

**TNO-rapport**

96MI-00691/SCE/SCE

**SO 96-50**

TNO Industrie

**Standplaats**

Laan van Westenenk 501  
Postbus 541  
7300 AM Apeldoorn

Telefoon 055 5493337  
Fax 055 5493272

Opdrachtgever

Alle rechten voorbehouden.  
Niets uit deze uitgave mag worden  
vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt  
door middel van druk, fotokopie, microfilm  
of op welke andere 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 belanghebbenden is toegestaan.

© TNO

**BVM/PMP project 'TECHNIEKEN VOOR  
SCHADE-ONDERZOEK IN HET VELD'**  
Deelproject 3A en B: Evaluatie van resultaten in  
het veld

Datum  
26 september 1996

Auteur(s)  
ing. E.W. Schuring (TNO Industrie)  
ir. W.H.M. Welman (STORK-FDO)  
dhr. J. Godschalk (DS-MPS)

PMP  
Postbus 541  
7300 AM Apeldoorn

Opdrachtnummer: 001560371  
Uw referentienummer: --  
Oplaat: 25

## SAMENVATTING

Binnen het kader van het project 'TECHNIEKEN VOOR SCHADEONDERZOEK IN HET VELD', zijn binnen de taken 3A en 3B overzichten in tabelvorm samengesteld met betrekking tot:

- de stand van zaken voor geselecteerde onderzoekstechnieken,
- de mogelijkheden en beperkende factoren aan de hand van een viertal criteria op de aspecten van:
  - benodigde, haalbare en praktische kwaliteit
  - replica's
  - locatie
  - betrouwbaarheid
- de haalbare kwaliteit in technische zin, zoals bijvoorbeeld:
  - oplossend vermogen
  - detecteerbaarheid

Tevens zijn een vijftal onderzoeksdoelstellingen gedefinieerd in oplopende graat van geëiste kwaliteit, variërend van simpele registratie tot arbitrage.

Bij de opzet en weergave van de resultaten rekening gehouden met:

- oplopende moeilijkheidsgraad: toenemende kwaliteit
- volgorde van de handelingen tijdens een schadeonderzoek: eerst een overall beeld met steeds verder gaande diepgang

Inhoud	pagina
SAMENVATTING	1
1 INLEIDING	3
2 DOELSTELLING	4
3 OVERZICHT VAN ONDERZOEKSDOELSTELLINGEN	5
4 UITWERKING VAN ONDERZOEKSTECHNIEKEN IN TABELLEN	8
4.1 Tabellen	10
LITERATUUR	32

## 1 INLEIDING

In het kader van het BvM-project Schade-analyse en schadepreventie, Technieken voor schade-onderzoek "in het veld", wordt deelproject 3 uitgevoerd. Dit deelproject is getiteld: "Evaluatie van resultaten in het veld". De doelstelling van de eerste twee taken van deelproject 3 (taak 3A en 3B) is het samenstellen van een overzicht waarin de stand-van-zaken t.a.v. onderzoekstechnieken, hun uitvoeringsbeperkingen bij het uitvoeren van schade-onderzoek in het veld en de daarvan afgeleide haalbare kwaliteit wordt weergegeven. Een tweede doelstelling is het opstellen van een aantal onderzoeksdoelstellingen: d.w.z. met welke reden wordt een schade-analyse in het veld uitgevoerd.

Indien een onderzoeker met een schade in het veld geconfronteerd wordt zal allereerst de doelstelling van het schade-onderzoek duidelijk moeten worden gesteld. Op basis van deze doelstelling zal de schade-onderzoeker overgaan tot het opstellen van een onderzoeksplan, waarin de diverse toe te passen technieken worden beschreven. Om eenduidig en reproduceerbaar voor elk schade-geval beslissingen te kunnen nemen t.a.v. toe te passen middelen en methoden dient de onderzoeker de beschikking te hebben over een zo volledig mogelijk overzicht van mogelijke veldtechnieken, waarin tevens de beperkingen en het kwaliteitsniveau is vermeld. Aan de hand van deze gegevens kan namelijk worden beslist of een techniek gezien de doelstelling toepasbaar is of niet.

Taak 3A is gericht op het samenstellen van een zo volledig mogelijk overzicht van alle mogelijke onderzoekstechnieken. Hierbij wordt aangegeven of deze techniek toepasbaar is in het laboratorium, in het veld of allebei. tevens worden de beperkingen beschreven. Bij taak 3B zullen t.a.v. de veldtechnieken de overzichten worden aangevuld met het haalbare kwaliteitsniveau en de betrouwbaarheid. Tevens zullen een vijftal onderzoeksdoelstellingen worden omschreven. Deze worden gerangschikt naar een oplopende diepgang van het onderzoek.

Technieken die alleen toepasbaar zijn in het lab. zullen achterwege worden gelaten. Tenzij er ontwikkelingen zijn die er op duiden dat ze binnen afzienbare tijd ook geschikte zijn voor toepassing in het veld.

## 2 DOELSTELLING

Het overzicht van onderzoeksdoelstellingen dient zodanig te zijn opgesteld dat in het geval van een schade-onderzoek eenduidig kan worden beslist met welke doelstelling het schade-onderzoek dient te worden uitgevoerd.

Het overzicht van veldtechnieken dient zodanig te worden opgesteld dat snel een duidelijk inzicht kan worden verkregen in de beperkingen en het haalbare kwaliteitsniveau van een bepaalde veldtechniek.

Omdat de resultaten van de taken A en B van deelproject 3 zeer nauw op elkaar aansluiten en om overlapping te voorkomen, is er voor gekozen om de resultaten van deze taken te rapporteren in één rapport.

### 3 OVERZICHT VAN ONDERZOEKSDOELSTELLINGEN

Onderzoeken kunnen om diverse redenen worden uitgevoerd, zoals:

- Registreren en vastleggen schadebeeld;
- Conditiebewaking.
- Conditiebepaling aan een component c.q. installatie (NDO, structuuronderzoek, hardheidsmeting, endoscopie);
- Bepaling aard vervuiling;
- Bepaling materiaalkwaliteit;
- Karakterisering type schade (type corrosie, type breuk, type slijtage, enz);
- Verbetering c.q. oplossen van het huidige probleem;
- Voorkomen schade aan vergelijkbare in bedrijf zijnde resp. nieuwe componenten c.q. installaties in toekomst;
- Oorzaak van een schade;
- Schuldvraag bij een schade, i.v.m. rechtzaak, verzekeringszaak;

Om eenduidig te kunnen beslissen onder welke categorie een bepaald onderzoek valt zijn vijf algemene onderzoeksdoelstellingen geformuleerd. Deze worden gerangschikt naar een oplopende diepgang van het uit te voeren onderzoek. De motivatie voor deze rangschikking is eveneens weergegeven.

#### Doelstellingen

1. Registratie;
2. Conditiebepaling/-bewaking;
3. Karakterisering type schade;
4. Bepaling oorzaak van een schade;
5. Arbitragezaak.

De motivatie van deze indeling is als volgt:

Ad 1. Registratie (waarneming).

Hieronder valt het beschrijven, vastleggen en rapporteren van een schade, d.m.v. bijvoorbeeld fotografie, schetsen, e.d. Zie rapport SO 95-17, "Middelen voor registratie". Speciale onderzoekstechnieken waarvoor opgeleide en/of gecertificeerde onderzoekers worden vereist zijn niet noodzakelijk.

Resultaat/advies: Het beschrijven van een waarneming (het schadebeeld).

Diepgang: Er is geen expertise op het gebied van schadeonderzoek vereist. Wel is het raadzaam daarbij volgens een vaste procedure te werk te gaan.

Ad 2. Conditiebepaling (interpretatie waarneming).

Hieronder valt het uitvoeren van bepaalde "eenvoudige" onderzoeken, zoals bijvoorbeeld, bepaling van een materiaalkwaliteit d.m.v. chemische analyse, bepaling van een ferrietgehalte, hardheidsbepaling, structuurbepaling d.m.v. een replica-onderzoek of het uitvoeren van NDO-onderzoek.

