



# FoU svetsning i rostfritt stål:

1. Effektivare svetsoxidborttagning
2. Påverkan av svetsrök

Klara Trydell

[Klara.trydell@swerim.se](mailto:Klara.trydell@swerim.se)

”Swerim bedriver industrinära forskning och utveckling kring metaller och deras väg från råmaterial till färdig produkt.”



# Fogning

## Fogningsprocess – Materialegenskaper

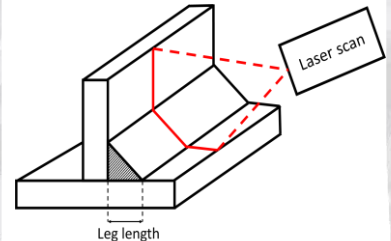
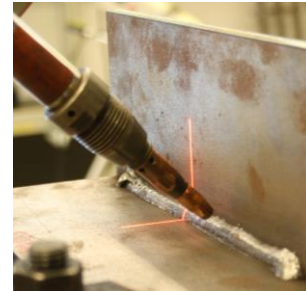
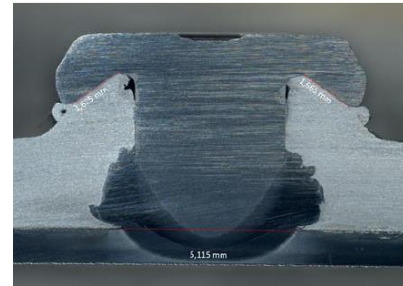
Kärnkompetens om hur processparametrar påverkar materialegenskaper.

**Vårt fokus är att stärka konkurenskraften inom svensk industri genom:**

- Framsteg inom nuvarande och nya fogningstekniker
- Utveckling av hållbar produktion
- Ökad produktivitet
- Förbättrad förbandskvalitet

## Huvudområden inom fogning

- Fordonsindustri
- Elektrifiering
- Infrastruktur
- Transport- och anläggningsmaskiner
- Rostfritt



# Fogning

**Testbed Fogning** ger dig möjlighet att testa nya avancerade och världsledande tekniker för att foga **din applikation** i vårt laboratorium i Kista.

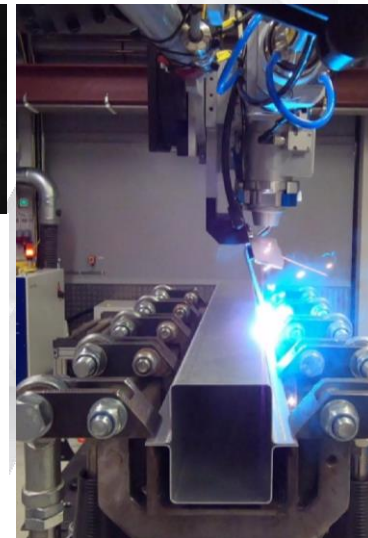
## Exempel på hur vi jobbar med kunder

- Uppdrag
- Forskningsprogrammet Fogningscentrum (CJS)
- Nationella gruppssponsrade projekt
  1. Effektivare svetsoxidborttagning  
REWOX
  2. Påverkan av svetsrök  
MIREL FCW

Viruell rundvandring av fogningslabbet: QR

<https://www.swerim.se/test-demo/fogning>

Vill ni veta mer? kontakta [alexander.lundstjalk@swerim.se](mailto:alexander.lundstjalk@swerim.se)



# REWOX – Removal of Weld Oxides

SWERIM

Finansernas av: Vinnova Metalliska Material

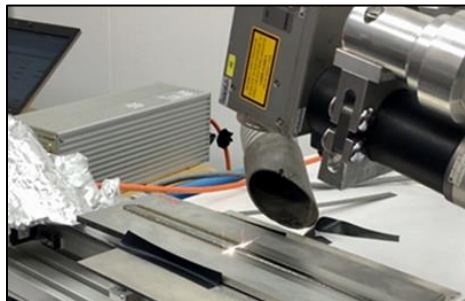
*Hållbar metallindustri - Effektiva materialflöden*

