

**BEPALING VAN DE
BLOOTSTELLING AAN
LASROOK BIJ HET LASSEN
VAN ROESTVRIJ STAAL**

Augustus 2005

**Laboratorium voor industriële toxicologie van de
Algemene Directie Toezicht op het Welzijn op het Werk**

De redactie van deze brochure werd afgesloten op 1 augustus 2005

Redactie: Laboratorium voor industriële toxicologie

Omslag: Sylvie Peeters

Druk: Dienst offset

Verantwoordelijke uitgever: FOD Werkgelegenheid, Arbeid en Sociaal Overleg

Wettelijk depot: D/2005/1205/

Dankwoord

In de eerste plaats gaat onze erkentelijkheid naar de lassers die de monsternemingsapparatuur hebben gedragen, de preventieadviseurs en de werkplaatsverantwoordelijken die de metingen mee praktisch georganiseerd hebben.

De volgende personeelsleden van het Laboratorium voor industriële toxicologie hebben een belangrijke inbreng aan dit onderzoek gehad: Linda Wouters (voor de eerste dossiers), Harry Ackermans, Jean-Paul Barbieux, Claude Bourdauduc, Gianpaolo Vona en Roger Grosjean.

Verdere inlichtingen over deze campagne zijn verkrijgbaar bij Roger Grosjean, adviseur bij het Laboratorium voor industriële toxicologie, (tel.: 02 208 37 79; e-mail: roger.grosjean@meta.fgov.be)

Inleiding

Het lassen is een activiteit die moeilijk weg te denken is uit een ontwikkelde samenleving. Niet alleen de industrie en de bouwnijverheid maar ook de diensten, de logistiek (transportmiddelen) en de huisvesting hebben deze techniek nodig.

In de moderne maatschappij nemen de behoeften aan machines, gereedschappen en installaties in hoogwaardige materialen toe: voedings-, farmaceutische - en scheikundige nijverheid, tanks voor vervoer en opslag van goederen, ventilatietechnieken, industrie- en woningbouw, kantoren. Roestvrij staal is hiervan een belangrijke vertegenwoordiger.

Deze materialen dienen te beantwoorden aan toenemende vereisten inzake veiligheid, hygiëne, weerstand tegen corrosie, esthetiek.

Het bewerken van materialen in roestvrij staal brengt bepaalde risico's met zich mee.

Het Laboratorium voor industriële toxicologie van de Algemene Directie Toezicht op het Welzijn op het Werk heeft van 2002 tot half 2005 metingen verricht in acht bedrijven waarvoor het lassen van roestvrij staal een belangrijke activiteit is. De keuze van de bedrijven is gebeurd in samenspraak met de Afdeling van het basistoezicht van de Algemene Directie Toezicht op het Welzijn op het Werk.

De aanleiding voor deze campagne was de regelgeving inzake carcinogene agentia zoals die opgenomen is in Hoofdstuk II van Titel V van de Codex voor het Welzijn op het Werk. Sommige agentia vallen individueel of als proces onder deze reglementering.

De aanvrager van de metingen (de Afdeling van het basistoezicht van de Algemene Directie Toezicht op het Welzijn op het Werk) heeft een gedetailleerd verslag van de metingen ontvangen. Een kopie van dit verslag werd bezorgd aan de preventieadviseur van het bedrijf die er inzage van geeft aan de betrokken werknemers en het Comité voor Preventie en Bescherming op het Werk. Indien gewenst werd het rapport toegelicht op de vergadering van dit Comité.

Dit overzichtverslag schetst een beeld van de te verwachten blootstellingen, de risico's, de meettechniek, de preventieve maatregelen.

Naast het eigenlijke lassen van roestvrij staal komen enkele aanverwante thema's aan bod: lassen van speciale legeringen, lassen van staal bekleed met roestwerende verf, blootstelling aan slijp- en schuurstof.

Inhoudstafel

<i>Inleiding</i>	3
<i>Dankwoord</i>	2
<i>Inhoudstafel</i>	5
1. <i>Lassen en solderen</i>	7
2. <i>Beknopte beschrijving van de gezondheidsrisico's</i>	8
3. <i>Meettechnieken</i>	9
4. <i>Resultaten van de metingen</i>	11
4.1 <i>Deeltjes lasrook (gravimetrisch)</i>	12
4.2 <i>Chroom VI verbindingen</i>	12
4.3 <i>Lasrook (lassen op koolstofhoudend staal) gravimetrisch</i>	13
4.4 <i>Slijpstof (gravimetrisch)</i>	15
4.5 <i>Metalen</i>	16
5. <i>Andere ervaringen en vaststellingen tijdens de campagne</i>	17
5.1 <i>Risicoanalyse</i>	17
5.2 <i>Gebruik van grondverf met zinkchromaat</i>	18
5.3 <i>Cadmiumhoudende laselektroden en soldeer</i>	18
5.4 <i>Thoriumhoudende laselektroden</i>	18
6. <i>Hiërarchie van preventieve maatregelen bij het lassen</i>	18
7. <i>Aanbevelingen</i>	19
<i>Bijlage 1</i>	21
<i>Bijlage 2</i>	23
<i>Bijlage 3: Foto's monsternemingsapparatuur</i>	25
<i>Bijlage 4 Literatuur</i>	27
<i>Summary in English</i>	29

1. Lassen en solderen

Lassen kan gedefinieerd worden als het samenbrengen van metalen met behulp van warmte, al of niet met het gelijktijdig gebruik van druk. Meestal wordt de lasnaad gevormd door het basismateriaal te verwarmen tenminste tot aan de temperatuur waarbij het vloeibaar wordt (smelttemperatuur). Het solderen verschilt van het lassen in het feit dat het soldeer (het toegevoegde materiaal) verwarmd wordt tot een temperatuur die lager is dan het smeltpunt van het basismateriaal.

Gedurende het lassen en aanverwante procedures kunnen vier bronnen voor luchtverontreinigende agentia geïdentificeerd worden:

1. het basismateriaal van het werkstuk;
2. de bekleding van dit materiaal (voor zover die aanwezig is, bijvoorbeeld een laag roestwerende verf);
3. het toegevoegde materiaal (bijvoorbeeld de elektrode);
4. de omgevingslucht.

De samenstelling van het materiaal kan variëren.

Roestvrij staal bevat 10 tot 20 % chroom, tot 20 % nikkel, rond de 1 % mangaan, tot 3 % molybdeen en eventueel nog lage concentraties elementen zoals niobium, titaan, koper en aluminium.

