

Rekommendation från

Sodahuskommittén

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

Nr D 4

Utgåva 7, 2024, (2024-10-05)

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 2023:5 (Tryckbärande anordningar) och AFS 2023:11 (Användning av arbetsutrustning) samt 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.

Största förändringen från tidigare upplaga är en omfattande omarbetning av kapitlet om komponenttuber, inklusive inkorporering av kapitlet om komponenttuber från Rek. D3.

För fältbruk finns en förkortad version som Rapport till Sodahuskommittén nr 2024-1

Hänvisningar

Föreskrifter:

Föreskrifter i Arbetsmiljöverkets kungörelser om tillverkning och användning av tryckbärande anordningar/arbetsutrustning (AFS 2023:5 och AFS 2023:11) och de föreskrifter till vilka de hänvisar skall alltid följas.

OBS: AFS 2023:5 respektive AFS 2023:11 ersätter i och med årsskiftet 2024/2025 tidigare gällande AFS 2016:1 och AFS 2017:3.

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 3834:2021: Kvalitetskrav vid smältsvetsning, del 2: "Omfattande kvalitetskrav"

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 metallbågsvetsning.

SS-EN 10025-2:2019: Varmvalsade konstruktionsstål

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

SS-EN ISO/TR 15608: Gruppering av stålsorter

För övriga standarder, se Bilaga 1 i denna Rekommendation samt "Standardisering och föreskrifter – en översikt" (juni 2022) under fliken "Standardiseringsarbete".

Rekommendationer och rapporter:

Sodahuskommitténs rekommendation D3, utgåva 5: "Minsta godstjocklek hos tuber i sodapannor"

Rapport till Sodahuskommittén nr 2014-3 resp. 2015-2: Svetsgruppens arbete

Rapport till Sodahuskommittén" nr 2019-4, Sprängprovning
"Övriga dokument" för år 2021: Svetsen nr 3/2020 o. 4/2020

Innehåll

	Rekommendationens syfte.....	3
1	Förberedelser	3
2	Föreskrifter och standard	3
3	Ackreditering	4
4	Svetsmetoder och tillsatsmaterial.....	4
5	Accepterade svetsmetoder.....	5
6	Svetsbetingelser	5
7	Ersättningsmaterial	7
8	Utförande.....	7
9	Stutsar och tubinfästningar i domar och lådor.....	10
10	Kompoundtuber.....	12
11	Spiralpåsvetsade tryckkärlsrör enl. SS-EN 10216-2.....	27
12	Lucksvetsning.....	28
13	Underhåll av stift, täck- och triangelplåtar m.m.....	29
14	Bockning av tuber	31
15	Värmebehandling efter svetsning.....	31
16	Kontroll.....	31
17	Gjutjärnsekonomisrar	33
18	Tryckkontroll	34
19	Dokumentation.....	34
20	Ansvarsfriskrivning.....	34
	Bilaga 1: Exempel på standarder som berör svetsning.....	35
	Bilaga 2: Exempel på standarder för svetstillsatsmaterial.....	37

Rekommendationens syfte

Dessa rekommendationer är i första hand tänkta för sodapannor med konstruktionstryck upp till ca 140 bar och lokala skador på vattenförande tuber, framförallt komponenttuber, i sodapannans eldstad (som t.ex. bottentuber, löptuber, luftportsöppningar, brännare/lutspruteöppningar, vid instigningsluckor och luckor för skyddstaxbalkar). Rekommendationerna beskriver övergripande hur framförallt skador på komponenttuber bör hanteras, medan själva svetsmetoderna styrs av de svetsande företagens egna procedurer. De senare sammanfattas i den Welding Procedure Specification, WPS, som beskriver hur det aktuella arbetet skall utföras.

1 Förberedelser

Behov av svetsreparationer i sodapannan kan uppkomma plötsligt och oförutsett och fordra snabba åtgärder för att inte orsaka väsentliga ekonomiska förluster för berörd fabrik.

Regler och rekommendationer är omfattande och dessutom krävs i allmänhet formella förutsättningar för att kunna genomföra arbetet, t.ex. svetsare med giltiga svetscertifikat, svetsande företag med rätt kompetens och ackreditering. Omedelbar tillgång till utbytesmaterial med nödvändiga materialcertifikat, godkända svetselktroder och annan utrustning bör finnas, åtminstone hos leverantör inom landet. Ackrediterat kontrollorgan och annan rådgivning kan behöva tillkallas.

Tänkbara situationer och skador bör kunna förutses, t.ex. med kännedom om Sodahuskommitténs skadegrupps erfarenheter och tillgång till Skadadatabanken.

Uppkomna skador bör dessutom anmälas till Sodahuskommitténs Skadegrupp, vars arbete går ut på att förekomma och förbereda för uppkommande situationer.

2 Föreskrifter och standard

De regler som gäller för svetsning av tryckkärl i Sverige, är framförallt Arbetsmiljöverkets föreskrifter AFS 2023:5 respektive AFS 2023:11. AFS 2023:5 utgör tillämpningen i Sverige av EU:s Tryckkärlsdirektiv (PED, dvs. Europaparlamentets och rådets direktiv 2014/68/EU) och ger förutsättningarna för tillverkning av tryckkärl, d.v.s. här sodapannor. AFS 2023:11 innehåller föreskrifter för hur tryckkärl får användas, t.ex. om besiktning.

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, 2023:5. 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. Det innebär i princip att det alltid är de strängaste kraven som gäller.

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 och senare). 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.

Standarderna utgör exempel på hur man kan göra, vilket innebär att arbetar man efter standarderna så kommer det färdiga resultatet att uppfylla de krav som ställs i Direktivet resp. dess svenska tillämpning AFS 2023:5. Behöver man gå vid sidan av standarderna, så kan man istället arbeta direkt mot direktivet, vilket är mer omständligt.

Standarden SS-EN 12952 del 5 behandlar tillverkning av tryckkärlet, vilket inkluderar svetsning, kapitel 8 i standarden. Reglerna för tillverkning är även giltiga för utförandet av reparationer. Kapitel 8 i del 5 hänvisar sedan vidare till de svetsstandarder som är tillämpliga.

Dessa svetsstandarder ger sedan förutsättningarna för kompetensen hos svetsare, tekniskt underlag för svetsprocedurer (WPS:er), ackreditering och kontroll av svetsande företag, kvalitetskrav för tillsatsmaterial som används etc.

Standardprocedurer för kontroll av svetsresultatet återfinns sedan i Part 6 av SS_EN 12952.

De mest använda svetsstandarderna listas nedan i Bilaga 1.

3 Ackreditering

3.1 Det svetsande företaget skall ha till sig knutet en behörigen utbildad och ackrediterad svetsansvarig person. Denne skall ha en IWE-examen (International Welding Engineer) (SS-EN ISO 14731).

3.2 För svetsarbete på tryckbärande anordning krävs en skriftlig svetsprocedur, en ”WPS” . (SS-EN 12952-5, § 8.3 och 8.4). Den skall vara baserad på en svetsprocedurkvalificering, benämnd ”WPQR”, tidigare WPAR, där även de tillsatsmaterial som får användas skall specificeras (SS-EN ISO 15609, del 1).

Förkortningen ”WPQR” står för ”Weld Procedure Qualification Record”, den äldre benämningen ”WPAR” för ”Weld Procedure Approval Record”. Det svetsande företaget ansvarar alltid för att de svetsmetoder och de tillsatsmaterial de väljer är lämpligt valda. Dokumenten skall vara utarbetade och signerade av en person med IWE-behörighet. (SS-EN ISO 14731).

3.3 Vid reparation eller ändring av besiktningspliktig tryckbärande anordning skall alltid ett anmält organ (notified body) kontaktas.

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

4 Svetsmetoder och tillsatsmaterial.

4.1 Alla underhållsåtgärder och reparationer skall riskbedömas med hänsyn till eventuell påverkan på tryckkärls säkerhetsmarginaler, t.ex. påverkan på det lastbärande skiktet hos komponenter.

4.2 För alla enskilda svetsarbeten på tryckbärande delar skall det finnas en svetsprocedur, ”WPS” och en WPQR, se paragraf 3.2 (och SS-EN ISO 12952-5, § 8.3 och 8.4).

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 (SS-EN ISO 14731:2019). 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.

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

4.4 Beträffande val av svets Elektroder, se Bilaga 2.

4.5 Reparationer och ändringar bör planeras och utföras med hänsyn till de värmebelastningsförhållanden som de kan bli utsatta för i en sodapanna, t.ex. genom värmebelastningar eller kraftig korrosion. Det kan gälla t.ex. fenor eller infästningsöron, membran mellan tuber eller svetsar mellan

eldstadstuber och pannans balkkonstruktion. Ibland kan s.k. avväxlingsplåtar, som t.ex. mellan tuber och innehållningsbalkar vara en lösning.

5 Accepterade svetsmetoder

5.1 Av Sodahuskommittén accepterade svetsmetoder för tryckbärande svetsar är enligt paragraf 5.1.1, 5.1.2 och 5.2.

För påsvetsning av membran, täck- och triangelpåtar, fenor och liknande får även MIG/MAG-metoder enligt paragraf 5.3 användas, samt för reparation av stift bågbultsvetsning enligt paragraf 5.4.

5.1.1 Bågbultsvetsning 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. Rutilelektroder och cellulosaelektroder kan av samma anledning inte anses lämpliga för användning på sodapannans tryckkärlsdelar.

5.1.2 TIG-svetsning med argon som skyddsgas.

Annan skyddsgas kan ifrågakomma.

5.2 Vid montagesvetsning i panna rekommenderar Sodahuskommittén svetsning av rotsträng med TIG-svetsning enligt paragraf 5.1.2 och uppfyllning med bågbultsvetsning med belagda elektroder enligt paragraf 5.1.1 ovan.

5.3 Sodahuskommittén rekommenderar tillsvidare att MIG- och MAG-svetsning (GMAW resp. FCAW) inte används för reparations- och underhållsvetsning av tryckbärande svetsar. Däremot kan de användas för påsvetsning på tuber av fenor, membran och liknande detaljer.

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

5.5 Även för svetsning, som enbart berör utsidan av tryckbärande del, skall det finnas en godkänd och underskriven svetsprocedur "WPS" (enligt någon av ovannämnda SS-EN 15607 – SS-EN 15614).

5.6 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)

5.7 Sodahuskommittén avråder helt från gassvetsning med nuvarande teknik.

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

5.9 Där tillfredsställande dokumentation och erfarenhet föreligger kan avvikelser från ovannämnda 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.

6 Svetsbetingelser

6.1 Höga vätehalter i svetsgods och HAZ kommer oftast från användning av svets elektroder som inte är tillräckligt väl torkade. Vid bågbultsvetsning med belagd elektrod skall dessa hållas väl skyddade från fukt

enligt elektrotillverkarens rekommendationer. Redan under lagring kan elektroderna ta åt sig av luftfuktigheten, varför de elektroder som väntar på att användas under ett pågående arbete inte får ligga framme, utan de skall i väntan på användning förvaras i torrhallare med förhöjd temperatur. Lagringstiden är begränsad och beroende av hur den öppnade elektrodförpackningen förvaras. De flesta plastförpackningar förmår inte hålla fukten ute under längre tid, och i allmänhet finns sista förbrukningstillfälle utan omtorkning angivet på förpackningen.

6.2 Öppnade förpackningar bör i möjligaste mån förvaras i lokaler med låg luftfuktighet, vid rumstemperatur helst en luftfuktighet 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 torrhallningskärlet (värmeskåp eller torrhallare) till svetspistolen utan att ha dem liggande runt omkring sig när man svetsar.

6.3 Elektroder, vilka kan antas ha förvarats utanför förpackning eller utanför torrhallare/värmeskåp, så att fukthalten i elektrodhöljet har ökat, skall omtorkas enligt tillverkarens rekommendationer. För olika elektrodprodukt, förpackningskvaliteter 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.

6.4 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. Svetsning får ej heller ske med mindre än att materialtemperaturen hålls över +5°C om omgivningstemperaturen är lägre. 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.

6.5 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. 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.

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

6.7 Stålborstning, även med användning av roterande stålbörste, för rengöring av korroderade metall- ytor rekommenderas inte, eftersom stålborstning enbart ger en polering av oxidskiktet.

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

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

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

6.11 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.

6.12 Högttrycksspolning 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.

6.13 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.

6.14 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.

6.15 Svetsning bör inte ske på tuber, vilka 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 svetsningsarbetet. Undantag medges om det svetsande företaget har kvalificerat sig med en särskild WPS för att svetsa även tuber som det fortfarande står kondensat i. Punkteringen bör ej läggas längst ner i en böj, då det där är svårt att hålla tillräckligt rent för återsvetsningen. Lägg punkteringen högre upp bör utrymnet nedanför dräneras t.ex. med sughävert innan man återsvetsar det upptagna hålet. Lämplig storlek på punkteringshålet bestäms av den slang, som används som sughävert. Är dimensionerna för små tar de aktuella tömningsoperationerna onödigt lång tid. Hålet återsvetsas t.ex. genom att man lägger till en bricka för att fylla upp hålet.

