

Oversigt over teknikker til overvågning samt energioptimering af gasfyrede industribrændere

Projektrapport
Maj 2002

The logo for Dansk Gasteknisk Center (DGC) consists of the letters 'DGC' in a bold, white, sans-serif font, set against a dark blue background.

Dansk
Gasteknisk
Center a/s

Dr. Neergaards Vej 5B
DK-2970 Hørsholm
Tlf. 45 16 96 00
Fax 45 16 96 01
E-mail: dgc@dgc.dk
<http://www.dgc.dk>

Oversigt over teknikker til overvågning samt energioptimering af gasfyrede industribrændere

Marius Kildsig

Titel	:	Oversigt over teknikker til overvågning samt energioptimering af gasfyrre de industribrændere processer
Rapport kategori	:	Projektrapport
Forfatter	:	Marius Kildsig
Dato for udgivelse	:	22.05.02
Copyright	:	Dansk Gasteknisk Center a/s
Sagsnummer	:	722.63; H:\722\63\MKI\overvågning11.doc
Sagsnavn	:	Overvågning og optimering af industrielle processer
ISBN	:	87-7795-217-0

For ydelser af enhver art udført af Dansk Gasteknisk Center a/s (DGC) gælder:

- *at DGC er ansvarlig i henhold til "Almindelige bestemmelser for teknisk rådgivning & bistand (ABR 89)", som er vedtaget for opgaven, med mindre andet aftales skriftligt.*
- *at erstatningsansvaret for fejl, forsømmelser eller skader over for rekvirenten eller tredjemand gælder pr. ansvarspådragende fejl eller forsømmelse. Ansvaret er dog altid begrænset til maksimum 100% af det vederlag, som DGC har modtaget for den pågældende opgave. Rekvirenten holder DGC skadesløs for alle tab, udgifter og erstatningskrav, der måtte overstige DGC's hæftelse.*
- *at DGC skal - uden begrænsning - omlevere egne ydelser i forbindelse med fejl, mangler og forsømmelser i DGC's materiale. Dette gælder dog ikke længere end 5 år fra opgavens udførelse.*
- *at rekvirenten er ansvarlig for, at de iht. lov gældende sikkerheds- og arbejdsmiljøregler hos rekvirenten kan overholdes af DGC i forbindelse med opgavens udførelse. Såfremt DGC må standse, afbryde og/eller udsætte en opgave, fordi disse regler ikke kan overholdes, må rekvirenten bære DGC's eventuelle ekstraomkostninger i forbindelse hermed.*

Marts 2000

Indholdsfortegnelse	Side
1 Forord	2
2 Indledning	3
3 Sammenfatning og konklusion	4
4 Baggrund for overvågning af gasfyrede industribrændere.	5
4.1 Væsentligste grunde til overvågning	5
4.2 Energoptimering	5
5 Beskrivelse af måleprincipper til overvågning og energioptimering af større gasfyrede kedler.	7
5.1 Måling af luftoverskud ved hjælp af zirkoniumoxidmembran	7
5.2 Økonomi	9
6 Beskrivelse af teknikker til overvågning af andre typer gasfyrede processer	11
6.1 Andre måle og håndholdte apparater til gasfyrede kedler (optiske- og paramagnetiske iltanalyser, zirkoniumoxidprincippet og elektrokemiske celler)	11
6.2 Teknikker til overvågning af specielle industrielle processer (gaskromatografer)	12
6.3 Optisos [®] -et system til optimering af større kedler	13
6.4 Videreudvikling af UV-dektektor baserede overvågningsystemer	13
6.5 Flammeovervågning ved hjælp af SCOT princippet	14
7 Oversigt	16
8 Litteraturliste	18

1 Forord

Denne oversigt er udført af Dansk Gasteknisk Center a/s (DGC) for FAU GI. Som baggrund for denne undersøgelse er anvendt tilgængelig litteratur om overvågning og energioptimering af industrielle gasfyrede industribrændere. Desuden er der indhentet tilbud fra potentielle leverandører af processtyringssystemer.

Projektresultatet præsenteres i relevante tidsskrifter.

Arbejdet er udført i perioden 15-08-01 til 01-04-02 af Asger N. Myken og Marius Kildsig. Arbejdet er kvalitetssikret af Jan K. Jensen.

Hørsholm, Maj 2002



Marius Kildsig
Projektleder

Forbrændingsteknik & Miljø



Jan K. Jensen
Vicedirektør

2 Indledning

Formålet med denne rapport er at beskrive metoder og teknikker, ved hvilke det er muligt at overvåge og energioptimere gasfyrede industribrændere og processer. I Danmark optimeres primært efter iltoverskuddet, mens wobbeindekset også anvendes i udlandet.

