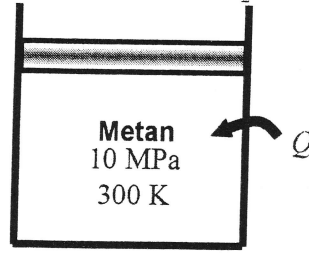


Konu: **SIKIŞTIRILABİLİRLİK ÇARPANI**

Soru: 10 MPa basınç ve 300 K sıcaklıktaki metan sabit basınç altında hacmi %80 artana kadar ısıtılıyor. Mükemmel (ideal) gaz denklemini ve sıkıştırılabilirlik çarpanını kullanarak son durumdaki sıcaklığı hesaplayınız.



Çözüm:

Metan'ın özellikleri Tablo A-1'den okunabilir:

Gaz sabiti, $R = 0,5182 \text{ kJ/kgK}$

Kritik sıcaklığı, $T_{kr} = 191,1 \text{ K}$

Kritik basıncı, $P_{kr} = 4,64 \text{ MPa}$

İdeal gaz denklemi: $Pu = RT$
 $P_a \quad \downarrow \quad \downarrow \quad \downarrow$
 $\text{m}^3/\text{kg} \quad \text{J/kgK}$

Hal 1: 10 MPa 300 K $\xrightarrow{\text{sabit basınçta ısıtılıyor}}$ Hal 2: $u_2 = (1,8) u_1$ (Hacim %80 artıyor).

$$\left. \begin{array}{l} P_1 u_1 = RT_1 \\ P_2 u_2 = RT_2 \end{array} \right\} P = P_1 = P_2 \Rightarrow \left. \begin{array}{l} P_1 = \frac{RT_1}{u_1} \\ P_2 = \frac{RT_2}{u_2} \end{array} \right\} T_2 = T_1 \frac{u_2}{u_1}$$

$$T_2 = (300 \text{ K}) \frac{1,8 u_1}{u_1} = \underline{\underline{540 \text{ K}}} \quad (*)$$

Sıkıştırılabilirlik çarpanı ile çözüm:
(Şekil A-15 kullanılacaktır).

$$\left. \begin{array}{l} \text{Hal 1: } T_{R1} = \frac{T_1}{T_{kr}} = \frac{300 \text{ K}}{191,1 \text{ K}} = 1,57 \\ P_{R1} = \frac{P_1}{P_{kr}} = \frac{10 \text{ MPa}}{4,64 \text{ MPa}} = 2,16 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{Şekil A-15'den} \\ z_1 = 0,86 < 1 \\ u_{R1} = 0,63 \end{array}$$

İndirgenmiş sıcaklık
İndirgenmiş basınç

(1)

$z_1 \neq 1$ ve $z_1 < 1$ olduğu için ideal gaz davranışından uzaklaşmıştır. $z_1 \approx 1$ olsaydı ideal gaz denkleminin bulunmuş sonuç gerçeğe yakın olacaktır.

$$\left. \begin{aligned} \text{Hal 2: } P_2 = P_{R1} = P_{R2} \text{ (sabit basınç)} \\ v_{R2} = (1,8) v_{R1} \\ = (1,8)(0,63) = 1,134 \end{aligned} \right\} \begin{aligned} &\text{Şekil A-15'den} \\ &z_2 = 0,42 \end{aligned}$$

$z_2 \neq 1$ ve $z_2 < 1$ olduğu için ideal gaz davranışından 2. halde de uzaklaşmıştır.

İdeal gaz denklemi: $Pv = RT$

Sıkıştırılabilirlik gerçeği

İdeal gaz denklemi: $Pv = zRT$

↳ $z=1$ ise; ideal gaz

davranışından uzaklaşmamıştır.

$$P_2 v_2 = z_2 R T_2 \Rightarrow T_2 = \frac{P_2 v_2}{z_2 R}$$

$$T_2 = \frac{P_2}{z_2} \cdot \frac{v_{R2} T_{kr}}{P_{kr}}$$

Dikkat: $v_R = \frac{v}{RT_{kr}/P_{kr}}$ (İndirgenmiş özgül hacim)

$$T_2 = \frac{(10000 \text{ Pa})(1,134)(191,1 \text{ K})}{(0,42) \cdot (4640 \text{ Pa})} = \underline{\underline{1112 \text{ K}}} \otimes$$

Dikkat: z_1 ve z_2 , 1'den farklı oldukları için ideal gaz davranışından uzaklaşmıştır ve ideal gaz denkleminin bulunmuş 540 K sıcaklığı, gerçek değer olan 1112 K sıcaklığından çok farklı hesaplanmıştır. (2)

Ek Bilgiler:

⊗ İdeal gaz denklemi: $Pv = RT$

Yönlendirmeler:
- P : Basınç, Pa
- v : Özgül hacim, m^3/kg
- R : Gaz sabiti, J/kgK
- T : Sıcaklık, K

Yoğunluk, kg/m^3 $\leftarrow$ $v \cdot \rho = 1 \Rightarrow \boxed{P = \rho RT}$ Yani, $\rho = \frac{P}{RT}$ (İdeal gaz için)

Hacimsel debi: $\dot{V} = v \cdot A$ (m^3/s)

Yönlendirmeler:
- A : Kesit alanı, m^2
- v : Hız, m/s

Kütleli debi: $\dot{m} = \rho VA = \rho \dot{V}$ (kg/s)

Yönlendirme:
- ρ : Yoğunluk, kg/m^3

İdeal gazlarda kütleli debi: $\dot{m} = \frac{P \dot{V}}{RT}$ (kg/s)

İdeal gazlarda hacimsel debi: $\dot{V} = \frac{\dot{m}}{\rho} = \frac{\dot{m} RT}{P}$ (m^3/s)

⊗ Sıkıştırılabilirlik faktörlü ideal gaz denklemi:

$$Pv = ZRT$$

$$P = \rho ZRT$$

Yönlendirme:
- Z : Boyutsuz sıkıştırılabilirlik faktörü

Hacimsel debi: $\dot{V} = \frac{Z \dot{m} RT}{P}$ (m^3/s)

Yoğunluk: $\rho = \frac{P}{ZRT}$ (kg/m^3)

Kütleli debi: $\dot{m} = \frac{\rho \cdot \dot{V}}{Z}$ (kg/s)

$$\rho_{gerçek} = Z \cdot \rho_{ideal}$$

(İdeal gaz denkleminde bulunan değer)

③

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/termo1/termo1.html> sayfasında verilen “Termodinamik I” dersine ait tüm ders notlarının bazı bölümleri yukarıda verilen kitaplardan ve/veya ilgili sunumlarından yararlanılarak veya ilham alınarak hazırlanmıştır.

“Termodinamik I” 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).