

# Termodinamiko/Leciono 5

## La miksaĵoj de gazoj

### La miksaĵoj de gasoj

En la teknika praktiko oni oftege devas labori kum la miksaĵo de pluraj gasoj. Por la konstruado de maŝinoj estas grava, ke la miksaĵoj de gasoj, kiuj kemie ne interreakcias, sintenadas, kiel unusola gaso. La unuopaj komponentoj de tiaj gasoj estas libervole mikseblaj. La gasmiksaĵoj servas kiel labormaterio ekzemple en gasturbinoj, turbokompresoroj, bloviloj, piŝtaj kompresoroj kaj diversaj piŝtaj motoroj. Ĉar la uzado de gasmiksaĵoj vere tre ofta estas ne nur utile, sed ekonomie necese studi la sintenadon de miksaĵoj kaj la rilatojn inter la rezulta miksaĵo kaj ĝiaj unuopaj komponentoj.

En la jaro 1802 Dalton derivis el siaj eksperimentoj la ekkonon, ke ĉiu gaso sintenadas en la gasmiksaĵo kvazaŭ nur ĝi sola plenumus la tutan volumenon kaj, ke ĝia parta premo ne aliĝas, sed restas konstanta eĉ dum ĉeesto de aliaj gasoj.

Kiam oni enkondukas du gasojn de la samaj premoj kaj temperaturoj, sed de diversaj volumenoj en unu komunan volumenon tiamaniere, ke oni kunigas ambaŭ volumenojn, tiam ambaŭ gasoj difuze miksiĝas. Inter la stataj grandoj de la gasmiksaĵo kaj de ĝiaj komponentoj validas ĉi tiuj rilatoj:

$$V = V' + V''$$

$$p = p' + p''$$

$$T = T' + T''$$

$V$  – la volmeno de la gasmiksaĵo,  $m^3$

$V', V''$  – la volumeno de la gasoj antaŭ la miksigo,  $m^3$

$p$  – la premo de la gasmiksaĵo,

$p', p''$  – la premoj de la gasoj antaŭ la miksigo,  $N/mm^2$

$T$  – la absoluta temperaturo de la gasmiksaĵo,  $^{\circ}K$

$T', T''$  – la absoluta temperaturo de la gasoj antaŭ la miksigo,  $^{\circ}K$

Kiam la miksaĵo konsistas de kelkaj inertaj gasoj, ĝia premo egalas al la sumo de la partaj premoj de unuopaj komponentoj. La parta premo harmonias kun la stata ekvacio de ideala gaso uzante por la volumeno de ĉiu komponento la valoron de la volumeno por la tuta miksaĵo. La temperaturo kompreneble estas la sama por ĉiuj unuopaj komponentoj kaj por la tuta miksaĵo antaŭ aŭ post miksigo. Tial por la premo de la gasmiksaĵo kaj por la partaj premoj de unuopaj komponentoj validas la sekva rilato:

$$p = p_1 + p_2 + p_3 + \dots + p_n = \sum_1^n p_i$$

$p_i$  – la partaj premoj de unuopaj komponentoj en la miksaĵvolumeno  $V$ ,  $N/m^2$

La rilatoj inter la fundamentaj stataj grandoj de la miksaĵo estas:

$$pV = p\left(\sum_1^n V_i\right) = V\left(\sum_1^n p_i\right) = T\left(\sum_1^n m_i r_i\right)$$

La stata ekvacio por la partaj premoj havas la sekvan formon:

(111)

$$p_i V_i = m_i r_i T$$

$m_i$  – la masoj de unuopaj komponentoj,  $kg$

$r_i$  – la gasaj konstantoj de unuopaj komponentoj,  $J/kg \cdot deg$

La parta premo de la gasa komponento estas la premo, kiun havas la sama multo de ĉi tiu sama gaso en la tuta volumeno de la gasmiksaĵo  $V$  laŭ la stata ekvacio dum la sama temperaturo.

Analogie oni povas difini la partan volumeneon:

La parta volumeno de la gasa komponento estas tia volumeno, kiun okupas la sama multo de ĉi tiu gaso kun la premo  $p$  kaj temperaturo  $T$  de la gasmiksaĵo laŭ la stata ekvacio:

(112)

$$pV_i = m_i r_i T$$

$V_i$  – la partaj volumenoj de unuopaj gasaj komponentoj kun la premo kaj temperaturo de la miksaĵo ( $p, T$ ),  $m^3$

Komparinte ambaŭ ekvacioj (111,112) oni ricevas la rilaton de la premo kaj volumeno de la gasmiksaĵo al la partaj premoj kaj volumenoj de ĝiaj gaskomponentoj:

$$pV_i = p_i V$$

(113)

$$\frac{p}{V} = \frac{p_i}{V_i}$$

Por la parta volumeno de unu gasa komponento de la gasmiksaĵo validas ĉi tiu ekvacio

$$V_i = V \frac{p_i}{p}$$

## La koncentreco de la gasmiksaĵo

La koncentreco de la gasmiksaĵo estas la proporcio de la maso de iu certa gasa miksaĵkomponento al la tuta maso de la gasmiksaĵo. Oni povas matematike ekspliki la koncentrecojn de unuopaj komponentoj de la miksaĵo jene:

$$W_1 = \frac{m_1}{m} \quad W_2 = \frac{m_2}{m} \quad W_n = \frac{m_n}{m}$$

(114)

$$W_i = \frac{m_i}{m}$$

$m_i$  – la masoj de unuopaj komponentoj, kg

$m$  – la maso de la tuta gasmiksaĵo, kg

Por la maso de la tuta miksaĵo validas ĉi tiu ekvacio:

(115)

$$m = \sum_1^n m_i$$

El ĉi tio oni povas deduki la rilaton por la unuopaj koncentrecoj de gasaj miksaĵkomponentoj:

$$m = m_1 + m_2 + m_3 + \dots + m_n \quad / : m$$

$$1 = \frac{m_1}{m} + \frac{m_2}{m} + \frac{m_3}{m} + \dots + \frac{m_n}{m}$$

(116)

$$1 = W_1 + W_2 + W_3 + \dots + W_n$$

Oni plej ofte indukas la koncentrecojn de la gasmiksaĵoj en procentoj.

Analogie la volumenparto estas la proporcio de la parta volumeno de unuopaj komponentoj al la volumeno de la tuta gasmiksaĵo:

$$x_1 = \frac{V_1}{V} \quad x_2 = \frac{V_2}{V} \quad x_n = \frac{V_n}{V}$$

(117)

$$x_i = \frac{V_i}{V}$$

Por la volumeno de la tuta miksaĵo validas ĉi tiu ekvacio:

(118)

$$V = \sum_1^n V_i$$

Kaj el ĉi tio oni povas analogie deduki la rilatojn por unuopaj volumenpartoj de la gasaj miksaĵkomponentoj:

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n \quad / : V$$

$$1 = \frac{V_1}{V} + \frac{V_2}{V} + \frac{V_3}{V} + \dots + \frac{V_n}{V}$$

(119)

$$1 = x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n$$

Oni ankaŭ la volumenparton plej ofte indikas en procentoj de la tuta gasmiksaĵa volumeno.

Samtempe oni povas la volumenparton esprimi pere de la sekva ekvacio:

(117a)

$$x_i = \frac{V_i}{V} = \frac{n_i}{n}$$

$n$  – la materia kvanto indikanta la nombron da kilomoloj (kilaogrammolekuloj), kmol

## La rilatoj inter la molaj masoj en la gasmiksaĵo

La molaj masoj de la unuopaj komponentoj en la gasmiksaĵo estas:

La mola maso de la tuta gasmiksaĵo estas:

(120)

$$M = \frac{m}{n}$$

Por la tuta maso de la miksaĵo validas ĉi tiuj ekvacioj:

$$m = m_1 + m_2 + m_3 + \dots + m_n$$

$$M = M_1 n_1 + M_2 n_2 + M_3 n_3 + \dots + M_n n_n \quad / : n$$

$$M = M_1 \frac{n_1}{n} + M_2 \frac{n_2}{n} + M_3 \frac{n_3}{n} + \dots + M_n \frac{n_n}{n}$$

$$M = M_1 x_1 + M_2 x_2 + M_3 x_3 + \dots + M_n x_n$$

(121)

$$M = \sum_1^n M_i x_i$$

$M_i$  – la molaj masoj de la unuopaj gasoj komponoj de la miksaĵo, kg/kmol

La reciprokaj plejrajte nomas la koncetrecon la masa partumo kaj la volumenparton la volumena partumo.

La masan partumon oni esprimas pere de la volumena partumo jene:

$$W_n = \frac{m_n}{m}$$

$$W_n = \frac{M_n m_n}{M n}$$

$$W_n = \frac{M_n x_n}{M}$$

$$\begin{aligned}
 M &= \sum_1^n M_i x_i \\
 r &= \frac{R}{M} \\
 r_n &= \frac{R}{M_n}
 \end{aligned}$$

(122)

$$W_n = \frac{M_n x_n}{\sum_1^n M_i x_i}$$

(123)

$$W_n = x_n \frac{r}{r_n}$$

r – la gasa konstanto

La volumenan partumon oni esprimas pere de la masa partumo jene:

$$\begin{aligned}
 x_n &= x_n \frac{V_n}{r_n} \\
 x_n &= x_n \frac{n_n}{n} \\
 n_i &= \frac{m_i}{M_i} \\
 x_n &= x_n \frac{n_n}{n_1 + n_2 + \dots + n_n} \\
 x_n &= \frac{\frac{m_n}{M_n}}{\frac{m_1}{M_1} + \frac{m_2}{M_2} + \dots + \frac{m_n}{M_n}}
 \end{aligned}$$