Indledningsvis beskrives årsagen til overvågning af gasfyrede industribrændere. Dernæst beskrives de enkelte systemer.

Herunder lambda/iltmålesystemet (baseret på zirkoniumoxidsmembraner), som er den mest anvendte metode, der benyttes til optimering af de industrielle processer.

Herefter beskrives andre overvågningsprincipper. Herunder først andre nuværende benyttede systemer, som overvågning af wobbeindeks, bl.a. ved brug af gaskromotografer (ikke udbredt i Danmark) og andre måleapparater, baseret på optiske og paramagnetiske iltanalyser eller elektrokemiske celler.

Efterfølgende beskrives en mere kompleks metode til detaljeret analyse af forbrændingsprocessen; kaldet Optisos[®].

Til sidst beskrives metoder under udvikling, herunder integreret flammeovervågning- og energieffektiviseringssystemer, baseret på traditionelle flammeovervågningsteknologier, som f.eks. UV sensorer. Endvidere beskrives systemer baseret på elektroder, som ved hjælp af flammens ioniserings-e-vne kan angive et signal som kan benyttes til optimering af driften. Under andre systemer beskrives også SCOT systemet, som i dag udelukkende benyttes i kedler med luftoverskudstal på 1.2-1.4.

For hver af de beskrevne systemer er der foretaget en økonomisk vurdering.

Resultatet af gennemgangen er sammenfattet i en oversigt (afsnit 7).

3 Sammenfatning og konklusion

Det dominerende måleprincip til iltstyring af gasfyrede kedler er zirkoniumoxidprincippet. Denne metode benyttes også i dag til iltstyring af fastbrændselsovne. Systemet består af en zirkoniumoxidsonde, som måler iltindholdet i røggassen og sender et signal ind i en styreboks, som f.eks. regulerer et luftspjæld.

Et iltstyringssystem baseret på zirkoniumoxidprincippet er typisk rentabelt for gaskedler over 1 MW.

I Danmark benyttes i øvrigt bl.a. håndholdte måleapparater (fx paramagnetiske eller elektrokemiske celler) til indregulering.

I udlandet benyttes gaskromatografer til specielle processer. Desuden er der i Tyskland udviklet et system til manuel overvågning af kedler, som kaldes Optisos[®]. Optisos[®] er et system, der ved hjælp af kameraovervågning affotograferer flammen i kedlen. Systemet findes dog stadig kun som en slags ”demo udgave”.

Af andre teknikker, som er under udvikling til kontrol af forbrændingskvaliteten af gasfyrede industrielle brændere, kan nævnes systemer baseret på UV-teknologi samt systemer baseret på flammens ioniseringsevne.

Sidstnævnte teknik anvendes på villakedler i form af SCOT-systemet.

Sidst i rapporten er en oversigt vedrørende de beskrevne teknologier. Oversigten er grupperet efter anvendelsesområder.

4 Baggrund for overvågning af gasfyrede industribrændere.

4.1 Væsentligste grunde til overvågning

Der kan være mange årsager til, at en proces skal overvåges. Nedenstående er nævnt de væsentligste årsager:

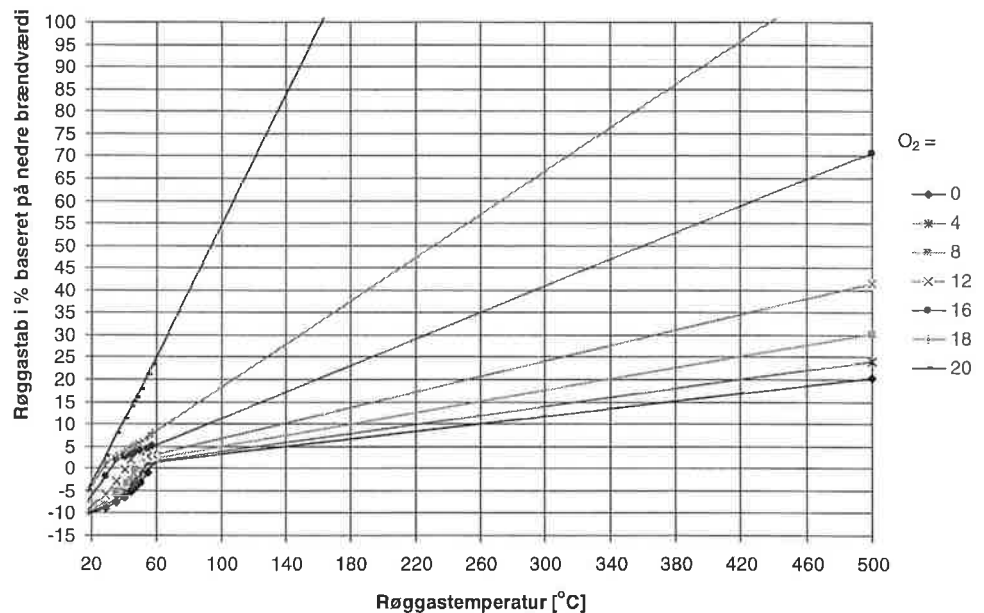
1. Energioptimering
2. Sikkerhedsmæssige aspekter
3. Proceskontrol. Styling af procestemperatur, produktkvalitet osv.
4. Emissionsovervågning (behandles ikke i denne rapport).