Resultaat/advies: Vaak een advies over de voortgang, verwachte levensduur enz. Dit aan de hand van ervaring uit eerdere onderzoeken.

Diepgang: Eenvoudige in procedures vast te leggen onderzoeken. Voor het uitvoeren van het onderzoek en het beschrijven en interpreteren van de waarneming is een bepaald opleidingsniveau vereist.

Ad 3. Karakterisering type schade (karakterisering waarneming).

Het betreft hier het vaststellen van welk type schade sprake is, bijvoorbeeld het type breuk, het type corrosie of het type slijtage. Hiervoor kunnen meerdere onderzoekstechnieken noodzakelijk zijn.

Resultaat/advies: Een uitspraak over het schadebeeld in termen van: vermoeiingsbreuk, brosse breuk, spanningscorrosiebreuk, materiaalfout enz. Er wordt geen uitspraak gedaan over schadeoorzaak of -preventie.

Diepgang: De diverse waarnemingen dienen gelijktijdig geïnterpreteerd en gekarakteriseerd te worden. Hiervoor is ervaring vereist om relaties tussen diverse waarnemingen te kunnen leggen.

Ad 4. Bepaling oorzaak schade (oorzaak waarneming).

Het vaststellen van de oorzaak van een schade gaat nog een stap verder dan de karakterisering van de schade. Als voorbeeld kan worden gegeven dat om de oorzaak van een vermoeiingsbreuk van een as te bepalen de bedrijfsomstandigheden t.a.v. trillingen en het ontwerp t.a.v. scherpe overgangen relevant zijn. Een tweede voorbeeld is het verklaren van een bepaalde corrosievorm. De relatie tussen bijvoorbeeld het procesmedium in combinatie met het toegepaste materiaal is hier van belang.

- Resultaat/advies: Een uitspraak over de (mogelijke) schadeoorzaak of -oorzaken en een advies over de voorkoming van de schade in de toekomst c.q. bij andere vergelijkbare processen/componenten, en reparatie
- Diepgang: Bij deze vorm van onderzoek dienen bijvoorbeeld ook relaties te worden gelegd tussen het type schade en de bedrijfsomstandigheden, de omgeving of het ontwerp van de beschadigde component.  
Er is een uitgebreide ervaring op het gebied van schadeonderzoek en (het gedrag van) constructies vereist.

#### Ad 5. Arbitrage (veroorzaker waarneming)

Het vaststellen wie de veroorzaker van een bepaalde schade is, is de moeilijkste vorm van schade-onderzoek. Alle hiervoor genoemde categoriën van onderzoek komen aan de orde. Het karakter en de oorzaak van de schade dienen te worden bepaald. Vervolgens dienen relaties te worden gelegd met de ontwerpfase van de beschadigde component, de historie van de component met betrekking tot de bedrijfsvoering (zijn in het verleden eerder opmerkelijke waarnemingen gedaan) enz.

- Resultaat/advies: Uiteindelijk moet bijvoorbeeld kunnen worden aangegeven of de ontwerper een fout heeft gemaakt, een verkeerd materiaal is toegepast, of de gebruiker "rare" dingen heeft gedaan die afwijken van de ontwerpspecificaties, enz. Op basis van de conclusies van het onderzoek moet een schuldige kunnen worden aangewezen of moet worden aangegeven dat de schade een vervelende samenloop van omstandigheden is geweest.
- Diepgang: Voor het uitvoeren van dergelijke onderzoeken is veel ervaring vereist en moet de onderzoeker de diverse waarnemingen logisch kunnen ordenen.



#### 4 UITWERKING VAN ONDERZOEKSTECHNIEKEN IN TABELLEN

Bij schadeonderzoek zal men zo snel mogelijk een eerste indruk willen hebben van de schade of zelfs indien mogelijk een volledig schadeonderzoek willen uitvoeren in het veld.

Afhankelijk van het schadegeval en het gestelde doel (zie hoofdstuk 3) zal de schadeonderzoeker daarom informatie willen hebben over achtereenvolgens:

- Het algemene schadebeeld
  - schriftelijk
  - fotografisch
  - info bedrijfcondities
  - breukuitend, bros; taai; vermoeiing, slijtage enz.
  
- Geometrische veranderingen
  - aanwezige vervormingen (trilling, uitlijning, diameter enz)
  - ruwheden
  
- Aanwezigheid van microscheurtjes en andere defecten (Niet Destructief Onderzoek)
  - locatie
  - grootte
  - diepte
  
- Microstructuur met betrekking tot informatie over bijvoorbeeld:
  - warmtebehandeling
  - gevoeligheid voor bepaalde corrosievormen (interkristallijn)
  - verbrossing (korrelgrensuitscheidingen)
  - breukverloop (inter-, transkristallijn, langs bepaalde fasen)
  - ferrietgehalte (warme-scheur-gevoeligheid lassen, duplex-staalsoorten)
  
- Hardheid
  - mechanische eigenschappen
  - warmtebehandeling
  - gevoeligheid voor bepaalde faalmechanismen (H<sub>2</sub>S-SCC, waterstof)

- Chemische samenstelling
  - legering
  - volgens specificatie
  - gevoeligheid voor bepaalde schades
  
- Corrosie type
  - type corrosie (inter-, transkristallijn, pitting, algemene aantasting enz)
  - medium, (zuur, basisch, biologisch enz)

Daartoe staan de schadeonderzoeker een aantal technieken ter beschikking waarvan de schadeonderzoeker afhankelijk van de gestelde doelen gebruik kan maken. Een aantal van deze technieken kunnen volledig in het veld worden uitgevoerd, waarbij wel opgemerkt moet worden dat de te halen nauwkeurigheden doorgaans lager zijn dan onder laboratoriumcondities.

Afhankelijk van het te bereiken resultaat en het doel, kan gekozen worden voor een uitvoering van het onderzoek in het veld of in het lab. of een combinatie daarvan. Bij deze keuze zal tevens de benodigde tijd voor het onderzoek een rol kunnen spelen (transport enz). Aanvullend onderzoek in het lab. kan noodzakelijk zijn. Een en ander is afhankelijk van de doelstelling en te bereiken kwaliteit.

Om de schadeonderzoeker een hulpmiddel in handen te geven, is per techniek een overzicht samengesteld van de stand van zaken en inzichten tot op dit moment. Dit overzicht is weergegeven in twee series tabellen, daarbij is getracht de tabellen en technieken in een zo danige volgorde te plaatsen, dat deze overeenkomen met de gevolgde handelingen bij het schadeonderzoek. Dus in volgorde van toenemende diepgang en detaillering. De tabellen kunnen daarbij dienen als middel voor een goede inschatting voor de te kiezen techniek en of deze in het veld kan worden uitgevoerd of dat verder onderzoek in het lab. moet gebeuren.

Omdat de resultaten van deelproject 3A en 3B zeer nauw op elkaar aansluiten en gedeeltelijk overlappen, is ervoor gekozen om de rapportage van deze deelprojecten te combineren.

#### 4.1 Tabellen

- I De eerste serie tabellen geeft een globaal overzicht met een samenvatting van de beperkingen. De schadeonderzoeker kan met deze tabel een eerste inschatting maken van de technieken die hij kan toepassen. Daarbij is tevens nog aangegeven of de techniek specifiek voor in het veld is bedoeld, of ook voor in het lab. Technieken die uitsluitend voor het lab. zijn bedoeld, zijn achterwege gelaten.
- II De tweede serie tabellen geeft een gedetailleerder uitwerking van de mogelijkheden en beperkingen uitgesplitst naar een viertal groepen van criteria/randvoorwaarden voor:
- het bepalen van de benodigde en praktische haalbare kwaliteit
  - het beoordelen van replica's
  - het selecteren van locaties voor monsternamen/onderzoekstechniek
  - het beoordelen van de betrouwbaarheid
- E.e.a. alleen voor de technieken toegepast in het veld.

Als criteria niet van toepassing op een bepaalde techniek, zijn deze in de tabellen achterwege gelaten.