Efter avslutat montage måste kontrolleras att tubernas genomlopp inte blivit blockerade.

7 Ersättningsmaterial

- 7.1 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.
- 7.2 Vattenförande tuber, vilka vid läckage kan ge vatten in i eldstaden skall vara kontrollerade enligt de delar av SS-EN ISO 10893 som specificeras i SS-EN 10216-2.
- 7.3 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).
- 7.4 Material till fenor och konstruktionsdetaljer, som svetsas fast på domar, lådor eller tuber skall vara av minst kiseltätat konstruktionsstål enligt SS-EN 10025-2, tabell A1 eller motsvarande. Exempel på sådant material är SS-EN 10025-2 stål S235JRG2.
- 7.5 Stål av s.k. duplex typ (ferrit-austenitiska stål) är inte lämpliga till tryckdelar m.m. i soda pannor p.g.a. risk för γ' -utskiljning vid användning över ca 250 °C.

8 Utförande

- 8.1 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.
- 8.2 Svetsning på tryckbärande delar skall ske mot en godkänd svetsprocedur, WPS/WPQR. Alla relevanta parametrar skall specificeras i denna svetsprocedur, jfr paragraf 3.2.
- 8.3 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 9.2, 9.13, 10.9, 10.13, 12.1, 12.11 och 19.2).
- 8.4 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 vid svetsningen eller utvecklas på lång sikt. Svetsarna kan behöva slipas extra noga till jämn yta för att motverka sprickbildning som en följd av framtida tryckkontroller m.m. Övergången mellan svetsråge och anslutande grundmaterial måste vara jämn och utan tvära

övergångar, vilka annars kan initiera spricktillväxt efter en längre tids drift.

- 8.5** 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.
- 8.6** 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. Exempel på sådana åtgärder kan vara slätslipning av svetsrågarna eller värmebehandling av utförda reparationsvetsar.
- 8.7** 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.
- 8.8** Vid svetsning av eller på tuber och lådor av stål 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.
- 8.9** 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.
- 8.10** Användning av s.k. intermittent svets skall undvikas, om man istället kan lägga en kontinuerlig längsgående svets.
- 8.11** 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).
- 8.12** Sodahuskommittén rekommenderar att påsvetsning på vattenförande tuber för att återställa ursprunglig 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 10.15.
- 8.13** Vid svetsning på överhettartuber bör på samma sätt den minsta kvarvarande tjockleken före svetsning motsvara minst den minsta tillåtna tjockleken e_t (enligt SS-EN 12952-3, kap. 11) plus 1 mm, det senare tillägget för att kompensera för svetsgodsets inträngning.
- 8.14** 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 8.18 alt. paragraf 8.19.
- 8.15** Rotgapet mellan fogkanter skall i möjligaste mån innehållas, t.ex. genom häftsvetsning eller med mekanisk inspanning. 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 (avrådan gäller även I-fog).

- 8.16** 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.
- 8.17** Häftsvetsar skall utföras så att de ej stör den färdiga svetsen (se SS-EN 12952-5:2022, § 8.5.3).
- 8.18** Risken för härdning vid häftsvetsning skall beaktas (se SS-EN 12952-5:2022, §10.3.1).
- 8.19** 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)
- 8.20** Vid stora uppslipningar i godset bygger man successivt på fogkanterna från sidan, så att höga svetsspänningar undvikas. Låg mellansträngstemperatur bör eftersträvas.
- 8.21** Skarvsvetsar får inte läggas närmare varandra än vad som motsvarar längden av två tubdiametrar (se SS-EN 12952-5:2022, § 8.12.4)
- 8.22** 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.
- 8.23** Krypskador som återkommer i område som tidigare svetsreparerats av samma orsak bör föranleda byte till friskt material. Har området varit föremål för svetsreparation tidigare, avgörs på basis av tillgänglig dokumentation om ytterligare reparationer skall accepteras, dock att området svetsas sammanlagt högst tre gånger. Är dokumentationen ofullständig bör tubpartiet bytas.
- 8.24** Vinkelavvikelse vid skarvning av tuber skall understiga 3° dvs 5 mm per 100 mm (se SS-EN 12952-5:2022, § 8.12.6.)
- 8.25** 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
- 8.26** 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 i enlighet med svetsproceduren. Svetsen skall röntgas.
- 8.27** 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 som verkar på svetsarna blir för stora. Finner man dylika korrosionsskador på vattensidan vid påsvetsade inhållningsjärn och liknande, så kan hela eldstaden behöva undersökas noggrannare.
- 8.28** 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.
- 8.29** 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.
- 8.30** Täck- och triangelpåtar och liknande smådetaljer insvetsade på mer än ett ställe kan behöva slitas för undvikande av sprickor genom värmespanningar.

- 8.31** Tillfälliga svetsöron etc. avlägsnas. Snittytan kontrolleras med ytmetod (se SS-EN 12952-5:2022, § 8.5.3).
- 8.32** Längsgående membran mellan tuber bör helst inte vara bredare än ½" (12,5 mm), men kan tillåtas vara ytterligare något bredare om de kan hållas väl skyddade mot överhettning.
- 8.33** Svetsreparationer av utförda 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).
- 8.34** 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).
- 8.35** Brännsår skall undvikas. Eventuella brännsår bortslipas och kontrolleras med ytmetod (se SS-EN 12952-5:2022, § 8.5.4).
- 8.36** Återsvetsning av stapelfenor bör undvikas. Vid påskrivning av nya fentoppar beaktas att full genomsvetsning erhålles, då för liten fogarea här leder till dålig värmeförledning, höga temperaturer och kort livslängd.
- 8.37** 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 bör kontrolleras, t.ex. med termokrita.
- 8.38** Tryckkontroll med höga kontrolltryck bör användas återhållsamt, se Rapport till Sodahuskommittén nr 2020-1.

9 Stutsar och tubinfästningar i domar och lådor.

- 9.1** 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. Smältdiken och skarpa vinklar bör undvikas (SS-EN ISO 5817, klass B). Se rapport till Sodahuskommittén 2020-2, avsnitt 7.3.
- 9.2** Sodahuskommittén rekommenderar att den som utför svetsning eller annat arbete på domarna utöver giltig svetsarprovning (för stål: SS-EN ISO 9606-1:2017) också har dokumenterad erfarenhet av motsvarande reparationsarbeten. På begäran skall det svetsande företaget styrka lämpligheten av föreslagna svetsarbeten med ett motsvarande arbetsprov utfört av den tilltänkte svetsaren.
- 9.3** Tuber, vilka svetsas fast på utsidan av cylindriska lådor, skall vara avskurna vinkelrätt mot längdaxeln. Tubänden skall vara fogberedd på lämpligt sätt, så att man får full genomsvetsning av skarven, föreslagna fogberedning skall framgå av WPS:en. Lådans vägg planas runt varje hål. Tubens centrering i förhållande till hålet skall noggrant kontrolleras.
- 9.4** Hål i domar och lådor för genomgående stutsar skall vara maskinbearbetade. Genomgående stutsar bör helst vara fullt genomsvetsade, alternativt att det inbyggda rotfelet hålls så kort i höjdlängd som

möjligt. Gångförband och s.k. socket weld (SS-EN 12952-3, figur 28) accepteras inte.

9.5 Vid svetsreparation av domplåten vid tubhål och stutsar måste beaktas att värmebehandling i allmänhet inte kan utföras efter svetsningen. Det innebär att arbetet i så fall måste utföras med en svetsprocedur och med efterföljande kontroll utarbetade i förväg av den svetsansvarige och med besiktningsorganet och i förekommande fall med materialtillverkare eller annan svesteteknisk expertis.

9.6 Borrhål avsedda för invalsning av tuber skall vara fria från repor som kan medföra läckage. Den tubhålskant som vetter mot tubens sträckning skall vara avgradad (bruten). Tubhålens yttfinhet bör vara runt ca 0,06-0,07 mm. Speciell uppmärksamhet efter kvarvarande defekter skall ägnas sådana borrhål som svetsreparerats.

9.7 Tubhålsdiametrarna bör icke vara mer än ca 0,5 mm större än aktuell tubs uppmätta ytterdiameter före pressningen. Tubhålens diameter anpassas till aktuell tubdimension. 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. Tuberna skall pressas före svetsningen, så att anläggningen mot tubhålsväggen blir fullgod.

9.8 Sodahuskommittén rekommenderar att pressade tubinfästningar också tätsvetsas enligt paragraf 9.9 – 9.16 nedan. Hur detta sedan skall genomföras skall finnas beskrivet i den för arbetet utarbetade WPS:en.

9.9 Vid tätsvetsning av tubändar är det svårt att utföra värmebehandling efteråt. Det innebär att man i gengäld tvingas till rätt höga arbetstemperaturer för att motverka martensitbildning och sprickbildning, se paragraf 9.12 nedan...

9.10 Tätsvetsning 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 ned de kvarvarande restspänningarna.

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

9.11 Vid invalsade 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 tubänden, också med minst två strängar. Ringens höjd bör motsvara a-måttet för den nedre (yttre) svetsen. Ringens innerdiameter anpassas gentemot den invalsade tubändens ytterdiameter (d.v.s. något lite större än tubens nominella ytterdiameter före invalsningen), så att spalten mellan ring och tubände hålls så liten som möjligt. (För en 2½"-tub kan ringen göras med $t = 6-8$ mm, $d_i \sim 64-65$ mm, $d_y \sim 85$ mm och böjas till en krökning som motsvarar domens krökning, så man får god anpassning).

9.12 Svetsproceduren bör vara utformad så att den värmepåverkade zonen i domgodset (HAZ) inte tar härdning genom martensitbildning vid svetsningen. Tätsvetsning av invalsade tuber i domar fordrar därför speciella försiktighetsåtgärder, vilket innebär att arbetet måste utföras med svetsprocedur utarbetad i förväg av den svetsansvarige i samråd med besiktningsorgan och materialtillverkare eller annan svesteteknisk expertis.

9.13 Tätsvetsade tubändar värmebehandlas normalt inte efter svetsningen, även när dommaterialet är sådant att en efterföljande värmebehandling normalt skulle krävas. En sådan svetsprocedur kan därför i vissa fall även inbegripa en föreskriven eftervärmning/varmhållning för att föregripa uppkomsten av härdsprickor i domgodset strax nedanför smältgränsen mellan svetssträng och dommaterial. Sådana kan annars vid låglegerade stål uppträda även något dygn efter det själva svetsningen avslutats. Ett sätt att motverka härdning/martensitbildning kan vara att man svetsar med en kraftigt förhöjd arbetstemperatur, och sedan låter den höga arbetstemperaturen ligga kvar tills den nylagda svetsen svalnat tillräckligt i förhållande till martensitbildningstemperaturen, M_s . Den aktuella svetsuppgiften medger inte i praktiken att man laborerar med att föreskriva en lägre mellansträngstemperatur. Utfört arbete synas och provas med penetrant eller magnetpulver sedan svetsen svalnat till rumstemperatur, eventuellt i svårare fall efter

något dygns väntetid. Möjligheten till att genomföra ett arbetsprov bör övervägas.

9.14 Förvärmning (förhöjd arbetstemperatur) skall ske med metod som ger fullgod genomvärmning och så att den föreskrivna arbetstemperaturen innehålles ända tills dess den aktuella svetsningen är avslutad. Arbetstemperaturen skall kontrolleras individuellt för varje enskild tub innan svetsningen av den påbörjas.

9.15 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 i så fall hur en eventuell eftervalsning skall utföras.

9.16 Kompoundtuber lämpar sig inte för inpressning (p.g.a. skillnader i värmeutvidgningskoefficient). Antingen pressar man en tubände där ytterskiktet avlägsnats minst motsvarande domgodsets tjocklek eller så pressar man in en påskarvad tubände gjord i samma stål som det lastbärande skiktet i komponenttuben.

9.17 Om risk föreligger att den på detta sätt inpressade tubändan kommer att angripas av korroderande rökgaser intill inpressningen genom att lådan/domen ligger inne i rökgasstråket bör det föranleda åtgärder, eftersom det finns en risk för att det blottade innerskiktet korroderar.

10 Kompoundtuber

Rekommendationerna nedan är i huvudsak baserade på erfarenhet och kunskap kring svetsreparationer av komponenttuber med innerkomponent i P265GH enligt SS-EN 10216-2, Sandviks resp. Alleimas beteckning 4L7 och med ytterkomponent i X2CrNi19-11 (EN materialnummer 1.4306/Sandviks resp. Alleimas beteckning 3R12) alternativt Sanicro 38 (Nr. 2.4858/typ Alloy 825).

Rekommendationerna är i första hand tänkta för komponenttuber i sodapannor med konstruktionstryck upp till ca 140 bar och lokala skador på vattenförande tuber i sodapannans eldstad (som t.ex. bottenuber, löptuber, luftportsöppningar, brännare/lutspruteöppningar, vid instigningsluckor och luckor för skyddstaksbalkar).

