۶

تحلیل قانون اول برای یک حجم کنترل

۶-۱ هوادر $35^{\circ}C$, $105kPa$ازدرون یک کانال مستطیلی به ابعاد $100mm\times150mm$ دریک سیستم گرمایش جریان دارد. آهنگ حجمی جریان $0.015m^3/s$است .سرعت هوای جریان یافته درکانال رابیابید.

حل:

داریم:

$$\dot{V}=a\mathrm{V}\Rightarrow\mathrm{V}=\frac{\dot{V}}{A}=\frac{0.015}{0.1\times0.15}=1\,m/s$$

۶-۲ یک دیگ بخارجریان پایای $5000kg/h$ آب مایع رادر $5MPa$, $20^{\circ}C$ دریافت می کند. و آنرا تافشار $4.5MPa$ودمای $450^{\circ}C$ گرم می کندکمترین سطح موردنیازبرای لوله های ورودی و خروجی درصورتیکه سرعت درلوله هابیش از $20\ m/s$ نباشدبدست آورید.

حل:

ورودی:

ازجدول $P_1=5MPa$, $T_1=20^{\circ}C$, $\mathrm{V}_1=20m/s$ $\Rightarrow v_1=0.00100m^3/kg(B.1.4)$

$$\dot{m}=5000\,kg/h=\frac{50}{36}kg/s$$

معادله پیوستگی:

$$\dot{m}_1=\dot{m}_2=\frac{50}{36}kg/s$$

خروجی: $P_2=4.5\,MPa$, $T_2=450^{\circ}C$, $\mathrm{V}_2=20m/s$ $\Rightarrow v_2=0.07074m^3/kg$

$$\dot{m}_1=\frac{A_1\mathrm{V}}{v_1}=\frac{50}{36}\Rightarrow A_1=0.6944\times10^{-4}m^2=0.6944\,cm^2$$

$$\dot{m}_2=\frac{A_2 V}{v_2}=\frac{50}{36}\Rightarrow A_2=4.9153\times10^{-3}m^2=49.153\ cm^2$$

۶-۳ یک شرکت توزیع گازطبیعی ،گاز متان رادر $200kPa$, $275K$ درون خط لوله توزیع می کند. سرعت متوسط جریان بطوردقیق معادل $5.5m/s$ دریک لوله باقطر $50cm$ اندازه گیری شده است .اگر $\pm2\%$ عدم قطعیت دراندازه گیری سرعت وجودداشته باشد.دبی جرمی جریان راچگونه ارزیابی می کنید؟

حل:

گازمتان :بخارفوق گرم

$$200kPa,\ \ 275\Rightarrow v=0.70931\ m^3/kg$$

$$\dot{m}=\frac{AV}{v}=\frac{(\frac{\pi\times0.5^2}{4})\times5.5}{0.70931}=1.52\,kg/s\pm2\%$$

چون اندازه گیری v,B مستقل ازسرعت است مقدار خطا دراندازه گیری سرعت عیناً درمقدار دبی محاسبه شده اثر می گذارد.

۶-۴ گاز نیتروژن دریک لوله به قطر $50mm$ در $15^\circ C$, $200kPa$ جریان داردوباآهنگ جرمی $0.05kg/s$ به یک شیرنیمه بسته می رسد.اگربعدازعبورازشیر $30kPa$ افت فشاربوجودآمده وهیچ تغییر دمایی مشاهده نشودسرعتها راقبل وبعداز شیربیابید.

حل:

داریم :

$$T_i=T_e=15^\circ C=288.15K$$

$$\dot{m}=\frac{VA}{v}\Rightarrow V=\frac{\dot{m}v}{A}=\frac{4vm}{\pi d^2}=25.4648v$$

بادرون یابی ازجدول $B.6.2$ داریم:

$$v_i=v_{15^\circ C)_{200kPa}}=0.427356\ m^3/kg$$

$$\Rightarrow V_i=25.4648v_i=10.8825\ m/s$$

بادرون یابی ازجدول $B.6.2$ داریم:

$$v_{15^\circ C)_{100kPa}}=0.85497\,m^3/kg$$

$$\Rightarrow v_e=v_{15^\circ C)_{170kPa}}=0.55564\,m^3/kg$$

$$\Rightarrow V_e=25.4648v_e=14.1493\,m/s$$

۶-۵ بخاراشباع $R\text{-}134a$ ازبخارژای (اوپراتور)یک سیستم پمپ گرمایی در $10^\circ C$ باآهنگ جرمی $0.1\ kg/s$ خارج می شود.اگرسرعت خنک کننده $R\text{-}134a$ حداکثربه $7m/s$ محدود باشد،کوچکترین قطرلوله مورداستفاده راتعیین کنید.

حل:

$$T=10^{\circ}C\ ,\ x=1\ ,\ \dot{m}=0.1kg/s\ ,\ A=?\ \Rightarrow v=v_g=0.04945m^3/kg \qquad (R\text{-}134a$$

$$\dot{m}=\frac{AV}{v}\Rightarrow A=7.065\times10^{-4}m^2=7.065cm^2$$

۶-۶ بخاردر $400^{\circ}C\ ,\ 3MPa$ بادبی حجمی $5m^3/s$ وارد یک توربین می شود. 15% ازجریان جرمی ورودی در $200^{\circ}C\ ,600kPa$ برداشت می شود.بقیه جریان در $20kPa$ وکیفیت 90% و سرعت $20m/s$ ازتوربین خارج می شود.دبی جریان برداشت شده وقطرلوله خروجی نهایی ازتوربین رامحاسبه کنید.

حل:

حالت ورودی :

$$400^{\circ}C\ ,\ 3MPa\ \rightarrow\ v_i=0.09936\ m^3/kg$$

$$\dot{m}_i=\frac{\dot{V}_i}{v_i}=\frac{5}{0.09936}=50.322\,kg/s$$

$$\dot{m}_{e1}=0.15\times\dot{m}_i=7.55\,kg/s$$

حالت جریان برداشت شده:بخارفوق گرم

$$600\ kPa\ \ ,\ 200^{\circ}C\ \rightarrow v_{e1}=0.35202\ m^3/kg$$

دبی حجمی جریان برداشت شده: $V_{e1}=\dot{m}_{e1}\times v_{e1}=7.55\times0.35202=2.66\ m^3/s$

حالت جریان خروجی:

$$20kPa\ ,\ 90\%\ \rightarrow v_f=0.001017\ m^3/kg\ ,\ v_{fg}=7.64835\ m^3/kg\rightarrow$$

$$v_{e2}=v_f+x_{e2}v_{fg}=6.8845\ m^3/kg$$

$$\dot{m}_{e2}=\dot{m}_i-\dot{m}_{e1}=50.322-7.55=42.772\,kg/s$$

$$\dot{m}_{e2}=\frac{A_{e2}V_{e2}}{v_{e2}}\Rightarrow\frac{A_{e2}\times20}{6.8845}=42.772\Rightarrow A_{e2}=\frac{\pi D^2}{4}=14.72$$

$$\Rightarrow D=4.33\,m$$

۷-۶ یک پمپ ،آب $10^{\circ}C$ راازرودخانه در $95kPa$ دریافت کرده وبه یک کانال آبیاری در ارتفاع $20m$ بالاترازسطح رودخانه می رساند.قطرتمام لوله ها $0.1m$ وآهنگ جرمی جریان $15kg/s$ است .با فرض اینکه فشارخروجی پمپ طوری باشد که برای رساندن آب به ارتفاع $20m$ بافشار $100kPa$ کفایت کند،کارجریانی ورودی /خروجی ،به /از پمپ رایافته وانرژی

جنبشی جریان رابدست آورید.

حل:

بافرض سیال تراکم ناپذیربرای آب داریم: $v_W = Cte$

$$P = 95kPa \Rightarrow T_{sat} = 98^\circ C \Rightarrow v = v_f)_{98^\circ C} = 0.0010\,m^3/kg$$

$$\dot{m} = \frac{VA}{v} \Rightarrow V = \frac{\dot{m}v}{A} = 1.91\,m/s \Rightarrow \frac{V^2}{2} = 1.82\,J/kg$$

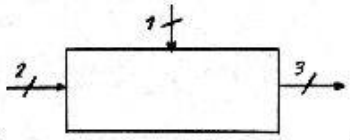
$$P_e = 100 + \rho gh = 100 + \frac{gh}{v} = 100 + \frac{9.81 \times 20}{0.001} \times \frac{1kPa}{1000\,Pa} = 296.2\,kPa$$

$$\dot{W}_i = \dot{m}_i P_i v_i = -1.43\,kW$$

$$W_e = \dot{m}_e P_e v_e = 4.44\,kW$$

۶-۸ یک دی سوپرهیتر بخارآب فراگرم راباآب مایع به نسبتی مخلوط می کند که خروجی بخار آب اشباع است وهیچ تبادل گرمایی باخارج انجام نمی پذیرد .حالات ورودی برای بخارآب فراگرم $400^\circ C$, $5MPa$ باآهنگ جرمی $0.5kg/s$ و برای آب مایع $40^\circ C$, $5MPa$ می باشد. اگرخروجی بخارآب اشباع در $5MPa$ باشد، آهنگ جرمی جریان آب مایع را محاسبه کنید.

حل:



فرایند: $SSSF \Rightarrow \frac{dE_{c.v.}}{dt} = 0$

معادله پیوستگی: $\Sigma \dot{m}_i = \Sigma \dot{m}_e \Rightarrow \dot{m}_1 + \dot{m}_2 = \dot{m}_3$

(1)ورودی: $P_1 = 5MPa$, $T_1 = 400^\circ C$, $\dot{m}_1 = 0.5\,kg/s \Rightarrow h_1 = 3195.64$

(2)ورودی: $P_2 = 5MPa$, $T_2 = 40^\circ C \Rightarrow h_2 = 171.95$ جدول $(B.1.4)$

(3)خروجی: $P_3 = 4.5MPa$, $x = 1 \Rightarrow h_3 = 2798.29$ جدول $(B.1.3)$

قانون اول برای حجم کنترل $\dot{Q} + \Sigma \dot{m}_i h_i = \Sigma \dot{m}_e h_e + \dot{W}$ $\dot{Q} = 0$, $\dot{W} = 0$

$$\Rightarrow \dot{m}_1 h_1 + \dot{m}_2 h_2 = \dot{m}_3 h_3 = (\dot{m}_1 + \dot{m}_2) h_3 \Rightarrow \dot{m}_1 (h_1 - h_3) = \dot{m}_2 (h_3 - h_2)$$

$$\Rightarrow \dot{m}_2 = 0.0756\,kg/s$$

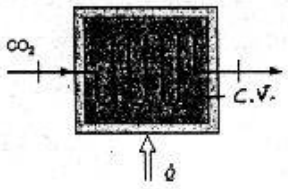
[افت فشارازورودی تاخروجی مربوط به اصطکاکهای داخلی دردی سوپر هیتراست]

۶-۹ دی اکسیدکربن به صورت حالت پایا-جریان پایادر $15^\circ C$, $300kPa$ وارد یک گرمکن می شود ودر $1200^\circ C$, $275kPa$ ازآن خارج می شود، تغییرات درانرژیهای جنبشی و

پتانسیل ناچیزاند.مقدارانتقال حرارت لازم برای هرکیلو گرم دی اکسید کربن جریان یافته درگرمکن راحساب کنید.

حل:

گرمکن رابه عنوان حجم کنترل درنظرمی گیریم باصرف نظر ازتغییرات انرژی جنبشی وپتانسیل :



$$T_i=288.1K \ , \ T_e=1473.1K$$

$$1st \ \ law: \ C.V.: q+h_i=w+h_e$$

$$w=0 \Rightarrow q=h_e-h_i$$

$$q=(60142.11-(-344.78)) \ (\text{جدول} A.8)$$

$$q=60486.89 \ kJ/kmol$$

$$1kJ/kg=1kJ/kmol\times\frac{1}{M}\frac{kmol}{kg} \quad ,M_{CO_2}=44.01$$

$$\Rightarrow q=\frac{60486.89}{44.01}=1374 \ kJ/kg$$

۶-۱۰ نیتروژن مایع اشباع در $500kPa$ باآهنگ جرمی $0.005 \ kg/s$ وارد یک دیگ بخار $SSSF$ شده و بصورت بخاراشباع خارج می شود.این بخارسپس درهمان $500kPa$ وارد یک فراگرمکن شده و در $275K$, $500kPa$ خارج می شود.میزان انتقال گرمارادردیگ بخاروفراگرمکن بیابید.

حل:ابتدامقادیرموردنیازبرای حل مساله رامی یابیم:

بادرون یابی ازجدول $B.6.1$ داریم:

$$P=500kPa \Rightarrow T_{sat}=93.98K \Rightarrow h_f=-86.832 \ kJ/kg \ , \ h_g=86.0783 \ kJ/kg$$

بادرون یابی ازجدول $B.6.2$ داریم:

$$P=500kPa \quad , \quad T=275K \Rightarrow h_e)_{S.H.}=284.06 \ kJ/kg$$

دیگ بخار=$C.V.1$ داریم : بقای جرم $\dot{m}_e=\dot{m}_i=\dot{m}$

$$1st \ \ law: \ q_b+h_i=w_b+h_e \Rightarrow q_b=h_e-h_i=h_g-h_f=172.91 \ kJ/kg$$

$$w_b=0 \Rightarrow \dot{Q}_b=\dot{m}q_b=0.8646kW$$

فراگرمکن =$C.V.2$ داریم : بقای جرم $\dot{m}_e=\dot{m}_i=\dot{m}$

1st law: $q_{S.H.}+h_i=w_{S.H.}+h_e \quad \Rightarrow q_{S.H.}=h_e-h_i=284.06-86.0783$

$w_{S.H.}=0 \quad \Rightarrow q_{S.H.}=197.98\,kJ/kg$

$\Rightarrow \dot{Q}_{S.H.}=\dot{m}q_{S.H.}=0.9899\,kW$

۱۱-۶ لوله بخار یک ساختمان به ارتفاع $1500m$ ،بخارابرگرم رادر $200kPa$ درسطح زمین دریافت می کند.درطبقه فوقانی فشار $125kPa$ بودن واتلاف گرمادرلوله ها $110kJ/kg$ است .دمای نهایی چقدرباشد تاهیچ آبی درون لوله چگالیده نشود.

حل:

1)بخارمافوق گرم : $P_1=200kPa \quad , \quad T_1=? \quad , \quad Z_1=0$

(2 $P_2=125kPa \quad , \quad Z_2=1500m \quad , \quad x=1$

$h_2=h_{2g}=u_{2g}+P_2v_{2g}=2685.35\,kJ/kg \qquad {}_1q_2=-110\,kJ/kg$

$\frac{dE_{cv}}{dt}=0$ (فرایند: $SSSF$)

$(gZ_1=0 \quad , \quad W=0) \qquad q+(h_1+gZ_1)-(h_2+gZ_2)+W \quad \Rightarrow h_1=2810kJ/kg$

درون یابی $(B.1.3)$

T	h
150	2768.80
$P=200kPa \quad T_1=?$	$2810 \Rightarrow T_1=170.3^{\circ}C$
200	2870.46

۱۲-۶ دریک مولدبخارآب مایع متراکم در $10MPa, 30^{\circ}C$ بادبی حجمی $3L/s$ واردیک لوله به قطر $30mm$ می شود وبخارآب در $400^{\circ}C$, $9MPa$ ازلوله خارج می شود آهنگ انتقال حرارت به آب رابیابید.

حل:مولدرابه عنوان حجم کنترل درنظرمی گیریم: $\dot{V}_i=0.003\,m^3/s$

حالت ورودی: $10MPa \quad , \; 30^{\circ}C \quad \rightarrow v_i=0.001\,m^3/kg \; , \; h_i=134.84\,kJ/kg$

$\dot{m}_i=\frac{\dot{V}_i}{v_i}=\frac{0.03}{0.001}=3\,kg/s$

حالت خروجی:بخارفوق گرم

$9MPa \quad , \quad 400^{\circ}C \rightarrow v_e=0.02993\,m^3/kg \; , \; h_e=3117.76\,kJ/kg$

فرایند $SSSF$: $\dot{m}_i=\dot{m}_e=3kg/s$

$$\frac{A_i V_i}{v_i}=\dot{m}_i \Rightarrow \frac{(\frac{\pi\times 0.03^2}{4})\times v_j}{0.001}=3 \Rightarrow V_i=4.24\ m/s$$

$$\frac{A_e V_e}{v_e}=\dot{m}_e \Rightarrow \frac{(\frac{\pi\times 0.03^2}{4})\times V_e}{0.02993}=3 \Rightarrow V_e=127\ m/s$$

باناچیزگرفتن تغییرات انرژی پتانسیل:

$$1st\ law:\ C.V.:\quad \dot{Q}+\dot{m}_i(h_i+\frac{V_i^2}{2})=\dot{W}+\dot{m}_e(h_e+\frac{V_e^2}{2})$$

$$\dot{W}=0 \Rightarrow \dot{Q}=3(3117.76+\frac{127^2}{2\times 1000})-3(134.84+\frac{4.24^2}{2\times 1000})$$

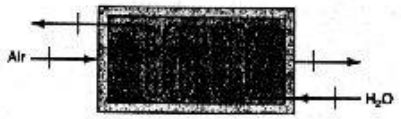
$$\dot{Q}=8973\,kJ$$

برای آنکه جوابهابرحسب kJ بدست آید بایدجمله $\frac{V^2}{2}$ بر 1000 تقسیم شود.

۱۳ – ۶ یک مبادله کن گرمایی برای خنک کردن جریان هوا از $800K$ به $360K$ ،هردودر $1MPa$ ، بکارمی‌رود ،شکل ۱۳-$P6$ مایع خنک کننده ،جریان آب در $15^{\circ}C$ و $0.1MPa$ می باشد. اگر آب بصورت بخاراشباع خارج شود.نسبت آهنگهای جرمی ،$\frac{\dot{m}_{Water}}{\dot{m}_{air}}$ رابیابید.

حل:

ابتداهرجریان رابه عنوان حجم کنترل درنظرمی گیریم ازقانون بقای جرم داریم :



$$C.V.1:\quad \dot{m}_{iW}=\dot{m}_{eW}=\dot{m}_{Water}=\dot{m}_W$$

$$C.V.2:\quad \dot{m}_{ia}=\dot{m}_{ea}=\dot{m}_{air}=\dot{m}_a$$

اگرکل مبادله کن رابه عنوان حجم کنترل درنظربگیریم داریم : $\dot{Q}=\dot{W}=0$

$$C.V.3:\quad 1st\ law \Rightarrow \Sigma \dot{m}_i h_i=\Sigma \dot{m}_e h_e$$

$$\Rightarrow \dot{m}_{ia}h_{ia}+\dot{m}_{iW}h_{iW}=\dot{m}_{ea}h_{ea}+\dot{m}_{eW}h_{eW}$$

$$\Rightarrow \dot{m}_a(h_{ia}-h_{ea})=\dot{m}_W=(h_{eW}-h_{iW})$$

$$\Rightarrow \frac{\dot{m}_W}{\dot{m}_a}=\frac{h_{ia}-h_{ea}}{h_{eW}-h_{iW}}$$

برای آب ازجدول $B.1.1$ داریم: $h_{iW}=h_f)_{15^{\circ}C}=62.98\ kJ/kg$

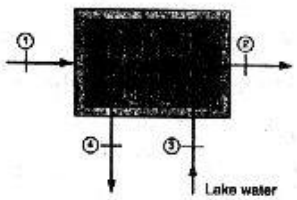
برای آب ازجدول $B.1.2$ داریم: $h_{eW}=h_g)_{0.1MPa}=2675.46\ kJ/kg$

برای هواازجدول $A.7$ داریم: $h_{ia}=822.202\,kJ/kg \quad , \quad h_{ea}=360.863\ kJ/kg$

$$\Rightarrow \frac{\dot{m}_{Water}}{\dot{m}_{air}}=\frac{\dot{m}_W}{\dot{m}_a}=\frac{822.202-360.863}{2675.46-62.98}=0.17659$$

۱۴-۶ یک چگالنده (مبادله کن گرمایی)جریان $1kg/s$ آب رادر $10kPa$ از $300^\circ C$ به مایع اشباع در $10kPa$ می رساند،شکل $P6-14$ ، عمل خنک کردن بوسیله آب یک دریاچه در $20^\circ C$ انجام می گیردوآب برگشتی در $30^\circ C$ قراردارد.برای چگالنده عایق ،آهنگ جریان آب خنک کن رابیابید.

