ภาคผนวก ก

ค่าคงที่ในการคำนวณ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ก 1 ตัวอย่างค่าคงที่ของก๊าซ

ก๊าซ	A (cm.Torr)-1	B V(cm.Torr)	E/P V(cm.Torr)
H2	5	130	150-600
N2	12	342	100-600
Air	15	365	100-800
CO2	20	466	500-1000
He	3	34	20-100

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ข

ตัวอย่างการคำนวณ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(1) ตัวอย่างการคำนวณอัตราการไหลของอากาศ

$$\frac{P_1}{\rho_1 g}+\frac{V_1^{\,2}}{2g}+Z_1=\frac{P_2}{\rho_2 g}+\frac{V_2^{\,2}}{2g}+Z_2 \qquad (1)$$

$$P_1=\rho_1 R T_1 \qquad (2)$$

$$\rho_1=\frac{P_1}{RT_1} \qquad (3)$$

$$Q=VA \qquad (4)$$

$$\dot{m}=\rho VA \qquad (5)$$

ข้อมูล

P_1 = 6 x 101 x 10^3 Pa (gage) = 707 x 10^3 Pa (abs) ; $P_2 = P_{atm}$ = 101 x 10^3 Pa ; V_1 = 0 ; Z_1 = Z_2

R = 0.287 kJ/kg-K ; $T_1 = T_2$ = 30+273.15 = 303.15 K

D = 8 mm or 8 x 10^3 m

$$\rho_2 = 1.169\frac{kg}{m^3}$$

$$A=\frac{\pi\left(8\times10^3\right)^2}{4}=5\times10^{-5}\,m^2$$

- จากสมการที่ (3) find $\rho_1=\frac{P_1}{RT_1}$

$$\rho_1=\frac{707\times10^3}{0.287\times10^3\times303.15}=8.126\frac{kg}{m^3}$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- จากสมการที่ (1) find V_2

$$\frac{P_1}{\rho_1 g}+\frac{V_1^{\,2}}{2g}+Z_1=\frac{P_2}{\rho_2 g}+\frac{V_2^{\,2}}{2g}+Z_2$$

$P_1 = 6 \times 101 \times 10^3$ Pa (gage) $= 707 \times 10^3$ Pa (abs) ; $P_2 = P_{atm} = 101 \times 10^3$ Pa ; $V_1 = 0$; $Z_1 = Z_2$

$$\rho_1 = 8.126\frac{kg}{m^3} \; ; \; \rho_2 = 1.169\frac{kg}{m^3}$$

$$\left(\frac{P_1}{\rho_1 g}-\frac{P_2}{\rho_2 g}\right)=\left(\frac{V_2^{\,2}}{2g}-\frac{V_1^{\,2}}{2g}\right)+(Z_2-Z_1)$$

$$\left(\frac{707\times10^3}{8.126\times9.81}\right)-\left(\frac{101\times10^3}{1.169\times9.81}\right)=\left(\frac{V_2^{\,2}}{2\times9.81}-0\right)+(Z_2-Z_1)$$

$$(8869-8807)=\frac{V_2^{\,2}}{2\times9.81}$$

$$V_2^{\,2}=2\times9.81\times62$$

$$V_2=34.88\frac{m}{s}$$

- จากสมการที่ (4) find $Q = VA$

$$V_2 = 34.88\frac{m}{s} \; ; \; A = 5\times10^{-5}\,m^2$$

$$Q = 34.88\times5\times10^{-5} = 1.744\times10^{-3}\,\frac{m^3}{s} = 1.744\frac{l}{s} = 104.64 \approx 105\frac{l}{\min}$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- จากสมการที่ (5) find $\dot{m}$

$$\rho_1 = 8.126 \frac{kg}{m^3} \; ; \; V_2 = 34.88 \frac{m}{s} \; ; \; A = 5 \times 10^{-5} m^2$$

$$\dot{m} = 8.126 \times 34.88 \times 5 \times 10^{-5} = 0.014 \frac{kg}{s}$$

ตาราง ก (1) ผลการคำนวณอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ

P_1 (Pa)	V_1 (m/s)	Z_1 (m)	ρ_1 (kg/m^3)	P2 (Pa)	V_2 (m/s)	Z_2 (m)	ρ_2 (kg/m^3)	A_{nozzle} (m^2)	$\dot{m}$ (kg/s)
707000	0	1	8.126	101000	34.80	1	1.169	5.03E-05	0.014
606000	0	1	6.965	101000	34.80	1	1.169	5.03E-05	0.012
505000	0	1	5.804	101000	34.80	1	1.169	5.03E-05	0.010
404000	0	1	4.643	101000	34.80	1	1.169	5.03E-05	0.008
303000	0	1	3.483	101000	34.80	1	1.169	5.03E-05	0.006