Eftersom det i svenska sodapannor i huvudsak endast förekommer 2½” komponenttuber med ovan nämnda material i inner- respektive ytterskikt, så behandlar detta kapitel huvudsakligen bara den dimensionen och de materialkombinationerna.

Dessa råd kan emellertid också i stort sett ses som tillämpliga även med komponentrör med högre legerade ytterskikt respektive motsvarande överhettartuber i komponentutförande. Ytterskikten med högre nickelhalter kräver emellertid andra svetsprocedurer och andra tillsatsmaterial och på samma sätt brukar överhettartuber ha en innerkomponent i något varmhållfast stål, vilket också det kräver mer avancerade svetsprocedurer än de standardvarianter som behandlas här.

10.1 Beteckningar och dimensioner

Komponentrör på marknaden i Sverige idag är i praktiken uteslutande från företaget Alleima® i Sandviken.. Tidigare leverantör, SANDVIK rördivision SANDVIK MATERIALS TECHNOLOGY, ”SMT” upphörde år 2022, i och med att den fysiska verksamheten avknoppades till det då nybildade bolaget Alleima® med dotterbolaget Alleima® Tube AB.

Det innebar bl.a. att de aktuella materialkvalitetsbeteckningarna som SANDVIK använt övertogs oförändrade av Alleima (utöver att prefixet ”Sandvik®” ersattes med ”Alleima®”). De kom att varumärkesskyddas under sina nya namn. Alleima® och Sanicro® är alltså av företaget Alleima® registrerade varumärken.

Används dessa beteckningar med ®-märke så måste det därför vara Alleimas produkter som avses. Vill man att ett dokument skall omfatta även befintliga gamla SANDVIK-rör från före 2022, så bör man begränsa sig till standard- och/eller materialbeteckningarna, eftersom det kan vara upplagt för problem om man kommer i konflikt med de skyddade varumärkena. Även de äldre SANDVIK-beteckningarna var på sin tid varumärkesskyddade.

Även beteckningen ”Sanicro 38” kan ifrågasättas, samtidigt som även Sandviks äldre beteckningar av typ SANDVIK® 3R12 respektive SANDVIK® Sanicro 38 kan behöva ersättas, eftersom de kommer i konflikt

med Alleimas varumärkesskydd. Man kan använda t.ex. Materialnummer 2.4858 eller UNS N08825) för det som har kallats SANDVIK® Sanicro 38 respektive innerkomponent i P265GH enligt SS-EN 10216-2 istället för SANDVIK® 4L7. I mindre solenna sammanhang accepterar emellertid Alleima® att man använder beteckningarna Sanicro 38, 3RE12 resp. 4L7 (och motsvarande för deras högre legerade kvalitéer) utan ®-märke utan att det kommer i konflikt med Alleimas varumärkesrättigheter.

OK att skriva i dokumentet	EN Materialnummer/klassificering/standarder
Sanicro 38	EN 2.4858 / UNS N08825 mod.
Sanicro 67	EN 2.4642/Alloy690/UNS N06690
Sanicro 28	EN 1.4563/X1NiCrMoCu31-27-4/UNS N08028
Alleima 3RE12	EN 1.4306/1.4301/X2CrNi19-11/UNS S30403/S30400/AISI 304L
Alleima 3RE28	EN 1.4845/AISI310

Dokument som WPS:er eller WPQR behöver egentligen också enbart hänvisa till materialgrupperingen enligt SIS-CEN ISO TR 15608, vilket är neutralt.

Kompondrör som finns att tillgå på marknaden idag är alltså enbart från Alleima®, med undantag för att det kan finnas enstaka äldre SMT-tillverkade rör och rörkonstruktioner, t.ex. löphål, i reserv på förråden på de enskilda fabrikerna. Dessutom är ju alla hittills levererade eldstäder utförda med kompondrör från SMT. Alla dokument, men framförallt WPS:er, måste därför kunna hantera, att kompondrör med samma sammansättning och egenskaper kan ha olika namn, beroende på vilket av de bägge företagen som tillverkat det individuella tubmaterialet. WPS:en måste kunna hantera rör från bägge dessa materialleverantörer samtidigt och äldre WPS:er som är utförda på kompondrör från SMT kan behöva skrivas om så att de också kan hantera motsvarande tuber från Alleima®. Det är ju samma material och tillverkningsmetoder i botten. De bör därför inte hänvisa till framförallt SMT:s äldre varumärkesskyddade beteckningar. Det räcker dessutom enligt standarden SS-EN ISO 15614-1:2017 med materialgrupperingen enligt SIS-CEN ISO TR 15608.

En ytterligare komplikation är/har varit att kompondtuber från Alleima (och tidigare Sandvik/SMT) levereras på marknaden certifierade enligt både amerikansk (ASTM/ASME SA 210 grade A-1 och SA 450) och europeisk (EN 12952-2/SS-EN 10216-2) tillverknings- & materialstandard med ett och samma garanterade minimimått för den nominella tjockleken (ε) på det lastbärande innerskiktet för att passa bägge standarderna.

Här har ett tidigare missförstånd uppstått vid tolkningen av SS-EN 10216-2, nämligen att man tolkat standardens tjocklekstoleranser enligt Tabell 7 med (+/- 12,5 %) - tolerans istället för Tabell 9 med minustoleransen noll, (+ 28%/-0). Den senare medger ett bättre utnyttjande av innerskiktets tillverkningsdata, den angivna tjockleken är den tjocklek man räknar med. Standarden likställer dessa möjligheter (tabellerna 7 och 9) och detta borde ha uppmärksammats tidigare.

Aktuella materialcertifikat för de här kompondtuberna hänvisar emellertid inte till SS-EN10216-2 för det lastbärande skiktet, utan till en certifiering direkt gentemot tryckkärlsdirektivet utförd av TÜV Nord.

Tidigare så har man konstruerat eldstaden mot en garanterad minimitjocklek för rören, som motsvarat den angivna tjockleken minus minustoleransen. Erfarenheten från senare utförda pannor visar att Kontrollorganen nu godtar att den av tillverkaren angivna och garanterade minsta tjockleken på det lastbärande skiktet (4,88 mm för 2½” 3RE12/4L7-tuber, 4,71 mm för motsvarande Sanicro 38/4L7) är det värde som gäller (i enlighet med nämnda Tabell 9 för tjocklekstoleransen). Det innebär att tidigare resonemang och beräkningar som förts med utgångspunkt från Tabell 7 i SS-EN 10216-2 har varit onödigt konservativa. Man kan därför nu tillåta sig att dimensionera pannorna för en aning högre högsta tillåtna tryck än tidigare.

Anm.: Enligt den av Alleima (på samma sätt som före år 2022 rördivisionen i SANDVIK, SANDVIK Materials Technology, SMT) och Sodahuskommittén tillämpade terminologin benämns kompondtuberna som ”rör” vid tillverkning, försäljning och lagerhållning. Det innebär samtidigt att de benämns som ”tuber” först när de blivit inmonterade som en integrerad del i eldstaden.

10.2 Aktuella material till inner- och ytterkomponent.

Det absolut vanligaste utförandet är med det lastbärande skiktet av ett ferritiskt kolmanganstål, typ P265GH, men dessa råd är lika tillämpliga även när det lastbärande skiktet består av någon annan jämförbar stålqualität, t.ex. 16Mo3 (också det enligt EN 10216-2, materialnummer 1.5415, vilket medger ett något högre konstruktionstryck i eldstaden). Alla dessa stål har fortfarande en betydligt lägre relativ varmhållfasthet, om man jämför med de rostfria stål och nickelbaslegeringar som används i komposit-skiktet.

EN-stålet P265GH är ett konventionellt kolmanganstål legerat med upp till 1,4 % mangan och har en kolhalt om högst 0,20 % C. Det ger sammantaget goda svetssegenskaper. Risken för att P265GH tar härdning och bildar några väsentliga mängder martensit vid svetsning vid rumstemperatur vid de dimensioner, som är aktuella för komposittuberna, är t.ex. liten. Att man ändå vill ljumma på svetsstället med en lätt förvärmning har mer att göra med att man vill motverka kondensation på svetsstället med den risk för gasporer som annars i värsta fall skulle kunna bli följden.

Innerkomponent av EN-stålet 16Mo3 kan alltså vara ett möjligt alternativ, Det har ungefär samma svetssegenskaper i de aktuella tubdimensionerna.

Det korrosionsskyddande ytterskiktet kan sedan bestå av "ett vanligt austenitiskt rostfritt stål", EN X2CrNi19-11. (Alleimas beteckning 3R12) eller vara mer legerat med nickel och krom, då vanligen motsvarande typ Alloy 825 (med beteckning Sanicro 38, materialnummer 2.4858, med riktanalys 20 % Cr, 38,5 % Ni, 2,6 % Mo, 1,7 % Cu och 0,8 % Ti).

I äldre sodapannor accepterades från början en ännu något högre kolhalt i det rostfria 18/8-ytterskiktet, dvs motsvarande tidigare stålbezeichnung SS Stål 2333 med max. 0,05 % kol istället för nuvarande standardmaterial (tidigare SS Stål 2352) numera X2CrNi19-11 med max. 0,03% kol. Detta betyder i praktiken egentligen ingen större praktisk skillnad, eftersom man vare sig räknar med någon sammanhängande karbidutskiljning eller med någon därav följande risk för korngränskorrosion.

Höglegerade nickelbaslegeringar förekommer också vid svårare korrosionsförhållanden, och då i ytterskiktet, det skikt som är vänt mot rökgaserna. Således förekommer att man använder Sanicro 67 (EN materialnummer 2.4642/typ Alloy 690/nickelbas med 30 % Cr, 60 % Ni och 10 % Fe) vid risk för svårare korrosionsförhållanden. För högre legerade tuber föreligger ett magrare erfarenhetsmaterial och därför kan ytterligare säkerhetsåtgärder bli aktuella, framförallt för att undvika varmsprickbildning i svetsgodset.

Som innerkomponent i överhettartuber används mest låglegerade krom-molybdenstålskvaliteter med förhållandevis låga krom- och molybdenhalter. Samtliga dessa har ferritisk mikrostruktur och de här låglegerade stålen kräver i allmänhet något mer uppmärksamhet på svetsningsparametrarna, framförallt en eventuellt förhöjd arbetstemperatur. Föreliggande råd avser inte dessa tuber, men bör ändå ge en viss ledning i samband med svetsreparationer på dem.

10.3 Dimensioner och toleranser

Av störst betydelse för komposittubernas användning till pannor med högre tryck och temperatur är, att den minimitjocklek på det lastbärande skiktet som garanteras, kan användas som den tjocklek på det lastbärande skiktet, ϵ_t , som man räknar mot med kapitel 11 i designstandardEN 12952-3.

Den egentligen tillåtna tjocklektoleransen (+28 %) för innerskiktet (enligt Tabell 9 i SS-EN 10216-2) är betydligt vidare än den extra tjocklek hos den lastbärande komponenten tuberna i praktiken levereras med för att minimivärdet på tjockleken med säkerhet skall innehållas. Men det är fortfarande fråga om ett dolt extra tillskott till hållfastheten, men så länge den inte är känd kan man inte tillgodoräkna sig den.

Det har tidigare rått en del oklarheter om hur innerkomponentens minsta tjocklek skall beräknas, det är alltså den garanterade minimitjockleken som gäller.

Skillnaden mellan fordrad tjocklek ϵ_{et} enligt kapitel 11 i EN 12952-3 och tillverkarens garanterade minimitjocklek ϵ_t utgör sedan en extra säkerhetsmarginal, vilken kan komma att behöva utnyttjas vid eventuellt framtida svetsreparationer. För pannor där man utnyttjat tjockleken på det lastbärande skiktet

maximalt, d.v.s. $\epsilon_{ct} = \epsilon_t$ finns det däremot inte kvar några marginaler om man behöver svetsreparera en tunn nedkorroderad ytterkomponent eller om man upptäcker korrosion på vattensidan.

10.4 Materialgruppering för svetsning.

Kompoundtuber räknas för varje enskild materialkombination som en egen materialgrupp (vilket kräver att man gör separata svetsprocedurer och kvalifikationsprov). Speciellt bör härvid beaktas de särskilda svårigheter, som kan uppträda vid svetsning på compoundtuber vid trängda svetslägen, lucksvetsning, byxningar och i liknande situationer (se SS-EN 12952-5:2022, Annex E, § E.6.2.1).

På samma sätt som man lagerför ersättningstuber i olika materialkombinationer bör man försäkra sig om tillgången på svetsare med yrkeskompetens (och behörighet) gällande för de olika sorter och materialkombinationer, som används i den egna eldstaden

10.5 Materialförväxling

Eftersom compoundtuber med ytterskikt i Sanicro 38 används parallellt med compoundtuber med vanliga ytterskikt i X2CrNi19-11 (Alleima 3R12/tidigare "Sandvik 3R12") så måste man också beakta risken för materialförväxling. I ett stort antal pannor finns compoundtuber av båda dessa typer. När det förekommer högre legerade compoundtuber i eldstaden, så är det därför viktigt att hålla reda på var man har vanliga compoundtuber och var man har höglegerade, så att man inte tillämpar fel svetsprocedurer. Risken för materialförväxling måste beaktas genom hela kedjan från inköp till montage

Föreligger osäkerhet kan man vid svetsningen ändå utgå ifrån antagandet, att det är den mer legerade varianten. På samma sätt kan man alltid om man är osäker ersätta tidigare okända compoundtuber i eldstaden med Sanicro 38-tuber (försåvitt det inte förekommer ännu högre legerade tuber i pannan. I enstaka sodapannor förekommer som tidigare nämnts på enstaka ställen compoundtuber med Sanicro 67).

