

Ecotal brännarutveckling

©Svenskt Gastekniskt Center – Augusti 2004



Thomas Lewin
KANTHAL AB

SGC:s FÖRORD

FUD-projekt inom Svenskt Gastekniskt Center AB avrapporteras normalt i rapporter som är fritt tillgängliga för envar intresserad.

SGC svarar för utgivningen av rapporterna medan uppdragstagarna för respektive projekt eller rapportförfattarna svarar för rapporternas innehåll. Den som utnyttjar eventuella beskrivningar, resultat e dyl i rapporterna gör detta helt på eget ansvar. Delar av rapport får återges med angivande av källan.

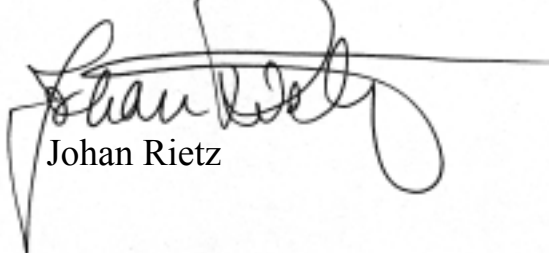
En förteckning över hittills utgivna SGC-rapporter finns på SGC's hemsida www.sgc.se.

Svenskt Gastekniskt Center AB (SGC) är ett samarbetsorgan för företag verksamma inom energigasområdet. Dess främsta uppgift är att samordna och effektivisera intressenternas insatser inom områdena forskning, utveckling och demonstration (FUD). SGC har följande delägare: Svenska Gasföreningen, Sydkraft Gas AB, Sydkraft AB, Göteborg Energi AB, Lunds Energi AB och Öresundskraft AB.

Följande parter har gjort det möjligt att genomföra detta utvecklingsprojekt:

Sydkraft Gas AB
Kanthal AB
Statens Energimyndighet

SVENSKT GASTEKNISKT CENTER AB



Johan Rietz

KANTHAL Application Development	Test report Provningsprotokoll Untersuchungsbericht Protocole de verification	FIR0401
Object: Ecothal brännarutveckling, SGC	Date, issue: 04-08-06, issue 2	
Customer: Projekt 9807 Ecothal. Svenskt Gastekniskt Center(SGC)	Author: FI / T.Lewin	
Controlled:		
Distribution: SGC/Corfitz Norén,O.Stadum,F/Bo Jönsson,		

Sammanfattning

Ett SER brännarsystem med katalysatorfunktion har optimerats mot installation i ett strålningsrör av 100-115mm ytterdiameter. Målsättningen har varit att åstadkomme en brännare med ett kväveoxidutsläpp under 50ppm och verkningsgrad 80%. En optimerad brännare/brännarsystem går att realisera men den är ej tillräckligt stabil för kommersialisering. För att brännaren skall uppfylla kraven krävs i princip att den regleras med syresondsmätning återkopplad till luft/gas-tillförseln. Praktiskt går det att åstadkomma ca 200-300ppm kväveoxid vid en verkningsgrad mellan 70-80%. Fortsatta arbeten måste inriktas mot att minska känsligheten för geometriförändringar under drift men även mot existerande tillverkningsstoleranser samt fluktuationer i gasförsörjningen.

A SER burner system with catalytic cleaning have been optimised for an outer tube OD 100-115mm. The aim has been to develop a burner with an emission of nitrogen oxides below 50ppm and an efficiency higher than 80%. An optimised burner system have been realised but will not be stable enough for commercialisation. In order to fullfill the requirements it have to be regulated with closed loop oxygen sensor system regulating the air/gas-supply(Lambda-value). Practically it is possible to reach 200-300ppm nitrogen oxide with an efficiency around 70-80%. Following work have to focus on how to improve the stability considering geometrical changes when in operation but also towards accomodation of production tolerances and fluctuations in gas supply systems.

1 Bakgrund

Försökens syfte har varit att reducera utsläppen av kväveoxider med bibehållet låga kolmonoxidutsläpp med bivillkoret att verkningsgraden skall bibehållas eller förbättras.

Initiala försök har verifierat att det är möjligt att förse en industriell gasbrännare med katalysator och därigenom reducera mängden kväveoxid och kolmonoxid.

Vid dessa försök har det visat sig att reduktionsprocessen kräver en regler noggrannhet som ej finns industriellt installerad idag. Reglerkomponenterna finns kommersiellt tillgängliga men steget till att installera dessa i samband med ett byte av brännarkoncept kommer att vara svårt att sälja in. Därför har dessa fortsatta försök fokuserat på att försöka utöka erforderligt reglerområde så att de extra reglerkomponenterna kan undvikas.

Bland ett tiotal olika brännare med jämförbara effektnivåer valdes en brännare ut till att vara utvärderingsobjekt. Valet föll på en brännare som ursprungligen konstruerats och sålts av en tysk ugnbyggare.

Denna brännare arbetar med ett ytterrör ytterdiameter 100-115mm med vägg tjocklek 5mm. Innerröret/flamröret är normalt ytterdiameter cirka 83mm med vägg tjocklek 5mm.

Att denna brännare valdes beror på att den erbjuder omkonstruktion utan alltför komplicerade metoder samt tillåter förändringar i konstruktionen utan att för den skull kräva förändring av andra ingående komponenter i ett gasbrännarsystem. Brännaren har redan från början en relativt hög verkningsgrad. Den är dessutom baserad på metalliska material som ligger inom Kanthals verksamhetsområde varför en framtida lösning skulle kunna ge ökad försäljning för Kanthal.

Brännaren är idag en av de brännare som först kommer att ställas inför kravet på utbyte när miljökraven stramas åt. Den har dessutom ingen modern, aktiv, direkt flamövervakning eller tändning. Tändning och övervakning sker idag medelst en Ugnbyggaren är också en aktiv partner när det gäller utveckling samt har mycket god kontakt med slutanvändarna i framförallt Tyskland men även internationellt.

