

1989:

5. **Inger Söderberg:**
Ändrad kurs – om organisationsförändring och datorisering i en kommunal förvaltning.
6. **Francesco Gamberale, Anders Iregren och Anders Kjellberg:**
SPES: The computerized. Swedish Performance Evaluation System. Background, critical issues, empirical data, and a users' manual.
7. **Markku Mattila, Ned Carter, Jan Hovden, Jens Lauritsen, Jukka Lepistö, Ewa Menckel, Arne Rasmussen, Jorma Saari, Anne Seppälä.** Översättning: Ewa Menckel och Ned Carter.
Framgångsrikt olycksfallsförebyggande arbete. Rekommendationer och idéer från fältundersökningar i de nordiska länderna.
8. **Tomas Lindh, Lars-Inge Andersson och Sten Lundström:**
Kraftfrekventa elektriska och magnetiska fält. En personburen mätutrustning.
9. **Gunnar Aronsson, Matti Tönnés och Pär Pettersson:**
Sjukfrånvaro i olika typer av bildskärmsarbete. En registerstudie av 8.400 bildskärmsanvändare vid Televerket.
10. **Håkan Westberg och Birgitta Linder:**
Utvärdering av diffusionsprovtagare för koldisulfid.
11. **Anders Boman:**
Factors influencing the percutaneous absorption of organic solvents
12. **Katrin Karlsson och Per Malmberg:**
Mikroorganismer i luftprov från lantbruksmiljö. Karakterisering med hjälp av svepelektronmikroskopi, fluorescensmikroskopi och odling.
13. **Gunnar Aronsson och Matti Tönnés:**
Förändringar i kvalifikationsstruktur 1977–1985 inom ett stort serviceföretag. En sociologisk studie av Televerkets BNT-register.
14. **Gunnela Westlander:**
Graviditetsutfall. Granskning och analys ur arbetspsykologisk synvinkel.
15. **Ulla Stenius:**
Nordiska expertgruppen för gränsvärdesdokumentation. 84. Hydrokinon.
16. **Susanne Nautrup Olsen och Allan Astrup Jensen:**
Nordiska expertgruppen för gränsvärdesdokumentation. 85. Nitrioltriättisyra (NTA) och salter.
17. **Lennart Lundgren, Lizbet Skare, Anita Persson och Staffan Krantz:**
Analys av metallaerosoler med röntgenfluorescensspektroskopi.
18. **Sven Byström och Åsa Kilbom:**
Lokalt fysiologiskt svar vid intermittent griparbete.
19. **Birgitta Anshelm Olson och Francesco Gamberale (Eds):**
Ungdomars arbetsvillkor i dag och i morgon. Föredrag från ett seminarium.
20. **Bert Björkner:**
Kontaktallergi för ultraviolettt hårdande akrylatprodukter i färger och lacker.
21. **Per Gustavsson:**
Cancer and ischemic heart disease in occupational groups exposed to combustion products.
22. **Gunilla Heimbürger och Per Lundberg:**
Nordiska Expertgruppen för Gränsvärdesdokumentation. 86. Acetonitril.
23. **Björn Gerdle, Curt Edlund, Sven-Eric Bylund, Ely Jönsson och Gunnevi Sundelin:**
Godkända arbetsjukdomar i Västerbotten under en 2-års period.
24. **Thomas Sandström:**
Pulmonary Effects of Air Pollutants. Bronchoalveolar Lavage Studies on the Effects of NO₂ and SO₂ Exposure in Healthy Humans
25. **Per Garberg, Johan Högberg, Ingvar Lundberg och Per Lundberg:**
NIOH and NIOSH basis for an occupational health standard: Di(2-ethylhexyl) phthalate (DEHP)
26. **Roger Lindahl, Jan-Olof Levin och Kurt Andersson:**
Utvärdering av en diffusionsprovtagare för reaktiva ämnen.
27. **John Widström och Lennart Friis:**
Tetrahydrofuran. DEC and SCG Basis for an Occupational Health Standard.
28. **Lars Olander, Johan Johansson och Rolf Johansson:**
Luftrenares effekt på tobaksrök. Del II. Långtidsprov och kompletterande mätningar.
29. **Håkan Westberg och Carl-Göran Ohlson:**
Nordiska Expertgruppen för Gränsvärdesdokumentation. 87. Metylformiat.
30. **Kjell Thorén:**
Nordiska Expertgruppen för Gränsvärdesdokumentation. 88. Pappersdamm.
31. **Ed. Per Lundberg:**
Vetenskapligt Underlag för Hygieniska Gränsvärden 10.
32. **Ed. Per Lundberg:**
Scientific Basis for Swedish Occupational Standards X.
33. **Kristina Kemmlert, Birgitta Nilsson, Åsa Kilbom, Ragnar Andersson och Mats Bjurvald:**
Ergonomiska förhållanden och arbetsskadehantering – en studie av 195 arbetsskadeanmälningar.
34. **Sven Alenius and Anders Jansson:**
Air flow and particle transport into local exhaust hoods. A verified computer model.

Arbete och Hälsa 1990:28

Nordiska Expertgruppen för Gränsvärdesdokumentation

90. Svetsgaser och svetsrök

Bengt Sjögren
Ulf Ulfvarson

ARBETE OCH HÄLSA

Redaktör: Irma Åstrand
 Redaktionskommitté: Anders Kjellberg, Åsa Kilbom,
 Birgitta Kolmodin-Hedman, Staffan Krantz och Olof Vesterberg.
 © Arbetsmiljöstitutet och författarna.

Vid Arbetsmiljööinstitutet arbetar drygt 300 forskare med arbetslivets miljö. Forskningen leds av 30 professorer. Institutet bedriver i stor utsträckning tillämpad forskning, men vissa problemområden kräver också riktad grundforskning.

Institutets vetenskapliga kompetens finns inom sex olika ämnesområden: fysiologi, kemi, medicin, psykologi, teknik och toxicologi. Denna breda kompetens gör att olika problem kan angripas tvärvetenskapligt.

Institutet svarar för utbildning av företagsläkare, företagsköterskor, skyddsingenjörer, sjukgymnaster och beteendevetare.

Information om arbetsmiljöforskning är en annan viktig uppgift för institutet.

© Arbetsmiljööinstitutet och författarna 1990

ISBN 91-7045-079-X
ISSN 0346-7821

Förord

Inom Nordiska Ministerrådets projekt för dokumentation av yrkeshygieniska gränsvärden har bildats en expertgrupp för att leda arbetet. Den består för närvarande av:

- Helgi Gudbergsson Heilsuverndarstödin, Reykjavik
- Petter Kristensen Statens Arbejds miljøinstitut, Oslo
- Per Lundberg (ordf) Arbetsmiljööinstitutet, Solna
- Vesa Riihimäki Institutet för arbetshygien, Helsingfors
- Adolf Schaich Fries Arbejds miljøinstitutet, København

Målsättningen för arbetet är att ge ett vetenskapligt underlag inför diskussion om yrkeshygieniskt gränsvärde. Underlaget syftar till att från publicerad vetenskaplig litteratur komma fram till ett dos-respons-/dos-effekt-förhållande och en kritisk effekt, så långt detta är möjligt. Det är däremot inte expertgruppens uppgift att ge direkta förslag till gränsvärden.

Litteratursökning och insamling av material har ombesörjts av ett sekretariat, dokumentalist G. Heimbürger, med placering vid Arbetsmiljööinstitutet, Solna.

Det insamlade materialet värderas och ett dokumentförslag utarbetas av författare som föreslås av expertgruppen. Den nationelle expertgruppsledamoten fungerar som referent. Förslaget diskuteras, bearbetas och diskuteras av expertgruppen innan det blir antaget.

Endast artiklar som bedömts vara pålitliga och av betydelse för just denna diskussion åberopas i detta dokument.

Biologiska halter är angivna i mol/l eller mg/kg, lufthalter i mg/m³. Om halterna i de refererade arbetena ej är uttryckta i dessa sorter är de såvitt möjligt omräknade med angivelse av den ursprungliga sorten inom parentes.

Värderingen av det insamlade materialet och sammanställningen av detta dokument har utförts av dr. med. sci. Bengt Sjögren, Arbetsmiljööinstitutet, Solna och tekn. dr Ulf Ulfvarson, KTH, Stockholm.

Dokumentförslaget har vid expertgruppens möte 1989-04-10--11 antagits som dess dokument.

Innehåll

1. Bakgrund	1
2. Metoder och exponeringar	1
2.1. Gassvetsning	2
2.1.1. Metodbeskrivning	2
2.1.2. Luftföroreningar	3
2.2. Gasskärning och plasmaskärning	3
2.2.1. Metodbeskrivning	3
2.2.2. Luftföroreningar	3
2.3. Metallbågsvetsning med belagda elektroder	4
2.3.1. Metodbeskrivning	4
2.3.2. Luftföroreningar	5
2.4. Gasbågsvetsning	6
2.4.1. Metodbeskrivning	6
2.4.2. Luftföroreningar	6
2.5. Luftbågsmejsling	7
2.5.1. Metodbeskrivning	7
2.5.2. Luftföroreningar	8
2.6. Luftföroreningar vid sönderdelning av klorerade kolväten	8
2.7. Luftmätningar	8
2.7.1. Partiklar	8
2.7.2. Gaser	9
3. Kinetik	10
3.1. Upptag	10
3.2. Distribution	10
3.3. Elimination	11
3.4. Biologiska halveringstider	11
3.5. Biologiska exponeringsindikatorer	11
3.5.1. Aluminium	11
3.5.2. Barium	11
3.5.3. Bly	12
3.5.4. Fluorid	12
3.5.5. Järn	12
3.5.6. Kadmium	12
3.5.7. Kolmonoxid	12
3.5.8. Krom	12

3.5.9. Mangan	13
3.5.10. Nickel	13
3.5.11. Total partikelexponering	13
4. Allmän toxicologi	13
5. Organeffekter	14
5.1. Andningsorganen	14
5.1.1. Metallröksfeber	14
5.1.2. Rinit, inflammation i näsan	14
5.1.3. Reversibel luftvägsobstruktion	14
5.1.4. Kronisk bronkit och emfysem	15
5.1.5. Lungödem	17
5.1.6. Lunginflammation	17
5.1.7. Lungfibros	18
5.2. Njurar	18
5.3. Mag-tarmkanalen	18
5.4. Nervsystemet	18
5.5. Öron	19
5.6. Blod och blodbildande organ	19
6. Immuntotoxicitet och allergier	19
7. Mutagenicitet och genotoxicitet	20
7.1. Mutationer	20
7.2. Kromosomskador	20
8. Carcinogenicitet	20
9. Reproduktionstoxikologi	21
10. Samband mellan exponering och respons	21
11. Forskningsbehov	22
12. Diskussion och värdering	22
13. Sammanfattning	22
14. English summary	23
15. Referenser	23
Appendix I.	33

1. Bakgrund

Svetsning kan definieras som sammanfogning av metaller med hjälp av värme med eller utan samtidig användning av tryck. Vid smältsvetsning sker sammanfogningen genom att grundmaterialet värms minst så mycket att det börjar flyta (likvidus-temperaturen). Till svetsning räknas också sammanfogning med hjälp av atomär diffusion. Vid lödning, i motsats till svetsning, upphettas tillsatsmaterialet (lodet) till en arbetstemperatur som är lägre än grundmaterialets smältpunkt (100).

Bland svetsmetoderna är smältsvetsning den till omfattningen viktigaste och av smältsvetsmetoderna är bågsvetsning den vanligaste idag. I detta dokument behandlas enbart smältsvetsmetoderna. Dokumentet behandlar inte svetsning av plast.

Antalet svetsare beräknas uppgå till mer än 1% av arbetskraften i industrialiserade länder (68). Manuell svetsning innebär således ur kvantitativ synpunkt en betydelsefull exponering för de med svetsning förknippade luftföroreningarna.

2. Metoder och exponeringar

Ett stort antal metoder och metodvarianter finns för smältsvetsmetoderna och besläktade förfaranden, t ex gasskärning, plasmaskärning och luftbågsmejsling. Här beskrivs de viktigaste manuella metoderna, eftersom det är dessa som ger högst dagsmedelxponering för luftföroreningar.

Exponeringsbeskrivningarna utgår främst från en serie studier av nära 500 svetsare som utförts av författarna under 1970-talet och sammanfattats (174, 175).

Luftföroreningar vid svetsning och liknande förfaranden bildas från fyra källor: 1) grundmaterialet, 2) beläggning på grundmaterialet, 3) tillsatsmaterial och 4) luften.

Grundmaterialet består av metaller med legeringsämnen och föroreningar samt eventuella beläggningar. Sammansättningen hos de tre viktigaste grundmaterialen stål, rostfritt stål och aluminium varierar vanligen inom följande gränser.

Stål kan innehålla upp till 0,3 viktprocent krom och upp till 0,4% koppar samt upp till 1% mangan, medan rostfritt stål kan innehålla 10-20% krom, upp till 1% mangan, upp till 20% nickel och upp till 2,7% molybden samt mindre mängder av t ex niob, titan, koppar och aluminium. Speciella stål kan ha ännu högre halter av krom och nickel (174). Stål innehåller varierande koncentrationer av kol, vanligen mindre än 1%.

Konstruktionsaluminium kan innehålla upp till 6% magnesium, upp till 0,3% krom, upp till 1,5% mangan, upp till 0,8% järn, upp till 0,1% koppar och upp till 5% zink (174).

Metallkärnan (svetsgodset) i elektroden vid metallbågsvetsning, har en sammansättning som liknar grundmaterialets sammansättning. Innehållet i beläggningen beror på elektrodtyp. Hos basiska elektroder dominerar kalcium och fluor som komponenter. Rutilelektroder innehåller till nära hälften av vikten titandioxid, medan de numera ovanliga sura elektroderna har mycket kvarts i höljet (174). Speciella metaller kan ibland förekomma i höljet, såsom barium (32) och zirkonium (174).

