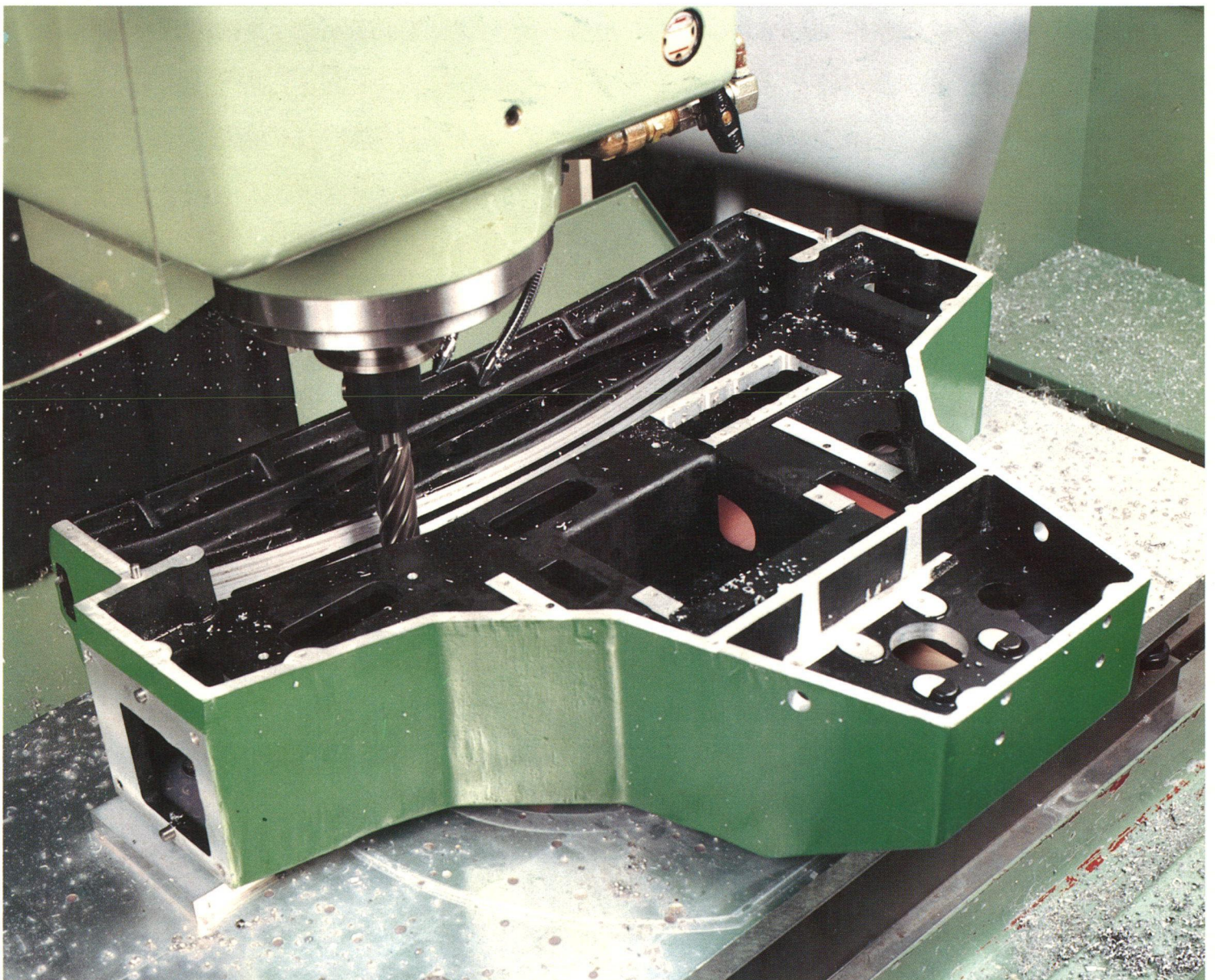


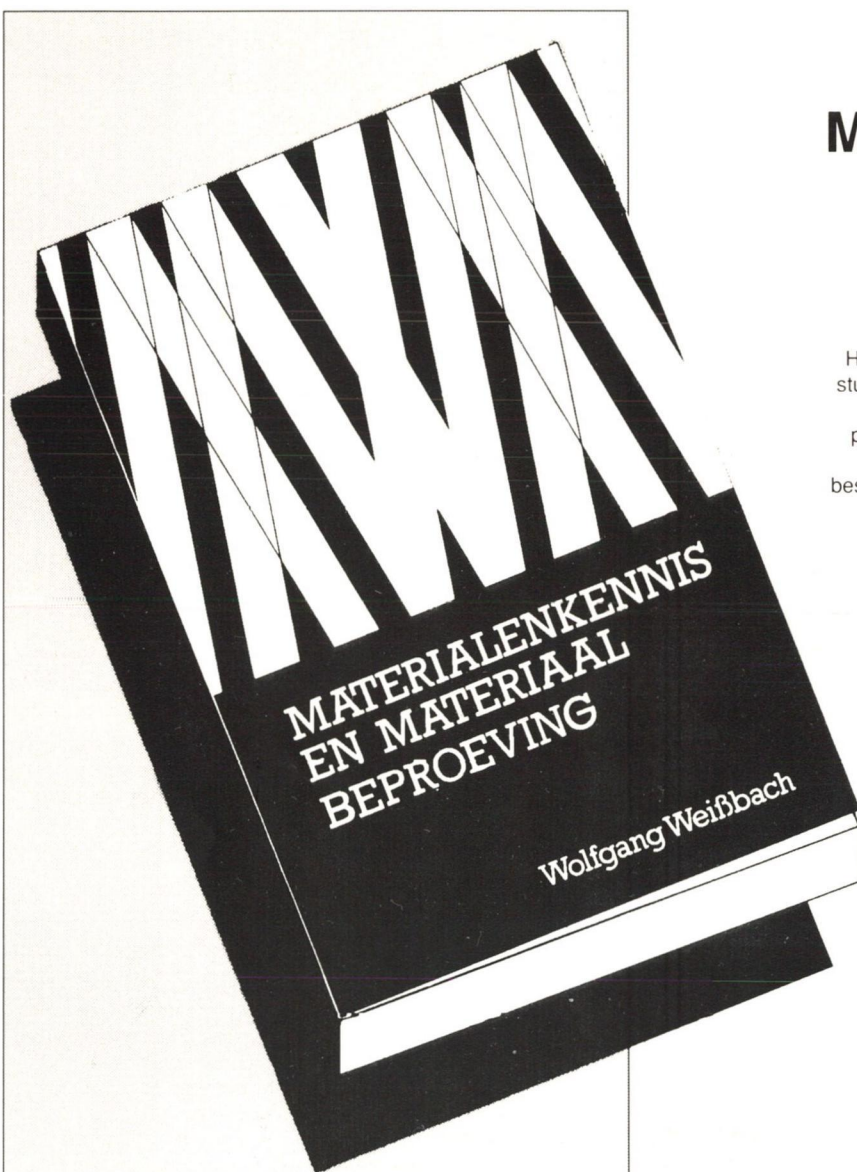
# 'T' 'T'

jrg. 29, nr. 5, sept./okt. 1989

# MIKRONIEK



**VAKBLAD VOOR FIJNMECHANICA EN GLASTECHNIEK**



Prijs **f 59,-** incl. BTW

Ook in de boekhandel verkrijgbaar



de vey mestdagh

Markt 51 • 4331 LK Middelburg  
Nederland • Telefoon 01180-81240

## Materialenkennis en materiaal beproeving

Uitgangspunt van de auteur

Het vak "materialenkennis" is voor de meeste studerende jongeren een eerste kennismaking met chemisch-fysische verschijnselen en processen die, toegespitst op dit vak, dikwijls wetenschappelijk en diepgaand worden beschouwd. De basiskennis en praktijkervaring die de meeste volwassen studenten wel al hebben, is daarbij een nuttige grondslag.

De auteur heeft zich erop toegelegd inzicht te verschaffen in materiaaleigenschappen, voor zover deze afhankelijk zijn van de structuur van het materiaal. De kenmerken van deze structuur - atoommodel, binding, fijnstructuur, rooster - kunnen volgens wetenschappelijke methoden exact worden vastgesteld, en aan de hand van modellen verduidelijkt worden.

De doelgerichte verandering van de eigenschap van een materiaal moet erop gericht zijn de structuur te veranderen. Daarbij spelen zich in het materiaal - afhankelijk van zijn soort - reproduceerbare fysische en chemische processen af.

*Een bijbehorend boek met vraagstukken is eveneens leverbaar*

**Prijs f 11,-**

IN BELGIË TE BESTELLEN BIJ  
UITGEVERIJ DE SIKKEL

Wij verzoeken u te leveren

\_\_\_\_\_ ex.

**Materialenkennis en materiaalbeproeving**

\_\_\_\_\_ ex.

**Vraagstukken Materialenkennis**

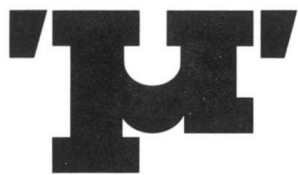
NAAM \_\_\_\_\_

ADRES \_\_\_\_\_

KODE \_\_\_\_\_

PLAATS \_\_\_\_\_

Zenden aan  
De Vey Mestdagh  
Markt 51 • 4331 LK Middelburg Nederland



**MIKRONIEK**

**Uitgave:**

De Vey Mestdagh BV

**Redactie:**

Ing. H.J. van Agthoven  
Ir. S. van de Graaf (hoofd redactie)  
H.M.C. Heubers  
H.G.J. Rutten  
Ir. J.J. Veerman  
G.J. Verschragen

**Redactiesecretariaat:**

J. Snickers  
Klaprooslaan 17  
5691 WL Son  
Telefoon (04990) 71831  
b.g.g. (01180) 36320

**Redactie-adviesraad:**

Prof.Ir. A. Anemaat  
Prof. L.H.J.F. Beckman  
Prof.Dr.Ir. H.F. van Beek  
Prof.Dr.Ir. J. Bleeker  
Ing. H. Bosch  
Ir. P. Brinkgreve  
Ing. M.F. Dierselhuis  
Prof.Ir. F. Doorschot  
Prof.Ir. C. Heuvelman  
Ir. D. de Hoop  
A. Meijering  
Dr.Ir. J.A. Rietdijk  
Prof.Dr.Ir. Ch. Snijders  
Ir. G. Vaessen  
Ir. D. van 't Veen  
Dr.Ir. J. Verkerk

**Abonnementen:**

De Vey Mestdagh BV,  
Markt 51, 4331 LK Middelburg  
Telefoon (01180) 81240  
Postgirorekening 26 06 279  
Nederland f 95,- per jaar  
Buitenland f 120,- per jaar  
Alle prijzen excl. BTW

**Advertentie-acquisitie:**

De Vey Mestdagh BV,  
Markt 51, 4331 LK Middelburg  
Telefoon (01180) 81240  
Fax (01180) 81215

**Vormgeving, tekst- en  
beeldvervaardiging:**

De Vey Mestdagh BV

**Druk- en bindwerk:**

Den Boer Drukkers

Orgaan van

**NVFT**

vereniging voor  
Fijnmechanische Techniek

## Editorial



### Komt er mogelijk FMT-beleid?

Het vakgebied van de fijnmechanische techniek FMT mag zich in toenemende belangstelling verheugen. Sinds enige maanden ook van de zijde van de Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid.

Was de FMT in de eerste helft van deze eeuw het domein van wetenschap en onderzoekinstellingen, nu echter, sinds de door haar gesteunde opkomst van de micro-elektronica, vindt de FMT haar toepassing in vrijwel alle apparatuur en producten. Van ruimtecapsules en apparatuur om tot op sub-micron gebied vormgeving te realiseren, tot consumenten elektronica als video of compact disc.

Meestal vormt zij zelfs het technische hart van deze producten. De FMT heeft in haar meest directe vorm een economische waarde die in Nederland niet veel boven de 1 miljard gulden zal uitkomen, maar daarmee maakt zij het bestaan mogelijk van in Nederland vervaardigde producten met een geschatte economische waarde van 20-30 miljard gulden.

Voor het eerst heeft de WRR in haar werkprogramma het project Technologie, Overheid en Samenleving (TOS) opgenomen.

Deze studie richt zich op de vraag hoe de overheid de komende jaren met het verschijnende technische ontwikkeling dient om te gaan. Uitgangspunt voor de WRR is dat het huidige technologiebeleid een aanzienlijke verbreding dient te ondergaan: naar doelstelling (naast het directe economische marktmechanisme ook aandacht voor milieuvervuiling, veiligheid, nationaal technologische potentie), naar vormen van beleid (maatschappelijke impact) en naar de te omvatten tijdsperiode (niet zozeer reagerend, maar richtinggevend). Met deze verbreding richt de WRR zich met name op het verwezenlijken van de volgende doelstellingen:

- eliminatie of vermindering van maatschappelijke problemen;
- bevordering van economische ontwikkeling;
- verbetering van de overheidsorganisatie.

Als brancheorganisatie van en belangenbehartiger voor de FMT is de NVFT door de WRR benaderd om voor deze TOS studie een advies uit te brengen.

Daarmee onderkent de WRR de sleutelfunctie van de FMT en de NVFT als spreekbuis voor dit zo verspreid en divers aanwezig zijnde vakgebied.

De NVFT heeft voor dit advies de bij haar leden aanwezige expertise uit R&D, onderwijs en industrie gemobiliseerd en inmiddels een aantal gesprekken met verschillende groepen deskundigen gevoerd.

Inmiddels heeft ook een tussengesprek met de WRR adviseur voor de projectgroep TOS plaats gevonden.

Er wordt naar gestreefd het advies medio november af te ronden.

Als daar van de zijde van de WRR geen bezwaar tegen bestaat zullen wij ons advies in een van de eerste nummers van 1990 integraal in Mikroniek plaatsen.

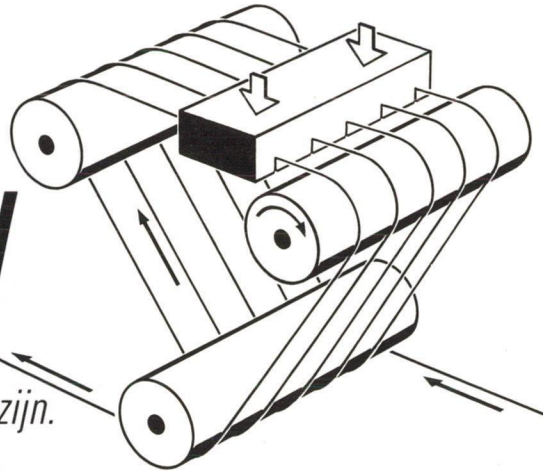
M.F. Dierselhuis

**PMF**  
PLASTICS AND METALWARE FACTORIES

*Kleine produkten van harde en/of brosse materialen  
fijnzinnig bewerken?*

# FLINTERDUN DRAADZAGEN

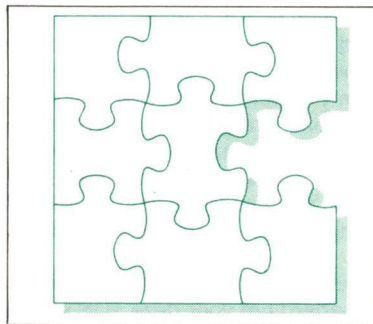
*Wellicht kunnen wij u met draadzagen van dienst zijn.  
Bel voor informatie **040-734538***



**PHILIPS**



Soms  
ligt  
er  
maar  
een  
klein  
stukje  
tussen  
probleem  
en  
oplossing.

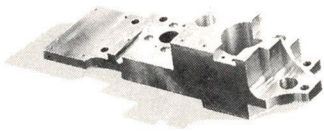


Soms ontbreekt het aan een specifiek stukje precisiewerk. De oplossing heeft u misschien in uw hoofd, maar niet in uw handen.

Leg uw probleem dan eens voor aan Dinfa, de meeden-

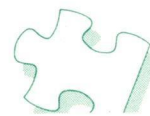
kende perfectionisten. Opdrachtgevers met uiteenlopende problemen helpen we aan elk gewenst onderdeel of apparaat, waarbij we al heel vroeg meedenken over de beste oplossing. Hoe de specificaties ook worden aangeleverd, Dinfa werkt ermee. Engineering verzorgen of testen? Co-makership? Met Dinfa als partner wordt het een stuk eenvoudiger!

Staatjes van vaak opvallende oplossingen tonen aan dat we er de mensen en de technische outillage voor hebben.



Dinfa: De passende oplossing voor uw probleem.

