



---

# Hvad er korrosion?

White Paper

# Hvad er korrosion?

---



ASSEMBLY  
TECHNOLOGY  
EXPERT

## HVAD ER KORROSION?

# Introduktion

I visse tilfælde kan korrosion være ønsket, som f.eks. en flot, let patina på en kobbervandkande, men for det meste vil vi gerne forhindre korrosion af vores produkter, indtil produktets forventede levetid er passeret. Korrosion kan medføre utilfredse kunder, der f.eks. finder rustpletter på deres skinnende nye havetraktor, og korrosion kan sågar medføre personskaade og dødsfald som f.eks. ved en nedstyrtning af et loft over en swimmingpool, hvis de kritiske samlinger i loftet svækkes af korrosion. Forståelsen af typerne inden for korrosion og brugen af gode designmetoder, for at forhindre korrosion, bør være vigtige for enhver ingeniør.

## Korrosionsprincipper

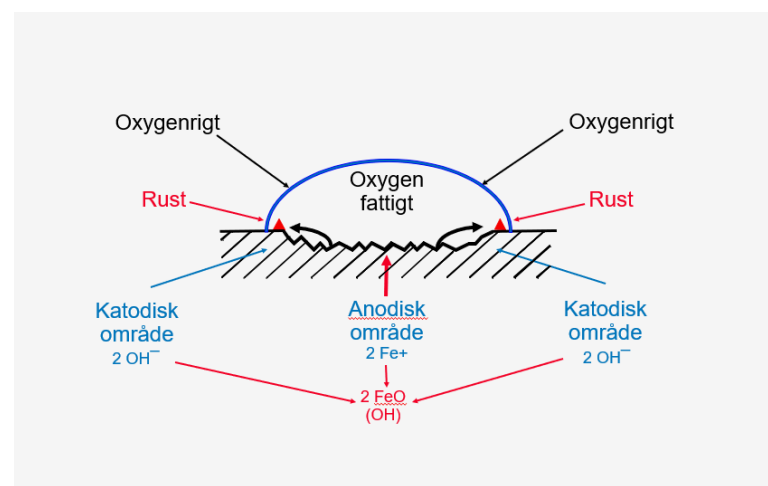
Den primære årsag til korrosion er fugt og såkaldte elektrokemiske reaktioner, der kan forekomme imellem fugtpåvirkningen, og det emne, hvorpå fugtpåvirkningen ligger.

## Vanddråbemodel

Figuren viser en vanddråbe, der hviler på en almindelig jernoverflade. Vanddråbens overflade er udsat for luft, hvilket gør den rig på oxygen. Inde i dråben er der mangel på oxygen, hvilket medfører en forskel i det elektrokemisk potentiale, så at en elektrisk strøm kan flyde. Elektriske strømme flyder gennem vanddråben, som fungerer som en elektrolyt, fra jernets anodiske område til vandets katodiske område, hvilket medfører, at jernets ioner opløses.

Samtidig dannes hydroxidioner i vandet, som vil reagere med jernionerne og medføre udfældning af jernhydroxid  $\text{Fe}(\text{OH})_2$ . Den opløste oxygen oxiderer hurtigt denne blanding, så der dannes jernoxidhydrat  $(\text{FeO}(\text{OH}))_n\text{H}_2$ , som almindeligvis også kaldes for rust.

Der skal ikke meget fugt til, før end der dannes rust. Korrosion starter ved 60 % relativ fugtighed. Hvis luften indeholder svovldioxid, hydrogensulfid, nitrogenoxider, salt, aske, sod og andre forurenende stoffer, stiger chancerne for korrosion.



## HVAD ER KORROSION?

# Typer af korrosion

### Overfladekorrosion

Overfladekorrosion af jern er den mest almindelige type korrosion, og kan genkendes på sin rødlige farve, der er jævnt fordelt på den udsatte del af befæstelsen. Hvis der ikke gøres noget ved det, kan delene blive tyndere og svagere, og til sidst kan samlingen gå fra hinanden eller vil ikke kunne skilles ad.