Kanthal har sedan tidigare en upparbetad kontakt med en av de större slutanvändarna av dessa brännare i Tyskland som ställt sig positiva till att delta i ett samarbete när det gäller kommande fälttest. De har sedan länge använt våra strålningsrör tillsammans med både elektriska och gasvärmade enheter med gott resultat.

De resurser som avsatts till projektet är Kanthals utvecklingslaboratorium i Hallstahammar där en gasbrännarprovsningsplats för horisontella och vertikala brännare upp till ca 100kW kan provas. Utvärdering kan ske med avseende på utsläpp av kväveoxider, kolmonoxid, koldioxid samt svaveldioxid. Temperaturmätning med pyrometri och termoelement kan utföras.

Reglering av effekt(gasmängd) kan ske som on/off, proportionellt parallellt med indirekt kylning av ugnskammaren.

I försöken har på grund av brännarvalet ytterrör ytterdiameter 115mm med vägg tjocklek 5,5mm generellt använts. Till detta har olika innerrör dimensioner provats i ytterdiametrar mellan 85 och 64mm med vägg tjocklek 5mm (enligt Kanthals standard dimensionsprogram).

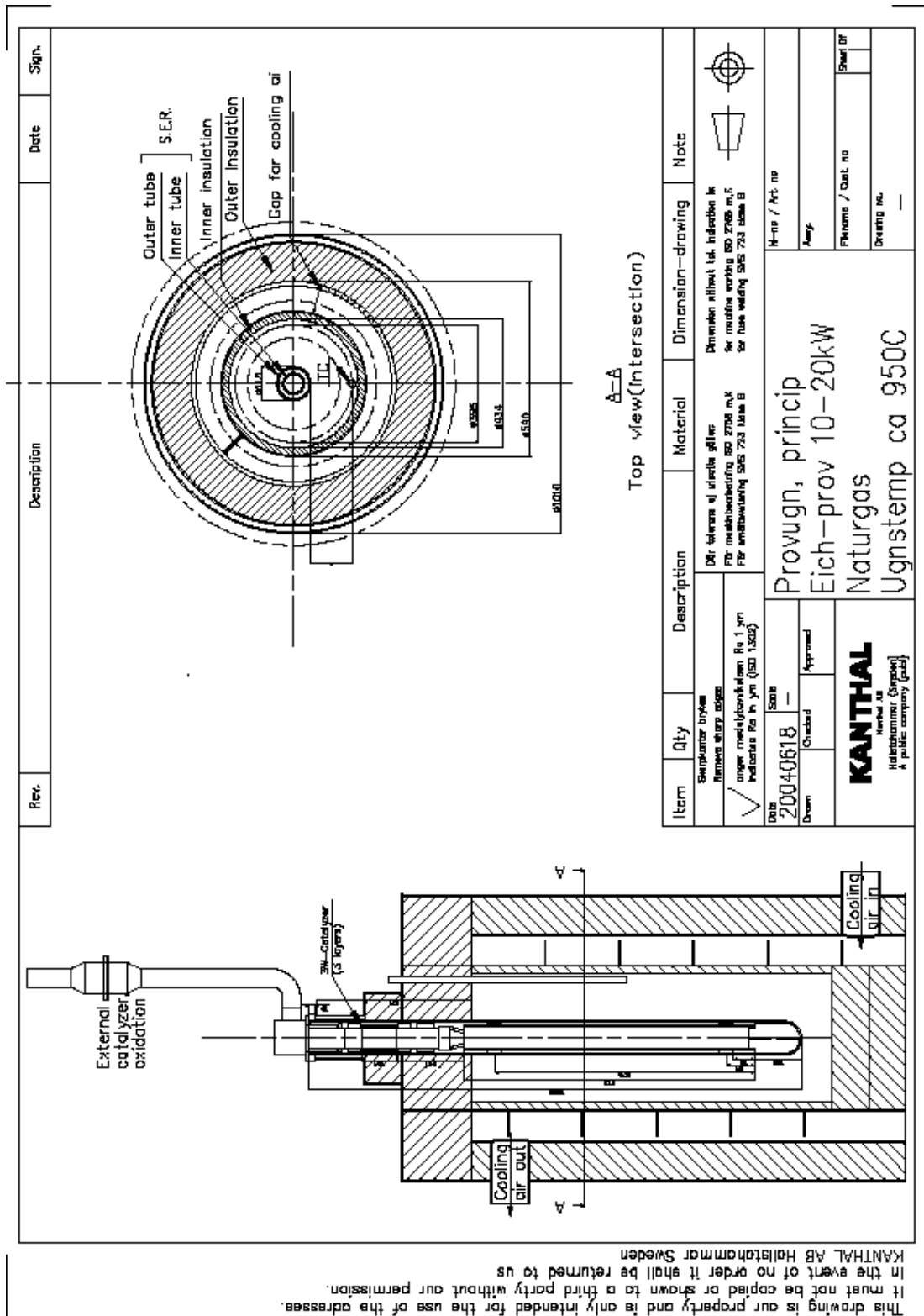
Brännaren har provats med Naturgas från AGA som bränsle. Sedan tidigare har vi erfarenhet från jämförelse mellan att använda Gasol som bränsle och resultat från detta bränsle är ej enkelt överförbart till Naturgas. Då marknaden för denna typ av värmesystem till största delen använder Naturgas valdes därför detta bränsle.

Alla halter är om ej annat anges ej omräknade till referenshalt såsom 3% O₂. För simulering och utvärdering av provgeometrier map på flöden och temperaturer har datasimuleringsprogrammet Fluent använts.

Kanthals huvudintresse ligger i att kunna visa att man genom användandet av våra material i brännarkomponenter och strålningsrör kan höja effektuttag, verkningsgrader, serviceintervall/livslängder samt realisera konstruktioner/designer som tidigare varit omöjliga ur materialsynpunkt och därigenom öka försäljningsvolymen. Att dessutom bidra till en renare/bättre miljö ses också som viktigt.



