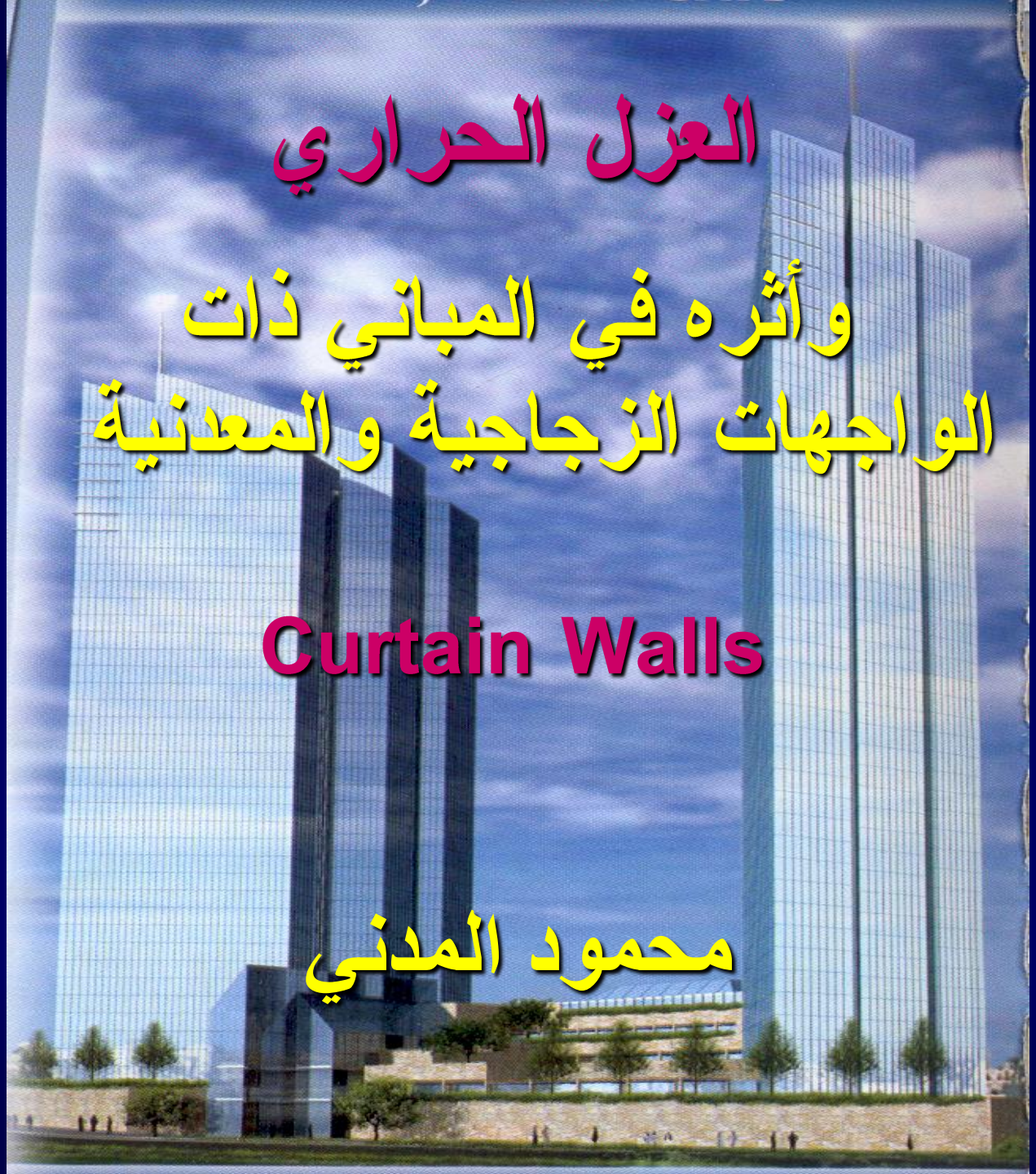


العزل الحراري

وأثره في المباني ذات الواجهات الزجاجية والمعدنية

Curtain Walls

محمود المدني

العزل الحراري

وأثره استخدامه في المباني ذات ألأوجه الزجاجية والمعدنية

Curtain Wall

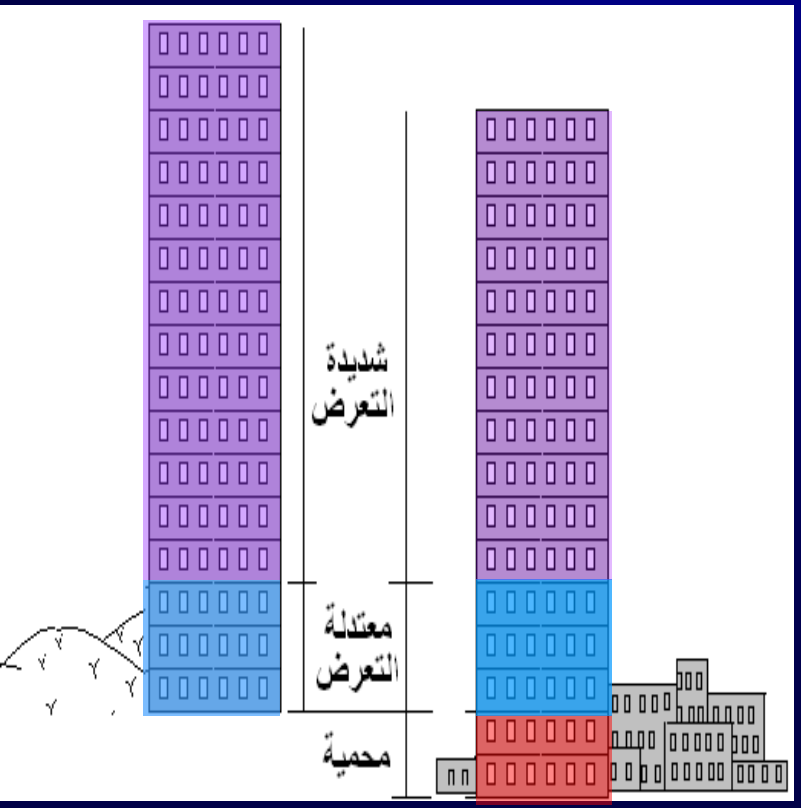
لقد أخذ العزل الحراري في القطاع الإنشائي يحظى باهتمامات الكثيرين لما له من آثارِ ايجابية عديدة.

