

RESEARCH ON THERMAL CONDUCTIVITY DEPENDING ON THE PARTICLE SIZE COMPOSITION OF THE INSULATING LAYER

P. Savov¹, R. Pazderov¹, P. Petrov²

¹University of Mining and Geology “St. Ivan Rilski”, 1700 Sofia; E-mail: psavov@mgu.bg; rpazderovov@mgu.bg

²“Earth and Man” National Museum, 1421 Sofia; petkopet@abv.bg

ABSTRACT. Issues related to energy saving are becoming increasingly relevant. It has been established that a particularly large amount of energy is lost from poorly insulated buildings. For this reason, intensive work is being done for the development of new strong, cheap, and beautiful thermal insulation coatings. In the presented work, experimental results on heat transfer processes through a layer with different grain size composition are examined and discussed. The rate of heat transfer is determined depending on the degree of filling of the heat-insulating volume and the type of material itself. Since the calculation of the total volume of the air voids, given an arbitrary shape of the filler, is a very difficult analytical task, the authors initially used materials with a spherical shape as the filler for the insulating layer. A distinction is made between the processes of heat transfer in the case of metal and glass spheres - materials with a considerably large difference in their thermal conductivity.

Key words: thermal conductivity, particle size composition, heat transfer.

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ТОПЛОПРОВОДНОСТТА В ЗАВИСИМОСТ ОТ ЗЪРНОМЕТРИЧНИЯ СЪСТАВ НА ИЗОЛИРАЩА СЛОЙ

П. Савов¹, Р. Паздеров¹, П. Петров²

¹Минно-геоложки университет „Св. Иван Рилски“, 1700 София

²НМ “Земята и хората”, 1421 София

РЕЗЮМЕ. Проблемите, свързани с икономията на енергия, стават все по-актуални. Установено е, че особено голямо количество енергия се губи от недобре топлинно изолираните сгради. Поради тази причина интензивно се работи в областта на разработка на нови здрави, евтини и красиви термоизолационни покрития. В представената работа са разгледани и дискутирани експериментални резултати по процесите на пренос на топлина през слой с различен зърнометричен състав. Определена е скоростта на топлопренасяне в зависимост от степента на запълване на термоизолиращия обем и от вида на самия материал. Тъй като пресмятането на пълния обем на въздушните кухини при произволна форма на пълнителя е много труднорешима аналитично задача, авторите като начало са използвали материали със сферична форма като пълнител за изолиращия слой. Направено е сравнение между процесите на предаване на топлината при метални и стъклени сфери – материали с голяма разлика в топлопроводимостта.

Ключови думи: топлопроводност, зърнометричен състав, изолиращ слой.

Въведение

Към фасадните системи, панелите за вътрешна облицовка и др., използвани в промишленото и гражданско строителство, се предявяват изисквания както по отношение на декоративните им качества, така и към редица други характеристики като негоримост, устойчивост на влага, звукоизолация, нетоксичност, лесен монтаж и др. Една от най-важните характеристики на тези материали се явява тяхната термоизолираща способност (Фокин, 1973, Frank et al., 2007, Фоменко, 2011).

За постигане на максимална топлоизолация на сградите, се използват както естествени скални материали, така и разнообразни синтетични и композитни плочи, панели и др.

В настоящата разработка се изследва зависимостта на топлопроводността от вида и зърнометричния състав на изолиращия слой, явяващ се запълващ материал и

разположен между външна и вътрешна облицовъчна плоча/панел от естествен скален материал - мрамор.

Направен е анализ как абсолютният размер на зърната влияе върху топлопроводността, както и съпоставка за измененията на този параметър в зависимост от вида на използвания материал – стомана и стъкло.

Материали и принципна схема на експерименталната постановка

При експеримента, като запълващ изолационен слой, вмесен между две мраморни плочки, са използвани 6 стоманени сфери с различни диаметри (колони от 1 до 6 в таблица 1) и 2 стъклени (колони 1 и 2 в таблица 2), като основните параметри на сферите и въздушната междина са представени в Таблицы 1 и 2, където D е диаметърът на сферите; V е обемът на кухините в термоизолираното пространство (определящо се от диаметъра на сферите);

V_s – обемът на сферите; N е броят на сферите с най-плътно еднослойно запълване на работното пространство между мраморните плочи; Air е процентното съдържание на въздуха спрямо общия обем на сферите; V_a – абсолютният обем на въздушните междини при дадения вид запълване със сфери.

