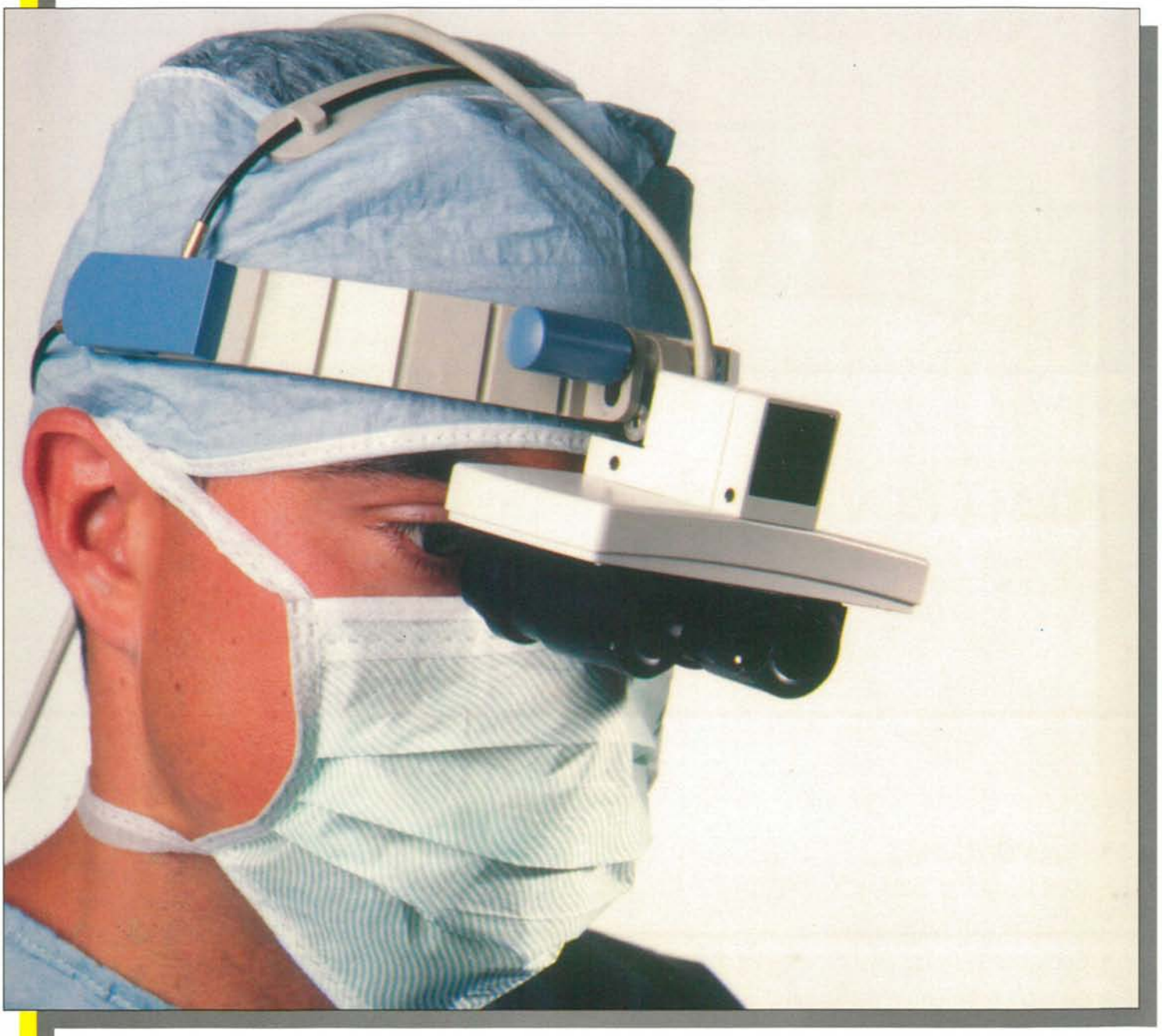
jaargang 34, nummer 6

Mikromiek

NVFT

VAKBLAD VOOR PRECISIE-TECHNOLOGIE



Spanningsarme sensorbehuizing

Loepenbril – Minilijmen – LabView

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	

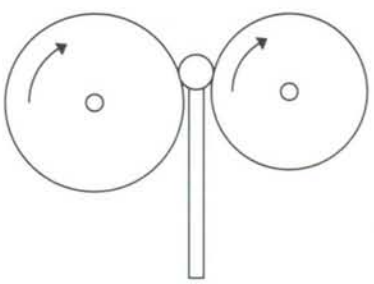
SALOMON'S METALEN B.V.

Voorsprong door Voorraad!

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

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.

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 comakership, een ervaring opgedaan bij de vervaardiging van onderdelen voor de apparatuur van Delft Instruments.

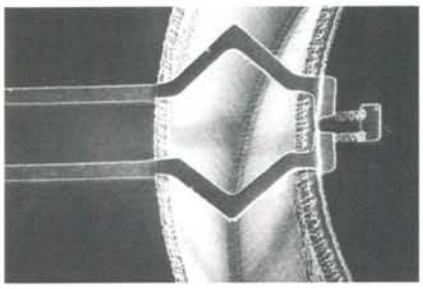
Kwaliteit
Inzet, toewijding en kunde staan bij MPP hoog in het vaandel. Zo kan MPP een uitstekende kwaliteit van haar produkten waarborgen. Bij MPP wordt dan ook volgens ISO 9002 gewerkt.

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.

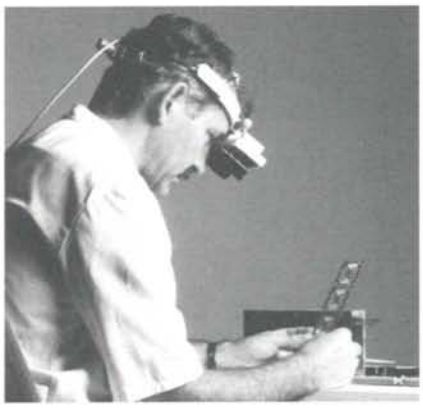
Doelstelling
MPP wil met de klanten Comakership relatie opbouwen. Een relatie die gebaseerd moet zijn op een wederzijds vertrouwen in elkaars mogelijkheden en die gericht is op zo gunstig mogelijke marktcondities voor die klant. Nauwe samenwerking en goede afspraken moeten leiden tot de juiste prijs/prestatie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

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

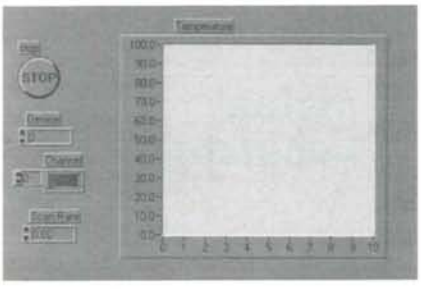
In dit nummer



Zie pagina 170



Zie pagina 176



Zie pagina 178

161 Strengere veiligheidseisen voor (zelfgebouwde) apparatuur
Editorial

162 Verenigingsnieuws/Actueel

165 Lijmen van kleine onderdelen (3)
J.A. Poulis, J.C. Cool, E.H.P. Logtenberg

170 Reductie van behuizingsspanningen in een micro-mechanische druksensor
V.L. Spiering

174 Her en der

176 Ontwikkeling van een autofocus loepenbril

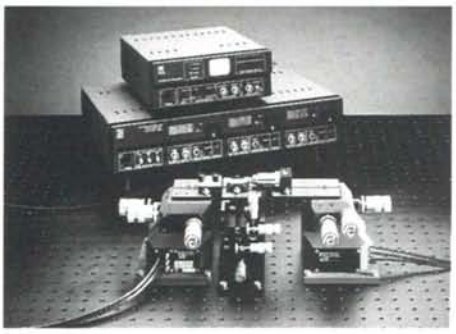
178 LabView
G. Rijnders

181 Produktinfo

Bij de foto van de voorpagina:
De autofocus loepenbril is een handig hulpmiddel voor specialisten.
(Foto: Schmidt Instruments BV, Amsterdam)

MELLES GRIOT

Optics – Lasers – Instruments



Fiber Couplers, -Launchers, -Positioners

Ons leveringspakket omvat een grote variëteit aan translatie- en rotatie systemen voor nauwkeurige positionering.

U kunt geheel vrijblijvend informatie bij ons opvragen, ons adres is:

Melles Griot B.V.
Postbus 272, 6900 AG Zevenaar
Telefoon: (+31) 8360 – 33041
Telefax: (+31) 8360 – 28187

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 100[a], 7241 CW Lochem.
Tel.: 05730-57838, Fax: 05730-57544

Mikroniek

De redactie zoekt uitbreiding met:

Enthousiaste medewerker/ster

Geïnteresseerden worden verzocht contact op te nemen met:

J. Verkerk
Telefoon: 030 - 53 17 10

Mikroniek

Instrument makerij

Leitec Instruments

Tomatenstraat 4, 2321 HG
Leiden, tel. 071-76 55 07

metaal
kunststof

tevens
micro
argon/arc

NVFT

Nederlandse Vereniging voor precisie-technologie

Uitgave:
NVFT

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 NVFT
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

Strengere veiligheidseisen voor (zelfgebouwde) apparatuur

Bij de ontwikkeling van prototypen of bij experimentele aanpassingen aan apparatuur wordt vaak weinig aandacht geschonken aan de veiligheid. In de ijver om zijn doel te bereiken worden veiligheidsvoorzieningen als lastig en beperkend ervaren. Deze handelswijze wordt verdedigd doordat men de apparatuur door vakbekwaam personeel laat bedienen die de risico's voldoende kunnen onderkennen.
Het is echter niet ongewoon dat, ook nadat de werking van het apparaat is aangetoond, de onveilige situatie niet wordt verbeterd. Er is geen directe behoefte omdat "het nu toch goed gaat" en omdat er bij het ontwerp geen rekening is gehouden met veiligheidsvoorzieningen, zodat aanpassing duur is. "Bovendien dient de apparatuur alleen voor eigen gebruik" is een vaak gehoorde opmerking.

Alle na 1 januari 1995 gebouwde of gewijzigde apparaten en machines moeten voldoen aan Europese veiligheidsnormen en als teken daarvan voorzien zijn van het CE-logo. Dat geldt ook voor apparatuur die voor eigen gebruik gebouwd is. De stevig aangescherpte regels vereisen dat reeds bij het ontwerp een oplossing bedacht is voor de veiligheidsrisico's. De veiligheidsanalyse en de genomen maatregelen moeten worden gedocumenteerd in een zogenaamd *technisch constructiedossier* en tenminste 10 jaar na aflevering worden bewaard.
Ook bij het wijzigen van apparatuur wordt dit verlangd. Door wijzigingen aan apparatuur met een CE-markering aan te brengen vervalt deze en moet een nieuwe veiligheidsanalyse gemaakt worden.

Worden de regels nu knellend?
Stel er doet zich een ongeval voor met de door u gebouwde of gewijzigde machine, dan komt onherroepelijk de vraag wie daarvoor aansprakelijk is. Ziet u het al voor u wat er gebeurt, wanneer u uw directeur gaat vertellen dat er geen technisch constructiedossier en geen CE-markering aanwezig is.

Hoezo knellende regels?

J. Verkerk

Verenigingsnieuws/Actueel

Mechatronics Trophy

Wedstrijd met aparte prijzen voor bedrijven en studenten. Voor studenten een extra geldprijs van f 10.000 te besteden aan een mechatronisch produkt. Sluiting inzending 10 januari 1995 van produkten door bedrijven (Mechatronics Trophy) en 31 maart 1995 van ontwerpen door studenten (Electronics Trophy).

Het Mechatronica Platform en de Industriële elektronica branche van Het Instrument reiken in 1995 weer twee prijzen uit voor opvallende mechatronica prestaties. De 'Mechatronics Trophy' zal worden uitgereikt aan een bedrijf 'dat een verkoopbaar mechatronisch produkt heeft ontwikkeld'. Een deskundige jury zal eerst toetsen of het produkt inderdaad mechatronisch ontwikkeld is om vervolgens de inzendingen op basis van enkele criteria met elkaar te vergelijken. Volgens eenzelfde procedure zal de 'Electronics Trophy' met een extra geldprijs van f 10.000 worden uitgereikt aan een student voor een mechatronisch ontwerp.
De prijswinnaars ontvangen allen een fraai kunstwerk en een gratis presentatie technologieshow Mechatronics & Automation tijdens de vakbeurs Electronics '95, op 9 - 12 mei 1995.

In 1993 ging de Mechatronics Trophy naar de firma Te Strake, voor haar succesvolle weefmachinebesturing. Nedap en Huka waren toen mede-genomineerden met respectievelijk een schuifdak controlunit en de mechatronische rolstoel 'Skwirrel'. Student Harry van der Schoot van de Universiteit Twente kreeg in 1993 de Electronics Trophy voor zijn ontwerp voor een plaatsbepalingssysteem voor een mobile robot (zie Mikroniek 33(1993)3 p.82 voor een beschrijving van dit systeem).

Kandidaat bedrijven of studenten worden uitgenodigd hun produkten of ontwerpen in te dienen bij de Federatie "Het Instrument".

Voor nadere informatie:
Federatie Het Instrument
Postbus 152, 3760 AD Soest
Fax: 02155-23739.

De NVFT verandert van naam

In de Algemene Ledenvergaderingen van 1993 en 1994 heeft het bestuur de wenselijkheid naar voren gebracht de naam van de vereniging aan te passen aan de veranderde inhoud van het vakgebied. Tijdens beide vergaderingen heeft de meerderheid van de aanwezige leden zich voor een naamsverandering uitgesproken en wel:
van: "Nederlandse Vereniging voor Fijnmechanische Techniek" met als logo "NVFT"
in: "Nederlandse Vereniging voor Precisie-Technologie" met als logo "NVFT".
Deze naamsverandering is daarop ingevoerd voor Mikroniek, voor het briefpapier en gebruikt in onze in- en externe correspondentie. Het zou echter meer voor de hand liggen het logo NVFT tegelijk met de naamsverandering door het logo NVPT te vervangen. Om de mening van de leden te kennen heeft het bestuur een op naam gestelde, schriftelijke enquête uitgevoerd waaruit bleek dat 87% van de ingeschreven leden vóór verandering van de naam in het logo waren.
De naam van de vereniging wordt daarom per 1 januari 1995 veranderd in:
"Nederlandse Vereniging voor Precisie-Technologie" met als logo "NVPT" (Dutch Society for Precision Engineering).
Op grond van de uitslag van de enquête meent het bestuur met dit besluit conform de wens van de leden te handelen en heeft niet het voornemen een bijzondere algemene ledenvergadering uit te schrijven om een formele instemming van de leden te verkrijgen. Bovendien worden daarmee de kosten van het organiseren van een algemene ledenvergadering bespaard.
De verandering van de naam en het logo van de vereniging zal op de gebruikelijke manier in de statuten worden opgenomen waarover u in de gewone algemene ledenvergadering van 1995 wordt geïnformeerd.
Namens het bestuur,

G. van Drunen
Secretaris NVFT.

25 jaar industrieel ontwerpen

Tentoonstelling; 3 - 31 december 1994, dinsdag t/m zaterdag 10.00 - 17.00 h, zondag 12.00 - 17.00 h; Techniek Museum Ezelsveldlaan 61, Delft; kosten *f* 5.00 of *f* 3.50 voor bepaalde categorieën.
Van handige, ingenieuze, duurzame gebruiksartikelen en apparaten in het dagelijks leven is hooguit de fabrieks- of merknaam bekend, slechts zelden die van de ontwerper. Dat de aluminium strooituit van het pakje hagelslag inmiddels vervangen is door een van karton zal niet snel associaties hebben opgeroepen met een industrieel ontwerpprobleem. Wat hebben de inmiddels ruim 1.200 in Delft opgeleide IO-ingenieurs afgelopen periode bijgedragen aan het proces van produktontwikkeling en waaraan is dat herkenbaar?
De rol van de industrieel ontwerper in de produktontwikkeling is afgelopen 25 jaar – de kwart eeuw dat de faculteit van het Industrieel Ontwerpen (IO) van de TU Delft nu dezer dagen bestaat – steeds belangrijker geworden. Industrieel ontwerpen bestaat niet alleen uit

mooi vormgegeven technische oplossingen, maar richt zich ook op het proces dat hieraan vooraf gaat. Ter gelegenheid van dit jubileum toont de Delftse Faculteit vooral de ontwikkelingen in het eigen vakgebied.
Bijna zeventig ondernemingen en ontwerpbureaus, waarin industrieel ontwerpers actief zijn, geven antwoorden op vragen over hedendaagse produktontwikkeling tijdens de expositie. Daar staan 75 kasten met gebruiksvoorwerpen, variërend van een drankenautomaat tot een miniatuuroogpincet, in een entourage die past bij een ingenieursopleiding die zich bezighoudt met in serie gefabriceerde produkten.
Als uitleg bij de – soms complexe – verhalen achter een bekend produkt geven 13 bedrijven en ontwerpbureaus op de tentoonstelling tegelijkertijd hun visie op produktontwikkeling met behulp van displays, dia-series, studie-objecten en prototypen. Het zijn visies die een beeld schetsen van de uitdagingen waarmee produktontwikkelaars ook vandaag worden geconfronteerd.
Tot de deelnemende bedrijven waarvan komende maanden industriële ontwerpen in het Delftse Techniek Museum te zien zijn behoren o.m. Océ, Koninklijke PTT Nederland, Philips, De Nederlandsche Bank, Brabantia, GE Plastics, NS, Landmark Design & Technology, Ejok Design for Industry en Nutricia.

