

Töjningsinducerad korrosion i ångpannor

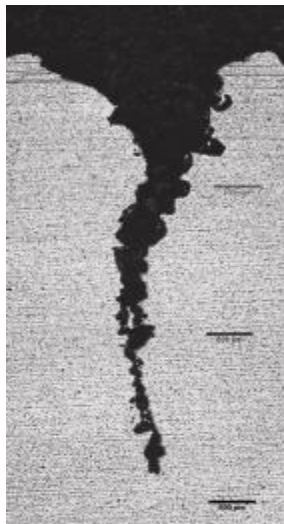
1

2010-03-03

SKOG 2010, Sundsvall

Inspecta

Spricka i fördelningslåda



- Fördelningslåda i kraftvekspanna
- Tid i drift 40 år
- Minst 20 gropar från korrosion under avställning
- Material är olegerat kolstål

2

2010-03-03

Inspecta



Vad är töjningsinducerad korrosion??
Varför får man töjningsinducerad korrosion??
Vilka faktorer är styrande??

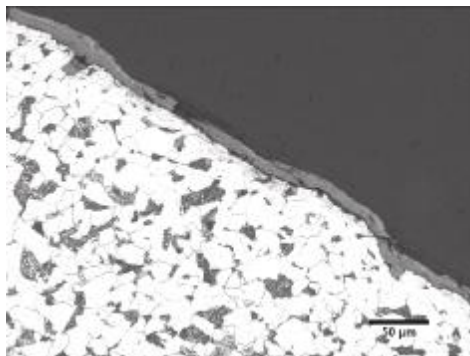
3

2010-03-03

Inspecta



Korrosionsskydd, passivitet



Magnetit, Fe_3O_4

- Låg syrehalt
- Hög temperatur
- Högt pH-värde

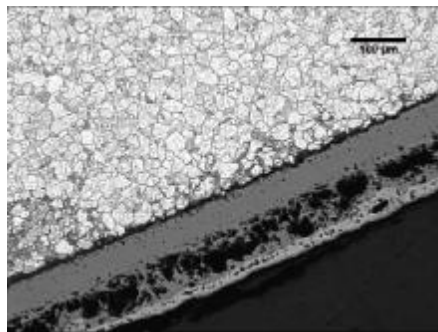
Magnetiten skyddar mot korrosion

4

2010-03-03

Inspecta

Korrosionsskydd, passivitet



Magnetit, Fe_3O_4

- Två typer av oxid
- Ett växer inåt, topotaktiskt skikt
- Ett växer utåt, epitaktiskt
- Magnetitens densitet är ca $4,5 \text{ g/cm}^3$
- Magnetitens egenskaper påverkas av vattnets renhet

Magnetiten har inte metalliska egenskaper. Den är inte lika formbar som stålet

5

2010-03-03

Inspecta

Sprickor i magnetitskikt



Magnetitens duktilitet

- Gräns vid dragning ca 0,1 %
- Gräns vid kompression 0,4 - 1,0 %

Stålets egenskaper

- Sträckgräns, elastisk gräns 0,2 %
- Duktilitet hos stål > 20 %

Vid för stor sträckning eller hoptryckning spricker magnetiten

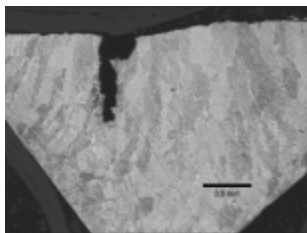
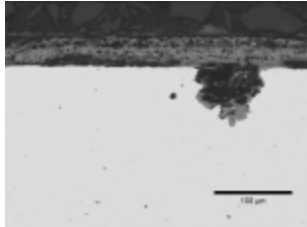
Ref. McCarthy, Harrison, Corr. Sci. 14, 1974

6

2010-03-03

Inspecta

► Kemiska angrepp eller mekaniska laster



Två möjliga mekanismer

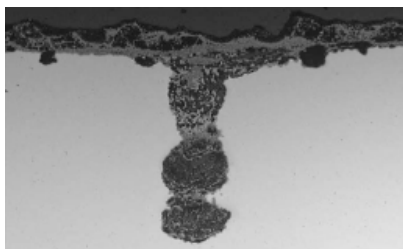
- Kemiska angrepp på magnetit leder vanligen till punktkorrosion
- Mekaniska laster leder till sprickliknande angrepp

7

2010-03-03

Inspecta

► Töjningsinducerad korrosion



Vedertagen modell för töjningsinducerad korrosion

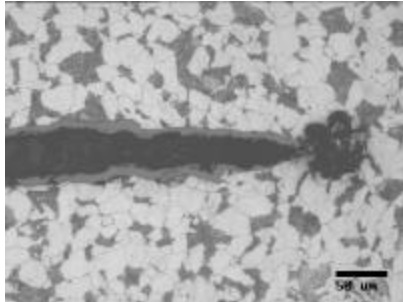
- Magnetiten bildas vid drifttemperatur och är då fri från spänningar
- Vid avställning sjunker tryck/temperatur vilket medför att stålet krymper
- Tryckspänningar utvecklas i magnetitskiktet
- Om dess blir för höga spricker magnetiten och blottlägger stålet för vattenmiljön
- Under avställning stiger syrehalten och temperaturen är låg vilket innebär att ny magnetit inte kan bildas
- Korrosion sker där magnetiten spruckit upp
- Återpassivering när driften startar
- Upprepas vid nästa avställning

