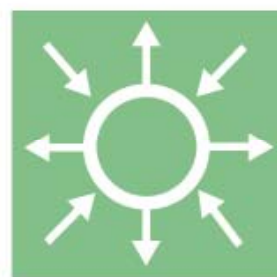




Keramiska material i vattenkraftanläggningar – test och utarbetande av metodbeskrivning

Förstudie

Elforsk rapport 08:20



Märit Forssander m.fl.

jan-08

ELFORSK

Keramiska material i vattenkraftanläggningar– test och utarbetande av metodbeskrivning

Förstudie

Elforsk rapport 08:20

Märit Forssander, TerraCorrosion AB

Charlotte Persson, EnergoRetea

Roger Carlsson, Vattenfall Power Consultant

Wille Edwardson, Jämtkontroll

Martin Johansson, Skellefteå Kraft

Erik Westerlund, Fortum Power and Heat OY

jan-08

Förord

Denna rapport är en avrapportering inom ramen för Elforsks förstudieuppdrag.

Användande av keramiska kompositer har förekommit från och till under många år inom vattenkraftföretagen. Någon samlad erfarenhetsåterföring har dock tidigare inte skett. Sammanställningen av erfarenheterna visar varierande resultat. I vissa fall har det gått utmärkt och i vissa har det inte gått bra. Det sker också en relativt snabb teknisk utveckling inom området och antalet leverantörer ökar. Det finns med andra ord skäl samla erfarenheter samt att följa utvecklingen vidare.

Programområde Vattenkraft
Lars Hammar
Elforsk

Sammanfattning

Sammanställning av erfarenhet av keramiska kompositer i Svenska vattenkraftanläggningar visar varierande resultat. I vissa fall har det gått utmärkt och i vissa har det inte gått bra. Det finns dock endast ett fåtal redovisade fall där man gjort noggranna studier av resultatet. Resultatet från intervjuerna av leverantörer är att de tror på att det finns ekonomiska förutsättningar för användning av keramiska material i vattenkraftanläggningar. Materialen finns men man behöver studera varje applikation innan man kan rekommendera material och målningsförfarande mer allmänt.

Litteratursökning avseende målning av keramiska kompositer i vattenkraftanläggningar har utförts. Erfarenhet av målning i olika vattenkraftanläggningar i Sverige med keramiska kompositer har sammanställts. Leverantörer av keramiska material verksamma på den svenska marknaden har intervjuats. Resultatet av litteratursökningen gav att det inte finns offentlig redovisning från användning av keramiska kompositer i vattenkraftanläggningar. Man ska ha använt materialet bland annat i Three Gorges i Kina. Men inga resultat har ännu redovisats.

Slutsatsen är att det krävs mer erfarenhet för att kunna bestämma om och i så fall hur och under vilka förutsättningar målning med keramiska material i vattenkrafttillämpningar ska kunna ske. De ekonomiska fördelarna om man hittar rätt material och metod bedöms vara stora. Detta motiverar ett fortsatt utvecklingsarbete vilket bör kunna ske i samarbete med leverantörer vilka har de grundläggande expertkunskaperna om materialen.

Summary

Using ceramic materials for anti corrosion painting in Swedish hydro power plants has been done with different results. In some cases it has performed well but in other it has failed. In only some cases the tests has been followed up rigorously to learn more about the process.

The result from the interviews with the user and manufacturers is that there are cases where the use of ceramics in the hydro power plants will be economical favourable. The materials are there but it has to be tested in every single application before general recommendations can be done.

Literature survey has been performed.

Experiences from tests with ceramics in hydro power plants in Sweden have been summarised.

Manufacturers on the Swedish market have been interviewed.

The results from the literature survey showed that no public result was to find of using ceramics in hydro electric power plants in the world. It is mentioned somewhere that Three Gorges in China have been using ceramics but no results was found.

The conclusion is that even though the use of ceramics in hydro power plants can be economically favourable more tests has to be done. Those tests can be done together with the manufacturers in Sweden.

