

CORROSIE –

EFFECTEN OP METALEN & ELEKTRONISCHE APPARATUUR, PROCESSEN & PREVENTIE

GESCHREVEN DOOR:



AMIR RUBIN, B.S.E.E.
Executive Director
AREPA



CARLOS GARCIA, Ph.D.
Forensic Materials Scientist
Envista Forensics

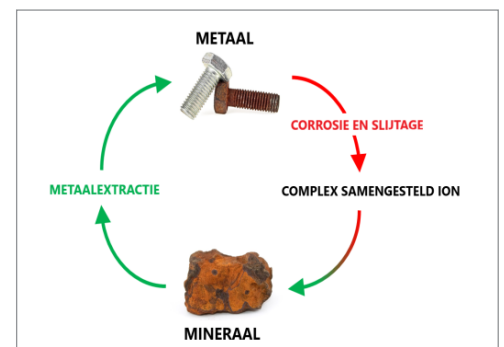
ABSTRACT

Door calamiteiten vrijgekomen verontreinigende stoffen vormen een uitdaging voor de operationele integriteit van elektrische en mechanische apparatuur. Onder “normale” omstandigheden ondervindt apparatuur zowel degradatie ten gevolge van interactie met de omgeving, als functionele slijtage. Bijtende stoffen die afkomstig kunnen zijn van een brand, waterschade of bepaalde blusmiddelen (ABC droge chemicaliën), tasten beschermende coatings op printplaten (PCB's) aan en degraderen componenten en metalen oppervlakken. Dit document geeft informatie over en analyseert waarom bepaalde metalen corroderen, de soorten corrosie, bescherming van metalen tegen natuurlijke degradatie, effecten van corrosie op PCB's, manieren om de corrosiesnelheid na calamiteiten te vertragen, passivering en het behandelen van oppervlakken met versnelde oxidatie.

WAAROM CORRODEREN BEPAALDE METALEN?

Corrosie kan worden gedefinieerd als een natuurlijke chemische aanval op bepaalde metalen om ze om te zetten in meer chemisch stabiele vormen zoals oxiden, hydroxiden, chloriden, nitraten en sulfiden. Mineralen in die vormen zijn de stabiele vorm van de meeste metaalelementen. Het is eigenlijk zeldzaam om enkel ijzer te vinden. Vanwege de overvloed aan ijzer en chemisch actieve reactanten in de natuur, zal ijzer worden gevonden in combinatie met andere elementen. Hetzelfde geldt voor ertsen of mineralen zoals hematiet (Fe_2O_3), magnetiet (Fe_3O_4), sideriet (FeCO_3), pyriet (FeS_2), limoniet ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$), limoniet en goethiet ($\text{FeO} \cdot \text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{H}_2\text{O}$) en chromiet ($\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$).

Door het natuurlijke proces van corrosie wordt een stalen paneel (chemisch onstabiel en een niet-natuurlijk materiaal) omgezet in stabiele en natuurlijke verbindingen zoals ijzerchloride, ijzeroxide, ijzer, hydroxide, ijzersulfide en ijzersulfaat (zie Figuur 1.0).



Figuur 1.0 – De kringloop van metalen



Figuur 2.0 - De natuur probeert continu de Eiffeltoren, die is opgebouwd uit een niet-natuurlijk materiaal, staal, door corrosie te transformeren in zijn natuurlijke en stabiele vorm, een ijzermineraal. Als gevolg hiervan moet elk structureel stalen onderdeel in de toren worden geleverd om een beschermende barrière te creëren tussen het oppervlak en de corrosieve omgeving (water, zuurstof, verbrandingsbijproducten). Figuur 2.1 – Een ijzererts mijn.

Het is ook zeldzaam om enkel koper te vinden. Koper komt in de natuur voor in combinatie met andere elementen. Hetzelfde geldt voor chalcopryiet (CuFeS_2), chalcociet (Cu_2S), covelliet (CuS), borniet (Cu_5FeS_4) en enargiet (Cu_3AsS_4).

Door corrosie wordt een koperdraad (een onstabiel en een niet-natuurlijk materiaal) omgezet in een stabiele en natuurlijke verbinding zoals koperchloride, koperoxide, koperhydroxide, kopersulfide en kopersulfaat (zie Figuren 3.0 - 3.3).



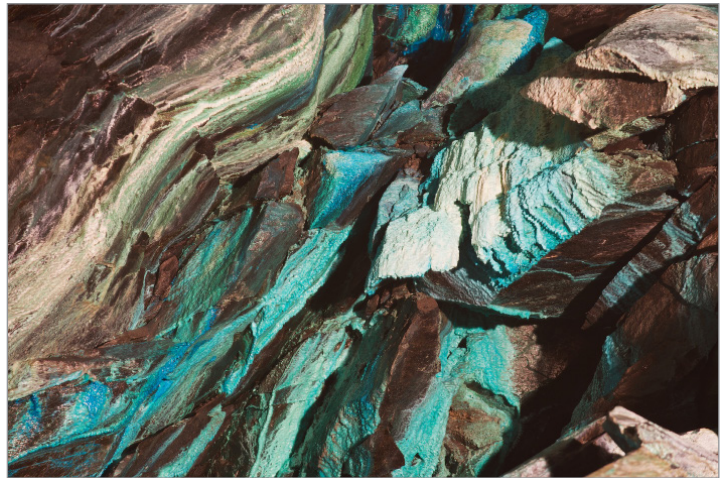
Gezichtsreproductie van het Vrijheidsbeeld



Groene patina op het standbeeld door corrosie



Koperen dak van het gerechtsgebouw van Minneapolis Hennepin district



Kopermineraalafzettingen met groene patinakenmerken

Figuren 3.0 tot 3.3 - Vorming van kopercorrosie

WANNEER BEGINT CORROSIE?

Corrosie begint op het moment dat een niet-natuurlijk metaal ontstaat. Tijdens de vorming van een stalen staaf begint corrosie bijvoorbeeld wanneer zuurstof en water in de atmosfeer in aanraking komen met de onbeschermde stalen oppervlakken. Zonder een beschermende coating gaat elektrochemische corrosie van start, in een poging om dit niet-natuurlijke metallisch materiaal om te zetten in oxiden en hydroxiden (natuurlijke en stabiele verbindingen). In een poging om stalen voorwerpen te beschermen tegen degradatie, ten gevolge van interactie met de omgeving, worden geverfde coatings aangebracht of een metalen coating zoals nikkel, chroom of zink.



