



# 12 ELEKTROKEMISK KORROSION

## 12.1 INLEDNING

Korrosion i fartyg har varit ett känt problem ända sedan slutet av 1700-talet då man fick stora problem i s.k. kompositbyggen med stävar, spant och roder av stål i kombination med kopparförhydning av fartygsbotten. Idag finns stor kompetens i ämnet eftersom korrosion medför stora kostnader för sjöfarten och vårt industrisamhälle. Korrosions Institutet är den samlande kraften i Sverige.

I dagens fritidsbåtar är korrosion ett växande problem som i de flesta fall beror på felaktiga installationer och bristande underhåll av elektriska komponenter som pumpar, laddningsaggregat, bogpropellrar mm. Orsaken till elektrokemisk korrosion kan vara ett mycket komplext problem att utreda och komma till rätta med. Ibland kommer problemen smygande utan koppling till någon känd förändring i båt eller utrustning. Då kan man hinna åtgärda problemen vid den årliga översynen. Ibland uppstår det spontant ett elektriskt fel som kan totalförstöra båtens motor, drev, propeller eller någon annan vital del på några dagar eller veckor. I ett sådant fall får man vara tacksam om felet upptäcks innan ett allvarligt haveri hinner inträffa. Enda botemedlet är goda kunskaper om båtens elsystem, om riskerna för uppkomst av korrosion och stor noggrannhet vid installation av ny utrustning.

I den följande texten försöker vi ge en introduktion till korrosionsproblematiken och för den som vill fördjupa sig i ämnet finns flera bra böcker i fackbokhandeln och ämnet ”corrosion” ger massor av träffar på internet.

## 12.2 OLIKA TYPER AV KORROSION

Elektrokemisk korrosion av metaller är en naturlig men, särskilt i vårt fall, oönskad process som äger rum när olika metaller, i förbindelse med varandra, är nedsänkta i en gemensam elektrolyt d. v. s. en vätska som kan leda elektricitet. Elektrolyten (i båtfallet = vatten) måste även innehålla syre eller något annat oxidationsmedel.

Nyttiga exempel på korrosion är våra batterier där man avsiktligt använder elektrokemiska processer för att lagra och skapa energi (spänning och ström) som kan användas för belysning eller andra bekvämligheter ombord. Om vi jämför processen i ett batteri med situationen för en båt i saltvatten så ser man att så länge elektroderna (polerna + och -) är isolerade från varandra så går det ingen ström genom batteriet. D.v.s. att ”korrosionen” i batteriet är liten eller nära noll. Så snart polerna förbinds med varandra börjar en ström flyta genom förbrukare och batteri. Av detta kan man lära att det ”enklaste” sättet att minska korrosionen är att isolera olika metalldelar från varandra. Mer om detta senare.

Elektrokemisk korrosion är i båtfallet en skadlig process som kan orsaka allvarliga och dyrbara skador på drev, propellrar, propelleraxlar, roder, kölbultar och annan utrustning på båtens undervattensskropp som trimplan, bordgenomföringar, avstängningskranar m.m.



Notera att korrosion även uppstår ovan vattenlinjen, särskilt på västkusten i fuktig saltmättad miljö.

I fritidsbåtar är det främst två typer av elektrokemisk korrosion som uppträder.

### 12.2.1 Galvanisk korrosion,

Där metallernas inbördes potentialskillnader mellan anod och katod själv skapar en ström och där

**spaltkorrosion**

**gropkorrosion**

**korrosion under föroreningar**

är några specialfall av galvanisk korrosion.

### 12.2.2 Elektrolytisk korrosion

Även kallad läckströmskorrosion som kan uppstå vid påtryckt spänning från båtens elsystem 12V (24V) eller landström 230V. I det senare fallet talar man också om AC-korrosion.

Elektrokemisk korrosion börjar omedelbart efter det att båten sjösatts. Då den oftast sker under vattenytan kan skadan hinna bli allvarlig innan den upptäcks när båten tas upp på land.

