

UDZF
T 38

Dr. W.F. Tordoir

BEDRIJFSGENEESKUNDIGE ASPECTEN VAN HET LASSEN

NEDERLANDS INSTITUUT VOOR PRAEVENTIEVE GENEESKUNDE TNO

Afdeling Onderwijs

mei 1972

INHOUDBlz.

1.	Inleiding	3
2.	Overzicht van verschillende lasmethoden	3
2.1	Autogeen lassen	4
2.2	Electrisch booglassen	5
2.3	Lassen met beschermend gas	6
2.3.1	Argon gas lassen	7
2.3.2	Atomair waterstof lassen	7
2.3.3	Koolzuurgas lassen	7
2.4	Aluminothermie = thermietlassen	8
2.5	Vuurlassen = smeden	8
2.6	Watergaslassen	8
2.7	Electrisch weerstandlassen	8
2.7.1	Stomplassen met stuiken (stuiklassen)	8
2.7.2	Stomplassen zonder stuiken (afsmelt- lassen)	9
2.7.3	Puntlassen	9
2.7.4	Rolnaadlassen	9
2.7.5	Stomprolnaadlassen	9
2.7.6	Vormlassen (projectielassen)	9
2.8	Ultrasoon lassen	10
2.9	Metaalsnijden	10
3.	Bedrijfsgeneeskundige aspecten	11
3.1	Potentiele gevaren	11
ad 3.1.1	Lasgassen	11
ad 3.1.2	Metaaldampen	14
ad 3.1.3	Lasrook	15
ad 3.1.4	'Coatings'	16
ad 3.1.5	Straling	17
ad 3.1.6	Geluid	17
ad 3.1.7	Apparatuur	18
3.2	Klinische problemen bij lassers	19
3.2.1	Acute afwijkingen	19
3.2.2	Chronische afwijkingen	21
4.	Preventie en bedrijfsgeneeskundige begeleiding	23
4.1	Persoonlijke beschuttingsmiddelen	24
4.2	Veiligheid van de apparatuur	24
4.3	De ventilatie	24
4.4	Bedrijfsgeneeskundige begeleiding	25
	Literatuuropgave.	27

1. Inleiding

In deze syllabus zal getracht worden een beknopt overzicht te geven van die bedrijfsgeneeskundige aspecten van het lassen welke voor de doorsnee bedrijfsarts van belang zijn.

Degene die in zijn bedrijf intensief geconfronteerd wordt met het lassen, wordt aangeraden om de problematiek nader te bestuderen in de daarvoor ter beschikking zijnde (meestal zeer uitvoerige) literatuur. Naast de bedrijfsgeneeskundige aspecten van het lassen zijn voor de bedrijfsarts ook de veiligheidsaspecten van belang. Deze laatsten krijgen in deze syllabus slechts beperkte aandacht.

2. Overzicht van verschillende lasmethoden

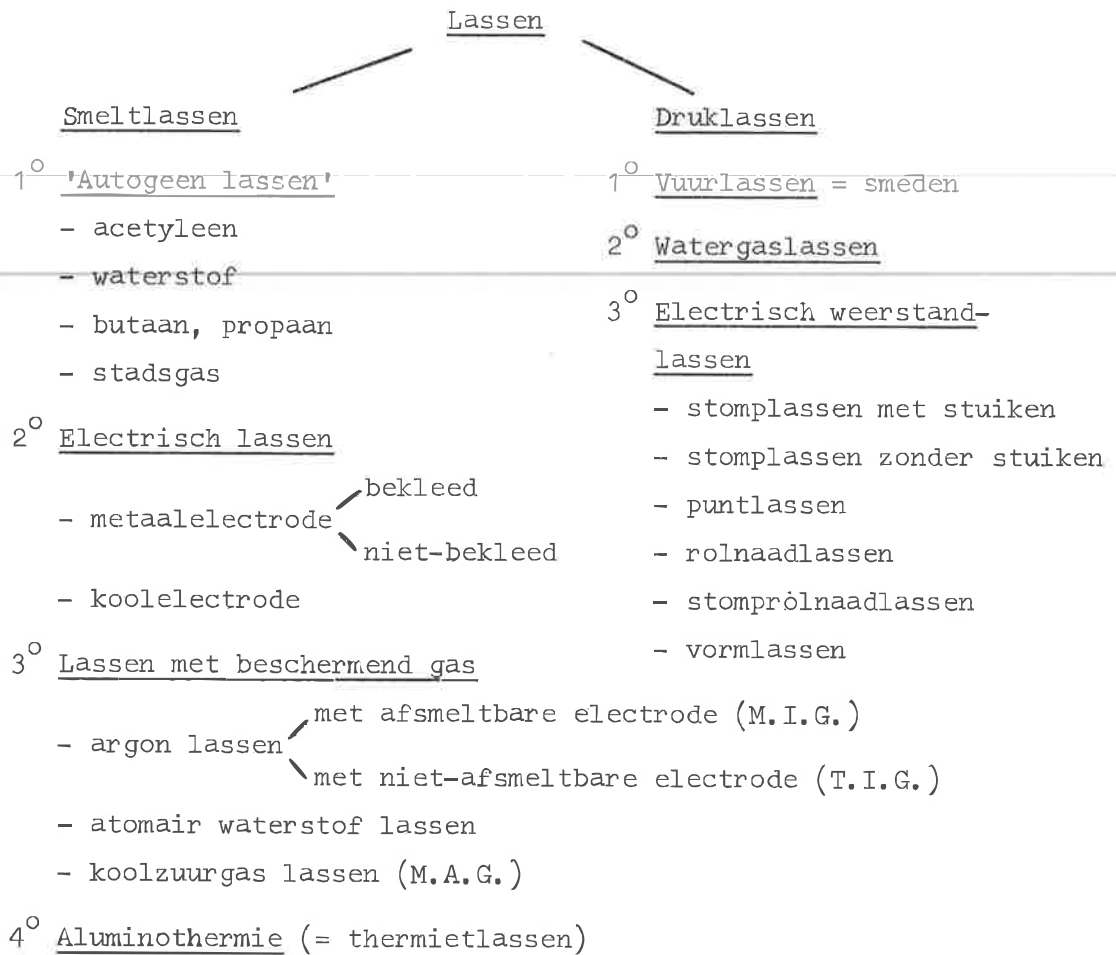
In het algemeen zal de bedrijfsarts er behoefte aan hebben om een inzicht te krijgen in de verschillende lasmethoden. De bedrijfsgeneeskundige aspecten van het lassen hangen immers meestal nauw samen met de lasmethode.

Alvorens over te gaan tot een overzicht van de verschillende lasmethoden, is hier een definitie van lassen op zijn plaats:

Lassen is het door verhitting verbinden van metalen, waarbij het materiaal op de verbindingsplaats in vloeibare of deegachtige toestand gebracht wordt, terwijl al of niet materiaal van dezelfde of nagenoeg dezelfde samenstelling wordt toegevoegd. ¹⁾

Ter onderscheiding van het lassen wordt hier het solderen genoemd. Bij het solderen worden de met elkaar te verbinden metalen slechts matig verhit, terwijl een toegevoegd materiaal de verbinding tot stand brengt.

