

Ny lovende katalysatorstype, RECCAT

Inden år 2006 skal motoranlæg med i alt ca. 500 MW_{el} installere en løsning, der renses for UHC, CO og NO_x, idet mange motorer ikke kan overholde de kommende emissionskrav. Hos DGC er der opfundet en selvregulerende katalysator, RECCAT[®], der kan løse det problem. Et helt nyt katalysatorkoncept har dermed set dagens lys.

Af Niels Bjarne K. Rasmussen, RECCAT ApS

Nye naturgasfyrede gasmotorer på kraftvarmeanlæg skal overholde krav til emissionen af uforbrændt naturgas (UHC) samt krav til emissionen af formaldehyd. Krav, der p.t. er problemer med at overholde. Eksisterende gasmotorer skal senest i 2006 overholde UHC-kravet.

Som et led i nedbringelsen af emissioner fra forbrændingsmotorer og turbiner skærpes kravene ifølge Miljø- og Energiministeriets Bekendtgørelse 720 af 05/10/1998: »Bekendtgørelse om begrænsning af emission af nitrogenoxider, uforbrændte carbonhydrider og carbonmonoxid fra gasmotorer og gasturbiner« pr. 17. oktober 2006. Bekendtgørelsen omfatter bl.a. naturgasdrevne anlæg med en samlet indfyret effekt på 120 kW eller derover. Bekendtgørelsen gælder allerede nu for alle nye motorer.

Resultater fra målinger på en lang række motorer viser, at der er adskillige, der ikke umiddelbart kan overholde de kommende emissionskrav til NO_x-, UHC- og CO-emission.

Knap 50% af den installerede motoreffekt, der er omfattet af de nye krav, kan således ikke overholde grænserne for UHC-emissionen. Det samme gælder for NO_x-emissionen. For CO-emissionen er der problemer med op til 60% af motoreffekten.

Allerede for omkring 10 år siden blev DGC opmærksom på problemstillingen vedr. UHC-emissionen, og der blev bl.a. i samarbejde med Haldor Topsøe A/S (HTAS) gennemført en række katalysatorprojekter. Alle projekter viste, at udstødningsstemperaturen for de fleste af motorerne er for lav, og katalysatorerne vil, fortrinsvis pga. svovlindholdet (om end lavt) i naturgas og smøleolier, ældes og degenereres.

Der eksisterer flere forskellige muligheder for at reducere uønskede emissioner fra gasmotorbaserede kraftvarmeværker. De strækker sig fra katalytisk reduktion af NO_x, som kan virke ved ret lave røggastemperaturer i udstødningen, til regenerative incinereringsanlæg, hvor røggastemperaturen hæves til et niveau, hvor de uønskede komponenter, UHC og CO, forbrændes.

Rekuperativ katalytisk udstødsreaktor, REKUP

Idéen med forsøgsprojektet REKUP var at finde en løsning, der ligger mellem en ren katalysator- og en incinereringsløsning. Med en varmeveksler hæves røggastemperaturen til et niveau, hvor eksisterende katalysatorer fungerer stabilt. Energiindholdet i den uforbrændte gas anvendes til at opretholde temperaturforskellen i varmeveksleren. Der tilføres derfor ingen eksternt energi til reaktionen under drift. Med 3% UHC (af den indfyrede effekt) eller derover vil en hævnning af temperaturen før katalysatoren på 100°C kunne opnås med en veksler effektivitet på ca. 75%. Samtidig opnås der også reduktion af skadelige og generende emissioner i nærmiljøet (CO, aldehyder og lugt), da disse også omsættes i katalysatoren. Det

er endvidere muligt at benytte overskydende energi fra processen til at øge kraftvarmeværkets totalvirkningsgrad.

Projektet blev gennemført af DGC under Elkrafts PSO-program, 2001, med støtte fra Elkraft System og gasselskaberne. Samarbejdsparterne i projektet var HTAS, der leverede katalysatorer og reaktor, samt Balcke-Dürr Energietechnik i Tyskland, der leverede varmeveksleren. En 30 kW_{el} gasmotor i DGC's laboratorium blev anvendt i forsøgene.

