

BIZ.VOM: corrosieonderzoek in de industrie en de academische wereld

EUROCORR 2020, het wereldcongres van European Federation of Corrosion, zou normaal gezien neerstrijken in SQUARE te Brussel van 6 t.e.m. 10 september. Echter omwille van Covid-19 is het fysieke congres geschrapt en vervangen door een virtueel congres.

Het thema was "Closing the gap between industry and academia in corrosion science and prediction". Omwille van het belang van dit thema, bracht VOM op 1 juli enkele experts uit de academische wereld en uit de industrie samen rond de virtuele tafel.

Er bestaan heel wat types corrosieverschijnselen en nog meer remediërende maatregelen. Om het gesprek richting te geven reikten we enkele stellingen aan, die tijdens het gesprek uitgediept werden met de aanwezige corrosie-experten, uit de wetenschappelijke en industriële wereld.

Wat is corrosie? Verstaat iedereen daar hetzelfde onder? En hoe zit het eigenlijk met die gap tussen de academische wereld en de industrie? Welke vormen van corrosie zijn er momenteel actueel? Hoe staat het met de ontwikkeling en de betrouwbaarheid van voorspellende modellen? En wat weten we al over corrosie van 3D-geprinte stukken? Er was voldoende stof tot discussie.

Laten we starten met de basis. Geef eens een duidelijke en bondige definitie van corrosie.

Herman Terry: "Er zijn drie voorwaarden voor corrosie: een potentiaalverschil tussen een anode en een kathode, een metalische geleider en een elektrolyt oplossing. Atomen neigen steeds naar hun meest stabiele thermodynamische toestand. Bij



Herman Terry, YUB-SURF

de meeste metalen, ijzer, aluminium, zink is dit de geïoniseerde of geoxideerde vorm. Daardoor treedt corrosie spontaan op. Als er één van de voorwaarden opgeheven wordt, kan er geen corrosie plaatsvinden. Corrosie remediering probeert één van deze drie voorwaarden weg te nemen. Coatings zorgen b.v. ervoor dat anode en kathode afgeschermd worden t.o.v. het elektrolyt. Zo wordt het elektrisch circuit onderbroken."

Gunnar Ackx: "Corrosie is een spontane degradatie van het materiaal ten gevolge van de interactie met de omgeving, die meestal ongewenst is."

Jens Conderaerts: "Anders dan bij degradatie door breuken of slijtage (b.v. door wrijving), wordt er bij corrosie geen energie toegevoegd. In tegendeel, de atomen keren spontaan naar een lager energetisch niveau."

Corrosie is niet altijd ongewenst. Elke batterij is namelijk een corrosie-systeem. Ook passivering is een gewenste vorm van corrosie, waarbij spontaan door elektrolyse een onoplosbare oxidelaag gevormd wordt. B.v. in het geval van anodisatie van aluminium, gebruikt men een anodische

reactie die vaak op oppervlakken wordt toegepast om verdere corrosie te vermijden.

Frans Vos: "In de meeste corrosie-systemen speelt zuurstof een rol, maar dat is zeker niet altijd het geval. In zuurstofarme of zuurstofloze omgevingen kan de rol van zuurstof perfect worden overgenomen door b.v. de waterstofreactie $2H^+ + 2e^- \leftrightarrow H_2$."



Frans Vos, Materials Consult

Hoe groot is eigenlijk de "gap" tussen industriële en wetenschappelijke wereld in het onderzoek en de voorspelling van corrosie? Wie stuurt wetenschappelijk onderzoek aan? Welk aandeel heeft de praktijkervaring van de industrie hierin? Zijn er sectorale verschillen te constateren in de aanpak van het onderzoek?

Vooraf grote bedrijven met noemenswaardige R&D activiteiten zijn intensief betrokken bij corrosie-onderzoek. Zij hebben vaak zeer specifieke thema's of problematieken waar ze oplossingen voor zoeken, die de state-of-the-art nog niet biedt. Bij kleinere ondernemingen ontbreekt het vaak aan de onderzoekscapaciteit en de

focus om proactief op corrosie te werken. De kennis die bij onderzoekinstellingen beschikbaar is, is voor hen niet altijd even toegankelijk en relevant.

Jens Conderaerts: "BIL (Belgisch Instituut voor Lastechnieken) tracht de kennis en het onderzoek zo concreet mogelijk af te stemmen op de noden van de bedrijven. De uitdaging is vaak dat toegepast onderzoek dikwijls nog niet toegepast genoeg is, omdat elk bedrijf zijn eigenheid heeft naar vorm, gebruikte materialen en de omgeving waarin het product wordt blootgesteld."



