



Corrossie: begrijpen en voorkomen

Corrosie: begrijpen en voorkomen

Deel 1: Wat is corrosie en waartoe leidt het?

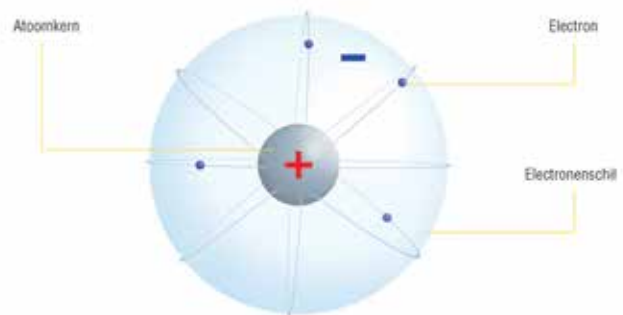
Deel 2: Corrosie, bescherming en isolatie, het komt aan op de juiste combinatie

Wie met isolatiematerialen werkt moet met vele dingen rekening houden die niet tot de kerntaken behoren of die men tijdens de opleiding niet aangeleerd krijgt. Corrosie is mede door zijn mogelijk grote nadelige gevolgen een van de belangrijkste daarvan. Indien men bewust is van het bestaan en ontstaan van corrosie zijn er voorzorgsmaatregelen te treffen die de gevreesde CUI (Corrosion Under Insulation) kunnen voorkomen. Deze technische informatie zal een begrijpelijke inleiding geven betreffende dit thema. In het eerste gedeelte gaat het over corrosie zelf, zijn vormen en verschijningsvormen. Het tweede gedeelte bekijkt mogelijke beschermings en vermijdingstrategieën en de wisselwerking tussen isolatie en installatie.

1. Hoe ontstaat corrosie?

Roest is geen corrosie maar een gevolg ervan. Wanneer er op een ijzerhoudende ondergrond roest is gevormd dan heeft geruime tijd daarvoor al een chemisch proces plaatsgevonden welke het metaal verandert. Alle metalen en de daarvan afgeleide legeringen – hoe onderling verschillend deze ook mogen zijn - hebben in principe dezelfde opbouw. Metalen bestaan uit talloze atomen welke we ons als bolletjes kunnen voorstellen welke uiterst regelmatig zijn opgebouwd volgens een zogenaamd metaal raster. Elk bolletje heeft een harde kern met een positieve lading en een zachtere omhulling met een negatieve lading. Herstel: een positieve atoomkern en een negatief geladen electronenschil (afb. 1).

De electronen welke de schil vormen kunnen we ons voorstellen als uiterst kleine bolletjes die om de kern cirkelen, net als planeten om de zon, hetzij met de snelheid van het



Afbeelding 1

licht. De plus en min lading houden elkander in evenwicht waardoor de electronen in de schil blijven. Wanneer we nu meerdere metaal atomen met elkaar verbinden, dus de atomen naast of op elkaar plaatsen, gebeurt er iets vreemds: de electronen blijven niet langer in hun baan maar gaan vrij bewegen in de tussenuimte van de atoomkernen. De electronen worden dusdanig door elkaar gehusseld dat men ze niet langer meer kan toebedelen aan de atoomkernen maar enkel aan het totaalpakketje atomen, ze worden nu aangemerkt als electronengas. In een metaal is dit electronengas nu het negatief geladen bindmiddel welke de atomen bij elkaar houdt. Wordt dit bindmiddel of het evenwicht bindmiddel-kern verstoord, dan wordt de metaalverbinding zwakker. Op deze manier ontstaat corrosie.

2. Vormen van corrosie

De DIN EN ISO 8044 kent 36 (!) verschillende vormen van corrosie, om eea. te kunnen vereenvoudigen zullen we deze onderverdelen in 2 categorieën: klassieke corrosie (meestal

zuurstof of waterstof corrosie), manifesteert zich als contact, oppervlak, put/spleet-corrosie of als plaatselijke corrosie, deze is het bekendste en komt ook het meeste voor, en als 2-e categorie de breuk of scheurcorrosie, deze komt veel minder voor maar is veel venijniger.

Beiden beginnen in het verborgene, op het atomaire niveau maar breiden zich op verschillende wijzen voort. De norm-definitie is als volgt: corrosie is de reactie van een metaal-element met zijn omgeving met als gevolg een meetbare verandering van het metaalelement welke kan leiden tot een nadelige beïnvloeding van de functie van een mechanisch bouwdeel of een compleet systeem. In de meeste gevallen is de reactie er een van electrochemische aard, in enkele gevallen kan deze echter ook van chemische of metaal-p-hysische aard zijn.

2.1 Klassieke corrosie

2.1.1 Grondslag: Het chemische element

Het is bekend dat er voor corrosie resp. roestvorming water of op zijn minst vochtigheid aanwezig moet zijn. Daarnaast dat de verbindingen van verschillende "edel" metalen kritisch kan zijn. Hiermee zijn de voorwaarden van klassieke corrosie al gedefinieerd.

