

Kwaliteitstechnologie

Nieuwe en traditionele technieken op het gebied van niet-destructief onderzoek

Om de uitdaging van de sterk concurrerende markt van vandaag het hoofd te kunnen bieden vraagt de industrie een steeds hogere kwaliteit van de produkten en betrouwbare en meer efficiënte installaties. Niet-destructieve beoordeling van materialen, onderdelen en constructies kunnen de industrie op veel manieren hierbij de helpende hand bieden. Het gebied van de technieken, dat nu ter beschikking staat voor niet-destructief onderzoek en beoordeling is zeer groot. Enkele van de traditionele technieken en de allerlaatste "high tech" methoden worden hieronder kort samengevat.

Visuele, optische en thermische technieken

Visuele inspectie

Dit is de oudste manier van niet-destructief onderzoek. Als technische hulpmiddelen voor het menselijk oog kunnen worden genoemd:

- lenzen, microscopen en kijkers,
- apparaten met glasvezels zoals borescopen en endoscopen ter inspectie van plaatsen die slecht toegankelijk zijn.

Tegenwoordig is deze apparatuur ook in flexibele uitvoering verkrijgbaar.

- mono- en stereo televisiesystemen om op afstand te kunnen zien;
- het verwerken van computerbeelden, met de hand of automatisch, waarbij het beeld met een referentiebeeld wordt vergeleken,
- Schlierenfotografie voor de besturing van oppervlaktestructuren

Thermografie

Bij gebruik van infraroodcamera's kunnen warmtebeelden op een monitor zichtbaar worden gemaakt. Het bruikbare werkgebied ligt tussen 0 en 800 °C.

Het is een snelle manier om contactloos op afstand grote delen van een bedrijf te kunnen controleren op

- hot spots als gevolg van een defecte isolatie, verstoppingen, blokkering van koelsystemen en dergelijke;
- lekkage, gecorrodeerde plaatsen, verborgen objecten en de toestand van constructies.

Thermochrome - door hitte verkleurende - verf kan een goedkope alternatieve zijn om oppervlaktetemperaturen doorlopend te kunnen controleren.

Optische metrologie

Optisch meten door lasers en andere optische systemen als optische holografie maakt het mogelijk op een accu-

rate manier, zonder contact met het object, afmeting, plaats en onderlinge afstand te bepalen.

- Laser interferometers meten verplaatsingen met de hoogste graad van nauwkeurigheid bijvoorbeeld in lineaire meetmachines. Hiermee kan ook de trillingsamplitude van machines, lagers, luidsprekers en ultrasoonsensors worden bepaald en driedimensionaal worden afgebeeld.

- Met rijen optische dioden kunnen passief verplaatsingen worden gevolgd en kunnen automatisch afmetingen worden bepaald.

- Met reflectometers kunnen op een goedkope manier de vlakheid van metalen voorwerpen en van andere reflecterende materialen worden gecontroleerd.

Vloeibaar penetrant onderzoek

Een vloeistof, die een kleurstof bevat of een stof die oplicht onder ultraviolet licht wordt op het te onderzoeken voorwerp gespoten en wordt door capillaire werking bijvoorbeeld in een scheur gezogen, die dan na opbrengen van een ontwikkelaar zichtbaar wordt gemaakt.

Het is een eenvoudige en goedkope manier om oppervlaktescheurtjes en porositeiten, die met het oppervlak in verbinding staan, bij niet poreuze, schone werkstukken op te sporen. Voorbeelden van toepassing zijn metalen gietstukken, smeedstukken, lassen en keramische materialen.

Zeergekleine defecten kunnen met deze methodiek worden opgespoord en automatisering is mogelijk voor toepassing bij continue productieprocessen. Ze is ongeschikt voor ruwe of vuile oppervlakken.

Magnetische en elektrische methoden

Magnetisch onderzoek

Dit is alleen mogelijk bij ferromagneti-

sche materialen en wordt gebruikt om fouten in of vlak onder het oppervlak op te sporen.