Jens Conderaerts, BIL

Herman Terryn: "Corrosie heeft een negatieve connotatie. Daardoor bekijken veel bedrijven het pas als ze ermee geconfronteerd worden. Er worden zaken ontwikkeld om bepaalde eigenschappen te bekomen. Corrosie wordt zelden als een essentieel aspect in de ontwikkelingsfase meegenomen. In de industrie wordt eerder fout oplossend gewerkt, terwijl er in de academische wereld meer georganiseerd onderzoek wordt gevoerd naar corrosiepreventie. Ook onder druk van ecologische aspecten, wordt er veel nieuw onderzoek geïnitieerd. Denk maar aan heel het chroom6 discours."

Frans Vos: "In de ontwikkelingsfase zou inderdaad al veel corrosie kunnen worden vermeden. In die zin zou ook de materiaalselectie an sich als een deel van de ontwikkelingsfase moeten worden aanzien. Nog al te veel wordt er bij de ontwikkeling van nieuwe onderdelen en installaties gewerkt met bepaalde materialen 'omdat men het zo gewoon is', zonder het materiaal in vraag te stellen. Maar eigenlijk zou de materiaalselectie een integraal deel van

de ontwikkeling moeten zijn. Het materiaal moet immers gaan functioneren in een groter 'systeem', waarbij niet alleen met de nominale productieparameters moet worden rekening gehouden, maar bijvoorbeeld ook met transiënten zoals starten, stoppen, tijdelijke overshoot in temperatuur, onderhoud enz. 'Materiaalselectie' betekent daarbij niet noodzakelijk dat de uitkomst één welbepaald materiaal moet zijn. Het al dan niet gebruik maken van bijvoorbeeld coatings, passivering of andere corrosiebeschermingstechnieken zit daar mee in vervat."

Christine Buelens: "METALogic ondervindt een groot verschil tussen de procesindustrie en de technologische industrie. De procesindustrie heeft leren leven met corrosie en is meestal vrij goed op de hoogte van welke degradatie er plaatsvindt in hun installaties. Zij houden zich op de hoogte van nieuwe ontwikkelingen en inspectietechnieken. In de technologische industrie zal men vaak bescherming zoeken van de gefabriceerde onderdelen, o.a. door het gebruik van coatings."

"Meer en meer worden in de industrie permanente monitoringsystemen ingebouwd om de integriteit van de installaties te bewaken. Ook wordt er vaak geïnvesteerd in een goed Risk-Based Inspectiesysteem om de integriteit onder controle te houden. Mits een onderbouwde risicoanalyse kunnen de inspectieplannen van installaties optimaal aangepast worden. Voor coatings wordt typisch visuele inspectie aangeboden, eventueel gekoppeld aan EIS (Elektrochemische Impedantie Spectroscopie) metingen."

Gunnar Ackx: "Voor eigenaars en uitbaters van corrosiegevoelige installaties moet het duidelijk zijn wat de implicaties kunnen zijn. Een risicoanalyse moet praktijkgericht en relevant zijn. SCICON voorziet daarom een vragenlijst die de klant invult. Dat geeft meteen inzicht in de potentiële risico's en kosten. Er kunnen dan heel gericht preventieve maatregelen genomen worden, zoals de juiste plaatsing van beschermende coatings."

Frans Vos: "Inspecties op zich en de input van de inspectieresultaten in risk assessments zijn uiteraard zeer belangrijk om over de integriteit van installaties en hun onderdelen te waken. Ik stel echter regel-

matig vast dat klanten onvoldoende zijn geïnformeerd over de beperkingen die eender welke inspectietechniek met zich meebrengt. Zo worden er in veel situaties slechts een zeer beperkt aantal inspecties uitgevoerd in verhouding tot bijvoorbeeld de laslengte of de gecoate oppervlakte, waarbij in veel gevallen de meest risicovolle plaatsen dan nog het moeilijkst voor inspectie bereikbaar zijn, zoals b.v. spleten, de binnenzijde van leidingen enz. Bovendien heeft elke inspectietechniek een beperkte resolutie. Het ergste vind ik dan nog dat er soms wordt gebruik gemaakt van technieken die op zich en naar mijn mening niet wetenschappelijk verantwoord zijn. Wat betreft dit laatste denk ik bijvoorbeeld aan manuele hechtingstesten van coatings, waar het resultaat in vele gevallen mee wordt bepaald door de kracht en snelheid waarmee de inspecteur de test uitvoert. Het is uiteraard belangrijk inspecties en testen uit te voeren, maar de bewustwording aangaande de aan iedere techniek verbonden beperkingen kan naar mijn mening toch wel beter."

