

Rekommendation från

Sodahuskommittén

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

Nr D 4

Utgåva 6, 2022-03-31

Reparations - och underhållssvetsning i sodapannor

Med anledning av de krav som måste ställas på sådant svetsarbete, som utförs i sodapannor har Sodahuskommittén utarbetat nedanstående rekommendationer för reparations- och underhållssvetsning av tryckdelar i sodapannor.

Rekommendationerna är avsedda att utgöra en komplettering till de föreskrifter och råd som ges i tillämpliga delar av Arbetsmiljöverkets kungörelser AFS 2016:1 (Tryckbärande anordningar), AFS 2017:3 (Användning och kontroll av tryckbärande anordningar), och i den svenska och europeiska standard de hänvisar till.

Rekommendationerna får inte betraktas som så kompletta vad avser alla detaljer som måste beaktas vid ett enskilt arbete, att de skulle ersätta utarbetade arbetsprocedurer och svetsinstruktioner. De avser inte heller att ta över entreprenörs, leverantörs eller myndighets ansvar och befogenhet.

Hänvisningar

Föreskrifter:

Föreskrifter i Arbetsmiljöverkets kungörelser om tillverkning och användning av tryckbärande anordningar (AFS 2016:1 och AFS 2017:3) och de föreskrifter till vilka de hänvisar skall alltid följas.

Standard:

SS-EN 12952-serien med särskilda Annex i delarna 2, 5, 6, 7 och 8, revision år 2022

SS-EN ISO 1011: Rekommendationer för svetsning av metalliska material, del 1-5.

SS-EN ISO 15 607 – 15 614: Kvalificering av svetsprocedurer, svetsare etc.

SS-EN ISO 3834: Kvalitetskrav vid smältsvetsning, del 1-5

SS-EN ISO 5817: Smältsvetsförband i stål, nickel, titan och dess legeringar.

SS-EN ISO 9606: Svetsarprovning, del 1-5

SS-EN ISO 9692-1:2013: Rekommendationer för svetsfogar, manuell metallbågs svetsning.

SS-EN ISO 10 893: Oförstörande provning av stålrör, del 1-8.

SS-EN ISO/TR 15608: Gruppering av stålsorter

För övriga standarder, se rapport 2021-3

Rekommendationer:

Sodahuskommitténs rekommendation D3, ”Minsta godstjocklek hos tuber i sodapannor ”

Innehåll

1	Föreskrifter och standard	3
2	Ackreditering	3
3	Svetsmetoder och tillsatsmaterial.....	3
4	Accepterade svetsmetoder.....	4
5	Svetsbetingelser	5
6	Ersättningsmaterial.....	7
7	Utförande	7
8	Stutsar och tubinfästningar i domar och lådor.	10
9	Kompoundtuber	12
10	Lucksvetsning	19
11	Underhåll av stift, täck- och triangelplåtar m.m.	20
12	Bockning av tuber	21
13	Värmebehandling efter svetsning.....	22
14	Kontroll	22
15	Gjutjärnsekonomisrar.....	24
16	Tryckkontroll	24
17	Dokumentation.....	25
18	Handledning för svetsreparation av komponenter i sodapannans eldstad	26
	Bilaga 1: Standarder för tillämpligt svetsmaterial.	35

1 Föreskrifter och standard

De regler, som gäller för svetsning av tryckkärl i Sverige, är framförallt Arbetsmiljöverkets föreskrifter AFS 2016:1 samt AFS 2017:3. AFS 2016:1 utgör tillämpningen i Sverige av EU:s Tryckkärlsdirektiv (PED, dvs. Europaparlamentets och rådets direktiv 2014/68/EU).

Föreskrifterna har status som lagtext enligt 18 § arbetsmiljöförordningen (1977:1166) och 6 § andra stycket förordning (2011:811) om ackreditering och teknisk kontroll.

Sodapannan inklusive överhettare och ekonomiser räknas till kategori IV enligt 9 § (Klassning av tryckbärande anordningar) och bilaga 2 (Diagram för bedömning av överensstämmelse) i Arbetsmiljöverkets kungörelse för Tryckbärande Anordningar, 2016:1. Den klassningen gäller också icke avstängbara tillbehör i form av tryckkärl och rörledningar direkt anslutna till pannan, t.ex. impulsledningarna till strömningsmätningens pitotrör, Dolezalkylare, vattenståndsställ etc.

De krav som ställs i dessa AFS:ar uppfyller man lämpligen genom att tillämpa de harmoniserade (alltså i överensstämmelse med direktivets krav) konstruktions- och tillverkningsstandarderna i serien SS-EN 12952 del 1-18 för ”vattenrörpannor” (det är den kategori till vilken sodapannorna räknas, senaste reviderade utgåvor är från 2022). För sodapannor finns det i SS-EN 12952-serien dessutom särskilda Annex i delarna 2, 5, 6, 7 och 8. Dessa annex är normativa, dvs. tvingande.

2 Ackreditering

2.1 För svetsarbete på tryckbärande anordning krävs en skriftlig svetskvalificering ”WPAR/WPQR”, där även det tillsatsmaterial som får användas specificeras. Den skall vara utarbetad/godkänd av en person med IWE-behörighet. (se SS-EN ISO 14731).

2.2 Det svetsande företaget skall ha till sig knutet en behörigen utbildad och ackrediterad svetsansvarig person. Denne skall ha en IWE-examen (International Welding Engineer).

2.3 Vid reparation eller ändring av besiktningspliktig tryckbärande anordning skall alltid ett anmält organ (notified body) kontaktas (se AFS 2017:3, Kap. 5, 1 §).

2.4 Sodahuskommittén rekommenderar dessutom att mer omfattande och komplicerade svetsningsarbeten utförs i samråd med panntillverkare och kontrollorgan.

3 Svetsmetoder och tillsatsmaterial.

3.1 För alla enskilda svetsarbeten på tryckbärande delar skall det sedan finnas en utarbetad svetsprocedur, ”WPS”. Det svetsande företaget ansvarar alltid för att den svetsmetod och det tillsatsmaterial de väljer är lämpligt valt.

En svetsprocedur är unik för det svetsande företaget, så man får inte hänvisa till något annat företags svetsprocedur. Svetsproceduren skall vara underskriven av en behörig svetskunnig person, dvs med

IWE-behörighet. För svetsprocedurprovning och svetsarprovning gäller beroende på typ av svetsprocedur någon av SS-EN ISO 15609-1, SS-EN ISO 15610, SS-EN ISO 15611, SS-EN ISO 15612, SS-EN 15613 resp. SS-EN ISO 15614-1 samt för svetsarprovning SS-EN ISO 9606-1 eller provning av svetsoperatörer SS-EN ISO 14732:2013. Härutöver finns också krav på svetsprocedurens innehåll i kapitel 6 i SS-EN 12952-6:2022.

3.2 Giltighetstiden för svetsarprovning skall beaktas. Observera att ett utgången intyg om svetsarprovning kan medföra att arbetet kan behöva göras om.

3.3 Beträffande val av svetselektroder, se Bilaga 1.

3.4 Reparationer och ändringar bör planeras och utföras med hänsyn till de värmebelastnings- förhållanden som de kan bli utsatta för i en sodapanna, t.ex. genom värmespanningar eller kraftig korrosion. Det kan gälla t.ex. fenor eller infästningsöron, membran mellan tuber eller svetsar mellan eldstadtuber och pannans balkkonstruktion. Ibland kan s.k. avväxlingsplåtar, som t.ex. mellan tuber och inhållningsbalkar vara en lösning.

4 Accepterade svetsmetoder

4.1 Av Sodahuskommittén accepterade svetsmetoder för tryckbärande svetsar är enligt paragraf 4.1.1, 4.1.2 och 4.2.

För påsvetsning av membran, täck- och triangelplåtar, fenor och liknande får även MIG/MAG-metoder enligt paragraf 4.3 användas, samt för reparation av stift bågultsvetsning enligt paragraf 4.4.

4.1.1 Bågsvetsning med belagd elektrod

Ett stort problem vid svetsning är risken för vätesprickor orsakade av fukt från elektrodhöljet. Därför kan endast belagda elektroder med ett väl torkat basiskt hölje rekommenderas, se paragraf 5.1. Rutilelektroder och cellulosaelektroder kan av samma anledning inte anses lämpliga för användning på sodapannans tryckkärlsdelar.

4.1.2 TIG-svetsning med argon som skyddsgas.

Annan skyddsgas kan ifrågakomma.

4.2 Vid montagesvetsning i panna föreslår Sodahuskommittén svetsning av rotsträng med TIG-svetsning enligt paragraf 4.1.2 och uppfyllning med bågsvetsning med belagda elektroder enligt paragraf 4.1.1 ovan.

4.3 Sodahuskommittén rekommenderar tillsvidare att MIG- och MAG-svetsning inte används för reparations- och underhållssvetsning av tryckbärande svetsar. Däremot kan de användas för påsvetsning på tuber av fenor, membran och liknande detaljer.

4.4 Bågultsvetsning (bränn- eller stuksvetsning eller liknande svetsmetod) av stift för underhåll och reparation skall vara dokumenterad med i förväg utförda svetsprover (för dessa svetsar gäller SS-EN ISO 14732 och SS-EN ISO 15612). Se även SS-EN ISO 14555.

4.5 Även för svetsning, som enbart berör utsidan av tryckbärande del, skall det finnas en godkänd och underskriven svetsprocedur ”WPS”.

4.6 Sodahuskommittén avråder helt från skarvning med bränn- eller stuksvetsning av tuber i eldstaden, ekonomiser eller i överhettaren (jfr SS-EN 12952-5:2022, Annex E, § A.2, som här avviker från Sodahuskommitténs rekommendation)

4.7 Sodahuskommittén avråder helt från gassvetsning med nuvarande teknik.

4.8 Sodahuskommittén avråder från användningen av permanenta rotstöd, ”backing rings” vid skarvsvetsning av tuber i sodapannan (p.g.a. risk för korrosion på vattensidan).

4.9 Där tillfredsställande dokumentation och erfarenhet föreligger kan avvikelser från ovan nämnda rekommendationer i vissa fall ändå motiveras. Sodahuskommittén rekommenderar dock att svetsning med andra metoder än de som nämnts ovan inte sker utan föregående samråd med den svetsansvarige och med anmält organ samt, vid legerade stål, med materialtillverkare.

5 Svetsbetingelser

5.1 Höga vätehalter i svetsgods och HAZ kommer oftast från användning av svetselektroder som inte är tillräckligt hårt torkade. Vid bågsvetsning med belagd elektrod skall dessa hållas torkade enligt elektrod-tillverkarens anvisningar. Redan under lagring kan elektroderna ta åt sig av luftfuktigheten. Lagringstiden är därför begränsad och beroende av hur den öppnade elektrod-förpackningen förvaras. De flesta plastförpackningar förmår inte hålla fukten ute under längre tid, och i allmänhet finns sista förbrukningstillfälle utan omtorkning angivet på förpackningen.

Öppnade förpackningar bör i möjligaste mån förvaras i lokaler med låg luftfuktighet, vid rumstemperatur helst RH under 50 %. Detta kan vara svårt sommartid, då luftfuktigheten även inomhus blir betydligt högre än så.

Öppnade förpackningar skall förvaras i torrhallare (minimum 75°C) och skall i normalfallet förbrukas inom 8 timmar. Det bästa är om man kan ta elektroderna direkt ifrån torrhallarkärl till svetspistolen utan att ha dem liggande runt omkring sig när man svetsar.

