

Άσκηση 1η

Αέριο ήλιο πρόκειται να συμπιεστεί σε αδιαβατικό συμπιεστή από αρχικές συνθήκες 0,1 MPa και 293 K σε τελική πίεση 0,5 MPa. Αν υποθεθεί ότι ο συμπιεστής εργάζεται με βαθμό απόδοσης 75% σε σύγκριση με την ισεντροπική συμπίεση, ποια θα είναι η τελική θερμοκρασία του ηλίου ; Το ήλιο μπορεί να θεωρηθεί ως ιδανικό αέριο με $C_p = 20,88 \text{ J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$. $R = 8,314 \text{ J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$

Παραδοχές:

1. Οι μεταβολές της κινητικής και δυναμικής ενέργειας θεωρούνται αμελητέες
2. Η μεταβολή αναφοράς γίνεται ισεντροπικά

Για ισεντροπική συμπίεση ιδανικού αερίου με σταθερές θερμοχωρητικότητες ισχύει:

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v} = \frac{C_p}{C_p - R} = \frac{20,88}{20,88 - 8,314} = 1,661$$

Για ισεντροπική μεταβολή ισχύει:

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{(\gamma-1)/\gamma} \Rightarrow T_2 = T_1 \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{(\gamma-1)/\gamma} \Rightarrow T_2 = 293 \left(\frac{0,5}{0,1} \right)^{0,398} \Rightarrow T_2 = 556,1 \text{ K}$$

Οπότε: $(\Delta T)_s = T_2 - T_1 = 556,1 - 293 = 263,1 \text{ K}$

Επομένως, το ισοζύγιο ενέργειας για ισεντροπική ($S_1 = S_2$) μεταβολή (αδιαβατική, $\Delta Q = 0$, και αντιστρεπτή) είναι:

$$\cancel{\Delta H} + \cancel{\frac{\Delta u^2}{2}} + \cancel{\Delta z g} = \sum Q - W_s \Rightarrow \cancel{\Delta H} = \sum Q - W_s \Rightarrow \cancel{\Delta H} = -W_s \Rightarrow W_s = -(\Delta H)_s$$

και

$$W_s = -(\Delta H)_s = -C_p (\Delta T)_s \quad (\text{ισεντροπικό έργο})$$

$$W_s^{real} = -(\Delta H) = -C_p (\Delta T) \quad (\text{πραγματικό έργο})$$

Από τον ορισμό του βαθμού απόδοσης η μιας διεργασίας συμπίεσης είναι:

$$\eta = \frac{W_s}{W_s^{real}} = \frac{(\Delta H)_s}{\Delta H} = \frac{C_p (\Delta T)_s}{\Delta T} \Rightarrow \Delta T = \frac{(\Delta T)_s}{\eta} = \frac{263,1}{0,75} = 350,8 \text{ K}$$

και, τελικά:

$$T_2 = T_1 + \Delta T = 293 + 350,8 = 643,8 \text{ K}$$