Corso di Fisica Tecnica per Ingegneria Meccanica
4° appello
3 Settembre 2009

Esercizio 1

In un miscelatore vengono miscelate, alla pressione costante P = 4 bar, una portata massica $M°_1$ = 12 kg/s di acqua liquida alla temperatura T = 20 °C ed una portata volumetrica $V°_2 = 7\ m^3/s$ di vapor d'acqua saturo (x = 1).
Supponendo il miscelatore adiabatico, si determinino:

- entalpia specifica, entropia specifica, temperatura ed eventuale titolo della miscela all'uscita dal miscelatore;
- l'irreversibilità del processo di miscelazione.

Esercizio 2

Una coppia cilindro-stantuffo adiabatica di diametro interno D = 60 mm contiene un volume $V_1 = 0.95\ dm^3$ di azoto alla pressione P_1 = 10 bar e alla temperatura T_1 = 20 °C. Sul fondo del cilindro si trova uno strato di 0.4 mm di mercurio in equilibrio termodinamico con l'azoto.
Tramite lo stantuffo viene eseguita una compressione quasi statica non dissipativa fino alla pressione P_2 = 85 bar.
Determinare il lavoro di compressione supponendo il mercurio indilatabile (densità mercurio $\rho_{Hg} = 13600\ kg/m^3$, calore specifico a v costante del mercurio c_v = 138 J/kgK).

Esercizio 3

Una parete piana indefinita avente uno spessore s = 75 mm e conducibilità termica k = 12 W/mK, è sede di generazione uniforme di potenza $Q°''' = 1.5\cdot10^5\ W/m^3$.
Sapendo che sulla superficie di sinistra è imposta una temperatura T_1 = 20 °C e su quella di destra una temperatura T_2 = 50 °C, determinare:

- la temperatura sull'asse della parete;
- il coefficiente convettivo sul lato della superficie di destra sapendo che il fluido coinvolto si trova a una temperatura $T_{\infty 2}$ = 2 °C.

Soluzione esercizio n. 1

```
T0=0; T1=20; P1=4;

M_H2O=12; V_VAP=7;

M_VAP=V_VAP*DaTabella('rhoV_p',P1);

cP_H2O=DaTabella('cp_pT',P1,T1);

s_H2O=cP_H2O*log((T1+273.15)/(T0+273.15));
S_H2O=M_H2O*s_H2O;

h_H2O=cP_H2O*(T1-T0);
H_H2O=M_H2O*h_H2O;

s_VAP=DaTabella('sV_p',P1);
S_VAP=M_VAP*s_VAP;

h_VAP=DaTabella('hV_p',P1);
H_VAP=M_VAP*h_VAP;

H_MIX=H_H2O+H_VAP;
h_MIX=H_MIX/(M_H2O+M_VAP);

T_SAT_P1=DaTabella('Tsat_p',P1);

h_LIQ_fin=DaTabella('hL_p',P1);
h_VAP_fin=h_VAP;
s_VAP_fin=s_VAP;

x_MIX=(h_MIX-h_LIQ_fin)/(h_VAP_fin-h_LIQ_fin);

s_LIQ_fin=DaTabella('sL_p',P1);
s_MIX=x_MIX*s_VAP_fin+(1-x_MIX)*s_LIQ_fin;

DS=s_MIX*(M_H2O+M_VAP)-(S_H2O+S_VAP);
```

Name	Value	Min	Max
DS	2.7688	2.7688	2.7688
H_H2O	1.0041e+03	1.00...	1.0041e+03
H_MIX	4.2455e+04	4.24...	4.2455e+04
H_VAP	4.1451e+04	4.14...	4.1451e+04
M_H2O	12	12	12
M_VAP	15.1387	15.1...	15.1387
P1	4	4	4
S_H2O	3.5477	3.5477	3.5477
S_VAP	104.3875	104....	104.3875
T0	0	0	0
T1	20	20	20
T_SAT_P1	143.6125	143....	143.6125
V_VAP	7	7	7
cP_H2O	4.1839	4.1839	4.1839
h_H2O	83.6773	83.6...	83.6773
h_LIQ_fin	604.7235	604....	604.7235
h_MIX	1.5644e+03	1.56...	1.5644e+03
h_VAP	2.7381e+03	2.73...	2.7381e+03
h_VAP_fin	2.7381e+03	2.73...	2.7381e+03
s_H2O	0.2956	0.2956	0.2956
s_LIQ_fin	1.7766	1.7766	1.7766
s_MIX	4.0792	4.0792	4.0792
s_VAP	6.8954	6.8954	6.8954
s_VAP_fin	6.8954	6.8954	6.8954
x_MIX	0.4498	0.4498	0.4498

```
>> Es1_03092009
M_VAP = 15.1 kg
s_H2O = 0.296 kJ/kgK
S_H2O = 3.55 kJ/K
h_H2O = 83.7 kJ/kg
H_H2O = 1e+003 kJ
s_VAP = 6.9 kJ/kgK
S_VAP = 104 kJ/K
h_VAP = 2.74e+003 kJ/kg
H_VAP = 4.15e+004 kJ
h_MIX = 1.56e+003 kJ/kg
H_MIX = 4.25e+004 kJ
T_SAT_P1 = 144 °C
x_MIX = 0.45 [-]
s_MIX = 4.08 kJ/kgK
DS = 2.77 kJ/K
>>
```