Elektroder, vilka kan antas ha förvarats utanför förpackning eller torrhallare, så att fukthalten i elektrodhöljet har ökat, skall omtorkas enligt tillverkarens rekommendationer. För olika elektrod-fabrikat, förpackningskvalitéer och sammansättningar av elektrodhöljet kan här gälla olika marginaler för vad elektroderna kan utsättas för innan deras halt av fukt i elektrodhöljet blir olämpligt hög.

5.2 Arbetsstället skall vara torrt och fritt från kondenserad fukt. Svetsning får ej ske om stålet är kallare än omgivningen, eftersom det annars föreligger risk för kondensation på stålytan av luftens fuktighet. Ej heller med mindre än att materialtemperaturen hålls över +5°C om omgivningstemperaturen är lägre.

5.3 Sodahuskommittén tillråder rent allmänt att svetsstället värmes något före svetsningen, även där förhöjd arbetstemperatur inte är föreskriven. Se SS-EN 12952-5:2022, § 10.3.1. och § 10.3.2.

5.4 All svetsning skall ske på metalliskt rena ytor, där alla rester av oxider och andra beläggningar avlägsnats. Rengöring skall ske av och kring svetsstället på båda sidor, så att de är torra och helt rena från damm, fett eller olja.

5.5 Beläggningar och oxidskikt i en sodapanna kan innehålla avsevärda mängder svavel, vilket medverkar till uppkomsten av stelningssprickor genom bildning av järnsulfid eller nickelsulfid. Skiktet måste avlägsnas fullständigt genom slipning eller smärgling eller med roterande fil.

5.6 Fogkanterna (eller motsvarande område) skall synas före svetsningen med avseende på lamineringar, slagg eller andra materialfel.

5.7 Stålborstning, även med användning av roterande stålbörste, för rengöring av korroderade metalltytor rekommenderas inte, eftersom stålborstning enbart ger en polering av oxidskiktet.

5.8 Blästring med stålsand eller järnsilikatslagg (fajalit) till Sa3 kan också ifrågakomma. Blästringresultatet måste då särskilt kontrolleras före svetsningens påbörjande.

5.9 Vid blästring med hårda och kantiga blästermedel, t.ex. fajalit, måste uppmärksammas risken för erosionskador på de blåstrade partierna. Blästermunstycket måste hållas i ständig rörelse och på lagom avstånd, så man inte får lokala nederoderade partier.

5.10 Kvantshaltig sand får inte användas utan att risken för lungskador har blivit eliminerad.

5.11 Sodahuskommittén avråder från all grovrengöring och avlägsnande av stelnad smältsoda med bilningsmaskin, korp eller motsvarande mekaniska metoder. Risken för mekaniska skador på tuberna är alltför stor.

5.12 Högtrycksspolning bör användas med försiktighet. Om munstycket inte hålls i ständig rörelse riskerar man att det uppstår lokalt nederoderade ställen. Materialförlusten kan då bli avsevärd även på kort tid.

5.13 Vid svetsningen skall svetsstället skyddas mot damning, eftersom dammet kan äventyra svetsgodsets renhet. Särskilt vid svetsning med tillsatsmaterial med höga nickelhalter är det viktigt att svetsgodset inte förorenas av svavelhaltiga partiklar.

5.14 Svetsstället skall skyddas mot drag och blåst. Vid svetsning med skyddsgas måste tillses, att gasskyddet dels är tillräckligt och dels att det inte blåser bort. Vid svetsning av långa vertikala tuber skall åtgärder vidtagas för att förhindra uppkomsten av luftströmmar inuti tuberna genom skorstensverkan. Pluggar, t.ex. av vattenlösligt specialpapper, kan insättas i de tubändar som ansluts till ångdomen.

5.15 Svetsning bör inte ske på tuber, som inte dränerats från kvarvarande kondensat. Detta gäller även hängande överhettartuber. Den högre avkylningshastigheten kan annars ge upphov till spröda zoner vid svetsen. Dränering kan ske genom punktering, innan man utför svetsningsarbete. Undantag medges om det svetsande företaget har kvalificerat sig med en särskild WPS för att svetsa även tuber som det fortfarande står kondensat i.

5.16 Punkteringen bör ej läggas längst ner i en böj, då det där är svårt att hålla tillräckligt rent för återsvetsningen. Läggs punkteringen högre upp bör utrymmet nedanför dräneras t.ex.

med hävert innan man gör återsvetsningen.

5.17 Efter avslutat montage måste genomloppen kontrolleras.

6 Ersättningsmaterial

6.1 Förutom de godtagna materialen enligt SS-EN 12952-2:2022, § 4.3.2 (tabell A.1 i Annex A) får material enligt samma standard, § 4.3.3 och § 4.3.4 användas, varvid särskild hänsyn skall ha tagits vid utvärderingen till materialets lämplighet för användning i en sodapanna.

6.2 Vattenförande tuber, vilka vid läckage kan ge vatten in i eldstaden skall vara kontrollerade för godtyckliga fel enligt tillämpliga delar av SS-EN ISO 10893.

6.3 Material till fenor och konstruktionsdetaljer, som svetsas fast på domar, lådor eller tuber skall vara minst hel- eller halvtätat konstruktionsstål enligt SS-EN 10025-2, tabell A1 eller motsvarande. Exempel på sådant material är SS-EN 10025-2 stål S235JRG2.

6.4 Stål av s.k. duplex typ (ferrit-austenitiska stål) är inte lämpliga till tryckdelar m.m. i sodapannor p.g.a. ofördelaktiga långtidsegenskaper vid användning över ca 250 °C.

6.5 Nytt material skall, där så inte är uppenbart onödigt, rengöras på vattensidan genom blästring eller annan lämplig metod. Blästring kan ske med stålsand eller järnsilikatsand (fajalit).

7 Utförande

7.1 Svetsarbete på sodapanna och framförallt på dess tryckbärande delar kräver särskild noggrannhet och omsorg. Svetsning av tryckbärande delar till sodapanna skall vara planerad och utförd enligt SS-EN ISO 3834-2 och till kvalitetsnivå B enligt SS-EN ISO 5817 och till tilläggskravet "S" enligt tabellerna § 7.3.5 tabell 5 och § 7.4.1.2 tabell 6 i SS-EN 12952-6:2022.

7.2 Svetsning på tryckbärande delar skall ske mot en godkänd svetsprocedur, WPS. Alla relevanta parametrar skall specificeras i denna svetsprocedur, jfr paragraf 3.1.

7.3 För mer komplicerade svetsarbeten kan krävas arbetsprov, som tar hänsyn till arbetsställningar och åtkomlighet resp. metallurgi och krympspänningstillstånd hos den färdiga konstruktionen (Beträffande arbetsprov, se paragraferna 8.2, 8.13, 9.27, 9.28, 10.2, 10.10 och 16.2 och i handledningen paragraferna 18.1 och 18.9).

7.4 Svetsreparationer i domar och lådor i legerade stål kräver särskild omsorg med hänsyn till de krympspänningar och metallurgiska omvandlingar (t.ex. härdnings- och utskiljningseffekter) som kan uppstå och som dessa kan ha på lång sikt. Svetsarna kan behöva slipas extra noga till jämn yta för att motverka sprickbildning som en följd av framtida tryckkontroller.

7.5 Alla tuber med bulor eller andra lokala svällningar skall alltid bytas. I den mån man upptäcker bulor, otillåtna svällningar (här svällningar om eller överstigande 1% på diametern) eller liknande tecken på otillåten överhettning, så skall även skadorna förtecknas och orsaken till deras uppkomst

utredas.

7.6 Reparationssvetsning av krypskador på överhettarlådor och överhettartuber (och ångledningar) med temperatur över 350°C för stålgrupp 1 och 450°C för stålgrupp 5.1 och 5.2 enligt SIS-CEN ISO/TR 15608:2017 kräver särskilda försiktighetsåtgärder för att inte krypskadorna skall återkomma i ett accelererat tempo.

7.7 Rent allmänt tillråder Sodahuskommittén att all svetsning sker med en viss förhöjning av arbetstemperaturen för att motverka bildning av svetsdefekter. Svetsproceduren bör här mer ta hänsyn till det önskade slutresultatet än till minimikrav enligt gällande standarder.

7.8 Vid svetsning av eller på tuber och lådor legerade med krom och molybden (som t.ex. stål 13CrMo4-5 eller 10CrMo9-10 enl. SS-EN 10216-2) med arteget tillsatsmaterial skall där så är tillämpligt förhöjd arbetstemperatur förekomma (jämför SS-EN 12952-5:2022 §10.3, som i sin tur hänvisar till tabell C.5 i SS-EN 1011-2:2001 med tillägg A1:2004). Miljöförhållandena på plats i en sodapanna är svåra att kontrollera, och även om svetselektroder med lägsta möjliga vätehalt rekommenderas, så rekommenderar Sodahuskommittén därför ändå för svetsning på överhettarlådor >15mm en arbetstemperatur om 150-200°C för stål 13CrMo4-5 och 200-250°C för stål 10CrMo9-10. Även omedelbart anslutande värmebehandling eller att svetsen direkt täcks in med värmeisolerande filtmaterial kan förekomma (se SS-EN 12952-5:2022, § 8.12.3). Vilken åtgärd som används skall framgå av svetsproceduren.

7.9 Vid all svetsning med rostfria/austenitiska elektroder på kolstål eller låglegerade stål skall minst s.k. överlegerade elektroder användas (t.ex. typ 23%Cr/13%Ni), se exempel i Bilaga 1. Normalt föreskrivs här inte någon förhöjd arbetstemperatur, i motsats till när man använder arteget tillsatsmaterial.

7.10 Användning av s.k. intermittent svets skall undvikas, om man istället kan lägga en kontinuerlig längsgående svets.

7.11 Vid skarvsvetsning av tuber, anslutning av stutsar och liknande, skall svetsningen ske med minst två lager, där svetssträngarna har förskjutna start- och stoppställen (se SS-EN 12952-5:2022, § 8.10.3).

7.12 Sodahuskommittén rekommenderar att påsvetsning på vattenförande tuber för att återställa rsprunglig godstjocklek i en sodapannas eldstad endast får utföras under förutsättning att den återstående godstjockleken (hos den lastbärande komponenten) överskrider den minsta tillåtna godstjockleken enligt rekommendation D3, dock minst 3,0 mm. För komponenttuber, se paragraf 9.25.

7.13 Vid svetsning på överhettartuber bör på samma sätt den minsta kvarvarande tjockleken före svetsning motsvara minst den minsta tillåtna tjockleken *ect* (enligt SS-EN 12952-3, kap. 11) plus 1 mm, det senare tillägget för att kompensera för svetsgodsets inträngning.

7.14 Djupare uppslipningar på tuber lika breda eller mindre än två gånger godstjockleken får dock svetsas på samma sätt som om det vore fråga om skarvsvetsning. Notera då paragraf 7.18 alt. paragraf 7.19.

7.15 Rotgapet mellan fogkanter skall i möjligaste mån innehållas, t.ex. genom häftsvetsning eller med mekanisk inspänning. Endast smärre avvikelser från förbestämt rotgap accepteras. Framförallt för stort rotgap medför stor risk för svetsdefekter, t.ex. bindfel. Toleranser för rotgap och rätkant skall specificeras i WPS:en (se SS-EN 12952-5:2022, § 8.5.2). Standardiserade utföranden finns beskrivna i SS-EN ISO 9692-1:2013. S.k. Y-fog, där rätkanterna pressas mot varandra är inte tillåten.

7.16 Också fogkanternas flankvinkel måste vara väl avvägd, så att åtkomligheten till svetsroten inte inskränks. Detta bör särskilt uppmärksammas vid konstruktioner som vid halv V-fog och vid genomgående stutsar. Detta gäller särskilt för den TIG-svetsning som man normalt använder för rotsträngen.

