VÄRMEFORSK
STIFTELSEN FÖR VÄRMETEKNISK FORSKNING

Erfarenheter av korrosion och korrosionsskydd i de svenska värmekraftverkens saltvattensystem

Sture Henriksson

MATERIALTEKNIK 281

I N N E H Å L L S F Ö R T E C K N I N G
(List of Contents)

SUMMARY

SAMMANFATTNING

ERFARENHETER AV KORROSION OCH KORROSIONSSKYDD I DE SVENSKA VÄRMEKRAFTVERKENS SALTVATTENSYSTEM

1. Inledning
2. Slutsatser
3. Slutord

EXPERIENCE OF CORROSION AND CORROSION PROTECTION IN THE SEA WATER SYSTEMS OF THE SWEDISH THERMAL POWER PLANTS

1. Introduction
2. Conclusions
3. Concluding words

LITTERATUR
(References)

BILAGOR
(Appendices)

1. Stenungsundsverket
2. Ringhalsverket
3. Öresundsverket
4. Barsebäcksverket
5. Karlshamnsverket
6. Oskarshamnsverket
7. SSAB, Oxelösund
8. Värtaverket
9. Forsmarksverket

SUMMARY

The report is based on questioning of personnel responsible for material questions at nine coastal power plants in Sweden. The sea water structures comprised are screen houses, piping, condensers and other heat exchangers, pumps and valves. In addition information is given about non-asbestos gasket materials used in the sea water systems.

The severest corrosion problems were caused by the heat exchangers as long as they were equipped with tubes of aluminium brass and 90/10 cupro nickel. This was of particular importance in the nuclear power plants because of their high demand of operational safety. Most of these problems have been solved by the widespread use of titanium in condensers and other critical heat exchanger positions. Direct cooling with sea water has also been replaced by fresh water cooling from secondary systems cooled by plate or tubular heat exchangers of titanium. In fossil peak-load plants with short annual operational times aluminium brass condenser tubes can still be justified from an economic point of view.

The corrosion of screen house equipment and sea water pumps is generally suppressed well enough by cathodic protection. However, a certain paint maintenance is still necessary. This could be avoided by an increased use of stainless steel provided with cathodic protection.

Sea water pipes and valves, usually of carbon steel or cast iron with rubber lining or solvent-free epoxi coating, do not cause serious corrosion problems.

The most frequent gasket material in the sea water systems is solid rubber. Plastic reinforced rubber is also used to some extent but the experience is limited for the present.

SAMMANFATTNING

Rapporten baseras på intervjuer med personal ansvarig för materialfrågor vid nio kursförlagda kraftverk i Sverige. De saltvattenkomponenter som omfattas är rensverk, rörledningar, kondensorer och andra värmeväxlare, pumpar samt ventiler. Dessutom lämnas information rörande asbestfria packningsmaterial som används i saltvattensystem.

Värmeväxlarna utgjorde tidigare, då de i huvudsak var utrustade med tuber av Al-mässing och CuNi 90/10, det dominerande korrosionsproblemet, framför allt i kärnkraftverken med deras stora krav på driftsäkerhet. Dessa problem har idag eliminerats genom användning av titan i kondensorer och andra kritiska värmeväxlarpositioner. Ofta har också direkt saltvattenkylning ersatts med interna sötvattenkylsystem, som i sin tur kyles med saltvatten i platt- eller tubvärmeväxlare av titan. I fossileldade topplastverk med kort årlig drifttid betraktas Al-mässing fortfarande som ett ekonomiskt realistiskt tubmaterial för kondensorer.

Korrosionen i rensverk och saltvattenpumpar motverkas idag som regel på ett tillfredsställande sätt med katodiskt skydd. Ett visst målningsunderhåll är emellertid oundvikligt. Även detta skulle kunna undvikas genom ökad användning av rostfritt stål i kombination med katodiskt skydd.

Rörledningar och ventiler, vanligtvis av kolstål resp gjutjärn med ett ytskydd av gummi eller lösningsmedelsfri epoxi, orsakar endast måttliga korrosionsproblem.

Det mest använda packningsmaterialet är rent gummi. Konstfiberarmerade gummipackningar har också satts in, men erfarenheterna är hittilldags begränsade.

ERFARENHETER AV KORROSION OCH KORROSIONSSKYDD I DE SVENSKA VÄRMEKRAFTVERKENS SALTVATTENSYSTEM

1. Inledning

De kustförlagda värmekraftverken i Sverige använder stora mängder saltvatten för kylningsändamål. I den största kraftverksenheten, Ringhalsverket med sina fyra reaktorblock på totalt 3386 MW, pumpas varje sekund ca 170 m^3 havsvatten genom huvud- och hjälpkylsystemen. På vägen till utloppet uppvärms vattnet i värmeväxlare till maximalt 35°C. Då det åter rinner ut i havet är temperaturen max 26°C sommartid.

Saltvattnets kloridhalt (Cl^-) varierar inom vida gränser. De högsta halterna, 14-16 g/l, har uppmätts i Stenungsund och Ringhals. I de kraftverk som är förlagda till Östersjöns kust ligger motsvarande värden mellan 3 (Forsmark) och 5 (Karlshamn) g/l.

Sedan slutet av 1970-talet har genom Värmeforsks försorg utförts en uppföljning och registrering av alla mera betydande praktikfall av saltvattenkorrosion i kraftverken (1-6). Dessutom har man genom accelererade korrosionsförsök och noggranna vattenanalyser på de olika kraftverken försökt korrelera korrosionshärdigheten hos de tidigare allmännast använda tubmaterialen Al-mässing och CuNi 90/10 med de lokala variationerna i saltvattnets sammansättning. Något entydigt samband av detta slag kunde dock inte påvisas (7-8). Detta överensstämmer också i allmänhet med de praktiska erfarenheter som samlats under de senaste tio åren. Den för kopparmaterial mest korrosionsbefrämjande miljöfaktorn, svavelväte, kunde endast påvisas i ett kraftverk (Stenungsund) och detta efter en längre stilleståndsperiod (9).

Utöver de ovannämnda rapporterna över enskilda skadefall orsakade av saltvattenkorrosion har också en rad statusrapporter rörande korrosionsomfattningen hos olika komponenter, speciellt värmeväxlare och pumpar, publicerats inom Värmeforsk (10-16). Föreliggande rapport är avsedd som en sammanfattande uppdatering av saltvattensystemens korrosionsproblem och de sätt på vilka man försökt lösa dem. De komponenter som omfattas är rensverken, kondensorerna och de övriga värmeväxlarna, rörledningarna, pumparna och ventilerna. Dessutom lämnas uppgifter om vilka planpackningsmaterial som idag sätts in i dessa system efter förbudet mot asbesthaltiga packningar.

Rapporten vänder sig i första hand till underhålls- och projektingenjörerna samt till kemisterna ute på kraftverken. Andra målgrupper är tillverkare av apparatur och material avsedda för saltvattensystemen.

Ett varmt tack riktas till de personer på kraftverken som välvilligt ställt upp på de intervjuer som rapporten bygger på.