**dinfa**  
PRECISIE-ONDERDELEN EN APPARATEN



Fultonstraat 11, Postbus 45, 2690 AA 's-Gravenzande.  
Telefoon 01748-14441. Telefax 01748-20100.


**MIKRONIEK**
**5**
*Mikroniek verschijnt één maal per 2 maanden*

## **Inhoud**

$\mu$ -Actueel	107, 115, 118, 122, 125
<hr/>	
Ir. A.C.M. Gieler, Drs. W.D. van Amstel, Dr. W.J. Venema: Automatische Optische Inspectie voor Oppervlak Montage Techniek van elektronische componenten	109
<hr/>	
Kwaliteitstechnologie	116
<hr/>	
L. van As, E. de Kuiper, J. Ober: Glastechniek vandaag	119
<hr/>	
B. Drenth: Metal Beads, een nieuw fijnstraalmiddel	123
<hr/>	
Boekennieuws: Vacuümtechniek, beginselen en toepassingen	126
<hr/>	
Rectificatie	128
<hr/>	
$\mu$ -Werkplaatsinformatie	130

Bij de foto op de voorpagina:

NC bewerking met hoge nauwkeurigheidseisen van het gegoten frame voor het optisch systeem van het FLAIR inspectie-systeem voor panelen met "gedrukte" bedrading.

Zie artikel over Automatische Optische Inspectie op blz. 109.

## Verenigingsnieuws

### **Middag excursie naar Precisie-Wasmodelgieterij CIREX B.V.**

Op de namiddag van donderdag 28 september j.l. is door de Werkgroep Regio Oost een bezoek aan de gieterij CIREX B.V. te Almelo georganiseerd, waaraan door een kleine twintig leden van de NVFT werd deelgenomen.

Vóór de rondleiding werd door ir. W.J. Thomas, Algemeen directeur van het bedrijf, een korte inleiding gehouden en er was er volop gelegenheid tot vragen stellen en discussie.

De gieterij CIREX is voortgekomen uit een Philips activiteit die met een soortgelijke activiteit van Werkspoor in 1962 in een joint-venture werd ondergebracht, o.a. op instigatie van een grote afnemer, met name DAF. Thans maakt zij deel uit van de Hoogoven-Groep. Het procedé dat wordt toegepast, namelijk de verloren wasmodel methode, bestaat in principe al heel lang en werd in de oudheid reeds toegepast voor het gieten van beeldjes en sieraden. Ook het vormen om (dode) insecten, die bij het bakken van het vormmateriaal verassen, bleek mogelijk.

De techniek wordt ook reeds lang in de tandheelkunde toegepast voor inlay's en kronen, in goud en heden tendage ook in andere materialen.

Als industriële gietmethode is ze tijdens en na de tweede wereld oorlog tot ontwikkeling gekomen voor produkten die moeten worden gemaakt van zeer slijtvaste of hitte bestendige staallegeringen, die zeer moeilijk zijn te bewerken. Bij het verloren wasmodel procedé wordt in een matrijs bij vrij lage druk een model in was gevormd van het te gieten produkt. Een groot aantal hiervan wordt aan een gietkanaal (ook van was) bevestigd, waarbij een z.g. boom ontstaat, waarna dit wordt omhuld met een keramische vormmassa. Het geheel wordt daarna gebakken waarbij de wasboom eruit smelt.

De was is voor een grootdeel opnieuw te gebruiken, de vormmassa daarentegen na het gieten niet meer.

Rekening houdend met de krimp van was en gietmetaal is niettemin een grote nauwkeurigheid te realiseren en een zeer fraai glad oppervlak. De maattoleranties kunnen, afhankelijk van de tolerantie-klasse, bij maten

tot ca. 30 mm tot enkele tienden millimeters en minder beperkt blijven. Er is in het algemeen weinig nabewerking nodig.

CIREX giet produkten vanaf ca. 1 gram en enkele mm tot een cm tot maximaal ca. 25 kilo, in series die minimaal enige honderden bedragen.

In de laatste decennia heeft CIREX zich als enige Nederlandse wasmodelgieterij ontwikkeld tot een van de grote van Europa in dit specialisme. Er zijn in Nederland nog 2 andere, veel kleinere wasmiddelgieterijen. Zij heeft zich met succes toegelegd op grootserie gietwerk, hoofdzakelijk in bijzondere staallegeringen alhoewel soms ook in aluminium of koper legeringen wordt gegoten. Het bedrijf maakt thans een omzet van 33 à 34 miljoen gulden, waarvan 85% toegevoegde waarde is, met een vaste staf van ca. 160 medewerkers die naar behoefte wordt uitgebreid met tijdelijk personeel (momenteel ca. 40) of uitbesteding. Het prijsniveau van het produkt ligt in de orde van grootte van f 60,— per kilo.

Als toeleveranciers van de auto industrie worden o.a. zeer grote seriesgegoten van enkele motoronderdelen. Voorbeelden zijn: kleptuimelaar, die zeer slijtvast moet zijn en een hoge kerfslagwaarde moet hebben, en een verbrandingskamer voor dieselmotoren, die van zeer moeilijk bewerkbaar hittebestendige speciale CrNi-staallegering moet worden gemaakt. Deze produkten moeten aan zeer hoge eisen voldoen zowel wat betreft materiaal samenstelling als maatvoering en de leverancier aan zeer strenge eisen voor wat betreft leveringsdiscipline en produkt garantie. De rondgang door het bedrijf was voor de deelnemers zeer indrukwekkend.

ir. M. Breuning.

### **Toepassingen van Vonkerosie in de Fijnmechanische Techniek**

De Regionale Werkgroep Twente organiseerde op 31 augustus 1989 een regio-bijeenkomst, die was gericht op de vele mogelijkheden van vonkerosie voor het fabriceren van nauwkeurige

en complexe onderdelen.

In zijn inleiding gaf de directeur van de Centrale Technische Dienst van de Universiteit, ir. W. Bressers, een overzicht van de faciliteiten, die hij met zijn dienst kan bieden met, uiteraard, het accent op de modern geoutilleerde vonkerosie-groep.

Een groot deel van de dag verzorgd door de firma Hewlett Packard die een goed inzicht verschaftte in de operationele mogelijkheden van hun CAD-systemen ME 10 en ME 30.

Aansluitend gaven de firma'd Esmeijer en Mecanic een exposé van de mogelijkheden en het gebruik van hun CAD-systeem.

Door beide voordrachten konden de ruim 50 deelnemers zich een uitstekend beeld vormen van de "State of the Art" van deze CAD-CAM-systemen voor mechanische toepassingen. In de werkplaats van de Centrale Technische Dienst werd aansluitend een demonstratie gegeven van geavanceerde zink- en draadvonk technologieën. Er werd een reeks van fraaie fijnmechanische produkten getoond, niet alleen van de CTD maar ook van verschillende bedrijven die daarvoor een stand hadden ingericht.

De Universiteit Twente had deze dag goed verzorgd en wist nog deze wijze belangrijke informatie over CAD-CAM-systemen, óók voor vonkerosie, over te brengen.

## Actueel

### **Fokker-certificaat voor Herumetal Tegelen**

Herumetal B.V. te Tegelen, producent van hoogwaardig technisch aluminium-gietwerk, heeft als eerste zandgieterij in Nederland het ISO 9002-kwaliteitscertificaat van Fokker Aircraft B.V. ontvangen dat voor het bedrijf de weg opent om onderdelen te gaan produceren voor de bouw van de succesvolle Fokkertypes F100 en F50.

Het certificaat, dat voorlopig geldig is tot juni 1990 en daarna telkens met twee jaar kan worden verlengd, werd donderdag 22 juni j.l. aan de Herumetal-directie uitgereikt door de heer H. de Roo, hoofd van de afdeling Quality Assurance van Fokker.

De Nederlandse vliegtuigbouwer betreft de benodigde onderdelen voor de serieproductie van de F100 en de F50 tot nu toe wereldwijd bij circa 2000 toeleveringsbedrijven, waarvan slechts een beperkt aantal in Nederland. Behalve de prijs speelt voor het

kwaliteitsniveau bij de keuze van toeleveranciers een grote rol. In de F100 en F50 worden momenteel circa 80 zandgietdelen verwerkt. Fokker heeft dringend behoefte aan uitbreiding van het aantal gekwalificeerde toeleveringsbedrijven omdat de assemblage-activiteiten zo spoedig mogelijk zullen worden opgevoerd, van 25 nu tot 40 toestellen per jaar voor beide types. Herumetal (circa 40 medewerkers) heeft de afgelopen jaren ongeveer één miljoen gulden geïnvesteerd in de technische en logistieke verbetering van het productieproces om te kunnen voldoen aan de hoge kwaliteitsnormen in de high tech industrie. Het bedrijf is een vast co-maker en toeleverancier van o.a. de automobiellindustrie, de medisch-technische industrie en de apparatenbouw. Ongeveer 20% van de omzet wordt behaald in het buitenland.

De verlening van het Fokker-certificaat betekent dat Herumetal nu ook geplaatst wordt op de referentielijst van de EASE (European Aerospace Suppliers' Evaluation), het agentschap van de gezamenlijke Europese vliegtuigindustrieën dat aanbevelingen doet bij de selectie en keuze van toeleveringsbedrijven. De Tegelse aluminium-gieterij is voortaan "in de markt" als producent van klass II vliegtuigonderdelen.

Inmiddels is Herumetal begonnen met de integrale overplaatsing van het bedrijf naar Belfeld, waar men de beschikking krijgt over een produktielocatie die met 7500 m<sup>2</sup> oppervlakte driemaal groter is dan de huidige in Tegelen. In de nieuwe vestiging wordt tevens geïnvesteerd in de modernste apparatuur op het gebied van de kwaliteitscontrole.



Geheel links de heer H. de Roo, hoofd van de afdeling Quality Assurance van Fokker. Geheel rechts de heer H. Rutten, technisch directeur, en de heer A.F. Hendrix, algemeen directeur Herumetal B.V.

## Seminars Mikrocentrum West

Mikrocentrum West, zal in samenwerking met Fijnwerk B.V. een aantal seminars organiseren om met name het management dat betrokken is bij het seriëmatig productieproces, nader te informeren over SPC. Deze seminars zullen gehouden worden op 1 en 8 december 1989 op Mikrocentrum West, Curaçaostraat 2 te Delft.

Dat de meningen over SPC, Statistical Process Control, oftewel Statische Proces Beheersing, verdeeld zijn is niet onbegrijpelijk. Een zekere vorm van argwaan, gevoed door een realiteits onbekendheid, zorgt ervoor dat SPC in Nederland nog weinig wordt toege-

past. Terwijl dit nauwkeurige systeem om de toegestane tolerantie in een seriëmatig productieproces te bewaken, al sinds het begin van deze eeuw in de USA wordt gebruikt. Nu, aan het begin van de jaren negentig is SPC verder geëvolueerd tot een perfect stuk gereedschap dat in elke industriële proces de beste diensten bewijst.

Met SPC is het mogelijk om in een vroegtijdig stadium elke verandering of neiging tot verandering in het productieproces te signaleren, om zodoende bijtijds maatregelen te kunnen nemen.

Met SPC is het mogelijk om afkeur in een productieproces tot een minimum te beperken.

Met SPC kan de produktietijd aanzienlijk verlaagd worden. Bovendien stelt

het systeem u in staat om de produktiekosten flink omlaag te brengen. SPC is dus alleen al om louter economische redenen een nuttig hulpmiddel. SPC is in praktisch elk proces toe te passen: of het nu gaat om de productie van vliegtuigen of van babyvoeding. Het is al gezegd: PVC is geëvolueerd tot een uiterst verfijnd systeem dat bij elk seriëmatig productieproces is toe te passen.

Over de "hoe en waarom" van SPC, over de vraag "al dan niet van invloed op de produktiemedewerkers" is het nuttig om nader geïnformeerd te zijn. Vandaar de seminars die Fijnwerk B.V. met Mikrocentrum West organiseert. Inleiders zijn o.a.: J.F. Voorthuisen (S.K.F. Kogellagerfabriek te Veenendaal) over "Een praktijkgeval: Implementatie en werking". Dr. R.L. Sanders over "Statische principes en invoering". Van Tesa S.A. Zwitserland, de heer B. Vuille over "Het Tesa systeem". En vervolgens A. ten Haaf (Fijnwerk B.V.) die aan de hand van een simulatie van een productieproces de voordelen van SPC zal aantonen.

De kosten zijn voor deelnemers Mikrocentrum Nederland f 50,-, niet deelnemers f 75,-. Bij deze prijs is een naslagwerk en een lunch onbegrepen. Voor informatie kunt u contact opnemen met Mikrocentrum West, telefoon: 015-608742.

## Themadag EMC in uw bedrijf Mikrocentrum West

**Themadag:** EMC in uw bedrijf.

**Datum:** 7 december 1989.

**Dagvoorzitter:** Ir. G.A. van der Pijll.

**Plaats van handeling:** Mikrocentrum West, Curaçaostraat 2 te Delft.

**Aanvang:** 09.30 uur.

Mikrocentrum West organiseert een praktijk gerichte themadag over EMC, electromagnetische compatibiliteit, met het doel kennis en ervaring, welke beschikbaar is binnen de industrie, over te dragen door presentaties en demonstraties.

Deze dag is nuttig voor iedereen die bij zijn werkzaamheden, nu of in de toekomst, te maken heeft met EMC.

Mikrocentrum Nederland roept bedrijven als exposanten op, om een positieve bijdrage aan deze themadag, te leveren.

De kosten van deelname bedragen f 345,- per persoon. Deelnemers Mikrocentrum Nederland f 245,- per persoon. Dokumentatie, lunch en koffie zijn hierbij inbegrepen.

Voor nadere informatie: Mikrocentrum West, telefoon: 015-608742.

**VOOR:**  
**-KALIBRATIES VAN**  
**EINDMATEN ETC.**  
**-3- DIMENSIONAAL**  
**MEETWERK**

**BEL:05910-42721**

**IAC**

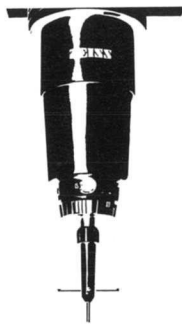
**MEETBEDRIJF**  
**VOOR DE**  
**INDUSTRIE**

Van Schaikweg 94 7811 KL Emmen (Holland)

Voor managers van machinefabrieken en  
 metaalverwerkende bedrijven.

**Bemiddeling voor** direkt beschikbaar  
 geselecteerd technisch  
**handwerk vakpersoneel**

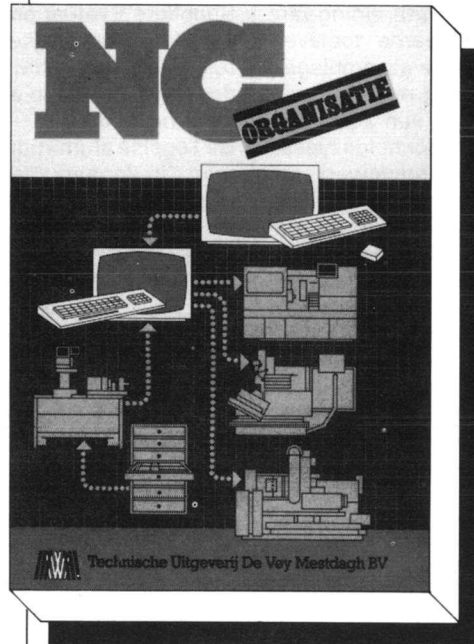
**ING. F. H. JANSE**  
 TELEFOON 070-837480  
 FAX 070-837480



INDUSTRIEEL ADVIES CENTRUM

## NC-Organisatie voor productiebedrijven

- programmeren
- werkplaatsorganisatie
- werkstukkeuze
- gereedschaporganisatie
- spanmiddelenorganisatie
- personele aspecten
- CAD-CAM



Omvang  
 ca. 150 pagina's A5  
 Vele afbeeldingen  
 ISBN 90 6376 0213

Ook in de  
 boekhandel  
 verkrijgbaar

In België  
 te bestellen  
 bij uitgeverij  
 de Sikkel



**Technische Uitgeverij De Vey Mestdagh BV**  
 Markt 51 • 4331 LK Middelburg • Nederland • Telefoon 01180-81240

**U moet uiterst nauwkeurig meten en controleren.**  
**Vandaag de dag meer dan ooit.**  
**En u wilt het kostenbewust doen.**

## Misschien kan FAG daarbij helpen.

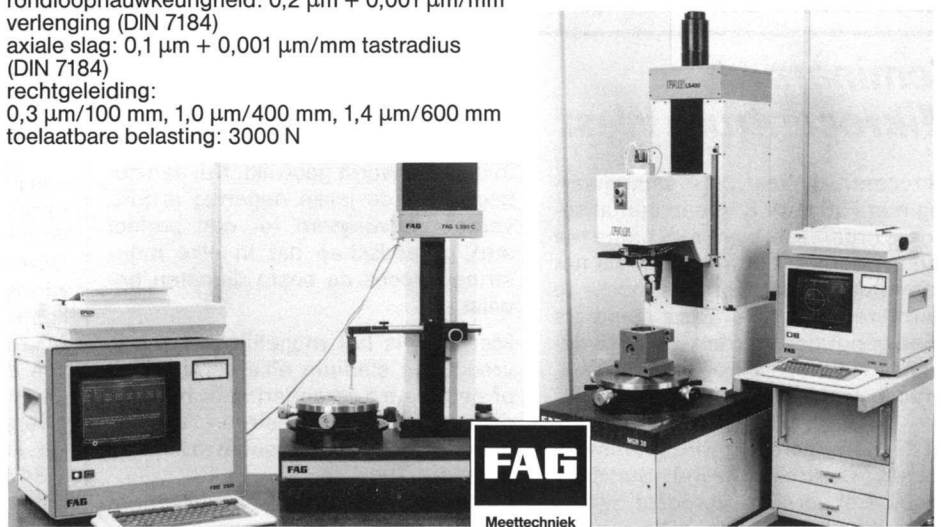
Hier twee voorbeelden uit onze produktgroep machine- en meettechniek.

