VEGYIPARI MŰVELETEK II. (GEVGT503ML)

(Gépészmérnöki MSc)

TEMATIKA

1. hét:	Hőátviteli folyamatok csoportosítása, hővezetés tapasztalati egyenlete
2. hét:	Hővezetés differenciál-egyenlete, hővezetés síkfal mentén
3. hét:	Együttes hővezetés és konvekció diff. egyenlete. Hasonlósági kritériumok
4. hét:	Hőátvitel során alkalmazott hasonlósági kritériumok
5. hét:	Hőátadási folyamatok csoportosítása, szabadáramlás
6. hét:	Konvekciós hőátadási folyamat (lamináris áramlás)
7. hét:	Konvekciós hőátadási folyamat (csöveken belül ill. körüli áramlásnál)
8. hét:	Hőátadás fázisváltozással (forralás)
9. hét:	Hőátadás fázisváltozással (kondenzáció)
10. hét:	Hőcserélők alapegyenlete I.
11. hét:	Hőcserélők alapegyenlete II.
12. hét:	Bepárlás I.
13. hét:	Bepárlás II.
14. hét:	Hőátviteli folyamatok vizsgálata numerikus módszerekkel

Az aláírás feltétele a 13. oktatási héten írt zárthelyi dolgozat sikeres megírása.

Vizsga: Írásban + szóban

....

előadó

1. Ismertesse a hőátviteli módokat. Ismertesse a Hővezetés differenciálegyenletét. Hővezetés síkfalban. (10 pont)
2. Bepárlók anyag- és energiamérlege. Bepárló konstrukciók (vázlat, legalább 2 típus). (10 pont)

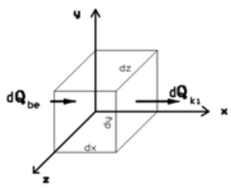
MEGOLDÁS

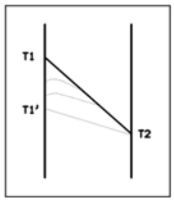
1.

Hőátviteli módok:

- vezetéses hőátvitel, hővezetés (elemi részecskék hőmozgása, csak szilárd fázisban zavartalan(?) gáz és folyadék fázis esetén konvekció van)
- konvekciós hőátvitel (makroszkopikus részcskék áramlanak, a térben helyüket változtatják, az áramló közeg és a határoló fal közötti hőátmenet a hőátadás)
- sugárzásos hőátvitel (energiatranszport a molekulák, atomok rezgése következtében kibocsátott elektromágneses sugárzással. Egy test energiatartalmának egy része sugárzó energiává alakulva egy másik testbe ütközve részben(?) hőenergiává alakul vissza)

Feltételezés: az anyag izotróp és homogén
Az elemi térfogatú zárt térbe érkező és távozó energiák legyenek csak x irányúak.





$$dQ_{bevx} = -\lambda \cdot dy \cdot dz \frac{\partial t}{\partial x} \cdot d\tau \quad dQ_{kix} = -\lambda \cdot dy \cdot dz \frac{\partial t}{\partial x} \cdot d\tau - \lambda \cdot dy \cdot dz \frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{\partial t}{\partial x}\right) \cdot dx \cdot d\tau$$

A vizsgált térben a be- és kilépő energia különbsége marad:

$$dQ_{ter} = dx \cdot dy \cdot dz \cdot \rho \cdot c \cdot \frac{\partial t}{\partial \tau} d\tau$$

$$dQ_{bevx} - dQ_{kix} = -\lambda \cdot dy \cdot dz \frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{\partial t}{\partial x}\right) \cdot dx \cdot d\tau = dx \cdot dy \cdot dz \cdot \rho \cdot c \cdot \frac{\partial t}{\partial \tau} d\tau$$

$$\lambda \frac{\partial^2 t}{x^2} = \rho \cdot c \cdot \left(\frac{\partial t}{\partial \tau}\right)_x$$

Három irányú vezetés esetén a vizsgált térben maradó energia:

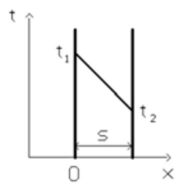
$$\lambda \cdot dx \cdot dy \cdot dz \cdot \left(\frac{\partial^2 t}{x^2} + \frac{\partial^2 t}{y^2} + \frac{\partial^2 t}{z^2}\right) d\tau$$

a térben a változatlan formában felírható hőmennyiség változáshoz vezet, azaz:

$$dQ_{bevx} - dQ_{kivx} = dx \cdot dy \cdot dz \cdot \rho \cdot c \cdot \frac{\partial t}{\partial \tau} d\tau$$

