



Oförstörande provning vid statusbedömning

Stålbyggnadsdagen 25 November, 2025

Mikael Lorentzon



Översikt

- Provning och kontroll av stålkonstruktioner - Statusbedömning
- Skadetålighet - Acceptanskriterier
- Några vanliga Oförstörande Provningsmetoder (VT, MT, PT, UT)
- Exempel på Tillämpningar och genomförda projekt
- Provning vid tillverkning
- Provning vid återkommande kontroll
- Viktiga slutsatser

Provning + Statusbedömning = Riskreduktion

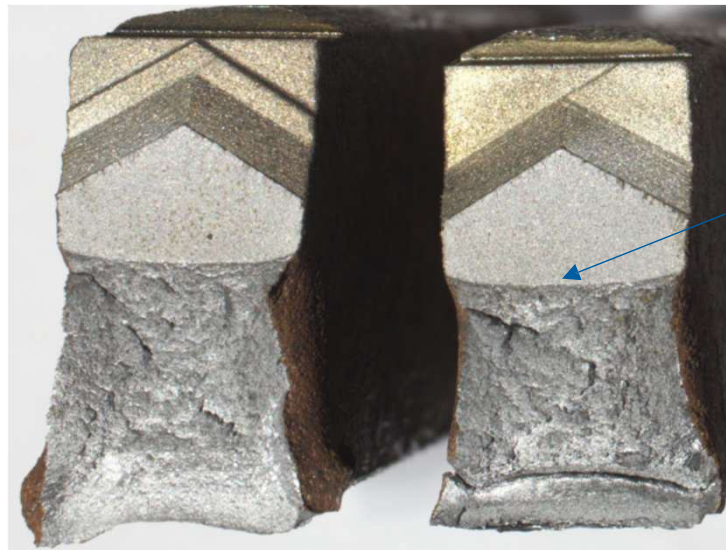
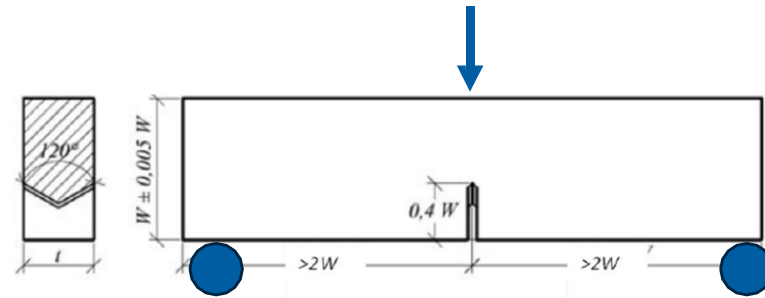


Skadetålighet

- Erfarenhetsmässigt kan diskontinuiteter och defekter förekomma i många typer av stålkonstruktioner
- Typiskt kan defekter uppstå i samband med svetsning
- Utmattningssprickor kan initieras vid anvisningar och skador
- En skada eller defekt som är initierad kan tillväxa pga lastcykler
- Vid en viss spricklängd, när belastningen på sprickspetsen motsvarar materialets brottseghet, kan ett haveri inträffa utan förvarning
- Detta händer vid lastnivåer som är lägre än designlasterna
- Beroende på om materialet har seg eller spröd karaktär blir det ett duktilt eller spröttbrott.
- Material med hög seghet kan haverera genom plastisk kollaps.