De ondernemers en wetenschappers zijn het alleszins eens dat steeds meer onderzoek en kennis haar weg vindt naar de industrie. De groeiende vraag naar nieuwe oplossingen is sterk kost-gedreven. Meer globale concurrentie en dwingende ecologische richtlijnen drijven innovatie op het vlak van corrosiepreventie. Daardoor is er een trend naar meer kennisopbouw in de industrie en een proactief asset en risk management.

Wat zijn de meest actuele corrosievormen? Corrosie onder isolatie CUI? Microbiologisch geïnduceerde corrosie MIC? Kan men een ranking maken van veel voorkomende types corrosie? Is reeds voldoende kennis beschikbaar om preventieve maatregelen te formuleren en om de gevolgschade te beperken.

Een uitgesproken trend met meer aandacht voor specifieke vormen van corrosie is er niet. Het hangt er maar vanaf in welk onderzoeksdomein of welk toepassingsgebied je precies actief bent.

Herman Terryn vergelijkt het met de geneeskunde: "Een huisarts komt met zeer diverse aandoeningen in aanraking en stelt een algemene diagnose. Een specialist richt

zich enkel op zijn afgebakende vakgebied en kan daar diepgaander onderzoek in voeren. Waterstofbroosheid (Hydrogen embrittlement) is zo bijvoorbeeld een hot topic, specifiek bij kathodische bescherming van off-shore fundamente. Het hangt er maar vanaf in welke sector je actief bent.”

Jens Conderaerts: “De gecorrodeerde stukken die BIL in handen krijgt om onderzoek op uit te voeren, zijn vaak net die stukken waarvan men de corrosie niet (zo snel) verwachtte. Gecorrodeerde verbindingen van roestvast staal bijvoorbeeld. Het illustreert goed dat de voor- en de nabehandeling van een constructie zeker zo belangrijk zijn, dan het type materiaal dat gebruikt wordt.”

Gunnar Ackx: “Atmosferische corrosie is zonder twijfel de meest voorkomende vorm. We bouwen nog steeds hoofdzakelijk met staal en beton. Al die constructies en wapeningen corroderen vroeg of laat. Deze vorm van corrosie is goed gekend, maar wordt vaak onderschat. CUI en MIC worden meer en meer erkend. MIC is vaak moeilijker bereikbaar voor inspectie. Ook galvanische corrosie wordt nog steeds onderschat. We zien in-the-field vaak verbindingen van verschillende materialen die daar eigenlijk niet voor geschikt zijn.”



Gunnar Ackx, Scicon Worldwide

Erik Thomas sluit zich hierbij aan: “Galvanische corrosie is eigenlijk een eenvoudig principe: het gevolg van het elektrisch verbinden van edele metalen met minder edele metalen. Dit is inderdaad nog steeds onvoldoende gekend. Wat CUI betreft, voeg ik er graag aan toe dat, ondanks het

feit dat dit goed gekend is, er nog steeds geen ideale inspectietechniek beschikbaar is om CUI te testen. Op laboschaal zijn er dan weer tal van uitdagingen om CUI goed te simuleren. Daarom werken METALogic en een aantal andere bedrijven aan een testopstelling om op een gestandaardiseerde manier CUI te testen. Hieruit blijkt nogmaals de interesse voor CUI, niet alleen bij coatingfabrikanten maar ook bij producenten van isolatiematerialen.”

Frans Vos: “Welke corrosievormen het meest voorkomen, lijkt me zeker een interessante studie op zich. Er moet daarbij dan echter wel zorgvuldig worden omgegaan met de term ‘corrosievorm’. Wat is een ‘corrosievorm’? Zo schuilt achter het woord ‘spanningscorrosie’ bijvoorbeeld een welbepaald propagatiemechanisme. Wat betreft MIC en CUI gaat die vlieger echter niet op. ‘CUI’ is bijvoorbeeld een verzamelnaam voor alle corrosie die kan optreden omwille van de blootstelling van een installatie aan vochtige isolatie, maar dit kan zich uiten in diverse vormen; spanningscorrosie is daarbij slechts één van de vele mogelijkheden. In die zin kan spanningscorrosie dus ook CUI zijn, maar lang niet alle spanningscorrosie kan als CUI worden gecatalogeerd.”

Lukt het ondanks oppervlaktebehandelingen niet om corrosie te voorkomen, dan zou het voorspellen ervan – weten waar en wanneer het optreedt – uitkomst kunnen bieden. Hoe wordt zo een voorspellend model initieel gevoed? Van waar komt de data zodat corrosiepredictie juist ingeschat wordt?