Organisk beläggning på grundmaterialet brinner inte upp helt, utan sönderdelas och förgasas till stor del i uppvärmningszonen framför och på sidorna av svetsstället. Detta framgår av förekomsten av organiska ämnen med låg molekylvikt i luftföroreningarna omkring svetsoperationen. Följande ämnen förekom i ett antal försök någon gång med mer än 10% av hela innehållet organiska ämnen vid svetsning i stål belagt med shopprimer med zinktetraoxikromat som pigment och polyvinylbutyral och fenolharts som bindemedel: butanal, hexanal, fenol, kresol och etoxietylacetat samt följande organiska lösningsmedel, som troligen funnits kvar i filmen: butanol, toluen, xylener (16).

Vid gasmetallbågs svetsning (MIG eller MAG, jmf. nedan) används en smältande elektrod av ungefär samma sammansättning som grundmaterialet. Både vid MIG/MAG-svetsning och vid gaswolframsvetsning (TIG) används ofta tillsatsmaterial i form av tråd av grundmaterialets sammansättning eller av material kompatibelt med grundmaterialet. Skyddsgasen kan vara ren argon vid båda dessa svetsstyper. Vid gasmetallbågs svetsning förekommer också andra skyddsgaser, argon med några procent syre (MIG-svetsning), blandgas med 80% argon och 20% syre eller ren koldioxid (MAG-svetsning) (174).

Den fjärde källan för bildning av luftföroreningar, den omgivande luften, kan förutom huvudkomponenterna syre och kväve innehålla luftföroreningar, t ex klorerade kolväten använda vid avfettningsoperationer. Under inverkan av värmen och strålningen från svetsoperationen kan nya ämnen bildas i luften, t ex kväveoxider (värme), ozon (UV-strålning) (174), fosgen från perkloretylen, trikloretylen och metylkloroform och dikloroacetylchlorid från trikloretylen (5, 29, 30, 63, 142).

Den enskilda svetsarens exponering påverkas också av svetsningens omfattning i förhållande till andra arbetsuppgifter (bågtidsfaktor jmf punkt 2.7.1), den allmänna ventilationen samt användningen av skyddsåtgärder, främst punktutug.

2.1. Gassvetsning

2.1.1. Metodbeskrivning

Gassvetsning sker vanligen genom att acetylen och syrgas (oxygen, O₂) blandas i lämpliga proportioner i en svetsbrännare. Gasblandningen förbränns i en låga med ca. 3100 °C temperatur. Blandningen av de båda gaserna avvägs så att lågan får lämpliga egenskaper för olika ändamål (100).

Vid ingen eller liten mängd inblandad syrgas fås en sotande låga, vilken används vid tändningen. Vid tillförsel av något mer syrgas, så att en klart lysande gul zon erhålles framför kärnlågan, fås en kolande låga som används för gassvetsning av gjutjärn, aluminium och bly, samt bl a hårdlödning.

När syrgasinblandningen ökar försvinner kolflamman och just vid denna punkt erhåller man s k normal låga, som används för gassvetsning av stål och koppar. Den normala lågan är reducerande, eftersom den tar en del av för fullständig förbränning nödvändig syrgas från den omgivande luften. Den reducerande effekten innebär att den smälta metallen skyddas från inverkan av syrgas och att därför gassvetsning av stål kan utföras utan flussmedel.

Vid ökande syrgasinblandning och minskande acetylenmängd erhålles först en s. k. svagreducerande låga, som används för svetsning av mässing och brons samt s. k. svetslödning. Oxiderande låga erhålls om man minskar den tillförda acetylen-

mängden och ökar den tillförda mängden syrgas ytterligare, så att kärnlågan och ytterflamman avkortas.

Syrgasöverskottet verkar oxiderande på svetsgodset och används vid "svårsvetsad" mässing (100).

2.1.2. Luftföroreningar

Enligt en undersökning 1976 sysslade knappt 32 000 personer i Sverige med smältsvetsning, varav endast ca 12% sysslade med gassvetsning, huvuddelen av dessa svetsade i kolstål. Den låga andelen gassvetsning i förhållande till all svetsning är en del av förklaringen till att exponeringsstudier av luftföroreningar huvudsakligen har avsett olika former av metallbågs svetsning. En del äldre (1950-talet och tidigare) mätningar av olika gaser tex kvävedioxid vid gassvetsning (4) är uppenbart felaktiga och redovisas inte här.

Gassvetsning är inte en enhetlig metod, jmf. beskrivningen ovan, utan sker på ett antal olika sätt som påverkar arten och koncentrationen av emitterade luftföroreningar. Gassvetsning sker vid lägre temperatur än metallbågs svetsning och kan väntas ge lägre emissioner av luftföroreningar till den omgivande luften än metallbågs svetsning, speciellt när den senare sker med användning av smältande elektroder, vilka ger det största bidraget till partiklar i luften.

2.2. Gasskärning och plasmaskärning

2.2.1. Metodbeskrivning

Gasskärning går till så att grundmaterialet värms med en låga, vanligen av oxygen och acetylen, och när metallen är ljusröd (vid antändningstemperaturen) riktas en ström av oxygen under högt tryck mot den heta metallen. Vid skärning av stål oxideras därvid järn till magnetit (Fe₃O₄), vars smältpunkt ligger under järnets smältpunkt och därför omedelbart smälter och blåses undan av oxygenströmmen. Processen underhålls därefter av den exoterma oxidationsreaktionen och stålet smälter inte (33).

Vid plasmaskärning alstras plasma genom att en gas strömmar genom en ljusbåge och övergår i plasmatillstånd. Den uppnådda temperaturen är 10 000–30 000 °C. Metoden kan användas för skärning av metaller med hög smältpunkt. Skärhastigheten är hög och det finns möjlighet för skärning av aluminium och rostfritt stål (8).

2.2.2. Luftföroreningar

Vid försök med gasskärning (acetylen-oxygenbrännare) under realistiska förhållanden med maskinskärning i grundmålad och omålad stålplåt uppmättes på en plats där en operatör kan tänkas uppehålla sig 9 - 37 mg/m³ (9 - 35 ppm) CO, 0,22 - 1,8 mg/m³ (0,18 - 1,49 ppm) NO, 0,04 - 0,64 mg/m³ (0,02 - 0,30 ppm) NO₂. Vid gasskärning i trånga och dåligt ventilerade utrymmen kan betydligt högre halter uppträda av dessa gaser. I slutna utrymmen kan NO₂-halten överskrida 190 mg/m³ (100 ppm) (131).

Pyrolysoxider från de använda vanliga verkstadsgrundfärgerna, med känd irriterande verkan, uppmättes i halter som bedömdes som låga (högst några hundradels ppm) i förhållande till deras hygieniska gränsvärden. Luktupplevelser och irriterande verkan kan dock inte uteslutas (176).

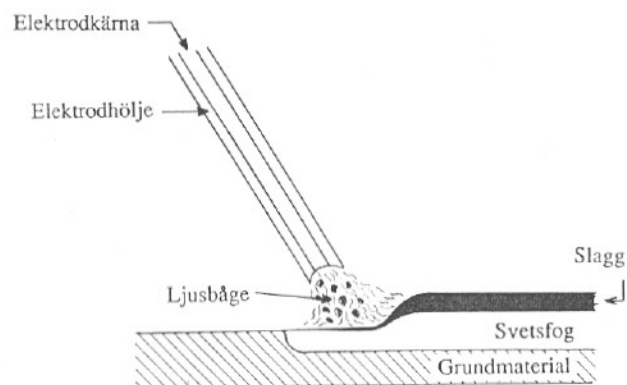
I en undersökning av tio provplattor med plasmaskärning, varav åtta gällde rostfritt stål och två aluminium, var koncentrationerna av totaldamm i operatörernas inandningsluft vid skärning i rostfritt stål mellan 0,5 och 21 mg/m³ (8). Den stora variationen förklaras med olikheter i ventilationsförhållandena. Kromhalterna i operatörernas inandningsluft var därvid 0,18 - 0,35 mg/m³ med ett enstaka värde på 2,6 mg/m³ och nickelhalterna 0,12 - 0,29 mg/m³ med ett enstaka värde på 2,2 mg/m³ (8). Kvävedioxidhalterna uppmättes till mellan 0,10 och 4,3 mg/m³ (0,06 och 2,3 ppm) med ett geometriskt medelvärde på 0,9 mg/m³ (0,5 ppm) medan ozonhalterna var mycket låga (8).

2.3. Metallbågsvetsning med belagda elektroder

2.3.1. Metodbeskrivning

Vid metallbågsvetsning med belagda elektroder alstras en elektrisk spänning mellan elektrod och grundmaterial. Den bildade ljusbågen smälter elektrod och fogytor. Elektroden, som smälter allt eftersom svetsningen fortskrider, är belagd med ett hölje, figur 1. Höljets uppgift är att genom sin sammansättning underlätta ljusbågens tändning, stabilisera bågen, avlägsna oxidskikt på grundmaterialet, skydda svetsgodset mot oxidation och nitrogenupptagning, legera svetsgodset och bidra med tillsatsmaterial och att bilda slag som formar och stöder svetsen. Såväl likström som växelström förekommer. Sedan en ljusbåge uppkommit inställer sig en bågspänning som för belagda elektroder är i området 20 - 40 volt. Strömstyrkan varierar i områden 50 - 400 ampere (174).

Figur 1. Metallbågsvetsning



2.3.2. Luftföroreningar

Vid undersökning av exponeringen för luftföroreningar hos 90 svetsare som arbetade med metallbågsvetsning med belagda elektroder i oleregat och låglegerat stål utan användning av punktutug konstaterades att hälften av svetsarnas dagsmedelvärden av totaldamm i inandningsluften (innanför ansiktsskyddet) var lägre än ca 10 mg/m³ och 75% var lägre än ca 17 mg/m³. Vid användning av punktutug var motsvarande värden ca 3 mg/m³ respektive 7 mg/m³ (174, 175).

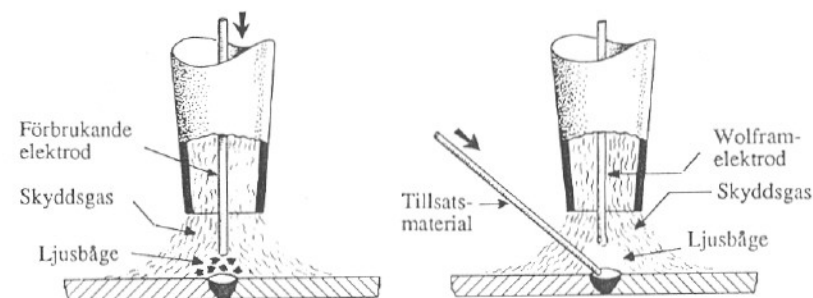
Vid undersökning av exponeringen för luftföroreningar hos 86 svetsare som arbetade med metallbågsvetsning med belagda elektroder i rostfritt stål utan användning av punktutug konstaterades att hälften av svetsarnas dagsmedelvärden av totaldamm i inandningsluften (innanför ansiktsskyddet) var lägre än ca 5 mg/m³ och 75% var lägre än ca 7 mg/m³. Koncentrationen av krom (som CrO₃) i inandningsluften var för hälften av svetsare utan punktutug lägre än ca 2 mg/m³ och för 75% av svetsarna lägre än ca 4 mg/m³ (174, 175).

Vid svetsning med nickelhaltig elektrod (75% nickel) erhöles som medelvärde 0,4 mg nickel/m³ (0,07-1,1 mg nickel/m³) (189) men däremot inte nickelkarbonyl (64).

När det gäller gaser är främst ozon och kväveoxid av intresse. Vid metallbågsvetsning med belagda elektroder är ozonhalterna mycket låga, motsvarande bakgrundsvärden.

Vid svetsning av stål och rostfritt stål var hälften av uppmätta korttidsvärden av summa kväveoxider (ungefär 50% av vardera kvävemonoxid och kvävedioxid) - i detta fall strax utanför ansiktsskyddet - under ca 0,8 mg/m³ (0,5 ppm). Vid svetsning i rostfritt stål har i 10% av fallen högre värden än 0,5 mg/m³ (3 ppm) uppmätts (174, 175).

Figur 2. Gasbågsvetsning, MIG och TIG.



2.4. Gasbågsvetsning

2.4.1. Metodbeskrivning

Vid gasbågsvetsning används en skyddsgas för att skydda svetsstället från luftens skadliga inverkan på det svetsade materialet, figur 2. Metoden utvecklades under 40- och 50-talen för svetsning av aluminium och aluminiumlegeringar och har senare kommit att användas också på andra material.

Metoden har två huvudvarianter. I den ena sker svetsningen med en smältande elektrod, som matas fram allt eftersom den förbrukas, MIG-svetsning (MIG = Metal Inert Gas) eller MAG-svetsning (MAG = Metal Active Gas). Vid båda dessa svetsmetoder används likström.

Beroende på bl a plåttjockleken kan MIG- och MAG-svetsning ske antingen som kortbågsvetsning eller spraybågsvetsning. Vid kortbågsvetsning (båglängd ca 2 mm) sker materialtransporten genom att en metalldroppe växer ut på elektrodspetsen, kortsluter bågsträckan och sedan snörs av. Efter en kortslutning inträder åter båg tillstånd och förloppet upprepas ca 200 ggr/sek. Detta ger upphov till ett karakteristiskt knattrande ljud. Denna typ av svetsning ger mindre uppvärmning av materialet än spraybågsvetsning och används vid svetsning i tunnplåt.

Spraybågsvetsning sker med större båglängd (≤ 5 mm). Materialtransporten sker i ljusbågen. Såväl strömstyrkan som spänningen är högre och uppvärmningen därmed större.

I den andra varianten av gasbågsvetsning sker svetsningen med en icke smältande elektrod, TIG-svetsning (TIG = Tungsten Inert Gas, tungsten = engelska för wolfram). För att oxiduppbrytning skall ske utan att elektroden upphetas för mycket används växelström vid TIG-svetsning.

Tändningen av ljusbågen sker med högfrekvent växelström, vilken vid växelströmsvetsning vanligen är påslagen hela tiden för återtändning av bågen vid polväxlingarna. TIG-svetsning kan liksom MIG-svetsning ske med pulserande ström (174, 175).