In onze meetcampagne kwam eveneens een bedrijf voor waar materialen met speciale legeringen werden gelast (strikt genomen geen roestvrij "staal").

In afgeschermd metaal booglassen heeft de metalen kern van de elektrode ongeveer dezelfde samenstelling als het metaal van het werkstuk.

De bekleding van het materiaal wordt tijdens het lasprocédé niet volledig verbrand maar wordt omgezet in rook.

Ook "niet-intentionele" bekleding (vet, vuil, ...) wordt tijdens het lasproces omgezet in rook die soms erg irriterend kan zijn.

Rook is een suspensie van vaste stoffen in de lucht die ontstaat door thermische en/of chemische processen.

De omgevingslucht kan in die zin bijdragen tot de vorming van luchtverontreinigende stoffen door de reactie van de aanwezige stikstof (79 %) met zuurstof met vorming van stikstofdioxide (NO en later NO₂). Zuurstof kan dan weer vaak ongewenst zijn op de plaats waar de materialen aan mekaar worden gezet. Verschillende lastechnieken steunen op het afschermen van het werkstuk van de omgevingslucht. Hiervoor worden bijvoorbeeld argon en CO₂ gebruikt.

Bij het lassen van roestvrij staal worden vaak de technieken TIG en MIG gebruikt.

Het lasprocédé werd telkens in het verslag per onderneming vermeld.

Voor het snijden van platen en dergelijke wordt soms gebruik gemaakt van plasma branden. Dit is een sterk geautomatiseerd proces waarbij de werknemers slechts occasioneel dienen tussen te komen en waarbij zij ver van het plasma verwijderd blijven.

De verontreinigingen van de lucht kunnen ingedeeld worden in gasvormige en deeltjesvormige verontreinigingen.

De belangrijkste gasvormige verontreinigingen zijn stikstofmonoxide NO, stikstofdioxide NO₂ en ozon O₃.

De lasrook is een suspensie van zeer fijne deeltjes in een hete luchtstroom. De samenstelling van de deeltjes wordt hoofdzakelijk bepaald door het te lassen materiaal en de elektroden (waarvan de samenstelling samen hangt met het eerste).

Tijdens dit onderzoek werden alleen deeltjesvormige verontreinigingen gemeten.

De beperking hiervoor is hoofdzakelijk van praktische aard: aangezien geopteerd wordt voor persoonlijke monsterneming en belangrijke concentratiegradiënten bij het lassen de regel zijn is het nagenoeg onmogelijk gelijktijdig de gasvormige en deeltjesvormige verontreiniging te meten bij dezelfde werknemer. Het correct aanbrengen van de monsternemingsapparatuur voor deeltjes is op zichzelf reeds vaak moeilijk genoeg. Het plaatsen van monitoren voor gassen en een filterhouder voor de verzameling van de deeltjes binnen de ademzone bij meerdere werknemers in een industriële omgeving is niet haalbaar.

Uit de literatuur blijkt ook dat over het algemeen belangrijke blootstellingen aan ozon bij het lassen op roestvrij staal weinig voorkomen, in tegenstelling bijvoorbeeld met het MIG lassen van aluminium.

Deeltjes van lasrook zijn condensatie-aërosolen: zeer kleine deeltjes fungeren als condensatiekernen die verder groeien en aan mekaar klitten om ketens te vormen. Het uiteindelijke resultaat zijn deeltjes die hoofdzakelijk binnen het bereik van de inadembare deeltjes zijn.

Naargelang de eisen gesteld aan het eindproduct volgt na het eigenlijke lassen al dan niet een eindafwerking onder de vorm van polijsten ("polieren", enz.)

De deeltjes die bij dit proces vrijkomen zijn "stof" en deze zijn veel groter dan de "rook" van het lassen.

2. Beknopte beschrijving van de gezondheidsrisico's

Irritatie van de ogen en de huid zijn de meest gerapporteerde acute gezondheidseffecten van het lassen.

Daarnaast is er risico voor oogbeschadiging door de UV straling en in bepaalde gevallen schade aan het gehoor (maar die houden waarschijnlijk meer verband met andere activiteiten van metaalbewerking).

Metaalkoorts ("fièvre des fondeurs": koorts- en griepige verschijnselen op het einde van de werkdag met meestal een duidelijke verbetering tegen de volgende ochtend) komt vooral voor bij lassen op zink en is hier niet aan de orde.

Chronische effecten situeren zich vooral ter hoogte van de ademhalingswegen: vermindering van de longfunctie, longemfyseem, chronische bronchitis.

Chroom VI verbindingen zijn ingedeeld als sensibiliserend.

Het Internationaal Agentschap voor Onderzoek over Kanker IARC heeft het lassen ondergebracht in groep 2B.

(Evaluatie: beperkte evidentie voor de carcinogene werking voor de mens van lasrook en -gassen. Ongeschikte evidentie voor de carcinogene werking bij proefdieren van lasrook.

Globale evaluatie: lasrook is mogelijk kankerverwekkend bij de mens).

Lasrook bevat een aantal agentia die ingedeeld zijn in categorie 1 of 2 van de kankerverwekkende stoffen van de EU: nikkeloxiden, zeswaardige chroomverbindingen.

Als zodanig valt het lassen van roestvrij staal onder de bepalingen van Hoofdstuk II Titel V van de Codex voor het Welzijn op het Werk (carcinogene agentia).

De laatste jaren gaat veel aandacht naar neurologische verschijnselen veroorzaakt door blootstelling aan mangaan¹. Mangaan komt voor in een groot aantal legeringen (niet alleen in roestvrij staal).

3. Meettechnieken

Een meting bestaat uit de monsterneming, de analyse en de berekening van het resultaat.

Het doel van de meting is hier de blootstelling aan lasrook te bepalen. Hiervoor moet bemonsterd worden binnen de ademzone. Bij gebruik van een lashelm of -kap wordt de ademzone bij neergelaten kap afgebakend ten opzichte van de rest van de omgeving.

Wanneer men de blootstelling door inhalatie wil bepalen dient de filterhouder zich onder de laskap te bevinden. Het is daar immers waar de lasser de lucht inademt. De meest praktische benadering bestaat in het aanbrengen van een stevige verbinding tussen de filterhouder (bijvoorbeeld een koperen buisje) en de aanzuigleiding die de filterhouder met de pomp verbindt. Het verbindingsstuk kan met een oog aan het scharnier aan de binnenzijde van de laskap bevestigd worden.

