



Undersøgelse af metoder og løsninger til imødegåelse af eksponering for nitrogendioxid ved autogene processer.

**Industriens Branchearbejdsmiljøråd
Projekt nr. 80-2003-17**

Erik Beck Hansen
Jan Thernøe

FORCE Technology
November 2003

Resume

Den foreliggende undersøgelse omfatter:

- Praktiske forsøg med induktionsopvarmning og flammeopvarmning med det formål at vurdere de tekniske og økonomiske aspekter ved induktionsopvarmning som alternativ til opvarmning med autogenbrænder samt NO_x-eksponeringen ved de to metoder.

Endvidere er der foretaget en nærmere analyse af:

- Gassparers anvendelsesmuligheder under industribetingelser
- Mulighederne for AT-godkendelse af åndedrætsværn med gasfiltre til NO_x-beskyttelse

Undersøgelserne viser:

Induktions- og flammeopvarmning

Med det aktuelle udstyr - henholdsvis et 33 kW induktionsanlæg og en rivebrænder med 5 dyser - var de direkte omkostninger ved induktionsretning lidt mindre end ved flammeretning, men forskellen var relativ lille. Da tidsforbrug til transport og oprigning af induktionsudstyr må antages at være noget større end for udstyr til flammeretning, vil der imidlertid i praksis ikke være væsentlig forskel i driftsøkonomien, når flammeretning udføres med rivebrænder.

Sammenlignes induktionsopvarmning med opvarmning med enkeltbrænder vil induktionsopvarmning dog kunne være økonomisk fordelagtig. Den væsentlig større udstyrsinvestering ved induktionsopvarmning i forhold til flammeopvarmning er ikke indregnet i ovennævnte.

Under forsøgene med *induktionsretning* kunne der ikke registreres øgede NO_x- eller CO-koncentrationer ved hverken operatøren eller i lokale luften.

Flammeretningen resulterede derimod i NO_x-emission samt i mindre omfang CO-emission.

Under de aktuelle arbejdsbetingelser var koncentrationerne af både NO₂, NO og CO i operatørens indåndingszone imidlertid særdeles lave. Årsagen var, at gasserne pga. af brænderstillingen primært blev emitteret i en fremadrettet zone modsat operatøren. Måleresultaterne viser imidlertid, at det er afgørende, at operatøren ikke har ansigtet placeret i "varmluftzonen" fra brænderen.

Der er opstillet en formel for beregning af NO_x-koncentrationen i lokale luft afhængig af arbejdsbetingelserne ved flammeretning.

Filtrerende Åndedrætsværn

Med de nuværende At-kriterier for brug af åndedrætsværn er det ikke muligt at anvende filtrerende åndedrætsværn til NO_x-beskyttelse i svejseindustrien *uanset* filternes NO_x-effektivitet. En analyse af data for typiske CO-koncentrationer viser, at der ofte forekommer CO-koncentrationer over 1/10 af GV ved svejsning, skæring og varmning, hvorfor brug af konventionelle gasfiltre er udelukket efter de nuværende AT-kriterier.

CO-koncentrationerne er imidlertid generelt altid mindre end GV. På baggrund af den nye SCOEL ændring af GV for NO anbefales det, at AT-kriterierne for brug af åndedrætsværn tages op til overvejelse.

Gassparere

På *faste arbejdspladser* må det anses for muligt med såvel økonomiske som miljømæssige fordele at anvende gassparere i væsentlig større omfang i industrien end tilfældet er i dag. Gassparers anvendelighed til arbejde på *skiftende arbejdssteder* afhænger af den konkrete arbejdssituation, herunder opgavens karakter og risikoen for NO_x-eksponering i forhold til arbejdet med oprigning og flytning af udstyret. Et andet væsentligt aspekt er risikoen for eksplosionsulykker ved utilsigtet gasudslip.

Indholdsfortegnelse

	side
Resume	1
1. Introduktion	3
2. Forsøg med induktions- og flammeretning	4
2.1 Induktionsopvarmning	4
2.2 Flammeopvarmning	6
2.3 Sammenlignende forsøg med induktions- og flammeopvarmning	7
2.4 Sammenligning af virkningen af de to metoder	13
2.5 Arbejdshastighed og driftsøkonomi for de to metoder	15
2.6 Vurderinger	17
2.7 Sammenfatning	19
3. Eksponering for NO_x og CO ved flamme- og induktionsretning	20
3.1 Målingernes omfang	20
3.2 Målebetingelser og udstyr	20
3.3 Resultater	21
3.4 Vurdering	25
3.5 Beregningsmodel for NO _x -koncentrationen ved flammeretning	27
4. Åndedrætsværn	30
4.1 Filtrerende åndedrætsværn til NO ₂ -beskyttelse	30
4.2 Oplæg til projektsamarbejde med leverandører af åndedrætsværn om NO _x -prøvning	30
4.3 Arbejdstilsynets indstilling til brug af filtrerende åndedrætsværn til NO _x -beskyttelse	31
4.4 Carbonmonoxid ved svejse- og skæreprocesser	32
4.4.1 CO-dannelse ved svejsning, skæring m.v.	32
4.4.2 Eksponering for CO i svejseindustrien	33
4.5 Vurdering af mulighederne for AT-godkendelse af filtrerende åndedrætsværn til NO _x -beskyttelse ved svejsning, skæring m.v.	37
5. Anvendelsesmuligheder for gassparere	38
5.1 Vurdering af mulighederne for brug af gassparere	38
5.1.1 Tekniske forhold	38
5.1.2 Sikkerhedsmæssige aspekter	39
5.1.3 Vurdering af gassparers anvendelse	42
Referencer	43
Bilag I	Brev til leverandører af åndedrætsværn
Bilag II	Chemical Hazard Alert Notice (UK) for NO og NO ₂ (CHAN 28 og 29, april 2003)
Bilag III	E-mail fra DVS med kommentarer til EU-forslaget om en reduceret GV for nitrogenoxid (NO)

1. Introduktion

Denne rapport indeholder resultaterne af IBAR projektet 80-2003-17: "Undersøgelse af metoder og løsninger til imødegåelse af eksponering for nitrogen dioxide ved autogene processer - **NO₂-reduktion ved induktionsopvarmning**"

Projektet er udført i fortsættelse af IBAR projekt 80-2001-16: "Kortlægning af mulighederne for minimering af eksponeringen for NO₂ ved arbejde med autogene processer og plasma-skæring på skiftende arbejdspladser" [1]. Dette projekt viste, at der forligger flere tekniske løsningsmuligheder, som må forventes at kunne reducere eksponeringen for NO₂ ved arbejde med autogene processer i industrien, bl.a. alternativ opvarmning med induktion, reduktion af NO₂-dannelsen ved brug af gassparere samt eventuel mulighed for operatørbeskyttelse mod NO₂-eksponering ved brug af åndedrætsværn med konventionelle gasfiltre.

Projektet omfatter en praktisk afprøvning af induktionsopvarmning og flammeopvarmning med det **formål** at:

- Undersøge de tekniske, økonomiske og miljømæssige aspekter ved induktionsopvarmning som alternativ til opvarmning med autogenbrænder

Endvidere er der foretaget en nærmere vurdering af de praktiske anvendelsesmuligheder for gasspareaggregater i industrien samt mulighederne for At-godkendelse af åndedrætsværn med gasfiltre til NO₂-beskyttelse. Det samlede formål med de to projekter er at:

- Tilvejebringe dokumentation, der kan anvendes som grundlag for udarbejdelse af en IBAR-vejledning om NO₂-problematikken ved arbejde med autogene processer og plasmaskæring i jernindustrien.

Behovet for en særlig information om foranstaltninger til forebyggelse af eksponeringsrisikoen for NO₂ har baggrund i den reduktion af NO₂-grænseværdien, der blev gennemført i Danmark i 2000. Grænseværdien blev efter forhandling i Arbejds miljørådet nedsat fra 5 ppm som loftværdi til 2 ppm som loftværdi.

Anledningen til ændringen af NO₂-grænseværdien var en anbefaling fra The Scientific Committee of Occupational Exposure Limits (SCOEL) under EU-kommissionen. Som beskrevet i Projektrapport I [1] har SCOEL rekommanderet en GV for NO₂ på 0,2 ppm, dvs. lavere end den danske GV.

Der er nu sket en **ny udvikling** som kan få meget store arbejdsmiljømæssige konsekvenser for jernindustrien. SCOEL har for nyligt anbefalet, at også **grænseværdien for nitrogenoxid (NO) reduceres til 0,2 ppm**, dvs. at den nuværende GV på 25 ppm reduceres med en faktor 125. Da hovedparten - ca. 90 % - af de nitrøse gasser ved svejsning og termisk skæring foreligger som NO, vil en sådan ændring betyde, at kravene til forebyggende foranstaltninger og information i svejseindustrien skærpes markant.

Som konsekvens af SCOEL-anbefalingerne har Health and Safety Executive (Arbejdstilsynet) i England i 2003 reduceret GV for **både NO₂ og NO til 1 ppm**. De to "Chemical Hazard Alert Notice" (CHAN's) er vist i bilag II. SCOEL-anbefalingen har imidlertid samtidig mødt stærk international kritik. DVS har således beregnet, at den foreslåede NO-grænseværdi kan resultere i 200.000 mistede job i Tyskland. Korrespondancen er vedlagt i bilag III.

Projektundersøgelserne er finansieret af Industriens Branchearbejdsmiljøråd ved bevilling nr. 80-2003-17 samt ved midler fra FORCE Technology.

I Projekt-arbejdsgruppen har deltaget: Steen Mejlby (SID), Hans J. Henriksen, (Danske Maritime), Erik Beck Hansen (FORCE Technology) og Jan Thernøe (FORCE Technology).

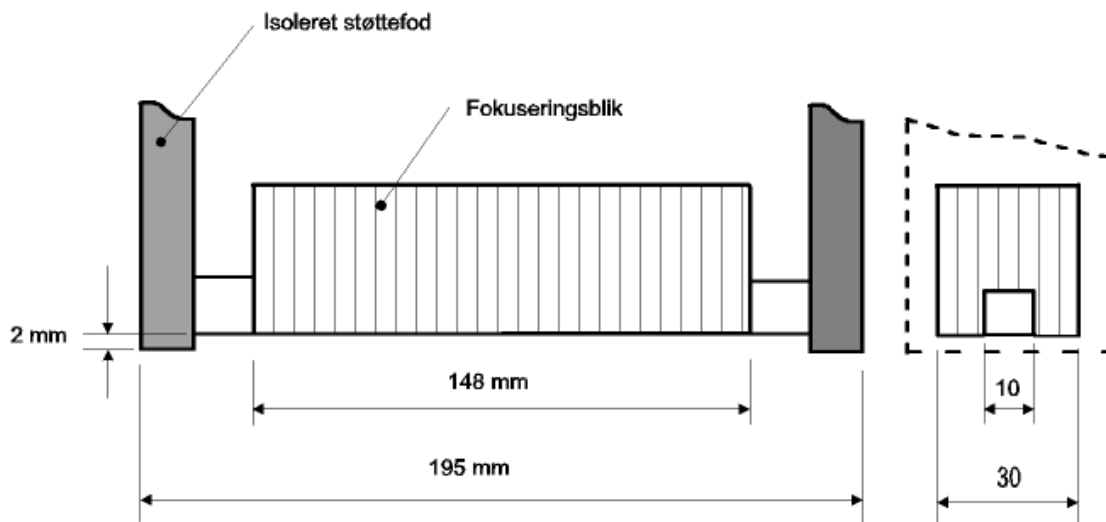
2. Forsøg med induktionsretning og flammeretning

Formålet med retteforsøgene var at få en indikation af de to opvarmningsmetoders effektivitet, og at bestemme NO_x - eksponeringen ved metoderne. Eksponeringen for NO_x er beskrevet i afsnit 3.

Afprøvningen omfattede sammenlignede forsøg med induktions- og flammeopvarmning af plane stålplader, som blev bukket med et antal varmestreger.

2.1 Induktionsopvarmning

Induktionsopvarmningen blev udført med en vandkølet forsøgsspole, som var specialfremstillet til formålet. Spolen blev forsynet med ca. 8 kHz vekselstrøm fra en standard 33 kW mellemfrekvensgenerator type M30 af fabrikat Obel-P-Products. Spolens effektive opvarmlængde var ca. 148 mm, se figur 2.1.



Figur 2.1 Skitse af arbejds- og fokuseringsblik.

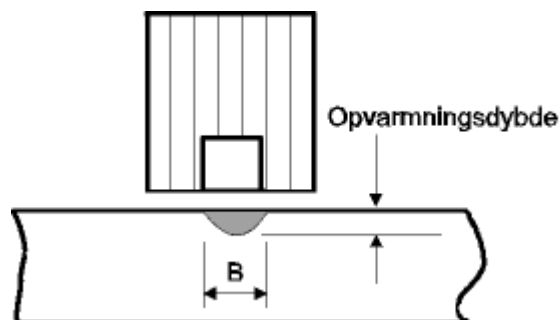
Strømmen i spolen inducerer en emk i stålpladen, som giver anledning til en strøm i pladen, og dermed opvarmning. Strømmens indtrængning udtrykkes ved indtrængningsdybden s , som er den dybde, hvor strømtætheden er faldet til e^{-1} :

$$s = 503 \sqrt{\frac{\rho}{\mu_r \cdot f}} \quad [\text{mm}], \quad [29]$$

hvor ρ er lederens specifikke resistivitet i $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$, μ_r er den relative permeabilitet, og f er frekvensen i Hz.

Strømtætheden i en given dybde i pladen afhænger altså af frekvensen, og af stålets elektriske modstand og permeabilitet. I praksis har man sjældent nøjagtige værdier for stålets permeabilitet, som i øvrigt varierer med temperaturen og feltstyrken. Når temperaturen nærmer sig Curietemperaturen falder permeabiliteten kraftigt, så indtrængningsdybden stiger med en faktor 5. På grund af varmeledning i stålet vil varmen også brede sig omkring det område, hvor strømmen løber, og des mere udtalt, jo længere opvarmningstid der benyttes.

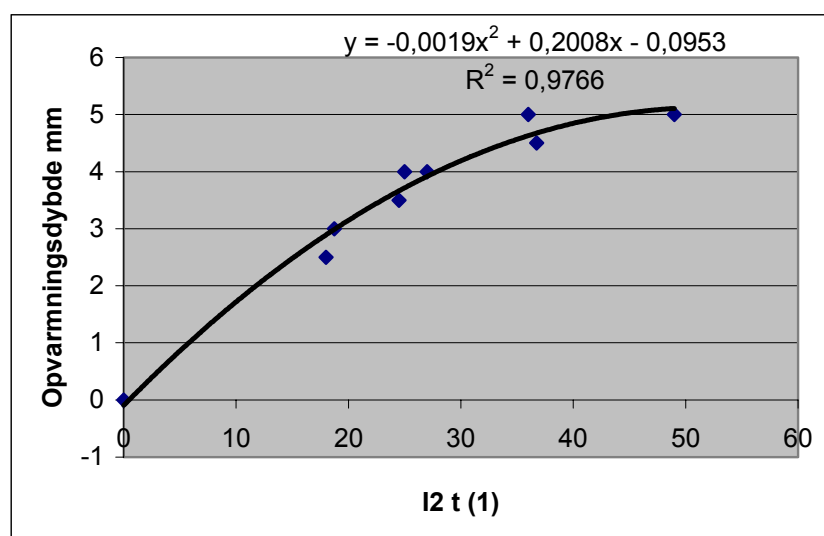
Tilsammen gør disse forhold det vanskeligt at beregne opvarmningsdybden, og den blev derfor bestemt eksperimentelt, se figur 2.2.



Figur 2.2 Geometrien i et tværsnit af varmestribe i stålplade, princip.

Opvarmningsdybden blev målt på et makroslib i en 12 mm stålplade. Med denne fremgangsmåde måler man, i hvor stor en dybde materialestrukturen er ændret. For en ikke kolddeformeret stålplade er det ensbetydende med den dybde, hvor der har været faseskift, og dermed varmere end ca. 723°C. Opvarmningsdybden er dermed ikke nødvendigvis den samme som indtrængningsdybden s , men der vil være en sammenhæng. Når formålet er at udføre varmeretning, er opvarmningsdybden bestemt på denne måde nok så interessant som indtrængningsdybden.

Der blev benyttet opvarmningstider fra 5 - 10 s, og indstillede strømværdier mellem 50 A og 70 A. Det er ikke de strømme, som løber i arbejdsspølen, men for en given spole og en given temperatur i stålpladen er der proportionalitet mellem spolestrømmen og den indstillede strøm. For en given materialetemperatur og placering af arbejdsspølen er den effekt, der afsættes i stålpladen, afhængig af den indstillede strøm. Ud fra de opmålte makroslib blev der etableret en sammenhæng mellem opvarmningsdybden og produktet af opvarmningstiden og kvadratet af den indstillede strømværdi, se figur 2.3.



Anm.: (1) $5 \text{ s} \leq t \leq 10 \text{ s}$, og $50 \text{ A} \leq I \leq 70 \text{ A}$.

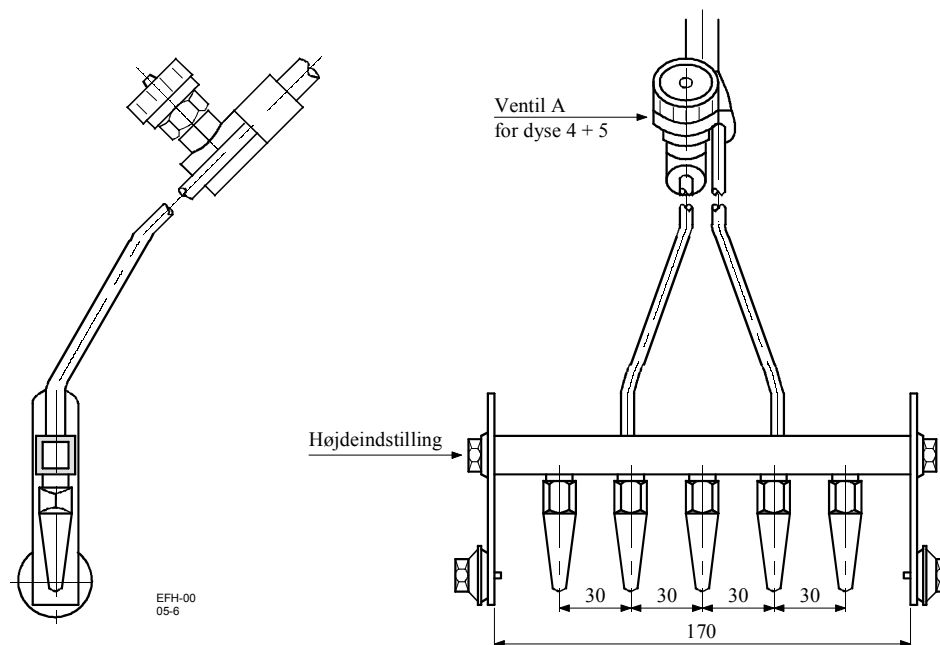
Figur 2.3 Sammenhæng mellem opvarmningsdybde og I^2t .