Därför är det viktigt att känna till hur man bäst skyddar sig och sin båt mot skador och obehagliga överraskningar.

### 12.2.3 Offeranoder

Det vanligaste är att man försöker skydda utrustningen genom att anbringa offeranoder av zink\*, alt. magnesium eller aluminium. Genom att skyddsmåla ytorna med en tät ickemetallisk färg kan metallerna isoleras från varandra och får därigenom ett skydd mot korrosion.

Observera att sådana skydd kan vara helt verkningslösa om man får en skada i skyddsfärgen eller väljer fel material i utrustning eller offeranoder. Elektrokemisk korrosion kan snabbt förvärras av läckströmmar från felaktiga installationer i båtens elsystem (12-24 V DC) eller landströmsanslutningar (230 V AC). Mycket allvarliga skador kan uppstå på synnerligen kort tid och offeranoder kan bli verkningslösa.

\*)

*Zinkanoder är det vanligaste skyddet på våra fritidsbåtar i saltvatten.*

*Aluminiumanoder är vanligt alternativ på handelsfartyg i oceanfart*

*Magnesium har en något högre potential än zink och används på båtar i sötvatten som har lägre ledningsförmåga.*



## 12.3 GALVANISK KORROSION

En båt som ligger i vatten bildar galvaniska element ("batteri") när olika metaller eller metallegeringar t ex stål och aluminium är i direkt elektrisk kontakt med varandra och samtidigt finns i en gemensam elektrolyt, i detta fall (salt) vatten. Då uppstår galvanisk korrosion.

### 12.3.1 Vilka metaller är känsliga för korrosion?

Metallerna kan ordnas efter vilken elektrisk potential de har i en viss miljö. En sådan lista kan se ut som följer, med den mest ädla metallen högst upp och den minst ädla längst ner. Tabellen nedan gäller för havsvatten vid 20 °C

<b>Katodiska, ädla, passiva</b>	<b>Potential*</b>
Guld .....	+0,4 V
Grafit	
Silver	
Rostfritt stål (syrafast) "SS316", "2343", (passivt)	
Rostfritt stål ("18/8") "SS304", "2333", (passivt) .....	+0,1 V
Titan	
Silverlod	
Kiselbrons	
Koppar.....	0,0 V
Mässing	
Manganbrons (mässing!)	
Tenn	
Bly	
Rostfritt stål (syrafast) "SS316", "2343", (aktivt)	
Rostfritt stål ("18/8") "SS304", "2333", (aktivt) .....	- 0,3 V
Stål	
Gjutjärn	
Aluminium .....	-0,5 V
Galvaniserat järn och stål	
Zink .....	-0,9 V
Magnesium .....	-1,4 V

<b>Anodiska, oädla, aktiva</b>	<b>Potential*</b>
--------------------------------	-------------------

\*) Elektropotentialen mätt mot referensen 0 V. Beroende av vilken referenselektrod som används, legeringars olika sammansättning och i vilken miljö mätobjekten befinner sig kan tabellen få ändrat utseende och helt andra mätvärden.

Observera att det finns en mängd olika sammansättningar av t.ex. brons, mässing, aluminiumlegeringar och s.k. rostfria stål, som får olika plats i kedjan. Därför är det svårt att förutse eventuella korrosionsproblem utan att veta mer om varje komponents egenskaper. En analys av korrosionsskyddet för en viss båt kräver en genommätning i sjön och goda kunskaper för att tolka resultaten rätt. Inget för en amatör.



Potentialerna i tabellen är angivna som riktvärden och visar vilka spänningsnivåer man kan räkna med. Notera särskilt att ”rostfritt” stål finns på två nivåer i spänningskedjan.

”Passivt” RF-stål har en skyddande hinna av kromoxid som underhålls av syret i luften. Väl polerade beslag på däck rostar inte.

