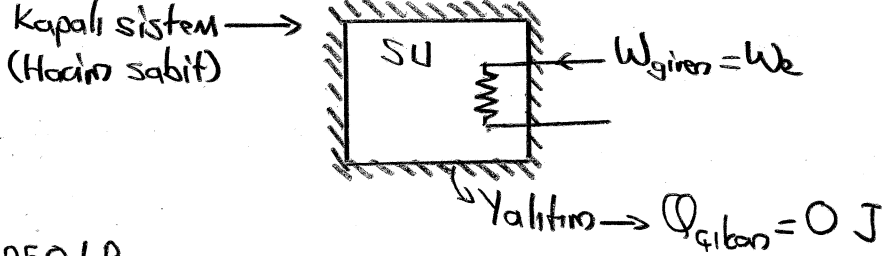


SORU: İyi yalıtılmış kapalı bir tank içinde 250 kPa basınçta 3 kg doymuş sıvı-doymuş buhar su karışımı vardır. Başlangıçta kütlelerin dörtte üçü sıvı fazdadır. Tank içerisine yerleştirilen elektrikli rezistanslı ısıtıcı çalıştırılıyor ve tanktaki tüm sıvı buharlaşana kadar açık tutuluyor. Çevrenin 25°C ve 100 kPa koşullarına sahip olduğunu varsayarak, (a) ekserji yok oluşunu [kJ] olarak ve (b) bu işlem için ikinci kanun verimliliğini [%] olarak belirleyiniz.

ÇÖZÜM:



$$P_1 = 250 \text{ kPa}$$

$$m = 3 \text{ kg}$$

$$x_1 = 0,25 \longrightarrow x = \frac{m_g}{m} \quad m = 3 \text{ kg}$$

(Kuruluk derecesi)

$$m_f = \frac{3m}{4}, \quad m = m_f + m_g$$

$$m_g = m - m_f = m - \frac{3m}{4} = \frac{m}{4}$$

$$x = \frac{m/4}{m} = 0,25$$

$$\left. \begin{array}{l} P_1 = 250 \text{ kPa} \\ x_1 = 0,25 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{Islak buhar bölgesi} \\ \text{Su için Tablo A5} \\ T_1 = T_g = 127,4^\circ\text{C} \end{array}$$

$$v_f = 0,001067 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$v_g = 0,71873 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$u_f = 535,08 \text{ kJ/kg}$$

$$u_g = 2536,80 \text{ kJ/kg}$$

$$u_{fg} = 2001,8 \text{ kJ/kg}$$

$$s_f = 1,6072 \text{ kJ/kgK}$$

$$s_g = 7,0525 \text{ kJ/kgK}$$

$$s_{fg} = 5,4453 \text{ kJ/kgK}$$

$$v_1 = v_f + x_1(v_g - v_f)$$

$$v_1 = 0,18048 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$u_1 = u_f + x_1 u_{fg}$$

$$u_1 = 1035,5 \text{ kJ/kg}$$

$$s_1 = s_f + x_1 s_{fg}$$

$$s_1 = 2,9686 \text{ kJ/kgK}$$

Tanktaki tüm sıvı buharlaşırsa $\rightarrow x_2 = 1$ olur

Sabit hacim problemi için $\rightarrow v_2 = v_1 = 0,18048 \text{ m}^3/\text{kg}$

$$v_2 = v_1 = 0,18048 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$x_2 = 1 \text{ (Doymuş buhar)}$$

Doymuş buhar noktası
Tablo A4'de v_g 'nin v_2 'ye eşit olduğu durumdaki u_{2g} ile s_{2g} değerleri interpolasyon ile bulunacaktır.

$$\left. \begin{array}{l}
 u_2 = 0,18048 \text{ m}^3/\text{kg} \\
 x_2 = 1 \\
 \text{(Duyumov buhar)}
 \end{array} \right\} \begin{array}{l}
 u_2 = u_{2,g} = 2585,0 \text{ kJ/kg} \\
 s_2 = s_{2,g} = 6,5582 \text{ kJ/kgK} \\
 T_2 = 183,35^\circ\text{C} \text{ (Tablo A4)} \\
 p_2 = 1082,08 \text{ kPa} \text{ (Tablo A5)}
 \end{array}$$

