

CHALMERS



Processkontroll vid lasersvetsning av rostfria rör Process control during laser welding of stainless steel pipes

Examensarbete för högskoleingenjörsexamen inom Maskiningenjörsprogrammet

Niklas Björnholm
Christian Petersson

Institutionen för Material- och tillverkningsteknik
Avdelningen för Avancerad oförstörande provning
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sweden, 2011
Examinator: Kenneth Hamberg
Examensarbete No. 64/2011

EXAMENSARBETE 64/2011

Processkontroll vid lasersvetsning av rostfria rör
- Process control during laser welding of stainless steel pipes

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Maskinteknik

NIKLAS BJÖRNHOLM

CHRISTIAN PETERSSON

Institutionen för Material- och tillverkningsteknik
Avdelningen för avancerad oförstörande provning
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2011

Processkontroll vid lasersvetsning av rostfria rör
- Process control during laser welding of stainless steel pipes
Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Maskinteknik

NIKLAS BJÖRNHOLM
CHRISTIAN PETERSSON

© Niklas Björnholm, Christian Petersson, 2011

Examensarbete 64/2011

Institutionen för Material- och tillverkningsteknik
Avdelningen för avancerad oförstörande provning
Chalmers tekniska högskola
SE-412 96 Göteborg
Sverige
Telefon: +46 (0)31-772 1000

Chalmers Reproservice \ Institutionen för Material- och tillverkningsteknik
Göteborg, Sverige 2011

FÖRORD

Detta examensarbete utfördes på Outokumpu Stainless Tubular Products (OSTP) i Nyby och ska ses som en avslutande del i vår högskoleingenjörsutbildning (180 Högskolepoäng) med inriktningen Maskiningenjör på Chalmers Tekniska Högskola. Examensarbetets omfattning är 15 högskolepoäng och har utförts under en 10 veckors period.

Vi vill tacka Outokumpu för möjligheten att utföra vårt examensarbete hos dem samt ge ett speciellt tack till:

Sandra Hansson -Handledare på OSTP, för att ha givit oss möjligheten att utföra examensarbetet hos er samt för bra handledning under projektets gång.

Anders Rosell -Handledare på Chalmers Tekniska Högskola, för att varit engagerad och aktivt hjälpsam under projektet.

Johan Gemmel - Teknikchef på OSTP

Kenneth Hamberg - Examinator på Chalmers Tekniska Högskola

8A-Teamet

Maskinoperatörer i LAP1

Chefer och personal på OSTP

Examensarbetet har varit intressant och lärorikt. Det har skänkt oss en inblick i hur ingenjörsarbete bedrivs på ett större företag och vad vi kan förvänta oss av vårt framtida arbetsliv.

Christian Petersson
Niklas Björnholm

Sammanfattning

Outokumpu är ett företag som tillverkar rostfritt stål i flera former och "*Outokumpu Stainless Tubular Products*", även känd som OSTP är del av koncernen vars specialitet är att tillverka rör och rördelar av rostfritt stål.

Deras produktionslinjer i Torshälla, Nyby är byggda efter en så kallad inline koncept som i princip innebär att råmaterialet kommer in från ena ändan och slutprodukten ut i den andra. Denna produktionslinje har en kontinuerlig kvalitetskontroll av rören med så kallad virvelströmsprovning. Denna oförstörande provningsmetod upptäcker defekter i testmaterialet för att vidare kunna skilja åt godkända rör från defekta. Projektets mål är att identifiera defekterna som ligger bakom dessa rör som skrotats på grund av virvelströmsprovningen. Ett arbetssätt standardiserades för att systematiskt angripa målet. Ett trettiotal rör har analyserats med hjälp av olika oförstörande provningsmetoder samt mikroskopi för att identifiera eventuella defekter.

Det visade sig att rören som kasserats av virvelströmsprovningen innehöll i regel inga defekter. Detta berodde främst på grund av virvelströmsprovningen har plockat upp mycket störningar från omgivningen.

Dessa störningar kan förminsкас med ett antal olika åtgärder såsom att eliminera vibrationer, optimering av inställningar för testutrustning samt med hjälp av mättnadsmagnetisering av rören. Med dessa åtgärder så kan en mer optimerad kvalitetskontroll erhållas som i sin tur leder till förbättrat kvalitetsutbyte.

Summary

Outokumpu Stainless Tubular Products is a company that produces tubular products in various shapes and form. Their production facilities in Torshälla, Nyby are built with an inline production concept with the goal to achieve better production efficiency. This production line has a continuous quality control of the tubular products being produced by a non-destructive testing method called Eddy current testing. This method detects defects in the test material and by doing this the faulty product is separated from the good quality products. The goal of the project is to identify the defects behind the tubular products being marked faulty by the eddy current testing.

A way of working towards the goal of the project was constructed with the purpose to have an efficient method and easy to follow structure. Products collected from four separate manufacturing orders have been analysed by different non-destructive methods and microscopy.

Results showed that most of the collected and analyzed "faulty" products have been marked faulty by the eddy current testing because of noise and interference from the surroundings and material variations. This means that these products were of good quality and should have passed the quality control. These sources disturbing the eddy current testing can be reduced significantly by eliminating vibrations, optimize eddy current settings and also by magnetic saturation of the test material.

Innehållsförteckning

1. INLEDNING	1
1.1 BAKGRUND	1
1.2 SYFTE	1
1.3 AVGRÄNSNINGAR	1
1.4 PRECISERING AV FRÅGESTÄLLNING	2
2. TEORI	3
2.1 OFÖRSTÖRANDE PROVNING	3
2.2 VIRVELSTRÖMSPROVNING	3
2.2.1 OHMS LAG, IMPEDANS OCH INDUKTION	3
2.2.2 SJÄLVINDUKTION	4
2.2.3 INDUKTIV REAKTANS	6
2.2.4 ÖMSESIDIG INDUKTANS	6
2.2.5 INTRÄNGNINGSDJUP	7
2.3 RÖNTGEN	8
2.3.1 STRÅLSKYDD	8
2.3.2 PRINCIPIELLT ANVÄNDNINGSSÄTT	8
2.3.3 FILM	9
2.3.4 FELSKÖNJBARHET	9
2.3.5 GRANSKNING AV RADIOGRAM	9
2.4 PENETRANTPROVNING	10
2.4.1 FÖRRENGÖRING	10
2.4.2 PENETRANTVÄTSKA	10
2.4.3 PENETRANTENS INTRÄNGNINGSFÖRMÅGA	11
2.4.4 PENETRANTERTTYPER	11
2.4.5 FRAMKALLARE	11
2.4.6 LÖSNINGSMEDELSBASERANDE FRAMKALLARE	12
2.4.7 INSPEKTION	12
2.5 ROSTFRITT STÅL	13
2.5.1 AUSTENITISKT ROSTFRITT STÅL	13
2.5.2 DUPLEX ROSTFRITT STÅL	13
3. METOD	14
3.1 FÖRE TO-KÖRNING	14
3.2 UNDER TO-KÖRNING	15
3.3 EFTER TO-KÖRNING	16
4.0 RESULTAT	18
4.1 TO-KÖRNING 1: ART NR. 4026994	19
4.2 TO-KÖRNING 2: ART NR. 4026917	20
4.3 TO-KÖRNING 3: ART NR. 4234394	21
4.4 TO-KÖRNING 4: ART NR. 4234867	22
4.5 SAMMANSTÄLLANDE RESULTAT	23

5. DISKUSSION	25
5.1 SVAR PÅ FRÅGESTÄLLNINGAR	25
5.2 DISKUSSION KRING HYPOTESER	25
5.3 FÖRSLAG TILL FÖRBÄTTRINGAR	26
5.3.1 ELIMINERA VIBRATIONER	26
5.3.2 MÄTTNADSMAGNETISERA VID ET-WLD	27
5.3.3 OPTIMERA ET-WLD INSTÄLLNINGAR	27
REFERENSER	28
BILAGA 1: MALL UNDER TO-KÖRNING	29
BILAGA 2: MALL FÖR ANALYSPROCESSEN	31
APPENDIX	32
TO-KÖRNING 1: ART NR. 4026994	32
TO-KÖRNING 2: ART NR. 4026917	41
TO-KÖRNING 3: ART NR. 4234394	48
TO-KÖRNING 4: ART NR. 4234867	58

Betäckningar

OSTP	Outokumpu Stainless Tubular Products AB
TO	Tillverkningsorder
LAP 1	Står för "Laser Annealing and Picking 1" och är namnet på produktionslinjen där projektet utförs.
ET-testing	Eddy Current testing eller på svenska virvelströmsprovning
ET-WLD	ET-provutrustningen för kontinuerlig induktivprovning av passerande rör runtomkring svetsen.
ET-OMS	ET-provutrustningen för omslutande induktivprovning av passerande rör.
8A	Skrotkod för tillverkade rör vars eventuella defekter inte är kända.
Tracker	I produktionslinjen så finns en så kallad "tracker" som håller reda på vart ET utrustningen plockar upp signaler i rören som överskrider gränsvärdet. Trackern markerar dessa rör med en färgspruta med specifik färg där signalutslaget uppstod.

1. Inledning

Detta kapitel beskriver bakgrunden till projektet, syftet, avgränsningar och frågeställningar.

1.1 Bakgrund

Outokumpu är ett företag som tillverkar rostfritt stål i flera former och "*Outokumpu Stainless Tubular Products*", även känd som OSTP är del av koncernen vars specialitet är att tillverka rör och rördelar av rostfritt stål.

Företaget *OSTP* driver ett övergripande processkontroll projekt i Nyby, deras produktionsort utanför Torshälla. Projektets syfte är att säkerställa en mer effektiv produktion och leveranssäkerhet för Nybys verksamhet i sin helhet. Detta är en rapport av ett delprojekt som ingår i det övergripande processkontroll projektet.

Delprojektet berör kvalitetsutbytet för produktionslinjen som kallas för LAP 1, där rör av austenitiskt samt duplex materialstruktur tillverkas. I produktionslinje undersöks rören kontinuerligt med hjälp av oförstörande provning i form av ET-provning. ET-provningen detekterar defekter av storlekar som överskrider det tillåtna gränsvärdet som kalibreringen är inställd för.

I slutet av produktionslinjen finns en såkallad tracker som håller reda på vart ET utrustningen upptäcker defekterna och markerar rör med färg utifrån detta. Markerade rör sorteras automatiskt ner i en separat ficka varefter rören tilldelas olika skrotkoder av operatörerna. Skrotkoder används för att samla in information på skrotade rör, information som berättar vilken defekt som röret innehåller. Denna information är till för att få en bättre förståelse för sin produktion och för att veta vilka defekter man måste ta itu med för att säkerställa bättre kvalitetsutbyte och processkontroll.

Ledningen för OSTP tror sig finna möjligheten att relativt snabbt förbättra kvalitetsutbytet i sin produktion av rostfria rör med hjälp av att angripa en specifik skrotkod.

Problemet med denna specifika skrotkod är att den bakomliggande orsaken till varför röret skrotas är okänt. Koden kallas för 8A och står för att defekten i röret inte är definierad men överskrider det tillåtna gränsvärdet som ET kalibrering är inställd på.

1.2 Syfte

Syftet är i förstahand att identifiera defekterna som döljer sig bakom rör med skrotkod 8A och utifrån resultatet tilldela röret sin riktiga skrotkod för den aktuella defekten.

I andrahand skall ET inställningarna optimeras för svetsen med avseende på rörkvalité och processsäkerhet.

1.3 Avgränsningar

Projektet kommer inte att behandla samtliga rördimensioner, parametrar och materialgrupper som produceras i LAP 1.

Kritiska produktparametrar som skall behandlas är följande:

- Två olika materialgrupper: austenitiskt och duplext.
- Yttre dimensionerna 42, 76,1 och 114mm.
- Hyvlade kanter och ohyvlade kanter.

Detta innebär att upptill tolv olika kombinationer kommer att undersökas med avseende på 8A.

1.4 Precisering av frågeställning

Vilka arbetsrutiner skall vi använda oss av för att komma åt eventuella defekterna som döljer sig bakom skrotkod 8A?

Vilka parametrar/faktorer är lämpliga att ta hänsyn till under en TO körning?

Vilken datainsamlingsmetod skall användas för att dokumentera dessa parametrar/faktorer under en TO körning och hur görs detta på ett effektivt sätt?

Är det nödvändigt att fånga upp rör med skrotkod 8A under TO körning så att inte nya defekter introduceras till röret då dessa faller ner i bland annat skrot i vanliga fall?

Är det nödvändigt att stämpla rören med ID som talar om lämplig information, exempelvis tid och nummerordning för defektens uppkomst?

Hypoteser:

- Tre fjärdedelar av rören som skrotas med skrotkod 8A innehåller inte defekter av storlek som överskrider kundkraven.
- Uppkomsten av skrotkod 8A kan förminskas med hjälp av att optimera ET inställningar för svetsen.
- Majoriteten av defekterna som finnes i rör med skrotkod 8A består av rot och bindfel.
- En del av uppkomsten av skrotkod 8A beror på variationer i materialets struktur och dimension.

2. Teori

Kapitlet kommer att beskriva grundläggande teori för oförstörande provningsmetoden virvelströmsprovning och hur denna metod kan tillämpas på ett effektivt sätt för att hitta defekter på elektriskt ledande material.

Stålsorterna austenit och duplex beskrivs därefter samt vilka likheter och skillnader dessa medför vid induktivprovning. Vidare beskrivs röntgen och penetreringsprovning som är två andra oförstörande provningsmetoder som eventuellt kommer att tillämpas vid analys av påträffade defekter.

2.1 Oförstörande provning

Med oförstörande provning menas att man undersöker material utan att förstöra materialet eller på något sätt ändra materialegenskaperna för denna. Det finns flera varianter av provningsmetoder och samtliga bygger på olika fysikaliska principer för provning, induktivprovning är en av dessa.

2.2 Virvelströmsprovning

Även känd som ET-provning är en av oförstörande provningsmetoderna och denna använder sig av induktion för att upptäcka defekter och ojämnheter i materialet.

2.2.1 Ohms lag, impedans och induktion

För att förstå hur ET-provning fungerar så är det lämpligt att börja med Ohms lag:

Ohms lag

$$U = R * I$$

ekv. 2.2.1.1

U - står för elektrisk spänning och mäts i enheten Volt (V)

R - står för elektrisk resistans och mäts i enheten Ohm (Ω)

I - står för elektrisk ström och mäts i enheten Ampere (A)

Ekvationen berättar att spänningen U ökar proportionellt med resistans (R) och strömstyrkan (A).

Impedans

Ohms lag gäller endast för likström- och spänning. Vid växelspanning måste man ta hänsyn till en kapacitiv och induktiv vektorkomponent utöver den resistiva och detta förhållande kan beskrivas med formeln:

$$|Z| = \sqrt{R^2 + X^2}$$

ekv. 2.2.1.2

X - står för reaktansen som mäts i Ohm (Ω) och denna kan vara av kapacitiv och induktiv karaktär. Reaktansen ihop med resistansen bestämmer beloppet på Z.

Vid induktivprovning kan den kapacitiva delen av X bortses från på grund av relativt liten påverkan av reaktansen (1).

Z Står för impedansen och är storleken på det elektriska motståndet vilket ersätter R i Ohms formel enligt följande ekvation:

$$U = Z * I$$

ekv. 2.2.1.3

Ekvationen skiljer sig något från Ohms lag på sådant sätt att den tar hänsyn till materialets kapacitiva och induktiva vektorkomponent som blir verksamt vid växelström. Växelström används vid virvelströmsprovning och därför blir denna ekvation aktuell.

Induktion

Ett magnetfält i rörelse kan skapas genom att leda växelström genom ett elektriskt ledande material. Om ett konduktivt material placeras i denna ständigt växande och sjunkande magnetfält så kommer ström att induceras genom detta material genom såkallad *elektromagnetisk induktion (I)*. Storleken på den inducerade strömmen för en tråd är en funktion av magnetfältets förändring enligt formeln:

$$V_L = \frac{d\phi}{dt}$$

ekv. 2.2.1.4

V_L är den inducerade spänningen i Volt (V)

$\frac{d\phi}{dt}$ är hastighetsförändringen av magnetiska fältet

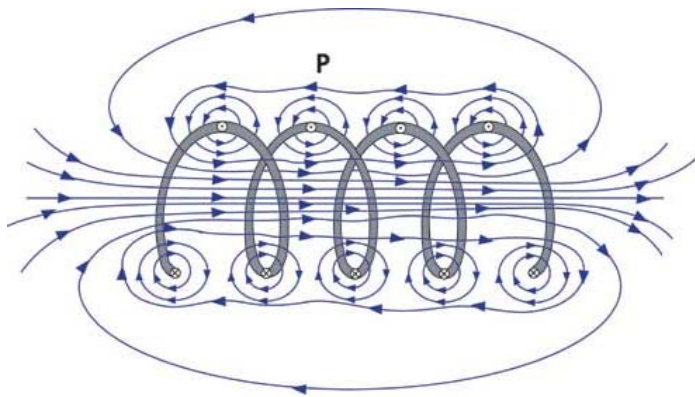
Detta förhållande talar om att då $\frac{d\phi}{dt}$ blir större så ökar V_L proportionellt till denna ökning.

2.2.2 Självinduktion

Fenomenet kallas för självinduktion eftersom den växlande strömmen i kretsen inducerar själv spänning i kretsen och därav namnet självinduktion.

Ett kretselement som har egenskapen att inducera spänning kallas för en induktor. Den absolut vanligaste induktorn är tråd lindad till en spiral, såkallad spole.

Nedanstående bild kan man se hur växelspanning över en spole skapar magnetfält runt omkring tråden och dessa mindre koncentriska magnetfälten sluter samman och skapar större magnetfält.



Figur 2.2.2.1

Bild över en spole under växelströmspåverkan. Magnetfält skapas runtomkring tråden och dessa sluter samman och skapar större magnetfält.

När strömmen genom en slinga växer så kommer detta leda till att magnetfältet sträcker sig över en, flera eller samtliga slingor och inducerar spänning i dessa (1). Detta innebär att antalet slingor har betydelse för storleken av den inducerade spänningen V_L i spolen. Detta samband kan beskrivas med den formeln:

$$V_L = N \frac{d\phi}{dt} \quad \text{ekv. 2.2.2.1}$$

Där N står för antalet varv i spolen.

V_L är den inducerade spänningen i Volt (V)

$\frac{d\phi}{dt}$ är hastighetsförändringen av magnetiska fältet

Ekvationen talar om att den inducerade spänningen är proportionellt med antalet varv i spolen och hastighetsförändringen i magnetfältet. När antalet varv i spolen och/eller frekvensen höjs så innebär det att den inducerade spänningen ökar detsamma.

I elektriska kretsar är det betydligt enklare att mäta ström än vad det är att mäta magnetfält och då kan man använda sig av följande formel:

$$V_L = L \frac{di}{dt} \quad \text{ekv. 2.2.2.2}$$

L står för värdet på induktansen

$\frac{di}{dt}$ är derivatan av strömmen

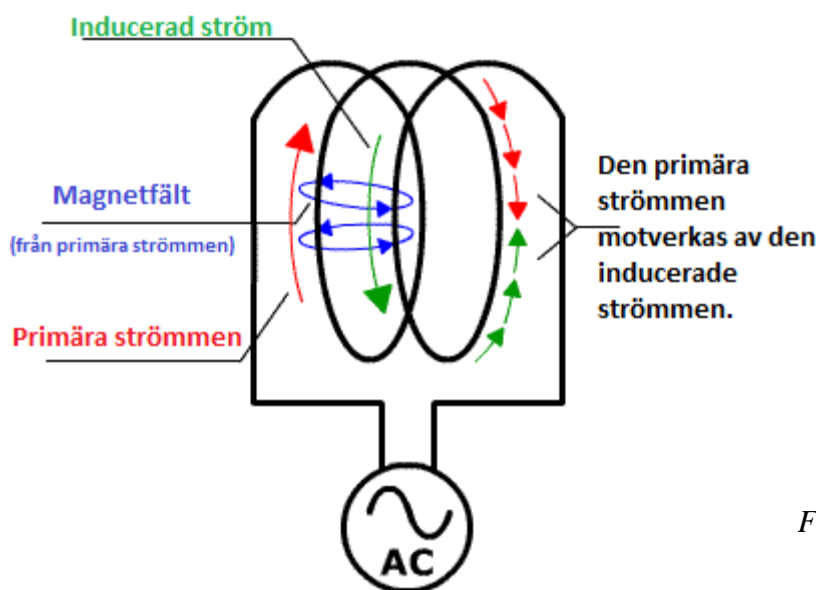
Detta är en lättare ekvation att tillämpa eftersom man oftast känner till växelströmmens storlek i ET provning.

