

E 330

INNOVATIE 21

Informatiebulletin ter bevordering
van de industriële vernieuwing
in ons land.



maart 1976

Publ. no. 1/05/76 TPD.
TNO-TH



6e jaargang nummer 21

Foto boven: het Reactor Centrum Nederland
te Petten nh.

Foto daaronder: het gebouw van Instru-
mentum TNO te Delft.

Holografische interferometrie

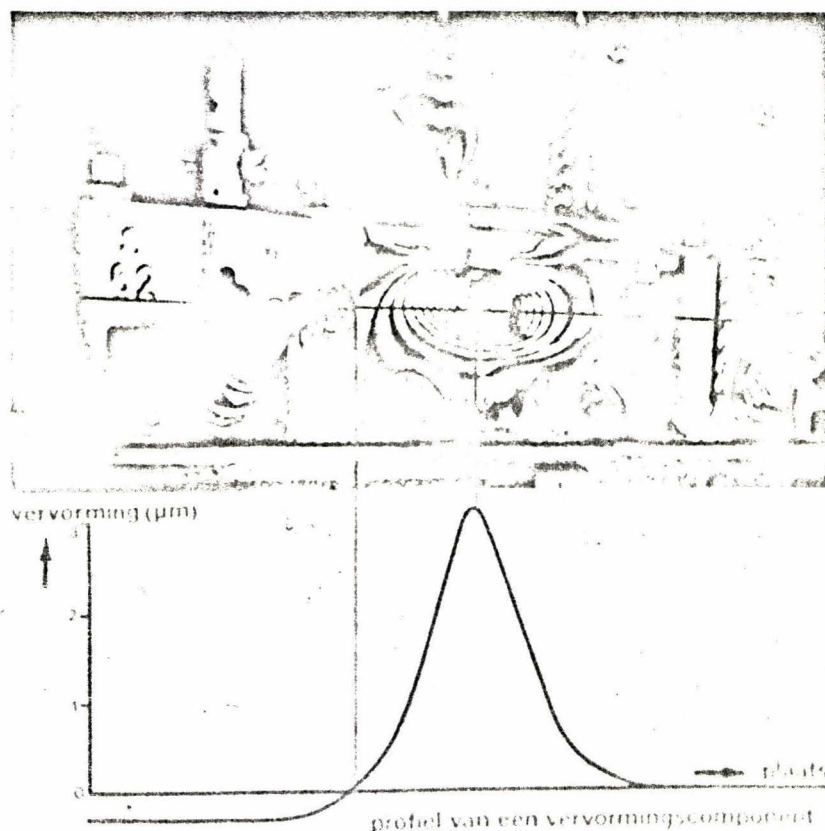
Physische Dienst TNO-TH (TPD) wordt
deze techniek toegepast voor het niet-
destructief vervormingsonderzoek.

Met behulp van holografische interfero-
metrie kunnen kwalitatieve en/of kwan-
titatieve gegevens worden verkregen
over de vervormingen of verplaatsingen
van oppervlakken van diffuus reflec-
terende voorwerpen. Bij de Technisch

De holografische techniek biedt de mo-
gelijkheid om de toestand van een dif-
fuus reflecterend voorwerp van wille-
keurige vorm in een lichtgevoelige
emulsie vast te leggen.

Een lichtbundel afkomstig van een laser

Afb. 1: 'Double-exposure' hologram van een
geassembleerde automobielmotor, waarvan
de carburatormoer is aangedraaid.



wordt divergerend gemaakt met behulp van een lens. Een gedeelte van deze bundel valt op een spiegel en een ander gedeelte op het diffuus reflecterende voorwerp. De door de spiegel en het voorwerp gereflecteerde bundels heten respectievelijk *referentie- en voorwerpsbundel*. In het overlappingsgebied van deze bundels ontstaat een interferentiepatroon, waarvan met behulp van een lichtgevoelige emulsie een opname wordt gemaakt. Nadat de belichte emulsie een ontwikkelproces heeft ondergaan kan met behulp van het daarin vastgelegde hologram op elk tijdstip een drie-dimensionaal beeld van het voorwerp worden gereconstrueerd dat alle daarmee samenhangende eigenschappen vertoont zoals b.v. perspectief. Daartoe wordt het hologram verlicht met een bundel, die dezelfde geometrie heeft als de referentiebundel. Deze bundel wordt de reconstructiebundel genoemd.

Het gereconstrueerde beeld kan als referentie dienen voor het interferometrisch vergelijken met het voorwerp in andere toestanden, met gereconstrueerde beelden daarvan, of met bijna identieke voorwerpen.

