Statens haverikommission
Swedish Accident Investigation Board

ISSN 1400-5751

Rapport RO 2007:02

Olycka med bufferttank för syrgas vid AGA:s luftgasfabrik i Oxelösund, D län, den 18 oktober 2006

Dnr O-08/06

SHK undersöker olyckor och tillbud från säkerhetssynpunkt. Syftet med undersökningarna är att liknande händelser skall undvikas i framtiden. SHK:s undersökningar syftar däremot inte till att fördela skuld eller ansvar.

Det står var och en fritt att, med angivande av källan, för publicering eller annat ändamål använda allt material i denna rapport.

Rapporten finns även på vår webbplats: www.havkom.se

Statens haverikommission (SHK) Swedish Accident Investigation Board

Postadress	*Besöksadress*	*Telefon*	*Fax*	*E-post*	*Internet*
P.O. Box 12538 102 29 Stockholm	Teknologgatan 8 C Stockholm	08-555 017 70	08-555 017 90	info@havkom.se	www.havkom.se

Statens haverikommission
Swedish Accident Investigation Board

2007-10-17 O-08/06

Statens räddningsverk
Karolinen
651 80 KARLSTAD

Rapport RO 2007:02

Statens haverikommission har undersökt en olycka som inträffade den 18 oktober 2006 vid AGA:s luftgasfabrik i Oxelösund, D län.

Statens haverikommission överlämnar härmed enligt 14 § förordningen (1990:717) om undersökning av olyckor en rapport över undersökningen.

Statens haverikommission emotser besked senast den 17 april 2008 om vilka åtgärder som har vidtagits med anledning av de i rapporten intagna rekommendationerna.

Åsa Kastman Heuman Sakari Havbrandt

Likalydande till

Arbetsmiljöverket

Statens haverikommission (SHK) Swedish Accident Investigation Board

Postadress	*Besöksadress*	*Telefon*	*Fax*	*E-postl*	*Internet*
P.O. Box 12538 102 29 Stockholm	Teknologgatan 8 C Stockholm	08-555 017 70	08-555 017 90	info@havkom.se	www.havkom.se

Sammanfattning **4**

1 FAKTAREDOVISNING **6**
1.1 Redogörelse för händelseförloppet 6
1.2 Personskador 6
1.3 Skador på tanken 6
1.4 Andra skador 6
1.5 Räddningsinsatsen 7
1.6 Personalen 8
1.7 Tanken 8
1.7.1 Tankens konstruktion 8
1.7.2 Tankens drift 9
1.7.3 Underhåll 9
1.8 Meteorologisk information 9
1.9 Gällande bestämmelser 9
1.10 Besiktningar 12
1.11 Utmattning 12
1.12 Oförstörande provning 13
1.13 Olycksplatsen 13
1.14 Medicinsk information 14
1.15 Brand 14
1.16 Överlevnadsaspekter 14
1.17 Särskilda prov och undersökningar 14
1.18 De inblandade organisationernas uppfattning och synsätt 16
1.18.1 AGA 16
1.18.2 Inspecta 16
1.18.3 Swedac 16
1.18.4 Arbetsmiljöverket 17
1.19 Övrigt 17
1.19.1 Jämställdhetsfrågor 17
1.19.2 Miljöaspekter 17

2 ANALYS **18**
2.1 Olyckan 18
2.2 Tankens utmattningsliv 18
2.3 Regelverket 18
2.4 Besiktningarnas genomförande 18
2.5 Kommunikation mellan de inblandade organisationerna 19
2.6 Samlad bedömning 19

3 UTLÅTANDE **19**
3.1 Undersökningsresultat 19
3.2 Orsaker till olyckan 19

4 REKOMMENDATIONER **19**

Bilagor
1 Formulär underhållsrapport (UI) - B
2 Teknisk rapport

Rapport RO 2007:02

O-08/06
Rapporten färdigställd 2007-10-17

Föremål:	
Typ, storlek	Syrgastank, 100 m³
Ägare	AGA Gas AB
Tidpunkt för händelsen	2006-10-18 kl. 17:35 *Anm.:* All tidsangivelse avser svensk sommartid (UTC + 2 timmar)
Plats	Oxelösund, D län
Typ av verksamhet	Syrgastillverkning
Personskador	Lindriga
Skador på tanken	Totalförstörd
Andra skador (miljö)	Omfattande skador på flera byggnader

Statens haverikommission (SHK) underrättades den 19 oktober 2006 om att en olycka med en syrgastank inträffat vid AGA:s luftgasfabrik i Oxelösund, D län, den 18 oktober kl. 17:35.

Olyckan har undersökts av SHK som företrätts av Åsa Kastman Heuman, ordförande, Sakari Havbrandt, utredningschef, Patrik Dahlberg, utredare med sakkunskap inom området räddningstjänst och Sanny Shamoun, utredare med sakkunskap inom området samspelet mellan människa–teknik–organisation.

Undersökningen har följts av Statens räddningsverk genom Christer Strömgren och av Arbetsmiljöverket genom Gunnar Lind.

Sammanfattning

En av elva ihopkopplade syrgastankar med en sammanlagd volym om 1100 m³ exploderade när trycket kommit upp till det normalt högsta arbetstrycket 28 bar.

Tanken sprack upp i sex huvuddelar som samtliga sköts iväg från uppställningsplatsen. Delarna spred sig på industriområdet och hamnade nära en bilväg och ett kontorskomplex. Inga personer skadades allvarligt vid olyckan.

Den tekniska undersökningen visade att tanken hade djupa utmattningssprickor i en stor del av längsgående svetsfogarna.

Tankens livslängd var beräknad till 146 000 fyllningscykler. Vid olyckstillfället hade tanken utsatts för ungefär 230 000 cykler.

Besiktningsorganet som utfört de senaste besiktningarna var inte medveten om att tanken var utmattningsbelastad, vilket medförde att fel besiktningsintervall sattes och att oförstörande provning inte utfördes i erforderlig omfattning.

Olyckan orsakades av att tankens kondition, med avseende på utmattning, inte följdes upp på ett ändamålsenligt sätt.

Rekommendationer

Arbetsmiljöverket rekommenderas att:

- Verka för att uppföljning och besiktning av utmattningsbelastade tryckkärl genomförs och dokumenteras på ett ändamålsenligt sätt (RO 2007:02 R1).

- Ställa krav på att det inför varje besiktning finns en dokumenterad kommunikation mellan berörda organisationer innehållande teknisk status såsom driftsförhållande, genomfört underhåll, historik, begränsningar m.m. (RO 2007:02 R2).

1 FAKTAREDOVISNING

1.1 Redogörelse för händelseförloppet

Den aktuella tanken var en av elva ihopkopplade syrgastankar med en sammanlagd volym om 1100 m³. Anläggningen användes till att förse SSAB:s stålverk med syrgas. Trycket i systemet varierade mellan 18 och 28 bar ungefär en gång i timmen. Tanken exploderade när trycket just kommit upp till 28 bar.

Tanken sprack upp i sex huvuddelar som samtliga sköts iväg från uppställningsplatsen. Delarna spred sig på industriområdet och hamnade nära en bilväg och ett kontorskomplex. En del, som var flera kvadratmeter stor, slog igenom taket på en industrilokal ungefär 250 m från platsen.

Ett flertal byggnader och ett kyltorn i närheten fick omfattande skador av tryckvågen. Inga personer skadades allvarligt vid olyckan.

Bild 1. En av de största vrakdelarna

1.2 Personskador

Några personer som befann sig i närliggande hus erhöll lindriga skador av bl. a. glassplitter från krossade fönsterrutor.

1.3 Skador på tanken

Tanken blev totalförstörd.

1.4 Andra skador

Ett flertal byggnader och ett kyltorn i närheten fick omfattande skador av tryckvågen

Bild 2. Ett intilliggande kyltorn som blåstes sönder av tryckvågen

1.5 Räddningsinsatsen

Ett automatiskt brandlarm inkom till SOS Alarm från SSAB kl. 17:36 den aktuella dagen. Vakten på SSAB ringde och konfirmerade att det varit en stor explosion i sektion 21 i syrgasverket. Vid explosionen gick en branddetektor i syrgasverket sönder, vilket aktiverade det automatiska brandlarmet. Under tiden larmades Sörmlandskustens Räddningstjänst ut tillsammans med SSAB:s egen brandstyrka.

Vid räddningstjänstens framkomst kl. 17:43 möttes de av en av AGA:s operatörer som förklarade att inga skadade fanns i syrgasverket. Kl. 17:47 anlände insatsledaren till skadeplatsen och tog över insatsen som räddningsledare från de först anlända styrkornas styrkeledare och upprättade en ledningsplats. Samtidigt var ambulanser på plats och tillgängliga vid behov.

Explosionen av tanken och det öronbedövande ljudet av utströmmande gas lockade nyfikna ortsbor till platsen. Personal ur räddningsstyrkorna spärrade tillsammans med polis av området och säkerställde att inga privatpersoner kom in på området.

Kl. 18:10 upprättade SSAB sin ledningsplats på ett av kontoren på området där räddningschef i beredskap kom att ingå när han anlänt till platsen.

Ett myndighetsmeddelande ombesörjdes av SOS Alarm på insatsledarens uppmaning. Information gick ut via Sveriges Radio kl. 18:18 om att det inträffat en explosion på Syrgasverket och att det fortfarande var ett läckage. Allmänheten i Oxelösund uppmanades att hålla sig inomhus och stänga fönster och dörrar. Vid denna händelse aktiverades inte utomhuslarmen.

