



LUND UNIVERSITY

Luftföroreningar vid svetsning - karakterisering av svetsrök

Malmqvist, Klas; Johansson, Gerd; Bohgard, Mats; Akselsson, Roland

1980

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):

Malmqvist, K., Johansson, G., Bohgard, M., & Akselsson, R. (1980). *Luftföroreningar vid svetsning - karakterisering av svetsrök*. (Slutrapport för del 2 av ASF-projekt Dnr 74/109; Vol. LUTFD2/TFKF-3025/1-113). Programmet för teknisk hygien, Institutionen för kärnfysik, Lunds Tekniska Högskola.

Total number of authors:

4

General rights

Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

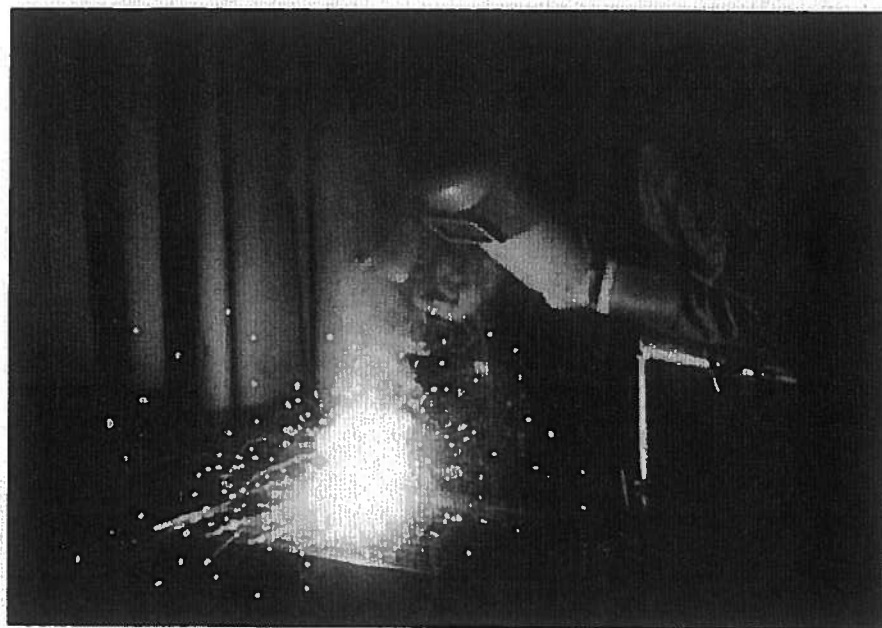
Read more about Creative commons licenses: <https://creativecommons.org/licenses/>

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117
221 00 Lund
+46 46-222 00 00



LUFTFÖRORENINGAR VID SVETSNING - KARAKTERISERING AV SVETSRÖK

KLAS MALMQVIST¹ OCH GERD JOHANSSON^{1,2}

SAMT

MATS BOHGARD¹ OCH ROLAND AKSELSSON^{1,2}

1) Institutionen för kärnfysik, Lunds Tekniska Högskola

2) Institutionen för hygien, Lunds Universitet

Slutrapport för del 2 av ASF-projekt Dnr 74/109

Ett arbete inom Programmet för Teknisk Hygien vid
Institutionen för kärnfysik vid Lunds Tekniska Högskola

Dokumentutgivare
Inst.f.kärnfysik, LTH

Handläggare
Klas Malmqvist

Förläggare
Klas Malmqvist och Gerd Johansson
samt

Mats Bohgard och Roland Akselsson

Dokumentnamn
Slutrapport

Utgivningsdatum
1980-07-20

Dokumentbeteckning
LUTFD2/TFKF-3025/1-1:

Arendebeteckning (1980)
Slutrapport ASF Dnr
74/109

Dokumenttitel och undertitel

LUFTFÖRORENINGAR VID SVETSNING - Karakterisering av svetsrök

Slutrapport för del 2 av ASF-projekt Dnr 74/109

Referat (sammandrag)

Sammanlagt tretton (13) olika svetsmetoder (7 belagd elektrod, 5 MAG/MIG och 1 TIG) har i laboratorium undersökts med totalmängd producerad rök per tidsenhet och mängd förbrukat material, med kemisk sammansättning och partikelstorleksfördelning (PIXE-metoden). Svetsparametrarnas (t ex ström och spänning) inverkan på dessa storheter har undersökts. För krom har oxidationstalet bestämts.