*Bild 1.
Brännare av SER typ. Notera fenorna längs efter recuperatorn vilka ger möjlighet till hög värmeåtervinning. Fenorna sitter i både utgående avgasflöde och inkommande förbränningsluftsflöde dvs går genom rekuperatorröret.*



Skiss 3

Ugnskammaren med brännare monterad i strålningsrör. Notera att kammaren kan "kylas" indirekt" genom att förlusten genom isoleringen varieras genom luftspolning mellan de två mantlarna.

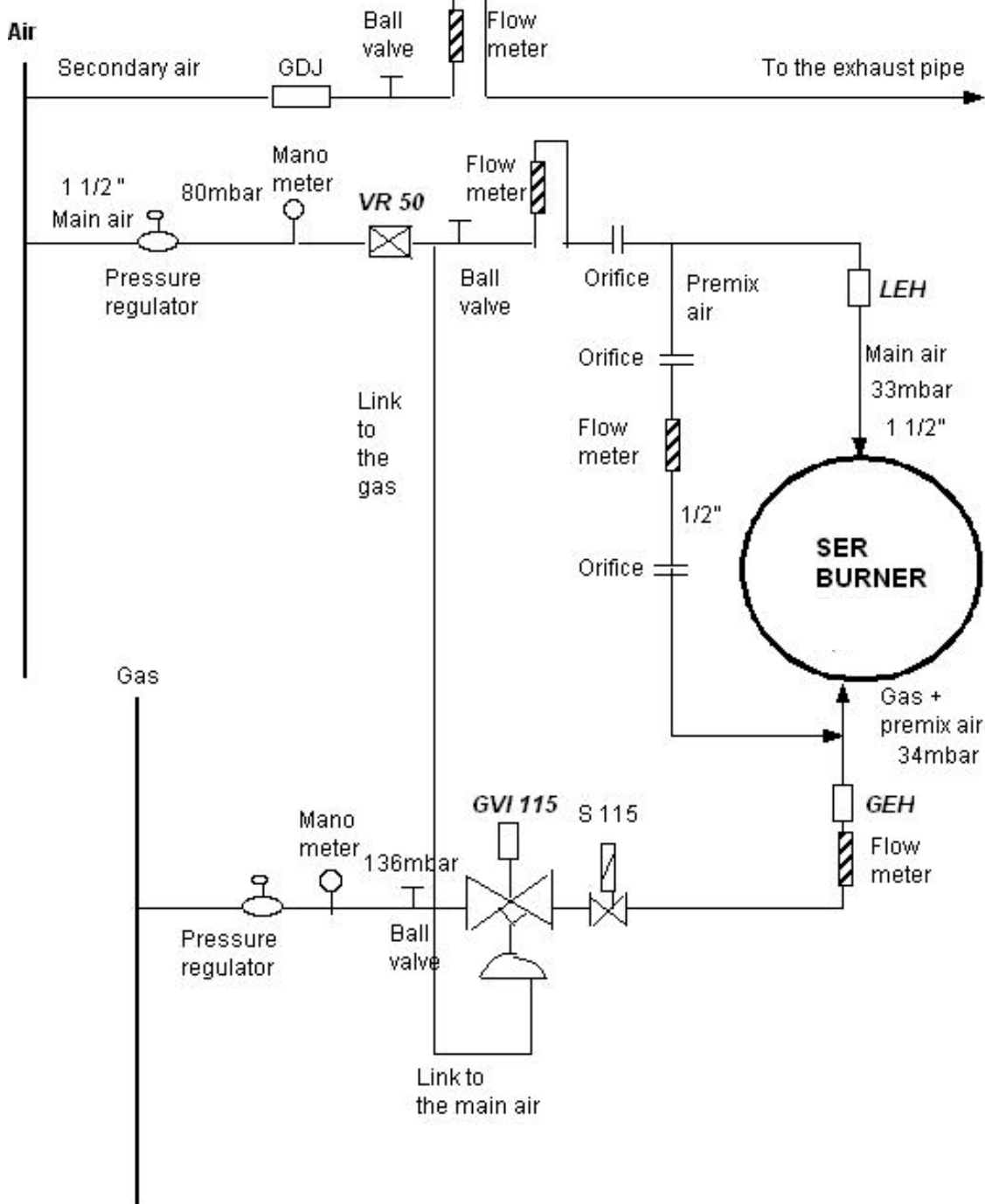
This drawing is our property and is only intended for the use of the addressee. It must not be copied or shown to a third party without our permission. In the event of no order it shall be returned to us
KANTHAL AB Hvalstahammar Sweden

Försökuppställning i Tekniska Centret i Hallstahammar



*Bild 2.
Till vänster i bild ses tryckregulatorer samt flödesmätare av svävkroppstyp. Till höger
brännaren vertikalt monterad i provläge.*

Då brännaren av mättekniska skäl när det gäller avgasmätningar måste vara i drift kontinuerligt med oförändrade inställningar under hela mätsekvensen är reglerutrustningen endast intressant med avseende på stabilitet. I försöken har kylningen inställts så att temperaturen i stort förblir konstant under mätperioden.



Skiss 4
Reglerdiagram, princip

3 Resultat

3.1 Försöksomgång 1-emissioner sfa olika lambda-tal

Genom att förse brännaren med katalysatorer möjliggöres luft/gasblandningsförhållanden vilka reducerar den primärt bildade kväveoxiden samtidigt som man vid svagt understökiometrisk förbränning även åstadkommer reducerande förhållanden vid ingången till trevägskatalysatorn.

För att säkerställa att kolmonoxid ej släpps ut med förbränningsavgasen förses brännaren med en oxidationskatalysator i vilken avgaserna passerar tillsammans med ett litet tillskott av luft för att möjliggöra oxidation av kolmonoxiden till koldioxid. Vid denna relativt sett låga temperatur skall bildningen av kväveoxider vara låg.

De första försöken visar att principen fungerar, se diagram 1 (notera att innerröret tätar mot recuperatorn/brännaren). Dock klarar man ej att sänka kväveoxidutsläppen ned till målet på max 50ppm utan reduktionen når ca 250ppm (inom ett snävt område nås ca 80ppm).