Termodinamik birinci yasası (enerji dengesi):

$$\begin{array}{ccc}
 E_{\text{giren}} - E_{\text{çikan}} = \Delta E_{\text{sistem}} \text{ (J)} \\
 \downarrow \quad \quad \downarrow \quad \quad \downarrow \\
 W_e \quad \quad 0 \quad \quad m\Delta u
 \end{array}$$

$$\begin{aligned}
 W_e &= m(u_2 - u_1) \\
 &= (3 \text{ kg})(2585,0 - 1035,5) \text{ kJ/kg} \\
 &= 4648,5 \text{ kJ}
 \end{aligned}$$

$$W_{\text{giren}} = W_e = W_{\text{giren, yararlı}} = 4648,5 \text{ kJ}$$

Termodinamik ikinci yasası (entropi dengesi):

$$\begin{array}{ccc}
 S_{\text{giren}} - S_{\text{çikan}} + S_{\text{iretim}} = \Delta S_{\text{sistem}} \text{ (J/K)} \\
 \downarrow \quad \quad \downarrow \quad \quad \downarrow \\
 0 \quad \quad 0 \quad \quad m\Delta s
 \end{array}$$

$$\begin{aligned}
 S_{\text{iretim}} &= m(s_2 - s_1) \\
 &= (3 \text{ kg})(6,5582 - 2,9686) \text{ kJ/kgK} \\
 &= 10,7688 \text{ kJ/K}
 \end{aligned}$$

Eksergi dengesi:

$$\begin{array}{ccc}
 X_{\text{giren}} - X_{\text{çikan}} - X_{\text{yokolan}} = \Delta X_{\text{sistem}} \text{ (J)} \\
 \downarrow \quad \quad \downarrow \quad \quad \downarrow \\
 X_{\text{is}} \quad \quad 0 \quad \quad m[(u_2 - u_1) - T_0(s_2 - s_1)]
 \end{array}$$

$$X_{\text{is}} = W_{\text{giren, yararlı}} = 4648,5 \text{ kJ}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Sistemdeki eksergi değeri: } \Delta X_{\text{sistem}} &= (3 \text{ kg}) \left[(2585,0 - 1035,5) \text{ kJ/kg} \right. \\
 &\quad \left. - (25 + 273,15) \text{ K} (6,5582 - 2,9686) \text{ kJ/kgK} \right]
 \end{aligned}$$

$$\Delta X_{\text{sistem}} = 1437,78 \text{ kJ}$$

Sistemdeki ekserji değişimi hesaplanırken hacim sabit olduğu için $P_0 \cdot m(v_2 - v_1) = 0 \text{ J}$ olarak alındı. Kinetik enerji değişimi ile potansiyel enerji değişimi ihmal edildi. Ölçülme sıcaklığı ise 25°C olarak alındı.

$$X_{i\text{ş}} - X_{y_0} = \Delta X_{\text{sistem}}$$

$$4648,5 \text{ kJ} - X_{y_0} = 1437,78 \text{ kJ}$$

$$X_{y_0} = 3210,72 \text{ kJ}$$

$$\text{Tersinmezlik: } I = X_{y_0} = 3210,72 \text{ kJ}$$

$$I = T_0 \cdot S_{\text{iret}}^{\text{netto}}$$

$$= (25 + 273,15) \text{ K} (10,7688 \text{ kJ/K})$$

$$= 3210,72 \text{ kJ}$$

Ekserji yıkımı (yok oluşu) veya tersinmezlik yukarıda verildiği gibi iki şekilde hesaplanabilir. Örneğin hesaplama yöntemi ise aşağıda verildiği gibidir:

$$W_{\text{yararlı}} = W_{\text{giren, yararlı}} = 4648,5 \text{ kJ}$$

$$W_{\text{tr}} = ? \quad (W_{\text{giren, tr}} = ?)$$

$X_{y_0} = 0 \text{ J}$ alınarak tersinir iş girişi hesaplanabilir.