7.17 Häftsvetsar skall utföras så att de ej stör den färdiga svetsen (se SS-EN 12952-5:2022, § 8.5.3).

7.18 Risken för härdning vid häftsvetsning skall beaktas (se SS-EN 12952-5:2022, §10.3.1).

7.19 Rotsträng skall läggas utan onödiga avbrott, dvs annat än för att byta arbetsställning hos svetsaren, för byte av elektrod eller liknande (se SS-EN 12952-5:2022, § 8.12.2)

7.20 Vid stora uppslipningar i godset bygger man successivt på fogkanterna från sidan, så att höga svetsspänningar undviks.

7.21 Skarvsvetsar får inte läggas närmare varandra än vad som motsvarar längden av två tubdiametrar (se SS-EN 12952-5:2022, § 8.12.4)

7.22 Reparation av samma svetsställe bör inte upprepas mer än två gånger. Vid svetsning på tuber bör man därför efter tre misslyckade försök till reparationssvetsning sätta in ett nytt stycke och göra nya svetsar från början. Fler reparationsförsök än tre kan göras, men först efter särskilt övervägande. Vid återkommande sprickbildning i svetsgods eller värmepåverkad zon intill smältgränsen rekommenderas att WPS:en omarbetas.

7.23 Har området varit föremål för svetsreparation tidigare, avgörs på basis av tillgänglig dokumentation om ytterligare reparationer skall accepteras, dock att området svetsas högst tre gånger. Är dokumentationen ofullständig bör tubpartiet bytas.

7.24 Vinkelavvikelse vid skarvning av tuber skall understiga 3° dvs 5 mm per 100 mm (se SS-EN 12952-5:2022, § 8.12.6.)

7.25 Vid återkommande byten och återsvetsning av tuber, t ex vid återkommande löphålstubsbyten, och vid återsvetsning av inspektionsstutsar tillråder Sodahuskommittén att de nya svetsarna förläggs så att man inte senare tvingas svetsa i tidigare svetspåverkat material. Den tidigare skarvsvetsen bör därför från början förläggas till det tubstycket som kasseras. Vid inspektionsstutsar kapas den gamla skarvsvetsen bort och kasseras. ”Stubbarna” bör därför göras tillräckligt långa redan på konstruktionsstadiet

7.26 Vid återsvetsning efter uttag av hålborrade provstycken skall de nya tubrondellerna vara uttagna ur likartade tuber med mekanisk bearbetning. Fogkanterna skall vara fogberedda med kantvinkel, rätkant och rotgap anpassade till svetsmetoden. Svetsen skall röntgas.

7.27 Sodahuskommittén rekommenderar att risken för att det med tiden uppstår sprickor och korrosionsangrepp på baksidan av svetsar lagda direkt mot tuberna beaktas. Vattensidig korrosion kan uppstå på baksidan av svetsöron och svetsar mellan tuber och t.ex. infästningsbalkar eller upphängningsjärn om krafterna i svetsarna blir stora.

7.28 Vid svetsning av konstruktionsdetaljer mot ångpannetuber skall därför beaktas att svetsarna inte bör göras starkare än tubgodset om svetsarna kan bli utsatta för inspänningskrafter. Användningen av avväxlingsplåtar skall i så fall övervägas.

7.29 Vid fastsvetsning av fenor på tuber vid t ex luftportar och manluckor skall utöver krymp- och värmespanningar i svetsen även beaktas att svetsens tvärsnittsarea blir tillräckligt stor för att fenan skall bli tillräckligt kyld. Det sammanlagda a-måttet för svetsen kan behöva vara större än fenans

tjocklek.

7.30 Täck- och triangelplåtar och liknande smådetaljer insvetsade på mer än ett ställe kan behöva slitsas för undvikande av sprickor genom värmespanningar.

7.31 Tillfälliga svetsöron etc. avlägsnas. Snittytan kontrolleras med ytmetod (se SS-EN 12952-5:2022, § 8.5.3).

7.32 Längsgående membran mellan tuber bör helst inte vara bredare än ½” (12,5 mm), men kan tillåtas vara något högre om de kan hållas väl skyddade mot överhettning.

7.33 Svetsreparationer av lagda svetsar skall göras utifrån den WPS som tillämpats vid den ursprungliga svetsningen eller utifrån en omarbetad WPS, om så bedöms bättre. Svetsreparationen skall dokumenteras (exakt position, så att den kan återfinnas, m.m.) och den oförstörande provningen av det reparerade stället görs på nytt med minst samma omfattning (jfr. SS-EN 12952-5:2022, § 8.6.1).

7.34 Defekter avlägsnas med någon skonsam metod. Användes luftbågmejsling skall ytornas ges en slutlig slipning, så att uppkolat och värmebehandlat ytskikt avlägsnas (se SS-EN 12952-5:2022, § 8.6.1).

7.35 Brännsår skall undvikas. Eventuella brännsår bortslipas och kontrolleras med ytmetod (se SS-EN 12952-5:2022, § 8.5.4).

7.36 Återsvetsning av stapelfenor bör undvikas. Vid påskärvning av nya fentoppar beaktas att full genomsvetsning erhålles, då för liten fogarea här leder till dålig värmebortledning och kort livslängd.

7.37 Flamriktning av ångpannetuber, framförallt överhettartuber och komponenttuber, skall ske med försiktighet, eftersom materialets mekaniska egenskaper kan påverkas ofördelaktigt.

Sodahuskommittén tillråder att:

- för kolstålstuber bör 650°C ej överskridas.
- för låglegerade överhettartuber bör 700°C ej överskridas.
- för komponenttuber bör 500°C ej överskridas.

Temperaturgränserna kan behöva kontrolleras, t.ex. med termokrita.

7.38 Tryckkontroll med höga kontrolltryck bör användas återhållsamt, se Rapport till Sodahuskommittén nr 2020-1.

8 Stutsar och tubinfästningar i domar och lådor.

8.1 Reparationsarbeten på stutsar och tubinfästningar i domar, framförallt domar av legerade stål, kräver på grund av sin svårighet extra omsorg och skicklighet. Vid höghållfasta stål skall särskild hänsyn tas till den sprickbildning genom korrosion som kan uppstå på vattensidan om inte övergången mellan svets och grundmaterial görs tillräckligt jämn, t.ex. genom slipning eller TIG-behandling. Smäldiken och skarpa vinklar bör undvikas. Se rapport till Sodahuskommittén 2020-2, avsnitt 7.3.

8.2 Sodahuskommittén rekommenderar att den som utför svetsning eller annat arbete på domarna utöver svetslicensen också har dokumenterad erfarenhet av motsvarande reparationsarbeten. På begäran skall det svetsande företaget styrka lämpligheten av föreslagna svetsarbe-

ten med ett motsvarande arbetsprov utfört av den tilltänkte svetsaren.

8.3 Tuber, vilka svetsas fast på utsidan av cylindriska lådor, skall vara avskurna vinkelrätt mot längdaxeln. Tubändan skall vara fogberedd på lämpligt sätt, så att man får full genomsvetsning av skarven. Lådans vägg planas runt varje hål. Tubens centrering i förhållande till hålet skall noga kontrolleras.

8.4 Hål i domar och lådor för genomgående stutsar skall vara maskinbearbetade.

8.5 Vid svetsreparation av domplåten vid tubhål och stutsar måste beaktas att värmebehandling i allmänhet inte kan utföras efter svetsningen. Det innebär att arbetet måste utföras med arbetsprocedur och kontroll utarbetad i förväg av den svetsansvarige och med besiktningsorganet och i förekommande fall med materialtillverkare eller annan svetsteknisk expertis.

8.6 Borrhål avsedda för invalsnings av tuber skall vara fria från repor som kan medföra läckage. Den tubhålskant som vetter mot tubens sträckning skall vara avgradad (bruten). Tubhålets ytfinhet bör vara runt ca 0,06-0,07 mm. Speciell uppmärksamhet skall ägnas sådana borrhål som svetsreparerats.

Tubhålsdiametrarna bör icke vara mer än ca 0,5 mm större än aktuell tubs ytterdiameter före pressningen. Tubhålets diameter anpassas till aktuell tubdimension.

8.7 Tubändar, som skall pressas, måste vara noggrant rengjorda. Vid pressningen skall ett i vatten emulgerbart fett användas som smörjmedel för pressverktygen. De pressade tubändarna rengöres invändigt från fett före provtryckning.

8.8 Sodahuskommittén rekommenderar att pressade tubinfästningar också tätsvetsas enligt paragraf 8.9 – 8.17 nedan.

8.9 Tätsvetsning av invaldade tuber i domar fordrar speciella försiktighetsåtgärder, varför arbetet måste utföras med arbetsprocedur och kontroll utarbetad i förväg av den svetsansvarige i samråd med besiktningsorgan och materialtillverkare eller annan svetsteknisk expertis.

8.10 Tuberna skall pressas före svetsningen, så att anliggningen mot tubhålsväggen blir fullgod.

8.11 Svetsning av tubändarna i domen skall utföras som minst 2-lager-svetsning, varvid första svetssträngen skall läggas i huvudsak mot dommaterialet, medan den andra svetssträngen inte får beröra detta. Svetssträngarnas start- och stopppunkter skall vara förskjutna i förhållande till varandra. Om man låter den först lagda svetsen svalna innan man lägger nästa, så håller man nedde kvarvarande restspänningarna.

Vid tätsvetsning av genomgående tubändar bör kälsvetsens sammanlagda a-mått vara lika stort som tubens väggtjocklek.

8.12 Vid invaldade tuber, som skall tätsvetsas, kan med fördel metoden med ring användas. Då svetsas först ringens utsida till domplåten med kälsvets med minst två strängar och

därefter ringens innerkant till tubändan, också med minst två strängar.

8.13 Tätsvetsade tubändar värmebehandlas normalt inte efter svetsningen, även när dommaterialet är sådant att värmebehandling skulle krävas. Svetsproceduren måste därför vara utformad så att den värmepåverkade zonen i domgodset inte tar härdning vid svetsningen. Möjligheten till att genomföra ett arbetsprov bör övervägas.

8.14 Förvärmning (förhöjd arbetstemperatur) skall ske med metod som ger fullgod genomvärmning och så att den föreskrivna arbetstemperaturen innehålls ända tills dess den aktuella svetsningen är avslutad. Detta kan i vissa fall även innebära föreskriven eftervärmning/varmhållning (för att föregripa uppkomsten av härdsprickor, som annars vid låglegerade stål kan uppträda även något dygn efter det själva svetsningen avslutats).

8.15 Arbetstemperaturen skall kontrolleras individuellt för varje enskild tub innan svetsningen av den påbörjas.

8.16 Efter genomförd tätsvetsning skall förbandet ges en lätt eftervalsning om tubsätet är utfört utan rillor. För tubsäte med rillor skall framgå av svetsproceduren om och hur en eventuell eftervalsning skall utföras.

8.17 Kompoundtuber lämpar sig inte för inpressning (p.g.a. skillnader i värmeutvidgningskoefficient). Antingen pressar man en tubände där ytterskiktet avlägsnats eller så pressar man in en påskarvad tubände i kolstål.

9 Kompoundtuber

9.1 Dessa rekommendationer gäller för pannor med driftstryck upp till 115-120 bar och lokala skador på vattenförande kompoundtuber i sodapannans eldstad (som t.ex. bottentuber, löptuber, luftportar, brännare/lutsprutor, instigningsluckor och luckor för skyddstaksbalkar). Rekommendationerna beskriver hur skador på kompoundtuber ska hanteras, medan själva svetsmetoderna styrs av de svetsande företagens egna procedurer.