8

2010-03-03

Inspecta

▶ Korrosionsutmattning



Driftinducerade brott i magnetitskiktet

- Om brott i magnetiten sker under drift återbildas magnetiten
- Om brottet upprepas kan det leda till sprickbildning genom korrosionsutmattning
- Spricktillväxt under drift ger en spricka med magnetit längs sprickans sidor
- Vid en avställning spricker magnetiten upp enbart vid sprickspetsen och en korrosionsgrop bildas

9

2010-03-03

Inspecta



Styrande faktorer för töjningsinducerad korrosion

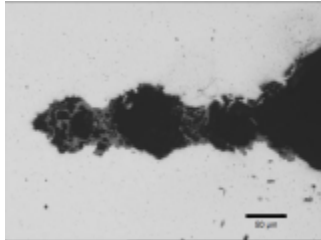
- Laster under drift
- Laster vid avställning
- Miljö
 - Temperatur
 - Syrehalt
 - pH-värde
 - Föroreningar

10

2010-03-03

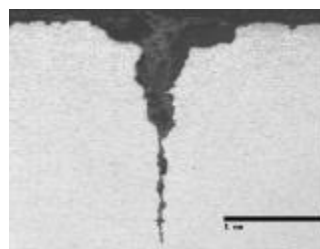
Inspecta

► Sprickutseendet avslöjar belastningen



Sprickornas utseende avslöjar typen av belastning/korrosionsförhållanden

- Vid töjningsinducerad korrosion sker inte någon spricktillväxt under driftperioderna
- Korrosionsutmattning + stilleståndskorrosion



11

2010-03-03

Inspecta

► Vilka områden drabbas

Töjningsinducerade sprickor uppträder typiskt i områden med hög spänningskoncentration

Vilka komponenter drabbas?

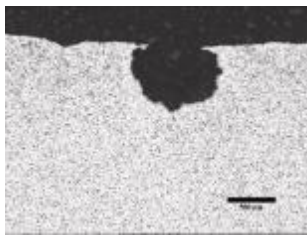
- Tubinsvetsningar
- Böjar
- Svetsar: smältdiken, svetstår, svetsdefekter

12

2010-03-03

Inspecta

Väggtub



Långsträckt axiell frätgrop i väggtub

- Axiella sprickor i magnetitskiktet i en väggtub
- Tid i drift över 40 år
- Ingen spricktillväxt i djupled
- Ingen korrosion vid avställning

Tolkning

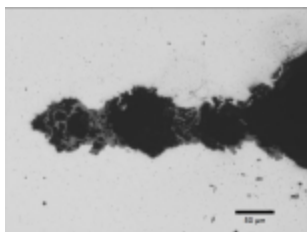
- Inga utmattningslaster under drift
- Skador i magnetiten är nya
- Förändrade driftförhållanden

13

2010-03-03

Inspecta

Ångdom



- Axiella sprickor i mantel till ångdom
- Tid i drift över 30 år
- Tydliga spår av korrosion
- Ingen spricktillväxt mellan groparna

Tolkning

- Inga utmattningslaster under drift
- Korrosion under avställning

14

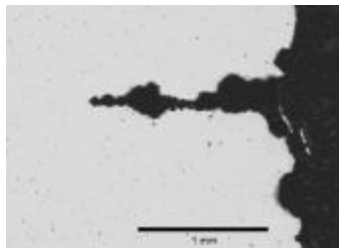
2010-03-03

Inspecta

Vattendom



- Ytsprickor vid längssvets i vattendom
- Tid i drift drygt 40 år
- Sprickorna finns i botten av urslipningar
- Ett fåtal tydliga spår av korrosion under avställning
- Måttlig spricktillväxt under drift



Tolkning

- Urslipning gör att sprickan är högst fem år gammal
- Utmattningslaster under drift medverkar till spricktillväxt

15

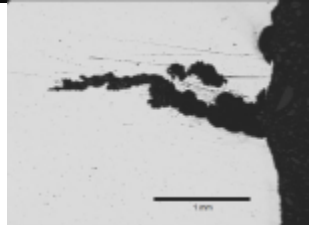
2010-03-03

Inspecta

Ångdom, tubgenomföringar



- Axiella korta ytsprickor vid tätsvets och mellan tubinfästningar
- Tid i drift ca 40 år
- Spår av korrosion under avställning
- Spricktillväxt under drift



Tolkning

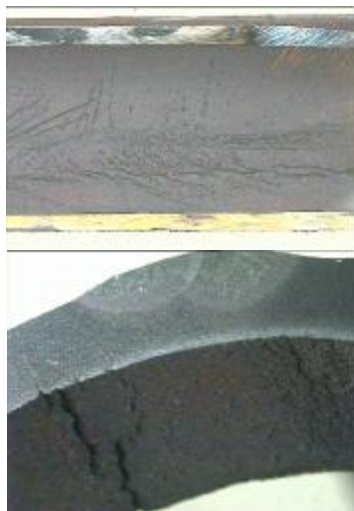
- Utmattningslaster under drift
- Korrosion under stillestånd mer tveksamt

