

Risker med högtrycksrengöring av sodapannor

Anja Klarin

Skog2010
Sundsvall 25 Mars, 2010

1

March 25, 2010, Anja Klarin
Skog2010, Sundsvall

Innehållet

- Skadorna på komponenttuber i Husums och Gruvöns sodapanna
- Skadors utseende
- HT-spolningstester och skadorna på ståltuber efter dem
 - Skadornas utseende i jämförelse med “äka” skador
 - Sprickbildningens egenskaper
- Vad säger litteraturen om HT-spolning?
 - Strömningshastigheten vs. skadans utseende
- Rekommendationer

2

March 25, 2010, Anja Klarin
Skog2010, Sundsvall

Skadans utseende i Husums panna

- Vid underhållstoppena i september 2007 och i maj 2008 upptäcktes närliggande runda skador på en av komponenttuberna på sodapannabotten.
- Skadorna låg rätt nära löphålena



Fotot av David Good (ÅF-Consulting)(2008)

Skadade komponenttuber i Husums sodapanna TP6

- Fotot om skadans läge på bottenrör under årsstoppet 2007 och i maj 2008



Oversikt av pannbotten nära frontväggen (Fotot av Jan Wåle _ INSPECTA (2007))

Skadorna på Gruvöns sodapanna upptäcktes i september 2008



5

March 25, 2010, Anja Klarin
Skog2010, Sundsvall



Skadorna i Gruvöns sodapanna upptäcktes på vägguber



Skadorna upptäcktes på vägguber
nära löphålena

6

March 25, 2010, Anja Klarin
Skog2010, Sundsvall



Skadornas utseende i Gruvöns panna

Testbiten från Tub nr
51 innehöll

en mild skada

och en halv djupare
skada.



7

March 25, 2010, Anja Klarin
Skog2010, Sundsvall



Skadornas utseende i Gruvöns panna

- Fotot visar den djupa skadan från Gruvöns sodapanna.