”Aktivt” RF-stål saknar, i varierande grad, skyddet av ett kromoxidskikt. Detta skikt underhålls dåligt i vatten med låg syrehalt, och ”aktivt” RF ligger därför närmare järn/stål i kedjan.

Om två olika metaller på listan är elektriskt förbundna med varandra och nedsänkta i (salt) vatten korroderar den metall som står lägst på listan.

Även icke-metaller kan ingå i ett galvaniskt element. Så är t ex grafit mycket ädel, bara guld är ädlare. Eftersom grafit ingår i många moderna smörjmedel kan dessa orsaka korrosion nära smörjstället. Använd därför bara rekommenderade smörjmedel för drev, propelleraxlar, trimplan m.m.

Båtar med kolfiber i skrov och master är en ny typ ”high-tech” konstruktioner som har inbyggda risker för korrosion. Här arbetar man med en ”ledande plast” där kol (grafit) ligger högt upp i spänningskedjan. Alla metaller ligger lägre i kedjan och kan då bli ”offeranoder” i lokala korrosionsceller.

### 12.3.2 Hur förklaras galvanisk korrosion

Två olika metaller, galvaniskt förbundna med varandra, är nedsänkta i en elektrolyt (saltvatten) som innehåller löst syrgas. Två kemiska reaktioner sker, oxidation vid anoden och reduktion vid katoden.

Vid oxidation löses metallytan upp i negativt laddade elektroner och positivt laddade metalljoner. Metalljonerna vandrar ut i elektrolyten och anoden förbrukas.

Vid reduktion kommer positiva joner från elektrolyten att förena sig med fria elektroner vid katoden.

För att dessa reaktioner skall underhållas måste elektroner tillföras katoden och dessa kommer från anoden via den elektriska förbindelsen dem emellan. En elektrisk ström går då från den oädla metallen (anoden) till den mer ädla metallen (katoden).

Anoden skadas/förbrukas och katoden skyddas/förblir intakt.

### 12.3.3 Faktorer som påverkar korrosionshastigheten

#### Vattnets ledningsförmåga

Saltvatten leder elektrisk ström bättre än sötvatten. Havsvatten leder bättre än kustnära vatten. Förorenat vatten kan vara problem.

#### Vattnets temperatur

Varmt vatten orsakar mer korrosion än kallt vatten.

I tropikerna har man störst problem, hög salthalt och hög temperatur.

#### Strömmande vatten

Strömmande vatten påskyndar korrosion eftersom friskt syresatt vatten hela tiden strömmar förbi metallerna. En båt som är förtöjd i en hamn med strömmande vatten är mer utsatt för korrosion än i en hamn med stillastående vatten. På samma sätt är en båt som används flitigt värre utsatt än en båt som oftast ligger stilla.



### **Storlek på anod respektive katod.**

Ytornas inbördes storleken spelar stor roll. Särskilt allvarlig är kombinationen liten anod och stor katod. Detta är rätt naturligt eftersom material lämnar anoden. Detta måste man tänka på när man väljer material för skruvar eller nitar att fästa saker med. En oädel skruv försvinner mycket fort. Skruven bör vara ädlare än det föremål som den skall fästa.

### **12.3.4 Hur minskar man risken för galvaniska strömmar?**

På konstruktionsstadiet tar man som regel hänsyn till risken för galvanisk korrosion genom att välja rätt material och genom rätt placering av de olika objekten. Men se upp det finns undantag.

Problemen uppstår då båtägare (eller installatörer), med bristande kunskaper om galvanisk korrosion, själv installerar olika utrustningsdetaljer.