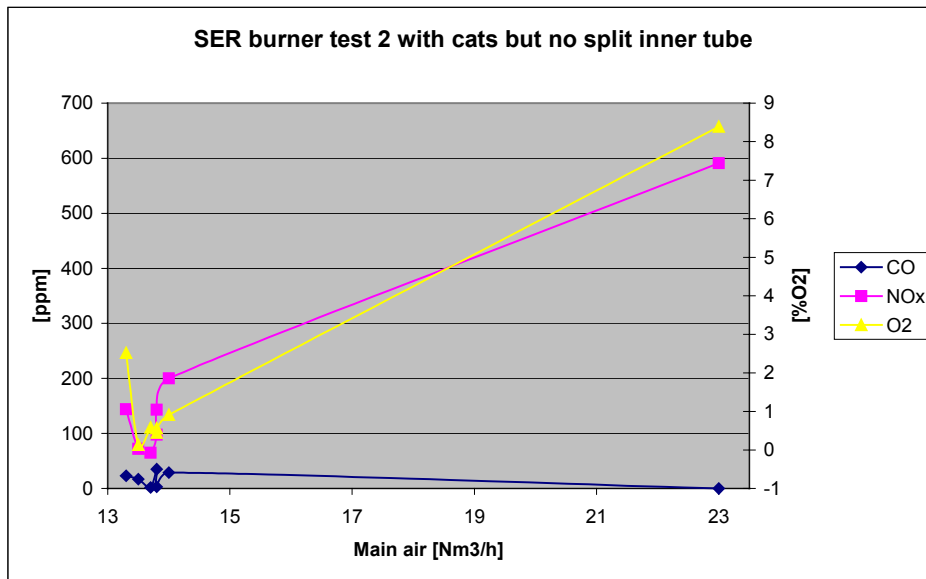


Diagram 1.

Om man försöker att öka reduktionen ytterligare krävs så lågt lambdavärde att mängden kolmonoxid som kvarstår efter trevägskatalysatorn kommer att nybilda kväveoxider i oxidationssteget i oxidationskatalysatorn pga den kraftiga temperaturhöjning som sker där. Detta innebär också att verkningsgraden sjunker pga av att värmeenergin genereras utanför ugnsutrymmet och rekuperatorområdet.

De sätt som återstår för att undertrycka den primära bildningen av kväveoxider är antingen att sänka reaktionstemperaturen och eller att reducera antalet reaktioner per tidsenhet dvs se till att förbränningen sker under en längre tid/längd (förlänga flamlängden). Det beslutades att reaktionshastigheten skulle sänkas genom att späda ut luft/gas-blandningen med en ej reaktiv komponent. Vid rekuperativ förbränning är det naturliga valet att försöka späda med en viss andel av de utgående rökgaserna, så kallad avgas-recirkulation.

3.2 Försöksomgång 2-effekt av delat innerrör med styrkona för huvudluften på brännaren

Vid dessa försök varierades längden på konan dvs dess mynningsdiameter och den därav bestämda utgångshastigheten. Genom att öka utgångshastigheten åstadkommes en längre flamma varvid effektkoncentrationen sjunker och därmed också flammans topptemperatur. Detta är även gynnsamt för rörmaterialet.

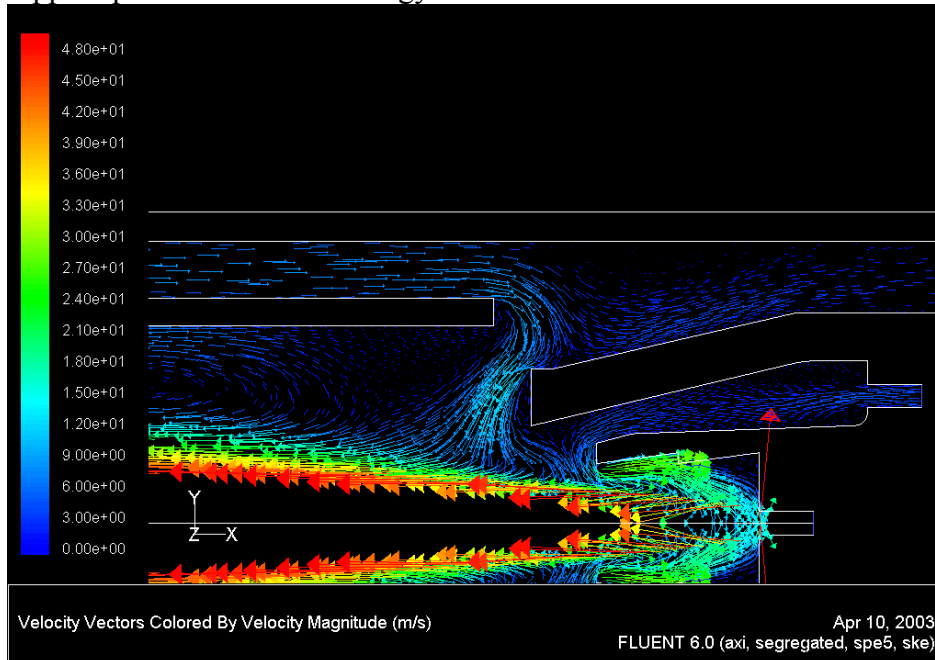


Bild 3
Simulering av strömningsförhållanden mha av Fluent. Recirkulationen framgår upptill i mitten av bilden.

