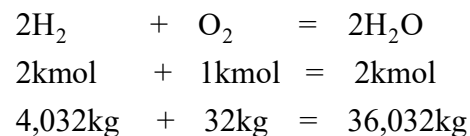
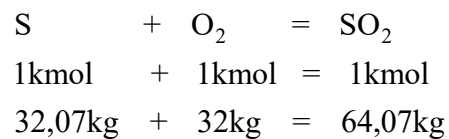
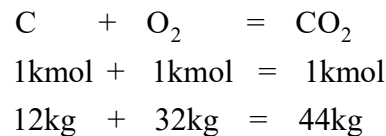


Određivanje sadržaja ugljen-dioksida i sumpor-dioksida u dimnim gasovima

Sastav radnog goriva je određen sa $C^r + H^r + O^r + N^r + S_g^r + A^r + W^r = 100$ (%)

gde maseni udeli sastojaka u procentima označavaju: C^r ugljenik, S_g^r – sagorljivi sumpor, H^r vodonik, O^r kiseonik, W^r vlagu, A^r pepeo.

Pri sagorevanju dolazi do sledećih reakcija



Teorijska masa kiseonika potrebna za potpuno sagorevanje jednog kilograma goriva se određuje na osnovu gornjih stehiometrijskih odnosa prema

$$\mu_{O_2}^o = \frac{8}{3} \frac{C^r}{100} + \frac{S_g^r}{100} + 7,94 \frac{H^r}{100} - \frac{O^r}{100} \quad (\text{kg/kg})$$

Teorijska masa atmosferskog vazduha potrebna za potpuno sagorevanje jednog kilograma goriva se određuje iz gornje jednačine, uzimajući u obzir da je maseni udeo kiseonika u vazduhu 0,231

$$\mu^o = 0,115 C^r + 0,043 S_g^r + 0,344 H^r - 0,043 O^r \quad (\text{kg/kg}).$$

Teorijska zapremina atmosferskog vazduha potrebna za potpuno sagorevanje jednog kilograma goriva se određuje iz gornje jednačine, uzimajući u obzir da je gustina suvog vazduha na normalnim uslovima (atmosferskom pritisku i 0 °C) jednaka 1,293 kg/m³

$$V^o = 0,089 C^r + 0,033 S_g^r + 0,266 H^r - 0,033 O^r \quad (\text{m}^3/\text{kg}).$$

Stvarna zapremina vazduha mora biti veća za koeficijent viška vazduha α

$$V = \alpha V^o.$$

Stehiometrijska relacija pokazuje da se sagorevanjem jednog kilograma ugljenika dobija 11/3 kg ugljen-dioksida. Pošto se količina gasovitih produkata sagorevanja najčešće izražava po 1 kg goriva, množe se obe strane sa masenim udelom ugljenika u gorivu $g_C = C^r/100$, i dobijamo da sagorevanjem g_C kilograma ugljenika, koliko C ima u 1 kg goriva, nastaje 11/3 g_C kg ugljen-dioksida.

Količine gasovitih komponenata se izražavaju u jedinici zapremine. Primenom relacije za broj molova $n = \frac{m}{M} = \frac{m/\rho}{M/\rho} = \frac{V}{V_m}$, gde je $V_m = 22,4 \text{ m}^3/\text{kmol}$, zapremina jednog kilomola gasa pri normalnim uslovima, zapreminu CO_2 po jedinici mase goriva određujemo iz $V(\text{m}^3) = \frac{m(\text{kg})}{M(\text{kg/kmol})} V_m(\text{m}^3/\text{kmol})$ i dobijamo

$$V_{\text{CO}_2} = 1,867 \frac{C^r}{100} \text{ m}^3 \text{ CO}_2 \text{ po 1kg goriva.}$$

Sagorevanjem $g_S = S^r/100$ nastaje $V_{\text{SO}_2} = 0,7 \frac{S^r}{100} \text{ m}^3 \text{ SO}_2$ po 1kg goriva.

Teorijska zapremina azota po jedinici mase goriva je zbir zapremine azota koji se uvodi u ložište sa teorijskom količinom vazduha po jedinici mase goriva i jednaka je $0,79V^0$ (zapreminski udeo azota u vazduhu je približno 0,79) i zapremine azota iz goriva koja iznosi $0,8N^r/100$, gde je 0,8 specifična zapremina azota u m^3/kg , tako da je

$$V_{\text{N}_2}^0 = 0,79 \cdot V^0 + 0,8 \frac{N^r}{100}.$$

Vodena para u dimnim gasovima potiče od sagorevanja vodonika i vlage koja se nalazi u radnom gorivu, kao i od vlage iz vazduha koji se dovodi ložištu. Na osnovu navedenog, teorijska masa vodene pare po jedinici mase goriva iznosi

$$\mu_{\text{H}_2\text{O}}^0 = 8,94 \frac{H^r}{100} + \frac{W^r}{100} + 0,013V^0 \text{ kg vodene pare (H}_2\text{O) po 1kg goriva.}$$

gde je iz stehiometrijske relacije za sagorevanje vodonika dobijeno

$$8,94 \frac{H^r}{100} = \frac{36,032}{4,032} \frac{H^r}{100}.$$

Vlaga koja isparava iz goriva pri sagorevanju je $\frac{W^r}{100}$

a $0,013V^0$ je vodena para koja se dovodi teorijskom količinom vazduha za sagorevanje (usvaja se da je srednji sadržaj vlage 10g po 1 kg vazduha, što iznosi 0,013 kg po 1 m^3 atmosferskog vazduha na standardnim uslovima).

