


UPPDRAGSRAPPORT

Korrosionsrisker med kvarvarande svetsoxider på utsidan av rör i rostfritt stål

Handläggare: Ulf Sender 
Sektion: 48
Telefon nr: 08-674 17 19
E-post: ulf.sender@swerea.se
Datum: 2014-08-08

Er referens: Charlotte Casserfelt
SBUF, TKI Teknikinstallationer
Norgegatan 2
164 32 KISTA

Swerea KIMAB:s Ref nr: 10835

Ert Ref nr: Joakim Jeppson-SBUF nr 12877

Handläggare: Ulf Sender
Kund: SBUF, TKI Teknikinstallationer
Norgegatan 2
164 32 KISTA
Datum: 2014-08-08

Korrosionsrisker med kvarvarande svetsoxider på utsidan av rör i rostfritt stål

SAMMANFATTNING

Denna utredning är koncentrerad till att studera korrosionsresistensen på utsidan av en svetsad konstruktion i rostfritt stål typ 304L och 316L, med kvarvarande svetsoxid. Utredningen har tagits fram med stöd av SBUF.

Mer specifikt ifrågasätter projektet behovet av att utföra en mekanisk efterbehandling, så kallad "putsning" i miljöer såsom stora kontors- och butiksfastigheter. Stålytan kan antingen vara isolerad eller i direkt kontakt med omgivande atmosfärsmiljö. Syftet med projektet är således att klargöra om behovet av mekanisk rengöring är så påtaglig att det står över de hälsorisker som yrkesarbetarna utsätts för i frånvaro av obekvämlig och svårhanterlig skyddsutrustning, se **bild 1-2**.



Bild 1-2 visar kvarvarande svetsoxid och det putsverktyg som är vanligt för att avlägsna svetsoxiden.

Studien fokuserar på rörsystem i torr icke korrosiv inomhusmiljö med normal rumstemperatur och luftfuktighet såsom kontors- och butiksfastigheter. Avgränsningen innebär att projektet inte gör anspråk på att utvärdera korrosionsresistansen av övriga miljöer där svetsade rostfria konstruktioner förekommer.

Korrosionsrisker från utsidan på rostfria stålytor med kvarvarande svetsoxider är inte tillräckligt väl undersökt. Att så är fallet kan bero på att miljön är så pass "snäll" att korrosion sällan inträffar, eller så långsam att resultatet är ointressant. Frågan blir då snarare hur kraftfull "försvagningen" är ur korrosionssynpunkt med kvarvarande svetsoxider i denna lågkorrosiva miljö.

Resultatet av aktuell studie har inte påvisat krav på efterbehandling av svetsfogar i rostfritt stål av typ 304L och 316L i icke-korrosiva miljöer, men inte heller kunnat visa på det motsatta, att kraven kan åsidosättas. Tillräckliga belägg saknas i dagsläget för att kunna ändra branschrekommendationer i VVS-AMA.

En litteraturstudie, genomgång av Swerea KIMAB erfarenhetsbank av skadefall som sträcker sig över ca ett halvt sekel bakåt i tiden samt erfarenhetsåterföring från nationell expertis inom området, visar att kunskaper och erfarenheter saknas om inverkan av kondens och andra vätskefilmer på utsidan av svetsade rostfria rör med kvarvarande svetsoxid. Problemet med korrosion från utsidan i direkt närhet av svetsoxider är helt enkelt inte tillräckligt väl utrett. Aktuellt projekt lämnar därför rekommendationer på vidare studier, för att täcka kunskapsluckan.

Studien visar att krav på efterbehandling är beroende av den omgivande miljöns korrosivitet. Om riktlinjer eller regler framöver kan ändras kan detta generera en trefaldig fördel för VVS-branschen:

- minskad exponering av inhalerbara partiklar. Partiklarna som genereras i samband med putsning består av verifierat cancerogena ämnen som sprids på byggarbetsplatsen.
- en hälsosammare arbetsmiljö bör rimligtvis minska inte bara personligt lidande för drabbade, utan även samhällskostnaden för de hälsoskador som exponeringen av toxiska gaser och partiklar orsakar.
- kostnaden för VVS-installationer minskas genom att ett i dag obligatoriskt arbetsmoment tas bort eller begränsas i omfattning.

Swerea KIMAB har idag ett parallellt pågående brett forskningsprojekt som är inriktat på korrosionsproblematiken i stort för svetsar. Den för detta projekt aktuella frågeställningen bör på ett bra sätt kunna tillföras och inlemmas i det arbetet.

1 BAKGRUND

1.1 Utgångspunkt

I samband med en förnyad kartläggning av arbetsmiljön, som del av företagets systematiska arbetsmiljöarbete, har TKI Teknikinstallationer uppmärksammat hälsoproblem i samband med svetsning och putsning av rostfria rörstråk. I diskussionen om möjliga tillvägagångssätt att minska exponering av hälsovådliga ämnen och föreningar har nödvändigheten av att putsa svetsfogar i rostfritt stål ifrågasatts.

Slipning eller putsning av svetsens utsida innebär påtagliga arbetsmiljöproblem. Yrkesarbetare utsätts för partiklar och toxiska gaser som frigörs vid slipning och putsning av svetsområdet, exempelvis isocyanater, nickel och sexvärt krom.

Huvudfrågeställning för denna utredning är därför att med tillgänglig kunskap besvara om det ur en korrosionsaspekt är försvarbart att frångå kravet att mekaniskt avlägsna svetsoxid vid svetsfogar på utsidan av rostfria konstruktioner. Uppkomst, orsak och följdverkningar av arbetsmiljöproblem för personal varken ifrågasätts eller berörs i denna utredning.

Enligt projektledningen är nedanstående text i AMA VVS & Kyl 12, under PNU 2 Ledningar av stålror idag vägledande för en entreprenad:

Svetsfog, konventionell svetsning

...Efter avslutat svetsarbete ska svets rengöras utvändigt från svetspärlor och slaggrester. Där svets rotsida är lättåtkomlig ska även denna rengöras.

Svetsfog, med krav på kompetens

... Efter utförd svetsning av rostfritt eller syrafast stålmaterial ska skarven på in- och utsida passiviseras... på sådant sätt att grundmateriallets korrosionsegenskaper återställs.

Frågeställningen i denna utredning har begränsats till svetsarbeten i torr inomhusmiljö och normal rumstemperatur, exempelvis stora kontors- och butiksfastigheter. Som en ytterligare begränsning behandlas enbart svetsfogarna på utsidan av rörsystem i rostfritt stål typ 304L och 316L. Vanligtvis är rören isolerade med diffusionstäta material. Ovanstående begränsade frågeställning berör en mycket stor del av utförda svetsarbeten. Avgränsningen innebär också att projekttid inte behöver tas i anspråk för att definiera hela det spektrum av övriga miljöer där svetsade rostfria konstruktioner förekommer.

Swerea Kimab (tidigare Korrosionsinstitutet) har efter ca 50 års uppdragsverksamhet inom korrosionsområdet inte upptäckt skadefall som är relaterade till korrosionsangrepp som startat från utsidan i det värmepåverkade området vid en oisolerad rörsvets.

Bilaga 1 i rapporten beskriver generellt inverkan av spalter, svetsar, svetsoxid och isoleringsmaterial ur ett korrosionsperspektiv för rostfria stål. Materialet syftar till att ge en bild av aktuellt kunskapsläge.