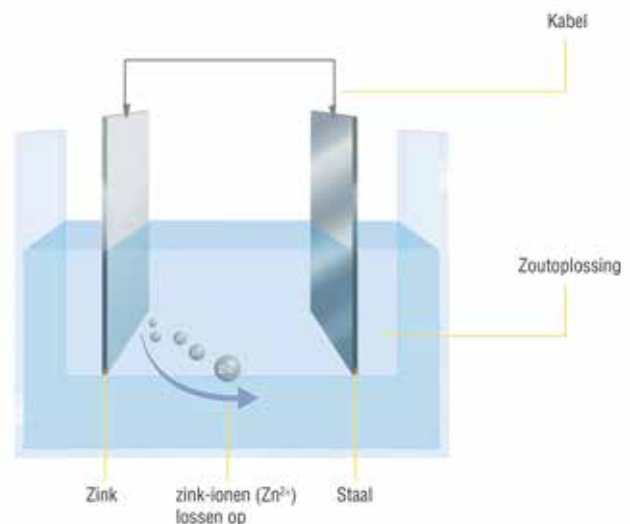
- Je hebt een onedel element nodig, een anode of een negatieve lading
- Een edel element oftewel een kathode of plus lading in direct contact (contactcorrosie) of (minstens voor beperkte tijd) elektrisch geleidend verbonden
- alsook een waterige, en daardoor eveneens elektrisch geleidende verbinding tusen deze beiden (de electrolyet)

Deze combinatie levert een electrochemisch element op (ook wel galvanisch element genoemd). Binnen deze constructie vindt er een elektrische stroming plaats wat betekent dat de electronen van de anodes naar de kathodes kunnen bewegen. De anode (het onedele metaal) raakt daardoor electronen kwijt, het electronengas raakt als het ware verdund en verliest daardoor zijn onderlinge samenhang. Metaal atomen aan de oppervlakte veranderen in ionen (ze worden positief geladen

omdat ze electronen kwijt zijn en de positieve kernen zijn dan in overtal). Deze ionen scheiden zich af, vormen zouten, leiden tot afbladderen.

Dit verloop laat zich eenvoudig demonstreren wanneer men (onedel) bladzink met (edel) bladstaal met elkaar in contact brengt in een zoutoplossing (afb.2); normaliter zou staal in een zulke agressieve omgeving snel gaan roesten, maar nu bouwt het zink af en het staal blijft blank.

Het zink werkt als "offeranode", het beschermt het staal tegen corrosie door deze tot kathode te maken. In de warmtetechniek maakt men gebruik van deze offeranodes om bijvoorbeeld

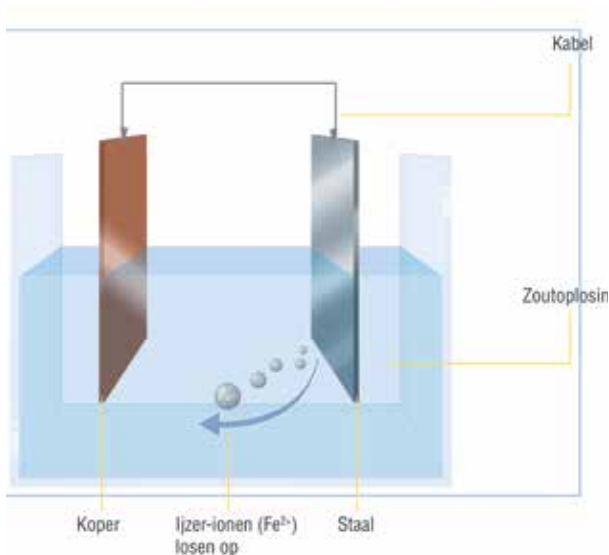


Afbeelding 2

ketels of voorraadvaten te beschermen. Verzinkte tanks beschermt men vaak met magnesium anodes daar magnesium noch onedeler is dan zink. Gegalvaniseerd verzinkt staal wordt zo dus niet enkel door de passieve laag zink beschermd, wanneer de zinkmantel zou worden doorbroken is er als het ware tevens nog een offeranode als extra bescherming voorhanden. Maar natuurlijk enkel zolang dat er een zink offerlaag aanwezig is. Kathodische corrosiebescherming laat zich ook op grote schaal toepassen, dwz. een complete installatie wordt electrotechnisch (parasitaire- stroomanode, offeranode) geladen. Bij schepen en off-shore installaties wordt gewerkt met over de constructie aangebrachte offeranodes.

2.1.2 Passiveren

Vervangt men het zink door bladkoper (welk edeler is dan staal) dan valt er een versneld roesten van het staal vast te stellen daar deze nu de anode wordt (afb.3).



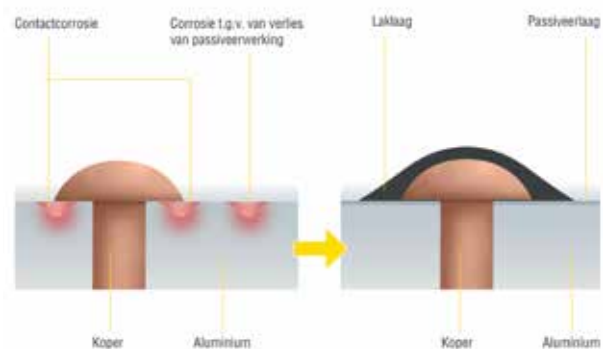
Afbeelding 3

Dit proces vertraagt echter in de tijd daar het koper in de zoutoplossing mat en donker wordt waardoor zijn werking als kathode vermindert: deze passiviert door de chemische reactie met elementen van de elektrolyet of lucht (bij koper is dit zuurstof of kooldioxide). Deze passivering van het koper zal sneller verlopen wanneer er geen contact met staal is daar dan zijn offeranode werking ontbreekt. Passivering is dus ook een corrosieproces maar dit is niet voortschrijdend; de passiveringslaag is erg dun (bij metalen) en nog elektrisch geleidend tot relatief dik bij koper en niet meer elektronisch actief (deze is dan niet langer een geleidend metaal maar een anorganische verbinding), deze kan het metaal op enig moment zodanig afschermen dat het electrochemische element tenietgaat. De eindfase bij koper of brons is de groene patina laag (vaak onjuist verward met kopergroen). Ook bij staalsoorten zijn er enkele die sterk kunnen passiveren (bijv. Cor-Ten Staal).