Een techniek wordt in de tabel opgenomen, als deze aan een aantal criteria voldoet:

- de techniek moet in het veld toepasbaar zijn
- de apparatuur moet draagbaar zijn

De informatie die in de tabellen is opgenomen is afkomstig uit de literatuur, productinformatie van fabrikanten en ervaringen van de deelnemers aan dit project.

**TABELLEN SERIE I:**

Overzicht van toepasbare technieken voor (schade)onderzoek in het veld.

Techniek	Veld	lab.	Randvoorwaarden/beperkingen
<b>VASTLEGGEN SCHADEBEEELD</b>			
• visueel onderzoek			- schriftelijk vastleggen van de situatie
• endoscopie			- voldoende grote opening voor toegang tot te inspecteren locaties - bij grote lengte mogelijk positionerings onnauwkeurigheden
• macro fotografie (belichting enz.)			- geen technische camera - belichting kan van invloed zijn op het wel of niet overkomen van bepaalde details (b.v. groeilijnen vermoeiingsbreuk) en/of kleuren - rekening houden met de omgeving: <ul style="list-style-type: none"> <li>• kenmerken die van belang zijn</li> <li>• kenmerken die van belang zijn, en bedrijfsgeheimen bevatten en waarbij opdrachtgever beperkingen stelt</li> </ul>
• replica/plakband			- vastleggen van middels NDO vastgestelde scheuren
• micro fotografie (met mobiele apparatuur op microscoop, replica)			- doorgaans geen negatieven - kwaliteit minder dan met lab. microscopen bereikt kan worden - stabiliteit (bij montage microscoop op het monster) - alleen oppervlakken
<b>METINGEN VAN DE GEOMETRIE</b>			
• b.v. diametermetingen mechanische dynamische metingen - met rekstrookjes - met krachtopnemers			- meetnauwkeurigheden - toegankelijkheid
• ruwheidsmeting			- geometrische beperkingen, niet toegankelijk voor taster - plaatsingsnauwkeurigheid
• uitlijning			- letten op bereikbaarheid
• trillingsmeting			- alleen tijdens bedrijf uit te voeren

## Vervolg

Techniek	Veld	lab.	Randvoorwaarden/beperkingen
<b>NIET-DESTRUCTIEF ONDERZOEK</b>			
• <b>Ultrasoon</b>			- afhankelijk van vorm, afmetingen bereikbaarheid ed. Inwendige volume techniek speciaal voor vlakke fouten.
• <b>Wervelstroom</b>			- afhankelijk van vorm, afmetingen bereikbaarheid ed. - quasi-oppervlaktetechniek
• <b>Penetrant; rood/wit, fluoreserend</b>			- afhankelijk van vorm, afmetingen bereikbaarheid ed.
• <b>Magnetisch; zwart/wit, fluoreserend</b>			- afhankelijk van vorm, afmetingen bereikbaarheid ed. - voorbereiding oppervlak - oppervlaktetechniek
• <b>potential drop scheurdiepte meting</b>			- afhankelijk van vorm, afmetingen bereikbaarheid ed.
• <b>TOFD (scheurdiepte meting)</b>			- afhankelijk van vorm, afmetingen bereikbaarheid ed. - voorbereiding oppervlak
• <b>Lekdetectie methoden (b.v. helium lektest)</b>			- afhankelijk van vorm, afmetingen bereikbaarheid ed.
• <b>Hechtingsfouten (fokker bondtester)</b>			- afhankelijk van vorm, afmetingen bereikbaarheid ed.
• <b>Röntgenspanningsmetingen</b>			- afhankelijk van vorm, afmetingen bereikbaarheid ed. - voorbereiding oppervlak - kristallijne metalen en kunststoffen
• <b>Magnetische spanningsmetingen (Magneto scan)</b>			- afhankelijk van vorm, afmetingen bereikbaarheid ed. - magnetiseerbare materialen
• <b>Radiografisch onderzoek</b>			- afhankelijk van vorm, afmetingen bereikbaarheid ed. - alleen volumetrische fouten - stralings- en veiligheidshygiene
• <b>Akoestische emissie (bewaking scheurgroei in afwachting van reparatie/vervanging)</b>			- afhankelijk van vorm, afmetingen bereikbaarheid ed. - altijd thermische en/of mechanische belasting
• <b>IR thermography</b>			- beperking bij lange afstandsmetingen - nauwkeurige bepaling emissiefactor noodzakelijk

## Vervolg

Techniek	Veld	lab.	Randvoorwaarden/beperkingen
<b>MICROSCOPISCH ONDERZOEK</b>			
• breukvlakken (lichtmicroscopisch)			<ul style="list-style-type: none"> <li>- beperkte scherptediepte</li> <li>- foto's maken niet mogelijk (afhankelijk van de vlakheid van het breukvlak)</li> </ul>
• microstructuur			<ul style="list-style-type: none"> <li>- vergroting in het veld beperkt tot ca 500x</li> <li>- stabiliteit</li> </ul>
<b>REPLICA'S</b>			
• structuur			<ul style="list-style-type: none"> <li>- alleen oppervlaktestructuur te onderzoeken</li> <li>- in het lab. onderzoeken</li> </ul>
• breukvlakken			<ul style="list-style-type: none"> <li>- in het lab. onderzoeken</li> <li>- gietbare replicamaterialen: details vanaf ca 1 µm kunnen worden overgenomen</li> <li>- kneedbare replicamaterialen: alleen macroscopische kenmerken</li> <li>- afhankelijk van het replicamateriaal is de toepasbaarheid positie afhankelijk</li> </ul>
• slijtage			<ul style="list-style-type: none"> <li>- karakterisering van het schadebeeld</li> <li>- met name voor b.v. abrasieve slijtage en oppervlaktevermoeiing kan aanvullend lab. onderzoek nodig zijn (doorsnede, analyse van ingeslagen deeltjes enz.)</li> </ul>
• deklagen			<ul style="list-style-type: none"> <li>- oppervlaktestructuur</li> </ul>
• overige oppervlakken			<ul style="list-style-type: none"> <li>- zie structuurreplica's</li> </ul>
<b>FERRIETMETINGEN</b>			
• magnetisch /magne gage			<ul style="list-style-type: none"> <li>- minder geschikt voor in het veld m.b.t. stabiliteit en kwetsbaarheid, voorbereiding oppervlak</li> <li>- alleen onder de hand toe te passen</li> </ul>
• permeabiliteitsmeting (niet-destructief)			<ul style="list-style-type: none"> <li>- structuuriëntatie en -homogeniteit beïnvloeden de meting.</li> <li>- beperkingen i.v.m. minimale afmetingen</li> </ul>
• op replica's m.b.v. point counting			<ul style="list-style-type: none"> <li>- replica's gemaakt in het veld, doorgaans in het lab. onderzocht.</li> <li>- point counting methode (ASTM)</li> </ul>