Van voorspellende modellen wordt in alle disciplines veel verwacht. De vergelijking met de geneeskunde wordt opnieuw gemaakt. Denk bijvoorbeeld ook aan de weersvoorspellingen. Het is altijd moeilijk om betrouwbare modellen te ontwikkelen. De hoeveelheid, kwaliteit en relevantie van de inputdata is inderdaad nog een kritisch punt. Er zijn vaak enorm veel externe invloeden en die zijn erg moeilijk in kaart te brengen.

Gunnar Ackx: “Er is in concrete toepassingen meestal geen goede data beschikbaar om corrosie te modelleren en te voorspellen. We hebben wel veel ervaring en gebruiken die om onze klanten te ad-

viseren inzake kwaliteitsbeheersing. Het is een minder wetenschappelijke benadering, maar erg praktisch en doelgericht. Kennis van de materialen en ervaringen opgedaan in vroegere projecten bundelen we in toepasselijke richtlijnen, die een goede houvast zijn voor de te verwachten corrosie op de lange termijn.”

Herman Terryn: “Versnelde corrosietesten geven een indicatie van de snelheid waarmee constructies corroderen, maar ze bieden niet meteen een antwoord op de vraag waarom bepaalde metalen en hun coatings al dan niet sneller corroderen. Daarom is er een sterke vraag van bijna alle bedrijven naar een meer inzichtelijke predictie. VUB is betrokken in drie Europese en Vlaamse projecten op dit vlak. Deze behandelen de predictie van atmosferische corrosie op blote substraten (ThinCorr), het transportgedrag van coatings als interface tussen het metaal en de omgeving (Experimental validation of Dynamic Electrolyte Film Model) en de toepassing van AI (Artificiële Intelligentie) en ML (Machine Learning) in de optimalisatie van voorspellende modellen (IOT Atmospheric Corrosion Monitoring).”

Erik Thomas: “Versnelde corrosietesten zeggen iets over de performantie van een coatingsysteem onder gestandaardiseerde condities. Wanneer er een goede link is tussen een bepaalde test en de werkelijke levensduur, kunnen deze testen zeker helpen bij het ontwikkelen van nieuwe coatings. Om een antwoord te krijgen op de vraag waarom een bepaald coatingsysteem beter presteert dan een ander, helpt een techniek zoals EIS. Hiermee kan men niet alleen de barrière-eigenschappen, maar ook de water en ionendoorlaatbaarheid van de coating analyseren. Deze techniek wordt veelvuldig gebruikt bij het ontwikkelen van nieuwe coatings, vaak in combinatie met versnelde corrosietesten. Ook voor het opvolgen van coatings in situ wordt de techniek gebruikt. Zo kan vroegtijdig degradatie van een coating opgespoord worden, nog voor visuele tekenen van degradatie zichtbaar zijn.”

Frans Vos: “Veel wetenschappelijke instituten trachten betrouwbare modellen voor corrosie-initiatie en/of -propagatie op te stellen. Gezien het risico op en de snelheid van corrosie echter afhankelijk is van vele parameters (corrosie is immers een systeemeigenschap, geen materiaaleigen-

schap) en het tot op heden zeer moeilijk is om de variatie van alle relevante parameters in de modellering te betrekken, zijn de meeste modellen dermate aan randvoorwaarden gebonden dat zij veelal de industriële werkelijkheid niet op voldoende betrouwbare wijze benaderen. Er is ter zake zeker een gunstige evolutie waarneembaar, ook mee gedragen door de empirische data die veel meer en beter dan vroeger via RBI-systemen worden verzameld door de grotere bedrijven, maar er lijkt me nog een lange weg te gaan naar beter aan de industriële praktijk gevalideerde modellen."

De opkomst van 3D-metaalprinting gaat gigantisch snel. Is dit de nieuwe uitdaging van corrosie-onderzoek? Wat met het corrosiegedrag van deze geprinte stukken uit rvs, alu en titaan? Welke aanbevelingen zou u hier geven?

Het corrosiegedrag van 3D-geprinte stukken is inderdaad nog een openliggend onderzoeksterrein. Het meeste onderzoek m.b.t. deze technologie is gericht op de mechanische specificaties van de stukken. Het leidt echter geen twijfel dat de oppervlakten van 3D-geprinte stukken verschillend zijn. Net als de warmtecyclus. Wellicht zijn er andere voor- en nabehandelingen nodig.