1) Deze definitie en een aantal andere technische gegevens werden ontleend aan de lascursus van de transformatoren- en elektrodenfabriek 'SOUDOMETAAL' te Vlaardingen.

Schematisch overzicht van lasmethoden

Achtereenvolgens zullen nu de verschillende lasmethoden in het kort besproken worden:

2.1 Autogeen lassen

Terwijl feitelijk alle vormen van lassen autogeen lassen zijn, in tegenstelling met het heterogeen lassen = solderen, wordt deze term eigenlijk alleen gebruikt wanneer men het acetyleen-zuurstof lassen bedoelt of een van de andere vormen, waarbij de verbranding van het gas (waterstof, propaan of stadsgas) de enige bron voor de hitte-productie is.

Propaan, Butaan en stadsgas hebben een beperkt toepassingsgebied daar hiermee staal en ijzer niet te lassen zijn. Het waterstofgas is duur en wordt daarom beperkt gebruikt.

2.2 Electrisch booglassen

Bij deze methode wordt de benodigde hitte verkregen door een vlamboog tussen de 2 polen van een stroombron te trekken. De temperatuur die hierbij verkregen wordt is ongeveer 6000°C . De electrode is de ene pool terwijl het werkstuk fungeert als andere pool.

De electrode, een staaf van ongeveer 20 à 30 cm, kan bestaan uit koolstof of metaal (bekleed of blank).

a) metalen electrode, blank

Tegenwoordig worden voornamelijk metalen electroden gebruikt. Een bezwaar van het lassen met blanke electroden is dat de kwaliteit van de las te wensen overlaat. Bij het afsmelten van deze electrode ontstaan druppels die in open contact staan met de omgevende lucht. Zuurstof en stikstof worden in de druppels opgenomen waardoor metaaloxiden en nitriden ontstaan die de las poreus en bros maken. De blanke electrode wordt daarom nog maar zelden gebruikt.

b) metalen electrode, bekleed

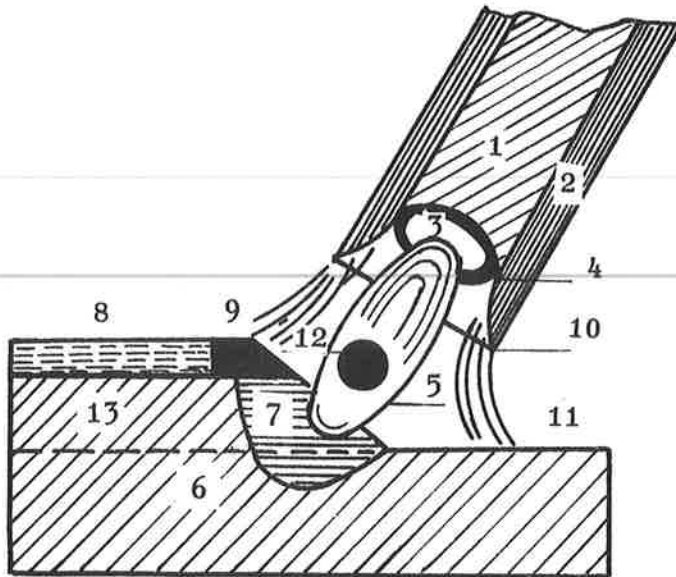
Bij deze electrode is om de kerndraad een bekleding (mantel) aangebracht die gelijk met de kern afsmelt en de metaal-druppel afschermt tegen invloeden van de lucht. Deze afscherming komt tot stand doordat de druppel omhuld is door gesmolten bekleding, terwijl bovendien uit de mantel een beschermende gasstroom vrijkomt. De gesmolten bekleding wordt slak genoemd. De afkoeling van de verse las gebeurt gelijkmatiger door de afdekking van de slak. De gestolde slak wordt later verwijderd. Door bepaalde chemische stoffen toe te voegen aan de mantel kunnen speciale eigenschappen van de las verkregen worden.

In de onderstaande tekening is de druppelvorming schematisch weergegeven.

c) Koolectrode

De koolectrode bestaat uit koolstof en heeft geen mantel. Lassen met de koolectrode wordt wel toegepast bij dun plaatwerk. Door gebruik te maken van een geschikt vloeimiddel dat te voren op de te lassen naad wordt aangebracht, wordt poreusheid en brosheid van de las grotendeels vermeden.

Bij gebruik van 2 koolectroden waartussen de vlamboog wordt aangelegd zal men voor het richten van de boog gebruik moeten maken van een magneet.



Schema
druppelvorming

1. Kerndraad.
2. Bekleding.
3. Smeltbad aan electrode einde.
4. Vloeibare slak.
5. Elektrische vlamboog.
6. Werkstuk.
7. Smeltbad.
8. Gestolde slak.
9. Vloeibare slak.
10. Kelk aan onderende electrode welke richting geeft aan gasstroom en materiaal.
11. Beschermend gas.
12. Overgaande druppel, door slak omgeven.
13. Neergesmolten lasmetaal.

2.3 Lassen met beschermend gas

Bij gebruik van een onbeklede metalen electrode kan men het toetreden van stikstof en zuurstof uit de lucht in het smeltbad verhinderen door een constante stroom van een daartoe geschikte gas over het smeltbad te blazen.

Gassen als koolzuur, argon en waterstof hebben een las-be-

schermende werking doordat zij de lucht afschermen en geen verbinding aangaan met het lasmateriaal.

2.3.1 Argon gas lassen

Bij het lassen met argon als afschermend gas kan een niet-afsmeltbare Wolfram (= Tungsten) electrode gebruikt worden, waarbij toevoeging van materiaal kan plaats vinden met een aparte vulstaaf.

Deze methode wordt argon-arc lassen ofwel T.I.G. (Tungsten Inert Gas) lassen genoemd en vooral toegepast bij het lassen van non-ferro metalen en hooggelegerd staal.

Wanneer een afsmeltbare electrode (meestal aluminium) wordt gebruikt spreekt men van Sigma lassen ofwel M.I.G. (Metal Inert Gas) lassen.

Meestal bestaat de electrode uit een draad die op een haspel gewonden is en bij het lassen zich automatisch presenteert uit het laspistool (semi-automatisch handlassen).

Vooraf bij het lassen van non-ferro metalen, snel oxyderende metalen en hooggelegerde stalen wordt deze methode toegepast.

2.3.2 Atomair waterstof lassen

Bij het lassen van speciale staalsoorten, m.n. in de vliegtuigbouw, wordt gebruik gemaakt van waterstof. De hitte die bij deze lasmethode vrijkomt, komt niet alleen van de 2 Wolfram elektroden, maar tevens van het waterstof.

De waterstof moleculen worden door de vlamboog gesplitst in atomen. Bij het werkstuk herenigen de atomen zich weer tot moleculen, waarbij veel warmte vrijkomt. Er kan zowel met als zonder toevoegmateriaal gewerkt worden.

Deze methode, waarbij actief gas gebruikt wordt, hoort tot het M.A.G. (Metal Active Gas) lassen.

2.3.3 Koolzuurgas lassen

Omdat argon nogal duur is wordt vaak koolzuur of een mengsel van koolzuur en argon gebruikt als beschermend gas.