En förhoppning med detta projekt har varit att kunna verifiera att krav på efterbehandling skiljer sig åt beroende på vilken miljö stålet exponeras för. Detta skulle kunna påverka hela branschen genom ändrade riktlinjer eller regler vilket i sin tur kan generera en trefaldig fördel:

- minskad exponering av inhalerbara partiklar. Partiklarna som genereras i samband med putsning består av verifierat cancerogena ämnen. Genom att formulera tydliga restriktioner om i vilka miljöer undantag av putsning är befogat kommer arbetsmiljön

förbättras påtagligt genom reduktion av inhalerbara partiklar för yrkesarbetare med begränsad skyddsutrustning.

- en hälsosammare arbetsmiljö bör rimligtvis minska inte bara personligt lidande för drabbade, utan även samhällskostnaden för de hälsoskador som exponeringen av toxiska gaser och partiklar orsakar.
- kostnaden för VVS-installationer minskas genom att ett i dag obligatoriskt arbetsmoment tas bort helt eller begränsas i sin omfattning.

En ytterligare förhoppning med projektet har därför varit att resultaten och dess rekommendationer framöver skall kunna användas för att utarbeta en omformulering av de rekommendationer och riktlinjer som anges i VVS AMA.

1.2 Projektorganisation och finansiering

Utredningen har valt en att arbeta i en mindre projektorganisation, bestående av beställare, utförande konsult samt styrgrupp:

Projektledare:

Charlotte Casserfelt, kvalitets- och miljöchef TKI (Skanska 2014)

Utförande konsult:

Ulf Sender, Swerea KIMAB, Senior Scientific Advisor

Styrgrupp

Patrik Leijon, Damstahl, produktspecialist

Ralf Lundqvist, TKI, Svetsansvarig

Wenche Persson, VVS Företagen, företagsrådgivare i arbetsmiljöfrågor

Carolina Schneiker, Inspecta, skadeutredare

Gunnar Wigenstam, Imtech, huvudskyddsombud

Utredningen har finansierats av de företag som representeras i styrgruppen samt SBUF.

2 RESULTAT

2.1 Resultat från enkät och intervjuer

I syfte att bredda problembilden samt samla in erfarenheter och kunskap har korrosions- och svetsexpertis från nedanstående företag och organisationer kontaktats.

Outokumpu Stainless, Degerfors, Avesta
Voestalpine Böhler Welding
Avesta Welding
Swerea KIMAB
Jernkontoret
Svetskommissionen, expertgrupp Ag41
Forsmark
Damstahl
Armacell
Skanska Installation
Skanska Hus o Bostad

Det underlag till enkäten som har använts vid kontakt med ovanstående experter återfinns i **bilaga 2**. Utredningen berör mindre korrosiva miljöer exempelvis kontorsfastigheter och butiker, såsom rörsystem med eller utan isoleringsmaterial i en kyl- eller värmecentral. Aktuellt material är främst rostfritt stål typ 316L med kvarvarande svetsoxid på utsidan. Nedan lämnas en redogörelse för experternas synpunkter.

Tillfrågade korrosionsexperter och deltagarna i styrgruppen är överens om att svetsoxider generellt är en försvårande omständighet som leder till ett sämre korrosionsmotstånd. Tid till initiering av korrosionsangrepp avgörs bland annat av luftens sammansättning och den relativa fuktigheten, yttemperaturen och den kemiska sammansättningen på vätskefilmen.

Det finns atmosfärsmiljöer i flera industribranscher och inom samhällets infrastruktur där man utan undantag skall avlägsna svetsoxider på utsidan av rostfria rör p.g.a. korrosionsrisken. Exempel på sådana miljöer är kemisk industri och simhallar. Det förekommer också verksamheter, exempelvis inom läkemedels- och livsmedelsindustrin och kärnkraften, där svetsoxider ovillkorligen alltid skall avlägsnas för att uppfylla högt ställda krav.

Man kan enligt enkätsvaren fastställa att utan en vätskefilm på utsidan av svetsade rostfria rör så finns i princip inget behov av att avlägsna svetsoxiderna. Ändras förhållanden i installationen skall dessa bevakas och leda till åtgärder i syfte att säkerställa att stålytan alltid är torr. Det uppstår alltid platser som är oåtkomliga för mekanisk efterbehandling. Enligt enkätsvar skall små mängder betpasta användas på dessa platser.

Studier och litteratur som tar upp inverkan av enbart kondensvatten på utsidan av rostfria rör har inte påträffats i projektet och erfarenheter saknas enligt svets- och korrosionsexperterna. En aspekt på detta är att man oftast i ett tidigt skede redan avlägsnat svetsoxiden. Svaren i enkäten ger heller ingen säker vägledning om risken med kondensvatten i kontakt med svetsoxid.

Det har inte varit möjligt att finna resultat och erfarenheter av korrosionsskador från så kallade ”snälla” mindre korrosiva miljöer, exempelvis en anläggning för komfortkyla.

I en kylcentral i fastighetens källarvåning förekommer vanligen svetsade och isolerade rörstråk i de rostfria stålqualiteterna typ 304L och 316L. En annan sida av problematiken är att isoleringen förhindrar ev senare upptäckt av kvarlämnad svetsoxid. Rör med isolering innebär en spaltbildare, och en viss risk för att eventuellt korrosiva element från isoleringsmaterialet kan lösas ut och anrikas i kondensvatten under isoleringen.

Problemet med korrosion från utsidan i direkt närhet av svetsoxider är helt enkelt inte tillräckligt väl studerat. Att så är fallet kan bero på att miljön är så pass ”snäll” att korrosion sällan inträffar, eller är så långsam att resultatet är ointressant. Frågan blir då snarare hur kraftfull ”försvagningen” är med kvarvarande svetsoxider i denna miljö.

Området ett par mm från svetsens smältzon är mest kritisk. Försvårande omständigheter är en krackelerad oxidfilm som ej är sammanhängande och tät, samt om svetsoxiden innehåller mer korrosionskänslig järnoxid och mindre mängd kromoxid.

Aktuella forskningsresultat visar att svetsoxid som löses upp kan avge metalljoner i kontakt med rent kondensvatten varvid fuktfilmen blir mer korrosiv. Resultatet är dock inte tillräckligt för att verifiera att kondensvatten i kontakt med svetsoxid alltid leder till korrosionsangrepp på den underliggande rostfria stålytan.

Tillverkare av rörisoleringsmaterial anger att den främsta korrosionsrisken är utlösning av korrosiva salter från halogenhaltig isolering eller från omgivningen, som i sin tur leder till en aggressiv vätskefilm på den rostfria stålytan.

Ett flertal korrosionsexperter har i enkäten påpekat att VVS-branschen själva skall ställa krav på att leverantörer utvecklar mer arbetsmiljövänliga rondeller. Om korrosionsrisk föreligger ställs naturligt krav på att avlägsna svetsoxid, och då är det av intresse att studera om gränsvärden för toxiska ämnen överskrids vid ”putsning” med sliprondell. Överskrids toxiska gränsvärden, bör man söka avlägsna det som avger det farliga i produkten och samtidigt vara noga med att använda skyddsutrustning, se **bild 3**.



Bild 3

Ett arbetssätt som framförts i enkätsvar för att utreda kravet om man skall avlägsna svetsoxider på utsidan av rostfria rör, är att först göra en uppdelning i isolerade och oisolerade stålytor. Man bör också bestämma om utgångspunkten är rent estetiska krav eller en risk för korrosionsangrepp som kan leda till perforering och läckage.

Oisolerade rostfria ytor

Föreligger risk för betydelsefulla korrosionsangrepp, har man att besvara om den rostfria stålytan kommer att exponeras för:

- aggressiva komponenter, exempelvis kloridjoner, som anrikas i en kondensfilm. Elektrolytfilmen blir då efterhand korrosiv. Exempel på detta är inomhusmiljön i äventyrsbad, kemisk industri och kustnära utomhusmiljöer där kondensfilmer kan bildas även vid låga relativa fuktigheter.
- vätning genom läckage från andra rörledningar, tankar etc.

