

Tentti 30.11.2005

Tentissä saa käyttää vain kirjaa Mills, Basic Heat and Mass Transfer tai siitä otettuja kopioita

1. Poikkileikkaukseltaan pyöreätä, pitkää tukkia, jonka halkaisija on 200 mm, kuivataan lämpötilassa 100 °C olevassa uunissa 10 tuntia. Tukin alkulämpötila on 20 °C. Laske tukin keskipisteen ja pinnan lämpötila 10 tunnin kuluttua kuivauksen aloittamisesta liitteen tiedoilla.

Tukin lämmönjohtavuus on 0,10 W/(Km) ja terminen diffusiviteetti $0,07 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ ja lämmönsiirtokerroin tukin pinnan ja ilman välillä 10 W/(Km²).

62°C

Kuivaus tarkoittaa tässä tehtävässä lämmitystä. Kosteudensiirtoa ei tarkastella.

2. Kuvan 2 mukaiseen kaltevaan pintaan tulee auringon säteilyteho/pinta-ala 300 W/m² ja taivaalta tuleva pitkäaaltoinen säteily. Taivaan kannen emissiviteetiksi voidaan arvioida 0,80. Ympäristön lämpötila on 275 K ja tarkasteltavan pinnan lämpötila 280 K.

Pinnan emissiviteetti on aallonpituuden funktiona kuvan mukainen. Alle 1 μm aallonpituudella emissiviteetti on 0,90, välillä 1 - 10 μm 0,10 ja yli 1 μm aallonpituuksilla 0,90. Pinnan konvektiivinen lämmönsiirtokerroin on 15 W/(Km²).

Laske pinnan nettoteho (lämpötase) pinta-alayksikköä kohti ja tehollinen absorptiokerroin auringon säteilylle ja lämpösäteilylle.

3. Myötävirtalämmönsiirtimeen tulee massavirta 3 kg/s vettä lämpötilassa 90 °C ja massavirta 2 kg/s öljyä lämpötilassa 10 °C. Laske lämmönsiirtimen teho ja lähtevän veden ja öljyn lämpötilat seuraavilla tiedoilla.

Veden ominaislämpö 4200 J/(kgK), öljyn ominaislämpö 2400 J/(kgK),
lämmönläpäisykerroin 500 W/(Km²) ja lämmönsiirtopinta-ala 12 m².

57,62

71,85

0,23

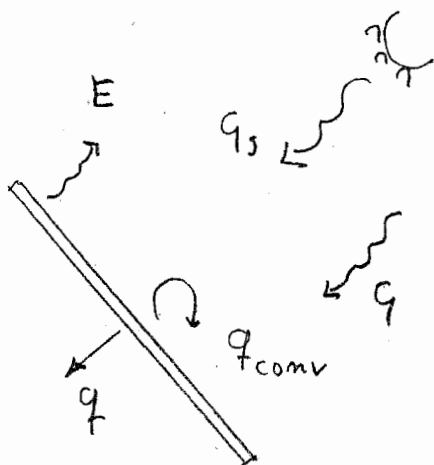
4. Kuvan 4 mukaisen levyn paksuus on 20 mm ja lämmönjohtavuus 0,5 W/(Km). Levyn vasen reuna on lämpöeristetty ja oikeasta reunasta lämpö siirtyy lämpötilassa 50 °C olevaan jäähdytysveteen. Levyssä kehittyy tilavuutta kohti vakio lämpöteho 10⁵ W/m³. Laske levyn vasemman ja oikean reunan sekä keskipisteen lämpötilat ja levystä jäähdytysveteen siirtyvä teho stationääritilassa. Levyn oikean reunan lämmönsiirtokerroin on 500 W/(Km²).

5. Kuvan 5 mukaisessa levyssä lämmön johtuminen on epästationääristä. Levyn vasen reuna on lämpöeristetty ja oikea reuna pidetään jäähdytyksen avulla koko ajan alkulämpötilassa $20\text{ }^\circ\text{C}$.

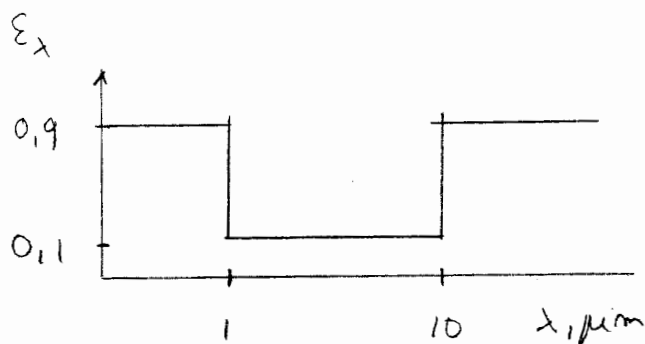
Levyssä alkaa kehittyä ajanhetkellä 0 vakiona pysyvä teho/tilavuus, joka on 10^5 W/m^3 . Esitä pisteiden 1 ja 2 explisiittiset differenssiyhtälöt. Ratkaise näistä pisteiden 1 ja 2 lämpötilat 10 minuutin ja 20 minuutin kuluttua siitä, kun teho kytkeytyi päälle.

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



Kuva 2.



Kuva 5.