Dessa råd är också i stort tillämpliga även på motsvarande överhettartuber i kompoundutförande.

9.2 Rekommendationerna nedan är baserade på erfarenhet och kunskap kring svetsreparationer av rostfria kompoundtuber med ytterkomponent i X2CrNi19-11 (EN 1.4306/AISI 304L/Sandvik 3R12) och innerkomponent i kolstål P265GH (EN 1.0425/Sandvik 4L7) eller 16Mo3 (EN 1.5415). För högre legerade tuber med ytterkomponent som oftast Sandvik Sanicro 38 (EN 2.4858, ungefärlig sammansättning som Alloy 825) föreligger ett magrare erfarenhetsmaterial och därför kan ytterligare säkerhetsåtgärder behövas, t.ex. för att undvika varmsprickbildning i svetsgodset. Även Sandvik Sanicro 67 (EN 2.4642/Alloy 690) förekommer på utsatta ställen.

9.3 Eftersom kompoundtuber med Sanicro 38 används parallellt med kompoundtuber med 304L (Sandvik 3R12/4L7) måste man också beakta risken för materialförväxling. I ett stort antal pannor finns kompoundtuber av båda dessa typer. I ett mindre antal pannor förekommer även kompoundtuber med en tredje ytterkomponent, Sanicro 67 (= alloy 690, EN 2.4642).

I sodapannor förekommer dessutom ibland komponenttuber med andra såväl ytter- som innerkomponenter: t.ex. Sandvik Sanicro 28 (X1NiCrMoCu31-27-4/ EN 1.4563) respektive Sandvik 3RE28 (W.Nr. 1.4845) på en innerkomponent av krommolybdenstål (antingen 10CrMo910, 7CrWVMoNb9-6 (T23) eller X10CrMoVNb9-1). Innerkomponent i låglegerat stål (utöver 16Mo3) förekommer dock enbart i överhettare, och inte för tuber i ugnsdelen. Överhettartuber kan dessutom ha andra ytterkomponenter. Huruvida råden i denna rekommendation är tillämpliga för sådana materialkombinationer får man ta ställning till i varje enskilt fall.

9.4 Pannägaren måste följaktligen tydligt informera besiktningsorgan och entreprenörer om vilka material som finns och i vilken position.

9.5 Tillverkningskontroll av komponenttuber för sodapannor specificeras i SS-EN 12952-2:2022, Annex C. Komponenttuberna skall vara kontrollerade med 100% ultraljud, samt med ringvidgningsprov, mekaniska test som dragprov av innerkomponent och mot bindfel. Också ytterskiktets tjocklek skall vara kontrollerat.

9.6 Alla eventuellt förekommande bulor och utbuktningar på komponenttuber, vilka skulle kunna antyda att ytterskiktet släppt ifrån innerkomponenten, skall medföra att berörda delar av tuben byts mot nytt material.

9.7 Komponenttuber räknas för varje enskild materialkombination som en egen materialgrupp (och kräver därför separata svetsprocedurer och kvalifikationsprov). Speciellt skall här beaktas de särskilda svårigheter, som kan uppträda vid svetsning på komponenttuber vid trängda svetslägen, lucksvetsning, byxningar och i liknande situationer (se SS-EN 12952-5:2022, Annex E, § E.6.2.1).

9.8 När det förekommer högre legerade komponenttuber i eldstaden, t.ex. Sanicro 38 eller Sanicro 67, så är det viktigt att hålla reda på var man har vanliga komponenttuber och var man har höglegerade, så att man inte tillämpar fel svetsprocedurer. Allt montage av höglegerade tuber skall noggrant dokumenteras, så att information om var de finns, finns tillgänglig vid senare kommande reparationer. Risken för materialförväxling skall beaktas genom hela kedjan från inköp till montage.

9.9 Skarvsvetsning, skarvsvetsning med lucka, påsvetsning och annan svetsning av komponenttuber får bara ske av svetsare och svetsande företag, vilka förutom kvalificering enligt SS-EN ISO 9606-1 (se SS-EN 12952-5:2022, Annex E, § E.7.2.1) och svetsprocedur för komponenttuber enligt tillämpliga delar av standarderna SS-EN ISO 15607 t.o.m. SS-EN ISO 15614, även äger dokumenterad erfarenhet av och kännedom om den typ av arbete man avser utföra, t.ex. genom certifiering gentemot SS-EN ISO 9001/9002.

9.10 Vid skarvsvetsning av tuber, anslutning av stutsar och liknande, skall svetsningen ske med minst två lager med till grundmaterialet anpassade svets elektroder, där svetssträngarna har förskjutna start- och stoppställen (se SS-EN 12952-5:2022, § 8.10.3). Om man låter den först lagda svetsen svalna innan man lägger nästa, så håller man ned de kvarvarande restspänningarna

Det ovanpå detta påsvetsade rostfria täcksiktet räknas sedan som ett tredje lager. Ett påsvetsat rostfritt skikt eller den rostfria komponenten hos en komponenttub medtages inte i hållfasthetsberäkningen utan räknas, som att det motsvarar korrosionstillägget, jfr paragraf 7.13.

9.11 Vid svetsning med rostfria elektroder på komponenttuber skall överlegerat tillsatsmaterial (se Bilaga 1) användas, så att man inte får hårdsprickbildning om uppsmältningen skulle råka bli så stor att man får inblandning av det underliggande kolstålet. Hårdheten hos påsvetsade skikt skall kontrolleras och överensstämna med tillverkarens specifikation. Även bockningsprov finns föreskrivet (se SS-EN 12952-5:2022, Annex E, § E.6.2.2.2 och E.6.2.2.3).

Även vid högre legerade ytterskikt och tillsatsmaterial skall hänsyn tas till eventuell uppblandning med nedsmält material från kolstålskomponenten.

- 9.12** Vid skarvsvetsning, eller insvetsning av komponenttuber till låda av ferritiskt stål, så avlägsnas normalt minst 3 mm av ytterskiktet närmast fogkanten, så att man lägger skarvsvetsen i enbart innerkomponentens material utan att svetsbadet får nå kontakt med det anslutande ytterskiktet. Uppsmältning av ytterskikt, så att det ferritiska svetgodset förorenas med uppsmält material från ytterskiktet medför stor risk för härdsprickbildning av svetsgodset (se EN 12952-5 § 8.10.3).
- 9.13** All användning av kolstålelektroder (eller låglegerade elektroder) direkt på, mot eller i kontakt med det rostfria ytterskiktet eller tidigare lagda rostfria svetssträngar skall undvikas av hänsyn till risken för uppblandning av svetsgodset med rostfritt material och åtföljande härdsprickbildning.
- 9.14** Svetsning med låg sträckenergi bör eftersträvas vid svetsning med legerade elektroder på komponenttuber, vilket begränsar uppsmältningen och dämpar restspänningarna. För höglegerade elektroder (t.ex. vid svetsning med elektroder med förhöjd nickelhalt vid svetsning av Sanicro 38) minskar det också risken för bildning av stelningssprickor (äldre benämning: varmsprickor).

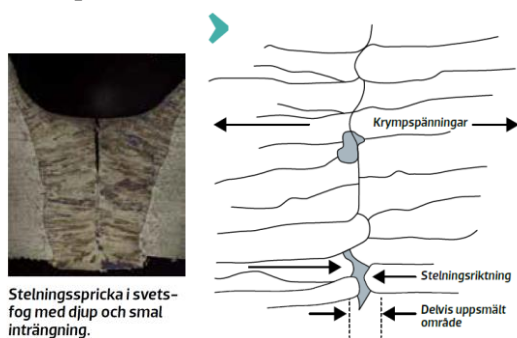


Fig. 1: Exempel på stelningssprickor (tidigare kallade "varmsprickor").

Illustrationer : Eva-Lena Bergquist, ESAB

- 9.15** Svetsgods med en sammansättning som rostfritt stål av 18/8-typ (som erhålles t.ex. med svets elektrod 309L) med austenitisk grundstruktur riskerar spänningskorrosion under drift vid kontakt med pannvattnet.

Vid skarvsvetsning av komponenttuber skall rotsträngen (vid lucksvetsning svetssträngen mot vattensidan) därför alltid vara utförd med sådana svets elektroder, så att svetsgodset blir beständigt mot spänningskorrosion från vattensidan. Det innebär att "vanliga" rostfria svets elektroder inte kan användas här (undantag: en del nickelbaslegeringar). De svetsprocedurer man använder för svetsning av komponenttuber måste ta hänsyn till dessa svårigheter, det gäller speciellt för s.k. lucksvetsning. Beträffande lucksvetsning, se kapitel 9.

Konsekvensen av detta vid tubskarvning med lucksvets från eldstadväggens isoleringssida blir att den svets man lägger genom luckan får en väldigt speciell strängföljd. När man skarvar en väggutub utifrån via en öppning i isoleringen, så bör ju den första strängen läggas med rostfritt svetsgods eftersom den utsätts för direktkontakt med rökgasen och värmestrålningen inne i ugnen. Samtidigt så måste de sist lagda svetssträngarna göras med ferritiskt svetsgods. Annars riskerar man spänningskorrosion från vattensidan. Man har då att balansera av problemet med att lägga en ferritisk svetssträng ovanpå den austenitiska rotsträngen, d.v.s. man riskerar att få ett mittparti av svetsen som består av ren martensit (hårdstruktur).

Isoleringsidan av eldstadväggen

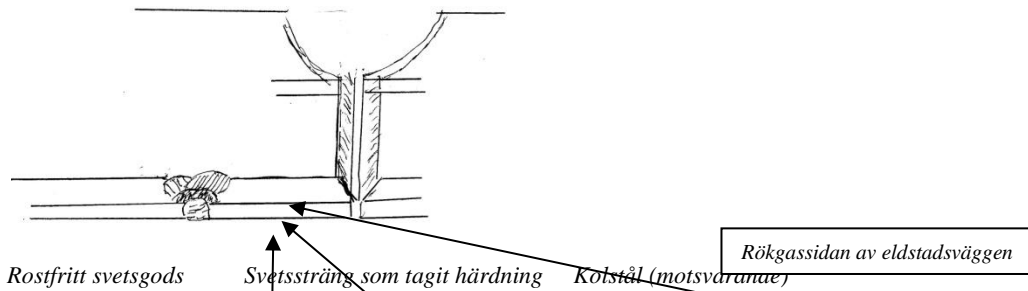


Fig. 2: Strängföljden vid lucksvets från isoleringssidan av eldstadsväggen.

Själva luckan sen svetsar man in från utsidan av tubens baksida, så där uppstår inte detta problem med strängföljden.

Lägger man lucksvetsen inifrån eldstaden blir det enklare. Då gör man luckan tillräckligt stor för att täcka omkretsen på rökgassidan. Eftersom nu den nya rotsträngen nu kommer att ligga åt isoleringssidan behöver den inte vara korrosionsbeständig mot rökgaserna, utan hela den 180°-delen av svetskarven kan läggas med kolstålselektroder (eller motsvarande). Luckan svetsas sedan in med kolstålselektroder för rotsträngen (minst två strängar) och ovanpå dem sen mot rökgassidan en rostfri täcksträng.