2.4.2. Luftföroreningar

Vid undersökning av exponeringen för luftföroreningar hos gasbågsvetsare (MAG) i olegerat stål utan användning av punktugsug konstaterades att hälften av svetsarnas dagsmedelvärden av totaldamm i inandningsluften (innanför ansiktsskyddet) var lägre än ca 7 mg/m^3 och 75% lägre än ca 12 mg/m^3 . Vid användning av punktugsug var motsvarande värden ca 5 mg/m^3 respektive ca 8 mg/m^3 (174, 175). Vid gasbågsvetsning är punktugsug mindre effektiva än vid metallbågsvetsning med belagda elektroder.

Vid undersökning av exponeringen för luftföroreningar hos 102 svetsare som arbetade med gasbågsvetsning i aluminium utan användning av punktugsug konstaterades att hälften av MIG-svetsarnas dagsmedelvärden av totaldamm i inandningsluften (innanför ansiktsskyddet) var lägre än ca 9 mg/m^3 , medan 75% av MIG-svetsarnas dagsmedelvärden var lägre än ca 22 mg/m^3 . Med punktugsug var motsvarande värden ca 7 och 12 mg/m^3 (174, 175).

Vid TIG-svetsning i aluminium var hälften av svetsarnas dagsmedelvärden av totaldamm i inandningsluften (innanför ansiktsskyddet) lägre än ca 1 mg/m^3 , medan 75% av TIG-svetsarnas dagsmedelvärden var lägre än ca 2 mg/m^3 (174, 175).

När det gäller gaser är både ozon och kvävedioxid av intresse. Ozonproblemet är besvärligast vid MIG-svetsning i aluminium. Hälften av uppmätta korttidsvärden av ozonkoncentrationer i inandningsluften var lägre än $0,16 \text{ mg/m}^3$ (0,08 ppm) och 75% av halterna var lägre än $0,35 \text{ mg/m}^3$ (0,18 ppm). 90% av uppmätta korttidsvärden var lägre än $0,82 \text{ mg/m}^3$ (0,42 ppm). Vid TIG-svetsning i aluminium var 90% av uppmätta ozonhalter lägre än $0,16 \text{ mg/m}^3$ (0,08 ppm) och ungefär samma jämförelsevis låga koncentrationer uppmättes vid olika former av gasbågsvetsning i stål.

Hälften av uppmätta korttidsvärden av summa kväveoxider (ungefär 50% av vardera kväveoxid och kvävedioxid) strax utanför ansiktsskyddet var vid TIG-svetsning i aluminium $1,5 \text{ mg/m}^3$ (1 ppm), 75% av värdena under drygt $4,6 \text{ mg/m}^3$ (3 ppm) och 90% av värdena under $11,7 \text{ mg/m}^3$ (7,6 ppm). Även vid MIG-svetsning i aluminium uppmättes enstaka värden i området över $4,6 \text{ mg/m}^3$ (3 ppm). Vid gasbågsvetsning i stål och rostfritt stål uppmättes lägre halter (174, 175).

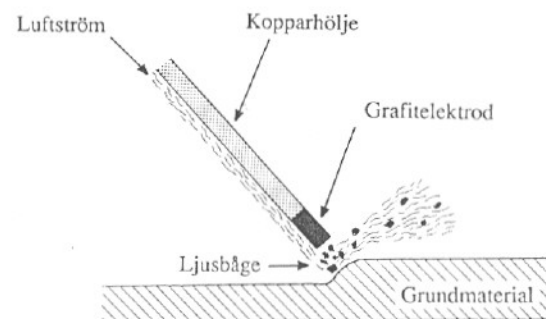
Vid TIG-svetsning av rostfritt stål används ofta elektroder legerade med 2% torium. Torium är en naturlig alfa-strållare och denna strålning har uppmätts till $<0,9$ sönderfall per minut och m^3 (19), vilket motsvarar $<0,015$ becquerel per m^3 .

2.5. Luftbågsmejsling

2.5.1. Metodbeskrivning

Vid luftbågsmejsling bildas en ljusbåge mellan grundmaterialet och en elektrod. Elektroden består av en kolstav som oftast är belagd med koppar, figur 3. Grundmaterialet smälter och blåses bort med tryckluft. Denna metod användes bl a för fogberedning samt borttagning av felaktiga svetsar.

Figur 3. Luftbågsmejsling



2.5.2. Luftföroreningar

Luftbågsmejsling medför mycket höga dammhalter under den korta tid då operationen pågår. Vid ett arrangerat mätillfälle uppmättes under 72 minuter en totaldammhalt på 35 mg/m³ i operatörens inandningsluft (8). Samtidigt uppmättes kväveoxider (2,8 mg/m³ 2,1 ppm varav 0,7 mg/m³, 0,4 ppm NO₂) och kolmonoxid 9 mg/m³ (8 ppm) och låga halter av ozon.

2.6. Luftföroreningar vid sönderdelning av klorerade kolväten

Vid svetsning i luft som innehåller organiska lösningsmedel av typen klorerade kolväten kan det bildas skadliga gaser genom termisk eller fotokemisk sönderdelning av lösningsmedlet och reaktioner med luftens komponenter. Ur risksynpunkt har därvid den lungskadade gasen fosgen tilldragit sig särskilt stort intresse (29, 30). Dahlberg et al (29) anger att den fotokemiska mekanismen för fosgenbildningen är effektivare än den termiska och att risken för fosgenbildning ur klorerade kolväten är störst för MIG-svetsning i aluminium, mindre för MIG-svetsning i rostfritt stål och legerat stål och låg för MAG-svetsning i olegerat stål med koldioxid som skyddsgas. Perkloretylen ger enligt Dahlberg vid i övrigt lika betingelser de högsta fosgenhalterna, därefter trikloretylen, som dessutom även kan sönderdelas till dikloracetylklorid, medan 1,1,1-trikloreten ger mindre halter fosgen (29) och även klorväte (29, 142).

2.7. Luftmätningar

Koncentrationen av partiklar och gaser är högre utanför ansiktsskyddet än innanför detsamma, bl a beroende på att den koncentrerade svetsplymen förs med termiken förbi svetsaren och fördelas långsamt i luften samt beroende på att utandningsluften från svetsaren späder luften innanför ansiktsskyddet. Vid en mätning av järnoxidkoncentrationen var koncentrationen 36-71% lägre innanför än utanför ansiktsskyddet (58). Man bör därför om möjligt mäta luftföroreningskoncentrationen innanför ansiktsskyddet.

2.7.1. Partiklar

Proven uppsamlas på membranfilter tex av cellulosaestrar med porstorlek av 0,8 µm enligt en standardmetod (7).

Den totala provtagningstiden för ett prov kan variera mellan någon timme och en hel arbetsdag. Proven kan tas antingen vid stationära provplatser eller genom personburen provtagning. I det senare fallet tas proven på insidan av ansiktsskyddet, för att motsvara inandningsluften. Svetsskärm eller svetshjälms förses lämpligen med en eller två metallkåpor avpassade efter måtten på filterhållare för filter med diametern 37 mm och placerade i munhöjd på ena eller båda sidorna av huvudet, vridna så att de inte träffas direkt av utandad luft. Provtagnings slangarna ansluts genom hål i kåporna (175).

När svetsning inte pågår faller svetsaren upp ansiktsskyddet eller lägger ifrån sig skärmen, varvid provtagningen beräknas motsvara bakgrundsvärden i arbetslokalen, vilket svetsaren är exponerad för så länge han befinner sig i lokalen. Vid längre raster utanför arbetslokalen bör provtagningsutrustningen stängas av varvid tidpunkterna antecknas och flödena mäts före och efter avbrott.

Filtern vägs före och efter provtagningen och totaldammhalten i den provtagna luften beräknas. Praktiskt taget allt damm från svetsning är respirabelt och huvuddelen av partiklarna har en storlek mindre än 1 µm (78, 177).

Vid bågs svetsning är bågtidsfaktorn (anger andelen tid då bågen är tänd, ett tal mellan 0 och 1) av stor betydelse för medelhalten av luftföroreningar från svetsningen. Bågtidsfaktorn kan antingen uppskattas genom tidsstudier eller mätas direkt med bågtidsmätare, en strömtång omkring svetskabeln som registrerar den tid ström går genom kabeln och den totala arbetstiden (175).

Halterna av partikulära luftföroreningar under den tid bågen är tänd kan inte mätas direkt. Ett mått på exponeringen från svetsningen när bågen är tänd, immisionsindex, erhålles genom att uppmätta halter under provtagningsperioden av luftföroreningarna i inandningsluften minus bakgrundshalten i lokalen divideras med bågtidsfaktorn (175).

För den vidare analysen av innehållet i dammet kan olika metoder användas, tex atomabsorption för enstaka element, t ex krom. När det är motiverat kan det vara en fördel att använda multielementmetoder, särskilt röntgenmetodik, antingen genom röntgenexcitation eller vid speciellt utrustade laboratorier, genom jonexcitation (PIXE) (81). Med PIXE kan normalt element från och med 19 kalium analyseras med en detekterbarhet av 0,0001 mg/m³ och en onoggrannhet i analysen ± 10% (175).

Kromföreningar med 6-värt krom kan bestämmas enligt difenylkarbazidmetoden (1) eller zephiraminmetoden (53).

Kromföreningar med olika löslighet i olika medier, vatten, syra, alkalisk smälta bestäms genom lakning och efterföljande bestämning med atomabsorption (17, 18, 101, 119). Uppslutning i alkalisk lösning har rapporterats ge oxidation av 3-värt krom (187). Användning av chelatbildare har också rapporterats (170). Interlaboratoriekalibrering har utförts gällande 6-värt och totalt krom i svetsrök (178).

Behovet av att analysera partiklar med avseende på ytterligare komponenter skiftar. Bens(a)pyren kan analyseras med fluorescensmätning (166).

Fluorinnehållet på filter kan analyseras genom att filtret uppslutes med svavel-syra och fluor avdrivs som fluorväte och uppsamlas i natriumhydroxid. Fluorkoncentrationen mäts med jonselektiv elektrod efter buffring (175).

När en viss svetsmetod används på ett visst material innehåller partiklarna de olika komponenterna i proportioner som kan bestämmas med viss noggrannhet. När dessa proportioner är kända kan halterna av de enskilda komponenterna beräknas via den uppmätta totala partikelkoncentrationen (175), jmf. även 3.5.10.

2.7.2. Gaser

Provtagning för analys av kväveoxid, kvävedioxid och kolmonoxid görs genom att luftprover uppsamlas under ca 15 minuter i säck t ex med dimensionerna 60x60 cm bestående av laminat med inifrån räknat 12 µm aluminiumfolie och 70 µm polyeten. Vid bestämningarna av gaserna provtas mindre prover direkt ur säcken. Vid prov med utrustningen ändrades inte halterna av dessa gaser inom 40 minuter (175).

Analys av kväveoxider görs bäst med kemiluminiscensinstrument, vilket är en specifik metod för dessa ämnen.

Analys av kolmonoxid kan göras med direktvisande instrument byggande på principen elektrokemisk cell.

Kväveoxider och kolmonoxid kan även bestämmas med analysampuller genom provtagning direkt ur säcken.

Ozon provas direkt till direktvisande instrument byggande på kemiluminiscensprincipen, vilket är en specifik metod för detta ämne. Före införandet av kemiluminiscensmätning av ozon (omkring 1970), torde ozonmätningar ha varit osäkra ev. genom påverkan från samtidigt närvarande kväveoxider. Troligen har inte heller åtgärder för att skilja ozon och kväveoxider varit framgångsrika. Detta framgår av de ovanligt höga ozonhalter (5 - flera hundra ppm) som rapporterats i några fall (177).

Organiska ämnen, vilka kan uppkomma vid svetsning i målat stål, uppsamlas i kolrör med personburen provtagningsutrustning eller med motordriven gastät glasspruta och analyseras med gaskromatografi. Vid provtagning på adsorbent beräknas detektionsgränsen vara ca 0,03 mg/m³ och vid direktuppsamling 0,1 mg/m³. Reaktiva ämnen som aldehyder misstänks nedbrytas vid uppsamling på kolrör men kan troligen detekteras vid direktuppsamling (175).

3. Kinetik

3.1. Upptag

En 35-årig svetsare som arbetat i 11 år på ett skeppsvarv med belagda elektroder i låglegerat stål hade 10 gånger mer järn i lungorna än en oexponerad referentperson (88).

Då råttor exponerades för 1500 mg svetsrök per m³ som bildats vid metallbågsvetsning i låglegerat stål ökade järnhalten i lungorna två gånger från 500 till 1175 µg/g frystorkad vävnad vid 30 minuters exponering och 14 gånger från 500 till 7175 µg/g frystorkad vävnad vid 4 timmars exponering (71).

Hos råttor som exponerades för svetsrök (1 timme/dag, 5 dagar/vecka) bildad vid metallbågsvetsning i låglegerat stål ökade järnhalten i lungorna under de första tio dagarna för att därefter bli konstant (84). Vid ett liknande försök exponerades råttor för svetsrök bildad vid metallbågsvetsning i rostfritt stål. Kromhalten ökade linjärt i lungorna under de första 20 dagarnas exponering. Även nickelhalten ökade men betydligt långsammare (87).

3.2. Distribution

Råttor som exponerades för 1500 mg svetsrök per m³ som bildats vid metallbågsvetsning i låglegerat stål ökade inte sin järnhalt i blod, lever eller njurar efter 4 timmars exponering (71).

Då råttor exponerades för svetsrök bildad vid metallbågsvetsning i rostfritt stål som innehöll 1,5 mg krom per m³ (1 timme/dag, 5 dagar/vecka under 4 veckor) ökade kromhalten i blodet snabbt för att lägga sig på en konstant nivå kring 0,5 µmol/l (87). I levern ökade inte kromhalten under den första veckans exponering. Halten nådde ett maximum tre veckor efter exponeringstidens slut. I njurarna nåddes maximum under den första veckans exponering. I mjälten ökade halten

under exponeringen och fortsatte att öka även två månader efter avslutade exponering (87).

I samma försök som ovan exponerades råttorna också för nickel 0,2 mg per m³. Nickelhalten ökade inte i några organ förutom lungorna (87).

3.3. Elimination

Flera metaller utsöndras i större eller mindre omfattning via njurarna t ex aluminium, barium, bly, krom, mangan och nickel (50). Fluorid utsöndras huvudsakligen via urinen (76) och kolmonoxid utsöndras via lungorna (126).