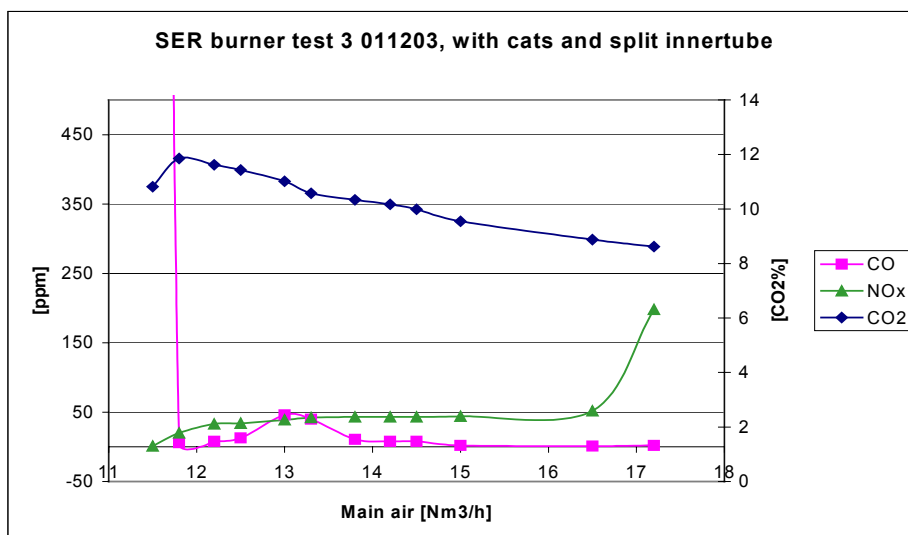


Diagram 2
Utsläpp vid utförande delat innerrör.

Av diagram 2 framgår att utsläppen ligger under maxkravet på 50ppm i ett stort intervall av mängden huvudluft. Dock avtar verkningsgraden med ökande mängd huvudluft. Som framgår av senare test så visar det sig vara ytterst svårt att återupprepa försöken med samma resultat. Anledningen är med största sannolikhet svårigheten att

säkerställa att brännare och innerrör är centrerade relativt varandra samt relativt ytterröret. Om dessa dimensioner varierar så kommer förhållandena i planet runt spalten att vara olika och därmed ge olika förbränningsresultat på olika ställen i spalten. Detta har uppmätts genom att vi har erhållit stora variationer då mätsonden flyttats mellan olika positioner i avgastvärsnittet. Praktiskt innebär detta att den provade designen ej är tillräckligt stabil för industriell användning.

3.3 Försöksomgång 3-inverkan av spaltbredden på utsläppen

Det visar sig att då spaltbredden (avstånd axiellt mellan rekuperator och innerrörsänden) ökas så minskar bildningen av kväveoxider. Dock ökar benägenheten för brännaren att brinna bakåt ut genom spalten då denna ökas. En ökad förinblandning med förbränningsluft (premix) reducerar denna benägenhet. Troligen är detta resultatet av ett ökat undertryck bakom flamman till följd av högre utgångshastighet i flamcentrum vid högre förinblandning.

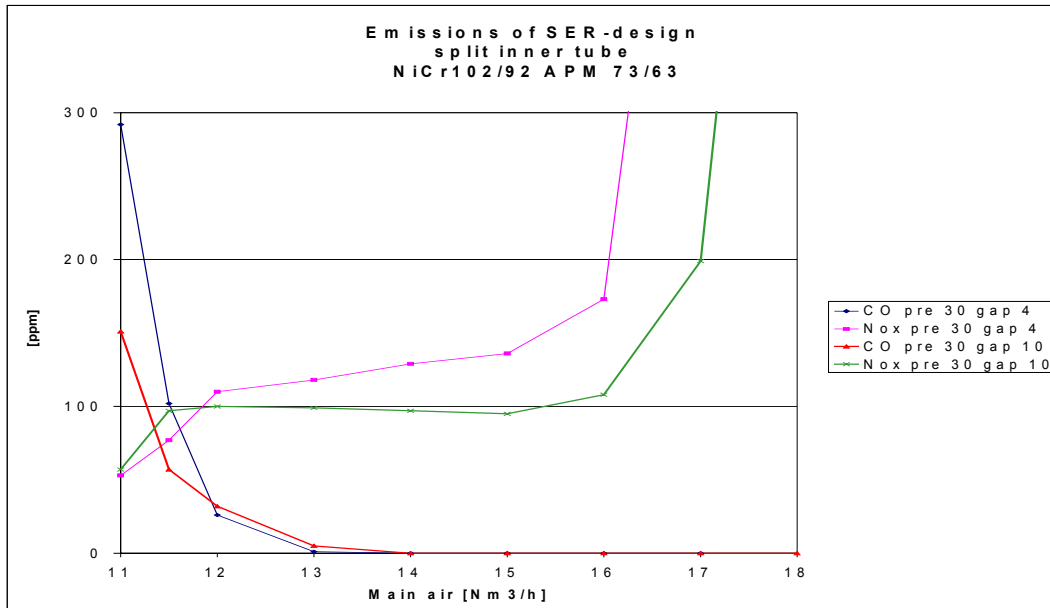


Diagram 3. Emission sfa spaltbredd

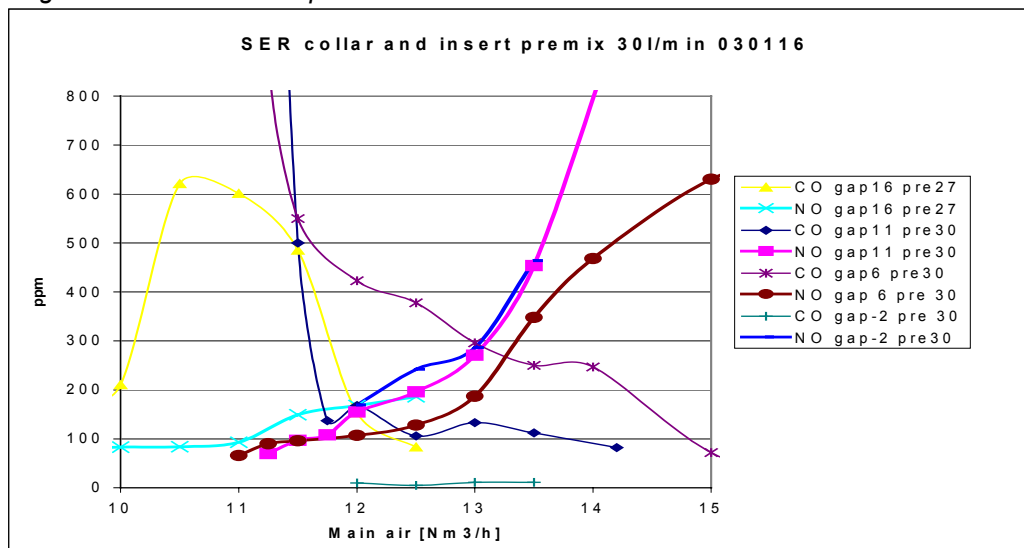


Diagram 4.