8

March 25, 2010, Anja Klarin
Skog2010, Sundsvall



Skadornas utseende

- Fotot visar den hela milda skadan från Gruvöns panna



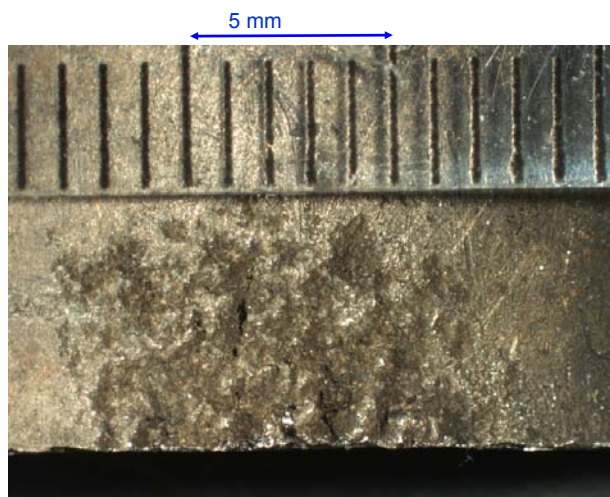
Skadornas utseende i Husums panna

- Skadade testbiten från Husums sodapanna innehöll bara en halv mild skada



Skadornas utseende i Husums panna

Husums milda skada



11 March 25, 2010, Anja Klarin
Skog2010, Sundsvall



Skadornas utseende på tvärsnitt

- Gruvöns djupa skada delades i två för att göra tvärsnitt för LOM
- och SEM



12 March 25, 2010, Anja Klarin
Skog2010, Sundsvall



Skadornas utseende på tvärsnitt

- Gruvön milda skada delades också i två



13

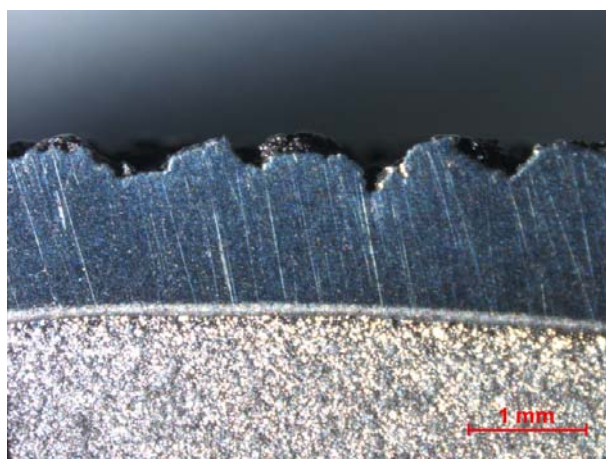
March 25, 2010, Anja Klarin
Skog2010, Sundsvall



Skadornas utseende på tvärsnittet

Tvärsnittet av
Husums testbit

Det rostfria
ytterskiktet)



14

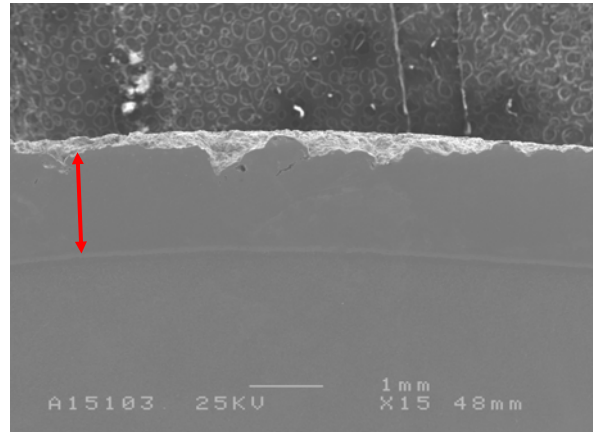
March 25, 2010, Anja Klarin
Skog2010, Sundsvall



Skadornas utseende på tvärsnittet

Tvärsnittet av skadan på tub 25 i Husums sodapanna under stoppet i maj 2008.

Angreppet i komponentubens ytterskikt hade nått ca 30% av rostfria stålets godstjocklek dvs. groparna var max. 0.5 mm djupa..



Högtryckspolningstester genomfördes på hösten 2008

- L. Lindblad (Inspecta) genomförde HT-tester på Husums Bruk
 - med HT-aggregat
 - med komponentuber och kolståltuber
 - varierande vattenflöde munstyckets avstånd (1 eller 2 meter) och spolningstider (10 min... 30 min).
- S. Magnusson genomförde HT-tester på Gruvöns Bruk
 - med HT-aggregat
 - med komponentuber
 - varierande vattenflöde munstyckets avstånd (0.5, 1 eller 2 meter) och spolningstider (5 min... 30 min).

Skadornas utseende: HT tester på Husums Bruk

Husums testbit: 600 bar 1 m 30 min



Angreppets bredd var 7 mm, längd ca 16 mm och djup 2.8 mm

17

March 25, 2010, Anja Klarin
Skog2010, Sundsvall



Skadornas utseende: HT tester på Husums Bruk

Husums testbit
600 bar 1 m 30 min

Det fanns tomrum
under rostfria skiktet



Tvärsnittet (till vänster) och komponentens yta (till höger)

18

March 25, 2010, Anja Klarin
Skog2010, Sundsvall



Skadornas utseende: HT tester på Husums Bruk

Husums testbit 500 bar 1 m 30 min



Angreppets bredd var 6 mm, längd ca 12 mm och djup 1.2 mm

Skadornas utseende: HT tester på Husums Bruk

Husums testbit
500 bar 1 m 30 min



Tvärsnittet (till vänster) och komponentens yta (till höger)

Skadornas utseende: HT tester på Husums Bruk

Husums testbitar på samma foto:

skadan från pannan till vänster och skadan från 500 bar 1 m/30 min (H5) och från 600 bar 1 m/30 min (H6)