Resultat: De halvautomatiska metoderna MIG/MAG producerar mindre rök än de belagda elektroderna och TIG ytterligare betydligt mindre. Mängden producerad rök och den kemiska sammansättningen påverkas av svetsparametrarnas värde medan partikelstorleken (massmedian-diametern är mindre än $0.55 \mu\text{m}$) inte tycks påverkas. Krom utträder i sexvärd form vid svetsning med belagd elektrod och i trevärd vid MIG-svetsning. Ett hygieniskt index beräknas med hänsyn till totalrök och sammansättning och detta visar stor skillnad mellan olika metoder (högst för belagda rostfria elektroder) och ett klart beroende av svetsparametrarna. Ett förslag till en förenklad mätmetodik för övervakning på arbetsplatser presenteras.

Författarna

Förslag till ytterligare nyckelord

Argon, koldioxid, skyddsgas, elektrodhölje, elektrod kärna, fluor, element, grundmaterial

Klassifikationssystem och -klass(er)

Indextermer (längre kalla)

Omfång 113 sid

Ovriga bibliografiska uppgifter

Språk Svenska

Sekretessuppgifter

ISSN

ISBN

Dokumentet kan erhållas från

Programmet för Teknisk Hygien

Inst för Kärnfysik

Sölvegatan 14 223 62 , 046/124600/1125 eller 1121

Pris

Gratis

Blankett LU 11:25 1976-07

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	Sida
FÖRORD	1
SAMMANFATTNING	3
Resultat	3
a) Allmänt	3
b) Belagda elektroder	3
c) MAG- och MIG-svetsning	4
d) TIG-svetsning	5
Slutsatser och praktisk nytta av resultaten	5
SVETSROKSKARAKTERISERING	7
Inledning	7
Val av svetsmetoder	9
Representativ och reproducerbar provtagning av svetsrök	10
a) Teknisk beskrivning av insamlingsutrustning	10
b) Tester av provinsamlingsutrustning	15
Provbehandling och analysförfarande	25
a) Impaktorprov	25
b) Milliporefilter	25
c) Totalfilter	26
d) Kromanalys	26
e) Blankprover	27

RESULTAT OCH DISKUSSION	28
Inledning	28
Mätstrategi	28
Totalemission	29
a) Inledning	29
b) Jämförelser mellan olika metoder	31
c) Totalrökproduktionens beroende av svetsparametrar	34
Svetsrökens kemiska sammansättning	51
a) Inledning	51
b) Jämförelse mellan olika svetsmetoder	51
c) Inverkan av svetsparametrarna på svetsrökens kemiska sammansättning	55
d) Diskussion	59
Partiklarnas krominnehåll vid svetsning i rostfritt stål	62
a) Inledning	62
b) Bakgrund till kromanalyserna	62
c) Resultat från några elektroder för rostfri svetsning	63
d) Jämförelse med resultat från andra undersökningar	65
Partikelstorleksfördelning	66
a) Inledning	66
b) Resultat	67
c) Deponering i andningsvägarna	68
d) Jämförelse med andra undersökningar	70

Hygieniskt index	71
a) Inledning	71
b) Modell för hygieniskt index	71
c) Resultat	72
d) Diskussion	76
Rökklasser för belagda elektroder	77
a) Inledning	77
b) Beskrivning av standardprocedur	77
c) Insamlingsutrustning i denna rapport	78
d) Resultat	78
e) Diskussion	79
Förenklad metodik för mätning av svetsrök i arbetsmiljön	80
a) Inledning	80
b) Beskrivning av metodik	81
c) Diskussion	82
d) Felkällor	83
e) Slutsats	84
APPENDIX I - RESULTAT	85
Beskrivning av tabeller och använda beteckningar	85
a) Allmänt	85
b) Specialfall	86
APPENDIX II - SVETSRÖKSBILDNING	101
Inledning	101