A két egyenletből:

$$\lambda \cdot \left(\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2}\right) = \rho \cdot c \cdot \frac{\partial t}{\partial \tau} \Rightarrow a = \frac{\lambda}{\rho \cdot c} \Rightarrow \boxed{a \cdot \nabla^2 t = \frac{\partial t}{\partial \tau}}$$

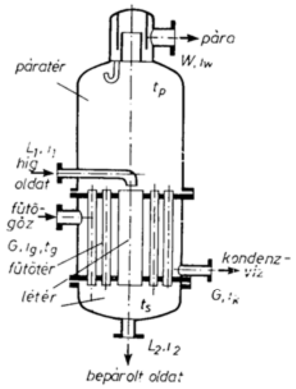


$$Q = -\lambda F \frac{dt}{dx} \tau$$

$$-\int_{t1}^{t2} dt = t_1 - t_2 = \int_0^s \frac{Q}{\lambda F \tau} dx$$

$$\boxed{Q = \frac{\lambda}{s} F (t_1 - t_2) \tau = \frac{\lambda}{s} F \Delta t \tau}$$

2.



Az ábrán egy bepárló test látható. A bepárlóba kerülő, sűrítendő oldat melegítését, forralását a köpenytérbe vezetett gőz kondenzációjával érik el. A bepárló alsó tere a létér, a felső tere a páratér.
A cseppelragadás meggátlására a bepárló tetejére cseppfogó került beépítésre.

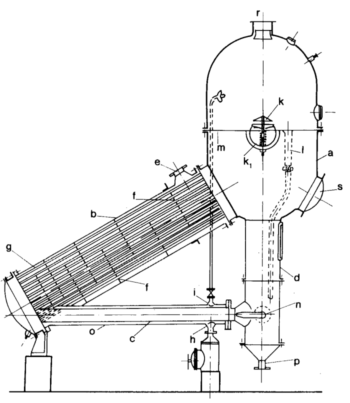
Anyagmérleg: $$L_1 = L_2 + W$$

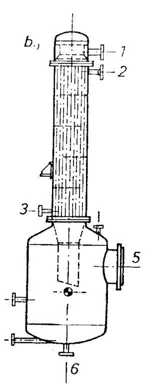
Energiamérleg: $$Q + L_1 \cdot i_1 = L_2 \cdot i_2 + W \cdot i_w$$
$$Q = L_2(i_2 - i_1) + W(i_w - i_1)$$

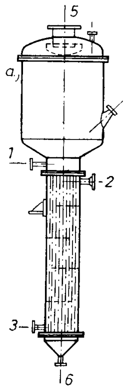
A fűtéssel (kondenzáció a köpenytérben) átadott energia a veszteséget is fedezi:
$$G(i_g - i_k) = Q + Q_{veszt}$$
A veszteség a szükséges energia 5-10%-a : $Q_{veszt} = a\,Q$
A bepárló gőzfogyasztása:
$$G = \frac{Q(1+a)}{i_g - i_k} = \frac{(1+a)[L_2(i_2 - i_1) + W(i_w - i_k)]}{i_g - i_k}$$

A fajlagos gőzfogyasztás a bevezetett fűtőgőz és a termelt páragőz aránya:

A <u>fajlagos páratermelés</u> megmutatja, hogy 1 kg fűtőgőzzel hány kg páragőz állítható elő:
$$W_{fajl} = W / G = 1 / G_{fajl}$$







1. Vezesse le a hővezetés differenciálegyenletét. (Fourier II.)
2. Állandósult állapotban, többrétegű síkfal esetén hogyan számolható hővezetés során a fajlagos hőáram?
3. Írja fel a hőcserélők alapegyenletét. Nevezze meg az összefüggésben lévő tagokat.
4. Ismertesse kéttestes bepárlótelep nyomás és hőmérséklet viszonyait.

Megoldás

1.

Energiamérleg:

$$dQ_{bevx} = -\lambda \cdot dy \cdot dz \frac{\partial t}{\partial x} \cdot d\tau \qquad dQ_{kix} = -\lambda \cdot dy \cdot dz \frac{\partial t}{\partial x} \cdot d\tau - \lambda \cdot dy \cdot dz \frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{\partial t}{\partial x}\right) \cdot dx \cdot d\tau$$

A vizsgált térben a be- és kilépő energia különbsége marad:

$$dQ_{ter} = dx \cdot dy \cdot dz \cdot \rho \cdot c \cdot \frac{\partial t}{\partial \tau} d\tau$$

$$dQ_{bevx} - dQ_{kix} = -\lambda \cdot dy \cdot dz \frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{\partial t}{\partial x}\right) \cdot dx \cdot d\tau = dx \cdot dy \cdot dz \cdot \rho \cdot c \cdot \frac{\partial t}{\partial \tau} d\tau$$

$$\lambda \frac{\partial^2 t}{x^2} = \rho \cdot c \cdot \left(\frac{\partial t}{\partial \tau}\right)_x$$