Några råd:

- Undvik att placera metalledar, som ligger långt från varandra i spänningskedjan, nära varandra under vattenlinjen. Ibland kan detta inte undvikas t ex på grund av att man behöver styrkan hos rostfritt stål.
- Se till att metaller, som ligger långt från varandra i spänningskedjan, inte har elektrisk kontakt med varandra.
- Isolera metaller, som placeras nära varandra. Detta kan ske med brickor eller underlägg av isolerande material, gummi eller plast. Försäkra dig om att även fästbultar är isolerade.
- Måla objekten. Båda metallerna måste målas, det räcker inte att måla det oädla. Då kan man råka ut för det svåra problemet med liten anod och stor katod nämligen om det blir en liten skada på färgen på anoden. Färgen får inte innehålla pigment av metalloxider, eftersom dessa i sig utgör en elektrod.
- Bottenfärger innehåller ofta stora mängder metallpigment. Se till att isolera alla metallytor från sådan bottenfärg, särskilt offeranoder.
- Anbringa offeranoder

### **12.3.5 Offeranoder**

Offeranoder är stycken av en metall, som är oädlare än det som skall skyddas. Som regel görs de av zink eller magnesium. De skyddar objektet genom att själv korrodera (s.k. katodiskt skydd).

Det måste vara god elektrisk kontakt mellan offeranod och det objekt som skall skyddas. Bäst är att bulta offeranoden direkt till skyddsobjektet. Skyddet försämras inte av att fästbultarna är av ädlare material. Däremot förkortas livslängden på offeranoden något. Om det inte går att fästa anoden direkt på skyddsobjektet kan man fästa den i närheten och förbinda anod och skyddsobjekt (katod) med en elektrisk kabel. Putsa kontaktytorna för att få bättre elektrisk kontakt. Bäst är om kabeln kan förläggas inombords med genomgående skruvar.

En offeranod kan inte vara vilken zinkbit som helst utan anoden måste vara extremt ren. Extremt innebär här att den till 99,99 % består av ren zink.

Många billiga anoder på marknaden gjuts i järnkokiller som ”smittar” anoden med järn, vilket passiviserar anoden eller kan göra den helt inaktiv och därmed fullständigt värdelös. Redan så små järnföroreningar som 0,002 % (!) påverkar anoden.



Det finns ingen möjlighet att i affären avgöra om en offeranod är tillräckligt ren. Utan analys av materialet går det inte att skilja en bra anod från en dålig. Köp därför endast utbytesanoder som leverantören kan garantera kvalitén på. Använder du originaldelar kan du i alla fall ställa tillverkaren till svars om motor eller drev skulle korrodera eller t.o.m. haverera p.g.a. fel i anodmaterial. Det finns nu aluminiumanoder på marknaden för användning i saltvatten. De uppges ha en rad fördelar men det är inte bara att byta ut zinken mot aluminium. För att funktion och resultat skall möta dina förväntningar, på en båt utan korrosionsskador, måste alla anodinstallationer baseras på en välgjord analys av behovet där vikt, antal, placeringar mm ingår i kalkylen.

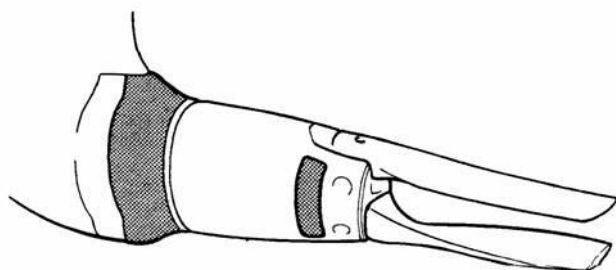
Byt anod när ca 50 % av den är förbrukad. Vill man vara helt säker så skall man väga nya anoder (notera vikten) och sedan följa viktminskningen vid årliga kontroller. En plötslig ökning av anodförbrukningen bör följas upp med en kontroll av ev. gjorda förändringar som kan förorsaka problemen.

En offeranod får inte målas över. Då upphör dess skyddande verkan. Rugga gärna upp ytan av anoden med ett sandpapper innan sjösättning. Använd aldrig kniv, stålborste eller stålskrapa eftersom de lämnar kvar järnbeläggningar som förstör anoden.

