

Olyckan i bergochdalbanan Jetline på Gröna Lund 2023.

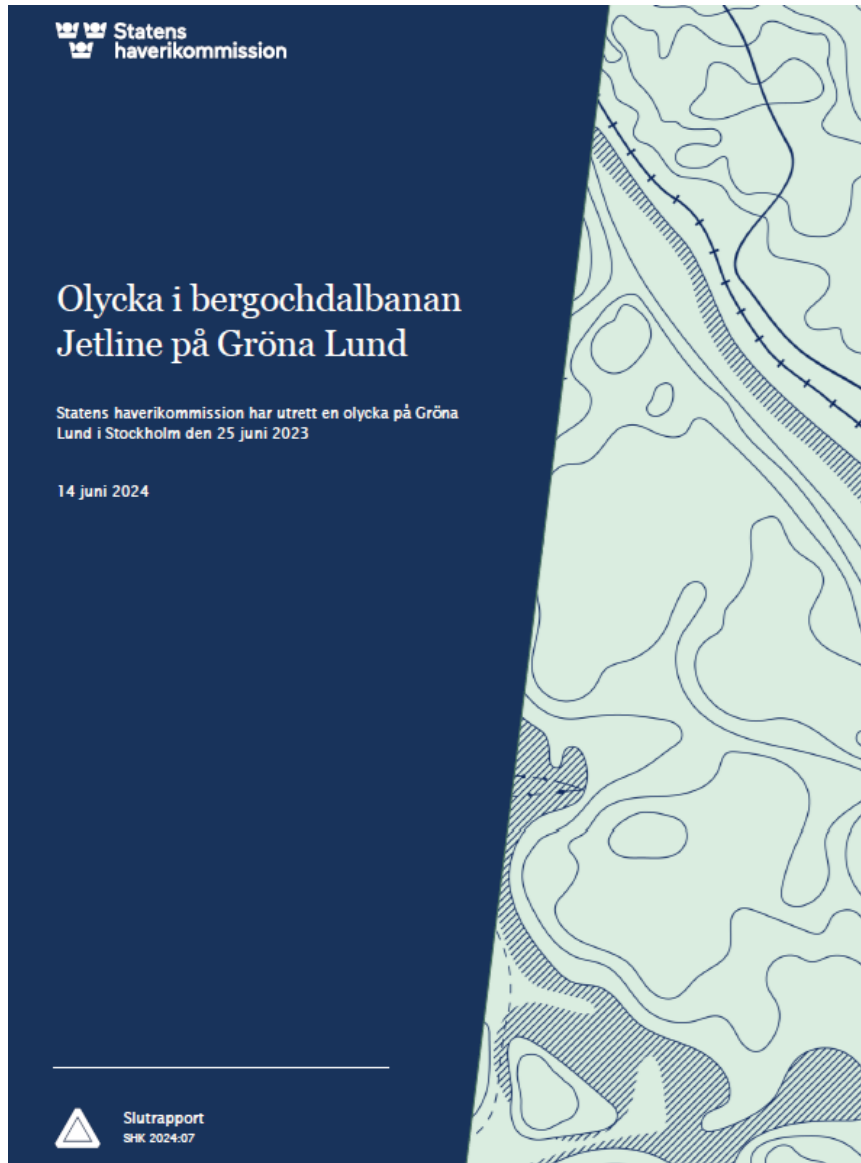
Svetsning och kontroll av fem st. främre rörliga bärramar.

Konsult Nils Stenbacka, Docent i Svetsteknologi. Professor & IWE.
f.d. Professor i Svetsteknologi.
Stenbacka Consulting
Reimersholmsgatan 29
117 40 Stockholm
+46 70 341 66 59
www.stenbacka-consulting.se

1. Reviderad 2024-09-06/10, -10/07 och -11/11.

Innehåll

- Bakgrund. Min bakgrund.
- Stumsvets. Definitioner och terminologi.
- Inledning. Slutsatser enl Statens Haverikommission SHK.
- Främre rörlig bärarm.
- Bärarmarna enl SHK 2024:07.
- Tillverkning av fem nya bärarmar.
- Granskning av ritningen.
- Bärarm med utsågade prover.
- Tvärsnitt av ursprunglig och nytillverkad bärarm (svets).
- Utvärdering av rotfelen (bindfelen).
- Polismyndighetens krav. RPSFS 2012:15 FAP 513-1.
- Kommentarer till konstruktionsritningen.
- Standarder.
- Fogberedningen.
- Något om kvalitetskrav. Svetsfel och OFP.
- Slutord.
- Referenser.



Bakgrund

- Den här presentationen utgår från SHKs rapport SHK 2024:07, och tar upp frågor kring svetsning och kontroll av fem st. *främre rörliga bärarmar*.
- En av dessa orsakade olyckan 25 juni 2023. Den hade monterats i olycksvagnen i mars 2023.

Min bakgrund.

Se även www.stenbacka-consulting.se.

Arbetar som konsult (TV, Vattenfall, LTU, HV, AGA, ESAB, Sweco, mfl).

Tidigare stålkonstruktör vid Vattenfall. Kärnkraft, Vattenkraft, Naturgas och Kärnbränslehantering.

