FRI-9.2-1-THPE-08

DEVELOPMENT OF HEAT CONDUCTIVITY MEASURING APPARATUS

Eng. Aleksi Lyutskanov, PhD student
Department of Thermal Engineering,
Technical University of Varna, Bulgaria,
Phone: 0888814537
E-mail: akl@abv.bg

Abstract: *In the present statement has been made study of some methods and devices for research of the thermophysical characteristics of the materials. Also is made a comparison of the experimental study of the liquid thin thermal insulation coatings containing vacuumed ceramic microspheres. The studies are made on devices, that works on the method of infinite flat layer and the method of the short-term heat source.*

Keywords: *Thermal conductivity, Measuring devices, Heat insulation materials.*

ВЪВЕДЕНИЕ

През последните десетилетия особено актуално е санирането на стари и изграждане на нови сгради енергийноефективни. Една от причините човечеството да започне да мисли в тази посока е глобалното затопляне. Огромна част от природните ресурси се използват за производство и пренос на енергия, а това винаги е съпроводено с натоварване на екологичната система и потенциални рискове за бъдещето.

Ползата от енергийното саниране несъмнено води до намаляване на енергийните разходи не само за отделното жилище, но и за сградата като цяло. Мерките за намаляване на енергийните разходи са свързани с различни елементи от сградата. Повечето от тях са свързани с ограждащите я елементи. Обновяването, свързано с ограждащите елементи, включва укрепвания на конструкцията на самата сграда, хидроизолация на покрива, ремонт на ВиК инсталацията, подмяна на дограмата и цялостна топлоизолация.

В съвременното строителство се използват различни по вид, състав и дебелина топлоизолационни покрития. Не винаги дебелината на слоя топлоизолация е еквивалентна на нейната ефективност, (John, B., 2014). За да се следят показателите определящи ефективността на топлоизолационните покритие е необходимо използването на различни методи и апарати за изследване на топлофизичните характеристики на течни тънки топлоизолационни покрития и най-вече на коефициента на топлопроводност (Callister, W.D., 2000) (Mee, S. J., 2011).

В настоящата работа е направено проучване на някои методи и апарати за изследване на топлофизичните характеристики на материалите. Също така е направено съпоставяне на експерименталните изследвания на две течни тънки топлоизолационни покрития съдържащи вакуумирани керамични микросфери. Изследванията са проведени на апарати, работещи по метода на неограничения плосък слой и метода на кратковременния топлинен източник.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Изследвани материали

Обект на изследване са две течни топлоизолационни покрития ТП1 и ТП2:

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

- ТП2 е 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.

За определяне на коефициента на топлопроводност на топлоизолационното покритие е необходимо, то да бъде нанесено върху стъклена плоча (в случая с размери 0,24x0,24x0,008m), топлинните параметри, на която са измерени предварително, след което е нанесено равномерно (с пистолет) покритието, фиг.1.

Фиг. 1. Общ вид на изследваните образци с топлоизолационни покрития

Направени са съответните измервания на дебелините на стъклата и след това на стъклата с покритията, табл.1.

Таблица 1. Дебелини на изследваните материали

	ТП1			ТП2		
№	$\delta_{ст}$	$\delta_{тп1.}$	δ_{Σ}	$\delta_{ст}$	$\delta_{тп2.}$	δ_{Σ}
	m	m	m	m	m	m
1	0,008	0,0004	0,0084	0,008	0,0003	0,0083
2	0,008	0,0004	0,0084	0,008	0,0004	0,0084
3	0,008	0,0003	0,0083	0,008	0,0002	0,0082
4	0,008	0,0002	0,0082	0,008	0,0002	0,0082
5	0,008	0,0002	0,0082	0,008	0,0003	0,0083

