

Svejsning og nitrøse gasser

Metoder og løsninger til bekæmpelse af
NO₂-eksponering ved svejsning, termisk
skæring og varmning



Arbejds miljø i Jern- og metalindustrien



INDUSTRIENS
BRANCHEARBEJDSMILJØRÅD



Industriens Branchearbejdsmiljøråd
Postbox 7777
1790 København V
Telefon: 7023 1543
Telefax: 7023 1540
i-bar@i-bar.dk
www.i-bar.dk



Medarbejdersekretariat:
Vester Søgade 12
1790 København V
Telefon: 3363 8028
Telefax: 3363 8091
E-mail: i-bar@co-industri.dk



Arbejdsgiversekretariat:
H.C. Andersens Boulevard 18
1787 København V
Telefon: 3377 3377
Telefax: 3377 3370
E-mail: di@di.dk

Vejledningen er en sammenfatning af *"Undersøgelse af metoder og løsninger til imødegåelse af eksponering for nitrogendioxid ved autogene processer"* samt *"Kortlægning af muligheder for mini-mering af eksponeringen for NO₂ på skiftende arbejdspladser"* udarbejdet for Industriens Branchearbejdsmiljøråd af Erik Beck Hansen og Jan Thernøe, FORCE Technology. Desuden er der benyttet information fra rapporten *"Undersøgelse af NO₂- og NO-effektiviteten for konventionelle gasfiltre til åndedrætsværn"*, FORCE Technology.

Vejledningen kan fås ved henvendelse til organisationerne og den kan downloades på www.i-bar.dk eller den kan købes hos Arbejdsmiljørådets Service Center "Arbejdsmiljøbutikken" www.arbejdsmiljobutikken.dk tlf. 3614 3131. Bestillingsnummer 102137.

Layout: Thomas Olivarius
Foto: FORCE Technology
Repro og tryk: Hafnia Grafisk A/S
Trykt på miljøvenligt papir

Oplag: 5.000
oktober 2004
ISBN: 87-91537-12-6

Svejsning og nitrøse gasser

Undersøgelse af metoder og løsninger til bekæmpelse af NO₂-eksponering ved svejsning, termisk skæring og varmning

Forord

Nitrogen dioxide er en sundhedsskadelig gasart, der kan dannes i betydelige mængder ved arbejde med bl.a. plasmaskæring og autogene processer som flammeskæring, flammeretning og varmning med gasbrændere.



I 2000 nedsatte Arbejdstilsynet grænseværdien for nitrogen dioxide, hvilket betyder, at kravene til forureningsbekæmpelsen ved arbejde med disse processer nu er skærpet betydeligt.

Industriens Branchearbejdsmiljøråd har derfor i samarbejde med FORCE Technology undersøgt mulighederne for at forebygge NO₂-eksponering i svejseindustrien.

Undersøgelserne omfatter en afprøvning og analyse af forskellige tekniske løsningsmuligheder, bl.a. anvendelse af alternative processer, ventilation og åndedrætsværn.

Formålet med denne vejledning er at formidle resultaterne af projektundersøgelserne og give praktiske anvisninger på, hvordan man bedst muligt sikrer mod uacceptabel NO_x-eksponering ved arbejde med plasmaskæring og autogene processer.

Vejledningen henvender sig til alle, som anvender autogene processer eller plasmaskæring, herunder sikkerhedsrepræsentanter og arbejdsledere i virksomheder i Jernindustrien.

Arbejdstilsynet har haft vejledningen til gennemsyn og finder, at indholdet i den er i overensstemmelse med arbejdsmiljølovgivningen. Arbejdstilsynet har alene vurderet vejledningen, som den foreligger, og har ikke taget stilling til, om den dækker samtlige relevante emner inden for det pågældende område.

Indhold:

Nitrøse gasser	side	4
Dannelsen af nitrøse gasser	side	5
Processer med væsentlig NO ₂ -dannelse	side	6
Metoder til bekæmpelse af nitrøse gasser	side	9
Reduktion af NO _x -dannelsen	side	9
Procesventilation	side	15
Åndedrætsværn	side	18
Oversigt over løsninger	side	19
Yderligere oplysninger	side	20
Bilag: Beregningsmodel for koncentrationen af nitrøse gasser i værkstedsluft	side	21

Nitrøse gasser



Nitrogendioxid (NO_2) er en sundhedsskadelig gasart, der dannes som luftforurening ved bl.a. flammeskæring, plasmaskæring og varmning med gasbrændere. De fleste lysbuesvejseprocesser som MAG-, TIG- og elektrodesvejsning udvikler også mindre mængder af gassen.

Nitrogendioxid er en af de såkaldte nitrøse gasser. Nitrøse gasser (NO_x) er fællesbetegnelse for nitrogenoxider, dvs. kemiske forbindelser mellem nitrogen og oxygen. De to vigtigste er nitrogendioxid (NO_2) og nitrogenoxid (NO).

Ved skære-, varme- og svejseprocesser dannes der normalt en blanding af NO og NO_2 . Mængden og blandingsforholdet afhænger af processen og procesparametrene, men almindeligvis består de nitrøse gasser af ca. 10 % NO_2 og 90 % NO .

Det er vigtigt at bemærke, at:

- Både NO_2 og NO er farveløse og lugtløse i de koncentrationer, der forekommer i arbejdsmiljøet. Der er derfor ingen advarselstegn
- Specielt NO_2 anses for særlig sundhedsskadelig.

NO_2 påvirker primært luftveje og lunger, hvor den kan give anledning til luftvejsirritation og nedsat lungefunktion.

Længere tids udsættelse i små koncentrationer menes at kunne medvirke til emfysem (for store lunger) og bindevævsdannelse i lungævvet og dermed varig nedsættelse af lungefunktionen.

Kortvarig udsættelse for høje koncentrationer kan føre til livstruende lungeødem (væskeudtrængning i lungerne - "vand i lungerne"). Lungeødem kan indtræde i op til 30 timer efter udsættelsen, selv om der kun har været sparsomme akutte symptomer. Der er bl.a. rapporteret om dødsfald forårsaget af nitrøse gasser i forbindelse med brug af autogenbrændere i små lukkede rum.

Grænseværdier (2002)

Nitrogendioxid (NO_2): 2 ppm (L)

Nitrogenoxid (NO): 25 ppm

Grænseværdien for NO_2 er en loftværdi (L). Det betyder, at denne koncentration ikke må overskrides på noget tidspunkt af arbejdsdagen.

Grænseværdien for NO angiver gennemsnitskoncentrationen for en arbejdsdag. Det betyder, at koncentrationen kan variere gennem dagen, men den tidsvægtede gennemsnitskoncentration må ikke overstige grænseværdien. Koncentrationen må dog aldrig være højere end 2 gange grænseværdien målt over 15 min. perioder.

De nærmeste regler for grænseværdier er beskrevet i Arbejdstilsynets vejledning C.0.1

Dannelsen af nitrøse gasser

Det er vigtigt at vide, hvordan nitrøse gasser dannes, for at kunne begrænse mængden af gasserne mest muligt og træffe de mest hensigtsmæssige foranstaltninger til at imødegå eksponering.



- Nitrøse gasser ved svejse-, skære- og varmeprocesser dannes hovedsagelig ved opvarmningen af den atmosfæriske luft omkring processen.

Luft består som bekendt af ca. 80 % nitrogen og 20 % oxygen. Når luften omkring flammen eller lysbuen opvarmes til høje temperaturer, kan der ske en kemisk reaktion mellem en del af luftens nitrogen og oxygen, hvorved der dannes NO og NO₂.

Mængden af nitrøse gasser og blandingsforholdet mellem NO og NO₂ afhænger af opvarmnings-temperaturen og luftmængden, der opvarmes. Især ved lufttemperaturer over 500-1000 °C sker der en kraftig dannelse af nitrøse gasser. Generelt gælder, at mængden af nitrøse gasser og andelen af NO øges med stigende opvarmningstemperatur.

Ved skæring, varmning og lysbuesvejsning bliver luft i proceszonen opvarmet over et bredt temperaturinterval. Der dannes derfor altid en blanding af NO og NO₂. Generelt gælder, at:

- Hovedparten af de nitrøse gasser fra svejse-, skære- og varmeprocesser foreligger på dannelsesstidspunktet som nitrogenoxid (NO).

