

GALVANISCHE CORROSIE BIJ MULTIMATERIAALVERBINDINGEN

INTRODUCTIE EN OPROEP TOT DEELNAME ONDERZOEK

Multimateriaalverbindingen kennen een steile opmars binnen diverse sectoren. Bij combinaties van verschillende geleidende materialen ontstaat het risico op galvanische corrosie. Als twee verschillende materialen in contact zijn met elkaar, zal het minst edele materiaal versneld aangetast worden in een agressieve omgeving, de versnellingsfactor kan snel 10 of 100 bedragen. Het spreekt voor zich dat dergelijke situaties te vermijden zijn. Daarvoor is echter nog bijkomend onderzoek nodig. Aan de hand van enkele cases wil het Belgisch Instituut voor Lastechniek daarom op zoek naar geschikte oplossingen.

Jens Conderaerts, project manager corrosie bij Belgisch Instituut voor Lastechniek

MULTIMATERIAALVERBINDINGEN

Multimateriaalverbindingen zijn verbindingen waarbij verschillende materialen met elkaar gecombineerd worden. Ze kennen een steile opgang binnen diverse sectoren. In de transportsector, met de trend naar lichtgewicht ontwerpen, zijn multimateriaalverbindingen nodig om lichtgewicht materialen zoals aluminium en composieten te verbinden met 'zwaardere' en stijvere materialen als staal of roestvast staal (rvs). Ook in sectoren voor verwarming en koeling en in batterijen worden meer en meer multimateriaalverbindingen gebruikt, in het bijzonder de combinatie aluminium en koper. Daarnaast worden multimateriaalverbindingen ingezet vanwege de interessante functionaliteit van de twee afzonderlijke materialen (bv. de combinatie staal met rvs).

Toekomst

Het verbinden van verschillende materialen wordt in de meest recente *Joining Strategic Research Agenda* van het Joining Sub-Platform van de Europese Commissie als een van de hoofduitdagingen beschouwd in sectoren als auto, hernieuwbare energie, offshore windturbines, luchtvaart, treinen en civiele constructie.

GALVANISCHE CORROSIE

De introductie van deze multimateriaalverbindingen in de markt is inmiddels reeds achter de rug. Omdat deze verbindingen echter worden gebruikt in diverse omgevingen, zoals in vloeistoffen of in de atmosfeer, bestaat er risico op corrosie. Bij combinaties van verschillende geleidende materialen ontstaat in deze

situatie een bijkomend risico op *galvanische corrosie*.

Als twee verschillende materialen in contact zijn met elkaar, zal het minst edele materiaal versneld aangetast worden in een agressieve omgeving, de versnellingsfactor kan snel 10 of 100 bedragen. Op de afbeelding hier naast ziet men een versnelde aantasting van het aluminium dat verbonden is met het koper.

Wanneer treedt galvanische corrosie op?

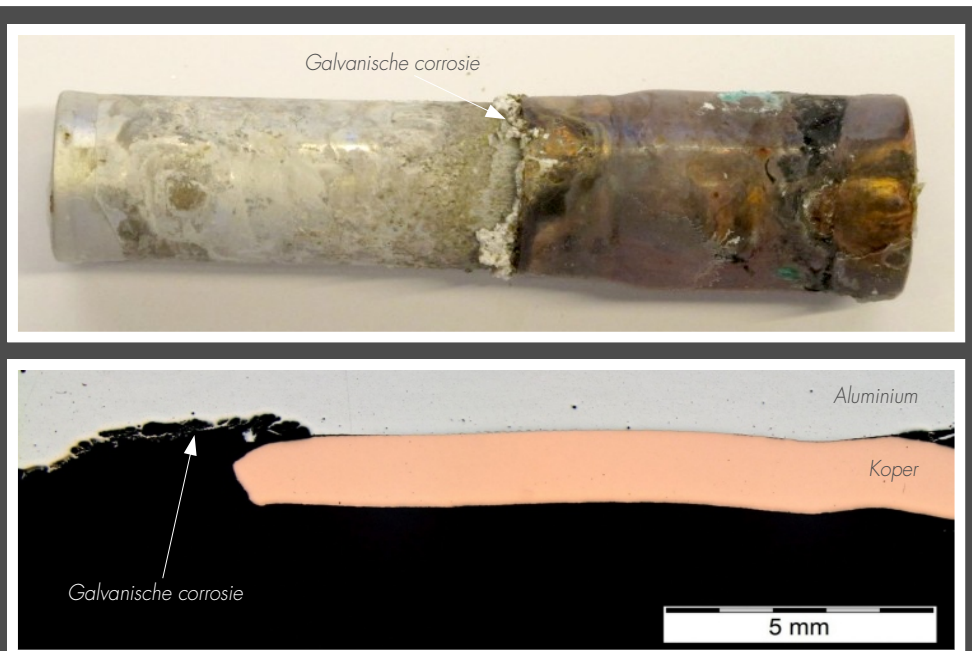
Galvanische corrosie kan zich voordoen als aan enkele factoren is voldaan. Zo moet er een voldoende potentiaalverschil zitten in de galvanische reeks, moeten de materialen elektrisch met elkaar verbonden zijn en moeten de materialen in contact zijn met dezelfde elektrolyt. Het risico op galvanische corrosie blijft afhankelijk van diverse factoren zoals de materiaalkeuze van de te combineren materialen, het ontwerp en de omgeving. De aantasting kan afhankelijk van deze factoren tot een factor 100 sneller verlopen dan in de situatie waarin het materiaal niet gekoppeld is aan een ander materiaal.