Innehåll

1	Bakgrund	1
2	Mål	2
3	Syfte	3
4	Genomförande	4
5	Fakta om keramiska kompositer	5
6	Utförande	6
6.1	Förbehandling	6
6.2	Applisering	6
7	Erfarenhet från målning med keramiska kompositer	7
7.1	Stornorrfors.....	7
7.2	Linnvasseälv:.....	8
7.3	Övrigt.....	9
8	Kända leverantörer i Sverige:	11
9	Diskussion och slutsatser	14

1 Bakgrund

Mekanisk påverkan i form av slitage som bland annat beror på föroreningar och sand i strömmande vatten ger behov av material med hög nötningsbeständighet. Det finns även andra orsaker till slitage i vattenkraftanläggningar. Genom att införa material med högre nötningsbeständighet än konventionella målningssystem skulle man därför kunna öka livslängden på olika delar väsentligt. Detta skulle också förlänga underhållsintervallerna. Idag finns det ett antal olika leverantörer av både keramer och kompositer men det saknas jämförande resultat från tester och provningar av materialen. Man har i mindre omfattning provat olika keramiska material i svenska vattenkraftverk. Hittills har resultaten från dessa behandlingar varit varierande. Dokumentationen har också ofta varit bristfällig. Materialen ställer höga krav på förbehandling och appliceringsförhållanden. Branschen saknar kravspecifikation för målning med dessa material. Prisskillnaden mellan konventionell färg och kompositer / keramer är också stor men kan på sikt minskas om användningsområdena ökar.

Olika leverantörer levererar till synes samma produkt men det har visat sig att dessa produkter kan ha väldigt stora skillnader i kvalitet.

En kartläggning behöver utföras för att få fram de produkter som anses vara lämpliga att använda i vattenkraftanläggningar. Här måste man utgå från kvalitet kontra pris.

Vid arbetet med målningssanvisningen MA-V upptäcktes bristen att keramer /kompositer inte kunde tas med på det sätt som är önskvärt. Detta hindrar en utveckling som kan minska kostnaderna för målning i vattenkraftanläggningar.



2 Mål

Att efter avslutat projekt (innehållande förstudie samt provmålningar) komplettera MA-V med materialen keramer / kompositer.



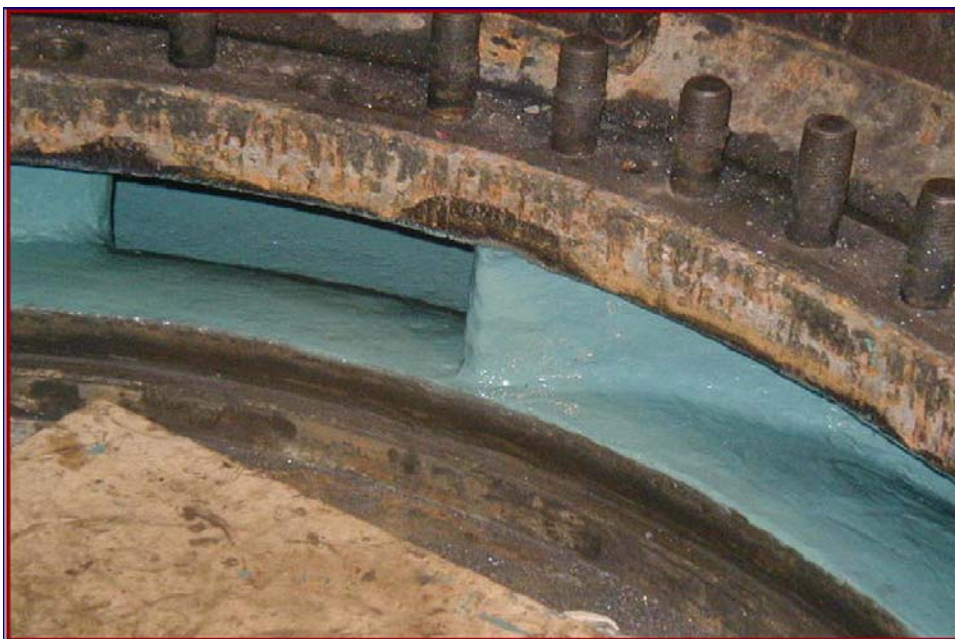
3 Syfte

Att genomföra en förstudie för att kunna se vilka keramer/kompositer som skall provas i fält vid vattenkraftanläggningar. Syftet är också att öka helhetskunnandet kring keramer /kompositer.



