

## Falen of Presteren - Omgaan met het proces Corrosie

*Ing. Erik Schuring, ECN*

*De Studiekern Corrosie en de VeMet-Contactgroep Fractografie van de Bond voor Materialenkennis (BvM) organiseerden op woensdag 12 maart een gezamenlijke bijeenkomst bij Stork FDO in Amsterdam. De bijeenkomst had als thema 'Falen of Presteren' en als ondertitel 'Omgaan met het proces Corrosie'.*

*Deze bijeenkomst was de tweede met dit thema. In maart 2007 was er een gezamenlijke bijeenkomst van de Vereniging Warmtebehandelings Technieken (VWT) en de Contactgroep Fractografie.*

De bijeenkomst was met circa 60 deelnemers zeer succesvol en werd gekenmerkt door veel open discussies en vragen. De presentaties waren gericht op praktische toepassingen en problemen, wat de aanwezigen zeer aansprak. Tijdens de pauzes was ruim de tijd voor het leggen van contacten, waarvan veelvuldig gebruik is gemaakt. Daarmee is het doel van deze gezamenlijke bijeenkomsten, het bij elkaar brengen van vakdeskundigen en probleemeigenaren, bereikt.



*Sfeerimpressie tijdens de bijeenkomst*

### **Spanningcorrosie**

Secretaris van de VeMet Erik Schuring (ECN) opende de bijeenkomst namens de voorzitter van de BvM A. Dortmans die door ziekte verhinderd was. In deze opening werd het belang van begrip over het proces corrosie en de bestrijding daarvan benadrukt. Vervolgens presenteerde M. Groote Schaarsbergen van Stork FDO een onderzoek naar spanningcorrosie in een 17.4PH (roestvast)staal. Dit materiaal was om zijn sterkte en corrosiebestendigheid gekozen voor de behuizing van een weegsensor. Omdat het 17.4PH in de hoogste sterkte kwaliteit was ingezet, traden spanningcorrosiescheuren op in het milieu waarin het product werd ingezet. Het milieu was een agrarische toepassing, wat agressieve condities met hoge concentraties aan chloor, nitraat en ammoniak waarborgt. Ondanks dat het product na 3 jaar nog een glanzende uitstraling had, waren er kleine corrosieputten aanwezig van waaruit interkristallijne scheurvorming kon initiëren. Deze scheurmorfologie is onder andere karakteristiek voor spanningcorrosie in dit soort materialen. Dit gaf bij veel sensoren aanleiding tot vroegtijdig falen, binnen 3 jaar. Vanuit de toehoorders kwam nog de opmerking dat ook waterstof waarschijnlijk een belangrijke rol heeft gespeeld. Dit werd door

Groote Schaarsbergen bevestigd. Als oplossing voor het probleem was voorgesteld een 17.4PH-variant met een lagere sterkte toe te passen. Dit leverde bij de fabrikant grote problemen op met betrekking tot herontwerp. Uiteindelijk heeft men gekozen voor een uitvoering in koolstofstaal met een corrosiewerende coating. Dit voorbeeld geeft wel aan dat het kiezen van een roestvaststaal om esthetische redenen tot grote schades kan leiden.



*M. Groote Schaarsbergen van Stork FDO deed onderzoek naar spanningcorrosie*

### **Chloridespanningscorrosie**

Dat de keuze van roestvaststaal niet altijd de beste keuze is in agressieve milieus, blijkt uit het voorbeeld van het falen van een AISI304 bout in een touw geleidingswiel ten gevolge van Chloride spanningscorrosie (Cl-SCC), zoals J. Haarman van CorroVision vertelde. In het verleden werden hier standaard C-stalen bouten toegepast, zonder problemen, maar waarschijnlijk heeft men vanwege de corrosieve omgeving, 35-60°C, relatieve vochtigheid van nabij 100% en de aanwezigheid van chloriden, gedacht met AISI304 een betere keuze te doen. Deze foute keuze heeft tot een ongeval met letsel geleid. Haarman gaf daarbij verder aan dat vooral de kennis van het proces corrosie vaak te kort schiet. Bij corrosie is het de combinatie van milieu, materiaal en gebruikscondities, die bepalen of corrosie en probleem kan zijn.