21 March 25, 2010, Anja Klarin
Skog2010, Sundsvall



Arrangemang vid HT-tester på Gruvöns Bruk (Stefan Magnusson)



Data samtliga test:

Flöde, ca 100 l/m, motsvarande flöde som från en aquamat stråle

Munstycke, $d = 2.2 \text{ mm}$

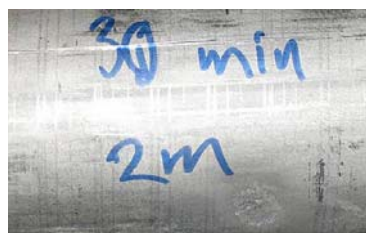
Media temp, $30 - 40^{\circ}\text{C}$

Tryck ht-aggregat, 960-1000 bar

Tubmaterial motsvarande eldstads
komponent 63.5 x 6.5 mm



Skadornas utseende vid HT tester på Gruvöns Bruk



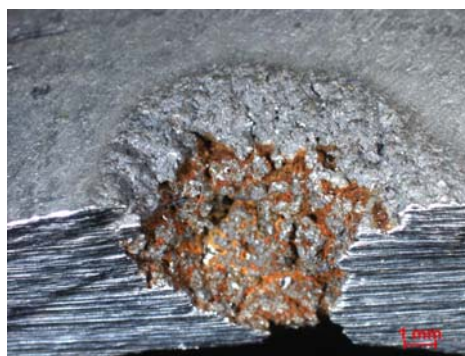
23

March 25, 2010, Anja Klarin
Skog2010, Sundsvall



Skadornas utseende: HT tester på Gruvöns Bruk

- HT tester från Gruvön 960 bar 1 m 15 min



Skadans bredd var ca 12 mm och det fanns ett genomgående hål på komponenttuben.

24

March 25, 2010, Anja Klarin
Skog2010, Sundsvall



Skadornas utseende: HT tester på Gruvöns Bruk

- Fotot visar svärsnittet av testbiten från HT-testen 960 bar 1 m 15 min



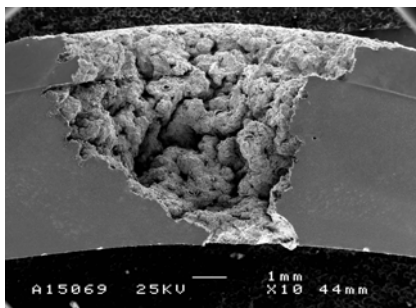
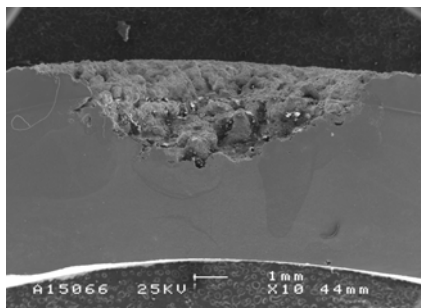
25

March 25, 2010, Anja Klarin
Skog2010, Sundsvall



Sprickbildning vid Skadorna på Gruvöns Bruk

Tvärsnittena av skadade compoundtuber



SKADAN från sodapannan Tub 51 (till vänster) och från HT-testen (960 bar – 1 m – 15 min (till höger)

