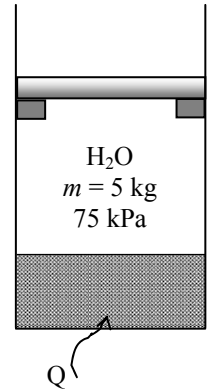
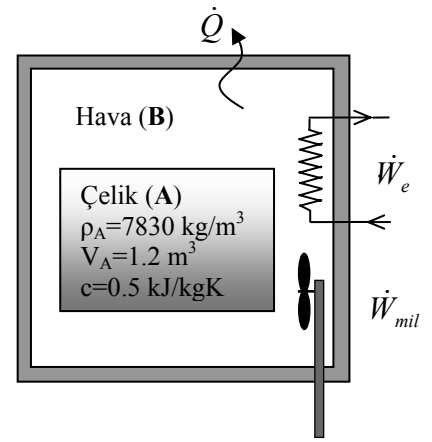


2009-2010 BAHAR YARIYILI
ARA SINAV-1

Soru 1-) Bir piston-silindir düzeneğinde, başlangıçta 75 kPa basınçta doymuş sıvı-buhar karışımı, 5 kg su bulunmaktadır. Suyun 2.09 kg'lık bölümü sıvı fazında, geri kalanı ise buhar fazındadır. Bu durumdayken piston durdurucular üzerindedir. Daha sonra suya ısı geçişi olmakta, basınç yükselmekte ve basınç 200 kPa olduğunda piston hareket etmeye başlamaktadır. Isı geçişi, toplam hacim yüzde 20 oranında artana kadar sürmektedir. **(a)** İlk ve son hallerdeki sıcaklığı, özgül hacmi ve iç enerjiyi bulunuz. **(b)** Piston hareket etmeye başladığı anda eğer sıvı fazı mevcutsa sıvı fazındaki suyun kütesini bulunuz. **(c)** Hal değişimi sırasında yapılan işi ve ısı geçişini hesaplayınız. **(d)** Hal değişimini, doyma eğrilerini de göstererek $P-v$ diyagramında çiziniz.



Soru 2-) İmal edilen makina parçalarına ısı işlem uygulanan elektrikli bir tavlama fırını şekilde şematik olarak görülmektedir. Tavlancak malzeme elektrikli ısıtıcı ile ısıtılırken bir yandan da bir fanla fırın içindeki hava karıştırılmaktadır. Böyle bir fırının toplam hacmi 2 m³ olup içine 1.2 m³ hacminde çelik malzeme konulabilmektedir. Fırın havası ve çelik malzeme 20°C sıcaklık ve 100 kPa basınçta iken fırın çalıştırılmakta ve 2 saat içinde fırın havası ve çelik malzeme 500 °C sıcaklığa gelmektedir. Fanın çektiği güç 100 W ve bu süre boyunca fırından çevreye birim zamanda geçen ortalama ısı 30 kW olduğuna göre fırını tamamen kapalı sistem olarak ele alarak (hava sızdırmaz) **(a)** havayı mükemmel gaz ve özgül ısıları sabit kabul ederek, elektrikli ısıtıcının gücünü bulunuz ve fırın içindeki son basıncı hesaplayınız **(b)** ilk ve son halde havayı mükemmel gaz kabul etmenin doğru olup olmadığını kontrol ediniz. (ilk ve son hal için sıkıştırılabilirlik faktörlerini bulunuz).



[Hava (B) için $R=0.287$ kJ/kgK, $c_v=0.753$ kJ/kgK, $c_p=1.040$ kJ/kgK ve Çelik (A) için $\rho_A=7830$ kg/m³, $V_A=1.2$ m³, $c_v=c_p=c=0.5$ kJ/kgK]

Soru 3-) Hava bir kompresöre 100 kPa basınç ve 22°C sıcaklıkta girmekte ve 1 MPa basınç ve 197°C sıcaklıkta çıkmaktadır. Havanın girişteki hacimsel debisini 150 m³/dakika olarak ve kompresörden çevreye olan ısı geçişini ihmal ederek,

(a) Kompresörden geçen havanın kütle debisini, **(b)** kompresörü çalıştırmak için gerekli gücü, **(c)** kompresör girişinde ve çıkışındaki hacimsel debilerin oranını bulunuz.