De electrode die gebruikt wordt is afhankelijk van de aard van het te lassen materiaal en bestaat meestal uit een op een haspel gewonden draad.

2.4 Aluminothermie = thermietlassen

De benodigde hitte wordt bij deze methode verkregen door het thermiet te ontsteken met een magnesiumlont. Thermiet bestaat uit een mengsel van aluminium en ijzeroxyde; het is een poeder. Door het ontsteken gaat de zuurstof van het ijzeroxyde over naar het aluminium, hierbij komt dus ijzer vrij en tevens een zeer grote hoeveelheid warmte. Hierdoor smelt het vrijgekomen ijzer en het materiaal van de te verbinden werkstukken ter plaatse van de las. De verbinding wordt tot stand gebracht door op het moment van de grootste warmteontwikkeling beide delen met kracht op elkaar te plaatsen. Deze methode wordt toegepast bij werkstukken met grote doorsnedes.

2.5 Vuurlassen = smeden

De te verbinden delen worden in een vuur of in een oven verwarmd tot welhitte en met elkaar verbonden door beide delen op elkaar te persen of te verenigen door hamerslagen.

2.6 Watergaslassen

Dit is een methode die bij de Hoogovens gebruikt wordt ter vervaardiging van naadloze masten, laadbomen e.d. De benodigde hitte wordt bij dit proces geleverd door het watergas. Watergas ontstaat door stoom over gloeiende cokes te leiden.

2.7 Electrisch weerstandlassen

De te verbinden delen van de werkstukken worden bij deze methode tot gloeien gebracht door een sterke electrische stroom door te voeren. Deze stroom ontmoet zoveel weerstand dat het metaal gaat gloeien. Bij het weerstandlassen kan men al of niet van (koperen) electroden gebruik maken.

Bij het stompassen worden geen electroden gebruikt, bij de verschillende vormen van punt- en naadlassen gebruikt men koperen electroden in de vorm van een cylinder of van een schijf. Tussen de 2 electroden bevinden zich de 2 aan elkaar te verbinden delen van het werkstuk.

2.7.1 Stomplassen met stuiken (stuiklassen)

Hierbij worden de te verbinden delen, die voorzien zijn van een stuik (=rand), tegen elkaar aangedrukt gedurende de gehele tijd dat de stroomdoorgang plaats vindt. Hierdoor ontstaat op de verbindingsplaats een regelmatige verdikking.

2.7.2 Stomplassen zonder stuiken (afsmeltlassen)

In tegenstelling tot de vorige methode blijven de te verbinden delen niet de gehele tijd dat de stroom is ingeschakeld tegen elkaar gedrukt, maar worden ze enkele malen ten opzichte van elkaar bewogen. Hierdoor ontstaan vlambogen waardoor het verwarmingsproces sneller verloopt.

Wanneer het te verbinden oppervlak voldoende verhit is en in deegachtige toestand is gekomen, worden de delen met een klap tegen elkaar gedrukt, waardoor de las ontstaat.

Vooraf bij automatische lasbewerkingen van massa artikelen worden de stomplasmethoden gebruikt.

2.7.3 Puntlassen

Bij het puntlassen worden de te verbinden delen tussen 2 koperen elektroden (cylindervorm) gebracht. De elektrische stroom, die van de ene koperen elektrode naar de andere gaat, ontmoet op zijn weg het slechter geleidende metaal van het werkstuk. Ter plaatse ontstaat zoveel warmte dat een verbinding tussen de delen tot stand kan worden gebracht door de druk die de elektroden uitoefenen.

2.7.4 Rolnaadlassen

Het principe is hier hetzelfde als bij het puntlassen: er is een stroomaanvoerende en een stroomafvoerende elektrode waartussen de te verbinden delen zich bevinden.

De elektroden zijn hier echter schijfvormig en draaien. Hierdoor ontstaat een lijnvormige lasverbinding. De te verbinden delen liggen hier overlappend op elkaar.

2.7.5 Stomprolnaadlassen

Bij deze methode liggen de te verbinden delen met de kanten tegen elkaar aan zonder overlap.

2.7.6 Vormlassen (projectielassen)

Een van de delen is voorzien van kleine verhogingen (nopjes) die er in zijn gebracht door lokaal druk op de plaat uit te oefenen.

Ter plaatse van deze uitstekende nopjes ontstaat, na stroomdoorvoering, de las.

2.8 Voor de volledigheid moet hier ook nog het z.g. Ultrasoon lassen genoemd worden. Bij deze methode worden dunne plaatjes in trilling gebracht met een zeer hoge frequentie van $\pm 30.000 - 40.000$ trillingen per sec. Hierbij komt zoveel warmte vrij dat de plaatjes smelten.

2.9 Metaalsnijden

Men kan metaal snijden door gebruik te maken van een autogene snijbrander of van de plasmatoorts.

Met de autogene snijbrander wordt bij voorkeur ijzer of staal gesneden. Het metaal wordt lokaal verhit (tot $\pm 3000^{\circ}\text{C}$) door de acetyleen-zuurstof vlam. Wanneer het metaal voldoende verhit is wordt de acetyleen toevoer gestopt en onderhoudt de zuurstofstroom de verbranding van het metaal. Het smeltende metaal wordt door de zuurstofstraal weggeblazen.

Bij de plasmatoorts wordt gebruik gemaakt van de zeer hoge temperatuur ($\pm 15.000^{\circ}\text{C}$.) van geïoniseerd argon. Het argon wordt geïoniseerd door het met grote snelheid te blazen tussen 2 elektrische polen waartussen een elektrische stroom onderhouden wordt.

Overigens kan men in plaats van argon ook gebruik maken van andere gassen zoals stikstof, helium of waterstof. De temperatuur is afhankelijk van het gebruikte gas en kan in bepaalde gevallen oplopen tot 30.000°C .

3. Bedrijfsgeneeskundige aspecten

3.1 Potentiele gevaren

De potentiële gevaren (met klinische betekenis) verbonden aan het lassen, hangen nauw samen met de toegepaste lasmethode.

Ten behoeve van de overzichtelijkheid houden we de volgende indeling aan:

Gevaren afkomstig van

- 3.1.1 a) gasen of dampen die gebruikt worden of ontstaan bij het lassen (lasgassen)
- 3.1.2 b) metaaldampen die ontstaan als gevolg van het verdampen van gesmolten metaal
- 3.1.3 c) de rook die ontstaat als gevolg van de verhitting van de laselectrode en/of de bekleding
- 3.1.4 d) de dampen die ontstaan als gevolg van verdamping van stoffen die zich op het werkstuk bevinden
- 3.1.5 e) de bij het lassen geproduceerde straling
- 3.1.6 f) het bij het lassen geproduceerde geluid
- 3.1.7 g) de bij het lassen gebruikte apparatuur.

ad 3.1.1 Lasgassen

Nitreuze dampen (NO en NO_2) kunnen bij allerlei vormen van lassen ontstaan doordat de stikstof en de zuurstof uit de lucht een verbinding aangaan, nadat de moleculen in aanraking zijn geweest met het sterk verhitte werkstuk en daardoor een grote energie verkregen hebben.