Ljusbågen	101
a) Temperatur	102
b) Elektriska egenskaper	102
c) Materialtransport	103
Hur bildas svetsröken?	105
a) Förångning och kondensation	105
b) Var i ljusbågen sker förångningen?	106
c) Inverkan av syreförekomst	107
Hur kan man minska svetsröken?	108
REFERENSER	110

FÖRORD

Avsikten med detta projekt är att skapa ett bättre underlag för en förbättrad arbetsmiljö för svetsarna. Vi har därför studerat storleksfördelning och elementsammansättning hos partiklar som bildas vid svetsning med olika svetsmetoder och med olika värden på svetsparametrar som ström och spänning.

Svetsning är en mycket vanlig hopfogningsteknik inom industrin, stadd i ständig utveckling. Förändringar av t.ex. elektrod- och grundmaterial, som genomförs fortlöpande av tillverkarna, kan medföra ändrad sammansättning av den bildade svetsröken.

För att svetsarna ska få en acceptabel trygghet vad gäller luftens kvalitet, krävs ett omfattande övervakningsprogram. Kostnaderna för ett sådant är avsevärda. Ett viktigt led i strävan att öka kunskaperna om samband mellan exponering och hälsoeffekter är epidemiologiska studier. Kvalitén hos sådana studier är bl.a. mycket beroende av kvantitet och kvalitet hos exponeringsdata - ett faktum som ytterligare understryker vikten av ett planlagt övervakningsprogram. En rationalisering och effektivisering av denna verksamhet är därför mycket önskvärd, men kräver goda kunskaper om den rök som alstras och dess hälsoeffekter.

En ökad kunskap om svetsröken ökar också förutsättningarna för den individuella svetsaren och företagen att vid val av svetsmetod och svetsparametrar ta hänsyn till arbetsmiljön.

Den ökade kunskapen om svetsrökens sammansättning och förekomst bidrar också till en ökad förståelse för rökens bildningsprocesser och därmed erhålles underlag för modifiering av processen och utveckling av effektiv eliminationsteknik i avsikt att förbättra arbetsmiljön.

Med stöd från Arbetarskyddsfonden har vi utvecklat en metodik som möjliggör snabba och billiga multielementanalyser av arbetsmiljöaerosoler. En teknik för bestämning av kroms oxidationstal och löslighet har utvecklats. Analysmetoderna redovisas i en separat rapport (ref.7). Utgående från tillgängliga analysmetoder har lämplig svetsröksinsamlingsutrustning konstruerats och använts för en systematisk undersökning av svetsrökens egenskaper och beroende av svetsparametrar. I denna rapport som utgör del 2 av slutrapport till ASF för

anslag Dnr 74/109 diskuteras resultaten från dessa mätningar.

Arbetet har utförts inom programmet för Teknisk Hygien vid institutionen för Kärnfysik, Lunds Tekniska Högskola. Provtagningen har genomförts i samarbete med avdelningen för Svetsteknik, Lunds Tekniska Högskola. Vi är skyldiga Folke Brundin ett stort tack för att han välvilligt ställt lokaler, svetsapparat och personal till vårt förfogande och för den hjälp och handledning han givit oss inom svetsniken. Vi vill också tacka Alex Simonsson, vid samma avdelning, för alla goda råd och för de hundratals svetsfogar han tålmodigt svetsat för vår skull.