Brottmekaniskprovning - Järnvägsbroar



Sprickfront

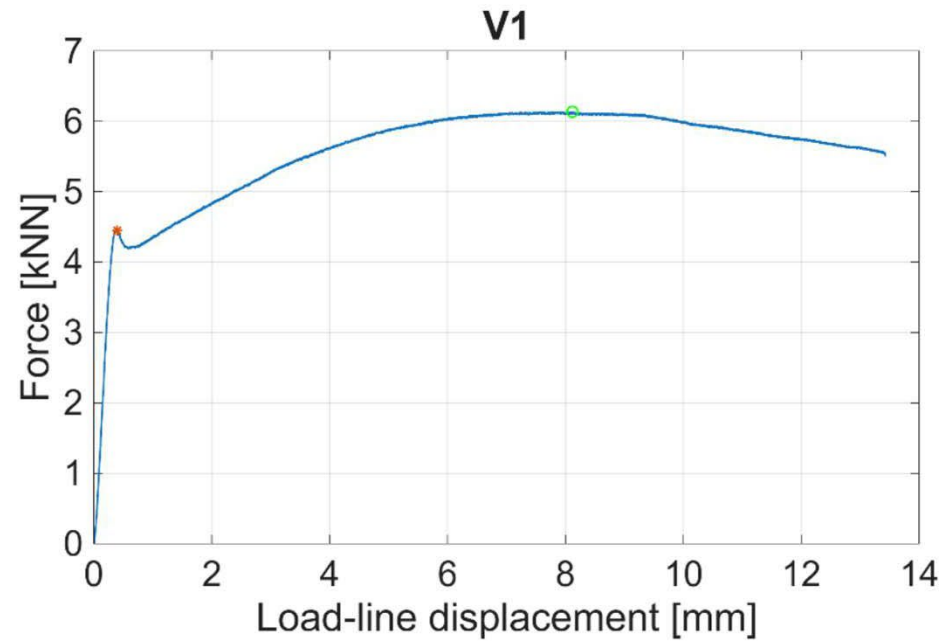
Segt brott



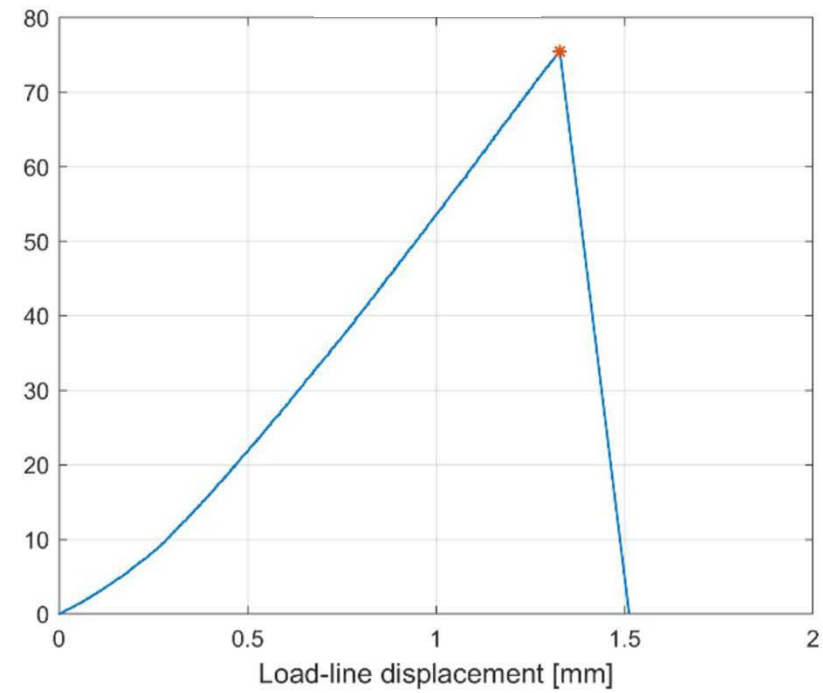
Sprickfront

Sprött brott

Brottmekaniskprovning - Järnvägsbroar



Segt



Sprött

Skadetålighet – Acceptanskriterier

- Ett materials skadetålighet beskriver dess defekttålighet
- Givet belastning har vi en kritisk defektlängd kopplad till materialets brottseghet.
- Spröda material ställer höga krav på sprickfrihet – dvs små kritiska defekter
- Segt material är förlåtande vilket medför stora kritiska defekter
- Detta kommer styra vilka provningsmetoder vi kan tillämpa.
- Vilka defektstorlekar behöver vi hitta?
- När fungerar återkommande kontroll?

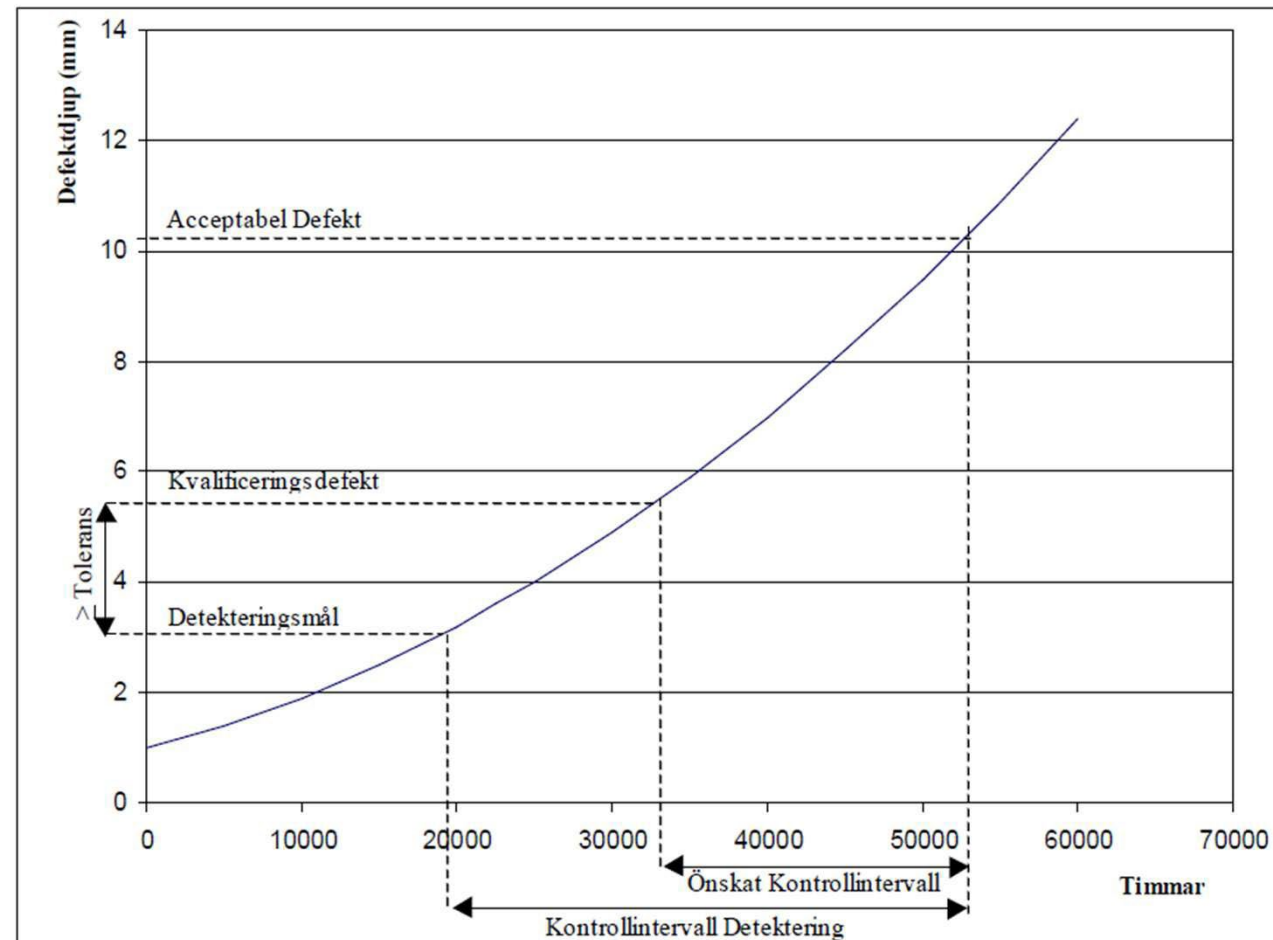
Skadetålighet....

