

Krom och mangan vid svetsning – exponering och behov av åtgärder

Frida Gavelin
B1675
Maj 2006

Rapporten godkänd
2006-05-22



Lars-Gunnar Lindfors
Forskningschef

Organisation IVL Svenska Miljöinstitutet AB	Rapportsammanfattning
Adress Box 21060 100 31 Stockholm	Projekttitel
Telefonnr 08-598 563 00	Anslagsgivare för projektet AFA Försäkring
Rapportförfattare Frida Gavelin	
Rapporttitel och undertitel Krom och mangan vid svetsning – exponering och behov av åtgärder	
Sammanfattning <p>Vid svetsning bildas svetsrök som utgör en hälsorisk. Exponeringen för svetsrök beror främst på i hur stor utsträckning svetsröken sprids under svetsningen. Användningen av åtgärder som minskar spridningen av svetsrök är därför av avgörande betydelse för exponeringen. Åtgärder för att minska bildningen av svetsrök och för att fånga in svetsrök vid källan tas upp i rapporten. Även betydelsen av arbetsplatsens utformning samt behovet av kunskap om riskerna med exponering för svetsrök diskuteras.</p> <p>Svetsrök består av respirabla metallpartiklar som vid inandning kan ta sig längst ner i lungans minsta lungblåsor och avsättas där. Krom och mangan är metaller som förekommer i svetsrök. Den kritiska effekten av exponering för svetsrök innehållande mangan är påverkan på nervsystemet. Manganism är ett sjukdomstillstånd med parkinsonliknande symtom som kan uppstå efter långvarig exponering för mangan. I svetsrök förekommer krom delvis som sexvärt krom. Sexvärt krom irriterar luftvägarnas slemhinnor och är ett känt cancerogent ämne. Svetsrök betraktas som möjligen cancerframkallande.</p> <p>Exponeringsmätningar av krom i svetsrök visade att vid svetsning i rostfritt stål förekommer ofta halter av sexvärt krom som överskrider det nya sänkta gränsvärdet för krom (VI). Även bakgrundshalterna av sexvärt krom i svetsverkstäder med svetsning i rostfritt stål kan bli mycket höga. Under vissa förhållanden finns det även risk för att höga halter av respirabelt mangan bildas.</p>	
Nyckelord samt ev. anknytning till geografiskt område eller näringsgren Svetsning, svetsrök, mangan, krom, exponering, åtgärder	
Bibliografiska uppgifter IVL Rapport B1675	
Rapporten beställs via Hemsida: www.ivl.se , e-post: publicationservice@ivl.se , fax 08-598 563 90, eller via IVL, Box 21060, 100 31 Stockholm	

Innehållsförteckning

Summary	3
1 Bakgrund.....	5
2 Syfte.....	5
3 Svetsmetoder.....	5
3.1 MMA-svetsning.....	6
3.2 MIG/MAG-svetsning med solid elektrod.....	6
3.3 Svetsning med rörelektrod.....	7
3.4 Övriga svetsmetoder.....	7
3.4.1 TIG-svetsning.....	7
3.4.2 Punkt- och sömsvetsning.....	7
4 Metod.....	8
4.1 Urval av företag till mätningarna	8
4.2 Mätmetoder.....	9
4.3 Provtagningsstrategi och val av mätpunkter.....	9
4.4 Dokumentation av förhållandena under mätningarna	10
5 Resultat.....	10
5.1 Arbetsmiljön vid svetsning	10
5.1.1 Strålning och elektromagnetiska fält.....	11
5.1.2 Gaser.....	11
5.1.3 Svetsrök.....	11
5.2 Effekter av exponering för svetsrök	13
5.2.1 Akut och kronisk påverkan på luftvägarna.....	13
5.2.2 Ökad risk för hjärt- och kärlsjukdomar	14
5.2.3 Upptag, distribution och effekter av krom vid exponering för svetsrök.....	14
5.2.4 Upptag, distribution och effekter av mangan vid exponering för svetsrök	15
5.3 Hygieniska gränsvärden.....	16
5.4 Sammanställning av mätdata från tidigare exponeringsmätningar på svetsrök.....	17
5.4.1 Respirabelt mangan.....	17
5.4.2 Totalt mangan	17
5.4.3 Totalt krom.....	18
5.4.4 Sexvärt krom	18
5.5 Mätningar av krom och mangan.....	19
5.5.1 Beskrivning av företag och förhållanden under mätningarna	19
5.5.2 Resultat från exponeringsmätningar.....	19
5.5.3 Resultat från areamätningar	23
5.5.4 PDR-mätning.....	24
6 Diskussion	24
6.1 Halter av sexvärt krom	24
6.2 Halter av totalt krom	25
6.3 Halter av totalt och respirabelt mangan	26
6.4 Halter av totaldamm och respirabelt damm	26
6.5 Areamätning.....	27
6.6 PDR-mätning.....	27
6.7 Tolkning av de uppmätta halterna.....	27
6.7.1 Metoder för att bedöma exponeringsnivån.....	27
6.7.2 Val av företag och mätpunkter vid mätningarna.....	28
6.7.3 Orsaker till variation mellan mätningar.....	29
6.7.4 Bedömning av exponeringsnivån för krom och mangan.....	30

6.8	Faktorer som påverkar rökemission och halten metaller i svetsrök	32
6.8.1	Val av svetsmetod och elektrod	32
6.8.2	Strömstyrka, spänning och skyddsgas	33
6.9	Faktorer som påverkar exponering för svetsrök	34
6.9.1	Användning av punktutsug	34
6.9.2	Användning av svetspistoler med integrerade utsug	35
6.9.3	Arbetsplatsens utformning och svetsarens arbetsställning	35
6.10	Användning av personlig skyddsutrustning	36
6.11	Hur kan arbetsmiljön förbättras?	36
6.11.1	Minska bildandet av luftföroreningar	36
6.11.2	Infångning av luftföroreningar vid källan	38
6.11.3	Väl fungerande plats- och industriventilation	39
6.11.4	Personlig skyddsutrustning	40
6.11.5	Gemensamt ansvar för att arbeta på rätt sätt	40
7	Slutsatser	40
8	Fortsatt arbete	41
9	Referenser	41
	Bilaga 1. Mätmetoder	1
	Bilaga 2. Checklista för dokumentation vid mätning	3
	Bilaga 3. Sammanställning av mätresultat	1
	Bilaga 4. Sammanställning av mätdata från litteraturen	1

Summary

Welding fume is formed during welding and constitutes a risk to the health of welders. The extent of the exposure to welding fume depends on the spreading of welding fume. Using control measures that capture the welding fume near the source is therefore an important factor in reducing exposure. The function and use of local exhaust ventilation are discussed in this report. New technologies developed to reduce formation of welding fume are also discussed as well as the importance of workplace design and information about the health risks associated with exposure to welding fume.

Welding fume consists of respirable particles of metal which can reach and be deposited in the smallest parts of the lung when inhaled. Chromium and manganese are metals present in welding fume.

The critical effect of exposure to welding fume containing manganese is the impact on the central nervous system. Manganism is a disease which can occur after long term exposure to welding fume. The symptoms resemble those of Parkinson's disease. In welding fume chromium is partly present as hexavalent chromium, a substance that irritates the respiratory tract and is a known human carcinogen. Welding fume is considered to be possibly carcinogenic.

The results from breathing zone sampling of chromium in welding fume showed that during welding in stainless steel the levels of hexavalent chromium in the welders' breathing zone can be substantial. The risk for exceeding the new Swedish exposure limit for hexavalent chromium of 0,005 mg/m³ is considerably high. Area sampling to control the background levels showed high concentrations of hexavalent chromium in the air in welding shops where stainless steel was welded. For manganese the levels were generally lower in relation to the exposure limits, but under certain conditions high levels of respirable manganese were measured.

1 Bakgrund

I Sverige arbetar cirka 35 000 personer med svetsning eller gasskärning, många andra yrkesgrupper använder också svetsning då och då som en del av sitt arbete. Det är sedan länge känt att svetsrök är ett av arbetsmiljöproblemen vid svetsning. Hygieniska gränsvärden har satts för de ämnen som ingår i svetsrök och med tiden har också många av dem sänkts då ny kunskap om ämnenas påverkan på människors hälsa framkommit. Nyligen har det beslutats att gränsvärdena för två av ämnena som ingår i svetsrök skall sänkas. Denna sänkning kan komma att innebära att många företag ligger i närheten av, eller över, nivågränsvärdena för dessa ämnen.

Bakgrunden till studien var att det fanns ett behov av att undersöka hur exponeringen för krom och mangan vid svetsning i tillverkningsindustrin ser ut samt hur befintliga skyddsåtgärder fungerar. Examensarbetet ingår som en inledande del i ett projekt vid IVL Svenska Miljöinstitutet om effektiva åtgärder vid svetsning och är ett samarbete mellan IVL och Svetskommissionen.

Det är känt att valet av svetsmetod har betydelse för hur mycket svetsrök som alstras vid svetsningen, men det finns också fler faktorer som kan påverka rökemissionen. Användning av skyddsutrustning är idag en viktig förutsättning för att minimera exponeringen för svetsaren. Det är därför viktigt att ta reda på hur dessa fungerar i praktiken för att se om de åtgärder som finns idag är tillräckliga för att klara de krav som ställs i form av hygieniska gränsvärden.

2 Syfte

Syftet är att föra en diskussion kring risker med exponering för svetsrök vid svetsarbete samt att utifrån insamlad kunskap ge förslag till åtgärder som kan minska exponeringen för krom och mangan. Därför måste sambanden mellan de faktorer som påverkar halterna av krom och mangan i svetsröken undersökas. De skyddsåtgärder som finns idag skall också studeras för att klargöra hur bra dessa skyddar svetsaren från svetsröken samt hur dessa skyddsåtgärder fungerar i praktiken.

3 Svetsmetoder

Svetsning är en metod för att sammanfoga metaller genom smältning under hög temperatur. De enskilda svetsmetoderna delas in i större grupper efter typ. De svetsmetoder som studerats i detta arbete är följande:

- MMA-svetsning (eng. Manual Metal Arc)
- MIG/MAG-svetsning (Metal Inert Gas/Metal Active Gas) med solid elektrod
- Svetsning med rörelektrod

De nämnda svetsmetoderna är alla smältsvetsmetoder och delas in i grupperna metallbågs svetsning (MMA) och gasbågs svetsning (MIG/MAG, rörelektrod). Även TIG-svetsning och motståndssvetsning presenteras kortfattat. Indelningen av svetsmetoder efter typ och synonyma namn beskrivs i figur 1.



Figur 1. Beskrivning av indelningen av svetsmetoder. Tillgänglig på <http://www.svets.se/tekniskinfo/svetsning/metoder.4.ec944110677af1e8380009688.html> Svetskommissionen (2006-04-04)

3.1 MMA-svetsning

I MMA-svetsning, även kallat pinnsvetsning, används en belagd elektrod som kan vara av sur, basisk eller rutil typ beroende på slaggens kemiska sammansättning. Elektroden består av en kärntråd som vanligtvis liknar grundmaterialet som svetsas. Utvändigt har elektroden ett hölje som för basiska elektroder består av bland annat kalciumfluorid och som för rutila elektroder består av titanoxid. Vid svetsningen smälter elektroden och höljet bildar skyddande gas och slag över svetsfogen. [Sjögren 1990]

3.2 MIG/MAG-svetsning med solid elektrod

I MIG-svetsning (*eng.* Metal Inert Gas) och MAG-svetsning (*eng.* Metal Active Gas) används en solid svets elektrod tillsammans med en skyddsgas vid svetsningen. Vid MIG-svetsning består skyddsgasen av ren argon- eller heliumgas och vid MAG-svetsning består skyddsgasen av argon blandad med CO₂ eller O₂ alternativt ren CO₂. Elektrodens sammansättning liknar grundmaterialets. När elektroden smälter kan metallen från elektroden överföras till svetsfogen på två olika sätt. Den ena metoden kallas kortbågs svetsning, där svetsbågen är kort och metallen överförs som stora

droppar vilka kortsluter bågen. Den andra varianten är spraybågsvetsning, där metallen överförs i form av fina droppar som inte kortsluter bågen. För kortbågsvetsning används lägre ström och spänning än för spraybågsvetsning och ger därför mindre uppvärmning av svetsgodset. Av denna anledning lämpar sig kortbågsvetsning bättre för tunnare typer av plåtar. [Sjögren 1990]

3.3 Svetsning med rörelektrod

Vid svetsning med rörelektrod används en elektrod bestående av ett rörformat yttre metallhölje som innehåller ett ickemetalliskt eller ett metalliskt pulver. Det förekommer två typer av rörelektroder; fluxfyllda eller metallpulverfyllda. Svetsning med fluxfylld rörelektrod benämns ofta FCAW (*eng.* flux cored arc welding).

Svetsningen kan ske med eller utan skyddsgas, i det senare fallet är det fluxet i kärnan som under svetsningen bildar slagg och gaser, vilka skyddar svetsfogen. Denna typ av elektroder kallas även självskyddande elektroder. Om skyddsgas används så består den av argon blandad med olika halter av CO₂ beroende på elektrod och rekommendationer från tillsatsmaterialtillverkarna. Även ren CO₂ kan i vissa fall användas.

Fluxfyllda rörelektroder är slaggande, vilket innebär att det bildas en skyddande slagg över svetsfogen under svetsningen. De kan delas in i två typer; rutila och basiska. Den rutila typen ger spraybåge. I den metallpulverfyllda elektroden består pulvret i regel av järn och legeringsämnen. Vid svetsning med metallpulverfylld rörelektrod bildas ingen slagg.

Information hämtad ur AFS 1992:9 och på <http://www.svets.se/tekniskinfo/svetsning/metoder/magmiggasmetallbagsvetsning.4.ec944110677af1e8380009917.html>, Svetskommissionen 2006-04-09

3.4 Övriga svetsmetoder

3.4.1 TIG-svetsning

TIG-svetsning (*eng.* Tungsten Inert Gas) görs med en elektrod bestående av ren eller legerad volfram. Vid svetsningen smälter grundmaterialet och eventuellt tillsatsmaterial som tillsätts smältan. Elektroden smälter dock inte. Smältan skyddas av en inert skyddsgas bestående av argon eller helium eller en blandning av dessa två gaser. Eftersom svetsselektroden inte smälter kommer röken som bildas från grundmaterialet eller eventuellt tillsatsmaterial men metoden alstrar i allmänhet lite rök jämfört med MMA-, MIG/MAG- och rörelektrods svetsning. [AFS 1992:9, <http://www.svets.se/tekniskinfo/svetsning/metoder/magmiggasmetallbagsvetsning.4.ec944110677af1e8380009917.html>, Svetskommissionen 2006-04-09]

3.4.2 Punkt- och sömsvetsning

Punktsvetsning och sömsvetsning är motståndssvetsningsmetoder som ofta förekommer vid svetsning i tunnplåt, exempelvis i bilindustrin. I motståndssvetsning används två svetsselektroder som under högt tryck pressar samman arbetsstyckena. Styckena sammanfogas då metallen smälter av värmen som alstras av en ström genom elektroderna.

Vid punktsvetsning består elektroderna av två vattenkylda stavar som pressar samman arbetsstyckena tills ett visst tryck uppnåtts och strömmen sluts. Trycket bibehålls under en anpassad tid tills lämplig temperatur uppnåtts och därefter bryts strömmen. Då svetsstycket svalnat avlastas elektrodrycket.

[<http://www.svets.se/tekniskinfo/svetsning/metoder/punktsvetsning.4.ec944110677af1e83800011224.html>, Svetskommissionen 2006-04-09]

Sömsvetsning liknar punktsvetsning men istället för stavformiga elektroder används elektrodrullar. Elektrodrullarna rullar över arbetsstycket under tryck och då strömmen är sluten alstras värme i kontaktpunkterna varpå metallen smälter.

[<http://www.svets.se/tekniskinfo/svetsning/metoder/somsvetsning.4.ec944110677af1e83800010125.html>, Svetskommissionen 2006-04-09]

Begreppen punktsvetsning och sömsvetsning används ibland för att beskriva svetsning av en eller flera punkter (punktning) eller sömmar med exempelvis MMA- eller MIG/MAG-svetsning. I det fallet beskrivs ett sätt att svetsa, men punktsvetsning och sömsvetsning som svetsmetoder är två varianter av motståndssvetsning.

4 Metod

I en inledande litteraturstudie inhämtades kunskap om svetsmetoder och luftföroreningar vid svetsarbete, samt mätdata från tidigare mätningar av svetsrök.

Exponeringsmätningar utfördes vid sex tillverkningsindustrier där svetsning var den huvudsakliga arbetsuppgiften.

4.1 Urval av företag till mätningarna

Innan projektet startade hade Svetskommissionen kontaktat ett antal företag varav tolv visat intresse för att göra exponeringsmätningar. Förutsättningarna var för företagets del att exponeringsmätningar skulle utföras i deras verkstad under en arbetsdag samt att kostnader i samband med mätningarna och analyser bekostades av företagen själva upp till en summa av 10 000 kr/företag.

Valet av företag till mätningarna gjordes genom att ett intervjuformulär med ett antal frågor om företagets svetsning skickades till de tolv företagen som Svetskommissionen kontaktat. Baserat på svaren på dessa frågor valdes sedan sex företag ut där mätningar genomfördes. De grundläggande urvalskriterierna var följande:

1. Svetsning skall ske i främst rostfritt stål eftersom det då är möjligt att provta både krom och mangan vid ett och samma företag. Krom är ett problem främst vid svetsning i rostfritt stål medan mangan förekommer i svetsröken både vid svetsning i rostfritt och olegerat stål.
2. Svetsning skall ske med någon eller några av svetsmetoderna MMA-svetsning, MIG/MAG-svetsning med solid elektrod eller svetsning med rörelektrod eftersom dessa metoder är vanligt förekommande och samtidigt kända för att alstra relativt mycket rök, vilket har stor betydelse för exponeringen.

Övriga kriterier som beaktades var:

3. Om svetsningen utförs manuellt eller automatiserat samt vilka skyddsåtgärder som är tillgängliga. Detta för att se skillnader mellan olika typer av svetsning och användning av skyddsåtgärder.
4. Om företagen tidigare gjort mätningar och vad dessa visat samt vilka åtgärder de resulterat i. Detta kriterium användes för att få en uppfattning om nivåerna av krom och mangan.

4.2 Mätmetoder

Exponeringsmätningarna gjordes med personburen filterprovtagning i andningszonen. Heldagsprover togs för att kunna jämföra med det hygieniska nivågränsvärdet för krom och mangan. Dessutom gjordes stationär filterprovtagning och PDR (Personal Data Ram) - mätningar för att undersöka bakgrundshalter och variationer i totaldamnhalter. Beskrivning av metoden för personburen och stationär filterprovtagning, PDR-mätning samt analys av filterprover medföljer som bilaga 1.



