

# DETERMINAREA CONDUCTIVITATII TERMICE A MATERIALELOR TERMOIZOLANTE

## 1. Introducere

Conductia termica reprezinta fenomenul de transmitere a caldurii prin corpuri fara miscari aparente, caracteristic solidelor si straturilor sutiri de fluid in repaus.

La baza studiului conductiei termice sta legea experimentală a lui Fourier , conform căreia fluxul termic este proporțional cu suprafața de schimb de căldură S [m<sup>2</sup>] și cu gradientul de temperatură, grad t [ grad/m], exprimată printr-o relație de forma :

$$\Phi = -\lambda \cdot S \cdot \text{grad } t \quad [\text{W}] \quad (1)$$

Coeficientul de proporționalitate  $\lambda$  se numește **conductivitatea termică** sau **coeficient de conducție termică** a materialului.

În cazul corpurilor solide conductivitatea termică este influențată de temperatură printr-o lege de variație liniară :

$$\lambda = a \pm b \cdot t \quad [\text{W}/\text{m} \cdot \text{grad}] \quad (2)$$

unde a și b sunt constante ce depind de natura materialului.

Cunoașterea conductivității termice a materialelor termoizolante este un factor de mare importanță în alegerea soluției optime de izolare termică, făcându-se o analiză economică asupra costului izolării termice și a cheltuielilor legate de pierderile de căldură.

Lucrarea de laborator își propune să determine conductivitatea termică în regim permanent, a materialelor omogene și neomogene, pe probe sub formă de placă cu fețe plan-paralele.

Prin material omogen se înțelege acel material la care conductivitatea termică nu variază cu grosimea sau suprafața probei, în gama de dimensiuni utilizate curent în construcții (materialul are o granulozitate continuă, granulele cu diametrul cel mai mare nedepășind  $\frac{1}{4}$  din grosimea probei, iar golurile de aer, uniform repartizate nedepășind 3 mm în diametru).

Atmosfera laboratorului în care se fac măsurătorile trebuie să îndeplinească următoarele condiții :

- temperatură 18.....25 °C, cu variație maximă de  $\pm 1$  °C în timpul încercării
- umiditate 55....65 %
- fără curenți de aer.

## 2. Metoda de testare

### Pregătirea probei

Stasul ISO 8301 oferă informații asupra dimensiunilor probei care poate fi utilizată în măsurarea coeficientului de conductivitate termică prin metoda Dr. Bock. Astfel suprafața probei nu trebuie să depășească 300x300 mm, iar grosimea 37,5 mm.

Instalația utilizată de tip B 480 Hilton poate determina conductivitatea termică pentru probe cu grosimi până la 75 mm.

Instalația poate fi utilizată pentru determinarea conductivității termice pentru o gamă largă de tipuri de materiale de construcții cu grosimi diferite și rezistențe termice cuprinse între 0,1-1,4 m<sup>2</sup>K/W. Pentru probe cu rezistențe termice mici între 0,1- 0,8 m<sup>2</sup>K/W se utilizează două foi de silicon care se plasează pe cele două părți ale probei astfel încât conductibilitatea probei să scadă.

Scopul principal al utilizării foilor de silicon este acela de a elimina aerul dintre probă și placa caldă respectiv rece, pentru probele care nu au suprafețe perfect plane sau pentru probe din material granular.

Stasul ISO 8301 prevede o abatere de la planeitate a fețelor probei de sub 0,025 % (adică o abatere de 0.75 mm la o lungime de 300 mm) și o abatere de la paralelism a fețelor de sub 2% (adică 0,2 mm pentru o grosime de 10 mm). Pentru probele granulare cum ar fi nisipul sau pietrisul se utilizează placa cu ramă de lemn. Proba se plasează în interiorul ramei și trebuie presată astfel încât densitatea să fie maximă, altfel rezultatele ar putea fi incorecte datorită aerului restant între granulele probei. Înălțimea ramei de lemn este de 15 mm.

### **Descrierea aparaturii de laborator**

Proba de masurat cu fețe plan paralele este poziționată între placa caldă ( $T_H$ ) și placa rece ( $T_C$ ). Placa caldă este încălzită cu ajutorul unei rezistențe electrice, iar temperatura de pe placă poate fi setată din dispozitivul de control între 0-70 °C.

Placa rece este menținută la o temperatură constantă cu ajutorul agentului de răcire (apă).

Presiunea de contact între plăci este asigurată de dispozitivul manual cu șurub, care permite coborârea și ridicarea plăcii calde, și cele patru resorturi poziționate sub placa rece.

