

Bilanca tvari

Bilanca tvari procesa s jednom procesnom jedinicom i kemijskom reakcijom

OSNOVNI POJMOVI

Teorijski temelj bilanci tvari za procese s kemijskom reakcijom je:

stehiometrija.

Stehiometrija je teorija množina prema kojoj jedna kemijska tvar reagira s drugom.

Riječ *stoichiometrij* je u kemiju uveo 1792 godine Jeramias Benjamin, a dolazi od grčkih riječi *stoicheion* = osnovni sastojak i *metrien* = mjerenje.

Bilanca tvari

Bilanca tvari procesa s jednom procesnom jedinicom i kemijskom reakcijom

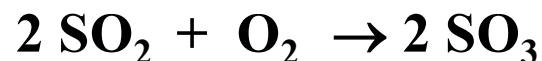
Temeljni pojmovi u stehiometriji su:

- stehiometrijska jednadžba,
- stehiometrijski koeficijent,
- stehiometrijski omjer,
- stehiometrijska množina,
- limitirajući reaktant itd.

Bilanca tvari

Bilanca tvari procesa s jednom procesnom jedinicom i kemijskom reakcijom

Stehiometrijska jednadžba kemijske reakcije je izjednačavanje reaktivnog broja molekula ili množine tvari reaktanata i produkata koje sudjeluju u reakciji.



Brojevi u stehiometrijskoj jednadžbi su: stehiometrijski koeficijenti.

Stehiometrijski omjer dviju tvari koje sudjeluju u reakciji je omjer njihovih stehiometrijskih koeficijenata.

Bilanca tvari

Bilanca tvari procesa s jednom procesnom jedinicom i kemijskom reakcijom

Za dva reaktanta se kaže da su prisutna u stehiometrijskim količinama (množinama), ako je njihov omjer (molovi A prisutni, molovi B prisutni) jednak stehiometrijskom omjeru dobivenom iz stehiometrijske jednadžbe.

Limitirajući-ograničavajući reaktant u reakciji je onaj koji prvi nestaje i koji je prisutan u manjoj količini (množini) od stehiometrijske količine (množine) prema drugom reaktantu. Drugi reaktant se u tom slučaju naziva reaktant u suvišku. Reaktant u suvišku je onaj kojega ima više od ograničavajućeg reaktanta.

$$\text{Suvišak reaktanta} = \frac{n - n_S}{n_S}$$

Bilanca tvari

Bilanca tvari procesa s jednom procesnom jedinicom i kemijskom reakcijom

Konverzija reaktanta je dio reaktanta koji se u kemijskom procesu promijenio obzirom na početnu ili ulaznu (množinu) reaktanta.

$$X_A = \frac{n_{A,0} - n_A}{n_{A,0}}$$

$$X_A = \frac{n_{A,ul} - n_{A,izl}}{n_{A,ul}}$$

Bilanca tvari

Bilanca tvari procesa s jednom procesnom jedinicom i kemijskom reakcijom

Stupanj reakcije dio reaktanta koji se stvarno izmijenio u kemijskoj reakciji obzirom na teorijski moguću količinu.

$$\xi = \frac{n_i - n_{i,0}}{\beta_i}$$

- $\beta_i = \nu_i$ ako je tvar A_i produkt
- $\beta_i = -\nu_i$ ako je tvar A_i reaktant
- $\beta_i = 0$ ako je tvar A_i inert

Bilanca tvari

Bilanca tvari procesa s jednom procesnom jedinicom i kemijskom reakcijom

Iskorištenje je omjer množine ili mase nastalog produkta i množine produkta, koja bi nastala prema stehiometrijskim omjerima, odnosno odgovarajuće mase teorijski mogućeg produkta.

$$I = \frac{n_p \text{ stvarno nastali molovi}}{n_p \text{ teorijski moguće nastali molovi tvari}}$$

Bilanca tvari

Bilanca tvari procesa s jednom procesnom jedinicom i kemijskom reakcijom

Selektivnost

Selektivnost je omjer množine ili mase nastalog produkta i množine ili mase neželjenog produkt.

$$S = \frac{n_P \text{ molovi željeni produkt}}{n_P \text{ molovi neželjeni produkt}}$$

Bilanca tvari

Bilanca tvari procesa s jednom procesnom jedinicom i kemijskom reakcijom

BILANCE MOLEKULA, BILANCE ATOMA I STUPANJ REAKCIJE :

U procesima s kemijskom reakcijom se bilance tvari rješavaju pomoću tri metode.