Geometrien af det opvarmede tværsnit var med god tilnærmelse et cirkelafsnit, hvis korde-længde B var større end opvarmningsdybden, jf. figur 2.2. Med en 10 mm bred spole må man forvente en bredde B af samme størrelsesorden, når spolen anbringes tæt ved plade-overfladen. Det blev fundet, at bredden voksede når energitilførslen blev øget, og den varierede i de her udførte forsøg mellem 8 mm og 12 mm.

Med den foreliggende udformning af spolen er anlæggets virkningsgrad formentlig af størrelsesorden 40 – 50 %, og lavest, når stålets temperatur er over Curietemperaturen [30]. Det betyder, at kun denne andel af de indtil 33 kW mellemfrekvenseffekt kan nyttiggøres som varme i pladen.

2.2 Flammeopvarmning

Flammeopvarmningen blev udført med oxygen og acetylen i en flerflammebrænder med fem AGA X-21 dyser, se figur 2.4.



Figur 2.4 Flerflammebrænder (rivebrænder) med fem dyser til varmeretning.

En rettebrænder med fem X-21 dyser bruger 2500 l/h oxygen og 2250 l/h acetylen [31]. Når det antages at disse forbrug er opgivet ved 15°C og 1013 mbar svarer det til et acetylenforbrug på 2,48 kg/h. Med en brændværdi for den primære flammevarmeafgivelse på 26,85 MJ/kg [32] kan effekten af brænderen beregnes til $26,85 \cdot 1000 \cdot 2,48 / 3600$ [kJ/s] = 18,5 kW.

Effekten af den benyttede rivebrænder er hermed af samme størrelsesorden som den, der maksimalt kan afgives af mellemfrekvensgeneratoren. Selv om virkningsgraden også ved flammeopvarmning er mindre end 1, må man med denne varmebrænder forvente en arbejdhastighed som er sammenlignelig med den, der kan opnås med det her benyttede udstyr til induktionsopvarmning.

2.3 Sammenlignende forsøg med induktions- og flammeopvarmning

Plane stålplader blev opvarmet med et antal varmestreger, henholdsvis med induktions- og flammeopvarmning, så de blev krumme. Afstanden mellem varmestregerne blev valgt til 30 mm, som svarer til afstanden mellem dyserne på flerflammebrænderen. Det benyttede induktionsudstyr havde nogle bindinger med hensyn til effekt, frekvens og spoleudformning, og det betød, at der for en given plade kun kunne opnås en vis maksimal krumning. Ved reproduktion med flammeopvarmning blev det tilstræbt at opnå en nogenlunde lige så stor krumning for at kunne sammenligne effektiviteten af de to metoder. Flammeopvarmningen blev udført af en erfaren operatør.

Arbejdet blev udført i Lindøværftets forsøgsværksted M 0304 med forefaldende stålplader. Derfor varierede pladernes dimensioner lidt, men forsøgene blev tilrettelagt, så sammenhørende forsøgssæt med induktions- og flammeopvarmning blev udført på plader af samme materiale og dimension. Alle 10 mm plader var udskåret af samme stykke, som var mærket A36 7461-782392. Også 20 mm pladerne var udskåret af samme plade.

2.3.1 Forsøgsoversigt

Der blev udført i alt seks sæt forsøg med shopprimet plade, sæt 1 - 3 med 10 mm plade, og sæt 4 - 6 med 20 mm plade, se tabel 2.1.

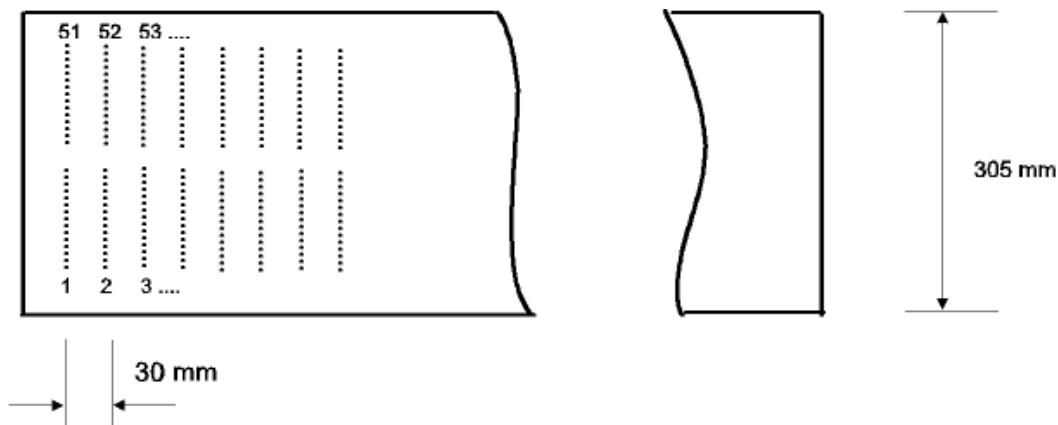
Tabel 2.1 Oversigt over udførte forsøg.

Sæt	Forsøg	Metode	Indstilling	Dybde ¹⁾	Bemærkninger
1	1	Induktion	60 A i 6 s	3,4 mm	2 rækker med 50 streger i hver, fig. 5.
	2	Flamme	-	-	50 streger, fig. 8.
2	3	Induktion	70 A i 10 s	5,2 mm	45 streger i én række, fig. 9
	4	Flamme	-	-	45 streger i én række, fig. 10
3	5	Flamme	-	-	45 streger i én række, lgd. 240 mm
	6	Induktion	70 A i 10 s	5,2 mm	Forsøget blev afbrudt
4	7	Flamme	-	-	20 streger i én række
	8	Induktion	70 A i 10 s	5,2 mm	2 rækker med 18 streger i hver, fig. 13
5	9	Induktion	60 A i 15 s	5,2 mm ²⁾	2 rækker med 50 streger i hver
	10	Flamme	-	-	50 streger i én række
6	11	Induktion	60 A i 15 s	5,2 mm ²⁾	2 rækker med 25 streger i hver
	12	Flamme	-	-	25 streger i én række

1) Beregnet opvarmningsdybde, jf. figur 2.3.

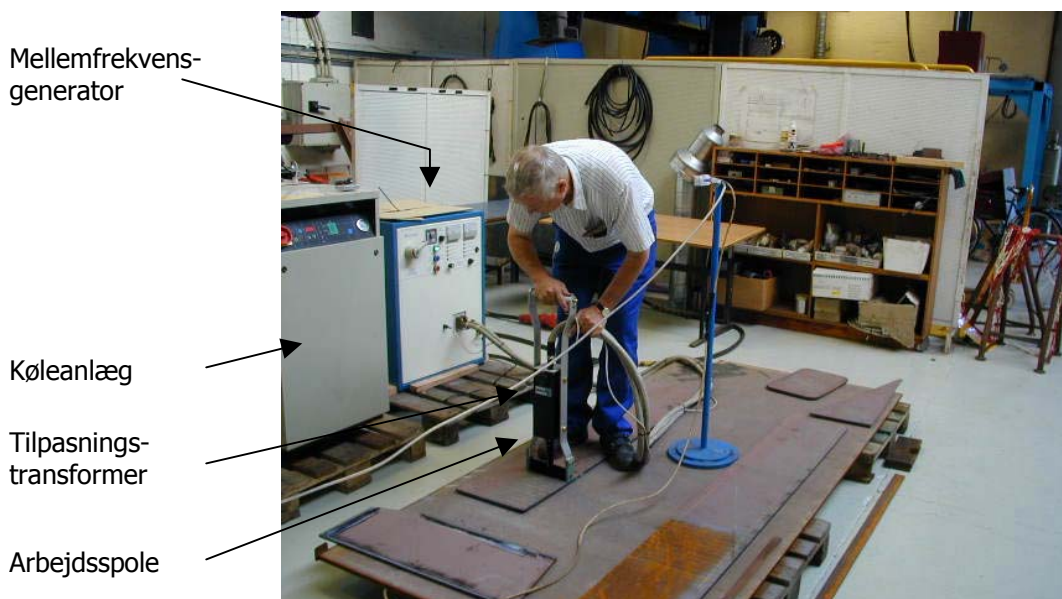
2) Ekstrapoleret værdi.

2.3.2 Forsøg 1 – Induktionsvarmning af 10 mm plade



Figur 2.5 Rækkefølge og placering af 2 x 50 varmestreger i forsøg 1.

Forud for hvert forsøg blev placeringen af varmestregerne opmærket på pladen med kridt. Arbejdsspolen var monteret i en holder med en tryknap til at starte et tidsrelæ, som styrede opvarmnings tiden. Tiden for at udføre varmestregerne bestod således af selve opvarmningstiden, og af den tid der gik med at flytte spolen og placere den nøjagtigt på den næste opmærkning. Figur 2.6 viser brugen af udstyret.



Figur 2.6 Forsøgsudstyret til varmeretning med induktion i brug.

Det varede i alt 16 min 09 s at udføre de 100 varmestreger, hvilket svarer til, at det ud over selve strømtiden har taget i middel 3,7 s at flytte til næste position. Det blev opnået ved at placere kablerne hensigtsmæssigt inden forsøgets begyndelse, så det var let at flytte spolen.

Retteeffekten blev bestemt ved at måle pilhøjden over et antal varmestreger, se figur 2.7.

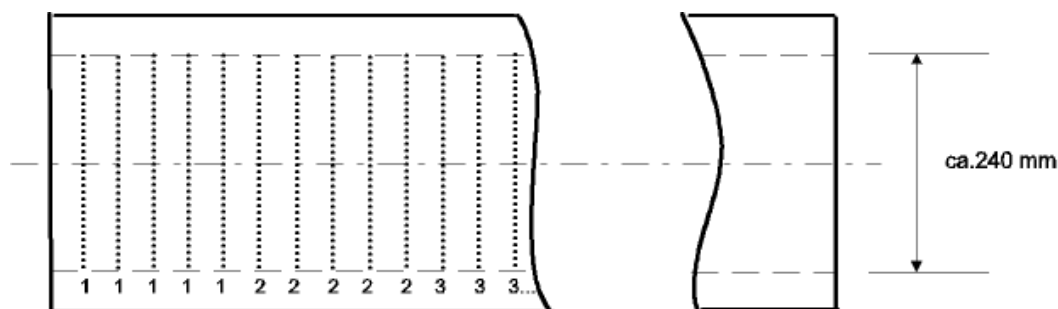


Figur 2.7 Måling af pilhøjde med retskinne og tommestok.

Det typiske billede var, at pladens ender løftede sig efter udførelsen af varmestregerne, som det ses i figur 2.7.

Til forsøg 1 bemærkes, at fremgangsmåden med først at udføre 50 streger i én række, og dernæst andre 50 streger i en anden række er u hensigtsmæssig, da det gør pladen vindskæv. Pilhøjderne målt over diagonalerne var henholdsvis 22 mm og 47 mm.

2.3.3 Forsøg 2 – Flammevarmning af 10 mm plade

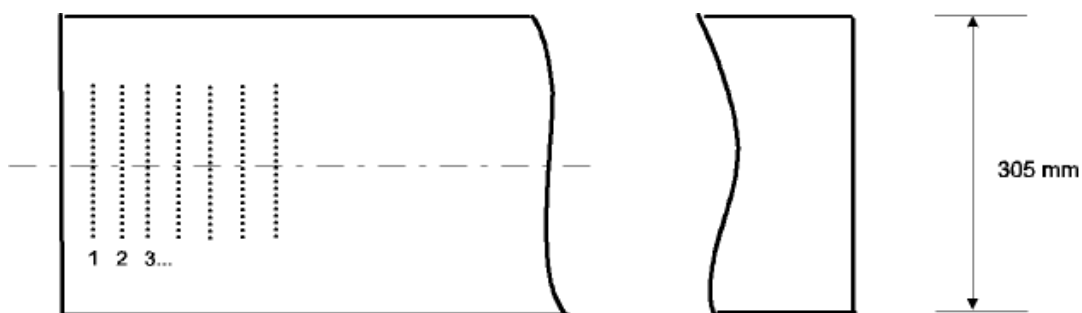


Figur 2.8 Rækkefølge og placering af 10 x 5 varmestreger på 10 mm plade i forsøg 2.

Efter en forvarmetid blev brænderen manuelt ført langsomt frem over pladen med tilstræbt konstant hastighed. Tiden til forvarmning inklusive flytning af brænderen inden udførelsen hvert sæt af fem varmestreger blev målt til $13 \text{ s} \pm 3 \text{ s}$. Den samlede tid for at udføre de i alt 50 varmestreger var 12 min 06 s hvilket svarer til en middelfremføringshastighed på 4 mm/s, når der korrigeres for forvarmetiden. Der blev målt fremføringshastigheder mellem ca. 3,4 mm/s og ca. 4,8 mm/s.

Efter afkøling blev pilhøjden målt til 95 mm.

2.3.4 Forsøg 3 - Induktionsvarmning af 10 mm plade

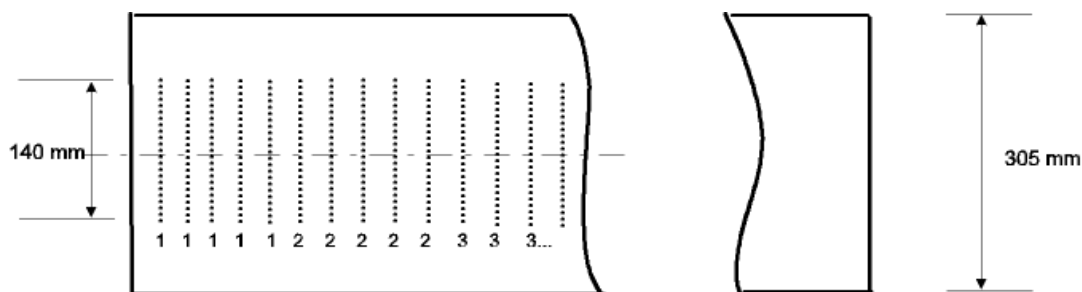


Figur 2.9 Placering af 45 varmestreger med induktionsvarme i 10 mm plade i forsøg 3.

Der blev udført 45 varmestreger med arbejdsspølsens længde. Det varede i alt ca. 12 minutter, det vil sige 6 s længere pr. streg end den rene opvarmningstid.

Efter afkøling blev pilhøjden over de 45 varmestreger målt til 140 mm.

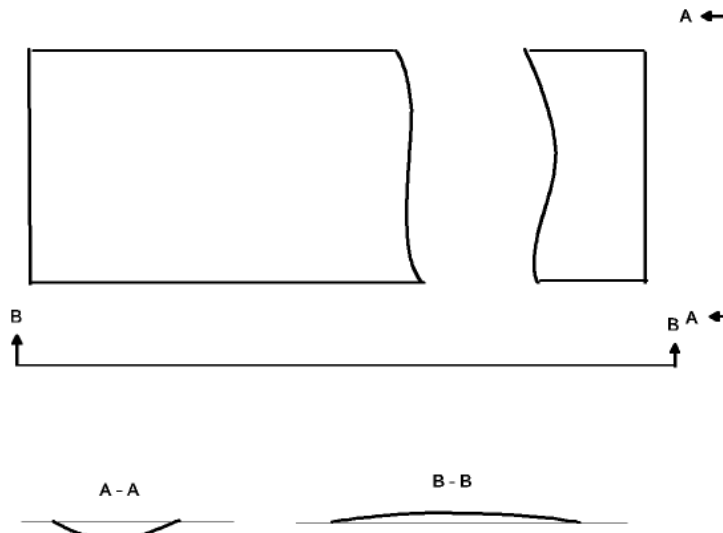
2.3.5 Forsøg 4 - Flammevarmning af 10 mm plade



Figur 2.10 Placering af 9 x 5 varmestreger med flamme på 10 mm plade i forsøg 4.

Det samlede tidsforbrug var 8 min 08 s. Når der korrigeres for den tid der gik med at forvarme m.v. svarer det til en middelfremføringshastighed på 3,4 mm/s.

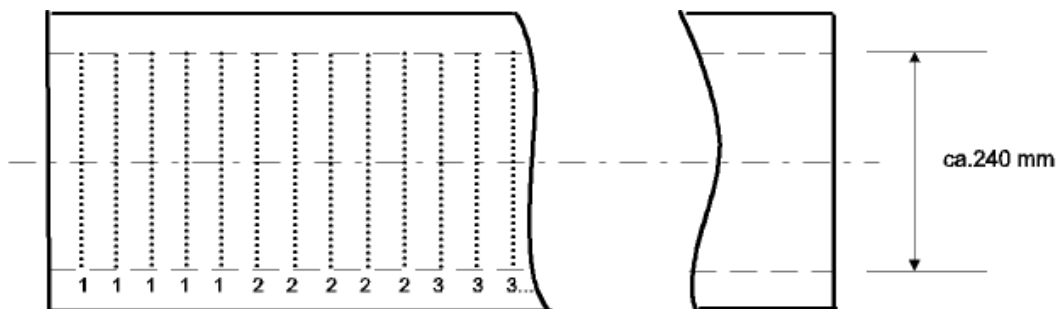
I dette forsøg var retteeffekten anderledes end den typiske, idet pladen krummede den modsatte vej, se figur 2.11.



Krumning på tværs af pladens længderetning (A-A), pilhøjde 10 mm.
Krumning opad på langs med pladen (B-B), pilhøjde 48 mm.

Figur 2.11 Pladegeometri efter opvarmning med 45 streger i forsøg 4.

2.3.6 Forsøg 5 - Flammevarmning af 10 mm plade



Figur 2.12 Reproduktion af forsøg 2, blot med 9 x 5 varmestreger udført med flamme.

De i alt 45 varmestreger blev udført på 15 min 20 s. Forvarmetiden blev målt til $13 \text{ s} \pm 3 \text{ s}$, og middelfremføringshastigheden beregnet til 2,7 mm/s. Under udførelsen af arbejdet blev der målt fremføringshastigheder mellem 2,4 mm/s og 3,9 mm/s.

Pilhøjden var efter afkøling 92 mm over de 45 varmestreger.

2.3.7 Forsøg 6 - Induktionsvarmning af 10 mm plade

Formålet med dette forsøg var at reproducere induktionsopvarmningen fra forsøg 3. Forsøget indledtes med at vælge samme indstilling af strøm og tid som i forsøg 3, dvs. 70 A i 10 s. Placeringen på den 10 mm tykke plade var også den samme, jf. figur 2.9.