Figur 2. Pump och filtermonitor för filterprovtagning.

4.3 Provtagningsstrategi och val av mätpunkter

För provtagningen utvecklades en provtagningsstrategi som omfattade fyra exponeringsmätningar och ett till två stationära prover vid varje mättillfälle.

Vid provtagningen förekom ofta förutom svetsarbete även andra arbetsmoment som också gav upphov till damm och luftföroreningar i inomhusluften, till exempel slipning eller städning med borste. Eftersom exponeringsmätningarna syftade till att ge en så bra bild som möjligt av vilka halter krom och mangan som uppkom vid själva svetsningen utfördes exponeringsmätningen med olika kombinationer av filter för krom (VI), totalt krom, respirabelt mangan och totalt mangan.

Totaldamm, totalt krom och totalt mangan kan provtas på samma filter. En filterkassett med föravskiljare krävs för provtagning av respirabelt damm och ytterligare ett filter krävs för provtagning av krom (VI). Med olika kombinationer av filter erhålls således olika information.

Eftersom krom (VI) bildas i mycket liten utsträckning vid slipning och i stort sett all svetsrök är respirabel provtogs krom (VI) tillsammans med respirabelt mangan för att mäta sexvärt krom och mangan från själva svetsningen. Provtagning av totalt mangan tillsammans med respirabelt mangan gav en uppfattning om hur mycket mangan som kom från svetsröken (det respirabla dammet) samt hur mycket som kom från andra arbetsmoment. Slutligen provtogs krom (VI) tillsammans med totalt krom för att se hur mycket av det totala kromet som förelåg i sexvärd form.

Vid de stationära mätpunkterna provtogs totalt krom och totalt mangan samt vid två tillfällen även sexvärt krom.

Val av mätpunkter gjordes vid varje mättillfälle i samråd med företaget och huvudsakligen utifrån vilka svetsmetoder och vilka material som användes. Den stationära mätaren placerades på lämplig plats i svetsverkstaden. Lämplig placering bedömdes dels utifrån vilket arbete som utfördes i lokalen dels utifrån att provtagaren inte placerades i direkt drag, i ett undanskymt hörn eller på en plats som hindrar arbetet. I vissa fall valdes platsen även utifrån uppfattningen om den allmänna luftkvaliteten i lokalerna enligt företagets uppgifter.

4.4 Dokumentation av förhållandena under mätningarna

Som underlag för en analys av de uppmätta halterna dokumenterades vid varje mättillfälle ett antal viktiga uppgifter. En checklista för denna dokumentation medföljer som bilaga 2. Informationen inhämtades genom iakttagelser, samtal med svetsarna och kontaktpersoner.

Genom iakttagelser, lufthastighetsmätning och försök med rökampuller undersöktes funktionen av befintliga skyddsåtgärder såsom punktutsug och utsugskåpor. Luftomsättningen i lokalerna där mätningar utfördes beräknades utifrån uppgifter från företagen om den allmänna ventilation.

5 Resultat

5.1 Arbetsmiljön vid svetsning

Arbete med svetsning innebär många fysiska belastningar. I denna rapport behandlas enbart risker med svetsrök utförligt. Svetsning alstrar dessutom gaser, strålning och elektromagnetiska fält samt buller och vibrationer. Förutom detta innebär svetsarbete ofta också besvärliga arbetsställningar.

Luftföroreningarna vid svetsning utgörs av rök och gaser vilka kommer från fyra olika källor; den omgivande luften, beläggningar på grundmaterialet, tillsatsmaterialet och grundmaterialet som svetsas.

5.1.1 Strålning och elektromagnetiska fält

Ljusbågen vid svetsning alstrar ultraviolett och infraröd strålning. Strålningen kan ge ögonskador och skada huden i form av stickande solbränna. Vid svetsning alstras också mycket värmestrålning vilket främst är fysiskt påfrestande.

Elektromagnetiska fält bildas vid svetsning med växelström eller pulsad svetsning. Vid svetsning med ren likström skapas ett statiskt magnetfält. Hälsoriskerna vid denna typ av svetsning är förmodligen mycket små eftersom detta magnetfält inte gör att det går ström genom kroppen. De starkaste magnetiska fälten uppstår vid motståndssvetsning där höga strömstyrkor används. Källor till exponering för elektromagnetiska fält är framförallt svetskablar men också strömkällor. Hälsoriskerna med elektromagnetiska fält är inte helt klarlagda men cancer, störningar i reproduktionsförmåga eller elöverkänslighet är möjliga effekter av exponering. [Esab; <http://www.svets.se/tekniskinfo/halsasakerhet/farochskyddvidsvetsning/elektromagnetiskafaltvidsvetsarbete.4.ec944110677af1e8380007884.html>, Svetskommissionen 2006-04-04]

5.1.2 Gaser

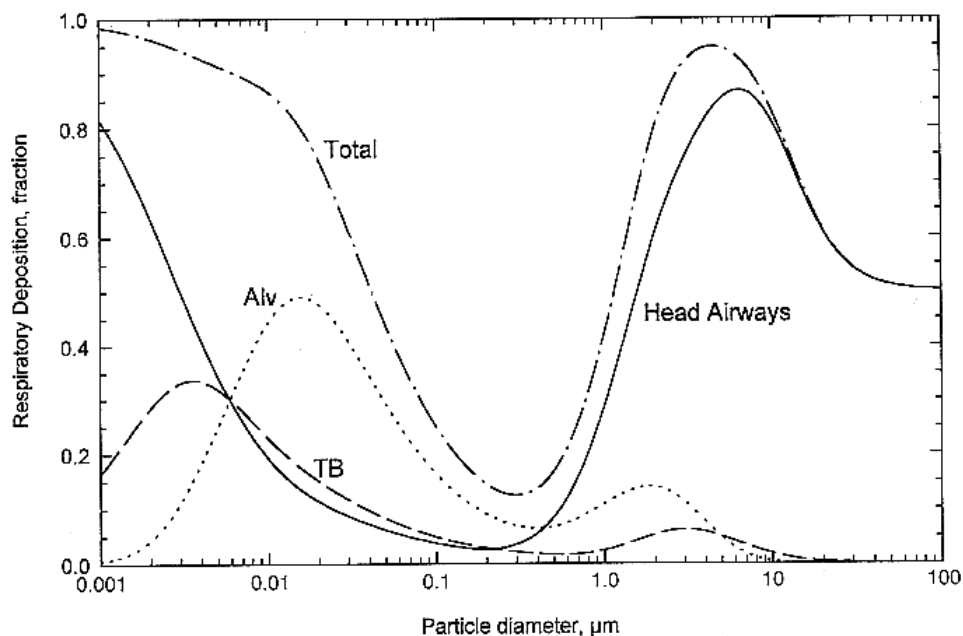
Den omgivande luften är den främsta källan till bildandet av giftiga gaser vid svetsning:

- NO₂ och NO kan ge skador på luftvägar och lungor och efter några timmar till upp till ett dygn ge upphov till andnöd.
- Kolmonoxid bildas i de fall skyddsgas med CO₂ används.
- Ozon som är kraftigt irriterande för luftvägarna bildas Vid MIG/MAG-svetsning och TIG-svetsning.
- Fosgen bildas om det svetsade materialet har avfettats med ämnen som innehåller klorerade kolväten. Fosgen irriterar luftvägarna vid exponering, sammandragning av luftrören kan ge upphov till andnöd. Ytterligare effekter av exponering är förtjockning av slemhinnan i luftvägarna samt vätskeutjutning i lungan.
- Fluorider i fluxfyllda rörelektroder eller belagda elektroder kan vid termisk sönderdelning bilda fluorväte [Sjöstrand 1970-71], som är giftig vid inandning och kan ge upphov till lungödem vid långvarig exponering för låga halter.

5.1.3 Svetsrök

Vid svetsning förångas metallerna i grund- och tillsatsmaterialet men grundmaterialet i sig ger generellt upphov till förhållandevis lite luftföroreningar. Istället är det tillsatsmaterialet, vilket i regel är mycket likt grundmaterialet, som ger upphov till 90 % av de luftföroreningar i form av partiklar som återfinns i svetsrök. Svetsröken bildas då de förångade metallerna kondenserar och bildar små partiklar. Partiklarna är till en början små, upp till 0,01-0,10 µm, men agglomererar snabbt till större kluster med en aerodynamisk diameter på 0,1-0,6 µm [Antonini, 2005].

Svetsrökens beståndsdelar har således en storlek som är upp till 1 µm vilket innebär att partiklarna i svetsrök är respirabla, det vill säga att om de andas in kan de ta sig längst ner i lungans minsta delar, alveolerna, och avsättas där. Figur 2 beskriver storleksfördelningen för partiklar som avsätts i luftvägarnas olika delar.



Figur 2. Sannolikheten för deposition av partiklar i olika delar av andningsvägarna som funktion av partikelstorlek (enligt ICRPs lungdepositionsmodell). *Alv*: lungblåsorna, *TB*: mellan svalget och nedre bronkerna, *Head Airways*: över svalget. Källa: "Aerosolpartiklar i atmosfären", Erik Swietlicki Avd. för Kärnfysik, Lunds Tekniska Högskola

När de förångade metallerna kondenserar reagerar de med syre i den omgivande luften och bildar oxider. Svetsrök består till största delen av metalloxider där järnoxid är den mest förekommande metallen på grund av att det är den största beståndsdel i grund- och tillsatsmaterial.

Från galvaniserade material kan det frigöras zink som bildar zinkoxid. Om materialet som svetsas är behandlat eller målat kan isocyanater eller bly frigöras. Bly påverkar nervsystemet och isocyanater kan orsaka luftvägsbesvär och kronisk astma.

[<http://www.svets.se/tekniskinfo/halsakerhet/farochskyddvidsvetsning/elektromagnetiskafaltvidsvetsarbete.4.ec944110677af1e8380007884.html>, Svetskommissionen 2006-04-04]

5.1.3.1 Krom och mangan i svetsrök

Krom och mangan är legeringsmetaller som tillsätts stålet i varierande halter beroende på ståltyp för att ge stålet olika egenskaper med avseende på korrosionsbeständighet, seghet, hållfasthet och slitstyrka. Som tidigare nämnts är tillsatsmaterialet vanligtvis mycket likt grundmaterialet med avseende på innehåll av legeringsmetaller. Manganhalten i olegerat stål är vanligtvis mellan 0,6-2,0 % och rostfritt stål innehåller runt 1 % mangan. Vissa specialstål kan innehålla upptill 12 % mangan.

Mangan bildar exempelvis oxiderna MnO och Mn₂O₄ vid gasmetallbågsvetsning och metallbågsvetsning. Partiklar från svetsning i olegerat stål har visats innehålla en kärna av mangan i ett olösligt komplex med järn (MnFe₂O₄). Om elektroden innehåller fluor, vilket rörelektroder gör, kan det bildas lösliga fluorföreningar (MnF₂, MnFe₂O₄) på partiklarnas yta [Antonini, 2005].

Mangan anrikas i svetsröken vilket innebär att halten mangan i svetsröken är högre än halten i tillsatsmaterialet. En orsak till detta är att mangan har en lägre kokpunkt jämfört med järn [Ewing & Harris 2005].

Krom ingår i rostfritt stål och ökar stålets korrosionsresistens tack vare krommetallens styrka, hårdhet och oxiderande förmåga. Rostfritt stål har normalt en kromhalt på runt 18% men rostfria stål med en kromhalt på upp till 23 % är vanliga. Varmhållfast kromstål har lägre kromhalt, runt 12-13 %.

Krom förekommer i svetsrök i förening med syre som kromsyra (CrO₃). Om alkalimetaller finns närvarande kan det också bildas kromater. Detta har visat sig vara avgörande för förekomsten av lösligt krom (VI) i svetsröken, då det i närvaro av alkalimetaller bildas K₂CrO₄, K₂Cr₂O₇, och Na₂CrO₄ samt K₂CrOF₆ där krom (VI) förekommer i löslig form [Yoon, 2003].

5.2 Effekter av exponering för svetsrök

5.2.1 Akut och kronisk påverkan på luftvägarna

Påverkan på luftvägarna vid svetsarbete har påvisats i flera studier på människa. Hosta och slem i luftvägarna, väsande andetag, spänningar över bröstet samt reversibla obstruktiva lungförändringar är exempel på akuta tillstånd som har kunnat relateras till exponering för svetsrök. En vanligt förekommande akut effekt av exponering för svetsrök är så kallad metallröksfeber, även kallad zinkfrossa, eftersom sjukdomstillståndet ofta uppstår efter exponering för zinkoxid. Metallröksfeber har dock också observerats vid exponering för andra metalloxider, däribland manganoxid. Symptomen kan exempelvis vara törst, torr hosta, metallsmak i munnen eller influensaliknande symtom som muskel- och huvudvärk, illamående och feber. Symptomen uppstår 4 till 8 timmar efter exponering och går över på 24-48 timmar. Det har visat sig att den drabbade ofta insjuknar i början av en arbetsvecka efter uppehåll i exponering för metalloxid, vilket kan ha sin förklaring i att en kortvarig tolerans uppstår vid exponering under arbetsveckan och upphör under perioder utan exponering såsom helgledighet. [Antonini, 2003]

Tillfälliga försämringar av lungfunktionen vid svetsning under en arbetsdag har kunnat påvisas genom studier av PEF (Peak Expiratory Flow). Försämringen av lungfunktionen har dock varit av övergående art [Antonini, 2003]. Ökad förekomst av infektioner i luftvägarna samt ökad dödlighet i lunginflammation har påvisats bland svetsare. Den ökade infektionskänsligheten har visats bero på en reduktion av aktiviteten hos t-mördarceller i immunförsvaret. Studier på djur har visat att lösliga metaller och fluorider i svetsrök från MMA-svetsning kan reducera aktiviteten hos makrofager i lungan, vilka är en del av lungans försvar mot främmande ämnen som tagit sig ner i lungan.

Undersökningar om huruvida exponering för svetsrök kan ge kroniska sjukdomar i luftvägarna har gett motsägelsefulla resultat [Antonini, 2003; Behrman]. Kronisk lunginflammation, astma, kronisk bronkit och fibros är exempel på sjukdomar som kan uppkomma efter exponering för respirabla

partiklar. Studier på djur har visat att exponering för svetsrök kan orsaka lungfibros. Även bland svetsare har fall av fibros rapporterats.

Svårigheter att fastställa sambandet mellan exponering för just svetsrök och kroniska sjukdomstillstånd i luftvägarna beror till stor del på att hur hög exponeringen blir är beroende av bland annat på vilket sätt arbetet utförs, vilket material som används samt plats- och industriventilation. Olika mätningar och undersökningar har därför givit varierande resultat. Andra faktorer som exempelvis rökning och asbestexponering bidrar också till att det är svårt att särskilja effekter av svetsrök från effekter av annan exponering. Ytterligare en faktor som har betydelse för tolkningen av resultat från kohortstudier är den så kallade ”healthy worker effect”. I en kohort studie, där en exponerad grupp jämförs med en referensgrupp tagen ur den totala befolkningen, innefattar referensgruppen även människor som är oförmögna att arbeta på grund av sjukdom eller handikapp. Detta innebär att en utvald yrkesgrupp uppvisar generellt en bättre hälsa än en referensgrupp tagen ur befolkningen, vilket i sin tur får till följd att resultaten från en kohortstudie ofta är en underskattning av det verkliga problemet.

5.2.2 Ökad risk för hjärt- och kärlsjukdomar

Sjögren et al (2002) har påvisat ett samband mellan svetsarbete och dödsfall i hjärt- och kärlsjukdomar. Orsaken är en ökning av plasma fibrinogen i lungan på grund av inflammation orsakad av inhalation av partiklar. Ökad blodkoagulering som följd av ökad halt plasma fibrinogen kan vara en orsak till hjärt- och kärlsjukdomar. Inandning av partiklar eller exponering för ozon har visats kunna ge nedsatt hjärtfrekvensvariabilitet¹, vilket är en varningssignal för ökad risk för hjärt- och kärlsjukdom.

5.2.3 Upptag, distribution och effekter av krom vid exponering för svetsrök

Upptaget via luftvägarna i samband med inandning av svetsrök utgör den största risken vid kromexponering. Krom förekommer med oxidationstal mellan -III och +VI, där den trevärdiga och den sexvärdiga oxidationsformen är vanligast vid yrkesmässig exponering. Krom i sexvärd form är av störst betydelse ur hälsosynpunkt.

Riskerna för hälsan är beroende av kromets oxidationstal, löslighet, partikelstorlek samt graden av exponering. Lösliga kromföreningar som exempelvis K_2CrO_4 och Na_2CrO_4 tas lättare upp än olösliga föreningar. Upptaget av sexvärd krom i blod och olika celltyper sker via jontransport på grund av att sexvärd krom till sin struktur liknar fosfat- och sulfatjoner. Inne i cellen reduceras sexvärd krom till trevärd som sedan passerar in i cellkärnan och orsakar skador på cellens DNA med celledöd eller utveckling mot cancer som följd.

Halveringstiden för krom beror på till vilken del av, eller till vilket organ i kroppen det har distribuerats. I blodet är halveringstiden runt 5 dagar, i lever och njure är omsättningen lägre och i skelettet är omsättningen lägst. Krom som avsatts i lungan men inte absorberas stannar kvar länge i lungan men någon uppgift om halveringstid finns inte. Halveringstiden för sexvärd krom om det intas oralt och utsöndras via urin är 39 timmar. I studier på råttor har halveringstiden för krom i

¹ Eng. Heart Rate Variability, visar samspelet mellan det sympatiska och det parasympatiska nervsystemet som bland annat styr hjärtfrekvens och hjärtkapacitet.

hela kroppen visat sig vara runt 80 dagar [Montelius, 2000]. Utsöndring av krom sker främst via urin.

Vid exponering för sexvärt krom är den kritiska effekten irritation i luftvägarnas slemhinnor. Astma till följd av yrkesmässig exponering för sexvärt krom vid svetsning i rostfritt stål har visats i en undersökning av Hannu m.fl. Nässeptumperforation, dvs hål i nässkiljeväggen och övergående ned-satt lungfunktion har påvisats. Även njurpåverkan i form av ökad urinutsöndring av β_2 -mikroglobulin har kunnat påvisas.

Om sexvärt krom kommer i kontakt med huden kan ett visst upptag ske och det kan uppstå allergiska kontakteksem. Trevärt krom kan också ge upphov till allergiska reaktioner men i jämförelse med sexvärt krom är trevärt krom mycket mindre sensibiliserande. Metalliskt krom är inte sensibiliserande.