Diagram med emission som funktion av spaltbredd. Här ser man att spaltbredden kan ökas till en viss gräns, ökas den ytterligare blir brännaren instabil vilket ger utslag i form av ökat kolmonoxidutsläpp, kurvan för "CO gap 16 pre 27" är ett typiskt exempel där ett omslag i flambild kan ses under 11,5 Nm³/h huvudluft. Även kurvan för CO gap 6 pre 30 har en onormal form. Den enda kurva som är normal är den för CO gap-2 pre 30 även om mätvärdena för den lägre luftmängden saknas.

3.4 Försöksomgång 4-inverkan av förinblandning

Redan tidigt stod det klart att det är nödvändigt att förse brännaren med en förblandad gasblandning för att undvika kolmonoxidutsläpp. Denna förinblandning kan ske antingen externt innan gasen kommer in i brännaren eller genom en mekanisk blandning strax innan flaman ”tänder”. Generellt kan sägas att ju högre förinblandning man kan åstadkomma desto stabilare förbränning erhålles. Jämför de tre olika förinblandningsmängderna i tabell 1 nedan(anges som mängd ”pre-mix” [l/min]) samt den grafiska presentationen i diagram.5.

Bumer manuf.	SER	Size/model	Modification SER1 with 3W , Collar OD83 12mm cutaway from center outlet and 2,5mm removed from Gap 7mm, external																			
Date		20030324																				
Time		14,30																				
Tfurn	[°C]	938 937 936 935 935 934 934 934 935 929 927 926 927 927 928 928 928 929 930																				
Gasflow	[reading]	22 22 22 22 22 22 22 22 22 21 21 21 21 21 21 21 21 21 21																				
"	[Nm ³ /h]	1,52 1,52 1,52 1,52 1,52 1,52 1,52 1,52 1,52 1,45 1,45 1,45 1,45 1,45 1,45 1,45 1,45 1,45																				
Air, main	[Nm ³ /h]	12 12,5 13 13,5 14 14,5 15 15,5 16 10,5 11 11,5 12 12,5 13 13,5 14 14,5 15																				
O2	[%]	0 0,65 1,25 1,88 2,4 2,94 3,3 3,82 4,3 0,07 0,4 0,99 1,74 2,35 2,87 3,43 3,87 4,35 4,85																				
CO2	[%]	CO2 12,05 12,25 11,92 11,53 11,2 10,89 10,69 10,35 10,08 12,62 12,45 12,1 11,65 11,28 10,95 10,62 10,35 10,05 9,76																				
CO	[ppm]	CO 5000 200 52 32 19 12 8 4 3 106 60 43 27 15 8 3 1 0 1																				
NOx	[ppm]	NOx 6 64 69 78 99 128 149 195 283 52 58 65 76 95 123 171 226 304 435																				
Lambda(no)		0,87 0,91 0,94 0,97 1,00 1,03 1,06 1,10 1,13 0,86 0,89 0,92 0,96 0,99 1,02 1,06 1,09 1,12 1,15																				
Th 2 afterburner	[°C]	afterburner																				
TC1	[°C]	TC1																				
TC2	[°C]	TC2																				
TC3	[°C]	TC3																				
TC4	[°C]	TC4																				
TC5	[°C]	TC5																				
TC6	[°C]	TC6																				
TC7	[°C]	TC7																				
Comments:																						
Pre-mix air l/min:		30 30 30 30 30 30 30 30 30 40 40 40 40 40 40 40 40 40 40																				
Sec. air:																						

Bumer manuf.	SER	Size/model	Modification											
Date														
Time														
Tfurn	[°C]													
Gasflow	[reading]		22 22 22 22 22 22 22 22 22 22 22 22											
"	[Nm ³ /h]		1,52 1,52 1,52 1,52 1,52 1,52 1,52 1,52 1,52 1,52 1,52 1,52											
Air, main	[Nm ³ /h]		13 13,5 14 14,5 15 15,5 16 16,5 17 17,5 18 0,00 0,00											
O2	[%]		0 0,01 0,8 1,24 1,6 2,3 2,98 3,45 3,96 4,50 5,04											
CO2	[%]		11,51 12,56 12,2 11,87 11,66 11,28 10,85 10,58 10 9,96 9,64											
CO	[ppm]		5000 830 320 225 177 120 62 36 20 15 15											
NOx	[ppm]		8 45 116 118 117 120 140 172 217 387 688											
Lambda(no)			0,86 0,89 0,92 0,96 0,99 1,02 1,05 1,08 1,11 1,15 1,18											
Th 2 afterburner	[°C]													
TC1	[°C]													
TC2	[°C]													
TC3	[°C]													
TC4	[°C]													
TC5	[°C]													
TC6	[°C]													
TC7	[°C]													
Comments:														
Pre-mix air l/min:			10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10											
Sec. air:														