حل:



(1
$$\begin{cases}\dot{m}_1=\dot{m}_2=1kg/s \\ P_1=10kPa \quad \Rightarrow h_1=3076.51 \\ T_1=300^\circ C\end{cases}$$

(2
$$P=10kPa \ , \ x=0 \Rightarrow$$
$$\Rightarrow h_2=h_{2f}=u_f+Pv_f=191.81kJ/kg$$

(3 $\quad T=20^\circ C \quad , \quad h_3=h_{3f}=83.94\,kJ/kg \quad , \quad \dot{m}_3=\dot{m}_4=?$

(4 $\quad T=30^\circ C \quad , \quad h_4=h_{4f}=125.77kJ/kg$

فرایند: $SSSF \quad , \quad \left(\frac{dE_{cv}}{dt}=0\right)$

قانون اول برای حجم کنترل: $(\dot{Q}=0 \ , \ \dot{W}=0) \qquad \dot{Q}+\Sigma\dot{m}_ih_i=\Sigma\dot{m}_eh_e+\dot{W}$

$$\Rightarrow \dot{m}_1h_1+\dot{m}_3h_3=\dot{m}_2h_2+\dot{m}_4h_4 \Rightarrow m_1(h_1-h_2)=\dot{m}_3(h_4-h_3)$$

$$\Rightarrow \dot{m}_3=68.96\ kg/s$$

۱۵-۶ دوکیلوگرم آب ازشرایط اولیه $20^\circ C$, $500kPa$ تادرجه حرارت $1700^\circ C$ طی یک فرایند فشارثابت $(SSSF)$گرم می شود.دقیق ترین تخمین برای حرارت منتقل شده رابیابید.

حل:

شرایط ورودی: $20^\circ C \ , \ 500kPa \ \rightarrow$ مایع متراکم $\rightarrow h_i \approx h_f \ |_{20^\circ C}=83.94\ kJ/kg$

شرایط خروجی: $1700^\circ C=1973.1K \quad , \quad 500kPa$

$T_{cr}=647.3\,K \ll 1973.1 \quad , \quad P_{cr}=22.12MPa \gg 500kPa$

بخار در حالت مافوق بحرانی است و تقریباً مانند گاز ایده ال رفتار می کند.

جدول $(A.8)$

$$\overline{h}_e-\overline{h}^{\circ}_{298}=71420.94\ kJ/kmol\times\frac{1kmol}{18.015kg}=3964.52\ kJ/kg$$

$$\overline{h}_{1573.1}-\overline{h}^{\circ}_{298}=51627.09\ kJ/kmol\times\frac{1kmol}{18.015kg}=2865.78\ kJ/kg$$

جدول $(B.1.1)$

$$P=500kPa \quad , \quad T=1300^{\circ}C=1573.1^{\circ}C \rightarrow h_{1300^{\circ}C}=5408.57\ kJ/kg$$

$$1st\ law: C.V.:\ q+h_i=w+h_e \Rightarrow\ q=h_e-h_i=(h_e-h_{1300^{\circ}C})+h_{1300}-h_i$$

$$\Rightarrow q=(3964.52-2865.78)+5408.57-83.94=6423.37kJ/kg$$

$$Q=mq=2\times6423.37=12846.7\,kJ$$

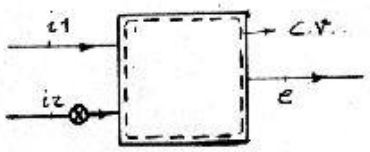
جمله $h_e-h_{1300^{\circ}C}$ نشانگر اختلاف آنتالپی بین آب درخروجی و در $1300^{\circ}C$ درحالت ایده ال است

جمله $h_{1300^{\circ}C}-h_i$ نشانگر اختلاف آنتالپی بین آب در $1300^{\circ}C$ درحالت واقعی و آب درورودی است.

به علت اینکه جمله اول فقط اختلاف مقادیر آنتالپی رابدست می دهد، بااضافه کردن آن به جمله دوم که مقادیر آنتالپی راازجدول آب درحالت رفتارواقعی بدست می دهد مقدار h_e-h_i بطورصحیح تعیین می شوداختلاف جزئی که بین جواب کتاب واین مقدار مشاهده می شود به دلیل استفاده از درونیابی خطی واستفاده از h_f بجای h مایع متراکم درروابط است.

۱۶-۶ یک اتاقک آمیزش دارای انتقال گرما، میزان $2kg/s$ ، $R\text{-}22$ رادر $40^{\circ}C, 1MPa$ ازیک خط ومیزان $1kg/s$ ، $R\text{-}22$ دیگر رادر $30^{\circ}C$ وکیفیت 50% ازخط دیگری که بایک شیربه اتاقک وصل شده است دریافت می کند. جریان خروجی در $1MPa$ ، $60^{\circ}C$ قراردارد. میزان انتقال حرارت به اتاقک آمیزش را بیابید.

حل:



بقای جرم:
$$\frac{dm_{C.V.}}{dt}+\Sigma\dot{m}_e-\Sigma\dot{m}_i=0$$

(فرایند $SSSF$)
$$\frac{dm_{C.V.}}{dt}=0\Rightarrow\Sigma\dot{m}_e=\Sigma\dot{m}_i$$

$$\Rightarrow\dot{m}_e=1+2=3kg/s$$

ازجدول $B.4.2$ داریم:

$$h_{i1}=271.04\ kJ/kg$$

ازجدول B.4.1داریم: $T=30^{\circ}C \Rightarrow h_f=81.25\ kJ/kg \quad , \quad h_{fg}=177.87\ kJ/kg$

$$\Rightarrow h_{i2}=h_f+xh_{fg}=170.19\ kJ/kg$$

$$h_e=286.97\ kJ/kg$$

ازجدول B.4.2داریم:

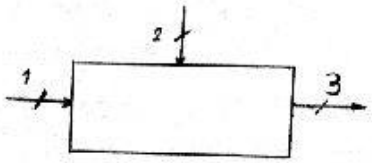
$$1st\ law: \dot{Q}_{C.V.}+\Sigma \dot{m}_i h_i=\frac{dE_{C.V.}}{dt}+\dot{W}_{C.V.}+\Sigma \dot{m}_e h_e$$

$$\frac{dE_{C.V.}}{dt}=0 \quad \Rightarrow \dot{Q}_{C.V.}=\Sigma \dot{m}_e h_e-\Sigma \dot{m}_i h_i \quad \left(\dot{W}_{C.V.}=0\right) \quad , \quad (\text{فرایند } SSSF)$$

$$\Rightarrow \dot{Q}_{C.V.}=3\times 286.97-2\times 171.04-1\times 170.19=148.64\,kW$$

۱۷ـ۶ مایع متراکم $R\text{-}22$ در $1.5MPa$ و $10^{\circ}C$ دریک فرایند $SSSF$ بابخاراشباع $R\text{-}22$ در $1.5MPa$ مخلوط می‌شود.دبی جرمی هردو جریان $0.1kg/s$ است وجریان نهایی در $1.2MPa$ وباکیفیت 85%خارج می شود.آهنگ‌انتقال حرارت‌به محفظه‌آمیزش‌رابدست آورید.

حل:



1)ورودی: $P_1=1.5MPa \quad , \quad T_1=10^{\circ}C$

خواص مایع متراکم باخواص مایع اشباع درهمان دما باتقریب خوب برابراست.

$$h_1=h_f)_{10^{\circ}C}=56.46kJ/kg$$

2)ورودی: $P_2=1.5MPa \quad , \quad x=1 \quad , \quad \dot{m}_1=\dot{m}_2=0.1\ kg/s$

درون یابی ازجدول (B.4.1)

P	h_g	
1354.8	260.22	
1500	$h_2=?$	$\Rightarrow h_2=261\,kJ/kg$
1533.5	261.15	

3)خروجی: $P_3=1.2MPa \quad , \quad x=85\%$

درون یابی از جدول (B.4.1)

P	h_g	h_{fg}	
1191.9	81.25	177.87	
1200	?	?	$\Rightarrow \begin{cases} h_{3f}=81.57\,kJ/kg \\ h_{3fg}=177.6\,kJ/kg \end{cases}$
1354.4	87.70	172.52	

$$h_3 = h_{3f} + x h_{3fg} = 232.53 kJ/kg$$

معادله پیوستگی: $\dot{m}_1 + \dot{m}_2 = \dot{m}_3 = 0.2\ kg/s$

قانون اول برا حجم کنترل : $\dot{Q} + \Sigma \dot{m}_i h_i = \Sigma \dot{m}_e h_e + \dot{W}$ $\quad \dot{W} = 0$

$$\Rightarrow \dot{Q} + \dot{m}_1 h_1 + \dot{m}_2 h_2 = \dot{m}_3 h_3 \quad \Rightarrow \dot{Q} = 14.76\ kW$$

۱۸ – ۶ گازنیتروژن درشرایط $400K,\ 200kPa$ با سرعت بسیارکم به یک نازل همگرا جریان می‌یابد. این جریان در $330K$, $100kPa$ خارج می شود.اگر نازل عایق باشد، سرعت خروجی رابیابید.

حل:

حجم درونی نازل ازورودی تاخروجی راحجم کنترل درنظرمی گیرم فرایند $SSSF$ است :

شرایط ورودی : نیتروژن رفتارگازایده‌ال دارد $\quad 200kPa \quad ,400K \quad \Rightarrow$

شرایط خروجی : نیتروژن رفتارگازایده‌ال دارد $\quad 100kPa \ , \ 330K \ \Rightarrow$

$$C_p = 1.042\ kJ/kg.K$$

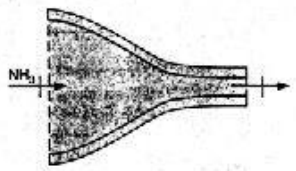
$$1st\ law:\ C.V.:\ q + h_1 + \frac{V_i^2}{2} = w + h_e + \frac{V_e^2}{2} \Rightarrow q = C_p(T_e - T_i) + \frac{1}{2}(V_e^2 - V_i^2)$$

$$0 = 1.042(330-400) + \frac{1}{2000}(V_e^2 - 0) \Rightarrow V_e = 382\ m/s$$

۱۹ – ۶ بخارابرگرم آمونیاک در $800kPa,\ 20^\circ C$ باسرعت ناچیز وجریان جرم پایای $0.01kg/s$ وارد یک نازل عایق می شود، شکل P۶-۱۶، آمونیاک باسرعت $450m/s$ و در فشار $300kPa$ ازنازل خارج می گردد ،دما(یاکیفیت اگرحالت اشباع باشد)ومساحت مقطع خروجی نازل رابیابید.

حل:

نازل رابه عنوان حجم کنترل انتخاب می کنیم



داریم: فرایند $SSSF$

$$w = q = 0 \quad , \quad \dot{m}_e = \dot{m}_i = \dot{m} \quad , \quad V_i = 0\ m/s$$

$$1st\ law: q + h_i + \frac{V_i^2}{2} = w + h_e + \frac{V_e^2}{2}$$

$$\Rightarrow h_i = h_e + \frac{V_e^2}{2} \Rightarrow h_e = h_i - \frac{V_e^2}{2} \qquad (I$$

ازجدول $B.2.2$ داریم : $\quad h_i = 1464.98\ kJ/kg$

$P=300\ kPa \Rightarrow T_{sat}=-9.24^{\circ}C\ ,\ h_g=1431.7\ kJ/kg\ ,\ h_f=137.89\,kJ/kg$

$I \Rightarrow h_e=1464.9(kJ/kg)-\frac{(450)^2}{2}(J/kg)\times10^{-3}(kJ/J)=1363.65\ kJ/kg \quad (I$

$\Rightarrow h_f)_{300kPa}<h_e>h_g)_{300kPa}$ حالت خروجی دوفازه است

$P=300kPa \Rightarrow h_f=137.89\ ,\ h_g=1431.7 \Rightarrow x_e=\frac{h_e-h_f}{h_g-h_f}=0.95$

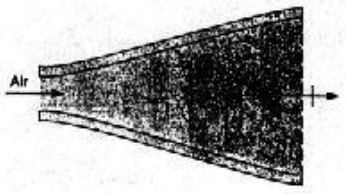
$300kPa \Rightarrow v_f=0.001536\ ,\ v_{fg}=0.40637\ ,\ v_e=v_f+x_e v_{fg}$

$\Rightarrow v_e=0.38759\,m^3/kg$

$\dot{m}=\frac{VA}{v} \Rightarrow A=\frac{v\dot{m}}{V}==\frac{0.38759\times0.01}{450}=0.086\ cm^2$

۲۰-۶ هوادرشرایط $100kPa$, $300K$ وباسرعت $200m/s$ وارد دیفیوزر(پخش کننده)می‌شود سطح مقطع ورودی دیفیوزر $100mm^2$ وسطح مقطع خروجی آن $860\ mm^2$ است. سرعت درمقطع خروجی $20m/s$ می‌باشد. فشاردرجه حرارت هوادرمقطع خروجی را تعیین کنید.

حل:



1)ورودی: $T_1=300K\ ,\ P_1=100kPa$

$V_1=200\,m/s\ ,\ A_1=100mm^2$

2)خروجی: $A_2=860\ mm^2\ ,\ V_2=20m/s$

$P_2=?\quad ,\quad T_2=?$

(فرایند: $SSSF$) $\frac{dE_{cv}}{dt}=0$

قانون اول برای حجم کنترل :

$\dot{Q}+\Sigma\dot{m}_i h_i=\Sigma\dot{m}_e h_e+W \Rightarrow \dot{m}_1h_1=\dot{m}_2h_2 \qquad (\dot{Q}=0\ ,\ W=0\ )$

$\dot{m}_1=\dot{m}_2 \Rightarrow h_1=h_2 \Rightarrow h_1-h_2=C_{PO}(T_1-T_2)=0 \Rightarrow T_1=T_2=300K$

$\dot{m}_1=\dot{m}_2 \Rightarrow \frac{A_1V_1}{v_1}=\frac{A_2V_2}{v_2}\ ,\ Pv=RT \Rightarrow \frac{P_1A_1V_1}{RT_1}=\frac{P_2A_2V_2}{RT_2}$

$\Rightarrow P_1A_1V_1=P_2A_2V_2 \Rightarrow P_2=116.28\,kPa$

۲۱-۶ یک دیفیوزر،گازایده‌الی رادر $100kPa$ و $300K$ باسرعت $250m/s$ دریافت می کندوبا سرعت $25m/s$ به خارج هدایت می کند.اگرگاز مورد نظرآرگون ،هلیم یانیتروژن باشد

درجه حرارت خروجی را تعیین کنید.

حل: حجم دیفیوزر از ورودی تا خروجی را حجم کنترل در نظر می گیریم فرایند $SSSF$ است :

$$1st\ law: C.V.:\ q+h_i+\frac{V_i^2}{2}=w+h_e+\frac{V_e^2}{2}$$

سرعت ورودی را ناچیز می گیریم : $w=0 \quad , \quad q=0$

$$\Rightarrow 0=h_e-h_i+(\frac{V_e^2}{2}-\frac{V_i^2}{2})=C_p(T_e-T_i)+\frac{1}{2}(V_e^2-V_i^2)$$

$$Ar: C_p=0.52kJ/kg.K \quad , \quad He: C_p=5.193kJ/kgK$$

$$N_2:\ C_p=1.042kJ/kgK$$

$$Ar: 0.52(T_e-300)+\frac{1}{2000}(25^2-250^2)\Rightarrow T_e=360K$$

$$He: 5.193(T_e-300)+\frac{1}{2000}(25^2-250^2)\Rightarrow T_e=306K$$

$$N_2: 1.042(T_e-300)+\frac{1}{2000}(25^2-250^2)\Rightarrow T_e=330K$$

۲۲-۶ جلوی یک موتورجت مانند دیفیوزر عمل کرده ،و هوا را در $900m/h$ ، $5^\circ C$ - و $50kPa$ دریافت می کند و آنرا به سرعت $80m/s$ نسبت به موتور ،قبل از ورود به کمپرسور ، میرساند. اگر سطح مقطع جریان به 80% سطح مقطع ورودی کاهش یافته باشد، دما و فشار را در ورودی کمپرسور بیابید.

حل:

از جدول $A.5$ داریم : $R_{air}=0.287kJ/kg.K \quad , \quad C_{PO})_{air}=1.004\ kJ/kg.K$

فرایند $SSSF$ می باشد و با تبدیل واحدها داریم : $V_i=900\frac{km}{h}=250m/s$

$$1st\ law:\ q+h_i+\frac{V_i^2}{2}=h_e+w+\frac{V_e^2}{2} \quad \Rightarrow h_e-h_i=\frac{V_i^2}{2}-\frac{V_e^2}{2}$$

در دیفیوزر داریم: $q=w=0$ $\Rightarrow C_{PO}(T_e-T_i)=\frac{V_i^2-V_e^2}{2}$

$$\Rightarrow T_e=\frac{V_i^2-V_e^2}{2C_{PO}}+T_i=\frac{\frac{1}{1000}(250^2-80^2)}{2\times 1.004}+268.15=296.088K$$

$$\Rightarrow T_e=22.94^\circ C$$

بقای جرم: $\dot{m}_i=\dot{m}_e\Rightarrow\frac{V_iA_e}{v_i}=\frac{V_eA_e}{v_e}\Rightarrow\frac{v_e}{v_i}=\frac{V_eA_e}{V_iA_i}\Rightarrow v_e=v_i\frac{V_eA_e}{V_iA_i}$

$$\Rightarrow v_e=\frac{R_{air}T_i}{P_i}\times\frac{V_eA_e}{V_iA_i}\Rightarrow\frac{R_{air}T_e}{P_e}=\frac{R_{air}T_i}{P_i}\times\frac{V_e}{V_i}\times\frac{A_e}{A_i}$$

$$\Rightarrow P_e=P_i\frac{T_e}{T_i}\times\frac{A_i}{A_e}\times\frac{V_i}{V_e}\qquad[\text{ازفرض مساله داریم }\frac{A_e}{A_i}=0.8]$$

$$\Rightarrow P_e=50\times\frac{296.088}{268.15}\times\frac{1}{0.8}\times\frac{250}{80}=215.662\,kPa$$

۲۳ـ۶ هلیم از $1.2MPa$ ، $20^\circ C$ تا فشار $100kPa$ خفانش می یابد. قطرلوله خروجی چنان بزرگتر ازلوله ورودی است که سرعتهای ورودی وخروجی برابرند. دمای خروج هلیم ونسبت قطرها رابیابید.

حل:

فرایند $SSSF$ (ازنوع خفانشی): $\frac{dE_{CV}}{dt}=0\quad,\quad V_i=V_e\Rightarrow h_i=h_e$

1) ورودی : $P_1=1.2MPa\quad,\quad T_1=20^\circ C$

2) خروجی : $P_2=100kPa\quad,\quad T_2=?$

هلیم همانندگازایده‌ال عمل می کند.

$$h_1=h_2\Rightarrow h_1-h_2=C_{PO}(T_1-T_2)=0\Rightarrow T_1=T_2=20^\circ C$$

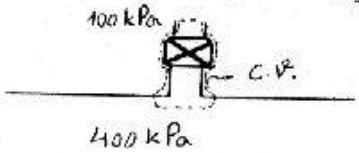
$$\dot m_1=\dot m_2\Rightarrow\frac{A_1V_1}{v_1}=\frac{A_2V_2}{v_2}\quad\Rightarrow\frac{P_1A_1V_1}{RT_1}=\frac{P_2A_2V_2}{RT_2}$$

$$Pv=RT$$

$$\Rightarrow P_1A_1=P_2A_2\Rightarrow\ \frac{A_2}{A_1}=(\frac{D_2}{D_1})^2=12\quad\Rightarrow\frac{D_2}{D_1}=2\sqrt{3}$$

۲۴ـ۶ آب دریک لوله در $400kPa$ جریان دارد وبخاراشباع ازطریق یک شیردر $100kPa$ ازآن خارج می شود درهنگام خروج ازشیردماچقدراست ؟ ازتغییرات انرژی جنبشی وپتانسیل صرف نظر کرده وانتقال حرارت را ناچیز بگیرید.