Projektledare: Klara Trydell, Swerim

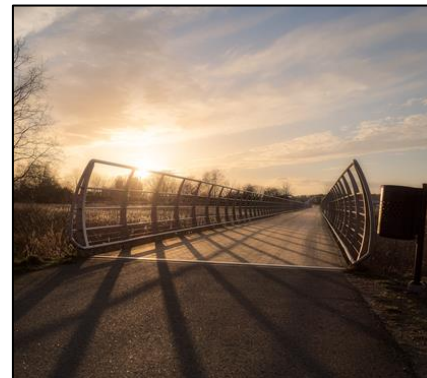
Projektid: 2022-10-01 – 2025-05-31

Projektparter:

- Outokumpu
- Alleima
- Agaria
- Cougartron
- Forsmarks Kraftgrupp
- OKG
- Ringhals
- NIBE
- Stål & Rörmontage
- Svetskommissionen



Laserablation, Swerim



Bro av rostfritt stål i Sölvesborg, Sölvesborg Stål & Rörmontage

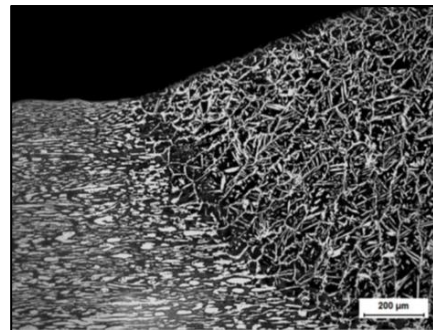


Elektrolytisk rengöring, Swerim

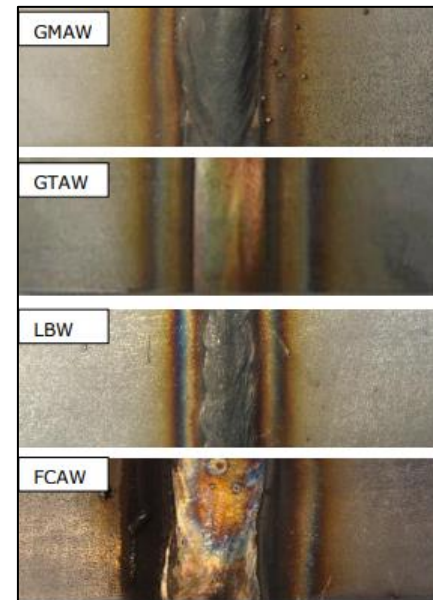


# Problembeskrivning

- Vid svetsning bildas en tjockare film av svetsoxider, som skiljer sig från passivskiktet och påverkar korrosionsmotståndet.
- Korrosionsmotstånd, efter tex reparation eller montagesvetsning
- Borttagning av oxider sker fortfarande ofta med kemiska metoder, som användning av betpasta.
  - Restavfall
  - Miljö och arbetsmiljö
  - Tidsåtgång



Weld in duplex stainless steel, Swerim



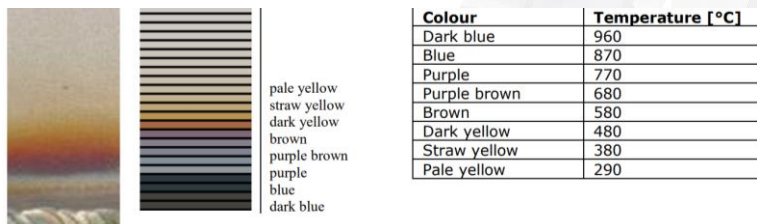
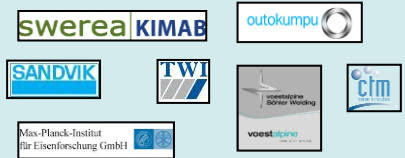
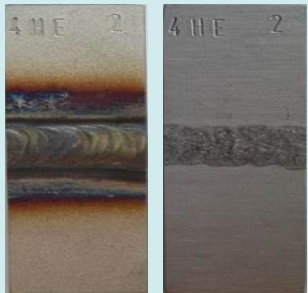
# Bakgrundsbeskrivning