4.2 Energioptimering

En forbrændingsproces kan optimeres efter mange forskellige parametre. I dette projekt beskrives de teknikker, som kan benyttes til energioptimering af gasbaserede processer, således at disse kan energieffektiviseres. Det betyder i praksis minimering af røggastabet. Teorien bag minimering af røggastabet beskrives nedenstående.

Røggastabet ved afbrænding af naturgas kan karakteriseres ved hjælp af iltprocenten og temperaturen. Røggassenstemperatur er typisk bestemt af den industrielle proces. Lavere iltoverskud betyder mindre røggasvolumen, hvorfor røggastabet sænkes. Røggastabet som funktion af iltoverskuddet og temperaturen er givet i Figur 1.

Dansk naturgas 2000 (røggastab)



Figur 1: Røggastab givet i [%] som funktion af temperaturen [°C] og O₂ vol.-% i tør røggas. I beregningerne er ikke taget højde for de udforbrendte kulbrinter eller CO, som kan være til stede i røggassen ved luftoverskudstal tæt på eller under 0 samt ved høje iltoverskudstal.

Det ses af Figur 2, at røggastabet ca. er 1.6%, hvis røggastemperaturen er 60°C ved en iltprocent på 4. Tilsvarende er røggastabet 24% ved 500°C og en iltprocent på 4.

Røggassen fra en typisk industriel kedel, f.eks. ved produktion af industri-damp, er karakteriseret ved at indeholde 1-2 vol.-% ilt og have en udløbs-temperatur på 120°C, svarende til et luftoverskudstal på 1.05-1.10. Ved denne temperatur betyder en øgning af iltprocenten fra 2% til 4%, at røggastabet øges fra 4 til 4.5%

Typisk antages, at iltstyring kan spare ca. 1% af gasforbruget.

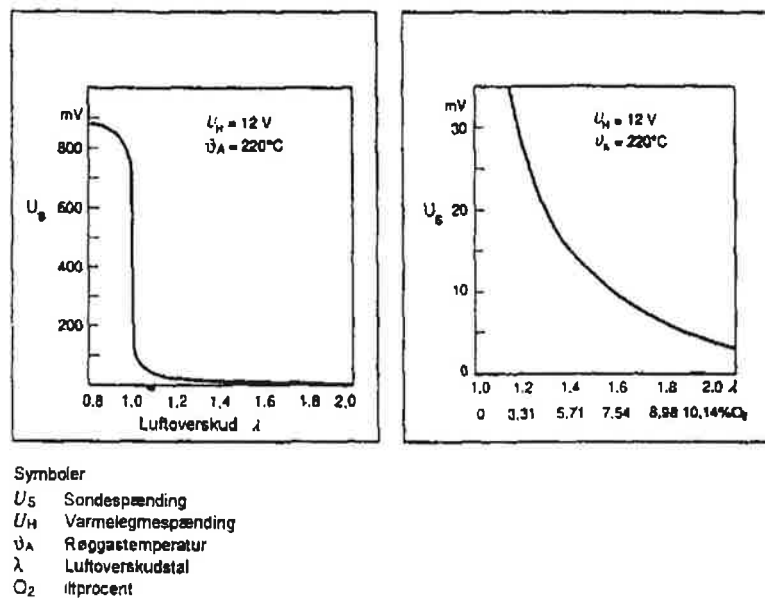
5 Beskrivelse af måleprincipper til overvågning og energioptimering af større gasfyrede kedler

I en undersøgelsesrapport fra 1990 konkluderes det at det dominerende måleprincip til iltstyring af større gaskedler var zirkoniumoxidprincippet [12]. Desuden viste undersøgelsen, at 180 ud af 225 kedelanlæg, heraf 120 fjernvarmeværker, var udstyret med iltstyring. Nyere litteratur viser ingen tendens til at dette har ændret sig. Tværtimod synes zirkoniumoxidprincippet i dag også at blive benyttet til iltstyring af fastfyrede brændselsovne. Også optiske målesystemer, til overvågning af forbrændingskvaliteten i industrielle processer, er kommercielt tilgængelige

5.1 Måling af luftoverskud ved hjælp af zirkoniumoxidmembran

Måling af iltprocenten er ofte anvendt til brug for energioptimering af den gasbaserede proces.

