1η Πρόοδος Εφαρμοσμένης Θερμοδυναμικής 13 Ιουλίου 2015

ΘΕΜΑ 1 (10 μονάδες)

Να υπολογιστεί η θερμική και η ισεντροπική απόδοση του στροβίλου, σε έναν ατμοστρόβιλο ονομαστικής ισχύος 1 MW, ο οποίος λειτουργεί με ψυκτικό πίεσης 1 MPa, θερμοκρασίας 150 oC και μαζικής παροχής 25 kg/sec, αν ο συμπυκνωτής του βρίσκεται σε πίεση 100 kPa και η ισεντροπική απόδοση της αντλίας είναι 90 %. Το ψυκτικό στην έξοδο του στροβίλου εξακολουθεί να είναι υπέρθερμος ατμός, στην πίεση του συμπυκνωτή.

ΛΥΣΗ

Ειδικό έργο: wnet = (1000 kJ/sec)/(25 kg/sec) = 40 kJ/kg

Κ 1. P1 = 100 kPa Κορεσμένο υγρό v1 = 0,0007259 m3/kg h1 =17,28 kJ/kg

Δ 1-2. Ιδανικό έργο wins = v1\*(P2 – P1) = 0,0007259\*(1000-100) = 0,653 kJ/kg

Πραγματικό έργο win = 0,653/0,9 = 0,726 kJ/kg

Πραγματικό έργο στροβίλου: wout = wnet + win =40+0,726 = 40,726 kJ/kg

Κ 2. h2 = h1 + win = 17,28+0,726 = 18,006 kJ/kg

Κ 3. h3 = 388,22 kJ/kg s3 = 1,2368 kJ/kgK

Δ 2-3. qin = h3 – h2 = 388,22-18,006 = 370,21 kJ/kg

Κ 4s. s4 = s3 = 1,2368 kJ/kgK P4 = 100 kPa υπέρθερμος ατμός

h4s = 316,26+(325,55-316,26)\*(1,2368-1,2305)/(1,2572-1,2305) = 318,45 kJ/kg

Δ 3-4. wouts = h3 – h4 = 370,21-318,45 =51,76 kJ/kg

ns,t = wout/wouts = 40,726/51,76 = 78,7 % nth = wnet/qin = 40/370,21 = 10,8 %

ΘΕΜΑ 2 (10 μονάδες)

Αέριο μίγμα με κατ’ όγκο σύσταση 79 % Ν2, 15 % Ο2 και 6 % CO2, σε πίεση 10 MPa και θερμοκρασία 1000 oC εκτονώνεται μέσω αδιαβατικού στροβίλου στους 600 oC και στα 100 kPa. Να υπολογιστεί το παραγόμενο ειδικό έργο ανά kg μίγματος (5 μονάδες) και η μεταβολή της ειδικής εντροπίας επίσης ανά kg μίγματος (5 μονάδες). (Μοριακά βάρη, kg/kmol: Ν2: 28, Ο2: 32, CO2: 44)

ΛΥΣΗ

Γραμμομοριακά κλάσματα: yN2 = 0,79, yO2 = 0,15, yCO2 = 0,06

Μοριακό βάρος μίγματος: Mm = 0,79\*28+0,15\*32+0,06\*44 = 29,56 kg/kmol

Κλάσματα μάζας: mfN2 = 0,79\*28/29,56 = 0,748

mfO2 = 0,15\*32/29,56 = 0,1626

mfCO2 = 0,06\*44/29,56 = 0,089

Γραμμομοριακές ενθαλπίες στην είσοδο:

h’N2 = 39488-(39488-38807)\*(1280-1273)/(1280-1260) = 39250 kJ/kmol

h'O2 = 41312-(41312-40594)\*(1280-1273)/(1280-1260) = 41061 kJ/kmol

h’CO2 = 58381-(58381-57244)\*(1280-1273)/(1280-1260) = 57983 kJ/kmol

h’in = 0,79\*39250+0,15\*41061+0,06\*57983 = 40646 kJ/kmol

Ειδική ενθαλπία στην είσοδο: hin = h’in/Mm = 40646/29,56 = 1375,0 kJ/kg

Γραμμομοριακά so στην είσοδο:

soN2 = 236,302-(236,302-235,766)\*(1280-1273)/(1280-1260) = 236,114 kJ/kmolΚ

soO2 = 252,219-(252,219-251,653)\*(1280-1273)/(1280-1260) = 252,021 kJ/kmolΚ

soCO2 = 282,962-(282,962-282,066)\*(1280-1273)/(1280-1260) = 282,648 kJ/kmolΚ

soin = 0,79\*236,114+0,15\*252,021+0,06\*282,648 = 241,292 kJ/kmolΚ

Γραμμομοριακές ενθαλπίες στην έξοδο:

h’N2 = 25928+(26248-25928)\*(873-870)/(880-870) = 26024 kJ/kmol

h'O2 = 26899+(27242-26899)\*(873-870)/(880-870) = 27002 kJ/kmol

h’CO2 = 35821+(36347-35821)\*(873-870)/(880-870) = 35979 kJ/kmol

h’out = 0,79\*26024+0,15\*27002+0,06\*35979 = 26768 kJ/kmol

Ειδική ενθαλπία στην έξοδο: hout = h’out/Mm = 26768/29,56 = 905,55 kJ/kg

Γραμμομοριακά so στην έξοδο:

soN2 = 223,562+(223,927-223,562)\*(873-870)/(880-870) = 223,672 kJ/kmolΚ

soO2 = 238,660+(239,051-238,660)\*(873-870)/(880-870) = 238,777 kJ/kmolΚ

soCO2 = 261,770+(262,371-261,770)\*(873-870)/(880-870) = 261,950 kJ/kmolΚ

soout = 0,79\*223,672+0,15\*238,777+0,06\*261,950 = 228,234 kJ/kmolΚ

Παραγόμενο ειδικό έργο: w = hin – hout = 1375,0-905,55 = 469,45 kJ/kg

Μεταβολή της γραμμομοριακής εντροπίας:

ΔS = 228,234-241,292-8,314\*ln(100/10000) = 25,229 kJ/kmolΚ

Μεταβολή της ειδικής εντροπίας:

ΔS = 25,229/29,56 = 0,85348 kJ/kgΚ

ΘΕΜΑ 3 (10 μονάδες)

Να υπολογιστεί η θερμική απόδοση αεριοστροβίλου με δύο βαθμίδες συμπίεσης (λόγος πιέσεων 4 στην πρώτη και 3 στη δεύτερη βαθμίδα) και αναγεννητή αποτελεσματικότητας 75 %, αν η ισεντροπική απόδοση των συμπιεστών και του στροβίλου είναι 85 %. Ο αέρας εισέρχεται σε κάθε βαθμίδα συμπίεσης στους 300 Κ και στον στρόβιλο στους 1200 Κ.

ΛΥΣΗ