

Energetika átalakítás erőművekben MSc (Nappali)

Tantárgy Neptun kódja: Nappali: GEAHT013M

Tárgyfelelős intézet: EVG - Energetikai és Vegyipari Gépészeti Intézet

Tárgyfelelős: Dr. Bencs Péter - egyetemi

docens **Óraszám/hét:** 2 óra előadás+1 óra

gyakorlat **Számonkérés módja:** kollokvium

Kreditpont: 5

Tárgy tematikus leírása:

- | | |
|---------|--|
| 1. hét | Termodinamikai alapfogalmak: rendszer, környezet, zárt és nyitott rendszer, állapot, egyensúlyi állapot, állapotjelzők, folyamatjellemzők. Termodinamikai és mechanikai állapot. Az állapotjelzők csoportosítása. Termikus és kalorikus állapotegyenletek. Ideális gáz termikus állapotegyenlete. |
| 2. hét | Szilárd halmazállapotú tüzelőanyagok égése: az égéshez elméletileg szükséges oxigén- és levegőmennyiség, valamint a tényleges levegőmennyiség számítása adott összetételű tüzelőanyag esetén. |
| 3. hét | Szilárd halmazállapotú tüzelőanyagok égése: a légfelesleggel történő égés során keletkező füstgázmennyiség, valamint a füstgáz összetételének meghatározása. |
| 4. hét | Gáz halmazállapotú tüzelőanyagok égése: az égéshez elméletileg szükséges oxigén- és levegőmennyiség, valamint a tényleges levegőmennyiség számítása adott összetételű tüzelőanyag esetén. A légfelesleggel történő égés során keletkező füstgázmennyiség, valamint a füstgáz összetételének meghatározása. Tökéletes égés, a keletkező füstgázmennyiség meghatározása. |
| 5. hét | Forró víz kazánok szerkezeti kialakítása. A kazán működéséhez szükséges műszerek és biztonsági berendezések. Kazánhatásfok számítás. |
| 6. hét | Gőzkazánok szerkezeti kialakítása. A kazán működéséhez szükséges műszerek és biztonsági berendezések. Kazánhatásfok számítás. |
| 7. hét | Nedves gőz és túlhevített gőz fajlagos állapotjelzőinek számítása. Az állapot megváltozásának okai (munka, hő). CoolPack program (IPU Technology Development). |
| 8. hét | Zárthelyi |
| 9. hét | Kapcsolt hő- és villamosenergia termelés jelentősége és fontosabb berendezései. |
| 10. hét | A termodinamika I. főtétele nyitott rendszerekre. A főtétel alkalmazása hőcsere és adiabatikus munkafolyamatok esetén. |
| 11. hét | Rankine-Clausius körfolyamat (kapcsolási séma, munka, termikus hatásfok). Exergia és anergia. |
| 12. hét | Joule (vagy Brayton) körfolyamat (kapcsolási séma, munka, termikus hatásfok). |
| 13. hét | Hűtő- vagy hőszivattyú körfolyamatok ((kapcsolási séma, munka, fajlagos hűtő- és fűtőtéljesítmény). Hűtőközegek. |
| 14. hét | Elővizsga és Pótzárthelyi |

ENERGETIKA ÁTALAKÍTÁS ERŐMŰVEKBEN
ZÁRTHELYI DOLGOZAT

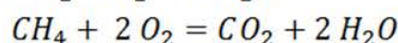
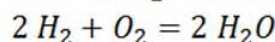
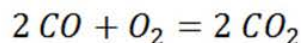
1. Egy tüzelőanyag térfogatarány szerinti összetétele a következő:

$$r_{CO} = 32,6 \%, \quad r_{H_2} = 21,6 \%, \quad r_{CH_4} = 26,6 \%, \\ r_{O_2} = 1,9 \%, \quad r_{N_2} = 17,3 \%.$$

A tüzelőanyagot elégetik, az égéskor a levegőtényező $\lambda = 1,1$.

