



Сагоревање Б

аудиторне вежбе



НЕПОТПУНО САГОРЕВАЊЕ

- јавља се при коеф.вишка ваздуха мањем од 1 ($\alpha < 1$)
 - продукти непотпуног сагоревања:
 - H_2 (несагорели водоник),
 - CO (угљеник који је сагорео само до угљен монооксида),
 - C (чађ – угљеник који уопште није сагорео).
-



1. метода

- Претпоставка: Једини продукт непотпуног сагоревања је угљен моноксид (CO).
 - Прорачун се састоји од 2 фазе:
 - 1. фаза (сав H_2 сагорева у H_2O , сав S сагорева у SO_2 , сав C сагорева у CO);
 - 2. фаза сав преостали O_2 из 1. фазе се користи за сагоревање дела CO у CO_2 .
-



1. метода

- Прорачун се састоји од 2 фазе:
 - 1. фаза се обавља као и код потпуног сагоревања: одреде се O_{\min} , L_{\min} , L_{stv} ;
 - 2. фаза: прво се одреди стварно унета количина кисеоника у процес сагоревања (O_{stv}), затим се одреди утрошена количина кисеоника за 1. фазу и преостала (неутрошена) количина кисеоника (ΔO_2) за 2. фазу.
-



1. метода

- 2. фаза сагоревања:

- уведена количина O_2 у процес сагоревања

$$O_{2stv} = 0,21 \cdot L_{stv} \left(\frac{m^3}{kg} \right)$$

- утрошена количина O_2 у 1. фази

$$O_{2utr} = 0,933 \cdot g_C + 5,6 \cdot g_H \left(\frac{m^3}{kg} \right)$$

- неутрошена количина O_2 у 1. фази тј. расположива за 2. фазу

$$\Delta O_2 = O_{2stv} - O_{2utr} \left(\frac{m^3}{kg} \right)$$



1. метода

- у 2. фази се израчунавају количине продуката сагоревања са неутрошеном количином O_2 :

$$V_{CO_2} = 2 \cdot \Delta O_2 \left(\frac{m^3}{kg} \right)$$

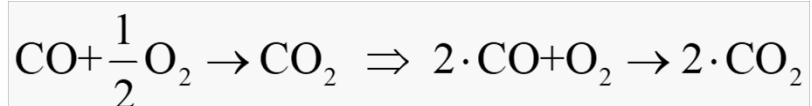
$$V_{CO} = (V_{CO})_1 - 2 \cdot \Delta O_2 \left(\frac{m^3}{kg} \right)$$

$$V_{N_2} = 0,79 \cdot L_{stv} \left(\frac{m^3}{kg} \right)$$



1. метода

- стехиометријска ј-на сагоревања угљен монооксида (објашњење коефицијената са претходног слајда):



1. задатак (текст)

Гориво елементарног састава: $C=75 \text{ \%m/m}$, $H=25 \text{ \%m/m}$,
сагорева при коефицијенту вишка ваздуха: $\alpha=0,8$.

Израчунати:

- а) количину продуката сагоревања,
- б) састав продуката сагоревања,
- в) температуру сагоревања.



1. задатак (решење)

Минимално потребна количина кисеоника O_{\min} :

$$\begin{aligned} O_{\min} &= 1,867 \cdot g_C + 5,6 \cdot g_H + 0,7 \cdot g_S - 0,7 \cdot g_O = \\ &= 1,867 \cdot 0,75 + 5,6 \cdot 0,25 + 0,7 \cdot 0 - 0,7 \cdot 0 = 2,800 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \right) \end{aligned}$$

Минимално потребна количина ваздуха L_{\min} :

$$L_{\min} = \frac{O_{\min}}{0,21} = \frac{2,800}{0,21} = 13,330 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \right)$$

Стварно потребна количина ваздуха L_{stv} :

$$L_{\text{stv}} = \alpha L_{\min} = 0,8 \cdot 13,330 = 10,664 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \right)$$



1. задатак (решење)

- 1. фаза сагоревања:
 - сав H_2 сагорева у H_2O

$$V_{\text{H}_2\text{O}} = 11,2 \cdot g_H + 1,24 \cdot (g_W + g'_W) = 11,2 \cdot 0,25 + 1,24 \cdot 0 = 2,8 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \right)$$

