|  |
| --- |
| ΔΠΘ ΑΠΕ  Τμ. Μηχανικών Περιβάλλοντος 6 Μαρτίου 2015 |

ΘΕΜΑ 1Ο (15 μονάδες)

Να υπολογισθούν η σύσταση και η ειδική ΚΘΔ σε kJ/lt του αερίου που παράγεται από την αεριοποίηση βιομάζας με σύσταση 55 % C, 5 % H, 40 % O, τέφρα 5 %, υγρασία 15 % αν ως μέσο αεριοποίησης χρησιμοποιηθεί καθαρό οξυγόνο ίσο με το 20 % του οξυγόνου που απαιτείται για πλήρη καύση και ίση ποσότητα υδρατμού. Η έκταση της αεριοποίησης είναι 90 % της ξηρής βιομάζας και η σύσταση του οργανικού μέρους του υπολείμματος 90 % C, 1 % H, 9 % O (η τέφρα μεταφέρεται όλη στο υπόλειμμα). Το παραγόμενο αέριο περιέχει Ν2, Η2, CO, CO2 και 10 % CH4. (Θερμότητες σχηματισμού CO2, CO, H2Og, H2Ol, CH4: 393,5, 110,5, 241,8, 285,8, 74,5 kJ/mol, λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης του νερού 40,7 kJ/mol). Να υπολογιστεί επίσης η απόδοση της αεριοποίησης, αν αυτή ορίζεται ως η ΚΘΔ του παραγόμενου αερίου προς την ΚΘΔ της τροφοδοτούμενης βιομάζας.

ΛΥΣΗ

Σύσταση ξετ βιομάζας

% κ.β. gr/kg ξετ βιομάζας mol/kg ξετ βιομάζας

C 0,55 550 550/12 = 45,83

H 0,05 50 50/1 = 50,00

O 0,4 400 400/16 = 25,00

ΑΘΔ ξετ βιομάζας = 33.890,4 x 0,55 + 144.180,6 x (0,05 – 0,4/8) = 18639,72 kJ/kg ξετ βιομάζας

ΑΘΔ βιομάζας = (ΑΘΔ ξετ βιομάζας) \*(1 – 5/100 – 15/100) = 14911,78 kJ/kg βιομάζας

Περιεχόμενη υγρασία = (15/100)\*1000/18 = 8,33 mol/kg βιομάζας

Παραγόμενη υγρασία = (1 – 5/100 – 15/100)\*50,00 / 2 = 20,00 mol/kg βιομάζας

Ολική υγρασία =28,33 mol/kg βιομάζας

ΚΘΔ βιομάζας = 14911,78 - 28,33\*40,7 =13758,61 kJ/kg βιομάζας

Θερμότητα σχηματισμού ξετ βιομάζας = 45,83\*393,5 +(50,00/2)\*285,8 – 18639,72 =

= 6540,70 kJ/kg ξετ βιομάζας

Οξυγόνο για πλήρη καύση = (1 – 5/100 – 15/100)\*(45,83 + 50,00/4 – 25,00/2)=

= 36,67 mol O2/kg βιομάζας

Τροφοδοσία Οξυγόνου = (20/100)\*36,67 = 7,33 mol O2/kg βιομάζας

Τροφοδοσία υδρατμού = = 7,33 mol H2O/kg βιομάζας

Ισοζύγιο μάζας στον αεριοποιητή

ΕΙΣΟΔΟΣ C (1 – 0,05 – 0,15)\*45,83 = 36,67 mol/kg βιομάζας

O (1 – 0,05 – 0,15)\*25 ,00 + 8,33 + 2\*7,33 + 7,33 =50,33 mol/kg βιομάζας

H (1 – 0,05 – 0,15)\*50,00 + 2\*8,33 +2\*7,33 =71,33 mol/kg βιομάζας

ΥΠΟΛΕΙΜΜΑ C [(1 – 0,15)\*(1 – 0,9)-0,05]\*0,9\*1000/12 = 2,63 mol/kg βιομάζας

O [(1 – 0,15)\*(1 – 0,9)-0,05]\*0,09\*1000/16 = 0,20 mol/kg βιομάζας

H [(1 – 0,15)\*(1 – 0,9)-0,05]\*0,01\*1000/1 = 0,02 mol/kg βιομάζας

ΑΕΡΙΟ C 36,67 – 2,63 = 34,04 mol/kg βιομάζας

O 50,33 – 0,20 = 50,14 mol/kg βιομάζας

H 71,33 – 0,02 = 71,31 mol/kg βιομάζας

Σύσταση παραγόμενου αερίου

Η2 (71,31/2) – 2\*(10/100)\*(34,04)/(1 + 2\*(10/100)) =24,04 mol/kg βιομάζας

CO 34,04 – 21,90 – 5,81 = 6,33 mol/kg βιομάζας

CO2 50,14 – 34,04 + 5,81 = 21,90 mol/kg βιομάζας

CH4 (10/100)\*(34,04 + 24,04) = 5,81 mol/kg βιομάζας

ΣΥΝΟΛΟ = 58,08 mol/kg βιομάζας

Όγκος αερίου 58,08\*22,4 = 1301 lt/ kg βιομά ζας

ΚΘΔ αερίου 24,04\*241,8 + 6,33\*(393,15 – 110,5) + 5,81\*(393,5 +2\*241,8 – 74,5) =

= 12265,92 kJ/kg βιομάζας

ειδική ΚΘΔ αερίου 12265,92 /1301 = 9,43 KJ/ lt

ΘΕΜΑ 2Ο (15 μονάδες)