ومع التوسع في النشاط العمراني وانتشار المباني متعددة الأدوار والأبراج العالية ذات ألواجهات الزجاجية والمعدنية ومدى الحاجة إلى الحد من الإنتقال الحراري منها وإليها نظرا" لارتفاع انتقاليتها الحرارية لتقليل استهلاك الطاقة وتوفير الجو المناسب فيها . وكذلك حماية المباني من خطر نشوب الحريق ، الذي يذهب ضحيته الكثيرين وما ينتج عنه من خسائر مادية فادحة يدفع ثمنها الفرد والإقتصاد الوطني . ألأمر الذي دعا المعنيين لوضع القوانين والتشريعات التي تساهم في تقليل استهلاك الطاقة وتوفير السلامة العامة

أولا" توفير استهلاك الطاقة

بالرغم من المنظر الجمالي التي تضفيه الواجهات المعدنية والزجاجية للمباني والأبراج العالية ولكنها من ناحية أخرى تسمح بانتقال قدر كبير من الحرارة من وإلى هذه الابنية وذلك نظرا" لارتفاع موصليتها وانتقاليتها الحرارية التي تتعدى القيم المقبولة للمواصفات الحرارية القياسية التى تشرعها الجهات المعنية من أجل توفير استهلاك الطاقة . ونظرا" لارتفاع المباني وزيادة تعرض الأدوار العلوية منها للعوامل الجوية مما يزيد من انتقالية هذه الأسطح للحرارة وبالتالي زيادة كمية الحرارة المنتقلة من خلالها الأمر الذي يستدعي استخدام السبل المناسبة لعلاج هذه المشكلة .

ويمكن تصنيف الأسطح حسب درجة التعرض للعوامل الجوية إلى ما يلي :



سطوح محمية : تشمل الطابقين الأول والثاني فوق مستوى سطح الأرض في بناية تقع في المناطق الداخلية من المدن .

سطوح معتدلة التعرض : وتشمل الطوابق الثالث والرابع والخامس في بناية تقع في المناطق الداخلية للمدن

وتشمل أيضا" الطوابق الأول والثاني والثالث في بناية تقع في المناطق المحيطة بالمدن .

سطوح شديدة التعرض : وتشمل الطوابق السادس وما يعلوه في بناية تقع في المناطق الداخلية للمدن

وتشمل أيضا" الطوابق الرابع وما يعلوه في بناية تقع في المناطق المحيطة بالمدن ، وأيضا" المباني التي تقع على الشواطىء وحافة المرتفعات .

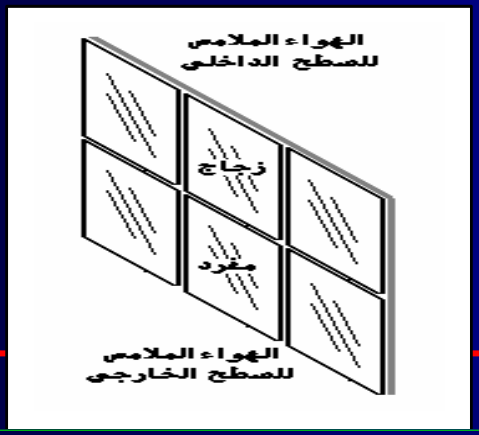
ويمكن التعرف على الخصائص الحرارية لهذه الأسطح ، وذلك من خلال نتائج الحسابات الحرارية

أ - الزجاج المفرد (Single glaze)

لا تقل الإنتقالية الحرارية للزجاج المفرد في أحسن حالاته عن و(٥,٠) واط/ م٢م° للأسطح المحمية ، و(٥,٦) واط/ م٢م° للأسطح متوسطة التعرض ، و(٦,٧) واط/ م٢م° للأسطح شديدة التعرض .

وبالتالي فإن المقاومة الحرارية الكلية وألأنتقالية الحرارية للواجهات الزجاجية المفردة للأسطح معتدلة التعرض مثلا" تكون كمايلي :

المقاومة الحرارية والإنتقالية الحرارية لجدار قبل وبعد العزل		المقاومة الحرارية لجدار م² م° / واط	
مكونات الجدار	السمك/ ملم	قبل العزل	بعد العزل
طبقة الهواء الملامسة للسطح الخارجي	*	*	*
زجاج مفرد	*	*	0.178
صوف صخري	50	*	1.56
طبقة الهواء الملامس للسطح الداخلي	*	*	0.123
المقاومة الحرارية الكلية (م² م° / واط)		0.178	1.80
الإنتقالية الحرارية (U Value) واط/ م² م °		5.6	0.53



الإنتقالية الحرارية للواجهات الزجاجية المفردة المعزولة بنسبة 50% من المساحة هي w/m²c 3.06

النسبة المعزولة من المساحة التي تحقق المواصفات القياسية المقبولة (w/m²c 1.6) هي 80%

ب- الزجاج المزدوج (Double glaze)

لا تقل الإنتقالية الحرارية للزجاج المزدوج في أحسن حالاته عن و(٣,٠) واط/ م٢م ◦ للأسطح المحمية ، و(٣,٢) واط/ م٢م ◦ للأسطح متوسطة التعرض ، و(٣,٥) واط/ م٢م ◦ للأسطح شديدة التعرض .