## Vervolg

Techniek	Veld	lab.	Randvoorwaarden/beperkingen
<b>SCHUIJTJES (verder onderzoek in het lab)</b>			zie ook deelproject 4 taak D
• gespecialiseerde apparatuur			<ul style="list-style-type: none"> <li>- voor onderzoek in het lab., resultaten niet direct bekend.</li> <li>- beperkingen als reparaties nodig zijn en/of niet/moeilijk uitvoerbaar.</li> <li>- duur.</li> <li>- toegankelijkheid.</li> </ul>
• algemene apparatuur (diamant slijpschijfjes enz.)			<ul style="list-style-type: none"> <li>- voor onderzoek in het lab., resultaten niet direct bekend.</li> <li>- relatief goedkope apparatuur, want voor meerder toepassingen geschikt (polijsten)</li> <li>- toegankelijkheid.</li> <li>- beperkingen als reparaties nodig zijn en/of niet/moeilijk uitvoerbaar.</li> </ul>
• reparaties + lasadvies			<ul style="list-style-type: none"> <li>- lasbaarheid materiaal (voorwarmen, lasproces etc)</li> <li>- toegankelijkheid</li> <li>- Post Weld Heat Treatment (PWHT) (mogelijk en nodig?)</li> </ul>
<b>HARDHEIDSMETINGEN</b>			
• equo-methode			- voorbereiding oppervlak, wanddikte $\geq 10-15$ mm
• UCI-methode			- voorbereiding oppervlak, wanddikte $\geq 10-15$ mm
• standaardmethode			- in het veld doorgaans moeilijk uitvoerbaar
<b>MATERIAAL-ANALYSE:</b>			
• röntgen-analyse/XRF (PMI)			<ul style="list-style-type: none"> <li>- voorbereiding oppervlak. Slechts 12 vaste elementen detecteerbaar.</li> <li>Stralings- en veiligheidshygiene</li> </ul>
• spectraal-analyse (PMI)			<ul style="list-style-type: none"> <li>- spectroscop- Voorbereiding oppervlak. Vrij grove en onnauwkeurige bepaling van materiaalsamenstelling</li> <li>- optische emissiespectrometer- Voorbereiding oppervlak.</li> <li>16 elementen waaronder C, P en S zijn te analyseren. Nauwkeuriger dan spectroscop</li> </ul>
• kleurentest, electrochemisch			<ul style="list-style-type: none"> <li>- voorbereiding oppervlak. Meestal slechts per element toepasbaar, grove bepaling (veel/weinig)</li> <li>- hooggelegeerde staalsoorten</li> </ul>
• druppeltest 304 vs 316, 316 kleurt blauwig als gevolg van molybdeen			<ul style="list-style-type: none"> <li>- voorbereiding oppervlak. Meestal slechts per element toepasbaar, grove bepaling (veel/weinig)</li> <li>- AISI 304 vs 316</li> </ul>
• magnetisch			<ul style="list-style-type: none"> <li>- alleen geschikt voor bepaling magnetisch/niet-magnetisch, onderscheidt tussen ferritisch/duplex staal en austenitisch staal</li> </ul>
• vonken op een slijpsteen			<ul style="list-style-type: none"> <li>- destructief</li> <li>- alleen C-W-Si-Mo in on- en laaggelegeerde materialen</li> </ul>
• kunststoffen			- alleen een grove indeling mogelijk, zie deelproject II



## Vervolg

Techniek	Veld	lab.	Randvoorwaarden/beperkingen
<b>CORROSIEONDERZOEK</b>			
• onderzoek t.b.v. micro-biële aantasting			- alleen Sulfaat Reducerende Batteriën (SRB)
• potentiostatische meting			- in het veld metingen uitvoeren met een cel, lokale meting
• meenemen corrosieproducten			- eventueel uitdroging voorkomen (bacteriën)
• bepaling bv. Cl-bepaling			- bepaling kan vrij nauwkeurig, maar vraagt de nodige kennis van chemie - geeft zelden eenduidige uitslag over corrosieoorzaak/proces, kan soms corrosieoorzaak/proces wel uitsluiten - grote variatie in mobiele labs verkrijgbaar
• Zn-detectie test, toepasbaar bij LME			- alleen Zn

**TABELLEN SERIE II**

Per onderzoekstechniek opgesplitst naar:

- criteria/randvoorwaarden voor het bepalen van de benodigde en praktisch haalbare kwaliteit
- criteria/randvoorwaarden voor het beoordelen van replica's
- criteria/randvoorwaarden voor het selecteren van locaties voor monsternamen
- criteria/randvoorwaarden voor het beoordelen van de betrouwbaarheid en nauwkeurigheid

VASTLEGGEN SCHADEBEELD				
Techniek	Criteria/randvoorwaarden voor:			
	haalbaarheid, benodigde en praktische kwaliteit	replica's	locaties monstername/ onderzoek	betrouwbaarheid/ nauwkeurigheid
<b>Visueel onderzoek</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- zie deelproject 2</li> <li>- alleen oppervlakte toestand</li> <li>- oplossende vermogen van het oog is beperkt, b.v.:               <ul style="list-style-type: none"> <li>• intensiteitsverschillen &lt;10% niet waarneembaar</li> <li>• wel gevoelig voor geringe verschillen in glans/reflectie</li> </ul> </li> <li>- loep van ca 10x gebruiken</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- algemeen overzicht schadebeeld</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- geringe verschillen in reflectie kunnen worden waargenomen</li> </ul>
<b>Endoscopie</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- te grote ruimten → positionering evt. geleiding maken</li> <li>- haakse bochten → combinatie radius vs afmetingen endoscoop</li> <li>- temp. medium kan beperking opleggen</li> <li>- diverse belichtingen mogelijk (direct, strijklucht)</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- toegankelijk voor endoscoop</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ervaring/expertise heeft grote invloed op het resultaat</li> </ul>
<b>Macro fotografie</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- letten op belichting:               <ul style="list-style-type: none"> <li>• kleurveranderingen</li> <li>• detail verlies</li> </ul> </li> <li>- vaak geen technische camera</li> <li>- soms belemmeringen omdat gevoelige info van de omgeving kan worden vastgelegd (bedrijfsgeheimen)</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- alle van belang zijnde punten</li> <li>- overzichten en details</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- mogelijke kleurveranderingen en detail verlies t.g.v. lichtval enz.</li> <li>- met een spiegelreflex camera zijn eenvoudig en snel van belang zijnde situaties vast te leggen (zie deelproject 2)</li> <li>- neem meetlat o.i.d. mee op de opnamen</li> </ul>
<b>Micro fotografie</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- breukvlakken niet vast te leggen</li> <li>- structuuropnamen mogelijk</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- rekening houden met contrastverlies</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- foto's doorgaans van mindere kwaliteit dan in het lab.</li> <li>- snel beschikbaar</li> </ul>
<b>replica/ plakband</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- plakken over b.v. scheuren gedetecteerd met magnetisch scheuronderzoek</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- plaatsen waar scheuronderzoek is gedaan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- aantekeningen getrouw overgenomen??</li> </ul>

METINGEN VAN GEOMETRIE			
Techniek	Criteria/randvoorwaarden voor:		
	haalbaarheid, benodigde en praktische kwaliteit	locaties monsternamen/ onderzoek	betrouwbaarheid/ nauwkeurigheid
<b>Diameter/ deformaties (zie ook 'uithijning')</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- afhankelijk van gebruikte apparatuur (schuifmaat b.v. tot 0,05mm afleesbaar)</li> <li>- krom trekken vast te stellen m.b.v. een rij</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- op vervormde en niet vervormde plaatsen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- sterk bepaald door de gebruiker</li> <li>- op gecorrodeerde plaatsen mogelijk extra meetfouten</li> <li>- holografie claimt hoge betrouwbaarheid en nauwkeurigheid [2]</li> <li>- holografisch: 0,1-20µm</li> </ul>
<b>Deformaties: Mechanisch dynamisch; rekstrookjes of krachtopnemers</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- rekstrookjesmetingen in stilstand aanbrengen: slijpen en lijmen</li> <li>- piëzolementtechniek: boren, draadtappen cq klemmen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- rekstrookjes tot max. 300°C</li> <li>- krachtopnemers tot max. 200°C</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- afhankelijk van de situatie ter plaatse</li> </ul>
<b>Ruwheidsmeting</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- zowel uitgebreide als beperkte metingen mogelijk</li> <li>- kennis/ervaring met ruwheidsmetingen is gewenst</li> <li>- indien locatie niet toegankelijk, dan kan een replica overwogen worden (zie deelproject 2 i.v.m. toe te passen replicamaterialen)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- in nagenoeg alle posities te meten, eventueel met beschikbare hulpstukken en mits een vlak oppervlak</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- resultaten kunnen direct geprint worden</li> <li>- controle op locatie met een meetplaatje</li> <li>- bij een goede uitvoering resultaten vergelijkbaar met het lab.</li> <li>- terugplaatsing minder nauwkeurig dan in het lab., gebeurt met de hand.</li> <li>- apparatuur/meetmethode onder certificaat leverbaar (NAMAS)</li> </ul>
<b>Uithijning [2,3]</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- m.b.v. laser [2]</li> <li>- vervormingen tussen 0,1-20µm (uit te breiden tot in het mm-bereik)</li> <li>- draagbaar app. (ter grootte van een videocamera)</li> <li>- gespecialiseerde meting</li> <li>- expertise vereist</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- vaststellen van locaties met de hoogste belasting = vervorming</li> <li>- ook bij lage belastingen (ver onder bedrijfsbelasting)</li> <li>- opstelling en belichting hebben grote invloed op het resultaat</li> </ul>
<b>Trillings- metingen  Condition monitoring van elke dynamisch belaste installatie</b>	<p><b>meetmethodieken:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>versnellingsmeting</li> <li>snelheidsmeting</li> <li>verplaatsingsmeting</li> </ul> <p><b>mogelijkheden:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- verschuiving van eigen frequentie bij stationaire situaties. Bepaling m.b.v. geïnstrumenteerde hamer</li> <li>- verandering van respons, alleen tijdens bedrijf</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- hoogste/sterkste trilling</li> <li>- constructief zwakste locatie(s)</li> <li>- toepasbaar tot ca 200°C</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Afhankelijk van de situatie ter plaatse bepalen of versnellings-, snelheids- of verplaatsingsmeting relevant is.</li> </ul>

