

25300 Lämmönsiirron perusteet

Tentti 29.11.2004

Tentissä saa käyttää kirjaa A. F. Mills, Basic heat & mass transfer tai siitä otettuja kopioita. Muuta aineistoa ei saa käyttää.

Kurssin arvostelussa otetaan huomioon laskuharjoituksista saadut bonuspisteet.

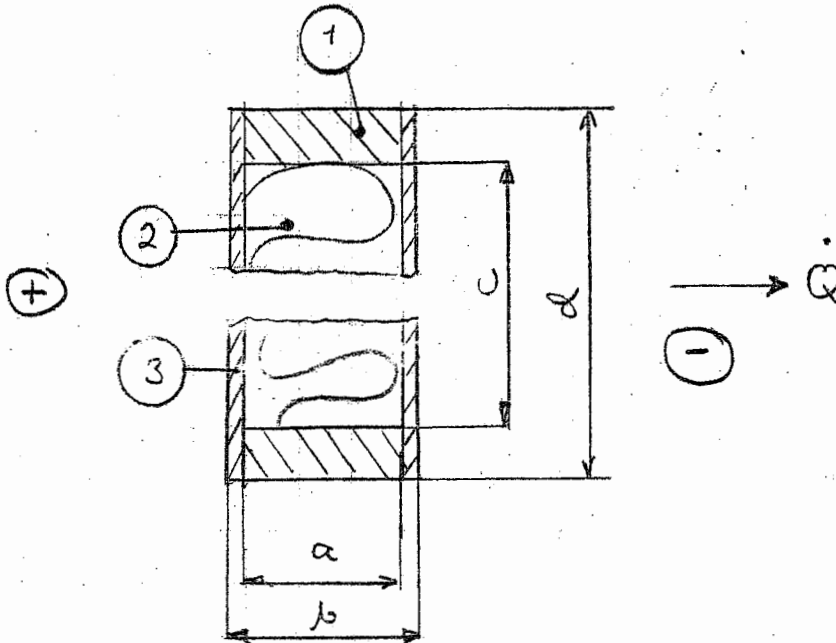
1. Pystysuorassa olevan patterin korkeus on 40 cm ja pintalämpötila on 60 °C. Ympäröivän ilman lämpötila on 20 °C. Laske luonnollisen konvektion aiheuttama keskimääräinen lämmönsiirtokerroin patterin pinnalla ja patterin pintaan syntyvän lämpötilarajakerroksen keskimääräinen paksuus.

Tarvittavat kaavat löytyvät liitteestä 1 ja ilman aineominaisuudet ovat seuraavat:

Lämmönjohtavuus 0,0274 W/(Km), tiheys 1,14 kg/m³, ominaislämpö 1005 J/(kgK), kinemaattinen viskositeetti 16,5 · 10⁻⁶ m²/s ja Prandtin luku 0,69. Maan vetovoiman aiheuttama kiihtyvyys on 9,81 m/s².

2. Kuvan mukaisen pysty- ja vaakasuunnassa symmetrisen rakenteen mitat ovat seuraavat: a = 20 cm, b = 22 cm, c = 100 cm ja d = 110 cm. Rakenteen ylä- ja alaosa (1) ovat puuta, pintakerrokset (3) kuitulevyä ja välissä (2) on eriste. Näiden materiaalien lämmönjohtavuudet ovat : Puu 0,14 W/(Km), kuitulevy 0,06 W/(Km) ja eriste 0,04 W/(Km).

Laske rakenteen lämpövastus (vaakasuoraan) ja rakenteen läpi siirtyvä teho, jos rakenteen sisä- ja ulkopintojen (kuitulevyt) lämpötilojen keskimääräinen erotus on 20 K. Laske myös koko rakenteen lämmönläpäisykerroin ja vertaa sitä rakenteen keskiosan lämmönläpäisykerrotimeen.

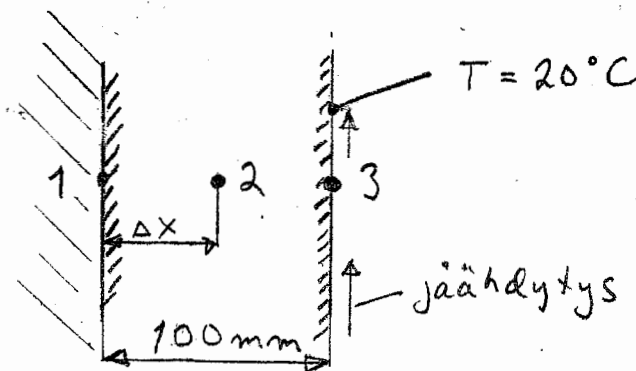


3. Kuvan mukaisessa levyssä lämmön johtuminen on epästationääristä. Levyn vasen reuna on lämpöeristetty ja oikea reuna pidetään jäähdytyksen avulla koko ajan alkulämpötilassa $20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Levyssä alkaa kehittyä ajanhetkellä 0 vakiona pysyvä teho/tilavuus, joka on 10^5 W/m^3 . Esitä pisteiden 1 ja 2 explisiittiset differenssiyhtälöt. Ratkaise näistä pisteiden 1 ja 2 lämpötilat 10 minuutin ja 20 minuutin kuluttua siitä, kun teho kytkeytyi päälle.

Esitä pisteiden 1 ja 2 yhtälöt muodossa, jossa lämpötilojen kertoimet ovat dimensiottomat käyttämällä Fourierin lukua. Tarkasta myös, että vaadittava stabiilisuusehto toteutuu.

Muut tarvittavat lähtötiedot: Materiaalin lämmönjohtavuus $1,5\text{ W/(Km)}$, tiheys $3\ 000\text{ kg/m}^3$ ja ominaislämpö $2\ 000\text{ J/(kgK)}$. Levyn paksuus on 100 mm ja solmuväli 50 mm . Levyn alkulämpötila on vakio $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ja laskennan aika-askel 10 minuuttia .



4. Pallokinkku, jonka halkaisija on 24 cm , pannaan paistumaan uuniin, jonka lämpötila on $100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Kinkun alkulämpötila on $20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Laske, kauanko kinkun keskipisteen lämpötilan nousu arvoon $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ kestää. Käytä laskennassa liitteen 2 käyrästä. Laske paistoaika myös aikavakiomallilla. Vertaa tuloksia keskenään ja arvio mahdollisen eron syy.

Kinkun aineominaisuudet: Lämmönjohtavuus $0,45\text{ W/(Km)}$, tiheys 1200 kg/m^3 ja ominaislämpö 3500 J/(kgK) . Kokonaislämmönsiirtokerroin (konvektio + säteily) kinkun pinnalla on $15\text{ W/(Km}^2\text{)}$.

5. Kuvan mukaisen, suorakaiteen muotoisen uunin pohja on musta pinta, jonka lämpötila on 400 K. Katon emissiviteetti on 0,60 ja lämpötila 1000 K. Kaikkien sivuseinien emissiviteetti on 0,8 ja lämpötila 800 K. Sivuseinät muodostavat yhdessä pinnan 3. Uunin sivujen mitat ovat $a = 0,80$ m, $b = 0,60$ m ja $c = 0,50$ m.

Laske säteilyverkkomallilla kustakin pinnasta lähtevä kokonaissäteilyteho/pinta-ala ja kunkin pinnan nettosäteilyteho.

Näkyvyyskerroin saadaan liitteen 3 käyrästä.

