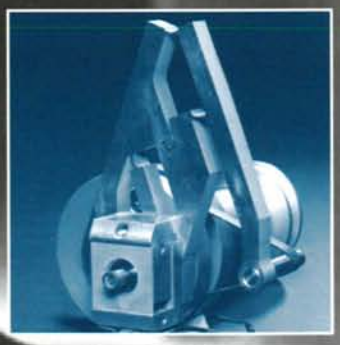
Mikromiek

(2)
JAARGANG 38

NVPT VAKBLAD VOOR PRECISIE-TECHNOLOGIE

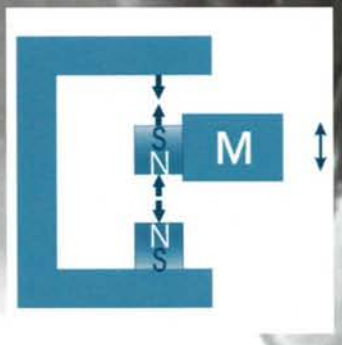
Meten met microscoop

Toekomstfabriek



Asferisch slijpen

Stijfheidsloos lager

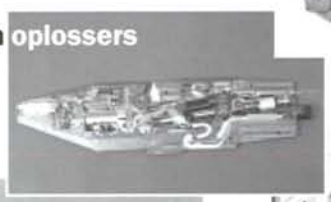


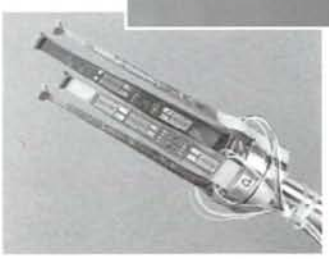
Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium
National Aerospace Laboratory NLR

NLR Precision Engineering

Integratie van kennis en kunde op vele gebieden:
- precisietechnologie
- mechatronica
- constructies en materialen
- testen, evaluatie, simulatie
- prototypebouw

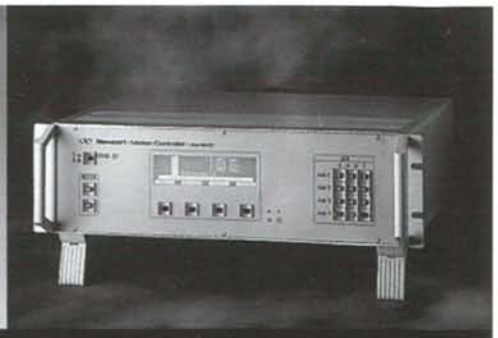
Probleem oplossers





Nationaal Lucht- en Ruimtevaar tlaboratorium
Technische Diensten
Voorsterweg 31, 8316 PR Marknesse
Tel. (0527) 24 84 01/2483 84

Met de MM4005 heeft Newport een nieuwe motorbesturing in haar programma die in staat is **al uw wensen** op het gebied van motorbesturing te vervullen



Alles onder controle
met de Newport motor-besturingen

De RTM-Rotatietafel is één van de vele Newport produkten die zich probleemloos laat besturen door de MM4005

Wij sturen u graag de catalogus toe

Newport B.V.
Regulierenring 9
3981 LA Bunnik
Tel: 030 6592111
Fax: 030 6570242

Newport

Mevi
FIJNMECHANISCHE INDUSTRIE

CO-MAKERSHIP in:
- Precisie
- Prototypen
- Mechatronica
- Machinebouw

Voor meer info:
http://www.mevi.com

Postbus 238, 5700 AE Helmond, Weth. den Oudenstraat 1, 5706 ST Helmond
Telefoon +31 492 53 86 15, Fax +31 492 53 87 35, E-mail info@mevi.com

Mikroniek nummer 2-1998

In dit nummer

34 *Editorial*

35 *Actueel*

38 ***Fabriek van de toekomst***
M.P. Koster

44 ***Faust en Wagner, machineontwerp en processimulatie***
Hedser van Brug, Cees J. van der Laan, Hans J. Frankena, Oliver W. Fähnle

50 ***Stijfloosheid magneetlager voor trillingsgeïsoleerd positioneren***
Gert-Jan Nijsse

54 ***Doel en functie: synonieme begrippen of toch niet?***
F.J. Siers

57 ***Microscoop als meetinstrument***
J. Verkerk

60 ***Productinfo***

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.