Konklusion for REKUP

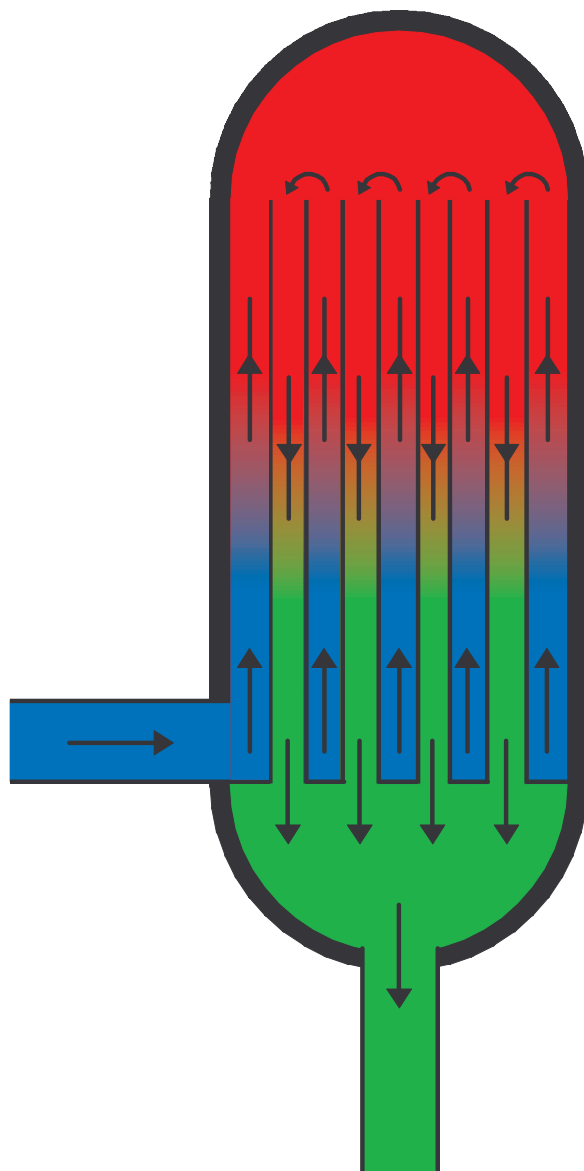
REKUP-princippet virkede. Der blev afprøvet tre katalysatorer, CKM42, CKM62 og CKM92. Alle indeholder ædelmetaller, men den nøjagtige sammensætning er hemmelig. Forsøgene viste, at det er muligt at benytte en varmeveksler, således at varmeudviklingen fra katalysatoren benyttes til at hæve røggastemperaturen før katalysatoren. Det blev yderligere konstateret, at når temperaturen hæves højt nok (til ca. 600-650°C), så er katalysatorens effektivitet høj, uafhængigt af antallet af driftstimer. Det gælder for alle de afprøvede katalysatorformuleringer. Det blev påvist, at katalysatoren i alle tilfælde renser røggassen tilstrækkeligt for CO, når også UHC er fjernet. Enkelte målinger indikerer, at REKUP-konceptet endvidere vil kunne rense røggasserne fra gasmotorer for aldehyder til et niveau meget tæt på de gældende grænser. REKUP var dermed et positivt skridt på vejen mod det næste koncept.

Ny selvregulerende katalysator, RECCAT®

Omkring starten af REKUP-forsøgene blev der hos DGC gjort en opfindelse, der kunne gøre den rekuperative løsning mere kompakt og selvregulerende mht. temperatur.

Opfindelsen består af en integreret varmeveksler/katalysator. Der er to eller flere passager i varmeveksleren. Opfindelsen virker sådan, at maksimumtemperaturen i katalysatoren altid (inden for funktionsområdet) er tilnærmelsesvis den samme uanset indgangstemperaturen og uanset variationen af UHC.

I almindelige katalysatorer f.eks. til biler vil maksimumtemperaturen afhænge af indgangstemperaturen. Tilnærmelsesvis vil 10 grader lavere indgangstemperatur også give 10 grader lavere maksimumtemperatur. Hvis katalysatoren er isoleret, vil udgangstemperaturen altid være større end indgangstemperaturen, idet der sker en opvarmning pga. reaktionen af UHC i katalysatoren (inden for funktionsområdet). På figur 1 ses det grundlæggende princip for RECCAT.



Figur 1. Det grundlæggende princip for RECCAT-konceptet. Patentanmeldt RECCAT-reaktor.

Varmeveksleren er f.eks. en rørvarmeveksler. I første passage kommer udstødningen fra motoren ind i første del af varmeveksleren udvendig på rørene. Strømningen sker først på tværs mellem rørene, men derefter på langs af rørene. Imellem rørene er der katalysatormateriale, hvor gassen kan passere igennem. Afstanden mellem rørene afpasses, så der er god varmeovergang mellem gassen i katalysatoren og rørvæggene. Bæreren for katalysatormateriale vælges, så varmeovergangen til rørene bliver bedst mulig. Røggassen passerer gennem katalysatoren på langs af de modsatgående rør. Herefter vender røggassen og løber tilbage gennem rørene, som ikke er fyldt med katalysatormateriale.