Dit was de initiële werkwijze. Het blijkt echter zeer moeilijk, zelfs binnen hetzelfde bedrijf, twee identieke laskappen te vinden zodanig dat in de meeste gevallen het verbindingsstuk aan de hoofdband van de laskap werd bevestigd met stevige kleefband.

¹ Zie bijvoorbeeld: Racette e.a. Prevalence of parkinsonism and relationship to exposure in a large sample of Alabama welders, *Neurology* 2005; 64: 230-235

Wanneer de lasser de kap naar omhoog kantelt, blijft de filterhouder binnen de ademzone. Om praktische reden dient de lasser tijdens de monsterneming de kap op het hoofd te houden. Hij kan de kap naar believen, in functie van zijn werkzaamheden, naar boven of beneden klappen.

In de gevallen waar aan de laskap een afsluiting onder de vorm van een doek bevestigd is (dat de opening tussen de keel en de kap afsluit) dient erover gewaakt dat de filterhouder zich steeds binnen de ademzone bevindt. Een dergelijk afsluitstuk vindt men bij geventileerde laskappen: aan de riem bevinden zich filterhouders. De gefilterde lucht wordt via een leiding naar de laskap gevoerd en via een soort luchtgordijn boven het aangezicht in de laskap verdeeld. Vaak ziet men dat de kap alleen naar beneden geklapt blijft tijdens het eigenlijke lassen en dat bij het omhoog klappen van de kap weer ongefilterde werkplaatslucht wordt ingeademd.

Eén en ander wordt verduidelijkt aan de hand van de foto's in bijlage 3. Bij lassers die gebruik maken van een handscherm wordt de filterhouder aan de kraag bevestigd.

Bij slijpers wordt de filterhouder aangebracht op de kraag of in enkele gevallen binnen de ademzone van een geventileerde helm (met toevoer van gefilterde lucht). In bepaalde gevallen komt de gemeten concentratie niet overeen met een blootstelling door inhalatie wegens het dragen van ademhalingsbescherming. Dit werd dan telkens in het verslag aan de aanvrager van het onderzoek expliciet vermeld.

Aangezien de biologisch relevante fractie de inhaleerbare fractie volgens de EN 481 is, werd telkens een filterhouder voor het bemonsteren van deze fractie gebruikt. Dit waren metalen IOM samplers, CIS samplers (zowel van 25 als van 37 mm diameter). Voor de slijpers werden soms "button samplers" gebruikt die door hun ontwerp geschikt zijn om invliegende niet-inhaleerbare deeltjes (met hoge beginsnelheid ten gevolge van mechanische bewerkingen) maximaal buiten te houden.

Voor de details wordt verwezen naar bijlage 2.

De keuze van het filtermateriaal wordt hoofdzakelijk bepaald door de analyse die men wenst uit te voeren. Voor gravimetrische bepalingen is dit een glasvezelfilter.

Dezelfde filter wordt gebruikt voor de bepaling van de zeswaardige chroomverbindingen. Om reductie tot Cr III te voorkomen dient men wel een glasvezelfilter zonder binder te gebruiken. (Het nadeel van deze filters is dat ze bros zijn en met grote voorzichtigheid moeten behandeld worden om beschadigingen te voorkomen)

Glasvezelfilters zijn minder geschikt voor de bepaling van elementen. Hiervoor worden membraanfilters gebruikt die dan achteraf opgelost worden.

Het gebruik van dezelfde filter voor alle bepalingen is bijgevolg niet mogelijk. Zelfs indien een compromis zou mogelijk zijn inzake de keuze van het filtermateriaal zou een analyse van verschillende fracties van dezelfde filters vragen oproepen in verband met de homogeniteit van de afzetting van de deeltjes op de filter. Het a priori van uitgaan van een homogene afzetting is zeker betwistbaar.

In de praktijk komt het erop neer dat per lasser (of per functie) twee filters werden genomen: één in glasvezel, één membraanfilter. In de mate van het mogelijke werd getracht de activiteiten voor de twee filters zoveel mogelijk gelijkend te krijgen. Voor lassers-monteerders, waarvoor het lassen maar een beperkt deel van de werktijd vertegenwoordigt, is dit waarschijnlijk niet altijd gelukt.

De verschillende filters werden genomen op een ander deel van de werkdag of een andere dag.

Voor de details van de analyse wordt weer verwezen naar de bijlage 2.

4. Resultaten van de metingen

De gemeten concentraties zijn representatief voor de blootstelling door inhalatie over een normale werkdag. De meetduur bedraagt meestal enkele uren. Bij langere onderbrekingen van de blootstelling, zoals lunchpauzes, wordt de apparatuur uitgeschakeld en afgenomen.

Ook daar waar de laskap kan beschouwd worden als een echte ademhalingsbescherming (aanvoer van gefilterde lucht in de laskap, al of niet met afsluitende doek – “mof” - aan de kap om de overdruk te laten ontsnappen) werd eveneens onder de laskap gemeten. De resultaten voor deze metingen waren eigenlijk niet spectaculair beter dan de resultaten bij gewone laskappen. Er werd niet uitgemaakt of dit te wijten was aan het materiaal zelf (onvoldoende filtratie) of een onjuist gebruik.

In deze resultaten zitten zowel “zuivere” lassers, als “lasser-monteerders”. Deze laatsten besteden veel tijd aan voorbereidend werk: het geven van de vorm aan de stukken, aanpassen, meten, helpen van collega’s bij bepaalde werkzaamheden. Er zijn ook resultaten van enkele bedieners van plasma snijtafels.

Uiteindelijk is de effectieve duur van het eigenlijke lassen de voornaamste bepalende factor voor de hoogte van de blootstelling. Zelfs in een bedrijf met veel zuivere lassers bleek de effectieve tijd dat er gelast werd slechts ongeveer 30% te bedragen. Een ander belangrijk element is de oppervlakte waarover gelast wordt: vergelijk een dikke naad over een grote lengte versus bijvoorbeeld het “puntlassen” van een dun draadnet.

Inzake plaatselijke afzuiging is het beeld zeer divers: op vaste werkposten komt geregeld plaatselijke afzuiging voor. Het gebruik van deze plaatselijke afzuiging verschilt sterk: sommige werknemers gebruiken ze consequent, andere niet (“te moeilijk”, niet efficiënt?)

Aan grote constructies waar over grote lengten moet worden gelast, of moeilijk bereikbare plaatsen (binnen tanks, reactoren, enz...), is plaatselijke afzuiging vaak niet aanwezig.