Van deze nitreuze dampen is de NO_2 het meest toxisch. Het ontstaan van nitreuze dampen is afhankelijk van de temperatuur en dus van de booglengte, de stroomsterkte en de spanning bij het electrisch lassen. Het NO_2 heeft de neiging om bij hoge temperaturen snel te dissociëren in NO en O_2 .

In de praktijk blijkt de kans op intoxicatie door de nitreuze dampen wel mee te vallen. Wanneer echter de ventilatie te

wensen overlaat, zoals het geval is bij het lassen in besloten ruimten, zijn de intoxicatie-kansen groot.

De nitreuze dampen veroorzaken een destructie van de epitheelcellen van de longalveoli na inspiratie. Er treedt longoedeem op. Van belang is te weten dat de klinisch manifeste verschijnselen ook na een betrekkelijk lange latente periode (soms enkele uren) kunnen optreden. Daardoor hoeft het verband met het werk niet altijd duidelijk te zijn.

De M.A.C. waarde van nitreuze dampen is 5 ppm ($9\text{mg}/\text{m}^3$). Klinische symptomen zijn te verwachten bij een veelvoud van de M.A.C., terwijl de letale concentraties liggen in de orde van grootte van enkele honderden ppm's bij een kortdurende expositie.

De nitreuze dampen zijn bij lasprocedures met een normale ventilatie van de omgevingslucht eigenlijk alleen op korte afstand van de vlamboog aan te tonen. Ze hebben de neiging om de stroom van lasrook te volgen en de concentratie is daar dan ook het grootste (zie Fay c.s. 1957). De laskap geeft overigens een redelijk goede afscherming. De waarden die door de meeste auteurs gevonden werden variëren van enkele tienden van 1 ppm tot enkele ppm's bij lassen in tanks met slechte ventilatie.

Ozon wordt gevormd uit de zuurstof van de lucht onder invloed van ultraviolette stralen. Volgens de verschuivingswet van Wien zendt een lichaam des te meer U.V. stralen uit naarmate de temperatuur ervan toeneemt. Bij het elektrisch lassen heeft de vlamboog een temperatuur van $\pm 6000^{\circ}\text{C}$, terwijl bij het lassen met beschermende gassen nog hogere temperaturen worden bereikt, hetgeen met een aanzienlijke ozon productie gepaard gaat.

Bij het autogeen lassen zijn de temperaturen lager en is de hoeveelheid geproduceerde ozon in het algemeen te verwaarlozen.

Overigens levert de vorming van ozon bij een normale ventilatie van de omgevingslucht eigenlijk nooit problemen op.

Zoals bekend, is ozon een uiterst giftig gas (met een M.A.C.-waarde gelijk aan die van fosgeen n.l. 0.1ppm) dat een bijzonder irriterende werking heeft en bij inhalatie een destructie van de epitheel van de tractus respiratorius kan geven met optreden van longoedeem.

De letale concentratie voor de mens ligt bij kortdurende expositie ongeveer bij 10-15ppm. Herhaalde langdurige exposities aan lagere concentraties (± 1 ppm) kunnen een longfibrose doen ontstaan.

De reukgrens ligt bij 0,015ppm; bij de waarde rond de M.A.C. worden klachten van droge neus en keel, prikkeling van de slijmvliezen van neus en keel en hoofdpijn aangegeven.

De concentratie van ozon is het grootste vlak bij de vlamboog. Zoals bekend dissocieert ozon snel.

Frant (1963) vond ozon concentraties bij het argon-arc lassen met niet-afsmeltbare electrode van 2.9 mg/m^3 op een afstand van 20 cm en een concentratie van 0.25 mg/m^3 op 50 cm afstand van de vlamboog ($2 \text{ mg/m}^3 = 1 \text{ ppm}$). Het betrof hier een handlasapparaat. Metingen bij automatisch lasapparatuur leverden zeer hoge waarden op, namelijk van 60ppm op een afstand van 20 cm tot 10ppm op een afstand van 50 cm. De lasser die bij deze meting werkzaam was droeg een verse-lucht-kap.

De laskap geeft bij ozon niet zo'n goede bescherming als bij de nitreuze dampen, daar in de kap in principe ook ozon gevormd kan worden.

Fay c.s. (1957) menen dat bij een normale ventilatie in het algemeen de ozon concentraties onder de M.A.C. blijven.

Koolmonoxyde kan ontstaan bij het acetyleen lassen, met name als de verhouding van 't gebruikte acetyleen en zuurstof niet goed is en de verbranding dus onvolledig is.

Bij het lassen met CO_2 als beschermend gas, ontleedt de aangevoerde CO_2 in CO en O_2 onder invloed van de hoge temperatuur. Het grootste deel van het koolmonoxyde verbrandt echter weer.

Ook bij electrisch lassen ontstaat koolmonoxyde.

De concentratie van de CO in de directe omgeving van de vlam-

boog (en vooral in de lasrook) kan bij het CO₂-lassen vrij hoge waarden hebben; in de orde van grootte van 200-500ppm. In het algemeen vormt de laskap een goede bescherming en bedragen de waarden in de laskap 5-10ppm CO. De M.A.C. voor CO is 50ppm.

Onderzoek naar het percentage carboxyhaemoglobine toonde aan dat zelden waarden boven de 10% aanwezig waren. Hoofdpijn, duizeligheid en malaise gevoelens gaan meestal gepaard met waarden die rond de 20% liggen.

Een normale ventilatie, d.w.z. dat de lucht ongeveer 1 maal per uur ververst wordt en een voldoende aantal kubieke meters per lasapparaat (in de orde van grootte van 300-400 m³) geven in het algemeen voldoende garantie voor het achterwege blijven van intoxicaties door lasgassen.

ad 3.1.2 Metaaldampen

Door verdamping van het gesmolten metaal van het werkstuk en van de electrode wordt de lasser blootgesteld aan metaaldampen. Deze metaaldampen kunnen afkomstig zijn van verschillende metalen en aanleiding geven tot een gemeenschappelijk, vrij specifiek ziektebeeld: de metaaldampkoorts. De koorts zou het gevolg zijn van de productie van pyrogenen, door gefagocyteerde metaaloxiden vrijgemaakt uit de leuco's in de longen (Zielhuis 1969).

Het is echter niet zeker dat alle metalen hiertoe aanleiding geven. Zielhuis(1969) noemt: zink, koper, magnesium, beryllium, mangaan en cadmium.

De eerste symptomen die optreden na inademing van metaaloxiderook zijn: retrosternale pijn, prikkelingsgevoelens in de luchtwegen en algemene malaise. Na enkele uren kan een koortsaanval optreden die in de regel slechts kort duurt (ongeveer 1 etmaal). Voor de specifieke gevolgen van de expositie aan de verschillende metaaldampen zij verwezen naar de literatuur.