Vid institutionen för kärnfysik har förutom författarna följande personer bidragit till projektets genomförande:

Knut Sjöberg - instrumentmakare (har byggt hela analys- och insamlingsutrustningen); Lars-Eric Carlsson, Hans-Christen Hansson, Eva-Marta Johansson, Hans Lannefors och Jan Pallon - forskare i PIXE-gruppen; Sven Johansson - institutionschef, Katarina Johansson - laboratorieingenjör; Erik Karlsson - forskningsingenjör; Britt Hansson - institutionstekniker; Anna-Lena Johansson och Britt-Marie Kallerhed - sekreterare samt Ragnar Hellborg, Kjell Håkansson och Christer Nilsson - ansvariga för acceleratorlaboratoriet.

Till dessa personer vill vi rikta ett varmt tack för all hjälp.

SAMMANFATTNING

I föreliggande arbete redovisas en systematisk undersökning av rökproduktionen vid svetsning med tretton olika metoder (belagd elektrod: OK 38.65, OK 38.85, OK 38.95, OK 48.00, OK 61.41, OK 63.35 och OK 69.21; MAG/MIG: Autrod 12.51, Autrod 16.32 (argon), Autrod 16.32 (argon och koldioxid), Autrod 18.01 och Autrod 18.13; TIG). För varje svetsmetod har bestämmningar gjorts av totalemission svetsrök per tidsenhet respektive per mängd förbrukad elektrod, rökens grundämnessammansättning och partiklarnas storleksfördelning. För de olika metoderna har i tillämpliga fall svetsparametrar som svetsström, strömtyp, svetsspänning och elektroddimension varierats. Eftersom kroms oxidationstal har stor betydelse vid riskvärderingar har även detta bestämts vid svetsning i rostfritt stål.

Undersökningen har utförts i en specialkonstruerad svetskammare och prov av svetsröken har insamlats såväl med filter som kaskadimpaktor.

RESULTAT

Allmänt

Såväl totalmängden rök som dess kemiska sammansättning beror av vilka svetsparametervärden som används. Partikelstorleksfördelningen verkar emellertid vara relativt oberoende av svetsparametrarna. Rökens kemiska sammansättning skiljer sig i allmänhet från elektrodens. Relativa förekomsten är högre för en del grundämnen och lägre för andra.

Belagda elektroder

Totalmängden rök per tidsenhet ökar med såväl ström som spänning. Totalmängden rök per mängd förbrukad elektrod ökar också med svetsspänningen (båglängden) men är relativt oberoende av strömmen. Om större elektroddiameter och därmed högre ström används erhålles naturligtvis mer rök per tidsenhet. Mängden rök per förbrukad elektrod mängd är emellertid praktiskt taget oberoende av elektroddiameter.

Ämnena i röken härrör från luften (syre och kväve), höljet på elektroden (F, K,

Ca, Ti) och från kärntråden (Fe och Mn, i fallet rostfritt stål även Ni och Cr). Endast en mindre del av röken (20-40%) utgörs av element från kärntråden.

Av ökad svetssspänning följer minskad relativ förekomst i röken av F och K medan andelen av kärntrådsmetallen ökar. Andelen Ca och Ti är oberoende av svetsparametrarna.

Vid svetsning i rostfritt stål föreligger kromet på partiklarnas yta i huvudsak i form av lösligt sexvärt krom.

Den aerodynamiska massmediandiametern hos partiklarna är mellan 0.4 och 0.5 μm , med en relativt smal partikelstorleksfördelning. Variationer av svetsparametrarna medför inga eller endast små förändringar (<10%) av storleken på partiklarna.

MAG- och MIG-svetsning

Svetsning med de halvautomatiska metoderna MAG och MIG på stål ger lägre (2-5 ggr) totalmängd rök per mängd förbrukad elektrod än vad som erhålles vid svetsning med belagd elektrod. MIG-svetsning på aluminium ger emellertid ungefär samma mängd rök som belagd elektrod.

Vid MAG- och MIG-svetsning utnyttjas en skyddsgas i stället för den belagda elektrodens hölje. Valet av denna gas påverkar vilken totalmängd rök som produceras. Om 20% CO_2 inblandas i argonet vid MIG-svetsning i rostfritt stål ökar totalmängden rök per tidsenhet såväl som per mängd förbrukad elektrod, jämfört med 100% argon.