Normalt er ca. 75-97 % af de dannede nitrøse gasser NO, dvs. den direkte operatøreksposering er primært NO.

Blandingsforholdet mellem NO og NO₂ kan imidlertid være anderledes, hvis der f.eks. også dannes ozon ved processen. Desuden kan NO omdannes til NO₂ når temperaturen falder, dvs.:

- Når den dannede NO afkøles og fortyndes i lokaleluften, kan den oxideres videre til NO₂.

Omdannelsen af NO til NO₂ går dog meget langsomt ved rumtemperatur og ved de koncentrationer, der kan forekomme i arbejdsmiljøet. Da gassen samtidig fortyndes i lokaleluften og fjernes gennem ventilationen, er NO₂-koncentrationen i lokaleluft (baggrundskoncentrationen) derfor normalt betydelig lavere end i forureningen direkte fra processen.

NO₂ og NO er begge tungere end luft. Teoretisk skulle de nitrøse gasser derfor samles i luften ved gulvniveau. *Det sker imidlertid aldrig i svejseværksteder.* På grund af varmeudviklingen fra processerne stiger de nitrøse gasser opad og bliver spredt i lokalet, så de efter kort tid er opblandet i lokaleluften.

Ved nogle processer, f.eks. plasmaskæring med luft som plasmagas, kan mængden af nitrøse gasser være særdeles stor, da der både sker en luftopvarmning direkte i selve lysbuen og i luften omkring lysbuen.

Ved vandneddykket plasmaskæring er mængden af nitrøse gasser væsentligt reduceret i forhold til konventionel plasmaskæring.

Processer med væsentlig NO₂-dannelse



Termiske skæreprocesser, varmeprocesser med gasbrændere og lysbuesvejsprocesser udvikler altid nitrose gasser i større eller mindre grad, da der sker en opvarmning af luft i proceszonen. Mange af processerne danner samtidig røg og andre luftforureninger som ozon og carbonmonoxid.

Der er stor forskel på mængden af nitrose gasser ved de forskellige processer.

- Den kraftigste NO_x-dannelse forekommer ved plasmaskæring samt ved arbejde med autogene processer som flammeskæring, flammeretning, gassvejsning og varmning med gasbrændere.

Svejsprocesser som MAG-, TIG- og elektrodesvejsning giver generelt kun små mængder nitrose gasser.

Mængden af nitrose gasser:	Kraftig	Stor	Middel	Lille
Proces				
<i>Flammeretning</i>		X		
<i>Flammeskæring</i>		X		
<i>Flammehøvling</i>		X		
<i>Varmning med gasbrændere</i>		X		
<i>Gassvejsning</i>			X	
<i>Flammelodning</i>			X	
<i>Fritbrændende gasbrænder</i>	X			
<i>Plasmaskæring</i>	X			
<i>MAG-svejsning</i>				X
<i>TIG-svejsning</i>				X
<i>Elektrodesvejsning</i>				X

Udover selve processen afhænger mængden af nitrose gasser i høj grad af procesparametrene, f.eks. brænderstørrelsen, og den måde processen bruges på. Derfor kan f.eks. gassvejsning med en stor brænderdyse godt give større mængde NO_x end flammeskæring med en lille brænder.

Gasbrændere (autogene processer)



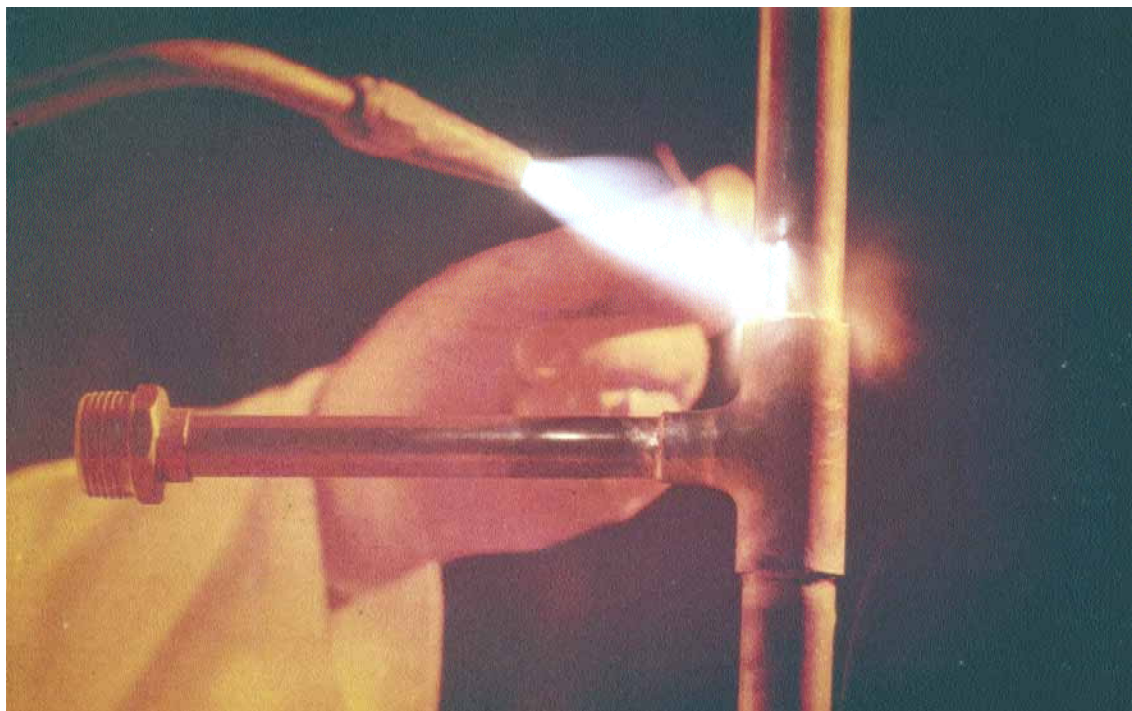
Bortset fra plasmaskæring forekommer den kraftigste NO_x-dannelse ved arbejde med gasbrændere til f.eks. flammeretning, varmning, gassvejsning og flammeskæring.

Mængden af nitrose gasser fra disse processer afhænger især af:

- brænderstørrelsen (dysestørrelse - gas/oxygenforbrug)
- den anvendte gas (acetylen, propan eller naturgas)

Normalt stiger mængden af nitrose gasser kraftigt, når brænderstørrelsen øges, fordi der sker en større varmepåvirkning af den omgivende luft under arbejdet. Specielt ved varmeretning med rivebrændere eller brusebrændere med stor varmeeffekt kan NO_x-dannelsen være meget kraftig.

Undersøgelser har også vist, at typen af brændgas har betydning for mængden af nitrøse gasser. Flammetemperaturen for acetylen-oxygenflammer er højere end for propan-oxygen og naturgas-oxygen, og acetylenbrændere giver derfor en større mængde nitrøse gasser ved samme dysestørrelse.



Uanset den anvendte brænderstørrelse og brændgas gælder det imidlertid generelt, at:

- Ved de autogene processer udvikles der store mængder nitrøse gasser, og der skal træffes foranstaltninger til bekæmpelse af NO_x-forureningen

Processer som flammeskæring og flammehøvling (gasfugebrænding) danner udover nitrøse gasser også røg, dvs. synlig forurening. Det er ikke tilfældet med andre af de autogene processer. Flammeretning, varmning med gasbrændere, gassvejsning og flammelodning kan fejlagtig opfattes som "rene" processer, fordi de normalt ikke afgiver røg, men processerne udvikler betydelige mængder nitrøse gasser.

Ved fritbrændende flamme, dvs. når der ikke arbejdes med en brænder, stiger mængden af nitrøse gasser meget kraftigt. Årsagen er, at al varmen direkte bruges til at opvarme luft. En acetylenbrænder med fritbrændende flamme afgiver mellem 6 og 10 gange større mængde nitrøse gasser, end når brænderen er rettet mod et emne. Den helt grundlæggende regel ved arbejde med autogene processer er derfor:

- Sluk gasbrændere straks efter brug, selv ved kortvarige afbrydelser i arbejdet. Mængden af nitrøse gasser stiger meget kraftigt ved fritbrændende flammer.

