

## Rapport till

# Sodahuskommittén

Allmänna villkor för användande av Sodahuskommitténs rekommendationer framgår av rekommendation A 3

Nr 2024-1

2024-08-03

## Handledning för svetsning av komponenttuber i sodapannans eldstad

Denna rekommendation är en handledning för reparationssvetsning på plats av komponenttuber i sodapanna i enlighet med Sodahuskommitténs Rekommendation D4. Rekommendation D4 ger fullständig information beträffande all reparationssvetsning.

På uppdrag av Sodahuskommittén har en arbetsgrupp under 2014/2015 sammanställt följande dokument att användas som stöd vid svetsreparation av komponenttuber i sodapannans eldstad. Gruppen har bestått av Peter Viklund och Alf Wiik, DEKRA, Anders Leijonberg, Inspecta, Erik Ågren och Lasse Koivisto, Andritz, Hans Jörgensen och Peder Elden, Valmet, samt Fredrik Bruno. Gruppens arbete finns även presenterat under Sodahuskommitténs hemsida / Rapporter, nr 2014-3 resp. 2015-2.

Svetsreparationer av komponenttuber har utförts under lång tid i det svensk-norska beståndet av sodapannor. Många reparationer har utförts med dokumenterat goda resultat. Genom åren har en slags praxis uppkommit, som möjliggjort reparation av såväl sprickbildning som korrosionsskador. Något förenklat är denna praxis baserad på sodapannor från Götaverken med 60 bars driftryck, samt komponenttuber av typ 3R12/4L7 från Alleima resp. tidigare Sandvik SMT. Rekommendationerna har därefter utvidgats att omfatta även reparationssvetsning på komponenttuber med ytterskikt av legeringen Sanicro 38.

Trots att svetsreparationer utförs regelbundet i sodapannan finns tydliga skillnader i hur man förhåller sig till dessa skador. Samma skada kan alltså ge upphov till vitt skilda åtgärder beroende på exempelvis vilken besiktningsman som tittat på skadan, vilken entreprenör som ska reparera den, på vilket bruk skadan uppkommit och så vidare.

**Tabell 1.** Frågeställningarna bakom dessa rekommendationer.

- 
- 1) Hur många upprepade reparationer får genomföras på samma position?
  - 2) Hur stora ytor får svetsrepareras (begränsningar)?
  - 3) Skillnader i skadetyper (spricka/korrosion, sprickdjup)
  - 4) Skador begränsade till det vita skiktet
  - 5) Minsta tillåtna avstånd mellan reparationer?
  - 6) Krav på dokumentation för kommande inspektion
  - 7) Ytterligare begränsningar (vilka skador ska inte repareras)?
  - 8) Åtgärder efter svetsning
  - 9) Arbetsprov innan svetsning
  - 10) Uttag av tubprover
-

## 1 Rekommendationer för svetsreparation av komponenttuber

Beaktade ytterkomponenter är 304L/3R12 och Sanicro 38. I den mån andra högre legerade ytterkomponentmaterial skulle bli aktuella bör även då nedanstående rekommendationer tillämpas, men särskild hänsyn måste då tas till att tillräcklig tidigare erfarenhet saknas och att ytterligare tillsyn kan vara nödvändig. Vid svetsreparation kan dessutom Rekommendationerna D3 och D4 i sin helhet vara tillämpliga.

## 2 Förutsättningar för genomförandet av svetsarbetet

Det svetsande företaget skall alltid ha en gällande WPS för reparationssvetsningen.

Svetsaren skall alltid ha giltigt intyg från svetsarprovning.

## 3 Särskilda begränsningar, överhettade tuber

Komponenttuber med bulor eller andra lokala svällningar som beror på för hög temperatur skall alltid bytas. Också då komponenttuben efter rengöring uppvisar missfärgning (svart yta) bör tuben alltid bytas, se exempel nedan. Överhettade områden föranleder alltid särskild utredning om vad som orsakat dem.



