

Teknisk Rapport

Sodahuskommitténs Rapport 2019-4
Sprängprovning av kompondrör

Sprängprovning av kompondrör med defekta svetsar

Författare: Anna Wennberg

Granskad av: Marie Vennström

Sammanfattning

Syftet med undersökningen har varit att göra sprängprovning på svetsade kompondrör där svetsarna har svetsats på ett sådant sätt att man har haft inbyggda fel i svetsarna. De inbyggda felen var av typen rotfel och bindfel. Svetsning och framtagning av prover har gjorts på Sandvik R&D i Sandviken och sprängprovningen har gjorts på en av Sandviks rörfabriker i Tyskland.

Resultaten från sprängprovningen visar att trots tydliga defekter i svetsarna i form av både volymetriska defekter, inbyggda bindfel samt stora rotfel, har rören då de har utsatts för inre tryck över 1000 bar, inte gått sönder i svetsarna. De brott som har uppstått har varit i form av långsgående sprickor i röret.

1 Bakgrund

Idag görs provtryckning av komppoundrör vid ett tryck som nästan motsvarar materialets sträckgräns. Provtryckning vid så pass höga tryck kan orsaka mindre sprickbildning, som senare kan ge problem med korrosion. Syftet med den här sprängprovningen är att visa att den provtryckning som idag görs på komppoundrör idag inte uppfyller syftet och därför helst bör undvikas.

Komppoundrör innehållande defekta svetsar används som provmaterial. Förhoppningen är att resultaten ska visa att trots defekter i svetsarna kommer rören inte att gå sönder i svetsarna utan i rörväggen. Spänningsförhållandet i rören gör att de tangentiella spänningar man får i röret blir betydligt högre än de longitudinella spänningarna, vilket gör att det i första hand är rörväggen och inte svetsen som spricker. Om detta kan visas bör det bevisa att provtryckningen som görs regelbundet inte räcker för att upptäcka defekter i svetsarna.

2 Material

För tillverkning av svetsade prover har ett komppoundrör 3R12/4L7, dimension 63,5 x 6,53 mm använts, se detaljer i tabell 1 och 2.

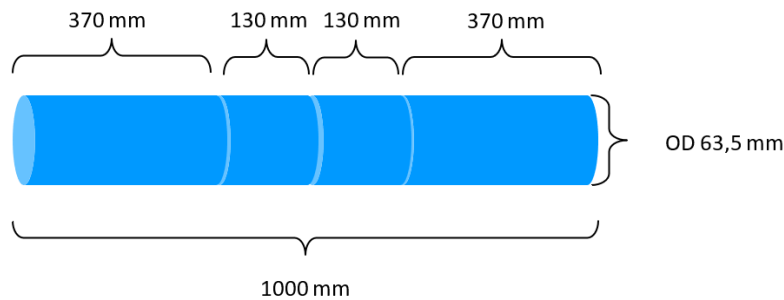
Tabell 1. Kemisk sammansättning för komppoundröret.

	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo
3R12 (AISI 304L)	≤0,030	0,5	1,3	≤0,030	≤0,015	18,5	10	-
4L7 (P235GH)	≤0,20	0,3	0,7	≤0,025	≤0,020	≤0,30	-	≤0,08

Tabell 2. Detaljer kring dimension och materialdata för komppoundröret.

	Vägg tjocklek (mm)	Sträckgräns (MPa)	Undre brottgräns (MPa)	Övre brottgräns (MPa)	Förlängning (%)
4L7	4,88	235	360	500	23
3R12	1,65	215	-	505	70
Totalt	6,53	-	-	-	-

Två stycken rörprover med 3 svetsar på varje rör tas fram, se figur 1. Teströr nr 1 består av 3 st svetsar med bindfel och teströr 2 består av 3 st svetsar med rotfel. Till tubgavlarna används kupade lock med rak fläns SS 482 i ett låglegerat stål P265GH, och till anslutningar används Swagelok kopplingar som skickats från Tyskland, stålsort 316.



Figur 1. Skiss av hur de två rörproverna ska se ut.

3 Beräkningar

En approximativ beräkning av förväntat sprängtryck innan provning har gjorts av Fredrik Bruno, beräkningen redovisas nedan. Beräkningen är ungefärlig, ingen hänsyn har tagits till att röret drar ihop sig (att längden minskar) när röret sväller upp precis innan brott. Syftet med beräkningen är att ha ett approximativt riktmärke för att veta hur stort tryck som kommer att krävas för att röret ska gå sönder.

För ett tunnväggigt rör gäller att spänningstillståndet i en sluten cylinder med radie a , väggjocklek h och inre övertryck p :

$$\sigma_{\text{omkretsled}} = \frac{pa}{h}$$

$$\sigma_{\text{längsled}} = \frac{pa}{2h}$$

Om vi använder radie $a=31,8$, väggjocklek $h=6,53$ och brottgräns $R_m=500$ får vi:

$$\text{Kraften som krävs för att spränga sönder röret i omkretsled} = \frac{500 * 6,53}{31,8} = 103 \text{ MPa}$$

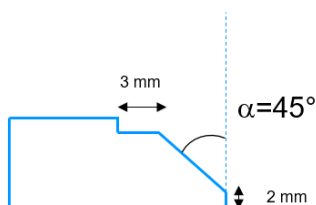
$$\text{Kraften som krävs för att spränga sönder röret i längsled} = \frac{500 * 2 * 6,53}{31,8} = 205 \text{ MPa}$$

Beräkningarna visar att spänningarna som krävs för att röret ska gå sönder i omkretsled är hälften så stora som i rörets längsled. Vilket talar för att röret kommer att gå sönder genom en längsgående spricka i rörväggen, långt tidigare innan svetsarna går sönder. Den kraft som krävs för att spränga sönder röret är ca 100 MPa, vilket är ungefär 1000 bar.

4 Utförande

4.1 Svetsning

Svetsningen utförs, med undantag för de inbyggda svetsdefekterna, enligt den ordinarie pWPS:en för 304L/4L7, se bilaga 1. Rotsträngen och övriga ferritiska strängar svetsas med TIG, OK1251, det rostfria täcksiktet svetsas med belagd elektrod, ASTM/AWS 309-sammansättning. Fogberedningen av rören görs på samma sätt för både svetsar med rotfel och bindfel, dubbel v-fog, ca 45° flankvinkel och 2 mm rätkant. Det rostfria skiktet avlägsnas minst 3 mm från vardera flank på normalt sätt för att undvika insmältning av austenitiskt material från kompondskiktet i de först lagda svetssträngarna. En skiss av fogberedningen presenteras i figur 2.



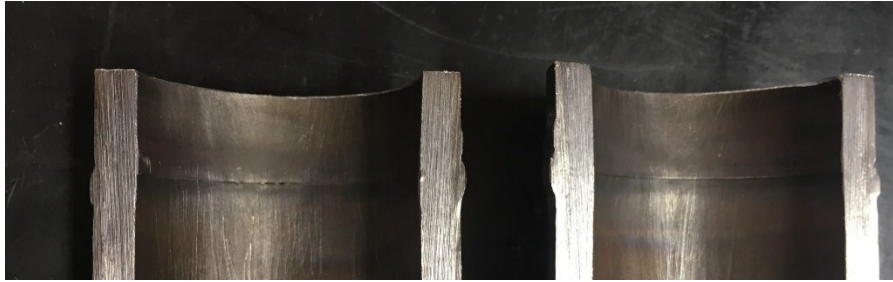
Figur 2. Skiss av fogberedningen inför svetsning av svetsar innehållande både rotfel och bindfel.