وبالتالي فإن المقاومة الحرارية وألأنتقالية الحرارية الكلية للواجهات الزجاجية المزدوجة للأسطح معتدلة التعرض مثلا" تكون كمايلي :

المقاومة الحرارية والإنتقالية الحرارية لجدار قبل وبعد العزل		المقاومة الحرارية لجدار م² م° / واط	
مكونات الجدار	السمك/ ملم	قبل العزل	بعد العزل
طبقة الهواء الملامسة للسطح الخارجي	-	*	0.060
زجاج مزدوج	6	0.31	0.31
صوف صخري	50	*	1.56
طبقة الهواء الملامس للسطح الداخلي	-	*	0.123
المقاومة الحرارية الكلية (م² م° / واط)		0.31	2.00
الإنتقاية الحرارية (U Value) واط/ م² م °		3.2	0.5

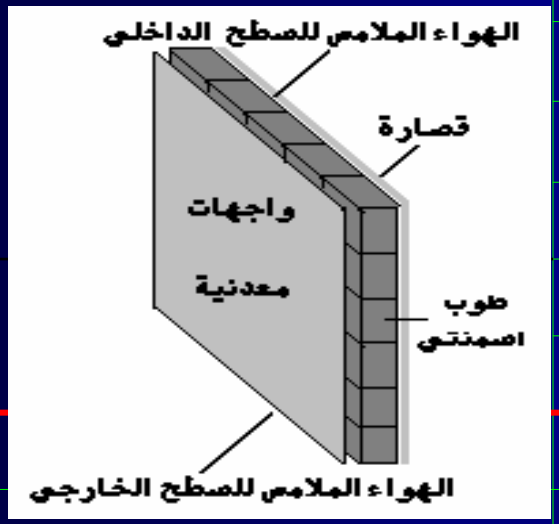
الإنتقالية الحرارية للواجهات الزجاجية المزدوج المعزولة بنسبة 40% من المساحة هي 2.12 w/m²c

النسبة المعزولة من المساحة التي تحقق المواصفات القياسية المقبولة (1.6 w/m²c) هي 60%

الواجهات المعدنية (Metal surfaces)

تعتبر الأسطح المعدنية جيدة التوصيل للحرارة وأن مقاومتها الحرارية شبه معدومة، وأن انتقاليتها الحرارية هي أقصى ما يمكن . ويمكن حساب المقاومة الحرارية وألأنتقالية الحرارية الكلية للواجهات المعدنية مع طبقة من الطوب الخرساني لتكون النتائج على النحو التالي :

المقاومة الحرارية والإنتقالية الحرارية لجدار قبل وبعد العزل		المقاومة الحرارية لجدار م² م° / واط	
مكونات الجدار	السمك/ ملم	قبل العزل	بعد العزل
طبقة الهواء الملامسة للسطح الخارجي	-	0.070	0.070
صفائح ألمنيوم	1 - 3	0	0.178
صوف صخري	50	-	1.56
طوب مفرغ	150	0.166	0.166
طبقة الهواء الملامس للسطح الداخلي	-	0.123	0.123
المقاومة الحرارية الكلية (م² م° / واط)		0.359	2.01
الإنتقالية الحرارية (U Value) واط/ م² م °		2.785	0.5



الإنتقالية الحرارية(قبل العزل) للواجهات المعدنية مع نسبة 40% من المساحة زجاج مزدوج : w/m²c 2.950

الإنتقالية الحرارية للواجهات المعدنية مع الزجاج المزدوج بعد عزل 40% من المساحة : w/m²c 2.12

النسبة المعزولة من المساحة التي تحقق المواصفات القياسية المقبولة (w/m²c 1.6) هي 60%

إن النتائج هذه تشير إلى أن الإنتقالية الحرارية للواجهات الزجاجية والمعدنية أعلى بكثير من القيم القياسية المقبولة ولا تحقق متطلبات المواصفة القياسية الحرارية الأردنية للجدران (١,٦ واط/م^{2}م$^\circ$)

وبالتالي فإن كمية الحرارة المنتقلة من خلال هذه الواجهات تعتبر عالية مما يستلزم ايجاد السبل الممكنة للحد من الإنتقال الحراري

الحمل الحراري

إن كمية الحرارة المنتقلة من خلال الواجهات الزجاجية والمعدنية يمكن حسابها باستخدام العلاقة الرياضية التالية:

$$Q = A \times U \times \Delta T$$

حيث ان (Q) : كمية الحرارة المنتقلة (وات)

(A) : مساحة الأسطح (م٢)

(U) : الإنتقالية الحرارية لهذه الاسطح (وات/م^{2}م$^\circ$)

كمية الحرارة المنتقلة من خلال مساحة ١٠٠م^2

للواجهات الزجاجية المفردة = 100 x 5.6 x 16 = 8960 وات

للواجهات الزجاجية المزدوجة = 100 x 3.2 x 16 = 5120 وات

للواجهات المعدنية + ٤٠ % زجاج مزدوج = 100 x 2.95 x 16 = 4720 وات

ولتخفيض الإنتقالية الحرارية لهذه الواجهات وتقليل الأحمال الحرارية المنتقلة من خلالها نستخدم العازل الحراري (صوف صخري سماكة ٥سم مثلا“) . حيث تشير النتائج التالية إلى ما يلي :

الإنتقالية الحرارية للواجهات الزجاجية والمعدنية وكمية الحرارة المنتقلة من خلالها قبل استخدام الصوف الصخري كعازل الحراري وبعده

	الحالة	الإنتقالية الحرارية (U) وات/م²م°	كمية الحرارة المنتقلة من خلال مساحة ١٠٠م² (واط)	نسبة الوفر في الطاقة
الواجهات الزجاجية المفردة	قبل العزل	5.6	8960	0
	50% معزولة	3.06	4896	45 %
لتحقيق المواصفات القياسية	80% معزولة	1.6	2560	71 %
الواجهات الزجاجية المزدوجة	قبل العزل	3.2	5120	0
	40% معزولة	2.12	3392	44 %
لتحقيق المواصفات القياسية	60% معزولة	1.6	2560	50%
الواجهات المعدنية + 60% زجاج مزدوج	قبل العزل	3.2	5120	0
	40% معزولة	2.12	3392	28 %
لتحقيق المواصفات القياسية	60% معزولة	1.6	2560	46 %

لما تقدم فإن استخدام الزجاج المفرد في المباني ذات الواجهات الزجاجية أمرا" غير عمليا" نظرا" لارتفاع انتقاليته الحرارية .

