

SE8200009

SVF-109

SVF--109

**DRIFTSERFARENHETER AV ROSTFRIA
STÅL I HAVSVATTENKYLDA SYSTEM**

Sture Henrikson

Studsvik, Nyköping, Juni 1981



Korrosionsinstitutet
Swedish Corrosion Institute

Postadress: Box 5607
14 86 Stockholm
Telefon: 08 - 22 25 40
Besök: Kontoret
Drottning Kristinas väg 47 D
Laboratoriet
Drottning Kristinas väg 48

Arende Operational experience of stainless steels in seawater-cooled systems. Report on Stage I of SVF M 13.

Uppdragsgivare: Stiftelsen för Värmeteknisk Forskning
c/o Owe Strandberg
Studsvik Energiteknik AB
611 82 NYKÖPING

Utskrivet av: UN

Handläggare: Sture Henrikson

Godkänt Mats Linder

Reg nr: 51 402/2

Datum 1981-01-22

SUMMARY

At the request of the Swedish Thermal Engineering Research Association a study has been made of chiefly Swedish and Finnish operational experience of stainless steels in seawater and brackish water. A report is given on 23 typical cases, behind which in actual fact a considerably larger number of individual practical cases are concealed. The answer to the primary question why a standard steel of type SS 2343 (AISI 316) sometimes, contrary to expectation, remains unattacked by local corrosion is that there is usually spontaneous cathodic protection by other less noble components of carbon steel, cast iron or some copper alloy in direct contact with the stainless steel.

The study confirms in other respects the adverse effect of residual oxides after welding and the beneficial effect of low temperature, high continuous waterflow and periodic cleaning, and of rinsing with fresh water during out-of service periods. It also verifies the additional advantages of the new high-alloy special steels which have begun to be marketed in recent years for seawater applications.



Korrosionsinstitutet
Swedish Corrosion Institute

Postadress: Box 5607
114 86 Stockholm
Telefon: 08 - 22 25 40
Besök: Kontoret
Drottning Kristinas väg 47 D
Laboratoriet
Drottning Kristinas väg 48

Arende Driftserfarenheter av rostfria stål i
havsvattenkylda system. Delrapport
över etapp 1 av SVF M 13.

Uppdragsgivare Stiftelsen för Värmeteknisk Forskning
c/o Owe Strandberg
Studsvik Energiteknik AB
611 82 NYKÖPING

Utskrivet av: UN

Handläggare: Sture Henrikson *SH*

Godkänt Mats Linder *ML*

Reg nr: 51 402/2

Datum 1981-01-22

SAMMANFATTNING

På uppdrag av Stiftelsen för Värmeteknisk Forskning har en utredning gjorts rörande i huvudsak svenska och finska driftserfarenheter av rostfria stål i havsvatten och bräckt vatten. Utredningen har resulterat i redovisning av 23 typfall bakom vilka i själva verket avsevärt fler enskilda praktikfall döljer sig. Svaret på den primära frågan varför ett standardstål av typ SS 2343 mot förmodan inte änd förblir oangripet av lokal korrosion är att det oftast är frågan om ett tillräckligt katodiskt skydd från andra oädlare komponenter av kolstål, gjutjärn eller någon kopparlegering i direkt kontakt med det rostfria stålet.

Utredningen bekräftar för övrigt den skadliga inverkan av kvarlämnade oxider efter svetsning samt den gynnsamma effekten av låg temperatur, högt kontinuerligt vattenflöde och periodisk rengöring samt färskvattensköljning vid avställningar. Den verifierar också ytterligare fördelarna hos de nya höglegerade specialstål som under de senaste åren börjat marknadsföras speciellt för havsvattenapplikationer.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1.	INLEDNING	sid 3
2.	DRIFTSERFARENHETER	sid 3
2.1	Kylvattenrör	sid 4
2.2	Värmeväxlare	sid 5
2.2.1	Tubvärmeväxlare	sid 5
2.2.2	Plattvärmeväxlare	sid 7
2.3	Pumpar och ventiler	sid 7
2.4	Silar	sid 8
3.	DISKUSSION	sid 8
4.	SLUTSATSER OCH REKOMMENDATIONER	sid 9
5.	LITTERATURFÖRTECKNING	sid 10
	TABELLER	sid 11-18

1. INLEDNING

Olika rostfria stål - i huvudsak austenitiska och ferrit-austenitiska - har sedan länge använts som konstruktionsmaterial för komponenter till havsvattenkylsystem, t ex rörledningar, värmeväxlare, pumpar, ventiler och silar. Trots att dessa i allmänhet inte tillverkats av högre legerade stålsorter än SS stål 2343 har i många fall oväntat långa drifttider utan korrosions-skador rapporterats. I andra fall har till synes identiska applikationer på kort tid drabbats av spaltkorrosion eller gropfrätning, helt i enlighet med korrosionshandböckernas varningar.

Detta motsägelsefulla förhållande redovisades redan för fem år sedan i en av Korrosionsinstitutet utförd utredning av material för havsvattenförande rörledningar (1). Som troliga orsaker nämndes främst skillnader i driftsätt, kontinuerlig resp intermitterande drift samt graden av renhållning under drift och färskvattenspolning vid avställningar men även det katodiska skydd som direktkontakt med komponenter av kolstål eller gjutjärn kan erbjuda.

I syfte att försöka klarlägga orsakerna till ovannämnda brist på överensstämmelse har Stiftelsen för Värmeteknisk Forskning (SVF) uppdragit åt Korrosionsinstitutet att utföra en erfarenhetsinventering inom det aktuella området. I första hand avsågs kartläggning av driftserfarenheter av rostfria komponenter i finska och svenska kraftverk. Korrosionsinstitutet har dock på eget initiativ utökat uppdraget till att även omfatta vissa större kustförlagda industrier av annat slag, samt i någon mån erfarenheter från andra länder i de fall dessa bedömts vara av uppenbart intresse.

TAB 1 utgör en förteckning över de praktikfall som omfattas av utredningen. Av densamma framgår även i klartext vilka företag och personer som medverkat. Antalet praktikfall har i föreliggande slutrapport begränsats till 23 typfall trots att väsentligt fler är kända. Orsaken härtill är dels att vissa fall inte bedömts tillföra någonting nytt till helhetsbilden, dels att uppgifterna varit alltför ofullständiga. I TAB 2 redovisas vilka olika rostfria stålsorter som ingår i de komponenter som omfattas av kartläggningen. Av dessa har de höglegerade rostfria specialstålen tidigare detaljbehandlats i två SVF-rapporter (2, 3).

En av SVF's intressenter föreslog att utredningen även skulle omfatta olika typer av gjutjärn emedan en viss diskrepans även synes föreligga beträffande erfarenheterna av dessa materials havsvattenhärdighet. Gjutjärnsproblematiken har dock inte behandlats specifikt i föreliggande utredning. I sådana fall då gjutjärnskomponenter bedömts påverka korrosionen av angränsande rostfria konstruktioner har emellertid graden av korrosion på gjutjärnet noterats. De enda gjutjärnsorter som på så sätt omfattats är vanligt gråjärn och segjärn. Ingen av de tillfrågade industrierna har använt austenitiskt Ni-legerat gjutjärn (Ni-Resist) i havsvatten.

2. DRIFTSERFARENEHETER

I det följande behandlas driftserfarenheterna av rostfria stål i havsvattenkylda system utgående från de i TAB 1 nämnda praktikfallen som fördelas på följande komponenter:

2.1	Kylvatlenrör	9 fall
2.2	Värmewäxlare	7 fall
2.3	Pumpar och ventiler	5 fall
2.4	Silar	2 fall

I TAB 3 redovisas samtliga dessa fall mera i detalj med angivande av komponentslag, stålsort, maximal kloridhalt och temperatur, driftsätt, skadans typ och lokalisering samt eventuell galvanisk inverkan från angränsande material. I de fall divergerande resultat erhållits vid en och samma applikation anges detta med a, b eller c efter praktikfallsnumret. Dessutom kan vissa typfall, t ex 1.7, 2.5, 2.6, 2.7 och 3.3, avse ett stort antal likartade applikationer. Detta innebär i själva verket att utredningen omfattar långt flera enskilda fall än de 23 angivna typexemplen.