Na een bespreking van de verschillende corrosiemechanismen, ging Haarman vervolgens in op verschillende aspecten van stilstandscorrosie in combinatie met Cl-SCC. Door stilstand kan onder andere een indikking van het waterige milieu optreden doordat water verdampt. Hierdoor kunnen neerslagen ontstaan en neemt de concentratie van agressieve stoffen, zoals chloriden, toe. Onder de neerslag ontstaan corrosieve condities die tot putvormige corrosie kunnen leiden. In de aanwezigheid van spanningen en chloriden, kan dan spanningscorrosie een kans krijgen. In haar voorbeelden betrof het vooral gewoon leidingwater. Zoals bijvoorbeeld een drinkwaterleiding van AISI316L. Deze was in een constructie aangebracht, netjes volgens de regels gebeitst, gepassiveerd, schoongespoeld, gedesinfecteerd enzovoort. Vervolgens is de leiding afgeblind omdat deze nog niet in bedrijf genomen kon worden. In de leiding is water blijven staan. Na één jaar blijkt de leiding te lekken. Uit onderzoek is gebleken dat het chloridegehalte gestegen moet zijn van 96 ppm naar 130 ppm. De pH was licht gedaald (verzuring) van 7,8 en de 7,6 bij een temperatuur tussen de 20-40°C. Door het afwezig zijn van een afschot van de leiding en slecht uitgevoerd laswerk, waren spleten aanwezig, waardoor de chlorideconcentraties wellicht lokaal nog hoger waren, en wat uiteindelijk tot Cl-SCC heeft geleid. Ook uit een voorbeeld van een AISI316L koelwater leiding blijkt dat een Cl gehalte van 95 ppm in het water, onder stilstandscondities, met stromingssnelheden onder de 5 m/s, tot chloride geïnduceerde corrosie kan leiden. Vaak in

combinatie met de aanwezigheid van spleten door bijvoorbeeld slecht laswerk. Aan de hand van een lekkage in een AISI316 platenwarmtewisselaar, wordt nog eens duidelijk dat door onvoldoende reinigen neerslagen (deposiet) kunnen ontstaan, waaronder een toename van de chloride concentratie plaatsvindt. Na 9 maanden trad er lekkage op.



*J. Haarman (CorroVision) besprak diverse corrosievormen en verdiepte zich vervolgens in stilstaande vloeistof*

### **Toelaatbare chloridegehalten**

Vanuit de toehoorders kwam de vraag welk chloridegehalte dan nog wel toegestaan worden. Daarover is veel verschil van mening. Sommigen deskundigen zeggen 50 ppm Cl, anderen 100 ppm Cl. Alles hangt zeer sterk van de rest van de condities af. Als indikking plaats kan vinden, zoals bij stilstand van installaties, kan 2 ppm Cl in het water al te veel zijn, omdat lokaal de concentraties tot een veelvoud kunnen oplopen. J. Haarman geeft daarom tot besluit 6 preventieve maatregelen die genomen kunnen worden:

- Waterflow voldoende hoog, boven 1 m/s maar niet te hoog onder 5 m/s, dit om voor voldoende verversing te zorgen, de oxidehuid niet te beschadigend door erosie;
- Voorkom vervuiling van het oppervlak, ook bio-vervuiling want bacteriën beïnvloeden het corrosieproces;
- Voorkom indikking van zouten;
- Voorkom toename concentratie oxidatiemiddel zoals zuurionen en ozon;
- Voorkom stilstand bij een te hoge temperatuur, denk daarbij aan de kritische pitting temperatuur (CPT) en kritische spleetcorrosie temperatuur (CCT). Over de CPT en CCT zijn in de literatuur en van toeleveranciers gegevens beschikbaar;
- Volg bij laswerk de juiste procedure en controleer deze.

### **Schades voorkomen door kennis en communicatie**

Veel van deze schades hadden voorkomen kunnen worden door voldoende kennis en communicatie. Dit bleek ook weer uit de presentatie van M. Ludoph van KWA Bedrijfsadviseurs BV. Zij beschreef onder andere een geval van corrosie in een koeltoren. De koeltoren was grotendeels van zogenaamd 'zeewaterbestendig' aluminium gemaakt. Het koelwater werd geconditioneerd met een corrosie-inhibitor, biocides en zoutzuur voor pH-correctie. De waterbehandelingsfirma die de koeltoren conditioneerde was niet op de hoogte van proeven met de waterbehandelingsinstallatie in het voortraject. Omdat hij een aanslag in de installatie zag en meende, foutief, dat deze een gevolg was van kalkaanslag zoals hij al eerder had meegemaakt, werd de zoutzuurdosering verhoogd. De andere