Fabrikanter som Bosh [16] og Fisher producerer iltsonder baseret på zirkoniumoxidbelagte membraner til måling af O_2 vol.-% i den våde røggas. Zirkoniumoxid ZrO_2 er et keramisk materiale, som er struktureret i et krystalgitter med den egenskab, at kunne lede iltioner ved temperaturer over 4-500°C. Materialet har desuden en lille elektronisk ledningsevne. En zirkoniumoxidsensor består i princippet af en membran af ZrO_2 med platinelektroder på begge sider. På membranens ene side er gas med ukendt iltindhold (f.eks. røggas), på den anden side er en referencegas med kendt iltindhold (typisk atmosfærisk luft). "Loven" om ligevægt bevirker, at ilt vil søge mod gassen med lavest iltindhold, men da membranen er gastæt, opstår der en spændingsforskel på grund af ovennævnte materialeegenskaber [14]. Det typisk signal fra en iltsonde er vist i Figur 2:

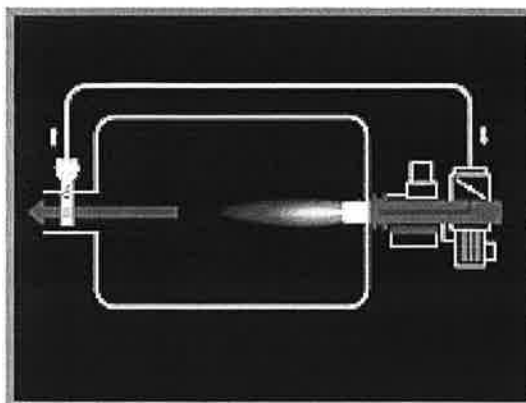


Figur 2: Signal fra en Bosch lamdasonde. På grafen ses spændingssignalet fra sonden i [mV] som funktion af luftoverskudstallet. På den venstre graf ses signalet for luftoverskudstal 0.8 til 2.0 Til højre ses signalet givet i intervallet 1.2-2.0, \(\lambda\).

Der findes mange forskellige varianter af iltstyringssystemer baseret på Zirkoniumoxidsonden. Princippet i disse systemer er simpelt. En zirkoniumoxidsonde indsættes i røggassen. Sonden er indrettet således, at den kan sende et signal tilbage en kontrolboks, som er forbundet til sonden. I kontrolboksen omsættes signalet til et reguleringssignal til f.eks. blæsere, spjæld og indføringsnegle.

I de håndholdte apparater omsættes signalet til et tal på et display, som viser hvilken iltprocent, som findes i røggassen.

Et skitsetegning af et iltstyringssystem baseret på zirkoniumoxidsonden fra Weishaupt er vist på figur 3:



Figur 3: Typisk Weishaupt iltstyringssystem. Lambdasonden ses til venstre, og reguleringssystemet ses til højre \25\.

5.2 Økonomi

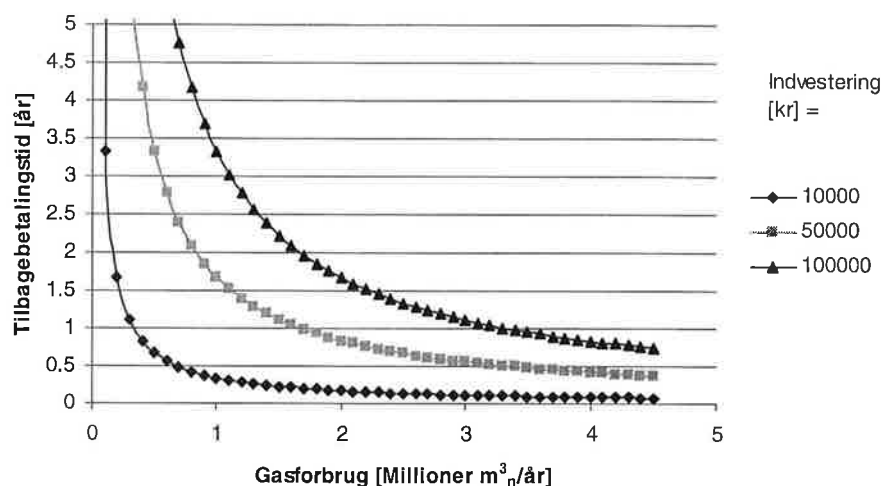
Selve den keramiske sonde (uden elektronik) er billig. En sonde fra Bosch koster ca. 120 - 400 kr. \16\). Omkostningerne ved iltstyrings systemerne er store pga. af elektronikken, til styring af f.eks. blæsere og spjæld.