”Helst vill vi ha defektfrihet”

”Acceptabel defektstorlek” -
när det fortfarande finns
säkerhetsmarginal mot brott

Kvalificeringsdefekt och
detekteringsmål kopplar till
provningssystemets prestanda

En kvalificering visar att jag
kan hitta en viss defektstorlek



Figur 1 Exempel på tillväxtdiagram skadetålighet för en antagen defekt med tillhörande definitioner

Skademekanismer

För att den återkommande kontrollen ska fungera är det viktigt att förstå vilka skademekanismer och belastningar som är aktiva. Tex:

- **Utmattning** – cykliska belastningar
- **Korrosion** – miljö och materialbetingade förutsättningar
- **Spänningskorrosion (SCC)** – material, belastning och miljö
- **Krypning** – konstant belastning – förhöjd temperatur

Återkommande kontroller fungerar som riskreduktion när en skada tillväxer lagom fort....

Äldre järnvägsbro av nitade balkprofiler

Inspektion och kontroller
fungerar för statusbedömningar
och för insatser av underhåll

Inspektion med återkommande-
kontroll medför riskreduktion – Vi vill veta
hur en konstruktion mår

Trafikverket tillämpar tex: Huvudinspektioner
och Särskilda inspektioner



Relativt få
lastcykler

Naturlig
”Crack arrest”

Överdimensionerade
för sin tid...

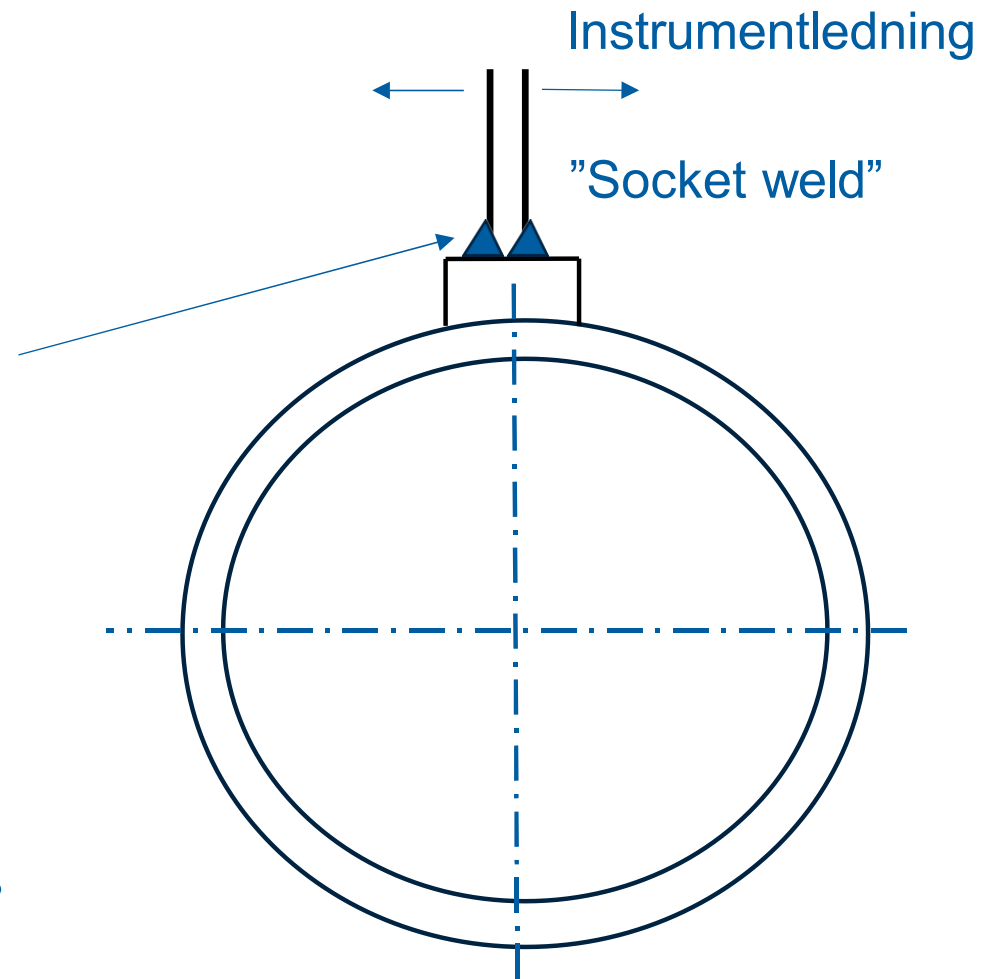


Vibrationsutmattning

Vibrerande klen rörledning
= stort antal lastväxlingar

Stor rörledning med driftflöde

I detta exempel kan vi få ett brott på klenledningens anslutning inom kort tid oavsett hur mycket vi provar – Konstruktionen måste förbättras



Visuell kontroll - VT

VT-provning, eller visuell kontroll (VT), är en metod för oförstörande provning som används för att granska ytan på ett material eller en komponent med blotta ögat. Denna metod är särskilt vanlig vid kontroll av svetsar, men kan även användas för andra material. Målet är att upptäcka synliga defekter som sprickor, porer eller andra ojämnheter som kan påverka produktens kvalitet

Hjälpmedel:

- Spegel
- Förstoringsglas
- Svetsmått
- Fiberkabel
- Mickroskåp
- Förstorande kamera
- Drönare (Kamera bärare)



Visuellkontroll - VT

- **Inspektion:**

En provare inspekterar materialet med hjälp av tillräcklig belysning

- **Enkelt och billigt:**

Det är den mest grundläggande och billigaste metoden för oförstörande provning.

- **Kvalitetssäkring:**

Metoden används som ett verktyg för kvalitetssäkring inom en mängd olika branscher.

- **Certifiering:**

Det finns olika certifieringsnivåer för visuell provning.