2.1 Kylvattenrör

Följande stålsorter har använts i de av utredningen omfattade praktikfallen (1.1 - 1.9 i TAB 3):

SS stål 2333
 fd SIS 2341
 SS stål 2343
 SS stål 2366
 SS stål 2562
 Avesta 254 SMO

Samtliga standardkvaliteter med undantag för SS stål 2562 har i något fall angripits av lokal korrosion: gropfrätning eller spaltkorrosion. Härdigheten tilltar för övrigt på känt sätt med stigande Mo-halt. Det goda resultatet med SS stål 2562 grundar sig på två skarvsvetsade rörapplikationer vid max 50°C och strömningshastigheten 1-1,3 m/s. Inga läckage har i dessa fall rapporterats efter ca 10 års drift.

Det höglegerade austenitiska specialstålet 254 SMO med 6,1% Mo har klarat sig helt utan anmärkning men i detta fall redovisas bara en enda applikation. Dessutom är drifttiden så kort som sex månader.

Den mest använda stålsorten för kylvattenrör har varit SS 2343. Den vanligaste korrosionstypen i detta material, och för övrigt även i det högre legerade stålet SS 2366, är gropfrätning i anslutning till montagesvetsar. Detta är ett sedan länge känt problem orsakat dels av rotsidiga svetsdefekter som befämjar spaltkorrosion, dels av de glödska som bildas vid svetsningen och som underlättar initiering av gropfrätning. Värst utsatta för denna korrosion är montagesvetsar.

Tiden till läckage i de ovannämnda rörledningarna visar att gropfrätningshastigheter överskridande 3 mm/år kan förekomma i SS stål 2343. Å andra sidan har i några fall sistnämnda stålsort - i ett fall till och med SIS 2341 med 1,5% Mo - motstått korrosion upp till 10 år. Den främsta orsaken till detta oväntat goda resultat är uppenbarligen att rören i dessa fall stått i kontakt med komponenter av kolstål eller gjutjärn, som givit det rostfria stålet katodiskt skydd. Tyvärr har inga uppgifter om graden av galvanisk korrosion på de oädlare komponenterna, pumpar, ventiler, vattenkammare, etc, gått att få fram i dessa fall.

I vissa fall har en bidragande orsak till att rostfria rör inte angripits av lokal korrosion varit att rörledningarna varit prefabricerade och så grova att svetsning från insidan och efterföljande rengöring av svetsarna kunnat utföras.

Underlaget är för litet för att möjliggöra en säker bedömning av temperaturrens inverkan på ovan beskriven korrosion. Det mycket goda resultatet med SIS 2341 i fall nr 1.4 torde dock till stor del kunna tillskrivas den extremt lå-

ga temperaturen, max 10°C . Den enda korrosion som iakttoqs i detta fall var ytlig spaltkorrosion på flänsar.

2.2 Värmeväxlare

Havsvatten är ett av de vanligaste kylmedierna i värmeväxlare av skilda slag. I föreliggande utredning redovisas driftserfarenheter av tubvärmeväxlare i praktikfall nr 2.1 - 2.6 och av plattvärmeväxlare i fall nr 2.7. Följande stålsorter har kommit till användning i dessa applikationer:

SS stål 2343	i tubplåtar och vattenkammrar
SS stål 2343	i tuber, tubplåtar, vattenkammrar och värmeväxlarplattor
SS stål 2366	i tuber
Wst nr 4439	i tubplåtar
MONIT	i tuber
Al-6X	i tuber
254 SMO	i tuber och värmeväxlarplattor

2.2.1 Tubvärmeväxlare

Praktikfall nr 2.1 bekräftar, trots att kloridhalten i detta fall endast var $3100\text{ mg Cl}^{-}/\text{l}$ och temperaturen måttlig, max 40°C , det välkända förhållandet att SS stål 2343 inte är lämpligt att använda som tubmaterial i bräckt vatten och havsvatten. Anmärkningsvärt är dock att man två gånger tubat om med samma stålsort, efter 9 resp 13 års drift med upprepade läckage. Rapportören av detta fall nämnde dock att man vid den senaste omtubningen, som utfördes 1980, hade haft för avsikt att välja ett högre legerat material, men att det hela stupat på tidsbrist.

I ovanstående fall var tuberna infästade i tubplåtarna enbart genom invalsning i tubplåtar av samma stålsort, SS 2343. Att ingen spaltkorrosion uppträdde i invalsningarna måste tillskrivas kontakten med kylvattenrör av gjutjärn.

Fall nr 2.2 är mycket lärorikt. Tuberna av SS stål 2366 har klarat sig helt utan angrepp i vatten med max $2700\text{ mg Cl}^{-}/\text{l}$ vid max 30°C under 3 år. Förklaringen ligger i skötseln av dessa relativt små värmeväxlare under avställningsperioderna. Man har genast sköljt med färskvatten, vilket har underlättats av att värmeväxlarna står vertikalt och inte horisontellt som i övriga redovisade fall.

Flänsytorna av SS stål 2333 och 2343 mellan tubplåtarna resp vattenkammare har i ovan beskrivna fall angripits av spaltkorrosion, varför man efter det första årets drift belade dem med epoxi. I vissa värmeväxlare monterades även Zn-anoder. Inga större problem föreligger efter att dessa skyddsåtgärder vidtogs. I de fall tuber och tubplåtar av kopparmaterial använts i kontakt med vattenkammare av SS stål 2343 har tydligen ett katodiskt skydd spontant erhållits eftersom inga angrepp av spaltkorrosion på vattenkammarens flänsyta inträffat.

I samma kraftverk som använder de ovan beskrivna små kylarna har man vattenkammare och tubplåtar av SS stål 2333 och tuber av CuNi-70/30 i huvudkondensatorerna. Att ingen nämnvärd korrosion uppstått på SS 2333 måste

bero på att ett katodiskt skydd med Zn-anoder använts under de första tre åren. Därefter ersattes detta med ett katodiskt skydd med påtryckt ström (Bera) som emellertid endast varit i drift några månader då detta skrivs.

I svenska kärnkraftskondensorer, t ex fall nr 2.5, användes i början tubplåtar av komoundplåt med ett ytskikt av SS stål 2343 mot kylmediet och tuber av Al-mässing. Varken i detta speciella fall eller i andra svenska installationer erhöles spaltkorrosion i pläteringsskiktet i anslutning till invalsningarna. Detta beror troligtvis på att tubplåtarna skyddas av offeranoder av mjukjärn. Vissa kondensorer saknade dock i början anoder i utloppskamrarna, varför ett katodiskt skydd även måste tillskrivas kontakten med tuber av Al-mässing

Efter omtubningen av kondensorererna i fall nr 2.5 med titantuber bibehölls i en kondensortubplåtarna av SS 2343 under det att den andra, som var av Muntz metall, ersattes med komoundplåt med ett högre legerat stål, Wst nr 4439, i pläteringsskiktet.

Trots att arean av offeranoder på tubplåtarna utökades vid omtubningen med titantuber i ovan nämnda fall uppträdde efter knappt ett års drift tecken på spaltkorrosion i 2343-pläteringen. Angreppen var emellertid lokaliserade till ett enda kondensorskepp och måste därför sättas i samband med lokala brister i invalsningen, vilka underlättat inträngning av saltvatten i spalten mellan tub och tubplåt. Det är troligt att korrosionen initierats under driftstopp p g a att kondensorn dränerats och offeranoderna satts ur spel. I den andra, senare omtubade kondensorn, i vilken utförandet på invalsningarna var av högre och jämnare kvalitet och pläteringen högre legerad, har ingen korrosion av detta slag uppstått.

Av praktikfall nr 2.6 framgår att ett stål med drygt 6% Mo, AL-6X, sedan 6 år använts till fullskaleinstallationer av kondensortuber för havsvatten-drift utan några som helst korrosionsskador på tuberna. En viss galvanisk korrosion har däremot uppstått på tubplåtar av kopparmaterial, vilket föranlett användning av katodiskt skydd. Tubplåtar av SS stål 2562 rekommenderas därför av tubeleverantören vid nyinstallationer.