Allerede efter få varmestreger krummede pladen sig på tværs af længderetningen, jf. projektion A-A i figur 2.11. Ved øget afstand mellem spolen og stålpladen bliver koblingen dårligere, og herved stiger oscillatorstrømmen. Ved for stor strømstigning afbrydes

mellemløbetiden automatisk for at undgå beskadigelse af udstyret. I forsøg 6 skete det flere gange efter udførelsen af den 6. varmestreg. Efter varmestreg nr. 16 blev tiden reguleret ned til 8 s i et forsøg på at undgå udkobling, men det viste sig ikke at være muligt. Forsøget blev herefter afbrudt.

Tiden for at udføre de 16 varmestreger var 4 min 27 s, eller et merforbrug på næsten 7 s pr. varmestreg i forhold til den rene opvarmningstid. Det særlig store tidsforbrug skyldes at man efter hver udkobling skal genindkoble generatoren ved et tryk på en knap.

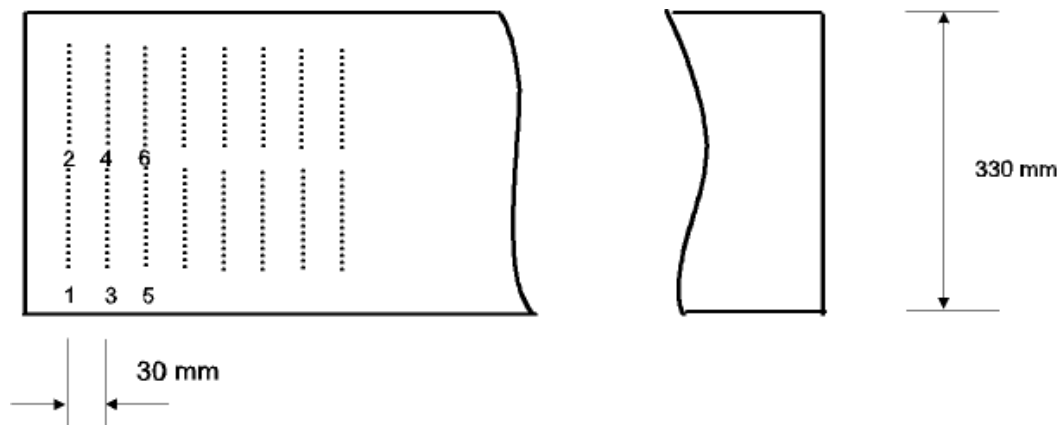
2.3.8 Forsøg 7 – Flammevarmning af 20 mm plade

Forsøg 7 var et indledende forsøg for at finde en passende forvarmetid og fremførings-hastighed på 20 mm plade. Der blev udført 4 x 5 varmestreger med ca. 320 mm længde. Der blev observeret forvarmetider mellem 20 s og 30 s inklusive flytning af brænderen, og den samlede tid var 17 min 06 s, svarende til en middelfremføringshastighed på 1,4 mm/s.

Pilhøjden over de 4 x 5 streger blev målt til 14 mm.

2.3.9 Forsøg 8 – Induktionsvarmning af 20 mm plade

Også forsøg 8 blev benyttet til at finde passende parametre. I forsøg 1 blev pladen skæv efter opvarmning i to rækker. Det blev undgået med den rækkefølge som ses i figur 2.13. Den 20 mm tykke plade krummede mindre ved opvarmningen, og selv med 70A var der ingen problemer med udkobling i utide. Det blev dog bemærket at kølevandet kogte i spolen efter 8-9 s, og det blev derfor besluttet at reducere strømmen til 60 A i de næste forsøg.



Figur 2.13 Placering og rækkefølge af 2 x 18 varmestreger på 20 mm plade i forsøg 8.

Tiden for at udføre de i alt 36 varmestreger var 10 min 31 s. Med en strømtid på 10 s svarer det til en gennemsnitlig flyttetid på 7,5 s.

Pilhøjden over de 2 x 18 streger blev målt til 9 mm.

2.3.10 Forsøg 9 - Induktionsvarmning af 20 mm plade

I forsøg 9 blev der udført 2 rækker med 50 varmestreger i hver med samme teknik som i figur 2.13. Herved steg temperaturen i kølevandet til uacceptable 34°C, så forsøget måtte afbrydes midlertidigt i to omgange, indtil vandtemperaturen igen kom under 20°C.

Den samlede tid var 35 min 17 s, ventetid på afkøling fra regnet. Det svarer til en gennemsnitlig flyttetid på ca. 6 s.

Pilhøjden over de 50 streger blev målt til 47 mm efter afkøling.

2.3.11 Forsøg 10 - Flammevarmning af 20 mm plade

I forsøg 10 blev der udført 10 x 5 varmestreger med 300 mm længde med flamme. Det samlede tidsforbrug var 35 min 29 s, og med en forvarmetid på ca. 20 s i middel svarer det til en middelfremføringshastighed på ca. 1,6 mm/s. Der blev observeret forvarmetider mellem ca. 12 s og ca. 35 s, og fremføringshastigheder mellem ca. 1,3 mm/s og ca. 1,8 mm/s.

Efter afkøling blev pilhøjden over de 50 streger målt til 85 mm.

2.3.12 Forsøg 11 - Induktionsvarmning af 20 mm plade

En 20 mm plade blev induktionsopvarmet med 2 x 25 varmestreger med samme indstillingsværdier, rækkefølge og placering som i forsøg 9. Ligesom i forsøg 9 var kølevandets temperatur steget til mere end 34°C efter de 25 streger, så forsøget blev afsluttet på dette tidspunkt. Tidsforbruget var 17 min 18 s, og hermed af samme størrelse som i de foregående forsøg, dog med en marginalt kortere flyttetid. Pilhøjden over de 25 streger blev målt til ca. 14 mm efter afkøling.

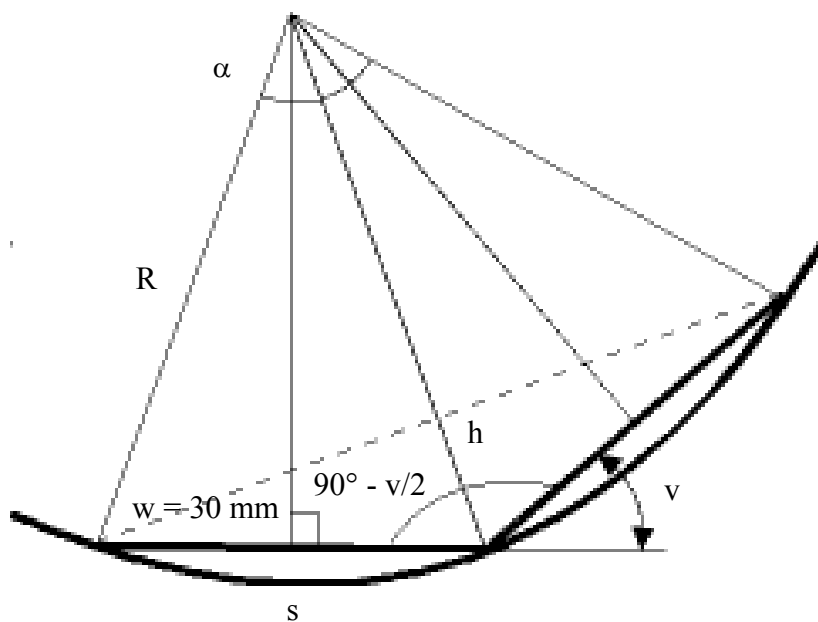
2.3.13 Forsøg 12 - Flammevarmning af 20 mm plade

Forsøg 11 blev reproduceret, men med flammeopvarmning i 300 mm lange streger. Den samlede tid til at udføre 5 x 5 varmestreger var 13 min 25 s, og med en forvarmetid på 20 s i middel svarer det til en middelfremføringshastighed på 2,1 mm/s.

Pilhøjden over de 25 streger blev målt til ca. 21 mm efter afkøling.

2.4 Sammenligning af virkningen af de to metoder

Bukkeeffekten blev udtrykt som det vinkelknæk v som en enkelt varmestreg bukker pladen op fra planet, se figur 2.14.



Figur 2.14 Figur til bestemmelse af vinkelknækket v .

Formen af den bukkede plade tilnærmes med en cirkel, som går gennem alle endepunkterne af de 30 mm brede pladesegmenter. Ved geometribetragtninger ses at $v = \frac{\alpha}{2}$. Med n varmestreger er cirkeludsnittets topvinkel $\theta = n \alpha$, og ved måling af pilhøjden h over $n+1$ pladesegmenter kan θ bestemmes, idet buelængden s af cirkeludsnittet tilnærmes med summen af bredderne af de $n+1$ pladesegmenter, se figur 2.14.

Af relationerne $s = R\theta$ og $h = R(1 - \cos\frac{\theta}{2})$ fås $\frac{h}{s} = \frac{1}{\theta}(1 - \cos\frac{\theta}{2})$, hvoraf θ , og dermed v kan bestemmes. Resultaterne er vist i tabel 2.2.

Tabel 2.2 Vinkelknæk v i de udførte forsøg.

Forsøg nr.	Metode	n	s [mm]	h [mm]	h/s	θ°	v°	Fremføringshastighed [mm/s]
1	I	50	1500	(35)	0,023	9,2	0,09	ikke relevant
2	F	50	1500	95	0,063	29,2	0,29	4,0
3	I	45	1350	140	0,104	46,9	0,52	ikke relevant
4	F	(45)	-	-	-	-	-	3,4
5	F	45	1350	92	0,068	31,5	0,35	2,7
6	I	(45)	-	-	-	-	-	ikke relevant
7	F	20	600	14	0,023	10,5	0,27	1,4
8	I	18	540	9	0,017	7,8	0,22	ikke relevant
9	I	50	1500	47	0,031	14,3	0,15	ikke relevant
10	F	50	1500	85	0,057	26,3	0,27	1,6
11	I	25	750	14	0,019	8,6	0,17	ikke relevant
12	F	25	750	21	0,028	13,1	0,26	2,1

I 10 mm plade kunne der opnå vinkelknæk af samme størrelse med induktion som med flamme, men ellers var den generelle observation, at der blev opnået større vinkelknæk med flamme.

Sammenlignes forsøg 2 og 5 ses, at lavere fremføringshastighed tilsyneladende øger vinkelknækket ved flammeopvarmning. Der kan dog ikke slutes noget endegyldig ud fra observationen, da brænderindstillingen kan have været forskellig.

Formålet med forsøg 5 var at reproducere forsøg 2. Det kan konstateres, at der ved en sådan manuel metode er nogen variation, både med hensyn til fremføringshastigheden og det resulterende vinkelknæk.

Forsøg 9-10 og 11-12 er direkte sammenlignelige og viser for begge metoders vedkommende en reproducerbarhed med hensyn til det opnåede vinkelknæk, som ligger inden for den formodede usikkerhed af bestemmelsesmetoden. Faktisk er der i forsøg 7, 10 og 12 opnået meget reproducerbare vinkelknæk med flammeopvarmning.

I 20 mm plade var flammemetoden det benyttede forsøgsudstyr til induktionsretning tydeligt overlegen med hensyn til vinkelknækkets størrelse.

For flammemetoden ses igen nogen forskel i fremføringshastigheden, som imidlertid ikke kan ses at have betydning for det opnåede vinkelknæk. Også her kan eventuel forskellig indstilling af brænderen have haft betydning.

2.5 Arbejdshastighed og driftsøkonomi med de to metoder

2.5.1 Induktionsopvarmning

Ved induktionsopvarmning består tiden af den rene strømtid t_s , plus den tid t_f der går med at flytte spolen til næste position. For n varmestreger er det samlede tidsforbrug altså

$$T_{\text{strøm}} + T_{\text{flyt}} = n \cdot t_s + n \cdot t_f \text{ [s]}.$$

Tabel 2.3 viser værdierne for strømtider og flyttetider i de udførte forsøg.

Tabel 2.3 Strømtider og flyttetider i de udførte forsøg.

Strømtid t_s , range [s]	Flyttetid t_f [s] ¹⁾
6 - 15	5,3

1) Middelværdi af alle de udførte forsøg

Den relativ store værdi af flyttetiden skyldes især, at det krævede nogen omhu at placere spolen nøjagtigt på det opmærkede sted, mest på grund af de noget stive og tunge vandkølede kabler. Et specialudstyr med eksempelvis en vogn til at holde og styre spolen vil formentlig kunne øge effektiviteten lidt, men på grund af de korte strømtider vil flyttetiden altid udgøre en mærkbar del af den samlede tid.

Hvis timeomkostningen til løn plus overhead m.v. er L [kr/h], er driftsomkostningen C_i til at udføre n varmestreger med 150 mm længde med det aktuelle induktionsudstyr lønomkostning m.v. plus energiomkostningen:

$$C_i = \frac{T_{strøm} + T_{flyt}}{3600} \cdot L + \frac{T_{strøm}}{3600} \cdot P \cdot C_E, \text{ hvor } P \text{ er udstyrets optagne effekt}$$

i [kW], og C_E er prisen for en kWh i kr.

For det benyttede induktionsanlæg er den optagne effekt $P = 0,525 \cdot I_{\text{aflæst}}$ [kW] [30].

2.5.2 Flammeopvarmning

Flammeopvarmning indledes med en forvarmetid t_p , hvorefter brænderen føres frem over pladen med konstant hastighed v . Tiden T_f til at udføre n varmestreger med længde s og fremføringshastighed v kan udtrykkes som

$T_f = \frac{n}{a} \cdot (t_p + \frac{s}{v})$ [s], hvor s måles i [mm] og v i [mm/s], og a er antallet af dyser i den benyttede brænder.

De observerede værdier for forvarmetid og fremføringshastighed i de her udførte forsøg ses i tabel 2.4.

Tabel 2.4 Middelværdier af forvarmetid og fremføringshastighed i de udførte forsøg.

Pladetykkelse [mm]	Forvarmetid t_p ¹⁾ [s]	Fremføringshastighed v [mm/s]
10	13	3,4
20	23	1,7

1) Inklusive tiden til at flytte brænderen

Med en timeomkostning til løn plus overhead m.v. på L [kr/h] kan driftsomkostningen C_f til at udføre n varmestreger med længde s mm udtrykkes ved

$$C_f = \frac{T_f}{3600} (L + G), \text{ hvor } G \text{ er den samlede timeomkostning til acetylen og oxygen.}$$

Acetylenforbruget for den benyttede rettebrænder er 2250 l/h, som forudsættes angivet ved 15°C og 1013 mbar. Det svarer til et acetylenforbrug på 2,48 kg/h.

Oxygenforbruget er under de samme forudsætninger 2500 l/h. For denne brænder med fem dyser kan G findes som

$$G = 2,48 \cdot C_A + 2,5 \cdot C_O, \text{ hvor}$$

C_A og C_O henholdsvis er prisen for acetylen i kr/kg, og prisen for oxygen i kr/m³.

Mere alment kan omkostningen til gas pr. time for en brænder med a X-21 dyser udtrykkes ved

$$G = a (0,496 \cdot C_A + 0,5 \cdot C_O).$$

2.5.3 Beregningseksempler

Driftsøkonomien for de to metoder belyses nedenfor ved beregningseksempler, hvor forsøg 1 + 2 og forsøg 9 + 10 er valgt som udgangspunkt.

Beregningerne er udført med følgende forudsætninger:

- Der benyttes et induktionsudstyr som forsøgsudstyret, eller X 21 brændere.
- $L = 400$ kr/h, $C_E = 0,50$ kr/kWh, $C_A = 83$ kr/kg, og $C_O = 36$ kr/m³, alle priser uden moms og afgifter.
- Værdierne for tider og hastigheder fra tabel 2.3 og tabel 2.4 er benyttet.

Resultaterne fremgår af tabel 2.5.

Tabel 2.5 Beregnede omkostninger til induktions- og flammeopvarmning.

Plade-tykkelse [mm]	Antal streger	Samlet længde [m]	Strøm [A]	Strømtid pr. streg [s]	Antal dyser	Tid i alt [s]	Løn m.v. [kr]	Energi [kr]	Omk. i alt [kr]
10	100	15	60	6	-	1130	125,56	2,63	128
10	50	12	-	-	5	836	92,88	68,69	162
10	50	12	-	-	1	4179	464,38	68,69	533
20	100	15	60	15	-	2030	225,56	6,56	232
20	50	15	-	-	5	1995	221,63	163,92	386
20	50	15	-	-	1	9974	1108,17	163,92	1272

Anm.: Induktionsmetoden gav mindre vinkelknæk end flammemetoden, jf. tabel 2.2.

Af tabel 2.5 ses, at flammeretning med en brænder med fem dyser er lidt hurtigere end det, der blev opnået med det benyttede 33 kW induktionsudstyr. Når driftsomkostningen til induktionsopvarmning alligevel er mindre, skyldes det en markant lavere energiomkostning.

Ved sammenligningen skal man være opmærksom på, at effekten af de to metoder ikke var helt den samme i de udførte forsøg, idet flammemetoden typisk gav større vinkelknæk. En optimering af udførelsen med flammemetoden, så den kun gav samme vinkelknæk som induktionsmetoden, ville formentlig mindske tidsforbruget yderligere en smule, så forskellen til induktionsmetoden blev mindre.

Hvis der bruges mindre end fem brændere øges arbejdstiden, og flammemetoden bliver tydeligt dyrere.

2.6 Vurderinger

I de ovenstående beregninger indgår kun de rene driftsomkostninger ved selve udførelsen, mens kapitalomkostninger ikke er indregnet. Tiden til flytning mellem forskellige arbejdssteder og oprigning af udstyr er heller ikke medregnet, og i praksis har disse aktiviteter naturligvis stor betydning for den effektive arbejdstid.

2.6.1 Induktionsretning

Investeringen i et induktionsanlæg vil formentlig ikke være under 200.000 kr, og den overstiger dermed i betydelig grad investeringen i flammeudstyr. Da forrentning og afskrivning af denne investering i alt væsentligt skal opnås ved energibesparelser skal behovet for rettetarbejder være ganske stort, før det er realistisk.

Mellemfrekvensgeneratoren til induktionsanlægget vil typisk veje omkring 100 kg og kræve nogen plads, jf. figur 2.6. Selvom et dedikeret anlæg til varmeretning bliver udført med køle-anlægget integreret med generatoren vil det stadig kræve plads, og vægten bliver ikke mindre.

For at begrænse tværsnittet af kablerne fra generatoren, og dermed undgå at de skal blive alt for tunge, må mellemfrekvensstrømmen føres frem med relativ høj spænding. Det kræver en tilpasningstransformer, som bedst placeres sammen med arbejds spolen. Det gør til gengæld denne enhed noget større og tungere, og mindre let håndterlig. Hvis der som i disse forsøg skal varmes ovenned er det af mindre betydning, men til arbejder i andre stillinger vil det være nødvendigt med hjælpemidler til at bære og fremføre spolen.

