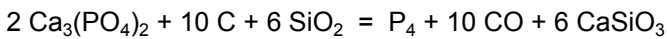


MB - R - Příklad 4

Fosfor sa vyrába z fosfátovej rudy v elektrickej peci podľa chemickej reakcie:



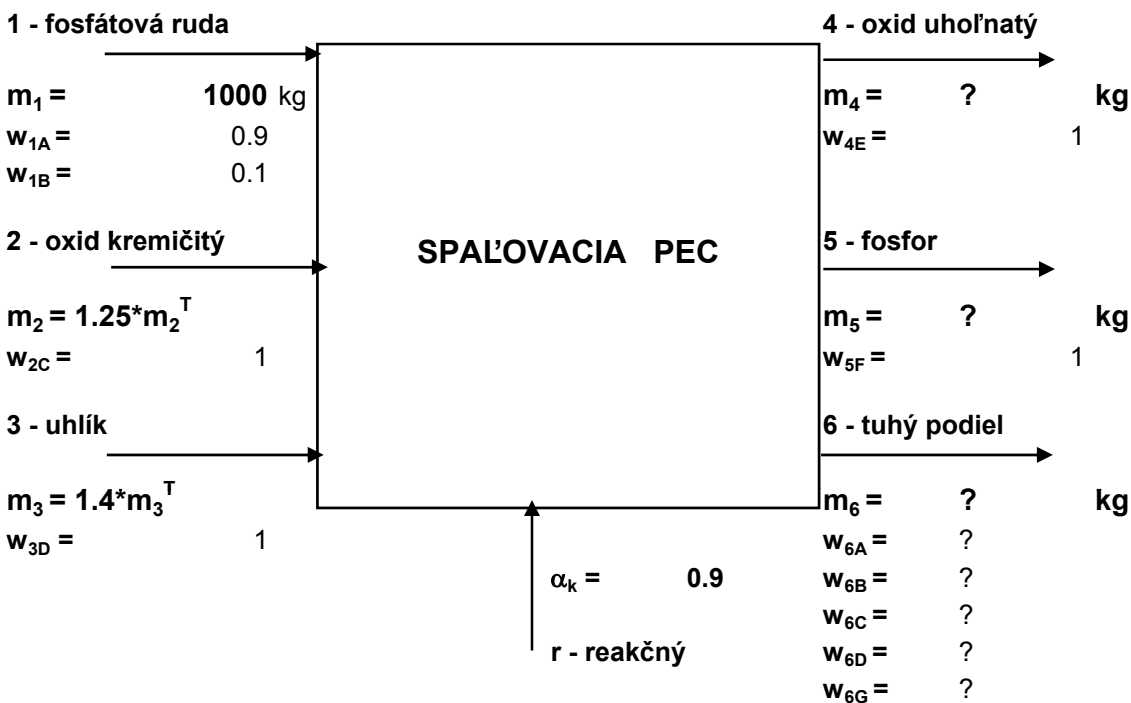
Do pece vstupuje 1000 kg fosfátovej rudy obsahujúcej 90 % hm. fosforečnanu vápenatého, $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ a 10 % hm. hlušiny, oxid kremičitý v 25 percentnom a uhlík v 40 percentnom nadbytku vzhľadom na ich teoretické množstvo.

Konverzia reakcie je 90 percentná (stupeň premeny limitujúcej zložky je 0.9).

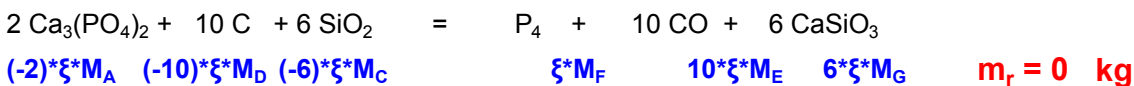
Vypočítajte:

1. Koľko vznikne fosforu a oxidu uhoľnatého.
2. Množstvo a zloženie tuhých podielov, ktoré zostanú v peci po odparení fosforu.
3. Stupne premeny uhlíka a oxidu kremičitého.