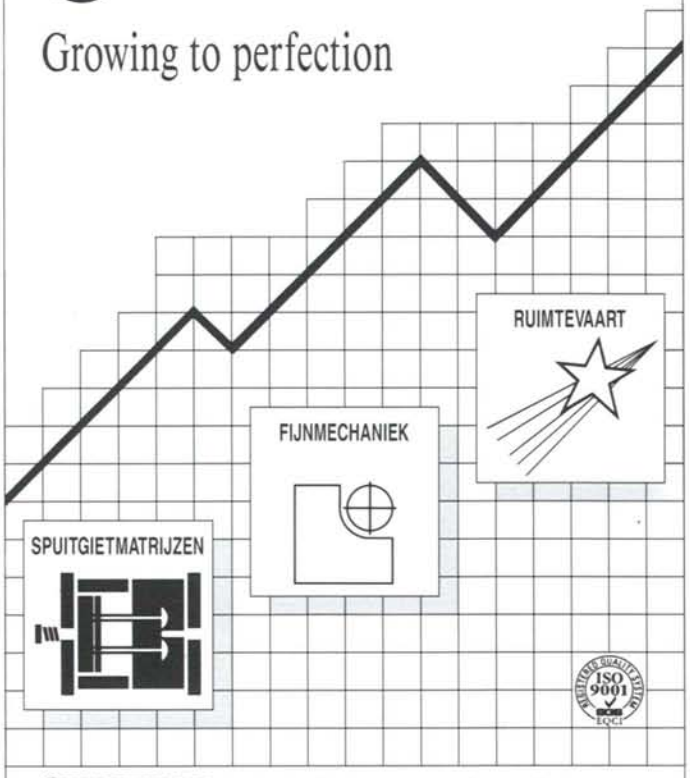
Onze fijnmechanische kennis van serieproductie en assemblage is gebaseerd op onze intensieve contacten met de Zwitserse fijnmechanische industrie. Daardoor zijn wij tevens in staat u bij de engineering en product-optimalisatie ter zijde te staan.

micro ★ montage

Postbus 3108 - NL 3760 DC SOEST - Holland

PEDEO TECHNIEK

Growing to perfection



PEDEO TECHNIEK Martijn Van Torhoutstraat 15, B-9700 Oudenaarde
Tel 32 (0) 55 31 35 61 • Fax 32 (0) 55 31 26 85

PRECISIE OPTISCHE COMPONENTEN

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

- Lenzen en Prisma's
- Optische Bovenvlakspiegels, Deel-Spiegels, Achtervlak Spiegels
- Testglazen, Optische Vensters
- Coaten met metalen Fluoriden op uw Substraten en Spiegels
- Bosscreens en Matglazen voor camera's
- Precisie glasbewerking in Standaard Glas, Optisch Glas, Kwartsglas en Kwartskristal

STABILIX

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

Physik Instrumente:

Piezo-electrische flexure stages / sub-assemblies

Physik Instrumente is een wereldwijd gevestigde naam op het gebied van micro-positionering tot in het sub-nanometer gebied. Het programma omvat onder andere translatie- en rotatiesleden, piezo-translatoren, capacitieve sensoren, kort-om alles wat met micropositioneren te maken heeft, in vele vormen en combinaties.

Laat u vrijblijvend informeren of vraag de schitterende Physik Instrumente catalogus op bij:

APPLIED LASER TECHNOLOGY

Applied Laser Technology BV
Best, tel: (031)-499-375 375
fax: (031)-499-375 373

Uw partner voor een deskundig advies.