Nieuwe branchegids elektronica-producenten

De Metaalunie-branchegroep Dutch Electronic Systems and Components (DESC) heeft in eigen beheer een branchegids vervaardigd, waarin de bedrijfsprofielen staan van de leden van de branchegroep, voorzover zij zich hiervoor hebben gemeld. In de gids is ook een matrix opgenomen waarmee snel kan worden nagegaan, welke bedrijven voor welke bedrijfsfuncties, bedrijfsprodukten, produktietechnologieën en bedrijfsexpertises ingeschakeld kunnen worden.
Met deze gids willen de DESC-leden zich gezamenlijk sterker op de markt presenteren met hun individuele mogelijkheden en specifieke kennis.
Het bestuur is van mening dat de gids een belangrijke bijdrage kan leveren aan de vorming van nieuwe samenwerkingspatronen en zinvolle produktvernieuwing. De gids telt 73 pagina's; leveranciers en andere geïnteresseerden kunnen de gids kopen voor *f* 25,- exclusief BTW.

Nadere informatie en bestellingen:
Bureau Metaalunie
Ing. W.J. Betting
Postbus 2600
3430 GA Nieuwegein
Telefoon: 03402 - 53 344
Fax: 03402 - 53 208.

Reünie oud-studenten FMT

Vrijdag17 februari 1995 vanaf 18.30, Kolhornseweg te Hilversum.

Met ingang van 1 augustus 1995 verhuist de HTO studierichting Fijnmechanische Techniek (FMT) van de Hogeschool Utrecht van Hilversum naar Utrecht. Als laatste mogelijkheid om de lokatie Hilversum te bezoeken, wordt op vrijdag 17 februari 1995 een reünie voor oud-studenten van de opleiding FMT georganiseerd. Tevens wordt deze bijeenkomst aangegrepen om een vereniging van oud-FMT-studenten op te richten.
Het programma begint om 18.30 uur. Er komen diverse boeiende sprekers en de vereniging wordt officiël door oudstudenten opgericht. Daarna start het informele deel van de avond. Bestaande uit een koud-buffet en een groot feest met een swingende band. Oudstudenten en hun partners zijn op deze avond van harte welkom.
De uitnodiging volgt. Noteer alvast de datum in uw agenda.

Voor nadere informatie:
Ir. A.A. van Oostveen
HTO Fijnmechanische Techniek, lokatie Hilversum
Telefoon: 035 - 24 19 51.

Clustervorming in de metaal

De ondernemersorganisatie Metaalunie en ING Bank werken samen in een nieuw project met de naam "Clustervorming in de metaal". Doel van het project is om de internationale concurrentiepositie van een aantal kleinere en middelgrote ondernemingen uit de metaalverwerkende industrie (metaalprodukten en machinebouw) te versterken door complementaire bedrijfsactiviteiten bijeen te brengen rond kansrijke innovaties.
De Metaalunie (8.000 bedrijven met ruim 120.000 werknemers) en ING Bank gaan op zoek naar gezonde bedrijven die samen met één of enkele andere bedrijven een bepaalde produkt- of procesinnovatie willen doorvoeren om nieuwe buitenlandse markten te betreden. Nieuw is dat de clusters worden gevormd rond innovaties die vooraf door een groep deskundigen worden beoordeeld op technologische, praktische en (vooral) commerciële haalbaarheid. Elk van de 10 à 15 geplande clusters worden begeleid door een deskundige en onpartijdige commissaris. Inmiddels zijn al twee pilot-clusters gevormd.
Het clusterproject sluit aan bij de internationale trends van specialistatie, internationalisatie en samenwerking. De achterliggende gedachte is dat het MKB in de metaal veel potentie heeft, maar door de vaak geringe schaalgrootte moeilijk tot nieuwe hoogwaardige produkten komt.

Goed woordgebruik in bedrijf en techniek

Bij het Nederlands Normalisatie Instituut is de derde, geheel herziene druk verschenen van de norm NEN 5050 "Goed woordgebruik in bedrijf en techniek – Woordenlijst met taalkundige aanwijzingen".
Deze norm bevat een lijst van aanbevolen vormen voor veel voorkomende woorden en termen die door hun onnederlandse vorming, onjuist gebruik, foutieve spelling of uitheemse oorsprong voor verbetering vatbaar zijn.
De woordenlijst wordt voorafgegaan door taalkundige aanwijzingen. De norm is van toepassing op correspondentie, verslagen, rapporten en publikaties (jaarverslagen, tijdschriften, instructies, officiële mededelingen enzovoort) in bedrijfs- en zakenleven, wetenschap en techniek.
Bestelling: NEN 5050 kan worden besteld door overmaking van *f* 30,- (inclusief btw en verzendkosten) – let wel:

f 45,- vanaf 1 januari 1995 – op Postbanknummer 25301 ten name van het NNI in Delf onder vermelding van 'NEN 5050'. Of per fax bij NNI-verkoop: telefoon 015 - 690 271.

Voor nadere informatie:
NNI-infocentrum
Telefoon: 015 - 690 255
Fax: 015 - 690 130.

Alternatieve schokdempende materialen

Themadag, 16 februari 1995 te Voorhout.
Als gevolg van milieueisen is een stortvloed van alternatieve buffermaterialen voor verpakkingen op de markt verschenen. De schokdempende eigenschappen van zetmeelchips, papierbuffers, zweefverpakkingen, luchtzakverpakkingen, golfkartonbuffers en dergelijke zullen worden belicht aan de hand van toepassingen en testresultaten. De dag wordt afgesloten met een workshop waarbij de deelnemers hun eigen probleem met het dempen van schokken in verpakkingen kunnen aandragen.

Deelnamekosten: f 165,- per bedrijf (maximum 2 personen).

Voor nadere info:
Topa Instituut, Voorhout,
de heer W. de Bruin,
Telefoon: 02522-19025

Handboek Mechatronica

In mechatronica worden werktuigbouw, elektronica, software en waar nodig andere technologieën vanaf het eerste ontwerp geïntegreerd. Uit onderzoek is gebleken dat Nederland enkele jaren geleden nog een achterstand op dit gebied had ten opzichte van de Verenigde Staten, Japan en Duitsland. Bovendien kan de toepassing van mechatronica leiden tot produkten die voor een lagere prijs eerder op de markt komen. Dit zijn sterke concurrentie-voordelen, ook met het oog op de lage-lonenlanden. Mechatronica is ondermeer interessant voor machinebouwers, stempel- en matrijzenmakers, elektronicabedrijven, ontwerpbureaus, instrumentmakers, etc.
Het boek bevat ondermeer een praktisch stappenplan voor de invoering van mechatronica en de nieuwste kennis op diverse vakgebieden.
Initiatiefnemer voor dit handboek is de Metaalunie. Het wordt uitgegeven door SMD/Waltman te Leiden.

Voor nadere informatie:
Metaalunie, drs. H.E.J. Theunissen,
tel.: 03402-53344.
SMD/Waltman, drs. J.T. Schulten,
Telefoon: 071-322922.

Advisering oppervlaktebehandelende bedrijven

Het InnovatieCentra Netwerk Nederland (ICNN) en de Vereniging voor Oppervlaktetechnieken van Materialen (VOM) bekrachtigden op 31 oktober 1994 formeel hun samenwerking bij de advisering en ondersteuning van oppervlaktebehandelende bedrijven in Nederland.
Aanleiding hiertoe is het feit dat industriële bedrijven in de oppervlaktebehandelende industrie in toenemende mate geconfronteerd worden met wetgeving op het gebied van milieu, veiligheid en energieverbruik. Tevens stellen de opdrachtgevers steeds hogere eisen op het gebied van kwaliteit, kwaliteitszorg en -borging. Dit heeft als gevolg dat bij ondernemers een groeiende behoefte is aan kennis en advies op dit gebied.
VOM is de branche-organisatie voor de oppervlaktebehandelende industrie en beschikt over een eigen kennis- en adviescentrum. Daarin zijn 15 specialisten werkzaam die jaarlijks 300 tot 400 adviezen verlenen. ICNN bestaat uit een landelijk netwerk van 18 InnovatieCentra en het Specialistisch Centrum voor Uitvindingen ID-NL. De 150 ICNN-adviseurs bevorderen technologische kennisoverdracht en innovatie bij middelgrote en kleine industriële bedrijven.
De samenwerking heeft betrekking op adviesverlening en voorlichting. ICNN-adviseurs verlenen eerstelijns-advies aan middelgrote en kleine bedrijven inzake oppervlaktebehandeling van metaal en kunststoffen. Voor specialistisch advies verwijzen zijn door naar Adviescentrum VOM.
Op het gebied van voorlichting bieden VOM en ICNN gezamenlijk cursussen, thema-bijeenkomsten en publikaties.
Ten aanzien van kennisoverdracht in het algemeen stelt ICNN, dat alleen het aanbieden ervan niet voldoende is om de kennis daadwerkelijk toegankelijk te maken. Technologische kennisoverdracht aan een middelgroot of klein bedrijf heeft de meeste kans van slagen, wanneer de kennisoverdrager inzage heeft in de praktijksituatie en specifieke deskundigheid van de betreffende ondernemer. Een inhoudelijke dialoog en een vertrouwensrelatie zijn daarbij voorwaarde. Samenwerking tussen een landelijk netwerk van adviseurs en gespecialiseerde, branchgerichte kenniscentra voorziet daar in.

Voor nadere informatie:
Drs. J.I. van Dorp (VOM)
Telefoon: 030 - 287 111
Dhr. K. Verburg (ICNN)
Telefoon: 070 - 3 042 121.

Mitutoyo ontvangt NKO-erkenning

In oktober 1994 ontving Mitutoyo Nederland bv de NKO-erkenning K086 voor haar Calibration Service.
Het belang dat Mitutoyo hecht aan deze erkenning werd bij deze gelegenheid onderstreept door het feit dat Y. Numata, de topman van het Japanse Mitutoyo concern, persoonlijk de erkenning in ontvangst nam van Dr. P.H. van de Leemput, directeur van het NKO.
De ontvangen erkenning heeft betrekking op de kalibratie van eindmaten en stappeneindmaten in het eigen laboratorium en diverse metingen aan coördinatenmeetmachines op locatie. In de toekomst zal dit pakket uitgebreid worden aangepast aan de wensen van de markt.
Uit de toespraken van de diverse prominente aanwezigen bleek dat zowel Mitutoyo als de NKO de erkenning zien als een waardevolle bijdrage aan een internationaal proces dat uiteindelijk moet leiden tot een veel betere wereldwijde acceptatie van kalibratie-certificaten.

Optimalisatie van kleine cilindrische lijmverbindingen

Lijmen van kleine onderdelen (3)

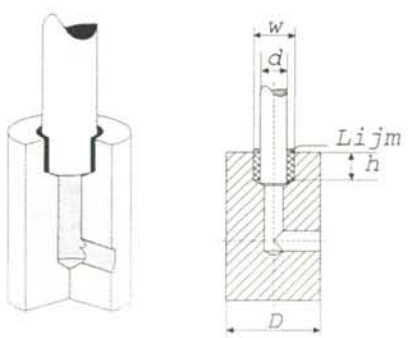
J.A. Poulis, J.C. Cool, E.H.P. Logtenberg

De sterkte van kleine cilindrische lijmverbindingen (oppervlakte: 1,5 tot 27 mm²) kan worden geoptimaliseerd door het ontwerp van de lijmconstructie zodanig aan te passen dat spanningspieken in de lijmlaag worden verlaagd. Singulariteiten als luchtbellen in de lijmlaag blijken eveneens van invloed op de spanningsverdeling in de lijmlaag.
De invloed van de dimensionering op de sterkte van de verbinding is experimenteel onderzocht. De resultaten wijzen in dezelfde richting als die van spanningsberekeningen met de eindige elementen methode.
Naast de lengte van de overlap blijkt de oppervlakte van de doorsnede van de te verlijmen delen van grote invloed op de sterkte. Dit geeft de constructeur mogelijkheden om de sterkte van de lijmverbinding te beïnvloeden door de vormgeving van de te verlijmen delen aan te passen.

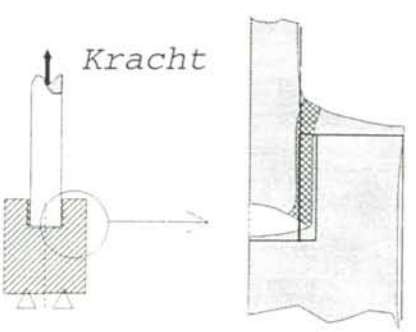
Miniatuur-lijmverbindingen worden steeds vaker toegepast als gevolg van een verdergaand miniaturiseringsproces bij het ontwerpen van produkten.
Om de kwaliteit van deze verbindingen te optimaliseren is gedurende de afgelopen jaren een intensief onderzoekprogramma uitgevoerd naar het verlijmen van heel kleine roestvaststalen cylindrische onderdelen door de vakgroep Instrumenten van de Technische Universiteit Delft. In deze vakgroep wordt al sinds enkele tientallen jaren wetenschappelijk onderzoek verricht naar lichtere en beter bedienbare kinder-protheses en ortheses. Vanwege de steeds nauwere toleranties van de onderdelen en het toenemend gebruik van kunststoffen was lassen of solderen vaak niet mogelijk. Daardoor werden onderdelen steeds vaker verlijmd. De aanvankelijk geconstrueerde lijmverbindingen bleken niet betrouwbaar en begaven het vaak al tijdens een eerste test.
Ter verbetering van de reproduceerbaarheid en optimalisatie van de verbindingen, werd een intensief onderzoek- en testprogramma opgezet.
Figuur 1 is een schets van de onderzochte verbinding, die in roestvaststaal is uitgevoerd. Daarin zijn de aanvoerkanalen voor de lijm zichtbaar die bedoeld zijn om luchtinsluitsels in de lijmlaag te voorkomen. De keuze van de lijm en de toegepaste reinigingsmethode zijn beschreven in Mikroniek 33(1993)5 en 34(1994)1.

Belasting van de lijmlaag

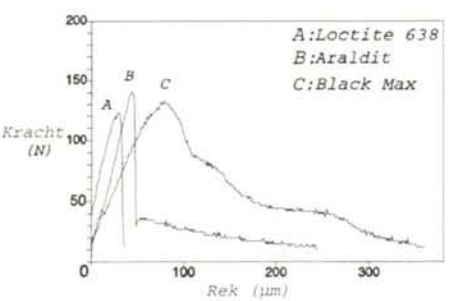
Voor een analyse van de oorzaak van het falen van een lijmverbinding is een onderzoek naar de verdeling van de spanningen van belang. Het verloop van de spanningen is berekend met de eindige elementen methode.
De hiervoor gebruikte modellen zijn in feite een $(1/2\pi)^{de}$ rotatiesymmetrische plakje (taartpunt) van de verlijmde doorsnede. Om de spanningen in de modellen te berekenen moeten deze tekentechnisch worden opgedeeld in zoveel mogelijk op elkaar gelijkende 'bouwstenen' (elementen). De lijm-elementen kregen een oppervlak van 0,125 mm², terwijl die van het roestvaststaal een 25 tot 100 maal groter oppervlak kregen. De lengte van de staf werd gereduceerd tot een kwart van zijn ware lengte om het aantal te analyseren elementen te reduceren en daarmee de rekentijd tijdens de analyses te verkorten. De bovenzijde van de staf werd hiertoe voorzien van een fictief materiaal met een 100 maal zo hoge elasticiteitsmodulus (E) om de spanningen goed homogeen door het stafmateriaal naar de dop te leiden.
Figuur 2 toont de verandering van een vervormde doorsnede ten opzichte de onvervormde doorsnede.
De dimensies van de gebruikte roestvaststalen onderdelen waren: stafdiameter 2,0 mm, lijmspleetbreedte 0,05 mm, en overlaplengte 1,5 mm. Voorafgaande aan het verlijmen werd een lossingsmiddel aangebracht op de onderzijde van de staf om de overeenkomst met de eindige elementen modellen te



Figuur 1. Schets van de onderzochte proefstukken, met stafdiameter d, dopdiameter D, lijmspleetbreedte w-d en overlaplengte h.