Ex Kälsvets med tveksam kvalitet

Lathund ISO 5817 för bedömning av diskontinuiteter och formavvikelser i smältsvetsförband i stål, nickel och titan

Acceptansgräns	Acceptansgränser för diskontinuiteter och formavvikelser			Anmärkning:
	D	C	B	
Spricka/ Kraterspricka/Bindfel/Genombränning Crack (100)/Crater crack (104)/Lack of fusion (401)/Burn through (510)				
t ≥ 0,5 mm	Ej tillåtet			
Ytpor/Surface pore (2017)				
t = 0,5 till 3 mm	d ≤ 0,3 x s eller a _A	Ej tillåtet	Ej tillåtet	Största storlek hos enskild por för s=nominell tjocklek hos stumsvets a _A =faktiskt a-mått hos kälsvets
s eller a _A = 2 mm	0,6 mm*			
t > 3 mm	d ≤ 0,3 x s eller a _A max 3 mm	d ≤ 0,2 x s eller a _A max 2 mm		
s eller a _A = 3 mm	0,9 mm	0,6 mm		
s eller a _A = 5 mm	1,5 mm	1,0 mm		
s eller a _A = 8 mm	2,4 mm	1,6 mm		
s eller a _A ≥ 10 mm	3,0 mm	2,0 mm		
Ändkrater pipe/End crater pipe (2025)				
t = 0,5 till 3 mm	h ≤ 0,2 x s eller a _A d ≤ 0,3 x s eller a _A	Ej tillåtet	Ej tillåtet	
t = 2 mm	h ≤ 0,4 mm d ≤ 0,6 mm			
t > 3 mm	h ≤ 0,2 x s eller a _A max 2 mm d ≤ 0,3 x s eller a _A max 3 mm	h ≤ 0,1 x s eller a _A max 1 mm d ≤ 0,2 x s eller a _A max 2 mm		
s eller a _A = 3,1 mm	h ≤ 0,6 mm d ≤ 0,9 mm	h ≤ 0,3 mm d ≤ 0,6 mm		
s eller a _A = 5 mm	h ≤ 1,0 mm d ≤ 1,5 mm	h ≤ 0,5 mm d ≤ 1 mm		
s eller a _A = 8 mm	h ≤ 1,6 mm d ≤ 2,4 mm	h ≤ 0,8 mm d ≤ 2,4 mm		
s eller a _A ≥ 10 mm	h ≤ 2,0 mm d ≤ 3,0 mm	h ≤ 1,0 mm d ≤ 2,0 mm		
Bindfel/Lack of fusion (401)				
t = 0,5 mm	Ej tillåtet	Ej tillåtet	Ej tillåtet	
Mikrobindfel/Micro lack of fusion (4014) (Kan endast upptäckas med mikroundersökning ≥ 50 X)				
t = 0,5 mm	Tillåtet	Tillåtet	Ej tillåtet	

*** Korta diskontinuiteter och formavvikelser**

I det fall svetsen är 100 mm lång eller längre ska diskontinuiteter och formavvikelser anses som korta om deras totala längd inte överstiger 25 mm i de 100 mm som innehåller störst antal diskontinuiteter och formavvikelser. I det fall svetsen är mindre än 100 mm lång ska diskontinuiteter och formavvikelser anses som korta om deras totala längd inte överstiger 25 % av svetsens längd.

**** Jämn övergång krävs.** För svetsräge (502 och 503) krävs även jämn övergång mellan toppstränglar och plåtytan och/eller intilliggande svetsstränglar.

Kiwa ansvarar ej för eventuella fel.

Acceptansgräns	Acceptansgränser för diskontinuiteter och formavvikelser			Anmärkning:
	D	C	B	
Ofullständig inträngning i roten/Incomplete root penetration (4021)				
t ≥ 0,5 mm	h* ≤ 0,2 x t max 2 mm	Ej tillåtet	Ej tillåtet	
t = 2 mm	0,4 mm*			
t = 4 mm	0,8 mm*			
t = 6 mm	1,2 mm*			
t = 8 mm	1,6 mm*			
t ≥ 10 mm	2,0 mm*			
Småtdike/Undercut (5011/5012) **				
t = 0,5 till 3 mm	h* ≤ 0,2 x t max 1 mm	h* ≤ 0,1 x t max 0,5 mm	Ej tillåtet	
t = 2 mm	0,4 mm*	0,2 mm*		
t > 3 mm	h ≤ 0,2 x t max 1 mm	h ≤ 0,1 x t max 0,5 mm	h ≤ 0,05 x t max 0,5 mm	
t = 3,1 mm	0,6 mm	0,3 mm	0,16 mm	
t = 5 mm	1,0 mm	0,5 mm	0,25 mm	
t = 8 mm	1,0 mm	0,5 mm	0,4 mm	
t ≥ 10 mm	1,0 mm	0,5 mm	0,5 mm	
Rotdike/Shrinkage groove (5013) **				
t = 0,5 till 3 mm	h* ≤ 0,2 x t max 1 mm	h* ≤ 0,1 x t max 0,5 mm	Ej tillåtet	
t = 2 mm	0,4 mm*	0,2 mm*		
t > 3 mm	h* ≤ 0,2 x t max 2 mm	h* ≤ 0,1 x t max 1 mm	h* ≤ 0,05 x t max 0,5 mm	
t = 3,1 mm	0,6 mm*	0,3 mm*	0,16 mm*	
t = 5 mm	1,0 mm*	0,5 mm*	0,25 mm*	
t = 8 mm	1,6 mm*	0,8 mm*	0,4 mm*	
t ≥ 10 mm	2,0 mm*	1,0 mm*	0,5 mm*	
Svetsräge (Stumsvets)/Excess weld metal (buttweld) (502) **				
t ≥ 0,5 mm	h ≤ 1,0+0,25 x b max 10 mm	h ≤ 1,0+0,15 x b max 7 mm	h ≤ 1,0+0,1 x b max 5 mm	
b = 5 mm	2,25 mm	1,75 mm	1,5 mm	
b = 10 mm	3,5 mm	2,5 mm	2,0 mm	
b = 15 mm	4,75 mm	3,25 mm	2,5 mm	
Svetsstrut/Spatter (602)/Anlöpningsfärg/Temper colour (610)				
t ≥ 0,5 mm	Godkännande beror på tillämpning, t ex material, korrosionsskydd			

