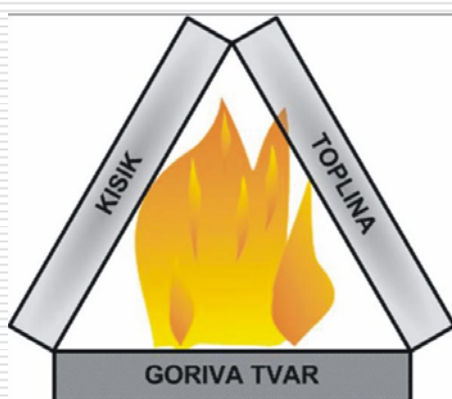


IZGARANJE

Literatura:
O. Fabris, str. 157. – 164.

IZGARANJE

KARAKTERISTIKE GORIVA



IZGARANJE

KARAKTERISTIKE GORIVA

Goriva su primarni oblici energije u kojima je energija pohranjena u kemijskom ili nuklearnom obliku.

Oslobađanjem energije goriva povećava se unutarnja energija radne tvari koja se tada koristi za dobivanje rada ili toplinske energije.

U sadašnjem su trenutku tehnološkog razvoja najvažnija konvencionalna goriva fosilna: ugljen, nafta i zemni plin, te od nuklearnih goriva uran.

IZGARANJE

KARAKTERISTIKE GORIVA

Kruta i tekuća goriva

Za proračun je izgaranja potrebno poznavati sastav goriva koji se dobiva elementarnom analizom.

Za kruta se i tekuća goriva sastav po jedinici mase goriva (1 kg) prikazuje

$$c + h + s + o + n + w + a = 1$$

gdje je:

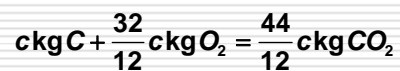
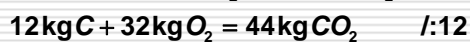
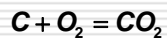
- c* – sadržaj ugljika [kg/kg]
- h* – sadržaj vodika [kg/kg]
- s* – sadržaj sumpora [kg/kg]
- o* – sadržaj kisika [kg/kg]
- n* – sadržaj dušika [kg/kg]
- w* – sadržaj vlage [kg/kg]
- a* – sadržaj pepela [kg/kg]

IZGARANJE

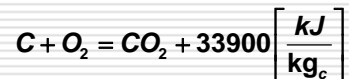
KARAKTERISTIKE GORIVA

Kruta i tekuća govriiva

Za potpuno izgaranje UGLJIKA vrijedi:



Prilikom izgaranja UGLJIKA dolazi do njegovog spoja s KISIKOM iz zraka pri čemu nastaje CO_2 i oslobađa se toplina:

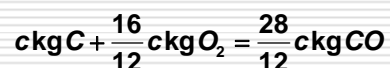
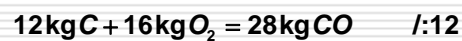
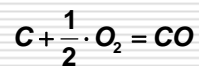


IZGARANJE

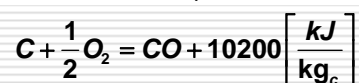
KARAKTERISTIKE GORIVA

Kruta i tekuća govriiva

Zbog nedostatka KISIKA UGLJIK će barem djelomično izgarati u ugljični monoksid :



Prilikom izgaranja UGLJIKA dolazi do njegovog spoja s KISIKOM iz zraka pri čemu nastaje CO i oslobađa se toplina:

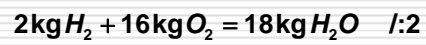
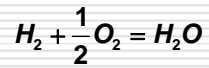


IZGARANJE

KARAKTERISTIKE GORIVA

Kruta i tekuća govriiva

Za potpuno izgaranje VODIKA vrijedi:



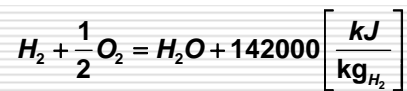
IZGARANJE

KARAKTERISTIKE GORIVA

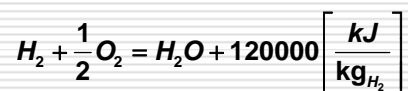
Kruta i tekuća govriiva

Prilikom izgaranja VODIKA dolazi do njegovog spoja s KISIKOM iz zraka pri čemu nastaje H_2O i oslobađa se topline:

- u procesu izgaranja dovodi se samo kisik:



- u procesu izgaranja dovodi se zrak (veliki suvišak zraka):

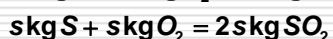
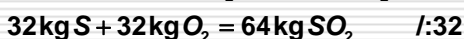
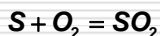


IZGARANJE

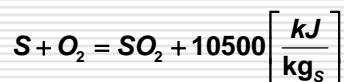
KARAKTERISTIKE GORIVA

Kruta i tekuća govriiva

Za potpuno izgaranje SUMPORA vrijedi:



Prilikom izgaranja SUMPORA dolazi do njegovog spoja s KISIKOM iz zraka pri čemu nastaje SO_2 i oslobađa se toplina:



IZGARANJE

KARAKTERISTIKE GORIVA

Kruta i tekuća govriiva

$$O_{\text{min,kg}} = \underbrace{\frac{32}{12} \cdot c}_{CO_2} + \underbrace{\frac{28}{12} \cdot c}_{CO} + \underbrace{8 \cdot h}_{H_2O} + \underbrace{s}_{SO_2} - \underbrace{o}_{\text{nalazi se u gorivu}} \left[\frac{\text{kg}_{O_2}}{\text{kg}_{\text{goriva}}} \right]$$

$$O_{\text{min,v}} = \underbrace{1,868 \cdot c}_{CO_2} + \underbrace{0,933 \cdot c}_{CO} + \underbrace{5,603 \cdot h}_{H_2O} + \underbrace{0,700 \cdot s}_{SO_2} - \underbrace{0,700 \cdot o}_{\text{nalazi se u gorivu}} \left[\frac{m^3_{N_2 O_2}}{\text{kg}_{\text{goriva}}} \right]$$

Izgaranje	Potrebni kisik		Proizvodi izgaranja		
	m^3_N	kg	m^3_N	kg	
1 kg					
c	1,868	32/12	1,868	44/12	CO_2
c	0,933	28/12	1,868	28/12	CO
h	5,603	8	11,2	9	H_2O
s	0,700	1	0,700	2	SO_2
o	0,700	1	0,700	0	/

IZGARANJE

KARAKTERISTIKE GORIVA

Kruta i tekuća goriva

Produkti izgaranja:

$$V_{\text{min,kg}} = \underbrace{\frac{44}{12} \cdot c}_{\text{CO}_2} + \underbrace{\frac{28}{12} \cdot c}_{\text{CO}} + \underbrace{9 \cdot h}_{\text{H}_2\text{O}} + \underbrace{2 \cdot s}_{\text{SO}_2} + n + w \cdot 0,77 \cdot Z_{\text{min}} \left[\frac{\text{kg}_{\text{dim}}}{\text{kg}_{\text{goriva}}} \right]$$

IZGARANJE

KARAKTERISTIKE GORIVA

Plinovita goriva

Plinskim je gorivima sastav zadan u volumnim udjelima:

$$\text{CO} + \text{H}_2 + \text{H}_2\text{S} + \sum \text{C}_m\text{H}_n + \text{CO}_2 + \text{N}_2 + \text{O}_2 = 1$$

Sagorljivi sastojci su: CO, H₂, H₂S i $\sum \text{C}_m\text{H}_n$

Izgaranje 1 m ³	Potrebno kisika m ³	Proizvodi izgaranja			
		m ³		m ³	
CO	0,5	1	CO ₂		
H ₂	0,5	1	H ₂ O		
H ₂ S	1,5	1	SO ₂	1	H ₂ O
CH ₄	2	1	CO ₂	2	H ₂ O
C _m H _n	m+(n/4)	m	CO ₂	n/2	H ₂ O