OPROEP TOT DEELNAME ONDERZOEK

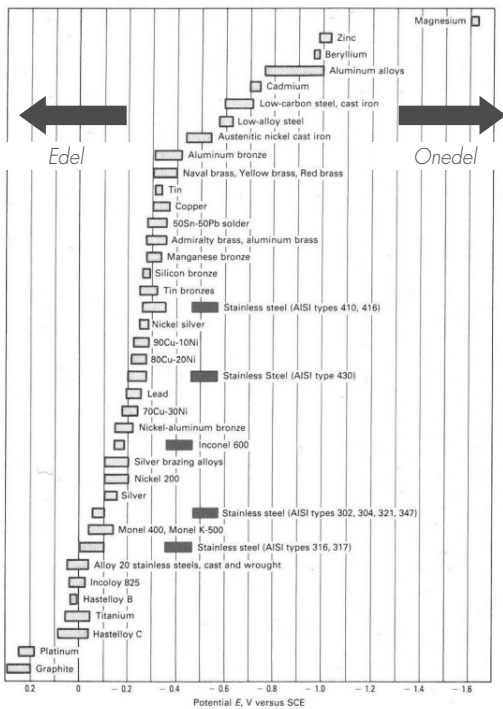
Het Belgisch Instituut voor Lastechniek start daarom een toegepast collectief onderzoek op te starten over galvanische corrosie, specifiek bij multimateriaalverbindingen. Aan de hand van zeer toepassingsgerichte cases zullen geschikte oplossingen onderzocht worden.

Enkele voorbeelden:

- boutverbindingen;
- contact van staal en aluminium voor lichtgewichttoepassingen (bv. transport);
- zwart-witverbindingen (staal met roestvast staal);
- contact van metalen met composieten voor lichtgewichttoepassingen (bv. transport);
- contact van koper en aluminium in batterijen of warmtewisselaars.



Galvanische corrosie door contact van aluminium met koper na 6 weken zoutneveltest
Boven: macroscopisch beeld – **Onder:** microscopisch beeld



Tabel Corrosion potentials of various metals and alloys in flowing seawater at 10 to 25 °C (50 to 80 °F). Flow rate was 2.5 to 4 m/s (8 to 13 ft/s); alloys are listed in order of the potential vs. a saturated calomel electrode (SCE) that they exhibited. Those metals and alloys indicated by a black bar may become active and exhibit a potential near -0.5 V (SCE) in low-velocity or poorly aerated water and in shielded areas.

Zelf een concrete case in gedachten? De onderzoeksvragen kunnen omvatten:

- Bestaat het risico op galvanische corrosie in mijn toepassing?
- Welk effect heeft galvanische corrosie op de levensduur van installaties?
- Welke codes van goede praktijk bestaan reeds om galvanische corrosie te vermijden voor mijn toepassing?
- Welke technieken zijn voor mijn toepassing beschikbaar om galvanische corrosie te vermijden?
- Welke techniek is meest geschikt voor de levensduur van de component?

De voorziene startdatum van het project is 1 mei 2019. Het B.I.L. is op zoek naar bedrijven die willen participeren in dit project. Bij interesse kan men rechtstreeks contact opnemen via jens.conderaerts@bil-ibs.be of zich registreren als geïnteresseerde via het invulformulier op de website van het B.I.L.: www.bil-ibs.be/onderzoeksproject/toegepast-collectief-onderzoek-over-galvanische-corrosie. □

Bronnen

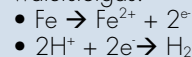
- [1] Strategic Research Agenda for Joining, Joining Platform van de Europese Commissie.
- [2] ASM Specialty Handbook Stainless Steel, ASM International, 1994.
- [3] Corrosion Engineering Guide, Giel Notten, KCI Publishing, 2008.