Kort därefter, kl. 18:22, gavs beskedet till insatsledningen att Syrgasverket var säkrat och att det inte längre fanns någon överhängande fara. I Sveriges Radio gick meddelande ut om att faran var över.

Arbetet fortsatte med att stoppa vattenläckage som uppkommit när tankdelar slitit av vattenrör i angränsade byggnader. Ambulanserna som varit på platsen skickades hem och räddningstjänsten avslutades kl. 21:19.

1.6 Personalen

Personalen som övervakade driften har uppgett att allt var helt normalt tills explosionen inträffade strax innan trycket uppnått 28 bar. Utskrifterna från det datoriserade övervakningssystemet bekräftar detta.

1.7 Tanken

1.7.1 Tankens konstruktion

Tanken konstruerades och tillverkades 1974 med stål av typen OX 800B, som är ett höghållfast seghärdat stål med en sträckgräns på 690 N/mm². Den relativt höga sträckgränsen medförde att man kunde använda en mindre godstjocklek (14 mm) jämfört med äldre kärl byggda av stål med en lägre hållfasthetsnivå. Spänningsnivån vid maximalt arbetstryck (30 bar) var 314 N/mm².

Det aktuella stålet var inte generellt godkänt för användning i tryckkärl, men godkändes den 11 juni 1974 av Arbetarskyddsstyrelsen under förutsättningen att en utmattningslivsberäkning genomfördes och att tanken vid tillverkningen underkastades vissa kontroller. Arbetarskyddsstyrelsen förutsatte att beräkningen angavs på svetsritningen och beslöt att gällande svetsinstruktioner samt vissa av styrelsen fattade beslut om revisionsbesiktningar också skulle anges på svetsritningen.

Ångpanneföreningen har den 1 juli 1974 granskat konstruktionen med avseende på svetsning och hållfasthet och lämnat den utan erinran. Beslutet är tecknat på tankens svetsritning.

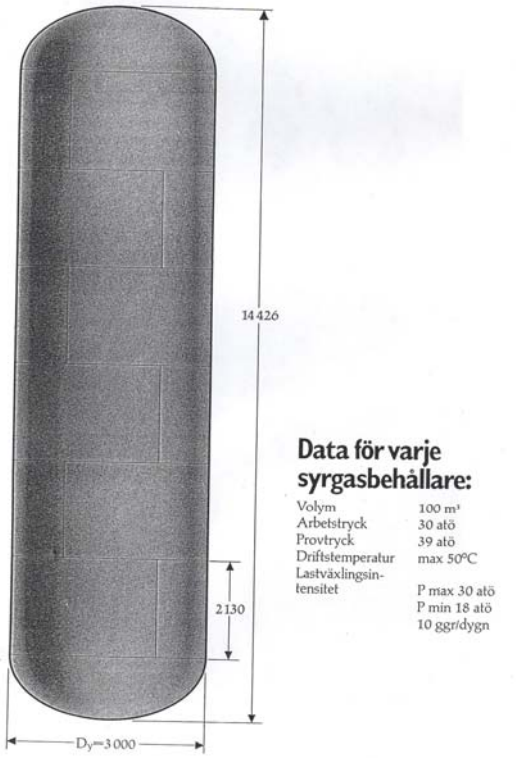


Bild 3. Tankens utförande och dimensioner

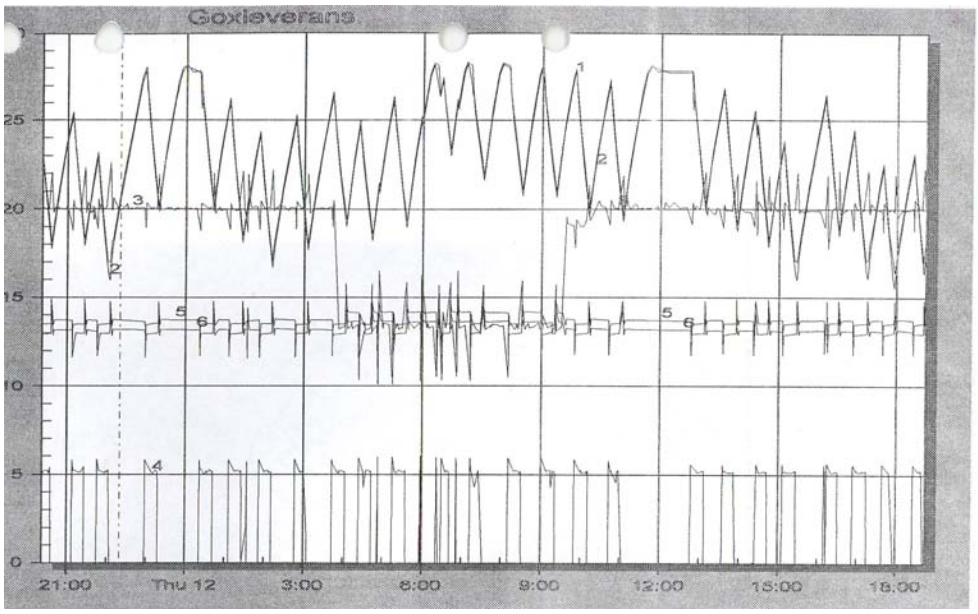
På svetsritningen fanns vidare angivet att utmattningslivet är beräknat till 40 år eller 146 000 cykler mellan 18 och 30 bar förutsatt att antalet tryckvariationer från maximum till minimum är 10 gånger per dygn.

Avseende besiktningar anges bl. a. att första revisionsbesiktningen ska ske efter ett år och då utökad med invändig besiktning med sprickundersökning. Därefter ska revisionsbesiktning ske vartannat år. Tankens utförande och dimensioner framgår av figuren på föregående sida.

1.7.2 Tankens drift

Tankens tryck varierades inom området 18 och 28 bar ungefär en gång i timmen dygnet runt, dvs. 24 tryckvariationer per dygn. Enligt uppgift från AGA hade tanken vid olyckstillfället utsatts för ungefär 230 000 cykler.

Nedanstående diagram visar typiska driftförhållanden där den övre kurvan visar tankens tryck i bar.



1.7.3 Underhåll

Fram till 1986 följdes besiktningsanvisningarna på svetsritningen. År 1985 begärde tankens dåvarande ägare SSAB hos Arbetarskyddsstyrelsen befrielse från vissa tilläggskrav som uppställts i styrelsens beslut 1974 samt att besiktningsintervallet skulle förlängas till 6 år. Styrelsen fattade den 27 oktober 1986 följande beslut.

> ”Den 1 januari 1987 träder styrelsens nya kungörelse om tryckkärl AFS 1986:9 i kraft. Därmed införs även formellt besiktningsregler för här aktuellt tryckkärl. Styrelsen medger att Ni får tillämpa den nya kungörelsens regler om besiktning vid den besiktning som skall ske hösten 1986.”

1.8 Meteorologisk information

Inte aktuellt.

1.9 Gällande bestämmelser

Den 1 januari 1987 infördes bestämmelser om återkommande besiktningar för tryckkärl och vakuumkärl. Bestämmelserna finns i 6 kap. 8–11 §§ i Arbetarskyddsstyrelsens författning (AFS 1986:9) med föreskrifter om tryckkärl och andra tryckbärande anordningar och har följande lydelse.

Indelning i klass A och B

8 § Tryckkärl och vakuumkärl i objektgrupp 1 och 2 tillhör klass A om riksprovplatsen bedömer att en eller flera av följande omständigheter föreligger.

- Tryckbärande delar är eldberörda eller utsatta för förbränningsgas med temperatur över beräkningstemperaturen.
- Kärlet är sådant att hänsyn behöver tas till utmattning och arbetsgivaren har inte genom särskild utredning visat att den återstående teoretiska livslängden är minst 3 år. Sådan utredning behövs inte om riksprovplatsen kan göra en tillfredsställande bedömning på annat sätt.
- Högsta tillåtna temperatur är över materialets gränstemperatur (t_g) enligt 2 kap 1 §.
- Material i tryckbärande delar är av sådan typ att det erfarenhetsmässigt finns stor risk för sprickbildning.
- Kärlets inre eller yttre miljö bedöms som svår ur skadesynpunkt i förhållande till det tryckbärande materialet.
- Skada bedöms erfarenhetsmässigt kunna uppkomma på grund av ogynnsam konstruktion eller installation.

Övriga tryckkärl och vakuumkärl i objektgrupp 1 och 2 tillhör klass B.

9 § Om riksprovplatsen efter besiktning finner att följande villkor är uppfyllda skall intervallet för in- och utvändig undersökning av tryckkärl, och vakuumkärl i klass A fastställas till 2 år.

- Minst två in- och utvändiga undersökningar har utförts som återkommande besiktning.
- Skador som iakttagits vid den senaste in- och utvändiga undersökningen är inte sådana att reparation eller annan åtgärd krävts.
- Tiden fram till dess att kärlet behöver åtgärdas p.g.a. korrosion, erosion eller andra skador för att betryggande säkerhet skall bibehållas bedöms överstiga tiden fram till nästa in- och utvändiga undersökning med mycket god marginal.
- Arbetsgivaren har i särskild utredning visat att den återstående teoretiska livslängden är minst två år för kärl där hänsyn till utmattning behöver tas. Sådan utredning behövs inte om riksprovplatsen kan göra en tillfredsställande bedömning på annat sätt.
- Högsta tillåtna temperatur är inte över materialets gränstemperatur (t_g) enligt 2 kap 1 §
- Arbetsgivaren har i särskild utredning visat att sådana ogynnsamma driftsbetingelser som kan skada kärlet är försumbara. Sådan utredning behövs inte om riksprovplatsen kan göra en tillfredsställande bedömning på annat sätt.

