

2^ο ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

Σε κύλινδρο με έμβολο, περιέχονται 2,0 kg μίγματος ατμού νερού σε $t = 195^{\circ}C$ και $x = 0,30$. Μετακινώντας το έμβολο, το σύστημα στην ίδια θερμοκρασία μετατρέπεται σε μίγμα $x = 0,90$. Να υπολογισθεί η μεταβολή του όγκου του κυλίνδρου, το ποσό θερμότητας και το έργο κατά τη μεταβολή αυτή.

Λύση

Η μεταβολή 12 παριστάνεται στο διάγραμμα (T-S) επί της οριζόντιας $t = 195^{\circ}C$ μέσα στην περιοχή του μίγματος.

Για να παρασταθεί στο διάγραμμα (I-S) (διάγραμμα Mollier), ευρίσκεται η $t = 195^{\circ}C$ (στην αντίστοιχη πίεση $p = 13,989$ bar που είναι η πίεση κορεσμού για τη δεδομένη θερμοκρασία και ευρίσκεται από τον πίνακα -4-).

$$\text{Γεωμετρικός όγκος κυλίνδρου : } V = M \cdot \nu = M \cdot [\sigma \cdot (1-x) + s \cdot x]$$

$$\text{Αρχική κατάσταση : } V_1 = M \cdot \nu_1 = M \cdot [\sigma \cdot (1-x_1) + s \cdot x_1]$$

$$\text{Τελική κατάσταση : } V_2 = M \cdot \nu_2 = M \cdot [\sigma \cdot (1-x_2) + s \cdot x_2]$$

Οι ειδικοί όγκοι σ και s είναι αυτοί του κεκορεσμένου υγρού και κεκορεσμένου ατμού αντίστοιχα, που είναι οι ίδιοι για αρχική και τελική κατάσταση δεδομένου ότι η μεταβολή 12 γίνεται υπό συνθήκες κορεσμού, συνθήκες που είναι οι ίδιες για όλα τα σημεία της ΚΛ άρα και για τα σημεία 1 και 2.

Είναι :

$$\begin{aligned} \Delta V &= V_2 - V_1 = M \cdot (\nu_2 - \nu_1) = \\ &= M \cdot \{ [\sigma \cdot (1-x_2) + s \cdot x_2] - [\sigma \cdot (1-x_1) + s \cdot x_1] \} \end{aligned}$$

$$\text{Και μετά τις πράξεις μέσα στην παρένθεση, προκύπτει : } \Delta V = M \cdot (s - \sigma) \cdot (x_2 - x_1)$$

Από τον πίνακα -4- και για $t = 195^{\circ}C$ είναι :

$$\sigma = 0,0011489 \left(\frac{m^3}{kg} \right), \quad s = 0,1409 \left(\frac{m^3}{kg} \right), \text{ οπότε η μεταβολή του όγκου είναι :}$$

$$\Delta V = 2(kg) \cdot (0,1409 - 0,0011489) \left(\frac{m^3}{kg} \right) \cdot (0,90 - 0,30) = 0,1677 (m^3).$$

Το έργο είναι (έργο όγκου) : $L_{1,2} = M \cdot p \cdot (\nu_2 - \nu_1)$, όπου :

$$\nu_1 = [\sigma \cdot (1-x_1) + s \cdot x_1] = 0,0011489 \cdot (1-0,30) + 0,1409 \cdot 0,30 = 0,043 \left(\frac{m^3}{kg} \right)$$

$$v_2 = [\sigma \cdot (1 - x_2) + s \cdot x_2] = 0,0011489 \cdot (1 - 0,90) + 0,1409 \cdot 0,90 = 0,127 \left(\frac{m^3}{kg} \right), \text{ άρα :}$$

$$L_{1,2} = 2(kg) \cdot 13,989 \cdot 10^5 \left(\frac{Nt}{m^2} \right) \cdot (0,127 - 0,043) \left(\frac{m^3}{kg} \right) = 235015,2(Joule) = 235,015(kJoule)$$

Το ποσό θερμότητας είναι η αντιστοιχη μεταβολή ενθαλπίας, δεδομένου ότι η μεταβολή γίνεται υπό σταθερή πίεση και από το 1^ο Θερμοδυναμικό αξίωμα είναι :

$$dQ = dI - v \cdot dp = dI \text{ επειδή για } p = \text{σταθ.} \Rightarrow dp = 0, \text{ άρα } Q_{1,2} = I_2 - I_1, \text{ όπου :}$$

$$I_1 = I_\sigma + r \cdot x_1, \quad I_2 = I_\sigma + r \cdot x_2, \text{ οπότε : } Q_{1,2} = (I_\sigma + r \cdot x_1) - (I_\sigma + r \cdot x_2) = r \cdot (x_2 - x_1)$$

Από τον πίνακα -4- για $t = 195^\circ C$ προκύπτει $r = 1960 \left(\frac{kJoule}{kg} \right)$ και :

$$Q_{1,2} = 1960 \left(\frac{kJoule}{kg} \right) \cdot (0,90 - 0,30) = 1176 \left(\frac{kJoule}{kg} \right) \text{ και για όλη την ποσότητα του συστήματος είναι :}$$

$$Q_{1,2} = 2(kg) \cdot 1176 \left(\frac{kJoule}{kg} \right) = 2352(kJoule)$$

Το ίδιο αποτέλεσμα προκύπτει, εάν υπολογιστούν ξεχωριστά οι ενθαλπίες I_1 και I_2 :

Από ΠΙΝΑΚΑ 4, για $t = 195^\circ C$ είναι : $I_\sigma = 829,9 \left(\frac{kJoule}{kg} \right)$, οπότε :

$$I_1 = 829,9 \left(\frac{kJoule}{kg} \right) + 1960 \left(\frac{kJoule}{kg} \right) \cdot 0,30 = 1417,9 \left(\frac{kJoule}{kg} \right)$$

$$I_2 = 829,9 \left(\frac{kJoule}{kg} \right) + 1960 \left(\frac{kJoule}{kg} \right) \cdot 0,90 = 2593,9 \left(\frac{kJoule}{kg} \right)$$

Οπότε το ποσό θερμότητας είναι :

$$Q_{1,2} = 2(kg) \cdot (2593,9 - 1417,9) \left(\frac{kJoule}{kg} \right) = 2352 \left(\frac{kJoule}{kg} \right)$$