

GÁZTÜZELÉS

1. Bevezetés

A szénhidrogének felhasználási módjai közül kiemelkedően fontosak a legtöbbször által a mindennapokban közvetlenül is igénybe vett közlekedési és fűtési célú alkalmazások. A magyar háztartások jelentős része használ gáz halmazállapotú szénhidrogént fűtési céljai kielégítésére (földgáz, PB), ill. a családok jelentős része rendelkezik saját gépjárművel, melynek meghajtásához cseppfolyós szénhidrogén elegyeket vesz igénybe (benzin, gázolaj). A folyékony energiahordozók jelen laborgyakorlatnak nem tárgyai, ezért a továbbiakban ezekkel itt nem foglalkozunk.

Átlagos környezeti körülmények között ugyanakkor a folyadék halmazállapotú szénhidrogének tárolása, mozgatása, felhasználása jóval egyszerűbb (és ezért olcsóbb), mint a gáz halmazállapotúaké. A normál állapotban gáz halmazállapotú szénhidrogének egy részét ezért az előállítás (szeparáció) helyén (finomító) igyekeznek cseppfolyós állapotba hozni, csökkentve ezzel a logisztikai nehézségeket, költségeket. Közvetlenül a felhasználás (tüzelés) előtt azonban a tárolási nyomás csökkentése révén ezeket ismét gáz halmazállapotba hozzák, segítve ezzel a hatékony tüzelést. A propán, ill. a bután izomerek tartoznak ebbe a csoportba. Megjegyzendő, hogy tüzelési célra elsősorban és döntően telített szénhidrogéneket használunk, aminek számos oka van. A legfontosabb, hogy a telítetlen molekulák (propilén, butilén) vegyipari felhasználása jelentősen magasabb profitot termel (márpedig a gazdasági szereplők célja a maximális profit elérése). A korszerű finomítók ezért a 3-4 szénatomszámú olefineket igyekeznek maximálisan elválasztani a telített molekuláktól.

A PB tüzelés olyan esetekben gazdaságos, ahol egyedileg jelenik meg a fűtési igény (pl. tanyák, kieső helyen lévő üdülők, lakóházak), ezért a vezetékes földgáz vezetékszerének kiépítése nem gazdaságos. Sokfelé láthatunk az országban kertekbe telepített 1-2 m³ tároló kapacitású PB tartályokat. A PB palackok pedig hasonló indokoltsággal érhetőek el a kereskedelemben sütési-főzési célra.

A gáz halmazállapotú szénhidrogének másik csoportját képezik a metán és az etán, melyek cseppfolyósítása csak jelentősen magasabb nyomáson lehetséges, ami a köznapi felhasználást a mai körülmények között versenyképtelenné teszi (ugyanakkor pl. tengeri szállítás során a földgázt is cseppfolyósítva szállítják). A gázmezőkön kitermelt földgázból cseppfolyósítással kinyerik a magasabb szénatom számú, értékesebb komponenseket (az így kinyert elegyet kondenzátumnak nevezzük), ezért a vezetékes gáz igen magas arányban, szinte kizárólag metánt tartalmaz.

A nemzeti csővezetéki hálózatban elérhető gáz tehát koncentráltan metánt tartalmazó gázkeverék, amibe a finomítók kevert gázát nem lehet belekeverni. A kőolaj finomítói feldolgozása során is keletkezik ugyanis C₁₋₂ frakció, de ez a fentiek miatt helyben kerül felhasználásra. Finomítóban használt kifejezéssel ezt a gázt fűtőgáznak nevezzük.

Tekintettel arra, hogy sem gazdasági, sem környezetvédelmi szempontból nem elfogadható a kőolaj feldolgozás során keletkező szénhidrogén gázok környezetbe engedése, ezért a finomítók saját energiaigényük részbeni fedezésére használják a fűtőgázt. A különböző konverziós és desztillációs eljárások során keletkező és összegyűjtött metán-etán elegy közel olyan mennyiségben termelődik, hogy csak kisebb mértékű pótlásra van szükség külső

forrásból. A finomító energiahordozó ellátása tehát ellátásbiztonsági, ill. rendszerszabályozási okokból egészül ki vásárolt földgázzal.