Något kortare erfarenhet än av AL-6X uppger sig samma tillverkare ha av det ferritiska stålet 29-4, varav en billigare variant 29-4 C (Ti-stabiliserad med något högre C- och N-halter än i det vacuumsmälta 29-4) även marknadsförs speciellt för kondensorer. Långtidsförsök och provinstallationer av tuber i 29-4 under ca 4 års tid tyder på lika god hårdighet som hos AL-6X. Erfarenheter av fullskaleinstallationer saknas dock än så länge.

Ett med AL-6X närbesläktat specialstål, 254 SMO, har även det med framgång provats i full skala i en havsvattenkyld kondensort, dock än så länge endast under ca 1 1/2 år (fall nr 2.3). I samma provning ingick även AL-6X och det ferritiska stålet MONIT, även de utan tecken på korrosion.

Typfall nr 2.4 bekräftar dels de dåliga erfarenheterna av kondensortuber av SS stål 2343, dels visar det att SS stål 2562 i många fall är ett pålitligt tubmaterial för havsvattenkylare, i varje fall upp till ca 60°C förutsatt att god driftspraxis med kontinuerligt flöde av lägst 1 m/s samt minutiös rengöring iakttas. Vid höga periodiska värmebelastningar har dock skador av punktfrätning och förmodligen avlagringskorrosion uppstått även i detta höglegerade stål.

2.2.2 Plattvärmväxlare

Plattor till plattvärmväxlare innehåller ett otal spalter, dels metall mot icke metalliska plantätningar, dels metall mot metall i varje kontaktpunkt mellan två plattor. Konstruktionen som sådan inbjuder därför till spaltkorrosion hos rostfria stål vid användning i havsvatten. Det är också länge sedan man övergick från SS stål 2343 - ett exempel på korrosion efter bara 7 månader ges i praktikfall nr 2.7 - till titan som varit det förhärskande plattmaterialet under de senaste 15 åren. På den senaste tidens kraftiga prishöjningar på titanplåt och den allmänt försvårade leveranssituationen har den svenska tillverkaren emellertid efter ett omfattande provningsprogram även börjat offerera plattor av 254 SMO.

Driftserfarenheterna av värmväxlarplattor i 254 SMO begränsas än så länge till maximalt 1 1/2 år. Resultaten tyder emellertid på att materialet inte är känsligt för spaltkorrosion i denna applikation vid temperaturer upp till 40°C.

2.3 Pumpar och ventiler

Följande rostfria stål har i de omfattade praktikfallen förekommit i pumpar och ventiler:

SS stål 2333	i axlar och löphjul
SS stål 2343	i axlar och löphjul
SS stål 2350	i axlar
Ferralium 255	i löphjul
G-X3 CrNiMo 246	i löphjul
SS stål 2343	i ventiler och ventildelar

Pumparnas rörliga delar har tydligen, oberoende av vilket rostfritt stål som använts, skyddats katodiskt av angränsande pumphus och stigarrör av kolstål eller gjutjärn. Kraftiga angrepp på sistnämnda delar, ibland mycket lokalt av gropfrätning eller erosionskorrosion på att skyddsbeläggningarna inte varit tillräckligt bra, bekräftar att så varit fallet.

Under drift är korrosion på de rostfria stälen över huvud taget inte att vänta, beroende på då rådande höga strömningshastigheter, men under stillestånd bedöms ovan nämnda spontana katodiska skydd vara en faktor att räkna med. Visserligen har pumpar emellertid även försetts med ett särskilt katodiskt skydd i första hand avsett att skydda de belagda oädlare komponenterna snarare än det rostfria stålet. Erfarenheterna av pumpar bekräftar det som framkom i en tidigare enkät som utfördes av Korrosionsinstitutet (7).

Erfarenheterna av ventiler i segjärn med interna delar av SS stål 2343 är som väntat att det sistnämnda erhållit ett effektivt katodiskt skydd under det att det oädlare segjärnet angripits kraftigt (fall nr 3.4). Å andra sidan har ventiler helt utförda i rostfritt stål av typ SS 2343, erhållit mycket djupa angrepp av spaltkorrosion på anslutningsflänsarna redan efter 7 månaders drift (fall nr 2.5). I detta avseende synes en klar effekt av förhöjd temperatur föreligga. En temperaturhöjning från 20 till 40°C har inneburit en tiofaldig ökning av korrosionshastigheten.

2.4 Silar

De silgaller som fångar upp Taproggekulorna efter passagen genom kondensortuberna är i svenska kraftverk tillverkade av Wst nr 4439 (fall nr 4.1) eller SS stål 2343 (fall nr 4.2). Inga korrosionsangrepp har efter 5 resp 3 års drift observerats på dessa silar. Orsaken till detta är troligtvis det för det mesta kontinuerliga och snabba vattenflödet samt avsaknaden av spalter och svetsningsbetingat glödskal i konstruktionen.

3. DISKUSSION

Utredningen visar att man inom många industrier, såväl kraftverk som kemisk industri, hyst alltför stor tilltro till rostfritt stål. Detta är högst anmärkningsvärt eftersom all facklitteratur på området inklusive de vanligaste korrosionshandböckerna varnar för lokal korrosion vid okritisk användning av rostfria stål i havsvatten. Det oöverlagda materialvalet kan även förklaras av att man saknat egen kompetens och därför i alltför hög grad litat på konsulter utan specialkunskaper om korrosion. I några fall är detta uppenbarligen fallet, liksom att man helt enkelt varit tvungen att acceptera komponenten ifråga därför att den ingått i en större systemleverans.

Vilken information har då utredningen givit utöver det som fackmannen redan tidigare känt till? Svaret på denna fråga är att det insamlade och systematiserade materialet av praktikfall i första hand ytterligare bekräftar att standardiserade rostfria stål med upp till 3,5% Mo inte bör användas i havsvattenkylsystem. Det enda undantaget från denna regel är applikationer som innebär att det rostfria stålet antingen erhåller ett spontant katodiskt skydd p g a direkt kontakt med oädlare komponenter, eller genom att ett särskilt katodiskt skydd anbringas.

Den uppenbara skyddseffekten av den systembetingade kontakten med oädlare material, och det därav skapade spontana katodiska skyddet, är utan tvekan det mest värdefulla resultatet av utredningen. Denna bekräftelse av tidigare förmodanden förklarar faktiskt de flesta fall då rostfritt stål av typ SS 2333 eller 2343 mot förmodan motstått korrosion under lång tid. Därmed är också huvudfrågeställningen i själva projektmotiveringen besvarad, d v s varför ett stål ibland angrips för att en annan gång förbli intakt under till synes likartade drifts- och miljöpåkänningar i havsvatten. Vad som återstår är att bättre försöka nyttiggöra denna effekt genom en medveten optimering av materialkombinationer. För att möjliggöra detta krävs fältförsök med olika komponentkombinationer.

Att stål SS 2562 med 4,5% Mo i många fall väl motstår angrepp av havsvatten har även bekräftats. Som också framhållits från tillverkarhåll är det dock viktigt att man vid användningen av detta stål, t ex i värmväxlartuber, ser till att upprätthålla tillräckligt hög vattenhastighet för förhindrande av påväxt och slambeläggning, lägst 1 m/s, och att skölja tuberna med färskvatten vid varje driftsuppehåll. Likaså bör spalter undvikas. Högre temperatur än 60°C är inte heller att rekommendera.

Betydligt färre reservationer än för SS stål 2562 behöver göras om något av de högst legerade specialstålen AL-6X, 254 SMO, MONIT och 29-4 väljes. Detta har emellertid framgått av tidigare SVF-rapporter (2, 3) och annan litteratur på området (5, 6) och innebär ingenting nytt. Vad som möjligen är värt att framhålla är de goda resultaten med 254 SMO även för den ytterst komplicerade applikationen plattvärmväxlare. Det torde dock vara för tidigt att försöka ange de exakta gränserna för detta nya materials hårdighet för

denna tillämpning. Något konservativt kan gränsen för högsta temperatur vid användning i havsvatten sättas vid 40-50°C. I bräckt vatten torde det vara möjligt att gå ytterligare något högre utan spaltkorrosion.