Het te onderzoeken deel wordt plaatselijk gemagnetiseerd bijvoorbeeld door een elektromagneet of een spoel. Magnetische veldlijnen in het werkstuk worden bij onvolkomenheden afgebogen tot buiten het oppervlak (lekveld). Deze magnetische discontinuïteiten rondom fouten worden zichtbaar doordat er patronen ontstaan in de magnetische poederdeeltjes, die meestal via een vloeistof op het oppervlak zijn aangebracht.

De methode is snel en goedkoop voor het opsporen van scheuren, porositeiten en insluitels op of vlak onder het oppervlak van gietstukken, smeedstukken, knuppels en dergelijke en wordt gebruikt bij de fabricage en bij controle van in bedrijf zijnde installaties. De methode is bruikbaar bij kleine dichte haarscheurtjes. De apparatuur kan draagbaar zijn of geïnstalleerd worden in geautomatiseerde systemen.

De discontinuïteiten kunnen ook worden opgespoord met een sonde. Deze methode is relatief veel sneller en kan onder meer "op het eerste gezicht" dikteverschillen, die het gevolg zijn van corrosie en putjes op grote stalen platen tot 1 cm dik vaststellen.

Deze methode wordt ook gebruikt voor betonstaal en voor het opsporen van gebroken draden in kabels.

Wervelstroomonderzoek

Dit is een gevoelige en veelzijdige methode en kan weer zowel draagbaar worden gebruikt als ingebouwd in automatische systemen. Er worden elektrisch geleidende materialen mee geïnspecteerd, meestal minder dan 1 cm dik.

Een wisselstroomspoel (1 KHz-5 MHz) wekt wervelstromen op in de oppervlaktelaag van het te onderzoeken onderdeel. Deze wervelstromen worden beïnvloed door velerlei fouten op of onder het oppervlak en door plaatsen met een afwijkende geleidbaarheid of magnetische permeabiliteit. Een meetsignaal wordt door een andere spoel via inductie opgenomen, daarna versterkt, geanalyseerd en zichtbaar gemaakt door een meter of een oscilloscoop. In het algemeen moet met ijkblokken worden gecalibreerd.

Enkele toepassingen zijn

- het opsporen van scheuren, naden, lasfouten en dergelijke,
- het sorteren van metalen van verschillende samenstelling, verschillende warmtebehandeling of microstructuur,
- diktemetingen van deklagen op metalen.

De potentiaalmethode

Er wordt een elektrische potentiaal aangebracht met wissel- of gelijkstroom tussen twee contacten op het te onderzoeken gedeelte. Tussen deze beide stroomcontacten bevinden zich twee contactpunten waartussen het spanningsverschil gemeten kan worden. Oppervlaktescheuren in de stroomdoorgang tussen deze beide sonden verhogen de schijnbare weerstand en geven in vergelijking met een gaaf werkstuk een verandering in het spanningsverschil. Dit kan herleid worden tot een meting van de scheurdiepte. Dit is het principe van relatief goedkope draagbare apparatuur, maar de meetresultaten zijn niet erg nauwkeurig bij zeer smalle scheuren.

Radiografie

Röntgenradiografie

Hierbij gaan röntgenstralen uit een elektronenkanon (50-400 kV) door het te onderzoeken object en vormen een beeld op een erachter geplaatste film. Dit is een gevestigde techniek, waarbij de resultaten permanent op film beschikbaar blijven. Ze wordt toegepast voor het opsporen van scheuren, porositeit, lasdefecten als gevolg van slechte hechting, variaties in dichtheid en geometrie, onjuist utrichten en verkeerde montage en veel andere toepassingen.

