

6. ASEA-ATOM angav för sin reaktortyp BWR75 följande data. Pinnarnas ytterdiameter 12.25 mm, kutsarnas ytterdiameter 10.44 mm, kapslingstjocklek 0.80 mm, UO_2 's densitet 10500 kg/m³. Härden innehöll vid start totalt 124.5 ton uran. Högsta bränsletemperatur angavs till 1800 C vid ett värmefflöde på 1.08 MW/m² yttre kapslingsyta. Kylvattnet har en temperatur som motsvarar kokning vid 7 MPa och värmeöverföringskoefficienten till kapslingen angavs till 4.5 W/cm²K och för kapslingsspalt till 1.65 W/cm²K.

a) Beräkna värmeledningskoefficienten hos använd UO_2 vid angivna betingelser.

b) Vad var medelvärmeffödet per ytenhet av kapsling i pinnarnas kutsfyllda del vid en reaktoreffekt på 3000 MW_{th} om härden innehöll 700 bränslepatroner med 63 stavar i varje?

c) Hur mycket zircaloy innehöll härden i form av kapsling om den ofyllda överdelen av pinnarna har en längd på 20 cm?

Vattnets kokpunkt vid 7 MPa i grader C: $T_{kok} := (284.5 + 273.15) \cdot K$

$$\begin{aligned}
 \alpha_{yta} &:= 4.5 \cdot \text{watt} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot K^{-1} & p_{yta} &:= 1.08 \cdot 10^6 \cdot \text{watt} \quad \text{på } 1 \text{ m}^2 \text{ yta} \\
 \alpha_{gap} &:= 1.65 \cdot \text{watt} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot K^{-1} & d_{zry} &:= 12.25 \cdot \text{mm} \\
 \lambda_{zry} &:= 16 \cdot \text{watt} \cdot \text{m}^{-1} \cdot K^{-1} & x_{zry} &:= 0.80 \cdot \text{mm} \\
 Yta &= 2 \cdot \pi \cdot r_c \cdot h & r_c &:= \frac{d_{zry}}{2} & r_c &= 6.125 \cdot 10^{-3} \cdot \text{m} \\
 1 \cdot \text{m}^2 &= 2 \cdot \pi \cdot r_c \cdot h & r_i &:= r_c - x_{zry} & r_i &= 5.325 \cdot 10^{-3} \cdot \text{m} \\
 h &:= \frac{1 \cdot \text{m}^2}{2 \cdot \pi \cdot r_c} & d_{kuts} &:= 10.44 \cdot \text{mm} \\
 h &= 25.984 \cdot \text{m} & r_f &:= \frac{d_{kuts}}{2} & r_f &= 5.22 \cdot 10^{-3} \cdot \text{m} \\
 & \text{Denna pinnlängd motsvarar nu} & & & & \\
 & \text{1.08 MW effekt.} & & & & \\
 V_{kutsar} &:= h \cdot \pi \cdot r_f^2 & V_{kutsar} &= 2.224 \cdot \text{liter} \\
 p &:= \frac{p_{yta}}{V_{kutsar}} & p &= 485.533 \cdot \text{watt} \cdot \text{mL}^{-1} \\
 \Delta T_o &:= \frac{p \cdot r_f^2}{2 \cdot r_c \cdot \alpha_{yta}} & \Delta T_o &= 24 \cdot K & T_c &:= T_{kok} + \Delta T_o & T_c &= 581.65 \cdot K \\
 \Delta T_{can} &:= \frac{p \cdot r_f^2 \cdot (r_c - r_i)}{2 \cdot r_i \cdot \lambda_{zry}} & \Delta T_{can} &= 62.113 \cdot K & T_i &:= T_c + \Delta T_{can} & T_i &= 643.763 \cdot K \\
 \Delta T_{gap} &:= \frac{p \cdot r_f}{2 \cdot \alpha_{gap}} & \Delta T_{gap} &= 76.803 \cdot K & T_{rf} &:= T_i + \Delta T_{gap} & T_{rf} &= 720.565 \cdot K \\
 T_{max} &:= (1800 + 273.15) \cdot K \\
 T_{max} &= T_{rf} + \frac{p \cdot r_f^2}{4 \cdot \lambda_{UO2}} & \lambda_{UO2} &:= p \cdot \frac{r_f^2}{(4 \cdot T_{max} - 4 \cdot T_{rf})} & \lambda_{UO2} &= 2.445 \cdot \text{watt} \cdot \text{m}^{-1} \cdot K^{-1}
 \end{aligned}$$

b)

$$m_U := 124.5 \cdot 10^3 \cdot \text{kg}$$

$$m_{UO_2} := m_U \cdot \frac{238 + 2 \cdot 16}{238}$$

$$V_{UO_2} := \frac{m_{UO_2}}{10500 \cdot \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}}$$

$$V_{UO_2} = 13.451 \cdot \text{m}^3$$

$$A_{kuts} := \pi \cdot r_f^2 \quad L_{fuel} := \frac{V_{UO_2}}{A_{kuts}}$$

$$L_{fuel} = 1.571 \cdot 10^5 \cdot \text{m}$$

$$n_{pin} := 700 \cdot 63$$

$$L_{pin} := \frac{L_{fuel}}{n_{pin}}$$

$$L_{pin} = 3.563 \cdot \text{m}$$

$$Y_{fuel} := L_{fuel} \cdot 2 \cdot \pi \cdot r_c$$

$$Y_{fuel} = 6.047 \cdot 10^3 \cdot \text{m}^2$$

$$P_{tot} := 3000 \cdot 10^6 \cdot \text{watt}$$

$$VF := \frac{P_{tot}}{Y_{fuel}}$$

$$VF = 4.961 \cdot 10^5 \cdot \text{watt} \cdot \text{m}^{-2}$$

c)

$$L_{tot} := n_{pin} \cdot 20 \cdot \text{cm} + L_{fuel}$$

$$V_{zry} := L_{tot} \cdot \pi \cdot (r_c^2 - r_l^2)$$

$$V_{zry} = 4.776 \cdot \text{m}^3$$

$$\rho_{zry} := 6440 \cdot \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

$$m_{zry} := V_{zry} \cdot \rho_{zry}$$

$$m_{zry} = 3.076 \cdot 10^4 \cdot \text{kg}$$