حل:



حجم کنترلی مطابق شکل درنظرمی گیریم :

حالت ورودی: $400kPa$ بخاراشباع $\rightarrow h_i=h_g\ |_{400kPa}=2738.53\,kJ/kg$

$1st\ law:\ C.V.: q+h_i=w+h_e \quad , \quad q=w=0$

$\Rightarrow h_i=h_e \Rightarrow h_e=2738.53kJ/kg$

حالت خروجی : $h_e=2738.53\ kJ/kg \quad , \quad P=100kPa \quad \rightarrow T=131^{\circ}C$

۲۵-۶ متان در $300K, 3MPa$ تا $100kPa$ خفانش می‌یابد. بافرض عدم تغییر انرژی جنبشی ورفتار گازایده‌ال برای متان دمای خروجی رابیابید. حل رابافرض رفتار حقیقی تکرار کنید.

حل:

درفرایندخفانش بافرض مساله داریم : $1st\ law:\ h_i=h_e$

گازایده ال : $h_i=h_e \Rightarrow h_i-h_e=0 \Rightarrow C_{P(i)_{av}}(T_i-T_e)=0$

[درگاز ایده ال آنتالپی فقط تابع دماست] $\Rightarrow T_e=T_i=300K$

گازحقیقی : $h_i=h_e$

ازجدول $(B.7.2)$ داریم : $h_i=598.83\ kJ/kg \qquad \Rightarrow h_e=h_i=598.83kJ/kg$

بادرون یابی ازجدول $B.7.2$ داریم:

$$\begin{cases} h_e=598.83\,kJ/kg \\ P_e=100kPa \end{cases} \Rightarrow T_e=286.98K$$

مشاهده می شود درصورت ایده‌ال فرض کردن متان درمساله فوق مرتکب 4.54% خطامی شویم.

۲۶-۶ آب درشرایط $150^{\circ}C\ ,\ 1.5MPa$ توسط یک شیربطور آدیاباتیک تافشار $200kPa$ تحت فرایند خفانشی قرارمی گیرد. سرعت ورودی $5m/s$ وقطرلوله های ورودی وخروجی برابر است . حالت وسرعت آب خروجی راحساب کنید.

حل:

فرایند $SSSF$ (ازنوع خفانشی)، $\frac{dE_{CV}}{dt}=0$

[خواص مایع متراکم‌دریک دمای معین بانقریب خوب باخواص مایع اشباع درهمان‌دمابرابراست.]

$P_1=1.5MPa\ ,\ T_1=150^{\circ}C \quad ; \quad V_1=5m/s \Rightarrow$ (1

$\Rightarrow v_1=v_f)_{150^{\circ}C}=0.001090m^3/kg \quad , \quad h_1=h_f)_{150^{\circ}C}=632.18kJ/kg$

$P_2=200kPa \quad , \quad D_1=D_2 \Rightarrow A_1=A_2 \Rightarrow$ (2

$v_{2f}=0.001061m^3/kg\ ,\ h_{2f}=504.68kJ/kg$

$v_{2fg}=0.88467m^3/kg\ ,\ h_{2fg}=2201.96kJ/kg$

معادله پیوستگی: $\dot{m}_1=\dot{m}_2 \qquad \Rightarrow \frac{A_1V_1}{v_1}=\frac{A_2V_2}{v_2} \Rightarrow \frac{V_2}{v_2}=4587$

قانون اول برای حجم کنترل:

$$\left(\dot{Q}=0 \quad , \quad \dot{W}=0\right) \qquad \dot{Q}+\dot{m}(h_1+\frac{V_1^2}{2})=\dot{m}(h_2+\frac{V_2^2}{2})+\dot{W}$$

$$\frac{V_2}{v_2}=4587 \quad , \quad h_1+\frac{V_1^2}{2}=h_2+\frac{V_2^2}{2} \quad \Rightarrow h_1+\frac{V_1^2}{2}=h_2+10.520\,v_2^2\times10^3$$

$$=632.19$$

$$\Rightarrow h_{2f}+xh_{2fg}+10.52028(v_{2f}+xv_{2fg})^2\times10^3=632.19\,,\ P_{sat}=200kPa$$

$$\Rightarrow x=4.86\,\%$$

$$v_2=v_{2f}+xv_{2fg}=0.044050$$

$$\frac{V_2}{v_2}=4587 \Rightarrow V_2=202\ m/s$$

[چون دراین مساله ،سرعت مطرح شده بودبنابراین نمی توانیم ازجمله انرژی سرعتها صرفنظرکنیم درنتیجه قانون اول به فرم ساده شده $h_1=h_2$ درنمی آید]

۲۷-۶ جریانی از $R\text{-}134a$ بادبی $2kg/s$ در $100^\circ C,\ 1MPa$ باسرعت کم وارد یک محفظه آمیزش عایق می گردد. خط لوله دیگری $R\text{-}134a$ رابه صورت مایع اشباع در $60^\circ C$ پس ازعبور ازیک شیر وارد محفظه می کند،بطوریکه فشار بعد ازشیر $1MPa$ است .جریان خروجی بخار اشباع در $1MPa$ است که دارای سرعت $20m/s$ می باشد .دبی جریان درخط لوله دوم چقدر است؟

حل:

حجم کنترلی مطابق شکل انتخاب می کنیم :

شرایط ورودی 1:

$$1MPa \quad , \quad 100^\circ C \rightarrow h_{i1}=483.36\,kJ/kg$$

$$v_{i1}\approx0$$

شرایط ورودی 2: $60^\circ C$, مایع اشباع $\rightarrow h_{i2}=h_f\ |_{60^\circ C}=287.79\ kJ/kg$

شرایط خروجی : $1MPa$, بخاراشباع $\rightarrow h_e=h_g\ |_{1MPa}=419.52\ kJ/kg$

بقاء جرم :

$$\dot{m}_e=\dot{m}_{i1}+\dot{m}_{i2}=2+\dot{m}_{i2}$$

$$1st\ law:\ C.V.\ :\ \dot{Q}+\Sigma\dot{m}_i(h_i+\frac{V_i^2}{2})=\dot{W}+\Sigma\dot{m}_e(h_e+\frac{V_e^2}{2})$$

$$\dot{Q}=\dot{W}=0\ ,\ V_{i1}=V_{i2}\approx0$$

$$\Rightarrow 2\times 483.36+\dot{m}_{i2}\times 287.79=(2+\dot{m}_{i2})\times(419.52+\frac{20^2}{2000})$$

$$\dot{m}_{i2}=0.964\ kg/s$$

۲۸-۶ یک اتاقک آمیزش ازیک خط $2kg/s$ ، $R\text{-}134a$ رادر $1MPa$ و $100^{\circ}C$ وباسرعت کم دریافت می کند . $R\text{-}134a$ ازخط دیگری باآهنگ جرمی $1kg/s$ بصورت مایع اشباع در $60^{\circ}C$ ازطریق یک شیر پس کاهش فشار به $1MPa$ به اتاقک آمیزش جریان می یابد. انتقال گرما طوریست که جریان خروجی بخاراشباع در $1MPa$ وسرعت $20m/s$ است . آهنگ انتقالوگرما قطر لوله خروجی رابیابید.

حل: فرایند $SSSF$ است درنتیجه:

$$\frac{dm_{C.V.}}{dt}=\frac{dE_{C.V.}}{dt}=0$$

بقای جرم :

$$\Sigma\dot{m}_i=\Sigma\dot{m}_e\Rightarrow\quad \dot{m}_3=\dot{m}_1+\dot{m}_2=3\,kg/s$$

$$1st\ law:\ \dot{Q}_{C.V.}+\Sigma\dot{m}_i h_i=\dot{W}_{C.V.}+\Sigma\dot{m}_e h_e+\frac{V_e^2}{2}$$

درحالت خاص مساله فوق چون حجم ثابت است کارمرزی صفر بوده وچون نوع دیگری ازکار مشاهده نمی شود داریم : $\dot{W}_{C.V.}=0$

ازجدول $B.5.1$ داریم :

$$T_1=60^{\circ}C\ ,\ x_1=0\%\ \Rightarrow h_1=h_f=287.79\ kJ/kg \qquad (1$$

$$T_2=100^{\circ}C\ ,\ P_2=1MPa\ \Rightarrow h_2=483.36\ kJ/kg \qquad (2$$

$$P_3=1MPa\ ,\ x=100\%\ \Rightarrow h_3=h_g=419.54\ kJ/kg \qquad (3$$

$$v_3=v_g=0.02038\,kJ/kg$$

باتوجه به اینکه درشیر فرایند خفانشی انجام می شودوباصرف نظر ازتغییر انرژیهای جنبشی وپتانسیل داریم : $1st\ law:\ h_{i1}=h_1$

$$h_{i1}=h_1=287.79\ kJ/kg\quad ,\quad P=1MPa \qquad (h1$$

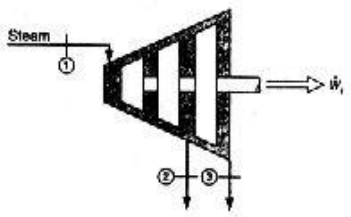
$$\dot{Q}_{C.V.}=3\times 419.54\ \frac{20^2}{2}\times\frac{1\ kJ}{1000\ J}-2\times 483.36\ \ 1\times 287.79$$

$$\dot{Q}_{C.V.}=4.31\ kJ$$

$$\dot{m}=\frac{VA}{v}=\frac{V\times\pi d^2}{4v}\Rightarrow d=\sqrt{\frac{\dot{m}v_3}{V_3}\times\frac{4}{\pi}}=6.24cm$$

۲۹-۶ توربین نشان داده شده درشکل ،آب رادر $15MPa$و$600^{\circ}C$ بادبی جرمی $100kg/s$ دریافت می‌کند.در بخش میانی آب بادبی $20kg/s$ وباشرایط $2MPa$, $350^{\circ}C$ ،بدون سرعت خارج می‌شودوباقیمانده آب توربین رادر $75kPa$ وباکیفیت 95% ترک می کند.بافرض عدم انتقال حرارت وعدم تغییرانرژی جنبشی ،توان کل خروجی توربین رابدست آورید.

حل:



$$\begin{cases} P_1=15MPa \\ T_1=600^{\circ}C \end{cases} \Rightarrow h_1=3582.3\frac{kJ}{kg} \quad (1$$

$$\dot{m}_1=100kg/s$$

$$\begin{cases} P_2=2MPa \\ T_2=350^{\circ}C \end{cases} \Rightarrow h_2=3136.96\frac{kJ}{kg} \quad (2$$

$$\dot{m}_2=20kg/s$$

$$\begin{cases} P_3=75kPa \\ x=95\% \end{cases} \Rightarrow h_3=h_f+xh_{fg}=2549.02kJ/kg \quad (3$$

$\dot{m}_1=\dot{m}_2+\dot{m}_3$: معادله پیوستگی $\Rightarrow$ $\dot{m}_3=80kg/s$

قانون اول برای حجم کنترل : $\dot{Q}+\dot{m}_1(h_1+\frac{V_1^2}{2})=\dot{m}_2(h_2+\frac{V_2^2}{2})+\dot{m}_3(h_3+\frac{V_3^2}{2})+\dot{W}$

$$\dot{Q}=0 \quad , \quad \frac{V_1^2}{2}=0 \quad , \quad \frac{V_2^2}{2}=0 \quad , \quad \frac{V_3^2}{2}=0$$

$$\Rightarrow \dot{m}_1h_1=\dot{m}_2h_2+\dot{m}_3h_3+\dot{W} \Rightarrow \dot{W}=91.57\ kW$$

۳۰-۶ یک توربین کوچک سرعت بالا ،بااستفاده ازهوای فشرده $100W$ توان تولید می کند . حالت ورودی $400kPa$, $50^{\circ}C$ وحالت خروجی $150kPa$,$-30^{\circ}C$ است. فرض کنید سرعتهاکم وفرایند آدیاباتیک باشد.مقداردبی لازم‌برای هوای‌عبورکننده‌ازتوربین رابیابید.

حل:

توربین رابه عنوان حجم کنترل درنظر می گیریم :

داریم : فرایندآدیاباتیک $\dot{Q}=0$ بقای جرم $\dot{m}_i=\dot{m}_e=\dot{m}$

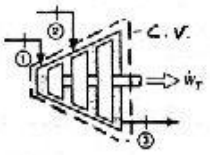
$$1st\ law:\ \dot{Q}+\dot{m}_ih_i=\dot{W}+\dot{m}_eh_e \Rightarrow 0.1(kW)=\dot{m}(h_i-h_e)$$

ازجدول $(A.7)$ داریم : $0.1=\dot{m}(323.69-243.37) \Rightarrow \dot{m}=0.00125\ kg/s$

[مقادیر h_i , h_e با درون یابی بدست آمده اند]

۳۱-۶ یک توربین بخارازدودیگ بخار،بخاردریافت می کند.یک جریان بادبی $5kg/s$ در $3MPa$, $700^{\circ}C$و جریان دیگر بادبی $15kg/s$ در $800kPa$, $500^{\circ}C$ وارد توربین می شود.حالت خروجی $10kPa$ باکیفیت 96% است.توان کل خروجی از توربین آدیاباتیک رابدست آورید.

حل:



مطابق شکل توربین رابه عنوان حجم کنترل انتخاب می کنیم:

ازتغییرات انرژی جنبشی وپتانسیل صرف نظر می‌کنیم.

حالت ورودی 1: $3MPa \ , \ 700^{\circ}C \rightarrow h_{i1}=3911.72\ kJ/kg$

حالت ورودی 2: $800kPa \ , \ 500^{\circ}C \rightarrow h_{i2}=3480.6\ kJ/kg$

حالت خروجی : $10kPa \ , \ 96\% \rightarrow h_f=191.81\ kJ/kg \ , \ h_{fg}=2392.82\ kJ/kg$

$$h_e=h_f+xh_{fg}=2488.92\ kJ/kg$$

بقای جرم :

$$\dot{m}_e=\dot{m}_{i1}+\dot{m}_{i2}=5+15=20\,kg/s$$

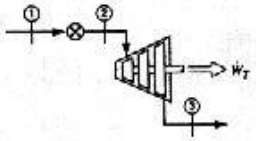
$$1st\ law:\ \dot{Q}+\Sigma\dot{m}_ih_i=\dot{W}+\Sigma\dot{m}_eh_e \qquad \left(\dot{Q}=0\right)$$

$$\Rightarrow 5\times3911.72+15\times3480.6=\dot{W}+20\times2488.92$$

$$\Rightarrow \dot{W}=21989.2kW=21.989MW$$

۳۲-۶ توربین کوچک نشان داده شده درشکل (P۶-۳۲) تحت بارجزئی باخفانش $0.25kg/s$ بخار ازحالت $1.4MPa$, $250^{\circ}C$ تا $1.1MPa$ قبل ازورود به توربین کارمی کند وخروجی در $10kPa$ قراردارد.اگرتوان تولیدی توربین $110kW$ باشددرجه حرارت خروجی (و در صورت اشباع بودن ،کیفیت)رابدست آورید.

حل:



$$\begin{cases} P_1=1.4MPa \\ T_1=250^{\circ}C \end{cases} \Rightarrow h_1=2927.22 \qquad (1$$

$$\dot{m}=0.25\,kg/s$$

فرایند 12 ازنوع خفانشی است $h_1=h_2$

$$P_2=1.1MPa \ , \ h_2=2927.22 \qquad (2$$

توربین را به عنوان حجم کنترل درنظر می گیریم :

$$1st\ law:\ \dot{Q}+\dot{m}h_2=\dot{m}h_3+\dot{W} \quad , \quad \dot{Q}=0 \Rightarrow h_3=2487.22kJ/kg$$

$$P_3=10kPa \Rightarrow h_f=191.81\ ,\ h_g=2584.63\ ,\ h_{fg}=2392.82 \qquad (3$$

$$h_3=2487.22\,kJ/kg \qquad h_f<h_3<h_g \qquad \Rightarrow T_3=45.81^{\circ}C$$

$$x_3=\frac{h_3-h_f}{h_{fg}} \Rightarrow x_3=96\%$$

۳۳-۶ سد هوفرروی رودخانه کلرادوآب رادرارتفاع $200m$ از جریان پایین دست دردریاچه مید ذخیره می کند.مولدهای برق که بوسیله توربینهای آبی به حرکت درمی آیند، $1300MW$ توان دریافت می کنند.اگرآب در $17.5^{\circ}C$ باشد ، حداقل آب لازم برای به حرکت درآوردن توربینهارابیابید.

حل:

حجم کنترل راطوری می گیریم که شرایط ورودی ، آب درسطح دریاچه وشرایط خروجی ،خروج ازتوربین باشد،باتوجه به اینکه جدول مایع متراکم از $5MPa$ شروع می شودوفشاردرعمق $200m$آب از $2.5MPa$ فراترنمی رودپس باتقریب قابل قبول آنتالپی مایع مادون سردراباآنتالپی مایع اشباع در همان دمابرابر می گیریم درنتیجه آنتالپی آب درطول فرایندافت نمی کند، یعنی:

$$h_1=h_i=h_e=h_f)_{17.5^{\circ}C}$$

بقای جرم: $\dot{m}_i=\dot{m}_e=\dot{m}$

$$1st\ law:\ \dot{Q}_{C.V.}+\dot{m}(h_i+gZ_i)=\dot{m}(h_e+gZ_e)+\dot{W}_{C.V.}$$

حداقل آهنگ جرمی توربینها زمانی است که کاملا عایقکاری شده باشند ودرنتیجه هیچ انتقال حرارتی به محیط انجام نگیرد ،یعنی $\dot{Q}_{C.V.}=0$. باانتخاب سطح صفر پتانسیل در مکان توربینها داریم: $Z_e=0\ ,\ Z_i=200m$

$$\Rightarrow \dot{m}\left[h_i-h_e+g(Z_i-Z_e)\right]=\dot{m}g(Z_i)=W_{C.V.}$$

$$\Rightarrow \dot{m}=\frac{\dot{W}_{C.V}}{gZ_i}=662600\,kg/s$$

۳۴-۶ یک موتور انبساطی بزرگ $SSSF$ دارای دوجریان ورودی آب باسرعت کم است .بخار آب فشار بالا در نقطه 1 بادبی $2kg/s$ ودر $2MPa$, $500^{\circ}C$ و $0.5kg/s$ آب خنک کن در $120kPa$و $30^{\circ}C$ درنقطه 2 وارد می شوند.جریان خروجی درنقطه 3 در شرایط $150kPa$ وکیفیت 80% ازلوله خروجی باقطر $0.15m$ خارج می گردد. اتلاف گرما معادل $300kW$ است .سرعت خروجی .و توان موتور راتعیین کنید.