4 Genomförande

- Sammanställning har utförts av samtliga på marknaden förekommande keramiska material för korrosionsskydd/målning i vattenkraftanläggningar.
- Diskussion har förts med leverantörer av keramer/kompositer på den Svenska marknaden. Testresultat från oberoende provningar på vattenkraftanläggningar eller motsvarande har efterfrågats.
- Sammanställning av de erfarenheter gruppens medlemmar har avseende målning med keramiska kompositer har gjorts i föreliggande rapport.
- Ekonomiska aspekter på användande av keramer / kompositer har diskuterats.



5 Fakta om keramiska kompositer

Kompositer är ett samlingsnamn för ett material som består av flera separata fasar. De olika faserna tillsammans ger materialet dess egenskaper. Ofta vill man kombinera innehållet så att om man har till exempel två olika fasar ska de olika fasernas egenskaper förstärkas enligt principen $1+1=3$.

För att en komposit ska kunna kallas keramisk krävs att en av faserna innehåller en keram.

Det råder delade meningar om vad den produkt som förknippas med ordet keram egentligen ska kallas. Vissa leverantörer vill kalla det komposit och andra vill kalla det keram. Skogsindustrierna skiljer mellan keramiskt armerad komposit, legeringsarmerad komposit och mineraliskt armerad komposit.

Deras samlingsnamn för materialen är sedan komposit. Vi kommer i denna rapport att främst keramiskt armerad komposit och kommer att kalla den keramisk komposit.

Keramiska kompositer består av en armeringsfas och en matrisfas.

Armeringsfasen består i sin tur av partiklar som innehåller keramer.

Matrisfasen består av polymerer såsom epoxi, fenol eller polyester.

Keramerna är förbehandlade på ett sådant sätt att vidhäftning mellan partiklarna och matrisen är mycket stor. Detta leder till ett material med mycket stor täthet. Materialet har därför också mycket stor vidhäftning till underlaget.

Man använder keramiska kompositer främst för att öka slitagemotståndet, motstå kemiska angrepp och korrosionsangrepp. Vid kavitation kan materialet användas som "offeranod". Det motstår således inte kavitationen men kan spara stålmaterialet. Detta gäller främst efter ett antal svetsningar då det finns risk för sprickbildning i materialet. Har man inte erosionsproblem räcker det troligen med konventionell målning.

Materialet är ibland lösningsmedelsfritt vilket är bra ur miljösynpunkt. I övrigt finns det enligt uppgift inte några miljöfarliga komponenter i materialet. Före applicering måste detta dock naturligtvis undersökas mer noggrant.

6 Utförande

6.1 Förbehandling

Som förbehandling krävs en grov yta vilket i sin tur kräver att rätt blästermedel används. Ytan skall för samtliga material vara Sa 2½ (de flesta kräver Sa 3) enligt standard Ss-EN ISO 8501:1:1988 och ytråhet grov enligt standard SS-EN ISO 8503-2. Om förbehandlingen är utförd korrekt och ytan är ren erhålls en mycket bra vidhäftning till underlaget. Om det uppstår skador i den keramiska kompositen kommer skadan således att begränsas i storlek och det bildas inte underrostning som får materialet att släppa.

6.2 Applicering

Normalt appliceras kompositmaterialen med pensel, roller eller spruta. Leverantören måste tillhandahålla information om lämplig appliceringsmetod i varje enskilt fall. Generellt gäller att pensel och roller ska vara korthåriga på grund av materialets höga viskositet (strån etc fastnar i materialet).

Om materialet är lösningsmedelsfritt krävs speciella färgsprutor vid appliceringen. Det blir ett stort slitage på bland annat munstycken som måste konstrueras i mycket beständiga och dyra material. De flesta materialen måste förvärmas vilket kräver rätt utrustning.

Det finns keramiska kompositer som är spackelbara. Detta kan med fördel nyttjas som komplement till svetsning vid en gropig yta. Har man en gropig yta kan man först spackla med keramiska kompositer till ursprunglig yta och sedan belägga med täckfärg (som också består av keramisk komposit). Har det gått hål i plåten bör man dock svetsa.