400 kV is voldoende voor staaldikten tot 60 mm en dikten van aluminium tot 260 mm (stralingsgevaar). De film wordt meestal tegen het werkstuk geplaatst. Lineair versnelde (Lineair Accelerator, Linac) röntgenstralingsbronnen, tot 8-9 MeV, kunnen zeer dikke secties doorstralen, bijvoorbeeld 1,5 m beton of 0,5 m staal. Toepassingen zijn het controleren van brugdelen uit gewapend beton, zware gietstukken en grote machines als gasturbines. Het zijn dure, zware stralingsbronnen, waarbij een groot stralingsrisico optreedt.

Röntgenradiografie met een hoog oplossend vermogen (High Definition) maakt gebruik van puntvormige stralingsbronnen, waarbij scherpe, vergrote beelden (tot 15 maal vergroot) ontstaan op film, die 1 meter of verder van het te onderzoeken object verwijderd is. De belangrijkste toepassing is

het opsporen van haarscheurtjes en microporositeit in materialen, waarvan zeer hoge eisen worden gesteld als bijvoorbeeld keramische materialen of het zichtbaar maken van fijne details in kleine werkstukken zoals voorwerpen van vezelcomposietmaterialen en dergelijke. Ook hier bestaat weer stralingsgevaar.

Gamma radiografie

Dit is een alternatieve methode voor röntgenradiografie bij grote wanddikten of bij toepassingen buiten als de te onderzoeken plaatsen moeilijk bereikbaar zijn of in die gevallen, waar geen elektriciteit beschikbaar is. Ook gammastraling met als bron een radioactieve isotoop gaat door het te onderzoeken object en vormt een direct beeld op een film. Deze methode wordt eveneens gebruikt voor het opsporen van scheuren, corrosiedefecten en insluitsels en voor het zichtbaar maken van inwendige structuren. De keuze van de isotoop wordt bepaald door de verlangde stralingsdiepte, zo kan bijvoorbeeld Cobalt 60 worden gebruikt tot 260 mm staal. De resolutie - de scherpte van het beeld - is in het algemeen minder dan bij röntgenstraling. Bovendien hebben sommige isotopen slechts een korte bruikbare levensduur (1-2 maanden). Het is mogelijk panoramische beelden van 360° te maken als kleine isotopen in holle objecten worden gebruikt als bijvoorbeeld buizen. Hierbij kan echter weer stralingsgevaar optreden.

Radiometrie

Hierbij wordt röntgen- of gammastraling gebruikt voor het opsporen van holten en variaties in dichtheid, het meten van wanddikten en van vulhoogten in metalen of betonnen silo's. De vermindering van de intensiteit van de gamma- of röntgenstraling die door het te meten object gaat wordt gemeten door een stralingsmeter en kan worden gerelateerd aan dichtheid, dikte en dergelijke. Draagbare bronnen worden gebruikt voor toepassingen buiten en ook de teruggekaatste straling kan worden gemeten bij toegankelijkheid van slechts één kant. Dit is een snelle en nauwkeurige methode, die gemakkelijk kan worden geautomatiseerd, ofschoon er stralingsgevaar kan bestaan.

"Real time" afbeeldingstechniek

Hier wordt gebruik gemaakt van fluorescerende beeldschermen en een televisiecircuit in plaats van radiografische film, waardoor objecten ogenblikkelijk kunnen worden geïnspecteerd (real time). Deze kunnen statisch zijn of in beweging. De verkregen beelden kunnen op videoband worden

opgeslagen en opnieuw worden bekeken of worden versterkt of automatisch worden geanalyseerd door een computer.

Met name de verbetering van de beelden bij verwerking door een computer heeft geleid tot een sterke verbetering van de kwaliteit van de opname, die in veel gevallen vergelijkbaar is met de opnamen op film bij normaal uitgevoerd onderzoek. In de praktijk is het wanddiktebereik nog beperkt. Deze "real time" technieken kunnen ook worden gebruikt met neutronen- en gammastraling. De belangrijkste toepassingen zijn het "on-line" niet-destructief testen van onderdelen, het opsporen van vreemde deeltjes en het bestuderen van de interne werking van motoren en andere machines (stralingsgevaar).

