9-1/3).

ب- سمك العازل ضمن هذا الجدول يمثل أقل سمك مطلوب مستندا على اعتبارات فعالية الطاقة. زيادة هذا السمك مطلوبة أحيانا نسبة إلى متطلبات الأمان / درجة حرارة السطح.

ج- لا توجد حاجة لعزل الأنبوب الواصل بين الملف وصمام السيطرة إذا كان قطر الأنبوب 25ملم أو أقل وكان الصمام لايبعد أكثر من 1.2 متر.

د- سمك العازل ضمن هذا الجدول يمثل أقل سمك مطلوب مستندا على اعتبارات فعالية الطاقة. زيادة هذا السمك مطلوبة أحيانا لأغراض منع عملية التكثف .

9-1/3 طرائق تحضير وتثبيت العازل(Preparation and Installation)

9-1/3/1 فحص واختبار الأنابيب والمصادقة عليها ثم طلاؤها بطبقتين من مادة مقاومة للصدأ.

9-1/3/2 لا تغلف الأنابيب بالعازل حتى الانتهاء من كافة الفحوص على المنظومة والتأكد من خلوها من العيوب.

9-1/3/3 تنظيف الأنابيب من كل الأوساخ قبل تركيب العازل.

9-1/3/4 تنظيف السطوح قبل وضع المواد اللاصقة.

9-1/3-5 يوضع العازل طبقا لتوصيات الجهات المصنعة وطبقا لما هو منصوص عليه في مستندات المشروع.

9-1/3-6 يجب أن يكون العازل الحراري مصنعا من مواد غير قابلة للاشتعال وانتشار الدخان وطبقا لمتطلبات مدونة حماية الابنية من الحريق (م.ب.ع.405).

9-1/3-7 تثبت المادة العازلة بمادة لاصقة مقاومة للمياه ولا تسبب تلف الأنابيب.

9-1/3-8 يُركب بعدها العازل مباشرة مع ضمان منع الأبخرة من الاختراق.

9-1/3-9 يستعمل العازل أيضا لمنع تكثف بخار الماء على سطح الأنبوب أو ضمن العازل نفسه، والذي يؤدي لفقدان خواص العازل ونمو الطفيليات والميكروبات. لمنع أضرار هذا التكثف يجب وضع معيق نفاذ البخار(Vapor Retardant) حول عازل أنابيب الماء المثلج وأنابيب مائع التثليج في خط السحب والمركبة خارج الحيز المكيف، إذا لم يكن العازل يحتوي عليها. جميع الاختراقات ومناطق الربط في معيق البخار يجب أن تكون محكمة الغلق.

9-1/3-10 في الأنابيب المعزولة مع معيق نفاذالبخار، تعزل التراكيب مثل التوصيلات المرنة، مناطق الربط، توصيلات التمدد والمصفى، بغطاء من نفس مادة العازل وبالسمك المستعمل في الأنابيب نفسها.

9-1/3-11 في الأنابيب المعزولة بدون معيق بخار والأنابيب التي تنقل مائع بدرجة حرارة 60 درجة مئوية أو أقل لا تعزل الأجزاء المسماة (Unions) و(Flanges) في الآلات التي تحتويها لكن يجب طي وسد نهايات العازل عند هذه المواقع.

9-1/3-12 في الأنابيب المعرضة للخارج تكون أماكن لحام وربط غلاف العازل واضحة للنظر.

9-1/3-13 تجهز جميع الأماكن التي تتطلب الصيانة بقطع عازل منفصلة لسهولة الفك والتركيب.

9-1/3-14 تعمل نهايات العازل عند المساند، والفتوءات والتوقفات بعناية ومهارة.

9-1/3-15 يستعمل اللاصق عند فواصل العازل البلاستيكي الخلوي (Cellular Plastic Insulation).

9-1/3-16 العازل المركب على جميع المصافي (Strainers) يجب أن يحتوي على غطاء قابل للرفع لأغراض التنظيف.

9-2/3 عزل الأنابيب ذات درجات الحرارة الأقل من درجة حرارة المحيط
(Insulation For Below-Ambient Temperature)

إضافة لما ذُكر آنفاً يجب أن يحقق العازل ما يلي:-

9-2/3-1 أن لا تقل درجة حرارة العازل الخارجي عن درجة نقطة الندى حتى لا يحدث تكثف على السطح الخارجي للعازل. ويتحقق ذلك بسمك عازل يضمن درجة حرارة سطح أعلى قليلا من نقطة الندى للهواء المحيط بالعازل.

9-2/3-2 يجب أن يضمن العزل عدم تسرب أي رطوبة من سطح العازل الخارجي إلى سطح الأنابيب.

9-2/3-3 يجب أن يكون العزل مناسبا بحيث يضمن عدم زيادة أو نقصان بدرجة حرارة المائع المار خلال الأنبوب نتيجة تسرب الحرارة عن 1 درجة مئوية لكل 200 متر من طول الأنبوب.

3/3-9 عزل الأنابيب ذات درجات الحرارة الأعلى من درجة حرارة المحيط
(Insulation for Above-Ambient Temperature)

تعزل جميع أنابيب الماء الساخن وأنابيب البخار ذي الضغط العالي والمنخفض وأنابيب التكثف الراجع، بعازل من الصوف الزجاجي بحسب ما ذُكر بالجدول 9-1/3 بحسب ما ذُكر آنفاً ولكن بدون معيق نفاذالبخار ويستبدل ذلك بغطاء حماية مناسب. يجب أيضا الاهتمام بالمظهر إضافة للمتانة عند مد الأنابيب المعزولة داخل البناية، أما في حالة الخارج فيجب أن يكون الإنهاء محمياً من ظرف الطقس الخارجي (Weather Protection). هذا الإنهاء قد يكون غطاءً مصنعاً (Factory-Applied Jackets) أو مجالاً معدنياً (Field-applied metal) أو غطاء من النوع (Polymeric Jackets).

4/3-9 عزل الأنابيب تحت الأرض(Underground Pipe Insulation)

كلتا أنابيب منظومتي التدفئة والتبريد الممتدة تحت الأرض يجب عزلها. إن حماية هذه الأنابيب المعزولة تكون أكثر صعوبة من تلك الظاهرة فوق الأرض لاحتمالية وجود المياه الجوفية وما تسببه من تأثيرات كيميائية على التربة والتي تتطلب تصميما خاصا لحماية عازل الأنابيب من التآكل مع المحافظة على سلامة المواصفات الحرارية له. ولتحقيق أفضل أداء فان الأنفاق، القنوات والأغطية ذات الحماية المتكاملة هي بصورة عامة من أساليب حماية هذه الأنابيب والعازل من تأثير المياه عليها.

4-9 العزل الحراري لمجاري الهواء

جميع مجاري تجهيز وإرجاع الهواء إضافة إلى مجمعات الهواء المركبة ضمن منظومات توزيع الهواء لأغراض التدفئة والتبريد يجب أن تعزل حراريا باستعمال عوازل ذات مقاومة حرارية تساوي أو أكبر مما ذُكر في الجدولين9-1/4 و 9-2/4. إن قيم المقاومة الحرارية ضمن الجدولين لا تتضمن تأثير مقاومة طبقة الهواء (Film Resistance). الجدول 9-1/4 خاص بمجاري الهواء المستعملة للتدفئة فقط أو للتبريد فقط ولمجاري إرجاع الهواء. أما الجدول 9-2/4 فهو خاص بمجاري الهواء المستعملة لكلٍ من التدفئة والتبريد ولمجاري إرجاع الهواء. إن متطلبات العزل المذكورة في هذين الجدولين إضافة إلى مواضع استعمال مجاري الهواء يجب أن تأخذ بالاعتبار كلا من طبيعة المنطقة المناخية (Climate Zone) وأماكن مرور هذه المجاري المعرفة أسفل الجدول. إن القيم أيضاً لم تأخذ بنظر الاعتبار انتقال بخار الماء أو تكثفه، لذلك حتى إذا كانت الموصلية المطلوبة ذات قيمة قليلة أو تساوي صفراً فانه يتطلب إضافة طبقة رقيقة من العازل لمنع تكثف بخار الماء على سطح مجرى.