Samband mellan dos och respons för kromexponering har inte kunnat säkerställas men luftvägsirritation har påvisats vid en kromsyranivå i luft kring 0,001-0,002 mg/m³[Montelius, 2000].

Sexvärt krom är ett känt humant carcinogent ämne. De studier som gjorts för att undersöka sambanden mellan ökad risk för cancer vid svetsning har gett motsägelsefulla resultat. IARC (International Agency for Research on Cancer) har efter genomgång av 23 studier på området dragit slutsatsen att exponering för svetsrök möjligtvis kan vara cancerframkallande hos människa. Även här finns det faktorer som försvårar tolkningen av resultaten, såsom asbestexponering och rökning. In vitro studier indikerar att rök från svetsning i rostfritt material har mutagen effekt [Antonini, 2003]. En meta-analys av fem olika studier från olika länder där hänsyn tagits till både rökning och asbestexponering visar på ett samband mellan svetsning i rostfritt stål och förekomst av lungcancer [Sjögren 1994].

Sexvärt krom har visats kunna ha mutagen effekt på somatiska celler och spermier, vilket kan orsaka reproduktionsstörningar. I några studier har sexvärt krom visat sig vara reproduktionsstörande på djur [Montelius, 2000]. En undersökning har visat att spontan abort är vanligare bland kvinnor där mannen arbetar med svetsning i rostfritt stål, där en förklaring kan vara att mutationer skett i det manliga genomet [Hjöllund, 2000]. Av denna anledning bör gravida kvinnor inte arbeta med svetsarbete.

Det är möjligt att mag- och tarmkanalen till viss del kan exponeras genom svalda partiklar, detta skulle kunna leda till en ökad risk för cancer i mag- och tarmkanalen. Vid svetsning är dock exponering via luftvägarna av störst betydelse ur toxisk synvinkel. Även upptaget via huden bör vara relativt begränsat vid svetsarbete. [Montelius, 2000]

5.2.4 Upptag, distribution och effekter av mangan vid exponering för svetsrök

Den viktigaste exponeringsvägen för mangan vid svetsning är via inandning av svetsrök. Upptaget av mangan sker genom att lösligt mangan i alveolerna övergår till blodet via kapillärer som omger lungblåsorna och manganet transporteras därefter till hjärnan bundet till proteiner (β_1 -globulin, albumin och transferrin). En alternativ exponeringsväg för partiklar som avsätts i luftvägarnas övre delar, som visats i studier på råttor, är direkt upptag via nässlemhinnorna och därefter transport till hjärnan [Ewing & Harris, 2002]. Mangan kan även komma in i kroppen genom att partiklar sväljs ner men upptag via mag och tarmkanalen är begränsat, och tack vare att utsöndringen går snabbt

(oftast inom ett dygn) samt att mangan ofta förekommer i olöslig form sker troligtvis liten reabsorption från mag-tarmkanalen [Antonini, 2005].

Om partiklarna avsätts i alveolerna aktiveras makrofager i lungan, som absorberar partikeln samt inducerar inflammatoriska processer [Antonini, 2005]. Halveringstiden i lungan har i undersökningar som gjorts visats sig vara mellan ett par veckor (exponerade) till upp till en månad (ej exponerade). Uppskattningsvis kan olösliga partiklar av mangan stanna kvar i upp till 700 dagar i lungan [Antonini 2005].

Mangan kan påverka andningsvägar, fertilitet och blodbild i form av förhöjt antal vita blodkroppar. Den kritiska effekten av manganexponering är dock påverkan på nervsystemet. Efter transport till hjärnan ackumuleras mangan främst i de basala ganglierna och leder till störningar i deras funktion [Antonini, 2005; Ewing & Harris, 2002]. De basala ganglierna är ett område i hjärnan som styr rörelsemönster och troligtvis även realitetsuppfattning, samt skickar signaler till thalamus. Neurotoxisk påverkan av mangan visar sig bland annat som försämrad motorik och försämrade prestationer i psykologiska test.

Under långvarig exponering för halter över 1 mg/m³ kan så kallad manganism uppstå, ett sjukdomstillstånd som ger parkinsonliknande symtom som kan börja med känslomässig labilitet och beteendeförändringar som senare följs av neurologiska besvär som exempelvis muskelsvaghet, darrningar, försämrad motorik och mimik samt påverkan på talet [Lundberg, 1997].

En nyligen publicerad undersökning visar resultat som tillbakavisar att exponering för mangan vid svetsning ger ökad risk för neurologiska sjukdomar. I en grupp svenska svetsare som studerats från 1964 till 2003 kunde inga statistiskt säkra samband hittas för en ökad risk för Parkinsons sjukdom, parkinsonliknande sjukdomar eller andra neurologiska sjukdomar som kan drabba de basala ganglierna, jämfört med den allmänna befolkningen [Fored, 2006].

I andra studier har effekter på nervsystemet visats vid halter på 0,2 mg/m³ mangan mätt som totaldamm och vid 0,1 mg/m³ mangan mätt som respirabelt damm. Den lägsta halten vid vilken effekter på nervsystemet uppstår har ännu inte kunnat fastställas med säkerhet. Dock har en no-observed-adverse-effect level på 0,05-0,07 mg/m³ och en lowest-observed-effect-level på 0,15 mg/m³ respirabelt mangan beräknats baserat på studier av yrkesmässig exponering. [Lundberg, 1997; Ewing & Harris, 2002].

5.3 Hygieniska gränsvärden

Definitionen av ett hygieniskt gränsvärde är att det är den högsta godtagbara genomsnittshalten (tidvägt medelvärde) av en luftförorening i inandningsluften. Ett hygieniskt gränsvärde kan vara antingen ett nivågränsvärde eller ett korttidsvärde. För mangan och krom finns endast nivågränsvärden. För krom (VI) finns även ett korttidsvärde.

Nivågränsvärden gäller vid exponering under en arbetsdag och korttidsvärden är rekommenderade tidsvägda medelvärden för exponering under en period av 15 minuter. Medan nivågränsvärdena är gränsvärden som måste följas enligt lag och aldrig får överskridas, är korttidsvärdena endast rekommendationer från Arbetsmiljöverket.

Nivågränsvärdet för krom (VI)-föreningar mätt som totaldamm samt nivågränsvärdena för mangan mätt som totalt respektive respirabelt damm kommer att sänkas den 1 januari 2007. För trevärt

krom och respirabelt damm är gränsvärdena oförändrade. Gällande nivågränsvärden (NGV) och korttidsvärden (KTV) samt ändringar redovisas i tabell 1 nedan.

Tabell 1. Hygieniska gränsvärden för krom, mangan och respirabelt damm enligt AFS 2005:17.

Ämne	Nuvarande NGV (mg/m ³)	NGV fr.o.m. 1/1 2007 (mg/m ³)	Nuvarande KTV (mg/m ³)
Totalt krom	0,5	oförändrat	-
Krom (VI)	0,02	0,005	0,015 (ändras ej 1/7 2007)
Totalt mangan	0,4	0,2	-
Respirabelt mangan	0,2	0,1	-
Respirabelt damm	5	oförändrat	-

5.4 Sammanställning av mätdata från tidigare exponeringsmätningar på svetsrök

En detaljerad sammanställning av samtliga mätdata följer som bilaga 4. De mätvärden som tas upp har rapporterats dels i enskilda studier och sammanställningar av mätningar som Arbetsmiljöverket använt som underlag för sin gränsvärdesättning, dels av en databas publicerad av The Welding Institute.

5.4.1 Respirabelt mangan

Geometriska medelvärden från mätningar av respirabelt mangan (elektroder innehållande cirka 1,5 % mangan) redovisas i tabell 2. En komplett sammanställning av rapporterade mätdata för respirabelt mangan finns i bilaga 3.

Tabell 2. Geometriska medelvärden från mätningar av respirabelt mangan vid olika svetsmetoder [Arbetsmiljöverket 2000:4].

Svetsmetod	Geometriskt medelvärde (mg/m ³)
MIG	0,8
MAG	0,8
MIG/MAG	0,1
Gällande NGV/Nytt NGV (mg/m³)	0,2/0,1

Spridningen för de mätvärden som legat till grund för de geometriska medelvärdena i tabell 2 rapporteras vara 0,01-0,4 mg/m³.

En sammanställning av yrkeshygieniska mätningar från perioden 1988-97 gjord av Arbetsmiljöverket visar att i 43 fall av 65 överskrids halten 0,1 mg/m³ för respirabelt mangan vilket motsvarar 66 % av antalet mätningar [Arbetsmiljöverket Rapport 2001:16].

5.4.2 Totalt mangan

Mätvärden för totalt mangan finns rapporterade från tre källor, en rapport från Arbetsmiljöverket utgiven år 2000, en studie från 1994, en rapport från 1995 samt en sammanställning av mätdata från en databas publicerad av The Welding Institute. Medelvärden redovisas i tabell 3. En komplett sammanställning av samtliga rapporterade mätdata finns i bilaga 3.

Tabell 3. Aritmetiska och geometriska medelvärden från mätningar av totalt mangan.

Svetsmetod	Ståltyp	Medelvärde (mg/m ³)	Referens
MMA	Rostfritt	0,041	Karlsen 1994
MMA	Olegerat	0,8	Nise 1995
MIG/MAG	Olegerat	0,2	Nise 1995
Rörelektrod	Olegerat	0,9	Nise 1995
MMA	Varierande	0,04*	The Welding Institute
MIG/MAG	Varierande	0,087*	The Welding Institute
Gällande NGV/Nytt NGV (mg/m³)		0,4/0,2	

* Geometriska medelvärden

Halterna av totalt mangan som rapporterats har en spridning mellan 0,015 till 0,2 mg/m³ (svetsning i rostfritt stål) och 0,05 till 2,2 mg/m³ (svetsning i olegerat stål). För svetsning i både olegerat och rostfritt stål är spridningen 0,005 till 0,7 mg/m³. Spridningen i mätresultat är förhållandevis hög vilket kan bero på att varierande förhållanden under olika mätningar.

5.4.3 Totalt krom

Medelvärden av totalt krom vid MMA-svetsning i rostfritt stål har uppmätts till mellan 0,03-0,23 mg/m³. Dessa värden har uppmätts dels vid arbete i svetsbås och dels vid arbete i trånga utrymmen med svårigheter att ventilerat luften. Vid den sammanställning som gjorts av Arbetsmiljöverket som underlag för bestämning av gränsvärden har medelvärden mellan 0,05 och 0,67 mg/m³ uppmätts. Nivågränsvärdet för totalt krom är 0,5 mg/m³. Samtliga medelvärden och mätdata för totalt krom finns i bilaga 3.

5.4.4 Sexvärt krom

I tabell 4 redovisas ett urval av de medelvärden som finns rapporterade från tidigare mätningar. En detaljerad sammanställning av rapporterade mätdata för sexvärt krom finns i bilaga 3.

Tabell 4. Medelvärden från mätningar av sexvärt krom.

Svetsmetod	Ståltyp	Medelvärde (mg/m ³)	Referens
MMA	Rostfritt	0,04	Nise 1995
MIG/MAG	Rostfritt	0,04	Nise 1995
MMA	Ej beskrivet	0,009	Arbetsmiljöverket 2005
MIG	Ej beskrivet	0,002	Arbetsmiljöverket 2005
MAG	Ej beskrivet	0,0016	Arbetsmiljöverket 2005
TIG	Ej beskrivet	0,0006	Arbetsmiljöverket 2005
Gällande NGV/Nytt NGV (mg/m³)		0,02/0,005	

I mätningar från 70-talet redovisas medelvärden på 0,01 mg/m³ vid MIG/MAG-svetsning i rostfritt stål och 0,15 mg/m³ för MMA-svetsning i rostfritt stål [Ulfvarsson 1978]. Arbetarskyddsstyrelsen rapporterar ett medelvärde vid MMA-svetsning i rostfritt stål på 0,2 mg/m³ i mätningar gjorda 1974-76 [Nise 1995].

I den databas som sammanställts av The Welding Institute finns mätdata för mätningar gjorda innanför svets hjälmen rapporterade. Det geometriska medelvärdet för MMA-svetsning i rostfritt beräknades utifrån dessa mätdata till 0,006 mg/m³, det geometriska medelvärdet för MIG/MAG-svetsning beräknades till 0,0007 mg/m³ och för TIG-svetsning i rostfritt till 0,0002 mg/m³.

5.5 Mätningar av krom och mangan

Inom projektet har mätningar av krom och mangan utförts vid sex företag. Företagen betecknas med bokstäverna A-F i redovisningen av mätresultaten.

5.5.1 Beskrivning av företag och förhållanden under mätningarna

En beskrivning av företagen som valdes till studien samt de rådande förhållandena avseende ventilation och produktion vid mättillfällena redovisas i tabell 5. Svetsarnas arbete bestod ofta av flera arbetsmoment, alltifrån hämtning av material och laddning av fixturer till plåtslageri, slipning och bockning. Den nominella luftomsättningen har beräknats i de fall detta varit möjligt. För industri-lokaler i allmänhet är en luftomsättning på två gånger i timmen normalt².

Tabell 5. Beskrivning av företag och förhållanden under mätningarna.

Företag	Antal svetsare	Tillverkning	Produktionsnivå vid mätningen	Industriventilation (Nominell luftomsättning)	Plats-ventilation
A	12	Produkter till industri i rostfritt stål	Lägre än normalt	Inga uppgifter	Punktutsug
B	Cirka 60	Produkter till massaindustrin i olegerat och rostfritt stål	Högre än normalt vid två mätpunkter, lägre än normalt vid en mätpunkt ³	Inga uppgifter	Punktutsug
C	15-30	Produkter till pappers, stål, kraftindustri i olegerat och rostfritt stål	Något lägre än normalt	Deplacerande (2,4-16 ggr/h)	Punktutsug
D	20	Tryckkärl och behållare i olegerat och rostfritt stål	70 % av normal produktion	Ingen uppgift (1,7 ggr/h)	Punktutsug
E	300 ⁴	Utrustning till fordonsindustrin i rostfritt stål	Normalt	Deplacerande (2,5-3 ggr/h)	Utsugskåpor
F	Cirka 50	Produkter till massaindustrin i främst rostfritt stål	25 % högre än normalt	Deplacerande (2,1 ggr/h)	Punktutsug

5.5.2 Resultat från exponeringsmätningar

Resultaten i tabellform för exponeringsmätningarna vid företag A-F medföljer som bilaga 3. I figurerna 3 till 8 representerar varje punkt i diagrammen en mätning. Vid varje punkt är företaget där mätningen utförts markerad med respektive företags bokstav. Mätvärdena har grupperats efter

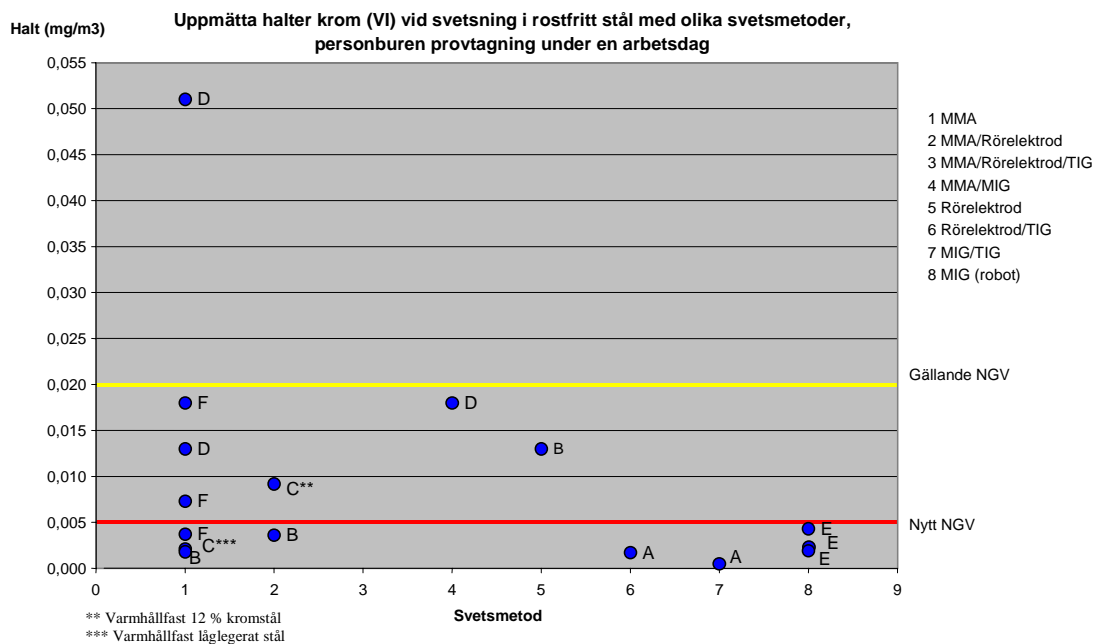
² Hög luftomsättning >2, låg luftomsättning ≤1

³ Högre produktion än normalt vid mätpunkterna 1 och 3, lägre produktion än normalt vid mätpunkt 2.

⁴ Produktionen har 300 anställda. I varje produktionslinje ingår svetsning som ett arbetsmoment. Själva svetsningen utförs av en robot och svetsaren övervakar svetsningen.

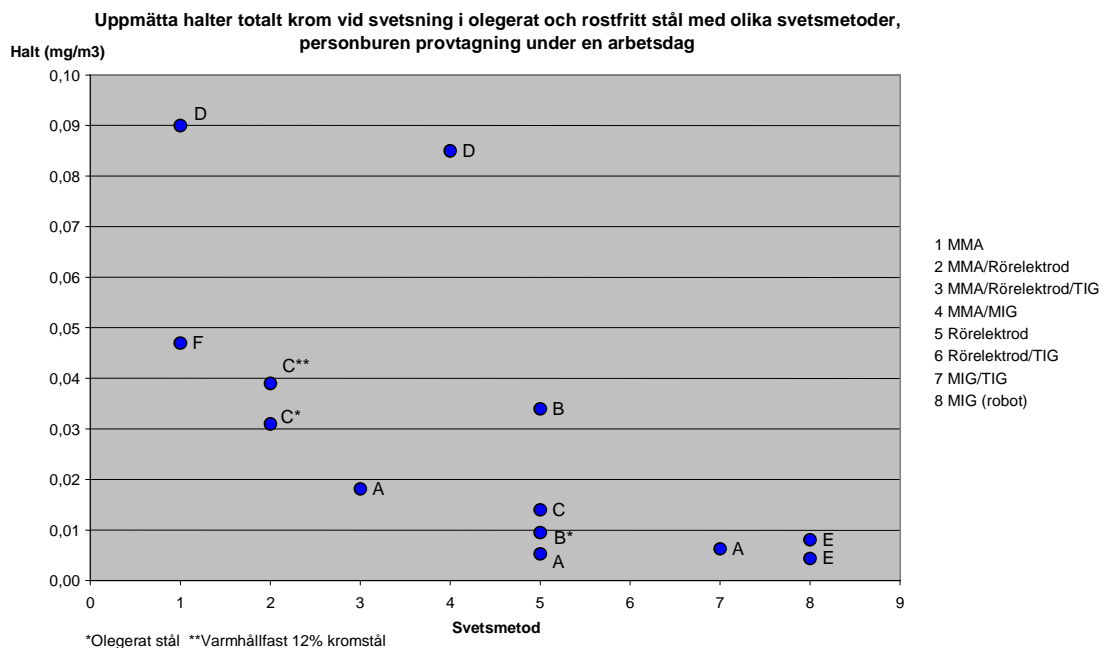
svetsmetod eller kombination av olika svetsmetoder. Det gällande och det nya nivågränsvärdet har markerats för att tydliggöra hur halterna ligger i förhållande till dessa.