(d) Sıkıştırma sırasında kompresör gövdesinde dolaşan suyla havadan ısı çekilerek kompresörü çalıştırmak için gerekli güç düşürülebilir. Havadan 20 kJ/kg ısı çekilerek çıkış sıcaklığı 177 °C'a düşürülmüştür. Kompresörün enerji tüketimindeki düşüş miktarını hesaplayınız.

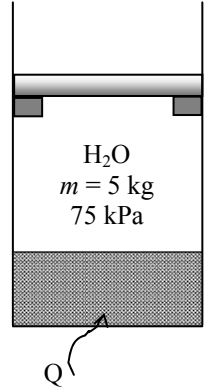
Soru 4-) Buhar türbini, su buharının kademeli olarak genişlediği ve iş yaptığı bir makinadır. Bir kademe, bir dizi sabit ve hareketli kanatçıktan oluşur. Buharın iç enerjisi sabit kanatçıklarda kinetik enerjiye, kinetik enerji de hareketli kanatçıklarda işe dönüşür. Sabit kanatçıklar arasında buharın aktığı bölge adyabatik bir lüledir. Böyle bir lüleye su buharı 2 MPa basınç ve 324.7°C sıcaklıkta 20 m/s hızla girmekte, 1.6 MPa basınç ve 300°C sıcaklıkta çıkmaktadır. Su buharının hal değişimini $T-v$ diyagramında gösteriniz. Su buharının lüleden çıkış hızını (m/s) ve lülenin çıkış kesiti ile giriş kesiti alanlarının birbirlerine oranını (A_e/A_i) bulunuz. Lüleye giriş hali için $h_i=3079.6$ kJ/kg, $v_i=0.13195$ m³/kg alınabilir.

Süre : 120 dakika

Ders notları ve kitaplar kapalıdır. Sınavda kullanılacak Tablolar size verilecektir.

A4 boyutunda bir formül kağıdı kullanılabilir. Formül kağıdında konu anlatımı ve problem çözümü bulunamaz.

Soru ...) Bir piston-silindir düzeneğinde, başlangıçta 75 kPa basınçta doymuş sıvı-buhar karışımı, 5 kg su bulunmaktadır. Suyun 2.09 kg'lık bölümü sıvı fazında, geri kalanı ise buhar fazındadır. Bu durumdayken piston durdurucular üzerindedir. Daha sonra suya ısı geçişi olmakta, basınç yükselmekte ve basınç 200 kPa olduğunda piston hareket etmeye başlamaktadır. Isı geçişi, toplam hacim yüzde 20 oranında artana kadar sürmektedir. **(a)** İlk ve son hallerdeki sıcaklığı, özgül hacmi ve iç enerjiyi bulunuz. **(b)** Piston hareket etmeye başladığı anda eğer sıvı fazı mevcutsa sıvı fazındaki suyun kütesini bulunuz. **(c)** Hal değişimi sırasında yapılan işi ve ısı geçişini hesaplayınız. **(d)** Hal değişimini, doyma eğrilerini de göstererek P - v diyagramında çiziniz.



Çözüm:

Kapalı Sistem : 5 kg H₂O

İlk hal : $P_1=75$ kPa, doymuş sıvı-buhar karışımı ($m_{f1}=2.09$ kg, $m_{g1}=2.91$ kg)

Ara hal : $P_2=200$ kPa, $V_2=V_1$

Son hal : $P_3=P_2=200$ kPa, $V_3-V_2=0.20V_2 \rightarrow V_3=1.2V_2$

Kütle korunumu: $m_3=m_2=m_1=m=5$ kg

1-2 V =sabit hal değişimi

2-3 P =sabit hal değişimi

a) İlk halde su doymuş sıvı-buhar karışımı halinde olduğundan

$$\left. \begin{array}{l} P_1 = 75 \text{ kPa} \\ \text{doymuş sıvı-buhar karışımı} \end{array} \right\} T_1 = T_{d,75 \text{ kPa}} = 91.76^\circ \text{C}$$

$$x_1 = \frac{m_{g1}}{m_1} = \frac{m_1 - m_{f1}}{m_1} = \frac{5 - 2.09}{5} = \frac{2.91}{5} = 0.582$$