- 9.16** Fastsvetsning av membran, fenor, stift, bärjárn och liknande på komponenttuber kan medföra termiska sprickor. Fastsvetsning av sådana detaljer direkt på komponenttuber får därför endast ske sedan hänsyn tagits till vilka termiska belastningar och termiska spänningar de kan komma att utsättas för. Om detaljerna är av kolstål bör vid svetsningen överlegerade austenitiska svetsselektroder användas, se paragraf 7.9 och paragraf 9.13. Möjligast jämna övergång mellan tuben och den fastsvetsade detaljen skall eftersträvas.
- 9.17** Vid svetsning av membran eller liknande till komponenttuber med längsgående svets måste tillses att svetsens inträngning inte gör att komponenttubens bärande innerskikt inskränks. Inträngningen får inte vara större än att fortfarande en kvarvarande tjocklek minst motsvarande e_{ct} (d.v.s. samma som S_{min}) kvarstår opåverkad (se SS-EN 12952-5:2022, Annex E, § E.6.2.2.1).
- 9.18** Då det rostfria skiktet som en följd av korrosion eller annat slitage understiger 1 mm tjocklek, bör åtgärder vidtas eller övervägas. Lämplig åtgärd kan vara tubbyte eller reparation. Förutsättningarna för val av åtgärd beskrivs i följande paragraferna 9.19 – 9.32.
- 9.19** Erfarenheten visar att ytor upp till 75mm x 50 mm på golv och vägguber kan repareras på ett säkert sätt. Flera mindre skador inom detta område klassas som ett sammanhängande skadeområde. Svetsreparation av större ytor får utföras endast om en dokumenterad teknisk bedömning visar att detta kan genomföras på ett säkert sätt.
- 9.20** Det rekommenderas att minsta tillåtna avståndet i tubens längsriktning mellan två närliggande påsvetsningar inte understiger storleken på den största reparationen. Tätare belägna reparationer får utföras om en teknisk bedömning visar att detta kan genomföras på ett säkert sätt.
- Det finns inga motsvarande avstånds begränsningar i tubens omkretsriktning.
- 9.21** Vid påsvetsning bör undvikas att det påsvetsade ”ytterskiktet” blir för tjockt i förhållande till den kvarvarande tjockleken på kolstålskomponenten. Det yttre skiktet bör inte uppta mer än 30% av den totala tjockleken, för att inte spänningsfördelningen mellan kolstålsdelen och den rostfria delen skall bli ofördelaktig. För att mildra eventuella termiska spänningar i det

påsvetsade skiktet slipas det så att man får jämna övergångar mellan svetsrågarna.

9.22 Inträngningsdjupet skall alltid vara så litet som möjligt.

9.23 Sprickor i komponenttubernas ytterkomponent kan ha många bakomliggande orsaker. Om det förekommit sprickbildningar i ytterskiktet skall före reparationssvetsningen penetrantprovning utföras på det frilagda område som skall svetsrepareras samt närmast angränsande ytor,.

9.24 I de fall sprickor genom det rostfria skiktet fortsätter in i kolstålsdelen skall den skadade delen bytas. (En antydning till korrosion i kolstålsdelen i botten på en genomgående spricka genom komponenttubskiktet förekommer normalt och föranleder inte att man behöver byta tuben). Om det bildas stelningssprickor i svetsgodset vid användning av elektroder med förhöjd nickelhalt, så kan dessa sprickor normalt repareras genom slipning och omsvetsning (dock med maximalt två ytterligare reparationstillfällen). Vid all sprickbildning som uppkommer under drift bör materialteknisk expertis konsulteras, är man osäker bör tuben bytas ut hellre än att man reparerar den.

9.25 Vid avfrätning av det rostfria skiktet, så att underliggande kolstål (innerkomponent) blottlägges, kan svetsreparation endast utföras om det kvarvarande kolstålets (det lastbärande innerskiktets) godstjocklek överskrider den minsta tillåtna godstjockleken enligt rekommendation D3 med minst 1 mm. (Det korrosionstillägg som tillämpas i Rekommendation D3 balanserar här förlusten av bärande tvärsnitt p.g.a. inträngningsdjupet vid svetsningen.) Det nya ytterskiktet kan då läggas direkt ovanpå det befintliga lastbärande skiktet. Det bör övervägas huruvida man då också för säkerhets skull skall gå upp i materialkvalitet/korrosionsbeständighet för det nya ytterskiktet.

Anm.: för överhettartuber $e_{ct} + 2$ mm.

9.26 Det kan förekomma för pannor med höga tryck (>100 bar) att hela kolstålsdelen av komponenttuben utnyttjas som lastbärande komponent, dvs att kolstålsdelen inte är tjockare än den minsta tjocklek som föreskrivs i standarden (SS-EN 12952 - 3, kapitel 11). Skulle så vara måste minst ½ mm av det rostfria skiktet vara kvar för att man skall kunna bättra på det rostfria komponentskiktet genom påsvetsning.

9.27 Innan reparation genom påsvetsning utförs på bortfräta partier av ytterskikt, rekommenderas att, om så överenskommes, varje enskild svetsare genomför ett godkänt arbetsprov. Företrädesvis bör detta arbetsprov utföras före och i direkt anslutning till det reparationsarbete som skall utföras.

9.28 Arbetsprovet enligt paragraf 9.27 utförs på en motsvarande komponenttub, som getts en liknande geometri och svetsläge som skadan. Den kvarvarande godstjockleken efter nedslipning, men innan påsvetsning, skall dokumenteras. Efter svetsning snittas tuben tvärs svetssträngens riktning och bedöms visuellt och med kopparsulfat med avseende på inträngningsdjup och svetsutförande. En identisk miljö (parametrar som komponenttubstyp, svetsläge, svetsström och spänning, skyddsgas, åtkomlighet, renlighet m.m.) som vid den avsedda reparationssvetsningen bör eftersträvas. Godkänt arbetsprov skall dokumenteras och om möjligt sparas.

Läget för förekommande skador och reparationer (djupare än 0,5 mm) skall dokumenteras så att de kan återfinnas vid följande revisioner. Skador skall vara väl dokumenterade genom foto, skiss eller motsvarande. Detta gäller även skador enbart i ytterskiktet och som inte nödvändigtvis kräver åtgärd.

Resultat från tjockleksmätning av kolstål respektive rostfritt skikt skall dokumenteras.

Om tidigare observationer visar på ett snabbt skadeförlopp, även beaktat kommande driftperiod, då skall förebyggande åtgärder övervägas.

- 9.29** I görligaste mån rekommenderas, att det svetsreparerade området slipas till tubens ursprungliga form. Mjuka övergångar mellan tub och svetsreparation är en förutsättning för att minimera risken för framtida sprickbildning.
- 9.30** Tjockleksmätning och kopparsulfatstest skall utföras på det svetsreparerade området efter slipning, resultaten skall dokumenteras för framtida revisioner.
- 9.31** Om compoundtuben efter rengöring visar tecken på bildning av kromsulfid i ytan (ett svart ytskikt) så har den sannolikt blivit kraftigt överhettad och i sådana fall bör tuben alltid bytas, se fig. 1. I sodapannemiljön bildar kraftigt överhettade compoundtuber svarta beläggningar av kromsulfid på tubytan, samtidigt som risken för kraftig korrosion p.g.a. hetvattenoxidation på vattensidan kan ge upphov till allvarliga invändiga nedfrätningar. Dessa nedfrätningar kan inte upptäckas vid en utvändig visuell besiktning. Hetvattenoxidation bildar däremot tydligt avgränsade och djupa nedfrätningar i tubgodset på vattensidan, vilket kan upptäckas med röntgen. Angreppen orsakas av att det bildats tjocka invändiga beläggningar, t.ex. vid inläckage av orent vatten med höga halter av kalcium och magnesium. Beläggningarna i sin tur är den bakomliggande orsaken till överhettningen

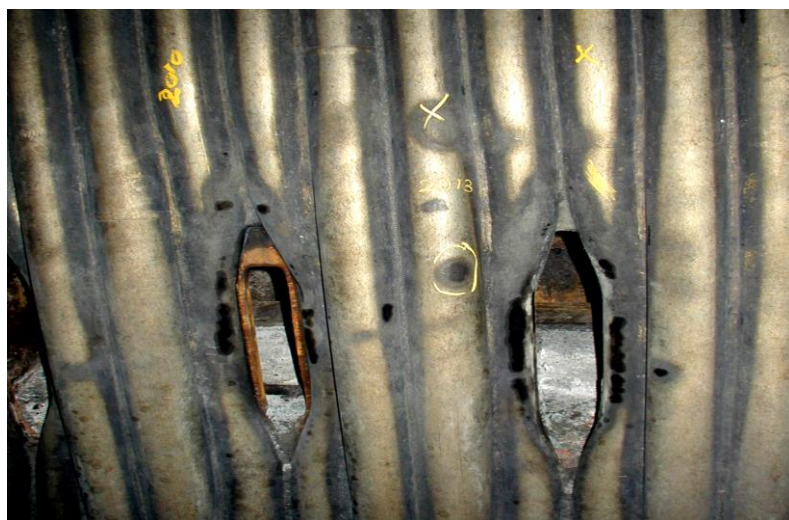


Fig. 3: Missfärgade rostfria ytor som kräver tubbyte pga. risk för vattensidig korrosion

9.32 Uttag av tubprover för kontrollmätning av vattensidans magnetitskikt.

9.32.1 Vid uttag av tubprov i enlighet med rekommendation C12 skall provets position, historik och driftstid dokumenteras, samt vattensidan och rögassidan undersökas med avseende på vattensidans status i enlighet med rekommendation C12.

9.32.2 Det inbegriper en allmän metallografisk undersökning av såväl kolstål som rostfritt skikt innefattande:

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

9.33 För spiralsvetsade tuber gäller särskilda regler, se SS-EN 12952-5:2022, Annex E, § E.6.2.

10 Lucksvetsning

10.1 Skarvsvetsning av tuber, där svetsaren bara har åtkomlighet från ena sidan, är i allmänhet en omöjlig utmaning. För att lösa uppgiften finns dock möjligheten att tillgripa metoden att svetsa med lucka.

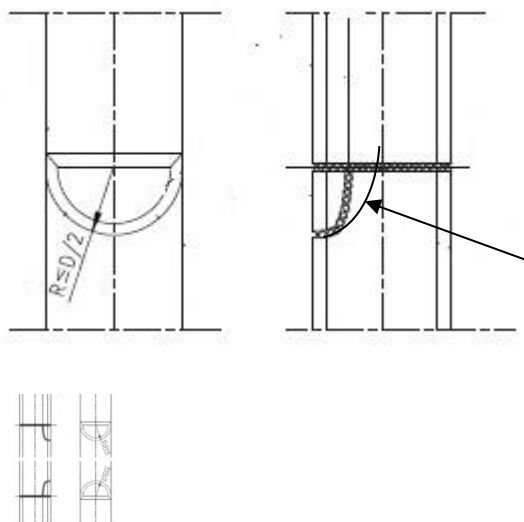


Fig. 4: Allmän utformning av lucksvets. En bredare lucka (pilen) ger bättre åtkomlighet. Ursparingen förläggs lämpligen till ersättningsdetaljen.

10.2 Lucksvetsning är en svår utmaning och fordrar av svetsaren har redovisat sin kompetens med ett arbetsprov. Vid arbetsprovet bör motsvarande förhållanden som vid skarpt läge eftersträvas, t.ex. svetsläge, men även åtkomligheten för svetsaren att kunna utföra ett gott arbete.

10.3 Vid skarvsvetsning av tuber med lucka rekommenderas att luckan, där så kan ske, förläggas åt isoleringssidan (eldstadens utsida) till.

10.4 Samtliga fogkanter skall vara fogberedda med kantvinkel, rätkant och rotgap anpassade till svetsmetoden. Luckans storlek skall anpassas, så att insvetsning och kontroll inte hindras av intilliggande tuber.