Basistechnieken

De volgende basistechnieken kunnen worden onderscheiden.

'Real-time' techniek. De vorm van een voorwerp in de begintoestand wordt vastgelegd in een hologram. Het met behulp van dit hologram gereconstrueerde beeld van het voorwerp wordt nu continu vergeleken met het voorwerp in een veranderende toestand. Hierdoor is het onderzoek naar het dynamische gedrag – dus van veranderingen – van het voorwerp mogelijk.

'Double-exposure' opnametechniek.

Achtereenvolgens worden twee opnamen op dezelfde emulsie gemaakt van het voorwerp in verschillende toestanden. Zodoende kunnen beide gerecon-

Afb. 2: 'Time-average' hologram van een motorblok in resonantietrilling (1310 Hz).

strueerde beelden die corresponderen met deze twee toestanden met elkaar vergeleken worden.

'Time-average' opnametechniek. De vorm van een voorwerp tijdens een niet-stationaire vervormingstoestand, b.v. een trilling, wordt vastgelegd in een hologram. Bij de reconstructie ontstaat een serie met elkaar interfererende beelden van het voorwerp, overeenkomend met alle verschillende toestanden van vervorming tijdens de opname (afbeelding 1 en 2).

'Double-pulse' opnametechniek. Door gebruik te maken van pulslasers met hoge puls-energieën, korte pulstijden en korte pulsafstanden kunnen de normale 'double-exposure' opnametechnieken ook worden toegepast op een veel kleinere tijdschaal.

Toepassingsgebied

De holografische interferometrie kan worden toegepast als *niet-destructieve testmethode* bij het ontwerpen van onderdelen en constructies. Uit holografische interferogrammen van het voorwerp onder verschillende belastingen kan worden geconcludeerd of het ontwerp aan de gestelde eisen voldoet. De belasting kan van mechanische en van thermische aard zijn.

Verder kan als toepassing ook worden genoemd het gebruik als *niet-destructieve controlemethode* bij (serie-)productie. De afwijkende exemplaren kunnen worden gedetecteerd op grond van

plaatselijke onregelmatigheden in de holografische interferogrammen of door afwijkingen daarvan ten opzichte van standaard interferogrammen.

Toepassingen van de basistechnieken

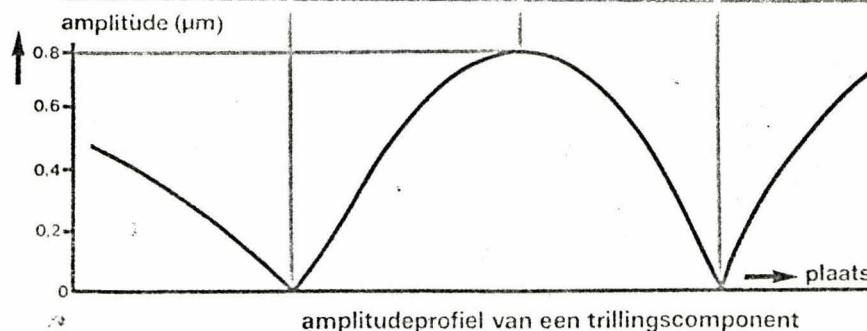
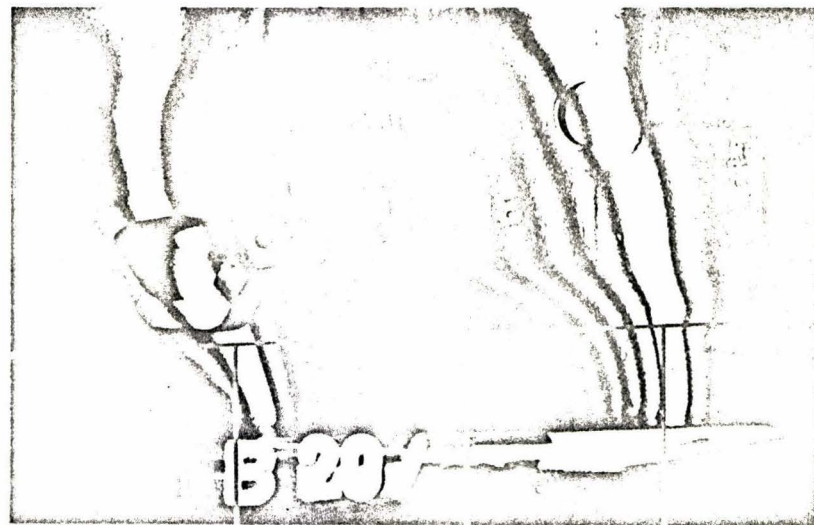
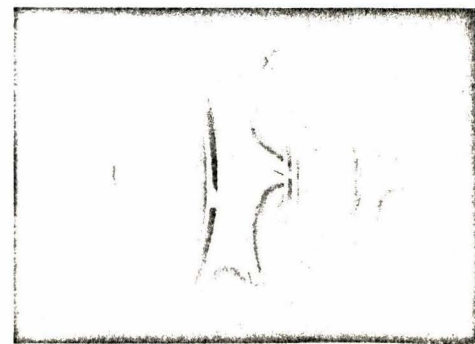
Toepassingen van de 'real-time' en 'double-exposure' technieken zijn:

- onderzoek aan translaties en rotaties van starre voorwerpen;
- onderzoek naar vervormings- en spanningsverdelingen in constructies onder mechanische en thermische belastingen (afbeelding 1).

De 'time-average' opnametechniek wordt toegepast voor:

- plaatsbepaling van knoop- en buiklijnen van een eigentrillingswijze van een voorwerp (afbeelding 3);
- bepaling van amplitudeprofielen langs willekeurige lijnen over het oppervlak van een voorwerp in eigentrilling (afbeelding 2);

Afb. 3: 'Time-average' hologram van voor- en achterzijde van een gascompressorwiel in resonantietrilling met 4 knoopdiameters bij een frequentie van 5109 Hz.



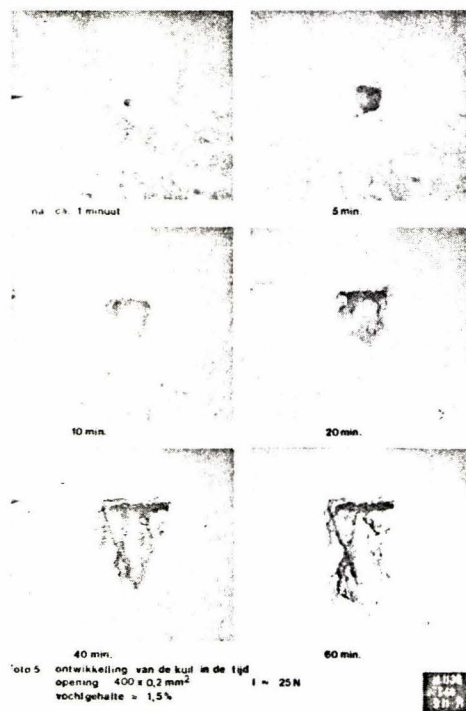
– analyse van niet-periodieke vervormingen.

De 'double-pulse' opnametechniek is bijzonder geschikt voor b.v. volledig geassembleerde automobielen met draaiende motor. Dit onderzoek naar het dynamische gedrag van dergelijke systemen kan zelfs in niet-laboratorium omstandigheden geschieden.

Kwantitatieve uitvoering

In de afbeeldingen 1 en 2 zijn naast foto's van de eigenlijke holografische interferogrammen ook profielen van een vervormingscomponent gegeven. In afb. 1 is de vervorming stationair en in afb. 2 periodiek. Voor een volledige meting van vectoriële vervormingsvelden is een drievoudige kwantitatieve holografische interferometer nodig.

A de verdere ontwikkeling daarvan w bij de TPD momenteel grote aandacht besteed.



Afb. 1: Ontwikkeling van de kuil in de tijd. Opening $400 \times 0,2 \text{ mm}^2$. Vochtgehalte $\approx 1,5\%$. $I \approx 25 \text{ N}$.

Sinds de ontdekking van de gasbel van Slochteren is het gebruik van aardgas in Nederland enorm gestegen. Dit had tot gevolg dat het gasleidingnetwerk over het land aanzienlijk uitgebreid werd, zodat er nu een groot aantal hogedruk-hoofdgasleidingen zijn, waarvan vele langs dijken lopen of deze kruisen. Bij het scheuren van een van deze leidingen zal door het uitstromende gas de omringende grond geërodeerd kunnen worden (zie afb. 1).

Het Waterloopkundig Laboratorium heeft onderzoek gedaan naar de ontgrondingen die verwacht moeten worden bij het optreden van een kleine scheur in een hogedrukleiding. Het doel van het onderzoek was om een theoretische beschrijving van het ontgrondingsproces te verkrijgen. Bovendien werd een uitgebreid experimenteel programma uitgevoerd om inzicht te verschaffen in de invloed van parameters als grondeigenschappen, richting van de straal en dekking boven de leiding op het