Neutronen radiografie

Neutronen - meestal van een kernreactor - doorstralen het te onderzoeken object waarbij van een beeld op film of op een scherm gebruik wordt gemaakt. Neutronen gedragen zich anders dan röntgenstraling doordat ze sterker worden geabsorbeerd door waterstof, borium en bepaalde andere elementen, maar minder door metalen.

Ultrasonen en akoestische technieken

Ultrasonen onderzoek

De hiervoor gebruikte apparaten kunnen variëren van eenvoudige en goedkope handinstrumenten tot complexe systemen met een aantal sensoren voor "on-line" inspectie, waarvan sommige voorzien zijn van geavanceerde systemen voor gegevensverwerking om automatisch belangrijke defecten op te sporen. Pulserende bundels ultrageluid (met typische golflengten van 1-25 MHz) van een zendkop gaan door het te onderzoeken object en worden teruggekaatst op vrije oppervlakten en de meeste typen van onvolkomenheden. Een ontvangkop vangt de gereflecteerde signalen op, die na versterking en analyse op verschillende manieren zichtbaar gemaakt kunnen worden en zo het defect lokaliseren. Voor het uitzenden van de signalen en de ontvangst van de reflecties kan een enkele sensor worden gebruikt, die afwisselend zender en ontvanger is. De inspectie geschiedt meestal slechts van één kant.

Ultrasonen technieken zijn bij uitstek geschikt om vlakke (tweedimensionale) defecten op te sporen zoals inwendige scheuren, niet-hechtende laminaten of bindingen, lamel-

laire insluitingen en voor het lokaliseren van holten, porositeit en dergelijke. De methode is geschikt voor de meeste "schone" materialen, maar minder geschikt als de structuur grofkorrelig is of bij microstructuren met verschillende fasen als bijvoorbeeld austenitische stalen, sommige gietstukken en beton

De resultaten moeten in het algemeen door deskundigen worden beoordeeld

Het nauwkeurig bepalen van de afmetingen van de defecten en het vaststellen van de aard ervan kan moeilijk zijn, tenzij er speciale technieken worden toegepast of er aanvullende informatie, bijvoorbeeld van een lasprocedure, aanwezig is.

Ultrasone diktemeting

Methoden als puls-echo worden meestal gebruikt bij diktemetingen. Zeer grote wanddikten kunnen dan worden gemeten, waarbij toegankelijkheid vanaf één kant voldoende is. Een veelheid van goedkope handinstrumenten is verkrijgbaar voor het opsporen en volgen van lokale dunne plekken als gevolg van corrosie, erosie of slijtage. Voor het meten van dunne secties met parallelle vlakken is de methode met continue golfresonantie nauwkeuriger en zij wordt ook gebruikt bij "on line" inspectie van de fabricage van metalen onderdelen.

Akoestisch trillingsonderzoek

Dit is het moderne equivalent van het traditionele "wieltikken". De hierbij gebruikte apparaten geven schokken van een gecontroleerde energie af. Geavanceerde gegevensverwerkingsystemen vangen de akoestische signalen op en verwerken ze. De methode

kan een snelle informatie geven over grote scheuren, losse bevestigingen en niet-gelijmde oppervlakken in de meeste materialen. De betrouwbaarheid wordt echter beïnvloed door factoren als de geometrie en de massa van het te onderzoeken deel en variaties in de parameters van de schok

Akoestische emissie-analyse

Het ontstaan en de groei van scheuren en de relatieve beweging van het oppervlak van de scheuren gaat gepaard met het ontstaan van schokgolven in het hoorbare of in het ultrasone gebied. Een netwerk van piezoelektrische detectors op een structuur kan de plaats van de scheuren localiseren en deze continu volgen gedurende lange perioden. De belangrijkste toepassing ligt bij drukvaten en andere soortgelijke installaties. Andere toepassingen worden gevonden in het opsporen van lekken, het falen van lagers, het volgen van corrosie en het controleren van geïntegreerde schakelingen. Er kunnen problemen ontstaan door achtergrondruis, bijvoorbeeld als gevolg van wrijvingsverschijnselen en de interpretatie van de signalen.