- сав C сагорева у CO

$$V_{\text{CO}} = 1,867 \cdot g_C = 1,867 \cdot 0,75 = 1,4 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \right)$$



1. задатак (решење)

• 2. фаза сагоревања:

- уведена количина O_2 у процес сагоревања

$$O_{2stv} = 0,21 \cdot L_{stv} = 0,21 \cdot 10,664 = 2,239 \left(\frac{m^3}{kg} \right)$$

- утрошена количина O_2 у 1. фази

$$O_{2utr} = 0,933 \cdot g_C + 5,6 \cdot g_H = 0,933 \cdot 0,75 + 5,6 \cdot 0,25 \left(\frac{m^3}{kg} \right)$$

- неутрошена количина O_2 у 1. фази тј. расположива за 2. фазу

$$\Delta O_2 = O_{2stv} - O_{2utr} = 2,239 - 2,1 = 0,139 \left(\frac{m^3}{kg} \right)$$



1. задатак (решење)

- количине продуката сагоревања са неутрошеном количином O_2 (на крају 2. фазе):

$$V_{CO_2} = 2 \cdot \Delta O_2 = 2 \cdot 0,139 = 0,278 \left(\frac{m^3}{kg} \right)$$

$$V_{CO} = (V_{CO})_1 - 2 \cdot \Delta O_2 = 1,4 - 2 \cdot 0,139 = 1,122 \left(\frac{m^3}{kg} \right)$$

$$V_{N_2} = 0,79 \cdot L_{stv} = 0,79 \cdot 10,664 = 8,425 \left(\frac{m^3}{kg} \right)$$



1. задатак (решење)

- коначне количине продуката сагоревања са неутрошеном количином и састав продуката сагоревања на крају 2. фазе:

| Гас | Количина (m ³ /kg) | Састав (%v/v) |
|------------------|----------------------------------|------------------|
| CO | 1,122 | 8,89 |
| CO ₂ | 0,278 | 2,20 |
| H ₂ O | 2,800 | 22,18 |
| N ₂ | 8,425 | 66,73 |
| Влажни п.с. | 12,625 | 100,00 |



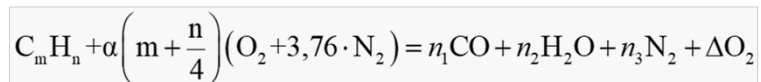
2. метода

- Гориво мора да се изрази формулом фиктивног угљоводоника C_mH_n :
- Прорачун се састоји од 2 фазе:
 - 1. фаза, стехиометријска j -на сагоревања фиктивног угљоводоника при истим условима као и за 1. методу;
 - 2. фаза, као и код 1. методе, само се прорачун врши у моларним јединицама и на основу стехиометријске j -не из 1. фазе.



2. метода

- 1. фаза, гориво сагорева према:



- биланс количине материје (молова) за поједине елементе:

- угљеник

$$m = \frac{n_1}{12} + \frac{n_2}{2}$$

- водоник

$$n = 2n_2$$

- азот

$$\alpha \left(3,76 \cdot \frac{n}{4} \right) = n_3 + \Delta O_2$$



2. метода

- 2. фаза, биланс кисеоника после 1. фазе:

- уведена количина O_2 у процес сагоревања

$$O_{2stv} = \alpha \left(m + \frac{n}{4} \right)$$

- утрошена количина O_2 у 1. фази

$$O_{2utr} = \frac{n_1}{2} + \frac{n_2}{2}$$

- неутрошена количина O_2 после 1. фазе

$$\Delta O_2 = \alpha \left(m + \frac{n}{4} \right) - \left(\frac{n_1}{2} + \frac{n_2}{2} \right) = m \cdot \left(\alpha - \frac{1}{2} \right) + \frac{n}{4} \cdot (\alpha - 1)$$

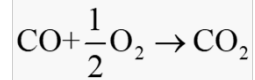
$$n_1 = m$$

$$n_2 = \frac{n}{2}$$



2. метода

- Неутрошена количина O_2 се користи за сагоревање CO у CO_2 према стехиометријској формули:



- или: $2CO + O_2 \rightarrow 2CO_2$
- што значи да је за сагоревање 2 kmol CO потребан 1 kmol O_2 , при чему се добија 2 kmol CO_2 .