Oppervlakte-effecten bij galvanische corrosie: twee platen worden gebout. Door een kleine onedele bout (staal) in combinatie met een groot edel oppervlak zal de onderste situatie veel sneller tot een falen leiden dan de bovenste

WAAROM IS HET KOPPELEN VAN MATERIALEN GEVAARLIJK?

Materialen kunnen opgedeeld worden in edele en onedele materialen aan de hand van hun corrosiepotentiaal. Deze kan bepaald worden aan de hand van een meting ten opzichte van een referentie-elektrode, bv. een zilver/zilverchloride-elektrode of de calomel electrode (SCE). In de tabel wordt een oplistings gegeven van de corrosiepotentiaal van verschillende materialen in stromend zeewater. Dit wordt een galvanische reeks genoemd. links in de tabel staan de meest edele materialen en rechts de meest onedele. Indien twee materialen uit de reeks gekoppeld worden, zal het meest onedele materiaal in de koppeling zichzelf opofferen ter bescherming van het andere materiaal. Des te groter het potentiaalverschil tussen beide materialen, des te groter het risico op galvanische corrosie. De galvanische reeks geeft echter geen uitsluitsel over het echte gevaar van galvanische corrosie. De reden waarom galvanische corrosie een reëel gevaar vormt voor de integriteit van een structuur, kan het best uitgelegd worden aan de hand van polarisatiecurves. Het is belangrijk om te weten dat bij een corrosiereactie altijd een oplosreactie gebeurt en een reductiereactie. Bijvoorbeeld ijzer lost op in een zuur en tegelijk wordt waterstof gereduceerd tot waterstofgas:



Beide halfreacties hebben een bepaalde evenwichtspotentiaal (E_{eq}). Als een potentiaal wordt aangelegd aan het ijzer die hoger is dan deze E_{eq} , zal ijzer verder in oplossing gaan en zal een elektrische stroom vloeien. Een gelijkaardige redenering geldt voor waterstof, maar dan voor potentialen die meer negatief zijn. Vanwege de ladingsneutraliteit moet de corrosiepotentiaal E_{corr} gezocht worden op het punt waar de rode curve de bijhorende oranje curve snijdt,

waar beide reacties even snel verlopen en de ladingsneutraliteit gegarandeerd is. In ongekoppelde toestand zou het ijzer dus corroderen aan een snelheid die evenredig is aan de stroomdichtheid $i_{corr, Fe}$ [A/cm^2] en het zink aan een snelheid evenredig aan $i_{corr, Zn}$. Als deze twee materialen gekoppeld zijn, moeten de individuele curves bij elkaar geteld worden. Dan bekomt men de parse curves. Opnieuw wordt gezocht naar het punt van ladingsneutraliteit, wat opnieuw het snijpunt is van de twee parse curves. Op die manier bekomt men de corrosiepotentiaal van het koppel $E_{corr, Zn+Fe}$ en de stroomdichtheid van het koppel $i_{corr, Zn+Fe}$. Merk op dat de stroomdichtheid op logaritmische schaal getekend is ($\log i$). De stroomdichtheid van het koppel is hoger dan de individuele stroomdichtheden. Omdat de corrosiepotentiaal van het koppel onder de evenwichtspotentiaal van het ijzer ligt, is het ijzer beschermd en zal enkel het zink corroderen. Vanwege de logaritmische schaal kan de stroomdichtheid van het koppel veel hoger zijn dan in de ongekoppelde toestand. Als gevolg kan de corrosiesnelheid van het zink in het koppel snel een factor 100 hoger zijn dan de individuele corrosiesnelheid. Ten slotte spelen ook oppervlakte-effecten een rol. Een klein onedel oppervlak dat verbonden is met een groot edel oppervlak, zal veel sneller corroderen dan de omgekeerde situatie. Immers moeten beide halfreacties in evenwicht zijn. In onderstaande afbeelding wordt het voorbeeld gegeven van een messing (koper-zinklegering)-bout die twee stalen platen verbindt of een stalen bout die twee messingplaten verbindt. In het laatste geval zal alle corrosie zich concentreren op een klein oppervlak en zal de stalen bout veel sneller falen dan in de andere situatie. Bijgevolg zijn er verschillende redenen waarom het koppelen van materialen en bijgevolg galvanische corrosie lokaal een corrosief effect kan hebben.