Hieronder zijn een aantal metaaloxiden weergegeven met hun M.A.C. waarden:

- ijzeroxyde 10mg/m³
- aluminiumoxyde 15mg/m³

- koperoxyde $0.1\text{mg}/\text{m}^3$
- chroomoxyde $0.1\text{mg}/\text{m}^3$
- mangaanoxyde $5\text{mg}/\text{m}^3$
- zinkoxyde $5\text{mg}/\text{m}^3$
- cadmiumoxyde $0.1\text{mg}/\text{m}^3$
- loodoxyde $0.15\text{mg}/\text{m}^3$

Het molybdeen zou in de praktijk niet giftig zijn omdat het niet verdampt bij de temperaturen die bij het lassen gebruikt worden. Ook schijnt het titaanoxyde niet toxisch te zijn.

ad 3.1.3 Lasrook

De samenstelling van de lasrook wordt bepaald door het materiaal van het werkstuk en van de electrode-kern en verder in belangrijke mate door de electrode bekleding, terwijl de concentratie van nitreuze dampen in de lasrook het sterkst is. Hier zal nu nader ingegaan worden op de bekleding van de elektroden.

Koopman (1967) onderscheidt de volgende typen elektroden (naar bekleding):

- zure electrode, deze levert aan de lasrook: ijzeroxyden, mangaanoxyden, siliciumoxyden.
- neutrale electrode, deze levert aan de lasrook dezelfde oxyden als de zure electrode
- basische electrode, deze levert ^{VERT} aan de lasrook: mangaanoxyde, siliciumoxyden, calciumoxyden en Fluor (meestal in de vorm van Si F_4)
In de lasrook zitten ook ijzeroxyden, deze zijn echter niet van de basische electrode afkomstig maar van het werkstuk.
- cellulose electrode, waarvan de mantel veel organisch en brandbaar materiaal bevat waaruit bij verbranding veel gas vrijkomt en de las een gasbeschermingsmantel krijgt.
- oxyderende elektroden, waarvan de mantel voornamelijk uit ijzer- of mangaanoxyde bestaat.
- rutiel electrode; rutiel is een materiaal dat uit titaanoxyde bestaat.

- titaan electrode; de mantel bestaat uit rutiel waaraan een basisch materiaal is toegevoegd, waardoor de slak gemakkelijk vloeibaar wordt.

In de lasrook die ontstaat bij het lassen met beklede elektroden (de basische electrode wordt het meest gebruikt) is volgens verschillende onderzoekers het percentage ijzeroxyde het grootst (45-80%), verder zijn er aanzienlijke hoeveelheden mangaan (15-25%), silicium (1.5-18%), fluoriden (15-30%), kalk en andere stoffen aanwezig.

De ontwikkeling van de hoeveelheid lasrook is afhankelijk van de dikte van de lasstaaf en van de stroomsterkte. Hoe groter de stroomsterkte des te meer lasrook zal er ontstaan.

De maximaal toelaatbare concentratie lasrook afkomstig van basische laselectroden is 10 mg/m^3 omdat hierin betrekkelijk veel fluor zit; voor de andere elektroden is de maximaal toelaatbare concentratie gesteld op 20 mg/m^3 .

Er bestaan tabellen waarin men kan opzoeken hoe de samenstelling van de electrodebekleding is en waaruit de lasrook bestaat.

ad 3.1.4 'Coatings'

Op het werkstuk kunnen producten voorkomen die van bijzondere toxicologische betekenis zijn, met name coatings met zeer toxische metalen zoals cadmium of stoffen die ter ontvetting zijn gebruikt zoals trichlooraethyleen, perchlooraethyleen en koolstoftetrachloride. Trichlooraethyleen kan onder invloed van ozon ontleden tot fosgeen, een zeer giftig gas dat longoedeem veroorzaakt bij inhalatie.

Hoewel het evenmin als het trichlooraethyleen een echte coating is, lijkt het toch zinvol om op deze plaats iets te zeggen over de oliefilm die op het werkstuk kan voorkomen. Vooral in de lichte plaatindustrie treft men op het plaatijzer vaak een roestwerende oliefilm van minerale olie aan.

Bij het weerstandlassen vindt een onvolledige verbranding plaats van deze oliefilm ter plaatse van de laspunten of de lasnaad; dit gaat gepaard met een aanzienlijke rookontwikkeling.

Uiteraard zitten in deze rook metaaloxiden van het werkstuk en de elektroden.

Bij onvolledige verbranding van minerale olie komen de volgende stoffen vrij: koolwaterstoffen, koolmonoxyden, aldehyden (m.n. formaldehyde en acroleïne), eventueel carcinogenen (m.n. benzpyreen), zwaveloxyden, stikstofoxyden en oliedeeltjes. Vooral de aldehyden hebben een sterk prikkelende werking op de tractus respiratoricus. Bij voldoende ernstige expositie kan longoedeem ontstaan.

Graham Jones (1961) beschrijft de gevaren van de respirabele fractie van olie-rook. Hij meent dat er kans is op het ontstaan van fibrotische veranderingen van de longen en op carcinoom. De fractie die door de hogere luchtwegen wordt opgevangen geeft rhinitis, sinusitis, pharyngitis en hyperplastische gastritis door ingestie van opgevangen oliedeeltjes.

ad 3.1.5 Straling

Het zichtbare licht dat geproduceerd wordt bij het lassen kan zeer hinderlijk zijn en hoofdpijn en zelfs tijdelijke visusdaling veroorzaken.

De ultraviolette straling veroorzaakt ophtalmia electrica (las-ogen). Dit is een onschadelijke, maar zeer pijnlijke keratoconjunctivitis. Verder kan het U.V. licht verbranding geven van geexponeerde huid. De infrarode straling kan het traanvocht doen indrogen en kan een lenstroebelings veroorzaken.

ad 3.1.6 Geluid

Bij het ultrasoon lassen zijn de trillingen weliswaar van zeer hoge en niet hoorbare frequenties, door het meetrillen van apparatuur kunnen echter 'ondertonen' ontstaan die wel door het menselijk oor kunnen worden waargenomen. Het zijn zeer hinderlijke hoge piepgeluiden die, uiteraard afhankelijk van de luidheid, schadelijk kunnen zijn.

In de praktijk blijkt dat het niet moeilijk is om met behulp van schermen deze hoge tonen af te schermen.

Bij het metaalsnijden met de plasmatoorts veroorzaakt het met grote snelheid vrijkomende gas een geluid met een sterkte die tussen de 75 dB en de 120 dB kan liggen. De frequentie van het geluid ligt ongeveer bij 1200 Hz. De geluidsterkte is afhankelijk van de snelheid waarmee het gas vrijkomt. Vrijwel altijd

zal men maatregelen moeten nemen ter bescherming van het gehoororgaan.

ad 3.1.7 Apparatuur

De bij het lassen gebruikte apparatuur is een belangrijke bron van potentiële gevaren. Kennis en bestrijding van deze hazards liggen voor een groot deel op het gebied van de veiligheids-technicus. Toch lijkt het nuttig om hier in het kort op deze materie in te gaan.

De bij het autogeen lassen gebruikte metalen cylinders bevatten acetyleen en zuurstof onder hoge druk (max. 200 atmosfeer). Met behulp van een reduceerventiel wordt het gas op de gewenste gebruiksdruk gebracht. Wanneer hij onvoorzichtige behandeling of bij een ongeval dit ventiel in ongerede raakt, is het mogelijk dat het gas zeer snel ontsnapt waardoor de fles in beweging komt en schade kan aanrichten.

Omdat het acetyleen in aceton is opgelost en de aceton in diameter meeenaarde wordt vastgehouden, ontsnapt dit gas minder snel ^{an} door de zuurstof.