Figuur 2. Een 50 miljoen maal vergrote weergave van de vervormingen die optreden wanneer aan de lijmverbinding van figuur 1 in axiale richting getrokken wordt.



Figuur 3. De kracht-rek grafieken van de drie bij de experimenten gebruikte lijmen; anaërobe: Loctite 638, twee componenten epoxy: Araldit HY991/ AW136 en cyanoacrylaat: Black Max 380.

Optimalisatie van kleine cilindrische lijmverbindingen

vergroten. Hierbij wordt namelijk slechts de krachtoverdracht via de zijwanden van de cilinder in rekening gebracht. Na 12 uur voordrogen van de lijm op kamertemperatuur volgde een warmtebehandeling van 2 uur op 80°C.

Stijfheid van de verbinding

De stijfheid van de complete constructie (staf en dop) zal grotendeels worden bepaald door de elasticiteitsmodulus van de gebruikte lijm, omdat $E_{staal} \approx 200 \cdot E_{lijm}$. Ter illustratie zijn in figuur 3 de op een trekbank gemeten kracht-rekgrafieken afgebeeld van drie lijmen die in het onderzoek zijn gebruikt. De gekozen lijmsoorten zijn: Twee componentenlijm (Araldit), een anaërobe lijm (Loctite 638), en een "rubber gevulde" cyanoacrylaatlijm (Black Max 380).
De drie gepresenteerde curves, zie figuur 3, laten heel duidelijk het verschil zien tussen de elasticiteitsmoduli van de geteste lijmen. De "rubber gevulde" cyanoacrylaatlijm (Black Max 380) bezit duidelijk de laagste elasticiteitsmodulus, terwijl die van de anaërobe Loctite 638 de hoogste waarde vertoont. Deze laatste lijm werd, gezien de benodigde constructiestijfheid en het verwerkingsgemak, gebruikt voor het maken van de proefstukken.

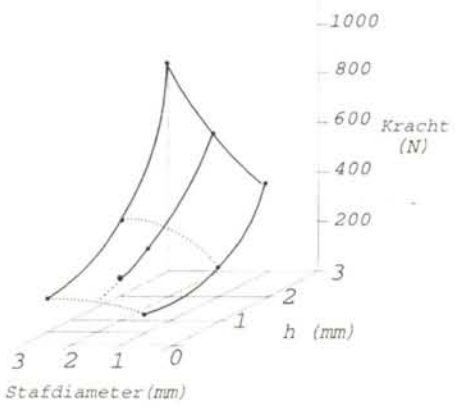
Sterkte van de verbinding

Uit een groot aantal proeven blijkt dat de sterkte van de verbinding afhangt van de diameterverhouding van staf en dop. Ook de lengte van de overlap is van invloed. Dit blijkt uit figuur 4 die het resultaat is van 207 individuele metingen. Met eindige elementen berekeningen is geprobeerd hiervoor een verklaring te vinden.

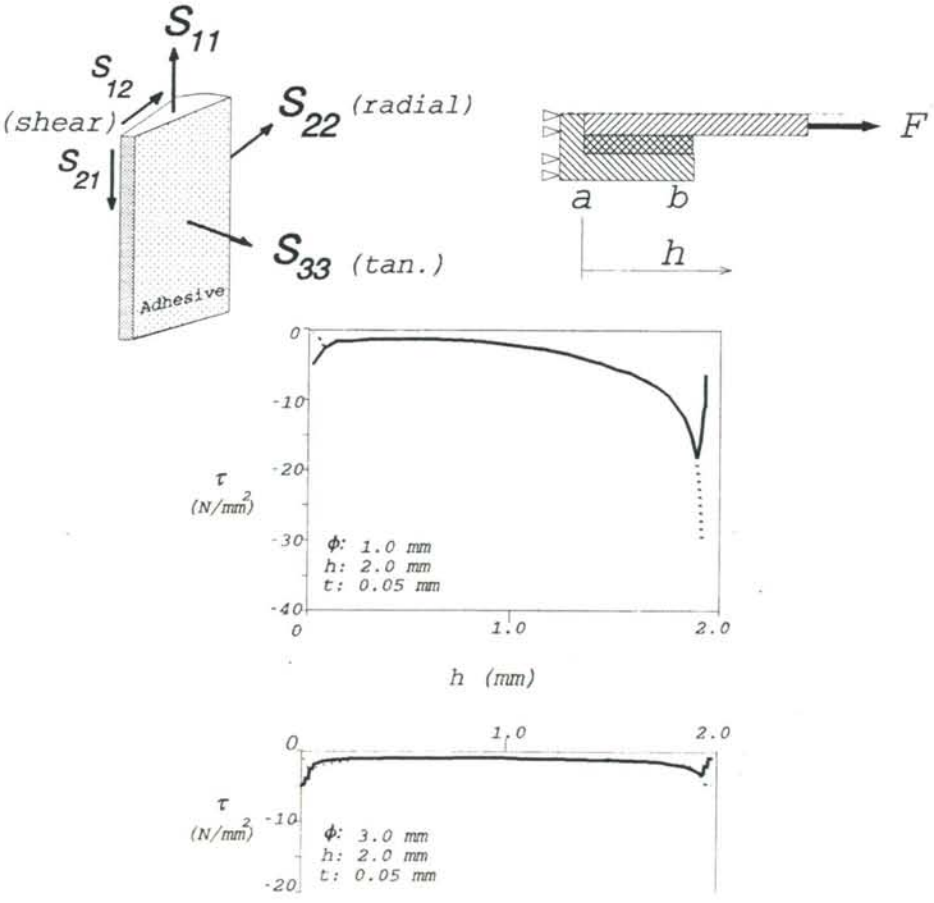
Diameterverhouding

Uit berekeningen blijkt een hoge piekspanning te ontstaan aan het "open" uiteinde van de lijmlaag waar de dop overgaat in de staf. Uit figuur 5 blijkt dat de schuifspanning (maar evenzo de niet getoonde radiale spanning) bij een stafdiameter van 1 mm een veel hogere piek heeft dan bij een stafdiameter van 3 mm en overigens gelijke omstandigheden. Het grote verschil in piekspanning kan aanleiding zijn tot het inscheuren van de lijmlaag met het uiteindelijk verbreken van de verbinding tot gevolg. In de testresultaten van figuur 4 valt eveneens de invloed van de stafdiameter op de sterkte van de verbinding af te lezen.

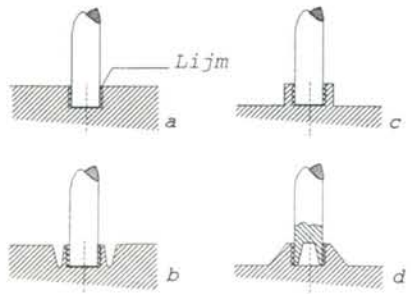
Het ontstaan van deze piek wordt grotendeels toegeschreven aan het grote verschil in stijfheid van de staf (∅ 1 mm) vergeleken met de wanddikte van



Figuur 4. De hechtsterkte als functie van de overlaplengte en stafdiameter. De grafiek is het resultaat van 207 proeven.



Figuur 5. De invloed van stafdiameter op de schuifspanningsverdeling. De bovenste grafiek geeft het effect weer bij de staf van 1 mm doorsnede, de grafiek eronder die bij het gebruik van een stafdiameter van 3 mm.



Figuur 6. a) Een niet-elegante constructie om een staf in een massief lichaam te verlijmen vanwege de hoge spanningen welke hierdoor in de lijmnaad ontstaan. b,c) verbeterde versie die lokaal de stafstijfheid vermindert. d) voorbeeld van het reduceren van piekspanningen aan beide zijden van de lijmnaad.

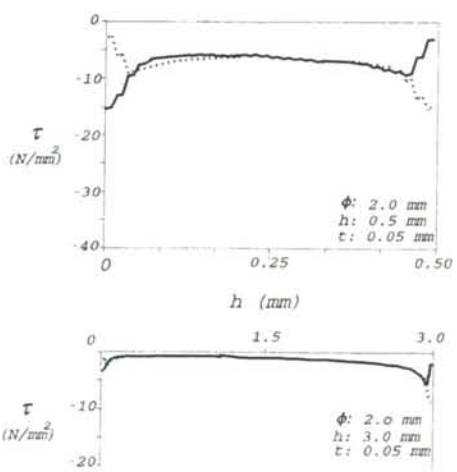
de dop (1,95 mm dik) waardoor grote verschillen in elastische rek ontstaan. Op het uiteinde van de dop waar deze overgaat naar de staf, is de belasting (en dus de rek) op de dop tot nul gereduceerd, terwijl deze in de staf maximaal is. De lijmlaag moet dit verschil in rek kunnen overbruggen wat een zeer hoge spanningspiek in de lijmlaag tot gevolg heeft.
De stijfheden van staf en cilinder kunnen, volgens Hooke, worden gerelateerd aan de oppervlakte van hun doorsneden: respectievelijk $\pi d^2/4$ en $\pi(D^2-d^2)/4$. In feite is dus de verhouding $(D^2-d^2)/d^2$ van belang, omdat deze het verschil in rek karakteriseert. Deze veronderstelling is met berekeningen en proeven geverifieerd, waarbij de waarden uit tabel 1 zijn gebruikt.

Wanneer met de eindige elementen berekeningen de wanddikte van de cilinder wordt verkleind, en wel zodanig dat het oppervlak van de cilinderdoorsnede vergelijkbaar wordt met die van de staf van bijvoorbeeld 1 mm diameter, dan blijkt de spanningspiek aan de open zijde van de lijmlaag zich sterk te verlagen en vergelijkbaar te worden in grootte met die aan de andere zijde van de lijmspleet, zie figuur 5.
In het centrum van de lijmlaag is de spanning laag. Dit is erg belangrijk omdat er dan geen kruip zal optreden. Zo'n vrijwel spanningsloos gedeelte heeft daarmee een stabiliserende invloed op

stafdiameter d mm	dopdiameter D mm	$(D^2-d^2)/d^2$
1	5	24
2	5	5,3
3	5	1,8

Tabel 1. Het verschil in stijfheid van staf- en dopwand, gekarakteriseerd door $(D^2-d^2)/d^2$, kan reeds bij kleine stafdiameterverschillen sterk oplopen. Het gevolg is een minder sterke lijmverbinding.

de verbinding.
Uit proeven is gebleken dat wanneer de wanddikte van de cilinder wordt teruggebracht tot 0,2 mm er ook een piek ontstaat aan de gesloten zijde. Dit bevestigt eens te meer dat de spanningspieken aan de uiteinden van de lijmlaag primair worden veroorzaakt door het verschil in stijfheid van de verlijmde delen.
De invloed van de stafdiameter op de gemeten sterkte van de verbinding, zie figuur 4, vertoont een grote mate van overeenstemming met de hoogte van de door berekening gevonden spanningspieken.
In het geval van een axiaal belaste gelijmde verbinding moet de dimensionering van staf en dop zodanig gekozen worden, dat de doorsnede van het oppervlak van staf en dopwand gelijk is.



Figuur 7. Invloed van de overlaplengte op de schuifspanningsverdeling. De bovenste grafiek laat de berekende spanning zien bij 0,5 mm, de onderste die bij 3,0 mm overlaplengte.

Constructieve voorbeelden van lijmverbindingen worden gegeven in figuur 6.

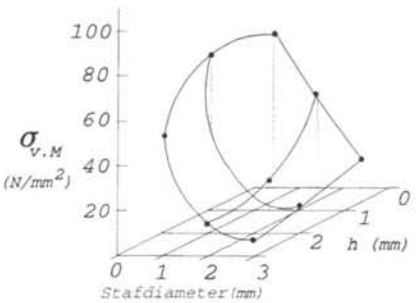
Overlaplengte

Figuur 7 toont de invloed van de overlaplengte bij h= 0,50 en h=3,0 mm op de schuifspanning. Bij de kortste overlaplengte (h=0,50 mm) is er een hoge spanningspiek aan beide zijden van de lijmlaag, die echter afneemt (met 85% en 55%) wanneer de overlaplengte toeneemt tot h= 3,0 mm. Een toename van overlaplengte heeft dus een positieve invloed heeft op de spanningsdistributie.
In overeenstemming met de berekeningen blijken de experimenteel bepaalde waarden van de hechtsterkte sterk te stijgen bij langere overlaplengte, zie figuur 5. Bij een overlaplengte van 2 mm blijkt een scherpe stijging van de sterkte van de verbinding. Tegen de verwachting in blijkt deze nauwelijks afhankelijk van de stafdiameter. Dit betekent dat de gangbare berekeningsmethode die uitgaat van een lineaire relatie van de verbindingssterkte met de grootte van het oppervlak *niet* juist is.
Ook wordt bij de gangbare berekeningsmethode geen rekening gehouden met stijfheids(rek)verschillen tussen dop en staf.

Invloed van stafdiameter en overlaplengte

Wanneer figuur 5 opnieuw in beschouwing wordt genomen, dan blijkt dat de lijmverbindingen hun optimale sterkte verkrijgen bij een lange overlaplengte (h=3 mm) en een grote stafdiameter. De vergelijking van deze experimentele

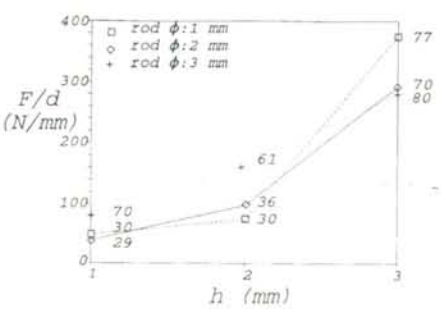
Optimalisatie van kleine cilindrische lijmverbindingen



Figuur 8. De ideële spanning (Von Mises) aan de open zijde van de lijmlaag als functie van de overlaplengte en de stafdiameter.

waarden met de berekende ideële spanning (Von Mises) in de lijmlaag bij deze afmetingen aan zowel de open als de gesloten zijde van de lijmlaag zijn te vinden in figuur 8. Lage spanningspieken blijken dus inderdaad overeen te komen met een hoge verbindingssterkte en vice versa.

Men moet echter oppassen, want vanzelfsprekend speelt het dragend lijmoppervlak van de verbinding eveneens een voorname rol. Hoe groter dit oppervlak, des te sterker de verkregen verbinding zal zijn. Om deze reden is de gemeten uittrekkracht van de destructieve tests gedeeld door de stafdiameter, zie figuur 9.



Figuur 9. Wanneer het invloed van de overlaplengte (h) en de stafdiameter (d) vergeleken moet worden doet men het beste het relatief verlijmde oppervlak in beschouwing te nemen. De gemeten hechtingssterkte wordt dan gedeeld door de stafdiameter. De getallen bij de meetpunten geven de standaarddeviatie in de gemeten waarde.

Ook hier blijkt dat een overlaplengte groter dan 2 mm zeer ten gunste van de sterkte van de verbinding werkt, in het bijzonder bij kleine stafdiameters. Maar zoals uit de grafiek valt af te lezen, geeft een overlaplengte van 3 mm een nog sterkere verbinding.

Lijmlaagdikte

De dikte van de lijmlaag wordt als belangrijke ontwerpparameter beschouwd. De hieronder besproken experimenten bevestigen dat en laten zien dat een dikke lijmlaag bij de beschouwde verbindingen in het algemeen resulteert in een afname van de verbindingssterkte.

De eindige elementen analyse toont aan dat een dikke lijmlaag de radiale spanningspieken doet toenemen met bijna 30% in vergelijking met eenzelfde verbinding met een veel dunnere lijmlaag, zie figuur 10. Dit is het gevolg van een sterkere buiging van de dikke lijmnaad aan de uiteinden. Als gevolg daarvan maken de spanningslijnen een scherpere bocht van het ene metaaloppervlak naar het andere.

De experimentele gegevens in figuur 11 laten zien dat er inderdaad een relatie bestaat tussen de sterkte van de verbinding en de dikte van de lijmlaag. Deze resultaten doen vermoeden, dat een nog kleinere lijmspleetdikte de sterkte van de verbinding zal doen toenemen. Echter, nog nauwere spleetdikten vereisen nauwere toleranties en doen de kosten van de onderdelen stijgen. Een dikke lijmlaag daarentegen doet de stijfheid van de totale constructie afnemen en heeft hogere spanningspieken aan de rand tot gevolg, die als pelspanning werken met over het algemeen desastreuze gevolgen voor de lijmverbinding.