Meghatározandó:

- a. az égéshez elméletileg szükséges oxigén fajlagos térfogata,



$$V^*_{O_2,elm.} = \frac{1}{2}r_{CO} + \frac{1}{2}r_{H_2} + 2 r_{CH_4} - r_{O_2} = \frac{1}{2}0,326 + \frac{1}{2}0,216 + 2 \cdot 0,266 - \\ 0,019 = 0,163 + 0,108 + 0,532 - 0,019 = 0,784 \frac{m^3 O_2}{m^3 \text{ tü. a.}}$$

- b. az égéshez elméletileg szükséges levegő fajlagos térfogata,

$$V^*_{l,elm.} = \frac{V^*_{O_2,elm.}}{0,21} = \frac{0,784}{0,21} = 3,733 \frac{m^3 \text{ levegő}}{m^3 \text{ tü. a.}}$$

- c. az égéshez ténylegesen rendelkezésre álló levegő fajlagos térfogata,

$$V^*_l = \lambda V^*_{l,elm.} = 1,1 \cdot 3,733 = 4,107 \frac{m^3 \text{ levegő}}{m^3 \text{ tü. a.}}$$

- d. a keletkezett füstgáz fajlagos térfogata,

$$V^*_{CO_2} = r_{CO} + r_{CH_4} = 0,326 + 0,266 = 0,592 \frac{m^3 CO_2}{m^3 \text{ tü. a.}}$$

$$V^*_{H_2O} = r_{H_2} + 2 r_{CH_4} = 0,216 + 2 \cdot 0,266 = 0,748 \frac{m^3 H_2O}{m^3 \text{ tü. a.}}$$

$$V^*_{N_2} = 0,79 V^*_l + r_{N_2} = 0,79 \cdot 4,107 + 0,173 = 3,417 \frac{m^3 N_2}{m^3 \text{ tü. a.}}$$

$$V^*_{O_2} = 0,21 (\lambda - 1) V^*_{l,elm.} = 0,21(1,1 - 1)3,733 = 0,078 \frac{m^3 O_2}{m^3 \text{ t\"u. a.}}$$

$$\begin{aligned} V^*_{fg} &= V^*_{CO_2} + V^*_{H_2O} + V^*_{N_2} + V^*_{O_2} = 0,592 + 0,748 + 3,418 + 0,078 \\ &= 4,836 \frac{m^3 \text{ f\"ustg\"az}}{m^3 \text{ t\"u. a.}} \end{aligned}$$

e. a füstgázban lévő széndioxid mólaránya.