### Vorm-meetmachine MGB 30 voor a-symmetrische werkstukken.

rondlooptrouwkeurigheid:  $0,2 \mu\text{m} + 0,001 \mu\text{m}/\text{mm}$   
 verlenging (DIN 7184)  
 axiale slag:  $0,1 \mu\text{m} + 0,001 \mu\text{m}/\text{mm}$  tastradius  
 (DIN 7184)  
 rechtgeleiding:  
 $0,3 \mu\text{m}/100 \text{ mm}$ ,  $1,0 \mu\text{m}/400 \text{ mm}$ ,  $1,4 \mu\text{m}/600 \text{ mm}$   
 toelaatbare belasting: 3000 N

### Kompakt-vormmeetapparaat

**FMS 2100 voor rotatie-  
 symmetrische werkstukken**  
 rondlooptrouwkeurigheid:  $0,08 \mu\text{m}$   
 op tafelhoogte +  $0,001 \mu\text{m}/\text{mm}$   
 meethoogte  
 axiale slag:  $0,08 \mu\text{m}$  in het hart +  
 $0,001 \mu\text{m}/\text{mm}$  radius  
 rechtgeleiding in tastrichting  
 volgens DIN 7184  
 $0,3 \mu\text{m}/100 \text{ mm}$ ,  $1,0 \mu\text{m}/450 \text{ mm}$



**FAG Nederland B.V.**

Industrieweg 137 · 3044 AS Rotterdam · Tel. 010-4 37 4011 · Telefax 010-4 62 12 85 · Telex 25187 fag nl · Postbus 11039 · 3004 EA Rotterdam



# Automatische Optische Inspectie voor Oppervlak Montage Techniek van elektronische componenten\*

Ir. A.C.M. Gieles, Drs. W.D. van Amstel, Dr. W.J. Venema medewerkers van Philips' Centre for Manufacturing Technology te Eindhoven.

Vertaald en bewerkt door ir. M.E.H. Breuning

## Samenvatting

Na een korte inleiding over oppervlak montage techniek, in het engels genoemd "surface mounting technology" (SMT), wordt de huidige en toekomstige rol van automatische optische inspectie daarvan besproken. De twee toepassingen zijn: inspectie van ongemonteerde panelen met zogenaamde gedrukte bedrading (printed circuit boards, PCB's) en inspectie van volledig (met SMT) gemonteerde PCB's.

De voortgaande miniaturisatie van elektronische componenten stelt grenzen aan de toepassing van de huidige tweedimensionale methoden van inspectie van PCB's voor SMT. De ontwikkeling van een inspectiesysteem gebaseerd op driedimensionale aftasting met behulp van een laserstraal is inmiddels begonnen.

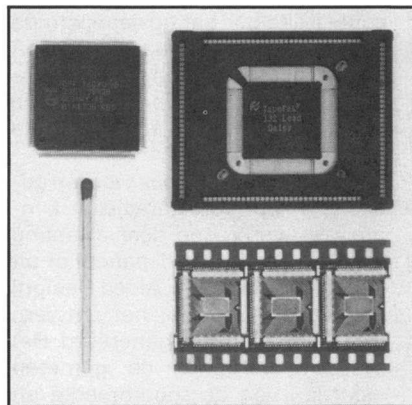
De inspectie van volledig gemonteerde panelen met de huidige 2-D techniek verschaft niet de betrouwbaarheid die vereist is voor in-lijn toepassing. De voorlopige resultaten van een onderzoek van een systeem met 3-D aftasting met een laserstraal en van een systeem gebaseerd op aftasting met röntgenstralen, worden besproken.

## Inleiding

Oppervlak montage techniek (SMT) van miniatuur elektronische componenten, passieve zowel als actieve (weerstand, condensatoren, transistoren, geïntegreerde schakelingen e.d.) is hedentendage een basistechniek voor de elektronische industrie. Componenten voor SMT, zogenaamde "surface mounted devices" (SMD's) maken een hoge pakkingsdichtheid mogelijk op PCB's, waardoor de afmeting van apparaten (vooral draagbare) kunnen worden verkleind, respectievelijk het aantal op een paneel gemonteerde functies vergroot, zoals wordt toegepast in professionele apparaten. De belangrijkste problemen bij SMT zijn:

- de betrouwbaarheid van het montageproces moet veel hoger zijn (dan bij de oude technieken) in verband met het veel groter aantal verbindingen,
- het testen van met SMT gemonteerde panelen is veel moeilijker dan bij de oude doorsteekmontage ten gevolge van de hogere pakkingsdichtheid.

SMT is nog geen uitgekristalliseerde technologie maar een technologie die nog volop in ontwikkeling is. De voort-



Figuur 1 Drie generaties IC's in SMD uitvoering.

urende ontwikkeling naar steeds kleinere componenten en hogere pakkingsdichtheid is echter overduidelijk. Terwijl de pootjes van de huidige geïntegreerde schakelingen (IC's) in SMD uitvoering een steek van 0,635 mm hebben, hebben de nieuwere veel gecompliceerdere IC's bij het veel grotere aantal aansluitingen (tot zelfs 160) een steek van 0,5 mm. Zogenaamde "tape automated bonding" (TAB) IC's hebben zelfs al meer dan 200 aansluitlipjes met een steek van 0,25 mm. Bij de "Flip-Chip" techniek gaat men zelfs zover de IC's zonder omhulling direct met hun aansluitvlakjes naar het paneel gekeerd (ondersteboven) op een paneel te monteren; zie *figuur 1*.

Het zal duidelijk zijn dat de afmetingen van de sporen op de panelen voor deze

componenten, en de ruimte tussen de sporen, overeenkomstig steeds kleiner worden. De huidige fabricageprocessen hebben niet het oplossend vermogen en de precisie die nodig zijn voor de toekomstige ontwikkelingen. Een nieuwe techniek voor de fabricage van PCB's, die voldoet aan de toekomstige eisen, moet dan ook ontwikkeld worden, waarbij niet alleen de spoorbreedte maar ook het profiel in de hoogte van de sporen belangrijk wordt.

Menselijke visuele inspectie van het kale (ongemonteerde) paneel, zoals nog steeds in de productie plaats vindt, zal dan niet meer mogelijk en toereikend zijn. Ook de huidige automatische inspectie zoals wordt toegepast voor de binnenste lagen van zogenaamde multi-layer (meerlaagse) panelen, dient te worden verbeterd met betrekking tot oplossend vermogen en snelheid.

Aangezien het aantal soldeerverbindingen per paneel steeds toeneemt, wordt de opbrengst aan gemonteerde foutloze panelen een steeds groter probleem. Zo is bijvoorbeeld de opbrengst van panelen met gemiddeld 250 SMD's direct na montage, dus vóór reparatie, minder dan 90%, zelfs bij een foutniveau per verbinding in de orde van grootte van 100 per miljoen ( $10^6$ ), wat veel beter is dan bij de oude doorsteekmontage.

Het grote verschil met de conventionele doorsteekmontage is namelijk dat het constateren van defecten in de verbindingen en/of componenten door middel van testen in gemonteerde toestand (in-circuit testing) veel moeilijker is ten gevolge van de geringere steek van de aansluitlipjes. Bij de nieuwste SMD's, in het bijzonder de TAB en Flip-Chip componenten, is testen in gemonteerde toestand met behulp van contactnaalbedden niet meer mogelijk. Nieuwe testtechnieken zijn dan ook in ontwikkeling, met name de zogenaamde "Boundary Scan", waarbij speciale testfaciliteiten aan de IC's worden toegevoegd om het testen mogelijk te maken met speciaal in het circuit en sporenpatroon aangebrachte aansluitvoorzieningen. Deze techniek veronderstelt echter een zeker niveau van functioneren van het gemonteerde paneel.

\* Oorspronkelijk gepubliceerd in het engels in de Proceedings van de CIM Europe Conferentie 1989, uitgegeven door IFS Publications, Kempston, Bedford, Engeland.

Om een redelijke opbrengst van een SMT montagelijnt te bereiken, is automatische visuele inspectie (en reparatie) in alle kritieke stadia van het proces een noodzaak. Het is de enige manier om een accumulatie van fouten te voorkomen en het foutenniveau aan het einde van het proces voldoende laag te houden.

Inspectie is niet alleen noodzakelijk om produkten met tekortkomingen op te sporen, het is tevens een onontbeerlijk gereedschap voor procescontrole en -verbetering. De enige manier om een foutenniveau in iedere processtap van enkele gevallen per miljoen te bereiken is een honderd procent controle van het resultaat van die processtap.

De belangrijkste inspectietaken zijn:

- Controle van het ongemonteerde paneel op sporenpatroon en aansluitvlakjes voor de componenten (footprints).

Men controleert daarbij op onderbrekingen of "bijna", potentiële onderbrekingen en kortsluitingen of "bijna" kortsluitingen, op de uitlijning (juiste ligging) van de afdeklaag (tegen soldeervloeiing) en ongewenste uitsmeringen.

- Controle van het met componenten volgemonteerde paneel vóór het solderen.

Controle op positie en oriëntatie van alle componenten ten opzichte van de soldeervlakjes (footprints).

- Inspectie van de soldeerverbindingen.

Controle op onvoldoende soldeer, onvolledige doorvloeiing en op kortsluitingen ("solderbridges").

Deze drie onderwerpen worden in het hierna volgende meer in detail besproken.

## Automatische optische inspectie van ongemonteerde panelen voor SMD montage

### Huidige inspectiemethoden.

De gebruikelijke afmetingen voor panelen bij de productie van gedrukte bedrading (PCB's) is het zogenaamde quarto formaat: 435 x 640 mm. Het oplossend vermogen noodzakelijk voor inspectie van een normaal paneel voor SMD's met een spoorbreedte van 0,175 mm is 25 x 25 micron. Het dienovereenkomstig aantal beeldelementen (pixels) per paneel is 450 miljoen ( $10^6$ ). De normale productie cyclustijd is ca. 30 seconden, zodat een beeldbewerkingssnelheid van tenminste  $15 \times 10^6$  pixels per seconde vereist is om de produktiesnelheid bij te houden. Deze snelheid kan alleen worden bereikt door parallele bewerking of

met behulp van speciaal ontwikkelde processoren.

Bijna alle inspectiesystemen voor PCB's gebruiken een lineaire array CCD camera als informatie-opnemer. Daarbij wordt een lijnvormige belichting van het paneel gebruikt.

Het paneel dat geïnspecteerd wordt, wordt onder de belichting en opnemer getransporteerd. Het uitgangssignaal van de opnemer is gedigitaliseerd en wordt toegevoerd aan een beeldverwerkingsysteem waarin de informatie wordt bewerkt, hetzij met speciaal ontworpen processoren hetzij met een geprogrammeerde computer (software processing).

Alle automatische inspectie is gebaseerd op vergelijking van het te inspecteren object met een standaard.

- Deze vergelijking kan een punt voor punt vergelijking zijn met een "standaard" paneel ("golden" board) dat door hetzelfde systeem wordt afgetast. Deze vergelijkingmethode is eenvoudig maar vereist een zeer grote geheugen-capaciteit voor het opslaan van de beeldgegevens. Daarbij geven kleine verschillen in reflectie-eigenschappen, positie of oriëntatie aanleiding tot grote aantallen vals alarm.

- De vergelijking kan ook worden gebaseerd op karakteristieke kenmerken, verkregen door aftasting van een "standaard" paneel of uit een CAD (Computer Aided Design) gegevenslijst die bij het ontwerp van het paneel is gegenereerd. Het systeem vergelijkt de gemeten waarden van de spoorbreedte en -afstand lijn voor lijn met de referentiegegevens, gegroepeerd per lijn. Deze methode gebruikt gemeten breedten voor de vergelijking en is minder gevoelig voor de uitlijning van het te controleren paneel. Programmeren voor ieder verschillend type paneel is noodzakelijk.

- Ook kan de vergelijking gebaseerd worden op de ontwerpregels die bij de lay-out van het paneel zijn gebruikt. Deze zijn geldig voor een hele familie van panelen en omvatten eenvoudige gegevens zoals: minimum waarden voor de spoorbreedte en de isolatie afstand tussen sporen. Deze methode is snel en gebruikt als kenmerk voor de vergelijking: de gemeten breedte met een programmeerbare drempelwaarde. De programmering is eenvoudig en herprogrammering alleen nodig als een andere familie panelen moet worden geïnspecteerd. De uitlijning van de panelen

is niet kritisch; de ontwerpregels zijn geldig voor het gehele paneel.

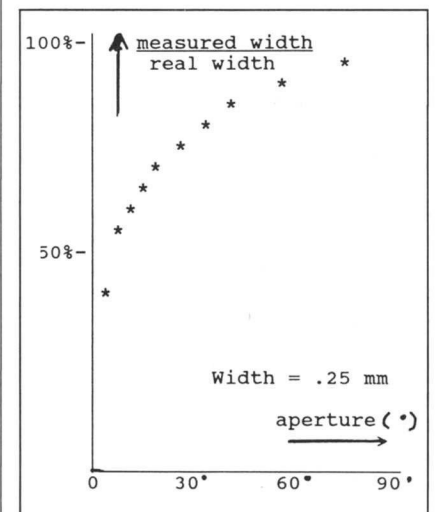
De meeste systemen gebruiken een combinatie van controle op ontwerp-regels met controle op kenmerken afgeleid van een "standaard" paneel, en hebben mogelijkheden voor het negeren van signalen van bepaalde delen van het paneel (maskering).

De op de markt verkrijgbare PCB inspectiesystemen zijn bedoeld voor de controle van de binnenste lagen van meerlaagse PCB's. Geen van deze systemen kan de buitenste paneellaag, die voorzien zijn van elektrolitische of smeltbad vertinning, verwerken.

Dit is het gevolg van de relatief primitieve wijze van belichten van het paneel. In *figuur 2a* wordt een doorsnede van een spoor voorzien van smeltbadtinlaag getoond. Tengevolge van de variabele lichtreflectiehoek valt het gereflecteerde licht niet (of niet volledig) door de lens van de signaalopneemcamera. Onderzoek heeft aangetoond dat een belichtings-openingshoek van meer dan 60 graden nodig is om een betrouwbare signaalopname te realiseren, zie *figuur 2b*.



Figuur 2a Doorsnede van opgesmolten soldeer op koperspoor.



Figuur 2b Schijnbare spoorbreedte in afhankelijkheid van de optische openingshoek.

Het probleem met de huidige PCB inspectiesystemen is de mate van vals alarm, hetgeen de toepassing in-lijn met de produktiestraat bezwaarlijk maakt. Gezien de hoeveelheid gegevens die verwerkt moet worden is de prestatie uitstekend, maar toch niet goed genoeg voor toepassing in-lijn.

### Het FLAIR inspectiesysteem voor PCB's

Het automatische visuele inspectiesysteem FLAIR is allereerst ontwikkeld om aan Philips' eigen behoeften bij de productie van hoogwaardige SMD panelen te voldoen. Het is gebaseerd op een aftasting met behulp van een laserstraal voor inspectie, in-lijn, van zowel de binnenste lagen als de buitenste van meerlaagse panelen voor SMT montage. De laserstraal tast het paneel af over de volle breedte van 435 mm met een resolutie (oplossend vermogen) van meer dan 32.000 beeldpunten per lijn. Door de aftasting over de volle breedte kunnen de panelen in een doorloop in hun geheel worden geïnspecteerd zodat een praktische oplossing voor inspectie in-lijn is bereikt, zie *figuur 3*.