NVPT

Nederlandse Vereniging voor precisie-technologie

Waarom worden dingen kleiner?

Editorial

Uitgave:
NVPT

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

Redactiesecretariaat:
Mikroniek
Postbus 80.004, 3508 TA Utrecht
Telefoon: 030-2531710 / 2531639

Redactie-adviesraad:
Prof. L.H.J.F. Beckmann
Prof. dr. ir. H.F. van Beek
Prof. dr. ir. J. Bleeker
Ir. P. Brinkgreve
Ing. M.F. Dierselhuis
Prof. dr. J. Fluitman
Prof. ir. C. Heuvelman
Ir. D. de Hoop
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

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: 030-2531710 / 2531639
Fax: 030-2522267
Abonnementskosten Mikroniek:
Nederland ƒ105,– per jaar
Buitenland ƒ132,– per jaar
Alle prijzen excl. BTW

Secretariaat NVPT
Postbus 6367, 5600 HJ Eindhoven
Telefoon: 040-2947937; Fax: 040-2125075

Vormgeving:
Twin Design B.V., Culemborg

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

Ontegenzeggelijk worden veel dingen kleiner. Onze wetenschappers zeggen dat "alles wat kleiner kan, ook kleiner wordt". Dat is een harde wet. Niet zozeer een economische, maar omdat wij als consumenten het willen. In deze tijd waarin het technisch kunnen in de ogen van de consument geen grenzen kent, kan hij vragen wat hij wil. En wij als consument willen veel en als een verwend kind zijn we gewend onze zin te krijgen.
Zo vinden we dat computers goedkoper en sneller moeten, onze bloedvaten gereinigd moeten kunnen worden en we eigenlijk de eeuwige jeugd moeten hebben. Door ons technisch kunnen gaat de ontwikkeling snel. Zo snel zelfs, dat wat we nu bedenken al reeds gemaakt zou kunnen zijn.

Een enkel voorbeeld: Van miniatuurmotoren met een diameter van 1,9 mm kennen we sinds kort het bestaan. Maar van planetaire tandwielkasten met een diameter van 1,9 mm en een grote overbrengingsverhouding? Toen ik deze op een webside (http://137.226.50.38/Abt02/Mitarbeiter/kos/AnimA/d_gears.stm) ontdekte maakte de ontwikkelaar ervan via de email de opmerking dat hij pas sinds kort een aantal reacties kreeg, terwijl zijn vinding al bijna een jaar op de website stond.
Het aardige ervan is dat hij ook een nieuw type planetaire overbrenging ontwikkelde met een veel grotere overbrengingsverhouding per trap dan tot nu toe gebruikelijk is.

Een ander voorbeeld: Tot voor kort hielden we het voor onmogelijk om machinale bewerkingen met een nauwkeurigheid van beter dan een micrometer uit te voeren. Nieuw ontwikkelde machines maken hogere nauwkeurigheden mogelijk. Dat geldt ook voor bewegen en positioneren met nauwkeurigheden die tot voor kort onmogelijk werden gehouden.
En waarvoor is dat nu allemaal nodig zult u vragen?
Een praktisch voorbeeld is de informatiedichtheid van harddisks in computers. Voor zo'n f 500 koopt u tegenwoordig een harddisk van 3 gigabyte of meer. De laatste technologieontwikkelingen voorzien een sprong met een factor 20. De hele grote Van Dale kan dan geschreven worden op een oppervlak zo groot als dit - teken (streepje) (NRC 4/4/98).

En wij als consument? Wij kopen dat natuurlijk.
Zou het niet aardiger zijn als we dergelijke vindingen zelf deden en aan anderen verkochten?

Betere assemblagelijnen

Micro*Montage acm bv te Soest en TNO Industrie te Delft zijn een strategisch samenwerkingsverband aangegaan voor de ontwikkeling en bouw van assemblagelijnen voor technologisch geavanceerde kleine producten. De samenwerking past in het beleid van TNO Industrie om haar ontwikkelcapaciteit voor het MKB operationeel te maken. Het modulaire assemblageconcept van Micro*Montage acm (Assembly Concepts and Machinery) heeft weerklank gevonden bij mondiaal opererende bedrijven als Motorola, Hewlett Packard en Philips. Voor TNO Industrie is zij mede daardoor een aantrekkelijke partner. De specifieke know-how voor het assembleren van hybride componenten voor de microsysteemtechnologie wordt nu aangevuld met de mogelijkheid van fundamenteel en praktisch onderzoek. De samenwerking zal met name gericht zijn op de ontwikkeling en bouw van machines die flipchip, chip on board, (micro) Ball Grid Arrays, etc. toepassen zonder gebruik te kunnen maken van standaard machines, zoals die in de micro-elektronica ingezet worden.
De machines worden onder de naam Micro*Star op de markt gebracht. Naast de modulariteit vormen de uitgebreide kennis op het gebied van microverbinden zoals lijmen, solderen, lassen de basis voor de groei die voor de komende jaren wordt voorzien. Afnemers zijn niet alleen grote ondernemingen, maar ook het MKB in met name Duitsland, Zwitserland en de VS.

Precisie slijpbedrijven

Nederlandse Precisie Slijpbedrijven (NPS) is de naam van de nieuwe branchegroep die op dinsdag 3 maart is opgericht als branchegroep van de Metaalunie in Nieuwegein is. De NPS is bedoeld voor ondernemers die zich structureel bezighouden met vlak-, profiel-, rond- en gereedschapslijpen. Voorzitter van NPS is de heer H. Roth, directeur van Houmaro Slijptechniek B.V. in Ridderkerk.
Het voornaamste doel van NPS is collectieve belangenbehartiging, vooral toegespitst op het verbeteren van het imago van de branche. Nog te vaak ondervinden professionele slijpbedrijven last van negatieve beeldvorming die geen recht doet aan hun inspanningen en prestaties. Een van de eerste acties is het ontwikkelen van een specifieke opleiding tot vakvolwassen-slijper. Door middel van een enquete onder de leden heeft het bestuur van NPS onderzocht wat de noden van de slijpbedrijven zijn. De resultaten van deze enquete zijn tijdens de oprichtingsvergadering aan de leden gepresenteerd. De eerste leden zijn inmiddels ingeschreven.
Tijdens de oprichtingsbijeenkomst hield de heer A. de Kramer, sales manager van de firma Balzers, een lezing over de mogelijkheden en voordelen van het coaten van gereedschappen en andere voorwerpen. Ir. J. Saurwalt, manager fabrication technology bij ECN in Petten, gaf daarna zijn visie op slijptechniek onder de prikkelende titel "Slijpen, een verouderde techniek?"

Samenwerken ASML en TNO

TNO gaat een bijdrage leveren aan de research van ASM Lithograpy. Daartoe is een 5-jarig contract gesloten. ASML is momenteel derde in de wereld als producent van wafer steppers, een machine voor de chipindustrie. Om na de eeuwwisseling aan de steeds hogere eisen van chipfabrikanten te kunnen blijven voldoen, heeft ASML een ambitieus ontwikkelingsprogramma gedefinieerd, waarin TNO één van de partners is. Naast dit nieuwe researchcontract heeft TNO (TNO Industrie) al langer een relatie met ASML op het gebied van productontwikkeling.
Het contract met ASML heeft een omvang van vele miljoenen guldens en past geheel in de filosofie van ASML om onderzoek en ontwikkeling samen met partners, klanten en toeleveranciers uit te voeren. Het product van ASML, de wafer stepper, is een machine die met behulp van optische lithografie een patroon aanbrengt op de wafers (plakken silicium). Dit is een zeer belangrijke stap in de productie van chips. De snelheid, nauwkeurigheid en kwaliteit van deze machines bepalen voor een groot gedeelte de vooruitgang in deze high-tech markt. Voor ASML is het dan ook zaak om ver vooruit te blijven kijken en de grenzen van wat technisch mogelijk is continu te blijven verkennen. TNO gaat hieraan een bijdrage leveren, onder andere op terreinen als keuze van toekomstige technologie, systeemontwikkeling, stabiliteit, vacuüm en reinheid.