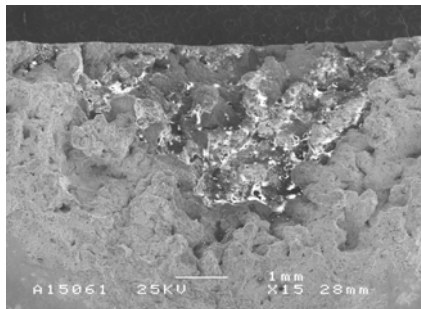
26

March 25, 2010, Anja Klarin
Skog2010, Sundsvall

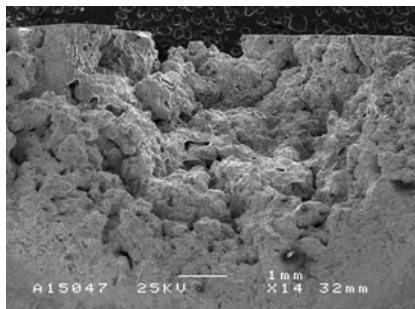


Sprickbildning vid Skadorna på Gruvöns Bruk

Tubytan av skadade compoundtuber



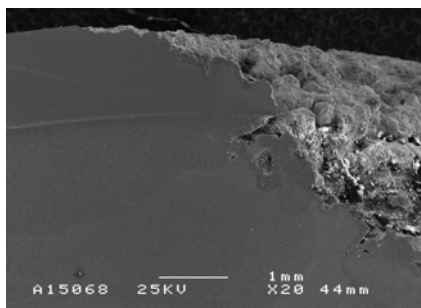
Tub 51



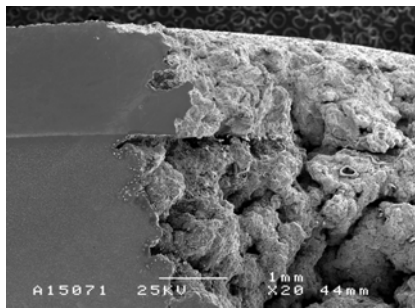
HT 960 bar – 1 m – 15 min

Sprickbildning vid Skadorna på Gruvöns Bruk

Tvärsnittena av skadade compoundtuber



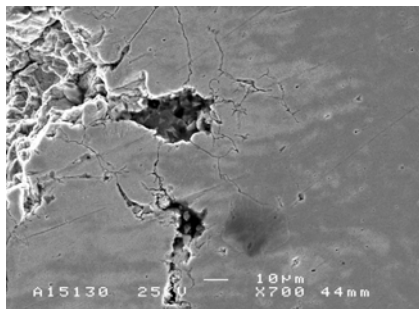
Tub 51



HT 960 bar – 1 m – 15 min

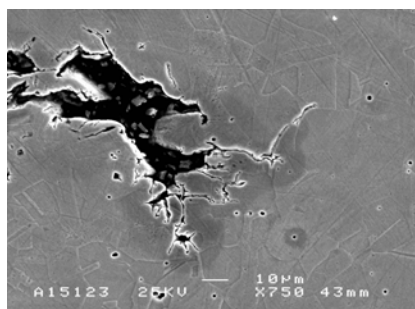
Sprickbildning vid Skadorna på Gruvöns Bruk

Tvärsnittena av skadade komponenttuber: rostfria materialet



Tub 51

**Sprickorna liknar på
spänningskorrosionsprickor**



HT 960 bar – 1 m – 15 min

Sprickorna är kortare och rakare

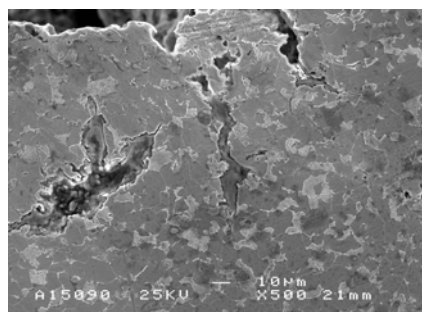
March 25, 2010, Anja Klarin
Skog2010, Sundsvall

29



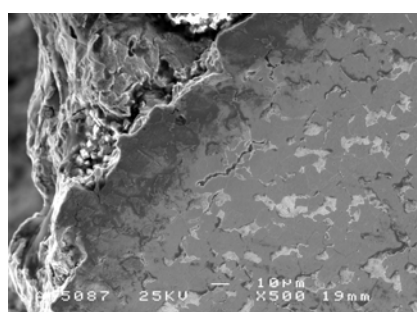
Sprickbildning vid Skadorna på Gruvöns Bruk