waterbehandelingsfirma, die bezig was met het testen/optimaliseren van de waterbehandeling met flocculatiemiddelen (ijzerchloride) in het voortraject, was niet op de hoogte dat een deel van dit water aan een koeltoren met aluminium constructiedelen werd geleverd. Door de combinatie van de hoge zoutzuurdosering en de aanwezigheid van ijzerchloride (dat deels vanuit de waterbehandeling meekwam), trad in een kort tijdsbestek ernstige putvormige corrosie van het aluminium in de koeltoren op.

### **Gebrek aan expertise**

Uit twee andere voorbeelden blijkt gebrek aan expertise op het gebied van de effecten van temperatuur en druk van het medium op schade bij intrede van een warmtewisselaar. In een koper-nikkel-ijzer (CuNiFer) warmtewisseling trad binnen één jaar na ingebruikname lekkage op. De warmtewisselaar stond aan de kust, en door de aanwezigheid van corrosieproducten op de buizen aan de koelwaterzijde, werd de aanwezigheid van chloride als oorzaak van de lekkage gezien. Als koelwater werd grondwater van 10°C toegepast, en het te koelen medium betrof een waterdamp houdend gas. Nader onderzoek wees uit dat de lekkage optrad bij de pijp/pijp-plaatverbindingen bij de kering van de gasstroom, terwijl de pijpen voor de rest volledig intact waren. De gasstroomsnelheden waren berekend op 15-30 m/s, een acceptabele snelheid. Echter, door het koelen van het gas, kwam deze onder de dauwpunttemperatuur waardoor condensatie optrad. Stroomsnelheden van 15-30 m/s in combinatie met aanwezige condens, heeft geleid tot een corrosie-erosie in de CuNiFer buizen bij intrede van de warmtewisselaar. Als oplossing zijn de CuNiFer warmtewisselaarbuizen vervangen door buizen van roest vaststaal type wstnr 1.4539 (AISI 904L). Sindsdien draait de installatie probleemloos. Bij een ander voorbeeld was eveneens schade aangetroffen bij intrede van condensaat in de warmtewisselaar. Echter hier werd dit veroorzaakt doordat door drukdaling in de aanvoerleiding van het condensaat, stoom vrij kwam ('*flashen*'). De flowsnelheid van het mengsel stoom/condensaat was veel te hoog bij intrede van de warmtewisselaar waardoor ook hier door erosie/corrosie de warmtewisselaar binnen een jaar lek was. Inmiddels is de druk over de warmtewisselaar verhoogd, waardoor de installatie nu probleemloos draait..

### **Vermoeiingscorrosie**

Metaalkundige J. Sinte Maartensdijk van Emerson Process Management, beschreef het corrosie-vermoeiingsgedrag van austenitische roestvast staalsoorten, nikkelbasislegeringen, tantaal en titaan onder hoog-frequent vermoeiingscondities. Emerson maakt onder andere massaflowmeters, Micro Motion, die werken volgens het Coriolis-principe. Daarbij wordt een buis in een hoogfrequente trilling gebracht (80-140 kHz) bij een amplitude van 0,15-0,25 mm. Deze massaflowmeters worden ook in corrosieve milieus ingezet, bijvoorbeeld 77% zwavelzuur. Dat maakt dat de materialen ook aan corrosie onderhevig zijn. Probleem voor Emerson is dat de standaard gegevens over het vermoeiingsgedrag van materialen onvoldoende zijn. Deze gaan typisch tot  $10^7$ - $10^8$  trillingen. En de bijbehorende vermoeiingssterkten moeten onder corrosieve condities sterk worden verlaagd. Als de massaflowmeters op basis van deze gegevens ontworpen zouden worden, bestaat het reële gevaar dat deze maar één dag tot één maand meegaan. Dit is onacceptabel. J. Sinte Maartensdijk beschrijft daarop de testmethoden die Emerson heeft ontwikkeld om het hoogfrequent corrosievermoeiings gedrag van materialen te testen. Daarvoor zijn de kritische locaties van de Micro Motion massaflowmeters bepaald, en zijn de bedrijfscondities van de meters daarop afgestemd. Daarnaast kan nu een onderbouwd advies voor de materiaalkeuze

van de meters gegeven worden afhankelijk van het medium dat gemeten moet worden. Indicatief gaat Sinte Maartensdijk uit van een klasse beter materiaal voor de flowmeter dan het gebruikte materiaal in de rest van de installatie waar de flowmeters worden ingebed. Daarbij volgt men bijvoorkeur een conservatieve benadering.