$$\psi_{CO_2} = \frac{V^*_{CO_2}}{V^*_{fg}} = \frac{0,592}{4,836} = 0,122 \frac{m^3 CO_2}{m^3 fg}$$

```
Bevezetes.m (G:/ - FreeMat v4.2 Editor)
File Edit Tools Debug Help

1 % Kovács Anita XKX8NO feladata:
2 % Egy tüzelőanyag térfogatarány szerinti összetétele a következő:
3 % rCO = 32.6%, rH2 = 21.6%, rCH4 = 26.6%, rO2 = 1.9%, rN2 = 17.3%, lambda = 1.1
4 % Meghatározandó:
5 % - az égéshez elméletileg szükséges oxigén fajlagos térfogata
6 % - az égéshez elméletileg szükséges levegő fajlagos térfogata
7 % - az égéshez ténylegesen rendelkezésre álló levegő fajlagos térfogata
8 % - a keletkezett füstgáz fajlagos térfogata
9 % - a füstgázban lévő széndioxid mólaránya.
10
11 clc; clear all;
12
13 % Alapadatok:
14
15 rCO = 0.326;
16 rH2 = 0.216;
17 rCH4 = 0.266;
18 rO2 = 0.019;
19 rN2 = 0.173;
20 lambda = 1.1;
21
22 % Számítási rész:
23
24 % Az égéshez elméletileg szükséges oxigén fajlagos térfogata: [m^3 O2 / m^3 tü.a.]
25 VO2elm = (1/2)*rCO + (1/2)*rH2 + 2*rCH4 - rO2;
26 % Az égéshez elméletileg szükséges levegő fajlagos térfogata: [m^3 levegő / m^3 tü.a.]
27 V1elm = VO2elm/0.21;
28 % Az égéshez ténylegesen rendelkezésre álló levegő fajlagos térfogata: [m^3 levegő / m^3 tü.a.]
29 V1 = V1elm*lambda;
30 % A keletkezett füstgáz fajlagos térfogata: [m^3 füstgáz / m^3 tü.a.]
31 VCO2 = rCO + rCH4;
32 VH2O = rH2 + 2*rCH4;
33 VN2 = 0.79*V1 + rN2;
34 VO2 = 0.21*(lambda-1)*V1elm;
35 Vf = VCO2 + VH2O + VN2 + VO2;
36 % A füstgázban lévő széndioxid mólaránya: [kmol CO2 / kmol fg]
37 PsziCO2 = VCO2 / Vf;
38
39 % Kiírás:
40
41 printf('\n\nKovács Anita XKX8NO feladata:\n');
42 printf('Egy tüzelőanyag térfogatarány szerinti összetétele a következő:\n\n');
43
44 printf('2 CO + O2 = 2 CO2\n');
45 printf('2 H2 + O2 = 2 H2O\n');
46 printf('CH4 + 2 O2 = CO2 + 2 H2O\n\n');
47
48 printf('Az égéshez elméletileg szükséges oxigén fajlagos térfogata\n VO2elm = %4.3f [m^3 O2 / m^3 tü.a.]. \n\n', VO2elm);
49 printf('Az égéshez elméletileg szükséges levegő fajlagos térfogata\n V1elm = %4.3f [m^3 levegő / m^3 tü.a.]. \n\n', V1elm);
50 printf('Az égéshez ténylegesen rendelkezésre álló levegő fajlagos térfogata\n V1 = %4.3f [m^3 levegő / m^3 tü.a.]. \n\n', V1);
51 printf('A keletkezett füstgáz fajlagos térfogata\n Vf = %4.3f [m^3 füstgáz / m^3 tü.a.]. \n\n', Vf);
52 printf('VCO2 = %4.3f [m^3 CO2 / m^3 tü.a.]\n\n', VCO2);
53 printf('VH2O = %4.3f [m^3 H2O / m^3 tü.a.]\n\n', VH2O);
54 printf('VN2 = %4.3f [m^3 N2 / m^3 tü.a.]\n\n', VN2);
55 printf('VO2 = %4.3f [m^3 O2 / m^3 tü.a.]\n\n', VO2);
56 printf('Vf = %4.3f [m^3 fg / m^3 tü.a.]\n\n', Vf);
57 printf('A füstgázban lévő széndioxid mólaránya\n PsziCO2 = %4.3f [m^3 CO2 / m^3 fg]. \n\n', PsziCO2);
58
59 % Azonosítás:
60
61 getenv('computername')
62 clock
63
64
65
66
```



FreeMat v4.2 Command Window

File Edit Debug Tools Help

Stack: base C:/Program Files/FreeMat

File Browser

Filename	Size	Date
.. (Parent F...		
bin	0	4 Nov
help	0	4 Nov
toolbox	0	4 Nov
Uninstall.exe	162890	4 Nov

History

- source 'G:/Bevezetes.m'
- %% H nov. 4 19:30:45 2013 source 'G:/Bevezetes.m'
- %% H nov. 4 19:31:45 2013 source 'G:/Bevezetes.m'
- %% H nov. 4 19:32:10 2013 source 'G:/Bevezetes.m'

Variables

Name	Class	Value
rO2	double	0.019
ans	double	1x6 do
rCH4	double	0.266
rH2	double	0.173
Vf	double	4.8356