Passiveringslagen (ook wel eens onjuist als afdeklagen betiteld) zijn vast met het metaal verbonden en kunnen enkel mechanisch met drastische middelen (stralen, polijsten, etsen) worden verwijderd, roest of kopergroen daarentegen

zijn chemisch totaal anders samengesteld, bladderen af en zorgen daardoor dat de onderliggende metalen verder worden beschadigd.

Daar waar er een patina laag voorhanden is hebben de fenomenen als roest, kopergroen, metaalpest en corrosie weinig grip. Patineren of eloxeren (resp. kleuren) is dus ook een methode tot verbetering van corrosiebescherming. Echter met beperkingen: door passiveren kunnen van origine onedele metalen op een betrouwbare manier worden ingezet in kritische omstandigheden, zoals bijvoorbeeld aluminium (wat vanzelf al onder invloed van lucht mat wordt of technisch ge-eloxeerd worden kan, in beide gevallen wordt mbv. zuurstof een stabiele passiveringslaag gevormd) of zink (zuurstof en kooldioxide passivering). Brengt men echter een onedel gepassiveerd metaal met een significant edeler metaal en/of een sterk elektrolyet in een electrochemisch element samen, dan kan onder bepaalde omstandigheden de passiveringslaag en het onderliggende metaal afgebroken worden. Koper en aluminium moet men enkel samenvoegen wanneer de derde component van het gegalvaniseerde element, de elektrolyet, wordt uitgesloten. Zie onderstaand voorbeeld waarbij een klinknagel van koper in aluminium aangebracht, daarbij dient dan het contactoppervlak tussen beide metalen te worden afgelakt. (afb.4).



Afbeelding 4

Ein zinken dakgoot aansluiten op een koperen dakgoot zou men dus nicht enkel vanuit optisch oogpunt daar waar mogelijk achterwege moeten laten.

2.1.3 Zuurstof - en waterstofcorrosie

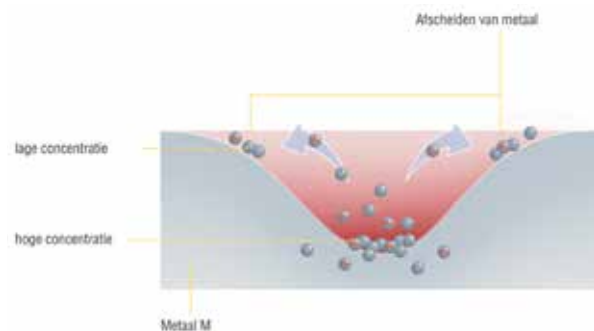
Dat een zure omgeving of een directe zuurinwerking het roesten van ijzer sterk versnellen kan is bekend: allereerst zal het zuur de elektrische geleidbaarheid versterken en daardoor ook de werking van de elektrolyt, daarnaast zorgt deze voor een opname van de door de anode afgegeven elektronen (en op de derde plaats etst deze eventuele passiveringslagen weg). Is er weinig of geen zuurstof in het chemische element aanwezig, dan ontstaat er waterstof (vandaar: waterstofcorrosie). Zuur kan dus ook onder uitsluiting van zuurstof corrosief werken. Alkalische corrosiebescherming is onder deze omstandigheden zinvol bijv. bij water- en grondwerken.

Wordt bij de zuurcorrosie ontstane waterstof niet snel genoeg geloosd dan kan deze zich in het metaal raster (bij voorkeur op de korrelgrens) opslaan of met de metaalatomen reageren, bijv. bij niet austenitisch staal en koper. De gevolgen hiervan zijn materiaalmoetheid wat kan leiden tot scheuren, dit heet waterstofbroosheid (HIC, hydrogen induced cracks). Dit is eigenlijk geen corrosiefenomeen maar een gevolg daarvan en vanwege zijn mechanische werking verwant aan spanningscorrosie. Daar de waterstof aan de kathode van het chemische element is ontstaan noemt men dit ook kathodische spanningscorrosie.

Zuurstofcorrosie vereist luchtaanvoer en speelt zich veelal af in neutrale (water) of basische (loog) omgevingen af. Zure zuurstofcorrosie is afhankelijk van de samenstelling van het chemische element ook voorstelbaar, ze staat dan met een basische parallele reactie in verbinding. Het roesten van ijzer is zulk een complex proces waarbinnen zuurstof en waterstofcorrosie zich in wisselend milieu afspelen. De zuurstofcorrosie is daarbij de meest voorkomende vorm, ook de meeste passiveringsprocessen vallen daaronder. Deze kan door het uitsluiten van vocht of zuurstof worden onderdrukt, dus bijvoorbeeld door het aanbrengen van een diffusiedichte beschermende verflaag.

2.1.4 Bijzondere vormen

Soms heeft men niet drie maar schijnbaar twee bestanddelen nodig om een elektrochemisch element samen te stellen. Vele metalen corroderen namelijk al zonder contact met een edelere partner, eenvoudigweg aan (vochtige) lucht. Oftewel zijn het onedele en niet van een passieveerlaag voorziene metalen (zoals ijzer) welke makkelijk oxideren of er is sprake van concentratieverschillen van elektrolyten. Het metaaldeel met de hoge concentratie speelt dan voor anode, bouwt dus af (metaal ionen lossen op) en het metaaldeel aan de kant met de lagere concentratie vormt de kathode waar dan weer, zij het in zwakkere verbinding, metaal wordt afgescheiden (afb.5)



Afbeelding 5

Deze zelfcorrosie door de vorming van een concentratie-element treedt bijvoorbeeld op in vochtige of met vloeistoffen gevulde spleten daar hier bijna altijd sprake is van concentratieverschillen (spleetcorrosie) en ook wanneer er lokaal zouten of zuren op de vochtige metaaloppervlakken te vinden zijn.