2. Slutsatser

I det följande sammanfattas den information om korrosion och korrosionsbekämpning som framkommit vid intervjuer med ansvarig personal ute på kraftverken under perioden februari-mars 1987. Resultatet redovisas i mera detaljerad form i Bilaga 1-9 :

1. *Stenungsundsverket*
2. *Ringhalsverket*
3. *Öresundsverket*
4. *Barsebäcksverket*
5. *Karlshamnsverket*
6. *Oskarshamnsverket*
7. *SSAB, Oxelösund*
8. *Värtaverket*
9. *Forsmarksverket*

Rensverk

Rensverkens grov- och finsilar är som regel tillverkade av kolstål med tjärepoxibeläggning och försedda med ett strömstyrt katodiskt skydd. Trots behovet av ett visst löpande målningsunderhåll är man i allmänhet tillfreds med detta utförande.

I ett kraftverk (Öresundsverket) är rensverket i huvudsak av rostfritt stål (SS 2343). Anmärkningsvärt nog har inga allvarliga korrosionsproblem uppstått under de 20 år som verket varit i drift, trots att katodiskt skydd saknas. Troligtvis förhåller det sig så att ett spontant katodiskt skydd ändå föreligger på grund av ledande kontakt med andra konstruktioner av kolstål, t ex armeringsjärn. En lärdom av detta fall är att dyrbart målningsunderhåll i rensverken skulle kunna undvikas genom att välja rostfritt stål och katodiskt skydd från början.

Rörledningar

De grova rörledningarna i äldre kraftverk är vanligtvis av obelagt gjutjärn. Det finns exempel på att dylika rör fortfarande är funktionsdugliga, trots kraftig reduktion av innerdiametern till följd av grafitisk korrosion, efter mer än 20 års drift. Åsikter har faktiskt framförts att obelagda gjutjärnsrör torde utgöra det billigaste röralternativet. Idag dominerar dock som regel rör av gummerat kolstål. Erfarenheterna av dem är till övervägande del goda.

Rör i mindre dimensioner än 200 mm är ofta av plast (GAP, PVC och PEH). Rostfria rör, i allmänhet SS 2343, har begränsad livslängd utom då de står i ledande kontakt med rör, ventiler eller pumpar av obelagt eller bristfälligt belagt kolstål eller gjutjärn. I en del verk har man avsiktligt lagt in kortare rörlängder av kolstål som katodiskt skydd av framför allt värmeväxlare av kopparmaterial.

Titanrör har på senaste tid börjat användas, däremot tycks inget större intresse föreligga för höglegerat rostfritt stål med 6 % Mo, beroende på att priset för rör av detta material inte nämnvärt skiljer sig från priset på titanrör.

Kondensorer

Samtliga kärnkraftskondensorer är idag försedda med tuber av titan, varför saltvattensidig korrosion inte längre behöver befaras i dessa stora värmeväxlare. I tre av dessa är tuberna tätsvetsade till tubplåtar av titankompoundplåt. I de övriga nio kondensorerna är tuberna infästade genom invalsning, i en av dem i tubplåtar av solitt rostfritt stål 254 SMO med 6 % Mo, i de återstående åtta i tubplåtar av rostfri kompoundplåt (SS 2343 i sju och Wst 1.4439 i en).

I fem kondensorer med titantuber har tubplåtarna skyddats genom beläggning med lösningsmedelsfri epoxi. Resultatet är på det stora hela taget mycket gott, men ett visst lokalt målningsunderhåll i samband med de årliga revisionerna krävs. Inga kondensorer av detta utförande – den äldsta har varit 6 år i drift – har visat tendenser till otäthet i tubinvalsningarna.

Tre kondensorer med titantuber invalsade i tubplåtar av kompoundplåt skyddas endast med offeranoder av mjukjärn under drift och färskvattenspolning under avställning. Den äldsta av dessa har varit nio år i drift utan läckage.

I fossileldade topplastverk med totala drifttider runt max 60000 timmar under 20-30 år har man fortfarande kvar tuber av Al-mässing och bedömer i allmänhet att mer avancerade tubmaterial inte betalar sig. Vid bygge av nya kustförlagda värmekraftverk torde dock, oberoende av energislag, endast titantuber komma i fråga. En liten kondensor har med gott resultat tubats om med tuber av det ferritiska rostfria stålet MONIT (25Cr4Ni4Mo) tätsvetsade till en inklädnadsplåt av samma material ovanpå tubplåten.

Övriga saltvattenkylda värmeväxlare

Vid kärnkraftverken sker som regel vid behov byte av mindre värmeväxlare med tuber av Al-mässing till nya av titan. Vanligt är också att övergå till en intern sötvattenkrets som i sin tur kyles med saltvatten, antingen i platt- eller tubvärmeväxlare av titan.

I de fossileldade kraftverken är man inte genomgående lika benägen att direkt byta till titan. I många av dessa kraftverk skiljer sig dock inte filosofien för materialvalet nämnvärt från den som gäller i kärnkraftverken. Något större intresse för alternativa tubmaterial, som höglegerade rostfria stål, finns definitivt inte.

Pumpar

Den vanligaste typen av stora kylvattenpumpar är de vertikalt uppställda centrifugalpumparna med rörliga delar av rostfritt stål SS 2343 och 2324 och hölje i tjärepoxibelagt gjutjärn. De är också vanligen försedda med katodiskt skydd, oftast ett strömstyrt sådant, ibland kompletterat med Zn-anoder.

Tidigare använda pumphjul av Al- och Sn-brons har till följd av erosion och kavitation ersatts med rostfria hjul av ovannämnda stål.

Erfarenheterna av de stora saltvattenpumparna är i allmänhet mycket goda. I ett kraftverk (Ringhals) har man dock, p g a allvarlig spaltkorrosion i pumphjul av SS 2324 låtit tillverka nya av 254 SMO.

Ventiler

I de äldre kraftverken finns fortfarande fungerande ventiler av obelagt gjutjärn, som varit i drift mer än 20 år, I nyare anläggningar dominerar gjutjärnsventiler med olika organiska beläggningar. De mest korrosionshärdiga av de sistnämnda är gummi och lösningsmedelsfri epoxi.

Även ventiler helt i plast, PVC i mindre dimensioner och PP i större, har börjat användas på senste tid.

Ventilernas korrosionsproblem betraktas allmänt som marginella.

Packningar

På grund av förbudet mot användning av asbesthaltiga packningar, som trädde i kraft den 1 januari 1987, har uppgifter om vilka alternativa planpackningsmaterial som används i saltvatten insamlats.

Intervjuerna visar entydigt att rena gummipackningar alltid varit de allmännast använda. I de fall plantätningar av gummibunden asbest använts tidigare har man ersatt dem med nya av rent gummi eller något av de nya plastarmerade packningsmaterial som tillverkarna idag erbjuder. Erfarenheterna av de sistnämnda är ännu för kortvariga för att medge någon bedömning av deras för- eller nackdelar.