De controle van installaties

Het testen op lekkage

Als methoden hiervoor bij drukvaten of vacuumsystemen kunnen worden genoemd:

- eenvoudige controle van drukvaten uit de belvorming bij gebruik van een zeepoplossing of onderdompeling,
- specifieke gasdetectoren bij het gebruik van halogenen, helium en het radioactieve isotoop krypton 85;
- akoestische methoden, die gebruik

maken van geluidssensoren voor grote lekken en van ultrasoonsensoren met een frequentie van 35-50 kHz voor kleine lekken

Controle van de toestand van bedrijfsinstallaties

Hiervoor staan zeer veel technieken ter beschikking die bij in werking zijnde installaties tijdig waarschuwen voor dreigende uitval, potentiële condities voor storing of vermindering van de capaciteit. Op deze manier kan tijdig corrigerend worden ingegrepen en kan toekomstig onderhoud en vervanging beter worden gepland. Als specifieke methoden, die deels reeds werden beschreven, kunnen worden genoemd:

- vibratiemetingen ter analyse van roterende machines en lagers,
- analyse van smeermiddelen en bepaling van het ijzergehalte hiervan om in een vroeg stadium lagerslijtage te onderkennen;
- thermometrie en thermografie om plaatselijke oververhitting, defecte isolatie en verstopte koelleidingen vast te kunnen stellen;
- controle op corrosie om een eventueel begin of het tempo van de schade als gevolg hiervan te kunnen vaststellen;
- de toepassing van de akoestische emissie techniek bij op spanning belaste constructies en het letten op het ontstaan van scheuren en de uitbreiding daarvan;
- trendanalyse door middel van computeranalyse van de beschikbaarheidsgraad en inspectiegegevens om tijdig gewaarschuwd te zijn voor veranderingen, die storingen kunnen veroorzaken

Publicatie nr. 26: Syllabus van de Contactdag Sector Metaal en Metaal- bescherming "SMM" op 17 november 1988

Het Nederlands Corrosie Centrum (NCC) heeft een syllabus samengesteld van een zevental lezingen, die zijn gehouden op de derde contactdag van de NCC - Sector 'Metaal en Metaalbescherming' met als thema

"Systematische corrosiebeheersing van bestaande en nieuwe staalconstructies".

De syllabus à f 15,- per stuk (excl. BTW en verzendkosten) is te bestellen bij het secretariaat van het NCC, Postbus 120, 3720 AC Bilthoven, telefoon 030 - 28 77 73 en bevat de volgende voordrachten:

- Systematische Corrosiebeheersing, *dr. P.M. op den Brouw*, projectleider Materiaaltechnologie Directoraat-Generaal voor industrie en Regionaalbeleid, Ministerie EZ.
- Integraal onderhoud van staalconstructies in de chemische industrie; *drs. R. Kavelaar*, Akzo Coatings, Wapenveld
- Rationeel onderhoud op conservering, *ir. A. van den Toorn*, Rijkswaterstaat, Bouwspuurwerk, Utrecht.
- Corrosie- en onderhoudsbeheersing bij bestaande gebouwen; *ir. S.J. Gorter*, Damen Gorter van Rooy BV, Rotterdam.

- Levensduurverwachting en conserveringssystemen, *H. van der Poel*, Sigma Coatings BV, Urthoorn.
- Bepaling optimale onderhoudsstrategie; *L. Carrión Lara*, Hoogovens IJmuiden.
- De rol van applicateur bij de bescherming van staalconstructies, *R.A. de Bruijn*, Doevendans Straalen Conserveringsbedrijf BV, Nieuw-Schoonebeek

Stichting Nederlands Corrosie Centrum.

Postbus 120, 3720 AC Bilthoven
Tel 030-28 77 73