حل:موتورراحجم کنترل درنظر می گیریم:

حالت ورودی 1: $2MPa\ ,\ 500^{\circ}C \rightarrow$بخارفوق‌گرم$\rightarrow h_{i1}=3467.55\,kJ/kg$

حالت ورودی 2: $120kPa\ ,\ 30^{\circ}C \rightarrow$ مایع متراکم $h_{i2} \cong h_f \mid_{30^{\circ}C} = 125.77\ kJ/kg$

حالت خروجی 3: $150kPa\ ,\ 80\%$

$$\rightarrow h_f = 467.08\ kJ/kg\ ,\ h_{fg} = 2226.46\ kJ/kg \rightarrow h_e = h_f + x h_{fg}$$
$$= 467.08 + 0.8 \times 2226.46 = 2248.25\ kJ/kg$$
$$\rightarrow v_f = 0.001053\ m^3/kg\ ,\ v_{fg} = 1.15828\ m^3/kg \rightarrow v_e = v_f + x v_{fg}$$
$$\Rightarrow v_e = 0.927677\ m^3/kg$$

بقاء جرم:
$$\dot{m}_e = \dot{m}_{i1} + \dot{m}_{i2} = 2 + 0.5 = 2.5\ kg/s$$

سرعت خروجی:
$$\dot{m}_e = \frac{A_e V_e}{v_e} \Rightarrow \frac{\frac{\pi \times 0.15^2}{4} \times V_e}{0.927677} = 2.5 \Rightarrow V_e = 131.24\ m/s$$

$$1st\ law:\ C.V.\ \dot{Q} + \Sigma \dot{m}_i \left(h_i + \frac{V_i^2}{2}\right) = \dot{W} + \Sigma \dot{m}_e \left(h_e + \frac{V_e^2}{2}\right)$$
$$-300 + 2 \times (3467.55 + 0) + 0.5 \times (125.77 + 0) = \dot{W} + 2.5 \times \left(2248.25 + \frac{131.24^2}{2000}\right)$$

توان تولیدشده:
$$\dot{W} = 1055.8\ kW$$

۳۵-۶ یک پمپ آب برای یک سیستم آبیاری بکار برده می شود. پمپ آب رادر $10^{\circ}C$ بافشار $100kPa$ ودبی جرمی $5kg/s$ دریافت می کند.خط لوله خروجی وارد لوله ای می شود که به $20m$ بالاتر ازپمپ ورود خانه می رود وآب را به یک کانال باز می ریزد. فرض کنید فرایند آدیاباتیک بوده وآب در $10^{\circ}C$ باقی می ماند.مقدار کارلازم پمپ راتعیین کنید.

حل:

حجم‌کنترل‌را طوری می گیریم که ورودی در شرایط 1 و خروجی درارتفاع $20m$(درشرایط 2)باشد.

$$\begin{cases} P_1 = 100kPa \\ T_1 = 10^{\circ}C \end{cases} \Rightarrow h_1 = h_f)_{T=10^{\circ}C} = 41.99 \qquad (1$$

$$\dot{m} = 5kg/s\ ,\ Z_1 = 0$$

درحالت 2 نیز بامایع متراکم سروکارداریم .

$$T_2 = 10^{\circ}C\ ,\ h_2 = 41.99\ ,\ Z_2 = 20m\ ,\ \dot{W} = ? \qquad (2$$

قانون اول برای حجم کنترل : $\left[\dot{Q} = 0\right]$,
$$\dot{Q} + \dot{m}(h_1 + gZ_1) = \dot{m}(h_2 + gZ_2) + \dot{W}$$
$$\Rightarrow \dot{W} = -\dot{m} g Z_2 \Rightarrow \dot{W} = -0.98\ kW$$

۳۶-۶ کمپرسور یک توربین گازبزرگ هوا راازمحیط درفشار $95kPa$ ودمای $20^{\circ}C$ باسرعت ناچیز دریافت می کند.درخروجی کمپرسور ، شرایط هوا $430^{\circ}C,\ 1.52MPa$ وسرعت $90m/s$

است.قدرت ورودی کمپرسور $5000kW$ است . آهنگ جرمی هوارا ازدرون کمپرسور بیابید.

حل:

ازجدول $B.5$ داریم : $C_{P\,o})_{air}=1.004\ kJ/kgK$, $R_{air}=0.287kJ/kgK$

درکمپرسورباتوجه به سرعت جریان می توان ازانتقال حرارت صرف نظر کرد یعنی

$q_{C.V}=0$

$$1st\ law:\ q_{C.V.}+h_i+\frac{V_i^2}{2}=w_{C.V.}+h_e+\frac{V_e^2}{2}$$

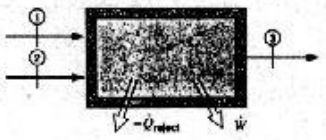
$$q_{C.V.}=V_i=0\Rightarrow w_{C.V.}=\frac{V_e^2}{2}+h_e-h_i=\frac{V_e^2}{2}+C_{P\,o}(T_e-T_i)$$

$$\Rightarrow w_{C.V.}=\frac{90^2}{2}\times\frac{1\ kJ}{1000J}+1.004(430-20)=415.7\ kJ/kg$$

$$\Rightarrow \dot{m}=\frac{\dot{W}_{C.V.}}{w_{C.V.}}=12.03\ kg/s$$

۳۷-۶ دوجریان پایدار هوابه یک حجم کنترل وارد می شوند.یکی از این دو جریان بادبی $0.025kg/s$در $150^{\circ}C$, $350kPa$ (حالت 1) ودیگری در $15^{\circ}C$, $350kPa$ وارد می شود. سرعت هردو ناچیز است .هوادر $100kPa$,$-40^{\circ}C$ ازطریق لوله ای به قطر $25mm$ خارج می شود (حالت 3) حجم کنترل مقدار $1.2kW$ حرارت به محیط دفع و $4.5kW$ توان تولیدمی‌کند.دبی جریان هوای ورودی درحالت 2 رابیابید.

حل:



$C_P=1.004\ kJ/kgK$ (air

$R=0.287\ kJ/kgK$

باصرف نظر ازتغییرات انرژی پتانسیل :

بقاءجرم : (I) $\dot{m}_1+\dot{m}_2=\dot{m}_3$

$$C.V.:\ 1st\ law:\ \dot{Q}+\Sigma\dot{m}_i(h_i+\frac{V_i^2}{2})=\dot{W}+\Sigma\dot{m}_e(h_e+\frac{V_e^2}{2})$$

$$\Rightarrow\dot{Q}+\dot{m}_1(h_1+\frac{V_1^2}{2})+\dot{m}_2(h_2+\frac{V_2^2}{2})=\dot{W}+\dot{m}_3(h_3+\frac{V_3^2}{2})\qquad(II)$$

$$100kPa\ ,\ -40^{\circ}C\ ,\ P_3=\rho_3RT_3\Rightarrow\rho_3=\frac{100}{0.287\times(273.1-40)}=1.49kg/m^3$$

$$\dot{m}_3=\rho_3A_3V_3\Rightarrow\dot{m}_3=1.4\times\frac{\pi\times0.025^2}{4}V_3=7.34\times10^{-4}V_3$$

$$0.025+\dot{m}_2=7.34\times10^{-4}V_3 \Rightarrow V_3=34.07+1362.87\,\dot{m}_2 \quad \text{(III)} \Rightarrow \text{جایگذاری در I}$$

$$I,II,III \Rightarrow \dot{Q}+\dot{m}_1(h_1-h_3)+\dot{m}_2(h_2-h_3)=\dot{W}+(0.025+\dot{m}_2)\times\frac{(34.07+1362.87\,\dot{m}_2)^2}{2000}$$

اگر هوا را گاز کامل فرض کنیم : $\Delta h=C_p\,\Delta T$ ، چون ΔT برای $K,^{\circ}C$ یکسان است می توان دماها رابرحسب $^{\circ}C$ جایگذاری کرد.

$$\Rightarrow -1.2+0.025\times1.004(150+40)+\dot{m}_2\times1.004(15+40)$$

$$=4.5+(0.025+\dot{m}_2)(0.58+928.7\,\dot{m}_2^2+46.43\,\dot{m}_2)$$

$$\Rightarrow 928.7\,\dot{m}_2^3+69.65\,\dot{m}_2^2-53.78\,\dot{m}_2+0.9455=0$$

$$\Rightarrow \dot{m}_2=0.0182\ kg/s$$

۳۸-۶ کمپرسوری هوارادرشرایط $100kPa$, $17^{\circ}C$ دریافت کرده وآن رادر $600K$, $1MPa$ به سردکن فشارثابت تحویل می دهد . هوادر $300K$ ازسردکن خارج می شودکار ویژه کمپرسور وانتقال حرارت ویژه راحساب کنید.

حل:

$P_1=100kPa$, $T_1=17^{\circ}C=290.15K$ (1 $\qquad$ $P_2=1MPa$, $T_2=600K$ (2

$P_3=1MPa$, $T_3=300K$ (3

قانون اول برای حجم کنترل (کمپرسور) : $\qquad 1st\ law: {}_1w_2+h_1=h_2+{}_1q_2$, ${}_1q_2=0$

$$\Rightarrow {}_1w_2=h_2-h_1=317\ kJ/kg$$

قانون اول برای حجم کنترل (سردکن)

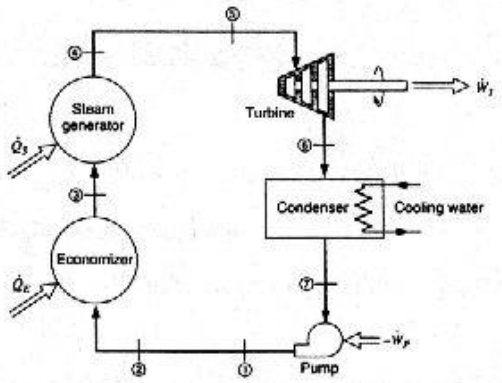
$${}_2q_3+h_2=h_3+{}_2w_3 \ , \ {}_2w_3=0 \Rightarrow {}_2q_3=h_3-h_2=-306.8\ kJ/kg$$

۳۹-۶ اطلاعات زیردرموردیک نیروگاه ساده بخار،شکل ۳۹-P۶،موجوداست .

State	1	2	3	4	5	6	7
P (MPa)	6.2	6.1	5.9	5.7	5.5	0.01	0.009
T (°C)		45	175	500	490		40

نقطه 6دارای $x_6$0.92 وسرعت $200m/s$ است .آهنگ جریان بخار $25\ kg/s$ وتوان ورودی پمپ $300kW$ می باشد.قطرلوله ازبخارزا تا توربین $200mm$ وازچگالنده تابخارزا $75mm$ است .کارخروجی توربین وانتقال حرارت در چگالنده رابیابید.

حل:



[تمام اطلاعات موردنیاز مساله ازجدولهای B.1.1 , B.1.2 , B.1.3 B. 1. 4 تهیه شده وحسب موردددرصورت‌نیازدرون یابی لازم انجام شده که فقط نتایج درج می گردد.]

$$\dot{W}_P = 300kW \Rightarrow w_P = \frac{\dot{W}_P}{\dot{m}} = 12kJ/kg$$

$$h_6 = h_f + x h_{fg} = 2393.2\,kJ/kg$$

$$v_6 = v_f + x v_{fg} = 0.001010 + 0.92 \times 14.67254 = 13.49975\,m^3/kg$$

$$h_7 \approx h_f)_{40^\circ C} = 167.54\,kJ/kg \;\; و \;\; v_7 \approx v_f)_{40^\circ C} = 0.001008\,m^3/kg$$

$$Pump: 1st\ law: h_7 + w_p = h_1 = 179.54\,kJ/kg$$

نقطه	1	2	3	4	5	6	7
h kJ/kg	179.54	193.7406	743.938	3425.61	3404.14	2393.2	167.54
v m^3/kg					0.056199	13.49975	0.001008

$$\dot{m} = \frac{V_5 A_5}{v_5} \Rightarrow V_5 = \frac{v_5 \dot{m}}{A_5} = 44.7217\ m/s$$

$$Turbine:\ 1st\ law:\ h_5+\frac{V_5^2}{2}=h_6+\frac{V_6^2}{2}+w_t \Rightarrow w_t=991.217\ kJ/kg$$

$$\Rightarrow \dot{W}_t=\dot{m}w_t=24.80\ MW$$

$$V_7=\frac{v_7\dot{m}}{A_7}=5.70411\ m/s$$

$$Condenser:\ 1st\ law:\ h_6+\frac{V_6^2}{2}+q_c=h_7+\frac{V_7^2}{2} \Rightarrow q_c=-2.24564\ MJ/kg$$

$$\Rightarrow \dot{Q}_c=\dot{m}q_c=-56.14\ MW$$

هرچند تغییر انرژی جنبشی بین 7,6، 99.92% است ولی مقدارآن (19.98kJ/kg) درمقابل تغییر آنتالپی (2225.66 kJ)ناچیزاست (0.9%) و چون بیشترین تغییر انرژی جنبشی درسیکل درنقاط 6تا7 اتفاق افتاده ، پس باتقریب مهندسی می توان ازتغییر انرژی جنبشی درمقابل تغییر آنتالپی صرف نظر کرد .

۴۰-۶ برای نیروگاهی مانندنیروگاه‌نشان داده شده در شکل (P۶-۳۹) ومساله (۶-۳۹) آهنگ انتقال حرارت را در اکونومایزر که یک مبادله کن حرارتی دما پایین پائین است و همچنین درمولد بخار بیابید. ضمناً دبی جریان آب خنک کن را در چگالنده، ،اگردمای آن از $15^{\circ}C$ به $25^{\circ}C$ افزایش یابد ، محاسبه نمایید.

حل:

ازآنجاکه جریان آب درچرخه اصلی دارای مسیر فرعی نمی باشد. دبی درکل چرخه ثابت بوده وبرابر 25kg/s است .

تمام اطلاعات مورد نیاز این مساله از جدول استخراجی مساله ۳۹-۶ بدست آمده‌اند:

a)اکونومایزر رابه عنوان حجم کنترل درنظرمی گیریم:

$$C.V:\ 1st\ law:\ q+h_i=w+h_e \Rightarrow q=h_3-h_2=793.9383-193.7406$$

$$q=550.1977\ kJ/kg\ ,\ \dot{Q}=\dot{m}q \Rightarrow \dot{Q}=25\times 550.1977=13.755\ MW$$

$$\dot{Q}=13.755\ MW$$

b) مولد بخاررابه عنوان حجم کنترل درنظرمی گیریم :

$$C.V:\ 1st\ law:\ q+h_i=w+h_e \rightarrow q=h_4-h_3=3425.612-743.9383$$

$$q=2681.6737\ kJ/kg \qquad \dot{Q}=25\times 2681.6737=67.04\ MW$$

قسمتی ازچگالنده راکه فقط بخار آب ازتوربین واردشده وسرد می شود به عنوان حجم کنترل درنظر می گیریم یعنی آب خنک کن وارد حجم کنترل نخواهد شد.

$$C.V: 1st\ law:\ q+(h_i+\frac{V_i^2}{2})=w+(h_e+\frac{V_e^2}{2})\Rightarrow q=h_7-h_6+\frac{1}{2}(V_7^2-V_6^2)$$

$$\Rightarrow q=167.54-2393.2+\frac{1}{2000}(5.7^2-200^2)=-2245.648\ kJ/kg$$

$$\dot{Q}=\dot{m}q=-56141.2\ kW$$

حال قسمتی از چگالنده راکه فقط شامل آب خنک کن است به عنوان حجم کنترل در نظر می‌گیریم و فرض می کنیم چگالنده ازطرف بیرون بخوبی عایق شده بطوریکه حرارت منتقل شده از بخار آب کاملا توسط آب خنک کن جذب می شود.

$$C.V: 1st\ law:\ \dot{Q}+\dot{m}_i h_i=\dot{W}+\dot{m}_e h_e\ ,\ W=0$$

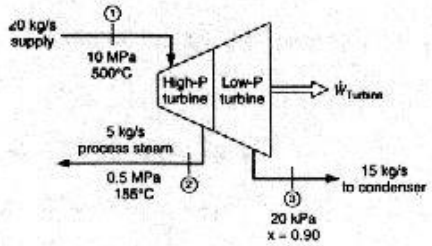
$$\Rightarrow\quad \dot{Q}=\dot{m}(h_e-h_i)\quad ,\quad \dot{Q}_{con}=-\dot{Q}_{steam}=+56141.2$$

اگر آب رابعنوان یک مایع تراکم ناپذیر درنظر بگیریم $\Delta h=C_p\Delta T$ می باشد.

ازجدول (A.4) $C_p=4.18\ kJ/kgK$

$$56141.2=\dot{m}\times 4.18\times(25-15)\Rightarrow \dot{m}_{Cooling\ Water}=1343.09\ kg/s$$

۶-۴۱ سیستم تولید همزمان الکتریسیته وبخاراغلب در مواردی استفاده می شودکه بخارآب در فرایندهای صنعتی مورد نیاز است.طبق شکل (P۶-۴۱) فرض کنید مقدار $5kg/s$ بخار آب در $0.5MPa$ لازم است.انرژی لازم توسط پمپ ودیگ بخارتامین می شود.توان الکتریکی توربین دراین فرایندرابدست آورید.



حل:

$h_1=3373.63$ بخار فوق گرم

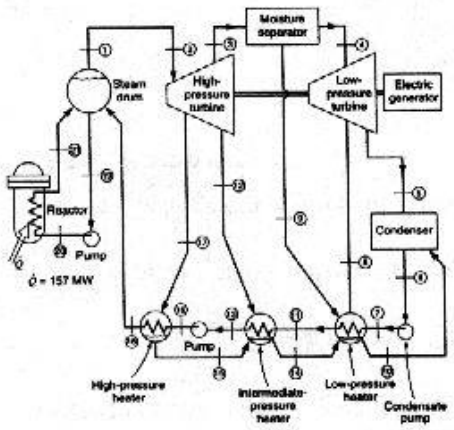
$500kPa$	
T	h
151.68	2748.67
155	$h_2=?\ \Rightarrow h_2=2755.63\frac{kJ}{kg}$
200	2855.37

$h_3=h_f+xh_{fg}/kg\ =2373.88$

قانون اول برای حجم کنترل :(توربین) $1st\ law:\quad \dot{Q}+\dot{m}_1h_1=(\dot{m}_2h_2+\dot{m}_3h_3)+\dot{W}_T$

$\dot{Q}=0\ \Rightarrow \dot{W}_T=\dot{m}_1h_1-(\dot{m}_2h_2+\dot{m}_3h_3)=18.08MW$

۴۲-۶ یک نمودار تقریبا"ساده شده جریان برای یک نیروگاه هسته ای شکل 1.4 درشکل ۴۲-P۶ نشان داده شده است .آهنگهای جرمی جریان وحالات مختلف درچرخه ، درجدول زیر لیست شده است .چرخه شامل تعدادی گرمکن است که درآنها گرما ازبخاری که در فشارهای متوسط ازتوربین زیر کش شده ،به آب مایع پمپ شده ازچگالنده،درمیانه راه چگالنده تا مولد بخار،انتقال می یابد .مبادله کن گرمایی درراکتور $157MW$ گرما فراهم نموده وفرض براین است که انتقال گرما درتوربینها وجود نداشته باشد.



الف)بافرض عدم انتقال گرما دررطوبت‌گیر بین دوبخش توربین، آنتالپی وکیفیت (h_4, x_4) را بیابید.

ب)توان خروجی از توربین فشارپایین (LPT) رابیابید.

ج) توان خروجی از توربین فشار بالا (HPT) رابیابید.

د)نسبت کل توان خروجی ازتوربینها به توان تحویلی در راکتور رابیابید.

