

Hälsoeffekter av gaser och partiklar bildade vid svetsning

**Kunskaps
sammanställning**

Kunskapssammanställning

Hälsoeffekter av gaser och partiklar bildade vid svetsning

Bengt Sjögren, medicine doktor och specialist i yrkesmedicin
Institutet för miljömedicin, Karolinska Institutet

ISSN 1650-3171

Rapport 2013:5

Förord

Arbetsmiljöverket har fått i uppdrag av regeringen att informera och sprida kunskap om områden av betydelse för arbetsmiljön. Under kommande år publiceras därför ett flertal kunskapssammanställningar där välrenommerade forskare sammanfattat kunskapsläget inom ett antal teman. En vetenskaplig granskning av denna rapport har utförts av docent Jörn Nielsen. Den slutliga utformningen ansvarar dock författaren själv för.

Rapporterna finns kostnadsfritt tillgängliga på Arbetsmiljöverkets webbplats. Där finns även material från seminarieserien som Arbetsmiljöverket arrangerar i samband med rapporternas publicering.

Projektledare för kunskapssammanställningen vid Arbetsmiljöverket har varit Ulrika Thomsson Myrvang. Vi vill även tacka övriga kollegor vid Arbetsmiljöverket som varit behjälpliga i arbetet med rapporterna.

De åsikter som uttrycks i denna rapport är författarens egna och speglar inte nödvändigtvis Arbetsmiljöverkets uppfattning.

Magnus Falk, fil. dr.

Författarens förord

Docent Jörn Nielsen har läst manuskriptet och jag vill tacka honom för värdefulla synpunkter. Lars Finn har utfört illustrationerna i figurerna 2 och 3 och Bosse Näsström har ritat samtliga illustrationer i figur 4. Jag är glad att dessa välgjorda illustrationer har kunnat återanvändas från tidigare publikationer.

Innehållsförteckning

Sammanfattning	5
English summary	5
1. Introduktion och syfte	6
2. Svetsmetoder	8
2.1 Gassvetsning	8
2.2 Metallbågsvetsning	8
2.3 Gasmetallbågsvetsning	9
2.4 Lödning	10
3. Effekter och sjukdomar	10
3.1 Ögon och övre luftvägar	11
3.2 Kvävning till följd av syrebrist och kolmonoxid	11
3.3 Lungödem	13
3.4 Astma	13
3.5 Kronisk bronkit	15
3.6 Kroniskt obstruktiv lungsjukdom (KOL)	15
3.7 Lunginflammation	16
3.8 Sideros och lungfibros	17
3.9 Metallröksfeber	17
3.10 Hjärtinfarkt	18
3.11 Stroke	19
3.12 Påverkan på njurarna	19
3.13 Påverkan på nervsystemet	19
3.13.1 Aluminium	19
3.13.2 Bly	19
3.13.3 Mangan	19
3.14 Cancer	20
3.15 Påverkan på fortplantningen	20
3.16 Öronskador	21
4. Förebyggande åtgärder	22
4.1 Utbildning	22

4.2 Ventilation	22
4.3 Hälsokontroller.....	23
4.4 Vaccination	24
5. Biologisk övervakning av exponering	24
5.1 Aluminium.....	24
5.2 Barium	25
5.3 Bly.....	25
5.4 Fluorider	25
5.5 Kadmium.....	25
5.6 Kobolt.....	25
5.7 Kolmonoxid	25
5.8 Krom	25
5.9 Nickel.....	26
6. Litteratur.....	27

Använda förkortningar

FEV ₁	Forcerad expiratorisk volym, volymen av en maximal utandning under den första sekunden.
FEV%	Forcerad expiratorisk volym%, volymen av utandningen under den första sekunden/volymen av en maximal utandning.
FVC	Forcerad vitalkapacitet, volymen av den snabbast möjliga maximala utandningen.
KOL	Kroniskt obstruktiv lungsjukdom.
MAG	Metal active gas, svetsning med konsumerande elektrod och ädelgas med inblandning av gas som kan reagera med smältan, oftast koldioxid.
MIG	Metal inert gas, svetsning med konsumerande elektrod och ädelgas.
MMA	Manual metal-arc welding, svetsning med belagd elektrod.
OR	Odds ratio (oddskvot), ungefär samma sak som relativ risk.
PEF	Peak expiratory flow innebär det maximala flödet i en utandning.
RR	Relativ risk.
TIG	Tungsten inert gas, svetsning med volframelektrod och ädelgas.
VC	Vitalkapacitet, volymen av en lugn maximal utandning.
95% KI	95% konfidensintervall.

Sammanfattning

Denna kunskapssammanställning syftar till att beskriva effekter och sjukdomar som förknippats med inandning av gaser och partiklar som genererats vid svetsning. I sammanställningen ingår en beskrivning av de vanligaste svetsmetoderna. Vid gas-svetsning kan höga halter kolmonoxid bildas som har kvävande egenskaper. Denna typ av svetsning kan även generera kvävedioxid som kan orsaka lungödem. Astma har förknippats med flera luftvägsirriterande ämnen. Svetsning har associerats med flera olika sjukdomar som kronisk bronkit, kroniskt obstruktiv lungsjukdom (KOL), lunginflammation, sideros och hjärtkärlsjukdom. Inandning av metaller som aluminium, bly och mangan kan påverka det centrala nervsystemet. Vid svetsning av rostfritt stål bildas sexvärda kromföreningar som kan orsaka cancer, astma och påverka reproduktionen. Gravida kvinnor ska skyddas från många ämnen i svetsrök bl.a. bly, kobolt, krom, nickel och kolmonoxid. Svetsare bör alltid använda personligt andningsskydd. Punktutsug bör alltid användas för att förhindra svetsrökens spridning till den övriga lokalen. Medicinsk undersökning av svetsare bör alltid övervägas.

English summary

The aim of this review is to describe effects and diseases associated with inhalation of welding-generated gases and particles. The review comprises a short description of some common methods of welding. During gas welding high concentrations of carbon monoxide may be generated. This type of welding can also produce nitrogen dioxide which may cause pulmonary edema. Asthma has been associated with several airway irritants. Welding has been linked to chronic bronchitis, chronic obstructive pulmonary disease, pneumonia, siderosis and cardiovascular disease. Inhalation of metals as aluminium, lead and manganese can affect the central nervous system. Stainless steel welding generates hexavalent chromium which can cause cancer, asthma and affect reproduction. Pregnant female welders should be further protected from many compounds in the welding fume e. g. cobalt, chromium, lead, nickel and carbon monoxide. Welders should be equipped with personal protective respirators. Local exhaust ventilation should be used to prevent dispersion of welding fume. Medical surveillance of welders should be considered.

1. Introduktion och syfte

Svetsning är en fogningsteknik som innebär att man hettar upp metallstycken och sammanfogar dem genom sammansmältning. Metoden skiljer sig från lödning där arbetsstycken sammanfogas utan att smälta och där endast tillsatsmaterialet (lodet) smälts.

I vårt land har antalet svetsare uppskattats till 20 000-25 000. Samtidigt är det omkring 250 000 personer som svetsar i sitt yrke utan att kalla sig svetsare, som till exempel bilmekaniker. I industrialiserade länder beräknas antalet svetsare uppgå till ca 1 procent av arbetskraften.

År 1990 skrev Bengt Sjögren tillsammans med Ulf Ulfvarson ett vetenskapligt underlag till den Nordiska Expertgruppen för Gränsvärdesdokumentation om Svetsgaser och svetsrök (Sjögren & Ulfvarson 1990). Syftet med denna sammanställning är att uppdatera kunskapsläget med avseende på effekter på människa efter inandning av gaser och partiklar bildade vid svetsning. Kunskaps-sammanställningen berör inte strålning, buller eller ergonomi, som också är betydelsefulla vid svetsning. Litteratursökningen har huvudsakligen skett via PubMed.

Under åren 1974 till 1976 utfördes en omfattande undersökning av lufthalterna i samband med svetsning i Sverige. Totalt undersöktes nära 500 svetsarbetsplatser vid 76 verkstadsföretag och drygt 20 banavdelningar vid Statens Järnvägar. Undersökningen visade att lufthalterna i andningszonen vanligen överskred det hygieniska gränsvärdet för respirabelt damm som var 5 mg/m^3 både på 1970-talet och idag. Praktiskt taget alla partiklar som alstras vid svetsning är respirabla och majoriteten av partiklarna är mindre än $1 \mu\text{m}$. Vid användning av punktutslug minskade partikelexponeringen med omkring 40 procent (Ulfvarson 1979). För att utvärdera om exponeringen minskat under de följande åren utfördes under 1994 mätningar av luftföroreningar i Stockholms Län på sammanlagt 13 företag. Totalpartikelhalten i svetsarnas andningszon var i allmänhet lägre 1994, $2,6 \text{ mg/m}^3$, jämfört med $7,8 \text{ mg/m}^3$ under 1970-talet. Vid de företag där mätningar utförts vid båda tillfällena sjönk nivån vanligen men i några fall uppmättes något högre koncentrationer (Nise 1995).

Vid svetsning bildas en rökplym som stiger rakt upp på grund av den alstrade värmen. Partikelhalterna kan vara omkring 1 000 gånger högre i svetsplymen jämfört med några dm vid sidan om (Christensson 2010).

Under mitten av det första decenniet under 2000-talet utförde IVL Svenska Miljöinstitutet mätningar av krom och mangan vid svetsning (Gavelin 2006). Vid svetsning av rostfritt stål överskred nästan hälften av halterna $5 \mu\text{g/m}^3$ som är gränsvärdet för sexvärt krom (Arbets-miljöverket, AFS 2011:18). Gränsvärdet överskreds ofta trots att punktutslug användes. De respirabla manganhalterna som uppmättes låg vanligen under $0,1 \text{ mg/m}^3$ som är gränsvärdet för mangan (Arbetsmiljöverket, AFS 2011:18). Vid ett tillfälle tangerades detta gränsvärde vid svetsning utan punktutslug.

De flesta primära partiklar som alstras vid svetsning har en diameter mellan 5 och 40 nm. Dessa primära partiklar har en tendens att snabbt klumpa ihop sig och bilda långa kedjor och då växer partiklarna till $0,1\text{-}1 \mu\text{m}$ (Berlinger 2012). TIG-svetsning är den metod som alstrar den största mängden nanopartiklar (partiklar mindre än 100 nm) trots att partikelhalterna uttryckta som mg/m^3 är låga jämfört med andra vanliga metoder (Lehnert 2012). Vid friktionsomrörnings-svetsning som används för att svetsa aluminium kan antalet nanopartiklar nå lika högt som vid TIG-svetsning (Pfefferkorn 2010).

Kvävedioxid bildas av luftens kväve och syre vid gassvetsning då lågan riktas rakt ut i luften. I trånga utrymmen kan halten kvävedioxid överstiga 100 ppm (Fristedt 1972, Norwood 1966). Vid metallbågs-svetsning är halterna av kvävedioxid vanligen under 1 ppm (Schoonover 2011).

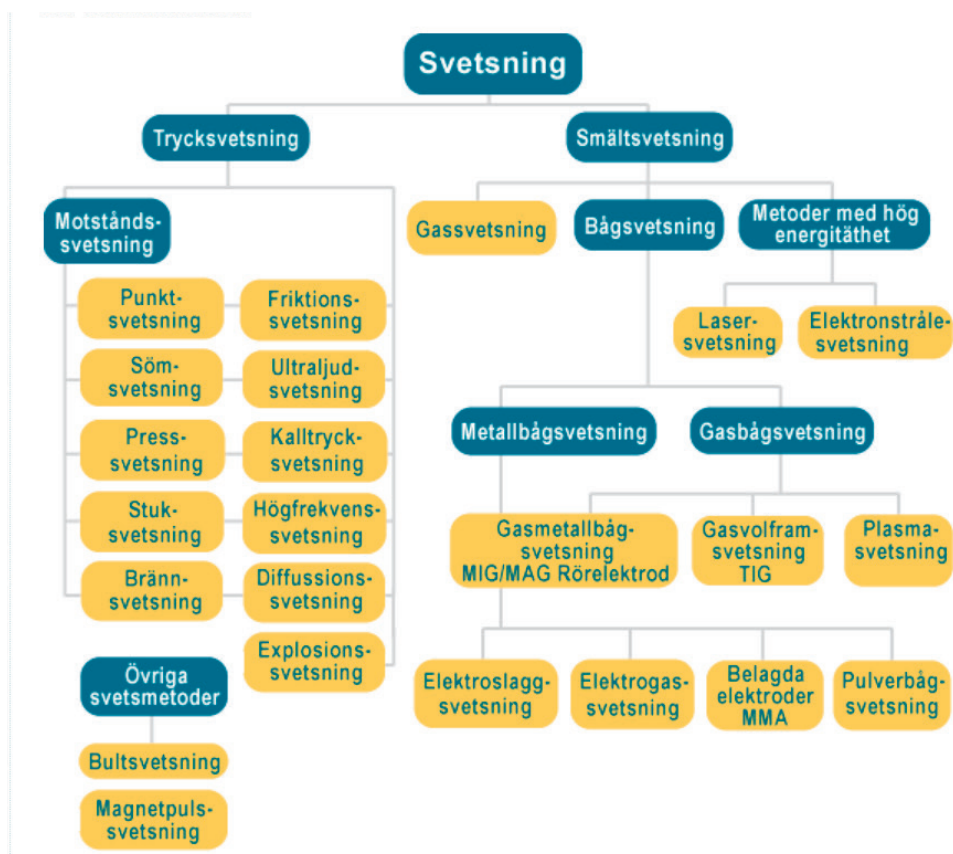
Ozon (O_3) bildas av luftens syre (O_2) och UV-strålningen från ljusbågen. Vid MIG-svetsning av aluminium kan halterna av ozon överskrida $0,1 \text{ ppm}$ (Ulfvarson 1981). Vid

metallbågs svetsning och MAG-svetsning av låglegerat stål är halterna av ozon vanligen under 0,04 ppm (Schoonover 2011).