Ett nytt svenskt specialstål, som på basis av laboratorieförsök och kemisk sammansättning bedöms ha i det närmaste lika god havsvattenhärdighet som de tidigare nämnda specialstålen, är Sanicro 28 från Sandvik AB. Egentliga driftserfarenheter saknas dock än så länge. Samma omdöme gäller det ferritiska stålet Sea-Cure som till sin sammansättning påminner om MONIT.

Utredningen har också på ett övertygande sätt bekräftat de stora riskerna för korrosion vid montagesvetsar i stål med upp till 3,5% Mo. I de fall skarvsvetsade rör av SS stål 2562 med 4,5% Mo har använts har däremot ingen korrosion av detta slag rapporterats. Att en ytterligare förhöjd Mo-halt är gynnsam i detta avseende visar även tidigare publicerade resultat med rör av 254 SMO som skarvats med svetsmuff (2).

Vad olika typer av gjutjärn beträffar har utredningen endast visat att korrosionen på dessa material kan bli kraftig vid kontakt med rostfria stålkomponenter. Den har uppträtt dels i form av gropfrätning vid defekter i organiska beläggningar, dels som erosionskorrosion vid hög strömningshastighet i pumpar. Underlaget har inte medgivit någon bedömning av skillnader mellan de två gjutjärnstyper som omfattas, gråjärn och segjärn. Austenitiskt Ni-legerat gjutjärn har inte förekommit i de behandlade praktikfallen.

4. SLUTSATSER OCH REKOMMENDATIONER

- 4.1. Om rostfria standardstål med Mo-halter upp till 3,5%, motsvarande SS 2366 skall användas bör man se till att de erhåller ett katodiskt skydd. Detta kan antingen vara avsiktligt anbringat med offeranoder eller påtryckt ström eller åstadkommet genom en genomtänkt kombination av rostfria komponenter och sådana av oädlare material. Det sistnämnda alternativet torde kunna möjliggöra stora inbesparingar men kräver ett visst utvecklingsarbete i form av fältförsök.
- 4.2. Standardstålet SS 2562 med 4,5% Mo har visat sig betydligt mer havsvattenhärdigt än de lägre legerade standardstålen. Det är dock inte okänt för lokal korrosion, vilket innebär att det inte får användas okritiskt utan iakttagande av tillverkarens föreskrifter rörande konstruktiv utformning, driftsätt och åtgärder vid stillestånd.
- 4.3. En grupp specialstål bestående dels av de austenitiska stålen AL-6X och 254 SMO (troligtvis även av Sanicro 28 så snart långtidserfarenheter av detta nya stål samlats), dels av de ferritiska stålen MONIT, 29-4 och Sea-Cure, erbjuder betydligt större möjligheter än standardstålen. Emedan de austenitiska stålen funnits längst på marknaden har de ett visst försprång vad beträffar driftserfarenheter jämfört med de ferritiska. Det torde dock inte vara någon överdrift att påstå att alla dessa specialstål väl motstår havsvatten upp till 40-50°C utan speciella reservationer. Vid kombination med oädlare material bör dock hänsyn tagas till risken för galvanisk korrosion på dessa.

5. LITTERATURFÖRTECKNING

1. Lindh, G: Korrosionshårdigheten hos metalliska material för havsvattenförande rörledningar. Bulletin nr 72, Korrosionsinstitutet 1975.
2. Henrikson, S: Höglegerade rostfria stål för havsvattenapplikationer. Utredning av korrosionshårdigheten med tanke på användning i värmekraftverks kylsystem. Slutrapport, SVF-73, Studsvik 1979.
3. Henrikson, S: Utvärdering av fullskaleförsök med kondensortuber av höglegerade rostfria stål i de havsvattenkylda kondensatorerna i Ringhals 1. Delrapport över etapp 2 av SVF M 13. SVF-107, Studsvik 1981.
4. Bernhardsson, S-O, Mellström, R & Tynell, M: Sandvik 2RK65 - A High Alloy Stainless Steel for Seawater Cooling in Chemical Industries. Lecture No 52-59E, A Sandvik Publication, October 1977.
5. Wallén, B: Avesta 254 SMO. A Stainless Steel for Seawater Service. Paper at "Advanced Stainless Steels for Turbine Condensers Operating in Seawater". Seminar at Piacenza, Italy, 1980. (Uppg. uppdaterade 1981.)
6. Maurer, JR: Development and Application of New High Technology Stainless Alloys for Marine Exposures. Seminar at Piacenza, Italy, 1980.
7. Pleva, J: Korrosion i pumpar och värmeväxlare i ång- och kärnkraftanläggningar - Praktiska erfarenheter. KI Rapport 1977:15, 1975-05-27

TABELL 1: Förteckning över de praktikfall som behandlas i utredningen

Praktikfall nr	Komponent	Företag och rapportör
1.1	Kylvattenrör	Helsingfors Stads Energiverk, Finland Dipl ing Liisa Sundberg
1.2	- " -	Neste OY, Esbo, Finland Dipl ing Paavo Kuusela
1.3	- " -	Finnå kraftverk, Esbo, Finland Prof Veikko Lindroos
1.4	- " -	Studsvik Energiteknik AB, författaren
1.5	- " -	Statens Vattenfallsverk, Forsmark, B Österlund
1.6	- " -	Statens Vattenfallsverk, Stenungsund, författaren
1.7	- " -	Fartygsinstallationer, Avesta Jernverks AB, Bergsing Jan Olsson
1.8	- " -	Sandvik AB, Fil kand SO Bernhardsson et al
1.9	- " -	Avesta Jernverks AB, Tekn lic Bengt Wallen
2.1	Tubvärmväxlare	Kemira OY, Nystad, Finland Dipl ing Teuvo Nikula
2.2	- " -	Imatran Voima OY, Lovisa, Finland Tekn lic Esa Lecklin
2.3	- " -	Statens Vattenfallsverk, Ringhals, författaren
2.4	- " -	Sandvik AB, Fil kand SO Bernhardsson et al
2.5	- " -	Oskarshamnsverkets Kraftgrupp AB, Ing Reijo Pulkkinen
2.6	- " -	Allgheny Ludlum, USA Jack Maurer
2.7	Plattvärmväxlare	Avesta Jernverks AB, Tekn lic Bengt Wallen
3.1	Pumpar	Imatran Voima OY, Lovisa, Finland Tekn lic Esa Lecklin
3.2	- " -	- " - , Ingå, Finland
3.3	- " -	Statens Vattenfallsverk, Ing Lennart Bäckstrand
3.4	Ventiler	Neste OY, Sköldvik, Dipl ing Paavo Kuusela
3.5	- " -	Statens Vattenfallsverk, Stenungsund, författaren
4.1	Silar	Statens Vattenfallsverk, Ing Lennart Bäckstrand
4.2	- " -	Oskarshamnsverkets Kraftgrupp AB, Ing Reijo Pulkkinen

TABELL 2: Rostfria stål som behandlas i utredningen

51 402/2

Stålbeteckning	Tillverkare	Analys %								
		C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Cu	N	Övrigt
Austenitiska										
SS 2333	Svenska stålverk	<0,05	<1	<2	18	9				
fd SIS 2341	- " -	<0,05	<1	<2	18	11	1,5			
SS 2343	- " -	<0,05	<1	<2	17,3	12	2,7			
SS 2350	- " -	<0,08	<1	<2	17,3	12	2,7			Ti 5xC
SS 2366	- " -	<0,05	<1	<2	18,5	14,5	3,5			
SS 2562	- " -	<0,025	<1	<2	20	25	4,5	1,5		
Wst nr 1.4439	Tyska stålverk	<0,04			17,5	13,5	4,5		0,15	
254 SMO	Avesta Jernverks AB	<0,02	0,5	0,5	20	18	6,1	0,7	0,2	
AL-6X	Allegheny Ludlum	<0,03	0,3	1,5	20,3	24,5	6,3		0,06	
Sanicro 28	Sandvik AB	<0,02	<1	<2	27	31	3,5	1,0		
Ferrit-austenitiska										
G-X3CrNiMo246	Tyskt stålverk	<0,1	1,3	<2	23,5	6,2	2,5	3,5	0,2	
Ferralium 255	Langley Alloys	<0,08	<2	<2	25,5	5,3	3	2,5	>0,1	
Ferritiska										
29-4	Allegheny Ludlum	<0,01			29		4		<0,015	
29-4 C	- " -	<0,025			29		4		<0,025	Ti ~0,5
MONIT	Nyby-Uddeholm	<0,025			25	4	4		<0,025	Ti 0,3-0,6
Sea-Cure	Colt Industries	<0,03			26	2,5	3		<0,03	Ti ~0,5

TABELL 3: Sammanställning av drifts- och korrosionsdata för praktifall som omfattas av utredningen.