A finomítóban a fűtőgáz energiatartalmának hőenergiává történő átalakítása jellemzően csökemencékben történik, melyekben akár több tucat égő is helyet foglalhat. Egy nagyobb kapacitású kemence akár egy családi ház éves gázfogyasztásának megfelelő mennyiségű gázt is eltüzelhet egy óra alatt.

A tüzeléstechnikai szempontok hasonlóak egy ipari kemence és egy lakossági kazán esetében: minél magasabb hatásfokkal üzemeltetni a berendezést (modern égőfej kialakítás), minél kisebb hővesztéssel (szigetelés), minél kisebb karbantartási költség mellett (megbízható, robusztus kivitel).

2. A gyakorlat célja

Gáztüzelésű háztartási kombinált fűtő-melegvizet szolgáltató berendezés tüzeléstechnikai jellemzőinek vizsgálata:

- A tüzelőberendezés energetikai szempontú vizsgálata
- A tüzelőberendezés környezeti szempontú vizsgálata

A korszerű háztartási gáz-tüzelőberendezések jelentős része a fűtési energia-szolgáltatás mellett biztosítja a lakás használati-melegvízzel történő ellátását is.

A fosszilis energia-hordozók közül gazdasági és főleg környezetvédelmi szempontból legelőnyösebben a háztartások a földgázt tudják felhasználni (egyres tüzelőberendezések a beállítások módosításával PB-gáz tüzelésére is alkalmassá tehető). A földgáz csővezetékén történő szállítása kényelmessé és biztonságossá teszi az energia-hordozó ellátást, egyszerű a berendezések szabályozása és akár a távvezérlés is megoldható (pl. telefonvonal segítségével).

A tüzelőanyag kémiai energiája irányítottan hőenergiává alakítható a tüzelőberendezésekben, ahol a gáz eltüzelése jó hatásfokkal biztosítja a hőtermelést. A gáztüzelés a környezetet kevésbé terhelő összetételű füstgáz kibocsátását teszi lehetővé a földgáz magas hidrogén/szén arányának köszönhetően, amely így fajlagosan alacsonyabb üvegházhatású CO_2 kibocsátást eredményez az egyéb fosszilis tüzelőanyagokhoz képest. A tüzelőberendezések megfelelő égéstér és égő konstrukciója esetén a füstgáz NO_x , CO és korom tartalma igen alacsony, ez kedvezően hat a környezeti levegő minőségére.

Az 1. ábra mutatja be a háztartásokban legelterjedtebb, használati melegvíz és a fűtési hőenergia előállítására szolgáló berendezések működési elvét.

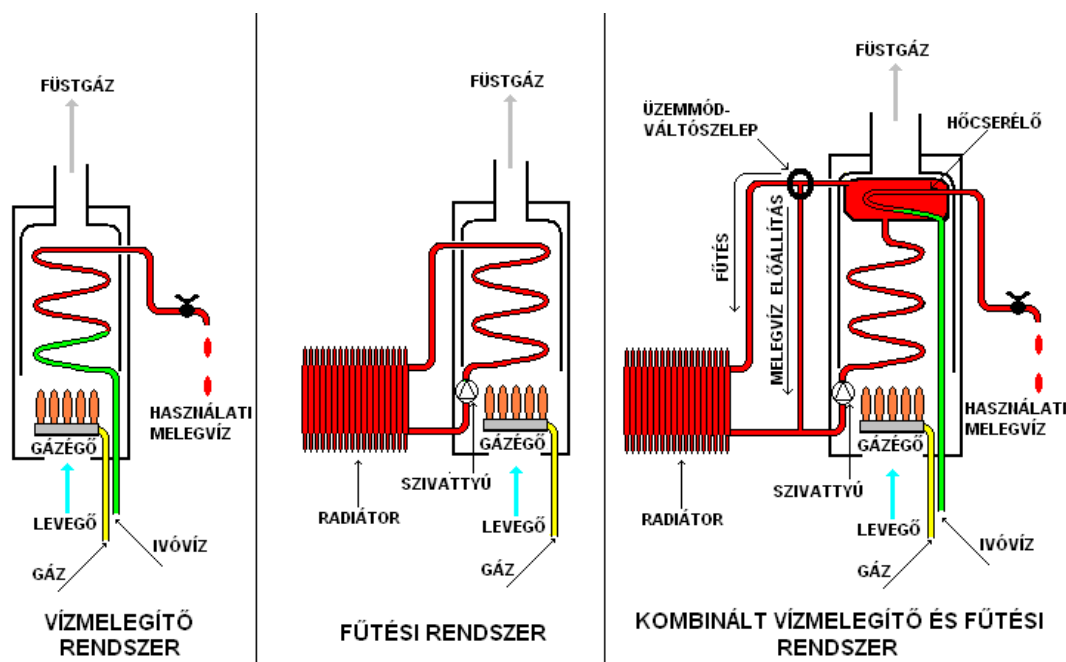
A fűtési célú tüzelőberendezések az esetek nagy többségében vizet alkalmaznak hőhordozó közegként, melynek kedvező tulajdonságai:

- nem tűzveszélyes,
- nagy a fajlagos hőkapacitása,
- olcsó.

(Fagyveszélyes üzemeltetési viszonyok közt ásványolaj-származékot is alkalmazhatnak.)

A hagyományos tüzelőberendezések mellett fokozatosan tért hódítanak a kondenzációs elven működő berendezések is, amelyek több mint 20%-al magasabb hatásfok elérését biztosítják a hagyományos berendezésekhez képest (kihasználva a füstgáz vízgőztartalmának kondenzációs hőjét) gyors elterjedésüknek a viszonylag magas készülék ár szab határt. 2015.

őszétől az EU irányelveknek megfelelően már csak kondenzációs elvű készülékek hozhatók forgalomba az Európai Unió országaiban.

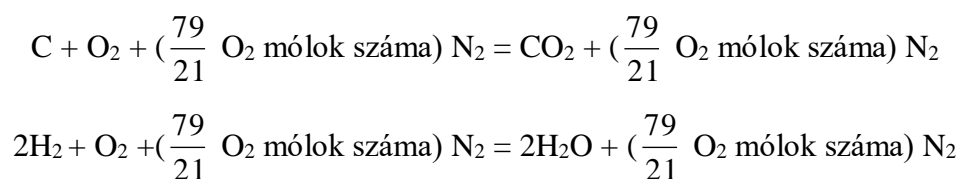


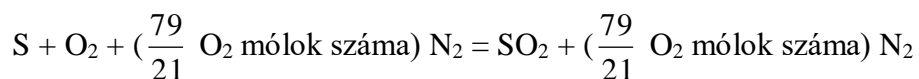
1. ábra: Háztartási melegvíz és fűtési-hőenergia előállító berendezések elvi felépítése

A gyakorlat során vizsgáljuk a tüzelőberendezés fűtési és használati melegvíz-előállító rendszerének hatásfokát, valamint a kibocsátott égéstermék összetételét, és ennek alapján meghatározzuk a légfelesleget és a füstgáz-veszteséget.

3. Tüzeléstechnikai alapok

A fosszilis tüzelőanyagok általában nagyszámú különböző szén-hidrogén (esetenként kéntartalmú) vegyületből épülnek fel. Az ásványi-szénhez és a tüzelőolajhoz viszonyítva viszonylag kevés szén-hidrogén vegyületből áll a nyers földgáz, mely rendszerint mintegy 90% metán mellett csökkenő mennyiségben magasabb szénatom számú homológokat (etán, propán, bután, pentán) és inert gázt (N_2 és/vagy CO_2) esetleg H_2S -t vagy egyéb kéntartalmú vegyületet tartalmaz. A földgáz égése során annak szén(C), hidrogén(H) és kén(S) tartalma egyesül a levegő oxigénjével és elsősorban gáz halmazállapotú égéstermékek (vízgőz, szén-dioxid, szén-monoxid, kén-dioxid) keletkeznek. A tüzeléstechnikai folyamatokat a gyakorlat számára rendszerint az alábbi égési alapreakciókkal közelítik:





Az egyszerűsítésre azért van szükség, mert legtöbbször nem ismerjük a tüzelőanyag pontos kémiai összetételét; ill. azért lehetséges a tüzelőanyag égését elemi égési reakciókkal helyettesíteni, mert a fosszilis tüzelőanyagok képződéshője lényegesen elmarad az égéshőjüktől.