Figuur 4.0 - Stalen platen enkele minuten na het produceren. De pijlen tonen de walshuid (ijzeroxiden) geproduceerd door chemische corrosie. Dit is een natuurlijk proces waarbij het "niet-natuurlijke" materiaal (staal) weer wordt omgezet in een mineraal.

SOORTEN CORROSIE

Er zijn twee algemene soorten corrosie:

1. Droge corrosie
2. Natte of electrochemische corrosie

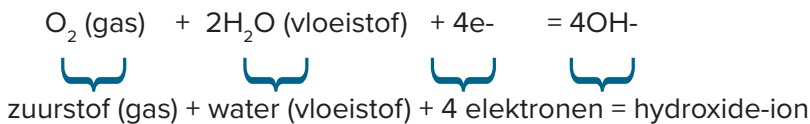
DROGE CORROSIE

Droge corrosie treedt op bij hoge temperaturen, wanneer zuurstof in de lucht reageert met een metaal zonder de aanwezigheid van een vloeistof. Hogere temperaturen, in combinatie met verontreinigde omgevingen (die zwavel-, stikstof- en chlorideverbindingen kunnen bevatten), verhogen de oxidatiesnelheid van het oppervlak, wat de schade aan het metallisch materiaal versnelt. De oxidatiesnelheid is afhankelijk van het type metaal.

ELECTROCHEMICAL CORROSION

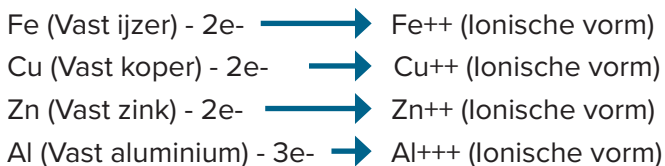
Roest waargenomen op staal in auto's, bruggen, kabels, tanks en leidingen treedt op als gevolg van elektrochemische (natte) corrosie. Dit type corrosie ontstaat wanneer een elektrochemische cel wordt gevormd. Elektrochemische cellen bestaan uit een anodisch gebied, een kathodisch gebied en een elektrolyt. De anode is het gevoelige metaal. De kathode is een ander geleidend materiaal (zoals een ongelijk geleidend materiaal). Tijdens de reactie tussen de anode en de kathode zal de kathode elektronen opnemen en wordt deze beschermd tegen corrosie. De elektrolyt is de geleider waar de elektronen doorheen bewegen, zoals verhoogde vochtigheid of directe blootstelling aan water.

Kathodisch Gebied - Kathodische Reactie



Kathodische reacties treden op telkens wanneer zuurstof in vochtige lucht, of zuurstof in water, in contact komt met een onbehandeld (ongeverfd of ongecoat) metalen oppervlak zoals ijzer, staal, koper en aluminium.

Anodisch Gebied – Anodische Reacties



Metaal (vast) - n (aantal) elektronen = Metaalionen die zouten, oxiden, hydroxiden, sulfiden (corrosieve stoffen) vormen.

FACTOREN DIE DE ATMOSFERISCHE ELEKTROCHEMISCHE CORROSIE OP KOOLSTOFSTAAL BEÏNVLOEDEN

De atmosferische elektrochemische corrosiesnelheid van koolstofstaal is afhankelijk van de volgende variabelen:

1. Relatieve vochtigheid
2. In de lucht zwevende deeltjes (zouten)
3. Verontreinigende stoffen en vervuiling (gassen)
4. Regen
5. Temperatuur

RELATIEVE VOCHTIGHEID

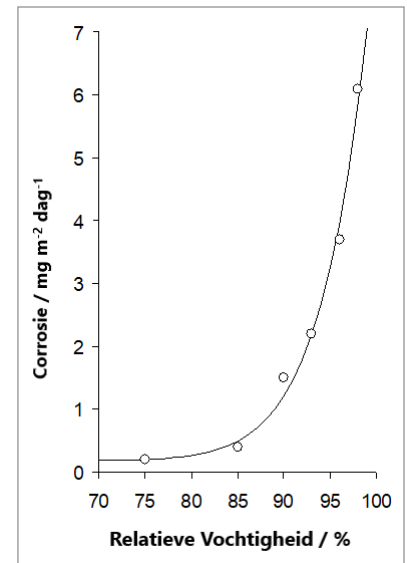
De belangrijkste factor bij atmosferische corrosie, die invloedrijker is dan vervuiling, is vocht. Vocht in de vorm van regen, dauw, condensatie of hoge relatieve vochtigheid. In afwezigheid van vocht zouden de meeste verontreinigingen weinig of geen corrosief effect hebben.

Elektrochemische corrosie in “schone” atmosferen (zonder zwevende deeltjes of verontreinigingen) ontwikkelt zich op koolstofstaal bij relatieve vochtigheidswaarden van meer dan 70 procent. Hoe hoger de vochtigheidsgraad in de atmosfeer, hoe hoger de corrosiesnelheid.