### Forebyggelse

- Beskyt dele mod fugt
- Brug designs, der tillader, at vandet løber af
- Sørg for god udluftning for at muliggøre tørring
- Hold overflader rene, da skidt "holder" fugt
- Undgå konstant kondensation
- Beskyt befæstelser med passende overfladebehandlinger

### Spaltekorrosion

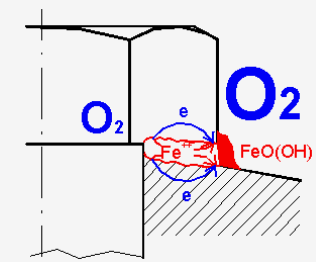
Små spalter og revner har en tendens til at tiltrække fugt og tørrer ikke nemt. Fugten i en spalte/revne mister hurtigt oxygen og udløser en anodisk korrosion, som beskrevet i vanddråbemodellen. I tilfældet med befæstelser, stiger risikoen for spaltekorrosion med antallet af skilleflader.

Austenitiske rustfaste befæstelser er også i fare for spaltekorrosion, især hvis de bruges i omgivelser, hvor der er klorider/salte i vandet.



### Forebyggelse

- Minimer brugen af skiver - bruge bolte/møtrikker med flanger
- Gør skillefladerne så plane som muligt



## Galvanisk korrosion

Når to forskellige metaller sammenføjes, og der er fugt til stede, så dannes en forskel i det elektrokemiske potentiale, som medfører korrosion. Korrosionsstrømme flyder fra det mindre ædle anodiske metal til det mere ædle katodiske metal i denne galvaniske reaktion, og det mindre ædle materiale opløses.

Vand, pH 6,0	Havvand, pH 7,5	
Sølv	Sølv	Mere ædel (Katode) ↑ Mindre ædel (anode)
Kobber	Rustfast A4	
Nikkel	Nikkel	
Rustfast A4	Kobber	
Rustfast A2	Rustfast A2	
Aluminium	Bly	
Tin	Stål	
Bly	Aluminium	
Stål	Zink	
Zink	Tin	



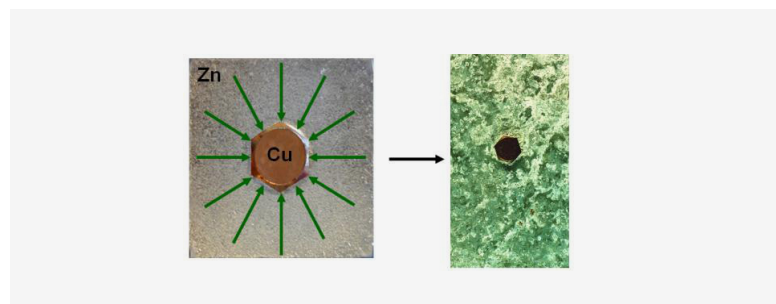
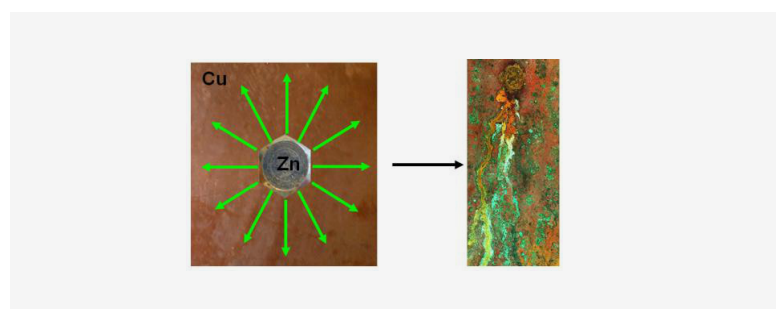
Forzinket møtrik på bronzeflange

Korrosionsstrømmens densitet er direkte proportional med hastigheden af metalopløsningen. I nedenstående tilfælde bruges en mindre ædel forzinket skrue til at fastgøre en kobberplade. Den lille zinkoverflade sammenlignet med det meget større kobberområde danner en høj strømdensitet. Når der tilføjes fugt, så opløses zinken hurtigt.

Hvis vi bytter om på materialerne, og fastgører et stort stykke forzinket stål med en kobberbefæstelse, er strømdensiteten meget lav, og korrosionen af det uædle metal (zink) sker langsomt.

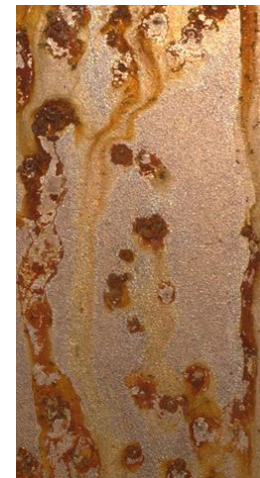
## Forebyggelse

- Befæstelsesmaterialer eller overfladebehandlinger skal enten være lige så ædle eller ædlere end de materialer, som sammenføjes.
- Isolerende plastiksiver kan bruges til samlinger, hvor et tab i klemkraft pga. sætninger, kan accepteres.
- Rustfaste stål- eller kobberdele bør aldrig fastgøres med forzinkede stål-befæstelser.