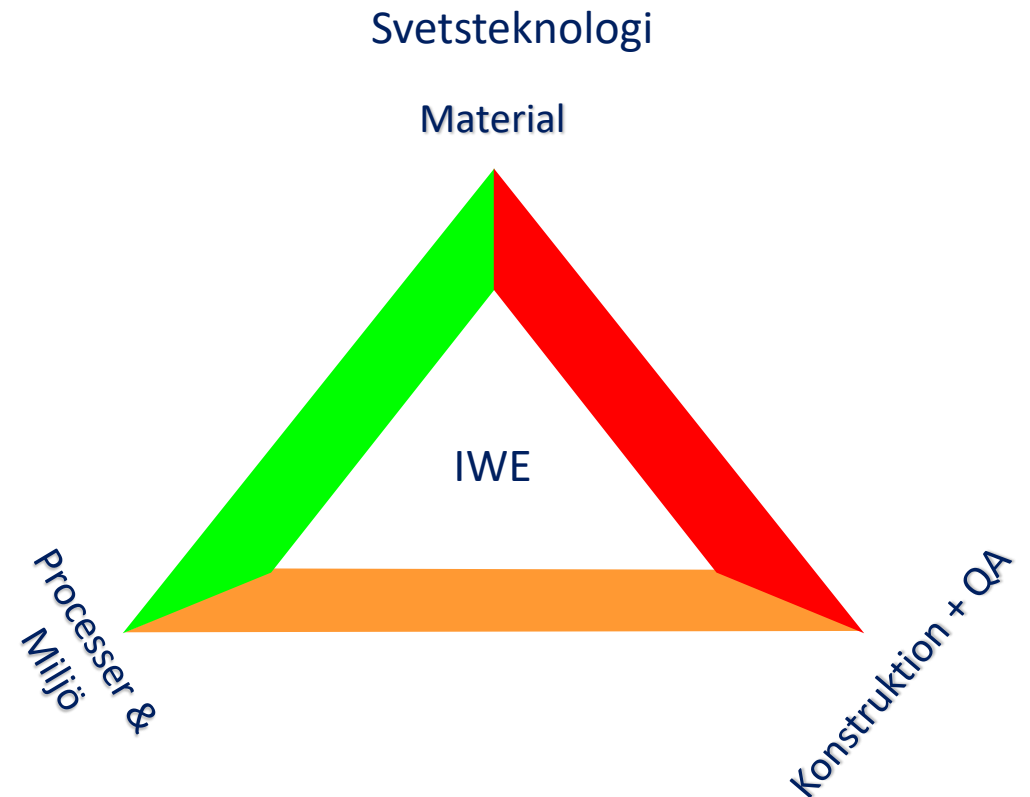
Tekn. Dr. och Docent i Svetsteknologi, KTH.

Ledande befattningar vid AGA AB, AGA Gas AB och Linde Gas AG (München).

Kompetensförklarad till två professurer.

Varit verksam som professor i Svetsteknologi vid Högskolan Väst (Trollhättan).

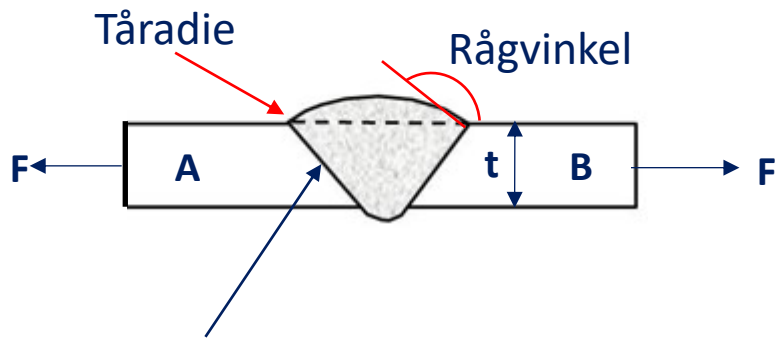
IWE, International Welding Engineer.



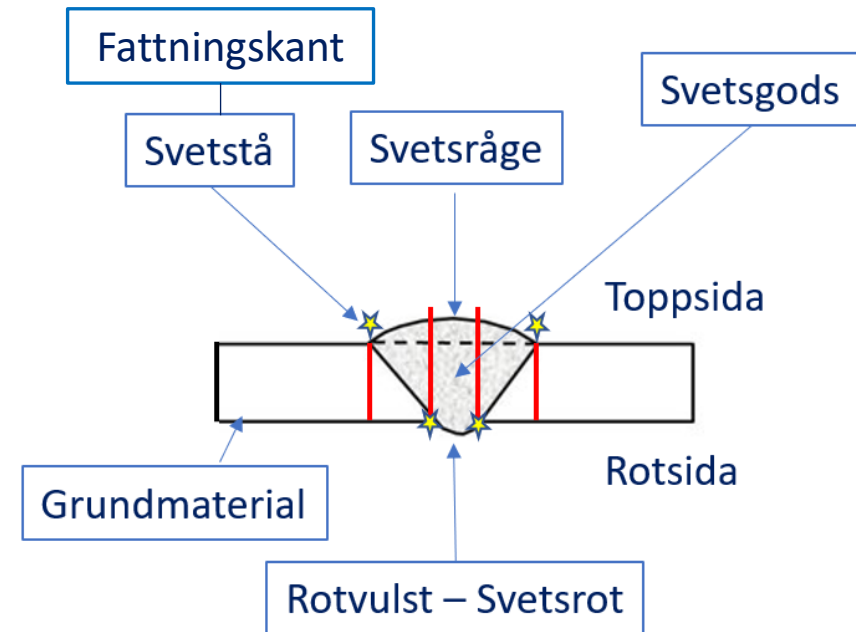
Stumsvets. Definitioner och terminologi - I.

Ett svetsförbands funktion är bl a att överföra laster (det kan finnas flera andra som t ex "täthet").

Svets - En genom svetsning åstadkommen mekanisk förbindning, t ex mellan två plåtar **A** och **B** med viss tjocklek **t**.



Svetsfog (alltså **ej** svets) - Ett för svetsningen särskilt utformat ställe. V-formad i detta fall.



Stumsvets. Definitioner och terminologi - II.

Stumfog (förberedelse för svetsning).

Arbetsstyckets delar **A** och **B** ligger huvudsakligen i samma plan (eller med viss vinkel).

Stumsvets eller **stumförband**. Svets i stumfog.

Kraften F ger upphov till en nominell spänning σ_{nom} i plåtarna A och B en bit från svetsen.

Det dimensionerande måttet för stumsvetsen (som används i hållfasthetsberäkningar) är plåttjockleken t (anges på ritning). Benämns också som s -mått.

Vid utmattning är svetsen normalt den "svaga länken".

Det beror på att i och invid svetsen är spänningsflödet "stört", dvs spänningarna i området avviker från nominella spänningar. Det sker en spänningsförhöjning.

Den brukar anges med *spänningskoncentrationsfaktorn*;

$K_{\sigma} = \sigma_{\text{max}} / \sigma_{\text{nom}}$, som kan variera inom vida gränser ($> 1 - 50$).

Inledning.

Den tragiska olyckan på Gröna Lund inträffade den 25 juni 2023 i bergoch-dalbanan *Jetline*.