3. Slutord

Sammanfattningsvis kan slutligen konstateras att korrosionen i värmekraftverkens saltvattenkylsystem, som ännu för tio år sedan utgjorde det helt dominerande materialproblemet i dessa anläggningar, idag glädjande nog verkar vara under kontroll. Till detta har i första hand bidragit etableringen av det ur korrosionssynpunkt helt problemfria titanet i värmeväxlare av både tub- och plattutförande.

Information och utbildning har också spelat en stor roll och det kan aldrig understrykas tillräckligt kraftigt att denna verksamhet måste fortsätta kontinuerligt eftersom den för korrosionsfrågor ansvariga personalen i kraftverken successivt förnyas. Det är att hoppas att den föreliggande sammanställningen av dagsläget skall bidraga till en fortsatt kunskapsspridning på området saltvattenkorrosion.

EXPERIENCE OF CORROSION AND CORROSION PROTECTION IN THE SEAWATER SYSTEMS OF THE SWEDISH THERMAL POWER PLANTS

by Sture Henrikson

1. Introduction

The coastal thermal power plants in Sweden use huge quantities of sea water for cooling purposes. In the greatest of them, the Ringhals plant with fore reactor units of 3386 MW totally, every second 170 m^3 of sea water is pumped through the main and auxiliary cooling systems. On its way to the outlet the water is heated in heat exchangers to a temperature of max 35°C. When the water returns to the sea its temperature is max 26°C in summer.

The chloride (Cl^-) content of the seawater varies within wide limits. The highest values, 14-16 g/l, have been recorded in Stenungsund and Ringhals at the Swedish west coast. In power plants located at the coast of the Baltic Sea the corresponding values are between 3 g/l at Forsmark and 5 g/l at Karlshamn.

Since the end of the 1970s the Thermal Engineering Research Association (Värmeforsk) has surveyed and recorded all important cases of seawater corrosion in the Swedish power plants (1-6). In addition attempts have been made to correlate the corrosiosn resistance of aluminium brass and 90/10 cupro nickel tube materials with local variations in water composition be means of accelerated corrosion testing and simultan ous analysing of the water (7-8). However, no evident relationship of this kind was found, which is in good agreement with the service experience of corrosion collected during the last decade. The most corrosive environmental factor for copper materials, hydrogen sulphide, was detected only in tone plant (Stenungsund) after a long shut-down period (9).

In addition to the above mentioned reports on separate cases of seawater corrosion a few status reports dealing with the corrosion behaviour of specific structures, particulary heat exchangers and pumps, have also been issued by Värmeforsk (10-16). The aim of the present report is to supply an update of the corrosion and corrosion protection experienced in the seawater cooling systems. Screen houses, piping, condensers and other heat exchangers, pumps and valves are comprised by the survey. Information is also given about non asbestos gaskets used in seawater.

2. Conclusions

The information regarding corrosion and corrosion protection collected by questioning of responsible people at the power plants during the period February-March 1987 is summarized below. The result is reported more in detail (in Swedish) in Appendices 1-9:

1. *Stenungsund*
2. *Ringhals (nuclear)*
3. *Öresundsverket (Malmö)*
4. *Barsebäck (nuclear)*
5. *Karlshamn*
6. *Oskarshamn (nuclear)*
7. *Oxelösund*
8. *Värtaverket (Stockholm)*
9. *Forsmark (nuclear)*

Screen houses

The coarse and fine screens are usually made from mild steel with an epoxi-tar coating and an expressed current type cathodic protection. In spite of the necessity of a certain paint maintenance this solution of the corrosion problem is considered satisfactory enough.

In one power plant (Öresundsverket) stainless steel type 316 is the main contructional material of the water screens. It is remarkable that serious corrosion problems of these screens have been avoided during 20 years of operation without a deliberate cathodic protection system. It is, however, believed that a spontaneous cathodic protection is obtained by contact with mild steel structures like concrete reinforcement etc. Consequently, costly pain maintenance of mild steel screens could be avoided by choosing stainless steel with cathodic protection from the beginning.

Piping

The heavy gauge piping in old power plants is often made from cast grey iron without coating. Despite a marked reduction of the inner diameter due to graphitic corrosion, many of these pipes are still in operation after more than 20 years. As a matter of fact there is still the opinion prevailing in some plants that cast iron is the best choice for seawater piping. However, the predominating pipe material in new plants, like the nuclear power stations, is rubber lined carbon steel and the experience is chiefly good.

Pipes in dimensions smaller than 200 mm are often of plastic materials (GRP, PVC and PEH). Stainless steel pipes, most frequently type 316, have limited life-time unless in direct contact with pipes, pumps or valves of mild steel or cast iron without protectiv coating, or with a defectiv coating. In some plants short pieces of mild steel pipe are used as sacrificial anodes for protection of heat exchangers fitted with copper alloy tubes.

There has also been a limited use of titanium pipes. The interest for pipes of high alloy stainless steel like the 6 Mo type, however, seems to be small because of the slight price difference compared with titanium pipes.

Condensers

All the condensers in the nuclear power plants are today equipped with titanium tubes, which means that corrosion from the seawater side is not to be feared any more.

In three of the nuclear condensers the tubes are seal-welded to tube sheets of titanium clad steel. In the remaining nine condensers the tubes are jointed by roller expansion, in one of them into tube sheets of solid 6 Mo stainless steel (254 SMO) and in eight condensers into tube sheets of clad steel (type 316 in seven and Wst 1.4439 in one).

In five condensers with titanium tubes the tube sheets have been protected by coating with solvent-free epoxi. The experience of this technique is mainly good but a certain paint maintenance during the annual shot-downs is necessary. There has been no leaks in connection with tube joints in condensers of this type, the oldest of which has been operating for six years.

Three condensers with titanium tubes roller expanded into clad steel tube sheets are protected solely with sacrifical anodes of soft iron during operation and by means of fresh water spraying during shut-down periods. The oldest of them has been in operation for nine years without leakage.

In fossil peak-load plants with operational times not exceeding 60000 h during 20-30 years condenser tubes of Al brass are still used. A change to more advanced tube materials can not be justified economically in these old plants. For new coastal plants, however, no other tube material than titanium is considered.

A small condenser has sucessfully been retubed with tubes on the ferritic stainless steel MONIT (25Cr4Ni4Mo) seal welded to a tube sheet lining of the same material.

Other sea water-cooled heat exchangers

In the nuclear power plants various auxiliary heat exchangers with tubes of Al-brass are genereally changed to titanium coolers if necessary. Secondary freshwater circuits cooled by titanium heat exchangers of either tubular or plate type are also frequent. There is no obvious difference in the philosophy of material choice for auxiliary heat exchangers in fossil and nuclear power plants. Other materials than titanium for replacement of old coolers are usually not considered.

Pumps

The predominant type of large sea water pump is the vertically extended shaft pump. Shaft and impeller are of stainless stel type 316 or 329, column and casing of cast iron with organic coating. Most of the pumps are also provided with a cathodic protection system of the impressed current type, often supplemented by sacrificial Zn anodes. Pump impellers of aluminium bronzes and tin bronzes have been damaged by cavitation and erosion.

The experience of stainless steel impellers have been good except in Ringhals where severe crevice corrosion occured on type 329 impellers. These will now be replaced by new ones of 6 Mo Stainless steel (254 SMO).