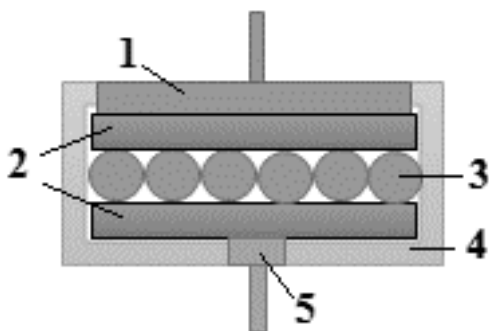
Таблица 1. Основни параметри на стоманените сфери и въздушната междина

| Параметър | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|--|----|----|------|-----|-----|------|
| D [mm] | 12 | 8 | 5 | 4 | 3 | 2 |
| V [m ³].10 ⁻⁶ | 48 | 32 | 20 | 16 | 12 | 8 |
| V_s [m ³].10 ⁻⁸ | 90 | 27 | 6,5 | 3,3 | 1,4 | 0,42 |
| N | 29 | 45 | 84 | 187 | 512 | 1145 |
| Air [%] | 44 | 63 | 75 | 61 | 40 | 40 |
| V_a [m ³].10 ⁻⁶ | 22 | 20 | 14,5 | 9,7 | 4,8 | 3,2 |

Таблица 2. Основни параметри на стъклените сфери и въздушната междина

| Параметър | 1 | 2 |
|--|----|----|
| D [mm] | 11 | 7 |
| V [m ³].10 ⁻⁶ | 44 | 32 |
| V_s [m ³].10 ⁻⁸ | 69 | 17 |
| N | 35 | 49 |
| Air [%] | 47 | 25 |
| V_a [m ³].10 ⁻⁶ | 20 | 8 |

При експериментите бе извършено нагряване при всеки един размер и вид на запълващия материал, разположен между двете мраморни плочки. Принципната схема на експерименталната постановка е показана на Фиг. 1.



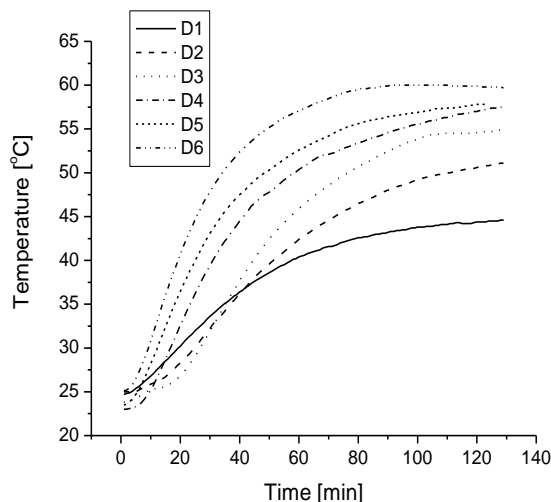
Фиг. 1. Схема на експерименталната постановка за измерване на температуропроводността при запълване с материал от стоманени и стъклени сфери с различен диаметър и облицовка от мраморни плочки.

- 1 – нагревател;
- 2 – мраморни плочки 8 x 5 cm и дебелина 3 mm;
- 3 – стоманени или стъклени сфери;
- 4 – термоизолиращо покритие;
- 5 – термодатчик.

Експериментални резултати и дискусия

На фиг. 2 са представени резултатите от измерване на температуропроводността между двете мраморни плочи, чието междинно пространство е запълнено с различни по

диаметър стоманени сачми. Диаметрите на сачмите са отбелязани в легендата с D1 – D6, като числените стойности са дадени в таблица 1. По абсцисата е нанесено времето в минути, а по ординатата – промяната на температурата с времето.



Фиг. 2. Криви на температуропроводността при запълване с различни по диаметър стоманени сачми

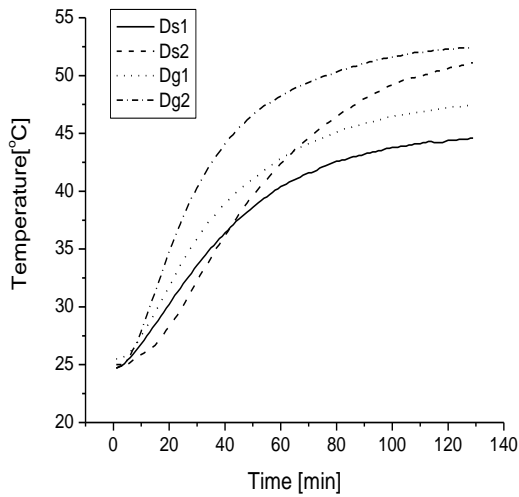
От графиките на фиг. 2 ясно се вижда, че с намаляване на диаметъра на сферите, равновесната температура (когато температурата престане да расте с времето) се постига при все по-високи стойности. Докато при сферите с диаметър от 12 mm имаме равновесна температура от около 42 градуса, то за най-малките сачми (диаметър 2 mm) равновесие се постига при около 60 градуса.

Известно е, че стоманата е сравнително добър проводник на топлина. В случая преносът става основно чрез контактните точки на сферите и плочките. При нарастване на броя на сферите контактната площ се увеличава и това, от своя страна да води до по-добър пренос на топлина и до повишаване на стойността на равновесната температура.