4.1.1 Svetsar med bindfel

Bindfelet läggs i den andra strängen och läggs inte hela varvet runt. Målet är att bindfelet ska läggas på två ställen i varvet, och att vardera bindfel ska vara ca ¼ varv. Ungefärlig storlek på bindfelet ska vara 2 mm. Ett par olika svetsparametrar svetsades och rören kapades upp för att mäta bindfelet. Tre olika parametrar testades, varav en variant inte gav något bindfel alls, en variant gav bindfel på ca 1 mm, och den tredje varianten gav bindfel på ca 3 mm. De parametrar som gav det största bindfelet valdes för att svetsa teströr nr 1. Rören svetsades enligt pWPS i bilaga 1, och protokoll från svetsningen presenteras i bilaga 2.

4.1.2 Svetsar med rotfel

För att åstadkomma rotfel runt hela svetsen utesluts rotgapet, rätkanterna får vidröra varandra. Meningen är att rotsträngen inte ska smälta upp hela rätkanterna utan lämna ett mindre rotfel runt hela svetsen. Ett första svetsförsök gjordes där rotfelet mättes upp till ca 1,3 mm i mikroskop. Bild på det kapade röret efter första försöket presenteras i figur 3.



Figur 3. Bild på uppkapat rör efter ett första försök att svetsa rotfel.

Samma pWPS användes som för svetsningen av bindfelen enligt bilaga 1 och svetsprotokollet presenteras i bilaga 3. Efter första rotsträngen läggs 2 fyllnadssträngar med TIG OK1251, och till sist 3 st fyllnadssträngar med belagd elektrod, 309-material. En bild på teströr 2 under pågående svetsning presenteras i figur 4.



Figur 4. Bild på teströr 2 under pågående svetsning, svets nr 1 efter rotsträng och 2 fyllnadssträngar, svets 2 efter rotsträng och en fyllnadssträng, svets 3 efter bara rotsträngen.

Bild på de två färdiga rören efter att ändgavlar och anslutningar svetsats på presenteras i figur 5.



Figur 5. Bild på de två färdiga rören innan de skickades till Tyskland.

4.2 Oförstörande provning

Röret med bindfel skickades till KIWA Inspecta för oförstörande provning. Både röntgen och PAUT provning utfördes för att undersöka bindfelen. Syftet var att lokalisera felen samt att bedöma storleken på respektive fel. Provnigen utfördes på färdiga svetsar, inklusive svetsning med belagd elektrod.

4.3 Sprängprovning

Sprängprovningen utfördes hos Sandviks produktionsanläggning i Tyskland. Sprängprovningen utfördes i rumstemperatur i en utrustning för vattentryckprovning. En av anslutningarna som svetsats på röret i Sandviken var defekt när den kom fram till Tyskland, gängen gick inte att använda. Anslutningen kapades bort och en ny anslutning svetsades på röret.

En bild på utrustningen för vattentrycksprovningen presenteras i figur 6 och en bild på ett av rören innan provning i bild 7.



Figur 6. Bild på utrustningen för vattentrycksprovning.



Figur 7. Bild på ett av rören monterat innan provning.

4.4 Utvärdering av rör och svetsar

Diametern på rören har mätts noggrant på svetsarna, nära svetsarna och på rören mellan svetsarna, i syfte att se hur rör och svetsar har påverkat av vattentryckprovningen. Varje svets har kapats upp och tvärsnitt av svetsarna har gjutits in, polerats, etsats och undersökts i ljusoptiskt mikroskop för att verifiera storleken på defekterna. Etsning har gjorts elektrolytiskt i Nital (5%), 3V i ca 8-10 sek.

5 Resultat

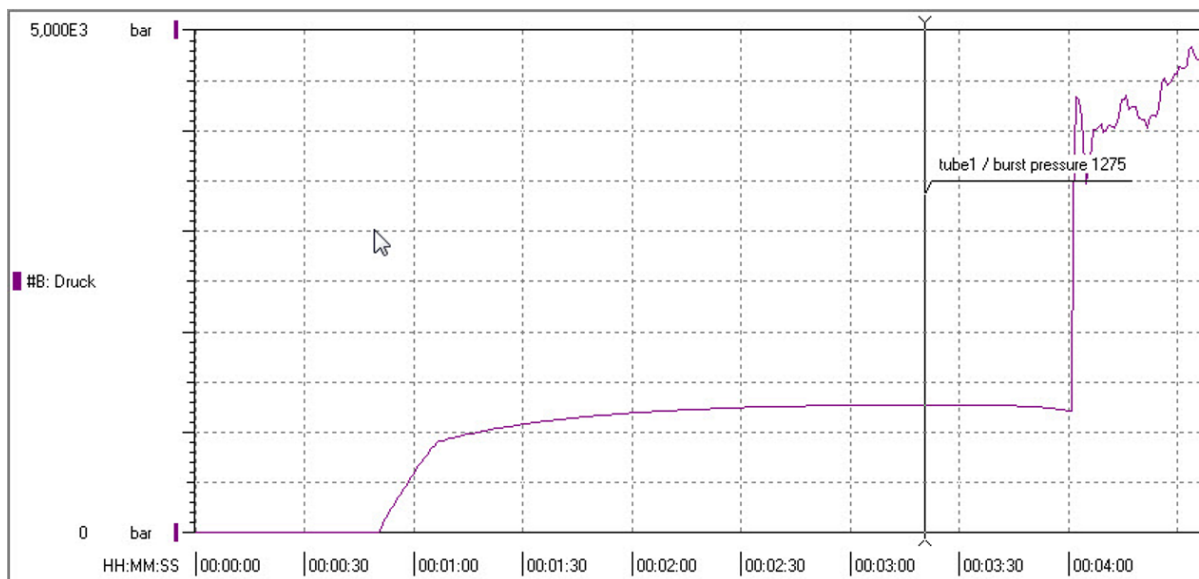
5.1 Oförstörande provning

Resultaten från röntgenprovningen finns presenterade i bilaga 4-6 och resultaten från PAUT-provningen finns presenterade i bilaga 7-9.