Апарати и методи за изследване

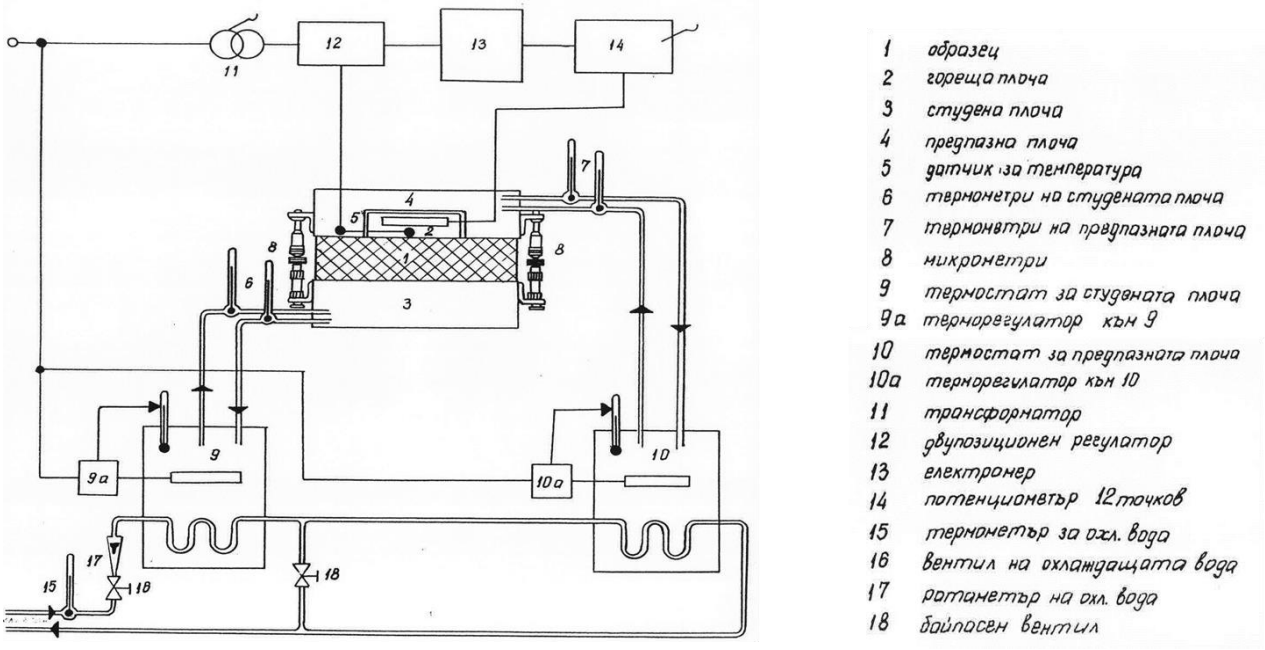
Изследванията са проведени с помощта на следните методи:

МЕТОД НА НЕОГРАНИЧЕНИЯ ПЛОСЪК СЛОЙ

За експериментално определяне на коефициента на топлопроводност на топлоизолационен материал АКТЕРМ е използван . За целта е използвана апаратура(стенд), която работи по този метод, наречен още „Метод на Д-р Бок”, фиг. 2. Служи за определяне на коефициента на топлопроводност λ от 0.035÷1.99 W/m.K на строителни материали и синтетични, под формата на плочи и пористи материали, ако са хомогенни, приблизително хомогенни, дребнопористи или влакнести.

Фиг. 2. Стенд „Д-р БОК”.

Принцип на действие на стенда – 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 – фиг. 3, (Rusev D., 2011).

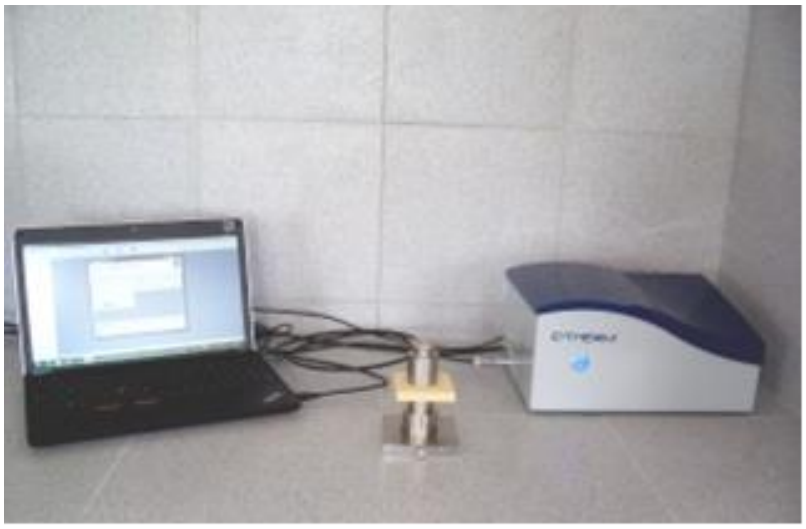


Фиг. 3. Принципна схема на стенд „Д-р Бок”

МОДИФИЦИРАН МЕТОД НА КРАТКОВРЕМЕННИЯ РАВНИНЕН ТОПЛИНЕН ИЗТОЧНИК

Описание на анализатор за безразрушително измерване на топлопроводност - Tci Mathis Thermal Conductivity Analyzer

Приборът има широк спектър на измерване на коефициента на топлопроводност (к = 0-220 W/m.K) при температури от -50ºC до 200ºC и дава подробни резултати за топлинните характеристики на материала на пробата и е показан на фиг.4. Иновативният TCi Mathis Thermal Conductivity Analyzer е много гъвкъв - подходящ както за лаборатории, така и за изследвания на място. Анализаторът позволява прецизно измерване на коефициента на топлопроводност с точност до ±1%. За установяване на точността се ползват и съответни калибриращи елементи. Времето за извършване на тест е по-малко от всеки друг апарат на пазара - само 5 секунди. Тъй като методът е безразрушителен, пробата остава незасегната и може да се използва пак след извършване на измерването (C-Therm Technologies TH130041 Rev. K., 2014).