Fig. 1. Missfärgade områden (svart yta) på det rostfria skiktet som kräver tubbyte på grund av risk för vattensidig korrosion.

Bulor och liknande som är att betrakta som mekanisk misshandel repareras efter behov, intryckningar mindre än 1 mm djupa kan man ofta overse med.

## 4 Åtgärder före svetsning

Påsvetsning av befintliga komponenttuber (speciellt om de är av typ Sanicro 38 eller högre legerat) i en sodapanna ställer särskilt stora krav på rengöring före svetsning. Svavelhaltiga föroreningar, antingen i form av sulfider på den yta som skall svetsas eller som sulfat/sulfiddamm på svetsstället kommer ovillkorligen att medföra en mycket stor risk för stelningssprickor i svetssträngen när det smälta tillsatsmaterialet stelnar.

## 5 Antalet upprepade reparationer på samma position

Vid upprepade skador på samma position rekommenderas att antalet reparationer begränsas till maximalt 3 gånger. Begränsningen till högst tre reparationssvetsningar innefattar även sprickbildning som uppkommer vid reparationssvetsning och beror på att efter varje omsvetsning har det bärande tvärsnittet minskat som en följd av inträngningsdjupet när man lägger svetssträngen. Ytterligare omsvetsningar får utföras endast om en dokumenterad teknisk utredning visar att detta kan genomföras på ett säkert sätt.

Vid misstankar om att positionen redan har svetsreparerats 3 gånger eller fler, skall tubbyte övervägas. Tubbyte skall också övervägas om det finns misstankar om att tidigare reparation, eller reparationer, utförts på ett felaktigt sätt. För ytterligare reparation krävs då en teknisk utredning på liknande sätt som ovan.

## 6 Begränsningar i hur stora ytor som får svetsrepareras

Erfarenheten visar att ytor upp till 75mm x 50 mm på golv och vägguber kan repareras på ett säkert sätt. Även svetsreparation av fenor och fensvetsar omfattas av ovanstående storleksbegränsning. Flera mindre skador inom detta område klassas som ett sammanhängande skadeområde. Svetsreparation av större ytor får utföras om en teknisk utredning visar att detta kan genomföras på ett säkert sätt. Det tekniska underlaget skall då sparas. Risken för alltför höga kvarvarande restspänningar i tubens längsled bör beaktas i svetsproceduren. Tuben kan annars bli krokig/deformerad.

## 7 Reparationssvetsning på blottade ytor.

Vid lokal avfrätning av det rostfria skiktet så att underliggande stålkomponent blottläggs, får svetsreparation endast utföras om dess godstjocklek överstiger den minsta tillåtna godstjockleken enligt Diagram 2 i Rekommendation D4, paragraf 10.15, d.v.s. att kvarvarande godstjocklek är minst enligt Sodahuskommitténs Rekommendation D3: ”Minsta godstjocklek hos vattenförande tuber i sodapannor”. dock minst 3 mm.

Vid reparationssvetsning på blottade kolstålsytor eller där det kvarvarande ytterskiktet är så tunt att det underliggande kolstålet kan smältas upp när svetssträngarna läggs, så måste alltid hänsyn tas till uppblandningen basmetall/svetstillsatsmaterial. Metallurgiska problem, som martensitbildning kan uppstå, om olämpliga elektroder väljes. Av den anledningen bör vid all svetsning på compoundtuber hänsyn tas till risken att det underliggande kolstålet påverkas och uppblandas med svetsmältan och svetselektroder väljas därefter. Lämpliga svetstillsatsmaterial finns förtecknade i Bilaga 1 till denna Rekommendation. Svetsning med låg sträckenergi bör eftersträvas, dels så att risken för uppsmältning av innerskiktet begränsas, dels för att undvika metallurgiska problem som stelningssprickbildning. Avsteg härifrån ger en betydande risk för varmsprickor/stelningssprickor i svetsgodset. Detta gäller särskilt för svetsning av Sanicro 38-

## 8 Arbetsprov innan svetsning

Om någon part så önskar ska varje enskild svetsare genomföra ett godkänt arbetsprov. Arbetsprovet utförs på en motsvarande compoundtub med liknande geometri och svetsläge på skadan. Den kvarvarande godstjockleken efter nedslipning, men innan påsvetsning, skall dokumenteras. Efter svetsning snittas tuben tvärs svetssträngens riktning och undersöks visuellt och med kopparsulfat med avseende på inträngningsdjup och geometri. Inträngningsdjupet skall alltid vara så litet som möjligt. Godkänt arbetsprov skall dokumenteras och om möjligt sparas till nästa stopp.

