

MISKOLCI EGYETEM
MŰSZAKI ANYAGTUDOMÁNYI KAR
ENERGIA- ÉS MINŐSÉGÜGYI INTÉZET
TÜZELÉSTANI ÉS HŐENERGIA INTÉZETI TANSZÉK

Gázégő üzemének ellenőrzése füstgázösszetétel alapján

Felkészülési tananyag a Tüzeléstan tantárgy 3. számú
laboratóriumi gyakorlatához

A laborgyakorlat helyszíne

A gyakorlat helyszíne a Tüzeléstani Tanszék műhelycsarnokában van, a Telefonközpont épületével szemben, a C/3 épület végén található.



Az eredeti térkép forrása: <http://www.uni-miskolc.hu/terkep>

Tüzelésellenőrzés

A tüzelésellenőrzés során bizonyos mérhető paraméterek alapján értékeljük az égető berendezés üzemét. Ezek a paraméterek a következők lehetnek:

- a láng szemmel látható képe,
- a láng hangja,
- a keletkező hőmennyiség, hőmérséklet,
- a füstgáz összetétele, általában:
 - CO₂,
 - O₂,
 - CO,
 - SO_x és
 - NO_x tartalma.
- stb.

A tüzelésellenőrzés feladata

- Az elégetési technológia ellenőrzése.
- A környezetvédelmi követelményeknek megfelelő tüzelés biztosítása.

A tüzelésellenőrzés során az a célunk, hogy nem szennyező, stabil, biztonságos, jól szabályozható, megfelelően nagy hőteljesítményű és gazdaságosan üzemeltethető égést eredményező üzemeltetési paramétereket állítsunk be.

A tüzelésellenőrzési folyamat tehát a láng és az égési folyamat állandó figyeléséből áll és a rendelkezésre álló adatok alapján annak értékeléséből. Ha az adatok azt mutatják, hogy az égés „jó”, akkor nincs más dolgunk, mint folytatni a figyelést. Ha az adatok azt mutatják, hogy az égés „nem jó”, akkor be kell avatkoznunk, és a bemenő paramétereket (általában tüzelőanyag és égéslevegő mennyisége) be kell állítanunk.

Az energiahordozókból történő legcélszerűbb – az adott technológia igényeit legjobban kielégítő – hőfelszabadítást sok tényező határozza meg. Döntő szerepe van az elégető szerkezetnek és az üzemeltetési módjának, többek között az optimális tüzelőanyag-levegő arány beállításának. Ennek milyenségéről tüzelés ellenőrzésével győződhetünk meg, melyhez a tüzelőanyagból keletkezett füstgáz összetételének ismerete alapvetően szükséges.

A füstgázelemzésnek azért van nagy gyakorlati jelentősége, mert a legtöbb olyan ipari létesítményben, amelyben tüzelőberendezés üzemel, gázelemző műszereket használnak elsősorban tüzelésellenőrzésre. A füstgáz összetételét a tüzelés ellenőrzése mellett azért is mérik, hogy a környezetvédelmi, emissziós határértékekre vonatkozó előírásoknak meg kell felelnie a technológiának.

A füstgáz olyan többkomponensű – általában nem éghető – gázkeverék, amely tartalmazza a tüzelőanyag égéstermékeit (CO₂, SO₂, H₂O) és a tüzelőanyag inert összetevőit (CO₂, N₂ ha vannak), esetleg el nem égett vagy csak részben elégett komponenseket (korom, CO, H₂, H₂S, CH₄ és különböző szénhidrogének), valamint az égéshez bevezetett levegő inert komponensét (N₂) és a fel nem használt oxigént. Ezekon kívül idegen szennyezők pl. por és gőzök is lehetnek a füstgázban a technológiától és az áramlástól függően. A tüzelés ellenőrzése szempontjából döntő jelentősége az égéstermék CO₂-jének, a fel nem használt oxigénnek és az el nem égett komponenseknek van.

A rendelkezésre álló gázelemző típusától függően többféle módszer adott az égési folyamat értékelésére.

Levegőtényező meghatározása a füstgázösszetétel alapján

A tényleges levegőtényező (jele: n , vagy λ) a tüzelés során ténylegesen bevezetett fajlagos, gyakorlati levegőmennyiség ($V_{lev,gyak}$) és az elméleti fajlagos levegőmennyiség ($V_{lev,elm}$) viszonya.

$$n = \frac{V_{lev,gyak}}{V_{lev,elm}}$$

A füstgázban található nagy mennyiségű CO jelenléte általában levegőszegény, tökéletlen égésre utal, míg a nagy mennyiségű szabad O₂ túl nagy légfeszültség-tényezőre. A gázelemzés során a kapott füstgáz-összetétel adatokból az alábbi képlet alapján lehet a tényleges levegőtényezőt kiszámítani:

$$n = \frac{N_{2e}'}{N_{2e}' - \frac{79}{21} \left(O_{2e}' - \frac{CO_e'}{2} \right)}$$

A meghatározás alapja: az égési levegővel az égéstérbe bevitt N₂ és az elméleti levegővel arányos nitrogén viszonya.

A képletben:

- N_{2_e}' – az elemzett füstgáz nitrogéntartalma, (V/V)%

$$N_{2_e}' = 100 - (\text{CO}_{2_e}' + \text{O}_{2_e}' + \text{CO}'_e), \text{ (V/V)\%}$$

- CO_{2_e}' , O_{2_e}' , CO'_e az égéstermék füstgázelemzővel mért komponensei (V/V)%-ban

A nagy N_2 -tartalmú fűtőgázok esetén a képletben figyelembe kellene venni a tüzelőanyaggal bevitt nitrogént is. A gyakorlaton vezetékes földgázt használunk, a nitrogéntartalmát elhanyagolhatóan kicsinek vesszük.