Kolmonoxid finns normalt i låga halter i svetsrök. Vid MIG- och TIG-svetsning i olika metaller var lufthalterna lägre än 5 ppm (Korcynski 2000, Ulfvarson 1978). Vid rörtråds-svetsning har en medelhalt på 8 ppm mätts (Dahlqvist 1994). Höga kolmonoxidhalter kan förekomma vid gassvetsning och gasskärning i trånga utrymmen (> 100 ppm) (Ulfvarson 1981) och i fjärrvärmerör (Antonsson 2013). Även vid MAG-svetsning med koldioxid som skyddsgas kan man utsättas för höga halter kolmonoxid (De Kretser 1964).

2. Svetsmetoder

En översikt över smält- och trycksvetsmetoder presenteras i figur 1.



Figur 1. Indelning av smält- och trycksvetsmetoder. Bilden är hämtad från Svetskommissionens hemsida (www.svets.se/tekniskinfo/svetsning/metoder).

2.1 Gassvetsning

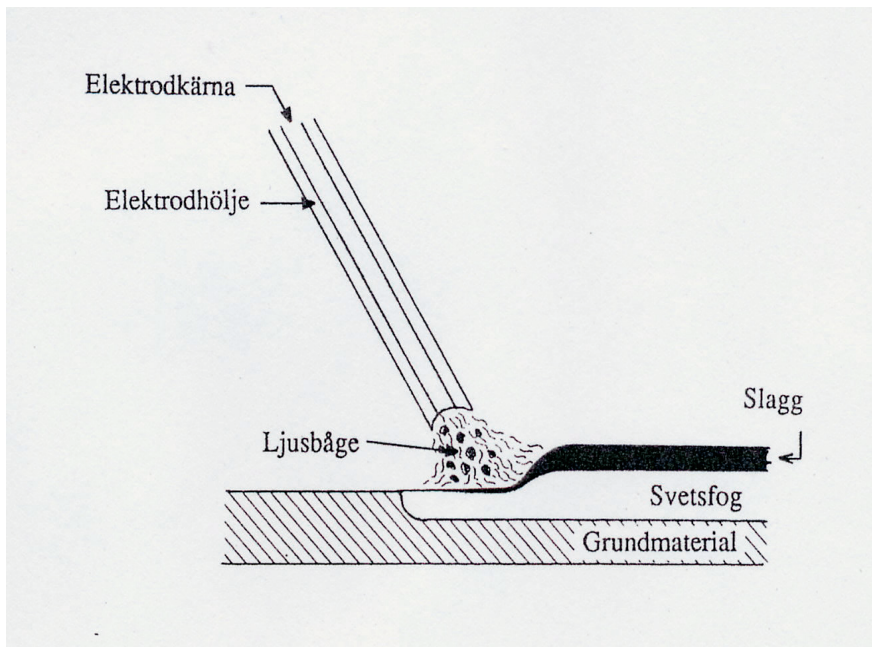
Gassvetsning sker vanligen genom att acetylen- och syrgas (oxygen) blandas i lämpliga proportioner i en svetsbrännare. Gasblandningen förbränns i en låga med en temperatur på omkring 3 100°C. Blandningen av de båda gaserna avvägs så att lågan får lämpliga egenskaper för olika ändamål (Knutson-Ek 1983).

Vid gasskärning upphettas först metallen med samma gaslåga som används vid svetsning. Därefter riktas en ström av oxygen under högt tryck mot den heta metallen. Vid skärning av stål oxideras därvid järn till magnetit (Fe_3O_4), vars smältpunkt ligger under järnets smältpunkt och därför omedelbart smälter och blåses undan av syrgasströmmen.

2.2 Metallbågsvetsning

Det tekniska namnet på denna metod är metallbågsvetsning men den kallas även svetsning med belagd elektrod. På verkstadsgolvet är namnet ofta pinnsvetsning och det engelska namnet är manual metal-arc welding, oftast förkortat MMA. Vid metallbågsvetsning alstras en elektrisk spänning mellan den belagda elektroden och grundmaterialet, figur 2. Den bildade ljusbågen smälter elektrod och grundmaterial vid fogen. Höljets uppgift är att underlätta ljusbågens tändning, stabilisera bågen, avlägsna oxidskikt och skydda svetsgodset mot oxidation, legera svetsgodset och bilda slag som formar och stöder svetsen.

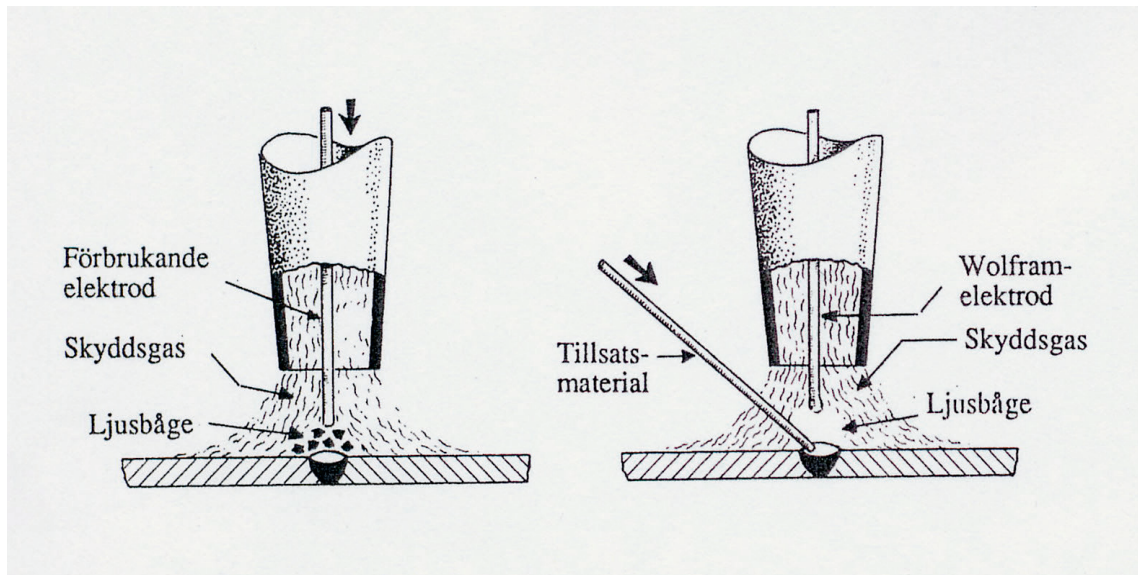
Vid svetsning i rostfritt stål bildas sexvärt krom och andelen sexvärt krom vid denna typ av svetsning är 60-90 procent i förhållande till den totala kromhalten (IARC 1990, Yoon 2003).



Figur 2. Metallbågsvetsning

2.3 Gasmallbågsvetsning

Gasmallbågsvetsning brukar ofta kallas MIG-, MAG- eller TIG-svetsning. Liksom vid metallbågsvetsning alstras en elektrisk spänning mellan elektroden och grundmaterialet. Samtliga metoder använder en skyddsgas som nästan alltid är argon för att skydda svetsfogen från luftens skadliga inverkan på smältan, figur 3. MIG-svetsning betyder Metal Inert Gas och denna metod använder en förbrukande elektrod. MAG-svetsning är en variant av MIG-svetsning med användning av aktiv gas (Metal Active Gas) som är koldioxid. TIG-svetsning betyder Tungsten Inert Gas och här används en elektrod av volfram som inte förbrukas. Samtliga metoder kallas argon-svetsning på verkstadsgolvet och ibland kallas MIG- och MAG-svetsning för halv-automatisk svetsning.



Figur 3. Gasmetallbågs svetsning, MIG till vänster och TIG till höger.

Även vid denna typ av svetsning bildas sexvärt krom och andelen sexvärt krom vid MIG-svetsning är 1-5 procent i förhållande till den totala kromhalten. Flera försök har gjorts för att reducera andelen sexvärt krom i röken. Man har tillsatt tetrametylsilan ($(\text{CH}_3)_4\text{Si}$) i skyddsgasen och denna gas lägger ett skikt av amorf kiseldioxid över svetspartiklarna och detta medför en minskning av andelen sexvärt krom och en ökning av svetspartiklarnas storlek. Alla partiklar beläggs inte med kiseldioxid och denna metod behöver studeras ytterligare för att värderas med avseende på hälsoeffekter vid industriell svetsning (Topham 2012). Liknande försök har också gjorts med en tetraetyl-substituerad kiselförening vid TIG-svetsning (Topham 2010).

2.4 Lödning

Vid lödning sammanfogas grundmaterialet utan att smälta. Lödning delas i två olika typer beroende på temperaturen som smälter lodet. Vid mjuklödning är arbetstemperaturen under 450°C och loden som används består av tenn och bly. Vid hårdlödning är temperaturen över 450°C och vanliga ingredienser i loden är koppar och zink. Silver och kadmium läggs ibland till för att sänka smältpunkten.

3. Effekter och sjukdomar

En översikt över vanliga svetsmetoder, exponeringar, effekter och sjukdomar ses i tabell 1.

3.1 Ögon och övre luftvägar

Irritationsbesvär i ögonen är vanligare hos svetsare än hos många andra industriarbetare. Sådana besvär har rapporterats vid svetsning av järnvägsräls (Sjögren 1979), aluminium (Nielsen 1993, Ulfvarson 1978) och rostfritt stål (Ulfvarson 1978). Nedbrytningsprodukter av polyuretanskum vid svetsning av fjärrvärmerör har också orsakat ögonirritation (Jakobsson 1997). Ögonbesvär kan orsakas av luftföroreningar men också av ljusbågens ultravioletter (UV) strålning. Denna UV-strålning kan orsaka svetsblänk eller fotoelektrisk keratit som består av små sår på hornhinnan. Dessa sår läker vanligen inom några dagar.

Irritationsbesvär i näsan, som inkluderar snuva och nästäppa, har också rapporterats vara vanligare hos svetsare än hos många andra grupper. Sådana besvär har observerats vid svetsning av järnvägsräls (Sjögren 1979) och aluminium (Nielsen 1993, Ulfvarson 1978). Kronisk inflammation i näsan (rinit) har beskrivits i samband med svetsning i manganlegerat stål (Werner 1977). Vid svetsning i rostfritt stål finns det rapporter om atrofisk rinit (Jindrichova 1978) och perforationer av näsans skiljevägg s.k. nässeptumperforationer (Lee 2002).

Snabbt uppträdande heshet har observerats efter inhalation av svetsrök vid svetsning med belagda elektroder i rostfritt stål hos en svetsare. Vid undersökning av strupregionen iaktogs rodnad och svullnad. Efter inhalation av svetsrök från låglegerat stål uppträdde ingen heshet eller objektiva fynd och prick-test med avseende på metaller var negativ. Denna reaktion har tolkats som en överkänslighetsreaktion (Hannu 2006).

3.2 Kvävning till följd av syrebrist och kolmonoxid

Vid svetsning i trånga utrymmen med inert gas t.ex. argon kan denna gas tränga undan luftens syre så att syrebrist uppträder. En sådan olycka med dödlig utgång inträffade vid svetsning i ett rör med argon som skyddsgas (Davidsson 2009).

Vid gassvetsning med acetylen- och syrgas bildas kolmonoxid som normalt reagerar ytterligare med luftens syre och då bildar koldioxid. Vid dålig tillgång på luft bildas kolmonoxid och detta har hänt vid gassvetsning av fjärrvärmerör då rörändarna varit tillslutna. I ett senare skede pressas luften i rören ut med vatten som fyller rören. Den utströmmande luften kan innehålla höga halter kolmonoxid som kan innebära en fara för personer som övervakar processen nära röröppningen. Vid inandning binds kolmonoxid till hemoglobinet (karboxyhemoglobin) i de röda blodkropparna och detta medför ett sämre upptag av syre av blodkropparna och en sämre syreförsörjning av kroppens vitala organ. Denna exponering har orsakat ett dödsfall (Antonsson 2013) och flera allvarliga situationer. Vid svetsning med propangas ökar risken ytterligare för höga halter av kolmonoxid.

Vid MAG-svetsning används ibland koldioxid i skyddsgasen och koldioxiden kan vid den höga temperaturen omvandlas till kolmonoxid. Vid denna typ av svetsning har karboxyhemoglobin-halten i blodet uppgått till 20 procent (De Kretser 1964) mot normalt mindre än 1,5 procent. Vid luftbågsmejsling med kolelektrod kan lufthalten av kolmonoxid nå 100 ppm (Sanderson 1968), som är högre än det hygieniska gränsvärdets 35 ppm (Arbetsmiljöverket, AFS 2011:18).

Tabell 1. Exponeringar och effekter vid arbete med några svetsmetoder i olika material.

Metod	Exponering	Effekter eller sjukdomar
Svetsning		
Gassvetsning	Kvävedioxid i trånga utrymmen Kolmonoxid	Lungödem Kvävning
Metallbågsvetsning		
	Rostfritt stål	Sexvärt krom Astma Lungcancer Påverkan på spermier
	Manganhaltigt stål	Mangan Påverkan på nervsystemet
	Låglegerat stål (järn)	Bl a järnoxid Luftvägsbesvär Hjärtsjukdom
Gasbågsvetsning		
	MIG, MAG och TIG	Argon i trånga utrymmen Kvävning
	MIG i aluminium	Ozon Aluminium Luftvägsbesvär Påverkan på nervsystemet
	MIG, MAG i låglegerat stål (järn)	Bl a järnoxid Luftvägsbesvär Hjärtsjukdom
Belagda material		
Blymålat stål	Bly	Påverkan på nervsystemet, reproduktionen och foster
Epoximålat stål	Irriterande ämnen	Luftvägsbesvär och astma
Galvaniserat stål	Zink	Feber, muskelvärk
Polyuretanmålat stål	Diisocyanater	Astma
Stål målat med epoxiesterbaserad klorpolymerlack	Saltsyra och irriterande ämnen	Luftvägsbesvär och astma
Okända färger	Termisk sönderdelning till många irriterande ämnen	Luftvägsbesvär
Lödning		
Mjuklödning	Kolofonium Kaliumaluminiumtetrafluorid	Astma Astma
Hårdlödning med gaslåga	Kadmium	Lungödem och annan lungskada

3.3 Lungödem

Lungödem innebär att vätska från blodet tränger in i lungblåsorna och på så sätt orsakar akuta andningssvårigheter och i värsta fall döden. Kvävedioxid bildas av luftens kväve och syre vid gassvetsning då lågan riktas rakt ut i luften. I trånga utrymmen kan halten kvävedioxid stiga till 400 ppm (Fristedt 1972). Kvävedioxiden irriterar luftvägarna i ringa grad och detta betyder att man inte märker att exponeringen varit hög. Lungödemet utvecklas flera timmar till ett dygn efter exponeringen. Kvävedioxid har orsakat flera dödsfall på svenska varv på 1940-talet (Lindqvist 1944). Eftersom lungödemet uppträder med latens är det viktigt att observera en person som man misstänker blivit exponerad under upp till ett dygn efter exponeringen.