10.5 Tuberna fogbereds på vanligt sätt, men (i första hand) ersättningstuben ges en halvmånformad utskärning i vardera änden (se fig. 4 nedre). Ursparingen bör göras tillräckligt stor för att svetsaren skall ha god åtkomst till tubens insida. Luckan görs på motsvarande sätt, så att den så väl som möjligt passar emot ursparingen när den skall svetsas in.

10.6 Tuben häftas på plats, varefter man svetsar rotsträngen genom luckan och fyller upp med strängar till färdig svets. Fogberedningen i hörnpunkterna justeras och luckan häftas på plats och svetsas utifrån på vanligt sätt och företrädesvis med start- och stoppunkter förlagda på annat ställe än luckans ”spetsar”.

10.7 Svetsningen genom luckan måste av åtkomlighetsskäl ske med belagda elektroder, TIG-svetsningsmunstycket får inte plats. För att undvika alltför mycket deformationer i luckans geometri bör man låta de enskilda svetssträngarna svalna innan man lägger nästa.

10.8 Vid lucksvetsning av komponenttuber tillkommer det problemet att rotsträngen vid skarvsvetsningen av den motsatta sidan genom luckan måste ske med rostfri överlegerad elektrod. Efterföljande strängar, som läggs med ferritisk elektrod (läs kolstål) kommer då att bli förorenade med krom från uppsmältningen av den rostfria täcksträngen. Framförallt de först lagda ferritiska strängarna kommer då att ta härdning, det går inte att undvika.

Uppfyllnadssträngarna bör därför läggas med elektroder med liten diameter och med låg sträckenergi för att undvika alltför stor uppsmältning.

Här är det ännu mer viktigt att man låter svetsarna svalna av innan man lägger nästa sträng. Däremot kan man motverka sprickbildning genom att låta arbetstycket hålla en rätt hög arbetstemperatur, som man också behåller efter det att svetsen är färdiglagd. Det motverkar också härdsprickbildning. Insvetsningen av själva luckan kan sedan ske på vanligt sätt.

10.9 Beträffande lucksvetsning av komponenttuber, se paragraf 9.15.

10.10 All lucksvetsning av komponenttuber måste verifieras med godkänt arbetsprov, varvid svetssträngarnas hårdhet bedöms och dokumenteras.

10.11 Beträffande kontroll av utförda lucksvetsar, se paragraf 14.13 och 14.14.

11 Underhåll av stift, täck- och triangelplåtar m.m.

11.1 Förutsättningarna för påsvetsning av ersättningsstift på redan slitna stift måste granskas kritiskt, särskilt om stiftlängden understiger 5 mm. Kvarvarande tubtjocklek mellan stiften kan vara mycket olika mellan olika mätställen. Om tjockleken på tuben mellan stiften minskat påtagligt genom korrosion tillråder Sodahuskommittén att tuben byts. Också om det uppmätta stiftsslitage på stift kortare än 10 mm återkommande överstiger 2-3 mm om året bör man överväga att byta ut hela det nerslitna tubpartiet (lämpligen till tuber med tätare stiftning och med större stift diameter). Se även paragraferna 7.12 och 11.3 samt rekommendation D3.

11.2 Kraftigt stiftsslitage (se paragraf 11.1) i verkningsområdet för en intilliggande luftport bör medföra t.ex att man stänger luftporten eller byter det aktuella tubpartiet till komponenttuber. Vid nerfrätningar inne i själv luftporten mellan dysa och tub bör ytterskikt i Sanicro 38 eller Sanicro 67 föredras framför ytterskikt i Sandvik 3R12/EN 1.4306.

11.3 Manuell fastsvetsning av stift på tuber med svetspistol (bågbultsvetsning enl. SS-EN ISO 14555) tillåts endast på kolstålstuber och om tubens tjocklek är minst 4 mm. Innan svetsningsarbetet påbörjas skall metodens lämplighet verifieras med procedurprov. Svetsoperatör-

en skall vara certifierad enligt SS-EN ISO 14732.

11.4 Ersättningsstift bör ha minst samma diameter som de tidigare. De bör ej vara längre än 2 (eventuellt 2,5 ggr) ggr diametern.

11.5 Svets mellan stift och tub skall ha en tillräcklig bindyta, så att värmeöverföringen inte hindras. Äldre slitna stift slipas, så att en lämplig fogyta erhålles. Bindytan skall vara fri från icke metalliska föroreningar, som t.ex. sulfider. Inträngningen vid svetsningen får inte vara så stor, att man riskerar genombränning av tuben även om den är lokalt förtunnad

11.6 Höglegerade stift kan ge såväl spröd bindyta som oväntade korrosionsfenomen. Större omstiftningar med legerade stift får därför enbart ske om beprövad erfarenhet föreligger.

11.7 Täck- och triangelplåtar insvetsas så att de får bästa möjliga kylning, t.ex. genom att svetsen genomsvetsas och att insvetsningens tvärsnittsarea blir så stor som möjligt. Vid ersättning av nedkorroderade fenor och täck- och triangelplåtar lämnas minst ca 5 mm kvar av den gamla fenan/täckplåten, så att man inte behöver svetsa in den nya direkt mot tuben. Värmeöverföring och värmespanningar beaktas vid fogutformningen. Vid svetsning mot komponenttuber beaktas kapitel 8.

11.8 Täck- och triangelplåtar, membran och liknande fästa med svets mot flera ändtytor granskas särskilt med avseende på uppkommen termisk sprickbildning orsakad av inspänningskrafter. Plåtarna kan behöva vara slitsade för att skadliga termiska spänningar skall undvikas (lämpligt avstånd mellan slitsarna brukar kunna vara ca 30 mm). Slitsarna bör ges en rundad botten för att förebygga att det bildas utmattningssprickor i botten på dem. Alla skarpa hörn som kan ge utmattningssprickor bör avrundas, det gäller även övergången mellan svetsråge och grundmaterial.

11.9 Problematiske täck/triangelplåtar kan i vissa fall ersättas med stiftning av tuberna för att fylla ut mellanrummet.

11.10 Stapelfenor i löphål lämpar sig ej för underhållssvetsning, utan är stapelfenorna för hårt slitna bör hela löphålet bytas.

11.11 Istället för stapelfenor på löphål och stiftning på vägguber av kolstål bör användningen av lämpliga komponenttuber övervägas.

11.12 Komponenttuber bör ej skyddas med stiftning. Istället bytes om så behövs alltför kraftigt korroderande komponenttuber lämpligen till en mer korrosionsbeständig materialkvalitet.

12 Bockning av tuber

12.1 För tuber som bockas skall finnas intyg om bockningsprovning (se SS-EN 12952-5:2022, § 7.3.2).

12.2 Komponenttuber räknas som egen materialgrupp (regler för bockning av komponenttuber

finns i SS-EN 12952-5:2022, Annex E, § E.2.2).

12.3 Kallbockade rörböjar av olegerat stål skall vara värmebehandlade enligt vad som krävs i SS-EN 12952-5:2022, § 7.3.8 och § 7.3.9, d.v.s. om bocken är snävare än $r_b/D_y < 1.3$. Detta gäller även för compoundtuber.

12.4 Kallbockade överhettarböjar av låglegerat (varmhållfast) stål skall - oberoende av graden av kalldeformation - vara avspänningsglödgade efter bockningen enligt vad som krävs i SS-EN 12952-5:2022, § 7.3.8 och § 7.3.9. Detta gäller även compoundtuber.

12.5 Sodahuskommittén tillråder att svetsar på bockade rördelar i eldstaden värmebehandlas i de fall bockningsradien är mindre än 10 ggr tubdiametern.

13 Värmebehandling efter svetsning.

13.1 Om man måste svetsa på tryckbärande delar, vilka skall vara värmebehandlade, så skall man göra en ny värmebehandling, så att även den nya svetsen blir värmebehandlad (se SS-EN 12952-5:2022, § 10.4.1.7). Då detta ibland är ogenomförbart kan man undantagsvis bli tvungen att svetsa ändå utan att kunna genomföra föreskriven värmebehandling. Särskild hänsyn till detta skall då tas i svetsproceduren (WPS).

13.2 Tubinfästningar i domar föranleder ej ny värmebehandling av domen, men svetsproceduren måste utformas med tanke på att förnyad värmebehandling ej är möjlig att utföra. Sådant svetsarbete kräver speciella svetsprocedurer, som tar hänsyn till och kompenserar för att svetsningen inte fullföljs med en värmebehandling. Svetsning på tryckkärlsdelar, vilka skall vara värmebehandlade, skall därför alltid ske först efter samråd med den svetsansvarige och med besiktningsorganet och i förekommande fall med materialtillverkare eller annan svetsteknisk expertis.

För tätsvetsning av tubändar i domar gäller kapitel 7.

14 Kontroll

14.1 Svetsar skall så långt möjligt utföras och förläggas så, att de föreskriftsenligt kan kontrolleras med oförstörande provning. Kan tillfredsställande provning ej genomföras skall metodprover eller stickprovsvis förstörande provning användas.

14.2 För att förebygga, att flera svetsar kan komma att göras med samma svetsfel bör den oförstörande provningen utföras så i anslutning till själva svetsarbetet, att eventuellt underkända svetsar upptäcks i så god tid som möjligt innan ytterligare svetsar hinner göras med en upprepning av samma fel

14.3 Föreskriftsenlig inspektion och kontroll skall vara utförd av ett ackrediterat organ i tredjepartsställning. Personer som utför eller ansvarar för kontroll skall ha tillämplig befogenhet för respektive arbetsområde. Ansvarig skall normalt ha nivå 2 - kompetens för sin provningsmetod.

14.4 All kontroll utförs efter eventuell värmebehandling utom för material i grupp 1 och 8, där

kontrollen även får utföras före eventuell värmebehandling (se SS-EN 12952-6:2022, § 7.1.1).

14.5 Om svetsfel upptäcks görs förnyad kontroll enligt SS-EN 12952-6:2022, § 7.1.1. och § 7.1.5.

14.6 Oförstörande provning av svetsar skall alltid utföras i minst den föreskriftsenliga omfattningen, varvid särskilt beaktas de delar av sodapannan, där vattenförande tuber kan förorsaka vattenläckage in i ugnen. Utförda svetsar kontrolleras där ej annat sägs enligt kapitel 7 i SS-EN 12952-6:2022. Tabell 1 i § 4.5 i standarden ger en översikt över de kontrollmoment som föreskrivs.

14.7 Alla svetsar skall synas i hela sin längd (se SS-EN ISO 17637). Även rotsidan synas där så är möjligt.

14.8 För tubskarvar i sodapannans eldstad (tuber varifrån vatten vid läckage kan nå ner till smältan) gäller att oförstörande provning skall utföras med 100% volumetrisk kontroll (se SS-EN 12952-6:2022, Annex A, § A.2.2).

Sodahuskommittén rekommenderar att vid all skarvsvetsning av vattenförande tuber i eldstadsdelen, så skall svetsen efteråt kontrolleras med röntgenmetod (ellipsradiogram) med minst två filmer (upptagningar, även metoder utan traditionell röntgenfilm förekommer) på varje svets. Fotograferingsriktningen för dessa lägges ungefär vinkelrätt mot varandra.

Om endast en röntgenupptagning kan göras av en lagd tubskarv i eldstadsdelen, så skall den kompletteras med annan provning, som säkerställer utförandet hos hela svetsskarven, vilket innebär särskild provning på annat sätt av kontaktpunkterna till förekommande andra tuber eller membran (se § A.2.3).