Point	$\dot{m}$, kg/s	P, kPa	T, °C	h, kJ/kg
1	75.6	7240	sat vap	
2	75.6	6900		2765
3	62.874	345		2517
4		310		
5		7		2279
6	75.6	7	33	
7		415		140
8	2.772	35		2459
9	4.662	310		558
10		35	34	
11	75.6	380	68	
12	8.064	345		2517
13	75.6	330		
14				349
15	4.662	965	139	584
16	75.6	7930		565
17	4.662	965		2593
18	75.6	7580		688
19	1386	7240	277	
20	1386	7410		1221
21	1386	7310		

الف)چون درطوبت گیرکاروانتقال حرارت نداریم : $\dot{W}_{m.s}=\dot{Q}_{m.s}=0$

بقای جرم : $\Sigma \dot{m}_i=\Sigma \dot{m}_e \Rightarrow \dot{m}_3=\dot{m}_4+\dot{m}_9 \Rightarrow \dot{m}_4=58.212\,kg/s$

$$1st\ law:\ \Sigma \dot{m}_i h_i=\Sigma \dot{m}_e h_e \Rightarrow \dot{m}_3 h_3=\dot{m}_4 h_4+\dot{m}_9 h_9 \Rightarrow h_4=\frac{\dot{m}_3 h_3-\dot{m}_9 h_9}{\dot{m}_4}$$

$$\Rightarrow h_4=2673.89\ kJ/kg$$

$$P=310kPa \Rightarrow h_f=566.162\ kJ/kg\ ,\ h_{fg}=2160.61\ kJ/kg$$

$h_g=2726.78\ kJ/kg$ $\qquad h_f<h_4<h_{fg}\Rightarrow$ دوفازه $\Rightarrow x=\dfrac{h-h_f}{h_{fg}}=0.9755$

ب)بقای جرم: $\Sigma \dot{m}_i = \Sigma \dot{m}_e \Rightarrow \dot{m}_4 = \dot{m}_5 + \dot{m}_8 \Rightarrow \dot{m}_5 = \dot{m}_4 - \dot{m}_8 = 55.44\ kg/s$

$$LPT: 1st\ law:\ \Sigma \dot{m}_i h_i = \Sigma \dot{m}_e h_e + \dot{W}_{LPT}$$

$$\Rightarrow \dot{W}_{LPT} = \Sigma \dot{m}_i h_i - \Sigma \dot{m}_e h_e = \dot{m}_4 h_4 - (\dot{m}_5 h_5 + \dot{m}_8 h_8)$$

$$\Rightarrow \dot{W}_{LPT} = 22.49\,MW$$

ج) $HPT:\ 1st\ law: \Sigma \dot{m}_i h_i = \Sigma \dot{m}_e h_e + \dot{W}_{HPT} \Rightarrow \dot{W}_{HPT} = \Sigma \dot{m}_i h_i - \Sigma \dot{m}_e h_e$

$$\Rightarrow \dot{W}_{HPT} = \dot{m}_2 h_2 - (\dot{m}_3 h_3 + \dot{m}_{12} h_{12} + \dot{m}_{17} h_{17}) = 18.4\,MW$$

د) $\dot{W}_T = \dot{W}_{HPT} + \dot{W}_{LPT} = 40.89\,MW$

$$\Rightarrow \frac{\dot{W}_T}{\dot{Q}_{Reactor}} = 0.2604 .$$

۴۳-۶ برای نیروگاه تشریح شده درمساله ۴۲-۶ مطلوبست :

a)کیفیت بخارآب خروجی از راکتور. b)توان پمپ تغذیه ای که آب رابه راکتور می‌رساند.

حل:

a) راکتوررابه عنوان حجم کنترل درنظر می گیریم ،بااستفاده از اطلاعات مساله 42-6 داریم:

$$C.V: 1st\ law:\ \dot{Q} + \dot{m}_{20} h_{20} = \dot{W} + \dot{m}_{21} h_{21}$$

$$157000 + 1386 \times 1221 = 1386 h_{21} \Rightarrow h_{21} = 1334.27\ kJ/kg$$

$$P = 7310\,kPa \rightarrow h_f = 1282.6395\ kJ/kg \quad , \quad h_g = 2767.8384\ kJ/kg$$

$$x_{21} = \frac{h_{21} - h_f}{h_g - h_f} = 0.035 \qquad x_{21} = 3.5\%$$

b)پمپ رابه عنوان حجم کنترل درنظر می گیریم :

حالت 19: $7240\,kPa\ ,\ 277^\circ C \rightarrow$

T	h
270	$(h_f)1184.49$
$277^\circ C$	$? \Rightarrow h_f \mid_{277^\circ C} = 1220.526\ kJ/kg$
280	$(h_f)1235.97$

(درون یابی از جدول $B.1.2$) $P = 6129.76$

$$10000\,kPa\ ,\ 277^\circ C \rightarrow h = 1219.04\ kJ/kg$$

	P	h	
$T=277^{\circ}C:$	6129.76	1220.526	
	$7240^{\circ}C$	?	$h_{19}=1220.1\ kJ/kg$
	10000	1219.04	

$C.V$: $1st\ law$: $\dot{Q}+\dot{m}_{19}h_{19}=\dot{W}_P+\dot{m}_{20}h_{20}$, $\dot{Q}=0$

$$\dot{W}_P=1386(1220.1-1221)=-1247.8\ kW$$

۶-۴۴ نیروگاه مساله ۶.۴۲ رادرنظربگیرید.

الف)بافرض عدم انتقال حرارت به محیط ،درجه حرارت آب خروجی از گرمکن فشار متوسط را حساب کنید.

ب) کارپمپ رابین حالات 13 و16 حساب کنید.

$\dot{m}_{11}=75.6$, $P_{11}=380kPa$, $T_{11}=68^{\circ}C \Rightarrow h_{11}=h_f)_{68^{\circ}C}=284.59kJ/kg$ (11

$\dot{m}_{13}=75.6$, $P_{13}=330$, $T_{13}=?$ (13 $\dot{m}_{12}=8.064$, $h_{12}=2517$ (12

$\dot{m}_{15}=4.662$, $h_{15}=584$ (15 $\dot{m}_{14}=?$, $h_{14}=349$ (14

$\dot{m}_{16}=75.6$, $h_{16}=565$ (16

معادله پیوستگی : $\dot{m}_{15}+\dot{m}_{12}=\dot{m}_{14} \Rightarrow \dot{m}_{14}=12.726kg/s$

قانون اول برای حجم کنترل (گرمکن فشارمتوسط):جدار خارجی گرمکن عایقکاری شده و بدون انتقال حرارت در نظر گرفته می شود. $\Sigma \dot{m}_i h_i=\Sigma \dot{m}_e h_e$

$\dot{m}_{11}h_{11}+\dot{m}_{12}h_{12}+\dot{m}_{15}h_{15}=\dot{m}_{13}h_{13}+\dot{m}_{14}h_{14} \Rightarrow h_{13}=530.33kJ/kg$

13) مایع متراکم‌است. $h_{13}<h_f)_{330kPa}$

دردمای یکسان خواص مایع متراکم (به غیر از P)باخواص مایع اشباع برابراست .

ازجدول $(B.1.2)$ داریم .

T	h_f	
124	520.699	
$T_{13}=?$	530.33	$T_{13}=126.24^{\circ}C$
127.43	535.34	

قانون اول برای حجم کنترل (پمپ):

$\dot{m}_{13}h_{13}=\dot{m}_{16}h_{16}+\dot{W}_P \Rightarrow \dot{W}_P=\dot{m}(h_{13}-h_{16})=-2620.6\ kW$

۶-۴۵ نیروگاهی رامانند مساله ۶-۴۲ درنظربگیرید.

الف)توان تخلیه شده درچگالنده به آب خنک کن رابیابید.

ب)توان ورودی به پمپ چگالیده رابیابید.

ج)تراز انرژی رابرای گرمکن فشار پایین (LPH) بنویسید ،آیادراین گرمکن انتقال گرمایی وجود

دارد که درشکل نشان داده نشده باشد؟

الف) 6: $T=33^{\circ}C \quad , \quad P=7kPa \quad \Rightarrow h\approx h_f)_{33^{\circ}C}=138.304\ kJ/kg$

10: $P=35\,kPa \ , \ T=34^{\circ}C \ \Rightarrow h\approx h_f)_{34^{\circ}C}=142.482\ kJ/kg$

بامراجعه به شکل ۴۲-P۶ داریم :

بقای جرم

: $\dot{m}_{14}=\dot{m}_{12}+\dot{m}_{13}=12.726\ kg/s \ , \ \dot{m}_{10}=\dot{m}_8+\dot{m}_9+\dot{m}_{14}=20.16\ kg/s$

ازمساله ۴۲-۶: $\dot{m}_5=55.44\ kg/s$

$$Condenser: 1st\ law:\ \Sigma \dot{m}_i h_i+\dot{Q}_c=\Sigma \dot{m}_e h_e \Rightarrow \dot{Q}_c=\Sigma \dot{m}_e h_e-\Sigma \dot{m}_i h_i$$

$$\Rightarrow \dot{Q}_c=\dot{m}_6 h_6-\dot{m}_{10}h_{10}-\dot{m}_5 h_5=-118.764\ MW$$

ب)بقای جرم: $\dot{m}_6=\dot{m}_7=\dot{m}=75.6\ kg/s$

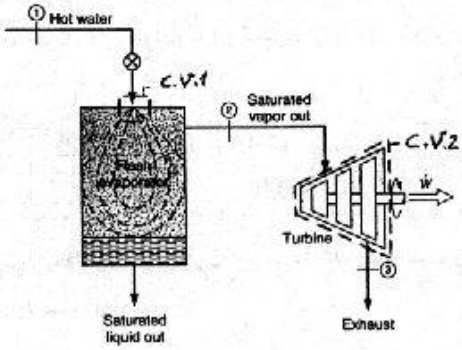
$$Pump:\ 1st\ law:\ \dot{m}_6 h_6=\dot{m}_7 h_7+\dot{W}_P \Rightarrow \dot{W}_P=\dot{m}(h_6-h_7)=-128.218\,kW$$

ج)داریم :11) $P=380\ kPa \ , \ T=68^{\circ}C \Rightarrow h_{11}\approx h_f)_{68^{\circ}C}=284.588\ kJ/kg$

$$IPH:\ 1st\ law:\ \Sigma \dot{m}_i h_i+\dot{Q}_{LPH}=\Sigma \dot{m}_e h_e \Rightarrow \dot{Q}_{LPH}=\Sigma \dot{m}_e h_e-\Sigma \dot{m}_i h_i$$

$$=(\dot{m}_{10}h_{10}+\dot{m}_{11}h_{11})-(\dot{m}_7 h_7+\dot{m}_8 h_8+\dot{m}_9 h_9+\dot{m}_{14}h_{14})=-55.68\,kW$$

۴۶-۶ درطرح نشان داده شده درشکل آب بافشارزیاد در $180^{\circ}C$,$1.5MPa$ درداخل محفظه تبخیرکن آنی خفانش می یابدکه باعث ایجاد مایع وبخاردرفشار پائین تر $400kPa$ می شود. مایع خارج می شود و بخار اشباع وارد توربین شده و در $10kPa$, 90% ازآن خارج می شود اگر توربین $1MW$ توان تولید کند ،دبی لازم آب داغ سیستم زمین گرمائی رابرحسب kg/hs بیابید.



حل:

حالت ۱: $180^{\circ}C \ , \ 1.5MPa \rightarrow$ مایع متراکم $\rightarrow h_1 \approx h_f \mid_{180^{\circ}C} = 763.21\,kJ/kg$

باصرف نظر ازتغییرات انرژی جنبشی وانرژی پتانسیل درفرایند خفانشی می توان نوشت $h_i = h_e$

درورودبه محفظه تبخیرکن : $\Rightarrow h = h_1 = 763.21\ kJ/kg$

حالت در ورود به محفظه تبخیرکن: $P = 400kPa \ , \ h = 763.21\ kJ/kg \rightarrow$ دوفازه

$h_f = 604.73\ kJ/kg \ , \ h_{fg} = 2133.81\ kJ/kg$

$$x = \frac{h - h_f}{h_{fg}} = 0.074$$

اگرتوربین رابه عنوان حجم کنترل دوم درنظربگیریم :

بقاءجرم : $\dot{m}_2 = \dot{m}_3$

$C.V.2: 1st\ law: \quad \dot{Q} + \dot{m}_2 h_2 = \dot{W} + \dot{m}_3 h_3$

$h_2 = h_g \mid_{400kPa} = 2738.5\,kJ/kg$

حالت 3 : $10kPa \ , \ 90\% \rightarrow h_3 = 2345.35\ kJ/kg$

$$\Rightarrow \dot{m}_2 = \frac{1000}{2738.5 - 2345.35} = 2.54\ kg/s$$

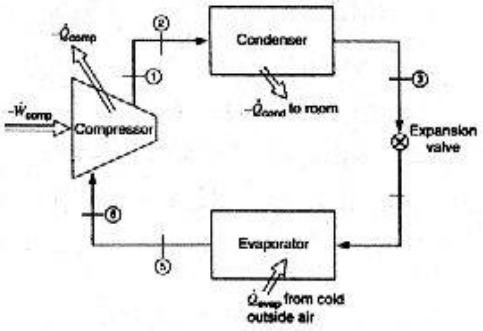
$$x_{\text{درمحفظه}} = \frac{m_g}{m_{tot}} = \frac{\dot{m}_g}{\dot{m}_{tot}} = \Rightarrow \frac{2.54}{\dot{m}_1} = 0.074 \qquad \begin{vmatrix} \dot{m}_g = \dot{m}_2 \\ \dot{m}_{tot} = \dot{m}_1 \end{vmatrix}$$

$$\Rightarrow \dot{m}_1 = 34.369\,kg/s \times \frac{3600s}{1\ hr} = 123731.1\ kg/hr$$

۶-۴۷ دریک سیکل پمپ حرارتی R-12 که درشکل (P۶-۴۷) نشان داده شده است ،مقدار $0.05kg/s$ مبرد R-12 جریان دارد. توان ورودی کمپرسور $4kW$ واطلاعات زیرمشخص است.

State	1	2	3	4	5	6
P (kPa)	1250	1230	1200	320	300	290
T (°C)	120	110	45		0	5

مقدار انتقال حرارت ازکمپرسور ،مقدارانتقال حرارت ازمبرد R-12 درکندانسور ومقدار انتقال حرارت به مبرد R-12 درتبخیرکن رابدست آورید.



درونیابی در $(200kPa)$	
T	h
0	189.80
5	$h=192.91\frac{kJ}{kg}$
10	196.02

درون یابی در $(300kPa)$	
T	h
0	187.72
5	$h=190.95\frac{kJ}{kg}$
10	194.17

$5^{\circ}C$	
P	h
200	192.91
290	$h_6=?\Rightarrow h_6=191.15\ \frac{kJ}{kg}$
300	190.95

$120^{\circ}C$	
P	h
1000	262.25
1250	$h_1=?\Rightarrow h_1=260.18\ \frac{kJ}{kg}$
1500	258.10

قانون اول برای حجم کنترل (کمپرسور):

$$1st\ law:\ -\dot{Q}_{Comp}+\dot{m}h_6=\dot{m}h_1-\dot{W}_{Comp}$$

$$\Rightarrow \dot{Q}_{Comp}=0.55kW$$

$110^{\circ}C$	
P	h
1000	254.93
1230	$h_2=?\Rightarrow h_2=252.85\ kJ/kg$
1500	250.41

$$3\begin{cases}P_2=1200kPa\\T_3=45^{\circ}C\end{cases}\Rightarrow h_3=h_f)_{45^{\circ}C}=79.71kJ/kg$$

قانون اول برای حجم کنترل (کندانسور): $1st\ law: -\dot{Q}_{Cond}+\dot{m}h_2=\dot{m}h_3 \Rightarrow \dot{Q}=8.66\,kW$

فرایند 4→3 ازنوع خفانشی است: $h_4=h_3=79.71\ ,\ h_5=187.72$

قانون اول برای حجم کنترل (تبخیرکن) $\dot{Q}_{evap}+\dot{m}h_4=\dot{m}h_5 \Rightarrow \dot{Q}=5.4\,kW$

۴۸-۶ مخزن صلب 100 لیتری حاوی هوادر $200^{\circ}C$, $1MPa$ است .اکنون شیر بازشده وهوا به بیرون جریان می یابد تا فشار به $100kPa$ برسد.درطول فرایند گرما ازمنبعی دردمای $200^{\circ}C$ طوری به مخزن منتقل می شود که هنگام بسته شدن شیر، دمای درون مخزن $50^{\circ}C$ است.انتقال گرمارابیابید.

حل:

فرایند $USUF$ است درنتیجه :

بقای جرم : $(m_2-m_1)_{C.V.}+\Sigma m_e-\Sigma m_i=0 \Rightarrow m_1-m_2=m_e$

$1st\ law: Q_{C.V}=(m_2u_2-m_1u_1)+m_eh_e$

[درمساله فوق مخزن صلب است وجریان ورودی نداریم پس $m_i=W_{C.V}=0$]

داریم :

$$m_2=\frac{P_2V_2}{RT_2}=\frac{100\times0.1}{0.287\times(273.15+50)}=0.107824\ kg$$

$$m_1=\frac{P_1V_1}{RT_1}=0.736409 \Rightarrow m_e=m_1-m_2=0.628585\ kg$$

باتوجه به اینکه حالت m_e ثابت نیست مقدار میانگین آنتالپی آنرادررابطه قانون اول قرارمی دهیم یعنی:

$$h_e=\frac{h_1+h_2}{2}$$

ازجدول $A.7$ داریم:

$T_1=200^{\circ}C=473.15K \Rightarrow h_1=475.802\ kJ/kg\ ,\ u_1=339.993\ kJ/kg$

$T_2=50^{\circ}C=323.15K \Rightarrow h_2=323.746\ kJ/kg\ ,\ u_2=230.992\ kJ/kg$

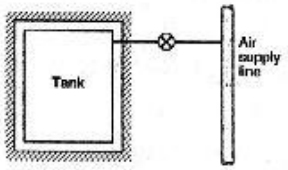
$\Rightarrow h_e=(h_1+h_2)/2=399.774\ kJ/kg$

$\Rightarrow Q_{C.V.}=25.8245\ kJ$ (با جایگذاری مقادیر در قانون اول)

۴۹-۶ یک مخزن 25 لیتری ،شکل $P6-49$،که درابتدا خلا می باشد بوسیله یک شیر به خط هوا که درآن هوا در $20^{\circ}C$, $800kPa$ جریان دارد متصل است .شیر بازشده وهوا به درون مخزن جریان می یابد تا فشار به $600kPa$ برسد.دمای نهایی وجرم درون مخزن رابیابید .بافرض گرماهای ویژه ثابت یک رابطه بین دمای خط ودمای نهایی پیداکنید.

حل:

فرایند $USUF$



بقای جرم: $m_2-m_1+\Sigma m_e-\Sigma m_i=0$

$m_e=m_1=0 \Rightarrow m_2-m_i-m$

$1st\ law: Q_{C.V.}+\Sigma_{m_i h_i}+m_1 u_1$

$=m_2 u_2+\Sigma m_e h_e-W_{C.V}$

$$Q_{C.V}=W_{C.V}=m_1=m_e=0 \Rightarrow \begin{cases} m_i h_i=m_2 u_2 \\ m_i=m_2 \end{cases} \Rightarrow h_i=u_2$$

بامراجعه به جدول $A.7$ داریم: $h_i=h)_{20^\circ C}=h)_{293.15K}=293.594\ kJ/kg$

$u_2=h_i=293.594\ kJ/kg \rightarrow A.7$ درون یابی از $\Rightarrow T_2=409.77\,K$

$$\Rightarrow m_2=\frac{P_2 V_2}{RT_2}=0.127547\ kg$$

بافرض گرماهای ویژه ثابت داریم:

$$h_i=u_2 \Rightarrow h_i=u_2+P_2 v_2-P_2 v_2=h_2-RT_2 \Rightarrow h_2-h_i=RT_2$$

$$\Rightarrow C_{PO}(T_2\ \ T_i)=RT_2 \Rightarrow \frac{T_2}{T_2-T_i}=\frac{C_{PO}}{R} \Rightarrow \frac{T_2}{-T_i}=\frac{C_{PO}}{R-C_{PO}}=\frac{C_{PO}}{-C_{vo}}$$

$$\Rightarrow \frac{T_2}{T_i}=k_{air} \Rightarrow T_2=k_{air} T_i=1.4T_i$$

اگر بافرض گرماهای ویژه ثابت دمای نهایی وجرم نهایی رابه دست آوریم،داریم:

$T_2=1.4T_i=410.41K$ [اختلاف با مقدار محاسبه شده از جدول تنها 0.16% است]

$m_2=\frac{P_2 V_2}{RT_2}=0.127348kg$ [اختلاف با مقدار محاسبه شده دربالا تنها -0.16% است]

یعنی اگر در مورد هوا گرمای ویژه راثابت فرض کنیم خطای بسیار ناچیزی مرتکب شده ایم که حتی ازحد دقت دستگاههای اندازه گیری مهندسی نیز خارج است .