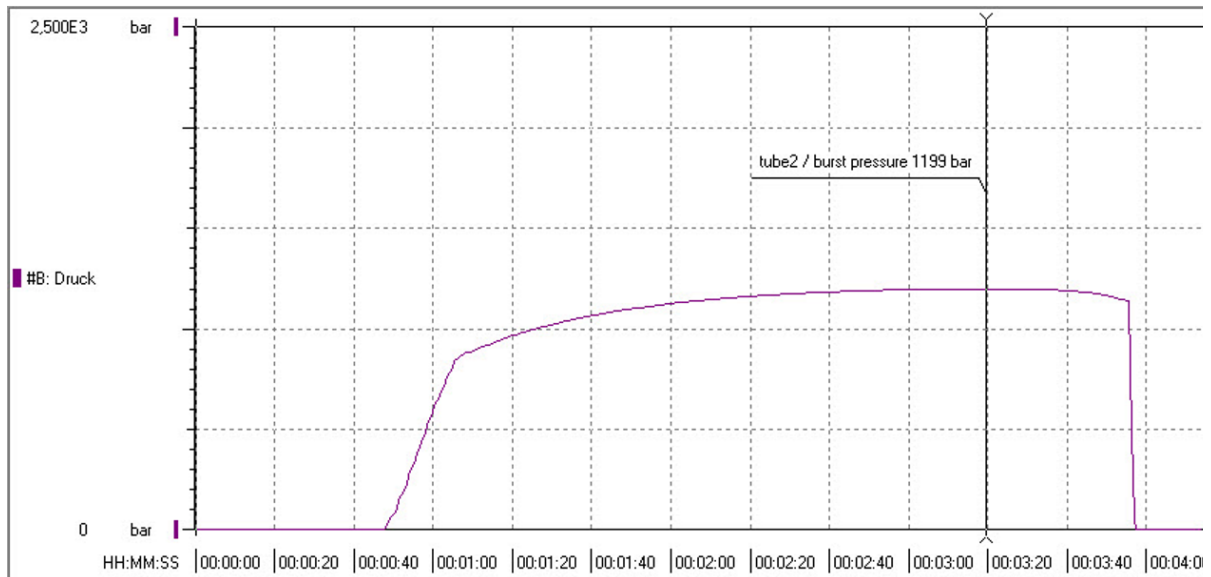
Resultaten visar att vi har defekter i svetsarna, defekterna går inte längs hela varvet. Det är svårt att bedöma storleken på felen utifrån resultaten. KIWA inspectas beskrivning av defekterna är dock att de är volymetriska till utseendet och kan därmed inte beskrivas som defekter av typen bindfel.

5.2 Sprängprovning

Trycket mättes under provningen, det maximala trycket i anläggningen som går att komma upp i är 4000 bar. Det maximala noterade trycket för första röret, rör nummer 1 med bindfel, var 1275 bar, och för rör nummer 2 med rotfel, 1199 bar. Kurvor som visar trycket under provningen presenteras i figur 8 och 9.



Figur 8. Trycket under vattentrycksprovning av rör nummer 1.



Figur 9. Trycket under vattentrycksprovning av rör nummer 2.

Båda rören gick sönder på samma ställe och med liknande brott, längsgående sprickor i röret, se figur 9 och 10. Alla svetsar höll under provningen. Försök gjordes att filma röret under provningen, men försöket misslyckades.



Figur 9. Längsgående spricka i röret.



Figur 10. Längsgående sprickor i båda rören efter vattentrycksprovning.

5.3 Utvärdering

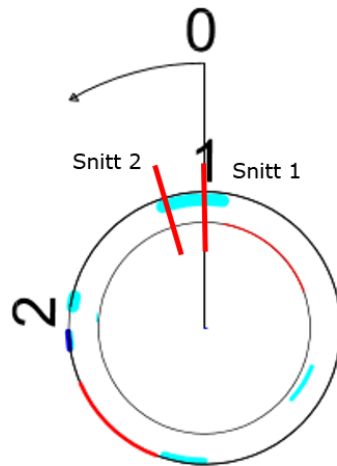
Det är mycket tydligt att rören sväller under provningen. Det var bara det andra röret som diametern mättes före och efter provning, men man kan anta att rör nummer 1 hade liknande diameter före provningen som rör nummer 2. En noggrann uppmätning av diametern på båda rören gjordes efter utförd provning, se resultat i tabell 3. Det är tydligt att alla delar av röret har påverkats av sprängprovningen, alla delar påvisar en tydlig svällning.

Tabell 3. Resultat från mätning av diametern på rören.

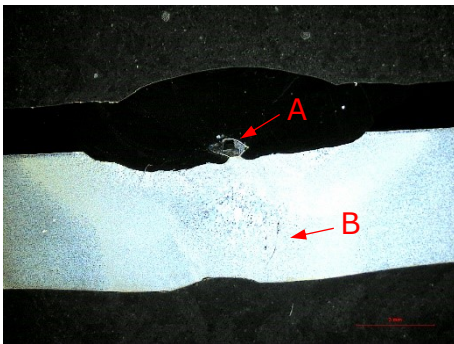
	Mätning av diametern på olika ställen på röret före och efter provning (mm)																		
	Kupade locket	Svetsen	Bredvid svetsen	Mitt på röret	Bredvid svetsen	Svets 1	Bredvid svetsen	Mitt på röret	Bredvid svetsen	Svets 2	Bredvid svetsen	Mitt på röret	Bredvid svetsen	Svets 3	Bredvid svetsen	Mitt på röret (brottet)	Bredvid svetsen	Svetsen mot kupan	Kupade locket
Rör 2 före provning	-	-	-	63,5	-	-	-	63,6	-	-	-	63,5	-	-	-	63,5	-	-	-
Rör 1 efter provning	62,3	64,8	64,9	69,9	64,9	67,8	66,0	68,0	66,0	68,6	66,0	68,0	66,1	67,8	66,0	85,6	65,3	66,0	62,0
Rör 2 efter provning	62,5	65,7	65,0	70,4	66,1	67,7	66,0	67,9	66,1	67,7	65,9	67,9	65,9	67,4	66,0	85,5	64,9	65,1	62,2

För svetsarna med inbyggda bindfel har försök gjorts att kapa ut de största felen utifrån resultaten från OFP provningen. Resultaten presenteras med en skiss som visar vart i svetsarna kapsnitten har gjorts och efterföljande bilder från undersökning i ljusmikroskop. För svetsarna med inbyggda rotfel har ett tvärsnitt gjorts på godtyckligt ställe av svetsen.

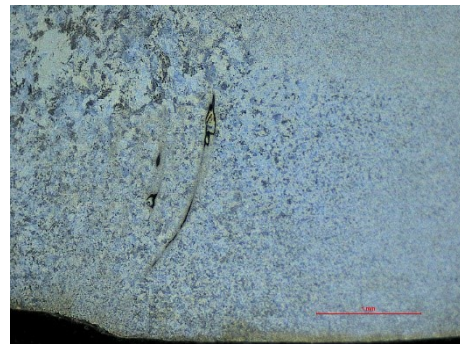
Resultat från undersökning av svets nr 1 på rör nr 1 med inbyggda bindfel finns presenterade i figur 11-14. Undersökning av kapsnitt nr 1 visar en defekt i övergången mellan det rostfria materialet och kolstålet. Defekten består troligtvis av en por/slagg och är uppmätt till 1,5 x 0,7 mm. Den är markerad som A i figur 12. I samma bild ser man dessutom bindfel i det rostfria materialet, markerat med B. En förstoring av bindfelet visas i figur 13. Längden på det största bindfelet är uppmätt till 1,8 mm. Kapsnitt 2 innehåller också en mindre defekt mellan det rostfria materialet och kolstålet, markerat med C i figur 14, det är uppmätt till 0,4 x 0,1 mm.



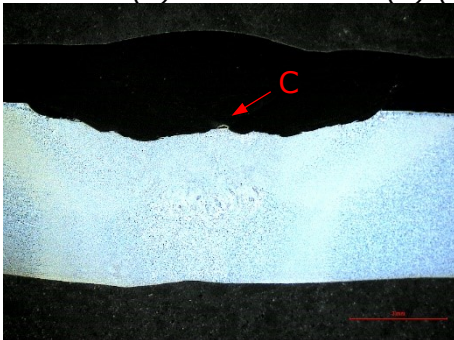
Figur 11. Skiss som visar vart i svetsen respektive snitt är kapat.