كما أن عزل مساحات مناسبة من الزجاج المزدوج وتحسين كفاءة هذه الواجهات باستخدام زجاج مزدوج ذو انتقالية حرارية أقل أمرا"ضروريا"

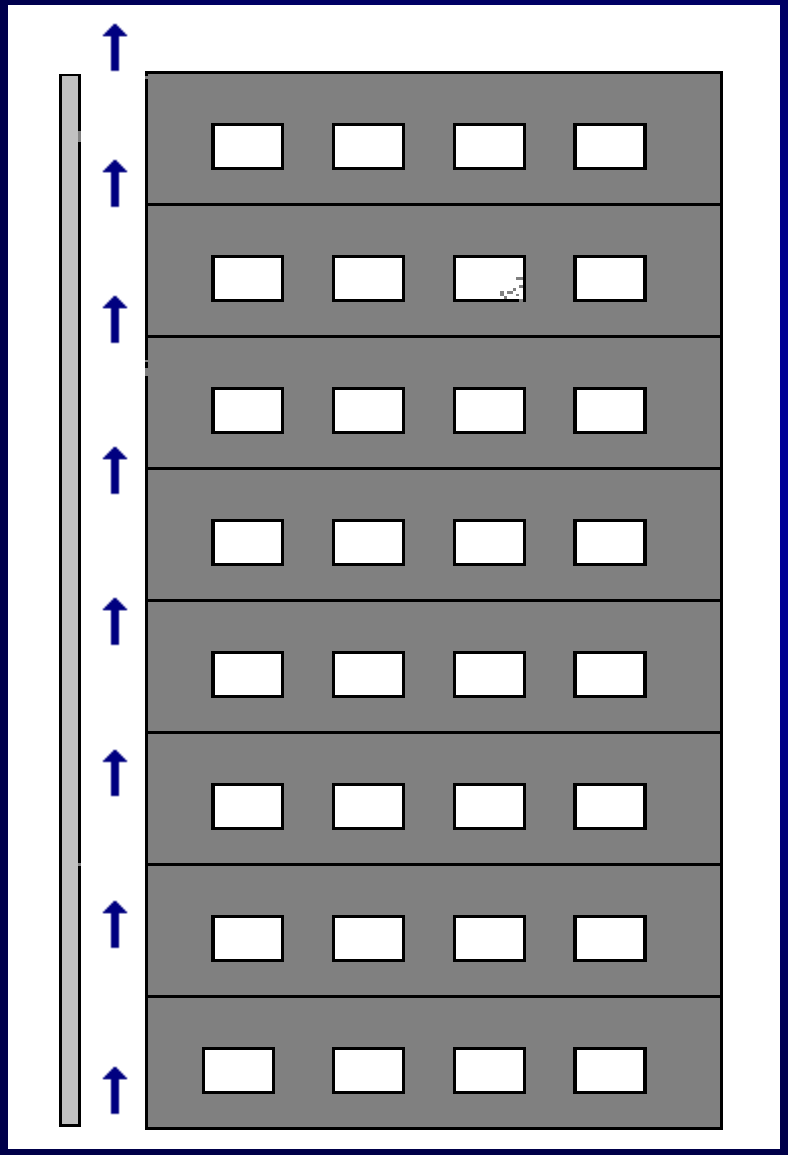
إن النتائج المذكورة قد احتسبت للأسطح معتدلة التعرض ، وحيث أن الإنتقالية الحرارية تزيد بزيادة شدة التعرض للعوامل الجوية فإن كمية الحرارة المنتقلة من خلال هذه الواجهات تزيد مما يستدعي زيادة نسبة المساحات المعزولة منها.

يتبين مما تقدم بأن العازل الحراري يساهم بشكل كبير في الحد من الإنتقال الحراري وبالتالي توفير الجو المناسب وتقليل استهلاك الطاقة .