I svensk verkstadsindustri har man tidigare använt klorerade kolväten för avfettning av metallföremål. De vanligaste klorerade kolvätena är trikloretylen, perkloretylen och metylkloroform. Dessa klorerade kolväten sönderdelas till fosgen av den ultravioletta strålningen från ljusbågen vid framför allt MIG-svetsning av aluminium (Anderson 1975, Dahlberg 1971 och 1973). Fosgenet, som användes som stridsgas under första världskriget, har orsakat lung-ödem. En 50-årig man TIG-svetsade rostfritt stål i en trikloretyleninnehållande miljö sedan han tvättat med detta lösningsmedel. Nästan omedelbart då han började svetsa fick han svårt att andas. Han slutade omedelbart svetsa men återupptog arbetet efter några minuter då han kände sig bättre. Under natten utvecklades ett lungödem. Han behandlades i respirator och kunde lämna sjukhuset efter drygt två veckor. Ett och ett halvt år efter olyckan var lungfunktionen normal men han blev andfådd när han gick fort eller släpade älgar under älgjakten. Vid sönderdelning av trikloretylen bildas ett synnerligen luftvägsirriterande ämne, dikloroacetylchlorid, som innebär en varning för att trikloretylen sönderdelats (Sjögren 1991). Vid sönderdelning av perkloretylen bildas luftvägsirriterande ämnen i mindre omfattning, varför denna exponering blir mer lömsk och farlig. Exponering för sönderdelningsprodukter från metylkloroform har också bidragit till lungödem (Selden 1991). Användningen av dessa klorerade ämnen har minskat avsevärt under de senaste 10 åren i vårt land.

Höga halter av kadmiumoxid kan bildas vid hårdlödning med kadmiumhaltiga silverlod eller gasskärning av kadmierat stål och denna exponering kan orsaka lungödem (Seidal 1993).

3.4 Astma

Astma brukar beskrivas som varierande obstruktiva andningsbesvär. Astma kan orsakas av en mängd mer eller mindre luftvägsirriterande ämnen som bildas vid svetsning. En del kemiska ämnen orsakar en allergisk reaktion medan andra orsakar en irriterativ reaktion i luftvägarna, irritationsutlöst astma. Ibland kan det vara svårt att fastställa den exakta typen av reaktion. Den irritationsutlösta astman kan orsakas av en enstaka exponering eller upprepade exponeringar. En annan manifestation är försämring i samband med svetsning av en astma som har en tidigare känd orsak (Balmes 2003, Labrecque 2012).

Astma har förknippats med exponering för svetsrök. En svensk fall-kontroll studie fann ett samband mellan både läkardiagnostiserad astma (OR 1,6, 95% KI 1,1-2,6) och astmaliknande besvär (OR 1,5, 95% KI 1,0-2,3) och arbete som svetsare (Torén 1999). I en finsk registerstudie identifierades totalt 49 757 fall av astma under åren 1986-1988. Man fann en överrisk av astma som debuterade i vuxen ålder hos både män (RR 1,91, 95% KI 1,71-2,14) och kvinnor (RR 1,60, 95% KI 1,06-2,41) som arbetade som svetsare och gasskärare (Karjalainen 2002). I en europeisk undersökning ingick 15 637 slumpmässigt utvalda personer från 12 industrialiserade länder. Astma bestämdes med metakolintest och med ett frågeformulär innehållande frågor om luftvägssymptom. Man fann en något ökad

risk för bronkiell hyperreaktivitet och astmasymptom hos svetsare men denna var inte signifikant (Kogevinas 1999).

En allergiskt betingad luftvägsobstruktion kan uppträda vid inandning av sexvärt krom som bildas vid svetsning med belagda elektroder i rostfritt stål (Keskinen 1980). I Finland får 1-2 av 1 000 svetsare astma vid svetsning i rostfritt stål varje år (Hannu 2007).

En ickeallergiskt betingad luftvägsobstruktion kan uppträda vid de ozonhalter som uppmätts vid MIG-svetsning av aluminium (Stenfors 2002). I en tvärsnittsstudie av aluminiumsvetsare var luftvägssymptom snarare relaterade till ozonexponeringen än till partikelexponeringen (Sjögren & Ulfvarson 1985). Ett fall av astma har också beskrivits vid svetsning av aluminium med metallbågs svetsning. Ingen reaktion sågs vid metallbågs svetsning av låglegerat stål (Vandenplas 1998). Denna fallbeskrivning kan inte entydigt peka ut en kemisk förening som orsak till den astmatiska reaktionen.

I en fallrapport beskrevs en svetsare som arbetade i epoximålat stål vid två olika tillfällen under ett års tid. Vid dessa tillfällen fick han hosta och andningssvårigheter som sannolika uttryck för luftvägsobstruktion (Maintz 1980). Ett liknande fall beskrevs från Finland där en svetsare fick kraftig luftvägsobstruktion efter fem minuters svetsning i epoximålat stål (Keskinen 1981).

Vid svetsning i polyuretanlack och i närheten av polyuretanskum kan diisocyanater frigöras och många diisocyanater är kända för att orsaka astma. Fyra svetsare arbetade nära en isolering av polyuretanskum på ett fartyg. Polyuretanskummet började brinna vid upprepade tillfällen och svetsarna exponerades under 12 timmar den första dagen och 6-8 timmar under den andra arbetsdagen. Arbetet stoppades sedan svetsarna fått hosta och andningssvårigheter och en influensa-liknande sjukdom. Hos samtliga svetsare fann man ökade titrar av IgG-antikroppar mot hexametylendiisocyanat och formaldehyd konjugerade till humant serumalbumin. Hos svetsarna kvarstod många symptom under mer än ett år (Broughton 1988).

Epoxiesterbaserade klorpolymerlack har lanserats som miljövänliga färger men det finns skäl att varna för svetsning i material som målats med dessa färger eftersom de kan orsaka feber och långvariga andningsbesvär. Hos två svetsare som båda utvecklade bronkiell hyperreaktivitet normaliserades lungfunktionen flera månader efter exponeringen (Bäckström 1990, Sjögren 1991).

En 32-årig svetsare svetsade en tank som tidigare innehållit syra. En kraftig rökutveckling orsakade hosta. Sju till åtta timmar senare förvärrades hostan och han fick andningssvårigheter med pipande andning och dessa besvär varade i 2-3 veckor. Trots behandling blev han inte helt återställd. Tre år senare utfördes en bronkoskopi som visade en hypertrofisk slemhinna. Fyra år senare hade han inga luftvägsbesvär. Hans forcerade utandning (FEV_1) förbättrades med 37 procent efter inhalation av dilaterande läkemedel. Metakolintestet var positivt tydande på bronkiell hyperreaktivitet (Brooks 1985).

En 29-årig man hade arbetat som svetsare under 10 år. En dag hårdlödde han en röranslutning till ett galvaniserat stål med ett silverlod. Han trodde att en Teflonhinna täckte området han hårdlödde. Hårdlödning på detta sätt brukar innebära användning av en gaslåga. Han använde ingen skyddsutrustning och rummet han arbetade i var dåligt ventilerat. Efter 15-20 minuter fick han plötsligt andningssvårigheter, hosta med upphostningar och huvudvärk. Sjukdomsbilden uppfattades som metallröksfeber med ett möjligt inslag av polymerröksfeber, som kan uppträda till följd av termisk nedbrytning av polytetrafluoretylen (Teflon). Den obstruktiva lungfunktionsnedsättningen förbättrades efter 3 månader men den pipande andningen kvarstod 4 månader efter exponeringen (Langley 1991). Denna luftvägsobstruktion som uppträder inom minuter till timmar efter en enstaka exponering för ett luftvägsirriterande ämne hos en tidigare frisk person brukar kallas, Reactive Airways Dysfunction Syndrome, RADS. De lättirriterade luftvägarna är förknippade med bronkiell hyperreaktivitet vid metakolintest

och kvarstår under lång tid efter exponeringen, månader till år (Alberts & do Pico 1996, Brooks 1985, Labrecque 2012).

En övergående luftvägsobstruktion över ett arbetsskift har observerats vid svetsning med rörtråd i låglegerat stål. En signifikant sänkning av peak expiratory flow (PEF) och forcerad vitalkapacitet (FVC) sågs om inte andningsskydd användes men en sådan sänkning sågs inte om andningsskydd användes. Medelpartikelhalten var 4,7 mg/m³ utan andningsskydd och 3,7 mg/m³ med andningsskydd (Dahlqvist 1994).

Luftvägsbesvär i form av väsande andning var vanligt förekommande i samband med mjuklödning i elektronikindustrin. Loden som används i denna industri innehåller vanligen tenn och bly. Det vanligaste flussmedlet innehåller kolofonium som är känt för att kunna orsaka astma (Mendy 2012). Astmatiska besvär har också observerats vid användning av kaliumaluminiumtetrafluorid som flussmedel (Larsson 2007).

3.5 Kronisk bronkit

Kronisk bronkit definieras vanligen som hosta med upphostningar under minst tre månader per år under minst två år (CIBA 1959). Flera undersökningar av svetsare har påvisat en ökad förekomst av kronisk bronkit hos denna yrkesgrupp (Holm 2012, Lillienberg 2008, Sjögren 1994). I en nyligen publicerad undersökning besvarade totalt 15 909 deltagare från Danmark, Estland, Island, Norge och Sverige ett frågeformulär om luftvägsbesvär. Personer som angav att de svetsade minst 25 procent av sin arbetstid uppvisade en fördubbling av kronisk bronkit jämfört med personer som inte svetsade. Effekten av rökning var lika stor som effekten av svetsning (Holm 2012). I en studie var också svetsning i galvaniserat stål oftare förknippat med kronisk bronkit (Lillienberg 2008).

Luftvägsbesvär i form av hosta och upphostningar har rapporterats i anslutning till arbetet hos flera grupper av svetsare (Beckett 1996, Nielsen 1993, Sjögren & Ulfvarson 1985).

3.6 Kroniskt obstruktiv lungsjukdom (KOL)

Kroniskt obstruktiv lungsjukdom (KOL) karakteriseras av kroniska luftvägsbesvär och en obstruktiv lungfunktionsförändring som bara delvis är reversibel. Den brukar definieras som $FEV_1/FVC < 0,7$, vilket betyder att kvoten mellan den första sekundens maximala utandning och hela den maximala utandningen ska vara lika med eller mindre än 70 procent. Lungfunktionsundersökningen ska utföras efter inhalation av bronkdilaterande läkemedel. Denna sjukdom orsakas huvudsakligen av tobaksrök och förväntas om några år vara den femte vanligaste dödsorsaken i världen (Lam 2012). Flera yrkesmässiga exponeringar anses bidra till utveckling av KOL. American Thoracic Society har uppskattat att omkring 15 procent av all KOL orsakas av exponeringar i arbetslivet (Balmes 2003, Järvholm 2010).

Lungfunktionen har studerats i tvärsnittsstudier och i longitudinella studier. I tre tvärsnittsstudier sågs påverkan på lungfunktionen hos rökare men inte hos icke-rökare. Hos engelska varvssvetsare fann man ett samband mellan svetsröksexponering och sänkning av lungfunktionen (FEV_1 och $FEV\%$) hos rökare men inte hos icke-rökare (Cotes 1989). Hos rökande svetsare observerades obstruktiva förändringar jämfört med rökande kontroller. Däremot sågs inga förändringar då icke-rökande svetsare jämfördes med icke-rökande kontroller (Hunnicut 1964, Özdemir 1995). I en studie av 135 brittiska varvssvetsare beräknades sambandet mellan ålder och FEV_1 . FEV_1 sjönk med 60 ml/år hos svetsarna jämfört med 40 ml/år hos andra varvsarbetare men skillnaden var inte signifikant. Däremot ökade residualvolymen signifikant hos svetsarna som ett möjligt uttryck för en obstruktiv förändring (McMillan & Pethybridge 1984). I en studie av 119 svenska varvssvetsare hade rökande svetsare lägre FEV_1 än rökande kontroller och icke-rökande svetsare lägre än icke-rökande kontroller, men skillnaderna var inte signifikanta. Hos icke-rökande svetsare var closing volume och closing capacity signi-

fikant ökade jämfört med icke-rökande kontroller och detta skulle kunna vara uttryck för påverkan i de små luftvägarna (Oxhøj 1979). Hos svetsare som arbetade i trånga utrymmen sågs tecken på luftvägsobstruktion vid jämförelse med svetsare som arbetade i normala utrymmen (Mur 1985). Hos en grupp iranska svetsare som exponerats för höga halter järn (31 mg/m^3) var lungfunktionen (FVC och FEV_1) signifikant lägre än hos kontrollerna (Jafari & Assari 2004).

Totalt 609 skeppsvarvsarbetare följdes under sju år. Den årliga sänkningen av FEV_1 var signifikant korrelerad till ålder, arbete som svetsare och atopi. För en 50-årig man som varken svetsade eller rökte sjönk FEV_1 med $16,2 \text{ ml/år}$. FEV_1 minskade med ytterligare $16,4 \text{ ml/år}$ om han svetsade och med ytterligare $17,7 \text{ ml/år}$ om han rökte. För en rökande svetsare minskade lungfunktionen med $50,3 \text{ ml/år}$ dvs. tre gånger snabbare jämfört med en icke-rökande, icke-svetsande varvsarbetare (Chinn 1990). Hos svetsare som följdes under två år fann man en snabbare sänkning av FVC och FEV_1 hos de som inte använde andningsmask eller punktsug jämfört med de som använde skyddsutrustning (Erkinjuntti-Pekkanen 1999).