Figur 12. Mikrostrukturbild på svets 1, rör 1, kapsnitt 1. Svetsen innehåller dels en defekt i gränsskiktet mellan det rostfria och kolstålet (A) och ett bindfel (B) (8X).

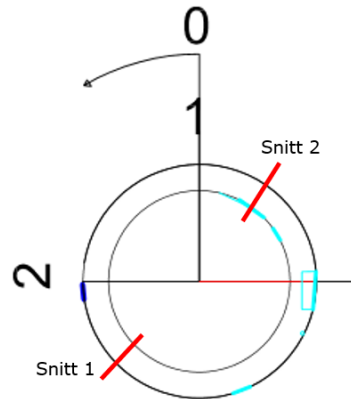


Figur 13. Mikrostrukturbild på svets 1, rör 1, kapsnitt 1, förstoring av bindfelet i figur 12 (32X).

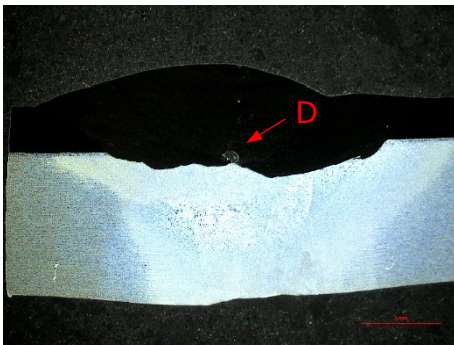


Figur 14. Mikrostrukturbild på svets 1, rör 1, kapsnitt 2. Litet bindfel mellan det rostfria och kolstålet (C). (8X).

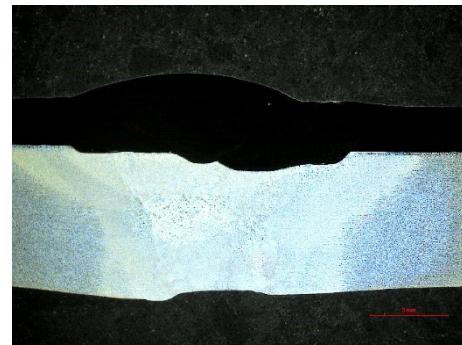
Resultat från undersökning av svets nr 2 på rör nr 1 med inbyggda bindfel finns presenterade i figur 15-17. Undersökning av kapsnitt nr 1 visar en liten defekt i form av en slag/por uppmätt till 0,6 x 0,3 mm, undersökningen av kapsnitt 2 visar ingen defekt.



Figur 15. Skiss som visar vart i svetsen respektive snitt är kapat.

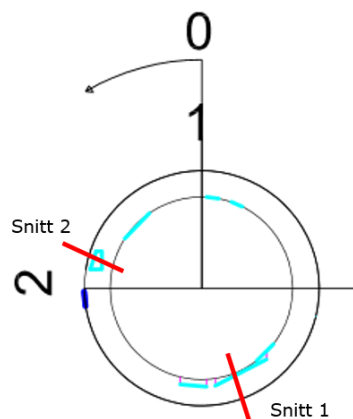


Figur 16. Mikrostrukturbild på svets 2, rör 1, kapsnitt 1. Liten slagg mellan det rostfria materialet och kolstålet (D) (8X).

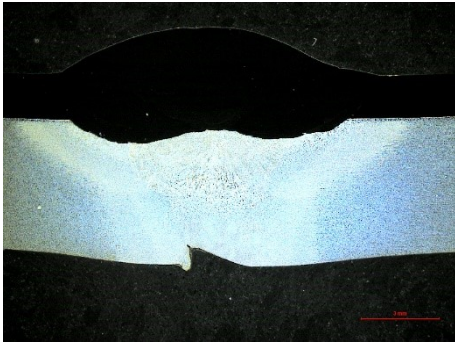


Figur 17. Mikrostrukturbild på svets 2, rör 1, kapsnitt 2 (8X).

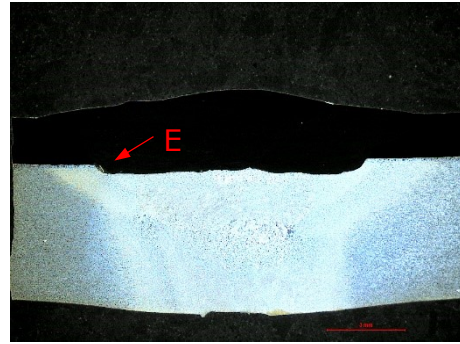
Resultat från undersökning av svets nr 3 på rör nr 1 med inbyggda bindfel finns presenterade i figur 18-21. Undersökning av kapsnitt nr 1 visar ett rotfel, rotfelet är uppmätt till 0,8 mm, se figur 19. Kapsnitt 2 visar ett litet bindfel i övergången mellan det rostfria materialet och kolstålet. En förstoring av bindfelet finns presenterat i figur 21, bindfelet är uppmätt till 0,6 x 0,2 mm.



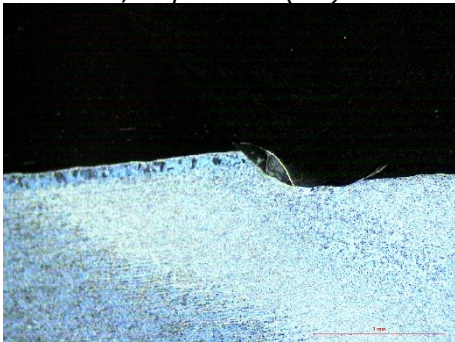
Figur 18. Skiss som visar vart i svetsen respektive snitt är kapat.



Figur 19. Mikrostrukturbild på svets 3, rör 1, kapsnitt 1 (8X).

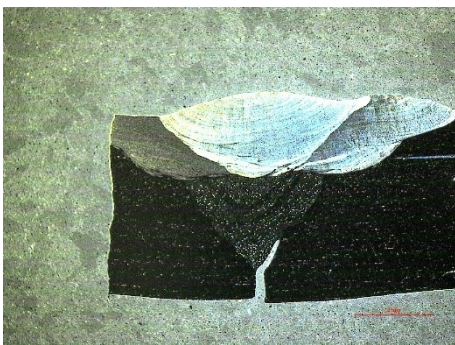


Figur 20. Mikrostrukturbild på svets 3, rör 1, kapsnitt 2, litet bindfel (E) (8X).

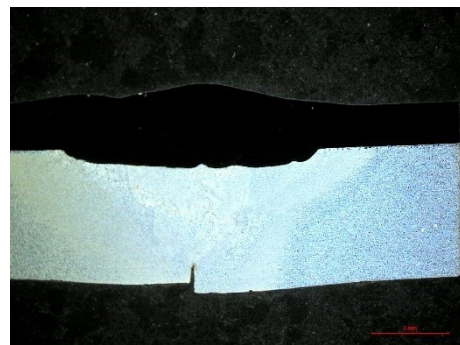


Figur 21. Förstoring av bindfel i figur 20 (40X).

Bilder av tvärsnitt från svetsarna från rör nr 2 med inbyggda rotfel är presenterad i figur 22-24. Rotfelen har mätts upp till mellan 0,76 och 2,2 mm.