Következtetések levonása:

- ha $n < 1$ nem lehet tökéletes az égés eleve, beavatkozás szükséges, több levegőt kell biztosítani az égéshez.
- ha $n > 1$ és a füstgázban mégis van CO, kicsi a légfelesleg \rightarrow növelni kell
- ha a füstgázelemzés tökéletlen égésre utaló komponenseket (CO, CH₄, ...) nem jelez, de $n \gg 1 \rightarrow$ célszerű n-t csökkenteni

Egyes esetekben a levegőtényező nagymértékű növelésére sem csökken a CO mennyisége a füstgázban. Ilyenkor a tüzelőanyag és az égéslevegő keveredési problémáira lehet gyanakodni.

Az ellenőrzés végrehajtásának lépései összefoglalva:

1. füstgáz mintavétel \rightarrow elemzés $\rightarrow \text{CO}_2'$, CO' , O_2'
2. N_2' kiszámítása
3. tényleges levegőtényező számítása
4. a szükséges következtetések levonása

Tüzelésellenőrzés szén-dioxid-maximum alapján

A füstgázban lévő CO_2 koncentrációja elméletileg maximális sztöchiometrikus tüzelés esetében. A füstgázban mért CO_2 koncentráció értékéből tehát következtetni tudunk arra, hogy a tüzelési folyamat mennyire tér el a sztöchiometrikustól. A módszer alapelve tehát az, hogy a füstgázban elemzéssel mért CO_2' -t összehasonlítjuk az elméleti számított maximális értékkel és az eltérés mértékéből következtetünk a szükséges beavatkozásra.

Maximális CO_2 akkor lehet a füstgázban, ha tökéletes az égés, a levegőtényező értéke az elméleti levegőmennyiségnek felel meg ($n=1,0$) és a vonatkoztatási alap a száraz elméleti füstgáztérfogat.

A $CO_{2\max}$ kiszámításának képlete így a következőképpen írható fel gáztüzelés esetén:

$$CO_{2\max}' = \frac{V_{CO_2}'}{V_{\text{fsg száraz}}(n=1)} \cdot 100, (V/V)\%$$

ahol V_{CO_2}' és $V_{\text{fsg száraz}}$ az égésméleti számításokból $n=1$ -nél adódó értékek m^3/m^3 -ben.

Ezek gáztüzelésnél:

$$V_{CO_2}' = \frac{CO_2 + CO + CH_4 + 2C_2H_6 + \dots}{100}, (V/V)\%$$

$$V_{\text{fsg száraz}}(n=1) = V_{CO_2}' + \frac{N_2}{100} + \frac{79}{21} V_{O_2 \text{ elm}}, m^3/m^3$$

$$V_{O_2 \text{ elm}} = \frac{0,5CO + 0,5H_2 + 2CH_4 + 3,5C_2H_6 + \dots}{100}, m^3/m^3$$

ahol: $N_2, CO, H_2, CO_2, CO, CH_4, C_2H_6 \dots$ a tüzelőanyag komponensei (V/V)%-ban

Azért száraz füstgáztérfogattal számolunk, mert a gázelemzők a gyakorlatban száraz minta elemzésére alkalmasak. A füstgázelemző készülékek mintaelőkészítő egysége el van látva egy szilárd szennyezőanyag filterrel és egy nedvességeltávolító egységgel is.

Következtetések levonása:

- ha a méréskor sok szabad O_2' és kevés CO_2' van a füstgázban, túlzottan nagy az égéslevegő bevitel, csökkenteni kell az égéslevegő térfogatáramát
- ha a füstgázban nincs szabad O_2' , a CO_2' pedig kisebb a számítottnál és a füstgázban CO' is van \rightarrow levegőhiány van \rightarrow növelni kell az égéslevegő mennyiségét
- ha a füstgázban van szabad O_2' és CO' , a CO_2' pedig kevesebb a számítottnál \rightarrow rossz a keveredés az égőben \rightarrow jobb égő \rightarrow égőbeszabályozás
- ha a füstgáz CO_2' tartalma kevéssel kisebb a számított $CO_{2\max}$ -nál, kevés szabad O_2' van a füstgázban, de nincs tökéletlen égéstermék, úgy a tüzelésbeállítás jó.

Beugró ZH ellenőrző kérdés:

Mi a füstgáz és milyen komponenseket tartalmaz? Mi a levegőtényező? Milyen következtetést vonhatunk le abból, ha CO van a füstgázban?

A következő oldalon található jegyzőkönyvet célszerű a gyakorlatra kinyomtatva elhozni.

Gázégő üzemének ellenőrzése füstgázösszetétel alapján

Jegyzőkönyv

Név: Tankör: Neptun kód:

--	--	--	--	--	--

Vizsgált tüzelőberendezés / égő típusa:

Gázelemző típusa:

1. égőbeállítás

Gázkomponens neve					
Komponens mennyisége					

Tényleges levegőtényező:

Következtetések:

2. égőbeállítás

Gázkomponens neve					
Komponens mennyisége					

Tényleges levegőtényező:

Következtetések:

3. égőbeállítás

Gázkomponens neve					
Komponens mennyisége					

Tényleges levegőtényező:

Következtetések:

Feladat: Számítsa ki a füstgázösszetételből a levegőtényezőt! Számítsa ki a CO_2_{max} -ot, ha a földgáz összetétele: $CH_4 = 95 \text{ tf\%}$, $C_2H_6 = 2 \text{ tf\%}$, $CO_2 = 2 \text{ tf\%}$, $N_2 = 1 \text{ tf\%}$! Vonja le a következtetéseket!