Weishaupt oplyser, at et typisk iltstyringsanlæg til en gasbrænder på ca. 10 MW ca. koster 15.000 kr. Denne pris er givet som merprisen ved køb af en ny Wieshaupt brænder. Generelt forventes det ikke at kunne betale sig at investere i iltstyring til en gasfyret industribrænder, hvis den er under 1 MW.

Iltstyringsmoduler baseret på zirkoniumoxidsonden benyttes også til pille- og trækedler (\17\ og \18\). Power Matic \18\ oplyser, at deres moduler koster ca. 7.000 kr., og at deres modul sandsynligvis vil kunne bringes til anvendelse på gasfyrede kedler.

Tilbagebetalingstiden for et iltstyringssystem for forskellige størrelser af kedler er vist i Figur 4. Som forudsætning benyttes en gaspris på 3.5 kr./m_n³ :

Tilbagebetalingstiden som funktion af gasforbruget per år



Figur 4: Figuren viser tilbagebetalingstiden som funktion af kedlens gasforbrug pr. år i normal m_n^3 . En kedel på 1 MW benytter 0.36 millioner m_n^3 ved en driftstid på 4000 timer om året. Tilbagebetalingstiden ved en investering på 15.000 kr. ved et gasforbrug på 0.36 millioner m_n^3 kan beregnes til ca. 1.3 år.

Tages som eksempel en kedel, som benytter 360.000 m^3 /år, svarende til en kedel som har 4.000 driftstimer/år med en gennemsnitlig indfyret effekt på 1 MW, kan besparelsen for et iltstyringssystem på årsbasis - ved en antagelse om 1% besparelse - beregnes til 3600 m^3 . Gasprisen antages at være 3.5 kr./ m_n^3 . Besparelsen for iltstyringssystemet er derfor 12.600 kr. pr. år og tilbagebetalingstiden må forventes at være ca. et år.

Af Figur 4 ses, at tilbagebetalingstiden for et iltstyringssystem for små kedler nemt kan være over 3 år, hvilket antages at være årsagen til at disse systemer ikke anvendes til villakedler. I stedet benytter f.eks. en 0 trykregulator til kondenserende villakedler og almindelige injektordyser til de traditionelle villakedler (et enkelt firma benytter dog SCOT systemet i deres kondenserende kedler). Den simple tilbagebetalingstid for et iltstyringssystem er ca. 20 år for en almindelig villakedel. Her antages, at kedlen benytter 3000 m^3 /år á 5 kr./ m_n^3 , at besparelsen er 1%, og at iltstyringssystemet koster 3000 kr.

6 Beskrivelse af teknikker til overvågning af andre typer gasfyrede processer

I forrige kapitel er beskrevet det dominerende måleprincip i Danmark til overvågning og energioptimeringen af industrielle processer. Den metode, som er beskrevet afsnit 5, benyttes primært til større industriedler over 1 MW.

Mindre udbredte metoder til overvågning og energioptimering af industrielle processer er:

- Andre typer måleapparater
- Gaskromatografer
- Optisos[®]

Af andre systemer under udvikling til brug for kontinuert måling er UV-målere og SCOT systemet.

6.1 Andre måle og håndholdte apparater til gasfyrede kedler (optiske- og paramagnetiske iltanalysatorer, zirkoniumoxidprincippet og elektrokemiske celler)

Nedenstående beskrives andre måle instrumenter herunder håndholdte instrumenter som f.eks. i dag benyttes i forbindelse med indregulering af kedler.

Til de processer, hvor man ikke har behov for stationær måling eller finder de stationære iltovervågningssystemer baseret på zirkoniumoxidprincippet velegnet, er det muligt at måle iltprocenten i røggasen ved hjælp af andre typer instrumenter. FLS Airloq forhandler f.eks. sådanne typer instrumenter.

En del af disse instrumenter benytter et paramagnetisk måleprincip. Denne teknik baserer sig på, at ilt har stærke magnetiske egenskaber sammenlignet med andre gasser \19\ Måleudstyr, som er baseret på denne teknik, har den evne, at de kan måle iltindhold i røggasser selv under ekstreme forhold. Andre instrumenter benytter optiske (laser) analysatorer eller zirkoniumoxidprincippet.