Her kan der tænkes flere løsninger, for eksempel brug af magneter eller rent mekaniske anordninger. Fælles for dem må være, at kravene til sikkerhed for at spolen ikke kan styrte ned er tilgodeset.

Aktionsradius begrænses af kablerne, dog er udstyr med 30 m kabellængde mellem generatoren og arbejds spolen state of the art [30], [33].

I alt betyder det, at induktionsudstyret formentlig vil kræve mere tid til transport og oprigning end udstyr til flammeretning, og at driftsøkonomien derfor i praksis vil komme tættere på den, som kan opnås med flerflammebrændere.

Sammenligner man derimod opvarmning med induktion og enkeltbrænder vil induktionsmetoden efter omstændighederne kunne være økonomisk fordelagtig. Udstyrets håndterbarhed i vanskelige arbejdsstillinger har dog afgørende betydning for dets praktiske anvendelighed, se figur 5.3.

Længde af varmestregen er bestemt af spolen, og ved behov for forskellige længder er der brug for flere spoler. Med et passende koblingssystem til strøm og kølevand behøver det ikke at være nogen praktisk hindring, men udstyret er lidt mindre alsidigt end flammeudstyret.

På den positive side må anføres den store grad af reproducerbarhed, som må forventes fordi induktionsprocessen er operatøruafhængig. Det betyder også, at udstyret kan betjenes uden nogen forudsætninger efter en kort instruktion.

2.6.2 Flammeretning

Udstyr til flammeretning er billigt i anskaffelse. Da det på grund af andre varmeopgaver i værkstedet som regel i forvejen vil være nødvendigt at råde over brænderudstyr, er der reelt ikke er tale om nogen ekstra investering. Udstyret er let og fleksibelt, særlig når der er centralanlæg for acetylen og oxygen, så flytning stort set begrænser sig til at flytte slangerne. Slangerne kan være næsten vilkårlig lange, og vægten pr. meter slange er lav sammenlignet med induktionsudstyrets vandkølede kabler.

Udførelsen af retteopgaver kræver nogen øvelse, og både tider, hastigheder og brænderindstilling vil være operatørafhængige. De her udførte forsøg viser imidlertid, at resultatet kan blive ganske reproducerbart når arbejdet udføres af en kompetent operatør.

2.7 Sammenfatning

Der er udført forsøg, hvor induktionsretning med et 33 kW anlæg er sammenlignet med flammeretning udført med en rivebrænder med fem X 21 dyser. Forsøgene blev udført med 10 mm og 20 mm stålplader som blev bukket med varmestreger og efterfølgende opmålt, så det opnåede vinkelknæk kunne bestemmes. Med hensyn til størrelsen af vinkelknækket blev der i 10 mm plade opnået sammenlignelige resultater med de to metoder, mens flammemetoden var tydeligt overlegen i 20 mm plade.

Arbejdshastigheden var med de benyttede udstyr stort set den samme for de to metoder, og dermed var de direkte lønomkostninger også meget nær ens. Energiomkostningen til induktionsopvarmning var væsentlig lavere end for flammeopvarmning, og de samlede direkte driftsomkostninger blev dermed lidt lavere for induktionsopvarmning end for flammeopvarmning.

Da tidsforbruget til transport og oprigning af induktionsanlæg formentlig er noget større end tilfældet er for udstyr til flammeretning, vil der i praksis ikke være væsentlig forskel i driftsøkonomien, når flammeretning udføres med rivebrænder.

Sammenlignes der med retning udført med enkeltbrænder vil induktionsmetoden dog kunne være driftsøkonomisk fordelagtig. Afhængigt af arbejdsstillingen vil det være nødvendigt med hjælpeudstyr til at håndtere induktionsspolen.

I de driftsøkonomiske kalkulationer er ikke indregnet det forhold, at anlægsinvesteringen i induktionsanlæg er væsentlig større end i udstyr til flammeretning.

3. Eksponering for NO_x og CO ved flamme- og induktionsretning

3.1 Målingernes omfang

Ved forsøg med varmeretning på Lindø værftet er der samtidig foretaget måling af operatøreksposeringen for nitrøse gasser og carbonmonoxid. Målingerne blev udført ved i alt 10 ud af 12 forsøg (forsøg 1-6 og 9-12):

1.	Induktion	10 mm shopprimet plade	50 varmestreger, 60 amp-6 sek. varmning i 2 rækker
2.	Flamme	10 mm shopprimet plade	50 varmestreger rivebrænder med 5 dyser (X21, dyse 2)
3.	Induktion	10 mm shopprimet plade	45 varmestreger, 70 amp-10 sek. varmning i 1 række på midten
4.	Flamme	10 mm shopprimet plade	45 varmestreger varmning i 1 række på midten rivebrænder med 5 dyser
5.	Flamme	10 mm shopprimet plade	45 varmestreger i 240 mm bredde rivebrænder med 5 dyser
6.	Induktion	10 mm shopprimet plade	45 varmestreger i 240 mm bredde 70 amp-10 sek.
9.	Induktion	20 mm shopprimet plade,	50 varmestreger i hele pladebredden linier på tværs, 60 amp-15 sek.
10.	Flamme	20 mm shopprimet plade	50 varmestreger i hele pladebredden rivebrænder med 5 dyser
11.	Induktion	20 mm shopprimet plade 	25 varmestreger i hele pladebredden ½ plade, 60 amp-15 sek.
12.	Flamme	20 mm shopprimet plade	25 varmestreger i hele pladebredden ½ plade, rivebrænder med 5 dyser

3.2 Målebetingelser og udstyr

Lokale

Målingerne blev udført i Lindø-værftets forsøgsværksted M0304. Værkstedet har dimensionerne (lxb): 24,5 x 17,8 m med lofthøjde mellem 4,8 m og 9,2 m. Bruttorumfanget er beregnet til 3195 m³. Fraregnet et lukket kontor i det ene hjørne er værkstedets netto-rumindhold ca. 3040 m³.

Ventilation

Værkstedet blev alene ventileret ved naturlig ventilation. (Tagventilator var ude af drift). På basis af NO_x-fortyndingen i lokaleluften mellem forsøgene er det naturlige luftskifte bestemt til 1,95 gange /h med åben dør og 1,2 gange/h med lukket værkstedsdør, svarende til en naturlig ventilation på henholdsvis 5920 m³/h og 3600 m³/h.

Måleudstyr

Gaskoncentrationerne blev bestemt ved måling med:

Nitrøse gasser: TEC NO-NO_x Chemiluminescent analyser 14B med udvidet måleområde
Detektionsgrænse: 0,005 ppm. Nøjagtighed 1% af full scale.

Carbonmonoxid: GFC ND-IR CO analyser. Detektionsgrænse 0,1 ppm.
Nøjagtighed ± 0,1 ppm.

Måleudstyrene var tilsluttet skriver for kontinuerlig registrering.

3.3 Resultater

Måleresultaterne for NO, NO₂ og CO er sammenfattet i tabel 3.1-3.2. Under forsøgene blev gaskoncentrationerne målt dels i operatørens indåndingszone og dels forskellige steder i arbejdszonen omkring processen. Måleopstillingen er vist på fig. 3.1-3.4. De forskellige målepositioner fremgår af skitsen fig. 3.5.



Fig. 3.1 Forsøgsopstilling med induktionsudstyr, gasmåleudstyr og pladeoplæg



Fig. 3.2 Flammeretning 20 mm plade (forsøg 10)



Fig. 3.3 Induktionsopvarmning 20 mm plade (forsøg 9)



Fig. 3.4 Måling af operatøreksposering under flammeretning

Tabel 3.1 Gaskoncentrationer ved induktions- og flammeretning

Test	Proces	Målepos.	Middelværdi			Bemærkninger
			NO ppm	NO ₂ ppm	CO ppm	
1	Induktionsretning	Lokaleluft før varmning	<0,01	<0,01	<0,2	Koncentrationer som lokaleluften. Ingen ændringer under og efter varmning.
		Operatør, pos.1	<0,01	<0,01	<0,2	
2	Flammeretning	Lokaleluft før varmning	<0,01	<0,01	<0,2	NOx og CO stærkt varierende. NOx 0,1-20,8 ppm. CO 0,2-1,6 ppm
		Arbejdszone, pos. 2	2,6	0,6	0,7	
		Arbejdszone, pos. 3	0,28	0,07	<0,2	Gaskoncentrationer relative stabile
		Arbejdszone, pos. 4	0,25	0,06	<0,2	Gaskoncentrationer relative stabile
		Arbejdszone, pos. 5	2,2	0,5	0,5	NOx og CO stærkt varierende. NOx 0,1-10,6 ppm. CO 0,2-1,2 ppm
		Lokaleluft efter varm. arbejdszone	0,12	0,04	<0,2	5-10 min efter varmning. NOx 0,13-0,20 ppm
3	Induktionsretning	Lokaleluft før varmning	0,06	0,01	<0,2	Koncentrationer som lokaleluften. Ingen ændringer under og efter varmning.
		Operatør, pos. 1	0,06	0,01	<0,2	
4	Flammeretning	Lokaleluft før varmning	0,03	0,01	<0,2	Som lokaleluft. NOx 0,02-0,09 ppm
		Operatør, pos. 1	0,05	0,01	<0,2	
		Arbejdszone, pos. 6	0,22	0,03	1,2	NOx 0,03-0,54 ppm CO 0,9-1,7 ppm
		Arbejdszone, pos. 7	30	2,8	1,9	NOx og CO stærkt varierende. NOx 7,5-60 ppm CO 1,6-2,8 ppm
		Lokaleluft efter varm. arbejdszone	0,35	0,03	<0,2	5-10 min efter varmning. NOx 0,24-0,47 ppm
5	Flammeretning	Lokaleluft før varmning	0,20	0,02	<0,2	Som lokaleluft
		Operatør, pos. 1	0,20	0,02	<0,2	
		Arbejdszone, pos. 6	0,58	0,06	0,2	Stærkt varierende NOx 0,2-10,8 ppm CO <0,2-0,7 ppm
		Arbejdszone, pos. 7	17	1,9	3,9	NOx og CO stærkt varierende. NOx 1,0-41,5 ppm CO 0,4-6,7 ppm
		Lokaleluft efter varm. arbejdszone	0,37	0,04	<0,2	5-10 min efter varmning. NOx 0,33-0,49 ppm
6	Induktionsretning	Lokaleluft før varmning	0,02	<0,01	<0,2	Koncentrationer som lokaleluften. Ingen ændringer under og efter varmning*
		Operatør, pos.1	0,02	<0,01	<0,2	

Tabel 3.2 Gaskoncentrationer ved induktions- og flammeretning

Test	Proces	Målepos.	Middelværdi			Bemærkninger
			NO ppm	NO ₂ ppm	CO ppm	
9	Induktionsretning	Lokaleluft før varmning	0,07	<0,01	<0,2	Koncentrationer som lokaleluften. Ingen større ændringer under og efter varmning.
		Operatør, pos.1	0,07	<0,01	0,2	
10	Flammeretning	Lokaleluft før varmning	0,04	<0,01	<0,2	Som lokaleluft. NOx-konc. stigende over 15 min fra <0,1 til 0,45 ppm Stærkt varierende NOx 0,5-10 ppm CO <0,2-1,0 ppm NOx stigende i luften under varmning NOx 0,4-1,2 ppm NOx og CO stigende. Over 10 min. NOx 1,0-1,3 ppm. CO <0,2-0,3 90 min efter varmning.
		Operatør, pos. 1	0,25	0,03	<0,2	
		Arbejdszone, pos. 8	2,6	0,3	0,6	
		Lokaleluft under varmning	0,70	0,10	0,2	
		Operatør, pos. 1	1,0	0,12	0,2	
		Lokaleluft efter varm. arbejdszone	0,50	0,06	<0,2	
11	Induktionsretning	Lokaleluft før varmning	0,49	0,05	<0,2	Koncentrationer som lokaleluften. Ingen større ændringer under og efter varmning.
		Operatør, pos.1	0,49	0,05	<0,2	
12	Flammeretning	Lokaleluft før varmning	0,45	0,04	<0,2	Som lokaleluft. Over 10 min stigende NOx 0,48-0,68 ppm kraftigt varierende NOx 2-25 ppm CO 1,0-5,5 ppm 10 min efter varmning.
		Operatør, pos. 1	0,52	0,06	<0,2	
		Arbejdszone, pos. 8	5,8	0,6	1,8	
		Lokaleluft efter varm. arbejdszone	0,85	0,10	0,3	

Ved alle forsøg med flammeretning blev rivebrænderen slukket straks efter brug.

Målepositioner (fig. 3.5):

- Pos. 1: Operatørens indåndingszone 10 cm foran ansigt.
- Pos. 2: 1,0 m ved siden af brænder, 1,1 m over plade
- Pos. 3: 1,0 m foran brænder (modsat operatør), 1,1 m over plade
- Pos. 4: 2,0 m ved siden af brænder, 1,1 m over plade
- Pos. 5: 2,0 m foran brænder (modsat operatør), 1,1 m over plade
- Pos. 6: 1,0 m lodret over brænder
- Pos. 7: 1,0 m foran brænder (modsat operatør), 0,3-0,5 m over plade
- Pos. 8: 0,8 m foran brænder (spejlvendt operatør), 0,7-0,8 m over plade

* Forsøg 6: Under MAG-svejsning 6 m fra varmested kortvarigt 0,5-1,0 ppm CO i luften.

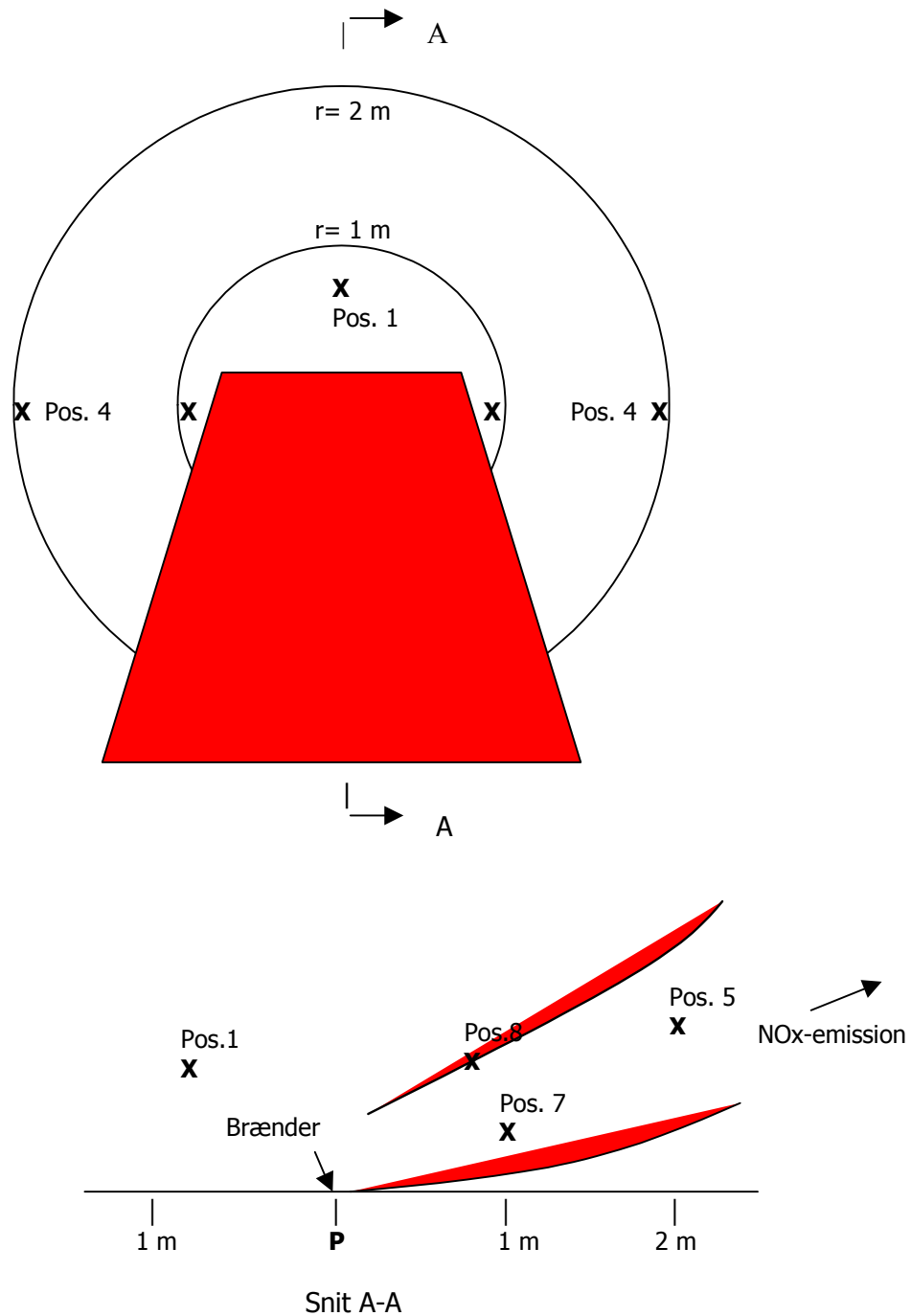


Fig. 3.5 Skitse med målepositioner. P= arbejds punkt

3.4 Vurdering

a . Induktionsretning

Ingen af forsøgene med induktionsopvarmning medførte forøget NO_x- eller CO-koncentrationer i operatørens indåndingszone eller i arbejdszonen omkring processtedet. Ved de enkelte forsøg var såvel operatøreksposeringen under varmning som koncentrationsniveauet i lokale luften efter varmning det samme som koncentrationerne i lokale luften før forsøgsstart.

b. Flammeretning

Målingerne under flammeretning viste stærkt varierende NO_x- og CO-koncentrationer i arbejdszonen afhængig af målepositionen.

I ***operatørens indåndingszone*** (pos.1) var gaskoncentrationerne generelt meget lave og i samme størrelsesorden som NO_x- og CO-koncentrationerne i lokaleluften i arbejdszonen. Under de enkelte forsøg blev der målt jævnt stigende NO_x- og CO-eksponering i takt med stigningen i lokalekoncentrationen. Over varmeperioder på 12-35 min. blev målt stigninger i NO_x-eksponeringen på ca. 0,2-1,2 ppm, heraf ca. 10 % NO₂.

Målinger i forskellige afstande og højder fra varместedet viste, at "***varmluftzonen***" omkring rivebrænderen", dvs. zonen med høje gaskoncentrationer, ***var stærkt asymmetrisk***. NO_x og CO blev primært emitteret i en lav fremadrettet zone foran brænderen (modsat operatøren) samt i mindre omfang på begge sider af brænderen. Såvel lodret over brænderen som ved operatøren var koncentrationsniveauet meget lavt sammenlignet med gaskoncentrationerne foran og ved siden af rivebrænderen.