2.2.3 Induktiv reaktans

Reducering av strömflöde i en krets orsakad av induktion kallas för induktiv reaktans. Detta sker på grund av den inducerade strömmen får en riktning som jobbar mot den primära strömmen, som resulterar i reduktion av strömflöde enligt Lenz lag (1):

"Den inducerade strömmen i en sluten krets riktar sig alltid mot riktningen som motverkar sin uppkomst, exempelvis genom att alstra ett magnetfält i motsatt riktning till det ursprungliga."

Detta fenomen kan illustreras med en bild enligt följande:



Figur 2.2.3.1

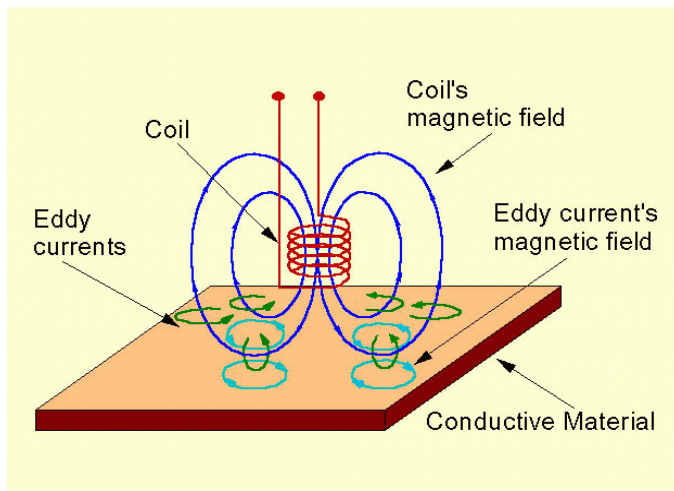
Ur bilden kan man se att den primära strömmen skapar ett magnetfält som sträcker sig över den andra slingan och då induceras ström i motsatt riktning. Om spolen har fler slingor som magnetfältet kan passera så är det möjligt att den induktiva reaktansen blir ytterligare mer verksamt.

2.2.4 Ömsesidig induktans

När en krets inducerar ström i en annan närliggande krets så kallas det för ömsesidig induktans. Det sker till genom att magnetfältet som skapas i huvudkretsen passerar den närliggande kretsen och inducerar ström (1). Virvelströmsprovning tillämpar och bygger på denna princip och är därför en viktigt del vid induktiv provning.

Virvelströmsprovning använder sig av ömsesidig induktans för att skapa virvelströmmar i provmaterialet. Detta görs genom att föra en spole över testmaterialet som alstrar magnetfält. I testmaterialet induceras ström och som skapar eget magnetfält som motverkar sin uppkomst enligt Lenz lag.

Genom att mäta resistans och induktiv reaktans från spolen kan information erhållas från testmaterialet såsom konduktivitet, permeabilitet, inträngningsdjup och materialvariationer som defekter exempelvis.



Figur 2.2.4.1

Bilder visar hur virvelströmsprovning sker med hjälp av ömsesidig induktans. Blå magnetfältet illustrerar primära magnetfältet, gröna är virvelströmmarna som har inducerats och ljusblå är magnetfälten för dessa.

I industrin är det materialvariationerna som är av största intresse för att framförallt hitta defekter i materialet. Detta görs på enklaste sätt genom att sätta ett gränsvärde för hur hög variationen får bli i materialet och utifrån det utföra lämplig åtgärd.

Det finns programvara som kan användas för att bevaka och lagra data från ET-provning som gör det möjligt att även studera själva signalutslaget för defekten i form av ett XY-diagram. Beroende på inställningar för provningen så kommer specifika defekter att få ett karakteristiskt utseende i XY-diagrammet och därför är det viktigt att skapa referenser som ET-utrustningen ska kalibreras efter.

Referensmaterialet skall vara så likt som möjligt testmaterialet i form av materialtyp och geometri eftersom det finns såpass många faktorer som påverkar signalen (1). Referenser kan sedan göras för att simulera utvändiga, genomgående och invändiga defekter så att när en defektsignal jämförs med referensen så får man vägledning vart denna defekt befinner sig.

2.2.5 Inträngningsdjup

Virvelströmmarnas densitet minskar exponentiellt med avseende på djupet. Detta beror på att virvelströmmarna alstrar magnetfält i motsatt riktning till spolens primära magnetfält och detta leder till att strömflödet minskar relativt till djupet (1). Inträngningsdjupet kan beskrivas med en formel enligt följande:

$$\delta = \frac{1}{\sqrt{\pi * f * \mu * \sigma}} \quad \text{ekv. 2.2.5}$$

Där:

δ står för inträngningsdjup (m)

π står för konstanten pi (3,14)

f står för frekvens (s^{-1})

μ står för magnetisk permeabilitet (Vs/Am)

σ står för elektrisk konduktivitet (Ωm)⁻¹

Enligt formeln så framgår det att om frekvensen höjs så minskar inträngningsdjupet i testmaterialet. Vid provning av tjockare testmaterial kan det vara aktuellt att minska frekvensen för att upptäcka defekter djupare in materialet. Att sänka frekvensen för lågt kan däremot leda till att defekter inte upptäcks eftersom detta är beroende av densiteten av virvelströmmarna.

Magnetisk permeabilitet för testmaterialet har stor betydelse för inträngningsdjupet. Vid ET-provning av rostfria stål av austenitisk struktur har μ obetydlig inverkan av inträngningsdjupet eftersom materialet inte är magnetiskt, då μ -värdet ligger runtomkring 1. Stål som består helt eller delvis av ferritisk struktur är av magnetisk karaktär och då har μ en betydlig inverkan på inträngningsdjupet. Permeabiliteten kan öka till ca 1000 i ferritiskt material vilket då innebär att inträngningsdjupet minskar ca 30 gånger.

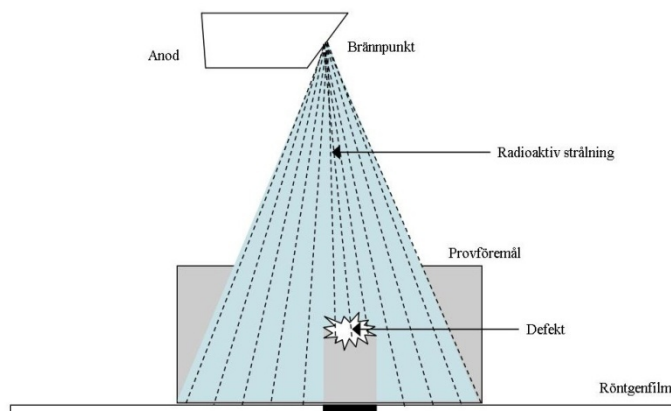
När permeabiliteten är hög för materialet så ligger virvelströmmarna väldigt ytligt och detta gör provningen väldigt känsligt för små variationer vid ytan. Detta problem kan förhindras genom att mätnadsmagnetisera materialet som innebär teoretiskt att μ sätts till ett värde av 1 och då erhålls ett mer önskvärt inträngningsdjup och en säkrare provning som ger mindre störningar (2).

2.3 Röntgen

Radiografisk provning används framför allt för att bevisa diskontinuiteter inuti ett material. Föremål som undersöks kan vara av olika material. Volymetriska fel i gjutna föremål av t ex gjutjärn, stål, aluminium, magnesium, koppar, mässing eller brons, detekteras bra med denna metod. Metoden tillämpas ofta på olika typer av förband såsom svetsar och lödskarvar (3).

2.3.1 Strålskydd

*”Om människokroppen blir utsatt för röntgen eller gammastrålning kan detta innebära allvarliga men för hälsan. Det föreligger därför enligt lag skyldighet att vidtaga nödiga åtgärder för att skydda människor överallt, där röntgenapparater eller radioaktiva isotoper används”.
Se speciella anvisningar från Statens Strålskyddsinstitut (SSI).
Box 602 04, 104 01 Stockholm,
tel 08-729 71 00.*



Figur 2.3.1 Principen för radiografisk provning

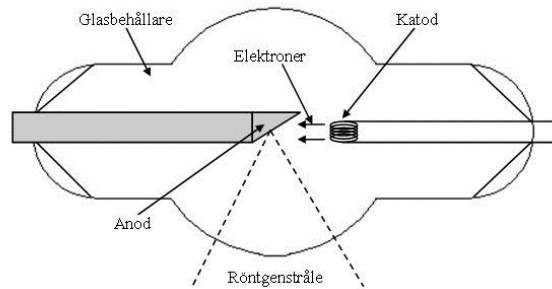
2.3.2 Principiellt användningsätt

Vid all radiografisk provning används någon form av radioaktiv strålkälla. Strålningen från denna låter man gå igenom provobjektet för att svärta ner en fotografisk film. Filmen

framkallas sedan, för att fixeras och granskas med hjälp av en s.k. betraktningsskärmar. Ur filmen erhålls variationer av strålningens genomträngande i provmaterialet. Som kan utläsas som t ex sporer, blåser, inneslutningar eller sprickor, jämfört med något standardkrav. Vid gammarradiografi används ett grundämnes isotop som strålningskälla. Isotoper är atomslag där neutronantalet i kärnan varierar medan protonantalet är konstanta. Vissa isotoper är instabila och sönderfaller under utsändandet av elektromagnetisk strålning.

Vid röntgenradiografering används s.k. röntgenrör som strålningskälla.

Principen för ett röntgenrör är att elektronerna accelereras och slungas mot en anod, bestående av en wolframplatta. Detta sker i vakuum. När elektronerna träffar wolframplattan skapas röntgenstrålning. Strålningens energi bestäms av spänningen mellan katod och anod, som anger röntgenrörets styrka i kV (3).



Figur 1.3.2 Principen för ett röntgenrör

2.3.3 Film

En röntgenfilm består av ett transparent ark av cellulosacetat med ett skikt av silverbromid på båda sidorna, vilket gör den ljuskänslig. Det finns filmer med olika stora silversaltkorn, vilket påverkar exponeringstiden, känslighet och kontrast. Varje filmtyp har en karakteristisk kurva, som visar sambandet mellan logaritmen av den relativa exponeringen och filmens svärtning (3).

2.3.4 Felskönjbarhet

En diskontinuitet måste alltid ge upphov till en godsförtunning i strålningsriktningen för att den skall ge en svärtningsförändring på filmen.

För att ögat skall kunna uppfatta en svärtningsförändring måste denna uppgå till minst 0,006mm i storlek. Detta gäller under goda betraktningförhållanden. Som exempel kan nämnas att en cylindrisk defekt i en 50 mm tjock plåt måste vara minst 0,5 mm för att kunna ses på filmen (1 % av godstjockleken). Minsta djup hos en plan defekt för att den skall kunna upptäckas på filmen är för en 50 mm tjock plåt 0,1 mm (0,2 % av godstjockleken).

Ovanstående exempel är teoretiska, i praktiken ligger det mellan 0,5 – 2,0 % av godstjockleken (3).

2.3.5 Granskning av radiogram

När filmen är exponerad, framkallad och torr, granskas den med hjälp av en betraktningsskärmar. Den ger ett diffust, reglerbart ljus som normalt skall vara vitt.

Luminansen skall vara jämn och anpassas efter svärtningen hos den del av radiogrammet som skall granskas. Filmer från svetskarvar i stål eller aluminium, granskas efter atlasstandarder oftast utgiven av IIW (The International Institute for Welding) (3).

2.4 Penetrantprovning

Metoden innebär möjlighet att lokalisera ytdefekter på solida material, som inte har en porös yta. Principen bygger på att låta en vätska tränga in i ytdefekten med hjälp av kapillärkraften. Efter att vätskan grundligt har borttagits från ytan, kan den vätskemängd som trängts in i ytfelet föras upp till ytan igen med hjälp av en absorberande framkallare. Visuell inspektion med belysning för att identifiera felet på materialytan (4).

2.4.1 Förrengöring

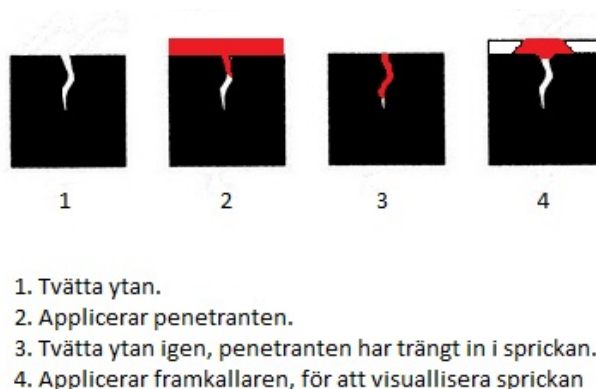
Penetrantprovning är ett tillvägagångssätt för att hitta ytdefekter, då är det viktigt att ytan är ren för kontakt med penetreringsvätskan. Så att den kan tränga in i eventuella fel. Förrengöringen är första steget i provningsprocessen som är en viktig del för att det skall bli ett bra provresultat. Dålig rengöring kan medföra att penetranten inte kan väta materialytan, nå in i ytfelet eller tränga sig ut ur ytfelet. Exempel på rengöringsmetoder som används är:

- Rengöring med tvättmedel
- Ångavfettning
- Rengöring med lösningsmedel
- Kemisk färgborttagning
- Ultraljudstvätt
- Etsning
- Blästring, borstning och slipning
- Elektrolytisk rengöring

Ångavfettning är den mest effektiva metoden av de ovanstående. De mekaniska metoderna kan sätta igen små ytfel. Denna metod bör efterföljas av exempelvis betning eller etsning så att felen kan vara tillgängliga för penetranten (4).

2.4.2 Penetrantvätska

Penetranten appliceras antingen genom doppning, sprayning eller pensling. Penetranten måste täcka hela ytan under tillräcklig tid, så att penetranten kan tränga sig ner i de tunnaste ytfelen. Den vanligaste metoden inom automatiserade anläggningar är elektrostatisk sprayning. Denna metod ger en tunt och jämnt lager över hela ytan. För mer lokalt användande av penetrant är sprayning med sprayburk en bra metod. Pensling används där det är svåråtkomligt.



Figur 2.4.1 Principen för penetrantprovning.

2.4.3 Penetrantens inträngningsförmåga

Med penetrerbarhet hos en vätska menas förmågan att tränga in i ytfel och sprickor på fasta föremål. Det är en komplicerad egenskap, som bland annat påverkas av:

- Typ av vätska (penetrant)
- Typ av ytbeskaffenhet hos provmaterialet
- Temperatur hos material och vätska
- Grad av förorening hos vätskan och på materialytan

Viktiga egenskaper hos penetranten är vätförmågan och ytspänningen, vilken även påverkas av provobjektets ytbeskaffenhet. Viskositeten hos penetranten påverkar hur penetrant processen sker. En penetrant innehåller färgmedel, rött eller fluorescerande, och en ökning av koncentrationen ökar också indikerbarheten. Vid praktisk provning förekommer i många fall föroreningar (kontamineringar) i ytfel. Detta gäller särskilt material som varit i drift och provats med avseende på utmattningssprickor. Penetranten måste då dela utrymme med kontamineringen, vilket minskar penetrantvolymen och ger en osäkrare indikering. Det är då viktigt med noggrann rengöring av kontaminerade material före provning (4).

2.4.4 Penetrantertyper

Penetranter indelas dels efter hur de är färgade och dels efter överskottspenetrant på materialytan avlägsnas. De två vanligaste huvudtyper som förekommer är färgpenetrant (röd) och fluorescerande. Det finns även fluorescerande färgpenetrant, vilket är färgad rött till orange och vilket kan utvärderas i dagsljus eller UV ljus.

Röd färg ger en hög kontrast mot andra färger och har hög skönjbarhet i tunna skikt. Den efterremulgerbara och lösningsmedelsavsköljbara anses ha hög känslighet, speciellt tillsammans med våtframkallare med lösningsmedel. Den enda fördelen gentemot den fluorescerande penetranten är att inspektionen kan ske i vanligt ljus. De fluorescerande har generellt en högre känslighet än färgpenetranterna. Det beror på att de fluorescerande kan ge en lika klar indikerbarhet som färgpenetranterna men med mindre volym.



Figur 2.4.4 Sprayburkar med penetrant, rengörare och framkallare.

2.4.5 Framkallare

Framkallare används primärt till att suga upp den lilla penetrantvolym som finns i ytfelet och sprida sig i det pålagda skiktet. Framkallarens fyra huvudsakliga funktioner är:

- Utdragning av penetrant ur ytfelet.

- Expanding av indikationens bredd på ytan och därmed en säkrare indikering.
- Förbättring av synbarheten hos indikatorn genom en homogen bakgrund.
- Ökning av skiktjocklek hos den utdragna penetranten.

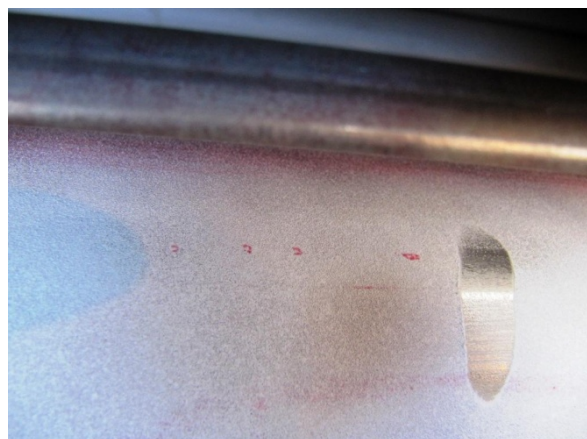
Torrframkallare appliceras antingen genom doppning, sprutning med pistol eller elektrostatiskt. Vattenlösliga framkallare appliceras med antingen doppning eller sprayning. Använd inte vattenavsköljbara penetranter då det ligger i risk att ursköljning kan inträffa. Plastfilmsframkallare förvaras i sprayburk, för färgpenetranter är dessa vita och för fluorescerande är framkallaren transparent (4).

2.4.6 Lösningssmedelsbaserande framkallare

Denna framkallare har den högsta känsligheten. Detta beror på att den reagerar med penetranten i yttelet, tunnar ut den och reducerar viskositeten hos penetranten. Volymen expanderar härmed och indikationen förbättras. Genom att framkallaren är utsatt för avdunstning är den vanligaste påföringsformen med sprayburk. Applikationen är ett viktigt moment. Färgpenetranter kräver ett tjockare skikt än fluorescerande. För tjockt skikt kan emellertid dölja möjliga mindre fel. Påläggningen bör göras i flera tunna skikt med lätt torkning mellan varje (4).

2.4.7 Inspektion

Det finns två steg vid inspektion och de benämns som tolkning och utvärdering. Vid tolkning så måste operatören göra en bedömning om vad som har orsakat indikationen. För att kunna det så måste operatören vara väl trogen med provningsmetoden och att alla steg har utförts på ett felritt sätt. De indikationer som kan förekomma kan klassas som verkliga fel, falska indikationer eller icke relevanta indikationer. Falska indikationer förekommer då provmaterialet inte blivit tvättad ordentligen eller blivit nedsmutsad under provningen. Vad om kännetecknar en falsk indikation är att det inte uppstår efter omprovning. Den icke relevanta indikationen kan orsakas av det verkliga förhållandet på ytan, men ändå inte vara ett fel, som t.ex. gängor, splines, spår osv. Då en indikation har identifierats som ett verkligt fel kvarstår utvärderingen. Det är kravstandarderna och acceptanskraven som styr om indikationen skall betraktas som defekt eller inte (4).