Ifølge FLS Airloq \5\ koster et instrument, som kan måle iltprocenten i røggas ved hjælp af zirconiumoxidmembraner 15.000 kr.–65.000 kr, mens et laserbaseret måleudstyr koster omkring 105.000 kr. \5\. FLS Airloq oplyser, at målere baseret på laseroptik er specielt velegnet til anlæg med store kanaldiametre og/eller lagdeling af O₂.

På nuværende tidspunkt er optik- og paramagnetiske- iltanalyser ikke økonomisk rentable til stationær måling af gasfyrede industribrændere.

Til indregulering af bl.a. gasmotorer benyttes i nogen omfang også røggas analyse instrumenter som er baseret på elektrokemiske celler. Et større håndholdt instrument baseret på elektrokemiske celler, som er klar til røggasmålinger, koster ca. 30.000 kr.

6.2 Teknikker til overvågning af specielle industrielle processer (gaskromatografer)

Nogle specielle processer kræver præcis viden om sammensætningen af gassen/røggassen f.eks. porcelæn glasurings\13\ samt bearbejdning af metal-konstruktioner. Til disse ovenstående processer sker overvågningen ved at måle/beregne wobbetalindekset. Overvågning af wobbeindekset benyttes kun i meget lille omfang i Danmark.

En metode til at beregne wobbeindekset i en gas er ved brug af en gaskromatografer. Gaskromatografer kan blandt andet fås hos Agilent Technologies \22\ og Gow-Mac \23\. En gaskromatograf måler den aktuelle gassammensætning. Ud fra denne kan det aktuelle wobbeindeks beregnes wobbetallet. I dag benyttes gaskromatografer ikke i stor udstrækning i Danmark, hvilket bl.a. må antages at skyldes prisen. Gaskromatografer koster ca. 100.000-500.000 kr.

Der er også udviklet et apparat, der kan beregne gassens wobbetalindeks ud fra lydshastighed gennem gassen, dens varmeledningsevne samt korrelationsfaktorer. Et af problemerne ved dette apparater, er at korrelationsfaktorer skal justeres, alt efter om der måles på biogas, russisks gas, nordsøgas osv. Et sådanne apparater koster i ca. 35.000 kr.

I Danmark kendes kun et sted, hvor wobbetallet kontinuert måles. Det er ved Københavns Energi (KE). KE benytter primært en anden metode end de

ovenstående beskrevne, til at beregne bygassens wobbetalindekset. Hos KE måles wobbeindekset ved dels at måle gassens densitet og dels ved at måle temperaturændringen ved afbrænding af bygassen i et fast gas/luftforhold. Med jævne mellemrum checkes wobbeindekset med en gaskromotograf.

6.3 Optisos[®]-et system til optimering af større kedler

Til detaljerede analyser af forbrændingsforholdene i større kedler kan man rekvirere en undersøgelse af DBI-gut, som benytter en måleteknik, som de kalder Optisos[®] (beskrevet nedenfor). Der er ikke fundet eksempler på analyser af kedler i Danmark, hvor Optisos[®] er blevet benyttet.

Optisos[®] er et system, der ved hjælp af kameraovervågning kan affotografere en flamme. Kameraet placeres inde i en sonde, som placeres inde i brændkammeret. I sonden findes også termoelementer og trykmålere. Kameraet er beskyttet med filtre og kølingsystemer. Systemet gør det muligt på en monitor at se bl.a. temperaturprofilen i forskellige kedler. Systemet er lavet til at måle i kedler, som har en arbejdstemperatur på mellem 800-1800°C \4\.

Optisos[®] systemet er i dag ikke anvendeligt for kontinuert overvågning af kedler og benyttes kun til manuel overvågning. Målinger udføres af DBI-gut, som har udviklet systemet. Firmaet DBI-gut videreudvikler stadig systemet.

En måling med Optisos[®]-systemet og udarbejdelse af en kort rapport koster ca. 30.000 kr + udlæg. Besparelses potentialet er ikke kendt.

6.4 Videreudvikling af UV-dektektor baserede overvågnings-systemer

Som nævnt indledningsvis er det et lovkrav, at større kedler skal have installeret flammeovervågningsystemer \6\ . UV-systemer benyttes allerede i dag til flammeovervågning.

