

Házi feladat (3)

3.1 feladat – Az üzemanyag-töredezés hatása a hővezetési tényezőre

Számítsuk ki, hogy mekkora az alábbi paraméterekkel rendelkező üzemanyag effektív hővezetési tényezője 1000 °C-on!

Jellemzők:

Egy BWR reaktor UO₂ üzemanyagát tekintjük, melynek burkolata cirkónium. Hideg üzemállapotban (27 °C) az üzemanyag paraméterei a következők:

- burkolat külső átmérője: 12.52 mm;
- burkolatvastagság: 0.86 mm;
- gázrész vastagsága: 230 μm ($\delta_{g,cold}$).

Feltételezések:

- a kezdeti üzemanyag-sűrűség az elméleti sűrűség 88%-a;
- az UO₂ hővezetési tényezőjének hőmérséklet függését az alábbi – általában a Westinghouse által alkalmazott – képlettel írjuk le (T – °C, λ – W/(cm K)):

$$\lambda_{UO_2} = \frac{1}{11.8 + 0.0238T} + 8.775 \times 10^{-13} T^3 ;$$

- a porozitás okozta korrekcióhoz alkalmazzuk a Biancharia-formulát gömb alakú pórusok feltételezésével;
- a töredezettség következtében alkalmazandó korrekciós formula a következő, ahol X a gázrész töredezettség miatt megváltozott vastagsága (számítását lásd alább)¹:

$$\lambda_{crack} = \lambda_{UO_2} - (0.0002189 - 0.050867X + 5.6578X^2)$$

$$X = (\delta_{g,hot} - 0.014 - 0.14 \delta_{g,cold}) \left(\frac{0.0545}{\delta_{g,cold}} \right) \left(\frac{q}{q_{TD}} \right)^8$$

Üzemi paraméterek:

- az UO₂ hőmérséklete 1000 °C, a burkolaté pedig 295 °C.

Az UO₂ és a cirkónium lineáris hőtágulási együtthatói pedig rendre 10.1×10^{-6} és 5.9×10^{-6} 1/°C.

¹ Az X képletébe mm-ben kell a behelyettesítést végrehajtani, míg a λ_{crack} formula λ értékét kW/(m K)-ben adja meg, behelyettesíteni is abban kell.

3.2 feladat

Egy háromrétegű síkfal sorrendben 3 mm vastag acél ($\lambda_a = 45,4 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$), ismeretlen vastagságú salakgyapot ($\lambda_s = 0,098 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$) és 24 mm vastag polipropilén ($\lambda_{pp} = 0,12 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$) alapanyagú rétegből áll.

- Határozza meg a salakgyapot réteg vastagságát és felületi hőmérsékleteit, ha a fal külső felületeinek hőmérséklete 32°C (acél), illetve -24°C (PP), és a falon átjutó hőáramsűrűség $35 \text{ W}/\text{m}^2$.
- Számítsa ki a fal egyenértékű hővezetési tényezőjét!

3.3 feladat

Egy hűtőgép ammóniák vezetéket 50 mm vastag üvegvatta szigeteléssel látjuk el. Az acélcső külső-, illetve belső átmérője rendre 30 és 20 mm. Az acélcső belső felületének hőmérséklete -10°C , a szigetelés külső felületének hőmérséklete pedig $+20^\circ\text{C}$. Számítsuk ki a cső falán áthaladó lineáris hőteljesítmény-sűrűséget, valamint az acélcső falán történő hőfokesést. Vázoljuk a vezetékek falában kialakult hőfokeloszlási képet is. Hogyan alakulna a hőfokeloszlási kép, ha a csővezeték belső felülete lenne a nagyobb hőmérsékletű? Az acél és a szigetelő anyag hővezetési tényezője $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ mértékegységben rendre: 45,4, illetve 0,037.

3.4 feladat

Tekintsünk egy UO_2 és egy UC üzemanyaglemezt, melyekben a pellet félvastagsága (x irányban vett kiterjedésének a fele) 10 mm, a cirkónium burkolat vastagsága 2 mm és y-z irányban vett méretük végtelen. Ha a felületi hőáramsűrűséget állandónak feltételezzük, akkor hogyan aránylik egymáshoz a különböző anyagokból készült sík üzemanyagok esetében a maximális hőmérséklet és a burkolat külső falának hőmérséklete közötti különbség? A 200 és 1000°C -os hőmérséklet tartományon az UO_2 és UC hővezetési tényezőjének integrál középértéke rendre 3,6, illetve $23 \text{ W}/(\text{mK})$, míg a burkolat állandónak tekinthető hővezetési tényezője $13 \text{ W}/(\text{mK})$.