- JOINOX:  
“Pickling treatments are the most effective post-weld cleaning methods for restoring the corrosion resistance of the stainless steel welded joints.”
- Två förstudier inom Forskningsprogram “Centre of Joining and Structures”
  - Laserablation
  - Elektrolytisk rengöring

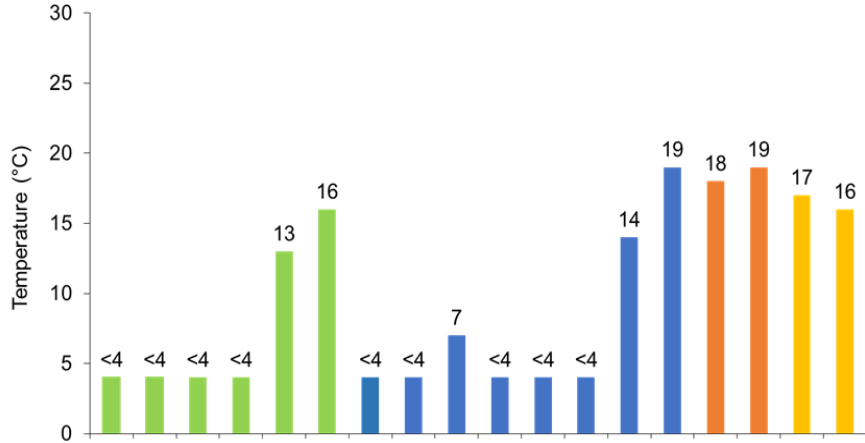
**European project JOINOX**

*Guidelines for use of welded stainless steel in corrosive environments*

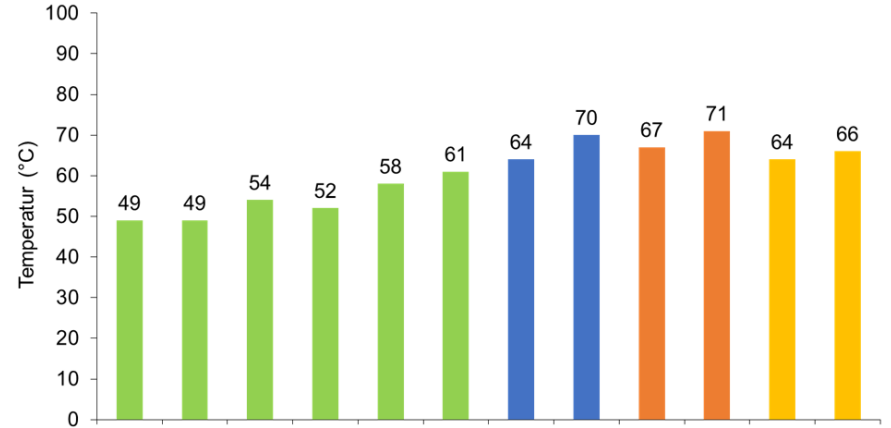
3.5 years



**ASTM G150, CPT, LDX 2101**



**ASTM G150, CPT, SDX 2507 Ar**



**Laser ablation**

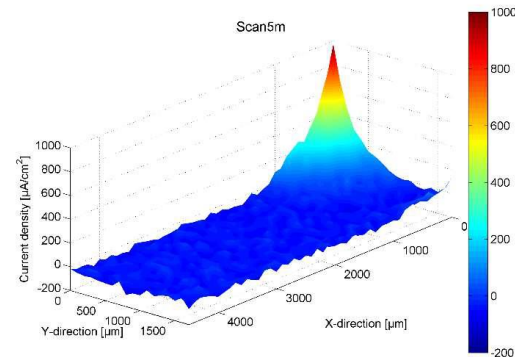
**Elektrolytiskrengöring**

**Referenser**



# Metod och resultat

- Svetsa plana provbitar som täcker ett spektra av rostfria material (låg- till höglegerade) med relevanta svetsmetoder.
- Rengör plana svetsade plåtar
- Korrosionstestning som främsta utvärderingsmetod
- Riktiga applikationer från svetsande företag
  - demonstrator för rengöring, funktionella krav (åtkomst, tidsåtgång, handhavande...)
  - Utbildningsmaterial
- Jämförande miljöanalys ur LCA-livscykelperspektiv, samt riskanalys.
- Guideline med anvisningar hur en rengöringsprocedur för de nya rengöringsprocesserna tas fram, hur korrekt rengöring kan utföras, hur materialegenskaper kan påverkas vid felaktig rengöring



3D map of activity for as-welded stainless steel from SVET analysis, Swerim



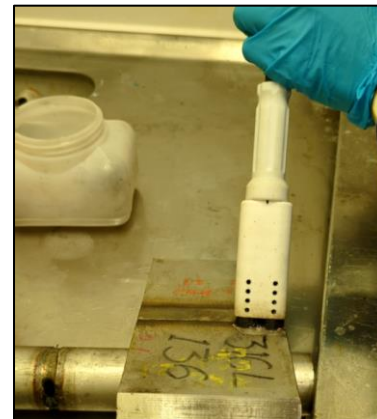
Pitting, Swerim