Det är viktigt att behålla tubens väggstjockleksfördelning även vid compoundreparationer:

-dels en tjockare tryckbärande del av ferritiskt stål, som P265GH eller 16Mo3.

- dels ett tunnare korrosionsskydd av 3R12 alternativt Sanicro 38 eller högre legerat.

Om så inte är fallet kommer tubspänningsförhållandena att bli ogynnsamma. Det yttre korrosionsskyddande skiktet får inte vara tjockare än 30% av den totala vägg tjockleken.

## 9 Risk för materialförväxling

Eftersom komponenttuber med Sanicro 38 är betydligt mindre ofta förekommande i sodapannor än komponenttuber med 304L (Sandvik/Alleima 3R12/EN 1.4306) och eftersom båda sorterna då i allmänhet förekommer samtidigt bredvid varandra i pannan, så måste man beakta risken för materialförväxling. Risken för materialförväxling är då stor.

Ofta förekommer också komponenttuber med någon tredje ytterkomponent, t.ex. tuber avsedda för överhettare med Sanicro 28 eller Sanicro 67 (= Alloy 690), vilket kan ge materialförväxling vid uttag av ersättningsmaterial från förrådet. Pannägaren måste tydligt informera besiktningsorganet och entreprenörer om vilka material som förekommer och var de sitter.

Ett exempel på allvarlig materialförväxling kan också vara att använda svetselektroder avsedda för 304L när man svetsar på Sanicro 38.

## 10 Påsvetsning av partier med tunt kvarvarande komponentskikt

Om det kvarvarande komponentskiktets tjocklek är för liten måste hänsyn tas till att också delar av det underliggande lastbärande skiktet kan komma att påverkas negativt. Det innebär i så fall att man inte kan utnyttja hela det kvarvarande innerskiktet som lastbärande, utan att man måste göra avdrag både för den tjockleksförlust som uppstår genom uppsmältningen och för den sänkta hållfasthet man kan förvänta i den värmepåverkade zonen. Normalt bör därför tjockleken på det korroderade komponentskikt, som behöver bättras på, inte vara tunnare än 0,5 mm för att man inte skall behöva räkna av på tjockleken för det lastbärande skiktet – om man tar hänsyn till den ovan beskrivna dolda övertjockleken för det lastbärande skiktet i förhållande till den nominella tjockleken enligt materialcertifikatet.

Om skillnaden mellan den nominella tjockleken ( $\epsilon$ ) och den minsta tillåtna tjockleken  $\epsilon_{ct}$  (f.d.  $s_{min}$ ) är större än 0,5 mm kan ett motsvarande tunnare komponentskikt accepteras. Minsta tillåtna lastbärande tjocklek på det ostörda innerskiktet måste då beaktas. Vanligt vid sodapannor med höga tryck är emellertid att det lastbärande skiktets hållfasthet är maximalt utnyttjad gentemot den nominella tjockleken redan från början. Har man utnyttjat tuben så extremt, så kan ingen ytterligare påverkan på det skiktet överhuvudtaget accepteras, d.v.s. är då komponentskiktet för tunt ( $< 0,5$  mm) så måste i sådana fall tuben bytas.

Alla skador i ytterskiktet vilket medför en kvarvarande skikt tjocklek på mindre än omkring 1 mm bör dokumenteras och följas upp vid kommande avställningar. Detta gäller även skador som inte medför en omedelbar åtgärd.