### **Corrosie onder isolatie, lopen over isolatie**

Tot slot gaven M. Van den Hoogen, Shell Chemical, en D. Wilms, Applus RTD, een gezamenlijke presentatie over Corrosion Under Insulation (CUI). De presentatie bestond uit een met verve gebrachte collage van praktijkvoorbeelden. Veel schades hadden door beter overleg en communicatie voorkomen kunnen worden. Maar ook het onnodig beschadigen van isolatie door er over te lopen leidt tot onnodige schades. Verschillende waarschuwingen kwamen langs. Zoals bijvoorbeeld het voorkomen van SCC-scheuren in roestvaststaal op willekeurige plaatsen in de installatie en dus niet zoals vaak gedacht vooral rond lasverbindingen. En dat isolatiemateriaal zoals glaswol veel zouten kunnen bevatten die kunnen uitlogen en schades kunnen veroorzaken. Voor Shell de reden hiervoor specs aan te leggen. Ook onder, vooral oude (10-15 jaar), verflagen kan SCC-scheurvorming optreden. In het laatste geval wordt de scheur pas opgemerkt na een NDO inspectie. De scheur was pas visueel zichtbaar na het deels verwijderen van de oude verflaag. De scheuren kunnen soms door uitslijpen worden verwijderd, mits deze niet te diep zijn.

### **Risico's inschatten**

Dat de kosten van corrosie zeer hoog zijn, blijkt uit een studie naar deze kosten in Nederland. Uit de studie blijkt dat de schade door corrosie in Nederland ca 4% van BNP is, of te wel 17,5Miljard Euro. Hiervan had 30% voorkomen kunnen worden door simpele maatregelen en kennis van zaken.

Van den Hoogen en Wilms presenteerden een methode om het risico voor CUI in te schatten aan de hand van de oppervlaktetemperatuur en de (uitwendig waarneembare) conditie van de isolatie. Hiervoor werd een matrix gepresenteerd. Vanuit deze matrix kan met het bepaalde risico en de frequentie van het optreden van CUI een inspectie en onderhoudsfrequentie worden bepaald.

Wilms presenteerde een wervelstroom techniek waarmee het mogelijk is indicatieve informatie te krijgen over de status van de pijp onder de isolatie zonder deze isolatie te verwijderen. Een vergelijking met een ultrasoon inspectie op de leiding laat zien dat inderdaad een goede indicatie verkregen wordt.

Tot slot worden vijf strategieën beschreven waarmee CUI beperkt kan worden. Een zesde, niet minder belangrijke is de overweging: Is isolatie echt wel nodig? Uit een van de voorbeelden bleek dat onnodig aangebracht isolatie leidde tot corrosie en een noodzakelijk dure reparatie (de plant moest stilgelegd worden). CUI kan het best worden voorkomen door:

- Bewust handelen;
- Monitoren van het systeem EN de mensen;
- Onderhouden.

De beschreven voorbeelden op deze bijeenkomst onderschrijven weer dat het hele systeem beschouwd moet worden bij de keuze van corrosiebeschermende maatregelen, maar dat daarbij voldoende kennis over de processen en materiaalgedragingen noodzakelijk is.

**Meer informatie:**

Meer informatie over de activiteiten van de Bond voor Materialen kennis is te vinden op de website [www.materialenkennis.nl](http://www.materialenkennis.nl). Hier vindt u ook de contactgegevens voor de Studiekern Corrosie en de VeMet-Contactgroep fractografie. Een aantal van de presentaties zal beschikbaar worden gesteld op deze website.

**Over de auteur:**

*Ing. E.W. Schuring is als Materiaalonderzoeker verbonden aan het Energie Onderzoek Centrum Nederland, ECN, bij de unit Engineering & Services, te Petten. Als Materiaalkundige geeft hij materiaaladvies voor installaties en voert schadeonderzoek uit voor ECN en voor derden.*