### **Panoul de control si setarea temperaturilor de lucru**

Dispozitivul de control conține patru canale care au următoarele funcții :

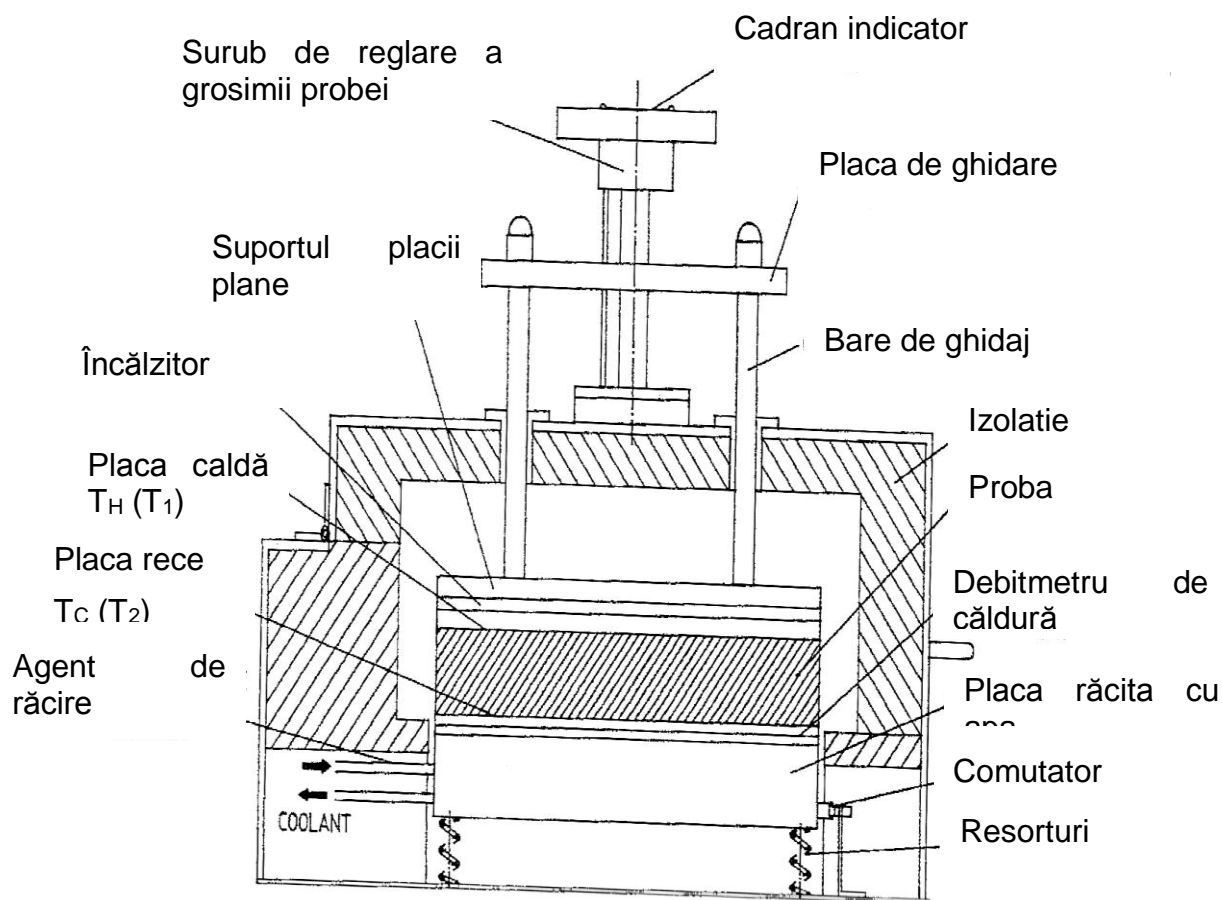
- - canalul 1 ( $T_H$ ) – afișarea și reglarea temperaturii plăcii calde ( $T_1$ )
- - canalul 2 ( $T_C$ ) – afișarea temperaturii plăcii reci ( $T_2$ )
- - canalul 3 ( $T_{\text{apa racire}}$ ) – afișează temperatura apei de răcire
- - canalul 4 – afișează fluxul de căldură exprimat in milivolți.

Fiecare canal în parte poate fi selectat prin apăsarea tastelor de la 1 la 4 astfel încât valoarea mărimii respective să fie afișată în partea de sus a afișajului electronic. Ledurile verzi din partea dreaptă indică canalul care este afișat. Pentru canalele 2 și 4 valoarea indicată în partea de jos a afișajului este întotdeauna 0.00 deoarece aceste valori nu pot fi setate.

Temperaturile curente ale placilor calde și reci (canalele 1 și 3) sunt afișate în partea superioară a display-ului iar temperaturile setate pentru cele două canale în partea de jos.

Setarea temperaturii plăcii calde se face prin apăsarea tastei 1 și a tastei de acces. În partea de jos a afișajului electronic va fi afișată comanda SP (setting point), iar în partea

de sus valorile curente ale plăcii calde. Temperatura  $T_1$  poate fi setată între 0 și 70 °C. Pentru revenirea la meniul principal se apasă tastele 1 sau 3.