۵۰-۶ یک مخزن صلب حاوی $100L$ گازدی اکسید کربن دردرجه حرارت وفشار $1MPa\ ,\ 300K$ است .شیرمخزن بطور ناگهانی باز می شود ودی اکسید کربن به آرامی خارج می شود تافشار به $500kPa$ می رسد دراین لحظه شیر بسته می شود .می توان فرض کرد که گاز باقی مانده

دردرون مخزن دستخوش یک تحول پلی تروپیک باتوان $n=1.5$ شده است .مقدار جرم نهایی داخل مخزن وحرارت منتقل شده به مخزن درطی فرایند رابیابید.

حل:

$(CO_2$: $R=0.1889\ kJ/kg.K\ ,\ C_v=0.653kJ/kg.K\ ,\ C_P=0.842kJ/kg.K$

$V_1=V_2=0.1m^3$

$P_1v_1=RT_1\Rightarrow 1000\times v_1=0.1889\times 300\Rightarrow v_1=0.05667\ \ m^3/kg$

$$m_1=\frac{V_1}{v_1}=1.76\ kg$$

فرایندپلی تروپیک : $P_1v_1^n=P_2v_2^n\Rightarrow 1000\times 0.05667^{1.5}=500\times v_2^{1.5}$

$v_2=0.0899m^3/kg$

$$m_2=\frac{V_2}{v_2}=\frac{0.1}{0.0899}=1.11\,kg$$

فرایند بصورت انبساط آزاد صورت گرفته است یعنی هیچ نیروی مقاومتی درمقابل انبساط وجود نداشته تا کاری انجام شود.$W_{1-2}=0$

مخزن رابه عنوان حجم کنترل درنظر می گیریم تحول انجام یافته را می توان یک تحول $USUF$ درنظر گرفت باصرف نظر ازتغییرات انرژی جنبشی وپتانسیل :

$C.V.:1st\ law:\ Q_{1-2}+m_ih_i=W_{1-2}+m_eh_e+m_2u_2-m_1u_1$

بقاءجرم : $m_i=0\qquad m_e=m_1-m_2=1.76-1.11=0.65kg$

چون حالت خروجی بطور مشخص در دسترس نیست آنتالپی خروجی را برابر آنتالپی متوسط بین آنتالپی اولیه وآنتالپی نهایی مخزن درنظر می گیریم:

$$P_2v_2=RT_2\Rightarrow T_2=\frac{500\times 0.0899}{0.1889}=237.95\ K$$

$$h_e=\frac{h_1+h_2}{2}$$

$$1st\ law:\ Q_{1-2}=(m_1-m_2)\frac{h_1+h_2}{2}+m_2(h_2-P_2v_2)-m_1(h_1-P_1v_1)$$

$$\Rightarrow Q_{1-2}=\frac{m_1+m_2}{2}(h_2-h_1)+m_1P_1v_1-m_2P_2v_2$$

اگردی اکسیدکربن راگاز کامل بگیریم : $\Delta h=C_p\Delta T$

$$\Rightarrow Q_{1-2}=\frac{1.76+1.11}{2}\times 0.842(237.95-300)+1.76\times 1000\times 0.05667$$

$$-1.11\times 500\times 0.0899=-25.128\ kJ$$

۵۱-۶ یک مخزن به حجم $1m^3$ حاوی آمونیاک در $25^\circ C,\ 150kPa$ می باشد. مخزن به خط لوله ای

که آمونیاک در $1200kPa$, $60^{\circ}C$ درآن جریان دارد متصل است .حال شیر باز می شود وجریان جرم تازمانیکه نصف حجم مخزن دردمای $25^{\circ}C$ ازمایع پرشود ،برقرار می‌گردد. مقدار حرارت منتقل شده از مخزن طی فرایند رابدست آورید.

حل:

جریان ورودی i :

$$P=1200kPa \ , \ T=60^{\circ}C \ \Rightarrow h_i=1553.3$$

$$1)\begin{cases} T_1=20^{\circ}C \\ P_1=150kPa \end{cases} \Rightarrow v_1=0.93815 \ , \ u_1=h_1-P_1v_1=1372.1$$

$$V=1m^3 \qquad m_1=\frac{V}{v_1}=1.066\ kg$$

$$2)\begin{cases} T_2=25^{\circ}C \\ V_f=V_g=0.5\ m^3 \end{cases} \Rightarrow m_f=\frac{V_f}{v_f}=301.57\,kg \ , \ m_g=\frac{V_g}{v_g}=3.9\,kg$$

$$m_2=m_f+m_g=305.47\,kg$$

$$u=\frac{m_fu_f+m_gu_g}{m} \Rightarrow u_2=309.85$$

معادله پیوستگی :

$$m_2=m_1+m_i \Rightarrow m_i=304.4\ kg$$

فرایند $USUF$:

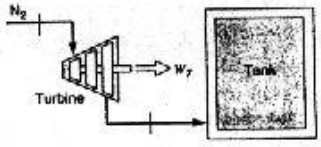
قانون اول برای حجم کنترل :

$$Q+m_ih_i=m_2u_2-m_1u_1$$

$$\Rightarrow Q=-379.64MJ$$

۵۲-۶ یک خط نیتروژن ،$0.5MPa$, $300K$،شکل ۵۲-P۶،به توربینی متصل است که خروجی آن به مخزنی که درابتداخلاء ودارای حجم $50m^3$است تخلیه می شود.توربین تافشار مخزن برابر با $0.5MPa$ کار می کند که درآن نقطه دما $250K$ است .بافرض بی درو بودن فرایند،کارتوربین رابیابید.

حل:



باانتخاب توربین و مخزن به عنوان حجم کنترل داریم :

$$m_e=m_1=Q_{C.V.}=0 \ , \ W_{C.V}=W_t$$

بقای جرم :

$$m_i=m_2=m$$

$$1st\ law:\ m_ih_i=m_2u_2+W_t \Rightarrow W_t=m_ih_i-m_2u_2=m(h_i-u_2)$$

$P_2=0.5\ MPa\ ,\ T_2=250K \Rightarrow$ (2

$h_2=257.79\,kJ/kg \Rightarrow u_2=h_2-P_2v_2=183.885\,kJ/kg$

$v_2=0.14781\,m^3/kg \Rightarrow m_2=m=\frac{V}{v_2}=338.272\,kg$

$P_i=0.5\ MPa\ ,\ T_i=300K \Rightarrow h_i=310.28\ kJ/kg$ (i

$\Rightarrow W_i=338.272(310.28-183.885)=42.76\ MJ$

۵۳-۶ یک مخزن تهی به حجم $150L$ به یک لوله هوا که درآن هوا دردرجه حرارت اتاق $25^{\circ}C$ و فشار $8MPa$ جریان دارد متصل است . شیر رابط باز می شود وهوا تازمانی که فشار داخل مخزن به $6MPa$ برسد وارد آن می شود وسپس شیربسته می شود .فرایند پرشدن بسیار سریع بوده ومی توان آن را آدیاباتیک فرض کرد .سپس مخزن رادریک انبار قرارمی دهیم تابه آرامی به درجه حرارت اتاق برگردد.فشار نهایی چیست ؟

حل:

مخزن راحجم کنترل درنظر می گیریم فرایند پرشدن رانیز بصورت $USUF$ فرض می کنیم :

$T_i=273.1+25=298.1K$

$C.V$: $1st\ law$: $Q_{1-2}+m_ih_i=W_{1-2}+m_eh_e+m_2u_2-m_1u_1\ ,\ Q_{1-2}=W_{1-2}=0\ ,\ m_1=0$

$m_i=m_2-m_1=m_2$ بقای جرم :

بافرض اینکه جریان درلوله حاوی هوا بصورت پایدار باشد آنتالپی ورودی ثابت وبرابر آنتالپی درجریان هوااست .

$m_2h_i=m_2u_2 \Rightarrow h_i=u_2=h_2-P_2v_2=h_2-RT_2$

$R=0.287\,kJ/kg.K\ ,\ C_p=1.004\ kJ/kg.K\ ,\ C_v=0.717\ kJ/kg.K$ (air

$\Rightarrow C_p(T_i-T_2)=RT_2 \Rightarrow 1.004(298.1-T_2)=0.287\ T_2$

$\Rightarrow T_2=231.83\ K$

$P_2V_2=m_2RT_2 \Rightarrow m_2=\frac{6000\times0.15}{0.287\times231.83}=13.53\ kg$

بعداز بستن شیر حجم کنترل تبدیل به سیستم خواهد شد.

$system$: $1st\ law$: $Q_{2-3}=W_{2-3}+m_2(u_3-u_1)\ ,\ W_{2-3}=0$

$Q_{2-3}=13.53\times0.717\times(300-231.83) \Rightarrow Q_{2-3}=661.15kJ$

۵۴-۶ یک بالن به قطر $0.5m$ حاوی هوا در $300K\ ,\ 200kPa$ می باشدوبوسیله یک شیر به خط لوله ای که هوا در $400K,\ 400kPa$ درآن جریان دارد ،مرتبط است حال شیر باز می شود و

هوا تازمانی که فشار داخل بالن به $300kPa$ برسد به داخل بالن جریان می یابد. سپس شیر را می بندیم.درجه حرارت نهایی داخل بالن $350K$ است وفشار بالن باقطر آن نسبت مستقیم دارد .مقادیر کار وانتقال حرارت طی فرایند رابدست آورید.

حل:

(1

$$D_1=0.5m \Rightarrow V_1=\frac{1}{6}\pi D_1^3=0.06545\ m^3$$

$$P_1=200kPa\ ,\ T_1=300K \Rightarrow u_1=214.364\ ,\ P=kD \Rightarrow k=400$$

$$m_1=\frac{P_1V_1}{RT_1}=0.152\ kg$$

جریان ورودی i)

$$P=400kPa\ ,\ T=400K \Rightarrow h_i=401.299$$

(2

$$P_2=300kPa\ ,\ P_2=kD_2 \Rightarrow D_2=0.75m \Rightarrow V_2=0.221\ m^3$$

$$T_2=350K \Rightarrow u_2=250.323\ ,\ m_2=\frac{P_2V_2}{RT_2} \Rightarrow m_2=0.66\,kg$$

معادله پیوستگی :

$$m_2=m_1+m_i \Rightarrow m_i=0.508\ kg$$

$$_1W_2=\int_1^2 pdV=\frac{\pi}{2}k\int_{D_1}^{D_2} D^3dD=\frac{\pi}{8}kD^4\Big|_{0.5}^{0.75}=39.9kJ$$

فرایند: $USUF$

قانون اول برای حجم کنترل:

$$Q+m_ih_i=m_2u_2-m_1u_1+W$$

$$\Rightarrow Q=-31.3kJ$$

۵۵-۶ یک مخزن عایق 500 لیتری حاوی هوا در $40^\circ C$, $2MPa$ است .شیر بازمی شودو هوابه بیرون راه می یابد،تااینکه نیمی از جرم اولیه درون مخزن تخلیه شود ،دراین لحظه شیر رامی بندیم .فشارداخلی رادراین زمان بیابید.

حل:

بااانتخاب مخزن به عنوان حجم کنترل داریم: $m_i=Q_{c.v}=W_{c.v}=0\ ,\ m_2=\frac{m_1}{2}$

چون حالت خروجی (h_e) ثابت نیست آنرا میانگین حالتهای اولیه ونهایی فرض می کنیم:

بقای جرم:

$$m_2-m_1=m_e \Rightarrow m_e=\frac{m_1}{2}$$

$$1st\ law:\ m_1u_1=m_2u_2+m_eh_e \Rightarrow m_1u_1=\frac{m_1}{2}u_2+\frac{m_1}{2}\times\frac{h_1+h_2}{2}$$

$$\Rightarrow 2u_1=u_2+\frac{h_1+h_2}{2} \Rightarrow 2u_1-\frac{h_1}{2}=u_2+\frac{h_2}{2}$$

ازجدول 4.7داریم:

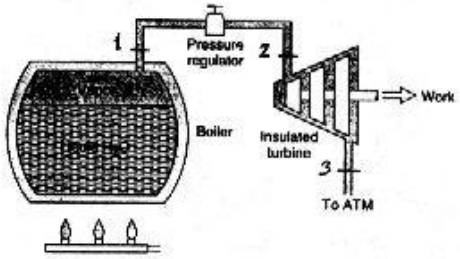
$$u_1=223.807\ kJ/kg\ ,\ h_1=313.691\ kJ/kg \Rightarrow u_2+\frac{h_2}{2}=290.769$$

باآزمایش وخطا ازجدول 4.7داریم: $T_2=239.389K$

ازطرفی طبق فرض مساله داریم: $m_2=\frac{m_1}{2}\Rightarrow\frac{V}{v_2}=\frac{V}{2v_1}\Rightarrow v_2=2v_1\Rightarrow\frac{RT_2}{P_2}=2\frac{RT_1}{P_1}$

$$\Rightarrow P_2=\frac{P_1}{T_1}\ T_2=1.529\ MPa$$

۵۶-۶ دریک موتور بخار توربینی ، دیگ بخار دارای حجم $100L$ است وابتدا حاوی مایع اشباع بااندکی بخار درفشار $100kPa$ می باشد .شیر تنظیم فشار موجود روی دیگ بخار درفشار $700kPa$ عمل می کند.اکنون مشعل راروشن می کنیم .بخاراشباع درفشار $700kPa$ وارد توربین شده وازآن درفشار $100kPa$ بصورت بخار اشباع واردجو می شود .وقتی مایع به حدکافی دردیگ نباشد،مشعل خاموش خواهد شد.مقدارکارکل توربین وانتقال حرارت به دیگ بخار دراین فرایند رابیابید.



حل:

حالت 1:

$$100kPa,\ \text{مایع اشباع}\ v_1=v_f=0.001043\ m^3/kg\ ,\ h_1=h_f=417.44\ kJ/kg$$

$$u_1=u_f=417.33\ kJ/kg$$

$$m_1=\frac{V_1}{v_1}=\frac{0.1}{0.001043}=95.877\ kg$$

2)حالت ورودی به‌توربین: $700kPa$ بخاراشباع $\rightarrow h=h_g\ |_{700kPa}=2763.5\ kJ/kg$

3)حالت خروجی‌ازتوربین: $100kPa$ بخاراشباع $\rightarrow h=h_g\ |_{100kPa}=2675.46\ kJ/kg$

اگر توربین رابه عنوان یک حجم کنترل درنظر بگیریم: $C.V.:\ 1st\ law:\ q+h_i=w_T+h_e$

$$w_T = h_2 - h_3 = 2763.5 - 2675.46 = 88.04\ kJ/kg$$

مقدار جرمی که در پایان فرایند در مخزن می ماند در مقابل جرم کلی ناچیز است و می توان از این مقدار صرف نظر کرد.

$$\Rightarrow m = 95.877\ kg \Rightarrow W_T = mw_t = 95.877 \times 88.04 = 8441.01\ kJ$$

حال مخزن را به عنوان حجم کنترل در نظر می گیریم از لحظه ای که شیر باز می شود تا پایان فرایند را $USUF$ در نظر می گیریم:

$$m_i h_i = 0 \qquad W_{1-2} = 0$$

$$C.V.\ : 1st\ law:\ Q_{1-2} + m_i h_i = W_{1-2} + m_e h_e + m_2 u_2 - m_1 u_1$$

بقای جرم:

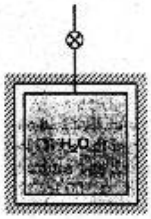
$$m_e = m_1 - m_2 \quad , \quad m_2 \approx 0 \Rightarrow m_e = m_1 = 95.877 kg$$

$$h_e = h_g \Big|_{700kPa} = 2763.5\ kJ/kg$$

$$1st\ law:\ Q_{1-2} = 95.877 \times 2763.5 - 95.877 \times 417.944 = 224.944 MJ$$

۶-۵۷ یک مخزن عایق به حجم $2m^3$ حاوی بخار اشباع $4MPa$ است، شکل $P۶-۵۷$. شیری که در بالای مخزن نصب شده اکنون باز می شود. بخار خارج می شود، در طول فرایند اگر مایعی شکل بگیرد در ته مخزن جمع می شود. طوریکه فقط بخار اشباع خارج می گردد. جرم خارج شده را زمانیکه فشار داخل به $1MPa$ می رسد بیابید.

حل:



$$P_1 = 4MPa\ ,\ x = 1,\ V = 2m^3 \Rightarrow v_1 = 0.04978\ m^3/kg$$

$$u_1 = 2602.27 kJ/kg\ , \qquad m_1 = \frac{V}{v_1} = 40.1768\ kg$$

$$h_e = \frac{h_{1g} + h_{2g}}{2} = 2879.73 \quad , \quad m_e = ? \qquad (e$$

$$P_2 = 1MPa \Rightarrow v_{2f} = 0.001127\ ,\ v_{2fg} = 0.19332 \qquad (2$$

$$u_{2f} = 761.67\ ,\ u_{2fg} = 1821.97$$

$$m_2 = \frac{V}{v_2} = \frac{2}{v_2}$$

معادله پیوستگی:

$$m_e = m_1 - m_2 = 40.1768 - \frac{2}{v_2}$$

قانون اول برای حجم کنترل:

$$m_e h_e + m_2 u_2 - m_1 u_1 = 0$$

$$\Rightarrow 2879.73\left(40.1768 - \frac{2}{v_2}\right) + \frac{2}{v_2} u_2 = 1.045488 \times 10^5$$

با آزمایش وخطاء : $\frac{-5759.46}{v_{2f}+xv_{2fg}}+\frac{2}{v_{2f}+xv_{2fg}}(u_{2f}+xu_{2fg})+11147.23=0$

δ را برابر طرف چپ رابطهٔ فوق در نظر می گیریم تا با درون یابی به صفر x را پیدا کنیم .

$$\begin{cases} x=0.75 \Rightarrow \delta=860 \\ x=? \quad \delta=0 \Rightarrow x=0.73 \Rightarrow v_2=v_{2f}+xv_{2fg}=0.14225 \\ x=0.7 \Rightarrow \delta=-1204 \end{cases}$$

$$\Rightarrow m_e=m_1-\frac{2}{v_2}=26.2\,kg$$

۵-۵۸ یک مخزن عایق وصلب به حجم $1m^3$ وبه جرم $40kg$ ازجنس فولاد حاوی هوا در $500kPa$ است .دمای مشترک هوا و مخزن $20^\circ C$ ومخزن به یک خط جریان هوادر $20^\circ C$, $2MPa$ متصل است .شیر بازشده وجریان اجازه می یابد وارد مخزن شود .زمانی که فشار به $1.5MPa$ رسید شیر رامی بندیم .فرض کنید هواومخزن همواره همدما هستند ،دمای نهایی رابیابید.

حل:

می دانیم که درمورد اجسام جامد داریم: $C_{st}=C_p\approx C_v=C \Rightarrow C_p)_{st}=0.46\ kJ/kg.K$

جدول $A.7$ $\quad u_{1a}=209.45\ kJ/kg \quad , \quad h_i=293.594\ kJ/kg$

بقای جرم : $m_{st}+m_i+m_{1a}=m_{2a}+m_{st} \Rightarrow m_i=m_{2a}-m_{1a}$

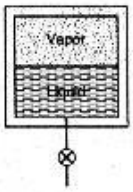
$$1st\ law:\ m_{1a}u_{1a}+m_{st}u_{1st}+m_ih_i=m_{2a}u_{2a}+m_{st}u_{2st}$$

$$\Rightarrow m_{st}C_{st}(T_2-T_1)+m_{2a}u_{2a}-m_{1a}u_{1a}-m_{2a}h_i+m_{1a}h_i=0 \quad , \quad m_a=\frac{R_{air}T}{PV}$$

$$\Rightarrow 18.3438T_2-5379.8+1.9133\times10^{-4}T_2u_{2a}=0$$

با آزمایش وخطاازجدول $A.7$ به T_2 می رسیم : $T_2=292.6K=19.49^\circ C$

۶-۵۹ مخزن نشان داده شده درشکل دارای حجم $750L$ است ودرابتداحاوی آب در درجه حرارت $250^\circ C$ است که نصف حجم آن مایع ونصف دیگر آن بخارمی باشد.شیرزیرمخزن راباز می کنیم تامایع به آرامی خارج شود. باانتقال حرارت دما راثابت نگه می‌داریم. مقدار انتقال حرارت لازم را برای خارج شدن نصف جرم اولیه ازمخزن محاسبه کنید.