Valves

In some of the old power plants valves of cast iron without protective coating are still in operation after more than 20 years. In new plants valves of the same material but with various types of coatings predominate. Good experience is obtained especially with rubber lining and solvent free epoxi coating.

All-plastic valves have also been installed during the last years, PVD in small and PP in coarse dimensions.

The corrosion problems caused by valves are generally small.

Gaskets

Because the prohibition of asbestos gaskets from 1987 on information regarding alternatives of gasket materials for sea water systems has been collected. The questioning shows that solid rubber gaskets always have been most frequent. When replacing old asbestos gaskets either solid rubber of plastic reinforced rubber gaskets are choosen. However, the experience of the last mentioned type is still too limited to admit any assessment of its durability or corrosive behaviour.

3. Concluding words

Finally, it can be concluded that the corrosion in the seawater systems of power plants, which only ten years ago was the main material problem, now seems to be under control. This has chiefly been brought about by the introduction of titanium in condensers and other seawater coolers. Information and education has also played an important role and it can never be stressed to strongly that these activities have to continue in order to maintain the corrosion competence at the power plants. It is a wish that the present status report will contribute to the distribution of such knowledge.

L I T T E R A T U R

1. *Henrikson, S*
Havsvattenkorrosion-Praktikfall under perioden 3 augusti 1979-30 maj 1980. Värmeforsk rapport nr 101, Studsvik, december 1980.

2. *Henriksons, S*
Havsvattenkorrosion-Praktikfall under perioden juni 1980-december 1981. Värmeforsk rapport nr 123, Studsvik februari 1982.

3. *Henrikson, S*
Havsvattenkorrosion-Praktikfall under perioden december 1981-juni 1982. Värmeforsk rapport nr 132, Studsvik november 1982.

4. *Henrikson, S*
Havsvattenkorrosion-Praktikfall under juli 1982-juli 1983 Värmeforsk rapport Materialteknik nr 146, Stockholm december 1983.

5. *Henrikson, S*
Havsvattenkorrosion-Praktikfall under juli 1983-juli 1984 Värmeforsk rapport Materialteknik nr 168, Stockholm oktober 1984.

6. *Henriksson, S*
Havsvattenkorrosion-Uppföljning och rådgivning. Värmeforsk rapport Materialteknik nr 202, Stockholm november 1985.

7. *Åsberg, M*
Karakterisering av kylvattnets korrosivitet vid olika kustförlagda kraftverk. Värmeforsk rapport nr 76. Studsvik, september 1979.

8. *Grönvall, B*
Kylvattnets korrosivitet vid olika kustförlagda kraftverk. Värmeforsk rapport nr 85, Studsvik mars 1980.

9. *Karlberg, G*
Havsvattenkemi kontra korrosion i kustförlagda kraftverk. Svavelvätebildning under stilleståndsperioder. Värmeforsk rapport nr 106, Studsvik februari 1981.

10. *Dahl, L*
Korrosion och korrosionsskydd i kondensorer. Värmeforsk rapport nr 60, Studsvik juli 1978.

11. *Henrikson, S*
Driftserfarenheter från havsvattenkylda kondensorer i svenska kärnkraftverk. Värmeforsk rapport nr 68, Studsvik februari 1979.

12. *Henrikson, S*
Höglegerade rostfria stål för saltvattenapplikationer. Utredning av korrosionshärdigheten med tanke på användning i värmekraftverkens kylsystem. Värmeforsk rapport nr 73, Studsvik augusti 1979.

13. *Henrikson, S*
Driftserfarenheter av rostfria stål i havsvattenkylda system. Värmeforsk rapport nr 109, Studsvik juni 1981.

14. *Brennert, S*
Litteraturstudie och erfarenhetsinsamling gällande olika gjutjärns härdighet i havsvatten. Värmeforsk rapport nr 119, Studsvik december 1981..

15. *Henrikson, S*
Driftserfarenheter av korrosion i havsvattenkylda värmeväxlare i finska och svenska kraftverk. Värmeforsk rapport nr 119. Studsvik februari 1982.

16. *Henrikson, S*
Erfarenheter av korrosion och korrosionsskydd i havsvattensystem i de nordiska länderna. Värmeforsk rapport Materialteknik nr 167, Stockholm oktober 1984.

Bilaga 1

STATENS VATTENFALLSVERK, STENUNGSUNDSVERKET, 1987-04-01

Kontaktpersoner

Göte Gustavsson, teknisk chef
Arne Berggren, turbiningenjör

Rensverk

Intagsgallren är belägna i Stenungsundsverkets hamn ca 2 km från renshusen. Dessa byttes 1980 efter 22 års drift. Materialet är tjärepoxibelagt kolstål. Finsilverket är av fabrikat Passavant med samma ytbehandling. Detta gäller även korgbandsilarnas rostfria duk. Katodiskt skydd i form av Zn-anoder på varje bandsil erbjuder ett gott skydd. Även spritsvattensystemet, tillverkat av SS 2343 med invändiga rensborstar i rören, har fungerat bra sedan ombyggnaden 1980.

Rörledningar

Saltvattenrören var ursprungligen av obelagt gjutjärn. Ett dylikt system är kvar sedan 1958. Idag dominerar GAP som rörmaterial. PVC förekommer också i de klenare dimensionerna.

I stor utsträckning har sötvattenkylning via plattvärmeväxlare av titan ersatt direktkylningen med saltvatten. Detta har reducerat behovet av havsvattenhärdiga rörmaterial.

Ett rostfritt (2343) brandvattensystem i hamnen har utbytts mot rör av plastbelagt kolstål.

Kondensorer

I rapport nr 122 (1982) från Värmeforsk redovisas erfarenheter av korrosion i saltvattenkylda värmeväxlare. Sedan dess har den effektiva drifttiden för verkets fyra turbiner, med kondensorer försedda med Al-mässingstuber, inte varit mer än max 1000 timmar. Till detta kommer dock att pumparna körts ett 20-tal gånger varje år, vilket innebär ytterligare ca 500 timmars kontakttid med saltvatten sedan 1981-82.

Ingen $FeSO_4$-dosering förekommer och inte heller någon sötvattenspolning vid avställningar. I block 1 och 2 tillämpades dock lufttorkning fram till 1982.

Endast tre kondensorläckage, varav två sannolikt orsakade av ammoniakkorrosion på kondensatsidan, har inträffat sedan 1981.

Övriga saltvattenkylda värmeväxlare

I block 3 och 4 finns 32 st generatorkylare och 4 st oljekylare med tuber av CuNi 90/10. De arbetar med låg strömningshastighet, ca 1 m/s, och är försedda med järnanoder och dessutom utbytbara, 0,5 m långa rör av kolstål på tilloppssidan. $FeSO_4$ doseras inte. Erfarenheterna är goda. Plattvärmeväxlare av titan används för kylning av interna slutna kylvattensystem.

