

Automatisk styrede brændeovne

Et forskningsprojekt mellem HWAM A/S og DTU Kemiteknik har ført til udvikling af mere energieffektive og miljøvenlige brændeovne. Projektet – der er et EUDP-projekt – har bidraget til, at HWAM A/S har introduceret den første digitale styrede brændeovn på markedet.

Af Jytte Boll Illerup, Weigang Lin, Brian Brun Hansen, Joachim Nickelsen og Kim Dam-Johansen, DTU Kemiteknik og Vagn Hvam, HWAM A/S

Et omfattende udviklingsarbejde, herunder forsøg og målinger hos HWAM A/S, DTU Kemiteknik og hos private brændeovnsbrugere, har resulteret i, at der er blevet udviklet et styrings-system, der automatisk kan regulere tilførslen af forbrændingsluft, så der opnås en optimal forbrænding. Det betyder høj energieffektivitet, mindskede udledninger af partikler (PM), flygtige organiske forbindelser (VOC) og kulmonoxid (CO) samt høj komfort for brændeovnsbrugeren. Forsøgene har vist, at styringen gør det muligt at opnå lige så høje virkningsgrader

og lave emissioner hos private brugere som på testinstitutter – og typisk vil brændeforbruget blive reduceret markant.

Brændeovne er grundlæggende en meget energieffektiv og CO₂-neutral teknologi til udnyttelse af biomasse lokalt. Anvendelse af gamle brændeovnsteknologier og dårlige fyringsvaner kan dog bidrage til en væsentlig udledning af en række luftforurenede stoffer og dårlig energimæssig udnyttelse af brændet. Da der i Danmark er ca. 750.000 brændeovne (Energistyrelsen, 2015), er der et stort potentiale i at udvikle brændeovne, der brænder mere rent.

Dannelse af luftforurenende stoffer

Forbrænding af træ i en brændeovn sker ved flere processer, der kan ske efter hinanden eller samtidig: Opvarmning, tørring, pyrolyse samt forbrænding af pyrolysegasser og trækul. Ved den ideale forbrænding omdannes træet fuldstændig til kuldioxid (CO₂), vand og aske. For at sikre en optimal forbrænding kræves tilstrækkelig ilt, høj temperatur, god opblanding af forbrændingsluft og gasser, samt tilstrækkelig lang opholdstid i fribordet over bålet. Store udledninger af kulstofholdige partikler (kondenserbare organiske forbindelser (COC) og sod) ses ved dårlig forbrænding og skyldes for lave temperaturer og/eller iltkoncentrationer i ovnens forbrændingskammer.

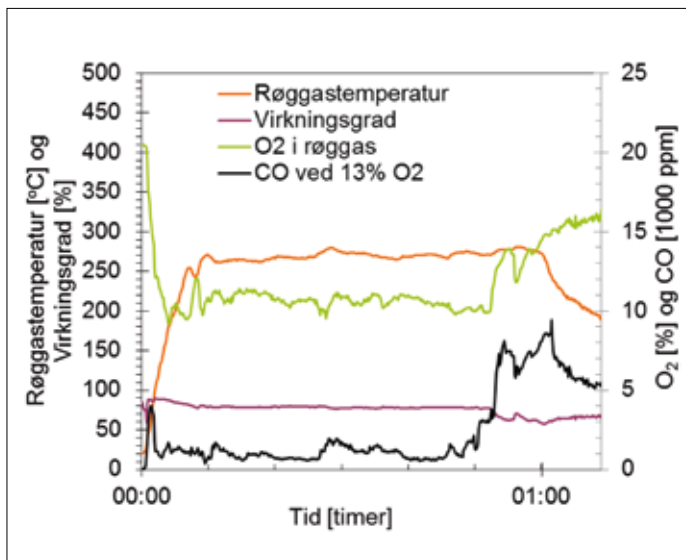
Målingerne, der er beskrevet i denne artikel, er udført med en prototype af styringssystemet på moderne HWAM-brændeovne, og med det formål at teste funktionaliteten når det anvendes under forskellige forhold – herunder af private brændeovnsbrugere. I det følgende er HWAM brændeovn plus styringssystem kaldet IHS (Intelligent Heat System)-brændeovn. IHS-brændeovnen er testet af Teknologisk Institut og resultatet viser bedre specifikationer på samtlige parametre givet i Brændeovnsbekendtgørelsen (2015) og det nordiske miljømærke Svanemærket (Nordisk Miljømærkning, 2014).