حل:

حالت 1: $250^\circ C \rightarrow$ دوفازه $\rightarrow v_f=0.001251\ m^3/kg$

$$v_g=0.05013\ m^3/kg\ ,\ u_f=1080.37\ kJ/kg$$
$$u_{fg}=1522kJ/kg$$

$$\begin{cases} m_{f1}=\dfrac{V_{f1}}{v_{f1}}=\dfrac{0.5\times0.75}{0.001251}=299.76\ kg \\ m_{g1}=\dfrac{V_{g1}}{v_{g1}}=\dfrac{0.5\times0.75}{0.05013}=7.48\ kg \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} m_1=m_{f1}+m_{g1}=307.27\ kg \\ x_1=\dfrac{m_{g1}}{m_1}=0.024 \end{cases}$$

مخزن را به عنوان حجم کنترل درنظر می گیریم فرایند بصورت $USUF$ انجام می گیرد.

$$C.V.: 1st\ law:\ Q_{1-2}+m_ih_i=W_{1-2}+m_eh_e+m_2u_2-m_1u_1\ ,\ m_i=W_{1-2}=0$$

بقای جرم: $m_e=m_1-m_2=\dfrac{1}{2}m_1=153.635\ kg\ =m_2$

حالت 2:

$$v_2=\frac{V_2}{m_2}=\frac{0.75}{153.635}=0.00488117\ m^3/kg\ ,\ T_2=T_1=250^\circ C \rightarrow \text{دوفازه}$$
$$\Rightarrow x_2=0.074$$

$$\Rightarrow h_2=h_f+x_2h_{fg}=1085.34+0.074\times1716.18=1212.337\ kJ/kg$$
$$u_2=u_f+x_2u_{fg}=1080.37+0.074\times1522.0=1193.444\ kJ/kg$$
$$h_e=h_f\ \big|_{250^\circ C}=1085.34\ kJ/kg$$
$$u_1=u_{f1}+x_1u_{fg1}=1080.37+0.024\times1522=1116.898\ kJ/kg$$
$$\Rightarrow Q_{1-2}=153.635\times1085.34+153.635\times1193.444-307.27\times1116.898$$
$$\Rightarrow Q_{1-2}=6911.73kJ$$

۶۰-۶ یک بطری که ابتدا خالی است دارای حجم $0.25m^3$ می باشد وبوسیله خط لوله ای که آب $350^\circ C\ ,\ 0.8MPa$ درآن جریان دارد پرمی شود.فرض کنید انتقال حرارت وجود ندارد ووقتی فشار داخل بطری به فشار خط لوله می رسد درب بطری بسته شود .درجه حرارت وجرم داخل بطری رادر انتهای فرایند حساب کنید.

حل:

1) خالی: $V=0.25\ m^3$ $\quad P_2=0.8MPa\ m_2=?\ ,\ T_2=?$ (2

جریان ورودی i: $P=0.8MPa\ ,\ T=350^\circ C \Rightarrow h_i=3161.68\ kJ/kg$

قانون اول برای حجم کنترل: $Q+m_ih_i=m_2u_2+W\quad (Q=0\ ,\ W=0)$

معادله پیوستگی: $m_i=m_2 \Rightarrow h_i=u_2=3161.68$

(2 $P_2=0.8MPa\ ,\ u_2=3161.68\ kJ/kg$

$800kPa$		
u	T	v
3125.95	500	0.44331
3161.68	$T_2=?$	$v_2=? \Rightarrow T_2=521^\circ C$, $v_2=0.45547$
3297.91	600	0.50184

$$m_2=\frac{V}{v_2}=0.55\ kg$$

۶۱ـ۶ یک خط آمونیاک در $0^\circ C$, $450kPa$ برای پرکردن یک مخزن 0.05 مترمکعبی که در ابتدا حاوی آمونیاک در $20^\circ C$, $100kPa$ است بکار گرفته می شود .زمانی که فشار به $290.9kPa$ رسید شیر را می بندیم .دما وجرم نهایی درون مخزن رابیابید .

حل:

بقای جرم:

$$m_i=m_2-m_1$$

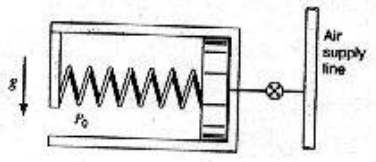
$$1st\ law:\ Q_{C.V.}+m_1u_1+m_ih_i=m_2u_2$$

برای یافتن خواسته های مساله درحالت نهایی بدست آوردن یک متغییر حالت (دما ، حجم ویژه ،انرژی درونی یا ...)لازم است وهمینطور برای بدست آوردن جرم درحالت نهایی یک مجهول اضافه می شود .انتقال گرما به حجم کنترل یک مجهول به مساله اضافه می کند درحالیکه معادلات موجود تنها دو معادله پیوستگی (بقای جرم)و قانون اول می باشند ودرنتیجه یک رابطه برای حل مساله کم داریم .باتوجه به درنظر گرفته نشدن هیچ شرط دیگری درمساله احتمالا" داده های مساله برای حل آن کافی نیست .

۶۲ـ۶ سیلندر پیستون عایق نشان داده شده درشکل توسط یک فنر بارگذاری شده است واز طریق شیر به خط جریان هوادر $700K$, $600kPa$ متصل است .درابتدا سیلندر خالی ونیروی فنر برابر باصفر است .سپس شیر باز می شود ، تا فشار سیلندر به $300kPa$ برسد .باتوجه به اینکه $h_{line}-u_{line}=RT_{line}$, $u_2=u_{line}+C_v)(T_2-T_{line})$ است .عبارتی برای T_2 برحسب T_{line} , P_o , P_2 بیابید .اگر $P_o=100kPa$ باشد مقدار T_2 راحساب کنید.

حل:

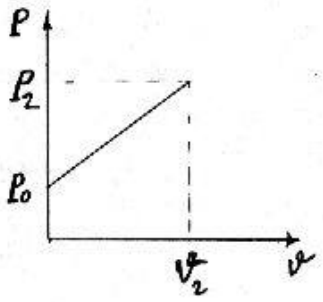
حجم مابین پیستون وکف سیلندر رابه عنوان حجم کنترل درنظر می گیریم این حجم ابتدا صفراست وبعد باباز شدن شیر به تدریج افزایش می یابد.



بقای جرم :

$$m_i=m_2-m_1=m_2$$

اگر فنر راخطی درنظر بگیریم :



$$W_{1-2}=\int_1^2 PdV=\frac{P_0+P_2}{2}\times V_2=$$
$$=\frac{1}{2}(P_0V_2+P_2V_2)$$

$$(PV=mRT)\Rightarrow$$
$$W_{1-2}=\frac{1}{2}(P_0\times\frac{m_2RT_2}{P_2}+m_2RT_2)$$

باصرف نظر از تغییرات انرژی جنبشی وپتانسیل :

$$C.V.:\ 1st\ law(USUF):Q_{1-2}+m_ih_i=W_{1-2}+m_eh_e+m_2u_2-m_1u_1$$

$$\Rightarrow 0+m_2h_{line}=\frac{1}{2}m_2(\frac{P_0RT_2}{P_2}+RT_2)+0+m_2(u_{line}+C_v(T_2-T_{line}))-0$$

$$\Rightarrow h_{line}-u_{line}-\frac{RT_2}{2}(\frac{P_0}{P_2}+1)-C_v(T_2-T_{line})=0$$

$$\Rightarrow RT_{line}-T_2(\frac{RP_0}{2P_2}+\frac{R}{2}+C_v)+C_vT_{line}=0$$

$$T_2=\frac{R+C_v}{\frac{RP_0}{2P_2}+\frac{R}{2}+C_v}T_{line}$$

برای هوادایم : $R=0.287\ kJ/kg.K$ ، $C_v=0.717\ kJ/kg.K$

$$\Rightarrow T_2=\frac{1.004P_2}{0.1435P_0+0.8605P_2}T_{line}$$

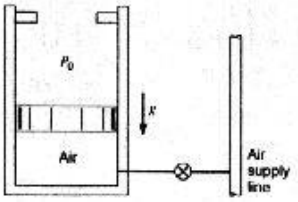
$P_0=100kPa$ ، $P_2=300kPa$ ، $T_{line}=700K\Rightarrow$

$$T_2=\frac{1.004\times300}{0.1435\times100+0.8605\times300}\times700$$

$$T_2=773.72K$$

۶۳-۶ سیلندرپیستون بارگذاری شده با جرم (شکل P۶-۶۳) حاوی هوا در $17^{\circ}C$, $300kPa$ باحجم $0.25m^3$ می باشد .وقتی پیستون روی موانع قرارمی گیرد حجم $1m^3$ می شود. یک خط لوله باشرایط $500kPa$, $600K$ توسط یک شیر به این سیلندر متصل است .حال شیر تارسیدن فشار درونی سیلندر به $400kPa$ باز می شودوداین حالت دما $350K$ است .جرم هوای ورودی ،کاروانتقال حرارت طی فرایند رابدست آورید.

حل:



(1 $P_1=300kPa\ ,\ T_1=17^\circ C=290.15K$

$,V_1=0.25m^3\ \Rightarrow u_1=207.3$

$m_1=\dfrac{P_1V_1}{RT_1}=0.9\ kg$

جریان ورودی i:

$P=500kPa\ ,\ T=600K\Rightarrow$

$h_i=607.316$

(1

	T	u
$P_2=400kPa$	340	243.113
$T_2=350K$	350	$u_2=?\Rightarrow u_2=250.322\ kJ/kg$
$V_2=1m^3$	360	257.532

$m_2=\dfrac{P_2V_2}{RT_2}=3.98kg$

$m_2=m_1+m_i\ \Rightarrow m_i=3.08kg$

معادله پیوستگی:

$W=\int pdV=P_s(V_2-V_1)=225\,kJ \qquad \left[P_s=P_{at}+\dfrac{m_p g}{A_p}=300\right]$

قانون اول برای حجم کنترل (سیلندرپیستون):

$Q+m_ih_i=m_2u_2-m_1u_1+W$

$\Rightarrow Q=-836\,kJ$

۶۴-۶ یک بالن کشسان طوری رفتار می کند که فشار داخل آن متناسب باقطر است .بالن حاوی $0.5kg$ هوادر $30^\circ C,\ 200kPa$است .این بالن ناگهان به یک خط هوا در $100^\circ C,\ 400kPa$ متصل می شود .تازمانی که حجم دوبرابر شودهوا وارد بالن می‌گردد.درطول این فرایند $50kJ$انتقال حرارت به بیرون از بالن وجود دارد . دمای نهایی وجرم ورودی بالن رابیابید.

حل:

ازطرفی : $[P_1V_1=mRT_1\Rightarrow P_1(\frac{4}{3}\pi r_1^3)=mRT_1 \qquad P=C'D=Cr$

$\Rightarrow V_1=0.21751m^3\ ,\ r_1=0.373076m$

$\Rightarrow C=\dfrac{P_1}{r_1}=536.084\ \Rightarrow P=536.084r$

$V_2=2V_1\Rightarrow r_2=\sqrt[3]{2}\,r_1\Rightarrow V_2=0.43502\,m^3\ ,\ r_2=0.470046m$

$,P_2=Cr_2=251.984\,kPa$

$$W_{C.V}=\int_{V_1}^{2V_1} PdV=\int_{r_1}^{r_2} 536.084r\times 4\pi r^2 dr=1684.16r^4\Big|_{0.373076}^{0.470046}$$

$$=49.5872kJ$$

ازجدول ثابتهای گازاده‌ال $A.5$ داریم : $C_{p0})_{air}=1.004\frac{kJ}{kgK}$ ، $C_{vo})_{air}=0.717\frac{kJ}{kgK}$

بقای جرم : $m_i=m_2-m_1$

$$1st\ law:\ Q_{C.V}+m_ih_i+m_1u_1=m_2u_2+W_{C.V}$$

$$\Rightarrow W_{C.V}-Q_{C.V}+\ m_2(u_2-h_i)+m_1(h_i-u_1)=0$$

داریم: $h_i-u_1=h_i-h_1+P_1v_1=C_{po}T_i-C_{po}T_1+RT_1=C_{po}T_i-C_{vo}T_1$

$$\Rightarrow m_1(h_i-u_1)=78.642kJ$$

$$W_{C.V}-Q_{C.V}=99.5872kJ$$

$$\Rightarrow m_2(u_2-h_i)+178.229=0$$

$$u_2-h_i=u_2-u_i-P_iv_i=C_{vo}T_2-C_{vo}T_i-RT_i=C_{vo}T_2-C_{po}T_i$$

$$\Rightarrow\frac{P_2V_2}{RT_2}(C_{vo}T_2-C_{po}T_i)+178.229=0\Rightarrow$$

$$\Rightarrow\frac{251.984\times 0.43502}{0.287\ T_2}(0.717T_2-374.643)+178.229-0$$

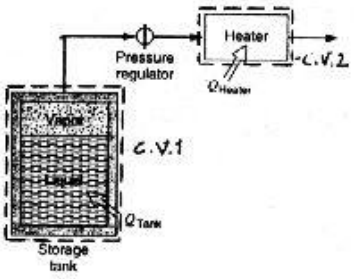
$$\Rightarrow 452.083-\frac{143093}{T_2}=0\Rightarrow T_2=316.519K=43.37^{\circ}C$$

$$\Rightarrow m_2=\frac{P_2V_2}{RT_2}=1.2067\,kg\ \Rightarrow m_i=0.7067kg$$

۶۵-۶ مطابق شکل ۹۵٪ حجم یک مخزن ذخیره گاز طبیعی مایع (LNG) حاوی مایع و باقیمانده آن حاوی گاز دردرجه حرارت $160K$ می باشد. حجم کل مخزن را $2m^3$ وخواص LNG راهمسان بامتان خالص درنظر بگیرید. به مخزن حرارت می افزائیم تابخار اشباع در $160K$ وارد یک گرمکن جریان پایدار شده ودر $300K$ ازآن خارج شود. فرایند تاخروج تمام مایع موجود درمخزن ادامه می یابد. مقدار کل حرارت منتقل شده به مخزن ومقدار کل حرارت منتقل شده به گرمکن رابیابید.

حل:

مخزن C.V.1:



بـاصرف نـظر ازتـغییرات انـرژی جنبشی وپتانسیل :

$$m_i h_i = 0 \quad , \quad W_{1-2} = 0$$

$$C.V.1: 1st\ law(USUF)\ Q_{1-2} + m_i h_i = W_{1-2} + m_e h_e + m_2 u_2 - m_1 u_1$$

حالت 1: $160K$ ، دوفازه $\rightarrow v_f = 0.002974\ m^3/kg$ ، $v_g = 0.03936$

$$\Rightarrow m_f = \frac{V_f}{v_f} = \frac{0.95 \times 2}{0.002974} = 638.87\ kg \quad , \quad m_g = \frac{V_g}{v_g} = \frac{0.05 \times 2}{0.03936} = 2.54\ kg$$

$$u_f = -106.35\ kJ/kg \quad , \quad u_{fg} = 314.01\ kJ/kg \quad , \quad h_f = -101.61\ kJ/kg$$

$$h_{fg} = 371.96\ kJ/kg \qquad m_{tot} = m_f + m_g = 641.41\ kg$$

$$x_1 = \left(\frac{m_g}{m}\right)_1 = \frac{2.54}{641.41} = 0.0039$$

$$\Rightarrow h_1 = h_f + x_1 h_{fg} = -101.61 + 0.0039 \times 371.96 = -100.16\ kJ/kg$$

$$u_1 = u_f + x_1 u_{fg} = -106.35 + 0.0039 \times 314.01 = -105.12\ kJ/kg$$

فرایند تاتبدیل آخرین قطره مایع به بخار ادامه یافته است یعنی درحالت 2فقط بخار اشباع (درهمان دما وفشار حالت 1)داریم :

$$h_2 = h_g = 270.35\ kJ/kg \quad , \quad u_2 = u_g = 207.66\ kJ/kg$$

$$h_e = h_g \Big|_{160K} = 270.35\ kJ/kg$$

$$m_2 = \frac{V_2}{v_g} = \frac{2}{0.03936} = 50.81\ kg$$

$$m_e = m_1 - m_2 = 641.41 - 50.81 = 590.6 kg$$

معادله پیوستگی :

$$1st\ law: Q_{1-2})_{C.V.1} = m_e h_e + m_2 u_2 - m_1 u_1$$

$$\Rightarrow Q_{1-2})_{C.V.1} = 590.6 \times 270.35 + 50.81 \times 207.66 - 641.41 \times (-105.12)$$

$$Q_{C.V.1} = 237.645\ MJ$$

گرمکن : C.V.2

$h_i = h_g \mid_{160K} = 270.35\ kJ/kg \qquad P_i = P_{sat} \mid_{160K} = 1592.8 kPa$

حالت خروجی:

$T_e = 300K \quad , \quad P_e = P_i = 1592.8\ kPa \qquad \rightarrow$ بخار فوق گرم

$\rightarrow h_e = 612.897\ kJ/kg$ [ازافت فشار درگرمکن صرف نظر می کنیم]

$w = 0 \quad , \quad C.V.2: 1st\ law(SSSF):\ q + h_i = w + h_e$

$\Rightarrow q = 612.897 - 270.35 = 342.547\ kJ/kg$

$Q_{C.V.2} = m_e \times q = 590.6 \times 342.547 = 202.308\ MJ$

۶۶-۶ یک بالن کروی ازماده‌ای ساخته شده است که فشار داخل متناسب باقطر بالن به توان 1.5 است. بالن حاوی گاز آرگن در $700^{\circ}C,\ 1200kPa$ باقطر $0.2m$ است. شیراکنون بازمی شود وگاز تازمانی که قطر به $1.8m$ برسد به خارج جریان می یابد. دراین نقطه دما $600^{\circ}C$ است. بالن اکنون سرد می شود تا قطر به $1.4m$ برسد.