3.4. Biologiska halveringstider

Hos svetsare som varit exponerade för aluminium under kortare tid än ett år sjönk aluminiumhalten i urinen relativt snabbt, med en halveringstid på 8-9 dygn. Hos svetsare som varit exponerade under mer än 10 år sjönk emellertid utsöndringen endast långsamt med tiden, och den biologiska halveringstiden uppskattades till ett halvår eller mer (154).

Hos råttor som exponerades för svetsrök från låglegerat stål under 4 timmar sjönk järnhalten i lungorna snabbt initialt (halveringstid omkring 1 dygn) för att därefter sjunka långsamt (halveringstid omkring 33 dygn) (71).

Lungornas järninnehåll bestämdes med magnetopulmografi hos svetsare. Clearance uppskattades till omkring 20% per år, vilket motsvarar en halveringstid för järnet i lungorna på 3,5 år (86).

Svetsare som exponerats för svetsrök bildad vid svetsning i rostfritt stål utsöndrade krom från minst två kompartiment. Under den första fasen halverades kromhalten i urinen under 4-41 timmar (173, 181). En sen fas uppvisade en lång halveringstid eftersom pensionerade svetsare utsöndrade urinalter av krom som var 4-5 gånger högre än icke-exponerade referenter (181).

3.5. Biologiska exponeringsindikatorer

3.5.1. Aluminium

Aluminiumhalten i blod och urin är högre hos aluminiumexponerade svetsare än hos oexponerade referenter (161). Urinalter av aluminium efter ett arbetsskift visade sig vara beroende dels av samma dags exponering och dels av antalet år svetsaren arbetat i aluminium (160). Den högsta uppmätta aluminiumhalten i blod hos en svetsare (2,5 µmol/l) (161) är lägre än den serumhalt på 7,5 µmol/l som föreslagits för att förebygga hjärnskada hos dialyspatienter (147).

Blod- och urinalter av aluminium kan bestämmas med atomabsorptionspektrometri med grafitugn (105). Vid aluminiumanalyser är kontamination från aluminiuminnehållande damm ett betydelsefullt problem (179).

3.5.2. Barium

I vissa speciella sammanhang används elektroder med hölje innehållande bariumfluorid eller bariumkarbonat. Då sådana elektroder använts erhöles en högre utsöndring av barium i urinen efter arbetsskiftet hos exponerade svetsare än hos

oexponerade referenter (32).

Barium kan bestämmas med atomabsorptionsspektrometri.

3.5.3. Bly

Gasskärning och svetsning av stål belagt med blyhaltig färg kan innebära mycket hög exponering för bly (171). Gasskärning är också riskfyllt i annat blykontaminerat material (39). Blodblyhalten kan lätt överstiga 1,5 - 2,0 µmol som är WHO's föreslagna biologiska gränsvärde för blyexponering (185).

Den förhärskande analysmetoden för bly i blod är atomabsorptionsspektrometri.

3.5.4. Fluorid

Vid svetsning med fluorid innehållande elektrod kan urinhalten uppgå till 300 µmol/l (188). Dessa halter överstiger den ofta rekommenderade urinhalten 210 - 260 µmol/l (72).

Fluorid kan bestämmas med jonspecifik elektrod.

3.5.5. Järn

Svetsning innebär vanligtvis exponering för järn, som huvudsakligen består av magnetit (Fe₃O₄). Järn som inhalerats i lungorna kan mätas med magnetopulmografi (82, 83, 107). Ett starkt magnetfält appliceras över bröstkorgen så att de järnhaltiga partiklarna orienteras i en gemensam riktning. Därefter mätes det inducerade magnetfältet över bröstkorgen. Hos svetsare har järnhalten varierat mellan 4 och 2000 mg (107). Metoden kan sannolikt utvecklas ytterligare (36, 85).

3.5.6. Kadmium

Gasskärning av kadmierat stål kan innebära exponering för höga halter av kadmiumoxid (14). Blodkadmiumhalten ger en god uppfattning om den aktuella exponeringen medan urinhalten ger en god bild av kroppsbördan så länge njurskada inte föreligger (48).

De förhärskande analysmetoden för kadmium i blod och urin är atomabsorptionsspektrometri.

3.5.7. Kolmonoxid

Då koldioxid används som skyddsgas vid MAG-svetsning bildas kolmonoxid och COHb-halten i blod är ett mått på denna exponering (34). COHb-halten överskrider ibland 5% (34) som är det rekommenderade gränsvärdet som föreslagits av WHO (184).

COHb kan bestämmas med spektrofotometri eller gaskromatografi.

3.5.8. Krom

Vid svetsning med belagda elektroder i rostfritt stål erhöles ett linjärt samband mellan lufthalten av krom eller sexvärt krom och urinhalten av krom efter arbetsskiftet (158, 172, 181). Urinhalten av krom är beroende av utsöndringen från minst två kompartiment, en med snabb utsöndring och en annan med långsam utsöndring (173, 181), och kan därför endast användas som ett ungefärligt mått på den aktuella exponeringen för krom i svetsröken.

Krom i urin kan bestämmas med atomabsorptionsspektrometri.

3.5.9. Mangan

Svetsare som exponeras för mangan har något högre manganhalter i blod och urin än oexponerade referenter. Urinhalten av mangan kan variera avsevärt hos en och samma person och detta orsakas troligen av varierande intag av mangan via födan. På gruppbasis kan möjligen blod- och urinhalten av mangan användas som ett mått på manganexponering (2).

Mangan kan bestämmas med atomabsorptionsspektrometri.

3.5.10. Nickel

Vid svetsning i nickelhaltigt stål erhöles inget samband mellan den aktuella lufthalten och urinhalten av nickel (189). Möjligen kan skillnaden mellan nickelhalten efter och före arbetsskiftet vara ett bättre mått på nicketexponeringen vid svetsning (140).

3.5.11. Total partikelexponering

Vissa belagda elektroder innehåller en hög halt av kalciumfluorid. Vid svetsning med sådana elektroder kan fluoridhalten i urinen efter ett arbetsskift vara ett uttryck för den totala partikelhalten under arbetsskiftet (157).

Svetsning innebär ofta i huvudsak exponering för järn. Mätning av mängden järn i lungorna med magnetopulmograf kan därför uppfattas som ett mått på den totala partikelexponeringen, se 3.5.5.

4. Allmän toxikologi

Flera gaser som bildas vid svetsning t ex kvävedioxid, ozon och i speciella fall fosgen, som kan bildas vid närvaro av klorerade kolväten, kan skada alveolernas epitelceller (typ I pneumocyter) (59, 60) och på så sätt ge upphov till lungödem.

Rökande svetsare har fler makrofager i sina upphostningar än andra rökare (123). Proteolytiska enzymer från dessa celler diskuteras idag som en möjlig faktor vid utvecklingen av lungemfysem hos rökare (77). Alfa₁-antitrypsin motverkar effekten av de proteolytiska enzymerna men detta protein kan inaktiveras av t ex kvävedioxid (118).

De viktigaste målorganen som förknippats med exponering för olika metaller som förekommer vid svetsning redovisas i tabell 1. Nickel kan bestämmas med atomabsorptionsspektrometri.

Tabell 1. Metaller förekommande vid svetsning och deras viktigaste kritiska organ.

Metall	Kritiska organ	Ref
Aluminium	Luftvägar, centrala nervsystemet	(42)
Barium	Muskulaturen	(141)
Bly	Centrala och perifera nervsystemet	(125)
Järn	Luftvägar	(41)
Kadmium	Luftvägar, njurar	(48)
Koppar	Luftvägar, metallfeber	(127)
Krom (VI)	Luftvägar (lungcancer)	(104)
Mangan	Luftvägar, centrala nervsystemet	(55)
Molybden	Luftvägar	(49)
Nickel	Luftvägar (cancer)	(129)
Niob	Luftvägar	(40)
Titan	Luftvägar	(130)
Wolfram	Luftvägar	(92)
Zink	Metallröksfeber	(128)

5. Organeffekter

5.1. Andningsorganen

5.1.1. Metallröksfeber

Metallrök bildad vid svetsning kan orsaka feber. Bland svetsare äldre än 30 år hade nästan 40% upplevt metallröksfeber. Svetsning i galvaniserat stål var den vanligaste orsaken till detta symptom (145).

5.1.2. Rinit, inflammation i näsan

Kronisk inflammation i näsan (rinit) har beskrivits i samband med svetsning i manganlegerat stål (182). Atrofisk rinit har förknippats med svetsning med belagda elektroder i rostfritt stål (80).

5.1.3. Reversibel luftvägsobstruktion

Reversibel luftvägsobstruktion kan vara allergiskt eller icke-allergiskt betingad.

En allergiskt betingad luftvägsobstruktion har beskrivits efter exponering för svetsrök innehållande sexvärt krom (28, 95).

En icke-allergiskt betingad luftvägsobstruktion kan uppträda vid de ozonhalter (46) som uppmättes vid MIG-svetsning av aluminium (175).

Det har diskuterats huruvida en hög engångsexponering för irriterande gaser kan förorsaka hyperreaktivitet i luftvägarna som kvarstår under lång tid (20). Brooks och medarbetare har beskrivit en svetsare som svetsat en tank som tidigare innehållit syra. Vid arbetet erhöles en betydande rökutveckling som fick svetsaren att hosta. Några timmar senare hade han både hosta och andningssvårigheter. Vid undersökning fyra år senare hade han en luftvägsobstruktion som förbättrades av bronkodilatantia samt ett positivt metakolintest tydande på hyperreaktivitet i luftvägarna (20).

I en dansk studie ingick 1486 svetsare som svetsat minst 5 år och mer än 10 timmar per vecka, 1019 svetsare som varit exponerade under kortare tid samt 866

elektriker. Astmatiska besvär i form av attacker med svårighet att få luft och pipande eller väsande andning hade upplevts av 21% av de "högexponerade" svetsarna, 17% av de "lågexponerade" svetsarna samt 11% av referenterna (61). En ökad frekvens bronkiell hyperreaktivitet har också iakttagits hos svetsare som ett uttryck för lättirritabla slemhinnor (121).

Svetsning i stål målat med shop-primer, bestående av järnoxid och zinktetraoxikromat som pigment och polyvinylbutyral och fenolharts som bindemedel, eller målat med zink-epoxi primer har inte orsakat luftvägsobstruktion hos grupper av svetsare (114, 135, 159).

I en fallrapport beskrivs en svetsare som arbetade i epoximålat stål vid tre olika tillfällen under ett års tid. Vid samtliga tillfällen fick han hosta och andningssvårigheter som sannolika uttryck för luftvägsobstruktion (111). Ett liknande fall har beskrivits från Finland där en svetsare fick kraftig luftvägsobstruktion efter 5 minuters svetsning i epoximålat järn (94). Feber och luftvägsobstruktion har också beskrivits vid svetsning i epoxiesterbaserad klorpolymerlack (24).

Fyra svetsare exponerades sannolikt för isocyanat vid svetsning i närheten av polyuretanskum. De fick influensaliknande symptom samt andningssvårigheter (21).

5.1.4. Kronisk bronkit och emfysem

Kronisk bronkit definieras vanligen som daglig hosta med upphostningar under minst tre månader per år under de senaste två åren (186). Symtomen kan vara förknippade med luftvägsobstruktion men behöver inte vara det. Flera undersökningar av svetsare har uppvisat en överfrekvens av kronisk bronkit, tabell 2.

Tabell 2. Kronisk bronkit hos olika grupper av svetsare huvudsakligen exponerade för rök bildad av låglegerat stål. Den lägre gränsen för det 95% konfidensintervallet över-skred 1 i fyra studier (6, 10, 61, 135).

Typ av arbete	Antal	Rel. risk	Exponering	Referens
Järnvägsräler	149	3,3	Formsvets median 5,3 mg/m ³ Påsvets median 2,4 mg/m ³	(164)
Verkstadsarb	39	3,1	-	(10)
Verkstadsarb	157	1,7	20 svetsare 1-2,5 mg/m ³ 38 svetsare 3-4 mg/m ³ 30 svetsare 6-9 mg/m ³	(6)
Verkstadsarb	91	1,0	Medelhalt 3,9 mg/m ³	(93)
Verkstadsarb	346	1,1	3-26 mg/m ³	(121)
Verkstadsarb	305	1,2	3-317 mg/m ³	(188)
Skeppsvarv	156	1,2	-	(45)
Skeppsvarv	173	1,5	48-92 mg/m ³ i slutna utrymmen	(11)
Skeppsvarv	119	2,0	Median 10 mg/m ³ , provtagning på axeln	(135)
Skeppsvarv	1486	2,7	-	(61)
Skeppsvarv	135	1,1	-	(116)
Skeppsvarv	526	2,8	-	(27)

Kronisk bronkit har observerats hos svetsare som arbetat i låglegerat stål men även hos svetsare som arbetat i rostfritt stål och aluminium (164). Dessa studier är av tvärsnittskarakteristik vilket kan innebära att den relativa risken underskattas och att ett dos-response-samband försvagas.

Sänkning av FEV% (Forcerad expiratorisk volym på 1 sekund/Vitalkapacitet x 100) är ett uttryck för luftvägsobstruktion. FEV% är inte relaterad till kroppslängd och medelsänkningen är som mest 0,4% per år hos män (152). Tabell 3 och 4 summerar de studier som innehåller fler än 100 svetsare, som huvudsakligen arbetat i låglegerat stål. De skeppsvarvsarbetande svetsarna uppvisade i genom

Tabell 3. Kvoten av FEV% baserat på medelresultat från studier av fler än 100 svetsare på skeppsvarv och referenter. Svetsarnas medel exponering varierade från 17 till 33 år.

Svetsare/Referenter	Rökvanor	Referenter	Referens
0,94	Icke-rökare	Varvsarbetare	(Hunnic)
0,87	Rökare		
1,00	Icke-rökare	Tjänstemän	(Oxhöj)
0,97	Rökare		
0,97	Icke-rökare	Varvsarbetare	(Akbarh)
0,98	Rökare		
0,91	Icke-rökare	Varvsarbetare	(McMillan)
1,01	Rökare		

snitt 4% lägre FEV% än sina referenter. I en engelsk studie fann man också ett samband mellan exponering och sänkning av FEV% hos rökare (27). Hos icke-skeppsvarvsarbetande svetsare var medelkvoten av FEV% 1,0, tabell 4.