Pumpar

I block 3 och 4 finns 6 st huvudkylvattenpumpar av fabrikat KaMeWa med axlar av SS 2375 och hjul av SS 2324 och försedda med Zn-anoder in- och utvändigt. Dessutom finns 4 st hjälpkylvattenpumpar av samma material. Pumparna är målade med tjärepoxi. Inga korrosionsproblem synes föreligga.

I block 1 och 2 är pumparna av fabrikat Weise & Monski. Husen är tillverkade av gjutjärn innehållande 0,5 % Cr och 2 % Ni. Som ytbeläggning har först tjärepoxi och senare lösningsmedelsfria epoxi (Duratank) använts med lika gott resultat. Zn-anoder monterades år 1979. De enda korrosionsskadorna av betydelse i dessa huvudkylvattenpumpar är att de ursprungliga hjulen av brons eroderades och utbyttes åren 1978-79.

En bidragande orsak till pumparnas goda korrosionshärdighet kan vara att det söta smörjvattnet tillåtits stå på under ca 4 timmar efter varje avställning. Detta har inneburit dels en utspädning av saltvattnet inuti pumparna, dels en skiktning med sötvatten upptill och saltvatten längst ned i pumphusen.

Ventiler

I de äldsta systemen förekommer alltjämnt obelagda gjutjärnsventiler, i den nyare används gummerade ventiler. Backventilerna är av plast. Ventilproblemen bedöms vara små.

Packningar

I allmänhet används rena gummipackningar.

Bilaga 2

STATENS VATTENFALLSVERK, RINGHALSVERKET, 1987-03-31

Kontaktpersoner

Tommy Hansveden, projektingenjör, avd RKM
Lars Eliasson, turbiningenjör, block 3 och 4
Rickard Halldin, kemist, block 2
Bengt Arvidsson, kemist, block 3 och 4

Rensverk

Kylvattenintagen är gemensamma för blocken 1 och 2 resp 3 och 4. Utrustningen av fabrikatet Passavant är i huvudsak av kolstål belagt med tjärepoxi och från leveransen försett med ett strömstyrt katodiskt skydd. Till block 2 har Bergsöe Anticorrosion senare levererat ett potentiostatiskt styrt skydd. Erfarenheterna är på det stora hela goda. Efter målning av ett rensfack i block 1 med en CuO-pigmenterad antifoulingfärg (International Antifouling 606 F, röd) uppstod dock kraftig korrosion på korgbandsilarna. Orsaken var att de målade ytorna förbrukade en del av skyddsströmmen. Bergsöe rättade till det hela genom att höja strömstyrkan.

Kedjor och rullar i rensverket, som tidigare var av kolstål, har bytts till rostfritt stål med gott resultat.

Ett internt projekt syftande till att reducera den atmosfäriska korrosionen på elutrustningen pågår. Orsaken är främst svavelväte från ruttnande havsorganismer. Bättre ventilation väntas lösa dessa problem.

Ringhals är det enda svenska kraftverket som tillämpar kontinuerlig klorering av sina saltvattensystem. Halten av aktiv klor är ca 0,5 ppm vid huvudkylvattenpumparna och i utloppet skall fri klor inte kunna detekteras. Kloreringen har tidigare varit begränsad till perioden maj-november men har på senare tid pågått året runt i block 3 och 4. Den totala kylvattenförbrukningen är ca 170 m^3/s.

Rörledningar

De grova kylvattenrören är tillverkade av gummerat kolstål och erfarenheterna är i allmänhet mycket goda. En del av dessa rör har dock bytts ut mot titanrör i samband med installation av titanvärmeväxlare. Andra rörmaterial som används är GAP, t ex i Taproggesystemen och i doseringssystemet för hypoklorit, och PVC, t ex i ett hjälpkylsystem för smörjvatten. Erfarenheterna är goda med

undantag för PVC som förspröds om det används i hypoklorit.

Kondensorer

Samtliga kondensorer är idag försedda med tuber av titan varför någon saltvattensidig korrosion inte längre behöver befaras. I block 2 och 3 är också tubplåtarna av titan (kompound) och infästningen av tuberna utförd genom valsning plus tätsvetsning. I block 1 är tubplåtarna av solitt rostfritt stål, 254 SMO, med enbart invalsade titantuber. I block 4 slutligen är tubplåtarna av rostfri (2343) kompoundplåt och tuberna invalsade. Tubplåtarna är belagda med finsk "isbrytarfärg", dvs lösningsmedelsfri epoxi, Inerta 160.

Erfarenheterna av kondensorn i block 1 med kombinationen rostfritt stål 254 SMO/titan är goda. Inga läckage har förekommit efter omtubningen 1982.

Ytbeläggningen med Inerta 160 i block 4 utfördes 1981. Sedan dess har endast smärre lokala skador i färgskiktet uppstått orsakade dels av mekanisk åverkan, dels av bristfälligt förarbete. Dessa defekter har åtgärdats vid de årliga revisionerna.

Några läckage orsakade av vattensidig korrosion har inte inträffat i kondensorerna i Ringhals.

Övriga saltvattenkylda värmeväxlare

I Ringhals finns fortfarande 46 st mindre tubvärmeväxlare försedda med tuber av Al-mässing eller CuNi 90/10. De är i allmänhet försedda antingen med offeranoder av mjukjärn eller med katodiskt skydd med påtryckt ström (system Bera).

$FeSo_4$ doseras inte.

Värmeväxlarnas kondition testas regelbundet med virvelströmsmätning. Då det blir dags att byta tuber avgörs materialvalet från fall till fall. Mest intressant är titan och byte till nya tubkylare i detta material har redan gjorts i ett hjälpkylvattensystem. Dessutom finns flera plattvärmeväxlare av titan för liknande ändamål. Samtliga luftkonditioneringskylare är t ex kylda med färskvatten kylt på sistnämnda sätt.

Pumpar

I rapport nr 167 från Värmeforsk behandlades kylvattenpumparna ingående. Sedan dess (1984) har inga stora avvikelser från den då konstaterade korrosionssituationen iakttagits. De stora vertikala centrifugalpumparna med axlar och hjul av rostfritt stål SS 2343 och/eller 2324, och med hus av tjärepoxibelagt gjutjärn, har i allmänhet fungerat bra. Detta kan i första hand tillskrivas ett fungerande katodiskt skydd. Påpekas bör dock att den ökande spaltkorrosionen på hjulnav i SS 2324 i huvudkylpumparna i block 3 och 4 har föranlett Vattenfall att beställa två nya uppsättningar nav, blad och navkonor i specialstålet 254 SMO. Dessa tas i drift sommaren 1987.

I doseringspumpar för hypoklorit i block 3 och 4 har axlar av SS 2333 och 2324 korroderat kraftigt och bytts till nya av titan. Pumphus och hjul är av Al-brons.

Ventiler

Som regel används invändigt gummerade eller plastbelagda ventiler av gjutjärn med bra resultat. Plastventiler (PVC) fungerar invändningsfritt i Taproggesystemet. Gummimembranventiler (backventiler) har drabbats av funktionsstörningar p g a slapphet i membranen.

Packningar

I allmänhet används i saltvatten rena gummipackningar. Även asbestfria packningar med konstfiberarmering, t ex Dixo 400 från Specma förekommer.