Figur 2.4.7 Identifiering av sprickor med penetrantprovning

2.5 Rostfritt stål

Rostfritt stål är stål som legeras med krom för att erhålla korrosionsmotstånd mot besvärande miljöer där detta är önskvärt. Detta korrosionsmotstånd uppstår genom att en tunn kromoxid film skapas vid stålets yta som förhindrar oxidation mellan järnet och omgivningen. Vid tillsättning av andra legeringsämnen utöver krom så kan man erhålla olika kristallstrukturer som lämpar sig för olika användningsområden(5).

2.5.1 Austenitiskt rostfritt stål

Austenitiskt rostfritt stål av olika sammansättningar är den mest förekommande materialsorten bland rostfria stålsorter. Utöver krom som generellt motsvarar 16-26% av sin vikt för att erhålla bra korrosionsmotstånd så legeras stålet främst med nickel och till viss del med molybden(5). Nickel är austenitfrämjande som gör det möjligt att erhålla austenitisk kristallstruktur vid rumstemperatur. Denna struktur ger materialet bland annat bra formbarhet, svetsbarhet och duktilitet.

Utöver detta så är austenitiska metaller icke-magnetiska av sig som innebär att deras magnetiska permeabilitet motsvarar ett μ -värde av storlek 1 H/mm (2). Detta gör att μ -värdet enligt ekvation 2.2.5 inte har någon negativ inverkan på inträngningsdjupet. Virvelströmsprovning fungerar därmed utmärkt för denna materialtyp då en god inträngningsdjup kan erhållas utan att störas av magnetisk permeabilitet.

2.5.2 Duplex rostfritt stål

När stålets struktur är av ferritisk och austenitisk sammansättning så kallas detta för duplex materialstruktur. Materialet erhåller materialegenskaper som blir en blandning av sin respektive struktur och detta kan i flera fall vara önskvärt beroende på vad material skall användas till. Duplexa stålsorter har väldigt bra korrosionsmotstånd beroende höga krom- och kvävehalter (6).

Eftersom duplex struktur består av en ferritisk andel så är detta av en stor betydelse vid induktivprovning. Ferrit är magnetiskt av sig och beroende på ferrit-austenit förhållandet (50% - 50% för detta projekt) så har detta en växande inverkan på inträngningsdjupet vid virvelströmsprovning. Vid fallet i detta projekt så ligger den magnetiska permeabiliteten, μ för duplexa rörsorter runtomkring 1000 H/mm och detta gör att inträngningsdjupet blir betydligt lägre än för austeniter enligt ekvation 2.2.5. Detta leder till att ET-provningen blir mer känslig för störcällor och små variationer vid ytan då virvelströmmarna ligger väldigt ytligt.

3. Metod

I detta kapitel skall arbetsmetoden beskrivas för projektet. Kapitlet delas in i tre delar, Före TO-körning, Under TO-körning och Efter TO körning.

3.1 Före TO-körning

Innan en TO-körning kan påbörjas är det lämpligt att fundera över vad som eventuellt kan vara bra att notera under en TO-körning och hur detta kan vara till nytta längre fram i projektet.

Första hypotesen påstår att en del av 8A skrotet inte innehåller några defekter alls. Detta antyder på att det finns någon form av felkälla som ligger bakom att ET provningarna ger ett "falskt" utslag och därmed skrotas rör i onödan.

För att komma åt dessa felkällor/faktorer och parametrar har en tabell konstruerats (se nedan) som skall fyllas i under en TO-körning. Faktorer som har tagits med i tabellen är sådant som operatörer och andra tillverkningsprocesskunniga har föreslagit.

Ett exempel på faktor som kan leda till att ET provningen fångar upp en "defekt" i röret är vibrationer i det passerande röret. Vibrationer i röret kan uppstå från olika processteg där ett exempel är störningar från stödrullen till slipmaskinen. När stödrullen inte stöder upp röret ordentligt får röret utrymme att röra sig och denna rörelse kan ske exempelvis ske då hastighetsvariationer uppstår.

Mall 1: En av sidorna från mallen som används under TO körningen.

Tillverkningsorder					
Artnummer:	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
FD:					
Material:					
Parameterjustering/faktor <small>(Inkl. faktorer som påverkar EAI)</small>	Ja/nej/på/av/förändring av läge <small>(lägesförändring)</small>	Storlek av förändring <small>(exempel: värdet 2 varv mot 3 etc.)</small>	Tid för händelse <small>(Inkl. preciseras: bör vara samma som ET data (Skicklag?))</small>	Ev. motivering/kommentar till justering	
hå					
1					
2					
3					
4					
5					
hå					
1					
2					
3					
4					
5					
hå					
1					
2					
3					
4					
5					
hå					
1					
2					
3					
4					
5					

Sida 1

Tanken med den konstruerade tabellen är att anteckna ner faktorer som "stödrullen för slipmaskinen" under (1) i mallen och sedan följa upp denna faktor för att se hur den beter sig under en TO-körning. Faktorn dokumenteras med avseende på:

- Lägesförändring (2): Om något sker med avseende på faktors läge. Detta kan vara för "stödrulle till slipmaskinen" exempelvis att en operatör gör en justering på stödrullen från sitt ursprungliga läge.

- Storlek på förändring (3): Hur stor förändring görs på berörd faktor. I vissa fall kan faktorn enbart finnas i två lägen och då skall inget antecknas i spalten. I fallet för "stödrullen till slipmaskin" så finns en manuell ratt som justerar rullens läge och i detta fall skall man anteckna ner storleken på antal varv ratten har justerats och mot vilken riktning.

- Tid till händelse (4): Här skall tiden noteras då lägesförändringen skedde. Tiden som skrivs ner skall följa samma klocka som ET-programvaran använder sig av. Syftet med detta är att man skall kunna göra en återkoppling till vad som hände innan och efter uppkomsten av 8A rör.

- Eventuell motivering till justering (5): Om faktorn är av slaget då operatören gör en förändring på faktorns läge skall en kommentar skrivas ner som beskriver anledningen till justeringen.

Utöver detta skall även artikelnummer, rördimension och materialtyp skrivas ner för varje enskild TO-körning.

3.2 Under TO-körning

Mallen som har tagits fram från föregående steg används under samtliga TO körningar för att dokumentera händelseförloppet.

I produktionslinjen så finns en så kallad "tracker" som håller reda på vart ET utrustningen plockar upp signaler i rören som överskrider gränsvärdet. Trackern markerar dessa rör med en färgspruta med specifik färg där signalutslaget uppstod.

Det finns tre färger trackern använder sig av, blått då utslaget är från ET-WLD, svart för ET-OMS och rött då rören är O-glödgate. Röda färgen som skrotar för O-glödgate har sin egen skrotkod och är därmed inte aktuell för inspektion för att orsaken till skrotning är känd.

Färgerna kan användas till sin fördel då defekten skall analyseras för att om färgen är blå så innebär det att den eventuella defekten befinner sig i eller runtomkring svetsen, i annat fall så befinner den sig utanför detta område.

Rör som markeras med blått och svart är 8A skrot och dessa är rören som sparas undan för vidare inspektion efter TO-körningen. Rören fångas upp i en separat ficka under körning där fallhöjden är låg för att hindra uppkomsten av fler defekter. Rent praktiskt görs detta genom att manuellt ändra skrottrörets bana med hjälp av kontrollpanelen.

3.3 Efter TO-körning

Själva analysen av skrotet skall utföras enligt mall 2 (se nedan) som konstruerats för detta ändamål. Första steget i analysen av ett skrotrör med 8A är att utföra en visuell inspektion. En visuell inspektion görs runtomkring röret där trackern har markerat för defekt. Här blir det aktuellt att först se efter vilken färg röret har markerats. Vid blå markering utförs den visuella inspektionen till sin fördel vid svetsen och vid svart markering görs inspektionen runt hela röret.

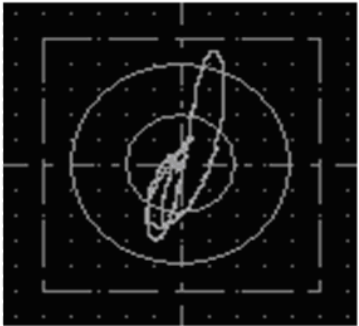
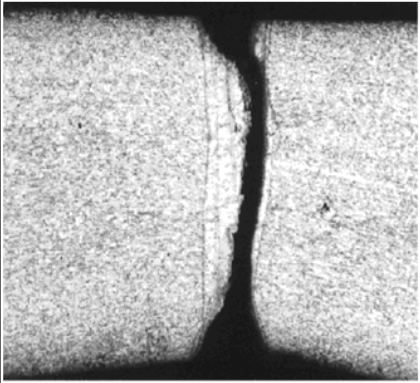
Om något synligt upptäcks så skall detta noteras och skrivs ner i ruta ett (1) i mallen, annars skrivs att inget konkret har påträffats.

Steg två i analysdelen är att undersöka signalen från ET-data som har sparats för varje enskild TO-körning och rör. Signalen kan berätta bland annat vad det är för typ av defekt som kan vara aktuellt att leta efter i ett senare steg. Detta kan vara exempelvis en invändig defekt som rot- och bindfel eller ett utvändigt fel som exempelvis ett svetsdike. Resultatet av signalanalysen skrivs i ruta två (2) i mallen.

Röret körs igenom en ET-testtrigg för att bekräfta signalen som erhöles från TO körningen och för att komplettera signalen. Om det visar sig att varken steg ett eller att ET-testtriggen visar någon som helst indikation av defekt så kan man dra den slutsatsen att röret har markerats på grund av felkällor under körningen. Då är det aktuellt att gå till mallen och se vad som hände innan och efter uppkomsten av 8A röret, det kanske går att exempelvis bekräfta att just i detta händelseförlopp vibrerade röret.

Mall 2: Analysmallen för ett av 8A rören som har analyserats.

Analys av skrotrör med 8A	
	TO-nummer: 4234867 Rör nummer: 13
1	<p>Visuell inspektion. Ett hål i svetsen syns tydligt.</p>
2	<p>Analys av ET data. ET-utrustningen är kalibrerad så att borrhål skall spika rakt upp parallellt med Y-axeln. Ur XY-diagrammet för ET-WLD ser man att signalen spikar relativt rakt upp som tyder på att ett genomgående hål finns i röret.</p>
3	<p>Material lab / röntgen / penetreringsprov. Provet skickas till material lab för vidare inspektion.</p>
4	<p>Analysera provresultat från materiallab och identifiera defekten. Resultatet från material labbet bekräftar visuella inspektionen och ET-signalen. Defekten är ett svetsfel iform av ett genomgående hål.</p>
5	<p>Koppla defekt till skrotkod. Från att ha varit 8A så kan man nu utdela röret dess riktiga skrotkod som är 5A.</p>

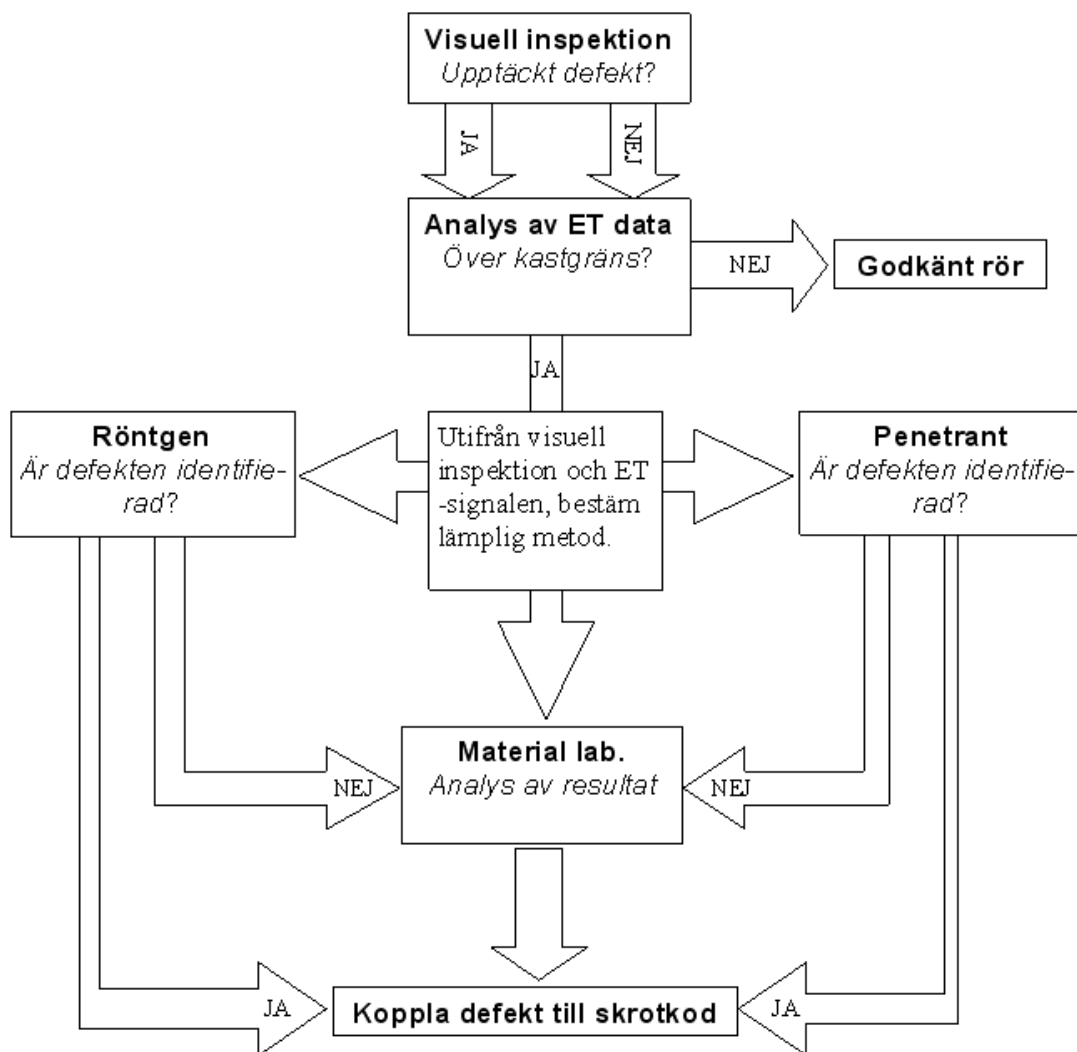



Resultatet från dessa föregående steg används för att ge vägledning för vilka defekter att leta efter med andra förstörande och oförstörande provningsmetoder som kompletterar ET-provning och visuell inspektion. Metoderna som finns tillgängliga hos OSTP är penetrantprovning, röntgen samt mikroskopi.

Om det visar sig att ET-signalen antyder på invändig defekt så kan det bli aktuellt att undersöka defektområdet med exempelvis röntgen. Om visuell inspektion och/eller ET-signal föreslår genomgående hål vid svetsen så blir det aktuellt att undersöka röret med hjälp av penetrantprovning. Vid samtliga fall kan det vara aktuellt att använda mikroskopi för att undersöka rören som ytterligare bekräftelse av föregående steg eller för att tidigare metoder inte kunde identifiera defekten. Detta blir i så fall sista steget i analysdel tre eftersom det är en förstörande provningsmetod.

Resultatet från steg tre skrivs i ruta tre (3) i mallen och en bild från röntgen/penetreringsprovning/mikroskopi bifogas till höger om rutan för att komplettera med en visuell bild av resultatet.

Steg fyra av fem av analysmetoden är att analysera resultatet från föregående stegs utvalda provningsmetod och identifiera defekten som resultatet visar. Utifrån steg fyra (4) kan sista steget göras för metoden som är att utdela röret sin riktiga skrotkod i ruta fem (5). Figur 3.1 nedan illustrerar flödesschemat över analysprocessen i sin helhet.



Figur 3.1: Flödesschema över "Analys av 8A" mallen.

4.0 Resultat

Utifrån avgränsningarna som bestämdes i början av projektet så var det tänkt att välja lämpliga kandidater för uppföljning ur olika dimensionsgrupper. Eftersom produktionen går efter kundprioritering kunde inte planen följas som det var tänkt. Till en början lyckades vi följa upp och samla 8A från tre av fyra kandidater av "mellan" dimensionsgruppen 64-80mm. Den större dimensionsgruppen 80-114mm är inte lika förekommande i produktionen på grund av lägre efterfråga och när dessa TO-körningar gick så kunde inte vi vara på plats. Den mindre dimensionen 42-64mm gick mot slutet av projektet och fyra körningar dokumenterades varav ett av dessa gav 8A skrot för vidare analys. Tabell 4.1 visar samtliga valda TO-kandidater och resultatet av dessa uppföljningar.

Nyckel

Material	Dim	VT
Duplex	Litet	Ohylat
Austenit	Medel	Hylat
	Stort	

TO	Stålkod	YD	VT	Plan. körv.	Kommentar	Stål
4026917	4162T	76,1	2,30	15	6st 8A med inga defekter	LDX 2101
4026994	4541T	76,1	4,00	15	4st 8A, 2 defekter 2 felsignaler	Ti-legerat
4027083	4404U	76,1	2,00	15	Utgår	Körd på natten Cr-Ni-Mo
4026833	4162T	76,1	2,30	15	Utgår	LDX 2101
4027179	4162T	76,1	2,30	15		LDX 2101
4027172	4162T	76,1	2,30	15	ev. natten	LDX 2101
4234568	Austenit	114,3	2,00	16	gick över helgen, ej på plats	
4234505	Austenit	114,3	2,00	16	gick över helgen, ej på plats	
4234444	4541	44,5	2,00	17	inget 8A, stop var 20 min	Ti-legerat
8200260	Test	48	1,80	18	inget 8A	LDX 2404
4234619	4162T	48,3	1,80	18	inget 8A	LDX 2101
4234867	4404	60,3	2,00	18	12 st 8A	Cr-Ni-Mo
4234394	4404	43	1,60	18	9 st 8A skrotrör felbuntade, åverkan?	Cr-Ni-Mo
4234710	4404U	60,3	3,60	19	inget 8A	Cr-Ni-Mo

Tabell 4.1: En sammanställande tabell över TO-körningar som har följts upp under projektet. Ur denna kan man se att majoriteten av planerade uppföljningar antingen fall ut på grund av olämpliga tider och dagar eller för att TO-körningen inte gav några 8A för vidare analys.

4.1 TO-Körning 1: Art Nr. 4026994

Materialtyp: Austenit
Dimension: 76,1mm diameter
Tjocklek: 4,0mm
Hyvlat/Ohyvlat: Hyvlat

4st 8A rör varav antal:
- Defekta rör: 2st
- Säkerhetsskrot: 1st
- felaktig skrotning: 1st

Under körningen noterades i TO-mallen att slipmaskin justerades vid klockan 13:01 på grund av slipbandet satt inte åt tillräckligt bra. Detta hade ingen betydelse för uppkomsten för 8A rör då dessa uppstod långt emellan denna händelse. Utöver detta så gjordes inga andra lägesförändringar som kan påverka 8A utfallet.