IZGARANJE

KARAKTERISTIKE GORIVA

Plinovita goriva

$$O_{\min,v} = 0,5 \cdot CO + 0,5 \cdot H_2 + 1,5 \cdot H_2S + \sum \left(m + \frac{n}{4} \right) \cdot C_m H_n - O_2 \left[\frac{m_{O_2}^3}{m_{goriva}^3} \right]$$

$$V_{\min,v} = CO + \sum \left(m + \frac{n}{2} \right) \cdot C_m H_n + 0,79 \cdot Z_{\min,v} + N_2 + H_2 + H_2S + (\lambda - 1) \cdot Z_{\min,v}$$

IZGARANJE

KARAKTERISTIKE GORIVA

Minimalna količina zraka:

$$Z_{\min} = \frac{O_{\min,kg}}{0,23} \left[\frac{kg_{zraka}}{kg_{goriva}} \right]$$

$$Z_{\min} = \frac{O_{\min,v}}{0,21} \left[\frac{m_{N,zraka}^3}{m_{Ngoriva}^3} \right]$$

Omjer dovedenog i teoretski potrebnog zraka naziva se koeficijent pretička (viška) zraka λ .

$$\lambda = \frac{Z}{Z_{\min}}$$

$\lambda = 1,01 - 1,1$ plinska goriva

$\lambda = 1,03 - 1,2$ tekuća goriva

$\lambda = 1,15 - 1,3$ ugljena prašina

$\lambda = 1,3 - 1,5$ ugljen na rešetki

IZGARANJE

KARAKTERISTIKE GORIVA

Gornja i donja ogrjevna moć – kruta i tekuća goriva

Gornja ogrjevna moć

$$H_g = 33900 \cdot c + 142000 \cdot \left(h - \frac{o}{8} \right) + 10500 \cdot s \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right]$$

Donja ogrjevna moć

$$H_d = H_g - 2500 \cdot (9 \cdot h + w)$$

IZGARANJE

KARAKTERISTIKE GORIVA

Gornja i donja ogrjevna moć – plinovita goriva

$$H_d = \sum_{i=1}^n r_i \cdot H_{d_i} \left[\frac{\text{kJ}}{\text{m}^3_{\text{goriva}}} \right]$$

$$H_g = \sum_{i=1}^n r_i \cdot H_{g_i} \left[\frac{\text{kJ}}{\text{m}^3_{\text{goriva}}} \right]$$

Plin		Mol. masa	Ogrjevna moć	
		M	Hg	Hd
		kg/kmol	kJ/m ³	kJ/m ³
Ugljični monoksid	CO	28,01	12.640	12.640
Vodik	H ₂	2,016	12.770	10.760
Metan	CH ₄	16,04	39.750	35.730
Acetilen	C ₂ H ₂	26,04	58.030	56.020
Etilen	C ₂ H ₄	28,05	63.000	58.980
Etan	C ₂ H ₆	30,07	69.650	63.620
Propan	C ₃ H ₈	44,09	99.130	91.090
Butan	C ₄ H ₁₀	58,12	128.530	118.480

IZGARANJE

KONTROLA PROCESA IZGARANJA

Određivanje λ mjerenjem CO_2 :

$$\lambda = 1 + \frac{V_{\text{suho}}}{Z_{\text{min},v}} \left(\frac{r_{\text{CO}_2,\text{max}}}{r_{\text{CO}_2}} - 1 \right) \approx \frac{r_{\text{CO}_2,\text{max}}}{r_{\text{CO}_2}}$$

$r_{\text{CO}_2,\text{max}}$ pri $\lambda = 1$

Određivanje λ mjerenjem O_2 :

$$\lambda = \frac{21}{21 - 79 \frac{r_{\text{O}_2}}{r_{\text{N}_2}}} = \left\{ r_{\text{N}_2} = 79\% \right\} = \frac{21}{21 - r_{\text{O}_2}}$$