Attraktionen hade funnits på nöjesparken sedan 1988. Mellan 1999 till 2018 gjordes olika modifieringar av åkattraktionen. Ursprunglig konstruktion är från 1986.

Åkturen med olyckståget startade kl 11:36. SOS larm gavs 11:38. De första resurserna från räddningstjänsten fanns på plats kl 11:45.

Ett tåg består av 7 vagnar som åker längs en räls. Vagnarnas hjul hålls fast med s.k. bärarmar mot själva rälsen. De är i sin tur monterade på undersidan av vagnarna.

Orsaken till olyckan var att *den främre rörliga bärarmen* i olyckståget (i första vagnen) hade brutits sönder i tre delar.

Resultatet blev att tåget stannade på banan, och att flera passagerare föll/kastades ur tåget. Några passagerare skadades allvarligt och en avled.



Slutsatser enl Statens Haverikommission SHK.

Brottet i bärarmen uppstod till följd av för låg hållfasthet på grund av brister i "svetsfogar" [dvs stumsvetsförband] och att en väsentlig del inne i rörkonstruktionen saknades. Bärarmen var en av fem som beställdes och tillverkades 2019.

Utredningen visar att det vid beställningen av bärarmarna inte ställdes tillräckliga krav på hur de skulle tillverkas och på tillverkningsprocessen. Inte heller gjordes tillräckliga kontroller av utförandet vid tillverkningen och innan bärarmarna togs i bruk.

Kursiverad text i denna presentation är från rapport SHK 2024:07.



Främre rörlig bärarm.
Bärarmen markerad med rött.

Figur 3. Undersidan på den främsta vagnen i ett av tågen med den främre rörliga bärarmen markerad med rött streck. Den röda pilen pekar mot änden på den axel där bärarmen var monterad. (Bilderna är inte från olyckståget).

SHK 2024:07

Bärarmarna enl SHK 2024:07 (sid 16).

Bärarmarna var ursprungligen tillverkade av ihåliga fyrkantiga stålrör med måtten 100x100 mm med en godstjocklek av 5,6 mm. Fyrkantsrören bestod av tre delar, två nedåt-vinklade delar och en mittdel, som var svetsade i skarvarna [anm. med stumsvetsförband].

I respektive ände av fyrkants-rören var runda rör svetsade [anm. med kälsvetsförband] där en konstruktion med hjul (hjulboggie) fästes. Varje tåg hade åtta bärarmar. Den första vagnen hade två bärarmar och de övriga sex vagnarna hade en vardera.

Bärarmen längst fram i tåget var fäst i vagnen med en längsgående axel i mitten som medgav att ändarna på bärarmen kunde röra sig upp och ner. De övriga bärarmarna var fast monterade.

SHK 2024:07



Figur 8. En främre bärarm till ett Jetline-tåg med hålet för axelfästningen mot vagnen i mitten.

SHK 2024:07

Tillverkning av fem nya bärarmar.

Vid årskontrollen av B-tåget i oktober 2019 upptäcktes sprickor runt rörinfästningen i mitten på den främre bärarmen.

Slitaget på bärarmen i övrigt bedömdes för stort för att reparera och renovera den.

Istället togs beslut om att de främre bärarmarna på samtliga fem tåg skulle bytas ut mot nya.

SHK 2024:07

Gröna Lund valde att kontakta företaget Mekosmos AB med en förfrågan om tillverkning. Valet grundade sig på att företaget sedan flera år tillbaka hade anlåtats för tillverkning av andra delar till Jetline och man hade goda erfarenheter av samarbetet.

Ett e-postmeddelande med en förfrågan om tillverkning av fem bärarmar skickades från Gröna Lund till Mekosmos i november 2019. En kopia av en originalritning över bärarmen bifogades (se bilaga 1 med ritningen i större format), och uppgifter om vilket material som skulle användas.

I meddelandet angavs vidare: "Kontroll på 100% över samtliga svetsar". Enligt Gröna Lund var det underförstått att uttrycket innebar ett krav på magnetpulverprovning (provning för att detektera ytliga defekter) av samtliga svetsar.

SHK 2024:07

Inga övriga krav på tillverkningen av bärarmarna ställdes från Gröna Lunds sida.

Den som gjorde beställningen har uppgett att det enligt Gröna Lunds uppfattning inte fanns något givet regelverk för tillverkningen. Någon annan expertis inom området anlätades eller rådfrågades inte om hur underlaget i beställningen kunde utformas.

Enligt Gröna Lund innehöll ritningen tillräcklig information för att specificera mått, svetsutförande och andra relevanta specifikationer.

Mekosmos utförde inte svetsarbeten själva och skickade därför beställningen med e-postmeddelandet från Gröna Lund vidare till Göteborgs Mekaniska Werkstad AB (GMW). Gröna Lund informerades inte om att arbetet lagts ut till en underleverantör.

SHK 2024:07

GMW tog fram en offert till Mekosmos där rörmaterialet, arbetsmomenten och "kontroll med 100% sprickindikering" angavs. Sprickindikeringen skulle enligt GMW:s offert till Mekosmos utföras av AB Materialröntgen i Göteborg. Mekosmos skickade en offert baserad på GMW:s offert till Gröna Lund som beställde enligt offerten i december 2019.

GMW köpte materialet som sedan bearbetades och kontrollerades av den personal som utförde delmomenten. Enligt uppgift från den person som svetsade bärarmarna fanns det en osäkerhet om utförandet varför den person som hanterade beställningen på GMW rådfrågades.

Osäkerheten bestod i hur svetsskarven skulle utföras, om det skulle vara ett rotstöd (material i stället för tomrum i botten på den skarv som skulle svetsas) eller inte. Deras gemensamma bedömning var att det inte skulle vara ett rotstöd där. Inga andra åtgärder vidtogs för att säkerställa utförandet.

Den svetsare som utförde arbetena hade ingen formell svetsarutbildning och heller inte något giltigt svetsarprövningsintyg ("svetslicens"). Han hade emellertid en lång erfarenhet av svetsning i olika material.

När GMW tillverkat bärarmarna i januari 2020 skickades de för magnetpulverprovning till företaget Materialröntgen i Göteborg AB. Provningen visade inte på några brister och bärarmarna skickades vidare till Mekosmos inför leverans till Gröna Lund.