Debug

```
Kovács Anita XKX8NO feladata:
Egy tüzelőanyag térfogatarány szerinti összetétele a következő:

2 CO + O2 = 2 CO2
2 H2 + O2 = 2 H2O
CH4 + 2 O2 = CO2 + 2 H2O

Az égéshez elméletileg szükséges oxigén fajlagos térfogata
VO2elm = 0.784 [m^3 O2 / m^3 tü.a.].

Az égéshez elméletileg szükséges levegő fajlagos térfogata
V1elm = 3.733 [m^3 levegő / m^3 tü.a.].

Az égéshez ténylegesen rendelkezésre álló levegő fajlagos térfogata
V1 = 4.107 [m^3 levegő / m^3 tü.a.].

A keletkezett füstgáz fajlagos térfogata
Vf = 4.836 [m^3 füstgáz / m^3 tü.a.].

VCO2 = 0.592 [m^3 CO2 / m^3 tü.a.]
VH2O = 0.748 [m^3 H2O / m^3 tü.a.]
VN2 = 3.417 [m^3 N2 / m^3 tü.a.]
VO2 = 0.078 [m^3 O2 / m^3 tü.a.]

Vf = 4.836 [m^3 fg / m^3 tü.a.]

A füstgázban lévő széndioxid mólaránya
PsziCO2 = 0.122 [m^3 CO2 / m^3 fg].

ans =
USER-PC

ans =

1.0e+003 *
2.0130 0.0110 0.0040 0.0190 0.0540 0.0479

-->
```



ENERGETIKA ÁTALAKÍTÁS ERŐMŰVEKBEN

Energetikai mérnök mesterszak

Vizsgázárthelyi

1. Definiálja a következő fogalmakat:

- | | |
|----------------------------------|-------------------------------|
| a. zárt termodinamikai rendszer, | f. diatermikus fal, |
| b. fajlagos állapotjelző, | g. termikus hatásfok, |
| c. térfogatarány, | h. termodinamika I. főtétele, |
| d. parciális nyomás, | i. exergia, |
| e. kalorikus állapotegyenlet | j. nedves gőz! |

10x1 pont

2. Ábra segítségével mutassa be a kapcsolt energiatermelés folyamatát!

10 pont

3. Rajzolja le a Rankine-Clausius körfolyamatot, valamint írja le az egyes részfolyamatokat és ábrázolja a körfolyamatot T -s diagramon!

15 pont

4. Határozza meg az egyes füstgázalkotók fajlagos mennyiségét, valamint a fajlagos füstgázmennyiséget az alábbi összetételű gáznemű tüzelőanyag légszeletben történő égése esetén:

$$r_{CO}, r_{CO_2}, r_{CH_4}, r_{C_2H_6}, r_{N_2} !$$

15 pont

A vizsgázárthelyi összpontszáma: **50 pont.**

1. *Definiálja a következő fogalmakat!*

- a) **Zárt termodinamikai rendszer:** ha egy folyamat során a rendszer és a környezet között nincs anyagcsere
- b) **fajlagos állapotjelző:** a gyakorlatban gyakran használt, egységnyi tömegre vonatkoztatott extenzív állapotjelző
- c) **térfogatarány:** az alábbi hányadost jelenti $r_i = \frac{V_i}{V}$ ahol a számlálóban az i-edik komponens, a nevezőben pedig a tüzelőanyag térfogata a tüzelőanyag nyomásán és hőmérsékletén
- d) **parciális nyomás:** egy résznyomás, amit akkor fejtene ki a gázelegy adott B komponensre ha az egyedül töltene ki a rendelkezésre álló teljes térfogatot A B komponens részesedése a rendszer össznyomásából. A komponensek parciális nyomásának összege adja a rendszer össznyomását

$$p_i = p \psi_i$$

- e) **kalorikus állapotegyenlet:** a belső energia és az entalpia ún. kalorikus állapotjelzők és így egyszerű rendszerek esetében másik két állapotjelző segítségével kifejezhetők, ilyen módon adódnak az

$$U=U(p,v); U=U(p,T); \text{ és } U=U(v,t)$$

valamint a

$$H=H(p,v); H=H(p,T); \text{ és } H=H(v,T)$$

összefüggések, melyeket kalorikus állapotegyenleteknek szokás nevezni.

