

## Přepočet objemových koncentrací spalin na hmotové – příklad přepočtu

Příklad SPE

P. Hoffman

Složení spalin: N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, CO, SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O

(pro zjednodušení zanedbáme NO<sub>x</sub> – pro dobře vedený spalovací proces je jejich množství řádově v X00 mg/Nm<sup>3</sup> – naopak z cvičných důvodů uvažujeme CO)

Dány následující koncentrace složek ve spalinách a jejich molekulové hmotnosti

$$x_{\text{SO}_2} = 15000 \text{ mg/Nm}^3$$

$$x_{\text{H}_2\text{O}} = 15 \% \text{ obj.}$$

$$x_{\text{O}_2} = 8 \% \text{ obj.}$$

$$x_{\text{CO}_2} = 12 \% \text{ obj.}$$

$$x_{\text{CO}} = 1 \% \text{ obj.}$$

$$x_{\text{N}_2} = ? \% \text{ obj.}$$

$$M_{\text{SO}_2} = 32 + 2 \cdot 16 = 64 \text{ kg/kmol}$$

$$M_{\text{H}_2\text{O}} = 2 \cdot 1 + 16 = 18 \text{ kg/kmol}$$

$$M_{\text{O}_2} = 2 \cdot 16 = 32 \text{ kg/kmol}$$

$$M_{\text{CO}_2} = 12 + 2 \cdot 16 = 44 \text{ kg/kmol}$$

$$M_{\text{CO}} = 12 + 16 = 28 \text{ kg/kmol}$$

$$M_{\text{N}_2} = 2 \cdot 14 = 28 \text{ kg/kmol}$$

Při tomto přepočtu využíváme to, že objem 1 kmolu ideálního plynu je 22,4 Nm<sup>3</sup>/kmol.

### Postup přepočtu

Přepočet koncentrace SO<sub>2</sub> z mg/Nm<sup>3</sup> na % obj.

Množství SO<sub>2</sub> v mg přepočteme pomocí molekulových vah na počet kilomolů a přes objem j kilomolu ideálního plynu určíme ovjem SO<sub>2</sub> ve spalinách.

$$x_{\text{SO}_2} = 15000 \text{ mg SO}_2 / \text{Nm}^3 \text{ spalin}$$

Přepočet mg na kilomoly

$$(15 \cdot 10^{-3} \text{ kg SO}_2 / \text{Nm}^3 \text{ spalin}) / (64 \text{ kg SO}_2 / \text{kmol SO}_2) = 0,234 \cdot 10^{-3} \text{ kmol SO}_2 / \text{Nm}^3 \text{ spalin}$$

Přepočet kilomolů na objemovou koncentraci (1 kmol SO<sub>2</sub> ~ 22,4 Nm<sup>3</sup>)

$$\begin{aligned} 0,234 \cdot 10^{-3} \text{ kmol SO}_2 / \text{Nm}^3 \text{ spalin} &\cdot 22,4 \text{ Nm}^3 \text{ SO}_2 / \text{kmol SO}_2 = \\ &= 0,00525 \text{ Nm}^3 \text{ SO}_2 / \text{Nm}^3 \text{ spalin} = 0,525 \% \text{ obj.} \approx 0,53 \% \text{ obj.} \end{aligned}$$

Přepočet objemové koncentrace na hmotovou

Přepočet provedeme pro předpoklad, že se spaliny i jednotlivé složky chovají jako ideální plyny. Potom bude objem 1 kilomolu spalin i každé jednotlivé složky vždy roven 22,4 Nm<sup>3</sup>. Objemová koncentrace složek ve spalinách se musí rovnat koncentraci molové. Po vynásobení molekulovou vahou (hmotností) dostaneme hmotnost složky ve spalinách. Celková hmotnost směsi se rovná součtu hmotností jednotlivých složek. Z těchto hmotností určíme požadovaná % hmotnostní (váhová).

$x_{iVOL}$	$x_{iVOL} * M_i$	$x_{iHM}$
$x_{SO_2} = 0,53 \text{ \% obj.}$	$\rightarrow 0,0053 * 64 = 0,34 \text{ kg}$	$\rightarrow 0,34 * 100 / 28,93 = 1,17 \text{ \% hm.}$
$x_{H_2O} = 15 \text{ \% obj.}$	$\rightarrow 0,15 * 18 = 2,70 \text{ kg}$	$\rightarrow 2,70 * 100 / 28,93 = 9,33 \text{ \% hm.}$
$x_{O_2} = 8,0 \text{ \% obj.}$	$\rightarrow 0,08 * 32 = 2,56 \text{ kg}$	$\rightarrow 2,56 * 100 / 28,93 = 8,85 \text{ \% hm.}$
$x_{CO_2} = 12,0 \text{ \% obj.}$	$\rightarrow 0,12 * 44 = 5,28 \text{ kg}$	$\rightarrow 5,28 * 100 / 28,93 = 18,25 \text{ \% hm.}$
$x_{CO} = 1,0 \text{ \% obj.}$	$\rightarrow 0,01 * 28 = 0,28 \text{ kg}$	$\rightarrow 0,28 * 100 / 28,93 = 0,97 \text{ \% hm.}$
$\Sigma = 36,53 \text{ \% obj.}$		

Dopočítání objemové koncentrace  $N_2$  ve spalínách  $x_{N_2} = 100,00 - 36,53 = 63,47 \text{ \% obj.}$

$x_{N_2} = 63,47 \text{ \% obj.}$   $\rightarrow 0,6347 * 28 = 17,77 \text{ kg}$   $\rightarrow 17,77 * 100 / 28,93 = 61,42 \text{ \% hm.}$

---

$\Sigma = 100 \text{ \%}$

$\Sigma = 28,93 \text{ kg}$

$\Sigma = 100 \text{ \%}$

Celková hmotnost 1 kilomolu spalín o objemu  $22,4 \text{ Nm}^3$  je  $28,93 \text{ kg}$ . Pomocí tohoto vztahu můžeme vypočítat příslušné hmotnostní koncentrace v posledním sloupci.

Hustota spalín

$$\rho_{\text{spalín}} = (28,93 \text{ kg/kmol}) / (22,4 \text{ Nm}^3/\text{kmol}) = 1,29 \text{ kg} / \text{Nm}^3$$

**Vztah pro přepočítání objemových koncentrací na hmotové**

$$x_{SO_2HM} = (x_{SO_2VOL} * M_{SO_2}) / \Sigma (x_{iVOL} * M_i) = (0,53 * 64) / (28,93) = 1,17 \text{ \%}$$