10.6 Tillverkningskontroll

Föreskriven tillverkningskontroll av compoundtuber för sodapannor specificeras i SS- EN 12952-2:2022, Annex C. Compoundtuberna skall vara kontrollerade med 100 % ultraljud, samt med ringvidgningsprov, mekaniska test som dragprov av innerkomponent och mot bindfel. Också ytterskiktets tjocklek skall vara kontrollerat, vilket görs med virvelströmsmätning..

10.7 Riskbedömning

Alla underhållsåtgärder och reparationer av tubernas compoundskikt bör riskbedömas med hänsyn till hur åtgärden eventuellt kan inskränka den användbara tjockleken på det lastbärande inre skiktet.

Vid bedömningar som baserar sig på tjockleksmätning av tubtjocklek eller av compoundskiktets tjocklek bör man betänka att korrosionsangreppen kan vara både spridda och ojämna, d.v.s. man kan inte utan vidare ta ett uppmätt lokalt tjocklekvärde, som representativt för en större yta, utan man bör försäkra sig om att man har kontroll på var värdena kan vara som sämst.

10.8 Krav på svetsare och svetsande företag

Skarvsvetsning, skarvsvetsning med lucka, påsvetsning och annan svetsning av eller på compoundtuber 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 compoundtuber enligt tillämpliga del av standardserien 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.

10.9 Arbetsprov före svetsreparation

Arbetsprov bör utföras på en motsvarande compoundtub, vilken getts en liknande geometri och svetsläge som skadan. 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. Det utsluter inte att svetsarna också upprätthåller sin yrkeskompetens mellan de skarpa insatserna genom att i övningsyfte utföra motsvarande svetsprov vid sidan av sina ordinarie uppdrag.

Den kvarvarande godstjockleken efter nedslipning, men innan påsvetsning, skall dokumenteras. Efter svetsningen snittas arbetsprovet 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.

Innefattar svetsningen risk för uppblandning av svetsgodset, som t.ex. vid lucksvetsning, så att man riskerar martensitbildning, kan med fördel hårdheten i de kritiska svetssträngarna i arbetsprovet mätas med mikrohardhetsmätning. Det går inte att sätta någon bestämd gräns för hårdheten i en enskild svetssträng, men överskrider den ~300 HV i en enskild svetssträng, så bör det uppmärksammas .

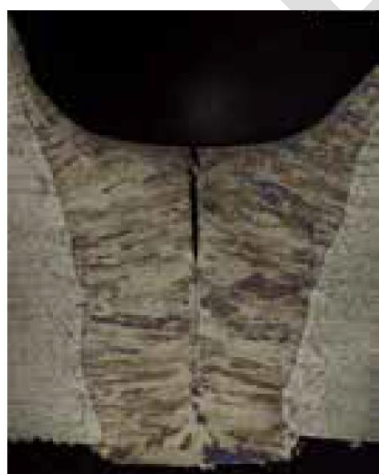
10.10 Svetsning, några allmänna synpunkter.

Svetsning med låg sträckenergi bör eftersträvas vid svetsning med legerade elektroder på komponenttuber, eftersom det begränsar uppsmältningen och dämpar restspänningarna. När man svetsar med låg sträckenergi, så måste man emellertid då samtidigt vara mycket uppmärksam på den ökade risken för bindfel. Motsvarande resonemang gäller även för mellansträngstemperaturen.

Fastsvetsning av membran, fenor, stift, bärjárn och liknande på komponenttuber kan medföra att det med tiden uppstår termiska utmattningsprickor. De rostfria (austenitiska) stålén och de ferritiska stålén (som t.ex. P265GH eller 16Mo3) har mycket olika vämeutvidgningskoefficient och olika termisk ledningsförmåga. Fastsvetsade fenor och membran blir också mycket varmare än de vattenkylda tuber de är fästa vid, så risken för termiska spänningar och medföljande sprickbildning kan förutsättas vara större för komponenttuber i jämförelse med vanliga kolstål-tuber.

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 ferritiskt stål (d.v.s. som oftast vanligt konstruktionsstål stål S235JRG2 enligt SS-EN 10025-2.) måste dessutom vid svetsningen överlegerade austenitiska svetseléktroder användas. Möjligast jämna övergång mellan tuben och den fastsvetsade detaljen skall eftersträvas, så att senare sprickbildning motverkas. Inträngningsdjupet skall alltid vara så litet som möjligt. Svetsdiken skall avlägsnas. Intermittent svets är inte tillåten.

Vid användning av höglegerade elektroder (som t.ex. vid svetsning med elektroder med förhöjd nickelhalt vid svetsning av Sanicro 38) ökar risken för bildning av stelningssprickor (äldre benämning: varmsprickor).



Stelningsspricka i svetsfog med djup och smal inträngning.

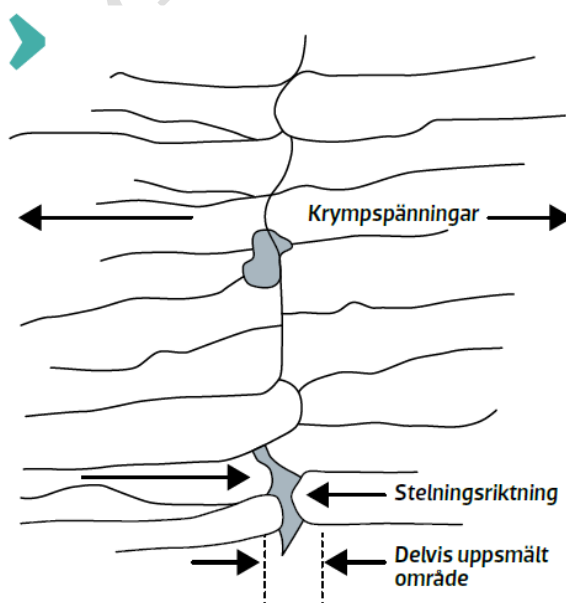


Fig. 1: Exempel på stelningssprickor (tidigare kallade "varmsprickor")

Illustrationer : Eva-Lena Bergquist, ESAB

Kompoundskikt med högre nickelhalter kan därför kräva arbetsprocedurer, vilka speciellt tar hänsyn till risken för bildning av varmsprickor, varför svetsprocedurer utformade för de dominerande 18Cr8Ni-kompoundskikten ej alltid är direkt överförbara.

Om det skulle bli så att det bildas en tvär övergång mellan tuben och täcksvetsens svetsråge, så har den då uppkomna spänningskoncentrationen i dokumenterade fall medfört att det uppstått utmattningssprickor, vilka löpt i själva compoundskiktet strax innanför smältgränsen. Även om den bakomliggande orsaken till dessa skador inte är helt utredda, så rekommenderas det att man i görligaste mån slipar till övergången till svetsrågen så att den ansluter mjukt till tubens ursprungliga kontur. Mjuka övergångar mellan tub och svetsreparation/svetsråge är en förutsättning för att minimera risken för framtida utmattningssprickor, framförallt bör dessutom eventuellt kvarvarande svetsdiken mellan svetsrågarna undvikas.

- Tjockleksmätning och kopparsulfatstest skall utföras på det svetsreparerade området efter slipning.
- Utförda reparationer skall dokumenteras för framtida revisioner.

10.11 Den värmepåverkade zonen och det avkolade skiktet

Minsta tillåtna godstjocklek för det lastbärande innerskiktet beräknas enligt Kapitel 11 i SS-EN 12952-3. Utöver det finns inget formellt krav på innerskiktets tjocklek. Vare sig standardens Part 3 (konstruktion) eller Part 5 (tillverkning) nämner eller påtalar emellertid den försvagning av innerskiktet som förekomsten av den avkolade zonen i innerskiktet alldeles intill ytterskiktet innebär. Eftersom det avkolade skiktet brukar kunna vara ~ 0,1 mm i nya tuber och ~ 0,2 mm i tuber som varit med en längre tid eller utsatts för överhettning, så kan det kanske vara att rekommendera att man tar hänsyn till avkolningen (jfr. paragraf 10.12).

Notera att även en (mindre) del av HAZ (den värmepåverkade zonen från svetsningen) också kan inkräkta på den lastbärande komponentens hållfasthet. Man måste dessutom räkna med att det finns en tunn avkolad zon i den värmepåverkade zonen (HAZ) alldeles under smältgränsen, där hållfastheten är väsentligt nedsatt.

Avkolningen beror på att kolet diffunderar (rör sig) till compoundskiktet eller täcksträngen, eftersom det har högre kromhalt, vilket gör att det bildas kromkarbider på den austenitiska sidan av fasgränsen. En sådan avkolad zon förekommer också direkt under det rostfria compoundskiktet även på helt fabriksnya tuber. Det avkolade skiktet brukar vara ca 0,1 mm på nytillverkade rör och kan ofta bli uppemot 0,2 mm eller mer efter en längre tids drift eller efter någon överhettningsepisod. Ytterligare något material blir då också mer eller mindre mjukglödgat med sfäroidiserad karbidstruktur och viss korntillväxt.

Den försvagningen bör egentligen räknas bort från den del av den lastbärande komponenten, som kan medtas i hållfasthetsberäkningen. Mot den bakgrunden är det svårt att rekommendera påsvetsning med mindre än att man från början har minst en millimeters sammanlagd marginal (kvarvarande compoundskikt plus $(\epsilon_t - \epsilon_{ct})$) gentemot den enligt pannans hållfasthetsberäkning fordrade minimitjockleken ϵ_{ct} .

10.12 Lastbärande skiktets minsta tillåtna tjocklek (ϵ_{ct}).



Diagram 1: Minsta ostörda tjocklek e_{ct} på den lastbärande komponenten. Diagrammet gäller e_{ct} för 2½” Sanicro 38/4L7 bottenrör vid en pannhöjd om 50 meter. Vid annan pannhöjd eller högre upp i pannan justeras kurvan i motsvarande mån uppåt eller nedåt med 1 bar per 10 meter. Värdet 2,4 mm för de lägre trycken kommer från standardens minimikrav: SS-EN 12952-3, § 11.2. Hänsyn till det avkolade skiktet är ej medtaget i diagrammet.

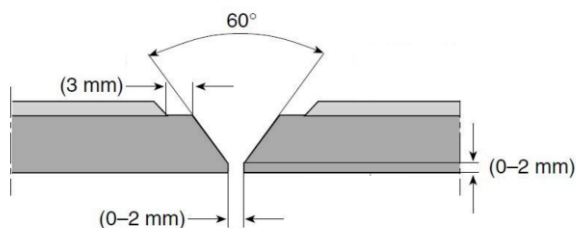
Om man har både rör med 3RE12/4L7 och Sanicro 38/4L7 i samma eldstad, så kommer Sanicro 38-rörerna att bestämma högsta möjliga trycket, då de har den minsta garanterade tjockleken på det kraftbärande 4L7-skiktet.

Vid svetsning av membran eller liknande till komponentrör med längsgående svets måste på samma sätt tillses att svetsens inträngning inte gör att komponentrörets bärande innerskikt inskränks. Inträngningen får även då inte vara större än att fortfarande en kvarvarande tjocklek minst motsvarande e_{ct} kvarstår opåverkad (se SS-EN 12952-5:2022, Annex E, § E.6.2.2.1).

Kan man säkert mäta levererad tjocklek på det lastbärande skiktet ϵ med tillräcklig noggrannhet, så bör det finnas utrymme att utnyttja skillnaden mellan ϵ och e_{ct} .

10.13 Skarvsvetsning, utförande

Före skarvsvetsning av komponentrör (eller annan svetsning, som innebär en uppsmältning av komponentrörets innerskikt, som byxningar, lucksvets och liknande) skall det rostfria ytterskiktet närmast den fogberedda änden avlägsnas, så att minst 3 mm av innerkomponenten frilagts.



(Bildoriginal: Alleima)

Fig. 2a: Exempel på fogberedning av komponentrör inför skarvsvetsning.

Härigenom undviks att man oavsiktligt smälter upp närliggande delar av det rostfria ytterskiktet, så att det förorenar smältbadet när man svetsar det lastbärande skiktet, eftersom de lagda svetssträngarna inte kommer att tåla utspädning med höglegerat material från ytterskiktet. Kommer det in framförallt krom i smältbadet när man svetsar rotsträng och fyllnadssträngar i innerkomponenten (med en kolstålsbaserad/d.v.s. ferritisk elektrode) så riskerar man att svetssträngen tar härdning när smältbadet stelnat. Först när innerkomponenten är svetsad och godkänd kan man sedan lägga på de rostfria täcksträngarna med användning av någon form av överlegerade elektroder. Mått på flankvinkel och rätkant i figuren är förslag.

