

ANALIZA DIMNIH PLINOV NA MALIH KURILNIH NAPRAVAH – KAJ MORAMO VEDETI

V seriji člankov o analizi dimnih plinov, bomo govorili o osnovah, ki jih moramo pri tem delu poznati, o medsebojnih relacijah posameznih izmerjenih parametrov in o vrednotenju izmerjenih vrednosti.

S pomočjo analize dimnih plinov dosežemo, pri zagonu ali vzdrževalnih delih na kurilnih napravah na plinasta, tekoča ali trdna goriva, optimalno nastavitvev zgorevanja, z vidika škodljivih emisij in energetske učinkovitosti.

Goriva so snovi, ki pri ustrezno visoki temperaturi reagirajo s kisikom (oksidacija) in pri tem spremenijo kemično sestavo, zato oddajo toploto. Emisija snovi pomeni kakršenkoli izpust snovi iz kurilne naprave v zrak. Goriva vsebujejo: ogljik, vodik, žveplo, dušik, kisik in vodo.

V prisotnosti ustrezno povišane temperature in kisika iz zraka, pride do zgorevalnega procesa in glavni produkti zgorevanja glede na vrsto goriva so: CO_2 , CO , NO_x , SO_2 , ostank O_2 , neizgorelo gorivo, prah, saje in pepel.

Dobra nastavitvev zgorevanja oz. pravilno kurjenje v kurilni napravi zagotavlja:

- varno in ekonomično obratovanje kurilne naprave
- zelo zmanjšan škodljiv vpliv na zdravje ljudi in na okolje
- preprečevanje požarnega tveganja

Osredotočili se bomo samo na **male kurilne naprave**.

Iz Uredbe o emisiji snovi v zrak iz malih in srednjih kurilnih naprav (Uradni list RS, št. 24/13, 2/15, 50/16 in 17/18) in pa Uredbe o emisiji snovi v zrak iz srednjih kurilnih naprav, plinskih turbin in nepremičnih motorjev (Uradni list RS, št. 17/18) je razbrati, da so male kurilne naprave tiste, ki imajo vhodno toplotno moč manjšo od 1 MW. Glede izjem je potrebno preveriti navedeni Uredbi.

Uporabljena goriva in tip kurilne naprave mora ustrezati zahtevam v navedenih Uredbah.



Z meritvijo emisij dimnih plinov ugotavljamo, dejansko količino škodljivih snovi in izgube toplote skozi dimnik oz. odvodnik dimnih plinov. Izmerjene vrednosti nato primerjamo z zakonsko predpisanimi mejnimi vrednostmi. Sodobne kurilne naprave lahko dosegajo tudi veliko boljše vrednosti od zakonsko predpisa-

nih, zato vedno preverimo tudi orientacijske vrednosti, ki jih navaja proizvajalec kurilne naprave in se pri nastavljanju približamo le tem. Pri starejših kurilnih napravah pa bomo običajno zadovoljni, če bomo dosegli zakonsko predpisane vrednosti. V nasprotnem primeru je potrebna zamenjava kurilne naprave s sodobnejšo.

Kako pristopimo k meritvi?

Najprej vedno preverimo, če je v kurilni napravi uporabljeno s strani proizvajalca predpisano in istočasno zakonsko dovoljeno gorivo. Preveriti je potrebno tudi, če je moč kurilne naprave pravilno nastavljena (doziranje goriva, velikost šobe, tlak olja, tlak plina itd.) in pa tudi ustreznost kurilne naprave, glede na veljavne predpise in pravilnost njene namestitve v prostor. Zelo je pomemben ustrezen dovod zraka za zgorevanje, kot tudi požarna varnost.

Ko smo preverili te parametre, pristopimo k preverjanju zgorevanja z meritvijo emisije dimnih plinov. Vedeti moramo tudi, da lahko npr. določena kurilna naprava potrebuje na enem dimniku popolnoma druge nastavitve kot na drugem.