Vid applicering av keramiska kompositer läggs färre antal skikt än vid konventionell rostskyddssystem. Detta sparar tid för genomförandet.

Härdningstiden är kort vilket innebär krav på snabb applicering för att färgen inte ska härda i utrustningen.

För att erhålla kort avställningstid kan i vissa fall härdningen påskyndas genom kontrollerad förhöjd temperatur. Normal härdningstemperatur är annars rumstemperatur, 20 °C.

7 Erfarenhet från målning med keramiska kompositer

7.1 Stornorrfors

Vid årsskiftet 2005-2006 målades ledskenor, stagpelare och stageringar i Stornorrfors vattenkraftstation

Samtliga målade objekt var konstruerade i gjutjärn.

Vid påbörjandet av ytbehandlingen tvättades komponenterna.

Ledskenorna blästrades med torrblästring med blästermedlet Fajalit 1,2 mesh? (- RC tar reda på.) till förbehandlingsgrad Sa 3 enligt standard SS-EN ISO 8501:1:1988 samt ytråhet Grov enligt standard SS-EN ISO 8503-2. Efter förbehandlingen fick materialet "svettas" i 2-3 dygn i 35 °C. Det syntes inga tendenser till återrostning. Personalen hade handskar på sig så att inga fettfläckar uppstod. Det kontrollerades noggrant att förbehandlingen verkligen uppfyllde ställda krav. Leverantören av den keramiska kompositen medverkade vid godkännandet av förbehandling och godkände först vid Sa 3. Som grundfärg och som spackel där det behövdes användes Depac 424. Som täckfärg användes Depac 432 till tjocklek 0,8 – 3 mm.

Stagpelare samt övre och nedre stageringar blästrades på plats med Sponge-jet till ytråhet grov och förbehandlingsgrad Sa 3. Det var ca 30 °C i lokalen. Konstruktionerna var inte demonterade utan fanns kvar monterade på plats. Målning skedde sedan på samma sätt som målning av ledskenorna.

Efter ett års drift granskades ytorna och man kunde konstatera att färgen hade lossat fläckvis.

Diskussion kring möjlig orsak till att färgen lossnat:

I Messaure vattenkraftstation har ledskovlarna målats med Interzone från International. Interzone är en konventionell epoxifärg och alltså inte en keramisk komposit. Vidhäftningsprovningar utförda 2007 utfördes med godkända resultat.

Efter ett års drift uppvisade ledskovlarna samma utseende som i Stornorrfors. Båda vattenkraftstationerna hade före ommålning Francisturbiner med raka skovlar. Dessa byggdes om till böjda ledskovlar för att öka effekten. Därefter målades skovlarna, den ena stationen med keramisk komposit och den andra med epoxifärg.

När effekten höjs används större vattenmängd. Vattenrörelsen i den ficka som byggts före intaget för att ta hand om stenar kan då ha förändrats på ett sådant sätt att stenar följer med vattnet i stället för att stanna kvar i fickan. Utseendet på de områden där färgen har lossat skulle kunna tyda på att stenar har träffat ytan vilket gett upphov till skadorna i färgen. Detta leder till att man måste antingen ändra utseendet på fickorna eller måla med en mer stötupptagande färg av t.ex. gummityp. Keramiska kompositer och vanlig epoxi passar då inte på grund av sin hårdhet.

7.2 Linnvasseälv:

Ommålning av stagring, stagpelare samt ledskenor i vattenkraftstationen Linnvasseälv utfördes år 2000? Stagring och stagpelare målades med konventionell tvåkomponent epoxi.

Ledskenorna demonterades och fraktades till Häggenäs måleri där målare utförde målningen med keramisk komposit.

Ledskenorna tvättades först. Temperaturen i lokalen var 23-25 °C. Relativa luftfuktigheten, RH, var mellan 30-35 %. Ledskenorna fick ligga och svettas några dagar. Därefter torrblästrades med grit? till förbehandlingsgrad Sa 3 enligt standard (1) och till ytråhet Grov enligt standard (2). Keramisk komposit lades samma dag efter noggrann dammsugning. Färgen arbetades in noggrant med gummispäckel. Innan återmontering av ledskenorna fick färgen härda till full uthärdning. Vid besiktning efter 5 års drift fanns inga skador på någon enda ledskena.