En högre stängningsvolym (closing volume och closing capacity) och en ökad lutning av alveolarplattan har observerats hos skeppsvarvsarbetande icke-rökande svetsare vid jämförelse med tjänstemän (135) och elektriker (110). Dessa fynd tyder på förändringar i de små, perifera luftvägarna. Förändringar i huvudsak i de små luftvägarna (FEF₂₅₋₇₅) men även i de större centrala luftvägarna (FEV₁) har iakttagits hos verkstadssvetsare som arbetat under mer än 40 år men inte varit asbestexponerade (96).

En ökad dödlighet bland svetsare och gasskärare i kronisk bronkit och emfysem har iakttagits i två studier från USA (12, 117). En svensk registerstudie har påvisat en ökad dödlighet i icke-maligna sjukdomar i respirationsorganen hos svetsare och gasskärare (112).

Tabell 4. Kvoten av FEV% baserat på medelresultat från studier av fler än 100 icke-skeppsvarvsarbetande svetsare och referenter. Svetsarnas medel exponering varierade från 12 till 21 år. En studie anger ej exponeringstid (65).

Svetsare/Referenter	Rökvanor	Studiegrupper	Referens
0,98	Lika andel rökare och icke-rökare	Verkstadssvetsare	(6)
1,00	Icke-rökare	Yrkesarbetare	(162)
1,00	Rökare	Järnvägssvetsare	
1,01	Icke-rökare	Järnvägssvetsare	(121)
1,00	Rökare <20 cig/dag	Verkstadssvetsare	
0,96	Rökare >20 cig/dag	Verkstadsarbetare	
1,11	Icke-rökare	Verkstadssvetsare	(65)
1,01	Rökare	Verkstadsarbetare	
1,01	Icke-rökare	Verkstadssvetsare	(188)
1,03	Rökare	Verkstadsarbetare (De icke-rökande referenterna hade en anmärkningsvärd sänkning med tiden)	(153)
0,97	Ickerökare	Verkstadssvetsare	(96)
0,98	Rökare	Män från Michigan	

5.1.5. Lungödem

Lungödem har beskrivits i samband med gassvetsning och gasskärning. Denna effekt har förklarats av höga halter kvävedioxid som bildats vid dessa processer (106, 131).

Inhalation av ozon som bildats vid gasbågsvetsning har också angetts som orsak till lungödem (98). MIG-svetsning av aluminium är den kombination av material och metod som genererar de högsta halterna av ozon.

Höga halter av kadmiumoxid kan bildas vid gasskärning av kadmierat stål och denna exponering kan orsaka lungödem (14).

Vid svetsning i en atmosfär som innehåller klorerade kolväten finns risk för bildning av fosgen som kan ge upphov till lungödem (5, 30, 31, 57, 163).

Med anledning av en arbetsolycka där en svetsare fick lungödem och senare dog i sviterna efter skadan arrangerades ett svetsarbete under liknande förhållanden. Vid svetsning i en uppsamlingsbox med MAG-svetsning i oljigt grundmaterial av olegerat stål i närvaro av 1,1,1-trikloreten uppmättes 0,4 ppm fosgen. Vid öppen svetsning på samma grundmaterial där halten 1,1,1-trikloreten var 260 ppm vid svetsbordet kunde dock inte fosgen detekteras i andningszonen hos svetsaren (detektionsgräns 0,01 ppm). Samtidigt uppmättes endast låga halter av ozon, kväveoxider, svaveldioxid (svavel ingick i oljan på arbetsstycket), klorväte och klor (63, 148). Någon säker förklaring till lungskadan kunde därför inte anges.

5.1.6. Lunginflammation

Några svetsarstudier har demonstrerat en ökad dödlighet i lunginflammation (12, 115). En svensk registerstudie har dock inte kunnat bekräfta detta fynd (152) men undersökningen kan kritiseras för bristande jämförbarhet mellan svetsargruppen och referensgruppen.

5.1.7. Lungfibros

Doig och McLaughlin beskrev 1936 för första gången förändringar på lungröntgenbilden hos svetsare (37). Dessa förändringar ansågs vara ett uttryck för deposition av järnoxid (sideros) och inte ett uttryck för lungfibros. Tio år senare beskrev samma författare en svetsare, hos vilken lungröntgenförändringen hade försvunnit sedan exponeringen upphört, och en annan svetsare, hos vilken förändringen minskat sedan exponeringen minskat (38).

En grupp bestående av 661 svetsare, som arbetade inom tung industri i Skottland, undersöktes med lungröntgen. Prevalensen av små, runda förtätningar var 5% efter 20 års svetsning och 20% efter 35-40 års exponering (9).

Flera stora tvärsnittsundersökningar av svetsare har inte kunnat påvisa restriktiva lungfunktionsförändringar som uttryck för lungfibros (6, 74, 121, 135, 164). Restriktiva förändringar har dock påvisats hos svetsare. Peters och medarbetare påvisade både restriktiva och obstruktiva förändringar hos svetsare som arbetat på skeppsvarv trots normal lungröntgenbild (137). Lungfibros och restriktiva förändringar har beskrivits i flera fallrapporter (22, 25, 51, 165).

Svetsarbetet innebär exponering för många olika ämnen förutom järnoxid. Svetsning har varit förknippad med exponering för icke-kristallin kiseldioxid (165), asbest (37) och fluorider från elektrodernas höljen, metaller som aluminium (69), kadmium, krom, mangan och nickel från elektrodernas kärnor och gaser som fosgen, kvävedioxid och ozon som alstras vid själva svetsningen. Svetsare kan också exponeras för kristallin kiseldioxid vid arbete i närheten av sandblåstring och för asbest vid arbete på skeppsvarv (146, 149) och andra tunga industrier (9).

Kombinationer av dessa ämnen kan vara orsaken till den fibros som ibland ses hos svetsare.

5.2. Njurar

Höga halter av kadmiumoxid kan bildas vid gasskärning av kadmierat stål och en sådan långvarig exponering kan orsaka en tubulär njurskada (14). Svetsning med belagda elektroder i rostfritt stål har inte förknippats med förändringar av njurfunktionen (109) medan svetsning med en specialelektrod på armeringsstål orsakade en förhöjd urinhalt av beta-glukuronidas som ett uttryck för en störd tubulusfunktion (122). Svetsning i allmänhet är däremot inte förknippad med kronisk njursjukdom (62).

5.3. Mag-tarmkanalen

Illamående och kräkningar ses ibland i samband med metallröksfeber efter exponering för zink (144).

5.4. Nervsystemet

Aluminiumexponerade svetsare har i en undersökning uppvisat fler symptom från det centrala nervsystemet vid jämförelse med andra svetsare (156).

Svetsning eller skärning i stål belagt med blyhaltig färg innebär risk för påverkan på det centrala och perifera nervsystemet (125).

Vid bågluftsmejsling av manganhaltigt stål erhöll två svetsare symptom från det centrala nervsystemet som uttryck för en hög manganexponering (183). Vid MAG-svetsning exponerades en grupp svetsare för 1-4 mg mangan per m³ under i genomsnitt 16 år. Dessa svetsare uppvisade ett samband mellan antalet exponerade år och ett integrerat reaktionstidsmått (150). Manganexponerade spårsvetsare har också uppvisat fler symptom från det centrala nervsystemet vid en jämförelse med icke manganexponerade spårsvetsare (156).

Vissa misstankar har också framförts om ett samband mellan svetsning och utveckling av den neurologiska sjukdomen multipel skleros (44). Något speciellt agens har dock inte utpekats.

5.5. Öron

Större partiklar som bildas vid svetsning (svetsloppor) kan penetrera trumhinnan och i det akuta skedet orsaka smärta och nystagmus. Senare i förloppet kan hörselnedsättning och långvariga infektioner uppträda och även facialisparens dvs förlamning av ansiktsnerven är beskrivet (124, 180).

5.6. Blod och blodbildande organ

Svetsare uppvisade en förhöjd halt av vita blodkroppar i det perifera blodet (132). Flera studier har visat att rökare har en förhöjd halt av vita blodkroppar i det perifera blodet och detta kan möjligen vara ett uttryck för ett inflammatoriskt tillstånd i luftvägarna (52, 138).

Anemi kan uppträda hos svetsare liksom hos andra yrkesgrupper vid hög blyexponering (125).

6. Immuntoxicitet och allergier

Vid svetsning med belagda elektroder i rostfritt stål bildas sexvärt krom som kan orsaka övergående bronkiell obstruktion (95). Denna astmatiska reaktion har kunnat förebyggas med såväl natriumkromoglikat som kortison (95).

Kontaktsensibilisering vid exponering för sexvärt krom i svetsrök är förmodligen ovanligt. Dermatit i ansiktet har dock beskrivits i samband med sådan exponering (47).

Nässelutslag har beskrivits i samband med svetsning (43, 91). En svetsare uppvisade klåda och svullnad (angioödem) av ansiktet, läpparna och svalget efter exponering för zink vid arbete i galvaniserat stål (43) och en annan fick feber och nässelutslag vid svetsning i polyuretannnehållande stålprofiler (89).

7. Mutagenicitet och genotoxicitet

7.1. Mutationer

Vid svetsning i rostfritt stål bildas partiklar som är mutagena i bakterietest. Metallbågsvetsning orsakar en högre mutagen aktivitet än gasbågsvetsning (MIG) (66, 113). Mutationer har dock även iakttagits vid svetsning i låglegerat stål (15).

7.2. Kromosomskador

Partiklar bildade vid metallbågsvetsning eller gasbågsvetsning av rostfritt stål orsakade en ökad frekvens systerkromatidutbyten och kromosomaberrationer hos odlade hamsterceller från lunga (102). Ovarieceller från hamster uppvisade fler systerkromatidutbyten vid samma exponeringar men även efter exponering för rök bildad vid svetsning med belagda elektroder i gjutjärn och låglegerat stål men däremot en normal frekvens vid MIG-svetsning av låglegerat stål (35).

Svetsare som metallbågsvetsade i rostfritt stål hade lika många systerkromatidutbyten och kromosomaberrationer i sina perifera lymfocyter som oexponerade referenter (75, 108). I andra undersökningar hade svetsare som arbetade med både metall- och gasbågsvetsning i rostfritt stål en högre frekvens kromosomaberrationer (99, 103) och en hämmad DNA-reparation (99).

8. Carcinogenicitet

Flera studier har visat en 30% ökning av lungcancerfrekvensen hos svetsare (152, 168). Exponering för asbest, nickel och sexvärt krom kan ha haft betydelse för denna utveckling av lungcancer.

Omkring 40% av svetsarna som arbetade inom tung industri i Skottland hade varit exponerade för asbest främst från mattor och dukar som används för värmeisolerings (9). Pleuraplack och lungfibros som uttryck för asbestexponering förekommer hos skeppsvarvsarbetande svetsare (146, 149). Svetsare har också uppvisat en ökad incidens av mesoteliom (13, 115, 152), en tumörform som också är starkt förknippad med asbestexponering.

Vid svetsning av rostfritt stål bildas sexvärt krom och nickel. Flera undersökningar har påvisat ett samband mellan denna typ av svetsning och utveckling av lungcancer (56, 97, 155). Ett ökat antal tumörer utgående från näsan och näsans bihålor har också iakttagits hos sådana svetsare (70).

Misstankar om samband mellan svetsning och tumörer i struphuvudet (133) och njurarna (117, 152) har också framförts under senare år.

Den relativa risken att utveckla blåscancer eller cancer i de nedre urinvägarna har varierat mellan 0,6 och 2,8 i olika studier av svetsare (26, 73, 143, 151, 152).

Svetsning tycks inte vara förknippat med utveckling av leukemi (169). Två studier visar däremot en överfrekvens av Hodgkins lymfom hos svetsare (54, 136). Ingen av dessa författare framför misstankar om något speciellt agens i svetsröken.

9. Reproduktionstoxikologi

Kunskapen om reproduktionsstörningar hos svetsare är mycket begränsad. I Finland har kvinnliga svetsare en något men ej statistiskt signifikant förhöjd frekvens av spontanaborter jämfört med andra industriarbetare. Hustrur till manliga svetsare hade däremot samma frekvens spontanaborter som hustrur till andra industriarbetare (67). Två danska fall-referentstudier har funnit en högre frekvens spermier med sämre kvalitet hos svetsare som arbetat i rostfritt stål. I den ena var oddskvoten 1,7 (95% konfidensintervall 1,0 - 2,8) (139) och i den andra 2,34 (0,95 - 5,73) (120). I en tvärsnittundersökning fann man däremot ingen skillnad i spermernas kvalitet hos svetsare som arbetat i rostfritt stål vid jämförelse med kontroller (79). I denna undersökning arbetade omkring 25% av svetsarna med belagda elektroder och skillnader med avseende på använda metoder kan kanske förklara studiernas olika resultat.

Wilms tumör är en njurtumör som förekommer hos barn. I några studier framförs misstankar om ett samband mellan denna tumörform och faderns yrke som svetsare (23, 90, 134). Misstankarna har inte riktats mot något speciellt ämne i svetsröken.

10. Samband mellan exponering och respons

Den ökade förekomsten av kronisk bronkit hos svetsare visar inte något tydligt samband med exponeringen, tabell 2. Exponeringsdata är sparsamma och det är svårt att bedöma vad som skulle kunna vara en representativ exponering för respektive svetsargrupp.

Luftvägsobstruktion i form av sänkt FEV% har iakttagits hos vissa grupper av svetsare. Svetsare på skeppsvarv har uppvisat en medelsänkning av FEV% på 4% vid jämförelse med icke-svetsande referenter. Icke-skeppsvarvsarbetande svetsare hade däremot ingen sänkt FEV%. Skillnaden i FEV% mellan skeppsvarvs- och icke-skeppsvarvsarbetande svetsare kan sannolikt förklaras av skillnader i exponering. Vid mätningar av den totala partikelhalten i danska skeppsvarv översteg 50% av de observerade tidsvägda medelhalterna i slutna utrymmen 7 mg/m³ i andningszonen (167) medan 25-50% av de observerade tidsvägda medelhalterna överskred 5 mg/m³ vid svetsning i järnvägsräler (175). Det är inte klarlagt om partikelhalten i sig samvarierar med luftvägsobstruktion. Den totala partikelhalten kan snarast ses som en indikator på halter av olika partiklar och gaser bildade vid svetsning.