Fortsättning nästa sida ➔

Radiomuseum - Avsyrning

Motala långvåg är ett samlingsnamn för de två radiostationer med rundradiosändningar på [långvåg](#), som fanns i [Motala](#) och [Orlunda](#). Den äldre stationen ligger vid Radiovägen 1 i Motala och uppfördes 1927. Den var i tjänst fram till 1962 och är idag ett museum

Masterna är byggda av valsade stålprofiler som är sammansatta med nit- och skruvförband

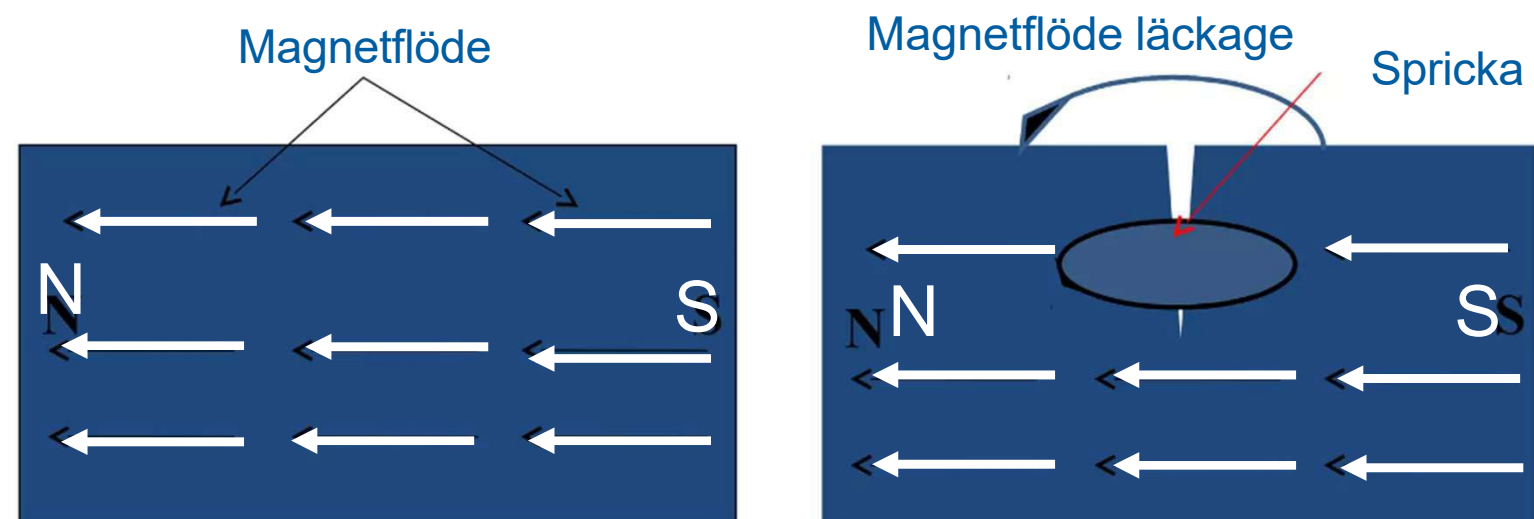
Masterna är underhållsmålade och i relativt gott skick
En fördjupad materialutredning pågår för att säkerställa en lämplig underhållsstrategi.





Magnetpulverprovning - MT

MT-provning, eller **magnetpulverprovning**, är en testmetod för att upptäcka defekter, främst sprickor, i och nära ytan på ferromagnetiska material som järn och stål. Processen innebär att man magnetiserar provobjektet och sedan applicerar fint järnpulver på ytan. Pulvret samlas vid eventuella sprickor och gör dem synliga.



Magnetpulverprovning - MT

- 1. Rengöring:** Ytan som ska testas måste vara ren.
- 2. Magnetisering:** Provobjektet magnetiseras med ett externt magnetfält.
- 3. Applicering av pulver:** Järnpulver sprids över ytan. Pulvret består av magnetiska partiklar som fastnar vid de magnetiska läckfälten som uppstår vid en defekt.
- 4. Inspektion:** En inspektion görs för att identifiera mönster av pulver, som indikerar en defekt.
- 5. Avmagnetisering:** Objektet avmagnetiseras efter provningen om det behövs.



Magnetpulverprovning - MT

Användningsområden och fördelar:

Användningsområden:

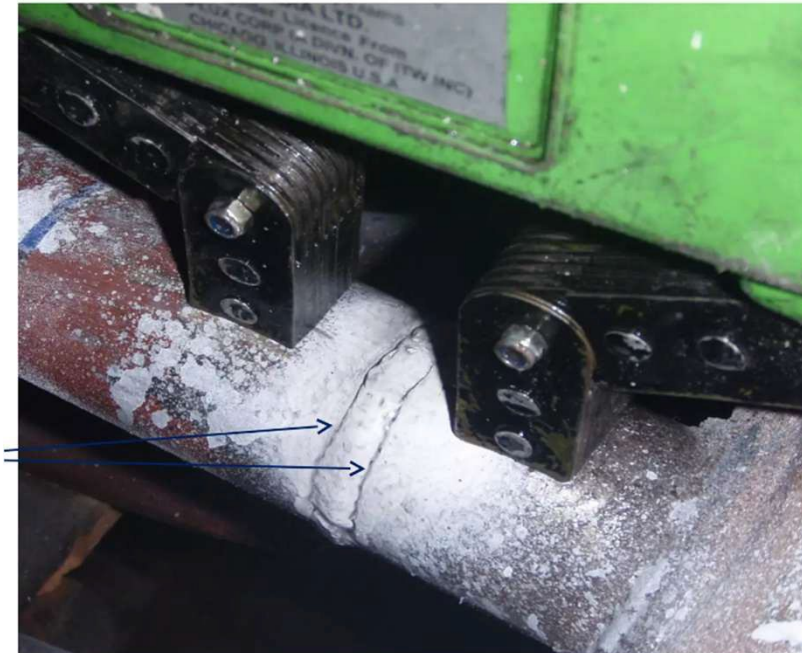
Vanligt för att inspektera svetsar, smidda detaljer, gjutgods

Defekter som upptäcks:

Sprickor, övervalsningar, kallflytningar, dross och lamineringar.