$$v_1 = v_{f1} + x_1 (v_{g1} - v_{f1}) = 0.001037 + 0.582 \times (2.2172 - 0.001037) = 1.291 \text{ m}^3 / \text{kg}$$

$$u_1 = u_{f1} + x_1 (u_{g1} - u_{f1}) = 384.36 + 0.582 \times (2496.1 - 384.36) = 1613.4 \text{ kJ} / \text{kg}$$

$$V_1 = m v_1 = 5 \times 1.291 = 6.455 \text{ m}^3$$

$$\text{veya } V_1 = m_{f1} v_{f1} + m_{g1} v_{g1} = 2.09 \times 0.001037 + 2.91 \times 2.2172 = 6.455 \text{ m}^3$$

$$V_3 = 1.2V_2 = 1.2V_1 \quad V_3 = 1.2 \times 6.455 = 7.746 \text{ m}^3 \quad v_3 = \frac{V_3}{m} = \frac{7.746}{5} = 1.5492 \text{ m}^3 / \text{kg}$$

$$\left. \begin{array}{l} P_3 = 200 \text{ kPa} \\ v_3 = 1.5492 \text{ m}^3 / \text{kg} \end{array} \right\} v_3 = 1.5492 \text{ m}^3 / \text{kg} > v_{g,200 \text{ kPa}} = 0.88578 \text{ m}^3 / \text{kg}$$

$$\text{kızgın buhar} \quad T_3 \cong 400^\circ \text{C} \quad u_3 \cong 2967.2 \text{ kJ} / \text{kg}$$

b)

$$\left. \begin{array}{l} P_2 = 200 \text{ kPa} \\ v_2 = \frac{V_2}{m} = 1.291 \text{ m}^3 / \text{kg} \end{array} \right\} v_2 = 1.291 \text{ m}^3 / \text{kg} > v_{g,200 \text{ kPa}} = 0.88578 \text{ m}^3 / \text{kg}$$

Kızgın buhar halinde olduğundan bu halde sıvı yoktur.

c) Sadece 2-3 P =sabit hal değişiminde hareketli sınır işi vardır:

$$W_{23} = P_2 (V_3 - V_2) = 200 \times (7.746 - 6.455) = 258.2 \text{ kJ}$$

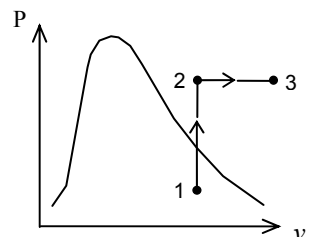
$$W_{13} = W_{12}^{70} + W_{23} = 258.2 \text{ kJ}$$

$$\text{Birinci Yasa} \quad Q_{13} - W_{13} = \Delta U + \Delta KE^{70} + \Delta PE^{70}$$

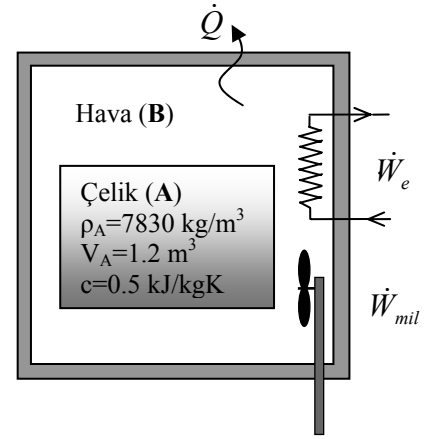
$$Q_{13} = m(u_3 - u_1) + W_{13} = 5 \times (2967.2 - 1613.4) + 258.2$$

$$Q_{13} = 7027.2 \text{ kJ}$$

d)