Avsaknaden av elektrodhölje innebär att F, Ca, K och Ti inte förekommer i någon nämnvärd omfattning i röken. Då CO_2 används som skyddsgas (MAG) är relativa elementförekomsten ganska oberoende av svetsparametrarna. För MIG-svetsning sker en övergång i materialöverföringen från kortbåge till spraybåge för en viss ström/spänning och vid denna övergång tycks rökbildningen för vissa metaller (t.ex. Cr, Fe) ha ett markant minimum.

Krom förekommer i röken vid MIG-svetsning i högre halter (10-14%) än vid svetsning med belagd elektrod dock huvudsakligen i trevärd form (<15% av Cr på ytskiktet är Cr-VI).

MAG- och MIG-svetsning i stål ger partiklar med massmediandiameter c:a 0.3 μm medan svetsning i aluminium ger c:a 0.4 μm .

TIG-svetsning

Totalmängden rök per tidsenhet är flera storleksordningar lägre vid TIG-svetsning utan tillsatsmaterial än för de andra svetsmetoderna. Bildade partiklar har en massmediandiameter som är mindre än 0.25 μm (70-80% av partiklarna $\mu < 0.25 \mu\text{m}$).

SLUTSATSER OCH PRAKTISK NYTTA AV RESULTATEN

1. Röken från svetsning med belagd elektrod på rostfritt stål utgör en större hälsorisk än den rök som alstras vid MIG-svetsning på rostfritt (Effekterna av ozon har ej vägts in).

Förekomsten av sexvärt krom i partiklarna vid svetsning med belagd elektrod utgör en signifikant hälsorisk. Eftersom mängden ozon som bildas vid MIG-svetsning är betydligt större än för belagd elektrod och dessutom beror på mängden bildad rök är det viktigt att väga in de hygieniska effekten av ozon, då man gör en jämförande bedömning av metoderna.

2. Svetsrökens hygieniska effekt kan anges genom en speciell parameter kallat hygieniskt index, som tar hänsyn till såväl totalmängden rök som den kemiska sammansättningen.

Genom att studera hur indexet varierar mellan metoder och vid variation av svetsparametrar erhålles information om hur man bör svetsa för att minska den förväntade hygieniska effekten.

3. Genom val av lämpliga metoder och parametrar kan exponeringen för hygieniskt relevanta ämnen minskas.
 - a. Minsta möjliga båglängd (spänning) bör användas vid svetsning med belagd elektrod. Exempelvis ger en för liten vinkel mellan svetsgodset och elektroden längre ljusbåge varför en sådan bör undvikas.

- b. Hög ström vid MAG-svetsning medför lägre rökproduktion för en viss mängd förbrukat tillsatsmaterial.
 - c. MIG-svetsning bör utföras med en stabil spraybåge med minimal spänning. Vidare ger ren argon lägre halter av hygieniskt viktiga element (t.ex. Cr) än en blandning av argon och koldioxid.
4. **Rationalisering och effektivisering av övervakningen av svetsares exponering kan uppnås samt bättre underlag för epidemiologiska undersökningar byggas upp.**

En förenklad mätteknik avsedd att användas på arbetsplatsen presenteras i rapporten. Genom en enkel bestämning av totalmängden rök i andningszonen och kännedom om vilka svetsmetoder, svetsparametrar och kvantiteter som används skulle en katalog, med noggrann karakterisering av olika metoder, kunna användas för att ungefärligt bestämma vilka halter av olika element som svetsaren exponeras för. Förslaget skulle göra det ekonomiskt rimligt att dels ha god kontroll över att svetsaren ej exponeras utöver gällande gränsvärden, dels skulle underlag för epidemiologiska undersökningar kunna skapas, så att nu icke kända risker kan identifieras snabbare och därmed möjliggöra åtgärder.

5. **Den ökade kunskapen om svetsrökssammansättningen och dennas beroende av svetsparametrarna kan användas för utveckling av säkrare metoder med bibehållande av goda svetstekniska egenskaper.**