



Onderbouwing Schade-onderzoek

Technieken voor schade-analyse en fractografie

Rapport van deelproject VI

Breukvlakkenmerken waterstofverbrossing en spanningscorrosie van metalen

contactgroep Fractografie

juni 1995

TNO-rapport
95 MI 0802/SCE/SCE

31 juni 1995

**ONDERBOUWING SCHADEONDERZOEK;
Breukvlakkenmerken van waterstofverbrossing
en spanningscorrosie van metalen,
deelproject VI**

Opdrachtgever

Projectgroep onderbouwing schade onderzoek,
deelproject VI, "Waterstofverbrossing en
spanningscorrosie van metalen".

Samengesteld door

ing E.W. Schuring

Alle rechten voorbehouden
Niets uit deze uitgave mag worden
vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt
door middel van druk, fotokopie, microfilm
of op welke ander wijze dan ook zonder
voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd
uitgebracht, wordt voor de rechten en
verplichtingen van opdrachtgever en
opdrachtnemer verwezen naar de
'Algemene Voorwaarden voor Onderzoeks-
opdrachten aan TNO', dan wel de
betreffende terzake tussen partijen
gesloten overeenkomst.
Het ter inzage geven van het TNO-rapport
aan direct belanghebbende is toegestaan.

© TNO

Opdrachtnummer : 36.3.8052-MET
Uw referentienummer :
Oplage : 25



1	INLEIDING	1
2	BREUKVLAK-KENMERKEN	2
2.1	Spanningscorrosie	2
2.2	Waterstofverbrossing	2
3	MATERIALEN EN BREUKMECHANISMEN	3
4	PROEFOPZET	5
5	SPANNINGSCORROSIE	6
5.1	Aluminium, breukvlakkenmerken	6
5.2	Staal, breukvlakkenmerken	6
5.3	Laboratorium proeven	6
5.3.1	Aluminium AA8090-T81 / ASCOR-TEST	6
5.3.2	Aluminium AA7010-T651 / ASCOR-TEST	11
5.4	Vergelijking SCC breukvlakkenmerken, literatuur	17
5.5	Praktijk breukvlakken	18
5.5.1	AISI 304 Cl-spanningscorrosie	18
5.5.2	AISI 304, Loogbrosheid	21
6	WATERSTOFVERBROSSING	26
6.1	Laboratorium proeven	26
6.1.1	Maragingstaal (18%Ni, 350)	26
6.1.2	13%Cr-Staal	29
6.1.3	Koudscheuren in constructiestaal, Tekkenproef	33
6.2	Praktijkbreuken	40
6.2.1	42CrMo4 (12.9 Bout, galvanisch verzinkt)	40
6.2.2	12.9 Bout, Yellow Passivation	44
6.2.3	AISI 420 gelast met duplex-lastoevoegmateriaal.	48
6.2.4	Hydrogen Induced Cracking (HIC) in C-staal	51
6.3	Vergelijking waterstofverbrossing met de literatuur	56
7	CONCLUSIES	57

1 INLEIDING

De contactgroep fractografie heeft het initiatief genomen voor een meerjarig collectief onderzoeksproject op het gebied van het schadeonderzoek; "Onderbouwing Schadeonderzoek; Technieken voor schadeanalyse en Fractografie".

Binnen dit project is een zestal deelprojecten gedefinieerd t.w.:

- I : Breukvlakonderzoek en breukmechanismen van kunststoffen
- II : Kwantitatieve metallografie
- III : Metallografische technieken voor metalen
- IV : Procedures schadeanalyse
- V : Breukvlakken en breukmechanismen van metalen.
- VI : Spanningscorrosie en waterstofverbrossing.

Het is de ervaring van alle leden van de projectgroep Fractografie, dat in het algemeen minder problemen voorkomen bij het maken van fractografische opnamen met de lichtmicroscop of de SEM dan bij de interpretatie van de verkregen beelden. Daarom is het werkprogramma "Interpretatie van fractografische opnamen" gedefinieerd. Hiervoor zijn de deelprojecten I en V uitgekozen.