## Grubetæring

På en metaloverfode, der er belagt med et meget ædelt metal, såsom nikkel eller krom, kan der forekomme grubetæring. I eksemplet herunder har det nikkelbelagte stål usynlige porer, der tillod vand at trænge ned til det underliggende, mindre ædle, stål. En kombineret spalte – og galvanisk korrosion sker i de små huller, og viser sig som små prikker eller gruber.

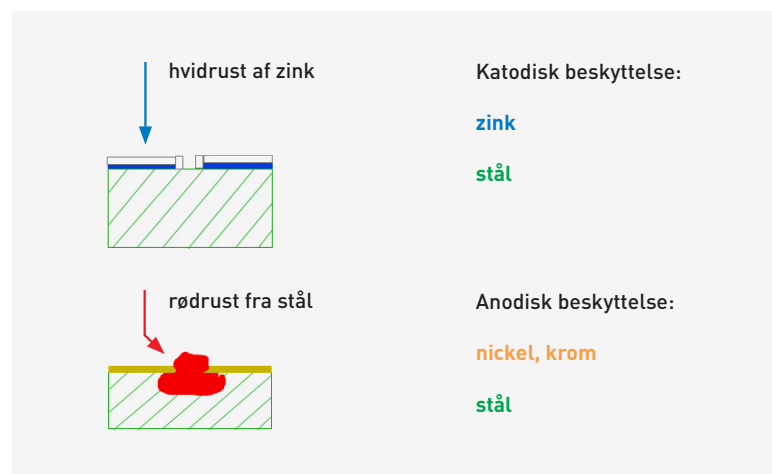


Rustfaste stål- og aluminiumlegeringer er også modtagelige over for en grubetæring. Disse metaller har et passivt oxidlag på overfladen, som forhindrer dem i at ruste i et normalt miljø. Hvis dette lag beskadiges lokalt, enten mekanisk eller ved opløsninger, der indeholder klorider, kan der forekomme grubetæring.

Det udsatte område bliver da mindre ædelt end det meget større passive område omkring det, og en galvanisk korrosion sker fra det område, hvor oxidlaget er beskadiget. Hvis der kommer ilt til det beskadigede område, så kan oxidlaget gendannes, men en f.eks. konstant påvirkning af en kloridholdig fugt kan forhindre adgangen af ilt og herved er en genopbygning af oxidlaget ikke mulig.

## Forebyggelse

- Tal med din overfladebehandler om yderligere behandlinger oven på nikkel, såsom Castrol afvandingsvæske (DW924), som udfylder porerne i nikkellaget, og derved minimerer dannelsen af grubetæring.
- Hold overfladen ren og jævn. En skadelig fugtpåvirkning har da svært ved at lægge sig på overfladen.
- Undgå kloridholdige fugtpåvirkninger – vask eller skyl dele, der har været udsat jævnlige.
- Brug A4 eller AISI 316 rustfast stål, der indeholder molybdæn i miljøer med klorider. Molybdæn genskaber oxidlaget uden, at ilt er til stede.

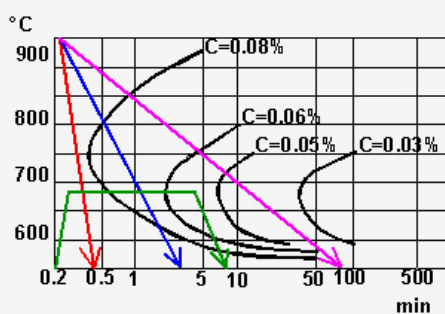




## Interkrystallinsk korrosion

Austenitisk rustfast stål (Cr Ni) kan udvikle interkrystallinsk korrosion, når det påvirkes af en høj temperatur f.eks. ved en varmformning eller svejsning. Efter opvarmning (600 – 900 °C) og langsom afkøling kan kulstof og krom i stålet gå sammen, og danne såkaldte kromkarbider. Dannelse af kromkarbider reducerer det frie kromindhold, som er nødvendigt for at gøre stålet korrosionsbestandigt. Hvis det frie indhold af krom falder til under 12 %, kan der forekomme korrosion, især langs korngrænserne.