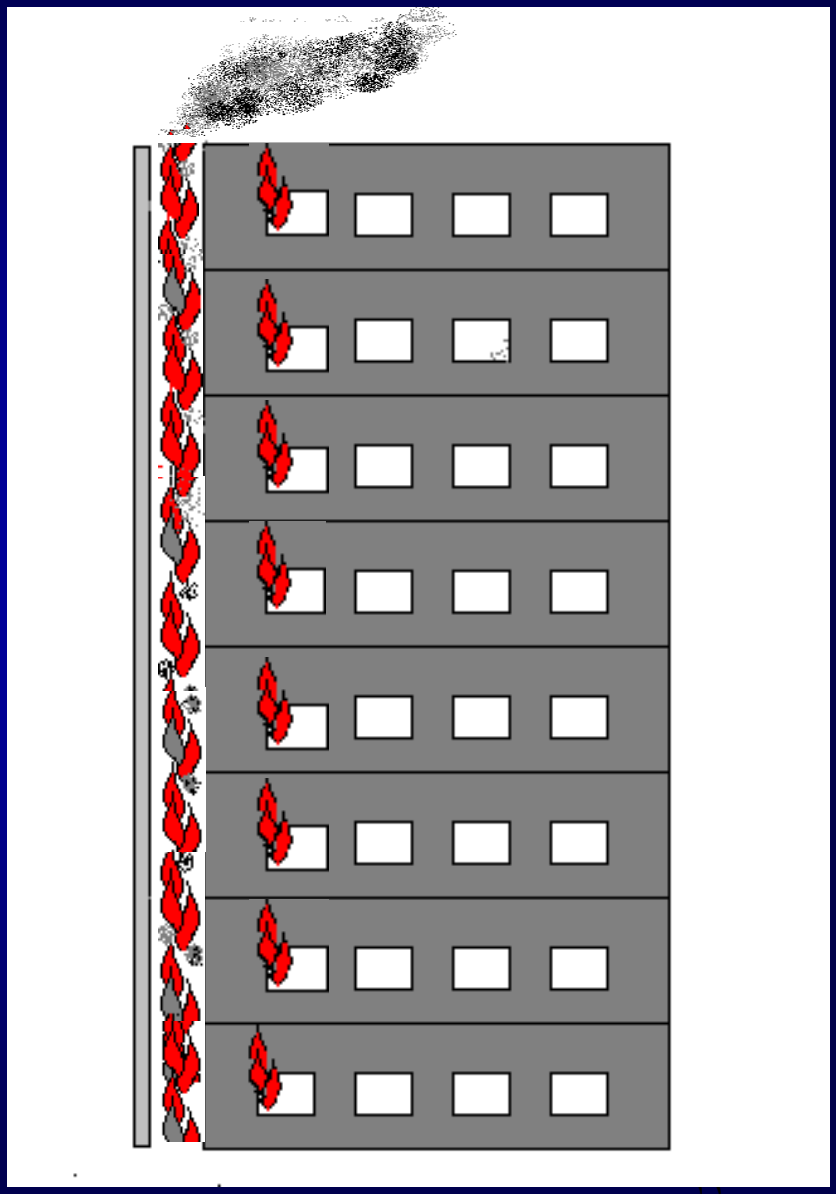
ثانيا“ منع انتشار الحريق

إنتشار الحريق في المباني ذات الواجهات المعدنية والزجاجية

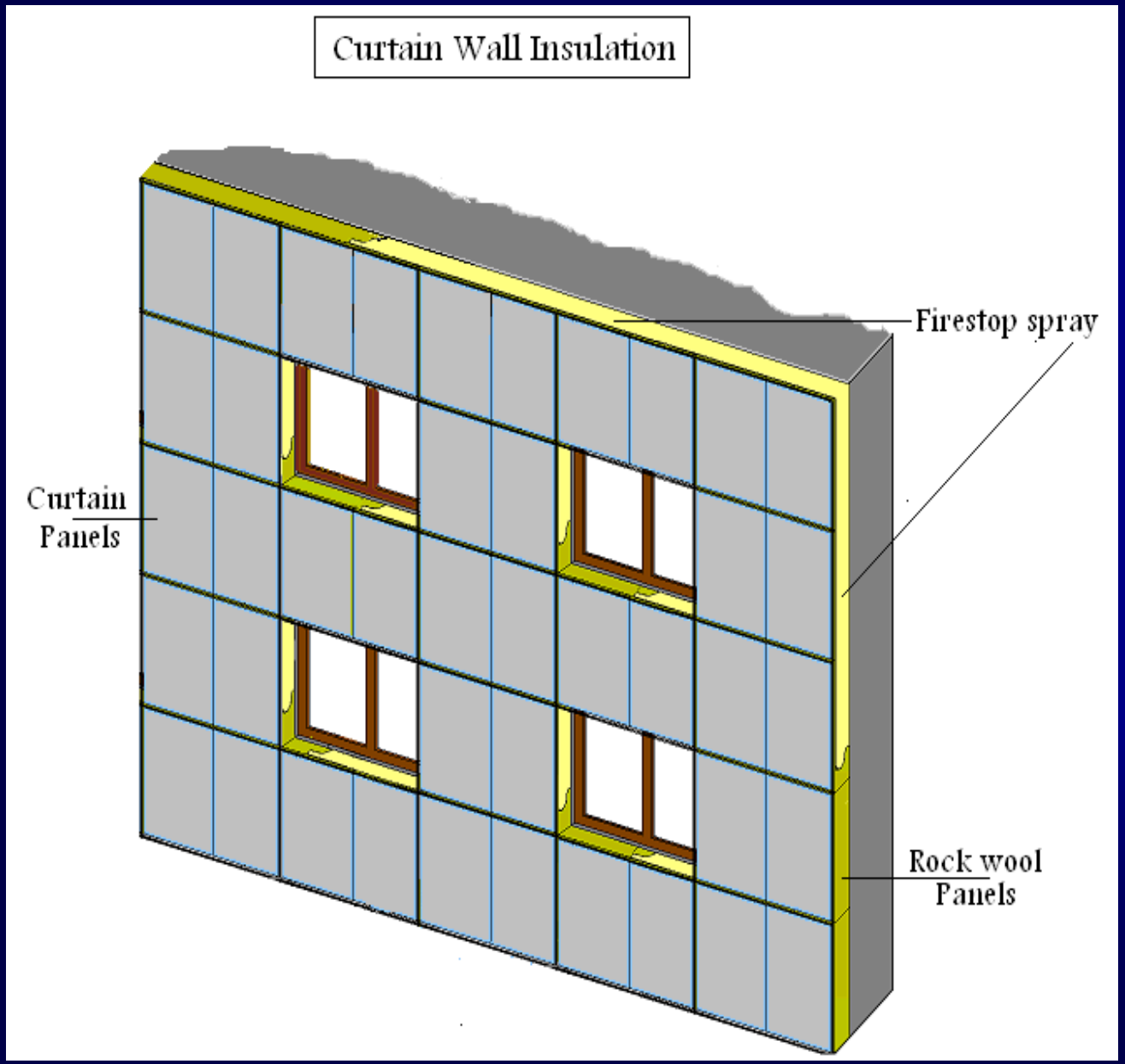
Curtain Wall



بدأ الإهتمام في الآونة الأخيرة إلى تصفيح الجدران الخارجية للمباني متعددة الأدوار والأبراج بالواجهات الزجاجية والمعدنية والتي تترك خلفها فراغا" هوائيا" ، حيث يعمل هذا الفراغ على المساعدة في انتشار الحريق والغازات الخانقة والسامة الناتجة عنه، من الأدوار السفلية إلى الأدوار العلوية وذلك نتيجة لزيادة نشاط تيارات الحمل فيه الأمر الذي يستدعي إيجاد الحلول المناسبة للحيلولة دون حدوثه .



