1η Πρόοδος Εφαρμοσμένης Θερμοδυναμικής 30 Απριλίου 2014

ΘΕΜΑ 1 (8 μονάδες)

Η διάταξη εμβόλου-κυλίνδρου του σχήματος, περιέχει 5 kg αέρα στους 27 oC και στα 200 kPa. Με την παροχή θερμότητας στο σύστημα, το έμβολο κινείται υπό σταθερή πίεση 200 kPa, έως ότου διπλασιαστεί ο όγκος (όταν το έμβολο φθάσει στις δύο εσοχές) και διπλασιαστεί και η πίεση. Να υπολογιστεί το έργο ογκομεταβολής (3 μονάδες) και η θερμότητα που πρέπει να τροφοδοτηθεί στον κύλινδρο (7 μονάδες):

α. μεταβλητές ειδικές θερμότητες, και

β. θεωρώντας σταθερές ειδικές θερμότητες, για τη μέση θερμοκρασία της διεργασίας (cp1200 = 1,160 kJ/kgK, cv1200 = 0,873 kJ/kgK)

Στη δεύτερη περίπτωση να υπολογιστούν τα % σφάλματα.

Λύση

Α. ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ ΕΙΔΙΚΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΕΣ

Κ1.P1 = 200 kPa V1 = 5\*0,287\*300/200 = 2,1525 m3 h1 = 300,19 kJ/kg u1 = 214,07 kJ/kg

K2. P2 = 200 kPa V2 = 4,3050 m3 T2 = 4,305\*200/(m\*0,287) = 600 K

h2 = 607,02 kJ/kg u2 = 434,78 kJ/kg

Wb = 200\*(4,305 – 2,1525) = 430 kJ (ή Wb = 5\*((607,02 – 300,19) – (434,78 – 214,07)) = 430,6 kJ)

K3. P3 = 400 kPa V3 = 4,3050 m3 T3 = 4,305\*400/(m\*0,287) = 1200 K u3 = 933,33 kJ/kg

Q = ΔU + Wb =5\*(933,33 – 214,07) + 430,5 = 4026,8 kJ

ή Q = Q12 + Q23 = ΔΗ12 + ΔU23 = 5\*((607,02 – 300,19) + (933,33 – 434,78)) = 4026,9 kJ

Β. ΣΤΑΘΕΡΕΣ ΕΙΔΙΚΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΕΣ

Κατάσταση 1. Αρχική

Μάζα αέρα m = 5 kg

Θερμοκρασία 300 Κ

Πίεση 200 kPa

cv 0,718 kJ/kgK

cp 1,005 kJ/kgK

Κατάσταση 2. Όταν διπλασιαστεί ο όγκος και η πίεση είναι ακόμα 200 kPa (μόλις το έμβολο φθάσει στις δύο εσοχές)

Πίεση 200 kPa

Θερμοκρασία P1\*V1/T1 = P2\*V2/T2 ⬄ T2 = 300 \* (200/100) = 600 K

cv 0,764 kJ/kgK

cp 1,051 kJ/kgK

Κατάσταση 3. Τελική

Πίεση 400 kPa

Θερμοκρασία P3\*V3/T3 = P2\*V2/T2 ⬄ T3 = 600 \* (400/200) = 1200 K

cv 0,855 kJ/kgK

Έργο ογκομεταβολής Wb = 200\*(4,305 – 2,1525) = 430 kJ (ή Wb = 5\*(0,5\*(1,051 + 1,005)\*(600-

-300) – 0,5\*(0,718 + 0,764)\*(600-300)) = 430,5 kJ)

Σφάλμα: 100\*(430-430)/430 = 0 %

Θερμότητα Q = m\*(Δh1-2 + Δu2-3) = 5\*(0,5\*(1,051+1,005)\*(600-

-300)+0,5\*(0,873+0,764)\*(1200-600)) = 3997,5 kJ

Σφάλμα: 100\*(4026,9-3997,5)/ 4026,9 = 0,73 %

ΘΕΜΑ 2 (8 μονάδες)

Άκαμπτο δοχείο 257,54 λίτρων περιέχει 5 kg ψυκτικού σε θερμοκρασία -10 oC. Στο σύστημα παρέχεται θερμότητα έως ότου η θερμοκρασία του ψυκτικού ανέλθει στους 10 oC. Να υπολογιστούν η μεταβολή της πίεσης (3 μονάδες), της ενθαλπίας (3 μονάδες) και της εσωτερικής ενέργειας (3 μονάδες) και η παρεχόμενη θερμότητα (3 μονάδες).