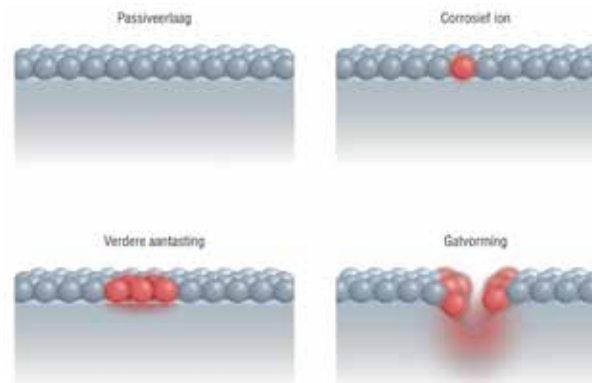
Als er een concentratie-element voorhanden is kan er zowel waterstof als zuurstof corrosie optreden, bijvoorbeeld in een spleet waterstofcorrosie en daar er te weinig luchttoevoer is aan de rand ervan zuurstofcorrosie. Daarom zijn dan ook halogenen (Chloride, Bromide) en sulfaten in vele specificaties begrensd of zelfs verboden: het zijn efficiënte elektrolyten, ze veroorzaken concentratiegevallen en zijn bovendien meestal ook nog zuur. Onder bepaalde omstandigheden zijn deze in staat om passieveerlagen af te breken en plaatselijke corrosie te bevorderen.

2.1.5 Optische verschijningsvormen van klassieke corrosie

Verkleuringen kunnen op corrosie duiden, dit hoeft echter niet altijd het geval te zijn zoals al eerder is aangegeven bij koper: het verkleuren of mat worden kan evengoed een vorm van passivering zijn. Bij ijzerhoudende metalen kan dit echter eenduidiger zijn: alle roodachtige verkleuringen zijn verdacht, bij RVS ook donkere plekken met roodachtige of bruine accenten. Dat maakt het herkennen van corrosie eenvoudiger, snel handelen is dan wel geboden daar met name bij ijzerhoudende metalen zich dit erg snel uitbreiden kan.

De minst schadelijke verschijning is de oppervlakcorrosie: deze treedt op over een groot oppervlak, dringt echter niet diep in het metaal in. Het is een gelijkmatige aantasting over het gehele oppervlak van het metaal. Pas wanneer het gehele oppervlak is aangetast en de corrosie oppervlakkig dus niet verder kan, gaat deze zich een weg naar binnen vreten en kan het zo overgaan tot diepere plaatselijke corrosie. Het verlies aan materiaal valt hier alleszins nog mee. Lekkages als gevolg van plaatselijke corrosie treden eigenlijk enkel op als de hele installatie vanuit de basis verkeerd is opgezet en / of uitgevoerd is. Een kommetje of inzinking welke uiteindelijk een gat wordt is geen vorm van putcorrosie maar het gevolg van omvangrijke plaatselijke corrosie.

De echte putcorrosie is een terecht gevreesd fenomeen. Deze treedt enkel op bij metalen met een passieveerlaag, dus niet bij ijzer maar bij daartoe geschikte staalsoorten, aluminium, etc.. Halogenen, of beter gezegd halogenide-ionen (ook hier weer enkel de wateroplosbare) of sulfiden kunnen in passieveerlagen welke door zuurstof oxidatie zijn opgebouwd de zuurstof vervangen. In de nabijheid van een al ingenomen positie stapelen verdere halogeniden of sulfiden zich gewild op en vernietigen daarmee op een kleine plek de passieveerlaag (afb.6).



Afbeelding 6

In dit kiemgat kan zuurstof slecht binnendringen en daardoor nagenoeg niet re-passiverend werken. Vocht treedt wel binnen en ontstaat een concentratie-element zoals we dat hierboven al leerden kennen: aan de rand van het gat is weinig zuurstof maar veel halogenide/sulfide voorhanden, in het gat daarentegen geen zuurstof en nagenoeg geen halogenide/sulfide dus er is in ieder geval een concentratieverschil wat leidt tot corrosie. Bijzonder peroxide: het gehele oppervlak van het metaal vormt de kathode, enkel de kleine rand van het gat ageert als anode. Daar echter de kathode de anode "opvreet" (correctie: de corrosiesnelheid neemt toe met de oplopende oppervlakteverhouding kathode/anode), wordt het gat snel groter en vooral dieper. Onder een kiemgat kan zich een behoorlijke uitholling verbergen. Putcorrosie kan van binnen en van buiten netzogoed optreden, bijvoorbeeld bij chloridehoudend water door leidingen van austenitisch staal, bij koperleidingen met sulfidehoudend water, in agressieve omgevingen (chloor of zouthoudende, vochtige lucht, zwavelwaterstof-sulfide sporen bijv. uit aardgas, landbouw, industrie) etc.