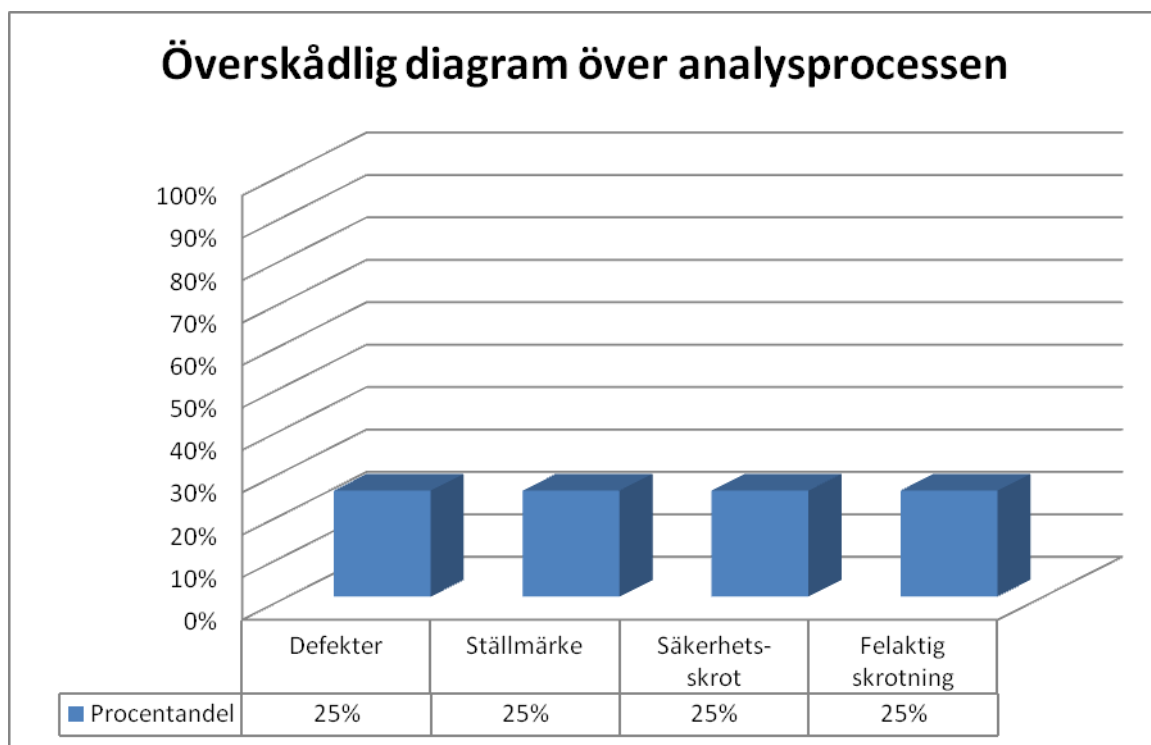


Diagram 4.1: Diagram över resultatet av analysprocessen för TO-körningen. Hälften av 8A skrotet var egentligen godkända rör.

Defekten som befann sig i ett av rören var ett ytfel som inte går att koppla till en process i produktionslinjen. Defekten kan möjligtvis ha funnits redan som inkommande material. Det andra röret som skrotades var på grund av ställmärke.

4.2 TO-Körning 2: Art Nr. 4026917

Materialtyp: Duplex

Dimension: 76,1mm diameter

Tjocklek: 2,3mm

Hyvlat/Ohyvlat: Ohyvlat

6st 8A rör varav antal:

- Defekta rör: 0st

- Säkerhetsskrot: 0st

- Felaktig skrotning: 6st

Under körningen noterades i TO-mallen att ET-WLD displayen visade ovanligt stabil signal för att vara duplex stålsort. När detta upptäcktes så gjordes en kontroll av ET-WLD utrustningen så att allt stod rätt till.

Det visade sig att givaren låg för högt ifrån provmaterialet och detta resulterade i ett okänsligt signalutslag. En justering gjordes så att givaren låg i rätt höjd för en säkrare och mer korrekt provning och då noterades i ET-WLD displayen att signalen började fånga upp mycket brus och störningar som i vissa fall översteg kastgränsen. För att motverka detta var man tvungen sänka förstärkningen av signalen för att ET-WLD inte skall skrota rör på grund av den magnetiska permeabiliteten från duplex.

Under detta händelseförlopp plockades 6st 8A rör för vidare analys.

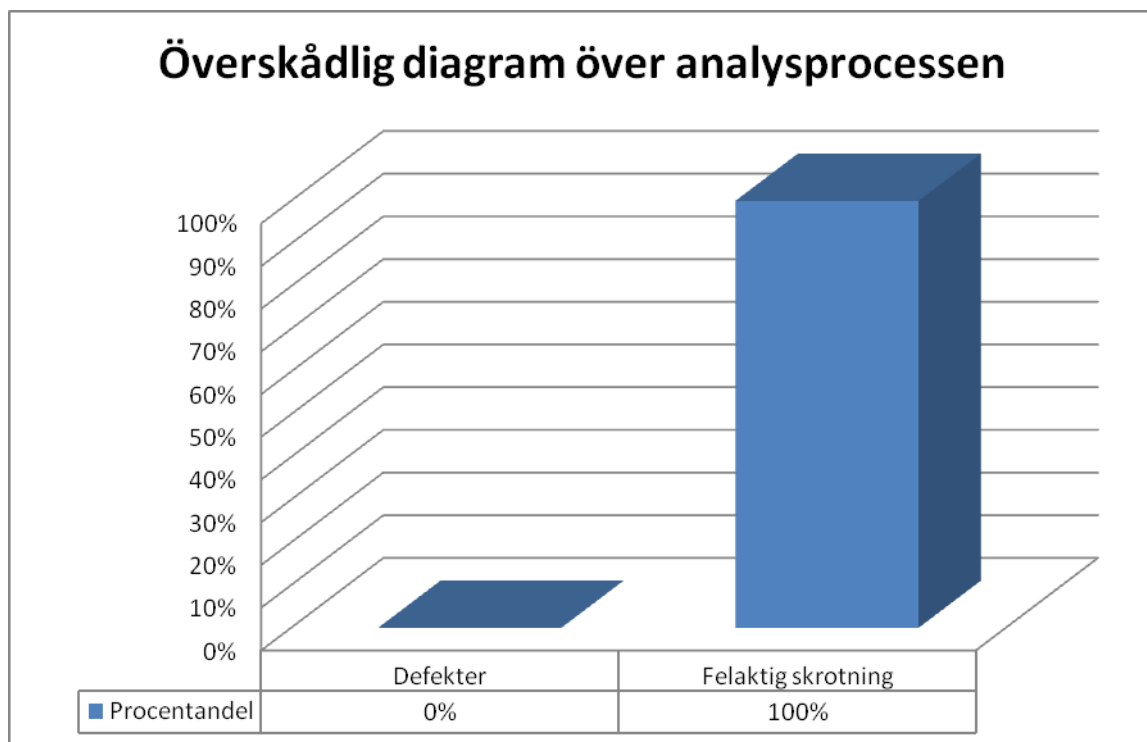


Diagram 4.2: Diagram över resultatet av analysprocessen för TO-körningen. Samtliga 8A rören var egentligen godkända rör.

Inget av rören innehöll defekter då orsaken till skrotningen berodde på att ET-WLD fångade upp mycket brus från duplexa materialet.

4.3 TO-Körning 3: Art Nr. 4234394

Materialtyp: Austenit

Dimension: 43,0mm diameter

Tjocklek: 1,6mm

Hyvlat/Ohyvlat: Ohyvlat

9st 8A rör varav antal:

- Defekta rör: 0st

- Säkerhetsskrot: 4st

- Felaktig skrotning: 5st

TO-körningen stoppades klockan 17.55 (vid rör nummer 94) för att kontrollera svetsen och under detta stopp gjordes justeringar på stödrulle till slipmaskin för att röret inte stöddes ordentligt. Detta resulterade till att ET-WLD signalen fångade upp mindre brus från vibrationerna och provningen blev mer säker.

Klockan 18.46 började ET-WLD displayen tala om att något inte stod rätt till och när utrustningen kontrollerades så kunde vibrationer kännas ifrån stativet. Ihop med detta så kunde även vibrationer från röret noteras som orsakades från att stödrullen inte satt åt ordentligt.

Klockan 18.50 (vid rör nummer 97) höjdes stödrullen för slipmaskinen för att förhindra vibrationer. Stödrullen ligger under röret och när denna höjs för att stöda röret så närmar sig röret ET-givaren som i sin tur leder till att givaren ligger för nära och blir väldigt känslig. Detta skedde vid denna justering och då började ET-WLD skrota rör på grund av mer brus och högre känslighet. För att motverka detta så höjdes ET-givaren i sin tur till rätt höjd för att få rätt kalibrering med avseende på höjd och då försvann även bruset och störningarna.

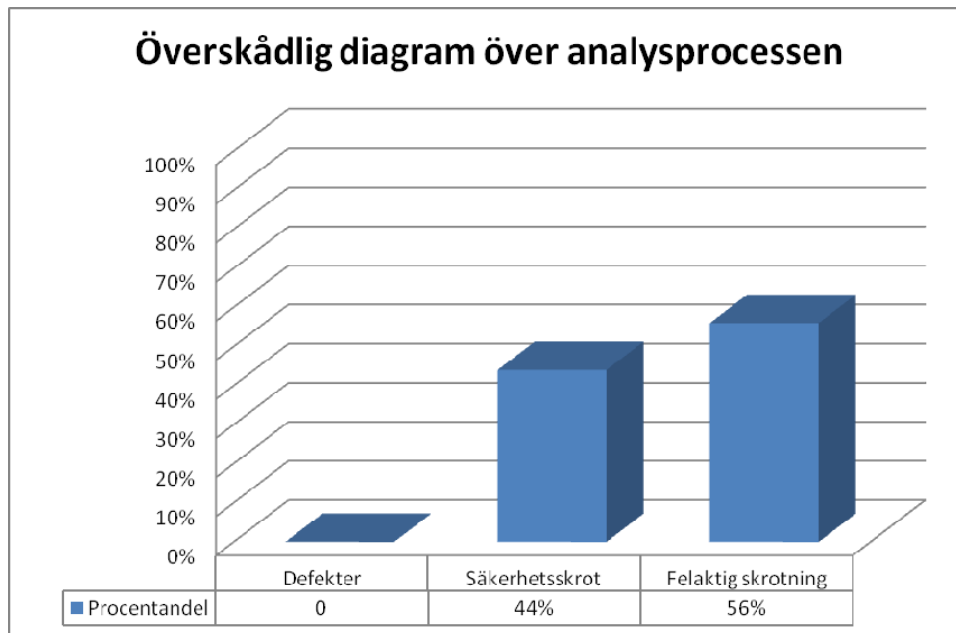


Diagram 4.3: Diagram över resultatet av analysprocessen för TO-körningen. Samtliga 8A rören var egentligen godkända rör varav ett var ett gränsfall. Säkerhetsskrot fördubblar kostnaden för felaktig skrotning då signalen befinner sig nära ändan av röret.

4.4 TO-Körning 4: Art Nr. 4234867

Materialtyp: Austenit
Dimension: 60,3mm diameter
Tjocklek: 2,0mm
Hyvlat/Ohyvlat: Ohyvlat

12st 8A varav antal:
- Defekta rör: 1st
- Säkerhetsskrot: 4st
- Felaktig skrotning: 7st

Under körningen gjordes inga lägesförändringar som kan ha påverka uppkomsten av 8A.

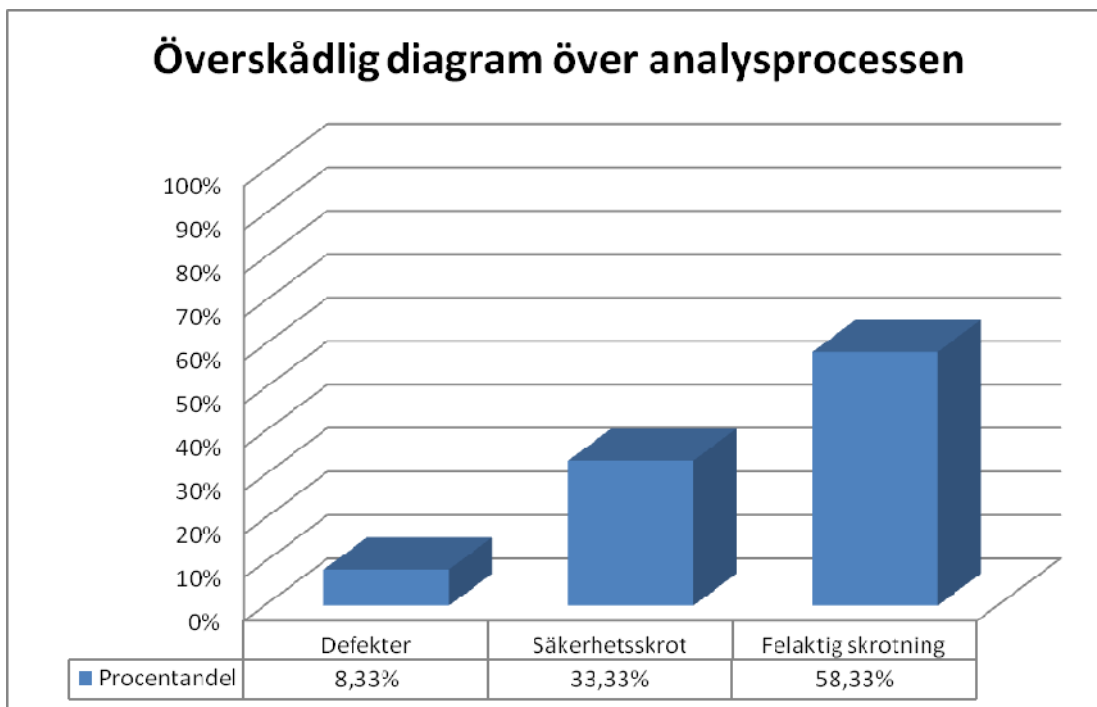


Diagram 4.4: Diagram över resultatet av analysprocessen för TO-körningen. Ett av rören innehöll en riktig defekt i form av genomgående hål i svetsen.

Defekten som påträffades var ett genomgående hål (se appendix TO-körning 4 rör 13) som upptäcktes redan vid visuell inspektion. ET-signalen föreslog också ett genomgående hål och utifrån dessa två steg beslöt att skicka prov av defektområdet direkt till materiallaborationen för vidare analys. Resultatet bekräftade att röret innehöll genomgående hål vid svetsen.

4.5 Sammanställande resultat

Resultat för samtliga TO-körningar presenteras i form av stapeldiagram. Majoriteten av rören som skrotades för 8A i dessa TO-körningar som följdes visade sig vara godkända rör.

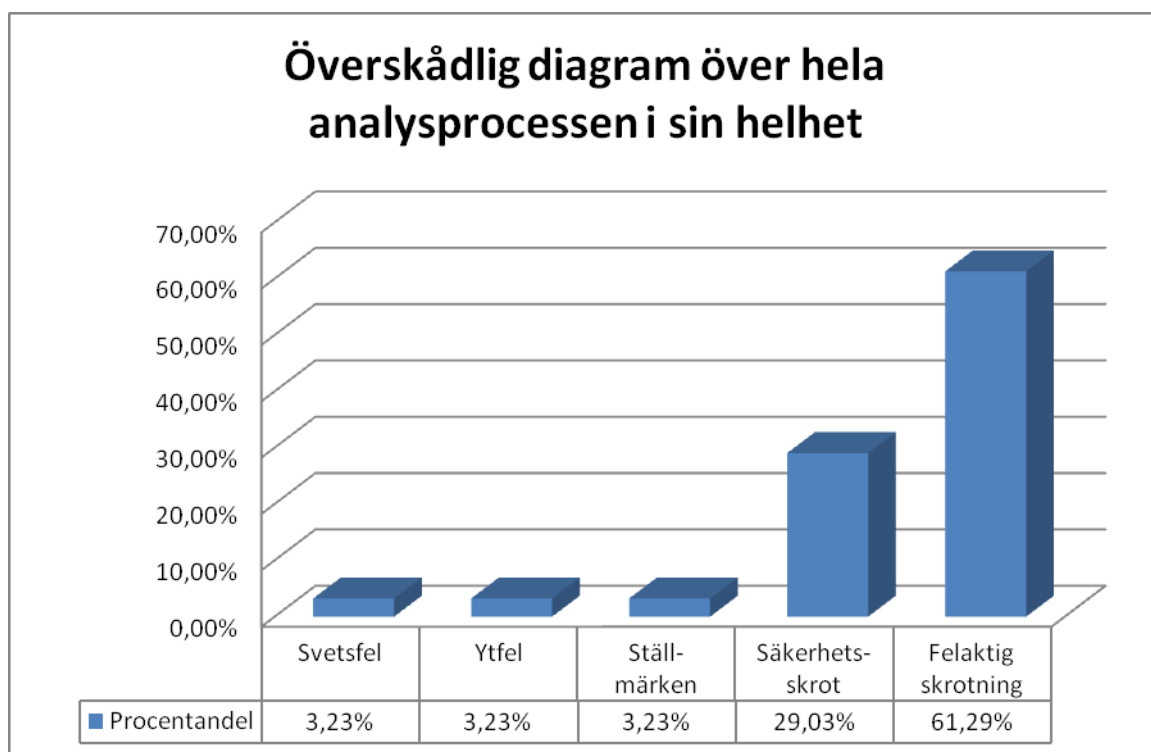


Diagram 4.5: Bara 3 av 31 rören var defekta och skrotades korrekt. Resterande 8A rör skrotades av olika anledningar, främst på grund av störkällor för ET-WLD.

En stor andel av rören som inte innehöll defekter skrotades som säkerhetsskrot, som egentligen är inte felaktigt i sig. I samtliga fall för dessa TO-körningar var säkerhetsskrotet ett följdfejl av att ET-WLD skrotade på grund av störningar. Genom att minska felaktig skrotning så minskar säkerhetsskrotet likaså, och då förbättras kvalitetsutbytet betydligt mer.

Ett överskådligt diagram över hur ET-WLD skrotar rör finns på nästa sida (Diagram 4.6). Data för detta diagram har plockats ut ur analysprocessen för TO-körningarna tre och fyra. Föregående TO-körningar gick inte att kontrollera eftersom programvaran i detta skede inte fungerade korrekt och till följd av detta sparades inte ET-WLD signalerna för att kunna ta med dessa i beräkningen. Skrotning på grund av störningar omfattar enbart rör som har överstigit kastgränsen och inte säkerhetsskrot.

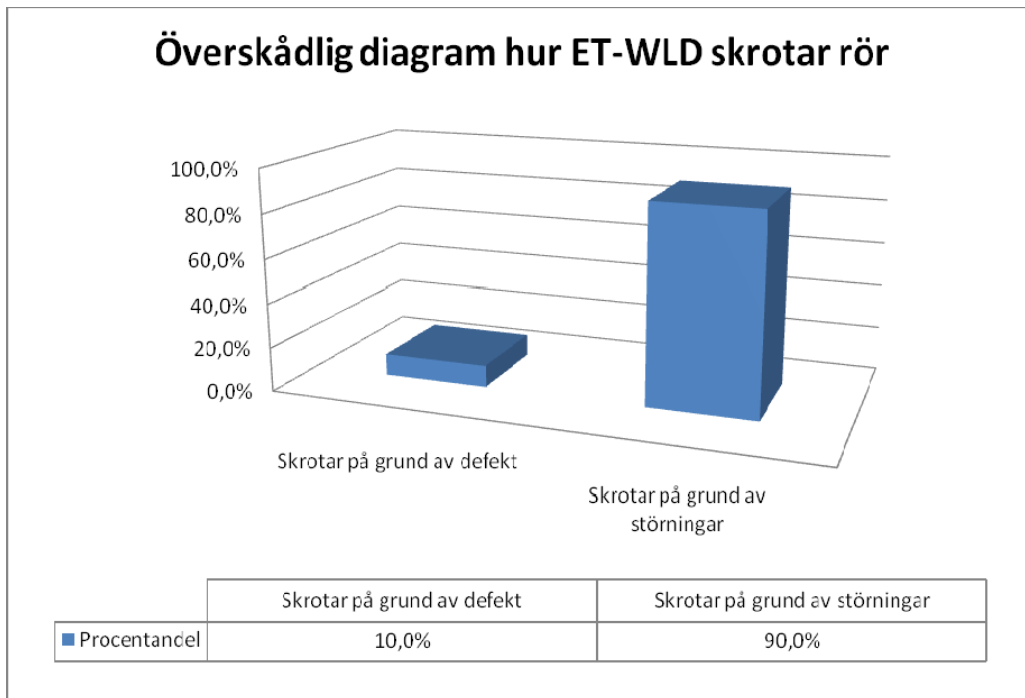


Diagram 4.6: En av tio ET-WLD signaler som översteg kastgräns var korrekta. Resterande uppstod på grund av felkällor och störningar.

Att skrota på grund av störningar är inte produktionseffektivt och problemet förvärras då en felaktig ET-signal sker vid ena ändan röret. Då skrotat även efterföljande rör på grund av att trackern har felmarginaler som kan betyda att defekten ligger utanför färgmarkering, därav uppkomsten av säkerhetsskrot.