Teorijska zapremina vodene pare je

$$V_{H_2O}^o = \frac{\mu_{H_2O}^o}{\rho_{H_2O}^n}$$

gde je gustina vodene pare na normalnim uslovima $\rho_{H_2O}^n$. Ovde se ustvari stanje vodene pare zamenjuje idealnim gasom na normalnim uslovima (para ne može da postoji na atmosferskom pritisku 101325Pa i 0 °C, ali vodena para u dimnim gasovima je visoko pregrejana na niskom parcijalnom pritisku i visokoj temperaturi), tako da je

$$\rho_{H_2O}^n = \frac{18,016}{22,4} = 0,804 \text{ kg} / \text{m}^3.$$

Deljenjem $\mu_{H_2O}^o$ sa $\rho_{H_2O}^n$ dobija se teorijska zapremina vodene pare

$$V_{H_2O}^o = \frac{8,94H^r + W^r}{80,4} + \frac{0,013}{0,804} V^o \text{ kg/kg}$$

$$= 0,111H^r + 0,0124W^r + 0,0161V^o \text{ m}^3/\text{kg}$$

Stvarna zapremina vodene pare po jedinici mase goriva se dobija kada se u gornju jednačinu doda vodena para koju sadrži višak vazduha

$$V_{H_2O} = V_{H_2O}^o + 0,0161(\alpha - 1) V^o \text{ m}^3/\text{kg}$$

Ukupna zapremina dimnih gasova po jedinici mase goriva je

$$V_{DG} = V_{CO_2} + V_{SO_2} + V_{N_2}^o + V_{H_2O} + (\alpha - 1) \times V^o \text{ m}^3/\text{kg}$$

Zapreminski udeli

$$r_{CO_2} = V_{CO_2} / V_{DG}$$

$$r_{SO_2} = V_{SO_2} / V_{DG}$$

$$r_{H_2O} = V_{H_2O} / V_{DG}$$

$$r_{N_2} = (V_{N_2}^o + 0,79 \cdot (\alpha - 1) \cdot V^o) / V_{DG}$$

$$r_{O_2} = 0,21 \cdot (\alpha - 1) \cdot V^o / V_{DG}$$

Parcijalni pritisak vlage je

$$p_{H_2O} = r_{H_2O} \cdot p_{dg}$$

gde je p_{dg} pritisak dimnih gasova.

S obzirom da su zapreminski udeli jednaki molarnim udelima, molarna masa dimnog gasa (M_{dg}) je

$$M_{dg} = r_{CO_2} \times 44 + r_{SO_2} \times 64,07 + r_{H_2O} \times 18 + r_{N_2} \times 28 + r_{O_2} \times 32$$

$$g_{CO_2} = r_{CO_2} \cdot 44 / x_{dg}$$

$$g_{SO_2} = r_{SO_2} \cdot 64,07 / x_{dg}$$

$$g_{H_2O} = r_{H_2O} \cdot 18 / x_{dg}$$

$$g_{N_2} = r_{N_2} \cdot 28 / x_{dg}$$

$$g_{O_2} = r_{O_2} \cdot 32 / x_{dg}$$

Gasna konstanta dimnog gasa se određuje prema

$$R_{g,dg} = \sum_{i=1}^{i=n} g_i R_i$$

gde su gasne konstante komponenti

$$R_{g_{CO_2}} = 189 \frac{J}{kgK}, R_{g_{SO_2}} = 129,8 \frac{J}{kgK}, R_{g_{H_2O}} = 462 \frac{J}{kgK}, R_{g_{N_2}} = 296,7 \frac{J}{kgK} \text{ i } R_{g_{O_2}} = 259,9 \frac{J}{kgK}$$

Tako da je

$$R_{g,dg} = g_{CO_2} \cdot 189,0 + g_{SO_2} \cdot 129,8 + g_{H_2O} \cdot 462 + g_{N_2} \cdot 296,7 + g_{O_2} \cdot 259,9$$

Gustina dimnog gasa na temperaturi $t(^{\circ}C)$ i pritisku $p(Pa)$

$$\rho_{dg} = \frac{p}{(273,15+t)R_{g,dg}}$$

Zapreminski protok dimnog gasa na temperaturi $t(^{\circ}C)$

$$\dot{V}_{dg}^t = V_{dg} \cdot \dot{m}_{gor} \cdot (273,15 + t) / 273,15$$

gde je masa goriva koja sagoreva u jedinici vremena \dot{m}_{gor} .

Maseni protok dimnog gasa je

$$\dot{m}_{dg} = \dot{V}_{dg}^t \rho_{dg}$$

Maseni protok dimnog gasa se može odrediti i prema

$$\dot{m}_{dg} = (1,0 - \frac{A^r}{100} + 1,306 \cdot \alpha \cdot V^0) \cdot \dot{m}_{gor}$$

gde gustina vazduha sa sadržajem vlage 0,01 kg/kg iznosi 1,306 kg/m³.