Bilančná schéma:



Stechiometrická rovnica:



Zložky:

- A - $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$
- B - hlušina
- C - SiO_2
- D - C
- E - CO
- F - P_4
- G - CaSiO_3

Riešenie:

Určenie limitujúcej zložky:

Limitujúcou (kľúčovou) zložkou je fosforečnan vápenatý. Vyplýva to zo zadania, lebo ďalšie dva reaktanty (uhlík a oxid kremičitý) sú privádzané v nadbytku vzhľadom na svoje teoretické množstvo. Keby boli privádzané v teoretickom množstve, boli by tiež limitujúce a ich stupeň premeny by bol rovný stupňu premeny fosforečnanu vápenatého. Zároveň aj ich koeficient nadbytku by musel byť rovný jednej a nie 1.25 pre oxid kremičitý resp. 1.4 pre uhlík vzhľadom ich k teoretickému množstvu. Z hodnôt koeficientov nadbytku ďalej vyplýva, že stupeň premeny uhlíka bude nielen menší ako 0.9, ale zároveň menší ako stupeň premeny oxidu kremičitého, lebo jeho koeficient nadbytku je z reaktantov najväčší.....

$$\alpha_A = \alpha_k = 0.9$$

$$\alpha_C < 0.9$$

$$\alpha_D < 0.9$$

Koeficient nadbytku pre limitujúcu zložku, fosforečnan vápenatý, je samozrejme rovný jednej..... Všetky tri reaktanty, keďže nezreagujú na 100 percent, budú zároveň súčasťou odchádzajúceho tuhého podielu z elektrickej pece.

Materiálová bilancia elektrickej pece:

Prúdy Zložky	1	2	3	r	4	5	6
A: Ca ₃ (PO ₄) ₂	m ₁ *w _{1A} 900			(-2)*ξ*M _A ?			m ₆ *w _{6A} ?
B: hlušina	m ₁ *w _{1B} 100						m ₆ *w _{6B} ?
C: SiO ₂		m ₂ *w _{2C} ?		(-6)*ξ*M _C ?			m ₆ *w _{6C} ?
D: C			m ₃ *w _{3D} ?	(-10)*ξ*M _D ?			m ₆ *w _{6D} ?
E: CO				10*ξ*M _E ?	m ₄ *w _{4E} ?		
F: P ₄				ξ*M _F ?		m ₅ *w _{5F} ?	
G: CaSiO ₃				6*ξ*M _G ?			m ₆ *w _{6G} ?
Σ	m ₁ 1000	m ₂ ?	m ₃ ?	m _r 0	m ₄ ?	m ₅ ?	m ₆ ?

Výpočet rozsahu reakcie:

$$\xi = \frac{-\alpha_A \cdot n_{1A}}{v_A} = \frac{-\alpha_A \cdot \frac{m_{1A}}{M_A}}{v_A}$$

$$\begin{aligned} m_{1A} &= 900 \text{ kg} \\ M_A &= 309.94 \text{ kg/kmol} \\ v_A &= -2 \\ \alpha_A = \alpha_k &= 0.9 \end{aligned}$$

$$\xi = 1.3067 \text{ kmol}$$

Výpočet teoretického rozsahu reakcie:

Limitujúca zložka by vtedy zreagovala úplne..... Jej skutočné a teoretické množstvo je rovnaké...

$$\xi^T = \frac{-\alpha_A^T \cdot (n_{1A})^T}{\nu_A} = \frac{-\alpha_A^T \cdot \frac{(m_{1A})^T}{M_A}}{\nu_A}$$

$$\xi^T = 1.45189 \text{ kmol}$$

$$\begin{aligned} m_{1A} = m_{1A}^T &= 900 \text{ kg} \\ M_A &= 309.94 \text{ kg/kmol} \\ \nu_A &= -2 \\ \alpha_A^T &= 1 \end{aligned}$$

Výpočet zdrojových členov:

A: Ca ₃ (PO ₄) ₂	(-2)*ξ·M _A	-810 kg
C: SiO ₂	(-6)*ξ·M _C	-471.119 kg
D: C	(-10)*ξ·M _D	-156.805 kg
E: CO	10*ξ·M _E	365.8773 kg
F: P ₄	ξ·M _F	161.8746 kg
G: CaSiO ₃	6*ξ·M _G	910.172 kg

$$\begin{aligned} \xi &= 1.306705 \text{ kmol} \\ M_A &= 309.94 \text{ kg/kmol} \\ M_C &= 60.09 \text{ kg/kmol} \\ M_D &= 12 \text{ kg/kmol} \\ M_E &= 28 \text{ kg/kmol} \\ M_F &= 123.88 \text{ kg/kmol} \\ M_G &= 116.09 \text{ kg/kmol} \end{aligned}$$

Výpočet teoretických množstiev oxidu kremičitého a uhlíka:

Uhlík a oxid kremičitý sú v nadbytku vzhľadom na ich teoretické množstvo.