Figur 22. Tvärsnitt av svets 1 med rotfel (8X). Rotfel uppmätt till 2,2 mm.



Figur 23. Tvärsnitt av svets 2 med rotfel (8X). Rotfel uppmätt till 0,76 mm



Figur 24. Tvärsnitt av svets 3 med rotfel (8X). Rotfel uppmätt till 1,2 mm.

6 Diskussion

Resultatet från sprängprovningen blev enligt förväntningar, brott uppstod inte i någon svets utan som längsgående brott i rördelen på båda proverna. Den beräknade kraften som behövdes för att spränga sönder röret var ca 1000 bar, den maximala uppmätta kraften för de två rören var 1275 respektive 1199 bar.

Röret med inbyggda bindfel skickades till KIWA för oförstörande provning, innan sprängprovningen utfördes. Syftet var att verifiera att defekter fanns i svetsarna, och om möjligt avgöra storleken på defekterna. Både röntgen och PAUT provning utfördes på alla tre svetsar på rör 1. Resultaten visade enligt KIWA att defekter fanns i svetsarna, däremot var deras beskrivning av defekterna inte typiska bindfel. Kiwas beskrivning av defekterna var att de bestod av håligheter som var relativt runda till formen, s.k. volymetriska defekter. Det diskuterades om svetsarna skulle göras om eftersom provningen inte visade de typiska bindfel som vi hade räknat med. Man bedömde det dock som svårt att svetsa på något annat sätt för att uppnå bindfel. Vidare ansåg man att defekterna trots allt är representativa för en defekt som skulle kunna förekomma i verkligheten och de bedömdes som tillräckligt stora för att de inte skulle bli godkända vid en röntgen provning och man beslutade för att gå vidare.

Utvärderingen av svetsarna med inbyggda bindfel efter sprängprovningen har bestått i två stycken kapsnitt av varje svets. Man har utgått från resultatet av röntgenprovningen för att försöka hitta de största defekterna. Resultaten har påvisat ett bindfel i kolstålet som förväntat efter att ha svetsat kallt. Ytterligare defekter i form av porer/slagger i gränsskiktet mellan kolstålet och det rostfria stålet har hittats, och ett rotfel. Det är troligt att resultaten från röntgen provningen har gett utslag på de porer/slagger men inte på det bindfel som har hittats. Bindfel är mycket svårt att hitta med hjälp av röntgen provning, röntgenstrålen måste träffa helt rätt för att ett bindfel ska upptäckas. Det är mycket troligt att de andra svetsarna också innehåller liknande bindfel, som inte har hittats med hjälp av röntgenprovningen.

Resultaten från undersökningen av röret med rotfel visar på tydliga rotfel i storleksordningen 0,76-2,2 mm.

7 Slutsats

Resultaten från sprängprovningen visar att trots tydliga defekter i svetsarna i form av både volymetriska defekter, inbyggda bindfel samt stora rotfel, har rören då de har utsatts för inre tryck över 1000 bar, inte gått sönder i svetsarna. De brott som har uppstått har varit i form av längsgående sprickor i röret.

Bilaga 1

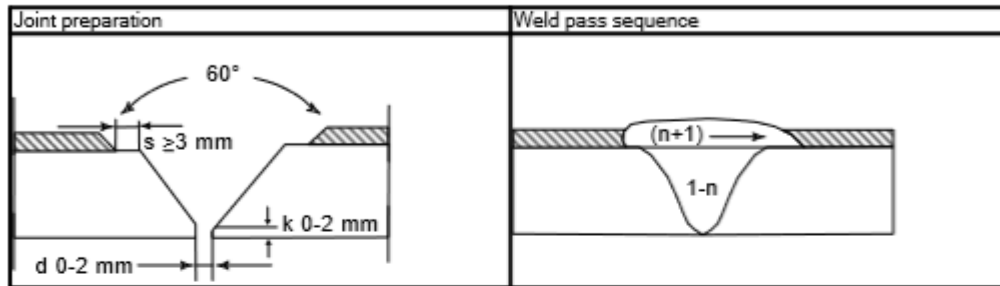
	Preliminary Welding Procedure Specification for AISI 304L/4L7 to AISI 304L/4L7	<small>WPS No:com07002 Date:2007-02-05</small>

Specification: SCW -
Issue date: 2007-02-05
Revision: 1.0

Prepared by: Mette Ramberg
Reviewed by: Mette Ramberg
Approved by: Mette Ramberg

Yes No
 Yes No

Base metal: AISI 304L/4L7 to AISI 304L/4L7 **Welding method:** MMA, MIG, TIG *



Base metal :		
Materials specification :		
Trade name : AISI 304L/4L7 / AISI 304L/4L7		
<input type="radio"/> Plate <input checked="" type="radio"/> Tube Dimension, mm :		
Thickness range qualification, mm :		
Diameter range qualification, mm :		
Miscellaneous :		
Filler metals :		
Specification :	4L7: TIG (GTAW/141) ASTM/AWS A 5.18: ER 70 S-6 AISI 304L/AISI 304L: TIG (GTAW/141) ASTM/AWS A 5.9: ER316L	4L7: MMA (SMAW/111) ASTM/AWS A 5.18: E 7018 AISI 304L/AISI 304L: MMA (SMAW/111) ASTM/AWS A 5.4: E316L-15/17
Trade name :	4L7: ESAB OK AUTROD 12.51 or similar AISI 304L/AISI 304L: Sandvik 19.12.3.L	4L7: ESAB OK 48.00 or similar AISI 304L/AISI 304L: Sandvik 19.12.3.LB/LR
Diameter, mm :	1,6 - 2,4	2,5 - 3,25
Other :		
Flux :		
Specification :		
Trade name :		
Drying temperature/time, deg C/h :		
Gas :		
Shielding gas composition :	4L7: TIG (GTAW/141): Ar 99,99% AISI 304L/AISI 304L: Ar 99,99%	-
Flow rate, l/min :	8 - 12	
Backing gas composition :		
Flow rate, l/min :		
Other :		
Covered electrodes :		
Drying temperature/time, deg C/h :		4L7: 250/2 AISI 304L: 200/2
Dry holding temperature, deg C :		70
Preheat :		
Preheat range, deg C :		

Max interpass temperature, deg C :	4L7: 250 AISI 304L: 250								
Other :									
Post Weld Heat Treatment :									
Temperature range, degC :									
Holding time, min :									
Quenching :									
Other :									
Technique :									
Welding method(s) :	TIG (GTAW/141)	MMA (SMAW/111)							
String or weave :	String	String							
Recommended heat input, kJ/mm :	4L7: <2,5 AISI 304L: <2,5	4L7: <2,5 AISI 304L: <2,5							
Initial cleaning :	4L7: Steel wire brushing or grinding (See 1) AISI 304L: Stainless steel wire brushing or grinding (See remark 1)	4L7: Steel wire brushing or grinding (See 1) AISI 304L: Stainless steel wire brushing or grinding (See remark 1).							
Post weld cleaning :	4L7: Steel wire brushing or grinding AISI 304L: Stainless steel wire brushing or grinding.	4L7: Steel wire brushing or grinding AISI 304L: Stainless steel wire brushing or grinding							
Method of back gouging :									
Other :									
Welding conditions :									
Pass No	Welding process	Filler designation	Size, mm	Current Type /polarity	Range, A	Voltage range, V	Travel speed range, mm/min	Heat input, kJ/mm	Remarks
Alt. 1: 1-n (n+1) -->	GTAW GTAW	Autrod 12.51 Sandvik 19.12.3.L	1,6 - 2,4	DCEN	80 - 120	10 - 14		<2,5	
			2,0 - 2,4	DCEN	80 - 120	10 - 14		<2,5	
Alt. 2: 1-n (n+1) -->	SMAW SMAW	OK 48,00 Sandvik 19.12.3.LB/LR	2,5 - 3,25	DCEP	80 - 150	20 - 25		<2,5	
			2,5 - 3,25	DCEP	60 - 130	20 - 25		<2,5	

Specification :

1) Grinding is done with separate grindings equipment for respectively steel (4L7) and the stainless steel AISI 304L.