Tvärsnittena av skadade komponenttuber: kolstålet



Tub 51

**Transkristallina mikrosprickor går genom perlit lameller i båda
strukturerna**



HT 960 bar – 1 m – 15 min

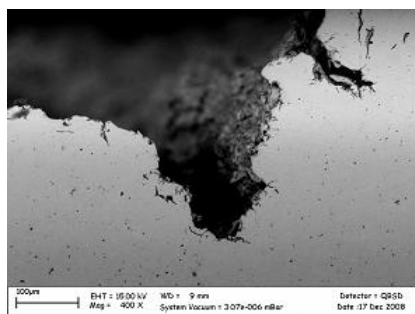
March 25, 2010, Anja Klarin
Skog2010, Sundsvall

30



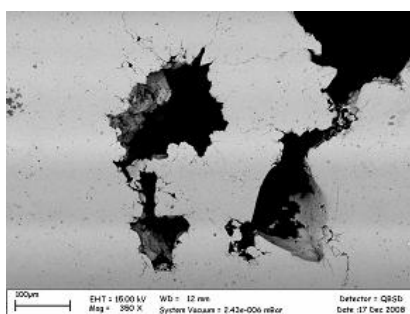
Sprickbildning vid Skadorna på Husums Bruk

Tvärsnittena av skadade komponenter: rostfria materialet



Tub från TP6

**Dessa breda sprickor innehöll
Cl, S, K, Na, Si, Al**



Tub från HT-test med 500 bar

**Sprickorna var korta och smala
Dessa sprickor innehöll inga klorider**

31

March 25, 2010, Anja Klarin
Skog2010, Sundsvall



Resultat av metallorgrafiska analyser (1/2)

- Skadans utseende på tuben från pannan och från HT-testerna var mycket lika
- Den metalliska mikrostrukturen i det olegerade stålet, dvs. perlit lamellerna i ferrit- perlit struktur, av panntuber var lika intakt som i de nya tuberna
- Med SEM's EDAX analyser upptäcktes på skadade områdena element från sodapannans smälta dvs. svavel, klorider osv.
- De transkristallina mikrosprickorna i ytterskiktet av komponenttuben från sodapannan var ganska breda och de innehöll klorider och svavel
- - hade likheter med spänningssprickor.
- - riktning var tvärs mot ytan, vilket betyder att (tangentiella) dragspänningar på stålytan dominerade vid sprickbildningen av dessa sprickor.
- - både horisontala och vertikala mikrosprickor i de skadade panntuberna.

32

March 25, 2010, Anja Klarin
Skog2010, Sundsvall



Resultat av metallorgrafiska analyser (2/2)

- Mikrosprickorna i tuberna från HT-tester var smala och innehöll inga främmande ämnen.
- - hade få likheter med spänningskorrosions sprickor.
- - Flesta av dessa sprickor var horisontala, vilket betyder att spänningarna hade varit i direkt vinkel mot ytan dvs. tryckspänningar dominerade vid sprickbildningen.
- Deras antal var desto större ju högre HT-testens tryck var.
- Testbiten från Gruvöns panntub nr 51 visade gott om spänningskorrosionssprickor varför skillnaderna mellan dessa två mikrostrukturer (dvs. i pann-tuben och i HT-testbiten) var mycket avvikande.
- Testbitarna från Husums Bruk kompletterade bilden om sprickbildningen (HT-testbitarna genomförda med tryck på 500 bar och 600 bar).

LITTERATUREN – VAD FINNS DÄR?

- Finns det något att hämtas från litteraturen?
 - Höga strömingshastigheter?
 - Vattenstrålets höga strömningshastigheter på metallytan?

För höga strömningshastigheter – vilka följder på stålytan

Hur strömnings inducerad lokalkorrosion (dvs. erosion korrosion) i detta fall utvecklar sig till gropar under det passiva skiktet (Smitt et al (1996)).