Reversibel luftvägsobstruktion kan uppträda efter exponering för isocyanat, ozon, sexvärt krom, samt efter svetsning i epoximalat stål.

Svetsare kan drabbas av lungödem vid exponering för fosgen, kadmiumoxid, kvävedioxid och ozon. Dosresponsförhållande för dessa ämnen återfinns i respektive dokument.

Den ökade lungcancerfrekvensen som iakttagits hos svetsare kan möjligen förklaras av exponering för asbest, nickel och sexvärt krom. Dessa ämnen har också behandlats i tidigare dokument.

11. Forskningsbehov

Förekomst av cancer bör studeras i olika grupper av svetsare med känd och väl kartlagd exponering. Initiativ till sådana studier har tagits av International Agency for Research on Cancer i Lyon.

Kunskapen om reproduktionsstörningar hos svetsare är mycket begränsad, varför detta område bör studeras ytterligare.

Aluminium- och manganexponering vid svetsning och effekter på det centrala nervsystemet bör undersökas mer utförligt.

12. Diskussion och värdering

De bildade partiklarna vid svetsning är mindre än 1 µm och således respirabla. Den kombinerade exponeringen för partiklar och gaser som förekommer vid svetsning kan orsaka kronisk bronkit och i högre halter även luftvägsobstruktion. Partikelhalter underskridande 5 mg/m³ är sannolikt inte förknippade med luftvägsobstruktion.

Vissa gaser som kan bildas vid svetsning, tex fosgen, kvävedioxid och ozon kan orsaka lungödem. Vid svetsning i atmosfär innehållande klorerade lösningsmedel rekommenderas stor försiktighet p g a risk för generering av lungödemframkallande gaser.

Vid svetsning i rostfritt stål är lungcancer och astma de kritiska effekterna.

Vid svetsning i blymålat stål eller manganlegerat stål är det kritiska organet det centrala nervsystemet.

Svetsning i galvaniserat (förzinkat) stål innebär risk för metallröksfeber.

13. Sammanfattning

B. Sjögren och U. Ulfvarson: Svetsgaser och svetsrök. 90. Nordiska expertgruppen för gränsvärdesdokumentation.

Arbete och Hälsa 1990:28, sid 1-33.

Svetsning av metall innebär exponering för ett flertal gaser och partiklar. Detta dokument redovisar de gaser och partiklar som bildas vid olika typer av svetsoperationer samt de effekter som uppkommit till följd av denna exponering.

Många typer av svetsoperationer innebär risk för utveckling av kronisk bronkit efter långvarig exponering. Hos varvssvetsare har man också iakttagit luftvägsobstruktion.

Exponering för isocyanat, ozon, sexvärt krom och svetsning i epoximålat stål innebär risk för utveckling av reversibel luftvägsobstruktion.

Vid exponering för fosgen, kadmiumoxid, kvävedioxid och ozon finns risk för utveckling av lungödem.

Exponering för asbest, nickel och sexvärt krom som förekommit i svetsarnas arbetsmiljö innebär risk för utveckling av lungcancer.

Exponering för bly, mangan och möjligen aluminium innebär risk för utveckling av skada på nervsystemet.

189 referenser.

Nyckelord: Gaser, hygieniskt gränsvärde, metaller, svetsning.

14. English summary

B. Sjögren and U. Ulfvarson: Welding gases and fumes. 90. Nordic expert group for documentation of occupational exposure limits. Arbete och Hälsa 1990:28, pp 1-33.

Welding of metals implies exposure to several kinds of gases and particles. This document accounts of gases and particles formed at different types of welding operations and effects in consequence of this exposure.

Many different welding operations are related to the development of chronic bronchitis among long-term exposed welders. Among shipyard welders airway obstruction has also been observed.

Exposure to hexavalent chromium, isocyanate, ozone and welding in epoxy-painted steel may result in reversible bronchial obstruction.

Exposure to cadmium oxide, nitrogen dioxide, ozone, and phosgene may cause pulmonary oedema.

Exposure to asbestos, chromium (VI) and nickel occurring in welders's working area implies risk of lung cancer development.

Exposure to lead, manganese and possibly aluminium may affect the nervous system.

In Swedish, 189 references.

Key words: gases, metals, occupational exposure limit, welding.

15. Referenser

1. Abel MT, Carlberg JR. A simple reliable method for the determination of airborne hexavalent chromium. *Am Ind Hyg Assoc J* 35(1974)229-233.
2. Aitio A, Järvisalo J. Levels of welding fume components in tissues and body fluids. In Stern RM, Berlin A, Fletcher AC, Järvisalo J, (eds). "Health hazards and biological effects of welding fumes and gases". *Excerpta Medica. International Congress Series 676, Amsterdam 1986*, pp 169-179.
3. Akbarkhanzadeh F. Long-term effects of welding fumes upon respiratory symptoms and pulmonary function. *J Occup Med* 22(1980)337-341.
4. American Welding Society. *The welding environment*. Miami Florida 1973, 169 p.
5. Andersson HF, Dahlberg JA, Wettström R. Phosgene formation during welding in air contaminated with perchloroethylene. *Ann Occup Hyg* 18(1975)129-132.
6. Antti-Poika M, Hassi J, Pyy L. Respiratory diseases in arc welders. *Int Arch Occup Environ Health* 40(1977)225-230.
7. Arbetskyddsstyrelsen. *Provtagning av totaldamm och respirabelt damm. Metod 1010*. Stockholm 1979.
8. Asztely J, Bergström B, Hallberg B-O, Hallne U, Levin M, Ulfvarson U. *Arbetsmiljöproblem vid svetsning. Del 16. Termisk sprutning, plasmaskärning och luftbågmejsling. Kartläggning av luftföroreningar, buller och optisk strålning. Undersökningsrapport 1981:41*. Arbetskyddsstyrelsen. Forskningsavdelningen, Solna 1981.

9. Attfield MD, Ross RS. Radiological abnormalities in electric-arc welders. *Br J Ind Med* 35(1978)117-122.
10. Axelson O. Bronchitis in welders. *Läkartidningen* 71(1974)479-482.
11. Barhad B, Teculescu D, Craciun O. Respiratory symptoms, chronic bronchitis and ventilatory function in shipyard welders. *Int Arch Occup Environ Health* 36(1975)137-150.
12. Beaumont JJ, Weiss NS. Mortality of welders, shipfitters, and other metal trades workers in boilermakers local no. 104, AFL-CIO. *Am J Epidemiol* 112(1980)775-786.
13. Becker N, Claude J, Frenzel-Beyme R. Cancer risk of arc welders exposed to fumes containing chromium and nickel. *Scand J Work Environ Health* 11(1985)75-82.
14. Beton DC, Andrews GS, Davies HJ, Howells L, Smith GF. Acute cadmium fume poisoning. Five cases with one death from renal necrosis. *Br J Ind Med* 23(1966)292-301.
15. Biggart NW, Rinehart RR, Verfaillie J. Evidence for the presence of mutagenic compounds other than chromium in particles from mild steel welding. *Mutat Res* 180(1987)55-65.
16. Bille M, Steen Å, Rosendahl C-H, Svensson L, Wallén K-A. Undersökningsmetoder för bestämning av föroreningar bildade vid svetsning i målat stål. STU-rapport 73-4612, 1975.
17. Blomquist G, Nilsson C-A, Nygren O. Sampling and analysis of hexavalent chromium during exposure to chromic acid mist and welding fumes. *Scand J Work Environ Health* 9(1983)489-495.
18. Bohgard M, Jangida BL, Akselsson KR. An analytical procedure for determining chromium in samples of airborne dust. *Ann Occup Hyg* 22(1979)241-251.
19. Breslin AJ, Harris WB. Use of thoriated tungsten electrodes in inert gas shielded arc welding. *Am Ind Assoc Quart* 13 (1952) 191-195.
20. Brooks SM, Weiss MA, Bernstein IL. Reactive airways dysfunction syndrome. Case reports of persistent airways hyperreactivity following high-level irritant exposures. *J Occup Med* 27(1985)473-476.
21. Broughton A, Thrasher JD, Gard Z. Immunological evaluation of four arc welders exposed to fumes from ignited polyurethane foam: Antibodies and immune profile. *Am J Ind Med* 13(1988)463-472.
22. Brun J, Cassan G, Kofman J, Gilly J. La sidero-sclerose des soudeurs a l'arc a forme de fibrose interstitielle diffuse et forme conglomerative pseudo-tumorale. *Poumon Coeur* 28(1972)3-10.
23. Bunin GR, Nass CC, Kramer S, Meadows AT. Parental occupation and Wilms' tumor: Results of a case-control study. *Cancer Res* 49 (1989) 725-729.
24. Bäckström I, Fryk G, Jakobsson R, Milerad E, Plato N, Sjögren B, Tornling G. Sänkt lungfunktion efter svetsning i målat stål. *Läkartidningen* 1990 (accepterat för publicering).
25. Charr R. Pulmonary changes in welders: A report of three cases. *Ann Intern Med* 44(1956) 806-812.
26. Claude JC, Frenzel-Beyme RR, Kunze E. Occupation and risk of cancer of the lower urinary tract among men. A case-control study. *Int J Cancer* 41 (1988) 371-379.
27. Coates JE, Feinmann EL, Male VJ, Rennie FS, Wickham CAC. Respiratory symptoms and impairment in shipyard welders and caulker/burners. *Br J Ind Med* 46 (1989) 292-301.
28. Dahl R, Mikkelsen HB. Asthma bronchiale og kromallergi udløst af svejsning af rustfrit stål. *Ugeskr Laeger* 144 (1982) 801-802.
29. Dahlberg JA, Andersson H, Wettström R. On the decomposition of trichloroethylene, perchloroethylene and methyl chloroform in welding works. International Institute of Welding, Document VIII-585-74, 1974.
30. Dahlberg JA, Christiansen VO, Eriksson EA. On the formation of phosgene by photo-oxidation of methyl chloroform in welding. *Ann Occup Hyg* 16 (1973) 41-46.
31. Dahlberg JA, Myrin LM. The formation of dichloroacetyl chloride and phosgene from trichloroethylene in the atmosphere of welding shops. *Ann Occup Hyg* 14 (1971) 269-274.
32. Dare PRM, Hewitt PJ, Hicks R, Van Bemst A, Zober A, Fleischer M. Barium in welding fume. *Ann Occup Hyg* 28 (1984) 445-448.
33. Davies AC. The science and practice of welding. Vol.2. Practice of welding. 8th edition, Cambridge University Press, Cambridge 1984.
34. De Kretser AJ, Evans WD, Waldron HA. Carbon monoxide hazard in the CO2 arc-welding process. *Ann Occup Hyg* 7 (1964) 253-259.
35. De Raat WK, Bakker GL. Induction of sister chromatid exchanges in Chinese hamster ovary cells by fume particles from various welding processes. *Ann Occup Hyg* 32 (1988) 191-202.
36. Drenck K, Stern RM. Alternating current susceptibility bridge magnetopneumography. In Stern RM, Berlin A, Fletcher AC, Jarvisalo J, (eds) "Health hazards and biological effects of welding fumes and gases". Excerpta Medica, International Congress Series 676, Amsterdam 1986, pp 219-222.
37. Doig AT, McLaughlin AIG. X-ray appearances of the lungs of electric arc welders. *Lancet* i (1936) 771-775.
38. Doig AT, McLaughlin AIG. Clearing of X-ray shadows in welders' siderosis. *Lancet* i (1948) 789-791.
39. Dössing M, Paulev P-E. Blood- and air-lead concentrations during five years of occupational exposure: The effectiveness of an occupational hygiene programme and problems due to welding operations. *Ann Occup Hyg* 27 (1983) 367-372.
40. Egorov JL. Niobium, alloys and compounds. In *Encyclopaedia of Occupational Health and Safety*, third edition. Technical editor: L Parmeggiani. International Labour Office, Geneva 1983, 1442-1443.
41. Elinder C-G. Iron. In: Friberg L, Nordberg GF, Vouk VB (eds). *Handbook on the Toxicology of Metals*, Volume II. Elsevier Science Publishers B.V. Amsterdam 1986 pp 278-297.
42. Elinder C-G, Sjögren B. Aluminium. In: Friberg L, Nordberg GF, Vouk VB (eds). *Handbook on the Toxicology of Metals*, Volume II. Elsevier Science Publishers B.V. Amsterdam 1986 pp 1-25.
43. Farrell FJ. Angioedema and urticaria as acute and late phase reactions to zinc fume exposure, with associated metal fume fever-like symptoms. *Am J Ind Med* 12(1987)331-337.
44. Flodin U, Söderfeldt B, Noorlind Brage H, Fredriksson M, Axelson O. Multiple sclerosis, solvents and pets. A case-referent study. *Arch Neurol* 45(1988)620-623.
45. Fogh A, Frost J, Georg J. Respiratory symptoms and pulmonary function in welders. *Ann Occup Hyg* 12 (1969) 213-218.
46. Folinsbee LJ, Bedi JF, Horvath SM. Respiratory responses in humans repeatedly exposed to low concentrations of ozone. *Am Rev Respir Dis* 121 (1980) 431-439.
47. Fregert S, Övrum P. Chromate in welding fumes with special reference to contact dermatitis. *Acta Derm-Venereol* 43 (1963) 119-124.
48. Friberg L, Kjellström T, Nordberg GF. Cadmium. In: Friberg L, Nordberg GF, Vouk VB (eds). *Handbook on the Toxicology of Metals*, Volume II. Elsevier Science Publishers B.V. Amsterdam 1986, pp 130-184.
49. Friberg L, Lener J. Molybdenum. In: Friberg L, Nordberg GF, Vouk VB (eds). *Handbook on the Toxicology of Metals*, Volume II. Elsevier Science Publishers B.V. Amsterdam 1986, pp 446-461.
50. Friberg L, Nordberg GF, Vouk VB. *Handbook on the Toxicology of Metals*, volume II. Elsevier Science Publishers BV, Amsterdam 1986.
51. Friede E, Rachow DO. Symptomatic pulmonary disease in arc welders. *Ann Intern Med* 54 (1961) 121-127.
52. Friedman GD, Siegelau AB, Seltzer CC, Feldman R, Collen MF. Smoking habits and the leukocyte count. *Arch Environ Health* 26 (1973) 137-143.

