

ONDERZOEK NAAR DE OORZAAK VAN MATERIAALFALEN

DE SLEUTEL TOT VERBETERING EN PREVENTIE

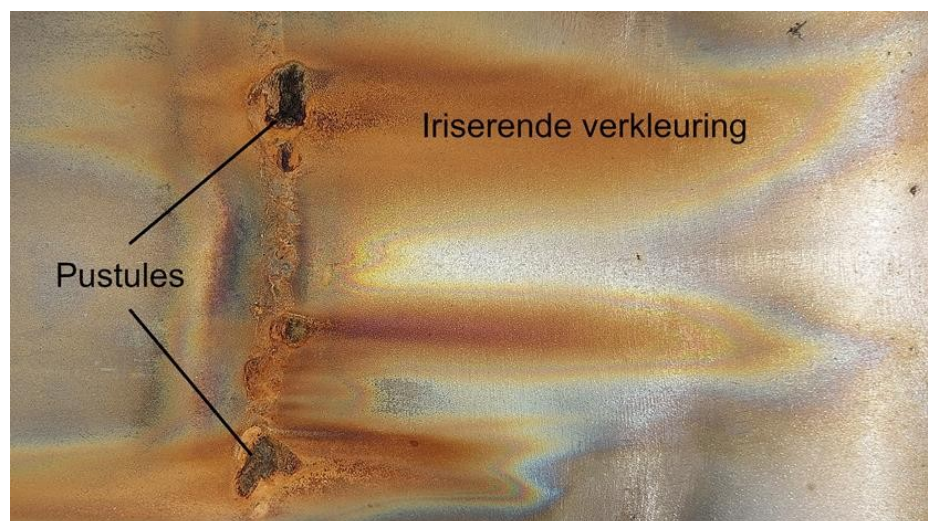
Het falen van materialen komt helaas op regelmatige basis voor in verschillende sectoren: bij bouwkundige constructies, machinebouw, in de industrie,... Falen van kritische componenten kan leiden tot ernstige economisch verlies, onderbrekingen van productie of zelfs verwondingen bij personen. 'Failure analysis', ofwel het onderzoek naar de oorzaak van het falen, is dan ook van cruciaal belang in het proces van continue verbetering. Enkel wanneer de oorzaak gekend is, kunnen de juiste maatregelen genomen worden om toekomstig falen tegen te gaan.

ir. Lisa Le Percq
(Belgisch Instituut voor Lastechniek)

Gefaalde materialen bevatten verschillende sporen die, eens samengebracht, kunnen leiden tot het vinden van de oorzaak van het falen. Dit vraagt niet alleen het gebruik van de geschikte onderzoekstechnieken, maar ook ervaren onderzoekers.

De juiste interpretatie van de metingen, in combinatie met ervaring en vakkennis, leidt tot het vinden van de oorzaak van het falen. Eens de oorzaak gekend is, kan een advies geformuleerd worden om het falen in toekomstige toepassingen te vermijden.

Aan de hand van twee case studies worden in dit artikel vaak gebruikte technieken in schadeonderzoek toegelicht. In onderstaande voorbeelden zijn de externe observaties gelijkaardig: lekken van leidingen in roestvast staal. Maar de oorzaak is verschillend, waardoor ook verschillende oplossingen aan de orde zijn.