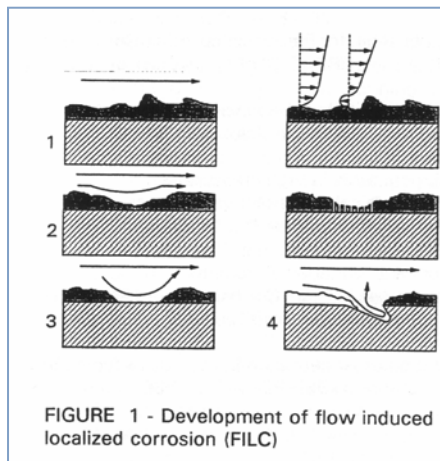
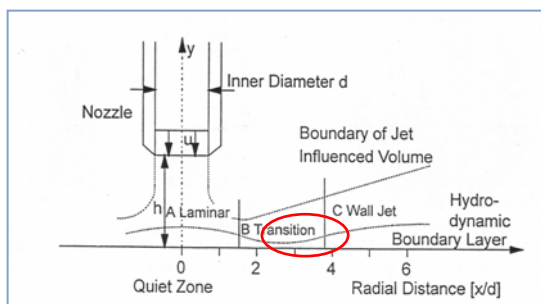


FIGURE 1 - Development of flow induced localized corrosion (FILC)

Ref. Smitt et al. CORROSION96 (1996) Paper 9

Vad finns att ta från Litteraturen om vattensrålens inverkan?

- Smitt har genomfört flera korrosionsförsök för att få fram hur mycket en vinkelrättvattenstråle under vätskan (*Submerged jet*) kan förorsaka korrosion på stål.
- Figuren visar parametrar vid korrosionstester.
- Smitts grupp upptäckte att det blev ett turbulent område (B) sett från strålens mittpunkt på ett avstånd av ungefär 3 – 5 gånger strålens diameter, där det hydrodynamiska skiktet på materialet blev minimalt.

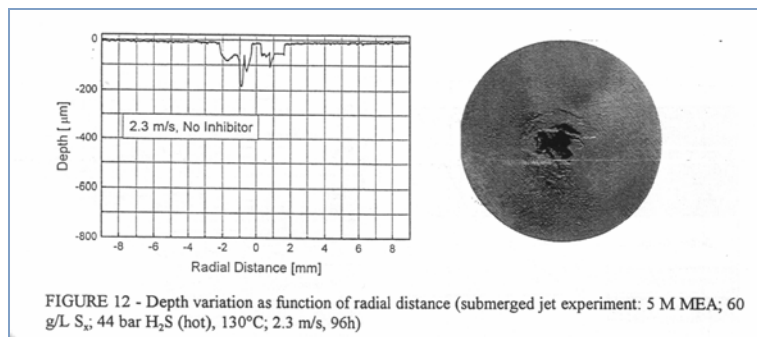


Inom detta område (B) kan man kalkylera materialets brottspänning R (N/m^2) som funktion av strömningshastigheten genom munstycket (u_0)

$$R = 0.0447 \rho u_0^2 Re^{-0.182} (x/d)^{-2}$$

när ρ = densiten (kg/m^3), Re = Reynolds tal = $u_0 \cdot d / \nu$, ν = vätskans kinematisk viskositet (m^2/s), d = munstyckets diameter (m), x/d = radial avstånd från mitten.

Smitts resultat från korrosionstester

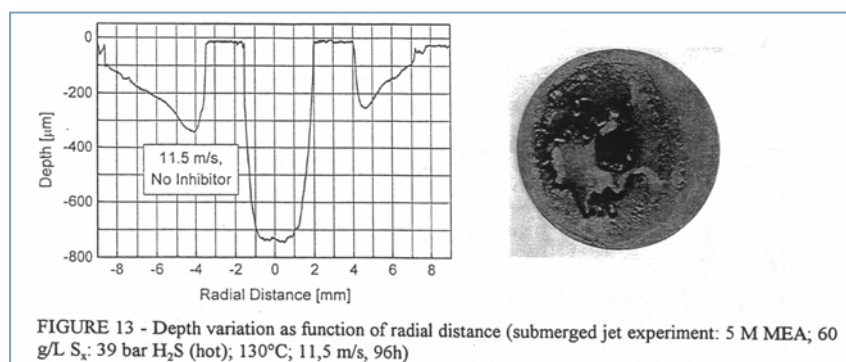


Strömningshastigheten var 2.3 m/s mot kolstål i en lösning.