(2) ตัวอย่างการคำนวณพลังงานพันธะของอากาศ

$$N_2 + O_2 \xrightarrow{E} 2N^+ + 2e^- + 2O^+ + 2e^-$$

$$N_2 \rightarrow N \equiv N$$

$$O_2 \rightarrow O = O$$

อากาศมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นก๊าซไนโตรเจน (N_2) 77 % และ ก๊าซออกซิเจน (O_2) 23% โดยมวล ซึ่งในการทดสอบหัวเผาพลาสมาต้นแบบจะทำการปรับอัตราการไหลเชิงมวลของ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1. คำนวณหาจำนวนโมลของก๊าซไนโตรเจน (N_2) และ ก๊าซออกซิเจน (O_2)

2. คำนวณหาพลังงานพันธะของก๊าซไนโตรเจน (N_2) และ ก๊าซออกซิเจน (O_2)

3. คำนวณหาจำนวนโมเลกุลของไนโตรเจนอะตอม (N) และ ออกซิเจนอะตอม (O)

4. คำนวณหาพลังงานไอออนไนเซชัน (IE) ของไนโตรเจนอะตอม (N) และ อะตอม (O)

ตัวอย่างการคำนวณค่าพลังงานขั้นต่ำที่จะให้กับอากาศเพื่อทำให้โมเลกุลของอากาศแตกตัวเป็นพลาสมาคุณสมบัติทางเคมีของอากาศ

(1) คุณสมบัติทางเคมีขององค์ประกอบของอากาศ

- ก๊าซไนโตรเจน (N_2)

มวลโมเลกุล	28×10^{-3}	kg/mol
มวลอะตอม	14×10^{-3}	kg/mol
พลังงานพันธะ $N \equiv N$	942	$kJ/mol_{โมเลกุล}$
พลังงานไอออไนเซชันลำดับที่ 1	1402	$kJ/mol_{อะตอม}$

- ก๊าซออกซิเจน (O_2)

มวลโมเลกุล	32×10^{-3}	kg/mol
มวลอะตอม	16×10^{-3}	kg/mol
พลังงานพันธะ $O = O$	494	$kJ/mol_{โมเลกุล}$
พลังงานไอออไนเซชันลำดับที่ 1	1314	$kJ/mol_{อะตอม}$

(2) การคำนวณปริมาณองค์ประกอบของอากาศ ที่มีก๊าซไนโตรเจน (N_2) และก๊าซออกซิเจน (O_2) เป็นตัวแทนขององค์ประกอบทั้งหมดในอัตราส่วน 77 % : 23 % โดยมวล

$$\dot{m}_{air} = \dot{m}_{N_2} + \dot{m}_{O_2}$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

$$\dot{m}_{air} = 0.77\dot{m}_{air} + 0.23\dot{m}_{air}$$

- ก๊าซไนโตรเจน (N_2)

จำนวนโมลโมเลกุล $= \dfrac{0.77\dot{m}_{air}}{28\times10^{-3}}$

จำนวนโมลอะตอม $= \dfrac{0.77\dot{m}_{air}}{14\times10^{-3}}$

- ก๊าซออกซิเจน (O_2)

จำนวนโมลโมเลกุล $= \dfrac{0.23\dot{m}_{air}}{32\times10^{-3}}$

จำนวนโมลอะตอม $= \dfrac{0.23\dot{m}_{air}}{16\times10^{-3}}$

(3) การคำนวณมวลอากาศโดยกำหนดพลังงานที่จะใช้พลังงาน

- พลังงานสลายพันธะ

ก๊าซไนโตรเจน (N_2) $= \left(\dfrac{0.77\dot{m}_{air}}{28\times10^{-3}}\right)\times 942$

ก๊าซออกซิเจน (O_2) $= \left(\dfrac{0.23\dot{m}_{air}}{32\times10^{-3}}\right)\times 494$

