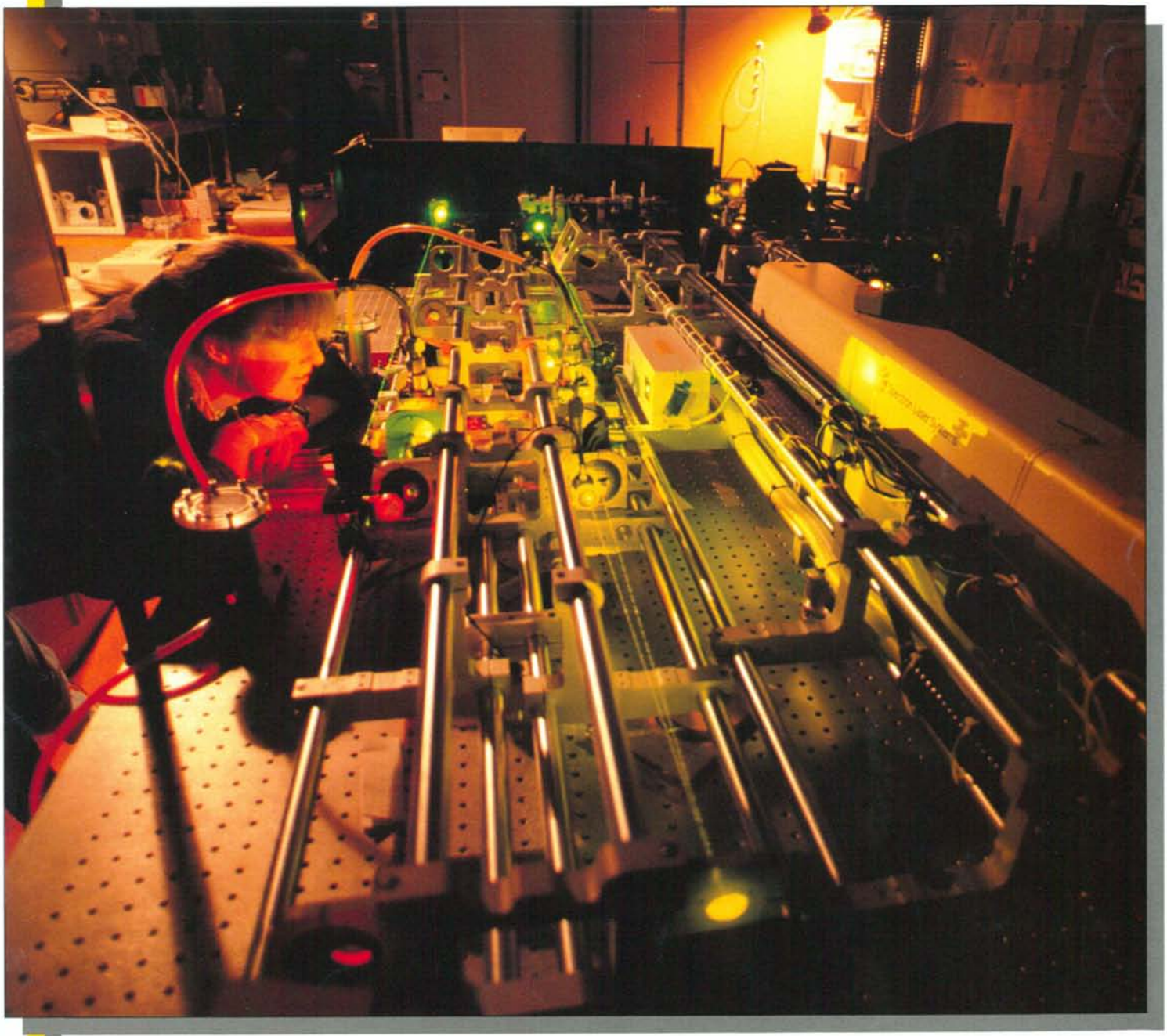
jaargang 33, nummer 5

Mikroniek

NVFT

VAKBLAD VOOR PRECISIE-TECHNOLOGIE



Minilijmen – Microweerstandlassen
Wrijving – Boekbespreking
De instrumentmaker

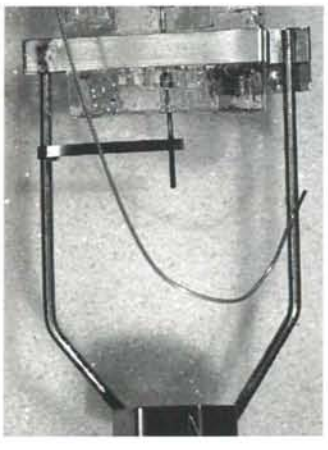
Welk gemeenschappelijk kenmerk hebben de meeste in Europa gefabriceerde bewerkingscentra, frees- en boormachines?

Informatie over al onze lengtemeetsystemen ontvangt U van HEIDENHAIN NEDERLAND B.V., Tel.: (0 83 85) 4 03 00

HEIDENHAIN

In dit nummer

Zie pagina 140



Zie pagina 148

Zie pagina 151

126 Microverbinden van metalen
Editorial

127 Verenigingsnieuws/Actueel

133 Constructies voor het nauwkeurig bewegen en positioneren (14)
P.C.J.N. Rosielle, E.A.G. Reker, M.P. Koster

138 Boekbespreking

140 Lijmen van kleine onderdelen
J.A. Poulis, J.C. Cool, E.H.P. Logtenberg

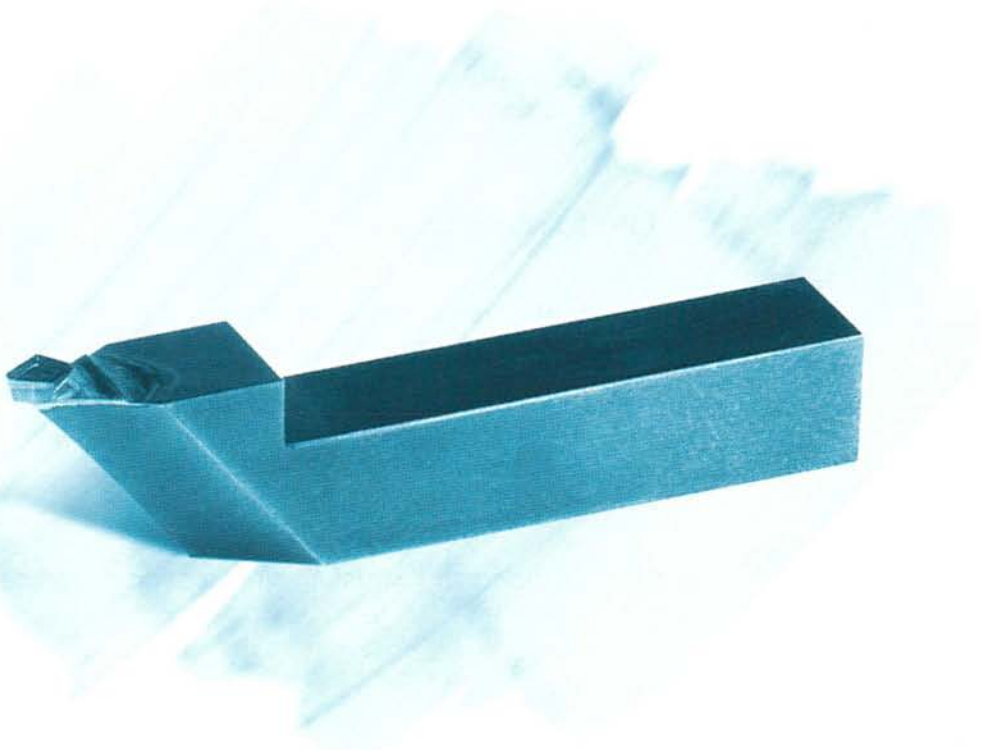
148 Microweerstandlassen met de geprogrammeerde transistorgestuurde gelijkstroombron
L. Schuringa

151 De research-instrumentenmaker van de jaren negentig
H.G.J. Rutten

157 Produktinfo

Laseropstelling voor onderzoek naar fotosynthese door de vakgroep Biofysica RU Leiden.
Foto Loek Zuiderduyn.

We're always working at the edge...



ULTRA-PRECISION CUTTING TOOLS

Professional Diamond Tools, formerly part of Philips, is a dependable supplier of ultra-precision diamond cutting tools to optical and electronics industries throughout the world. *PDT* also supplies diamond wire guides to the machine-tool industry and diamond drawing dies to cable and wire manufacturers. Its products are available in standard ranges (or can be custom-designed) and are manufactured to the highest standards of precision, quality and reliability.

Complete details are available on request. Let us show you what we can do.

PROFESSIONAL DIAMOND TOOLS (PDT)

Geenhovensedreef 22, 5552 BD Valkenswaard. The Netherlands.
Telephone: +31 4902 82311. Telefax: +31 4902 44715. Telex: 51579 pdt nl.

Mikroniek

Orgaan van de

NVFT

Nederlandse Vereniging voor precisie-technologie

Editorial

Microverbinden van metalen

Er is van microverbinden sprake als de kleinste afmeting van een van de te verbinden delen kleiner dan 1 mm is; bij plaatmateriaal is de grenswaarde 0,5 mm. Vooral in de fijnmechanische en elektronische industrie zijn microverbindingen van toenemend belang. Per jaar worden er in Nederland ca. 10^{12} microverbindingen gemaakt, waarbij het foutenpercentage afhankelijk van de toepassing kleiner dan 0,01% moet zijn.

Samen met de Vereniging FME heeft het Nederlands Instituut voor Lastechniek (NIL) onlangs een vijftal voorlichtingsboeken op het gebied van microverbindingstechnieken doen verschijnen. De onderwerpen hiervan zijn: Solderen, microweerstandlassen, microlaserlassen, microbonden en een algemeen boek over microverbindingstechnieken (VM 90 t/m VM 94).

Bij microverbinden is naast de keuze van de verbindingstechniek de kwaliteit van de verbindingen van groot belang. In het kader van een IOP-METALEN programma wordt procesgericht onderzoek uitgevoerd door IPL-TNO op het gebied van microweerstandlassen en microbonden.

Complementair aan dat **onderzoek** start het NIL nu al weer een tweede onderzoekprogramma dat gericht is op de *kwaliteit van microverbindingen, procesoptimalisatie, fine pitch solderen en lassen, microverbinden voor hoge temperatuurtoepassingen, mechanische verbindingstechnieken en verbinden van geïsoleerde draad.* Verder is eind vorig jaar een onderzoeksproject "**Microlijmen** of *lijmen in de fijnmechanische en elektronische industrie*" van start gegaan.

De weg van de kennis, die bij deze onderzoeken wordt verkregen, mag niet eindigen in fraaie rapporten die worden opgeborgen in kasten. Deze kennis moet in een *toegankelijke* vorm gebracht worden en worden uitgedragen naar de Nederlandse industrie. Dit werd gespreid al gedaan door een aantal stichtingen en instellingen tijdens voorlichtingsbijeenkomsten. Het is verheugend te kunnen melden dat er op het gebied van deze voorlichtingsactiviteiten een samenwerkingsverband is ontstaan tussen het NIL, de Bond voor Materialenkennis, Mikrocentrum Nederland, IOP-Metalen, Holland Elektronica en het Platform voor Mechatronica. Om in een betrekkelijk klein land als Nederland doublures te voorkomen, zullen er gezamenlijke voorlichtingsdagen op het gebied van microverbinden worden gehouden. Het is de bedoeling om ook de NVFT, IMEC (België) en het Belgisch Instituut voor Lastechniek hierbij te betrekken.

Natuurlijk heeft elk van deze stichtingen en instellingen haar eigen belangen. Maar zwaarder weegt toch het belang van de Nederlandse fijnmechanische en elektronische industrie: met een gezamenlijke inspanning de kennis daar te krijgen waar die nodig is, dus bij de bedrijven.

Dit nummer van *Mikroniek* draagt daar eveneens toe bij met beide bijdragen over microverbinden.

W.G. Essers

Uitgave:
NVFT

Redactie:
Dr. ing. D. Blank
Ir. S. van de Graaf (hoofd redactie)
Drs. K.J. Groenewolt
H.M.C. Heubers
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.ir. A. Anemaat
Prof. L.H.J.F. Beckman
Prof.dr.ir. H.F. van Beek
Prof.dr.ir. J. Bleeker
Ing. H. Bosch
Ir. P. Brinkgreve
Ing. M.F. Dierselhuis
Prof.ir. 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 ƒ100,-- per jaar
Buitenland ƒ125,-- 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

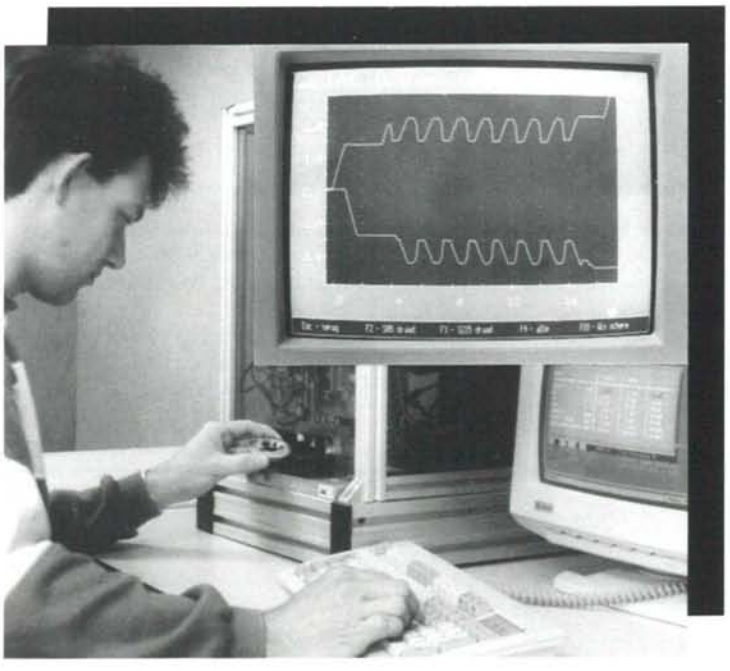
PRECISIE OPTISCHE COMPONENTEN

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

DE NIEUWE SCHROEFDRAADMEETMACHINES VAN IAC MAKEN HET ONMOGELIJKE NU TOCH MOGELIJK



Te meten objecten:
inwendige en uitwendige schroefdraden, conisch en cilindrisch,
alle bekende normen.

Te meten grootheden:
flankdiameter, kerndiameter, buitendiameter, spoed, flankhoeken, schroefdraadprofiel, voor conische draadsystemen: coniciteit, stand-off, etc.

Al deze grootheden worden simultaan bepaald met een cyclustijd van maximaal 30 seconden! In deze tijd worden duizenden meetpunten van meerdere schroefdraadgangen met een meetresolutie van 0,00005 mm afgetast en verwerkt tot meetwaarden en grafieken. Meetafloop onder computerbesturing.

Presentatie op beeldscherm of printer.

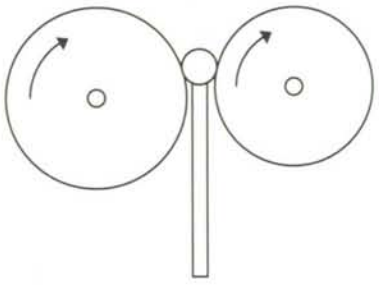
Neem contact op met de UITVINDERS.

IAC MEET BEDRIJF VOOR DE INDUSTRIE

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

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.

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.

P O L G R O N
OPTICS & POLISHING TECHNIQUES
Het grove onderscheid op 0,002 micrometer.

Zernikepark 2-4, 9747 AN Groningen, tel. 050-745748 fax 050-634596

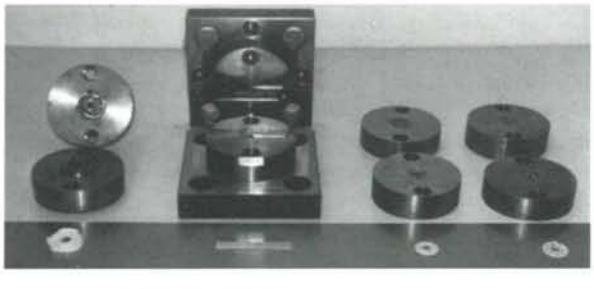
INSTRUCON
INSTRUMENTS

Houdt zich bezig met het vervaardigen van prototypes, nulseries, proef- en zichtmodellen en het vervaardigen van precisie-onderdelen en instrumenten.

Deze zeer uitgebreide prototypeafdeling heeft een aantal unieke eigenschappen namelijk: een flexibele organisatie, goed geschoold personeel en een veelzijdigheid aan technieken.

Omdat er in veel prototypes veel kunststof onderdelen zitten, is het maken van deze onderdelen via Low Cost matrijzen een apart specialisme geworden.

Voordelen zijn:
- zeer geschikt voor aantallen tussen de 5 en 1000 stuks;
- grote materiaalvrijheid;
- grote produktvormvrijheid;
- ideaal voor nulseries;
- snelle levertijden.



INSTRUCON INSTRUMENTS BV
Postbus 441
3440 AK WOERDEN
Telefoon: 03480 – 22952

Bierbrouwersweg 23
3449 HW WOERDEN
Telefax: 03480 – 22951

Topkwaliteit
Evt. gebalanceerd
Grote sortering

Als uw
huidige leverancier
het niet heeft,
bel ons...

Technische Handelsonderneming
J. Krijgsman
v. Blommesteijnstraat 25 - 3087 BX Rotterdam
Tel. 010-4950933* - Fax 010-4950494

Verenigingsnieuws/Actueel

Microsysteemtechnologie

Themaochtend op 2 december 1993 van 9.30 - 13.00 uur.
In de afgelopen jaren zijn grote vorderingen gemaakt met het ontwikkelen van zeer kleine mechanische structuren en microsystemen. Experts verwachten dat de toepassing hiervan explosief zal groeien. Belangrijke toepassingen worden verwacht in medische instrumenten, consumenten produkten, auto's, telecommunicatie- en produktie-apparatuur en procesbeheersing. De basis voor deze systemen vormen de micromechanica, micro-elektronica en de LIGAtechnologie (Lithografie, Galvanik und Abformung).

Bestemd voor:
Technici met interesse voor de mogelijkheden van de microsysteemtechnologie. Het ontbreekt nog aan goede ideeën voor commerciële produkten doordat de mogelijkheden die deze technologie biedt bij de meeste bedrijven nog onbekend zijn. De deelname aan deze themaochtend verschaft kennis en geeft een stimulans om over nieuwe toepassingen en produkten te denken.

Aansluitend wordt een afspraak gemaakt voor een bezoek aan de produktieafdelingen van het "Institut für Mikrotechnik" te Mainz in het voorjaar 1994. Een bezoek aan het MESA-Research Institute te Enschede staat eveneens op het programma.

Kosten van deze themaochtend:
Leden NVFT f 75,- niet-leden f 150,- inclusief lunch.

Voor nadere informatie of aanmelding:
Secretariaat NVFT
Postbus 6367
5600 HJ Eindhoven
Tel: 040-473659
Fax: 040-460645.

Vorm- en plaatstoleranties

Vier middagen van 13.30 tot 17.30 uur, datum nog nader vast te stellen.
Bestemd voor: constructeurs, meettechnici, fabricagetechnici en instrumentmakers.
Wat komt er op tekening, hoe wordt het gemaakt, hoe wordt het gemeten en hoe wordt beoordeeld of aan de eis is voldaan.
Inhoud:
Symbolen en begrippen
Toegepaste meettechniek
Referentiesysteem
Maximum materiaaltoestand
E en I systeem
De theorie wordt afgewisseld met oefeningen en voorbeelden uit de praktijk.
Het aantal deelnemers is maximaal 15.
Kosten: Leden NVFT f 525,- niet-leden f 675,-

Voor informatie of aanmelding:
Secretariaat NVFT,
Postbus 6367, 5600 HJ Eindhoven
Tel: 040-473659 Fax: 040-460645.

Regionale werkgroep Leiden

Themamiddag: Bedrijfsbezoek aan het Marine Elektronisch en Optisch Bedrijf (MEOB) te Oestgeest op 29 september j.l.
De middag werd geopend door Mevr. A.M. Riedel, wnd. hoofd Algemene zaken van het MEOB. Zij gaf een korte toelichting over het bedrijf, die werd aangevuld met een kunstige videofilm: "De Koninklijke marine aan zet". Dit alles gaf een duidelijk beeld van de huidige taken van de Koninklijke marine.
In drie groepen werden we vervolgens rondgeleid door het bedrijf.

Het Marine Elektronisch en Optisch Bedrijf beweegt zich op de terreinen van de elektronica, optica en fijnmechanica en alle mengvormen en afgeleiden daarvan. Die duidt men zelf aan met optronica, avionica, navitronica, telematica, etc.

Op het gebied van de Elektronica doet men:
- Onderhoud van radar-, sonar-, communicatie- en navigatieapparatuur.
- Ontwerp, ontwikkeling en produktie van onder andere interfaces, trainer- en simulatieapparatuur.
- Herstellen van printkaarten en "supercomponenten" zoals klystrons, magnetrons, TWT's.
- Metingen op het gebied van onderwaterakoestiek en elektromagnetische straling.
- Advies en assistentie bij aanschaf van sensor-, wapen- en communicatiesystemen.

Op het gebied van de Optiek:
- Aanmaak en herstel van optische componenten voor het zichtbaar licht en thermisch infraroodgebied.
- Onderhoud van optische en optronische systemen zoals periscopen, afstandmeters, helderheidsversterkers, warmtebeeldapparatuur, theodolieten.
- Advies en assistentie bij aanschaf van optische en optronische systemen.

Op het gebied van de Fijnmechanica:
- Onderhoud van gyrotollen en andere fijnmechanische samenstellingen, onder stofarme condities.
- Onderhoud van elektromagnetische randapparatuur.
- Aanmaak en bemeting van golftijdruns voor radarsystemen.
- Frezen, slijpen en honen van mechanische onderdelen.

Binnen het bedrijf zit een grote deskundigheid en er is een uitstekende outillage, die prima geschikt zouden zijn voor het ontwikkelen van nieuwe instrumenten en mogelijkheden. Maar dit gebeurt echter niet of hoogstens op bescheiden schaal.
Al met al een zeer leerzame en interessante middag. Jammer was het dat we enkele personen moesten teleurstellen door de beperking in het aantal deelnemers.

G.J. Verschragen.

Nieuwe leden

Wij verwelkomen de volgende leden:
Persoonlijke leden:
Ir. L.J. Westerbaan, Almelo
P.R. Wulz, Zoetermeer
P. Loekemeijer, Vlissingen
T. v.d. Berg, Eindhoven
L.F. Koorneef, Eindhoven

Bedrijfsleden:
Akzo Coatings b.v., Dept. TOA te Sassenheim, D. de Graaf.
Delft Instruments Mechanical Parts Production te Delft, H.J. Berbée, J. Bekius, W.H.H. Evertsz, B.J. James.
Drukker International b.v. te Cuijk, P.A.C. Kriele.
DSM Research b.v., Technical Support te Geleen, J. Verjans.
ECN te Petten, E.G. Hoek.
Hollandse Signaalapparaten b.v. te Hengelo Ov, F.P. Merk, J.A.M. Grimberg, P. Marijnen, W.M.A. van Hoek, H.B. Langelaar.
Ingenium b.v.te Zevenaar, ir. H.J.A. Stuyt, A.G.M. Esselink, B.A.M. Elfrink.
Innovatiecentrum Drenthe te Meppel, H. van Heerde, L.G.E.J. van Nisselroy, S. Vlietstra.
Vrije Universiteit, Instrumentmakerij, Vakgroep F.E. te Amsterdam, F. van Wijk.
Stichting Vakopleiding Oostelijk Groningen en Zuid-oost Drenthe te Stadskanaal, M. Horst, R. Havinga.
TPA Systems b.v. te Maastricht, W.K.J. Rörik, C.A.A.M. Maas, P.H.G. Verstappen.

Mechatronica, dicht erbij

Op 21 september j.l. vierde de Hogeschool Utrecht het veertigjarig jubileum van de Post- HTO cursus, toen nog applicatiecursus genoemd, en het twintigjarig jubileum van de Ingenieursopleiding Fijnmechanische Techniek op de HTS te Hilversum.
Mechatronica is in de visie van de Hogeschool Utrecht een logische moderne ontwikkeling in de lijn van het integraal denken binnen de FMT. Mechatronica is daarom vanzelfsprekend in het onderwijsprogramma opgenomen.

Met deze themadag werd nog eens extra het belang van Mechatronica voor kleine en middelgrote bedrijven benadrukt.

De verschillende sprekers lieten aan de hand van voorbeelden uit de praktijk zien dat dankzij een mechatronische aanpak de prestatie van de door hun firma's ontwikkelde produkten en produktiemiddelen sterk waren toegenomen. Zonder mechatronica was het niet mogelijk aan de gestelde eisen te voldoen. Mechatronica is geen nieuw vak, maar een methode van werken of zoals één van de sprekers het uitdrukte 'je moet als manager de mensen uit de verschillende vakdisciplines leren samenwerken'. Tevens benadrukte hij dat er een belangrijke taak voor het management weggelegd is: 'Mechatronica is geen doel op zich, maar alleen van nut als deze aanpak geld oplevert'.
Ook voor het onderwijs waren er enkele behartigenswaardige opmerkingen. Het denken in 'vakken' oftewel het 'kokerdenken' moet doorbroken worden omdat het haaks staat op de mechatronische benadering. Het werken in projectvorm tijdens het onderwijs kan een goede basis leggen voor latere samenwerking in het bedrijf.
De heer Van der Vlist (Metaalunie/ Branche Technologisch Centrum BTC-metaal) belichtte de rol welke de Metaalunie op het gebied van mechatronica voor het Midden- en Kleinbedrijf kan spelen. Om dit op ludieke wijze bij de bedrijven onder de aandacht te brengen, verkoopt het BTC een bouwpakket voor een bierschenkrobot.
De heer Blanksma (sectordirecteur Hogeschool Utrecht) liet zien op welke wijze de Hogeschool de bedrijven kan steunen als het gaat om nieuwe ontwikkelingen.
Tijdens een geanimeerde slotdiscussie onder leiding van de dagvoorzitter de heer Rietdijk kwam o.a. de voorwaarden scheppende rol van de overheid ter sprake.
Op deze dag zijn ook de eerste Post-HTO diploma's FMT/Mechatronica uitgereikt.
Voordat de deelnemers huiswaarts keerden werden er onder het genot van een drankje en een hapje nog de nodige ervaringen uitgewisseld. De gezellige sfeer waarin dit plaats vond werd versterkt door het feit dat er een aantal afgestudeerden van de dagopleiding aanwezig waren.

Voor nadere informatie over de cursus Mechatronica:
Hogeschool Utrecht
vestiging Hilversum
Ir. A.A. van Oostveen
Kolhornseweg 25
1213 RS Hilversum
Telefoon: 035 - 241 951.

Ontwerptechnologie

Themadag; 9 november 1993; Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN) Petten; 9.30 h - 17.00 h; kosten *f* 275,–.
Het ontwerpen bevindt zich in een technologische stroomversnelling en

een verbeterde efficiëntie is noodzakelijk. Kwaliteitseisen gaan omhoog, doorlooptijden moeten korter en de verschillende aspecten van de totale levenscyclus van een produkt dienen reeds in de ontwerpfase tot uitdrukking te komen. Dit kan alleen met een integrale en methodische benadering van technische ontwerpprocessen. Bij zo'n aanpak vormt de computer een wezenlijke gereedschap.
Tijdens de ECN-themadag Ontwerptechnologie zult u kennis kunnen maken met recente ontwikkelingen in computergesteund ontwerpen, zowel via inleidingen als door praktische demonstraties.
Inleidingen (het ochtendprogramma) worden door ECN-medewerkers en gastsprekers gehouden over:
- Integraal ontwerpen
- Versnellen van het ontwerpproces
- Visualisatie van sterkte en stijfheid
- Intelligent ontwerpen met het AI-CAD systeem
- Kennisgestuurd ontwerpen

In het middagprogramma wordt gedemonstreerd op zes lokaties:
- Sterkteberekeningen (2x)
- Betrouwbaarheid van constructies
- Automatisch modelleren met bondgrafen
- Ontwerpen met behulp van de computer
- Real-time computeranimatie.

De dag wordt afgesloten met informeel overleg.

Voor nadere informatie (onder andere over aanmelding):
ECN
Telefoon 02246 - 4303
Aanmelding direct (vóór 1 november 1993):
ECN-Technologie
t.a.v. de heer C. Koning
Antwoordnummer 1300
1740 VR Petten.

Corrosiedagen 1993

Congres en tentoonstelling; 15 en 16 december 1993; Beatrixgebouw, Jaarbeurs, Utrecht; georganiseerd met Nederlands Corrosie Centrum (NCC).
Op de "Corrosiedagen 1993" worden de vraag naar en het aanbod van vakkennis geconcentreerd op het gebied van corrosiepreventie en -bestrijding van metalen; de dagen staan helemaal in het teken van kennisoverdracht.
Het congresgedeelte bestaat op beide dagen uit een plenaire zitting en uit workshops waar concrete onderwerpen worden behandeld. De op het congres behandelde onderwerpen komen terug in de presentaties van de exposanten. Door middel van deze aanpak wordt over de grenzen van het vakgebied heen met elkaar gecommuniceerd over problemen en oplossingen.
De onderwerpen die in het congres aan de orde worden gesteld zijn:
- materiaalselectie,
- trouble shooting/schadegevallen,
- managementproblemen met onderhoud,
- design and manufacturing.

Op 15 december wordt bij deze onderwerpen de invalshoek 'Kwaliteit, veiligheid, milieu' gekozen en op 16 december 'Managen, ondernemen, baten'.
Voor nadere informatie:
Jaarbeurs - Congresbureau
Telefoon: 030 - 955 466.

TNO-cursussen Machine-inspectie

Het Instituut voor Produktie en Logistiek TNO (IPL) in Apeldoorn biedt het komende jaar in aanvulling op de cursus Machine-inspectie een vervolgcursus Machine-inspectie II. Deze korte vervolgopleiding is bedoeld voor bedrijfsmedewerkers die betrokken zijn bij onderhoud en beheer van gereedschapmachines en die, wellicht wat langer geleden, de cursus Machine-inspectie hebben gevolgd. Velen van hen komen in hun werk steeds gecompliceerder problemen tegen, onder andere bij numeriek bestuurde machines en nieuwe machinetypen zoals bewerkingscentra. Ook hogere eisen op het gebied van de produktkwaliteit stellen hen soms voor problemen. De driedaagse vervolgcursus Machine-inspectie II speelt hierop in.
In deze cursus komen na een samenvatting van de basiscursus onder andere de volgende onderwerpen aan bod:
- *inspectie*, door de deelnemers, van enkele van de meest voorkomende gereedschapmachines, onder leiding van ervaren machine-inspecteurs;
- *positioneernauwkeurigheid van NC-machines*: het interpreteren van de resultaten van lasermetingen (interferometrie), zodat men in staat is te bepalen welke reparaties uitgevoerd moeten worden als blijkt dat een machine niet aan de gestelde eisen voldoet;
- *de relatie tussen machine-afwijkingen en produktnauwkeurigheid*: inzicht in deze relatie maakt het de deelnemers beter mogelijk te bepalen welke eisen aan een machine moeten worden gesteld;
- *onderlinge relatie tussen verschillende afwijkingen*: als tussen bepaalde machine-afwijkingen een onderlinge relatie bestaat, heeft het uitvoeren van een reparatie voor de ene afwijking tevens invloed op de andere.

De deelnemers leren plaats, grootte en richting van een geometrische correctie te bepalen. De invloed van een correctie op de overige DIN-metingen kan dan voorspeld worden, zodat duidelijk wordt hoe met een enkele reparatie verschillende elementen van de machine binnen of (ongewild) juist buiten de gestelde tolerantie kunnen worden gebracht.
De cursussen worden georganiseerd van:
basiscursus: 6 t/m 13 oktober en 9 t/m 16 februari 1994
vervolgcursus: 21 t/m 23 februari 1994.

Voor nadere informatie:
Ing. H. Buining
Telefoon: 055 - 493 061.

PATO-cursussen

Geavanceerde regeltheorie

Vijfdaagse cursus op 12, 19, 26 oktober en 2, 9 november 1993 in Eindhoven.
Doelstelling: kennismaking met methoden voor analyse en synthese van regelingen voor (essentieel niet-lineaire) systemen, die uitgaan boven de gebruikelijke PID-regelaars en LQG ontwerpmethode.
Bestemd voor: ingenieurs (TU of HTO) die de aangeboden stuur- en regelmethodes willen gaan gebruiken.
Cursusleiding: prof.dr.ir. J.J. Kok, en dr.ir. A.G. de Jager.
Deelnamekosten: *f* 2.895,–

Vermoeiing van constructies

Vijfdaagse cursus op 2, 3, 9, 10 en 11 november 1993 in Lunteren.
Doelstelling: deelnemers vertrouwd maken met de vele aspecten van vermoeiing van constructies.
Na afloop van de cursus zal de deelnemer in staat zijn om mogelijke problemen op het gebied van vermoeiing te herkennen en te voorkomen.
Bestemd voor: ingenieurs (TU, HTO) werkzaam op het gebied van ontwerp en constructie, produktie, onderhoud en inspectie of in het technische onderwijs.
Cursusleiding: prof.ir. H.L. Overbeeke, prof.dr.ir. J. Schijve.
Deelnamekosten: *f* 3.375,–

Damage mechanica

Vijfdaagse cursus op 16, 23, 30 november en 7, 14 december 1993 in Eindhoven.
Doelstelling: deelnemers elementair inzicht geven in de theorieën, numerieke procedures en experimenten die gebruikt worden om de (resterende) sterkte of levensduur van mechanisch belaste constructies, of onderdelen ervan, te onderzoeken. Daarbij staan twee thema's centraal: de (klassieke) breukmechanica en de continuüm damage mechanica.
Na het volgen van deze cursus zal de recente literatuur op het gebied van de bezwijkanalyse toegankelijker zijn geworden.
Bestemd voor:ingenieurs (TU, HTO) die betrokken zijn bij de bezwijkanalyses van constructies en die daarvan slechts een (te) beperkte basiskennis hebben. De cursus is ook geschikt voor ingenieurs die zich realiseren dat fundamentele kennis met betrekking tot falen van constructies steeds belangrijker wordt.
Cursusleider: dr.ir. W.A.M. Brekelmans (TU Eindhoven).
Deelnamekosten: *f* 2.650,–

Energie en milieu in de industrie

Tweedaagse cursus op 29 en 30 november 1993 in Enschede.
Doelstelling: deelnemers kennis en inzicht te verschaffen op het gebied van methoden en technieken ter verbetering van de industriële energie-efficiëntie. Hierbij wordt een duidelijk onderscheid gemaakt tussen de mogelijkheden aan de opwekkingszijde en aan de gebruikerszijde.
Bestemd voor: ingenieurs die zich binnen bedrijven, de dienstverlenende sector en het onderwijs bezighouden met energie-aspecten van produktie en produktieprocessen. Tevens is de cursus geschikt voor technici die systemen en processen op energie- en milieugebied ontwikkelen.
Cursusleiding: prof.dr.ir. G.G. Hirs (Universiteit Twente) en ir. E.W.L. van Engelen (Stichting Toekomstbeeld der Techniek).
Deelnamekosten: *f* 1.635,–

Voor nadere informatie over deze cursussen:
Stichting PATO
Postbus 30434
2500 GK Den Haag
Telefoon: 070 - 3 644 957.

Sensoren en actuatoren in de werktuigbouw/machinebouw Techniek- en praktijkvoorbeelden

Met de bovenstaande titel is door het Centrum voor Micro-Elektronica een boek samengesteld ter verhoging van de kennis over sensoren en actuatoren en de mogelijkheden ervan voor werktuigbouwkundige toepassingen. De inhoud is voortgekomen uit een stimuleringsproject met dezelfde naam.
In het algemeen is de werktuigbouwkundige ontwerper meer geïnteresseerd in de functies en toepassingsmogelijkheden van sensoren en actuatoren dan in de gebruikte elektronica.
Vandaar dat het een typisch praktijkboek is geworden, 250 pagina's, waarvan in het eerste hoofdstuk de basisprincipes voor niet-elektronisch geschoolden begrijpelijk zijn gemaakt en de overige hoofdstukken actuele toepassingsvoorbeelden uit de werktuigbouwkundige wereld bevatten.

Voor nadere informatie:
A.W. van Schadewijk
Telefoon: 040 - 455 255.
Voor bestellingen van het boek:
Centrum voor Micro-Elektronica
Postbus 128
5600 AC Eindhoven
Fax: 040 - 458 222.
Kosten: *f* 55,–, excl. BTW en verzendkosten.

Wetgeving beeldschermwerk

Per 1 januari 1993 is een nieuwe wet in werking getreden: het Besluit Beeldschermwerk (Staatsblad 1992 677). Deze wet schrijft werkgevers normen voor waaraan werkplekken, werkindeling en werkomstandigheden moeten voldoen voor werknemers die meer dan twee uur per dag achter een beeldscherm werken. Ook staan er regels in met betrekking tot de bescherming van de ogen en het gezichtsvermogen van 'beeldschermwerkers'. Het besluit heeft daarom betrekking op de ARBO-wetgeving. Er geldt een overgangsregeling tot 1 januari 1994.
Het Besluit heeft voornamelijk betrekking op de hardware en de werkplek en slechts zeer gedeeltelijk op de te gebruiken software.

Voor nadere informatie:
Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid.

Themadagen, cursussen, workshops Microcentrum Nederland

Meten, beheersen en optimaliseren van de onderhoudskosten
Themadag; 17 november 1993; Beurs World Trade Center, Rotterdam; kosten *f* 495,–
Efficiënte procesbeheersing
Themadag; 26 oktober 1993; Beurs World Trade Center, Rotterdam; kosten *f* 495,–

De navolgende **cursussen** starten binnenkort:
- Lijmen
- Produktieplanning en voorraadbeheer
- Kwaliteitsverbetering voor enkelstuksproduktie en kleine series
- Milieuverantwoord werken en milieuzorg in het MKB.
- Elektronica - Technologie
- Microcontroller programmering
- Surface mount technologie

De volgende **workshops** worden binnenkort gehouden:

- Ontwerpen op bedrijfszekerheid en veiligheid van kunststofprodukten
- Qualified repair and rework for hole through assemblies and of SMD assemblies
- Opstellen en invoeren van procedures (ISO 9001/9002)
- Interne audit (ISO 9001/9002)
- Kalibratiesysteem (opzet, invoering, instandhouding, ISO 9001/9002)
- Klantgericht handelen
- Leidinggeven en samenwerken (voor middenkader)
- Milieuverantwoord werken en milieuzorg in het MKB.

Voor detailinformatie over deze cursussen en workshops raadplege men het overzicht met het totale programma 1993-1994.

Voor nadere informatie (en dit programmaboekje):
Mikrocentrum Nederland
Kruisstraat 74
5612 CJ Eindhoven
Telefoon: 040 - 432 503
Fax: 040 - 450 169

VAT '94

De Vakbeurs Algemene Toelevering wordt gehouden van dinsdag 1 tot en met vrijdag 4 februari 1994 in de Jaarbeurs in Utrecht.
Het gaat goed met deze beurs want begin mei hebben zich reeds 243 exposanten ingeschreven en is al meer dan de helft van de beschikbare expositieruimte verhuurd. Deze "tussenstand" is 63 deelnemers hoger dan in de vergelijkbare periode voorafgaand aan de VAT '92. Opvallend is het hoge aantal exposanten dat voor het eerst aan de VAT deelneemt.
Evenals in 1992 is ook nu weer een thema gekoppeld aan de VAT. Dit jaar staat de beurs in het teken van "de winst van uitbesteden". Vanuit verschillende invalshoeken zullen de begrippen Kwaliteit, Kostprijs en Flexibiliteit worden verklaard.
De VAT wordt eens in de twee jaar georganiseerd door de Jaarbeurs in nauwe samenwerking met de Nederlandse Vereniging Toelevering (NEVAT), de Nederlandse Federatie voor Kunststoffen (NF), de Metaalunie, de ondernemersorganisatie CWM en Technisch Keramiek Nederland (TKN).
Het expositieprogramma:
- metaalbewerking,
- kunststoffen- en rubberverwerking,
- oppervlaktetechnieken,
- gereedschappen (stempels, matrijzen),
- fijnmechanische techniek en (micro)elektronica,
- grondstoffen en halffabrikaten,
- catalogusartikelen,
- technisch glas en keramiek,
- componenten en functionele eenheden,
- speciale machinebouw,
- engineering, consultancy en informatie.

Techni-Show '94

De Utrechtse Jaarbeurs verandert van maandag 21 tot en met zaterdag 26 maart 1994 tijdens de Techni-Show '94 in een wereld van techniek. Deze tweejaarlijkse vakbeurs voor industriële produktietechnieken, verwerking en bewerking van metalen en kunststoffen, toebehoren en hulpmiddelen kent zijn gelijke niet in Nederland. Ondanks een kwakkelende economie met teruglopende investeringen en marges die onder druk staan, hebben veel importeurs en fabrikanten zich nu al aangemeld als exposant. Ze willen zich goed presenteren op het moment dat de economie weer zal aantrekken.
Negen maanden voor aanvang van de beurs zijn al zoveel vierkante meters geboekt dat het zich reeds laat aanzien dat de Techni-Show '94 net zo groot wordt als in 1992. Afgezet tegen de marktsituatie een goed resultaat. De beurs kan een positieve invloed hebben op de investeringen en is een stimulans voor de branche.
In 1992 trok de Techni-Show ruim 82.000 bezoekers. Een absoluut record dat nog meer betekenis krijgt doordat uit onderzoek bleek dat meer dan 70% van de bezoekers betrokken is bij investeringsbeslissingen en dat ze zeer tevreden waren over het aanbod op de beurs.

Hoogleraar ruimtevaarttechniek Wakker krijgt NASA-prijs

De Amerikaanse ruimtevaartorganisatie National Aeronautics and Space Administration (NASA) heeft een *group achievement award* uitgereikt aan de groep ruimtevaarttechniek van de TU Delft. De groep staat onder leiding van prof.ir. K.F. Wakker en zij krijgt de prijs voor de bijdrage aan het werk aan de TOPEX/POSEIDON-kunstmaan voor precisiemetingen aan satellietbanen en modellering van het zeeoppervlak. Behalve de erkenning van de NASA kreeg Wakker ook een *Certificate of Appreciation* van het vooraanstaande Amerikaanse Jet Propulsion Laboratory.

Het oppervlak van de oceanen kent verschillen van tien meter over afstanden van 200 kilometer. Deze afwijkingen verraden de invloed van zeestromingen en de ongelijkheid van de zwaartekracht op verschillende plaatsen op de aarde. Als er onder het zeeoppervlak een grote concentratie massa zit – bijvoorbeeld een bergketen – dan zal de satelliet een verhoging van het wateroppervlak waarnemen. De zeestromingen worden zichtbaar uit de afstand tussen de gemeten toppen en dalen van het water. De stroming ontstaat als gevolg van het hoogteverschil.
De groep van Wakker heeft zich gericht op de verwerking van de hoogtegegevens voor geofysisch en oceanografisch onderzoek. De ruimtevaarttechnici van Wakker berekenden daartoe de positie van de satelliet tot op circa 10 centimeter – de TOPEX/POSEIDON bevindt zich op een hoogte van 1336 kilometer. Door combinatie van de gemeten hoogte van de satelliet boven het oceaanoppervlak en de berekende positie van de kunstmaan in de ruimte, is het mogelijk de vorm van het gemiddelde wateroppervlak tot op enkele centimeters te bepalen.

Het satellietproject – de lancering vond plaats in augustus 1992 – is de eerste samenwerking op het gebied van de hoge baannauwkeurigheid tussen Amerika en Frankrijk. Wakker stond als *principal investigator* aan het hoofd van het enige buitenlandse onderzoeksteam. NASA besteed doorgaans alleen onder-

zoek uit aan buitenlandse organisaties na goedkeuring van het Amerikaanse congres. De aan Wakker toegekende erkenning beschrijft in het bijzonder de prestaties van de groep bij de nauwkeurige berekening van de baan en bij het modelleren van het oceaanoppervlak.

Nieuwe NIL onderzoeksprojecten

Het Nederlands Instituut voor Lastechniek (NIL) coördineert collectieve onderzoeksprojecten op het gebied van verbindingstechnieken en daarmee verband houdende onderwerpen. De aandachtsgebieden zijn: materialen, verbindingsprocessen, automatisering, veiligheid en inspectie. De financiering van dergelijke onderzoeken vindt plaats door bijdragen van de industrie, aangevuld met subsidie van de overheid. Het grote belang van dit soort onderzoeksprojecten is, dat ook het midden- en kleinbedrijf hieraan kan deelnemen met een betrekkelijk geringe eigen bijdragen.
Het NIL heeft het voornemen dit jaar weer een aantal onderzoeken te starten. Van een van deze projecten "microverbinden van Metalen" volgt onderstaand een korte omschrijving.

Voor nadere informatie over deelname:
NIL
ir. G. Vaessen of mw. R. Schoegje
Telefoon: 055 - 493 644
Fax 055 - 493 641.

Microverbinden van metalen

Het onderzoeksvoorstel bestaat uit de volgende delen:

Procesoptimalisatie bij microverbindingsprocessen.

Probleemstelling: Bij massaproduktie bestaat de noodzaak tot kleine of zeer kleine uitvalpercentages; één van de mogelijkheden daartoe is het produktieproces optimaliseren.
Doelstelling: Het optimaliseren van een aantal microverbindingsprocessen met behulp van één of meer geschikte systematische proefopzetmethoden.
Onderzoek: Voorgesteld wordt uit een aantal processen zoals golfsolderen, weerstandpuntlassen, lasersolderen of -lassen, draadbonden, een tweetal te kiezen en te optimaliseren. Bestaande produkten worden als uitgangspunt genomen. In overleg met de deelnemers aan het project kan besloten worden ook andere processen te optimaliseren.

Verbinden van geïsoleerde draad.

Probleemstelling: Geïsoleerde koperdraad wordt gebruikt om elektromechanische en elektronische componenten met elkaar te verbinden. De draden zijn voorzien van een enkel- of meervoudige laag van organisch isolatiemateriaal.
Doelstelling: Methoden te verkrijgen om de isolatielaag voldoende te verwijderen zodat een goede verbinding gemaakt kan worden. Hierbij wordt aan een tweetal methodes gedacht: de isolatielaag wordt van te voren verwijderd of tegelijkertijd met het maken van de verbinding.
Onderzoek: Gestart wordt met een inventarisatiestudie die zich richt op het vinden van geschikte deïsolatiemethoden en op geschikte verbindingsmethoden. Hierop aansluitend wordt in overleg met de deelnemers een experimenteel werkprogramma geformuleerd voor het op beperkte schaal uitvoeren van las- of soldeerexperimenten.

Microverbinden voor hogetemperatuurtoepassingen, onder andere laserhardsolderen.

Probleemstelling: Veel microverbindingstechnieken zijn niet geschikt voor verbindingen die gedurende langere tijd temperaturen van 300 °C of hoger kunnen weerstaan.
Doelstelling: Het bepalen van de mogelijkheden en beperkingen van het laserhardsolderen voor hogetemperatuur-toepassingen.
Onderzoek: Inventarisatie van hardsoldeermaterialen, toepassingsgebieden en aanbrengmethoden. Experimenteel onderzoek met aanbrengmethoden voor hardsoldeer en van het laserhardsolderen, onder andere bepalen van lasparameters, beschermgas, sterkte van verbindingen.

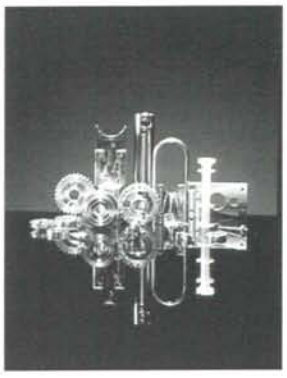
Mechanische verbindingstechnieken.

Probleemstelling: Van microverbinden is sprake als de grens van één van de te verbinden delen kleiner is dan 1 mm; bij plaatmateriaal is de grenswaarde 0,5 mm. Er is echter een grens voor grootte of dikte van een onderdeel wil dit door middel van mechanische verbindingstechnieken nog verbonden kunnen worden. Waar deze grenzen liggen en door welke factoren deze bepaald worden is niet altijd duidelijk; hiervoor is onderzoek noodzakelijk.
Doelstelling: Het inventariseren van mechanische verbindingstechnieken geschikt voor gebruik in de fijnmechanische en elektronische industrie, waarbij de nadruk ligt op de mogelijkheden tot schaalverkleining.
Onderzoek: Dit zal bestaan uit een inventarisatiestudie en een experimenteel programma. Bij het experimentele programma zal een aantal verbindingstechnieken experimenteel beoordeeld worden. De voorkeur gaat uit naar een aantal bestaande produkten/verbindingen waarvoor een behoefte aanwezig is tot schaalverkleining.

Fine pitch solderen en lassen.

Probleemstelling: Aan toekomstige technieken in de micro-elektronica worden hoge eisen gesteld. Een pitchafstand van ca. 100 µm moet realiseerbaar zijn, het proces moet in hoge mate reproduceerbaar zijn, bij voorkeur een zeer laag uitval-percentage hebben, betrouwbare verbindingen opleveren en tot slot zeer milieuvriendelijk zijn. Welke aan al deze eisen voldoen, is op dit moment nog niet voldoende duidelijk.
Doelstelling: Het bepalen van de mogelijkheden en technologische grenzen van diverse verbindingsprocessen welke mogelijk geschikt zijn voor de fine pitch technologie met pitchafstand van ca. 100 µm.
Onderzoek: Dit zal bestaan uit: een inventarisatiestudie en een experimenteel onderzoek. Het experimentele programma zal uitgevoerd worden voor twee geselecteerde verbindingsprocessen en componenten met pitchafstanden van 200 à 300 µm (volgens verwachting rond 1995 toegepast). Voor beide technieken zullen de mogelijkheden, beperkingen en randvoorwaarden experimenteel bepaald worden.

De duur van het voorgestelde programma bedraagt $2\frac{1}{2}$ jaar. Getracht zal worden het experimentele deel in 2 jaar af te ronden.



De laatste jaren wordt de vraag naar mikrotechniek steeds groter. A.J.B. Instrument wil daarop inspelen en heeft daarvoor een aparte afdeling opgericht. Wij gaan ons speciaal richten op het vervaardigen van zeer kleine precisieonderdelen t.b.v. de High Tech Industrie.

Deze afdeling wordt gekoppeld aan onze zeer geavanceerde meetkamer met onder andere twee CNC 3D-meetmachines. Uitgebreide meetrapporten kunnen worden meegeleverd.

Voor dit doel heeft AJB het kleinste bewerkingscentrum ter wereld aangeschaft.

Technische omschrijving:

Merk	: KERN
Aantal gereedschappen	: 12
Gereedschapopname	: ISO 20
Toerental	: 300 - 20.000
Besturing	: Heidenhain TNC 415, 5 assen
Werkbereik	: X220 mm, Y160 mm, Z220 mm
Verdeelapparaat	: CNC 2-assig, met mini palletsysteem

AJB instrument bv

Zuidzijde 7, Postbus 1173
3180 AD Rozenburg
Telefoon 01819-13377
Telefax 01819-15542

DC Motor Controller board

+

DC Mike Drive

=

PRECISIE POSITIONEREN

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

PHYSIK INSTRUMENTE

is uw partner

Laat u uitnodigen tot een oriëntatie.

Voor uitgebreide informatie en produktkatalogus:

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

APPLIED **LASER** TECHNOLOGY

main supplier

GROOT IN HET KLEINE

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 productoptimalisatie ter zijde te staan.

micro montage

Postbus 3108 - NL 3760 DC SOEST - Holland

Mechanismen waarin wrijving een rol speelt (II)

Constructies voor het nauwkeurig bewegen en positioneren (14)

P.C.J.N. Rosielle, E.A.G. Reker, M.P. Koster

Mechanismen waarin wrijving een rol speelt

Voorbeelden (vervolg)

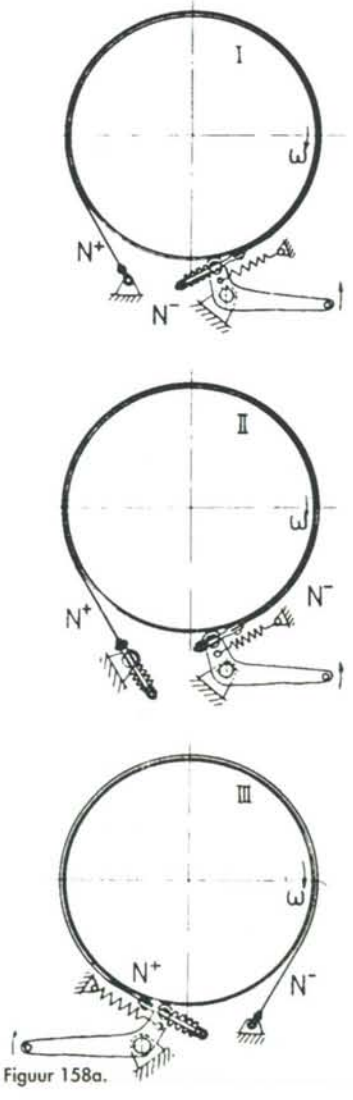
Bandrem

Als er volledige slip is over de omspannen hoek α (zie hiervoor de aflevering in de vorige Mikroniek) dan geldt $N^+/N^- = e^{\mu\alpha}$.
De remkracht, $W = N^+ - N^-$ is dan gelijk aan:
$W = (e^{\mu\alpha}-1)N^-$ of (1)
$W = (1-e^{-\mu\alpha})N^+$.

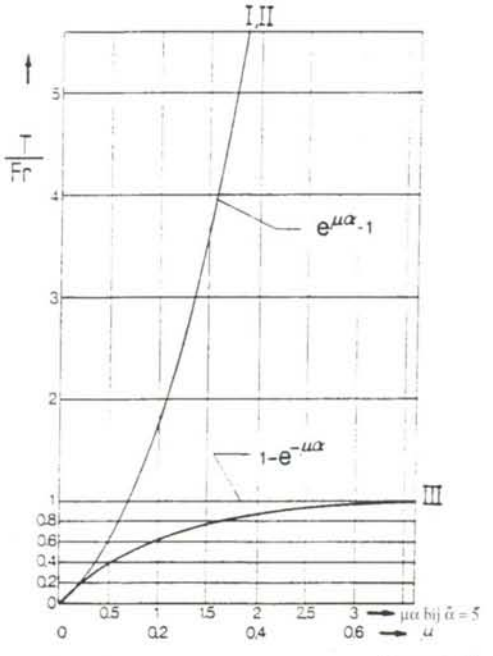
In figuur 158a draait de remtrommel (straal r) steeds rechtsom.
In I doseert de veer de kracht N^-. Dan geldt, volgens (1) voor de verhouding tussen het remkoppel T (= W.r) en de bedieningskracht F(= N^-):
$T/(Fr)_I = (e^{\mu\alpha}-1)$ (2)
In II doseert de veer de remkracht N^+. De veerkracht (V) is gelijk aan $V = N^+$. De bedieningskracht $F = N^-$ en omdat $N^+/N^- = e^{\mu\alpha}$ geldt nu, evenals in (2):
$T/(Fr)_{II} = (e^{\mu\alpha}-1)$.
In III doseert de veer ook de remkracht N^+, maar tevens is de veerkracht de bedieningskracht, dus $N^+ = V = F$. Nu geldt:
$T/(Fr)_{III} = 1-e^{-\mu\alpha}$.
De aanlegdruk van de bandrem in III past zich automatisch aan bij de momentane waarde van de wrijvingscoëfficiënt Bij een variatie in wrijvingscoëfficiënt van een factor 4 varieert het remkoppel nu circa een factor 1,5 tegen een factor 15 à 30 bij stroppend remmen zoals in I, zie grafiek figuur 158b.
Stel bijvoorbeeld de omspannen hoek α op vijf radialen en de wrijvingscoëfficiënt μ op 0,4 nominaal.
Het remkoppel varieert dan in I van 27% tot 850% van de nominale waarde.
Het remkoppel varieert in III slechts van 73% tot 113% van de nominale waarde.
Om remvoeringslijpsel binnen de trommel te houden is een inwendige rem ontworpen (zie figuur 158c) die, hoewel op druk belast, niet knikt mits hij gelijkmatig rondom door de trommel ondersteund wordt. Zo'n inwendig aanliggende band ontleent zijn drukbestendigheid niet aan het feit dat hij "niet knikt" maar dat hij "al geknikt is, maar niet verder uitwijken kan".

Men kan een remband of remkoord meermalen om een as te slaan. Bij drie slagen om de remtrommel geeft een variatie in wrijvingscoëfficiënt van 0,2 naar 0,4 nog slechts 2,3% variatie in remkoppel en bij tien slagen nog slechts 0,00032%.
Nu is dus het remkoppel vrijwel uitsluitend bepaald door veerkracht en trommelstraal.

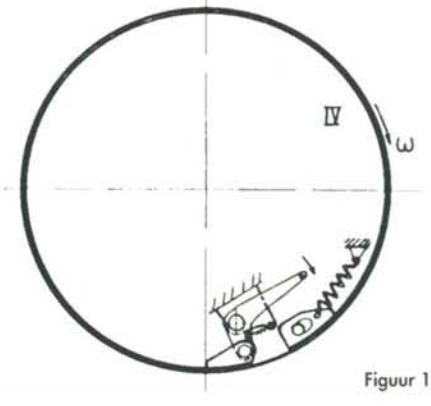
Zo'n "mechanische versterker" werd toegepast om een constant moment T_u te verkrijgen op een uitgaande as (o.a. voor een veeruurwerk), waar een niet constant moment $T_i > T_u$ op de ingaande as ter beschikking stond.
Figuur 159 geeft het principe: de in-



Figuur 158a.



Figuur 158b.

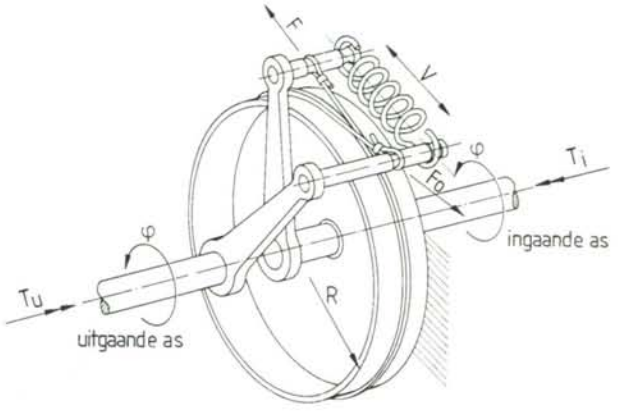


Figuur 158c.

Mechanismen waarin wrijving een rol speelt (II)

gaande as met T_i is gelagerd in een vast aan de wereld bevestigde schijf met straal R.
Het enkele malen om deze schijf geslagen koord koppelt een arm van de uitgaande as met een arm van de ingaande as. Een trekveer met voorspanning V tussen beide armen levert het gewenste koppel T_u. Zodra de uitgaande as gaat draaien valt het minieme tegenkrachtje F_o op het koord weg en slipt het koord over de schijf, veer V op lengte en op spanning houdend.De geleverde arbeid op de uitgaande as is $T_u.\phi$; $(T_i-T_u)\varphi$ gaat in wrijving verloren.

Figuur 159
Constant uitgaand koppel
[A.H. Boerdijk].



Strengelveerkoppeling

Figuur 160a toont een vrijloopkoppeling waarbij een dichtgewikkelde schroefveer op een "iets te grote" naaf of bus geschoven wordt.
In wezen is dit hetzelfde principe als de niet stroppende bandrem (III): het slipkoppel in de niet-blokkerende richting is nu bepaald als het koppel, nodig om de veerwindingen open te buigen tot ze net vrij liggen op de bus. Daarbij worden dan precies zoveel windingen "opengebogen" dat de *resterende* veerlengte in combinatie met de optredende wrijvingscoëfficiënt juist een aan het slipkoppel (= "*openbuig*koppel") gelijk *aandrijf*koppel oplevert. De veer gaat dus slippen bij een vast koppel dat *niet* afhangt van de wrijvingscoëfficiënt. De invloed hiervan vindt men alleen terug in de lengte van het nog op de bus aanliggende veerdeel.
Eén veer vervult hier de functies "lusvormen" (omslagen hoek) en "koppel bepalen". (Bij de bandrem volgens uitvoering III waren deze functies gescheiden: een relatief buig-slappe remband of remkoord en een aparte voorspanveer.)
Een nadeel is dat het koppel sterk afhangt van toleranties in de wikkeldiameter. Daarom werd ontwikkeld een slipkoppeling binnenin een bus (zie figuur 160b) die zo was gedimensioneerd dat de veer kan worden verkregen door het *elastisch* oprollen van *recht* ongedeformeerd verenstaaldraad. Nu is het koppel alleen nog afhankelijk van de draaddiktetoleranties.

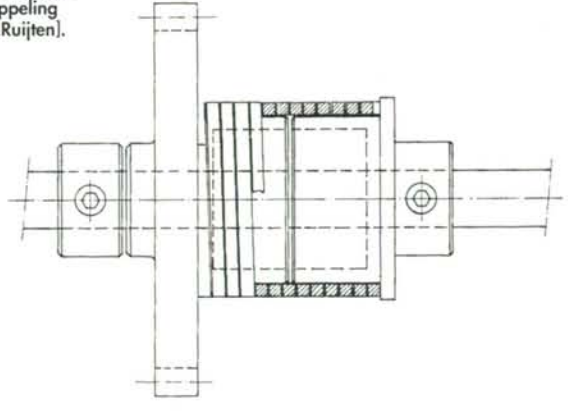
Een variant op figuur 160a is die met een vóórgewikkelde schroefveer, maar met één einde vast op de ene bus en het andere einde zwak conisch gewikkeld en gemonteerd op een eveneens zwak conische tweede bus.
De voorspanning en daarmee het slipkoppel is dan regelbaar door de veer iets axiaal te verschuiven op de conische bus. Dit wordt bereikt door de cylindrische bus waar de veer vast op zit iets te verdraaien over drie schroeflijnvormige vlakjes met ribbels die als paltandjes fungeren. Zo kan het gewenste slipkoppel van audio-cassettespelers in massafabricage snel ingesteld worden.

Wrijving in Bowdenkabels

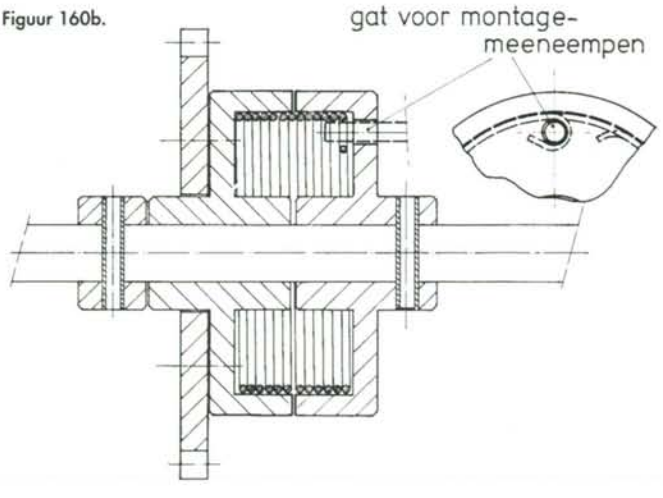
Met $e^{\mu\alpha}$ toenemende wrijving over een omslagen hoek α met de daaruit voortvloeiende trekkrachtreductie (en zelfs stroppen!) treedt ook op in Bowdenkabels, camera-ontspannerkabels en dergelijke.

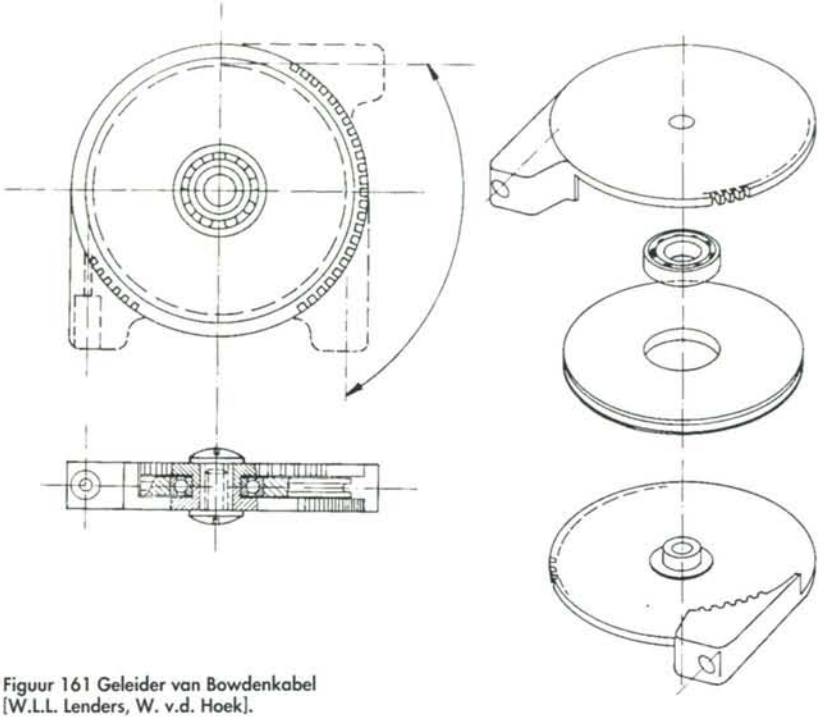
Men moet daar de totale omspannen hoek zoveel mogelijk beperken. Een leuk hulpmiddel hiertoe is geschetst in figuur 161.
Twee identieke spuitstukken vormden elk een "huishelft" met opvang voor een buitenmantel van de bowdenkabel. Ze zijn getand en kunnen zo in elke stand tussen 90° en 180° op elkaar ge-

Figuur 160a
Strengelveerkoppeling
[H.Ruijten].

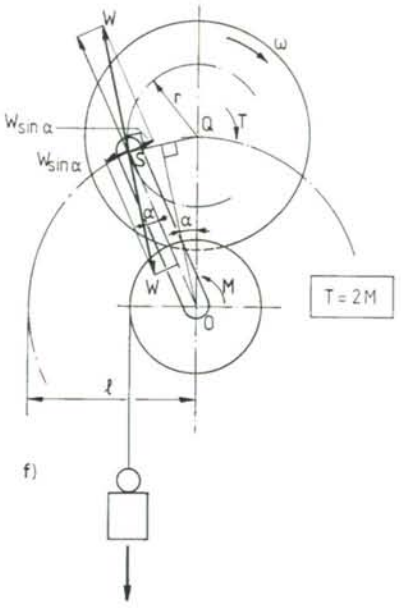


Figuur 160b.





Figuur 161 Geleider van Bowdenkabel [W.L.L. Lenders, W. v.d. Hoek].

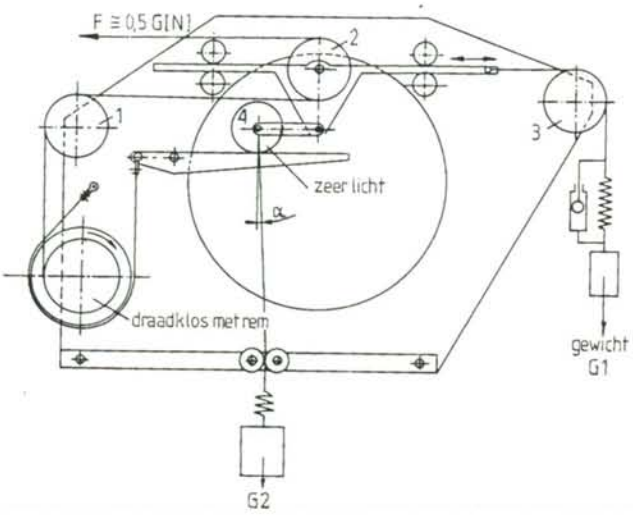


Figuur 162 Van wrijvingscoëfficiënt onafhankelijke rem [E.M. Schmidt].

past worden zoals aangegeven met de boog in de figuur.
Een centrale verbindingsschroef draagt een kogellager waarop een schijf gelagerd is die de doorgaande binnenkabel draagt en geleidt. De zo omslagen hoek α draagt nu in elk geval niet bij aan de krachtsreductie $e^{\mu\alpha}$.

Van wrijvingscoëfficiënton afhankelijke rem

In de rem van figuur 162 is het remkoppel (T) op de roterende (ω) schijf constant, omdat de straal (r) waarop de remschoen aangrijpt zichzelf instelt naar de grootte van de wrijvingscoëfficiënt. Er wordt op de arm (OS) een constant moment (M) uitgeoefend.
Voor het momentenevenwicht van de arm om O geldt:
$W\ell \sin \alpha = M$.
Voor dat van de schijf geldt:
$T = Wr$.
Uit de geometrie is te zien $\ell \sin\alpha = r/2$.
Er volgt nu:
$T = 2M$.
Zelfs een plotselinge variatie van μ door het opspuiten van olie wordt snel gecompenseerd doordat de remschoen in een steile spiraal naar buiten draait.



Figuur 163 Draadafloper [Driessens].

Geremde aflopers voor draad en band

Het bewerken en verwerken van band en draad vraagt een trekkracht die relatief weinig afwijkt van een ingestelde waarde.
Figuur 163 toont een mechanisme waarbij de draadspanning op listige wijze de rem bedient. De van de klos komende draad wordt via een omleidrol 1 over een horizontaal verschuifbare katrol 2 geleid. Aan deze katrol hangt via een omleidrol 3 een gewicht G_1 (met veer en demping).
Aan de verschuifbare katrol 2 is een schalm met een gewicht G_2 bevestigd met daaraan rol 4 die langs een horziontale remhefboom afrolt. Bij verplaatsing naar rechts van de verschuifbare katrol (hoek α blijft klein) zal het remkoppel groter worden, bij verplaatsing naar links kleiner. De draadspanning stelt zich nu automatisch in op ca. $0{,}5\ G_1$[N].

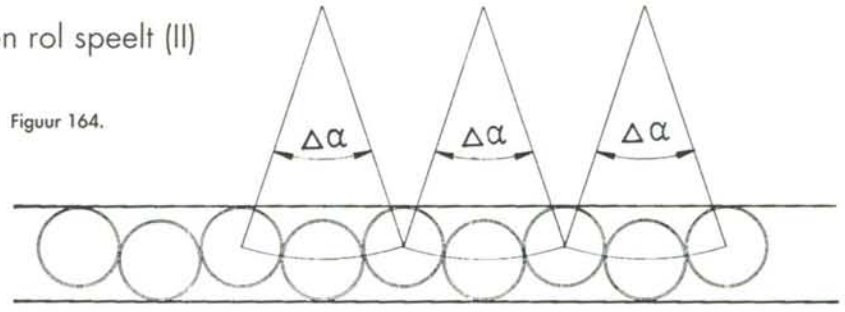
Wrijving in kogelbanen en geleidegoten

Ook in geleidegoten voor losse produkten, bijvoorbeeld bij onderdelentoevoerinrichtingen of in retourbanen van kogelomloopmoeren en dergelijke, is sprake van een "$e^{\mu\alpha}$-effect".
Precies passend kan de goot niet zijn, dan klemmen de producten zich vast. Maakt men de goot evenwel te wijd dan

Mechanismen waarin wrijving een rol speelt (II)

gaan de produkten zig-zag in de rij staan en sluiten zij per drie stuks een hoek in (figuur 164) die over de totale goot kan sommeren tot een grote "omslagen" hoek α.
Bij een gegeven configuratie is zo een maximaal toelaatbare breedte te definiëren om stroppen te beperken tot gevallen met gebroken of onvolledige produkten of vuil.

Figuur 164.

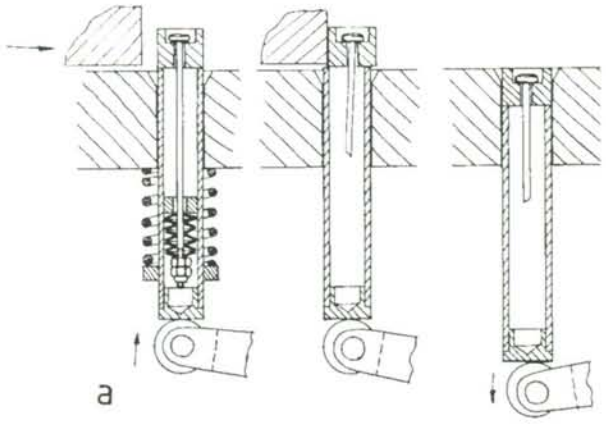


Arbeidsopname in wrijving
Vaak verdient het aanbeveling de kinetische energie van de door een arrêt of aanslag te stuiten massa niet op te vangen in elastische doorbuiging van de aanslag zelf, maar door middel van een daarvoor geschikte constructie op beheerste wijze om te zetten in wrijvingswarmte.

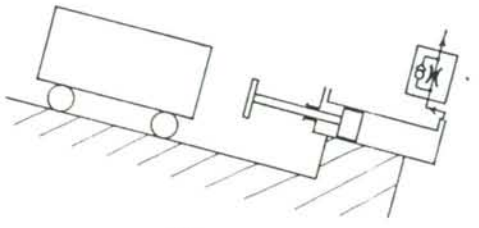
Figuur 165a geeft drie standen van een periodiek geheven en weer teruggetrokken aanslag. De oorspronkelijke massieve pen gaf te grote botskrachten en ernstige slijtage in het gearrêteerde mechanisme. In de geschetste uitvoering wordt de stootenergie opgevangen in wrijvingskracht maal remweg van het bovenste propje. Dit glijdt over de rand van de in de rechtgeleiding opgesloten holle pen. De wrijvingskracht is zo gekozen, dat de remweg toelaatbaar klein blijft. Bij terugtrekken van de pen wordt het propje in het conische gat weer gecentreerd.

Figuur 165b geeft een pneumatische of hydraulische snelheidsafhankelijke demping: de stoot wordt opgevangen en als er een zekere stuwdruk aanwezig blijft komt de massa tenslotte nauwkeurig in de eindstand terecht. Ook figuur 165c is bij aanhoudende stuwdruk de eindstand exact, maar er is grote kans dat de botsing zich een aantal malen herhaalt, totdat de energie geheel in wrijving is gedissipeerd, terwijl de massa in elk geval de uiteindelijke ruststand even voorbij is geschoten.

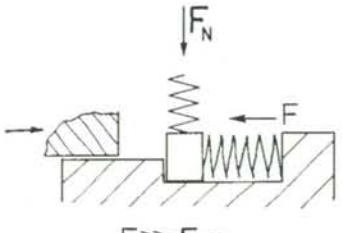
Figuur 166 geeft een aardig voorbeeld van het opvangen van stootenergie in wrijvingskracht maal remweg.
Schets I toont de oorspronkelijke constructie: een draadgeleidingsslede van een kruisslagwikkelmachine.
De hartschijf zit geklemd tussen twee op de slede bevestigde kogellagers.
In het omkeerpunt treden uiteraard grote stoten op als gevolg van de aangeboden snelheidssprongen.
De bovenste lijn in de grafiek (kromme I) geeft voor deze constructie het verloop van de stootkracht als functie van het toerental, de inzetten geven het opgenomen verloop van de sledesnelheid v en de sledeverplaatsing x bij 1000 en bij 2000 omw/min (v op andere tijdbasis dan x).
Schets II geeft de gewijzigde constructie. In de eerste plaats is de slede aanzienlijk lichter gemaakt. De asjes van de looprollen zijn aan elkaar bevestigd door middel van een zeer lichte beugel 1. Deze beugel, die uit twee staalplaatjes bestaat, staat onder voorspanning en klemt de hartschijf vast tussen beide rollen. Vast op de asjes zitten bronzen wrijvingsplaatjes 2, die door schotelveren 3 tegen de slede worden gedrukt. Overtreft de stootkracht de wrijvingskracht, dan zal de resterende energie door een (geringe) verschuiving in warmte worden omgezet. Twee scharnierplaatjes 4 zorgen voor de "rechtgeleiding" van deze verschuiving van de beugel ten opzichte van de slede (scharnierend om de looprolasjes en om vaste pennen 5 op de slede vormen ze een parallelogram). Een rechte nippel (dat is een gehard stalen pen) 6 dwars door beide scharnierplaatjes gestoken, maakt bezwaar tegen buiging in S-bochten en verzorgt zo een zekere oorsprongzoekende of terugstelkracht, zodat het heen en weer schuiven symmetrisch gebeurt ten opzichte van de nominale plaats.
Daarbij werd verwacht dat het krachtverloop aanvankelijk kromme I in de grafiek zou volgen, om dan bij het bereiken van de verschuifkracht (ingesteld was 140 N) horizontaal af te buigen, om bij grote toerentallen (dus bij relatief grote verschuivingen) iets op te lopen ten gevolge van de terugstelkracht van de nippel.
Het gemeten verloop volgens kromme II is nog aanzienlijk gunstiger. De ondersnijding op de top van de hartschijf



Figuur 165a.

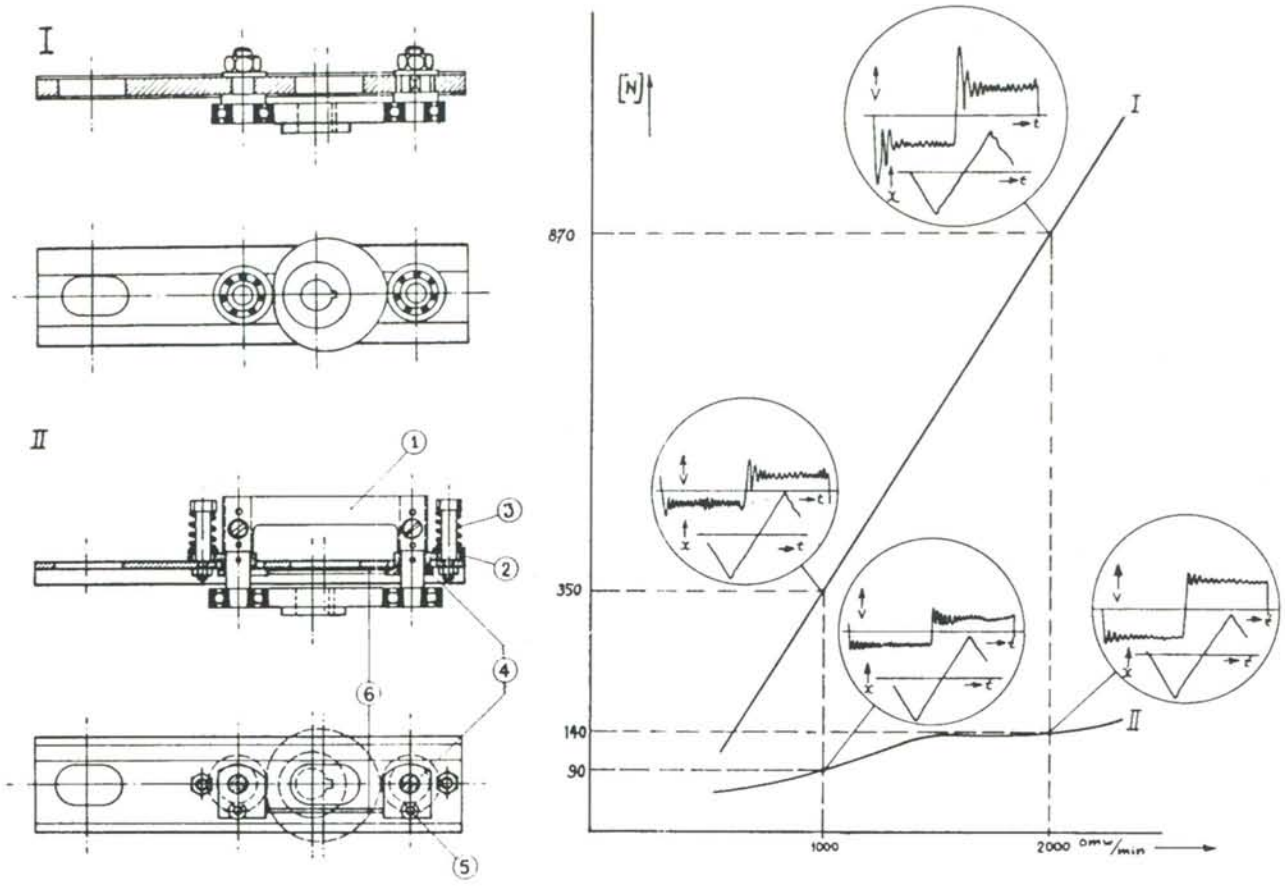


Figuur 165b.



$F \gg F_N \cdot \mu$

Figuur 165c.



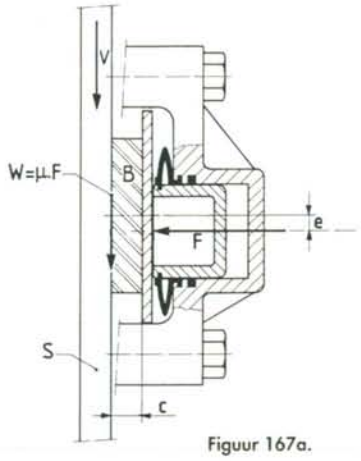
Figuur 166 Draadgeleidingsslede van de kruisslagwikkelmachine [D.C. Reddering-Lammens].

maakt dat er ten gevolge van de voorspanning van de beugel ook bij lage toerentallen toch reeds een verschuiving van de wrijvingsplaatjes ten opzichte van de slede optreedt. Aanvankelijk zal deze verschuiving vrijwel symmetrisch zijn (bijvoorbeeld +5 µm en -5µm).
Bij toenemend toerental wordt dit bijvoorbeeld +6µm en -4µm, wat neerkomt op een resulterende gemiddelde verschuiving van 1µm, dus een stootenergie-opname van 140 N.µm = 0,14 N.mm. Er wordt dus al energie in warmte omgezet lang voordat de stootkracht de waarde van de ingestelde wrijvingskracht heeft bereikt!
De inzetten tonen hoeveel beter het verloop is van snelheid en verplaatsing met de tijd.

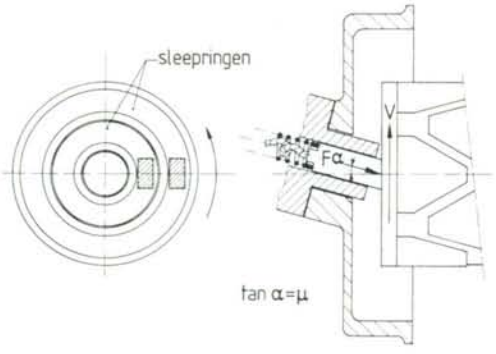
Scheef slijten van remblokken

Bij remblokken zoals die bijvoorbeeld bij schijfremmen voor auto's gebruikt worden, treedt gemakkelijk ongelijke slijtage op en dus op den duur scheefstand van de blokken en schranken van de aandrukcylinders. De wrijvingskrachten treden op in het vlak van de schijfrem en men kan de blokjes moeilijk precies in dat vlak afsteunen.
Ondersteuning op de afstand c buiten het remvlak leidt tot een koppel c.µF dat alleen kan worden opgevangen door de aandrukkracht F op een afstand e = µc buiten het midden van het blok te laten aangrijpen, zie figuur 167a.

Wel ontstaan er afwijkingen tijdens de levensduur omdat bij het slijten van het remblok de waarde c afneemt.
Men onderving dit bij een analoog probleem door het "remblok" (in dit geval een koolborstel van een wisselstroomgenerator) scheef uit te voeren volgens figuur 167b met tanα = µ. Schranken treedt nu niet meer op, zodat het contact met de rotor beter behouden blijft.



Figuur 167a.



Figuur 167b Koolborstelconstructie [M.R. de Wilde].

"Constructies voor het nauwkeurig bewegen en positioneren" is een selectie uit de verzameling constructieprincipes die op initiatief van prof. ir. W. v.d. Hoek in 1962 is opgezet en die nog steeds wordt uitgebreid. Door ir. P.C.J.N. Rosielle en E.A.G. Reker (TU-Eindhoven) is speciaal voor de lezers van *Mikroniek* een selectie gemaakt die in 18 afleveringen wordt gepresenteerd.
Bijdragen van lezers als kritiek, suggesties of eigen ervaring worden door de auteurs op prijs gesteld.

Boekbespreking

Precision machine design

Auteur: Alexander H. Slocum, Department of Mechanical Engineering, Massachusetts Institute of Technology.

Uitgever: Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.

Uitgave: Juni 1992, gebonden, 215x280 mm, 750 pagina's, 593 figuren, 727 referenties, 657 indices; prijs: $ 95,20.
ISBN 0.13.690918.3

Met deze dikke, rijk geïllustreerde "bijbel" heeft Alexander Slocum een boek samengesteld waarin nagenoeg alles te vinden is over het hoe en waarom bij het ontwerpen, de constructie en de bouw van hogeprecisie- machines. Dat hij veel support bij de realisatie van dit boek heeft gehad blijkt wel uit de dankbetuiging aan meer dan 125 instituten en individuele personen.

Het boek dient als leidraad voor ver gevorderde ontwerpers en constructeurs. Het kan gebruikt worden als een studieboek en is tevens een waardevol leerboek dankzij zijn heldere figuren en vele verwijzingen, ofschoon en gezien het vele formulewerk en de kretologie een lijst van afkortingen niet zou hebben misstaan.

Het boek begint met een uiteenzetting over de stappen die gedaan worden gedurende het ontwerpproces. Aan de orde komen onderwerpen zoals economische analyses, projectmanagement, brainstorm en conceptioneel ontwerp.
Vervolgens behandelt hij onderwerpen die niet direct te maken hebben met het ontwerpen van precisiemachines maar waar wel elke projectleider of constructeur mee te maken heeft.
Opvallend is de manier waarop Slocum door het hele boek heen er telkens op wijst dat het ontwerpen en bouwen van precisiemachines een, bijna overdreven, nauwgezette aanpak vereist bij elk facet van de realisatie. Het lijkt vaak overdreven, maar de praktijk laat zien dat het echt nodig is. Het aantal onderwerpen en de diepte waarop zij zijn uitgewerkt laat vermoeden dat Slocum precies weet waar het op aankomt. Aandachtige en nauwkeurige studie van het boek zal menigeen behoeden voor fouten die anderen voor hem gemaakt hebben. Het zal echter niet gemakkelijk zijn er doorheen te komen want ondanks de volumineuze inhoud is de informatiedichtheid vrij groot en eist een flinke dosis concentratie. Het grote aantal figuren maakt het boek erg prettig alhoewel toch af en toe een extra figuurtje ter verheldering niet had misstaan. Zij die honger hebben naar nog meer informatie kunnen kiezen uit een fenomenaal aantal literatuurverwijzingen.
Ofschoon het boek, zoals de titel het terecht zegt, handelt over precisiemachines kan de uitgebreid aanwezige basisinformatie zonder meer vertaald worden naar apparaten en onderzoekapparatuur. Alhoewel op deze wijze gebrachte informatie het boek op een eerste gezicht zeer specifiek lijkt te maken is dat echter niet het geval. Maar dan moet wel tussen de regels gelezen worden.
De conclusie is dat "Precision machine design" zonder meer is aan te bevelen voor allen die zich bezighouden met het ontwerpen, construeren en bouwen waarbij hoge precisie in beweging en positie een vereiste is. De "value for money" van dit boek is zeker de moeite waard.

De inhoud

Gezien de omvang van het boek kan de bespreking slechts een korte impressie geven van de wijze waarop het is opgebouwd en een bescheiden opsomming zijn van de onderwerpen die zoal behandeld worden.

Het eerste hoofdstuk "Introduction to precision machine design" beschrijft na een inleiding de basis van een economische analyse waarin financiële aspecten zoals de waarde van geld en tijd gedurende een project, cashflow, terugverdientijd, etc. worden behandeld. Omdat tegenwoordig veelal in projectstructuren gewerkt wordt schenkt Slocum hieraan eveneens aandacht: welke consequenties dat heeft voor de aanpak, het management en de hulpmiddelen met betrekking tot onder andere kosten en honorering. Vervolgens gaat de auteur in op de eigenschappen die een goede constructeur moet hebben. Vooral het belang van creatief denkvermogen, het up to date houden van kennis en weten wat in de wereld om je heen gebeurt blijkt van overlevingsbelang te zijn.
Ook beschrijft hij hoe en welke over-

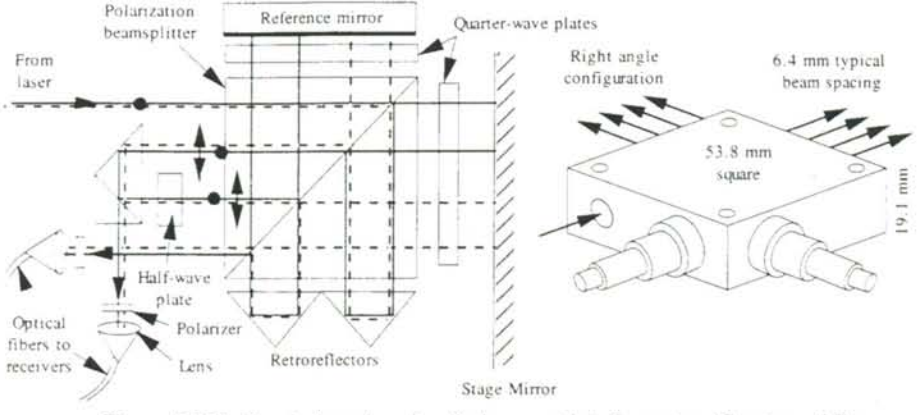


Figure 4.5.21 Zygo's linear/angular displacement interferometer. (Courtesy of Zygo Corp.)

wegingen een rol spelen bij het selecteren van oplossingen om te komen tot het beste ontwerp. Het geheel sluit hij af met twee ontwerp-cases. De een gaat over de realisatie van een hoogtoerig bewerkingscentrum, de tweede behandelt een 3D-meetmachine.

Het volgende hoofdstuk "Principles of accuracy, repeatability and resolution" beschrijft onderwerpen zoals nauwkeurigheid, reproduceerbaarheid en resolutie. Interessant is hoe het begrip "error budget" gepresenteerd wordt als een ideale methode om al voor de realisatie van een precisiemachine te voorspellen wat de nauwkeurigheid ervan zal worden. Hij brengt daar zaken in rekening zoals de bewerkingsnauwkeurigheid, omgevingsinvloeden tengevolge van temperatuur, zwaartekracht, belasting van en op werkstukken tengevolge van bewerkingen, etc. Het hoofdstuk wordt wederom afgesloten met een ontwerp-case, nu met betrekking tot een geleideschroefspil.

De hoofdstukken drie en vier, resp. "Analog sensors" en "Optical sensor systems" behandelen uitgebreid (100 pagina's) sensoren. Hierbij komen de capacitieve, inductieve, magnetische en piëzo-elektrische en zij die werken op het Hall-effect uitgebreid aan de orde. Niet te versmaden is ook de verhandeling over synchronisatie. Het hoofdstuk over optische sensoren is zeer uitgebreid waarin onder andere de gewone, fiber, interferometrische, lasertriangulatie sensoren worden behandeld. Ook aan de orde komen foto-elektrische transducers en vision systemen.

Het volgende hoofdstuk "Sensor mounting and calibration" beschrijft hoe sensoren gemonteerd moeten worden en wat de consequenties zijn voor de werking tengevolge van hun positie en uitlijning, hun montage en omgeving. Het hoofdstuk wordt afgesloten met een ontwerp-case.

Hoofdstuk zes "Mapping geometric and thermal errors in a turning centre" geeft een gedetailleerde studie van de foutcompensatie in een CNC-precisiedraaimachine. Niet alleen de constructieve en thermische fouten komen aan de orde, maar ook de implementatie van een real time foutcompensatiesysteem wordt besproken. Dit hoofdstuk is wel erg specifiek. Toch geeft het body aan genoemde fenomenen die een ontwerper gemakkelijk zal weten om te zetten naar andere machines en apparatuur waarin soortgelijke problemen kunnen optreden.

Het volgende hoofdstuk "System design considerations" begint met een uitspraak die voor elke ontwerper/constructeur geldt en die ik hier specifiek wil aanhalen: "Dingen moeten zo eenvoudig mogelijk gemaakt worden, echter niet te eenvoudig". Wist U dat die uitspraak van Albert Einstein was? Kern van deze uitspraak in dit hoofdstuk is dat altijd elke keuze goed overwogen moet worden. Dit begint al bij de keuze van de fabricage- en montagemethode, gevolgd door de materiaalkeuze, de uitvoeringsvorm, bevestigingsmethoden, ondersteuningen en kinematische effecten, enz. In meer dan honderd pagina's beschrijft Slocum al deze onderwerpen; ditmaal wordt afgesloten met een ontwerp-case van een grote slijpmachine.

De hoofdstukken acht en negen, "Bearings with(out) mechanical contact between elements" bespreken zeer uitgebreid lagers (meer dan tweehonderd pagina's).
De auteur behandelt lagers waarvan de elementen onderling mechanisch contact hebben en zulke die dat niet hebben. De eerste categorie wordt onderverdeeld in glijlagers en rollagers voor rotatie en translatie. Van de tweede categorie worden de hydrostatische, aerostatische en magnetische lagers uitgebreid besproken.
Te kort en krachtig worden elastische scharnieren behandeld. Een uitgebreide bespreking van deze scharnieren - hoe ze berekend worden en vooral een uiteenzetting over monolitische uitvoeringen - was wenselijk geweest gezien de hedendaagse mogelijkheden om deze interessante bouwelementen te realiseren. Dat dit opvalt vindt wellicht zijn oorzaak in het feit dat we in Mikroniek verwend zijn door artikelen van Nick Rosielle e.a.
Wel wordt besproken hoe lageringen ontworpen worden om de thermische effecten te beperken.
De case in dit hoofdstuk bestaat uit de metingen van een hoogtoerenspil.

Het laatste hoofdstuk "Power generation and transmission" gaat in op de aandrijvingen (ook hydraulische), reductoren, koppelingen, geleideassen, en dergelijke. Zaken zoals stijfheid, kracht, koppel, etc. komen aan de orde. Ook dit hoofdstuk wordt met een ontwerp-case afgesloten die handelt over de verhoging van de axiale stijfheid van een translatietafel.

HGJR

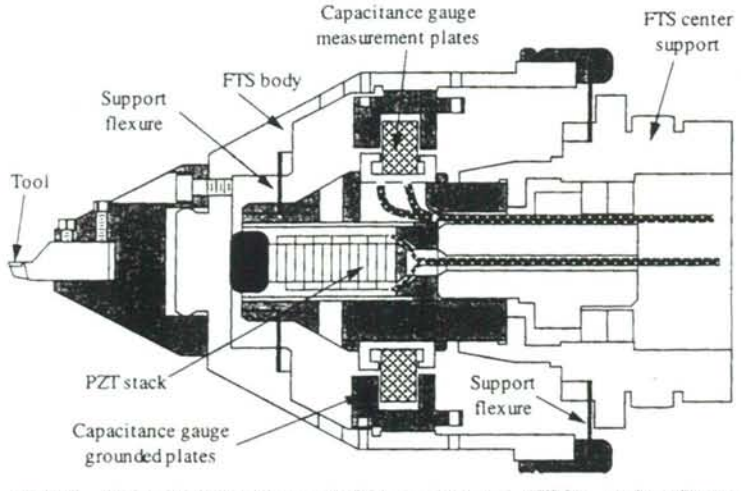


Figure 10.5.1 Piezoelectric actuated fast tool servo (FTS). (After Patterson and Magrab, Courtesy of Lawrence Livermore National Laboratory.)

Lijmen van kleine onderdelen (1)

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

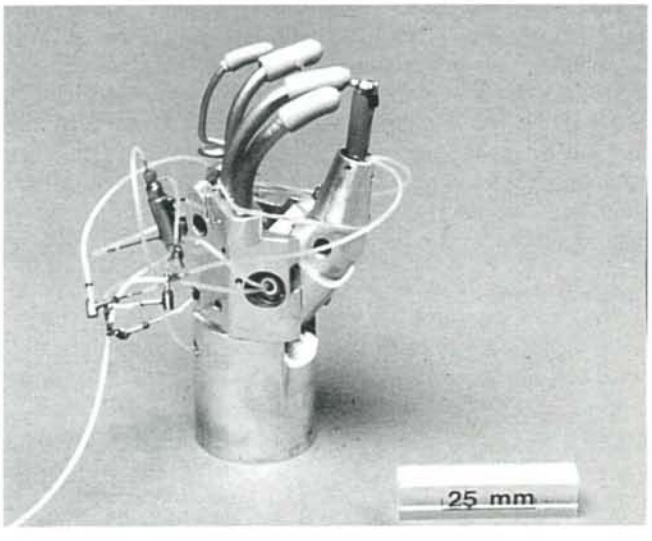
Het verbinden van kleine onderdelen door lijmen leidt nogal eens tot teleurstellingen door een voortijdig falen van de verbinding.
In tegenstelling tot wat te dikwijls gedacht wordt, is het construeren van een kwalitatief goede lijmverbinding een vrij ingewikkelde zaak, waarbij naast praktische ervaring enige kennis van de fysische en chemische processen die bij het lijmproces een rol spelen onontbeerlijk is.
In een drietal artikelen zal worden ingegaan op deze schijnbaar simpele, moderne verbindingstechniek. In dit artikel zal worden ingegaan op de belangrijkste grootheden waarmee men rekening moet houden wanneer men een lijmverbinding verkiest boven andere bevestigingsvormen.
Het tweede artikel behandelt op de invloed van reiniging van de substraten op de uiteindelijke hechtingssterkte. Het laatste artikel gaat in op de optimalisatie van kleine cylindrische verbindingen door de resultaten van spanningsanalyse in de lijmnaad te vergelijken met experimentele resultaten.

Miniaturisering

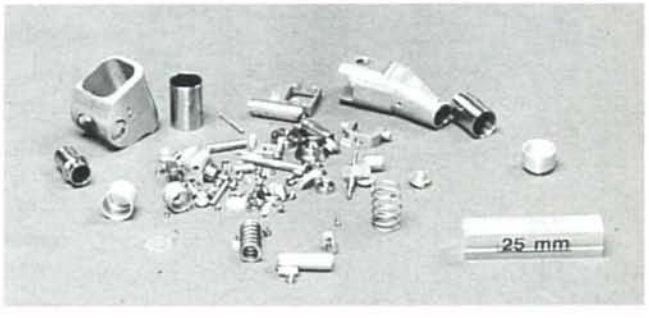
Door de vakgroep Instrumenten van de Technische Universiteit Delft wordt sinds enkele tientallen jaren wetenschappelijk onderzoek verricht ten behoeve van de ontwikkeling van lichtere en beter bedienbare kinder-protheses en ortheses, zie figuur 1. Door de verdergaande miniaturisering van de onderdelen, zie figuur 2, worden de verbindingen ook steeds kleiner. Door de steeds nauwere toleranties van de onderdelen en het gebruik van kunststofonderdelen bleek lassen en solderen niet meer mogelijk en was lijmen vaak het enige alternatief. De verlijming van de geconstrueerde verbindingen, zie figuur 3, bleek echter niet betrouwbaar en de lijmverbindingen bezweken vaak al tijdens een van de eerste tests.
Omdat dit soort miniatuurverbindingen steeds vaker zal worden toegepast als gevolg van de verdergaande miniaturisering in de ontwerpen van veel precisieprodukten was een structurele oplossing van dit probleem gewenst. Daarom is een vierjarig promotieonderzoek uitgevoerd naar het verlijmen van heel kleine roestvaststalen cylindrische onderdelen, zie figuur 4. Doelstelling was een optimalisatie van de sterkte van de verbindingen en het verbeteren van de reproduceerbaarheid.

Opbouw van een gelijmde verbinding

Een lijmverbinding is opgebouwd uit twee substraatdelen, van metaal of kunststof, die met elkaar verbonden zijn door een laag lijm. Door zijn vorm lijkt de constructie, zie figuur 5, veel op een sandwich.
Feitelijk blijkt de sandwich uit meer dan drie lagen te bestaan, die allemaal een essentiële schakel zijn in het hechtingsproces. Daarbij bepaalt de zwakste schakel de sterkte van het totale systeem.
Voor een nadere beschouwing dienen drie termen te worden gedefinieerd: cohesie, adhesie en grenslaag.
Cohesie is de aantrekkingskracht tussen moleculen van één en hetzelfde materiaal.
Adhesie is de kracht die optreedt tussen twee verschillende materialen.
De grenslaag (of interface) is het gedeelte van de verbinding dat de scheidingslaag vormt tussen de lijmlaag en het substraat (bijvoorbeeld roestvaststaal), dus de plaats waar de adhesiekrachten optreden.
De interpretatie van het begrip grens-



Figuur 1. Een goed voorbeeld van de gecompliceerdheid van een elektropneumatisch bestuurde kunsthand voor kinderen, ontwikkeld aan de TU Delft.



Figuur 2. Een aantal onderdelen van de kunsthand van figuur 1. Door de nauwe toleranties van de onderdelen is het niet mogelijk deze te verbinden door solderen of lassen. Lijmen blijkt de enige oplossing.

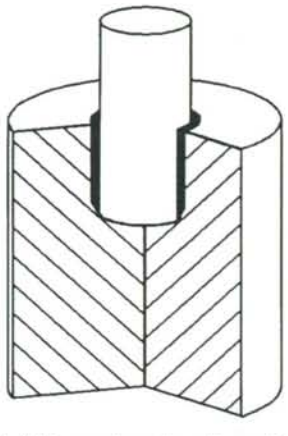
Figuur 3. De kwaliteit van kleine cylindrische lijmverbindingen is onderzocht aan deze modelverbindingen. De foto toont het te testmodel uitgevoerd in roestvast staal en een demo-model met een dop van perspex waarin de lijmnaad duidelijk zichtbaar is.

laag loopt nogal uiteen. De grenslaag zelf kan ook weer opgebouwd zijn uit diverse lagen. Soms worden oxydelaagjes of vetlaagjes aan het substraatoppervlak als deel van de grenslaag gezien. Vaak doelt men echter op dat deel van de lijmlaag dat grenst aan het te verbinden metaal waar de uitharding van de lijm vaak iets anders is dan in de rest. De kwaliteit van de grenslaag vormt een belangrijke schakel in de uiteindelijke sterkte en het lange-termijn gedrag van de verbinding.

Adhesie theorieën

Er bestaan nogal wat tegenstrijdige meningen over de manier waarop lijm aan een voorwerp hecht. In de literatuur kan men echter vier algemeen aanvaarde hoofdmechanismen onderscheiden:
- mechanische verankeringstheorie,
- elektronische theorie,
- adsorptietheorie,
- diffusie theorie.

Deze zullen in het kader kort worden uiteengezet.

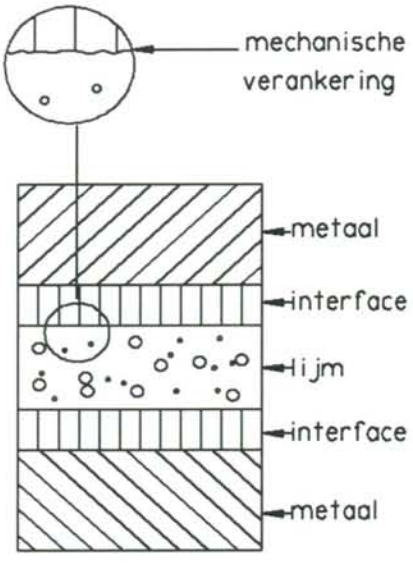


Figuur 4. Schets van de onderzochte verbinding.

De hechting bij lijmen zal door één enkel mechanisme of een samenspel van mechanismen worden veroorzaakt.
De processen in de grenslaag blijken bij het lijmen bepalend te zijn voor de uiteindelijke hechtingskwaliteit. Een mechanisch stabiel en uitermate schoon oppervlak (zonder oxydelaag) vormt de basis van een betrouwbare verbinding. Dit betekent dat bijzonder goede reiniging van het substraatoppervlak noodzakelijk is. Gezien het belang van deze oppervlaktereiniging worden in een volgend artikel een aantal methoden op een rij gezet.
Een goede bevochtiging met lijm over het gehele oppervlak is van belang. Het ontstaan van lucht- en vuil-insluitsels in de porien van het oppervlak moet daarom zoveel mogelijk worden voorkomen.

Voor-en nadelen van lijmen

Bij de keuze voor een lijmverbinding in plaats van klassieke verbindingsvormen als bijvoorbeeld lassen, solderen, krimpen, schroeven en nieten is er een aantal factoren dat overweging verdient. Dit betreft zowel de vele voorals nadelen welke verbonden zijn aan de keuze van een lijmverbinding.



Figuur 5. Schematische weergave van een lijmverbinding met een voorbeeld van mechanische verankering

Voordelen

In industriële produktieprocessen is het aantal lijmverbindingen sterk toegenomen, in het bijzonder in de fijnmechanische industrie waar het accuraat positioneren van bijvoorbeeld elektronische en optische componenten in lopendebandproduktie een grote vlucht heeft genomen. Voordelen van lijmverbindingen boven andere verbindingsvormen zijn:
- gewichtsreductie,
- ruimere toleranties waardoor onderdelen goedkoper te produceren zijn,
- ruimtebesparing door simpele bevestiging en reductie van het aantal onderdelen,
- nieuwe constructieve mogelijkheden,
- lijmen hebben over het algemeen goede isolatieeigenschappen,
- corrosiebescherming door de afwezigheid van metaal-metaalcontact,
- afsluiting tegen corrosieve gassen of vloeistoffen,
- verhoogde esthetische verschijning,
- materialen met chemisch zeer uiteenlopende samenstelling kunnen verbonden worden, zoals metaal aan kunststof,
- hogere flexibiliteit en betere demping,
- piekspanningen zoals die bijvoorbeeld optreden bij popnagelverbindingen kunnen worden vermeden,
- lagere produktiekosten door eenvoud van bevestigen en een verhoogde produktiesnelheid.

Nadelen

In tegenstelling tot verbindingen met mechanische bevestigingsmiddelen wordt de kwaliteit van een lijmverbinding door een groot aantal factoren beïnvloed. Daarom is bij het ontwerp van een goede lijmverbinding ook enig elementair begrip van de diverse fysische en chemische processen die bij het lijmen een rol spelen onontbeerlijk. Een voorbeeld van de complexiteit is de relatie van lijmviscositeit met de oppervlakteruwheid van het substraat en

Lijmen van kleine onderdelen (1)

Adhesie theorieën

Mechanische verankeringstheorie

De hechting tussen lijm en substraat berust volgens deze theorie op het mechanisch verankeren (vastgrijpen) van de lijm in de onregelmatigheden van het substraatoppervlak. De ruwheid van zo'n oppervlak kan variëren van ruw met holten, kraters of groeven tot 'spiegelglad'. Wanneer de lijm maar dun genoeg is, worden de substraatporiën gevuld en wordt de lijmlaag aldus mechanisch verankerd aan het oppervlak, zie figuur 6. Veel auteurs hebben inmiddels de relatie tussen substraatruwheid en hechtingssterkte van een lijmverbindingslaag aangetoond. Hoewel de beschrijving simpel is, blijkt de penetratie van de lijm in de poriën een proces dat van veel invloedsgrootheden afhankelijk is, zoals de ruwheid van het oppervlak (vorm, diameter en diepte van de poriën) en de lijmviscositeit (afhankelijk van de temperatuur). Bovendien zijn de poriën een verzamelpunt van vocht en vuil, hetgeen bij niet volledige reiniging juist een zwakkere verbinding op kan leveren doordat ze een zwakkere binding met het substraat hebben. Evenzo kunnen luchtinsluitsels in de porien de verbinding verzwakken.

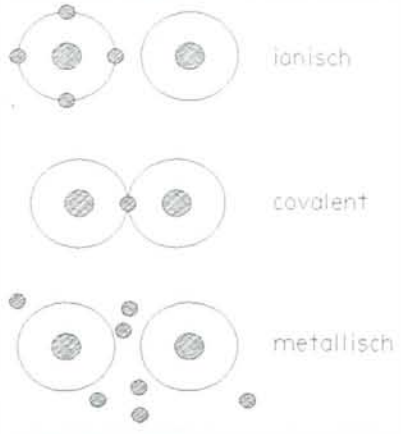
Goede hechting berust volgens deze theorie dus op *het geheel met lijm bevochtigen van een ruw substraatoppervlak* dat vooraf goed gereinigd is.

Elektronische theorie

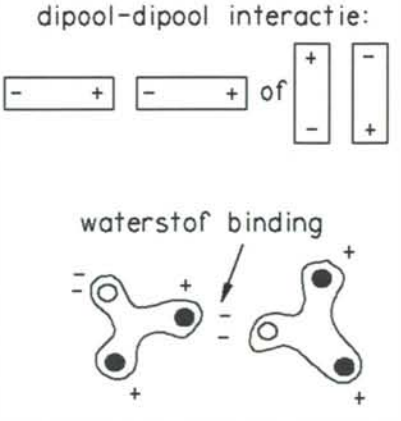
Wanneer de substraten uit andere materialen bestaan dan de lijm, is het mogelijk dat er elektronenoverdracht tussen de beide materialen plaatsvindt op het moment dat deze met elkaar in contact komen. De materialen "kleven" dan op elkaar als twee tegengesteld geladen condensatorplaten of zoals het "kleven" van kunststoffolie aan papier. Dit mechanisme is echter zelden van toepassing en verklaart niet hoe de hechting van lijm aan metaal plaatsvindt.

Adsorptie theorie

Dit is de meest aanvaarde adhesie theorie en wordt uitvoerig besproken in de literatuur. Deze theorie stelt dat: materialen hechten wanneer een goed moleculair contact bereikt is, vanwege de moleculaire krachten die tussen de oppervlakken optreden.
De moleculaire bindingskrachten zijn (ietwat willekeurig) ingedeeld naar sterkte in *primaire* en *secondaire krachten*, zie tabel 1. De primaire of chemische bindingen, zie figuur 7, kunnen worden onderverdeeld in ionische-, covalente- en metaalbindingen:
Ionische binding berust op de aantrekkingskracht tussen positief en negatief geladen atoomkernen.
Covalente (of atoom-)bindingen verkeren in een toestand waarbij elektronen worden 'gedeeld' door twee atomen.
Polymeren zijn vaak opgebouwd uit covalent gebonden C, H, O, N en S - atomen. Hechting tussen lijm en primer komt vooral voort uit het reageren van lijmmoleculen met primermoleculen onder vorming van covalente bindingen.



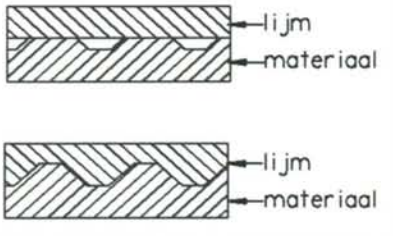
Figuur 6. Drie modellen met een simpele weergave van de verschillende mogelijke atomaire binding. De binnenste cirkels geven de atoomkernen weer, de buitenste cirkels de buitenste elektronen schil en de kleine stippen de elektronen.



Figuur 7. Principe van dipool-dipool interacties bij waterstofbindingen.

Type	Bindingsenergie (kJ/mol)
Primaire bindingen	
ionisch	590 – 1050
covalent	63 – 710
metallisch	113 – 347
Secondaire bindingen	
waterstofbruggen	10 – 30
Van der Waals bindingen	
permanente dipool – dipool	10 – 42
dipool – geïnduceerde dipool	4 – 21
London dispersie krachten	0,08 – 42

Tabel 1. De soorten aantrekkingskrachten die een rol kunnen spelen in het lijmproces tezamen met hun typische bindingsenergie



Figuur 8. Een typisch voorbeeld van mechanische verankering tussen lijm en substraat.

Bij metallische binding worden de elektronen gedeeld door de gezamenlijke atoomkernen van het rooster.

Waterstofbruggen en de meer algemene van der Waals bindingen worden beschouwd als secundaire krachten. Waterstofbindingen worden gekarakteriseerd door de aantrekkingskracht tussen twee ongelijke atoomkernen enerzijds en een kleine wolk van elektronen anderzijds. Dit soort binding bestaat slechts tussen niet-metalen als waterstof en zuurstof en is vaak een speciale vorm van dipool-dipool binding, zie figuur 8.
Een soortgelijke binding verklaart de uitstekende hechting tussen sommige lijmprimers en metalen. Er wordt een complex gevormd waarin het lijmmolecuul zich nestelt tegen het metaaloppervlak, zoals bij de hechting van fenollijm aan aluminium.
Van der Waals krachten worden verdeeld in permanente dipool-dipool interactie en London dispersiekrachten. De bindingsenergie is evenals bij de waterstofbruggen beduidend kleiner dan die van de primaire bindingen. De intermoleculaire krachten staan met hun bindingsenergie vermeld in tabel 1.

De hechtingsverbetering die ontstaat door het opruwen van het oppervlak kan volgens de adsorptietheorie slechts het gevolg zijn van het vergroten van het contactvlak tussen lijm en substraat.

Diffusietheorie

Bij deze theorie berust de adhesie tussen lijm en substraat op diffusie tussen de polymeerketens in de grenslaag, ervan uitgaande dat het substraat ook een polymeer is.
Met deze theorie kan de hechting bij het lijmen van zachte kunststoffen verklaard worden, zoals het lijmen van PVC met PVC-lijm. Het oplosmiddel weekt beide kunststofdelen op en laat ze daarna als het ware versmelten. Ook de hechting tussen lijm en primer berust ten dele op dit mechanisme.

de verwerkingstemperatuur enerzijds en de temperatuur met de droogtijd en de mogelijk daarmee gepaard gaande krimpspanningen anderzijds.
Daarnaast is kennis over het gedrag van de (vele) verschillende 'lijmfamilies' onontbeerlijk.
Verder is uit experimenten van de auteur gebleken dat er een duidelijke relatie bestaat tussen de vulmethode van de lijmspleet, het volume van de in de lijm ingesloten luchtbellen, de vorm van de lijmspleet en de hechtingsterkte. Dit betekent dat de methode van lijmaanbrengen de kwaliteit van de verbinding eveneens beïnvloedt.

De meest in het oogspringende nadelen zijn:
- intensieve reiniging van de onderdelen is onontbeerlijk,
  Er bestaat echter geen eenvoudige methode om de reinheid te meten en te bewaken,
- afhankelijk van de soort lijm kost het vaak een dag of meer, voordat de lijm is uitgehard en de verbinding zijn uiteindelijke sterkte heeft bereikt,
- na het positioneren moet het onderdeel op zijn plaats gehouden worden totdat de lijm voldoende uitgehard is,
- er is een duidelijke temperatuurgrens (globaal 80 tot 200°C) waarboven de sterkte van de lijmverbinding onherstelbaar vermindert,
- vocht heeft vaak een sterk nadelig effect op de sterkte van de verbinding,
- soms is een goede hechting slechts te bereiken door het gebruik van primers of activatoren op het substraat oppervlak,
- de richting van de krachtlijnen in en rondom de verbindingsnaad zijn belangrijk en vereisen een goed doordacht ontwerp,
- lijm heeft een lage stijfheid ten opzichte van metaal,
- reactiekrimp - het krimpen bij het 'drogen' van de lijm kan leiden tot hoge interne spanningen,
- elastisch / plastisch gedrag, kruipgevoeligheid,
- het constant houden van alle produktievariabelen tijdens het produktieproces om reproduceerbare resultaten te verkrijgen,
- niet eenvoudig te demonteren en weer te monteren verbinding,
- testen van het verloop van de sterkte van de verbinding in de tijd is onontbeerlijk; zowel de vorm als de grootte van de belasting op de verbinding moeten nauwkeurig nagebootst worden.

Lijmkeuze

Nadat zorgvuldig is afgewogen of een lijmverbinding de juiste oplossing biedt voor de ondervonden constructieproblemen kan men een keuze gaan maken welke "lijmfamilies" in aanmerking komen. De belangrijkste factoren waarmee rekening gehouden moet worden zijn: de soort te verbinden materialen (metaal en/of kunststof), de belastingsvorm(en), constructiestijfheid, omgevingsfactoren als temperatuur en vocht en luchtreinheid - dit geldt zowel voor, tijdens, als na het lijmproces - en tenslotte de produktiekosten en de veiligheidsmaatregelen.
Figuur 9 laat zien dat er veel lijmen zijn, wat het maken van een keus niet eenvoudig maakt. Tabel 2 geeft een overzicht van de factoren die van belang zijn bij het ontwerpen en realiseren van een lijmverbinding.

Figuur 9. Er bestaan ontzettend veel soorten en merken lijm, de moeilijkheid is om bij iedere verbinding de juiste te kiezen.

Substraatmateriaal

Er zijn veel materialen die verlijmd kunnen worden zoals metalen, kunststoffen en andere materialen als glas, keramiek, hout, beton. Het bijzondere bij het gebruik van lijm is, dat deze heel verschillende materialen bijna probleemloos verbonden kunnen worden.

Lijmsoort

Voor het verlijmen van assen in gaten komen twee "lijmfamilies" in aanmerking: acrylaten en epoxies.
Een van de voordelen van moderne acrylaten is dat zij kunnen hechten aan

Lijmen van kleine onderdelen (1)

Wijze van aanbrengen	Gemiddelde kracht	Standaard deviatie
Druppel lijm in dop	324 N	106 N
Lijm ingespoten via capillair	380 N	70 N

Tabel 2. Het ontwerp van een lijmverbinding is een procedure waarbij begin en einde sterk met elkaar verweven zijn zoals uit deze tabel blijkt.

enigszins olieachtige metalen oppervlakken. Deze eigenschap ontstaat door speciale toevoegingen in de primer of in de lijm zelf, die door de olie heen dringen of met de oppervlakteverontreinigingen reageren. Sommige acrylaten zijn gevoelig voor vocht. Zowel cyanoacrylaten als anaerobics behoren tot de acrylaatlijmen.

Cyanoacrylaten zijn eencomponentlijmen. De uithardingsreactie wordt geïnitieerd door een licht basisch oppervlak; waterdamp op het oppervlak is vaak al voldoende om de uitharding op gang te brengen. Door de lage viscositeit penetreert de lijm goed in de poriën van het substraatoppervlak en de lijm is daarom in staat een blijvende en sterke verbinding te realiseren bij bijna alle soorten materialen. De uithardingstijd wordt beïnvloed door de luchtvochtigheid, de soort en conditie van het substraatoppervlak en de breedte van de lijmspleet. Bij nauw aansluitende oppervlakken (0,05 mm spleet) bij 20° C wordt 20% van de uiteindelijke sterkte na ongeveer 5 min uitharden bereikt. Beperkingen in de toepasbaarheid van cyanoacrylaten zijn de sterkte op lange termijn en de snelle hechting, waardoor slechts kleine oppervlakken verlijmd kunnen worden. De uitgeharde lijm is slecht bestand tegen hoge vochtigheid en tegen temperaturen boven 70°C. De weerstand tegen stotende belasting en de pelsterkte zijn niet groot.
Een extra nadeel van het snelle uitharden is dat menselijke huid in een fractie van een minuut vastgeplakt zit. Beveiliging hiertegen en van de ogen vergt speciale aandacht bij de verwerking.

ontwerpfase	**substraat**	materiaal eigenschappen oppervlakte ruwheid lijmspleet substraatvorm
	lijm	houdbaarheid (shelf life) verwerkingstijd (pot life) één/twee component wel/niet spleetvullend vochtgevoeligheid verpakking
	kosten	arbeid instrumentarium reiniging lijm (chemisch) afval
produktiefase	**verwerkings methode**	handmatig /machinaal toxiteit/ huidgevoeligheid
	te beheersen factoren	luchtvochtigheid reinheid van de lucht pot life temperatuur benodigde aanbrengtijd totale uithardingstijd afgassen van de lijm
produkt gebruik	**mechanische belasting**	afschuifsterkte treksterkte pelsterkte pulskracht bestendigheid
		duurzaamheid uiterlijke verschijning
	belasting door het milieu	vocht temperatuur chemicaliën/ zouten UV-bestendigheid

Het effect van twee verschillende aanbrengmethodes op de hechtsterkte en de standaarddeviatie van een geteste lijmverbinding.

Anaerobe lijmen zijn een speciale soort acrylaten. Sinds de introductie is het aantal technische toepassingen enorm uitgebreid. Ze zijn vloeibaar en beginnen uit te harden als ze van de lucht worden afgesloten. Ze worden veel toegepast als moerborging, het op zijn plaats houden van lagers en voor het bevestigen van coaxiale delen. De weerstand tegen de inwerking van vocht is in het algemeen goed.

Epoxies zijn tweecomponentlijmen die in vele vormen beschikbaar zijn: pasta's, film, band, micro-verpakkingen en poeders. De eigenschappen kunnen speciaal aan het gebruiksdoel worden aan gepast, zoals: viscositeit, hoge schuifsterkte, goede pelsterkte en schokweerstand, hittebestendigheid en hoge duurzaamheid. Vergeleken met andere lijmen zijn het uitstekende spleetvullers en beschermen tegen galvanische corrosie. Hoewel de optimale sterkte bereikt wordt bij uitharden op 80°C wordt ook een behoorlijke sterkte bereikt zonder extra verwarming. Ze scheiden nauwelijks vluchtige stoffen uit tijdens het uitharden en de hardingskrimp is gering. Voor een optimale bindingsterkte is een zeer schoon en droog oppervlak vereist. Epoxies worden vaak toegepast vanwege hun grote sterkte, hun spleetvullend vermogen, de ruime positioneertijd (verwerkingstijd) en de geringe afscheiding van vluchtige stoffen.

Belastingsvorm

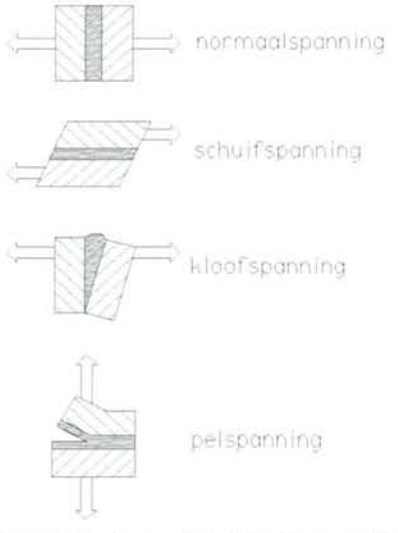
Een groot dragend lijmoppervlak alleen is geen voldoende voorwaarde om een sterke lijmverbinding te creëren. Ook de wijze van belasten van de verbinding speelt een grote rol. Omdat een lijmverbinding slechts tegen afschuiving bestand is moet het ontwerp van de te verlijmen onderdelen daarop aangepast te worden. In figuur 10 zijn vier verschillende belastingsvormen weergegeven.

Het voorkomen van ongewenste krachten in de verbinding vereist soms een andere constructie dan die men zou toepassen om te solderen, zie figuur 11. Wordt met de belastingsvorm geen rekening gehouden, dan is het niet onmogelijk dat de verbinding slechts een kort leven beschoren is. De soort belasting is eveneens van belang: statisch, of dynamisch, met korte hoge krachtpulsen of langzaam opbouwende pulsen, en natuurlijk de opgelegde frequentie. Inmiddels zijn er nogal wat lijmvarianten in de handel verschenen met een wat meer rubber-achtig karakter (toughened) die beter bestand zijn tegen pulserende belastingen. Het uitvoeren van tests blijft echter aan te raden.

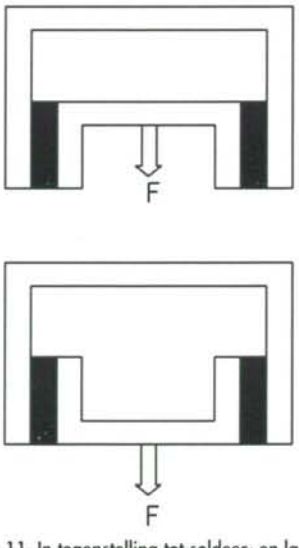
Duurzaamheid en omgevingsfactoren

Over de duurzaamheid van een specifieke lijmverbinding is vaak niet voldoende informatie beschikbaar zonder dat er op uitgebreide schaal experimenten zijn uitgevoerd. Deze moeten dan wel van zodanige opzet zijn dat al de mogelijke omgevingsfactoren als de krachten, vocht, zuren en zouten overeenkomen (of zelfs geïntensiveerd zijn) ten opzichte van die in de praktijk. Vaak is dit een tijdrovende, en dus dure aangelegenheid. Voor veel verbindingen zijn er gelukkig min of meer standaard oplossingen beschikbaar waarmee reeds een ruime ervaring is opgedaan.

Een van de grootste boosdoeners voor een lijmverbinding is vocht. Onder invloed van vocht blijkt dat de lijm ontleedt of dat de hechting aan het grensvlak wordt geruïneerd. Bij blootstelling van de verbinding aan water, zal vocht altijd binnendringen, hetzij via de polymeer, hetzij bij de grenslaag. Ook zal de corroderende werking van het water op het substraatoppervlak de sterkte van de verbinding op langere termijn doen afnemen. De sterkte kan snel afnemen bij een combinatie van factoren zoals de inwerking van vocht met opgeloste zouten bij verhoogde temperatuur en bij een verbinding onder spanning. Tegenmaatregelen zoals het aanbrengen van speciale oppervlaktelagen kunnen dit proces vertragen, evenals speciale afdeklagen aan de buitenzijde van de lijmverbinding (verflaagje).
De beste remedie is het volledig afsluiten van de verbinding van een vochtige omgeving door constructieve maatregelen. In het geval van figuur 4 zou het aanbrengen van een O-ring boven in het gat een goede bescherming tegen vocht kunnen geven.



Figuur 10. De vier verschillende basistypen van belasting, welke uitgeoefend kunnen worden op een lijmverbinding: Normaal/ schuif/ kloof- en pelkracht.



Figuur 11. In tegenstelling tot soldeer- en lasverbindingen moeten lijmverbindingen op afschuiving worden geconstrueerd.

Temperatuur

Over het algemeen is de temperatuursgevoeligheid van de lijmverbinding een wat minder ingewikkeld te doorgronden probleem dan die van vocht. Het temperatuursgebied waarin de lijm goed functioneert is meestal duidelijk aangegeven door de fabrikant. Snel optredende grote temperatuurschommelingen kunnen thermisch geduceerde spanningspieken doen ontstaan, die fatale haarscheurtjes in de lijmnaad kunnen veroorzaken. Vaak gemaakte fouten zijn het plaatsen van een zojuist gelijmde (maar nog niet uitgeharde verbinding) in een voorverwarmde oven of het verplaatsen van de verbinding uit een warme oven naar het koude laboratorium.

Lijmspleetvulling en luchtbellen

Tijdens het onderzoek naar de optimalisatie van de cylindrische lijmverbindingen zoals afgebeeld in figuur 4 bleek de vulling van de lijmspleet van grote invloed op de uiteindelijke hechtingsterkte. Oorzaak waren de in de lijmlaag aanwezige luchtbellen die een negatieve invloed hadden op de sterkte.

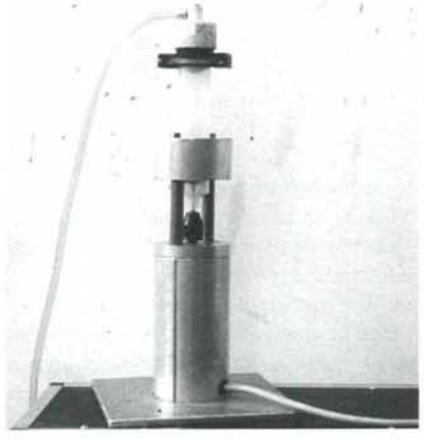
Nadat een tweecomponentenlijm de fabriek luchtbelvrij verpakt heeft verlaten zijn er bij de verwerking diverse momenten waarbij luchtbellen in de lijm kunnen ontstaan. Dit kan plaatsvinden:
- voor het mengen, bij het uit de verpakking nemen,
- tijdens het mengen van de twee componenten,
- tijdens het aan- of inbrengen van de lijm.

Bestaande lijmapplicatie en menginstrumenten, zoals statische mengers, hebben alle het nadeel dat bij het mengen luchtbellen in de lijm worden opgenomen. Zoals de figuur 12 laat zien zijn luchtbellen desastreus voor de vulling van de lijmspleet bij een microverbinding.

Luchtinsluitsels ontstaan gemakkelijk door het overgieten, overscheppen en mengen van de lijmcomponenten. Om dit te voorkomen zijn een aantal maat-

Lijmen van kleine onderdelen (1)

Figuur 12. Lucht insluitsels in de lijmlaag verminderen de sterkte beduidend. De staaf werd in de lijm gedrukt nadat eerst een druppel lijm in de dop was gedoseerd.



Figuur 13. Speciaal instrument om tweecomponenten lijm in een en dezelfde (wegwerphuls) te wegen, mengen en doseren zonder dat hierbij luchtinsluitsels in de lijm ontstaan. De mechanisch aangedreven roerder zit geheel in de lijm. Doordat de lucht boven de lijm met een vacumpomp wordt afgezogen worden luchtinsluitsels tijdens het mengen voorkomen.

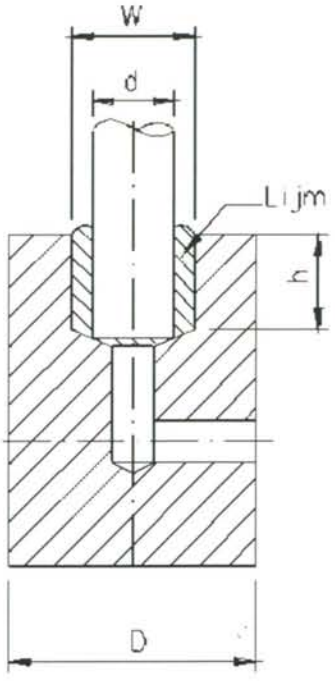
Figuur 14. De kans op luchtinsluitsels is gering bij lijmspleetvulling van onderaf.

regelen getroffen:
Om te beginnen is een lijmmenginstrument, zie figuur 13, ontworpen op basis van bestaande (wegwerp) lijm-doseer hulzen. In een en dezelfde huls wordt de tweecomponentenlijm gewogen en gemengd waarna de lijm op de substraten kan worden gespoten. Tijdens het mengen met een mechanisch aangedreven roerder worden de luchtbellen verwijderd door de lucht uit de huls te pompen met een vacuümpomp. Daarna wordt op de onderzijde van de lijmhuls een doseernaald aangebracht waarmee de lijm vrijwel vrij van luchtbellen nauwkeurig aangebracht kan worden.
Aanvullend is in de dop een kanaal aangebracht om de lijm van onderaf in de lijmspleet te kunnen spuiten. De foto's laten duidelijk het verschil zien: Figuur 12 toont de luchtinsluitsels die ontstaan als de lijm in een blind gat geïnjecteerd wordt, waarna de te verlijmen staf wordt ingebracht. Figuur 14 is het resultaat van het vullen via een injectie kanaal waarbij de aanwezige lucht door de opstijgende lijm uit de lijmspleet wordt verdreven.
De onderdelen, zie figuur 15, hebben de volgende afmetingen: staf diameter d=2,0 mm, overlaplengte h=2,5 mm, en lijmspleetbreedte (W-d)/2=0,10 mm.

Tabel 2 geeft het experimenteel bepaalde verschil in sterkte van beide lijmverbindingen weer. Twee belangrijke effecten worden duidelijk bij het bestuderen van de cijfers. De hechtsterkte neemt toe wanneer er minder luchtbellen in de lijmlaag zitten, maar bovendien neemt de spreiding (standaard deviatie) af wanneer de lijmspleet beter gevuld is met lijm. In een industrieel produktieproces betekent dit: een hogere reproduceerbaarheid en dus betere kwaliteit.

Verwerkingstijd

De verwerkingstijd (Engels: pot life) is de beschikbare tijd die tussen het aanbrengen van de lijm en het moment waarop de onderdelen gepositioneerd zijn en niet meer verschoven mogen worden. Onderdelen die met de 'familie' cyanoacrylaten – beter bekend als 'tien seconden' lijmen – verlijmd worden mogen niet meer verschoven worden nadat ze met elkaar in contact zijn gebracht. Verbeteren van de positie na het verlijmen is dan niet mogelijk. Dit



Figuur 15. De onderdelen hebben de volgende afmetingen: stafdiameter d = 2,0 mm, overlaplengte h = 2,5 mm en lijmspleetbreedte (W-d)/2 = 0,10 mm.

in tegenstelling tot tweecomponentenlijmen waarvan de verwerkingstijd kan oplopen tot een uur en soms zelfs langer.

Houdbaarheid

De houdbaarheid (Engels: shelf life) slaat op de tijd dat de lijm bewaard kan worden zonder dat de kwaliteit afneemt. Wanneer de lijm in een koelkast wordt bewaard is de houdbaarheid in de orde van een half jaar tot een jaar, afhankelijk van merk en type. Het regelmatig in- en uit de koelkast zetten kan de kwaliteit echter sterk doen teruglopen.

Toxicologie

Hoewel de meeste lijmen weinig problemen opleveren wat betreft hun giftigheid, behoeft het de aanbeveling (vooral in een continu productieproces) veiligheidsmaatregelen te treffen zoals het dragen van een veiligheidsbril en handschoenen tegen huidirritatie. Soms is het noodzakelijk om de omgevingslucht regelmatig te verversen waarvoor richtlijnen op de verpakking of bijsluiter staan aangegeven.

Verkrijgbaarheid

Hoewel deze titel in eerste instantie

nogal merkwaardig zal overkomen bij de lezer, zal een ieder die zich begeeft in 'het woud der lijmen en lijmfabrikanten' schrikken van het grote aanbod aan lijmen.
Gezien de investering in tijd en geld die men vaak gedaan heeft in het opbouwen van bepaalde lijmen is het belangrijk dat de verkrijgbaarheid nimmer een probleem vormt. De keuze voor een betrouwbare leverancier en een goed verkrijgbare lijm die voor lange tijd met zekerheid leverbaar blijft is aan te bevelen.

Slotopmerking

Het verlijmen van kleine onderdelen vergt bijzondere aandacht en zorg. Bij macroverbindingen normaal voorkomende onvolkomenheden kunnen een groot kwaliteits verlies veroorzaken als gevolg van de kleine te verbinden oppervlakken. Extra aandacht verdient het aanbrengen van de lijm in de lijmspleet en het daarbij voorkomen van luchtinsluitsels.
Ondanks het op de markt verschijnen van computerprogramma's, waarbij soms zelfs "uitgeklede" eindige elementen pakketten geleverd worden blijft het ontwerp van ècht goede lijmverbindingen een zaak van experimenteren, testen en ervaring opbouwen. Nauwkeurig beheersen van de condities waaronder het verlijmen plaats vindt is van essentieel belang voor de kwaliteit en de reproduceerbaarheid.

Literatuur

[1] K.L. Mittal; The role of the interface in adhesion phenomena; Polymer eng. and science, 17(1977)7, pp 467-473.
[2] D.M. Brewis; Surface analysis and pretreatment of plastics and metals; Appl. science publishers Londen/New Jersey, ISBN 0-85334-992-4, 1982, pp 1-11.
[3] E.H.P. Lochtenberg, J.J.G. Smits; Lijmen: theorie en toepassing; de Constructeur, (1989)8, pp 24-28.
[4] A.J. Kinloch; Adhesion and adhesives science and technology; Chapman and Hall, London/New York, 1987.
[5] Kinloch; Durability of structural adhesives; W. Brockmann, Steel adherends, A.S. Publishers Londen/New York, ISBN 0-85334-214-8, 1983.
[6] B.W. Cherry; J. Adhesion 2, 42, 1970.
[7] A.J. Kinloch; The science of adhesion; part one, Surface and interfacial aspects, Journ. of materials science 15(1980).
[8] W. Brenner; Structural adhesives challenge mechanical fasteners; Mach. Design, 24-01-1985, pp 61-64.
[9] A. Kwakernaak; Oppervlaktebehandeling: een randvoorwaarde voor een duurzame verbinding; Materialen, (1988)6, pp 8.
[10] L. Pauling; The nature of chemical bonds; Cornell University Press, New York 1960.
[11] R.J. Schliekelman; Gelijmde metalen constructies; Agon Elsevier, Amsterdam/ Brussel, 1970.
[12] 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
Dr. J.A. Poulis en prof. ir. J.C. Cool zijn verbonden aan de Technische Universiteit Delft, Faculteit Werktuigbouw en Maritieme Techniek te Delft. Dr. E.H.P. Logtenberg is verbonden aan het Hechtings Instituut te Delft.

Dit artikel is een zeer beknopte weergave van een deel van het werk dat beschreven staat in het proefschrift "Small cylindrical adhesive bonds". Het proefschrift is te verkrijgen door overmaking van fl 40,= op postgironr 3195292 tnv J.A. Poulis te Leiden, onder vermelding van naam, adres en de opmerking "Proefschrift".

Je zal maar sterk gehecht zijn aan iets

Als je gehecht bent aan iets, dan wil je dat graag zo aantrekkelijk mogelijk. Het moet een sterke, lichte en degelijke verbinding zijn. Gechikt voor vrijwel alle materialen en zo uit de verpakking aan te brengen, zonder afwegen, mengen, verwarmen, langdurig klemmen, geknoei of verspilling. Met Loctite lijmen dus. Innovatief en economisch. De eenvoudige, snelle en betrouwbare bevestigingstechniek.

Maak gebruik van de technologische voorsprong, die Loctite hee(f)t.

Bel voor meer informatie: 076-42 23 33.

LOCTITE®

VAST... EN ZEKER!

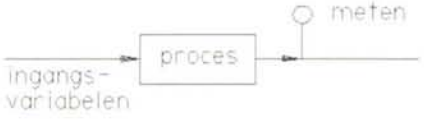
Loctite Nederland b.v.
Essendonk 5, 4824 DA Breda,
tel. 076-42 23 33, fax 076-42 24 19.

Microweerstandlassen met de geprogrammeerde transistor-gestuurde gelijkstroombron

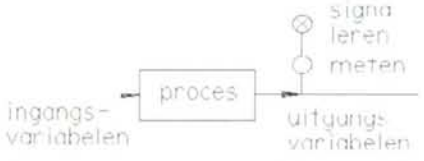
L.Schuringa

Het doel van elk produktieproces is het maken van produkten van de juiste kwaliteit in de juiste hoeveelheden met een laag uitvalpercentage en tegen de laagste prijs. Hoewel vele hulpmiddelen ter beschikking staan, zoals meet- en regelapparatuur, computers, lukt het niet altijd om het gewenste doel op een beheerste manier te bereiken of vast te houden.
Sedert een aantal jaren is het mogelijk om de lasgrootheden tijdens het lasproces te volgen om daarmede de kwaliteit van de gemaakte las beter te kunnen voorspellen. Aldus kan getracht worden te komen tot een beheerst produktieproces.
Hieronder wordt verstaan een procesvoering waar men adequaat kan reageren op relevante meetsignalen uit het lasproces.

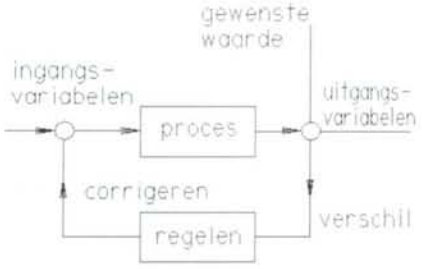
Bij de microweerstandlasprocessen worden de termen *bewaken*, *regelen* en *sturen* nogal eens gebruikt.
Men spreekt van een *bewaakt proces* als het lasproces alleen wordt afgesteld en het uitgangssignaal gemeten, zonder dat verdere handelingen worden uitgevoerd; zie figuur 1.
Men spreekt van een *bewaakt proces met signaal* als het uitgangssignaal getoetst wordt aan één van te voren vastgestelde limiet, waarbij overschrijding van de limiet gesignaleerd wordt; zie figuur 2.



Figuur 1. Schema van een bewaakt proces.



Figuur 2. Schema van een bewaakt lasproces met signaal.



Figuur 3. Schema van een geregeld proces.

Men spreekt van een *geregeld proces* als in produktieprocessen bepaalde variabelen continu of discontinu worden gemeten en getoetst aan een referentiewaarde en vervolgens automatisch bijgesteld, zodat de gemeten variabelen binnen de gestelde grenzen blijven; zie figuur 3.
De term *sturen* betekent dat de afgestelde parameter onder verschillende omstandigheden een voorafgestelde waarde (curve) volgt.

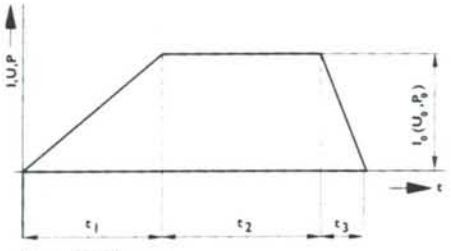
De wens om de lasenergie beter te kunnen sturen en te bewaken heeft geleid tot de ontwikkeling van de transistorgestuurde gelijkstroombron. Deze stroombron is speciaal ontwikkeld voor laspulsen met een nauwkeurige instelbaarheid in niveau en in tijd.

De analoog gestuurde energiebron

Sinds de introductie van de analoog gestuurde energiebronnen, zie figuur 4, bestaan er nu mogelijkheden om het lasproces beter te beheersen zowel in niveau als in tijd.
Hiermede kunnen naar keuze lasparameters, volgens een bepaald patroon al of niet intern gemeten, worden gestuurd zoals:
- de lasstroom (I),
- de spanningsval (U) bijvoorbeeld gemeten over de elektroden,
- het ontwikkelde vermogen (P) tussen de meetpunten.

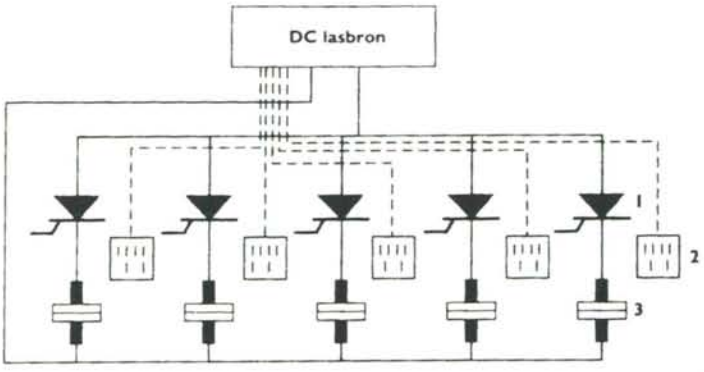
De amplitude en tijd van de gekozen lasparameter zijn met aanlooptijd (upslope time), pulsduur (peak time) en aflooptijd (downslope time) nauwkeurig

Figuur 4. Standaard DC-lasbron met:
- aanlooptijd, pulsduur, en aflooptijd in stappen van 1 ms;
- enkel- of dubbele puls mogelijkheid;
- stroom, spanning of vermogen gestuurd;
- maximum stroom 1000, 1800/2400, 3500, 5000 A of groter.



Figuur 5. Pulsvorm.
t_1: aanlooptijd; t_2: pulsduur; t_3: aflooptijd; I_o: stroomamplitude; U_o: spanningsamplitude; P_o: vermogensamplitude.

in stappen instelbaar, zie figuur 5.
In de gemechaniseerde fabricage heeft de ervaring geleerd dat met de juist gekozen *gestuurde* lasparameter, vooral bij een hoog produktietempo, minder spatten en mede daardoor minder elektrodeslijtage optreedt. Verder is de slijtage voorspelbaar en de laskwaliteit beter reproduceerbaar.
Om de meerkosten te drukken bestaat de mogelijkheid om een aantal laspositities door middel van één centraal geplaatste gelijkstroombron van lasenergie te voorzien, zie figuur 6.



Figuur 6. Een centraal geplaatste transistorgestuurde gelijkstroombron met individuële afstelmogelijkheid van de lasparameters voor elke laspositie.
1: distributie-unit met thyristor schakeling; 2: lasparameter afstelling; 3: laskop.

Elke laspositie (laskop) heeft zijn eigen instelling waarbij het bijbehorende lascircuit, met behulp van een thyristorschakeling (distributie-unit), in en uit wordt geschakeld.

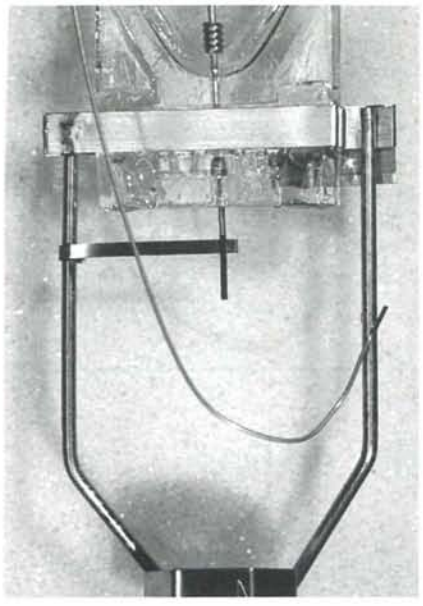
Veel hangt af van kennis en inzicht van de lastechnicus en vakbekwaamheid van de mensen, die deze geavanceerde techniek moeten toepassen en/of aanbevelen.
Worden bijvoorbeeld geoxydeerde materialen met *stroomsturing* gelast, dan kunnen tengevolge van de hoge beginweerstand (contactweerstand) initiële vermogenspieken ontstaan, waardoor spatten kan optreden. Bij *spanningssturing* wordt het spateffect praktisch geheel onderdrukt maar kan in bijzondere situaties ertoe leiden dat de stroom onvoldoende op gang komt. In deze gevallen biedt *constant vermogen* een betere beheersing. Dit heeft geleid tot de laatste ontwikkeling op het gebied van pulssturing, namelijk door de voordelen van de verschillende gestuurde lasparameters in één lascyclus te verwerken. Leverbaar is nu ook een programmeerbare gelijkstroombron (zie figuur 8) waarmede twee verschillende gestuurde en tevens bewaakte pulsen , snel na elkaar, afgegeven worden.
Deze programmeerbare gelijkstroombron biedt de mogelijkheid om de grenswaarden voor elke puls van te voren vast te leggen. Bij een gestuurde stroomcurve kunnen bijvoorbeeld een boven- en onderwaarde van de spanning worden bewaakt en bij spannings- en vermogenssturing de stroomgrenzen. Indien de spanning over de elektroden (bij stroomsturing) de tolerantiegrenzen overschrijdt wordt een foutsignaal gegeven en getoond op het display.

Het controleren van de spanning, bij overschrijding van een gestuurde stroompuls, verschaft bijvoorbeeld inzicht in de lasweerstand.
Zowel voor een enkele als dubbele puls zijn individuële instellingen mogelijk, bijvoorbeeld de eerste puls met een constante spanningssturing en bij een tweede puls een constante stroomsturing. Op deze manier kunnen de grenzen gebruikt worden om de lasweerstand te controleren gedurende de eerste puls voordat met de tweede puls gelast wordt.

Opgeslagen programma's kunnen opgeroepen worden via het toetsenbord of door middel van afstandsbediening.
De binaire seriële verbinding (RS232 aansluiting) wordt gebruikt om te communiceren met andere computer- en werkstations. Het kan ook gebruikt worden voor downloading van de lasparameters van de computer naar de vermogensbron of voor de downloading van de gemeten parameters naar de computer.

Figuur 7 toont een voorbeeld, waarbij vier verschillende materiaalcombinaties gelast worden op vijf laspositions met behulp van één centraal geplaatste gelijkstroombron. Op de foto bij deze figuur ziet men een veel voorkomende verbinding in de lampenfabricage.

Verder heeft de geprogrammeerde transistorgestuurde gelijkstroombron een inrichting, waarvan de uitvoervariabele de integraal is van de invoervariabele ten opzichte van de tijd (ingebouwde integrator). Naar keuze kan het gemeten signaal van spanning, stroom of vermogen gedurende het lasproces geïntegreerd worden. Deze waarde



Figuur 7. Een kwarts-ontladingsbuis gemonteerd op een stel.

Figuur 8. Geprogrammeerde transistorgestuurde gelijkstroombron

wordt aan het einde van elke puls opgeslagen en naar de PC gestuurd.

Figuur 8. Geprogrammeerde transistorgestuurde gelijkstroombron met onder andere:
- geheugenruimte voor zeven lascondities,
- alfanumerieke beeldschermeenheid,
- snelle en gemakkelijke verandering van de lascondities,
- seriële verbinding om de lascondities door te sturen naar de PC.

Microweerstandlassen met de geprogrammeerde transistorgestuurde gelijkstroombron

- individuële instelbare laskarakteristieken voor puls 1 en 2,
- instelbare grenswaarden voor puls 1 en 2,
- gegevensvastlegging van:
  - lasvolgorde,
  - waarde van de niet gecontroleerde parameter voor puls 1 en 2,
- integraal van vermogen of stroom of spanning voor puls 1 en 2 in de tijd,
- fouttabel geeft de overschrijding weer van boven- en ondergrens van puls 1 en 2 of wanneer er een systeemfout is.

Slotopmerking

Uiteraard moet bij deze soort stroombronnen op hogere aanschafprijzen gerekend worden. De ervaring heeft geleerd dat in gemechaniseerde fabricages en vooral bij hoge produktiesnelheden de las beter voorspelbaar is. De reproduceerbaarheid van de laskwaliteit en levensduur van de elektrode neemt daardoor toe waardoor de meerkosten snel terug verdiend worden.
Het sturen van de lasenergie en het bewaken van de gemeten lasparameter zijn in één apparaat samengebracht.

Auteursnoot
De heer L. Schuringa is werkzaam voor Weld Equip BV te Helmond.

Her en Der

De "Prinses-op-de-erwt" onder de weegschalen

Ingenieur H.A.C. Tilmans van de Universiteit Twente promoveerde dit jaar op het ontwerp van een micromechanische sensor die toepasbaar is voor metingen van gewichten, gas- of vloeistofdruk, en van versnelling of vertraging. De werking is vergelijkbaar met een gitaarsnaar die hoger klinkt als ze strakker wordt gespannen. Tilmans meet de verschuiving in de resonantiefrequentie van een "rekstrookje" en bereikt daarmee een frappante nauwkeurigheid: denk, om de gedachten te bepalen aan het gewichtsverschil tussen een vloeitje mèt of zònder potloodstreepje.
De nieuwe sensor is met etstechnieken gefabriceerd in een schijf silicium, zodanig dat een trommelvliesachtig membraan ontstaat waarvan het meetorgaan (het rekstrookje) deel uitmaakt. Het rekstrookje is vacuüm ingebed en vervormt bij drukveranderingen met het membraan mee. Zodoende verandert zijn resonantiefrequentie, vergeleken met die van de "neutrale stand". Een aandrijfelementje brengt de rekstrook in trilling, de frequentie wordt afgelezen en herleid tot een maat voor de uitgeoefende druk op het membraan. De lengte van de rekstrook komt ongeveer overeen met de dikte van een paar mensenharen: ééntiende tot een halve millimeter. Zo'n minieme constructie kan alleen in trilling komen in vacuüm (minder dan 0,1 mbar), omdat elke verstoring, ook door lucht, de frequentie zou beïnvloeden. De rekstrook resoneert tussen circa honderd en vijfhonderd kHz, dus ver boven hoorbare frequenties.
Silicium als constructiemateriaal heeft veel voordelen. Het is licht, goedkoop in grote hoeveelheden te produceren en driemaal zo sterk als roestvaststaal. Belangrijker is nog dat: silicium geen hysterese heeft: het lubbert tijdens gebruik niet uit, als de belasting maar binnen bepaalde grenzen blijft. Na vervorming keert het materiaal exact terug in zijn oorspronkelijke toestand waardoor de frequentiemetingen betrouwbaar blijven. Conventionele (piëzoresistieve) sensoren werken met een elektrische weerstand als uitgangssignaal. De speurtocht in de micromechanica naar toepassing van frequenties als uitgangssignaal is nieuw en werpt bovendien snel vruchten af. Zo neemt de gevoeligheid van de al langer bestaande resonerende sensoren enorm toe. Tilmans sensor meet -afhankelijk van de toepassing- tussen één en 0,1 Pascal nauwkeurig. Het werkingsgebied van dit "kruidje-roer-me-niet" ligt in het gebied van -500 tot +500 Pascal (-5 tot +5 mbar).

Een door Tilmans aangebrachte verfijning is de zogenaamde "differentiële resonator", deze meet twee frequenties. Bij druk op de rekstrook is er altijd één zijde die moet oprekken, en de tegenoverliggende kant die wordt samengedrukt. Tilmans meet aan beide kanten de frequentie en berekent het verschil. Daarmee elimineert hij de "basistoon": de frequentie in rust. De sensor wordt er veel nauwkeuriger door en ongevoeliger voor wisselende condities zoals temperatuurverschillen. Tilmans heeft een prototype van deze sensor geconstrueerd dat geschikt is voor precisieweegschalen in laboratoria en ziekenhuizen. Resonantiefrequenties kunnen in principe ook gebruikt worden voor veel zwaardere gewichten en kunnen daarom worden toegepast in weegbruggen of werven.

Omdat Tilmans vinding nauwkeurig kleine drukken kan registreren komen toepassingen als meting in bloedvaten of meting van osmotische druk binnen handbereik. Interesse is er ook van de kant van producenten van air conditioning, vooral voor HVAC systemen (*humidity ventilation air conditioning*). Deze systemen beheersen de luchtstromen in vertrekken en gebouwen door minieme drukverschillen van slechts een paar Pascal. De Amerikaanse firma Johnsons Controls Inc. te Milwaukee heeft patent aangevraagd op onderdelen van de differentiële resonator. Omdat de sensor ook versnellingen of vertragingen meet valt te denken aan toepassing in auto's of vliegtuigen; bijvoorbeeld bij de "airbag".

Het proefschrift "**Micro-mechanische sensoren gebruikmakend van ingekapselde geïntegreerde resonerende rekstrookjes**" is op aanvraag verkrijgbaar.
Voor nadere informatie: drs. F. Höppener, Universiteit Twente, dienst Voorlichting en Externe Betrekkingen, telefoon: 053 - 892 213.