Det måste med bestämdhet varnas för att använda austenitiska svetselktroder till samtliga svetssträngar i en rundskarv, d.v.s även till rotsträngen. Innerkomponenten måste svetsas med ferritiska elektroder, d.v.s någon form av kolstålselktroder. Det austenitiska stålet är känsligt för spänningskorrosion från vattensidan, vilket innebär att man måste åstadkomma en kontinuerligt ferritisk inneryta gentemot pannvattnet, jfr. paragraf 10.20. Det har hänt att man måste svetsa om en hel eldstad, sedan man råkat välja olämpliga svetselktroder. För lucksvetsning, se kapitel 12.

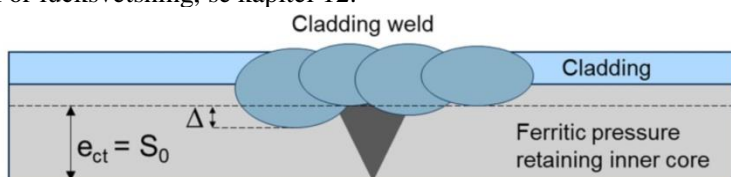


Fig. 2b: Illustration av överdriven inträngning av svetssträng vid svets skarv mellan komponenttuber. Δ är inträngningen in i ϵ_{ct} .

Illustration: Finska Sodahuskommittén, rapport 16A0913-E0225.

Vid skarvsvetsning av tuber, anslutning av stutsar och liknande, skall svetsningen av den lastbärande innerkomponenten ske med minst två lager med till grundmaterialet anpassade svetselktroder. Svetssträngarna skall förläggas med 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. Detta gäller även inför påsvetsningen av det rostfria täckskiktet.

Det ovanpå själva svets skarven påsvetsade rostfria täckskiktet räknas sedan som ett tredje helt separat lager (vilket emellertid ej bidrar till tubens hållfasthet).

Skador eller reparationer som utövar endast en liten inskränkning av ϵ_{ct} i tubens längsled (i tubens längsled inte större än ungefär dubbla godstjockleken) medför en mindre negativ påverkan på tubens hållfasthet och kan inte anses som mer begränsande än en rundsvets. I bedömningen kan man härvid också få ledning av de sprängförsök som redovisats i Svetsen nr 3/2020 o. 4/2020, se "Rapport till Sodahuskommittén" nr 2019-4 och "Övriga dokument" för år 2021.

Täckskiktets utbredning i sidled vid skarvsvetsning sträcker sig normalt inte speciellt mycket utöver den del av svetsfogen, där compoundskiktet avlägsnats, d.v.s. ca 3 mm från överkanten på V-fogen. Har man då tuber, där det lastbärande innerskiktet utnyttjats helt eller i hög grad, d.v.s. ϵ_{ct} lika med eller ungefär lika med den nominella tjockleken ϵ_n , så innebär det att dels bortfräsningen av compoundskiktet och dels inträngningen från påsvetsningen av täckskiktet kommer att kannibalisera på det lastbärande skiktets tjocklek, d.v.s. att den lastbärande tjockleken på ett mindre område av själva skarvsvetsen kan komma att bli tunnare än ϵ_{ct} .

Information från undersökningar utförda av den Finska Sodahuskommittén visar emellertid, att man här lokalt kan acceptera en något större inträngning och en motsvarande tjockleksförlust. Täcksvars utförda under de här förutsättningarna kan då stickprovsvis behöva kontrollmätas, för att förebygga att inträngningen, och därmed förlusten av bärande tvärsnitt, blir för stor (det kan också ske vid granskningen av utfört arbetsprov). Finska Sodahuskommittén har bestämt denna tillåtna inträngning till maximalt 1,5 mm av ϵ_{ct} (se rapport 16A0913-E0225). De finska erfarenheterna ligger helt i linje med de slutsatser man kan dra av Sodahuskommitténs och Sandvik SMT:s försök med sprängprovning av tuber med avsiktligt åstadkomna svetsfel i skarvsvetsar.

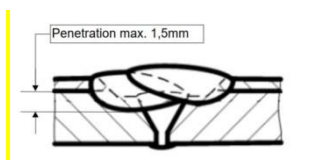


Fig. 3: Maximalt inträngningsdjup under täcksträngarna i den lastbärande delen av innerskiktet är max 1,5 mm. Illustration: Finska Sodahuskommittén, rapport 16A0913-E0225.

10.14 Förutsättningar för svetsreparation genom påsvetsning.

Den yttre rostfria komponenten hos en komponenttub (eller ett motsvarande påsvetsat rostfritt skikt) medtages inte i hållfasthetsberäkningen utan räknas istället som att det ersätter korrosionstillägget, c_2 .

Komponentskiktet bidrar i och för sig också till hållfastheten hos tuben, men enbart så länge det är intakt, dvs framförallt fritt från sprickbildning.

I praktiken innebär det, att komponentskiktet fungerar som en extra ”stödstrumpa” på tuben. Det innebär att komponentskiktet då står för en proportionsvis stor del av tubens verkliga varmhållfasthet ifall tuben skulle bli överhettad. Det är också endast ett ytterst litet fåtal fläckningar, som inträffat på överhettade komponenttuber på grund av överhettning, även om det har förekommit. De fläckningar som inträffat med komponenttuber har också visat sig bli mycket mindre i jämförelse med de uppfläckningar som drabbat rena kolstål-tuber. Komponentskiktet har högre varmhållfasthet och håller ihop tuben som en stödstrumpa.

Där det rostfria skiktet som en följd av korrosion eller annat slitage har kommit att underlätta någon millimeters tjocklek bör åtgärder börja vidtas i form av utökad kontroll/övervakning. Lämplig åtgärd på sikt kan sedan inbegripa tubbyte eller en svetsreparation, där man lägger på ett nytt ytterskikt i form av rostfritt svetsgods.

Det avråds från att lämna tuber med ”nakna” partier till nästa underhållsstopp, skyddet från komponentskiktet bör alltid beräknas räcka till nästa inspektionstillfälle. Det innebär att man inför varje underhållsstopp bör vara förberedd för att kunna utföra de reparationer, som kan komma att visa sig nödvändiga.

Minsta tillåtna tjocklek ϵ_{ct} på det lastbärande skiktet måste beaktas. När man lägger på nytt svetsgods, så måste man räkna med att en mindre mängd av det material man svetsar på dels smälter upp och blandas med svetsbadet, men också att ett tunt skikt under det kommer att bli påverkat av värmen från uppsmältningen, den s.k. värmepåverkade zonen, HAZ. I den kan oönskade metallurgiska reaktioner ske, som mjukglödning, avkolning eller i vissa fall martensitbildning. Normalt kan man alltså inte förutsätta, att den värmepåverkade zonen fullt ut uppfyller standardens krävda hållfasthetsvärden.

När hållfastheten hos komponenttuber ska bedömas är det alltså enbart det inre lastbärande tryckkärnsstålsskiktet, som får utnyttjas i den hållfasthetsberäkning man gör enligt kapitel 11 i SS-EN 12952-3. Formellt sett skulle man föreskriva att HAZ därför skall hållas helt utanför den framräknade minimitjockleken, ϵ_{ct} , men om den tillgängliga materialtjockleken är tillräckligt stor ($\epsilon > \epsilon_{ct}$) och den marginalen bedöms tillräcklig för att väl kompensera för det hållfasthetsbortfall som svetsningens värmepåverkan utövar, så kan man tillåta sig att göra en helhetsbedömning huruvida man ändå kan garantera hållfastheten hos det med denna säkerhetsmarginal sammanlagda lastbärande skiktet. Hänsyn bör då också tas till att hela tubtvärsnittet kan ha blivit något påverkat, speciellt efter längre driftstider.

I normalfallet och som tumregel bör man emellertid fortfarande utgå ifrån att minst $\frac{1}{2}$ mm av komponentskiktet bör återstå, för att man utan ytterligare avväganden skall kunna genomföra en påsvetsning på tuberna för att återställa den korrosionsskyddande funktionen hos det ursprungliga komponentskiktet.

Är kolstålet blottat gäller paragraf 10.15.

När det kvarvarande komponentskiktet har korroderat ner till $\frac{1}{2}$ mm i tjocklek, så bör dessutom hänsyn börja tas till inträngningen från de pålagda svetssträngarna på det underliggande lastbärande skiktet, eftersom delar av det lastbärande skiktet kan komma att smälta, vilket också innebär att svetsgodset blir förorenat/uppblandat med material från det lastbärande skiktet. Använder man då ”vanliga” 18/8-svetselektroder (t.ex. typ 308, som är avsett för svetsning av vanligt rostfritt stål, typ 304) finns det då en risk för härdsprickbildning genom att det bildas martensit i svetsgodset när det svalnar. Enklare överlegerade tillsatsmaterial, då minst av typ. 309L (~20Cr10Ni), anses i och för sig kunna tåla detta (om än i begränsad omfattning) utan att det orsakar risk för härdsprickbildning. Det rekommenderas här

emellertid att använda lite ”fetare” varianter av E309L (t.ex. ESAB OK 67.75 med ~23 % Cr och ~13 % Ni) eller typ E310L eller E 27 31 4 Cu L R-elektroder om man vill öka säkerheten mot martensitbildning.

Gränsen för minsta acceptabla tjocklek på komposittskiktet, om det skall kunna lämnas utan åtgärd, bör också bedömas utifrån under hur lång tid angreppet pågått. Är det fråga om en långsam nedfrätning, vilken man har följt under flera driftsperioder, så kan man acceptera att lämna kvar ett tunnare skikt till nästa underhållsinspektion. Men även om korrosionshastigheten är låg och korrosionsangreppet har tagit lång tid på sig, så bör dock fortfarande kravet på kvarvarande tjocklek för det utvändiga komposittskiktet inte sättas lägre, än att ett kontinuerligt ytterskikt med säkerhet kan förväntas finnas kvar vid instundande driftsperiods avslutande.

Om man däremot utan tidigare förvarning upptäcker ett djupare korrosions- eller nötningsangrepp, så måste kravet på kvarvarande ytterskikt behandlas betydligt mer konservativt. Under sådana förhållanden bör samtidigt också ett mer korrosionsbeständigt tillsatsmaterial väljas för svetsreparationen.

Vid eventuell nötning får man istället gå upp i hårdhet på ersättningsmaterialet, för att få det mer nötningsbeständigt.

I sammanhanget påminns om de största storlekar på påsvetsade områden som man tidigare definierat, se paragraf 10.16.

Sammantaget innebär det att av korrosion angripna kompositttuber bör bedömas både utifrån tjockleken på kvarvarande ytterskikt och utifrån hur det lastbärande innerskiktet påverkas. Är de befintliga resterna av det ursprungliga komposittskiktet alltför tunna, så kommer det inte gå att i förebyggande syfte förbättra tjockleken genom påsvetsning, utan att samtidigt den lastbärande andelen av det invändiga lastbärande skiktet riskerar att påverkas negativt på grund av uppsmältning och/eller värmepåverkan. Har man inte tillräcklig marginal där, så kan man bli tvungen att byta det aktuella tubavsnittet.

Eftersom påverkan på tuben från en påsvetsad yta har en utsträckning i tubens längsled, så finns det inga dolda marginaler vid bedömningen av tubens hållfasthet. Det skiljer den längsgående svetsen från en skarvsvets, som ju går i tubens omkretsriktning, och där den del av tuben i dess längsriktning som berörs är mycket kort, i samma storleksordning som tubens egen tjocklek. Den opåverkade tuben intill stödjer ju där det berörda partiet, vilket innebär att man vid skarvsvetsning kan tillåta en kortare bit, där den pålagda rostfria täcksträngen inkräktar på tubens minsta tillåtna tjocklek ϵ_{et} .

Hur stor påvekan är från HAZ är också föremål för diskussion, det är ju mer fråga om en möjlig försvagning än en total förlust av hållfastheten i det värmepåverkade avsnittet. På samma sätt kan det avkolade skiktet efter lång tids drift göra att man tappar ytterligare någon tiondels millimeter. Uppsmältning och inblandning av material från det rostfria skiktet kan också påverka svetsgodsets sammansättning med en önskad martensitbildning och inre spänningar som följd.

Sammanfattningsvis rekommenderas att för varje enskild sodapanna bestämmer vilka marginaler man har, vilket kan göras med kännedom om materialegenskaperna och pannans konstruktionstryck med hjälp av diagram 1.

10.15 Påsvetsning av ”nakna” partier där det underliggande lastbärande skiktet blottats

Nakna partier på compoundtuber bör alltid åtgärdas innan pannan återstartas, eftersom korrosionen på det blottade lastbärande skiktet måste förutsättas bli betydligt mer aggressiv än vad den är eller varit på det ursprungliga compoundskiktet. Om det yttre skiktet har korroderat bort helt och hållet kan korrosionshastigheten hos det blottade innerskiktet bli kraftig. Det blir ju då frågan om korrosionen på en slät kolstålstub, vilken inte är skyddad genom att vara försedd med studding.