Het optisch ontwerp van de aftaster is telecentrisch. Ieder punt van het paneel wordt belicht onder exact dezelfde condities. De scherptediepte is 1 mm.

De openingshoek van de lichtreceptor is 65 graden over de hele aftastlengte van 435 mm.

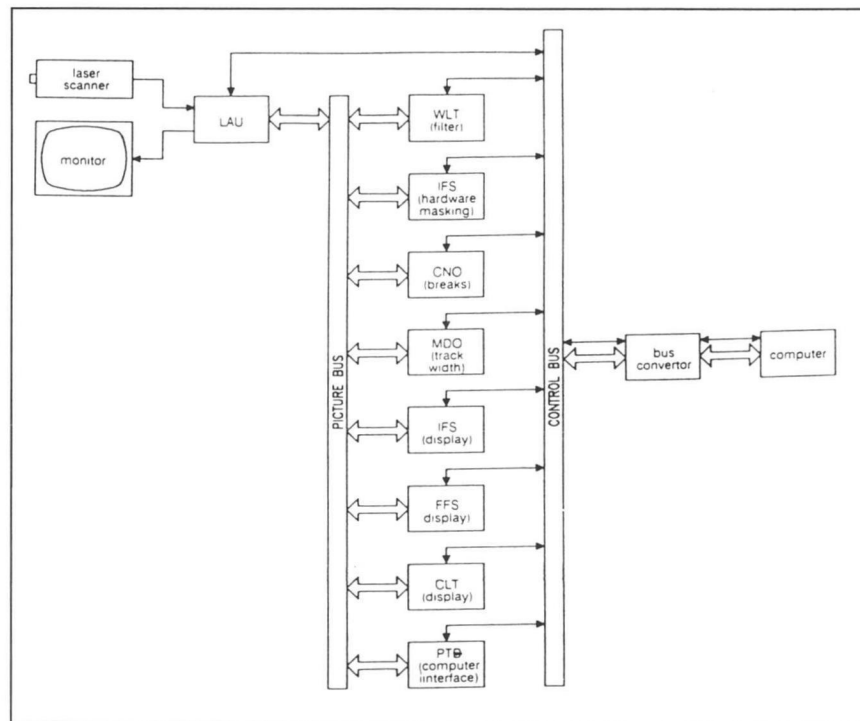
Het oplossend vermogen kan elektronisch worden ingesteld in stappen van  $5 \mu\text{m}$  zonder noodzaak om lenzen te verwisselen of afstanden van lichtbron en receptor te wijzigen. Bij iedere resolutie is de aftastnelheid  $15 \cdot 10^6$  beeldelementen (pixels) per seconde.

Het verkrijgen van informatie over fouten uit een beeld dat met een laserstraalafasting wordt verkregen stelt hoge eisen aan het beeldverwerkings-systeem. De hoge resolutie van de aftaster in combinatie met het grote beeldveld levert beeldlijnen met maximaal 32.000 beeldelementen. Het aantal lijnen dat een paneel bevat kan tot 48.000 bedragen, zodat er dan totaal 1,54 miljard beeldelementen worden geleverd. Het zal duidelijk zijn dat een beeldverwerkingsarchitectuur, waarbij de beelden geheel worden opgeslagen alvorens bewerkt te worden, niet mogelijk is.

Voor de FLAIR wordt het Philips beeldacquisitie- en verwerkingsysteem PAPS (Philips Picture Acquisition and Processing System) gebruikt, dat een modulaire structuur heeft. PAPS bestaat uit bewerkingsmodules die een beeldelement en zijn naaste burens



*Figuur 3* Het FLAIR PCB inspectiesysteem.



*Figuur 4* Configuratie van PAPS, zoals toegepast in FLAIR.

bewerken met dezelfde snelheid als het beeldsignaal gegenereerd wordt, zodat slechts een klein aantal beeldlijnen behoefte te worden opgeslagen. De resultaten van de bewerking door een bepaalde module vormen weer een beeld en kunnen aan een volgende module worden toegevoerd. De modules zijn onderling verbonden met een zogenaamde beeldbus. Op deze wijze kan zowel parallelle als in-serie (cascade) bewerking worden uitgevoerd.

De uitkomsten van de verwerkende

modules worden verzameld in een speciale module (de PTB) die toegang verschaft aan een normale computer, zie *figuur 4*.

Bij FLAIR wordt een combinatie toegepast van vergelijking op basis van ontwerpregels van referentiegegevens. De inspectie op ontwerpregels wordt uitgevoerd door de Minimum Afstand Tester (Minimum Distance Operator, MDO), die de breedte van sporen en isolatiebanen vergelijkt met een van tevoren programmeerbare waarde. Op

deze wijze vindt men kleine onderbrekingen en "bijna" onderbrekingen zowel als "bijna" kortsluitingen en (ongewenste, onbedoelde) koperresten. De continuïteitstester (Continuity Operator, CNO) wordt gebruikt om grote onderbrekingen en/of kortsluitingen te vinden die met de voorgaande methode (MDO) niet gevonden kunnen worden. Het negeren van bepaalde als fout aangemerkte waarnemingen gebeurt door het inlezen van "niet te inspecteren gebieden" afgeleid uit de CAD ontwerpgegevens, of aangegeven door de operator.

FLAIR machines worden gebruikt bij de produktie van meerlaagse panelen voor SMD in de Philips fabrieken in Eindhoven en Brussel. Deze machines hebben een opmerkelijk laag percentage doorgelaten fouten en vals alarm niveau getoond, vergeleken met andere paneel inspectiesystemen. Het aantal doorgelaten fouten is kleiner dan 1 op 100 en vals alarm komt minder dan 1 maal per 20 vierkante decimeter voor onder normale produktieomstandigheden. Dit wordt bereikt door het zeer goede contrast en uitstekende signaal/ruis verhouding van de laserafaster.

#### Nieuwe ontwikkelingen in PCB inspectie

Voor de volgende generatie panelen voor SMD, die spoorbreedten en isolatie-afstanden in de orde van grootte van 50 tot 100  $\mu\text{m}$  zullen hebben, moet de resolutie worden verbeterd tot 10 x 10  $\mu\text{m}$ . Daar te verwachten is dat het produktieformaat van de panelen hetzelfde zal blijven, zal het aantal beeld-elementen (pixels) stijgen tot 2,7 miljard. De verwerkingssnelheid zal dienovereenkomstig moeten worden verhoogd.

Teneinde de impedantie (c.q. weerstand) van de smalle sporen op een aanvaardbare waarde te houden zal de dikte van de sporen moeten worden verhoogd van de huidige waarde van 17  $\mu\text{m}$  tot 50  $\mu\text{m}$ . Tweedimensionale inspectie van de spoorbreedte is dan niet langer voldoende, ook controle van de dwarsdoorsnede van de sporen zal nodig zijn.

Daarom is een nieuwe ontwikkeling voor PCB inspectie gestart, gebaseerd op de ervaring met aftasting met behulp van een laser. Hierin zullen de volgende doelstellingen worden verwezenlijkt:

- Verbeterde resolutie.
- Driedimensionale (3-D) aftasting.
- Een speciaal, geïntegreerd, circuit met een zeer groot aantal schakel-elementen (Very Large Scale Inte-

grated Circuit, VLSI) voor bewerking van grijsnuances op "sub-pixel" niveau.

- Nieuwe voorbewerkingsmodules.
- Ondersteuning met CAD-gegevens.
- Nabewerking van potentiële defecten met hun omgeving met behulp van speciale algoritmen.

### De inspectie van volledig gemonteerde SMD panelen

#### 2-D Inspectietechnieken.

De meeste beschikbare inspectiesystemen voor SMD panelen werken met grijsnuance bewerking van 2-D beelden opgenomen met een lineaire of matrix CCD opnemer. Het paneel dat gecontroleerd moet worden, wordt onder de opnemer door bewogen en de positie en oriëntatie van alle SMD componenten vergeleken met een model dat of bestaat uit een pakket CAD gegevens of als een standaard ("gouden") paneel.

De belichting van het paneel is een tamelijk kritisch deel van het systeem. De mogelijkheid om een min of meer betrouwbare waarneming van de positie en oriëntatie van de componentomhullingen en -aansluitstripes te verkrijgen is afhankelijk van de mate van getrouwheid waarmee de 3-D geometrie daarvan in intensiteits variaties in een 2-D beeld kan worden omgezet.

Het belangrijkste probleem hierbij is dat het door het oppervlak van een SMD gereflecteerde licht een intensiteitsvariatie van 1 op 500 kan vertonen en de reflectie ook een grote variatie in ruimtelijke verdeling vertoont. Enerzijds is de reflectie van aansluitstripes, sporen en soldeer spiegelen, met een grote variatie in terugkaats-hoeken; anderzijds is de reflectie van de SMD omhullingen gering en diffuus. Bij een kleine openingshoek van de belichting zijn de variaties in licht-intensiteit 1 op 5000.

Een inspectiesysteem waarbij een belichting met een openingshoek van meer van 120° werd toegepast levert een belangrijke verbetering in de betrouwbaarheid en vermindering van het aantal vals alarm. Ongeveer 99% van de werkelijke fouten kon worden gevonden, bij een vals alarm aantal van 1 per 5 vierkante decimeter. Dit niveau is echter nog te hoog voor inspectie in-lijn met de produktie. Verschillende technieken om deze problemen op te lossen zijn onderzocht, te weten:

- Stereo en meervoudige beeldsystemen om een pseudo 3-D beeld te leveren. Deze systemen zijn gecompliceerd, traag en duur.
- Meervoudige belichtingstechniek.

De onderdelen (componenten) geven schaduwen, afhankelijk van hun hoogte en de belichtingsrichting. Door het paneel achtereenvolgens van verschillende kanten te belichten kunnen de verschillen tussen de opeenvolgende beelden gebruikt worden om de plaats en hoogte van de componenten precies vast te stellen. Deze methode is eenvoudig, maar schiet tekort als de pakkingsdichtheid hoog is.

- Bijzondere belichtingsmethoden. Hierbij wordt een lijnvormige belichting toegepast onder een hoek met het paneel. De objecthoogte wordt omgezet in een zijdelingse verplaatsing van de lijn. Dit systeem is traag en heeft dezelfde beperkingen bij hoge pakkingsdichtheid.

Het belangrijkste probleem bij alle 2-D inspectiesystemen is dat eigenlijk de reflectie van het oppervlak van de componenten wordt gemeten in plaats van de coördinaten ervan.

#### 3-D Inspectietechnieken

Een meer betrouwbare inspectie kan worden verkregen met een driedimensionaal (3-D) inspectiesysteem dat zowel de reflectie als de hoogte van elk beeldelement aftast. Aangezien de techniek voor 3-D inspectie van gemonteerde panelen dezelfde is als voor 3-D inspectie van ongemonteerde panelen worden inspectietechnieken voor zowel ongemonteerde als voor gemonteerde panelen onderzocht.

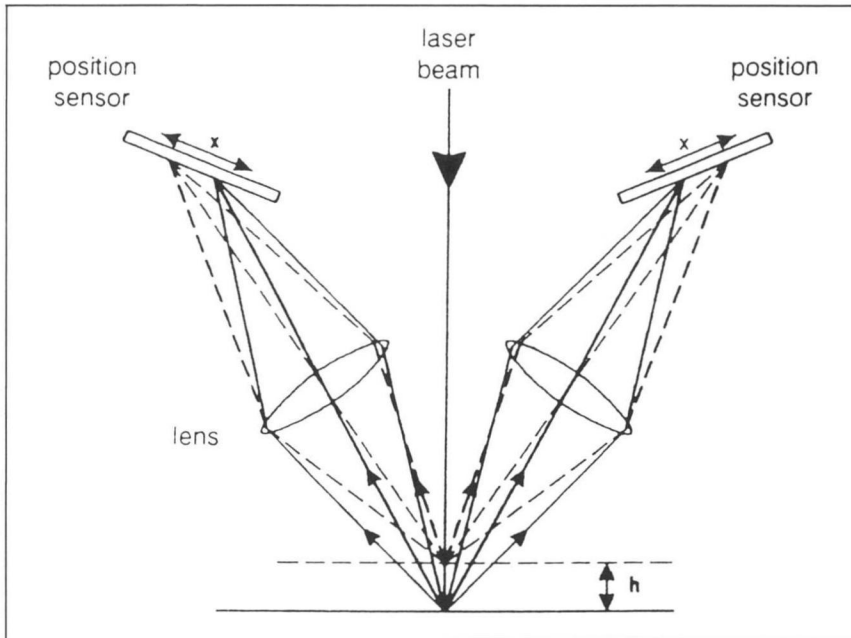
De volgende aspecten zijn van belang:

- 3-D aftasting met een laser,
- 3-D gegevensbewerking,
- CAD ondersteuning.

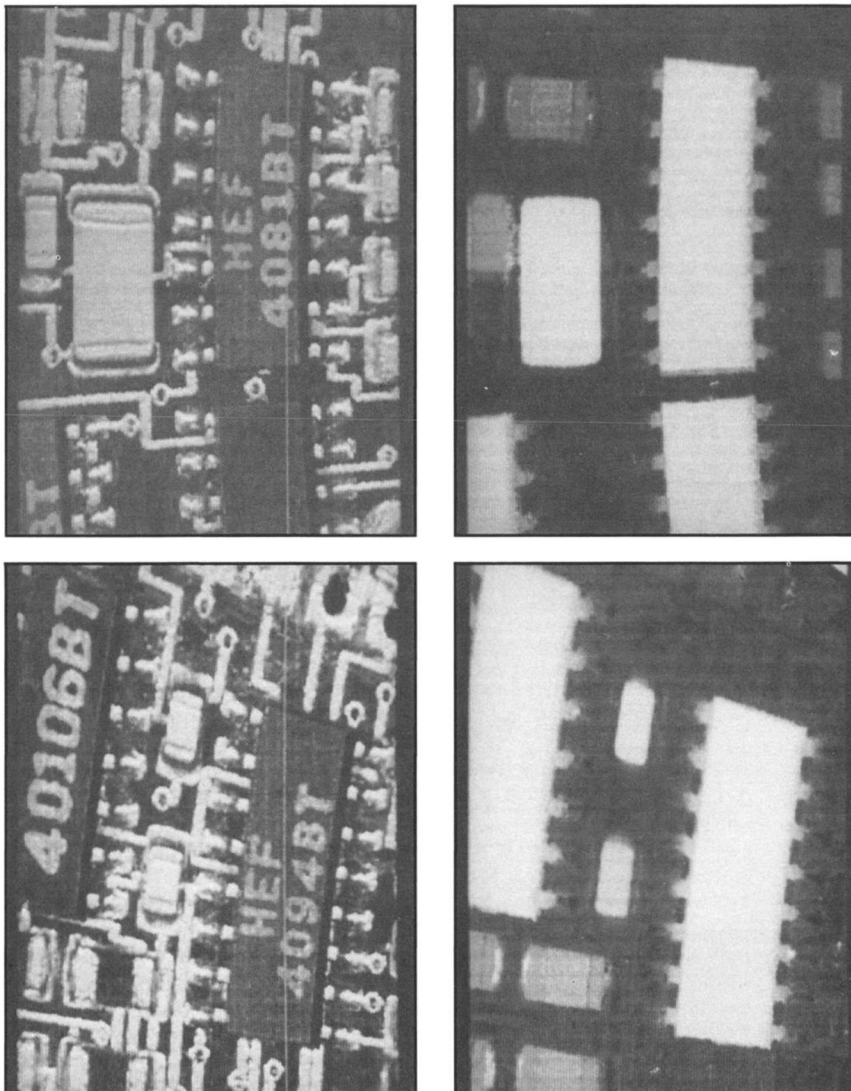
Voor het 3-D aftasten met een laserstraal levert de bekende triangulatie methode de beste oplossing.

Daarvoor is nodig een telecentrisch optisch systeem zowel voor de belichtings- als de waarnemingslichtstraal. Met een dergelijk systeem wordt ieder punt van de af te tasten lijn onder exact dezelfde omstandigheden belicht. Hetzelfde geldt voor de waarneming.

Om de mogelijkheden van zo'n 3-D aftasting te onderzoeken, is een kleine experimentele opstelling gebouwd van een optisch systeem. De aftastbundel valt daarbij loodrecht op het paneel met een lichtspot van 50  $\mu\text{m}$ . Teneinde het schaduw effect van hoge componenten te elimineren wordt de door hoogteverschillen veroorzaakt verplaatsing van twee onder een gelijke hoek gereflecteerde lichtstralen waargenomen, symmetrisch t.o.v. de aftast bundel onder + en -15 graden; zie *figuur 5*.