Praktikfall nr	Komponent Stålsort	Kloridhalt Cl ⁻ mg/l	Max temp °C	Driftsätt	Lokal korrosion			Galvanisk inverkan
					typ	i grundmaterial	i svets el HAZ	
1.1.a	Kylvattenrör Ø 50-300 mm SS 2343	2910 - 3250	20	Huvudsakl. kontinuerl.	Gropfrätn. redan efter 1 år. 3-4 läckage/år		I anslutning till montage- svets.	Katodiskt skydd från ventiler och pumphus av gjutjärn.
1.1.b	- " -	- " -	-"-	- " -	Ingen korro- sion på 7 år. Kortare rör än i fall 1.1.a.			
1.2	Kylvattenrör Ø 168x3 mm SS 2343	2915	30	Diskontin.	Gropfrätn. Läckage ef- ter 3 mån.	Ett mindre antal	Huvudsakl. i ansl. till montagesvets.	
1.3	Kylvattenrör Ø 50-200 mm SS 2343	ca 3000	35	Diskontin.	Gropfrätn. Läckage ef- ter 6 mån.	Speciellt på ho- risontella rör.	Huvudsakl. i ansl. till montagesvets.	
1.4	Kylvattenrör grovt rör SIS 2341	3900	10 ¹⁾	Huvudsakl. kontinuerl. 1 m/s	Endast ytlig spaltkorro- sion på flänsar, ef- ter 10 år.			katodiskt skydd från pumpar och ventiler av gjutjärn.
1.5	Spritsvattenrör Ø 100x3 mm SS 2343	3300	20	Diskont.	Gropfrätn. Läckage ef- ter 2 år.		I ansl. till montagesvets.	
1.6	Kylvattenrör Ø 50-100 mm SS 2333	11500 - 13500	40	Diskont.	Gropfrätn. Läckage ef- ter ca 1 år.		I huvudsak i ansl. till svetsskarvar.	

¹⁾Den låga temperaturen har bidragit till det goda resultatet.

TABELL 3: forts

51 402/2

Praktikfall nr	Komponent Stålsort	Kloridhalt Cl ⁻ mg/l	Max temp °C	Driftsätt	Lokal korrosion			Galvanisk inverkan
					typ	i grundmaterial	i svets el HAZ	
1.7.a	Kylvattenrör på ett 10-tal dieseldrivna fartyg SS 2343 och 2366	2000 - 20000	50	Diskont.	Spaltkorrosion på flänsar. Läckage efter 1/2-2 år	På horisontella rör men i mindre omfattning på 2366.	I ansl. till montagesvetsar på båda stålsorterna.	Katodiskt skydd från skrov, ventiler och vattenkammrar av kolstål och gjutjärn.
1.7.b	Grova och rel. korta kylvattenrör till kondensorer i 5 turbin-drivna tankfartyg SS 2343		35	Huvudsakl.	Ingen korrosion efter 10 år.			
1.8 (ref 4)	Kylvattenrör olika dim. SS 2562	~20000	25-50	Huvudsakl. kontin. ca 1 m/s	Ingen korrosion efter ca 10 år.		Ingen korr. i svets skarvar	
1.9 (ref 5)	Kylvattenrör Ø 1219x8-14 mm 254 SMO	~20000	35	Diskont.	Ingen korrosion efter 6 mån.			
2.1	Tuber i hjälpkondensorer Ø 25,4x1 mm SS 2343 Tuberna invalsa- de i tubplåtar av SS 2343 Vattenkammare av 2343	3100	40	Diskont.	Gropfrätn. Läckage efter 1 år. Omtubad efter 9 och 13 år med 2343. Ingen korrosion på tubplåtarna	Över hela tublängden.	Även i längsgående svetsar.	Katodiskt skydd av tubplåtar och vattenkammare från rör av gjutjärn.

TABELL 3: forts

Praktikfall nr	Komponent Stålsort	Kloridhalt Cl ⁻ mg/l	Max temp °C	Driftsätt	Lokal korrosion			Galvanisk inverkan
					typ	i grundmaterialet	i svets el HAZ	
2.2.a	Tuber av SS 2366 i olika värmväxlare. Tubplåtar SS 2333 Vattenkammrar SS 2343	2500 -	30	Kontin. med färskvatten-sköljn. vid varje stopp. Underlättas av vertikalt tubläge	Spaltkorrosion på flänsytor av SS 2333 och 2343 efter 1 år. Ingen korrosion på tuber av SS 2366 efter 3 år.			
2.2.b	Vattenkammrar av SS 2343 men tuber och tubplåtar av Cu-material							Ingen spaltkorrosion p g a katodiskt skydd från Cu-materialen.
2.2.c	Vattenkammare och tubplåtar av SS 2333, tuber av CuNi 70/30							Ingen korrosion efter 3 år p g a katodiskt skydd med Zn-anoder
2.3 (ref 3)	Ca 300 st kondensatorer Ø 25,4x0,7-0,9 av resp MONIT AL-6X Tubplåtar Naval Brass. Övriga tubplåtar Al-mässing.	13000 - 16000 Periodvis klorering till max 0,5 ppm Cl ² .	35	Kontin. med färskvatten spolning vid stopp. Taprogge.	Ingen korrosion efter 18 mån.			Tubplåtar av Naval Brass, omgivande tuber av Al-mässing och mjukjärnsanoder.

TABELL 3: forts

Praktikfall nr	Komponent Stålsort	Kloridhalt Cl ⁻ mg/l	Max temp °C	Driftsätt	Lokal korrosion			Galvanisk inverkan
					typ	i grundmaterialet	i svets el HAZ	
2.4.a (ref 4)	Värmeväxlartuber olika dim. SS 2343	20000 - 25000	50	-	Gropfrätning. Läckage efter 6-12 mån.			
2.4.b	SS 2562	- " -	60		Ingen korro- sion efter ca 10 år.			
2.4.c	SS 2562	~2000 0,2-1 ppm Cl ₂	>60		Gropfrätning pga tempera- turekursio- ner på pro- duktsidan.			
2.5 a b c	Tubplåtar av komoundplåt i kondensorer med Ti-tuber Block I. 8 mm tjockt ytskikt av WST 4439. Block II. 4 mm tjockt ytskikt av SS 2343. Mjukjärnsano- der Block II tidi- gare i drift 3 år med Al-mäs- singstuber i i samma tubplå- tar och med mjukjärnsanoder	4300	30	Kontin. med färskvatten- spolning vid stopp.	Spaltkorro- sion i den rostfria pläteringen i Block II. sannolikt vid stopp och drä- nering. Endast i ett konden- sorskepp med brisfällig in- valsning.			Ingen korr. på tubplåtar- na. Katodisk skydd från Al-mässing & mjukjärn.