10 § Om riksprovplatsen efter besiktning finner att följande villkor är uppfyllda skall intervallet för in- och utvändig undersökning av tryckkärl, och vakuumkärl i klass B fastställas till 6 år.

- Minst en in- och utvändig undersökning har utförts som återkommande besiktning.
- Skador som iakttagits vid den senaste in- och utvändiga undersökningen är inte sådana att reparation eller annan åtgärd krävts.
- Tiden fram till dess att kärlet behöver åtgärdas p.g.a. korrosion, erosion eller andra skador för att betryggande säkerhet skall bibehållas bedöms överstiga tiden fram till nästa in- och utvändiga undersökning med god marginal.
- Hänsyn till utmattning behöver inte tas.
- Arbetsgivaren har i särskild utredning påvisat att sådana ogynnsamma driftsbetingelser som kan skada kärlet är försumbara. Sådan utredning behövs inte om riksprovplatsen kan göra en tillfredsställande bedömning på annat sätt.

11 § Om riksprovplatsen efter besiktning finner att följande villkor är uppfyllda skall intervallet för in- och utvändig undersökning av tryckkärl, och vakuumkärl i klass B fastställas till 9 år.

- Minst två in- och utvändiga undersökningar har utförts som återkommande besiktning.
- Som en följd av en extremt god inre och yttre miljö och mycket gynnsamma driftsförhållanden har inte korrosion, erosion eller andra skador uppkommit.

– Arbetsgivaren har i särskild utredning påvisat att sådana ogynnsamma driftsbetingelser som kan skada kärlet är försumbara. Sådan utredning behövs inte om riksprovplatsen kan göra en tillfredsställande bedömning på annat sätt.

Den 17 januari 1994 ändrades bestämmelserna och fick därefter följande lydelse.

Indelning i klass A och B

8 § Tryckkärl och vakuumkärl i objektgrupp 1 och 2 tillhör klass A om ett ackrediterat organ efter besiktning bedömer att en eller flera av följande omständigheter föreligger.

– Tryckbärande delar är eldberörda eller utsatta för förbränningsgas med temperatur över beräkningstemperaturen.
– Kärlet är sådant att hänsyn behöver tas till utmattning och arbetsgivaren har inte genom särskild utredning visat att den återstående teoretiska livslängden är minst 3 år.
– Högsta arbetstemperatur är över materialets gränstemperatur (t_g) enligt 2 kap 1 §.
– Material i tryckbärande delar är av sådan typ att det erfarenhetsmässigt finns stor risk för sprickbildning.
– Kärlets inre eller yttre miljö bedöms som svår ur skadesynpunkt i förhållande till det tryckbärande materialet.

Övriga tryckkärl och vakuumkärl i objektgrupp 1 och 2 tillhör klass B.

9 § Om ett ackrediterat organ efter besiktning finner att följande villkor är uppfyllda är intervallet för in- och utvändig undersökning av tryckkärl, och vakuumkärl i klass A 2 år.

– Minst två in- och utvändiga undersökningar har utförts som återkommande besiktning.
– Skador som iakttagits vid den senaste in- och utvändiga undersökningen är inte sådana att reparation eller annan åtgärd krävts.
– Tiden fram till dess att kärlet behöver åtgärdas p.g.a. korrosion, erosion eller andra skador för att betryggande säkerhet skall bibehållas bedöms överstiga tiden fram till nästa in- och utvändiga undersökning med mycket god marginal.
– Arbetsgivaren har i särskild utredning visat att den återstående teoretiska livslängden är minst två år för kärl där hänsyn till utmattning behöver tas.
– Högsta arbetstemperatur är inte över materialets gränstemperatur (t_g) enligt 2 kap 1 §
– Arbetsgivaren har i särskild utredning visat att sådana ogynnsamma driftsbetingelser som kan skada kärlet är försumbara.

10 § Om ett ackrediterat organ efter besiktning finner att följande villkor är uppfyllda är intervallet för in- och utvändig undersökning av tryckkärl, och vakuumkärl i klass B 6 år.

– Minst en in- och utvändig undersökning har utförts som återkommande besiktning.
– Skador som iakttagits vid den senaste in- och utvändiga undersökningen är inte sådana att reparation eller annan åtgärd krävts.
– Tiden fram till dess att kärlet behöver åtgärdas p.g.a. korrosion, erosion eller andra skador för att betryggande säkerhet skall bibehållas bedöms överstiga tiden fram till nästa in- och utvändiga undersökning med god marginal.
– Hänsyn till utmattning behöver inte tas.
– Arbetsgivaren har i särskild utredning påvisat att sådana ogynnsamma driftsbetingelser som kan skada kärlet är försumbara.

11 § Om ett ackrediterat organ efter besiktning finner att följande villkor är uppfyllda är intervallet för in- och utvändig undersökning av tryckkärl och vakuumkärl i klass B 9 år.

– Minst två in- och utvändiga undersökningar har utförts som återkommande besiktning.
– Som en följd av en extremt god inre och yttre miljö och mycket gynnsamma driftsförhållanden har inte korrosion, erosion eller andra skador uppkommit.
– Arbetsgivaren har i särskild utredning visat att sådana ogynnsamma driftsbetingelser som kan skada kärlet är försumbara.

Den 12 augusti 1999 beslutade Arbetarskyddsstyrelsen nya föreskrifter om tryckkärl och andra tryckbärande anordningar (AFS 1999:6). Föreskrif-

terna trädde i kraft den 29 november 1999 och bestämmelserna om återkommande besiktning är oförändrade sedan ändringarna 1994 och finns i 6 kap 7–10 §§. Arbetarskyddsstyrelsen upphävde samtidigt kungörelsen (AFS 1986:9) med föreskrifter om tryckkärl och andra tryckbärande anordningar.

Av föreskrifterna i såväl äldre som nyare lydelse följer bl. a. att det aktuella kärlets besiktningsintervall för återkommande besiktning kan sättas till maximalt 2 år under förutsättning att brukaren i särskild utredning har visat att den återstående teoretiska livslängden är minst 2 år. För längre intervall krävs bl. a. att hänsyn till utmattning inte behöver tas, vilket behövs beträffande det aktuella kärlet.

Vad besiktningarna ska omfatta framgår av 6 kap 13 § första stycket i kungörelsen (AFS 1986:9).

Utförande av in- och utvändig undersökning

13 § In- och utvändig undersökning vid återkommande besiktning skall utföras i den omfattning som erfordras för att man skall kunna bedöma att det inte finns defekter eller andra omständigheter som har ogynnsam betydelse för säkerheten.

Föreskrifterna är i denna del inte ändrade vare sig 1994 eller 1999.

Den 27 januari 2005 meddelade Arbetsmiljöverket föreskrifter om besiktning av trycksatta anordningar. Föreskrifterna trädde i kraft den 1 januari 2006. Samtidigt upphävdes Arbetarskyddsstyrelsens föreskrifter (AFS 1999:6) om tryckkärl och andra tryckbärande anordningar. Av övergångsbestämmelserna framgår att bestämmelserna om installationsbesiktning inte gäller anordningar som tagits i drift före den 1 januari 2006 om de genomgått motsvarande besiktning enligt tidigare bestämmelser. In- och utvändig undersökning respektive driftprov vid återkommande besiktning av trycksatta anordningar som besiktigats enligt tidigare bestämmelser ska första gången utföras enligt de nya reglerna senast då gällande intervall löper ut. Det innebär att de nya bestämmelserna för återkommande besiktning ska tillämpas första gången 2007 i det aktuella fallet.

1.10 Besiktningar

Efter tillverkningen kontrollerades samtliga svetsar med röntgen och därefter genomfördes revisionsbesiktningar i enlighet med anvisningarna på svetsritningen fram till 1984. Därefter genomfördes in- och utvändiga undersökningar av tanken enligt föreskrifterna i kungörelsen (1986:9) och följande besiktningsintervall beslutades.

- 1986 sattes intervallet till 3 år
- 1989 sattes intervallet till 3 år
- 1992 sattes intervallet till 6 år
- 1998 sattes intervallet till 9 år

Ingen dokumentation utöver besiktningsintygen från dessa besiktningar har återfunnits. Enligt Inspecta, ackrediterat besiktningsorgan, har begränsad oförstörande provning utförts i samband med besiktningarna. Besiktningsmannen erinrar sig att han utfört viss provning runt manluckan.

1.11 Utmattning

Utmattning är ett fenomen som uppkommer i framför allt metalliska material. Utmattning uppkommer vid återkommande belastningsförändringar och leder till att sprickor initieras och börjar växa i materialet. Sprickorna

växer efter ytterligare belastningsförändringar tills ett restbrott sker pga. överbelastning i det kvarvarande materialet.

Hur många belastningsförändringar ett material tål beror bl.a. på materialets grundegenskaper, konstruktionens geometriska form, utförande, hur stor belastningsförändringen är och hur stor den största belastningen är i förhållande till materialets sträckgräns.

För stål gäller generellt att ju högre hållfasthet stålet har desto större blir risken för utmattning.

Som referens kan nämnas att ett normalt handelsstål som används till stålprofiler m.m. normalt har en sträckgräns på ungefär 265 N/mm^2.

Det finns två grundläggande metoder för att undvika katastrofala utmattningsbrott. De engelska benämningarna är ”Safe life” och ”Fail safe”.

”Safe life” innebär att utmattningslivslängden beräknas och att användandet stoppas innan livslängden gått ut.

”Fail safe” innebär att konstruktionen, inspektionsintervaller och inspektionsmetoder är sådana att sprickor kan upptäckas innan ett restbrott sker.