FIGUUR 1 - Visueel onderzoek: 'pustules' en iriserende verkleuring

CASE 1: MICROBIEEL GEÏNDUCEERDE CORROSIE

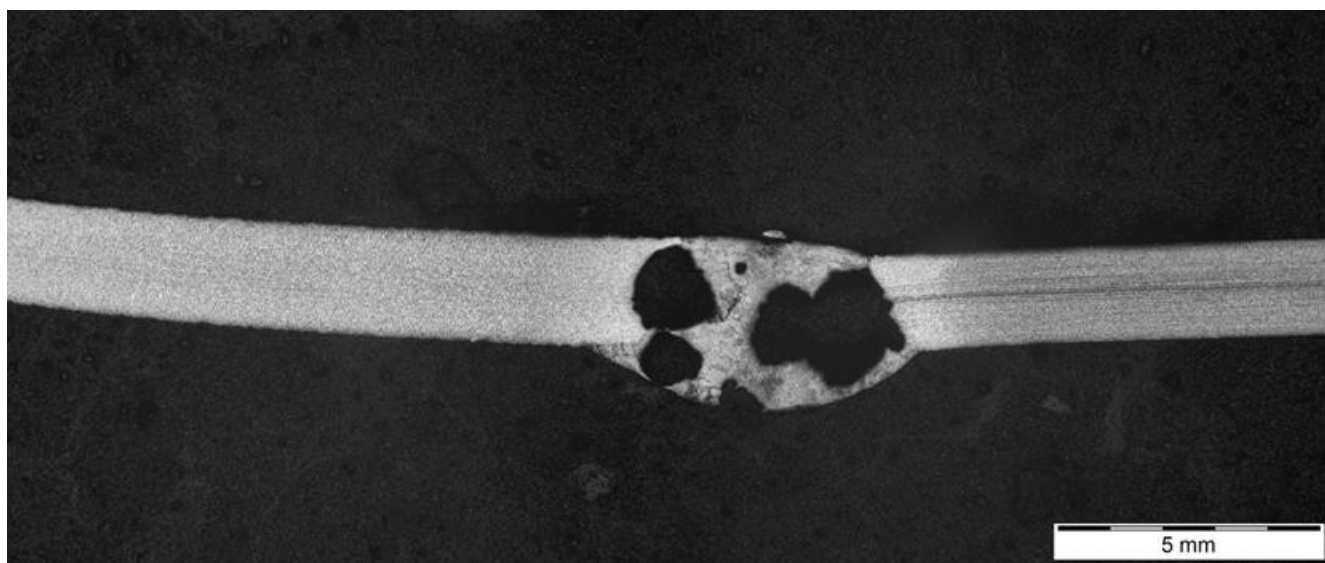
Kort na oplevering van een leidingensysteem in roestvast staal werden lekken vastgesteld. Een stuk van de leiding werd verwijderd voor inspectie en onderzocht aan de hand van een combinatie van technieken.

VISUEEL ONDERZOEK

In eerste instantie werden de leidingen aan de binnenkant geïnspecteerd met het blote oog. Volgende zaken werden vastgesteld (zie **figuur 1**): de lekken bevinden zich in de buurt van de lassen, er bevinden zich *pustules* ter hoogte van de lekken en er is een iriserende verkleuring van het roestvast staal, vertrekkende vanuit de locatie van de lekken.

OPTISCHE MICROSCOPIE

Vervolgens werden doorsneden gemaakt over verschillende lekken. Hierbij wordt het staal doorgeslepen, ingebed, opgeschuurd, gepolijst en geëtst met



FIGUUR 2 - Optisch beeld van de dwarsdoorsnede: meerdere onderhuidse holtes

gemengde zuren. De doorsnede werd bekeken met de lichtmicroscop (zie **figuur 2**): in de laszone bevinden zich verschillende onderhuidse holtes.

SCANNING ELECTRON MICROSCOPY (SEM)

Ter hoogte van een ander lek werd de *pustule* verwijderd. Het oppervlak van de buis ter hoogte van de lek werd onderzocht met de SEM. Bij deze techniek valt een elektronenbundel in op het oppervlak. Deze interageert met de atomen, waarbij er verschillende signalen uitgestuurd en gedetecteerd worden. Aan de hand van de detectie van secundaire elektronen worden 3D-beelden van het oppervlak gemaakt. Eén van de beelden (zie **figuur 3**) toont hoe de corrosie preferentieel één van de fasen van de las aantast: de dendritische fase wordt aangetast, terwijl de interdendritische fase achterblijft.

SEM-EDX: ELECTRON DISPERSIVE X-RAY

Tot slot is ook de samenstelling van de *pustules* gemeten aan de hand van het EDX-sigitaal van de SEM. Door interactie met de invallende elektronen van de SEM gaan de atomen van het monster een specifieke energie uitstralen. Aan de hand van de waarde van de energie en de intensiteit van het signaal, kan de samenstelling van een materiaal semi-kwantitatief bepaald worden. Op deze manier werd vastgesteld dat er een aanrijking aan chroom was ter hoogte van de *pustules*: tot 30 wt% chroom in de *pustules* ten opzichte van 19% in het roestvast staal zelf.