SHK 2024:07

Bärarmarna levererades till Gröna Lund vårvintern 2020. Enligt Gröna Lund tog man emot leveransen **utan att göra några mer ingående kontroller** eftersom bärarmarna skulle kontrolleras inför monteringen på tågen.

En av de fem ny tillverkade främre bärarmarna monterades på B-tåget under vintern 2020. Men på grund av restriktionerna under coronapandemin togs det tåget inte i drift förrän 2022.

Den bärarm som brast i samband med olyckan [25 juni 2023] monterades på E-tåget i **mars 2023¹**. De övriga tre bärarmarna monterades inte på något tåg före olyckan.

¹ Av de ny tillverkade bärarmarna hade den brustna bärarmen gått 5 000 varv i banan (E-tåget). Den andra bärarmen (B-tåget) hade gått 29 000 varv i banan.

SHK 2024:07

Produktspecifikation/Object Sprickindikering av 5st Axelhållare till Gröna Lund.		Ritn. nr./Dwg. No. S25C-919111510420		Rev./Rev. ---	Kontrollplan rev./Insp. plan rev. ---	Rev./Rev. ---
Materialkvalitet/Quality Koilstål		Datum för provning/Date of test 2020-01-14				
Provytaens tillstånd/Surface condition of test specimen Acceptabel/Rengjord		Temp./Temp. 15 °C		Värmebehandlad/Heat treated ☐ Ja/Yes ☒ Nej/No.		Provningssplats/Place of testing MR lab
Provning enligt/Examination acc. to EN-ISO 17638	Rev./Rev. 2016	Acceptanskrav enl./Accept. standard acc. to. EN-ISO 23278, Nivå 1	Rev./Rev. 2015	Teknisk Instr./ Technical instruction MR TI 9.2.2	Rev./Rev. 9	
Provningss omfattning/Extent of testing 100% magnetpulverprovning av svetsfogar enligt produktspecifikation ovan.			Övrig information/Supplementary information Svetsmetod: 135 Tillsatsmaterial: IT-SG3			
Använd utrustning/Used equipment Ferrous, S.no: 13262		MR nr./MR No. MR-53	Strömstyrka/Ampere --- A	Magnetpulver/Magnetic powder Pfänder 251	Ch. Nr./Ch. No. L26826	
Kontaktavstånd/Prod. spacing 100-125 mm		Lyftkraft/Lifting power 4,6 Kg		Bärvätska / Carrier fluid Fotogen		
☒ 1 Polmagnetisering/ Pole magnetization	☒ 1 Okmagnetisering/ Yoke magnetization	☒ 1 Växelström/ A.C.	☐ Torrmetoden/ Dry method	☒ Våta metoden/ Wet method		
☐ 2 Strömgenomflytning/ Current flow method	☐ 2 Spolmagnetisering/ Coil magnetization	☐ 2 Permanentmagnet/ Permanent magnet	☒ Svart/ Black	☐ Kontrastfärg använd/ Contrast aid used		
☐ 2 Strömgenomflytning/ Current flow method	☐ 1 Ström genom provföremål/ Current through test specimen	☐ 3 Likström/ D.C.	☐ Röd/ Red	☐ UV ljus / UV light		
☐ 2 Strömgenomflytning/ Current flow method	☐ 2 Ström genom hjälpledare/ Current through auxiliary conductor	☐ 4 Strömstöt/ Current flash	☒ Normal/Normal	☐ Fluorescerande/Fluorescent		
☐ 2 Strömgenomflytning/ Current flow method	☐ 3 Induktion i provföremål/ Induction in test specimen	Varvtal/Numb. of turn ---	Pulverkonzentration/Powder concentration ☒ Normal/Normal ☐ Annan/ Other --- %			
Avmagnetisering/Demagnetization ☐ Ja/Yes ☒ Nej/No		Restfält uppmätt/Residual magnetism checked ☐ Ja/Yes ☒ Nej/No		Magnetiseringen kontrollerad med flödesindikator/Magnetization checked by flow indicator ☐ Ja/Yes ☒ Nej/No		Max värde/ Max value --- T
Uppfyller krav enl. spec./Acceptable acc. to procedure ☒ Ja/Yes ☐ Nej/No						
Provningresultat/Test result Utan anmärkning. Uppfyller krav enligt standard.						

Figur 25. Utdrag ur protokollet från sprickindikeringskontrollen av bärmarmarna som beställdes från företaget Materialröntgen i Göteborg AB.

Svetsmetod: 135. MAG-svetsning med trådelektrod.

Tillsatsmaterial: Trådelektrod IT-SG3.

Förkopprad kisel-mangan-legerad (G4Si1/ER70S-6) trådelektrod för MAG-svetsning. Den förhöjda kisel- och manganhalten ger bättre flytbarhet, vätning och hållfasthet än en SG2-tråd.

Den angivna standarden anger acceptanskraven för magnetpulverprovning (ytprovning).

SHK 2024:07

Granskning av ritningen.

*Under utredningen har SHK och Gröna Lund var för sig anlitat sakkunniga för att granska den ritning som bifogades beställningen av de främre bärarmarna. Syftet med granskningarna har varit att bedöma **om ritningen utgjorde ett fullgott underlag för tillverkningen**.*

*I utlåtandet från **Gröna Lund** anges att **ritningen "fungerar väl som tillverkningsunderlag"** och att **"ritningen är tydlig gällande stumsvetsens utformning med fogvinklar, inklusive de livplåtar som utnyttjande som rotstöd för svetsning"**.*

*Den sakkunnige som **SHK** anlitat anger att det på ritningen **inte framgår att detaljen ska ha förstärkningsplåtar**. Vidare anges att ritningsunderlaget bland annat borde innehålla **separata ritningar på ingående detaljer**.*