NIET-DESTRUCTIEF ONDERZOEK			
Techniek	Criteria/randvoorwaarden voor:		
	haalbaarheid, benodigde en praktische kwaliteit	locaties monsternamen/ onderzoek	betrouwbaarheid/ nauwkeurigheid
<b>Ultrasoon onderzoek</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- afhankelijk van vorm, afmetingen bereikbaarheid ed</li> <li>• let op minimale materiaaldikte</li> <li>• fouten &lt;2-3mm niet detecteerbaar</li> <li>- oppervlaktegesteldheid</li> <li>- koppelmedium</li> <li>- korrelgrootte v.s. golflengte:               <ul style="list-style-type: none"> <li>• korrelgrootte vgl met golflengte geeft verstrooiing</li> </ul> </li> </ul>	toepasbaar tot 200° C	<ul style="list-style-type: none"> <li>- inwendige volumetechniek</li> <li>- speciaal voor vlakke fouten</li> <li>- bindingsfouten, scheurtjes &gt;2-3mm detecteerbaar</li> <li>- manueel geen automatische registratie</li> <li>- geautomatiseerd US-onderzoek beter reproduceerbaar, betrouwbaar en met registratie</li> </ul>
<b>Radiografisch onderzoek</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- afhankelijk van vorm, afmetingen bereikbaarheid ed</li> <li>- stralingsdeskundigheid en veiligheid</li> <li>- <b>röntgenografisch (X-Ray)</b></li> <li>- wanddikte tot ca 20-30 mm</li> <li>- <b>gammagrafisch (γ-Ray)</b></li> <li>- wanddiktes: Ir tot 50-60 mm Co &gt;60 mm tot 80-100mm</li> <li>- <b>flash radiografie</b></li> <li>- <b>real Time X cg γ-Ray</b></li> <li>- <b>X-Ray Tomography</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- toepasbaar tot max 100°C</li> <li>-</li> <li>- geen hoeklassen</li> <li>- corrosie onder isolatie</li> <li>- kwaliteitsbewaking</li> <li>-</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- inwendige volumetechniek</li> <li>- alleen volumetrische fouten (bindingsfouten, scheuren niet altijd detecteerbaar)</li> <li>-</li> <li>-</li> <li>- 3D-beelden</li> </ul>
<b>Penetrant onderzoek</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- afhankelijk van vorm, afmetingen bereikbaarheid ed</li> <li>- vetvrij en blank oppervlak</li> <li>- rood/wit of fluorescerend</li> <li>- zowel ferro- als non ferromaterialen</li> <li>- afzuiging (m.n. bij grote hoeveelheden)</li> <li>- UV-straling (fluoriserend middel)</li> </ul>	- temp max 200 - 300° C	<ul style="list-style-type: none"> <li>- oppervlaktetechniek</li> <li>- fluorescerend beter dan kleur</li> <li>- minder betrouwbaar dan magnetisch onderzoek</li> <li>- bij hoge temp. beperkte gevoeligheid</li> <li>- directe registratie mogelijk</li> </ul>
<b>Magnetisch onderzoek</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- afhankelijk van vorm, afmetingen bereikbaarheid ed</li> <li>- vet- en vuilvrij oppervlak</li> <li>- zwart/wit of fluorescerend</li> <li>- alleen ferro-magnetisch materialen</li> <li>- afzuiging (m.n. bij grote hoeveelheden)</li> <li>- UV-straling (fluoriserend middel)</li> </ul>	- temp max 200 - 300° C	<ul style="list-style-type: none"> <li>- oppervlaktetechniek</li> <li>- beter als penetrant onderzoek</li> <li>- fluorescerend beter als zwart/wit</li> <li>- bij hoge temperatuur beperkte gevoeligheid</li> <li>- registratie mogelijk</li> </ul>

Techniek	Criteria/randvoorwaarden voor:		
	haalbaarheid, benodigde en praktische kwaliteit	locaties monstername/ onderzoek	betrouwbaarheid/ nauwkeurigheid
<b>Wervelstroom onderzoek</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- afhankelijk van vorm, afmetingen bereikbaarheid ed</li> <li>- oppervlaktegesteldheid minder kritisch</li> <li>- geen contact met oppervlak</li> <li>- alle elektrisch geleidende materialen</li> <li>- non-ferromaterialen - EC</li> <li>- ferro-materialen RFEC met evt voormagnetisatie</li> <li>- uitwendig Lek-Fluxtechniek voor dikwandige materialen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- omgevingstemperatuur</li> <li>- van belang is een <b>constante</b> temperatuur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- quasi-oppervlakte techniek voor foutdieptes ca 2 mm</li> <li>- foutgroottebepaling gering</li> <li>- bij inspecties is: <ul style="list-style-type: none"> <li>- registratie</li> <li>- digitalisatie dmv images</li> <li>- classificatie</li> <li>- fout herkenbaarheid</li> <li>- expertise voor onderzoek</li> </ul> </li> </ul>
<b>Potentiaal drop scheurdiepte meting</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- afhankelijk van vorm, afmetingen bereikbaarheid ed</li> <li>- oppervlak blank</li> <li>- elektrisch geleidende materialen</li> <li>- AC en/of DC</li> <li>- scheuroxidatie/randeffecten</li> <li>- lengte/diepte verhouding</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- omgevingstemperatuur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- oppervlaktetechniek</li> <li>- betrouwbaarheid afhankelijk van mat. eigenschappen, kristalstructuur ed</li> <li>- <b>betrouwbaarheid is minder dan in lab</b></li> </ul>
<b>TOFD (scheurdiepte meting)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- afhankelijk van vorm, afmetingen bereikbaarheid ed</li> <li>- oppervlak blank geslepen</li> <li>- gemechaniseerd onderzoek</li> <li><b>Rotoscan/rotoTOFD:</b></li> <li>- geautomatiseerd/gemechaniseerd</li> <li>- meetwagen nodig</li> <li>- seriematig werk: rondlassen (pijpleidingen)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- temp tot 200°C</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- inwendige volumetechniek</li> <li>- speciaal voor vlakke fouten</li> <li>- meten van scheurdieptes op dikwandig materiaal tussen 6 mm en 350 mm</li> <li>- onder oppervlak dode zone van ca 1 mm diep</li> <li>- <b>Foutgroottebepaling ca 1 mm (Lab 0.1 mm)</b></li> </ul>
<b>Lekdetectie [1]</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- heliumtest + massaspectrometrie</li> <li>- IR Thermography</li> <li>- <math>\gamma</math>-ray meting (Krypton 85)</li> <li>- druktest zeep,penetrant. ed</li> <li>- freontest + halogeendetector juiste schoonmaakmiddelen</li> <li>- H<sub>2</sub>- / He-test met Piranimeter</li> <li>- NH<sub>3</sub>-test met indicator</li> <li>- audio- en ultrasoon test</li> <li>- snuffelhonden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>] Diverse aansluitingen en voorzieningen</li> <li>] ]</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 10<sup>-7</sup> - 10<sup>-14</sup> Pa m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup></li> <li>- grote lekken</li> <li>- 10<sup>-12</sup> - 10<sup>-14</sup> Pa m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup></li> <li>- 10<sup>-2</sup> - 10<sup>-4</sup> Pa m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup></li> <li>- 10<sup>-4</sup> - 10<sup>-8</sup> Pa m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup></li> <li>- 10<sup>-5</sup> - 10<sup>-7</sup> Pa m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup></li> <li>- 10<sup>-5</sup> - 10<sup>-7</sup> Pa m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup></li> <li>- 10<sup>0</sup> - 10<sup>3</sup> Pa m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup></li> <li>- zeer lokale lekken</li> </ul>