- f) **diatermikus fal:** A gyakorlatban nagyon sokszor használt feltételezés az olyan rendszerhatár, amely lehetetlenné teszi a rendszer és a környezet közötti hőcserét. Ekkor a rendszert ún. adiabatikus fal határolja.. A hőcserét lehetővé tevő rendszerhatár a diatermikus fal.
- g) **termikus hatásfok**

$$\eta_C = \frac{W}{Q_H} = 1 - \frac{T_0}{T}$$

W: a ciklusból kinyert munka

To: az alacsonyabb hőmérsékletű hőtartály

T: a magasabb hőmérsékletű hőtartály

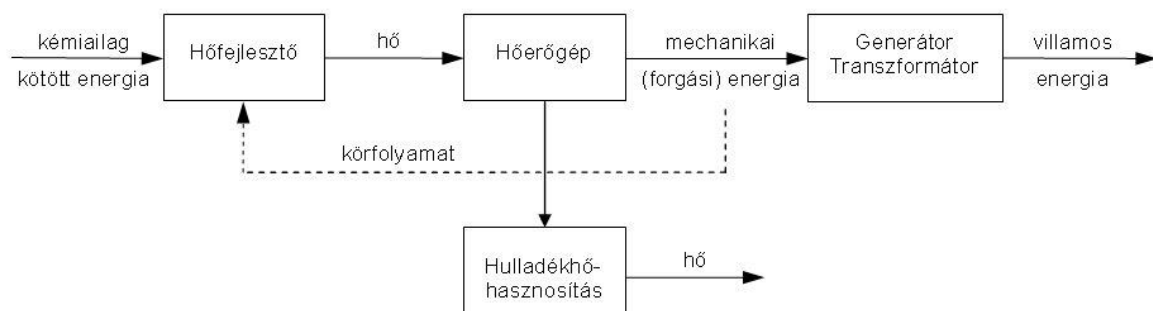
Q_H: hőenergia

- h) **termodinamika I. főtétele:** az energia megmaradásának elvét fejezi ki, a termodinamikai folyamatokban különböző energiaformák szerepelnek, mint pl. mechanikai munka, belső energia, kinetikus energia, stb., speciális esetekben pedig

számításba jön ezeken kívül pl. a kémiai, vagy a nukleáris energia is. ilyenképpen az I. főtétel általános energia-megmaradási törvénynek tekinthető.

- i) **exergia:** Az energiaátalakításnak a II. főtétel által megszabott korlátai a műszaki gyakorlat szempontjából rendkívül fontosak. Éppen ezért mindazokat az energiaformákat, amelyek minden másféle energiaformába átalakíthatók, exergia névvel szokás megkülönböztetni
- j) **nedves gőz:** a gőzfejlesztés folyamata során a közeg akkor jut ebbe az állapotba, amikor a folyadékban megjelennek a gőzbuborékok, a nedves gőz tehát forrásban lévő folyadék és telített gőz keveréke

2. Ábra segítségével mutassa be a **kapcsolt energiatermelés** folyamatát!

