Сравнителен анализ на коефициента на топлопроводност на различни по състав тънки топлоизолационни покрития

Пенка Златева, Алекси Люцканов

Comparative analysis of the thermal conductivity of different composition thin thermal insulating coating: *This article presents the results from the determination of the thermal conductivity of different composition thin thermal insulating coating by using the method of infinite flat layer. Thin thermal insulation coatings belong to new energy efficient materials with energy-saving and anti-corrosion effect. They are acrylic water-based solution, an alternative to conventional decorative coating materials for wall surfaces. They have low heat penetrability due to its low thermal conductivity.*

Key words: *Thermal conductivity, Thin thermal insulating coating, Method of infinite flat layer.*

ВЪВЕДЕНИЕ

През последните години, все повече се работи за подобряване на съвременните тенденции за енергоефективно и екологично строителство за използване на нетрадиционни енергийни източници. Перспективата за подобряване на качеството на живот в сградните помещения дава основание да се правят изследвания и опити над строителните и топлоизолационни материали от ново поколение. Във връзка с това е необходимо да се определи как се променят техните свойства и издръжливостта им на атмосферните влияния с течение на времето. Важно е да се установяват и факторите, които водят до увреждането им, а също така и определянето на различни параметри, като: плътност; коефициент на топлопроводност; специфичен топлинен капацитет; коефициент на топло-проницаемост и т.н. при различни условия. Всички строителни материали трябва задължително да отговарят на предписанията - най-важното от тях е да не застрашават здравето и живота на хората. За целта се създават нови топлоизолационни покрития, които не са лукс, а задължителен компонент за всяка съвременна сграда. Използването им води до съществено намаляване на топлинните загуби. Освен това имат добри екологични и естетични качества. С относително тънък слой на нанасяне (например до 1 mm) се постигат високи топлоизолационни свойства. Важно е да се отбележи, че те са изключително подходящи за нанасяне върху фасади на сгради – паметници на културата.

Различните строителни материали възпрепятстват в една или друга степен преминаването на топлинната енергия към външната околна среда. Показателят, който характеризира материалите в това отношение, е коефициентът на топло-проводност k, W/(m.K). Колкото по-малка е стойността на k за даден материал, то толкова по-добри изолационни свойства той притежава. Материалите с коефициент на топлопроводност по-нисък от 0,25 W/(m.K), се приемат за топлоизолационни [4]. За сравнение в табл.1 са показани коефициентите на топлопроводност на някои топлоизолационни материали [2], [7-9].

Таблица 1. Коефициент на топлопроводност на някои материали

№	Вид материал	Коефициент на топлопроводност, k, W/(m.K)
1	Екструдиран пенополистирен XPS	0,028-0,031
2	Експандиран пенополистирен EPS	0,034-0,035
3	Корк	0,040-0,050
4	Стъклена и каменна вата	0,044-0,052
5	Фасадна мазилка Травертино	0,27
6	Силиконова мазилка Терафлекс premium fix	0,36
7	Мазилка с термо-фибри Термофлекс finish pro	0,18

В настоящата работа е направен сравнителен анализ на експериментални резултати от измервания на коефициента на топлопроводност на различни по състав течни (на водна основа) тънки топлоизолационни покрития. При определянето на коефициента на топлопроводност е използван метода на неограничения плосък слой.

Серията тънки топлоизолационни покрития са съвременни екологично чисти композиционни материали, състоящи се от полимерна матрица и пълнеж, в ролята на който са кухи микросфери. След изсъхване и полимеризация се образува покритие, което изпълнява ролята на топлинно огледало и осигурява устойчива температурна бариера. Поради високата степен на запълване с микросфери, съдържащи разреден въздух, получените покрития притежават изключително нискък коефициент на топлопроводност.

ИЗЛОЖЕНИЕ

1. Методика на експеримента

1.1. Общи сведения за изследваните топлоизолационни покрития

Формулираният по-горе проблем е решен чрез експериментално изследване на три различни по състав тънки топлоизолационни покрития (ТП) и стъкло.

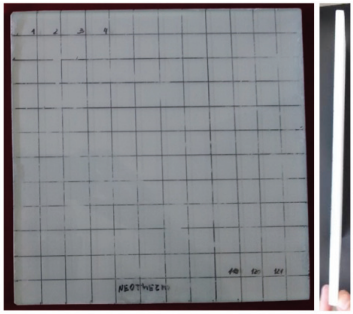
ТП1 представлява течна композиция на водна основа, състояща се от синтетичен каучук, акрилни полимери, диспергирани в тази композиция керамични и силиконови кухи сфери (с размери съответно 0.01 mm и 0.02 mm), а така също оксиди на титан, калций и цинк [3].

ТП2 представлява течен дисперсионен разтвор от чиста акрилна смола, около 60% керамични вакуумни микрокапсули с висока степен на разреждане, специални нискоизлъчващи (Low-e) компоненти и екологични противоплесенни добавки [6].

ТП3 представлява термо боя на акрилна основа, която съдържа множество стъклени микросфери (балончета), които съдържат въздух [5].