Är kolstålet blottat över större ytor så bör (i normalfallet) tuben bytas. I de fall, där det finns tillräckliga marginaler, så kan man ändå låta svetsreparera den blottlagda tubytan, men enbart så länge kraven för det lastbärande skiktets ostörda tjocklek innehålles. Om tidigare observationer visar på ett snabbt skadeförlopp med hög korrosionshastighet, så rekommenderas att ytterligare försiktighetsmått vidtages, t.ex. genom att samtidigt välja ett mer korrosionshärdigt tillsatsmaterial.

Vid avfrätning av det rostfria skiktet, så att underliggande innerkomponent blottlägges, kan svetsreparation genom påsvetsning endast utföras om det kvarvarande lastbärande innerskiktets godstjocklek överstiger den minsta tillåtna godstjockleken ϵ_{ct} med minst (0,8 -) 1 mm. (Detta tillägg balanserar här förlusten av bärande tvärsnitt p.g.a. inträngningsdjupet vid svetsningen (uppsmältning + avkolning + HAZ) och är beroende av hur man ställer in svetsparametrarna.)

Är så ej fallet bör den aktuella tubsträckan bytas till nytt material. Om marginalerna däremot är tillräckliga kan det nya ytterskiktet istället 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 rekommenderas tillägget + 2 mm. Korroderade överhettartuber kan ofta vara kraftigt uppkolade, varför man under sådana förhållanden snarare bör överväga att helt byta ut de korroderade tuberna.
- Undantag från huvudregeln kan ifrågakomma för korrosion som inträffar inne i spalten mellan en gjuten dysa och intilliggande tubvägg inne i en luftport. Sådana korrosionsangrepp får bedömas i varje enskilt fall och måste bekräftas genom kemisk analys av korrosionsmiljön inne i luftporten, vilken då måste ha varit mycket starkt alkalisk.

Orsaken är att den extremt alkaliska miljön (vilket kan vara fråga om uppkoncentrerad restalkali från brännluten) är mer aggressiv på det austenitiska kromnickelstålet än på det ferritiska innerskiktet, så att den galvaniska cellen blir omvänd med kromstålet som den part som går i lösning.

(Referens: Robert A. Rapp: Hot corrosion of materials. Pure & Applied chemistry, vol. 62 (1990), no 1, pp 113-122)

För detta undantagsfall föreslås att man använder nickelbaseelektroder, t.ex. helst av typ Alloy 600 eller om typ Alloy 600 inte går att få tag på, typ Alloy 625. Hastelloy och motsvarande med liknande sammansättning håller för hög molybdenhalt och är definitivt inte lämpliga i just den här mycket speciella och starkt alkaliska korrosionsmiljön.

Nedanstående diagram nr 2 anger den minsta godstjocklek som den nedkorroderade tuben fortfarande bör uppfylla för att man skall kunna rekommendera, att man anbringar ett nytt skyddsskikt genom påsvetsning med rostfria, d.v.s. i det här fallet väl överlegerade, elektroder.

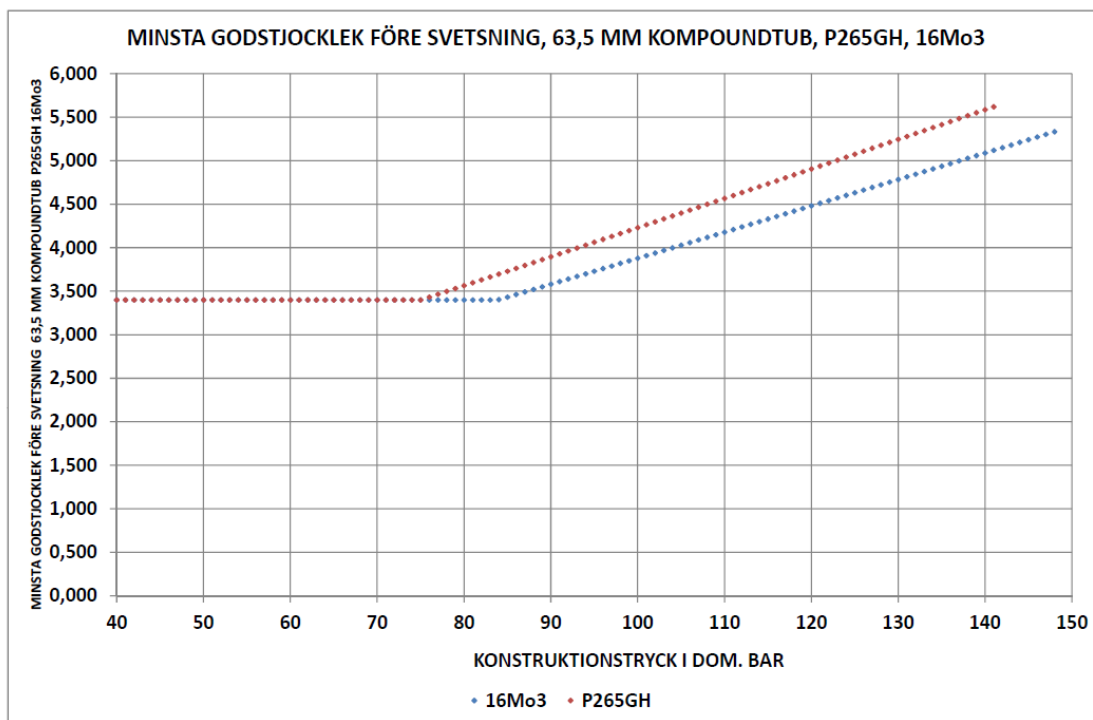


Diagram 2: Minsta godstjocklek på blottad tub före svetsreparation. Dessa värden motsvarar alltså $\epsilon_{ct} + 1$ mm.

Av svetstekniska och formella skäl bör en minsta tjocklek om 3,4 mm före påsvetsning ej underskridas, även om hållfasthetsberäkningen skulle tillåta tunnare gods (SS-EN 12952-3, § 11.2.3 med tillägg 1 mm).

För komponenter med annan ytterdiameter än 63,5 mm gäller andra värden.

10.16 Begränsning av storleken på områden som påsvetsas

Erfarenheten visar att ytor upp till 75 mm x 50 mm på golv och vägguber kan repareras (svetsbeläggas) på ett säkert sätt.

Flera mindre skador inom detta område klassas som ett sammanhängande skadeområde. Svetsreparation av större ytor får utföras endast om anpassad svetsteknik och en dokumenterad teknisk bedömning visar att detta kan genomföras utan att restspänningarna i skiktet blir för stora. Teknik med mindre svetselktroddiametrar, mindre sträckenergi eller att man låter arbetsområdet svalna mellan varje svetssträng är härvid möjliga arbetssätt.

Används svetselktroder med högre nickelhalt än de normalt rekommenderade ”överlegerade” elektroderna typ (AISI 309L)/EN 1.4332 (hellre än 309L/1.4828) bör storleken eller påsvetsmetodiken anpassas. Den mindre längdutvidgningskoefficienten gör att svetspänningarna minskar, medan den högre nickelhalten gör att risken för varmsprickbildning ökar (se ovan paragraf 10.10).

10.17 Sprickbildning i komponentkikt

Sprickor i komponenternas 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.

I de fall sprickor genom det rostfria skiktet fortsätter in i det underliggande skiktet skall den skadade delen bytas. (En antydning till korrosion i botten på en genomgående spricka genom komponentkiktet förekommer normalt och föranleder inte att man behöver byta tuben). Bildade sprickor från rökgassidan som fortsätter in i innerkomponenten är vanligen fråga om utmattningsprickor, vilket oftast kan vara termiska utmattningsprickor, t.ex. vid löphål, och i tuber med typ Sanicro 38 eller högre legerat komponentkikt. Förekommer dessa sprickor vid löphål, så kan de ha flera orsaker, varför en närmare utredning om driftförhållanden rekommenderas. Här kan t.o.m. ”vanliga” komponenter” med ytterskikt av X2CrNi19-11 (1.4306,

Sandvik/Alleima 3R12) möjligen vara att föredra, även om den allmänna avfrätningen av deras komposit-skikt i så fall sannolikt skulle vara högre.

Sprickor av denna typ är allvarliga, eftersom de kan utvecklas till linjära vattenläckor. Förekommer de under eller vid smältanivån, kan vatten som ackumuleras i smältan leda till explosion.

Tubpartierna närmast löphålet bör inte gärna reparationssvetsas, eftersom svetsgodsets oregelbundna mikrostruktur innebär en ökad risk för förnyad sprickbildning i det påsvetsade skiktet.

Vid oväntad sprickbildning som uppkommer på komposittuber vid svetsning eller under drift bör materialteknisk expertis involveras, är man osäker bör tuben bytas, hellre än att man svetsreparerar den.

Om det bildas stelningssprickor i svetsgodset vid användning av elektroder med högre nickelhalter (se paragraf 10.10), så kan dessa sprickor normalt repareras genom uppslipning och omsvetsning (dock enligt praxis med maximalt två ytterligare reparationsstillfällen).

10.18 Skarvsvetsning av komposittuber med lucka

Se kapitel 12, framförallt paragraf 12.7.

10.19 Ferritiska elektroder (typ kolstål/kolmanganstål/låglegerat Mo-haltigt) och risken för inblandning i smältbadet av uppsmält material från kompositskiktet.

All användning av "kolstålselektroder", eller låglegerade (varmhållfasta) 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, eftersom det kan förväntas medföra härdsprickbildning i svetsgodset.

Vid svetsreparation av komposittubernas rostfria ytterskikt skall överlegerat tillsatsmaterial med förhöjda krom- och nickelhalter (se Bilaga 2) användas. Man kan annars råka ut för härdsprickbildning om uppsmältningen skulle råka bli så stor, att man får inblandning i smältbadet av det underliggande ferritiska stålet. Även vid högre legerade ytterskikt och tillsatsmaterial skall hänsyn tas till eventuell uppblandning med insmält material från den underliggande "kolståls"-komponenten. Tillsatsmaterialet kan då samtidigt också väljas så att det påsvetsade skiktet får en bättre korrosionshårdighet än det ursprungliga kompositskiktet.

Vid skarvsvetsning, eller insvetsning av komposittuber till låda av ferritiskt stål, så avlägsnas normalt minst 3 mm av det rostfria kompositskiktet 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 svetsgodset förorenas med uppsmält material från ytterskiktet medför annars stor risk för härdsprickbildning av svetsgodset (se EN 12952-5 § 8.10.3).

Kan man inte undvika risk för uppblandning av svetsgodset med uppsmält material från det rostfria skiktet, t.ex. i samband med lucksvetsning, så kan man mildra skadan genom att välja "kolstålselektroder" med så låg kolhalt som möjligt för buffertskiktet. Det är kolhalten som konstituerar hårdheten hos den bildade martensiten, och kan man välja att lägga buffertskiktet med elektroder med mycket låg kolhalt, så kan man hålla ner hårdheten i de bildade svetssträngarna och på så sätt undvika att martensiten spricker.

10.20 Spänningskorrosionsrisk på vattensidan

Som allmän regel gäller att man inte får lägga rostfria (austenitiska) svetssträngar direkt mot vattensidan. Orsaken är att den rostfria mikrostrukturen är illa känslig för spänningskorrosion under inverkan av pannvattnet vid pannans driftstemperatur. De svetsprocedurer man använder för svetsning vid all svetsning i eldstaden måste ta hänsyn till den här allvarliga risken, det gäller speciellt för s.k. lucksvetsning.

Rostfria eller överlegerade elektroder med austenitisk grundammansättning får därför inte användas till rotsträng eller motsvarande direkt mot vattensidan vid skarvsvetsning eller vid reparationer, då de elektrodtyperna inte ger ett svetsgodset som är spänningskorrosionsbeständigt gentemot pannvattnets påverkan

(med undantag för en del nickelbaslegeringar). Beträffande rotsträng och täcksträngar vid lucksvetsning, se paragraf 12.7.

10.21 Övrig korrosion på tubernas vattensida.

Korrosion på vattensidan kan uppträda i form av s.k. spänningsinducerad korrosion, vilket vanligen visar sig i äldre pannor genom riklig förekomst av små pittings, men också i form av mer eller mindre trubbiga sprickbildningar vid tubskarvar, tubböjar, T-stycksinfästningar, på vattensidan mittemot ytterändan av längre fenor eller infästningsjärn. De är svåra att komma åt med oförstörande provning, då ofta belägenheten är sådan att man inte kommer åt dem med röntgen eller ultraljud. Det förekommer mest i äldre sodapannor, där driftsförhållandena tidigare varit ”lite varierande”. att eldstadstuberna invändigt kan vara så angripna med pittings och korrosionssprickor (se Rapport till Sodahuskommittén: Övriga dokument/ 2019: Om korrosion och sprickbildning i sodapannor), att det kan vara dags att ta dem ur drift. Sådana fall har rapporterats från USA/BLRBAC, men det kan vara bra att känna till att risken finns.