Även provning med 100% volumetrisk undersökning med ultraljud i kombination med 10 % ytmetod godtages som alternativ enligt SS-EN 12952-6:2022 Annex A, § A.2.2-2.3, men Sodahuskommittén tillråder här 100% ytmetod.

14.9 Vid skarvsvetsning av tuber i skyddade delar av domtubsatsen får antalet röntgenfilmer inskränkas till en per skarv. Röntgenstrålen lägges lämpligen med snett infall, så att de mest svåråtkomliga delarna av skarven blir tydliga på röntgenfilmen. Filmningsriktningen skall också läggas så att svetsens start- och stoppunkter kan bedömas.

14.10 Vid svetsning av överhettartuber och ekonomisertuber rekommenderar Sodahuskommittén att röntgenradiografering också utföres med minst en film per skarv. Filmningsriktningen skall vara sådan att svetsens start- och stoppunkter kan bedömas.

14.11 Vid annan svetsning av uppslipningar och liknande i pannans eldstadsdel skall svetsen, där så är möjligt, kontrolleras med röntgenmetod eller med ultraljud, varvid svetsen skall kunna bedömas i sin helhet.

14.12 Vid skarvsvetsning av compoundtuber kan kontrollen ske så snart som tubernas innerkomponenter skarvats samman, vilket innebär att det rostfria korrosionsskyddet appliceras först efter det att innerkomponenternas sammansvetsning utvärderats och godkänts.

14.13 Vid svetsning av lucksvets i eldstaden skall två röntgenfilmupptagningar göras på den halvfärdiga tubskarven innan luckan insvetsas. Fotograferingsriktningen för dessa läggs med snett infall och ungefär vinkelrätt mot varandra. Efter insvetsning av luckan görs, beroende på luckans storlek, ytterligare en eller två röntgenfilmupptagningar av den färdiga skarven. Speciell uppmärksamhet skall ägnas trippelpunkterna.

14.14 Vid lucksvetsning av tuber i domtubsatsen kan antalet röntgenupptagningar inskränkas till en

före och en efter att luckan insvetsats, under förutsättning att trippelpunkterna kan granskas.

14.15 Svetsar i dommanteln, som t.ex. insvetsning av manluksringar eller större stutsar i domar i domtubsatser kontrolleras med 100% volumetrisk metod och 100% ytmetod (i den mån åtkomlighet föreligger).

Övriga svetsar, t.ex. kälsvetsar, stutsar med ytterdiameter mindre än 142 mm eller tätsvetsar till tubinfästningar kontrolleras med ytmetod till 100%.

För övriga svetsar i domar rekommenderas motsvarande provningsomfattning, d.v.s. 100% ytmetod och där så är tillämpligt 100% volumetrisk provning. Jämför med § 4.5 tabell 1 i SS-EN 12952-6:2022.

14.16 Svetsar i lådor kontrolleras som för domar enligt paragraf 14.15, första stycket, i den mån de kan ge vattenläckage till sodasmältan. Övriga (även överhettarlådor) kontrolleras enligt § 4.5 tabell 1 i SS-EN 12952-6:2022.

14.17 Alla kälsvetsar till lastbärande fenor och öron och mellan tryckkärlsdel och pannans upphängningsanordningar eller luftkanaler eller liknande kontrolleras till 100% genom syning och lämpligt vald ytmetod. Vid syningen skall särskild vikt läggas vid att tvära övergångar undviks vid svetsavsluten.

14.18 Längsgående svetsar mellan tuber och längsgående membran eller fenor eller direkt mellan tuber kontrolleras genom syning kompletterad med 100% ytmetod. Tvärgående svetsar kontrolleras på samma sätt, också med 100% ytmetod. Vid syningen skall särskild vikt läggas vid att tvära övergångar undviks vid svetsavsluten.

14.19 I övriga tryckkärlsdelar kontrolleras icke lastbärande svetsar genom syning kompletterad med 10% ytmetod. Lastbärande svetsar kontrolleras på samma sätt, men med 100 % ytmetod (avvikelse från SS-EN 12952-6:2022, Annex A, § A.2.3)

14.20 Vid syningen skall även här särskild vikt läggas vid att tvära övergångar undviks vid svetsavsluten. Ändar på membran och liknande bör vara avfasade, så man undviker spänningskoncentrationen vid en för tvär övergång. Svetsrågen vid membranets ytterände slipas till jämn övergång i svetsroten mellan kälsvetsen och tubytan.

14.21 Provning på angränsande ytor görs på ett område motsvarande svetsreparationens storlek, dock minst 1 cm på var sida.

14.22 Vid all svetsning på plats i eldstaden av eller på komposittuber skall svetsrågen, alternativt det rostfria täcksiktet penetrantprovas till minst 100 % (avvikelse från SS-EN 12952-6:2022, Annex A, § A.2.3).

15 Gjutjärnsekonomisrar

15.7 Svetsning på ekonomiserrör i gjutjärn får ej förekomma, med undantag för ändflänsarnas bearbetande tätningsytor, vilka får reparationssvetsas för smärre fel. I sådana fall skall slipning, avspänningsglödning och spricksökning utföras efter svetsningen. Observera lämpligt val av svetsstillsatsmaterial.

16 Tryckkontroll

16.1 Föreskrifter för Tryckkontroll m.m. efter svetsreparationer, se AFS 2017:3. § 20-22. Ofta

genomförs enbart en täthetskontroll vid en nivå av 1,3 x det av kontrollorgan fastställda högsta tillåtna trycket.

16.2 Tryckkontroll kan i förekommande fall, och om Kontrollorganet så samtycker, ersättas av motsvarande volumetrisk provning och ytprovning av utförda svetsarbeten samt täthetskontroll.

16.3 Vid tryckkontroll med särskilt höga kontrolltryck bör risken för skador i form av sprickbildning på tubernas resp. domens vattensida beaktas. Svetsrågar och andra geometriska diskontinuiteter kan behöva avjämnas genom slipning innan tryckkontroll vid högre kontrolltryck genomförs.

16.4 Tuber med utvändiga svetsar till t.ex. infästningsöron, fenor, inhållningsbalkar, stapelfenor eller liknande påsvetsade järn kan drabbas av invändig sprickbildning som en följd av utmattningsprickning och efterföljande korrosion orsakad av tuffa tryckkontroller på äldre pannor. Det leder med tiden till slumpvis uppträdande läckage vid dessa infästningar där spänningskoncentrationen blir som värst. sådan sprickbildning kan utgöra en explicit fara för en smältavattenexplosion om de uppträder smältanivån i eldstaden. Sådana skador kan möjligtvis upptäckas med röntgen, men kan annars i västa fall medföra att stora delar av eldstaden måste dömas ut.

17 Dokumentation

17.1 Den, som utför eller ansvarar för svetsning i sodapannor, skall föra sådana anteckningar eller märka svetsar på sådant sätt att han efter arbetets utförande kan identifiera vilket material som använts och vilken svetsare, som utfört varje enskild svets. Han skall även lämna protokoll över de anteckningar som förts (tillägg till SS-EN 12952-5:2022, § 6.3 och 6.4).

16.2 Materialcertifikat, svetsprocedurer, monteritningar, kontrollintyg, bedömning av arbetsprover och liknande dokumentation över utförda svetsarbeten skall arkiveras i (minst) 1 exemplar eller i datasystem hos anläggningen.

16.3 All dokumentation enligt paragraf 16.2 skall hållas tillgängligt åtminstone under anläggningens återstående drifttid.

18Handledning för svetsreparation av komponenter i sodapannans eldstad

18.1 Bakgrund

På uppdrag av Sodahuskommittén har en arbetsgrupp under 2014/2015 sammanställt följande dokument att användas som stöd vid svetsreparation av komponenter 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 komponenter 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 drifttryck, samt komponenter av typ 3R12/4L7 från Sandvik. Rekommendationerna har därefter utvidgats att omfatta även reparationssvetsning på komponenter med ytterskikt av legeringen Sanicro 38.

Trots att svetsreparationer utförs regelbundet i sodapanna 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.

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

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
-

18.2 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 Rekommendation D4:s övriga paragrafer vara tillämpliga.

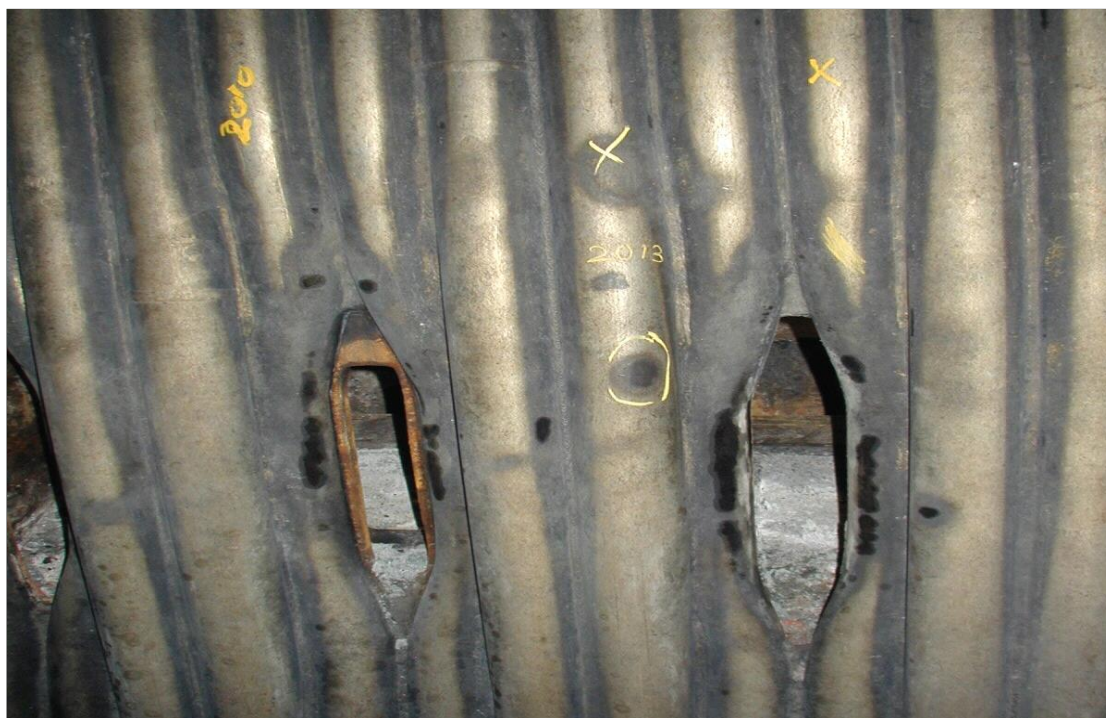
18.3 Förutsättningar för genomförandet av svetsarbetet

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

Svetsaren skall alltid ha giltigt intyg från svetsarprovning.

18.4 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.



Figur 5. 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 överse med.

18.5 Åtgärder före svetsning

Det skall säkerställas att kvarvarande godstjocklek är minst enligt Sodahuskommitténs Rekommendation D3: ”Minsta godstjocklek hos vattenförande tuber i sodapannor”. dock minst 3 mm.

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.

18.6 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.

18.7 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.

18.8 Reparationssvetsning på blottade kolstålsytor / vid stor uppsmältning.

Vid lokal avfrätning av det rostfria skiktet så att underliggande kolstål blottläggs, får svetsreparation endast utföras om kolstålets godstjocklek överstiger den minsta tillåtna godstjockleken enligt rekommendation D3*.