1.2. Изготвяне на опитните образци

За получаването на по-точен коефициент на топлопроводност на тънките топлоизолационни покрития е необходимо първо да се направи експеримент със стъкло (с размери 0,24x0,24x0,008 m), топлофизичните характеристики, на което са известни. Дебелината на стъклото, което се използва за основа, е измерена в лабораторни условия в 144 точки, с точност до 0,001 mm и е взета средна стойност от измерването. След това върху една от страните на стъклото е нанесено топлоизолационното покритие с разпръсквач (пистолет за боядисване) с дюза 1,5 mm. След полимеризация на покритието е измерена дебелината на образеца от стъкло и топлоизолационно покритие, при същите условия, фиг.1.



Фиг.1. Опитен образец с нанесен слой ТП

Фиг.2. Схема на опитната установка

1.3. Ескпериментална постановка

За експерименталното определяне на коефициента на топлопроводност на различните по състав течни тънкитоплоизолационни покрития е използван метода на неограничения плосък слой. Изследванията са направени на опитна установка, която работи по този метод, наречен още „Метод на Д-р Бок". Тя е показана на фиг.2 и служи за определяне на коефициента на топлопроводност **k** в диапазона 0,029 - 1,98 W/(m.K), на естествени и синтетични дребнопористи, пористи и влакнести материали [1].

Принцип на действие на опитната установка – между две плоски плочи с различни температури се поставя опитния образец. Плочата с по-висока температура (горещата плоча) поддържа постоянна температура чрез подаване на електрическа енергия. Температурата на по-студената плоча (студената) се поддържа постоянна чрез отвеждане на топлина посредством вода. Горещата плоча се обхваща от предпазна плоча със същата температура, вследствие на което се предотвратяват загубите на топлина към околното пространство и топлинния поток се насочва към образеца. Така при квазистационарен режим подаваната електрическа мощност към горещата плоча е пропорционална на топлинния поток към образеца [1].

2. Методика за определяне на коефициента на топлопроводност

Коефициентът на топлопроводност на тънките топлоизолационни покрития не може да бъде определен директно, тъй като стойността за k няма да е в интервала от 0,029 до 1,98 W/mK. За да се извърши експеримента е необходимо да се използва материал, на който топлофизичните характеристики са добре познати и върху него да се нанесе покритието от топлоизолационен материал.

По този начин образецът става двуслоен и експериментално може да бъде определен еквивалентният коефициент на топлопроводност. Термичното съпротивление на образеца е сума от термичните съпротивления на основната плоча (стъклото)и на нанесеното покритие:

$$\frac{\delta_{\Sigma}}{k_{екв}} = \frac{\delta_{ст}}{k_{ст}} + \frac{\delta_{тп}}{k_{тп}} \qquad (1)$$

Коефициентът на топлопроводност на топлоизолационните покрития се пресмята по зависимостта:

$$k_{тп} = \frac{\delta_{тп}}{\frac{\delta_{\Sigma}}{k_{екв}} - \frac{\delta_{ст}}{k_{ст}}} \qquad (2)$$

където: $k_{тп}$ е коефициент на топлопроводност на топлоизолационно покритие, W/(m.K);

$\delta_{тп}$ - дебелина на слоя топлоизолационно покритие, m;

δ_{Σ} - сумата от дебелините на основната плоча и слояТП, m;

$k_{екв}$ - еквивалентен коефициент на топлопроводност (измерва се експериментално с помощта на опитната установка, показана на фиг.3), W/(m.K);

$\delta_{ст}$ - дебелина на стъклото, m;

$k_{ст}$ - коефициент на топлопроводност на стъклото, W/(m.K).

3. Резултати и анализ

На базата на описаните в [1] и по-горе експериментална постановка и методика за определяне на коефициента на топлопроводност са проведени 14 експеримента.

Експерименти №1-2 - от таблица за топлофизичните характеристики на строителните материали е взета стойността за коефициента на топлопроводност на стъклото $k_{ст}$ = 0,81 W/(m.K) [2], която е необходима за определяне на диапазона на работа на стенда. От диаграмата на обхвата на използване на уреда [1] се вижда, че дебелината на образеца не влиза в обхвата на използване на уреда. За целта е

необходимо да се използва образец от стъкло с по-голяма дебелина, а именно $\delta_{ст}$ = 0,015m. По този начин е удовлетворено изискването за обхвата на уреда. От същата диаграмата е отчетено, че обхвата на стенда е на позиция №12. Образецът е поставен между студената и топлата плочи, чиито контактни повърхности са предварително почистени. С помощта на 4 микрометри се измерват дебелините на образеца. Поставя се предпазната кутия. След достигане на установения режим на работа на уреда са отчетени показанията на електромера на установката, температурите на околния въздух и охлаждащата вода от водопровода, температурите на входа и изхода на студената и предпазната плочи на всеки 30 минути в продължение на 2,5 часа. Направени са по 5 отчитания на параметрите. Въз основа на получените стойности са изчислени коефициентите на топлопроводност на стъклото и получените стойности са $k_{ст1}$=0,760 W/(m.K) и $k_{ст2}$ =0,763 W/(m.K). Експериментално получените стойности за коефициента на топлопроводност на стъклото са близки до табличната, но не съвпадат с нея.