4.1 Deeltjes lasrook (gravimetrisch)

Overzicht

	Range in mg per m ³	Aantal monsters	Rekenkundig gemiddelde
Inhaleerbare deeltjes afkomstig van lassen op roestvrij staal (gravimetrisch)	0,1 - 14,2	43	2,9

De glasvezelfilter wordt vóór en na de blootstelling gewogen. Voor het nazicht van de goede werking van de balans wordt gebruik gemaakt van ijkgewichten. Door het delen van de massa lasrook door het aangezogen volume wordt de concentratie berekend.

De hoogste waarde werd gemeten bij een lasser met een handscherm in een omgeving waar zeer veel gelast werd zonder plaatselijke afzuiging.

De grenswaarde bedraagt 5 mg per m³. Deze algemene grenswaarde voor lasrook dient gehanteerd samen met de specifieke grenswaarde voor de afzonderlijke elementen (bijvoorbeeld voor chroom, nikkel, mangaan, ...).

4.2 Chroom VI verbindingen

Overzicht

	Range in µg per m ³	Aantal monsters	Rekenkundig gemiddelde
Zeswaardige chroomverbindingen in inhaleerbare deeltjes afkomstig van het lassen van roestvrij staal.	< 0,16-17	47	4

In de tabel zijn ook enkele monsters opgenomen afkomstig van slijpers.

De filters gebruikt voor de gravimetrische bepaling van lasrook worden geëxtraheerd met een mengsel van NaOH en Na₂CO₃ in een verwarmd ultrasoonbad. Na een verdere behandeling wordt het gehalte aan chroom VI colorimetrisch bepaald met difenylcarbazine. Voor verdere details wordt verwezen naar bijlage 2.

In de lijst van grenswaarden wordt een onderscheid gemaakt tussen "wateroplosbare" en "wateronoplosbare" chroom VI verbindingen.

Zolang het gaat om goed gedefinieerde verbindingen die alleen voorkomen (zoals zinkchromaat, strontiumchromaat, bariumchromaat, loodchromaat) is een afzonderlijke bepaling mogelijk.

Lasrook bestaat echter uit een zeer complex mengsel van talrijke verbindingen en aangezien er geen operationele definitie bestaat van wat er dient verstaan onder "oplosbare chroomverbindingen" is er een probleem van de praktische aard. Bovendien worden Cr VI verbindingen na extractie met water snel gereduceerd tot Cr III verbindingen.

Om deze dubbelzinnigheid te vermijden zou het sterk aan te bevelen zijn de grenswaarde uit te drukken als "extraheerbaar" (of leachable) chroom VI verbindingen. (De verbindingen die niet extraheerbaar zijn kunnen toch niet bepaald worden).

De beschreven alkalische extractiemethode is zeer efficiënt en extraheert alle Cr VI, zelfs uit een "onoplosbare" verbinding zoals zinkchromaat.

Cr VI wateroplosbare verbindingen (elders niet ingedeeld): 50 µg/m³ (beter zou zijn "leachable" Cr VI verbindingen)

Cr VI wateronoplosbare verbindingen (elders niet ingedeeld): 10 µg per m³.

Op 4 oktober 2004 heeft de US Occupational Safety and Health Administration OSHA in de Federal Register een voorstel van nieuwe regelgeving geformuleerd waarin onder meer de Permissible Exposure Level (PEL) zou verlaagd worden tot 1 µg hexavalente chroomverbindingen per m³ (als tijdgewogen gemiddelde over 8 uur). Dit voorstel is heden nog in publiek onderzoek.

Om de meetmethode te valideren en de betrouwbaarheid van de analyses na te gaan wordt gebruik gemaakt van het gecertificeerde referentiemateriaal CRM 545 (van BCR): "Cr (VI) and total leachable Cr in welding dust loaded on a filter". (Verkrijgbaar bij het Joint Research Centre – Institute for Reference Materials and Measurements IRMM te Geel). Op basis van deze referentiematerialen en deelneming aan interlaboratoriumvergelijkingen kan gesteld worden dat de meetonzekerheid op de Cr VI bepaling minder dan 10 % bedraagt.

Zelfs in het geval de grenswaarde van 10 µg per m³ zou gehanteerd worden, zijn overschrijdingen van deze grenswaarde zeldzaam.

Slijpstof afkomstig van roestvrij staal bevat nauwelijks hexavalent chroom. Het is aannemelijk dat in bepaalde werkplaatsen het Cr VI in het verzamelde slijpstof afkomstig is van lasrook geproduceerd door deze werkzaamheden in de buurt.

4.3 Lasrook (lassen op koolstofhoudend staal) gravimetrisch

In één van de bedrijven waarin metingen plaats vonden werd koolstofhoudend staal gelast waarop voordien een zinkchromaathoudende primer werd aangebracht.

Een voor de hand liggende vraag is natuurlijk wat er gebeurt met het zinkchromaat tijdens het lasproces. Zinkchromaat is een potent carcinogene stof. Eerst dient gespecificeerd dat de naam "zinkchromaat" gebruikt wordt voor meer complexe verbindingen zoals zinkkaliumchromaat, zinktetraoxychromaat, basisch zinkkaliumchromaat.

Er werden vergelijkende metingen uitgevoerd tijdens het lassen op structuren die wel en niet met de roestwerende verf waren behandeld.

Er werden eveneens metingen verricht met een Marple cascade impactor. Deze stationaire meting leverde een resultaat op van 3 mg per m³. De nagenoeg volledige massa van de deeltjes was geconcentreerd in de fractie kleiner dan 5 µm.

Overzicht

	Range in mg per m ³	Aantal monsters	Rekenkundig gemiddelde
Inhaleerbare deeltjes afkomstig van lassen op koolstofhoudend staal (gravimetrisch)	0,8 - 15,0	14	8,5

Hoewel de hoogste concentraties werden gemeten tijdens het lassen op de met grondverf behandelde structuren overschreden de blootstellingen bij het lassen op de naakte structuren ook geregeld de grenswaarde van 5 mg per m³. Ook bleek eens te meer dat werknemers die ogenschijnlijk hetzelfde werk doen (lassen aan dezelfde structuur, dezelfde materialen enz, ...) een grote variabiliteit in de blootstelling kunnen vertonen, door hun manier van werken, positie enz..

Op een aantal van deze monsters werd het gehalte aan Cr VI bepaald met de voordien beschreven methode.