الجدول9-1/4: أقل مقاومة حرارية مطلوبة لعازل مجاري الهواء المستعملة للتدفئة فقط أو للتبريد فقط ولمجاري إرجاع الهواء وبما يتلاءم مع ظروف العراق[أ] [1]

مكان مرور مجرى الهواء Duct Location						
خارج البناية[ب]	أماكن علوية مع تهوية[ج]	أماكن علوية بدون تهوية فوق سقف معزول[د]	أماكن علوية بدون تهوية بسقف معزول [هـ]	حيز غير مكيف [و]	حيز مكيف بصورة غير مباشرة [ز]	تحت الأرض[ح]
مجاري هواء لأغراض التدفئة فقط Heating-Only Ducts						
العزل غير مطلوب	العزل غير مطلوب	العزل غير مطلوب	العزل غير مطلوب	العزل غير مطلوب	العزل غير مطلوب	العزل غير مطلوب
مجاري هواء لأغراض التبريد فقط Cooling-Only Ducts						
1.06	1.06	1.41	0.6	0.6	العزل غير مطلوب	0.6
مجاري إرجاع الهواء Return Ducts						
0.6	0.6	0.6	العزل غير مطلوب	العزل غير مطلوب	العزل غير مطلوب	العزل غير مطلوب

أ- قيم المقاومة الحرارية للعازل هي بوحدات ($m^2.K/W$)، وكما مركب وبدون الأخذ بنظر الاعتبار تأثير مقاومة طبقة الهواء (Film Resistance). السمك الأدنى المطلوب لا يأخذ بنظر الاعتبار انتقال بخار الماء واحتمالية تكثفه على السطح. المقاومة الحرارية مقاسة على سطح أفقي اعتمادا على ASTM C5 18 وعند متوسط درجة حرارة قدرها 23.9 درجة مئوية.

ب- خارج البناية (Exterior) ويشمل مجاري ومجمعات الهواء المعرضة للخارج.

ج- يشمل ذلك الأماكن تحت سقف البناية (Ventilated Attic) (غرفة، سقيفة،بيتونه ...الخ) وتكون معزولة حراريا مع الأماكن المكيفة المجاورة لها وتحتوي على تهوية خارجية.

د- يشمل ذلك الأماكن تحت سقف البناية (غرفة، سقيفة،بيتونة ...الخ) وتكون معزولة حراريا مع الأماكن المكيفة المجاورة لها ولا تحتوي على تهوية خارجية (Unvented Attic Above Insulated Ceiling).

هـ- في حالة (Unvented Attic with Roof Insulation) يكون سقف الأماكن العلوية معزولا حراريا، ولا تحتوي على تهوية خارجية.

و- يشمل ذلك الأماكن غير المكيفة (Unconditioned Space) مثل غرف المكائن التي لا تجاورها أماكن مكيفة.

ز- (Indirectly Conditioned Space) ويشمل صناديق توزيع الهواء (Plenum)، الأنفاق العمودية (Shafts) وغرف المكائن المجاورة لأماكن مكيفة.

ح-يشمل ذلك مجاري الهواء الممتدة تحت الأرض (Buried).

الجدول 9-2/4: أقل مقاومة حرارية مطلوبةلعازل مجاري الهواء المستعملة لكل من التدفئة والتبريد ولمجاري إرجاع الهواء وبما يتلاءم مع ظروف العراق[1] (أ)

مكان مرور مجرى الهواء Duct Location						
خارج البناية(ب)	أماكن علوية مع تهوية(ج)	أماكن علوية بدون تهوية فوق سقف معزول(د)	أماكن علوية بدون تهوية بسقف معزول (هـ)	حيز غير مكيف (و)	حيز مكيف بصورة غير مباشرة (ز)	تحت الأرض(ح)
مجاري تجهيز الهواء (Supply Ducts)						
1.06	1.06	1.41	0.6	0.6	العزل غير مطلوب	0.6
مجاري إرجاع الهواء(Return Ducts)						
0.6	0.6	0.6	العزل غير مطلوب	العزل غير مطلوب	العزل غير مطلوب	العزل غير مطلوب

أ- قيم المقاومة الحرارية للعازل هي بوحدات ($m^2.K/W$)، وكما مركب وبدون الأخذ بنظر الاعتبار تأثير مقاومة طبقة الهواء (Film Resistance). السمك الأدنى المطلوب لا يأخذ بنظر الاعتبار انتقال بخار الماء واحتمالية تكثفه على السطح. المقاومة الحرارية مقاسة على سطح أفقي اعتمادا على ASTM C5 18 وعند متوسط درجة حرارة قدرها 23.9 درجة مئوية.

ب- ح كما عرفت مع الجدول 9-1/4.

9-1/4 المواد العازلة لمجاري هواء منظومات التدفئة، التهوية والتكييف

لأغراض العزل الحراري لمجاري الهواء المستعملة في منظومات التدفئة والتهوية والتكييف، تستعمل المواد العازلة المذكورة في الجدول 9-3/4 بحسب مقدار السمك المطلوب ومواضع استعمال كل مجرى هواء، بحيث لا تزيد أو تقل درجة حرارة الهواء المار داخل مجرى الهواء عن 1 درجة مئوية لكل 200 متر من طول المجرى.

الجدول 9-3/4: عوازل مجاري الهواء والسمك المطلوب لكل عازل.

ت	تطبيقات استخدام مجرى الهواء	نوع العازل	سمك العازل cm (in)	كثافة العازل kg/m^3
1	مجاري الهواء المجهز والراجع والنقي المارة خلال السقوف الثانوية	A(أ)	2.5 (1)	24.03
2	مجاري الهواء المجهز والراجع والنقي الداخلية المكشوفة للنظر	B(ب)	5 (2)	48.06
3	مجاري الهواء المجهز والراجع والنقي خلال غرف الدافعات	B	5 (2)	48.06
4	جميع مجاري الهواء المجهز والراجع المعرضة للخارج حيث تبطن أيضا من الداخل لانتج بطانة ذات عزل صوتي (Acoustic Lining)	B	5 (2)	48.06

تتمة الجدول 9-4/3

ت	تطبيقات استخدام مجرى الهواء	نوع العازل	سمك العازل cm	سمك العازل (in)	كثافة العازل kg/m^3
5	جميع مجاري الهواء المجهز والراجع المارة خلال الأنفاق العمودية والأماكن الفارغة (Shafts and Void Spaces)	A	5	(2)	24.03
6	بطانة العزل الصوتي الداخلية المركبة داخل مجرى الهواء	C	2.5	(1)	48.06
7	بطانة العزل الصوتي الداخلية المركبة داخل صندوق توزيع الهواء	C	2.5	(1)	48.06
8	بطانة العزل الصوتي الداخلية المركبة داخل مجرى الهواء بعد صندوق الهواء المتغير (VAV Boxes)	C	5	(2)	48.06

أ-العازل A: صوف زجاجي مرن (Flexible Fiberglass) وبموصلية حرارية(k) لا تتجاوز 0.036 واط/متر. كلفن وعند متوسط درجة حرارة قدرها 23.9 درجة مئوية وبكثافة قدرها 24.03 كغم/م^{3}ومجهز برقائق الألمنيوم من الخارج.

ب-العازل B: صوف زجاجي جاسئ (Rigid Fiberglass) وبموصلية حرارية (k) لا تتجاوز 0.036واط/متر. كلفن وعند متوسط درجة حرارة قدرها 23.9درجة مئويةوبكثافة قدرها 48.06 كغم/م^{3}ومجهز برقائق الألمنيوم من الخارج.

ج-العازل C : بطانة عزل صوتي(Acoustic Liner) تركب على السطح الداخلي لمجرى ومجمعات الهواء وبموصلية حرارية (k) لا تتجاوز 0.036 واط/متر. كلفن وعند متوسط درجة حرارة قدرها 23.9درجة مئوية و بكثافة قدرها 48.06 م^{3}ومجهزة برقائق الألمنيوم من الخارج.

9-4/2 طرائق التحضير وتثبيت العازل(Preparation and Installation)

9-4/2/1 فحص واختبار مجاري الهواء والمصادقة عليها.