Kot je navedeno v Uredbi o pregledih, čiščenju in meritvah na malih kurilnih napravah (Uradni list RS, št. 77/17) merimo (izračunavamo) naslednje parametre:

Parameter	tekoča in plinasta goriva	trdna goriva
- O_2	da	da
-CO	da	da
- $\text{NO}_{(x)}$	da	ne
-temperatura dimnih plinov	da	da
-temperatura zgorev. zraka	da	da
-toplotne izgube z dimn. plini	da (izračun)	da (izračun)
-dimno število	da	ne
-oljni derivati	samo tekoča	ne
-črnina dimnih plinov	ne	da
-podtlak, tlačna razlika	da	da
-vsebnost vode v gorivu	ne	da

Kje naj bo merilno mesto?

Uredba o pregledih, čiščenju in meritvah na malih kurilnih napravah (Uradni list RS, št. 77/17) navaja:

»Merilno mesto je praviloma nameščeno na veznem elementu med kurilno napravo in odvodnikom dimnih plinov, in sicer za zadnjim izmenjevalnikom toplote. Če ima mala kurilna naprava čistilno napravo za čiščenje odpadnih plinov, se mora merilno mesto vgraditi tudi za čistilno napravo, kjer se merijo koncentracije tistih snovi, za katerih zmanjševanje je čistilna naprava namenjena. Merilno mesto je za najmanj dva hidravlična premera odvodnika oddaljeno od zadnjega izmenjevalnika toplote ali čistilne naprave odpadnih plinov, oziroma zadnje spremembe velikosti, smeri in oblike odvodnika. Meritve se morajo izvajati z vzorčenjem v globini ene tretjine hidravličnega premera odvodnika. Če merilnik omogoča ugotavljanje mesta jedra toka v ravnini merilne odprtine, kjer so temperature dimnih plinov najvišje, se meritev izvede na tej globini odvodnika.«



Za prakso lahko poenostavljeno rečemo, da naj bo merilno mesto za dva svetla premera dimniškega priključka oddaljeno od izmenjevalnika toplote oz. kurilne naprave, in istočasno tudi dva premera pred merilno odprtino naj ne bo kolen ali

sprememb premera, kar bi povzročalo turbulence dimnih plinov. Sondo analizatorja dimnih plinov pozicioniramo tja, kjer odčitamo najvišjo temperaturo dimnih plinov, kar istočasno pomeni, da jemljemo vzorec iz jedra pretoka dimnih plinov. Novejši analizatorji imajo grafično pomoč za iskanje jedra dimnih plinov.

Če je na kurilni napravi merilno mesto že predvideno s strani proizvajalca, ga vedno uporabimo. Pri koaksialnih dimnovodnih sistemih sami ne pripravljamo merilnega mesta!

Kako zgorevanje poteka?

Za zgorevanje nujno potrebujemo zrak, ker le ta vsebuje kisik (O_2), ki je nujen za oksidacijo gorljivih komponent v gorivu. V teoriji je za zgorevanje zadostna t.i. teoretično minimalno potrebna količina kisika, ki je nujna, da zgorijo vse gorljive snovi in v dimnih plinih ni ostanka kisika, ker se vse molekule goriva spojijo s kisikom. Tako zgorevanje imenujemo stehiometrijsko zgorevanje, kjer je mešanje goriva in zraka idealno in je pretok dimnih plinov skozi izmenjevalec najmanjši. Pri stehiometrijskem zgorevanju dobimo produkta zgorevanja CO_2 in vodo (H_2O). Seveda je to le teoretično.

V praksi pa nastavljamo kurilne naprave vedno tako, da dovajamo natančno določeno večjo količino zraka, kot je teoretično minimalno potrebna, saj le tako zagotovimo kvaliteto in popolno zgorevanje. Tako je preostala količina O_2 v dimnih plinih eden pomembnejših parametrov, ki ga ugotavljamo z analizatorji dimnih plinov.