Appendix :



Bilaga 2

SVETSPROTOKOLL / WELDING PROTOCOL

Svetsare Welder	SÖ	Datum Date	2019-03-11	Internt arbets nr. Internal work No.	W19002	Projekt nr. Project No.	TUBSERVICE/ Burst Test
Typ av test Type of test	Kompundsvetsning Sodahusko mmiten	Order No.		Svetsmetod Welding method	TIG-Man, MMA	Kund Customer	Service

Svetsmetod/Welding method	TIG-Man	TIG-Man Bindfelsträng	TIG-Man	MMA
Märkning – Marking	W19002-1	W19002-1	W19002-1	W19002-1
Sträng nr. – Bead No.	1	2	2 - 4	5 - 7
Lager – Layer				
Grundmaterial/Base material				
Standard	Kompound	Kompound	Kompound	Kompound
Charge nr. – Heat No.	551151 / 552188	551151 / 552188	551151 / 552188	551151 / 552188
Dimension [mm]	63.5x6.53	63.5x6.53	63.5x6.53	63.5x6.53
Tillsatsmaterial/Consumable				
Standard	OK 12.51	OK 12.51	OK 12.51	Sandvik 24.13.LR
Charge nr. – Heat No.	27385	27385	27385	
Arbetsorder nr. – Lot No.				03891
Dimension [mm] Ø -	1.6	1.6	1.6	2.5
Flux typ & höjd – Flux type & height [mm]				
Arbetsorder nr. - Lot number				
Bandförbrukning - Strip consumed [mm/min]				
Svetsparametrar/Welding parameters		1/4 + 1/4		
Ström - Current [A]	95	50	95	70
Spänning – Voltage [V]	9.8 – 10.0	10.0	10.2 – 11.2	22.2 – 24.0
Svets hastighet – Travel speed [mm/min]	75	75	75	170
Värmetillförsel – Heat input [kJ/mm]	0.74 – 0.76	0.4	0.78 – 0.85	0.55 – 0.59
Total bågtid – Total arc time [s]				
Arbetstemperatur – Working temp. [°C]	RT	RT	RT	RT
Mellansträngstemperatur - Interpass temp. [°C]	<250	<250	<250	<250
Skyddsgas & flöde - Shielding gas & flow [l/min]	Ar 10L/min	Ar 10L/min	Ar 10L/min	
Rotgas & flöde – Root gas & flow [l/min]	Ar 4L/min	Ar 4L/min	Ar 4L/min	
Trådmatningshastighet – Wire feed speed [mm/min] el [m/min]				
Övrigt / Other: (T.ex / e.g)				
- Puls svets data - Pulsed welding data				
- Magnetstyrning; ström påNord o Syd pol				
Ritning på fog och strängar/ Sketch of groove and beads	V-Fog 60° Rätkant 1.5mm Spalt 2.0mm		Bindfelsrör	

§

Bilaga 3

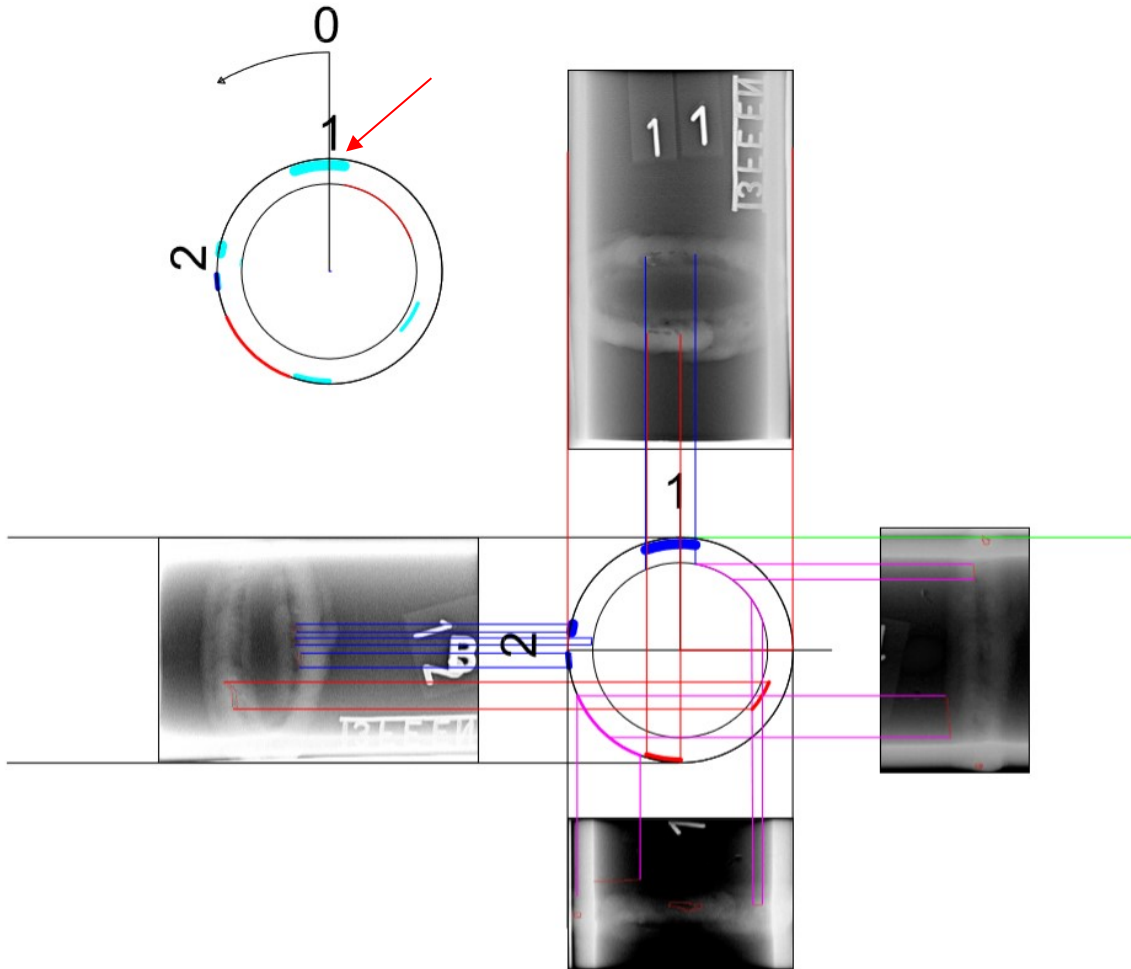
SVETSPROTOKOLL / WELDING PROTOCOL

Svetsare Welder	SÖ	Datum Date	2019-03-11	Internt arbets nr. Internal work No.	W19002	Projekt nr. Project No.	TUBSERVICE/ Burst Test
Typ av test Type of test	Komounds vetsning Sodahusko mmiten	Order No.		Svetsmetod Welding method	TIG-Man / MMA	Kund Customer	Service