Ledskenorna till G1, som målades med epoxi, hade fått begynnande slitageskador på kanterna och längst ner.

Ännu en granskning av resultatet har varit planerad under året, men har blivit uppskjuten gång på gång. Det är svårt att få tillgång till stationen.

Långströmmen:

I vattenkraftstationen Långströmmen målades ledskenor med keramisk komposit för 2-3 år sedan. Ledskenorna monterades ner och fraktades till Gävle där Målerigruppen i Gävle behandlade dem enligt ovan. Chesterton? Produkt?

Efter ett års drift besiktigades ledskenorna och inga skador kunde uppvisas. Som jämförelse kan nämnas att Torpshammar vattenkraftstation målades med lösningsmedelsfri epoxi (Interzone från International). Besiktning efter 5-6 års drift visar att samtliga komponenter är i bra skick.

7.3 Övrigt



Traryd

Ledskenorna i aggregat 2 i vattenkraftstationen i Traryd målades för ca 10 år sedan med keramisk komposit från CeramKote. Lossar fläckvis på ledskenorna. Samma dåliga erfarenhet. Två skikt samma produkt. Traditionell blästring? Mer om påförandet? Ändring av effektuttag? Här kommer mer in.

Tuggen

Hela vattenlinjen är belagd med keramisk komposit. Enligt leverantören har det hållit bra.

Stensele

På utskottsluckan under lyftvagnar har man spacklat upp med 3 mm keramisk komposit. Enligt leverantören med bra resultat. Här har man även renoverat en backventil som egentligen skulle skrotas men man renoverade den till ursprungligt skick med keramisk komposit.

Det kan nämnas att i Finland har man inte målat med keramiska kompositer i vattenkraftverk.

Kärnkraftverk

I kärnkraftverk har keramiska kompositer använts med varierande resultat. De två stora leverantörerna till kärnkraftverken i Sverige är Chesterton och Belzona. Man har belagt bland annat kondensorernas hela sidor med keramer. Även de rostfria ytorna runt rörens mynning har belagts med keramiska kompositer.

Ett av försäljarnas argument är att vid skada sprids inte korrosionen för materialet sitter så fast. Men erfarenhet från kärnkraftverk är att det visst sprider sig.

Skogsindustrin

Inom skogsindustrin har man använt keramiska kompositer under många år. Det är främst i pumpar som material används. Man har visat att livslängden ökar så mycket att det är ekonomiskt försvarbart att använda keramiska kompositer. Man har så goda erfarenheter av keramiska kompositer att man nu tagit fram en standard, SSG 1908, för materialet. Standarden gäller för keramiskt inducerad komposit, legeringsinducerad komposit samt mineraliskt inducerad komposit. I standarden krävs bland annat behörighetskrav för entreprenörer. Standarden skriver vilka konstruktioner i skogsindustrin som är lämpliga för kompositerna.

Raffinaderier

Inom raffinaderier har keramiska kompositer använts i många år, främst för beläggning av insidan på oljefyllda tankar.

8 Kända leverantörer i Sverige:

Följande leverantörer finns i Sverige för keramiska kompositer:

Chesterton

www.chesterton.com



Kontakt:
Fredrik Forssberg
070 603 17 03

Belzona

www.belzona.com



Kontakt:
Christer Westin

Depac

www.skiu.se



Kontakt:
Tommy Thörn
031-22 25 60

Ceramco

Ceramco AB
Mellbyrundan 20
312 61 Mellbystrand

www.ceramco.se



Kontakt:
Sigge Kjellberg
0430-10095

Av dessa anses Chesterton ha bredast sortiment och största erfarenheten i Sverige.

Det leverantörerna av produkterna säger är att de ställen man kan måla med epoxi kan man också lägga keramer på och då erhålla betydligt längre livslängd. Detta är också uppfattningen bland de som har erfarenhet av materialen.

Varje leverantör har uttryckt sin bestämda uppfattning att man idag inte generellt kan säga vilken av deras produkter som är bäst i varje del av anläggningen. Det finns för lite erfarenhet för att bestämma detta. Upplägg enligt tabell 10 i MA-V (Branschgemensam målningsanvisning för

vattenkraftanläggningar”) kan därför ännu inte kompletteras med keramiska kompositer.