Jo, højere kulstofindholdet er i det rustfaste stål, og jo lavere afkølingshastigheden er, desto flere kromkarbider dannes. Grafen herunder viser afkølingstiden i minutter fra bestemte temperaturniveauer. Så længe, at nedkølingskurven holdes på venstre side af kulstofkurverne, så vil der ikke forekomme interkrystallinsk korrosion.



## Forebyggelse

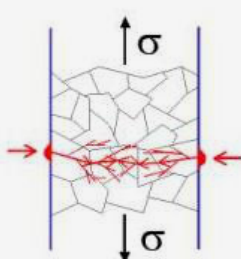
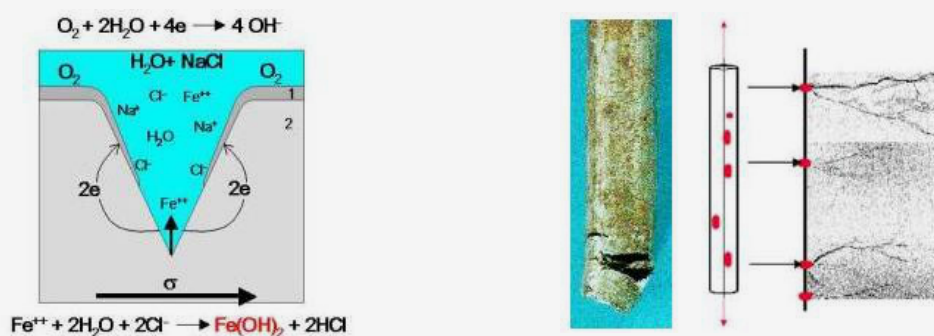
- Brug rustfast stål med et kulstofindhold under 0,05 %, hvis du skal varmforme eller svejse
- Afkøl dele i vand lige efter opvarmning
- Rustfrit stål, der indeholder mere end 0,05 % kulstof, som udsættes for høj varme, kan stabiliseres ved at tilføje titanium, niobium eller tantal (rustfast stål A3 og A5)



## Spændingskorrosion

Spændingskorrosion og den tilhørende revnedannelse kan ske, når der forekommer korrosion på befæstelser, der udsættes for trækbelastninger. Oftest starter denne korrosionstype med en grubetæring.

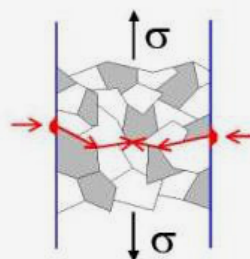
I tilfælde af austenitisk rustfast stål, der har været udsat for grubetæring, ved en tilstedeværelse af klorider, sker korrosionen vinkelret på belastningsretningen, og der dannes en revne. Gennem reaktioner, der finder sted i revnen, dannes konstant saltsyre i bunden af revnen. Angrebet af syre forhindrer en genpassivering af oxidlaget, og korrosionsprocessen fortsætter, således at revnen bliver dybere og dybere, indtil metallet går i stykker. I rustfast stål forgrener revnerne sig i flere revner i stålet (transkrystallinsk korrosion). I ikke-legeret stål eller lavlegeret stål sker revnedannelsen kun langs korngrænserne (interkrystallinsk korrosion).



**Transgranular**  
stress corrosion:

The growing crack runs through the grains and can form branches.

This is the crack formation in stainless austenitic Cr Ni steels.



**Intergranular**  
stress corrosion

The crack develops along the surfaces of the metal grains, i.e. along the grain boundaries.

Intergranular progression of cracks is more likely in unalloyed and low alloyed steels.

## Forebyggelse

- Vær opmærksom på forebyggelsesreglerne for at undgå en grubetæring, især i samlinger, som er udsatte for høje trækbelastninger
- Inspicer regelmæssigt sikkerhedskritiske dele for ethvert tegn på korrosion
- Overvej varmforzinkning af sikkerhedskritiske dele, så korrosion ser mere tydeligt end blot nogle små røde prikker på stålet (grubetæring), og herved kan man nå at udskifte emner før brud
- Sørg for, at sikkerhedskritiske befæstelser er tilgængelige for inspektion og udskiftning

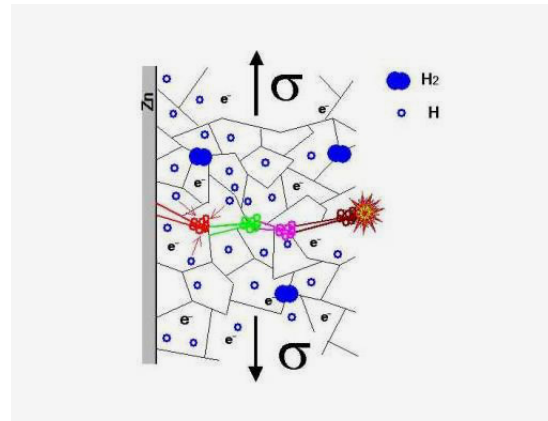


## Brintskørhed

Brint kan trænge ind i stål ved en afsyring eller elektrolytisk overfladebehandling. Under disse behandlinger forsvinder det meste brint i form af gasser, men noget af brinten spredes i metallet i atomar form. Brintatomer kan være utroligt mobile i metallens kornstruktur, og har en tendens til at søge til områder med en koncentreret belastning.