9-4/2/2 تنظيف مجاري الهواء من كل الأوساخ قبل تركيب العازل.

9-4/2/3 تنظيف السطوح قبل وضع المواد اللاصقة.

9-4/2/4 يركب مباشرة العازل مع ضمان منع الأبخرة من الاختراق.

9-4/2/5 يركب العازل طبقا لتوصيات الجهات المصنعة وطبقاً لما هو منصوص عليه في مستندات المشروع.

9-4/2/6 يجب أن يكون العازل الحراري مصنعاً من مواد غير قابلة للاشتعال وانتشار الدخان وطبقا لمتطلبات مدونة حماية الابنية من الحريق (م.ب.ع.405).

9-4/2/7 يجب تثبيت المادة العازلة بمادة لاصقة مقاومة للمياه ولا تسبب الصدأ لمجرى الهواء.

9-2/2/4-8 في حالة كون درجة حرارة الهواء المار مجرى الهواء أقل من المحيط الخارجي، يستعمل العازل لمنع تكثف بخار الماء على سطح مجرى الهواء أو ضمن العازل نفسه، فالماء يؤدي لفقدان خواص العازل ونمو الطفيليات والميكروبات. ولمنع أضرار هذا التكثف يجب وضع معيق نفاذ البخار(Vapor Retardant) حول العازل إذا لم يكن العازل يحتوي عليه. جميع الاختراقات ومناطق الربط في معيق البخار يجب أن تكون محكمة الغلق.

9-2/2/4-9 تجهز جميع الأماكن التي تتطلب الصيانة بقطع عازل منفصلة لسهولة الفك والتركيب.

9-2/2/4-10 تعمل نهايات العازل عند المساند، النتوءات والتوقفات بعناية ومهارة.

9-2/2/4-11 يركب عازل مجاري الهواء من النوعين A وB باستعمال لاصق مصادق عليه مع وسائل ربط ميكانيكية. جميع الوصلات الميكانيكية يجب أن تكون محكمة بشريط عريض من ورق الألمنيوم عرضه 2 انج (5 سم). يحكم غلق منافذ موانع البخار بوسائل ربط ميكانيكية مع لاصق مانع للرطوبة. يربط العازل بسلك على زوايا من الحديد المغلون قياس26 وعلى طول المجرى وتكون المسافات بين الربطات 200ملم.

يوقف مد العازل ويربط حول أبواب العبور(Access doors) والمخمدات (Dampers) بشكل يسمح للعامل بالوصول إليها بدون إلحاق أي ضرر بها. العازل عند منافذ الأجهزة أو اللوحات يجب أن يكون متحركاً وبزوايا معدنية.

9-2/2/4-12 يركب العازل الصوتي (Acoustic Liner) من النوع C باستعمال لاصق مصادق عليه ويجب أن يغطي كامل المساحة المراد عزلها. لتثبيت العازل تستعمل أيضا وسائل ربط ميكانيكية في مركز قمة وجوانب مجرى الهواء وبما لا يزيد عن 375 ملم بين واحدة وأخرى وبمسافة 500 ملم على طول مجرى الهواء. المفاصل تكون محكمة وناعمة ولا يجوز استعمال روابط على شكل مسامير. تُحكم عدم نفاذية مانع الرطوبة بروابط ميكانيكية مع لاصق مانع للرطوبة. يشترط أيضا إضافة صفائح معدنية لجميع حافات البطانة المكشوفة. من المهم زيادة حجم مجرى الهواء بقدر سمك البطانة لضمان بقاء صافي مساحة مقطع مجرى وصندوق توزيع الهواء كما مصمم ومذكور بالمخططات.

9-3/4 تسرب الهواء(Air Leakage)

لتحقيق الفائدة كاملة من استعمال العازل الحراري في مجاري الهواء، يجب أن تكون هذه المجاري محكمة ضد تسرب الهواء عند الضغط التشغيلي للمنظومة. ولا يجب الاعتماد على العازل الحراري لمقاومة تسرب الهواء ما لم يكن العازل جزءاً من مجرى الهواء الفعلي.

9-4/4 مجاري الهواء الخارجية (Outdoor Ducts)

إن مجاري الهواء المعرضة للخارج عموما تحتاج إلى حماية خاصة ضد ما تتعرض له من ظروف خارجية مثل الماء، ارتفاع أو انخفاض درجات الحرارة، الرياح، الأشعة فوق البنفسجية، الطيور والحيوانات الأخرى إضافة إلى الاستعمال الميكانيكي. إن استراتيجية حماية عازل مجاري الهواء الخارجية تتضمن عمل سترة وقاية معدنية (Protective Metal Jackets) واستعمال صوف زجاجي و مانع طقس مطاطي.

إن جميع تلك المعالجات ضد تأثيرات ظروف الطقس الخارجية لا تلغي الحاجة لمانع الرطوبة بالنسبة لمواضع استعمال مجاري الهواء البارد.

9-5 العزل الحراري للأجهزة

9-5-1 العزل الحراري للأجهزة الخاصة بدرجات الحرارة المنخفضة

9-5-1-1 يعزل السطح الخارجي لوحدات المياه المبردة بواسطة طبقتين من حبيبات الفلين النقي المشكل بسمك 38 ملم للطبقة الواحدة أو طبقتين من الصوف الزجاجي بكثافة 96كغم/م^3 أو طبقا لمستندات المشروع .

9-5-1-2 يجب أن تثبت المادة العزلة على سطح الوحدات بمادة لاصقة مع احكام التثبيت بواسطة أسلاك أو أشرطة وتغطى المادة العازلة بغطاء معدني من الألمنيوم بسمك 1 ملم.

9-5-1-3 يعزل خزان التمدد الخاص بالمياه المثلجة بعازل كما ذُكر آنفاً وبسمك 50 ملم.

9-5-1-4 يجب أن يطلى السطح الخارجي بطلاء نهائي.

9-5-2 العزل الحراري للأجهزة الخاصة بدرجات الحرارة المرتفعة

جميع السخانات، المبادلات الحرارية، خزانات التمدد والوحدات المماثلة الأخرى يجب أن تعزل بطبقات أو قطع مشكلة من مادة الصوف الزجاجي بكثافة 96 كغم/ م^3 وبسمك لا يقل عن50 ملم أو طبقا لمتطلبات مستندات المشروع وكما أشير الى ذلك في عزل الوحدات ذات درجات الحرارة المنخفضة.

مراجع الباب (9)

[1]-International Organization of Standards (ISO), 9774, "***Thermal Insulation for Building Applications- Guidelines for Selecting Specification Requirements***", (2001).

[2]-ANSI/ASHRAE/IESNA Standard 90.1-2007.

[3]-"***Uniform Mechanical Code***", 2006.

[4]-"***International Mechanical Code***", 2006.

الملحق (أ) : الوحدات

ت	الرمز	التسمية	الوحدات
1	A	المساحة السطحية الفعلية للجزء الناتئ	$م^2$
2	A_d	المساحة الصافية للأبواب	$م^2$
3	A_F	مساحة الأرضيات المكشوفة أو غير الملامسة للتربة	$م^2$
4	A_T	مساحة مقطع مسمار تثبيت واحد	$م^2$
5	A_f	مساحة الإطار للنافذة	$م^2$
6	$A_{f,dc}$	المساحة الظاهرية (التفصيلية) الخارجية للإطار	$م^2$
7	$A_{f,di}$	المساحة الظاهرية (التفصيلية) الداخلية للإطار	$م^2$
8	$A_{f,e}$	مساحة الاسقاط الخارجية للإطار	$م^2$
9	$A_{f,i}$	مساحة الاسقاط الداخلية للإطار	$م^2$
10	A_G	مساحة الأرضيات الملامسة للتربة	$م^2$
11	A_g	مساحة الزجاج للنافذة أو الباب والتي تكون المساحة الأقل من المساحتين المرئيتين من كلا الجانبين للنافذة أو الباب	$م^2$
12	A_P	مساحة الإسقاط للجزء الناتئ	$م^2$
13	A_p	مساحة اللوح غير الشفاف (المعتم) للنافذة أو الباب	$م^2$
14	A_v	مساحة الفتحات في التجويف الهوائي	$م^2$
15	A_w	المساحة الصافية للأجزاء المصمتة من الجدران الخارجية	$م^2$
16	A_{win}	المساحة الصافية للنوافذ الخارجية	$م^2$
17	b_j	عرض قواطع الحرارة	م
18	b_f	عرض الإطار	م
19	d	سمك الطبقة مقاسة بالمتر	م
20	d_j	المقاومة الحرارية الإجمالية للعنصر المؤلف من عدة طبقات متجانسة	م
21	d_j	سمك طبقة الزجاج أو المادة المكونة للطبقة j	م
22	d_o	سمك طبقة العازل الحراري التي يمر خلالها مسمار التثبيت	م
23	d_t	طول مسمار التثبيت الذي يخترق طبقة العازل الحراري	م
24	f	معامل الإنتقال لمياه الأمطار	–
25	h_c	معامل الحمل الحراري	واط/ $م^2$.كلفن
26	h_r	معامل الإشعاع الحراري	واط/ $م^2$.كلفن