(124)

$$x_n = \frac{\frac{W_n}{M_n}}{\sum_1^n \frac{W_i}{M_i}}$$

## La specifa maso de la gasmiksaĵo

Oni multfoje bezonas elkalkuli la specifan mason de la gasmiksaĵo, kiam oni konas la specifajn masojn de unuopaj komponantoj kaj iliajn masojn aŭ volumenajn partumojn. La fundamenta elirrilato estas:

$$m = \rho V$$

Unue oni deduku la rilaton inter la specifa maso kaj la volumena partumo:

$$\begin{aligned}
 m &= m_1 + m_2 + m_3 + \dots + m_n \\
 \rho V &= \rho_1 V_1 + \rho_2 V_2 + \rho_3 V_3 + \dots + \rho_n V_n \quad / : V \\
 \rho &= \rho_1 \frac{V_1}{V} + \rho_2 \frac{V_2}{V} + \rho_3 \frac{V_3}{V} + \dots + \rho_n \frac{V_n}{V} \\
 \rho &= \rho_1 x_1 + \rho_2 x_2 + \rho_3 x_3 + \dots + \rho_n x_n
 \end{aligned}$$

(125)

$$\rho = \sum_1^n \rho_i x_i$$

Kaj nun oni derivu la rilaton inter la specifa maso kaj la masa partumo:

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n$$

$$\frac{m}{\rho} = \frac{m_1}{\rho_1} + \frac{m_2}{\rho_2} + \frac{m_3}{\rho_3} + \dots + \frac{m_n}{\rho_n}$$

$$\frac{1}{\rho} = \frac{W_1}{\rho_1} + \frac{W_2}{\rho_2} + \frac{W_3}{\rho_3} + \dots + \frac{W_n}{\rho_n}$$

(126)

$$\rho = \frac{1}{\sum_1^n \frac{W_i}{\rho_i}}$$

## La difino de la gasa konstanto por la gasmiksaĵo

Por teknikaj kalkuloj oni ofte bezonas difini kaj elkalkuli la astan konstanton por la gasmiksaĵo.

Kiam oni konas la masajn partumojn de la unuopaj komponantoj, oni uzas la statan ekvacion de la ideala gaso kiel elirpunkton.

$$pV = mrT$$

Por unuopaj gaskomponentoj validas la stata ekvacio en ĉi tiu formo:

$$p_n V = m_n r_n T$$

$$(p_1 + p_2 + \dots + p_n) V = (m_1 r_1 + m_2 r_2 + \dots + m_n r_n) T$$

$$\sum p_i = p$$

$$pV = mrT$$

$$mr = \frac{pV}{T}$$

$$pV = \left( \sum_1^n m_i r_i \right) T$$

$$\frac{pV}{T} = \sum_1^n m_i r_i$$

$$mr = m_1 r_1 + m_2 r_2 + \dots + M_n r_n$$

$$r = r_1 w_1 + r_2 w_2 + \dots + r_n w_n$$

$$r = \frac{R}{M}$$

$$r = \frac{8314}{M}$$

$$R = 8314, \quad J/kmol.deg$$

$$r = 8314 \left( \frac{w_1}{M_1} + \frac{w_2}{M_2} + \dots + \frac{w_n}{M_n} \right)$$

(127)

$$r = R \sum_1^n \frac{w_i}{M_i}$$

La rezultan ekvacion oni uzas, kiam oni konas la masajn partumojn (koncentrecojn) de unuopaj gaskomponentoj, por la difino de la gasa konstanto  $r$  de la tuta gasmiksaĵo.

Kiam oni konas la volumenajn partumojn, oni elektas por la derivado de la gasa konstanto por la tuta gasmiksaĵo, kiel elirpunkton la ekvacion (127).

$$w_n = \frac{x_n M_n}{\sum_1^n x_i M_i}$$

$$\frac{w_n}{M_n} = \frac{x_n}{\sum_1^n x_i M_i}$$

$$r = R \sum_1^n \frac{w_i}{M_i}$$

$$r = 8314 \left( \frac{w_1}{M_1} + \frac{w_2}{M_2} + \dots + \frac{w_n}{M_n} \right)$$

$$r = \frac{8314}{\sum_1^n x_i M_i} (x_1 + x_2 + \dots + x_n)$$

(128)

$$r = \frac{8314}{\sum_1^n x_i M_i}$$

M – la mola maso, kg/kmol

La gasa konstanto de la gasmiksaĵo povas esti difinita ankaŭ el la stata ekvacio de la tuta gasmiksaĵo:

$$pV = rT$$

$$r = \frac{pv}{T}$$

$$pV = \left( \sum_1^n m_i r_i \right) T$$

$$pv \sum_1^n m_i = \left( \sum_1^n m_i r_i \right) T$$

$$\frac{pv}{T} = \frac{\sum_1^n m_i r_i}{\sum_1^n m_i}$$

(129)

$$r = \frac{\sum_1^n m_i r_i}{\sum_1^n m_i}$$

Daŭrigo: Vaporoj [[1]]

## Referencoj

[1] <http://eo.wikibooks.org/wiki/Termodinamiko6>

# Artikolaj fontoj kaj kontribuantoj

**Termodinamiko/Leciono 5** *Fonto:* <http://eo.wikibooks.org/w/index.php?oldid=12087> *Kontribuantoj:* Aleksandro, Kajaao

## Permesilo

---

Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported  
//creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/

---