Isolerade rör

För isolerade rör tillkommer ytterligare aspekter. Isoleringen fungerar som spaltbildare och transportkanal direkt mot den rostfria stålytan. Vätning genom läckage från andra rörledningar kan inträffa då vätskan transporteras mellan stål och isolering. Det svetspåverkade området är av erfarenhet det mest känsliga område som först drabbas av korrosion. Den spalt som bildats mot stålytan skulle sannolikt ändå leda till lokala korrosionsangrepp även på öppna ytor, oavsett förekomst av svetsar och svetsoxid.

En annan faktor är att ämnen som löses ut från isoleringsmaterialet kan bidra till att det bildas en aggressiv vätskefilm, som efterhand leder till allvarlig korrosion från utsidan.

Korrosionsaspekten är speciellt viktigt för isolerade detaljer, eftersom korrosionsangreppen blir dolda och endast kan detekteras när korrosionen redan nått en allvarlig nivå, eller då konstruktionen redan havererat.

2.2 Fastställd total kloridmängd på rostfria stålytor

Historiskt har metoder utvecklats utifrån behovet att rädda restvärden i samband med industribränder. Nedbrytning av plaster, främst PVC i kablage etc., bidrar till att det bildas höga halter av klor och brom etc. i rökgaserna. Dessa sprids i lokalerna för att på omgivande kallare ytor kondensera som starka syror. Räddningsledaren har till uppgift att också fastställa korrosionsrisken efter utfört släckningsarbete. Analysresultatet blir då ett viktigt beslutsunderlag för att styra ett eventuellt saneringsbehov.

På metaller med tunna skyddande oxidskikt, exempelvis rostfria stålytor, ökar risken för korrosionen i närvaro av kloridjoner. Metallupplösning underlättas på detta sätt.

En fältmässig provningsmetod används för att fastställa förekomst av salter på metallytor. Resultatet uttrycks i total kloridmängd i $\mu\text{g}/\text{cm}^2$. Stabila värden under $10 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ anses så låga ur korrosionssynpunkt att sanering inte efterfrågas av försäkringsbolaget eftersom korrosionshastigheten hamnar på mycket låga nivåer.

För att få en uppfattning om korrosiviteten i olika miljöer har ett flertal företag och verksamheter besökts. En bestämd area avgränsas för att laka ut ev. salter från ytan. Prov från rostfria ytor på ett flertal industrier och samhällsverksamheter har analyserats och sammanställts.

Swerea KIMAB har en utvecklad metodik för provtagning på fält. Kloridanalyserna utförs på institutets laboratorier under mer noggranna och exakta betingelser. Nedanstående analysresultat fastställer den totala mängden klorider (salter) på rostfria stålytor.

Kloridhalten från materialytan bestäms coulometriskt med hjälp av en kloridanalysator, Corning 926. Silverjoner genereras genom en känd konstant ström som passerar mellan två silverelektroder. En känd mängd silverjoner går i lösning per tidsenhet. 0,5 ml av provlösningen blandas med en buffrad syralösning. Lösningens konduktivitet registreras och uppdateras per varje 0,2 s med hjälp av två detektorelektroder. Då inga kloridjoner återstår bildas slutligen fria silverjoner i lösningen. Detektorelektroddet indikerar förändringen i konduktivitet och avslutar därmed analysen. Analystiden är proportionell mot provlösningens ursprungliga totala kloridhalt. Mätnoggrannheten är 3-5 mg/liter. Med hjälp av en standardlösning, med kloridhalt 200 mg/liter, kalibrerades kloridanalysatorn kontinuerligt mellan analyserna. Kalibrering var tillfredsställande under samtliga mätningar.

Nedanstående **tabell 1** visar resultat från ett stort antal provobjekt. De bilder som refereras till är placerade efter tabellen. Miljöns korrosivitet på de olika provplatserna varierar kraftigt.

Tabell 1. Total kloridmängd på rostfria yta, typ 316L

<i>Provplats</i>	<i>Area cm²</i>	<i>Kloridhalt mg/liter</i>	<i>Kloridmängd µg/cm²</i>
Projekt "Sveavägen 44" Undercentral bild 4-8 vidtermometerinstick trång svåråtkomlig plats,	40 20	11, 9 4,0	28, 23 20 ^{x)} , 0
Industrimiljö bild 9-10	60	6, 2, 4, 6	5-7
Vägmiljö, tunnel; Öresund och Stockholm(Eugenia)			4825 4710
Öresundsbron lager ovanpå pelare, bild 11-12	150	30, 27	20, 18
Vattenkraftdamm, Irland, bild 13-14	100	7, 9	7, 9
Katastrofskydd under Essingeleden, Sthlm, bild 15-16	125	92	74
Simhall, tubvärmväxlare Yta A och Yta B, bild 17	50 50	42, 39 205, 208	80 413
Simhall rostfritt rörsystem i KV, bild 18	100	1652	1652
Simhall bultar till rutschbana bild 19-20			550, 1570, 2200
Simhall, ställinor till undertak 10 m över vattenyta			520, 265
Simhall, ställina till armatur			1550

^{x)}tveksamt värde



Bild 4 Ombyggnad av Sveavägen 44, Stockholm.



Bild 5 Besvärlig och trång miljö för att avlägsna svetsoxid på rörledningar i källarvåningen



Bild 6 Kvarglömd svetsoxid som markerats för efterföljande putsning



Bild 7 Instick för termometer. Provtagning



Bild 8 Svåråtkomligt utrymme för att putsa bort svetsoxider



Bild 9-10 Industrimiljö med låg korrosivitet



Bild 11-12 Lager på bropelare, Öresundsbron. Rostfria ståldelar i lager



Bild 13-14 Kylsystem i vattenkraftstation





Bild 15-16 Essingeleden, missfärgning på rostfritt stål typ 316L



Bild 17-18 Simhallsmiljö. Otillräckligt avlägsnad svetsoxid. Korrosionen har i detta fall startad från insidan, vattensidan

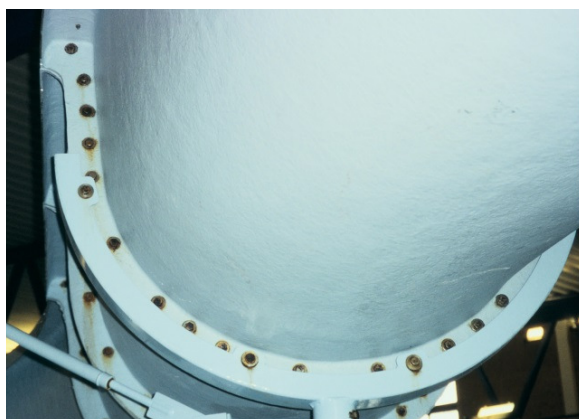
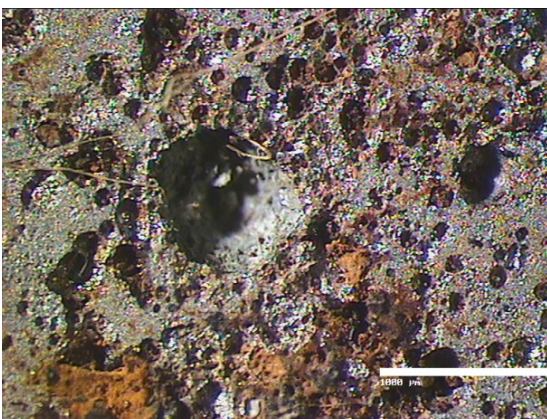


Bild 19-20 Lokal korrosion, gropfrätning, på bultar till rutschbana i simhallsmiljö



3 DISKUSSION

3.1 Arbetsmiljöaspekten

Det finns en tudelad problematik vid svetsning av rostfritt stål. Man skall dels beakta den ökade risken för korrosionsangrepp i svetszonen, dels hantera de arbetsmiljöproblem som uppstår för i första hand den som utför svetsarbetet men även personer som befinner sig i dess omgivning.