TABELL 3: forts

51 402/2

Praktikfall nr	Komponent Stålsort	Kloridhalt Cl ⁻ mg/l	Max temp °C	Driftsätt				Galvanisk inverkan
					typ	i grundmaterialet	i svets el HAZ	
2.6 (ref 6) a	Kondensortuber av Allegheny AL-6X	~20000	35	Kontin. utan skölj- ning vid stopp	Ingen korr. ef- ter 6 år.			Viss galv. korr. på tubplåtar av Cu-mat. SS 2562 rek. av av Allegheny
b	29-4 C				Inga drifts- erfarenheter men provinst. utan angrepp sedan 4 år.			
2.7.a (ref 5)	Plattvärmväxlare av SS 2343	6100 - 8100	40	Huvudsakl. kontin.	Spaltkorrosion Läckage efter 7 mån.			
2.7.b	254 SMO	~20000	40	- " -	Ingen korr ef- ter 7 mån. Ingen korr. ef- ter 1 år.			
3.1	Kylvattenpumpar med rörliga de- lar av SS 2333 och hus av epo- xibelagt gjut- järn.	2500- 2700	20	Huvudsakl. kontin.	Ingen korr. på 2333 efter 3 år			Katodiskt skydd av 23 33 från gjut- järn som an- gripits.
3.2	Pumphjul av 2343 i hus av epoxibe- belagt gjutjärn.	~3000	20	Huvudsakl. kontin.	Ingen korr. på 2343 efter 3 år.			Erosion och grafitering av gjutjär- net som skyd- dat 2343 ka- todiskt.

TABELL 3: forts

Praktikfall nr	Komponent Stålsort	Kloridhalt Cl ⁻ mg/l	Max temp °C	Driftsätt	Lokal korrosion			Galvanisk inverkan
					typ	i grundmaterialet	i svets el HAZ	
3.3	Kylvattenpumpar i kraftverk med axlar av SS 2350 och 2343 och löp- hjul av Ferralium 225 el. G-X3CrNiMo246	13000 - 16000	20	Huvudsak. kontin.	Ingen korr. på de rost- fria stålen efter 4 år.			Pumphölje och stigar- rör i kol- stål och gjutjärn har angripits lokalt vid porer i be- läggningen. Katodiskt skydd av de rostfria delarna.
3.4	Spjäll och sä- tesring i ventil SS 2343	3280	20	Diskont.	Ingen korr. efter några års drift.			Ventilhuset av segjärn har angri- pits och er- bjudit kato- diskt skydd.
3.5.a	Helt rostfria ventiler SS 2343	11500 - 13500	20	Diskont.	Spaltkorr. på flänsytorna ca 1 mm på 4 år.			
3.5.b			40	Diskont.	Spaltkorr. på flänsytorna ca 10 mm på 7 mån.			

51 402/2

TABELL 3: forts

Praktikfall nr	Komponent Stålsort	Kloridhalt Cl ⁻ mg/l	Max temp °C	Driftsätt	Lokal korrosion			Galvanisk inverkan
					typ	i grundmaterial	i svets el HAZ	
4.1	Silgaller i Taproggesystem Wst 4439	13000- 16000	30		Ingen korr. på 5 år			
4.2	Silgaller i Taproggesystem SS 2343	4300	30		Ingen korr. på 3 år.			