To su: metoda bilance atoma, metoda bilance molekula i metoda stupnja reakcije.

Bilanca tvari

Bilanca tvari procesa s jednom procesnom jedinicom i kemijskom reakcijom

Metoda bilance molekula:

Opći oblik bilance molekula u procesu s kemijskom reakcijom:

$$\boxed{\text{ULAZ TVARI}} = \boxed{\text{IZLAZ TVARI}} + \boxed{\text{POTROŠNJA TVARI REAKCIJOM}}$$

Bilanca se postavlja za reaktante ili produkte.

Množina ili masa molekula reaktanta (produkta) na ulazu u proces nije jednaka masi ili množini molekula reaktanta (produkta) na izlazu iz procesa.

Bilanca tvari

Bilanca tvari procesa s jednom procesnom jedinicom i kemijskom reakcijom

Metoda bilance atoma:

Opći oblik bilance atoma u procesu s kemijskom reakcijom:

$$\boxed{\text{ULAZ TVARI}} = \boxed{\text{IZLAZ TVARI}}$$

Množina ili masa atoma tvari na ulazu u proces je jednaka masi ili množini atoma tvari na izlazu iz procesa.

Bilanca tvari

Bilanca tvari procesa s jednom procesnom jedinicom i kemijskom reakcijom

Metoda stupnja reakcije:

Opći oblik bilance tvari u procesu s kemijskom reakcijom:

$$\boxed{\text{IZLAZ TVARI}} = \boxed{\text{ULAZ TVARI}} + \boxed{\beta \cdot \xi}$$

β je koeficijent.

$\beta = \nu_i$ ako je tvar A_i produkt; ν_i je stehiometrijski koeficijent,

$\beta = -\nu_i$ ako je tvar A_i reaktant,

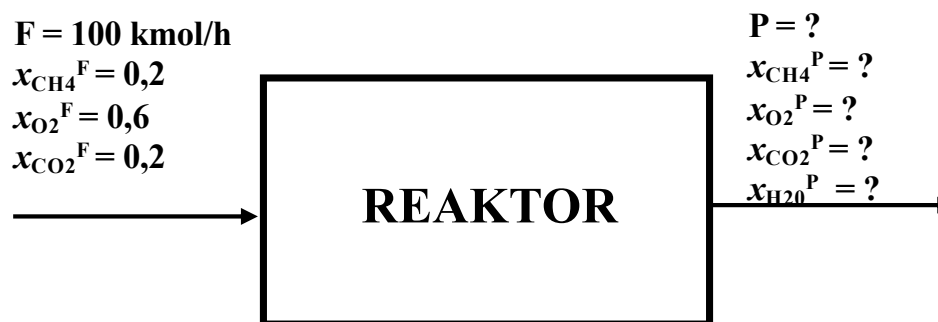
$\beta = 0$ ako je tvar A_i inert.

Bilanca tvari

Primjer : Metan sagorijeva s kisikom pri čemu se dobiva ugljični dioksid i voda. Sirovi metan sadrži 20 % CH₄; 60 % O₂ i 20 % CO₂. U procesu se ostvaruje 90 %-tna konverzija ograničavajućeg reaktanta. Treba izračunati sastav produkta pomoću bilance atoma, bilance molekula i stupnja reakcije.

Rješenje:

Procesna shema:



Baza: 100 mola plina na ulazu u proces – F



Bilanca tvari

Ovo je problem s tri nepoznanice, jer se množina metana u produktu može izračunati pomoću podatka da je konverzija metana 90 %.

$$X_{\text{CH}_4} = \frac{n_{\text{CH}_4, \text{ ulaz}} - n_{\text{CH}_4, \text{ izlaz}}}{n_{\text{CH}_4, \text{ ulaz}}}$$

$$n_{\text{CH}_4, \text{ izlaz}} = 20 \cdot (1 - 0,9)$$

$$n_{\text{CH}_4, \text{ izlaz}} = 2 \text{ mol}$$

Bilanca tvari

Metoda bilance molekula:

Bilanca CO₂ :

$$n_{\text{CO}_2, \text{ulaz}} + n_{\text{CO}_2, \text{nastao reakcijom}} = n_{\text{CO}_2, \text{izlaz}}$$

$$n_{\text{CO}_2, \text{nastao reakcijom}} = \frac{1 \text{ mol CO}_2}{1 \text{ mol CH}_4} \cdot n_{\text{CH}_4} \cdot X_A$$

$$n_{\text{CO}_2, \text{nastao reakcijom}} = \underline{18 \text{ molova}}$$

$$n_{\text{CO}_2, \text{izlaz}} = \underline{38 \text{ molova}}$$

Bilanca H₂O :

$$n_{\text{H}_2\text{O}, \text{ulaz}} + n_{\text{H}_2\text{O}, \text{nastala reakcijom}} = n_{\text{H}_2\text{O}, \text{izlaz}}$$

$$n_{\text{H}_2\text{O}, \text{nastala reakcijom}} = \frac{1 \text{ mol H}_2\text{O}}{1 \text{ mol CH}_4} \cdot n_{\text{CH}_4} \cdot X_A$$

$$n_{\text{H}_2\text{O}, \text{nastala reakcijom}} = \underline{18 \text{ molova}}$$

$$n_{\text{H}_2\text{O}, \text{izlaz}} = \underline{38 \text{ molova}}$$

Bilanca O₂ :

$$n_{\text{O}_2, \text{ulaz}} - n_{\text{O}_2, \text{nastao reakcijom}} = n_{\text{O}_2, \text{izlaz}}$$

$$n_{\text{O}_2, \text{nastao reakcijom}} = \frac{2 \text{ mola O}_2}{1 \text{ mol CH}_4} \cdot n_{\text{CH}_4} \cdot X_A$$

$$n_{\text{O}_2, \text{nastao reakcijom}} = \underline{36 \text{ molova}}$$

$$n_{\text{O}_2, \text{izlaz}} = \underline{24 \text{ molova}}$$

Bilanca tvari

Metoda bilance atoma:

Bilanca ugljika C:

$$n_{C, ulaz} = n_{C, izlaz}$$

$$\frac{1 \text{ mol C}}{1 \text{ mol CH}_4} \cdot n_{\text{CH}_4, ulaz} + \frac{1 \text{ mol C}}{1 \text{ mol CO}_2} \cdot n_{\text{CO}_2, ulaz} = \frac{1 \text{ mol C}}{1 \text{ mol CH}_4} \cdot n_{\text{CH}_4, izlaz} + \frac{1 \text{ mol C}}{1 \text{ mol CO}_2} \cdot n_{\text{CO}_2, izl}$$

$$20 \text{ molova} + 20 \text{ molova} = 2 \text{ mola} + n_{\text{CO}_2, izlaz}$$

$$n_{\text{CO}_2, izlaz} = \underline{\underline{38 \text{ molova}}}$$

Bilanca vodika H:

$$n_{H, ulaz} = n_{H, izlaz}$$

$$\frac{4 \text{ mola H}}{1 \text{ mol CH}_4} \cdot n_{\text{CH}_4, ulaz} = \frac{4 \text{ mola H}}{1 \text{ mol CH}_4} \cdot n_{\text{CH}_4, izlaz} + \frac{2 \text{ mola H}}{1 \text{ mol H}_2\text{O}} \cdot n_{\text{H}_2\text{O}, izlaz}$$

$$4 \cdot 20 \text{ molova} = 4 \cdot 2 \text{ mola} + 2 \cdot n_{\text{H}_2\text{O}, izlaz}$$

$$n_{\text{H}_2\text{O}, izlaz} = \underline{\underline{36 \text{ molova}}}$$

Bilanca kisika O:

$$n_{O, ulaz} = n_{O, izlaz}$$

$$\frac{2 \text{ mola O}}{1 \text{ mol O}_2} \cdot n_{\text{O}_2, ulaz} + \frac{2 \text{ mola O}}{1 \text{ mol CO}_2} \cdot n_{\text{CO}_2, ulaz} = \frac{2 \text{ mola O}}{1 \text{ mol O}_2} \cdot n_{\text{O}_2, izlaz} + \frac{2 \text{ mola O}}{1 \text{ mol CO}_2} \cdot n_{\text{CO}_2, izlaz} + \frac{2 \text{ mola H}}{1 \text{ mol H}_2\text{O}} \cdot n_{\text{H}_2\text{O}, izlaz}$$

$$2 \cdot 60 \text{ molova} + 2 \cdot 20 \text{ molova} = 2 \cdot n_{\text{O}_2, izlaz} + 2 \cdot 38 \text{ molova} + 2 \cdot 36$$

$$n_{\text{O}_2, izlaz} = \underline{\underline{24 \text{ molova}}}$$

Bilanca tvari

Metoda stupnja reakcije:

$$n_{\text{CH}_4, \text{izlaz}} = n_{\text{CH}_4, \text{ulaz}} + \beta \cdot \xi$$