Nedanstående information har lämnats från projektets styrgrupp.

Vid svetsning av rostfritt stål behandlas svetsfogarnas utsida med hjälp av rengöringsrondeller. Putsningen utgör ytterligare påtagliga arbetsmiljöproblem genom frigörande av toxiska gaser och partiklar av bl.a. nickel och sexvärt krom (1).

Arbetsmiljöverket har 2010 påbörjat ett flerårigt tillsynsprojekt inom byggbranschen för att få bukt med de hälsorisker som byggdamm utgör. Exponering för skadliga dammpartiklar kan ge upphov till KOL, silikos (stendammlunga) och olika typer av cancer.

Vid svetsning uppstår allvarliga hälsorisker genom bl.a. exponering av svetsrök och -damm. Betydligt fler svetsare skadas efter exponering för låga halter svetsrök under flera års svetsarbete, än vid de få men ofta uppmärksammande akuta olyckorna. IVL Svenska Miljöinstitutet har också i en studie konstaterat att dammhalten på byggarbetsplatser kan vara så hög att även de som inte utför arbetsmomentet exponeras över gällande gränsvärden.

Lagstiftningen som reglerar arbetsmiljön är omfattande och ställer krav på att arbetsgivare och arbetstagare samverkar för en god arbetsmiljö. Arbetsgivaren ska vidta de åtgärder som behövs för att förebygga ohälsa eller olycksfall och arbetstagaren ska följa rutiner och använda de skydd eller hjälpmedel som krävs för det samma. Den skyddsutrustning som finns att tillgå idag upplevs av ett flertal svetsare som obekvämt och som ett hinder för att utföra arbetet.

Arbetsmiljörisker ska i möjligaste mån avhjälpas vid källan. Arbetsmetoder och arbetsutrustning ska därför väljas så att arbetsplatsen exponeras i så låg grad som möjligt för farliga ämnen och luftföroreningar.

En viktig frågeställning är därför om utvändigt efterbehandlingsarbete är nödvändigt på svetsade rörstråk i alla typer av miljöer, exempelvis i en kylcentral till en kontors- eller butiksfastighet. Är det rimligt att göra undantag för icke- aggressiva miljöer, och hur ska en sådan miljö definieras?

Tidigare forskningsstudier har till helt övervägande del fokuserat på korrosionsaspekten på de rostfria ytorna på rörets insida. Dess utsida har inte studerats i tillnärmelsevis motsvarande omfattning.

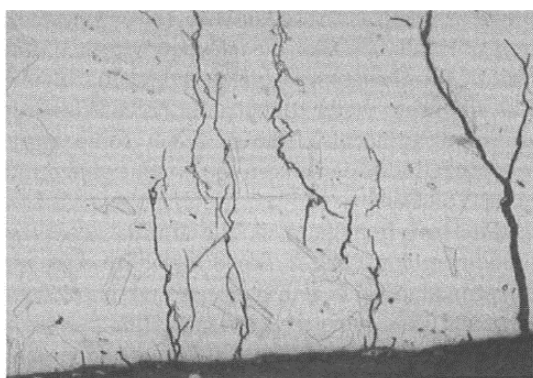
Beskrivningar, ritningar och andra bygghandlingar utgör underlag för produktion av VVS-installationer i byggnader och anläggningar. AMA VVS & Kyl är ett referensverk som används vid upprättande av sådana handlingar och utgör branschnormerande krav på material och metoder för VVS-installationer. AMA VVS & Kyl 12 anger att efter avslutat svetsarbete ska svets rengöras utvändigt från svetspärlor och slaggrester.

3.2 Miljöer där putsning skall utföras och där putsning kan ifrågasättas

Kvarvarande svetsoxid och svetsfel på utsidan av rostfria stålrörssystem sänker korrosionsbeständigheten. Om det rostfria stålet exponeras för en korrosiv miljö leder det till små lokala angrepp, där platsen för svetsoxider blir själva "akilleshälen". Fortsatt korrosion i ett rörssystem leder relativt snabbt till perforering och läckage. Kvarvarande svetsoxid i korrosiva miljöer skall därför alltid avlägsnas genom betning eller mekaniska bearbetning eller en kombination av dessa metoder.

Frågan hur man skall hantera "rena" miljöer såsom stora kontorsfastigheter och butiklokaler visar sig däremot inte helt självklar. Är de rostfria rören ytor på utsidan helt torra och i frånvaro av en vätskefilm behöver man inte avlägsna svetsoxiden. Men kravet för säkerhet mot korrosion är att man framöver alltid kan garantera en torr yta, och att ytan inte kommer i kontakt med aggressiva ämnen.

En miljö som inte är tillräckligt väl dokumenterad är riskerna med innesluten kondens i isolerade rörstråk. Instängd kondens kan leda till spaltkorrosion. Om isoleringsmaterialet utlöser aggressiva ämnen kan även spänningskorrosion inträffa. Denna risk berör i sig inte bara själva svetsen och HAZ utan kan inträffa även på den öppna stålytan, se **bild 21**.



0.0010 in.

Bild 21 Spänningskorrosion från utsidan på en instängd aggressiv vätskefilm mot stålytan

Putsning på utsidan kan i en första ansats ifrågasättas om ytan är "torr" och garantier att så förblir framöver. Men situationen förändras med förekomst av en kondensfilm. En kondensfilm på stålytan kan resultera i att svetsoxid delvis löses upp och att järnjoner bildas.

Isoleringsmaterial spelar stor roll då korrosionshastigheten ökar om fel betingelser ges, t ex utlösning av halogener exempelvis klor, brom eller jod. Upprepad indunstning leder till anrikning av aggressiva joner i kondensfilmen som kan medföra spänningskorrosion. Då rören inte är synliga finns heller inte någon möjlighet till förvarning.

5 SLUTSATSER OCH REKOMMENDATIONER

Utredningen har inte påvisat att aktuella krav för att avlägsna svetsoxider vid svetsfogar i rostfritt stål av typ 304L och 316L är berättigade i icke-korrosiva miljöer. Men inte heller det motsatta, att kraven kan åsidosättas, kan verifieras. Tillräckliga belägg saknas i dagsläget för att kunna ändra branschrekommendationer. Problemet med korrosion från utsidan i direkt närhet av svetsoxider är helt enkelt inte tillräckligt väl studerat.

Enkätsvaren visar enhälligt att utan en vätskefilm på utsidan av svetsade rostfria rör så finns det i princip inget behov av att avlägsna svetsoxider. Studier och litteratur som tar upp inverkan av enbart kondensvatten på utsida av rostfria rör med svetsoxid har inte påträffats. Erfarenheter saknas enligt svaren från svets- och korrosionsexperten.

Korrosionshårdigheten i rostfritt stål är betydligt högre än för låglegerade stål, men det är viktigt att känna till det rostfria stålets begränsningar. Högtemperaturoxidation i samband med svetsning leder till att skyddsfilmerna i direkt närhet till svetsen ersätts av skadliga svetsoxider.