Der er flere andre forhold, som har stor betydning for forureningsbekæmpelsen ved de autogene processer:

Ved *varmeretning*, *gassvejsning*, *flammelodning* og *flammefugning* afgives de nitrøse gasser i zonen med varm luft omkring flammen. I hele denne varmluftzone er koncentrationen af nitrøse gasser særdeles høj; normalt betydelig højere end grænseværdierne. Det er afgørende for eksponeringen, at indåndingszonen under arbejdet ikke kommer i nærheden af denne varmluftzone. Den anden hovedregel er derfor:

- Undgå at arbejde med ansigtet i nærheden af den varme luft fra brændere. NOx-koncentrationen i varmluftzonen er meget høj.

Den store varmluftzone omkring gasbrændere betyder, at

- Procesventilation til arbejde med autogenbrændere skal have en stor indfangningszone og udsugningskapacitet, dvs. stor udsugningsluftmængde.



Ved *flammeskæring* dannes de nitrøse gasser helt overvejende i skærestrålen *på bagsiden af snitfugen* (bagsiden af pladematerialet). På grund af varmen vil forureningen søge opad og strømme ud langs pladekanterne, hvis ikke den fjernes på dannelsesstedet. Det betyder, at:

- Forureningsbekæmpelsen ved flammeskæring foretages mest effektivt ved udsugning under pladen (bagsiden af snitfugen), f.eks. i form af et skærebord med indbygget udsugning.

Plasmaskæring

Plasmaskæring kan udvikle endog meget store mængder nitrøse gasser - betydeligt større end ved flammeskæring. NOx-mængden afhænger imidlertid meget stærkt af den anvendte plasmagas, skæreeffekten og brænderkonstruktionen.

Skæring med luft eller nitrogen som plasmagas danner generelt meget større mængde nitrøse gasser end tilsvarende skæring med argon eller argon-hydrogen som plasmagas. Når skæreeffekten øges, stiger mængden af nitrøse gasser, fordi varmepåvirkningen af luften i skærezonen bliver større.

Udover NOx udvikler plasmaskæring normalt også meget store røgmængder. I lighed med flammeskæring udvikles forureningen *på bagsiden af snitfugen*.

- Mængden af nitrøse gasser og røg ved plasmaskæring er meget stor, og det er absolut påkrævet at træffe foranstaltninger til bekæmpelse af såvel røg som NO-NO₂-forureningen.

- Ved vandneddykket plasmaskæring er mængden af nitrøse gasser markant reduceret i forhold til konventionel plasmaskæring.

Lysbuesvejsning

De mest almindelige svejseprocesser som MAG-, FCA (rørtråd)-, MMA (elektrode)- og TIG-svejsning udvikler kun meget små mængder nitrøse gasser sammenlignet med de autogene processer. Normalt vil andre forureninger som røg eller ozon være det kritiske. NO_x-dannelsen sker desuden kun i en lille zone omkring lysbuen, hvor bueplasmaet eller den varme beskyttelsesgas er i kontakt med den atmosfæriske luft, dvs.:

- Ved lysbuesvejseprocesser er NO_x-mængden og dannelseszonen meget lille sammenlignet med de autogene processer.

Metoder til bekæmpelse af nitrøse gasser

Grundlæggende kan eksponeringen for nitrøse gasser minimeres ved:

- Reduktion af den mængde nitrøse gasser, der dannes ved arbejdsprocessen
- Procesventilation, dvs. udsugning, som fjerner de nitrøse gasser direkte i dannelseszonen
- Brug af åndedrætsværn



Reduktion af NO_x-dannelsen

Dannelsen af nitrøse gasser ved plasmaskæring, flammeskæring og varmning med gasbrændere kan reduceres ved at begrænse *den mængde luft, der opvarmes ved processen, og opvarmnings-temperaturen.*



Det kan ske ved at anvende en alternativ proces eller opvarmningsmetode, ved ændring af procesparametrene og – ikke mindst – ved at undgå unødigt luftopvarmning under arbejde med processen.

Gasbrændere

- **Undgå fritbrændende flammer**

Mængden af nitrøse gasser stiger kraftigt, når flammen fra en gasbrænder er fritbrændende, dvs. hvis flammen ikke er rettet mod et emne. Målinger har vist, at en fritbrændende flamme medfører 6-10 gange større NO_x-mængde end under arbejde med brænderen.

Brændere må ikke tændes, før det er absolut nødvendigt, og skal slukkes straks efter brug, selv ved kortvarige afbrydelser i arbejdet.

- **Brug eventuelt en gasspareventil**

Ved arbejde, hvor der hyppigt anvendes gasbrændere, kan en enkel og effektiv løsning være at installere en gasspareventil ved brænderen.

En gassparer er en gasafbryder, som aktiveres med en vippearms. Når brænderen hænges på armen, afbrydes gas og oxygen og brænderen slukker øjeblikkeligt. På gasspareren er der samtidig monteret et lille gasvågeblus af bunsentypen. Når brænderen skal bruges igen, løftes den af armen og tændes ved vågeblusset. *Da brænderindstillingen er uændret, skal der ikke foretages ny brænderjustering.* Vågeblusset giver kun meget små mængder nitrøse gasser, da flammen dels er meget lille, og dels brænder ved en gas-luftblanding med lav flammetemperatur.



Gasspareventiler markedsføres af de fleste gasleverandører. Aggregaterne kan anvendes til alle normale svejsebrændere samt mindre varmebrændere og skærebrændere. Da gennemstrømningen i ventilerne almindeligvis er begrænset til ca. 2000 l/h, kan standardgassparere ikke benyttes til meget store varmebrændere som f.eks. rivebrændere med 5 dyser og brusebrændere, men større ventiler kan fremstilles på bestilling.

Der er flere fordele ved gassparere:

Stor reduktion af NOx-mængden ved intermitterende (periodisk) arbejde med gasbrændere

Brænderindstillingen skal ikke justeres efter slukning af brænderen

Stor gasbesparelse

Gassparere er især velegnede til arbejde med gasbrændere på faste arbejdspladser. Om gassparere med fordel kan benyttes på *skiftende arbejdssteder og under montageforhold*, afhænger af den konkrete arbejdsituation, dvs. arbejdets omfang og risikoen for NOx-eksponering i forhold til arbejdet med flytning og montage af gasspareren.

Ved brug af gasspareventiler er det vigtigt at være opmærksom på risikoen for utilsigtet gasudstrømning. Hvis brænderen ved et uheld falder af ventilen, vil gas og oxygen i en eksplosiv blanding strømme ud til omgivelserne. *Gasspareventiler skal derfor altid være under observation.* Når arbejdsstedet forlades, selv kortvarigt, bør gas og oxygen lukkes ved hovedventilerne, så gasspareren er udkoblet.

● **Anvend mindst mulig brænder**

Mængden af nitrøse gasser øges kraftigt med brænderstørrelsen. Ved arbejde med acetylen-svejsibrændere vil en ændring af brænderstørrelsen fra f.eks. dyse 2 til dyse 6 øge NOx-mængden under arbejdet mellem 9 og 25 gange afhængig af dyseafstanden. Den relative ændring i NOx-mængden ved arbejde med forskellige størrelser acetylenbrændere er typisk:

Acetylenbrændere

Relativ NOx-mængde afhængig af brænderstørrelse

Svejsibrænder Relativ NOx-mængde

(dyse med ét hul)

Dyse 2	1
Dyse 4	5
Dyse 6	17
Dyse 8	35

Varmebrænder

(dyse med flere huller)

Dyse 2	2
Dyse 4	7
Dyse 6	17
Dyse 8	35

En mindre brænder kan betyde, at opvarmningstiden til en opgave bliver længere. Derfor må det vurderes, om den samlede mængde af nitrøse gasser ved en given arbejdsopgave kan reduceres ved at bruge en mindre brænder. Der bør imidlertid aldrig bruges større brænder end absolut påkrævet.

