

ИЗСЛЕДВАНЕ ВЪРХУ КОЕФИЦИЕНТА НА ТОПЛОПРОВОДНОСТ НА ИЗОЛАЦИОННИЯ МАТЕРИАЛ „ИЗОГОМАТЕРМ”

Ж. Стефанов, Й. Денев

A HEAT CONDUCTIVITY COEFFICIENT STUDY OF INSULATION MATERIAL “IZOGOMATERM”

Zh. Stefanov, Y. Denev
E-mail: zhstefanov@abv.bg

ABSTRACT

Using „the pipe method” heat conductivity coefficient a new dielectric material was determined. It represents expand synthetic rubber, suitable for heat- and sound insulation. The influence of wall and insulation temperatures over material thickness was examined. We work out a equation that allows quick determination with good precision of insulation thickness in practical use of this material for pipes and apparatus proofing.

Keywords: heat conductivity coefficient, heat insulation material.

ВЪВЕДЕНИЕ

Енергийната ефективност на промишлените предприятия в последните години се явява национален приоритет при провеждането на държавната политика в тази област. Инвестирането в енергийната ефективност е средство за намаляване на разходите за енергоносители респ. намаляване на зависимостта от внос на енергоносители [1].

В съвременната техника се използват газови и течни среди-имащи висока температура, например пещни газове, прегрята пара или ниска температура, например течния кислород и азот, а в последно време и течен водород. Апаратите в които са поставени тези среди имат температури по-високи или по-ниски в сравнение с температурата на околната среда. За понижаване загубите на топлина или студ в околната среда и обезпечаване на нормални условия в производствените помещения, горещите или силно охладени стени на апаратите и тръбопроводите се покриват с един или няколко слоя изолационни материали, които имат коефициент на топлопроводност по-малък от 0,2 W/m.K.

Изолационните материали биват естествени (дърво, слюда, азбест и др. и изкуствени (стъклен памук, пеностъкло, пенополистирол и др. В последно време в промишлеността намират широко приложение нови изолационни материали изработени на база

пенополимери [2], които изместват широко използваните в промишлеността и строителството конвенционални изолационни материали, като шамотна и стъклена вата, азбест и др.

Изолационният материал “ИЗОГОМАТЕРМ” произвеждан у нас представлява експандиран пенокаучук, който може да се използва за изолация както на апарати, така също и за тръбопроводи в температурния интервал от -40 до 130 °C. Важно значение във връзка с приложението му като изолационен материал е определянето на топлофизическите му свойства, топлопроводност, температуро-проводно число, специфичен топлинен капацитет и др. Цел на настоящата работа е именно определянето на коефициента на топлопроводност на изолационния материал “ИЗОГОМАТЕРМ” и температурната зависимост на дебелината на изолацията от температурата на изолирваната стена.

ЕКСПЕРИМЕНТ

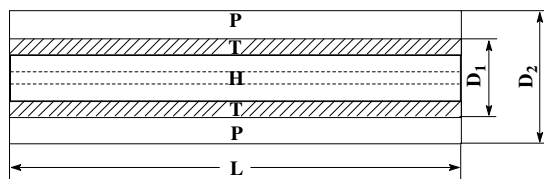
Пренасянето на топлина чрез топлопроводност е характерно за твърдите тела, а така също в течности и газове намиращи се в състояние на покой, както и при ламинарно движещи се тънки слоеве. В този случай количеството топлина Q преминало в течение на времето τ , перпендикулярно през топлообменната

повърхност F от по-горещата страна на стената t_1 , към по-студената и страна t_2 , се дава от закона на Фурие [3], а именно:

$$Q = \frac{\lambda}{\delta} (t_1 - t_2) F \tau, J \quad (1)$$

Коефициентът на пропорционалност λ в уравнение (1) се нарича коефициент на топлопроводност и изразява количеството топлина, преминало за време 1 секунда през един квадратен метър повърхност на стената при температурна разлика един градус и дебелина на стената един метър. Стойността на коефициента на топлопроводност зависи от природата на телата, от тяхната структура, от температурата, от влажността на телата.