IHS-brændeovn

Figur 1 viser princippet i en IHS-brændeovn, hvor hovedbestanddelene er en moderne brændeovn med tilførsel af tre forbrændingsluftstrømme, et procesovervågningssystem, en luftboks med motorstyrede spjæld, et styringssystem samt en fjernbetjening. De motorstyrede luftspjæld reguleres individuelt i de forskellige forbrændingsfaser af styringssystemets dataprogram ud fra målinger af temperatur og iltkoncentration i røggassen samt rumtemperaturen. Fjernbetjeningen bruges til indstilling af det ønskede niveau for rumtemperaturen og giver automatisk besked, når der skal fyldes mere brænde på ovnen. De tre forbrændingsfaser er:

Figur 1. Illustration af IHS-brændeovns forbrændingskammer og luftstrømme set fra a) siden og b) forfra.

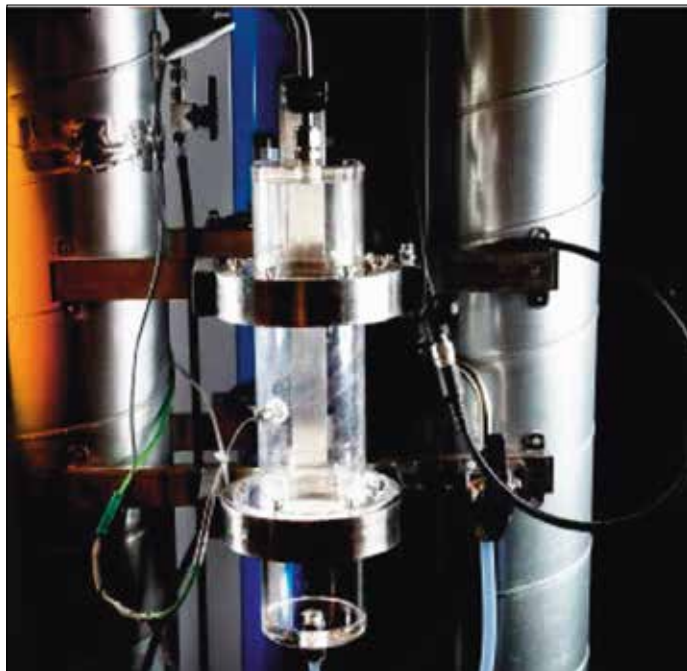




Figur 2. Eksempel på et typisk forbrændingsforløb ved anvendelse af styringssystemet på en moderne HWAM-brændeovn (IHS-brændeovn).

- 1) Antændingsfasen,
- 2) Flammefasen, hvor der sker en intensiv forbrænding af pyrolyse-gasserne, og
- 3) Koksudbrændingsfasen, der er en langsommere udbrænding af trækullet.

Den automatiske styring sørger for optimeret tilførsel af forbrændingsluft igennem de tre luftspjæld afhængig af forbrændingsfasen, så luftoverskuddet og temperaturen i forbrændingskammeret holdes på passende niveauer. Figur 2 viser



Figur 3. Øverst pleksiglas-filterholder. Til højre partikelfiltre efter opsamling i første indfyring (øverste række) og anden indfyring (nederste række).



et typisk fyringsforløb med IHS-brændeovnen. Efter en kort antændingsfase stabiliseres temperaturen og O_2 -koncentrationen til konstante og optimale værdier bestemt af sætpunkterne i styringssystemets software. Først ved afslutningen af en fyring - i den sidste del af koksudbrændingsfasen - begynder temperaturen at falde, og som følge heraf stiger CO-koncentrationen.

Den jævne forbrænding er til stor komfort for brændeovnsbruger, da der opnås en jævn og tilpas varmeafgivelse og mindre brændeforbrug.