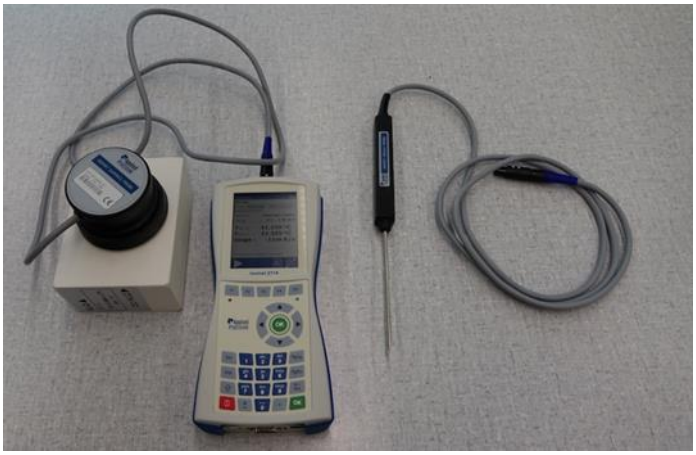


Фиг. 4. Уред за измерване на топлопроводност - TCi Mathis Thermal Conductivity Analyzer

Принцип на действие на анализатора – основава се на технологията на модифицирани преходни повърхностни източници, която използва едностранна повърхност, отразяваща подаваната кратковременно постоянна топлина към пробата със сензор. Материалът, от който са изработени образците може да бъде във вид на твърдо тяло, течност, паста или прах. Коефициентът на топлопроводност се измерва директно чрез провеждане на детайлно изследване на термичните характеристики на пробното тяло. Сензорът на анализатора посредством определена сила на тока, създава топлинен поток, който предизвиква изменение на напрежението в сензорния елемент. Степента на изменение на напрежението е показател за топлофизичните свойства на материалите.

Описание на анализатор за безразрушително измерване на топлопроводност - Isomet 2114

Isomet 2114 е ръчен измервателен уред за директно измерване на топлопреносни свойства на широк спектър от изотропни материали, включително клетъчни изолационни материали, пластмаси, стъкла и минерални материали. Той е оборудван с два вида сонди за измерване: иглени сонди за меки материали и повърхностни сонди за твърди материали - строителни материали и конструкции. Приборът има широк диапазон на измерване на коефициента на топлопроводност (λ = 0,015-0,70 W/(m.K)) в температурни граници (-20 ^{o}C - 70 ^{o}C) и е показан на фиг.5.



Фиг. 5. Уред за измерване на топлопроводност - Isomet 2114

Принцип на действие на анализатора – Измерването се основава на анализ на температурата реакция на анализирания материал на импулси от топлинен поток.

Топлинният поток е предизвикан от електрически отоплителен резистор вграден в сондата, която е в пряк топлинен контакт с тествания образец. Оценката на топлопроводимостта и обема на топлинния капацитет се базира на периодични извадки от записи на температурата като функция на времето, при условие че разпространението на топлина възниква в неограничена среда. В случая е използвана повърхностна сонда, която е предназначена за измерване на много твърди материали. Равна повърхност с диаметър най-малко 60 мм е достатъчно за сондата. Изискването за гладкост на измерваната повърхност нараства с увеличаването на стойността на топлинна проводимост на изпитвания материал. Необходимата минимална дебелина на измервания материал е в диапазон от 10 mm до 15 mm, в зависимост от неговата дифузия (проводимост). Повърхностните сонди, по принцип, могат да бъдат използвани също за пяна с изключително ниска топлопроводимост. Въпреки това, свойствата на повърхностния слой на материали може значително да се различават от свойствата на вътрешната структура (по-специално в случай на ниско проводима напълнена с газ пяна, поради дифузия в запълващия газ). Повърхностните сонди са калибрирани без термичен контакт за подобряване параметрите (Applied Precision Ltd. Version 011213, 2006).

Резултати и анализ

Проведени са експерименталните изследвания на ТП1 и ТП2 по методите, описани по-горе и са получени резултатите за еквивалентния коефициент на топлопроводност - λекв и по методика дадена в (Rusev D., 2011) се пресмята коефициента на топлопроводност на покритията. Резултатите от изследванията на ТП1 и ТП2 са показани в табл.2. и табл.3.