● **Arbejd med mindst mulig dyseafstand**

Dyseafstanden, dvs. afstanden mellem brænderspidsen og emnet, indvirker på mængden af nitrøse gasser. Hvis dyseafstanden øges, stiger mængden af nitrøse gasser, fordi der sker en større opvarmning af den omgivende luft. Ved arbejde med en acetylenbrænder vil en ændring af dyseafstanden fra 20 mm til 40 mm typisk medføre en fordobling af NOx-mængden. Øges dyseafstanden yderligere til 60 mm, stiger mængden af nitrøse gasser pr. tidsenhed ca. 3,5 gange i forhold til 20 mm dyseafstand. Hvis flammen er helt fritbrændende, øges NOx-mængden 6-10 gange.

● **Anvend eventuelt en anden brændgas**

Udover acetylen kan gasser som propan, butan, hydrogen og naturgas anvendes til varmebrændere. Heraf er især propan og naturgas alternativer til acetylen. Begge gasser giver en lavere flammtemperatur og dermed mindre NOx-mængde pr. tidsenhed. Den lavere flammtemperatur kan dog betyde, at der skal bruges længere opvarmningstid til en given opgave. Sammenlignede målinger ved varmning med acetylen, propan og naturgas har vist, at den samlede mængde nitrøse gasser ved samme arbejdsopgave stort set er ens ved brug af acetylen og naturgas. Propan kan imidlertid reducere den samlede NOx-mængde ca. 50 % i forhold til varmning med acetylen.

● **Alternative opvarmningsmetoder**

Til nogle arbejdsprocesser, hvor der traditionelt anvendes gasbrændere, kan der alternativt bruges *elektrisk opvarmning*. Elektrisk opvarmning har den fordel, at opvarmningen kan udføres uden brug af de høje temperaturer, som gasbrændere medfører. Derfor er der stort set ingen *nitrose gasser*.

Elektrisk opvarmning kan ske ved kontakt med et varmelegeme, ved direkte modstandsopvarmning eller ved induktionsopvarmning. Hver metode har anvendelsestekniske fordele og begrænsninger.

Varmelegemer kan typisk benyttes ved varmebehandlinger af konstruktioner, når behandlingen er af længere varighed, f.eks. ved udglødning af svejsninger.

Direkte modstandsopvarmning har kun begrænsede anvendelsesmuligheder som alternativ til gasbrændere, f.eks. til bløddodning.

Induktionsopvarmning er derimod velegnet til hurtig, lokal opvarmning. Afhængigt af frekvensen kan der opnås overfladisk opvarmning eller opvarmning i dybden. Induktionsopvarmning er derfor teknisk et alternativ til gasbrændere ved f.eks. varmeretning og varmekbukning.

Forsøg med induktionsopvarmning

De tekniske, økonomiske og arbejdsmiljømæssige aspekter ved induktionsopvarmning sammenlignet med flammeopvarmning er undersøgt ved praktiske forsøg med varmekbukning på Odense Stålskibsværft *AVS*.

Undersøgelsen omfattede en serie forsøg med varmekbukning af 10 og 20 mm stålplader med henholdsvis et 33 kW induktionsanlæg og en rivebrænder med fem dyser. Med hver metode blev procestiden målt for bukning af pladerne, indtil der var opnået samme vinkelknæk. Samtidig blev koncentrationerne af nitrose gasser målt i arbejdszonen og i operatørens indåndingszone.



Prøverne viste, at *induktionsopvarmning* er et teknisk realistisk alternativ til gasbrændere ved varmekbukning og varmeretning. Med induktionsmetoden blev der uden problemer opnået den samme pladebukning som ved brug af rivebrænder.

Arbejdshastigheden med det benyttede udstyr var stort set den samme for de to metoder, og dermed var de direkte lønomkostninger næsten ens. Energiomkostningerne ved induktionsopvarmning var imidlertid mindre end udgiften til gas ved flammeopvarmning. *De direkte driftsomkostninger* for samme arbejdsopgave var derfor lidt mindre for induktionsopvarmning end ved flammeopvarmning, men forskellen var relativt lille. Da tidsforbruget til transport og oprigning af induktionsudstyr vil være større end for udstyr til flammeretning, *vil der i praksis ikke være væsentlig forskel i driftsøkonomien*, når flammeretningen udføres med rivebrænder. Hvis flammeretning udføres med enkeltbrænder, vil induktionsmetoden kunne være driftsøkonomisk fordelagtig i forhold til flammeopvarmning.

Investeringen i udstyr til induktionsopvarmning er betydeligt større end for udstyr til flammeopvarmning. Denne forskel i investeringsomkostninger er ikke indregnet ved vurdering af driftsøkonomien.

Induktionsopvarmnings anvendelighed til varmeretning og bukning i praksis afhænger af den konkrete opgave og arbejdsbetingelserne. Da induktionsspolen og kablerne er relativt tunge, er metoden især velegnet til brug på faste arbejdspladser og ved arbejde på konstruktioner med lette adgangsforhold, f.eks. pladepaneller. Ved arbejde på skiftende arbejdssteder, ved meget kortvarige arbejdsopgaver eller på steder med vanskelige adgangsforhold vil transport og håndtering af udstyr være en begrænsende faktor.

Induktionsopvarmningen medførte ingen udvikling af nitrøse gasser. Flammeopvarmningen udviklede derimod store mængder nitrøse gasser. I zonen med varm luft over og foran rivebrænderen var koncentrationen af nitrøse gasser meget høj; i flere tilfælde betydeligt højere end grænseværdierne. I operatørens indåndingszone var NO_x-koncentrationerne under de anvendte arbejdsbetingelser relativt lave, dels fordi operatøren var placeret uden for varmluftzonen på grund af brænderhåndtagets længde, og dels fordi brænderstillingen i forhold til pladen flyttede den varme luft med høje NO_x-koncentrationer væk fra operatøren. Målingerne understreger imidlertid, at det er afgørende for eksponeringen ved arbejde med gasbrændere, at indåndingszonen ikke er placeret i nærheden af varmluftzonen.

Arbejds miljømæssigt har induktionsopvarmning – udover at metoden ikke danner nitrøse gasser – yderligere den fordel, at støjniveauet er meget lavt i forhold til støjen fra en gasbrænder. Støjen fra gasbrændere overstiger hyppigt Arbejdstilsynets støjgrænse.

Ulempen ved induktionsopvarmning er, at udstyret afhængig af udformningen kan være tungt at arbejde med. Desuden er det uafklaret, om der er risiko ved højfrekvensfeltet i nærheden af spolen.

● **Afskærmning omkring gasbrændere**

En afskærmning af flammen på gasbrændere ser ikke ud til at kunne reducere mængden af nitrøse gasser nævneværdigt. Teoretisk skulle en afskærmning omkring brænderspidsen kunne begrænse ejektorvirkningen fra flammen og dermed den mængde luft, der opvarmes pr. tidsenhed og danner nitrøse gasser. Ved forsøg med en skærm udformet som en modificeret "kineserhat" og monteret på en acetylenbrænder kunne der imidlertid ikke måles nogen effekt af afskærmningen. Med den anvendte udformning af skærmen var mængden af nitrøse gasser med og uden skærm den samme uanset den anvendte dyseafstand. Kun når skærmen reelt blev anvendt som en fuldstændig indkapsling oven på pladen, var der en målbar effekt.

Flammeskæring

Ved flammeskæring kan dannelsen af nitrøse gasser begrænses efter de samme principper som for varmebrændere, bl.a.:

- **Undgå fritbrændende forvarmefflamme**

Målinger viser, at mængden af nitrøse gasser fra en fritbrændende forvarmefflamme er mellem 7-11 gange større end under skæring med brænderen. Forvarmefflammer må ikke tændes, før det er absolut nødvendigt, og skærebrænderen skal slukkes straks efter brug.

- **Benyt mindst mulig skæredyse**

Mængden af både nitrøse gasser og røg øges kraftigt med brænderstørrelsen. Der bør bruges en skæredyse, som giver mindst mulig fugebredde, og aldrig større dyse, end det er nødvendigt af hensyn til pladetykkelsen.

- **Anvend eventuelt en anden skæregas**

Flammeskæring kan udføres med forskellige typer brændgas. De mest almindelige er acetylen, propan og naturgas. Propan og naturgas udvikler begge en mindre mængde nitrøse gasser end acetylen, både ved forvarmning og under selve flammeskæringen.