Soluzione esercizio n. 2

Dato che l'involucro esterno cilindro + pistone è adiabatico, si ha:

per il gas: $Qg + Lg = DUg$
per il mercurio: $Qm + Lm = DUm \Rightarrow Qm = DUm$
per l'intero sistema: $DUt = DUm + DUg = Lg$

Dato che gas e mercurio sono in ogni istante in equilibrio termico, si ha poi:

$dTm = dTg$, $Qm = -Qg$ (per il gas il calore è uscente, per il mercurio entrante)

Quindi:

$DUm = Qm = -Qg \quad \Rightarrow \qquad Mm\ cvm \cdot dTm = -Mg\ cxg\ dTg \Rightarrow$

$\Rightarrow cxg = -Mm / Mg\ cvm$

cxg dipende quindi, oltrechè da cvm, dal rapporto tra le masse di mercurio e di gas presenti; che deve esser tale da rendere le capacità termiche in modulo uguali:

Se $Mm = Mg \Rightarrow |cxg| = |cvm|$
se $Mm \gg Mgas \Rightarrow cxg \to \infty$ trasformazione isoterma;
se $Mm \ll Mgas \Rightarrow cxg \to 0$ traformazione adiabatica.

In ogni caso il cx della trasformazione è costante, e quindi (avendo considerato ideale il gas contenuto nel sistema cilindro+pistone) la trasformazione è una politropica.

Conoscendo il cx, se ne può calcolare l'indice:

$n = (cx-cp) / (cx-cv)$ [$N_2 \Rightarrow cV = 5/2 \cdot R^*$; $cP = 7/2 \cdot R^*$]

e quindi immediatamente il lavoro necessario per comprimere il gas:

$L = (Pi \cdot Vi)/(n-1) \cdot \{1 - (Pf / Pi)^{[(n-1)/n]}\} = (Mgas \cdot R^* \cdot Ti)/(n-1) \cdot \{1 - (Pf / Pi)^{[(n-1)/n]}\} =$

Sostituendo i valori numerici:

Rg=8314/28	Rg = 296.9286
rhog=1e6/(Rg*293.15)	rhog = 11.4884
Mg=0.95*1e-3*rhog	Mg = 0.0109
Vm=60e-3^2*pi/4*0.4e-3	Vm = 1.1310e-006
Mm=Vm*13600	Mm = 0.0154
cxg = -Mm / Mg * 138	cxg = -194.4861
cvg=5/2*Rg	cvg = 742.3214
cpg=7/2*Rg	cpg = 1.0393e+003
n = (cxg-cpg) / (cxg-cvg)	n = 1.3170
L = -(Mg*Rg*293)/(n-1)*(1 - (85 / 10)^((n-1)/n))	L = 2.0183e+003

Soluzione esercizio n. 3

Si mettono a sistema:

$$T(x_1) = -\,Q^{\circ'''} / (2 * k) * x_1^2 + C_1 * x_1 + C_2$$
$$T(x_2) = -\,Q^{\circ'''} / (2 * k) * x_2^2 + C_1 * x_2 + C_2$$
$$Q^{\circ''}(x_2) = Q^{\circ'''} * x_2 - C_1 * k$$
$$Q^{\circ''}(x_2) = -\,h * (T_{oo2} - T_{p2})$$

Dalla prima si ottiene immediatamente ($x_1=0$) $C_2 = T(x_1) = 20$ °C;

dalla seconda si ottiene quindi $C_1 = [T(x_2) + Q^{\circ'''} / (2 * k) * x_2^2 - C_2] / x_2 = 868.8$ °C/m;

Si può così calcolare $Q^{\circ''}(x_2)$, da cui $h = Q^{\circ''}(x_2)/(T_{p2} - T_{oo2})$;

Dunque: $T(x) = -\,Q^{\circ'''} / (2 * k) * x^2 + 868.8 * x + 20$;

$T(0.075/2) = 43.8$ °C;

$Q^{\circ''}(x_2) = 825$ W/m2;

$h = 17.2$ W/m2K;