IN DE LUCHT ZWEVENDE DEELTJES (ZOUTEN)

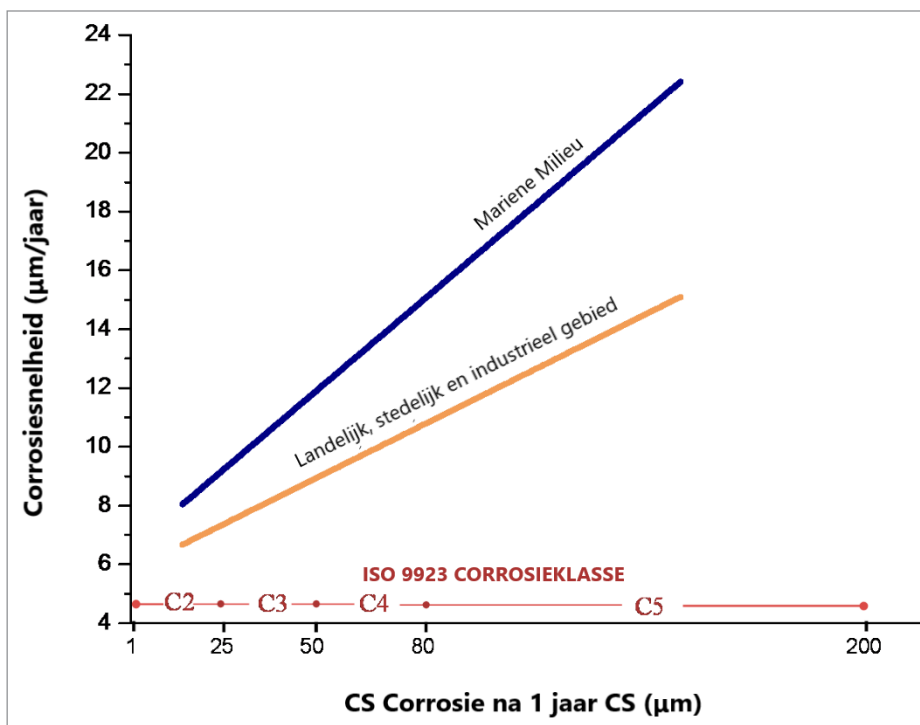
Zwevende deeltjes, zoals zeezouten (chloriden en sulfaten), industrieel stof en roet, verhogen de atmosferische corrosiesnelheid van koolstofstaal. Zeezouten in de lucht die oplosbaar zijn in water, worden vervoerd door de lokale atmosfeer en kunnen condenseren als zichtbaar water of vocht op het oppervlak van blank koolstofstaal. Deze afgezette zouten verhogen op hun beurt de elektrische geleidbaarheid van de waterige omgeving, waardoor deze veel corrosiever wordt. Hoe hoger het zoutgehalte, de zouthed van een watermassa, hoe hoger de elektrochemische corrosiesnelheid.

In het verlengde hiervan, hoe hoger de elektrochemische corrosiesnelheid, hoe groter de kans op storingen gerelateerd aan corrosie, zoals verlies van materiaaldikte, vorming van putjes, barsten en breuken. Hogere corrosiesnelheden resulteren in de nood aan meer oppervlakteonderhoud in de vorm van reiniging en opnieuw schilderen. Tot de meest gevoelige mariene omgevingen voor elektrochemische corrosie behoren offshore-olieplatforms, schepen, havens, bruggen, gebouwen, elektrische onderstations, hoogspanningsmasten, etc.



Figuur 6.0 - Corrosiesnelheid versus relatieve vochtigheid.

Afbeelding met dank aan het Zweedse Agentschap voor Internationale Ontwikkelingssamenwerking.



Figuur 7.0 - Relatie tussen constante corrosiesnelheid van koolstofstaal en atmosferische corrosiviteitscategorie volgens ISO 9223 voor verschillende soorten omgevingen.

Afbeelding met dank aan het Nationaal Centrum for Metallurgisch Onderzoek.