A gyakorlati tüzeléstechnika szinte minden esetben levegőt használ égés-tápláló közegként, oxigént csak különleges technológiai körülmények között alkalmaznak! (Ilyen például a lánghegesztés, amelynél a nagy reakciósebesség (rövid idő alatt sok hő keletkezzen) illetve biztosítani kívánt magas lánghőmérséklet indokolja az oxigén használatát.)

A tüzelőanyag energiatartalmának jó hatásfokú hasznosítása csak megfelelő tüzelőberendezések segítségével valósítható meg, amely biztosítja a tüzelőanyag és az égési levegő megfelelő keveredését, a szükség szerinti szabályozást és a tüzelőanyag lehetőség szerinti minél tökéletesebb égését. Elő kell segíteni a tüzelőberendezés megfelelő kialakításával a hőhordozó felé történő minél jobb hőátadást.

Rendszerint zárt égésterű berendezéseket alkalmaznak, mert így a tüzelőberendezésnél fellépő sugárzási veszteséget jelentősen (kb. 2%-ra) lehet csökkenteni.

A nem megfelelően irányított tüzelési folyamat olyan nem kívánt termékek keletkezéséhez vezet, amelyek részben energetikai veszteséget okoznak, vagy káros hatást fejtenek ki a környezetünkre, így keletkezhet:

- korom: karcinogén,
- szénmonoxid: mérgező,
- nitrogén-oxidok: a talaj-közeli ózon koncentrációt növeli (mérgezés),
- szénhidrogének: üvegházhatás.

A nem kívánt mellékreakciók elkerülése érdekében a tüzelőberendezésbe a tüzelőanyag elégetéshez elméletileg szükséges levegőmennyiségnél több levegőt (légfelesleget) juttatunk be, és szabályozzuk a tüztér hőmérsékletét.

A légfelesleget csak a kívánt környezeti paraméterek eléréséig célszerű növelni, a túlságosan nagy légfelesleg energetikai veszteséget okoz.

4. Tüzeléstechnikai számítások

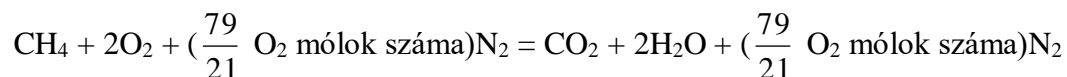
A gáztüzelő-berendezésekkel kapcsolatos tüzeléstechnikai számítások során célszerű egyszerűsítésekkel élni, mivel a földgáz gyújtófogalom lényegében csak a gáz eredetére utal, és nem határozza meg egyértelműen a gáz összetételét, amely a metán mellett jelentős mennyiségben különböző komponenseket tartalmazhat, így metán homológokat (etánt, propánt, butánt, pentánt) valamint nitrogént, széndioxidot, kénhidrogént, ezért az energetikai számítások során rendszerint egyszerűsített gázmodell-eleggyel számolunk.

A hazai gázvezeték rendszerben szállított gázt praktikusán tiszta metánnak tekinthetjük. A földgáztüzelésnél a tüzelőanyag kéntartalmát elhanyagolhatjuk. A tüzeléseknél a legfontosabb technológiai jellemzőket a következő pontokban foglaljuk össze.

4.1. Elméleti levegőmennyiség (L_0)

A tüzelőanyag elemi összetételének vagy a tüzelőanyagot alkotó szénhidrogén(CH) vegyület(ek) és mennyiségük ismeretében számítható az elméleti levegő igény:

$L_0(\text{Nm}^3/\text{Nm}^3)$ = a tüzelőanyag egységnyi mennyiségének tökéletes elégetéséhez szükséges levegőmennyiség a tüzelőanyag C, H és S tartalmának égése mellett. Földgáz (100 % metán) esetén:



4.2. Elméleti száraz füstgáz (V_0^{sz})

Az elméleti száraz füstgáz csak szén és kéndioxidot tartalmaz a nitrogénen kívül, míg a nedves füstgáz vízgőzt is. Az elméleti füstgáz mennyiségét a tüzelőanyag egységnyi mennyiségére számítjuk (m^3 , kg).