# Observationer från rengöringsförsök

Pågående examensjobb: Matilde Guerra (KTH)

Handledning KTH: Inger Odnevall

- Generellt viktigt att komma ner i fattningskant
- Elektrolytisk rengöring
  - Parametrar beror på plåttjocklek, svetsmetod och oxidtjocklek
  - Ytan ser visuellt ren (blank ut) och relativt lätt att komma ner i fattningskant
- Laserablation
  - Processinställningar beror framförallt på svetsmetod, samt att bredare oxid kräver fler pass
  - En smal och intensiv stråle krävs för att komma ner i fattningskanten om rågen är toppig
  - En blankare yta re-oxiderar lättare än en matt
  - Enkelt att förstå när svetsoxiden är borttagen eftersom det slutar "spraka"



# MIREL FCW

SWERIM

**Minimized risk for release of harmful substances from welding fume in FCW stainless steels**



outokumpu



SVETS  
KOMMISSIONEN



## Projektparter:

KTH

Karolinska Institutet

Linde Gas

voestalpine Böhler welding

Outokumpu

Svetskommissionen

Arbetsmiljöverket

Swerim

**Finansierad av: Vinnova - Metalliska  
Material**

## Publicerad rapport:

*Genotoxicity and inflammatory potential of stainless steel welding fume particles - an in vitro study on standard vs Cr(VI)-reduced flux-cored wires and the role of released metals*

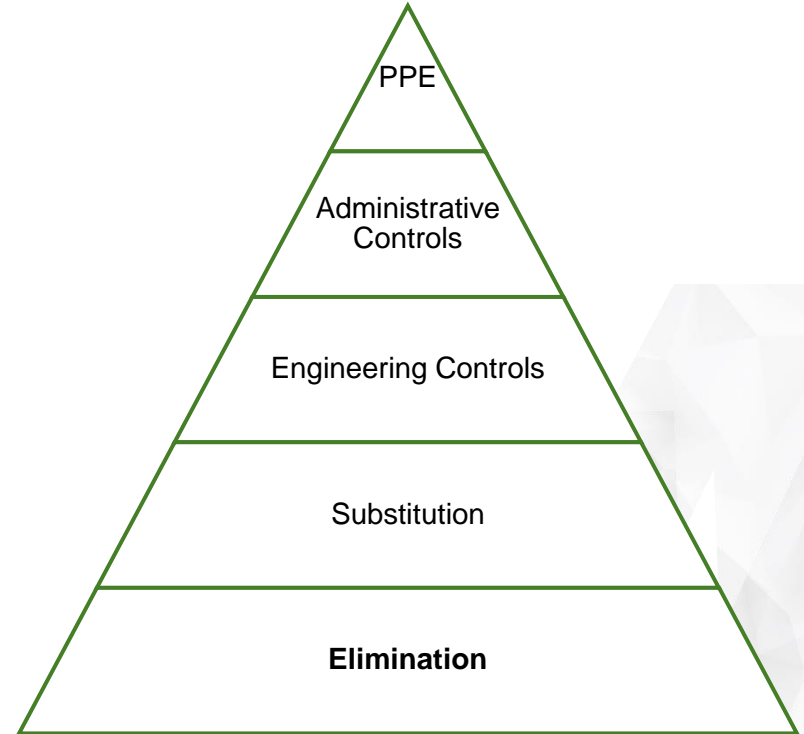
Sarah McCarrick, Valentin Romanovski, Zheng Wei, Elin M. Westin, Kjell-Arne Persson, Klara Trydell, Richard Wagner, Inger Odnevall, Yolanda S. Hedberg, Hanna L. Karlsson