Teoretické množstvo reaktanta je také množstvo reaktanta, ktoré zodpovedá situácii, že daný reaktant by bol limitujúcou zložkou a skonvertoval by na 100 % (stupeň premeny sa rovná jednej).

Z uvedeného vyplýva, že **v prípade limitujúceho reaktanta je jeho skutočné privedené množstvo do systému a teoretické množstvo rovnaké.**

Teoretické množstvá reaktantov (oxidu kremičitého a uhlíka) si vypočítame z úpravy vzťahu na výpočet teoretického rozsahu reakcie.

$$\xi^T = \frac{-\alpha_C^T \cdot (n_{2C})^T}{\nu_C} = \frac{-\alpha_C^T \cdot \frac{(m_{2C})^T}{M_C}}{\nu_C} \Rightarrow m_{2C}^T$$

$$\begin{aligned} m_{2C}^T &= 523.4658 \text{ kg} \\ M_C &= 60.09 \text{ kg/kmol} \\ \nu_C &= -6 \\ \alpha_C^T &= 1 \end{aligned}$$

$$\xi^T = \frac{-\alpha_D^T \cdot (n_{3D})^T}{\nu_D} = \frac{-\alpha_D^T \cdot \frac{(m_{3D})^T}{M_D}}{\nu_D} \Rightarrow m_{3D}^T$$

$$\begin{aligned} m_{3D}^T &= 174.2273 \text{ kg} \\ M_D &= 12 \text{ kg/kmol} \\ \nu_A &= -10 \\ \alpha_D^T &= 1 \end{aligned}$$

Výpočet skutočných množstiev oxidu kremičitého a uhlíka:

$$m_2 = 1.25 \cdot m_2^T = 654.332 \text{ kg}$$

$$m_3 = 1.4 \cdot m_3^T = 243.918 \text{ kg}$$

Dosadzujúc vypočítané hodnoty do materiálovej bilancie.....

Materiálová bilancia elektrickej pece:

Prúdy Zložky	1	2	3	r	4	5	6
A: Ca ₃ (PO ₄) ₂	m ₁ *w _{1A} 900			(-2)*ξ·M _A -810			m ₆ *w _{6A} 90
B: hlušina	m ₁ *w _{1B} 100						m ₆ *w _{6B} 100
C: SiO ₂		m ₂ *w _{2C} 654.3323		(-6)*ξ·M _C -471.119			m ₆ *w _{6C} 183.213
D: C			m ₃ *w _{3D} 243.9182	(-10)*ξ·M _D -156.805			m ₆ *w _{6D} 87.11363
E: CO				10*ξ·M _E 365.8773	m ₄ *w _{4E} 365.8773		
F: P ₄				ξ·M _F 161.8746		m ₅ *w _{5F} 161.8746	
G: CaSiO ₃				6*ξ·M _G 910.172			m ₆ *w _{6G} 910.172
Σ	m ₁ 1000	m ₂ 654.3323	m ₃ 243.9182	m _r 0	m ₄ 365.8773	m ₅ 161.8746	m ₆ 1370.499

1000 654.3323 243.9182 0 365.8773 161.8746 1370.499

Stupeň premeny oxidu kremičitého:

$$\alpha_C = (m_{2C} - m_{6C})/m_{2C} = 0.72$$

Množstvo fosforu a oxidu uhoľnatého:

$$m_5 = 161.8746 \text{ kg}$$

$$m_4 = 365.8773 \text{ kg}$$

Stupeň premeny uhlíka:

$$\alpha_D = (m_{3D} - m_{6D})/m_{3D} = 0.64286$$

Zloženie vystupujúceho tuhého podielu:

$$w_{6A} = 0.06567$$

$$w_{6B} = 0.07297$$

$$w_{6C} = 0.13368$$

$$w_{6D} = 0.06356$$

$$w_{6G} = 0.66412$$