Explosies zouden kunnen optreden als de vlam in de cylinder zou slaan. De brander is echter zo geconstrueerd dat de vlam niet terug kan slaan. Explosies kunnen ook voorkomen wanneer gas uit defecte toevoerleidingen kan ontsnappen.

Bij het electrisch lassen zijn de gevaren die het gebruik van electrische stroom oplevert zeer belangrijk. De meeste lastoestellen worden gevoed met een netspanning van 220, 380 of 500 volt. Door foutieve constructies of ontstane gebreken van het lastoestel bestaat de mogelijkheid dat er delen van het lastoestel onder stroom komen te staan waarmee de lasser in aanraking kan komen. Bovendien bestaat de kans dat de lasser in contact komt met het uiteinde (of met de mantel) van de electrode waarop een spanning staat van 60-85 Volt.

Zoals bekend kan electrische stroomdoorgang door het lichaam gevaarlijk zijn en kan met name ventrikelfibrilleren of ademstilstand optreden.

De sterkte van de stroom is bepalend voor het effect. De stroomsterkte is afhankelijk van de spanning van de electrische stroom, waarmee men in contact is en van de weer-

stand van de huid.

In de veiligheidsvoorschriften wordt een grensspanning aangegeven van 42 Volt voor wisselstroom. Als de stroom waarmee men in contact is een lagere spanning heeft dan 42 Volt is er - ongeacht de weerstand - geen gevaar bij stroomdoorgang. Afhankelijk van de weerstand van de huid kan men dus hogere spanningen dan 42 Volt verdragen. Daar gelijkstroom minder gevaarlijk is dan wisselstroom is de grensspanning voor gelijkstroom gesteld op 110 Volt tegen aarde.

De stroomsterkte waar beneden geen gevaar bestaat bij stroomdoorgang bedraagt 15 mA (grensstroomsterkte).

Uiteraard is stroombaan in het lichaam van betekenis (b.v. hand - hand of knie - voet).

Verder brengt electrisch lassen gevaar voor brand of explosie met zich mee. De wegspattende gloeiende druppels metaal kunnen brand veroorzaken, terwijl lassen in ruimten met ontvlambare gassen explosies kan veroorzaken.

3.2. Klinische problemen bij lassers

Wanneer men in de literatuur leest welke ziekten en afwijkingen allemaal aan de kwalijke invloeden van het lassen worden toegeschreven dan is het niet gemakkelijk om uit de elkaar vaak tegensprekende literatuurgegevens de wetenschappelijk vastgestelde causale relaties te halen en te onderscheiden van hypothesen en van bijgeloof.

Naast aandoeningen van longen, ogen, huid en tractus digestivus worden aan het lassen ook afwijkingen van het functioneren van de schildklier, optreden van impotentie, het ontstaan van genetische afwijkingen en tandaandoeningen toegeschreven.

Wij zullen ons hier beperken tot de aandoeningen die in de praktijk het belangrijkste zijn gebleken.

Daartoe wordt een indeling gemaakt in acute en chronische afwijkingen.

3.2.1 Acute afwijkingen

Acute longaandoeningen zijn in de literatuur frequent beschreven. Het betreft eigenlijk altijd gevallen waarbij de ven-

tilatie in de lasruimte onvoldoende was. Zo berichtte Molfino in 1948 op het 14de Bedrijfsgeneeskundige Congres te Turijn over 11 gevallen bij autogeen en electrisch lassen met dodelijke afloop. De acute longaandoeningen zijn gekenmerkt door het optreden van longoedeem, bronchopneumonische haarden en vochtophoping tussen de pleurabladen. Deze verschijnselen kunnen worden veroorzaakt door inhalatie van nitreuze dampen en/of ozon en/of fluoriden. Kleinfeld c.s. (1957) beschrijven de klinische symptomen die optraden bij 11 van de 15 lassers die lasten met beschermende gassen. Volgens de auteurs was er een duidelijke samenhang tussen de klinische symptomen en de aanwezigheid van ozon; drie van deze lassers kregen een longoedeem.

De metaaldampkoorts wordt gekenmerkt door het optreden van de volgende symptomen: hoesten, retrosternale pijn, hoofdpijn en algemene malaise kort na of tijdens de expositie. Na enkele uren ontstaat een heftige koortsaanval voorafgegaan en gepaard gaand met rillingen. Leucocytose, albuminurie en urobilinurie zijn aantoonbaar. De koorts houdt enkele uren aan en is meestal binnen het etmaal verdwenen. Dit syndroom is het meest waargenomen bij lassers die verzinkt plaatijzer lasten. Het optreden van de koortsaanval wordt verklaard door de eigenschap van zink (of andere metalen) om een pyrogene substantie vrij te maken uit de leucocyten en andere cellen in de longen. Deze substantie zou een directe werking hebben op het warmte-regulatie centrum.

Las-ogen ontstaan door expositie aan ultraviolet licht. Het is een onschadelijke maar zeer pijnlijke keratoconjunctivitis die meestal ongeveer 6 uur na de bestraling begint en in het algemeen na 24 uur verdwenen is. Er is een puntvormige beschadiging van de cornea. Verder is de conjunctiva rood, er is tranenvloed en fotofobie. De therapie bestaat uit het indruppelen van een lokaal anaestheticum zoals pantocaine 0,5%. Daar de puntvormige beschadiging van de cornea toeneemt als gevolg van het druppelen bestaat de kans dat bij herhaald druppelen een ernstige keratitis ontstaat.

Recidiverend optreden van las-ogen laat geen blijvende afwijking achter. Daar de lens alle ultraviolet licht absorbeert, be-

staat geen gevaar voor beschadiging van de retina door u.v. licht. Het zichtbare licht kan tijdelijk een visus vermindering veroorzaken (coup d'arc) of zelfs blijvende schade aan de retina toebrengen.

Brandwonden kunnen ontstaan door de hoge temperatuur en door weespattende gloeiende deeltjes. Het u.v. licht kan brandwonden geven van de geëxponeerde huid. Karakteristieke littekens kan men bij lassers vinden bij de ellebogen, de enkels, op de onderbuik en op de borst.

3.2.2 Chronische afwijkingen

Longen

In 1936 vonden Doig en McLaughlin bij 6 van de 16 door hen onderzochte lassers afwijkingen op de röntgenfoto van de longen in de vorm van irregulaire onscherp begrensde nodulaties. Bij deze lassers vonden zij geen andere klinische afwijkingen van de tractus respiratorius. De auteurs meenden dat de inhalatie van ijzeroxyden dit röntgenbeeld kon verklaren.

Deze waarneming is later door vele andere auteurs bevestigd. Men spreekt zelfs van 'welders siderosis'. Deze siderose ontstaat door inhalatie van ijzeroxyden die in grote hoeveelheden in de lasrook voorkomen. Volgens de literatuur zou men overigens pas na 6-10 jaar expositie een siderose gaan ontwikkelen.