Tabell 1

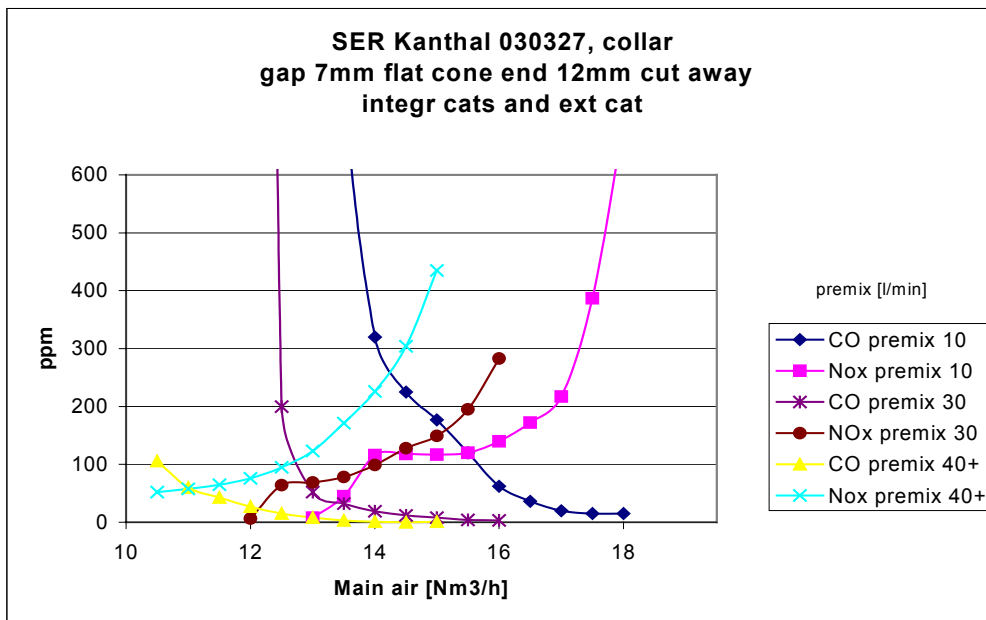


Diagram 5.

3.5 Simulering/strömningsberäkning-inverkan av flamhållarens position relativt konan(huvudluftens vinkel/hastighet vid äntringens början)

Beräkningarna visar att man genom att flytta tillbaka flamhållaren relativt konmyrningen kan minska benägenheten för flammans att brinna ut genom spalten mellan innerrör och brännare. Detta åstadkommes genom att konan blir den komponent som till största delen ger gasluftblandningen dess slutgiltiga riktning och därigenom tillåter oss att hålla ihop den utströmmande gasluftblandningen. Detta styrks ytterligare av de erfarenheter vi har från alla praktiska test. Till en början hade vi enormt stora problem med att kunna återupprepa försök från dag till annan med likvärdiga resultat. Efter det att vi flyttade tillbaka munstycket relativt konans mynning har dessa problem i stort sett försvunnit, jämför undre bilden i bild 3 med den övre . Se även under avsnittet 3.6 ”observationer under de olika försöken”.