Overzicht

	Range in µg per m ³	Aantal monsters	Rekenkundig gemiddelde
Zeswaardige chroomverbindingen in inhaleerbare deeltjes afkomstig van lassen op zinkchromaathoudende grondverf	2-5	2	3,5

Hieruit blijkt dat het zinkchromaat in het het lasproces praktisch volledig wordt omgezet.

Om de aard van deze pyrolyseproducten te bepalen werden enkele monsters genomen op polycarbonaatfilters voor rechtstreekse analyse met X-stralendiffractie.

Uit het diffractogram kan opgemaakt worden dat het meest waarschijnlijke omzettingproduct van zinkchromaat zinkchromoxide is ZnCr₂O₄, een driewaardige zeer onoplosbare chroomverbinding.

4.4 Slijpstof (gravimetrisch)

Naargelang de eisen gesteld aan het eindproduct volgen na het lassen een aantal nabewerkingen. Wanneer de lasnaad glad moet zijn dient er gepolijst te worden. Dit wordt meestal gedaan door werknemers die zelf niet lassen. Het ligt voor de hand dat dit een zeer stofferige activiteit kan zijn.

Vaak wordt hiervoor plaatselijke afzuiging gebruikt en persoonlijke beschermingsmiddelen (bijvoorbeeld wegwerpmaskers FFP2 en FFP3). Deze hebben een theoretische beschermingsfactor van respectievelijk 10 en 50. Een probleem bij deze maskers is de soms gebrekkige aansluiting op het gelaat (tuitje onder de kin waarbij de effectieve beschermingsfactor aanzienlijk lager is).

In enkele gevallen werd een geventileerde helm met aanvoer van gefilterde lucht gedragen. Voor metingen in een dergelijke helm werd het koperen buisje vervangen door een speekselzuiger en werd een filterhouder van 25 mm gebruikt zoals een button sampler. Bij een dergelijke configuratie raakt de filterhouder de kaak van de werknemer maar dit werd niet als hinderlijk ervaren.

Overzicht

	Range in mg per m ³	Aantal monsters	Rekenkundig gemiddelde
Inhaleerbare deeltjes: polijststof (gravimetrisch)	0,33- 44	5	20

Bij het bekijken van deze resultaten dient men voor ogen te houden dat de gemeten concentraties niet noodzakelijk overeenkomen met concentraties waaraan werknemers werden blootgesteld, bijvoorbeeld filterhouder ter hoogte van de kraag en dragen van een stofmasker.

Het slijpen in afgesloten ruimten (reactoren, tanks, ..) geeft natuurlijk de hoogste concentraties stof en vaak is het daar het moeilijkst om preventieve maatregelen te nemen.

De vraag stelt zich welke grenswaarde hier moet gehanteerd worden.

Verdedigbaar is zeker een grenswaarde die niet hoger ligt dan de algemene grenswaarde voor lasrook. Theoretisch zou een grenswaarde kunnen berekend worden op basis van de elementaire samenstelling van het materiaal.

Belangrijk om te herinneren is ook dat de deeltjesgrootteverdeling van slijpstof totaal verschilt van die van lasrook aangezien bij slijpstof een belangrijke fractie (uitgedrukt in massa) in de inhaleerbare fractie wordt vertegenwoordigd door extra-thoracaal stof met een significante afzetting in de neus (chromium!).

Bij het gebruik van een niet geschikte filterhouder (bijvoorbeeld een cassette in kunststof voor "totaal" stof) kan een belangrijke onderschatting van het risico gebeuren in vergelijking met metingen met een IOM of CIS filterhouder (factor 2 à 4).

4.5 Metalen

De elementaire samenstelling van het op de membraanfilters verzamelde stof werd bepaald met atomaire absorptie spectrometrie AAS met de vlam na oplossen van de filter.

Het oplossen van de op de filter verzamelde lasrook is een zeer kritisch proces: bij gebruik van een niet geschikt zuur worden de metalen niet volledig opgelost of slaan ze na oplossen opnieuw neer. Ook de verschillende fasen van het opwarmen van de oplosvloeistof is kritisch: droogdampen, spatten of het vormen van vluchtige metaalverbindingen kunnen aanleiding geven tot belangrijke verliezen. Deze verliezen kunnen soms beperkt worden door gebruik te maken van gesloten recipiënten in een speciale microgolfoven.

Voor de analyse van dergelijke filters wordt sterk aangeraden de in de literatuurlijst opgenomen ISO en OSHA methoden te raadplegen.

De dominerende kristallijne fase in lasrook heeft een soort spinelstructuur.

Deze spinelstructuur kan algemeen voorgesteld worden met de formule: AB_2O_4 waarin A (kobalt, ijzer, magnesium, mangaan en zink) en B (aluminium, chroom, kobalt en ijzer).²

Deze spinelstructuur is zeer stabiel en biedt grote weerstand tegen sterke zuren.

Aangezien atomaire absorptie een mono elementtechniek is (sequentiële bepaling element per element met telkens de geschikte lamp, verbruik van monstervloeistof) werd een selectie gemaakt van de te doseren elementen op basis van de samenstelling. Voor alle monsters werd chroom, nikkel en mangaan bepaald. Ijzer werd voor sommige dossiers bepaald en in de specifieke verslagen opgenomen. Aangezien ijzer niet systematisch werd bepaald wordt het niet opgenomen in dit overzichtsverslag. Molybdeen dat geregeld voorkomt werd voor geen enkel monster bepaald.

Overzicht

Element	Range in μg per m^3	Aantal monsters	Rekenkundig gemiddelde
Chroom (totaal) Cr	1-400	38	88
Mangaan Mn	0,25-319	38	82
Nikkel Ni	0,1-380	38	100

De volgende grenswaarden vindt men terug in bijlage I bij Hoofdstuk I van Titel V van de Codex Welzijn op het Werk.

- Chroom (metaal) en anorganische verbindingen (met uitzondering van Cr VI verbindingen): $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (als Cr).

² O.Butler, A. Howe, Development of an international standard for the determination of metals and metalloids in workplace air using ICP-AES: evaluation of sample dissolution procedures through an interlaboratory trial J. Environm.Monit. , 1999, 1,23-32

- Nikkel (onoplosbare verbindingen): 1000 µg/m³ (als Ni). Elementair nikkel en nikkeloxiden zijn onoplosbaar.
- Mangaan en mangaanverbindingen: 200 µg/m³ (als Mn).

Enigszins verrassend is dat voor geen enkel van de monsters de grenswaarden voor totaal chroom en voor nikkel werd overschreden.

Daarentegen wordt geregeld een overschrijding van de grenswaarde voor mangaan vastgesteld.