Ytjämnheten visar korrosion på mitten

(Smitt et al (1998)CORROSION98, paper46).

Smitts resultat från korrosionstester



Strömningshastigheten var 11.5 m/s mot kolstål i en lösning.

Ytjämnheten visar gropar både i mitten och på ett avstånd av ca 4.5 gånger munstyckets diameter.

Vad var strömningshastigheterna vid HT-testerna

- HT tester från Gruvön
- HT tester från Husum

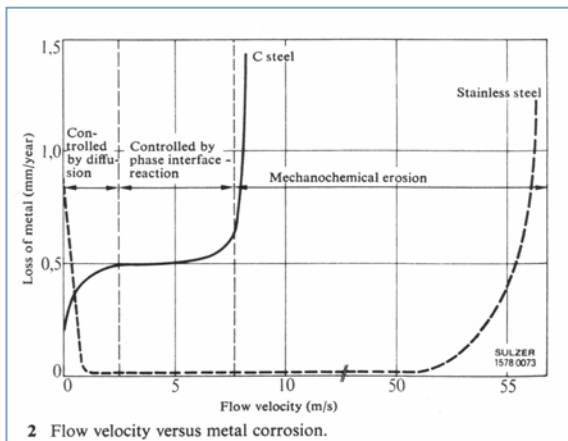
Strömningshastigheten genom munstycket vid HT-tester

- På Husum när flödet var ca 100 l/min och munstyckets diameter var 2.2 mm
 - $\Rightarrow r = 1.1 \cdot 10^{-3} \text{ m}$
- $A = \pi r^2 = 3.8 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$
- Flöde / area = **438 m/s**
- På Gruvön när munstyckets diameter var 2.4 mm dvs. $r = 1.2 \text{ mm}$ och arean blir då
 - $A = \pi (1.2)^2 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$
- Vid 500 bar (80.6 l/min) blir strömningshastighet 297 m/s
- Vid 600 bar (88.3 l/min) blir strömningshastighet 325.3 m/s
- Vid 700 bar (95.4 l/min) blir strömningshastighet 351.5 m/s
- Vid 800 bar (102 l/min) blir strömningshastighet 375.8 m/s

För höga strömningshastigheter – följer på stålytan

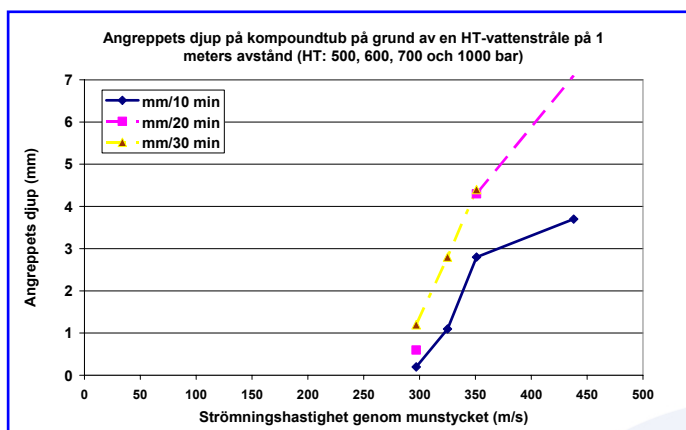
Sulzer har utfoskat och publicerat strömningshastighetens inverkan på stål:

Kolstål har mycket sämre motstånd mot höga strömningshastigheter än rostfritt stål.



Ref. Pini and Weber. Sulzer Technical Review 2 (1979), 69-80.

Skadans djup på HT tester



Angreppet på komponenttub i mm på funktion av HT-vattenstrålens strömningshastighet genom munstycket när avståndet mellan munstycket och komponenttuben var 1 m.