Figuur 5 Het principe van een 3-D laserscanner.



Figuur 6 Reflectie-intensiteit en hoogtebeeld van SMD op een volledig gemonteerd paneel.

Voor detectie worden twee plaatsgevoelige foto-dioden gebruikt vanwege de vereiste bandbreedte en afaast-snelheid. Teneinde de problemen met het vereiste dynamische bereik van de detector en de elektronische voorverwerking te verkleinen, kan de aftastende laserbundel geregeld worden door midden van een modulator voor heldere objectdetails. Een Argon Ion laser van 1 Watt is nodig om een vermogen van  $0,1-10 \mu\text{W}$  aan de detector te leveren.

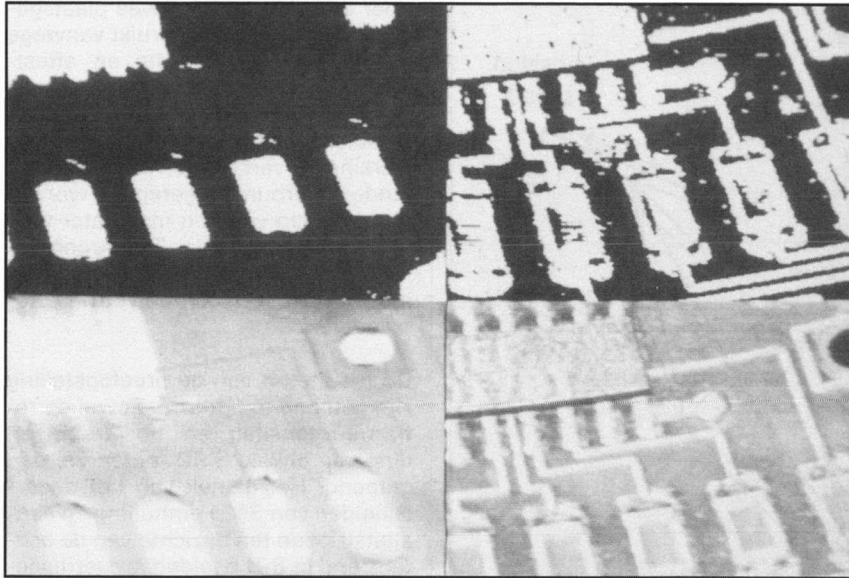
De resultaten van de proefopstelling zijn getoond in *figuur 6*. Zowel de reflectie-intensiteit en hoogte-afbeelding van enkele SMD fouten worden getoond. Het gemak van het onderscheiden van SMD omhulling en aansluitstrippen ten opzichte van de achtergrond in 3-D beelden is overduidelijk.

De 3-D laserastaster levert zowel de helderheid als de hoogte van alle beeldelementen. Om de mogelijkheden van 3-D inspectie te onderzoeken, is gepoogd alle meest (algemeen) voorkomende fouten, zoals plaatsingsfouten, het rechtop staan van (liggende) componenten (grafsteen effect) en soldeerfouten, te vinden.

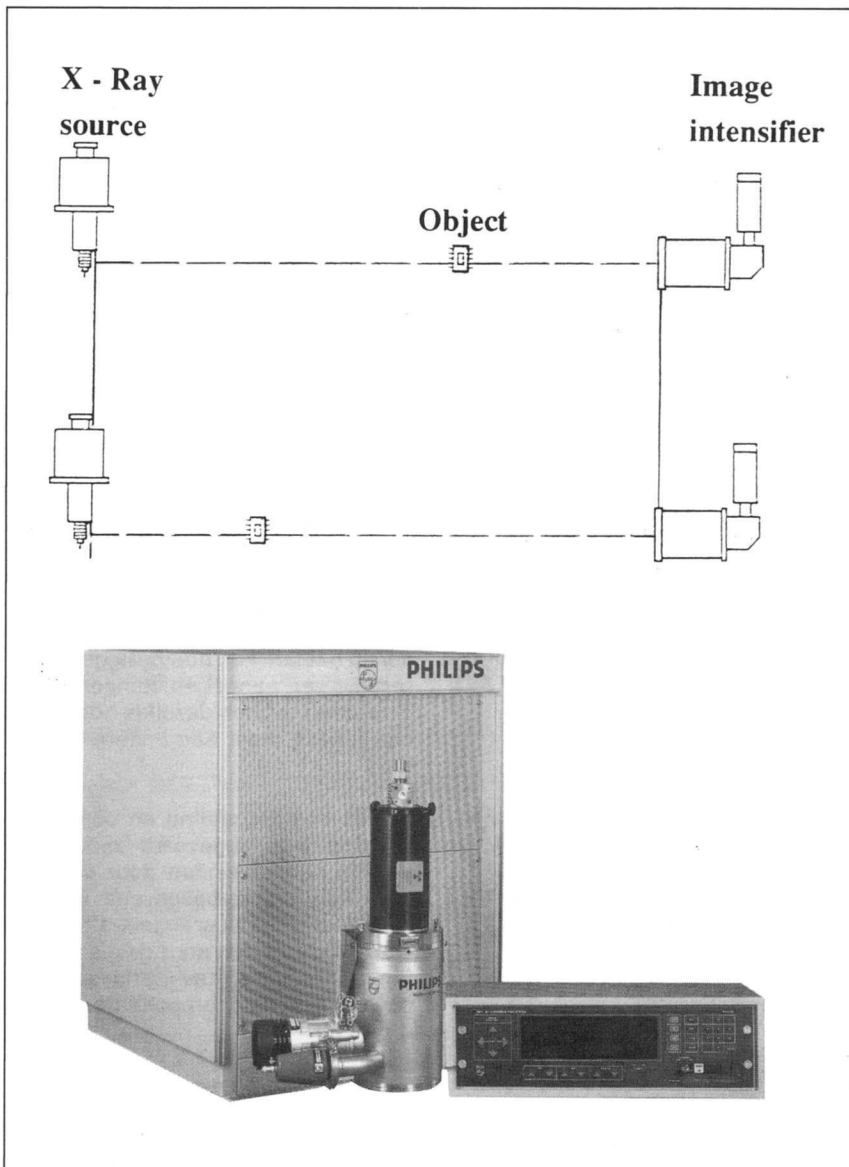
De eerste stap bij de beeldverwerking is het onderscheiden en herkennen van objecten. Onderscheiding met behulp van verschillen in helderheid, zoals gebruikelijk bij 2-D beeldverwerking, is moeilijk daar de reflectie van dragerpaneel, sporen, componenten en soldeer aanzienlijk varieert. Onderscheiding waarbij zowel hoogte als helderheid worden gebruikt kan betrouwbaar worden toegepast zoals blijkt uit *figuur 7* en de histogrammen in *figuur 8*. De componenten zijn hoger dan het paneel; soldeerverbindingen en aansluitstripjes zijn helderder en hebben een hoogte liggend tussen die van paneel en componenten. De sporen hebben dezelfde hoogte als het paneel, maar een andere helderheid.

Als de beeldscheiding en objectherkenning zijn uitgevoerd zijn plaatsingsfouten te vinden door vergelijking met ontwerpgegevens uit een CAD bestand. Het grafsteeneffect kan worden gevonden door de eis te stellen dat de hoogtevariatie van het bovenvlak van de componenten gering moet zijn.

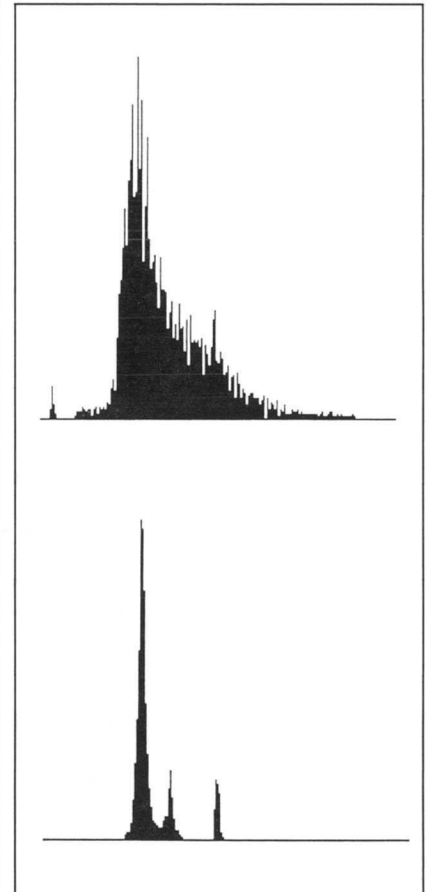
Om slechte soldeerverbindingen van discrete (enkelvoudige, passieve) SMD componenten te vinden is een vergelijking van een gestandaardiseerd modelsignaal met het hoogteprofiel-



Figuur 7 Met drempelwaarde bewerkte beelden van reflectie-intensiteit en hoogte.



Figuur 9 Microfocus röntgensysteem.



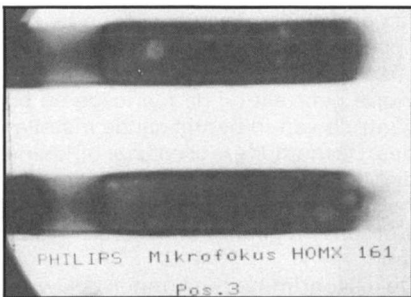
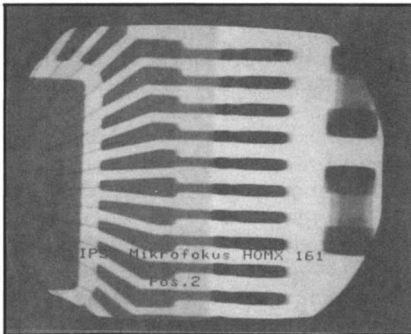
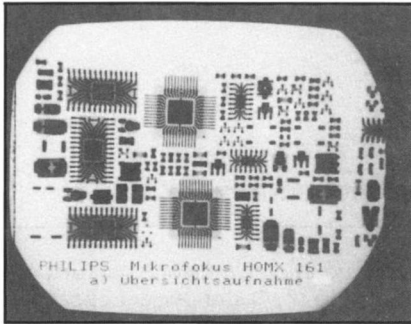
Figuur 8 Reflectie-intensiteit en hoogtebeeld histogram.

signaal van de verbinding zeer succesvol gebleken. Een opmerkelijk goede correlatie werd gevonden tussen de genoemde vergelijking met modelgegevens en de kwaliteit van de soldeerverbinding zoals waargenomen door controlerend personeel.

De inspectie van de soldeerverbinding van de aansluitstrips van geïntegreerde schakelingen is moeilijker, daar de verbinding gedeeltelijk door het aansluitstripje wordt bedekt en niet zichtbaar is. Het enige zichtbare deel van de verbinding is het soldeer aan het einde van het aansluitstripje en langs de zijkanten ervan. De mate van bevochtiging wordt gecontroleerd door meting van de helling van het soldeer op deze plaatsen, maar de betrouwbaarheid van deze controle moet nog verder worden onderzocht.

#### Inspectie met röntgenstraal

Een alternatieve methode voor de inspectie van de soldeerverbindingen van SMD's is de toepassing van microfocus röntgensystemen. Deze hebben thans spotafmetingen van enkele micrometers en zijn voorzien van beeldversterkers in combinatie met zogenaamde solid-state (licht of stralingsgevoelige halfgeleider) TV



Figuur 10 Deel van een paneel met SMD's, bij verschillende vergroting.

camera's als beeldopnemer. Het verkregen beeld heeft een normale TV beeldopbouw (aantal lijnen en beeldpunten). De vergroting kan gemakkelijk gewijzigd worden door de afstand tussen stralingsbron en paneel te veranderen, zie de figuren 9 en 10.

Ten gevolge van de hoge absorptiecoëfficiënt van soldeer kan de aanwezigheid van soldeer onder de IC aansluitstripjes gemakkelijk worden geconstateerd. Ook is een schatting van de hoeveelheid soldeer per aansluitstripje mogelijk. In *figuur 10c* zijn gas insluitingen in het soldeer te zien.

De nadelen van inspectie met behulp van röntgenstraling zijn:

- de hoge kosten van een röntgen systeem,
- de lage snelheid: een gemiddelde van verschillende enkelvoudige TV beelden is nodig om de ruis te onderdrukken,
- bij tweezijdig gemonteerde panelen ontstaan schaduwbeelden van de componenten aan de andere zijde,
- voor het bedienend personeel moeten veiligheidsmaatregelen worden genomen tegen röntgenstraling.

Nieuwe ontwikkelingen, zoals diffuse röntgenstraling volgens Compton en roterende bundelsystemen, zullen de mogelijkheden van toepassing van röntgentechnieken voor inspectie van SMD's verbeteren.

## Conclusies

Automatische visuele inspectie is voor de SMD technologie van essentieel belang. Niet alleen om een aanvaardbare opbrengst van een produktielijn te bereiken, maar als een onmisbaar gereedschap voor procescontrole en procesverbetering.

De enige manier om een foutenniveau van enkele gevallen per miljoen ( $10^6$ ) te bereiken in een processtap is een honderd procent in-lijn controle van de resultaten van die processtap. Dit kant statistisch eenvoudig worden bewezen.

3-D inspectie, gebaseerd op triangulatie met een laserstraal, is de meest belovende weg voor in-lijn inspectie van zowel kale panelen als gemonteerde. Het verschaft de noodzakelijke betrouwbaarheid daarvoor.

Röntgensystemen zijn veelbelovend voor de inspectie van niet zichtbare soldeerverbindingen, maar zijn nog niet geschikt voor toepassing bij in-lijn inspectie.

## Actueel

### Open Dagen Faculteit Elektrotechniek TU Delft

Lezingen over toekomstige ontwikkelingen in de elektrotechniek, een symposium over samenwerking met het bedrijfsleven, een uitgebreide technische tentoonstelling en een open huis voor het geïnteresseerde publiek. Dat zijn de belangrijkste onderdelen van de "Open Dagen", die van 18 tot en met 20 januari 1990 op de Faculteit Elektrotechniek van de Technische Universiteit Delft plaatsvinden.

De "Open Dagen" maken deel uit van de diësviering (de 148ste 'verjaardag') van de grootste technische universiteit in Nederland.

Donderdag 18 januari organiseert de Faculteit een lezingendag, die vooral

bedoeld is voor vakgenoten. Centraal zullen staan de toekomstige technische ontwikkelingen. Er worden presentaties verzorgd op het gebied van design en toepassing van de micro-elektronika, energietechniek, communicatie-techniek en informatietechniek. De verschillende lezingen worden parallel uitgevoerd. Deelnemers kunnen een keuze maken uit verschillende programma-onderdelen.

De programma's worden afgesloten met discussierondes waarbij de mogelijkheid bestaat in discussie te treden met een deskundig panel. Tijdens de symposiumdag op vrijdag 19 januari wil de Faculteit zich naar het bedrijfsleven presenteren als partner voor fundamenteel en toegepast onderzoek. Dergelijke samenwerking is er niet alleen op gericht wetenschappelijk onderzoek in te brengen bij geavanceerde industriële toepassingen, maar ook om het onderwijs zo goed mogelijk te laten aansluiten bij de huidige beroepspraktijk. Sprekers afkomstig van het bedrijfsle-

ven, het Ministerie van Onderwijs en Wetenschappen, onderzoeksinstituten en de TU Delft leveren een bijdrage aan het symposium.

Centraal staat de vraag welke rol de Faculteit kan spelen bij fundamenteel en toegepast onderzoek ten behoeve van derden, evaluaties van vroegere en huidige samenwerkingscontacten, toekomstige ontwikkelingen, mogelijkheden voor samenwerking en financieringsmogelijkheden. Deze dag is vooral bedoeld voor managers van bedrijven en onderzoeksorganisaties. Tijdens beide dagen wordt een technische tentoonstelling gehouden die een overzicht biedt van actuele producten en ontwikkelingen in het vakgebied. Een groot aantal bedrijven en organisaties neemt aan deze tentoonstelling deel.

Op zaterdag 20 januari tenslotte kan iedere belangstellende terecht in het "Open huis Elektrotechniek". Het publiek krijgt door middel van demonstraties een duidelijk beeld van de vele facetten van de elektrotechniek.

# 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 producten 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 ultrasoosensors 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.

Zeer kleine 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 insluitsels 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 uitrichten 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, waaraan 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.

## Ultrasone en akoestische technieken

### Ultrasoon 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.

Ultrasone 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.

#### Ultrasonische 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 vacuümsystemen 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, Uithoorn.
- 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.