Magnet OK

Cluster



Järnpartiklarna bildar cluster vid defekter längs svetsarna där magnetflöde läckage uppstår

Magnetpulverprovning - MT

Fördelar:

- Snabb och kostnadseffektiv
- En av de känsligaste metoderna för att upptäcka ytdefekter i ferromagnetiska material.
- Ytans beskaffenhet inte lika kritiskt som för tex PT.
- Kan användas på objekt med tunnare färgskikt.
- Indikationerna är tydliga och kan dokumenteras, till exempel med foto.

Begränsningar:

Kan endast användas på ferromagnetiska material (material som kan magnetiseras).
Främst avsedd för att upptäcka yt- och nära-ytdefekter.

Magnetpulverprovning - MT

Exempel:

- Ursprunglig biografbyggnad uppförd under 1920-talet.
- Verksamheten över tid ändrad till musik- och teaterbyggnad
- Publiken inte längre sittande vilket medför en annan typ av belastning på lokalens läktare.
- Läktaren är byggd i varmvalsade balkprofiler - skruvförband
- MT-provning utförda av infästningar mellan primär- och sekundärbalkar
- Godkända resultat



MT-Provning



Renovering av Riddarholmskyrkan
under kommande år....

Gjutna delar i gråjärn från 1835

Statusbedömning mha
kontrollprogram och provning



Penetrantprovning - PT

Vanlig metod för att upptäcka ytsprickor och ytdefekter
PT-metoden kan tillämpas på olika material så länge inte ytan
för grov.



1. Rengöring
2. Penetrant
3. Utvecklare

Exempel 1 – Farhåga om sprickor i lagerrullar



Sfäriskt rulllager



Defektfritt

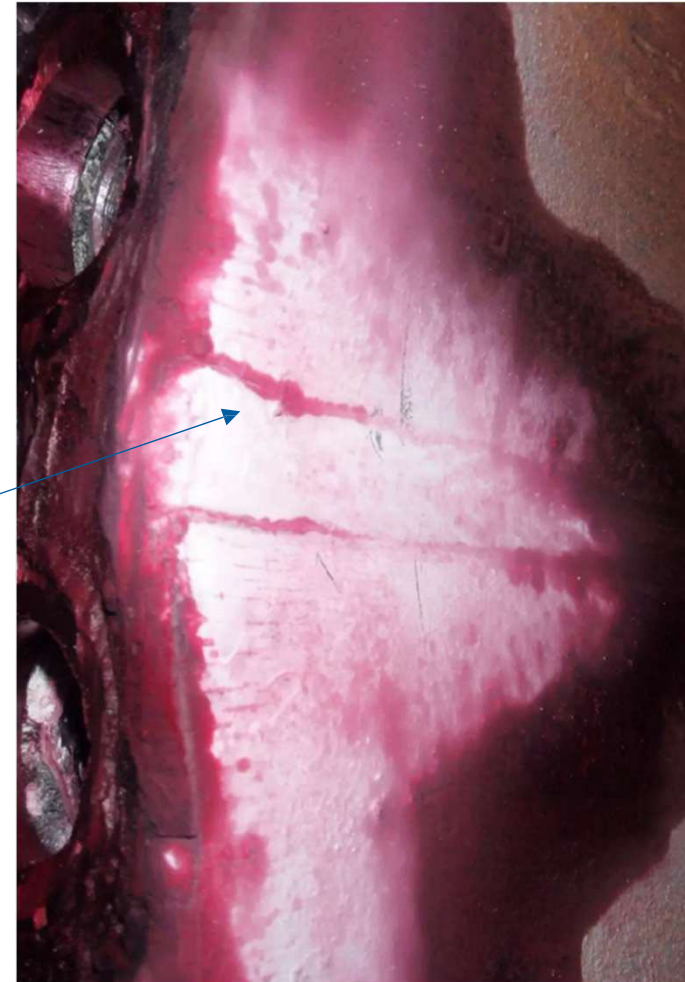
Exempel 2 – Spricka i kokare

Rörd penetrant



Lånad bild (SAJ)

Utblödning



Penetrantprovning - PT

1. Endast ytdefekter kan upptäckas med denna metod
2. Rengöring är viktigt – Smuts/kontaminering kan dölja defekter
3. Provaren behöver direkt tillgång till objektet/ytan som ska provas.
4. Ytans beskaffenhet och ytjämnhet kan påverka resultatet
5. Provade ytor bör om möjligt rengöras efteråt