Sprickorna orsakas av att det korrosionsskyddande men samtidigt rätt spröda magnetitskiktet spricker upp i samband med nedeldningar och att det under tiden pannan är nedeldad sker ett litet korrosionsangrepp i botten på sprickan. Det växer vidare med allteftersom på varandra följande nedeldningar. Sprickorna blir rätt trubbiga, eftersom de består av på varandra följande oftast linjära korrosionsgropar. Små pittings är också vanliga. De orsakas av syret, som i allmänhet finns i riklig mängd i pannvattnet vid uppeldning, vare sig man nu bytt ut pannvattnet, eller syret har fått tillträde ändå medan pannan varit nedeldad. Den här typen av skador är inte något typiskt för komponenttuber, utan förekommer på pannans vattensida lite här och där. För närmare information, se ”övriga rapporter” 2019: ”Om korrosion och sprickbildning i sodapannor”.

Om komponenttuben efter rengöring visar tecken på bildning av kromsulfid på ytterytan (ett svart ytskikt), så kan den ha blivit kraftigt överhettad. I sådana fall bör tuben också bytas, se fig. 4.

I den svavelrika sodapannemiljön bildar kraftigt överhettade komponenttuber svarta beläggningar av kromsulfid på tubytan, samtidigt som risken för kraftig korrosion p.g.a. tjocka invändiga beläggningar och hetvattenoxidation på vattensidan kan ge upphov till allvarliga nedfrätningar på tubernas vattensida. De är då vända ”uppåt”, d.v.s. mot det håll som den kraftigaste värmen kommer ifrån..

Dessa nedfrätningar kan inte upptäckas vid en utvändigt visuell besiktning. Hetvattenoxidation bildar däremot tydligt avgränsade och djupa nedfrätningar i tubgodset på vattensidan. Förekomsten av hetvattenoxidation kan upptäckas med röntgen eller annan likvärdig oförstörande provning. Ser man omotiverade snabba skift i tubtjockleken vid tjockleksmätning, kan det vara en indikation, vilken i så fall bäst kompletteras med en röntgenupptagning av det misstänkta området.

Angreppen orsakas av att det bildats tjocka porösa invändiga beläggningar, t.ex. vid inläckage av orent vatten med höga halter av kalcium och magnesium. De tjocka beläggningarna i sin tur är den bakomliggande orsaken till överhettningen. Överskottsalkali i pannvattnet koncentreras genom termisk diffusion till gränsskiktet mellan tubens vattensida och beläggningens undersida och pH blir så högt, att tubens egentliga korrosionsskyddande magnetitskikt går i lösning under bildning av HFeO_2^- -joner.



Fig.4: Missfärgade rostfria ytor som kräver tubbyte pga. risk för vattensidig korrosion

Hetvattenoxidation innebär att det avsätter sig porösa avlagringar, t.ex. i form av hårdhet (kalcium-/magnesiumkarbonatavlagringar) på insidan av tubväggen) och att pannvattnet i porerna successivt kokar bort. Genom att tubväggen är varmare får man en anrikning av pannvattenkemikalierna i porerna genom s.k. termisk diffusion, en process som styr de lösta pannvattenkemikalierna mot den varmare tubväggen. Är då pannvattnet inte neutralt, utan innehåller ett alkaliöverskott, så bildas det en koncentrerad lösning med mycket högt pH, vilket medför rätt djupa (vanligen någon eller ett par mm) badkarsformade frätgropar i tubväggen på den varma sidan av tuben och under beläggningen.

Det kan uppstå långa sträckor med en djup, lokal nedfrätning på kronan av eldstadstuber, dvs på den varmaste delen riktad mot värmeflödet. Hetvattenoxidation har medfört några fall med omfattande tubbyten av de varmaste sektionerna i eldstaden. Skulle hetvattenoxidationen få fortgå obehindrat, så slutar det med tubfläkning, och den blir i så fall inte liten.

Hetvattenoxidation är relativt sällan förekommande och förutsätter hög värmeblastning av tubväggen, hårdhetsbildande föroreningar och samtidigt en hög restalkalinitet i pannvattnet.

Med tanke på risken för hetvattenoxidation är det därför mycket viktigt med en mycket god pannvattenkemi och med låga halter av kalcium- och magnesiumsalter. Man kan också minska risken för skador genom att bygga upp buffertkapaciteten hos pannvattnet, se Rekommendation C5.

10.22 Förekomst och behandling av övriga tubskador

Alla eventuellt förekommande bulor och utbuktningar på compoundtuber, vilka skulle kunna antyda att ytterskiktet släppt ifrån innerkomponenten, skall medföra att berörda delar av tuben byts mot nytt material. Då sådana skador, där compoundskiktet släppt ifrån det lastbärande skiktet, inte är kända sedan de svenska compoundtuberna släpptes ut på marknaden, så skall eventuellt förekommande misstänkta fall tillställas materialtillverkare och Sodahuskommitténs Skadegrupp för närmare utredning.

Övriga skador, som intryckningar, nakna fläckar eller liknande, anmäls i vanlig ordning till Sodahuskommitténs skadegrupp för bedömning.

10.23 Uttag av tubprover för kontrollmätning av vattensidans magnetitskikt.

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

Det inbegriper en allmän metallografisk undersökning av såväl det inre lastbärande skiktet som av det yttre korrosionsskyddande (rostfria) skiktet innefattande:

- Hårdhetsprovning

- Mikroskopi på det rostfria skiktet före etsning
- Avkolning/uppkolning av bindzonen, samt eldstadssidan
- Mikrostruktur hos det lastbärande skiktet och hos det rostfria skiktet
- Karakterisering av magnetitskiktets struktur och sammansättning och skattning av skiktets tjocklek, t.ex. vid behov med svepelektronmikroskopi med EDX/EDS. Förekomsten av hårdhetsbildare i beläggningen bedöms.

10.24 Dokumentation

Position, utförande och valda svetsstillsatsmaterial för gjorda svetsreparationer skall diarieföras

Allt montage av höglegerade tuber (som t.ex. Sanicro 38/4L7-tuber) skall noggrant dokumenteras, så att information om var de finns, finns tillgänglig vid senare kommande reparationer.

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

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 såväl det invändiga lastbärande skiktet som det rostfria ytterskiktet skall dokumenteras.

11 Spiralsvetsade tryckkärlsrör enl. SS-EN 10216-2.

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

11.2 För bedömning av godstjocklekar före svetsreparation av spiralsvetsade tuber, jämför med paragraf 10.11 respektive 10.14.

11.3 Godstjockleken hos en spiralsvetsad tub bestäms av tubens undre tjocklekstolerans samt att man ovanpå detta förlorar $\frac{1}{2}$ - 1 mm av denna som en följd av inträngningen genom påsvetsningen.

11.4 När väggstjockleken hos spiralsvetsade tryckkärlsrör ska bedömas är det enbart det inre lastbärande tryckkärlsstålet, d.v.s. den påsvetsade innertuben, som tas med i hållfasthetsberäkningen. Avräkning av den ursprungliga tubens godstjocklek görs därför för inträngning och värmepåverkad zon med ~ 1 mm.

11.5 Spiralsvetsade rör baseras på rör enligt EN standard (t.ex. P265GH eller 16Mo3, enl. SS-EN10216-2) som påsvetsats med svetsmaterial i t.ex. ERNiCrMo-3 / UNS N06625. De påsvetsade rören anges i ritningar och intyg som vanliga panntuber med nominell ytterdiameter och medelvägg. Det korrosionsskyddande ytterskiktet, normalt kring 2 mm tjockt, betraktas som korrosionstillägg och inkluderas som sådant i den nominella väggstjockleken.

11.6 Spiralsvetsade tryckkärlsrör bör inte användas som löphålstuber, eftersom den oregelbundna mikrostrukturen kan underlätta sprickbildning när löphålen utsätts för termisk belastning.

11.7 Bedömning, underhåll och reparationer av det korrosionsskyddande ytterskiktet på spiralsvetsade rör görs i övrigt som för compoundrör, kapitel 10.

11.8 Förekomsten av påsvetsade tuber anges på förekommande ritningar med hänvisning till tillämpad WPS.

12 Lucksvetsning

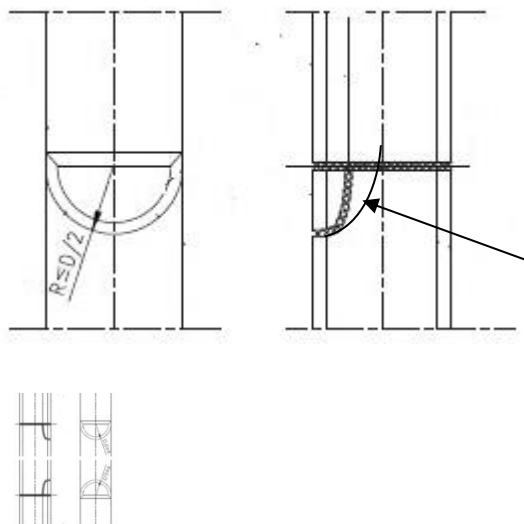


Fig. 5: Allmän utformning av lucksvets. En bredare lucka (pilen) ger bättre åtkomlighet. Ursparingen förläggs lämpligen till ersättningsdetaljen.

12.1 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.

Skarvsvetsning med lucka får bara ske av svetsare och svetsande företag, vilka förutom kvalificering enligt SS-EN ISO 9606-1 och svetsprocedur för lucksvetsning enligt tillämplig del 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.

12.2 Vid skarvsvetsning av tuber i en eldstadvägg (tätsvetsad med kontinuerliga ~ 1/2" membran) kan noteras att de delar av skarven som är exponerade mot isoleringssidan då inte nödvändigtvis behöver vara av rostfri (korrosionsbeständig) sammansättning. **En förutsättning är emellertid då, att man kan utesluta möjligheten att isoleringssidan i ett senare skede kan komma att utsättas för korrosion, t.ex. i samband med vattentvättning.** Det innebär i så fall då att man lika gärna kan lägga rotsträngen mot isoleringssidan med en kolstålelektrod, om man svetsar från rökassidan genom en lucka belägen på rökassidan.

12.3 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.

12.4 Tuberna fogbereds på vanligt sätt, men (i första hand) ersättningstuben ges en halvmånformad utskärning i vardera änden (se fig. 3 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.

12.5 Tuben häftas på plats, varefter man svetsar rotsträngen genom luckan och fyller upp med strängar t 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".

12.6 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.

12.7 Vid lucksvetsning av komponenttuber tillkommer det problemet att rotsträngen vid skarvsvetsningen av den motsatta sidan genom luckan i normalfallet måste ske med rostfri överlegerad elektrod. Genom att välja högre legerade elektroder till den här första rostfria (rot-)strängen kan dels korrosionsbeständigheten förbättras och dels minskar risken för att den här första strängen får inslag av martensitbildning. Efterföljande strängar, som läggs med ferritisk elektrod (läs kolstål) kommer då att bli mer eller mindre förorenade med krom från uppsmältningen av den här rostfria yttersträngen. Framförallt de därefter fösta lagda ferritiska strängarna kommer då att riskera att råka ut för martensitbildning (ta härdning), det går inte att undvika. Man kan begränsa den här härdningen genom att välja de ferritiska svetselktroderna med så låg kolhalt som möjligt, eftersom det är kolhalten i den bildade martensiten som styr hur hög hårdheten blir i de här kritiska svetssträngarna, se paragraf 10.19.

Ett sätt att ytterligare minska på uppblandningen av den först lagda rostfria strängen när man svetsar tubens ytterskikt gentemot rökgaserna är att hålla ner sträckenergin, vilket dock samtidigt innebär att man måste vara extra vaksam mot uppkomsten av bindfel.

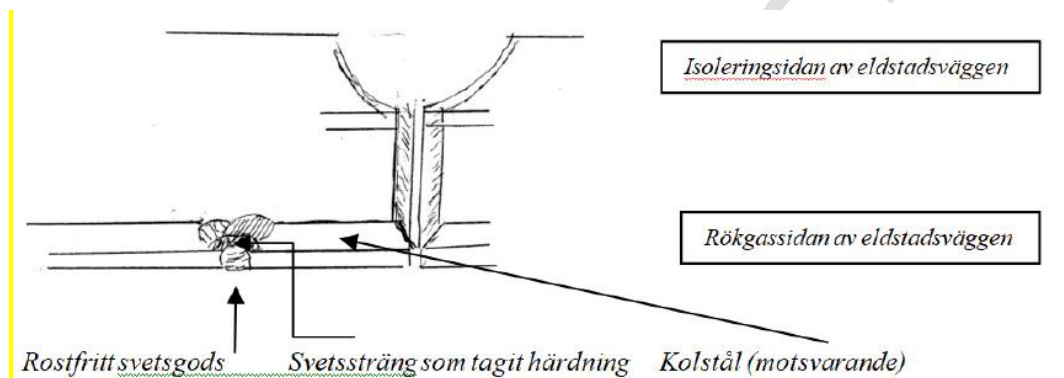


Fig. 6: Strängföljden vid lucksvets gjord från isolerinsidan av eldstadväggen.

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

12.9 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.