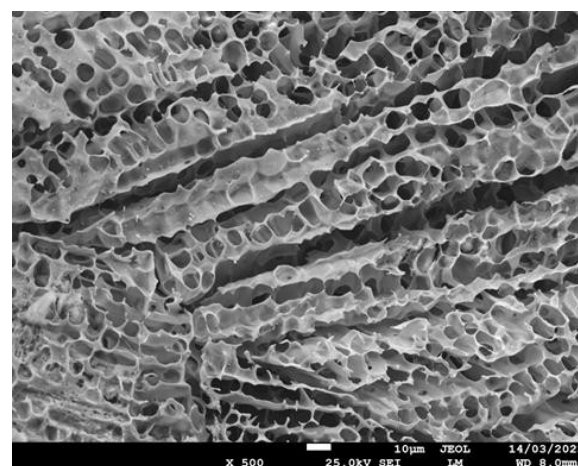
OORZAAK VAN HET FALEN

Alle bovenstaande observaties samen, duiden op **microbieel geïnduceerde corrosie (MIC)**. Dit is een type lokale corrosie waarbij bacteriën corrosieve stoffen afscheiden, zoals zuren. Deze stoffen versterken het cor-

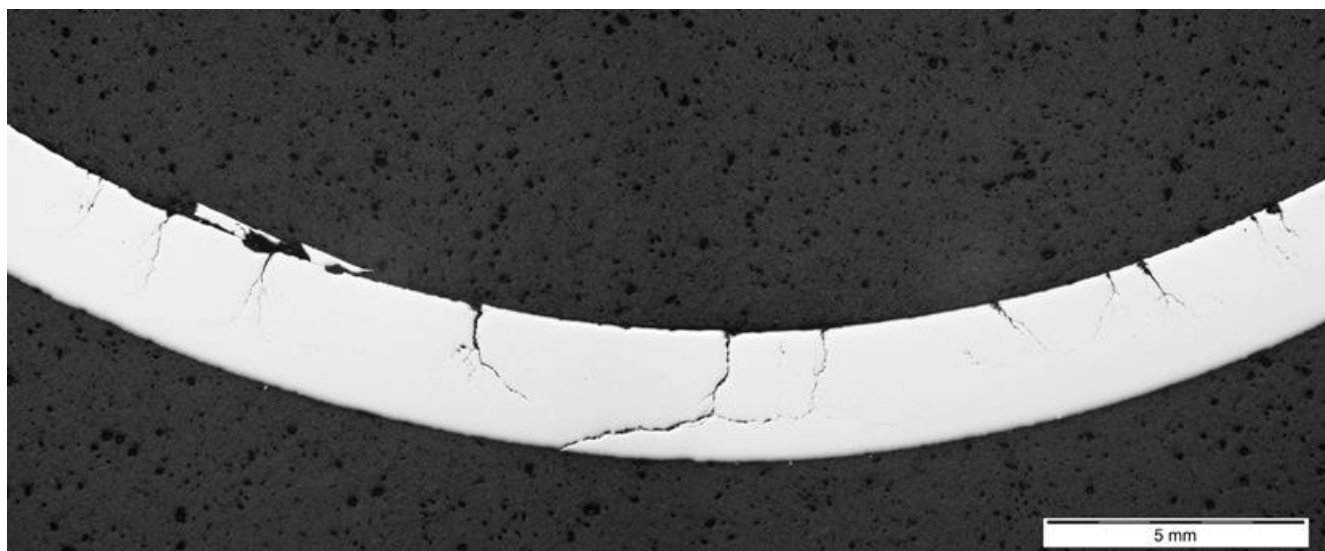
rosieproces en geven op hun beurt de bacteriën energie om verder te groeien. Het proces zet zich continu voort. Omdat dit lokaal gebeurt, zijn er plots lekken.