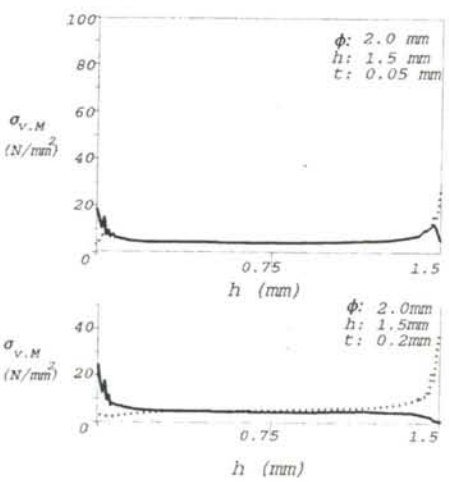
Luchtinsluitsels

Om het effect van luchtinsluitsels op de spanningsverdeling te bestuderen, zijn twee eindige elementen modellen ontworpen en geanalyseerd. Deze waren wederom gebaseerd op de kleine cylindrische verbinding van figuur 1. Een van deze twee modellen bevat een ring van aaneengesloten luchtbellen. In figuur 12 is het plaatsafhankelijke effect waar te nemen die luchtbellen hebben op de spanningsverdeling in de lijmnaad. De luchtbel in het centrum van de lijmlaag geeft slechts een kleine verstoring en lijkt dus een ongevaarlijke invloed te hebben op de ideële spanning. Hierbij moet echter wel in acht worden genomen, dat de verstoringen worden berekend op macroniveau.

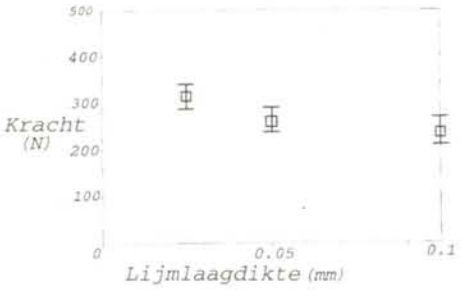
Een lokaal verstoorde spanningscurve ten gevolge van de luchtbel die de lijmlaag plaatselijk een hogere flexibiliteit geeft, is te vinden aan het gesloten uiteinde van de lijmlaag. De spanningsconcentratie aan het open uiteinde van de lijmlaag is echter licht gestegen.

In Griffith's theorema [13] wordt aangenomen, dat het falen van een lijmverbinding al bij relatief laag aangelegde spanningen kan plaatsvinden wanneer er insluitsels (singulariteiten) in de lijmlaag aanwezig zijn, of wanneer er sprake is van plaatselijk slechte hechting tussen lijmlaag en metaal. Dit ten gevolge van plaatselijk sterk verhoogde spanningsconcentraties op moleculair niveau.

Wanneer er van wordt uitgegaan dat



Figuur 10. De invloed van de lijmlaagdikte op de ideële spanning (Von Mises).

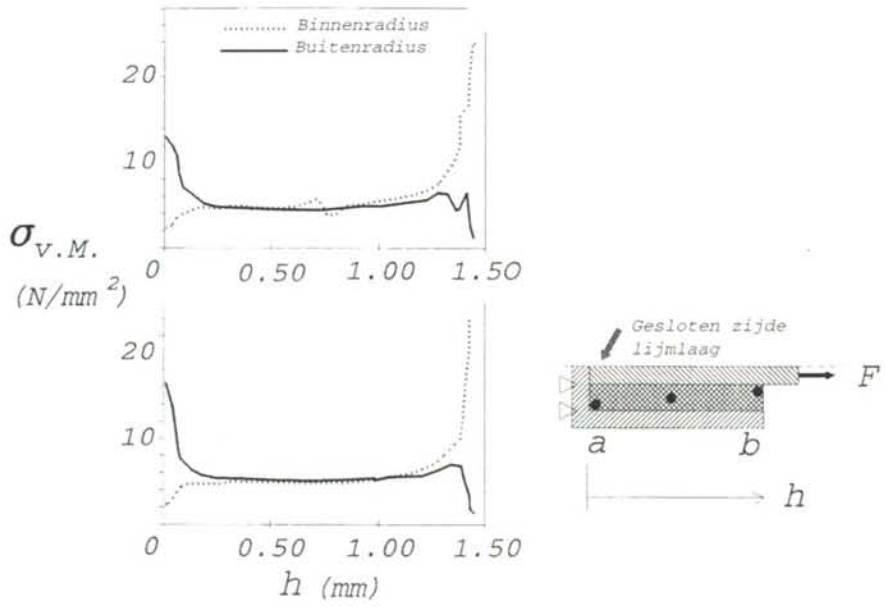


Figuur 11. De invloed van de lijmlaagdikte op de experimenteel gemeten hechtsterkte (d= 2,0 mm, h= 1,5 mm).

aan het uiteinde van de lijmlaag de hoogste spanning staat, is het heel goed mogelijk dat op microscopisch niveau de spanningen ten gevolge van deze singulariteiten veel hoger oplopen dan die van de hier getoonde berekeningsresultaten.
Bovendien kan een luchtbel functioneren als waterbuffer in vochtige omgevingen, hetgeen de duurzaamheid van de verbinding verlaagt. Diverse experimentele resultaten en berekeningen hebben dit ook aangetoond. Daarom valt het sterk aan te raden om voorzorgen te treffen die de kans op het ontstaan van luchtbellen in de lijmlaag tegengaan.

Conclusie

Het doen van een realistische voorspelling van de uiteindelijke sterkte van een lijmverbinding is ook met eindige elementen berekeningen nog niet mogelijk. Wel kunnen er kwalitatieve richtlijnen aan ontleend worden door vergelijking van resultaten, wat praktisch is voor de optimalisatie van de verbindingen.
Naast de dikte van de lijmnaad blijken de lengte van de overlap en de relatieve stijfheid van staf en dopwand van grote invloed op de lijmnaadsterkte. Een constructeur kan grote invloed uitoefenen op de sterkte van een lijmverbinding door de dimensionering van te verbinden delen handig te kiezen.



Figuur 12. Invloed van drie luchtbellen in de lijmlaag (boven) van een cylindrische verbinding vergeleken met een defect-vrije lijmlaag (onder).

Literatuur

[1] D.v Gemert, F. Norre; Berekening van gelijmde verbindingen; De constructeur, (1990)3, pp 56-63.
[2] NASA-CR-112235; Adhesive-Bonded Double Lap Joints; Douglas Aircraft Co. Inc. Feb 1974.
[3] R.D. Adams; Stress Analysis: A finite-Element Analysis approach; Dep. of Mech. Eng. University of Bristol, UK.
[4] R. Houwink, G. Salomon; Adhesion and Adhesives; 2nd. Ed., Elsevier 1965.
[5] L.J Hart-Smith; Stress Analysis: A continuum Mechanics Approach; Douglas Aircraft Comp., California, USA., Science Vol.16, pp 1901-1909, 1972.
[6] T. Wang; Effect of Bonding Defects on Shear Strength in Tension of Lap Joints Having Brittle Adhesives; Journ. of Polymer Science, Vol.16, pp1901-1909, J. Wiley & Sons, 1972.
[7] H. Schlegel; Berechnung von geklebten Rundverbindungen; Plaste und Kautschuck, (1965)8 pp 469- 472.
[8] W. Althof, Braunschweig; Adhäsion; (1966)12 pp 493-496.
[9] G. Habenicht; Kleben; Springer-Verlag 1986, ISBN 3-540- 15893- 6 (Berlin..).
[10] N.K. Benson; The mechanics of adhesive bonding; Appl. Mech. Rev., Feb, 1961.
[11] S. Wu; Polymer interface and adhesion; Marcel Dekker, ISBN 0 8247 15330 pp 571-612, 1982.
[12] A. Matting; Grenzflächen-reaktionen und Spannungs-verteilung in Metallklebverbindungen; Kautschuck und Gummi Kunststoffe 7(1963)16.
[13] A.A Griffith; Phil. Trans. Roy. Soc., A221, 163, 1920.
[14] Algor Finite Element Analysis System; Algor Inc., 260 Alpha Drive, Pittsburgh, Pennsylvania 15238, USA.
[15] J.A Poulis; Small Cylindrical Adhesive Bonds; Delft University of Technology, Fac. of Mech. Eng., Mekelweg 2, 2628 CD Delft, Holland, ISBN 90-370-0082-7, 1993.

Auteursnoot

J.A. Poulis en J.C. Cool zijn werkzaam bij de Technische Universiteit Delft, Faculteit Werktuigbouw en Maritieme Techniek, Mekelweg 2, 2628 CD Delft,
E.H.P. Logtenberg is werkzaam bij het Hechtings Instituut, Kluyverweg 3, 2600 GB Delft.
Het proefschrift "Small cylindrical adhesive bonds" behandelt het hier beschreven onderwerp vollediger en is verkrijgbaar door hfl 40,= over te maken op postgiro nr 3195292 ten name van J.A. Poulis, Ververstraat 20 Leiden, onder vermelding van naam, adres, en de opmerking "Proefschrift".

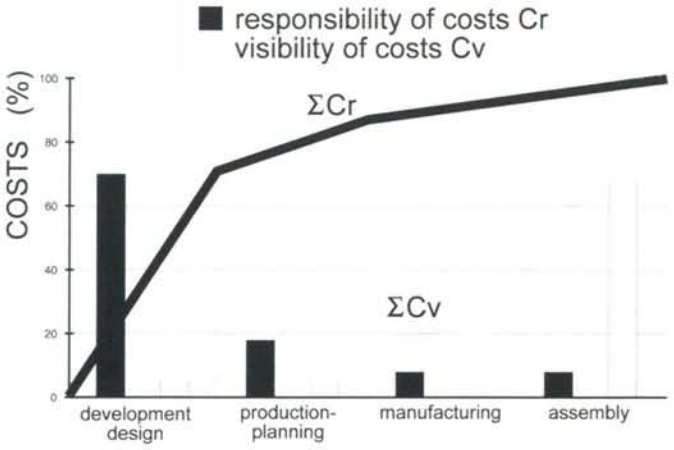
Reductie van behuizingsspanningen in een micro-mechanische druksensor

V.L. Spiering

In een micromechanische sensor wordt een zeer kleine flexibele structuur mechanisch vervormd als gevolg van een te meten grootheid. Volgens verscheidene transductie principes is het mogelijk om deze vervorming om te zetten in een elektrisch signaal. Dit meetsignaal is dus een waarde voor de te meten grootheid, een drukverschil in dit artikel. Het is van groot belang dat de mechanische vervorming alleen door het drukverschil bepaald wordt en niet door storingsverschijnselen wordt beïnvloed. Het behuizen van gevoelige micromechanische sensoren blijkt vaak dergelijke hinderlijke storingen te introduceren. Veel gevallen zijn bekend waarbij de microsensor na het plaatsen in de behuizing niet meer correct bleek te werken, of zelfs volledig kapot ging.
In dit artikel zal een oplossing voor het reduceren van behuizingsspanningen worden aangedragen. Een mechanische ontkoppelzone wordt geïntroduceerd, die de behuizingsspanningen reduceert, maar de spanningen als gevolg van het drukverschil niet beïnvloedt.

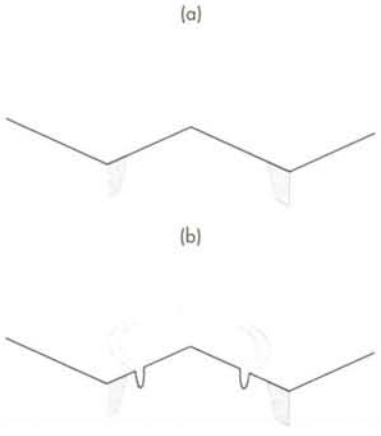
Het behuizen van sensoren is lange tijd een onderschat onderdeel van de microsysteemtechnologie geweest. In de ontwerpfase werd nog niet aan de behuizing gedacht. Inmiddels weten veel bedrijven dat het behuizen van een sensor een cruciale (en vaak ook de meest kostbare) fase is. Anders dan het inpakken van een elektronische component maakt de diversiteit van toepassingen voor sensoren, en het feit dat een sensor aan de buitenwereld opengesteld moet worden, een standaard hermetisch gesloten of kunststofbehuizing onmogelijk [1, 2].

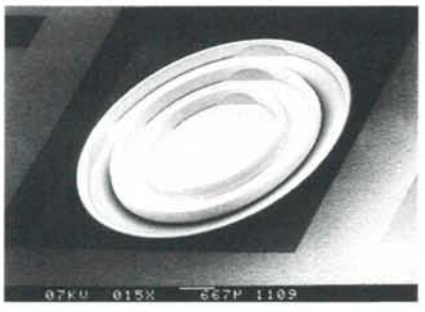
Figuur 1 illustreert het feit dat beslissingen in het ontwerpproces sterk de uiteindelijke kostprijs van een micromechanisch produkt bepalen, hoewel dat pas tot uitdrukking komt tijdens de assemblage [3].



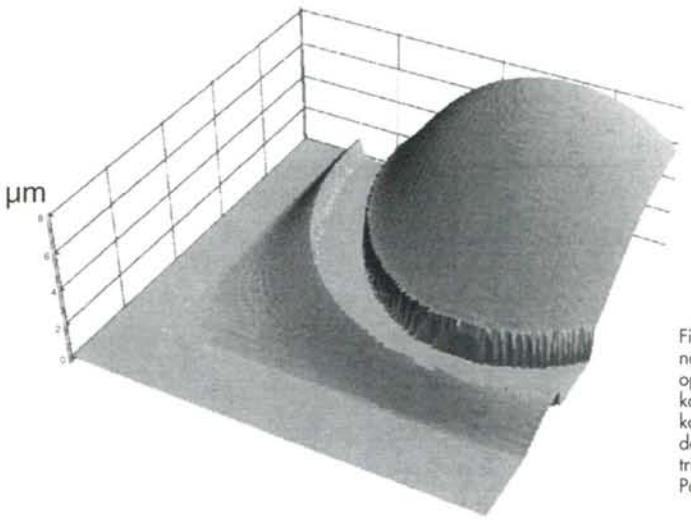
Figuur 1. De relatieve kosten in een micromechanisch produkt voor verschillende fases van het fabricageproces [1].

Aan het MESA Research Instituut binnen het micromechanische thema van de vakgroep TransDuktie techniek en Materiaalkunde wordt daarom onderzoek gedaan aan de reductie van behuizingsspanningen voor micromechanische sensoren en de toepassing in een druksensor. De uitdaging van dit onderzoek is het behuizen van zeer gevoelige micromechanische sensoren te vereenvoudigen. Het belangrijkste doel is het vinden van een oplossing voor het probleem dat de behuizing van een sensor ongewenste mechanische storingen veroorzaakt die het sensorsignaal beïnvloeden. Deze storingen worden niet alleen door het behuizingsproces zelf veroorzaakt, maar kunnen ook tijdens het gebruik van de sensor optreden. Dit laatste is het gevolg van onderling afwijkende materiaaleigenschappen van behuizing en sensor. De gevolgde koers is gericht op het vinden van een oplossing tezamen met ontwerpregels om een bepaalde reductie van deze storingen te verkrijgen, en niet zozeer het modelleren van het probleem zelf. Dus niet de vraag "welke spanningsreductie is nodig?" wordt beantwoord, maar de vraag "welke spanningsreductie is mogelijk?" is onderzocht. De behuizingsstrategie stelt dat het noodzakelijk is om de behuizing en de sensor tegelij-





Figuur 2. Basisgeometrie van (a) een conventionele druksensor en (b) een druksensor die een membraan met ronde, verdiept liggende ontkoppelingszone bevat. (c) toont een SEM-foto van de achterkant van een gerealiseerd vierkant membraan dat drie dergelijke zones bevat.



Figuur 3. Driedimensionale presentatie van een op druk (P) belast vierkant membraan met ontkoppelzone, gemeten met de fasestap-interferometrie methode. (P=2850 Pa)

kertijd te ontwerpen [1]. In overeenstemming hiermee wordt in het volgende niet alleen een on-chip voorziening om behuizingsspanningen te reduceren voorgesteld, maar wordt tevens het ontwerp van een piëzoresistieve druksensor, inclusief deze voorziening *als onderdeel* van het sensorsysteem, getoond.

Een ontkoppelzone als oplossing voor een druksensor

De mechanisch flexibele structuur in een druksensor is een dun membraan. Bij drukverschillen over het membraan bolt dit op, en deze vervorming kan bijvoorbeeld door middel van piëzoresistieve rekstrookjes gemeten worden. De gebruikelijke basisgeometrie van een micromechanische druksensor is weergegeven in figuur 2a. Het membraan is vierkant en diktes variëren zoal tussen 0,5 en 300 µm. Figuur 2b toont de gekozen oplossing: een ronde, verdiept liggende zone in het sensormembraan ontkoppelt de behuizingsspanningen van het binnenste gedeelte waar de rekstrookjes geplaatst worden. De reductie van externe behuizingsspanningen wordt groter naarmate de zone dieper en dunner is [4]. Het blijkt mogelijk te zijn de zone zo te ontwerpen dat de gevoeligheid van de sensor voor een drukverschil niet wordt aangetast [4, 5].