Βιομάζα με ξηρή και ελεύθερη τέφρας στοιχειακή σύσταση: C 55 %, H 5 % και O 40 % τροφοδοτείται σε καυστήρα. Τα απαέρια εξέρχονται σε θερμοκρασία 120 οC και περιέχουν 0,2 % CO, ενώ τροφοδοτείται 25 % περίσσεια αέρα. Να υπολογιστεί η ωφέλιμη θερμότητα ανά kg τροφοδοτούμενης βιομάζας, αν η υγρασία της τελευταίας είναι 20 % και η τέφρα 5 % (6 μονάδες). Η ωφέλιμη θερμότητα τροφοδοτείται σε ατμοστρόβιλο που λειτουργεί στα 10 ΜPa και τους 600 oC, με πίεση συμπυκνωτή 10 kPa. Να υπολογιστεί η ηλεκτρική απόδοση της διάταξης καυστήρα/ατμοστροβίλου ως προς την ΚΘΔ της τροφοοσίας, αν οι ισεντροπικές αποδόσεις αντλίας και στροβίλου είναι 90 % (4 μονάδες). Θερμοχωρητικότητες O2, N2, H2, CO2, CO, H2O, CH4: 0,035, 0,027, 0,028, 0,043, 0,028, 0,034, 0,022 kJ/molK.

ΛΥΣΗ

Σύσταση ξηρής και ελεύθερης τέφρας βιομάζας

% κ.β. gr/kg mol/kg

C 0,55 550 45,83

H 0,05 50 50,00

O 0,4 400 25,00

ΑΘΔ ξετ βιομάζας = 33.890,4 x 0,55 + 144.180,6 x (0,05 – 0,4/8) = 18639,72 kJ/kg ξετ βιομάζας

ΑΘΔ βιομάζας = (ΑΘΔ ξετ βιομάζας) \*(1 – 5/100 – 20/100) = 13979,79 kJ/kg βιομάζας

Περιεχόμενη υγρασία = (20/100)\*1000/18 = 11,11 mol/kg βιομάζας

Παραγόμενη υγρασία = (1 – 5/100 – 20/100)\*50,00 / 2 = 18,75 mol/kg βιομάζας

Ολική εξερχόμενη υγρασία =29,86 mol/kg βιομάζας

ΚΘΔ βιομάζας = 13979,79 – 29,86\*40,7 =12764,44 kJ/kg βιομάζας

Θερμότητα σχηματισμού ξετ βιομάζας = 45,83\*393,5 +(50,00/2)\*285,8 – 18639,72 =

= 6540,70 kJ/kg ξετ βιομάζας

Οξυγόνο για πλήρη καύση = (1 – 5/100 – 20/100)\*(45,83 + 50,00/4 – 25,00/2)=

= 34,38 mol O2/kg βιομάζας

Τροφοδοσία Οξυγόνου = (125/100)\*34,38 = 42,97 mol O2/kg βιομάζας

Τροφοδοσία Αζώτου = (79/21)\* 42,97 = 161,64 mol Ν2/kg βιομάζας

Σύσταση απαερίων

CO2 (1 – 0,05 – 0,20)\*45,83 – 0,43 = 33,91 mol/kg βιομάζας

H2O (1 – 0,05 – 0,20)\*50/2 + 11,11 = 29,86 mol/kg βιομάζας

CO = 0,47 mol/kg βιομάζας

O2 (1 – 0,05 – 0,20)\*25,00/2 + 40,10 – 33,94 – 29,86/2 – 0,43/2 = 8,83 mol/kg βιομάζας

N2 = 161,64 mol/kg βιομάζας

Παραγόμενη θερμότητα:

33,91\*393,5 + 29,86\*285,8 +0,47\*110,5 – 0,75\*6540,70 – 11,11\*285,8 = 13846,94 kJ/kg βιομάζας

Απώλειες καυσαερίων:

(33,91\*0,043 +29,86\*0,034 + 0,47\*0,028 + 8,83\*0,035 + 161,64\*0,027)\*(125 – 25) = 715,98 kJ/kg βιομάζας

Λανθάνουσα θερμότητα: 29,86\*40,7 = 1215,35 kJ/kg βιομάζας

Ωφέλιμη θερμότητα: 13846,94 – 715,98 – 1215,35 = 11915,62 kJ/kg βιομάζας

ΑΤΜΟΣΤΡΟΒΙΛΟΣ

h1 = 191,81 kJ/kg ατμού v1 = 0,001010 m3/kg ατμού

wins = 0,001010\*(10000 – 10) = 10,09 kJ/kg ατμού win = 10,09/0,9 = 11,21 kJ/kg ατμού

h2 = 191,81 + 11,21 = 203,02 kJ/kg ατμού

h3 = 3625,8 kJ/kg ατμού s3 = 6,9045 kJ/kgK

x4 = (6,9045 – 0,6492)/(8,1488 – 0,6492) = 0,83 h4 = 0,83\*2583,9 + (1-0,83)\*191,81 = 2187,0 kJ/kg ατμού

m = 11915,62/(3625,8 – 203,02) = 3,48 kg ατμού / kg βιομάζας

Wout = 3,48\*0,9\*(3625,8 – 2187,0) = 4507,9 kJ/ kg βιομάζας Win = 3,48\*11,21 = 39,0 kJ/ kg βιομάζας

Wel = 4507,9 – 39,0 = 4468,9 kJ/ kg βιομάζας nel = 4468,9/12764,4 = 35 %