En offeranod kan inte skydda en hur stor yta som helst. En 10 cm lång blockanod skyddar ungefär 1 m<sup>2</sup> stályta. En anod på babords sida skyddar inte med säkerhet ett objekt på styrbords sida. Alltså krävs två anoder.

De ringformade anoder, som är avsedda att klämmas runt en friliggande propelleraxel, innebär ofta ett speciellt problem. Anoden korroderar inifrån axeln och klämkräften kan försvinna och därmed också den elektriska kontakten.

Särskilt svåra att skydda är föremål av aluminium eftersom aluminium är en så oädel metall. Visserligen skyddas föremålen av att det bildas ett oxidskikt på metallytan men en liten skada på detta är förödande. För ett verkningfullt skydd måste väl dimensionerade zinkanoder eller ett aktivt korrosionsskydd användas.



### 12.3.6 Gropkorrosion

Denna typ av korrosion uppstår på metallytor med ett skyddande oxidskikt tex. rostfritt/syrafast stål. En liten skada i oxidskiktet, på en propelleraxel eller en RF-bult, kan ge upphov till att en lokal korrosionscell bildas mellan det oskyddade stålet och kromskiktet.

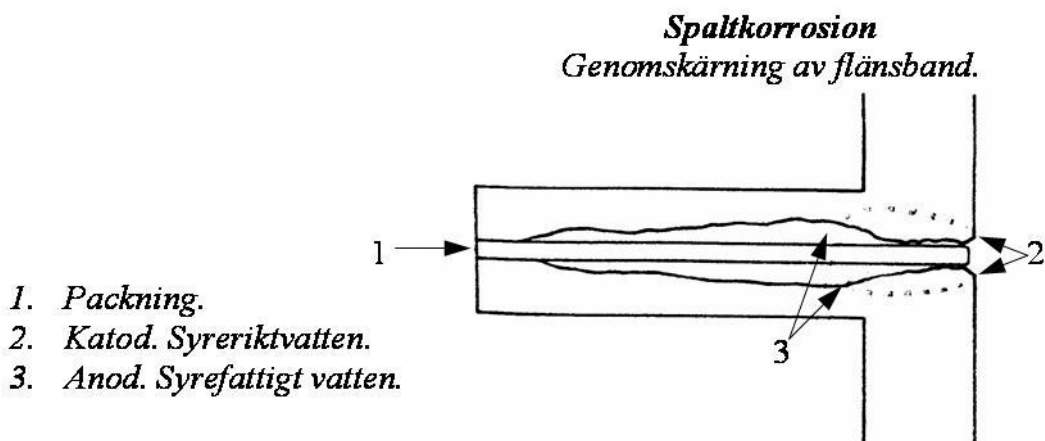


Följden blir att stålet under skadan blir anod och kromskiktet katod. Anoden förbrukas och en grop bildas. Ingångshålet kan vara bara några 10-dels mm medan skadan under kan vara flera mm djup. Kan vara svårt att upptäcka.

### 12.3.7 Spaltkorrosion

Spaltkorrosion uppträder i tunna spalter mellan två metallytor. Exempel på detta är en RF skruv mot en RF bricka eller en bricka mot ett beslag. I riggen finns RF-beslag mot en al-mast osv.

Elektrolyten, saltvattnet, som tränger in i spalten bl. a. med hjälp av hygroskopiska krafter blir syrefattigt längst in. I detta område bildas en anod. Vid spaltens mynning strömmar friskt syresatt vatten förbi och där bildas en katod. Nu finns alla förutsättningar, som krävs för att ett galvaniskt element skall bildas, och korrosionen börjar inne i spalten. Denna typ av korrosion är svår att upptäcka.



Av samma orsaker kan korrosion uppstå under olika föroreningar på metallytor under vattenlinjen. Ett exempel är havstulpaner på propelleraxeln. Se upp för korrosion.

### 12.3.8 Skydd mot spaltkorrosion och korrosion under föroreningar.

Spalter kan ofta undvikas med genomtänkta konstruktioner där inga spalter förekommer.