1.12 Oförstörande provning

Oförstörande provning är ett samlingsbegrepp för metoder som används för att undersöka material utan att göra några fysiska ingrepp i det. Nedan följer en kort beskrivning av några relevanta metoder.

Röntgen är en metod där röntgenstrålar passerar materialet och registreras. Med röntgen kan man se sprickor och defekter igenom hela materialet.

Magnaflux är en metod där en vätska innehållande järnfilspån läggs på materialet varefter man applicerar ett magnetfält över området som ska undersökas. Järnfilspånen linjerar upp sig i magnetfältet och störningar i materialet (sprickor) visar sig genom krökning eller avbrott i järnfilspånslinjerna. Med denna metod kan man främst hitta sprickor i materialets yta.

Penetrerande vätskor används också för att hitta ytliga sprickor. En tunnflytande färgad vätska läggs på materialet. Vätskan tränger då in i eventuella sprickor. Efter att överflödig vätska tvättats bort sprayas materialet med en ”framkallare” som reagerar med kvarvarande vätska i eventuella sprickor som då blir synliga.

1.13 Olycksplatsen

Olyckan skedde inom SSAB:s anläggning i Oxelösund.

Inom olycksområdet finns flera industri- och kontorsbyggnader samt gång- och bilvägar.

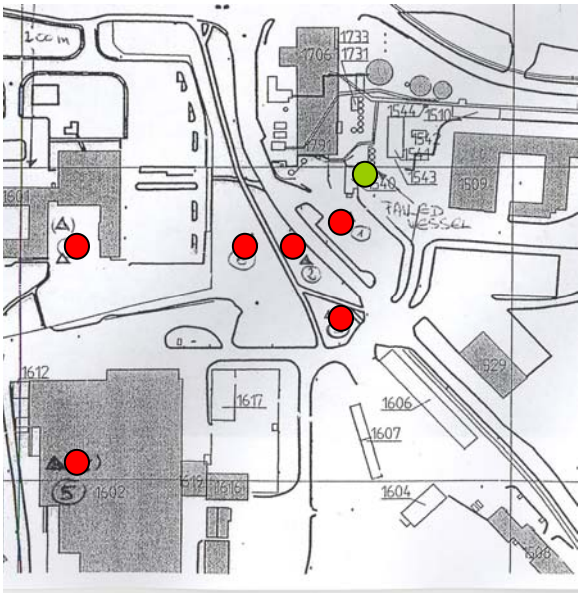


Bild 4. Den gröna pricken i figuren nedan visar tankens placering och de röda prickarna var tankens sex huvuddelar hamnade efter explosionen.

1.14 Medicinsk information

Inte aktuellt.

1.15 Brand

Uppstod inte.

1.16 Överlevnadsaspekter

Ingen person skadades allvarligt vid olyckan tack vare att ingen råkade röra sig i området eller befinna sig vid de olika delarnas nedslagsplatser.

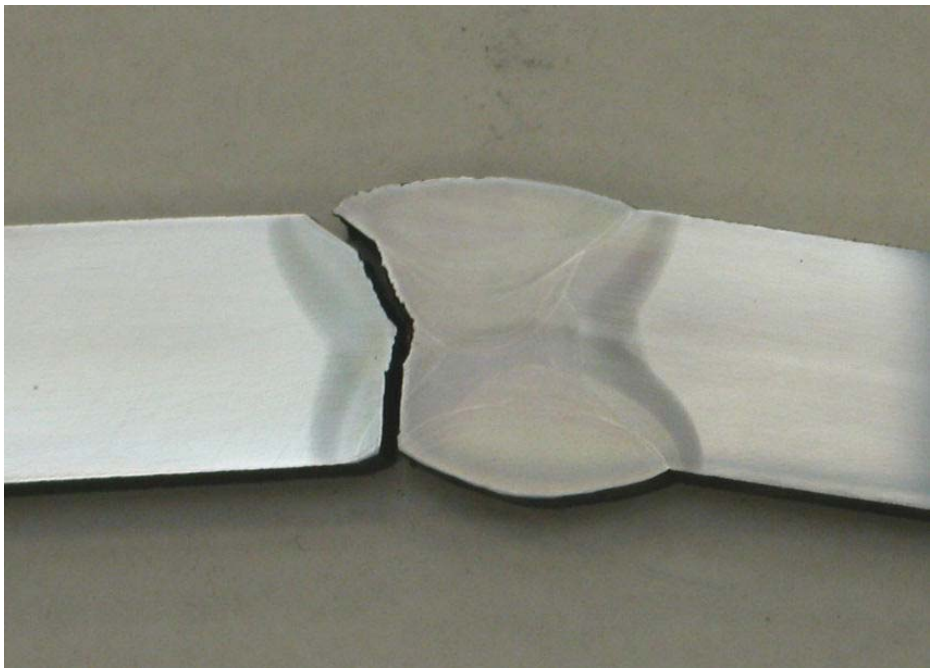
1.17 Särskilda prov och undersökningar

Tanken har på uppdrag av SHK undersökts av Bodycote Materials Testing AB. Undersökningen har gett följande resultat:

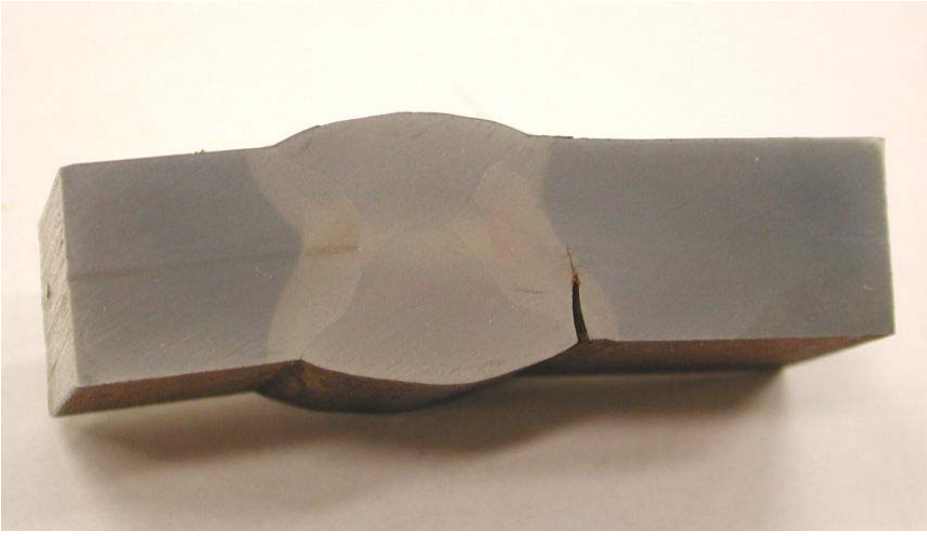
- Brotten på tanken har orsakats av utmattning till följd av tryckvariationerna vid varje tappning och påfyllning av gas.
- Brottytorna på prov 5.1 (tankens första sektion närmast botten), prov 5.2 (andra sektionen) och prov 6.4 (fjärde sektionen) har stora inslag av utmattning. Utmattningsandelen och utmattningens djup är störst i prov 5.2 vilket bedöms vara det primära brottet.
- Utmattningen har startat från de längsgående svetsfogarnas fattningskant på tankens insida.
- Största uppmätta djup på de utmattningssprickor som föregått brottet på prov 5.2 är ca 5,3 mm eller drygt 1/3 av godstjockleken. Utmattningssprickornas sammanlagda längd i samma sektion är ca 650 mm.

- Restbrottet på prov 5.2 går i den värmepåverkade zonen och är till övervägande del ett klyvbrott. Där restbrottet gått längre från svetsafogarna finns mycket mindre inslag av klyvbrott. Skillnaden i brottkaraktär visar att materialet i den värmepåverkade zonen har sämre brottseghet, d.v.s. är sprödare.
- I brottytor och i de metallografiska snitten syns inga tecken på att svetsningen utförts på felaktigt sätt. Det syns inga bindfel, utan inträngningen har varit fullständig på ömse sidor om fogen.
- Kemisk sammansättning, struktur och hårdhet är utan anmärkning.

Bilden nedan visar en av brottytorna i den del av tanken där haveriförloppet började. Den nedre raka delen av brottet är en utmattningsspricka och brottet ovan för den uppkom vid explosionen.



Bilden nedan visar en utmattningsspricka i en del av tanken som inte brast vid olyckan.



Hela den tekniska rapporten från Bodycote finns i bilaga 2.

1.18 De inblandade organisationernas uppfattning och synsätt

1.18.1 AGA

AGA övertog underhållsansvaret för den aktuella anläggningen den 30 mars 2000. Vidare övertog AGA personalen vid syrgasverket den 1 januari 2001 och ägandet av den aktuella anläggningen den 1 januari 2002.

En riskanalys genomfördes av AGA 2004 och uppdateras årligen. Av analysen framgår under rubriken underhåll följande med avseende på explosionsrisken:

”Tryckkärlsbesiktning vart 9:onde år, täthetsprovning en gg/mån, målning vid behov.”

AGA har uppgett att de lämnar all information som efterfrågas till det ackrediterade besiktningsorganet Inspecta som AGA anlitar för de återkommande besiktningarna. AGA ger de resurser och förutsättningar som Inspecta begär och följer deras rekommendationer i den löpande tillsynen.

1.18.2 Inspecta

Inspecta är ackrediterat av SWEDAC för att utföra kontroll och besiktning av tryckbärande anordningar enligt de regler som föreskrivs i Arbetsmiljöverkets, Sprängämnesinspektionens och Naturvårdsverkets föreskrifter.