De structuur onder druk

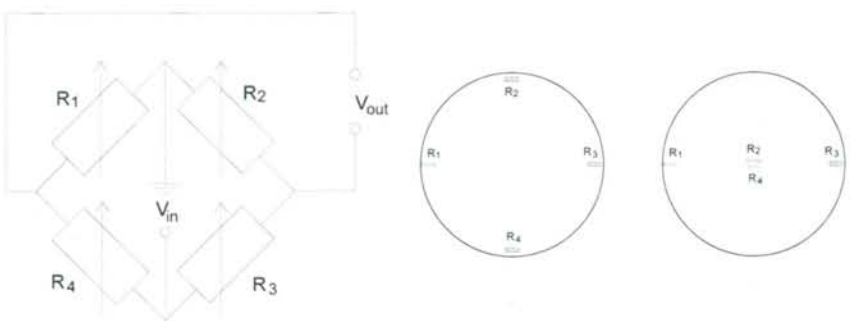
Om het gedrag van het membraan met zone onder druk te bestuderen is de fasestap-interferometrie methode toegepast. Deze methode is ook al besproken door Wegdam, Visman en Podzimek in een vorig nummer van Mikroniek [6]. Intensiteitsverdelingen van een structuur onder druk op drie verschillende faseniveaus zijn met een CCD-camera opgenomen en bewerkt tot een driedimensionale vorm. Figuur 3 toont een voorbeeld. De zone zelf, die geen goede meetgegevens levert, is door middel van patroonherkenningssoftware weggefilterd. De hoogtes zijn daar op 0 gesteld. Dit heeft tot gevolg dat van het middelste gedeelte ergens een vaste hoogte gekozen moet worden ter referentie. Van belang is echter alleen de vervorming van het middelste ronde membraan, en niet zozeer de absolute hoogte van dit gedeelte ten opzichte van de buitenrand. De fasestap-methode biedt dus een uitstekende mogelijkheid voor het bestuderen van de vorm van de structuur onder druk.

De rekstrookjes

Als de vorm van het membraan bekend is kunnen de posities van de rekstrookjes geoptimaliseerd worden. Als rekstrookjes fungeren kleine polykristallijne weerstanden, waarvan de waarde bij vervorming verandert. Het is dus zaak de weerstanden daar te plaatsen waar de vervormingen maximaal zijn. Bovendien kan er nauwkeuriger gemeten worden wanneer vier weerstanden een volledige Wheatstone-brug vormen. Voor deze schakeling dienen twee weerstandwaarden groter te worden en twee kleiner, bij eenzelfde drukverschil. Figuur 4 toont een Wheatstone-brug en twee mogelijke configuraties van de rekstrookjes op het membraan.

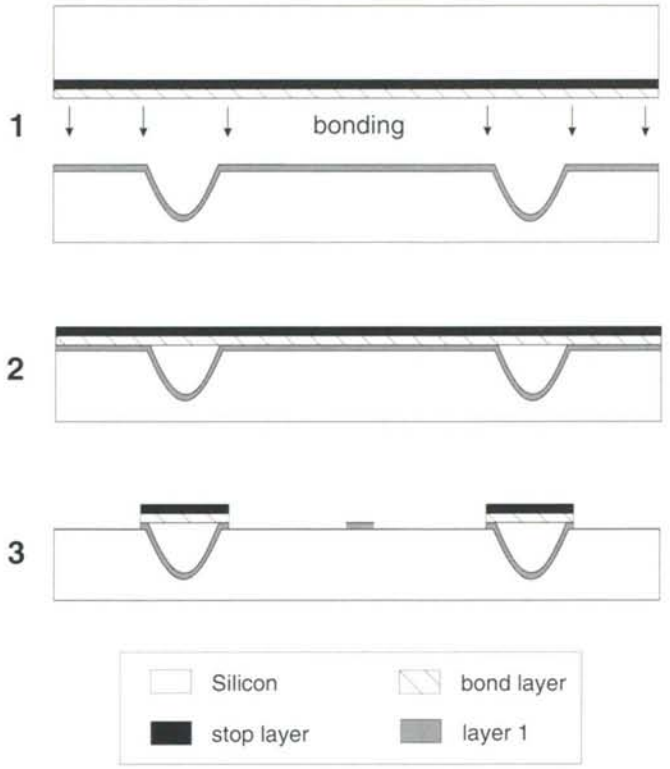
Elektrische verbinding naar buiten

Het laatste probleem vormt nu nog de elektrische verbinding van buitenaf naar de rekstrookjes op het in het midden liggende ronde membraan. Hiervoor dient de verdiept liggende zone overgestoken te worden. Normaal gesproken wordt aluminium opgedampt en daarna volgens de standaard fotolithografische methode een patroon aangebracht. Voor het aanbrengen van fotolak is echter een enigszins vlakke ondergrond vereist, die er niet is als gevolg van de verdiepte zone. Daarom is een speciale technologie ontwikkeld, die een tijdelijk vlakke ondergrond creëert: sacrificial wafer bond techniek [7] (opoffering-schijf-verbinden). Hierdoor wordt het wel mogelijk fotolak op de gebruikelijke wijze aan te brengen en bruggetjes te fabriceren over gaten of diepe groeven. Zodoende kunnen met deze methode elektrische verbin-

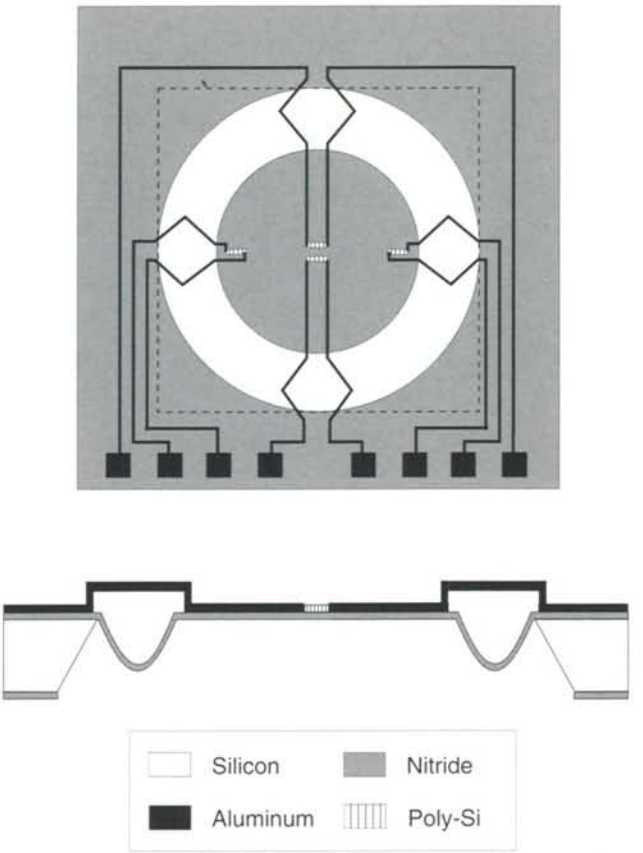


Figuur 4. Representatie van een Wheatstone-brug met constante voedingsspanning V_{in} en twee mogelijke ontwerpen voor de posities van de rekstrookjes op het membraan.

Reductie van behuizingsspanningen in een micro-mechanische druksensor



Figuur 5. Belangrijkste stappen van de sacrificial wafer bonding methode:
1. het bonden van een siliciumschijf met een stoplaag op de sensorschijf,
2. het etsen van deze schijf tot op de stoplaag;
3. in de verkregen vlakke laag kunnen nu patronen geëtst worden.



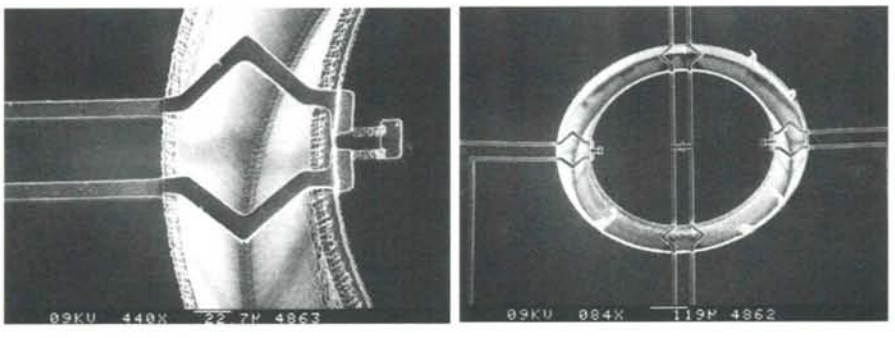
Figuur 6. Bovenaanzicht en doorsnede van een membraan-druksensor met een ontkoppelzone.

dingen gelegd worde tussen de rekstrookjes binnen de corrugatie en de bondflappen erbuiten.
Bij deze methode worden twee siliciumschijven via hun verbindingslaag met elkaar verbonden. Eén van de schijven bevat een laag die direct op de andere kan worden aangebracht en overblijft als het silicium van de schijf wordt weggeëtst (opgeofferd); zie figuur 5, die de belangrijkste stappen toont van deze methode.
In deze toepassing gaat het om een sensorschijf waaraan de tweede schijf wordt verbonden, die niet allen een verbindingslaag, maar ook een stoplaag (dikte circa 1 µm) bevat. Na wegetsen van het silicium blijft de vlakke stoplaag over als een dun dekseltje, waarin nu op de gebruikelijke wijze patronen aangebracht kunnen worden. Het aanbrengen van nieuwe lagen is ook mogelijk. Desgewenst kunnen ook de stoplaag en de verbindingslaag verwijderd worden: de methode offert dan zowel de schijf als de tussenlagen op, zodat alleen de originele schijf met de brugverbindingen over kan blijven.

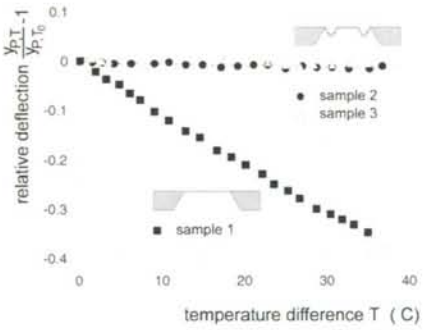
De complete sensor

In figuur 6 staat het ontwerp van de definitieve sensor afgebeeld. Het membraanmateriaal is 1 µm dik siliciumnitride met daaraan polysilicium rekstrookjes die met aluminium bruggetjes naar buiten verbonden worden. Het siliciumoxyde dient als bescherming in één van de fabricageprocessen.

Figuur 7 laat SEM-foto's van de gerealiseerde sensoren zien. Als verbindingslaag is een polymeer gebruikt, die later is opgeofferd.



Figuur 7. Bovenaanzicht van een membraan druksensor met aluminium bruggetjes over een verdiept liggende zone om te voorzien in het elektrisch contact met de polysilicium rekstrookjes. Zichtbaar zijn wat polymeerresten die nog niet geheel zijn weggeëtst. (SEM foto's.) Afmetingen: diameter binnenmembraan 600 µm,; breedte van de verdiept liggende zone 100 µm; diepte van deze zone 100 µm.



Figuur 8. De relatieve verandering van de uitwijking van het middelpunt van het membraan bij een constante druk (30 kPa) als een functie van het aangebrachte verschil in omgevingstemperatuur; y_{PT_0} is de uitwijking bij de begintemperatuur en y_{PT} die bij hogere temperaturen.

Resultaten

Metingen met druksensoren met en zonder geïntegreerde ontkoppelingszone hebben de reductie van behuizingsspanningen aangetoond. Daartoe werden de sensoren op staal bevestigd en opgewarmd, zodat door de verschillende thermische uitzettingscofficienten van staal en silicium een trekspanning in de sensor ontstaat. Bij een constante druk van 30 kPa werden vervolgens de uitwijking van het middelpunt van het membraan als gevolg van deze trekspanning geregistreerd, zie figuur 8. De verandering van deze uitwijking is een maat voor de geïntroduceerde behuizingsspanning. De ontkoppelzone blijkt de thermoelastische spanningen goed te reduceren: de spanningsreductie was in dit geval ongeveer een factor 100.

Slotwoord

Aangetoond is dat een ontkoppelzone de behuizingsspanningen in een druksensor kan reduceren. De sensor vindt zijn toepassing in het zeer nauwkeurig meten van kleine drukverschillen.
De ontkoppelzone kan in principe toegepast worden voor alle sensoren waar het meetprincipe niet beïnvloed wordt door de zone. Ook andere microcomponenten kunnen uitgerust worden met de ontkoppelzone. Het ziet er echter niet naar uit dat de zone een standaard toevoeging zal worden: alleen voor hoogwaardige componenten – dat wil zeggen die met veeleisende, strenge specificaties – zal deze extra investering de moeite waard zijn.

Literatuur

[1] S.D. Senturia and R.L. Smith; Microsensor packaging and system partitioning; Sensors and Actuators, 15 (1988) pp. 221-234.
[2] W.H. Ko; Packaging of microsensors; Proc. Micro System Technologies 94, Berlin, Germany, Oct. 19-21 1994, pp. 477-480.
[3] G. Staufert, A. Reber, and H. Hieber; Packaging; Course Manual 'Packaging', Besançon, France, Oct. 26-27 1993.
[4] V.L. Spiering, S. Bouwstra and R.M.E.J. Spiering; On-chip decoupling zone for package-stress reduction; Sensors and Actuators A, 39 (1993), pp. 149-156.
[5] V.L. Spiering, S. Bouwstra, J.F. Burger and M. Elwenspoek; Membranes fabricated with a deep single corrugation for package stress reduction and residual stress relief; J. Micromech. Microeng., 3 (1993), pp. 243-246.
[6] A.M.F. Wegdam, R. Visman, en O. Podzimek; Opto-elektronisch meten van driedimensionale vormen; Mikroniek 4 (1994), pp. 102-105.
[7] V.L. Spiering, J.W. Berenschot, M. Elwenspoek and J.H.J. Fluitman; Low temperature sacrificial wafer bonding for planarization after very deep etching; 7th IEEE Workshop on Micro Electro Mechanical Systems (MEMS 94), Oiso, Japan, Jan. 25-28 1994, pp. 69-74.

Auteursnoot

Ir. V.L. Spiering is verbonden aan het MESA Research Instituut van de Universiteit Twente te Enschede. In december 1994 verwacht hij te promoveren. Dit artikel is een gedeeltelijke weergave van het werk dat beschreven staat in het proefschrift "Package stress reduction for micromechanical sensors: application in a pressure sensor" Het proefschrift is te verkrijgen door overmaking van fl 40,= op postgironr 4279449 ten name van V.L. Spiering te Enschede onder vermelding van naam, adres en de opmerking "Proefschrift".

DENK NOU NIET DAT U MET UW HOOGGLANS- EN OPTISCH POLIJSTWERK BIJ ONS NIET WELKOM BENT

Polgron Optics and Polishing Techniques is de enige onderneming in Nederland die zelfstandig hoognauwkeurig polijstwerk verricht. Het polijsten van produkten met een oppervlakteruwheid van Ra 0,001 tot 0,002 micrometer en een vormnauwkeurigheid van 0,03 micrometer is met de door ons ontwikkelde techniek niet alleen haalbaar voor vlakke, maar zelfs voor sferische en a-sferische vormen. Die kunst laten we niet afkijken. Evenmin gunnen we u een blik op prototypes of matrijzen van de meest gerenommeerde bedrijven die bij ons op de werkbank kunnen staan. Wellicht voor u juist de verzekering dat uw opdracht bij Polgron in goede handen is.

POLGRON
OPTICS & POLISHING TECHNIQUES
Het grove onderscheid op 0,002 micrometer.

Zernikepark 2-4, 9747 AN Groningen, tel. 050-745738/fax 050-644596

hft DEN HARTOG
fijnmechanische techiniek b.v.

vervaardiging en reparatie van
fijnmechanische onderdelen
kunststofmatrijzen
snijstempels
buigstempels
prototypen
bewerken van
kunststofonderdelen

Nijverheidsweg 8
3481 MB Harmelen
Tel.: 03483 - 3504
Fax: 03483 - 4187

Met adverteren
in Mikroniek
bereikt u de
Fijnmechanische
bedrijven en
produktontwikkelaars

Her en der

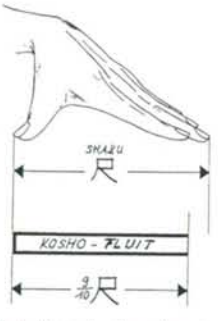
Over de Chinezen heb ik gelezen .....

In ons land werd het 10-tallig stelsel door Simon Stevin (1548-1620) geïntroduceerd en later onder Napoleon algemeen ingevoerd in de door hem gecontroleerde landen. Meer dan 2000 jaar geleden echter werd in China door een van de keizers van de Han dynastie orde geschapen in de chaos van gebruikte maten. Na advies van een conferentie van experts voerde deze keizer het "Systeem van de vijf maten" in voor lengtemetingen. Dit systeem was geheel decimaal. De grondeenheid, de Shaku, was gerelateerd aan de lengte van de pijp van de algemeen bekende Koshofluit, waarvan de toon een vergelijkbare functie had als de "a" in onze harmonische toonladder; zie figuur 1. Het Shaku systeem is samengevat in de bijgaande tabel.

In het hedentendage industrieel zo belangrijke Japan werd het "Systeem van de vijf maten" omstreeks het jaar 700 van de Chinezen overgenomen en gestandaardiseerd. Omstreeks die tijd was de Shaku overigens tot ca. 0,3 m gegroeid, in evenredigheid met de destijds gebruikelijke en steeds verder verhoogde belasting in natura. Na een lange periode van verwarring door verzwakking van de centrale macht in Japan werd het Shaku systeem in 1891 in ere hersteld: overigens werd ook het europese metrische systeem toegelaten. Japan ging in 1921 geheel op de meter en het bijbehorende decimale systeem over. Tenslotte werd het Shaku systeem in 1966 uiteindelijk voor algemeen gebruik verboden.

N.B. Het bovenstaande is ontleend aan een artikel van Dr. Walter Miller, Algemeen directeur van Dr. Joh. Heidenhain GmbH.

1 BU	diameter van een gerstekorrel		= 0,01 Shaku	ca. 2 mm
1 SUN	= 10 BU		= 0,1 Shaku	ca. 20 mm
1 Shaku	= 10 SUN	= 100 BU	= 10/9 maal lengte van de Koshofluit	ca. 0,2 m
1 JO	= 100 SUN	= 1000 BU	= 10 Shaku	ca. 2 m
1 IN	= 10 JO	= 1000 SUN	= 100 Shaku	ca. 20 m



Figuur 1: "Shaku" betekent handlengte, het Chinese teken beeld dat uit.

Halfweg

Aan de werkbank even 'n moment van anders gerichte aandacht, even 'n moment van bezinnen.

Naast het vakmatig teruggelegde gereedschap en de gaandeweg gereedgekomen strakke draai- en freesstukjes, glanst een zojuist gesneden spil. Daarvoor ligt een afgeslagen hardaluminium grondplaat al te wachten op proefmontage. Hier zeker niet de aanblik van een opzij geschoven 'hoeveelheid' om ruimte te maken voor de grondplaat. Ook niet de steriele indruk die werkstukjes in een vitrine kunnen geven. Ongekunsteld ontstond een sprekende groepering en de instrumentmaker laat zo'n vluchtige ontmoeting van esthetica en ambacht even op zich inwerken. Halfweg zijn opdracht even genieten van het instrument in wording. De slotfase, met jachtige opdrachtgevers, budget overschrijding en reeds gebleken kinderziekten, laat geen ruimte voor gemijmer. Menige taak zal deze spanningscurve ook volgen; geniet daarom halfweg van de opdracht, zoals de instrumentmaker met een blik op reeds klaargekomen, frisse onderdelen.

Heubers.

Oxydatie van ijzer ontrafeld

In de hedendaagse technologie is de corrosie van metalen – de vorming van een laagje oxyde door reactie met zuurstof – een enorm en geldverslindend probleem. Over de vorming van de allereerste dunne oxydelaagjes op metaaloppervlakken was tot nu toe evenwel weinig bekend. Het verzamelen van experimentele gegevens hierover is bijzonder lastig. De oxydelagen zijn snel te dik voor gangbare methoden zoals elektronenspectroscopie, waarmee oppervlakte-onderzoekers de samenstelling van de buitenste laag atomen vaststellen. Aan de andere kant zijn de oxydelagen te dun voor andere methoden, zoals het meten van massatoename met behulp van een microbalans. Door de fysicus Dr. W. Leibbrandt is hiernaar onderzoek gedaan waarvan de resultaten te vinden zijn in zijn proefschrift waarop hij bij de Universiteit Utrecht promoveerde.

Leibbrandt heeft de vorming van zeer dunne oxydelaagjes op ijzeroppervlakken nauwkeurig is kaart gebracht. Dit door elektronenspectroscopie te combineren met het resultaat van een beschieting met een deeltjesversneller.

Belangrijkste resultaat is de conclusie dat de aangroei van de oxydelaag plaatsvindt aan de buitenkant van het oxyde en niet waar het oxyde grenst aan het ijzer. Met zekerheid heeft Leibbrandt vastge-

steld dat de ijzeratomen door de oxydelaag naar de zuurstof toe migreren en niet andersom. Bovendien heeft Leibbrandt als eerste de exacte ijzer-zuurstof verhouding in de oxydelaag bepaald. Hieruit blijkt dat het om een FeO samenstelling gaat, en niet om Fe_2O_3 of Fe_3O_4 zoals tot nu toe werd gedacht. Ook volgde hij de toename van de dikte van oxydelagen in de tijd en bij verschillende temperaturen heel nauwkeurig. De door Leibbrandt gemeten groei vertoonde zeer goede overeenkomst met de 25-jaar oude oxydatietheorie van Fromhold, die op elektronentheorie is gebaseerd. Deze theorie was nog nooit voor dergelijke systemen getoetst. Deze kennis over de allereerste stadia van oxydatie van ijzer kan als model worden beschouwd voor de oxydatie van metalen in het algemeen en is daarom van groot belang voor een fundamentele aanpak van corrosie.

In zijn promotie-onderzoek keek Leibbrandt ook naar het effect van kleine hoeveelheden platina-atomen op de oxydatie van ijzer. Platina, dat twee keer zo duur is als goud, wordt veelvuldig als katalysator van chemische reacties toegepast, ook in de auto. Door dit metaal in dunne lagen af te zetten op ijzer zouden wellicht goedkopere katalysatoren kunnen worden gemaakt. Daarbij is essentieel dat het platina de oxydatie van het ijzer afremt. In zijn proefschrift laat Leibbrandt zien dat, volgens de theorie van Fromhold, dit ook te verwachten is. Experimenteel vindt hij dit ook in de meeste gevallen, maar onder bepaalde omstandigheden gaan andere oxydatieprocessen een dominante rol spelen, waardoor de oxydatie juist bevordert. Dit heeft praktische consequenties voor het ontwerp van platina-ijzer katalysatoren.

Lezersreactie: Instrumentenmaker in de jaren negentig

Met veel belangstelling heb ik het artikel in Mikroniek 33(1993)5 over de research-instrumentmaker van de jaren negentig gelezen.

Omdat ik al zo'n 8 jaar uit het 'vak' ben is mijn reactie geschreven vanuit een wat afstandelijke blik. Mijn huidige professie is die van formatie-adviseur bij een dienst personeelszaken en ik kijk er dus met andere ogen en vanuit een andere hoek naar. Mijn reactie is op persoonlijke titel geschreven.

Met de meeste items ben ik het van harte eens ook al zou ik de accenten anders leggen. Met de auteur ben ik van mening dat de belangrijkste verandering de versnelling is van het ontwikkelingsproces, iets waar je je maar aan moet aanpassen anders redt je het niet. Iets wat was, is en blijft is het altijd op het grensvlak van het (op dat moment) mogelijke moeten werken, het creatief oplossen van oplossingen voor het gestelde probleem maar ook het bedenken van kunst- en hulpmiddelen om dat doel te bereiken.

Een paar accenten die ik graag nog onder uw aandacht wil brengen en die ik onvoldoende terug zie in het stuk zijn:

Karaktereigenschappen

Als je een tijd in het wereldje van de instrumentmakers rondloopt valt het op dat de meesten behoorlijk eigenwijs zijn. In dat vak een goede eigenschap omdat het meestal parallel loopt met doorzettingsvermogen en geloven in eigen kunnen. Een eigenschap die je hard nodig hebt in het beroep. Overigens wel lastig om mee samen te werken. Bij een aantal is de bereidheid tot samenwerking gering, vaak zijn het 'einzelgänger' die moeite hebben om in een team ideeën bespreekbaar te maken. Op het uitvoerende vlak is die bereidheid veel beter. Kennelijk heeft dat te maken met het eigendomsgevoel van de eenmaal gelanceerde ideeën waar men niet of moeilijk vanaf kan. Samenwerking is overigens een eigenschap die in de jaren negentig steeds belangrijker is geworden.

Het 'nee' kunnen zeggen

Instrumentmakers van de oude stempel, waartoe ik zelf heb behoord, hadden grote moeite om nee te zeggen tegen een opdrachtgever. Je werd toch betaald om problemen op te lossen, dus om ja te zetten. Vaak was de creativiteit groot genoeg om tot een goed apparaat te komen. Soms liep het minder goed af. met name daar waar wetenschappers te weinig informatie gaven of onmogelijke eisen stellen (door hun toenemende ondeskundigheid op constructief en technisch gebied). Ik vind dat instrumentmakers bij onvoldoende gegevens of niet op te lossen problemen nee moeten durven zeggen. Dat heeft als voordeel dat niet de instrumentmaker 'gebukt' gaat onder het juk van 'nou moet ik het waarmaken want ik heb ja gezegd' maar het dwingt de wetenschapper tot verdere invulling van de vraagstelling.

Logistiek element

In de functie van met name de research-instrumentmaker zit ook het element logistiek. De zorg voor het volgordeafhankelijk aankopen van onderdelen en het produceren is vooral voor projecten met een omvang van een half tot één jaar een aparte deskundigheid waar 'normale' produktiebedrijven een aparte specialist voor hebben. In de functie van constructeur en/of ontwerper zijn nogal wat elementen uit verschillende functies te herkennen en te onderscheiden, zoals inkopen; construeren; trouble-shooter; logistiek; gesprekspartner zijn met analytisch denkvermogen, een vertalen van wetenschappelijke problemen naar techniek.

Scholing

Er is naar mijn oordeel te weinig nadruk gelegd in het artikel op de theoretische scholing die nodig is om het door u beschreven traject te doorlopen. Ik bedoel daarmee niet alleen de schoolopleiding maar het vereiste werk- en denkniveau. Vooral de constructeur en de ontwerpen zullen toch minimaal een HBO-opleiding of gelijkwaardig gehad moeten hebben om te kunnen slagen in het vak. De niveaus worden niet scherp onderscheiden dan het artikel doet vermoeden (155). Het aspect ontwerpen begint al bij de 'maker' en neemt toe bij de constructeur en de ontwerper. Overigens is mij in het artikel niet duidelijk geworden wat het verschil is tussen constructeur en ontwerpen.

J.Ph. Musch
Vrije Universiteit, Amsterdam

mechatronica

Ontwikkeling van een autofocus loepenbril

Veel technici, die bij hun werk een loep nodig hebben om fijne details te zien, weten hoe lastig het dan is om het beeld scherp te houden. Een loepenbril geeft je weliswaar de mogelijkheid je handen vrij te bewegen, maar je hoofd kun je niet al te veel verplaatsen zonder dat het beeld onscherp wordt. Een bril met loepen voor beide ogen en automatische scherpstelling zou ideaal zijn, zeker wanneer je langdurig fijn werk moet doen.

Dat was ook het idee van opticien E. Haakman die na jaren experimenteren een werkend exemplaar maakte. Op basis van zijn idee werd een professioneel model ontwikkeld door de instrumentmakers van R & R Mechatronics in samenwerking met industriële vormgevers. Door inventief nadenken en het toepassen van mechatronica werd een unieke autofocus loepenbril ontwikkeld.

Figuur 1. De autofocus loepenbril is een handig hulpmiddel voor specialisten bij het zien van zeer fijne details wanneer het normale oog te kort schiet.

Stereo zien met een loep

Voor het kunnen schatten van afstanden en het goed kunnen zien van details is het noodzakelijk dat beide ogen worden gebruikt. Net als bij een verrekijker kan een loep scherp gesteld worden door hem uit een aantal lenzen te maken die onderling in afstand te verplaatsen zijn.

Net als bij een verrekijker zijn er dan twee problemen op te lossen:

- het mechanisch verstellen van de afstand tussen objectief en oculair,
- het kunnen instellen van de afstand tussen beide oculairs op de afstand tussen beide ogen, omdat die voor elk mens verschillend is.

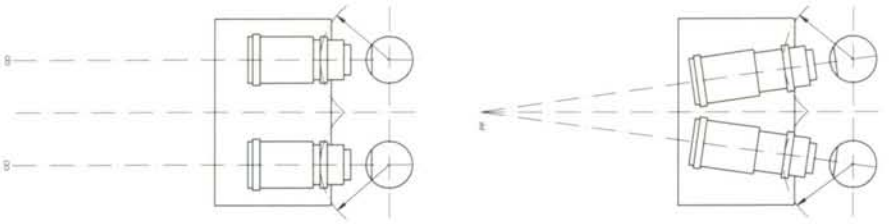
Bij loepen komt nog een extra probleem om de hoek kijken. Omdat op korte afstanden gewerkt wordt, verandert de hoek waaronder gekeken wordt, zie figuur 2, zodat een aanpassing in de scherpstelling ook een aanpassing van de hoek tussen beide loepen vergt. Tijdens deze verandering van de kijkrichting moet de afstand tussen de loepen tevens aangepast worden, omdat de oculairs in de kijkrichting anders niet meer midden voor de ogen staan. Het oog is daarbij het middelpunt voor de hoekverdraaiing van de loep.

Autofocus

Wanneer je een verrekijker gebruikt, dan heb je beide handen nodig voor het vasthouden en scherpstellen. Omdat een loep nu eenmaal gebruikt wordt om fijne karweitjes te kunnen uitvoeren, moeten beide handen beschikbaar zijn. Ook moet de bewegingsvrijheid van hoofd en ogen groot zijn om het karwei onder verschillende hoeken te kunnen bekijken. Maximale bewegingsvrijheid heeft echter ook een aantal consequenties. De loepen moeten als een bril aan het hoofd bevestigd kunnen worden, wat beperkingen stelt aan afmetingen en gewicht. Bovendien moeten de loepen automatisch scherpstellen. Dit waren de problemen waarmee Rob Metselaar geconfronteerd werd toen hij startte met de ontwikkeling van de loepenbril tot een professioneel produkt. Het was vanaf het begin duidelijk dat een mechatronische oplossing nodig was voor het automatisch focusseren van de loepen. Om reden van gewichtsbeperking werd echter gezocht naar een systeem met één miniatuur aandrijfmotor die door een afstandsensor zou worden gestuurd. Uit analyse bleek dat er een vaste, niet lineaire, relatie bestaat tussen de zijdelingse verplaatsing en de hoekverandering van de loepen bij de overgang van dichtbij naar veraf zien.

Afstandsensor

Een beproefde methode voor het bepalen van de afstand tot een object is de optische afstandmeting die ook in autofocus fototoestellen wordt toegepast. Een pulserende infrarood lichtstraal wordt uitgezonden en na reflectie ontvangen op een positiegevoelige chip, die naast de lichtbron staat. De plaats waar het gereflecteerde licht op de chip

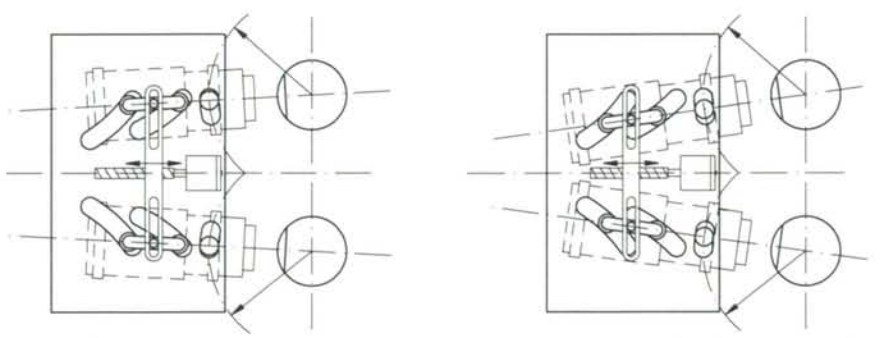


Figuur 2. Wanneer de voorwerpsafstand van oneindig naar dichtbij verkleind wordt, moet tevens de kijkrichting worden aangepast. Dit vergt naast automatische focussering ook een automatische hoekcorrectie van de tubus.

komt is een maat voor de afstand en wordt meetbaar als een weerstandverandering. Daarmee kan de motor worden gestuurd voor de automatische scherpstelling. De methode is eenvoudig, nauwkeurig, weinig storinggevoelig en te koop als een chip (Position Sensitive Detector, PSD).
PSD's worden behalve voor autofocus camera's ook toegepast voor afstand- en verplaatsingsmetingen en als naderingsschakelaar. Globale afmetingen zijn (bxhxd) 5x4x1 mm.

Parallaxvrije scherpstelling

Bij de scherpstelling zorgt de miniatuur servomotor voor een axiale verplaatsing van de objectieven. De noodzakelijke hoekcorrectie van de uitschuifbare tubus wordt gerealiseerd door het objectief door middel van een paar nokken en sleuven van richting te doen veranderen, zie figuur 3. De beide cilindervormige nokken zitten vast aan het uitschuifbare deel van de tubus waarin het objectief zit gevat.
De onderste sleuf loopt iets vlakker dan de bovenste. Dit heeft als resultaat dat tubus en objectief tijdens hun axiale verplaatsing tevens de benodigde hoekcorrectie krijgen. Door deze ingenieuze, maar vrij simpel te maken noksleuven kan met één lineaire gelijktijdige axiale aandrijving van beide objectieven worden volstaan.
Het oculair volgt de hoekcorrectie van de tubus en maakt een aangepaste zijdelingse verplaatsing in zijn eigen noksleuf. Daarmee blijft de afstand van het oculair tot het oog gelijk, maar wordt de onderlinge afstand tussen beide oculairs passend gemaakt bij de kijkrichting.
De "intelligentie" van de noksleuven zit in het rekenprogramma dat daarvoor ontwikkeld is. Omdat de oogafstand van elk persoon anders is, moet de loepenbril worden aangemeten. Uit het resultaat van de meting van de oogafstand samen met de gewenste vergroting valt de vorm van de sleuven te berekenen. Deze informatie wordt aan een CNC-freesmachine toegevoerd zodat een nauwkeurige vorm van de sleuven gegarandeerd is.
De vergroting loopt van 3x bij kijkafstand oneindig tot 5x op 20 cm afstand.



Figuur 3. Nokken en sleuven zorgen voor een passende hoekcorrectie tijdens het axiaal verplaatsen van het objectief tijdens het focusseren op een andere afstand. Het oculair draait mee, maakt tevens een kleine zijdelingse verplaatsing en blijft zodoende op gelijke afstand van het oog. Door deze constructie kan voor het automatisch focusseren volstaan worden met één aandrijfmotor die door een sensor gestuurd wordt, die de afstand meet. Omdat de oogafstand per individu kan verschillen, wordt de autofocus loepenbril aangemeten. Met een computerprogramma wordt de vorm en de positie van de sleuven berekend, die vervolgens met een computergestuurde machine in een plaat worden gefreesd.

Constructie

Omdat de autofocus loepenbril zo licht mogelijk moest zijn, zijn de besturing en de batterijen in een aparte doos gestopt die in een zak gedragen of aan een riem bevestigd kan worden. De voedingsspanning (2,2 V) wordt geleverd door een kleine oplaadbare batterij. Het ontwerpen van de regelstrategie vereiste extra aandacht. De bril moet snel focusseren, maar er mag geen doorschot zijn. Onrustige bewegingen van de scherpstelling zijn zeer vermoeiend en verstoren het evenwichtsgevoel. Een behoorlijke demping is daarom noodzakelijk. Door de eenvoud in constructie is het gelukt het gewicht van de bril terug te brengen naar 210 gram.

Mechatronica

Door een slimme toepassing van mechanica en elektronica is een autofocus loepenbril ontwikkeld die maximale bewegingsvrijheid geeft voor de gebruiker, zowel met zijn hoofd (kijkrichting) als met zijn handen. Deze laatste heeft hij geheel vrij om fijn te kunnen manipuleren. Dit is niet alleen van belang voor fijnmechanici, maar ook voor chirurgen en specialisten in andere disciplines die steeds fijner moeten kunnen manipuleren. Een goed zicht is daarbij een eerste vereiste.
Het bleek geen eenvoudige opgave om een lichtgewicht automatisch focusserende loepenbril te ontwikkelen. Dankzij een flinke dosis inventiviteit en een mechatronische aanpak, waarbij de voordelen van mechanica en elektronica optimaal zijn uitgebuit, werd de ontwikkeling van deze autofocus loepenbril met goed resultaat afgerond.

Noot

Opticien E. Haakman is werkzaam bij Schmidt Instruments B.V. te Amsterdam waar de autofocus loepenbril verkrijgbaar is.
R. Metselaar is directeur van R & R Mechatronics te Zwaag (Hoorn), een bedrijf dat ervaring heeft in het ontwikkelen van mechatronische apparatuur voor de medische sector. Het bedrijf is tevens producent van een aantal zelfstandig ontwikkelde apparaten onder andere voor de automatische analyse van de bezinking in bloedmonsters.

Dit artikel is mede tot stand gekomen door inspanning van het Mechatronicaplatform, dat tot doel heeft de mechatronicagedachte in Nederland te bevorderen. Voor nadere informatie zie Precisietechnologie jaarboek 1994 pp 119-121.

Virtuele instrumenten

LabView

Guus Rijnders

In 1986 werd LabView, een grafische programmeertaal voor data-acquisitie, -analyse en -presentatie, geïntroduceerd voor de Macintosh computer. In 1992 werd LabView ook geïntroduceerd voor Microsoft Windows en Sun Operating System. In tegenstelling tot op tekst gebaseerde programmeertalen, zoals Pascal, Basic en C, gebruikt LabView grafische modules die Virtuele Instrumenten (VI's) worden genoemd. VI's worden samengesteld om numerieke gegevens met behulp van insteekkaarten en programmeerbare instrumenten te lezen, te bewerken en te presenteren via een gebruikers-interface, zie figuur 1.

Virtuele Instrumenten

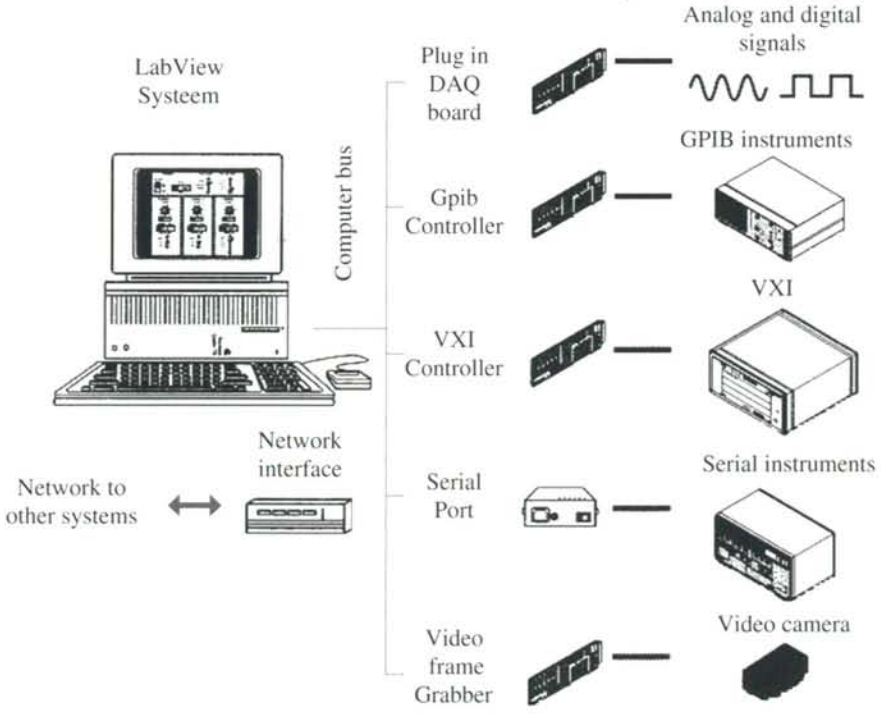
LabView maakt het mogelijk om met behulp van een computer reële instrumenten met hun besturingsknoppen en weergavevensters op het beeldscherm te simuleren. Zo is het bijvoorbeeld mogelijk om een oscilloscoop en een spectrum analyzer te simuleren door de analoge signalen met een analoog-naar-digitaalconverter binnen te halen. Een dergelijk instrument wordt een Virtueel Instrument (schijnbaar instrument) genoemd. Daarnaast kan de functionaliteit van een reëel instrument worden veranderd. Van een voltmeter kan bijvoorbeeld een x-t recorder of een oscilloscoop worden gemaakt.
Een VI bestaat uit een afbeelding van een frontpaneel, een blokdiagram en een icoon. Dit paneel kan opgebouwd zijn uit knoppen, schakelaars, grafieken en andere in- en uitvoer vensters. Via het frontpaneel van een VI kan de gebruiker eerder gekozen instellingen aanpassen; het dient als een interactieve interface om stuursignalen te genereren of signalen te bekijken.

Het maken van een frontpaneel in LabView is te vergelijken met het maken van een tekening. De benodigde bestu-

De digitale verwerking van elektronische meetsignalen heeft een grote vlucht genomen. Al geruime tijd zijn voor de pc insteekkaarten te verkrijgen die met hoge snelheid het aangeboden analoge signaal met voldoende nauwkeurigheid digitaliseren. Deze analoog-digitaal convertors (ADC's) hebben al naar gewenst een nauwkeurigheid van 10, 12, of 24 bit. Bij een goede instelling betekent dit dat de waarde van het hoogste analoge signaal kan worden weergeven door een getal met de waarde 2^{10}, 2^{12} of 2^{24}. De hoogte van dit getal geeft weer in hoeveel niveau's het analoge signaal kan worden opgedeeld en is dus tevens een maat voor de nauwkeurigheid van de analoog-digtaal omzetting. De pc-insteekkaart met de hoogste resolutie is dan ook de duurste.
Zijn de gedigitaliseerde waarden de pc binnengehaald, dan kunnen ze met een computerprogramma worden omgezet in voor de gebruiker begrijpelijke waarden of een grafische weergave op het beeldscherm.

Het heeft beduidende voordelen om de pc als meetinstrument te gebruiken. Door zelf de benodigde programma's te schrijven voor het verwerken van de gegevens heeft men vrije keuze in de wijze van presentatie. Grafische weergave maakt de beoordeling van een proces eenvoudiger, zodat resultaten vaak in grafieken worden weergegeven.
Ondanks dat al deze programma's veel op elkaar lijken kost het maken ervan veel tijd, ook wanneer men eerder ontwikkelde programmadelen kan kopiëren en samenvoegen. Het hier besproken programma LabView biedt een geavanceerde oplossing voor dit probleem.

(redactie)

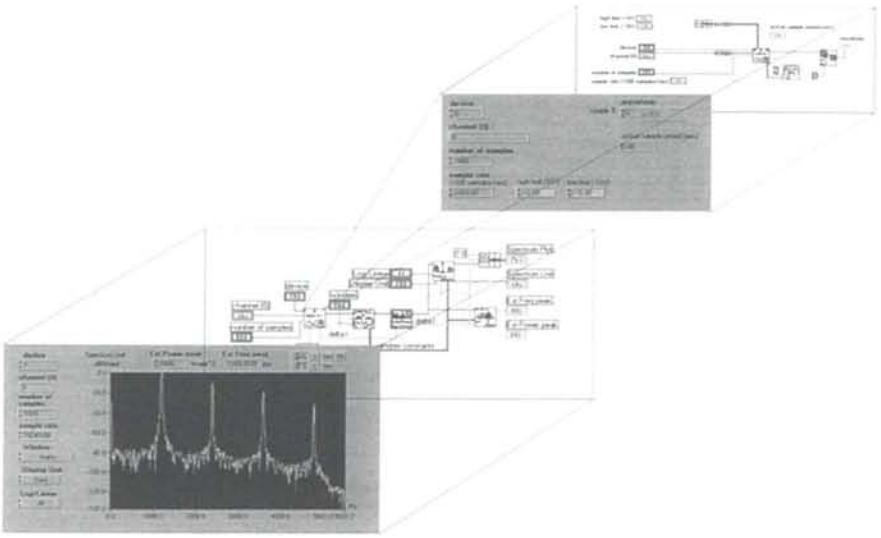


Figuur 1. Een meet- en besturingssysteem kan bestaan uit een computer met een aantal mogelijkheden voor het inlezen en uitvoeren van signalen (I/O). De figuur toont een aantal insteekkaarten die verschillende soorten signaaluitwisseling verzorgen met de nevenstaande apparaten.

ringsknoppen, grafieken en in- en uitvoer vensters worden met behulp van menu's geselecteerd. De positie en grootte kunnen daarna worden bepaald. Afbeeldingen (bit-maps) die met andere grafische pakketten zijn gemaakt kunnen worden ingelezen (geïmporteerd) zodat het frontpaneel het gewenste uiterlijk krijgt.
De functie van een VI wordt opgebouwd uit functionele blokken die uit een menu worden geselecteerd en tot een blokschema worden samengevoegd. Elk blok wordt door een icoon voorgesteld. De blokken kunnen verschillende functies vertegenwoordigen, zoals wiskundige bewerkingen, inlezen van of wegschrijven naar een bestand (file I/O), structurele blokken (While loops, For loops, Case), getallen en tekens. De blokken worden onderling verbonden met lijnen die het transport van de gegevens tussen de blokken onderling verzorgen.
Daarnaast kan een blok ook zijn opgebouwd uit andere VI's die als subVI's te gebruiken zijn in een blokdiagram van een ander VI. Dit wordt in figuur 2 geïllustreerd. De functie van een VI is opgebouwd uit subVI's, die afzonderlijk kunnen worden getest. Door de samenbouw van subVI's kunnen zeer complexe instrumenten gerealiseerd worden waarbij de complexiteit van de blokdiagrammen van de subVI's verborgen blijft.

Data-flow programmeren

Conventionele programmeertalen zijn gebaseerd op een concept dat controlflow heet. De bewerkingsvolgorde wordt bepaald door de opeenvolgende programmaregels. In LabView daarentegen, voert een blok in het blokdiagram de bewerking pas uit als de gegevens (data) aanwezig zijn op alle ingangen. Als de bewerking is uitgevoerd wordt gegevens geproduceerd voor alle uitgangen. Deze methode wordt data-flow programmeren genoemd. Hierdoor kunnen diagrammen worden geconstrueerd met verscheidene datapaden en simultane bewerkingen. LabView voert onafhankelijke VI's simultaan uit.
Met behulp van structurele blokken kunnen bewerkingen in een specifieke volgorde wordt uitgevoerd. Iteratieve



Figuur 2. Het computerprogramma LabView maakt het mogelijk diverse instrumenten te simuleren, zoals een oscilloscoop of een spectrum analyser, die virtuele instrumenten (VI's) genoemd worden. Het is mogelijk om VI's te gebruiken in het blokdiagram van een ander VI.

loops, voorwaardelijke loops en case statements worden toegepast voor sequentiële en repeterende bewerkingen. Deze structurele blokken worden grafisch weergegeven en omgrenzen de iconen die door de blokken worden gecontroleerd, zie figuur 3.

Voorbeeld

In het volgende voorbeeld wordt duidelijk gemaakt hoe het programmeren in LabView in zijn werk gaat. Stel het volgende meetsysteem voor. Met behulp van een thermokoppel wordt een temperatuur gemeten. Het thermokoppelsignaal wordt met een signaalomzetter versterkt waarna het met een AD-convertor kan worden gelezen door de computer. De gebruikersinterface bevat de volgende onderdelen, zie figuur 4, die uit een menu zijn geselecteerd:
- de gemeten temperatuur, weergegeven in een grafiek,
- een stopknop, voor het stoppen van de acquisitie,
- vensters voor de analoge input-parameters:
  - device: nummer van de data-acquisitiekaart,
  - channel: nummer van het analoge input-kanaal,
- scan rate: aantal metingen per seconde.

In het blokdiagram van figuur 5 zie je de onderdelen weer terug. Daarnaast wordt gebruik gemaakt van de volgende subVI's:
- Analog Input read 1 scan. Dit subVI zal de spanning lezen van het analoge input-kanaal op de aangegeven kaart.
- Wait until next millisecond multiple. Dit subVI wacht het opgeven aantal milliseconden.

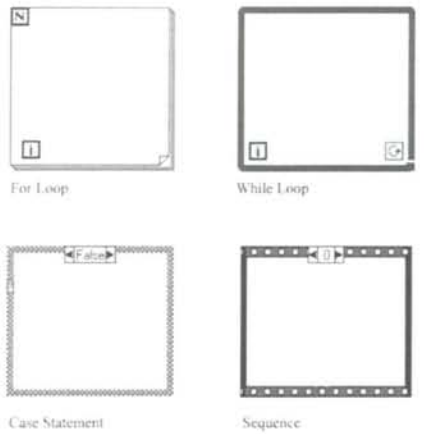
Verder wordt gebruik gemaakt van de volgende functies:
- Not;
  Deze functie inverteert de logische waarde van de stopknop.
- Build cluster array;
  Deze functie groepeert alle ingangssignalen in een rij gegevens (data-array) die in de grafiek zichtbaar wordt gemaakt.

Om de structuur van het programma duidelijk te maken volgt nu het programma geschreven in een pseudo-code:

begin
meet spanning
plot resultaat in grafiek
wacht een aantal milliseconden
einde
herhaal tot stopknop is ingedrukt.

Het operating system

Virtuele instrumenten kunnen uitgewisseld worden tussen de verschillen-



Figuur 3. Voorbeelden van structurele blokken.

de operating systems. Een VI gemaakt met LabView for Windows op een pc kan ook gebruikt worden wanneer LabView op een Macintosh wordt gebruikt. LabView benut de voordelen van het operating system van de computer zonder dat je daar zelf iets voor hoeft te doen. Zo kun je in Windows tot 16 Mbyte aan geheugen gebruiken in plaats van de 640 Kbyte in DOS. Daardoor kunnen zowel grotere programma's gemaakt worden als grote hoeveelheden gegevens bewerkt worden.

Omdat Windows een multitasking systeem is, is het mogelijk om andere Windows-applicaties te starten zonder de data-acquisitie te stoppen. Daarnaast kunnen gegevens via Dynamic Data Exchange (DDE) met andere applicaties, zoals tekstverwerkers, spreadsheets of database-programma's worden uitgewisseld.

Een nadeel van het operating system is de begrenzing van (real-time) responsie tijden. Windows, UNIX en Macintosh operating system zijn zeer complexe systemen en zijn zeker niet geoptimaliseerd voor real-time toepassingen. De resolutie van LabView timing-functies is systeem afhankelijk:

- Macintosh operating system: 16.66 ms,
- Windows: 55 ms (default) of 1 ms,
- Sun operating system: 1 ms.

Andere activiteiten van de computer kunnen ook voor problemen zorgen. Zo zal bijvoorbeeld de snelheid van een Windows- en een Macintosh-systeem verminderen als een knop van de muis wordt ingedrukt.

LabView is een grafisch intensief programma. Dit betekent dat er hoge eisen aan het computersysteem gesteld moeten worden. Dus ook voor relatief eenvoudige meetsystemen moet een krachtige computer gebruikt worden. Volgens LabView producent National Instruments zijn de minimale systeemeisen bij de toepassing van LabView voor Windows 3.x een computer met een 80386 processor werkende op 25 MHz, voorzien van een 80387 coprocessor en 8 megabyte RAM. De minimale vrije ruimte op de harde schijf moet 16 megabyte zijn. In de praktijk blijkt deze configuratie zeer minimaal. Als veel gegevens verwerkt moeten worden, zoals bij beeldverwerking het geval is of wanneer gegevens met hoge snelheid op het scherm getoond moeten worden is een sneller computersysteem onvermijdelijk.

Tot slot

Met behulp van LabView kan een programmeur of onderzoeker een data-acquisitie- en besturings-systeem automatiseren zonder last te hebben van fouten tegen de syntax-regels. In tegenstelling tot het gebruik van LabView is het programmeren van een bedieningspaneel door middel van tekst georiënteerde programma's zeer tijdrovend. Daarnaast ziet het resultaat bij LabView er ook nog heel goed uit.

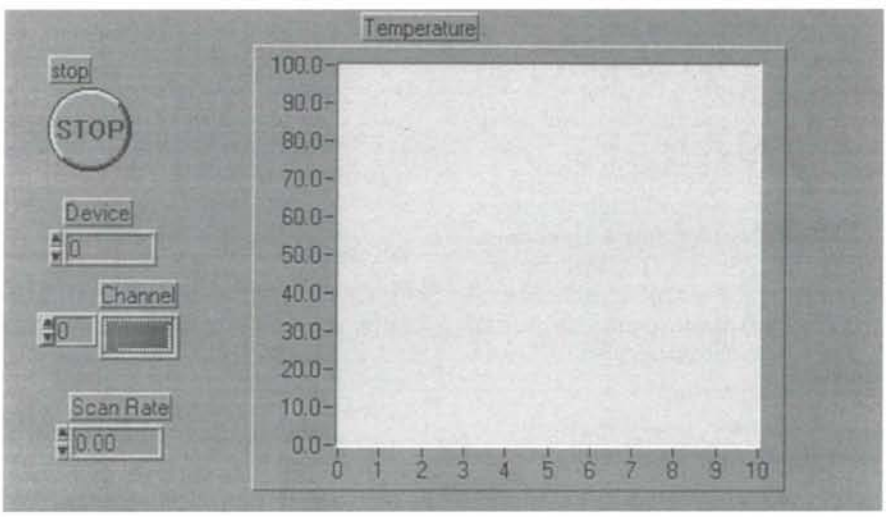
Literatuur

[1] LabView, Graphical Programming; Gary W. Johnson.

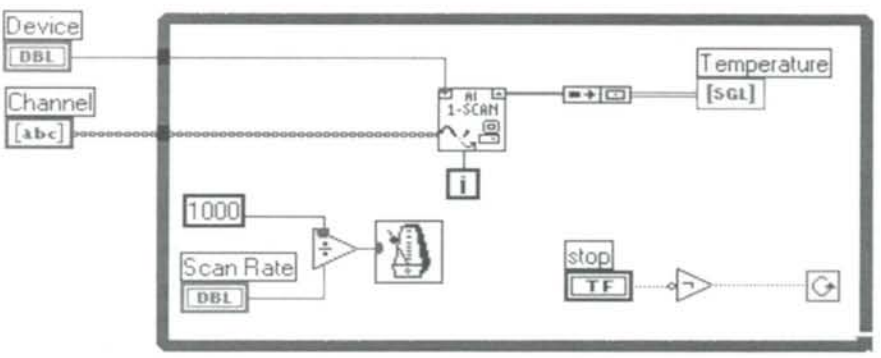
[2] LabView for Windows, demonstration guide; National Instruments.

Auteursnoot

Guus Reinders is werkzaam bij de Universiteit Twente, Vakgroep Lage Temperaturen.



Figuur 4. Frontpaneel van een virtueel instrument waarmee het temperatuurverloop in de tijd gemeten worden kan. Links bevinden zich onder de stopknop vensters voor het instellen van het gegevensinvoer apparaat (device), het kanaal (channel) en de snelheid waarmee de temperatuurgegevens worden verzameld (scanrate). In het venster wordt het verloop van de temperatuur in de tijd afgebeeld.



Figuur 5. Blokdiagram van het virtuele instrument van figuur 4, zoals dat in LabView grafisch wordt samengesteld door middel van keuzes uit een menu met standaardfuncties.

Produktinfo

Stopbuspakkingen

Stopbuspakkingen zijn voor de meeste afdichtingen achterhaald door de meer modernere, zoals de mechanische en radiale lipafdichtingen. Toch zijn er nog steeds toepassingen waarbij men bijna niet om de stopbuspakking heen kan. Denk bijvoorbeeld aan hoge temperaturen of media zoals talkpoeder en toner. Daarnaast hebben de mechanische afdichtingen het probleem dat er geen norm is en de verschillende merken vrijwel niet met elkaar verwisselbaar zijn. Stopbuspakkingen hebben wel een genormaliseerde standaard maatvoering, met daarnaast het voordeel dat tussentijds gemakkelijk een reparatie uitgevoerd kan worden.

De fabrikant Teadit is gecertificeerd volgens ISO 9001 en fabriceert alle door haar geleverde stopbuspakkingen (asbestvrij vanzelfsprekend) zelf.

Voor uitvoerige info:
NMF Techniek BV
Groningen,
Telefoon: 050 - 275 777.

Wandcontactdoos met geïntegreerde overspanningsbeveiliging

De Sockettrab is een wandcontactdoos met geïntegreerde overspanningsbeveiliging en voorzien van een akoestische defectmelding. Het is een eenvoudig te installeren voorziening voor het beveiligen van hoogwaardige en gevoelige apparatuur, zoals voor dataverwerking, medische apparaten, besturings- en regelinstallaties alsmede TV-, radio- en audio-apparatuur.

Een afleiderschakeling – die bestaat uit varistoren en gasafleiders – zorgt voor de begrenzing van de uitgangsspanning tot waarden die voor het aangesloten apparaat ongevaarlijk zijn. De uitgangsspanning wordt daarbij beperkt tot ten hoogste 1,2 kV (symmetrisch) respectievelijk 1,4 kV (asymmetrisch). Varistoren in de gebruikelijke schakeling worden door te hoge of regelmatig terugkerende overspanningen beschadigd.
Een defect aan de beveiliging wordt niet alleen optisch door een controlelampje, maar ook akoestisch door een zoemtoon gesignaleerd.

Voor uitvoerige info:
Phoenix Contact B.V.
Zevenaar,
Telefoon: 08360 - 91720
Fax: 08360 - 24 074.

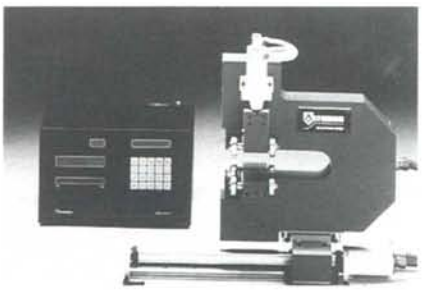
Meetinstrument zonnestraling

De SOLRAD van Kipp & Zonen is een apparaat voor het meten van de intensiteit van zonnestraling. Het bestaat uit een sensor, een pyranometer gekoppeld aan een thermozuil, en een uitleeseenheid. De pyranometer heeft een vlakke spectrale responsie in het hele zonnespectrum en in het hele zichtbare spectrum, wat het mogelijk maakt onder lampen en natuurlijk zonlicht te meten (specificaties: ISO 9060 Second Class). De uitleeseenheid laat de waarde van de momentane zonnestraling in Watts per vierkante meter op het LCD-scherm zien. Het is ook mogelijk om totalen te integreren. Het apparaat werk op 9V, en kan zowel gevoed worden door batterijen als door een adapter. Het wordt geleverd met RS 232 en uitlees-software.

Voor uitvoerige info:
Kipp & Zonen Delft B.V.
Postbus 507,
2600 AM Delft,
Telefoon: 015 - 561 000 / 569 256.

Meetsysteem voor plaatdiktemeting

Het systeem DMS 6070 van Althaus is geschikt voor diktemeting van alle soorten plaatmaterialen (metaal, kunststof, rubber, etc.) bij elke gewenste doorloopsnelheid.
Het systeem bestaat uit een freem met meetkoppen, een pneumatisch aangedreven rechtgeleiding voor de positionering van de te meten plaat, alsmede een elektronische besturings- en evalueringseenheid.
Het meettraject loopt in standaard-uitvoering van 0 tot 25 mm.
De maximale meetfout bedraag minder dan 0,01 mm.
De DMS 6070 wordt standaard uitgevoerd met digitale en analoge aanwijzing van de meetresultaten. Het systeem heeft standaard automatische tolerantiebewaking met optisch signaal



bij tolerantie-overschrijding, automatische berekening van de gemiddelde waarden alsmede indicatie van minimum en maximum waarden. Na elke serie metingen wordt automatische gekalibreerd, waardoor een hoge meetnauwkeurigheid en betrouwbaarheid gewaarborgd zijn. Slijtage over langere termijn en thermische vervormingen worden volledig vereffend. Bewegingen van het te meten materiaal in de meetrichting worden automatisch gecompenseerd. Wanneer het te meten materiaal niet loodrecht op de tastrichting kan worden doorgevoerd zorgt een speciale voorziening ervoor dat de assen van de meetdoorns steeds loodrecht ten opzichte van het meetobject staan. Bij zeer gevoelige oppervlakken kunnen ook aanrakingsvrije meetmiddelen worden toegepast. Het apparaat is leverbaar met twee analoge uitgangen (bijvoorbeeld voor een printer), een seriële interface, acht digitale in- en uitgangen en twee extra meetwaarde-uitgangen (bijvoorbeeld voor gelijktijdige bandlengtemeting).

Voor uitvoerige info:
F. Hoffmann B.V.
Postbus 1050
3330 CB Zwijndrecht
Telefoon: 078 - 102 388
Fax: 078 - 103 255.

Elektronische laagdiktemeter

De COATER CTG-10 is een digitale laagdiktemeter die werkt volgens twee meetmethoden: door gebruik te maken van de principes van wervelstroom en van magnetische weerstand (reluctantie). De metingen verlopen beide niet-destructief. Door de relevante meetsonde toe te passen wordt het mogelijk de laagdikte van een niet-magnetische coating op een magnetisch substraat-geleidende ondergrond te meten.

Door gebruik te maken van een speciale kalibratiemethode ontstaat bovendien de mogelijkheid om de dikte van een chroomlaag op kopersubstraat te meten, of de dikte van een niet-magnetische coating op een isolerend substraat.
De meter heeft een computergeheugen en voert direct vijf verschillende statistische berekeningen uit op de meetwaarden.
Het meetbereik met verschillende meetsondes varieert van 0 tot 5000 µm.

De gegarandeerde tolerantie bedraagt (1% H + 1), waarin H = nominale waarde laagdikte.
Enkele kenmerken zijn:
- tien typen meetsondes verkrijgbaar voor alle voorkomende metingen,
- vier kalibratie-methoden,
- geheugencapaciteit voor maximaal 3000 metingen,
- automatische berekening van 5 verschillende statistische parameters,
- twee meetmethoden: continu meten en enkelvoudig meten,
- waarschuwing wanneer het ingestelde meetbereik wordt overschreden,
- een histogram geeft aan hoeveel metingen (van een batch) binnen het meetbereik vallen,
- opgeslagen meetwaarden kunnen tussentijds worden geprint.

Voor uitvoerige info:
VDH Technology
Sandersweg 90
6219 NW Maastricht
Telefoon: 043 - 214 041
Fax: 043 - 253 683.

Eenvoudige frees- en boormachine

De universele frees- en boormachine type WF 4/3 van het Duitse fabrikaat Kunzmann is vooral bedoeld voor gebruik in werkplaatsen waar veel enkelstuks-fabricage voorkomt. De machine heeft een verticale freeskop (pinoleweg 60 mm) die over ± 90° gedraaid kan worden en in een handomdraai geheel opzij is te zwenken, waardoor een horizontale freesspil vrijkomt. In beide spillen zorgt een hydraulische opspanning voor een snelle en degelijke gereedschapwisseling.
Hij is te bedienen vanaf een zwenkbaar bedieningspaneel waarin ook het Heidenhain drie-assige digitale positioneringssysteem NDP 510 is ondergebracht. Handbediening is ook mogelijk door gebruik te maken van de aanwezi-

ge handwielen. Spilsnelheid en tafelverplaatsingen zijn traploos regelbaar. In langs- en dwarsrichting is de tafel over resp. 400 mm en 320 mm te verplaatsen; het verticale werkbereik bedraagt 400 mm. De machine wordt geleverd met een automatisch werkend centraal smeersysteem en een aparte koelvloeistof-installatie.

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

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.

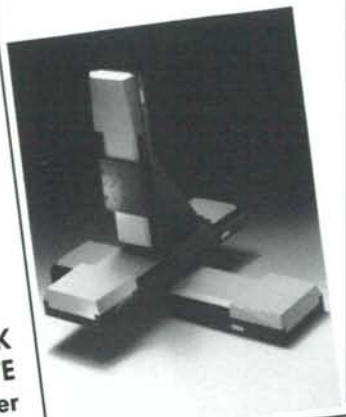
GROOT IN HET KLEINE

micro ★ montage

Postbus 3108 - NL 3760 DC SOEST - Holland

U eist een uitzonderlijke

POSITIONERINGS-NAUWKEURIGHEID



PHYSIK INSTRUMENTE is uw partner

De nieuwe serie lineaire translatoren (serie M 500 (100, 200 en 300 mm) garanderen u:

- nauwkeurigheid 1 micron
- positionerings-reproduceerbaarheid 0.1 micron (0.4 micron voor 300 mm uitvoering). Aandrijving middels stappenmotor of DC motor. Optioneel kan een Heidenhain-lineaal geintegreerd worden zodat absolute verplaatsingen bepaald kunnen worden.

Wij nodigen u graag uit tot een orientatie. Voor uitgebreide informatie en produktkatalogus

Tel. 04959 - 3300
Fax 04959 - 1153

APPLIED LASER TECHNOLOGY

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

Wat maakt die 0,01 mm nou uit ?

Produceren op 0,01 mm kan erg tijdrovend en kostbaar zijn. Maar is dat wel een reden om het dan maar wat minder nauw met de pasvorm te nemen ?

Het antwoord op deze vraag kan een volmondig "ja" of een absoluut "neen" zijn. Alleen uw klanten, elk met hun eigen eisen en specificaties kunnen u het antwoord geven.

Hoe hoog de eisen van uw klant ook zijn, u zult altijd uw produkten snel en eenvoudig willen meten. En dat kan bijvoorbeeld met een digitale schroefmaat van Mitutoyo.

De Digimatic schroefmaten leest u af op 0,001 mm en zijn leverbaar in meetbereiken tot en met 1000 mm. En als u met een schroefmaat niet uit de voeten kunt dan is er altijd nog ons uitgebreide aanbod van digitale meetklokken, schuifmaten en hoogtemeters !

Voor informatie en advies:
Mitutoyo Nederland, afd. Verkoop
Tel: 08385-34911, Fax: 08383-16568

Mitutoyo