# Bakgrund

- IARC har omklassificerat svetsrök från "possibly cancerogenic" till "carcinogenic to humans" (IARC Monograph 118, 2018)
- Även om de inte särskiljer svetsrök från svetsning av kolstål med svetsrök från svetsning av rostfritt, så är det känt att Cr(VI) är cancerogent och finns i rostfri svetsrök.
- Exponering för svetsrök kan leda till lång- och kortsiktiga hälsoeffekter

# Syfte

- Studera svetsrök genererad från svetsning av rostfritt stål med slaggande rörtrådar
- Minimera risken för exponering och frisättning av sexvärdigt krom Cr(VI) i en simulerad lungmiljö
- En extra försiktighetsåtgärd



# Generell metodbeskrivning

## Utsläpp

Rökgenerering

Cr(VI) i rök

## Exponering

Cr(VI) i rök och Cr(VI)-  
rökpartikelbindningar

Frisättning av  
Cr(VI)

≠

## Toxicitet

Svesrökpartiklar

Cytotoxicitet

DNA-skada

Inflammation

# Resultat från testade slaggande rörtrådar

| ID   | Tillsatsmaterial         | Grundmaterial |
|------|--------------------------|---------------|
| F1   | FCW, DX 2205             | DX 2205       |
| F2   | FCW, 316L                | 316L          |
| Red1 | Cr(VI)-reduced FCW, 316L | 316L          |
| Red2 | Cr(VI)-reduced FCW, 316L | 316L          |

F1 är en "standard" duplex FCW

F2 är en "standard" 316L FCW

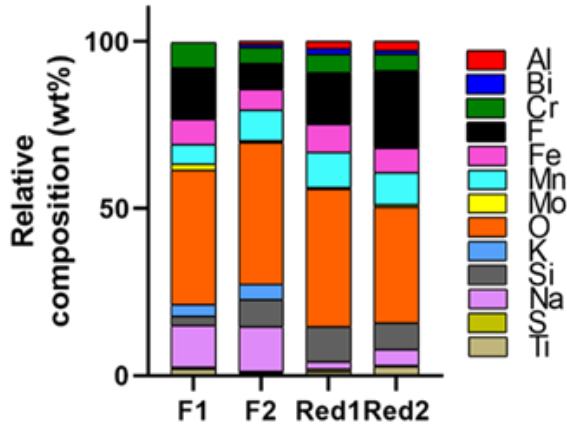
Red1 och Red2 är 316L FCW designade för att minska utsläpp och frisättning av Cr(VI)