53. Fukamachi K, Furuta N, Yanagawa M, Morimoto M. Atomic absorption spectrophotometric determination of microamounts of chromium (VI) by using solvent extraction of chromium (VI) with zephiramine. *Bunseki Kagaku* 23 (2) (1974), 187-92 (på japanska). (Citerat från Chemical Abstracts 82 (1975), 51037t).
54. Gallagher RP, Threlfall WJ. Cancer mortality in metal workers. *Can Med Assoc J* 129 (1983) 1191-1194.
55. Gemne G. Mangan och metylcyklopentadienylmangantri-karbonyl, MMT. Nordiska Expertgruppen för Gränsvärdes-dokumentation. *Arbete och Hälsa* 1982:10.
56. Gerin M, Siemiatycki J, Richardson L, Pellerin J, Lakhani R, Dewar R. Nickel and cancer associations from a multicancer occupation exposure case-referent study: Preliminary findings. *IARC Sci Publ* 53 (1984) 105-115.
57. Glass WI, Harris EA, Whitlock RML. Phosgene poisoning; Case report. *N Z Med J* 74 (1971) 386-389.
58. Goller JW, Park NW. A comparison of iron oxide fume inside and outside of welding helmets. *Am Ind Hyg Assoc J* 46 (1985) 89-93.
59. Grenquist-Nordén B. Nitroösa gaser. Nordiska Expertgruppen för Gränsvärdesdokumentation. *Arbete och Hälsa* 1983:28.
60. Grenquist-Nordén B. Ozon. Nordiska Expertgruppen för Gränsvärdesdokumentation. *Arbete och Hälsa* 1986:28.
61. Groth MV, Lyngnebo O. Svejsernes arbejdsmiljø og helbred. *Arbejdsmiljøfondet, København* 1983.
62. Hagberg M, Lindqvist B, Wall S. Exposure to welding fumes and chronic renal diseases, a negative case-referent study. *Int Arch Occup Environ Health* 58 (1986) 191-195.
63. Hallne U. Arbetsmiljöproblem vid svetsning. 24. Mätning av gasformiga luftföroreningar vid gasbågsvetsning av arbetsstycken avfettade med metylkloroform. Undersökningsrapport 1984:8. *Arbetarskyddsstyrelsen, Solna* 1984.
64. Hallne U, Hallberg B-O. Arbetsmiljöproblem vid svetsning. 21. Mätning av nickelkarbonyl, kolmonoxid och kväveoxider vid svetsning i gjutjärn med nickelhaltiga elektroder. Undersökningsrapport 1982:11. *Arbetarskyddsstyrelsen, Solna* 1982.
65. Hayden SP, Pincock AC, Hayden J, Tyler LE, Cross KW, Bishop JM. Respiratory symptoms and pulmonary function of welders in the engineering industry. *Thorax* 39 (1984) 442-447.
66. Hedenstedt A, Jenssen D, Lidesten B-M, Ramel C, Rannug U, Stern RM. Mutagenicity of fume particles from stainless steel welding. *Scand J Work Environ Health* 3 (1977) 203-211.
67. Hemminki K, Lindbohm M-L. Reproductive effects of welding fumes: Experimental and epidemiological studies with special reference to chromium and nickel compounds. In Stern RM, Berlin A, Fletcher AC, Jarvisalo J, (eds). "Health hazards and biological effects of welding fumes and gases". *Excerpta Medica, International Congress Series 676, Amsterdam* 1986, pp 291-301.
68. Hemminki K, Peto J, Stern RM. Summary report from the international conference on health hazards and biological effects of welding fumes and gases, Copenhagen, 18-21 February 1985. In Stern RM, Berlin A, Fletcher AC, Jarvisalo J, (eds). "Health hazards and biological effects of welding fumes and gases". *Excerpta Medica, International Congress Series 676, Amsterdam* 1986, pp 1-12.
69. Herbert A, Sterling G, Abraham J, Corrin B. Desquamative interstitial pneumonia in an aluminium welder. *Hum Pathol* 13 (1982) 694-699.
70. Hernberg S, Westerholm P, Schultz-Larsen K, Degerth R, Kuosma E, Englund A, Engzell U, Hansen HS, Mutanen P. Nasal and sinonasal cancer. Connection with occupational exposures in Denmark, Finland and Sweden. *Scand J Work Environ Health* 9 (1983) 315-326.
71. Hewitt PJ, Hicks R. An investigation of the effects of inhaled welding fume in the rat. *Ann Occup Hyg* 16 (1973) 213-221.
72. Hogstedt C. Fluorides. In: Aitio A, Riihimäki V, Vainio H (eds). *Biological monitoring and surveillance of workers exposed to chemicals*. Washington: Hemisphere Publishing Corporation 1984, pp 177-186.
73. Howe GR, Burch JD, Miller AB, Cook GM, Esteve J, Morrison B, Gordon P, Chambers LW, Fodor G, Winsor GM. Tobacco use, occupation, coffee, various nutrients and bladder cancer. *J Natl Cancer Inst* 64 (1980) 701-713.
74. Hunnicutt TN Jr, Cracovener DJ, Myles JT. Spirometric measurements in welders. *Arch Environ Health* 8 (1964) 661-669.
75. Husgafvel-Pursiainen K, Kalliomäki P-L, Sorsa M. A chromosome study among stainless steel workers. *J Occup Med* 24 (1982) 762-766.
76. Jahr J. Hydrogenfluorid. Nordiska Expertgruppen för Gränsvärdesdokumentation. *Arbete och Hälsa* 1983:17.
77. Janoff A. State of the art. Elastases and emphysema. Current assessment of the protease-antiprotease hypothesis. *Am Rev Respir Dis* 132 (1985) 417-433.
78. Jansson L. Bestämning av infångningsförmåga -Partikelstorleksfördelningar och -koncentrationer vid svetsning med och utan olika punktutslug samt funktion hos några avskiljare och ventilationssystem. *Arbete och Hälsa* 1978:18.
79. Jelnes JE, Knudsen LE. Stainless steel welding and semen quality. *Reproduct Toxicol* 2 (1988) 213-215.
80. Jindřichova J. Chromschäden bei Elektroschweisern. *Z Ges Hyg* 24 (1978) 86-88.
81. Johansson SAE, Johansson TB. Analytical application of particle induced X-ray emission. *Nuclear Instruments Method* 136 (1976) 473-516.
82. Kalliomäki K, Aittoniemi K, Kalliomäki P-L, Moilanen M. Measurement of lung-retained contaminants in vivo among workers exposed to metal aerosols. *Am Ind Hyg Assoc J* 42 (1981) 234-238.
83. Kalliomäki P-L, Alanko K, Korhonen O, Mattsson T, Vaaranen V, Koponen M. Amount and distribution of welding fume lung contaminants among arc welders. *Scand J Work Environ Health* 4 (1978) 122-130.
84. Kalliomäki P-L, Junttila M-L, Kalliomäki KK, Lakomaa E-L, Kivelä R. Comparison of the behavior of stainless and mild steel manual metal arc welding fumes in rat lung. *Scand J Work Environ Health* 9 (1983) 176-180.
85. Kalliomäki K, Kalliomäki P-L, Moilanen M. A mobile magnetopneumograph with dust quality sensing. In Stern RM, Berlin A, Fletcher AC, Jarvisalo J, (eds). "Health hazards and biological effects of welding fumes and gases". *Excerpta Medica, International Congress Series 676, Amsterdam* 1986, pp 215-218.
86. Kalliomäki P-L, Kalliomäki K, Rahkonen E, Aittoniemi K. Follow-up study on the lung retention of welding fumes among shipyard welders. *Ann Occup Hyg* 27 (1983) 449-452.
87. Kalliomäki P-L, Lakomaa E, Kalliomäki K, Kiilunen M, Kivelä R, Vaaranen V. Stainless steel manual metal arc welding fumes in rats. *Br J Ind Med* 40 (1983) 229-234.
88. Kalliomäki P-L, Sutinen S, Kelhä V, Lakomaa E, Sorti V, Sutinen S. Amount and distribution of fume contaminants in the lung of an arc welder post mortem. *Br J Ind Med* 36 (1979) 224-230.
89. Kanerva L, Estlander T, Jolanki R, Lähteenmäki M-L, Keskinen H. Occupational urticaria from welding polyurethane. *J Am Acad Dermatol* 1990 (In press).
90. Kantor AF, McCrea Curnen MG, Meigs JW, Flannery JT. Occupations of fathers of patients with Wilms' tumor. *J Epidem Commun Health* 33 (1979) 253-256.
91. Kaplan I, Zeligman I. Urticaria and asthma from acetylene welding. *Arch Dermatol* 88(1963)188-189.
92. Kazantzis G. Tungsten. In: Friberg L, Nordberg GF, Vouk VB (eds). *Handbook on the Toxicology of Metals, Volume II*. Elsevier Science Publishers B.V. Amsterdam 1986, 610-622.

93. Keimig DG, Pomrehn PR, Burmeister LF. Respiratory symptoms and pulmonary function in welders of mild steel: A cross-sectional study. *Am J Ind Med* 4 (1983) 489-499.
94. Keskinen H, Grenquist B. Astma orsakad av svetsning av epoximålat järn. 30 Nordiska Yrkeshygieniska Mötet, Åbo 12-14 oktober 1981, sid 110.
95. Keskinen H, Kalliomäki P-L, Alanko K. Occupational asthma due to stainless steel welding fumes. *Clin Allergy* 10 (1980) 151-159.
96. Kilburn KH, Warshaw RH. Pulmonary functional impairment from years of arc welding. *Am J Med* 87 (1989) 62-69.
97. Kjuus H, Skjaerven R, Langård S, Lien JT, Aamodi T. A case-referent study of lung cancer, occupational exposures and smoking. I. Comparison of title-based and exposure-based occupational information. *Scand J Work Environ Health* 12 (1986) 93-202.
98. Kleinfeld M, Giel C, Tabershaw IR. Health hazards associated with inert-gas-shielded metal arc welding. *Arch Ind Health* 15 (1957) 27-31.
99. Knudsen L. Screening for mutagene og potentielt carcinogene arbejdsmiljøfaktorer. 1. Svejsning i rustfrit stål. Rapport til Arbejdsmiljøfondet. Arbejdsmiljøinstituttet, København, 1989.
100. Knutson-Ek B. Svejsning, lödning samt grundmaterialets beredning. LTs förlag Borås 1983, 272 sidor.
101. Koponen M, Gustafsson T, Kalliomäki P-L, Pyy L. Chromium and nickel aerosols in stainless steel manufacturing, grinding and welding. *Am Ind Hyg Assoc J* 42 (1981) 596-601.
102. Koshi K. Effects of fume particles from stainless steel welding on sister chromatid exchanges and chromosome aberrations in cultured Chinese hamster cells. *Ind Health* 17 (1979) 39-49.
103. Koshi K, Yagami T, Nakanishi Y. Cytogenetic analysis of peripheral blood lymphocytes from stainless steel welders. *Ind Health* 22(1984)305-318.
104. Langård S, Norseth T. Chromium. In: Friberg L, Nordberg GF, Vouk VB (eds): *Handbook on the Toxicology of Metals*. Volume II. Elsevier Science Publishers B.V. Amsterdam 1986 185-210.
105. Lidums V, Lundberg I, Sjögren B. Aluminium i blod och urin hos industriellt exponerade arbetare. *Arbete och Hälsa* 1982:13.
106. Lindqvist T. Nitrous gas poisoning among welders using acetylene flame. *Acta Med Scand* 118 fasc I-III (1944) 210-243.
107. Lippmann M. Magnetopneumography as a tool for measuring lung burden of industrial aerosols. In: Stern RM, Berlin A, Fletcher AC, Jarvisalo J, (eds). "Health hazards and biological effects of welding fumes and gases". *Excerpta Medica, International Congress Series* 676, Amsterdam 1986, pp 199-213.
108. Littorin M, Högstedt B, Strömbeck B, Karlsson A, Welinder H, Mitelman F, Skerfving S. No cytogenetic effects in lymphocytes of stainless steel welders. *Scand J Work Environ Health* 9 (1983) 259-264.
109. Littorin M, Welinder H, Hultberg B. Kidney function in stainless steel welders. *Int Arch Occup Environ Health* 53 (1984) 279-282.
110. Lyngbo O. Svejsning og lungesydomme. Institut for social medicin, Publikation 22, Københavns universitet, 1988.
111. Maintz G, Schneider WD, Rebohle E. Zur Wirkung von Epoxidharzen auf den Atemtrakt. *Z Ges Hyg* 26 (1980) 588-592.
112. Malmberg P. Yrken/arbetsmiljöer med hög sjuklighet i respirationsorganen. *Arbete och Hälsa* 1990:6.
113. Maxild J, Andersen M, Kiel P, Stern RM. Mutagenicity of fume particles from metal arc welding on stainless steel in the Salmonella/microsome test. *Mutat Res* 56 (1978) 235-243.
114. McMillan GHG, Heath J. The health of welders in naval dockyards: Acute changes in respiratory function during standardized welding. *Ann Occup Hyg* 22 (1979) 19-32.
115. McMillan GHG, Pethybridge RJ. The health of welders in naval dockyards: Proportional mortality study of welders and two control groups. *J Soc Occup Med* 33 (1983) 75-84.
116. McMillan GHG, Pethybridge J. A clinical, radiological and pulmonary function case-control study of 135 dockyard welders aged 45 years and over. *J Soc Occup Med* 34 (1984) 3-23.
117. Milham S Jr. Occupational mortality in Washington State 1950-1979. National Institute for Occupational Safety and Health, Cincinnati, Ohio, 1983.
118. Mohsenin V, Gee JBL. Acute effect of nitrogen dioxide exposure on the functional activity of alpha-1-protease inhibitor in bronchoalveolar lavage fluid of normal subjects. *Am Rev Respir Dis* 136 (1987) 646-650.
119. Moreton J, Bettelley J, Mathers H, Nicholls A, Perry RW, Ratcliffe DB, Svensson L. Investigation of techniques for the analysis of hexavalent chromium, total chromium and total nickel in welding fume: a cooperative study. *Ann Occup Hyg* 27 (1983) 137-156.
120. Mortensen JT. Risk for reduced sperm quality among metal workers, with special reference to welders. *Scand J Work Environ Health* 14(1988)27-30.
121. Mur JM, Teculescu D, Pham QT, Gaertner M, Massin N, Meyer-Bisch C, Moulin JJ, Diebold F, Pierre F, Meurou-Poncellet B, Muller J. Lung function and clinical findings in a cross-sectional study of arc welders. *Int Arch Occup Environ Health* 57 (1985) 1-17.
122. Mutti A, Cavatorta A, Pedroni C, Borghi A, Giaroli C, Franchini I. The role of chromium accumulation in the relationship between airborne and urinary chromium in welders. *Int Arch Occup Environ Health* 43 (1979) 123-133.
123. Mylius EA, Gullvåg B. Alveolar macrophage count as an indicator of lung reaction to industrial air pollution. *Acta Cytologica* 30 (1986) 157-162.
124. Möller P. Sveiseglo i øret. *T Norske Laegeforen*. 95 (1975) 445-446.
125. Nordiska Expertgruppen för Gränsvärdesdokumentation. 6. Organiskt bly. *Arbete och Hälsa* 1979:24.
126. Nordiska Expertgruppen för Gränsvärdesdokumentation. 12. Kolmonoxid. *Arbete och Hälsa* 1980:8.
127. Nordiska Expertgruppen för Gränsvärdesdokumentation. 18. Koppar. *Arbete och Hälsa* 1980:21.
128. Nordiska Expertgruppen för Gränsvärdesdokumentation. 22. Zink. *Arbete och Hälsa* 1981:13.
129. Nordiska Expertgruppen för Gränsvärdesdokumentation. 26. Nickel. *Arbete och Hälsa* 1981:28.
130. Nordman CH, Berlin M. Titanium. In: Friberg L, Nordberg GF, Vouk VB (eds). *Handbook on the Toxicology of Metals*, Volume II. Elsevier Science Publishers B.V. Amsterdam 1986, 594-609.
131. Norwood WD, Wisehart DE, Earl CA, Adley FE, Anderson DE. Nitrogen dioxide poisoning due to metal-cutting with oxyacetylene torch. *J Occup Med* 8(1966)301-306.
132. Näslund P-E. Förändringar i den vita blodbilden hos svetsröksexponerade varvsarbetare. *Svenska Läkaresällskapets Handlingar* band 85, häfte 5, 1976.
133. Olson J, Sabroe S, Lajer M. Welding and cancer of the larynx: A case-control study. *Eur J Cancer Clin Oncol* 20 (1984) 639-643.
134. Olshan AF. A case-control study of risk factors for Wilms' tumor. *Diss Abstr Int (B)* 49 (1988) 1115.
135. Oxhøj H, Bake B, Wedel H, Wilhelmsen L. Effect of electric arc welding on ventilatory lung function. *Arch Environ Health* 34 (1979) 211-217.
136. Persson B, Dahlander A-M, Fredriksson M, Noorlind Brage H, Ohlson C-G, Axelsson O. Malignant lymphomas and occupational exposures. *Br J Ind Med* 46(1989)516-520.
137. Peters JM, Murphy RLH, Ferris BG, Burgess WA, Ranadive MV, Perdergrass HP. Pulmonary function in shipyard welders. *Arch Environ Health* 26 (1973) 28-31.

