1η Πρόοδος Εφαρμοσμένης Θερμοδυναμικής 15 Μαΐου 2013

ΘΕΜΑ 1 (10 μονάδες)

Ατμός στα 1,5 MPa και στους 250 oC ψύχεται υπό σταθερό όγκο στους 110 oC. Να υπολογιστεί η πίεση, η ποιότητα, η ενθαλπία και η εσωτερική ενέργεια στην τελική κατάσταση.

Κατάσταση 1. Θερμοκρασία 250 oC

Πίεση 1,5 MPa

Κατάσταση Υπέρθερμος ατμός

 Ειδικός όγκος (0,16356 + 0,14190)/2 = 0,15273 m3/kg

Κατάσταση 2. Θερμοκρασία 110 oC

Ειδικός όγκος 0,15273 m3/kg

Κατάσταση Κορεσμένο μίγμα

Πίεση 143,38 kPa

 Ποιότητα (0,15273 – 0,001052)/(1,2094 – 0,001052) = 0,1255 ή 12,55 %

 Ενθαλπία 0,1255\*2691,1 + (1 – 0,1255)\*461,42 = 741,30 kJ/kg

 Εσωτερική Ενέργεια 0,1255\*2517,7 + (1 – 0,1255)\*461,27 = 719,40 kJ/kg

ΘΕΜΑ 2 (10 μονάδες)

Διάταξη εμβόλου-κυλίνδρου περιέχει 50 λίτρα αέρα στους 27 oC και πίεση 100 kPa. Το έμβολο αρχίζει να κινείται όταν η πίεση γίνει 200 kPa. Να υπολογιστεί το έργο ογκομεταβολής και η θερμότητα που πρέπει να τροφοδοτηθεί στον κύλινδρο, ώστε η θερμοκρασία του αέρα να φθάσει στους 727 oC:

α. θεωρώντας σταθερές ειδικές θερμότητες, για τη μέση θερμοκρασία της διεργασίας, και

β. μεταβλητές ειδικές θερμότητες

Α. ΣΤΑΘΕΡΕΣ ΕΙΔΙΚΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΕΣ

Κατάσταση 1. Αρχική

Μάζα αέρα m = (P\*V)/(R\*T) = (100\*0,05)/(0,287\*300) = 0,0581 kg

Θερμοκρασία 300 Κ

Πίεση 100 kPa

cv 0,718 kJ/kgK

Κατάσταση 2. Πριν κινηθεί το έμβολο

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 200 kPa

Θερμοκρασία 1000 K

Όγκος P3\*V3/T3 = P2\*V2/T2 ⬄ V3 = 0,05 \* (1000/600) = 0,0833 m3

cv 0,855 kJ/kgK

cp 1,142 kJ/kgK

Διεργασία 1-2 Έργο ογκομεταβολής Wb12 = 0 kJ

 Θερμότητα Q12 = 0,0581\*((0,764 + 0,718)/2)\*(600 – 300) = 12,91 kJ

Διεργασία 2-3 Έργο ογκομεταβολής Wb23 = 200 \* (0,0833 – 0,05) = 6,66 kJ

 Θερμότητα Q23 = 0,0581\*((1,051 + 1,142)/2)\*(1000 – 600) = 25,47 kJ

Συνολικό έργο ογκομεταβολής Wb = 6,66 kJ

Συνολική θερμότητα Q = 12,91 + 25,47 = 38,38 kJ

Α. ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ ΕΙΔΙΚΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΕΣ

Κατάσταση 1. Αρχική

Μάζα αέρα 0,0581 kg

Θερμοκρασία 300 Κ

Πίεση 100 kPa

Εσωτερική ενέργεια 214,07 kJ/kg

Κατάσταση 2. Πριν κινηθεί το έμβολο

Πίεση 300 kPa

Θερμοκρασία 600 K

Εσωτερική ενέργεια 434,78 kJ/kg

Ενθαλπία 607,02 kJ/kg

Κατάσταση 3. Τελική

Πίεση 300 kPa

Θερμοκρασία 1000 K

Όγκος 0,0833 m3

Ενθαλπία 1046,04 kJ/kg

Διεργασία 1-2 Έργο ογκομεταβολής Wb12 = 0 kJ

 Θερμότητα Q12 = 0,0581\*(434,78 – 214,07) = 12,82 kJ

Διεργασία 2-3 Έργο ογκομεταβολής Wb23 = 300 \* (0,0833 – 0,05) = 10 kJ

 Θερμότητα Q12 = 0,0581\*(1046,04 – 607,02) = 25,49 kJ

Συνολικό έργο ογκομεταβολής Wb = 10 kJ

Συνολική θερμότητα Q = 18,82 + 25,47 = 38,31 kJ

ΘΕΜΑ 3 (10 μονάδες)

Αέρας στους 627 oC και πίεση 10 MPa εισέρχεται σε αδιαβατικό στρόβιλο με ταχύτητα 50 m/s, από είσοδο διατομής 0,2 m2 και εξέρχεται από έξοδο διατομής 1,2 m2 στους 127 oC και στα 100 kPa. Να υπολογιστεί η παροχή μάζας του αέρα, η ισχύς του στροβίλου και η θερμική απόδοση.