I figur 3 redovisas halterna av krom (VI). Det nya nivågränsvärdet på 0,005 mg/m³ är markerat med rött i diagrammet och det gällande gränsvärdet på 0,02 mg/m³ är markerat med gult.



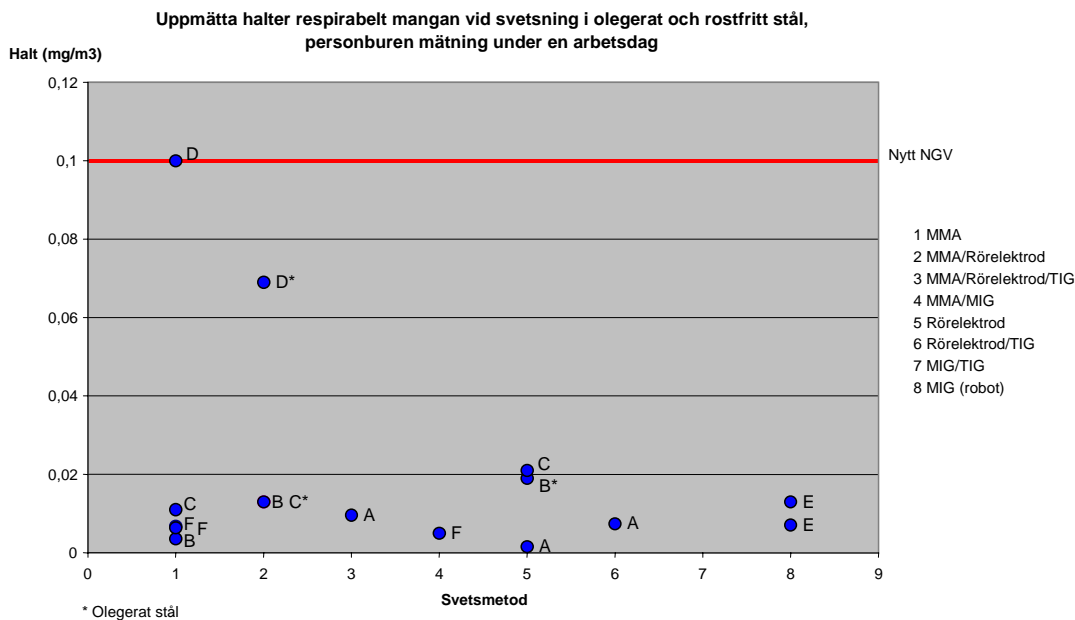
Figur 3. Uppmätta halter av sexvärt krom.

I figur 4 redovisas halterna av totalt krom. För totalt krom är nivågränsvärdet 0,5 mg/m³. Detta nivågränsvärde kommer inte att ändras 2007.



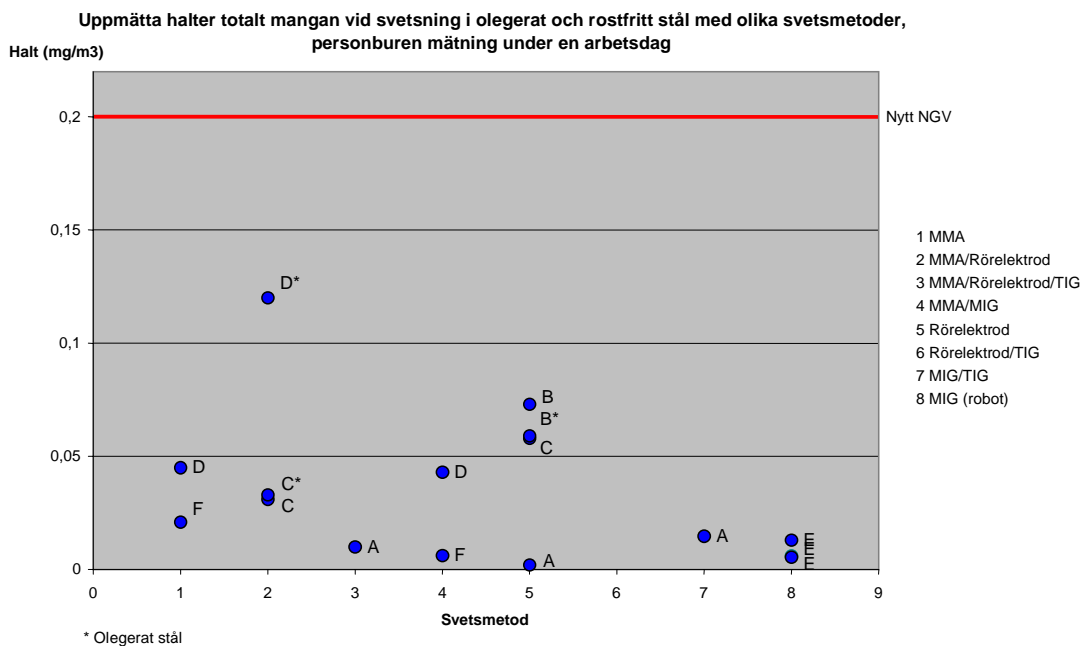
Figur 4. Uppmätta halter av totalt krom.

I figur 5 redovisas halterna av respirabelt mangan. Det nya nivågränsvärdet på 0,1 mg/m³ är markerat med rött i diagrammet. Det gällande gränsvärdet är 0,2 mg/m³.



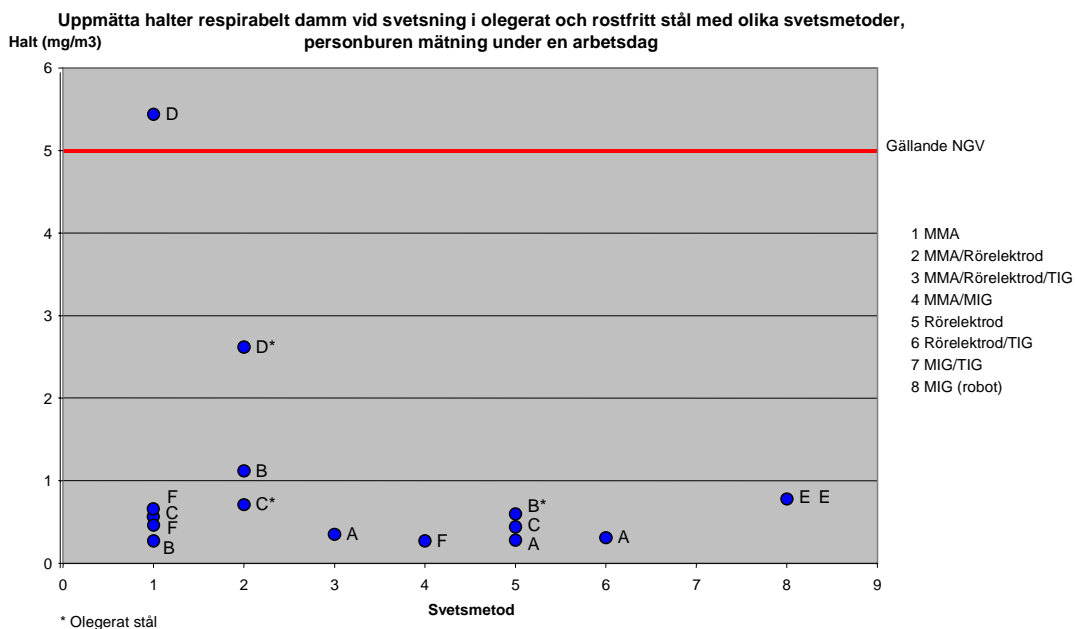
Figur 5. Uppmätta halter av respirabelt mangan.

I figur 6 redovisas halterna av totalt mangan. Det nya nivågränsvärdet på 0,2 mg/m³ är markerat med rött i diagrammet. Det gällande gränsvärdet är 0,4 mg/m³.



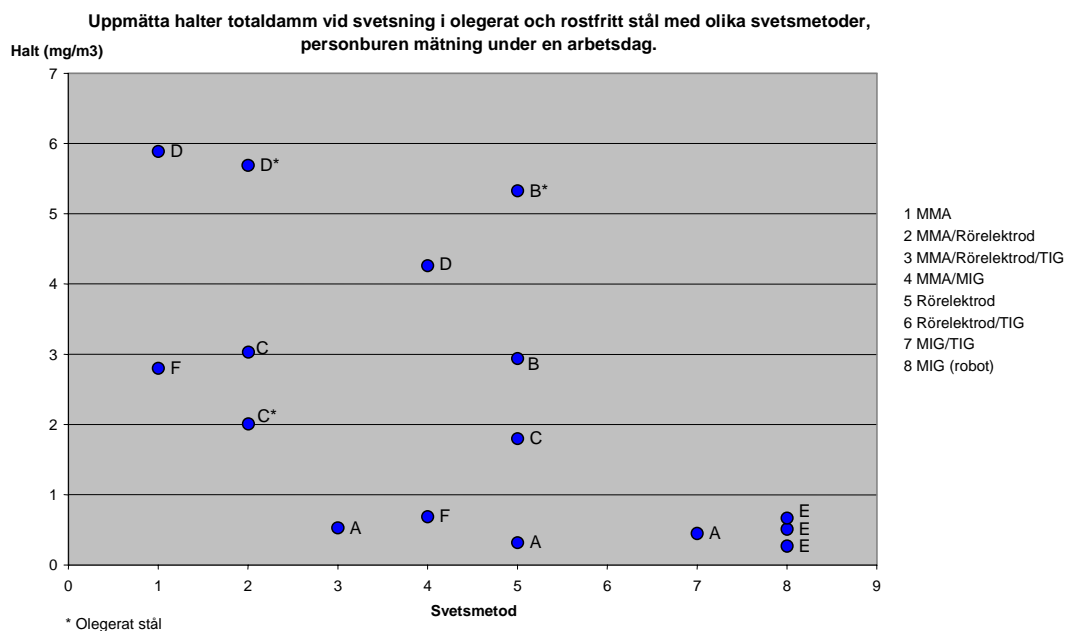
Figur 6. Uppmätta halter av totalt mangan.

I figur 7 redovisas halterna av respirabelt damm. Det gällande nivågränsvärdet på 5 mg/m³ är markerat med rött.



Figur 7. Uppmätta halter av respirabelt damm.

I figur 8 redovisas halterna av totalt damm. Det finns idag inget nivågränsvärde för totalt damm, det tidigare gränsvärdet var 10 mg/m³ och detta har nu ändrats så att det avser inhalerbart damm. Inhalerbart damm har inte provtagits vid dessa mätningar.



Figur 8. Uppmätta halter av totaldamm.

I tabell 6 redovisas alla parallellprover som tagits av totalt krom och sexvärt krom vid olika svetsmetoder. I genomsnitt var andelen sexvärt krom 27 % av det totala kromet.

Tabell 6. Samtliga parallellprover av totalt krom och krom (VI) samt andelen sexvärt krom för varje parallellprov.

Svetsmetod	Krom (VI) (mg/m ³)	Totalt krom (mg/m ³)	Andel krom (VI) (%)
MMA	0,018	0,047	38
MMA	0,013	0,09	14
MMA/FCAW	0,0092	0,039	24
MMA/MIG	0,018	0,085	21
FCAW	0,013	0,034	38
MIG(robot)	0,0023	0,0081	28
MIG(robot)	0,0019	0,0044	43
TIG/MIG	0,00049	0,0063	7,8

5.5.3 Resultat från areamätningar

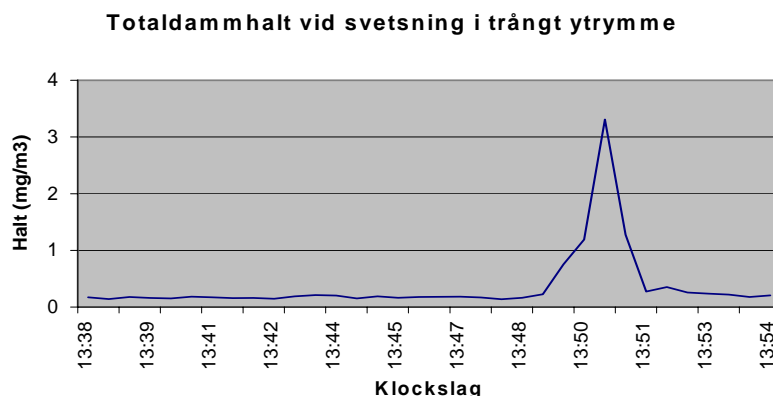
Resultatet från areamätningarna redovisas i tabell 7.

Tabell 7. Resultat från areamätning vid respektive företag.

Areamätningar företag A-F	Totaldamm (mg/m ³)	Totalt mangan (mg/m ³)	Totalt krom (mg/m ³)	Krom (VI) (mg/m ³)
A ⁵	-	0,0085	0,018	-
B	0,63	0,014	0,0053	-
C	0,5	0,010	0,0048	-
D	1,9	0,027	0,064	-
E	0,21	0,0051	0,0046	0,00087
F	0,25	0,0032	0,0048	0,0021
Medelvärde Ftg B-F	0,70	0,012	0,017	-
Gällande HGV/KTV	-	0,4	0,5	0,02/0,015
Nytt HGV/KTV	-	0,2	oförändrat	0,005/oförändrat

5.5.4 PDR-mätning

PDR-mätningarna gjordes i anslutning till arbetsplatserna där personburen provtagning utfördes. Vid ett tillfälle då mätaren placerades inne i ett trångt utrymme under pågående svetsning resulterade detta i en tydlig ökning av dammhalten. Utrymmet var mindre än 1,5 meter i diameter och cirka 3 meter djupt. Ökningen i dammhalt illustreras grafiskt i figur 9.



Figur 9. Resultat från PDR-mätning vid svetsning i ett trångt utrymme.

6 Diskussion

6.1 Halter av sexvärt krom

Av totalt 16 prover överskreds det kommande hygieniska gränsvärdet på 0,005 mg/m³ vid 7 tillfällen. Ett prov överskred även det gällande hygieniska gränsvärdet på 0,02 mg/m³. Då den högsta halten (0,051 mg/m³) uppmättes användes inget punktutslag.

⁵ Provet analyserades med XRF, övriga prover analyserades av Yrkesmedicinska kliniken i Örebro

Punktutsug användes större delen av svetstiden eller delar av svetstiden då halterna för fem av de övriga sex prover som översteg det kommande nivågränsvärdet uppmättes (0,018 mg/m³, 0,013 mg/m³ och 0,0073 mg/m³ vid MMA-svetsning, 0,018 mg/m³ vid MMA/MIG-svetsning samt 0,013 mg/m³ vid svetsning med rörelektrod). I ett fall användes inte punktutsug och vid detta tillfälle gjordes svetsningen i varmhållfast 12 % kromstål.

Då de flesta prover togs vid MMA-svetsning och det är få prover för övriga svetsmetoder är det svårt att dra någon slutsats kring sambandet mellan svetsmetod och halt av sexvärt krom.

En relativ hög halt (0,018 mg/m³) uppmättes vid kombinationen MMA/MIG, där MIG-svetsning med solid tråd användes 95 % av tiden. MIG-svetsning med solid elektrod alstrar i allmänhet mindre svetsrök jämfört med exempelvis MMA-svetsning och svetsning med fluxfylld rörelektrod. Dessutom finns det inte alkalimetaller i solida elektroder vilket gör att kromater med krom i sexvärd form inte bör bildas i någon större utsträckning. Vid svetsningen användes punktutsug. På samma mätperson uppmättes även en relativt hög halt totalt krom och totaldamm. Det är möjligt att något speciellt arbetsmoment som utförts under dagen kan ha orsakat de höga halterna. Vid detta företag fanns möjlighet att beräkna det nominella luftflödet i punktutsugen och detta visade sig ligga på mellan 350-500 m³/h beroende på hur många utsug som var kopplade till varje fläkt. Detta flöde är lägre än det av Arbetsmiljöverket rekommenderade luftflödet för ett punktutsug. I AFS 1992:9 Smältsvetsning och termisk skärning, 4§ och kommentarer till 4§ rekommenderas ett flöde på minst 600-1000 m³/h. För lågt flöde i punktutsuget kan vara en orsak till att halterna blev höga trots att punktutsuget användes. I detta fall var punktutsuget fäst med ett magnetfäste bredvid svetsfogen. Det är möjligt att röken som stiger uppåt inte ventilerades bort med utsuget placerat i den positionen.

Mätpersonen vid denna mätning arbetade under delar av dagen på knä med arbetsstycket liggande på golvet. Denna arbetsställning kan också ha haft betydelse för exponeringen på grund av att det lätt hamna i en framåtlutad position, och därmed luta sig över rökplymen, om arbetet utförs på knä.

Vid de tre mätningarna med robotsvetsning överskreds inte gränsvärdet någon gång, dock låg ett prov nära gränsvärdet (0,0043 mg/m³). Övriga två mätningar gav halter på 0,0023 respektive 0,0019 mg/m³ varav det första ligger nära halva det nya gränsvärdet.

6.2 Halter av totalt krom

Då det högsta värdet (0,090 mg/m³ vid MMA-svetsning) uppmättes gjordes svetsningen i duplex, ett stål med hög kromhalt, tillsatsmaterialet hade en kromhalt på 23 %. Plasmaskärning och slipning förekom i stor utsträckning förutom MMA-svetsning. Den höga kromhalten i elektroden vid MMA-svetsning i kombination med slipning och skärning är en förklaring till att denna halt blev hög jämfört med de övriga halterna, undantaget kombinationen MMA/MIG-svetsning.

MIG-svetsning med solid elektrod användes i det fallet 95 % av tiden, och mätningen visade på en halt på 0,85 mg/m³. Vid denna mätning användes punktutsug, men punktutsugets frånluftflöde var troligtvis lägre än 600-1000 m³/h som rekommenderas av Arbetsmiljöverket. De två högsta värdena uppmättes vid samma företag, D. De båda arbetsplatserna där dessa halter uppmättes låg i samma lokal, relativt nära varandra.