De tjänster Inspecta utför är dels kontroller, konstruktions- och tillverkningskontroller, besiktningar, installations-, revisions-, och montagebesiktningar samt återkommande besiktningar. Inspecta kontrollerar och besiktigar exempelvis tryckkärl, rörledningar, pannor, tankar och cisterner.

Inspecta har ca 100 000 besiktningsobjekt per år. Inspecta har interna revisioner enligt fastställd plan för att säkerställa ledningssystemet.

År 1992 ökade Inspecta kärlets besiktningsintervall från 3 år till 6 år och 1998 ökade Inspecta besiktningsintervallet från 6 till 9 år.

Inspecta ska enligt föreskrifterna granska brukarens särskilda utredning, som visar att sådana ogynnsamma driftbetingelser som kan skada kärlet är försumbara, och godkänna den för att kunna ändra besiktningsintervallet. Några sådana utredningar har inte återfunnits.

Inspecta har inte känt till att kärlet var utmattningsbelastat eller vilket material kärlet var byggt av.

Inspecta anser att det är brukaren som ska tillhandahålla besiktningsorganet driftinformation även om Inspecta också bör efterfråga sådan information.

Inspecta anser vidare att det var fel av Statens anläggningsprovning att placera kärlet i klass B 1986 och att detta misstag bidragit till att Inspecta ändrat besiktningsintervallet till 9 år.

Av Inspectas instruktion för in- och utvändig besiktning framgår bl. a. att undersökningen normalt utförs genom syning, som vid behov förstärks med oförstörande provning med lämplig metod. Besiktningsmannen bedömer alltså i varje enskilt fall behovet av oförstörande provning samt metod och omfattning.

I de tekniska instruktionerna finns inget krav på att dokumentera oförstörande provning i samband med in- och utvändig undersökning.

1.18.3 Swedac

Swedac är en statlig tillsynsmyndighet som granskar och ackrediterar besiktningsorgan för olika tekniska verksamheter.

Swedac följer lagen (1992:1119) om teknisk kontroll samt kraven i den internationella standarden ISO/IEC 17011.

En ackrediterad verksamhet granskas regelbundet (årligen) för att kontrollera att kompetensen upprätthålls. Vid den årliga granskningen görs stickprov och vart fjärde år görs en större genomgång av verksamheten. I samband med stickproven görs också bevittning, dvs. att Swedacs personal är närvarande som observatörer när besiktningar utförs. Ackrediteringen är en garanti för att uppdragen utförs opartiskt, korrekt och grundas på internationellt erkända standarder. Ackreditering sätter en nivå för kvaliteten i verksamheten. Det ställs krav på kvalitetssystem, kompetens och dokumentation.

1.18.4 Arbetsmiljöverket

Grunderna för arbetsmiljöarbetet läggs fast i Arbetsmiljölagen (1977:1160). Lagens ändamål är att förebygga ohälsa och olycksfall i arbetet samt att även i övrigt uppnå en god arbetsmiljö.

Arbetsmiljöverket är tillsynsmyndighet och har föreskriftsrätt på området.

Arbetsgivare och arbetstagare ska samverka för att åstadkomma en god arbetsmiljö. Arbetsmiljöinspektörer kontrollerar att arbetsmiljölagen och föreskrifterna följs när de inspekterar arbetsplatserna.

Tidigare hade Arbetarskyddsstyrelsen, numera Arbetsmiljöverket, uppgiften att godkänna alla material som skulle användas och som inte fanns uppräknade i föreskrifterna.

Utmattningsliv för ett tryckkärl ska enligt verkets uppfattning beräknas med 2 års intervall och det är besiktningsorganets ansvar att tolka gränsvärden som anges i föreskrifter.

Enligt Arbetsmiljöverket har ägaren/brukaren/arbetsgivaren ett tydligt och uttalat huvudansvar för arbetsmiljön. Arbetsmiljöverket ser ansvaret som uppdelat enligt följande:

- AV ansvarar för föreskrifter på området.
- Swedac ansvarar för ackreditering av besiktningsorgan.
- Ackrediteringsorganet ansvarar för kontroll/besiktning.
- Användaren/Arbetsgivaren ansvarar för att besiktningar utförs

1.19 Övrigt

1.19.1 Jämställdhetsfrågor

Den aktuella händelsen har också undersökts utifrån ett jämställdhetsperspektiv, dvs. mot bakgrund av frågan om det finns omständigheter som tyder på att den aktuella händelsen eller dess effekter orsakats eller påverkats av att berörda kvinnor och män inte har samma möjligheter, rättigheter och skyldigheter i olika avseenden. Några sådana omständigheter har dock inte hittats.

1.19.2 Miljöaspekter

Olyckan har inte medfört någon miljöpåverkan.

2 ANALYS

2.1 Olyckan

Det får anses helt klarlagt att de djupa utmattningssprickorna som fanns i tanken ledde till att tanken exploderade. Det faktum att sprickor fanns i i stort sett alla vertikala svetsfogar i kombination med det aktuella stålets relativt låga slagseghet bidrog sannolikt till att brottet blev katastrofalt och att tanken sönderdelades i så många bitar och sköts iväg från uppställningsplatsen.

Tidpunkten för olyckan medförde att relativt få människor fanns i området vilket får anses vara den huvudsakliga anledningen till att inga allvarliga personskador inträffade.

2.2 Tankens utmattningsliv

Det ligger nära till hands att ställa sig frågan om det aktuella stålet var olämpligt för användning i tryckkärl och att det således var fel redan från början att godkänna tanken när den konstruerades. De säkerhetsåtgärder som då vidtogs, genom att beräkna utmattningslivet och föreskriva täta besiktningar, var emellertid tillfyllest.

Tankens speciella material och begränsade utmattningsliv var väl känt åtminstone fram till 1986 då dispens för längre besiktningsintervall söktes.

Besiktningarna 1986 och 1989 tyder på att utmattningsproblematiken var känd vid de besiktningarna då intervallet sattes till 3 år trots att ägaren ansökt om 6 års intervall. Att klassa kärlet i klass B vid dessa tillfällen var korrekt då utmattninglivet kunde beräknas att gå ut 1998 med den aktuella frekvensen på tryckförändringar.

De ökade intervallen vid besiktningarna 1992 och 1998 tyder på att besiktningsorganet inte kände till att tanken var utsatt för utmattningsbelastning. Detta har också uppgetts av besiktningsorganet.

2.3 Regelverket

De misstag som begåtts har inte berott på feltolkning av föreskrifterna.

I föreskrifterna anges emellertid endast besiktningsintervaller i kalendertid. När det gäller utmattningsbelastade konstruktioner är antalet belastningscykler avgörande, vilket inte tydliggörs i reglerna.

Att inga krav på formell skriftlig kommunikation inför en besiktning finns har medfört att varken ägaren eller besiktningsorganet behövt aktivt rekapitulera tankens tekniska status.

2.4 Besiktningarnas genomförande

Enligt föreskrifterna och Inspectas instruktioner finns det inga generella krav på att utföra oförstörande provning i samband med in- och utvändig besiktning. Besiktningsorganet ska bedöma om oförstörande provning ska utföras. Vidare finns inga krav på att dokumentera eventuell oförstörande provning.

Detta måste anses vara otillfredsställande då det med blotta ögat är i det närmaste omöjligt att upptäcka utmattningssprickor i tidigt stadium. Konsekvensen är att en besiktning, utan att oförstörande provning utförs, i princip är meningslös med avseende på utmattningsproblematiken.

2.5 Kommunikation mellan de inblandade organisationerna

Att Inspecta inte visste vilket material tanken bestod av och att den var utsatt för utmattning visar att kommunikationen mellan Inspecta och ägaren var otillräcklig.

Ifyllandet av en enkel blankett liknande den som redovisas i bilaga 1 skulle medföra att ägaren och besiktningsorganet skulle tvingas att aktivt efterforska ett objekts tekniska status.

2.6 Samlad bedömning

SHK ser allvarliga systematiska problem på tre områden, nämligen uppföljningen av tankens tekniska status, kommunikationen mellan inblandade organisationer och besiktningarnas genomförande.

Vid tankens tillverkning var såväl ägaren som myndigheterna väl medvetna om att tanken tillverkades av ett speciellt material och att särskild uppföljning krävdes. Denna kunskap har sedan fallit i glömska, vilket lett till att tanken hållits i drift långt över det beräknade utmattningslivet.

Som tidigare nämnts har kommunikationsbristen varit avgörande för att fel besiktningsintervall satts och att tankens utmattningsliv inte blev känt vid besiktningarna.

Vid besiktningen 1998 användes sannolikt inte någon oförstörande provning, vilket medför att eventuella utmattningssprickor som då fanns inte kunde upptäckas, dvs. inspektionsmetoderna var således inte tillfyllest.

Vidare är det tydligt att varken metoden ”Safe life” eller ”Fail safe” använts fullt ut i verksamheten.

3 UTLÅTANDE

3.1 Undersökningsresultat

a) Tanken hade djupa utmattningssprickor i en stor del av längsgående svetsfogarna.
b) Tankens beräknade utmattningsliv hade överskridits med ungefär 50 %.
c) Inspecta kände inte till att tanken var utmattningsbelastad.
d) Besiktningsintervallet var satt till för lång tid.
e) Besiktningsmetoderna var inte ändamålsenliga.

3.2 Orsaker till olyckan

Olyckan orsakades av att tankens kondition, med avseende på utmattning, inte följdes upp på ett ändamålsenligt sätt.

4 REKOMMENDATIONER

Arbetsmiljöverket rekommenderas att:

- Verka för att uppföljning och besiktning av utmattningsbelastade tryckkärl genomförs och dokumenteras på ett ändamålsenligt sätt *(RO 2007:02 R1)*.