Det är viktigt att notera att isoleringsmaterial är en spaltbildare och ökar risken för spaltkorrosion. Tillverkare av rörisoleringsmaterial anger att den främsta korrosionsrisken är utlösning av korrosiva salter från halogenhaltig isolering eller från omgivningen, som i sin tur leder till en aggressiv vätskefilm på den rostfria stålytan under isoleringsmaterialet.

Om den rostfria konstruktionen exponeras för en korrosiv miljö blir själva svetsområdet den svagaste länken ur korrosionssynpunkt.

Om konstruktionen å andra sidan är placerad i en icke-aggressiv miljö har inte behov av efterbehandling av svetsfogar påvisats. Det skulle därför vara av stort värde om beskrivningen av efterbehandling av rostfritt stål vid licenssvetsning i framtida utgåvor av AMA VVS & Kyl kunde differentieras beroende av vilken typ av miljö den svetsade konstruktionen är avsedd för. Detta kräver ett väl underbyggt och entydigt resultat utifrån forskningsstudier och erfarenhetsdata. Swerea KIMAB har påbörjat ett brett forskningsprojekt som är inriktat på korrosionsproblematiken i stort för svetsar och svetsoxid. Den för detta projekt aktuella frågeställningen bör på ett bra sätt kunna inlemmas i det projektet.

De hitintills framkomna resultaten pekar på att ett officiellt undantag för att putsa bort svetsoxider kommer att kräva fortsatta insatser. Då detta mål är eftersträvarsvärt för en större arbetsgrupp ur arbetsmiljösynpunkt, rekommenderas nedanstående arbetsinsatser för att ta fram ett bättre beslutsunderlag:

1. Undersökning i vilken omfattning kondens uppträder på stålytor under olika isoleringsmaterial. Provvuttag för analys av bland annat kloridmängden på den från rostfria ytan.
2. Utveckling av nya material till sliprondeller, och mer arbetarvänlig skyddsutrustning vid arbete med att avlägsna kvarvarande svetsoxid på utsidan av rostfria konstruktioner.
3. Laborrietester genom ett urlakningsförfarande från olika isolermaterial och ett känsligt analysförfarande för att detektera utlösta ämnen

4. Inspektion av korrosionsspecialister av äldre svetsade rostfria rörstråk. Platser där man kan förvänta att "putsning" inte utförts inspekteras.
5. Experimentella studier (accelererade elektrokemiska tester) för att bland annat studera inverkan av rena vatten, kondensfilmer, på svetsoxid. Svetsade provbitar i typ 304 och typ 316 exponeras vid förhöjd temperatur för kondensvatten, tappvatten och tappvatten med förhöjd kloridkoncentration. Motsvarande provobjekt polariseras elektrokemiskt i Avestacellen.

REFERENSER

1. Referenser från internet:
www.av.se/dokument/aktuellt/kunskapsoversikt/RAP2013_05.pdf
www.av.se/pressrum/pressmeddelanden/2012/37549.aspx
www.ivl.se/download/18.488d9cec137bbdbef94800055762/1350484319713/B2057.pdf
<http://www.notisum.se/rnp/sls/lag/19771160.htm>
2. Dechema ,Corrosion Handbook, Dieter Behrens, VCH, 1989
3. Outokumpu Stainless Corrosion Handbook for stainless steels, 9th ed, 2004
4. Handbook of Corrosion Data, 2nd ed. ASM International, Materials Park, OH 44073, 1995
5. J. Sedriks, Corrosion of stainless steels, John Wiley & Sons, New York, 1996
6. C P Dillon, Stainless steels, Corrosion resistance of stainless steels, Marcel Dekker, New York, 1995
7. ADM Handbook, Volume 13C, Corrosion: Environments and Industries, "Corrosion under insulation", Ahluwalia, H, pp 654-658
8. Corrosion Data Survey, 5th edition, N Hamner, 1984
9. Metals Handbook, 9th ed., Vol. 13, NACE Corrosion
10. E. Rislund, Korrosionsbestandigt rustfritt stål, Industrins Förlag, Copenhagen, 1996
11. P A Schweitzer, Corrosion resistance tables, 4th ed., part C, 1995
12. Personligt samtal med Armacell, säljansvarig och HK Tyskland
13. Hersleb, G. & Szederjei, E.: "Korrosionsbeständighet von verbindungen von Rohren aus nichtrostenden Stählen in Wässern", CEOCOR 2nd Intern Conf, Naples, May 1989, p. 619-631.
14. Turner, S. & Robinson, F. P. A.: "The effect of the surface oxides produced during welding on the corrosion resistance of stainless steels", Corrosion, Vol. 45, 1989, No. 2
15. Von Moltke, T. & Pistorius, P. C. & Sandenbergh, R. F.: "The influence of heat tinted surface layers on the corrosion resistance of stainless steel", INFACON 6, Proceedings of 1st International Chromium Steel and Alloys Congress, Cape Town, Vol. 2, 1992, p. 185-195.
16. Coates, G. E.: "Effect of some surface treatments on corrosion of stainless steel", Corrosion 90, Paper No. 539, 1990.
17. Tapp, I. et al: "Lower oxygen levels when welding improve corrosion resistance, Tube International, Vol. 13, 1994, No. 59, p. 131-133.
18. Huang, W. et al: "Improving pitting corrosion resistance of type 304 austenitic stainless steel pipe weldments using purging gases with low amounts of oxygen", Environmental degradation of materials of nuclear power systems, Proceedings, Minerals, metals & materials Soc., 1993, p. 387.
19. IVF-Result 76618: The influence of gas backing on the corrosion resistance of welds in austenitic steel, 1976. In Swedish.
20. Hansen, V. et al: "Root gas shielding and corrosion resistance after welding of stainless steel tubes". Korrosionscentralen & Svejscentralen, 1987. In Danish.
- 20 Hansen V. et al: Welding of stainless steel tubes. Optimization of inside gas shielding. Force Institute Report 94.29, 1994. In Danish.
- 21 Henrikson S.: Oxidation-conditioned localized attack adjoining welds in stainless steel- a presentaion of experience. Swedish Corrosion Institute Report 1986:1, 1986. In Swedish.
- 22 Ödegård, L.: "Welding of stainless steels. Corrosion in welds. Effects of oxides, slag and weld defects on the pitting resistance", Svetsen (special issue), 1995.

- 23 Troselius L, Sender U: The influence of weld-oxides on the resistance of stainless steel to local corrosion. Swedish Corrosion Institute Report 2001:9, 2001. In Swedish.
- 24 Failures cases investigated by the Consultancy Department at the Swedish Corrosion Institute 1993 – 2003.
- 25 Korkhaus J. et al: Pitting Corrosion on High-Alloy Austenitic Steel Pipes Used for River Water. Microbially Influenced Corrosion of Materials, p. 243 – 258. Springer –Verlag Berlin Heidelberg, 1996
- 26 Linhardt P.: Failure of Chromium – Nickel Steel in a Hydroelectric Power Plant by Manganese – Oxidizing Bacteria. Microbially Influenced Corrosion of Materials, p. 221-230. Springer –Verlag Berlin Heidelberg, 1996.
- 27 Tuthill A. H. et al.: Corrosion of Stainless Steel Piping in a High Manganese Fresh Water. Material performance, Vol. 35, No 9, p. 59 – 62, 1996.
- 28 Ödegård, L. & Fager, S-Å.: "The root side pitting resistance of stainless steel welds", Australian Welding Journal, Vol. 38(2), 1993, p. 24-26.