ت	الرمز	التسمية	الوحدات
27	h_{ro}	معامل الإشعاع الحراري لسطح الجسم الأسود	واط/م^2.كلفن
28	h_f	عدد مسامير التثبيت في المتر المربع الواحد	–
29	I_g	المحيط الكلي للزجاج والذي يمثل مجموع المحيط المرئي للوح الزجاج في النافذة أو الباب	(م) متر
30	I_p	المحيط الكلي للوح المعتم	(م) متر
31	k	معامل الموصلية الحرارية	واط/متر . كلفن
32	k	الموصلية الحرارية للعازل البديل مقاسة عند متوسط درجة حرارة مذكورة ضمن الجدول(9-1/3)	واط/متر . كلفن
33	k	الموصلية الحرارية للعازل من الجدول (9-1/3) بحسب معدل درجة حرارة المانع	واط/متر . كلفن
34	k_f	معامل الموصلية الحرارية لمسمار التثبيت	واط/م.كلفن
35	K_i	المقاومة الحرارية السطحية الداخلية	واط/متر . كلفن
36	k_j	معامل الموصلية الحرارية للزجاج أو المادة المكونة للطبقة j	واط/متر . كلفن
37	n	المقاومة الحرارية للفراغات الهوائية	م^2.كلفن/واط
38	Q	معدل التيار الحراري	واط
39	q	كثافة معدل التيار الحراري	واط/م^2
40	R_f	المقاومة الحرارية لطبقة العازل الحراري التي يخترقها مسمار التثبيت	م^2.كلفن/واط
41	R_j	المقاومة الحرارية للطبقة الحاوية على فجوات هوائية	م^2.كلفن/واط
42	R_l	المقاومة الحرارية لطبقة العازل الحراري الواقعة فوق طبقة العازل المائي	م^2.كلفن/واط
43	R	المقاومة الحرارية	م^2.كلفن/واط
44	r	نصف القطر الخارجي الفعلي للأنبوب	سم
45	R_{sj}	المقاومة الحرارية للفراغ الهوائي بين طبقات الزجاج	م^2.كلفن/واط
46	R_s	المقاومة الحرارية السطحية للعنصر الإنشائي ذي السطح المستوي	م^2.كلفن/واط
47	$R_{T,u}$	المقاومة الحرارية الإجمالية للعنصر الإنشائي بوجود تجويف هوائي مغلق	م^2.كلفن/واط

ت	الرمز	التسمية	الوحدات
48	$R_{T,v}$	المقاومة الحرارية الإجمالية للعنصر الإنشائي بوجود تجويف هوائي جيد التهوية	م^2.كلفن/واط
50	R_T	المقاومة الحرارية الإجمالية للعنصر المؤلف من عدة طبقات متجانسة	م^2.كلفن/واط
51	R_{si}	المقاومة الحرارية السطحية الداخلية	م^2.كلفن/واط
52	R_c	المقاومة الحرارية للفراغات الهوائية	م^2.كلفن/واط
53	R_{se}	المقاومة الحرارية السطحية الخارجية	م^2.كلفن/واط
54	$R_{T,h}$	المقاومة الحرارية الإجمالية للعنصر الإنشائي بإهمال أية جسور حرارية	م^2.كلفن/واط
55	R_T	المقاومة الحرارية الإجمالية للعنصر الإنشائي قبل حساب التصحيح	م^2.كلفن/واط
56	t_{si}	درجة حرارة السطح الداخلي للعنصر الإنشائي	درجة مئوية
57	t_{se}	درجة حرارة السطح الخارجي للعنصر الإنشائي	درجة مئوية
58	t_i	درجة حرارة الهواء الداخلي	درجة مئوية
59	t_e	درجة حرارة الهواء الخارجي	درجة مئوية
60	T	اقل سمك مطلوب للعازل الحراري	سم
61	t	سمك العازل المدرج بالجدول (9-3/ 1) بحسب معدل درجة حرارة المائع و القطر الاسمي للأنبوب	سم
62	Tm	معدل درجة الحرارة الديناميكية	كلفن
63	U	المعامل الإجمالي لانتقال الحرارة	واط/ م^2 .كلفن
64	U_g	المقاومة الحرارية السطحية الخارجية	واط/ م^2 .كلفن
65	U_f	معامل انتقال الحرارة لإطار النافذة	واط/ م^2 .كلفن
66	U_f	معامل انتقال الحرارة للإطارات الخشبية	واط/ م^2 .كلفن
67	U_p	معامل انتقال الحرارة الإجمالي للألواح غير الشفافة	واط/ م^2 .كلفن
68	U_d	معامل انتقال الحرارة الإجمالي للأبواب الخارجية	واط/ م^2 .كلفن
69	U_w	معامل انتقال الحرارة الإجمالي للأجزاء المصمتة من الجدران الخارجية	واط/ م^2 .كلفن

ت	الرمز	التسمية	الوحدات
70	U_{win}	معامل انتقال الحرارة الإجمالي للنوافذ الخارجية	واط/ م^2 .كلفن
71	$U\Delta_r$	قيمة التصحيح لمعامل انتقال الحرارة نتيجة للتكثيف في نظام السقوف المقلوب	واط/ م^2 .كلفن
72	U_T	معامل انتقال الحرارة الإجمالي لكامل المبنى	واط/ م^2 .كلفن
73	U_d	معامل انتقال الحرارة الإجمالي للأبواب	واط/ م^2 .كلفن
74	U_F	معامل انتقال الحرارة الإجمالي للأرضيات المكشوفة أو غير الملامسة للتربة	واط/ م^2 .كلفن
75	U_G	معامل انتقال الحرارة الإجمالي للأرضيات الملامسة للتربة	واط/ م^2 .كلفن
76	U_R	معامل انتقال الحرارة الإجمالي للسقوف المكشوفة	واط/ م^2 .كلفن
77	V	سرعة الرياح القريبة من السطح الخارجي	م/ثانية
78	X	معامل زيادة الفقدان الحراري الناتج من اختراق مياه الأمطار إلى طبقة العازل المائي	(واط.يوم)/ (م^2.كلفن.ملم)
79	ΔU_f	قيمة التصحيح لمعامل انتقال الحرارة الإجمالي نتيجة لمواد التثبيت الميكانيكية	واط/ م^2 .كلفن
80	ΔU_g	قيمة التصحيح لمعامل انتقال الحرارة نتيجة وجود الفراغات الهوائية في العازل الحراري	واط/ م^2 .كلفن
81	σ	ثابت يسمى Stefan-Blotzmann Constant	واط/ م^2 .كلفن
82	ξ	الانبعاثية	بلا وحدات
83	ρ	معدل سرعة تكثيف بخار الماء خلال الفصول الحارة	ملم/يوم
84	${}_g\psi$	معامل انتقال الحرارة الخطي نتيجة للتأثير المشترك للزجاج و فواصل الزجاج والإطار	واط/ م^2 .كلفن

الملحق (ب)