Aangezien mangaan zeer frequent voorkomt in allerlei legeringen mag men er van uitgaan dat overschrijdingen van de grenswaarde voor mangaan zeker niet uitzonderlijk zijn bij het lassen van koolstofhoudend staal. Dit is een punt dat zeker de nodige aandacht vereist.

Om te waarborgen dat het laboratorium betrouwbare resultaten aflevert voor deze verrichtingen wordt deelgenomen aan het vakbekwaamheidschema WASP (Workplace Analysis Scheme for Proficiency van de Health and Safety Laboratory) voor metalen op filters, waaronder ook lasrook.

Voor de AAS bepalingen in het algemeen worden eveneens referentiefilters van de National Institute of Occupational Health in Oslo gebruikt.

5. Andere ervaringen en vaststellingen tijdens de campagne

Over het algemeen kan gesteld worden dat de metingen met grote belangstelling werden verwelkomd.

Dit was vooral zo bij de werknemers zelf en de preventieadviseurs: zij bleken sterk geïnteresseerd in de resultaten, waren bereid goed mee te werken en namen eventuele kleine ongemakken erbij (plaatsing monsternemingsapparatuur in de laskap of helm, ophouden lashelm gedurende de ganse tijd).

5.1 Risicoanalyse

Zoals ook tijdens de campagnes van de vroegere Medische Inspectie (oplosmiddelen, styreen, methyleenchloride) is gebleken werd vastgesteld dat, hoewel reglementair voorzien, de risicoanalyse vaak ontbreekt.

De "risicoanalyse" beperkt zich geregeld tot een loutere beschrijving van de activiteiten, en in de betere gevallen een beschrijving van de gebruikte materialen.

Metingen van de blootstelling zijn zeldzaam en zijn meestal, als ze voorkomen, eenmalig.

Nochtans zijn metingen vaak een onontbeerlijke schakel om na te gaan of de genomen preventieve maatregelen effectief zijn.

5.2 Gebruik van grondverf met zinkchromaat

Materialen die niet uit roestvrij staal bestaan worden vaak behandeld tegen roest.

Ondanks de aandacht besteed aan de hiërarchie van preventieve maatregelen blijkt dat nog steeds roestwerende verven op basis van zinkchromaat worden gebruikt. Als verantwoording voor het gebruik van deze potente kankerverwekkende stof wordt gegeven dat ze uitstekende roestwerende eigenschappen heeft en dat bij gebruik van alternatieven niet kan voldaan worden aan de steeds hoger wordende eisen, vooral in verband met de duur van de garantie.

Het lassen van materialen die één of andere vorm van bekleding hebben (ook zonder zinkchromaat) zoals een verf, een beschermende folie, vet of vuil, is steeds problematisch. De pyrolyse van organisch materiaal geeft aanleiding tot rookontwikkeling en de vorming van irriterende ontbindingsproducten.

5.3 Cadmiumhoudende laselektroden en soldeer

“Zilversoldeer” blijkt soms nog cadmium te bevatten. Alternatieven zijn hiervoor voorhanden. In een bedrijf waar gemeten werd bleek een eenvoudige aanmaningsbrief voldoende om onmiddellijk dit cadmiumhoudend soldeer te vervangen.

De overschakeling van vertrouwde materialen naar nieuwe en gewijzigde technieken vereist soms een langere en moeilijke aanpassingsperiode.

5.4 Thoriumhoudende laselektroden

Thoriumhoudende laselektroden worden soms gebruikt bij TIG lassen.

Blootstelling aan ^{232}Th , ^{230}Th en ^{228}Th is mogelijk bij het lassen maar vooral bij het slijpen van de elektrode.

Een goede plaatselijke afzuiging is noodzakelijk bij deze werkzaamheden.³

6. Hiërarchie van preventieve maatregelen bij het lassen

De maatregelen die de blootstelling aan chemische agentia moeten beperken zijn hiërarchisch gestructureerd.

Eerst moet nagegaan worden of het gebruik van een gevaarlijke stof wel noodzakelijk is. De risico's bij het lassen op roestvrij staal zijn niet rechtstreeks veroorzaakt door het materiaal op zich (dat zelf niet als gevaarlijk is ingedeeld) maar door de agentia die – ongewenst - ontstaan.

³ T. Ludwig, D.Schwaß, G. Seitz, H. Siekmann Intake of thorium while using thoriated tungsten electrodes for TIG welding Health Phys. 77 (4) 462-469 (1999)

De samenstelling van de gebruikte materialen, bijvoorbeeld de elektroden en het soldeer, moet zorgvuldig nagegaan worden. Gevaarlijke stoffen zoals cadmium moeten zoveel mogelijk gemeden worden.

Het lassen van beklede materialen moet zoveel mogelijk vermeden worden, bijvoorbeeld door organisatorische maatregelen.

De volgende stap in de preventie is de isolatie van het risico, concreet het gebruiken van plaatselijke afzuiging. De plaatselijke afzuiging, voor zover aanwezig, wordt niet altijd gebruikt en soms zijn er toch ook vragen bij de efficiëntie van deze afzuiging. Het aanbrennen van een plaatselijke afzuiging op een vaste werkpost stelt meestal geen grote problemen.

Bij grote constructies met steeds wijzigende posities en moeilijk toegankelijke plaatsen met beperkte ruimte voor de lasser is dit in de praktijk vaak moeilijk te realiseren. Er is duidelijk ruimte voor innovatie en creativiteit om hiervoor concrete oplossingen aan te reiken.

Een volgende stap is de algemene ventilatie. Overwegingen van energiebesparing zijn vaak in conflict met een goede algemene ventilatie.

De lashelm blijkt in de praktijk de rechtstreekse inhalatie van de rookpluim goed te voorkomen en zorgt voor een belangrijke reductie van de blootstelling. Op zich is een lashelm geen ademhalingsbescherming tenzij de lucht gefilterd wordt verdeeld in de lashelm, hetgeen slechts in enkele bedrijven werd gezien. Ook hier is duidelijk nog ruimte voor innovatie en verbetering. Omvangrijke lashelmen stellen grote problemen voor het gebruik in kleine besloten ruimten.

Een andere belangrijke maatregel is beperking van het aantal blootgestelden. Meestal vindt het lassen en de metaalconstructie plaats in grote ateliers. De omvang en de configuratie van de werkplaats moeten in staat zijn grote stukken te kunnen plaatsen. Dit maakt het in de praktijk soms onmogelijk de lassers af te scheiden van werkmakers die andere activiteiten verrichten.