En antal byggnadsarbetare följdes under åren 1971-1999. I den grupp som exponerats för olika typer av rök (asfaltrök, diselavgaser och metallrök) observerades en ökad dödlighet i KOL. Bland icke-rökare som exponerades för samma rök ökade risken ytterligare till 2,7 (95% KI 1,3-3,7). En enbart svetsröksexponerad grupp kunde inte identifieras (Bergdahl 2004).

KOL inkluderar både kronisk bronkit och emfysem som båda kan utvecklas till luftvägsobstruktion och leda till försämrad lungfunktion och död. I en översikt över yrkesbetingade orsaker till KOL har svetsrök associerats till denna sjukdom (Rushton 2007).

En ökad dödlighet bland svetsare och gasskärare i kronisk bronkit och emfysem har iakttagits i två studier från USA (Beaumont & Weiss 1980, Milham 1997). En svensk registerstudie påvisade en ökad dödlighet i icke-maligna sjukdomar i respirationsorganen hos svetsare och gasskärare (Malmberg 1990).

En obstruktiv påverkan på lungfunktion har setts huvudsakligen hos varvssvetsare, som traditionellt exponerats för svetsrök i dåligt ventilerade fartygskonstruktioner. Några studier har också observerat en ökad dödlighet i KOL.

3.7 Lunginflammation

Exponering för höga halter av svetsrök kan orsaka en toxisk inflammation i lungorna och detta har beskrivits i några fall hos svetsare (Rendall 1994, Schaller 2007) och i djurförsök (Yang 2009). Lunginflammation som orsakats av bakterier, ofta pneumokocker, har setts i flera epidemiologiska undersökningar.

Under åren 1970-2001 inträffade i Norge tre oberoende fall av dödligt förlöpande lunginflammation hos friska män som var 50-55 år gamla. Alla tre männen hade varit utsatta för svetsrök omedelbart innan de insjuknade. Två av dem var erfarna svetsare på skeppsvarv och de hade båda haft metallröksfeber flera gånger per år. Den tredje hade assisterat vid reparationssvetsning av tunga fordon (Wergeland & Iversen 2001). Epidemiologiska studier från både England och USA har observerat en ökad dödlighet i lunginflammation hos svetsare (Beaumont & Weiss 1980, Coggon 1994, Newhouse 1985, Palmer 2009). Hos svenska byggnadsarbetare som exponerats för metallrök har man sett en ökad dödlighet i infektiös lunginflammation och även i undergruppen lunginflammation som orsakats av pneumokocker (Torén 2011).

I en fall-kontroll studie av sjukhusvårdade patienter med lunginflammation observerades ett samband med exponering för järninnehållande metallrök under det senaste året och lunginflammation bland yrkesarbetande män (Palmer 2003).

Invasiv pneumokocksjukdom karakteriseras av att bakterien isolerats från en del av människokroppen som normalt är steril, t.ex. blod och cerebrospinalvätska. En studie har

sett en signifikant överrisk för denna sjukdom hos manliga svetsare. En svetsare avled av totalt 18. Femton av svetsarna rökte eller hade tidigare rökt. Samtliga svetsare var infekterade med en serotyp som finns i det 23-valenta polysackaridvaccinet mot pneumokocker (PPV23)(Wong 2010).

En 38-årig man, tidigare frisk och icke-rökare, arbetade med metallbågsprutning med nickel. Efter 90 minuter kände han sig sjuk och gick hem. Efter tre dagar diagnostiserades lunginflammation och han lades in på sjukhus, där han avled efter 10 dagar. Vid obduktion fann man skador på alveolernas väggar och ödem i alveolerna. Många delar av lungorna var fyllda med fibrös bindväv (Rendall 1994). I lungornas makrofager fann man vid en senare elektronmikroskopisk undersökning nanopartiklar av nickel (Phillips 2010). I njurarna sågs uttalad tubulär nekros. Den totala nickel-exponeringen var 382 mg/m³ och 65 procent av partiklarna var mindre än 1,4 µm och majoriteten hade en diameter på 50 nm (Rendall 1994).

En 42-årig man arbetade med flamsprutning i en förbränningsreaktor med metallerna nickel (80 procent) och aluminium (20 procent) under 6 timmar. Arbetet innebar en mycket hög exponering eftersom utsugssystemet inte fungerade. Efter arbetet fick mannen huvudvärk, illamående och diarré och under de följande dagarna tillkom tilltagande andningssvårigheter. Han togs in på sjukhus efter 12 dagar och behandlades i respirator på grund av allvarlig syrebrist. Sjukdomen uppfattades som toxisk lunginflammation och han vårdades på sjukhus under tre månader. Trots intensiv behandling med steroider och antibiotika hade han andningssvårigheter och syrebrist ett drygt halvår efter exponeringen. En lungbiopsi visade fibros i lungvävnaden (Schaller 2007). Det här fallet är också ett exempel på lungfibros som kan utvecklas hos svetsare.

3.8 Sideros och lungfibros

År 1936 beskrev Doig och McLaughlin för första gången förändringar på lungröntgenbilden hos svetsare (Doig & McLaughlin 1936). 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, där lungröntgenförändringarna försvann efter upphörd exponering, och en annan svetsare, där förändringarna minskade då exponeringen minskade (Doig & McLaughlin 1948). Ett ökat upptag av järn i kroppen, i form av ökade halter av ferritin i blodet, har också setts hos svetsare med sideros och normal lungfunktion (Doherty 2004, Modrykamien 2009, Patel 2009). Siderosen är en godartad lungförändring som inte påverkar lungfunktionen. Hos svetsare har man också sett en lungfibros som påverkar lungfunktionen (Billings & Howard 1993). Man har tänkt sig att denna sjukdom utvecklats av inandning av höga halter av luftföroreningar i form av både gaser och partiklar som bildats vid svetsning. Lungfibros är inte en vanlig sjukdom hos svetsare och bland totalt 15 svetsare som fått diagnosen lungfibros överskred den kumulativa exponeringen 100 mg/m³ x år och medexponeringstiden var 28 år (Buerke 2004). Kortare exponeringstider har orsakat lungfibros i enstaka fall (Schaller 2007). Några fall-kontroll studier har också sett ett samband mellan yrkesmässig exponering för metaller och lungfibros (Hubbard 1996, Iwai 1994, Scott 1990).

3.9 Metallröksfeber

Många svetsare har upplevt metallröksfeber. Zink och koppar är de metaller som vanligast orsakar feber. Frossan uppträder oftast omkring fyra timmar efter exponeringen och är inte sällan förknippad med sjukdomskänsla, muskel- och huvudvärk (Antonini 2003). Omkring en tredjedel av svetsarna hade någon gång upplevt metallröksfeber; 25 procent i åldersgruppen 20-29 år och 40 procent i gruppen 50-59 år (Ross 1974). Vid exponering för rök av zinkoxid ökar halten av interleukin-6 som är ett ämne i blodet (Fine 1997). Detta ämne signalerar till levern att öka produktionen av bl.a. fibrinogen.

På detta sätt skulle inandning av zink kunna öka halten av fibrinogen i plasma som är en riskfaktor för hjärtsjukdom. En intressant iakttagelse är att upprepad exponering försvagar det inflammatoriska svaret (Fine 2000). Det är också vanligare att metallröksfeber inträffar på måndagar efter några dagar utan exponering (Antonini 2003).

I en tvärsnittsstudie observerades ett samband mellan förekomst av metallröksfeber och luftvägssymptom (El-Zein 2003). Samma författare följde lärlingar som rapporterat något symptom som förknippats med metallröksfeber. Dessa lärlingar med symptom på metallröksfeber hade senare oftare luftvägsbesvär i form av hosta, pipande andning eller tungt att andas i samband med svetsning. Författarna misstänker att metallröksfeber skulle kunna vara associerat med senare utveckling av astmaliknande besvär (El-Zein 2005). Influensaliknande symptom och andningsbesvär har också observerats vid inandning av nedbrytningsprodukter från polyuretanskum (Broughton 1988), som beskrivits under rubriken astma.

3.10 Hjärtinfarkt

I de flesta studier där man följer svetsare och jämför deras dödlighet med dödligheten i den allmänna befolkningen ser man en lägre dödlighet i hjärtinfarkt eller hjärtsjukdom bland svetsarna (Beaumont & Weiss 1980, Simonato 1991, Milatou-Smith 1997). Denna underdödlighet förklaras av den bristande jämförbarheten mellan en yrkesarbetande grupp som utgör en selektion av friska och arbetsföra personer och den allmänna befolkningen som innehåller sjuka och människor med nedsatt arbetsförmåga (McMichael 1976). Trots denna bristande jämförbarhet har några studier av svetsare observerat en ökad dödlighet i hjärt-sjukdom (Moulin 1993, Newhouse 1985). Under senare år har två studier av svetsare observerat signifikanta översjukligheter i både akut hjärtinfarkt och ischemisk hjärtsjukdom hos svetsare i Danmark (Ibfelt 2010) och Sverige (Wiebert 2012).

Dessa resultat för svetsare uppvisar likheter med dagens kunskap om exponering för andra partiklar i stadsmiljöer och förekomst av hjärtsjukdom. I stadsmiljöerna består partiklarna av luftföroreningar från trafik och förbränningsmotorer och är inte desamma som partiklarna bildade vid svetsning. De epidemiologiska studierna över effekter av exponeringar i stadsmiljöer visar stark evidens för att både korttids-exponering (dagar) och långtidsexponering (månader och år) ökar risken för ischemisk hjärtsjukdom. Starka evidens talar för att inflammation spelar en viktig roll för utveckling av sjukdom. I ett kort tidsperspektiv kan inflammation påverka blodkoagulationen och i ett längre perspektiv förstärka den arteriosklerotiska processen (Brook 2010). Dessa kunskaper om sambandet mellan luftföroreningar i stadsmiljöer och hjärtsjukdom kan kanske vidgas till att gälla även exponering för andra luftföroreningar som t.ex. svetsrök och hjärtsjukdom.

Hos svetsande lärlingar som arbetade i låglegerat stål har man sett en ökning av C-reaktivt protein (CRP) som är ett uttryck för en ökad inflammatorisk aktivitet (Kim 2005). I en fall-rapport beskrevs en 65-årig tidigare frisk man som lödde med ett silverlod i en miljö som innehöll freongas (klordifluormetan, freon-22). Han andades in nedbrytningsprodukter från freon som orsakade omedelbara luftvägsbesvär som fick honom att gå ut i friska luften. Under de följande veckorna ökade luftvägsbesvären och han hostade blodtillblandat slem. Han sökte sin distriktsläkare som diagnostiserade en bakteriell luftvägsinfektion. Han fick ytterligare andningsbesvär och sökte sjukhusvård en månad efter inandningen av gasen. Man konstaterade en hjärtinfarkt och han dog pga. denna hjärtinfarkt några dagar senare (Sjögren 2002). Detta sjukdomsförlopp kan vara ett exempel på den teori som förknippar inandning av luftföroreningar med en låggradig inflammation i luftvägarna som påverkar blodkoagulationen som i sin tur ökar risken för hjärtsjukdom.

3.11 Stroke

Stroke eller slaganfall innebär en plötslig försämring av hjärnans funktion som följd av försämrat blodflöde till hjärnan. Omkring 85 procent av alla strokehändelser orsakas av minskat blodflöde (ischemisk stroke eller blodpropp i hjärnan) och omkring 15 procent är förknippade med blödning i hjärnan eller omkring hjärnan (hemorrhagisk stroke eller hjärnblödning). En dansk undersökning har observerat en ökad förekomst av ischemisk stroke bland 5 866 svetsare (Ibfelt 2010).

3.12 Påverkan på njurarna

Höga halter av kadmiumoxid kan bildas vid gasskärning av kadmierat stål och en sådan långvarig exponering kan orsaka en tubulär njurskada (Beton 1966). Svetsning med belagda elektroder i rostfritt stål har i allmänhet inte förknippats med en påverkan på njurfunktionen (Littorin 1984, Vyskocil 1992). Vid höga kromhalter i urinen har man sett något ökad utsöndring av beta₂-mikroglobulin (Vyskocil 1992) och vid svetsning med en specialelektrod på armeringsstål har man sett en ökad utsöndring av beta-glukuronidas (Mutti 1979) som uttryck för påverkan på njurfunktionen. Efter nästan 10 års arbete med plasmaskärning i rostfritt stål utvecklade en svetsare en njursjukdom i form av kronisk fokal interstitiell fibros (Petersen 1994). Svetsning i allmänhet är däremot inte associerad med kronisk njursjukdom (Hagberg 1986).

3.13 Påverkan på nervsystemet

Flera metaller kan påverka nervsystemet och här beskrivs några metaller som är vanligt förekommande vid svetsning.

3.13.1 Aluminium

På 1970-talet förekom att dialyspatienter drabbades av en svår demens, som visade sig bero på aluminium i dialysvätskorna i kombination med intag av läkemedel innehållande aluminium och dåligt fungerande njurar. Denna dialysdemens är en mycket allvarlig sjukdom där 90 procent av patienterna dog inom 12 månader efter de första symptomens uppträdande om inte tillståndet behandlades.

De vanligaste metoderna vid svetsning av aluminium är MIG och TIG. MIG-svetsning alstrar betydligt mer partiklar än TIG-svetsning. Lufthalterna kan uppgå till 10 mg/m³ under en arbetsdag med MIG-svetsning (Sjögren 1985).

I fyra undersökningar som jämför svetsare som arbetar i aluminium med andra svetsare eller som jämför högexponerade svetsare med lågexponerade har man observerat exponeringsrelaterade effekter. Dessa effekter har varit försämringar av motorik, koncentration, reaktionstid och minne (Akila 1999, Bast-Pettersen 2000, Hänninen 1994, Riihimäki 2000, Sjögren 1990 och 1996).