- **Alternative skæremetoder**

Alternative skæremetoder til flammeskæring har enten andre miljømæssige ulemper eller forskellige tekniske og produktionsmæssige begrænsninger.

På skiftende arbejdssteder og ved kortvarige arbejdsopgaver kan mekaniske skæremetoder som skæreskive eller bajonetsav principielt være et alternativ til flammeskæring. Begge metoder medfører dog fysisk belastning og støj samt – for skæreskive – en kraftig støvudvikling.

Ved maskinel skæring på faste arbejdssteder kan laserskæring erstatte flammeskæring. Laserskæring udvikler kun meget små mængder nitrøse gasser i forhold til flammeskæring. Laserskæring har imidlertid andre sikkerhedsmæssige aspekter som f.eks. laserstråling, og anlægsinvesteringen er meget stor. Abrasiv (slibende) vandstråleskæring er produktivitetmæssigt ikke et realistisk alternativ til flammeskæring.

Plasmaskæring

- **Anvend mindst mulig skæreeffekt**

Praktiske erfaringer viser, at udviklingen af både nitrøse gasser og røg falder markant, når strømstyrken nedsættes, dvs. når brændereffekten eller brænderstørrelsen reduceres.

- **Anvend eventuelt en anden plasmagas**

Plasmaskæranlæg med luft som plasmagas udvikler store mængder nitrøse gasser og røg. Ændring af plasmagassen til nitrogen kan reducere udviklingen af nitrøse gasser med ca. 20 % i forhold til skæring med luft. Andre mulige plasmagasser som argon eller argon-hydrogenblandinger må antages at kunne reducere NO_x-dannelsen endnu mere, da der hverken indgår nitrogen eller oxygen i selve plasmastrålen. Bemærk, at en ændring af plasmagas normalt vil kræve ændring af anlæg, plasmabrænder eller elektrode.

● Alternative skæremetoder

Til manuel skæring af højtlegerede stål og aluminium er der ingen oplagte alternative skæremetoder til plasmaskæring. Som ved flammeskæring kan der i nogle situationer benyttes mekaniske skæremetoder som nippelværktøj, skæreskive eller bajonetsav.

Ved maskinel skæring på faste arbejdspladser kan plasmaskæring erstattes af laserskæring. Abrasiv vandstråleskæring kan teknisk benyttes i stedet for plasmaskæring, men metoden er produktivitetsmæssigt ikke et realistisk alternativ.

Maskinel plasmaskæring kan udføres som *vandneddykket plasmaskæring*. Ved vandneddykket skæring er skærebordet konstrueret som et vandkar, og skæringen foregår under vand. Vandneddykket skæring reducerer mængden af nitrøse gasser markant (50-75 %) sammenlignet med konventionel plasmaskæring. Udover nitrøse gasser er vandneddykket skæring særdeles effektiv til at fjerne røg, lys og støj fra skæreprcessen. Vandneddykket plasmaskæring må kun foretages med udstyr, der elektrisk er konstrueret til formålet.

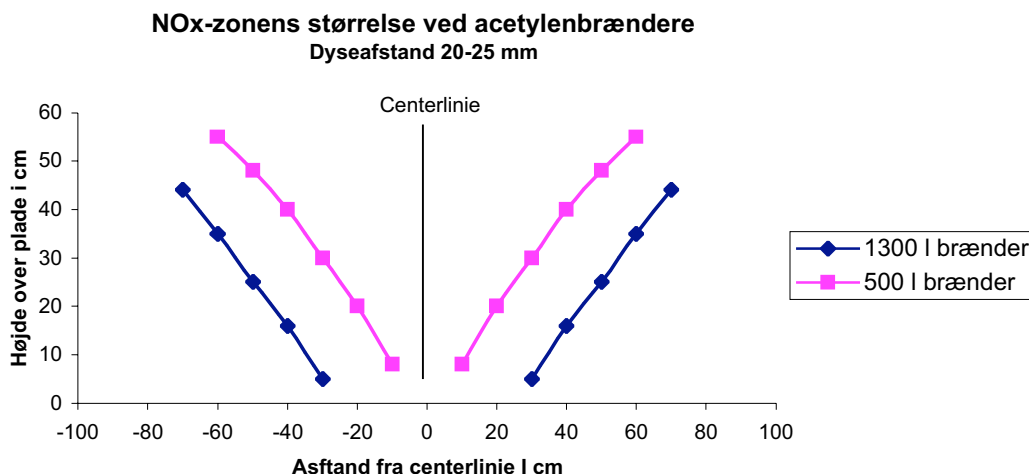
Procesventilation

Gasbrændere

Ved arbejde med flammeretning, varmning, gassvejsning, flammelodning og flammefugning opvarmes luften til høje temperaturer i en relativ stor zone omkring processtedet. *Dannelsen af nitrøse gasser sker derfor i en zone og ikke kun i selve flammeregionen*. Varmen betyder samtidig, at de nitrøse gasser meget hurtigt transporteres opad og spredes i en kegleformet usynlig "fane" over processtedet. Denne varmluftfane med meget høje koncentrationer af nitrøse gasser kan tydeligt mærkes pga. temperaturforskellen til den omgivende luft.



Størrelsen af NOx-zonen ved arbejde med henholdsvis en 500 l (dyse 4) svejsebrænder og en 1300 l (dyse 6) brænder er vist på figuren. Målinger af NOx-koncentrationerne omkring de to brændere viser, at forureningszonen over brænderne tilnærmet er kegleformet med en relativ stor diameter selv i kort afstand fra brænderspidsen. Når brænderspidsen er rettet lodret mod pladematerialet, er varmluftzonen lodret over arbejdsstedet, mens zonen ved hældning på brænderen forskydes lidt i flammeretningen. Ved fritbrændende flammer, det vil sige når der ikke er en plade, er zonen tilsvarende kegleformet, men lidt smallere end når flammen er rettet mod et emne. Til gengæld er NOx-koncentrationen betydelig højere i varmluftzonen fra den fritbrændende flamme, ofte over 100 ppm NOx.



Den store forureningszone betyder, at:

- Procesventilation til arbejde med autogenbrændere skal have en stor indfangningszone og udsugningskapacitet, dvs. stor udsugningsluftmængde.

Generelt skal procesudsugningen udformes som en *sugetragt med en stor sugeåbning og stor udsugningsluftmængde*. Den nødvendige udsugningsluftmængde afhænger af udsugningens placering i forhold til brænderen, brænderstørrelsen og sugetragtens udformning.

Procesudsugning i form af sugearme bør generelt have en udsugningsluftmængde på mindst 1000 m³/h ved arbejde med gasbrændere. Målinger af indfangningseffektiviteten for en udsugningsarm med en luftmængde på ca. 750 m³/h ved arbejde med en 500 l brænder har vist, at sugetragten skulle placeres i en afstand over flammen på højst 25 cm for at indfange de nitrøse gasser effektivt. Ved en sugeafstand på 40 cm var indfangningsgraden mindre end 50 %. Tilsvarende målinger ved arbejde med en 1300 l brænder viste, at denne luftmængde – selv ved en sugeafstand på 20 cm – ikke var tilstrækkelig til at fjerne nitrøse gasser. Målingerne understreger, at:

- Udsugningstragten på sugearme skal altid placeres over og så tæt på flammen som muligt.



Procesudsugningen kan alternativt udformes som et udsugningskabinet, f.eks. i form af en stor sugekasse opbygget oven på arbejdsbordet. Den nødvendige udsugningsluftmængde afhænger bl.a. af frontåbningens størrelse. Erfaringsmæssigt bør luftmængden dimensioneres, så lufthastigheden mindst er 0,5 m/s i kabinettets frontåbning. Ved et sugeskabinet med en åbning på f.eks. 1x1 m betyder det, at udsugningsluftmængden mindst skal være 1800 m³/h.