От друга страна, с намаляване на диаметъра на сферите се намалява и абсолютният обем на въздуха в междините. За разлика от стоманата, въздухът е добър термоизолатор и с намаляване на дебелината на изолационния слой се намалява и термоизолацията. Следователно имаме два фактора, които действат кумулативно в процеса за намаляване на термоизолацията при намаляване на диаметъра на сачмите и достигане на по-високи стойности на равновесната температура.

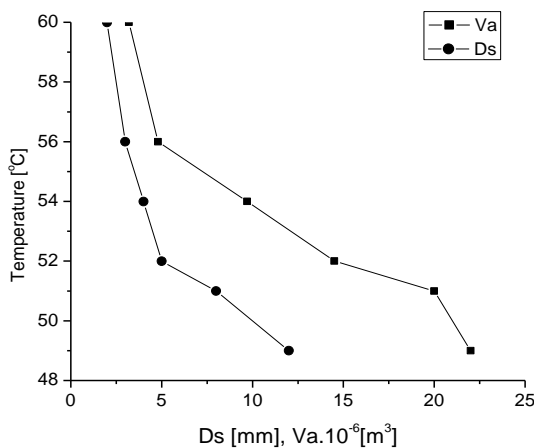
Интересно е да се отбележи, че доминиращо влияние има стойността на дебелината на изолацията въздушен слой, а не толкова относителният обем на въздуха, запълващ пространството между сферите. Това може да се проследи добре от таблица 1. От нея се вижда и, че относителният обем въздух има максимум при диаметър на сферите 3 mm. Това показва, че за дадената конфигурация – обем на изолиращото пространство и диаметър на сферите, имаме най-рехаво запълване на работния обем от сферите.

На фиг. 3 са представени графиките от резултатите от измерване на температуропроводността при стоманени и стъклени сфери, запълващи пространството между мраморните плочки.



Фиг. 3. Криви на температуропроводимостта при запълнение с различни по диаметър стоманени (Ds) и стъклени (Dg) сачми.

Съпоставката на изолационните свойства на стоманените и стъклени сфери, потвърждава добре известния факт, че стъклото има по-добри термоизолационни свойства в сравнение със стоманата. Въпреки това, от фиг. 2 може да се види, че и при двата диаметъра слоевете със стъклените сфери имат по-лоши термоизолационни качества в сравнение с тези със стоманените. Ясно е, че и тук преобладаващ ефект върху термоизолацията има стойността на абсолютния обем въздух, запълващ кухините между сферите. При стъклените сфери той е по-малък (Таблица 2).



Фиг. 4. Криви на зависимостите между диаметъра на стоманените сфери, абсолютния обем въздух между сферите и стойностите на равновесната температура

От фиг. 4 се вижда се, че зависимостта и при двата параметъра (диаметър на сферите и абсолютен обем въздух между сферите) спрямо стойността на равновесната температура е силно нелинейна. Особено силна „чувствителност“ при стойностите на равновесната температура се наблюдава при малките сфери. Едно логично обяснение на наблюдаваното явление е, че в случая играят роля два процеса – от една страна намаляване на въздушната междина, а от друга – увеличаване на контактните точки, чиито брой също нараства силно нелинейно (Таблица 1).

Заклучение

От получените експериментални резултати и техния анализ може да се заключи следното:

- С намаляване на диаметъра на сферите, равновесната температура се достига при все по-високи стойности;
- Доминиращо влияние има дебелината на изолиращия въздушен слой, а не толкова относителния обем на въздуха, запълващ пространството между сферите;
- Зависимостта между диаметъра на сферите и стойността на равновесната температура е силно нелинейна. Особено силна нелинейност се наблюдава при малките сфери.

За получаване на по-пълна картина на изследваните процеси и явления на топлопренос е добре да се изследват и многослойни композиции с различни диаметри и състав на частиците, формиращи изолационния слой. Това се предвижда да бъде и основната задача при едни бъдещи изследвания.

Литература

- Ржевский, В. В., Г. Новик. 1984. *Основы физики горных пород*. Москва, Недра, 360 стр.
- Фокин, К. 1973. *Строительная теплотехника ограждающих частей зданий*. Стройиздат, М., 289 стр.
- Фоменко, Н.2011. *Физика горных пород*. Новочеркасск, 144.
- Coletti, Ch., Al. Borghi, R. Cossio, M. Chiara Dalconi, Giorgia Dalla Santa, Luca Peruzzo, Raffaele Sassi, Arianna Vettorello, Antonio Galgaro. 2021. A multi-scale methods comparison to provide granitoid rocks thermal conductivity. *Construction and Building Materials* 304 (2021) 2-13.
- Frank I. 2007. *Fundamentals of heat and mass transfer*. John Wiley & Sons. 2007, 1070 p.