5. Diskussion

I detta kapitel diskuteras resultatet och förslag på förbättringar föreslås utifrån detta.

5.1 svar på frågeställningar

Vilka arbetsrutiner skall vi använda oss av för att komma åt eventuella defekterna som döljer sig bakom skrotkod 8A?

- Genom att standardisera ett arbetssätt enligt kapitel 3.1-3.3 så kunde vi succesivt uppfylla huvudsyftet i projektet, som var att identifiera defekterna som befann sig bakom 8A rören.

Vilka parametrar/faktorer är lämpliga att ta hänsyn till under en TO körning?

- Med utgångspunkt enligt hypotesen ” Tre fjärdedelar av rören som skrotas med skrotkod 8A innehåller inte defekter av storlek som överskrider kundkraven” var det lämpligt att intervjua operatörer och OFP-avdelningen om vad de tror att påverkade 8A utfallet. Utifrån detta och egna förslag konstruerades mallen enligt kapitel 3.1.

Vilken datainsamlingsmetod skall användas för att dokumentera dessa parametrar/faktorer under en TO körning och hur görs detta på ett effektivt sätt?

- Enligt kapitel 3.1.

Är det nödvändigt att fånga upp rör med skrotkod 8A under TO körning så att inte nya defekter introduceras till röret då dessa faller ner i bland annat skrot i vanliga fall?

- Ja det ansågs vara det och detta löstes genom att styra 8A skrot till sin separata ficka med låg fallhöjd under TO-körningen.

Är det nödvändigt att stämpla rören med ID som talar om lämplig information, exempelvis tid och nummerordning för defektens uppkomst?

- Produktionslinjen gjorde detta automatiskt och vidare åtgärder var inte nödvändigt.

5.2 Diskussion kring hypoteser

- Tre fjärdedelar av rören som skrotas med skrotkod 8A innehåller inte defekter av storlek som överskrider kundkraven.

Detta låg väldigt nära utfallet för skrotet som samlades under projektet. I detta fall var det nio tiondelar som skrotades felaktigt men om detta är representativt för produktionslinjen i sin helhet är går inte att sägas med tanke på den relativt låga mängden skrot som analyserats.

- Uppkomsten av skrotkod 8A kan förminskas med hjälp av att optimera ET inställningar för svetsen.

Detta påstående stämmer delvis. Om ET-WLD skulle användas för sitt riktiga syfte som är att upptäcka hål i röret innan den passerar ugnen (för att förhindra explosion mm.) så kan 8A skrot minskas.

Som det är nu så skrotas ET-WLD även för små defekter som inte är farliga ur säkerhetssynpunkt. När provningen är väldigt känslig för störningar så finns det väldigt stor risk att signalen passerar den lägsta kastgränsen och då skrotas röret felaktigt. ET-OMS fungerar betydligt för att upptäcka riktiga defekter än ET-WLD så att om uppgiften för att hitta dessa mindre defekter lämnas över till ET-OMS så kan 8A skrot minskas.

- Majoriteten av defekterna som finns i rör med skrotkod 8A består av rot och bindfel.

Enbart ett riktigt svetsfel har påträffats av trettioen analyserade rör.

- En del av uppkomsten av skrotkod 8A beror på variationer i materialets struktur och dimension.

Betydelsen av variationer i materialets geometri och struktur har stor inverkan på provning av duplexa material för ET-WLD. Då materialet inte mätnadsmagnetiseras så ligger virvelströmmarna väldigt ytligt och då blir signalen väldigt känslig för små variationer. Detta upplevdes vid TO-körning 2 då samtliga rör kasserades av denna anledning.

5.3 Förslag till förbättringar

Utifrån resultatet förslås möjliga förbättringsförslag som har bra möjligheter att förminska felaktig skrotning och därmed 8A.

5.3.1 Eliminera vibrationer

Felorsaken till att 8A rör skrotas felaktigt beror främst på ET-WLD provningen. Detta beror på att flera olika faktorer, där vibrationer är den största. Vid fallet för TO-körning 3 så fanns det stora beskyrmed med att få stödrullen till slipmaskinen att stöjda röret. När denna inte gjorde det så började röret att vibrera som ledde till att rör börjades skrotas av ET-WLD på grund av störningar.

För att förhindra detta problem så finns det några varianter och kombinationer som kan tillämpas:

- 1) Förstärk stödrullen med fler stödrullar. För tillfället så finns det en stödrulle som stödjer röret och denna ger efter vid högre tryck från slipmaskinen. Om man skulle tillsätta några till som stöder underifrån och en ovanifrån så kan majoriteten av vibrationerna elimineras.
- 2) Installera accelometer. Detta kan användas för att monitorera vibrationer på röret för att sedan ge exempelvis en varning när vibrationerna börjar närma sig en gräns som kan störa ET-WLD.

- 3) En kombination av båda. Detta skulle vara idealet för då vet man i all säkerhet att vibrationer inte stör provningen samtidigt som stödrullarna säger till att dessa inte uppstår.

Ett annat problem som har noterats är att stativet och givarhållaren för ET-WLD är väldigt ostabil. Detta ger störningar till ET-WLD av likande karaktär som vibrationer i röret. För att förhindra störningar från dessa kan följande förbättringar göras:

- 1) Byt ut stativet till en mer robust variant. Den nyvarande står inte stabilt på golvet och man känner av hur lätt den rör på sig. En mer robust stativ skulle förhindra stativet från att vibrera på grund av kringvarande störningar.
- 2) En accelometer kan sättas på stativet för att mäta vibrationer som sedan ger varning på liknande sätt som för röret.
- 3) Automatisera justering av ET-WLD givaren.

5.3.2 Mättnadsmagnetisera vid ET-WLD

Vid tillverkning av duplex rör så finns det störningar i materialet som påverkar ET-WLD till skillnad från ET-OMS. Detta beror på att ET-WLD inte mättnadsmagnetiserar röret som ET-OMS gör, vilket leder till att virvelströmmarna ligger väldigt ytligt på testmaterialet. Då blir provningen väldigt känsligt för små variationer samtidigt som inträngningsdjupet blir väldigt dåligt(1). I fallet för TO-körning 2 skrotade ET-WLD 100% av 8A rören på grund av avsaknad av mättnadsmagnetisering.

5.3.3 Optimera ET-WLD inställningar

För att förminska 8A kan även systemet ändras på hur rör skrotas för defekter. Som tidigare nämnts så skrotar ET-WLD för defekter som inte är en fara ur säkerhetssynpunkt. Om man kalibrerar ET-WLD att enbart reagera på defekter som är genomgående och därmed fara ur säkerhetssynpunkt så blir brus och störningar ett mindre problem för felaktig skrotning. ET-OMS är kalibrerad att upptäcka defekter av storlek som ej uppfyller kundkrav och gör det med bra precision. Att lämna över denna uppgift helt och hållet skulle förminska 8A och därmed förbättra kvalitetsutbytet.

Referenser

(1) -

<http://www.ndt-ed.org/EducationResources/CommunityCollege/EddyCurrents/Introduction/IntroductiontoET.htm> - (23 maj 2011)

(2) - Anders Rosell

(3) -

Bohman, J. Hedlund, B. Moberg, B. Pettersson, B. Zetterberg, B. 1996: Oförstörbar provning, Stockholm

(4) -

Bohman, J. Hedlund, B. Moberg, B. Pettersson, B. Zetterberg, B. 1996: Oförstörbar provning, Stockholm

(5) -

<http://www.outokumpu.com/About-stainless/Steel-Properties/Austenitic/> - (16 juni 2011)

(6) -

http://www.outokumpu.com/applications/upload/pubs_1049240.pdf - (17 juli 2011)

Bilaga 1: mall under TO-Körning

Följande tabeller användes under TO-körning för att följa upp faktorer som kan påverka uppkomsten av 8A.

Tillverkningsorder				
Art.nummer:				
YD:				
Material:				
Parameter/justering/faktor <small>(möjlig faktor som påverkar 8A)</small>	Ja/nej/på/av/förändring <small>(lägesförändring)</small>	Storlek av förändring <small>(exempel: justera 3 varv motsols etc.)</small>	Tid för händelse Klockslag tt:mm:ss	Ev. motivering/kommentar till justering
Stillastående produktion				
Nr				
1				
2				
3				
4				
5				
Magnet för omslutande ET				
Nr				
1				
2				
3				
4				
5				
Stödruhle: Glödning				
Nr				
1				
2				
3				
4				
5				
Hyveln				
Nr				
1				
2				
3			Enligt svetsprotokoll	
4				
5				
Svets				
Nr				
1				
2				
3			Enligt svetsprotokoll	
4				
5				

Sida 1

Tillverkningsorder				
Art.nummer:				
YD:				
Material:				
Parameter/justering/faktor	Ja/nej/på/av/förändring av läge	Storlek av förändring	Tid för händelse	Ev. motivering/kommentar till justering
Stödruhle: Slipmaskin				
Nr				
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
Slipmaskin				
Nr				
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				

Sida 2

Tillverkningsorder

Artnummer:				
YD:				
Material:				
Parameter/justering/faktor	Ja/nej/på/av/förändring	Storlek av förändring	Tid för händelse	Ev. motivering/kommentar till justering
Stativ för ET-svets				
Nr				
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
Hastighet vid ET-svets:				
Nr				
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
Materialdefekter:				
Nr				
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

Sida 3

Bilaga 2: Mall för Analysprocessen

Analys av skrotrör med 8A	
TO-nummer:	Rör nummer:
1	Visuell inspektion.
2	Analys av ET data.
3	Materiallab / röntgen / penetrantprovning.
4	Analysera provresultat från materiallab och identifiera defekten.
5	Koppla defekt till skrotkod.


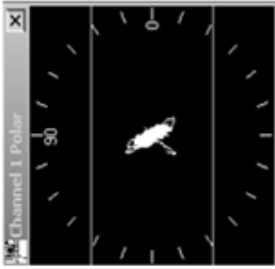
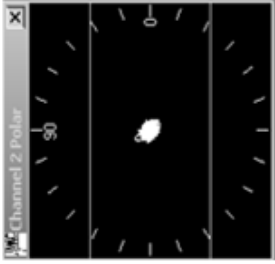
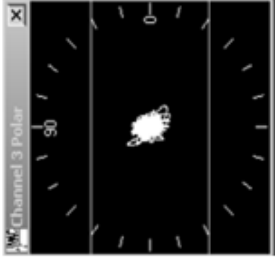
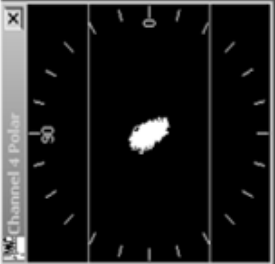
infoga ET signal

infoga materiallab / röntgen



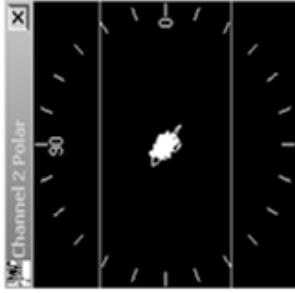

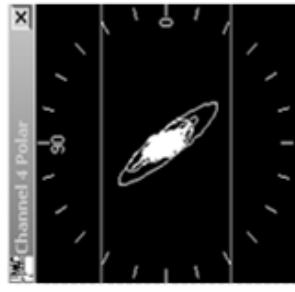
Appendix

TO-Körning 1: Art Nr. 4026994

Analys av skrotrör med 8A

TO-nummer: 4026994 Rör nummer: 11	
1	<p>Visuell inspektion.</p> <p>Inga synliga defekter påträffats. Röret har markerats av ET-WLD.</p> <p>Orsak till skrotning: Störningar har påverkat ET-WLD.</p>
2	<p>Analys av ET data</p>
ET- Testrigg	
Kanaler	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>XY-signal kanal 1</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>XY-signal kanal 2</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>XY-signal kanal 3</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>XY-signal kanal 4</p> </div> </div>
<p>ET-provningen bekräftar att röret inte innehåller någon defekt.</p>	

Analys av skrotrör med 8A

TO-nummer: 4026994 Rör nummer: 17	
1	<p>Visuell inspektion.</p> <p>Röret har markerats at ET-WLD och bandkanten är dålig längst svetsen.</p>
	<p>Kommentar:</p> <p>Röret är Defekt</p> <p>Orsak till skrotning: Defekt som uppstått "utfifrån" eller av att valsarna har tryckt för hårt på röret.</p>
2	Analys av ET data
ET- Testrigg	
Kanaler	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>XY-signal kanal 1</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>XY-signal kanal 2</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>XY-signal kanal 3</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>XY-signal kanal 4</p> </div> </div>
	<p>ET-provningen bekräftar att röret innehåller en defekt som ligger utvändigt.</p>

Analys av skrotrör med 8A

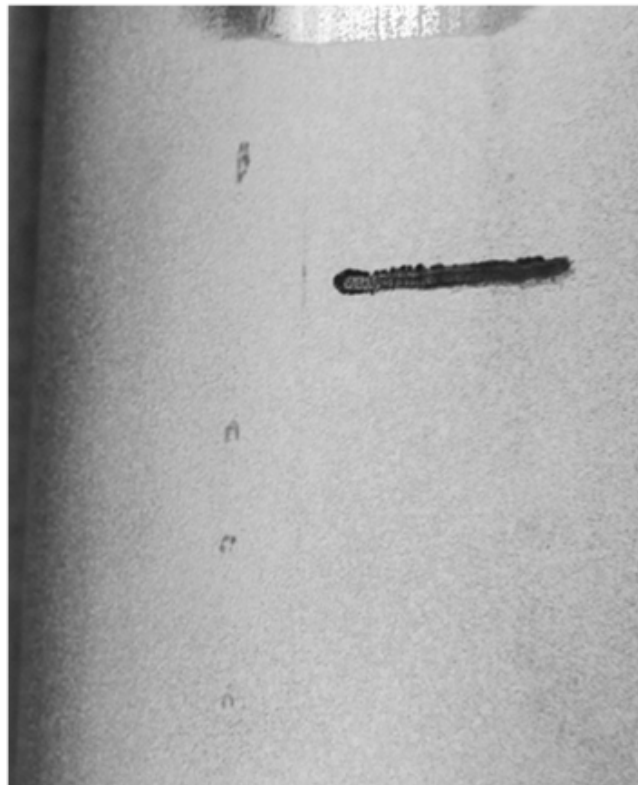
TO-nummer: 4026994

Rör nummer: 17

3 Röntgen + penetreringsprovning

Det enda som är känt är att defekten ligger utvändigt och därför valde vi att börja röntga röret efter defekter längst markeringen. Röntgen upptäckte inga defekter, analysen fortsattes med penetreringsprovning.

4 Resultat från penetreringsprovning



Penetreringsprovningen visar att det eventuellt finns små sprickor på ytan längst svetsen. Analysen avslutat med att skicka prov av detta område till material lab.

Analys av skrotrör med 8A

TO-nummer: 4026994

Rör nummer: 17

3 Material lab resultat



→
Defekt

Makro 50x Direkt yta.

En makro bild med 50x förstoring togs över ytan.
Vid markering visas defektområdet som ligger strax utanför svetsen.

Analys av skrotrör med 8A

TO-nummer: 4026994

Rör nummer: 17

3 Material lab resultat



En tvärsnittsbild med 400x förstoring togs över defektområdet. Början till defekten är synlig i form av små gropar vid ytan.

Analys av skrotrör med 8A

TO-nummer: 4026994

Rör nummer: 17

3 Material lab resultat

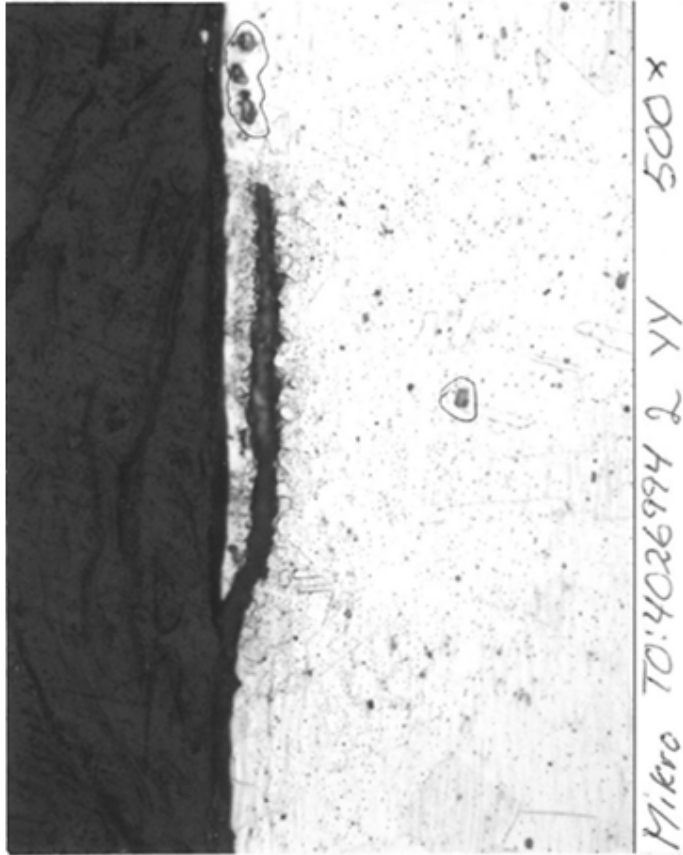






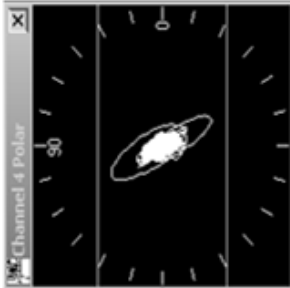
Bild på defekten som gjorts sig synlig efter att nytt tvärsnitt gjorts djupare in materialet från föregående bild. 500x förstoring.

4 Analys från material lab



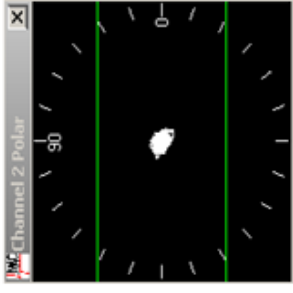


Defekten som döljde bakom 8A röret är fortfarande okänt, förmodligen har defekten kommit utifrån.

Ett annat alternativ är att defekten har skapats genom att valsarna har tryckt åt röret så pass hårdt att materialet har smetats över som ett "tak".

Analys av skrotrör med 8A

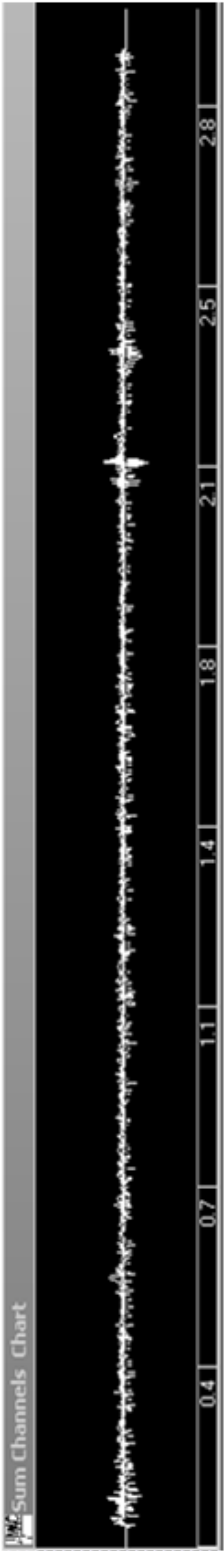

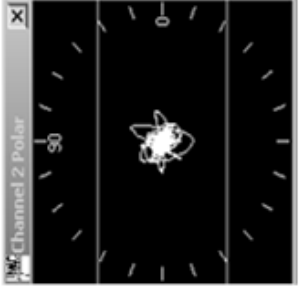

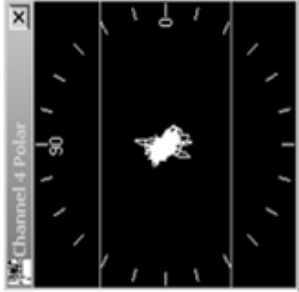
TO-nummer: 4026994		Rör nummer: 90	Kommentar:	
1		Visuell inspektion.	Röret är Defekt Orsak till skrotning: Ställmärke.	
2		Analys av ET data		
ET- Testrigg				
Kanaler				
	XY-signal kanal 1	XY-signal kanal 2	XY-signal kanal 3	XY-signal kanal 4
ET testrigg bekräftar att röret innehåller defekt som ligger utvändigt.				