Om det inte är möjligt att avstå från en konstruktion med spalter måste denna tätas med vattentätt mellanlägg. Små fina sprickor, som kan uppstå på metallföremål, utgör en risk för spaltkorrosion.

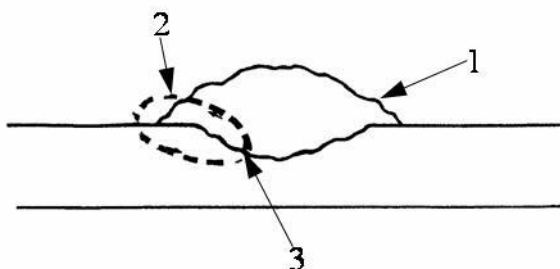
Korrosion under föroreningar kan undvikas genom att polera ytorna (ovan vatten) eller använda skyddsfärg. Glöm inte den viktiga grundmålningen som isolerar bottenfärgen från underlaget. Använd färg utan metallbaserade pigment.





### *Korrosion under föroreningar*

1. Förorening.
2. Katod. Syrerikt vatten.
3. Anod. Syrefattigt vatten.



## 12.4 LÄCKSTRÖMSKORROSION

Läckströmskorrosion liknar galvanisk korrosion men beror på att ett metallföremål under vattenlinjen blivit strömförande. Läckströmskorrosion ställer snabbt till med stora skador eftersom spänningen (12 eller 24 volt), och därmed strömstyrkan, är mycket högre än spänning och ström i en galvanisk korrosionscell (0 – 1,5 V). En strömförande bordgenomföring kan helt förintas på mycket kort tid. Offeranoder är dimensionerade för att skydda mot galvanisk korrosion men genom den pålagda spänningen blir de som regel helt verkningslösa när läckströmmar förekommer.

### 12.4.1 Jordning

Vid installation av landström (230 V) i båten ställs krav på effektiv jordning av skyddsledaren. Detta säkerhetskrav utgör samtidigt en risk för såväl galvanisk korrosion mellan grannbåtar, med gemensam jordpunkt på bryggan/kajen, som elektrolytisk korrosion på grund av obalansspänning/läckströmmar via skyddsledare och jordad utrustning ombord.

Notera att elsäkerhetskravet (som är starkt!) står i direkt konflikt med risken för korrosionsskador på vitala delar som motor, drev, propeller mm.

### 12.4.2 Hur undviker man läckströmmar?

Det bästa sättet är att ha ett fullgott elsystem där all isolering är intakt och att inget anslutits på ett felaktigt sätt.

Alla elektriska kretsar skall ha en isolerad returledning. Använd aldrig någon form av gods som returledning och absolut inte skrovet i en stål eller aluminiumbåt.

Inga kopplingsstycken eller skarvar får finnas under vatten. Detta gäller särskilt kablage som dras genom hålskeppet eller som kan utsättas för slagvatten.

Kablar skall förläggas över slagvattennivån. Om så inte är möjligt skall kablage, och ev. skarvar, vara av vattentätt (>IP67) utförande. Kablar som kan utsättas för mekaniskt slitage skall förläggas i dränerade rör.

- Huvudströmbrytare skall alltid ställas i FRÅN-läge då man lämnar båten.
- Huvudströmbrytare skall bryta allt utom larm och automatisk länsypump.
- Huvudströmbrytare skall bryta på plussidan, den positiva polen.

När det gäller jordning/elsäkerhet vid 230V växelströmsinstallationer ombord så kan en s.k. ”Zinksaver” ge ett visst skydd mot läckströmskorrosion, men den avgjort säkraste lösningen är att installera en isolationstransformator som förhindrar läckströmmar från landströmsanläggningen.

Mer om detta under kapitlet ”El ombord” och på vår hemsida

[http://www.sxx.se/tekniska/btf/korrosion/index\\_korr.htm](http://www.sxx.se/tekniska/btf/korrosion/index_korr.htm)