Regulering

Virkingen vil være, at maksimumtemperaturen opnås i vendekammeret. Når der sker en reaktion i katalysatoren opvarmes gassen, og den afgiver varmen på passagen tilbage gennem røret. Den indkommende gas opvarmes derved, og temperaturen stiger yderligere i vendekammeret. Hvis indgangstemperaturen er høj vil reaktionen ske hurtigt i katalysatoren, der også er første del af varmeveksleren. Herefter vil temperaturen ikke stige yderligere, og den sidste del af reaktoren vil være inaktiv. Det samme gælder for varmevekslingen i denne del, da temperaturen er ens på begge sider af rørvæggen. Hvis indgangstemperaturen igen bliver lav, vil reaktionen foregå i sidste del af reaktoren (eller i hele reaktoren). Herved vil hele varmeveksleren være aktiv, og temperaturen i vendekammeret vil være langt højere end indgangstemperaturen og udgangstemperaturen.

Hele systemet virker derfor sådan, at varmeveksleren bliver næsten inaktiv, når indgangstemperaturen er relativ høj, mens varmeveksleren har fuld virkning, når indgangstemperaturen er relativ lav. Herved er temperaturen i vendekammeret næsten konstant uanset indgangstemperaturen. Variationer i UHC-mængde vil på lignende måde skubbe reaktionsområdet frem og tilbage i reaktoren.

Katalysatoren kan derfor dimensioneres til den konstante maksimumtemperatur i stedet for en varierende maksimumtemperatur. Det sikrer en maksimal virkning af katalysatoren uanset indgangstemperaturen og uanset UHC-mængden, dog inden for katalysatorens funktionsområde.

Det nye i opfindelsen er derfor ikke selve katalysatorformuleringen, men den mekaniske opbygning, idet man bortset fra optimeringer af sammensætningen kan anvende kendte og gængse katalysatortyper og -materialer.

Data fra litteraturen tyder på, at ædelmetaller kan undgås i katalysatoren til RECCAT. Meget tyder på, at metaloxider kan gøre arbejdet. Hvis det er tilfældet, vil det gøre konceptet endnu mere attraktivt pga. lavere pris for både etablering, service og vedligehold.

Effektiviteten af selve varmeveksleren skal dimensioneres til det aktuelle anvendelsesområde. Det paradoksale i systemet er, at jo mere UHC, der er i udstødningen, jo højere bliver temperaturforøgelsen i katalysatoren, og jo mindre behøver varmeveksleren at være. Systemet har altså fordel af en høj UHC-emission fra motoren.

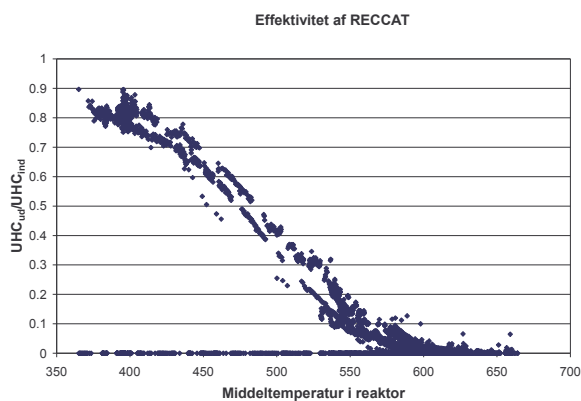
Den grundlæggende idé med RECCAT kan skrives som:

- Billig katalysator (uden ædelmetaller)
- Kan fjerne UHC
- Lang holdbarhed
- Selvregulerende reaktor
- Robust overfor pludselige ændringer (udsætning, genstart, etc.)

Resultater fra afprøvning af RECCAT

RECCAT er blevet afprøvet i foråret 2004 hos Dansk Gasteknisk Center A/S (DGC) i samme opstilling, dvs. på samme motor, som blev benyttet til REKUP-konceptet. Der blev anvendt katalysatormaterialet CK322 fra HTAS. Dette indeholder ikke ædelmetaller.

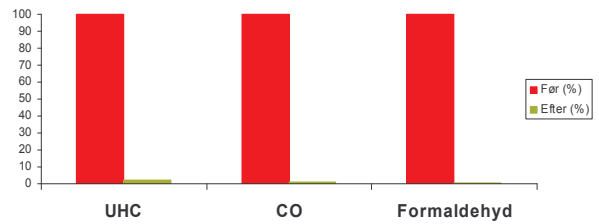
Resultaterne er meget overbevisende. Katalysatorens effektivitet er i figur 2 vist som funktion af middeltemperaturen af røggassen i katalysatoren. Effektiviteten vises som forholdet mellem UHC-koncentrationen ud af katalysatoren i forhold til koncentrationen ind i katalysatoren.