Analys av skrotrör med 8A

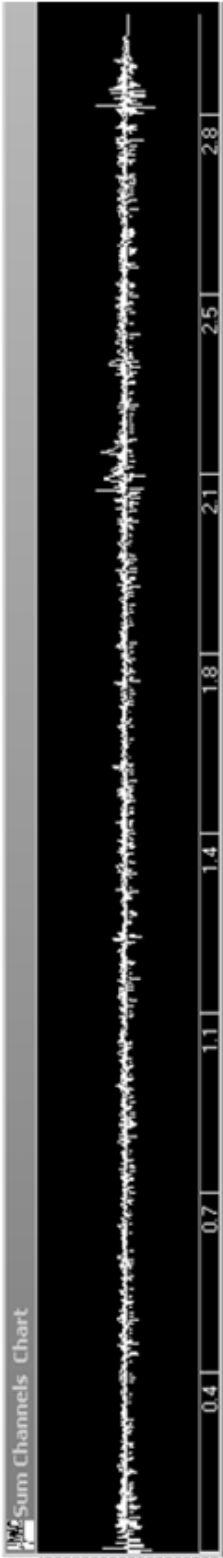

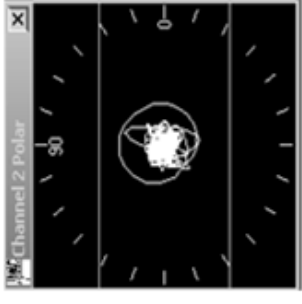
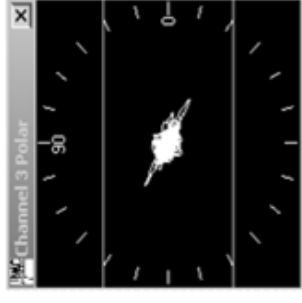
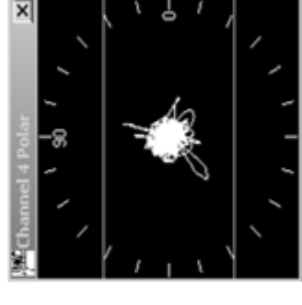
TO-nummer: 4026994		Rör nummer: 91
1	Visuell inspektion.	Kommentar: Röret är godkänd. Orsak till skrotning: Säkerhetskrot.
2	Analys av ET data	
ET- Testrigg		
Kanaler	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  XY-signal kanal 1 </div> <div style="text-align: center;">  XY-signal kanal 2 </div> <div style="text-align: center;">  XY-signal kanal 3 </div> <div style="text-align: center;">  XY-signal kanal 4 </div> </div>	
ET testrigg bekräftar att röret innehåller ingen defekt som överskrider kastgräns.		

TO-Körning 2: Art Nr. 4026917

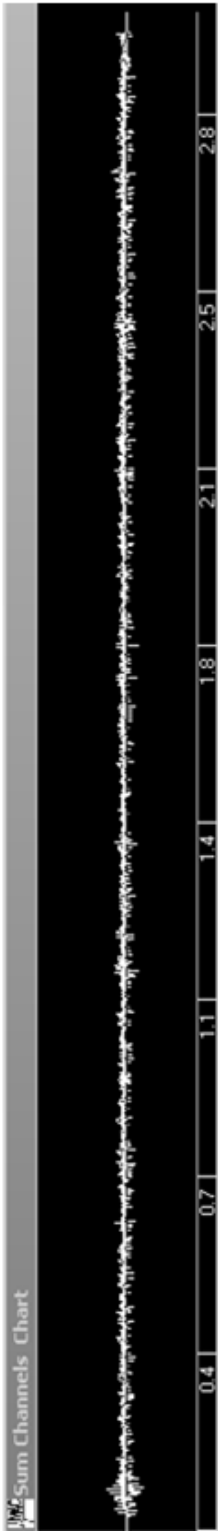

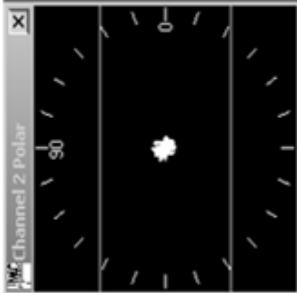


Analys av skrotrör med 8A

TO-nummer: 4026917 Rör nummer: 601	
1	<p>Visuell inspektion.</p> <p>Finns inga synliga defekter.</p>
	<p>Kommentar:</p> <p>Röret är godkänd.</p> <p>Orsak till skrotning: ET-WLD störs av den magnetiska permeabiliteten från duplex.</p>
2	<p>Analys av ET data</p>
ET- Testrigg	
Kanaler	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;">  <p>XY-signal kanal 1</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>XY-signal kanal 2</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>XY-signal kanal 3</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>XY-signal kanal 4</p> </div> </div>
	<p>ET-provningen bekräftar att röret inte innehåller defekter som överskrider kastgränsen.</p>

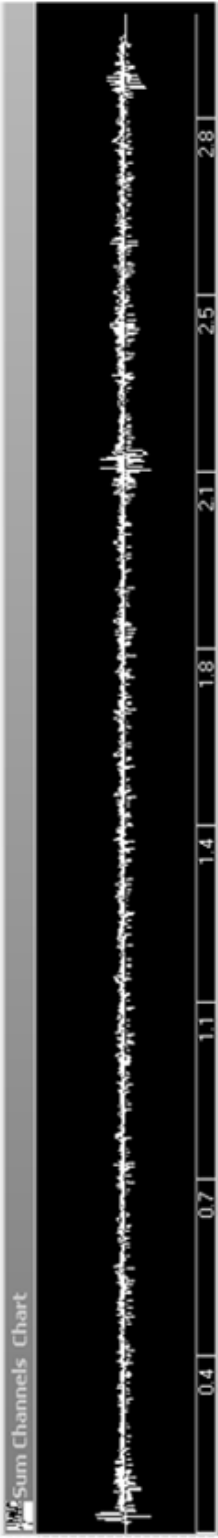

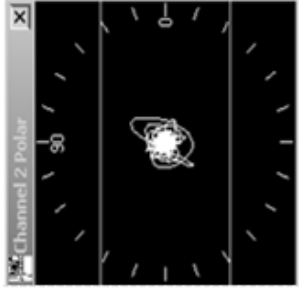
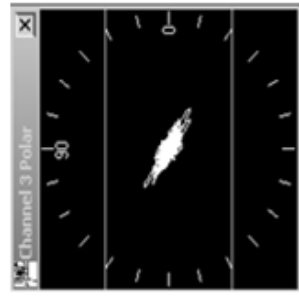

Analys av skrotrör med 8A

TO-nummer: 4026917		Rör nummer: 607
1 Visuell inspektion.		Kommentar:
Finns inga synliga defekter.		Röret är godkänt. Orsak till skrotning: ET-WLD störs av den magnetiska permeabiliteten från duplex.
2		Analys av ET data
ET- Testrigg		
Kanaler	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>XY-signal kanal 1</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>XY-signal kanal 2</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>XY-signal kanal 3</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>XY-signal kanal 4</p> </div> </div>	
ET-provningen bekräftar att röret inte innehåller defekter som överskrider kastgränsen.		

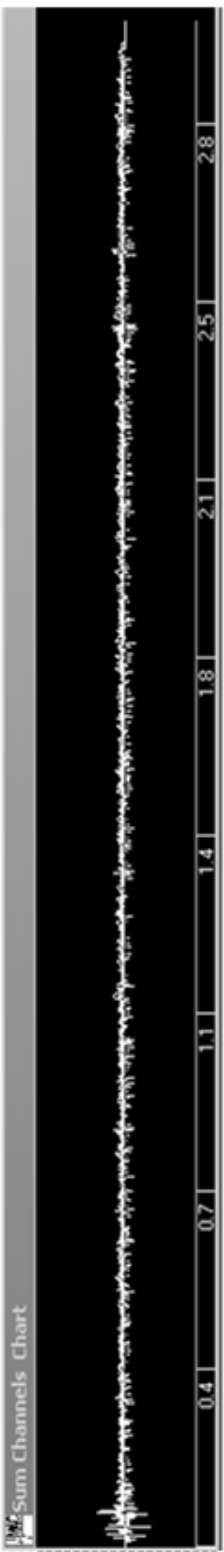

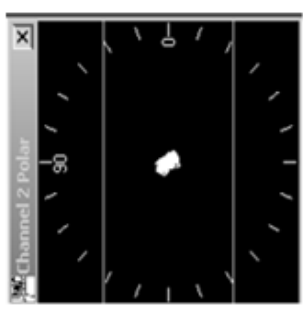

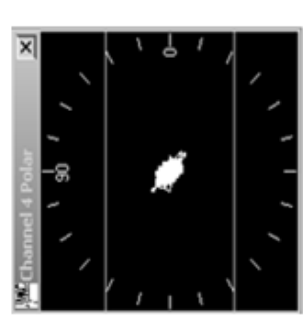
Analys av skrotrör med 8A

TO-nummer: 4026917 Rör nummer: 608	
1	<p>Visuell inspektion.</p> <p>Finns inga synliga defekter.</p>
<p>Kommentar:</p> <p>Röret är godkänd.</p> <p>Orsak till skrotning: ET-WLD störs av den magnetiska permeabiliteten från duplex.</p>	
2	<p>Analys av ET data</p>
ET- Testrigg	
Kanaler	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>Channel 1 Polar</p> <p>XY-signal kanal 1</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Channel 2 Polar</p> <p>XY-signal kanal 2</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Channel 3 Polar</p> <p>XY-signal kanal 3</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Channel 4 Polar</p> <p>XY-signal kanal 4</p> </div> </div>
<p>ET-provningen bekräftar att röret inte innehåller defekter som överskrider kastgränsen.</p>	

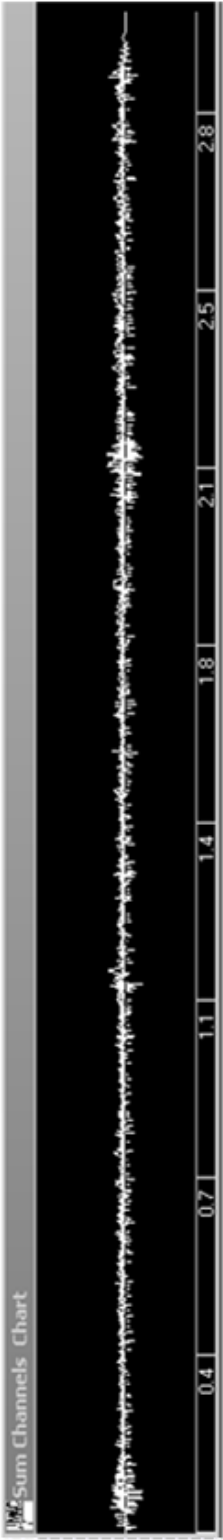

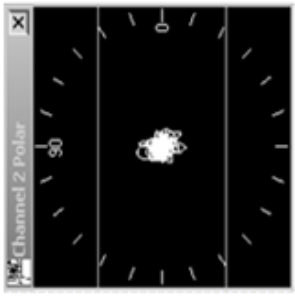

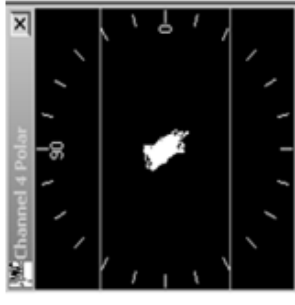
Analys av skrotrör med 8A

TO-nummer: 4026917		Rör nummer: 609
1	<p>Visuell inspektion.</p> <p>Finns inga synliga defekter.</p>	<p>Kommentar:</p> <p>Röret är godkänt.</p> <p>Orsak till skrotning: ET-WLD störs av den magnetiska permeabiliteten från duplex.</p>
2	Analys av ET data	
ET- Testrigg		
Kanaler	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>Channel 1 Polar</p> <p>XY-signal kanal 1</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Channel 2 Polar</p> <p>XY-signal kanal 2</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Channel 3 Polar</p> <p>XY-signal kanal 3</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Channel 4 Polar</p> <p>XY-signal kanal 4</p> </div> </div>	
<p>ET-provningen bekräftar att röret inte innehåller defekter som överskrider kastgränsen.</p>		

Analys av skrotrör med 8A

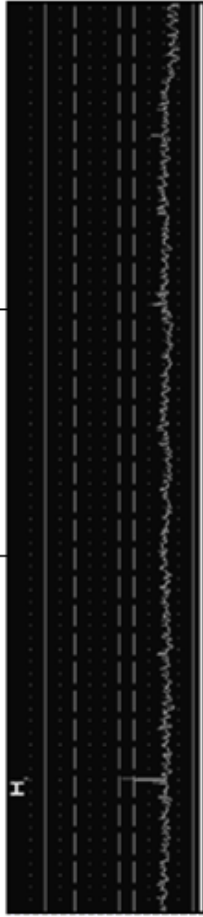
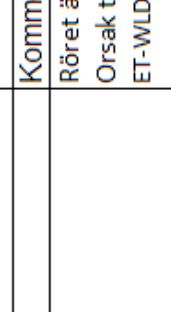

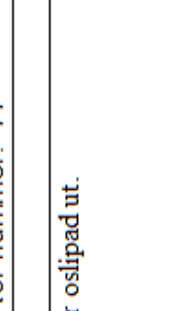
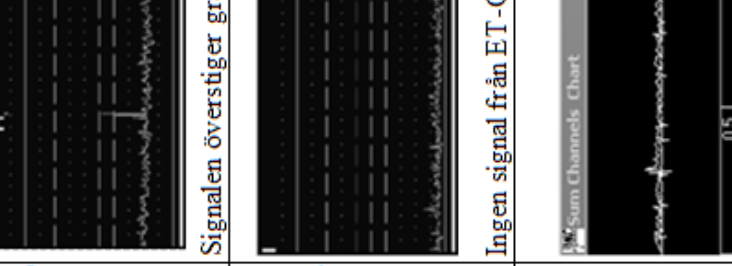
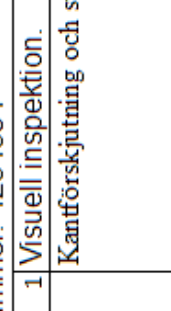
TO-nummer: 4026917		Rör nummer: 610
1	Visuell inspektion. Finns inga synliga defekter.	Kommentar: Röret är godkänd. Orsak till skrotning: ET-WLD störs av den magnetiska permeabiliteten från duplex.
2	Analys av ET data	
ET- Testrigg		
Kanaler	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>XY-signal kanal 1</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>XY-signal kanal 2</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>XY-signal kanal 3</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>XY-signal kanal 4</p> </div> </div>	
ET-provningen bekräftar att röret inte innehåller defekter som överskrider kastgränsen.		

Analys av skrotrör med 8A

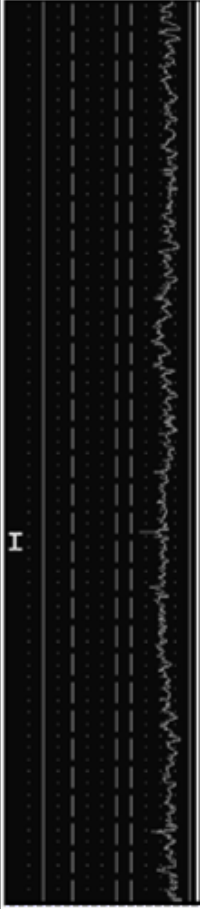



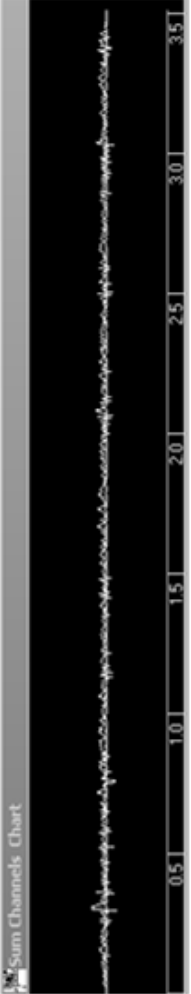

TO-nummer: 4026917		Rör nummer: 611
1	Visuell inspektion. Finns inga synliga defekter.	Kommentar: Röret är godkänd. Orsak till skrotning: ET-WLD störs av den magnetiska permeabiliteten från duplex.
2	Analys av ET data	
ET- Testrigg		
Kanaler	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>XY-signal kanal 1</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>XY-signal kanal 2</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>XY-signal kanal 3</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>XY-signal kanal 4</p> </div> </div>	
ET-provningen bekräftar att röret inte innehåller defekter som överskrider kastgränsen.		

TO-Körning 3: Art Nr. 4234394

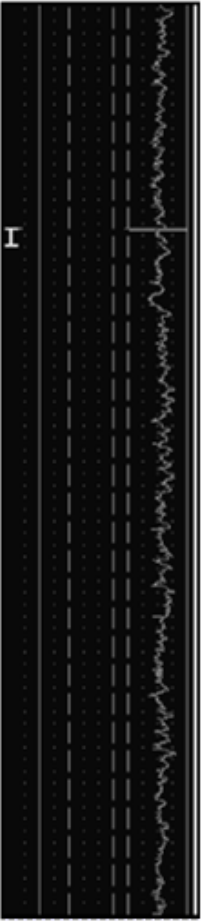

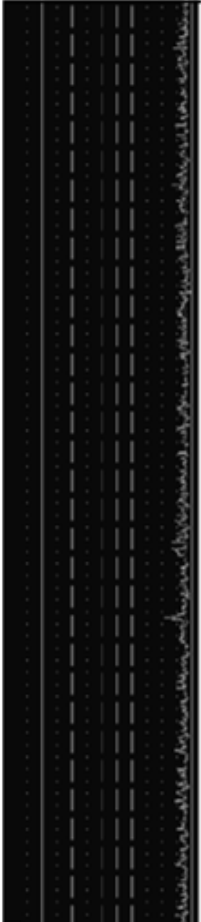

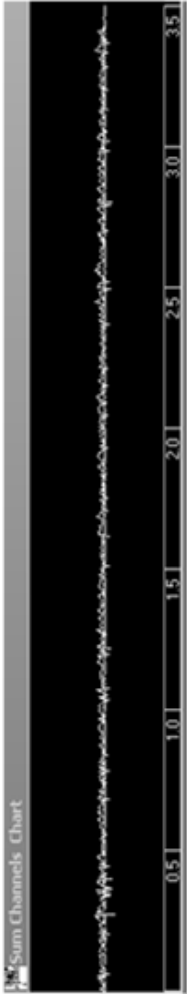

Analys av skrotrör med 8A

TO-nummer: 4234394		Rör nummer: 77
1	Visuell inspektion. Kantförskjutning och svetsen ser oslipad ut.	Kommentar: Röret är godkänt. Orsak till skrotning: Störningar har påverkat ET-WLD.
2	Analys av ET data.	
ET-WLD	 <p>Signalen överstiger gränsvärdet vid markeringen.</p>	 <p>XY-signal ET-WLD</p>
ET-OMS	 <p>Ingen signal från ET-OMS som överstiger gränsvärdet.</p>	 <p>XY-signal ET-OMS</p>
ET-Testrigg	 <p>ET-provningen bekräftar att röret inte innehåller någon defekt.</p>	 <p>XY-signal ET-testrigg</p>


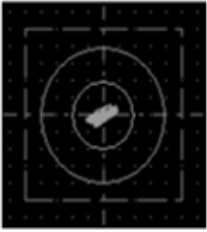
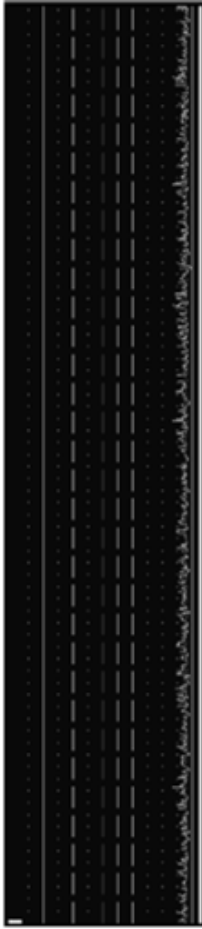