Bilaga 1

Fördjupningsmaterial – generella korrosionsdata som underlag till utredningen

Inverkan av svetsar och svetsoxider på korrosionshårdigheten för rostfria stål

Rostfritt stål är ofta förekommande inom industrin, stora fastigheter och samhällets infrastruktur.. Korrosionshårdigheten är betydligt högre än för låglegerade stål, men det är viktigt att känna till det rostfria stålets begränsningar. Namnet rostfritt stål är en något olycklig benämning då det kan förleda den oinvidige att tro att materialet inte kan korrodera.

Den förhöjda korrosionshårdigheten för rostfria stål beror på en tunn skyddsfilm, 2-4 nm tjock, den så kallade passivfilmen. Skyddsfilmen som främst består av kromoxid, Cr_2O_3 , är stabil i vatten med neutralt pH.

Rostfria stål korroderar vanligen lokalt, såsom gropfrätning, spaltkorrosion och spänningskorrosionsprickning. Gropfrätning börjar vanligen som ett ”nålstick” på ytan. Ett många gånger svårupptäckt litet hål visar sig ofta dölja ett stort angrepp i rörgodset. Under metallytan döljer sig ett mer utbrett säckliknande angrepp som efterhand perforerar rörväggen. **Bild 22** visar ett korrosionsangrepp på ett rostfritt rör orsakat av kvarvarande svetsoxid i närhet av svetsen.



Bild 22

Det rostfria stålet typ AISI 304L (tidigare SS 2333) är det mest använda austenitiska rostfria stålet (ca 18 % krom och 9 % nickel), liksom det rostfria stålet typ AISI 316L (tidigare SS 2343) vanligen benämnt som ”syrafast” rostfritt stål (17 % krom, 9 % nickel och 2-3% molybden).

Betraktar man en frätgrop kommer metalljoner att lösas ut samtidigt som kloridjoner från den omgivande vattenlösningen vandrar in i frätgropen. Resultatet blir en mycket aggressiv lösning, med lågt pH och en hög kloridkoncentration.

Det är viktigt att påpeka att den höga lokala korrosionshastigheten på en liten area, gör det mycket svårbedömt att bedöma tidsaspekten till perforering och läckage i ett rörsystem. Sammanfattningsvis inträffar allvarliga korrosionsangrepp efter kort tid.

Vid förhöjd kloridhalt och temperatur sänks korrosionshårdigheten. Normalt ligger kloridhalten för tappvatten kring 10-20 mg/l, men högre värden på 100-150 mg/l förekommer också på vissa orter i Sverige. En tumregel är att rostfritt stål, typ 316L, kan användas utan risk för lokala korrosionsangrepp då kloridkoncentrationen är lägre än 500-600 mg/liter vid rumstemperatur. Det är dock viktigt att påpeka att någon skarp gräns inte existerar.

Faktorer som påskyndar angrepp och innebär att korrosionsangrepp kan inträffa vid betydligt lägre kloridkoncentrationer är:

- förekomst av svetsoxid (färganlöpningar) efter svetsarbete
- förekomst av fina spalter i konstruktionen
- förekomst av förhållanden med indunstning
- förekomst av stillastående vätskeansamlingar

Under dessa förhållanden gäller inte ovanstående tröskelvärde för kloridkoncentration.

Tillämpningen av rostfritt stål till byggnader och konstruktioner innebär att stålbitar sammanfogas genom svetsning. Detta förutsätter höga temperaturer och reaktioner mellan luftsyre och legeringsämnen som inte alltid är önskvärda. Den höga värmetillförseln vid svetsning leder till metallografiska förändringar i basmaterialet i direkt närhet av svetsen/smältzonen vilket sänker korrosionshårdigheten. Detta område kallas den värmepåverkade zonen (heat affected zone, HAZ). För att kompensera för detta skall tillsatsmaterial i svetsar alltid vara i ett mer korrosionshårdigt material än basmaterialet (matrix). Värmsprickor, dålig genombränning och porer är andra exempel på företeelser som sänker korrosionshårdigheten i svetsar.

Rostfritt stål med en felfri yta får en hög korrosionshårdighet. Svetsar i en rostfri konstruktion innebär alltid en svaghet ur korrosionssynpunkt, och har varit föremål för ett flertal studier. I de flesta fall är samtliga forskningsarbeten inriktade på studier av den vattenberörda insidan.

Högtemperaturoxidation i samband med svetsning leder till att skyddsfilmerna i direkt närhet till svetsen försvinner och ersätts av betydligt tjockare icke skyddande svetsoxider, som visar sig som anlöpningsfärger. Oxiden som kvarstår efter svetsning sänker det rostfria stålets korrosionsmotstånd. Svetsoxidens färgskala har använts för att gradera känsligheten för korrosion.

I allmänheten anses orsaken vara ett utarmat lager av krom i metallen under en kromanrikad oxid. Den försämrade korrosionsbeständigheten har också tillskrivits kromutarmning i både svetsoxid och metallen under svetsoxiden. På senare tid är många forskare överens om att det är den järnrika oxiden som är skadlig på att den fungerar som ett jonselektivt membran som tillåter klorider att passera inåt men hindrar dem från att diffundera ut därifrån. Denna mekanism leder till en ökning av kloridhalten.

För att återställa det rostfria stålets egenskaper efter svetsning tar man bort oxiden. I praktiken är det ofta omöjligt att efterbehandla insidan av rören efter svetsning, varför gasskydd vid svetsningen är enda möjligheten. Inhibitorer rekommenderas vanligen inte som en säker metod att förhindra angrepp på rostfritt stål. Utsidan av svetsar är mer lättåtkomlig för efterbehandlingsarbete. Kvarvarande synlig svetsoxid avlägsnas både genom mekanisk (slipning) och kemisk efterbehandling (betning).

När den rostfria konstruktionen exponeras för en korrosiv miljö blir själva svetsområdet den svagaste länken ur korrosionssynpunkt. Platsen för svetsoxider blir en "akilleshäla", en svag punkt som ökar korrosionsrisken. Fortsatt korrosion i ett rörsystem leder relativt snabbt till perforering och läckage. Det faktum att angreppens area vid svetsen är mycket liten i jämförelse med omgivande opåverkad stålyta, leder till en mycket hög korrosionshastighet.

För att gropfrätning skall initieras krävs att den så kallade korrosionspotentialen överstiger en kritisk gropfrätningpotential i aktuellt medium. I dricksvatten ligger vanligen korrosionspotentialen i intervallet, -100 mV till $+ 50$ mV. Strömtätheten som är ett mått på korrosionshastigheten är då mycket låg.

Detta förändras drastiskt när man hamnar i ett område över den kritiska gropfrätningpotentialen. Eftersom strömutträdet från stálytan sker från en mycket liten area ("nålstick"), så blir strömtätheten (korrosionshastigheten) extremt hög.

Det är känt att svetsoxid sänker gropfrätningpotentialen, vilket då markant ökar risken för att man skall hamna i riskområdet där frätgropar initieras. Detta illustreras av det experiment som Huang et al (18) utförde för att undersöka effekten av syrehalten i rotskyddsgasen på gropfrätningbeständigheten av invändiga rörsvetsar. Resultatet visas i **tabell 2** nedan.

Tabell 2 Gropfrätningpotential(E_p) för typ 304L i mV rel SCE, som funktion av syrehalten i rotskyddsgasen (18) pH 6,8 och kloridhalten 27 mg/l

	Syrehalt, ppm					
	20	150	600	1000	10000	20000
E_p	+ 789	+ 700	+ 461	+ 339	+ 267	+ 256

Som framgår av tabellen sjunker gropfrätningpotentialen mer än 550 mV då syrehalten i rotskyddsgasen är mer än 1000 ppm.