De højeste koncentrationer blev målt 1,0 m foran brænderen i højder på 0,3-0,5 m over pladen (pos. 7), hvor NO_x-koncentrationerne varierede mellem ca. 1 ppm og 60 ppm med middelværdier på 20-30 ppm NO_x. CO-koncentrationen varierede samme sted mellem ca. 0,4-6,7 ppm. Med øget højde over pladen og afstand til brænderen (pos. 8, 3 og 5) faldt gaskoncentrationerne foran brænderen markant.

Årsagen til den asymmetriske emissionszone må antages at være brænderstillingen på pladen. Under varmning var brænderdyserne ikke lodret på pladen, men rettet let fremad (ca. 15°). Ifølge operatøren er dette normal praksis ved flammeretning.

Det skal bemærkes, at "varmluftzonen" med høje gaskoncentrationer relativt let kunne identificeres pga. temperaturforskellen til lokaleluften.

Resultaterne kan sammenfattes til:

- Under ***induktionsretning*** kunne der ikke registreres øget NO_x- eller CO-koncentrationer.
- ***Flammeretningen*** medførte NO_x-emissioner samt i mindre omfang CO-emission.

Under de aktuelle arbejdsbetingelser var koncentrationsniveauet af såvel NO, NO₂ som CO i ***operatørens indåndingszone*** imidlertid særdeles lavt (***<< 10% af GV***). Pga. af brænderstillingen i forhold til pladen blev gasserne primært emitteret i en fremadrettet zone foran brænderen, dvs. i en zone modsat operatøren. Under forsøgene kunne der derfor kun registreres mindre stigninger i operatøreksponeeringen, svarende til koncentrationsstigningen i lokaleluften.

Målingerne viser, at det er afgørende for eksponeringen, at ***operatøren ikke har ansigtet placeret i "varmluftzonen"*** fra brænderen. I denne zone er der stor risiko for NO og NO₂-eksponeringer over GV.

Sammenhørende målinger af NO og NO_x viste, at ***8-13 %*** af NO_x-emissionen var ***NO₂***.

3.5 Beregningsmodel for NO_x-koncentrationen ved flammeretning

NO_x-emissionen fra den anvendte rivebrænder, dvs. NO_x-mængden pr. tidsenhed under varmning, kan beregnes på grundlag af de målte gaskoncentrationer i lokaleluften.

Antages NO_x-koncentrationen i udendørsluften at være ubetydelig er koncentrationsligningen for rumluften:

$$C_L = q * (1 - e^{-nt}) / (n * V_L) + C_0 * e^{-nt} \quad \text{eller}$$

$$q = C_L * n * V_L / (1 - e^{-nt}) - C_0 * e^{-nt} \quad (1)$$

hvor

C_L forureningskoncentrationen i lokalluften (ppm=ml/m³) til tiden t

C_0 Forureningskoncentrationen (ppm) i rumluften til tiden t=0

q den tilførte forureningsmængde pr. tidsenhed (ml/h)

t tiden i timer

V_L lokalerumfang m³

n rumluftskifte, antal gange/h

Som anført i afsnit 3.2 viste NO_x-fortyndingen i lokaleluften mellem forsøgene et **luftskifte** i forsøgslokalet **på n=1,2 og n=1,95 gange/h med henholdsvis lukket og åben dør.**

En beregning på grundlag af (1) ud fra de målte NO_x-koncentrationer i lokaleluften før- og efter forsøgene samt forsøgstiderne viser endvidere, at **NO_x-emissionen (q) fra den aktuelle rivebrænder** var mellem 9000ml/h og 15000 ml/h eller **150-250 ml/min.**

Denne emission er i god overensstemmelse med litteraturdata for NO_x-emissionen fra gasbrændere af den aktuelle størrelse [27][28][11][12].

Ligning (1) kan desuden benyttes til at bestemme NO_x-koncentrationen i rumluften ved flammeretning under andre arbejdsbetingelser, herunder ved andre rumstørrelser, ventilationsluftmængder, NO_x-emissioner m.v. Med udgangspunkt i NO_x-emissionen for den aktuelle rivebrænder er der nedenfor vist en beregning af:

1. NO_x-koncentrationen i forsøgslokalet, hvis brænderen ikke var blevet slukket straks efter brug, dvs. effekten af fritbrændende flamme (fig. 3.6).
I eksemplet er NO_x-emissionen ansat til 1500 ml/min. svarende til 6 gange emissionen under varmning. Erfaringsmæssigt øges emissionen 6-10 gange ved fritbrændende flammer [27][28].
2. NO_x-koncentrationen hvis flammeretningen udføres i et mindre 500 m³ rum (fig. 3.7) samt koncentrationsforløbet i rummet ved evt. fritbrændende flamme (fig. 3.8)

NOx-koncentrationer i værksted M 0304 på
Lindø med *fritbrændende* rivebrænder

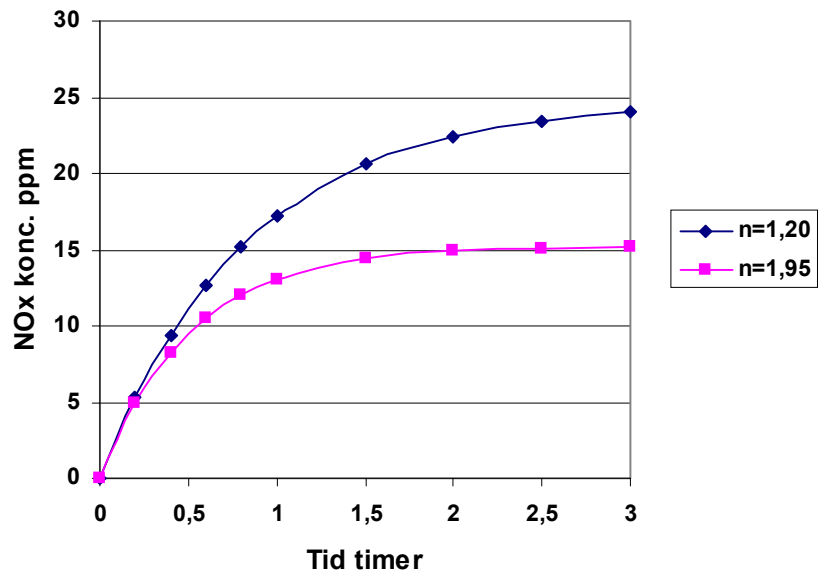


Fig. 3.6 NOx-koncentrationen ved *fritbrændende* rivebrænder i prøvelokalet afhængig af brændetiden og luftskiftet (n). NOx-emission (q): 1500 ml/min. Lokalerumfang: 3040 m³

NOx-koncentrationer i rumluften
ved *flammeretning* i 500 m³ rum

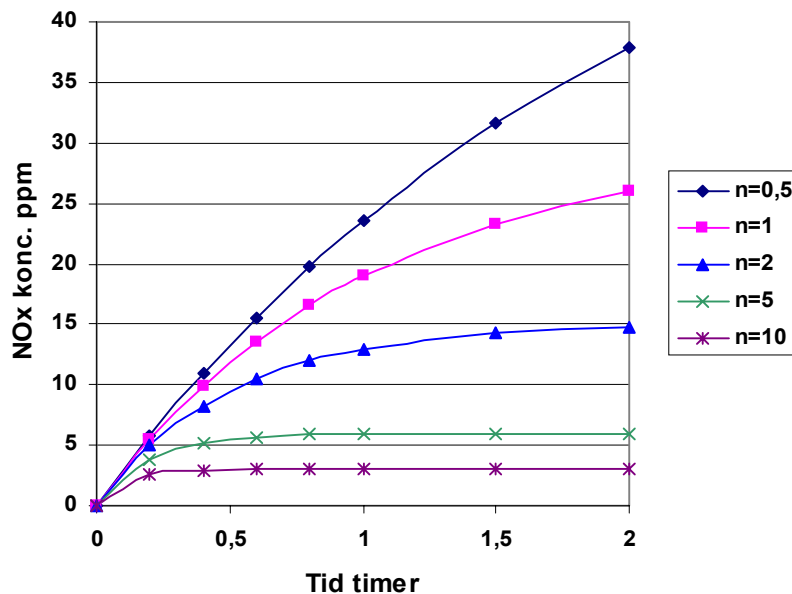


Fig. 3.7 NOx-koncentrationen ved flammeretning med rivebrænder i 500 m³ rum afhængig af varmetiden og luftskiftet (n). NOx-emission (q): 250 ml/min.

NOx-koncentrationer ved fritbrændende rivebrænder i 500 m³ rum

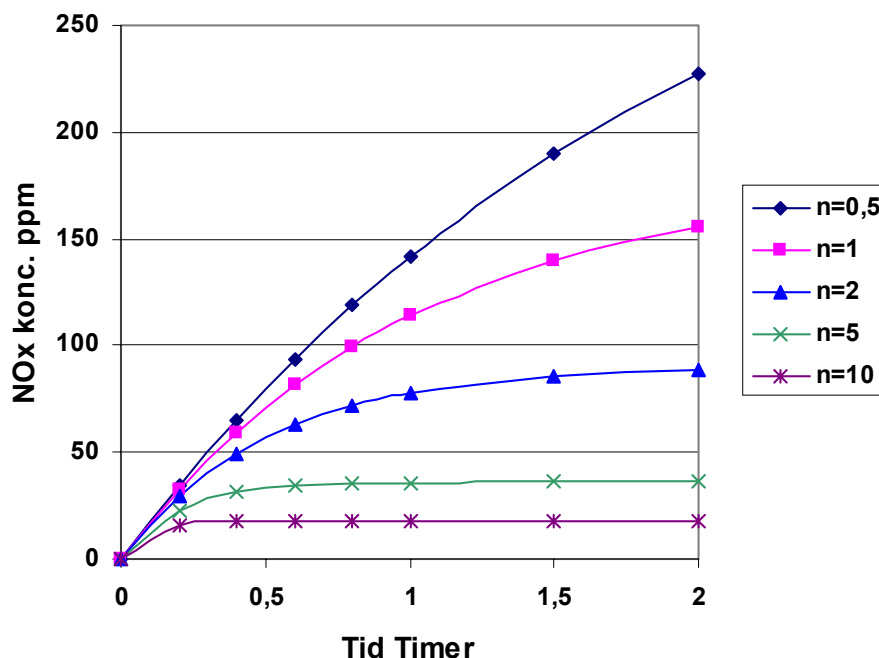


Fig. 3.8 NOx-koncentrationen ved *fritbrændende* rivebrænder i 500 m³ rum afhængig af brændetiden og luftskiftet (n). NOx-emission (q): 1500 ml/min.

Det fremgår af fig. 3.6, at NOx-koncentrationen i forsøgslokale M 0304 ved *fritbrændende rivebrænder* ville stabiliseres omkring 15 ppm NOx efter 1,5 time med døren åben til værkstedet (n=1,95). Ved lukket dør (n=1,2) ville koncentrationsniveauet efter ca. 3 timer være 25 ppm NOx. Antages 10% af de nitrøse gasser at være NO₂ (afsnit 3.4) ses, at lokalekoncentrationen med lukket dør ville overstige GV efter ca. 1,3 time, mens koncentrationen med åben dør ikke ville blive kritisk.

Udføres flammeretning i et mindre rum øges risikoen selvsagt for uacceptable NOx-koncentrationer. Fig. 3.7 viser, at flammeretning i et 500 m³ lokale efter ca. 1 times arbejde kan resulterer i koncentrationer over GV, *selv om brænderen slukkes straks efter brug*. Skal koncentrationen under retning med rivebrænder i rummet holdes under GV skal ventilationsluftmængden mindst være ca. 800 m³/h (n=1,6).

Fig. 3.8 illustrerer vigtigheden af at slukke brændere straks efter brug. Det ses af diagrammet, at en *fritbrændende rivebrænder* i et 500 m³ lokale efter kun 10-15 min ville resulterer i NO/NO₂-koncentrationer over GV, selv ved kraftig ventilation.

4. Åndedrætsværn

4.1 Filtrerende åndedrætsværn til NO₂-beskyttelse.

Mulighederne for anvendelse af filtrerende åndedrætsværn samt luftforsynede åndedrætsværn til NO₂-beskyttelse er nærmere analyseret i projektrapport I [1].

For filtrerende åndedrætsværn kan resultaterne af analysen sammenfattes til:

- **Der markedsføres godkendte NO-P3 (NO₂/NO) filtre i Danmark, men filtrene er kun egnede til helmasker. Filtrene er relativt store, tunge og dyre og er ikke godkendte til turboudstyr. Filtrene må anses for uegnede til brug ved svejse- og skærearbejde.**
- **Oplysninger indhentet fra en række leverandører peger imidlertid på, at gasfiltre af typen AB, B og/eller E muligvis kan yde beskyttelse mod NO₂ og NO i de koncentrationsniveauer, der forekommer i forbindelse med gasbrændere og termiske skæreprocesser.**

Hvis oplysningerne er korrekte, kan det eventuelt åbne mulighed for brug af såvel turboudstyr som filtrerende ansigtsmasker til kortvarig beskyttelse mod NO₂ ved varmning, termiske skæreprocesser m.v.

Bortset fra en enkelt undersøgelse af NO-effektiviteten for en ABE-filtermaske foreligger der imidlertid ingen dokumentation for AB, B eller E gasfilters effektivitet overfor nitrøse gasser. Før disse gasfiltertyper eventuelt vil kunne anvendes til beskyttelse mod NO_x-eksponering i lave koncentrationer, er det derfor en afgørende forudsætning, at:

- *der tilvejebringes dokumentation for filtrenes NO_x-effektivitet*
- *filtrene kan godkendes af Arbejdstilsynet til det aktuelle formål.*

4.2 Oplæg til projektsamarbejde med leverandører af åndedrætsværn om NO_x-prøvning

Indenfor de økonomiske rammer af projektet har det ikke været muligt at udføre en undersøgelse af gasfilters NO-effektivitet. I følgegruppen blev det derfor besluttet, at undersøge mulighederne for at gennemføre og finansiere en afprøvning af A, B og E filters NO_x-effektivitet i samarbejde med leverandører af åndedrætsværn.

Efterfølgende er der rette henvendelse til alle danske producenter og importører af gasfiltre med indbydelse til at deltage i et projektsamarbejde. I oplægget til projektundersøgelserne blev der foreslået følgende testprogram:

- a) Afprøvning af 1 relevant filtercartridge eller filtermaske fra hver deltagende leverandør. For hvert filter udføres 3 test med nyt filter ved hver test. Filtrene testes separat med NO og NO₂, eller i alt 6 prøvninger for hvert filter.
- b) Testgaskoncentrationer
NO₂: 10 ppm
NO: 100 ppm
svarende til henholdsvis 5 og 4 gange GV

- c) Kontinuerlig prøvning indtil en gennembrudskoncentration på 10 % af GV, dvs. NO₂: 0,2 ppm og NO: 2,5 ppm, eller maksimalt 8 timer.

Udgangspunktet for prøvningen var det forslag til testprocedure, der er udarbejdet i Projekt I [1]. Brevet til leverandørerne er vist en bilag 1.

Projektforslaget blev sendt til i alt 14 leverandører af åndedrætsværn, hvoraf 5 har meldt tilbage. I tilbagemeldingerne er der tilkendegivet interesse for et projektsamarbejde, men på grund af deltageromkostningerne blev det foreslået at reducere prøvningsprogrammet, således at der indledningsvis kun blev udført nogle få orienterende filtertest til evaluering af en eventuel NO_x-effekt. Formanden for foreningen af danske leverandører af åndedrætsværn (BPA) oplyste, at denne orienterende undersøgelse muligvis kunne finansieres gennem midler fra den europæiske brancheorganisation.

Det blev imidlertid samtidig understreget, at en forudsætning for en eventuel projektdeltagelse er, at **Arbejdstilsynet på forhånd principielt accepterer brug af filtrerende åndedrætsværn til NO_x-beskyttelse på svejseområdet.**

4.3 Arbejdstilsynets indstilling til brug af filtrerende åndedrætsværn til NO_x-beskyttelse.

Forelagt spørgsmålet om eventuel brug af åndedrætsværn til NO_x-beskyttelse ved svejsning m.v. har Arbejdstilsynet oplyst, at man tidligere skriftligt [2][3] og ved møder med leverandører af åndedrætsværn har tilkendegivet, at gasfiltre til brug ved svejsning skal være egnede til at beskytte mod **alle de gasformige forureninger, der kan forekommer i mængder af arbejdshygiejnisk betydning.**

Arbejdstilsynet oplyste samtidig, at man ved "*mængder af arbejdshygiejnisk betydning*" forstår koncentrationer på 10% af GV, dvs. åndedrætsværn til NO_x-beskyttelse skal samtidig have en dokumenteret effektivitet overfor alle andre gasser, der kan forekomme i **koncentrationer højere end 10 % af GV.**

Arten og mængden af gasarter ved svejsning og skæring afhænger i høj grad af den anvendte proces og procesparametrene, samt til dels de materialer der arbejdes i. Udover NO_x er den væsentligste gasformige forurening ved svejse- og skæreprcesser **carbonmonoxid (CO)**. Nogle lysbuesvejseprocesser udvikler endvidere **ozon (O₃)**, ligesom arbejde på f.eks. primede plader kan resultere i forskellige gasformige **termiske nedbrydnings-produkter.**

Beskyttelse mod ozon med filtrerende åndedrætsværn er ikke noget problem. Resultaterne i det tidligere I-Bar projekt 1999-13 [4] har vist, at konventionelle gasfiltre af bl.a. typerne AB og ABE samt ansigtsmasker med aktivt kul (odour-filtre) er særdeles effektive til filtrering af ozon. Ved prøvning af AB og ABE filter-cartridges med ozonkoncentrationer på over 500 gange GV kunne der således - selv efter 24 timers kontinuerlig ozoneksponering - ikke detekteres ozon i luften efter filtrene.

Ved svejsning, skæring og varmning på plader med overfladebelægning, f.eks. shopprimere, kan der udvikles gasser i form af **butanoler, ethanol, xylener, phenol, formaldehyd m.v.** [5][6][12]. Erfaringsmæssigt er koncentrationerne af alle disse gasser imidlertid meget lave, ofte på detektionsgrænse-niveau [7][8][9]. Endvidere filtreres denne type gasser

effektivt i konventionelle gasfiltre af typen A og B eller kombinationsfiltre, dvs. nedbrydningsprodukter fra overfladebelægninger repræsenterer ikke noget problem i relation til eventuel brug af gasfiltre for NOx-beskyttelse.

Konventionelle gasfiltre beskytter imidlertid **ikke** mod **carbonmonoxid**. En eventuel accept fra Arbejdstilsynet om brug af åndedrætsværn til NOx-beskyttelse forudsætter derfor - udover dokumentation af filtrenes NOx-effektivitet - **at der ikke samtidig er risiko for CO-eksponering over 2, 5 ppm, svarende til 10 % af GV.**

Nedenfor er der foretaget en analyse af CO-dannelsen ved de processer, der kan medføre en potentiel risiko for NOx-eksponering.