2. метода

- Коначан биланс сагоревања (количина продуката сагоревања) на крају 2. фазе је:

| Гас | Количина (kmol/kmol) |
|--------|--|
| CO | $m - 2 \cdot \Delta O_2$ |
| H_2O | $\frac{n}{2}$ |
| N_2 | $\alpha \cdot \left(m + \frac{n}{4}\right) \cdot 3,76$ |
| CO_2 | $2 \cdot \Delta O_2$ |



2. задатак (текст)

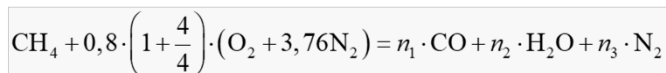
Метан сагорева при коефицијенту вишка ваздуха: $\alpha=0,8$. Израчунати:

- а) количину продуката сагоревања,
 - б) састав продуката сагоревања,
 - в) калориметарску температуру сагоревања,
- ако су познати подаци о топлотној моћи CH_4 и CO : $H_{\text{dCH}_4}=802,9 \text{ MJ/kmol}$, $H_{\text{CO}}=283,2 \text{ MJ/kmol}$.
-



2. задатак (решење)

а) Сагоревање метана се одвија према:



Неуτροшена количина кисеоника после 1. фазе:

$$\Delta \text{O}_2 = m \cdot \left(\alpha - \frac{1}{2}\right) + \frac{n}{4} \cdot (\alpha - 1) = 1 \cdot \left(0,8 - \frac{1}{2}\right) + \frac{4}{4} \cdot (0,8 - 1) = 0,100 \left(\frac{\text{kmol}}{\text{kmol}}\right)$$



2. задатак (решење)

- количине продуката сагоревања на крају 2. фазе:

$$CO = m - 2 \cdot \Delta O_2 = 1 - 2 \cdot 0,1 = 0,8 \left(\frac{\text{kmol}}{\text{kmol}} \right)$$

$$H_2O = \frac{n}{2} = \frac{4}{2} = 2 \left(\frac{\text{kmol}}{\text{kmol}} \right)$$

$$N_2 = \alpha \left(m + \frac{n}{4} \right) \cdot 3,76 = 0,8 \left(1 + \frac{4}{4} \right) \cdot 3,76 = 6,016 \left(\frac{\text{kmol}}{\text{kmol}} \right)$$

$$CO_2 = 2 \cdot \Delta O_2 = 2 \cdot 0,1 = 0,2 \left(\frac{\text{kmol}}{\text{kmol}} \right)$$

$$V_v = \sum_{i=1}^k V_i = 9,016 \left(\frac{\text{kmol}}{\text{kmol}} \right)$$



2. задатак (решење)

- б) састав продуката сагоревања на крају 2. фазе:

| Гас | Количина (kmol/kmol) | Састав (%v/v) |
|------------------|-------------------------|------------------|
| CO | 0,8 | 8,87 |
| CO ₂ | 0,2 | 2,22 |
| H ₂ O | 2,0 | 22,18 |
| N ₂ | 6,016 | 66,73 |
| Влажни п.с. | 9,016 | 100,00 |



2. задатак (решење)

в) температура продуката сагоревања при непотпуном сагоревању:

$$t_s = \frac{h_G + L_{stv} \cdot h_{vaz} + H_d - Q_{ns}}{\sum_{i=1}^k V_i \cdot c_{pmi} \Big|_0^{t_s}}$$

Q_{ns} - количина топлоте која се изгуби због непотпуног сагоревања (збир производа количине продуката непотпуног сагоревања и њихових топлотних моћи)



2. задатак (решење)

Претпостављена температура продуката сагоревања $t_{sp1}=2000\text{ }^{\circ}\text{C}$:

$$t_{siz1} = \frac{802.900 - 0,8 \cdot 283.200}{0,8 \cdot 33,71 + 2 \cdot 43,90 + 6,016 \cdot 33,24 + 0,2 \cdot 54,63} = 1770\text{ }(^{\circ}\text{C})$$

Нова претпостављена температура продуката сагоревања $t_{sp2}=1800\text{ }^{\circ}\text{C}$:

$$t_{siz2} = \frac{802.900 - 0,8 \cdot 283.200}{0,8 \cdot 33,4 + 2 \cdot 42,98 + 6,016 \cdot 32,93 + 0,2 \cdot 53,90} = 1792\text{ }(^{\circ}\text{C})$$