- Ställa krav på att det inför varje besiktning finns en dokumenterad kommunikation mellan berörda organisationer innehållande teknisk status såsom driftsförhållande, genomfört underhåll, historik, begränsningar m.m. *(RO 2007:02 R2)*.

Bilaga 1

LUFTFARTSSTYRELSEN
Swedish Civil Aviation Authority

UNDERHÅLLSRAPPORT (UR) - B

(Se anvisningar för upprättande på baksidan)

Nationalitets- och Reg.beteckning: **SE-**

Underhållsåtgärd: ✔ 100 tim.tillsyn ☐ Annan större periodisk tillsyn ☐ Annan större underhållsåtgärd ☐ Förnyelse av luftvärdighetsbevis Ref. BCL M 3.2 mom 8.4.1.1 | Arbetsorder nr | Max flygvikt

Luftfartygets typ | Tillverkningsnr | Tillverk.år | Total gångtid/Landn.

Version: ☐ Hjul ☐ Skidor ☐ Medar ☐ Amfibie ☐ Korg ☐ Flottörer | Används för: ☐ Yrkesmässig luftfart ☐ Privat luftfart

Motor typ	Tillverkningsnummer	Tillverk./Översyn år	Korr.kontr./Gångtidsförl.	Gångtid (TT/TSO)
Motor typ	Tillverkningsnummer	Tillverk./Översyn år	Korr.kontr./Gångtidsförl.	Gångtid (TT/TSO)
Propeller typ	Tillverkningsnummer	Tillverk./Översyn år	Kalender-/Gångtidsförl.	Gångtid (TT/TSO)
Propeller typ	Tillverkningsnummer	Tillverk./Översyn år	Kalender-/Gångtidsförl.	Gångtid (TT/TSO)

Anm. i resedagbok/motsvarande samt från föregående UR åtgärdade	Sign	Grundspecifikation daterad ..... överensstämmer med luftfartygets utrustning	Sign
Tekniska journaler kontrollerade och åtgärder redovisade	Sign	Senaste tillägg till grundspecifikation samt grundtomviktsbestämning daterad	Sign
Luftvärdighetsdirektiv (svenska, tillverkarlands och EASA:s) samt Serv. Bulletiner, Serv. instruk. etc beaktade och redovisade	Sign	Referensblad för flyghandbok daterat	Sign
Lastningsinstruktion daterad	Sign	Senaste revision flyghandbok daterad	Sign

☐ Beaktat särskilda tilläggskrav för luftfartyg som är 15 år eller äldre (Ref. BCL-M 1.7 mom 4.4), separat redovisning bifogas

Art av underhåll

Redovisning av använt arbetsunderlag, såsom tillv.-föreskrifter, anvisningar och listor (Maintenance,-Shop,- Service,- Manual, Inspection report etc.)	Utgåva/Part No.	Revision

Arbetsmiljö: ☐ Verkstad ☐ Kall/varm hangar ☐ Utomhus | Plats

Funktionskontrollflygning utförd | Datum | Namn | Certifikat nr

Kvarstående åtgärder (Ref. resedagbok/motsvarande)

Alt. 1 ☐ Härmed intygas att ovanstående redovisade underhållsarbeten är utförda i enlighet med redovisat underlag (Enbart vid "Annan större underhållsåtgärd").

Alt. 2 ☐ Härmed intygas att ovan angivet luftfartyg med utrustning uppfyller gällande krav för luftvärdighet. Luftfartyget med utrustning har genomgått underhåll enligt Luftfartsstyrelsens bestämmelser och tillverkarens rekommendationer.

Ort och datum	Telefon även riktnummer
Behörighet (MM-cert.-nr, Auktoriseringsbevis nr)	Namnteckning och namnförtydligande

L 1405-15

Fördelning: Original används av ägaren vid ansökan om luftvärdighetsbevis
1 kopia förvaras tillsammans med luftfartygets underhållshandlingar
1 kopia behålles av underhållsinstansen.

Skickas till: Luftfartsstyrelsen, 601 73 Norrköping
Internet: www.luftfartsstyrelsen.se

Beställare	Beställningsdata	Granskad/godkänd av	Rapportfördelning
Statens haverikommission Box 12538 102 29 Stockholm	Muntlig 2006- Sakari Havbrandt	Håkan Persson	Beställaren S Havbrandt 4 ex

Exploderad syrgastank från SSAB, Oxelösund

2006-12-11

Handläggare	Ao nummer	Telefon	E-post
Ulf Bergström	A03961	013-169108	ulf.bergstrom@bodycote.com

TEK200604681.DOC

1 Sammanfattning

Tanken har undersökts vid besök på Oxelösund den 25/10 2006 och utvalda delar har senare undersökts i laboratoriemiljö.

Av undersökningarna framgår att:

- Brotten på tanken har orsakats av utmattning till följd av tryckvariationerna vid varje tappning och påfyllning av gas.
- Brottytorna på prov 5.1 (tankens första sektion närmast botten), prov 5.2 (andra sektionen) och prov 6.4 (fjärde sektionen) har stora inslag av utmattning. Utmattningsandelen och utmattningens djup är störst i prov 5.2 vilket bedöms vara det primära brottet.
- Utmattningen har startat från de längsgående svetsarnas fattningskant på tankens insida.
- Största uppmätta djup på de utmattningssprickor som föregått brottet på prov 5.2 är ca. 5.3 mm eller drygt 1/3 av godstjockleken. Utmattningssprickornas sammanlagda längd i samma sektion är ca. 650 mm
- Restbrottet på prov 5.2 går i den värmepåverkade zonen och är till övervägande del ett klyvbrott. Där restbrottet gått längre från svetsarna finns mycket mindre inslag av klyvbrott. Skillnaden i brottkaraktär visar att materialet i den värmepåverkade zonen har sämre brottseghet, d.v.s. är sprödare.
- I brottytor och i de metallografiska snitten syns inga tecken på att svetsningen utförts på felaktigt sätt. Det syns inga bindfel, utan inträngningen har varit fullständig på ömse sidor om fogen.
- Kemisk sammansättning, struktur och hårdhet är utan anmärkning.

Angivna resultat hänför sig enbart till i rapporten beskrivna och registrerade föremål. Rapporten får ej utan medgivande av **Bodycote Materials Testing AB** återges eller refereras annat än i sin helhet.

2 Innehållsförteckning

Kommentar [Info1]: Uppdatera innehållsförteckningen genom att högerklicka och välj Uppdatera fält.

		Sida
1	**Sammanfattning**	**1**
2	**Innehållsförteckning**	**2**
3	**Inledning**	**3**
4	**Föremål**	**3**
4.1	Undersökning och resultat	3
4.2	Visuellt	3
4.3	SEM-undersökning	6
4.4	Metallografi	7
4.5	Struktur och hårdhet	9
4.6	Kemisk sammansättning	9
5	**Slutsatser**	**9**

3 Inledning

Den exploderade syrgastanken har undersökts vid besök på Oxelösund, 2006-10-25. Vid besöket märktes och bestämdes i samråd med SHK-, SSAB- och AGA-representanter vilka delar som skulle undersökas närmare.

4 Föremål

Benämning:	Syrgastank, tillverkningsår 1974
Material:	OX800B
	Manteltjocklek=14 mm
	Gaveltjocklek=16 mm

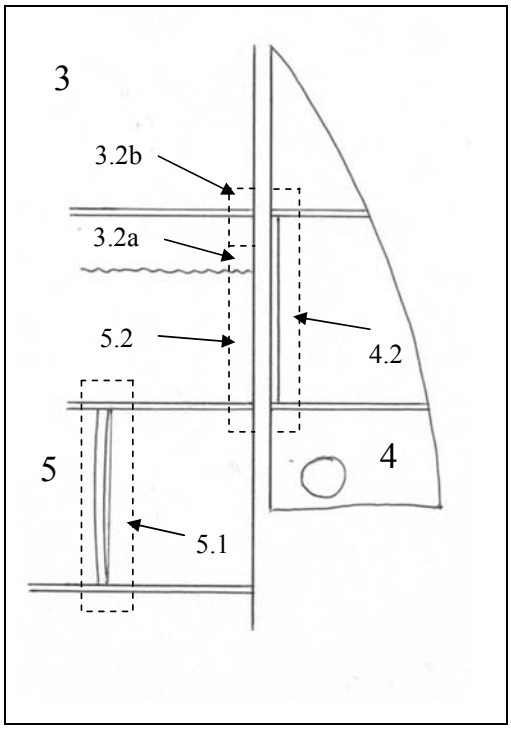
4.1 Undersökning och resultat

Den översiktliga numreringen (1-6) av gastankens delar framgår av figur 12-16, sidan 10-12.

Numreringen av de delar som kapades ut för ytterligare undersökning framgår av figur 17-25, sidan 13-17.