Kako je metan reaktant to je:

$$\beta = -\nu_{\text{CH}_4} \Rightarrow -1$$

pa je:

$$\xi = n_{\text{CH}_4, \text{ulaz}} - n_{\text{CH}_4, \text{izlaz}}$$

$$\underline{\xi = 18 \text{ mola}}$$

Sada je moguće izračunati množine na izlazu:

Ugljični dioksid CO₂:

$$n_{\text{CO}_2, \text{izlaz}} = n_{\text{CO}_2, \text{ulaz}} + \beta \cdot \xi$$

$$n_{\text{CO}_2, \text{izlaz}} = 20 \text{ molova} + 1 \cdot 18 \text{ mola}$$

$$n_{\text{CO}_2, \text{izlaz}} = \underline{38 \text{ molova}}$$

Voda H₂O:

$$n_{\text{H}_2\text{O}, \text{izlaz}} = n_{\text{H}_2\text{O}, \text{ulaz}} + \beta \cdot \xi$$

$$n_{\text{H}_2\text{O}, \text{izlaz}} = 0 \text{ molova} + 2 \cdot 18 \text{ mola}$$

$$n_{\text{H}_2\text{O}, \text{izlaz}} = \underline{36 \text{ molova}}$$

Kisik O₂:

$$n_{\text{O}_2, \text{izlaz}} = n_{\text{O}_2, \text{ulaz}} + \beta \cdot \xi$$

$$n_{\text{O}_2, \text{izlaz}} = 60 \text{ molova} - 2 \cdot 18 \text{ mola}$$

$$n_{\text{O}_2, \text{izlaz}} = \underline{24 \text{ mola}}$$

Bilanca tvari

Upotrebom sve tri metode dobiju se isti rezultati.

Izbor metode ovisi o njegovu korisniku.

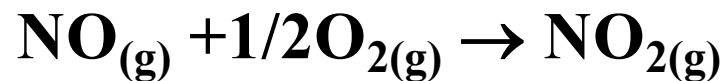
Čini se da je najkraća metoda stupnja reakcije.

Sastav produkta se može prikazati tablično:

Komponenta	n (mol)	x_i	%
CH ₄	2	0,02	2
CO ₂	38	0,38	38
H ₂ O	36	0,36	36
O ₂	24	0,24	24
	<hr/>	<hr/>	<hr/>
	100	1,00	100

3. Domaća zadaća

1. Reakcija u plinskoj fazi:



se provodi uz 70 %-tnu konverziju limitirajućeg reaktanta. Ako se u proces uvodi plin sastava 12 % NO, 5 % O₂, a ostatak je dušik, treba izračunati sastav plina na izlazu iz procesa pomoću bilance atoma, bilance molekula i bilance stupnja reakcije.