Herman Terryn: "Elk geprint metaal vormt een individuele metafysische structuur, met unieke eigenschappen. Op dit moment negeren veel fabrikanten het corrosieprobleem nog. Men ontwikkelt in functie van de belangrijkste functionele vereisten en het corrosievraagstuk wordt vooruit geschoven tot het zich effectief stelt. Niet enkel de corrosie-eigenschappen maar ook het anodisatiegedrag van titaan en alu geprinte stukken stelt ons nog voor vele uitdagingen. VUB beoogt verschillende onderzoeksprojecten in dit domein."

Jens Conderaerts: "Door een ruwer oppervlak, en door interne spanningen, kunnen de 3D geprinte onderdelen meer gevoelig zijn aan bepaalde corrosievormen, b.v. putcorrosie of spanningcorrosie."

Erik Thomas: "Corrosiebeschouwingen moeten reeds betrokken worden bij het design. Dat geldt voor 3D-geprinte stukken evenzeer als voor andere constructies."



Erik Thomas, Metalogic

Tenslotte vroegen we onze panelleden nog enkele waardevolle tips vanuit hun werkterrein om corrosie te vermijden.

Herman Terryn: "Kijk naar de essentiële voorwaarden, die nodig zijn om corrosie te hebben. Alle voorkomende systemen ter preventie van corrosie zijn erop voorzien om één van de mogelijkheden hoger vermeld te blokkeren. Denk hieraan bij het ontwerp van je constructies."

Christine Buelens: "Breng potentiële corrosiemechanismen goed in kaart om het risico op falen zo goed mogelijk in te schatten. Gebruik daarna de juiste inspectietechnieken voor de juiste degradatiemechanismen. We adviseren onze klanten om bij het ontwerp al een screening uit te voeren naar het juiste materiaal en de meest geschikte inspectietechnieken. Ideaal is om een RBI programma op te starten bij een nieuwbouw."

Jens Conderaerts: "Vertrouw niet blindelings in een bepaald type materiaal. Roestvast staal is geen magische oplossing. Het heeft zeker goede eigenschappen maar kan ook falen. Vraag dus steeds advies aan een corrosiespecialist."



Christine Buelens, Metalogic

Gunnar Ackx: "If you fail to prepare, prepare to fail. M.b.t. beschermende coatings betekent dit dat je het oppervlak maar beter goed voorbehandelt, alvorens de coating aan te brengen. Dat voorkomt een heleboel kopzorgen en kosten achteraf."

Frans Vos: "Denk bij de woorden 'corrosie' en 'corrosiepreventie' steeds binnen het 'systeem' waarin corrosie actief is en/of moet worden voorkomen. Het ene materiaal (metaal, maar ook b.v. een coating) is misschien wel geschikt voor het ene milieu, maar niet voor een ander milieu. Niet alle materialen zijn geschikt voor hoge-temperatuur-applicaties in bijvoorbeeld fornuizen. En zorg er voor om in het 'systeemdinken' ook alle transiënten te beschouwen. Zo wordt condensvorming bij stoppen van een hoge-temperatuur-installatie vaak uit het oog verloren. En niet te vergeten: ook onderhoud is een transiënt. Het zou niet de eerste keer zijn dat de chlorides in bleekwater het eigenlijke probleem zijn."

Naast de gebruikte coatings zelf, is ook de oppervlaktebehandeling dus absoluut essentieel voor corrosiepreventie. Naar atmosferische corrosie van staal is er een handige praktijkgids uitgegeven door VOM, Infosteel en ZinkInfo Benelux. Die beveelt verschillende coatingsystemen aan, als functie van de klimaatklasse waarin het zal gebruikt worden. Verder vindt men goede praktijken en tips voor coaten van staal en aluminium terug in de specificaties van kwaliteitslabels Qualisteelcoat en Quali-coat.

Dank aan de corrosie-experten voor hun deelname en reflecties.

- Herman Terryn, Vakgroepsvoorzitter Materialen en Chemie, VUB en verbonden aan TUDelft als Cluster Leider Durability of Surfaces M2i tot 2018 in Nederland
- Jens Conderaerts, Project Manager Corrosie, Belgisch Instituut voor Lastechniek VZW
- Gunnar Ackx, Managing Director, SCI-CON Worldwide BVBA
- Christine Buelens, CEO, METALogic, member of TÜV AUSTRIA Group
- Erik Thomas, Manager Materials Investigation, METALogic, member of TÜV AUSTRIA Group
- Frans Vos, Zaakvoerder Materials Consult, Gastdocent KUL en Honorary Treasurer Federation of European Materials Societies