4.2 Visuellt

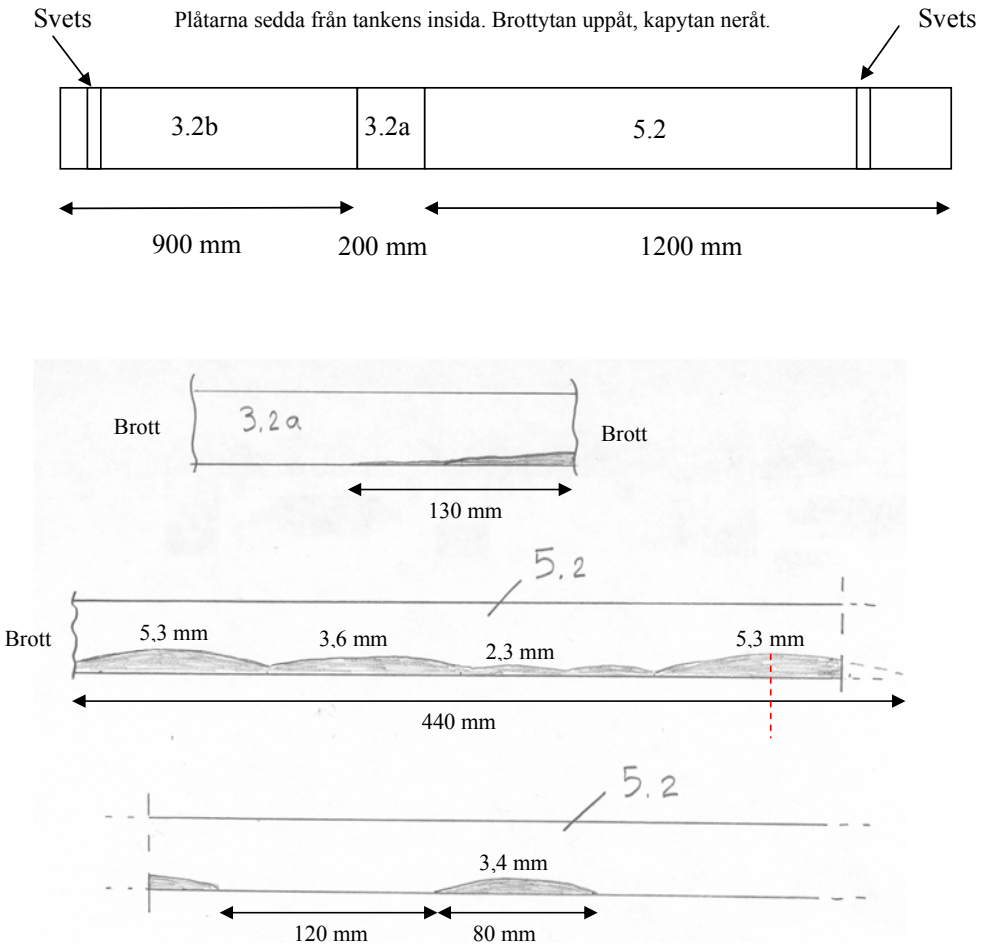
En schematisk skiss av brottet kring del 3, 4 och 5 visas nedan.



Figur 1. Schematisk skiss av delarna 3, 4 och 5 med markering (streckat) hur provbitarna 5.1, 5.2, 3.2a och 3.2b kapats ur. Dubbla parallella streck är en svets. Plåtarna ses inifrån. Tankens topp ligger uppåt.

Vid en inledande undersökning av de urkapade proverna konstaterades att det fanns inslag av utmattning i brottytorna på prov 5.1 samt på prov 5.2, 3.2a och deras motyta 4.2. I båda fallen följde brotten kanten på en längsgående svets.

En schematisk skiss av prov 3.2b, 3.2a och 5.2, samt en skiss där utmattningsytornas längd och djup markerats visas i figur 2.



Figur 2. Schematiskt utseende på brottytorna hos prov 3.2a och 5.2. Mörka ytor är utmattnigsytor från plåtens insida. Det röda strecket markerar var ett metallografiskt snitt tagits.

En av utmattningsytorna hade en sammanhängande längd av ca. 570 mm på prov 3.2a och prov 5.2. Största sprickdjup var ca. 5,3 mm eller drygt 1/3 av godstjockleken. Ca. 120 mm på sidan om den långa utmattningsytan fanns ytterligare en ca. 80 mm lång och ca. 3,4 mm djup utmattningsyta.

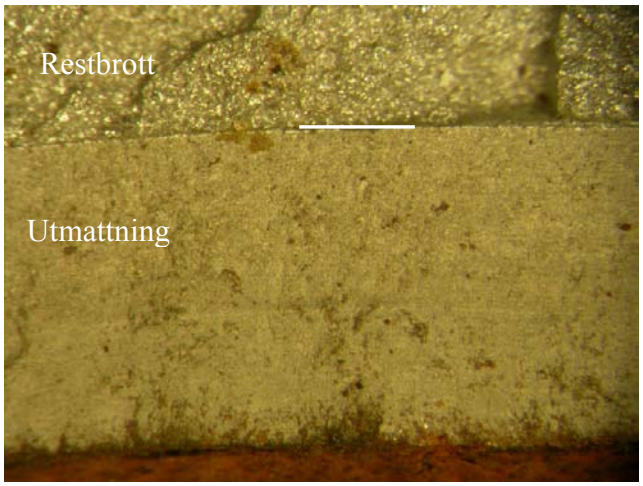
På prov 3.2b fanns ingen utmattning.

Utmattningsytornas form visar att det startat flera utmattningssprickor längs svetsen, vilka förenat sig till en lång sammanhängande spricka.

Utmattningssprickorna har startat från svetsens s.k. fattningskant (vinkeln mellan svetsråge och plåtytan) på plåtens insida och det fanns inga bindfel eller svetsdefekter vid startområdena. Enda defekten är anvisningen som bildas längs svetsens fattningskant. Svetsens klassning avgör hur spetsig vinkeln får vara, men vinklarna på de aktuella svetsarnas fattningskanter var inte anmärkningsvärt spetsiga.

Bilder av en del av utmattningsytan visas i figur 3-4.

Figur 3. Utmattningsyta på prov 5.2. Insidan nedåt (pil). Gräns mellan utmattning och restbrott markerat med linje. Utmattningsytan i bilden är inte den djupaste på prov 5.2.



Figur 4. Närbild av utmattningsyta i figur 3.

På prov 5.1 som även den spruckit längs en svets finns också utmattning, se figur 5. En grov uppskattning är att utmattningen upptar en längd av 1000 mm. Hela sprickan är ca 2400 mm lång. Sprickorna har inte varit lika djupa som i prov 5.2. Största uppmätta djup var ca 3,0 mm, men på huvuddelen av de 1000 mm är sprickdjupet 1-2 mm.

Figur 5. Utmattningsyta på prov 5.1.

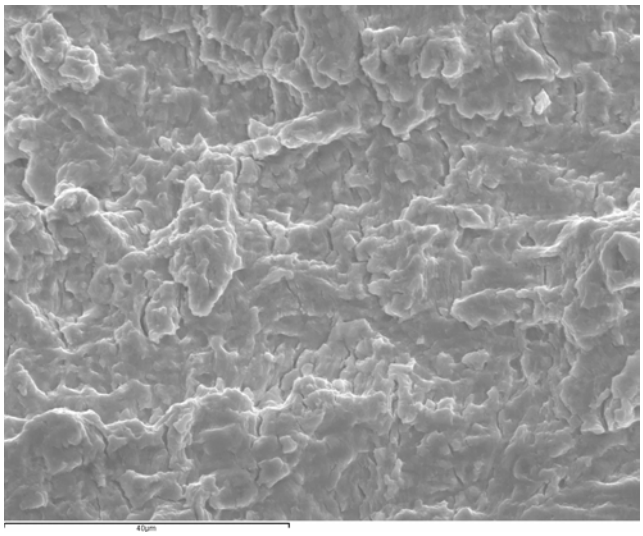
På insidan av prov 6.4 fanns också en spricka längs svetsen, se figur 6. Sprickan som var ca 350 mm lång är sannolikt också en utmattningsspricka.

Figur 6. Spricka på insidan av prov 6.4.

Sannolikt är det även utmattning i svetsen till inspektionsluckans förstärkningsplåt, prov 4.1. Brottytorna var så rostiga att underökning ej var meningsfull, men formen på sprickytan tyder på att det är en utmattningsspricka.

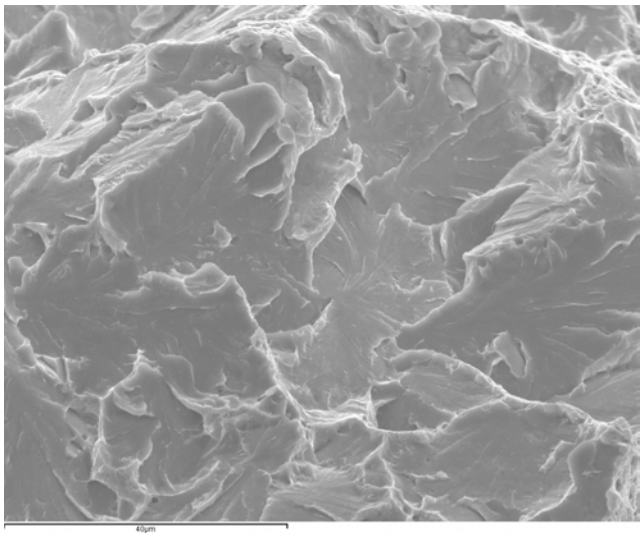
4.3 SEM-undersökning

En bit av brottytan på prov 5.2 kapades ut och undersöktes i svepelektronmikroskop. Av undersökningen framgick att sprickytan hade relativt grovt striationsmönster, se figur 7.



Figur 7. Striationer på utmattningsyta, prov 5.2.

Restbrottet bestod till övervägande av klyvbrottytor (sprött) med små inslag av s.k. dimpler (segt, skjuvbrott), se figur 8.