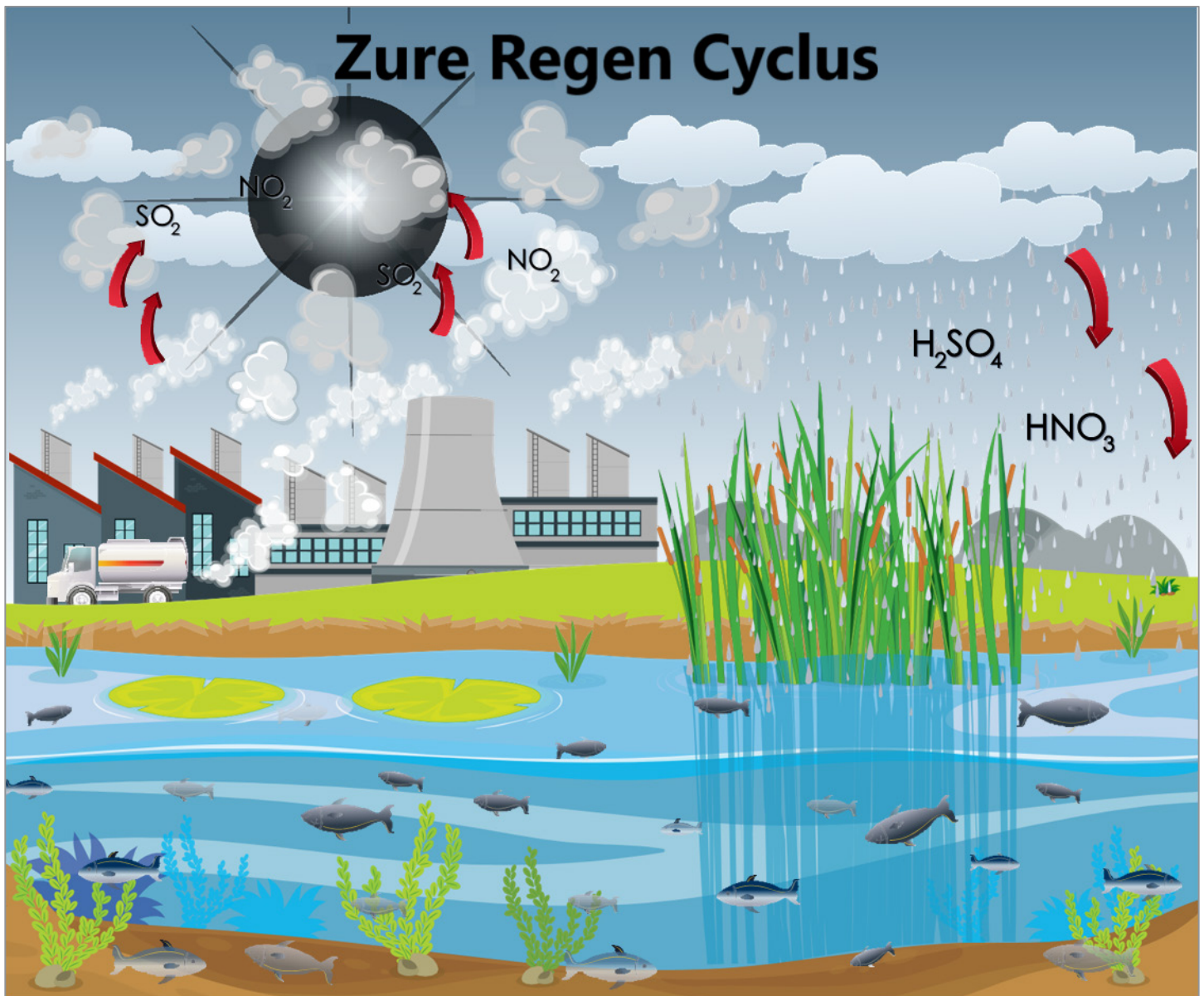
VERONTREINIGENDE STOFFEN OF VERVUILING (GASSEN) EN REGEN

Er zijn veel gassen en vaste deeltjes aanwezig in onze atmosfeer, evenals vaste deeltjes in de lucht, die door de mens zijn gemaakt. Onder deze gassen bevinden zich zwavel- en stikstofverbindingen, die samen met vocht zwavel- en salpeterzuur vormen. Dergelijke zuren verhogen de atmosferische corrosiesnelheid van staal bij blootstelling aan zure regen. Regen die niet verontreinigd is, kan de apparatuur juist ten goede komen, aangezien deze luchtverontreinigende stoffen wegspoelt die zich op blootgestelde oppervlakken hebben afgezet.

BRONNEN VAN NATUURLIJKE VERONTREINIGING	
<p>Primair Vulkanische activiteit</p> <p>Biologische ademhaling Dierlijk afval Vegetatie Bodemmicroben Zeespray Aarde van de grond Natuurlijke (bos) branden</p> <p>Secundair Oxidatie van SO₂ Reactie van NH₃ + SO₄²⁻ Reactie van zeespray met SO₃</p> <p>Oxidatie van N₂ tijdens bliksem Chemische reactie onder invloed van zonlicht Plantaardige koolwaterstoffen + O₃</p>	<p>Primair SO₂, H₂S, HCl, Cl₂ – gasvormig; Vulkanische as – fijnstof CO₂ – gasvormig NH₃, organische sulfiden – gasvormig Koolwaterstoffen – gasvormig N₂O – gasvormig Cl⁻, SO₄²⁻ - aërosol Anorganisch stof – fijnstof CO₂ – gasvormig As en rook – fijnstof</p> <p>Secundair SO₃ – gasvormig SO₄²⁻ - aërosol (NH₄)₂SO₄ - aërosol HCl – gasvormig NO/NO₂ (NO_x) – gasvormig O₃ (ozon) – gasvormig Koolwaterstofperoxiden en radicalen ("Blauwe Bergen van Virginia") - gasvormig</p>
BRONNEN VAN DOOR DE MENS GEMAAKTE VERONTREINIGING	
<p>Primair Algemene verbranding (alle brandstoffen)</p> <p>Verbranding van fossiele brandstoffen (olie, kolen, gas) Verbranding (afval, plastic, kolen) Transport (uitlaatgassen van voertuigen)</p> <p>Chemische verwerking Rioolwaterzuivering Landbouw (gedomesticeerde dieren) Landbouw (gewassen verbouwen)</p> <p>Secundair Oxidatie van SO₂ door O₃</p> <p>Reactie van NH₃ + SO₄²⁻</p> <p>Oxidatie van NO_x door O₃</p> <p>Koolwaterstoffen + O₃</p>	<p>Primair CO, CO₂ – gasvormig "Vliegias", koolstof (rook) – fijnstof SO₂, NO_x – gasvormig HCl, Cl₂ – gasvormig NO_x, CO, koolwaterstoffen – gasvormig koolstof (rook) - fijnstof Koolwaterstoffen, sulfiden, NH₃ – gasvormig Sulfiden, NH₃ – gasvormig CH₄, NH₃, sulfiden – gasvormig Koolwaterstoffen (CH₄) – gasvormig</p> <p>Secundair SO₃ – gasvormig SO₄²⁻ - aërosol (NH₄)₂SO₄ - aërosol H₂SO₄ – "zure regen" NO₃⁻ – aërosol HNO₃ – "zure regen" Koolwaterstofperoxiden en radicalen ("Fotochemische smog") – gasvormig</p>

Figuren 8.0 & 8.1 – Bronnen van natuurlijke en door de mens gemaakte verontreiniging.

Tabellen gepubliceerd door het Instituut voor Corrosie.



Figuur 9.0 – Hoe zure regen gevormd wordt

TEMPERATUUR

Temperatuur speelt op twee manieren een belangrijke rol bij atmosferische corrosie. Chemische reacties vinden sneller plaats bij hogere temperaturen. Een vaak geciteerde vuistregel, gebaseerd op de Arrhenius-vergelijking, is dat een stijging van 10 graden Celsius (18 graden Fahrenheit) resulteert in ongeveer het dubbele van de reactiesnelheid. Atmosferische corrosie tijdens koude maanden is verwaarloosbaar.

CORROSIE VERSUS ROEST

Corrosie en roest, vaak door elkaar gebruikt, zijn beiden het resultaat van oxidatiereacties. Oxidatie beschrijft een reactie waarbij een element wordt gecombineerd met zuurstof. De reactie tussen magnesiummetaal en zuurstof, om magnesiumoxide te vormen, omvat oxidatie van magnesium. Corrosie treft een breed scala aan objecten, terwijl roest alleen ijzer en zijn legeringen, zoals staal, treft. Daarom is roest een vorm van corrosie, hoewel het specifiek verwijst naar oxidatie van metalen die ijzer bevatten.

Onderstaande tabel beschrijft de verschillen tussen corrosie en roest.