SHK 2024:07

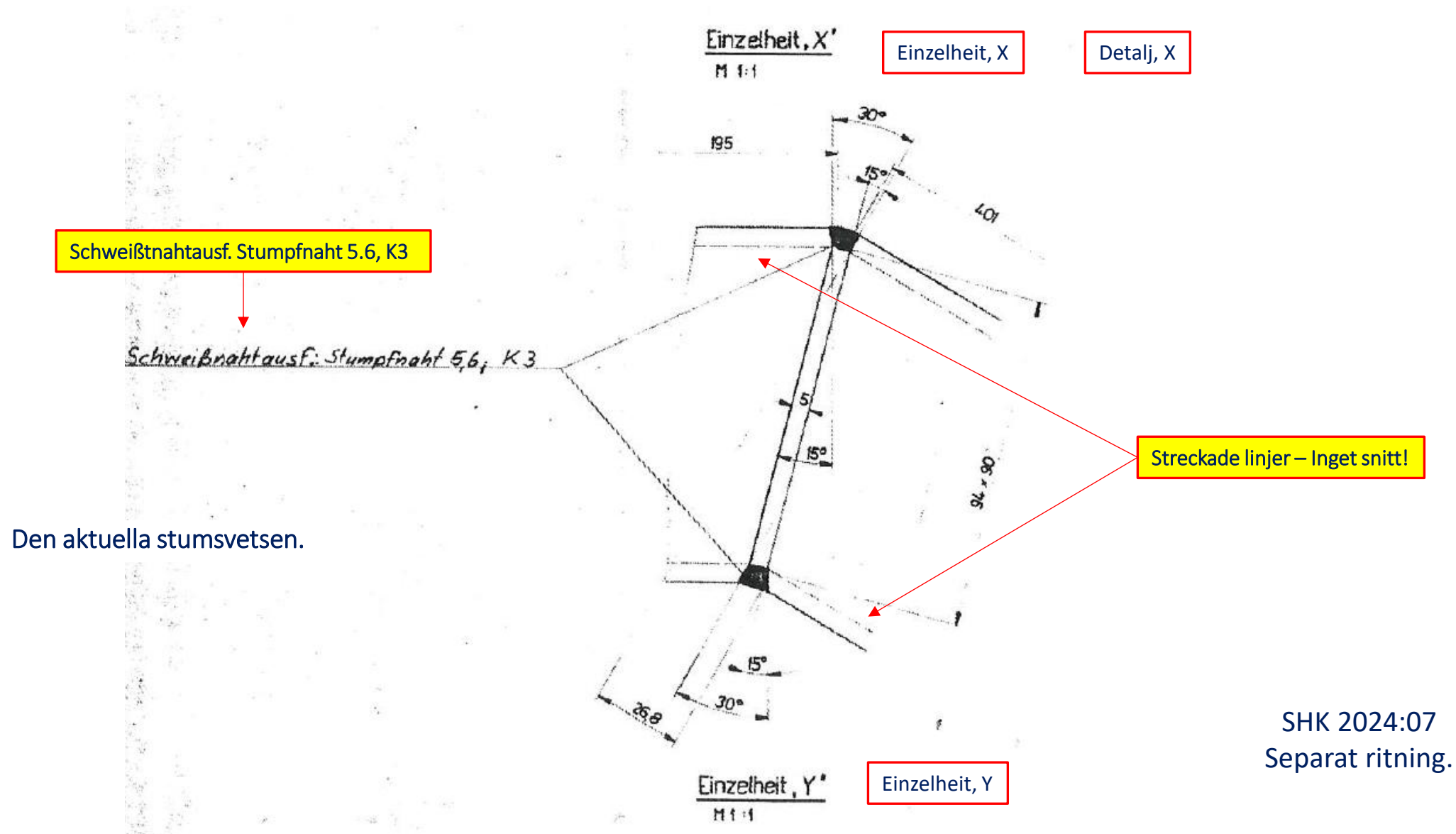
Symbol anger mjuk övergång i fattningskant SS-ISO 2553.

Schweißverzug berücksichtigen.

Achsträger in einer Vorrichtung geschweißt.
Schweißnähte $\Delta 5$
spannungsarm gegläht

St 37-2.

SHK 2024:07
Separat ritning.



SHK 2024:07
Separat ritning.

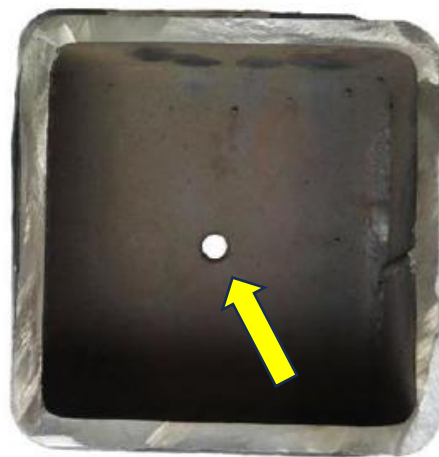
Bärarm med utsågade prover.

SHK 2024:07.