Det går att köpa materialen i vanliga färgaffärer, men leverantörerna poängterar vikten av att det enbart är specialutbildad personal som bör utföra applicering av keramer. Denna uppfattning grundas på mycket dåliga erfarenheter där utbildade entreprenörer har använt produkterna felaktigt.

Samtliga poängterar också att den viktigaste delen i appliceringen är förbehandlingen. Renheten och ytråheten måste vara absolut rätt för att erhålla ett beständigt resultat. Ytråheten är i samtliga fall ”Grov” enligt standard SS ISO 8503-2.

Materialet keramiska kompositer har funnits på marknaden i minst 20 år. Men varje marknad kräver enligt leverantörerna lång tid för utveckling av rätt material för rätt applikation. I Sverige har skogsindustrin och raffinaderier kommit längst med användandet av keramiska kompositer.

Enligt leverantörerna är det främst erfarenhet från skogsindustrin som är applicerbara på vattenkraftanläggningar. Båda typerna av anläggningar har flödande vatten med erosions- och kavitationsproblem som följd.

Leverantörerna är mycket positiva till att delta i utförandetester inom vattenkraftindustrin.



9 Diskussion och slutsatser

Enligt leverantörer kan keramiska kompositer vara kostnadseffektivt att använda på stål inom vattenkraftverk i specifika fall och på specifika ställen. Om konventionella system kan appliceras kan även keramiska kompositer appliceras. Rätt utfört bedöms livslängden öka jämfört med konventionella färgsystem.

Kraven på renhet och ytråhet är högt ställda. Detta är i samband med utförandet ibland väldigt tålamodskrävande och dyrt att uppnå. På grund av dessa högt ställda krav uppstår de flesta bristerna i förbehandlingsfasen. Detta kräver ett ny medvetenhet hos entreprenörer och kontrollanter. Erfarenheten från applikationer i vattenkraftverk är begränsade och med varierande resultat. Det krävs ytterligare undersökningar för att bestämma vilka material som passar bäst, var de kan appliceras och på vilket sätt och under vilka förhållanden.

Om man jämför andra branscher såsom kärnkraftverk och skogsindustrin har keramiska kompositer ökat i användning. Det finns idag appliceringsförslag både i TBY (kärnkraftens målningsanvisning) samt i SSG (skogsindustrins målningsanvisning).

Keramiska kompositer har stor potential vid risk för erosion. De har betydligt bättre motståndskraft mot just erosion än vad konventionella system har. Detta kan gälla för material i vattenvägarna. De har också ett bra nötningsmotstånd vid t.ex. luckor där det ligger kedjor och skaver. Även intagsluckor och nålstöd som blir utsatta för nötning och erosion kan få längre livslängd. Det är dock viktigt att se på slagvinkeln. Ju mer vinkelrätt mot materialet som slag kommer desto sämre är det. Om det kommer stora stenar och med hög vinkel bör man byta material till gummi eller något annat stötupptagande. Keramiska kompositer klarar inte kavitation (vilket inte heller målning gör). Om man inte har erosion kan det ändå vara ekonomiskt försvarbart att använda keramiska kompositer. Men för att bestämma om så verkligen är fallet krävs det lång provningstid.

Den största nackdelen med keramiska kompositer är att produkten är dyrare i inköp, men frågan är om det verkligen blir dyrare i längden om man ser till hela livslängden.

Vid eventuella upphandlingar ska man bara anlita entreprenörer som är godkända av leverantören. Detta gäller främst nu i början innan det är en allmänt vedertagen metod. Risker är annars stora att förbehandlingen blir fel och påförandet utförs på fel sätt med fel utrustning.

I dagsläget vill ingen leverantör rekommendera någon produkt generellt till vattenkraftverk. Man måste granska varje station och de rådande förhållandena innan man rekommenderar produkter anpassade till varje situation separat.

-o-O-o-

ELFORSK

SVENSKA ELFÖRETAGENS FORSKNINGS-
OCH UTVECKLINGS - ELFORSK - AB