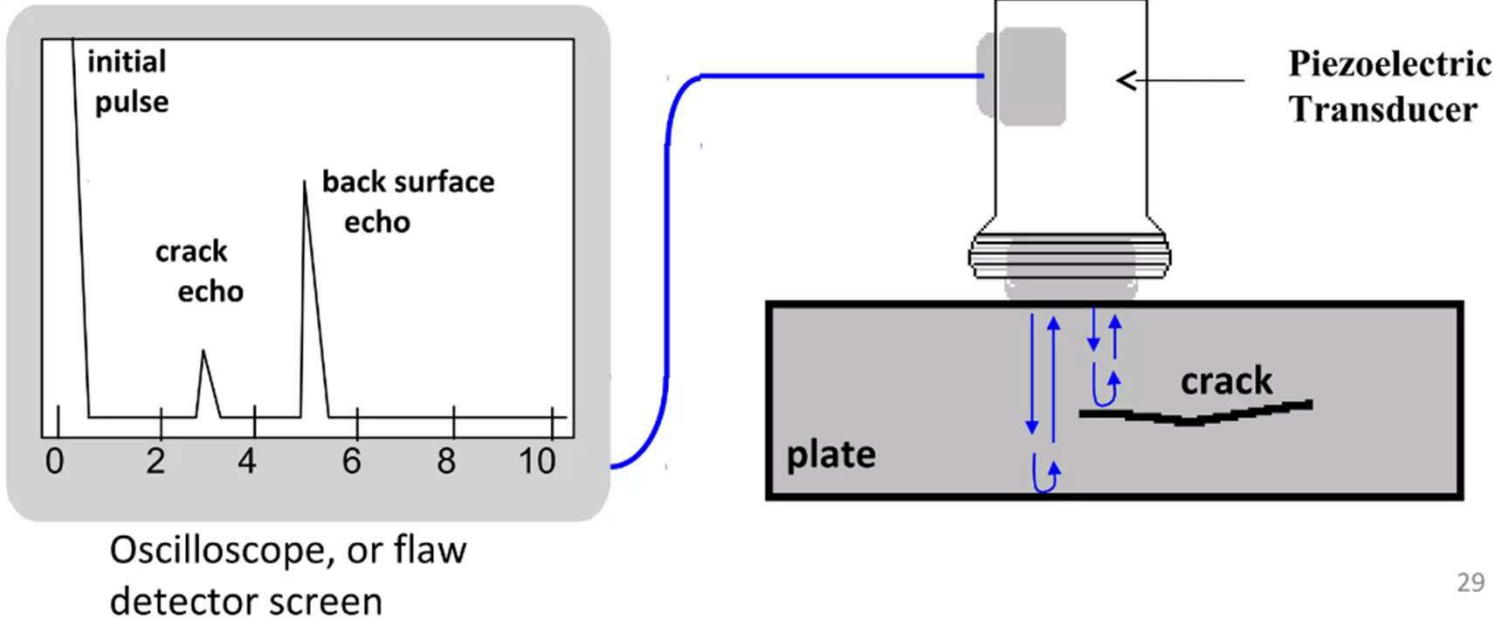
Ultraljudprovning- UT

Ett typiskt UT-System består av flera enheter, dvs sökare/mottagare, piezoelektrisk givare samt skärm för visualisering.

Sökaren genererar högfrekvent ultraljudsenergi som propagerar som vågor i materialet. När vågen träffar en diskontinuitet eller spricka reflekteras en del av energin tillbaka.

Den reflekterade vågen transformeras till en elektrisk signal mha en piezoelektriskgivare och indikationen kan visualiseras på en skärm.

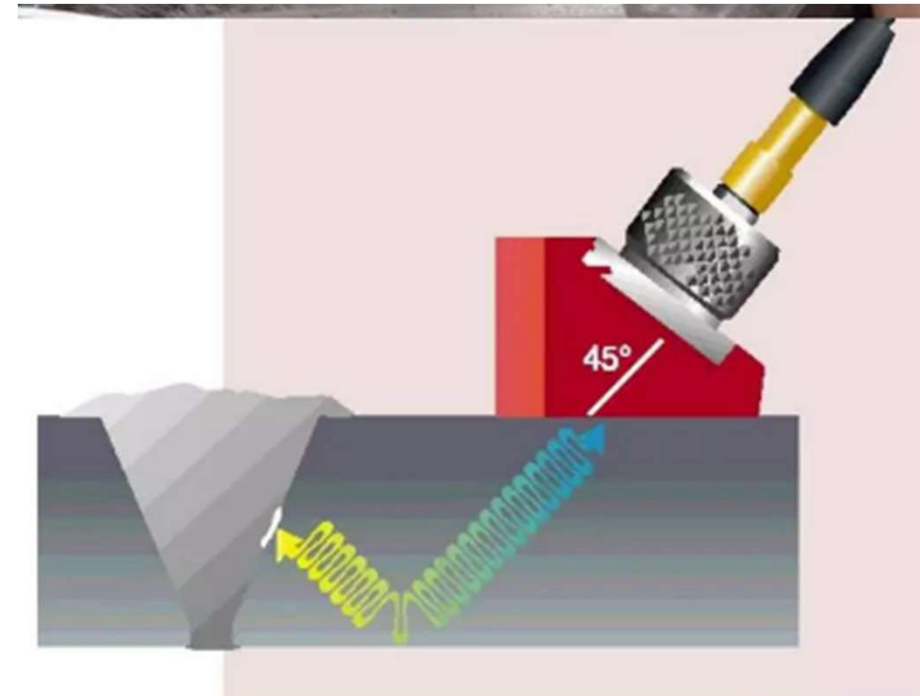
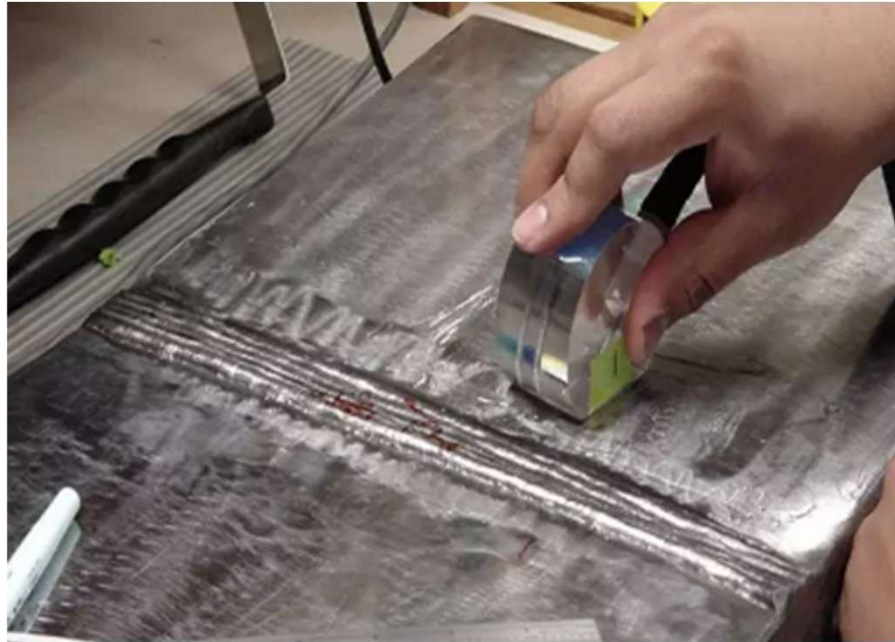
Ultraljudprovning- UT - Princip