6.3 Halter av totalt och respirabelt mangan

Då de tre högsta värdena totalt mangan uppmättes ($0,12 \text{ mg/m}^3$ vid MMA/rörelektrods svetsning samt $0,073 \text{ mg/m}^3$ och $0,059 \text{ mg/m}^3$ vid rörelektrods svetsning) förekom slipning och punktutsugen användes inte kontinuerligt. Det högsta värdet av dessa tre uppmättes då delar av svetsningen gjordes inne i en tub. Även slipning förekom vid denna mätpunkt.

Då det högsta värdet respirabelt mangan uppmättes användes inget punktutsug och detta värde tangerar det kommande nivågränsvärdet för respirabelt mangan, $0,1 \text{ mg/m}^3$. Övriga halter respirabelt mangan vid MMA-svetsning var dock betydligt lägre. Den näst högsta halten respirabelt mangan ($0,069 \text{ mg/m}^3$) uppmättes vid MMA/rörelektrods svetsning. Punktutsug användes inte kontinuerligt vid svetsningen. Övriga halter vid MMA/rörelektrods svetsning var betydligt lägre. Variationen mellan halterna respirabelt mangan vid MMA-svetsning och MMA/rörelektrods svetsning var stor. Skillnader mellan olika svetsmetoder med avseende på hur mycket respirabelt mangan som alstras går inte att med säkerhet uttala sig om utifrån dessa mätresultat.

6.4 Halter av totaldamm och respirabelt damm

Av de uppmätta halter av totalt damm som är högre än 2 mg/m^3 förekom slipning i varierande utsträckning i alla fall utom ett ($3,03 \text{ mg/m}^3$ vid svetsning med MMA/rörelektrod). Då de halter som är lägre än 2 mg/m^3 uppmättes förekom slipning i ett av fallen ($0,32 \text{ mg/m}^3$ vid rörelektrods svetsning) och mycket lite slipning vid den uppmätta halten på $0,53 \text{ mg/m}^3$ vid MMA/rörelektrod/TIG-svetsning. För de sex högsta värdena ($5,89$; $5,69$; $5,33$; $4,26$; $3,03$; $2,9 \text{ mg/m}^3$) observerades brister i punktutsugens funktion och/eller användning.

Då det högsta värdet av respirabelt damm uppmättes användes inte punktutsug kontinuerligt vilket resulterade i det enda överskridandet av nivågränsvärdet för respirabelt damm i denna studie.

De två halterna av respirabelt damm ($0,78 \text{ mg/m}^3$ vardera) som uppmättes vid robotiserad MIG-svetsning med solid elektrod var de fjärde högsta. Svetsarna övervakar svetsroboten i dessa fall och utför inte svetsningen själva vilket innebär att de befinner sig på längre avstånd från föroreningskällan än vid manuell svetsning. Detta sätt att utföra svetsning bör medföra en lägre exponering för svetsaren än vid manuell svetsning. Jämfört med gränsvärdet för respirabelt damm ligger dock halterna väl under gränsvärdet. Vid den robotiserade svetsningen fanns utsugskåpor placerade ovanför svetsrobotarna, kåporna hade fyra utsugspunkter vardera.

De näst högsta halterna av totalt respektive respirabelt damm ($5,69 \text{ mg/m}^3$ respektive $2,62 \text{ mg/m}^3$) då MMA-svetsning och svetsning med rörelektrod kombinerades uppmättes då svetsningen delvis utfördes inne i ett trångt utrymme där det var svårt att ventilerar ut svetsröken.

Det är stora variationer i de uppmätta värdena av totaldamm för flera av svetsmetoderna varför det är svårt att dra slutsatser kring trender i rökemission för de olika svetsmetoderna. Vid MIG-svetsning med solid elektrod som sker robotiserat uppmättes mycket låga halter totaldamm vilket är väntat. Detta beror främst på att svetsaren befinner sig längre ifrån föroreningskällan vid robotiserad svetsning än vid manuell svetsning. Även halten totaldamm som uppmättes vid MIG/TIG-svetsning är låg vilket kan förklaras av att TIG-svetsning i allmänhet alstrar lite rök. MMA och MMA/rörelektrod ger relativt höga halter liksom svetsning med enbart rörelektrod även om variationen inom denna grupp är stor.

Spridningen mellan värdena som uppmätts vid respektive svetsmetod för respirabelt damm är mindre än variationen för totaldammvärdena som uppmätts. En förklaring kan vara att det under en arbetsdag även förekommer dammande arbetsmoment som inte är direkt kopplade till den svetsmetod som används, exempelvis slipning eller städning med borste som kan ha stor inverkan på totaldammhalterna.

6.5 Areamätning

Vid de två företag där stationära mätningar gjordes på sexvärt krom visade det sig att jämfört med det kommande nivågränsvärdet låg halterna på 17 % respektive 42 % av nivågränsvärdet. Halter uppmätta vid areamätningar kan inte direkt jämföras med nivågränsvärdet eftersom gränsvärdena gäller för exponering mätt i andningszonen. Det kan ändå vara betydelsefullt att notera hur bakgrundshalterna ligger i förhållande till de halter som enligt nivågränsvärdet inte får överstigas.

En halt på 17 % av nivågränsvärdet är att betrakta som högt och 42 % av nivågränsvärdet som mycket högt för att vara bakgrundshalter. Provtagarna för areamätningarna var inte placerade i direkt anslutning till någon arbetsplats under mätningarna vilket tyder på att sexvärt krom sprids i lokalerna samt att sexvärt krom kan vara stabilt i luften under en längre tid. I en undersökning som gjorts av spridningen av sexvärt krom i lokaler med deplacerande ventilation uppmättes högre halter sexvärt krom vid stationära mätningar på 15 och 20 meters höjd än vid stationära mätningar på 1,5 meters höjd. Det omvända gällde för partiklar av trevärt krom och totalt damm. Orsaken till detta motsatta förhållande för sexvärt krom och trevärt krom kan möjligtvis bero på bildningsmekanismer och/eller det faktum att partiklar av sexvärt krom är mindre och lättare än partiklar av trevärt krom [Niemälä, 2001].

Detta resultat visar två saker; dels att den deplacerande ventilationen fungerade för att ventilerade bort sexvärt krom från vistelsezonen vid den aktuella mätningen och dels att sexvärt krom kan vara stabilt under en längre tid i luften. Om det sexvärda kromet följer med luftströmmarna upp mot taket, som är avsikten med deplacerande ventilation, innebär det att riskerna för exponering minskar för de som arbetar i vistelsezonen. Av detta följer dock inte automatiskt att nivåerna av sexvärt krom är acceptabla i vistelsezonen om deplacerande ventilation används.

6.6 PDR-mätning

Då totaldammhalten uppmättes vid svetsning i ett trångt utrymme var totaldammhalten ungefär 18 gånger högre än totaldammhalten i den öppna lokalen och 7-8 gånger högre än medelkoncentrationen vid de andra arbetsplatserna på samma företag där svetsningen gjordes i den öppna verkstadslokalen. Detta visar tydligt att svetsning i ett trångt eller slutet utrymme kan medföra mycket högre exponering än när svetsningen görs i en öppen lokal.

6.7 Tolkning av de uppmätta halterna

6.7.1 Metoder för att bedöma exponeringsnivån

En strategi för att bedöma exponeringsnivån och undersöka om gränsvärdet är över- eller underskridet är att välja ut mätpunkter slumpmässigt och beräkna variationskoefficienter och konfidens-

intervall för att avgöra hur stor sannolikheten är att gränsvärdet överskrids vid ett annat tillfälle än mättillfället.

I praktiken är valet av mätpunkter aldrig slumpmässigt av den anledningen att en sådan omfattande provtagning som en exponeringsmätning är måste planeras i förväg. I vissa fall måste även valet av mätpunkter styras för att det är nödvändigt att mäta på de mest relevanta mätpunkterna.

Under förutsättning att det finns ett medelvärde för ett antal slumpmässigt utvalda mätpunkter har begreppet åtgärdsnivå använts som en riktlinje för när åtgärder måste sättas in för att undvika att gränsvärdet överskrids. En statistisk modell har utarbetats för detta ändamål som visar hur stor sannolikheten är att en viss andel av arbetstagarna vid en arbetsplats exponeras för halter som är högre än gränsvärdet. Denna modell visar att den geometriska standardavvikelsen, som bland annat beskriver variationen mellan olika dagar, måste vara mindre än 1,22 för att sannolikheten ska vara mindre än 5 % att maximalt 5 % av exponeringarna överskrider gränsvärdet. Så låg geometrisk standardavvikelse som 1,22 är ovanlig i dessa sammanhang, standardavvikelsen ligger vanligtvis närmare 2,0 eller högre vid mätningar under olika dagar [Johansson]. En geometrisk standardavvikelse på 2,0 ger enligt modellen 72 % sannolikhet att under minst 5 % av alla arbetsdagar under ett år exponeras för halter över gränsvärdet. Detta gäller under förutsättning att ett mätvärde vid mättillfället uppgick till halva gränsvärdet. [NIOSH]

Ytterligare en strategi för att undersöka om ett gränsvärde eller en åtgärdsnivå överskrids eller inte är att mäta under sämsta möjliga förhållanden. Är gränsvärdet och åtgärdsnivån klart underskridet vid dessa mätningar och det går att säkerställa att det inte finns så stora variationer att gränsvärdet eller åtgärdsnivån ändå riskerar att överskridas, eller att förhållandena kan vara sämre vid ett annat tillfälle, så är sannolikheten att gränsvärdet överskrids troligtvis liten.

6.7.2 Val av företag och mätpunkter vid mätningarna

Urvalet av företag och mätpunkter i denna studie har som tidigare beskrivits gjorts genom inhämtad information och utifrån vissa kriterier. Vid varje mättillfälle har mätpunkter valts utifrån vilken svetsmetod och vilket material som skulle användas under arbetsdagen. Vid valet av mätpunkter har också hänsyn tagits till hur mycket svetsarbete som skulle utföras. Fall då lite eller ingen svetsning förekommit har undvikits. Inga fall då mer svetsning än normalt skulle ha skett just den dagen har förekommit. Däremot förekom fall där produktionsnivån vid mättillfället antingen var högre eller lägre än normalt. I planering och val av mättillfälle har dock strävan varit att normala förhållanden i produktionen skulle råda. De faktiska förhållandena under mättillfället var beroende av det aktuella orderläget hos företagen.

Det sätt på vilket företag och mätpunkter valts medför att proverna inte representerar ett slumpmässigt urval. Urvalet är inte representativt för alla företag, alla svetsare, alla svetsmetoder och så vidare. De mätdata som erhållits är endast representativa för de förhållanden som rådde vid själva mätningen. Mätdata kan med försiktighet antas representera de generella förhållandena vid det specifika företaget, exempelvis i de fall ventilationen på arbetsplatsen har haft klar betydelse för exponeringsnivån. Mätdata kan också med försiktighet sägas representera en enskild svetsare i de fall svetsarens arbetssätt påverkar exponeringen i ungefär samma utsträckning oberoende av när mätningen görs. Det kan dock konstateras att vid de företag som deltagit i denna studie karakteriseras arbetet i flera fall av att svetsarbetets art och omfattning skiljer sig relativt mycket åt beroende på vad som tillverkas. Eftersom mätningarna dessutom har gjorts under en enskild dag innebär detta att det inte finns några jämförande observationer av svetsarnas arbetssätt.

Det faktum att varken företag eller mätpunkter valts ut slumpmässigt medför att en statistisk analysmetod baserad på slumpmässighet inte kan användas i syfte att med statistisk säkerhet uttala sig om hur stor risken är att gränsvärdet överskrids någon annan arbetsdag än den då mätningen gjordes.

Mätningarna har inte heller utförts vid sämsta tänkbara förhållanden och bara vid ett enstaka tillfälle vilket ytterligare försvårar bedömningen av hur stor risken är att gränsvärdet överskrids någon annan arbetsdag.

De mätdata från tidigare gjorda mätningar som sammanställts tidigare i denna rapport skulle kunna komplettera datamaterialet för att dra mer generella slutsatser av exponeringsnivåerna men nackdelarna med detta är flera:

- Antalet prover som uppfyller de kriterier som skall studeras blir ofta litet även om mätdata från andra mätningar används.
- Information kring mätpunkter och förhållanden under mätningen är ofta begränsad och det är alltså svårt att i efterhand tolka vilka faktorer som påverkar de uppmätta halterna. Att konstatera en viss exponeringsnivå utan att kunna dra slutsatser kring vad som orsakar exponeringen, för att i förlängningen kunna göra förändringar som minskar exponeringen om detta är nödvändigt, är för det åtgärdsinriktade arbetsmiljöarbetet mindre intressant.
- Mätningarna kan vara gjorda vid helt olika typer av arbeten, exempelvis i öppna eller trånga utrymmen vilket rör sig om helt skilda arbetsförhållanden som kan ge mycket varierande exponeringsnivåer.
- Många mätningar är så pass gamla att de inte speglar dagens förhållanden. Exempelvis används MMA-svetsning generellt sett mindre nu än för 30 år sedan, numera används istället MIG/MAG-svetsning i stor utsträckning. Svetsning med rörelektrod har också ökat förhållandevis mycket under senare år. Vidare har förmodligen användningen av punktutsug också ökat. Sett till de företag som ingått i studien har flera svetsare som arbetat länge på samma företag påpekat att luftkvaliteten upplevs som bättre nu än när de började. Detta är troligtvis resultatet av förbättrade ventilationssystem och bättre användning av punktutsug.

6.7.3 Orsaker till variation mellan mätningar

Det finns faktorer som alltid bidrar till variation mellan resultat som fås från olika mätningar, dessa är följande:

- Variation mellan arbetsdagar
- Variation inom en arbetsdag
- Variation mellan arbetstagare
- Osäkerhet i metod och analys

De faktorer som är den största bidragande orsaken till variationen är de tre första punkterna. Metodens och analysens osäkerhet bidrar i allmänhet till mycket små variationer och är försumbara i jämförelse med de övriga faktorerna.

Några faktorer som skilt företagen åt i denna studie och som har betydelse för exponeringen är bland annat följande:

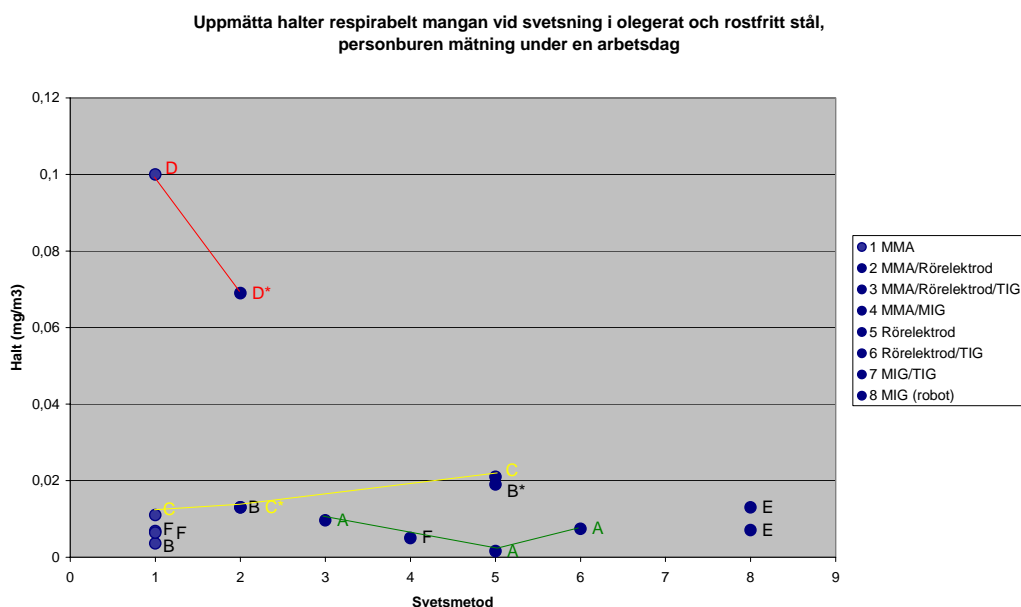
- Användningen av punktutslag samt punktutslagens kapacitet och kondition
- Skillnader i den allmänna ventilationens kapacitet kopplat till lokalernas storlek
- Tillverkning av olika sorts produkter vid företagen
- Produktionsnivån vid mättillfällena

Tillverkningen vid företagen är intressant eftersom arbetets art på flera av företagen beskrivs som detaljproduktion av objekt på specifika kundbeställningar. Detta innebär att arbetet kan skilja sig mycket åt mellan olika dagar beroende på vilka objekt som finns inne för tillfället. Det innebär också att variationen mellan företagen kan vara betydande beroende på vad som tillverkades vid mättillfället. Typ av stål och svetsmetoder som används skiljer sig åt mellan svetsobjekt.

Även objektens utseende varierar vilket har visat sig ha betydelse för användning av skyddsåtgärder vid svetsningen. Svetsningens omfattningen på varje objekt påverkar också den uppmätta halten. Stor skillnad i uppmätta halter kan uppstå mellan mätningar beroende på om arbetet innefattar mycket eller lite svetsning. Uppmätta värden av totaldamm samt krom och mangan som totaldamm beror även på omfattningen av eventuella andra arbetsmoment som utförs, exempelvis slipning eller skärning.

6.7.4 Bedömning av exponeringsnivån för krom och mangan

Bedömningen av exponeringen för krom och mangan kan som tidigare nämnts inte utföras med hjälp av en statistisk metod baserad på slumpmässighet. Analysen begränsas också av att antalet prover är få och av stora variationer mellan de olika företagen. I figur 10 tydliggörs skillnaderna genom att de mätpunkter som tillhör samma företag sammanbundits.



Figur 10. Beskrivning av skillnaderna mellan företag i uppmätta halter av respirabelt mangan.

Halterna av respirabelt mangan var för företag D generellt högre än halterna för företag A och C. Produktionsnivån vid alla dessa företag var lägre än normalt.

Trots ovan nämnda faktorer som komplicerar bedömningen av exponeringsnivån kan slutsatsen dras att sexvärt krom är det kritiska ämnet. Där har fyra av sex företag ett eller flera överskridanden av det nya nivågränsvärdet. Vid de två övriga företagen hade ett av dessa ett prov som låg nära gränsvärdet.

I tabell 8 har en bedömning gjorts av risken att överskrida gränsvärdet vid en annan arbetsdag än den då mätningen utfördes. De procentuella andelarna av de kommande gränsvärdena har beräknats för respektive ämne. För de högsta halterna har speciella förhållanden under mätningen kort beskrivits.

Tabell 8. Uppmätta halter av krom, mangan och respirabelt damm och bedömning av risk för att överskrida gränsvärdet under en annan arbetsdag.