Techniek	Criteria/randvoorwaarden voor:		
	haalbaarheid, benodigde en praktische kwaliteit	locaties monstername/ onderzoek	betrouwbaarheid/ nauwkeurigheid
<b>Hechtingsfouten</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Fokker Bondtester</b> akoestische impedantiemeting</li> <li>- <b>Ultrasoon:</b> cladding, coatings, Lagermateriaal ed zie ultrasoon-onderzoek</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-</li> <li>- zie ultrasoon-onderzoek</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lijmverbindingen</li> <li>- kwantitatief</li> <li>- zie ultrasoon-onderzoek</li> </ul>
<b>Röntgen spanningsmetingen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- afhankelijk van vorm, afmetingen bereikbaarheid ed</li> <li>- meetpositie electrolisch polijsten</li> <li>- kristallijne materialen zoals metalen en kunststoffen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- werkstukgeometrie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- zelfkalibrerend</li> <li>- kwantitatief</li> </ul>
<b>Magnetische spanningsmetingen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Barkhausen-Noise Detector</b></li> <li>- magnetiseerbare materialen</li> <li>- meetsnelheid enkele sec.</li> <li>- grote mobiliteit</li> <li>- afhankelijk van vorm, afmetingen bereikbaarheid ed</li> <li>- geen oppervlakvoorbewerking</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- toepasbaar tot max. 50°C</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- snel</li> <li>- kwalitatief spannings-concentratie meting</li> <li>- in combinatie met röntgen-spannings-metingen uiterst efficiënt</li> <li>- <b>labopstelling meestal beter</b></li> </ul>
<b>Laser-optische spanningsmeetmethodes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- afhankelijk van vorm, afmetingen bereikbaarheid ed</li> <li>- vervorming aanbrengen daarna meten</li> <li>- laserstraling</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- toepasbaar tot max. 200°C</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- er worden hoge nauwkeurigheden en betrouwbaarheden geclaimed [2,3]</li> </ul>
<b>Spanningsmetingen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Shearography-methode</b></li> <li>- afhankelijk van vorm, afmetingen bereikbaarheid ed</li> <li>- <b>Spica-methode</b></li> <li>- afhankelijk van vorm, afmetingen bereikbaarheid ed</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- toepasbaar tot max. 200°C</li> <li>- toepasbaar tot max. 200°C</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- deformatie\vervormingsmeting</li> <li>- bewaking van installaties ed</li> <li>- er worden hoge nauwkeurigheden en betrouwbaarheden geclaimed [2,3]</li> <li>- deformatie\vervormingsmeting</li> <li>- bewaking van installaties ed</li> <li>- zeer lokale deformaties meetbaar: 0,05% binnen enkele mm-breedte</li> </ul>

Techniek	Criteria/randvoorwaarden voor:		
	haalbaarheid, benodigde en praktische kwaliteit	locaties monsternamen/ onderzoek	betrouwbaarheid/ nauwkeurigheid
<b>Akoestische emissie</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- afhankelijk van vorm, afmetingen</li> <li>- bereikbaarheid</li> <li>- monitoring scheurgroei m.b.t.reparatie/vervanging</li> <li>- integrale techniek</li> <li>- altijd een thermische of mechanische belasting</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- tankbodemonderzoek</li> <li>- ruissignalen omgeving (regen wind e.d.)</li> <li>- druktanks</li> <li>- opslagbollen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- niet alle defecten zijn akoestisch actief</li> <li>- kwalitatief</li> <li>- registratie</li> <li>- <b>reproduceerbaarheid minder als laboratorium</b></li> <li>- Bij tankbodemonderzoek gradaties A t/m E</li> </ul>
<b>IR-Thermography</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- contactloos</li> <li>- korte responstijd</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- toepasbaar tussen 20°C - 2000°C</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- nauwkeurigheid is afhankelijk van berekening, <math>\epsilon</math> factor</li> <li>- Beeldregistratie</li> <li>- Beeldanalyse</li> </ul>



MICROSCOPISCH ONDERZOEK				
Techniek	Criteria/randvoorwaarden voor:			
	haalbaarheid, benodigde en praktische kwaliteit	replica's	locaties monstername/ onderzoek	betrouwbaarheid/ nauwkeurigheid
<b>Breukvlak- onderzoek (LM)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- beperkte scherptediepte</li> <li>- ervaring met interpretatie is gewenst</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- op replica's toepasbaar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- initiatiepunt(en)</li> <li>- propagatie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- beoordeling visueel redelijk tot goed</li> <li>- foto's maken niet mogelijk</li> <li>- vergroting is beperkt (500x)</li> <li>- geometrie zal toegankelijkheid sterk beïnvloeden</li> </ul>
<b>Micro- structuur (LM)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- vergroting beperkt tot ca 500x</li> <li>- alleen de structuur aan het oppervlak</li> <li>- ervaring met prepareren en polijsteffecten is gewenst</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- op replica's toepasbaar, echter in het veld snel beperking t.g.v. laag contrast</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- in omgeving schade</li> <li>- in niet beïnvloed gebied</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- geometrie kan toegankelijkheid beperken, m.n. wat betreft het prepareren</li> <li>- contrast van de replica's kan in het veld worden verhoogd door: <ul style="list-style-type: none"> <li>• achterkant zwart maken met stift</li> <li>• spiegelende achtergrond te gebruiken</li> </ul> </li> <li>- bij goed prepareren vergelijkbaar met lab.</li> </ul>

REPLICA'S [7]				
Techniek	Criteria/randvoorwaarden voor:			
	haalbaarheid, benodigde en praktische kwaliteit	replica's	locaties monstername/ onderzoek	betrouwbaarheid/ nauwkeurigheid
micro-structuur-onderzoek [7]	<ul style="list-style-type: none"> <li>- alleen oppervlakte structuur</li> <li>- middels extractiereplica's is (chemische) analyse van uitscheidingen mogelijk</li> <li>- materiaalanalyses zijn niet mogelijk</li> <li>- voldoende contrast (eventueel opdampen)</li> <li>- een zekere expertise is nodig</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- oppervlak moet schoon zijn (eventueel tweede replica plakken nadat met eerste replica vuil is verwijderd)</li> <li>- stof- en vochtvrij bewaren</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- schadelocatie en indien mogelijk een referentie (niet beïnvloed materiaal)</li> <li>- behalve wat betreft toegankelijkheid geen beperkingen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- eigenlijke structuuronderzoek in het lab. uitvoeren</li> <li>- fasen niet herkenbaar aan hun kleur, slechts aan hun vorm.</li> <li>- bij goede preparatie is structuurbeeld vergelijkbaar met in het lab. geprepareerd materiaal</li> </ul>
Breukvlak-onderzoek [7,8]	<ul style="list-style-type: none"> <li>- niet geleidende kunststoffen, voor SEM-onderzoek geleidend maken.</li> <li>- op alle metalen toepasbaar</li> <li>- op kunststoffen bij voorkeur niet toepassen (grote kans op beschadiging breukvlak)</li> <li>- afhankelijk van het replicamateriaal, toepasbaarheid positieafhankelijk</li> <li>- langzaam uithardende en gietbare replicamaterialen nemen doorgaans meer details over</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- replica is een negatief van breukvlak (gebruik in SEM eventueel geïnverteerd beeld!!)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- initiatiezones</li> <li>- schoon breukvlak, eventueel met een eerste replica reinigen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- restanten replica-materiaal kunnen achterblijven</li> <li>- gietbare replica-materialen beperkt tot ca 90°</li> <li>- details vanaf 1-2µm over te nemen</li> <li>- nooit 100% hetzelfde als origineel breukvlak</li> </ul>
slijtage-onderzoek [7,8]	<ul style="list-style-type: none"> <li>- alleen slijtage oppervlakken waarvan aan het oppervlak het slijtage mechanisme te herkennen is</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- lossend</li> <li>- vet en vuil vrij (eventueel meerdere replica's maken)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- letten op artefacten</li> <li>- detailonderzoek in het lab.</li> <li>- analyses niet mogelijk</li> <li>- oplossend vermogen: 1-2µm met folies</li> </ul>

