

Άσκηση 2η

Μια αρκετά πολύπλοκη διεργασία επιτρέπει την παραγωγή θερμότητας σε θερμοκρασία 260°C. Η μόνη πηγή ενέργειας είναι κορεσμένος ατμός σε 17,5 bar. Νερό ψύξης είναι διαθέσιμο με μεγάλη παροχή (άφθονο) στους 20°C. Πόση θερμότητα μπορεί να μεταφερθεί από τη διεργασία σε ένα θερμοδοχείο στους 260°C από 1 kg ατμού που συμπυκνώνεται ;

Παραδοχές:

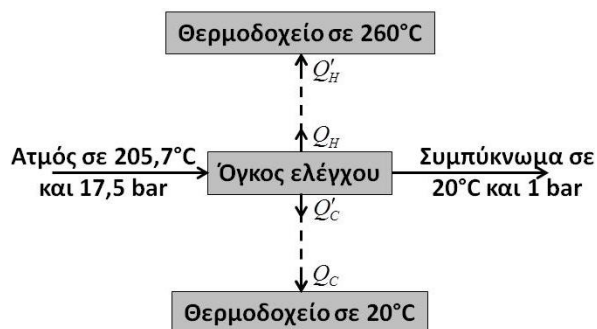
1. Ο ατμός ρέει συνεχώς
2. Συμπυκνώνεται και υποψύχεται στη θερμοκρασία του νερού, στο χρόνο που χρησιμοποιείται
3. Οι μεταβολές της κινητικής και δυναμικής ενέργειας θεωρούνται αμελητέες
3. Στην διεργασία δεν συμβαίνει παραγωγή έργου

Οι ιδιότητες του εισερχόμενου ατμού και του εξερχόμενου συμπυκνώματος δίνονται από τους πίνακες ατμών:

$$\begin{array}{lll}
 T_1 = 205,7^\circ\text{C} & T_2 = 20^\circ\text{C} & P_2 = 1 \text{ bar} \\
 H_1 = 2.794,1 \text{ kJ/kg} & H_2 = 85,5 \text{ kJ/kg} & \\
 S_1 = 6,3853 \text{ kJ/(kg.K)} & S_2 = 0,2959 \text{ kJ/(kg.K)} &
 \end{array}$$

Το 2^ο Θερμοδυναμικό αξίωμα δεν επιτρέπει το μόνο αποτέλεσμα της διεργασίας να είναι η μεταφορά θερμότητας από τον ατμό σε θερμοκρασίες μεταξύ 20°C και 205,7°C σε θερμοδοχείο 260°C.

Όμως στην διεργασία είναι διαθέσιμο άφθονο νερό 20°C για ψύξη, και έτσι μπορεί να θεωρηθεί ότι τα δύο αποτελέσματα της διεργασίας είναι μεταφορά θερμότητας από τον ατμό στο θερμό θερμοδοχείο των 260°C και μεταφορά θερμότητας σ' ένα άλλο θερμοδοχείο στους 20°C, όπως φαίνεται στο σχήμα.



Επομένως, για τον όγκο ελέγχου είναι:

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

Οπότε είναι:

$$Q_H + Q_C = 86,5 + 2.794,1 = -2.708,6 \text{ kJ/kg} \quad (1)$$

Σύμφωνα με το 2^ο Θερμοδυναμικό αξίωμα η μεταβολή της ολικής εντροπίας (σύστημα – περιβάλλον) είναι μηδέν.

Η μεταβολή της εντροπίας του ατμού είναι:

$$\Delta S_{\alpha\tau\mu\phi} = S_2 - S_1 = 0,2959 - 6,3853 = -6,0894 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$$

Η μεταβολή της εντροπίας στο θερμοδοχείο 260°C είναι:

$$\Delta S_{260^\circ\text{C}} = \frac{Q'_H}{T_H (\text{K})} = \frac{Q'_H}{260 + 273,15} \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$$

Η μεταβολή της εντροπίας στο θερμοδοχείο 20°C είναι:

$$\Delta S_{20^\circ\text{C}} = \frac{Q'_C}{T_C (\text{K})} = \frac{Q'_C}{20 + 273,15} \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$$

Το άθροισμα των ανωτέρω τριών μεταβολών είναι μηδέν. Οι ποσότητες Q_H και Q_C θεωρούμενες ως προς τον όγκο ελέγχου στην ενεργειακή εξίσωση, έχουν αντίθετα πρόσημα από τις Q'_H και Q'_C , που θεωρούνται ως προς τα θερμοδοχεία στις εκφράσεις της εντροπίας. Οπότε είναι:

$$\Delta S_{\text{ολική}} = 0 = \Delta S_{\alpha\tau\mu\phi} - 6,0894 - \frac{Q_H}{533,15} - \frac{Q_C}{293,15} \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K}) \quad (2)$$

Επιλύοντας το σύστημα των εξισώσεων (1) και (2) υπολογίζονται οι ποσότητες Q_H και Q_C και είναι:

$$Q_H = -2.051,5 \text{ kJ}/\text{kg}$$

$$Q_C = -657,1 \text{ kJ}/\text{kg}$$

Το αρνητικό πρόσημα σημαίνει ότι η θερμότητα απομακρύνεται από τον όγκο ελέγχου.

Παρατήρηση: Σε κάθε πραγματική κατάσταση θα μεταφερθεί περισσότερη θερμότητα προς το ψυχρό θερμοδοχείο και λιγότερη προς το θερμό. Για να λυθεί το πρόβλημα σε κάθε περίπτωση, εκτός από αυτή της πλήρους αντιστρεπτότητας, πρέπει να είναι γνωστές οι λεπτομέρειες της διεργασίας.