De siderose geeft in het begin op de longfoto verschijnselen van een toegenomen tekening die vooral in de midden- en onderkwabben optreedt; later zien we vooral in de ondervelden een reticulair beeld optreden met onscherp begrensde nodulaties. Het röntgenbeeld van de siderose kan veel lijken op dat van de silicose. De siderose geeft geen aanleiding tot longfibrose. Koopman (1967) geeft als mogelijke verklaring hiervoor dat men te maken heeft met een siderosis dynamicus. Wanneer de ijzeroxyden (deeltjes met een gemiddelde grootte van $0,5/\mu$) geïnhaleerd worden, wordt een gedeelte opgevangen in de hogere luchtwegen en afgevoerd met het slijm. Een ander gedeelte bereikt de alveoli en wordt daar gefagocyteerd en komt terecht in het alveolaire sputum (waarin men pseudo-asbest lichaampjes kan aantreffen). De rest komt terecht in de peribronchiale en perivasculaire lymphbanen en in de alveolaire tussenschotten, hetgeen aanleiding geeft

tot het karakteristieke röntgenbeeld. Er vindt dus een constante afvoer plaats waardoor het ijzeroxyde niet de kans krijgt langdurig in te werken. Als de expositie stopt blijkt het siderose beeld op de X-foto dan ook te verdwijnen. Bij siderosis is het ijzergehalte van het bloed vaak verhoogd.

De siderosis geeft weinig of geen functionele afwijkingen, al menen sommige auteurs dat men bij lassers meer bronchitis ziet dan bij andere arbeiders.

Koopman (1967) deed een onderzoek bij 75 lassers en 75 niet-lassers, waarbij met behulp van een boekspirograaf de 1 seconde en de 5 seconde waarden werden vastgesteld. Het bleek dat de lassers gemiddeld een (statistisch significant) lagere V1 en V5 hadden dan de niet-lassers, al waren de verschillen niet imponerend. Uit andere onderzoeken blijkt dat de combinatie lassen en roken een duidelijk negatief effect heeft op de 1 seconde waarde.

Hoewel de inhalatie van ijzeroxyden, zoals vermeld, in het algemeen geen ernstige consequenties heeft en vele auteurs menen dat het lassen geen chronische longafwijkingen van betekenis veroorzaakt, zijn er de laatste tijd publicaties verschenen die wijzen op het voorkomen van longfibrose bij mensen die langdurig laswerk verricht hebben.

In 1955 vond Char bij ongeveer 5% van de 250 door hem onderzochte lassers een lichte longfibrose, met name rond de plaatsen van ijzerdepositie.

Gerrits (1957) behandelde een lasser die 37 jaar in kleine ruimten had gelast voor een silicose in het 3e stadium (met duidelijke longfibrose, emphyseem en chronische tracheo-bronchitis). Deze bevinding bracht hem ertoe om een grote groep lassers te gaan onderzoeken. Bij 26 van de 70 onderzochte lassers vond hij een fijne fibrosis in beide longen. Het betrof hier een groep elektrische lassers die langer dan 10 jaar lasten. Gerrits doet geen mededeling over de bevindingen van longfunctieproeven van deze groep. Wel vermeldde hij dat de lassers zonder röntgenafwijkingen even vaak over hoesten en kortademigheid klaagden als de lassers met de röntgenafwijkingen.

Een mogelijke verklaring voor deze bevindingen zou kunnen zijn dat niet alle silicium verbindingen die in de lasrook voorkomen amorf zijn, maar dat een gedeelte bestaat uit kristal-

lijn Si O_2 dat, zoals bekend, longfibrose veroorzaakt. Bovendien wijzen recente onderzoeken erop dat een zeer langdurige expositie aan amorf silicium ook aanleiding zou kunnen zijn voor het ontwikkelen van een longfibrose.

Maagklachten

Vele auteurs maken melding van het veelvuldig voorkomen van maagklachten bij lassers. Bij vele bedrijven is of was het de gewoonte om lassers gratis melk of melkbonnen te verstrekken. De klachten zijn meestal: misselijkheid, zuurbranden, pijn in epigastrio en overgeven.

Sommer en Reinhardt (1952) verrichtten een röntgenologisch maagonderzoek bij 104 electricch lassers. Bij \pm 39% vonden zij een gastritis en bij \pm 10% een ulcus duodeni.

Andere auteurs stelden een verband vast tussen het aantal jaren dat men als lasser werkzaam was en het optreden van maagklachten.

Over de oorzaak van de maagklachten is in de literatuur geen eenstemmigheid. Verschillende auteurs menen dat de ingestie van de metaaloxiden en minerale olie met het slijm uit de bronchiaalboom een direct prikkelende werking heeft op het maagslijmvlies. Sommigen vinden dat de mangaanoxyden hierbij het belangrijkste agens zijn. Anderen menen dat het vooral de gebukte houding is die de klachten veroorzaakt.

Oogafwijkingen

Bij lassers kan een chronische diffuse scleritis voorkomen met als symptomen: vermoeidheid van de ogen, pijnlijke oogbol, droge ogen en blefaritis. Daarbij kan men hoofdpijn hebben en misselijk of duizelig zijn. Deze klachten verdwijnen als de expositie aan U.V. licht gestaakt wordt. De infrarode straling kan een diffuse troebeling van de lens veroorzaken. Volgens de literatuur zou deze afwijking vooral bij autogeen lassers voorkomen.

4. Preventie en bedrijfsgeneeskundige begeleiding

Door het nemen van adequate preventieve maatregelen zijn eigenlijk alle bedrijfsgeneeskundige complicaties van het lassen te

vermijden. De preventieve maatregelen kan men verdelen in 3 groepen: het gebruik van persoonlijke beschuttingsmiddelen, bevorderen van de veiligheid van de gebruikte apparatuur en het bieden van een goede ventilatie.

4.1 Persoonlijke beschuttingsmiddelen

Tegen de nadelige invloeden van de straling van het ultraviolette, infrarode en zichtbare licht en tegen wegsplattend deeltjes kan men zich afdoende beschermen door gebruik te maken van de lasbril, de laskap en aangepaste kleding.

Het glas dat gebruikt wordt dient overeen te stemmen met de eisen die de toegepaste lasmethode stelt. Hoe hoger de temperatuur bij het lasprocedé wordt, des te meer verschuift de golflengte met maximale intensiteit naar het gebied van het ultraviolette licht. Het gebruikte amperage speelt hierbij een belangrijke rol. Vandaar dat bij het lassen met verschillende stroomsterkten verschillende glazen worden voorgeschreven (zie Normblad N 952). De keuring van de lasbrillen geschiedt door het KEMA te Arnhem.

Behalve het gebruik van brillen of laskappen is ook afscherming m.b.v. schermen of doeken belangrijk, opdat de ene lasser de andere niet hindert. Het dragen van een lederen voorschot en handschoenen beschermt de kleding en de huid.

Verder zal men in een aantal gevallen ook het gebruik van oordopjes moeten aanbevelen.

4.2 Veiligheid van de apparatuur

De beveiliging van de gebruikte apparatuur en het toezicht op het onderhoud ervan is een zaak van de veiligheidsdeskundigen. Explosies en electriciteitsongevallen zijn calamiteiten die voor een belangrijk deel voorkomen kunnen worden.