Bilanca tvari

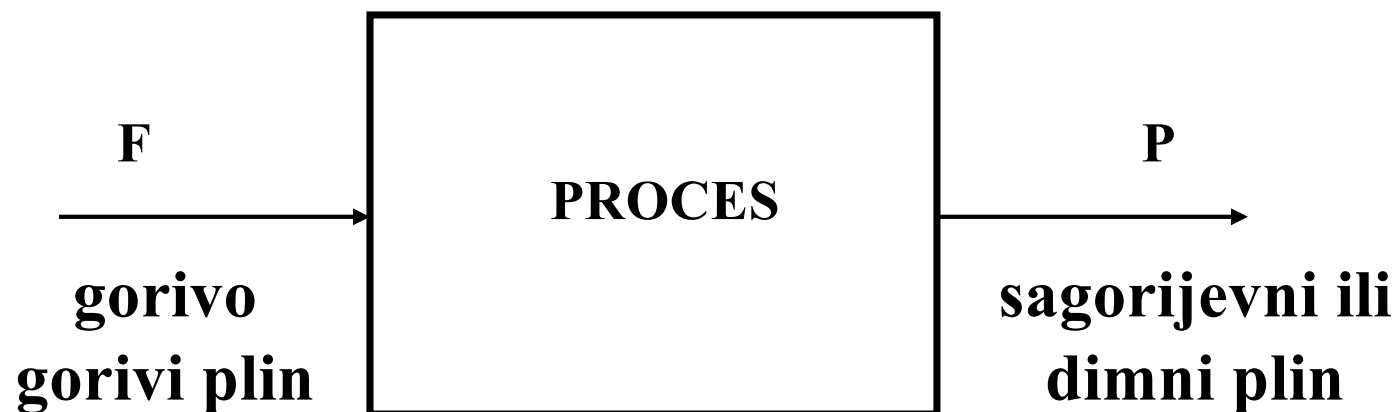
Bilanca procesa gorenja

Gorenje je brza reakcija oksidacije neke gorive tvari s kisikom.

Reakcija u kojoj nastaje CO se naziva djelomična ili nepotpuna, a reakcija u kojoj nastaje samo CO₂ potpuna i kaže se da je gorenje potpuno.

Bilanca tvari

Bilanca procesa gorenja



Sastav sagorijevnog plina može biti izražen obzirom na:

- a) mokru bazu - plin sadrži vodenu paru ili
- b) suhu bazu - plin ne sadrži vodenu paru.

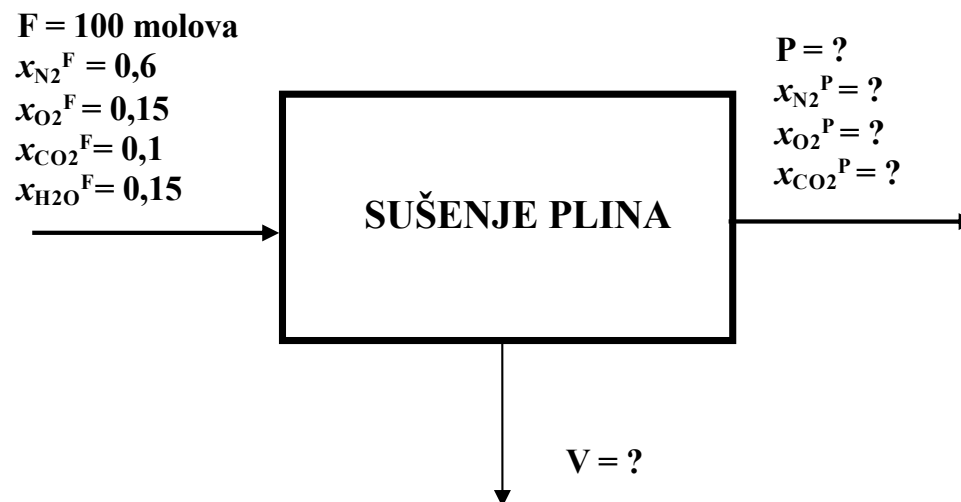
Bilanca tvari

Bilanca procesa gorenja

Primjer : Ako sagorjevni plinovi sadrže 60 % N_2 , 15 % CO_2 , 10 % O_2 , a ostalo je vodena para, treba izračunati njegov sastav obzirom na suhu bazu.

Rješenje:

Procesna shema:



Baza: 100 molova mokrog plina F

Bilanca tvari

Bilanca procesa gorenja

Bilanca vode:

$$x_{\text{H}_2\text{O}}^{\text{F}} \cdot F = V$$
$$\underline{\underline{V = 15 \text{ mola}}}$$

Ukupna bilanca:

$$F = V + P$$
$$\underline{\underline{P = 85 \text{ mola}}}$$

Bilanca dušika:

$$x_{\text{N}_2}^{\text{F}} \cdot F = x_{\text{N}_2}^{\text{P}} \cdot P$$
$$\underline{\underline{x_{\text{N}_2}^{\text{P}} = 0,706}}$$

Bilanca kisika:

$$x_{\text{O}_2}^{\text{F}} \cdot F = x_{\text{O}_2}^{\text{P}} \cdot P$$
$$\underline{\underline{x_{\text{O}_2}^{\text{P}} = 0,118}}$$

Bilanca ugljičnog dioksida:

$$x_{\text{CO}_2}^{\text{F}} \cdot F = x_{\text{CO}_2}^{\text{P}} \cdot P$$
$$\underline{\underline{x_{\text{CO}_2}^{\text{P}} = 0,176}}$$

Suhi plin sadrži 70,6 % N₂, 11,8 % O₂ i 17,6 % CO₂.