Λύση

Κ1. T1 = -10 oC v1 = 0,25754/5 = 0,051508 m3/kg κορεσμένο μίγμα Ρ1 = 200,74 kPa

h1f = 38,55 kJ/kg u1f = 38,40 kJ/kg v1f = 0,0007535 m3/kg

h1g = 244,51 kJ/kg u1g = 224,54 kJ/kg v1g = 0,099516 m3/kg

x = (0,51508 – 0,0007535)/(0,099516 – 0,0007535) = 0,5139

h1 = x\*h1g + (1-x)\*h1f = 144,39 kJ/kg

u1 = x\*u1g + (1-x)\*u1f = 134,06 kJ/kg

K2. T2 = 10 oC v2 = 0,051508 m3/kg P2 = 400 kPa h2 = 256,58 kJ/kg u2 = 235,97 kJ/kg

υπέρθερμος ατμός

ΔΡ = 400-200,74 = 199,26 kPa ΔH = 5\*(256,58-144,39) = 560,95 kJ ΔU = 5\*(235,97-134,06) = 509,55 kJ

Q = ΔU = 509,55 kJ

ΘΕΜΑ 3 (8 μονάδες)

Παροχή αέρα 10 λίτρα/sec εισέρχεται σε θερμαντικό σώμα, στους αυλούς του οποίου κυκλοφορεί νερό, και θερμαίνεται (ο αέρας) από τους 17 στους 37 oC. Αν το νερό εισέρχεται στο σώμα στους 55 oC και εξέρχεται στους 45 oC, να υπολογιστεί η μεταβολή της εντροπίας του αέρα (4 μονάδες), η μεταβολή της εντροπίας του νερού (4 μονάδες) και η παραγωγή εντροπίας της διάταξης (4 μονάδες). Η διάταξη να θεωρηθεί ότι λειτουργεί σε ατμοσφαιρική πίεση 100 kPa. Δίνεται, για τα ιδανικά αέρια: Δs = so2 – so1 – Rln(P2/P1)

Λύση

Ρεύμα αέρα Είσοδος va1 = 0,287\*(17+273)/100 = 0,8323 m3/kg ma = 0,01/0,8323 = 0,012 kg/s

ha1 = 290,16 kJ/kg sa1o = 1,66802 kJ/kgK

Έξοδος ha2 = 310,24 kJ/kg sa2o = 1,73498 kJ/kgK

Qa = 0,012\*(310,24-290,16) = 0,241 kJ/s

ΔSa = 0,012\*(1,73498-1,66802) = 0,000804 kJ/sK

Ρεύμα νερού Είσοδος hw1 = 230,26 kJ/kg sw1 = 0,7680 kJ/kgK

Έξοδος hw2 = 188,44 kJ/kg sw2 = 0,6386 kJ/kgK

Qw = 0,241 kJ/s mw = 0,241/(230,26-188,44) = 0,005763 kg/s

ΔSw = 0,005763\*(0,6386-0,7680) = -0,00075 kJ/sK

ΔStotal = 0,000804-0,00075 = 0,000058 kJ/sK

ΘΕΜΑ 4 (8 μονάδες)

Διάταξη εμβόλου κυλίνδρου με περιμετρική εσοχή πάνω από το έμβολο περιέχει 1 kg νερού σε πίεση 200 kPa και θερμοκρασία 30 oC. Να υπολογιστεί η θερμότητα που πρέπει να προστεθεί στο νερό ώστε το έμβολο να ανυψωθεί έως την περιμετρική εσοχή, οπότε και ο όγκος του κυλίνδρου είναι 50 lt και η πίεση φτάσει τα 500 kPa.

Κατάσταση 1 (αρχική): Τ1 = 30 οC υπόψυκτο h1 = 125,79 kJ/kg

P1 = 200 kPa υγρό

Κατάσταση 2 (εσοχή): P2 = 200 kPa κορεσμένο v2f = 0,001061 m3/kg

v2 = 0,05 m3/kg μίγμα v2g = 0,8857 m3/kg

h2f = 504,70 kJ/kg

h2g = 2706,7 kJ/kg u2f = 504,49 kJ/kg

u2g = 2529,5 kJ/kg

x2 =(0,05 – 0,001061)/(0,8857 – 0,001061) = 0,055

h2 = 0,055\*2706,7 + 0,945\*504,70 = 626,52 kJ/kg

u2 = 0,055\*2529,5 + 0,945\*504,49 = 616,52 kJ/kg

Κατάσταση 3 (τελική): P3 = 500 kPa κορεσμένο v2f = 0,001093 m3/kg

v3 = 0,05 m3/kg μίγμα v2g = 0,3749 m3/kg

u2f = 639,68 kJ/kg

u2g = 2561,2 kJ/kg

x3 =(0,05 – 0,001093)/(0,3749 – 0,001093) = 0,131

u3 = 0,055\*2529,5 + 0,945\*504,49 = 891,08 kJ/kg

Q1-2 = m\*(h2 – h1) = 1 \* (626,52 – 125,9) = 500,73 kJ

Q2-3 = m\*(u3 – u2) = 1 \* (891,08 – 616,52) = 274,56 kJ

Q = Q1-2 + Q2-3 = 775,29 kJ