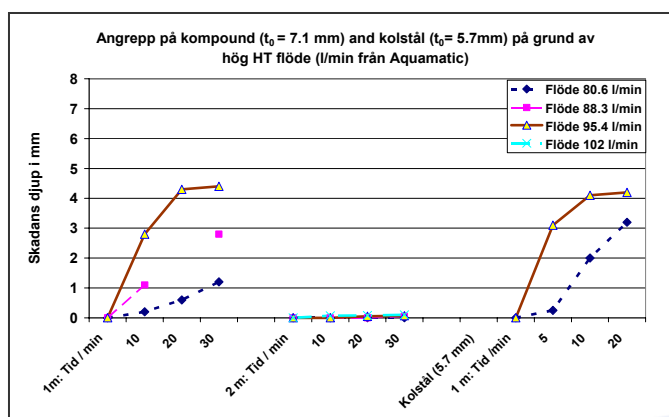
Skadans djup (mm) vid olika olika vattentryck

bar	500	600	700	800	960-1000
	Flöde 80.6 l/min	Flöde 88.3 l/min	Flöde 95.4 l/min	Flöde 102 l/min	Flöde 100 l/min
Kompond (7.1 mm)					
1m: Tid / min	1 m avstånd	1 m avstånd	1 m avstånd		1 m avstånd
10	0.2	1.1	2.8		3.7
20	0.6		4.3		7.1 (15 min)
30	1.2	2.8	4.4		
2 m: Tid / min	2 m avstånd	2 m avstånd	2 m avstånd	2 m avstånd	2 m avstånd
10	0	0	0	0.07	
20	0	0	0.05	0.08	
30	0	0.05	0.07	0.1	0.1
Kolstål (5.7 mm)					
1 m: Tid / min	1 m avstånd	1 m avstånd			
5	0.25		3.1		
10	2		4.1		
20	3.2		4.2		

Testerna visade att

- avståndet mellan munstycket och metallytan är avgörande
- angrepp på kolstål är aggressivare än på rostfritt

Skadans djup på HT tester



Testerna visade att

- avståndet mellan munstycket och metallytan är avgörande
- angrepp på kolstål är aggressivare än på rostfritt

Slutsatserna angående sodapannors vattentvätt

- Högtrycksaggregat man använder vid panntvätt har roterande strålar som tas in i sodapannan genom löprännorna.
- Analyserna visar att den preliminära orsaken till skadorna har varit en okontrollerad vattentvätt där en vattenstråle har blivit fördröjd för länge på den tuben som visade skador.
- Övervakning av dessa aquamat aggregaten kontrolleras manuellt med hörsel och syn.
- Om flera apparater används samtidigt blir det svårt att upptäcka om en apparat, som har stannat av någon orsak.

Slutsatserna angående sodapannors vattentvätt

- Man kan konstatera, att risken för angrepp ökar drastiskt när avståndet mellan munstycket och compoundtuben minskar och tiden för angreppets uppkomst minskar drastiskt när trycket höjs.
- Det allra säkraste sättet att minska risken för HT-skador är att se till att vattenpistolerna roterar hela tiden när tvätten är på gång i pannan.
- I fortsättningen rekommenderas att skapa någon metod för att övervaka högtryckstvättens gång mera noggrant för att undvika liknande skador i framtiden. Vilken den här metoden är bör diskuteras med personer specialiserade på högtryckstvätt av pannor och liknande apparater.

Borax i Husums panna

- Orsaken till en lokal kraftigt korrosiv miljö under drift av sodapannan kan man utesluta i detta sammanhang även om Pöyry hade tvivel gällande användning av borax i sodapannan, speciellt om sodapannans bädd har uppnått höga temperaturer, dvs. högre än 1100 °C, för längre tidsperioder.
- Boroxidens roll som flussmedel inom metallindustrin och i metallernas anrikning visar exempel på reaktioner som kan förverkligas även i sodapannor om gränsvärdena besannas.

TACK !
och
TREVLIIG PÅSK !