الحد من انتشار الحريق في المباني ذات الواجهات المعدنية والزجاجية



من أجل الحيلولة دون انتشار الحريق خلف الواجهات المعدنية والزجاجية يتم ملىء الفراغ خلفها بإحكام بمواد غير قابلة للإشتعال ومقاومة الحريق كالصوف الصخري كأبرز المواد المستخدمة لهذه الغاية .

كما يمكن رش الفواصل بين ألواح الصوف الصخري بمواد مقاومة للحريق للحيلولة دون تسرب الغازات من خلالها

الآثار غير المباشرة عن نشوب حرائق في ألأبراج والمباني العالية

نشوب الحرائق في المباني العالية والأبراج والتي تعتمد في إنشاءها على الهياكل والجسور المعدنية الحاملة لهذه المباني قد يؤدي إلى انهيارها نتيجة لتعرض هذه الأعمدة والقواعد المعدنية للحرارة الشديدة التي تؤدي إلى تقوسها وانصهارها مما يؤدي إلى انهيار هذه المباني .

ومن أجل حماية هذه المباني من خطر السقوط والإنهيار ، يستلزم عزل هذه القواعد والأعمدة المعدنية بمواد عازلة للحرارة ومقاومة للحريق وتتحمل درجات حرارة عالية ، للحيلولة دون وصول الحرارة العالية المباشرة إليها .

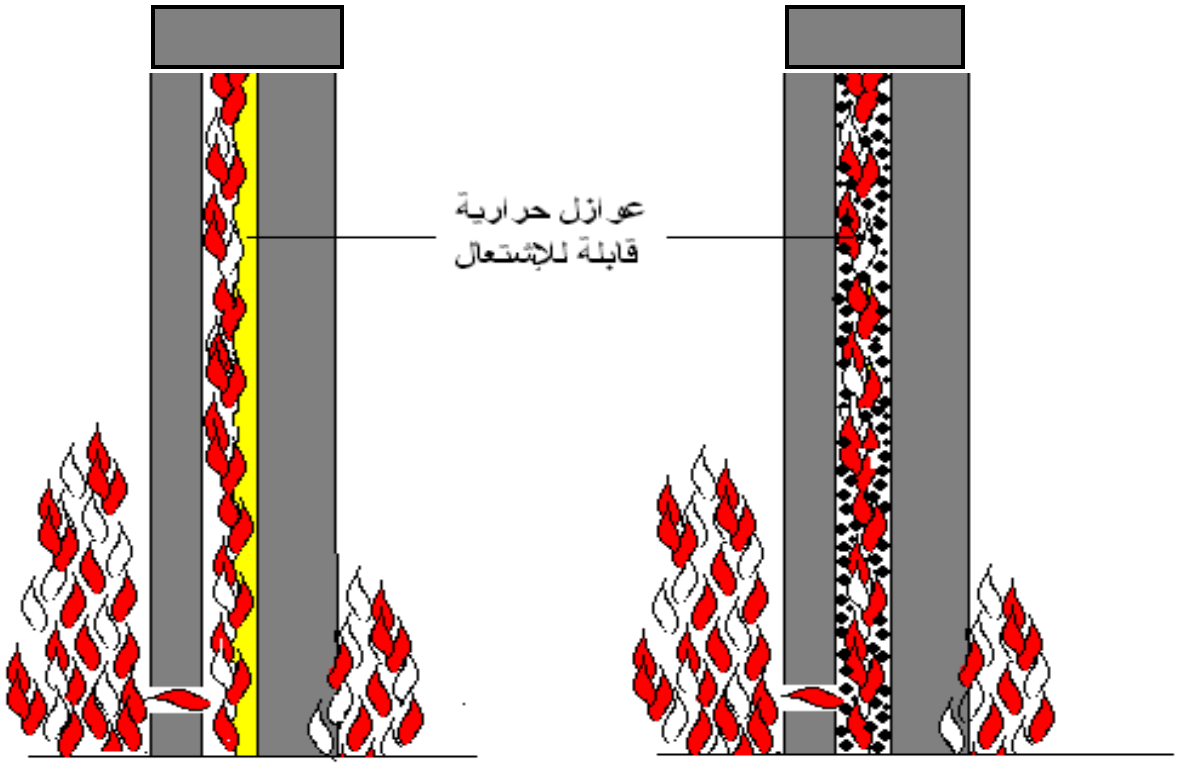
خصائص العوازل الحرارية المانعة لانتشار الحريق

** عدم قابليتها للإشتعال

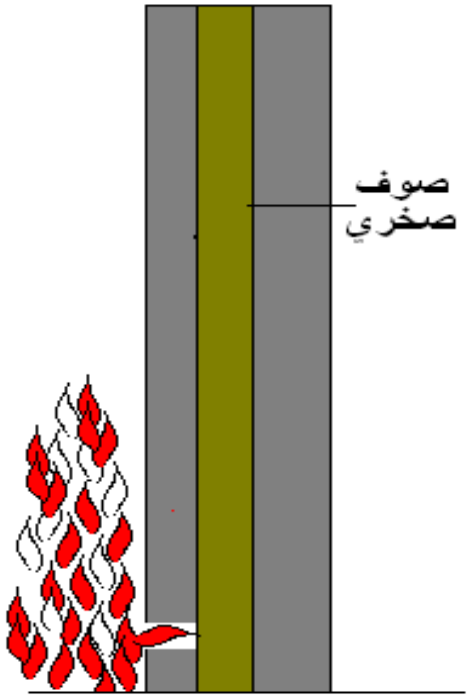
** قدرتها على الحد من االإنتقال الحراري

عدم قابلية العازل الحراري للإشتعال

يشترط في العازل الحراري المستخدم في أنظمة منع انتشار الحريق أن يكون غير قابل للإشتعال ويتحمل درجات حرارة عالية كالعوازل المعدنية (صوف صخري)