Svetsmetod/Welding method	TIG-Man	TIG-Man		MMA
Märkning – Marking	W19002-2	W19002-2		W19002-2
Sträng nr. – Bead No.	1	2 - 3		4 - 6
Lager – Layer				
Grundmaterial/Base material				
Standard	Kompond	Kompond		Kompond
Charge nr. – Heat No.	551151 / 552188	551151 / 552188		551151 / 552188
Dimension [mm]	63.5x6.53	63.5x6.53		63.5x6.53
Tillsatsmaterial/Consumable				
Standard	OK 12.51	OK 12.51		Sandvik 24.13.LR
Charge nr. – Heat No.	27385	27385		
Arbetsorder nr. – Lot No.				03891
Dimension [mm] Ø -	1.6	1.6		2.5
Flux typ & höjd – Flux type & height [mm]				
Arbetsorder nr. - Lot number				
Bandförbrukning - Strip consumed [mm/min]				
Svetsparametrar/Welding parameters				
Ström - Current [A]	75	95		70
Spänning – Voltage [V]	8.8 – 9.2	9.5 – 11.0		21.5 – 23.7
Svets hastighet – Travel speed [mm/min]	75	75		170
Värmetillförsel – Heat input [kJ/mm]	0.53 – 0.55	0.72 – 0.84		0.53 – 0.59
Total båg tid – Total arc time [s]				
Arbetstemperatur – Working temp. [°C]	RT	RT		RT
Mellansträngstemperatur - Interpass temp. [°C]	<250	<250		<250
Skyddsgas & flöde - Shielding gas & flow [l/min]	Ar 10L/min	Ar 10L/min		
Rotgas & flöde – Root gas & flow [l/min]	Ar 4L/min	Ar 4L/min		
Trädmätningshastighet – Wire feed speed [mm/min] el [m/min]				
Övrigt / Other: (T.ex / e.g)				
- Puls svets data - Pulsed welding data				
- Magnetstyrning; ström på Nord o Syd pol				
Ritning på fog och strängar/ Schetch of groove and beads	V-Fog 60° Rätkant 1.5mm Spalt 0.8mm	Rotfelsrör		

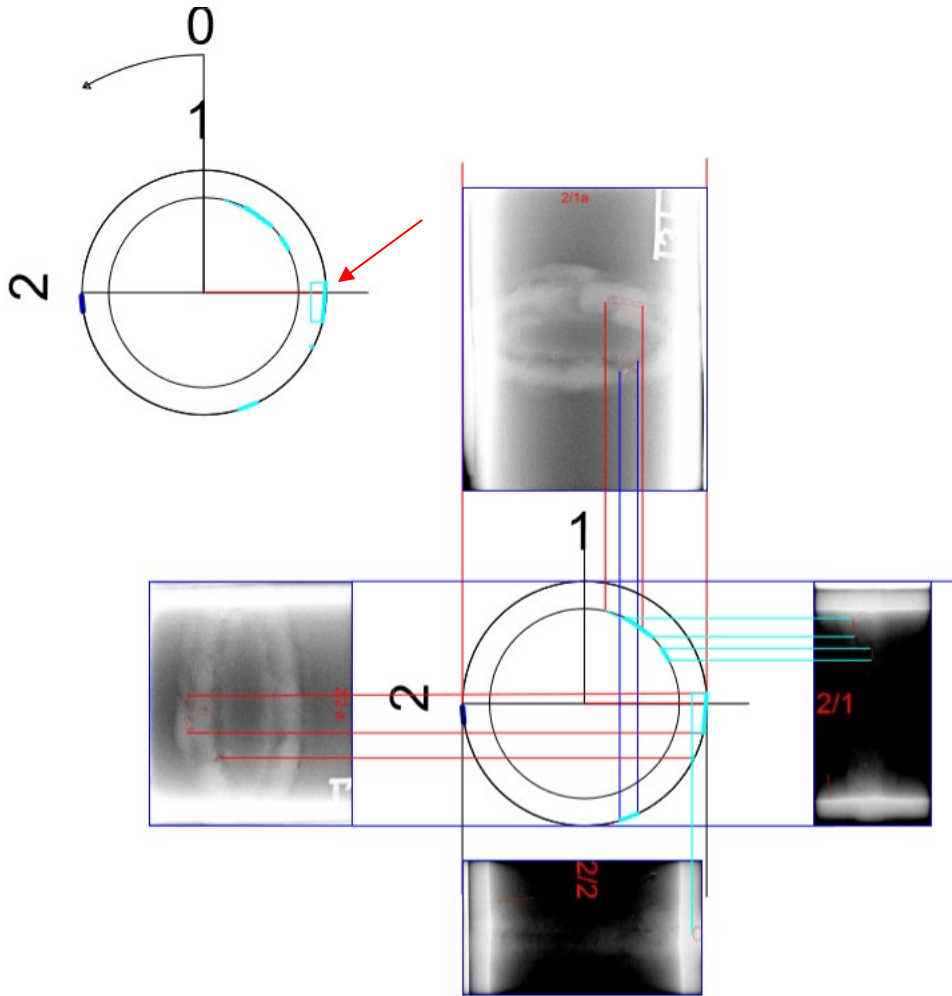
Bilaga 4

Resultat från röntgenprovning av svets 1.