Таблица 2. Резултати за топлоизолационно покритие ТП1

Стенд на „Д-р Бок“				Анализатор за измерване на топлопроводност - Tci Mathis Thermal Conductivity Analyzer			Анализатор за измерване на топлопроводност – Isomet 2114		
№	$\lambda_{ст}$	$\lambda_{тп1.}$	$\lambda_{екв}$	$\lambda_{ст}$	$\lambda_{тп1.}$	$\lambda_{кв}$	$\lambda_{ст}$	$\lambda_{тп1.}$	$\lambda_{кв}$
	W/(m.K)								
1	0,75	0,0025	0,0524	0,83	0,0029	0,0625	0,81	0,0030	0,0626
2	0,75	0,0028	0,0579	0,83	0,0033	0,0634	0,81	0,0034	0,0635
3	0,76	0,0023	0,0560	0,83	0,0026	0,0733	0,81	0,0027	0,0734
4	0,76	0,0022	0,0543	0,83	0,0025	0,0713	0,81	0,0026	0,0717
5	0,76	0,0022	0,0539	0,83	0,0024	0,0708	0,81	0,0025	0,0709

Таблица 3. Резултати за топлоизолационно покритие ТП2

Стенд на „Д-р Бок“				Анализатор за измерване на топлопроводност - Tci Mathis Thermal Conductivity Analyzer			Анализатор за измерване на топлопроводност – Isomet 2114		
№	$\lambda_{ст}$	$\lambda_{тп2.}$	$\lambda_{екв}$	$\lambda_{ст}$	$\lambda_{тп2.}$	$\lambda_{кв}$	$\lambda_{ст}$	$\lambda_{тп2.}$	$\lambda_{кв}$
	W/(m.K)								
1	0,75	0,0025	0,0522	0,83	0,0028	0,0626	0,81	0,0030	0,0629
2	0,75	0,0027	0,0580	0,83	0,0032	0,0632	0,81	0,0035	0,0636
3	0,76	0,0023	0,0563	0,83	0,0025	0,0731	0,81	0,0027	0,0734
4	0,76	0,0022	0,0545	0,83	0,0024	0,0712	0,81	0,0025	0,0715
5	0,76	0,0021	0,0540	0,83	0,0023	0,0701	0,81	0,0024	0,0707

Анализът на резултатите показва, че има добра повтаряемост на получените стойности за коефициентите на топлопроводност на изследваните топлоизолационни покрития и при двата метода.

ИЗВОДИ

Въз основа на проведените по-горе експерименти и получените резултати от апаратите за изследване на коефициента на топлопроводност на изследваните течни тънки топлоизолационни покрития може да бъдат направени следните изводи:

1. Полученият резултат за стойностите на коефициента на топлопроводност на топлоизолационни покрития ТП1 и ТП2, нанесени върху стъкло и изследвани на стенда на „Д-р Бок“ е λ=0,0024 W/(m.K).

2. Полученият резултат за стойността на коефициента на топлопроводност на топлоизолационни покрития ТП1 и ТП2, нанесени върху стъкло и изследвани на анализатора за измерване на топлопроводност - TCi Mathis Thermal Conductivity Analyzer е съответно за $\lambda_{ТП1}$=0,0024 W/(m.K) и за $\lambda_{ТП2}$=0,0026 W/(m.K).

3. Полученият резултат за стойността на коефициента на топлопроводност на топлоизолационни покрития ТП1 и ТП2, нанесени върху стъкло и изследвани на анализатора за измерване на топлопроводност – Isomet 2114 е λ=0,0028 W/(m.K).

4. Сравнителният анализ от апаратите за измерване на топлопроводност показва, че се наблюдава добра повтаряемост на получените резултати за изследваните топлоизолационни покрития, което е основание за потвърждаване на високите им топлоизолационни качества.

REFERENCES

Applied Precision Ltd. Version 011213 (2006). *Isomet 2114-Thermal properties analyzer User's Guide.*

Callister, W.D. (2000), *Materials science and engineering; an introduction*, John Wiley & Sons.

C-Therm Technologies TH130041 Rev. K. (2014). *C-Therm TCi Operator Manual*.

John, B., Reghunadhan Nair, C. P. (2014). *Handbook of thermoset plastics*.

Mee, S. J. (2011). *The Synthesis, Characterisation and Properties of Self-Assembled Hollow and Low Density Microspheres*, PhD Thesis, University of Birmingham.

Rusev D., Zlateva P. (2011), *Experimental determination of the conductivity coefficient of insulating material Akterm, Manufacturing engineering and technology*, (2), 65-68.