Известни са две групи методи за определяне на коефициента на топлопроводност на различни изолационни материали [4,5] по т.н. стационарен и нестационарен топлинен режим. Методите от първата група позволяват да се определи директно коефициента на топлопроводност, а с методите от втората група се определя температуропроводното число и непосредствено от него се изчислява коефициента на топлопроводност. Най-широко приложение от първата група методи са “метода на едната пластина с изолиран пръстен” и “метода на тръбата” [5]. За определяне на коефициента на топлопроводност в настоящата работа бе използван “метода на тръбата”, при който изпитването на топлопроводността на изолационния материал се провежда при условия близки до експлоатационните. За целта на метална тръба T , външният диаметър на която е означен с D_1 , плътно без въздушни хлабини се поставя изолацията. Вътре в тръбата се вкарва метална или кварцова тръба, на която е навит проводник H (фиг. 1).



Фиг. 1. Принципна схема на опитната инсталация

Ако външният диаметър на изолацията R е D_2 , топлината Q отделена за единица време от електронагревателя H и температурите са, t_1 – на повърхността на тръбата T , t_2 – на повърхността на изолацията, коефициента на топлопроводност намираме по формулата:

$$\lambda = \frac{Q \ln\left(\frac{D_1}{D_2}\right)}{L 2\pi(t_1 - t_2)}, \frac{W}{mK} \quad (2)$$

където L е дължината на тръбата, m .

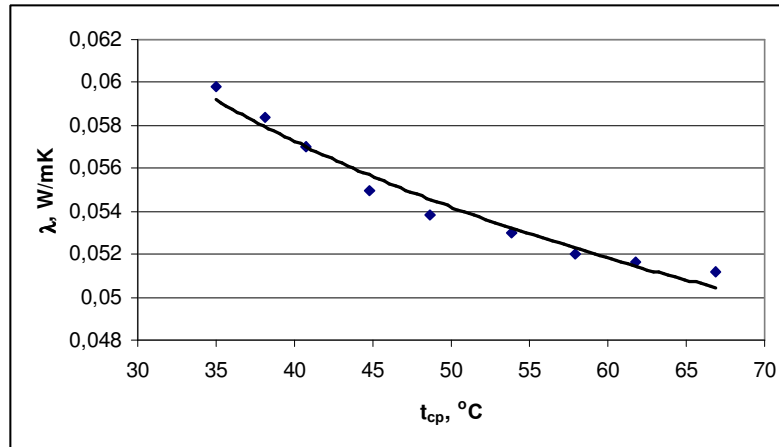
Разсъжденията са основани на допускането, че топлинния поток е едномерен, т.е. линиите на тока във всички сечения по дължината на тръбата са насочени по радиуса. Такова допускане е приемливо ако тръбата е толкова дълга, че загубата на топлина по краищата на цилиндъра може да се пренебрегне. Това се постига [5] при отношение D/L от порядъка на $1/15 - 1/20$. Тръбата се поставя хоризонтално, защото само това разположение осигурява еднакво отдаване на топлина по оста на тръбата. Поради наличието на естествена конвекция, коефициентът на топлопредаване по периферията на дадено сечение се изменя и за това разпределението на температурата по външната повърхност е неравномерно във всяко сечение, въпреки че не се изменя в хоризонтално направление. Това предизвиква неравномерност на температурното поле, при което за температурите t_1 и t_2 във формула (2) се използва средноаритметичната от измерените в три до пет точки от повърхността [5]. Диаметърът на вътрешната метална тръба се избира от порядъка на $0.04 - 0.120 m$.

Експерименталното определяне на коефициента на топлопроводност на изолационния материал “ИЗОГОМАТЕРМ” е определен на опитна инсталация, включваща метална тръба с външен диаметър $0.06 m$ и дължина $1.612 m$, в която е монтиран електронагревател с мощност $2000 W$ разположен равномерно по цялата дължина на тръбата. Тръбата е разположена хоризонтално, което осигурява равномерно отдаване на топлина по радиуса на тръбата. Мощността на нагревателя се регулира с автотрансформатор и се отчита с прецизен ватметър с клас на точност 0.2 . Върху тръбата се поставя плътно изследвания изолационен материал, който също е изработен под формата на тръба. Измерването на температурите на повърхността на тръбата и на повърхността на изолацията се извършва в четири точки по дължина на тръбата посредством платинови терморезистори свързани с термосъпротивителни термометри с абсолютна грешка $0.01 - 0.05 ^\circ C$. Отчитането на температурите се извършва след

стационаране на топлинния поток, което обикновено се постига след около 7-8 часа. Използвани бяха тръби от “ИЗОГОМАТЕРМ” с дебелина 0,06 , 0,09 , 0,013 и 0,019 m. При провеждането на експеримента са използвани само тези резултати при които температурата на околната среда е една и съща, осигуряващо еднакви условия на експеримента.

