

## 6. Calculul proceselor de transfer de căldură conductiv

### 6.1. Relații generale

**Conductivitate termică** – transfer de căldură cauzat de mișcarea microparticulelor (molecule, atomi, electroni) și o diferență de temperaturi. Acest tip de transfer de căldură în stare pură se întâlnește în solide.

**Legea Fourier** – fluxul de căldură este direct proporțional la un coeficient oarecare:

$$\dot{Q} = -\lambda \frac{\partial t}{\partial n} \cdot S, \quad (6.1)$$

$$\dot{q} = \frac{\dot{Q}}{S} = -\lambda \frac{\partial t}{\partial n}, \quad (6.2)$$

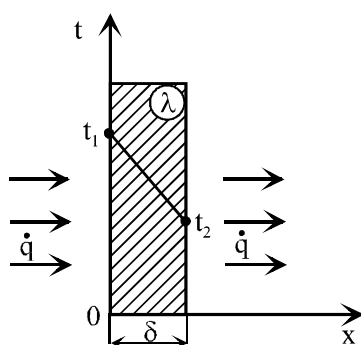
unde:  $\lambda$  este conductivitatea termică,  $\left[ \frac{W}{m \cdot K} \right]$ ;

$S$  - aria suprafeței izoterme perpendiculară pe direcția fluxului de căldură,  $m^2$ ;

$\frac{\partial t}{\partial n}$  - derivata temperaturii după normală,  $\frac{K}{m}$ .

### 6.2. Transfer de căldură unidirecțional în regim permanent fără surse interne de energie printr-un perete plan

Se consideră un perete plan omogen, de grosime  $\delta$ , a cărei figură este prezentată mai jos:



**Figura 6.1.** Reprezentarea temperaturilor într-o secțiune prin peretele de grosime  $\delta$

Relația de calcul pentru fluxul unitar de căldură transmis prin acest perete este:

$$\dot{q} = \frac{\lambda}{\delta} (t_1 - t_2), \quad \left[ \frac{W}{m^2} \right], \quad (6.3)$$

sau:

$$\dot{q} = \frac{t_1 - t_2}{R_c}, \quad (6.4)$$

unde  $R_c$  reprezintă rezistența la conducție termică,  $R_c = \frac{\delta}{\lambda}$ , în

$$\frac{m^2 \cdot K}{W}.$$

Fluxul de căldură prin suprafața  $S$  este:

$$\dot{Q} = \dot{q} \cdot S = \frac{t_1 - t_2}{R_c} \cdot S \text{ [W]}. \quad (6.5)$$

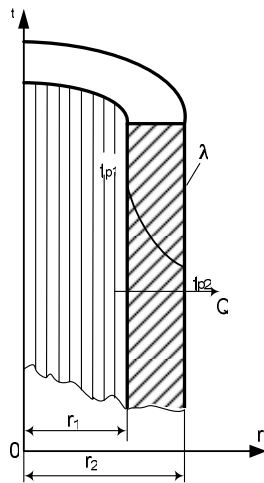
Temperatura în orice punct se poate determina astfel:

$$t_x = \frac{t_2 - t_1}{\delta_x} + t_1. \quad (6.6)$$

Pentru perete plan omogen format din  $n$  straturi:

$$\dot{q} = \frac{t_1 - t_{n+1}}{\sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i}} = \frac{t_1 - t_{n+1}}{R_{ech}}. \quad (6.7)$$

### 6.3. Transfer de căldură unidirecțional în regim permanent fără surse interne de energie printr-un perete cilindric



**Figura 6.2.** Variația temperaturii în peretele tubular simplu

Se va considera un tub nelimitat și omogen. Raza interioară este  $r_1$ , iar cea exterioară –  $r_2$ , iar coeficientul de conductivitate termică  $\lambda$  al substanței, din care e fabricat peretele, este constant. Fața interioară se găsește la temperatura  $t_{p1}$ , menținută constant pe toată întinderea feței, iar fața exterioară se găsește la temperatura  $t_{p2}$ , de asemenea constantă.

Temperatura în orice punct se determină cu următoarea relație:

$$t = t_{p1} - \frac{t_{p1} - t_{p2}}{\ln \frac{r_2}{r_1}} \ln \frac{r}{r_1}. \quad (6.9)$$

Unde  $r$  este raza cilindrului până în punctul, temperatura căruia trebuie de determinat.

Fluxul de căldură transmis de un perete tubular va fi dat de expresia:

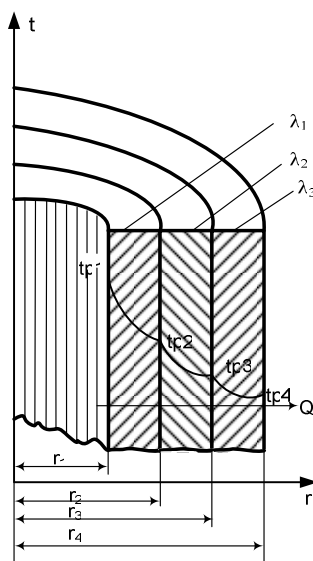
$$\dot{Q} = \frac{2\pi\lambda l(t_{p1} - t_{p2})}{\ln \frac{r_2}{r_1}}, \quad [\text{W}] \quad (6.10)$$

unde  $l$  este lungimea tubului.

În practică s-a obișnuit a exprima uneori fluxul de căldură pe o unitate de lungime a tubului, adică prin densitatea liniară a fluxului termic:

$$\dot{q}_l = \frac{\dot{Q}}{l} = \frac{2\pi\lambda(t_{p1} - t_{p2})}{\ln \frac{r_2}{r_1}}, \quad [\text{W/m}] \quad (6.11)$$

În figura 6.3. este prezentat un tub, compus din trei straturi de substanțe diferite, care au coeficienții de conductivitate termică respectiv  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$  și  $\lambda_3$  constanți. Razele suprafețelor laterale sunt  $r_1$  și  $r_4$ , iar a suprafețelor de contact  $r_2$  și  $r_3$ .



**Figura 6.3.** Transfer de căldură printr-un tub cilindru compus din mai multe straturi

În cazul unui perete compus din  $n$  straturi, densitatea liniară a fluxului de căldură se determină astfel:

$$\dot{q}_l = \frac{\pi(t_{p1} - t_{p(n+1)})}{\sum_{i=1}^n \left( \frac{1}{2\lambda_i} \ln \frac{d_{i+1}}{d_i} \right)}, \quad [\text{W/m}] \quad (6.12)$$

Iar temperatura la suprafața de contact a doua straturi oarecare  $i$  și  $i+1$  va fi:

$$t_{p(i+1)} = t_{p1} - \frac{\dot{q}_l}{2\pi} \sum_{i=1}^i \frac{1}{\lambda_i} \ln \frac{r_{i+1}}{r_i}, \quad [^\circ\text{C}] \quad (6.13)$$

unde:  $r_i$  și  $r_{i+1}$  sunt respectiv raza interioară și cea exterioară a stratului tubular  $i$ .