2019



1986/87



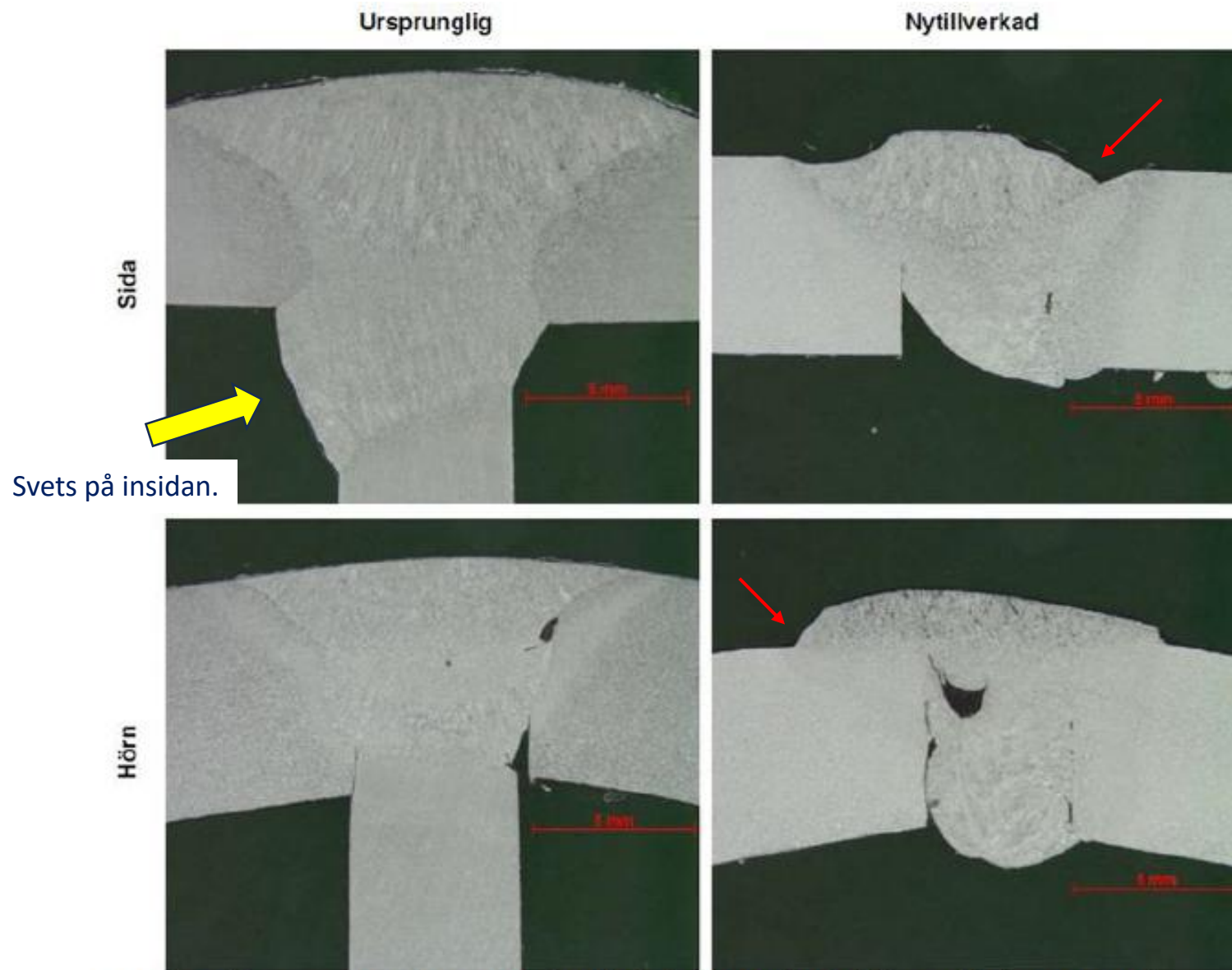
Figur 18. Tvärsnitt av två uppsågade bäramar. Ursprunglig bärmarm tillverkad 1986/87 till höger och tillverkad 2019 till vänster. Bild: Element Materials Technology AB.



Figur 19. Bilden visar en bärmarm med utsågade prover lagda ovanpå. Provet till vänster är från en bärmarm tillverkad 2019 och till höger från en ursprunglig bärmarm. Den tvärsållda plåten som saknas i den vänstra syns i den högra delen.

Fyrkantprofil 100x100x5,6 mm. Ritningen anger: St37-2 steel (1.0037). Ett olegerat konstruktionsstål enl DIN 17100: 1980, som motsvarar det äldre stålet SS1312. Dagens beteckning S235JR (27J vid +20°C).

Obs, det lilla hålet (vid gul pil) i högra uppsågade bärmarmen från 1986/87.



Tvärsnitt av ursprunglig och nyttillverkad bärmarm (svets).

Tydliga rotfel (bindfel) och felaktig svetsform (fattningskanten)

Se även; *"Hur undviks bindfel vid gasmetallbågsvetsning?"*. Meddelanden från Svetskommissionen – Nr 1, 1983. Den ger tydliga rekommendationer för hur man undviker bindfel vid den aktuella svetsmetoden, som är känd för att orsaka denna typ av svetsdefekter.

Figur 20. Tvärsnitt av svetsen på en ursprungligt tillverkad och en nyttillverkad bärmarm. Bild: Element Materials Technology AB.

SHK 2024:07

Utvärdering av rotfelen (bindfelen).

Mätt på figur 15 och 16 i SHK 2024:07.

SHK 2024:07	svets, mm	mått, mm	rotfel, andel	rotfel, mm
Figur 15, sid 21	9,5	27	0,65	3,6
"	18,5	27,5	0,33	1,8
"	22	27	0,19	1,0
"	23	27	0,15	0,8
Figur 16, sid 22	11	28	0,607	3,4
"	19	28	0,32	1,8
"	19	28	0,32	1,8
"	18	28	0,36	2,0
Plåttjocklek 5,6 mm.			medel	2,0
			standav.	0,94
			2,5% gräns	3,9

Från figur 15 och 16 i SHK 2024:07 kan man uppskatta storleken på rotfelen, se tabellen till vänster.

Medelvärdet på rotfelen beräknades till 2,0 mm.

Sannolikheten att de är djupare än 2,8 mm är ca 20%.

Vilket betyder att halva det lastbärande tvärsnittet kan vara bort i 1 fall av 5.

Polismyndighetens krav. RPSFS 2012:15 FAP 513-1.

I FAP 513–1 finns en övergångsbestämmelse som anger att för tivolianordningar tillverkade före 1 juli 2006 ska säkerhetsnivån enligt den äldre standarden SS 767 70 01 gälla i stället för enligt SS-EN 13814:2005.

Polismyndigheten har under utredningen uppgett att syftet med övergångsbestämmelsen var att ge tivoliföretagen möjlighet att anpassa äldre tivolianordningar till den nya standarden över tid.

Fram till 2005 var SS 767 70 01 vägledande för tillverkning, dimensionering och utförande av tivolianordningar.

Till skillnad från standarderna SS-EN 13814 från 2005 och 2019 [se nedan] angav SS 767 70 01 inga krav eller specifikationer för drift, underhåll och reparationer.

SHK 2024:07

Kommentarer till konstruktionsritningen I.

- Den aktuella ritningen (Bilaga 1 i SHK 2024:07), som ingick i beställningen till Mekosmos 2019 är en sammanställningsritning (från 1986 på tyska), och visar en svetsad maskinkonstruktion. Det saknas uppgifter om detaljritningar, montageritning, kvalitetsklasser, kontrollplan och svetsplan.
- Svetsarna är inte utmärkta med vedertagna svetsbeteckningar. (Den första svenska standarden för svetsbeteckningar gavs ut 1944).
- Jag har inte hittat uppgifter på ritningen om svetsförbandens kvalitetsklasser (B eller C enl EN ISO 5817), kontroll, kontrollmetoder och kontrollomfattning. Bara från ritningen kan man därför inte avgöra svetsförbandens kvalitetsklasser, vilka förband som ska kontrolleras, mot vilken standard och med vilka metoder.
- Det finns ingen information om den tvärställda plåten på insidan av fyrkantprofilen (se sid 23/24 i SHK 2024:7). Den finns dock med i en annan ritning på de bakre bärarmarna (se Figur 28 på sid 40 i SHK 2024:7), där den är ordentligt streckmarkerad.