Analys av skrotrör med 8A

TO-nummer: 4234394		Rör nummer: 78
1	Visuell inspektion. Inga synliga defekter påträffats.	Kommentar: Röret är godkänt. Orsak till skrotning: Säkerhetsskrot
2	Analys av ET data	
ET-WLD	 <p>Signalen överstiger inte gränsvärdet vid märkningen.</p>	 <p>XY-signal ET-WLD</p>
ET-OMS	 <p>Ingen signal från ET-OMS som överstiger gränsvärdet.</p>	 <p>XY-signal ET-OMS</p>
ET-Testrigg	 <p>ET-provningen bekräftar att röret inte innehåller någon defekt.</p>	 <p>XY-signal ET-testrigg</p>

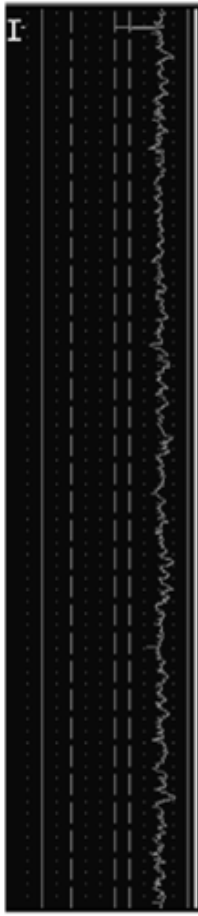

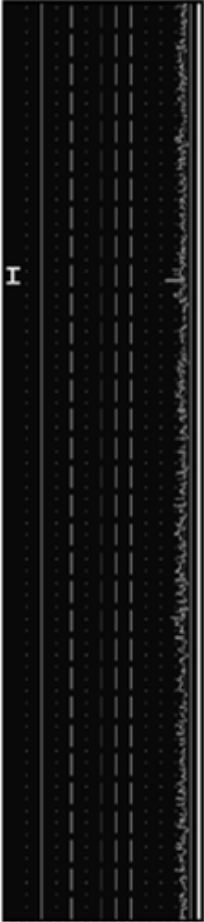



Analys av skrotrör med 8A

TO-nummer: 4234394 Rör nummer: 85	
1	<p>Visuell inspektion.</p> <p>Röret har markerats av ET-WLD och visuell inspektion tyder på svetsdefekt.</p>
<p>Kommentar: Röret är godkänt. Orsak till skrotning: Störningar har påverkat ET-WLD.</p>	
2	<p>Analys av ET data</p>
ET-WLD	 <p>Signalen överstiger gränsvärdet vid markeringen.</p>  <p>XY-signal ET-WLD</p>
ET-OMS	 <p>Ingen signal från ET-OMS som överstiger gränsvärdet.</p>  <p>XY-signal ET-OMS</p>
ET-Testrigg	 <p>ET-provningen bekräftar att röret inte innehåller någon defekt.</p>  <p>XY-signal ET-testrigg</p>

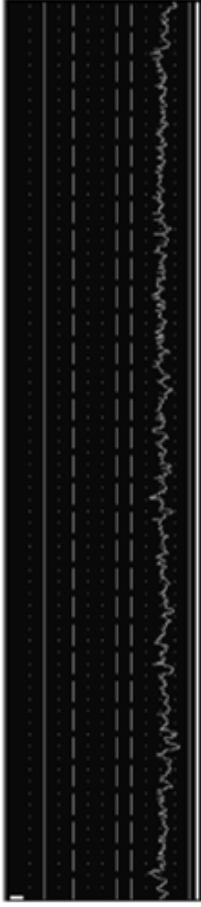
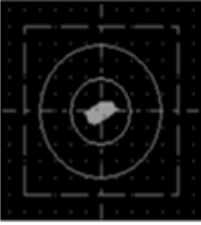


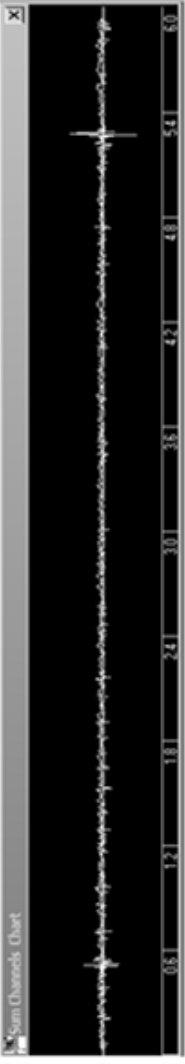
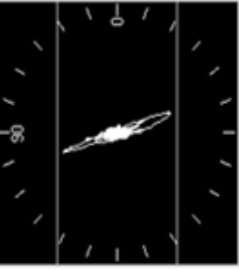
Analys av skrotrör med 8A

TO-nummer: 4234394		Rör nummer: 86	
1	Visuell inspektion.		Kommentar: Röret är godkänt. Orsak till skrotning: Säkerhetskrot.
2		Analys av ET data	
ET-WLD			XY-signal ET-WLD
ET-OMS			XY-signal ET-OMS
ET- Testrigg			XY-signal ET -testrigg
	ET-provningen bekräftar att röret inte innehåller någon defekt.		

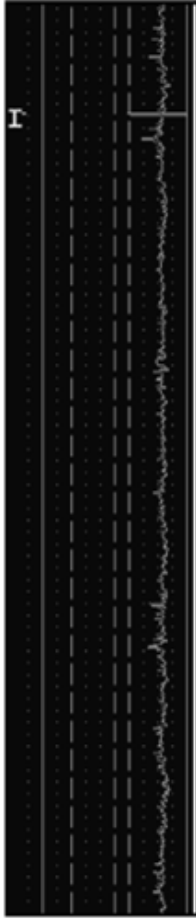

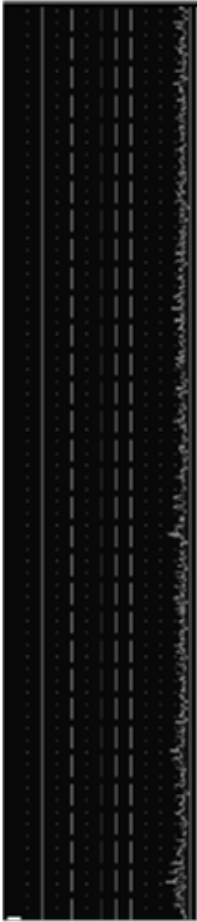


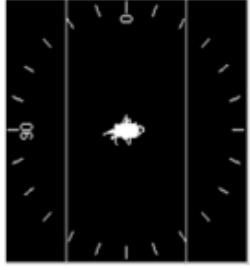
Analys av skrotrör med 8A

TO-nummer: 4234394		Rör nummer: 93	
1	Visuell inspektion. Inga synliga defekter vid markeringen.	Kommentar: Röret är godkänt. Orsak till skrotning: Störningar har påverkat ET-WLD.	
2	Analys av ET data		
ET-WLD	 <p>Signalen överstiger gränsvärdet vid markeringen.</p>	 <p>XY-signal ET-WLD</p>	
ET-OMS	 <p>Ingen signal från ET-OMS som överstiger gränsvärdet.</p>	 <p>XY-signal ET-OMS</p>	
ET-Testrigg	 <p>ET-provningen bekräftar att röret inte innehåller någon defekt.</p>	 <p>XY-signal ET-testrigg</p>	

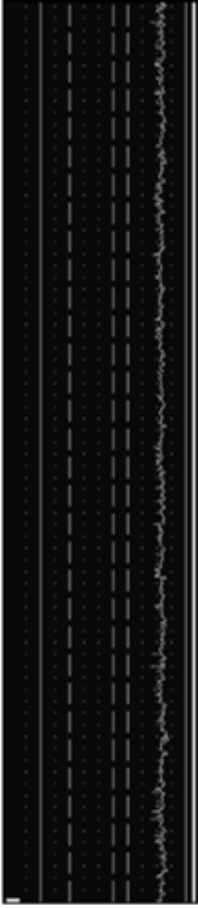



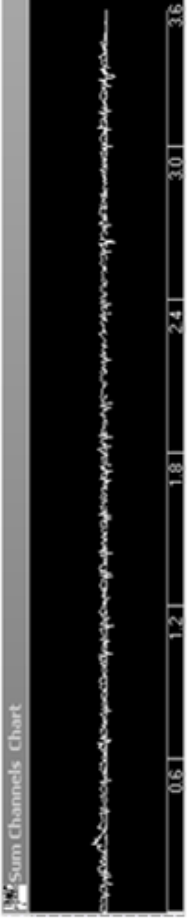

Analys av skrotrör med 8A

TO-nummer: 4234394 Rör nummer: 94	
1	<p>Visuell inspektion.</p> <p>Inga synliga defekter.</p>
<p>Kommentar: Röret är godkänt. Orsak till skrotning: Säkerhetsskrot</p>	
2	<p>Analys av ET data</p>
ET-WLD	 <p>Signalen överstiger inte gränsvärdet.</p>  <p>XY-signal ET-WLD</p>
ET-OMS	 <p>Ingen signal från ET-OMS som överstiger gränsvärdet.</p>  <p>XY-signal ET-OMS</p>
ET-Testrigg	 <p>ET testrigg upptäcker utvändigt defekt som förmodligen inträffade vid felhantering av skrotet. Överstiger dock ej kastgränsen.</p>  <p>XY-signal ET-testrigg</p>

Analys av skrotrör med 8A

TO-nummer: 4234394		Rör nummer: 104	
1	Visuell inspektion.		Kommentar: Röret är godkänt. Orsak till skrotning: ET-WLD är förmodligen för känsligt inställt.
2	Analys av ET data		
ET-WLD	 <p>Signalen överstiger gränsvärdet vid markeringen.</p>	 <p>XY-signal ET-WLD</p>	
ET-OMS	 <p>Ingen signal från ET-OMS som överstiger gränsvärdet.</p>	 <p>XY-signal ET-OMS</p>	
ET- Testrigg	 <p>ET-provningen bekräftar att röret inte innehåller någon defekt.</p>	 <p>XY-signal ET-testrigg</p>	

Analys av skrotrör med 8A


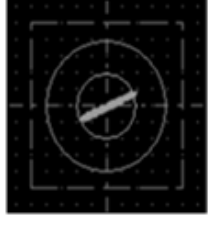
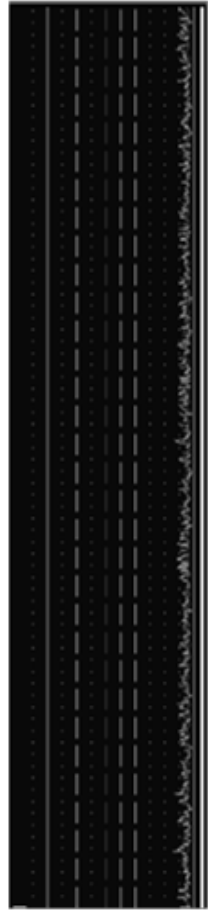



TO-nummer: 4234394		Rör nummer: 105	
1	Visuell inspektion.	Kommentar: Röret är godkänt. Orsak till skrotning: Säkerhetsskrot.	
2	Analys av ET data		
ET-WLD			XY-signal ET-WLD
ET-OMS			XY-signal ET-OMS
ET-Testrigg			XY-signal ET-testrigg

Signalen överstiger inte gränsvärdet.

Ingen signal från ET-OMS som överstiger gränsvärdet.

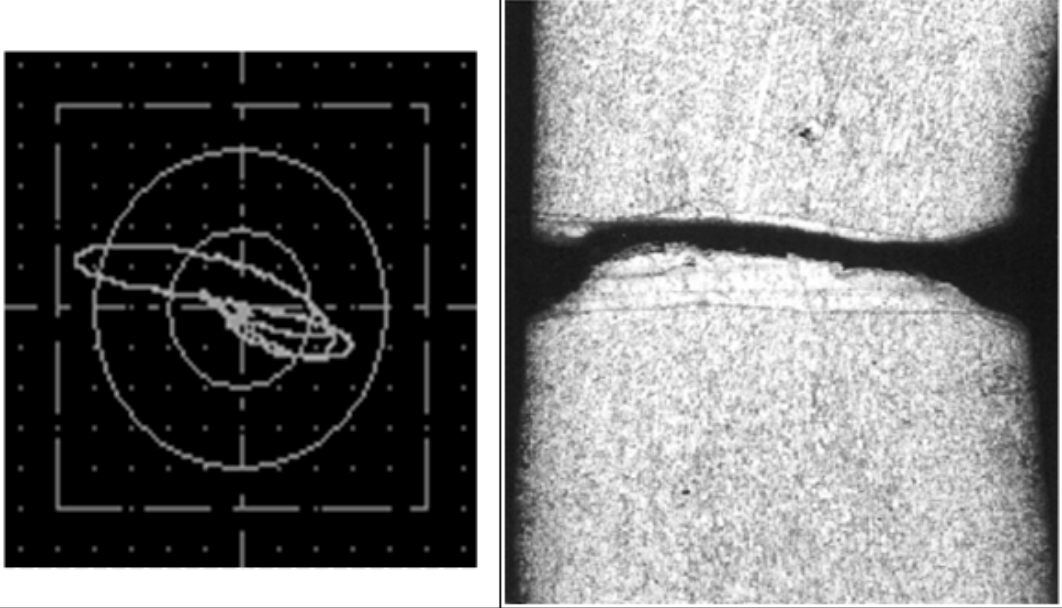
ET-provningen bekräftar att röret inte innehåller någon defekt.

Analys av skrotrör med 8A



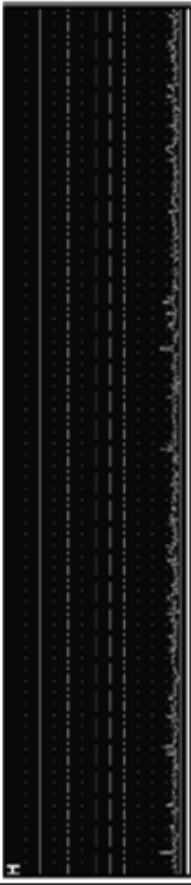

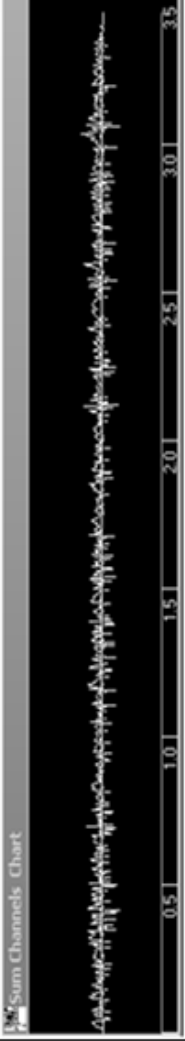
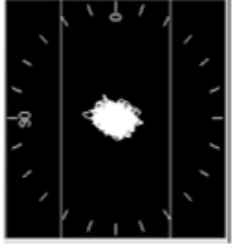
TO-nummer: 4234394		Rör nummer: 188
1	Visuell inspektion.	Kommentar: Röret är godkänt. Orsak till skrotning: Stödrulle för slipmaskin orsakade vibrationer som störde ET-WLD.
2	Analys av ET data	
ET-WLD	 <p>ET-WLD plockar upp vibrationer från stödrulle.</p>	 <p>XY-signal ET-WLD</p>
ET-OMS	 <p>Ingen signal från ET-OMS som överstiger gränsvärdet.</p>	 <p>XY-signal ET-OMS</p>
ET-Testrigg	 <p>ET-provningen bekräftar att röret inte innehåller någon defekt.</p>	 <p>XY-signal ET-testrigg</p>

TO-Körning 4: Art Nr. 4234867

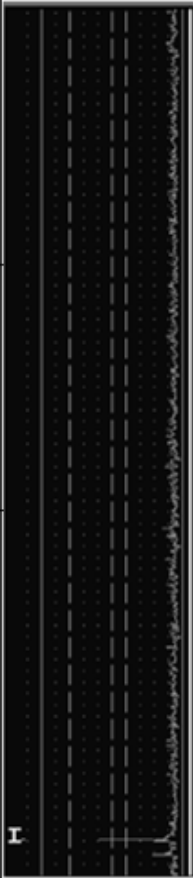
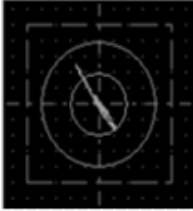


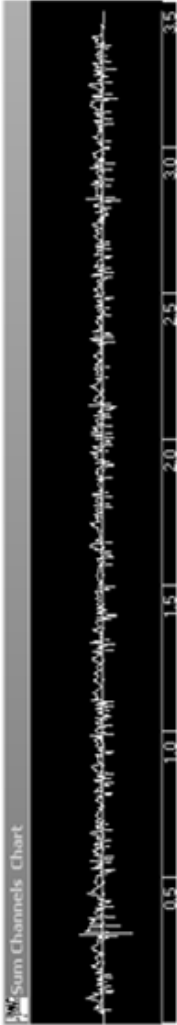

Analys av skrotrör med 8A

TO-nummer: 4234867		Rör nummer: 13	
1	<p>Visuell inspektion. Ett hål i svetsen syns tydligt.</p>		
2	<p>Analys av ET data. ET-utrustningen är kalibrerad så att borrhål skall spika rakt upp parallellt med Y-axeln. Ur XY-diagrammet för ET-WLD ser man att signalen spikar relativt rakt upp som tyder på att ett genomgående hål finns i röret.</p>		
3	<p>Material lab / röntgen / penetreringsprov. Provet skickas till material lab för vidare inspektion.</p>		
4	<p>Analysera provresultat från materiallab och identifiera defekten. Resultatet från material labbet bekräftar visuella inspektionen och ET-signalen. Defekten är ett svetsfel iform av ett genomgående hål.</p>		
5	<p>Koppla defekt till skrotkod. Från att ha varit 8A så kan man nu utdela röret dess riktiga skrotkod som är 5A.</p>		

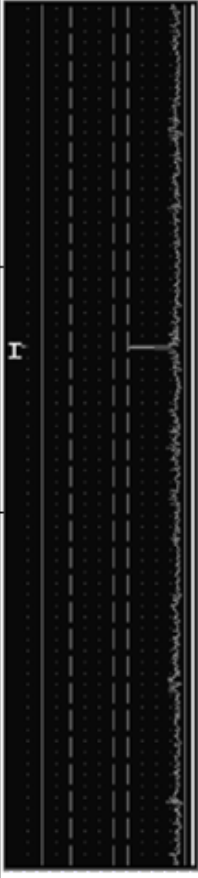

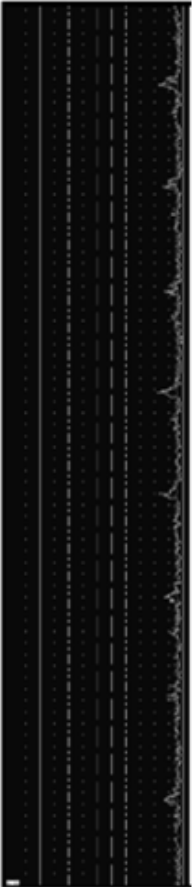

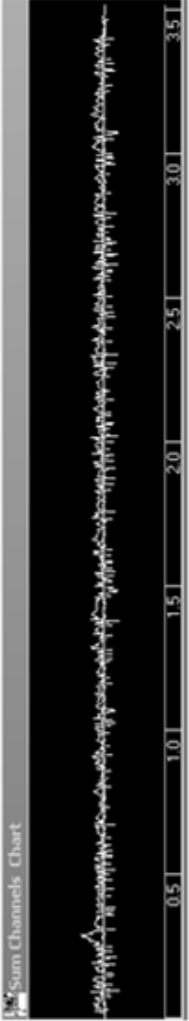

Analys av skrotrör med 8A

TO-nummer: 4234867		Rör nummer: 35	
1	Visuell inspektion. Säkerhetsskrot Inga synliga defekter påträffats.		Kommentar: Röret är godkänt. Orsak till skrotning: Säkerhetsskrot.
2		Analys av ET data.	
ET-WLD			XY-signal ET-WLD
	Ingen signal från ET -WLD som överstiger gränsvärdet.		
ET-OMS			XY-signal ET-OMS
	Ingen signal från ET -OMS som överstiger gränsvärdet.		
ET- Testrigg			XY-signal ET-testrigg
	ET-provningen bekräftar att röret inte innehåller någon defekt.		