Forsøgsoptstilling på DTU

I projektet er der opbygget en ny forsøgsoptstilling for brændeovne ved CHEC (Combustion and Harmful Emission Control)-forskningscenteret i DTU Kemitekniks forsøgshal, hvor sammenhængen mellem procesparametre, virkningsgrad og emission af en række luftforurenende stoffer undersøges. Som en del af denne opstilling er der designet og opbygget et partikelopsamlingssystem, der gør det muligt at opsamle og analysere partikler fra forbrændingsprocessen. Partiklerne analyseres for sammensætning (COC, sod og aske) og størrelse fra de forskellige forbrændingsfaser for at øge viden om dannelsesmekanismer og dermed finde metoder til at reducere udledningen af de uønskede emissioner. Partikelopsamlingssystemet består af en fortyndingstunnel og to plexiglas-filterholdere, der er placeret parallelt, så det er muligt at opsamle partikler i forskellige forbrændingsfaser for samme fyringsforsøg. Røggassen fortyndes ca. 20 gange og køles til 35°C for at efterligne atmosfæriske forhold – herved sikres, at kondenserbare organiske forbindelser opsamles sammen med sod- og askepartikler. Figur 3 viser et billede af én af filterholderne samt billeder af filtre efter opsamling i første indfyring (kold ovn) og i anden indfyring (varm ovn). Der er opsamlet de første 15 minutter efter en indfyring og de efterfølgende 15 minutter. Målingerne viser generelt lave partikelemissioner – typisk mellem 1,8 g/kg træ og 0,6 g/kg træ med faldende tendens for stigende antal indfyringer. I den første indfyring er filteret sort for begge opsamlingsperioder, hvilket indikerer soddannelse både i antændings- og flammefasen. Ved genfyring i varm ovn ses et meget lyst filter i antændingsfasen, mens filteret er sort i flammefasen.

Pipettecenteret

Kalibrering og service af alle fabrikater pipetter.

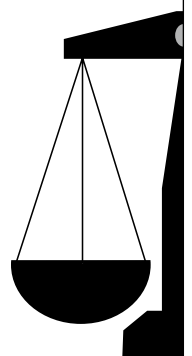
Vi kalibrerer både ved indsendelse eller på kundens adresse.

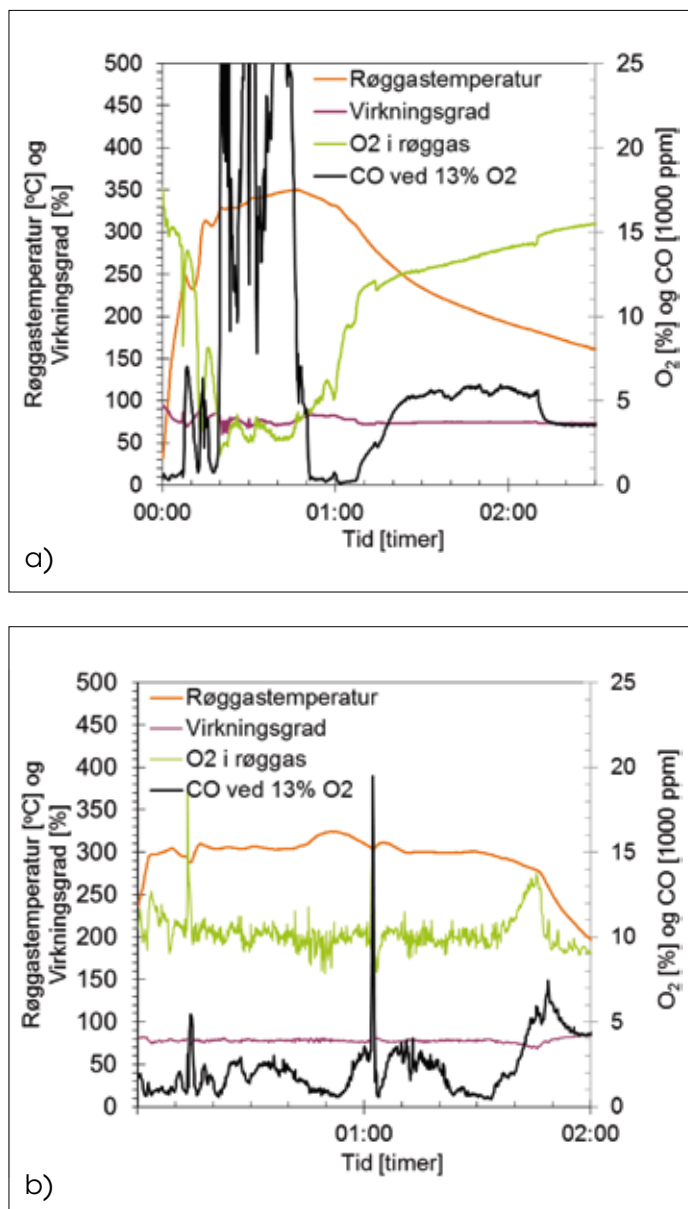
Salg af pipetter og laboratorie varer.