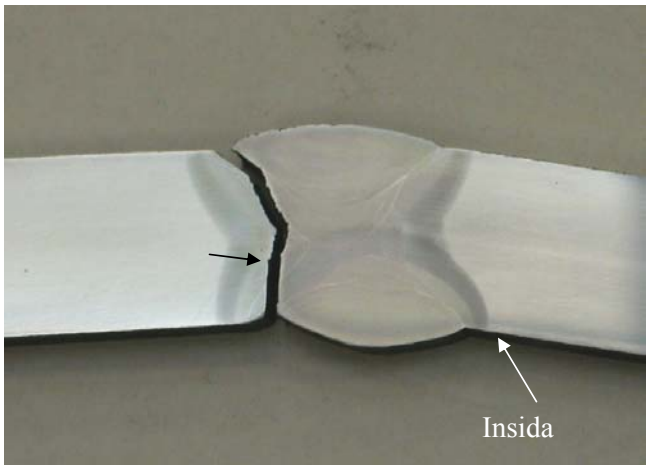


Figur 8. Klyvbrottyta på restbrottet, prov 5.2.

Där restbrottet gått utanför svetsens värmepåverkade zon var inslag av klyvbrott mycket mindre.

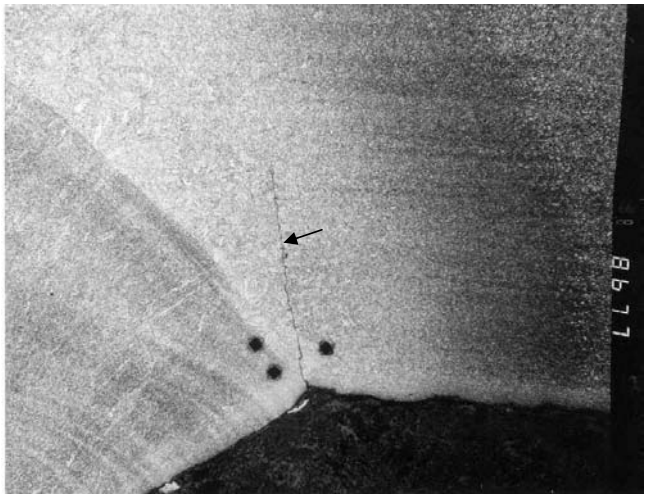
4.4 Metallografi

Metallografiska tvärsnitt togs ut genom den djupaste utmattningssprickan på prov 5.2 och motytan på prov 4.2. Snittets position är markerat i figur 2. I snittet framgick att svetsarna på ut och insida låg en aning förskjutna men att det inte fanns några bindfel eller andra svetsdefekter. Brottet hade börjat i gränsen mellan svets och grundmaterial (HAZ), se figur 9.



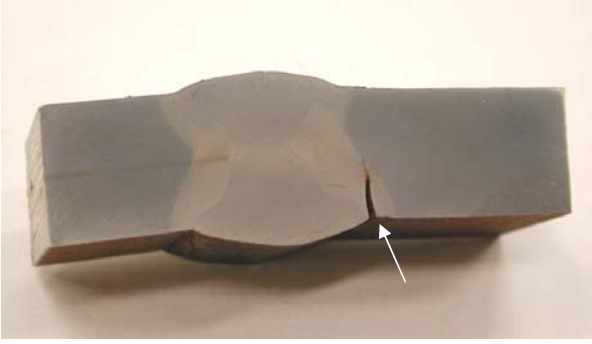
Figur 9. Metallografiskt snitt genom brottet på prov 5.2 (vä) och prov 4.2 (hö). Utmattningssprickans djup innan restbrott pilmarkerat (svart pil)

På motstående sida om brottet fanns också en spricka i samma position, se figur 10.



Figur 10. Närbild av spricka (pil) vid höger pilmarkering i figur 9. Svarta fläckar är hårdhetsintryck.

Ett metallografiskt snitt togs även genom prov 6.4, se figur 11. Sprickan i denna svets hade samma position som de tidigare beskrivna sprickorna/brotten.



Figur 11. Metallografiskt snitt genom prov 6.4.

En del av sprickan bröts upp och det konstaterades att även denna spricka orsakats av utmattning. Sprickdjupet var ca 4 mm.

4.5 Struktur och hårdhet

En hårdhetsserie från sprickan, genom den värmepåverkade zonen och ut i grundmaterialet gav hårdhetsvärden från ca 310 HV1 nära sprickan och ner till 250 HV1 i grundmaterialet. Hårdheten i svetsen låg på 260-270 HV1. Hårdheten vid sprickan var alltså störst men hårdheten är inte anmärkningsvärt hög.

4.6 Kemisk sammansättning

Den kemiska sammansättningen på plåten i prov 5.2 analyserades med följande sammansättning i vikt-%:

	C	**Si**	**Mn**	**P**	**S**	**Cr**	**Ni**	**Mo**	**Cu**	**Al**	**V**	**Fe**
Prov 5.2	0,13	0,35	1,34	0,010	0,013	0,02	0,03	0,52	0,07	0,021	0,001	rest
OX800												

5 Slutsatser

Brotten på prov 5.1 (tankens första sektion närmast botten), prov 5.2 (andra sektionen) och prov 6.4 (fjärde sektionen) har stora inslag av utmattning. Utmattningsandelen och utmattningens djup var störst i prov 5.2 vilket bedöms vara det primära brottet.

Utmattningen har startat från de längsgående svetsarnas fattningskant på tankens insida.

Största uppmätta djup på de utmattningssprickor som föregått brottet på prov 5.2 är ca. 5.3 mm eller drygt 1/3 av godstjockleken. Utmattningssprickornas sammanlagda längd i samma sektion är ca. 650 mm

Restbrottet på prov 5.2 går i den värmepåverkade zonen och är till övervägande del ett klyvbrott. Där restbrottet gått längre från svetsarna finns mycket mindre inslag av klyvbrott. Skillnaden i brottkaraktär visar att materialet i den värmepåverkade zonen har sämre brottseghet, d.v.s. är sprödare.

I brottytor och i de metallografiska snitten syns inga tecken på att svetsningen utförts på felaktigt sätt. Det syns inga bindfel, utan inträngningen har varit fullständig på ömse sidor om fogen.

Den kemiska sammansättningen på tankens plåtar uppfyller materialspecifikationens krav.

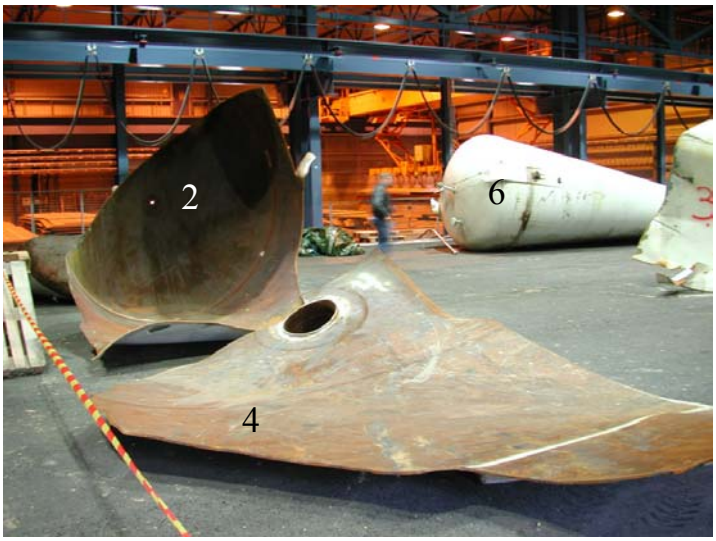
Strukturellt och hårdhetsmässigt finns inget att anmärka på materialet.

Bodycote Materials Testing AB
Metalliska material

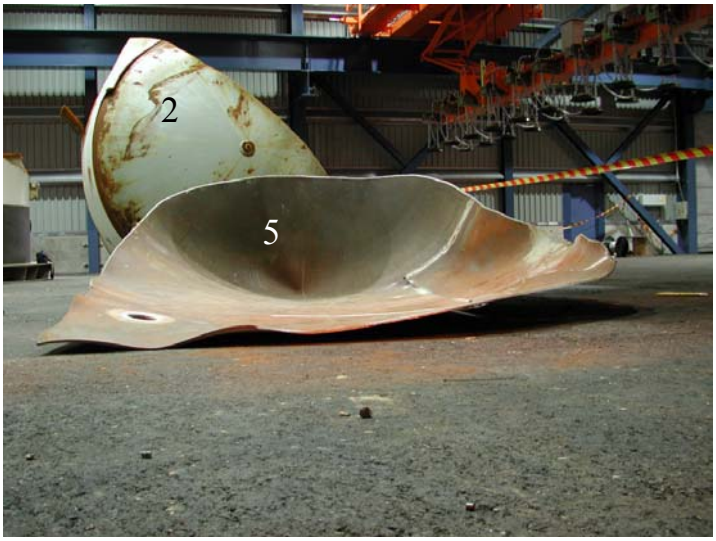
Ulf Bergström

Översiktsbilder med den märkning som bestämdes vid besiktning 25/10

Figur 12. Översiktsbild av del 1, 2, 3, 4 och 6.



Figur 13. Del 2 , 4, 6 och 3 i annan vy.



Figur 14. Del 2 och 5.

Figur 15. Del 3.

Figur 16. Del 6.

Numrering av urkapade provbitar. Pilarna i bilderna pekar mot gastankens topp.

Figur 17. Prov 2.1, Del i underkant av manlucka.
2.1

Figur 18. Prov 3.2a, fortsättning på del 5.2.

Figur 19. Prov 3.2b, fortsättning på del 3.2.

Figur 20. Prov 4.3,

Figur 21. Prov 4.2,

Figur 22. Prov 4.1, manlucka. Motyta till prov 2.1.

Figur 23. Prov 5.2, motyta till prov 4.2.

Figur 24. Prov 5.1,

Figur 25. Prov 6.4,