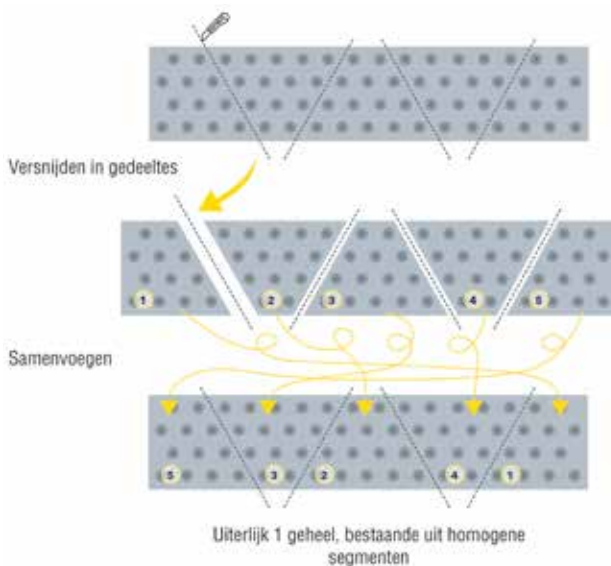
Lekkages ten gevolge van klassieke corrosie treden zelden spontaan en over een groot oppervlak op maar enkel geleidelijk en lokaal. In tegenstelling tot scheurcorrosie kunnen aan beschadigingen van installaties met grote kans van slagen reparaties plaatsvinden. Dit omdat klassieke corrosie onder normale omstandigheden (massieve putcorrosie uitgezonderd) enkel met 1 mm wanddikte per jaar voortschrijdt.

2.2 Scheurcorrosie

Putjes en gaten zijn zichtbare tekens van klassieke corrosie welke zich van het oppervlak van het materiaal naar binnen toe vooruitwerken. Scheurcorrosie daarentegen speelt zich af binnen in de samenstelling van het materiaal en komen daardoor pas in beeld als het al te laat is in de vorm van scheuren, lekkages en zelfs materiaalfalen. Het begin van de aantasting kan al maanden of jaren voorafgaand aan het zichtbaar worden zijn ingezet.

2.2.1 Interkristallijne corrosie

Zoals we aan het begin hebben gezien zijn metalen op atomair niveau hetzelfde opgebouwd. Metaalatomen en het daaromheen bewegende electronengas. Gaat men echter een niveau hoger, dan zijn er verschillen vast te stellen. Metalen bestaan uit kristallieten (kristalkorrels), dit zijn kristalvormige, ongeordende structuren welke al gelang het metaal of legering een verschillende vorm en grootte hebben. Binnen een kristalliet zijn de atomen volkomen homogeen geordend, in de volgende kristalliet voor deze zelf ook weer homogeen maar vergeleken met de eerste, net iets anders. Dit kan men zich zo voorstellen: neem een schuimplaat met vele even grote ronde cellen (die dan de atomen voorstellen). Wanneer deze plaat in stukken wordt gesneden en weer samenplakt zoals in afb.7 aangegeven, heeft men uiterlijk weer een schuimplaat, maar als je deze nader bekijkt bestaat deze dan uit verschillende segmenten die elke op zich homogeen zijn.



Afbeelding 7

Kristallieten of korrels laten korrelgrenzen zien, dit zijn de overgangen naar een volgende korrel, daar zijn kleine verschillen in elektronengas en principieel dus zwakke plekken waar corrosie zich kan ontwikkelen. Dit zou interkristallijne corrosie zijn, soort van korrelverval. Maar ook binnen een korrel kan de metaalsamenstelling uit elkaar vallen, de innerkristallijne of transkristallijne corrosie. Daar waar kristallieten bijzonder geprononceerd zijn moet er terdege rekening worden gehouden met korrelverval: bij legeringen dus.

2.2.2 Spanningsscheuren

Spanningscorrosie (SCC- stress crack corrosion) is het uitvallen van de metaal samenstelling (afhankelijk van de legering met wisselende verhouding in aandelen van inner of interkristallijne vorm) bij het voorhanden zijn van:

- Vatbare legeringen,
- Spanningen (trek, buig, vervorm, en ook inwendige spanning)
- Specifieke corrosiemedia alsook
- Warme temperaturen; onder 50°C zijn spanningscorrosie reacties erg langzaam of blijven achterwege. Scheurvorming bij koude leidingen moeten in de regel dus een andere oorzaak hebben

Zuivere of nagenoeg zuivere metalen zijn dus ongevoelig voor spanningscorrosie, bepaalde combinaties van legeringen en corrosieve stoffen daarentegen zijn uiterst kritisch.

- Zink-Stikstof/Ammonia-alkali. Zink in legeringen vooral die met koper (messing, brons rood gietijzer) is gevoelig voor stikstofverbindingen, vooral ammoniak en zijn derivaten (Amino, Amido, Ammoniumverbindingen, Nitriet, Nitraat) verder stikstofoxide. Wordt het zink omgezet, dan gaat de innerlijke samenhang van de legering verloren.
- Zink-Zwavel/SO₂. Evenzo kunnen zwaveldioxide en zwavelverbindingen die zwaveldioxide vormen of bevatten of gedeeltelijk sulfide, het zink in legeringen aantasten
- Austenitsiche staalsoorten – Halogeniden (zoutverbinding tussen halogeen en metaal). Halogeniden, vooral chloride kunnen die legeringscomponenten (Chroom, Molybdeen)

welke voor passivering zorgdragen, uit het roestvaste staal veranderen of verwijderen. De chroom resp. molybdeen beschermlaag wordt geperforeerd en de corrosie dringt tussen en in de kristallieten binnen.

- Weinig tot niet gelegeerde staalsoorten en Natriumhydroxide (Natronloog). Het aggresieve loog etst de passieflaag en deformeert het ijzer, bij voorkeur aan de korreloevergangen.

Spanningscorrosie manifesteert zich wel aan de oppervlakte, het eigenlijke proces speelt zich echter in de diepere lagen af. Meestal is er bij Non-Ferro legeringen spraken van interkristallijne breuk, bij staalsoorten veelal de transkristallijne. Het typische scheurpatroon kan helpen te determineren of er spraken is van SCC en niet van bijvoorbeeld mechanische breuk, scheurcorrosie of plaatselijke corrosie.