Binnen dit werkprogramma zal grote aandacht worden besteed aan de punten met betrekking tot:

- a: de herkenning van breukvlak-kenmerken,
- b: de relatie met de breukprocessen
- c: de herkenning van beschadigingen van de breukvlakken,
- d: de herkenning van neerslagen, oxydatie- en corrosieproducten
- e: de reinigingstechnieken

Literatuuronderzoek zal een essentieel deel van dit onderwerp zijn.

Dit interim-rapport beschrijft een fractografisch onderzoek aan breuken als gevolg van spanningscorrosie en waterstofverbrossing, uitgevoerd binnen het kader van deelproject VI. De breukvlakken zijn beschikbaar gesteld door deelnemers aan dit deelproject.

Tevens wordt een korte opsomming gegeven van de belangrijkste breukvlak-kenmerken van waterstofverbrossing en spanningscorrosie, zoals deze zijn behandeld in het interimrapport van fase IV van deelproject V.

2 BREUKVLAK-KENMERKEN

2.1 Spanningscorrosie

- INTER- of TRANSKRISTALLIJN
- TRANSKRISTALLIJNE BREUK:
SPLIJT-ACHTIG PATROON en/of RIVIERPATRONEN
- BREUK NAGENOEG VERVORMINGSLOOS
- BREUKVLAK MACROSCOPISCH VLAK
- DISCONTINUË of CONTINUE SCHEURGROEI
- MICROPoriën en/of DIMPELS
- CORROSIEPRODUKTEN OP HET BREUKVLAK

2.2 Waterstofverbrossing

- INTER- of TRANSKRISTALLIJN
- TRANSKRISTALLIJN:
 - Visogen (macroscopisch)
 - Quasi-splijtbreuk
 - Micro-poriën
- INTERKRISTALLIJN:
 - Secundaire scheuren, openstaande korrelgrenzen
 - Ductiele haarlijnen (kraaiepoten)
 - Micro-poriën
- RIVIERPATRONEN (Ferritisch staal)

3 MATERIALEN EN BREUKMECHANISMEN

In onderstaand overzicht zijn de onderzochte materialen en breukmechanismen (waterstofverbrossing of spanningscorrosie) weergegeven.

materiaal	condities	bijzonderheden
SPANNINGSCORROSIE		
AA8090-T81 (ALi)	belast in lange dwarsrichting - S=170MPa, - T=27°C, - rel.vochtigheid 45% - 3,5% NaCl-oplossing - 10 min nat,50 min droog 1: - beproefd tot breuk 2: - na 260 uur onderbroken en statisch belast tot breuk	schoongemaakt is geconcentreerd salpeterzuur ASTM G1-90
AA7010-T651	belast in korte dwarsrichting - S=230 MPa - T=27°C - rel.vochtigheid 45% - 3,5% NaCl-oplossing 1: - beproefd tot breuk 2: - na 41 uur onderbroken en statisch belast tot breuk	schoongemaakt is geconcentreerd salpeterzuur ASTM G1-90
AISI 304	Cl-spanningscorrosie in de deksel van een koffieketel	
AISI 304	Loogbrosheid in een moer en steel van de roerder als gevolg van concentratie van schoonmaakproducten in een spleet tussen twee moeren. Temperatuur 80-100°C.	

WATERSTOFVERBROSSING

Maragingstaal (350 kwaliteit) 18% Ni Rm ≥ 2400 MPa dikte: 0,8mm	buigbelasting - S= ca 1600 MPa - T= kamertemp. - rel.vochtigheid= 98% - breuk na enkele dagen expositie	
13%Cr-staal (ca 700HV)	buigbelasting - S=1100-1200 MPa (R _{0,2}) - T= kamertemp. - in kathodisch ontvettingsbad met sterke waterstofontwikkeling aan het oppervlak - breuk na enkele seconden	
Constructiestaal (lasverbinding, koudscheuren)	Tekkenproefstuk, bepaling van de koudscheurgevoeligheid. Breuk in de grof kristallijne WBZ drie monsters: I: hardheid WBZ: 355HV10, waterstof: 5ml/100g II: hardheid WBZ 266HV10 waterstof: 12ml/100g III: hardheid: 371HV10 waterstof: 5ml/100g	
42CrMo4 12.9 bout Galvanisch verzinkt	trekbelasting Breuk enkele dagen na montage T= omgevingstemp.	
12.9 bout Yellow passivation	4 jaar in bedrijf. Ondergronds	gereinigd DIP voor onderzoek
AISI 420, lasverbinding	Interkristallijne breuk via voormalige austenietkorrelgrenzen. geëxposeerd in een ontluchte zoutformatie onder 70-130bar druk	gereinigd in DIP voor onderzoek
St 37 ketelplaat	Hydrogen Induced cracking milieu: zuur aardgas verontreinigd met H ₂ S en vocht, bij 80°C	