De corrosiesnelheid van MIC in roestvast staal kan, afhankelijk van de condities, oplopen tot 0,5 à 1,5 mm/maand. MIC doet zich typisch voor in stilstaand of traag stromend (vervuild) water. Dit geeft bacteriën immers de kans zich te hechten aan het oppervlak. Hoe ruwer het oppervlak, hoe meer hechtingspunten. Daarom start MIC vaak ter hoogte van de lassen, al kan het zich even goed voordoen op gladde oppervlakken.

Om aantasting ten gevolge van MIC te voorkomen is het belangrijk om de kwaliteit van het water te controleren, stilstand of traag stromen van vervuild water te vermijden. MIC wordt ook vaak vastgesteld na druktesten met vervuild water (bv. kanaalwater) en/of onvoldoende droging na testen.



FIGUUR 3 - Selectieve aantasting van de dendritische fase van de las



FIGUUR 4 - Verschillende scheuren geïnitieerd aan het binnenoppervlak van de buis

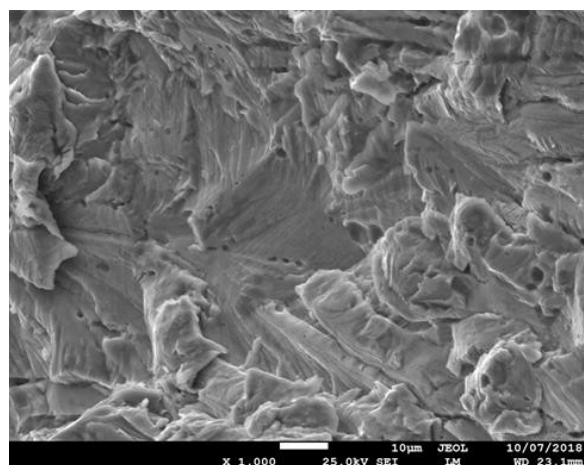
CASE 2: STRESS CORROSION CRACKING

Bij een andere klant vertoont het roestvast stalen leidingsysteem ook lekken, maar de oorzaak is verschillend van de eerder besproken case. Er werd opnieuw een combinatie van technieken gebruikt.

OPTISCHE MICROSCOPIE

Een doorsnede dwars over de buis (zie **figuur 4**) toont hoe verschillende scheurtjes initiëren aan het binnenoppervlak. Eén scheur gaat van het binnen- tot het buitenoppervlak, dewelke zal aanleiding geven tot lekken. Op grotere vergroting is te zien dat de scheurtjes starten vanuit een putvormige aantasting aan het binnenoppervlak en dat de scheuren een sterke mate van vertakking vertonen.

Na aanetsing en bij een nog grotere vergroting is te zien dat de scheuren dwars door de korrels gaan. Dit noemen we transgranulaire scheuren.



FIGUUR 5 - Kliefvormig aspect van het scheuroppervlak

SEM EN SEM-EDX

Een andere scheur in de buis werd verder geopend om het scheuroppervlak te bekijken met de SEM. Het oppervlak van de scheur vertoont een kliefvormig aspect (zie **figuur 5**).

Tot slot wordt de samenstelling van de materialen aan het oppervlak van de scheur gemeten aan de hand van SEM-EDX. Naast de samenstellende elementen van het roestvast staal, wordt ook een belangrijke hoeveelheid chloor gemeten.

OORZAAK VAN HET FALEN

Het geheel van deze observaties duidt op aantasting ten gevolge van **stress corrosion cracking** (SCC), met initiatie aan de binnenkant van de leiding.

Opdat SCC kan voorkomen, moet voldaan worden aan drie voorwaarden: het materiaal moet gevoelig zijn aan SCC, er dienen spanningen in het materiaal aanwezig te zijn en het materiaal moet zich in een corrosief medium bevinden. Roestvast staal is gevoelig aan SCC in aanwezigheid van chloriden op temperaturen boven 60 °C. Spanningen kunnen aanwezig zijn door de procescondities of als residuële spanningen afkomstig van fabricage.

Om SCC te voorkomen, moet één van de drie voorwaarden weggehaald worden. Aangezien in dit geval het medium niet kan veranderd worden, is het aangeraden om over te gaan naar duplex roestvast staal of roestvast staal met meer dan 25 % nikkel. Deze legeringen bieden een hogere weerstand tegen dit type spanningscorrosie.