Ämne	Totalt antal prover	Andel av det nya nivågränsvärdet	Kommentarer	Risk för att överskrida NGV
Krom (VI)	16	Ett prov 200 %	Inget punktutsug	Mycket stor
		Sex prover mellan 100 och 150 %		
		Övriga prover i genomsnitt 50 %		
Totalt krom	13	Alla prover < 10 %		Liten
Respirabelt mangan	16	Två prover på 70 respektive 100 %	Bristande användning av punktutsug, svetsning i trångt utrymme ⁶	Stor
		Övriga prover < 20 %		Liten
Totalt mangan	16	Ett prov 60 %	Svetsning i trångt utrymme ⁶	Stor
		Fem prov mellan 20 och 40 %	Bitvis brister i användning av punktutsug, slipning	Måttlig
		Övriga prover < 20 %		Liten
Respirabelt damm	16	Två prover på 50 respektive 110 %	Bristande användning av punktutsug, svetsning i trångt utrymme ⁶	Stor
		Övriga prover < 10 %		Liten

6.8 Faktorer som påverkar rökemission och halten metaller i svetsrök

6.8.1 Val av svetsmetod och elektrod

Av de svetsmetoder som förekommit i denna studie är det känt att MMA-svetsning och svetsning med rörelektrod tillhör de metoder som alstrar mest rök. MIG/MAG-svetsning med solid elektrod alstrar mindre rök än de båda nämnda metoderna. TIG-svetsning sker med en icke smältande elektrod och alstrar lite rök i jämförelse med metoderna ovan där elektroden smälter ned under svetsningen.

⁶ Det trånga utrymmet medförde svårigheter att använda punktutsug. Punktutsuget användes därför enbart delvis under svetsningen.

I resultaten som erhållits från exponeringsmätningarna i denna studie framgår dessa trender mellan svetsmetoder inte tydligt. Detta beror troligtvis på att dammhalterna som förekommer vid en enskild mätpunkt i en verkstadslokal påverkas i större utsträckning av damm som alstras av övrigt svetsarbete i lokalen samt slipdamm eller damm från skärprocesser, än svetsmetoden i sig. Hur punktutsug använts tillsammans med hur ventilationen fungerar i övrigt i lokalen påverkar också dammhalterna i betydligt större utsträckning än valet av svetsmetod. Dessutom blandas i regel olika svetsmetoder vid de företag där mätningar utförts i denna studie.

Vid simuleringar i laboratoriemiljö är det lättare att undersöka rökemissionen vid olika svetsmetoder. Rökemissionen från olika tillsatsmaterial undersöks exempelvis av tillsatsmaterialtillverkare.

Hur metallen överförs från elektroden till smältan vid gasmetallbågs svetsning har betydelse för rökemissionen. Metallen kan överföras på två olika sätt; med kortbåge eller spraybåge. Spraybåge kräver högre strömstyrka än kortbågs svetsning och ger i allmänhet större rökutveckling.

Vilken typ av elektrod som används har betydelse för svetsrökens sammansättning eftersom elektroderna är den största källan till den rök som bildas. De ämnen som finns i elektroden kommer således att även finnas i röken. För bildandet av lösligt sexvärt krom är förekomsten av alkali-metaller i elektroden av avgörande betydelse. Alkalimetaller förekommer i fluxfyllda rörelektroder och i höljet på belagda elektroder.

6.8.2 Strömstyrka, spänning och skyddsgas

Flera modeller har skapats för att kunna förutsäga bildningen av svetsrök utifrån bestämda svetsparametrar. Det är inte bara mängden rök som påverkas utan även svetsrökens sammansättning. Några av de svetsparametrar som befunnits ha betydelse för bildningen av svetsrök och dess sammansättning är följande:

- Spänning och strömstyrka
- Temperatur
- Skyddsgassammansättning

Både spänning och strömstyrka påverkar hur snabbt elektroden smälter. Högre ström och spänning medför att elektroden smälter snabbare. Vid semi-automatisk svetsning som MIG/MAG- och rörelektrods svetsning där elektroden matas fram genom svetspistolens spets får det betydelse för hur långt avståndet är mellan elektrodens spets och själva svetsfogen. Ett större avstånd däremellan medför att metalldropparna som bildas då elektroden smälter måste transporteras en längre sträcka mellan elektrodens spets och svetsfogen. Detta är gynnsamma förutsättningar för att metalldropparna skall evaporera [Yoon, 2003] och bilda rök.

Temperaturen är avgörande för vilka ämnen som bildas i svetsröken och påverkar således främst röksammansättningen. Temperaturen beror på strömstyrkan.

Om skyddsgasen innehåller CO₂ eller O₂ innebär det att det kommer att vara en oxiderande miljö i närheten av elektroden och smältan till skillnad från om en inert gas används som skydd mot den omgivande luften. Vid gasmetallbågs svetsning bildas ozon som ytterligare bidrar till en oxiderande miljö. Oxiderande miljö kan medföra att exempelvis trevärt krom oxideras till sexvärt krom.

Det har rapporterats att då CO₂ ingår i skyddsgasen kan gasen reagera med ozon och bryta ner det, samt att syre som bildas då CO₂ bryts ner kan ingå i en stabil förening med trevärt krom, Cr₂O₃ [Yoon, 2003].

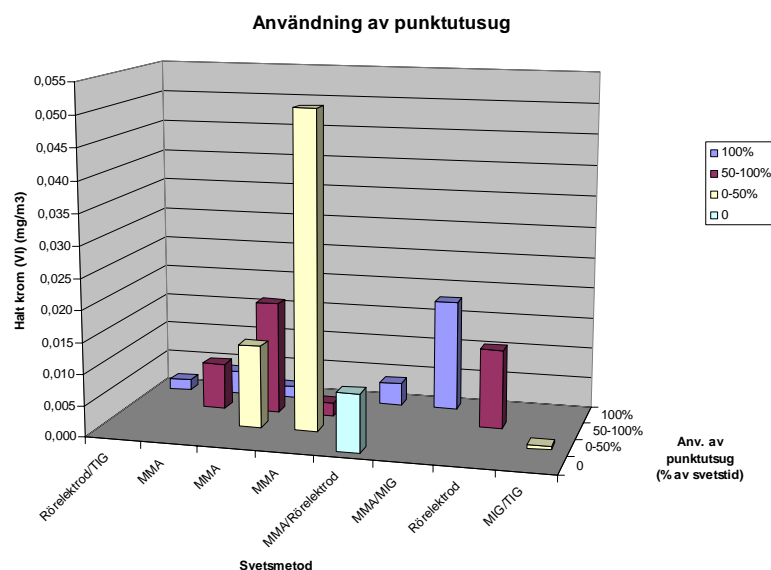
Med hjälp av de uppgifter som dokumenterades i samband med mätningarna undersöktes om valet av svetsparametrar hade betydelse för de halter av damm och metaller som uppmättes. De parametrar som undersöktes var elektrodens diameter, strömstyrka och skyddsgasens sammansättning. Inga samband kunde säkerställas mellan dessa parametrar och uppmätta halter. För 162 mätningar rapporterade i databasen från The Welding Institute där strömstyrkan fanns angiven gjordes samma analys. Inte heller för dessa kunde ett samband mellan strömstyrka och uppmätta halter damm och metaller påvisas.

6.9 Faktorer som påverkar exponering för svetsrök

6.9.1 Användning av punktutsug

Punktutsug fanns installerade vid samtliga företag. Punktutsugens kondition och hur mycket de användes varierade mellan olika företag och mätpunkter. I figur 11 nedan beskrivs i vilken grad punktutsug använts under svetsningen och vilken halt av sexvärt krom som uppmätts. Användningen har graderats enligt följande och baseras på iakttagelser samt uppgifter från personerna som bar mätutrustningen:

- Punktutsuget användes inte alls (0 %)
- Punktutsug användes delvis, exempelvis beroende på svetsmetod (0-50%)
- Punktutsug användes under större delen av svetsstiden undantaget kortare perioder, exempelvis då det var svårt att komma åt med punktutsug (50-100%)
- Punktutsug användes hela tiden (100%)



Figur 11. Användningen av punktutsug relaterat till halten sexvärt krom i andningszonen.

I det fall punktutsug inte användes under svetsningen uppmättes en halt av sexvärt krom som var nästan dubbelt så hög (0,0092 mg/m³) som det nya gränsvärdet på 0,005 mg/m³. Om punktutsug används under delar av svetsningen föreligger en relativt stor risk att överskrida det nya gränsvärdet för sexvärt krom, halterna överskrider vid flera tillfällen det nya gränsvärdet. Om punktutsug används under hela svetsningen minskar risken för att överskrida den nya gränsvärdet, här var det endast ett prov som överskred detta. De prov som låg under det nya gränsvärdet uppmättes till 0,0017; 0,0018; 0,0036 samt 0,0037 mg/m³ och ligger alltså på mellan 35-73 % av gränsvärdet.

De problem som observerats vid användningen av punktutsug har varit följande:

- Svetsobjektet är så stort att det inte går att komma åt att ställa in punktutsuget på ett optimalt sätt
- Svetsningen utförs inne i ett objekt dit slangar inte når
- Utsugsarmar saknas eller räcker inte till
- Fel placering av punktutsug så att exempelvis svetsarens huvud befunnit sig mellan svetsfogen och utsuget
- Punktutsugen används inte konsekvent vid all svetsning

6.9.2 Användning av svetspistoler med integrerade utsug

Integrerade utsug har inte förekommit under mätning vid något företag. På några företag har det funnits integrerade utsug men dessa har inte använts. Många svetsare har tyckt att dessa svetspistoler har flera nackdelar, bland annat att de är tyngre än vanliga svetspistoler och de får därför ont i händer och handleder av att använda dem. De har också tyckt att de har känts klumpiga vilket medfört att det varit svårare att få ett bra svetsresultat eller att de inte kan användas vid alla svetsarbeten.

Det bör påpekas att det inte har framgått vilken modell av integrerat utsug som testats av dessa svetsare. De första utsugen som konstruerades hade en rad nackdelar. Det har dock utvecklats nya modeller av integrerade utsug där några av problemen med de gamla modellerna åtgärdats.

Uppfattningen om integrerade utsug verkar dock fortfarande kvarstå vilket kan bero på att de nya modellerna inte provats.

6.9.3 Arbetsplatsens utformning och svetsarens arbetsställning

Hur arbetsplatsen är utformad kan ha stor betydelse för arbetsställningen under svetsningen. Om det finns möjlighet att placera svetsobjektet så att arbetet utförs i en upprätt ställning i stället för i en framåtlutad position kan svetsaren lättare undvika att luta huvudet in över svetsplymen, som ju stiger uppåt. Arbete på arbetsbänk eller svetsställ där svetsaren kan arbeta i upprätt ställning är därför att föredra framför arbete där svetsaren måste stå på knä.

Om deplacerande ventilation används och arbetet inte sker på golvnivå utan några meter högre upp, vilket är vanligt om objekten är stora, finns risk för högre exponering genom att partiklarna i luften stiger uppåt. Halterna kan bli avsevärt högre ovanför den så kallade vistelsezonen vid depla-

cerande ventilation. Detta gäller naturligtvis inte bara svetsare utan även övriga som utför andra arbetsuppgifter ovanför vistelsezonen i samma lokal där svetsarbete pågår.

6.10 Användning av personlig skyddsutrustning

Förutom svetskärmar, svetshjälm samt andningsskydd som använts vid sliparbete har fläktmatade friskluftsmasker förekommit vid mätningarna. Friskluftsmasker kan vara fläktmatade eller tryckluftsmatade och har ofta höga skyddsfaktorer⁷. De ger ett gott skydd mot svetsrök förutsatt att de sitter bra och underhålls enligt tillverkarens anvisningar.

Faran med användning av friskluftsmask kan vara att punktutsugen inte används eftersom svetsaren känner sig skyddad med masken. Men problem uppstår både för svetsaren själv om visiret fälls upp och för andra som arbetar i samma lokal och som inte bär någon typ av andningsskydd eller mask.

Det är viktigt att tänka på att exponeringen ökar när masken inte är rätt tillpassad och även då visiret fälls upp under perioder då svetsning inte görs. Fysiskt tungt arbete där andhämtningen blir tung kan resultera i att luft kommer in utifrån vid inandning eftersom fläkten inte klara av att tillföra tillräckligt mycket luft.

Om friskluftsmasker skall användas vid svetsning i trånga utrymmen är det att föredra att dessa är tryckluftsmatade istället för fläktmatade. Med den tryckluftsmatade varianten tillförs hela tiden luft utifrån, den fläktmatade varianten renar den luft som finns runt omkring svetsaren. Om enbart ett partikelfilter och inte gas- och partikelfilter används i en fläktmatad friskluftsmask vid svetsning i trånga utrymmen kan detta vara direkt livsfarligt, eftersom det kan alstras giftiga gaser som kolmonoxid, kväveoxider och ozon.

6.11 Hur kan arbetsmiljön förbättras?

6.11.1 Minska bildandet av luftföroreningar

Det första steget till en bättre arbetsmiljö är att sätta in åtgärder som minskar bildandet av luftföroreningar. Detta kan göras i form av optimering av svetsparametrar eller nya tekniska lösningar i form av bättre tillsatsmaterial.

1. Optimering av svetsparametrar:

Svetsparametrar inverkar på ett komplext sätt hur mycket rök som bildas, vilket gör att de optimala inställningarna kan vara svåra att definiera. Några punkter som kan beaktas är dock följande:

- Att svetsning inte görs med högre strömstyrka och spänning än enligt tillsatsmaterialtillverkarnas rekommendationer
- Ha en anpassad frammatningshastighet på svetselektroden vid semi-automatisk svetsning
- Ha rekommenderat flöde på skyddsgasen

⁷ Skyddsfaktorer är satta dels av tillverkarna av friskluftsmasker (nominella skyddsfaktorer) och dels av Arbetsmiljöverket (tilldelade skyddsfaktorer). Skyddsfaktorn anger hur många gånger högre halten i luften utanför masken kan vara jämfört med det hygieniska gränsvärdet, för att halten i luften inuti masken fortfarande skall vara lägre än gränsvärdet.

2. Minska bildandet av sexvärt krom i svetsrök genom tillsats av zink eller användning av en sekundär skyddsgas:

En av förutsättningarna som i studier har visats vara av stor betydelse för att lösligt sexvärt krom skall bildas i svetsrök är att det finns alkalimetaller närvarande. Kalium och natrium i form av silikater tillsätts svetselektroder bland annat för att öka svetsbågens stabilitet. Natrium- eller kaliumkromat, där kromet förekommer i sexvärd form, kan då bildas. Försök har därför gjorts för att undersöka möjligheterna att byta ut kalium i svetselektroden mot litium eller tillsätta zink i elektroden.

I en studie av Dennis et al (2002) visades att med tillsats av 1 % zink i elektroden alstrades mer svetsrök per tidsenhet jämfört med en kontrollelektrod. En anledning kan vara att zink är flyktigare än övriga ingående metaller och således förångas snabbare. Försök med olika skyddsgaser gav resultatet att då en skyddsgas av ren argon eller argon blandat med 38 % helium användes var bildningshastigheten av sexvärt krom mycket lägre jämfört med en kontrollelektrod utan zinktillsats, under förutsättning att skyddsgasen inte innehöll något syre. Om skyddsgasen innehöll 1-2 % O₂ var istället bildningshastigheten av sexvärt krom ungefär dubbelt så hög för zinkelektroden jämfört med en kontroll. Ozonhalten mättes också vid försöken med de olika skyddsgaserna och visade att med zinkelektroden bildades mycket mindre ozon jämfört med en kontroll. En anledning till detta kan vara att den ökade mängden rök blockerar UV-strålningen från att reagera med syre och bilda ozon. En annan anledning till den minskade ozonhalten kan vara att zink reagerar med ozonet och bildar ZnO. Minskad ozonhalt medför en mindre oxiderande miljö vid bågen vilket i sin tur leder till att krom med lägre oxidationstal inte oxideras till sexvärt krom. Zink kan också reagera direkt med syre och bilda ZnO vilket också medför att miljön nära bågen inte blir lika oxiderande. Ytterligare en möjlighet är att zink reducerar sexvärt krom till krom med lägre oxidationstal.

I samma studie av Dennis et al (2002) visades också att då kalium byttes ut mot litium bildades mindre sexvärt krom i svetsröken. Även totalt sett alstrades mindre mängd svetsrök med litiumelektroden. Däremot ökade mängden av vissa andra ämnen räknat som vikt-% av den totala svetsröken. Ökningen gällde, förutom litium, även totalt krom, mangan och nickel. Det bör undersökas om en relativ ökning av dessa ämnen kan resultera i en hög exponering. Svetsegenskaper och svetsningens resultat med avseende på hållfasthet bör också undersökas ytterligare.

En annan faktor som har betydelse för bildandet av sexvärt krom är om det vid svetsningen också bildas ozon. Ozon är ett starkt oxidationsmedel och kan därför oxidera krom med lägre oxidationstal till sexvärt krom. Förutom detta så är ozonet i sig skadligt för hälsan då det kan irritera ögon, skada luftvägar och lungor samt förvärra astma hos redan drabbade personer. Faktorer som kan bidra till bildandet av ozon är spänningen vid svetsningen och skyddsgasens flöde. En spänning högre än 20 V har visats ge lägre emission än spänningar mellan 15 och 20 V och högre flöde hos skyddsgasen har visats ge högre halter av ozon [Dennis 2002].

I en annan studie gjord av Dennis (2002) påvisades ett samband mellan bildandet av ozon och sexvärt krom, men för att kunna säkerställa detta samband måste ozonet mätas i den punkt där det sexvärda kromet bildas. Var detta sker är ännu inte klarlagt. De försök som gjorts har dock visat att en minskad bildning av ozon även få den positiva effekten att det bildas mindre sexvärt krom.

Ett sätt att minska mängden ozon är att använda en skyddsgas som innehåller antingen NO eller eten, C₂H₄. Dessa två ämnen är reduktionsmedel och reagerar med ozon så att ozonet bryts ner. Skyddsgaser med tillsats av NO finns idag på marknaden. Gaserna innehåller en inert gas (argon eller helium eller en blandning av dessa) och beroende på användningsområde även CO₂ i olika halter samt tillsats av 0,03 % NO. Användning av skyddsgas med eten är mindre vanlig.