# Röksammansättning

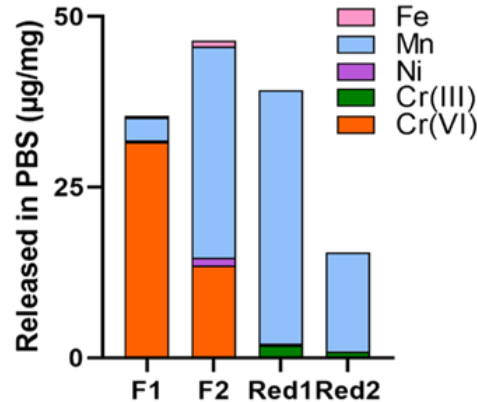
## Utsläpp - Svetsrök

## Exponering – Frisättning

Relative composition - EDS



Metal release in PBS

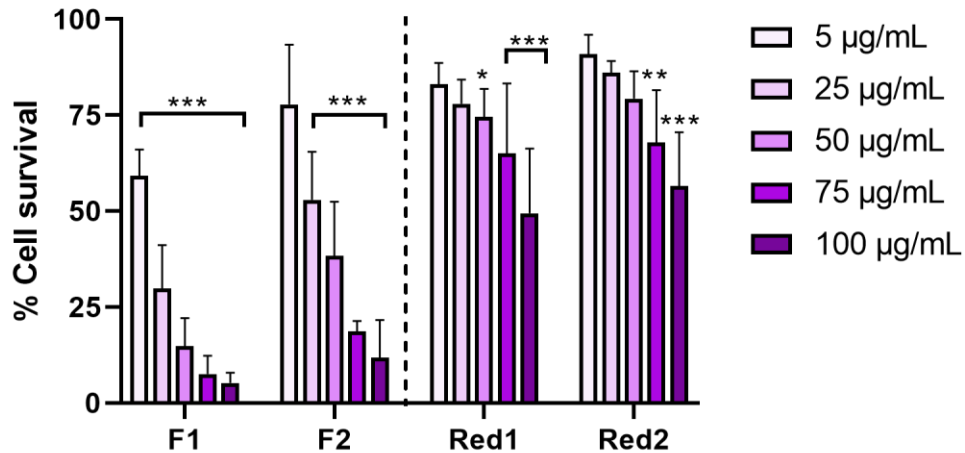


- Modifierade FCW visar på minskad frisättning av Cr(VI) men ingen större skillnad i frisättning av Mn
- Frisättningen av Cr(VI) för modifierade FCW var mindre än för solidtråd



# Cytotoxicitet

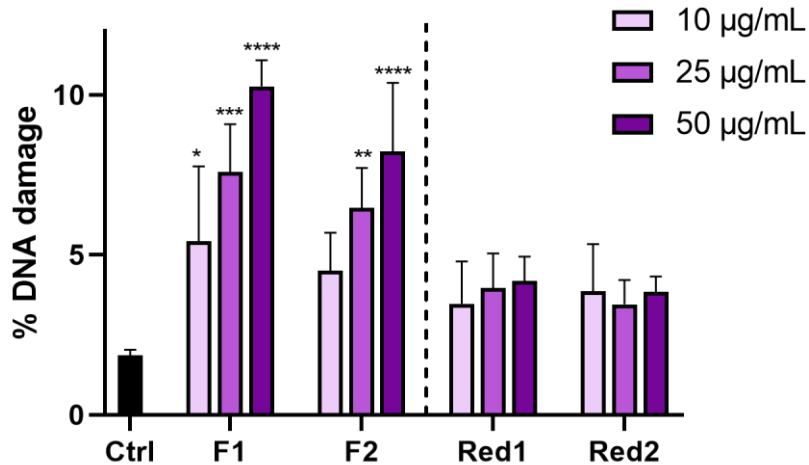
Cellöverlevnad i "Human Bronchial Epithelial Cell media" (HBEC-3kt) under 24 timmar exponering av svetsrökpartiklar



- Cellöverlevnad skiljer sig beroende på vilket tillsatsmaterial som användes för att generera svetsröken.
- Svetsrök som orsakade låg frisättning av Cr(VI) visade hög cellöverlevnad.
- Svetsrökpartiklar som genererats med de modifierade FCW är mindre cytotoxiska jämfört med konventionella FCW:s.