Razmerje med dejansko količino zraka in pa teoretično minimalno količino imenujemo λ (lambda) oz. razmernik zgorevalnega zraka.

$$\lambda = V_{zr} / V_{zr \min}$$

V_{zr} = dejanska količina zraka

$V_{zr \min}$ = teoretično minimalna količina zraka

ali:

$$\lambda = O_{2 \max} / (O_{2 \max} - O_2)$$

$$O_{2 \max} = 20,95 \%$$

O_2 = dejansko izmerjena količina kisika (%)

V praksi je torej dovedena količina zraka za zgorevanje vedno za faktor λ večja od teoretično minimalno potrebne količine.

Za primer: če nam analizator pokaže podatek $\lambda = 1,3$, to pomeni, da dovajamo v kurišče 30 % več zraka od minimalne teoretične količine.

Koliko pa je ta presežni O_2 v dimnih plinih na merilnem mestu, pa je odvisno od vrste goriva in tudi vrste oz. izvedbe kurilne naprave. Splošno lahko rečemo, da je pri gorivih, ki se rada mešajo z zrakom (plinasta goriva) potreben presežek zraka zelo majhen, nasprotno pa je pri trdnih gorivih včasih tudi precej velik.

Za trdna goriva je tudi značilno, da razmernik zraka med procesom zgorevanja niha, glede na to v kateri fazi je zgorevalni proces (dodajanje goriva, vžig, gorenje, dogorevanje). Dobro mešanje goriva in zraka je odvisno seveda tudi od same konstrukcije oz. kvalitete kurilne naprave.

Kaj se dogaja, če je nastavljena količina zraka previsoka?

V tem primeru dovajamo v kurišče odvečen zrak, ki ni udeležen v samem procesu zgorevanja in preprosto rečeno dela nepotreben prepah skozi kurišče in ga tako ohlaja ter nosi toplotno energijo s seboj skozi dimnik.

Prenizke temperature v kurišču pa povzročajo tudi nepopolno zgorevanje in uhajanje neizgorelega goriva v dimnik. Zgorevalno tehnični izkoristek kurilne naprave pade.

Kaj se dogaja, ko je količina zraka premajhna?

V tem primeru pride vedno do nepopolnega zgorevanja in do intenzivne tvorbe produktov takšnega zgorevanja.

Najbolj značilen in škodljiv je strupen ogljikov monoksid (CO), pri kurilnem olju zraven zelo intenzivno tvorijo saje, pri trdnih gorivih prah in katranske obloge itd.

Poleg tega, da je CO zelo strupen in lahko smrtno nevaren, s seboj odnaša tudi vezano toplotno energijo in pri ponovnem srečanju s kisikom, lahko pride tudi do eksplozije.

Pričakovane informativne vrednosti λ oz. ostanka O_2 v dimnih plinih:

Vrsta goriva	λ	ostanek O_2
Zemeljski plin, UNP	1,1... 1,3	2... 5 %
Kurilno olje EL	1,15... 1,4	3... 6 %
Trdna goriva (suha pole- na, peleti, sekanci...)	1,5... 2,6	7... 13 %

V tabeli so navedene samo informativne vrednosti. Pri nastavljanju vedno upoštevamo navodila in priporočila proizvajalca kurilne naprave.

Nekateri se boste ob branju vprašali, čemu govor samo o kisiku, ko pa sam vedno nastavljam gorilnik tako, da kontroliram vrednost CO_2 . Vsekakor lahko spremljamo tudi CO_2 namesto O_2 , saj sta ti dve vrednosti med seboj v obratnem sorazmerju. Recimo, pri zemeljskem plinu velja, da bi bila pri $O_2 = 0\%$ maksimalna vsebnost $CO_2 = 12,1\%$ in pri $O_2 = 20,95\%$ je $CO_2 = 0\%$. Torej če bi izmerili pri zemeljskem plinu npr. vsebnost O_2 v dimnih plinih 3 %, to istočasno pomeni vsebnost $CO_2 = 10,4\%$.