CORROSIE VS. ROEST	
CORROSIE	ROEST
Corrosie omvat roest.	Roest is een vorm van corrosie.
Corrosie is het proces waarbij bepaalde materialen, metalen en niet-metalen, degraderen als gevolg van oxidatie.	Roesten is oxidatie van ijzer in aanwezigheid van lucht en vocht.
Corrosie kan optreden op materialen zoals keramiek of polymeren.	Roestvorming vindt plaats op oppervlakken van ijzer en zijn legeringen.
Corrosie vereist blootstelling van het oppervlak aan lucht of chemicaliën.	Roesten vereist blootstelling van het oppervlak aan zowel lucht als vocht.
Afhankelijk van het materiaal kan corrosie ontstaan in verschillende kleuren zoals blauw en groen.	Roest heeft een oranjebruine kleur.

METALEN BESCHERMEN TEGEN NATUURLIJKE DEGRADATIE

Volgens Latem Industries (Latem) zijn er praktische manieren om corrosie op metalen onderdelen te voorkomen. Latem merkt op dat ingenieurs corrosiebeheersing in het ontwerpproces kunnen voorzien en dat fabrikanten en professionals die apparatuur restaureren beschermende corrosiebarrières kunnen aanbrengen. Ten slotte kunnen de mensen die de onderdelen gebruiken, preventieve maatregelen nemen om de levensduur ervan te verlengen.

ONTWERP

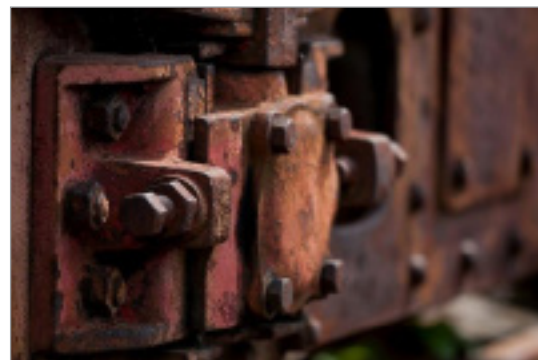
Corrosiebestrijding begint in de ontwerpfase. Als het onderdeel bedoeld is voor gebruik in een omgeving waar het vatbaar is voor corrosie, moeten fabrikanten het onderdeel ontwerpen met dit in het achterhoofd.

Onderdelen die aan de elementen zijn blootgesteld, moeten bijvoorbeeld water en vuil laten wegvloeien in plaats van zich op het oppervlak te laten verzamelen. Om spleetcorrosie te beperken, moeten ontwerpers nauwe openingen elimineren waarlangs lucht of vloeistof kan binnendringen en blijven staan. Voor corrosieve omgevingen, zoals deze met blootstelling aan zout water, is het verstandig om te ontwerpen met het oog op een zekere mate van toegestane corrosie.

BESCHERMENDE COATINGS

Coatings kunnen een beschermingslaag tegen corrosie bieden door te fungeren als een fysieke barrière tussen de metalen onderdelen en oxiderende elementen in de omgeving. Een veelgebruikte methode is galvanisering, waarbij fabrikanten het onderdeel voorzien van een dun laagje zink.

Poedercoating is een andere effectieve manier om corrosie van metalen onderdelen te voorkomen. Bij juiste toepassing kan een poedercoating het oppervlak van het onderdeel afdichten van de omgeving, om corrosie te voorkomen.



Figuur 10.0 – Electrochemische corrosie
Afbeelding met dank aan Latem Industries

Het aanbrengen van een verflaag is een goedkope manier om corrosie te voorkomen. Verfcoatings werken als een barrière om de overdracht van de elektrochemische lading, van de corrosieve oplossing naar het onderliggende metaal, te voorkomen. Hoewel ze goedkoop zijn, slijten verfcoatings sneller, waardoor het oppervlak regelmatig opnieuw moet worden geveerd om hetzelfde beschermingsniveau te behouden als bij een poedercoating of galvanisatie.

Roestwerende smeermiddelen worden gebruikt om onbehandelde metalen oppervlakken te coaten en te beschermen tegen oxidatie. De smeermiddelen werken als een corrosieremmer door een beschermende film op het oppervlak te vormen. De smeermiddelen bestaan uit polaire moleculen met waterafstotende eigenschappen. De film beschermt de onderdelen tegen de aantasting door zuurstof, water en andere reactieve stoffen.

Roestwerende smeermiddelen bevatten ook oppervlakreactieve stoffen (bevochtigingsmiddelen), die een sterke binding vormen met het metalen deel en zorgen voor een efficiënte verspreiding van de roestwerende moleculen over het oppervlak. Dergelijke smeermiddelen bieden de kortste beschermingsperiode en moeten regelmatig opnieuw worden aangebracht.

BEHEER VAN DE OMGEVINGSCONDITIES

Veel omgevingsfactoren beïnvloeden de kans op corrosie. Het helpt om metalen onderdelen op een schone, droge plaats te bewaren wanneer ze niet in gebruik zijn. Als het de bedoeling is om ze voor een lange tijd op te slaan, overweeg dan om middelen in te zetten om het zwavel-, chloride- of zuurstofgehalte in de omgeving te beheersen.

KATHODISCHE BESCHERMING

Het is mogelijk om bepaalde soorten corrosie te voorkomen door een tegengestelde elektrische stroom op het metaaloppervlak aan te brengen. Een methode van kathodische bescherming is een opgedrukte stroom, die een externe elektrische stroombron gebruikt om een corrosieve stroom in het onderdeel tegen te gaan.

Een minder complexe methode van kathodische bescherming is het gebruik van opofferingsanodes. Hierbij wordt een kleine hoeveelheid reactief metaal aangebracht op het te beschermen onderdeel. De opofferingsanode bestaat uit een legering (zink, aluminium en magnesium) met een hogere elektrodepotentiaal die (door middel van bouten of lassen) wordt bevestigd aan het metalen materiaal dat wordt beschermd (staal van rompen, pijpen en tanks, bijvoorbeeld). Elektronen zullen van het reactieve metaal naar het minder actieve onderdeel stromen, waardoor corrosie wordt verminderd ten koste van het opofferingsdeel.

ONDERHOUD

Beschermende coatings, beheer van de omgevingscondities en kathodische bescherming zijn effectieve manieren om corrosie in metalen onderdelen te voorkomen. Deze maatregelen worden echter niet optimaal benut zonder doorlopend onderhoud en voortdurende controle. Coatings kunnen na verloop van tijd degraderen; zelfs kleine deuken en krassen kunnen tot corrosie leiden. Onderdelen moeten schoon worden gehouden en waar nodig moet extra bescherming worden aangebracht.