Bilanca tvari

Bilanca procesa gorenja

Iz ekonomskih razloga je u procesima gorenja izvor kisika zrak koji obično ima slijedeći sastav: 78,03 % N₂; 20,99 % O₂; 0,94 % Ar; 0,03 % CO₂ i 0,01 % H₂, He, Ne, Kr, i Xe.

Pri približnim računanjima je dovoljno uzeti da je zrak je sastava 79 % N₂ i 21 % O₂.

Prosječna molarna masa zraka je: $\overline{M} = 29 \text{ kg/kmol}$.

Bilanca tvari

Bilanca procesa gorenja

Suvišak zraka je jednak suvišku kisika.

$$\text{Suvišak kisika} = \frac{n_{\text{O}_2, \text{ulaz}} - n_{\text{O}_2, \text{teorijski}}}{n_{\text{O}_2, \text{teorijski}}}$$

Teorijska množina kisika $n_{\text{O}_2, \text{teorijski}}$ je ona količina kisika koja je potrebna da sav ugljik u procesu gorenja prijeđe u CO_2 , a sav vodik u vodu.

Bilanca tvari

Bilanca procesa gorenja

Teorijski zrak je količina zraka koja sadrži teorijski kisik.

Teorijski zrak ili teorijski kisik potreban za gorenje neke količine goriva ne ovisi o tome koliko će goriva stvarno izgorjeti nego o stehiometriji reakcije potpunog gorenja obzirom na količinu goriva na ulazu u proces.

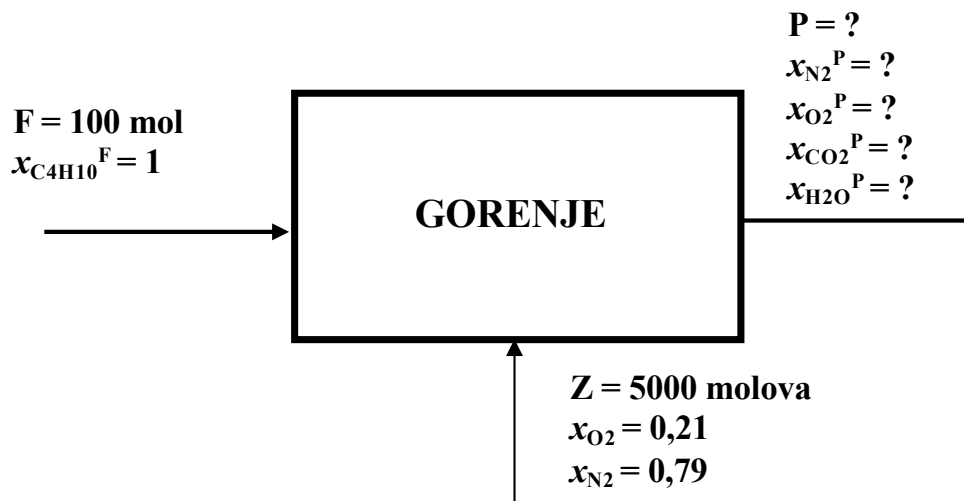
Bilanca tvari

Bilanca procesa gorenja

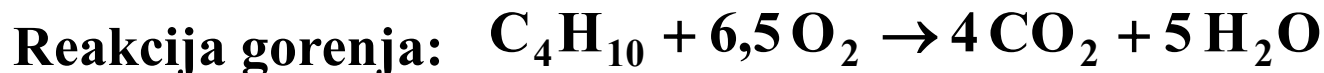
Primjer : Ako se u peć za gorenje uvodi 100 molova butana na sat i 5000 molova zraka treba izračunati postotak suviška zraka!