51 402/2

Rapportförteckning

- SVF-1 Temperaturbeständighet hos olika filtermaterial
Monica Eiborn, AB ASEA-ATOM, Västerås Sept 1972
- SVF-2 Undersökning av temperaturstabilitet hos olika jonbytande material
Olle Tjalldin, AB Atomenergi, Studsvik Sept 1972
- SVF-3 Bedömning av möjlig kloridupptagning i blandbäddfilter
Olle Tjalldin, AB Atomenergi, Studsvik Sept 1972
- SVF-4 Litteraturvärdering avseende järnhaltiga korrosionsprodukters löslighet i vatten
Tormod Kelén, AB Atomenergi, Studsvik Sept 1972
- SVF-5 Partiell kondensation av ånga
R Sundby, J Tavast, Stal-Laval Turbin AB, Finspång Sept 1972
- SVF-6 Värmeflödesmätare för mätning av värmebelastning i ugner
B Leckner, L Strömberg, Institutionen för Energiteknik, Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg Sept 1972
- SVF-7 Värmeöverföring och strömningsmotstånd i eldstadstuber
Lars Nilsson, AB Atomenergi, Studsvik Sept 1972
- SVF-8 Bildning, effekter och kontroll av kväveoxider vid eldning med olja i icke mobila anläggningar
Carl-Eric Holmqvist, Statens Vattenfallsverk, Stockholm Sept 1972
- SVF-9 Studier av korrosionsangrepp i värmeväxlartuber utsatta för Östersjövattnet
J Arvesen, S Henrikson, AB Atomenergi, Studsvik Sept 1972
- SVF-10 Egenskapsförändringar i svetsförbindningar med olika hög-legerade varmhållfasta stål
Staffan Malm, Uddeholms AB, Hagfors Sept 1972
- SVF-11 Experimentell undersökning av strömningsmotstånd och värmeöverföring i en eldstadstube
L Nilsson och L Gustafson, AB Atomenergi, Studsvik Sept 1973
- SVF-12 Filtrerbarheten hos korrosionsprodukter från kolstål i vatten. Inverkan av temperatur och syrehalt
T Kelén, I Falk, AB Atomenergi, Studsvik Juni 1974
- SVF-13 Altarnativa bränslen till brännolja i värme- och värmekraft-anläggningar
B Gustafsson, Institutionen för Ängteknik, Kungl Tekniska Högskolan, Stockholm Juni 1974
- SVF-14 Dosering av polyakrylat för reduktion av pannvattnets fosfat-halt och minskning av beläggningar i tuber
L Ahrnbom, Ångpanneföreningen, Stockholm Juni 1974
- SVF-15 Kontinuerlig analysator för låga kloridhalter. Resultat av långtidsprovning i Karlshamnverket
R Lundqvist, AB Atomenergi, Studsvik Juni 1974
- SVF-16 Anrikning av vattenlösliga ämnen vid värmeöverförande ytor i ångpannor och ånggeneratorer. En kritisk litteraturstudie
T Kelén, AB Atomenergi, Studsvik Mars 1975
- SVF-17 Svensk skiffer som fossil energikälla. Teknologiska möjligheter och utvecklingsbehov
L Chambert, Sydkraft, Malmö Mars 1975
- SVF-18 Korrosionsförsök i Östersjövattnet med värmeväxlare av olika metalliska material
S Henrikson, AB Atomenergi, Studsvik
L Knutsson, Granges Essem, Finspång Maj 1975
- SVF-19 Kemisk rengöring (betning) jämte skyddsskiktbildning. Redogörelse för laboratorieundersökningar, utförda vid AB Atomenergi
L Ahrnbom, Ångpanneföreningen, Stockholm
L Dahl, M Åsberg, Å Berg, AB Atomenergi, Studsvik Maj 1975
- SVF-20 Studium av strömningsinstabiliteter vid kondensationsstötter omkring Ma 1.0
O Sandin, Institutionen för Ängteknik, Kungl Tekniska Högskolan, Stockholm Maj 1975
- SVF-21 Inverkan av vibrationer på värmeväxlartuber. Litteraturundersökning
B Oddving, J Wiberg, AB Atomenergi, Studsvik Maj 1975
- SVF-22 Gasgeneratorer med snabb fluidiserad bädd. Reserapport. Besök i USA för diskussioner angående kolgasifiering
N Berge, B Gustafson, Institutionen för Ängteknik, Kungl Tekniska Högskolan, Stockholm Juli 1975
- SVF-23 Gastemperaturmätare-Sugpyrometer
L Strömberg, Institutionen för Energiteknik, Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg Sept 1975
- SVF-24 Filterability of corrosion products formed between carbon steel and water. Influence of temperature and oxygen content
T Kelén, I Falk, AB Atomenergi, Studsvik Sept 1975
(Revised and translated edition of SVF-12)
- SVF-25 Ljud från skorstenar. Experimentell studie av rökgasparametrarnas och vindens inflytande på rikt faktorn.
B Egerborg, IFM Akustikbyrån, Stockholm Jan 1976
- SVF-26 Materialprovningar i avluftad 20 % NaOH- och 20 % NaOH + 5 % NaCl-lösning vid 325°C. Slutrapport
Bo J F Johansson, AB Atomenergi, Studsvik Sept 1976
- SVF-27 Korrosionsproblemen i PWR-reaktorers ånggeneratorer
L Dahl, B Johansson, AB Atomenergi, Studsvik
J Svensson, Statens Vattenfallsverk, Sept 1976
- SVF-28 Experimentell undersökning av strömningsmotstånd och värmeöverföring i en eldstadstube
Lars Nilsson och Lennart Gustafson, AB Atomenergi, Studsvik Sept 1976
- SVF-29 Uppmätta bullernivåer i kraft- och värmeverk. Sammanställning
Stig Söderqvist, Bo Egerborg, IFM Akustikbyrån AB, Stockholm Sept 1976
- SVF-30 Prediktering av ventilbuller
Kristen Dovstam, Stig Söderqvist, IFM Akustikbyrån AB, Stockholm Sept 1976
- SVF-32 Undersökning av flashavgasning med och utan återcirkulation
Björn Kjellström, Institutionen för Ängteknik, Kungl Tekniska Högskolan, Stockholm Juni 1977
- SVF-33 Undersökning av igensättning i dysor
S Svennerby, AB Svenska Maskinverken Sept 1976
- SVF-34 Kondensatreningsfilters upptagningsförmåga av korrosionsprodukter vid praktisk kraftverksdrift
Bengt Edwall, Sydsvenska Kraftaktiebolaget, Malmö Sept 1976
- SVF-35 Rökpassidiga beläggningar i ångpannor vid samtidig eldning med bark och olja
Torsten Simmons, Holmens Bruk AB, Norrköping Sept 1976
- SVF-36 Inverkan av FeSO₄-dosering på hårdigheten mot erosionskorrosion hos Cu-legeringar i Östersjövattnet
Sture Henrikson, Maths Åsberg, AB Atomenergi, Studsvik
Rolf Holm, Granges Metallverken, Västerås Sept 1976
- SVF-37 Anrikning på värmeöverförande ytor
R Gustafson, T Kelén, AB Atomenergi, Studsvik Juni 1977
- SVF-38 Utredning av riskerna för galvanisk korrosion om kondensatorer med tubplåtar av SIS 2343 förses med titanuber. Litteraturstudie och erfarenhetsinventering
Sture Henrikson, AB Atomenergi, Studsvik Maj 1977
- SVF-39 Laboratorieundersökning av riskerna för galvanisk korrosion vid övergång från tuber av Al-mässing till tuber av titan
Sture Henrikson, Maths Åsberg, AB Atomenergi, Studsvik Maj 1977
- SVF-40 Valve noise and vibration
Uno Ingard, Lincoln, Massachusetts Maj 1977
- SVF-41 Regler för materialanvändning efter 1 % krypning
Agneta Odén, Institutet för Metallforskning, Juni 1977
- SVF-42 Behov av värmebehandling till följd av kallbearbetning av överhettarrör
Hans Törnblom, Sandvik AB, Sandviken Sept 1977
- SVF-43 Provning av ferrit-austenitiskt kompositrör i försöksångpannan i Studsvik
Lennart Egnell, Sandvik AB, Sandviken Sept 1977
- SVF-44 Heat transfer from flames to the surrounding walls
Lars Strömberg, Chalmers Tekniska Högskola Juni 1977
- SVF-45 Kemisk miljö i trånga spalter och spalteffekter vid spanningskorrosionsprovning
Jaroslav Plava, Korrosionsinstitutet, Stockholm
Jüri Tavast, Stal-Laval Turbin AB, Finspång Sept 1977
- SVF-46 Gasgenerator med snabb fluidiserad bädd. Studier av kallmodell
N Berge, Kungl Tekniska Högskolan, Stockholm Sept 1977
- SVF-47 Undersökning av askagglomerering i fluidiserad bädd
O Mårdsjö, H Johnsson, Kungl Tekniska Högskolan, Stockholm Sept 1977
- SVF-48 Behov av vespänningsglödning efter svetsning av varmhållfast stål typ 1 Cr 0.5 Mn
Arne Anderdahl, Per Sjölin, AB Svenska Maskinverken, Kalihäll Sept 1977
- SVF-49 Partiell kondensation av ånga. Fortsatta undersökningar
Jüri Tavast, Stal-Laval Turbin AB, Finspång Sept 1977
- SVF-50 Tom's effekt i fjärrvärmesystem
Lars Ahrnbom, Ulf Hagstrand, Ångpanneföreningen, Stockholm Sept 1977
- SVF-51 Laboratorie- och driftprovning av svetsförbindningar mellan olika legerade varmhållfasta stål
Knut Heurling, Uddeholms AB, Hagfors Sept 1977
- SVF-52 Tillämpning av olika provtagningsmetoder och deras inverkan på resultaten av vattenkemiska analyser vid försöksångpannan i Studsvik
Ivan Falk, Lennart Dahl, AB Atomenergi, Studsvik Sept 1977
- SVF-53 Korrosionsinitierad sprickbildning i vattenberörda delar i ångpannor
Göran Eklund, Institutet för Metallforskning Sept 1977
- SVF-54 Rökpassidiga beläggningar vid barkeldning. Fortsatta mätningar jämte utredning om termodynamiska jämvikter
Torsten Simmons, Holmens Bruk AB, Norrköping Sept 1977
- SVF-55 Möjligheter till ökad återföring av primärångkondensat i massfabriker
Lars Löwenberg, Ångpanneföreningen, Stockholm Sept 1977
- SVF-56 Riktlinjer för provning av jonbytare
Lars Ahrnbom, Ångpanneföreningen, Stockholm Sept 1977
- SVF-57 Problem i samband med barkeldning
Orvar Rydin, Sundsvall Dec 1977
- SVF-58 Pågående svensk forskning och utveckling rörande energiomvandlingsanläggningar med fluidiserad bädd. Vad återstår för att nå kommersiella tillämpningar?
Bernt Gustafsson, AB Fjärrvärme, Trosa Mars 1978
- SVF-59 Vätgasmätning i ångpannor. Litteratur- och intervjuundersökning
Lars Ahrnbom, Ångpanneföreningen, Stockholm Juli 1978
- SVF-60 Korrosion och korrosionsskydd i kondensatorer
Lennart Dahl, Studsvik Energiteknik AB, Nyköping Juli 1978

STIFTELSEN FÖR VÄRMETEKNIK FÖRSKNING

c/o Studsvik Energiteknik AB, 611 82 NYKÖPING

Rapportförteckning (forts)