EFFECTEN VAN CORROSIE OP PCB's

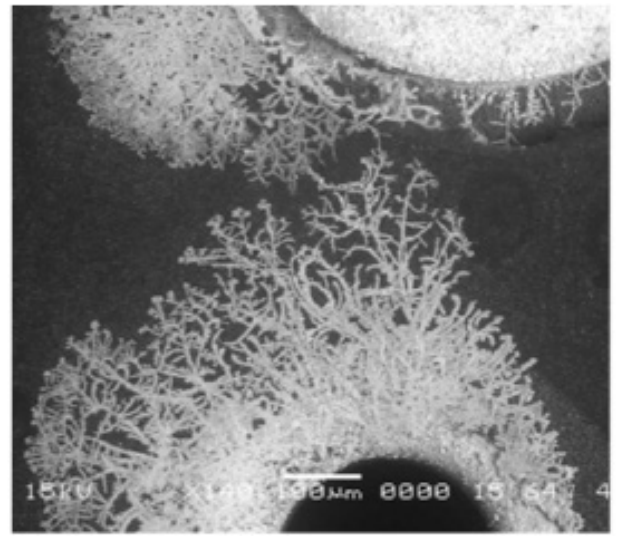
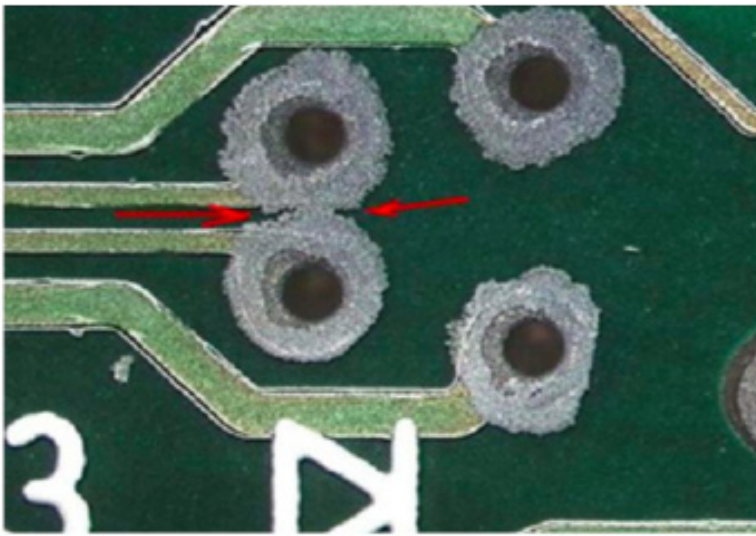
Sandia Laboratories heeft een studie uitgevoerd voor de Amerikaanse Nucleaire Regelgevende Commissie met de titel "Overbrugging van Printsoren door Rook" ("Circuit Bridging of Components by Smoke"). De studie waarschuwt dat, wanneer het gebruik van geavanceerde elektronische printsoren wordt overwogen, er een mogelijkheid bestaat dat een kortdurende corrosieve belasting de prestaties van de printsoren in gevaar brengt en een belangrijke bijdrage vormt aan het risico op fabrieksbranden. Door inspanningen om printsoren te miniaturiseren, worden bijvoorbeeld kleinere sporen gebruikt bij de fabricage van printplaten. Bij deze kleine sporen kan zelfs een relatief beperkte en kortdurende corrosieve belasting resulteren in kortstondig verlies van functionaliteit van de sporen, vooral als de aantasting in de vorm van "putcorrosie" gebeurt in plaats van algemene oppervlaktecorrosie. Daarom is directe corrosieve belasting bij apparaten gebaseerd op geavanceerde printplaten potentieel zorgwekkend.

Ervaring in de telecommunicatie-industrie heeft aangetoond dat interacties van de zure rook van een kabelbrand, met de gegalvaniseerde oppervlakken van luchtbehandelingskanalen, galvanische zouten in de rookstroom kunnen brengen. Deze galvanische zouten zetten zich gemakkelijk af op het oppervlak van componenten, wat resulteert in een directe en agressieve corrosieve belasting.

In zijn boek "Calamiteit & Herstelplanning" ("Disaster & Recovery Planning") merkt Joseph Gustin op dat kabels en bedrading, gedrukte en geïntegreerde schakelingen, transistors, alsook verschillende isolatoren brandbaar zijn. Wanneer kunststoffen verbranden, kunnen de uitgestoten dampen zich vermengen met zuurstof en vocht, waardoor elektronische schakelingen gaan corroderen. De corrosie kan worden versterkt door de verhoogde temperaturen die de brand op gang brachten.

In een paper getiteld "Kruipcorrosie van Electronische Assemblages in Barre Omgevingen" ("Creep Corrosion of Electronic Assemblies in Harsh Environments"), schrijft DfR Solutions dat corrosie optreedt in elektronische assemblages en dat het doet denken aan elektromigratie. Kruipcorrosie vereist geen elektrisch veld om de reactie aan te drijven, maar er moeten corrosieve stoffen en vocht aanwezig zijn om kruipcorrosie te laten optreden. Zwavel is de meest prominente stof die kruipcorrosie veroorzaakt en het komt veelvuldig voor in omgevingen zoals papierfabrieken, rubberproductie, mijnbouw (smelten), cement- en asfaltproductie en afvalwaterzuiveringsinstallaties. Het wordt ook vaak aangetroffen in bedrijven en locaties in de buurt van dergelijke industrieën. Het toenemende gebruik van elektronica in dergelijke omgevingen maakt kruipcorrosie tot een toenemend risico.