Bilaga 3

SYDSVENSKA VÄRMEKRAFT AB, ÖRESUNDSVERKET, 1987-03-18
(inkl begränsad information om Halmstads gasturbinverk)

Kontaktpersoner

Torsten Karlsson, underhållschef
Lars Rosander, kemist

Rensverk

Rensverket av fabrikat Geiger är unikt i Sverige genom att det är konstruerat av rostfritt stål V 4, motsvarande SS 2343. Märkligt nog har under de 20 år som verket varit i drift inga korrosionsskador inträffat, och detta trots att katodiskt skydd inte finns installerat. Det kan mellertid tänkas att de rostfria konstruktionerna oavsiktligt erhållit ett dylikt skydd om ledande kontakt med konstruktionsdetaljer i kolstål föreligger. Av stort intresse vore att på plats utföra mätningar av det rostfria stålets korrosionspotential i syfte att få svar på om så är fallet. Om t ex armeringsjärn ingjutna i betong fungerar som offeranoder kan detta givetvis försvaga betongen.

Klorering av kylvattenkanalerna har gjorts någon enstaka gång.

Rörledningar

De äldsta saltvattenrören är av obelagt gjutjärn, de nyare gummerade eller av GAP. Vissa problem med dåliga skarvar i de sistnämnda har förekommit.

Kondensorer

Endast två kondensorer, bägge med tubplåtar av Munz metall och tuber av Al-mässing, används idag. $FeSo_4$ doseras inte. Trots regelbundna pluggningar och kampanjer med sågspånstätning bedöms funktionen vara tillfredsställande och byte till bättre och dyrare tubmaterial svårt att motivera. Detta resonemang kan på kort sikt tyckas riktigt, men i det långa loppet betalar sig helt säkert en investering i bättre material. Varje kondensorläckage innebär nämligen försämrad matarvattenkemi och ökad risk för kostnadskrävande sekundära korrosionsskador.

Övriga saltvattenkylda värmeväxlare

Som regel har förbrukade kylare med tuber av kopparmaterial, såsom gasturbingeneratorernas luftkylare både i Malmö och Halmstad, ersatts med nya tubvärmeväxlare helt i titan.

Pumpar

Huvudkylvattenpumparnas pumphjul är utförda av brons, axlarna av rostfritt stål, höljena av gjutjärn målade med Internationals Interpinol. Praktiskt kan man tala om obehandlat gjutjärn eftersom färgen endast håller kort tid.

Gasturbinernas kylvattenpumpar däremot är blästrade och målade med tjärepoxi. Hjul och axlar är av rostfritt stål. Den epoxibehandlade pumpdelen klarar sig utmärkt i saltvatten förutsatt att blästring sker före målning.

Som kuriosum kan nämnas att en hjälpkylvattenpump i Halmstad, vars hjul av brons eroderats kraftigt, nu arbetar med pumphjul av fiberplast (Ferrosbestos).

Ventiler

Sluss- och sätesventiler är ofta av belagt gjutjärn. Spjällventiler av brons förekommer också liksom kulventiler med rostfria kulor. Ventilproblemen bedöms vara små.

Packningar

Gummipackningar är vanligast i saltvattensystemen.

Bilaga 4

SYDSVENSKA VÄRMEKRAFT AB, BARSEBÄCKSVERKET, 1987-03-19

Kontaktpersoner

Leif Skoog, reaktorunderhållsingenjör
Tommy Fast, reaktorunderhållsingenjör
Göran Johansson, turbinunderhållsingenjör
Lennart Jönsson, turbinunderhållsingenjör

Rensverk

De två rensverken av fabrikatet Passavant är av konventionellt utförande i tjärepoxibelagt kolstål och försedda med ett katodiskt skydd med påtryckt ström. Det sistnämnda omfattar också huvudkylvattenpumparna. Målning med samma antifoulingfärg (International Antifouling 606) som använts i Ringhals har också använts i kylvattenkanalerna i Barsebäck. Här är emellertid resultatet enbart gott. Också för övrigt bedöms korrosionen i rensverket vara under kontroll.

Försök med klorering har gjorts men är inte aktuellt idag.

Rörledningar

Gummerade kolstålsrör används som regel och klarar sig bra om mekaniska skador kan undvikas. Titanrör förekommer i begränsad omfattning, t ex i anslutning till nya plattvärmeväxlare av titan i hjälpkylvattensystem 712.

Offeranoder i form av inflänsade kolstålrör finns för att förhindra korrosion i värmeväxlare med tuber av kopparmaterial. Vartefter som nya titankylare sätts in avlägsnas dessa anodrör. GAP-rör användes också och fungerar bra förutsatt att skarvningen har utförts på rätt sätt med glasfiberarmering.

Kondensorer

Titantuber monterades genom invalsning i de gamla kompoundtubplåtarna i båda blocken år 1981. Till att börja med försökte man skydda tubplåtarna enbart med mjukjärnsanoder. Trots omvalsningar och tätningsförsök med Loctite fortsatte den galvaniska korrosionen och spaltkorrosionen i vissa invalsningsspalter. Man beslöt därför att belägga tubplåtarna med Inerta 160. Detta skedde år 1984 i block 2 skepp 4, år 1985 i samtliga skepp i block 1 och slutligen år 1986 i de tre återstående skeppen i block 2. Tuberna sticker ut från tubplåtarna ca 5-15 mm, vilket

underlättade appliceringen av färgen.

Resultatet av epoxibeläggningen är på det stora hela bra. Endast i skepp 4 i block 2 har i anslutning till vissa tuber uppstått blåsor i färgskiktet, sannolikt beroende på kvarvarande fukt.

Övriga saltvattenkylda värmeväxlare

Al-mässingstuber förekommer fortfarande i luftkonditioneringskylare, oljekylare etc. Då dessa har tjänat ut ersätts de i vissa fall med tub- eller plattvärmeväxlare av titan.

Pumpar

Den pumpinformation som tidigare lämnats i rapport nr 167 från Värmeforsk (1984) gäller fortfarande med undantag för två små horisontella centrifugalpumpar i system 713. Dessa, som tidigare var försedda med hus av gjutjärn, har ersatts med nya helt i SS 2324. Pumparna saknar katodiskt skydd, varför uppenbar risk för spaltkorrosion bedöms föreligga.

Ventiler

Stora gjutjärnsventiler har renblästrats och belagts med Inerta 160. Plastbelagda vridspjällsventiler har erhållit korrosionsangrepp utgående från porer i beläggningen.

Ytterst intressant är att man börjat använda ventiler helt i plast, t ex japanska vridspjällsventiler helt i polypropylen. Fabrikatet är ASAHI och återförsäljare Lyma Kemiteknik AB i Arlöv. Dylika ventiler finns i det förutnämnda systemet 713.

Packningar

Utöver rena gummipackningar används Dixo 400 från Specma och Pilot Jointing 172, tillverkad av Beldam.