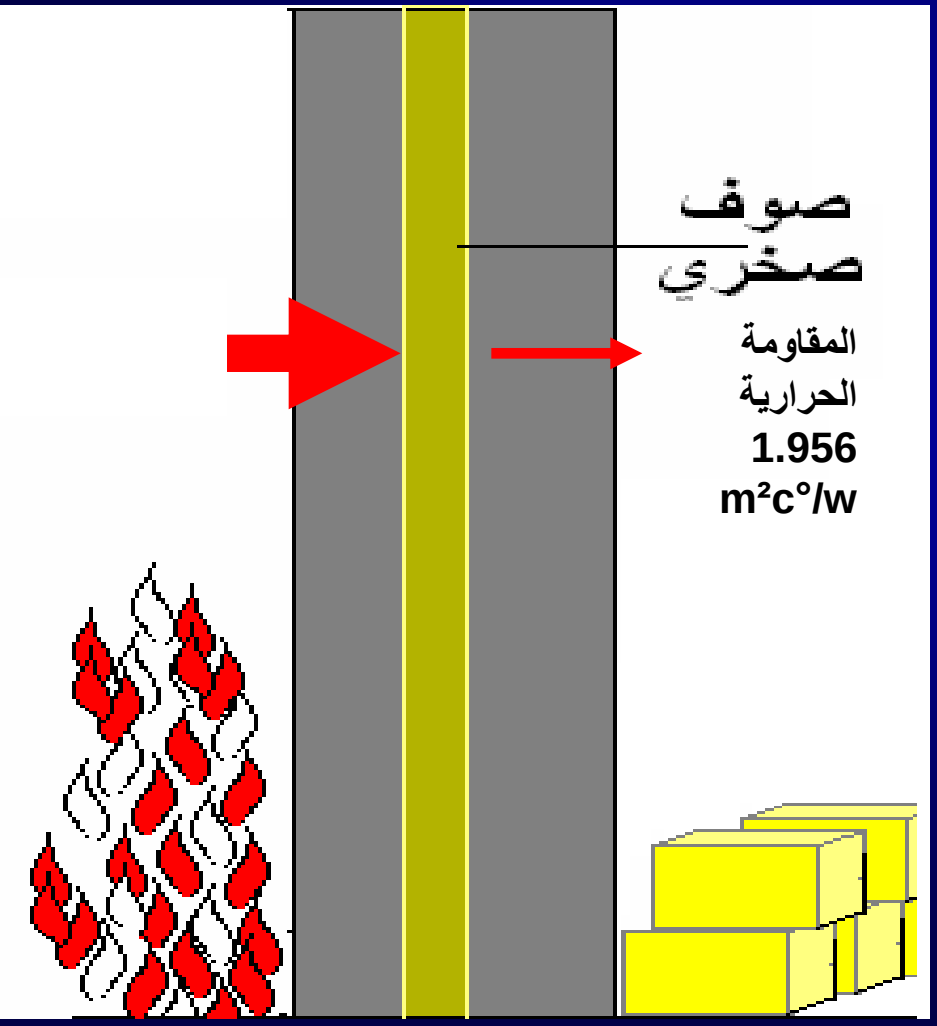
مواد قابلة للإشتعال وتسمح بانتشار الحريق

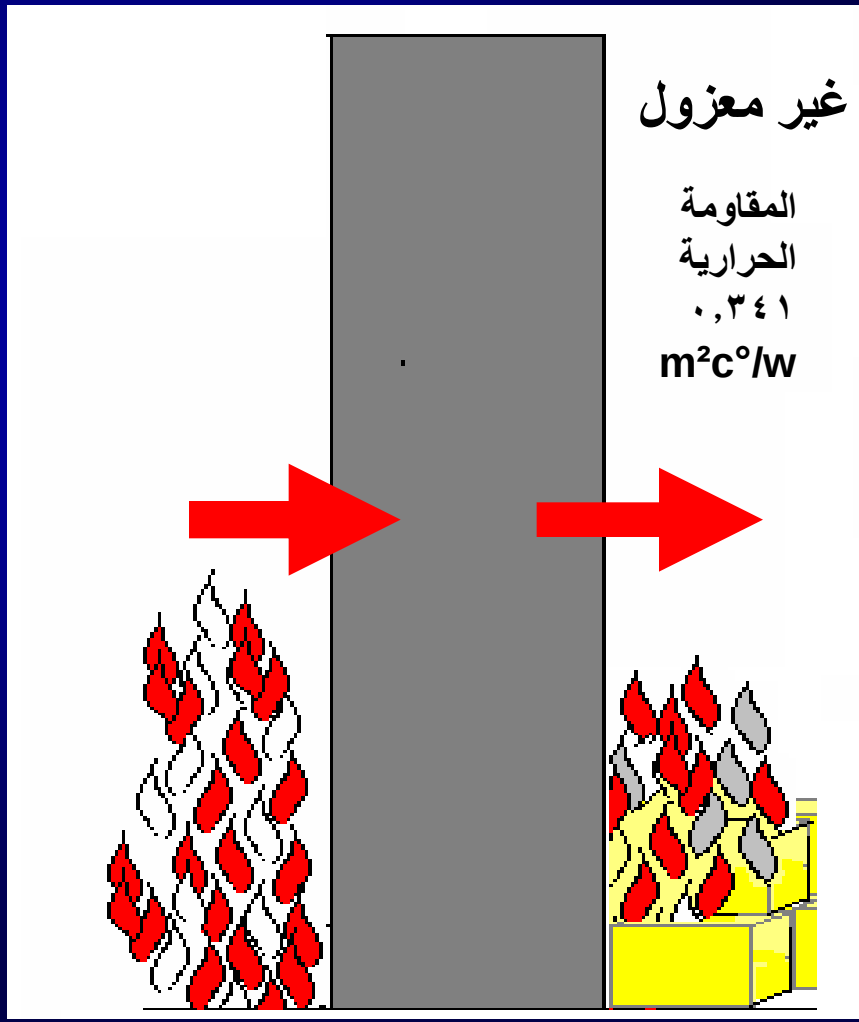


مواد غير قابلة للإشتعال وتمنع انتشار الحريق

قدرة العازل على الحد من الإنتقال الحراري

إن انتقال الحرارة من منطقة الحريق إلى الجانب الآخر من الجدار قد يؤدي ألى رفع درجة حرارة المواد عنده لتصل إلى درجة اشتعالها مما يؤدي إلى انتقال الحريق . وأن قدرة العازل الحراري على الحد من انتقال الحرارة من خلاله يحد من انتشار الحريق .