Rješenje:

Procesna shema:



Baza: 100 mola butana na ulazu



Bilanca tvari

Bilanca procesa gorenja

Teorijski kisik:

$$n_{\text{O}_2, \text{teorijski}} = \frac{6,5 \text{ mola O}_2}{1 \text{ molu C}_4\text{H}_{10}} \bullet 100 \text{ molova C}_4\text{H}_{10}$$

$$n_{\text{O}_2, \text{teorijski}} = \underline{\underline{650 \text{ molova}}}$$

Teorijski zrak:

$$n_{\text{zrak, teorijski}} = \frac{1 \text{ mol zraka}}{0,21 \text{ mol O}_2} \bullet 650 \text{ molova O}_2$$

$$n_{\text{zrak, teorijski}} = \underline{\underline{3095 \text{ mola}}}$$

$$\% \text{ suviška zraka} = \frac{n_{\text{zrak, ulaz}} - n_{\text{zrak, teorijski}}}{n_{\text{zrak, teorijski}}} \bullet 100$$

$$\% \text{ suviška zraka} = \frac{5000 \text{ molova} - 3095 \text{ mola}}{3095 \text{ mola}} \bullet 100$$

$$\% \text{ suviška zraka} = \underline{\underline{61,5 \%}}$$

Bilanca tvari

Bilanca procesa gorenja

Za računanje suviška zraka (kisika) je potrebno samo pretpostaviti da sva količina goriva na početku (ulazu) potpuno izgori što znači da su produkti gorenja samo CO_2 i H_2O , kako je pokazano u prethodnom primjeru. Suvišak zraka ovisi samo o teorijskom kisiku koji je jednak stehiometrijskom kisiku u reakciji potpunog gorenja, a ne ovisi o tome koliko je kisika stvarno potrošeno u reakciji i da li je reakcija gorenja nepotpuna.

Bilanca tvari

Bilanca procesa gorenja

Primjer: Za zdravlje čovjeka je opasno kad dimni plin sadrži više od 15 % CO_2 . Ako dimni plin sadrži više od 15 % znači da proces gorenja nije dobro projektiran.

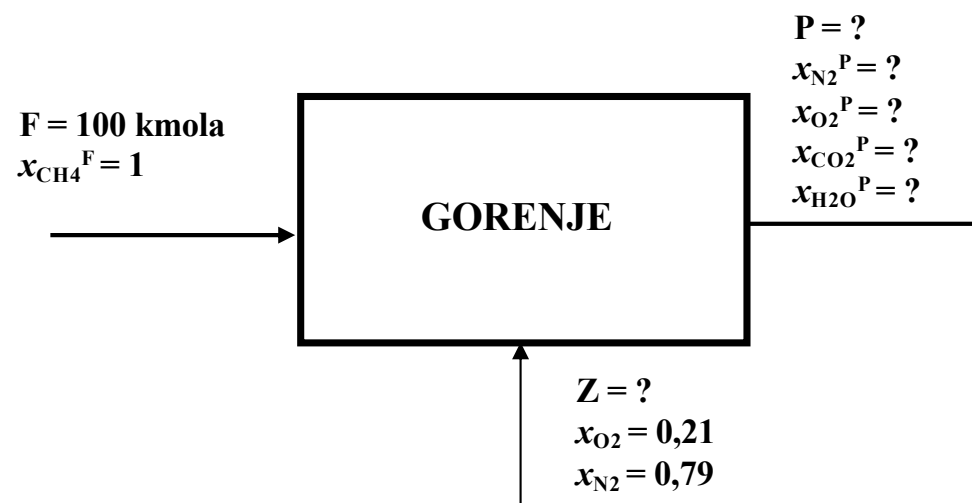
Gorivi plin koji sadrži 100 % metana (CH_4) gori sa 130 %-tnim suviškom zraka. Treba izračunati postotak CO_2 u dimnom plinu i odgovoriti da li je proces gorenja dobro projektiran!