Lavtryksudsugning i form af sugearme og udsugningskabinetter kan normalt kun anvendes på *faste arbejdspladser*. Ved arbejde med gasbrændere på *skiftende arbejdssteder og ved arbejde på større konstruktioner* er det ofte problematisk at etablere lavtryksudsugning, dvs. i mange af disse arbejdssituationer er det vanskeligt at løse eksponeringsproblemet ved gasbrændere alene gennem procesventilation.

Flammeskæring og plasmaskæring

Ved flammeskæring og plasmaskæring dannes de nitrøse gasser næsten udelukkende i skærestrålen på bagsiden af snitfugen. På grund af varmen vil forureningen søge opad og strømme ud langs pladekanterne og gennem snitfugen, hvis ikke den fjernes på dannelsesstedet. Det betyder, at:

- Procesventilation ved flammeskæring og plasmaskæring foretages mest effektivt ved udsugning under pladen (bagsiden af snitfugen), f.eks. i form af et skærebord med indbygget udsugning.

Ved skæring på faste arbejdspladser kan der anvendes et skærebord udformet som en lukket kassekonstruktion med udsugning ned i bordet. Lufthastigheden nedad i skærebordets frie arealer, dvs. den del af bordet der ikke er dækket af plademateriale, skal være tilstrækkelig høj til at modvirke den opadrettede strømning af varm luft. Den nødvendige lufthastighed afhænger af brænderstørrelse, brænderantal m.v., men erfaringsmæssigt bør *lufthastigheden (gribehastigheden) i de frie arealer på skærebordene mindst være 1-2 m/s*.



Skærebordene med indbygget udsugning kan udformes som mindre, enkle skærekasser til manuel skæring og som egentlige skærebord til maskinel skæring. Ved større skærebord til maskinel skæring kan udsugningsmængden begrænses ved at opdele bordet i udsugningssektioner, hvor udsugningen styres med automatspjæld fra sektion til sektion i takt med brænderplaceringen.

Ved manuel flamme- og plasmaskæring på skiftende arbejdssteder af f.eks. rør eller beholdere kan udsugningen foretages ved afsugning *indvendig fra rør eller beholder*. Ved andre former for skæring under montageforhold kan det teknisk være meget vanskeligt at etablere en effektiv punktudsugning. Den kraftige spredning af forureningen betyder, at der kræves punktudsugningssystemer med en stor indfangningszone, dvs. med stor sugetragt og udsugningsluftmængde, placeret på bagsiden af emnet tæt ved snitfugen.

- Maskinel plasmaskæring på faste arbejdspladser kan som et godt alternativ udføres som vandneddykket skæring.

Ved vandneddykket plasmaskæring er skærebordet konstrueret som et vandkar, og skæringen foregår under vand. Vandneddykket skæring kan reducere mængden af nitrøse gasser med 50-75 %. De gasser, der frigøres gennem vandet, udsuges normalt gennem en sugetragt eller sugekanal monteret på brænderophænget. Udover nitrøse gasser er vandneddykket skæring særdeles effektiv til at fjerne røg, lys og støj fra skæreprocessen. Løsningen kan selvsagt ikke anvendes på skiftende arbejdspladser.

Bemærk, at vandneddykket plasmaskæring kun må foretages med udstyr, der elektrisk er konstrueret til formålet.

Åndedrætsværn



I arbejdssituationer, hvor det ikke er muligt at fjerne de nitrøse gasser effektivt med ventilation, skal der anvendes åndedrætsværn. Undersøgelser viser, at:

- Åndedrætsværn til beskyttelse mod nitrøse gasser skal være luftforsynede.

Efter Arbejdstilsynets retningslinier for brug af åndedrætsværn er det ikke muligt at anvende filtrerende åndedrætsværn til beskyttelse mod nitrøse gasser ved arbejde med gasbrændere, flammeskæring eller plasmaskæring, dvs. *hverken ansigtsmasker eller turboudstyr med gasfiltre kan bruges.*

Årsagen er, at almindelige gasfiltre hverken beskytter mod NO eller CO. Afprøvninger af forskellige typer gasfiltre viser, at normale gasfiltre af typerne AB og ABEK er meget effektive til beskyttelse mod NO₂ i de koncentrationer, der kan forekomme i forbindelse med autogene processer og plasmaskæring. Derimod kan filtrene ikke fjerne NO effektivt, ligesom disse filtertyper ikke beskytter mod CO.

Åndedrætsværn til svejse-, skære- og varmeprocesser skal efter Arbejdstilsynets regler beskytte mod *alle* de forureninger, der forekommer. Hvis det ikke er muligt at anvende effektiv ventilation, vil der forekomme både NO og CO i åndedrætszonen under arbejde med autogene processer og plasmaskæring. Åndedrætsværn til arbejde med gasbrændere, flammeskæring og plasmaskæring skal derfor være luftforsynede, dvs. med tilførsel af kompressorluft renset til åndedrætsformål.

Oversigt over løsninger til reduktion af nitrose gasser



Gasbrændere

Varmning, flammeretning, flammehøvling, gassvejsning, flammelodning

- **Undgå fritbrændende flamme**
Gasbrænderen skal slukkes straks efter brug, selv ved kortvarige afbrydelser.
- **Undgå, at indåndingszonen kommer i nærheden af den varme luft fra flammen**
- **Anvend eventuelt en gasspareventil**
- **Vælg mindst mulig brænderstørrelse**
- **Arbejd med kortest mulig dyseafstand**
- **Erstat eventuelt acetylen med propan eller naturgas**
- **Undersøg mulighederne for alternative opvarmningsmetoder,**
f.eks. induktionsopvarmning, som alternativ til flammeretning.
- **Procesventilation i form af lavtryksudsugning med store luftmængder,**
f.eks. udformet som en sugearm med stor sugetragt eller som et udsugningskabinet.
Udsugningsluftmængden for sugearme skal typisk være større end 1000 m³/h.
- **Luftforsynet åndedrætsværn med tilførsel af friskluft**
Filtrerende åndedrætsværn med gasfiltre eller turboudstyr må ikke benyttes.

Flammeskæring

- **Undgå fritbrændende forvarmefflamme**
Forvarmefflammen må ikke tændes, før det er absolut nødvendigt.
Skærebrænderen skal slukkes straks efter brug, selv ved kortvarige afbrydelser.
- **Undgå at få indåndingszonen i nærheden af den varme luft fra brænderen**
- **Anvend eventuelt en gasspareventil i forbindelse med manuelt skærearbejde**
- **Vælg mindst mulig skæredyse**
- **Erstat eventuelt acetylen med propan eller naturgas**
- **Skærebord med indbygget udsugning under pladen**
- **Luftforsynet åndedrætsværn med tilførsel af friskluft.**
Filtrerende åndedrætsværn med gasfiltre eller turboudstyr må ikke benyttes.

Plasmaskæring

- **Anvend ikke større skæreeffekt eller brænder end nødvendig**
- **Anvend en anden plasmagas end luft, hvis udstyret kan arbejde med andre gasser**
Nitrogen, argon og argon-hydrogenblandinger reducerer dannelsen af nitrose gasser.
- **Skærebord med indbygget udsugning under pladen**
- **Vandneddykket plasmaskæring**
- **Luftforsynet åndedrætsværn med tilførsel af friskluft.**
Filtrerende åndedrætsværn med gasfiltre eller turboudstyr må ikke benyttes.

Yderligere oplysninger



Vejledninger, pjecer og rapporter fra Industriens Branchearbejdsmiljøråd, herunder hele rapporten om bekæmpelse af NO₂ ved autogene processer, findes på internetadressen: www.i-bar.dk. Alle Arbejdstilsynets regler og vejledninger kan tilsvarende hentes på internetadressen: www.at.dk

Ved bekæmpelse af nitrøse gasser kan der være nyttig information i bl.a.:

At-vejledning A.1.1	Ventilation på faste arbejdspladser
At-meddelelse nr. 2.09.2	Svejsning, skæring mv. i metal
At-meddelelse nr. 2.09.3	Maskinel plasmaskæring
At-meddelelse nr. 2.09.4	Manuel plasmaskæring
Industriens Branchearbejdsmiljøråd	Checkliste vedrørende ventilationsforhold
At-vejledning C.0.1	Grænseværdier for stoffer og materialer
At-vejledning D.5.1	Trykluft til åndedrætsværn

Bilag

Beregningsmodel for koncentrationen af nitrøse gasser i værkstedsluft

Ved arbejde med varmebrændere, flammeskæring og plasmaskæring er der risiko for meget høje koncentrationer af nitrøse gasser i arbejdslokalet, hvis ikke der benyttes effektiv procesudsugning.