FERRIETMETINGEN				
Techniek	Criteria/randvoorwaarden voor:			
	haalbaarheid, benodigde en praktische kwaliteit	replica's	locaties monstername/ onderzoek	betrouwbaarheid/ nauwkeurigheid
Magne gage	<ul style="list-style-type: none"> <li>- voorbereiding voor een meetplek vragen veel aandacht:</li> <li>* stabiliteit</li> <li>* afwezigheid grote stalen massa's</li> <li>* schone ruimte</li> <li>* vet- en vuilvrij oppervlak</li> <li>- gevoelige apparatuur m.b.t. schokken en magnetisme in omgeving</li> </ul>	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>- moeten ruim toegankelijk zijn</li> <li>- alleen onderhands uit te voeren</li> <li>- eventueel monster uitnemen</li> <li>- oppervlak loodrecht t.o.v. de magneet, de magneet moet recht van het oppervlak worden afgetrokken</li> <li>- minimale afmetingen locatie: 25x25x1,6mm</li> <li>- minimale radius: 3,2mm</li> <li>- kleinere afmetingen inbedden of vastzetten</li> <li>- geen magnetische materialen of grote stukken staal binnen 75 cm van de meetlocatie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- meetmethode aanbevolen door IIW</li> <li>- kalibratie voorschriften, controle met gecertificeerde monsters (IIW) (gangbaar tot ca 28FN)</li> <li>- 5 metingen uitvoeren met een maximaal verschil van 2 eenheden tussen de metingen (homogeen materiaal)</li> <li>- doorgaans minder dan in het lab.</li> </ul> <p><b>meetbereik:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 28FN</li> <li>- 150EFN (contragewicht)</li> </ul>
Permeabiliteits meting	<ul style="list-style-type: none"> <li>- oppervlak moet vetvrij en schoon zijn.</li> <li>- een te ruw oppervlak schuren (Grid P220)</li> <li>- registratie mogelijk met printer (ook nader hand)</li> </ul>	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>- minimaal meetgebied: Ø2 mm</li> <li>proefstuk: Ø1 cm</li> <li>- minimale kromming: 3 mm</li> <li>geen effect tot een kromming van 30 mm</li> <li>- minimale laagdikte: 3 mm (op ferritisch mat.)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- resultaten (sterk) beïnvloed door structuur (homogene/ inhomogene verdeling, walsrichting)</li> <li>- ca 5 metingen per locatie, let daarbij op de standaardafwijking</li> <li>- controle op meetblokken</li> </ul> <p><b>meetbereik:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 0-100% ferriet</li> </ul>
Replica	zie Deelproject 2 "Prepareren van oppervlakken"	<ul style="list-style-type: none"> <li>- moet geschikt zijn voor 'point counting' methode</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>afhankelijk van het doel, zijn de meeste locatie mogelijk.</li> <li>Beperkingen liggen mogelijk in toegankelijkheid voor prepareerapparatuur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- meting beperkt tot het oppervlak</li> <li>- controle achteraf / door derden mogelijk</li> <li>- zeer lokale metingen mogelijk (b.v. WBZ van een las)</li> <li>- relatief lange voorbereidings tijd (polijsten)</li> <li>- goede beoordeling later in het lab.</li> </ul> <p><b>meetbereik:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>0-100% ferriet</li> </ul>


<b>SCHUITJES</b>			
<b>Techniek</b>	Criteria/randvoorwaarden voor:		
	haalbaarheid, benodigde en praktische kwaliteit	locaties monsternamen/ onderzoek	betrouwbaarheid/ nauwkeurigheid
<b>Uitname van schuitjes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- uitvoerbaarheid van reparaties, indien reparaties niet mogelijk of toegestaan dan geen schuitje uitnemen</li> <li>- uit te nemen richting moet juiste info geven</li> <li>- uiteinde schuitje vaak plastisch vervormd</li> <li>- voorzichtig en geduldig werken i.v.m. mogelijke verbitting van het materiaal. Met name bij austenitische RVS soorten (slijpsteentjes slibben gemakkelijk dicht)</li> <li>- in principe op alle metalen toepasbaar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- locatie moet:               <ul style="list-style-type: none"> <li>• representatief zijn en/of</li> <li>• typisch voor het schadebeeld</li> </ul> </li> <li>- bij voorkeur ook monster 'niet-beïnvloed' materiaal</li> <li>- locaties monsters eenduidig vastleggen en coderen</li> <li>- uit te nemen monster moet groot genoeg zijn → beschadigde diepte enz.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- aantal schuitjes doorgaans beperkt, daarom letten op representativiteit</li> <li>- rekening houden met gedeformeerde zone's</li> <li>- alle metingen zijn op een schuitje mogelijk;</li> <li>- samenstelling hardheid enz</li> <li>- nauwkeurigheid bepaald door prepareermethode in het lab</li> <li>- in het veld niet te onderzoeken</li> <li>- niet-gespecialiseerde apparatuur vraagt meer ervaring</li> <li>- uitname-diepte doorgaans beperkt tot enkele millimeters (straal doorslijpschijfje)</li> </ul>

HARDHEIDSMETINGEN [4]			
Techniek	Criteria/randvoorwaarden voor:		
	haalbaarheid, benodigde en praktische kwaliteit	locaties monsternamen/ onderzoek	betrouwbaarheid/ nauwkeurigheid
<b>Dynamisch Rebound vlg EQUO-methode</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- slijpen/schuren tot grit P400</li> <li>- wanddikte &gt; 10-15 mm</li> <li>- wanddikte &gt; 5 en &lt; 10 mm, mits voldoende stijfheid (b.v. hoeken)</li> <li>- gebruikersvriendelijk</li> <li>- gebruiksgemak en hoge meetsnelheid</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- hulpstukken voor het meten van holle, bolle en niet plan-parallel oppervlakken</li> <li>- meetpositie en materiaaltypen opgeven ivm correctie meetwaarden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- kalibratie mbv ijkblokken</li> <li>- printoutput</li> <li>- meting kwantitatief of kwalitatief.</li> </ul>
<b>Indrukking dmv UCI (Ultrasonic Contact Impedance)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- slijpen/schuren/polijsten tot grit P1200</li> <li>- wanddikte &gt; 10-15 mm</li> <li>- gebruikersvriendelijk</li> <li>- gebruiksgemak en hoge meetsnelheid</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- hulpstukken voor het meten van holle, bolle en niet plan-parallel oppervlakken</li> <li>- materiaaltypen invoeren</li> <li>- automatische correctie meetpositie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- kalibratie mbv ijkblokken</li> <li>- printoutput</li> </ul>
<b>Indrukking vlg standaard-methode (Rockwell, Vickers en Brinell)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- slijpen/schuren/polijsten volgens norm</li> <li>- wanddiktes &lt; 3mm zijn te meten afh van hardheid</li> <li>- plan-parallel oppervlak</li> <li>- niet gebruikersvriendelijk</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- bereikbaarheid ivm vastklemmen van meter</li> <li>- plan-parallel is must</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- kalibratie mbv ijkblokken</li> <li>- ijking: aanbevolen om jaarlijks uit te voeren</li> <li>- Verificatie bij een nieuw te meten materiaal uitvoeren</li> </ul>