2.2.3 Trillingscheuren

Bij spanningscorrosie kunnen trillingen, dus vibraties van bouwdelen, dit fenomeen bespoedigen. Anderzijds kunnen trillingen ook spanning afbouwen en daarmee de kans op spanningscorrosie in een bepaalde mate reduceren. Maar ook in spanningsvrije installaties kan scheurcorrosie voorkomen welke door de onderstaande factoren wordt geïnitieerd:

- Temperatuur
- Bewegingen en spanningen
- De combinatie van kritische legeringen en corrosiemedia

De trillings scheur corrosie (CFC- corrosion fatigue cracks) kan ook bij niet legerde dus zuivere metalen voorkomen, wanneer deze daarvoor mechanisch vatbaar zijn. Het proces begint dan als spleetcorrosie in microscheurtjes. Bewegende delen zoals zuigers, ventielen, aandrijfassen, maar ook installaties waarbinnen vibraties van allerlei aard opgewekt door motoren of stromingsbewegingen ontstaan, kunnen beschadigingen oplopen..

Het chemische mechanisme van CFC is identiek aan die van SCC. Uiteraard treedt deze door de mechanische belasting van de materialen bij gelijke blootstelling wel sneller op

en het risico op plotselinge uitval wordt daardoor vergroot. Meestal zal hier spraken zijn van kristallijne breuk.

2.2.4 Mengvormen

Daar de corroderende media welke binnen breukcorrosie in het spel zijn ook in potentie de klassieke corrosie kunnen initiëren, kunnen zich er in de praktijk meerdere scenario's gelijktijdig of wisselend afspelen. Daar de ontwikkeling van plaatselijke corrosie erg veel lijkt op die van scheurcorrosie, namelijk een puntgewijze aanval op de passieveerlaag, zal bij een vermoeden van plaatselijke corrosie, indien zich die voordoet op een legering die vatbaar is voor spanningscorrosie, gecontroleerd moeten worden of er aan de bodem van het gat spanningscheuren te zien zijn. Netzogoed zal er bij spleetcorrosie bij bewegende delen de dieper gaande CFC in ogenschouw genomen moeten worden.

Zoals al eerder is aangegeven is er tussen metalen met sterk verschillende gradaties tussen edel en onedel (dan spreekt men over redoxpotentieel) altijd spraken van een verhoogd risico. Maar ook de combinatie van metalen met een gelijkwaardig redoxpotentieel kunnen beduidende risico's opleveren. Zo bevatten staalsoorten bijna altijd sulfides, welke in direct contact met koperlegeringen tot scheurcorrosie leiden kan. Overhaupt zijn staalsoorten – in combinatie met Non-Ferro metalen maar ook eenvoudige andere staalsoorten – in haar corrosiegedrag niet te onderschatten. De ene staalsoort kan tot een andere staalsoort een dusdanig hoog redoxpotentieel opbouwen dat die tot anode wordt gemaakt, anderzijds kunnen hoogwaardige speciaal gelegeerde staalsoorten in de eenvoudigste toepassingen falen omdat ze in standaard omstandigheden vatbaar zijn voor de geringste sporen van chemicaliën.

2.2.5 Optische verschijningsvormen van scheurcorrosie

Scheurcorrosie lijkt niet tot verkleuringen of het mat worden van het oppervlak, echter veranderingen aan het oppervlak kunnen duiden op een algemeen ongunstige conditie. De meeste staalsoorten worden in de nabijheid van halogeniden en sulfides matter en vaak ook donkerder, koperlegeringen bij duurzaam contact met sulfide, dof en bijna zwart. Ver-

schijnen er scheurtjes, eerst haarfijn in de spanningsrichting, daarna zich snel uitbreidend, dan zal de installatie, net als bij plaastelijke corrosie, uitgewisseld moeten worden daar niet is in te schatten hoe diep de structuur beschadigd is. De fijne scheur aan het oppervlak kan zich trechtervormig naar binnen uitbreiden en tot aan het binnenste oppervlak doorlopen. In ieder geval zal de scheur zich naar binnen in de breedte vertakken bij SCC, ingeval CFC is dit minder het geval. Lekkages door scheurcorrosie treden daardoor spontaan en massaal op.

2.3 Corrosie verschijnselen bij niet metalen

Zelfs kunststoffen kunnen corroderen indien er de daarvoor benodigde ongunstige omstandigheden heersen: in alkalische omgevingen kan spanningscorrosie optreden bij thermoplastisch materiaal (PE,PP,PVC, dus typische leidingmaterialen), omdat deze kristalachtige kaders vormen welke net als de kristallieten kunnen worden aangevallen, daarnaast zijn ze vaak stijf genoeg om spanningen te kunnen bevatten. Elastomeren (rubber) bouwen spanning af en kunnen derhalve niet corroderen.

Vaker is er echter schade aan kunststoffen (thermoplasten, polymeren en ook elastomeren) doordat ze in contact komen met corroderende metalen. Zoals al hierboven aangegeven ontstaan door corrosie door en met het metaal agressieve substanties (metaal-ionen, metaal-halogeniden, zouten etc.) welke grotendeels oplosbaar zijn en zich kunnen verplaatsen naar het oppervlak van de kunststof om daar verder te reageren. Deze metaal zepen (daar ze `harde` metaal-ionen bevatten en kunststoffen inderdaad `verzeppen`, dus splijten kunnen) zijn in staat harde en zachte kunststoffen alsook elastomeren schade toe te brengen zoals te zien is bij put-en plaatselijke corrosie. Dientengevolge is bij thermoplasten ook spanningscorrosie mogelijk. Elastomeren laten al gelang de substantie en omstandigheden waaraan ze worden blootgesteld, een verbrossing of verweking zien. In extreme gevallen worden kunststoffen door agressieve bijproducten van corrosie zelfs helemaal opgelost.