- SVF-61 Ljudalstring i ångledningar. Resultat av mätning och analys av buller i fyra kraftstationer
Lennart Emanuelsson, Stig Söderqvist, Per Otto Walter, IFM Akustikbyrån, Sept 1978
- SVF-62 Korrosionsinhibitorer för hetvattensystem. Litteraturstudie och marknadsinventering
Anders Thorén, Lars Bergström, Korrosionsinstitutet, Sept 1973
- SVF-63 Transformer Noise and Vibration Bibliography
Nils-Ake Nilsson, Göran Westerberg, IFM Akustikbyrån, Sept 1978
- SVF-64 Corrosions Problems in PWR Steam Generators. Final Report of Tests at pH 4, 6 and 8
Bo Rosborg, Barbro Majjgren, Studsvik Energiteknik AB, Sept 1978
- SVF-65 Akustiska mätningar på tre ångventiler i värmekraftcentralen i Studsvik. Jämförelse mellan uppmätta och predikterade ljudnivåer
Stig Söderqvist och Per Otto Walter, IFM Akustikbyrån, Sept 1978
- SVF-66 Beräkningar och mätningar av trycktransienter i fjärrvärmelidningen från Ägesta till Farsta
Sture Lindahl, Sydskraft, Febr 1979
- SVF-67 Creep deformation, creep damage accumulation and residual life prediction for three alloyed Cr-Mo-steels
Anatoly Kondry, Rolf Sandström and Anders Samuelsson, Institutet för Metallforskning, Febr 1979
- SVF-68 Drittfärdigheter från havsvattenkylda kondensorer i svenska kärnkraftverk
Sture Henrikson, Studsvik Energiteknik AB, Febr 1979
- SVF-69 Elektronisk kontroll av skyddsskikt på värmeväxlartuber av kopparlegeringar
Sture Henrikson, Studsvik Energiteknik AB, Mars 1979
- SVF-70 Analys av oorganisk sulfid, cystein och glutation i kylvatten samt analys av oorganiska sulfider i fasta beläggningar. Litteraturundersökning
Igor Flis och Gunnar Johansson, Göteborgs Universitet, April 1979
- SVF-71 Avsvavling av rökgaser. Sammanställning av Battelle-rapporter 1977/78
Eyvind Foss, Ångpanneföreningen, Maj 1979
- SVF-72 Application of Low Cycle Fatigue data to thermal cracking
Lars Lundberg and Rolf Sandström, Institutet för Metallforskning, Juni 1979
- SVF-73 Höglegerade rostfria stål för saltvattenapplikationer. Utredning av korrosionshårdigheten med tanke på användning i värmekraftverkens kylsystem
Sture Henrikson, Studsvik Energiteknik AB, Aug 1979
- SVF-74 Avskalningsmetoder för bestämning av oxidmängden på vattensidan av pannrör
Lennart Dahl, Studsvik Energiteknik AB, Juni 1979
- SVF-75 The residual lifetime of creep deformed components. Microstructural observations for Mo- and Cr-Mo-steels
Rolf Sandström and Sten Modin, Institutet för Metallforskning, Sept 1979
- SVF-76 Karakterisering av kylvattnets korrosivitet vid olika kustförlagda kraftverk
Maths Åsberg, Studsvik Energiteknik AB, Sept 1979
- SVF-77 Ventilbuller i form av toner. Resultat av mätning och analys i fyra fall
Bengt Axefors, Stig Söderqvist, Per-Otto Walter, Mats Öhlin, IFM Akustikbyrån, Sept 1979
- SVF-78 Utprovning av deponeringsinhibitorer för industriångpannor
Ivan Falk, Studsvik Energiteknik AB, Sept 1979
- SVF-79 Drittfärdigheter med matarpumpar i svenska och utländska kraftverk
Ulf Arvidsson, Statens Vattenfallsverk, Sept 1979
- SVF-80 Undersökning av scavengerfilter och svag anjonbytare för reduktion av organisk substans
Folke Persson
- SVF-81 Bullerdosmätningar vid kraftvärmeverk
Hans Buxbaum, Statens Vattenfallsverk, Okt 1979
- SVF-82 Maximal drifttemperatur för deponeringsinhibitorer för magnetit, typ Na polyakrylat. Slutrapport
Ivan Falk, Studsvik Energiteknik AB, Okt 1979
- SVF-83 Kondensatåterföring. Fabriksundersökning
Lars Löwenberg, Ångpanneföreningen, Mars 1980
- SVF-84 Förstudie rörande kemiproblem vid lagring och transport av vattenburen värme i berg
Rolf Sundby, Studsvik Energiteknik AB, Mars 1980
- SVF-85 Kylvattnets korrosivitet vid olika kustförlagda kraftverk
Börje Grönwall, Studsvik Energiteknik AB, Mars 1980
- SVF-86 Low Cycle Fatigue of 1Cr0.5Mo AT 530°C
Influence of hold times
Lars Lundberg and Lars Erik Larsson, Institutet för Metallforskning, April 1980
- SVF-87 Effect of notches and multiaxiality on low cycle fatigue life and its application to component design
Lars Lundberg, Institutet för Metallforskning, April 1980
- SVF-88 Kvalitetsbedömning av kol
Roy Carlson, Statens Vattenfallsverk, Mars 1980
- SVF-89 The residual lifetime of creep deformed material. Microstructural changes occurring during creep of a 12% Cr-Mo-VW-steel
Rolf Sandström, Sonja Karlsson and Sten Modin, Institutet för Metallforskning, Maj 1980
- SVF-90 Korrosionsinhibitorer för värmesystem. Delrapport 1. Inventering av tillgängliga inhibitorer
Rolf Sundby, Studsvik Energiteknik AB, Maj 1980
- SVF-91 Förbehandling av spädvatten före jonbytare. Litteraturstudie
Rolf Sundby, Studsvik Energiteknik AB, Sept 1980
- SVF-92 Determination of carboxylic acids and phenols in water by extractive alkylation using pentafluorobenzoylation, glass capillary gas chromatography and electron capture detection
Elisabet Fogelqvist, Björn Josefsson and Claes Roos, Department of Analytical and Marine Chemistry, University of Gothenburg, Sept 1980
- SVF-93 Användning av omvänd osmos och ultrafiltrering vid matarvattenberedning. Undersökningar i Ringhals
Jan Svensson, Göran Carlsson, Statens Vattenfallsverk
Dan Jönsson, f.d. Vattenteknik AB
Gunnar Smith, Vattenteknik AB, Sept 1980
- SVF-94 Ljudavstrålning från skorstenar. Studie av inverkan av rökgasparametrarna hastighet och temperatur
Göran Westerberg, IFM Akustikbyrån, Sept 1980
- SVF-95 Avsvavling av rökgaser. Sammanställning av Battelle-rapporter 1978/79 - 1979/80
Hans Karlsson, Ingemar Bjerle, Lunds Tekniska Högskola
Nils-Erik Carlstedt, Statens Vattenfallsverk
Göran Ernstson, Stockholms Energiverk, Nov 1980
- SVF-96 Kryphållfasthet hos överhettarrör efter kallbearbetning
Per H Wilhelmsson, H Törnblom, Sandvik AB, Dec 1980
- SVF-97 Toms' effekt i fjärrvärmesystem. Fullskaleförsök å Ägesta/Farsta
Lars Åhrnbom, Ulf Hagstrand, Energikonsult Ångpanneföreningen, Febr 1981
- SVF-98 Inverkan av avståndet till doseringspunkten vid FeSO₄-dosering till kondensorkylvatten. Undersökningar vid Oskershamsverket
Reijo Pulkkinen, OKG, Simpevarp, Febr 1981
- SVF-99 Förslag till ljudkrav för anläggningar inom värme- och kraftindustrin
Göran Westerberg, AB Akustikbyrån (ännu ej utgiven)
- SVF-100 Bevakning av föroreningar i kondensat
Folke Persson, Ångpanneföreningen, Dec 1980
- SVF-101 Havsvattenkorrosion - Praktiskfall under perioden 3 augusti 1979 - 30 maj 1980
Sture Henrikson, Korrosionsinstitutet, Dec 1980
- SVF-102 Möjligheter att sänka rökgastemperaturen i villapannor
Kjell Henrikson, Lars Wester, Kungliga Tekniska Högskolan, Dec 1980
- SVF-103 Ozonbehandling av vatten för borttagande av humusämnen. Diskontinuerlig ozonering av vattenprov i laboratorieskala
Rune Lundqvist, Stefan Westerberg, Rolf Sundby, Studsvik Energiteknik AB, Jan 1981
- SVF-104 Bestämning av rostbelastningar vid eldning av bark med olika fukthalt på snedrostugn och i cyklonugn
Oo Nordgren, Gunnar Holme, Ångpanneföreningen, Jan 1981
- SVF-105 Förbättrat utnyttjande av lågtemperaturvärme i rökgaser
Gösta Karlberg, Studsvik Energiteknik AB, Dec 1980
- SVF-106 Havsvattenkemi kontra korrosionsskador i kustförlagda kraftverk.
Svavelvätebildning under stilleståndspenoden
Gösta Karlberg, Studsvik Energiteknik AB, Febr 1981
- SVF-107 Utvärdering av fullskaleförsök med kondensortuber av höglegerade rostfria stål i de havsvattenkylda kondensorerne i Ringhals 1
Sture Henrikson, Korrosionsinstitutet, Febr 1981
- SVF-108 Ljudisolering hos rörisoleringar. En experimentell studie med luftljudexcitering
Göran Westerberg, AB Akustikbyrån, Juni 1981
- SVF-109 Driftsfärdigheter av rostfria stål i havsvattenkylda system
Sture Henrikson, Korrosionsinstitutet, Juni 1981
- SVF-110 Referat från the Joint Symposium on Stationary Combustion NO_x control i Denver okt 1980
Eddie Johansson, Statens Vattenfallsverk
Frank Kressl, Cutaverkens Ångteknik AB, Juni 1981

STIFTELSEN FÖR VÄRMETEKNIISK FORSKNING

c/o Studsvik Energiteknik AB, 611 82 NYKÖPING