A földgáz összetételének ismeretében számítjuk egy köbméterének, vagy egy kilogramm tömegének elégetésekor keletkező füstgáz mennyiséget.

$$V_0^{\text{sz}} = \text{CO}_2 + \text{SO}_2 + N_2 \left[\frac{\text{Nm}^3}{\text{Nm}^3} \right]$$

Amennyiben a földgáz nem tartalmaz kén-vegyületeket és 100%-ban metánnak tekintjük:

$$V_0^{\text{sz}} = \text{CO}_2 + N_2 \left[\frac{\text{Nm}^3}{\text{Nm}^3} \right]$$

4.3. Elméleti nedves füstgáz (V_0^{n})

Az elméleti nedves füstgáz a széndioxidon, kéndioxidon és nitrogénen kívül vízgőzt is tartalmaz.

$$V_0^{\text{n}} = \text{CO}_2 + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} + N_2 \left[\frac{\text{Nm}^3}{\text{Nm}^3} \right]$$

Amennyiben a földgáz nem tartalmaz kén-vegyületeket és 100%-ban metánnak tekintjük:

$$V_0^{\text{sz}} = \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + N_2 \left[\frac{\text{Nm}^3}{\text{Nm}^3} \right]$$

4.4. Légfeleslegtényező (n)

A ténylegesen felhasznált levegő (L) és az elméleti levegőmennyiség (L_0) hányadosa.

A légfeleslegtényezőt a füstgáz oxigén és széndioxid koncentrációjának ismeretében egyaránt kiszámíthatjuk, mivel a mérésünknel a füstgáz oxigéntartalmát határozzuk meg, ezért az O_2 koncentráció alapján határozzuk meg a légfeleslegtényezőt.

$$n = \frac{L}{L_0} \left[\frac{m^3 / m^3}{m^3 / m^3} \right] \quad \text{amely elhanyagolásokkal:}$$

$$n = \frac{21}{21 - O_{2\text{mért}}} \quad \text{vagy pontosabban:}$$

$$n = 1 + \left[\frac{V_0^{sz}}{L_0} \cdot \frac{O_{2\text{mért}}}{21 - O_{2\text{mért}}} \right] \quad \text{összefüggés alapján számolható.}$$

4.5. Ténylegesen képződő (reális) füstgázmennyiség (V_{sz} , V_n)

Mivel a tüzelőberendezések energetikai és környezetvédelmi okokból légfészesleg alkalmazásával égetik el a tüzelőanyagot, ezért a gyakorlatban keletkező füstgáz mennyisége meghaladja az elméleti füstgáz mennyiséget, amely a tüzelőberendezés és a füstgáz elvezetőrendszer méretezésénél fontos tényező.

Ténylegesen keletkező száraz füstgázmennyiség:

$$V^{sz} = V_0^{sz} + L_0(n-1) \left[\frac{Nm^3}{Nm^3} \right]$$

Ténylegesen keletkező nedves-füstgázmennyiség:

$$V^n = V_0^n + L_0(n-1) \left[\frac{Nm^3}{Nm^3} \right]$$

4.6. Kazánhatásfok (termikus hatásfok) (η)

Közvetlen hatásfok meghatározás:

A tüzelőberendezés (kazán) egyik legfontosabb jellemzője a hatásfoka, ez jelentősen befolyásolja az előállított fűtési-hő illetve használati-melegvíz árát. A kazánhatásfok a hőhordozó (melegvíz) hőtartalmának és a tüzelés során felszabadult összes hőmennyiségek az arányát fejezi ki.

$$\eta[\%] = \frac{G \cdot c_v \cdot (t_2 - t_1)}{Fé \cdot V_g} 100$$

ahol: G - a kazánba belépő víz térfogatárama $\left[\frac{m^3}{h} \right]$
 t_2 és t_1 - a kazánból ki illetve abba belépő víz hőmérséklete $[^\circ C]$
 c_v - a víz térfogati-fajhője $4186,8 \left[\frac{kJ}{m^3 \cdot ^\circ C} \right]$
 $Fé$ - a gáz fűtőértéke $\left[\frac{kJ}{Nm^3} \right]$
 V_g a gáz térfogata $[Nm^3 / h]$