En jämförelse har gjorts mellan ett konventionellt system med skyddsgas innehållande NO (MISON) eller C₂H₄ (Ar + C₂H₄) och ett system med ett dubbelt munstycke på svetspistolen, där en primär inert skyddsgas och en sekundär skyddsgas (MISON och Ar + C₂H₄) använts. I det konventionella systemet minskade andelen bildad sexvärt krom mer då MISON användes jämfört med argon och C₂H₄. I systemet med dubbelt munstycke blev minskningen ungefär lika stor för de båda typerna av gasblandningar. Andelen sexvärt krom mättes som vikt-% i svetsröken. Försöken visade också att användningen av MISON som sekundär skyddsgas gav lägre andel (ppm) ozon än då Ar + C₂H₄ användes vilket indikerar att sambandet mellan halten ozon och den bildade halten sexvärt krom inte är linjärt. [Dennis 2002]

Användningen av NO eller C₂H₄ i skyddsgas kan även få andra konsekvenser som exempelvis bildning av NO₂ då NO reagerar med ozon eller att då C₂H₄ reagerar och bildar H₂O och CO₂ kan även en liten del CO bildas. Det bör även undersökas om tillsats av NO eller C₂H₄ kan påverka andra ämnen i gasen såsom till exempel nickelföreningar. Även påverkan på svetsresultatet måste beaktas. [Dennis 2002]

Ett möjligt problem med tillsats av zink i svets elektroder är att mängden bildad zinkoxid kan öka. Hur mycket denna ökning påverkar exponeringen för zinkoxid bör undersökas ytterligare eftersom zink kan ge upphov till så kallad zinkfrossa vid exponering. Det hygieniska gränsvärdet för zinkoxid som totaldamm är 5 mg/m³ vilket är lika högt som det hygieniska gränsvärdet för respirabelt damm. Detta innebär att kontroll av svetsröken med avseende på respirabelt damm även ger kontroll på halten zinkoxid. I de exponeringsmätningar som gjorts i denna studie är halterna av respirabelt damm i genomsnitt 0,84 mg/m³ vilket är väl under gränsvärdet och det innebär att om halten respirabelt damm ligger på en sådan nivå kommer en ökning av zinkhalten troligtvis inte att medföra att det hygieniska gränsvärdet för zink överskrids.

6.11.2 Infångning av luftföroreningar vid källan

Det andra steget för att förbättra arbetsmiljön är att fånga in de luftföroreningar som ändå bildas så nära källan som möjligt så att de inte sprids i lokalen.

Svetspistoler med integrerade utsug är ett mycket bra sätt att minska spridningen av luftföroreningar. Förutom att de effektivt fångar in svetsröken är de också säkra på det sättet att de inte kan glömmas bort då de är en integrerad del av svetspistolen.

Punktutsug är också ett effektivt sätt att fånga in svetsröken men för att avsedd effekt skall uppnås är det mycket viktigt att utsugen används konsekvent och av samtliga som arbetar med svetsning och slipning. Förutom att punktutsug och anslutningsslangar är i gott skick samt att flödet är tillräckligt i varje utsug är utsugets placering avgörande för hur väl det fångar in röken. Viktigt att tänka på vid placering av utsugen är följande:

- Utsuget skall placeras max 30 centimeter från utsläppskällan.
- Utsuget bör placeras snett ovanför rökplymen för att fånga in så mycket av rökplymen som möjligt samtidigt som arbetet inte störs. Denna placering blir även ett fysiskt hinder för svetsaren att inte luta sig över rökplymen.
- Utsuget skall vara placerat så att svetsarens huvud inte befinner sig mellan utsläppskällan och utsuget.

- I vissa fall kan det vara motiverat att placera utsuget bredvid utsläppskällan. Detta kan endast användas då svetsobjektet är så pass lågt att det inte själv skärmar av utsuget. Det är också viktigt att utsuget placeras nära utsläppskällan. Anledningen till att denna placering är gynnsam i vissa arbetspositioner är att den yta som utsuget placeras på hjälper till att skärma av utsugningsområdet. Ytan där utsuget placeras måste således vara så pass stor att denna avskärmningseffekt uppnås.
- Utsuget måste hela tiden flyttas efter svetsfogen. Utsugets effekt avtar mycket snabbt med avståndet från mynningen. Redan på 10 centimeters avstånd från mynningen kan flödet vara en tiondel av vad det är vid mynningen.

Punktutsug måste finnas lätt tillgänglig vid varje arbetsplats. De flesta arbeten kräver att punktutsuget är rörligt. Det kan också behövas flera olika typer av utsug och sväng- och utsugsarmar för att kunna använda punktutsug oberoende av objektens utseende eller placering. I de fall det inte går att komma åt med punktutsug som är kopplade till utsugsfläktar i lokalen finns det lösningar med portabla punktutsug. Utsugsarmar till utsugen skall enkelt kunna röras och flyttas vartefter svetsningen pågår.

Ett sätt att påminna om att punktutsuget skall användas är att använda punktutsug med belysning i utsugets mynning. Vanan vid att arbeta med en ljuskälla gör att det märks om punktutsuget har ”glömts bort”.

Lösningar med utsug som fästs vid en ramp på väggen kan vara ett sätt att förflytta ett punktutsug längs med ett stort objekt. Det finns även lösningar som innebär att punktutsuget kan fästas till utsugspunkter på olika platser i golvet och på så sätt öka mobiliteten.

Det finns även andra dammande moment som regelbundet utförs på en verkstad, exempelvis slipning och skärning. Den lösning som är att föredra är slipmaskiner med integrerade utsug. Även punktutsug bör användas vid slipning och skärning. För att undvika att damm virvlar upp från golvytor bör städning med torr borste undvikas.

6.11.3 Väl fungerande plats- och industriventilation

Både plats- och industriventilationen bör underhållas regelbundet. Ofta sköts industriventilation och utsugsfläktar av en extern ventilationsfirma men kontinuerligt underhåll av platsventilationen i verkstaden är viktig för att säkerställa att slangar och kåpor är hela och att spjällen till utsugen är öppna. Nedan följer några tekniska aspekter på punktutsugens utförande:

- Lufthastigheten i punktutsuget bör vara minst 3 m/s
- Arbetsmiljöverket rekommenderar ett flöde på 600-1000 m³/h för punktutsug
- Punktutsugets mynning skall vara så pass stor att den klarar av att fånga in rökplymen. Rekommenderad diameter är minst 25 cm [Antonsson, 2002].
- Möjligheter att placera punktutsuget ovanför rökplymen skall finnas, exempelvis med hjälp av rörliga svängarmar. Svängarmar skall vara lätta att röra och ställa in.
- Slangar måste vara tillräckligt långa och svängarmar måste vara så placerade att punktutsuget kan användas i alla situationer.

- Det måste finnas kunskap hos alla som arbetar i verkstaden om ventilationens funktion, exempelvis var spjäll och fläktar sitter så att ventilationen alltid är igång och fungerar som den ska.

6.11.4 Personlig skyddsutrustning

Personlig skyddsutrustning måste alltid användas vid svetsning för att exempelvis skydda hud och ögon från svetsloppor och strålning. Friskluftsmasker är en typ av personlig skyddsutrustning som kan och bör användas som komplement vid speciella situationer då dammhalten i luften blir mycket hög, exempelvis vid svetsning i trånga utrymmen.

I fläktmatade friskluftsmasker finns i regel ett eller flera filter som skall bytas ut med jämna intervall. Vid företagen i denna studie där dessa typer av masker användes skötte de av svetsarna själva. För att säkerställa att filtren byts regelbundet bör det finnas en tydlig rutin för detta.

Det är dock ytterst viktigt att den personliga skyddsutrustningen inte ersätter platsventilation, att fånga in luftföroreningarna innan de hunnit spridas är den viktigaste förutsättningen för att skapa en bättre allmän luftkvalité och inte exponera sig själv och andra för svetsrök.

6.11.5 Gemensamt ansvar för att arbeta på rätt sätt

På en arbetsplats där många arbetar i samma lokal påverkar alla varandras arbetsmiljö. Detta innebär att den som utför arbete där luftföroreningar bildas och inte arbetar på ett sätt som minimerar spridningen av dessa riskerar inte bara sin egen utan även andras hälsa.

- För att uppnå en bra arbetsmiljö är det viktigt att alla arbetar på rätt sätt.
- Kunskap om rätt sätt att arbeta måste förmedlas till alla berörda
- Goda förutsättningar för att arbeta på rätt sätt måste finnas på varje arbetsplats.
- Kunskap om riskerna med de luftföroreningar som alstras vid svetsning måste förmedlas ut till alla berörda; svetsare, företagsledning, arbetsmiljöansvariga, återförsäljare av svets- och skyddsutrustningar.

7 Slutsatser

Sexvärt krom är det kritiska ämnet i svetsrök som bildas vid den typ av svetsarbete som förekommit vid de företag där mätningar utförts i denna studie. Halterna av sexvärt krom ligger i genomsnitt på dubbla det kommande gränsvärdet för sexvärt krom som börjar gälla den 1/1 2007. Detta innebär att många företag kan komma att överskrida eller ligga mycket nära detta gränsvärde så som arbetsmiljön ser ut idag i svetsverkstäder.

De åtgärder som har förekommit under mätningarna och som också är de skyddsåtgärder som är vanligast idag, punktutsug vid manuell svetsning och utsugskåpor vid robotiserad svetsning, är bra skyddsåtgärder om de används rätt och fungerar.

Det kan dock konstateras att det ofta förekommer brister i användning och/eller funktion vilket får stora konsekvenser för arbetsmiljön. Vid mätningarna har höga halter i andningszonen såväl som höga bakgrundshalter av sexvärt krom uppmätts.

För att åtgärda problemet med sexvärt krom måste både tillgänglig och ny teknik utvecklas och användas. En mycket bra lösning för att ta hand om luftföroreningar vid källan är integrerade utsug i svetspistolerna. Dessa är ännu inte så vanligt förekommande på företagen och bättre marknadsföring krävs för att efterfrågan på dessa svetspistoler skall öka. De problem som upplevs med svetspistoler med integrerade utsug måste lösas, det vill säga att svetspistolerna måste utformas så att de blir lättare och smidigare att använda.

Förutom tekniska lösningar måste kunskapen om riskerna med exponering för svetsrök öka och det måste säkerställas att alla svetsare får utbildning och kunskap om riskerna med svetsrök och hur skyddsåtgärder skall användas.

8 Fortsatt arbete

IVL kommer att fortsätta arbeta med ett projekt som syftar till att stimulera utveckling och användning av nya effektiva åtgärder för att minska exponeringen för luftföroreningar vid svetsning.

9 Referenser

- Antonini James M, et al. Fate of manganese associated with the inhalation of welding fumes: Potential neurological effects, *NeuroToxicology*, 2005
- Antonini James M, et al. Pulmonary Effects of Welding Fumes: Review of Worker And Experimental Animal Studies, *Am. Journal of Industrial Medicine*, 2003:43:350-360
- Antonsson, A-B et al, Effektiva åtgärder mot exponering för isocyanater i bilverkstäder, IVL Rapport B 15001, augusti 2002
- Arbetsmiljöverket, Enheten för kemi och mikrobiologi, Konsekvensbeskrivning till föreskrifterna om Hygieniska gränsvärden och åtgärder mot luftföroreningar, 2005
- Arbetsmiljöverket, Konsekvensbeskrivning till föreskrifterna om Hygieniska gränsvärden och åtgärder mot luftföroreningar (AFS 2000:3), Rapport 2001:16
- Arbetskyddsmyndigheten, Arbetsmiljö vid svetsning-Utsugningsarmar, 1993
- Arbetskyddsstyrelsens Författningssamling, AFS 1992:9 Smältsvetsning och termisk skärning
- Behrman, Amy J, *Occupational Toxicology, Welders and Joiners* pp398-405
- Cunat, Pierre-Jean, Chromium in Stainless Steel Welding Fumes, *IIS/IIW, VIII 1973-03*, 2002, s 4
- Dennis John H, et al. Control of Occupational Exposure to Hexavalent Chromium and Ozone in Tubular Wire Arc-welding Processes by Replacement of Potassium by Lithium or by Addition of Zink, *Ann. Occup. Hyg.*, vol. 46, No. 1, pp. 33-42, 2002
- Dennis John H, et al. Control of Exposure to Hexavalent Chromium and Ozone in Gas Metal Arc Welding of Stainless Steels by use of a Secondary Shield Gas, *Ann. Occup. Hyg.*, Vol. 46, No. 1, pp. 43-48, 2002
- Esab, Svetsning och skärning-risker och åtgärder, Tillgänglig på www.esab.se, hämtad 2004-04-04

- Ewing W & Harris M, Manganese and Welding Fume, The AIH Diplomate, issue 05-2, 2005
- Fored, C M, et al. 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
- Hannu T, et al. Occupational asthma due to manual metal-arc welding of special stainless steels, *Eur. Respir J*, 2005; 26: 736-739
- Harris M, et al. Manganese Exposure During Shielded Metal Arc Welding (SMAW) in an Enclosed Space, *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 2:375-382, 2005
- Hjöllund NHI, et al. Male-mediated spontaneous abortion among spouses of stainless steel welders, *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, 2000;26(3):187-192
- Johansson B & Westberg H, Provtagningsstrategi och statistisk bearbetning av mätdata, Örebro Läns Landsting-Högskolan i Örebro
- Karlsen J T, Welding and Grinding Operations on Stainless Steel, *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* (55) / December 1994
- Lidblom A, Exponering för mangan vid svetsning, Rapport 2000:4 Arbetarskyddsstyrelsen
- Lundberg P (ed), Vetenskapligt underlag för hygieniska gränsvärden 18, 1997:24
- Montelius J (ed.), Vetenskapliga underlag för hygieniska gränsvärden 21, Nr 2000:21 s 19
- Niemelä R, et al. Stratification of Welding Fumes and Grinding Particles in a Large Factory Hall Equipped with Displacement Ventilation, *Am. Occup. Hyg.*, Vol.45, No 6. pp 467-471, 2001
- NIOSH, Occupational Exposure Sampling Strategy Manual, 1977
- Nise G, et al. Exponering för svetsrök-en jämförande studie av exponeringsförhållandena under slutet av 1970-talet och idag för svetsare i Stockholms län, rapport från Yrkesmedicinska enheten 1995:6
- Sjögren B & Ulfvarsson U, Svetsgaser och svetsrök, Nordiska Expertgruppen för Gränsvärdesdokumentation, *Arbete och Hälsa* 1990:28
- Sjögren B. et al. Exposure to stainless steel welding fumes and lung cancer: a meta-analysis, *Occupational and Environmental Medicine* 1994;51;335-336
- Sjögren B, et al. Welding and Ischemic Heart Disease, *Int. Journal of Occupational and environmental health*, vol 8/No 4, Oct/Dec 2002
- Sjöstrand Erik, Flourföreningar vid stålmetallurgiska förlopp – Användning och risker, rapport från Järnets Metallurgi, KTH, 1970-1971
- Svetskommissionens hemsida: <http://www.svets.se/tekniskinfo/svetsning/metoder.4.ec944110677af1e8380009688.html> (2005-11-23)
- Svetskommissionens hemsida: <http://www.svets.se/tekniskinfo/halsasakerhet/farorochskyddvidsvetsning/elektromagnetiskafaltvidsvetsarbete.4.ec944110677af1e8380007884.html> (2006-04-04)
- Yoon C S, et al, Fume Generation and Content of Total Chromium and Hexavalent Chromium in Flux-cored arc Welding, *Ann. Occup. Hyg.*, 2003:47:8:671-680

Bilaga 1. Mätmetoder

Exponeringsmätning

Varje person bar två pumpar som var kopplade till varsin filterkassett. Två typer av pumpar förekom vid mätningarna; Scantec Aircheck 2000 och SKC Aircheck 52. Filtren för provtagning av totalt krom och totalt mangan samt sexvärt krom var membranfilter med diametern 25 mm. För provtagning av respirabelt damm användes 25 mm filter med SKC föravskiljare och 37 mm filter med Casella föravskiljare. Provet togs i andningszonen, dvs så nära näsa och mun som möjligt, genom att filterkassetterna placerades på mätpersonens axlar så nära andningszonen som möjligt. Provtagning på axeln är allmänt vedertaget och rekommenderas också i Arbetsmiljöverkets författningssamling.

Stationär mätning

De stationära mätningarna utfördes i syfte att få reda på vilka bakgrundshalter det fanns vid varje företag där mätningar gjordes. Även dessa mätningar gjordes med pumpad provtagning. Pumpar av typen SKC Aircheck 52 och 25 mm membranfilter användes.

Analys av filterprover

Metallanalyserna samt den gravimetriska bestämningen av totaldammproverna har gjorts vid Analyslaboratoriet på Yrkes- och miljömedicinska kliniken i Örebro. Den gravimetriska bestämningen av proverna för respirabelt damm har gjorts av Yrkes- och miljömedicinska kliniken i Örebro eller Institutionen för Tillämpad Miljövetenskap vid Stockholms Universitet. Sexvärt krom bestäms med hjälp av UV/VIS spektrofotometri och totalt krom samt totalt mangan bestäms med ICP-MS. Laboratoriet är ackrediterat för gravimetriska analyser av damm i luft. Mätosäkerheten för den gravimetriska bestämningen av totaldamm är $\pm 0,04$ eller $0,1$ mg/filter beroende på provmängd. Precisionen i analysen av sexvärt krom är $\pm 10\%$ vid en provmängd på $0,3$ - $1,2$ μg och precisionen för analysen av totalt krom samt totalt och respirabelt mangan är $\pm 10\%$ enligt uppgifter från laboratoriet.

Ett stationärt prov har analyserats med röntgenfluorescens i en portabel XRF (Niton 700).

Felkällor vid provtagning och analys

Spridning i resultat beror på tillfälliga variationer som i sin tur är beroende mätinstrument och den som utför mätningen. Spridningen blir i allmänhet mindre ju fler prover som tas och mätvärdena grupperar sig kring ett medelvärde. Om det uppstår speciella situationer vid mätningen kan också grova fel uppstå, till exempel på grund av olyckshändelse eller att mätutrustningen skadas på ett sådant sätt att det allvarligt stör mätningen.

Systematiska fel beror på faktorer som felaktig kalibrering av instrument eller systematiskt felaktig avläsning. Storleken av detta fel speglar noggrannheten i mätningarna.

Vid analys av prover kan både systematiska och tillfälliga variationer i analyserna uppkomma.

Provtagningsfelet är ett fel som uppkommer på grund av variationer i tid och rum. Felet består i skillnaden mellan det uppmätta värdet och det sanna medelvärdet, det vill säga ett fel i förhållande till medelvärdet under en längre tid [Ulfvarsson 1975]. Provtagningsfelet måste beaktas då endagsprover används för att bedöma luftföroreningens grad under längre perioder än bara själva mättillfället.

Variation förekommer också mellan arbetstagare. Om parallellprover tas på flera arbetstagare med likartade arbetsuppgifter kommer det att finnas variation mellan de uppmätta värdena på grund av skillnader i arbetsuppgifter och arbetets utförande.