Kommentarer till konstruktionsritningen II.

På tyska ges även följande information på ritningen;

- Schweißverzug berücksichtigen: Beakta svetsdeformationer.
- Achsträger in einer Vorrichtung geschweißt: Bärm svetsas i fixtur. Uppgifter om fixtur och svetsning i fixtur saknas i SHK:s rapport.
- Schweißnähte Δ 5: Tolkas som; Kälsvetsar a-mått 5 (mm).
- Spannungsarm geglüht: Avspänningsglödgas. Saknas uppgifter om avspänningsglödgningsprocedur och kontroll av värmebehandling i SHK:s rapport.
- Schweißnahtausf. Stumpfnaht 5.6, K3: Svetsutförande. Stumsvets 5.6, K3. Siffran 5.6 syftar nog på s-måttet och innebär full genomsvetsning eftersom plåttjocklekn är 5,6 mm. Okänt vad K3 syftar på (kan det vara en „intern“ svetsklass?).

Kommentarer till konstruktionsritningen III.

- Symboler vid den aktuella stumsvetsen anger sk ”mjuk övergång i fattningskant” (symbol enl SS-ISO 2553). Något som är lämpligt att ange om svetsen anses utmattningsbelastad. Det bör kontrolleras och anges i en kontrollplan.
- Det borde finnas en värmebehandlingsprocedur, eftersom man föreskrivit avspänningsglödning. Kontroll av avspänningsglödningen bör också ingå i kontrollplanen.
- I den nedre delen av högra hörnet av ritningen finns en del text som är oläsbar i pdf-filen. Här kan det ev. finnas mera information från konstruktören som kan gälla tillverkningen.

Med hänsyn till kraven för kvalitetsnivå C och B enl EN-ISO 5817, hade svetsförbanden som visas i Figur 15, Figur 16 och Figur 20 i SHK 2024:7, underkänts.

Standarder.



- SS 767 70 01, Tivolianordningar (1996) - Riktlinjer för dimensionering och utförande. (Status: Upphävd). Ersatt av: SS-EN 13814:2005.
- SS-EN 13814:2005, Tivolianordningar – Säkerhet (Status: Upphävd). Ersatt av: SS-EN 13814-1:2019, SS-EN 13814-2:2019, SS-EN 13814-3:2019.
- SS-EN 13814-1:2019 Säkerhet för åkattraktioner och nöjesanordningar - Del 1: Utveckling och tillverkning (Status: Upphävd). Ersätts av: SS-EN 13814-1:2019+A1:2024.
- SS-EN 13814-2:2019. Säkerhet för åkattraktioner och nöjesanordningar - Del 2: Framförande, underhåll och användning (Status: Upphävd). Ersätts av: SS-EN 13814-2:2019+A1:2024.
- SS-EN 13814-3:2019. Säkerhet för åkattraktioner och nöjesanordningar - Del 3: Krav på inspektion under utveckling, tillverkning, underhåll och användning (Status: Upphävd). Ersätts av: SS-EN 13814-3:2019+A1:2024.

Dessa standarder
anger
EN-ISO 3834

Standarder - II.

Standarder som kunde ha varit med i upphandlingsunderlaget är bl. a.;

- EN ISO 3834. Kvalitetskrav för svetsning [ordning och redan i svetsverksamhet, jfm ISO 9000].
- EN ISO 5817. Kvalitetsnivåer för diskontinuiteter och formavvikelser [f.d. svetsklasser].
- EN ISO 9606-1. Prövning av svetsare [WPS / pWPS enl EN standard, granskning och prövning, "svetsarprövningsintyg" ...].
- EN ISO 9692. Rekommendationer för svetsfogar [utformning bl a ...]
- ISO/TR 17663. Efterföljande värmebehandling.

etc. ...

Fogberedningen.

Är väsentligen beroende av:

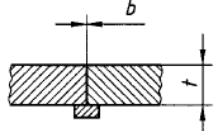
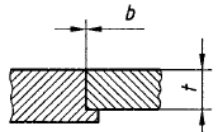
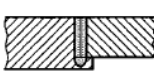
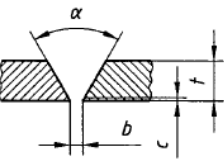
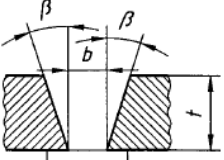
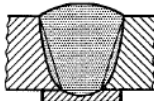
- Kvalitetsnivå
- Typ av grundmaterial
- Godstjocklek [dimensionering]
- Svetsmetod
- Tillgänglighet / Åtkomlighet för svetsning
- Svetsläge

Valet av svetsfog är vanligtvis inte prioriterat av konstruktörer. Man har liten insikt i hur valet av svetsfog kan påverka t ex svetskvalitet, val av svetsmetod och ekonomi.

I det aktuella fallet anger ritningen en stumsvets med fogvinkel 30°, rotspalt 5 mm, ingen rätkant och genomsvetsat. Det hade enkelt kunnat anges med en ritningssymbol, som också angett kvalitetsnivån.

Med hänsyn till den stora spalten borde ett rotstöd ha använts, jämför med nästa bild.

Tabell 1 (forts.)

Ref. nr.	Material-tjocklek t mm	Fogtyp	Beteckning (enligt EN 22553)	Tvärsektion	Mått			Fasdjup h mm	Rekom-menderad svetsmetod (referensnr enligt EN ISO 4063)	Illustration av svets	Anmär-ningar
					Vinkel ^a α, β	Spalt ^b b mm	Rätkan-tens höjd c mm				
1.2.3	≤ 100	I-fog med rotstöd			—	—	—	—	51		—
1.2.4		I-fog med klack			—	—	—	—			
1.3	$3 < t \leq 10$	V-fog	V		$40^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$	≤ 4	≤ 2	—	3 111 13 141		Med rotstrimla om så är lämpligt
	$8 < t \leq 12$				$6^\circ \leq \alpha \leq 8^\circ$	—		—	52 ^d		
1.4	> 16	V-fog med brant lutande fogtytor	V		$5^\circ \leq \beta \leq 20^\circ$	$5 \leq b \leq 15$	—	—	111 13		Med rotstrimla

Rekommendationer för (val av) svetsfogar SS-EN_ISO_9692-1_2004.