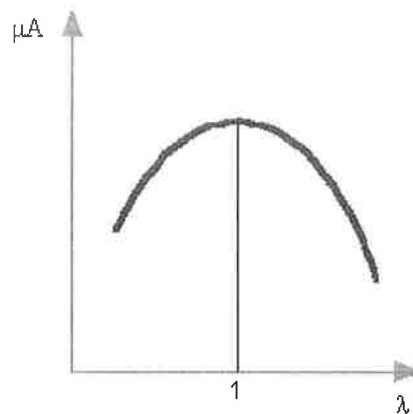
Udviklingen inden for UV systemer bærer hen imod, at signalerne fra sensorerne også kan benyttes til flammeoptimering. I litteraturen (\2\,\10\) er der flere eksempler på denne udvikling, hvor man benytter signalet fra UV-sensoren til at karakterisere flere forskellige egenskaber for flammen, f.eks.

temperaturstabilitet, samt CO- og NO_x emissionerne. Fordelen ved at benytte UV teknologien frem for lambdasonden er, at de har vist sig at have en hurtig responstid. Ulempen er, at UV-teknologien er dyr og har en kort levetid \7\ . I dag benyttes teknologien derfor ikke til optimering af forbrændingen i industrielle kedler.

6.5 Flammeovervågning ved hjælp af SCOT princippet

SCOT systemet er udviklet til villakedler, som opererer ved et luftoverskudstal på over 1.15. På længere sigt kan systemet blive videreudviklet til også at kunne benyttes til industriedler.

SCOT systemet er baseret på måling af flammens ioniseringsignal. Sammenlignet med de flammeovervågningssystemer, som i dag benyttes, og som udelukkende måler, om der er en flamme, benytter SCOT et elektrisk signal, som er proportionalt med luft-/iltforholdet i flammen, og derfor gør det muligt at angive luftoverskudstallet. Signalet fra SCOT systemet er vist i Figur 5.



Figur 5: Sammenhæng mellem luftoverskudstallet og ioniserings-signalet fra SCOT systemet \26\

I Figur 5 ses sammenhængen mellem luftoverskudstallet ved forbrændingen og ioniserings-signalet fra SCOT systemet.

På trods af, at mange ressourcer er brugt på at udvikle brændermodeller til estimering af flammekemi, er det endnu ikke lykkedes at udvikle en model, som kan beskrive en flammens ioniseringsevne. Derfor er ovenstående sammenhæng mellem lambda og ioniseringstrømmen fastlagt empirisk \8\.

SCOT systemet er udviklet i Tyskland, og benyttes i Danmark kun i kondenserende Weishaupt gaskedler. Weishaupt har i dag dansk patent på at benytte systemet, men snart vil det også være muligt for andre fabrikater at benytte SCOT systemet.

SCOT systemet udvikles af Kromschroeder i Tyskland og er i de kondenserende Weishaupt gaskedler integreret på en sådan måde, at det er selvkalibrerende.

Systemet har ifølge Kromschroeder den fordel i forhold til traditionelle lambdasondesystemer, at man i højere grad undgår snavsede vekslere i kedlen.

I \8\ angives kontrolområdet for SCOT systemet mellem luftoverskud 1.1 til 1.4. Desuden er i samme kilde beskrevet, at reguleringssystemet ikke kan operere med fede blandinger, svarende til lambda mindre end 1.

Ud fra materiale fra G. Kromschroeder AG konkluderes, at SCOT systemet er velegnet til kedler med et luftoverskudstal på over 1.15. For kedler, som opererer ved lavere luftoverskudstal er systemet ikke velegnet pga. af lambda-tolerancegrænsen. Lambda-tolerancegrænsen er ± 0.1 , og ved lave lambda værdier under 1.15 risikeres derfor at nå ned i områder med fede blandinger. Det forventes, at det på lang sigt sandsynligvis vil være muligt at sænke denne tolerancegrænse, således at SCOT systemet kan blive et anvendeligt styresystem for kedler, som opererer ved lavere lambda værdier.

Prisen på SCOT systemet kendes ikke, idet det i Danmark kun fås som integreret enheder i kondenserende Weishaupt gaskedler.

7 Oversigt

Nedenstående er en oversigt over teknikker til overvågning samt energioptimering af gasfyrede industribrænderprocesser:

Tabel 1: Oversigt over teknikker til overvågning samt energioptimering af gasfyrede processer, opdelt efter anvendelses områder.