Soru 2-) İmal edilen makina parçalarına ısı işlemleri uygulanan elektrikli bir tavlama fırını şekilde şematik olarak görülmektedir. Tavlana-
cak malzeme elektrikli ısıtıcı ile ısıtılırken bir yandan da bir fanla fırın
içindeki hava karıştırılmaktadır. Böyle bir fırının toplam hacmi 2 m^3
olup içine 1.2 m^3 hacminde çelik malzeme konulabilmektedir. Fırın
havası ve çelik malzeme 20°C sıcaklık ve 100 kPa basınçta iken fırın
çalıştırılmakta ve 2 saat içinde fırın havası ve çelik malzeme 500°C
sıcaklığa gelmektedir. Fanın çektiği güç 100 W ve bu süre boyunca
fırından çevreye birim zamanda geçen ortalama ısı 30 kW olduğuna göre
fırını tamamen kapalı sistem olarak ele alarak (hava sızdırmaz) (a) havayı
mükemmel gaz ve özgül ısıları sabit kabul ederek, elektrikli ısıtıcının
gücünü bulunuz ve fırın içindeki son basıncı hesaplayınız (b) ilk ve son
halde havayı mükemmel gaz kabul etmenin doğru olup olmadığını
kontrol ediniz. (ilk ve son hal için sıkıştırılabilirlik faktörlerini bulunuz).
[Hava (B) için $R=0.287 \text{ kJ/kgK}$, $c_v=0.753 \text{ kJ/kgK}$, $c_p=1.040 \text{ kJ/kgK}$ ve
Çelik (A) için $\rho_A=7830 \text{ kg/m}^3$, $V_A=1.2 \text{ m}^3$, $c_v=c_p=c=0.5 \text{ kJ/kgK}$]



Çözüm:

(a) Hava MG ve özgül ısılar sabit olduğunda

Kapalı sistem : Fırın içindeki hava (B) ve çelik malzeme (A)

İlk hal : (A) $T_{A1}=20^\circ\text{C}$, $V_{A1}=1.2 \text{ m}^3$

(B) $T_{B1}=T_{A1}=T_1=20^\circ\text{C}$, $V_{B1}=0.8 \text{ m}^3$, $P_{B1}=100 \text{ kPa}$

Son hal : (A) $T_{A2}=500^\circ\text{C}$, $V_{A2}\cong V_{A1}$

(B) $T_{B2}=T_{A2}=T_2=500^\circ\text{C}$, $V_{B2}\cong V_{B1}$

1-2 Dengesiz hal değişimi

$$m_A = \rho_A V_A = (7830)(1.2) = 9396 \text{ kg} \quad m_B = \frac{P_{B1} V_{B1}}{RT_1} = \frac{(100)(0.8)}{(0.287)(20 + 273.15)} = 0.95086 \text{ kg}$$

$$\text{Termo. 1.ci yasa } E_2 - E_1 = Q_{12} - W_{12}, \quad \Delta KE = 0, \Delta PE = 0 \rightarrow U_2 - U_1 = Q_{12} - W_{12}$$

$$(m_A u_{A2} + m_B u_{B2}) - (m_A u_{A1} + m_B u_{B1}) = Q_{12} - W_{12}$$

$$m_A (u_{A2} - u_{A1}) + m_B (u_{B2} - u_{B1}) = Q_{12} - W_{12} \rightarrow m_A c (T_2 - T_1) + m_B c_v (T_2 - T_1) = Q_{12} - W_{12}$$

$$(m_A c + m_B c_v)(T_2 - T_1) = Q_{12} - W_{12}$$

$$Q_{12} = -30 \times 2 \times 3600, \quad W_{12} = -(\dot{W}_e + \dot{W}_{mil}) \times 2 \times 3600 = -(\dot{W}_e + 0.1) \times 2 \times 3600$$

$$(m_A c + m_B c_v)(T_2 - T_1) = (-30 + \dot{W}_e + 0.1) \times 2 \times 3600$$

$$\dot{W}_e = \frac{m_A c + m_B c_v}{2 \times 3600} (T_2 - T_1) + 29.9 = \frac{(9396)(0.5) + (0.9509)(0.753)}{2 \times 3600} (500 - 20) + 29.9 = 313.25 + 29.9 = 343.15 \text{ kW}$$

$$P_{B2} = \frac{m_B R T_2}{V_{B2}} = \frac{(0.9509)(0.287)(500 + 273.15)}{0.8} = 263.74 \text{ kPa}$$

(b) Hava için $P_{kr}=3.77 \text{ MPa}$, $T_{kr}=132.5 \text{ K}$

$$P_{R1} = \frac{100}{3770} = 0.0265, \quad T_{R1} = \frac{20 + 273.15}{132.5} = 2.212 \rightarrow Z_1 \cong 1 \text{ olduğu için bu halde hava MG alınabilir}$$

$$T_{R2} = \frac{500 + 273.15}{132.5} = 5.8351, \quad v_{R2} = \frac{V_B / m_B}{R T_{kr} / P_{kr}} = \frac{0.8 / 0.9509}{(0.287)(132.5) / 3770} = 83.4095 \rightarrow Z_2 \cong 1$$

olduğundan ikinci halde de hava MG olarak kabul edilebilir.