Figur 2. Katalysator CK322. Rensningseffektivitet som funktion af middeltemperaturen i katalysatoren. (100 % effektivitet ved $UHC_{ud}/UHC_{ind}=0$, ingen rensning ved $UHC_{ud}/UHC_{ind}=1$).

Katalysatorens effektivitet stiger som ventet med stigende temperatur (UHC_{ud}/UHC_{ind} falder).

Reaktoren har kørt i omkring 1000 timer hos DGC, og der er ikke konstateret nogen form for degenerering eller afmatning af katalysatorens virkning. Til forskel fra tidligere anvendte katalysatorer, så virker denne altså med fuldstændig samme effektivitet efter 1000 timer som ved start. Det forventes, at katalysatoren kan holde i mange tusind timer uden udskiftning. RECCAT renses ved normal drift ca. 98% for UHC, ca. 99,5% for CO og over 99,5% for aldehyder. Ved aldehydmålingerne på RECCAT blev UHC-rensningen kørt "ned" på 90%, og i denne driftstilstand var formaldehyd-rensningen 99,5%. Formaldehydemissionen var således mere end 10 gange lavere end kravene til nye motorer ifølge luftvejledningen. Rensningen for UHC, CO og aldehyder er langt under grænseværdierne. Se figur 3.



Figur 3. Rensning for UHC, CO og formaldehyd.

Der er mange fordele ved RECCAT-løsningen. En række af dem er listet herunder.

- Man kan beholde den eksisterende motor og undgå udskiftning eller opgradering (medmindre slid/alder kræver det)
- Opfylder lovkravet til UHC-emission
- Opfylder lovkravet til CO-emission
- Opfylder lovkravet til aldehydemission
- Eliminere lugtproblemer
- Tager start/stop-emissioner (hvis varm)
- Olieåger forventes ikke at overleve turen gennem reaktoren
- Reaktoren virker lyddæmpende
- En robust reaktor uden ædelmetaller
- Nedsat CO_2 -ækvivalent emission
- Ofte positivt økonomisk bidrag (sælge mere varme eller købe mindre gas)
- Fremtidssikret mod skærpede lovkrav

Det vil føre for vidt at gennemgå alle fordelene, men nogle enkelte skal fremhæves. Med RECCAT kan alle nuværende og fremtidige lovkrav til UHC, CO og aldehyder opfyldes (indirekte kan NO_x -kravene også opfyldes). Den eksisterende motor kan beholdes, hvilket kan give store besparelser. I mange anlæg vil RECCAT give en direkte økonomisk gevinst på grund af varmeudnyttelsen af brændstof, som ellers går tabt gennem skorstenen.

Potentialet for RECCAT ApS

Rettighederne til opfindelsen er sikret gennem tre nationale og internationale patentansøgninger. I de indsendte patentansøgninger kan man se yderligere detaljer og tekniske finesser. Selskabet RECCAT ApS har overtaget rettighederne til konceptet. RECCAT ApS er blevet etableret med investering fra Teknologisk Innovation as. Afprøvningen af konceptet er desuden støttet af gasselskaberne.

Det forventes, at konceptet vil kunne opstilles for en pris, der er ca. 1/3-1/2 af eksisterende løsninger med incinereringsanlæg. På det danske marked forventes det, at motoranlæg med i alt ca. 500 MW_{el} inden år 2006 skal installere en løsning, der renses for UHC, CO, NO_x . Det giver et dansk potentiale for RECCAT på ca. 250 mio. kr. Dertil kommer service og vedligehold. Det europæiske marked er mere

usikkert, da der endnu ingen regler er vedrørende metan-emissioner fra motorer.

Konceptet bliver først og fremmest udviklet som en løsning til gasmotorer. Efterfølgende kan det vise sig, at det også kan anvendes til andre formål, f.eks. til biler (benzin og diesel/partikler), men det er endnu for tidligt at vurdere. Det samlede potentiale for katalysatorer til køretøjer (både diesel og benzin) er i størrelsesordenen 150 mia. kr./år på verdensplan. Selv en minimal andel af dette marked udgør derfor et meget stort potentiale.

E-mail-adresse:

Niels B. Rasmussen: info@reccat.dk