# Glastechniek vandaag

L. van As, E. de Kuiper en J. Ober, Huygens laboratorium, Rijks Universiteit Leiden.

Behandeld wordt de vervaardiging van vier typen zogenaamde slits – een slit heeft een nauwe spleet van ca. 0,15 mm met een lengte van 20 mm en een breedte van ca. 10 mm.

Een slit wordt gebruikt voor de bestudering van botsingen van roterende gasmoleculen met de wanden van de slit. Voor het botsings-effect is de ruwheid van de wand op atomaire schaal van belang. Vandaar dat slits met diverse wandtypen zijn vervaardigd, en wel van glas, van glas bedekt met een goudlaag, van glas bedekt met mica en van lithiumfluoride.

## Inleiding

Voor het stromingsgedrag van gassen zijn botsingen van roterende gasmoleculen met wanden van belang. Bij een botsing kan zowel de rotatie als de snelheid van een molecuul veranderen – denk in dit verband aan bijvoorbeeld het "effect" van een biljartbal. Bij een botsing met een tegenover liggende wand zal dit opnieuw optreden. Als we nu tussen de twee botsingen de rotatie van het molecuul beïnvloeden (dit kan met een magnetisch veld), zal ook de uiteindelijke snelheid van het molecuul veranderen. Voor het gas als geheel zal zo'n beïnvloeding resulteren in een verandering in de stroming. Door nu richting en grootte van het magnetisch veld te variëren krijgen we informatie over de botsing van de moleculen met de wanden.

Voor de bestudering van het botsings-effect is gebruik gemaakt van zogenaamde slits. Een slit heeft een nauwe spleet waardoor een gas wordt gevoerd bij een druk die zo laag is dat de moleculen niet meer met elkaar, maar alleen nog met de wanden botsen. Vanzelfsprekend mag atmosferische lucht geen versturende factor zijn, zodat een slit en zijn aan- en afvoerleiding hoogvacuümdicht moeten zijn.

Voor het optreden van de botsingseffecten is de ruwheid van de wand op atomaire schaal essentieel; hoe groter deze zogenaamde corrugatie hoe groter de te verwachten effecten. Voorts moeten deze oppervlakken over een grote afstand – dat wil zeggen over vele roosterplaatsen – uniform zijn. Ook is van belang dat de wanden schoon zijn, wat is te bereiken door te werken bij hoge temperaturen (400-500 °C).

Slits zijn gemaakt van glas, van glas bedekt met een goudlaag, van glas be-

dekt met mica en van lithiumfluoride. Met een glazen slit zijn metingen gedaan bij temperaturen tot 420 °C. Hiermee zijn stromingsveranderingen geconstateerd van (slechts) max. 0,05%.

In plaats van het relatief gladde oppervlak van glas, komen nu monokristallijne oppervlakken zoals mica en lithiumfluoride (LiF) in aanmerking. Vooral LiF is een uitermate geschikt materiaal. Het LiF-oppervlak is jarenlang bestudeerd en er is zeer veel over bekend. Bovendien is het zeer sterk gecorrigeerd en varieert de corrugatie in verschillende richtingen, waardoor het mogelijk wordt om met één materiaal, bij verschillende corrugatie-amplitudes te meten. Metingen met hiervan vervaardigde slits zijn zeer succesvol gebleken.

Als basisconstructie van de hieronder te behandelen slits is na vele proefnemingen gekozen voor de volgende oplossing. Een bovenplaat en een onderplaat, beide van de afmetingen 20 x 12 x 3 mm (l x b x h), worden op een door twee draden bepaalde af-

stand met glassoldeer – bij het lithiumfluoride met een speciale soldeer – aan elkaar verbonden, zodanig dat tussen de draden de gewenste spleet ontstaat. Vervolgens worden aan de zo verkregen slit een aan- en afvoerbuis gesoldeerd.

## De glazen slit

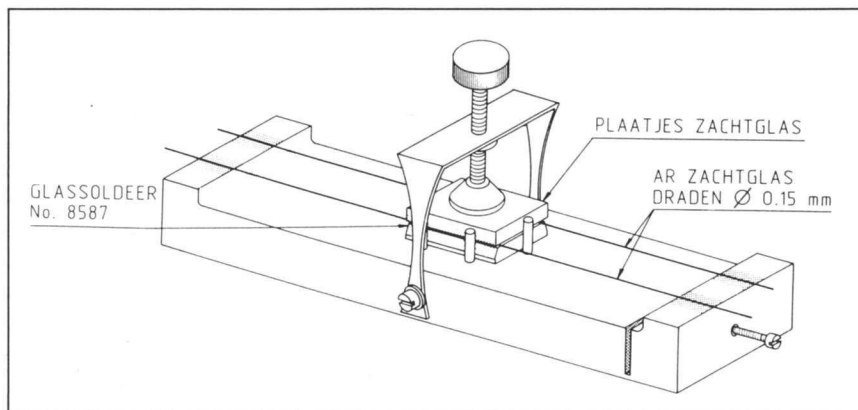
Van twee glazen plaatjes AR glas, met de lineaire uitzettingscoëfficiënt  $\alpha = 94 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ , geslepen op de afmetingen 20,0 x 12,0 x 3,0 mm, wordt er één, in de lengterichting, voorzien van schuine kanten.

Het plaatje met de schuine kanten wordt op een roestvaststalen opspan-tafel geplaatst, tegen de aanslagpen-nen, zie *figuur 1*.

Twee glazen draden van AR glas, getrokken op een diameter van 0,14 mm, worden grenzend aan de schuine kanten evenwijdig op het glasplaatje gelegd.

In het verlengde van de glasdraden zijn V-groefjes gemaakt in de opspan-tafel, zodat de draden met een weinig cyano-acrylaatlijm nauwkeurig op hun plaats worden gehouden. Door middel van een spanschroef worden de glasdraden strak gespannen.

Nu wordt het bovenste glazen plaatje op de draden gelegd en wordt het geheel met een verende stelschroef gefixeerd. De aanslagpen-nen worden nu verwijderd en het glassoldeer kan worden aangebracht. Daartoe wordt het vermengd met alcohol tot een suspensie en vervolgens met een penseel



*Figuur 1* Opspanntafel voor de vervaardiging van een slit. Zoals hier afgebeeld voor een glazen slit: in het midden tegen de aanslagpen-nen het boven- en onderplaatje, de twee glazen afstandsdraden die met de stelschroef kunnen worden gespannen en de drukschroef die de samenstelling bijeen houdt.

# BOEKENNIEUWS:

## Vacuümtechniek, beginselen en toepassingen

Kluwer Technische Boeken B.V.  
Auteur: L. Wolterbeek Muller

Voor ons ligt het boek *Vacuümtechniek*, geschreven door L. Wolterbeek Muller, en uitgegeven bij Kluwer. Het boek telt 312 pagina's onderverdeeld in 13 hoofdstukken en drie appendices. De tekst wordt geïllustreerd aan de hand van 300 figuren. Het boek is ruwweg onder te verdelen in drie gedeelten: theorie, praktische uitvoering en toepassingen van de vacuümtechniek.

In de verschillende hoofdstukken van het boek wordt ingegaan op de fysische achtergronden van de vacuümtechniek en op vacuümpompen en -systemen. Ook komen meetmethoden, materiaalkeuze en elektronen- en ionenbronnen aan bod. Het boek besluit met een aantal hoofdstukken waarin toepassingen van vacuümtechniek uit het dagelijks leven de revue passeren. Ieder hoofdstuk sluit af met een aantal referenties voor hen die zich in specifieke onderwerpen verder willen verdiepen. De doelgroep bestaat uit – volgens de auteur – enerzijds de geïnteresseerde leek, die wat meer over vacuümtechniek wil weten en anderzijds diegenen die vacuümtechniek aan anderen willen doceren. Van deze doelgroepen kan een verschillend niveau van voorkennis worden verwacht. In het boek zijn stukken, aangepast aan beide niveau's terug te vinden.

Het boek begint met een voorwoord. In hoofdstuk 2 wordt de kinetische gas-theorie behandeld. Aan de orde komen daarin de krachten tussen atomen en moleculen en de verschillende fasen van een stof, in combinatie met druk-volume (pV) diagrammen. Aan de hand van deze fysica worden processen als gasdruk adsorptie, desorptie en ontgassing behandeld. Voor degenen die meer over de fysica achter deze – voor de vacuümtechniek – belangrijke zaken willen weten gaat de schrijver ook in op snelheidsverdelingen, vrije weglengte, botsingsdoorsnede, etc. Dit vaak nogal theoretische hoofdstuk geeft veel van de fysische achtergronden van het vacuüm weer. In hoofdstuk 3 wordt de stroming van gas behandeld. Kennis van de stof in dit hoofdstuk is van belang voor het dimensioneren van vacuümsystemen. De auteur deelt zoals gebruikelijk de verschillende soorten gasstroming in.

Vervolgens passeren deze verschillende categorieën de revue. Bij de behandeling worden formules niet geschuwd. Hierna worden vergelijkingen voor de pompsnelheid, de pompgeleiding en de pompweerstand gepresenteerd.

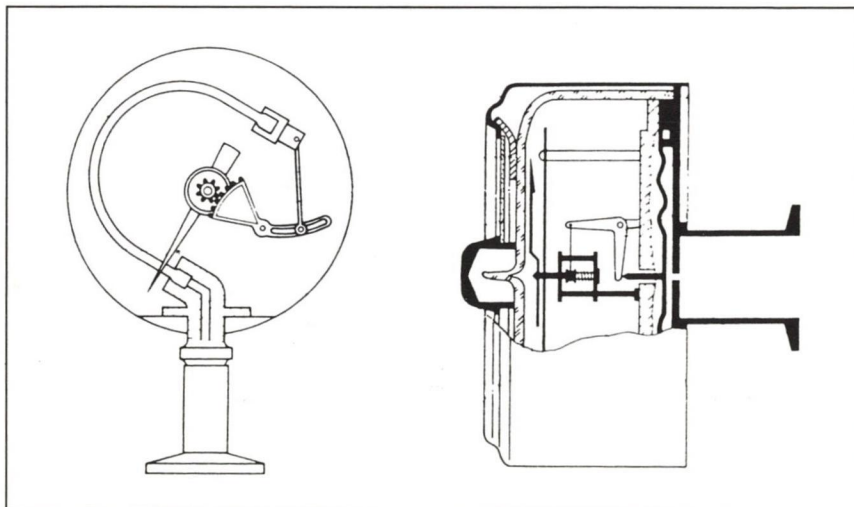
Het volgende hoofdstuk behandelt de ionisatie in gassen. Dit is natuurlijk een belangrijk onderwerp omdat de werking van een aantal in de vacuümtechniek veel gebruikte apparaten hierop berust. Men kan hierbij denken aan drukmeters, lekzoekers en ultrahog vacuümpompen zoals bijvoorbeeld ionengetterpompen. De fysische achtergrond van het verschijnsel ionisatie komt hier ter sprake.

Met het hoofdstuk over ionisatie in gassen is het theoretische deel van het boek afgesloten en volgen vijf hoofdstukken waarin de meer praktische uitvoering van de vacuümtechniek worden belicht. In dit deel van het boek worden de verschillende toepasbare componenten voor een vacuümtechniek behandeld. Men moet hierbij denken aan pompen, drukmeting, materiaalkeuze en ionen- en elektronenbronnen. Ook het ontwerpen van een vacuümtechniek komt in dit gedeelte aan bod.

In het hoofdstuk over de vacuümpompen wordt eerst een indeling gemaakt van de verschillende stadia van vacuüm: grofvacuüm (1 atm-100/10 mbar), fijnvacuüm (1 atm-10<sup>-3</sup> mbar),

hoogvacuüm (10<sup>-3</sup>-10<sup>-7</sup> mbar) en ultrahog vacuüm (p < 10<sup>-9</sup> mbar). Daarna gaat de schrijver in op pompen die in de respectievelijke gebieden bedreven kunnen worden. Het overzicht van de verschillende soorten pompen voor grof en fijnvacuüm is uitgebreid. Aan de hand van figuren en doorsneden wordt uitgelegd hoe de pompen werken. Voor grofvacuüm komen de membraanpompen, de vloeistofringpompen en de straalpompen aan de orde. Voor het fijnvacuüm komen verschillende rotatiepompen, de roots-pomp, de sorptiepomp en de booster-pomp aan bod. Veel aandacht wordt besteed aan de diffusiepomp voor het hoogvacuüm. De eveneens in dit gebied werkzame moleculaire dragpomp wordt ook beschreven. Het hoofdstuk sluit met de turbomoleculairepomp voor het gebied tussen hoogvacuüm en ultrahogvacuüm en de getterpompen, de (titaan)sublimatiepompen en de kryopomp voor het ultrahogvacuümgebied. Al met al een uitgebreid hoofdstuk met veel informatie.

De drukmeters worden verdeeld in twee categorieën, de drukaanwijzende (voor grof- en fijnvacuüm) en de dichtheidaanwijzende manometers (voor hoger vacuüm). Van beide categorieën worden een aantal types behandeld. Van de drukaanwijzende komen onder andere de vloeistofmanometers, de membraanbalgmanometers en de condensator (membraan)manometer aan bod. Voorbeelden van de dichtheidaanwijzende



Bourdonmanometer en membraanbalgmanometer (Leybold).

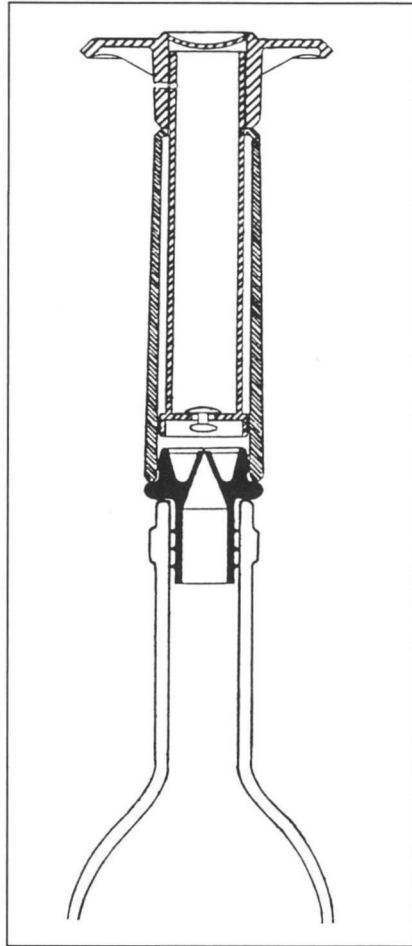
manometers zijn de penningmanometers, de piranimanometers en de veel gebruikte ionisatiemanometer. Na de bespreking van de manometer wordt de restgasanalysator besproken.

In het hoofdstuk over vacuümsystemen wordt aandacht besteed aan het ontwerp van een vacuümsysteem. De schrijver stipt de overwegingen aan die een rol kunnen spelen bij de pompkeuze. Er wordt aangeduid hoe de benodigde capaciteiten van de pompen kunnen worden berekend en gemeten. Daarna komen complete pompcombinaties voor de verschillende voornoemde stadia van vacuüm aan bod. Het hoofdstuk wordt besloten met een stuk over lekzoeken, een stuk over vacuümcomponenten en een overzichtelijke tabel aan de hand waarvan keuzes gemaakt kunnen worden omtrent de beveiliging van het vacuümsysteem.

Er wordt een beknopt overzicht gegeven van de materialen die in de vacuümtechniek kunnen worden gebruikt, onderverdeeld in metalen, keramische materialen, kunststoffen en glassoorten. De ontgassing en schoonmaakprocessing van deze materialen wordt globaal aangegeven. Een overzicht (met figuren) wordt gegeven van constructies en verbindingen in de vacuümtechniek.

Het laatste hoofdstuk in het praktische gedeelte gaat over elektronen- en ionenbronnen. Eerst wordt een theoretische inleiding gegeven over emissie van geladen deeltjes en over ionenoptiek. Formules worden hierin niet geschuwd; afleidingen worden in een appendix gegeven. Een overzicht van verschillende soorten ionenbronnen en een elektronenbron besluit dit hoofdstuk.

Het derde deel van het boek besteedt aan toepassingen in de praktijk. Een aantal voorbeelden van grof- en fijnvacuüm uit zeer uiteenlopende vakgebieden, b.v. het vacuüm vormprocédé en het vriesdrogen, komen aan bod. De voorbeelden van toepassingen van hoog- en ultrahoogvacuüm zijn voornamelijk gezocht in de technologische sfeer. Onder andere wordt een aantal technieken voor de behandeling van materialen zoals opdampen, laagdepositie, sputteren en chemical vapour deposition (CVD) besproken. De toepassingen van ultrahoogvacuüm zijn alle gezocht in de oppervlaktefysica. De schrijver staat stil bij de moleculaire bundelepitaxie (MBE) en bij en-



Doorsnee van handpompje en rubberstop (Vacu-vin) op hals van wijnfles.

kele oppervlakte-analysmethoden als Lage Energie Elektronen Diffractie (LEED) en Auger-elektronen spectroscopie (AES).