De beoordeling van de blootstelling door middel van persoonlijke monsterneming tenslotte moet aantonen dat de genomen preventieve maatregelen effectief zijn.

7. Aanbevelingen

Eens te meer blijkt dat metingen van de blootstelling nauwelijks gebeuren.

Naast het louter reglementaire aspect (de beoordeling van de blootstelling aan chemische agentia is immers verplicht) is er ook een belangrijke ethische dimensie: men blijft in het ongewisse over de concentraties van gevaarlijke chemische agentia waaraan de werknemers reëel worden blootgesteld.

Een eenvoudige praktische benadering bestaat erin de blootstelling in de ademzone (in de laskap zo die gebruikt wordt) gravimetrisch te bepalen. (Een dergelijke bepaling is vlot toegankelijk: zie hiervoor de lijst van erkende laboratoria op de website van de FOD Werkgelegenheid, Arbeid en Sociaal Overleg : www.meta.fgov.be , module "Lijsten").

Van zodra de blootstelling aan inhaleerbare deeltjes de concentratie van 2 mg per m³ overschrijdt dient een meting te gebeuren van de concentratie aan mangaan, om na te gaan of de grenswaarde van 200 µg mangaan per m³ niet overschreden wordt.

(Hoewel deze campagne sloeg op roestvrij staal is deze aanbeveling waarschijnlijk ook geldig voor gewoon staal met een vergelijkbare concentratie aan mangaan).

Een overschrijding van de grenswaarde voor totaal chroom, zeswaardig chroom, nikkel (en vanzelfsprekend ijzer) is onwaarschijnlijk zolang de concentratie aan lasrook de 5 mg per m³ niet overschrijdt. Deze uitspraak is geldig voor normaal roestvrij staal. Is de concentratie aan nikkel en chroom in de verwerkte materialen beduidend hoger, dan kunnen hogere concentraties van deze elementen in de lasrook voorkomen.

De grenswaarden dienen geformuleerd te worden zodanig dat ze in de praktijk kunnen gecontroleerd worden.

De huidige formulering voor "oplosbare" en "onoplosbare" chroom VI verbindingen is onduidelijk, dubbelzinnig en onwerkbaar voor complexe matrices zoals lasrook. Duidelijk en praktisch zou zijn: "extraheerbaar" (of leachable – met specificatie van het extractiemiddel) chroom VI verbindingen.

Bijlage 1

Terminologie

Rook is een suspensie van vaste stoffen in de lucht die ontstaat door thermische en/of chemische processen.

Stof : een suspensie van vaste stoffen in de lucht die wordt veroorzaakt door mechanische processen en werveling (bijvoorbeeld opwaaiing van reeds gesedimenteerd stof).

Mist : een suspensie van vloeistoffen in de lucht die wordt veroorzaakt door condensatie of dispersie.

Aërodynamische diameter van een deeltje: de diameter van een sfeer met dichtheid van 1 g.cm^{-3} met dezelfde eindsnelheid ten gevolge van de zwaartekracht in kalme lucht, als het bewuste deeltje, onder de heersende omstandigheden van temperatuur, druk en relatieve vochtigheid.

Voor deeltjes met een aërodynamische diameter kleiner dan $0,5 \mu\text{m}$ dient de diffusiediameter voor het deeltje gebruikt in plaats van de aërodynamische diameter. In de bovenvermelde definitie moeten dan de woorden "eindsnelheid ten gevolge van de zwaartekracht" vervangen worden door de woorden "diffusiecoëfficiënt").

(Noot: alle diameters in deze tekst, tenzij expliciet anders vermeld hebben betrekking op de aërodynamische diameter).

TIG staat voor **Tungsten Inert Gas**. Boog tussen niet afsmeltbare wolframelektrode en werkstuk, beschermgas argon eventueel met enkele percenten zuurstof.

MIG staat voor **Metal Inert Gas**. Er wordt een boog gevormd tussen continu toegevoerde massieve of gevulde draad en werkstuk. Beschermingsgas argon of helium.

IARC **I**nternational **A**gency for **R**esearch on **C**ancer.

Bijlage 2

A. Specificaties aangaande de monsterneming

- Lasrook en schuurstof (gemeten als inhaleerbare deeltjes)

De omgevingslucht wordt opgezogen doorheen een glasvezelfilter (Gelman Sciences type A/E) die in een filterhouder van het type IOM (Institute of Occupational Medicine) of in een filterhouder van het type CIS (Conical Inhalable Sampler) wordt aangebracht. Voor de IOM filterhouder wordt een aanzuigdebiet van 2 l/min gebruikt, voor de CIS filterhouder wordt het debiet zodanig ingesteld dat de aanzuigsnelheid aan de conische inlaatopening 1,25 m/s bedraagt.

Voor het meten van de blootstelling aan schuurstof wordt een Button sampler (SKC) gebruikt.

De gebruikte filterhouders met de ingestelde debieten zorgen voor het verzamelen van de inhaleerbare fractie (dit is de fractie van de deeltjes die het hoofd kan binnendringen door te ademen langs de neus en de mond) volgens de EN 481.

- Metalen (totaal Cr, Mn , Fe en Ni)

De omgevingslucht wordt aangezogen door een Millipore AAWP membraanfilter met een diameter van 25 of 37 mm en een poriëngrootte van 0,8 µm, aangebracht in ofwel een IOM filterhouder, ofwel een CIS filterhouder.

B. Specificaties aangaande de analyse

- Gravimetrische bepaling

De hoeveelheid deeltjes op de filter wordt gravimetrisch bepaald (balans: Sartorius R 200 D): de filter wordt vóór en na de blootstelling gewogen. De juistheid van de balans wordt regelmatig gecontroleerd met ijkgewichten.

Chroom (VI)

De filters waarop lasrook als inhaleerbare deeltjes gravimetrisch werd bepaald, worden eveneens gebruikt voor de bepaling van Cr(VI).

Elke glasvezelfilter wordt behandeld met een mengsel van NaOH en Na₂CO₃, gedurende 30 min in een ultrasoon bad op 70°C verwarmd, en vervolgens gedurende 10 min op 2500 rpm gecentrifugeerd. De aldus verkregen oplossing wordt na toevoeging van difenylcarbazine geanalyseerd door middel van colorimetrie. De kwantificering gebeurt door vergelijking met standaardoplossingen, bereid uitgaande van kaliumchromaatzouten van Merck als externe standaard. De gebruikte methode is een aangepaste versie van NIOSH methode 7600. De oorspronkelijke NIOSH methode maakt gebruik van PVC filters. Uit onderzoek is gebleken dat PVC filters ongeschikt zijn omdat zij het Cr(VI) reduceren tot Cr(III).