12.10 Generellt beträffande lucksvetsning av komponenttuber, se även kapitel 10.

12.11 All lucksvetsning av komponenttuber måste verifieras med godkänt arbetsprov, varvid svetssträngarnas hårdhet bedöms och dokumenteras, se paragraf 10.9 och 10.19.

12.12 Beträffande kontroll av utförda lucksvetsar, se paragraf 16.15 och 16.16.

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

13.1 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 stiftsslitaget 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 stiftdiameter). Se även paragrafer 8.12 samt rekommendation D3.

13.2 Kraftigt stiftslitage 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 komponenttub bör ytterskikt i Sanicro 38 eller Sanicro 67 föredras framför ytterskikt i Alleima 3R12/EN 1.4306.

13.3 Manuell fastsvetsning av stift på tuber med svetspistol (bågbultsvetsning enl. SS-EN ISO 14555) på kol/kolmanganstålstuber (som P265GH, samt på 16Mo3) tillåts (ur svetsningssynpunkt) endast om tubens tjocklek är minst 4 mm. Tubpartier, vars tjocklek inte når upp till s_{min}/ϵ_{ct} måste dessutom bytas. Hänsyn bör tas till inträngning/uppsmältning i samband med svetsoperationen, även om de svetspåverkade områdena var för sig har begränsad utsträckning.

13.4 Äldre slitna stift slipas, så att en lämplig fogyta erhålles. De bör emellertid inte slipas ner så mycket att de blir kortare än ca 5 mm. Ersättningsstift bör ha minst samma diameter som de tidigare. De insvetsade stiften bör inte vara längre än 2 ggr. (eventuellt 2,5 ggr) diametern av dem.

13.5 Svets mellan stift och tub skall ha en tillräcklig bindyta, så att värmeöverföringen inte hindras. Vid kromlegerade stift kan kolutarmning allra närmast smältgränsen också orsaka en mindre lokal hållfasthetsnedsättning. Bindytan skall vara fri från porositeter och 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. Innan svetsningsarbetet påbörjas skall svetsmetodens lämplighet verifieras med procedurprov. Svetsoperatören skall vara certifierad enligt SS-EN ISO 14732.

13.6 Höglegerade stift kan ge såväl spröd bindyta som oväntade korrosionsfenomen. Instängd smält fas kan ge upphov till porositeter, särskilt i kombination med nickelbaslegeringar. Större omstiftningar med legerade stift bör därför enbart ske om beprövad erfarenhet föreligger.

Tillräcklig erfarenhet av stiftning av komponenttuber saknas för att kunna rekommendera att de skyddas med stiftning. Istället bytes om så behövs alltför kraftigt korroderande komponenttuber lämpligen till en mer korrosionsbeständig materialkvalitet.

13.7 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 10.

13.8 Täck- och triangelplåtar, membran och liknande fästa med svets mot flera ändytor 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.

13.9 Problematiska täck/triangelplåtar kan i vissa fall ersättas med stiftning av tuberna för att fylla ut mellanrummet (gäller ej komponenttuber).

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

13.11 Istället för stapelfenor på löphål och stiftning på släta vägguber bör användningen av lämpliga komponenttuber övervägas.

14 Bockning av tuber

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

14.2 Kompoundtuber räknas som egen materialgrupp (regler för bockning av komponenttuber finns i SS-EN 12952-5:2022, Annex E, § E.2.2).

14.3 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 komponenttuber.

14.4 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 komponenttuber.

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

15 Värmebehandling efter svetsning.

15.1 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).

15.2 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 9..

16 Kontroll

16.1 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.

16.2 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.

16.3 Föreskriftsenlig inspektion och kontroll skall vara utförd av ett ackrediterat organ i tredje-partsställning. Personer som utför eller ansvarar för kontroll skall ha tillämplig befogenhet för respektive

arbetsområde. Ansvarig skall normalt ha nivå 2 - kompetens för sin provningsmetod.

16.4 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).

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

16.6 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.

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

16.8 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).

16.9 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 läggs ungefär vinkelrätt mot varandra.

16.10 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).

16.11 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.

16.12 Vid skarvsvetsning av tuber i skyddade delar av domtubsatsen får antalet röntgenfilmer inskränkas till en per skarv. Röntgenstrålen läggs 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.

16.13 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.

16.14 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.

16.15 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.

16.16 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 trippelpunk-

terna.

16.17 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.

16.18 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).

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

16.20 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.

16.21 Förekomsten av s.k. inbyggt rotfel vid genomgående stutsar eller manluksringar skall följas upp, så att de inte tillåts tillväxa okontrollerat.

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

16.23 Alla kälsvetsar till lastbärande fenor och örön och mellan tryckkärlsdela 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.

16.24 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.

16.25 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)

16.26 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.

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

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

17 Gjutjärnsekonomisrar

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.

18 Tryckkontroll

18.1 Föreskrifter för Tryckkontroll m.m. efter svetsreparationer, se AFS 2023:11. kapitel 9 – 10.. Ofta genomförs enbart en täthetskontroll vid en nivå av 1,3 x det av kontrollorgan fastställda högsta tillåtna trycket.

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

18.3 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.

18.4 Tuber med utvändiga svetsar till t.ex. infästningsöron, fenor, inhållningsbalkar, stapelfenor eller liknande påsvetsade järn kan drabbas av invändig sprickbildning som en följd av utmattningssprickning 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.

19 Dokumentation

19.1 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).

19.2 Materialcertifikat, svetsprocedurer, monteringsritningar, kontrollintyg, bedömning av arbetsprover och liknande dokumentation över utförda svetsarbeten skall arkiveras i (minst) 1 exemplar eller i datasystem hos anläggningen. All sådan dokumentation skall hållas tillgängligt åtminstone under anläggningens återstående drifttid.

20 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 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.

Bilaga 1: Exempel på standarder som berör svetsning

SS-EN 1011-1:2009 Svetsning - Rekommendationer för svetsning av metalliska material - Del 1: Allmänna riktlinjer för bågs svetsning

SS-EN 1011-2 Svetsning - Rekommendationer för svetsning av metalliska material - Del 2: Bågs svetsning av ferritiska stål· Tillägg: SS-EN 1011-2/A1:2004

SS-EN ISO 3834-2:2021: Kvalitetskrav för smältsvetsning av metalliska material - Del 2: Omfattande kvalitetskrav (ISO 3834-2:2021)

S-EN ISO 5817:2023 Svetsning – Smältsvetsförband i stål, nickel, titan och deras legeringar (strålsvetsning undantagen) – Kvalitetsnivåer för diskontinuiteter och formavvikelser (ISO 5817:2023, IDT)

SS-EN ISO 9692-1:2013 Svetsning och besläktade förfaranden - Rekommendationer för svetsfogar - Del 1: Manuell metallbågs svetsning, gasmetallbågs svetsning, gassvetsning, TIG-svetsning och strålsvetsning av stål (ISO 9692-1:2013)

SS-EN 10204:2005 Metalliska varor - Typer av kontrolldokument

SS-EN 10216-2:2013+A1:2020 Sömlösa rör av stål för tryckändamål - Tekniska leveransbestämmelser - Del 2: Olegerade och legerade stål med fordrade högttemperaturegenskaper

SS-EN ISO 10893-1:2011 förstörande provning av stålrör - Del 1: Automatiserad elektromagnetisk provning av sömlösa och svetsade (förutom pulverbågs svetsade) stålrör för kontroll av vätsketäthet (ISO 10893-1:2011) · Tillägg: SS-EN ISO 10893-1:2011/A1:2020

SS-EN ISO 10893-8:2011 Oförstörande provning av stålrör - Del 8: Automatiserad ultraljudprovning av sömlösa och svetsade stålrör för detektering av lamineringsfel (ISO 10893-8:2011)· Tillägg: SS-EN ISO 10893-8:2011/A1:2020

SS-EN ISO 9606-1:2017: Svetsarprovning - Smältsvetsning - Del 1: Stål (ISO 9606-1:2012 including Cor 1:2012 and Cor 2:2013)

SS-EN ISO 14555:2017: Welding - Arc stud welding of metallic materials (ISO 14555:2017)

SS-EN ISO 14731:2019: Tillsyn vid svetsning - Uppgifter och ansvar (ISO 14731:2019)

SS-EN ISO 14732:2013 Svetspersonal - Prövning av operatörer för helmekaniserad svetsning och maskinställare för helmekaniserad och automatiserad svetsning av metalliska material (ISO 14732:2013)

SS-EN ISO 15607:2019 Specification för och kvalificering av svetsprocedurer för metalliska material - Allmänna regler (ISO 15607:2019)

SS-EN ISO 15609:2019: Specifikation för och kvalificering av svetsprocedurer för metalliska material - Svetsdatablad - Del 1: Bågs svetsning (ISO 15609-1:2019)

SS-EN ISO 15612:2018 Specifikation för och kvalificering av svetsprocedurer för metalliska material - Kvalificering genom införande av en standardsvetsdatablad (ISO 15612:2018)

SS-EN ISO 15613:2004: Specifikation för och kvalificering av svetsprocedurer för metalliska material – Qualification based on pre-production welding test (ISO 15613:2004)

SS-EN ISO 15614-1:2017: Specifikation för och kvalificering av svetsprocedurer för metalliska material – Svetsprocedurkontroll: Del 1: Båg- och gassvetsning a stål och bågs svetsning av nickel och nickellegeringar.

SS-EN ISO 15614 -7:2019, Specifikation för och kvalificering av svetsprocedurer för metalliska material – Svetsprocedurkontroll - Del 7: Overlay welding (ISO 15614-7:2016)

SS-EN ISO 15614-8:2016: Specifikation för och kvalificering av svetsprocedurer för metalliska material – Svetsprocedurkontroll: Del 8: Insvetsning av tuber i tubplattor

SS-EN ISO 15614-13:2016: Specifikation för och kvalificering av svetsprocedurer för metalliska material – Svetsprocedurkontroll: Del 13: Stuksvetsning och brännsvetsning.

SS-EN ISO 14732:2013 Svetspersonal - Prövning av operatörer för helmekaniserad svetsning och maskinställare för helmekaniserad och automatiserad svetsning av metalliska material (ISO 14732:2013)

SIS-CEN ISO/TR 15608:2017 Svetsning - Riktlinjer för ett system för gruppering av metalliska material (ISO/TR 15608:2017)

SS-EN ISO 17663:2023 Svetsning - Riktlinjer för kvalitetskrav för värmebehandling i anslutning till svetsning och besläktade förfaranden (ISO 17663:2023)

SIS-CEN ISO/TR 20172:2021 Svetsning - Grupperingssystem för material - Europeiska material (ISO/TR 20172:2021)

SS-EN ISO 3452-1:2013, Non-destructive testing - Penetrant testing - Part 1: General principles(ISO 3452-1:2013, Corrected version 2014-05-01)

SS-EN ISO 23277:2015, Non-destructive testing of welds - Penetrant testing - Acceptance levels

SS-EN ISO 17638:2016, Non-destructive testing of welds - Magnetic particle testing (ISO 17638:2016)

SS-EN ISO 23278:2015, Non-destructive testing of welds - Magnetic particle testing - Acceptance levels

SS-EN ISO 17639:2013, Destructive tests on welds in metallic materials - Macroscopic and microscopic examination of welds (ISO 17639:2003)

REKOMMENDATION

Bilaga 2: Exempel på standarder för svetsstillsatsmaterial.

Standarder:

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

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

SS-EN ISO 3581:2016 ”Tillsatsmaterial 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 tillsatsmaterial 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. Svetstillsatsmaterial bör därför om möjligt väljas i samråd med elektrod tillverkaren.

För det ferritiska stålet 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 komponenttuber under förutsättning att kvarvarande tjocklek på det nedkorroderade rostfria skiktet inte understiger 0,5 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, kolmanganstål eller låglegerat stål mot rostfritt eller annat höglegerat stål måste speciella (överlegerade) svets elektroder användas. Dessa kan ha beteckningen EN 1.4332 eller enligt ASTM/ASME E309L eller högre legerat E310L 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. Elektroder av typ E309L skall enligt standarden hålla 19-21% Cr och 11-13% Ni (W.Nr. 1.4828), men "fetare" sammansättningar med ~23,5% Cr och ~13,5% Ni (W.Nr. 1.4332) bör föredras, och ger i så fall ett säkrare svetsresultat. Elektroder av typ E310L är högre legerade: 26,5% Cr och 20,5% Ni.

"L" står för låg kolhalt, andra elektroder med högre kolhalt bör undvikas. De är till för högttemperaturlämpligheter, där högre varmhållfasthet eftersträvas, t.ex. överhettare.

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 alternativt Alleimas informationsmaterial konsulteras. För svetsning av eller på komponenttuber hänvisas dessutom till kapitel 10.

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 arbeta med 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.

Standarder enligt ASTM och ASME är identiska, det är de ansvariga huvudmännen som skiljer dem åt. ASME (American Society of Mechanical Engineers) står för standarderna för tillverkning av tryckkärl, ASTM (tidigare: American Society for Testing and Materials) för standarderna för tillverkning av de använda materialen.

REMISS