Något om kvalitetskrav.

Antag att vi skulle följa SS-EN 1090-2 (Execution of steel structures and aluminium structures - Part 2: Technical requirements for steel structures).

Det skulle leda till en diskussion om *utförandeklasser* (som kunde vara EXC2 eller EXC3 – beroende på belastning och konsekvens av brott), och även av acceptanskriterier för svetsfel (diskontinuiteter) enl. SS-EN ISO 5817. Man har:

- EXC2 "Normala kvalitetskrav" – kvalitetsnivå (tidigare svetsklass) **C** enl. ISO 5817.
- EXC3 "Omfattande kvalitetskrav" – kvalitetsnivå **B** enl. ISO 5817.

I det aktuella fallet skulle svetsen ha kvalitetsnivå C eller B.

[Se även Handbok för tillämpning av SS-EN 1090-2 som har getts ut av Stålbyggnadsinstitutet. Det ska för övrigt finnas en svetsplan och krav på kontroll om det hela ska vara fullständigt.]

Svetsfel och OFP

Svetsfel (diskontinuiteter) kan bl a vara; porer, bindfel, smältdiken, ofullständigt genomsvetsat, oacceptabel svetsprofil osv.

Svetsklass C och B tillåter inte bindfel, sprickor, ofullständig genomsvetsning, överrunnen svets (sk cold laps / overlap) och har vidare begränsningar när det gäller smältdiken, porer, svetsråge (dvs själva svetsprofilen) osv.

Antag att man anger kvalitetsnivå C eller B.

Det gäller då att verifiera att man verkligen har uppnått den kvaliteten, t ex med lämpliga provningsmetoder.

Det kan vara penetrant-, magnetpulver- och (moderna varianter av) ultraljud-provning (för de inre felen). Okulärbesiktning är också viktigt i detta sammanhang.

Slutord.

Skador eller haverier av svetskonstruktioner, orsakas främst av otillräckliga och bristfälliga svetstekniska procedurer, specifikationer, ritningar och standarder.

Ett otillräckligt underlag resulterar i ett dåligt utförande, och ett grovt åsidosättande av tekniska regler.

Talrika praktiska exempel visar att många skador på svetsade konstruktioner ofta kan spåras tillbaka till banala orsaker.

// fritt översatt från tyska från;

Peter Gerster. *Vermeidung von Schadensfällen beim Schweißen*. WEKA MEDIA GmbH & Co. KG, 2020.

De vanligaste felen:

Bindfel

Undermålig fogberedning

Utmattningssprickor

Konstruktiva fel

De vanligaste orsakerna:

Bristande hantverksskicklighet hos svetsaren

Ofullständiga ritningsuppgifter

Brister i den konstruktiva utformningen

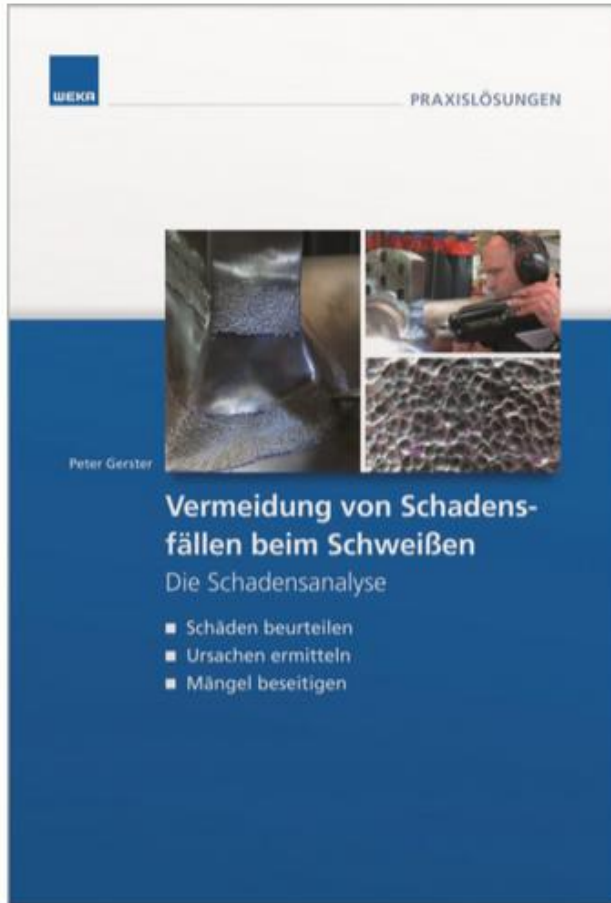
Referenser.

Olycka i bergochdalbanan Jetline på Gröna Lund. Statens Haverikommission, SHK. Slutrapport SHK 2024:7.

Kvalitetssäkring vid svetsning. SIS handbok 540:2006.

Hur undviks bindfel vid gasmetallbågs svetsning? Meddelanden från Svetskommissionen – Nr 1, 1983.

Gerster, P., Vermeidung von Schadensfällen beim Schweißen. WEKA MEDIA GmbH & Co. KG, 2020.



Produktinformationen

Umfangreiche Sammlung an typischen Schadensfällen mit fachlicher Analyse

Schadensfälle beim Schweißen stellen einen erheblichen Verlust für die Wirtschaft dar. Die Ursachenfindung bzw. -erforschung und die Mängelbeseitigung sind daher von großer Bedeutung. Trotz aufwendiger Qualitätssicherungsmaßnahmen lassen sich die meisten Schadensfälle auf grobe Fehler bei der Planung, der Herstellung oder beim Betrieb von Maschinen und Anlagen zurückführen.

Das neue Fachbuch **Vermeidung von Schadensfällen beim Schweißen** vom Experten und Sachverständigen für Schweißtechnik Peter Gerster bietet Ihnen das nötige Wissen, um:

- * Schäden zu beurteilen
- * Ursachen zu ermitteln
- * Mängel zu beseitigen