Soru 3-) Hava bir kompresöre 100 kPa basınç ve 22°C sıcaklıkta girmekte ve 1 MPa basınç ve 197°C sıcaklıkta çıkmaktadır. Havanın girişteki hacimsel debisini 150 m³/dakika olarak ve kompresörden çevreye olan ısı geçişini ihmal ederek,

a) Kompresörden geçen havanın kütle debisini, **b)** kompresörü çalıştırmak için gerekli gücü, **c)** kompresör girişinde ve çıkışındaki hacimsel debilerin oranını bulunuz.

d) Sıkıştırma sırasında kompresör gövdesinde dolaşan suyla havadan ısı çekilerek kompresörü çalıştırmak için gerekli güç düşürülebilir. Havadan 20 kJ/kg ısı çekilerek çıkış sıcaklığı 177 °C'a düşürülmüştür. Kompresörün enerji tüketimindeki düşüş miktarını hesaplayınız.

Çözüm:

Hava, mükemmel gaz kabul edilirse

a) Açık sistem : Hava kompresörü (SASA)

Giriş hali : $P_1 = 100 \text{ kPa}$, $T_1 = 22^\circ\text{C}$

Çıkış hali : $P_2 = 1 \text{ MPa}$, $T_2 = 197^\circ\text{C}$

Bir giriş ve bir çıkışlı sürekli akışlı açık sistem için kütle korunumu, $\dot{m}_1 = \dot{m}_2 = \dot{m}$

$$v_1 = \frac{RT_1}{P_1} = \frac{(0.287)(295)}{100} = 0.847 \text{ m}^3 / \text{kg} \quad \dot{m} = \frac{\dot{V}_1}{v_1} = \frac{150}{0.847} = 177.2 \text{ kg} / \text{dak} = \mathbf{2.95 \text{ kg/s}}$$

b)

Bir giriş ve bir çıkışlı sürekli akışlı açık sistem için 1. yasa,

$$\dot{Q} - \dot{W} = \dot{m}(h_2 - h_1 + \Delta ke + \Delta pe)$$

$$-\dot{W} = \dot{m}(h_2 - h_1)$$

Tablo A-17'den (Havanın MG özellikleri tablosu),

$T_1 = 295 \text{ K}$ için $h_1 = 295.17 \text{ kJ/kg}$

$T_2 = 470 \text{ K}$ için $h_2 = 472.24 \text{ kJ/kg}$

Sayısal değerleri 1. yasada yerine koyalım,

$$-\dot{W} = 2.95(472.24 - 295.17)$$

$$\dot{W} = -522.36 \text{ kW}$$

c)

$$P_1 v_1 = RT_1 \quad , \quad P_2 v_2 = RT_2 \quad \rightarrow \quad \frac{v_1}{v_2} = \frac{P_2}{P_1} \frac{T_1}{T_2}$$

$$\frac{\dot{V}_1}{\dot{V}_2} = \frac{\dot{m}v_1}{\dot{m}v_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{P_2}{P_1} \frac{T_1}{T_2} = \frac{1000}{100} \frac{295}{470} = 6.28$$

d)

Tablo A-17'den (Havanın MG özellikleri tablosu),

$T_1 = 295 \text{ K}$ için $h_1 = 295.17 \text{ kJ/kg}$

$T_2 = 450 \text{ K}$ için $h_2 = 451.80 \text{ kJ/kg}$

$$\dot{Q} - \dot{W} = \dot{m}(h_2 - h_1)$$

$$\dot{m}q - \dot{W} = \dot{m}(h_2 - h_1)$$

$$(-2.95 \times 20) - \dot{W} = 2.95(451.80 - 295.17)$$

$$\dot{W} = 491 \text{ kW} \quad \text{Düşüş} = 522.36 - 491 = 31.36 \text{ kW}$$