4.4 Carbonmonoxid ved svejse- og skæreprocesser

4.4.1 CO-dannelse ved svejsning, skæring m.v.

Carbonmonoxid forekommer primært i forbindelse ved autogene processer og MAG-svejsning. Endvidere kan kulbuefugning udvikle store mængder CO. Ved plasmaskæring med luft som plasmagas samt ved svejsning med beklædte elektroder kan der ligeledes emitteres CO, men mængderne er normalt meget små.

Ved flammeskæring, gassvejsning, varmning m.v. med gasbrændere dannes carbonmonoxid gennem forbrænding af kulbrinterne i gassen - fig. 4.1.

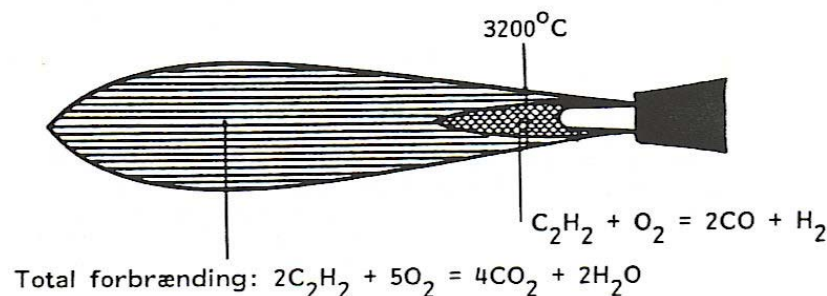
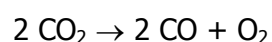


Fig. 4.1 Forbrænding i acetylenflamme

Ved temperatur- og oxidationsforholdene i flammen sker der ikke en fuldstændig forbrænding, og et af forureningsprodukterne er CO.

Ved **MAG-svejsning** med CO₂ og blandgasser, som indeholder CO₂, omdannes en del carbondioxiden i lysbuen til CO efter:



Undersøgelser har vist, at CO-emissionen ved MAG-svejsning er i størrelsesorden 2,5 % af CO₂-indholdet i beskyttelsesgassen [13], men emissionen afhænger desuden af svejseparametrene. For såvel MAG-svejsning med massiv tråd som svejsning med rørtråd (FCA) øges CO-emissionen tilnærmet lineært med strømstyrken.

Ved elektrodesvejsning emitteres CO baseret på den samme dannelsesmekanisme. Beklædningen i svejseelektroder indeholder gasdannende stoffer, der har til formål at udvikle gasarter til beskyttelse af smeltebadet mod oxidation. De gasdannede materialer kan være carbonater eller cellulosestoffer. Under svejsning vil disse stoffer dekomponere i lysbuen og udvikle bl.a. CO.

4.4.2 Eksposering for CO i svejseindustrien

Vurdering af eksponeringsrisikoen for CO kan foretages med udgangspunkt i både emissionsdata og eksponeringsdata.

a. Emissioner

CO-emissionen for en proces angiver den **CO-mængde pr. tidsenhed**, der udvikles fra selve processen. Emissionsdata kan anvendes til en relativ sammenligning af eksponeringsrisikoen ved forskellige processer og procesparametre.

Under ens arbejdsbetingelser, dvs. ved ens ventilationsforhold, arbejdsstilling, procestid m.v., vil en proces med dobbelt så høj emission som en anden proces - alt andet lige - give en dobbelt så høj eksponering i praksis.

Med kendskab til eksponeringsforholdene i en aktuell arbejdssituation kan man derfor - ud for emissionsdata - estimere eksponeringen for arbejde med andre processer og procesparametre i samme arbejdssituation.

b. Eksposeringer

Ved CO-eksponering forstås **CO-koncentrationen** i operatørens indåndingszone. Eksposeringsdata har den ulempe i forhold til emissionsdata, at de afhænger af de aktuelle arbejdsbetingelser. Den samme proces anvendt under forskellige arbejdsforhold, ventilationsforhold, intermitterer m.v. kan resultere i vidt forskellige eksponeringer af operatøren. De mange - til dels ukontrollable - variable, der indvirker på eksponeringsforholdene i praksis, betyder, at eksponeringserfaringer fra en arbejdssituation generelt ikke kan overføres til en anden arbejdssituation.

Ved vurdering af operatøreksposeringen i en konkret arbejdssituation er det derfor normalt nødvendigt at foretage en måling.

Ved tilstrækkelig mange eksponeringsdata fra forskellige arbejdssituationer er det imidlertid muligt at foretages et estimat over eksponeringsniveauer ved forskellige processer, arbejdsbetingelser m.v.

I tabel 4.1 og 4.2 er der sammenstillet henholdsvis emissions- og eksponeringsdata for carbonmonoxid i forbindelse med svejse-, skære- og varmeprocesser. Data er baseret på måleresultater fra FORCE Technology's virksomhedsundersøgelser samt forskellige publicerede forskningsrapporter og arbejdspladsundersøgelser.

Det skal bemærkes, at i forhold til omfanget af litteraturdata for NO_x og O₃ er antallet af CO-resultater for svejse- og skæreprocesser meget begrænsede.

Tabel 4.1. Typiske CO-emissioner ved svejse- og skæreprocesser

Proces	Procesgas	CO-emission ml/min	Bemærkning
MAG-svejsning Ulegeret stål 1,0 mm tråd	92Ar/8CO ₂	50-135	125-275 amp Gasflow 16 l/min. [9]
	91Ar/8CO ₂ /1O ₂	50-135	
	80Ar/20CO ₂	130-275	
	75Ar/25CO ₂	140-280	
	CO ₂	200-435	
MAG-svejsning Ulegeret stål 1,2 mm tråd	93Ar/13CO ₂ /4O ₂	15-90	100-300 amp. Gasflow 16 l/min. [14]
	82Ar/18CO ₂	40-250	
	CO ₂	260-470	
MAG-svejsning Ulegeret stål 0,8 mm tråd	CO ₂	100-300	60-180 amp. Gasflow 16 l/min. [14]
MAG-svejsning Ulegeret stål 1,6 mm tråd	CO ₂	350-660	150-400 amp. Gasflow 16 l/min. [14]
MAG-svejsning Ulegeret stål		90-600	Ingen svejsedata. [18]
MAG-svejsning Rustfrit stål 1,0 mm tråd	98Ar/2CO ₂	25-70	120-275 amp. Gasflow 16 l/min. [9]
	98Ar/25,5He/ 2,5CO ₂	30-90	
FCA-svejsning Ulegeret stål 1,2 mm tråd	92Ar/8CO ₂	150-220	160-275 amp. Gasflow 20 l/min [9]
	80Ar/20CO ₂	240-380	
	CO ₂	480-720	
FCA-svejsning Ulegeret stål 1,2 mm tråd	82Ar/18CO ₂	220-310	280 amp. Gasflow 17 l/min. [12]
FCA-svejsning Ulegeret stål 1,2 -2,4 mm tråd	80Ar/20CO ₂ eller CO ₂	70-290	26 forskellige rørtråde. [22]
FCA-svejsning Rustfrit stål 1.2 mm tråd	95Ar/5CO ₂	30	300 amp. Gasflow 17 l/min. [15]
	80Ar/20CO ₂	40-60	200-300 amp. Gasflow 17 l/min. [15]
FCA-svejsning Rustfrit stål 1.6 mm tråd	97Ar/3O ₂	2	300 amp. Gasflow 17 l/min. [15]
	80Ar/20CO ₂	55	
MMA-svejsning Ulegeret stål 5mm elektrode		12-20	[17]
MMA-svejsning Rustfrit stål 4-5mm elektrode		2-4	140-180 amp. [15]
Plasmaskæring delvis vand-neddyk.	Luft	<0,1-2	200 amp. [10]
Flammeskæring Ulegeret stål	Acetylen/oxygen	170-220	10-60 mm plade [11]
Flammeskæring Fritbrænd. flamme	Acetylen/oxygen	330-360	[11]
Flammeskæring Ulegeret stål	Acetylen/oxygen	980	10 mm plade [12]

Tabel 4.2.1 Typiske CO-eksponeringer under svejsning

Proces	Procesgas	Eksponering CO ppm	Bemærkning
MAG-svejsning Ulegeret stål 1,2 mm tråd	95Ar/5CO ₂	4,1-5,1	Max 14,4 ppm CO. 150 amp puls. [19]
MAG-svejsning Ulegeret stål 1,0 mm tråd	95Ar/5CO ₂	4,1-4,8	Max 10,5 ppm CO. 260 amp. [19]
	80Ar/20CO ₂	8,7-9,4	Max 42 ppm CO. 125 amp. [19]
	80Ar/20CO ₂	9,2-10	Max 72 ppm CO. 245 amp. [19]
	CO ₂	18,4	Max. 99 ppm CO. 250 amp. [19]
	CO ₂	3,9-10,5	Uden udsugning. [19]
MAG-svejsning Ulegeret stål		<5-30	26 svejsesteder. 20 steder < 5 ppm. [20]
MAG-svejsning Ulegeret stål	92Ar/8CO ₂	<1-2	Pistoludsugning. [21]
MMA-svejsning Ulegeret stål 4 mm elektrode		2,2-12,8	165 amp. [19]
MMA-svejsning Ulegeret stål		0,8-2,1	Svejsning i delvist lukket rum [16]
MMA-svejsning		<0,1-20	415 svejsesteder. Ved 380 steder < 5 ppm (DG for indikatorrør) [20]
MMA-svejsning		<5-18	Uden udsugning En række målesteder. Generelt lukkede rum. [23]
TIG-svejsning	-	< 5	Mindre end detektionsgrænsen (indikatorrør). [20]
MIG-svejsning AlSi5 1,6 mm tråd	-	4,8-5,2	320 amp. Gasvarmning i nærheden. Uden ventilation. [18]

Tabel 4.2.2 Typiske CO-eksponeringer under termisk skæring m.v.

Proces	Procesgas	Eksponering CO ppm	Bemærkning
Plasmaskæring Maskinel Ulegeret og rustfrit stål	Luft Nitrogen CO ₂ (sekundær)	<2-3	Målinger ved flere brænder- typer og plasmagasser. Ingen målbar CO-ændring ved manøvreput. Med sekundær CO ₂ gas 4-12 ppm CO ved manøvreput. [24]
Plasmaskæring Maskinel	Luft	<2	Under skæring [25]
Flammeskæring Simuleret manuel	Acetylen/oxygen	2,6-5,1	[18]
Flammeskæring Manuel Ulegeret stål	Acetylen/oxygen	4,2-7,3	[18]
	Acetylen/oxygen	20-36	Under skæring Uden udsugning. [16]
	Acetylen/oxygen	10-40	Under skæring Uden udsugning. [20]
	Acetylen/oxygen	9-30	Under skæring Flere målesteder Uden udsugning, Generelt lukkede rum. [23]
Flammeskæring Halvmaskinel Ulegeret stål	Acetylen/oxygen	11-14	Under skæring, Uden udsugning. [16]
	Acetylen/oxygen	5-10	Under skæring. Kortvarige eksp. op til 30 ppm. [20]
Flammeskæring Maskinel Ulegeret stål	Acetylen/oxygen	< 5	Under skæring generelt mindre end detektions- grænsen (indikatorrør). Ved arbejde nær brændere 30-50 ppm. [20]
Flammemetallisering	Acetylen/oxygen	40-150	Under metalsprøjtning [25]
Plasmametallisering		<2	Under metalsprøjtning [25]
Kulbuefugning		8	Under fugebrænding [25]

Nylige industriundersøgelser i forbindelse med recirkulation af svejseventilation [26] har vist, at **baggrundskoncentrationen** af CO i lokale luften i svejseværksteder typisk varierer mellem 0,2 -2,1 ppm gennem en arbejdsdag. I nogle situationer, specielt under truckkørsel i værkstedet, kan koncentrationen øges væsentligt.

4.5 Vurdering af mulighederne for At-godkendelse af filtrerende åndedrætsværn til NO_x-beskyttelse ved svejsning og skæring m.v.

Litteraturdata i tabel 4.1 og 4.2 viser, at **CO-eksponeringen under arbejde med svejse- og skæreprocesser meget hyppigt overstiger 10% af GV**. Resultaterne indikerer imidlertid også, at *eksponeringen normalt er mindre end GV (25 ppm)*, selv om der kortvarigt kan forekomme spidsværdier over GV.

Til resultaterne skal bemærkes:

- Målingerne er generelt foretaget **under** svejsning eller skæring, dvs. mens lysbuen eller flammen er tændt. Da GV for CO - i modsætning til GV for NO₂ - er fastsat som middelværdi for en arbejdsdag, **vil CO-eksponeringen for en arbejdsdag normalt ikke overstige GV** ved de viste data. Antages eksempelvis en proces-intermittens på 40% (meget høj), en proceseksponering på 40 ppm CO (worst case, flammeskæring) og en baggrundskoncentration i lokaleluften på 2 ppm CO (svejseværksteder) vil operatøreksponeeringen som middelværdi for en arbejdsdag være 17-18 ppm CO, dvs. mindre end GV.
- Hovedparten af de eksisterende data for CO-eksponering er af ældre dato og baseret på målinger med indikatorrør. Udover at denne type målinger er behæftet med stor måleusikkerhed er detektionsgrænsen for metoden ca. 5 ppm CO, dvs. omfanget af eksponeringer under 10 % af GV kan ikke bedømmes.

Ud fra analyseresultaterne for CO kan det konkluderes:

- **Det er *ikke* muligt at anvende filtrerende åndedrætsværn til NO_x-beskyttelse ved svejse-, skære- og varmeprocesser, hvis Arbejdstilsynet stiller krav om, at åndedrætsværn samtidig skal beskytte mod andre forureninger, som kan forekomme i koncentrationer over 10 % af GV.**

Koncentrationerne af *carbonmonoxid* er typisk højere end 10% af GV i de arbejds-situationer og ved de processer, hvor det kan være aktuelt at benytte filtrerende åndedrætsværn til beskyttelse mod NO_x, dvs. i situationer hvor der er risiko for høje NO₂-eksponeringer over GV.

- **Hvis kriteriet for brug af åndedrætsværn ændres til, at *åndedrætsværnet skal beskytte mod alle forureninger i koncentrationer højere end GV*, vil det åbne mulighed for brug af filtrerende åndedrætsværn til NO_x-beskyttelse ved svejse- og skærearbejde, herunder ved autogene processer.**

CO-koncentrationen målt over en arbejdsdag overstiger generelt ikke 25 ppm.

Det skal nævnes, at der markedsføres CO-filtre til åndedrætsværn. Disse filtre er imidlertid specialfiltre. Efter oplysninger fra filterleverandører er filtrene baseret på Hopcalit katalysatormasse og filtrene kan *ikke* kombineres med andre typer gasfiltre.

5. Anvendelsesmuligheder for gassparere

NO_x-emissionen fra autogenbrændere med fritbrændende flamme er markant højere, end når flammen er rette mod et emne. Derfor har det stor betydning for NO_x-dannelsen, at *gasbrændere slukkes selv ved kortvarige afbrydelser i arbejdet.*

I projektrapport I [1] er der peget på, at installation af *gassparere kan medvirke til at reducere NO_x-emissionen* ved arbejde med gasbrændere gennem en reduktion af tidsperioderne med fritbrændende flamme.

En gassparers funktion er at lukke for flammen, når gasbrænderen ikke er i brug. Gassparere er beskrevet i rapport I, men det skal kort resumeres, at en gassparer består af lukkeventiler for gas og oxygen, som aktiveres med en vippearms. Når brænderen hænges på vippearmen afbrydes gas og oxygen øjeblikkelig og brænderen slukker. På aggregatet er der samtidig monteret et lille indstilleligt gasvågeblus af bunsentypen. Når brænderen skal bruges igen løftes den af armen og tændes ved gasvågeblusset. *Da brænderindstillingen er uændret skal der ikke foretages ny brænderjustering.*

Eksempler på gassparere er vist på fig. 5.1

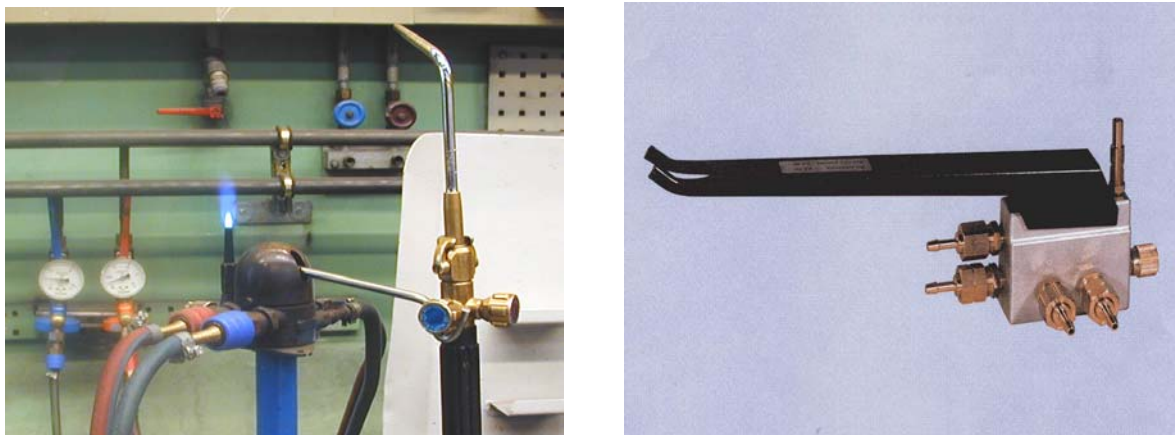


Fig. 5.1 Gassparere fra Strandmøllen A/S (GS 004) og AGA-Linde A/S (GS 10)

5.1 Vurdering af mulighederne for brug af gassparere til flammeretning m.v.

5.1.1 Tekniske forhold

Efter oplysninger fra leverandører er gassparere som standard designet for et maksimalt arbejdstryk på 5 bar for oxygen og 1,0 bar for acetylen. Med \varnothing 5-8 mm slangestudse er det maksimale flow gennem lukkeventilerne 1500-2000 l/h. Med dette flow kan aggregaterne uden problemer anvendes til *alle normale svejsebrændere og mindre varmebrændere*, som f.eks. rivebrændere med 3 dyser, samt til små håndbrændere til flammeskæring i plade-tykkelser op ca. 8-10 mm. Gasforbruget til vågeblusset er ca. 35 l/h.

Ved *store varmebrændere*, herunder brusebrændere og rivebrændere med 5 dyser, samt *almindelige skærebrændere* overstiger gasforbruget imidlertid kapaciteten for standard-gassparere, dvs. de markedsførte *standardaggregater kan ikke benyttes i forbindelse med disse brændere*. Ifølge leverandører vil det være teknisk muligt at fremstille gassparere til større forbrug, men hidtil har der ikke været behov for dette.