Bilaga 5

KARLSHAMNSVERKETS KRAFTGRUPP AB, 1987-02-12

Kontaktperson

Kjell Nolin, underhållschef

Rensverk

Rensverket är av konventionellt utförande i tjärepoxibelagt kolstål och katodiskt skydd med påtryckt ström levererat av Bergsöe Anticorrosion. Fingallret med 6-8 mm spalt är rostfritt. Bortsett från vissa initialsvårigheter med det katodiska skyddet är erfarenheterna goda.

Rörledningar

Gummerat kolstål används men också obelagt gjutjärn finns fortfarande kvar på många ställen,. Det sistnämnda bedöms inte ha spelat ut sin roll i konkurrensen med dyrare alternativ, t ex belagt kolstål, GAP och 254 SMO.

Kondensorer

De ungefärliga totala drifttiderna för de tre kraftverksblocken är för block 1: 60000, för block 2: 30000 och för block 3: 20000 timmar. Kondensorerna, som har tuber av Al-mässing, skyddas i block 1 med påtryckt ström (Bera) och i de nyare kondensorerna med mjukjärnsanoder och $FeSO_4$-dosering ca en gång per månad. Vid avställning sköljs tubplåtar och tuber manuellt med färskvatten. Sprinklers avses monteras för att luckorna inte skall behöva öppnas.

Resultatet är förbluffande bra, endast 50 pluggade tuber under 18 års drift. Därför anses det inte vara ekonomiskt försvarbart att i detta fall välja dyrare tubmaterial, utan nya tuber av Al-mässing sätts in vid behov.

Övriga saltvattenkylda värmeväxlare

Mindre tubkylare förekommer med både släta och rillade tuber av Al-mässing. Korrosionen motverkas med $FeSO_4$, mjukjärnsanoder eller tilloppsrör av kolstål eller gjutjärn som fungerar som offeranoder. Det sistnämnda förfarandet tillämpas för övrigt också på kondensorerna. Korrosionen är dock ett ständigt problem i de små kylarna och en sluten färskvattenkrets är ett önskemål för framtiden. Under 1987 kommer man att tillverka nya spärrångkylare i titan.

Pumpar

Pumparna är av konventionellt utförande med axlar och hjul av rostfritt stål och hölje av gjutjärn belagt med Duratank (tidigare tjärepoxi). De är inte försedda med katodiskt skydd men erbjuder trots detta inga korrosionsproblem. De har inte inspekterats sedan 1982.

Ventiler

Mjuktätande spjäll- och kilslidventiler av belagt gjutjärn är vanligast vid utbyte av gamla ventiler av obelagt gjutjärn.

Packningar

Gummipackningar är vanligast. Service 40-tätningar användes på stora svarvade flänsar.

Bilaga 6

OSKARSHAMNSVERKENS KRAFTGRUPP AB, 1987-02-11

Kontaktpersoner

Bo Arnberg, kemist, block 1 och 2
Lars Bennarsten, processingenjör, block 1 och 2
Jörgen Lundsten, chefskemist, block 1 och 2

Rensverk

Rensverken är av konventionellt utförande i tjärepoxibelagt kolstål och katodiskt skydd med påtryckt ström. Trots sistnämnda skydd har man korrosionsproblem på grovsilarna.

Påväxt förekommer, speciellt nässeldjur (hydroider) som ansamlas på utloppssidornas tubplåtar i värmeväxlare. Man har också problem med blåmusslor, t ex i hjälpkylvattensystem 713 i block 2. Införande av klorering övervägs därför för sistnämnda system.

Målning med antfoulingfärg har än så länge inte utförts men intresse för detta förfarande finns (jfr Barsebäck och Ringhals).

Rörledningar

Gummerat kolstål är standard för saltvattenförande rör. På senare år har emellertid också GAP börjat användas med framgång, t ex för de rör som är förlagda till turbinhuset.

Kondensorer

Samtliga kondensorer är idag utrustade med titantuber. I block 1 och 2 är tuberna enbart invalsade i tubplåtar av rostfri kompoundplåt (2343 i block 1 och Wst 1.4439 i block 2). I block 3 är tuberna tätsvetsade till tubplåtar av titankompound. Kondensorerna i block 1 och 2 var de första i Sverige som försågs med titantuber (1979 resp 1978).

Angrepp av galvanisk korrosion och spaltkorrosion har i viss omfattning förekommit i tubplåtarnas infästningsspalter i de enbart invalsade kondensorerna 1 och 2. För att motverka detta har omvalsning av vissa tuber utförts. Idag reduceras denna korrosion genom färskvattenbespolning av tubplåtarna under avställningsperioderna, under vilka saltvattnet annars skulle koncentreras genom indunstning och orsaka kraftig korrosion av ovan beskriven typ. Partiell målning av en tubplåt, kondensor 2 skepp 4, har också utförts med

epoxifärgen Duratank. Resultatet är gott men total epoxibeläggning avses trots detta inte göras nu.

Inga saltvattensidiga korrosionsskador har förekommit i kondensorerna sedan de tubades om med titan.

Övriga saltvattenkylda värmeväxlare

I block 2 finns fortfarande ett stort saltvattenkylsystem i drift (713). För att skydda de värmeväxlare med tuber av kopparmaterial som finns i detta system doseras FeSO4. Generellt ersätts dessa värmeväxlare med nya av titan så snart de tjänat ut.

I verket finns redan ett stort antal mindre titankylare, både tubkylare och plattapparater, speciellt i block 2. I block 3 har dylika värmeväxlare valts redan från starten.

Pumpar

Pumparna har inte genomgått några större förändringar sedan rapport nr 167 från Värmeforsk utgavs år 1984. De goda erfarenheterna torde i första hand få tillskrivas att pumparna i allmänhet är försedda med katodiskt skydd.

Ventiler

Inga allvarliga korrosionsproblem har förekommit hos de ventiler, vanligtvis gummerade dylika eller försedda med andra typer av organiska beläggningar, som används i saltvattenkylsystemen i Oskarshamn.

Packningar

Rena gummipackningar, t ex 178 Daniels Ebonite från Bergman AB, användes i allmänhet i saltvatten. En intern arbetsgrupp arbetar med alternativ till de tidigare använda packningarna av gummibunden asbest.

Bilaga 7

SVENSKT STÅL AB, OXELÖSUND 1987-03-06

Kontaktpersoner

Mats Hellman, kraftverkskemist
Jan-Ove Johansson, underhållsingenjör

Rensverk

Saltvattnet silas endast genom grovsilar av kolstål med tjärepoxibeläggning. Inget katodiskt skydd finns. Problemen är marginella.

Intermittent klorering med ca 20 ppm klor utföres sommartid under ca 1,5 timme varje vecka, i huvudsak för att bekämpa blåmusslor. $FeSO_4$ doseras inte.

Rörledningar

Huvudkylvattenrören är av kolstål med beläggning av epoxi. De har fungerat bra. Dessutom förekommer PEH-rör av fabrikat von Roll försedda med svetskopplingar i dimensionsintervallet 20-200 mm.