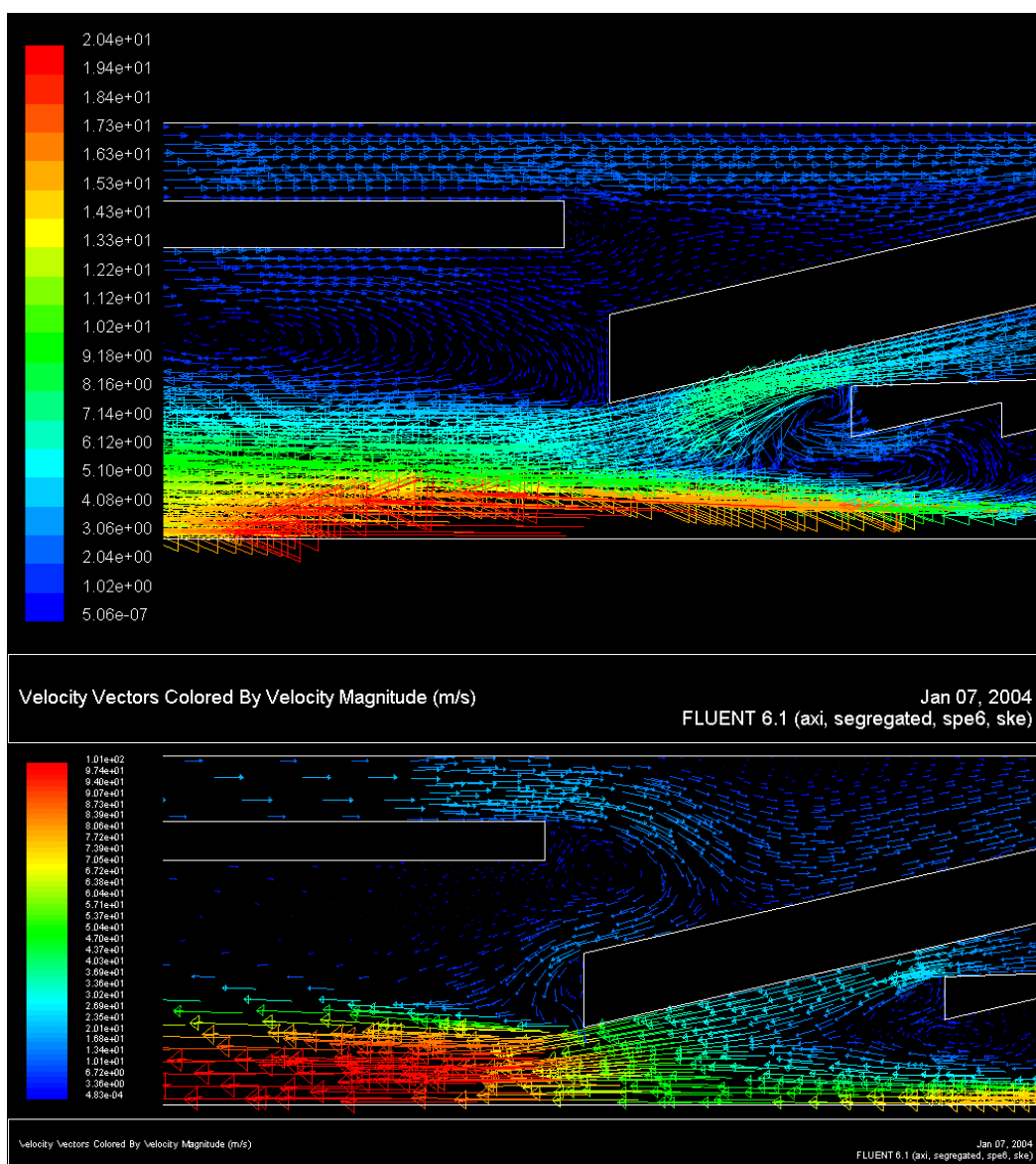


Bild 3

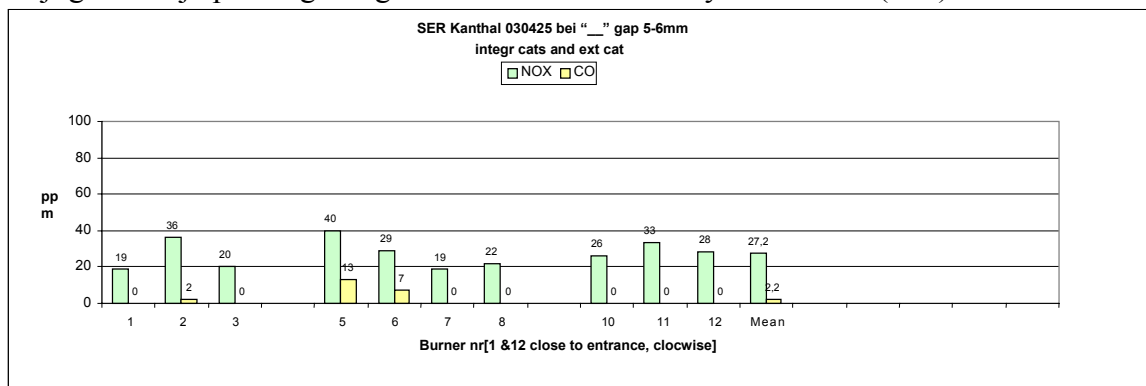
Här framgår önskad recirkulationen i den undre bilden. I den övre bilden ser man i princip att flödet går i fel riktning.

3.6 Observationer under de olika försöken.

I ett tidigt skede framkom det att det är av yttersta vikt vid SER brännare med innerröret separerat från rekuperatorn att brännaren med sitt munstycke centreras relativt innerröret vilket i sin tur bör centreras relativt ytterröret. Om detta ej göres så kommer variationerna i spaltbredd från en sida till en annan att medföra att en del av flammen kan komma att rivas av och därigenom komma att brinna ut genom spalten och direkt upp i rekuperatorn. Detta märks tydligt vid avgasanlys över tvärsnittet i avgaskanalen genom att stora variationer erhålles, framförallt visar det sig genom att man erhåller höga kolmonoxidhalter i vissa delar av tvärsnittet. Denna är resultatet av förbränning vid fel Lambda-värde samt att förbränningen här sker vid väsentligt lägre temperatur. Om denna avrivning sker jämnt runt varvet vid tex en för stor spalt kommer man att registrera en markant lägre verkningsgrad. Detta kan mätas genom att avgastemperaturen stiger. Man får även högre kolmonoxidhalter vid samma lambda-värde då förbränningen kommer att ske vid lägre temperatur. Även steget från fullständig kolmonoxidförbränning till förekomst av kolmonoxid(>500ppm) blir mindre markerat.

Baserat på rönen från denna undersökning har en ugn hos en större biltillverkare i Tyskland byggts om med avseende på brännarnas design. Resultaten så här långt är mycket lovande. Utsläppsnivån av kväveoxider ligger på under 100ppm vid en kolmonoxidhalt 0-10ppm. Inte bara utsläppen av kväveoxider och kolmonoxid har kunnat reduceras avsevärt, man har erhållit en effekttökning på ca 10-15 procent vilket gjort att man kunnat reducera antalet brännare till 10 istället för som tidigare 12st. De två brännare som demonterats efter ca 2 månader visade inga som helst tecken på onormal förslitning, snarare bedömdes de vara ”så gott som i nyskick”

I diagram 6 nedan visas den aktuella mätningen. Då man valt att försöka med att reglera brännarna utan den av Kanthal framtagna Lambda-regleringen så är idag brännarna manuellt inställda vid en syrehalt av 3%. Vid installationsarbetet registrerades cirka 200ppm Kväveoxider med en kolmonoxidhalt under 50ppm. Det är möjligt med hjälp av regleringen att arbeta ned till en syrehalt runt 0(noll).



Hallo X.X/H.Lewin, anbei die Aktuelle Messung, es mußten nur wenige Brenner per Luft Nachgestellt werden.

Wirkliche sehr gute Werte !
<<OFen 10-ab 05.KW-2004.xls>>

Diagram 6.Kundens egen uppmätning

4 Diskussion

Utifrån de resultat som framkommit under denna undersökning bedöms metoden för avgasrening som fullt möjlig. Dock har resultaten som visar på vikten av att säkerställa centreringar och spalter visat på ytterligare konstruktionsförbättringsbehov. Speciellt om man skall försöka minimera behovet av att använda mer sofistikerad reglerutrustning än vad som är allmänt idag. Klart är att enbart användandet av katalysatorer ej räcker för att åstadkomma låga kväveoxidutsläpp samtidigt som verkningsgraden skall maximeras. Mycket positivt är de praktiska resultaten från kundinstallationen där användandet av Kanthal APM material i strålningsrör visat att det är möjligt att öka effektkoncentrationen per brännare med bibehållen funktion. Detta öppnar möjligheter för alternativa reglersätt genom att t.ex koppla in brännare utefter effektbehov istället för variera effektuttag per brännare som påverkar funktionen strömningstekniskt. En geometri är egentligen endast optimal för en viss given effekt.

5 Slutsats

De resultat som erhållits under försöken visar på flera intressanta utvecklingsmöjligheter där konceptet med katalysatorer kommer att vara en huvudkomponent. Regleringsoptimering med hjälp av syresondsreglering är troligen på lång sikt det bästa sättet att erhålla både låga utsläpp och högre verkningsgrad. Kortsiktigt bör fortsatt arbete inriktas mot geometriska förbättringar av brännarmunstycken och övriga systemkomponenter. Mycket positivt är de praktiska resultaten från kundinstallationen där användandet av Kanthal APM material i strålningsrör visat att det är möjligt att öka effektkoncentrationen per brännare med bibehållen funktion.



SE-205 09 MALMÖ • TEL 040-24 43 10 • FAX 040-24 43 14
Hemsida www.sgc.se • epost info@sgc.se