5.1.2 Sikkerhedsmæssige aspekter

I forbindelse med forsøgene med flammeretning på Lindø-værftet blev der foretaget en besigtigelse af arbejdsbetingelserne ved flammeretning i praksis. Formålet var at vurdere behovet for- samt de sikkerhedsmæssige aspekter ved evt. brug af gassparere til arbejdet. Eksempler på typiske flammerette-situationer er vist på fig. 5.2-5.4.



Fig. 5.2 Flammeretning af vinkelknæk på skot med rivebrænder med 3 dyser.



Fig. 5.3 Flammeretning af pladehulhed med enkeltbrænder og rivebrænder med 3 dyser.



Fig. 5.4 Sektionsstød i dækshus efter flammeretning

Som vist på fig. 5.2-5.4 blev alle de observerede flammeretteopgaver ved gennemgangen udført delvis i det fri, dvs. i arbejdssituationer uden risiko for opkoncentrering af NO_x. Bortset fra et enkelt rum i et dækshus blev der endvidere ikke observeret brug af skærebrændere m.v. i mindre lukkede rum.

Det var kendetegnede for alle arbejdssituationerne, at arbejdet blev udført kontinuerligt, og at brænderne blev slukket straks efter brug, dvs. **der blev ikke konstateret fritbrændende gasbrændere.**

Til flammeretning anvender værftet efter det oplyste primært rivebændere med 3 og 5 dyser, samt i nogle tilfælde enkeltbrændere. Endvidere benyttes autogenbrændere ved manuel flammeskæring og fugning. Teknisk vil standard-gassparere kunne anvendes i forbindelse med nogle af disse brændere f.eks. varmebrændere med enkeltdyse, rivebrændere med indtil 3 dyser samt små skærebrændere.

En eventuel brug af gassparere på **skiftende arbejdssteder** forudsætter, at aggregatet kan monteres hensigtsmæssigt og sikkert i forhold til operatørens brug af brænderen. I arbejdssituationerne på fig. 5.2 og 5.3 kunne en mulig løsning f.eks. være en *gassparer monteret på en kort arm med magnetfod*. Alternativt kunne der i arbejdssituationen fig. 5.2 anvendes en *gassparer på flytbar stander* som vist på fig. 5.5.

Brug af gassparere ved arbejde under montageforhold indebærer imidlertid også en **sikkerhedsrisiko**. Hvis brænderen ved et uheld falder af gasspareren uden at det observeres, vil gas og oxygen i en eksplosiv blanding strømme ud til omgivelserne. Sker udstrømningen i mindre rum eller over en længere periode er der risiko for eksplosionsulykker.



Fig. 5.5 Gassparer monteret på flytbar stander.

5.1.3 Vurdering af gassparers anvendelse

Som anført i projektrapport I [1] medfører gassparere flere fordele:

- Stor reduktion af NO_x-emissionen ved intermitterende arbejde med gasbrændere
- Brænderindstillingen skal ikke justeres efter slukning af brænderen
- Gasbesparelse, dvs. væsentlig mindre udgift til gas og oxygen.

Brugen af aggregaterne kræver imidlertid, at de kan anbringes hensigtsmæssigt i umiddelbar tilknytning til arbejdsstedet. På skiftende arbejdssteder skal gasspareren derfor *kunne flyttes i takt med arbejdet* og samtidig være monteret med et system, som kan fastholde dem stabilt.

Et andet aspekt er risikoen for utilsigtet gasudstrømning som omtalt i afsnit 5.1.2. Gassparere bør kun være tilsluttet under selve arbejdsopgaven, dvs. mens de er under observation. Hvis arbejdsstedet forlades *-selv kortvarigt-* bør gas og oxygen altid lukkes ved hovedventilerne, således at gasspareren er udkoblet.

Anvendelsesmulighederne i praksis for gassparere kan sammenfattes til:

- På **faste arbejdspladser** med f.eks. flammelodning, varmning og gassvejsning må det anses for muligt gennem information og opsøgende arbejde at introducere gassparere i industrien i væsentligt større omfang end det er tilfældet i dag. Specielt ved serieproduktioner kan der opnås både *miljømæssige og økonomiske fordele*.
- Om gassparere med fordel kan benyttes på **skiftende arbejdssteder** afhænger af den konkrete arbejdssituation. Det vil være nødvendig i den enkelte situation at fortage en helhedsvurdering af arbejdsopgavens omfang og karakter i forhold til arbejdet med flytning og montage af gasspareren samt risikoen for NO_x-eksponering. Ved f.eks. de typiske flammeretningsopgaver på Lindø-værftet (fig. 5.2-5.4) vil der ikke være nogen væsentlig miljømæssig fordel ved gassparere, da brænderene generelt ikke var fritbrændende. Desuden vurderede værftet risikoen for eksplosionsulykker ved utilsigtet gasudslip som særdeles væsentlig.

Referencer

- [1] Kortlægning af muligheder for minimering af eksponeringen for NO₂ på skiftende arbejdspladser. Projekt nr. 80-2001-08-18, Industrienes Branchearbejdsmiljøråd. FORCE Technology rapport 2002.
- [2] Arbejdstilsynets brev af 9. december 2002 til 3 M A/S (AT sag 2002-88380)
- [3] Arbejdstilsynets brev af 4. september 2003 til 3 M A/S om godkendelse af tre typer åndedrætsværn.
- [4] Prøvning af filtrerende åndedrætsværns beskyttelseseffektivitet mod ozon - part 2. Projekt nr. 1999-13, Industrienes Branchearbejdsmiljøråd. FORCE Technology rapport 2000.
- [5] Henriks-Eckerman, M., Engström, B. et al: Thermal Degradation Products of Steel Protective Paints. IIW doc. VIII-1496-89 og Am. Ind. Hyg. Assoc. Journal 1990.
- [6] Miljøprøvninger af shopprimere. Diverse rekvirerede prøvninger af primerprodukter. FORCE Technology.
- [7] Ulfvarson, U. et al: Svetsning i verkstäder med metal-bågsvetsning og gasbågsvetning i omålet og grundmålet stål. Arbete och Hälsa, 1978:19
- [8] Ulfvarson, U.: Survey of air contaminants from welding. Scandinavian Journal of Work, Environment and Health, Volume 7, 1981.
- [9] Emissionsmålinger af røg, ozon, nitroser gasser og carbonmonoxid ved MAG-, FCA-, MIG- og TIG-svejsning. Rekvirerede prøvninger for AGA AB. FORCE Technology 1991.
- [10] Brömsen, B, Lillienberg, L: Emission av rög, kväveoxider och buller vid plasmaskäring i rostfritt stål och konstruktionsstål. IVF 94824
- [11] Hansen, E.B.: Flammeskæring med naturgas, propan og acetylen. FORCE Technology 87.51
- [12] Hansen, E.B.: Undersøgelse af røg- og gasemissioner ved MAG-svejsning og flammeskæring af primede plader. FORCE Technology 94.53
- [13] Frant, R.: Health problems relating to electric arc welding. Ph welding reporter 1971
- [14] Press, H., Florian. W.: Untersuchung der fremdstoffbildung beim schutzgachweissen. Schweissen und Schneiden 35, 1983.
- [15] Hansen, E.B., Ussing, S.: Svejsning af rustfrit stål med pulverfyldt rørtråd og med massiv tråd. FORCE Technology 89.37

- [16] Ulfvarson, u. et.al.: Luftföroreningder vid gasskäring i grundmålat plåt. Arbete och Hälsa 1981:25
- [17] Diverse røgklassificeringer. FORCE Technology
- [18] Hazardous substances in welding and allied processes. BIA 1996
- [19] Welding fume - Sources, Characteristics, Control. TWI 1981
- [20] Luftforureningen ved svejsning og skæring på danske værfter. FORCE Technology 1977
- [21] Diverse industrimålinger. FORCE Technology 1985-2003
- [22] Bolt Andersen, C., Hansen E.B.: Svejsning med pulverfyldte tråde. FORCE Technology 80.51
- [23] Fumes from welding and cutting. HSE 1970
- [24] Air Pollution in the Plasma Cutting of steel, stainless steel and aluminium. FORCE Technology 1977
- [25] Asztely, J. et al: Arbetsmiljöproblem vid svetsning, del 16. Termisk spötning, Plasmaskärning och Luftbågmejsling. Arbetarskyddsstyrelsen 1981:41
- [26] Hansen, E.B.; Thernøe, J.: Recirkulation af ventilationsluft i svejseindustrien, Del III: Industriundersøgelser af arbejdsmiljømæssige konsekvenser. Projekt for Energistyrelsen. FORCE Technology 2001.
- [27] Press, H.: Erstehung luftverunreinigender stoffe beim Arbeiten mit brenngasen und sauerstoff. Schweissen und Schneiden, 1982, H 2, p. 68-72
- [28] Eksposering for nitrogendioxid ved sveje- og skæreprocesser m.v. Notat udarbejdet af FORCE Technology for Arbejdstilsynet, Maj 2000.
- [29] Brunst, W.: Die induktive Wärmebehandlung, Springer-Verlag, 1957, p. 33.
- [30] Personlig kommunikation med udviklingschef Kåre Friis, Obel-P-Products, 15-09 2003.
- [31] Personlig kommunikation fra Erik Sørensen, AGA A/S, 21-10 2003.
- [32] www.hede-nielsen.dk: Gasdata for acetylen.
- [33] Brochuremateriale fra EFD Induction A/S.

BILAG I

Brev til leverandører af åndedrætsværn

Til leverandører af åndedrætsværn.

Brøndby, 17-07-2003

Vedr.: Indbydelse til projektsamarbejde om prøvning af filtrerende åndedrætsværn til nitrøse gasser.

Vi har hermed fornøjelsen af at indbyde (**firma**) til at deltage i et projektsamarbejde om *undersøgelse af filtrerende åndedrætsværns effektivitet overfor NO₂ og NO*.

Grænseværdien for NO₂ blev som bekendt nedsat i Danmark* for ca. 3 år siden til 2 ppm som loftværdi. I forbindelse med ændringen erkendte Arbejds miljørådet, at nedsættelsen kunne give anledning til arbejdsmiljøproblemer ved forskellige arbejdsprocesser, bl.a. ved flammeskæring, plasmaskæring og varmning med gasbrændere på skiftende arbejdssteder. Det blev derfor besluttet at kortlægge mulighederne for minimering af NO_x eksponeringen med det slutmål, at udarbejde en I-BAR vejledning med retningslinier for bekæmpelse af NO_x-eksponering i Industrien

Kortlægningen har vist, at der findes flere tekniske løsningsmuligheder, som forventes at kunne reducere NO_x-dannelsen, bl.a. anvendelse af induktionsopvarmning som alternativt til varmning med gasbrændere, ændring af procesgasser samt brug af gasspareventiler. Disse tekniske løsninger er pt. ved at blive nærmere afprøvet i et projektsamarbejde mellem Lindøværftet, Danske Maritime (Skibsværftsforeningen), Industriens Branchearbejdsmiljøråd (I-BAR) og FORCE Technology.

Kortlægningen har desuden peget på, at åndedrætsværn med konventionelle gasfiltre ** muligvis er tilstrækkeligt effektive til beskyttelse mod NO_x-eksponering. Leverandør-oplysninger og prøvningsresultater indsamlet i forbindelse med kortlægningen indikerer, at gasfiltre af type AB, B eller E muligvis vil kunne yde beskyttelse mod NO₂ og NO ved de koncentrationsniveauer, der forekommer ved arbejde med varmning, flammeskæring og plasmaskæring. Hvis disse filtertyper er effektive mod NO_x, vil det åbne mulighed for brug af f.eks. turboudstyr ved kortvarige arbejdsoperationer under betingelser, hvor andre løsningsmetoder er teknisk eller økonomisk uhensigtsmæssige.

En afgørende forudsætning for, at disse filtre eventuelt vil kunne anvendes og godkendes til NO_x-beskyttelse ved svejse- og skærearbejde er imidlertid, at der tilvejebringes dokumentation for filtrenes NO_x-effektivitet.

Vi foreslår derfor, at der gennemføres et projekt, som har til formål, at *undersøge NO- og NO₂ effektiviteten for konventionelle gasfiltre, specielt B og E filtre samt kombinationsfiltre, ved de koncentrationsniveauer, der forekommer ved svejse-, varme- og skæreprocesser.*

Finansieringen af undersøgelserne vil ske i et samarbejde mellem Leverandører af åndedræts-værn, Industriens Branchearbejdsmiljøråd og FORCE Technology.

Projektundersøgelserne vil omfatte en bestemmelse af gennembrudstiderne for udvalgte filtertyper ved prøvning med NO og NO₂-koncentrationer svarende til eksponeringsniveauerne i praksis ***. Bortset fra testkoncentrationerne udføres prøvningen i videst muligt omfang i overensstemmelse med procedure og testkonditioner i gældende standarder, herunder EN 141 (prEn14387), EN14941 og EN 405.

Indledningsvis vil vi foreslå følgende testprogram:

- d) Afprøvning af 1 filtercartridge eller filtermaske fra hver deltagende leverandør.
For hvert filter udføres 3 test med nyt filter ved hver test.
Filtrene testes separat med NO og NO₂, eller i alt 6 prøvninger for hvert filter.
- e) Testgaskoncentrationer***:
NO₂: 10 ppm
NO: 100 ppm
svarende til henholdsvis 5 og 4 gange GV
- f) Kontinuerlig prøvning indtil en gennembrudskoncentration på 10 % af GV ****, dvs. NO₂: 0,2 ppm og NO: 2,5 ppm, eller maksimalt 8 timer.

Testgasserne fremstilles ved fortynding af certificeret NO og NO₂ leveret på gasflaske Ved prøvningen måles gaskoncentrationerne kontinuerligt før- og efter filtrene med NO-NO₂ chemiluminescent analysere.

Omkostningerne ved en prøvning af nævnte omfang er beregnet til ca. kr. 44.700 pr. projektdeltager, under forudsætning af deltagelse af mindst 5 leverandører (test af 5 filtre).

I forbindelse med projektet etableres en projektgruppe med repræsentanter for alle deltagere. Det endelige testprogram, herunder prøvningsomfang, testkoncentrationer, procedure m.v., vil blive aftalt i projektgruppen. Når gruppen er etableret, er det endvidere hensigten at rette henvendelse til At om eventuel deltagelse i projektfølgegruppen.

Vi håber, at De er interesseret i at deltage i dette projektsamarbejde og ser frem til at høre fra Dem.

Med venlig hilsen
FORCE Technology

Erik Beck Hansen

Tlf.: 4326 7367

e-mail: ekh@force.dk

*)

Det kan oplyses, at Health and Safety Executive (HSE ~ Arbejdstilsynet) i England i april 2003 har udsendt en "Chemical Hazard Alert Notice" (CHAN) for såvel NO som NO₂ med ændring af grænseværdien for begge gasser til 1 ppm. De to datablade (CHAN 28 og 29) er vedlagt til orientering.

Baggrunden for både den danske ændring af NO₂-grænseværdien og de engelske grænseværdinedsættelser er anbefalinger fra The Scientific Committee for Occupational Exposure Limits (SCOEL) under EU kommissionen.

SCOEL har anbefalet en reduktion af NO₂-grænseværdien til 0,2 ppm. Ved behandlingen i Arbejds miljørådet i Danmark kunne der imidlertid ikke opnås enighed mellem arbejdsmarkedets parter om denne reduktion, bl.a. pga. de økonomiske konsekvenser, og NO₂-grænseværdien blev derfor fastsat til 2 ppm L (jvf. Dansk Industri: "Økonomiske konsekvenser for virksomheder af en reduktion i grænseværdien for kvælstofdioxid" Okt./1999 og Erhvervsbladet: "Nye industrikrav vil koste 1,2 milliarder").

**)

Der markedsføres som bekendt specielle gasfiltre til NO/NO₂ (NO-P filtre), men disse filtre må af flere årsager vurderes som uhensigtsmæssige til det aktuelle formål, bl.a. pga. vægt og størrelse samt fordi filtrene generelt kun er anvendelige til helmasker. Filtrene er endvidere beregnet til brug ved meget høje koncentrationsniveauer.

***)

NO_x-koncentrationerne (eksponeringsniveauet) ved arbejde med varmning, flammeskæring, plasmaskæring, flammelodning, flammefugning og svejsning er generelt mindre end ca. 15 ppm. I "varmluftzonen" omkring gasbrændere kan koncentrationerne imidlertid være væsentlig højere, ofte omkring 50-100 ppm NO_x. Hovedparten af de nitrøse gasser foreligger på dannelsesstidspunktet som NO. Normalt er ca. 75-98 % af NO_x-emissionen NO, men NO/NO₂-balancen afhænger i et vist omfang af processen, da både temperatur og eventuel ozondannelse indvirker på NO/NO₂-forholdet.

Ud fra en analyse af eksponerings- og emissionsdata må worst-case eksponeringen antages at være i størrelsesordenen 5 ppm NO₂ og 50 ppm NO. Testgaskoncentrationerne er ansat til det dobbelte af denne koncentration.

****)

Gennembrudskoncentrationen på 10 % af GV svarer til det kriterium, Arbejdstilsynet tidligere har fastsat i forbindelse med godkendelsesproceduren for filtrerende åndedrætsværn til ozon.

BILAG II

Chemical Hazard Alert Notice (UK) for:
Nitrogendioxid (CHAN 29)
Nitrogenoxid (CHAN 28)



CHEMICAL HAZARD ALERT NOTICE

NITROGEN DIOXIDE

CHAN 29

April 2003

Contents

Why issue a chemical hazard alert notice (CHAN)?
What is nitrogen dioxide?
Where is it used?
What are the key health hazards?
How does it get into the body?
What should suppliers do?
What should employers do?
What should employees do?
Further help

This guidance is issued by the Health and Safety Executive. Following the guidance is not compulsory and you are free to take other action. But if you do follow the guidance you will normally be doing enough to comply with the law.

This guidance provides information on the health effects associated with exposure to nitrogen dioxide at work. It also gives advice on good practice, which employers, users and suppliers may find helpful in considering what they need to do.

Why issue a chemical hazard alert notice (CHAN)?

Since the implementation of the COSHH Regulations in 1989, nitrogen dioxide has had Occupational Exposure Standards (OESs) of 3 ppm (8-hour time weighted average) and 5 ppm (short-term exposure limit). Since then, the Health and Safety Commission's Working Group on the Assessment of Toxic Chemicals (WATCH) has reviewed the evidence on the health effects of nitrogen dioxide. The conclusions from WATCH suggest that these OESs may not be adequate to protect occupational health. The Health and Safety Commission has therefore decided to withdraw them from EH40 as from April 2003.

What is nitrogen dioxide? – Nitrogen dioxide is a red/brown gas with an irritating odour.

