

## Řešení Úlohy 102

Zadané parametry úlohy jsou:

$$c_o = 250 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}; \quad p_i = 1 \text{ MPa}; \quad T_i = 623,15 \text{ K}; \\ p_e = 0,25 \text{ MPa}; \quad A_e = 0,0015 \text{ m}^2; \\ c_p = 1,01 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}; \quad r = 287 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}; \\ \kappa = 1,4.$$

Nejdříve stanovení zda dojde ke kritickému proudění, pro které musí platit podmínka [40.115]:

$$\varepsilon_c \leq \varepsilon^*.$$

$$\varepsilon_c = \frac{p}{p_{ic}}.$$

Celkový tlak na vstupu do trysky  $p_{ic}$  se vypočítá pomocí rovnice izoentropie [43.945] a stavové rovnice plynu. Protože platí  $p_{ic} > p_i$  musí platit pro tlakové poměry  $p/p_{ic} < p/p_i$ , jestliže poměr  $p/p_i \leq p^*$  potom, lze říci, že na výtoku z trysky nastane kritické proudění aniž by byl znám tlakový poměr z celkového stavu. V tomto případě je tlakový poměr ze statických tlaků roven 0,25 z čehož plyne, že nastane kritické proudění. Pro úplnost, je zde proveden celkového tlaku:

$$p_{ic} \cdot v_{ic}^\kappa = p_i \cdot v_i^\kappa.$$

Rovnice pro měrné objemy vychází ze stavové rovnice [43.955]:

$$v = \frac{r \cdot T}{p}.$$

$$p_{ic} \left( \frac{r \cdot T_{ic}}{p_{ic}} \right)^\kappa = p_i \left( \frac{r \cdot T_i}{p_i} \right)^\kappa,$$

$$p_{ic}^{(1-\kappa)} T_{ic}^\kappa = p_i^{(1-\kappa)} T_i^\kappa, \\ p_{ic} = p_i \left( \frac{T_i}{T_{ic}} \right)^{\frac{\kappa}{1-\kappa}}.$$

Celková teplota  $T_{ic}$  se určí z  $i$ -s diagramu respektive z entalpie, kdy měrná kinetická energie vzduchu odpovídá rozdílu entalpie, tak jak je znázorněno na obrázku [40.101]:

$$i_{ic} - i_i = \frac{c_i^2}{2} \Rightarrow i_{ic} = i_i + \frac{c_i^2}{2}.$$

Entalpii lze zapsat jako součin měrné tepelné kapacity plynu při konstantním tlaku a teploty podle vzorce [43.966]:

$$c_p \cdot t_{ic} = c_p \cdot t_i + \frac{c_i^2}{2},$$

$$t_{ic} = t_i + \frac{c_i^2}{c_p \cdot 2} = 380,9406 \text{ }^\circ\text{C}.$$

$$p_{ic} = 1,1848 \text{ MPa}.$$

$$\varepsilon_c = 0,211.$$

Kritický tlakový poměr podle vzorce [40.515]:

$$\varepsilon_c^* = \left( \frac{2}{\kappa + 1} \right)^{\frac{\kappa}{\kappa - 1}} = 0,5283.$$

Platí  $\varepsilon_c < \varepsilon^*$  to znamená, že nastanou kritické podmínky, proto veličiny na výstupu z trysky jsou opatřeny indexem\*, aby bylo zřejmé, že se jedná v tomto místě o kritický stav.

Kritická rychlost podle vzorce [40.516]:

$$c^* = \sqrt{\frac{2 \cdot \kappa}{\kappa + 1} r \cdot T_{ic}} = 467,9865 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}.$$

Kritický hmotnostní tok tryskou podle

vzorce [40.516]:

$$\dot{m}^* = A_e \sqrt{\frac{p_{ic}}{v_{ic}}} \chi_{\max},$$

$$\chi_{\max} = \left( \frac{2}{\kappa + 1} \right)^{\frac{1}{\kappa - 1}} \sqrt{\frac{2\kappa}{\kappa + 1}} = 0,6847$$

Celkový měrný objem plynu na vstupu  
ze stavové rovnice:

$$v_{ic} = \frac{r \cdot T_{ic}}{p_{ic}} = 0,1584 \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}.$$

$$\dot{m}^* = 2,8087 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}.$$