MATERIAAL-ANALYSE TECHNIEKEN			
Techniek	Criteria/randvoorwaarden voor:		
	haalbaarheid,benodigde en praktische kwaliteit	locaties monstername/ onderzoek	betrouwbaarheid/ nauwkeurigheid
<b>Röntgen-analyse</b> <b>XRF-methode</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- blank slijpen cq schuren</li> <li>- gevoelig voor RF-shielding van computers ed</li> <li>- voor bv smalle lasssen maskermode gebruiken</li> <li>- gebruikersvriendelijk</li> <li>- analysetijd afhankelijk van intensiteit van de bronnen</li> <li>- stralingsdeskundigheid en veiligheid</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- venster max 50 °C</li> <li>- hot probes tot max 500°C</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- elementen vanaf Z-22 (Ti) detecteerbaar</li> <li>- standardiseren via voorschriften.</li> <li>- standaarddeviatie afhankelijk van matrix en element tussen 0.006 en 0.8 %</li> <li>- 21 vaste elementen</li> <li>- printoutput</li> <li>- onafhankelijk van micro-structuur</li> </ul>
<b>Spectraal-analyse</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>spectroscoop</b></li> <li>- blank slijpen cq schuren</li> <li>- niet gebruikers vriendelijk</li> <li>- ervaring vereist</li> <li>- referentiemonsters</li> <li>- <b>optische emissie spectrometer</b></li> <li>- blank slijpen cq schuren</li> <li>- vlak oppervlak Ø 20mm</li> <li>- max 20 sec analysetijd</li> <li>- minder gebruikersvriendelijk</li> <li>- gewicht ca 15kg</li> <li>- Argon-flush</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- max 50 °C</li> <li>- brandvlek</li> <li>- max 50 °C</li> <li>- brandvlek</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- persoonsafhankelijk</li> <li>- 10 - 15 % nauwkeurigheid</li> <li>- concentratie afhankelijk van element en vergelijkingslijnen</li> <li>- afhankelijk van matrix en element</li> <li>- standaarddeviatie tussen 0.002 en 0.3.%</li> <li><b>let op: in het veld niet haalbaar</b></li> <li>- C, P en S kunnen gemeten worden</li> <li>- apparaatconfiguratie max 16 elementen in variabele matrix</li> <li>- standardisatie op locatie</li> <li>- printoutput</li> </ul>
<b>Kleurentest</b> <b>Electro-chemisch</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- blank slijpen cq schuren</li> <li>- vetvrij mbv aceton</li> <li>- alleen voor gelegeerde materialen</li> <li>- <b>portalyser</b> kant en klare kit op batterijen + voeding</li> <li>- <b>pitting test</b> met potentiostaat afhankelijk van gebruikt milieu, temperatuur en pH</li> <li>- <b>Mo-reagens</b> (kant en klaar) druppeltest 304 vs 316 (Hfdst 5.1)</li> <li>- <b>Zn-reagens</b> (recept) (Hfdst 5.2) Zn-verontreinigingen op CrNi-staal ivm LME</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- max 50 °C</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- kwalitatief</li> <li>- meestal per element</li> <li>- indeling per legeringstype</li> <li>- referentiemonsters</li> <li>- chemiekennis vereist</li> <li>- Mo-houdend RVS, waaronder AISI316, kleuren blauw</li> <li>- Bij Zn ontstaat een rood-paarse verkleuring</li> </ul>
<b>Vonkproef</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- slijpsteen cq slijpschijf</li> <li>- on- en laaggelegeerd staal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- max 50 °C</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- persoonsafhankelijk</li> <li>- alleen C-W-Si-Mo zijn goed herkenbaar</li> </ul>
<b>Magneet</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- onderscheid tussen ferro-magnetische matrix en non-ferro matrix</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- geen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- grove selectie</li> <li>- persoonsafhankelijk</li> <li>- mogelijke invloed van plastische deformatie</li> </ul>

CORROSIE			
Tech- niek	Criteria/randvoorwaarden voor:		
	haalbaarheid, benodigde en praktische kwaliteit	locaties monsternamen/ onderzoek	betrouwbaarheid/ nauwkeurigheid
Micro-biële aantasting	<ul style="list-style-type: none"> <li>- alleen SRB</li> <li>- testduur afhankelijk van gebruikte kit 20 min tot 24-36 uur</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- afhankelijk van gebruikte kit:               <ul style="list-style-type: none"> <li>• alleen aanwezigheid van</li> <li>• concentratie/hoeveelheid</li> <li>• soort</li> </ul> </li> <li>- nauwkeurigheid afhankelijk van gebruikte kit</li> </ul>
potentio-statische meting	<ul style="list-style-type: none"> <li>- bedoelt voor metingen aan testplaatjes onder bedrijfscondities, er is een speciale adaptie aan de apparatuur nodig</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- in vloeistofstroom met speciale adaptor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- vergelijkbaar met lab. opstelling</li> <li>- corrosiesnelheden vanaf 0,025mm/j [5]</li> </ul>
monster corrosie producten	<ul style="list-style-type: none"> <li>- op een replica (plastic, gegoten etc)</li> <li>- eenvoudig uit te voeren (vgl plakken van structuurreplica's)</li> <li>- analyse op koolstof niet mogelijk, omdat replicamateriaal voornamelijk koolstof bevat</li> <li>- letten op samenstelling replicamateriaal in relatie tot te analyseren elementen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- aanwezigheid van corrosieproducten</li> <li>- monster nemen voor reinigen enz.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- analyse in het lab, SEM/EDX</li> <li>- indien monster uitgedroogd is, kan dit bij bacteriële aantasting de bacteriën doden</li> </ul>
analyse	<ul style="list-style-type: none"> <li>- afhankelijk van gebruikte kit</li> <li>- kennis van chemie nodig</li> <li>- nagenoeg alle van belang zijnde elementen te analyseren</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- in omgeving corrosieprobleem</li> <li>- eventueel ver van corrosieprobleem af (bepalen of samenstelling varieert)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- zelden eenduidige uitspraak mogelijk over corrosieoorzaak</li> <li>- nauwkeurigheden afhankelijk van gebruikte kit</li> </ul>
Zn-detectie (Hfdst 5.2)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- alleen zink</li> <li>- vrij bewerkelijk</li> <li>- Cr-Ni-staalsoorten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- plaatsen waar zink verwacht wordt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- alleen ja/nee aanduiding middels een rood-paarse verkleuring op plaatsen met zink</li> </ul>

TNO Industrie

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'E. W. Schuring', written over a horizontal line.

Ing. E. W. Schuring



**LITERATUUR**

- [1] W.J.P. Vink en N.H.R. Versluis  
Niet-destructief onderzoek  
Delftse Uitgevers Maatschappij bv. ISBN 90-6562-055-9 tweede druk 1985
  
- [2] R. Diersch, R. Hüggenberg und K. Janberg  
Die Belastung sichtbar machen  
Laser Praxis, juni 1993, Carl Hanser Verlag, München  
(A. Ettemeyer, Neu-Ulm)
  
- [3] Dr.-Ing Andreas Ettemeyer  
Non-destructive Inspection with Shearography  
Reprint: Optical Measurements and Sensors for the Process Industries  
SPIE volume 2248 pp 222-227, 20-22 june 1994, Frankfurt
  
- [4] J. Godschalk  
Technieken voor Schade-onderzoek in het Veld  
Deelproject 2E: Evaluatie van draagbare hardheidsmeters  
document: SO 96-32 (confidentieel)
  
- [5] EG & G Princeton Applied Research  
Field Corr., Portable corrosion analyser  
(Product informatie)
  
- [6] J.H.L.M Lelieveld  
Technieken voor Schade-onderzoek in het Veld  
Deelproject 2C: Technieken voor identificatie van polymeren  
document: SO 96-27 (confidentieel)
  
- [7] E.W. Schuring  
Technieken voor Schade-onderzoek in het Veld  
Deelproject 2D: Prepareren van oppervlakken voor onderzoek  
document: SO 96-28 (confidentieel)
  
- [8] Jürgen D. Eckert  
Replica Techniques for the Study of Fracture Surfaces and Topography Study in  
General  
Prakt. Metallogr. 33(1996) 7, pp369-372