Ett forskningsprojekt som tidigare utförts av Korrosionsinstitutet skulle belysa inverkan av rotgasskyddet för korrosionshastigheten av svetsar i olika vatten för de rostfria stålen typ 304L och typ 316L. Olika uppdrag som behandlade korrosion i samband med svetsar exponerade för sötvatten med låga till moderata kloridhalter utvärderades också. I skadefall där man undersökte rostfritt stål typ 304L, var skadeorsaken till frätgroparna vanligen förekomst av svetsoxid vid svetsen. De flesta skadorna inträffade i naturliga vatten med avsaknad av effektiv rening. För rostfritt stål typ 316L visade sig den vanliga skadeorsaken vara spaltkorrosion p g a rotdefekter i svetsen. Spaltkorrosion p g a ofullständig genomsvetsning inträffade i några fall vid en miljö där kloridhalt endast var 19 mg/l vid rumstemperatur.

Bild 23-24 visar framtagna svetsar på insidan av rostfria rör i 304L i samband med en korrosionsstudie där svetsdata noggrant dokumenterats. Mängd och typ av kvarvarande svetsoxid skiljer sig mellan de två proverna. Syrgashalten i rotskyddsgasen på den högra bilden har varit 10 gånger högre.

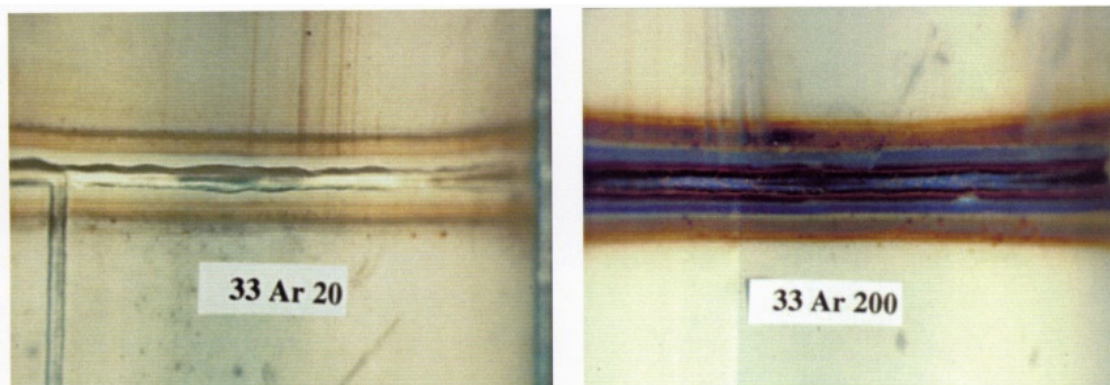


Bild 23-24

I de flesta fall skall man avlägsna svetsoxiden, exempelvis i aggressiv simhallsmiljö, kemisk industri eller i verksamhet där högt ställda säkerhetskrav gäller, såsom läkemedels- och livsmedelsindustrin. Andra exempel är länder med hög relativ fuktighet i atmosfären, havsvattenapplikationer, offshore och kustnära installationer.

I ”alltid” torra miljöer är det inte nödvändigt att avlägsna svetsoxider på utsidan av rostfria rör. Anledningen till detta är att korrosionsreaktionerna förutsätter en vätskefilm på ytan. Men man skall vara medveten om att kvarvarande svetsoxid i sig innebär att säkerhetsmarginalen mot korrosionsangrepp har minskat om förutsättningar uppstår så att ställytan framöver hamnar i en våt, fuktig miljö. Detta betyder att kondensfilmer på utsidan av rörstråk innebär en osäkerhet ur korrosionssynpunkt.

Inverkan av spalter på rostfria stål – spaltkorrosion

Spaltkorrosion är en vanlig form av ett lokalt korrosionsangrepp på rostfritt stål. En spalt bildas när två ytor är i omedelbar närhet till varandra. Den ena ytan kan vara icke-metallisk, exempelvis ett isoleringsmaterial. Vätska tränger in i spalten, oftast genom kapillärkrafter.

Den elektrokemiska mekanismen för spaltkorrosion i neutrala lösningar förklaras av en störd balans mellan anodreaktionen (metallupplösning) och katodreaktionen (syre-reduktion). Eftersom lösningen i spalten är stillastående så utarmas lösningen efterhand på syre genom katodreaktionen. Frånvaron av konvektion begränsar tillskott av nytt syre. Underskottet av syre i spalten kommer att leda till en så kallad ”syrekonzentrationscell” eller luftningscell, som i sin tur skapar en potentialskillnad mellan ytor innanför och utanför spalten.

Anodströmmen blir nu högre än katodströmmen, och nettoströmmen leder till metallupplösning, korrosion. Anodreaktionens metallupplösning bygger upp en hög koncentration av positivt laddade joner (järn, krom, nickel etc). För att balansera detta så kommer negativt laddade joner, företrädesvis kloridjoner, att transporteras in i spalten och bildar metallklorider med metalljonerna.

Efterhand kommer den elektrokemiska potentialen inne i spalten alltmer att öka. När värdet överstiger den kritiska spaltkorrosionspotentialen så initieras ett angrepp, vilket i sin tur påbörjar en autokatalytisk accelererande reaktion. De aggressiva förhållandena inne i spalten kommer nu kontinuerligt att öka. Genom hydrolys blir miljön mer sur och pH sjunker kraftigt. Detta leder till en mycket hög korrosionshastighet. Återpassivering av stålet, alltså återuppbyggnad av skyddsfilmen, blir alltmer osannolik.

Kloridjonen är känd som en av de mest aggressiva jonerna som har förmåga att bryta igenom och förstöra den skyddande passivfilmen. Man kan i en spaltvolym fastställa kloridkoncentrationer på tiotusentals ppm (mg/l) och ett pH värde som understiger 1. Detta samtidigt som vätskemiljön utanför spalten är neutral (pH ca 7-8) och kloridkoncentrationen endast 10 ppm.

Anodarean är mycket mindre än katodarean. Detta ofördelaktiga anod-katod-förhållande leder till mycket hög korrosionshastighet vid anoden. Lokala angrepp innebär att strömutträdet per areaenhet (korrosionshastigheten) är mycket hög. En rörvägg i rostfritt stål kan på detta sätt perforeras på mycket kort tid. Därför försöker man designa konstruktioner i rostfritt stål med så få spalter som möjligt.

Ytor inne i spalter är inte synliga för ögat, varför spaltkorrosionsangrepp är mycket svåra att upptäcka innan det är för sent. Några vanliga exempel där spalter uppstår på rostfritt stål är flänsar i rörsystem, stålytor vid packning i en plattvärmeväxlare, resultatet av ett dåligt utfört svetsarbete och stålytor under beläggningar, exempelvis isolering. De två sist nämnda är aktuella i detta projektarbete.

Korrosionsrisken ökar också med ökande temperatur och ökande koncentration av aggressiva ämnen. Finns mer än en aggressiv komponent så interagerar dessa och leder vanligen till synergieffekter.

Av ovanstående beskrivning förstår man att både gropfrätning och spaltkorrosion är svåra att stoppa efter det att ett angrepp initierats. Desto längre ett angrepp har pågått, desto svårare är det att stoppa. Det är också nästintill omöjligt att försöka rengöra en konstruktion noggrant, eftersom den aggressiva lösningen är dold i håligheten, spalten. Känsligheten för spaltkorrosion är alltid högre än känsligheten för gropfrätning.

Andra försvårande faktorer för spaltkorrosion är det faktum att lösningen är stillastående inne i spalten. Stagnanta förhållanden är skadligt, bl a för att syre förbrukas och genom indunstning leder till anrikning av aggressiva ämnen. Efterhand saknas möjlighet för att kunna upprätthålla passivfilmen på den rostfria ytan.