De research-instrumentmaker van de jaren negentig

H.G.J. Rutten

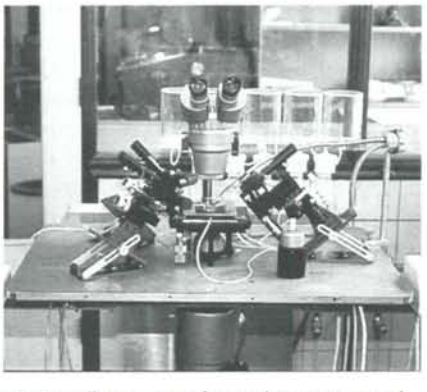
In het laatste decennium is het werk van de instrumentmaker als ontwerper en maker van fijnmechanische onderdelen sterk veranderd. Ook zijn omgeving is niet meer dezelfde als die van de jaren zeventig. Geavanceerde machines, programmeerbaarheid van apparatuur, nieuwe bewerkingstechnieken en niet te vergeten het elektronische reken- en tekentuig worden heden ten dage in nagenoeg elke moderne afdeling of bedrijf toegepast. Dat aan de research-instrumentmaker van vandaag andere eisen worden gesteld dan twintig geleden is dan een als vanzelfsprekende conclusie. In dit artikel zal een overzicht worden gegeven van de zaken doe zo'n technische veelpoot in zijn beroepsleven allemaal zoal kan en zal ontmoeten.

Inleiding

In 1975 schreef Henk Heubers in Mikroniek een fantastisch artikel over de instrumentmaker in research-instellingen. Veel van deze instrumentmakers en hun superieuren zullen dat artikel aangegrepen hebben om daarmee duidelijk te maken wat het instrumentmakersvak inhoudt. Intussen zijn we bijna twintig jaar verder en in die tijd is de hele wereld, dus ook die van de instrumentmaker sterk veranderd. Veranderingen, ervaren en opgetekend door de auteur die vele jaren de leiding heeft gehad over een middelgrote instrumentmakerij.

Veranderingen in het ontwikkelingsproces

Een grote verandering ten opzichte van "vroeger" is de snelheid waarmee nieuwe ontwikkelingen en vindingen in de vorm van produkten op de markt moeten worden gebracht. Anders is de concurrent je voor en dat zijn er tegenwoordig veel. Elke fabrikant van hoogtechnologische produkten is er dan ook als de dood voor dat de ontwikkelingstijd van zijn produkt langer is dan de marktgerichte levensduur. Oorzaak hiervan is schijnbaar een trend dat zelfs hooggecompliceerde apparaten zoals computers, laser- en inkjetprinters, auto's, camera's, audio-visuele apparatuur, kopieerapparaten, enz. bijna modeprodukten worden in de stijl van consumentenartikelen. Hierbij spelen vaak vormgeving en (dikwijls relatief onbelangrijke) features een belangrijke rol. En bij mode is snel reageren helemaal een vereiste.Dit heeft een grote invloed op het tempo waarin de onderzoeker – en met hem de research-instrumentmaker – moet werken. Verdieping vooraf in detail ten aanzien van de voordeligste maakbaarheid van onderzoeks- en meetopstellingen, is er niet meer bij. Die tijd daaraan besteden is niet meer zinvol omdat het hier in de meeste gevallen om unica's (eenmalige opstellingen) gaat.
Voor de ontwikkeling van nieuwe produkten wordt veelal gewerkt in projectstructuren, waarbinnen onderzoekers de taak hebben bepaalde facetten te ontwikkelen. Een nadeel hiervan kan zijn dat de groepen overmatig gericht zijn op het eindprodukt zelf. Dat is natuurlijk juist, zo hoort het ook, maar dat er ook een zekere tijd nodig is om onderzoeks- en meetopstellingen te bouwen wordt vaak niet voldoende onderkend. Die komen niet in het produkt dat op de markt gebracht wordt en ontbreken daarom niet zelden in een projectmatige aanpak. Merkwaardig, want als het produktie-middelen betreft is dit wel het geval en omvat het vaak een apart onderdeel van een project. Blijkbaar wordt door projectleiders en bestuurders, soms zelfs door de researcher zelf, onvoldoende onderkend dat voor een efficiënte ontwikkeling men de beschikking dient te hebben over (geavanceerde) meetapparatuur. Deze apparatuur is nodig om allerlei onverwachte zaken boven te doen komen zodat het produkt later op de markt een hogere betrouwbaarheid heeft.



Meetopstelling met zeer fijn capilair om in een cel te kunnen meten

Glazen capilair met een punt van enkele micrometers

De onderzoeker van tegenwoordig

De hedendaagse, meer gecompliceerde produkten, bestaan voor hun functies veelal uit een integratie van diverse vakgebieden.
Om een optimaal resultaat te bereiken zijn voor die vakgebieden goed opgeleide onderzoekers in de research-groe-

De research-instrumentmaker van de jaren negentig

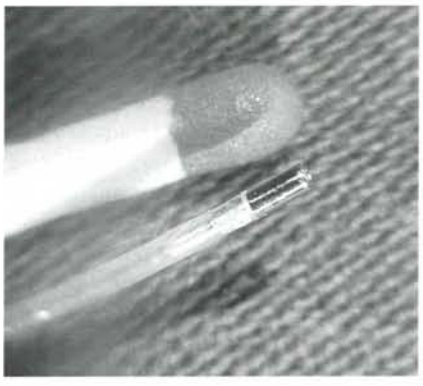
pen van een bedrijf nodig, die toch ook weer redelijk breed inzetbaar moeten zijn binnen die groepen.

Wat dat laatste betreft wreekt zich het hedendaagse nationale onderwijsbeleid met zijn kortere studieduur, waardoor de afgestudeerden meer specialistisch zijn dan vroeger het geval was, omdat er geen tijd is zich technisch breed te vormen.
In de research-groep van het bedrijf waar deze pas afgestudeerde is komen te werken mag hij nu zijn vaardigheden tonen, moet zich aan tijdschema's houden en vooral efficiënt presteren, want hij is een dure kracht.
Ogen, oren en mond moeten wijd openstaan om dan zoveel mogelijk praktische ervaringen op te doen, wat hem tot een goed researcher en produktontwikkelaar moet maken.
Daarbij is de research-instrumentmaker vaak een van zijn belangrijkste bronnen.

Grote technische veranderingen

Voor de uitvoering en inhoud van het werk van de research-instrumentmaker hebben er in de afgelopen jaren grote veranderingen plaatsgevonden. Een aantal hiervan wordt genoemd:

Nieuwe bewerkingstechnieken:
zoals super-precisie draaien en frezen, keramiek bewerken, laserbewerkingen, microbewerkingen, lithografie, ets- en forese-technieken.
Nieuwe hulpmiddelen:
zoals wetenschappelijke zakrekenmachines, computers, PLC's, CNC- bestuurde gereedschapwerktuigen, al dan niet geïntegreerd met automatische gereedschaps- of produktwisselaar, CAD, CAM.
Nieuwe integraties:
zoals mechanica en elektronica in compacte vorm, PLC's, PC's, micromechanica, micro-elektronica. En niet te vergeten de opmars van de mechatronica.
Automatisering:
zoals het kunnen toepasssen van de bovengenoemde geïntegreerde elektronica en besturingen, wat leidt tot onbemande geautomatiseerde meetsystemen in onderzoeks-, meet- en testopstellingen die ook zelf weer een hoge automatiseringsgraad hebben.
Sensortechnologie:
hoogwaardige opto-elektronische, mechatronische, piëzo-elektrische sensoren worden geïntegreerd.



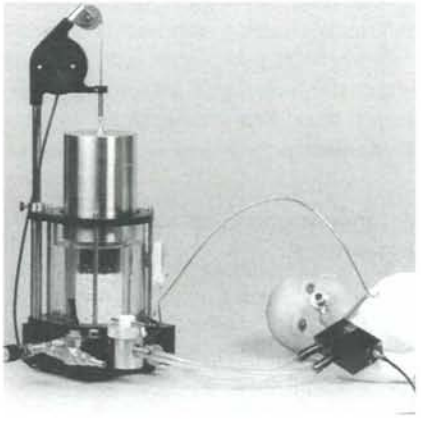
PCO2 electrode ∅ 1 mm om in de bloedbaan te meten. De electrode is voorzien van een bajonetaansluiting.

Deze ontwikkelingen op technisch gebied zal de research-instrumentmaker van tegenwoordig zich in meerdere of mindere mate eigen moeten maken en hij zal met deze moderne machines en apparatuur om moeten kunnen gaan teneinde goed te kunnen functioneren. Dit betreft niet alleen de vaardigheid op en met deze apparatuur maar ook zaken als veiligheid, milieu-aspecten, volgschade bij malfunctioneren, etc.
Daarnaast kunnen in de (eenmalige) onderzoeks- en meetopstellingen die door researchers gebouwd worden de meest moderne meet- en regeltechniek en hulpmiddelen voorkomen. Deze dienen door de research-instrumentmaker in de door hem te ontwerpen en te bouwen definitieve opstelling ook weer op de juiste wijze te worden toegepast, zonder dat deze, vaak gevoelige en kwetsbare, delen ongewenst in interactie komen met hun omgeving.
Was een opstelling twintig jaar geleden doorzichtig in zijn technische functie - bijna alles ging toen nog mechanisch of elektromechanisch met allerlei mechanismen, ketting- en tandwieloverbrengingen, palletjes, hefboompjes, curveschijven, enz. - kan het nu een (elektronische) black box geworden zijn met armen en benen.

Meer en meer afzonderlijke elektromechanische of zelfs piëzo-elektrische aandrijvingen worden toegepast die centraal door een rekeneenheid worden aangestuurd. Dat maakt het begrijpen van ingewikkelde opstellingen veel moeilijker. De te meten grootheden worden als signalen door allerlei sensoren waargenomen en aan een meetsysteem toegevoerd. Een computer zorgt voor de verdere verwerking. Deze computer zorgt ook weer, vaak met de hulp van andere computers, microprocessoren, multiprogrammers, intelligente kaarten, enz. voor de besturing van de onderzoeks- of meet- opstelling.
De mens die twintig jaar geleden dagen zat te meten, ijverig schrijvend en rekenend om een aantal kengetallen te bepalen laat dat nu aan een computer over.

De research-instrumentmaker van nu

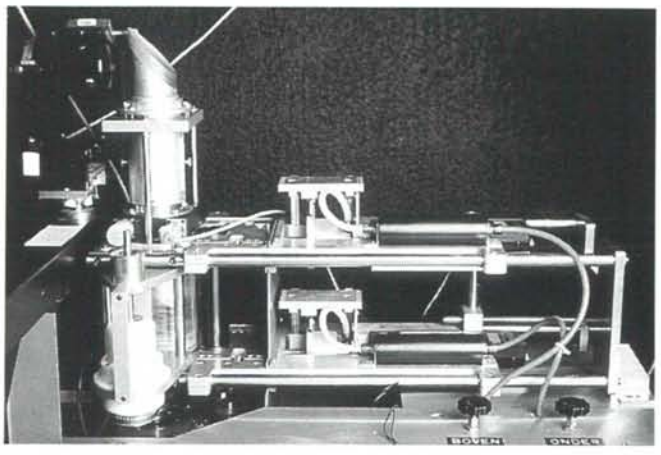
Uit het voorgaande zal duidelijk zijn dat de research-instrumentmaker moet knokken om alle noodzakelijke informatie te verzamelen. Hij moet er mede voor zorgen dat het onderzoek dat de researcher aan het doen is zo efficiënt mogelijk verloopt. Van hem wordt verwacht, teneinde zijn werk te kunnen doen, dat hij weet welke technieken het best gebruikt kunnen worden en welke problemen zich voor kunnen doen bij de realisatie van een opstelling. Daarbij is het als vanzelfsprekend dat hij ook weet wat hij moet doen om het betrouwbaarste resultaat te behalen. Ook wordt verwacht dat de research-instrumentmaker de wisselwerking van componenten en functies in een opstelling onderkent.



Spirometer om bij te vroeg geborenen afwijkingen aan de longen op te sporen

De meeste opdrachtgevers zijn constructief en ten aanzien van de maakbaarheid onvoldoende technisch geschoold. En dit blijft hij, ondanks dat hij de beschikking zou kunnen hebben over CAD-programma's die hij op zijn PC of terminal kan draaien.
Dit betekent dat de research-instrumentmaker in een goed overlegverband moet kunnen werken. Hij voert gesprekken en weet deze te analyseren. Hij begrijpt wat de opdrachtgever bedoelt en peutert er uit wat hij moet weten om inderdaad die opstelling te bouwen die researcher wil hebben. Hij weet welke zaken in zo'n opstelling zelf gemaakt moeten worden en welke ingekocht kunnen worden.
Tekening lezen is voor niet werktuigbouwkundig of fijnmechanisch technisch geschoolden vaak heel moeilijk. Met behulp van de moderne CAD- apparatuur van tegenwoordig is de research- instrumentmaker in staat een 3-D tekening te maken van de opstelling. Het zijn net foto's die de onderzoeker direct laten zien wat hij krijgt. De research-instrumentmaker dient dus in staat te zijn deze apparatuur te bedienen. Ook bij het ontbreken van deze apparatuur is de hij toch in staat zijn opdrachtgever duidelijk te maken wat hij van plan is en hoe de opstelling er uit zal zien waarmee zijn opdrachtgever zijn onderzoek kan doen.

Hartlongmachine voorzien van speciale apparatuur

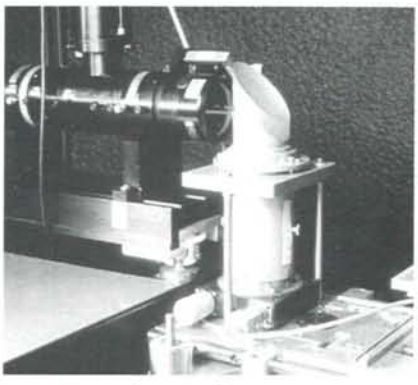


Een typische research-opstelling. Louter functioneel ontwerp van een laser-Doppler meetopstelling (zie artikel 'Toepassing van laser-Doppler anemometrie in knepen', Mikroniek (1993)1).

Tekeningen, meestal beperkt tot samenstellingstekeningen, zijn voor de research-instrumentmaker weer de basis voor het maken van de afzonderlijke onderdelen. Hij splitst deze uit in tekeningen die hij rechtstreeks vanuit de samenstelling kan maken en die welke een uitgebreidere presentatie nodig hebben. Sommige leiden uitsluitend een digitaal bestaan. De research-instrumentmaker gaat bij deze produkten van het CAD- werkstation naar het CAM-systeem om daar programma's maken en aanpassingen te doen voor het CNC-bewerken voor de aanmaak van de onderdelen. Bij de machine staan en kijken hoe spanen en krullen ontstaan is er tegenwoordig niet meer bij. Dit kost tijd, dus geld en dus wordt er een CNC-freesmachine gekozen die automatisch zijn gereedschappen wisselt.

Research-instrumentmakers zijn echter veelpoten die op allerlei conventionele en ook bestuurde machines moeten kunnen werken. Tijd voor het instellen van gereedschappen wordt danook weer kostbaar. Zo zie je danook dat er een groot aantal gereedschappen gefixeerd is en de research-instrumentmaker de taak krijgt te ontwerpen uitgaande van een aantal standaard gereedschappen. Zijn vrije keuze wordt beperkt door het kleine aantal vrije plaatsen in de gereedschapsmolen.

Ook krijgt hij te maken met nieuwe technieken, zoals laserbewerkingen. Tien jaar geleden was het nog ondenkbaar dat deze bewerkingsmachines in een instrumentmakerij gevonden konden worden en nu, dankzij goed pro-



Toepassing van laser-Doppler-anemometrie in een opstelling voor het meten van het vervormingsgedrag van het rubber waarmee de transportwalsen in een kopieerapparaat bekleed zijn.

grammeerbare besturingen, heel goed erin passen. Ervaring opbouwen voor het bewerken van materialen met de laser is weer een nieuwe zaak waar ze zich mee bezig dienen te houden. Materiaal verdampen is echter wel een andere techniek dan wegfrezen. Vele hulpbewerkingen komen dan weer om de hoek kijken, zoals bewerkingen in een inerte atmosfeer, snijden met toevoeging van zuurstof, harden, lassen, noem maar op. Rekening moet dan weer worden gehouden met neveneffecten zoals het ontstaan van toxische gassen en de verandering van de eigenschappen van materialen als deze op zo'n kleine plaats zo intensief aan hoge temperaturen blootgesteld zijn geweest.

Tenslotte heeft de research-instrumentmaker al zijn onderdelen klaar, heeft de bestelde sensoren, aandrijfcomponenten, etc. binnen en dan moet er gemonteerd worden. Op zich weinig verschil met twintig jaar geleden. Maar dan

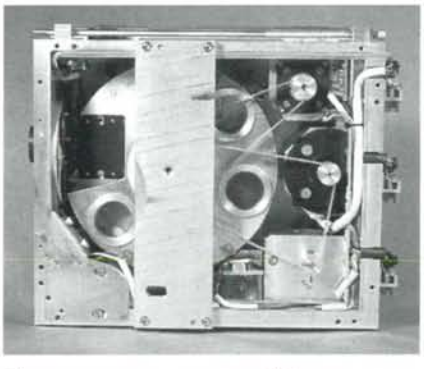
De research-instrumentmaker van de jaren negentig

moet de zaak lopend gemaakt worden, tegenwoordig vaak inrunnen genoemd. De computer of PLC heeft een programma nodig opdat deze inderdaad de opstelling bestuurt. Ook de sensoren die door de PC afgeroepen worden om data te spuien moeten functioneren.

Bij ingewikkelde meetopstellingen is nog belangrijker dan voorheen: meten is weten, maar weet je wat je meet? Door de complexheid is het veel moeilijker te doorzien wat er gebeurt: in hoeverre hebben de kleine sensoren last van hun omgeving, trillingen, temperatuur, (elektro-)magnetische storingen, statische lading, etc. Daar dient de research- instrumentmaker zich terdege van bewust te zijn. Hij zal dus al voor hij begon met ontwerpen de literatuur bestudeerd hebben om te weten welke beperkingen de toegepaste sensoren hebben.

Planning

Inmiddels is wel gebleken dat de research- instrumentmaker geregeld onder tijdsdruk staat en de conclusie is dan voor de hand liggend dat hij aandacht moet schenken aan een tijdsplan voor zijn werk. Wie echter creatief is heeft meestal geen oog voor de tijd. Ideeën worden geboren en niet gemaakt en daar een tijdsplan voor opstellen vinden de meesten toch wel een heel gedoe. Onder tijdsdruk of dwang creatief bezig zijn ervaren velen als een duffe ellende. Daarbij komt nog dat het inderdaad ontzettend moeilijk is een tijdsplan te maken als je alleen het probleem nog maar hebt aangehoord en er nog ontworpen, geconstrueerd, ingekocht, gebouwd en ingerund moet worden.



Filterrotor met stappenmotor ten behoeve van een multichannel microscoop

Een groot handicap bij het maken van een planning is het optimisme van degenen die het werk moeten doen. Elke research- instrumentmaker, ongeacht zijn niveau, weet meestal wel wat zijn sterke en zwakke kanten zijn. In de vaak zo complexe wording van een opstelling is uit ervaring gebleken dat hiervan uitgaan de basis van betrouwbare planning vormt.

Gezien deze complexheid en het feit dat de bouw vaak door slechts een of enkele personen gedaan wordt, is het raadzaam voor zichzelf tijdig de voortgang terug te koppelen en als de zaak nog niet erg vast ligt de nodige reserve in acht te nemen. Een handige methode hierbij is het zover mogelijk opsplitsen van activiteiten en tijdig na te trekken wat nog gedaan moet worden en niet af te strepen wat klaar is. Als bekend is wat er nog gedaan moet worden is het gemakkelijk optellen en is daardoor het tijdstip van 'klaar' bekend.

De opleiding

Hoe ziet de opleiding er tegenwoordig uit? Begin jaren zeventig waren er in Nederland slechts drie instituten die een opleiding fijnmechanische techniek in huis hadden. Dat waren de Hendrik Jan de Keizer school in Amsterdam en de Christiaan Huygens school in Rotterdam. De meest bekende toen en nu nog is de Leidse Instrumentmakers School. Deze laatste leidde en leidt nog steeds research- instrumentmakers op, specifiek voor universiteiten en research-instellingen. Alhoewel vele van de tegenwoordige MTS'en beweren dit ook te doen is er toch een groot verschil. Dit blijkt wel uit het feit dat de meeste MTS'ers fijnmechanische techniek te vaak achter de draaibank of freesbank van een machinefabriek belanden. Slechts weinigen komen terecht in het research- instrumentmakersvak.

Beide soorten opleidingsinstituten, LIS en MTS, leveren leerlingen af met een bepaald basispakket. Bij de MTS is dit meer theoretisch gericht terwijl dat bij de LIS meer praktisch gericht is.

Het blijkt dat een MTS'er of LIS'er die van school af in een machinefabriek

Werkend aan een vacuümsysteem

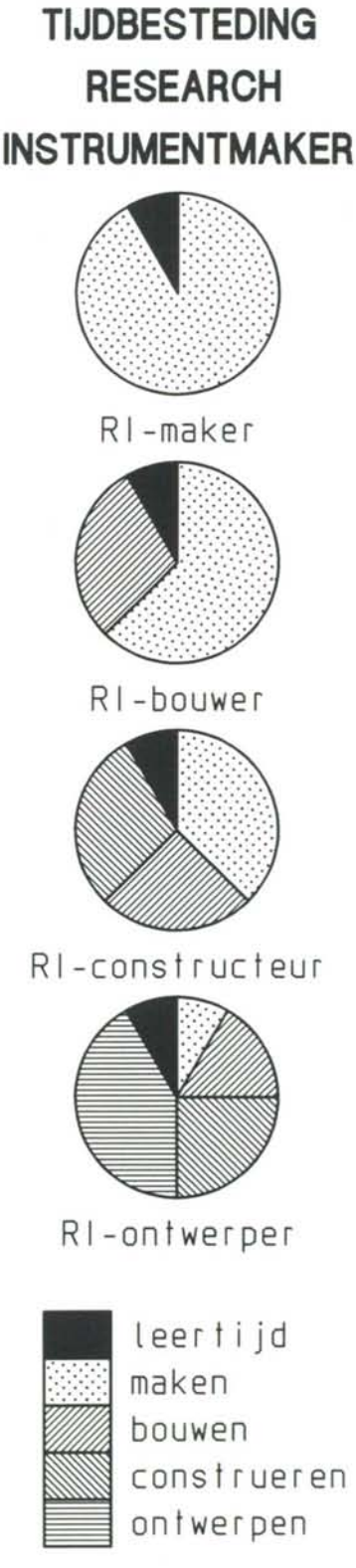
komt in een à twee jaar al een heel eind op niveau is en na maximaal vijf jaar volledig functioneert op "zijn" gereedschapwerktuig.
Bij research-instrumentmakers ligt dat duidelijk anders. Op school leert hij een stuk theorie en wat meer praktijk zoals een MTS'er, maar het echte instrumentmakersvak leert hij pas in de praktijk. Dit vak is immers niet alleen het maken van leuke dingen maar vooral creatief bezig zijn met het zoeken van oplossingen voor problemen van researchers.

De ontplooiing

Het tijdplan van de ontwikkeling van schoolverlater tot volwaardig research-instrumentmaker is dan ook een lange weg. Deze kan er globaal als volgt uit zien:

De eerste drie jaren

Het zich bekwamen op alle gereedschapwerktuigen en in de handvaardigheidstechnieken duurt een tot drie jaar. Deze lange periode is voornamelijk te wijten aan de vele soorten machines die in research-instrumentmakerijen staan. Ook zal hij moeten leren onderdelen te maken, niet op basis van goede tekeningen maar vanaf kriebeltjes, schetsjes, vodjes papier of zelfs nog minder. Deze periode heeft de research-instrumentmaker ook nodig om zich in te leven in de gedachtenwereld van academici en andere hoger opgeleiden en moet wennen aan de experimentele aanpak die soms zo ontzettend moeilijk doorspekt is met allerlei theoretische beschouwingen. Deze researchers willen altijd snel iets hebben om mee te kunnen experimenteren. Zij zijn niet gebrand op mooi afgewerkte onderde-

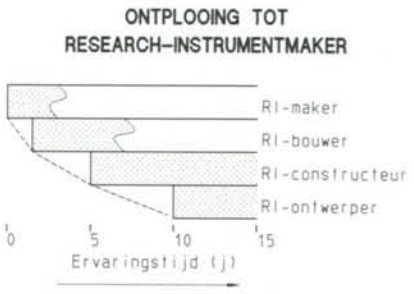


Deze figuur geeft globaal weer hoe de tijdsbesteding is van een op het betreffende niveau functionerende research-instrumentmaker. De opgegeven "leertijd" is alleen al nodig om bij de tijd te blijven.

len omdat louter en alleen de functionele werking van het onderdeel of het apparaatje belangrijk is. Alle extra tijd die in "mooier maken" gestoken wordt is zonde van het geld maar vooral van die tijd. In principe hoeft de levensduur van een opstelling niet langer te zijn als de duur van het experiment of onderzoek. Helaas maakt dit het ontwerpen moeilijk, maar is wel een goed uitgangspunt om te beseffen waar wel en geen aandacht aan besteed moet worden. De research- instrumentmaker moet in die periode inzicht krijgen in wat toleranties zijn en hoe maatafwijkingen zich kunnen manifesteren in malfunctioneren. Dit heeft niet alleen betrekking op afmetingen maar vooral op functioneren: bewegingen, dynamische eigenschappen, elastische vervormingen c.q. stijfheid, thermische invloeden, etc.
De fysische eigenschappen van materialen worden door instrumentmakers vaak gebruikt als ontwerp- en constructieparameters bij geïntegreerde constructies.
Op al deze terreinen moet hij veel ervaring opbouwen, waarbij hij helaas weinig steun kan verwachten van researchers.
Toleranties bijvoorbeeld zijn de meeste researchers vreemd en ze begrijpen vaak helemaal niet wat het begrip tolerantie inhoudt. Helaas is het voor veel researchers weer moeilijk aan te geven wat de nauwkeurigheid moet zijn, want "precies" is in het ene vakgebied om factoren verschillend ten opzichte van een ander vakgebied. Er is danook inzicht nodig in de toepassing van de te maken onderdelen en apparaten om zo te weten te komen welke afwijkingen toegestaan kunnen worden.