جداول معامل الموصلية الحرارية للمواد الإنشائية

الجدول ب-1: معامل الموصلية الحرارية لمواد البناء

ت	المادة	معامل الموصلية الحرارية [W/(m.K)]	الكثافة الكتلية (kg/m^3)
1	الماء	0.63	1000
2	الزجاج	1.08	2450
3	تربة طينية	1.5	-
4	الخرسانة 4:2:1	1.49	2300
5	الطابوق الصلد	0.54	1460
6	الكاشي الموزاييك	0.93	2230
7	جص فني	0.57	1200
8	مونة السمنت و الرمل بنسب خلط:		
	1:1 حجما(سمنت: رمل)	1.20	2070
	2:1 حجما(سمنت: رمل)	1.08	2050
	3:1 حجما(سمنت: رمل)	0.99	2020
	4:1 حجما(سمنت: رمل)	0.96	2000
	5:1 حجما(سمنت: رمل)	0.75	1980
9	الرمل النهري	0.24	1690
10	قير التسطيح	0.24	1070
11	اللباد	0.35	1400
12	الثرمستون	0.21	760
13	بلاطات خرسانية للتسطيح	0.85	2240
14	رخام	2.2	2500
15	جرانيت	2.3	2600
16	حجر الحلان	1.13	1680
17	تربة التهوير (تحت التسطيح)	0.25	1450

تتمة الجدول ب-1

ت	المادة	معامل الموصلية الحرارية [W/(m.K)]	الكثافة الكتلية (kg/m^3)
18	أنواع مختلفة من الرخام العراقي	2.53 -2.4	2700 -2650
19	أنواع مختلفة من الحجر العراقي	1.96 -1.22	2400 -1900
20	الطابوق الجيري	1.23	1830
21	الطابوق الفرشي	0.49	1350
22	الطابوق السيراميكي (الكربلائي)	0.52	1700
23	الرخام الصناعي	2.39	2350
24	جص عادي	0.36	980
25	ماربلكس	0.52	1700
26	رمل كربلاء	0.33	2110
27	كاشي بلاستيكي	0.46	1640
28	الرصاص	34.8	11300
29	الحديد الصلب	45.3	7830
30	الزنك	110	7130
31	الالمنيوم(ألواح)	221	2740
32	النحاس الاحمر	150	8780
33	النحاس الأصفر	120	8310

الجدول ب-2: معامل المواصلة الحرارية للطابوق المثقب والكتل الخرسانية المجوفة

ت	المادة	السمك (m)	معامل المواصلة الحرارية (c) [$W/(m^2.K)$]	الكثافة الكتلية (kg/m^3)
1	الطابوق المثقب	0.24 0.12	1.37 2.78	1200
2	كتل خرسانية مجوفة (بلوك)	0.20	1.40	1440

ملاحظة: في الجدول ب-1 اعطيت قيم معامل الموصلية الحرارية (k) للمواد لأنها مواد متجانسة، في حين في الجدول ب-2 اعطيت قيم معامل المواصلة الحرارية (c) للطابوق المثقب والكتل الخرسانية المجوفة لأنها مواد غير متجانسة حيث يصعب ايجاد معامل موصليتها لوحدة الطول. وتحسب المقاومة الحرارية للمواد غير المتجانسة كالتالي:

$$\mathbf{R = \frac{1}{C}}$$

الجدول ب-3: معامل الموصلية الحرارية لمواد العزل الحراري

ت	المادة	معامل الموصلية الحرارية [W/(m.K)]	الكثافة (kg/m^3)
1	الصوف المعدني	0.049	256
2	ألواح القرميد للسقوف	0.79	1800
3	ألواح خشب الصاج للأرضيات	0.2	670
4	خشب المعاكس ply wood	0.18 – 0.14	950 -600
5	منتجات البولي ستايرين ألواح البولي ستايرين المبثوق ألواح البولي ستايرين المدد حبيبات البولي ستايرين	0.033-0.025 0.037-0.03 0.045	40 -28 40 -15 15
6	منتجات الصوف الزجاجي لباد ألواح شبه جاسئة ألياف سائبة	0.045 0.05-0.045 0.043	أقل من 32 أكبر من 72 130

تتمة الجدول ب-3

ت	المادة	معامل الموصلية الحرارية [W/(m.K)]	الكثافة (kg/m^3)
7	منتجات الصوف الصخري		
	أغطية	0.43	130
	لباد	0.049	70
	ألواح	0.055- 0.043	350 -100
	ألياف سائبة	0.044	150
8	منتجات البولي يوريثين		
	ألواح	0.027-0.02	40 -30
	بولي يوريثين منفذ بالرش	0.026	30
9	منتجات الفلين		
	ألواح	0.039-0.033	130 -110
	فلين حبيبات	0.052-0.039	115 -100

تتمة الجدول ب-3

ت	المادة	معامل الموصلية الحرارية [W/(m.K)]	الكثافة (kg/m^3)
10	المون والخرسانات العازلة		
	بيرلايت سائب	0.06 -0.039	176 - 32
	مونة البيرلايت	0.11-0.079	610 -400
	مونة السمنت الرغوي	0.25- 0.1	880 -400
	فيرمكيولايت سائب	0.056	100
	مونة فيرمكيولايت	0.303-0.135	960 -480
	خرسانة الركام خفيف الوزن	1.3-0.18	1920 -640
	الخرسانة المرغاة	0.75-0.36	1920 -1120
11	مطاط جاسئ	0.016	1190
12	قطن	0.042	1500
13	صوف نسيجي	0.063-0.036	330 -110

الملحق (ج)

أمثلة للتصميم الحراري لعناصر إنشائية مختلفة

يمكن حساب معامل انتقال الحرارة الإجمالي للعناصر الإنشائية المختلفة (الجدران والسقوف والأرضيات) بإتباع الخطوات المبينة في الأمثلة التالية:

ج-1 معامل انتقال الحرارة الإجمالي للجدران

يُحسب معامل انتقال الحرارة للجدران المكونة من طبقات من مواد إنشائية مختلفة سمك كل طبقة(di) ومعامل الموصلية الحرارية لكل طبقة(ki) والمبين في الملحق (ب).

المثال(ج-1/1)

لجدار حامل للأثقال يتكون من 20 ملم بياض بالجص من الداخل و240 ملم طابوق مصمت فإن معامل انتقال الحرارة الإجمالي يتم يُحسب كالتالي:

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

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + R_{se}$$

$$R_T = 0.13 + \frac{d1}{k1} + \frac{d2}{k2} + 0.04$$

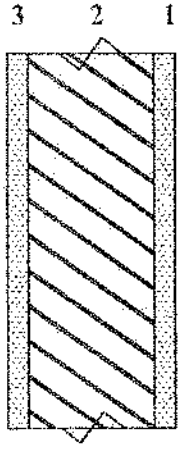
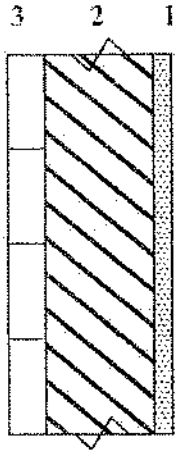
$$R_T = 0.13 + \frac{0.02}{0.57} + \frac{0.24}{0.54} + 0.04$$

$$R_T = 0.6495\ \mathbf{m^2.K/W}$$

$$\mathbf{U_T = 1.539\ W/(m^2.K)}$$

يُحسب معامل انتقال الحرارة الإجمالي للجدران ذات الطبقات المتجانسة من المواد الإنشائية المختلفة بنفس الطريقة المبينة في المثال السابق، علما إن قيم معامل الموصلية الحرارية (k) للمواد الإنشائية المختلفة ومواد العزل الحراري مبينة في الملحق ب. الجدول ج-1 يبين قيم معامل انتقال الحرارة الإجمالي للجدران.