Slutligen uppstår variationer mellan mätningar på olika platser men vid likartat arbete på grund av skillnader i de yttre förutsättningarna för mätningen.

PDR-mätning

PDR (Personal Data Ram)-mätaren placerades i närheten av de arbetsplatser vid vilka exponeringsmätningar utfördes där den kontinuerligt mätte totaldamhalten i luften. PDR:en var vid mättillfällena kalibrerad för en partikel med densiteten 1 g/cm^3 , vilket innebär att den underskattade damhalten, då dammet i lokalen har en densitet som är betydligt större än 1 g/cm^3 . Eftersom dammet i lokalen är en blandning av olika ämnen går det inte att avgöra exakt hur stor underskattningen är. De uppmätta halterna från PDR-mätningarna skall därför ses som en indikation på hur bakgrundshalterna varierar över tiden vid respektive arbetsplats.

Bilaga 2. Checklista för dokumentation vid mätning

Uppgifter som rör svetsningen

- 1) Vilket material svetsas?
- 2) Vilken svetsmetod används?
- 3) Tillsatsmaterialet
 - a) Typ
 - b) Diameter
 - c) Strömstyrka
 - d) Spänning
- 4) Skyddsgassammansättning
- 5) Sker svetsningen manuellt eller automatiserat?
- 6) Uppskattad bågtid
- 7) Hur är personens arbetsställning?
- 8) Platsventilation
 - a) Vilken typ av platsventilation finns?
 - b) Används den?
 - c) Hur är den utformad och i vilket skick är den?
 - d) Verkar platsventilationen effektiv för att fånga in svetsröken?
- 9) Personlig skyddsutrustning
 - a) Finns det?
 - b) Vilken typ är det?
 - c) Hur underhålls den personliga skyddsutrustningen?
- 10) Hur ser arbetsplatsen ut och vilken arbetsställning har personen som svetsar?
- 11) Vilka andra arbetsmoment har utförts under dagen?
- 12) Sker det någon arbetsrotation som har betydelse för exponeringen?
- 13) Förekommer det fysiskt arbete?

Allmänt

- 1) Företagets namn, adress & telefonnummer och arbetsställets belägenhet
- 2) Datum för mätningen
- 3) Kontaktperson/er
- 4) Beskrivning av verksamheten och hur många som jobbar i verksamheten som berörs av luftföroreningen.

Uppgifter om lokalen/lokalerna:

- 1) Ungefärlig storlek (LxBxH)
- 2) Placering av fönster och dörrar
- 3) Placering av svetsarbetsplatser

- 4) Placering av övriga arbetsplatser (t ex sliparbetsplatser)
- 5) Var befinner sig människorna i lokalen?
- 6) Uppgifter om industriventilationen:
 - a) Placering
 - b) Kapacitet
 - c) Underhåll, senaste tidpunkt för underhåll/kontroll

Uppgifter om produktionen:

- 1) Aktuell produktion vid mättillfället
- 2) Störningar i produktionen:
 - a) Tidpunkt
 - b) Längd
 - c) Konsekvenser

Bilaga 3. Sammanställning av mätresultat

Mätpunkter vid företag A	Filter nummer	Totalt damm ⁸ mg/m ³	Respirabelt damm mg/m ³	Totalt mangan mg/m ³	Respirabelt mangan mg/m ³	Totalt krom mg/m ³	Krom (VI) mg/m ³	Total provtagningstid (min)
1	519 (fm) + 520 (em)	–	< 0,31	–	0,0074	–	–	270*
	619 (fm) + 620 (em)	–	–	–	–	–	0,0017	380
2	523 (fm) + 521 (em)	0,45	–	0,015	–	< 0,0063	–	408
	618 (fm) + 617 (em)	–	–	–	–	–	0,00049	408
3	529(fm) + 526(em)	0,32	–	0,0021	–	< 0,0053	–	373
	525(fm) + 527(em)	–	< 0,28	–	0,0016	–	–	373
4	524(fm) + 518(em)	0,53	–	0,010	–	0,018	–	287
	522(fm) + 517(em)	–	< 0,35	–	0,0096	–	–	286
Gällande gränsvärden, NGV⁹/KTV¹⁰		–	5	0,4	0,2	0,5	0,02/0,015	
Kommande gränsvärden, NGV/KTV		–	Oförändrat	0,2	0,1	Oförändrat	0,005/0,015	

⁸ Det finns inget hygieniskt gränsvärde för totalt damm. Det gamla gränsvärdet för totaldamm har ersatts med ett gränsvärde för inhalerbart damm.

⁹ NGV=Nivågränsvärde. Hygieniskt gränsvärde för exponering under en arbetsdag.

¹⁰ KTV=Korttidvärde. Rekommenderat värde för en tidsvägd medexponering under en period av 15 minuter.

Mätpunkter vid företag B	Filter nummer	Totalt damm (mg/m ³)	Respirabelt damm (mg/m ³)	Totalt mangan (mg/m ³)	Respirabelt mangan (mg/m ³)	Totalt krom (mg/m ³)	Krom (VI) (mg/m ³)	Total provtagningstid (h)
1	703	2,9	–	0,073	–	0,034	–	5,9
	841 (fm) + 842 (em)	–	–	–	–	–	0,013	5,85
2	709	–	0,27	–	0,0036	–	–	6,6
	843 (fm) + 844 (em)	–	–	–	–	–	0,0018	6,6
3	710	–	0,60	–	0,019	–	–	5,7
	705(fm) + 706(em)	5,3*	–	0,059	–	0,0095	–	3,65
4	711	–	1,12	–	0,013	–	–	4,6
	845(fm) + 851(em)	–	–	–	–	–	0,0036	5,3
Gällande gränsvärden, NGV/KTV		–	5	0,4	0,2	0,5	0,02/0,015	
Kommande gränsvärden, NGV/KTV		–	Oförändrat	0,2	0,1	Oförändrat	0,005/0,015	

* Löst damm på filter 705 medför viss risk för dammförlust vid utvägningen.

Mätpunkter vid företag C	Filter nummer	Totalt damm (mg/m ³)	Respirabelt damm (mg/m ³)	Totalt mangan (mg/m ³)	Respirabelt mangan (mg/m ³)	Totalt krom (mg/m ³)	Krom (VI) (mg/m ³)	Total provtagningstid (h)
1	847 (fm) + 848 (em)	–	–	–	–	–	0,0092	5,7
	801 (fm) + 802 (em)	3,03	–	0,031	–	0,039	–	4,5
2	849 (fm) + 850 (em)	–	–	–	–	–	0,0021	7
	713	–	0,56	–	0,011	–	–	5,9
3	803 (fm) + 804 (em)	<1,8	–	0,058	–	0,014	–	4,4
	715	–	0,44	–	0,021	–	–	4,6
4	805	2,01	–	0,033	–	0,031	–	6,5
	714	–	0,71	–	0,013	–	–	6,5
Gällande gränsvärden, NGV/KTV		–	5	0,4	0,2	0,5	0,02/0,015	
Kommande gränsvärden, NGV/KTV		–	Oförändrat	0,2	0,1	Oförändrat	0,005/0,015	

Mätpunkter vid företag D	Filter nummer	Totalt damm (mg/m ³)	Respirabelt damm (mg/m ³)	Totalt mangan (mg/m ³)	Respirabelt mangan (mg/m ³)	Totalt krom (mg/m ³)	Krom (VI) (mg/m ³)	Total provtagningstid (h)
1	919 (fm) + 920 (em)	–	–	–	–	–	0,051*	6,2
	818	–	5,4	–	0,1	–	–	5,8
2	921(fm) + 922(em)	–	–	–	–	–	0,018	7,6
	871(fm) + 872(em)	4,3	–	0,043	–	0,085	–	7,6
3	923(fm) + 924(em)	–	–	–	–	–	0,013	7,5
	873(fm) + 899(em)	5,9	–	0,045	–	0,090	–	6,5
4	819	–	2,6	–	0,069	–	–	7
	874(fm) + 900(em)	5,7**	–	0,12	–	–	–	7,1
Gällande gränsvärden, NGV/KTV		–	5	0,4	0,2	0,5	0,02/0,015	
Kommande gränsvärden, NGV/KTV		–	Oförändrat	0,2	0,1	Oförändrat	0,005/0,015	

*Är troligtvis en underskattning av halten då filtret inte låg tätt mot bottenplattan i filterkassetten.

Mätpunkter vid företag E	Filter nummer	Totalt damm (mg/m ³)	Respirabelt damm (mg/m ³)	Totalt mangan (mg/m ³)	Respirabelt mangan (mg/m ³)	Totalt krom (mg/m ³)	Krom (VI) (mg/m ³)	Total provtagningstid (h)
1	926 (fm) + 927 (em)	-	-	-	-	-	0,0023	6,2
	894 (fm) + 895 (em)	0,51	-	0,0060	-	0,0081	-	6,2
2	928 (fm) + 929 (em)	-	-	-	-	-	0,0019	6
	896 (fm) + 897 (em)	<0,27	-	0,0055	-	0,0044	-	6
3	930 (fm) + 931 (em)	-	-	-	-	-	0,0043	4,6
	R08408	-	0,78	-	0,0071	-	-	4,6
4	998 (fm) + 898 (em)	0,67	-	0,013	-	-	-	6,8
	R08409	-	0,78	-	0,013	-	-	6,8
Gällande gränsvärden, NGV/KTV		-	5	0,4	0,2	0,5	0,02/0,015	
Kommande gränsvärden, NGV/KTV		-	Oförändrat	0,2	0,1	Oförändrat	0,005/0,015	

Mätpunkter vid företag F	Filter nummer	Totalt damm (mg/m ³)	Respirabelt damm (mg/m ³)	Totalt mangan (mg/m ³)	Respirabelt mangan (mg/m ³)	Totalt krom (mg/m ³)	Krom (VI) mg/m ³)	Total provtagningstid (h)
1	1056 (fm)	-	-	-	-	-	0,0037*	3,6
	R08410	-	0,46	-	0,0068	-	-	6,7
2	1058	-	-	-	-	-	0,0073	6,9
	R08411	-	0,66	-	0,0064	-	-	6,9
3	1060 (fm)+ 1061 (em)	-	-	-	-	-	0,018	8,3
	968 (fm)+ 969 (em)	2,8	-	0,021	-	0,047	-	8,5
4	970	0,69	-	0,0061	-	-	-	6,9
	R08412	-	0,27	-	0,0050	-	-	6,9
Gällande gränsvärden, NGV/KTV		-	5	0,4	0,2	0,5	0,02/0,015	
Kommande gränsvärden, NGV/KTV		-	Oförändrat	0,2	0,1	Oförändrat	0,005/0,015	

* Endast förmiddagsprov

Bilaga 4. Sammanställning av mätdata från litteraturen

Resp. Mn	Metod	Stål/elektrod	Medel	Min	Max	Enstaka värde	N	Kommentar	Referens
Resp. Mn	MIG		0,08*/0,1	0,01	0,3		20	Prover från 1999	Arbetarskyddstyrelsen 2000:4
	MMA		0,08*/0,1	0,02	0,4		9	Prover från 1999	Arbetarskyddstyrelsen 2000:4
	MIG/MMA		0,1*/0,1	0,04	0,2		9	Prover från 1999	Arbetarskyddstyrelsen 2000:4
	MMA	Elektrod med 1,5% Mn		0,16	0,85		5	Försöken gjorda vid olika luftomsättningar	Harris, 2005
	MMA	Elektrod med 5,4% Mn		0,14	0,66		5	Försöken gjorda vid olika luftomsättningar	Harris, 2005
	MMA	Elektrod med 48% Mn		1	3,6		5	Försöken gjorda vid olika luftomsättningar	Harris, 2005
		Olika stål		0,035	3,29		75	Prover från 1988-97	AV 2001:16
Totalt Mn	MMA	Olegerat	0,8	0,05	2,2				Nise -95
	MIG/MAG	Olegerat	0,2	0,06	0,8				Nise -95
	Rörelektrod	Olegerat	0,4	0,08	1,1				Nise -95
	MIG/MAG	Rostfritt			0,2				Nise -95
		Olika stål				0,06			AV 2001:16
		Olika stål				0,082			AV 2001:16
		Olika stål				0,15			AV 2001:16
		Rostfritt	0,041	0,015	0,12				Karlsen-94
	MMA	Olika	0,04*/0,1	0,01	0,7		10	Kommentar i A, nedan	TWI
	MIG/MAG	Olika	0,087*/0,13	0,005	0,34		17	Kommentar i A, nedan	TWI

Totalt Cr	MMA	Rostfritt	0,23	0,0083	1			Ship section	Karlsen-94
	MMA	Rostfritt	0,03	0,0047	0,087			Platform module	Karlsen-94
	MMA	Rostfritt	0,05	ej detekterbar	0,27			Welding shop	Karlsen-94
	Svets+slip			<0,00002	0,02		4	Mätningar mellan 98-03	AV-05
	Svetsning					0,0005	1	Mätningar mellan 98-03	AV-05
	Svetsning					0,0024	1	Mätningar mellan 98-03	AV-05
	Svetsning					0,0035	1	Mätningar mellan 98-03	AV-05
	MMA+MIG/MAG+Slip					0,031	1	Mätningar mellan 98-03	AV-05
	MMA		0,1	0,02	0,34		24	Mätningar mellan 97-98	AV-05
	MIG		0,38	0,06	1,86		13	Mätningar mellan 97-98	AV-05
	MAG		0,67	0,15	2,1		4	Mätningar mellan 97-98	AV-05
	MIG+TIG		0,05	0,016	0,065		7	Mätningar mellan 97-98	AV-05
	MMA+TIG		0,2	0; 0,04	0,34		4	Mätningar mellan 97-98	AV-05
	MMA+MIG		0,11	0,053	0,22		4	Mätningar mellan 97-98	AV-05
	MIG+MAG		0,24	0,19	0,29			Mätningar mellan 97-98	AV-05
	MMA	Olika	0,002	0,00003	0,03		126	Kommentar i A, nedan	TW1

Krom (VI)	MMA	Olegerat	0,002	0,001	0,006			Beräknade	Nise-95	
	MIG/MAG (TIG)	Olegerat	0,003	0,0008	0,006			Beräknade	Nise-95	
	MMA	Rostfritt	0,04	0,005	0,09		7	Analyserade	Nise-95	
	MIG/MAG (TIG)	Rostfritt	0,04	0,03	0,04		9	Analyserade	Nise-95	
	MIG/MAG (TIG)	Rostfritt	0,01	<0,001	0,043		41	Ulfvarsson-78	Nise-95	
	MMA	Rostfritt	0,15	0,003	0,75		86	Ulfvarsson-78	Nise-95	
	MIG/MAG (TIG)	Rostfritt				0,02	1	Sthlms län 1974-76, mätn av Arb.skyddsst.	Nise-95	
	MMA	Rostfritt	0,2	0,007	0,75		29	Sthlms län 1974-76, mätn av Arb.skyddsst.	Nise-95	
	MMA	Rostfritt	0,14	0,0036	0,64			Ship section	Karlsen-94	
	MMA	Rostfritt	0,0062	ej detekterbart	0,018			Platform module	Karlsen-94	
	MMA	Rostfritt	0,012	ej detekterbart	0,084			Welding shops	Karlsen-94	
						0,001		Mätningar mellan 1998-2003	AV-05	
						0,002		Mätningar mellan 1998-2003	AV-05	
						0,003		Mätningar mellan 1998-2003	AV-05	
	Okänd					0,001		Mätningar mellan 1998-2003	AV-05	
	Okänd					0,002		Mätningar mellan 1998-2003	AV-05	
	Okänd					0,003		Mätningar mellan 1998-2003	AV-05	
	MAG+TIG+slip+skärning					0,00011		Mätningar mellan 1998-2003	AV-05	
	MAG+TIG+slip+skärning					0,00012		Mätningar mellan 1998-2003	AV-05	
	TIG			0,0006	0,0001	0,002		38	Mätningar mellan 1997-98	AV-05
	MIG			0,002	0,0005	0,008		13	Mätningar mellan 1997-98	AV-05
	MMA			0,009	0,0002	0,069		24	Mätningar mellan 1997-98	AV-05
	MAG			0,0016	0,0012	0,0024		4	Mätningar mellan 1997-98	AV-05
	Pulverbågsvetsning			0,003	0,0009	0,004		3	Mätningar mellan 1997-98	AV-05
	Plasmasvetsning				0,0004	0,001		2	Mätningar mellan 1997-98	AV-05
	TIG+MIG			0,0007	0,0005	0,001		7	Mätningar mellan 1997-98	AV-05
	MMA+TIG			0,016	0,0007	0,058		4	Mätningar mellan 1997-98	AV-05
	MMA+MIG			0,0008	0,0002	0,012		4	Mätningar mellan 1997-98	AV-05
	MAG+MIG				0,0029	0,003		2	Mätningar mellan 1997-98	AV-05

MMA	Rostfritt	0,006*/0,01	0,0002	0,06		18	Innanför hjälm	TWI
MIG/MAG	Rostfritt	0,0007*/ 0,0008	0,00012	0,0022		21	Innanför hjälm	TWI
TIG	Rostfritt	0,0002*/ 0,0002	0,0001	0,0004		5	Innanför hjälm	TWI

*Geometriskt medelvärde

A) Från databasen har mätvärden som uppfyller följande kriterier tagits med i beräkningarna:

- Svetsmetoderna MIG/MAG eller MMA har använts
- Svetsningen har skett i olegerat eller rostfritt stål
- Svetsningen har skett manuellt
- Proven är tagna i andningszonen och utanför eventuell svets hjälm vid MIG/MAG-svetsning
- Proven är tagna innanför svets hjälmen vid MMA-svetsning
- Mätvärden uppmätta före 1990 har inte tagits med

Referenser:

Arbetsmiljöverket, rapport 2000:4 Exponering för mangan vid svetsning

Arbetsmiljöverket, enheten för kemi och mikrobiologi, Konsekvensbeskrivning till föreskrifterna om Hygieniska gränsvärden och åtgärder mot luftföroreningar, 2005

Harris, Michael K, et al, Manganese Exposures During Shielded Metal Arc Welding (SMAW) in an Enclosed Space, Journal of Occupational and Environmental Hygiene, 2:375-382, 2005

Karlsen, Jan T, et al, Welding and grinding operations on stainless steel, American Industrial Hygiene Assoc. J, (55) december 1994

Nise, Gun, Rapport från Yrkesmedicinska enheten 1995:6, Exponering för svetsrök- En jämförelse av exponeringsförhållandena under slutet av 1970-talet och idag för svetsare i Stockholms län

TWI, databas från The Welding Institute, tillgänglig på http://www.twi.co.uk/j32k/unprotected/band_1/fume_exposure_intro.html, 2006-04-09