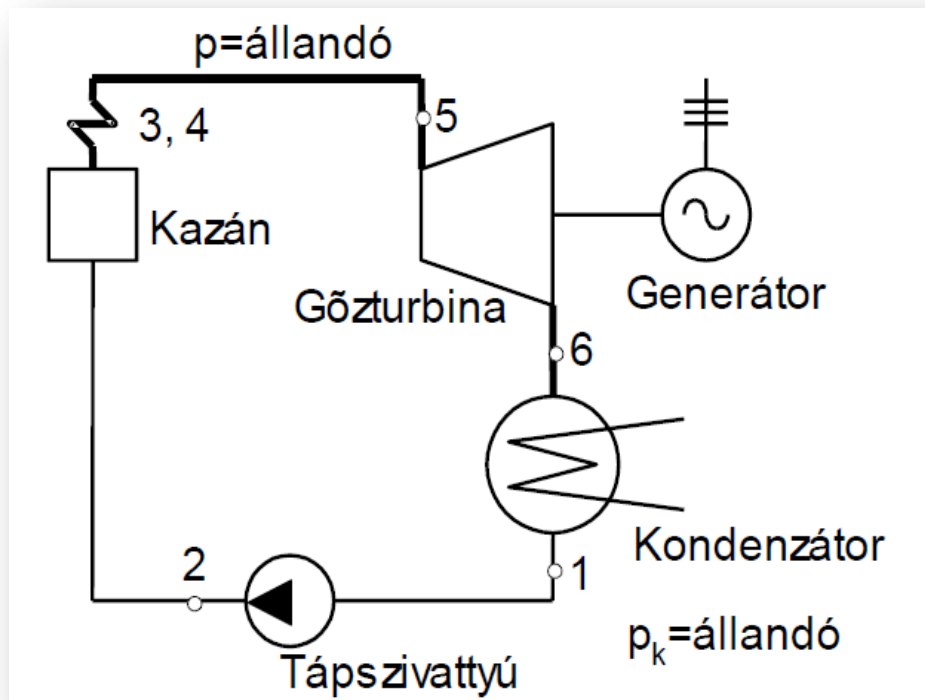


A hőerőgépek körfolyamata végén leadott hőt az egyébként is szükséges fűtésre illetve technológia meleg vízre, gőzre lehet hasznosítani. Ezzel a hő és villamosenergia termelés összes fűtőanyag igényét lehet csökkenteni. Ennek több lehetséges módszere van.

- Kondenzációs gőzturbinák szabályozatlan megcsapolásairól hőcserélőkön keresztül a távfűtés meleg vizét lehet fűteni. A megcsapolásokon kivett gőz hőfoka és nyomása a gőzturbina terhelésével változik, ami független a fűtési hőigénytől, így szükség lehet arra, hogy közvetlenül a kazánról vett frissgőz hozzáadásával szabályozzák a meleg víz hőmérsékletét. A kondenzációs turbina teljesítményét az elektromos energia igénye szabja meg, a hőenergia termelése másodlagos.
- Az ellennyomású gőzturbinákból kilépő forró gőz nem kondenzátorba, hanem a fogyasztóhoz megy. A turbina gőznyelését a kilépő csonk nyomása szerint szabályozzák. A gépegység annyi villamos energiát termel, amennyit a hőigény ellátásához szükséges gőzmennyiség megszab.

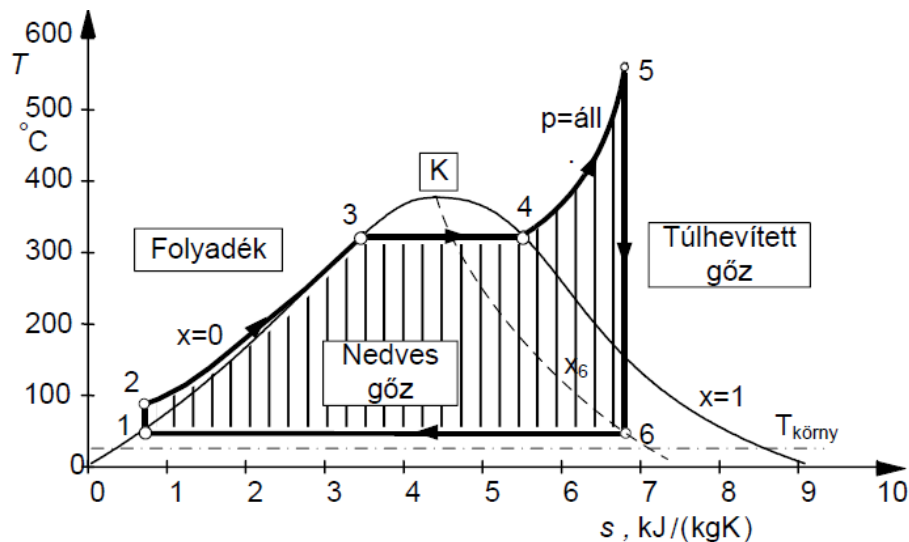
- Elvételes ellennyomású és szabályozott nyomású elvételes kondenzációs gőzturbinák több különböző nyomású és hőmérsékletű gőzigény együttes kielégítésére alkalmasak a termelt villamosenergia szabályozhatóságának rovására.
- Hasonló módon működnek a gázturbinás és belsőégésű motoros (gázmotoros) kapcsolt rendszerek is. Gázmotoros rendszereket kisebb teljesítményigény esetén építenek.