Anvendelse	Princip/ effekt	Pris/leverandør
Større gasfyrede kedler og fastbrændselsovne.	Zirkoniumoxidprincippet består af en zirkoniumoxidsonde, som måler iltindholdet i røggassen og sender et signal ind i en styreboks, som f.eks. regulerer et luftspjæld. Benyttes primært på kedler over 1 MW. Effekt: 1% besparelse	15.000 kr. (merpris ved leveringen en ny industribrænder). Leverandører er f.eks. BOSH, Fisher
Måle- og håndholdte apparater. Kan bl.a. benyttes til manuel justering af mindre industrikedler. Håndholdte apparater benyttes f.eks. i forbindelse med indregulering af kedler.	Optiske og paramagnetisk iltanalysatorer benyttes til at måle ilt vol.-% Zirkoniumoxid princip Elektrokemiske celler Effekt: 1% besparelse	105.000 kr. for et måleapparat baseret på laser Generelt er prisen for håndholdte apparater mellem 15.000 kr. – 65.000 kr. Et større instrument baseret elektro-kemiske celler kan købes for ca. 30.000 kr. Leverandører er f.eks.: Servomex FLS Airloq

<p>Manuel overvågning i forbindelse med energi-optimering af større gaskedler.</p>	<p>Optisos[®] systemet (kameraovervågning) er i dag ikke anvendeligt til kontinuerede overvågning.</p> <p>Effekt: Ukendt. Benyttes pt. kun af Fachgebiet Gasan-wendung DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH.</p>	<p>Benyttes kun i forbindelse med udarbejdelse af en målerapporter. En måling og udarbejdelse af en rapport koster ca. 30.000 kr.+ udlæg.</p> <p>Leverandører: Systemet kan ikke købes. Analyser kan rekvireres.</p>
<p>Teknikker til optimering af specielle processer som f.eks. glasering af keramik. Kan bruges til overvågning af større gaskedler.</p>	<p>Gaskromotografer. Benyttes primært i Danmark i forskningssammenhæng.</p> <p>Effekt: Procesoptimering.</p>	<p>Pris 35.000 kr.-500.000 kr.</p> <p>Leverandører er fx: HP Perkin Elmer CHROMPEAK Analytical Instruments</p>
<p>Overvågningssystemer under udvikling til industriedler (2\,7\)</p>	<p>UV-måleapparater. Benytte UV-stråling fra flammen til fx energi-optimering.</p> <p>Forventet besparelse 1%</p>	<p>Pris ukendt.</p> <p>Leverandører: ukendt</p>
<p>Systemer til villakedler som opererer ved et luftoverskudstal på over 1.15. På længere sigt kan systemet udvikles til også at kunne benyttes på industriedler.</p>	<p>SCOT princippet udnytter flammens ioniserings-evne. Systemet benyttes i dag kun til villa kedler.</p> <p>Effekt: 1% besparelse.</p>	<p>Pris ukendt.</p> <p>Leveres kun sammen med Weishaupt kedler.</p>

8 Litteraturliste

1. Boch, Beskrivelse af lambdasonde, salgsmateriale.
2. Brown, Dale M; SIC flame sensors for gas turbine control systems, solid-state Electronics, vol.42
3. DBI GUT, Optisos[®], Salgsmateriale
4. DBI-gut, Offer OPTISOS[®]-Inspection of thermoprocess plants at temperatures of 800-1800°C Furnace visual depiction, flame diagnostics, thermography, 5. juli 2001
5. FLS AIRloq, salgstilbud (11-06-2001)
6. Gasreglementet
7. Glasheen, Wm. M., mfl; UV flame for industrial combustion control. 1998 International gas research conference.
8. Hüppelshäuser, H, al. et. U; Application aspects of combustion control using ionisation signal; 2001 international gas research conference (IGRC2001)
9. Klimstra, J.; Interchangeability of Gaseous Fuels - The Importance of the Wobbe-Index, SE SAE Technical Paper Series 861578
10. Michel, J.B.; Intelligent control of gas flames using the flame signature method.
11. Servomex, Brugermanual til "xentra 4900, continuous Emissions Analyser",
12. Sheth A. Pramod, Iltstyring af gasfyrede kedler, dk-teknik 1990
13. Stirnberg D.; Wobbe index control systems for sensitive thermal processes in industry, Gaswärme international; juli/august 1998.
14. Zielke, Uwe ; Iltstyring af fastbrændselsfyrede anlæg med zirkoniumoxidcelle, jysk teknologisk, Oktober 1988
15. Wyrzt F.; regulering af gasbrændere ud fra wobbetal, Teknologisk institut, TI/Tryk og Grafik, Taastrup 1987
16. Samtale med Bosch salgsafdeling (2002)
17. www.lscontrol.dk/oem.html
18. www.powermaticstoker.dk
19. www.servomex.com/
20. www.keison.co.uk/servomex/servomex1.htm
21. www.dbi-gut.de
22. www.chem.agilent.com/
23. www.gow-mac.com/

24. www.Bosh.dk
25. www.weishaupt.de
26. www.kromschroeder.com/gb/01_news/04_pr_1997/englisch/k06_gb_1.htm
27. www.testo.co.uk
28. NEO Laser Gas Monitors, Technical Description, Norsk Elektro Optikk, 1996.