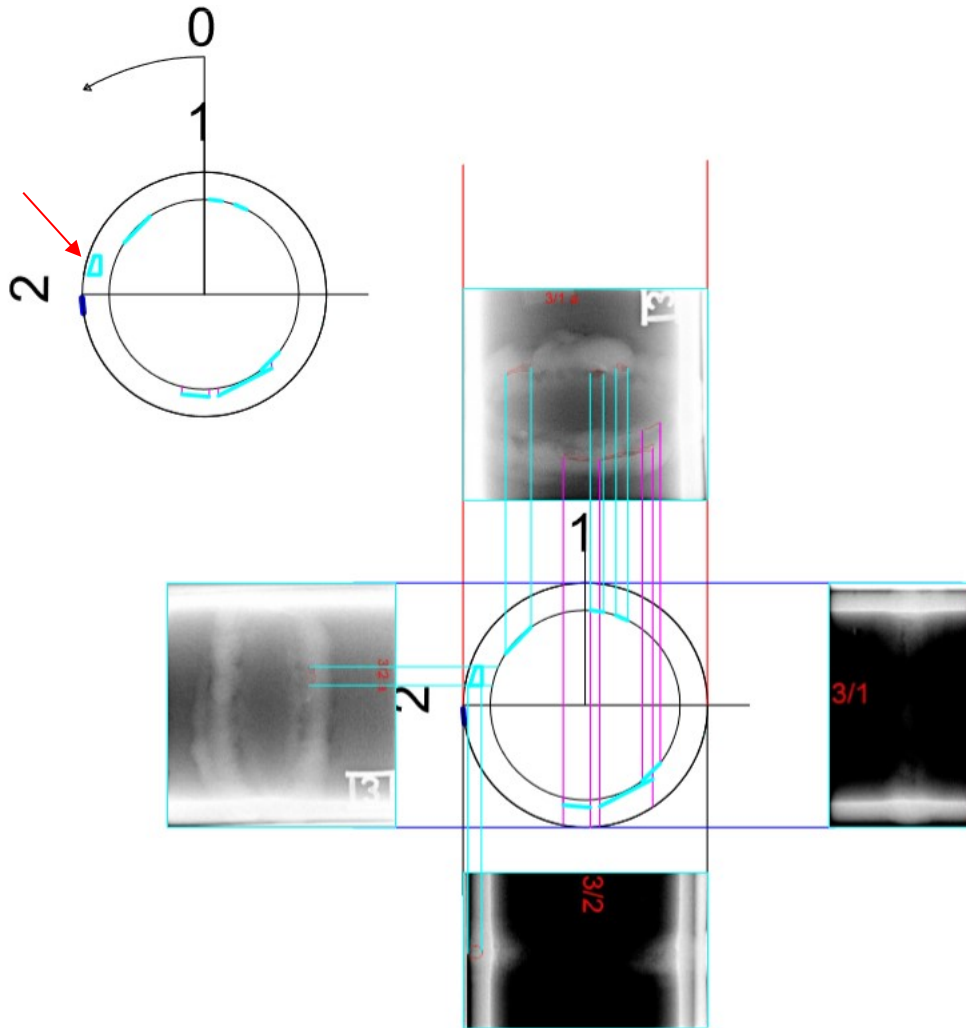
Bilaga 5

Resultat från röntgenprovning av svets 2.



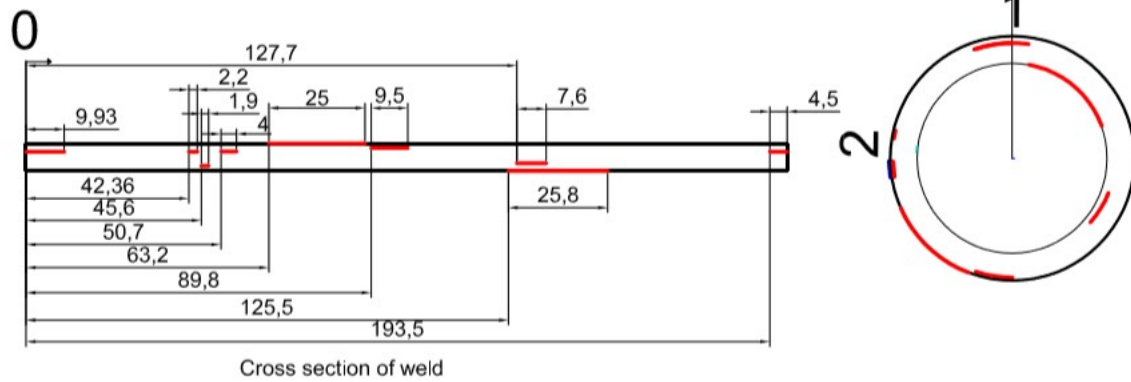
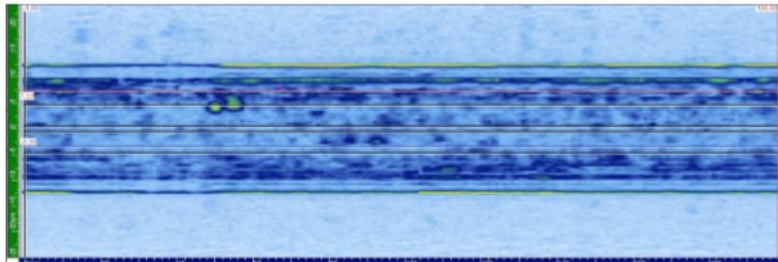
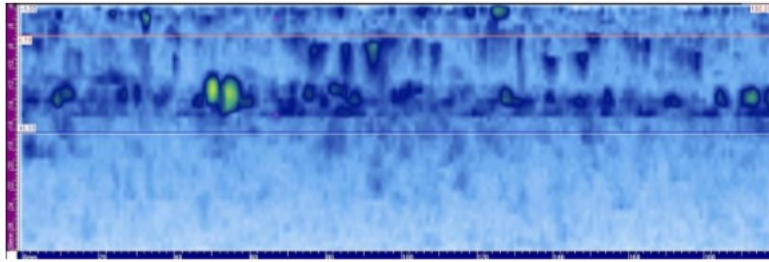
Bilaga 6

Resultat från röntgenprovning av svets 3.



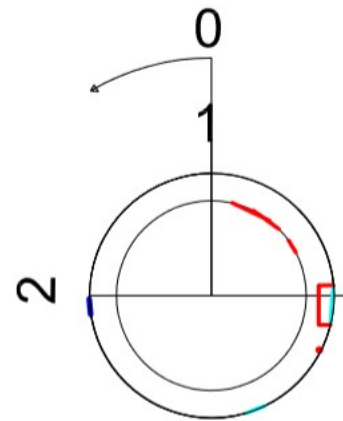
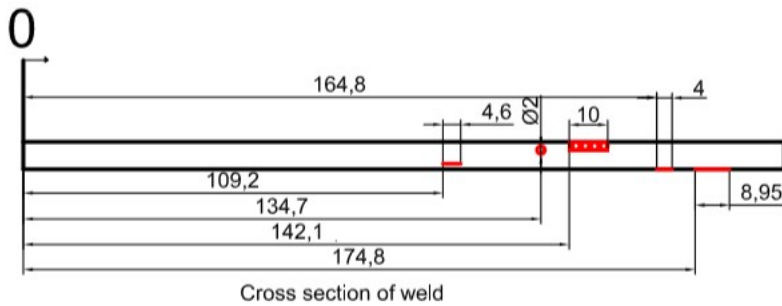
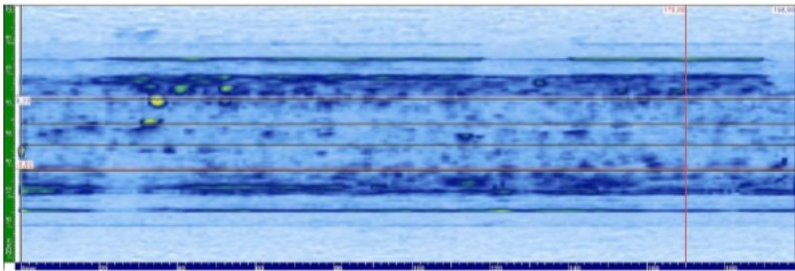
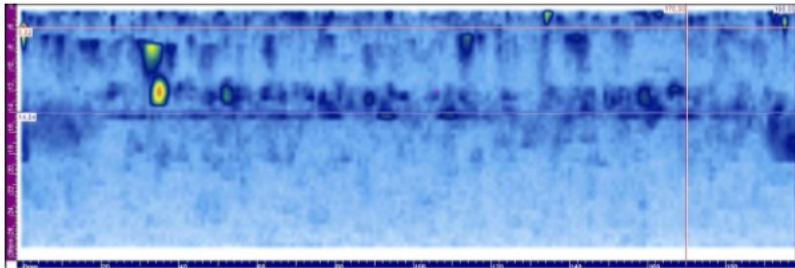
Bilaga 7

Resultat från PAUT provning av svets 1.



Bilaga 8

Resultat från PAUT provning av svets 2.



Bilaga 9

Resultat från PAUT provning av svets 3.