Kondensorer

I kraftverket finns fyra mindre kondensorer. Tre av dessa är utrustade med tuber av Amiralitetsmässing och en är omtubad i september 1983 med tuber av det rostfria ferritiska specialstålet MONIT. Även tubplåtarna är beklädda med tunnplåt av samma stål och tuberna tätsvetsade till dessa. Samtliga kondensorer har i år försetts med nya gjutjärnsgavlar belagda med en ny termoplast, Levasint från Bayer. Detta kan på sikt innebära en ökad korrosion, främst inloppserosion, i Amiralitetsmässingtuberna. Dessa har tidigare erhållit ett spontant katodiskt skydd av de gamla rostangripna gavlarna. Detta torde vara förklaringen till att korrosionen i de tre kondensorerna med tuber av Amiralitetsmässing hittills klarat sig utan allvarliga korrosionstillbud.

MONIT-kondensorn visade vid den inspektion som gjordes under besöket inga tecken på korrosion.

Pumpar

De drygt 25 år gamla gjutjärnspumparna av fabrikat Karhula är praktiskt taget uttjänta p g a grafitisk korrosion. Axlarna av rostfritt stål och pumphjulen av brons har skyddats katodiskt genom korrosionen av gjutjärnet.

Ventiler

Erfarenheterna av belagda gjutjärnsventiler med interna delar av Al-brons är goda.

Packningar

Gummipackningar är vanligast. Även Pilot Jointing 172 från Beldam har använts med framgång.

Bilaga 8

STOCKHOLMS ENERGIVERK, VÄRTAVERKET, 1987-02-19

Kontaktperson

Conny Wretlind, underhållsingenjör

Rensverk

Rensverket har grovsilar av SS 2343 och ett finsilverk av fabrikat Geiger i konventionellt utförande av tjärepoxibelagt kolstål och katodiskt skydd med påtryckt ström. Inga allvarliga problem föreligger.

Ingen klorering av kylvattnet förekommer.

Rörledningar

De grova kylvattenrören är av tjärepoxibelagt kolstål De fungerar bra men kräver ett visst löpande målningsunderhåll. Rör av SS 2343 har fungerat bra på korta men sämre på långa sträckor. Byte till GAP beroende på genomrostning av de sistnämnda har därför genomförts.

Kondensorer

Stal-Laval kondensorn med ca 10000 tuber av Al-mässing, levererad år 1973, körs endast vintertid vid topplast, total drifttid ca 40000 timmar. $FeSO_4$ doseras till kylvattnet. Inga egentliga korrosionsproblem föreligger.

Övriga saltvattenkylda värmeväxlare

För kylning av ett internt sötvattensystem finns sedan 1975 två tubvärmeväxlare av titan (tätsvetsade tuber) med 1035 tuber i vardera. En identisk kylare i Al-mässing, som arbetar utan $FeSo_4$-dosering har haft ett 20-tal läckage sedan 1975.

Förångare till värmepumpar

På kraftverksområdet finns två, och i Ropsten ytterligare två, stora värmepumpar som använder bräckt vatten. Förångarna är dels strilförångare av rostfritt stål 254 SMO och MONIT, dels plattvärmeväxlare av titan. Bortsett från korrosion i anslutning till bristfälliga svetsar i MONIT-förångarna omedelbart efter starten, har ingen korrosion förekommit.

Pumpar

Pumphjul av brons i de stora ställbara huvudkylvatten-pumparna har angripits av erosion. Pumphusen av tjärepoxi-belagt gjutjärn skyddas av Zn-anoder. I den mindre kylvattenkretsen används dränkbara pumpar med rörliga delar av rostfritt stål utan problem.

Ventiler

Kilslidventiler i SS 2324 med teflonbelagda tätningsytor har fungerat bra. Ventiler av okänd mässing har avzinkats. Ventilproblemen bedöms som marginella.

Packningar

Olika asbestfria packningar används idag.

Bilaga 9

STATENS VATTENFALLSVERK, FORSMARKSVERKET, 1987-03-24

Kontaktpersoner

Per-Göran Nilsson, processingenjör, Block 2
Nils-Erik Paulin, underhållsingenjör, Block 2
Bertil Ström, underhållsingenjör, Block 1

Rensverk

Rensverken är i konventionellt utförande av fabrikat Geiger med tjärepoxibelagt kolstål som huvudsakligt konstruktionsmaterial och med strömstyrt katodiskt skydd.

Klorering av vattnet utföres inte.

Korrosion har uppträtt på länkkedjor av krombelagt kolstål, varför dessa har ersatts med nya av rostfritt stål (Wst 1.4122). Rostfria spritsvattenledningar (2343) har mäst utbytas mot PEH-rör efter 5 års drift.

Rensverket i block 3 är av samma utförande som de ovan beskrivna i de två äldre blocken.

Rörledningar

Gummerade kolstålsrör är standard och har fungerat bra med undantag för byxrör i Taproggesystemet, troligtvis beroende på dåligt utförande. Rör och vattenkammare vid kondensorer har erhållit lokala blåsor.

Titanrör har ersatt spruckna PVC-rör i en kylvattenkrets (718) för kylning av ett internt sötvattensystem.

Kondensorer

Samtliga kondensorer är utrustade med titantuber invalsade i rostfria (2343) kompoundtubplåtar. Tubplåtarna i kondensor 1 och 2 belades efter omtubningen från Al-mässingtuber till titantuber. Kondensor 3 har däremot haft ytbelagda tubplåtar sedan uppstarten. Rostgenomslag har förekommit i den först belagda kondensorn i block 2 men för övrigt har erfarenheterna av epoxibehandlingen varit goda.

Övriga saltvattenkylda värmeväxlare

Dels används interna sötvattenkylkretsar med plattapparater av titan, dels byts skadade värmeväxlare med tuber av Al-mässing konsekvent ut mot nya av titan.

Pumpar

De stora pumparnas korrosion är under kontroll och har inte orsakat nya problem sedan rapport nr 167 från Värmeforsk skrevs år 1984. Det bör speciellt påpekas att huvudkylpumparna, av samma KaMeWa-utförande som i Ringhals block 3 och 4, inte angripits av spaltkorrosion i sådan omfattning att reparationer behövt vidtagas (jfr Bil 2).

I Taproggesystemets pumpar har bronshjul eroderat kraftigt.

Kylvattenutlopp

Vajer av SS 2343 till stålluckor i kylvattenutloppet har väl motstått korrosion, troligtvis p g a ett spontant katodiskt skydd från kolstål.

Ventiler

Gummerade gjutjärnsventiler används allmänt och med gott resultat. Vridspjällsventiler av PVC förekommer också.

Packningar

Packningar av rent gummi eller teflon används mest.

Värmeforsk är ett organ för industrisamverkan inom värmeteknisk Forskning och utveckling. Stiftelsens forskningsprogram är tillämpningsinriktat och fokuseras på energi- och processindustriernas behov och problem. Bakom Värmeforsk står följande huvudmän:

- Elforsk
- Värmeverksföreningen
- Övrig industri

Värmeforsk samarbetar med Närings- och teknikutvecklingsverket (NUTEK).

STIFTELSEN FÖR VÄRMETEKNISK FORSKNING

Box 1765 · 111 87 Stockholm
Tek: 08-7900600 · Fax 08-796 00 37