Három irányú vezetés esetén a vizsgált térben maradó energia:

$$\lambda \cdot dx \cdot dy \cdot dz \cdot \left(\frac{\partial^2 t}{x^2} + \frac{\partial^2 t}{y^2} + \frac{\partial^2 t}{z^2}\right) d\tau$$

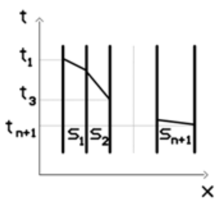
a térben a változatlan formában felírható hőmennyiség változáshoz vezet, azaz:

$$dQ_{bevx} - dQ_{kivx} = dx \cdot dy \cdot dz \cdot \rho \cdot c \cdot \frac{\partial t}{\partial \tau} d\tau$$

A két egyenletből:

$$\lambda \cdot \left(\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2}\right) = \rho \cdot c \cdot \frac{\partial t}{\partial \tau} \Rightarrow a = \frac{\lambda}{\rho \cdot c} \Rightarrow \quad \boxed{a \cdot \nabla^2 t = \frac{\partial t}{\partial \tau}}$$

2.



$$q = \frac{\lambda_1}{s_1}(t_1 - t_2) \rightarrow t_1 - t_2 = q\frac{s_1}{\lambda_1}$$

$$q = \frac{\lambda_2}{s_2}(t_2 - t_3) \rightarrow t_2 - t_3 = q\frac{s_2}{\lambda_2}$$

$$q = \frac{\lambda_n}{s_n}(t_n - t_{n+1}) \rightarrow t_n - t_{n+1} = q\frac{s_n}{\lambda_n}$$

$$\sum t_1 - t_{n+1} = q\left(\frac{s_1}{\lambda_1} + \frac{s_2}{\lambda_2} + \ldots + \frac{s_n}{\lambda_n}\right)$$

$$q = \frac{t_1 - t_{n+1}}{\sum_{i=1}^{n} \frac{s_i}{\lambda_i}} \qquad \boxed{Q = \frac{t_1 - t_{n+1}}{\sum_{i=1}^{n} \frac{s_i}{\lambda_i}} F\tau}$$

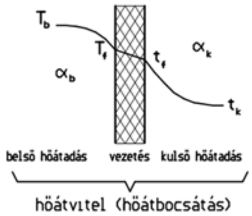
3.

Hőcserélők alapegyenlete (Q=kAΔt)

Hőátviteli tényező:

Állandósult állapotban a cső külső és belső felületén hőátadással, a csövön keresztül hővezetéssel történő energiatranszport révén azonos a hőáram. A hőátviteli (hőátbocsátási) tényező bevezetésével a hőátvitel a teljes hajtóerőre vonatkozóan kifejezhető:

$$k(T_b - t_k)$$



A külső és belső felületet azonosnak tekintve, egy egyrétegű síkfal hőátvitelét vizsgálva a hőáram azonossága a részfolyamatoknál és a teljes folyamat esetén:

$$q = \alpha_b(T_b - T_f) = \frac{\lambda}{s}(T_f - t_f) = \alpha_k(t_f - t_k) = k(T_b - t_k)$$

$$\begin{aligned} T_b - T_f &= q/\alpha_b \\ T_f - t_f &= qs/\lambda \\ t_f - t_k &= q/\alpha_k \end{aligned} \longrightarrow T_b - t_k = q\left(\frac{1}{\alpha_b} + \frac{s}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_k}\right) = k\cdot(T_b - t_k) \longrightarrow \boxed{k = \frac{1}{1/\alpha_b + s/\lambda + 1/\alpha_k}}$$

Cső esetén a külső és belső felület nagysága eltérő. Állandósult állapotra vonatkozóan a következő összefüggés írható fel:

$$Q = \alpha_b A_b(T_b - T_f) = \frac{\lambda}{s}A_x(T_f - t_f) = \alpha_k A_k(t_f - t_k) = kA(T_b - t_k) \longrightarrow \boxed{\frac{1}{kA} = \frac{1}{\alpha_b A_b} + \frac{s}{\lambda A_x} + \frac{1}{\alpha_k A_k}}$$

A cső közepes felületéhez tartozó sugár vastagfalú csöveknél a külső és belső sugár logaritmikus közepe. Normál csövek estén a számtani közép.

$$r_x = \frac{r_k - r_b}{\ln\frac{r_k}{r_b}} \approx \frac{r_k + r_b}{2}$$

46. oldal

4.