$$\begin{array}{ccc} X_{\text{giren}} - X_{\text{çıkan}} - X_{y_0} = \Delta X_{\text{sistem}} \\ \downarrow \quad \quad \downarrow \quad \quad \downarrow \quad \quad \searrow \\ W_{\text{tr}} \quad \quad 0 \quad \quad 0 \text{ (tersinir)} \quad \quad \text{hesaplandı} \end{array}$$

$$W_{\text{tr}} = \Delta X_{\text{sistem}} = 1437,78 \text{ kJ}$$

$$\text{Tersinmezlik: } I = W_{\text{yararlı}} - W_{\text{tr}} \quad (\text{iş tüketen sistemler için})$$

$$I = 4648,5 - 1437,78$$

$$= 3210,72 \text{ kJ}$$

İkinci yasa verimi:

$$\eta_{II} = \frac{W_{fr}}{W_{gelen}} \quad (\text{İş tüketen sistem için})$$

$$\eta_{II} = \frac{1437,78 \text{ kJ}}{4648,5 \text{ kJ}} = 0,31 \quad (\%31)$$

$$\eta_{II} = 1 - \frac{X_{yo}}{X_{saglanan}} \rightarrow \eta_{II} = 1 - \frac{3210,72 \text{ kJ}}{4648,5 \text{ kJ}} = 0,31 \quad (\%31)$$

Birinci yasa verimi:

$$\eta_I = \frac{\text{Sistemdeki enerji değişimi}}{\text{Sisteme sağlanan enerji}} = \frac{\Delta E_{\text{sistem}}}{W_e} = \frac{4648,5 \text{ kJ}}{4648,5 \text{ kJ}} = 1 \quad (\%100)$$

Elektrik enerjisinin tamamını sistem kullandı. Ama tersinir bir sistemde (tersinir bir hal değişiminde) $W_{fr} = 1437,78 \text{ kJ}$ kadar bir elektrik işi girişi aynı değişimi sağlayabilecekti.

YARARLANILAN KAYNAKLAR:

“Thermodynamics: An Engineering Approach”, 9th Edition, Yunus A. Cengel, Michael A. Boles, Mehmet Kanoglu, McGraw-Hill Education, 2019.

“Termodinamiğin Temelleri”, SI Basım, Claus Borgnakke, Richard E. Sonntag, Sekizinci Baskıdan Çeviri, (Hüseyin Günerhan, çeviri editörü yardımcıları arasında yer almaktadır), Palme Yayıncılık, 2018, Ankara.

“Principles of Engineering Thermodynamics”, SI Edition, John R. Reisel, Cengage Learning, 2016.

“Termodinamik-Mühendislik Yaklaşımıyla”, Yedinci Baskıdan Çeviri, (Hüseyin Günerhan, editör yardımcıları arasında yer almaktadır), Yunus A. Cengel, Michael A. Boles, Palme Yayıncılık, 2015.

“Engineering Thermodynamics”, 8th Edition, Michael J. Moran, Howard N. Shapiro, John Wiley, 2014.

<https://www.huseyingunerhan.com/termo2/termo2.html> sayfasında verilen “Termodinamik II” dersine ait tüm ders notlarının bazı bölümleri yukarıda verilen kitaplardan ve/veya ilgili sunumlarından yararlanılarak veya ilham alınarak hazırlanmıştır.

“Termodinamik II” derslerine ait bilgi notları; Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü Termodinamik Anabilim Dalı Başkanı Prof. Dr. Hüseyin GÜNERHAN tarafından çeşitli kaynaklardan da yararlanılarak ve emek ve zaman harcanarak hazırlanmış özgün bir eserdir. İzin alınmadan çoğaltılması ve kullanılması telif hakları gereği yasaktır.

(Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu, Kanun Numarası: 5846, Kabul Tarihi: 5/12/1951, Yayımlandığı Resmi Gazete: 13/12/1951 Sayı: 7981, Yayımlandığı Düstur: Tertip 3 Cilt 33 Sayfa 49).