Pipettecenteret

Skovkanten 41 · 4700 Næstved
Tlf. 55 73 62 05 · Mobil 30 33 32 49
Email. nielslindgaard@stofanet.dk
www.pipettecenteret.dk





Figur 4. Forsøg hos privat brændeovnsbruger. Forbrændingsforløb, hvor brugeren har anvendt a) sin egen manuelt styrede brændeovn og b) en IHS-brændeovn.

Analyse af partikelsammensætningen understøtter dette billede; i antændingsfasen dannes der kun lidt sod, mens der i flammefasen dannes en blanding af kondenserbare organiske forbindelser og sod.

Felttest

For at understøtte de gode resultater, der er set i forsøgshallen, er der desuden foretaget en række feltforsøg, hvor der hos private brugere er blevet målt i røggassen, når de fyrer i deres eksisterende brændeovn og efterfølgende i en IHS-brændeovn med en prototype af den digitale styring. Formålet med feltforsøgene var at opnå erfaring med styringen, når den anvendes af almindelige brændeovnsbrugere og få tilbagemelding om funktionaliteten af systemet. Brugere blev bedt om at fyre, som de plejer og bruge det samme slags træ, dvs. ingen specielle instrukser var givet vedrørende brug af IHS-brændeovnen.

Målingerne viste, at det ved manuel betjening af luftspjældene praktisk talt var umuligt at opnå den optimale forbrænding, som automatikken opnår, og det i de fleste situationer er umuligt med det blotte øje at se, om forbrændingen er optimal.

Når brugerne anvendte deres eksisterende ovn, sås to hovedtendenser, der var knyttet til måden at fyre på:

1) for lidt luft i flammefasen og for meget luft i koksudbrændingsfasen

2) for meget forbrændingsluft i hele fyringsforløbet.

Førstnævnte eksempel er illustreret i figur 4, der viser forløbet, når brugeren anvender den eksisterende manuelt styrede ovn.

Antændingen af træet tager nogle få minutter, og iltkoncentrationen falder, samtidig med at temperaturen stiger. I flammefasen sker der en intensiv forbrænding af pyrolysegasserne, og i dette tilfælde falder iltkoncentrationen til 2-4% og CO-koncentrationen stiger til mellem 6.000 og 30.000 ppm grundet et for lille luftoverskud. Når flammerne dør ud, stiger O₂-koncentrationen og CO-koncentrationen falder kortvarigt til et lavt niveau. I koksudbrændingsfasen falder forbrændingsintensiteten yderligere og dermed temperaturen, hvilket resulterer i stigende CO-koncentration.

Når den samme bruger anvender den digitalt styrede IHS-brændeovn, ses meget konstante niveauer af røggastemperatur, O₂- og CO-koncentrationer. Specielt i flammefasen ses en markant reduktion i CO-koncentrationen.

I tilfældet, hvor en bruger i den eksisterende brændeovn tilfører for meget forbrændingsluft i hele fyringsforløbet, ses også en markant forbedret forbrænding ved skift til IHS-brændeovnen. Hos en af brugerne sås en forbedring af virkningsgraden fra 60% til 80%.

Konklusion

Det nye styringssystem sikrer optimal forbrænding i hele forbrændingsforløbet – ikke kun på testinstitutter, men også når IHS-brændeovnen anvendes af private brændeovnsbrugere. Der er blevet målt markant lavere emissioner og højere virkningsgrader sammenlignet med manuelt styrede brændeovne.

Emissionsmålinger udført på DTU Kemitekniks brændeovnsopstilling viser generelt lave emissioner af CO, VOC og partikler. De højeste emissioner ses i antændingsfasen, mens der i flammefasen kun ses en lille partikeltop, som skyldes soddannelse grundet lokale lave iltkoncentrationer. CO-emissionen stiger i koksudbrændingsfasen grundet faldende temperatur i fribordet, men i denne fase ses dog næsten ingen partikler.

E-mail:

DTU Kemiteknik:

Seniorrådgiver Jytte Boll Illerup: jbi@kt.dtu.dk

HWAM A/S:

Projektleder R&D Vagn Hvam: vhp@hwam.com

Kilder

Energistyrelsen, 2015, Brændeforbrug i Danmark 2013, 31-01-2015.

Nordisk Miljømærking, 2014, Svanemærkning af Lukkede ildsteder, 078, version 4.0, 11. juni 2014.

Brændeovnsbekendtgørelsen, 2015, Bekendtgørelse om regulering af luftforurening fra fyringsanlæg til fast brændsel under 1 MW, BEK nr. 46 af 22/01/2015.