** För pannor med höga tryck (>100 bar) kan det förekomma att hela kolstålsdelen av komponenttuben utnyttjas som lastbärande komponent, dvs att kolstålsdelen understiger den minsta tjockleken i Rekommendation D3. Minst ½ mm av det rostfria skiktet måste då vara kvar för att kunna bättra på detta genom påsvetsning.*

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/svets tillsatsmaterial. Metallurgiska problem, som

martensitbildning kan uppstå, om olämpliga elektroder väljes. Av den anledningen bör vid all svetsning på komponenttuber hänsyn tas till risken att det underliggande kolstålet påverkas och uppblandas med svetsmältan och svets elektroder väljas därefter. Lämpliga svetsstillsatsmaterial finns förtecknade i Bilaga 1 till Rekommendation D4.

Svetsning med låg sträckenergi bör eftersträvas, dels så att risken för uppsmältning av kolstålsskiktet 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:

18.9 Arbetsprov innan svetsning

Om någon part så önskar ska varje enskild svetsare genomföra ett godkänt arbetsprov. Arbetsprovet utförs på en motsvarande komponenttub 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 komponentreparationer:

-dels en tjockare tryckbärande del av kolstål

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

Om så inte är fallet kommer tubspänningsförhållandena att bli ogynnsamma. Det yttre korrosionsskiktet får inte vara tjockare än 30% av den totala väggstjockleken

18.10 Risk för materialförväxling

Eftersom komponenttuber med Sanicro 38 är betydligt mindre ofta förekommande i sodapannor än komponenttuber med 304L (Sandvik 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 svets elektroder avsedda för 304L när man svetsar på Sanicro 38.

18.11 Skador begränsade till det vita skiktet

Alla skador i ytterskiktet vilket medför en kvarvarande skiktjocklek 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.

18.12 Skador i form av sprickbildning

Sprickor i ytterskikt av Sanicro 38 har större benägenhet att även gå in i det underliggande kolstålet jämfört med sprickor i ytterskikt av 304L/Sandvik 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 kolstålet. Alternativt bör ett tubbyte övervägas.

Sprickor som bildas i svetssträngarna under svetsning med svets elektroder av Sanicro38-typ är ytterligare en skadetyper (stelningssprickor / ”varmsprickor”), vilken kan vara mer godartad, de sprickorna förväntas inte tränga in i det underliggande kolstålet. 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 kolstålsdelen 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.

18.13 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.

18.14 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 temperaturcykling.

Det är viktigt att behålla tubens väggjockleksfördelning även vid komppoundreparationen, annars kommer tubspänningsförhållandena att vara ogynnsamma:

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

Det yttre korrosionsskiktet får därför inte vara tjockare än 30% av den totala väggjockleken.

Utanför det svetsreparerade området ska antingen skiktjockleksmätvärden tas, alternativt prov med kopparsulfat för att verifiera att inte kolstål är blottat.

18.15 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 kolstål respektive rostfritt skikt, mätt vid den djupaste nedslipningen, skall dokumenteras för framtida revisioner.

18.16 Uttag av tubprover

Vid uttag av tubprov skall dess position, historik och drifttid dokumenteras, samt vattensidan och rökgassidan 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 kolstål som rostfritt skikt 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 komponenter med Sanicro 38 ytterskikt ombeds att skickas in till Sodahuskommittén för att bygga upp en större erfarenhetsbank av svetsreparationer.

18.17 Exempel på svetsreparationer

(här utförda i komponenttuber med Sanicro 38)



Figur 6. Exempel på färdig påsvetsning av ett område av omkring 75x50 mm (den största rekommenderade lagningsytan).



Figur 7. 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 8. 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

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 dokumentet 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.

Bilaga 1: Exempel på standarder för svetstillätsmaterial.

Standarder:

SS-EN ISO 2560:2020 "Tillsätsmaterial för svetsning - Belagda elektroder för manuell metallbågsvetsning av olegerat stål och finkornstål - Indelning (ISO 2560:2020)"

SS-EN ISO 3580:2017 "Tillsätsmaterial för svetsning - Belagda elektroder för manuell metallbågsvetsning av varmhållfasta stål - Indelning (ISO 3580:2017)"

SS-EN ISO 3581:2016 "Tillsätsmaterial för svetsning - Belagda elektroder för manuell metallbågsvetsning av varmhållfasta stål - Indelning (ISO 3580:2017)"

Observera att för svetsarbete på tryckbärande anordning krävs en skriftlig svetskvalificering "WPAR/WPQR", där även det tillsätsmaterial som får användas specificeras. Den skall vara utarbetad/godkänd av en person med IWE-behörighet. (se SS-EN ISO 14731).

Endast basiska elektroder med kontrollerad vätehalt (ej överstigande 10 ml H₂/100 g svetsgods, helst ej överstigande 5 ml H₂/100 g svetsgods) rekommenderas för svetsning med belagda elektroder. Alternativt kan oftast TIG(MIG)-svetsning med motsvarande TIG(MIG)-tråd användas.

Nedanstående standarder/beteckningar är exempel på elektroder som kan användas. Olika detaljer i beteckningen kan beteckna t.ex. utbyte eller svetsläge, och de kan därför anpassas efter svetsarbetets förutsättningar. . Svetstillätsmaterial bör därför om möjligt väljas i samråd med elektrod tillverkaren.

- För kolstål kan de belagda svetselktroderna vara enligt SS-EN ISO 2560-A:2020 typ E 42 4 B 42 H5 eller enligt ANSI/AWS A5.1 typ E 7018 H4 R
- *Exempel på beteckningar för låglegerade stål med svetselktroder enligt SS-EN ISO 3580-A:*
A = Överensstämmelse finns med motsvarande AWS/ASME-standard.
E = belagd elektrod/manuell metallbågsvetsning;
CrMo1 = kemisk sammansättning hos helsvetsgods (1,1 % Cr och 0,6 % Mo);
B = typ av elektrodhölje (basiskt hölje = B, surt hölje = A, rutilelektrod = R);
3 eller 4 = utbyte och strömart (4 = likström med utbytet 120 %);
4 = svetsläge (horisontell stumsvets och liggande kälsvets);
H5 = vätehalt (max 5 ml/100g helsvetsgods).
- För svetsning av SS-EN-stål av typ 16Mo3 eller motsvarande (t.ex. stål 15Mo3 enligt DIN 17175 eller SS stål 2912 enligt SS 142912) kan användas elektroder av typ SS-EN ISO 3580-A:2017 E Mo B 3 (eller 4) 2 H5 eller typ SS-EN ISO 3580-A:2017 E Mo B 3 (eller 4) 2 H5 eller typ E7018-A1 enligt ANSI/AWS A5.5 eller E7018-A1 enligt ASME IIC SFA A5.5/AWS A5.5.
- För svetsning av SS-EN stål av typ 13CrMo4-5 eller motsvarande (t.ex. stål 13CrMo44 enligt DIN 17175 eller stål 2216 enligt SS 142216) kan användas elektroder av typ SS-EN ISO 3580-A:2017 typ ECrMo1 B 3 (eller 4) 2 H5 eller enligt ANSI A5.5/AWS A5.5 eller ASME IIC SFA 5.5, typ E 8018-B2.
- För svetsning av SS-EN stål 10CrMo9-10 eller motsvarande (t.ex. äldre beteckningar stål 10 CrMo 9 10 enligt DIN 17175 eller stål 2218 enligt SS 142218) kan användas svetselktroder enligt SS-EN ISO 3580-A:2017 typ E CrMo2 B 3 (eller 4) 2 H5 eller E 9018-B3 enligt ANSI/AWS A5.5 eller ASME IIC SFA 5.5.
- Svetselktroder av typ E 19 9 L B 2 2 enligt SS-EN 3581-A:2016 eller AWS/SFA AISI: E308 är avsedda enbart för svetsning på och med enbart rostfritt stål av 18/8-typ, som t.ex. stål 1.4307 (X2CrNi18-9) och får inte användas för svetsning av kolstål (eller motsvarande) mot rostfritt på grund av risken för martensitbildning i svetsgodset. De kan användas för att bättra på ytterskiktet på komponenter under förutsättning att kvarvarande tjocklek på det nedkorroderade rostfria skiktet inte understiger 1,0 mm.

Exempel på beteckningar för rostfria elektroder enligt SS-EN ISO 3581-A:

A = Finns motsvarande standard enligt ASME/AWS.

E = belagd elektrod/manuell metallbågsvetsning;

19 12 2 = kemisk sammansättning hos helsvetsgods (19 % Cr, 12 % Ni och 2 % Mo);

B, R, A= typ av elektrodhölje basisk, rutil eller sur elektrodbeläggning);

3 = utbyte och strömart (växelström eller likström med utbytet 120 %);

4 = svetsläge (horisontell stumsvets och liggande kälsvets)

- Vid svetsning av kolstål eller låglegerat stål mot rostfritt eller annat höglegerat stål måste speciella (överlegerade) svets elektroder användas. Dessa kan ha beteckningen E 309 (helst E 309 L) eller E 310 enligt ANSI/AWS 5.4 resp. ASME IIC SFA 5.4 eller E 23 12 L B 3 2/ E 23 12 L B 4 2 enligt SS-EN 3581-A:2016.
- Elektrodvalet blir beroende av grundmaterialens kemiska sammansättning, leverantörens rekommendationer beträffande svetsmetod, tillförd sträckenergi, foggeometri, uppsmältning m.m.
- För svetsning av Sandvik Material Technologys olika varianter av komponenttuber bör Sandviks informationsmaterial konsulteras. För svetsning av eller på komponenttuber hänvisas dessutom till kapitel 8.
- Molybdenlegerade elektroder (som E 309Mo-L eller E 23 12 2 L B 5 3 enligt SS-EN ISO 3581-A:2016 brukar i allmänhet användas som ersättning för de molybdenfria, men för användning i den speciella korrosionsmiljö som råder i en sodapannas eldstad föreligger inga speciella fördelar med molybdenlegerat material, sannolikt snarare tvärtom. Anledningen till att man ändå undviker de icke molybdenlegerade elektroderna är för att undvika förväxling vid andra tillämpningar, där molybdenlegerat material behövs för korrosionsbeständighetens skull.
- För svetsning av molybdenlegerade rostfria stålqualiteter, där sådana förekommer, t.ex. stål EN nr 1.4435 (EN beteckning X2CrNiMo18-14-3 ungefär motsvarande AISI/ASME SA316L/UNS S31603 eller enligt äldre, numera indragen, svensk standard SS stål 2353) rekommenderas att artega elektroder, d.v.s. molybdenlegerade, användes.
- För svetsning, där tillsatsmaterial med förhöjd korrosionsbeständighet eftersträvas och där högre legeringshalt kommer ifråga, rekommenderas TIG-svetsning och då med t.ex. för TIG/GTAW: AWS A5.14 ER NiCrMo-3, eller för MMA/SMAW: AWS A5.11 E NiCrMo-3,
- Vid svetsning av materialet Sanicro 38 (EN nr 2.4858 / UNS N08825 mod.) elektroder typ ASME SFA/AWS A5.11 ENiCrMo-3. Vid svetsning med ASME SFA/AWS A5.14 ERNiFeCr-3, UNS N06625.
(AWS A resp. ASME SFA är identiska och betecknar samma material)
- Vid svetsning av materialet Sanicro 67 (EN 2.4642/UNS N06690) rekommenderas elektroder av typ AWS A5.11 ENiCrFe-7 alt. för TIG AWS A5.14 ECrNiFe-7.

Svets elektroder skall alltid väljas enligt den svetsprocedur "WPS", som man avser att tillämpa för det aktuella svetsarbetet. Vid osäkerhet skall den som ansvarar för svetsproceduren rådfrågas.