Korrosionshårdigheten ökar med ökande halt av krom och molybden i legeringen. Även kväve har en positiv inverkan. Val av ett mer höglegerat och korrosionshårdigt rostfritt stål innebär att man kan acceptera mer aggressiva förhållanden och vice versa.

Isoleringsmaterialens inverkan på korrosionshårdigheten samt risk för spänningskorrosion

Risken för spaltkorrosion är uppenbar för isolerade rostfria rör om rätt miljö infinner sig mellan stålytan och isoleringen.

Det är viktigt att:

1. ett isolerat rostfritt rörsystem kan garantera att varken vätska eller fukt kan tränga in och ansamlas mot stålytan (glipor, dålig limning, inträngning från ytan etc.)
2. isoleringen i sig inte utlöser ämnen som kan bilda aggressiva innesluta vätskefilmer mot den rostfria ytan

Fukt kan tränga in via isoleringen, inte bara genom kondensbildning utan även rent fysiskt via skarvar och dålig tätning. Innesluten aggressiv lösning i spalten mellan isolering och rörsystemets utsida kan leda till spaltkorrosion och i värsta fall spänningskorrosion (stress corrosion cracking, SCC). Visserligen är svetsområden mer utsatta för spänningskorrosion, men även öppna stålytor drabbas vid tillräckligt aggressiva förhållanden.

Viktiga kompletterande frågeställningar för det aktuella projektet att besvara är huruvida kondens förekommer på stålytor under isolermaterial (exempelvis Armaflex), och om utlösning av aggressiva ämnen förekommer från själva isolermaterialet.

Fuktens (vattenångans) väg genom isolering sker via en strävan att utjämna det högre partialtrycket för luftens vattenånga på utsida isolering och det lägre partialtrycket på insida isolering mot stålytan. Denna ångtrycksskillnad leder till ångdiffusion genom isolermaterialet.

Sjunker temperaturen i den diffunderande vattenången under daggpunktstemperaturen kondenserar ången till vatten.

Är isoleringen dåligt monterad är goda produkttegenskaper en bortkastad investering. Exempelvis gäller att när man isolerar runt pumpar, ventiler, filter och andra mer komplicerade geometriska detaljer, så måste man ta hänsyn till att det uppstår små hålrum innanför isoleringen. Man skall alltså beakta om kondens kan bildas i hålrummen och om dessa måste fylla ut.

Vid isolering av speciellt kalla installationer måste man vara uppmärksam på risken att fukt tränger in i isoleringen. Vatten alternativt is bildas på ytor där temperaturen är lägre än daggpunkten. Kondens kan enbart förhindras om yttemperaturen på isoleringen överallt på det isolerade objektet är högre än den omgivande luftens daggpunktstemperatur. Korrekt beräknad isolertjocklek krävs för att få optimalt skydd mot kondensbildning.

Förutom att fukt i isoleringen försämrar isoleringsförmågan, så kan kondens orsaka korrosion på installationen

Att specificera rätt isolermaterial kan reducera korrosionsrisken för ett rörsystem i rostfritt stål. Målet är bland annat att motverka inträngning av fukt, och att undvika utlösning av halogener. Källan till halogener kan vara själva isolermaterialet eller en extern källa. Spänningskorrosion kan uppkomma efter bara ett par års drift om isolermaterialet är kloridkällan. Ur säkerhetssynpunkt är detta remarkabelt då brottet kommer plötsligt och oftast utan förvarning.

Svetsfogar är extra utsatta då kvarvarande restspänningar i svetsen kan initiera spänningskorrosionssprickning (SCC). Ett flertal förutsättningar måste vara uppfyllda för att initiera angrepp genom spänningskorrosion på rostfritt stål. Det rostfria stålet skall vara av typ 300 serien, exempelvis typ 304L 316L, 317L, 321 och 347). Samtidigt skall det finnas yttre dragspänningar och/eller kvarvarande restspänningar och förekomst av en mycket korrosiv vätskefilm på ytan.

Tillverkare av isoleringsmaterial har p g a korrosionsrisken tagit fram ett alternativt halogenfritt isoleringsmaterial. Tillverkare skall ange ett gränsvärde på halogenhalt i isolermaterialet som inte får överskridas.

Bilaga 2

2014-03-28

Enkät

Namn, Företag: _____

Email och tel: _____

Huvudfrågan är att ta ställning till om det finns en risk för korrosionsangrepp och läckage om man efter montagesvetsning (TIG) inte mekaniskt avlägsnar högtemperatur-/svetsoxid på **utsidan** av rör för de vanliga rostfria stålen, typ 304L eller typ 316L.

Finns det enligt din uppfattning behov av att i alla lägen avlägsna "putsas bort" kvarvarande svetsoxider på **utsida rör** (ofta isolerade med Armaflex®). Förekommer det miljöer där man inte kan påvisa en ökad korrosionsrisk?

Frågan har ställts från byggbranschen utifrån ett arbetsmiljöperspektiv. Enligt VVS AMA skall svetsfogar "putsas" med hjälp av rengöringsrondeller. Övervägande andel av dessa rondeller är polyuretanbaserade. Vid putsning frigörs isocyanater genom termisk nedbrytning. Svetsarna utsätts även för andra hälsovådliga ämnen vid mekanisk bearbetning av stålytan. Ett flertal yrkesskador har uppmärksammats den senaste tiden.

Vänligen lämna dina synpunkter på nedanstående frågeställningar. Jag välkomnar ditt svar före 11 april.

Bästa hälsningar
Ulf Sender

Swerea KIMAB AB
Box 7047
SE-164 07 Kista, Sweden

Isafjordsgatan 28 A
SE-164 40 Kista, Sweden

Phone +46 (0)8 440 48 00
Telefax +46 (0)8 440 45 35

kimab@swerea.se
www.swreakimab.se



1. Har du egna erfarenheter av pitting/perforering från utsidan på rostfria rör?
2. Finns det kända (relevanta) skadefall i litteraturen?
3. Hur gör man i andra länder? Standards, byggdirektiv etc. Förekommer krav på mekanisk efterbehandling av svetsoxid på utsidan?
4. Hur inverkar kondens på utsidan svetsade rör med svetsoxider med och utan isolering (Armaflex t ex) ?
5. Kommer kvarblivna svetsoxider i "snäll" inomhusmiljö leda till korrosionsangrepp? (exempelvis i fastigheter som inrymmer kontor, butiker, kylcentral för komfortkyla i en källarvåning).
6. Vid vilka korrosiva miljöer/speciella verksamheter SKALL man ställa krav på att svetsoxid avlägsnas? (exempelvis simhallar, tung kemisk industri, läkemedel/livsmedel, kärnkraftverk ...)
7. Är det mest estetiska krav som är avgörande?
8. Hur inverkar damm, smuts, klorider och grafit(isolering) på utsidan av rostfria rör?
9. Är din uppfattning att man ändå inte uppnår god korrosionshärdighet genom mekanisk putsning p g a:
 - att det ändå kvarstår en kromutarmad zon
 - att det ändå alltid uppstår platser som dels är oåtkomliga för mekanisk efterbehandling
 - att det dels förekommer främmande järn under byggnadskedet som deponeras på den rostfria ytan

Swerea KIMAB AB
Box 7047
SE-164 07 Kista, Sweden

Isafjordsgatan 28 A
SE-164 40 Kista, Sweden

Phone +46 (0)8 440 48 00
Telefax +46 (0)8 440 45 35

kimab@swerea.se
www.swereakimab.se