16

2010-03-03

Inspecta

▶ Väggtub



- Axiella sprickor i väggtub
- Sprickor endast under fenorna
- Tydliga sprickor i magnetitskiktet
- Spricktillväxt och korrosionsangrepp

Tolkning

- Utmattningslaster under drift
- Korrosion under avställning



17

2010-03-03

Inspecta



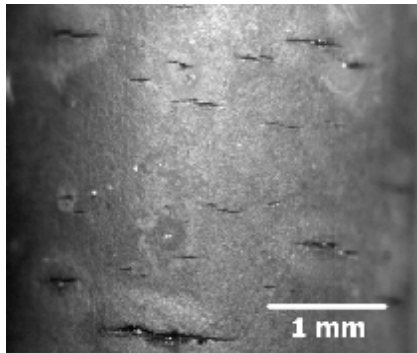
Hur kan man veta vad som händer i en panntub

18

2010-03-03

Inspecta

Experimentell verifiering



- Slow Strain Rate Testing av pannruber i vattenmiljö
- Provning vid statisk belastning och med mellanliggande avlastning
- Provningen sker i vattenmiljö där syrehalten kan varieras

- Ref
- Yang, Singh, Neu - Initiation and propagation of stress-assisted corrosion cracks in carbon steel boiler tubes, J. of Engineering Materials and Technology, Oct 2007

19

2010-03-03

Inspecta

Experimentell verifiering

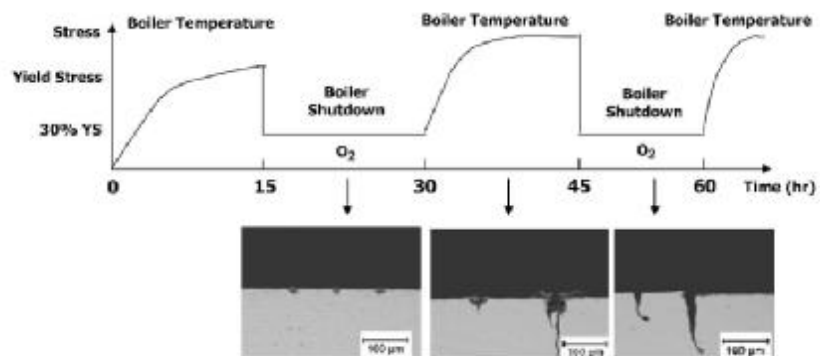


Fig. 8 ISSRT to simulate boiler shutdown/start-up cycles. Micrographs show crack morphology at different times during the test.

20

2010-03-03

Inspecta

Experimentell verifiering

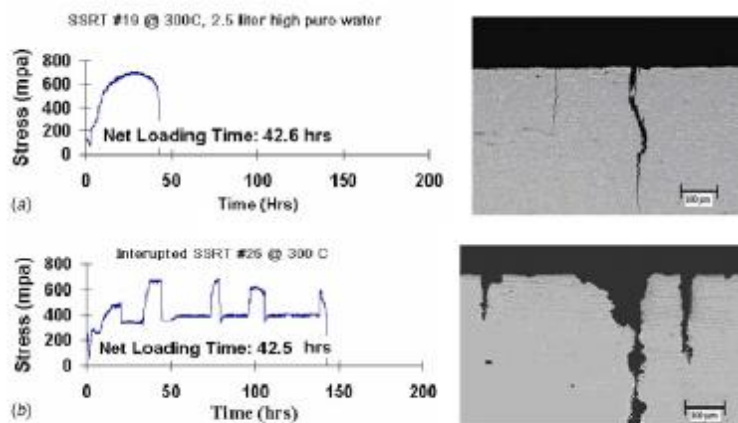


Fig. 10 Validation tests conducted in oxygenated water (5 ppm) at 300°C: (a) test without interruption showing sharp crack and (b) ISSRT showing bulbous crack formation under simulated boiler operation with shutdown/start-up cycles

21

2010-03-03

Inspecta

Reflexioner och rekommendationer

Varför skall man undersöka skadade komponenter?

- Sprickornas utseende avslöjar mycket om de driftlaster och korrosionsförhållanden både under drift och vid avställning som lett fram till skadorna.

Varför uppstår sprickbildning genom töjningsinducerad korrosion?

- En viktig faktor är ofta pannkonstruktionen.
- Sättet att köra pannan och stoppa den vid avställning har betydelse.
- Pannvattnets sammansättning är också en viktig faktor.

Vad kan man göra för att minska sannolikheten för skador?

- Vid avställning bör förändringar av tryck och temperatur ske långsamt.
- Syrehalten i pannvattnet under avställningar bör minimeras.
- Under drift skall yttre laster på tuber och andra komponenter undvikas.

Var rädd om magnetitskiktet.

22

2010-03-03

Inspecta