4 PROEFOPZET

De breukvlakken zijn in de scanning-elektronenmicroscopie onderzocht en de breukvlakkenmerken zijn vastgelegd. Na het onderzoek is een korte vergelijking gemaakt met de in de literatuur gegeven breukvlakkenmerken.

De resultaten worden gepresenteerd in de vorm van bladen, vooraf gegaan door een korte omschrijving van de resultaten.

5 SPANNINGSCORROSIE

5.1 Aluminium, breukvlakkenmerken

- INTERKRISTALLIJN
- DIMPELS OP KORRELGRENZEN

5.2 Staal, breukvlakkenmerken

AUSTENITISCH RVS:

- TRANSKRISTALLIJN MET VEERVORMIGE KENMERKEN

5.3 Laboratorium proeven

5.3.1 Aluminium AA8090-T81 / ASCOR-TEST

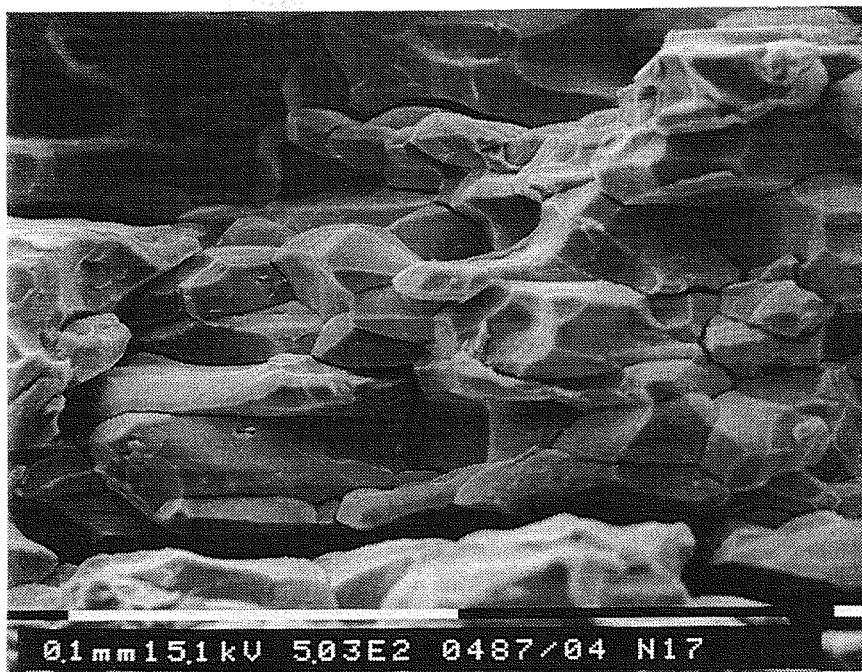
- INTERKRISTALLIJN
- RESTBREUK
TRANSKRISTALLIJN, (TRAPVORMIGE BREUKVLAK-KENMERKEN)
AFSCHUIVING OVER LANGS GLIJVLAKKEN
- DIMPELS AFWEZIG
- RESTBREUK, onderbroken proef:
TRANSKRISTALLIJN MET TRAPVORMIGE BREUKVLAK-KENMERKEN
&
ONDIEPE DIMPELS

SPANNINGSCORROSIE

Materiaal:
Al-Li 8090-T81

Conditie: ASCOR-test (ASTM G44)
S=170MPa, T=27°C, 3,5% NaCl, 45% rel.vochtigheid
intermitterend: 10min nat, 50min droog

Interkristallijne breuk



Zone in het midden met een afwijkend breukgedrag,
gewelddreuk, met trapvormige breukvlak-kenmerken (restbreuk)