138. Petitti DB, Kipp H. The leukocyte count: Associations with intensity of smoking and persistence of effect after quitting. *Am J Epidemiol* 123(1986)89-95.
139. Rachootin P, Olsen J. The risk of infertility and delayed conception associated with exposures in the Danish workplace. *J Occup Med* 25(1983)394-402.
140. Rahkonen E, Junttila M-L, Kalliomäki P-L, Olkinouora M, Korponen M, Kalliomäki K. Evaluation of biological monitoring among stainless steel welders. *Int Arch Occup Environ Health* 52(1983)243-255.
141. Reeves AL, Barium. In: Friberg L, Nordberg GF, Vouk VB (eds). *Handbook on the Toxicology of Metals, Volume II*. Elsevier Science Publishers B.V. Amsterdam 1986 pp 84-94.
142. Rinzema LC, Silverstein LG. Hazards from chlorinated hydrocarbon decomposition during welding. *Am Ind Hyg Assoc J* (1972) 35-40.
143. Risch HA, Burch JD, Miller AB, Hill GB, Steele R, Howe GR. Occupational factors and the incidence of cancer of the bladder in Canada. *Br J Ind Med* 45 (1988) 361-367.
144. Rohrs LC. Metal-fume fever from inhaling zinc oxide. *Arch Ind Health* 16 (1957) 42-47.
145. Ross DS. Welders' metal fume fever. *J Soc Occup Med* 24 (1974) 125-129.
146. Sandén Å, Larsson S, Lavenius B. Asbestexponerade varvsarbetare - en tvärsnittstudie. *Läkartidningen* 81 (1984) 1959-1962.
147. Savory J, Berlin A, Courtoux C, Yeoman B, Wills MR. Summary report of an international workshop on "The role of biological monitoring in the prevention of aluminium toxicity in man: Aluminium analysis in biological fluids". *Ann Clin Lab Sci* 13 (1983) 444-451.
148. Seldén A, Sundell L. Chlorinated solvents, welding and pulmonary oedema - another probable case. Letter to the editor. *Chest* 1990 (In press)
149. Selikoff IJ, Nicholson WJ, Lillis R. Radiological evidence of asbestos disease among ship repair workers. *Am J Ind Med* 1 (1980) 9-22.
150. Siegl P, Bergert K-D. Eine frühdagnostische Überwachungsmethode bei Manganexposition. *Z Ges Hyg* 28 (1982) 524-526.
151. Silverman DT, Hoover RN, Albert S, Graff KM. Occupation and cancer of the lower urinary tract in Detroit. *J Natl Cancer Inst* 70 (1983) 237-45.
152. Sjögren B. Respiratory disorders and biological monitoring among electric-arc welders and brazers. Thesis. *Arbete och Hälsa* 1985:9.
153. Sjögren B. Respiratory effects of arc welding, letter to the editor. *J Soc Occup Med* 36 (1986) 35.
154. Sjögren B, Elinder CG, Lidums V, Chang G. Upptag och utsöndring av aluminium vid svetsning. *Arbete och Hälsa* 1986:16.
155. Sjögren B, Gustavsson A, Hedström L. Mortality in two cohorts of welders exposed to high- and low-levels of hexavalent chromium. *Scand J Work Environ Health* 13(1987)247-251.
156. Sjögren B, Gustavsson P, Hogstedt C. Neuropsykiatriska symptom hos svetsare. *Arbete och Hälsa* 1988:25.
157. Sjögren B, Hedström L, Lindstedt G. Urinary fluoride concentration as an estimator of welding fume exposure from basic electrodes. *Br J Ind Med* 41(1984)192-196.
158. Sjögren B, Hedström L, Ulfvarson U. Urine chromium as an estimator of air exposure to stainless steel welding fumes. *Int Arch Occup Environ Health* 51(1983)347-354.
159. Sjögren B, Håkansson M, Randma E, Swensson Å. Arbetsmiljöproblem vid svetsning. Del 18. Akuta effekter vid svetsning med MAG i omålat och målat stål, och med belagda elektroder i omålat stål. *Arbete och Hälsa* 1981:23.
160. Sjögren B, Lidums V, Håkansson M, Hedström L. Exposure and urinary excretion of aluminium during welding. *Scand J Work Environ Health* 11 (1985) 39-43.
161. Sjögren B, Lundberg I, Lidums V. Aluminium in the blood and urine of industrially exposed workers. *Br J Ind Med* 40(1983)301-304.
162. Sjögren B, Persson J, Randma E, Swensson Å. Arbetsmiljöproblem vid svetsning. Del 9. En tvärsnittstudie av spårsvetsare vid SJ. *Arbete och Hälsa* 1979:28.
163. Sjögren B, Plato N, Alexandersson R, Eklund A, Falkenberg C. Pulmonary reactions caused by welding-induced decomposed trichloroethylene - A case report. *Chest* 1990 (In press)
164. Sjögren B, Ulfvarson U. Respiratory symptoms and pulmonary function among welders working with aluminium, stainless steel and railroad tracks. *Scand J Work Environ Health* 11(1985)27-32.
165. Slepicka J, Kadlec K, Tesar Z, Skoda V, Mirejovsky P. Beitrag zur Problematik der Elektroschweisserpneumokoniose. *Int Arch Arbeitsmed* 27(1970)257-280.
166. Sollenberg J. A method for determining benzo(a)pyrene in air samples collected on glassfiber filters in occupational areas. *Scand J Work Environ Health* 2(1976)185-189.
167. Stern RM. Process-dependent risk of delayed health effects for welders. *Environ Health Perspect* 41(1981)235-253.
168. Stern RM. Assessment of risk of lung cancer for welders. *Arch Environ Health* 38(1983)148-155.
169. Stern RM. Cancer incidence among welders: Possible effects of exposure to extremely low frequency electromagnetic radiation (ELF) and to welding fumes. *Environ Health Perspect* 76(1987)221-229.
170. Suzuki Y, Serita F. Simultaneous determination of water-soluble trivalent and hexavalent chromium by anion exchange high-pressure liquid chromatography. *Ind Health* 23 (1985) 207-220.
171. Tola S, Karskela V. Occupational lead exposure in Finland. V. Shipyards and shipbreaking. *Scand J Work Environ Health* 2 (1976) 31-36.
172. Tola S, Kilpiö J, Virtamo M, Haapa K. Urinary chromium as an indicator of the exposure of welders to chromium. *Scand J Work Environ Health* 3(1977)192-202.
173. Tossavainen A, Nurminen M, Mutanen P, Tola S. Application of mathematical modelling for assessing the biological half-times of chromium and nickel in field studies. *Br J Ind Med* 37(1980)285-291.
174. Ulfvarson U. Arbetsmiljöproblem vid svetsning. Del II. Kartläggning av luftföroreningar vid svetsning. Sammanfattning av resultat. *Arbete och Hälsa* 1979:31.
175. Ulfvarson U. Survey of air contaminants from welding. *Scand J Work Environ Health* 7 suppl. 2 (1981) 28 p.
176. Ulfvarson U, Bergström B, Hallberg B-O, Hallne U. Arbetsmiljöproblem vid svetsning. Del 17. Luftföroreningar vid gasskärning i grundmålad grovplåt. *Arbete och Hälsa* 1981:25.
177. Ulfvarson U, Hallne U, Bellander T, Hayenhjelm H. Arbetsmiljöproblem vid svetsning. Del 4. Gasbågsvetsning i aluminium och aluminiumlegeringar. I. Kartläggning av luftföroreningar. *Arbete och Hälsa* 1978:6.
178. Van Bemst A, Beaufils D, Hewitt PJ, Stern RM. Interlaboratory calibration of a standardized analytical method of hexavalent and total chromium in welding fumes. SVC Report 83.29. Svejscentralen, Park Allé 345, 2600 Glostrup, Köpenhamn 1983.
179. Versieck J, Cornelis R. Normal levels of trace elements in human blood, plasma or serum. *Anal Chim Acta* 116 (1980) 217-254.
180. Vick U. Verbrennungen des Mittelohres durch Schweissperlen. *Z Ärztl Fortbild* 72 (1978) 726-728.
181. Welinder H, Littorin M, Gullberg B, Skerfving S. Elimination of chromium in urine after stainless steel welding. *Scand J Work Environ Health* 9 (1983) 397-403.
182. Werner U. Erkrankungen der oberen Atemwege bei Schweissern. *Z Ges Hyg* 23 (1977) 731-734.
183. Whitlock CM, Amuso SJ, Bittenbender JB. Chronic neurological disease in two manganese steel workers. *Am Ind Hyg Assoc J* 27 (1966) 454-459.

184. World Health Organization. Carbon monoxide. Environmental Health Criteria 13, Geneva 1979.
185. World Health Organization. Recommended health-based limits in occupational exposure to heavy metals. Technical Report Series 647, Geneva 1980.
186. World Health Organization. Early detection of chronic lung diseases. Report on a WHO meeting. EURO Reports and Studies 24. Copenhagen 1980.
187. Zarka VJ. Speciation of hexavalent chromium in welding fumes interference by air oxidation of chromium. *Am Ind Hyg Assoc J* 46 (1985) 327-331.
188. Zober A, Weltle D. Cross-sectional study of respiratory effects of arc welding. *J Soc Occup Med* 35 (1985) 79-84.
189. Åkesson B, Skerfving S. Exposure in welding of high nickel alloy. *Int Arch Occup Environ Health* 56 (1985) 111-117.

Insänt för publicering 1990-07-10

Appendix I. Lista över tillåtna eller rekommenderade högsta halter av svetsrök i luft.

Land	mg/m ³	år	ref.
Danmark ¹⁾	1,6-3,1	1988	2
Frankrike ²⁾	5	1988	6
Nederländerna	5	1986	4
Norge ³⁾	5	1984	1
Storbritannien	5	1988	3
USA (ACGIH) ⁴⁾	5	1988-1989	5

1) processbetingade gränsvärden

2) totalrök

3) ej specificerat

4) TLV-TWA

Referenser till Appendix I

- Administrative normer for forurensninger i arbeidsatmosfaere. Veiledning til arbeidsmiljøloven. Bestillingsnr. 361. Direktoratet for Arbeidstilsynet, Oslo 1989.
- Graensevaerdier for stoffer og materialer. Arbejdsløstilsynets trykkeri, København 1988.
- Guidance Note EH 40/88 from the Health and Safety Executive: Occupational Exposure Limits 1988. (ISBN 0-11-885404-6).
- De nationale MAC-lijst 1986. Arbeidsinspectie P 145. Voorburg 1986. (ISSN: 0166-8935).
- Threshold Limit Values and biological exposure indices for 1988-89. American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Cincinnati 1988. (ISBN 0-936712-78-3).
- Valeurs limites pour les concentrations des substances dangereuses dans l'air des lieux de travail. ND 1707-133-88, Cah Notes Doc No 133, 1988.