De daarop volgende jaren

De in de eerste periode opgedane ervaringen gebruikt hij dan om te leren construeren. Dat is het verder uitwerken van een ontwerp van een ervaren research-instrumentmaker, een samenstellingstekening van een constructeur of researcher. Hij moet daarbij voor enkelvoudige en samengestelde onderdelen leren kiezen tussen zelf maken, laten maken of kopen. Voor deze laatste twee mogelijkheden is het noodzakelijk dat hij leert specificaties op te stellen waaraan het ingekochte moet voldoen. Voor onderdelen die elders gemaakt moeten worden lijkt dat gemakkelijk: het document is een tekening. Maar nu moet hij op basis van zijn tot nu toe opgedane ervaring toleranties bepalen. Daarbij valt op dat dan vaak toleranties opgegeven worden die enger zijn als die zij voor zichzelf zouden stellen. Het zekerheidsgevoel voor "buiten de deur maken" ligt toch anders dan "het zelf doen".
Voor handelsartikelen ligt die zaak duidelijk anders. Het opstellen van inkoopspecificaties waarin de eisen zijn vervat van bijvoorbeeld motoren, rechtgeleidingen, lagers, tandwielkastjes, en dergelijke is van een heel andere orde dan ze in de hand te kunnen nemen en te voelen wat ze waard zijn.
Ook blijkt vaak dat het rekenwerk dat nodig is om bepaalde eisen vast te stellen veel moeilijker is dan oorspronkelijk gedacht. Zaken zoals wrijving, rendement, vermogen, koppel zijn soms moeilijk grijpbaar en het inschatten van veiligheidsfactoren vraagt ervaring. Vooral in deze periode zal de research-instrumentmaker er achter komen waar al die theorie op school voor diende.
Deze fase van het leerproces van de research- instrumentmaker duurt gauw zo'n drie tot zeven jaar, afhankelijk van de complexheid van de opstellingen die gebouwd worden en zijn eigen kwaliteiten.



Ontplooiingstijd van een schoolverlater tot een volwaardig research-instrumentmaker. Deze figuur geeft de globale ontplooiingstijd weer van een goed functionerende medewerker. Het topniveau van "instrumentmaker-ontwerper" wordt jammergenoeg door velen nooit bereikt.

Tenslotte

Als de research-instrumentmaker zover is dat hij weet wat produkten maken is, weet wat je met welk materiaal kunt doen, weet wat construeren is, dan volgt als volgende niveau: de research-instrumentmaker-ontwerper. Deze re-

De research-instrumentmaker van de jaren negentig

search-instrumentmaker werkt geheel zelfstandig in opdracht van researchers. Het is natuurlijk ondoenlijk en bovendien onmogelijk dat een research-instrumentmaker- ontwerper overal alles van afweet. Maar van zaken en dingen die hij niet zelf weet, weet hij wel waar die kennis aanwezig is en wie de mensen zijn die hij, om zijn doel te bereiken, kan inzetten. De research-instrumentmaker- ontwerper maakt niet meer alle onderdelen zelf. Hij weegt zorgvuldig af welke onderdelen hij extern laat maken en welke in de eigen werkplaats worden vervaardigd. Ook beslissen omtrent inkopen als handelsprodukt of zelf ontwerpen en bouwen. Natuurlijk kan men handelsprodukten die op de plank liggen altijd beter kopen dan zelf te maken. De kosten in guldens lijken vaak wel hoog maar de tijd die er zelf ingestoken moet worden om te ontwerpen, te construeren en te maken is ook niet niks. Bovendien mag hij niet onderschatten welke tijd nodig is om het zelfgemaakte produkt op dezelfde betrouwbaarheidsstandaard te krijgen als die van ingekochte. Wel heeft hij inzicht in de competentie van toeleveranciers van handelsprodukten als het gaat over speciale uitvoeringen binnen of buiten het produktenpakket.
Een fout mag de research-instrument-maker- ontwerper nooit maken en dat geldt trouwens in het algemeen: Besteed nooit uit wat je zelf niet kunt of niet weet. Als de research- instrument-maker-ontwerper de handelsfirma niet begrijpt of omgekeerd, dan wijst dat op een kennis kloof. Om toch te komen tot goede specificaties moet die kloof gedicht worden. Als hij daar niet alleen uitkomt moet hij zijn opdrachtgever kunnen motiveren belangstelling te tonen voor het probleem. Het is immers in zo'n geval geen probleem voor de research- instrumentmaker-ontwerper maar van de researcher die zijn experimenten wil doen.

Zelfstandigheid

Al met al blijkt dus dat de research- instrumentmaker heden ten dage uiterst zelfstandig te werk moet kunnen gaan. Deze vrijheid van werken is niet altijd even gemakkelijk. Wel geeft het een zeer bevredigend gevoel als je met recht kunt zeggen: zelf gedaan!
Een nadeel van deze zelfstandigheid jegens zijn klanten is echter dat velen niet inzien waarom zij niet direct geholpen (kunnen) worden. De research-instrumentmaker moet zijn klanten kunnen overtuigen dat zijn probleem wel een groot probleem is en in zijn ogen misschien wel het grootste ter wereld (op dat moment), maar dat er ook anderen zijn die met hetzelfde probleem zitten, alleen..... een beetje anders.
Voor leidinggevenden, directe en indirecte, is dit vaak moeilijk te doorzien, want de meeste research-instrumentmakers hebben maar een fout: zij willen iedereen snel helpen. Dat gaat niet. Daar moeten de researchers weer begrip voor hebben. En dat valt niet altijd mee.

Naschrift

De auteur zou het erg op prijs stellen als research-instrumentmakers en hun chefs of hoofden hun mening geven over het in dit artikel geschetste profiel van de research- instrumentmaker.

H. Rutten
Redactie Mikroniek
Postbus 80.004
3508 TA Utrecht

Opmerkelijke reacties worden als lezersbrief gepubliceerd.

Auteursnoot

H.G.J. Rutten heeft vele jaren leiding gegeven aan een research-instrumentmakerij van een van de grootste industriële R&D-afdelingen van Nederland. Hij heeft samen met leidinggevenden van andere soortgelijke afdelingen in Nederland en vertegenwoordigers van de LIS en het SLO (Stichting Leerplan Ontwikkeling) de eindtermen samengesteld voor de opleiding tot research-instrumentmakers op MBO-niveau.
Hij schrijft dit artikel op persoonlijke titel.

hft DEN HARTOG
fijnmechanische techiniek b.v.
vervaardiging en reparatie van
fijnmechanische onderdelen
kunststofmatrijzen
snijstempels
buistempels
prototypen
bewerken van
kunststofonderdelen
Nijverheidsweg 8
3481 MB Harmelen
Tel.: 03483 - 3504
Fax: 03483 - 4187

INSTRUMENTMAKERIJ
MEDEJA
Industrieweg 13A
1566 JN Assendelft
Tel. 075 - 211277, Fax 075 - 286744
Gespecialiseerd in:
- Ontwikkelen, fabriceren van medische apparaten
- Vervaardigen van onderdelen
- Volgens tekening of model
- Draai- en freeswerk, ook kunststoffen, CNC en konvertioneel
- Lassen argon-arc, mig
- Slijpen en Reparatie medische instrumenten

ITTER
ELECTRONICS BV

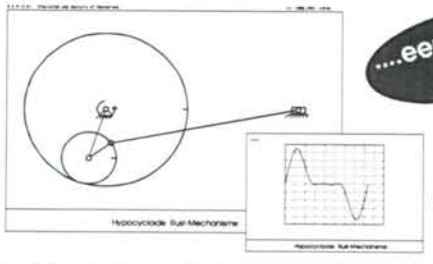
- Ombouw van conventionele machines
- Levering van speciale besturingen
- Modernisering van oude (C)NC besturingen
- CNC freeswerk op moderne machines
- Bewerkingscentrum met ITTER CNC
- Eigen meetkamer

CNC BESTURINGEN
(computer numerical control)
en fijnmechanische bewerking

Nijverheidsstraat 7
7772 TP Hardenberg Holland
Tel. 05232 - 60140,
Fax 05232 - 63855

MECHANISMEN ANALYSE OP DE PC

SAM 2.1 Analyse van willekeurige stangen-, riemen en planetaire mechanismen



....eenvoudig uniek !!

v.a. hfl. 599,-

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

ARTAS - Technical Application Software Het Puyven 162 - 5672 RJ Nuenen - Nederland - tel/fax +31 (0)40 837552

buhral - kln b.v.
ULTRASONE TECHNIEKEN

WANNEER HET GAAT OM:

* ultrasoon reinigen en vlekvrij drogen;
* verbinden van thermoplasten d.m.v.
  - ultrasoon-techniek
  - heetspiegel-techniek
  - vibratie-techniek
  - rotatie-techniek
* ultrasoon bewerken van harde niet-geleidende materialen

Levering van standaard- en speciaal-machines die beantwoorden aan de stringente eisen van mens en milieu.

BUHRAL-KLN BV
Nijverheidsweg Noord 60 Tel. (033) 630544
3812 PM Amersfoort Fax. (033) 631530

Adverteren in
Mikroniek
Buro Jet bv
tel: 070 - 3990000
fax: 070 - 3902488

Met adverteren in Mikroniek bereikt u de Fijnmechanische bedrijven en produkt-ontwikkelaars

NVFT, vereniging voor precisie-technologie

De NVFT is een vereniging van technici die hoogwaardige professionele apparatuur ontwerpen, ontwikkelen of fabriceren. Het betreft zowel consumenten- als kapitaalgoederen. Door integratie van technieken als mechanica, optica, elektronica en glastechniek ontwikkelen zij steeds nieuwe, geavanceerde produkten.

- De NVFT stimuleert de onderlinge contacten en informeert haar leden over ontwikkelingen in het vakgebied door regionale bijeenkomsten, cursussen, symposia en publikaties in Mikroniek.
- Bij deelname aan de **Mikropool** worden moeilijk (in kleine hoeveelheden) verkrijgbare materialen en specialistische bewerkings-technologieën uitgewisseld.
- NVFT-leden krijgen korting op de door de NVFT georganiseerde activiteiten, evenals op de activiteiten van andere verenigingen waarmee de NVFT een samenwerkingsovereenkomst heeft.

Inlichtingen:
Secretariaat NVFT, Postbus 6367, 5600 HJ Eindhoven,tel.: 040 – 473 659 fax: 040 – 460 645.

Microsysteemtechnologie

Themaochtend op 2 december 1993 van 9.30 - 13.00 uur.
In de afgelopen jaren zijn grote vorderingen gemaakt met het ontwikkelen van zeer kleine mechanische structuren en microsystemen. Experts verwachten dat de toepassing hiervan explosief zal groeien. Belangrijke toepassingen worden verwacht in medische instrumenten, consumenten produkten, auto's, telecommunicatie- en produktie-apparatuur en procesbeheersing. De basis voor deze systemen vormen de micro-mechanica, micro-elektronica en de LIGAtechnologie (Lithografie, Galvanik und Abformung).

Bestemd voor:
Technici met interesse voor de mogelijkheden van de microsysteemtechnologie. Het ontbreekt nog aan goede ideeën voor commerciële produkten doordat de mogelijkheden die deze technologie biedt bij de meeste bedrijven nog onbekend zijn. De deelname aan deze themaochtend verschaft kennis en geeft een stimulans om over nieuwe toepassingen en produkten te denken.

Aansluitend wordt een afspraak gemaakt voor een bezoek aan de produktieafdelingen van het "Institut für Mikrotechnik" te Mainz in het voorjaar 1994. Een bezoek aan het MESA-Research Institute te Enschede staat eveneens op het programma.

Kosten van deze themaochtend:
Leden NVFT f 75,- niet-leden f 150,- inclusief lunch.

Voor nadere informatie of aanmelding:
Secretariaat NVFT Postbus 6367 5600 HJ Eindhoven Tel: 040-473659 Fax: 040-460645.

Produktinfo

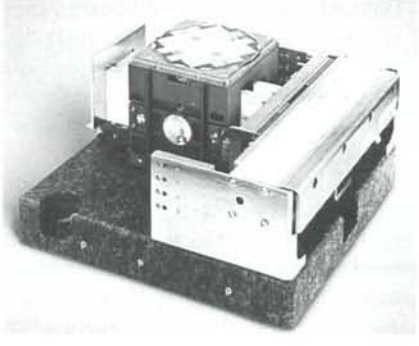
Trekbank met geïntegreerde meetelektronica

Trekbanken met geïntegreerde meetelektronica maken het mogelijk de gegevens uit de trekbank in een PC op te slaan en te verwerken, waardoor het mogelijk is op een eenvoudige wijze zeer uitgebreide testen uit te voeren. Hiervoor heeft de fabrikant Erichsen het onder "Windows" werkende "Computer Aided Testing Software" (CATS) ontwikkeld.
Behalve dat eigen programma's kunnen worden samengesteld zijn eveneens kant en klare testprogramma's volgens norm en/of naar wens van de klant verkrijgbaar.
De machines zijn leverbaar tot een meetbereik van 200 kN. Een demonstratie-diskette is beschikbaar.

Voor uitvoerige info:
RTD Test Techniek
Oude Kruisweg 27
2142 EE Cruquius
Telefoon: 023 - 293 139
Fax: 023 - 292 664.

X-Y-positioneersysteem met sub-micron nauwkeurigheid

Het Anorad twee-assen-systeem is geschikt voor toepassingen met sub-micron positioneernauwkeurigheid, constante snelheid of snelle punt-punt-bewegingen.
Hiervoor wordt gebruik gemaakt van luchtlagering, een granieten basis, lichtgewicht en stijve keramische liggers; vlakheid en rechtheid 0,3 µm over de volledige slag (50 x 50 mm).
De toegepaste lineaire borstelloze motoren, glaslinialen en luchtlagers maken tezamen dat het systeem volledig contactloos is en geschikt voor cleanroomtoepassingen. De terugkoppeling van de glasliniaal zorgt voor een resolutie van 0,0078 µm/telpuls. De nauwkeurigheid bedraagt 0,4 µm en de herhalingsnauwkeurigheid 0,25 µm.
Het systeem is onder andere uitermate geschikt voor prototyping van elektronische componenten, laser-microbewerkingen, beeldinspectie en het vervaardigen van verbindingen van multichip modulen.



Voor uitvoerige info:
Anorad Europe B.V.
Waalreseweg 17
5554 HA Valkenswaard
Telefoon: 04902 - 89 238
Fax: 04902 - 46 862.

Keramische eindmaten

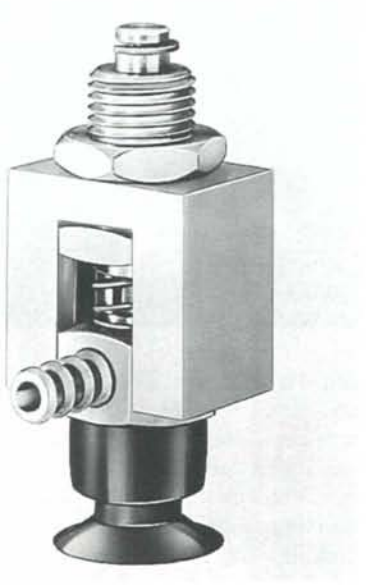
Naast de bekende stalen en hardmetalen eindmaten zijn door het Engelse bedrijf Select nu ook eindmaten van zirkoonoxyde op de markt gebracht. Ze zijn vervaardigd uit een gestabiliseerd zirkoonoxyde, waarvan de sterkte, stabiliteit en slijtvastheid door een speciaal hardingsproces verbeterd konden worden. Het materiaal heeft daarnaast nog een aantal voordelen: het neemt absoluut geen vocht op, is corrosievast en wordt niet aangetast door zuren en logen. Verder heeft het een bijzonder lage wrijvingscoëfficiënt, waardoor in de praktijk een zeer lange levensduur wordt bereikt, en is bovendien uiterst hard. Bij normaal gebruik zijn beschadigingen of breuk uitgesloten.
De eindmaten worden los, dan wel als complete set geleverd. Standaard zijn negen set-samenstellingen beschikbaar (met in totaal 9 tot 112 meetblokjes), maar ook diverse afwijkende set-samenstellingen zijn desgewenst leverbaar. De eindmaten voldoen aan alle bekende normen, zoals BS4311, DIN 861, ISO3650 en Federal GGG-G-15C. Alle sets gaan vergezeld van een NAMAS kalibratiecertificaat.

Voor uitvoerige info:
B.V. Technisch Bureau Meininger
Postbus 743
2280 AS Rijswijk
Telefoon: 070 - 3 401 780
Fax: 070 3 401 602.

Verende vacuümzuignappen

Het Duitse bedrijf Sommer ontwikkelde een nieuwe reeks verende vacuüm zuignappen, waarmee diverse kwetsbare en/of onregelmatig gevormde produkten uiterst voorzichtig te hanteren zijn. Door een in deze vacuümgrijpers geïntegreerde veer worden eventuele hoogteverschillen probleemloos opgevangen. Voor de robots en handlingapparatuur waarop de zuignappen worden toegepast houdt dit in dat men niet meer exact aan de eindpositie gebonden is. In de praktijk betekent dit veelal dat met hogere snelheden te werken is, zonder dat de te hanteren produkten beschadigen.

Produktinfo



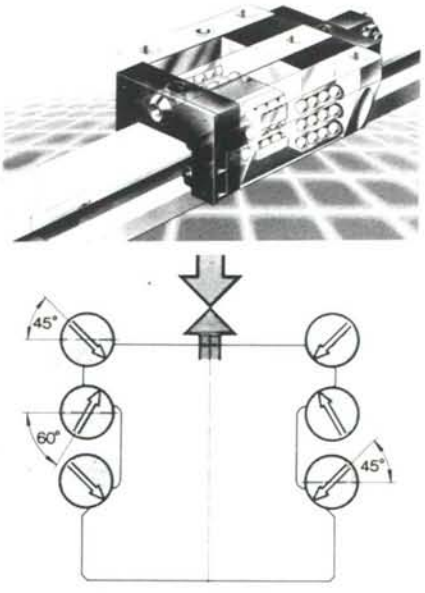
Voor deze zuignappen zijn tal van gebruiksmogelijkheden denkbaar: voor het oppakken, verplaatsen en nauwkeurig positioneren van de meest uiteenlopende onderdelen, van kleine IC's tot grote stalen golfplaten.
Typen met uiteenlopende cup-diameters zijn beschikbaar, naar keuze mèt of zonder vacuümschakelaar eventueel met verdraaiings-beveiliging. Een versleten rubberen zuigcup kan zonder démontage van de unit worden vervangen.

Voor uitvoerige info:
B.V. Technisch Bureau Meininger
Postbus 743
2280 AS Rijswijk
Telefoon: 070 - 3 401 780
Fax: 070 3 401 602.

Nieuwe kogelomloopeenheden

Kogelomloopeenheden zijn veel toegepaste rechtgeleidingen met een aantal prettige eigenschappen zoals eenvoudige montage, spelingsvrijheid, hoge nauwkeurigheid en de mogelijkheid tot het opnemen van krachten uit alle richtingen en momenten om alle assen.
Een nieuwe kogelomloopeenheid van INA, de KUSE, bezit dezelfde aansluitmaten als andere op de markt verkrijgbare kogelomloopsystemen. De interne constructie is echter beduidend anders, een zesrijig systeem.
De voordelen hiervan zijn:
- In drukkende richting dragen vier kogelbanen, hetgeen ten opzichte van andere kogelomloopsystemen een vrijwel verdubbelde belastbaarheid biedt.
- De twee in trekkende richting dragende kogelbanen zijn onder een hoek van 60° geplaatst, hetgeen ook in deze richting hoge belastbaarheid verschaft.
- Dankzij het zesrijig kogelsysteem bezit deze constructie een hoge stijfheid.
- Dankzij de verhoogde belastbaarheid is het vaak mogelijk te kiezen voor een kleinere afmeting dan bij conventionele kogelomloopsystemen.

Uiteraard zijn de nieuwe eenheden afzijdig afgedicht. Ze zijn leverbaar in een tweetal voorspanningsklassen en één nauwkeurigheidsklasse. Er zijn zes afmetingen beschikbaar, zowel in de standaarduitvoering als in de hogeprecisie uitvoering.



Voor uitvoerige info:
INA - Naaldlager Mij B.V.
Postbus 50
3770 AB Barneveld
Telefoon: 03420 - 14 641
Fax: 03420 - 90 369.

Afstoppen van hulpboringen

Hulpboringen voor vloeistof- of luchtkanalen in stuur- en regelventielen, cilinders, pompen, matrijzen en dergelijke moeten na het boren weer worden afgesloten. Daartoe worden meer en meer expanders toegepast. Deze afsluitingen moeten gegarandeerd dicht zijn, betrouwbaar, bestand tegen zeer hoge drukken, altijd toepasbaar en goedkoop. Veelal wordt hiertoe een inbusboutje gebruikt. De voorbereiding is echter kostbaar: opboren, tappen, ontvetten, een afdichtingsmiddel opsmeren, het boutje inschroeven, laten uitharden en om het eventueel per ongeluk losschroeven te voorkomen dient het binnenzeskant ook nog te worden afgestopt.
Een betrouwbare en, gezien de bijkomende kosten, voordelige oplossing is het toepassen van afdichtpluggen/expanders. Deze bestaan uit een komvormige spreidbus met rillen aan de buitenzijde en zijn voorzien van een stalen inperskogel. Door de kogel in de spreidbus te slaan met behulp van een hamer en een drevel zet de spreidbus radiaal uit. De rillen persen zich vast tegen de wand van de boring waarin ze zich verankeren. Boven de inperskogel snoert het spreidbusje iets in en daarmee is de kogel automatisch geborgd. Hierdoor is een volledige, gegarandeerde afdichting ontstaan die toepasbaar is voor proefdrukken tot 1400 bar.
Omdat de expander na montage niet meer kan worden verwijderd, is de afdichting voor altijd gewaarborgd. De af te dichten boring behoeft geen speciale voorbehandeling te ondergaan, de normale boortolerantie en oppervlakteruwheid garanderen een totale, blijvende afdichting.
De afdichtpluggen worden vervaardigd uit verzinkt staal, roestvaststaal of verediald staal, de kogels zijn van kogellagerstaal of verediald staal.
Boringen van 3 t/m 22 mm kunnen op deze eenvoudige wijze professioneel en economisch worden afgedicht.

Voor uitvoerige info:
VIBA N.V.
Bleiswijkseweg 41
2712 PB Zoetermeer
Telefoon: 079 - 418 881
Fax: 079 - 418 038.

De juiste weg naar superieure precisie

Licht in gewicht, roestvrij en lange levensduur— IKO roestvrij stalen rechtgeleidingen zijn eenvoudigweg beter.

BWU

BSP/BSR

LWL/LWLF

Nippon Thompson biedt u meer mogelijkheden dan ooit voor rechtgeleidingen. Allen van roestvrijstaal.

IKO miniatuur geleidingen bieden niet alleen eerste klas lineaire nauwkeurigheid, maar zijn tevens gefabriceerd van superieure materialen en met hoogwaardige productietechnieken die uitmuntende prestaties met een lange levensduur garanderen.

Lange levensduur en zeer betrouwbaar.
Kogels, rail en wagen van roestvrijstaal voor superieure corrosiebestendigheid en schone werking.

Eenvoudig, compact en lichtgewicht ontwerp.
Eenvoudige m.b.v. computers geanalyseerde structuren verzekeren compactheid met minimale potentiële fouten in fabricage door geringe toleranties.

Hoge belastingscapaciteit en buitengewoon sterk in het opnemen van complexe en momentbelastingen.

Rustige en stille loop.
M.b.v. computers geanalyseerde ontwerpen garanderen een optimaal functioneren.

Eenvoudige en accurate installatie.
Gebaseerd op 40 jaar ervaring in het fabriceren van lagers en precisie geleidingen. Kunnen wij u daarmee van dienst zijn?

Wilt u meer advies? Wij staan altijd voor u klaar.

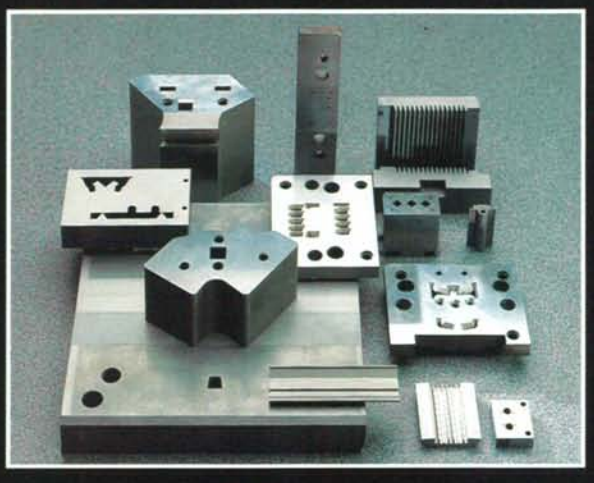
IKO NIPPON THOMPSON EUROPE B.V.

Sheffieldstraat 35-39, 3047 AN Rotterdam Telefoon: 010-462 68 68 Telex: 26025 (IKO NL) Fax: 010-462 60 99

- Mündelheimer Weg 56, 40472 Düsseldorf, F.R. Duitsland Telefoon: 0211-414061 Telex: 8586242 (IKO D) Fax: 0211-427693
- Políg. Ind. AIDA, A-8 Ofic 2, 1º; 19200-Azuqueca de Henares (Guadalajara), Sanje Telefoon: 911-26 33 90 Fax: 911-26 31 13
- 2 Vincent Avenue, Crownhill, Milton Keynes Bucks MK8 OAB, Groot-Brittannië Telefoon: 0908-566144 Fax: 0908-565458

PTS

topkwaliteit in precisie



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

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

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

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

PTS

Precision Tooling Services

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