Analyse van falingen ten gevolge van kruipcorrosie toonde aan dat het corrosieproduct redelijk resistent is. Een overbrugging van twee paden veroorzaakt geen onmiddellijke uitval. Naarmate het corrosieproduct in dikte toeneemt, neemt de weerstand af tot functionele kortsluiting optreedt. Om deze reden zijn er tal van symptomen die kunnen optreden als gevolg van kruipcorrosie (afhankelijk van welke twee geleiders als eerste overbruggen). Bovendien bleek dat veel corrosiestoringen door de elektrische laboratoriumtests kwamen bij aankomst uit het veld (genaamd CND - kan niet worden gedupliceerd). Bij blootstelling aan hoge luchtvochtigheid zal het storingsymptoom opnieuw optreden. Weerstandsmetingen toonden aan dat, bij blootstelling aan hoge vochtigheid, de weerstand van het corrosieproduct daalde van meer dan 10 MΩ tot minder dan 1 MΩ. Vanwege de aard van dit faalmechanisme is het moeilijk om corrosiedefecten te identificeren zonder nauwkeurige inspectie van elke printplaat.



Figuren 11.0 & 11.1 - Kruipcorrosie op verticale onderling verbonden paden (VIA) (links) en vergroot (rechts)
Afbeelding met dank aan National Instruments Corp.

MANIEREN OM DE CORROSIESNELHEID TE VERTRAGEN

Direct na een calamiteit is de samenstelling van neergeslagen fijnstof niet bekend. Bijtende verontreinigingen tasten gevoelige metalen oppervlakken aan, wat het natuurlijke verouderingsproces versnelt. Door de oxidatie te vertragen of volledig te voorkomen, kunnen herstelprocessen worden ingezet voordat putvorming optreedt in de metalen. Putcorrosie is de vorming van holtes of gaten in het metaal die onomkeerbaar zijn.

Roestwerende coatings zoals deze vervaardigd door LPS, CRC, Corrosionx, Sprayon, Blaster, Rustlick en ZEP, vormen de hierboven besproken barrièrefilm tussen ijzer of staal en vocht/zuurstof. Afhankelijk van de roestwerende oplossing kan het metaal worden ondergedompeld, gespoten, ingesmeerd of met de borstel aangebracht.

Corrosie wordt ook aanzienlijk vertraagd wanneer de relatieve vochtigheid onder 40 procent wordt gebracht, wat kan worden bereikt door het gebruik van ontvochtigers, silica-droogmiddelen of andere middelen. Door de oppervlaktetemperatuur van het metaal te verhogen, kan condensatie beperkt worden.

WAT IS PASSIVERING?

Best Technology beschrijft passiveren als een metaalafwerkingsproces dat corrosie voorkomt. Bij roestvrij staal wordt bij het passiveringsproces salpeterzuur of citroenzuur gebruikt om vrij ijzer van het oppervlak te verwijderen. De chemische behandeling leidt tot een beschermende oxidelaag die minder snel chemisch reageert met lucht en dus minder snel corrosie veroorzaakt.

HOE WERKT PASSIVERING?

Roestvrij staal is een op ijzer gebaseerde legering, meestal samengesteld uit ijzer, nikkel en chroom. Roestvrij staal ontleent zijn corrosiewerende eigenschappen aan het chroomgehalte. Chroom vormt bij blootstelling aan zuurstof (lucht) een dunne film van chroomoxide die het roestvrijstaalen oppervlak bedekt en het onderliggende ijzer beschermt tegen roesten. Het doel van passiveren is om de vorming van de chroomoxidelaag te bevorderen en te optimaliseren.

Onderdompeling van roestvrij staal in een zuurbad lost vrij ijzer op van het oppervlak terwijl het chroom intact

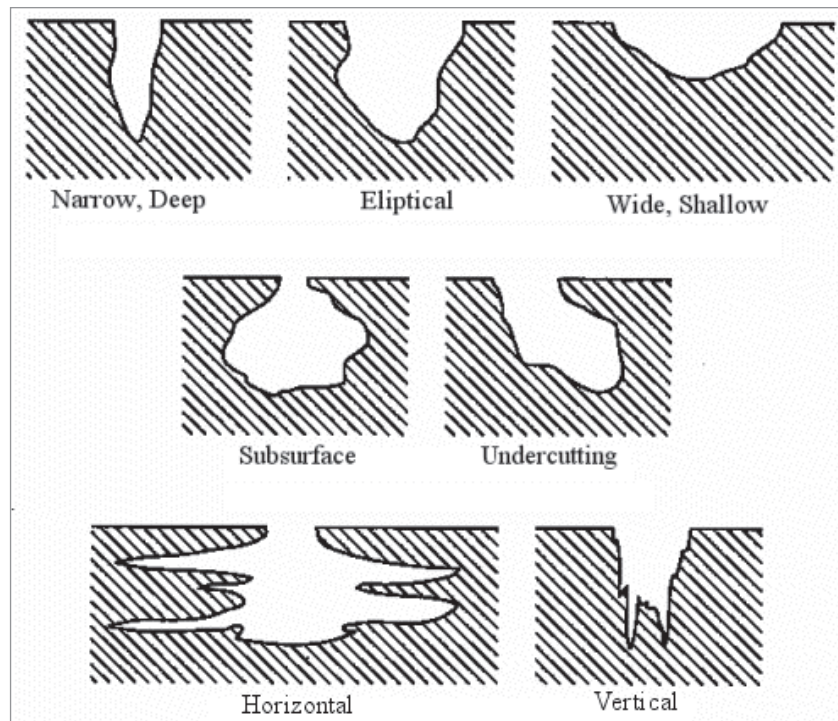
blijft. Het zuur verwijdert op chemische manier het vrije ijzer en laat een uniform oppervlak achter met een hoger chroomgehalte dan het onderliggende materiaal.

Bij blootstelling aan zuurstof in de lucht na het bad, vormt het roestvast staal gedurende 24 tot 48 uur de chromoxidelaag. Het hogere aandeel chroom aan het oppervlak zorgt voor de vorming van een dikkere, meer beschermende chromoxidelaag. Door het verwijderen van vrij ijzer van het oppervlak verdwijnt de mogelijkheid van het ontstaan van corrosie. De resulterende passieve laag zorgt voor een chemisch inert oppervlak dat beschermt tegen roest.

PUTVORMING

WebCorr, een leverancier van corrosiemodellering, schrijft dat putcorrosie plaatselijke corrosie is van een metalen oppervlak, beperkt tot een punt of een klein gebied, die de vorm aanneemt van holtes. Putcorrosie is één van de meest schadelijke vormen van corrosie.