3.13.2 Bly

Svetsning eller skärning i material som är blymålade innebär högrisksituationer med avseende på blyexponering. Man har observerat ökning av blyhalterna i blodet till mer än det dubbla hos svetsare som arbetat i blyhaltiga material utan andningsskydd eller punktutdrag (Dössing & Paulev 1983).

3.13.3 Mangan

Mangan anrikas i svetsröken eftersom kokpunkten är låg jämfört med järn. För påsvetsning av slitytor vid bl.a. rälssvetsning av växlar används ibland en typ av elektrod

med ett manganinnehåll på 12-14 procent. I svetsröken ökade manganhalten till 20-25 procent (Lundin & Sjögren 2004, Sjögren 1990). I andra undersökningar har proportionen mangan uppgetts öka upp till 7 gånger från elektrod till rök (McMillan 2005). På 1960-talet beskrevs två svetsare som manganförgiftades vid bågluftsmejsling av manganhaltigt stål (Whitlock 1966). Efter inandning av mangan ansamlas metallen i några delar av hjärnan, globus pallidum och corpus striatum. Manganpåverkan liknar Parkinsons sjukdom men kan skiljas från denna sjukdom. Manganpåverkan karakteriseras av tidig störning av tal, gång och balans men relativt frånvaro av skakningar i vila (tremor) och dålig effekt av medicinering med L-dopa (Guilarte 2010, Olanow 2004). I Sverige fann vi ingen överrisk för Parkinsons sjukdom i en registerstudie (Fored 2006). I en studie arbetade 43 svetsare på bron mellan San Francisco och Oakland. Deras medel exponering av mangan i luften var 0,1 - 0,46 mg/m³ (dagens svenska gränsvärde 0,1 mg/m³) och de arbetade 16,5 månader. Ökad exponering medförde mer besvär i form av trötthet, depression, huvudvärk och sexuella störningar (Bowler 2007). Dessa svetsare undersöktes 3,5 år efter att de avslutat detta arbete och man fann att kognitiva funktioner och fingerfärdighet förbättrades medan depression och oro förblev oförändrat (Bowler 2011).

3.14 Cancer

Flera studier har påvisat en 20-30 procentig ökning av lungcancerförekomsten hos svetsare. En del av denna ökning har kunnat förklaras av asbestexponering som varit speciellt vanlig inom varvsindustrin (Ambroise 2006, Simonato 1991, Sjögren 1994). WHO:s organ för cancerbedömningar, International Agency for Research on Cancer, angav år 1990 begränsad evidens för ett samband mellan exponering för svetsrök och cancer hos människa (grupp 2B) (IARC 1990). Vid svetsning i rostfritt stål bildas partiklar av nickeloxid och sexvärt krom och dessa föreningar kan framkalla cancer (Arbetsmiljöverket, AFS 2011:18). Exponering för sexvärt krom har förknippats med både lungcancer (Sjögren 1994) och näscancer (Hernberg 1983).

I en meta-analys av flera studier sågs en överrisk på 26 procent för lungcancer hos svetsare. Denna överrisk observerades både hos svetsare som arbetade i rostfritt stål och sådana som arbetade i låglegerat stål (Ambroise 2006). Några senare undersökningar har visat att långvarig exponering för svetsrök från låglegerat stål ökar risken för lungcancer (Siew 2008, Mannetje 2012). I den ena studien bidrog skivepitelcancer mest till överrisken (Siew 2008).

Dagens kunskap talar för att svetsning i rostfritt stål kan orsaka lungcancer och näscancer. Det finns också misstankar om att svetsning i låglegerat stål (järn) kan vara associerat med lungcancer.

3.15 Påverkan på fortplantningen

En påverkan på manliga svetsares spermier har observerats. Orsaken till detta anses vara värmestrålningen från svetsoperationen. Värmestrålning mot testiklarna är känd för att försämra spermernas rörlighet och kvalitet (Bonde 1993). Denna påverkan är övergående så vitt man vet (Bonde 1992).

I en finsk studie inkluderades 1 670 mödrar som fött barn under tiden maj 1996 till april 1997. Mödrar som exponerats för svets- och metallrök och metalldamm födde fler flickor (61,8%) än mödrar som inte exponerats (49,5%, p=0,05). En ökad risk för förtidig födelse förelåg vid exponering för enbart metallrök och metalldamm (OR 5,64, 95% KI 1,14-27,8) (Quansah & Jaakkola 2009). Man fann också en ökad risk för barn med låg födelsevikt (<3 000 g) och små i förhållande till graviditetens längden hos mödrar som exponerats för svets- och metallrök och metalldamm (OR 2,01, 95% KI 1,06-3,80 respektive OR 2,27, 95% KI 1,19-4,34) (Quansah & Jaakkola 2009). En senare svensk

studie fann ingen överrisk för nyfödda som var små i förhållande till graviditetslängden hos mödrar som arbetat som svetsare (Li 2010), men antalet svetsande mödrar med små barn var lågt (n=21).

En dansk undersökning har visat att kvinnor som är gifta med män som svetsar rostfritt stål oftare får missfall än kvinnor som är gifta med män som svetsare låglegerat stål eller män som inte är svetsare (Bonde 1992, Hjollund 2000). I en senare studie fann man ingen överrisk för missfall vid in vitro fertilisering om männen svetsat rostfritt eller låglegerat stål (Hjollund 2005). Det finns inga studier som riktats mot gravida som svetsar i rostfritt stål. Vid metallbågsvetsning och MIG-svetsning kan höga halter av sexvärt krom och nickeloxid förekomma i andningszonen. Eftersom båda dessa föreningar är cancerframkallande (Arbetsmiljöverket, AFS 2011:18) bör gravida inte exponeras på detta sätt.

Kolmonoxid finns normalt i låga halter i svetsrök. I exempelvis cigaretttrök finns höga halter kolmonoxid och cigaretttrök är känd för att vara fosterskadande. Det är viktigt att gravida inte utsätts för höga halter av kolmonoxid. Det betyder att man ska vara säker på att halterna ligger under det hygieniska gränsvärdet som är 35 ppm eller 40 mg/m³ (Arbetsmiljöverket, AFS 2011:18). Vid vanlig svetsning är detta normalt sett inte något problem. Höga kolmonoxidhalter kan förekomma vid gassvetsning, speciellt i trånga utrymmen och i fjärrvärmerör. Även vid MAG-svetsning med koldioxid som skyddsgas kan man utsättas för höga halter kolmonoxid.

Blyexponering kan påverka spermiernas kvalitet. Det finns studier som tyder på minskad fruktsamhet, en ökad risk för missfall och minskad födelsevikt. Några av dessa effekter som påverkan på spermier och minskad fruktsamhet har setts vid blodhalter omkring 1,5-2,0 µmol/l (Skerfving 2005). Enligt Arbetsmiljöverkets författningssamling *Gravida och ammande arbetstagare* (Arbetsmiljöverket, AFS 2007:5) får gravida eller ammande kvinnor inte arbeta med bly, vilket innebär att dessa kvinnor inte får svetsa i gods som är målat med färg som kan misstänkas innehålla bly eller i gods med lödfogar som innehåller bly. Kvinnor som är yngre än 50 år som har en blodblyhalt på 1,2 µmol/l eller högre ska stängas av från det exponerade arbetet tills en ny läkarundersökning och kontroll visat att halten sjunkit till under 1,0 µmol/l (Arbetsmiljöverket, AFS 2005:6).

Lösliga koboltföreningar är klassade som reproduktionsstörande ämnen (Arbetsmiljöverket, AFS 2011:18) och vid svetsning i stället, som är en koboltinnehållande legering, har höga halter av kobolt hittats i urinen (Ferri 1994).

Sammanfattningsvis finns det starka skäl att skydda gravida från exponeringar för många agens som förekommer vid svetsning bl.a. bly, kobolt, sexvärt krom, nickel och kolmonoxid.

3.16 Öronskador

Vid svetsning i liggande ställning t.ex. under bilar kan svetsloppor komma in i örat och skada trumhinnan och balansorganet och därvid orsaka svår smärta och yrsel. Yrseln kan vara så svår att det är omöjligt att resa sig. Senare i förloppet kan hörselnedsättning, tinnitus och långvariga infektioner uppträda och även facialispares, dvs. förlamning av ansiktetsnerven är beskriven. Det är samtidigt lätt att undvika dessa skador genom att använda hörselskydd (Eleftheriadou 2007, Fisher & Gardiner 1991).

4. Förebyggande åtgärder

4.1 Utbildning

Svetsare behöver grundläggande kunskaper om risker för skador och ohälsa som är förknippade med svetsning. Arbetsmiljöverket anger i sin föreskrift om *Smältsvetsning och termisk skärning* (Arbetsmiljöverket, AFS 1992:9) att arbetsgivaren ska se till att arbetstagare som arbetar med svetsning eller skärning har tillräckliga kunskaper för arbetet. De kemiska riskerna som behandlas i denna översikt är inte de enda riskerna. Andra risker är påverkan av dåliga arbetsställningar, buller och strålning. Svetskommissionen har i en arbetsgrupp (AG 32, Arbetshygien och arbetsplatsutformning) utarbetat riktlinjer för en ArbetsMiljöUtbildning för Svetsare (ARMUS, www.svets.se). Ett utbildningsmaterial har utarbetats av IVL Svenska Miljöinstitutet och detta finns tillgängligt på nätet under namnet SvetsaRätt (www.svetsaratt.se).

4.2 Ventilation

Integrerade utsug i svetspistolen kan användas vid skyddsgassvetsning och dessa kan fungera mycket väl vid svetsning i tunn plåt, figur 4. Integrerade utsug har en stor fördel jämfört med punktutsug eftersom utsuget alltid är nära ljusbågen och man behöver inte flytta utsuget manuellt (Christensson 2010).

Punktutsug ska placeras högst 30 cm från svetsen för att vara effektiva i sin infångning av svetsrök, figur 4. En nackdel med rörliga punktutsug är att de fungerar inom ett begränsat område. Vid svetsning av fogar som är längre än ca 50 cm är inte utsuget effektivt längs hela svetsfogen och därför måste punktutsuget flyttas längs fogen. Infångningsförmågan för rörliga utsug är 80-100 procent om utsugen är rätt placerade (Christensson 2010).

Den allmänna ventilationen i lokalen har liten betydelse för borttransport av luftföreningar som bildas nära svetskällan. Svetsaren arbetar nära föroreningskällan och exponeras för svetsplymen oberoende av allmänventilationen. Allmänventilationen har däremot stor betydelse för andra som arbetar i svetshallen (Christensson 2010).

Andningsskydd bör användas vid svetsarbete även om integrerade eller rörliga punktutsug används. Andningsskydd kan delas in i två grupper; över- och undertrycksmasker. Med övertrycksmasker menas andningsskydd som matas med luft antingen via en personburen fläkt eller via tryckluft från en kompressor. Oftast består dessa masker av en svetshjälm som matas med filtrerad luft, figur 4. Den vanligaste undertrycksmasken är utrustad med ett filter som svetsaren drar luften igenom vid inandning. Alla typer av masker kräver personlig utprovning och tillfredsställande underhåll för att förhindra kontamination av förorenad luft (Christensson 2010).



Figur 4. Från vänster till höger visas ett integrerat utsug, ett punktutsug och svets hjälm med filtrerad luft från personburen fläkt.

4.3 Hälsokontroller

Arbetsmiljöverket har idag inte utfärdat obligatoriska medicinska kontroller av svetsare i allmänhet (Arbetsmiljöverket, AFS 2005:6). Samtidigt skriver man att om det finns risker för skador på lungor och luftvägar vid inandning av partiklar t.ex. vid svetsning kan man överväga att genomföra återkommande spirometriundersökningar. Sådana undersökningar kan också genomföras om någon arbetstagare får besvär.

Här redovisas några tankar kring hälsokontroller av svetsare.

Hälsoundersökning innan arbete som svetsare

Varje svetsare bör genomgå en undersökning som innehåller frågor om luftvägsbesvär och en spirometriundersökning innan han eller hon börjar svetsa. Spirometriundersökningen bör innehålla både vitalkapacitet (VC) och forcerad expiratorisk volym (FEV₁). Avsikten med en tidig spirometriundersökning är att avslöja sjukdom som har påverkat lungfunktionen och som gör svetsarbetet mindre lämpligt. Det viktigaste skälet är dock att ha ett utgångsvärde för att tidigt upptäcka förändringar i lungfunktionen som följd av svetsröksexponering eller att se eventuella förändringar om någon extremexponering inträffar. Om det kommande arbetet innebär exponering för bly, kadmium eller diisocyanater tillämpas Arbetsmiljöverkets regler kring Medicinska kontroller i arbetslivet (Arbetsmiljöverket, AFS 2005:6).

Personer med uttalade luftvägsbesvär och astma bör avrådas från arbete som svetsare. Lindriga besvär måste bedömas i relation till exponeringen vid den aktuella svetsuppgiften.

Hälsoundersökning under arbete som svetsare

Luftvägsbesvär i samband med svetsning innebär att preventionen i form av andningskydd, punktutsug och allmänventilation måste ses över och förbättringar måste övervägas. Förekomst av metallröksfeber, som är ett uttryck för inflammation, har i en studie associerats med senare utveckling av astmaliknande besvär (El-Zein 2005). Denna typ av feber bör kanske bedömas som ett allvarigare symptom än exempelvis hosta.

En sänkning av spirometrvärdena utöver den förväntade sänkningen med åldern betyder att de preventiva åtgärderna måste ses över och man får ta ställning till om svetsaren kan fortsätta i sitt arbete. Spirometriundersökningarnas periodicitet är inte given men bör ske oftare i mer förorenad arbetsmiljö och mer sällan (intervall på 3 år eller längre) i en bättre arbetsmiljö.

Vid exponering för bly, kadmium eller diisocyanater medför detta att svetsaren omfattas av det regelsystem av medicinska kontroller som gäller dessa ämnen (Arbetsmiljöverket, AFS 2005:6).