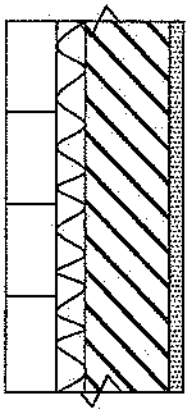
الجدول ج-1 :معامل انتقال الحرارة الإجمالي للجدران

	معامل انتقال الحرارة الإجمالي $W/(m^2.K)$	جدار حامل للأثقال		
		تركيب الجدار		
		طبقة (3)	طبقة (2)	طبقة (1)
	1.493	20 ملم لبخ بالسمنت	240 ملم طابوق صلد	20 ملم بياض بالجص
	1.121	20 ملم لبخ بالسمنت	360 ملم طابوق صلد	20 ملم بياض بالجص
	0.731	20 ملم لبخ بالسمنت	240 ملم ثرمستون	20 ملم بياض بالجص
	معامل انتقال الحرارة الإجمالي $W/(m^2.K)$	جدار حامل للأثقال يتضمن طبقة تغليف خارجي		
		تركيب الجدار		
		طبقة (3)	طبقة (2)	طبقة (1)
	1.441	50 ملم حجر حلان	240 ملم طابوق صلد	20 ملم بياض بالجص
	1.355	100 ملم حجر حلان	240 ملم طابوق صلد	20 ملم بياض بالجص
	1.092	50 ملم حجر حلان	360 ملم طابوق صلد	20 ملم بياض بالجص
	1.042	100 ملم حجر حلان	360 ملم طابوق صلد	20 ملم بياض بالجص
	0.718	50 ملم حجر حلان	240 ملم ثرمستون	20 ملم بياض بالجص
	0.696	100 ملم حجر حلان	240 ملم ثرمستون	20 ملم بياض بالجص

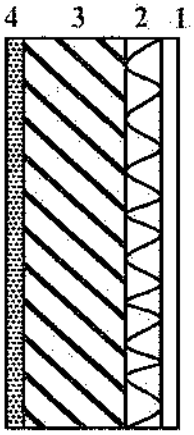
تتمة الجدول ج-1

جدار حامل للأثقال ذو عازل حراري خارجي				معامل انتقال الحرارة الإجمالي $W/(m^2.K)$
تركيب الجدار				
طبقة (1)	طبقة (2)	طبقة (3)	طبقة (4)	
20 ملم بياض بالجص	240 ملم طابوق صلد	50 ملم صوف معدني	120 ملم طابوق تغليف	0.529
20 ملم بياض بالجص	240 ملم طابوق صلد	25 ملم عازل بولي ستايرين	120 ملم طابوق تغليف	0.587
20 ملم بياض بالجص	240 ملم طابوق صلد	50 ملم عازل بولي ستايرين	120 ملم طابوق تغليف	0.394
20 ملم بياض بالجص	360 ملم طابوق صلد	50 ملم صوف معدني	120 ملم طابوق تغليف	0.473
20 ملم بياض بالجص	360 ملم طابوق صلد	25 ملم عازل بولي ستايرين	120 ملم طابوق تغليف	0.519
20 ملم بياض بالجص	360 ملم طابوق صلد	50 ملم عازل بولي ستايرين	120 ملم طابوق تغليف	0.362
20 ملم بياض بالجص	240 ملم ثرمستون	25 ملم عازل بولي ستايرين	120 ملم طابوق تغليف	0.416
20 ملم بياض بالجص	240 ملم ثرمستون	50 ملم عازل بولي ستايرين	120 ملم طابوق تغليف	0.309

4 3 2 1



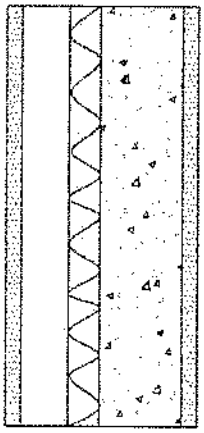
تتمة الجدول ج-1

	معامل انتقال الحرارة الإجمالي $W/(m^2.K)$	جدار حامل للأثقال ذو عازل حراري داخلي			
		تركيب الجدار			
		طبقة (4)	طبقة (3)	طبقة (2)	طبقة (1)
	0.583	20 ملم لبخ بالسمنت	240 ملم طابوق صلد	50 ملم صوف معدني	20 ملم تغليف خشب
	0.654	20 ملم لبخ بالسمنت	240 ملم طابوق صلد	25 ملم عازل بولي ستايرين	20 ملم تغليف خشب
	0.516	20 ملم لبخ بالسمنت	360 ملم طابوق صلد	50 ملم صوف معدني	20 ملم تغليف خشب
	0.571	20 ملم لبخ بالسمنت	360 ملم طابوق صلد	25 ملم عازل بولي ستايرين	20 ملم تغليف خشب
	0.387	20 ملم لبخ بالسمنت	360 ملم طابوق صلد	50 ملم عازل بولي ستايرين	20 ملم تغليف خشب
	0.414	20 ملم لبخ بالسمنت	240 ملم ثرمستون	50 ملم صوف معدني	20 ملم تغليف خشب
	0.449	20 ملم لبخ بالسمنت	240 ملم ثرمستون	25 ملم عازل بولي ستايرين	20 ملم تغليف خشب
	0.327	20 ملم لبخ بالسمنت	240 ملم ثرمستون	50 ملم عازل بولي ستايرين	20 ملم تغليف خشب

تتمة الجدول ج-1

جدار حامل للأثقال مزدوج ذو عازل حراري					معامل انتقال الحرارة الإجمالي $W/(m^2.K)$
تركيب الجدار					
بقة (1)	طبقة (2)	طبقة (3)	طبقة (4)	طبقة (5)	
20 ملم بياض بالجص	200 ملم جدار خرساني	50 ملم صوف معدني	80 ملم جدار خرساني	20 ملم لبخ بالسمنت	0.698
20 ملم بياض بالجص	200 ملم جدار خرساني	25 ملم عازل بولي ستايرين	80 ملم جدار خرساني	20 ملم لبخ بالسمنت	0.802
20 ملم بياض بالجص	200 ملم جدار خرساني	50 ملم عازل بولي ستايرين	80 ملم جدار خرساني	20 ملم لبخ بالسمنت	0.481
20 ملم بياض بالجص	200 ملم جدار خرساني	50 ملم صوف معدني	120 ملم جدار طابوق صلد	20 ملم لبخ بالسمنت	0.624
20 ملم بياض بالجص	200 ملم جدار خرساني	25 ملم عازل بولي ستايرين	120 ملم جدار طابوق صلد	20 ملم لبخ بالسمنت	0.707
20 ملم بياض بالجص	200 ملم جدار خرساني	50 ملم عازل بولي ستايرين	120 ملم جدار طابوق صلد	20 ملم لبخ بالسمنت	0.445

5 4 3 2 1



المثال(ج-1/2)

لجدار حامل للأثقال يتكون من الطبقات التالية (من الداخل الى الخارج)

1- بياض بالجص بسمك 20 ملم

2- بلوك مجوف بسمك 200 ملم

3- طبقة بولي ستايرين بسمك 50 ملم

4- بلوك مجوف بسمك 200 ملم

5- حجر حلان بسمك 50 ملم

فأن معامل انتقال الحرارة الاجمالي يحسب كالتالي:

$$R = R_{si} + \frac{d1}{k1} + \frac{1}{c2} + \frac{d3}{k3} + \frac{1}{c4} + \frac{d5}{k5} + R_{se}$$

$$R = 0.13 + \frac{0.02}{0.57} + \frac{1}{1.4} + \frac{0.05}{0.03} + \frac{1}{1.4} + \frac{0.05}{1.13} + 0.04$$

R_T=2.6654 $\mathbf{m^2 .K/W}$

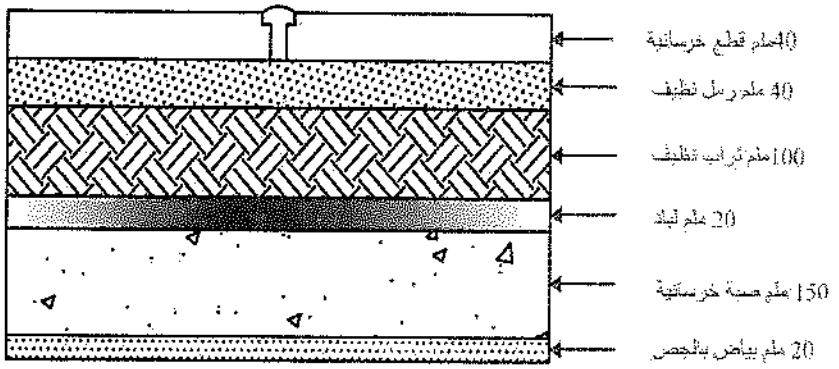
U_T=0.3752 $\mathbf{W/(m^2 .K)}$

ج-2 معامل انتقال الحرارة الإجمالي للسقوف

يُحسب معامل انتقال الحرارة الإجمالي للسقوف المكونة من طبقات من مواد إنشائية مختلفة من سمك كل طبقة ومعامل موصليتها الحرارية المبين في الملحق ب، وكما مبين في المثالين التاليين:

المثال(ج-1/2)

سقف خرساني نهائي بدون إستعمال عازل حراري



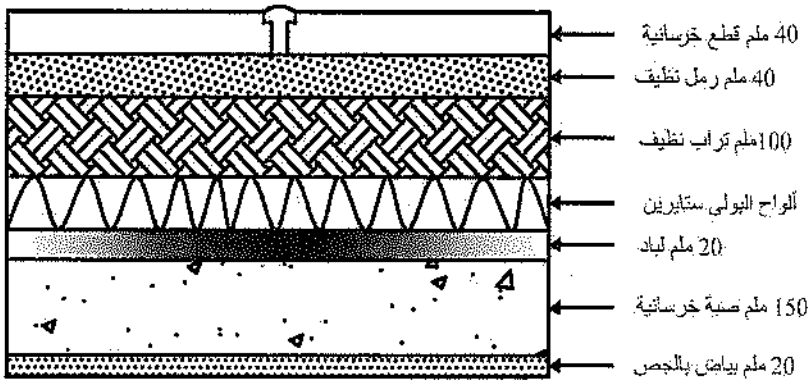
$$R_T = 0.13 + \frac{0.04}{0.85} + \frac{0.04}{0.24} + \frac{0.1}{0.25} + \frac{0.02}{0.35} + \frac{0.15}{1.49} + \frac{0.02}{0.57} + 0.04$$

$$R_T = 1.1296\ \mathbf{m^2.K/W}$$

$$U_T = 0.885\ \mathbf{W/(m^2.K)}$$

المثال(ج-2/2)

سقف خرساني نهائي بإستعمال عازل حراري



عند إستعمال ألواح البولي ستايرين بسمك 25 ملم

$$R_T = 0.13 + \frac{0.04}{0.85} + \frac{0.04}{0.24} + \frac{0.1}{0.25} + \frac{0.025}{0.03} + \frac{0.02}{0.35} + \frac{0.15}{1.49} + \frac{0.02}{0.57} + 0.04$$

$$R_T = 1.963 \quad \mathbf{m^2.K/W}$$
$$U_T = 0.509 \quad \mathbf{W/(m^2.K)}$$

عند إستعمال ألواح البولي ستايرين بسمك 50 ملم

$$R_T = 2.796 \ \mathbf{m^2.K/W}$$

$$U_T = 0.358 \ \mathbf{W/(m^2.K)}$$

الملحق (د)
أمثلة العزل الحراري للمنظومات الميكانيكية والصحية

لتوضيح ما ورد بالباب التاسع حول العزل الحراري للمنظومات الميكانيكية والصحية تقدم الأمثلة التالية:

المثال د-1 العزل الحراري لمنظومة مجاري الهواء

الشكل (د-1) يبين منظومة مجاري هواء تستعمل لأغراض التدفئة والتبريد في بناية تقع في مدينة بغداد. لغرض تحديد متطلبات العزل الحراري للمنظومة فقد قسمت إلى مقاطع بحسب الظروف التي يتعرض لها كل مقطع وكما يلي:-

1- مجمعات الهواء والغلاف الخارجي لوحدة التدفئة أو التبريد
(Heating or Cooling Unit Casing and Plenums)

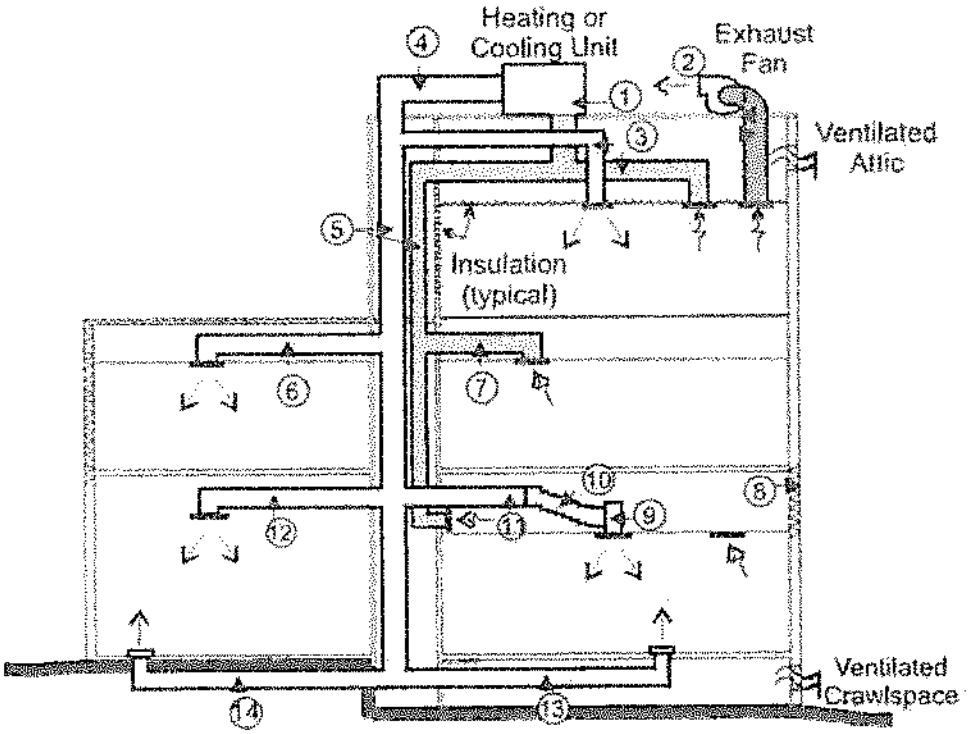
إذا كانت هذه الوحدات منفصلة ومصنعة على وفق القياسات والمعايير العالمية الخاصة بترشيد الطاقة بما فيها الغلاف الخارجي فلا تحتوي على تطبيقات عزل مجاري الهواء. أما إذا كانت خلاف ذلك فإن الغلاف الخارجي يجب أن يعزل كما لو كان مجرى هواء معرضا للظروف الخارجية.

2- مجرى الهواء العادم (Exhaust Ductwork)

لا تحتاج مجاري الهواء العادم إلى عزل حراري ،حيث أنها لم تذكر في كل من الجدولين 9-4/1 و 9-4/2، في جميع التطبيقات، لأن عزل مجاري الهواء العادم ليس له تأثير على الحمل الحراري للبناية.

3- مجاري تجهيز وإرجاع الهواء خلال حيز علوي بتهوية
(Supply and Return Duct in Vented Attic)

يمرمجرى الهواء خلال حيز علوي (ذو سطح خارجي) له تهوية إلى الخارج. إعتمادا على الجدول9-4/2 فإن مجرى تجهيز الهواء الذي يستعمل لكل من التدفئة والتبريد والمار خلال هذا الحيز يتحقق عزله بطبقة عازل مقاومتها الحرارية (R-1.06 $m^2.K/W$) . أما مجرى إرجاع الهواء المار خلال هكذا حيز فيعزل بطبقة مقاومتها (R-0.62) .



الشكل د–1: مثال لشبكة مجاري هواء في منظومة تكييف

1- الغلاف الخارجي لوحدة التكييف.

2- مجرى الهواء العادم.

3- تجهيز وإرجاع الهواء خلال حيز علوي بتهوية.

4- التجهيز خارج البناية.

5- التجهيز والإرجاع خلال النفق.

6- التجهيز خلال حيز علوي بدون تهوية.

7- الإرجاع خلال سقف ثانوي مكيف بصورة غير مباشرة.

8- جدار خارجي لمجمع إرجاع الهواء.

9- مخرج تجهيز خلال مجمع هواء.

10- مجرى تجهيز مرن خلال مجمع.