Putcorrosie komt meestal voor bij passieve metalen zoals aluminium, nikkel en chroomlegeringen, evenals op roestvrij staal wanneer de ultradunne passieve laag (oxidelaag) chemisch is beschadigd en niet onmiddellijk opnieuw passivert. De resulterende putten kunnen breed en ondiep of smal en diep worden, wat de wanddikte van een metaal kan perforeren.



Figuur 12.0 - ASTM-G46 schema voor beoordeling van putcorrosie

De vorm van de gevormde holtes kan alleen worden geïdentificeerd door middel van metallografisch onderzoek waarbij een monster met putcorrosie wordt doorgesneden en de vorm, grootte en diepte van de holtes kunnen worden bepaald.

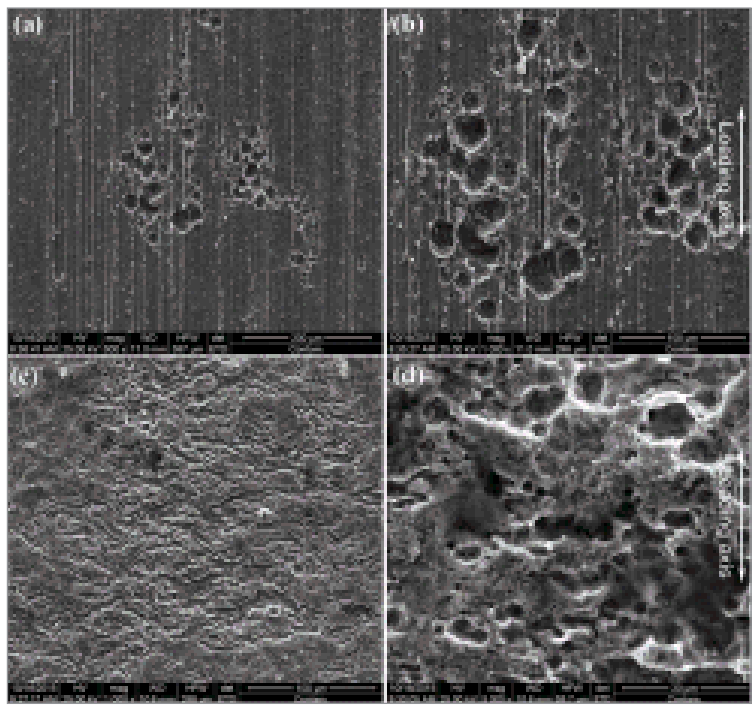


Figure 13.0 - Scanning electron microscope (SEM) morphologies of tensile specimens (a, b) 5 cm and (c, d) 25 cm away from the opening under a disbonded coating: Pitting damage is the dominant corrosion form for the tensile specimen 5 cm away from the opening (a, b); Some pits occur in clusters and coalesce with each other to form coalesced pitting (c, d).

Image courtesy of the Environmental Corrosion Center, Institute of Metal research

SAMENVATTING

Corrosie en roest zijn het gevolg van oxidatiereacties wat een natuurlijk proces is. Corrosie treft een breed scala aan objecten, terwijl roest alleen ijzer en zijn legeringen, zoals staal, treft. Gevoelige oppervlakken corroderen, tenzij ze continu worden beschermd. Wanneer omgevingen worden aangetast als gevolg van calamiteitgerelateerde verontreinigingen of blootstelling aan de elementen, kunnen de beschermingsmechanismen die de gevoelige metalen en elektronische oppervlakken beschermen, worden gecompromitteerd. Deze nieuw geïntroduceerde verontreinigingen kunnen zichtbaar en onschadelijk zijn of zich vermengen met reeds bestaand stof of afval en zeer corrosief zijn. Er moeten drie onmiddellijke acties worden ondernomen om gevolg schade te beperken.

1. De ionische samenstelling van verontreinigingen moet empirisch worden gekwantificeerd. Aangezien apparatuur die in verschillende delen van een faciliteit is opgesteld, niet uniform is verontreinigd, moet u een selectieplan opstellen op basis van items die het meest vatbaar zijn voor degradatie, in combinatie met analytische laboratoriumresultaten die gebieden met verhoogde corrosieve stoffen kunnen identificeren.
2. Houd de omgevingscondities onder controle. Verlaag de relatieve luchtvochtigheid tot onder de 40 procent.
3. Bescherm apparatuur met roestwerende oplossingen die geschikt zijn voor het verontreinigde oppervlak.

Na een calamiteit zijn er zones binnen een faciliteit die geen actie vereisen, terwijl andere onmiddellijke risicobeperkende maatregelen vereisen om de aantasting van gevoelige materialen door corrosieve stoffen (zowel omgevings- als calamiteitgerelateerd) te vertragen. Overweeg professionele experts in te schakelen die een wetenschappelijke benadering hanteren om te voorkomen dat onaangetaste items worden beschermd en om ervoor te zorgen dat voor de apparatuur geschikte herstelprocessen worden gebruikt om metalen oppervlakken en gevoelige elektronische modules veilig te herstellen.

REFERENTIES

- EIS analysis on stress corrosion initiation of pipeline steel under disbonded coating in near-neutral pH simulated soil electrolyte - 2016 Environmental Corrosion Center
- Corrosion and climatic effects in electronics - 2007 VTT publications 626
- Corrosion in electronics: overview of failures and countermeasures - 2014 Proceedings of EuroCorr
- Creep corrosion of electronic assemblies in harsh environments - DfR Solutions
- Corrosion hazards for electronic equipment - Camfil AB
- Latem Industries
- Best Technology
- WebCorr
- Disaster recovery planning, 4th edition - Joseph F. Gustin
- Circuit bridging of components by smoke, SAND96-2633 - Sandia National Laboratories
- Introduction to atmospheric corrosion mechanisms - 2018 Stuart Lyon, University of Manchester
- Marine atmospheric corrosion of carbon steel - 2017 Jenifer Alcantara, Daniel de la Fuente, Belen Chico, Joaquin Simancas, Manuel Morcillo - National Centre for Metallurgical research
- Fundamental aspects of atmospheric corrosion - Regional Air Pollution in Developing Countries project - KTH Royal Institute of Technology