- พลังงานไอออไนเซชันลำดับที่ 1

ก๊าซไนโตรเจน (N_2) $= \left(\dfrac{0.77\dot{m}_{air}}{14\times10^{-3}}\right)\times 1402$

ก๊าซออกซิเจน (O_2) $= \left(\dfrac{0.23\dot{m}_{air}}{16\times10^{-3}}\right)\times 1314$

- พลังงานที่ใช้ในการทำให้อากาศแตกตัวเป็นพลาสมาที่ระดับพลังงานไอออไนเซชันลำดับที่ 1

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

$$E = \left[\left(\frac{0.77\dot{m}_{air}}{28\times10^{-3}}\right)\times 942\right] + \left[\left(\frac{0.23\dot{m}_{air}}{32\times10^{-3}}\right)\times 494\right] + \left[\left(\frac{0.77\dot{m}_{air}}{14\times10^{-3}}\right)\times 1402\right] + \left[\left(\frac{0.23\dot{m}_{air}}{16\times10^{-3}}\right)\times 1314\right]$$

$$E = \left[\left(25.91\times10^{3}\right) + \left(3.55\times10^{3}\right) + \left(77.11\times10^{3}\right) + \left(18.89\times10^{3}\right)\right]\times \dot{m}_{air}$$

$$E = \left(125.46\times10^{3}\right) \times \ \dot{m}_{air}$$

พลังงานที่ทำให้อากาศแตกตัวเป็นพลาสมา 100 % ที่ระดับพลังงานไอออไนเซชันลำดับที่ 1 จะต้องใช้พลังงานเท่ากับ

$$E = \left(125.46\times10^{3}\right) \times \ \dot{m}_{air}$$

เมื่อ E คือ พลังงานที่ทำให้อากาศแตกตัวเป็นพลาสมา 100 % ที่ระดับพลังงานไอออไนเซชันลำดับที่ 1 หน่วย kW

$\dot{m}_{air}$ คือ อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ หน่วย kg/s

<u>*หมายเหตุ*</u> สมการพลังงานการแตกตัวข้างต้นใช้คำนวณอากาศแตกตัวเป็นพลาสมา 100 % ที่ระดับพลังงานไอออไนเซชันลำดับที่ 1 เท่านั้น

ดังนั้นอากาศ 0.006 kg/s ต้องใช้พลังงานในการแตกตัวเป็นพลาสมา 100 % ที่ระดับพลังงานไอออไนเซชันลำดับที่ 1 อย่างน้อย เท่ากับ

$$E \geq \left(125.46\times10^{3}\right) \times \ 0.006$$

$$E \geq 752.8 \ kW$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

(3) ตัวอย่างการคำนวณสนามไฟฟ้า

สนามไฟฟ้าระหว่างขั้วอิเล็กโทรดที่จ่ายแรงดันไฟฟ้า 380 V คำนวณได้ดังนี้

$$E_{max} = \frac{V_{max}}{\eta d}$$

เมื่อ E_{max} คือ สนามไฟฟ้าสูงสุด

V_{max} คือ แรงดันไฟฟ้า 380 V

η คือ field efficiency factor มีค่าตั้งแต่ 0-1

d คือ ระยะห่างระหว่างขั้วอิเล็กโทรด 0.2 cm

แทนค่า $$E_{max} = \frac{380}{0.1 \times 0.2}$$

$$E_{max} = 19000 \ \frac{V}{cm}$$

เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้า 30 A, 40 A และ 50 A ให้กับขั้วอิเล็กโทรดจะได้พลังงานในสนามไฟฟ้าเท่ากับ

- จ่ายกระแส 30 A $P = 19000 \times 30 = 570 \ \frac{kW}{cm}$

- จ่ายกระแส 40 A $P = 19000 \times 40 = 760 \ \frac{kW}{cm}$

- จ่ายกระแส 50 A $P = 19000 \times 50 = 950 \ \frac{kW}{cm}$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นายปริญ คงกระพันธ์
วัน เดือน ปี เกิด	25 ตุลาคม 2523
สถานที่เกิด	อำเภอศรีสำโรง จังหวัดสุโขทัย
ประวัติการศึกษา	สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้นจาก โรงเรียนศรีสำโรงชนูปถัมภ์ ปีการศึกษา 2538 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจาก โรงเรียนสุโขทัยวิทยาคม ปีการศึกษา 2541 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมเครื่องจักรกลการเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ปีการศึกษา 2548 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ปีการศึกษา 2551

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved