jaargang 35, nummer 2

Mikroniek

NVPT

VAKBLAD VOOR PRECISIE-TECHNOLOGIE

Powder Injection Moulding – Meetlaser
Methodisch ontwerpen – Pantaskoop
Microfiltratie – Precisie kopen

LiS
Leidse instrumentmakers School

Het bestuur van de Leidse Instrumentmakers School roept kandidaten op voor de vervulling van de functie van

VOORZITTER CENTRALE DIRECTIE M/V

De Leidse Instrumentmakers School is een MBO-instelling met 150 tot 200 leerlingen. De school verzorgt de opleiding tot instrumentmaker op het gebied van metaal-, optische, laser- en glastechniek voor functies in technisch-wetenschappelijk onderzoek.

De voorzitter Centrale Directie werkt in een collegiaal verband met de directeur contractactiviteiten en beheert de portefeuilles onderwijs, personeel, financiën en algemene zaken. In het bijzonder zal de voorzitter Centrale Directie worden belast met de beleidsvoorbereiding en uitvoering ten aanzien van de positiebepaling van de LIS in landelijke en regionale schaalvergrotingsprocessen.
De Centrale Directie heeft op delegatie berustende bestuurlijke bevoegdheden. De functie heeft een dynamisch karakter en de uitvoering bestaat uit zowel strategisch-beleidsmatige als operationele taken. Een deel van de operationele taken kan desgewenst worden opgedragen aan leden van het docententeam waardoor een taakvervulling in deeltijd bespreekbaar is.

De voorzitter Centrale Directie dient te voldoen aan het navolgende profiel

* bezit natuurlijk gezag en is in staat leiding te geven aan professionals in een bedrijf met een educatieve doelstelling;
* heeft sterke affiniteit met de beroepshouding van instrumentmaker en is bekwaam in één van de technische vakken van de opleiding;
* is communicatief vaardig: kan op diverse gespreksniveaus opereren en heeft gevoel voor bestuurlijke verhoudingen; is een gelijkwaardige gesprekspartner van zowel medewerkers als van overheden, alsmede opdrachtgevers;
* is leider en uitvoerder en kan beide elementen van de functie goed combineren.

Salariëring
Afhankelijk van opleiding en ervaring zal aanstelling plaatshebben in schaal 12 (max. *f* 7.980,– bruto per maand).
Sollicitatiebrieven en verzoeken voor nadere informatie t.a.v. deze advertentie kunt u tot uiterlijk 24 april 1995 richten aan de heer dr. A.J. van Duyneveldt, (tel. 071-275798), secretaris bestuur van de Vereniging tot bevordering van de opleiding tot Instrumentmaker, p/a Kamerlingh Onnes Laboratorium, postbus 9506, 2300 RA Leiden.

main supplier

Onze specialiteit is micro-assemblage van functionele componenten met buitenafmetingen tot maximaal 40x42x50 mm. Liefst met electronica/optica geïntegreerd.

Onze fijnmechanische kennis van serieproductie en assemblage is gebaseerd op onze intensieve contacten met de Zwitserse fijnmechanische industrie. Daardoor zijn wij tevens in staat u bij de engineering en product-optimalisatie ter zijde te staan.

micro montage
Postbus 3108 - NL 3760 DC SOEST - Holland

GROOT IN HET KLEINE

Instrument makerij

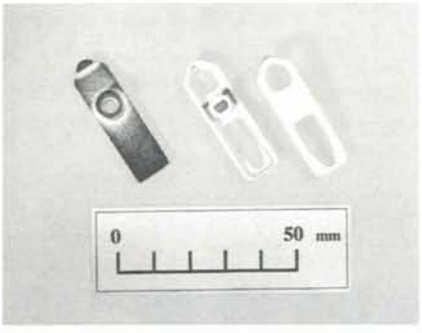
Leitec Instruments

Tomatenstraat 4, 2321 HG
Leiden, tel. 071-76.55.07

metaal
kunststof

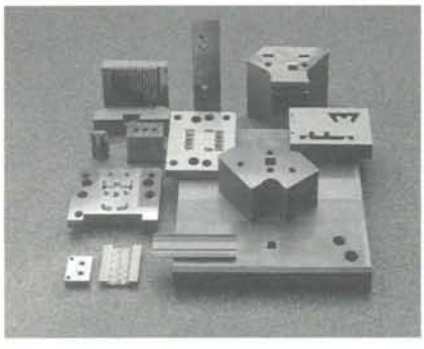
tevens
micro
argon/arc

In dit nummer



Zie pagina 37

Zie pagina 43



Zie pagina 50

Zie pagina 57

32 Electronics '95
mechatronica en instrumentatie, eeuwige modewoorden
Editorial

33 Verenigingsnieuws/Actueel

37 Power Injection Moulding
C. Kooij, N. Noort, H.L. Schram en A.S. Verdier

43 Microfiltratie
C.J.M. van Rijn en W. Nijdam

47 De meetlaser
S. Wetzels

50 PTS: met precisie de markt op
F. Zuurveen

55 Evaringen met "Methodisch Ontwerpen" in het onderwijs
F. Siers

57 De Pantaskoop
F. Siers

60 Produktinfo

Bij de foto van de voorpagina:
Het afregelen van de meetlaser, vervaardigd bij de Centrale Technische Dienst van de TU Eindhoven ten behoeve van onderzoek naar de kalibratie van nanosensoren (foto: Hans van der Burgt).

KOPER / MESSING / ALUMINIUM

Voor 't geval dat u 't nog niet wist.....

enorme voorraden

en korte levertijden

beheersen onze handelswijze!

Onze voorraad platen, staven, buizen, draad, profielen etc. is groot, erg groot zelfs.
En deze voorraad wordt voortdurend op peil gehouden, want lange levertijden zijn bij ons taboe.
Vraag omgaand informatie. We zijn snel te toetsen!

KOPER E-Cu/SF Cu	MESSING Ms 58/Ms 60 Pb/Ms 63	ALUMINIUM 50 ST/51 ST/28 ST/54 S
● - 3 t/m 250 mm	● - 1 t/m 350 mm	● - 3 t/m 500 mm 51 ST + 28 ST
■ - 4 t/m 200 mm	■ - 2 t/m 150 mm	■ - 4 t/m 200 mm 51 ST + 28 ST
⬢ - 6 t/m 60 mm	⬢ - 2 t/m 110 mm	⬢ - 5 t/m 36 mm 28 ST
▬ - 6 x 2 t/m 100 x 60 mm	▬ - 3 x 2 t/m 100 x 80 mm	▬ - 10 x 2 t/m 150 x 75 mm 50 ST + 28 ST
○ - buis t/m 106 mm	◠ - 6 x 3 t/m 40 x 6 mm	◎ - buis/holstaf t/m 300 mm 50 ST/51 ST/28 ST
	✹ - kartel 5 t/m 23 mm	● plat + vierkant óók in kortspanig 28 ST
	◎ - buis/holstaf t/m 180 mm	

SALOMON'S METALEN B.V.

Voorsprong door Voorraad!

GOTENBURGWEG 24,
9723 TL GRONINGEN TEL. 050-421200 FAX 050-416892

HARTMAN SLIJPTECHNIEK BV

Hartman Slijptechniek bv maakt deel uit van de Hartman toeleveringsbedrijven-groep.

Als slijperij van hoogwaardig precisiewerk zijn wij gespecialiseerd in:
- rondslijpen (zowel binnen als buiten),
- schroefdraadslijpen.

Wij slijpen voor gereedschapmakerijen, matrijzenbouwers (draadkernen, collapsible cores, etc.) en verder ook voor de hydraulische, xerografische en meet- en regelindustrie.

Onze kracht is gelegen in fabricage van kleinserie- tot enkelstuks-werk, uitzonderingen hierop komen echter ook regelmatig voor.

H.S.T. BV
Kwinkweerd 100a, 7241 CW Lochem.
Tel.: 05730-57838, Fax: 05730-57544

MECHANICAL PARTS PRODUCTION
Delft Instruments

MPP DELFT INSTRUMENTS

Röntgenweg 1, 2624 BD Delft
Postbus 483, 2600 AL Delft
Telefoon: 015 - 698500
Fax: 015 - 571352

MPP
MPP (Mechanical Parts Production) is een dynamisch bedrijf met tientallen jaren ervaring op het gebied van fijnmechanische fabricage en co-makership, een ervaring opgedaan bij de vervaardiging van onderdelen voor de apparatuur van Delft Instruments.

Kwaliteit
Inzet, toewijding en kunde staan bij MPP hoog in het vaandel. Zo kan MPP een uitstekende kwaliteit van haar produkten waarborgen. Bij MPP wordt dan ook volgens ISO 9002 gewerkt.

Co-makership
Dankzij de jarenlange ervaring in het samenwerken met anderen voor fabricage van onderdelen, bouwden de MPP-medewerkers een grote expertise op in het projectmatig werken, waarbij het co-makership altijd als uitgangspunt geldt. Dit betekent dat al bij de ontwikkelingsfase van een produkt wordt meegedacht.

Doelstelling
MPP wil met de klanten Co-makership relatie opbouwen. Een relatie die gebaseerd moet zijn op een wederzijds vertrouwen in elkaars mogelijkheden en die gericht is op zo gunstig mogelijke markt-condities voor die klant. Nauwe samenwerking en goede afspraken moeten leiden tot de juiste prijs/prestatie verhouding.

Kontaktpersonen:
W.H.H. Evertsz
tel: 015 - 698666
H.J. Berbée
tel: 015 - 698538

NVPT

Nederlandse Vereniging voor precisie-technologie

Uitgave:
NVPT

Redactie:
Dr. ing. D. Blank
Ir. S. van de Graaf (hoofd redactie)
H.M.C. Heubers
Dr. ir. P.C.J.N. Rosielle
H.G.J. Rutten
Ir. J.J. Veerman
Dr. ir. J. Verkerk
G.J. Verschragen

Redactiesecretariaat:
Mikroniek
Postbus 80.004, 3508 TA Utrecht
Telefoon: 030-531 710 / 531 639

Redactie-adviesraad:
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. C. Heuvelman
Ir. D. de Hoop
A. Meijering
Dr.ir. J.A. Rietdijk
Prof.dr.ir. P.H.J. Schellekens
Prof.dr.ir. Ch. Snijders
Ir. G. Vaessen
Prof.dr.ir. A.J.A. Vandenput
Ir. D. van't Veen

Advertenties:
Buro Jet bv
Postbus 1890, 2280 RW Rijswijk
Telefoon: 070-3990000; Fax:070-3902488

Abonnementen:
Mikroniek
J. Verkerk
Postbus 80.004, 3508 TA Utrecht
Telefoon: 030-531 710 / 531 639
Fax: 030-522 267
Abonnementskosten Mikroniek:
Nederland ƒ105,-- per jaar
Buitenland ƒ132,-- per jaar
Alle prijzen excl. BTW

Secretariaat NVPT
Postbus 6367, 5600 HJ Eindhoven
Telefoon: 040-473 659; Fax: 040-460 645

Vormgeving:
Jurriaan Bol Design, Son

Lay-out en realisatie:
Twin Design B.V.,Culemborg

Mikroniek verschijnt zes maal per jaar
© Niets van deze uitgave mag overgenomen of vermenigvuldigd worden zonder nadrukkelijke toestemming van de redactie.
ISSN 0026-3699

Editorial

Electronics '95

mechatronica en instrumentatie, eeuwige modewoorden

Techniek verkoopt niet! Een typisch Hollandse klacht.
Wijers en Kamminga ruziën over waar het overheidsgeld heen moet: de grote of de kleine bedrijven. Albert Heijn of de kruidenier op de hoek, is dat de keus? Ze hebben het over technologiebeleid, maar vermijden angstvallig te zeggen dat het over techniek gaat. Ze zijn daar bang van, het verkoopt niet.
'Mechatronica' is een modewoord. Vindt u dat ook niet?
Ieder die dat woord kent 'deed het' allang voor dat woord bestond. 'Instrumentatie' is ook zo'n woord, niet-techneuten weten niet precies wat het is. Bijna iedereen associeert die woorden ergens mee. Bijna nooit zijn twee mensen het er precies over eens wat ermee bedoeld wordt, wat er wel of niet bij hoort. Als techniek zelf niet verkoopt, dan kunnen technische modewoorden wel helpen techniek verkoopbaar te maken.
Halfgeleidertechniek haalt alleen de voorpagina van De Telegraaf als fouten ontdekt worden bij de 'moneymaking' chips van Intel. Dat is (behalve voor Intel) niet erg. Dat is een bewijs dat techniek zichzelf verkoopt, ook en vooral als die techniek nog lang geen nieuws 'issue' is.
Techniek helpt de heren Wijers en Kamminga niet zichzelf of hun politieke boodschap te verkopen. Techniek verkoopt alleen zichzelf, maar niet vanzelf. Daarvoor zijn modewoorden nodig.
Wat doen die eeuwige modewoorden eigenlijk? Eerst maken ze nieuwsgierig: "Waar hebben ze het nou weer over". Nieuwsgierigheid is wat techniek nodig heeft om zichzelf te kunnen verkopen!
Waar staan die eeuwige modebegrippen voor? Niet voor iets volkomen nieuws, maar voor bestaande techniek in nieuwe vormen en nieuwe toepassingen, zoals in elke mode. Dat is net wat we nodig hebben om techniek verkoopbaar te maken!
Waarom de modewoorden 'mechatronica' en 'instrumentatie'? Omdat ze verschillende denkramen van verschillend 'geaarde' techneuten aan elkaar kunnen knopen. En dan pas kan techniek worden verkocht, als de ene techneut tegen de andere zegt: "hé, wat jij daar doet, daar kan ik iets mee".
Electronics '95, 9 - 12 mei in de RAI in Amsterdam, daar blijkt Hollands' voorlijkheid in techniek. Noem het maar gerust Hollands' koopmansgeest in techniek.
Geen elektronici die met elkaar staan gebogen over een chip. Natuurlijk gaat het vooral over kleinschalige produkten, daarin zit veel hoogwaardigheid en toegevoegde waarde van de techniek. Maar het is geen discussiepunt of daar grote of kleine bedrijven mee bezig zijn.
Het is ook geen discussiepunt of we daar regionaal danwel nationaal mee bezig moeten zijn. De kracht en charme van ons land is dat het niet groter is dan één regio waarbinnen alle mechatronica-relevante landgenoten in één week op één locatie bij elkaar zijn te brengen.

drs. J.C. Groeneveld.

Product Partners

Ontwikkeling en levering van seriematig te vervaardigen produkten op klantenspecificatie

KENNIS EN ERVARING

Hoog opgeleide technische specialisten

- dagelijks werkzaam in multidisciplinaire ontwerppraktijk
- kennis van nieuwe ontwikkelingen, normen en keuringseisen o.a. voor EMC
- intensieve samenwerking met toeleveranciers

Ervaring in verschillende applicatiegebieden

- telecommunicatie
- instrumentatie
- automotive
- sensoren en actuatoren
- besturings- en regeltechniek

Gespecialiseerd in:

- ontwerpen van mechatronische produkten
- ontwerpen van analoge en digitale elektronica
- ontwerpen van applicatieprogrammatuur

METHODIEK

Planbaar en kosteneffectief ontwerp door methodische aanpak van ontwerpproces

HET KOMPLETE TRAJEKT

Van produktidee tot en met eindprodukten

- haalbaarheidsonderzoek
- octrooi-onderzoek
- opstellen van produkt- en testspecificatie
- produktontwerp
- prototypering
- produktievoorbereiding
- produktie
- testen op specificatie
- service

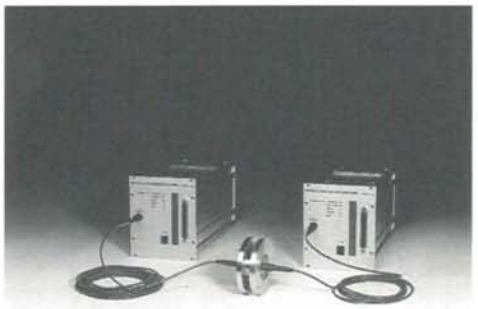
RESULTAAT

Snelle marktintroductie

Aflevering van op specificatie geteste produkten

Product Partners research & development bv
Voorstraat 48, 2611 JR Delft
The Netherlands
tel: +31 15 124095 fax: +31 15 144645

Smart Loadcell met toepassing in weegbrug



Glasvezel communicatiesysteem met toepassing in containerkraan

Verenigingsnieuws/Actueel

Verslag 7e ALV

Verkort verslag van de 7e Algemene Ledenvergadering NVFT, gehouden te Utrecht op dinsdag 12 april 1994 van 10.00 - 13.30 h in de Gehoorzaal Irene hal II, Jaarbeursgebouw te Utrecht tijdens de tentoonstelling "Het Instrument". Het volledige verslag is bij het secretariaat verkrijgbaar.
De leden die zich voor de vergadering hadden aangemeld kregen een gratis toegangsbewijs voor het de tentoonstelling die zij na de gemeenschappelijke lunch konden bezoeken.

Aanwezig waren 34 leden, waaronder 5 bestuursleden.

De vergadering werd voorgezeten door vice-voorzitter ir. J. Vermeulen. Hij memoreert dat de NVFT steeds meer van zich doet horen: het nieuwe Precisietechnologie Jaarboek, de deelname aan de VAT in een gezamenlijke stand met enkele leden en nu de aanwezigheid van de NVFT op "Het Instrument" met een stand en een serie lezingen die de volgende dag zullen plaatsvinden.
Het verslag van de vorige (6e) algemene ledenvergadering wordt ongewijzigd goedgekeurd. Naar aanleiding van het verslag kwamen de volgende onderwerpen aan de orde:
– De contacten met België verlopen via de universiteit van Leuven. Er is daar geen vergelijkbare vereniging. Over de voortgang is geen duidelijkheid.
– Korting voor leden die persoonlijk lid zijn en die bij een bedrijf werken dat NVFT-bedrijfslid is. Het bedrijfslidmaatschap kent een aantal "vrije" lidmaatschappen, afhankelijk van de bedrijfsomvang. De keuze voor het lid is om daaronder te vallen of persoonlijk lid te zijn. Studenten kunnen voor f 31 lid worden. Daar wordt gretig gebruik van gemaakt.
– De nieuwe naam van de vereniging wordt al gebruikt, maar staat nog op de agenda. Dit vloeit voort uit de vorige ledenvergadering. In deze vergadering wordt het formele besluit genomen en vervolgens zullen stappen ondernomen worden voor naamswijziging in de statuten. Daarvoor is een 2/3 meerderheid nodig.

Jaarverslag 1993
Er is verder gewerkt aan een regionale indeling van de werkgroepen. De regionale werkgroep Eindhoven heeft een tijdelijk bestuur ter overbrugging. De regionale werkgroep Groningen is gestart. Met het organiseren van een contactdag beoogt het bestuur de afstand tot de leden in de regio te verkleinen.
Het ledental is gegroeid van 906 naar 925. Er vindt een sterke doorstroom plaats doordat leden bedanken (met pensioen gaan), daarnaast een groot aantal nieuwe aanmeldingen.
Samenwerking op federatieve basis met andere verenigingen is uitermate moeilijk omdat de belangenverschillen groot blijken te zijn.
De NVFT neemt deel aan de samenwerking binnen het Mechatronica Platform.

Financiën
De resultaten hebben zich in 1993 opnieuw positief ontwikkeld zodat een kleine reserve is ontstaan. De resultaten zijn gunstiger dan zo lijkt, omdat het afgelopen jaar een aantal kosten gemaakt zijn die pas in 1994 verrekend zouden kunnen worden. De kascommissie had enkele bedenkingen tegen de voorfinanciering van de activiteiten op de VAT'94, met name omdat dit geen geplande activiteit was. Het bestuur is echter van mening dat het ook niet-geplande activiteiten moet steunen als er voldoende belangstelling voor is en als de exposanten hun financieel verplichtingen nakomen.
De voorzitter bedankt de kascommissie, bestaande uit de heren H. Rutten, M. Dierselhuis en J.F.P. Dijk (reserve). De nieuwe kascommissie wordt gekozen en bestaat uit de heren H. Rutten, J.F.P. Dijk en M. Dierselhuis(reserve).

Bestuursmutaties
De volgende bestuursmutaties vonden plaats: Penningmeester H.G.A. Baeten treedt af. De voorzitter dankt Baeten voor het vele werk dat hij de afgelopen jaren voor de NVFT heeft gedaan. Bij gebrek aan een opvolger blijft Baeten ad interim penningmeester. De vergadering stemt hiermee van harte in. Ing. H.J. Akkerman treedt eveneens statutair af, maar wordt met algemene stemmen herkozen.

Aanpassen naam vereniging
Naar aanleiding van de vorige ALV stelt het bestuur voor de naam te veranderen in "Nederlandse vereniging voor Precisietechnologie". Na enige discussie, waarbij vooral de verruiming van het vakgebied als reden wordt aangegeven, wordt het voorstel in stemming gebracht. De uitslag is 29 stemmen voor, 4 tegen en 1 onthouding.
Omdat er geen 2/3 meerderheid van de leden voor gestemd heeft kunnen de statuten nog niet aangepast worden en zal nog een nieuwe stemming worden uitgeschreven. Voor deze tweede stemming is de meerderheid van de aanwezige leden voldoende.

Ontwikkeling van activiteiten
Precisietechnologie Jaarboek 1994.
Door de vergadering wordt enthousiast op het verschijnen van het jaarboek gereageerd. Met name het feit dat een poging wordt gedaan om het vakgebied (leden en niet-leden) in kaart te brengen wordt als een belangrijke stap gezien voor het promoten van het vakgebied.
Mikroniek
Het blad ontwikkelt zich geleidelijk verder. Er zijn meer advertenties, de omvang is toegenomen naar 36 pagina's en de auteurs krijgen een betere vergoeding. Ook wordt er meer kopij aangeboden, zodat de redactie nu bezig is een nummer vooruit te plannen. De redactie neemt deel aan de redactionele activiteiten van het Mechatronica Platform.
Micropool
De Micropool heeft met een stand op de VAT veel belangstelling getrokken. Ook voor de aan de stand deelnemende bedrijven (bedrijfsleden) was het een rendabel evenement. Door de gezamenlijke

aanpak bleven de kosten laag en was er altijd bezetting aanwezig. Ook het gezicht van de NVFT was verjongd, doordat ook studenten als standbezetting aanwezig waren.
De Micropool heeft een geïnspireerde ledenvergadering gehad wat in het vervolg van de activiteiten tot uitdrukking zal komen.
In het jaarboek is redactioneel en met zoektabellen ruim aandacht gegeven aan de onderlinge dienstverlening, waarbij leden elkaar met "raad en daad" zullen bijstaan.

Landelijke en regionale werkgroepen
Er zijn tien regio-activiteiten door de RW'en uitgevoerd van hoge kwaliteit en met goede belangstelling.
Het beleid van de RW'en zal gericht worden op:
- systematiseren van kennisoverdracht van leden aan leden; het bevorderen van persoonlijke en zakelijke contacten en het stimuleren van ontwikkelingen in de regio;
- systematiseren van kennisoverdracht van leden aan leden, het bevorderen van persoonlijke en zakelijke contacten en het stimuleren van ontwikkelingen in de regio;
- voorbereiden van activiteiten en opbouwen van een kring van deelnemers.

Op verschillende lokaties zijn vier basisactiviteiten uitgevoerd. Deze basisactiviteiten zullen door LW'en worden voortgezet met als doelstelling:
- bepaalde activiteiten of vakgebieden gericht gaan ontwikkelen;
- het belang van onderwerp en contact met vakgenoten benadrukken;
- introduceren van nieuwe technologieën, gericht op toepassingen.

Voor de volgende vakgebieden zijn LW'en in oprichting:
- Microsysteemtechnologie (MST) in samenwerking met het MESA Research Instituut Universiteit Twente;
- Microverbindingen;
- Mechatronica;
- Optiek en optische toepassingen.

De leden worden uitgenodigd hun actieve/ passieve belangstelling voor deze LW-activiteiten aan het secretariaat kenbaar te maken, omdat alleen een gezamenlijke actie resultaten zal kunnen opleveren.

De voorzitter sluit de vergadering en nodigt iedereen uit voor de gezamenlijke lunch.

Meer elektronica in precisie-apparatuur

Symposium, donderdag 11 mei a.s. op de Electronics '95 in de RAI te Amsterdam.

Precisietechnologie maakt evenals de micro-elektronica een snelle ontwikkeling door. Enerzijds worden de fijnmechanische systemen eenvoudiger en goedkoper te fabriceren, anderzijds is er een geweldige toename van de met deze systemen te bereiken nauwkeurigheden. Door de integratie van micro-elektronica met fijnmechanische apparatuur worden de mogelijkheden nog aanzienlijk uitgebreid.
Ook de microsysteemtechnologie (MST) maakt een sterke groei door, wat onder meer blijkt uit de recente oprichting van de stichting "Twente Micro-Products".

Moderne (precisie)produkten hebben een hoge toegevoegde waarde en zijn kennisintensief. De ontwikkeling daarvan vereist de samenwerking van verschillende disciplines, waaronder die van de fijnmechanicus en de elektronicus.
De mogelijkheden van de micro-elektronica bij de ontwikkeling van precisie-apparatuur worden nog onvoldoende onderkend en uitgebuit. Voor het management ligt hier een belangrijke taak de toepassing van de micro-elektronica te stimuleren.

Programma

9.00	Ontvangst met koffie
9.30	Opening door de dagvoorzitter Ir. G. van Drunen; secretaris NVPT.
9.45	Succes is te sturen Ing. A. van Dijk; CME, Veenendaal.
10.15	Samenwerken in produktontwikkeling vanuit verschillende disciplines Ir. A.J.M. Montange; techn. dir. Produkt Partners R&D bv, Delft en Ing. A. Schouten; Projectleider optomechanica, Technotek bv, Zoetermeer.
11.00	Pauze
11.15	Microsysteemtechnologie (MST) op weg naar industriële produktie Prof.dr. J.H.J. Fluitman; dir. MESA research instituut Universiteit Twente en Dr. J. Elders; Micro Products, Twente.
12.00	Management van een mechatronische organisatie Dr.ir. J. van Eijk; Vakgebiedsleider Mechatronica, Philips-CFT, Eindhoven.
12.30	Lunch met aansluitend beursbezoek.

Kosten: leden NVPT en CME *f* 75,—; niet leden *f* 225,—
(inclusief beurstoegang, catalogus, koffie en lunch).

Voor aanmelding en informatie:
Nederlandse vereniging voor Precisietechnologie, NVPT
Postbus 6367
5600 HJ Eindhoven
Telefoon: 040 - 473 659
Fax: 040 - 460 465.

Egotronica

Themadag; 25 april 1995; De Reehorst te Ede; kosten *f* 150,— excl. BTW; georganiseerd door Centrum voor Micro-Elektronica (CME)
Egotronica: Ontwikkelingen van lichtnetonafhankelijke produkten.

Vele van de toekomstige elektronica-produkten zullen een sterk individueel karakter hebben of met andere woorden 'personal' of 'ego' zijn. Karakteristiek voor dit soort produkten: klein van afmeting, licht in gewicht, draagbaar en steeds meer ook draadloos of lichtnetonafhankelijk. Voor ontwerpers en ontwikkelaars een uitdaging op het gebied van de energievoorziening, in vaktermen 'low power electronics'.

Voor deze themadag heeft het CME drie onderwerpen gekozen, actueel in zowel de markt als in de techniek. Deze zijn:
- Telemobiliteit

- Personal Electronics
- EMC / CE-keurmerk

In het thema Telemobiliteit zullen deskundigen ingaan op onderwerpen zoals navigatie met G.P.S. (Global Positioning System), Micro Systeem Technologie (MST) en laagvermogen elektronica.
Personal Electronics wordt in onderdelen opgebouwd uit toepassingen in de sport, de zelfdiagnostiek en telemetrie bij dieren.
Technisch zal worden ingegaan op sensorontwikkelingen en toepassingen, miniaturisering en spraak- en schriftherkenning.
Van belang voor al deze ontwikkelingen zijn de EMC / CE-normen. Tijdens een derde parallelsessie geven specialisten op dit terrein hun visie.
De sprekers zijn afkomstig van o.a.: Tulip, Philips, Koning en Hartman, Microtron, Catena Microelectronics, Het Instrument, Universiteit Twente en het Ministerie van Verkeer en Waterstaat.
Zoals gebruikelijk bij het CME wordt de dag gecombineerd met een expositie van ondernemingen die actief zijn op dit gebied.
Geheel nieuw is de banenmarkt waar bedrijven die zoeken naar nieuw talent, kennis kunnen maken met afgestudeerden op HBO- en Universitair niveau.

Nadere informatie:
Centrum voor Micro-Elektronica
Afdeling PR en Voorlichting
Telefoon: 08385 - 80 200
Fax: 08385 - 80 234.

Zonne-energie

Conferentie; 20 en 21 april 1995; Veldhoven.
Tijdens deze conferentie kan men zich op de hoogte stellen van de laatste stand van zaken met betrekking tot de zonne-energie.
Onder de titel "Met de zon de markt op" zullen ook (gewenste) marktontwikkelingen ter sprake komen. De voorzitter van de programmacommissie, C.J. van de Leun, constateert dat zonne-energie realiteit is.
Nu al ontwerpen stedebouwkundigen en architecten verkavelingen en woningen zodanig dat binnenvallend zonlicht een aanzienlijke bijdrage lever aan de ruimteverwarming. Terwijl er vijf jaar geleden in Nederland nog maar zo'n 1.000 zonneboilers waren, zijn dat er inmiddels bijna 10.000 en het aantal groeit nog steeds sterker. Er is een markt voor 'autonome' zonnecelsystemen die elektriciteit opwekken, bijvoorbeeld voor tuinhuisjes, boten en caravans of gebieden in zuidelijke landen die niet op het elektriciteitsnet zijn aangesloten. Met aan het net gekoppelde systemen vinden, onder meer in ons land, tal van praktijkproeven plaats.

Nadere informatie:
Kongresservice Brabant
Postbus 140
5500 AC Veldhoven
Telefoon: 040 - 547 171
Fax: 040 - 545 515.

Workshops Mikrocentrum Nederland

Voor details zie cursusprogramma; vermeld zijn de startdata:
- E.S.D. en normen; Eindhoven 14 april 1995.
- Interne Audit; Eindhoven 28 april 1995.
- Design for Assembly; Eindhoven 13 en 14 april 1995.
- Ontwerpen op bedrijfszekerheid en veiligheid van kunststofprodukten; Eindhoven 14, 15 en 16 april 1995.
- Multi Moment Opname; Eindhoven 2 juni 1995.

Nadere informatie:
Mikrocentrum Nederland
Kruisstraat 74
5612 CJ Eindhoven
Telefoon: 040 - 432 503
Fax: 040 - 450 169.

ISO 9001 Certificaat voor Heidenhain

Heidenhain Nederland B.V., dochteronderneming van Dr. Johannes Heidenhain GmbH uit Traunreut B.R.D., heeft voor haar kwaliteitssysteem het ISO-9001 certificaat ontvangen van TÜV Product Service.
Heidenhain Nederland B.V. is verantwoordelijk voor de service en verkoop van de bekende Heidenhain linealen, tellers, impulsgevers en CNC-besturingen voor de gereedschapmachines, en voor toepassingen in de industriële automatisering.
Het certificaat is op 17 januari 1995 uitgereikt door de heer A. Klein, voorzitter van de VIMAG. Hiermee wordt het belang onderstreept dat de VIMAG aan zijn leden stelt om te streven naar (nog) meer kwaliteit en service.

ME+ programma van CME

De afgelopen jaren is er sprake van een ware revolutie in de micro-elektronica, waarvan de toepassing in zeer veel produkten getuigt. Het is van groot belang om het produkt waarin elektronica wordt opgenomen vroegtijdig te specificeren en om het produktontwikkelingstraject planmatig aan te pakken. Met het ME+ programma blijft het CME ondernemers uit het midden- en kleinbedrijf ondersteunen bij het ontwikkelen van produkten waarin elektronica wordt toegepast. Afhankelijk van de ervaring die er in het bedrijf aanwezig is, staan twee tot acht gratis CME-adviesdagen ter beschikking.
Het ME+ programma betekent advisering door deskundige CME-consultants, van idee tot produkt. Het geeft praktische ondersteuning aan ondernemers, instellingen en ontwikkelaars die produkten met elektronica op de markt willen brengen. Daardoor krijgt het produkt een betere marktpositie.
Het ME+ programma omvat ondermeer:
- projectbegeleiding,
- specificatie van het te ontwikkelen produkt,
- zoeken naar geschikte uitvoerders,
- toepassing van (nieuwe) technologieën,
- zichtbaar maken van produkt- en projectkosten,
- kwaliteit en produktie,
- standarisatie en normering (EMC en CE-keurmerk).

In de afgelopen jaren hebben veel ondernemers produkten ontwikkeld met behulp van het CME. Veel goede en betrouwbare produkten zijn gerealiseerd. De ervaringen zijn dermate positief dat het CME de noodzaak onderkent om met deze advisering door te gaan.

Nadere informatie:
Centrum voor Micro-Elektronica
Ing. A.J. Meinema
Telefoon: 08385 - 80 200.

Goede beoordeling voor Hogeschool van Utrecht

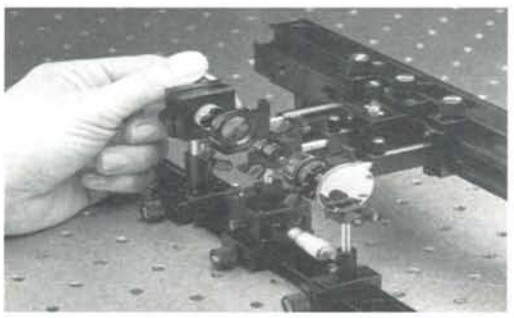
Hilversumse opleiding fijnmechanische techniek slaat goed figuur
De landelijke visitatiecommissie werktuigbouwkunde onder leiding van voormalig Philips-researchleider dr. P. Kramer gaf een pluim aan de opleidingen van de afdeling Industriële Techniek van de Hogeschool van Utrecht. In het recent verschenen visitatierapport krijgt met name de opleiding Fijnmechanische Techniek (FMT) uit Hilversum veel lof toegezwaaid.
De visitatiecommissie werktuigbouwkunde onderzocht naast de opleiding werktuigbouwkunde ook de daaraan verwante opleidingen industriële automatisering, materiaalkunde en fijnmechanische techniek. De commissie onderzocht de kwaliteit van het onderwijs en de inhoud van de lesprogramma's.
Binnen de Hogeschool van Utrecht zijn de betreffende opleidingen geclusterd in de afdeling Industriële Techniek. Deze afdeling werd landelijk gezien goed beoordeeld en kreeg het predikaat 'een unieke combinatie met perspectief voor de toekomst' toebedeeld. De opleiding Fijnmechanische Techniek van de Hogeschool van Utrecht werd geprezen om haar eigen karakter en soepele organisatie. Fijnmechanische Techniek is de enige HBO-opleiding op dit terrein in Nederland. De in Hilversum opgeleide HTS-ingenieurs in de fijnmechanische techniek bewegen zich op het grensgebied tussen elektronica en werktuigbouwkunde. Fijnmechanische techniek wordt toegepast in bijvoorbeeld dcc-recorders, videocamera's, computers, medische hulpmiddelen en meet- en regelapparatuur. Het toepassingsgebied is bovendien zeer gevarieerd: van wetenschappelijke apparatuur in de lucht- en ruimtevaart tot gerobotiseerde sprookjesfiguren in de Efteling.
De opleiding FMT (240 studenten) heeft volgens de visitatiecommissie een gevestigde naam bij de industrie en in het middelbaar beroepsonderwijs. De commissie hoopt dat de opleiding haar unieke karakter weet te behouden als het in augustus van Hilversum naar Utrecht verhuisd.

Boek: Microverbindingen

Het Centrum voor Microel Ektronica en het Nederlands Instituut voor Lastechniek (NIL) brengen sinds kort een boek uit over microverbinden. Het onderwerp wordt vanuit verschillende gezichtspunten behandeld. Onder meer wordt uiteengezet hoe de kans op fouten kan worden geminimaliseerd.
Microverbindingen zijn verbindingen tussen twee metalen waarvan één van de onderdelen op de lokatie van de verbinding dunner is dan 0,5 mm of - in geval van draad - een doorsnede heeft van kleiner dan 1 mm. In een gloeilamp zitten 18 microverbindingen, in een radiocassetterecorder gemiddeld 1000 en in een televisie zo'n 5000. Voor het microverbinden bestaan veel technieken, zoals lassen, solderen, lijmen en bonden. In Nederland worden jaarlijks zo'n 80 miljard microverbindingen gemaakt. Met een gemiddelde prijs van 0,6 cent per verbinding, komt dit neer op 500 miljoen gulden. Eén promille fouten komt neer op 80 miljoen mislukte verbindingen, die moeten worden hersteld of die tot een definitief afgekeurd produkt leiden. Een defecte verbinding in een gloeilamp is niet zo'n ramp, maar een pacemaker bijvoorbeeld moet absoluut foutloos zijn. Het gebruik van microverbindingen neemt gestaag toe. Dit is het gevolg van de stijgende industrialisatie in met name de elektronische en fijnmechanische sectoren.

Het boek is te bestellen bij:
Centrum voor Microelektronica
Prijs: *f* 35,— (excl. BTW)
Postbus 1001
3900 BA Veenendaal.

IT IS A SMALL WORLD:
TAKE A CLOSER LOOK AT
MICROLAB OPTICS AND HARDWARE



Melles Griot, your supplier of
- Optical Research Equipment
- Lasers
- Components

Call one of our Application Engineers for assistance in specifying Optics for your requirement
call: 08360 - 33041

Melles Griot B.V.
P.O. Box 272
6900 AG ZEVENAAR
The Netherlands

DC Motor Controller board

+

DC Mike Drive

=

PRECISIE POSITIONEREN

- Met de C 812, DC motor controller insteekkaart is een 4-assige programmeerbare precisie positionering mogelijk
- 4 DC motoren, 12V-3W, kunnen worden aangestuurd
- programmering middels ASCII
- DC Mike Drives in 10, 25 en 50 mm uitvoering
- reproduceerbaarheid van 0,1 micron

PHYSIK INSTRUMENTE

is uw partner

Laat u uitnodigen tot een oriëntatie.

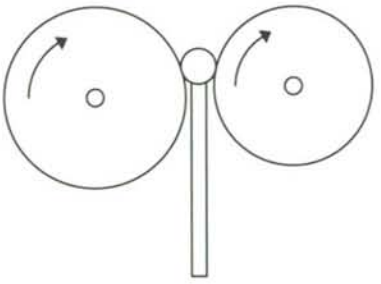
Voor uitgebreide informatie en produktkatalogus:

Tel. (31) 4959 3300
Fax (31) 4959 1153

APPLIED **LASER** TECHNOLOGY

FIRMA CENTERLESS

Middenweg 145F - 1394 AH Nederhorst den Berg -
Telefoon 02945 - 4269 - Fax 02945 - 1751



- Numeriek draaien.
  (500 tussen de centers X ∅ 400)
  tot ∅ 65 mm vanaf staf.
- Centerloos slijpen - doorvoeren tot ∅ 100.
- Läppen-insteken en profileren
  tot ∅ 80 mm.
- Numeriek langdraaien
  t/m ∅ 20 mm.
- Numeriek frezen met palletwisselaar
  op bewerkingscentra.

PRECISIE OPTISCHE COMPONENTEN

Lenzen in standaard waarden of geheel volgens Uw specificatie.
Onze slijperij kan t/m testglas-controle, optische kwaliteits onderdelen leveren.

- Plan-Convex, Bi-Convex, Plan-Concaaf, Bi-Concaaf, Achromaten.
- Miniatuur Lenzen, Ronde Lenzen, Cylinder Lenzen, alles op uw maat of Standaarduitvoering.
- Optische Spiegels, Deel-Spiegels, Achtervlak Spiegels.
- Prisma's als Rechthoek, Retro, 60°, Penta en Wiggen.
- Testglazen in Vlak- Hol- en Bol, Plan-Glazen, Optische Vensters van diverse glasmaterialen, Kwartsglas en Kwartskristal.
- Coaten met metalen en Fluoriden op uw Substraten en Spiegels.
- Precisie glasbewerking in Standaard Glas, Optisch Glas, Kwartsglas en Kwartskristal.

STABILIX

STABILIX B.V.
Burg. Hovylaan 84
2552 AZ DEN HAAG
tel. 070 - 3970061 fax 070 - 3979321

Een vormgevingstechniek met perspectief

Powder Injection Moulding

C. Kooij, N. Noort, H.L. Schram en A.S Verdier.

In dit artikel worden de mogelijkheden geschetst van de vormgevingstechniek Powder Injection Moulding (PIM). De verschillende processtappen komen aan de orde en een vergelijking met andere vormgevingstechnieken wordt gemaakt. Verder wordt het spuitgieten van verschillende materialen behandeld. Tenslotte laat een praktijkvoorbeeld zien dat met succes de standtijd van een textielmachineonderdeel is verbeterd en de stukprijs is verlaagd door produktie op basis van PIM.

Een veel gebruikte techniek voor de massaproduktie van complex gevormde produkten is spuitgieten.
Spuitgieten is een vormgevingstechniek waarbij een plastische massa of een vloeistof onder druk in een produktholte wordt gespoten en vervolgens stolt. Vooral dunwandige produkten in kunststof, zink of aluminium worden door middel van spuitgieten geproduceerd.
Powder Injection Moulding (PIM) maakt het mogelijk dergelijke produkten in staal, keramiek of hardmetaal te produceren.
Het PIM-proces komt in grote lijnen neer op het mengen van poeder met kunststof, het spuitgieten van dit mengsel tot een produkt, het verwijderen van de kunststof en tenslotte het sinteren van de poederdeeltjes. In het PIM-proces wordt gebruik gemaakt van gangbare produktiemiddelen zoals spuitgietmachines voor kunststof en sinteroovens. PIM levert nauwe toleranties en is dus zeer geschikt voor de kosteneffectieve produktie van technische produkten.

PIM

In veel aspecten is PIM vergelijkbaar met het spuitgieten van kunststof. PIM is immers het spuitgieten van kunststof met een hoge poederlading (ongeveer 50 volumeprocenten poederdeeltjes). In het produktontwerp spelen wanddikte, lossingshoek, deellijn en aanspuitpunt een belangrijke rol. Deze parameters kunnen overigens aanzienlijk verschillen ten opzichte van de conventionele kunststofspuitgiettechnologie. Tevens zijn overgangen in vorm en dikte in het produkt kritisch. Verder is, rekening houdend met shotvolume en sluitkracht van de spuitgietmachine, het aantal produktholten van belang in verband met de stukprijs van het produkt en de matrijskosten.

Technische en economische overwegingen leiden tot de volgende globale omschrijving van een PIM-produkt:
- gewicht tot circa 50 gram,
- complexe vorm (3D),
- van staal, keramiek of hardmetaal,
- nauwe toleranties (max. ± 0,025 mm),
- goede oppervlakteruwheid (N5-N7),
- dunwandige secties (≥ 0,7 mm),
- materiaaldikte < 10 mm,
- seriegrootte vanaf 2000 stuks.

Het PIM-proces maakt gebruik van zeer fijne poeders, waarbij de deeltjes kleiner zijn dan 20 μm. De gebruikte poeders zijn aanzienlijk fijner dan de poeders die bij de conventionele poedermetallurgie worden toegepast. Hierbij worden poeders met deeltjes tot 200 μm gebruikt.
PIM-poeders zijn relatief duur, de kosten zijn circa *f* 15,- tot *f*75,- per kg. De hoge poederkosten betekenen veelal een beperking in het gewicht van een PIM-produkt (ongeveer 50 gram).
PIM-produkten hebben een dichtheid van 96-99%, de porositeit is fijn en uniform verdeeld, zodat de materiaaleigenschappen van PIM-materiaal nauwelijks onderdoen voor de eigenschappen van stafmateriaal. De eigenschappen van enige PIM-materialen zijn weergegeven in tabel 1.

Materiaal	Treksterkte (MPa = N/mm²)	Rekgrens (%)	Hardheid (HRB / HRC)
Fe2Ni	360-1400	35-5	37 HRB - 44 HRC
AISI 316	510	45	42 HRB
17-4PH	1000	9	40 HRC

Tabel 1. Mechanische eigenschappen van drie soorten PIM-staal.

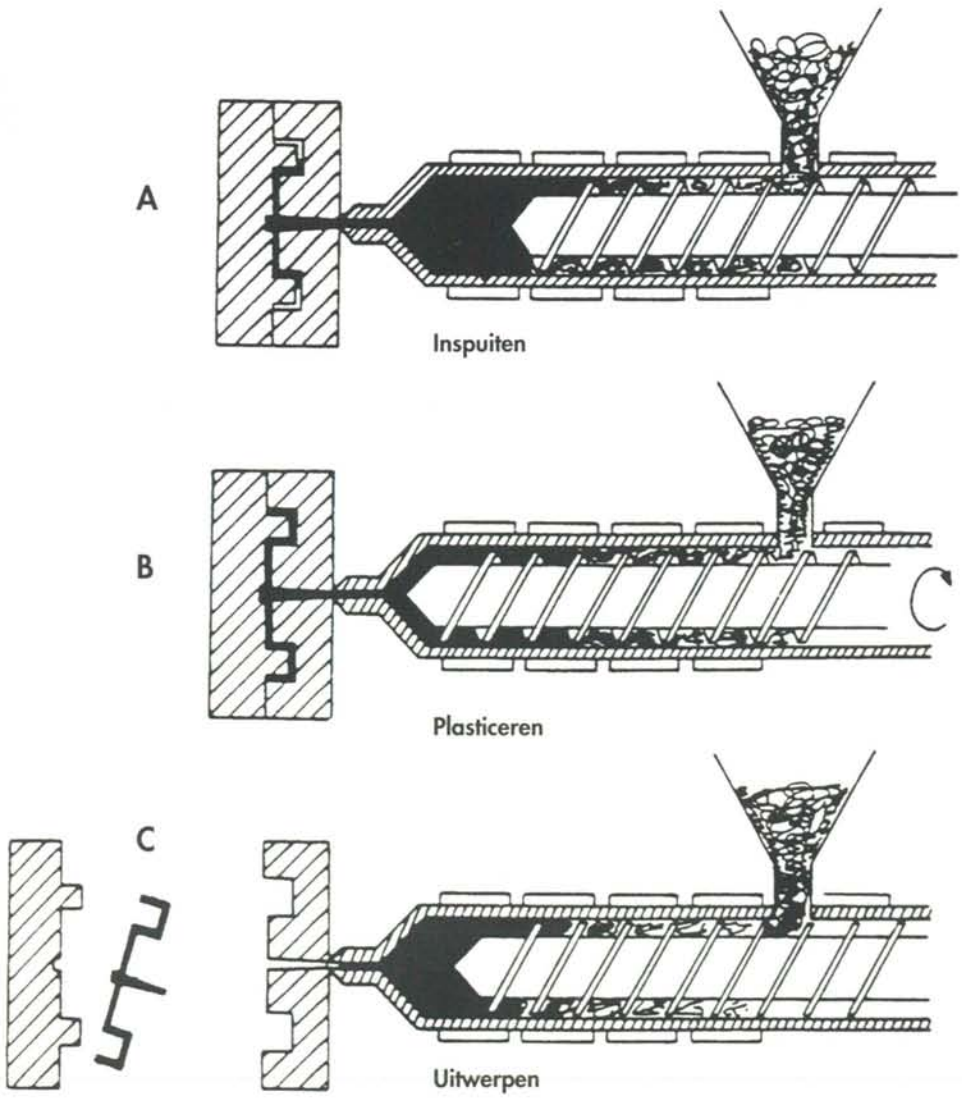
Alle voor stafmateriaal gangbare nabewerkingsstappen, zoals draaien, boren, frezen, honen en slijpen, kunnen ook op PIM-materiaal worden uitgevoerd. Omdat PIM-staal weinig koolstof bevat kan de sterkte en de hardheid alleen worden verbeterd door cementeren of nitreren. Een oppervlaktebehandeling zoals verchromen of vernikkelen is zondermeer mogelijk.
PIM onderscheidt zich van andere vormgevingstechnologiën door de efficiëntie waarmee geometrisch complexe onderdelen gemaakt kunnen worden.
Bij complex gevormde produkten moet men denken aan produkten met hexagonale gaten, ondersnijdingen, blinde gaten, verstijvingsribben, golvende oppervlakken, uitstulpingen, opstaande randen, schroefdraad en produktcodering.
De vorm- en plaatstoleranties die met PIM bereikt kunnen worden zijn sterk afhankelijk van de geometrie van het produkt; voor de plaatstoleranties geldt als gemiddelde waarde ± 0,3% per nominale dimensie. Op basis van deze toleranties en de goede oppervlakte- eigenschappen kunnen produkten worden gemaakt die bijna aan de maat zijn.
PIM is vooral concurrerend voor grote series (>250.000 stuks/jaar). Voor kleine series spelen de matrijskosten een belangrijke rol met betrekking tot de produktprijs. Toch kan PIM al interessant zijn voor series vanaf 2000 stuks

als gewerkt wordt met een gedeelde matrijs, waarvan slechts onderdelen worden verwisseld bij de aanmaak van nieuwe produkten. Het betreft dan over het algemeen produkten van dure exotische materialen, die moeilijk op een andere manier vorm te geven of moeilijk te bewerken zijn, zoals hardmetaal, keramiek en speciale staalsoorten.

Procesbeschrijving

Het PIM proces maakt gebruik van fijne poeders (deeltjes tot 20 μm). De deeltjes zijn sferisch of onregelmatig van vorm, afhankelijk van de produktietechniek waarmee de poeders zijn gemaakt. Voor het spuitgieten gaat de voorkeur uit naar relatief grote sferische deeltjes, terwijl voor de sinterstap onregelmatige, kleine deeltjes tot een beduidend hogere dichtheid en een betere vormvastheid leiden. Een compromis van beide geeft over het algemeen de beste resultaten.
Het bindersysteem dat wordt gebruikt voor het maken van de feedstock heeft een aantal functies. De binder moet zorgen voor een vullende en glijdende werking tijdens het spuitgieten zonder dat ontmenging en degradatie optreden. Verder moet het bindersysteem zorgdragen voor voldoende sterkte na spuitgieten ("groene sterkte"), makkelijk te verwijderen en bij voorkeur niet duur zijn. Het volume aandeel van het bindersysteem in de feedstock is 40-50%.

Figuur 1. Een overzicht van het spuitgietproces.

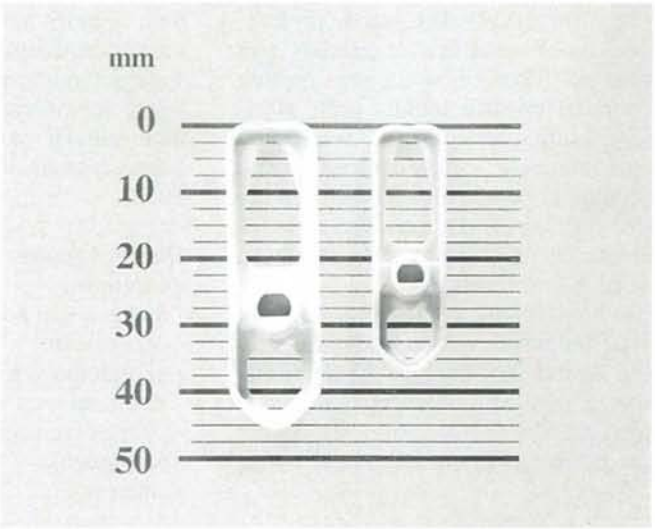


Het PIM-proces bestaat uit de volgende stappen:
- mengen van het poeder met een bindersysteem,
- granuleren van de feedstock,
- spuitgieten tot een produkt,
- verwijderen van het bindersysteem (debinden),
- sinteren.

Mengen
Bij het mengen is het van belang dat voor het verkrijgen van een homogene feedstock, agglomeraten van het poeder worden gebroken. Men gebruikt hierbij meestal batchtype mengers met Z- of sigma-bladen, enkel- of dubbelschroefextruders.

Granuleren
De feedstock wordt vervolgens bij kamertemperatuur gegranuleerd tot korrels van enkele millimeters, die geschikt zijn voor spuitgieten.

Spuitgieten
Het granulaat wordt via een hopper in de spuitgietmachine gebracht, zie figuur 1, waar het in een cilinder komt die door elektrische verwarmingselementen op een constante temperatuur wordt gehouden. Het bindersysteem in de feedstock smelt zodat een vloeibare massa ontstaat. Via een transport-extrusieschroef in de cilinder wordt de gesmolten feedstock verder gehomogeniseerd en getransporteerd. Aan het eind van de cilinder wordt het vloeibare materiaal in een gekoelde matrijs gespoten doordat deze schroef tevens als plunger dienst doet. Na het stollen wordt het produkt via (uitstoot)pennen uit de matrijs gestoten. Voor het spuitgieten kan een conventionele spuitgietmachine voor kunststof worden gebruikt. De feedstock kan onbeperkt worden hergebruikt: afgekeurde (groene) produkten en aanspuitkanalen kunnen na granuleren weer worden gebruikt.



Figuur 2. De krimp tijdens sinteren.

Verwijderen van bindersysteem
Na de spuitgietstap wordt het bindersysteem verwijderd. Afhankelijk van het bindersysteem gebeurt dit thermisch, katalytisch of door middel van een oplosmiddel (solvent debinden).
Bij thermisch debinden wordt het bindersysteem verwijderd door pyrolyse en verbranding van de polymeren bij verhoogde temperatuur (tussen 160 °C en 400 °C). Dit proces moet langzaam en beheerst plaatsvinden omdat anders oppervlaktefouten zoals scheuren en blazen optreden. De degradatie van de binder kan worden versneld door een zuur als katalysator te gebruiken. Het katalytisch debinden gebeurt veelal bij een temperatuur tussen de 110 °C en 140 °C. Katalytisch afbreekbare binders zijn duurder en het proces behoeft een speciale uitstookoven met naverbrander.
Bindersystemen kunnen ook uit een produkt worden verwijderd met behulp van oplosmiddelen (solvent debinden). Vaak worden hiervoor toxische, licht ontvlambare vloeistoffen gebruikt zoals heptaan en ethanol. Deze stoffen vragen additionele werkvoorschriften en extra controle op de arbeidsomstandigheden. Voor de regeneratie van de oplosmiddelen zijn extra voorzieningen noodzakelijk.
Het Keramisch Research Centrum van Hoogovens heeft een bindersysteem ontwikkeld dat gedeeltelijk in water oplosbaar is. Hierdoor is de debindstap sterk vereenvoudigd. De in water oplosbare componenten lossen in enkele uren voor meer dan 90% op, zodat een produkt met een zeer poreuze structuur ontstaat. Deze componenten zijn volledig biologisch afbreekbaar en leveren derhalve geen milieuproblemen op. De niet oplosbare componenten kunnen vervolgens door de (ontstane) poreuze structuur snel worden uitgestookt en zorgen voor een sterke binding van het groene produkt, waardoor een breed scala van produkten kan worden geproduceerd. Het bindersysteem is goedkoop en er blijven geen asresten in het eindprodukt achter.

Sinteren
De laatste stap in het proces is het sinteren van het produkt. Deze stap gebeurt bij metalen in een waterstof atmosfeer en bij oxydische keramiek onder lucht. Tijdens dit proces sinteren de poederdeeltjes aan elkaar en krimpt het produkt tot zijn eindmaten. De dichtheid van een produkt na sinteren ligt tussen 96 en 99%. Vanwege het aanvankelijk hoge volume aandeel binder in het produkt is de lineaire krimp van het produkt tijdens sinteren aanzienlijk, ongeveer 18-21% (afhankelijk van de poederlading) zoals in figuur 2 is te zien. Ondanks deze grote krimp is het mogelijk om produkten reproduceerbaar te maken.

Materiaal	Dichtheid (g/cm^3)	Treksterkte ($MPa = N/mm^2$)	Rekgrens (%)	Hardheid relatief
Polypropeen	0,9	30-70	150-700	_/±
Polycarbonaat	1,2	65	80-150	±
Aluminium	2,7	240	2	±
Zink	6,7	290	6	±
Staal	7,8	400-1000	4-35	+++
Aluminiumoxyde	3,8	300-400 *	-	+++++

* Deze waarde is een buigsterkte.

Tabel 2. De eigenschappen van verschillende materialen.

	Aluminium	Zink	Staal	Keramiek
Spuitgieten (shots/min)	0,5 - 3	0,5 - 3	1 - 2	1 - 2
Levensduur matrijs (shots)	100.000	>500.000	150.000	100.000
Grondstofprijs (*f*/kg)	2 - 3	2 - 3	16 - 65	15 - 70
Grondstofprijs (*f*/l)	5 - 8	13 - 20	125 - 500	60 - 450

Tabel 3. Grondstofprijzen en spuitgietbijzonderheden

Spuitgieten van materialen

Spuitgieten is een produktietechniek voor vooral complex gevormde dunwandige produkten in kunststof, zink of aluminium. Recentelijk kunnen via PIM produkten in staal, keramiek of hardmetaal worden gemaakt. Een overzicht van een aantal eigenschappen, de grondstofprijzen en de spuitgietbijzonderheden van de verschillende materialen is in de tabellen 2 en 3 weergegeven. De getallen in de tabellen zijn gemiddelde waarden.

	Aluminium	Zink	Staal	Keramiek
Toleranties (%)	±0,3	±0,2	±0,3	±0,3
Wanddikte (mm)	1 - 4	0,6 - 3	0,8 - 10	0,8 - 10
Gewicht, max. (kg)	20	10	0,05	0,05

Tabel 4. De toleranties en afmetingen van spuitgietprodukten

Fysische eigenschap	PIM Fe2Ni	Gieten 1.0416	Sinteren Fe2,5Ni	Sinteren* Fe2,5Ni
Dichtheid (%)	96	100	80	93
Treksterkte (MPa = N/mm²)	360	380	180	330
Rekgrens (%)	35	25	8	24
Hardheid (HRB)	55	70	40	100

* Deze produkten zijn nageperst en nogmaals gesinterd.

Tabel 5. De vergelijking van de materiaaleigenschappen per vormgevingstechniek.

Vanuit de optiek van het spuitgieten is kunststof (al dan niet gevuld) verreweg de goedkoopste optie – kunststofspuitgieten: 2-6 shots/min, kostprijs van de meeste kunstoffen tussen *f* 1,- en *f* 10,-/kg. Aluminium en zink zijn goede alternatieven indien hogere eisen aan sterkte en stijfheid worden gesteld. PIM wordt prijstechnisch pas interessant als kunststof, aluminium en zink qua stijfheid, sterkte, slijtvastheid of hittevastheid te kort schieten. PIM-staal – zeker de geharde kwaliteit – is bestand tegen zeer hoge trek- en buigbelastingen, keramiek is aanzienlijk brosser dan PIM-staal maar zeer geschikt voor slijtvaste, hitte- en corrosievaste toepassingen. Tabellen 3 en 4 laten zien dat de prijs van PIM-poeders het toepassingsgebied beperkt tot de kleinere produkten.

Voor zink- en aluminiumprodukten gaat dit niet op vanwege de veel lagere kostprijs van beide materialen. De toleranties van aluminium-,zink-, staal- en keramiekspuitgietwerk blijken weinig van elkaar te verschillen.

Concurrentiepositie PIM

Vormgevingstechnieken voor metaal

Metaal wordt op vele manieren vormgegeven. Verspanen, vervormen, gieten en sinteren zijn technologiën om produkten te vormen. De keuze van de vormgevingstechnologiën voor een bepaald produkt is afhankelijk van onder andere afmetingen, vorm, toleranties, materiaal, seriegrootte en prijs. Ook de microstructuur en de oppervlaktestructuur kunnen een rol in deze keuze spelen.

Voor de serieproduktie van complex gevormde produkten in staal, in een tolerantiebereik van 0,3%-0,5%, zijn grofweg drie technologiën beschikbaar: (verloren)wasmodelgieten, sinteren en PIM.

De eigenschappen van de materialen die zijn vervaardigd met de verschillende vormgevingstechnologiën zijn weergegeven in tabel 5. De eigenschappen ontlopen elkaar niet veel als we bij sinteren de waarden in de laatste kolom beschouwen die worden verkregen als het produkt wordt nageperst en nogmaals wordt gesinterd.

In tabel 6 zijn voor de verschillende produktietechnieken de toleranties en produktafmetingen gegeven. PIM geeft van de drie technologiën de nauwste toleranties zodat produkten kunnen worden gemaakt die aan de maat of meestal bijna aan de maat zijn.

Verder wordt met behulp van PIM de laagste oppervlakteruwheid bereikt en kunnen relatief dunwandige produkten geproduceerd worden. Een ander voordeel van PIM (en sinteren) boven gieten is dat vanuit de vaste fase van het poederlegeringen kunnen worden gemaakt die vanuit een smelt niet te maken zijn.

De conventionele sintertechniek maakt gebruik van een droogpersen of isostatische persen gevolgd door een sinterstap.

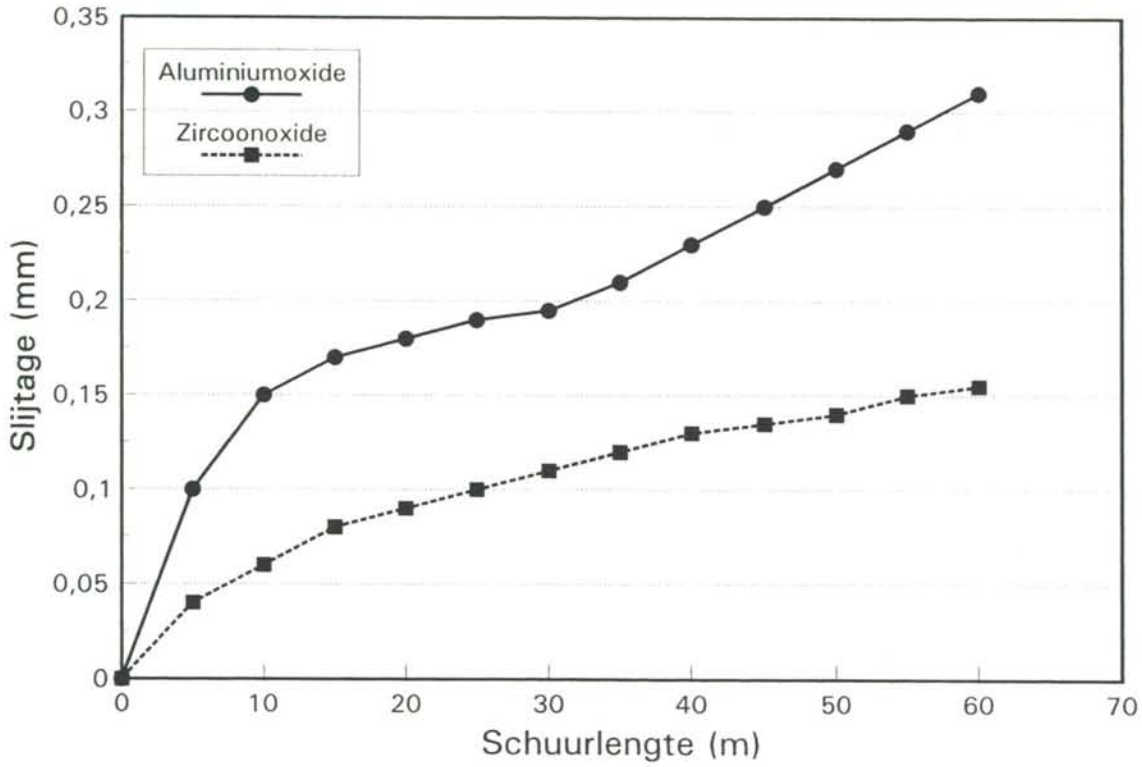
	PIM	Gieten	Sinteren
Toleranties (%)	±0,3	±0,5	±0,4
Oppervlakte-ruwheid R_a (μm)	0,4 - 1,6	1,6 - 6,3	>0,7
Wanddikte (mm)			
min.	0,8	2	1
max.	10	-	-
Gewicht (g)			
min.	0,1	1	0,1
max.	50	10.000	2.000
Lengte max. (mm)	100	450	250

Tabel 6. Vergelijking van toleranties en afmetingen per vormgevingstechniek.

	PIM	Gieten	Sinteren
Procestijd vormgevingsstap (s)	30 - 60 (*)	30 - 60 (*)	6 - 15 (#)
Levensduur matrijs (aantal shots)	150.000	>500.000	30.000 - 200.000
Poederkosten (*f*/kg)	16 - 60	0,4 - 4	2 - 7

* Het aantal produkten per minuut is afhankelijk van het aantal produktholten in een matrijs. # Exclusief napersen.

Tabel 7. De vergelijking van de procestijd en de grondstofkosten van de verschillende vormgevingstechnieken.



Figuur 3. De resultaten van de slijtproef voor aluminiumoxyde en zircoonoxyde.

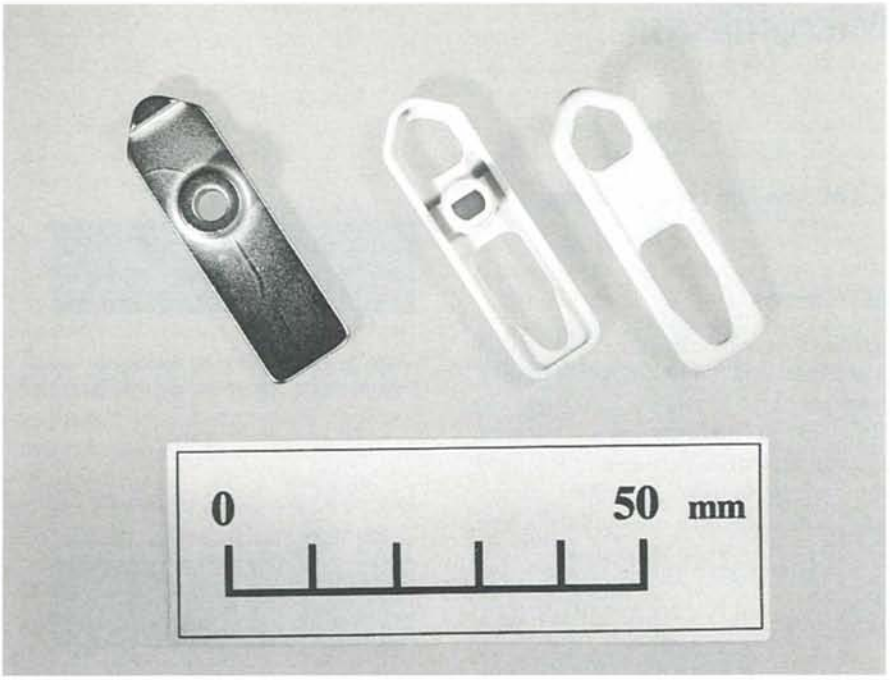
Bij droogpersen wordt uitgegaan van poeder eventueel vermengd met bind- en glijmiddelen. Het poeder wordt door middel van een stempel in een gehardstalen matrijs tot een produkt geperst. De vormgeving is overwegend twee-dimensionaal; het reliëf in de persrichting is beperkt in verband met de homogeniteit van het produkt. Meer complex gevormde produkten of produkten met een groot volume kunnen worden geproduceerd door middel van isostatisch persen waarbij het poeder in een flexibele mal in een vloeistof onder druk wordt verdicht tot een produkt. De sintertechniek is van de drie de snelste techniek maar beperkt zich tot produkten met een wat eenvoudigere geometrie.
PIM-produkten zijn complexer van vorm, echter beperkt in afmetingen en gewicht voornamelijk vanwege de grondstofprijs zoals tabel 7 laat zien.

Vormgevingstechnieken voor keramiek
De concurrentiepositie van PIM voor keramische produkten ten op zichte van andere vormgevingstechnologiën verschilt van die van metaal. Voor het vormgeven van keramische produkten zijn technieken beschikbaar zoals mechanisch bewerken, slibgieten, plastische vormgeving en sinteren.
Mechanisch bewerken (of nabewerken) levert produkten met zeer nauwe toleranties op. Voor keramiek is deze techniek echter duur vanwege de hoge hardheid van deze materialen.
Slibgieten gaat uit van een keramisch poeder in een vloeistof (een slurry), die in een poreuze mal wordt gegoten of gepompt. Door filtratie zet het te vormen produkt zich af tegen de wand van de gietvorm. Op deze wijze kunnen ondermeer holle produkten worden gemaakt zonder dat een kern in de vorm aanwezig is. Slibgieten is uitermate geschikt voor relatief grote holle produkten zonder nauwe toleranties (zoals sanitaire toepassingen en serviesgoed)
Vormgeving van produkten is ook mogelijk door aan poeder organische stoffen toe te voegen zodat een plastische massa ontstaat die gemakkelijk in de gewenste vorm kan worden gebracht door bijvoorbeeld extrusiepersen en PIM. Bij extrusiepersen wordt deze plastische massa onder druk uit een mondstuk gespoten. Hierdoor kunnen op eenvoudige wijze grote hoeveelheden staaf of buis worden geproduceerd. Het groene extrusieprodukt kan verder machinaal worden bewerkt tot een produkt.
De sintertechniek maakt gebruik van een droogpers of een isostatische perstap gevolgd door een sinterstap. De produkten met een eenvoudige geometrie zullen via sinteren gemaakt worden en de complexere produkten via PIM. Indien mechanische eigenschappen, oppervlakte-ruwheid of toleranties van belang zijn, kan ook voor eenvoudige geometrieën voor PIM worden gekozen. PIM behaalt ook bij keramiek betere materiaaleigenschappen dan de conventionele sintertechniek.

Praktijkvoorbeeld

Keramische PIM-produkten zijn vooral interessant voor die branches waarin slijtvaste en corrosievaste onderdelen met nauwe toleranties veelvuldig worden toegepast, zoals bijvoorbeeld in de apparatenbouw. Keramiek kan de standtijd van produkten verbeteren terwijl spuitgieten een kosteneffectieve manier is om grote aantallen produkten te produceren. Het navolgende voorbeeld beschrijft de ontwikkeling van een PIM-onderdeel voor een textielmachine.

Te Strake BV uit Deurne levert aan weefmachinefabrieken en weverijen over de gehele wereld geavanceerde produkten voor onder andere inslagsystemen. Het bedrijf heeft op dit gebied een leidinggevende rol opgebouwd.
Een onderdeel van luchtweef- of waterweefmachines is de garenvoorbereider. In dit gedeelte van de machine komt de draad binnen en wordt, voorafgaande aan het eigenlijke gebruik, op ingenieuze wijze gewikkeld. Een onderdeel van de garenvoorbereider is de zogenaamde opzetschoen. Dit onderdeel verzorgt het transport van het garen in de garenvoorbereider. Omdat de opzetschoen blootstaat aan grote versnellingen is de massa van dit onderdeel van groot belang. Bovendien moet door de abrasieve werking van garen dit onderdeel zo slijtvast mogelijk zijn. Ook aan het oppervlak van de opzetschoen worden eisen gesteld. Een te ruw oppervlak zal het garen beschadigen terwijl bij een te glad oppervlak de transportfunctie van de opzetschoen niet naar behoren wordt uitgevoerd. Deze overwegingen hebben geleid tot een opzetschoen die is uitgevoerd als een precisie-gietonderdeel van aluminium. Dit onderdeel ondergaat een polijstbehandeling en vervolgens wordt het onderdeel hardverchroomd en tenslotte volgen nog enige polijstbehandelingen om een geschikte oppervlaktegesteldheid te verkrijgen. Dit produkt is in de praktijk getest. Bij gebruik van bepaalde type garens is toch slijtage van de opzetschoen opgetreden. Uiteindelijk leidt deze slijtage tot beschadiging van de garens.
Te Strake zocht een alternatief in de toepassing van nieuwe materialen en op dat moment is de samenwerking met het Keramisch Research Centrum van Hoogovens Groep BV ontstaan. Het Centrum heeft zowel kennis op het gebied van materialen als op het gebied van vormgevingstechnologiën. Keramiek als materiaal voor de opzetschoen leek met het oog op de voornaamste produkteisen namelijk licht in gewicht en slijtvast een goede keuze. De vorm van de opzetschoen en de seriegrootte maakten produktie door middel van PIM voor de hand liggend. Doordat reeds PIM-ervaring was opgebouwd met de materialen aluminiumoxyde en zircoonoxyde zijn slijtproeven op proefplaatjes van deze materialen uitgevoerd. In een proefopstelling is een lange band siliciumcarbide schuurpapier met een zekere kracht over de proefplaatjes heen getrokken. Het resultaat van de slijtproef is weergegeven in figuur 3. Deze figuur laat zien dat zircoonoxyde het beste bestand is tegen dit type belasting. Bovendien bleek de oppervlaktegesteldheid van zircoonoxyde aan de gestelde eisen te voldoen. De dichtheid echter van dit materiaal maakte het aanbrengen van massabesparende gaten in het conventionele ontwerp noodzakelijk. Bovendien moest het produkt voor spuitgieten geschikt worden gemaakt. Het uiteindelijke spuitgietprodukt tezamen met het oorspronkelijke produkt zijn weergegeven in figuur 4.



Figuur 4. Het oorspronkelijke produkt (links) en het zirconia-(CIM) produkt.

De zirconiaopzetschoen is in de praktijk getest en blijkt zeer goed te voldoen.
Inmiddels is het produkt in produktie genomen. Het succes van deze toepassing is mede bepaald door een heel ander aspect: de prijs!
Het oorspronkelijke produkt in aluminium was relatief duur vanwege de nabewerkingen die het moest ondergaan zoals hardverchromen en polijsten. Het keramische produkt voldoet zonder nabewerkingen aan alle gestelde eisen en is zodoende met PIM aanzienlijk goedkoper te produceren, dus niet alleen de standtijd van de opzetschoen is belangrijk verbeterd maar ook de kosten van het produkt zijn drastisch verlaagd.

Literatuur

[1] German R.M.; Powder Injection Molding; Metal Powder Industries Association, Princeton, 1990.
[2] Materiaalkeuze in de Werktuigbouwkunde; Stam Technische boeken BV, Culemborg, 1978.
[3] Metalelektro Profiel, Vereniging FME, 14(1994)7, pp. 26-27.

Noot

De auteurs zijn werkzaam op het Keramisch Research Centrum van Hoogovens. Zij houden zich bezig met de technische en commerciële ontwikkeling van Powder Injection Moulding.

Microfiltratie

C.J.M. van Rijn en W. Nijdam

Microzeven

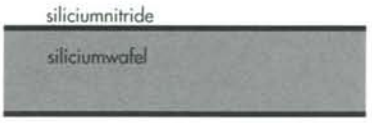
Recente ontwikkelingen in de micromechanica maken het mogelijk miniatuurelementen te maken, zoals druk- en flowmeters, inkjet-nozzles, kleppen, vloeistofkanalen, verwarmingselementen, micropompen, mengers, microtandwielen en zelfs miniatuurkoelers. De revolutie van de micromechanica is mogelijk gemaakt door het gebruik van dunnefilm- en fotolithografische technieken die oorspronkelijk waren bedoeld voor de fabricage van elektronische componenten. In de micromechanica wordt tevens dankbaar gebruik gemaakt van de uitstekende mechanische eigenschappen van materialen die van oudsher in de halfgeleiderindustrie gebruikt worden, zoals silicium, siliciumnitride, aluminiumoxyde, etc. Siliciumnitride is één van de hardste materialen na diamant, de treksterkte van silicium en siliciumnitride is hoger dan van roestvaststaal, terwijl de elasticiteitconstantes van vergelijkbare grootte zijn. We zullen laten zien dat deze materialen ook gebruikt kunnen worden voor het met grote precisie maken van dunne maar zeer robuuste microzeven.

Fabricage

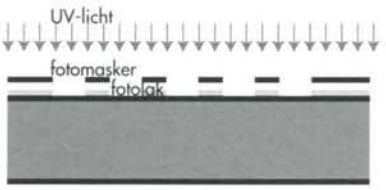
De constructie van een microzeef begint met het aanbrengen van een zeer dunne uniforme laag, bijvoorbeeld siliciumnitride met een dikte van 1 μm, op een zeer vlakke drager, bijvoorbeeld een siliciumplak met een dikte van 380 μm en een oppervlakteruwheid kleiner dan 10 nm. Het siliciumnitride wordt gegroeid door een reactie van de gassen silaan en ammoniak op de drager bij een lage druk en een verhoogde temperatuur (800°C); zie figuur 1. Dit proces heet Low Pressure Chemical Vapour Deposition.

Vervolgens wordt een zeer dunne uniforme fotogevoelige laag met een dikte van ongeveer 1 μm op het oppervlak aangebracht door middel van 'spin coating'. In deze fotogevoelige laag wordt een patroon afgebeeld en na het ontwikkelen wordt dit patroon gebruikt als een etsmasker om het patroon ook in de laag siliciumnitride aan te brengen, zie figuur 2. Door de hulp in te roepen van reactieve ionen, het zogenaamde droog etsen, kan dit heel nauwkeurig geschieden. Hiertoe wordt bij verlaagde druk in een etskamer een plasma gemaakt met behulp van een elektrisch veld van 13,56 Mhz en 50 Watt door een gasontlading van bijvoorbeeld SF_6 en O_2. In het plasma ontstaan daarbij fluorradicalen die gasvormige verbindingen aangaan met het siliciumnitride, zoals siliciumfluoridegas dat vervolgens wordt afgepompt. Variaties in de samenstelling van het gasmengsel geven de mogelijkheid om zowel anisotroop (met rechte wanden naar beneden) als ook isotroop (met onderetsing van het masker) te etsen. In dit geval wordt de membraanlaag anisotroop geëtst, zie figuur 3.

Nadat eerst een etsmasker is aangebracht worden vervolgens via de achterzijde grote openingen in de drager geëtst. De drager van monokristallijn

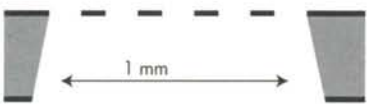


Figuur 1. Een siliciumplak met daarop en siliciumnitridelaag gegroeid, vormt de basis van de microzeef.

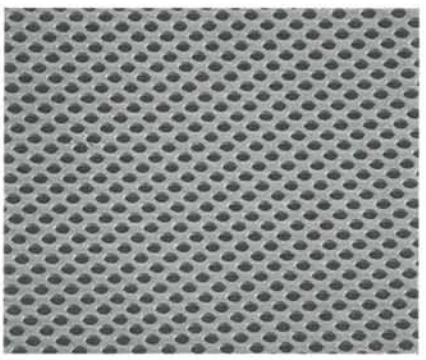


Figuur 2. Op de siliciumnitridelaag wordt een laag fotolak aangebracht, die met UV-licht alleen belicht zal worden op die plaatsen waar het fotomasker lichtdoorlatend is.

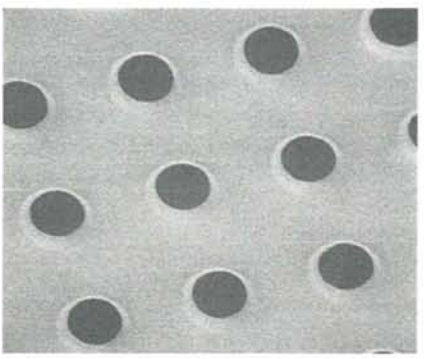
Figuur 3. Door middel van droog etsen wordt het patroon dat in de fotolak staat in het siliciumnitride recht naar beneden geëtst. Daarna wordt de fotolak verwijderd.



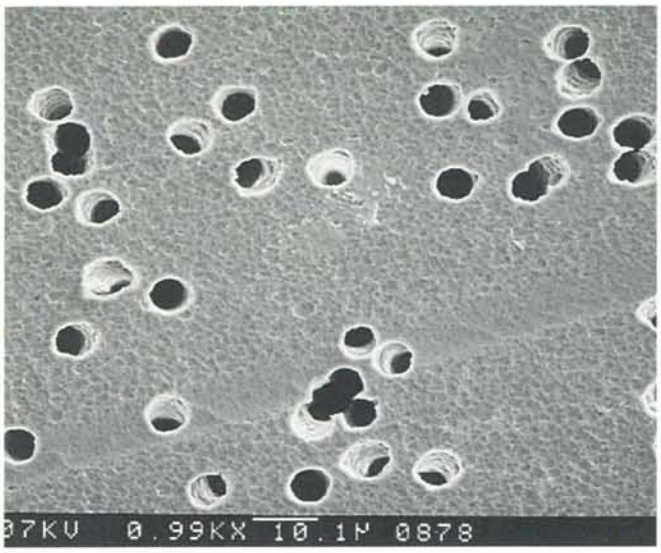
Figuur 4. Nadat ook de achterkant van de plak belicht is met een patroon, wordt ook hier met droog etsen het siliciumnitride weggeëtst. Het dan vrijliggende silicium wordt vanaf de achterkant met KOH weggeëtst. Hierdoor komt de microzeef vrij te hangen.



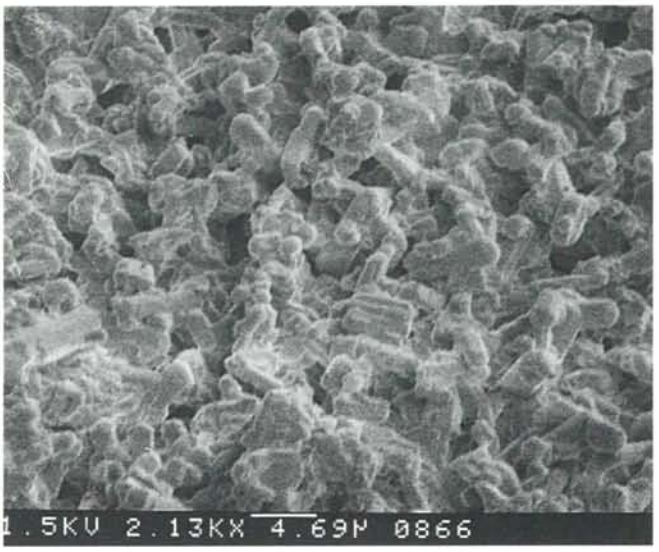
Figuur 5. Een SEM foto (gemaakt met behulp van een elektronenmicroscoop) van een microzeef. De poriën hebben een doorsnede van ongeveer 5 μm.



Figuur 6. Detail opname van figuur 5. Duidelijk is het gladde oppervlak te zien.



Figuur 7. Een SEM foto van een 'track etched' polymeerfilter waarin de gaten met behulp van een ionenbombardement (een "random" proces) zijn gemaakt.



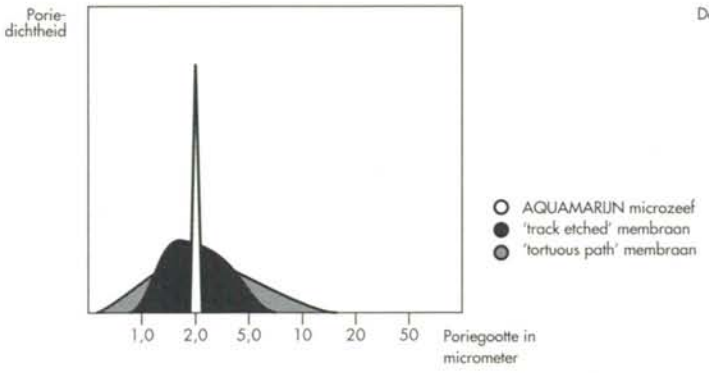
Figuur 8. Een SEM foto van een 'tortuous path' filter met een zeer grillige poriestructuur.

silicium kan heel goed via de <111> - kristalvlakken worden geëtst in een geconcentreerde KOH oplossing bij 70°C, zie figuur 4. Dit levert een drager op met zeer gladde wanden.
Het is mogelijk relatief stevige zeven te realiseren op een drager met openingen van 1 x 1 mm, waarbij de membraanlaag slechts éénduizendste millimeter dik is.

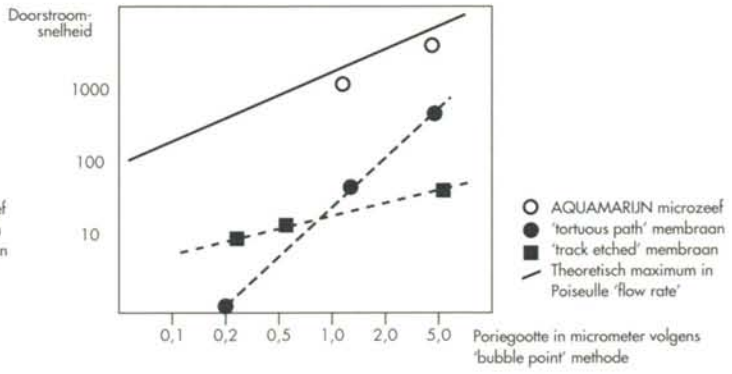
Eigenschappen

De microzeven (zie figuren 5 en 6) hebben in vergelijking met de bestaande microfiltratiemembranen (zie figuren 7 en 8) onder andere het grote voordeel dat de poriegrootte nauwkeurig is in te stellen (tussen 0,2 en 20 μm), waarbij de variatie in poriewijdte kleiner is dan 0,1 μm (zie ook figuur 9).

De filtreerlaag is van verschillende materialen te maken, waaronder siliciumnitride een materiaal met een zeer hoge treksterkte en chemisch inert of metalen zoals chroom, aluminium of titanium (een biocompatibel materiaal). Daarbij is de filtreerlaag optisch vlak en daarmee bij uitstek geschikt voor 'cross flow' toepassingen. Het is duidelijk dat een microzeef in vergelijking met andere filters een zeer klein contactoppervlak met de vloeistof heeft. Daardoor zal er nauwelijks eiwitadsorptie optreden, wat een microzeef zeer geschikt maakt voor biotechnologische toepassingen. Omdat ook de oppervlakteruwheid minder is dan enkele nanometers bestaat er nagenoeg geen kans op celbeschadiging, hetgeen belangrijk is voor medische of diagnostische toepassingen.
De filtreerlaag is uiterst dun (zeker 10 maal dunner dan de huidige filters), waardoor de doorstroomsnelheid (flow rate) ten minste 20 maal hoger is dan van de huidige kunststoffilters en ten minste 100 maal hoger dan van de huidige keramische, zie figuur 10.
Door de gebruikte materialen zijn de membranen opnieuw te gebruiken en steriliseerbaar tot zeer hoge temperaturen, omdat het siliciumnitride temperaturen van 800 °C kan weerstaan.



Figuur 9. De poriegrootteverdeling van een microzeef, een 'track etched' membraan en een 'tortuous path' membraan.



Figuur 10. De doorstroomsnelheid in ml/min/cm² bij 0,7 bar als functie van de poriegrootte voor een microzeef, een 'track etched' membraan en een 'tortuous path' membraan.

Membraansterkte

We zullen hier kort ingaan op de berekening van de maximaal toelaatbare druk en de daarbij behorende doorbuiging van een vierkant membraan.
Met het principe van de 'virtuele arbeid' heeft Timoshenko [3, 4] het verband uitgerekend tussen de doorbuiging ω_ε in het midden van een vierkant membraan, de gemiddelde trekspanning σ_ε in dat midden en de aangelegde druk P. Dit verband wordt gegeven door:

$$P = \frac{\pi^4 h \sigma_\varepsilon}{8a^2}\omega_\varepsilon \qquad (1)$$

waarin h de dikte van het membraan is en a de lengte van een zijde.
Timoshenko [5] toont eveneens dat:

$$\sigma_\varepsilon = \frac{E}{(1-\nu^2)}\varepsilon = \frac{E}{(1-\nu^2)}1{,}848\frac{\omega_{\varepsilon^2}}{a^2} \qquad (2)$$

met ε de rek in het midden van de membraan, E de elesticiteitsmodulus en ν de constante van Poisson.

Formule (2) kan ook als volgt worden geschreven:

$$w_\varepsilon = a\sqrt{\frac{(1-\nu^2)}{1{,}848\,E}\cdot\sigma_\varepsilon}. \qquad (3)$$

Ingevuld in (1) geeft dit:

$$P = \frac{\pi^4 h}{8a}\sigma_\varepsilon\sqrt{\frac{(1-\nu^2)}{1{,}848\,E}\cdot\sigma_\varepsilon} = 9{,}957\frac{h}{a}\sqrt{\frac{(1-\nu^2)}{E}\cdot\sigma_\varepsilon^3}. \qquad (4)$$

Als gevolg van het fabricageproces van de membraan wordt deze reeds belast door een voorspanning (trek) σ_0. De totale spanning bedraagt dus $\sigma_0 + \sigma_\varepsilon$, die gelijk of kleiner moet zijn dan de toelaatbare trekspanning σ_s van het membraanmateriaal, dus

$$\sigma_0 + \sigma_\varepsilon \le \sigma_s,\ of\ \sigma_\varepsilon \le \sigma_s - \sigma_0$$

De maximaal toelaatbare druk P_{max} kan nu worden gevonden uit (4):

$$P_{max} = 8{,}957\frac{h}{a}\sqrt{\frac{(1-\nu^2)}{E}\cdot(\sigma_\varepsilon - \sigma_0)^3}$$

en de maximum doorbuiging uit (3):

$$w_{max} = a\sqrt{\frac{(1-\nu^2)}{E}\cdot\sigma_s}.$$

Uit recente data [6, 7] blijkt dat in een siliciumnitride membraan met een dikte van h = 1 μm en de lengte van een zijde a = 1000 μm de voorspanning σ_o varieert tussen $0{,}8\cdot10^8$ en $1{,}6\cdot10^8$ Pa. Voor de toelaatbare trekspanning σ_s kiezen we $3\cdot10^9$ Pa (deze waarde is wel afhankelijk van de homogeniteit van het materiaal).
Kiezen we verder voor de materiaalconstantes van siliciumnitride de elasticiteitsmodulus $E = 2{,}5\cdot10^{11}$ Pa [6], $\sigma_o = 1{,}2\cdot10^8$ Pa en $\nu = 0{,}3$, dan vinden we uit (1) en (4):

$$w_{max} = 0{,}075a$$

en

$$P_{max} = 2{,}7\cdot10^9\frac{h}{a}$$

Membraansterkte

Keramiek wordt toegepast op plaatsen waar hittevastheid en chemische inertheid nodig zijn, maar het heeft het nadeel dat het niet breukvast is. Voor een vierkant keramisch membraan geldt dat de maximaal toegestane druk P_{max} wordt aangegeven door (zie het kader voor een uitgewerkte afleiding):

$$P_{max} = 2{,}7\cdot10^9\frac{h}{a}$$

De daarbij behorende maximale doorbuiging W_{max} van het midden van het membraan is dan gelijk aan:

$$w_{max} = 0{,}075a$$

Dit betekent dat een siliciumnitride membraan met een dikte h = 1 μm en een grootte van a x a = 1000 x 1000 μm maximaal belast zou kunnen worden met een druk van $2{,}7.10^6$ Pa (= 27 bar). De maximaal toelaatbare druk ligt in de praktijk lager, onder andere door inhomogeniteiten in het siliciumnitride die voor een lagere maximum treksterkte σ_s zorgen.
Daarnaast zijn bij de bepaling van de maximum druk aannames gemaakt die wel gelden voor een rond, maar niet voor een vierkant membraan. Dit is bijvoorbeeld het geval voor de plaats waar de maximum spanning optreedt. Deze ligt bij een rond membraan in het midden, maar bij een vierkant membraan blijkt deze in het midden van elke zijde aan de rand van het membraan te liggen. Dit kan echter alleen door computersimulaties aangetoond worden en het voert te ver om hierop in te gaan.
Ook is bij deze berekening alleen uitgegaan van een trekspanning die zich in het membraan uniform verdeelt over de totale laagdikte. Wanneer op het membraan een druk wordt aangelegd, zal er ook een buiging van het membraan optreden die het sterkst is aan de randen en in het midden van het membraan. Dit resulteert in een sterke spanningsvariatie dwars op het membraanoppervlak. In de praktijk wordt daarom bij de gegeven afmetingen een veel lagere belastbaarheid tot enkele bars gevonden.

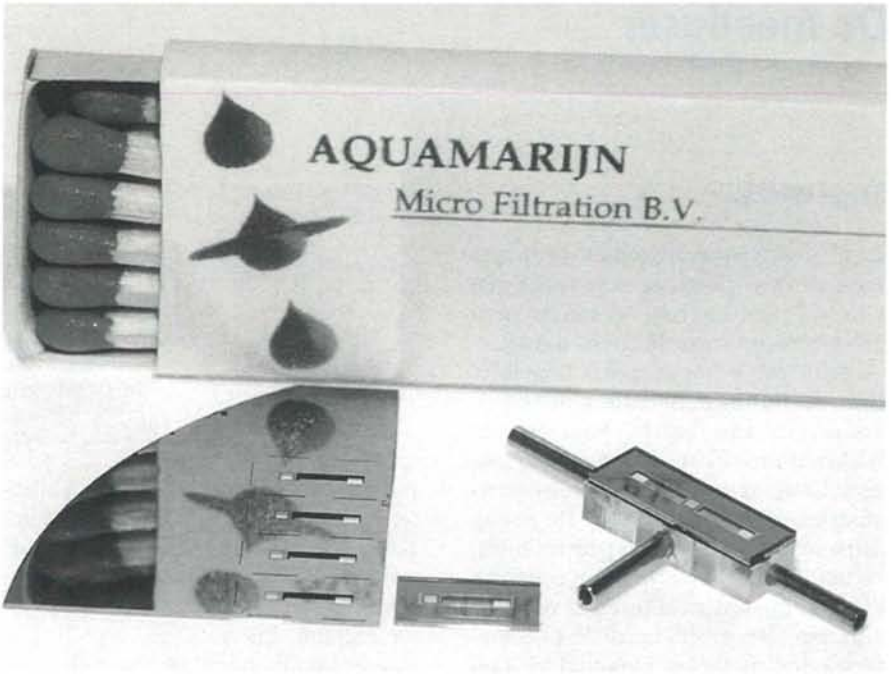
Toepassingen

De microzeven zijn compatibel met en integreerbaar in bestaande IC- produktieprocessen en daarom zeer geschikt voor microelektronische sensortoepassingen. Door hun hoge doorstroomvermogen zijn ze zeer effectief in Micro Liquid Handling Devices en micro analysesystemen, waar kleine oppervlakken een absolute noodzaak zijn.
De microzeven lenen zich ook zeer goed als substraat voor het aanbrengen van allerlei dunne ultrafiltratie- of gasscheidende lagen –met laagdiktes tussen 10 en 1000 nanometer– in de poriën van de microzeef.

Momenteel worden de microzeven onderzocht op toepassing voor steriele filtratie, absoluutfiltratie, leukocyt(bloed)-filtratie en cel-cel scheidingstechnieken. Het is mogelijk om een biocompatibele microzeef toe te passen in een sensor die in contact staat met bloed. Het filter kan dan dienen als scheidingswand tussen de sensor en het bloed die de bloedlichaampjes tegenhoudt. Het bloedplasma kan dan zonder veel stromingsweerstand in contact komen met een elektrode van de sensor.

Toepassing in een Micro Totaal Analyse Systeem

Een andere toepassing waarin het microzeefje toegepast zal worden, is in het Micro Totaal Analyse Systeem (μTAS). Het μTAS is een zeer klein modulair opgebouwd systeem omvattende micromechanische modules met klepjes, mixers, pompjes, reageerkamertjes, etc. voor het manipuleren van vloeistoffen en gassen. Op zeer nauwkeurige en reproduceerbare wijze kunnen zo zeer kleine hoeveelheden vloeistof (microliter bereik) gemanipuleerd worden. Worden deze elementen gecombineerd met optische of biochemische sensoren, dan kan op miniatuurschaal een compleet chemisch analysesysteem worden gemaakt. In zo'n systeem kunnen de verschillende elementen ofwel monolithisch (op één siliciumchip) ofwel hybride (op verschillende chips) worden geïntegreerd.
Een dergelijk systeem met zeer kleine toevoerkanalen en beweegbare delen is zeer gevoelig voor uitvlokking van reagentia, aanwezigheid van stofdeeltjes, coagulatie van deeltjes of cellen, etc. Belangrijk hierbij is dat vanaf het begin tot het einde van de analyse het preparaat gefiltreerd wordt zonder dat dit veel invloed heeft op het resultaat of de analysesnelheid.
Het is duidelijk dat hierin de genoemde microzeven vanwege hun eigenschappen, zoals een hoge doorstroomsnelheid en een lage eiwitadsorptie, toegepast zullen gaan worden. Het maken van de zeven is zelfs integreerbaar met de vervaardiging van de modulaire bouwblokken, omdat voor beide dezelfde silicium micromachining technologie wordt toegepast.



Afbeelding (linksonder) van een deel van een siliciumplak waarin vier microzeven zijn te onderkennen. Rechts daarvan worden een enkel exemplaar en één in gemonteerde toestand getoond.

Toepassing in een fractioneringssysteem voor deeltjes op grootte

Een andere toepassing betreft het maken van een fractioneringssysteem voor deeltjes of cellen op grootte voor biotechnologische en microbiologische toepassingen. Het fractioneringssysteem omvat onder meer een aantal microzeven met verschillende poriegrootten geïntegreerd op één siliciumchip. Hierdoor wordt het fractioneren en manipuleren mogelijk van zeer kleine preparaten met deeltjes van een verschillende grootte, bijvoorbeeld virussen, bacteriën of ééncelligen.

Auteursnoot
Dr. C.J.M. van Rijn is eigenaar, alsmede hoofd research & development van Aquamarijn en heeft ervaring in theoretische en experimentele natuurkunde VU Amsterdam (1974-82) en fysische chemie RU Leiden (1982-86).
Speciale expertise op het gebied van halfgeleidertechnologie, physische en chemische opdamptechnieken, natte en droge etstechnieken Philips Eindhoven (1987-1990). Goed overzicht van anorganische membraan-filtratietechnieken (1991-1994). De Universiteit Twente is toonaangevend in de wereld en heeft uitstekende research & development faciliteiten op het MESA instituut, met name voor 'silicium micromachining'.

W. Nijdam is student elektrotechniek aan de Universiteit Twente en is als afstudeerder verbonden aan de firma Aquamarijn.

Literatuur
[1] P.W. Bach; Mechanische aspecten bij het ontwerpen en construeren met keramiek; Mikroniek 33(1993)3, p. 88-92
[2] C.J.M. van Rijn and M.W. Elwenspoek; Micro Filtration Membrane Sieve with Silicon Micro Machining for Industrial and Biomedical Applications, proceedings MEMS '95.
[3] S.P. Timoshenko and J.M. Gere; Mechanics of Materials; Chapman & Hall 1991
[4] S.P. Timoshenko and S. Woinowsky-Krieger; Theory of Plates and Shells; McGraw-Hill, New York 1959, ch 12
[5] S.P. Timoshenko and S. Woinowsky-Krieger, Theory of Plates and Shells; McGraw-Hill, New York 1959, p.420
[6] V.L. Spiering; S. Bouwstra, J.F. Burger and M. Elwenspoek; J. Micromech. Microeng., 1993(3), p.243-246
[7] P. Scheeper; A Silicon Condenser Microphone; Thesis, University Twente, The Netherlands, 1993

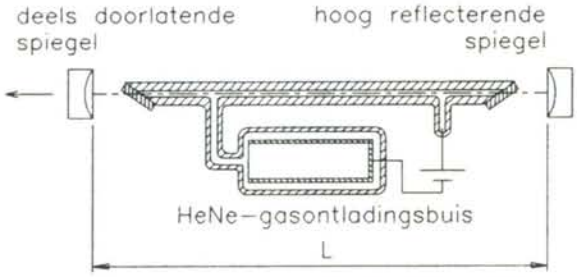
Kalibreren op nanometerniveau

De meetlaser

Serge Wetzels

In de precisiemeettechniek probeert men alsmaar de grenzen te verleggen van wat meetbaar is. Met opnemers gebaseerd op capacitieve of inductieve principes is het mogelijk ongelofelijke resoluties te bereiken, denk bijvoorbeeld aan ruwheidstasters en AFM(Atomic Force Microscope)-tasters. Lengtes in de orde van atoomafstanden zijn al meetbaar. De vraag blijft echter wat men nu precies meet, en hoe de microvolts of microampères die deze opnemers afgeven te vertalen zijn naar een meetwaarde in millimeters, micrometers of nanometers. Om dit te achterhalen is een kalibratieprocedure noodzakelijk. Het instrument dat dit mogelijk maakt, de meetlaser, wordt hier beschreven.

Bij een kalibratie moet op twee zaken worden gelet: de herleidbaarheid en de nauwkeurigheid van de procedure.
Herleidbaarheid houdt in dat een kalibratie eenduidig is terug te voeren naar de standaard, en resultaat van een kalibratie moet uit te drukken zijn in een afwijking ten opzichte van de standaard.
Voor lengtemetingen is de standaard sinds 1983 gedefinieerd als de golflengte van een jodiumgestabiliseerde helium-neon(HeNe)-laser. Alle lengtemeetinstrumenten zijn, indien ze herleidbaar zijn, via één of meer kalibraties terug te voeren naar deze standaard.
Het tweede aspect waar bij een kalibratie op gelet moet worden is de nauwkeurigheid. De opbouw en uitvoering van de procedure moeten zodanig zijn dat er een zinnige uitspraak gedaan kan worden over de te verwachten nauwkeurigheid van het instrument. De standaard waartegen gekalibreerd wordt is daarbij altijd nauwkeuriger dan het instrument dat gekalibreerd wordt, aangezien elke vergelijkingsmeting meetfouten met zich meebrengt. Hieruit volgt dat een kalibratie nauwkeuriger is naarmate minder meetstappen tussen de standaard en het te kalibreren instrument aanwezig zijn. Het beste zou daarom een directe kalibratie tegen de laserlengtestandaard zijn. Dit wordt echter bemoeilijkt doordat de standaard de vorm heeft van een lichtbron met een vaste golflengte, terwijl lengtemeetinstrumenten verplaatsingen meten. Een directe koppeling is daardoor niet mogelijk.
Om toch zo direct mogelijk deze koppeling te kunnen maken is een kalibratieinstrument ontworpen: de meetlaser.



Figuur 1. Schematische weergave van een laserresonator.

Het basisprincipe

Doel van de meetlaser is het mogelijk maken van kalibraties met subnanometerresolutie over een bereik van 10 μm. Ten grondslag aan dit instrument ligt de HeNe-laser.

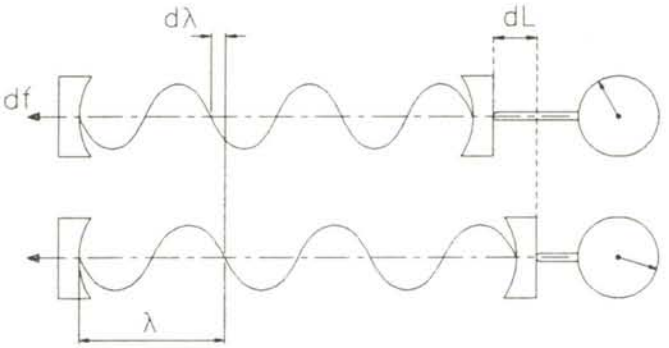
In figuur 1 is schematisch de opbouw van een HeNe-laser weergegeven. De laser bestaat uit een laserbuis en twee spiegels. De laserbuis is gevuld met de gassen helium en neon, welke onder invloed van een gasontlading licht uitzenden. De spiegels vormen een resonator waarin een deel van het uitgezonden licht gevangen en versterkt wordt. Doordat één van de spiegels deels doorlatend is, kan de resonator licht uitzenden.
De versterking in de laser is van een bijzondere soort omdat fase, richting en frequentie van het licht behouden blijven. In de resonator, met lengte L, is het licht daarom te beschouwen als een staande golf waarvan de knooppunten zich op de spiegels bevinden. Voor de golflengte geldt dan het volgende verband:
$L = k.\lambda/2$.
Binnen de resonatorlengte bevinden zich een geheel aantal, k, halve golflengtes $\lambda/2$. Voor de frequentie f van de laser volgt dan:

$$f = k.c / (2.L). \quad (1)$$

Hierbij is gebruik gemaakt van de relatie $f \cdot \lambda = c$.
Indien de resonatorlengte verandert, past de golflengte zich aan opdat de golf nog steeds tussen de spiegels past. Het verband tussen de verandering van de resonatorlengte dL en frequentieverandering df is uit vergelijking 1 af te leiden en luidt:

$$df / f = - dL / L. \quad (2)$$

Er bestaat een lineair verband tussen frequentie en resonatorlengte. Aan de hand van de meting van de frequentieverandering is het dus mogelijk de verandering van de resonatorlengte te bepalen. Dit verband geldt voor elke laser. In de meetlaser wordt hiervan echter bewust gebruik gemaakt om een instrument te kalibreren, zoals in figuur 2 wordt getoond.
De resonatorlengte wordt veranderd door één van de spiegels te verplaatsen, bijvoorbeeld met een piëzoactuator. Deze verplaatsing kan dan gemeten worden door het te kalibreren instrument, en wordt vergeleken met de optredende frequentieverandering. Dankzij de zeer hoge frequentie van de laser van $4.7 \cdot 10^{14}$ Hz zijn de frequentieveranderingen ook zeer groot. Uit vergelijking 2 volgt dat een laser met een resonatorlengte van 100 mm, per nm spiegelverplaatsing 5 MHz frequentieverandering geeft. Met een kleinst meetbare frequentieverandering van 100 kHz is aldus een resolutie in de lengtemeting mogelijk van 0,02 nm!



Figuur 2. Koppeling van frequentieverandering aan spiegelverplaatsing.

De meetopstelling

De gehele meetopstelling is in figuur 3 weergegeven. De uitlezing van de, in dit geval, te kalibreren sensor wordt met de frequentieverandering van de meetlaser vergeleken. Om de frequentie van de meetlaser te kunnen meten wordt deze met de bekende en uiterst stabiele frequentie van een jodiumgestabiliseerde HeNe-standaardlaser gemengd. Uit dit mengsignaal is dan de verandering van de frequentie van de meetlaser te bepalen met behulp van een fotodiode en een frequentieteller. Door het opnemen van de lengtestandaard in de meetopstelling is de meting direct herleidbaar naar deze standaard.

De constructie

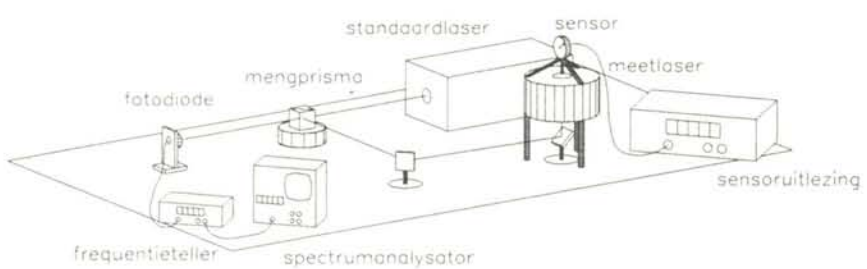
Zoals in het voorgaande is uitgelegd wordt aan de hand van een frequentiemeting berekend wat de verplaatsing van de meetspiegel is, welke ook door het te kalibreren instrument wordt gemeten. Het is daarom van groot belang dat de frequentie alleen verandert door verplaatsing van de meetspiegel en niet door andere oorzaken zoals drift van de resonatorconstructie. Aangezien gestreefd wordt naar een meetnauwkeurigheid van beter dan één nanometer, moet de stabiliteit van de constructie ook van een dergelijk hoog niveau zijn (binnen een meetduur van enkele minuten). Hierbij is vooral de afstand tussen de twee laserspiegels van belang omdat deze de laserfrequentie bepaalt. Uitzettingseffecten moeten minimaal blijven. In het exploded view van figuur 4 wordt getoond hoe dit is bereikt.

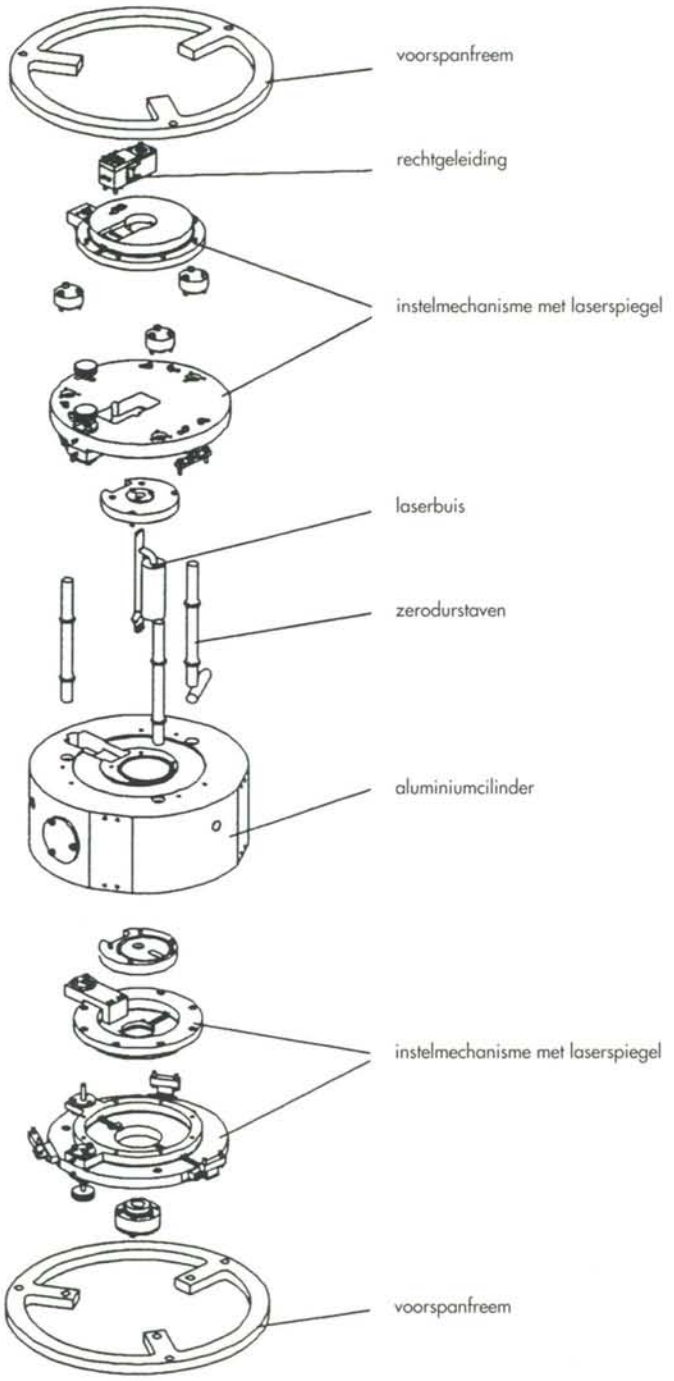
De laserbuis is centraal in een aluminiumcilinder (∅ 200 mm) gemonteerd. De laserbuis dissipeert een vermogen van ongeveer 8 W. Door de goede geleiding van het aluminium wordt deze warmte gelijkmatig over de constructie verdeeld zodat temperatuurgradiënten, die vervorming van de constructie veroorzaken, minimaal zijn. De grote warmtecapaciteit van de cilinder zorgt voor een traag verloop van eventuele temperatuurvariaties waardoor een stabiele situatie gedurende de metingen gewaarborgd is. Om een goede warmteoverdracht tussen laserbuis en cilinder te verkrijgen, is de ruimte tussen buis en cilinder gevuld met transformatorolie.

Aan de onder- en bovenkant van de cilinder bevinden zich de instelmechanismen voor de laserspiegels. De laser kan namelijk alleen functioneren indien de spiegels zeer nauwkeurig ($\pm 10^{-5}$ rad) op elkaar zijn uitgericht. Voor dit doel zijn elastische instelmechanismen ontworpen waarmee beide spiegels om twee loodrechte assen over een hoek van 9 millirad instelbaar zijn. De bediening geschiedt met differentiaalschroeven met een effectieve spoed van 0,07 mm. Beide instelmechanismen worden op afstand gehouden door drie zerodurstaven. De mechanismen zijn van aluminium waardoor thermische vervorming minimaal zal blijven. Met het oog op uitzetting van deze mechanismen is ervoor gezorgd dat de spiegels in hetzelfde vlak zijn gemonteerd als de oplegpunten voor de zerodurstaven. Dit is bereikt door de instelmechanismen uit twee delen op te bouwen waarbij het ene deel een gelijke uitzetting vertoont als het andere, echter in tegengestelde richting, waardoor de uitzettingen elkaar compenseren.
In het bovenste instelmechanisme is een rechtgeleidingsmechanisme gemonteerd dat de meetspiegel geleidt over een slag van 10 μm. De geleiding bestaat uit een parallellogrammechanisme met elastische scharnieren en wordt aangedreven door een piëzoactuator.

Essentieel in dit ontwerp is het op afstand houden van de twee laserspiegels. Zerodur is hiervoor een zeer geschikt materiaal vanwege de lage uitzettingscoëfficiënt. Het is echter duur, moeilijk te bewerken en heeft een slechte warmtegeleiding. De beste manier om het toe te passen is danook in de vorm van staven. Het probleem bij de keuze voor zerodur is echter de koppeling met de rest van de constructie, omdat het grote verschil in uitzetting tussen zerodur en de overige constructiematerialen een stabiele klemming zeer moeilijk maakt. Daarom is gekozen voor een oplegging van de staven op kogels, die in de instelmechanismen zijn aangebracht. Elke oplegging legt echter maar één vrijheidsgraad vast, waardoor de afstand tussen beide instelmechanismen wel

Figuur 3. Overzicht van de kalibratiemeetopstelling.





Figuur 4. Overzicht van de meetlaser.

vastligt, maar de constructie nog niet bepaald is. De instelmechanismen aan weerszijde van de cilinder zijn daarom met behulp van bladveren aan de cilinder verbonden. Het bovenste mechanisme is via drie ingesnoerde bladveren volledig in 6 vrijheidsgraden aan de cilinder verbonden, het onderste mechanisme is via drie omgevouwen bladveren met de cilinder verbonden. Hierdoor zijn slechts drie graden van vrijheid vastgelegd. De overblijvende drie worden vastgelegd door de drie zerodurstaven die tussen de beide instelmechanismen zijn geklemd. De voorspanning voor de klemming wordt verzorgd door twee freems met veren ertussen.

Samenvattend kan worden gesteld dat door het gebruik van zerodurstaven in combinatie met een aluminiumconstructie met bladveren is getracht het beste van twee werelden te combineren: enerzijds de axiale stijfheid en stabiliteit van de zerodurstaven, anderzijds de stijfheid van de bladveren in de overige richtingen en de goede geleiding van het aluminium.

De meetlaser wordt op het ogenblik vervaardigd bij de CTD van de Technische Universiteit Eindhoven en zal in februari 1995 gereed zijn. Dan kan met de experimenten begonnen worden en zal moeten blijken hoe nauwkeurig dit instrument werkelijk is.

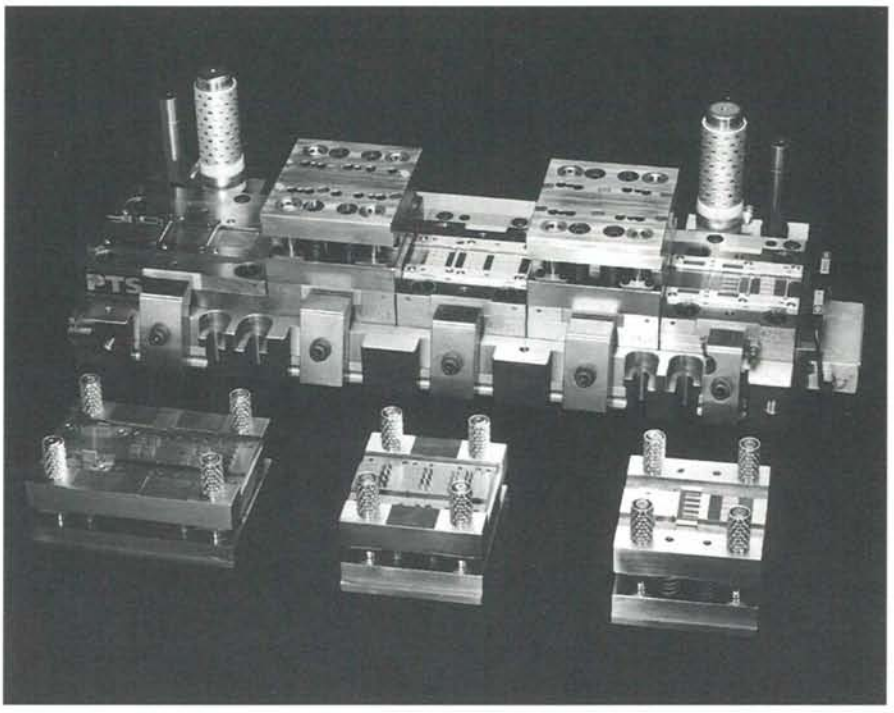
Noot

Ir. S.F.C.L. Wetzels is werkzaam als promovendus op de Technische Universiteit Eindhoven in de groep Precision Engineering van prof.dr.ir. P.H.J. Schellekens.

PTS: met precisie de markt op

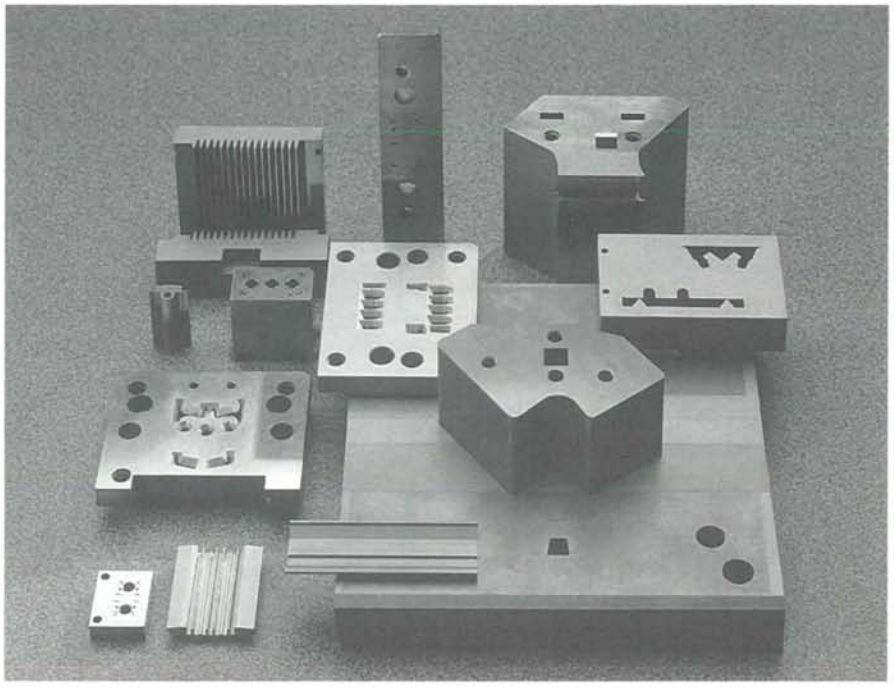
Frans Zuurveen

Bij het woord gereedschap denkt een timmerman aan een hamer, een bankwerker aan een vijl en een monteur aan een steeksleutel. Maar bij PTS in Sittard verstaat men onder gereedschap meestal een volgsnijstempel, zie figuur 1. Grotendeels vervaardigd van hardmetaal, met een precisie ter grootte van enkele micrometers en met de ingewikkeldheid van een dieselmotor kan de prijs van zulk precisiegereedschap oplopen tot een half miljoen gulden. Maar voor de produktie van achthonderd uiterst nauwkeurige "lead frames" voor geïntegreerde schakelingen per minuut is zo'n stempel beslist onontbeerlijk. Als gevolg van de nieuwe wind die door het Philips-concern waait, kan en mag Precision Tooling Services als onderdeel van Philips Components nu ook zijn expertise aan derden ter beschikking stellen. Degenen die problemen hebben met de extreem nauwkeurige bewerking van bijzondere materialen, kunnen hier hun voordeel mee doen.



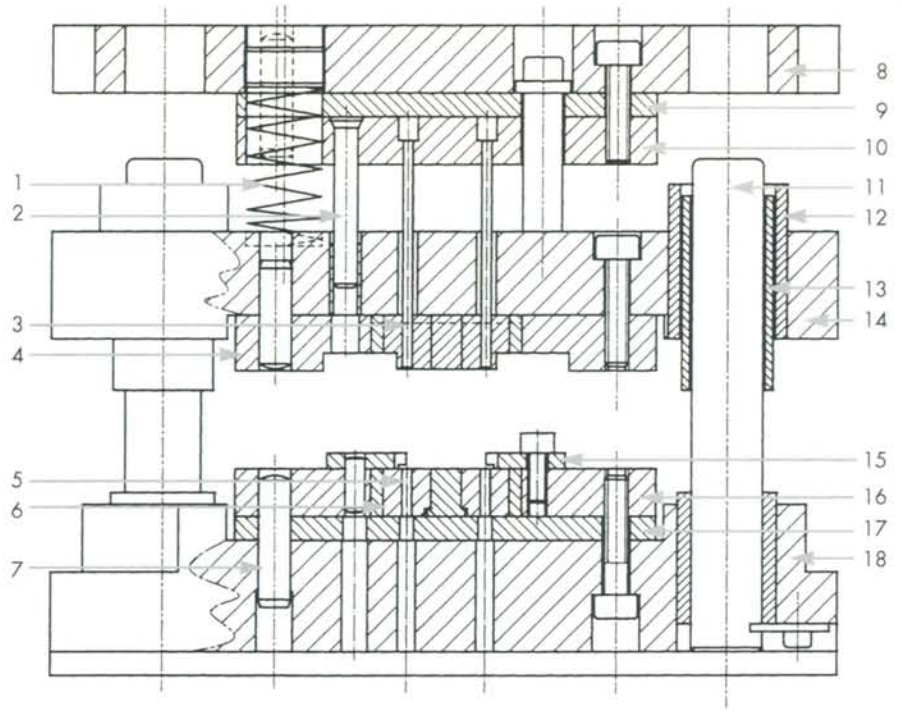
Figuur 1. Een gedeeltelijk gedemonteerd volgsnijstempel.

Figuur 2. Enkele produkten van PTS.



Tot voor kort maakte de gereedschapmakerij van Philips-Sittard bijna uitsluitend gereedschappen voor de produktie van metalen onderdelen voor de Produktdivisie Components. Vandaag de dag opereert die gereedschapmakerij onder de naam PTS dus ook op de externe markt. Onlangs presenteerde PTS zich bij voorbeeld in Utrecht op de VAT-beurs als leverancier van kraal-, dieptrek- en vlakstampgereedschappen, en van meethulpmiddelen en nauwkeurige machine-onderdelen. Op dit moment wordt al 20 % van de omzet buiten de vestiging Sittard behaald. PTS heeft vijftig medewerkers in dienst, waarvan ruim veertig vakmensen die het uitgebreide en kostbare machinepark bedienen in tweeploegen-dienst. Door de goede bezetting van de machines kan een klant rekenen op een gunstige verhouding van prijs en kwaliteit. De interesse van externe klanten wordt

PTS: met precisie de markt op



Figuur 3. Doorsnede door een volgsnijstempel:

1) drukveer, 2) geleidepen, 3) snijder, 4) afstroopplaat, 5) snijprofiel, 6) snijplaat, 7) stelpen, 8) bovenplaat, 9) tussenplaat, 10) draagplaat, 11) leipen, 12) leibus, 13) kogelleibus, 14) leiplaat, 15) bandgeleiding, 16) opsluitplaat, 17) opvulplaat, 18) grondplaat.

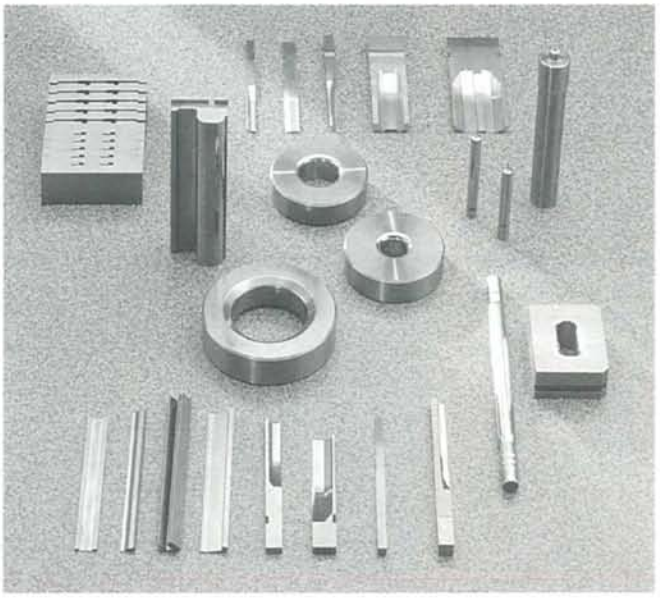
vooral gewekt door de ervaring in hoge precisie, bijzondere materialen en speciale bewerkingen, die PTS in huis heeft, zie figuur 2. Die combinatie is een voorwaarde om nauwkeurige gereedschappen te vervaardigen voor de produktie van hoogwaardige onderdelen voor elektronische componenten. Door de werking van een volgsnijstempel uit te leggen zal dat hierna worden geïllustreerd. Daarbij komen vanzelf de diverse precisietechnologische voetangels en klemmen aan de orde.

Snijders, platen en geleidingen

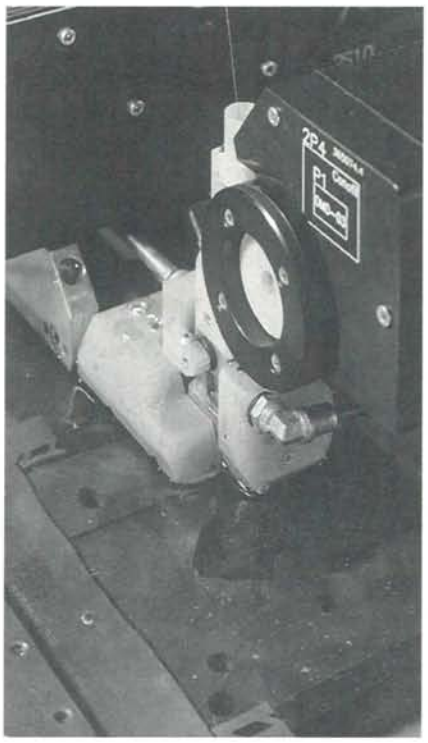
Gemonteerd op een snellopende pers is een volgsnijstempel, zie figuur 3, in staat grote hoeveelheden produkten uit bandvormig plaatmateriaal te stampen. De band wordt daartoe door middel van een opzetmechanisme (dat deel uitmaakt van de pers) langs de verschillende posities in het stempel gevoerd. In de eerste positie wordt de band voorzien van een aantal nauwkeurig gepositioneerde centreergaten, die in de volgende posities worden gebruikt om de band met behulp van centreerpennen (niet getekend) exact op de juiste plaats te brengen ten opzichte van de zogenaamde snijders. Een snijder is een hardmetalen (ook wel gereedschapstalen) "staaf" met scherpe snijkanten, die een doorsnede heeft die gelijk is aan de vorm die uit de band moet worden gestampt, zie figuur 4.

In de achtereenvolgende posities worden daarna uit de band de noodzakelijke uitsparingen gestampt. Eventueel kunnen buigstempels delen van het produkt buigen. Ten slotte is het mogelijk dat het hele produkt uit de band wordt losgestampt. In veel gevallen blijft echter het eindprodukt in de band achter, omdat dan de positionering in volgende produktiestadia makkelijker is.

De precisie die wordt gevraagd van de onderdelen van een volgsnijstempel, hangt nauw samen met de dikte van het bandmateriaal en daarmee van de afmetingen van de snijspleet tijdens het stampproces. De snijspleet is de breedte van de spleet rondom de snijder ten opzichte van de uitsparing in de snijplaat. De snijplaat is de plaat waarop de band tijdens het stampen rust.
Naarmate de snijspleet kleiner is, wordt een fraaiere rechte en scherpe produktrand verkregen. Doorgaans gaat men uit van een snijspleet die 3 à 5 % van de materiaaldikte bedraagt. Bij materiaal van 100 μm is de noodzakelijke snijspleet dus ongeveer gelijk aan 4 μm, met een tolerantie van bijvoorbeeld $\pm$ 1 μm. Er is niet al teveel fantasie no-



Figuur 4. Enkele snijders en andere door PTS vervaardigde precisie-onderdelen.



Figuur 5. Draadvonken.

dig om in te zien dat er met een dergelijke tolerantie bijzonder hoge eisen worden gesteld aan de positionering en geleiding van de snijder ten opzichte van de uitsparing in de snijplaat.

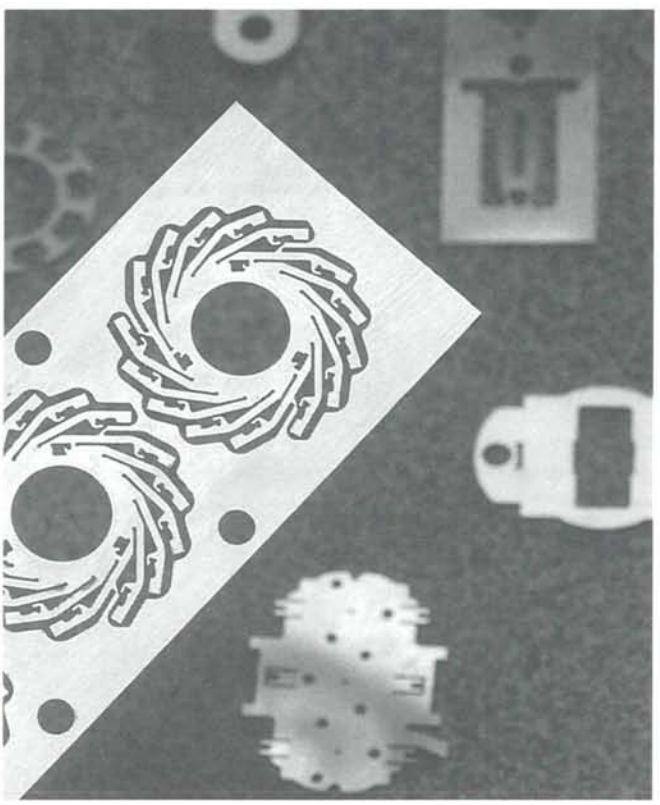
Hoe realiseert men een voldoend nauwkeurige geleiding van de snijder ten opzichte van de snijplaat? Daarvoor dient de zogenaamde leiplaat met afstroopplaat. De leiplaat bevindt zich tussen enerzijds de snijplaat met het bandmateriaal en anderzijds de draagplaat, waarin de snijder met behulp van (meestal) een spie is bevestigd. Op de snijplaat zijn kolommen gemonteerd, via welke zowel de leiplaat als de draagplaat nauwkeurig verticaal kunnen bewegen door middel van leibussen. Daarbij zorgt een pakket drukveren voor een aanzienlijke aandrukkracht tussen leiplaat en snijplaat tijdens het stampen. De band wordt dus tijdens het stampproces krachtig op de snijplaat gedrukt, wat bevorderlijk is voor een goede afwerking van de produktranden. De spleet tussen de snijder en de uitsparing in de leiplaat is in veel gevallen niet groter dan 2 μm, met een tolerantie van bij voorbeeld $\pm$ 1 μm!

Voor de geleiding van lei- en draagplaat langs de kolommen worden vaak kogelleibussen gebruikt. Maar voor het bereiken van de hoogste precisie is het noodzakelijk leibussen te gebruiken met hydrostatische lagering. De speling tussen kolom en bus van circa 5 μm wordt dan door de oliefilm rondom teruggebracht tot circa 1 μm. De juiste positionering van enerzijds lei- en draagplaat en anderzijds de snijplaat komt tot stand door in de eindfase, als het stempel is gemonteerd, de leibussen met tweecomponentenlijm nauwkeurig op hun plaats te fixeren.

Nauwkeurig bewerken

Allereerst wordt er een snijder gemaakt door precisieslijpen uit hardmetaal of gereedschapstaal. De problematiek van het maken van een nauwkeurig stempel komt er dan in essentie op neer dat er in een aantal platen zeer nauwkeurige uitsparingen, zogenaamde snijprofielen, moeten worden aangebracht. Die snijprofielen zijn rondom slechts enkele micrometers groter dan het doorsnedeprofiel van de snijder. Daar komt dan nog bij dat het snijprofiel in de snijplaat naar onderen over een hoek van enkele tientallen minuten schuin moet verlopen, met het doel het uitgestampte deel vrij te laten vallen van de snijplaat. Het schuine verloop wordt "lossingsschuinte" genoemd.

Aan de uitsparing in de draagplaat worden geen extreem hoge eisen gesteld, ook omdat die meestal rechthoekig van vorm is. Voor het maken van de wèl nauwkeurige snijprofielen in lei- en snijplaat zijn in de loop der tijden een aantal technieken ontwikkeld. De oudste is die van het zogenaamde doorwerken. Daarbij wordt de snijder met kracht op de - nog ongeharde - plaat geperst, waardoor de omtrek van de snijder zich op het oppervlak aftekent. Vervolgens wordt het snijprofiel grotendeels met de hand aangebracht in een reeks bewerkingen als boren en vijlen. De nauwkeurigheid van het uiteindelijke resultaat is erg afhankelijk van het vakmanschap van de gereedschapmaker. De dikwijls onwaarschijnlijk hoge nauwkeurigheden die bereikt werden, waren te danken aan de jarenlange ervaring van vakmensen.



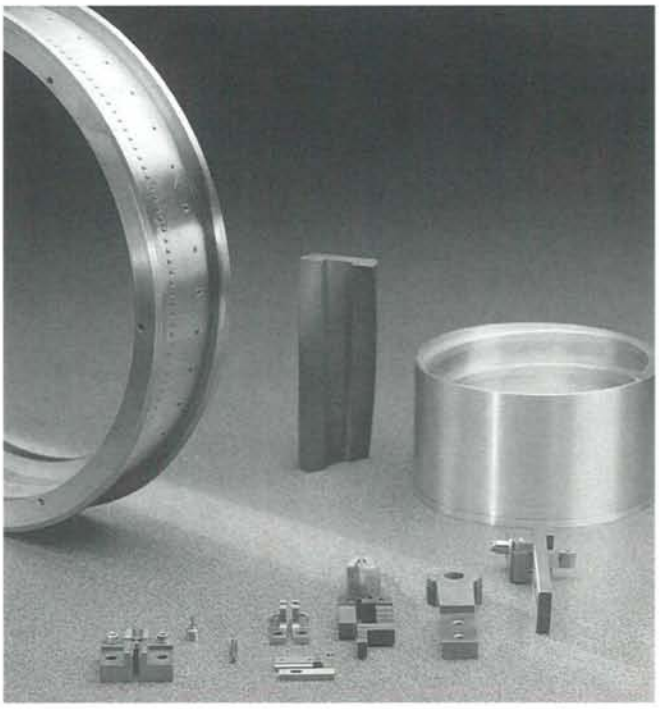
Figuur 6. Enkele produkten die door PTS uit plaatmateriaal zijn gemaakt met behulp van lasersnijden.

PTS: met precisie de markt op

Figuur 7. Het beoordelen van CAD-bestanden die zijn binnengekomen via een telefoonlijn.

Nieuwe technieken hebben het tijdrovende en daardoor kostbare doorwerken verdrongen. Allereerst geldt dat voor het zogenaamde vonkverspanen. Gelijktijdig met de snijder wordt een vonkgereedschap gemaakt, tegenwoordig meestal van wolfraamkoper. Met dat gereedschap worden de gaten in de platen gevonkt in een bad van petroleum of gedestilleerd water. In Sittard wordt deze methode nauwelijks meer gebruikt, omdat vonkverspanen een erg langdurig proces is en de afwerking en nauwkeurigheid van de uiteindelijke snijspleet niet meer voldoet aan de eisen die men daar tegenwoordig aan stelt.

Waar men wel gebruik van maakt, is het zogenaamde draadvonken, zie figuur 5. Dat proces is afgeleid van conventioneel vonkverspanen, dat daarom ook wel "zinkvonken" wordt genoemd. Voor draadvonken heeft PTS een aantal Agiecut-draadvonkmachines in huis. De nieuwste aanwinst is de Agiecut 250 SF+F, die kan werken met wolfraamdraad van niet meer dan 30 μm diameter. Over een gebied van 250 bij 350 mm bedraagt de positioneerafwijking slechts 3 μm, wat is bereikt door optische verplaatsingsmeting met Heidenhain-linealen. De Agiecut 250 SF+F werkt met digitale besturing van de generator voor de spanningspulsen.



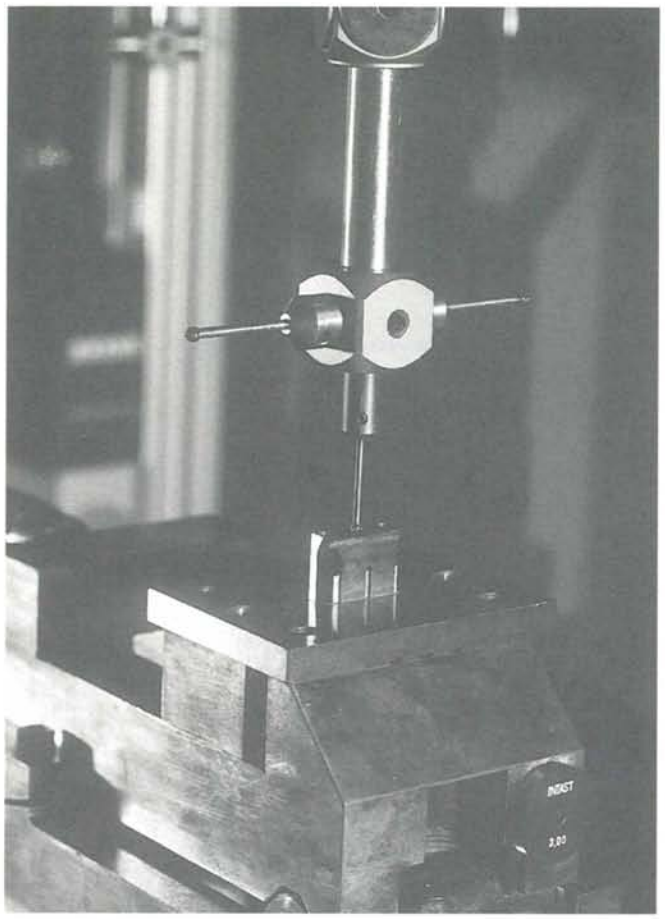
Figuur 8. Een ring van titaan en enkele andere PTS-produkten.

Bij de techniek van het draadvonken is de gang van zaken dus dat de snijprofielen die horen bij een geslepen snijder, in de draag-, lei- en snijplaat worden gedraadvonkt. Dat "veredelde figuurzaagprocédé" is dank zij numerieke besturing van het werkstuk zo nauwkeurig dat de vereiste spleettoleranties (met de juiste voorzorgen) kunnen worden behaald. Een bezwaar is dat er voor het draadvonken een startgat nodig is, dat minimaal 0,5 mm groot moet zijn.

Een proces dat in Sittard ook veel wordt toegepast, is het zogenaamde gedeeld slijpen. Daarbij worden er voor de snij- en leiplaat hardmetalen inzetstukken vervaardigd, die zijn opgebouwd uit delen die kunnen worden geslepen op de uiterst nauwkeurige Jung-slijpbanken met Heidenhain-positiemeting. Het onderling vastzetten van de onderdelen gebeurt met behulp van spieën, zodanig dat de gewenste snijprofielen - met hun uiterst geringe toleranties - overblijven. Het proces vereist naast goede tekeningen eveneens erg veel vakmanschap, maar is niet zo tijdrovend en manafhankelijk als het doorwerken. Bovendien bestaat er geen risico van maatafwijkingen door het harden, aangezien er steeds wordt uitgegaan van hard materiaal. Overigens heeft PTS de beschikking over alle noodzakelijke hardingsovens en de bijbehorende apparatuur.

Prototypen

Een probleem bij de ontwikkeling van precisie-onderdelen uit bandmateriaal is de vervaardiging van prototypen. Immers, een volgsnijstempel is veel te kostbaar om dat alleen voor enkele proefonderdelen te vervaardigen, met alle risico's van latere wijzigingen. En meestal ontbreekt de tijd om te wachten tot het gereedkomen van het gereedschap. Een oplossing daarvoor is het bewerken van het uitgangsmateriaal met een laser, zie figuur 6.
In Sittard is al veel kennis en ervaring aanwezig op het gebied van laserbe-



Figuur 9. Grote precisie dank zij geavanceerde meettechnieken

werkingen. In de produktiehal naast die van PTS worden per uur twee miljoen laserlassen gelegd, onder andere voor onderdelen voor de elektronenkanonnen in kleurenbeeldbuizen. Het lasersnijden en -lassen van prototypes uit plaat is gebaseerd op een ervaring van twintig jaar met deze technieken in Sittard.
Met een laser kunnen onderdelen uit plaatmateriaal veel sneller worden gemaakt dan met draadvonken en bovendien is er geen startgat nodig. Onderdelen kunnen ook plaatselijk worden gebogen door ze met een laser gedeeltelijk in te snijden. Door de produktontwerper snel en slagvaardig prototypeonderdelen te verschaffen worden later kostbare wijzigingen aan het definitieve stempel voorkomen.

PTS heeft in samenwerking met de bedrijfsmechanisatie van Philips-Sittard èn de Duitse firma Haas een lasermachine ontworpen, die vervolgens bij Haas is gefabriceerd. Het hart van de machine wordt gevormd door een vastestof-laser van het type Nd:YAG (met een gering percentage neodymium in yttrium-aluminium-granaat oftewel $Y_3Al_5O_{12}$). De golflengte van de coherente straling bedraagt 1,06 μm. Deze relatief kleine golflengte maakt een uiterst geringe spotafmeting van 50 μm mogelijk. Met behulp van een bundelsplitser en twee glasvezelbundels worden er twee laserspots verkregen, zodat de machine gelijktijdig twee produkten kan bewerken. De nauwkeurige xy-tafel met een verplaatsingsgebied van 250 bij 250 mm is gemonteerd op een stabiele granieten basisplaat.

Bij draadvonken kunnen verschillende produkten gelijktijdig in pakketvorm worden bewerkt. Dit is bij lasersnijden niet mogelijk, maar wel kan plaat van enkele mm's dikte in één keer worden gesneden. Bij het lassen wordt de laserenergie kortstondig toegevoerd, waarbij een watergekoelde klep de bundel onderbreekt.

Zowel voor draadvonken als lasersnijden maakt PTS gebruik van het CAM-systeem SMARTCAM. Dat kan op zijn beurt constructiegegevens verwerken die afkomstig zijn van een CAD-systeem, bij voorbeeld AUTOCAD. Deze efficiënte CAD/CAM-koppeling kan zelfs tot stand komen via een telefoonlijn, zie figuur 7. De voordelen zijn evident: geen tekeningen met kans op vergissingen, en geen tijdvertraging. Zodra de klant het sein op groen zet, kan PTS beginnen met het maken van een prototype.

Niet alleen gereedschap

Het vakmanschap van PTS behoeft zich niet te beperken tot gereedschap voor precisie-plaatbewerking, want PTS is hard bezig zich te profileren als toeleveringsbedrijf voor alle mogelijke soorten precisie-onderdelen in bijzondere materialen. Een voorbeeld daarvan is de bewerking van titaan, zie figuur 8. Met vlijmscherpe snelstalen beitels worden ringen gedraaid met een diameter van circa 300 mm, waarbij is uitgegaan van smeedstukken. In de ringen zijn kleine gaten aangebracht met een plaatsnauwkeurigheid van 20 μm, voorwaar geen geringe opgave bij zulk weerbarstig materiaal.

Een ander voorbeeld van een "vreemd" produkt is een tang die chirurgen gebruiken voor het hechten van operatiewonden. Een ziekenhuis in de buurt heeft terecht de hulp van PTS ingeroepen om de voortdurende slijtage van dit kostbare hulpgereedschap te voorkomen en een oplossing te zoeken die reparatiekosten in de toekomst voorkomt.

Zo komt de bijzondere ervaring van PTS ook ten goede aan derden. Resumerend omvat die ervaring de speciale bewerking van bijzondere materialen met hoge precisie, zie figuur 9. De combinatie van ouderwets èn innovatief vakmanschap met kwaliteit, leverbetrouwbaarheid en klantgerichtheid zal zeker veel lezers van Mikroniek aanspreken.

Ervaringen met "Methodisch Ontwerpen" in het onderwijs

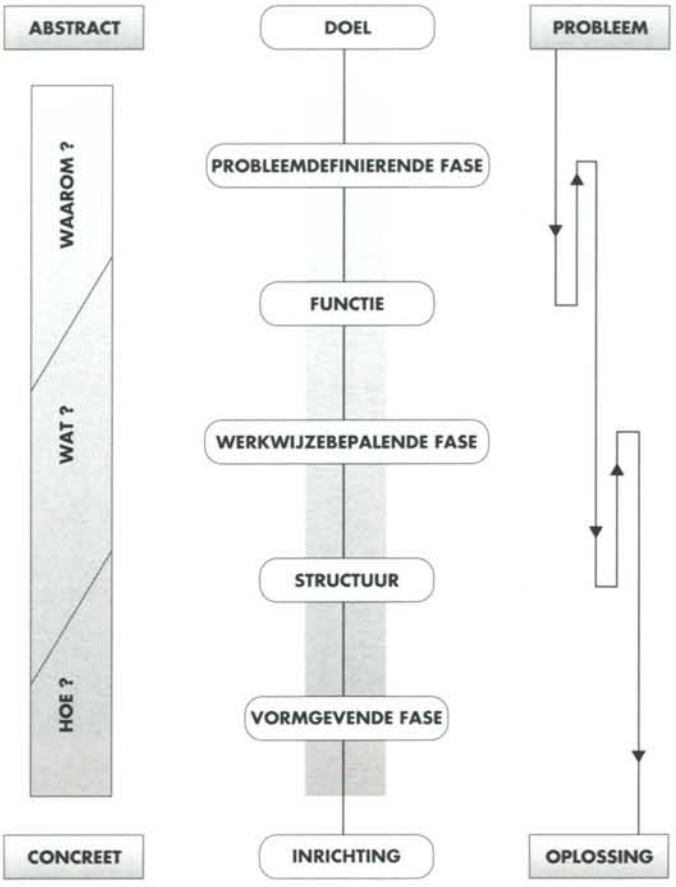
F. Siers

Tot medio 1992 hebben verscheidene studenten van de Universiteit Twente het doctoraalvak "Produktinnovatie" gevolgd.
Door de vakgroep Ontwerp & Constructieleer, onder de bezielende leiding van prof.dr.ir H.H. van den Kroonenberg (thans algemeen directeur ECN te Petten), werd in een aantal hoorcolleges het "Methodisch Ontwerpen" gedoceerd.
De behandelde leerstof werd in een diverse practica verdiept en beoefend.
"Produktinnovatie" was een adhoc samenwerking tussen diverse geledingen van de Nederlandse industrie met de Universiteit.
In dit vak werd derdejaars studenten de gelegenheid geboden om de door hen – in de diverse vakken van het curriculum – verworven kennis, toe te passen door het aanpakken en oplossen van echte praktijkproblemen.
Uiteraard zou daarbij de methodische ontwerpaanpak zeer goed van pas komen.

Geïnteresseerde bedrijven meldden zich met een technisch probleem, waarvoor men nog niet een bevredigende oplossing had gevonden, hetzij door een gebrek aan tijd, hetzij door een gebrek aan technisch kader.

De door de vakgroep aangewezen medewerker stelde van de problemen globale omschrijvingen op, zonder zich te veel in de haalbaarheid van het probleem te verdiepen. Van de deelnemende bedrijven werd verlangd dat zij de studenten, zoveel als mogelijk, vrij zouden moeten laten in de door hen te volgen probleemaanpak en daarnaast de gevraagde ondersteuning bieden.
De studenten konden – in groepjes à twee of drie studenten – een keuze maken uit meerdere problemen en waren gehouden een tijdplanning op te stellen, uitgaande van een tijdsbesteding van honderd werkbare uren/student.
Alle te maken kosten waren voor het bedrijf en bij de oplevering werd door de bedrijven – geheel vrijwillig, op basis van een bepaalde sleutel – meestal nog een aanmerkelijk bedrag aan de universiteit betaald.
Voor de vakgroep was het een zeer plezierige bijkomstigheid dat aldus de financiering van "Produktinnovatie" meer dan kostendekkend was.

Figuur 1.



Voor een goed begrip van een aantal in Mikroniek te behandelen praktijkgevallen, volgt eerst een korte beschrijving van het "Methodisch Ontwerpen".

In figuur 1 is de fasering van het ontwerpproces weergegeven. Zo is te zien hoe de technische inrichting als resultaat van de vormgevende fase ontstaat, nadat in de werkwijzebepalende fase de structuur is vastgesteld, gebaseerd op de als resultaat van de probleemdefiniërende fase gevonden functie.
Links in de figuur is aangegeven dat, uitgaande van een abstracte probleemstelling via – waarom ? – wat ? en – hoe ? – de concrete eindsituatie kan worden bereikt.
Eveneens wordt duidelijk dat het methodisch ontwerpen niet enkel een recept is.
Immers uit de figuur blijkt het *itererende* karakter van deze ontwerpaanpak.
Itererend, eensdeels omdat gaandeweg in het proces steeds meer bekend wordt, dus ook waar de ontwerper of het team van ontwerpers eventueel in de fout zou kunnen gaan.
Gemaakte veronderstellingen blijken door later ontstane inzichten te moeten worden veranderd. Gewapend met meer kennis dan voorheen, gaat men dan een

aantal stappen terug in het proces.
Itererend ook doordat, voor het trekken van conclusies of het nemen van noodzakelijke deelbeslissingen, kennis nodig is van de mogelijke uitwerking daarvan verderop in de volgende fasen in het ontwerpproces.
Men moet dus door het uitvoeren van verkenningen afschatten wat de uitwerking is van het nemen van een bepaalde keuze.
In figuur 2 is het ontwerpproces in detail geschematiseerd weergegeven.

Ter verduidelijking van dit schema de volgende opmerkingen.

- *Vooronderzoek*: het nut van een goed uitgevoerde haalbaarheidsstudie zal voor een ieder duidelijk zijn. Hoe beter uitgevoerd, des te beter is er het zicht op de financiële consequenties. Hoe kan er ooit een budget worden vastgesteld en verkregen, op grond van summiere gegevens ? Toch zal blijken dat hierin dikwijls grote nalatigheden of tekortkoming gen zijn aan te wijzen.

- *Probleemdefiniërende fase*: Om niet het *doel* (het waarom ?) te verwarren met de *functie* (het wat ?) moet in deze fase veel aandacht worden besteed aan een ordening van eisen. De ordening heeft plaats in drie categorieën, te weten: vaste eisen, variabele eisen met een duidelijke boven- of ondergrens en wensen.

Ook kan er een doorsnede worden gemaakt naar produktiecriteria en gebruikscriteria.
Hierna moeten de kenmerken van het probleem worden opgespoord.
De samenhang van kenmerken wordt bepaald, omdat deze samenhang dikwijls de kern van een oplossing in zich draagt. Zeker geldt dit voor het bepalen van de te vervullen *functie*.
Daartoe worden deelfuncties en hulpfuncties opgespoord en aaneengeschakeld tot een aantal functieblokschema's. Hieruit wordt een verantwoorde keuze gemaakt en dit functieblokschema is de ingang van de

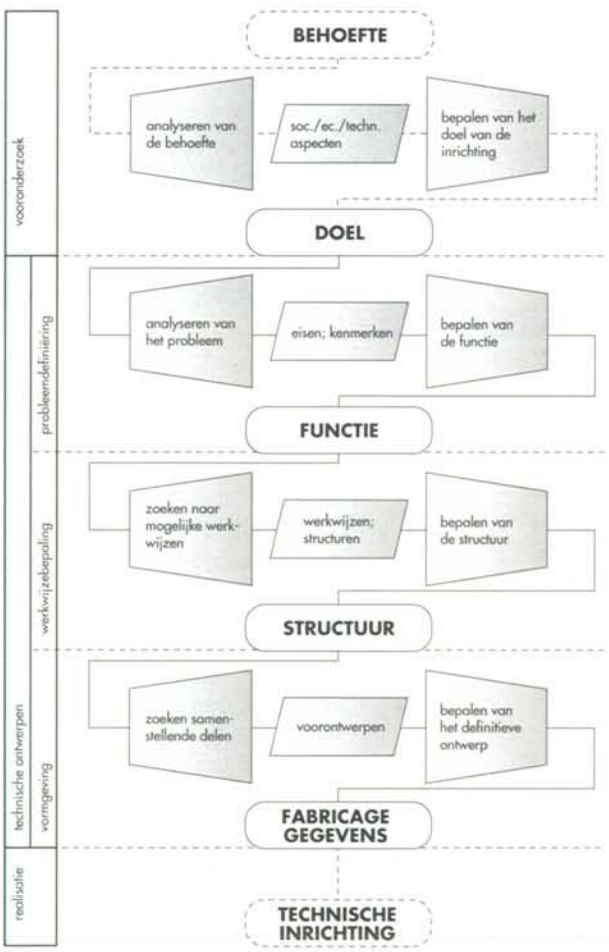
- *Werkwijzebepalende fase*: Voor de meest relevante (deel)functies worden werkwijzen gezocht. Gebruik kan hierbij worden gemaakt van verworven kennis, in catalogussen opgeslagen kennis, aanwezige know how, door studie en/of onderzoek te verwerven kennis, creativiteitsbevorderende technieken etc.

Door de gevonden werkwijzen en/of fysische verschijnselen te verzamelen in een zogenaamd morfologisch overzicht kunnen combinaties van werkwijzen worden gevormd. In schetsvorm weergegeven ontstaat de structuur van de komende oplossing: de "technische inrichting".
Zijn er meer structuren gevonden, dan is er een keuzeprobleem.
Nu komt de in de eerste fase gemaakte ordening in het "program van eisen" van pas. Met behulp van bekende keuzetechnieken kan nu een keuze gemaakt worden. De nu gekozen structuur is de ingang van de

- *Vormgevende fase*: Voorontwerpen worden gemaakt, ontwerpberekeningen bevestigd of verbeterd, constructieve berekeningen uitgevoerd, materialen gekozen en in de vorige fase gemaakte keuzes gecontroleerd, kostprijsberekeningen uitgevoerd en keuzes gemaakt, leidend tot de fabricagegegevens voor de uiteindelijke bouw van de technische inrichting of het werktuig.

In de nog volgende beschrijving van de praktijkgevallen zal blijken dat – in afhankelijkheid van de aard van het probleem – het ontwerpproces op verschillende punten kan worden ingegaan. Echter het zwaartepunt van de activiteiten zal zich concentreren in de probleemdefiniërende en de werkwijzebepalende fase.

Voor meer informatie wordt de lezer verwezen naar het door Educaboek uitgegeven : Methodisch Ontwerpen, auteurs: H.H. van den Kroonenberg en F.J. Siers.



Figuur 2.

De Pantaskoop

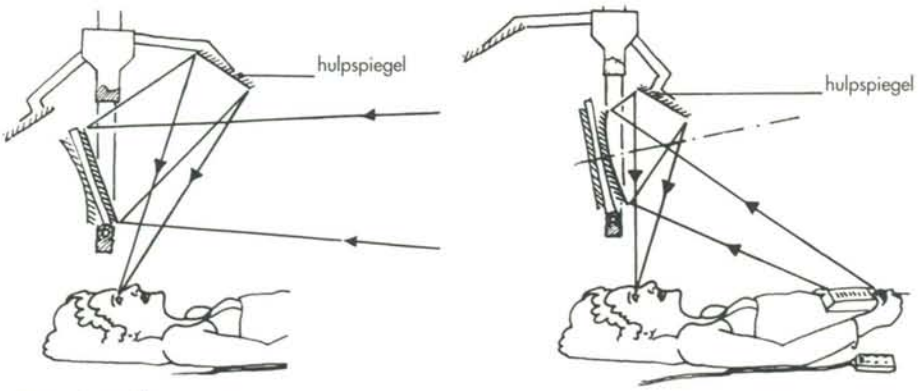
F. Siers

De Pantaskoop was eigenlijk iets te vroeg in de markt gebracht.
Met behulp van dit toestel is het mogelijk dat 100% verlamde en bedlegerige patiënten visueel contact met hun omgeving kunnen behouden.
Het idee was goed en de belangstelling uit de markt zo groot, dat – hoewel de kinderziekten weliswaar waren geëlimineerd – het apparaat als het ware in prototypevorm ten dienste van de gebruiker kwam.
Alvorens een vervolgserie op te zetten, werd een beroep gedaan op medewerking door studenten, van de vakgroep Ontwerp & Constructieleer (Universiteit Twente) in het kader van het vak "Produktinnovatie".

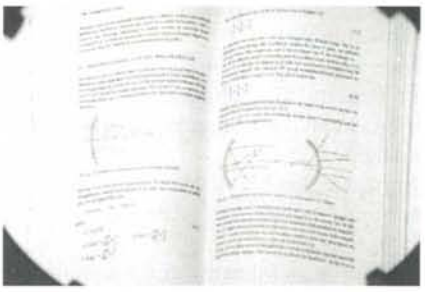
Figuur 1.

De kern van de Pantaskoop bestaat uit een stelsel beweegbare spiegels, welke door de gebruiker op afstand kunnen worden bediend. De patiënt kan de spiegels zodanig in- en verstellen dat oogcontact met de omgeving mogelijk is, zonder dat het hoofd moet worden verdraaid in de gewenste kijkrichting. Eveneens is het mogelijk de spiegels zo in te stellen dat de patiënt een boek kan lezen. Zie hiervoor de figuren 2a en 2b.
De tekortkomingen zijn van constructieve- en van functionele aard.
Constructieve feilen zijn onder andere niet-lineaire overbrenging, de verstelling van de spiegels gaat gepaard met te veel lawaai, snoeren en kabels zitten in de weg, te kleine zwenkwielen, het elektrische gedeelte is niet spatwaterdicht.
Het was niet moeilijk deze constructieve tekortkomingen te verbeteren.
De aandacht ging derhalve hoofdzakelijk uit naar de problemen van functionele aard. De *leesfunctie* blijkt in het geheel niet te voldoen.
Na zorgvuldige interviews van gebruikers en eigen waarneming blijkt:

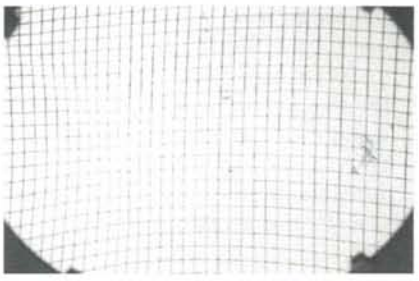
- Het beeld is onrustig. Gevolg hoofdpijn en extreme vermoeiing.
- Het beeld is niet rechtlijnig, zie figuur 3 en figuur 4.
- Er is een zone in het beeld waarneembaar met een zeer sterke kromming van rechte lijnen, zie figuur 4.
  De voornaamste oorzaak is het optreden van de zogenaamde sferische aberratie. Dit verschijnsel ontstaat wanneer via een vergrotende spiegel onder een hoek < 90° naar het origineel wordt gekeken. Door de bolling van de bladen van een opengeslagen boek wordt dit verschijnsel nog versterkt. De extra sterke kromming, welke zichtbaar is in de figuren, is het gevolg van een vormfout in de spiegel, ontstaan door het gebrekkige fabricageproces van de toegepaste spiegel. Figuur 5 illustreert deze vormfout zeer nadrukkelijk.



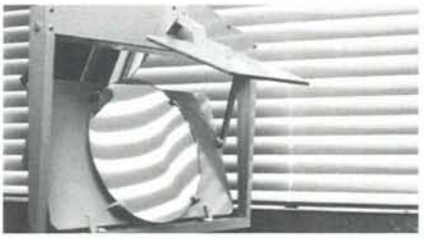
Figuur 2a en 2b.



Figuur 3.



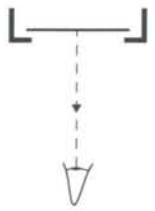
Figuur 4.



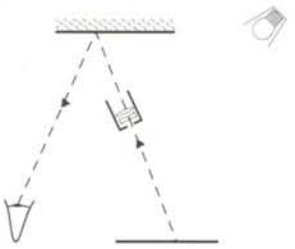
Figuur 5.

Uitgaande van het ontwerpdoel "Het veraangenamen van het leven van bedlegerige patiënten met een hoge graad van verlamming" zijn nu de kenmerken van het probleem bekend.
De hoofdfunctie is: Het zonder problemen kunnen lezen van een boek, dat zich

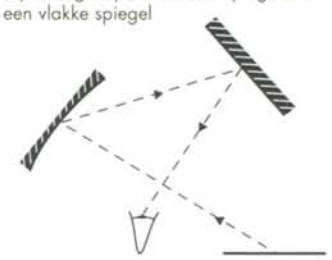
Oplossing 1: boek direct boven patient



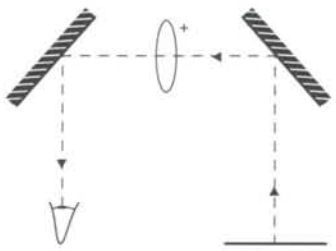
Oplossing 2: projectie op een scherm via een lens



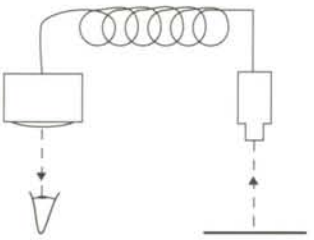
Oplossing 3: parabolische spiegel met een vlakke spiegel



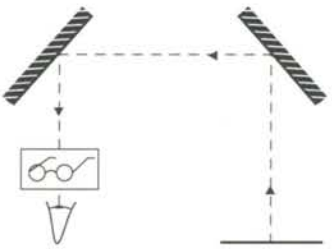
Oplossing 4: lens met twee vlakke spiegels



Oplossing 5: camera met beelscherm

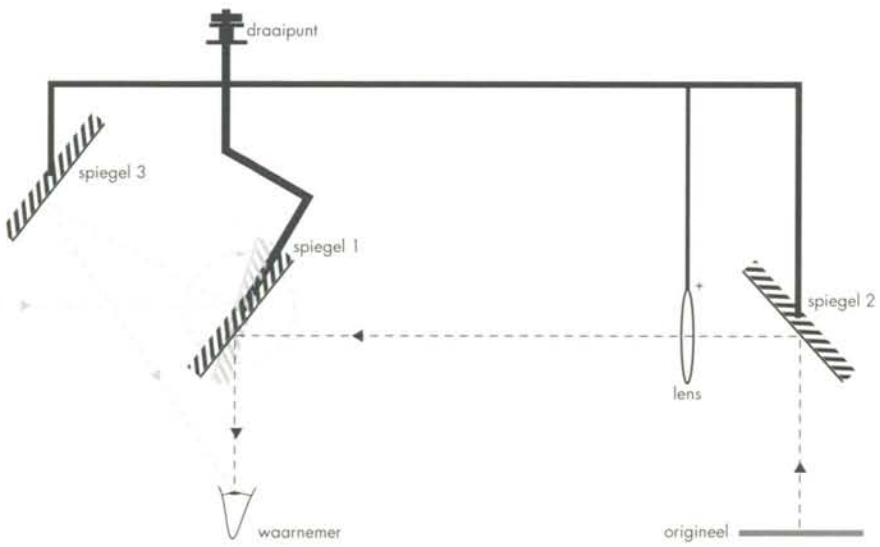


Oplossing 6: bril met twee vlakke spiegels



Eisen		Oplossingen					
	Ideaal	1	2	3	4	5	6
leesbaar beeld	6	6	4	1	6	4	2
eenvoud	2	2	1	2	2	1	2
bedieningsgemak	4	0	2	4	4	2	3
beleving gebruiker	2	1	1	1	1	0	0
onderhoud en reiniging	1	1	0	1	1	0	1
prijs	3	3	1	1	2	0	3
fabriceerbaarheid	3	3	2	3	3	1	3
Totaal	21	16	11	13	19	8	14

Figuur 6.



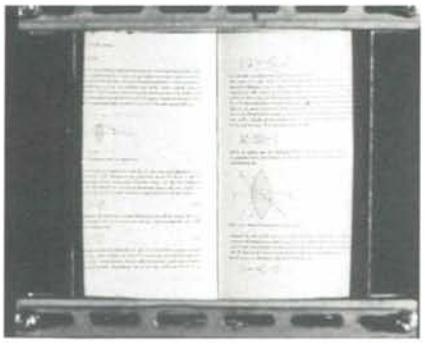
Figuur. 7

niet in de ideale leespositie bevindt.
De eisen zijn:
- goed leesbaar beeld,
- eenvoudig te bedienen,
- moet als prettig worden ervaren,
- veilig in gebruik,
- eenvoudig van constructie,
- goed qua reiniging en onderhoud,
- fabriceerbaar in het eigen bedrijf,
- betaalbaar.

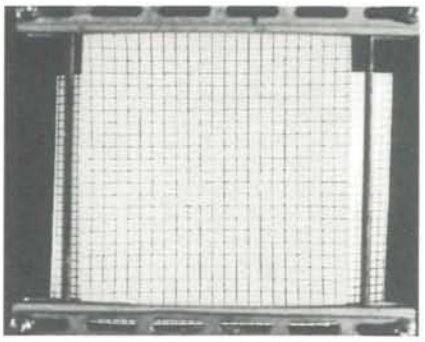
Het voert hier te ver om in detail alle in de probleemdefinieërende en werkwijzebepalende fase gezette stappen te laten zien, daarom volgen hier de resultaten van de werkwijzebepalende fase in schetsvorm, zie figuur 6.
Eveneens in deze figuur is een keuzediagram opgenomen.
De veiligheid is niet als keuzecriterium meegenomen om twee redenen:
- de veiligheid is een vaste eis,
- de veiligheid is eerst na constructieve uitvoering te meten.

Hoewel oplossing 1 en 4 beide duidelijk als beste uit de keuze komen, valt nr.1 af vanwege de lage score in bedieningsgemak.
Ergo de keuze valt op de oplossing weergegeven in de structuurschets 4: Een systeem bestaande uit een lens met twee vlakke spiegels, zoals in de structuurschets figuur 7 is weergegeven.
Voor het lezen worden de spiegels 1 en 2 en de lens gebruikt.
Voor het contact met de omgeving is

spiegel 1 zeer eenvoudig te verdraaien, in de richting van spiegel 3 – hierbij heeft de lens geen functie.
Met behulp van de VWO-kennis (spiegelwetten, lenzenformule en dergelijke) is de plaats en de sterkte van de lens geoptimaliseerd.
Er is een proefmodel gebouwd, waarbij de voorhanden zijnde Pantaskoop als freem diende. In het proefmodel is een, in eigen beheer in het laboratorium van de vakgroep vervaardigde, eenzijdig geslepen bolle lens met een brandpuntsafstand van 92 cm geplaatst.
Het gebruikte materiaal is plexiglas, hetgeen bij dezelfde brekingsindex veel lichter is dan glas.
De figuren 8 en 9 zijn fotografische weergaven van de bereikte beelden.

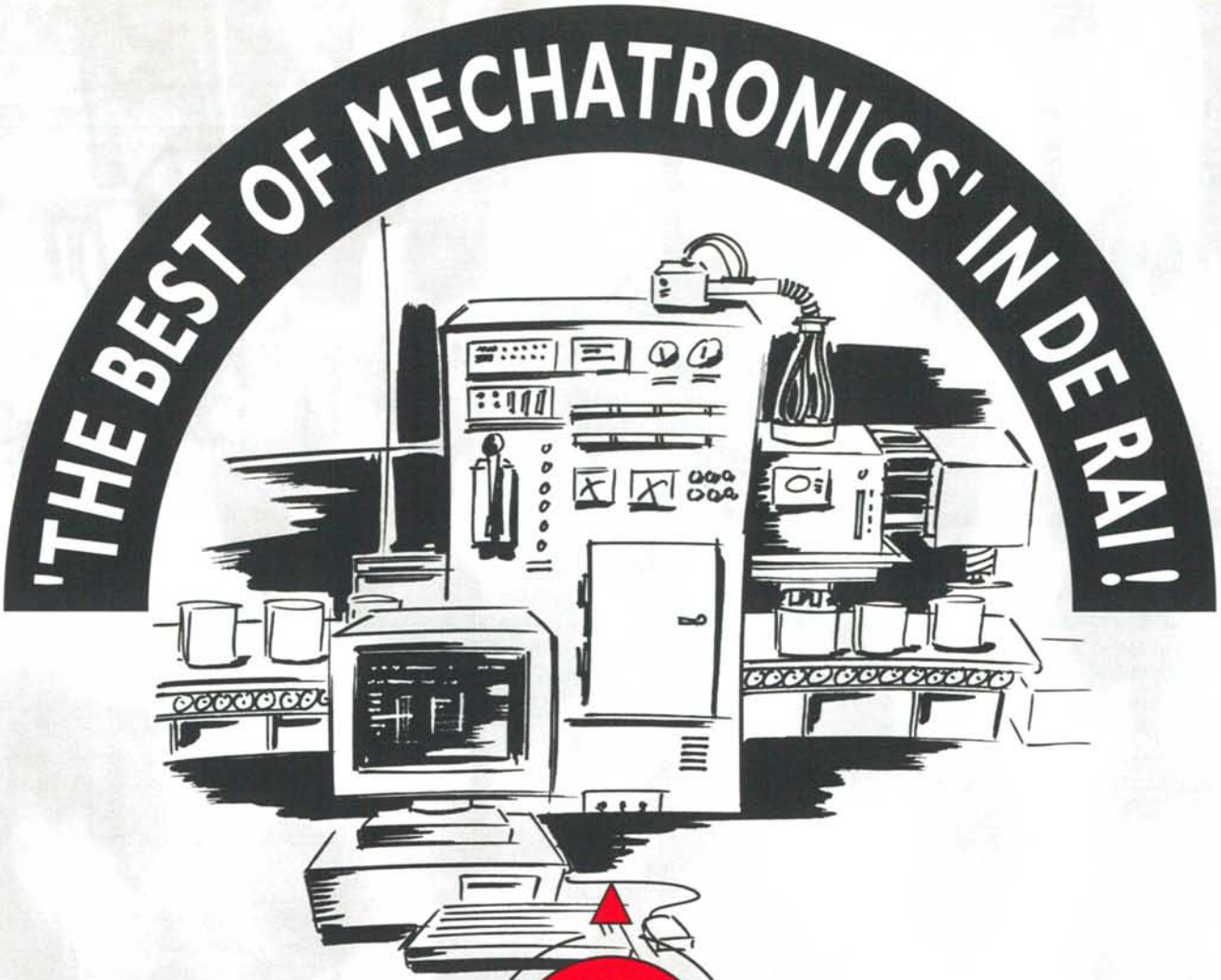


Figuur 8



Figuur 9

Let op de verschillen met de in de figuren 3 en 4 getoonde foto's.
Duidelijk is dat in de beschikbare tijd (100 uur/student) veel en goed werk door de studenten is verricht.
Hiermee is de basis voor een succesvol produkt gelegd.



ELECTRONICS '95
AMSTERDAM

1 VAKBEURS

9-12 MEI 1995

Electronics '95 is de vakbeurs met vijf technologie-shows, waarvan Mechatronics & Automation er één is: uw specifieke vakgebied logisch bijeen, met daarbij een themapaviljoen met (gratis) inloopseminars en bedrijfspresentaties. Plus congressen en een to-the-point seminarprogramma door vakgenoten over actuele onderwerpen. Als u ook nog weet dat Electronics één keer per twee jaar wordt gehouden, dan mag u de editie '95 dus absoluut niet missen.

Electronics '95 biedt een compleet overzicht van industriële elektronica en technische automatisering. Met trends, noviteiten en oplossingen. De beurs bij uitstek om bij te blijven, om nieuwe ideeën op te doen. Om goed zaken te doen. Naast de technologieshow Mechatronics & Automation vinden er nog vier technologieshows plaats: Design Components & Production, Test & Measurement, Communication Technology en CAD/CAM & Logistics.

Bespaar tijd en geld

Bestel nu uw bezoekersbadge en catalogus. Voorkom wachten bij de kassa en registratiebalie. U bespaart tijd en geld als u nu de bezoekersbadge en/of catalogus besteld. Ruimschoots vóór aanvang van de beurs sturen wij u deze toe, zodat u uw bezoek goed kunt voorbereiden. Bovendien scheelt dit u tien gulden!

Stuur de bon vóór 14 april 1995 in (of fax). U ontvangt omgaand het registratieformulier met bestel- en betalingsinstructie. Heeft u vragen? Neem dan contact op met het projectteam van Electronics '95: telefoon 020 - 549 12 12.

TIJDENS DE BEURS WORDEN DE PRODUKTEN VAN DE WINNAAR EN GENOMINEERDEN VAN DE MECHATRONICS TROPHY '95 GETOOND.

JA, STUURT U MIJ

- ○ Het registratieformulier en bestelformulier catalogus voor Electronics '95 (voor 14 april '95).
- ○ Meer informatie over de Electronics '95 congressen, (inloop)seminars, bedrijfspresentaties en themapaviljoens (zodra beschikbaar).

Naam _____

Bedrijf _____

Adres _____ Postcode _____

Plaats _____ Telefoon _____

Stuur deze bon naar Amsterdam RAI, Antwoordnummer 228, 1000 SN Amsterdam.
Een postzegel is niet nodig. U kunt ook faxen: 020 - 549 18 43

HET INSTRUMENT

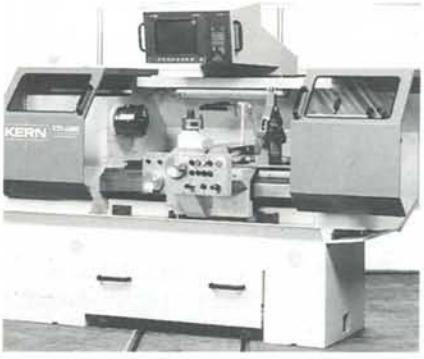
INDUSTRIËLE ELEKTRONICA
Nederlandse Branche Organisatie voor industriële elektronica

Amsterdam rai

Produktinfo

Handbediende draaibanken met CNC-resultaten

Het programma van de Duitse fabrikant Kern/DMT omvat enkele conventionele draaibanken, die uitgerust zijn met de Philips/Grundig besturing Manual Plus. Deze besturing biedt in de praktijk nogal wat voordelen, die vooral tot uiting komen bij de produktie van enkelstuks en kleine series. De Manual Plus zorgt ervoor dat het werken net zo eenvoudig blijft als met een handbediende draaibank maar dat de machines net zo produktief zijn als een CNC-machine.

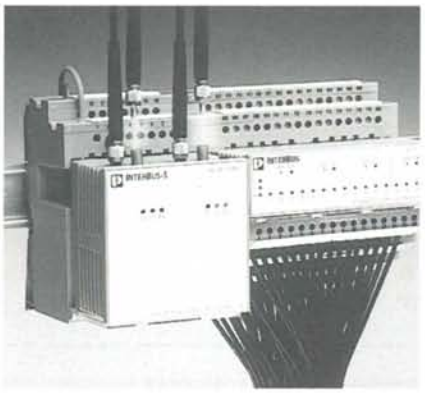


Eenvoudige werkzaamheden als verspanen in langs- en dwarsrichting worden op conventionele wijze met handwielen gerealiseerd. Moeilijkere bewerkingsopdrachten als draadsnijden, kegeldraaien en het realiseren van de radiï en facetten worden door de Manual Plus uitgevoerd. In het laatste geval kan eenvoudigweg worden volstaan met het ingeven van de gewenste cyclus en de afmetingen. Het werken met de besturing vereist geen speciale programmeerkennis; verkeerde bediening is praktisch uitgesloten. De gegevens van de verschillende geprogrammeerde cycli kunnen in het besturingsgeheugen worden vastgelegd. Met de besturing kan een constante snijsnelheid worden aangehouden.
Op het overzichtelijke beeldscherm zijn alle aanduidingen - inclusief de actuele asposities - af te lezen, terwijl de diverse functies door eenvoudige symbolen worden weergegeven. De bewerkingsmogelijkheden worden grafisch afgebeeld; de bediener hoeft alleen nog de betreffende waardes in te geven.
Het kleinste model, de CD320, heeft een 9 kW hoofdaandrijving; de draaidiameter boven het bed is 320 mm; spildoorlaat 50 mm; de maximum afstand tussen de centers 750 mm; het toerental traploos instelbaar van 1-3.200 omw/min.

Voor uitvoerige info:
Schreuder & Co.
Postbus 326
3330 AH Zwijndrecht
Telefoon: 078 - 100 111
Fax: 078 - 103 193.

INTERBUS-S busklemmen voor glasvezeltechniek

Met de INTERBUS-S busklem type IBS ST 24 BK-LK van Phoenix Contact is het nu ook mogelijk de modulen van de serie INTERBUS-ST direct in de INTERBUS-S glasvezelring in te koppelen. Daardoor is een volledige of wel gedeeltelijke glasvezeltransmissie mogelijk.



Als transmissiemedium fungeert de economische en flexibele polymeervezel die, via FSMA-stekers van het type 905 overeenkomstig IEC 874-2, aan de busklem is aangesloten. Het realiseren van een glasvezelkabelaansluiting van polymeervezel is eenvoudig en is ook door ongeschoolden zonder speciaalgereedschap mogelijk.
Tussen twee stations kunnen met de polymeervezel afstanden tot 85 m zonder versterker worden overbrugd. Bij grotere afstanden kunnen door toepassing van HCS-vezelkabel trajecten van meer dan 800 m tussen de beide busklemmen worden overbrugd.
Door de EMV-veiligheid van de optische transmissie is met name ook toepassing in een elektromagnetisch sterk vervuilde industriële omgeving mogelijk. De optische koppeling van de stations voorkomt het optreden van compensatiestromen via het transmissiemedium.

Voor uitvoerige info:
Phoenix Contact bv
Postbus 246
6900 AE Zevenaar
Telefoon: 08360 - 91 720.

Leidingaccessoires

Serto is een bekende naam als het gaat om leidingaccessoires voor perslucht, vacuüm en vloeistoffen; schroef-, klem-, slangkoppelingen en kranen behoren tot het assortiment, dat ook verdeelblokken bevat.

De produkten voldoen aan diverse DIN- en ISO-normen.
De nieuwe catalogus hiervan is inmiddels verschenen en wordt op verzoek toegezonden.

Voor uitvoerige info:
Teesing Installatietechniek B.V.
Postbus 16
2280 AA Rijswijk
Telefoon: 070 - 3 956 780
Fax: 070 - 3 956 721.

Compacte interferometer

Recentelijk heeft Carl Zeiss B.V. een nieuwe, zeer compacte, diode-laserinterferometer, de "INSPECT-mini", geïntroduceerd, volgens het principe van Fizeau. De afmetingen zijn slechts 100 x 60 x 56 mm. In het instrument zijn een diodelaser (λ=633nm) en een videocamera geïntegreerd. Slechts de netvoeding en de videomonitor zijn losse eenheden. Het instrument kan als eenheid direct op de gepolijste vlakken van de produktiemachine worden gezet. Toepassingen: controle aan vlakke en sferische oppervlakken, controle van optische systemen, paralleliteits- en homogeniteitsmetingen van transparante objecten, het uitlijnen van optische en mechanische eenheden.

De meetbundel heeft een uitgangsdoorsnede van 12,5 mm en is te vergroten tot 150 mm. Een omvangrijk assortiment van hulpmiddelen maakt aanpassing voor verschillende meetopstellingen mogelijk. Eenvoudige bediening maakt toepassing ervan zonder speciale vakkennis mogelijk. Interferentieverwerkingssoftware maakt objectieve metingen mogelijk.

Voor uitvoerige info:
Carl Zeiss B.V.
Afd. Speciale projecten
Postbus 323
1380 AH Weesp
Telefoon: 02940 - 66 660.

Vochtsensor

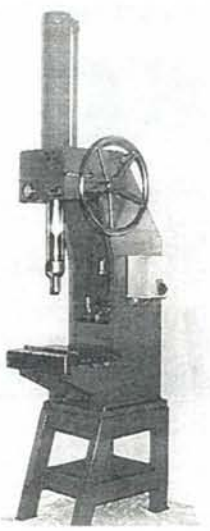
De DewPro vochtsensor van Endress+Hauser met geïntegreerde bypassmeetkamer is ontworpen om op een eenvoudige manier dauwpunten te meten in persluchtsystemen met absorptiedrogers. De sensor is van aluminiumoxyde, heeft

een lange kalibratiestabiliteit, is zeer goed corrosiebestand en heeft een hoge reactiesnelheid.
De ingebouwde bypass maakt een kostenverhogend en storingsgevoelig monsterneemsysteem overbodig, zoals gebruikelijk is bij traditionele vochtmeetsystemen. De beschermingsklasse is IP66 waardoor de sensor zowel binnen als buiten geïnstalleerd kan worden.

Voor uitvoerige info:
Endress+Hauser B.V.
Nikkelstraat 6-12
1411 AK Naarden
Telefoon: 02159 - 58 611
Fax: 02159 - 58 825.

Pers, anders dan anders

Deze Nederlandse hydraulische precisie-werkplaatspers onderscheidt zich van alle tot nu toe verkrijgbare hydraulische persen. De nadelen van de veel toegepaste portaalpers zijn verdwenen. Het werkingsprincipe berust op dat van de stuurbekrachtiging van een (vracht)-auto. Door het handwiel kan met "gevoel" gewerkt worden, ook als grote krachten uitgeoefend moeten worden. Zo kunnen zowel snelheid, verplaatsing als de perskracht zeer nauwkeurig en gelijktijdig worden gedoseerd. Dit is van belang bij bijvoorbeeld inpersen van lagers of lagerbussen in nauwkeurige passingen en bij het richten van assen binnen nauwe toleranties.
Bij veel persbewerkingen is doorgaans een bepaalde kracht nodig. Is het in een dergelijk geval nodig meer kracht uit te oefenen, dan is er wat mis. Doordrukken zal veelal beschadiging van gereedschap of werkstuk tot gevolg hebben. Dit komt bij gebruik van deze nieuwe pers met z'n krachtbegrenzingsmogelijkheid niet meer voor.
De voordelen van de nieuwe pers op een rij:



- snelle ijlgang - en teruggang - overgaand in voeding;
- nauwkeurige dosering van snelheid, verplaatsing (0,01 mm) en perskracht (0,1%);
- optimaal toegankelijke werktafel door de lange slag en C-constructie van het freem;
- grote sortering eenvoudig aan te brengen speciaalgereedschappen.

Voor nadere info:
NECA
Rozendaalseweg 2
7396 BB Terwolde
Telefoon: 05717 - 1 839
Fax: 05717 - 1 697.

DE NIEUWE IAC SCREW SCANNERS MAKEN HET ONMOGELIJKE NU TOCH MOGELIJK

De IAC SCREW SCANNERS maken definitief een einde aan het traditionele meten van schroefdraden.
Eén Screw Scanner vervangt honderden kalibers, driedraadsmeetbanken, tweekogel binnenmeetinstrumenten, spoedmeetinrichtingen, microscopen met meetmesjes, etc.

Eenvoudig te bedienen
Door onze krachtige technologie kan iedereen direct met één druk op de knop inwendige en uitwendige schroefdraden meten met een nauwkeurigheid en een snelheid waarmee de meest ervaren meettechnicus niet kan wedijveren, zelfs niet met de beste conventionele apparatuur. De hele meting verloopt volautomatisch in 10 tot 15 seconden. Ook de verwerking van de meetresultaten tot spoed, flankendiameter, tophoeken, kerndiameter, buitendiameter en de profielcontrole wordt volledig automatisch uitgevoerd.

Te meten objecten:
Inwendige en uitwendige schroefdraden, conisch of cilindrisch. Alle bekende soorten: Metrisch, Whitworth, Unified, R, BSP, PG, S, etc. Er zijn Screw Scanners voor werkplaatsmetingen aan werkstukken en er zijn Screw Scanners voor de meest nauwkeurige kalibraties van kalibers.

Meetbereiken: vanaf M3 inwendig en groter.

Neem contact op met de UITVINDERS.

IAC MEET BEDRIJF VOOR DE INDUSTRIE

GEOMETRISCHE INGENIEURS – NKO ERKENDE MEETTECHNICI
POSTBUS 2115 7801 CC EMMEN HOLLAND
TELEFOON 05910 – 42721/44103 FAX 05910 – 43139

OPTICON

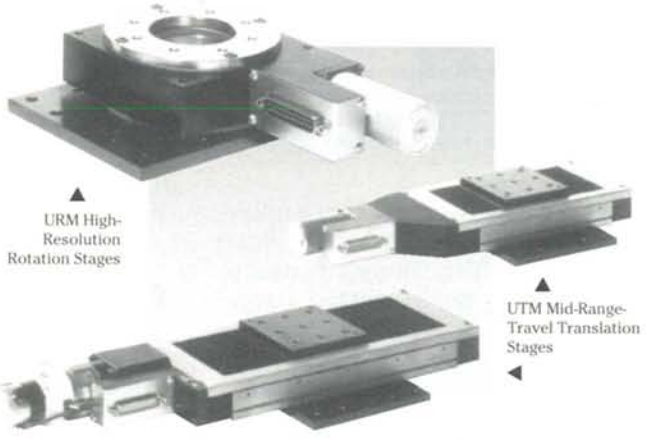
EEN EIGEN OPTISCHE WERKPLAATS?

OPTICON is gespecialiseerd in de ontwikkeling en produktie van optische systemen en componenten, en kan u van dienst zijn bij de ontwikkeling van prototypes.
Door jarenlange ervaring is een potentieel aan praktische kennis ontstaan die OPTICON ter beschikking stelt, zodat u in feite over een eigen optische werkplaats kan beschikken.

Neem contact op voor meer informatie.

OPTICON
Hoendiep 244
9745 EG Groningen
Tel.: 050-567072 ● Fax: 050-566430

Newport/Micro-Controle precisie-geleidingen en tafels voor transleren en roteren



Newport
MICRO-CONTROLE

Newport B.V., Regulierenring 9, 3981 LA Bunnik, Tel: 03405 - 70101, Fax: 03405 - 70242
Micro-Controle Benelux NV, Interleuvenlaan 62, 3001 Leuven, Tel: 016 - 40.29.22, Fax: 016 - 40.22.27

De groep Sensoren en Microsysteemtechnologie ontwikkelt sensoren en actuatoren op basis van technologieën, voortgekomen uit de IC-fabricage.

Het uitvoeren van de projecten gebeurt veelal in teamverband en in samenwerking met de Universiteit Twente, door gebruik te maken van technische faciliteiten en wetenschappelijke en technologische expertise van het MESA Research Instituut.

Door de toenemende vraag naar onze diensten zoeken wij voor deze groep een:

MICROSYSTEEMTECHNOLOOG

met een commerciële instelling

Als deskundige op het gebied van microsysteemtechnologie (MST) zult u betrokken worden bij de realisatie van ontwikkelingsprojecten in opdracht van het bedrijfsleven en de uitvoering van Europese onderzoeksprojecten. Daarnaast vormen studies, bijvoorbeeld op het gebied van milieusensoren, onderdeel van deze functie.

Taken:
- uitvoeren van technische voorstudies en ontwikkelingsprojecten
- ondersteuning geven bij beleidsstudies op het gebied van MST
- coördinatie van projecten

Kandidaten beschikken over de volgende kenmerken en achtergrond:

- "breed georiënteerde" ingenieur, bijvoorbeeld elektrotechniek of technische natuurkunde, eventueel gepromoveerd
- goede kennis van microsysteemtechnologie en sensoren
- voor het vakgebied/de functie relevante werkervaring, bij voorkeur in de industrie
- aantoonbare managementvaardigheden
- business-gedreven instelling
- contactgerichte persoonlijkheid

Meer informatie: Ir. H. Leeuwis, projectleider Sensoren en Microsysteemtechnologie.

Reacties zien wij graag voor 15 april a.s. tegemoet.

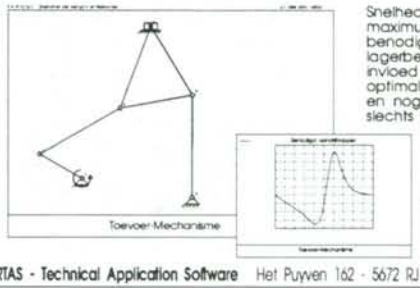
3T is, met 30 medewerkers, een middelgroot ingenieursbureau op het gebied van meet-, registratie- en besturingssystemen. In opdracht worden nieuwe produkten en turn-key systemen ontwikkeld voor de industrie. De aard. en omvang van opdrachten loopt uiteen van het doen van haalbaarheidsstudies tot en met levering van complete produkten.

Technische kernwoorden zijn:
- **sensoren en interfaces**
- **micro-elektronica (analoog en digitaal)**
- **fieldbussen**
- **(technische) PC-software**
- **CE-markering, EMC, Technisch Constructie-Dossier**

3T BV
Postbus 3639
7500 DP ENSCHEDE
Telefoon: 053-336633
Fax: 053-336869

MECHANISMEN ANALYSE OP DE PC

SAM 2.2 Bewegings- en krachtenanalyse van willekeurige stangen-, riemen en planetaire mechanismen



Snelheden, versnellingen, maximum motorkoppel, benodigd aandrijfvermogen, lagerbelastingen, invloed compensatieveren, optimalisatie van de baan en nog veel meer in slechts enkele minuten !!

v.a. hfl. 599,-

Onderwijsinst. : hfl. 250,-
Studenten : hfl. 75,-
Demo : hfl. 10,-

Testrapport in "Mikroniek 93/2"

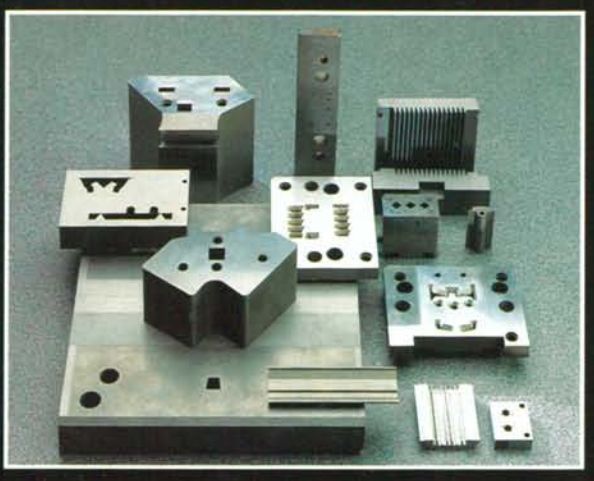
ARTAS - Technical Application Software Het Puyven 162 - 5672 RJ Nuenen - tel/fax 040-837552

UW botte HM-frezen als NIEUW geslepen!!

Maakt u kennis met onze perfecte slijpmethode, het is beslist de moeite waard. Tevens nieuwe frezen en coaten van frezen.

Kafra Hard Metal Tools, Precisieslijperij
Tel. (05450) 9 49 45. Fax (05450) 9 51 17.
Postbus 79, 7160 AB Neede

PTS
topkwaliteit in precisie



PTS is gespecialiseerd in fijnmechanica. Met name het bewerken van hardmetaal en stempelstaal, waarbij precisie tot op de micron wordt vereist.

Gereedschappen, zoals kraal-, dieptrek- en vlakstamp-gereedschappen, zijn de belangrijkste produktgroepen; terwijl meetgereedschappen en nauwkeurige machine-onderdelen tot het totaalprodukt behoren.

Een ander belangrijk specialisme is de fabricage van samples en kleine voorseries.

PTS is in staat om snel en uiterst precies enkele voorbeelden te maken van produkten, die de klant in produktie wil gaan nemen.

PTS
Precision Tooling Services

H.G. Keylard • P.O. Box 7 • 6130 AA Sittard • Nederland
Tel. +31 (0) 46 593.246 • Fax +31 (0) 46 593.713