Om tidigare observationer visar på ett snabbt skadeförlopp, även beaktat kommande driftperiod, då skall orsaken till detta utredas och skadeförebyggande åtgärder vidtagas.

Vid påsvetsning av tuber inne i luftportar måste hänsyn också tas till passningen av luftportsdysan.

## 11 Skador i form av sprickbildning

Sprickor i ytterskikt av Sanicro 38 har större benägenhet att även gå in i det underliggande innerskiktet jämfört med sprickor i ytterskikt av 304L/Sandvik/Alleima 3R12. Det beror på att det är olika sprickbildningsmekanismer som orsakar en normalt mer utbredd sprickbildning i 3R12 jämfört med vad som ger upphov till djupa smala sprickor i komponenttuber med Sanicro 38.

Samtidigt är risken för att råka ut för sprickbildning i ytterskiktet mycket mindre för Sanicro 38-tuber, men i gengäld kan påbörjad sprickbildning då tränga mycket djupare.

Det är därför än viktigare för Sanicro 38 att det verifieras att sprickorna inte går in i innerskiktet. Alternativt bör ett tubbyte övervägas.

Sprickor som bildas i svetssträngarna under svetsning med svetselektroder av Sanicro38-typ är ytterligare en skadetyper (stelningssprickor / ”varmsprickor”), vilken kan vara mer godartad, de sprickorna förväntas inte tränga in i den underliggande ferritiska stålkomponenten. De kan ändå inte lämnas, utan bör repareras före återstart av pannan.

Om den årliga besiktningen visar att sprickor uppstått i ett tidigare svetsreparerat område (sprickorna har uppstått under drift), rekommenderas att tuben byts

Om det skulle förekomma att sprickor genom det rostfria skiktet fortsätter in i innerskiktet skall tuben bytas. Detta gäller såväl ytterskikt med 304L/3R12 som med Sanicro 38, eller annat mer legerat material. Materialteknisk expertis bör då också alltid konsulteras.

## 12 Minsta tillåtna avstånd mellan reparationer

I tubens längsriktning rekommenderas att minsta tillåtna avståndet mellan två närliggande svetsreparationer inte understiger storleken på den största reparationen. Tätare reparationer får utföras om en teknisk bedömning visar att detta kan genomföras på ett säkert sätt.

Det finns inga avstånds begränsningar i tubens omkretsriktning.

## 13 Åtgärder efter svetsning

I görligaste mån rekommenderas att det svetsreparerade området slipas till tubens ursprungliga form. Mjuka övergångar mellan tub och svetsreparation är ett krav för att minimera risken för sprickbildning. Slipningen bör dock inte vara så perfekt så man inte kan hitta området igen. Vid t.ex. luftportar och böjar är det högre krav på ett jämnt slipresultat än på raktuber. Detsamma gäller även vid positioner som tidigare har varit utsatta för sprickbildning.

Penetrantprovning skall utföras på hela det svetsreparerade och slipade området, samt på angränsande ytor. Provning på angränsande ytor görs på ett område motsvarande svetsreparationens storlek, dock minst 1 cm runt det svetsade området.

Kopparsulfatstest skall utföras på det svetsreparerade och slipade området.

Tjockleksmätning med ultraljud skall utföras på den svetsreparerade och slipade ytan, resultaten skall dokumenteras för framtida revisioner.

Totaltjockleken på den reparerade ytan ska mätas. Eftersom man vet tjockleken innan svetsreparationen får man en god indikation på tjockleken på den lagda svetsen. Eftersom det är vanskligt att få korrekta tjockleksmätningar på påsvetsade och slipade tuber skall rimligheten i resultaten bedömas. För tjocka pålagda skikt bör alltid undvikas pga risken för utmattningsspänningar orsakade av temperaturrecyklning.

Det är viktigt att behålla tubens väggtjockleksfördelning även vid compoundreparationen, annars kommer tubspänningsförhållandena att vara ogynnsamma:

- en tjockare tryckbärande del av ferritiskt stål
- ett tunnare korrosionsskydd av den rostfria komponenten.