3. Rajzolja le a **Rankine-Clausius körfolyamatot**, valamint írja le az egyes részfolyamatokat és ábrázolja a körfolyamatot T-s diagramon!



A helyettesítő kapcsolás alapján a helyettesítő körfolyamatot a következő egyszerű állapotváltozások sorozatából építhetjük fel:

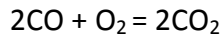
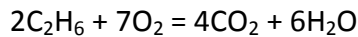
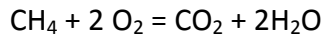
- 1→2: izentropikus nyomásnövelés a tápszivattyúban
- 2→3: a folyadék melegítése állandó nyomáson
- 3→4: elpárologtatás a kazánban állandó nyomáson
- 4→5: túlhevítés állandó nyomáson
- 5→6: a gőz izentropikus expanziója a gőzturbinában
- 6→1: izobár hőelvonás a kondenzátorban



4. Határozza meg az egyes füstgázalkotók fajlagos mennyiségét, valamint a fajlagos füstgázmennyiséget az alábbi összetételű gáznemű tüzelőanyag légfeleslegben történő égése esetén:

$$r_{CO}, r_{CO_2}, r_{CH_4}, r_{C_2H_6}, r_{N_2}!$$

Az égéshez elméletileg szükséges fajlagos oxigénmennyiség meghatározása az égő alkotókra felírt reakcióegyenletek segítségével történik. Ezek az alábbiak:



2 kmol CO égéséhez 1 kmol O_2 szükséges

2. 22,41 m³ CO égéséhez 22,41 O_2 szükséges

1 m³ CO égéséhez 1/2 m³ O_2 szükséges

$r_{CO} \frac{m^3 CO}{m^3 t.ü.a.}$ égéséhez $1/2 r_{CO} \frac{m^3 O_2}{m^3 t.ü.a.}$ szükséges

Hasonló módon felhasználva a másik két reakcióegyenletet is, az égéshez elméletileg szükséges oxigén fajlagos térfogata:

$$V_{O_2,elm}^* = \frac{1}{2} r_{CO} + 2 r_{CH_4} + \frac{7}{2} r_{C_2H_6} - r_{O_2} \quad \left[\frac{m^3 O_2}{m^3 t.ü.a.} \right]$$

Az égéshez elméletileg szükséges levegő fajlagos térfogata:

$$V_{l,elm}^* = \frac{V_{O_2,elm}^*}{0,21} \quad \left[\frac{m^3 levegő}{m^3 t.ü.a.} \right]$$

Az égéshez ténylegesen rendelkezésre álló levegő fajlagos térfogata.

$$V_l^* = \lambda V_{l,elm}^* \quad \left[\frac{m^3 levegő}{m^3 t.ü.a.} \right]$$

A keletkezett füstgáz fajlagos térfogata:

$$V_{CO_2}^* = r_{CO} + r_{CH_4} + r_{CO_2} \quad \left[\frac{m^3 CO_2}{m^3 t.ü.a.} \right]$$

$$V_{H_2O}^* = r_{H_2} + 2 r_{CH_4} \quad \left[\frac{m^3 H_2O}{m^3 t.ü.a.} \right]$$

$$V_{N_2}^* = 0,79V_l^* + r_{N_2} \quad \left[\frac{m^3 N_2}{m^3 \text{ t.ü.a.}}\right]$$

$$V_{O_2}^* = 0,21(\lambda - 1)V_{l,elm}^* \quad \left[\frac{m^3 O_2}{m^3 \text{ t.ü.a.}}\right]$$

$$V_{fg}^* = V_{co_2}^* + V_{H_2O}^* + V_{N_2}^* + V_{O_2}^* \quad \left[\frac{m^3 \text{ füstgáz}}{m^3 \text{ t.ü.a.}}\right]$$