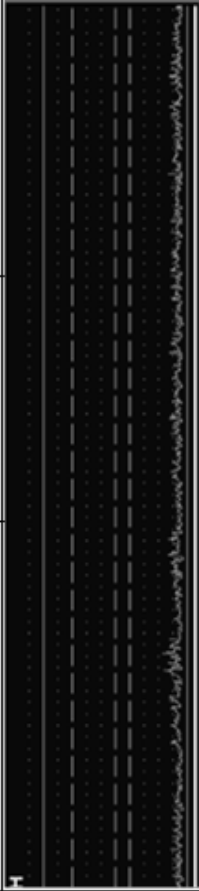
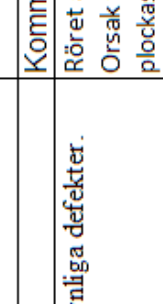

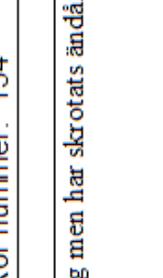
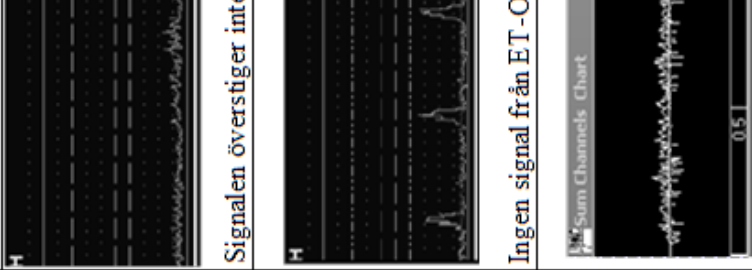
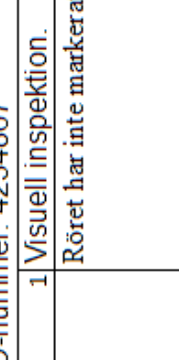
Analys av skrotrör med 8A

TO-nummer: 4234867		Rör nummer: 36	
1	Visuell inspektion.		Kommentar: Röret är godkänt. Orsak till skrotning: ET-WLD skrotade röret av okänd anledning.
2		Analys av ET data	
ET-WLD			XY-signal ET-WLD
	Signalen överstiger gränsvärdet vid den vita markeringen.		
ET-OMS			XY-signal ET-OMS
	Ingen signal från ET-OMS som överstiger gränsvärdet för samma rör.		
ET-Testrigg			XY-signal ET-testrigg
	ET-provning bekräftar att röret inte innehåller någon defekt.		

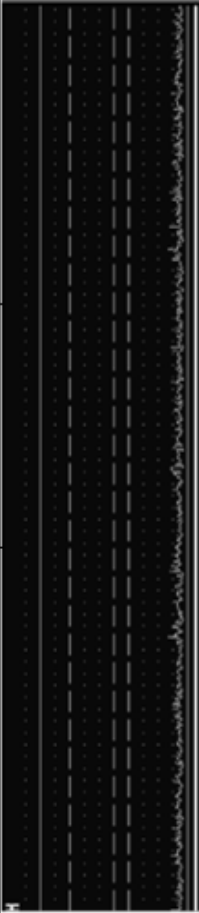
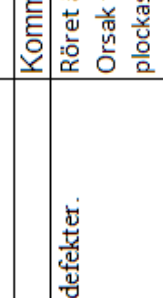
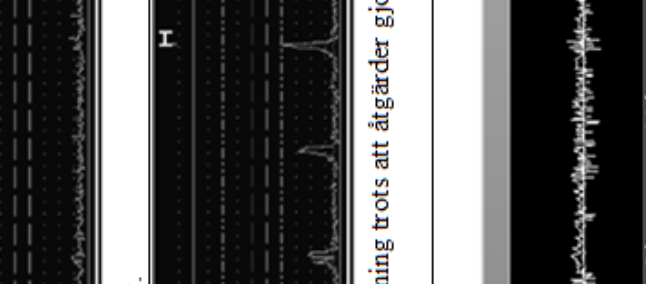
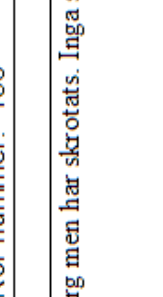

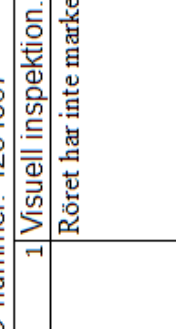
Analys av skrotrör med 8A

TO-nummer: 4234867		Rör nummer: 95	
1	Visuell inspektion.		Kommentar: Röret är godkänt. Orsak till skrotning: ET-WLD skrotade röret av okänd anledning.
2		Analys av ET data	
ET-WLD			XY-signal ET-WLD
ET-OMS			
ET-Testrigg			

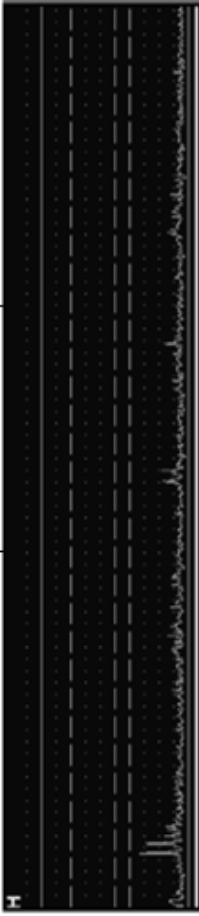

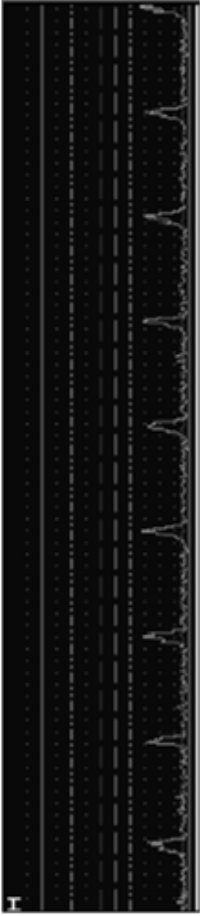

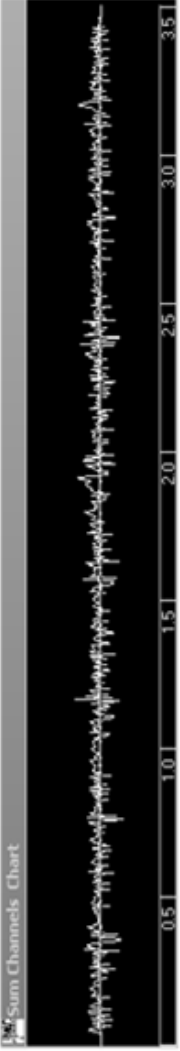

Analys av skrotrör med 8A

TO-nummer: 4234867		Rör nummer: 154	
1	Visuell inspektion.	Röret har inte markerats med färg men har skrotats ändå. Inga synliga defekter.	Kommentar: Röret är godkänt. Orsak till skrotning: Störningar från valsarna plockas upp av ET-OMS.
2		Analys av ET data	
ET-WLD			 XY-signal ET-WLD
		Signalen överstiger inte gränsvärdet.	
ET-OMS			 XY-signal ET-OMS
		Ingen signal från ET-OMS som överstiger gränsvärdet för samma rör.	
ET- Testrigg			 XY-signal ET-testrigg
		ET-provningen bekräftar att röret inte innehåller någon defekt.	

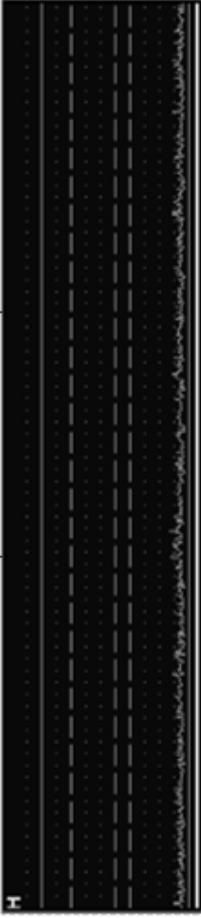

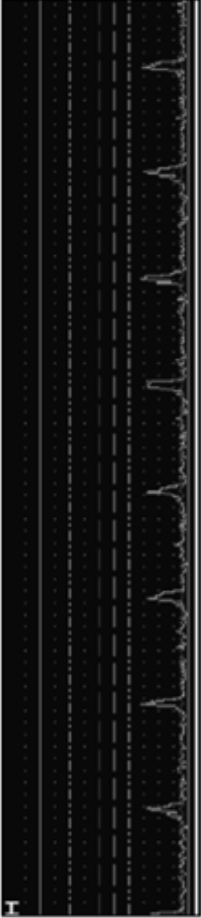



Analys av skrotrör med 8A

TO-nummer: 4234867		Rör nummer: 156	
1 Visuell inspektion.		Kommentar: Röret är godkänt. Orsak till skrotning: Störningar från valsarna plockas upp av ET-OMS.	
2		Analys av ET data	
ET-WLD			XY-signal ET-WLD
ET-OMS			XY-signal ET-OMS
ET-Testrigg			XY-signal ET-testrigg

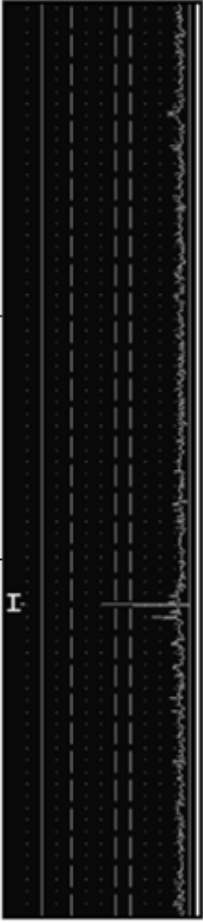

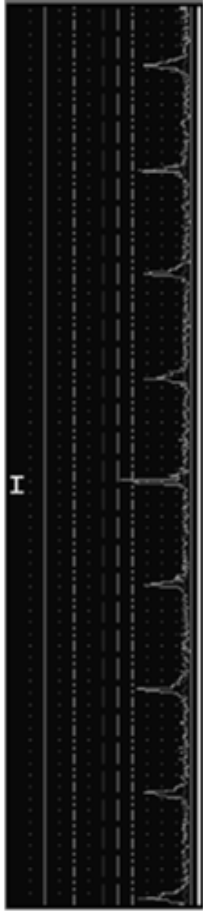


Analys av skrotrör med 8A

TO-nummer: 4234867		Rör nummer: 157
1 Visuell inspektion.		
	Röret har inte markerats med färg men har skrotats ändå. Inga synliga defekter.	Kommentar: Röret är goodkänt. Orsak till skrotning: Störningar från valsarna plockas upp av ET-OMS.
2	Analys av ET data	
ET-WLD	 <p>Signalen överstiger inte gränsvärdet.</p>	 <p>XY-signal ET-WLD</p>
ET-OMS	 <p>Ingen signal från ET-OMS som överstiger gränsvärdet för samma rör.</p>	 <p>XY-signal ET-OMS</p>
ET- Testrigg	 <p>ET-provningen bekräftar att röret inte innehåller någon defekt.</p>	 <p>XY-signal ET-testrigg</p>



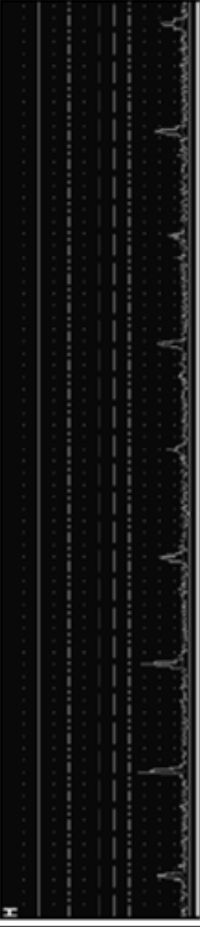



Analys av skrotrör med 8A

TO-nummer: 4234867		Rör nummer: 158	
1	Visuell inspektion.	Kommentar: Röret är godkänt. Orsak till skrotning: Störningar från valsarna plockas upp av ET-OMS.	
2	Analys av ET data		
ET-WLD			XY-signal ET-WLD
	Signalen överstiger inte gränsvärdet.		
ET-OMS			XY-signal ET-OMS
	Ingen signal från ET-OMS som överstiger gränsvärdet.		
ET- Testrigg			XY-signal ET-testrigg
	ET-provningen bekräftar att röret inte innehåller någon defekt.		

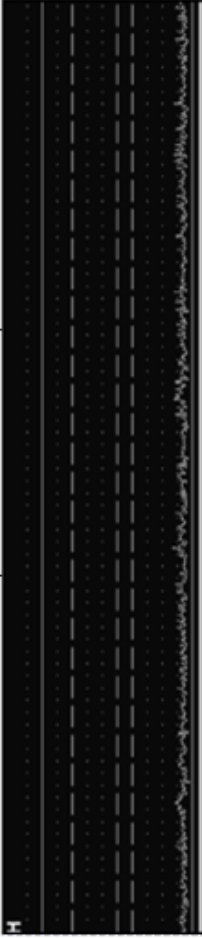

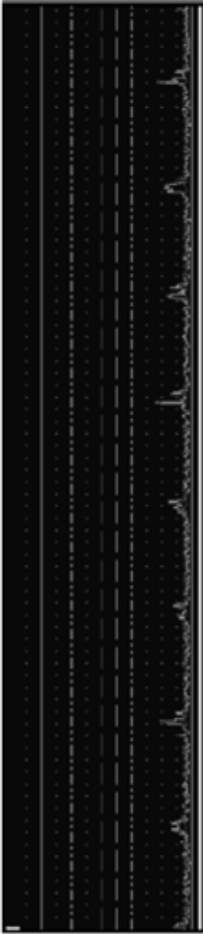

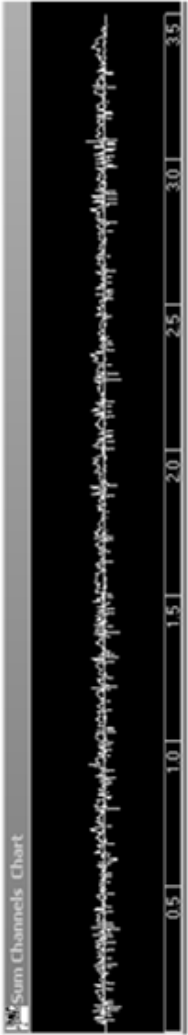
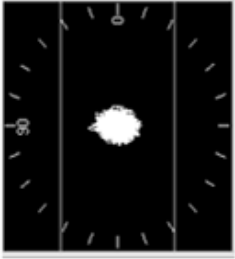
Analys av skrotrör med 8A

TO-nummer: 4234867		Rör nummer: 276	
1		Visuell inspektion.	
Röret markerats av både ET-WLD och ET-OMS men inga synliga defekter hittades vid markeringen.		Kommentar: Röret är godkänt. Orsak till skrotning: Störningar från valsarna plockas upp av ET-OMS samt ET-WLD har plockat upp störningar av okänd anledning.	
2		Analys av ET data	
ET-WLD			XY-signal ET-WLD
ET-OMS			XY-signal ET-OMS
ET-Testrigg		XY-signal ET-testrigg	
ET-provningen bekräftar att röret inte innehåller någon defekt.			

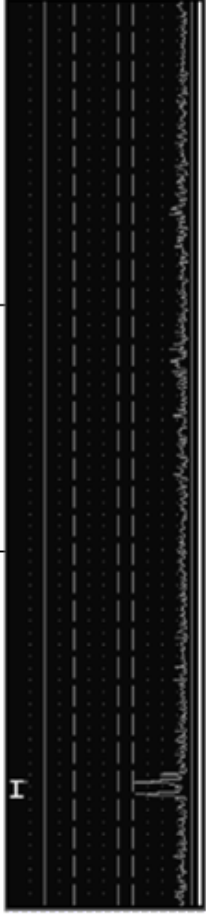
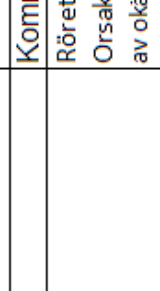
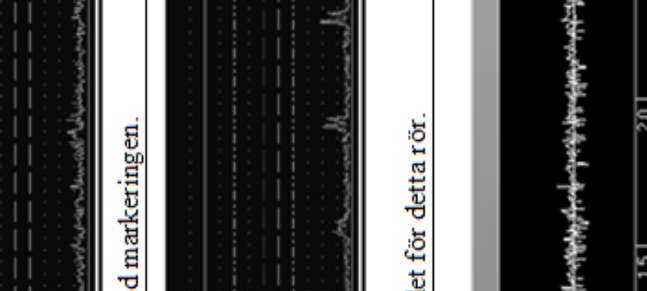

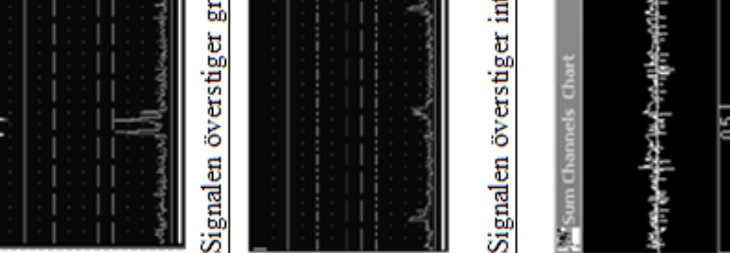
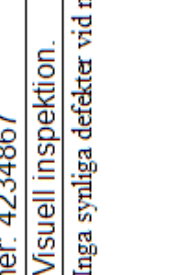
Analys av skrotrör med 8A

TO-nummer: 4234867		Rör nummer: 318	
1	Visuell inspektion.	Kommentar: Röret är godkänt. Orsak till skrotning: Störningar påverkat ET-WLD.	
2	Analys av ET data		
ET-WLD	 <p>Signalen överstiger gränsvärdet vid den vita markeringen.</p>	 <p>XY-signal ET-WLD</p>	
ET-OMS	 <p>Ingen signal från ET-OMS som överstiger gränsvärdet.</p>	 <p>XY-signal ET-OMS</p>	
ET-Testrigg	 <p>ET-provningen bekräftar att röret inte innehåller någon defekt.</p>	 <p>XY-signal ET-testrigg</p>	

Analys av skrotrör med 8A

TO-nummer: 4234867		Rör nummer: 367	
1	Visuell inspektion.	Ingen färgmarkering och inga synliga defekter.	Kommentar: Röret är godkänt. Orsak till skrotning: Säkerhetsskrot.
2		Analys av ET data	
ET-WLD			XY-signal ET-WLD
	Signalen överstiger inte gränsvärdet för detta rör.		
ET-OMS			XY-signal ET-OMS
	Signalen överstiger inte gränsvärdet för detta rör.		
ET- Testrigg			XY-signal ET-testrigg
	ET-provningen bekräftar att röret inte innehåller någon defekt.		

Analys av skrotrör med 8A

TO-nummer: 4234867		Rör nummer: 368	
1 Visuell inspektion.			
Inga synliga defekter vid markering.		Kommentar: Röret är godkänt. Orsak till skrotning: ET-WLD skrotade röret av okänd anledning.	
2		Analys av ET data	
ET-WLD			XY-signal ET-WLD
Signalen överstiger gränsvärdet vid markeringen.			
ET-OMS			XY-signal ET-OMS
Signalen överstiger inte gränsvärdet för detta rör.			
ET-Testrigg			XY-signal ET-testrigg
ET-provningen bekräftar att röret inte innehåller någon defekt.			