Gravida svetsare

Bly, kobolt och kolmonoxid är reproduktionsstörande (Arbetsmiljöverket, AFS 2011:18) och sexvärt krom och nickel är cancerframkallande (Arbetsmiljöverket, AFS 2011:18). Gravida får inte arbeta med bly (Arbetsmiljöverket, AFS 2007:5). Exponeringen av gravida måste med bred marginal underskrida gränsvärdena för dessa namngivna ämnen och även andra kemiska ämnen i svetsröken. Om inte omedelbara åtgärder kan vidtas för att minska exponeringen måste den gravida svetsaren omplaceras till ett arbete utan exponering.

4.4 Vaccination

Vaccination mot pneumokocker har diskuterats som en preventiv åtgärd för att minska risken att insjukna i lunginflammation. En uppskattning anger att ett fall av invasiv pneumokockinfektion skulle kunna förhindras under en 10 års period om 588 svetsare vaccinerades (Palmer & Cosgrove 2012). Department of Health i Storbritannien rekommenderar att vaccination mot pneumokocker ska övervägas för personer som yrkesmässigt exponeras för metallrök (Department of Health 2012). Eftersom risken att utveckla invasiv pneumokocksjukdom ökar med åldern diskuterar Palmer & Cosgrove (2012) vaccination av äldre svetsare och man anger exemplet svetsare över 50 års ålder. Risken för invasiv pneumokocksjukdom är också högre hos rökare (Wong 2010) och därför kan det finnas skäl att prioritera denna grupp för vaccination.

5. Biologisk övervakning av exponering

Svetsarens exponering bestäms huvudsakligen med luftprover i andningszonen eller med biologiska prover tagna i blod eller urin för vissa specifika exponeringar. Den aktuella frågeställningen avgör vilken mätstrategi som är lämpligast och den regionala arbets- och miljömedicinska kliniken är en naturliga diskussionspartner för dessa frågor. Biologisk provtagning kräver alltid kontakt med det laboratorium som ska utföra analysen för råd om provtagningskärl.

I vårt land finns lagstadgade biologiska undersökningar enbart när det gäller bly och kadmium (Arbetsmiljöverket, AFS 2005:6) och här anges några ämnen där man kan överväga biologisk provtagning.

5.1 Aluminium

Vid MIG-svetsning av aluminium kan urinhaltarna av aluminium efter ett arbetsskift överskrida (300 µg/l) hos svetsare som exponerats under många år (Sjögren 1985). Det finska Arbetshälsoinstitutet rekommenderar ett urinprov på morgonen dagen efter en helg. Ett sådant prov speglar exponeringen under de närmast föregående dagarna och ger en uppfattning om kroppsbördan. Den övre gränsen för yrkemässigt oexponerade personer är 0,6 µmol/l (16 µg/l) och den nivå som inte bör överskridas (the biomonitoring action limit) är 6,0 µmol/l (160 µg/l) (Arbetshälsoinstitutet 2012).

I Tyskland är det biologiska gränsvärdet för aluminium i urin 60 µg/g kreatinin (DFG 2012). Denna halt skulle motsvara 80 µg/l enligt en ekvation presenterad av Riihimäki och Aitio (2012).

5.2 Barium

I vissa speciella sammanhang används elektroder som innehåller barium i höljet. Vid svetsning med en rörelektrod som innehöll barium var medianhalten av barium i urinen efter arbetsskiftet i slutet av veckan 110 µg/l och den högsta halten var ca 3 gånger högre. Denna exponering var möjligen förknippad med en övergående sänkning av

kaliumhalten i serum (Zschiesche 1992). I Tyskland används referensvärdet 10 µg/l för barium i urin som baseras på 95-percentilen för en yrkesmässigt oexponerad referenspopulation utan hänsyn tagen till några hälsoeffekter (DFG 2012).

5.3 Bly

I vårt land är blyexponering noggrant reglerad. Blodhalter av bly högre än 2,0 µmol/l (för alla män och kvinnor som fyllt 50 år) eller högre än 1,2 µmol/l (för kvinnor under 50 år) innebär att den exponerade inte är tjänstbar i blyarbete. Visar blodundersökningen att blyhalten är högre än 1,8 µmol/l (för alla män och kvinnor som fyllt 50 år) eller högre än 1,0 µmol/l (för kvinnor under 50 år) ska arbetsgivaren utreda anledningen till detta och vidta åtgärder för att minska exponeringen (Arbetsmiljöverket, AFS 2005:6).

5.4 Fluorider

Höljet i basiska elektroder innehåller kalciumfluorid och höga halter av fluorider i urinen (upp till 7,2 mg/l) har observerats vid svetsning inomhus utan punktutslag (Zober & Weltle 1985) medan lägre halter konstaterats vid svetsning av järnvägsräler utomhus (upp till 4,2 mg/l) (Sjögren 1984).

Det finska Arbetshälsoinstitutet rekommenderar ett urinprov på morgonen efter två dagar utan exponering eller ett urinprov efter arbetet vid arbetsveckans slut. Den övre gränsen för yrkesmässigt oexponerade personer är 100 µmol/l (1,9 mg/l) och den nivå som inte bör överskridas på morgonen före arbetet är 200 µmol/l (3,8 mg/l) och efter arbetet vid arbetsveckans slut är 350 µmol/l (6,6 mg/l) (Arbetshälsoinstitutet 2012).

5.5 Kadmium

I vårt land är kadmiumexponering noggrant reglerad. Blodhalter av kadmium högre än 75 nmol/l innebär att den exponerade inte är tjänstbar i kadmiumexponerat arbete. Visar blodundersökningen att kadmiumhalten är högre än 50 nmol/l ska arbetsgivaren utreda anledningen till detta och vidta åtgärder för att minska exponeringen (Arbetsmiljöverket, AFS 2005:6)

5.6 Kobolt

Vid MAG-svetsning av den koboltinnehållande legeringen stellite kan urinhaltarna efter arbetsskiftet uppgå till 2400 nmol/l (Ferri 1994). Det finska Arbetshälsoinstitutet rekommenderar ett urinprov efter skiftet i slutet av arbetsveckan. Den övre gränsen för oexponerade personer är 25 nmol/l. Den nivå som inte bör överskridas (the biomonitoring action limit) är 130 nmol/l. Under graviditet bör en urinhalt av 25 nmol/l inte överskridas (Arbetshälsoinstitutet 2012).

5.7 Kolmonoxid

Halten av karboxyhemoglobin i blodet är ett uttryck för exponering för kolmonoxid. Den övre gränsen för oexponerade personer är 1,5 procent och den nivå som inte bör överskridas omedelbart efter arbetet är 5 procent. Under graviditet bör en halt av 2 procent inte överskridas (Arbetshälsoinstitutet 2012).

5.8 Krom

Det finska Arbetshälsoinstitutet rekommenderar ett urinprov efter skiftet i slutet av arbetsveckan. Den övre gränsen för oexponerade personer är 0,01 µmol/l. Den nivå som inte bör överskridas (the biomonitoring action limit) är 0,01 µmol/l (Arbetshälso-

institutet 2012). Det är inte ovanligt att denna urinhalt överskrids vid svetsning i rostfritt stål (Weiss 2012).

I Tyskland finns inget gränsvärde för sexvärda kromföreningar eftersom dessa föreningar klassas som cancerframkallande. Man beskriver ett samband mellan exponering för kromtrioxid (CrO_3) och urinutsöndring av krom efter arbetsskiftet. En lufthalt av $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ av kromtrioxid motsvarar en urinutsöndring av $12 \mu\text{g}/\text{l}$ (DFG 2012). Det svenska gränsvärdet för sexvärt krom är $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Arbetsmiljöverket, AFS 2011:18) och denna exponering skulle ungefärligt motsvara en urinutsöndring av $4 \mu\text{g}/\text{l}$ ($0,08 \mu\text{mol}/\text{l}$).

5.9 Nickel

Det finska Arbetshälsoinstitutet rekommenderar ett urinprov efter skiftet i slutet av arbetsveckan. Den övre gränsen för oexponerade personer är $0,05 \mu\text{mol}/\text{l}$. Den nivå som inte bör överskridas (the biomonitoring action limit) är $0,05 \mu\text{mol}/\text{l}$ (Arbetshälsoinstitutet 2012).

I Tyskland finns inget gränsvärde för nickel eller nickeloxid eftersom dessa föreningar klassas som cancerframkallande. Man beskriver ett samband mellan exponering för nickel eller nickeloxid och urinutsöndring av nickel efter flera arbetsskift. En lufthalt av $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ av nickel motsvarar en urinutsöndring av $15 \mu\text{g}/\text{l}$ ($0,26 \mu\text{mol}/\text{l}$) (DFG 2012). Det svenska gränsvärdet för nickel är $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Arbetsmiljöverket, AFS 2011:18).

6. Litteratur

- Akila R, Stollery B, Riihimäki V. *Decrements in cognitive performance in metal inert gas welders exposed to aluminium*. *Occup Environ Med* 1999; 56: 632-639.
- Alberts WM, do Pico GA. *Reactive Airways Dysfunction Syndrome*. *Chest* 1996; 109: 1618-1626.
- Ambroise D, Wild P, Moulin J-J. *Update of a meta-analysis on lung cancer and welding*. *Scand J Work Environ Health* 2006; 32: 22-31.
- Andersson HF, Dahlberg JA, Wettström R. *Phosgene formation during welding in air contaminated with perchloroethylene*. *Ann Occup Hyg* 1975; 18: 129-132.
- Antonini JM. *Health effects of welding*. *Crit Rev Toxicol* 2003; 33: 61-103.
- Antonsson A-B, Christensson B, Berge J, Sjögren B. *Fatal carbon monoxide intoxication after acetylene gas welding of pipes*. *Ann Occup Hyg* 2013; doi: 10.1093/annhyg/mes104.
- Arbetshälsoinstitutet (Finnish Institute of Occupational Health). *Biomonitoring of exposure to chemicals. Guideline for specimen collection 2011-2012* http://www.ttl.fi/en/work_environment/biomonitoring/pages/default.aspx
- Arbetsmiljöverket. *Smältsvetsning och termisk skärning*. AFS 1992:9.
- Arbetsmiljöverket. *Medicinska kontroller i arbetslivet*. AFS 2005:6.
- Arbetsmiljöverket. *Gravida och ammande kvinnor*. AFS 2007:5.
- Arbetsmiljöverket. *Hygieniska gränsvärden*. AFS 2011:18.
- Balmes J, Becklake M, Blanc P, Henneberger P, Kreiss K, Mapp C, Milton D, Schwartz D, Torén K, Viegi G. *American Thoracic Society Statement: Occupational contribution to the burden of airway disease*. *Am J Respir Crit Care Med* 2003; 167: 787-797.
- Bast-Pettersen R, Skaug V, Ellingsen D, Thomassen Y. *Neurobehavioral performance in aluminum welders*. *Am J Ind Med* 2000; 37: 184-192.
- Beaumont JJ, Weiss NS. *Mortality of welders, shipfitters, and other metal trades workers in boilermakers local no. 104, AFL-CIO*. *Am J Epidemiol* 1980; 112: 775-786.
- Beckett WS, Pace PE, Sferlazza SJ, Perlman GD, Chen AH, Xu XP. *Airway reactivity in welders: A controlled prospective cohort study*. *J Occup Environ Med* 1996; 38: 1229-1238.
- Bergdahl IA, Torén K, Eriksson K, Hedlund U, Nilsson T, Flodin R, Järholm B. *Increased mortality in COPD among construction workers exposed to inorganic dust*. *Eur Respir J* 2004; 23: 402-406.
- Berlinger B, Benker N, Weinbruch S, L'Vov B, Ebert M, Koch W, Ellingsen DG, Thomassen Y. *Physicochemical characterisation of different welding aerosols*. *Anal Bioanal Chem* 2011; 399: 1773-1780.
- 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* 1966; 23: 292-301.
- Billings CG, Howard P. *Occupational siderosis and welder's lung: A review*. *Monaldi Arch Chest Dis* 1993; 48: 304-314.
- Bonde JPE. *Semen quality in welders exposed to radiant heat*. *Br J Ind Med* 1992; 49: 5-10.

Bonde JPE, Olsen JH, Hansen KS. *Adverse pregnancy outcome and childhood malignancy with reference to paternal welding exposure.* Scand J Work Environ Health 1992; 18: 169-177.

Bonde JPE. *The risk of male subfecundity attributable to welding of metals. Studies of semen quality, infertility, fertility, adverse pregnancy outcome and childhood malignancy.*

Int J Androl 1993; 16 Suppl 1: 1-29.

Bowler RM, Roels HA, Nakagawa S, Drezgic M, Diamond E, Park R, Koller W, Bowler RP, Mergler D, Bouchard M, Smith D, Gwiazda R, Doty RL. *Dose-effect relationships between manganese exposure and neurological, neuropsychological and pulmonary function in confined space bridge welders.* Occup Environ Med 2007; 64: 167-177.

Bowler RM, Gocheva V, Harris M, Ngo L, Abdelouahab N, Wilkinson J, Doty RL, Park R, Roels HA. *Prospective study on neurotoxic effects in manganese-exposed bridge construction welders.* Neurotoxicol 2011; 32: 596-605.

Brook RD, Rajagopalan S, Pope CA, et al., American Heart Association Council on Epidemiology and Prevention, Council on the Kidney in Cardiovascular Disease, and Council on Nutrition, Physical Activity and Metabolism. *Particulate matter air pollution and cardiovascular disease: an update to the scientific statement from the American Heart Association.* Circulation 2010; 121: 2331-2378.

Brooks SM, Weiss MA, Bernstein IL. *Reactive Airways Dysfunction Syndrome. Case reports of persistent airways hyperreactivity following high-level irritant exposures.* J Occup Med 1985; 27: 473-476.

Broughton A, Thrasher JD, Gard Z. *Immunological evaluation of four arc welders exposed to fumes from ignited polyurethane (isocyanate) foam: Antibodies and immune profiles.* Am J Ind Med 1988; 13: 463-472.

Buerke U, Schneider J, Rösler J, Voitowitz H-J. *Interstitial pulmonary fibrosis after severe exposure to welding fumes.* Am J Ind Med 2002; 41: 259-268.