3. Corrosie in de praktijk

3.1 Opmerkelijke voorbeelden van corrosie

Corrosie vind men overal en natuurlijk denkt men bij dit begrip dan als eerste aan roestrode leidingen, geperforeerde auto carosserieën etc. Maar juist de verborgen corrosie kan grote gevolgen hebben. Kwikzilver is meestal aan boord van vliegtuigen verboden want het geringste spoor van dit edele, vloeibare en dus vochtigmakende metaal zal met vliegtuigaluminium een verbinding maken (aluminiumamalgaam) waardoor een electrochemisch element kan ontstaan dat kan leiden tot een compleet structuurfalen. Maar zelfs hoog edele legeringen zijn niet vrij van gevaren. Medische implantaten of lichaamsversieringen (piercings) kunnen door chloride en amine in het bloed of zweet beschadigd raken (analoog aan plaatselijke corrosie) en dientengevolge schadelijke ionen (Chroom, Nikkel) aan het lichaam afgeven.

3.2 Corrosie en isolatie

Corrosie onder thermische of akoestische isolatie (CUI, corrosion under insulation) behoort tot de verborgen variant en kan daardoor bijzonder kritieke schade veroorzaken. Bijzonder gevaarlijk zijn koude, diepgekoelde en wisseltemperatuur- installaties, dus installaties welke onder bedrijfsomstandigheden ertoe neigen om lucht (vochtigheid) door de isolatie te trekken (pompen).

Om deze reden moet de isolatie aan meerdere vereisten voldoen

- Deze moet chemisch neutraal zijn, dus pH-waarde van 7 om daarmee te voorkomen dat er alkalische of zure corrosie op kan treden
- Geen afgifte hebben van kritische ionen (dwz ze mogen wel chlorides en sulfides bevatten maar niet in oplosbare vorm)
- Een voor de toepassing geschikte dampremmende werking hebben om vochtcondensatie te voorkomen

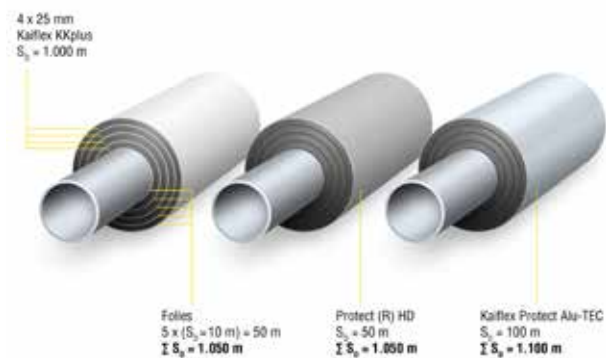
Vooral aangaande het laatste punt moet men op het isolatiemateriaal en de combinatie ervan letten. Een isolatiemateriaal welke de damp compleet afschermt bestaat enkel in theorie! Er is weliswaar schuimglas met een waterdampdiffusiviteitswaarde (mu-waarde) van oneindig, maar dit materiaal vergt enorm veel voegen, en dat is meteen de zwakke schakel: de voegen zijn zelf niet dampdicht en hebben de neiging te krimpen en te scheuren waardoor ze daarmee lekkages genereren. Mineraalvezelproducten (glas en steenwol) zijn compleet damp-open en zijn daarnaast gevoelig voor bindendringend vocht, hetzelfde geldt voor op hars gebaseerde schuimen, welke oftewel damp-open zijn of een hygroscopisch (wateropnemend) karakter hebben.

3.3 Isolatieproducten voor corrosie-gevoelige installaties

De aanduiding damprem of dampremmende folie voor thermoplastische materialen is in de basis onjuist. De mate van diffusiedichtheid van een materiaal wordt in de praktijk wel aangeduid met de mu-waarde (hoe hoger het getal, hoe dichter) echter de werkelijke mate van dampdichtheid wordt bepaald door diffusie-equivalente luchtdikte, de SD waarde. Dit is de mu-waarde van het materiaal vermenigvuldigd met de dikte van het materiaal, aangegeven in meters. Een PE folie of PET folie heeft een dikte van wellicht 100 mikron, dus 0,1 mm oftewel 0,0001 m. Zelfs als deze folie met een mu-waarde van 100.000 is uitgerust is de reële SD waarde van 10 meter niet hoger dan de SD waarde van slechts 1 mm elastomeer welke een mu-waarde heeft van 10.000! Een elastomeer afdekking met $\mu = 50.000$ in 1 mm dikte geeft net zoveel dampremmende werking als 5 folielagen over elkaar (afb.8) en is makkelijker, zekerder en sneller aan te brengen.

De enige realistisch aan te brengen dampdichte lagen zijn metaalfolies (enkel metalliseren is ontoereikend) en deze hebben hun risico's bij de verwerking en het verlijmen. Er mogen geen perforaties of voegen ontstaan anders trekt de installatie daardoor vocht naar binnen.

Een goede maar tevens dure oplossing zijn dikke alu-ter-



Afbeelding 8

moplastische gelaagde producten welke in de uitvoering met gewapende weefsels en zelfklevende lagen te verkrijgen zijn. Vanzelfsprekend mag men niet enkel op de dampremmende laag alleen vertrouwen, het isolatiemateriaal zelf moet ook zekerheid bieden.