A tüzelési-kazán rendszer **hatásfoka** **közvetett** úton is számítható, a maximális hatásfokértékből (100%) levonva a veszteségi teljesítmény értékeket.

$$\text{Így: } \eta = 100 - (Q_f + Q_{CO} + Q_s)$$

ahol Q_f - füstgázveszteség (kJ/Nm³)

Q_{CO} - a tökéletlen égésből adódó veszteség (kJ/Nm³)

Q_s - sugárzási veszteség (kJ/Nm³)

Mivel a mérés során a sugárzási veszteségi tényező meghatározására nincs módunk, ezért a közvetett hatásfok meghatározási módszert nem alkalmazzuk.)

4.7. Füstgáz veszteség (Q_f)

A hagyományos (nem kondenzációs) elven működő tüzelőberendezések füstgázának hőmérséklete rendszerint 140-180°C közötti tartományra tehető (a füstgázokat rendszerint nem hűtik ennél alacsonyabb hőmérsékletre, a vízgőz kondenzációjának elkerülése érdekében, hogy a tüzelőberendezés illetve a kémény korrózióját elkerüljék. A kazánból (tüzelőberendezésből) kilépő füstgázok hőmérséklete ezért viszonylag magas, figyelembe véve a füstgáz mennyiségét is ez a hőveszteség a legjelentősebb a fellépő veszteségek közül.

$$Q_f = \frac{V^n \cdot c_f \cdot (t_f - t_{lev})}{Fé} \cdot 100\% \quad [\%]$$

ahol: c_f - a füstgázalkotók közepes fajhője 1,35 $\left[\frac{kJ}{m^3 \cdot ^\circ C} \right]$

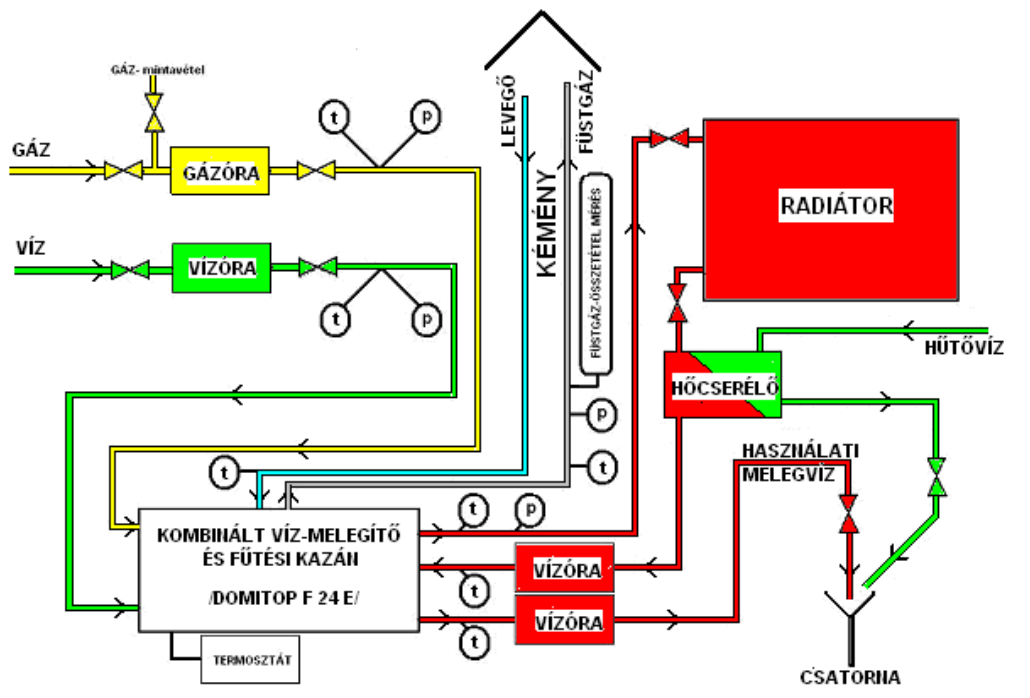
t_f - a kilépő füstgáz hőmérséklete $[^\circ C]$

t_{lev} - a belépő levegő hőmérséklete $[^\circ C]$

$Fé$ - a tüzelőanyag fűtőértéke $\left[\frac{kJ}{Nm^3} \right]$

5. A mérés menete:

A mérésnél alkalmazott berendezés elvi vázlatát a 2. ábrán látható:



2. ábra: A tüzeléstechnika mérésen alkalmazott berendezés elvi vázlatát

A tüzelőberendezés üzembe helyezése:

A mérésen a FERROLI Domitop F 24 E gáztüzelő berendezés üzemi jellemzőit vizsgáljuk (névleges teljesítménye: 24 kW). Ez egy hagyományos nem kondenzációs elven működő zárt égésterű, ionizációs lángörzésű, elektronikus gyújtású fali kazán, amelynek füstgáza kényszer-áramlással (füstgáz-ventilátor) jut a kéménybe, és ugyanezen kéményből koaxiális elrendezésű csővezetékén keresztül jut az égési levegő az égéstérbe.

A mérés során először a fűtési rendszer energetikai és környezeti (füstgáz) jellemzőit mérjük, illetve a mért adatokból technológiai jellemzőket számítunk.

A berendezés üzemeltetésének menete:

1. A vízcsap és a gázcsap nyitása után ellenőrizzük a tüzelőberendezés víztéri nyomását.
2. A tüzelőberendezés főkapcsolóját ON(BE) állásba kapcsoljuk.
3. Ellenőrizzük a mérésvezető által megadott fűtési és használati melegvíz hőmérséklet beállítását.

4. A fűtési rendszer hűtőjén megindítjuk a hűtővíz áramot.
5. A helyiség-termosztátot a mérésvezető által megadott értékre állítjuk, a munkanaplóban rögzítjük a beállított értéket.
6. A munkanaplóban feljegyezzük az indulási időpontot, a gázóra állását, valamint a hőmérsékleti mérőpontok (kazántérbe be és abból kilépő víz hőmérséklete) és a vízóra állását. A jellemzők leolvasását 5 percenként megismételjük.
7. A kísérletet mindaddig folytatjuk, amíg a fűtési körön a vízhőmérséklet értékek nem állandósulnak.
8. Az egyensúly beállta után elvégezzük a belépő égési levegő és a kilépő füstgáz hőmérsékletének jellemző összetevőinek (O_2 , CO , NO_x) mérését a TESTO 330 típusú füstgáz elemzővel.
9. A mérés befejezése után a fűtési rendszert visszahűtjük, a kazánt kikapcsoljuk, zárjuk a víz és gázvezeték csatlakozásokat.
10. A mérések során a víz és füstgáz hőmérséklet valamint a füstgáz összetétel adatokat számítógépes adat-gyűjtő rendszerrel gyűjtjük, így lehetőség van az adatok mérés utáni ellenőrzésére.

A tüzeléstechnikai mérés fontosabb fogalmainak meghatározásával és magyarázatával kapcsolatos kérdések és válaszok:

1. Melyek a gáztüzelés előnyei?
 2. Melyek a földgáz fontosabb tüzeléstechnikai jellemzői?
 3. Milyen jelentős hatásfok eltérést okozó tüzelési módokon üzemelhetnek a gáz-tüzelőberendezések?
 4. Milyen összetevőkből áll a füstgáz?
 5. Milyen elven működik a mérésnél alkalmazott füstgáz elemző berendezés?
 6. A füstgáz koromtartalmának meghatározása.
 7. A légfeleslegtényező fogalma és meghatározásának módja?
 8. Mi a közvetlenhatásfok meghatározásának elve?
 9. Az égéshő fogalma.
 10. A fűtőérték fogalma.
 11. Milyen tüzelési körülmények között keletkezik jelentős mennyiségű CO és korom?
 12. Milyen tüzelési körülmények között keletkezik jelentős mennyiségű NO_x ?
 13. Milyen összefüggés van a légfelesleg és a füstgázveszteség között?
-
1. A gáztüzelés magas hatásfokkal és fajlagosan kis környezeti terheléssel üzemeltethető fűtési módszer.
 2. A földgáz fontos tüzeléstechnikai jellemzője a fűtőértéke, égési sebessége, valamint a biztonság szempontjából lényeges az alsó és felső robbanási határ-koncentráció.
 3. A gáz-tüzelőberendezések hagyományos vagy kondenzációs elven működhetnek a kondenzációs tüzelés 20-30%-os hatásfokjavulást eredményez, azonban speciális (drágább) berendezés szükséges ehhez a tüzelési módhoz.