Koncentrationen afhænger især af lokale størrelsen, rumventilationen, processen og den tid, der arbejdes med processen.

Hvis NO_x-koncentrationen i udendørsluften antages at være ubetydelig, og der ikke er nitrøse gasser i lokalet ved start af arbejdet, kan koncentrationen i rumluften beregnes med formlen:

$$C(\text{NO}_x) = q \cdot (1 - e^{-L \cdot t}) / (L \cdot V_L), \text{ hvor}$$

C(NO_x) = forureningskoncentrationen i lokale luften (ppm) efter tiden t

q = den tilførte mængde nitrøse gasser pr. time (ml/h)

t = tiden i timer

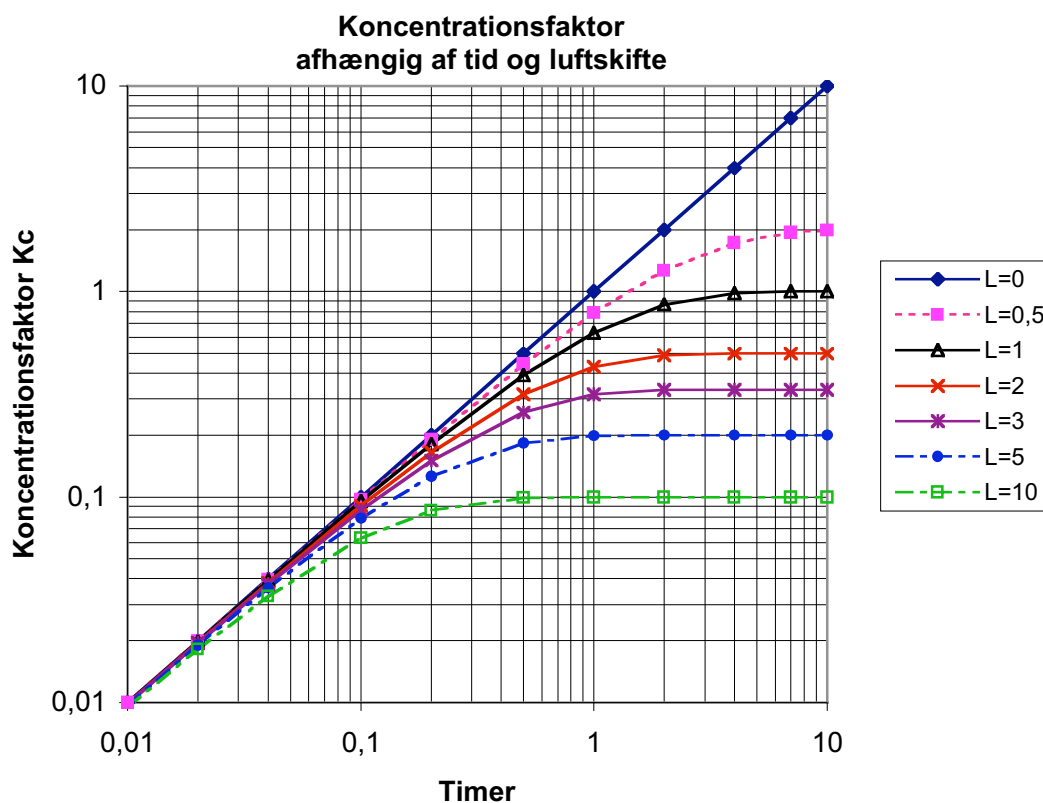
V_L = lokalerumfang i m³

L = rumluftskifte, antal gange lokalerumfanget skiftes pr. time

Formlen kan forenkles til:

$$C(\text{NO}_x) = (q \times K_c) / V_L$$

hvor faktoren K_c kan findes i diagrammet nedenfor. Udviklingen af nitrøse gasser (q) ved arbejde med forskellige processer kan bestemmes ved hjælp af tabellen med typiske emissionsdata.



Typiske emissionsdata for nitrøse gasser

Proces	NOx-emission ml/h (E)
<i>Flammeretning</i>	9000 - 45000
<i>Fritbrændende varmeklamme</i>	20000 - 105000
<i>Flammeskæring</i>	2000 - 12000
<i>Fritbrændende forvarmeklamme</i>	12000 - 60000
<i>Gassvejsning</i>	900 - 12000
<i>Fritbrændende svejseflamme</i>	5000 - 60000
<i>Plasmaskæring (luft)</i>	50000 - 400000
<i>Lysbuesvejsning (MAG, elektrode, rørtråd, TIG)</i>	10 - 250

Intervallat dækker over arbejde med typiske brænderstørrelser m.v.

Emissionen (E) angiver udviklingen af nitrøse gasser **under** arbejde med processen.

Hvis der er afbrydelser i arbejdet, reduceres mængden pr. time (q) svarende til den effektive procestid pr. time.

Bruges processen f.eks. 20 min. pr. time, er den tilførte mængde nitrøse gasser $q = E \times 20/60$, dvs. 1/3 af tabelværdierne.

De nitrøse gasser består af ca. 10 % NO₂ og 90 % NO

Eksempel 1. Flammetretning i ballasttank

For nogle år siden blev der i Ugeskrift for Læger rapporteret et dødsfald pga. nitrøse gasser i forbindelse med flammeretning i en 35 m³ ballasttank. Der blev arbejdet i tanken i ca. 1 time uden mekanisk ventilation. Der foreligger ikke nærmere oplysninger om arbejdsbetingelserne, men antages det, at der har været benyttet en middelstor varmebrænder, og der ikke har været afbrydelser i arbejdet, kan mængden af nitrøse gasser (q) sættes til ca. 25000 ml/time. Antages desuden, at det naturlige luftskifte (L) gennem tankdækslerne har været 5 gange i timen (175 m³/h), er Kc efter diagrammet 0,2 efter en times arbejde.

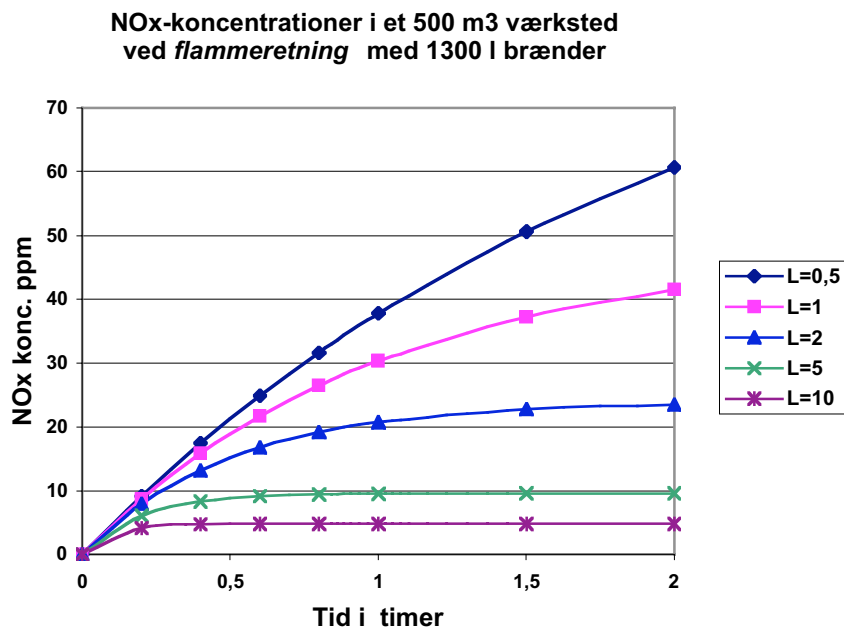
Koncentrationen af nitrøse gasser i tanken ved disse data har efter en times arbejde været:

$$C(\text{NO}_x) = (q * Kc) / V_L = (25000 * 0,2) / 35 = 143 \text{ ppm, eller meget højere end GV.}$$

Det naturlige luftskifte har sandsynligvis været mindre end 5 gange/h. Hvis luftskiftet kun har været på 1 gang i timen, er Kc efter diagrammet 0,63, dvs. koncentrationen i ballasttanken har muligvis været så høj som 450 ppm NO_x.