Ειδικός όγκος στις συνθήκες εισόδου v = R\*T1/P1 = 0,287\*900/10000 = 0,02583 m3/kg

Ογκομετρική παροχή στην είσοδο V’ = 50\*0,2 = 10 m3/sec

Μαζική παροχή m’ = 10/0,02583 = 387,15 kg/sec

Ειδικός όγκος στις συνθήκες εξόδου v = R\*T2/P2 = 0,287\*400/100 = 1,148 m3/kg

Ογκομετρική παροχή στην έξοδο V’ = 387,15\*1,148 = 444,44 m3/sec

Ταχύτητα στην έξοδο υ2 = 444,44/1,2 = 370,37 m/s

Ειδική ενθαλπία στην είσοδο h1 = 932,93 kJ/kg

Ειδική ενθαλπία στην έξοδο h2 = 400,98 kJ/kg

Ισχύς στροβίλου W’ = m’\*(h1 – h2 – 1/2\*(υ22 – υ12)/1000)

 = 387,15\*(932,93 – 400,98 – 0,5\*(137174 – 2500)/1000)

 = 179.873,4 kJ/sec

Θερμότητα στην είσοδο Qin = m’\*h1 = 387,15\*932,93 = 361.180,8 kJ/sec

Θερμική απόδοση η = 179.873,4/361.180,8 = 0,4980 ή 49,8 %

ΘΕΜΑ 4 (5 μονάδες)

Η Ελλάδα καταναλώνει ετήσια 70.000.000 τόνους λιγνίτη. Αν η θερμογόνος δύναμη του λιγνίτη είναι 5 MJ/kg και η μέση θερμική απόδοση των λιγνιτικών μονάδων ηλεκτροπαραγωγής 35 %, να υπολογιστεί η ετήσια ηλεκτροπαραγωγή από λιγνίτη και η ετήσια απορριπτόμενη θερμότητα. Αν οι ετήσιες ανάγκες θέρμανσης μίας μέσης οικίας ανέρχονται σε 42 GJ (1 τν ντίζελ θέρμανσης) και σε αυτή διαμένουν κατά μέσο όρο 3 άτομα, ποιο ποσοστό του πληθυσμού της χώρας (10.000.000 κάτοικοι) θα μπορούσε να εξασφαλίσει τη θέρμανση του από το 50 % της απορριπτόμενης θερμότητα των λιγνιτικών σταθμών (το υπόλοιπο 50 % απορρίπτεται κατά τους θερινούς μήνες του έτους και δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για θέρμανση).

Qin = 70.000.000.000 \* 5 = 3,5 1011 MJ

W = Qin\*η = 3,5 1011 \* 0,35 = 1,225 1011 MJ

Qout = Qin – W = 3,5 1011 - 1,225 1011 = 2,275 1011 MJ

Θερμαινόμενες οικίες 1,1375 1011 / 42000 = 2.708.333

Θερμαινόμενος πληθυσμός 2.708.333 \* 3 = 8.125.000 ή το 81,25 % του πληθυσμού της χώρας

ΘΕΜΑ 5 (10 μονάδες)

Ατμός εισέρχεται σε στρόβιλο στους 600 oC και στα 10 MPa και εξέρχεται στα 10 kPa, με ρυθμό 100 kg/min. Να υπολογιστεί η θερμική του απόδοση αν η ισεντροπική του απόδοση είναι 90 %.

Στην είσοδο του στροβίλου: h1 = 3625,8 kJ/kg, s1 = 6,9045 kJ/kgk

Αν ο στρόβιλος είναι ισεντροπικός

Στην έξοδο του στροβίλου: s2 = 6,9045 kJ/kgk

 κορεσμένο μίγμα, x = (6,9045 – 0,6492)/(8,1488 – 0,6492) = 0,834

 h2 = 0,834\*2583,9 + 0,166\*191,81 = 2187,0 kJ/kg

ισχύς (για ισεντροπικό στρόβιλο) W’ideal = m’\*(h1 – h2) = (100/60)\*(3625,8 – 2187,0) = 2398,0 kW

πραγματική ισχύς W’ = 0,9\*2398,0 = 2158,2 kW

θερμότητα στην είσοδο Qin’ = m’\*h1 = (100/60)\*3625,8 = 6043,0 kW

θερμική απόδοση η = W’/Qin’ = 2158,2/6043,0 = 0,357 ή 35,7 %