Een aantal appendices, tabellen en een uitgebreide index besluiten het boek. Een omvangrijk aantal onderwerpen is aan bod gekomen.

### Conclusies

Het boek is qua onderwerp een welkome verschijning op de Nederlandstalige boekenmarkt.

Ondanks de goede indeling van het boek (theorie, praktijk, toepassingen) komt het bijbrengen van inzicht in de vacuümtechniek bij de lezer niet goed uit de verf. Wellicht had de behandeling van voorbeeldsommen over praktische vacuümproblemen de didactische waarde ervan verhoogd.

iets wat hiermee samenhangt en waar de lezer rekening mee moet houden is het kennisniveau dat bij hem aanwezig wordt verondersteld. Voorkennis

wordt bijvoorbeeld verwacht van de stelling van Liouville, de Laplace vergelijking, thermodynamica en differentiaal- en integraalrekening. Dit is stof in de propaedeuse van een studie natuurkunde wordt behandeld.

Het taalgebruik in het boek is in onze ogen verre van optimaal. De gekozen formuleringen zijn niet altijd even zorgvuldig hetgeen het begrip van het gepresenteerde niet ten goede komt. Illustratief hiervoor is de behandeling van LEED en RHEED als voorbeelden van de toepassing van ultrahoogvacuüm. Naast een aantal stijlfouten (pleonasmen, zinnen zonder werkwoordsvorm, telegramstijl) die ons storen, bevat het boek ook vele typografische fouten. Niet consequent is de auteur in het gebruik van symbolen, zowel  $\lambda$  als  $\bar{l}$  wordt bijvoorbeeld gebruikt voor de gemiddelde vrije weglengte van de gasdeeltjes. In vele gevallen ontbreekt de verklaring van de in formules gehanteerde symbolen. Dit is hinderlijk, zeker in die gevallen waarbij de formules niet vlekkeloos zijn. Zo wordt op verschillende plaatsen een afgeleide naar de tijd ( $t$ ) verwisseld met die naar de absolute temperatuur ( $T$ ).

Enthousiast zijn wij over het brede scala van onderwerpen dat de revue passeert. Vooral de toepassingen van vacuümtechniek zijn interessant, al vragen wij ons af of de uitleg van de werking van elektronenbuizen hierbij aan de orde moet komen. Grappig is om, als voorbeeld van grofvacuüm, het handpompje te beschrijven dat gebruikt wordt om het bederven van wijn in een aangebroken fles te voorkomen. Opvallend is dat de nadruk bij de afbeeldingen ligt bij één bepaalde fabrikant van vacuümapparatuur. Dit kan bij de argeloze lezer een verkeerd beeld geven omtrent de marktsituatie van vacuümproducten.

Samenvattend kan worden gesteld dat het boek van L. Wolterbeek Muller qua onderwerp een welkome verschijning is op de Nederlandse boekenmarkt.

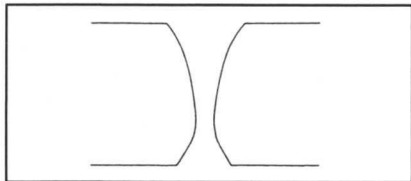
Didactisch en taalkundig is het boek voor verbetering vatbaar. Wij hopen dat bij een volgende editie aan voornoemde aspecten extra aandacht gegeven wordt. De auteur stelt in zijn voorwoord, dat het zoeken naar fouten in een manuscript vergeleken kan worden met het pompen aan vacuüm en dat daarbij altijd een stabiele hoeveelheid restgas aanwezig blijft. Wij adviseren echter: lekzoeken en uitstoken!

*Paul Ackermans en Bert Roosenbrand*

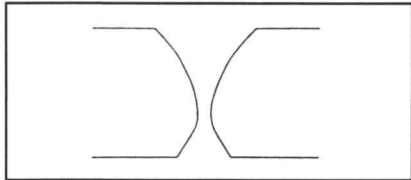
## Rectificatie

Tot onze spijt is het noodzakelijk enkele correcties aan te brengen in het artikel "Over diamant en zijn toepassingen in de materiaalbewerking en de precisietechniek" van ir. M. Breuning in Mikroniek nr. 4 - 1989. Deze zijn:

a. De figuren 1 en 2 zijn elk van een eigen onderschrift voorzien en wel als volgt:

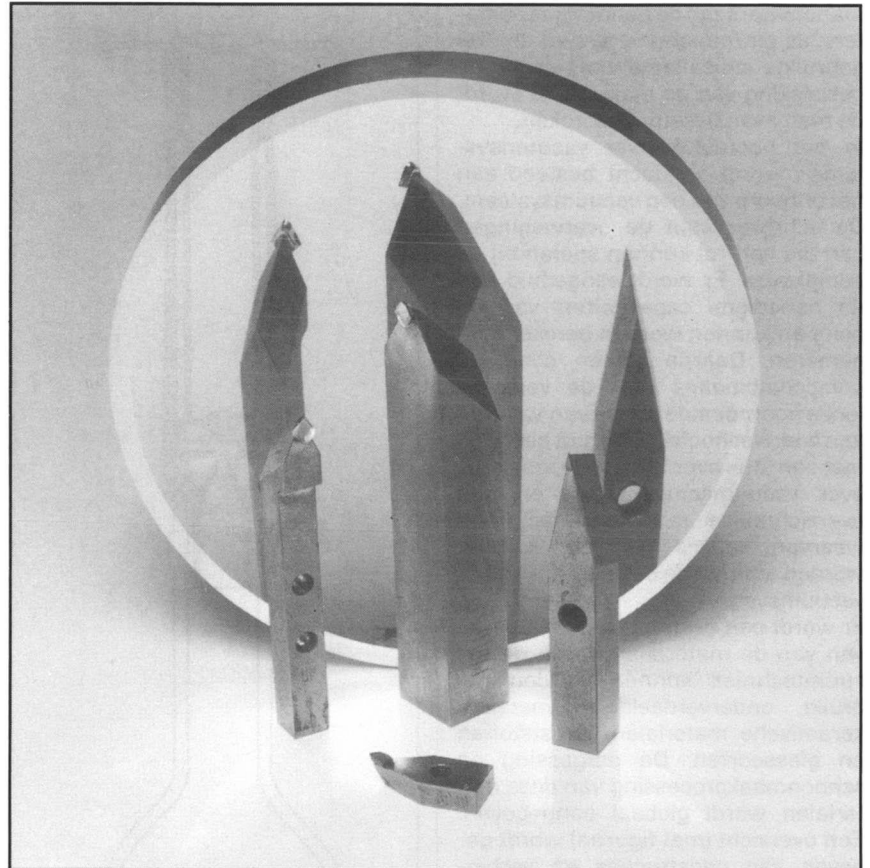


*Figuur 1* Karakteristiek treksteenprofiel voor het trekken van harde metalen.

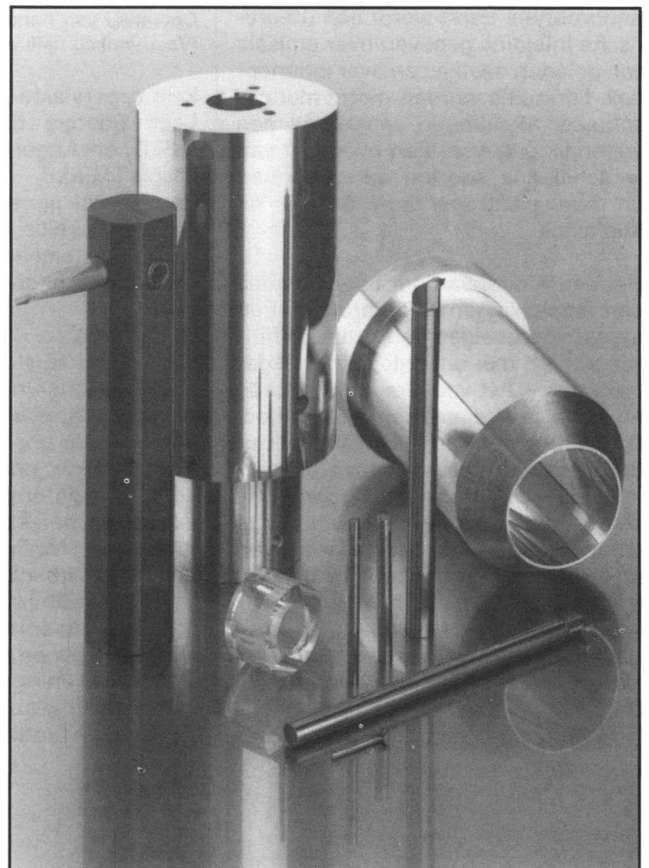
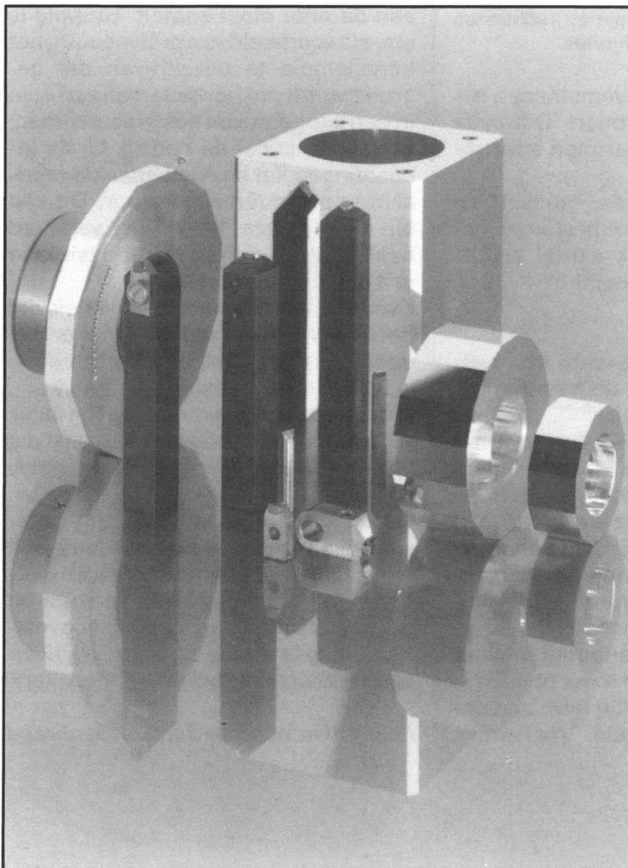


*Figuur 2* Karakteristiek treksteenprofiel voor het trekken van zachte metalen.

b. Verder zijn de onderschriften van de figuren 3, 4 en 5 van hun herkomst voorzien.



*Figuur 3* Een aantal diamantsnijgereedschappen. (Philips Diamant Tools)



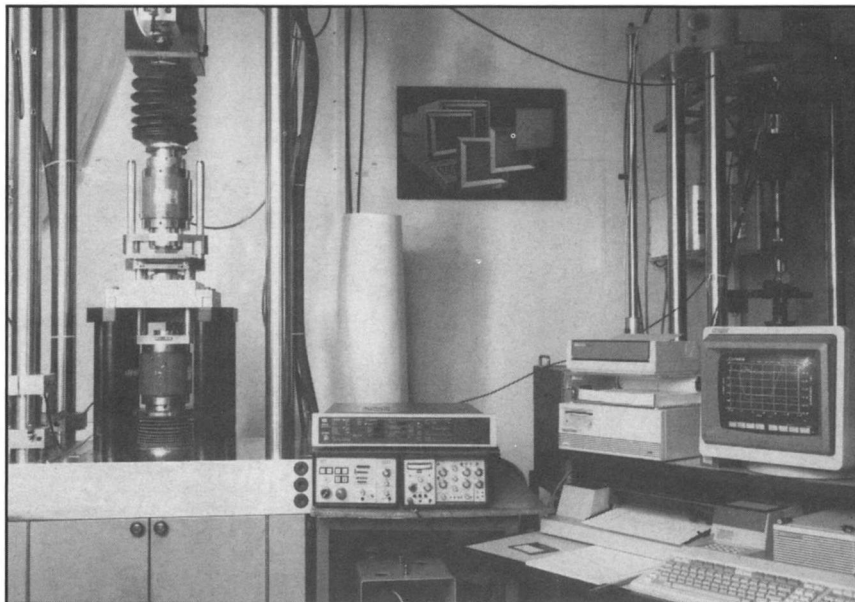
*Figuur 4 en 5* Diamantsnijgereedschap en de ermee vervaardigde producten. (Philips Research Laboratories)

## "Beheerst geweld"

Bij het Metaalinstituut TNO in Apeldoorn wordt al enige tijd een fraai staaltje "beheerst geweld" vertoond. Met snelheden tot 10 cm/s, krachten die tijdens de perscyclus variëren van 0 tot 20 ton, en perscycli vanaf 0,1 s, perst een hydraulische beproevingsmachine onder exact reproduceerbare omstandigheden kleine, keramische tegels uit droge poeders. Een dergelijke veelzijdigheid en nauwkeurigheid zijn voor zover bekend nog niet eerder voor persprocessen gerealiseerd.

Het gaat hier overigens om een project van de Technisch Fysische Dienst TNO-TH in Eindhoven, die in opdracht van de keramische industrie nagaat hoe persprocessen in de praktijk kunnen worden geoptimaliseerd. Met name wordt onderzocht hoe de perscyclus kan worden bekort met behoud of zelfs verbetering van de kwaliteit van het geperste produkt. In de praktijk worden miljoenen produkten via persen vervaardigd, zodat zelfs een geringe verkorting van het persproces voor de betrokken bedrijven al interessant is.

Omdat de gangbare tegelpersen voor dit soort onderzoek niet geschikt zijn, er elders geen geschikte opstelling kon worden gevonden, en een geheel nieuwe pers een te grote investering zou vergen, stonden de onderzoekers voor de vraag hoe dan wel een geschikte opstelling te realiseren.



Proefopstelling bij het Metaalinstituut TNO in Apeldoorn voor het met grote nauwkeurigheid en reproduceerbaarheid persen van keramische tegeltjes: links de pers, in het midden de besturingsapparatuur, rechts de meet- en verwerkingsapparatuur.

Het Metaalinstituut kon op deze vraag inspelen en creëerde deze unieke proefopstelling. De groep Mechanische beproeving voorzag daartoe een bestaande hydraulische beproevingsmachine van een extra cilinder voor hoge verplaatsingssnelheden. De cilinder wordt gestuurd met behulp van een "microprofiler", een apparaat dat een korte, nauwkeurige perscyclus met een hoge mate van reproduceerbaarheid mogelijk maakt.

In de persopstelling kunnen de procesparameters binnen ruime grenzen vrij worden ingesteld. De data-acquisitie in de gehele opstelling is bovendien verregaand geautomatiseerd, zodat proefomstandigheden en -resultaten steeds onmiddellijk, ook in grafiekvorm, bekend zijn. Het onderzoek heeft inmiddels al interessante resultaten opgeleverd.

## Codeer/decodeerschakeling voor elektronische combinatiesloten

De TEA5500 is een nieuw codeer/decodeer-IC dat als elektronisch slot kan dienen en daartoe 59.047 verschillende combinaties biedt. Het IC kan zowel coderen als decoderen en kan een complexe 24bit-code uitzenden via een infrarood, ultrasoon of h.f.-kanaal, of uiteraard via een galvanisch contact. Een vereenvoudigde versie is er ook: de TEA5501. Deze heeft 6561 combinatiemogelijkheden.

Beide elektronische sloten zijn geschikt voor legio beveiligingsdoel-einden op professioneel gebied en in de consumentensfeer, van automatische garagedeuren tot toegangsbeperking, van alarmin- en uitschakelingsystemen tot beveiliging van elektronische apparatuur.

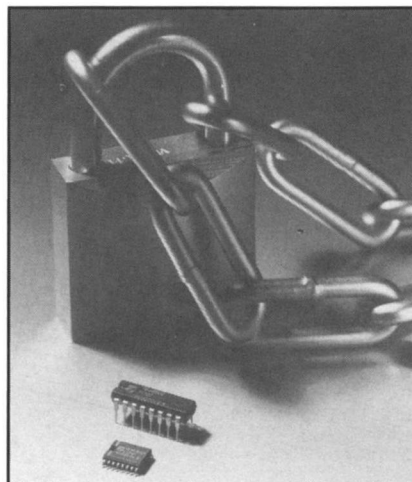
De TEA5500 en de TEA5501 maken het de ontwerper mogelijk simpel en

gericht te werk te gaan en vereisen slechts een handvol additionele componenten en een eenvoudige RC-oscillator. De codes worden via hardware geprogrammeerd, waarbij de bedragswijze van 10 ingangspennen (8 pennen bij de TEA5501) het criterium vormt.

