

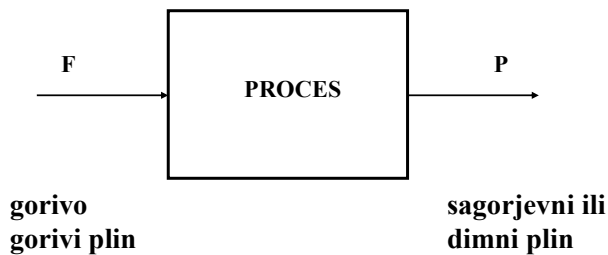
Bilanca procesa gorenja



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 procesa gorenja



Sastav sagorjelog plina može biti izražen obzirom na: mokru bazu, - plin sadrži vodenu paru ili suhu bazu - plin ne sadrži vodenu paru.

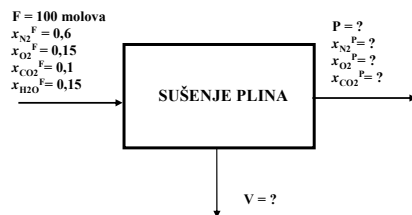
Bilanca procesa gorenja



Primjer : Ako sagorjevni plinovi sadrže 60 % N₂, 15 % CO₂, 10 % O₂, a ostalo je vodena para, treba izračunati njegov sastav obzirom na suhu bazu.

Rješenje:

Procesna shema:



Baza: 100 molova mokrog plina F

Bilanca procesa gorenja



Bilanca vode: $x_{H_2O}^F \cdot F = V$
 $V = 15 \text{ mola}$

Ukupna bilanca: $F = V + P$
 $P = 85 \text{ mola}$

Bilanca dušika: $x_{N_2}^F \cdot F = x_{N_2}^P \cdot P$
 $x_{N_2}^P = 0,706$

Bilanca kisika: $x_{O_2}^F \cdot F = x_{O_2}^P \cdot P$
 $x_{O_2}^P = 0,118$

Bilanca ugljičnog dioksida: $x_{CO_2}^F \cdot F = x_{CO_2}^P \cdot P$
 $x_{CO_2}^P = 0,176$

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

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: $\bar{M} = 29 \text{ kg/kmolu}$.

Bilanca procesa gorenja



Suvišak zraka je jednak suvišku kisika .

Suvišak kisika je ona množina kisika koja je veća od teorijske.

$$\text{Suvišak kisika} = \frac{n_{O_2, \text{ulaz}} - n_{O_2, \text{teorijski}}}{n_{O_2, \text{teorijski}}}$$

Teorijski kisik $n_{O_2, \text{teorijski}}$ je množina kisika koja je potrebna za potpuno gorenje gorivog materijala što pretpostavlja da sav ugljik u gorivu oksidira u CO₂, a sav vodik u vodu.

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.

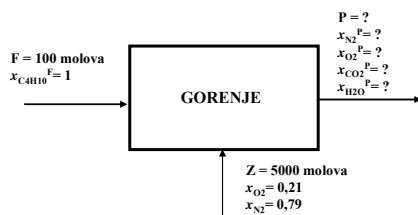
Bilanca procesa gorenja



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

Reakcija gorenja: $C_4H_{10} + 6,5 O_2 \rightarrow 4 CO_2 + 5 H_2O$

Bilanca procesa gorenja



Teorijski kisik:

$$n_{O_2, \text{teorijski}} = \frac{6,5 \text{ mola } O_2}{1 \text{ molu } C_4H_{10}} \cdot 100 \text{ molova } C_4H_{10}$$

$$n_{O_2, \text{teorijski}} = \underline{650 \text{ molova}}$$

Teorijski zrak:

$$n_{\text{zrak, teorijski}} = \frac{1 \text{ mol zraka}}{0,21 \text{ mol } O_2} \cdot 650 \text{ molova } O_2$$

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

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

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

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

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 procesa gorenja



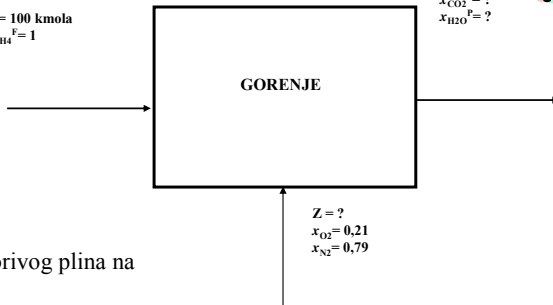
Primjer: Za zdravlje čovjeka je opasno kad dimni plin sadrži više od 15 % CO_2 . Ako dimni plin sadrži više od 15 % znači da proces gorenja nije dobro projektiran, jer gorenje nije potpuno. Gorivi plin koji sadrži 100 % metana (CH_4) gori sa 130 %-tnim suviškom zraka. Treba izračunati postotak CO_2 u dimnom plinu i odgovoriti da li je proces gorenja dobro projektiran !

Bilanca procesa gorenja



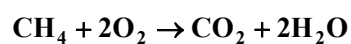
Rješenje:
Procesna shema:

$F = 100 \text{ kmola}$
 $x_{\text{CH}_4}^F = 1$



Baza: 100 kmola gorivog plina na ulazu

Reakcija gorenja:



Bilanca procesa gorenja

Zrak na ulazu, te kisik i dušik na ulazu se izračunaju pomoću teorijskog kisika potrebnog u reakciji potpunog gorenja i poznatog suviška zraka.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



Bilanca 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:

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

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

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

Bilanca vode:

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

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

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



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 ₂ O	200	0,087	8,7
	2290	1,000	100,0

proces gorenja je dobro projektiran