# DNA-skadlighet

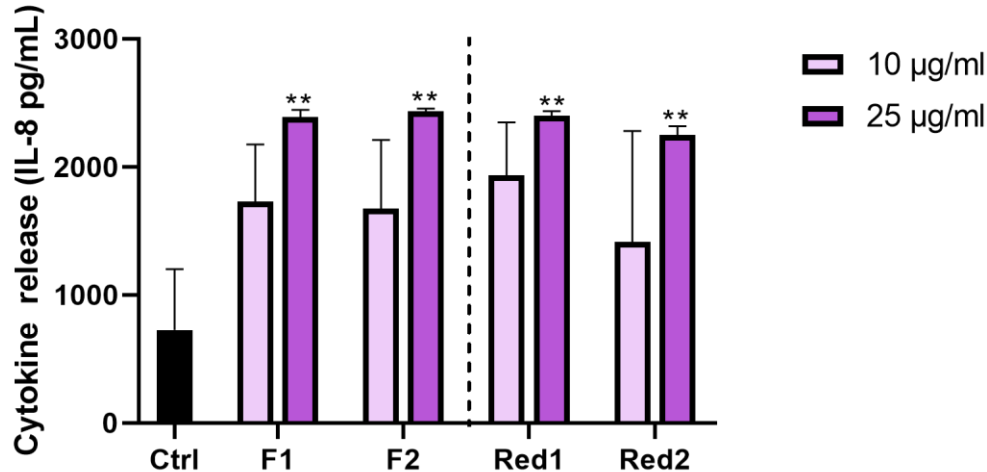
Skada på DNA inducerades i HBEC-celler (HBEC-3kt) efter 3 timmars exponering av svetsrökpartiklar.



- DNA-skadlighet skiljer sig beroende på vilket tillsatsmaterial som användes för att generera svetsröken.
- Svetsrök som orsakade låg frisättning av Cr(VI) minskad DNA-skadlighet.
- Svetsrökpartiklar som genererats med de modifierade FCW är mindre DNA-skadliga jämfört med de konventionella FCWs.

# Inflammation

Inflammatoriska effekter studerades genom frisättning av cytokine från mänskliga makrofager (THP-1) efter 3 timmar exponering av svetsrökpartiklar



- Ingen tydlig skillnad i inflammatorisk potential mellan standard- och FCW:s med minskad frisättning av Cr(VI)
- Svetsrökpartiklar från FCW-svetsning inducerar inflammation oberoende av om de har reducerad frisättning av Cr(VI) eller inte.

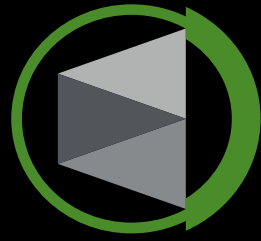
# Slutsatser

- Analys av rökgaskompositionen visade mindre Cr(VI) i röken från de modifierade Cr(VI)-reducerade slaggande rörtrådarna jämfört med konventionella
- Utsläppet av Cr(VI) i en simulerad lungmiljö var lägre för de modifierade Cr(VI)-reducerade slaggande rörtrådarna, och till och med mindre än för solidtrådar.
- Svetsrökpartiklar som genererats av de modifierade slaggande rörtrådarna (Cr(VI)-reducerad rök) inducerar mindre cytotoxicitet och DNA-skada.
- Den frigjorda fraktionen, särskilt frigörandet av Cr(VI), kan förklara en stor del av den akuta toxiciteten som svar på svetspartiklar som genererats med konventionella slaggande rörtrådar.
- **Detta tyder på en potentiell fördel med att ersätta konventionella slaggande rörtrådar med Cr(VI)-reducerade för att minska giftiga svetsrök och därmed minska risken för svetsare.**
- Inflammation som svar på svetspartiklar är inte beroende av närvaron av frigjort Cr(VI)

# Tack för er uppmärksamhet!

Några frågor?





**SWERIM**