Het IC beschikt over diverse ingebouwde veiligheidsvoorzieningen. Bij het aanzetten maakt de codeerschakeling drie complete coderings-runs. Als de decodeerschakeling de data daarna niet heeft herkend, wordt de schakeling tijdelijk uitgezet. Dit sluit inbraak door het elektronisch aftasten van alle mogelijke codes uit. De drievoudige run maakt het ook mogelijk fouten in de ontvangen codes op te sporen die het gevolg zijn van storingen in de transmissieweg. Om te voorkomen dat men op visuele wijze achter de hardware-programmering kan komen, verschilt de volgorde van de ingangspennen voor de codeerfunctie van die voor de decodeerfunctie.

De IC's werken bij  $-40$  tot  $+85$  °C en bij een voedingsspanning van 3 tot 6,5 V.

De TEA5500 wordt geleverd in een 16-pens DIL-omhulling. De TEA5500T (eveneens met 16 aansluitingen) is geschikt voor oppervlaktemontage. De TEA5501 is uitgevoerd in 14-pens DIL. Voor nadere informatie: Philips Nederland B.V., Components, Eindhoven, Telefoon: 040-786366.





# AWF-Machinekaarten

Is uw productie optimaal georganiseerd?

Natuurlijk moet u op elk moment van elke dag heel precies weten hoe het staat met uw machinepark.

Het AWF\*) kaartsysteem is daar onmisbaar voor, want het heeft voor elke machine een stam-, een onderhouds- en een smerkaart. Zo hebt u alles bij elkaar.

Het systeem telt ruim dertig kaarten en het kan ook dienst doen voor laboratorium-apparaten, kantoor machines, transportmiddelen enz.

Het is altijd goed om even na te gaan of uw voorraad blanco kaarten nog voldoende is en of alle machines en apparaten er in ondergebracht kunnen worden en er ook werkelijk in zitten.

■ Een goede controlemaatregel: laat een of meer proefstellen machinekaarten dan ziet u wat er allemaal of wat u er nog meer mee kunt doen.

\*) Algemeines Werkerschaftverband Frankfurt, voor Nederland aangepast in samenwerking met het Centrum voor Metaalbewerking TNO.

Technische Uitgeverij De Vey Mestdagh BV  
 Markt 51, 4331 LK Middelburg  
 Tel. 01180-81240



# Technische warmteleer

## Uitgangspunt van de auteur

Dit boek "Technische Warmteleer - kort en bondig" is in de eerste plaats bedoeld als studieboek voor studenten in de werktuigbouwkunde en daarmee verwante vakken;

bovendien is het geschreven als richtlijn voor reeds afgestudeerden die dit vak destijds in het "technische eenhedenstelsel" hebben geleerd en die bij het overgaan naar het sinds juli 1969 voorgeschreven S.I.-eenhedenstelsel een zekere ommezwaai moeten maken.

Tot de behandelde grondbeginselen behoren de gaswetten, de toestandsveranderingen, de beide "hoofdwetten", de kringprocessen van energieleverende en energieverbruikende machines met inbegrip van koelprocessen en het weergeven van deze kringprocessen in het  $p, v$ - en in het  $T, s$ -diagram; ook het stoomproces komt aan de orde.

Voor wat betreft de inhoud en de opzet van dit boek kan opgemerkt worden dat het geen uitgebreide verzameling formules bevat; daarvoor is de stof in wezen te moeilijk. De manier waarop men thermodynamische problemen aanpakt, worden echter uitvoerig verklaard en met vele voorbeelden toegelicht. Ook voor zelfstudie zal dit boek dan ook waardevol zijn.

Uitgangspunt bij het samenstellen van de inhoud is geweest dat deze niet alleen de algemene gaswetten voor zuivere gassen en voor gasmengsels moet behandelen, maar ook de principes van warmtemotoren en compressoren, waarbij de omkeerbare en niet-omkeerbare kringprocessen uitvoerig worden beschreven en toegelicht; dit geldt eveneens voor het hoofdstuk "Stoom".

Prijs **f 55,-** incl. BTW

Ook in de boekhandel verkrijgbaar



de vey mestdagh

Markt 51 • 4331 LK Middelburg  
Nederland • Telefoon 01180-81240



Wij verzoeken u te leveren

... ex.

Technische warmteleer

NAAM .....

ADRES .....

KODE .....

PLAATS .....

Zenden aan

De Vey Mestdagh

Markt 51 • 4331 LK Middelburg Nederland

IN BELGIË TE BESTELLEN BIJ UITGEVERIJ DE SIKKEL

## Lichtgewicht elektrische pompen

Enerpac brengt sinds kort een nieuwe reeks draagbare elektrische pompen voor hydrauliek-toepassingen op de markt. Deze pompen zijn wat uitvoering en mogelijkheden betreft in tal van situaties een aantrekkelijk alter-

natief voor handpompen, waarvan de capaciteit te klein is en de veel grotere die met hun grote gewicht moeilijk verplaatsbaar zijn.

Opmerkelijk bij deze pompen is de verhouding van eigen massa en capaciteit. Afhankelijk van type is de eigen massa slechts 12 tot 14,5 kg, terwijl de maximale werkdruk 70 MPa (700 bar) bedraagt. De krachtbron van deze pompen is een 0,37 kW, 220 V eenfase-elektromotor, waarbij gebruik

van lange elektrische aansluitkabels geen problemen geeft.

De motor is op afstand in en uit te schakelen met een 24 V afstandsbediening. Dit biedt de gebruiker optimale bewegingsvrijheid. De pompen zijn standaard voorzien van een manometeraansluiting en een instelbare drukkbegrenzingsklep.

De verschillende typen zijn voorzien van een al dan niet intern voorgestuurde 3/2-weg klep, een 4/3-weg klep, of geheel zonder klep. De 3/2-weg typen zijn vooral voor werkzaamheden waarbij enkelwerkende cilinders worden gebruikt; de 4/3-weg typen zijn voor gebruik met dubbelwerkende cilinders en bij gereedschappen waarbij een snelle retourslag vereist is.

De pompen zijn geplaatst in een robuuste PE-behuizing, voorzien van een praktische handgreep. Het oliereservoir is direct onder de behuizing geplaatst en heeft een nuttige inhoud van 2 liter.

Voorbeelden van toepassing zijn o.a.: het krimpen van koppelingen op hydraulische slangen, bevestigen van montagehulpstukken aan elektrische kabels, het afkorten van staalkabels, splijten van moeren, knippen van kettingen, buigen van pijpen, voorspannen van bouten, gebruik bij kleine hef-tafels etc.

Tools heeft in ons land de vertegenwoordiging.

Voor uitvoerige info:

Tools Machine- en Gereedschappenhandel BV

Postbus 8040, 1005 AA Amsterdam  
Telefoon: 020-822655.



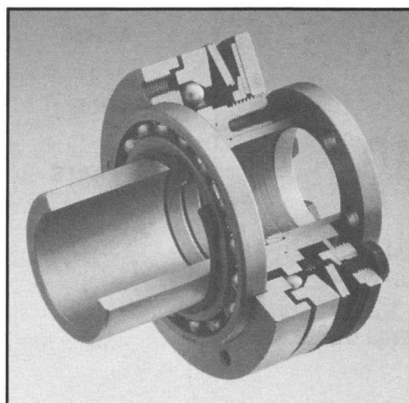
## Veilige overbelastingskoppelingen

Om stilstand als gevolg van overbelasting bij kostbare en mogelijk ook maximaal bezette NC-en CNC-bewerkingsmachines te voorkomen heeft het Westduitse bedrijf Mayr de EAS-NC overbelastingsbeveiligingen ontwikkeld. De constructie van de onlangs op de markt gebrachte reeks is gepatenteerd. De gebruikelijke spiraalveren zijn bij deze constructie vervangen door zogenaamde negatieve schotelveren. Het bijzondere hiervan is dat het ingestelde draaimoment nooit wordt overschreden. Zodra het maximum moment wordt bereikt zal door de negatieve veer karakteristiek de beveiliging direct worden ingeschakeld.

Essentieel kenmerk van deze koppe-

lingen is, dat een volledig spelingsvrije overbrenging wordt geboden. Dit is een groot voordeel vooral, bij NC- en CNC-bewerkingsmachines, in verband met de positionering. Andere kenmerken voor deze koppelingen zijn o.a.:

- minimale afmetingen,
- de functionele koppelingsdelen zijn gehard,



- alle buitendelen zijn tegen corrosie beschermd.

Beide koppeldelen zijn doormiddel van een kogellager met elkaar verbonden. Het programma omvat twee basisuitvoeringen:

- a. Een uitvoering die na het wegvallen van de overbelasting direct weer gereed is.
- b. Een synchroon uitvoering waarbij na 360° omwenteling weer wordt ingeschakeld.

Van beide uitvoeringen zijn verschillende bouwvormen voor uiteenlopende toepassingen leverbaar.

Wat de draaimomenten betreft kan er keuze gemaakt worden uit typen met draaimomenten die variëren van 0,5 Nm tot 350 Nm.

Voor uitvoerige info:

Groneman Hesperia BV

Postbus 24, 7550 AA Hengelo.

Telefoon: 074-434545.

## Profiel meet- en beoordelings-systeem

Sinds kort heeft VIBA de Conturoscop C4P in haar leveringsprogramma opgenomen.

De Conturoscop C4P is een computer-gestuurd profiel meet- en beoorde-

lingssysteem voor het snel een zeer nauwkeurig controleren van contouren. Speciaal die contouren die met conventionele meetmiddelen met veel inspanning bij benadering vastgesteld kunnen worden.

Ook verzonken liggende profielen of gaten kunnen met de Conturoscop gemeten worden.

De Conturoscop is samengesteld uit een computersysteem in zogenaamde

towercase uitvoering, een 14" kleuren monitor met alfanumeriek toetsenbord en voor bediening een joy-stick of muis naar keuze.

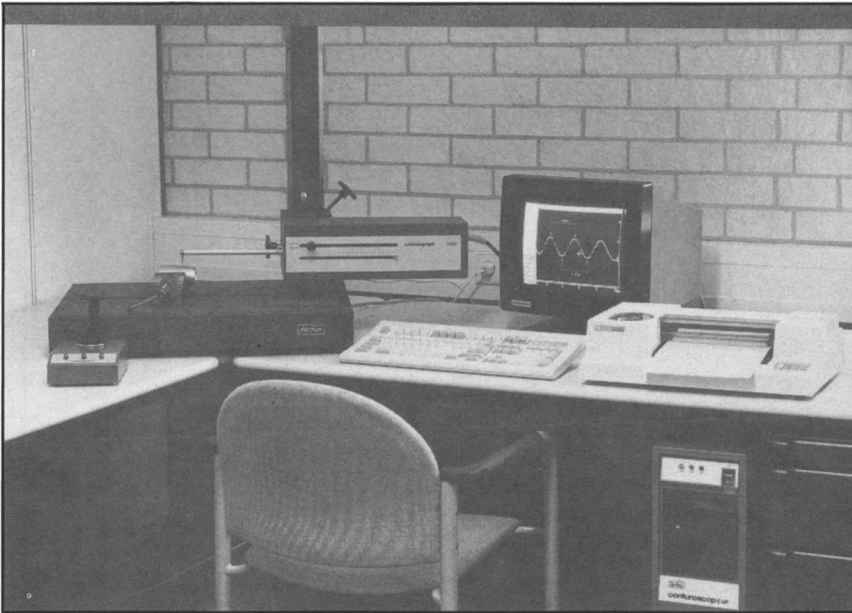
Het geheel wordt aangesloten op een Conturograph aandrijfeenheid met een horizontaal meetbereik van 200 mm en verticaal 50 mm.

Het profiel wordt mechanisch afgetast en vergroot op het beeldscherm geprojecteerd. Een detail van het profiel kan extra vergroot worden, zelfs met onafhankelijk te kiezen vergrotingswaarden in horizontale- en verticale richting.

De computer maakt het mogelijk uit het afgetaste profiel alle vormen, hoeken, radii afstanden, absolute posities etc. te berekenen. De door de radius van tasterpunt ontstane meetfout wordt gecompenseerd.

Via het menugestuurde programma wordt het meetprotocol in zes kleuren op het beeldscherm opgebouwd. Als dit protocol is voorzien van alle nodige gegevens, kan het gecopieerd worden naar een aan de Conturoscop aangesloten meerkleurenplotter op A3 of A4 formaat.

Voor uitvoerige info:  
VIBA NV  
Bleiswijkseweg 41,  
2712 PB Zoetermeer  
Telefoon: 079-418881.



## Schotdoorvoerkoppelingen

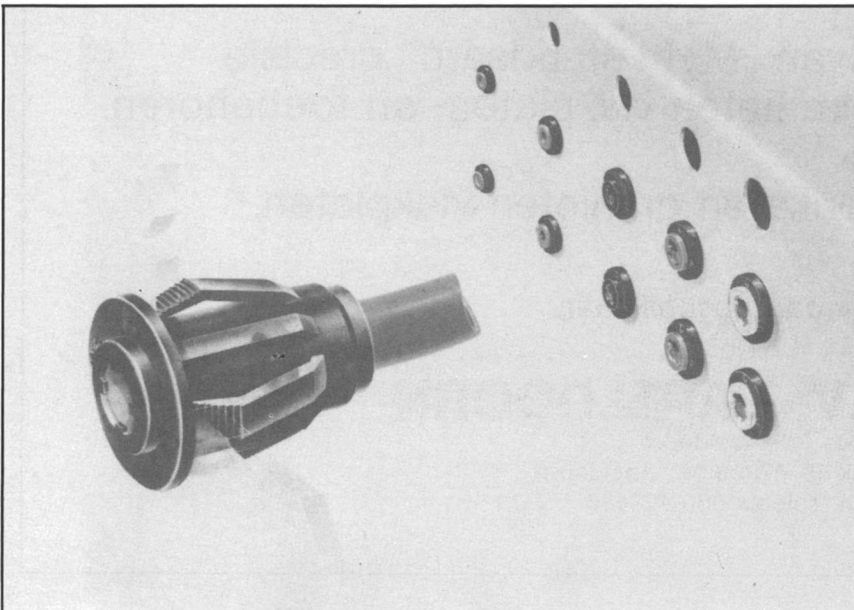
Legris introduceert een reeks ééndelige rechte schotdoorvoerkoppelingen voor pneumatische leidingen.

Het opmerkelijke van deze koppelingen is dat nog voor het aanbrengen van de koppeling zelf, als voor het aansluiten van de leidingen absoluut geen gereedschap nodig is. De koppelingen worden eenvoudig met de hand in gaten gedrukt die hiervoor in het

paneel zijn aangebracht en klemmen zich direct onwrikbaar vast.

Voor het aanbrengen van de pneumatische leidingen zijn de koppelingen aan weerszijden voorzien van instantkoppelingen. Deze instantkoppelingen zijn uitgevoerd met een verende spanntang. Hierdoor kunnen zowel polyamide- maar ook de soepele polyurethaanleidingen toegepast worden. Na het insteken van de leiding is men verzekerd van een absolute afdichting en een volledige doorlaat. De koppelingen zijn voorzien van integrale kunststof ontkoppelringen. Hiermee kunnen de leidingen indien nodig, ontkoppeld worden. Vooral voor fabrikanten van schakelkasten en paneelbouwers bieden deze koppelingen interessante mogelijkheden.

Voor uitvoerige info:  
Legris BV  
Postbus 74, 1380 AB Weesp  
Telefoon: 02940-80209.



# MYTRI

een goede basis voor uw produkt!



„Mytri-standaard”  
precisie granieten vlakplaat,  
afm. 1200 x 800 mm met onderzetkast.

Fabrikage, sinds 1957, van „Mytri-standaard” precisie zweeds Diabas zwart granieten vlakplaten- en toebehoren.

Reparaties van **alle** fabrikaten granieten vlakplaten.

*Uitvoerige prospektus op aanvraag beschikbaar.*



**MYTRI B.V. - APELDOORN**

Postbus 10.395 - 7301 GJ Apeldoorn  
Laan van Westenenk 60 - 7336 AZ Apeldoorn  
Telefoon 055-429174. Telefax 055-428486

*Let op!  
Wij zijn verhuisd*