تصنيف المواد العازلة من حيث مقاومتها للحريق

- أولاً المواد العازلة للحرارة القابلة للإشتعال Combustible Mat.

ألألياف السليولوزية Cellulose Fiber

وهي عبارة عن مخلفات من المواد السليولوزية كالورق والخشب والتي تشكل على هيئة ألواح تحتوي بين طياتها فراغات هوائية ، وهي قابلة للإشتعال من أي مصدر لهب وتساعد في انتشار الحريق . وأن إضافة أي مواد كيميائية إليها لإكسابها مقاومة للحريق قد تحسن من كفاءتها قليلاً ولكنها قد تسبب تآكلا" للأسطح الملامسة المعزولة

البولستيرين ألمبثوق والمدد Extruded & Expanded

وهي عبارة عن مادة رغوية بلاستيكة قابلة للإنصهار والإنكماش عند ارتفاع بسيط في الحرارة كما أنها قابلة للإشتعال وينتج عن احتراقها تصاعد غازات كثيفة. وأن إضافة مواد مقاومة للحريق إليها قد يحسن من أداءها ولكن ذلك لن يحولها إلى مواد غير قابلة للإشتعال .

يتأثرالبولستيرين بالزمن والأشعة فوق البنفسجية والمؤثرات الكيميائية وبالتالي تتأثر عازليته فتنخفض كفاءته تدريجيا" .

- **بولى يوريثين Polyurethane**

وهي مادة رغوية بلاستيكية يدخل في تركيبها مادة السيانيد وهي قابلة للإنصهار والإنكماش عند تعرضها لأي حرارة بسيطة كما أنها قابلة للإشتعال ويتصاعد عند احتراقها غازات خانقة وسامة ، وأن إضافة مواد مقاومة للحريق إليها قد يحسن من أداءها قليلا" ولكنه لن يحولها إلى مواد غير قابلة للإشتعال .

كما أنها تتأثر بالزمن والأشعة فوق البنفسجية والمؤثرات الكيميائية فتتناقص عازليتها وتنخفض كفاءتها تدريجيا" .

عوازل أخرى قابلة للإشتعال

الرغويات الفينولية و ورغويات اليوريا الفورملدهايدية وغيرها

ثانيا" المواد العازلة غير القابلة للإشتعال Non Combustible

الأصواف المعدنية Mineral wool كالصوف الصخري والصوف الزجاجي

يعتبر الصوف الصخري من أبرز المواد العازلة للحرارة وهو عبارة عن ألياف من أصل معدني تتميز بمقاومتها للحرارة وللمؤثرات الطبيعية والكيمائية وتحملها لدرجات الحرارة المرتفعة وعدم قابليتها للإشتعال لذا فهي تعتبر في مقدمة المواد المستخدمة في أنظمة منع انتشار الحريق .

البرلايت Expanded Perlite

وهي عبارة عن حبيبات خفيفة الوزن يتم تصنيعها من تسخين حبيبات صخرية من أصل بركاني تحتوي على مركبات السيليكا إلى درجات حرارة معينة فتقوم بطرد الماء الذي داخلها فيزيد حجمها .
تستخدم حبيبات البرلايت السائبة كمادة عازلة للحرارة في ملىء الفراغ داخل الجدار أو أن يتم خلطها مع الخرسانة في صبات الميلان.

الفيرموكولايت Expanded Vermiculite

وهي عبارة عن رقائق على شكل قشور خفيفة الوزن تنتج من صخور متشحفة مثل المايكا ، وتستخدم في حالتها السائبة لملىءالفراغات للعزل ، كما تتوفر على هيئة ألواح يعيب عليها ارتفاع كلفتها ومحدودية استخداماتها.

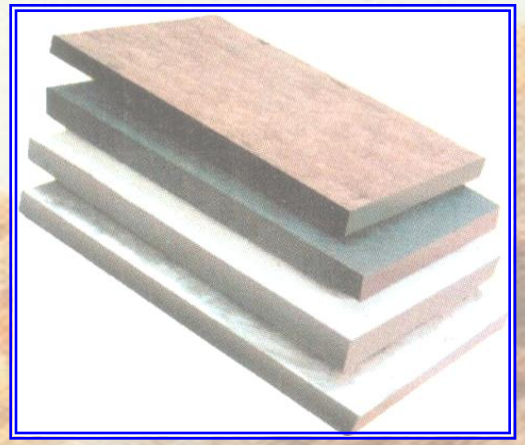
الصوف الصخري

أبرز المواد المستخدمة في أنظمة منع انتشار الحريق

الصوف الصخرى

يعتبر الصوف الصخرى من أبرز المواد العازلة للحرارة لتدني موصليته الحرارية ومقاومته للمؤثرات الطبيعية والكيمائية ، ونظرا" لتحمله درجات الحرارة المرتفعة وعدم قابليته للإشتعال فهو يعتبر في مقدمة المواد المستخدمة في أنظمة منع انتشار الحريق . كما يتميز بديمومه فاعليته وثبات عازليته نظرا" لأصله المعدني .

والصوف الصخري عبارة عن نسيج ليفي من عائلة الأصواف المعدنية يتم نسجه من ألياف مغزولة من مصهور صخور البازلت



يشكل الصوف الصخري في عدة منتجات لتناسب طبيعة استخدامها ، حيث تستخدم ألواح الصوف الصخري بشكل خاص في هذا القطاع

الصوف الصخري

من أبرز الموادالمستخدمة في العزل الحراري والصوتي ومنع اتشار الحريق