4.3 De ventilatie

Wanneer niet in de open lucht wordt gelast is het van groot belang dat er een goede ventilatie van de lucht rond de lasser aanwezig is. Zoals reeds is vermeld bedraagt de MAC voor lasrook afkomstig van basische lasstaven 10 mgr/m^3 en voor lasrook van andere lasstaven 20 mgr/m^3 .

De hoeveelheid lasrook die per lasstaaf wordt geproduceerd is bekend (er zijn tabellen van) en varieert van 0,5 gram tot 2,5 gram. (Voor dergelijke tabellen zie monografie 'het lassen' van Caccuri c.s.). Als men het type lasstaaf weet en de hoeveelheid vrijkomende lasrook bekend is en men verder het aantal lasstaven kent dat per man per tijdseenheid wordt gebruikt, is te berekenen hoeveel m^3 per lasser tenminste beschikbaar moet zijn.

Stel dat een lasser per uur 10 basische lasstaven - met een productie van 1 gram per staaf - gebruikt, dan betekent dat dat hij in dat uur $1000 m^3$ lucht heeft voorzien van een concentratie lasrook gelijk aan de MAC (Aangenomen dat een egale verdeling optreedt). In feite zal de concentratie op de arbeidsplaats echter lager zijn daar de lasrook opstijgt en de natuurlijke ventilatie in de meeste fabrieksruimten ervoor zorgt dat de lucht minstens eenmaal per uur ververscht wordt.

In alle gevallen waarin in kleine ruimten wordt gelast zal men niet kunnen vertrouwen op de natuurlijke ventilatie en moet een afzuigstelsel worden toegepast.

Een locale, verplaatsbare afzuigkap van niet te kleine afmeting (b.v. 30 cm X 10 cm) verdient de voorkeur. De snelheid van de luchtstroom ter plaatse van de las mag niet meer zijn dan ongeveer 3 à 4 m/sec; snelheden daarboven beïnvloeden de kwaliteit van de las nadelig.

In het algemeen is een luchtsnelheid van 2m/sec voldoende voor het afzuigen van de lasrook (Frant 1955). De luchtstroom dient verticaal te zijn. Vooral bij het argon-arc lassen is een goede ventilatie nodig i.v.m. de ozon-vorming. Omdat de ozon zich vormt in een bolvormige ruimte rond de vlamboog, is een afzuiging over een breed front nodig met liefst benedenwaarts gerichte luchtstroom (Frant 1963).

In bepaalde gevallen schiet ook een locale ventilatie tekort (of is niet mogelijk) en zal de lasser op andere wijze, b.v. met een verse luchtkap, beschermd moeten worden.

4.4 Bedrijfsgeneeskundige begeleiding

Bij de aanstellingskeuring van lassers zal men rekening moeten houden met de conditie van de tractus respiratorius, de tractus digestivus (m.n. de maag) en van de ogen. Verder is een

normale functie van de bovenste extremiteiten meestal nodig. Periodiek geneeskundig onderzoek wordt door verschillende auteurs (o.a. Spelbrink, 1965) aanbevolen. Jaarlijks zou men een onderzoek moeten doen dat met name aandacht schenkt aan de longen, maag, ogen en huid (anamnetisch en physisch diagnostisch) en waarbij een thoraxfoto wordt gemaakt en een V1 en V5 wordt bepaald. Eventueel kan men het onderzoek uitbreiden met een bloedbeeld, bezinking en ergometrisch onderzoek.

+ - + - + - + - + - + - +

+ - + - + - +

LITERATUUROPGAVE

- ALPAUGH, E.L., K.A. PHILLIPPO & H.C. PULSIFER: Ventilation Requirements for Gas-Metal-Arc Welding versus Covered-Electrode Welding. Am.Industr.Hyg.Ass.J. 29 (1968) 551-557
- CACCURI, S., E. FOURNIER, A. BROCKHAUS, H. SYMANSKI & D. VAN ZUILEN: Het lassen. Monografie van de technologische en pathologische aspecten. Commissie van de Europese Gemeenschappen. Luxemburg 1969
- CHARR, R.: Respiratory disorders among welders. Am.Rev.Tuberc. 71 (1955) 877-884
- DOIG, A.T. & A.I.G. MACLAUGHLIN: X ray appearances of the lungs of electric arc welders. Lancet 1936 no. 1, 771-775
- FAY, H. & P.H. MOHR: Nitrogen dioxide and ozone concentrations in welding operations. Am.Ind.Hyg.Ass.Quart. 18 (1957) 19-28
- FRANT, R. & J. DE LANGE: De ventilatie in lasruimten. Lastechniek 21 (1955) 133-135
- FRANT, R.: Enige bedrijfsgeneeskundige problemen van het elektrisch lassen. Mens en Onderneming 11 (1957) 251-260
- FRANT, R.: Bedrijfsgeneeskundige problemen bij het autogeen en elektrisch lassen. T.Soc.Geneesk. 41 (1963) 45-50
- FRANT, R.: Formation of ozone in gas-shielded welding. Ann.Occup.Hyg. 6 (1963) 113-125
- GERRITS, J.C.: Longafwijkingen bij elektrisch-lassers. Ned.T.Geneesk. 101 (1957) 2257-2262
- GRAHAM JONES, J.: An investigation into the effects of exposure to an oil mist on workers in a mill for the cold reduction of steel ship. Ann.Occup.Hyg. 3 (1961) 264
- KOOPMAN, T.J.: Bedrijfsgeneeskundige aspecten bij het lassen met basische elektroden. T.Soc.Geneesk. 45 (1967) 620-633
- KLEINFELD, M., CH. GIEL & I.R. TABERSHAW: Health Hazards Associated with Inert - Gas - Shielded Metal Arc Welding. Arch.Industr.Hlth. 15 (1957) 27-31
- LUBACH, J.J.: Veiligheidsaspecten bij het elektrisch booglassen. Cursus bedrijfsveiligheid, Veiligheidsinstituut CM 211, Amsterdam
- MOLFINO, F., Patologia Clinica dei saldatori ad arco. Relaz. 14^o Congr.naz.medic.lavoro, Torino 1948, Atti, 1, p.123
- SOMMER, F. & K. REINHARDT: Uber Gesundheitsschäden bei Elektroschweissen. Zentr.f.Arbeitsmed.u.Arbeitsschutz 2 (1952) 79
- SPELBRINK, A.: Arbeitsmedizinische Probleme beim Schweissen von Aluminium. Zentralblatt.f.Arbeitsmedizin und Arbeitsschutz 15 (1965) 54-57
- TORDOIR, W.F.: Over de toxicologie van ozon en het ontstaan van ozon bij bepaalde vormen van elektrisch lassen. Scriptie toxicologie, vervolgcursus bedrijfsgeneeskunde 1971-1973, N.I.P.G.-TNO, Leiden. (n. pbl.)
- ZIELHUIS, R.L.: Vergiftigingen in en door het beroep. Stafleu Wetenschappelijke Uitgeversmaatschappij N.V. Leiden 1969

(vervolg blz. 28)

Handbook on health and safety in welding and allied processes.
International Institute of Welding. Parijs. Verkrijgbaar:
Zeestraat 62, Den Haag (Ned. Vereniging voor Lastechniek)
Normblad N 952. Nederlands Normalisatie Instituut, Rijswijk.