11- تجهيز هواء خلال مجمع.

12- تجهيز الهواء خلال حيز مكيف.

13- تجهيز خلال حيز أرضي مع تهوية.

14- تجهيز تحت الأرض وبدون تهوية.

4- مجاري تجهيز وإرجاع الهواء خارج البناية

(Supply and Return Duct on Exterior of the Building)

اعتمادا على الجدول 9-2/4 فإن مجرى تجهيز الهواء الذي يستعمل لكل من التدفئة والتبريد والمار خارج البناية يُعزل بطبقة عازل مقاومتها الحرارية (R-1.06) . أما مجرى إرجاع الهواء فيعزل بطبقة مقاومتها (R-0.62) .

5- مجاري تجهيز وإرجاع الهواء خلال حيز غير مكيف

(Supply and Return Duct in Unconditioned Space)

النفق العمودي (Shaft) الموضح بالشكل هو حيز غير مكيف تكون جدرانه مع الحيز المكيف معزولة ومع الخارج غير معزولة. بحسب ما ذكر في الجدول 9-2/4 فإن مجرى تجهيز الهواء الذي يستعمل لكل من التدفئة والتبريد والمار خلال هذا النفق يُعزل بطبقة عازل مقاومتها الحرارية (R-0.62) . أما مجرى إرجاع الهواء فلا يحتاج لعازل.

6- مجاري تجهيز وإرجاع الهواء خلال حيز علوي بدون تهوية وسقفه معزول

(Supply and Return Duct in Unvented Attic with Roof Insulation)

في هذه الحالة فإن مجرى الهواء يمر خلال حيز علوي بدون تهوية لكن سقفه معزول حراريا من الأعلى. بحسب ما ذكر في الجدول 9-2/4 فإن مجرى تجهيز الهواء الذي يستعمل لكل من التدفئة والتبريد والمار خلال هذا الحيز يُعزل بطبقة عازل مقاومتها الحرارية (R-0.62). أما مجرى إرجاع الهواء فلا يحتاج لعازل.

7- مجاري إرجاع الهواء خلال حيز مكيف سقفه مكيف بصورة غير مباشرة

(Return Duct in Indirectly Conditioned Ceiling Space)

مجرى الهواء في هذه الحالة يمر خلال سقف علوي غير معرض للظروف الخارجية مع وجود تكييف غير مباشر عبر السقف ومن حيز مكيف. لذلك بحسب الجدول فلا حاجة لعزل مجرى الهواء الراجع.

8- الجدار الخارجي لمجمع الإرجاع (Exterior Wall of Return Plenum)

في هذه الحالة فإن السقف الثانوي يستعمل كمجمع إرجاع (Return Plenum) لذلك فإن الجدران الخارجية لهذا الحيز هي عمليا تجعل الحالة وكأنها حالة مجرى إرجاع هواء معرض الخارج. لذا تتم المعالجة إما بعزل جزء الجدار المعرض للخارج أو اعتبار الحالة كأنها مجرى معرض للخارج ويتحقق عزله كما ذكر بالفقرة (4).

9- مخرج هواء خلال مجمع إرجاع الهواء (Supply Outlet in Return Plenum)

مجمع الهواء المتصل بمخارج الهواء هو جزء من منظومة مجاري تجهيز الهواء لذلك يجب عزله كما تعزل مجاري تجهيز الهواء التي ستذكر في الفقرة (11).

10- مجرى تجهيز هواء مرن خلال مجمع إرجاع (Supply Run-out in Return Plenum)

إن هذا المجرى ولحد 3 أمتار (المسافة إلى مخارج الهواء أو إلى صناديق وحدات الهواء المتغير (VAV) فإنها تحتاج لعازل بمقاومة حرارية (R-0.62) . لذلك يمكن استعمال مجرى قياسي مرن (Standard Flexible Duct) مع عازل سمكه 1 انج حيث تكون مقاومته الحرارية (R-0.7). إن استعمال مجرى مرن مع عازل سمكه 2in عموماً غير متيسر دائماً.

11- مجرى تجهيز هواء خلال مجمع إرجاع (Supply Ducts in Return Plenum)

يعتبر مجمع إرجاع الهواء مكيفاً بصورة غير مباشرة بسبب التدفق الحجمي الكبير للهواء الراجع خلاله. يعزل مجرى الهواء المجهز خلال هذا الحيز بصورة مشابهه للحالة (6) حتى إذا كان سطحها معرضا للخارج، أي يكون عزلها بعازل مقاومته الحرارية (R-0.62) .

12- مجاري تجهيز وإرجاع الهواء خلال الحيز المكيف

(Supply and Return Duct in Conditioned Space)

إن مجاري تجهيز وإرجاع الهواء المارة خلال الحيز المكيف نفسه كما واضح بالشكل لا تحتاج إلى عزل حراري. لكن من وجهة نظر عملية فإن عزل مجرى تجهيز الهواء البارد يكون مطلوبا لمنع حدوث عملية التكثف خصوصا عندما يمر هذا المجرى بأماكن ذات رطوبة مرتفعة.

13- مجاري تجهيز وإرجاع الهواء خلال حيز أرضي مع تهوية

(Supply and Return Duct in Vented Crawl Space)

الحيز الأرضي مع التهوية يعتبر حيزا غير مكيف ولذلك فإن مجاري الهواء المارة خلاله يكون عزلها على وفق الحالة (5).

14- مجاري تجهيز وإرجاع الهواء المارة تحت الأرض

(Supply and Return Duct Below Grade)

مجاري هواء التجهيز المارة تحت الأرض يجب أن تعزل بعازل مقاومته الحرارية (R-0.62). أما مجرى إرجاع الهواء فلا يحتاج لعازل.

<u>المثال د-2</u> العزل الحراري لمنظومة أنابيب الماء

مطلوب عزل أنبوب فولاذي (Steel pipe) لتجهيز ماء مثلج قطره (10 in) ويمر خارج البناية. درجة الحرارة التصميمية للماء المثلج ($6.7\ ^{o}C$-$12.2\ ^{o}C$)، والعازل المطلوب استعماله من نوع الخلايا الزجاجية (Cellular Glass) حيث يفضل هذا النوع من العوازل للاستعمال الخارجي كونه متينا ولا يمتص الماء كما هو الحال بالنسبة لليف أو الصوف الزجاجي (Fiberglass). يراد معرفة سمك العازل المطلوب لهذا الأنبوب.

من الجهة المصنعة للعازل المطلوب يمكننا معرفة الموصلية الحرارية له وهي (k=0.047 W/m.K) عند متوسط درجة حرارة قدرها (23.9 °C). إن قيمة الموصلية هذه هي أعلى وخارج حدود الموصلية الحرارية المذكورة بالجدول 1/3-9 والمناظرة لنفس معدل درجة حرارة الماء المار بالأنبوب، حيث كانت (0.032–0.04 W/m.K)، لذا فإن سمك العازل المطلوب سيحسب من المعادلة (1/3-9) كما يلي:

$$T = r\left[\left(1+\frac{t}{r}\right)^{K/k} - 1\right]$$

$$T = 13.65\left[\left(1+\frac{2.5}{13.65}\right)^{0.047/0.04} - 1\right]$$

$$T = 3 \text{ cm}$$

T = أقل سمك مطلوب للعازل الحراري (سم).

r = نصف القطر الخارجي الفعلي للأنبوب ويساوي (13.65 سم).

t = سمك العازل المطلوب ويؤخذ من الجدول 1/3-9 ويساوي (2.5 سم) للحالة المعطاة.

K = الموصلية الحرارية للعازل البديل وهي (k=0.047 W/m.K) وتؤخذ من الجهة المصنعة.

k = أعلى قيمة موصلية حرارية للعازل من الجدول 1/3-9 بحسب معدل درجة حرارة المائع وللحالة المعطاة كانت قيمتها (k=0.040 W/m.K).

إن أقرب أكبر سمك قياسي للعازل البديل يكون اختياره هو(1.5 in أو 2 in) أي (3.75سم أو5سم)

رقم الايداع في دار الكتب والوثائق ببغداد (٣١١٤ لسنة ٢٠١٣)

مطبعة الوقف الحديثة