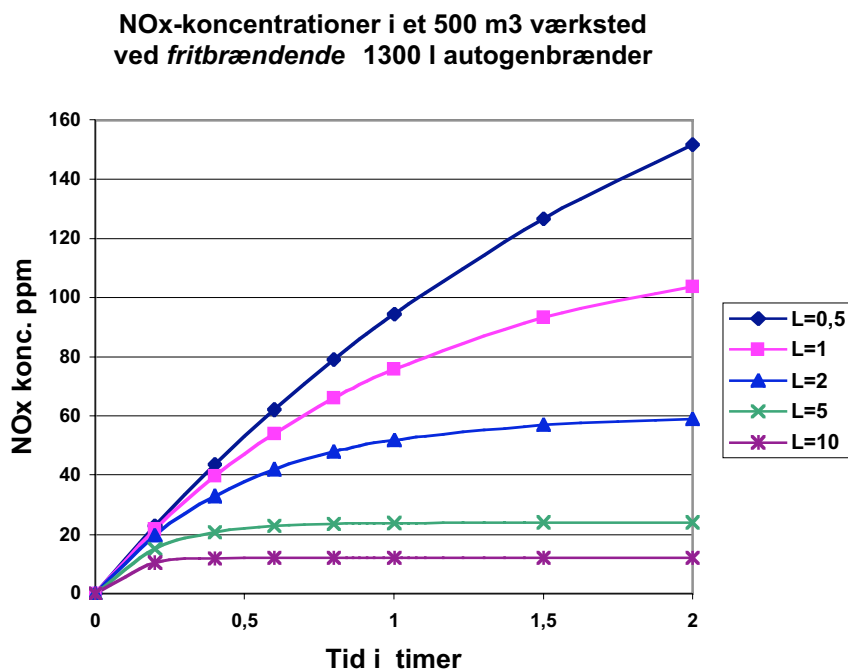
Eksempel 2. Arbejde med acetylenbrænder i et mindre værksted

NO_x-koncentrationerne i lokaleluften ved arbejde med varmning eller flammeretning *uden effektiv procesventilation* i et mindre værksted er vist i de to diagrammer nedenfor. Diagrammerne viser koncentration af nitrøse gasser afhængig af procestiden og luftskiftet ved arbejde med en 1300 l acetylenbrænder i et værksted med et lokalerumfang på 500 m³.



NO_x-koncentrationen i værkstedsluften ved *varmning* med en 1300 l acetylenbrænder ($q=24000$ ml/h) i et 500 m³ værksted afhængig af luftskiftet (L).

NO_x-koncentrationen i værkstedsluften ved *fritbrændende* 1300 l acetylenbrænder ($q=$



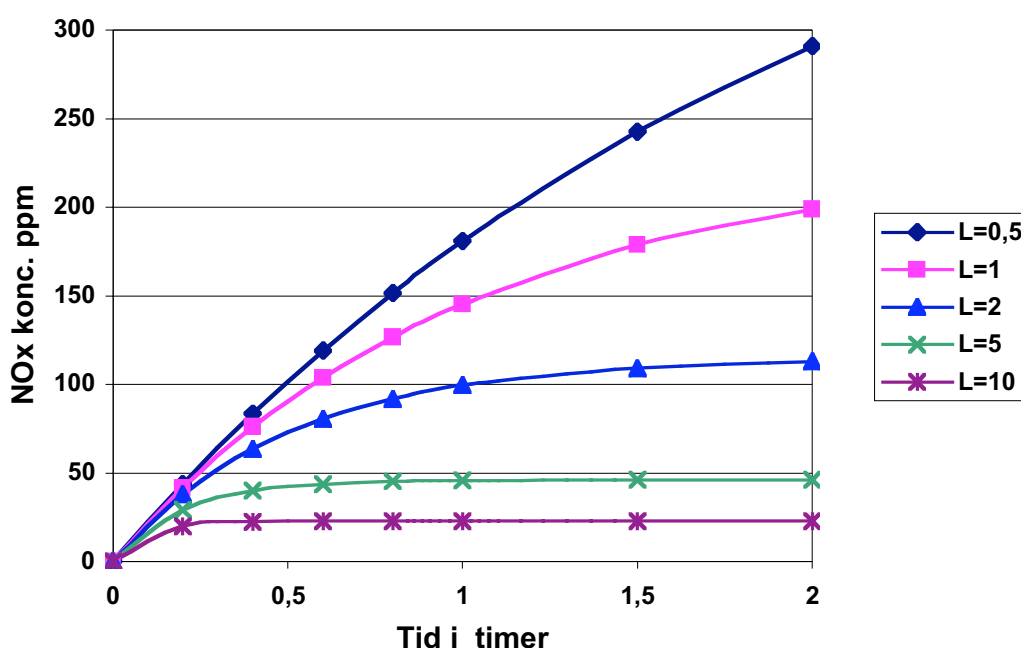
60000 ml/h) i et 500 m³ værksted afhængig af luftskiftet (L).

NO_x-koncentrationerne i diagrammerne er beregnet for 100 % *procestid*, dvs. med brænderen tændt uafbrudt. Hvis der er afbrydelser i arbejdet, hvor brænderen slukkes, reduceres koncentrationen tilsvarende. Er brænderen kun tændt i f.eks. 30 min. pr. time, reduceres koncentrationen til halvdelen.

Eksempel 3. Plasmaskæring i et mindre værksted

NO_x-koncentrationerne i lokaleluften ved plasmaskæring *uden effektiv procesventilation* i et mindre værksted er beregnet i diagrammet nedenfor. Diagrammet viser koncentrationerne ved skæring med en mindre plasmabrænder med ca. 100 ampere og luft som plasmagas.

NO_x-koncentrationerne i et 500 m³ værksted ved plasmaskæring med 100 ampere brænder



NO_x-koncentrationen i værkstedsluften afhængig af luftskiftet (L) ved *plasmaskæring* med 100 ampere og luft som plasmagas ($q=115000$) uden procesudsugning i et 500 m³ værksted.

NO_x-koncentrationerne i diagrammet gælder for 100 % *procestid*, dvs. for uafbrudt skæring. Er der afbrydelser i skærearbejdet, reduceres koncentrationen tilsvarende. Skæres der f.eks. kun i 20 min. pr. time, reduceres koncentrationen til 1/3 af værdierne i diagrammet.

For eksempel 2 og 3 gælder, at hvis arbejdet foregår i et værksted med større lokalerumfang end de 500 m³, vil NO_x-koncentrationerne blive tilsvarende mindre, forudsat det samme luftskifte. Ved arbejde i f.eks. et værksted med et rumfang på 1000 m³ vil koncentrationerne være halvdelen af værdierne i diagrammerne, når luftskiftet er det samme.

Bemærk, at luftskiftet er det antal gange, lokalerumfanget skiftes pr. time. For samme luftskifte er den almene lokaleventilation målt i m²/h derfor tilsvarende større, når lokalestørrelsen bliver større.

De tre eksempler illustrerer med al tydelighed, at:

- Der skal altid anvendes effektiv procesventilation ved arbejde med autogene processer og plasmaskæring.
- Selv ved kortvarigt arbejde med varmebrændere, flammeskæring og plasmaskæring kan der opbygges meget høje NO_x-koncentrationer i værkstedsluften, når der ikke anvendes effektiv udsugning.
- Ved arbejde i små lukkede rum med autogenbrændere eller plasmaskæring anbefales det, udover effektiv ventilation, samtidig at anvende luftforsyning åndedrætsværn.



CO-industri

Vester Søgade 12², 1790 København V. Tlf. 3363 8000

Mail: co@co-industri.dk

www.co-industri.dk



Dansk Industri

HC Andersens Boulevard 18, 1787 København V. Tlf. 3377 3377

Mail: di@di.dk

www.di.dk



Ledernes Hovedorganisation

Vermlandsgade 65, 2300 København S. Tlf. 3283 3283

Mail: lh@lederne.dk

www.lederne.dk