Bäckström I, Fryk G, Jakobsson, R, Milerad E, Plato N, Sjögren B, Tornling G. *Sänkt lungfunktion efter svetsning i målat stål.* Läkartidningen 1990; 87: 3622-3623.

Chinn DJ, Stevenson IC, Cotes JE. *Longitudinal respiratory survey of shipyard workers: Effects of trade and atopic status.* Br J Ind Med 1990; 47: 83-90.

Christensson B, Fjällström P, Östlund G, Antonsson A-B. *Effektiva åtgärder mot exponering för svetsrök.* IVL Svenska Miljöinstitutet AB, IVL Rapport B1931, 2010 (www.ivl.se).

CIBA Guest Symposium. *Terminology, definitions, and classification of chronic pulmonary emphysema and related conditions: A report of the conclusions of a CIBA guest symposium.* Thorax 1959; 14: 286-299.

Coggon D, Inskip H, Winter P, Pannett B. *Lobar pneumonia: An occupational disease in welders.* Lancet 1994; 344: 41-43.

Cotes JE, Feinmann EL, Male VJ, Rennie FS, Wickham CAC. *Respiratory symptoms and impairment in shipyard welders and caulker/burners.* Br J Ind Med 1989; 46: 292-301.

Dahlberg JA, Myrin LM. *The formation of dichloroacetyl chloride and phosgene from trichloroethylene in the atmosphere of welding shops.* Ann Occup Hyg 1971; 14: 269-274.

Dahlberg JA, Christiansen VO, Eriksson EA. *On the formation of phosgene by photo-oxidation of methyl chloroform in welding.* Ann Occup Hyg 1973; 16: 41-46.

Dahlqvist M, Ulfvarson U, Bergström B, Ekholm U. *Temporary effects on lung function in welders engaged in cored wire welding: Effects of control measures.* Occup Hyg 1994; 1: 119-126.

Davidsson M. *Orsakerna till svetsarens död klarlagda.* Arbetarskydd, 12 juni 2009 (www.arbetarskydd.se).

De Kretser AJ, Evans WD, Waldron HA. *Carbon monoxide hazard in the CO₂ arc-welding process.* Ann Occup Hyg 1964; 7: 253-259.

Department of Health. *Immunisation against infectious disease, 2012.*

<http://media.dh.gov.uk/network/211/files/2012/09/Green-Book-updated-140313.pdf>

DFG, Deutsche Forschungsgemeinschaft. *List of MAK and BAT values 2012.* Commission for the Investigation of Health Hazards of Chemical Compounds in the Work Area. Report No 48.

Doherty MJ, Healy M, Richardson SG, Fisher NC. *Total body iron overload in welder's siderosis.* Occup Environ Med 2004; 61: 82-85.

Doig AT, McLaughlin AIG. *X-ray appearance of the lungs of electric arc welders.* Lancet 1936; I: 771-775.

Doig AT, McLaughlin AIG. *Clearing X-ray shadows in welder's siderosis.* Lancet 1948; I: 789-791.

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 1983; 27: 367-372.

El-Zein M, Malo J-L, Infante-Rivard C, Gautrin D. *Prevalence and association of welding related systemic and respiratory symptoms in welders.* Occup Environ Med 2003; 60: 655-661.

El-Zein M, Infante-Rivard C, Malo J-L, Gautrin D. *Is metal fume fever a determinant of welding related respiratory symptoms and/or increased bronchial responsiveness? A longitudinal study.* Occup Environ Med 2005; 62: 688-694.

Eleftheriadou A, Chalastras T, Kyrmizakis D, et al. *Metallic foreign body in middle ear: An unusual cause of hearing loss.* Head & Face Medicine 2007; 3: 23.

Erkinjuntti-Pekkanen R, Slater T, Cheng S, Fishwick D, Bradshaw L, Kimbell-Dunn M, Dronfield L, Pearce N. *Two year follow up of pulmonary function values among welders in New Zealand.* Occup Environ Med 1999; 56: 328-333.

Ferri F, Candela S, Bedogni L, Piccinini R, Sala O. *Exposure to cobalt in the welding process with stellite.* Sci Total Environ 1994; 150: 145-147.

Fine JM, Gordon T, Chen LC, et al. *Metal fume fever: Characterization of clinical and plasma IL-6 responses in controlled human exposures to zinc oxide fume at and below the threshold limit value.* J Occup Environ Med 1997; 39: 722-726.

Fine JM, Gordon T, Chen LC, et al. *Characterization of clinical tolerance to inhaled zinc oxide in naive subjects and sheet metal workers.* J Occup Environ Med 2000; 42: 1085-1091.

Fisher EW, Gardiner Q. *Tympanic membrane injury in welders: Is prevention neglected?* J Soc Occup Med 1991; 41: 86-88.

- Fored CM, Fryzek JP, Brandt L, Nise G, Sjögren B, McLaughlin JK, Blot WJ, Ekblom A. *Parkinson's disease and other basal ganglia or movement disorders in a large nationwide cohort of Swedish welders*. *Occup Environ Med* 2006; 63: 135-140.
- Fristedt B. *Yrkesmedicin*. Studentlitteratur, Lund 1972, 97 sidor.
- Gavelin F. *Krom och mangan vid svetsning – exponering och behov av åtgärder*. IVL Svenska Miljöinstitutet AB, IVL Rapport B1675, 2006 (www.ivl.se).
- Guilarte TR. *Manganese and Parkinson's disease: A critical review and new findings*. *Environ Health Perspect* 2010; 118: 1071-1080.
- Hagberg M, Lindqvist B, Wall S. *Exposure to welding fumes and chronic renal diseases, a negative case-referent study*. *Int Arch Occup Environ Health* 1986; 58: 191-195.
- Hannu T, Piipari R, Toskala E. *Immediate hypersensitivity type of occupational laryngitis in a welder exposed to welding fumes of stainless steel*. *Am J Ind Med* 2006; 49: 402-405.
- Hannu T, Piipari R, Tuppurainen M, Nordman H, Tuomi T. *Occupational asthma caused by stainless steel welding fumes: a clinical study*. *Eur Respir J* 2007; 29: 85-90.
- 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* 1983; 9: 315-326.
- Hjollund NHI, Bonde JPE, Jensen TK, Henriksen TB, Andersson A-M, et al. *Male-mediated spontaneous abortion among spouses of stainless steel welders*. *Scand J Work Environ Health* 2000; 26: 187-192.
- Hjollund NHI, Bonde JPE, Ernst E, Lindenberg S, Andersen AN, Olsen J. *Spontaneous abortion in IVF couples – a role of male welding exposure*. *Hum Reprod* 2005; 20: 1793-1797.
- Holm M, Kim J-L, Lillienberg L, Storaas T, Jögi R, Svanes C, Schlunssen V, Forsberg B, Gislason T, Janson C, Torén K, on behalf of the RHINE Study Group, Northern Europe. *Incidence and prevalence of chronic bronchitis: Impact of smoking and welding*. *Int J Tuberc Lung Dis* 2012; 16: 553-557.
- Hubbard R, Lewis S, Richards K, Johnston I, Britton J. *Occupational exposure to metal or wood dust and aetiology of cryptogenic fibrosing alveolitis*. *Lancet* 1996; 347: 284- 289.
- Hunnicutt TN, Cracovaner DJ, Myles JT. *Spirometric measurements in welders*. *Arch Environ Health* 1964; 8: 661-669.
- Hänninen H, Matikainen E, Kovala T, Valkonen S, Riihimäki V. *Internal load of aluminum and the central nervous system function of aluminum welders*. *Scand J Work Environ Health* 1994; 20: 279-285.
- IARC. *IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Chromium, nickel and welding*. WHO International Agency for Research on Cancer 1990; vol 49: 677 sidor.
- Ibfelt E, Bonde JP, Hansen J. *Exposure to metal welding fume particles and risk for cardiovascular disease in Denmark: A prospective cohort study*. *Occup Environ Med* 2010; 67: 772-777.
- Iwai K, Mori T, Yamada N, Yamaguchi M, Hosoda Y. *Idiopathic pulmonary fibrosis, Epidemiologic approaches to occupational exposure*. *Am J Respir Crit Care Med* 1994; 150: 670-675.
- Jafari AJ, Assari MJ. *Respiratory effects from work-related exposure to welding fumes in*

- Hamadan, Iran. Arch Environ Health 2004; 59: 116-120.
- Jakobsson K, Kronholm-Diab K, Rylander L, Hagmar L. *Airway symptoms and lung function in pipelayers exposed to thermal degradation products from MDI-based polyurethane*. Occup Environ Med 1997; 54: 873-879.
- Jindrichova J. *Chromschäden bei Elektroschweissern*. Z Ges Hyg 1978; 24: 86-88.
- Järvholm B, Bystedt J, Reuterwall C. *Arbetsrelaterade dödsfall i Sverige – arbetsrelaterad dödlighet i cancer, hjärt-kärlsjukdomar och lungsjukdomar i Sverige*. Arbetsmiljöverket, Kunskapsöversikt 2010: 3.
- Karjalainen A, Kurppa K, Martikainen R, Karjalainen J, Klaukka T. *Exploration of asthma risk by occupation - extended analysis of an incidence study of the Finnish population*. Scand J Work Environ Health 2002; 28: 49-57.
- Keskinen H, Kalliomäki P-L, Alanko K. *Occupational asthma due to stainless steel welding fumes*. Clin Allergy 1980;10: 151-159.
- Keskinen H, Grenquist B. *Astma orsakad av svetsning av epoximålat järn*. 30 Nordiska Yrkehygieniska Mötet, Åbo 12-14 oktober 1981, sid 110.
- Kim JY, Chen J-C, Boyce PD, Christiani DC. *Exposure to welding fumes is associated with acute systemic respiratory responses*. Occup Environ Med 2005; 62: 157-163.
- Knutson-Ek B. *Svetsning lödning samt grundmaterialets beredning*. LTs förlag Borås 1983, 272 sidor.
- Kogevinas M, Anto JM, Sunyer J, Tobias A, Kromhout H, Burney P and the European Community Respiratory Health Survey Study Group. *Occupational asthma in Europe and other industrialised areas: A population-based study*. Lancet 1999; 353: 1750-1754.
- Korczynski RE. *Occupational health concerns in the welding industry*. Appl Occup Environ Hyg 2000; 15: 936-945.
- Labrecque M. *Irritant-induced asthma*. Curr Opin Clin Allergy 2012; 12: 140-144.
- Lam DCL, Hui CKM, Ip MSM. *Issues in pulmonary function testing for the screening and diagnosis of chronic obstructive pulmonary disease*. Curr Opin Pulm Med 2012; 18: 104-111.
- Langley RL. *Fume fever and reactive airways dysfunction syndrome in a welder*. Southern Med J 1991; 84: 1034-1036.
- Larsson B, Karlsson J-E, Nielsen J. *Respiratory and ocular symptoms in workers exposed to potassium aluminium-tetrafluoride soldering flux*. Int Arch Occup Environ Health 2007; 80: 627-633.
- Lee CR, Yoo CI, Lee JH, Kang SK. *Nasal septum perforation of welders*. Ind Health 2002; 40: 286-289.
- Lehnert M, Pesch B, Lotz A, Pelzer J, Kendzia B, Gawrych K, Heinze E, van Gelder R, Punkenburg E, Weiss T, Mattenklott M, Hahn J-U, Möhlmann C, Berges M, Hartwig A, Bruning T and the Weldox Study Group. *Exposure to inhalable, respirable, and ultrafine particles in welding fume*. Ann Occup Hyg 2012; 56: 557-567.
- Li X, Sundquist J, Sundquist K. *Parental occupation and risk of small-for-gestational-age births: A nationwide epidemiological study in Sweden*. Human Reprod 2010; 25: 1044-1050.
- Lillienberg L, Zock J-P, Kromhout H, Plana E, Jarvis D, Torén K, Kogevinas M. *A popu-*

- lation-based study on welding exposures at work and respiratory symptoms. *Ann Occup Hyg* 2008; 52: 107-115.
- Lindqvist T. *Nitrous gas poisoning among welders using acetylene flame*. *Acta Med Scand* 1944; 118 fasc I-III: 210-243.
- Littorin M, Welinder H, Hultberg B. *Kidney function in stainless steel welders*. *Int Arch Occup Environ Health* 1984; 53: 279-282.
- Lundin M, Sjögren B. *Mangan i svetsrök – en kort sammanställning av fakta*. *Svetsen* 2004; 63: 17-19.
- Maintz G, Schneider WD, Rebohle E. *Zur Wirkung von Epoxidharzen auf den Atemtrakt*. *Z Gesamte Hyg* 1980; 26: 588-592.
- Malmberg P. *Yrken/arbetsmiljöer med hög sjuklighet i respirationsorganen*. *Arbete och Hälsa* 1990:6.
- McMichael AJ. *Standardized mortality ratios and the "healthy worker effect": scratching beneath the surface*. *J Occup Med* 1976; 18:165-168.
- McMillan GHG, Pethybridge RJ. *A clinical, radiological and pulmonary function case-control study of 135 dockyard welders aged 45 years and over*. *J Soc Occup Med* 1984; 34: 3-23.
- McMillan GHG. *Is electric arc welding linked to manganism or Parkinson's disease?* *Toxicol Rev* 2005; 24: 237-257.
- Mendy A, Gasana J, Forno E, Vieira ER, Dowdye C. *Work-related respiratory symptoms and lung function among solderers in the electronics industry: A meta-analysis*. *Environ Health Prev Med* 2012; 17: 183-190.
- Milatou-Smith R, Gustavsson A, Sjögren B. *Mortality among welders exposed to high and low levels of hexavalent chromium and followed for more than 20 years*. *Int J Occup Environ Health* 1997;3:128-131.
- Milham S Jr. *Occupational mortality in Washington State 1950-1989*. U.S. Department of Health and Human Services. Cincinnati, Ohio, March 1997.
- Modrykamien A, Christie H, Farver C, Ashton RW. *A 38-year-old welder with dyspnea and iron overload*. *Chest* 2009; 136: 310-313.
- Moulin JJ, Wild P, Haguenoer JM, Faucon D, De Gaudemaris R, Mur JM, et al. *A mortality study among mild steel and stainless steel welders*. *Br J Ind Med* 1993; 50: 234-243.
- Mur JM, Teculescu D, Pham QT, Gaertner M et al. *Lung function and clinical findings in a cross-sectional study of arc welders*. *Int Arch Occup Environ Health* 1985; 57: 1-17.
- 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* 1979; 43: 123-133.
- Newhouse ML, Oakes D, Woolley AJ. *Mortality of welders and other craftsmen at a shipyard in NE England*. *Br J Ind Med* 1985; 42: 406-410.
- Nielsen J, Dahlqvist M, Welinder H, Thomassen Y, Alexandersson R, Skerfving S. *Small airways function in aluminium and stainless steel welders*. *Int Arch Occup Environ Health* 1993; 65: 101-105.