**Fig. 1 Aparat pentru determinarea conductivității termice ale materialelor solide tip B480 Hilton**

### Etapele măsurării

- se verifica dacă aparatul este conectat la apa și curent electric.
- se asigură că proba este scoasă din aparat. Dacă se utilizează foile de silicon plasati-le între cele două plăci ale.
- se închide capacul aparatului și se asigură cu clemele de închidere.
- se răsucește rozeta în sensul invers acelor de ceasornic pentru a coborâ placa caldă. În momentul în care lampa verde (testul de poziție) luminează opriți coborârea plăcii și citiți dimensiunea de pe cadranul indicator. Aceste etape se repetă de trei ori și se face media aritmetică a citirilor.
- se răsucește apoi rozeta în sensul acelor de ceasornic astfel încât între placa caldă și cea rece să fie o distanță mai mare decât grosimea probei.
- se deschide capacul aparatului și se plasează proba în interior.
- se utilizează foile de silicon dacă acest lucru se impune.
- se rotește rozeta în sensul invers acelor de ceasornic astfel încât placa caldă să coboare pe probă. Continuând răsucirea placa caldă și proba se vor deplasa în jos presând pe cele patru arcuri ale suportului. Lampa verde se aprinde când presiunea

între cele două plăci este suficientă. Pentru probele solide grosimea se poate determina direct prin măsurarea cu micrometrul înainte de introducerea în aparat.

- dacă este necesară testarea probei la mai multe temperaturi se va începe cu temperatura cea mai mică, crescînd apoi temperatura pînă la valoarea cea mai ridicată.
- timpul de stabilizare a temperaturii T2 și a indicației milivoltmetrului va varia în funcție de natura materialului probei și a rezistenței termice.
- diferența dintre media citirilor inițiale și a celor finale se înmulțește cu 2,5 (pasul șurubului) și se determină grosimea probei în milimetri.

Intervalul de timp între două citiri consecutive se determină cu relația:

$$\tau = \rho \cdot c_s \cdot \delta_s \cdot R \quad [s] \quad (3)$$

unde:

$\rho$ [kg/m<sup>3</sup>] - densitatea materialului

$c_s$ [J/kg K] - caldura specifică materialului

$\delta_s$ [m] - grosimea materialului

$R$ [m<sup>2</sup>K/W] - rezistența termică a materialului

Dacă nu se cunosc proprietățile materialului din care este confecționată proba atunci intervalul de timp se admite că fiind 300 secunde.

Constantele de calibrare ale aparatului sunt:

măsurare fără foile de silicon

$$k_1 = -13.7841 \quad k_4 = 0.0026$$

$$k_2 = 0.2709 \quad k_5 = 0.0026$$

$$k_3 = 2.1033 \quad k_6 = 0.0001$$

măsurare cu foile de silicon

$$k_1 = -34,5165 \quad k_4 = -0,0026$$

$$k_2 = 0,05099 \quad k_5 = -0,0035$$

$$k_3 = 3,9175 \quad k_6 = 0,0001$$

Conductivitatea termică se calculează cu relația:

$$\lambda = \frac{l_s \cdot \left[ \left( k_1 + (k_2 \cdot \bar{T}) \right) + \left( (k_3 + (k_4 \cdot \bar{T})) \cdot \text{HFM} \right) + \left( (k_5 + (k_6 \cdot \bar{T})) \cdot \text{HFM}^2 \right) \right]}{dT}$$

unde:  $dT = T_1 - T_2$  – diferența de temperatură între placa caldă și cea rece

$$\bar{T} = \frac{T_1 + T_2}{2} \text{ - media aritmetică dintre cele două temperaturi}$$

$l_s$ [m] – grosimea materialului

### Exemplu de calcul:

Tipul probei : placă BCA

Constantele de calibrare ale aparatului:

$$k_1 = -34,5165 \quad k_4 = -0,0026$$

$$k_2 = 0,05099 \quad k_5 = -0,0035$$

$$k_3 = 3,9175 \quad k_6 = 0,0001$$

Marimi citite:

$$T_1 = 65 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_2 = 17,2 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{HFM} = 26,98 \text{ mV}$$

Date calculate:

$$dT = T_1 - T_2 = 47.8 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\bar{T} = \frac{T_1 + T_2}{2} = 41.1 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\lambda = \frac{I_s \cdot \left[ \left( k_1 + (k_2 \cdot \bar{T}) \right) + \left( (k_3 + (k_4 \cdot \bar{T})) \cdot \text{HFM} \right) + \left( (k_5 + (k_6 \cdot \bar{T})) \cdot \text{HFM}^2 \right) \right]}{dT} = 0.09$$

[W/mk]