Metalen (totaal Cr, Mn, Fe en Ni)

De filter wordt overgebracht in een beker van 50 ml. Hieraan wordt 2 ml zwavelzuur (98 % m/m; 1 maal verdund) en verschillende druppels waterstofperoxide (30 % m/m) toegevoegd. De beker wordt gedurende 10 minuten opgewarmd op een verwarmingsplaat tot 140 °C. Daarna wordt de temperatuur verhoogd tot 200 °C, er ontstaat witte zwaveltrioxide rook, tot ongeveer 1 ml zuur overblijft. Na afkoelen wordt 5 ml geconcentreerd zoutzuur (36 % m/m) toegevoegd en opnieuw opgewarmd tot de oplossing bijna kookt.

De beschreven procedure is die van bijlage E van ISO 15202-2.

De verkregen oplossing wordt na aanlengen geanalyseerd m.b.v. atomaire absorptie spectrometrie (GBC 906 AA met vlam).

De kwantificering gebeurt door vergelijking met standaardoplossingen, bereid uitgaande van Fixanal standaardoplossingen.

Noot: voor de eerste dossiers werden de filters opgelost gedurende 2 uur bij 140 °C in 65 % salpeterzuur. Uit vergelijkend onderzoek, onder andere door een bevraging van de deelnemers aan de WASP (Workplace Analysis Scheme for Proficiency van het Health and Safety Laboratory van HSE), is gebleken dat belangrijke onderschattingen kunnen optreden van de gehalten aan nikkel en chroom door het onvoldoende oplossen van hun complexe verbindingen.

Bijlage 3: Foto's monsternemingsapparatuur



IOM sampler (profiel)



Button sampler (frontaal)



Neergeklapte laskap



CIS -, Button – en IOM
sampler

Bijlage 4 Literatuur

Arbete och Hälsa 1991: 2 Arbets Miljö Institutet S 171 84 Solna B. Sjögren, U Ulvarson: Welding gases and fumes.

R. Fairfax, M. Blotzer : TLVs Soluble and Insoluble Compounds Appl. Occup. Environ. Hyg 9 (10) 683-686 (1994)

K. Ashley : International Standard Procedure for the Extraction of metal compounds Having Soluble Threshold Limit Values. Appl. Occup. Environ. Hyg 16 (9) 850-853(2001)

OSHA ID-125G ; Metal and metalloid particulates in workplace atmospheres (ICP analysis)

ISO 15202-2 : Workplace air – Determination of metals and metalloids in airborne particulate matter by inductively coupled plasma atomic emission spectrometry – Part 2: Sample preparation ISO 2001

National Institute for Occupational Safety and Health NIOSH Manual of Analytical Methods Method 7600 Chromium, Hexavalent (1994)

EN 481 Workplace atmospheres - Size fraction definitions for measurement of airborne particles CEN Brussel

Summary in English

Measurements of occupational exposure from stainless steel welding

The laboratory for industrial toxicology of the Federal Public Service Employment, Labour and Social Dialogue (formerly Ministry of Labour) performed measurements in 8 workshops in Belgium where welding of stainless steel is an important part of their activity.

A summary report of these measurements is presented here. (For each workshop a detailed report was sent to the local inspector who provided a copy to interested parties: management, workers and their representatives).

Sampling was performed inside the welding helmets, i.e. inside the breathing zone.

Filter holders used were the IOM, CIS and button samplers (polishers).

Glass fiber filters were used for the gravimetric determinations and hexavalent chromium analysis (modified NIOSH method 7600).

Following results were obtained.

Gravimetric determinations

	Range in mg per m ³	Number of samples	Arithmetic mean
Inhalable particulate matter from stainless steel welding (gravimetric determination)	0,1 - 14,2	43	2,9

Limit value welding fume: 5 mg per m³.
The other more specific limit values apply too.

Hexavalent chromium

	Range in µg per m ³	Number of samples	Arithmetic mean
Hexavalent chromium compounds in inhalable particulate matter from stainless steel welding.	< 0,16-17	47	4

The limit value is : 50 µg per m³.

Membrane filters were used for sampling the fume for the determination of nickel, total chromium, manganese and iron. Sample dissolution was performed according annex E of ISO 15202-2. Analysis was performed with flame atomic absorption spectrometry.

Elements in welding fume

Element	Range in $\mu\text{g per m}^3$	Number of samples	Arithmetic mean
Chromium (total) Cr	1-400	38	88
Manganese Mn	0,25-319	38	82
Nickel Ni	0,1-380	38	100

Surprisingly, no exposure above the limit value occurs for nickel (nickel and insoluble compounds: $1000 \mu\text{g per m}^3$) and for chromium (chromium metal and inorganic compounds –except Cr VI -: $500 \mu\text{g per m}^3$). In contrast, several measurements exceed the limit value for manganese ($200 \mu\text{g per m}^3$).

Some measurements were carried with polishers and grinders with the use of button samplers.

Not all results in the table correspond to personal exposures (use of respiratory equipment).

Polishing and grinding dust

	Range in mg per m^3	Number of samples	Arithmetic mean
Inhalable particulate matter from polishing and grinding dust (gravimetric)	0,33- 44	5	20

Some measurements were performed during welding on carbon steel structures some of them coated with a zinc chromate primer.

Welding on carbon steel (coated with a zinc chromate primer)

	Range in mg per m^3	Number of samples	Arithmetic mean
Inhalable particulate matter from welding on carbon steel (sometimes coated with a zinc chromate primer - gravimetric)	0,8 - 15,0	14	8,5

Some other experiences during (the preparation of -) the measurements were:

- Few exposure measurements are carried out by employers or external prevention services;
- Local exhaust ventilation is not always present or used adequately;
- In general both the workers and management warmly welcomed the exposure measurements by the government laboratory. Cooperation was in general very good.
- Hierarchy of preventive measures is not always applied rigorously: e.g. presence of cadmium in silver solder, welding on coated structures.

A general recommendation is that preventive measures should be assessed by exposure measurements that are easily accessible: gravimetric determinations of the inhalable fraction in the breathing zone.

If these measurements show exposures above 2 mg per m³ an elemental analysis is required to exclude an overexposure to manganese (above 200 µg per m³).

Although this campaign was directed towards stainless steel welding this recommendation probably also applies to welding of carbon steel containing the same concentration of manganese.