- Nise G, Chang G, Lundberg I, Sjögren B, Widholm B. *Exponering för svetsrök. En jämförelse av exponeringsförhållandena under slutet av 1970-talet och idag för svetsare i Stockholms län. Rapport från Yrkesmedicinska enheten i Stockholm 1995:6.*
- Norwood WD, Wisheart DE, Earl CA, Adley FE, Anderson DE. *Nitrogen dioxide poisoning due to metal-cutting with oxyacetylene torch.* J Occup Med 1966; 8: 301-306.
- Olanow CW. *Manganese-induced Parkinsonism and Parkinson's disease.* Ann N Y Acad Sci 2004; 1012: 209-223.
- Oxhöj H, Bake B, Wedel H, Wilhelmsen L. *Effects of electric arc welding on ventilator lung function.* Arch Environ Health 1979; 34: 211-217.
- Palmer KT, Poole J, Ayres JG, Mann J, Burge PS, Coggon D. *Exposure to metal fume and infectious pneumonia.* Am J Epidemiol 2003; 157: 227-233.
- Palmer KT, Cullinan P, Rice S, Brown T, Coggon D. *Mortality from infectious pneumonia in metal workers: A comparison with deaths from asthma in occupations exposed to respiratory sensitizers.* Thorax 2009; 64: 983-986.
- Palmer KT, Cosgrove M. *Vaccinating welders against pneumonia.* Occup Med 2012; 62: 325-330.
- Palmer KT, Cosgrove M. *Pneumococcal vaccination in welders.* Occup Med 2012; 62: 666-667.
- Palmer KT, Cosgrove M. *Vaccinating welders against pneumonia.* Letter to the editor. Occup Environ Med 2012; 69: 932.
- Patel RR, Yi ES, Ryu JH. *Systemic iron overload associated with welder's siderosis.* Am J Med Sci 2009; 337: 57-59.
- Petersen R, Mikkelsen S, Thomsen OF. *Chronic interstitial nephropathy after plasma cutting in stainless steel.* Occup Environ Med 1994; 51: 259-261.
- Pfefferkorn FE, Bello D, Haddad G, Park J-Y, Powell M, McCarthy J, Bunker KL, Fehrenbacher A, Jeon Y, Virji MA, Gruetzmacher G, Hoover MD. *Characterization of exposures to airborne nanoscale particles during friction stir welding of aluminum.* Ann Occup Hyg 2010; 54: 486-503.
- Phillips JI, Green FY, Davies JCA, Murray J. *Pulmonary and systemic toxicity following exposure to nickel nanoparticles.* Am J Ind Med 2010; 53: 763-767.
- Quansah R, Jaakkola JJK. *Paternal and maternal exposure to welding fumes and metal dusts or fumes and adverse pregnancy outcomes.* Int Arch Occup Environ Health 2009; 82: 529-537.
- Rendall REG, Phillips JI, Renton KA. *Death following exposure to fine particulate nickel from a metal arc process.* Ann Occup Hyg 1994; 38: 921-930.
- Riihimäki V, Hänninen H, Akila R, Kovala T, Paakkulainen H, Valkonen S, Engström B. *Body burden of aluminum in relation to central nervous system function among metal inert-gas welders.* Scand J Work Environ Health 2000; 26: 118-130.
- Riihimäki V, Aitio A. *Occupational exposure to aluminum and its biomonitoring in perspective.* Crit Rev Toxicol 2012; 42: 827-853.
- Ross DS. *Welders' metal fume fever.* J Soc Occup Med 1974; 24: 125-129.
- Rushton L. *Occupational causes of chronic obstructive pulmonary disease.* Rev Environ Health 2007; 22: 195-212.

- Sanderson JT. *Hazards of the arc-air gouging process*. Ann Occup Hyg 1968; 11: 123-133.
- Schaller KH, Csanady G, Filser J, Jungert B, Drexler H. *Elimination kinetics of metals after an accidental exposure to welding fumes*. Int Arch Occup Environ Health 2007; 80: 635-641.
- Schoonover T, Conroy L, Lacey S, Plavka J. *Personal exposure to metal fume, NO₂, and O₃ among production welders and non-welders*. Industrial Health 2011; 49: 63-72.
- Scott J, Johnston I, Britton J. *What causes cryptogenic fibrosing alveolitis? A case-control study of environmental exposure to dust*. BMJ 1990; 301: 1015-1017.
- Seidal K, Jørgensen N, Elinder CG, Sjögren B, Vahter M. *Fatal cadmium-induced pneumonitis*. Scand J Work Environ Health 1993; 19: 429-431.
- Seldén A, Sundell L. *Chlorinated solvents, welding and pulmonary edema*. Letter to the editor. Chest 1991; 99: 263.
- Siew SS, Kauppinen T, Kyrrönen P, Heikkilä P, Pukkala E. *Exposure to iron and welding fumes and the risk of lung cancer*. Scand J Work Environ Health 2008; 34: 444-450.
- Simonato L, Fletcher AC, Andersen A, Anderson K, Becker N, Chang-Claude J, et al. *A historical prospective study of European stainless steel, mild steel, and shipyard welders*. Br J Ind Med 1991; 48: 145-154.
- Sjögren B, Persson J, Randma E, Swensson Å. *Medicinsk undersökning av spårsvetsare vid SJ*. Arbete och Hälsa 1979:28.
- Sjögren B, Hedström L, Lindstedt G. *Urinary fluoride concentration as an estimator of welding fume exposure from basic electrodes*. Br J Ind Med 1984; 41: 192-196.
- Sjögren B, Ulfvarson U. *Respiratory symptoms and pulmonary function among welders working with aluminum, stainless steel and railroad tracks*. Scand J Work Environ Health 1985; 11: 27-32.
- Sjögren B, Lidums V, Håkansson M, Hedström L. *Exposure and urinary excretion of aluminum during welding*. Scand J Work Environ Health 1985; 11: 39-43.
- Sjögren B, Gustavsson P, Hogstedt C. *Neuropsychiatric symptoms among welders exposed to neurotoxic metals*. Br J Ind Med 1990; 47: 704-707.
- Sjögren B, Ulfvarson U. 90. *Svetsgaser och svetsrök*. Nordiska Expertgruppen för Gränsvärdesdokumentation. Arbete och Hälsa 1990:28.
- Sjögren B, Bäckström I, Fryk G, Jakobsson R, Milerad E, Plato N, Tornling G. *Fever and respiratory symptoms after welding in painted steel*. Scand J Work Environ Health 1991; 17: 441-443.
- Sjögren B, Plato N, Alexandersson R, Eklund A, Falkenberg C. *Pulmonary reactions caused by welding-induced decomposed trichloroethylene - A case report*. Chest 1991; 99: 237-238.
- Sjögren B, Hansen KS, Kjuus H, Persson P-G. *Exposure to stainless steel welding fumes and lung cancer: a meta-analysis*. Occup Environ Med 1994; 51: 335-336.
- Sjögren B. *Effects of gases and particles in welding and soldering*. In Occupational Medicine. Third edition eds: Zenz C, Dickerson OB, Horvath EP. Mosby-Year Book, Inc. St. Louis 1994: 917-925.
- Sjögren B, Iregren A, Frech W, Hagman M, Johansson L, Tesarz M, Wennberg A. *Effects on the nervous system among welders exposed to aluminium and manganese*. Occup Environ Med 1996; 53: 32-40.

- Sjögren B, Fossum T, Lindh T, Weiner J. *Welding and ischemic heart disease*. Int J Occup Environ Health 2002; 8: 309-311.
- Sjögren B, Gunnare S, Sandler H. *Inhalation of decomposed freon and myocardial infarction*. Scand J Work Environ Health 2002; 28: 205-207.
- Skerfving S. *Inorganic lead – an update 1991-2004*. Criteria Document for Swedish Occupational Standards. Arbete och Hälsa 2005: 3.
- Stenfors N, Pourazar J, Blomberg A, Krishna TM, Mudway I, Helleday R, Kelly FJ, Frew AJ, Sandström T. *Effect of ozone on bronchial mucosal inflammation in asthmatic and healthy subjects*. Resp Med 2002; 96: 352-358.
- 't Mannetje A, Brennan P, Zaridze D, Szeszenia-Dabrowska N, Rudnai P, Lissowska J, et al. *Welding and lung cancer in Central and Eastern Europe and the United Kingdom*. Am J Epidemiol 2012; 175: 706-714.
- Topham N, Kalivoda M, Hsu Y-M et al. *Reducing Cr⁶⁺ emissions from gas tungsten arc welding using a silica precursor*. J Aerosol Sci 2010; 41: 326-330.
- Topham N, Wang J, Kalivoda M et al. *Control of Cr⁶⁺ emissions from gas metal arc welding using a silica precursor as a shielding gas additive*. Ann Occup Hyg 2012; 56: 233-241.
- Torén K, Järholm B, Brisman J, Hagberg S, Hermansson B-A, Lillienberg L. *Adult-onset asthma and occupational exposures*. Scand J Work Environ Health 1999; 25: 430-435.
- Torén K, Qvarfordt I, Bergdahl IA, Järholm B. *Increased mortality from infectious pneumonia after occupational exposure to inorganic dust, metal fumes and chemicals*. Thorax 2011; 66: 992-996.
- Ulfvarson U, Hallne U, Bellander T, Hayenhjelm H, Sjögren B, Swensson Å. *Gasbågs-svetsning i aluminium och aluminiumlegeringar*. Arbete och Hälsa 1978:6.
- Ulfvarson U, Hallne U, Bellander T, Sjögren B, Swensson Å. *Svetsning i rostfritt stål med metallbågs-svetsning och gasbågs-svetsning*. Arbete och Hälsa 1978:8.
- Ulfvarson U. *Arbetsmiljöproblem vid svetsning. Del 11. Kartläggning av luftföroreningar vid svetsning. Sammanfattning av resultat*. Arbete och Hälsa 1979: 31.
- 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.
- Ulfvarson U. *Survey of air contaminants from welding*. Scand J Work Environ Health 1981; 7 suppl 2: 28 sidor.
- Vandenplas O, Delwiche J-P, Vanbilsen M-L, Joly J, Roosels D. *Occupational asthma caused by aluminium welding*. Eur Respir J 1998; 11: 1182-1184.
- Vyskocil A, Smejkalova J, Tejral J, Emminger S, Vincentova M, Ettlerova E, Lauwerys R, Bernard A. *Lack of renal changes in stainless steel welders exposed to chromium and nickel*. Scand J Work Environ Health 1992; 18: 252-256.
- Weiss T, Pesch B, Lotz A, Gutwinski E, Van Gelder R, Punkenburg E, Kendzia B, Gawrych K, Lehnert M, Heinze E, Hartwig A, Käfferlein HU, Hahn J-U, Bruning T, the WELDOX group. *Levels and predictors of airborne and internal exposure to chromium and nickel among welders – Results of the WELDOX study*. Int J Hyg Environ Health 2012; 216: 175-183.
- Wergeland E, Iversen BG. *Deaths from pneumonia after welding*. Scand J Work Environ Health 2001; 27: 353.

- Werner U. *Erkrankungen der oberen Atemwege bei Schweissern*. Z Ges Hyg 1977; 23: 731-734.
- Whitlock CM, Amuso SJ, Bittenbender JB. *Chronic neurological disease in two manganese steel workers*. Am Ind Hyg Assoc J 1966; 27: 454-459.
- Wiebert P, Lönn M, Fremling K, Feychting M, Sjögren B, Nise G, Kauppinen T, Plato N, Gustavsson P. *Occupational exposure to particles and incidence of acute myocardial infarction and other ischemic heart disease*. Occup Environ Med 2012; 69: 651-657.
- Wong A, Marrie TJ, Garg S, Kellner JD, Tyrrell GJ. *Welders are at increased risk for invasive pneumococcal disease*. Int J Infect Dis 2010; 145: e796-e799.
- Yang M J, Yang YS, Sung JH, Kim JS, Cho KH, Lim CW, Chung YH, Kim HY, Yang JS, Yu IJ, Song CW. *Recurrent exposure to welding fumes induces insufficient recovery from inflammation*. Inhal Toxicol 2009; 21: 337-346.
- Yoon CS, Paik NW, Kim JH. *Fume generation and content of total chromium and hexavalent chromium in flux-cored arc welding*. Ann Occup Hyg 2003; 47: 671-680.
- Zschesche W, Schaller K-H, Weltle D. *Exposure to soluble barium compounds: An interventional study in arc welders*. Int Arch Occup Environ Health 1992; 64: 13-23.
- Zober A, Weltle D. *Cross-sectional study of respiratory effects of arc welding*. J Soc Occup Med 1985; 35: 79-84.
- Özdemir Ö, Numanoglu N, Gönullu U, Savas I, Alper D, Gurses H. *Chronic effects of welding exposure on pulmonary function tests and respiratory symptoms*. Occup Environ Med 1995; 52: 800-803.



ARBETSMILJÖ
VERKET

Arbetsmiljöverket
112 79 Stockholm
Besöksadress Lindhagensgatan 133
Telefon 010-730 90 00
Fax 08-730 19 67
E-post: arbetsmiljoverket@av.se
www.av.se

ISSN 1650-3171
Rapport 2013:5

Den här publikationen kan laddas ner på
www.av.se/publikationer/rapporter/

Vår vision: *Alla vill och kan skapa en bra arbetsmiljö*