Експерименти №3-14 – използвани са образци с нанесени върху стъклото топлоизолационни покрития. От всеки тип топлоизолационно покритие са изследвани по четири опитни образци. Изследванията протичат по аналогичен начин, както при стъклото, но въз основа на дебелината и очакваната стойност на еквивалентния коефициент на топлопроводност, обхвата на стенда се променя на позиция №6. След отчитане на стойностите от експеримента за ТП1, се изчислява $k_{екв}$=0,05244 W/(m.K). По формула (2) се определя $k_{тп}$=0,002487 W/(m.K).

По аналогичен начин протичат и изследванията на другите тънки топлоизолационни покрития, резултатите, от които са дадени в табл.2.

Табл.2. Резултати получени от експериментите с топлоизолационни покрития

№	ТП	Средна подадена мощност	Средна темпера-тура	$\delta_{тп}$	δ_{Σ}	$k_{ст}$	$k_{екв}$	$K_{тп}$
		W	°C	mm	mm	W/(m.K)	W/(m.K)	W/(m.K)
3	1	146,64	34,20	0,36	8,23	0,763	0,0524	**0,00249**
4	1	150,64	34,07	0,41	8,41	0,763	0,0539	**0,00284**
5	1	150,90	34,18	0,26	8,06	0,763	0,0626	**0,00223**
6	1	151,08	34,20	0,26	8,05	0,763	0,0696	**0,00251**
7	2	149,21	34,15	0,25	8,34	0,763	0,0699	**0,00233**
8	2	153,42	34,31	0,25	8,34	0,763	0,0629	**0,00207**
9	2	145,46	35,01	0,26	8,31	0,763	0,0683	**0,00237**
10	2	144,70	35,00	0,26	8,32	0,763	0,0632	**0,00216**
11	3	152,20	34,30	0,68	8,57	0,763	0,0676	**0,00584**
12	3	146,81	34,88	0,68	8,56	0,763	0,0682	**0,00591**
13	3	147,23	34,92	0,71	8,56	0,763	0,0656	**0,00596**
14	3	146,92	34,99	0,71	8,56	0,763	0,0664	**0,00604**

Сравнителният анализ на резултатите, показани в табл.2 показва, че се наблюдава добра повтаряемост на получените стойности за коефициентите на топлопроводност на изследваните опитни образци и това е основание за потвърждаване на високите топлоизолационни качества на този тип тънки покрития.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Въз основа на проведените по-горе експерименти и получените резултати за тънките топлоизолационни покрития, може да бъдат направени следните изводи:

1. Най-високата получена стойност за коефициента на топлопроводност на ТП1, нанесено върху стъкло е 0,00284 W/(m.K), а най-ниската е 0,00223 W/(m.K).

2. Най-високата получена стойност за коефициента на топлопроводност на ТП2, нанесено върху стъкло е 0,00237 W/(m.K), а най-ниската е 0,00207 W/(m.K).

3. Най-високата получена стойност за коефициента на топлопроводност на ТП3, нанесено върху стъкло е 0,00604 W/(m.K), а най-ниската е 0,00584 W/(m.K).

Сравнителният анализ на изследваните топлоизолационни покрития показва, че се наблюдава добра повтаряемост на получените резултати за коефициентите на топлопроводност. Прави впечатление, че резултатите при ТП1 и ТП2 са по-ниски, а при ТП3 са по-високи, в зависимост от съдържащите се в тях съставки.

Изследванията на този тип покрития показват уникално ниски стойности на коефициента на топлопроводност, което ги прави изключително ценни за постигането на високи стойности на термичното съпротивление при относително малки дебелини.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Д. Русев, П.Златева, Експериментално определяне на коефициента на топлопроводност на топлоизолационен материал АКТЕРМ, Машиностроителна техника и технологии, ISSN -1312-0859,2011, №2.
[2]. http://www.sweethomeeu.com/koefitsient-toploprovodnost
[3]. www.akterm.ru
[4]. http://www.pgsa-paz.com
[5]. http://www.izobul.com
[6]. www.pestimenergia.bg/thermoshield.htm
[7]. http://termoking.net/materiali.html
[8]. http://www.denel.bg
[9]. http://www.marisanbg.com/

За контакти:

Доц. д-р инж. Пенка Златева, катедра “Топлотехника”, ТУ-Варна, тел.: 052-383 341, e-mail: pzlateva1@abv.bg

Маг. инж. Алекси Люцканов, катедра “Топлотехника”, ТУ-Варна, тел.: 052-383 341, e-mail: akl@abv.bg

При подготовката на публикацията е използвано оборудване, обновено по НП16/2015г. на тема, „Изследване на топлинните характеристики на материалите“, осъществяващ се в рамките на НИД на ТУ-Варна, финансирана целево от държавния бюджет.

Докладът е рецензиран.