4. A füstgáz az elégetett tüzelőanyag tökéletes és tökéletlen égése során keletkezett termékekből és a kiindulási anyagokból áll.
 - a. gáz: O_2 , N_2 , CH_4 (esetleg egyéb szénhidrogének), CO , CO_2 , H_2O , SO_2 , NO_x .
 - b. folyadék: nyílt és zárt szénláncú szénhidrogének, víz.
 - c. szilárd: pernye és korom.
5. A füstgáz elemzésére használt berendezés elektrokémiai elven méri az egyes komponensek koncentrációját.
6. A füstgáz koromtartalmát a Bacharach koromkép-ellenőrző műszerrel határozzuk meg, adott az előírás szerinti füstgáz mennyiséget szivattyúzunk át a szűrőpapír rétegen, és a korom okozta elszíneződést összehasonlítjuk a koromkép-skálával.
7. A légfelesleg-tényező a ténylegesen felhasznált és az elméletileg szükséges levegőmennyiség aránya. Meghatározása a füstgáz oxigén-tartalmának mérése alapján történik.
8. A tüzelőberendezés közvetlen-hatásfokának meghatározása a hasznosított hő (fűtési illetve használati melegvíz által felvett hőmennyiség) valamint a felhasznált fűtőanyag elégetésével azonos időtartam alatt bevitt hőmennyiség meghatározásával történik.
9. Az égéshő (kJ/kg vagy kJ/m^3) az a hőmennyiség, amely a tüzelőanyag tömegegységének vagy térfogategységének tökéletes elégetésekor szabadul fel.
 - A tüzelőanyag és a levegő hőmérséklete az égetés előtt és az égéstermék hőmérséklete az elégetés után egyaránt $20^\circ C$,
 - A tüzelőanyag és a levegő eredeti nedvességtartalma és a hidrogéntartalom elégetéséből keletkező víz a tüzelőanyag elégetése után $20^\circ C$ -on cseppfolyós halmazállapotban van jelen,
 - Az égés során a tüzelőanyag szén és kéntartalma CO_2 -vé és SO_2 -vé alakul át.
10. A fűtőérték (kJ/kg vagy kJ/m^3) az égéshő meghatározásától annyiban tér el, hogy az égési reakcióban keletkezett víz és a tüzelőanyag nedvességtartalma $20^\circ C$ -os gőz halmazállapotban van jelen.
11. Jelentős mennyiségű CO és korom kis légfeleslegnél illetve léghiányos égésnél keletkezik.
12. Jelentős mennyiségű NO_x magas tüztér hőmérsékleten keletkezik $1200^\circ C$ felett.
13. A légfelesleg növelésével a füstgázveszteség nő.

A mérési jegyzőkönyvben beadandó:

1. A mérés rövid elméleti összefoglalása.
2. A mérési adatok táblázata.
3. A mérésnél alkalmazott berendezés vázlata.
4. Számítások, követhető leírása, az eredmények táblázatos összefoglalása.

Számítandók: L_o , V_o^{sz} , V_o^n , n , V^{sz} , V^n , η , Q_f

MUNKANAPLÓ

Dátum:		Mérés helye: F-épület, II- lh. 2.emelet 5. laboratórium Mérést végezte:									
Fűtési kör mérése											
Idő		Gázóra állás [m ³]	Gáznyomás [mbar]	Égési levegő hőmérséklete [°C]	Füstgáz hőmérséklete [°C]	Füstgáz összetétel			Vízóra állás [m ³]	Víz hőmérséklet	
[óra]	[perc]					O ₂ [%]	CO [ppm]	NO _x [ppm]		kazánba belépő [°C]	kazánból kilépő [°C]
Légnyomás [mbar]:						Gáz hőmérséklet [°C]:					
Termikus hatásfok (η , %):						n= λ :					