الف)چه مقدار جرم ازبالن خارج شده است

ب) دمای نهایی درون بالن چیست

ج)گرمای منتقل شده از بالن رادرتمام فرایند بیابید

حل:

$$\begin{cases} P_1 = 1200kPa\ ,\ T_1 = 700^{\circ}C = 973.15K \quad \Rightarrow m_1 = \dfrac{P_1 V_1}{RT_1} = 24.83\ kg \\ D_1 = 2m \quad \Rightarrow V_1 = \dfrac{1}{6}\pi D_1^3 = 4.19\ m^3 \quad , \quad P = kD^{1.5} \Rightarrow k = 424.26 \\ R = 0.2081 \end{cases} \quad (1$$

$D_2 = 1.8m \quad , \quad P = kD^{1.5} \quad \Rightarrow P_2 = 1024.6\ kPa \qquad (2$

$V_2 = \dfrac{1}{6}\pi D_2^3 = 3.054 m^3 \quad , \quad m_2 = \dfrac{P_2 V_2}{RT_2} = 17.22kg \ , \ T_2 = 600^{\circ}C = 873.15K$

$m_e = m_2 - m_1 \Rightarrow m_e = 7.61kg$ معادله پیوستگی :

$D_3 = 1.4m \ \Rightarrow V_3 = \dfrac{1}{6}\pi D_3^3 = 1.437\ m^3 \quad , \quad P_3 = kD_3^{1.5} \Rightarrow P_3 = 703kPa \qquad (3$

$m_3 = m_2 = 17.22kg \qquad P_3 V_3 = m_3 R T_3 \Rightarrow T_3 = 282K$

$$_1W_3 = \int_1^3 PdV = \int_1^3 kD^{1.5} \times \frac{1}{2}\pi D^2 dD = \frac{k\pi}{2}\int_{D_1}^{D_3} D^{3.5} dD = \frac{k\pi}{9} D^{4.5} \Big|_2^{1.4}$$

$$\Rightarrow {}_1W_3 = -2678kJ$$

از جدول ثابتهای گاز ایده ال : $C_v = 0.312kJ/kgK\ ,\ C_p = 0.52\ kJ/kgK$

قانون اول برای حجم کنترل: ${}_1Q_3 = m_3u_3 - m_1u_1 + m_eh_e + W$

$$T_e = \frac{T_1+T_2}{2} = 650^\circ C \Rightarrow {}_1Q_3 = (m_1 - m_e)u_3 - m_1u_1 + m_eh_e + {}_1W_3$$

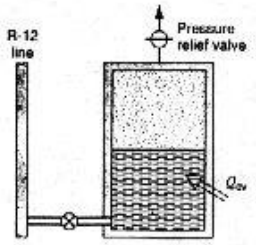
$$\Rightarrow {}_1Q_3 = m_1C_v(T_3 - T_1) - m_e(u_3 - u_e - P_ev_e) + {}_1W_3$$

$$\Rightarrow {}_1Q_3 = m_1C_v(T_3 - T_1) - m_e\left[C_v(T_3 - T_e) - RT_e\right] + {}_1W_3$$

$$\Rightarrow {}_1Q_3 = m_1C_v(T_3 - T_1) - m_e(C_vT_3 - C_pT_e) + {}_1W_3$$

$$\Rightarrow {}_1Q_3 = -5.05\,MJ$$

۶۷-۶ یک مخزن صلب درابتدا حاوی $100L$ ، $R\text{-}12$ مایع اشباع و $100L$ ، $R\text{-}12$ بخاراشباع در $10^\circ C$ است .شیر پایینی مخزن را به یک خط که درآن $R\text{-}12$ در $10^\circ C$ ، $900kPa$ جریان دارد متصل می کند. یک شیر اطمینان که دربالای مخزن نصب شده بروی $745kPa$ تنظیم گردیده است (زمانی که فشار به این مقدار برسدجرم طوری خارج می شودکه فشار نتواندازاین مقدار بیشتر شود.)شیرمخزن اکنون بازشده و $10kg$ ، $R\text{-}12$ از خط به داخل جریان می یابد،دراین لحظه شیر بسته می شود. گرما به آرامی به مخزن منتقل می گردد، تازمانی که جرم نهایی مخزن به $100kg$ برسد ،دراین نقطه فرایندمتوقف می شود.



الف)درکل فرایندچه مقدارجرم ازشیراطمینان خارج می شود؟

ب)چه مقدار حرارت به مخزن منتقل شده است ؟

حل:

باتوجه به صلب بودن مخزن داریم : $W_{C.V} = 0$

بقای جرم: $m_2 - m_1 + m_e - m_i = 0 \Rightarrow m_e = m_1 + m_i - m_2$

داریم : $m_2 = 100kg\ ,\ m_i = 10kg\ ,\ m_1 = \frac{V_f}{v_f}\Big)_{0^\circ C} + \frac{V_g}{v_g}\Big)_{0^\circ C} = 141.47kg$

$$\Rightarrow m_e = 51.47kg$$

برای محاسبه جملات مورد نیاز درقانون اول داریم :

$$m_1u_1 = m_fu_f + m_gu_g = \frac{V_f}{v_f}u_f\Big)_{0^\circ C} + \frac{V_g}{v_g}u_g\Big)_{0^\circ C} = 5311.9kJ$$

$$V_2=0.2m^3 \Rightarrow v_2=\frac{V_2}{m_2}=0.002\ m^3/kg$$

$$P_2=745kPa \Rightarrow v_f\approx 0.000774\ ,\ v_g=0.02351\ ,\ v_{fg}=0.02273m^3/kg$$

$$v_f<v<v_g \Rightarrow x=\frac{v-v_f}{v_{fg}}=0.05394$$

$$\Rightarrow u_2=(u_f+x_2u_{fg})_{745kPa}=70.3898\ kJ/kg$$

$$h_i\approx h_f)_{10^\circ C}=45.37\ kJ/kg\ ,\ h_e=h_g)_{745kPa}=199.62\ kJ/kg$$

$$1st\ law:\ Q_{C.V}+m_ih_i+m_1u_1=m_2u_2+m_eh_e+W_{C.V}$$

$$\Rightarrow Q_{C.V}=100\times 70.3898+51.47\times 199.62-10\times 45.37-5311.9$$

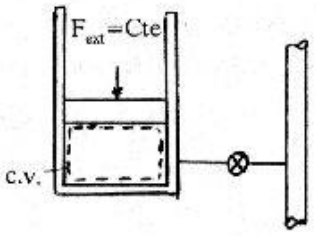
$$\Rightarrow Q_{C.V}=11.55MJ$$

۶-۶۸ یک سیلندر بایار ثابت روی پیستون آن حاوی آب در $500kPa$, $20^\circ C$ است وحجم آن $1L$ می باشد.انتهای سیلندر از طریق یک خط لوله وشیر به خط لولهٔ تامین بخار وصل شده است که درآن بخار $1MPa$, $200^\circ C$ جریان دارد.حال شیر باز شده و در زمانی کوتاه بخار وارد سیلندر می شود بطوریکه حجم نهایی $10L$ خواهد بود .حالت یکنواخت نهایی دوفازه است وانتقال حرارتی در طی فرایند صورت نمی گیرد .جرم نهایی درون سیلندر چقدر است ؟

حل:

حجم زیر پیستون رابه عنوان حجم کنترل درنظر می‌گیریم :

فشارحاصل از بار ثابت $=P_1=P_2=500kPa$



حالت 1: مایع متراکم $\rightarrow$ $500kPa$, $20^\circ C$

$$\rightarrow v_1\approx v_f=0.001002\ m^3/kg$$

$$h_1\approx h_f=83.94\ kJ/kg$$

$$u_1\approx u_f=83.94\ kJ/kg$$

$$m_1=\frac{V_1}{v_1}=\frac{0.001}{0.001002}=0.998kg$$

حالت 2: $500kPa$, دوفازه $\rightarrow h_f=640.21\ kJ/kg$, $h_{fg}=2108.47\ kJ/kg$

$$u_f=639.66kJ/kg\ ,\ u_{fg}=1921.57\ kJ/kg$$

حالت ورودی بخار: $1MPa$, $200^\circ C$ $\rightarrow$ بخارفوق گرم $\rightarrow h_i=2827.86kJ/kg$

$$C.V.:1st\ law(USUF):Q_{1-2}+m_ih_i=W_{1-2}+m_eh_e+m_2u_2-m_1u_1\ ,\ Q_{1-2}=m_e=0$$

$$W_{1-2}=P_1(V_2-V_1)=500(0.01-0.001)=4.5\,kJ$$

بقای جرم : $m_i=m_2-m_1=m_2-0.998\,(kg)$

$$1st\ law:(m_2-0.998)\times 2827.86=4.5+m_2(639.66+x_2\times 1921.57)-0.998\times 83.94$$

$$R=2188.2m_2-2742.93-1921.57\,x_2m_2 \qquad (I)$$

$$x_2=\frac{v_2-v_f}{v_{fg}}=\frac{\frac{0.01}{m_2}-0.001093}{0.3738} \qquad (II)$$

بااستفاده از روابط I,II سعی وخطا می کنیم :

سعی اول : $m_2=1kg\rightarrow x_2=0.02\rightarrow R=-600.5$

سعی دوم : $m_2=1.27\,kg\rightarrow x_2=0.018\rightarrow R=-8.18$

سعی سوم : $m_2=1.28\,kg\rightarrow x_2=0.0179\rightarrow R=13.75$

m_2	R	
$1.27kg$	-8.18	
$m_2=?$	0	درون یابی $m_2=1.274$
$1.28kg$	13.75	

۶۹-۶ مخزن عایق بندی شده به حجم $2m^3$ محتوی آمونیاک در $-20^\circ C$ وعیار 80% می باشد که بوسیله یک شیر به خط لوله ای که آمونیاک در $60^\circ C$, $2MPa$ درآن جریان دارد،متصل است .حال شیر بازمی شودو آمونیاک به درون مخزن جریان می یابد .اگر سازنده بخواهد درحالت نهایی $15kg$ آمونیاک درون مخزن باشد ،درجه فشاری شیر باید بسته شود؟

حل:

(1

$$V=2m^3\ ,\ T_1=-20^\circ C\ ,\ x_1=80\%$$

$$u_1=u_f+xu_{fg}=1057.32\ ,\ v_1=v_f+xv_{fg}=0.498976$$

$$m_1=\frac{V}{v_1}=4.01\,kg$$

(2

$$m_2=15kg\ ,\ v_2=\frac{V}{m_2}=0.133333\ ,\ P_2=?$$

جریان ورودی : $P_i=2MPa\ ,\ T_i=60^\circ C\ ,\ m_i\ \Rightarrow h_i=1509.8$

معادله پیوستگی : $m_2=m_1+m_i\ \Rightarrow m_i=10.99\,kg$

قانون اول برای حجم کنترل : $m_ih_i=m_2u_2-m_1u_1\Rightarrow u_2=1388.84\,kJ/kg$

$u_2 > u_{sat}$ ⇒ درناحیه فوق گرم قرارداریم ⇒

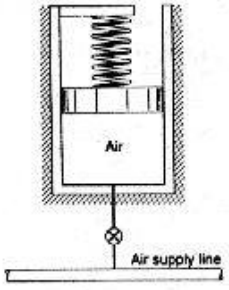
جدول $(B.2.2)$

$P=1000kPa$		$P=1200kPa$	
v	u	v	u
0.15106	1412.04	0.13387	1446.16
0.13333	?	0.13333	?
0.14499	1391.31	0.12890	1425.82

$\Rightarrow u=1351.5\ kJ/kg$ $\Rightarrow u=1443.96\ kJ/kg$

P	u	
1000	1351.5	
?	1388.84	$\Rightarrow P_2=1080.77\ kPa$
120	1443.96	

۷۰-۶ هوادریک سیلندر عایق که درشکل $P۶-۷۰$ نشان داده شده قراردارد.دراین نقطه هوا در $25^{\circ}C$ ، $140kPa$ بوده وحجم سیلندر $15L$ است .سطح مقطع پیستون $0.045m^2$ وفنر خطی با ثابت $35\frac{kN}{m}$ است .شیر باز شده واز خط ، هوا در $25^{\circ}C$ ، $700kPa$ به درون سیلندر جریان می‌یابد تا فشاریه $700kPa$ برسد،سپس شیربسته می شود .دمای نهایی رابیابید.



حل:

فنر خطی است :
$$P=\frac{K\Delta x}{A_p}=\frac{Kx}{A_p}+C=\frac{KV}{A_p^2}+C=\frac{35}{(0.045)^2}V+C=17284V+C$$

$$P_1=17284V_1+C\Rightarrow C=-119.26\Rightarrow P=17284V-119.26$$

$$P_2=700kPa\Rightarrow V_2=0.0473999m^3$$

$$W_{C.V}=\int_{V_1}^{V_2}PdV=\int_{V_1}^{V_2}(17284V-119.26)dV$$

$$=\left[8642V^2-119.26V\right]_{0.015}^{0.0473999}$$

$$\Rightarrow W_{C.V}=13.608kJ$$

بقای جرم: $m_2-m_1-m_i=0\Rightarrow m_i=m_2-m_1$

$$Q_{C.V}=0\Rightarrow 1st\ law: m_ih_i+m_1u_1=m_2u_2+W_{C.V}$$

$$\Rightarrow m_2u_2+W_{C.V}-m_1u_1+m_1h_i-m_2h_i=0$$

$$\Rightarrow m_2(u_2-h_i)+m_1(h_i-u_1)+W_{C.V}=0$$

ازطرفی : $u_2-h_i=u_2-u_i-P_iv_i=C_{vo}(T_2-T_i)-RT_i=C_{v0}T_2-C_{PO}T_i$

$$h_i-u_1=u_i+P_iv_i-u_1=C_{vo}(T_i-T_1)+RT_i=C_{PO}T_i-C_{vo}T_1=85.5691\ kJ/kg$$

$$m_1(h_i-u_1)=\frac{P_1V_1}{RT_1}(h_i-u_1)=2.1\,kJ$$

$$m_2=\frac{P_2V_2}{RT_2}\Rightarrow\frac{P_2V_2}{RT_2}(C_{vo}T_2-C_{po}T_i)+2.1+13.608=0$$

$$\Rightarrow\frac{115.61}{T_2}(0.717T_2-1.004\times298.15)+15.708=0$$

$$\Rightarrow 82.892-\frac{34606.9}{T_2}+15.708=0\Rightarrow 98.6=\frac{34606.9}{T_2}$$

$$\Rightarrow T_2=350.98K$$

۷۱-۶ یک کیسه ارتجاعی که در ابتدا خالی است به خط تغذیه بخار اشباع R-22 بادرجه حرارت $10^{\circ}C$ متصل است. شیر رابازمی کنیم وکیسه به آهستگی ودردرجه حرارت ثابت تاقطر نهایی $2m$ باد می شود. کیسه رادر فشار ثابت $P_o=100kPa$ تارسیدن به قطر کروی $D_o=1m$ بادمی کنیم بعداز این نقطه ،فشاروقطر طبق رابطه زیربایکدیگر مرتبط هستند :

$$P=P_0+C[1-(\frac{D_0}{D})^6]\frac{D_0}{D}$$

حداکثر فشار ثبت شده درطول فرایند $1500kPa$است .مقدار انتقال حرارت به کیسه درطول فرایند بادکردن راحساب کنید.

حل:فرایند از دو مرحله تشکیل شده :

2 - 1 : فرایند باد کردن در فشار ثابت تاقطر $D_o=1m$

3 - 2 : فرایند باد کردن با تغییر فشار طبق رابطهٔ داده شده

$$\frac{dP}{dD}=C\left[-\frac{D_o}{D^2}+\frac{7D_o^7}{D^8}\right]=\frac{CD_0}{D^8}(-D^4+7D_0^6)=0$$

$$\Rightarrow D^4=7D_0^6 \Rightarrow D=1.62658\,m$$

$$D=1.62658\,m \Rightarrow P_{max}=500kPa \Rightarrow C=\left.\frac{P_{max}P_0}{\left[1-\left(\frac{D_0}{D}\right)^6\right]\frac{D_0}{D}}\right|_{D=1.62658}$$

$$\Rightarrow C=687.767$$

$$\Rightarrow (D>1) \Rightarrow P=100+687.767\left[1-\frac{1}{D^6}\right]\frac{1}{D}=100+\frac{687.767}{D}-\frac{687.767}{D^7}$$

در طول فرایند 1 تا 2 فشار ثابت است وحجم از صفر به $\frac{\pi}{6}D_2^3$ میرسد

$$D_2=D_0=1 \Rightarrow V_2=0.523599\,m^3 \Rightarrow {}_1W_2=P\Delta V=52.3599\,kJ$$

$${}_2W_3=\int_{V_2}^{V_3}PdV=\int_{D=1}^{D=2}\left[100+687.767\left(\frac{1}{D}-\frac{1}{D^7}\right)\right]\left(\frac{\pi}{2}D^2\right)dD$$

$${}_2W_3=\frac{\pi}{2}\left[100\frac{D^3}{3}+\frac{687.767}{2}D^2+\frac{687.767}{4D^4}\right]_1^2=1733.83\,kJ$$

$$\Rightarrow {}_1W_3={}_1W_2+{}_2W_3=1786.19kJ$$

$$D_3=2m \Rightarrow P_3=438.51\,kPa\ ,\ T_3=10^\circ C\ ,\ V_3=4.1888\,m^3$$

$$\Rightarrow v_3=0.057784\ m^3/kg\ ,\ h_3=258.28\,kJ/kg \Rightarrow u_3=h_3-p_3v_3=232.95kJ/kg$$

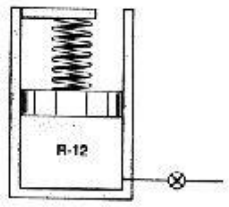
معادله پیوستگی :
$$m_i=m_3=\frac{V_3}{v_3}=72.49\,kg$$

1st law: ${}_1Q_3+m_1u_1+m_ih_i=m_3u_3+m_eh_e+{}_1W_3 \Rightarrow {}_1Q_3=m_3(u_3-h_i)+{}_1W_3$

$i)\ x=1\ ,\ T=10^\circ C \Rightarrow h_i=h_g=253.42\,kJ/kg$

$$\Rightarrow {}_1Q_3=302.32\,kJ$$

۶-۷۲ سیلندرنشان داده شده در شکل P۶-۷۲ شامل پیستونی است که بایک فنر خطی



بارگذاری شده است .مجموعه محتوی $1kg$ ازمبرد $R\text{-}12$ در $800kPa$ ، $100^{\circ}C$ می باشد.ثابت فنری $50kN/m$ وسطح مقطع پیستون $0.05m^2$ می باشد. حال شیر روی سیلندر باز می شودتا اینکه نصف جرم اولیه ازآن خارج شود.حرارت طوری انتقال می یابدکه دمای نهایی مبرد $R\text{-}12$ ، $10^{\circ}C$ باشد .حالت نهایی مبرد $R\text{-}12$،(P_2 , x_2) ومقدار انتقال حرارت به سیلندر بیابید.

حل:

1) $m_1=1kg \ , \ P_1=800kPa \ , \ T_1=100^{\circ}C \ , k=50kN/m \ , \ A=0.05m^2$

$100^{\circ}C$

P	h	v	u
750	249.89	0.03174	226.08
800	h_1	v_1	u_1
1000	247.61	0.02313	224.48

$h_1=249.44 \ , \ v_1=0.03002 \ , \ u_1=225.76$

2)دوفازی : $m_2=0.5kg \ , \ T_2=10^{\circ}C \ , \ P_2=? \ , \ x_2=? \ \Rightarrow$

$P_2=423.3 \ , \ v_{2f}=0.000733 \ , \ v_{2fg}=0.04018 \ , \ u_{2f}=45.06$

$u_{2fg}=129.36 \ , \ h_{2f}=45.37 \ , \ h_{2fg}=146.37$

e) $m_e=0.5kg \ , \ h_e=\dfrac{h_1+h_2}{2}$

$P_1=\dfrac{ky_1}{A} \quad , \quad P_2=\dfrac{ky_2}{A}$

y_1 , y_2مقدار فشردگی فنر (ازحالت عادی خود):

$$\Rightarrow \Delta y=y_2-y_1=\frac{A}{k}(P_2-P_1) \quad , \quad \Delta V=A\Delta y=\frac{A^2}{k}(P_2-P_1)$$

$$V_2=V_1+\Delta V=m_1v_1+\frac{A^2}{k}(P_2-P_1)=0.011185\ m^3$$

$$v_2=\frac{V_2}{m_2}=0.02237\ \ m^3/kg \quad , \quad x_2=\frac{v_2-v_{2f}}{v_{2fg}}=0.54$$

$$h_2=h_{2f}+xh_{2fg}=124.12kJ/kg \quad , \quad u_2=u_{2f}+xu_{2fg}=114.91kJ/kg$$

$$h_e=\frac{h_1+h_2}{2}=186.78kJ/kg$$

$$_1W_2=\int PdV=\int_{y_1}^{y_2}\frac{ky}{A}\cdot Ady=\int_{\frac{P_1A}{k}}^{\frac{P_2A}{k}}kydy=\frac{k}{2}\left[(\frac{P_2A}{k})^2-(\frac{P_1A}{k})^2\right]=-11.52kJ$$

$$_1Q_2=m_eh_e+m_2u_2-m_1u_1+{}_1W_2=-86.4kJ$$