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

От представените на фиг.2 експериментални резултати за зависимостта на коефициента на топлопроводност λ от средната температура на изолацията се вижда, че коефициента на топлопроводност λ с нарастване на температурата на изолацията намалява.

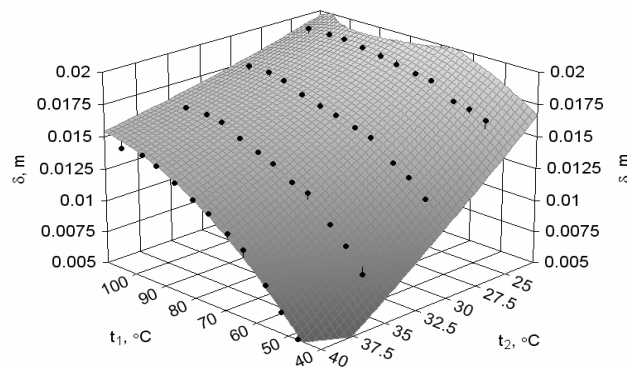


Фиг.2. Зависимост на коефициента на топлопроводност λ от средната температура на изолацията при $\delta=0,019$ m

Това влияние на температурата на изолацията върху коефициента на топлопроводност, което не е характерно за твърдите материали, по всяка вероятност се дължи на голямата порьозност на материала.

Във връзка с практическото приложение на новия изолационен материал “ИЗОГОМАТЕРМ” като топлинна изолация в различни тръбопроводи и апарати, интерес представлява температурната зависимост на дебелината на изолацията δ , от температурата

на стената на апарата или тръбата t_1 и температурата на повърхността на изолацията t_2 . За целта бяха използвани получените опитни резултати за коефициента на топлопроводност λ при четири различни дебелини, от усреднените стойности на които бе получена температурната зависимост на дебелината на изолацията δ от температурата на стената t_1 при зададени различни температури на повърхността на изолацията t_2 от 25 до 40 °C (фиг.3).



Фиг.3. Зависимост на дебелината на изолацията δ от температурата на стената t_1 и на изолацията t_2

След обработване на получените експериментални резултати бе получена следната емпирична зависимост за зависимостта на коефициента на топлопроводност от температурата:

$$\lambda = 0,1421t_{cp}^{-0,2464}, W/mK \quad (3)$$

която описва с точност $\pm 1,5\%$ опитните резултати.

Представените на фиг.3 експериментални резултати, обработени по метода на най-малките квадрати се описват от емпиричната зависимост:

$$\delta = 3,38 \cdot 10^{-2} + 1,69 \cdot 10^{-4} t_1 - 1,31 \cdot 10^{-3} t_2 - 1,96 \cdot 10^{-6} t_1^2 + 4,09 \cdot 10^{-6} t_2^2 + 7,43 \cdot 10^{-6} t_1 t_2 \quad (4)$$

която описва с точност $\pm 7\%$ опитните резултати

Уравнение (4) позволява бързо и точно да бъде определена необходимата дебелина на изолацията от "ИЗОГОМАТЕРМ" за всеки конкретен случай в практиката.

ЛИТЕРАТУРА

1. Министерство на икономиката и енергетиката, *Енергиен мениджмънт в малки и средни предприятия*, Българска стопанска камара, 2006, 6.
2. Обзорная информация, *Современные теплоизоляционные материалы*, Москва, 1986, 22.
3. Гельперин Н. И., *Основные процессы и аппараты химической технологии*, Химия, Москва, 1986, 266.
4. Кименов Г., *Топлотехника*, Техника, София, 1986, 76.
5. Кондратьев Г.М., *Тепловые измерения*, МашГиз, Москва, 1957, 68.

Представена за печат на 30.09.2006 г.