Where is it used? – Nitrogen dioxide is formed in combustion processes for example, from motor vehicles using petrol and diesel fuels. Nitrogen dioxide is used in the manufacture of nitric acid and ammonium nitrate fertilisers. It is used as a chemical intermediate in nitration reactions and in the oxidation of

metallic compounds. It is produced in processes involving high temperatures for example, welding, due to the oxidation of atmospheric nitrogen. It is produced in the combustion of fossil fuels so that there could be exposure in coal-fired power stations. Exposure to nitrogen dioxide occurs during metal cleaning using nitric acid. Nitrogen dioxide is also produced on farms following the breakdown of silage and following explosions in mines and quarries. There can also be exposure to nitrogen dioxide in hospital personnel in situations where nitrogen monoxide is used in intensive care treatment. The oxidation of any released nitrogen monoxide can lead to the formation of nitrogen dioxide.

What are the key health hazards? – Single exposures to nitrogen dioxide for brief periods of time (e.g 15 minutes) at concentrations greater than 4 ppm cause irritation to the airway passages leading to effects such as sore throat.

There is no reliable evidence from observations made in humans concerning the effects of long-term exposure to nitrogen dioxide. However, studies in laboratory animals show that long-term exposure to low concentrations (less than 1 ppm) can cause lung damage in the form of emphysema. In one study, emphysema developed following long-term exposures to 0.63 ppm, although this followed exposures of 16 hours per day. In contrast, in the occupational setting most exposures are short-term and intermittent.

Based on the evidence available, WATCH concluded that to protect workers against the development of emphysema, long-term (8-hour TWA) exposures to nitrogen dioxide should not exceed 1 ppm.

How does it get into the body? – As nitrogen dioxide is a gas, the only way it can enter the body is by breathing it in through the nose and/or the mouth.

This guidance provides advice and information to suppliers, employers and users.

For substances where no exposure limit is set, employers should determine their own working practices and in-house standards for control so that repeated exposure does not cause ill health.

What should suppliers do? - You should ensure that the information contained in this notice is passed on to your customers as required by the Chemicals (Hazard Information and Packaging for Supply) Regulations 2002. You should take steps to review your safety data sheets to reflect this information.

What should employers do? -

- You should give priority to preventing your employees being exposed to nitrogen dioxide.
- Where preventing exposure to nitrogen dioxide is not reasonably practicable (e.g. by using a different substance), you should adequately control exposure by a combination of engineering and process control measures. **Now that the OESs have been withdrawn, your legal obligation under COSHH remains to achieve adequate control. Based on views from WATCH, HSE recommends that exposures to nitrogen dioxide should not exceed 1 ppm (8-hour TWA).**
- In dealing with exposure after the OES is withdrawn you should try to reduce the number of people exposed and the length of time each is exposed as required by good hygiene practice.
- You must give all your employees who are, or who may be, exposed to nitrogen dioxide sufficient information, instruction and training to understand the potential problems and the precautions they need to take.
- You should make sure that employees, safety representatives or representatives of employee safety are aware of this information and are consulted on any action that you propose to take as a result.

What should employees do?

- You must co-operate with your employer in using the control measures (such as ventilation and personal protective equipment) provided and reporting any defects found in the control measures.
- You may wish to seek the advice of your safety representative or representative of employee safety.

Further help: Contact HSE's InfoLine Telephone: **08701 545500**

Further copies of this CHAN, along with others in the series, can be found on the HSE website at <http://www.hse.gov.uk/pubns/chindex.htm>.

COSHH Essentials control guidance sheets on controlling vehicle exhaust and welding fume will be available from October 2003 on the COSHH Essentials website at <http://www.coshh-essentials.org.uk>.



CHEMICAL HAZARD ALERT NOTICE

NITROGEN MONOXIDE

CHAN 28

April 2003

Contents

Why issue a chemical hazard alert notice (CHAN)?
What is nitrogen monoxide?
Where is it used?
What is the key health hazard?
How does it get into the body?
What should suppliers do?
What should employers do?
What should employees do?
Further help

This guidance is issued by the Health and Safety Executive. Following the guidance is not compulsory and you are free to take other action. But if you do follow the guidance you will normally be doing enough to comply with the law.

This guidance provides information on the health effects associated with exposure to nitrogen monoxide at work. It also gives advice on good practice, which employers, users and suppliers may find helpful in considering what they need to do.

Why issue a chemical hazard alert notice (CHAN)?

Since the implementation of the COSHH Regulations in 1989 nitrogen monoxide has had Occupational Exposure Standards (OESs) of 25 ppm (8-hour time weighted average) and 35 ppm (short-term exposure limit). Since then, the Health and Safety Commission's Working Group on the Assessment of Toxic Chemicals (WATCH) has reviewed the evidence on the health effects of nitrogen monoxide. The conclusions from WATCH suggest that these OESs may not be adequate to protect occupational health. The Health and Safety Commission has therefore decided to withdraw them from EH40 as from April 2003.

What is nitrogen monoxide? – Nitrogen monoxide (sometimes known as nitric oxide) is a colourless gas with a sharp, sweet odour.

Where is it used? – Nitrogen monoxide is used in the manufacture of nitric acid and ammonium nitrate fertilisers. Nitrogen monoxide is also used in hospitals as a respiratory stimulant in intensive care units. Exposure to nitrogen monoxide can occur when nitric acid is used in metal cleaning. Nitrogen monoxide is also produced in combustion processes and is present

in the exhaust gases from motor vehicles. It is formed during welding and cutting processes due to the oxidation of atmospheric nitrogen. It is produced during the use of heating appliances and during the heating of cooking oils. It may also be present along with other oxides of nitrogen in silo gases. Nitrogen monoxide reacts with oxygen to produce nitrogen dioxide and in the occupational setting the two gases usually occur together.

What is the key health hazard? – Studies in laboratory animals show that long-term repeated exposures to low concentrations of nitrogen monoxide, in the region of 1 ppm, cause damage to the lungs, in the form of emphysema.

Based on the evidence available, WATCH concluded that to protect workers against the development of emphysema, long-term (8-hour TWA) exposures to nitrogen monoxide should not exceed 1 ppm.

How does it get into the body? - As nitrogen monoxide is a gas, the only way it can enter the body is by breathing it in through the nose and/or through the mouth.

This guidance provides advice and information to suppliers, employers and users.

For substances where no exposure limit is set, employers should determine their own working practices and in-house standards for control so that repeated exposure does not cause ill health.

What should suppliers do? - You should ensure that the information contained in this notice is passed on to your customers as required by the Chemicals (Hazard Information and Packaging for Supply) Regulations 2002. You should take steps to review your safety data sheets to reflect this information.

What should employers do? -

- You should give priority to preventing your employees being exposed to nitrogen monoxide.
- Where preventing exposure to nitrogen monoxide is not reasonably practicable (e.g. by using a different substance), then you should adequately control exposure by a combination of engineering and process control measures. **Now that the OESs have been withdrawn, your legal obligation under COSHH remains to achieve adequate control. Based on views from WATCH, HSE recommends that exposures to nitrogen monoxide should not exceed 1 ppm (8-hour TWA).**

- In dealing with exposure, after the OES is withdrawn, you should try to reduce the number of people exposed and the length of time each is exposed as required by good hygiene practice.
 - You must give all your employees who are, or who may be, exposed to nitrogen monoxide sufficient information, instruction and training to understand the potential problems and the precautions they need to take.
 - You should make sure that employees, safety representatives or representatives of employee safety are aware of this information and are consulted on any action that you propose to take as a result.
-

What should employees do?

- You must co-operate with your employer in using the control measures (such as ventilation and personal protective equipment) provided and reporting any defects found in the control measures.
 - You may wish to seek the advice of your safety representative or representative of employee safety.
-

Further help: Contact HSE's InfoLine Telephone: **08701 545500**

Further copies of this CHAN, along with others in the series, can be found on the HSE website at <http://www.hse.gov.uk/pubns/chindex.htm>

COSHH Essentials control guidance sheets on controlling vehicle exhaust fumes and welding fume will be available from October 2003 on the COSHH Essentials website at <http://www.coshh-essentials.org.uk>.

BILAG III

E-mail fra:

**"Deutschen Verbandes für Schweißtechnik" (DVS)
om
konsekvenserne ved en nedsættelse af GV for NO**

-----Original Message-----

From: Gerd Kraume [mailto:Gerd.Kraume@DVS-HG.DE]

Sent: Thursday, October 16, 2003 10:19 AM

To: sza@aon.at; m.rudez@bih.net.ba; ghernandez@cesol.es; francois.ortolani@cnfpc.etat.lu; control@df.ru; Detlef von Hofe; GerdKraume; mhte@elender.hu; peter.reilly@enterprise-ireland.com; bl@force.dk; Slobodan.kralj@fsb.hr; pavel.stular@guest.arnes.si; costag@iis.it; m.rousseau@institutdesoudure.com; s.vire@institutdesoudure.com; Paton@iptelecom.net.ua; Jan.Pilarczyk@is.gliwice.pl; ddehelean@isim.ro; osantos@isq.pt; adalsteinn.arnbjornsson@iti.is; boesmans@nil.nl; ch@nts.no; esa.tikka@shy.inet.fi; robert.vennekens@soete043.rug.ac.be; l.johansson@svets.a.se; hadrian.gl@svsxass.ch; abmbraithwaite@twi.co.uk; tjessop@twi.co.uk; ambroz@ust.fme.vutbr.cz; bws@vmei.acad.bg; peterp@vuz.sk

Subject: Setting of new limit values for intragen monoxide

Dear Colleagues,

As you probably know, the EU is planning to cut the existing OEL value for NO by a factor of 125, from at present 25 ppm to 0,2 ppm. Apart from the fact that the proposed limit for NO cannot be monitored at reasonable cost by way of measurements such a change would cause severe problems not only for the welding community but also for other professions where oxy-fuel processes are used e.g. for flame spraying processes of flame cleaning and roofing. Due to these facts DVS has calculated that in Germany about 200.000 persons run the risk to loose their job.

All this has prompted DVS and numerous other organisations from craft and industry to contact the EU Commission in Brussels and to ask not to support this unacceptable removal by such an unreasonable factor.

Due to the fact that all European countries would suffer from such a removal and to avoid the negative consequences for all of the European Welding Societies not only DVS but also the EWF Secretariat and all the other EWF members should contact the EU Commission as well.

To give you the most important basic facts we enclose to this e-mail our letter and all the other attachments we have sent to Brussels.

Kind regards,
Gerd Kraume

Dr.-Ing. Gerd Kraume
DVS e. V.
Aachener Str. 172, D-40223 Düsseldorf
Tel +49 (0) 211 1591-174
Fax +49 (0) 211 1591-200
www.dvs-ev.de

«Institution»
«Title» «Name»
«Address»

Setting of limit values for nitrogen monoxide

Dear «Title» «Name»,

Under the 2nd Limit Value Directive in accordance with the procedures of Chemical Agents Directive 98/24/EC the European Commission is planning to cut the existing occupational exposure limit value for nitrogen monoxide (NO) by a factor of 125, from the present 25 ppm to 0.2 ppm.

It has been set out clearly in numerous statements that there are serious shortcomings in the scientific reasoning, which does not allow an occupational exposure limit value to be derived in accordance with the European and national criteria. By contrast, extensive epidemiological studies prove that there are no risks to health with the current limit.

The proposed limit for NO cannot be monitored at reasonable cost by way of measurements and, in addition, compliance with this limit is impossible at most places of work where there may be exposure to NO.

If this limit is adopted, over 200.000 jobs will be under threat in Germany: All autogenous and plasma processes like oxyacetylene welding, flame brazing and cutting, plasma welding and spraying not to forget the large number of other industrial fields and trades using these processes not for their main business e.g..

We would, therefore, urge you strongly to support the removal of nitrogen monoxide from the 2nd limit value list and press for further intensive consultation, as in the case of nitrogen dioxide.

Further details can be found in the attached statement which has been developed by experts from several different industrial sectors and which goes into more depth.

We, the undersigned, would be glad to help if you have any questions with respect to welding and allied processes or would like to discuss the matter further.

Yours sincerely

enc.

Bilag III/3**Explanatory Statement on the EU-OEL for Nitrogen Monoxide****Background:**

At the end of 2002 the Commission of the European Union started consultations for the second IOELV-list, under the umbrella of Directive 98/24/EU, entitled "Protection of employees' health and safety from risks of chemical substances at work" (14th directive under article 16 paragraph 1 of Directive 89/391/EU). This IOELV-list contained 42 substances, which were proposed by the scientific advisory committee SCOEL (Scientific Committee of Occupational Exposure Levels). After discussion in the relevant committees, 9 chemicals were removed from the list because further consultation was deemed necessary. In spite of thoroughly-documented objections submitted by industry,¹⁾²⁾ the proposed limit value for nitrogen monoxide was not revised but instead passed on to the Technical Progress Council (TPC) for a final decision. In numerous statements industry has pointed out the problems involved in this case³⁾⁻⁴⁾. The TPC adopted the threshold limit proposals, including those for nitrogen monoxide, apart from the 9 compounds with additional need for consultation.

Proposed modification

All countries in the European Community, which have set an OEL for NO, currently have a limit value of of 25 ppm, excluding the U.K., which suspended this value some months ago.

Proposed modification: reduction from 25 ppm to 0.2 ppm (this would represent a factor of 125)

Objection to the limit value for nitrogen monoxide**1. Scientific evaluation**

The SCOEL recommendation did not consider important studies on one hand, whereas on the other hand questionable studies with inconsistent results were accepted. Most of the data used stemmed from an environment scenario with an exposure duration of 24 hours per day over long periods, which is not at all relevant to workplace conditions.

Even SCOEL was critical when assessing the adverse effects attributed to NO: the ephysema effects are described as 'inconsistent' and genotoxic potential as 'uncertain'.

Extensive control studies in the mining industry have shown that there are no health concerns when the workplace concentration lies within the range of the existing OEL.

An independent occupational medicine study of approximately 1,000 miners in the potash industry (Kali und Salz GmbH/ K+S AG) was conducted by the German Institute of Occupational Safety and Medicine (BAuA) and the IGF. The

IGF is the research institute of the employers' occupational liability insurance for the mining industry in Germany and a worldwide leader in measuring workplace concentrations. Preliminary results were published in 1996 and confirmed by a follow-up study 5 years later.

In comparison with NO₂, NO is relatively less toxic, both acutely and chronically. So it is inconsistent to establish the same OEL of 0.2 ppm for both chemicals. In most EU countries the agreed OEL for NO is about five times that for NO₂, but SCOEL has recommended the same value. Taking into account the lower toxicity of NO, the OEL for NO should be higher than that for NO₂.

Industry is conducting a subchronic inhalation study on animals in order to get the 'No Adverse Effect Level' for NO₂. As this study is also directly relevant to establishing the OEL for NO, no OEL should be fixed before it is completed.

From an occupational medicine viewpoint, all existing investigations have produced no evidence which can justify the EU's desired measures. In many written statements industry has pointed out several deficiencies in the scientific rationale. To receive a copy of these statements, please contact us directly.

2. Detection Problems

The NO OEL value proposed by the SCOEL cannot, with today's technology, be reliably and safely measured at workplaces. Personal air sampling methods for NO have so far not been available. The complexity for measuring workplace exposure with the necessary accuracy in accordance with EN 482 is extremely high and does not exist among routine methods

It has to be further taken into account that this method is unable to distinguish NO from NO₂ as a result of the fast oxidation from NO to NO₂. Additionally it is worth mentioning, that NO converts in the air to NO₂. The conversion speed depends on different factors, which have not been extensively researched and can therefore vary over a wide range. The analytical results of personal air monitoring are normally the sum of these both these gases.

Local measurement methods are also of limited use for detecting NO with the necessary accuracy.

The Directive 98/24/EU lays down in Article 3, paragraph 2 that the available measurement methods have to be taken into account when establishing OELs. These principles were ignored in the case of NO, so the proposed limit value cannot be adopted.

The problems mentioned here were included in the statements already submitted by German industry.

3. Technical considerations

Based on current and potential future technology the proposed limit value for NO cannot be complied with in numerous industries in the European Community. In many industries and for many modes of transport the implementation of this value could lead to the loss of thousands of workplaces.

Table 1 summarises those sectors which will be unable to comply with the proposed limit value for NO, according to current data. Some industries are barely able to comply with the existing OEL of 25 ppm using available technology.

Table 1: NO exposure in Manufacturing und Trades

Industry	NO Exposure
Potash- und coal mining	Explosions and usage of diesel engine vehicles
Chemical industry	<ul style="list-style-type: none"> • Nitric acid production, • Reactions involving nitration, • Production of ϵ-Caprolactam, including nylon production
Fertilizer industry	Production of ammonium nitrate and rock phosphate digestion
Explosive industry	Production of explosive
Metal Manufacturing and Metalworking (e.g. ship building, construction of buildings, engine building, automotive industry, rail construction, tunnel construction, maintenance, etc.)	Welding (in dependence of the used welding process the concentration can differ in wide ranges)
Energy Industry	Waste gases
Traffic	Exhaust gases

When taking into account the required assessment of substance mixtures in the air, additional job losses will be involved.

In several regions, not only in Germany, many hourly average concentrations sampled in the environment are higher than 0.2 ppm NO.

In accordance with Article 3 paragraph 4 of Directive 98/24/EU the option of **Binding Limit Values** should be chosen, when feasibility factors play a substantial part in establishing an OEL.

4. Breach of European guidelines

The basis of the 2nd guidelines for IOELVs is Directive 98/24/EU.

This provides for using a consultative committee to establish OELs and also requires that the available technology be taken into account. Both these principles have been ignored in the case of NO. Therefore the Technical **Progress** Committee (TPC) reached its decision in contravention of the due procedure. The decision was not reached in a legal and valid manner.

We may be obliged to challenge any unreasonable OELs in the **European Court**.

Conclusion:

The Federation of the German Chemical Industry objects to

- the professional unsound proposal of the SCOEL,
- the uncritical adoption of the SCOEL proposal by the commission
- the fact that feasibility and monitoring problems have not been taken into account and
- the decision of the commission and the TPC, taken without following the procedures laid down in Directive 98/24/EU.

We demand that the limit value for nitrogen monoxide not to be accepted in the 2nd IOELV Guideline.

Industry calls for an appropriate discussion of all information and findings before this guideline, with such enormous implications for industry, is established.

In the context of establishing the new OELs intentionally ignoring undesirable scientific and technical knowledge by public institutions is unacceptable in a liberal, transparent and open Europe.

Appendix

Cited Statements (in order to receive a copy, please contact us)

- 1) Comment from the Occupational Medicine of the Association of the Mining Industry, 06.10.03
- 2) Comment to scientific rationale from SCOEL by **BASF-AG**
- 3) Comment from SHCMOEI, 07.18.03
- 4) Comment from BASF-AG to Mr. Biosca de Sagastuy