Når befæstelselementer med høj styrke (hårdhed > 390 HV) belastes, kan små defekter såsom ridser eller indeslutninger åbnes i form af en meget lille revne. Hvis der er brint i stålet, tiltrækkes brintatomer af trækbelastningen omkring spidsen af revnen, og danner her en "Brintatomsky". Brintet svækker metallens mikrostruktur, og revnen kan fortsætte med at vokse, indtil emnet går i stykker.

Brintskørhedsbrud vil altid være et forsinket brud, som ikke forekommer på monterings tidspunktet, men timer til uger senere. Typisk forekommer brud inden for 24-48 timer. De mest sårbare dele er gevinddele med styrkeklasse 12.9 eller højere, klasse 8 eller højere for tommegevind. Andre sårbare dele er hærdede gevinddele, såsom gevindformende skruer eller flangeskruer med en fortanding samt alt lavet af fjederstål, såsom fjederskiver og låseringe. For emner med høj styrke, der er elektrolytiske overfladebehandlede, kan der foretages en bagning af dem i mindst 8 timer ved 190 - 220 °C, og så kort tid efter overfladebehandling, som muligt. Formålet med en bagning er, at trænge brinten ud af stålet. Selvom denne metode er kraftigt anbefalet og omfattende anvendt, er det ingen garanti for, at brintskørhed ikke vil ske. Den bedste foranstaltning er slet ikke at introducere brint til emnerne. Overvej til befæstelser med høj styrke andre belægnings, som ikke danner brint.



## Tre nøgleoplysninger om brintskørhed:

1. Et sårbart materiale – stål med en hårdhed på  $> 390$  HV eller en trækstyrke på  $>1200\text{N/mm}^2$
2. En proces, der introducerer brint til metallet
3. En vedvarende, høj, trækbelastning

Hvis en af ovennævnte tre ting fjernes fra ligningen, vil brintskørhed ikke være et problem. Dette betyder, at styrkeklasse 8.8 eller klasse 5 (tommegevind) bolte ikke er i risikogruppen, og det samme gælder befæstelser belagt med en overfladebehandling, der ikke introducerer brint til stålet. Vær opmærksom på, at korrosionsprocessen også producerer brint, så befæstelser med høj styrke skal også beskyttes mod korrosion. Forsinkede brud, der forekommer mange uger eller måneder efter montering, er normalt resultatet af korrosionsinduceret brint og ikke en brintkilde, der er introduceret under behandling af emnerne.

## Forebyggelse

- Undgå at elektrolytisk overfladebehandle eller syre afrense befæstelser med høj styrke med en hårdhed på  $> 390$  HV eller en trækstyrke på  $>1200\text{N/mm}^2$
- Hvis en elektrolytisk overfladebehandling ikke kan undgås, så sørg for at delene er så rene som muligt for at minimere tiden i et syrebad. Følg yderligere bagningsprocessen som beskrevet herovre

## HVAD ER KORROSION?

# Opsummering

---

Husk ved design af produkter, at befæstelser er en integreret del af hele samlingen, og kan ikke behandles som separate elementer. Befæstelser skal altid være lige så gode eller bedre end de dele, de holder sammen. Ved at forstå de forskellige typer af korrosion og forebyggelsesmetoder samt følge reglerne herunder, får man gode, holdbare samlinger.

Følg de tre regler herunder for at sikre gode designs med befæstelselementer:

1. Befæstelselementer skal altid være lige så gode eller bedre end de fastgjorte dele
2. Befæstelselementer må aldrig blive de svageste dele i samlingerne
3. Sørg for at alle fastgjorte samlinger, især de kritiske, er tilgængelige for inspektion og udskiftning



Hvis du har brug for yderligere hjælp eller har specielle krav til din applikation, kan du kontakte os på [www.bossard.dk](http://www.bossard.dk) og vores ingeniører vil vende tilbage til dig.