Maksimalna vsebnost CO_{2max} in pričakovane vrednosti CO_2 :

Gorivo	CO_{2max}	CO_2 pričakovani
Kurilno olje EL	15,4 %	11... 13 %
Zemeljski plin H	12,1 %	9... 10,5 %
UNP	13,7 %	10,5... 12,0 %
Les suh	20,3 %	7,5... 13,5 %

Opozorilo: vsako nenadzorovano vstopanje zraka lahko bistveno spremeni rezultat meritve in vodi k napačnim nastavitvam. Pred meritvijo je potrebno preveriti tesnost kurilne naprave in dimnega priključka, kjer je merilno mesto.

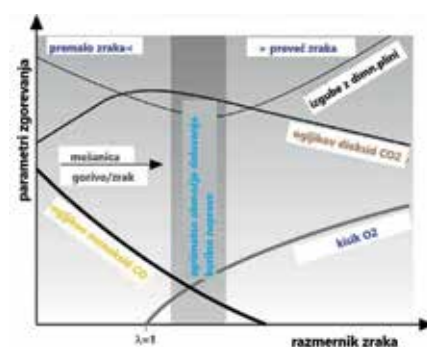
Kot že rečeno, pri nastavitvah kurilnih naprav torej želimo čim manjši presežek zraka, ki še zagotavlja popolno zgorevanje. Sodobne tehnično dovršene kurilne naprave z vgrajeno »lambda« sondo med delovanjem, avtomatsko in natančno zvezno regulirajo vrednost presežka zraka λ in je lahko ta presežek (razmernik) zraka minimalen, saj ta regulacija preko meritve O_2 prepozna nihanja, ki se pojavijo vsled temperaturnih sprememb, zračnega tlaka, vetra in drugih dejavnikov. Delovanje »lambda« sonde vedno preverimo z analizatorjem dimnih plinov, ki preverja istočasno tudi CO in druge parametre.

V nasprotnem primeru pa mora nastavljen presežek zraka vsebovati rahel dodatek, ki kompenzira navedena nihanja. To pomeni, da mora biti nastavitev takšna, da ta odstopanja izniči – torej varna. Posledica je seveda nekaj višja

povprečna λ , in na žalost rahlo nižji izkoristek, kakor tudi lahko nekoliko višje emisije npr. ogljikovega monoksida.

Kje je optimalno točka delovanja kurilne naprave?

Preprosto lahko rečemo, da je to pri čim manjši izmerjeni vrednosti O_2 , ki varno zagotavlja popolno zgorevanje brez nastajanja CO v presežnih koncentracijah, ki so posledica nepopolnega zgorevanja – glej informativni graf 1. Tipična izmerjena orientacijska vrednost CO za kurilno olje je ca. 50... 80 ppm, pri plinu pa še nekoliko manj. Pri trdnih gorivih pa so te vrednosti pri kvalitetnih kurilnih napravah običajno ca. 100 ppm ali nekoliko več, pri slabših pa te vrednosti lahko drastično poskočijo na tromestno število.



Ob vsem moramo upoštevati, zakonsko predpisane mejne vrednosti po veljavni Uredbi o emisiji snovi v zrak iz malih in srednjih kurilnih naprav, in istočasno preveriti tudi napotke proizvajalca.

V Uredbi so mejne vrednosti škodljivih snovi (CO , NO_x) za male kurilne naprave predpisane za plinasta in tekoča goriva v mg/kWh in pa za trdna goriva v mg/m^3 pri določeni računski vsebnosti O_2 . To so namreč preračunane vrednosti škodljivih emisij, ki jih je možno medsebojno primerjati in ugotavljati ali kurilna naprava deluje skladno s predpisanimi mejnimi vrednostmi.

O vrednotenju in o tem, kako analizatorji dimnih plinov preračunavajo te vrednosti izmerjenih škodljivih emisij (CO in NO_x), in na kaj moramo biti pri tem pazljivi, kako se ugotavlja in izračunava zgorevalno tehnični izkoristek »Eta« oz. izgube z dimnimi plini in še več **bomo pisali v naslednjih številkah revije Energetik.**

Zvone Vrhovec
MRU d.o.o.



**Več kot 30 let izkušenj
in znanja na področju
analize dimnih plinov**

MRU d.o.o. Zaloška cesta 147
SI-1000 Ljubljana

☎ 041 606 594
www.mru.si