4. Corrosiebescherming en isolatie

De isoleerder moet zich bewust zijn van het corrosiegevaar daar hij verantwoordelijk is voor de "I" in CUI. Het AG- werkblad Q151 "Korrosionsschutz unter Isolierungen" geeft waardevolle hulp om vast te stellen hoe corrosie voorkomende bescherming eruit dient te zien voordat de isolatie wordt aangebracht en zou absoluut bekeken moeten worden daar het een erkende regel is welke binnen de techniek wordt gevolgd. Het niet naleven kan leiden tot zware reclamaties en verlies van verzekeringdekking en rechtszekerheid. Dit geldt ook indien de isoleerder de corrosiebescherming niet zelf uitvoert maar afwijkingen aan de verf of deklagen vaststelt en deze niet meldt.

4.1 Metaal beschermen

Corrosiebescherming op een leiding betekent in de regel het aanbrengen (verven) van een bescherm laag. Deze heeft als functie vocht, schadelijke ionen en indien mogelijk ook zuurstof van het metaal vandaan te houden, dit moet dus in een gesloten laag van voldoende dikte over alle metalen delen aangebracht worden. Daarbij maakt het niet uit met welk metaal men van doen heeft, zoals al eerder geschetst is elke legering op de een of andere manier gevoelig voor corrosie.

Praktische corrosiebeschermings-verflagen dienen daarom op metalen en non-ferro metalen gelijkmatig te hechten en te functioneren en dit betekent veelal een meerlaags systeem-opbouw. Dit meerlagen systeem biedt als voordeel dat men aan de verschillende installatie-onderdelen welke achtereenvolgens geverfd worden kan zien hoe de voortgang van de diverse lagen optisch eruit ziet (afb.9). Bij Epoxy en Polyester (PU) systemen moeten per laag 2 componenten worden aangebracht terwijl Alkyd of Alkydharssystemen in 1 laag sneller aangebracht kan worden. Met het aanbrengen van de laag alleen is het niet gedaan: er zal ook gekeken moeten worden naar de verdraagzaamheid van de beschermingslaag met het isolatiemateriaal en de lijm om het isolatiemateriaal te verlijmen. Dit om vast te kunnen stellen of de bindmiddelen in de verflaag niet verweken of dat er verandering aan het isolatiemateriaal of de lijm plaatsvindt.



Afbeelding 9

4.2 De juiste isolatie-opbouw

Zoals hierboven aangegeven is al naar gelang de toepassing een dampremmende isolatielaag van groot belang om ook een goede corrosiebescherming te kunnen bieden. Naast geschuimd glas leveren elastomeren de hoogste mu-waardes. Omdat rubber van zichzelf al waterafstotend is (hydrofoob) biedt deze als schuimstof de beste condities voor goede koude en wisseltemperatuur isolatietoepassingen wanneer deze goed worden verwerkt en dus bijv. ook met elastomeer lijm verzegeld is.

Al gelang de toepassing kan de elastomeer isolatie (FEF, flexible elastomeric foam) enkelvoudig op de (van corrosiebeschermende verflagen voorziene) installatie worden aangebracht of wordt in een meerlaags dampremmend systeem aangebracht.

Daar metalen ommantelings-systemen nooit 100 % dicht te krijgen zijn is een buitenste schil van elastomeer aan te bevelen. Bij extreme temperaturen is een combinatie van achtereenvolgens een anorganische laag afgedekt met een FEF een uitstekende keuze, het dauwpunt dient dan in de FEF te liggen.

5. Conclusie

Corrosiebescherming als belangrijk onderdeel van een duurzaam presterende isolatiesysteem moet deskundig en zeker worden aangebracht. Dit allemaal afgestemd op de toegepaste isolatie.

De verflagen van het Kaimann corrosiebescherming systeem zijn gebaseerd op 1 component en zijn daardoor gemakkelijk en snel te verwerken. Door de verschillende kleurstellingen van de lagen is een optische voortgangscontrole gedurende het gehele verwerkingstraject gewaarborgd.

De verwerkers en gebruikers kiezen zo voor zekerheid!

Literatuurlijst

Vermelde standaards

- [a] DIN EN ISO 8044:2015-12
„Korrosion von Metallen und Legierungen –
Grundbegriffe“
- [b] AGI Arbeitsblatt Q 151
„Korrosionsschutz unter Isolierungen“

Literatuurlijst, met commentaar

- [1] Kunze (Hrsg.): Korrosion und Korrosionsschutz,
6 Bde., Weinheim 2001.
Standardwerk met fast 3800 Seiten, zeer umfassend,
aber aufgrund der vielen Autoren nicht homogen
geschrieben und nicht gleichartig aktuell.
- [2] Kaesche: Die Korrosion der Metalle, Berlin 1990.
Nicht mehr ganz aktuell, aber gut lesbar: Man kann
jedes Kapitel für sich verstehen, ohne alles von vorne
nach hinten durcharbeiten zu müssen.
- [3] Trostmann: Korrosion – Ursachen und Vermeidung,
Weinheim 2001.
Basis war ein Vorlesungsskript, deshalb etwas akade-
misch, aber konzentrierter und stringenter als [1].
- [4] Winnik (Hrsg.): Corrosion-Under-Insulation (CUI)
Guidelines: Revised Edition, Cambridge 2016.
Teil einer großen Serie über Korrosion;
sehr gut praxisorientiert.
- [5] Schweitzer: Corrosion of Polymers and Elastomers,
Boca Raton 2007.
“Corrosion“ meint hier allgemein die Schädigung von
Kunststoffen, inklusive echter Korrosion. Kompletter
Überblick.
- [6] Raja, Shoji: Stress corrosion cracking –
Theory and practice, Cambridge 2001.
Umfassender aktueller Überblick zum Phänomen SCC.