Det yttre korrosionsskiktet bör därför inte vara tjockare än 30% av den totala väggtjockleken, vilket innebär **högst 2,1 mm för svetsgods i EN 1.4332 (en något fetare A 309L) för en konventionell 63,5 mm** compoundtub. För Sanicro 38-tuber kan skiktet vara några tiondels mm tjockare, eftersom längdutvidgningskoefficienten  $\lambda$  och värmediffusionskoefficienten  $\kappa$ ,  $m^2/s$ , är mer lika det ferritiska stålets (som SA 210-A1/EN 1.0425/P265GH).

Utänför det svetsreparerade området ska antingen skiktjockleksmätvärden tas, alternativt prov med kopparsulfat för att verifiera att inte det underliggande ferritiska stålet är blottat.

## 14 Dokumentation för kommande inspektioner

Skadan och/eller reparationen skall dokumenteras genom foto, skiss eller motsvarande så den kan återfinnas och följas vid efterkommande revisioner.

Resultatet från tjockleksmätning av innerskikt respektive rostfritt skikt, mätt vid den djupaste nedslipningen, skall dokumenteras för framtida revisioner.

## 15 Uttag av tubprover

Vid uttag av tubprov skall dess position, historik och drifttid dokumenteras, samt vattensidan och rökassidan undersökas med avseende på:

1) Vattensidans status i enlighet med Sodahuskommitténs rekommendation C12.

Tecken på hetvattenoxidation på vattensidan (utbredd längsgående gropbildning) skall alltid uppmärksammas.

2) Allmän metallografisk undersökning av såväl innerskiktet som det rostfria skiktet innefattande:

- Hårdhetsprovning
- Mikroskopi på det rostfria skiktet före etsning
- Avkolning/uppkolning av bindzonen, samt eldstadssidan
- Mikrostruktur hos kolstål och rostfritt skikt

Resultat från tubprovsundersökningar från komposittuber med Sanicro 38 ytterskikt ombeds att skickas in till Sodahuskommittén för att bygga upp en större erfarenhetsbank av svetsreparationer.

## 16 Exempel på svetsreparationer

(här utförda i komposittuber med Sanicro 38)



**Fig. 2.** Exempel på färdig påsvetsning av ett område av omkring 75x50 mm (den största rekommenderade lagningsytan).



**Fig. 3.** Ett exempel på hur man slipat övergången mellan svetsen och tuben för att minska spänningskoncentrationerna. Sida 8 av 9

© Sodahuskommittén Rapport 2015-2 Påsvetsning av Sanicro 38



**Figur 4.** Ett annat exempel där man valt att slipa påsvetsningen ännu mer jämn, men ändå behållit en oslipad del för att underlätta framtida av lokaliseringsmöjligheter.

## **Ansvarsfriskrivning**

Denna rapport är sammanställd år 2014 av Sodahuskommitténs ad hoc-grupp för svetsrekommendation av compoundtuber, se Rapport till Sodahuskommittén nr 2014 – 3.

Detta dokument utgör endast ett dokument över vad som förekommit vid möte med medlemmar i Sodahuskommittén. Informationen i detta dokument är enbart avsedd för Sodahuskommitténs medlemmar. Det är upp till varje medlem eller annan part som tar del av innehållet i dokument att på egen risk och eget ansvar följa de rekommendationer och riktlinjer som i förekommande fall kan anses följa av dokumentets innehåll. Sodahuskommittén frånskriver sig allt ansvar för fel och skada oavsett orsak som kan följa av att rekommendationer eller riktlinjer följs. Det är upp till varje medlem eller annan part att själva, i sin riskbedömning, avgöra om man vill följa Sodahuskommitténs rekommendationer och riktlinjer. Det åligger varje medlem eller annan part att, vid tillämpningen av rekommendationer och riktlinjer, stämma av med tillämpliga myndigheter att rekommendationerna och riktlinjerna är i överensstämmelse med gällande rätt och andra föreskrifter.