29

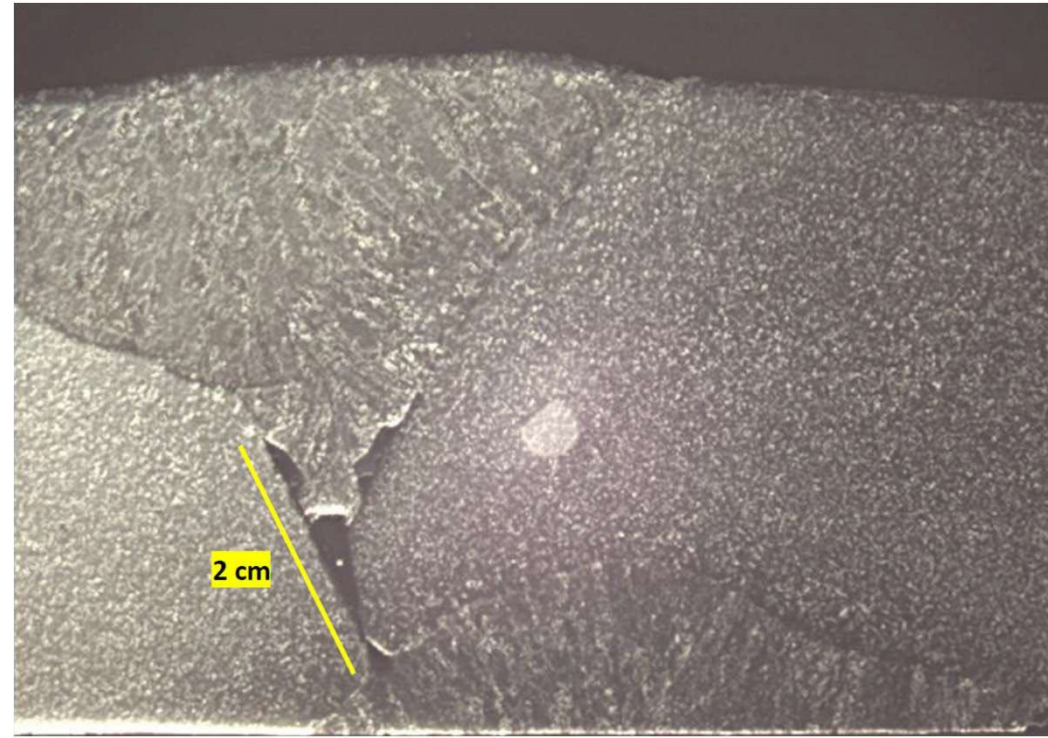
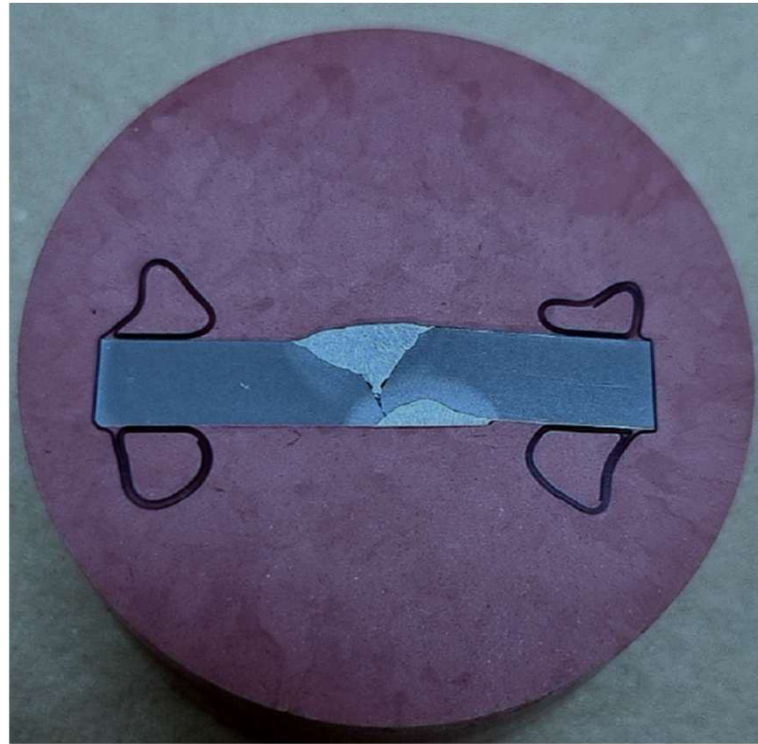
Detektering av bindfel

Ultraljudprovning- UT - Princip



Detektering av bindfel

Exempel-Defekter vid svetsning.....



Jämförelse av olika OFP-metoder

Metod	Defekter	Material	Fördelar	Begränsningar
VT	Ytdefkter	Alla	Enkel	Endast synliga defekter
MT	Ytdefekter/ Ytnära defekter	Ferromagnetiska material	Känslig	Endast magnetiska material
PT	Ytdefekter	Ej Porösa	Fina sprickor	Endast yta
RT	Inre defekter	De flesta material	Dokumentation-film	Dyr metod, Strålning
UT	Inre defekter	De flesta material	Defekter som ligger djupt- portabel utrustn.	Kräver hög kompetens

Betydelsen av provning vid Statusbedömning

- OFP ökar säkerheten och tillförlitligheten för en konstruktion under hela dess livslängd.
- Återkommande kontroll kan fånga upp skador och defekter som inte förutsågs vid design.
- Dessa kontroller medför att antal oförutsedda stopp och haverier kan reduceras för en anläggning.
- Stärker varumärket för en tillverkare då defekta produkter kan skrotas innan de släpps på marknaden.
- Sänker produktionskostnaden och ökar hållbarheten då material kan utnyttjas effektivare