Bilanca tvari

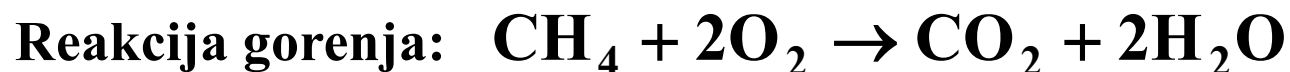
Bilanca procesa gorenja

Rješenje:

Procesna shema:



Baza: 100 kmola gorivog plina na ulazu



Bilanca tvari

Bilanca procesa gorenja

$$\% \text{ suviška zraka} = \frac{n_{\text{zrak, ulaz}} - n_{\text{zrak, teorijski}}}{n_{\text{zrak, teorijski}}} \cdot 100$$

$$n_{\text{zrak, teorijski}} = \frac{1 \text{ kmol zraka}}{0,21 \text{ kmol O}_2} \cdot n_{\text{O}_2, \text{ teorijski}}$$

$$n_{\text{O}_2, \text{ teorijski}} = \frac{2 \text{ kmola O}_2}{1 \text{ kmol CH}_4} \cdot 100 \text{ kmola CH}_4$$

$$n_{\text{O}_2, \text{ teorijski}} = \underline{200 \text{ kmola}}$$

$$n_{\text{zrak, teorijski}} = \frac{1 \text{ kmol zraka}}{0,21 \text{ kmol O}_2} \cdot 200 \text{ kmola O}_2$$

$$n_{\text{zrak, teorijski}} = \underline{952,4 \text{ kmola}}$$

$$n_{\text{zrak, ulaz}} = n_{\text{zrak, teorijski}} \left(1 + \frac{\% \text{ suviška}}{100} \right)$$

$$n_{\text{zrak, ulaz}} = \underline{2190 \text{ kmola}}$$

$$n_{\text{O}_2, \text{ ulaz}} = \frac{0,21 \text{ kmol O}_2}{1 \text{ kmol zraka}} \cdot 2190 \text{ kmola}$$

$$n_{\text{O}_2, \text{ ulaz}} = \underline{460 \text{ kmola}}$$

$$n_{\text{N}_2, \text{ ulaz}} = \frac{0,79 \text{ kmol N}_2}{1 \text{ kmol zraka}} \cdot 2190 \text{ kmola}$$

$$n_{\text{N}_2, \text{ ulaz}} = \underline{1730 \text{ kmola}}$$

Bilanca tvari

Bilanca procesa gorenja

Kisik, dušik, ugljični dioksid i vodena para u dimnom plinu se računaju pomoću bilanci molekula:

Bilanca kisika: $n_{\text{O}_2, \text{ulaz}} - n_{\text{O}_2, \text{potrošen reakcijom}} = n_{\text{O}_2, \text{izlaz}}$

$$n_{\text{O}_2, \text{izlaz}} = \underline{260 \text{ kmola}}$$

Bilanca dušika:

$$n_{\text{N}_2, \text{ulaz}} = n_{\text{N}_2, \text{izlaz}}$$

$$n_{\text{N}_2, \text{izlaz}} = \underline{1730 \text{ kmola}}$$

Bilanca ugljikovog dioksida:

$$n_{\text{CO}_2, \text{ulaz}} + n_{\text{CO}_2, \text{nastao reakcijom}} = n_{\text{CO}_2, \text{izlaz}}$$

$$n_{\text{CO}_2, \text{nastao reakcijom}} = \frac{1 \text{ kmol CO}_2}{1 \text{ kmol CH}_4} \bullet 100 \text{ kmola CH}_4$$

$$n_{\text{CO}_2, \text{izlaz}} = \underline{100 \text{ kmola}}$$

Bilanca vode:

$$n_{\text{H}_2\text{O}, \text{ulaz}} + n_{\text{H}_2\text{O}, \text{nastala reakcijom}} = n_{\text{H}_2\text{O}, \text{izlaz}}$$

$$n_{\text{H}_2\text{O}, \text{nastala reakcijom}} = \frac{2 \text{ kmola H}_2\text{O}}{1 \text{ kmol CH}_4} \bullet 100 \text{ kmola CH}_4$$

$$n_{\text{H}_2\text{O}, \text{izlaz}} = \underline{200 \text{ kmola}}$$

Bilanca tvari

Bilanca procesa gorenja

Sastav dimnog plina prikazan tablično:

Komponenta	n (kmol)	x_i	%
O_2	260	0,114	11,4
N_2	1730	0,755	75,5
CO_2	100	0,044	4,4
H_2O	200	0,087	8,7
	<hr/>	<hr/>	<hr/>
	2290	1,000	100,0

4. Domaća zadaća

1. Čisti metan (CH_4) gori u prisustvu 100 %-tnog suviška zraka. Ako je gorenje potpuno, a konverzija 90 %, treba izračunati sastav izlaznog suhog plina!