Het Instrument '98 uitverkocht

Het Instrument '98, de vakbeurs voor Industriële Automatisering en Laboratorium Technologie die

gehouden wordt van 5 t/m 9 oktober, is volledig volgeboekt. Van de beschikbare 30.000 m^2 netto standruimte is nu, acht maanden voor de opening van de beurs, niets meer vrij beschikbaar. Na de eerste indelingsronde kon aan 510 bedrijven plaats worden toegewezen. Omdat de themapaviljoens met kleine specifieke technologiestands nog niet volledig zijn ingedeeld, verwacht de organisatie dat het totale aantal exposanten circa 550 zal worden. Opvallend is dat er vooral meer middelgrote stands zijn geboekt van 50 á 100 m^2. Inmiddels is er een wachtlijst ontstaan van bedrijven die zich te laat hebben aangemeld. Zij zijn afhankelijk van eventuele wijzigingen in de indeling die nog kunnen ontstaan. Het Instrument '98 is een verticaal georiënteerde vakbeurs voor de industrie en life sciences, de hele bedrijfskolom is aanwezig. Op de vakbeurs kunnen de bezoekers kennis nemen van alle facetten van laboratorium technologie en industriële automatisering, hard- en software. Organisator FHI Het Instrument verwacht zo'n 34.000 professionele bezoekers.

VAT en Intersurface succesvol

De combinatie van de vakbeurzen VAT '98 en Intersurface '98, die van 27 tot en met 30 januari jongstleden in Jaarbeurs Utrecht plaatsvonden, is succesvol geweest. De Vakbeurs Algemene Toelevering kende een toename van het aantal bezoekers ten opzichte van de vorige editie in 1996 van 25% naar 16.123. Intersurface verdrievoudigde het bezoek bijna en kwam uit op 12.178 bezoekers. Hieruit blijkt duidelijk dat beide beurzen elkaar hebben versterkt en dat is aanleiding om deze combinatie in de toekomst voort te zetten. De combinatie van VAT en Intersurface werd door de bezoekers van beide beurzen als een echte aanvulling op het expositieprogramma gezien en ook de exposanten lieten zich er positief over uit. Driekwart van zowel de exposanten als de bezoekers gaf in een enquête aan dat de beurs aan de verwachtingen heeft voldaan, wat resulteerde in de rapportcijfers 6,9 van de exposanten en 7,2 van de bezoekers (respectievelijk 6,5 en 7,0 in 1996). Van de bezoekers aan de beurs gaf 75% aan eind- of medebeslisser te zijn als het gaat om investeringen met betrekking tot de op de beurs getoonde producten en diensten. De exposanten lieten zich dan ook positief uit over het niveau van de bezoekers en de overgrote meerderheid zei voldoende nieuwe zakelijke contacten te hebben gelegd. Driekwart van de exposanten is van plan om ook aan de volgende VAT-beurs deel te nemen. De speerpunten van beleid bij de organisatie van VAT '98 hebben duidelijk gewerkt al zijn niet alle, hooggestelde doelen gehaald. Zo is het doel om 17.000 bezoekers te trekken niet verwezenlijkt, maar werd wel een forse groei van het aantal bezoekers gerealiseerd. Een verdubbeling van het aantal buitenlandse bezoekers zat er ook niet in, maar er kwamen wel 30% meer bezoekers van over de grens naar VAT '98: 1556 tegenover 1195 in 1996. Het buitenlandse bezoek was afkomstig uit heel Europa en zelfs uit andere werelddelen. De meeste buitenlanders waren afkomstig uit Duitsland en België. Een doel wat wel werd gehaald is het betrekken van productontwikkelaars bij de beurs. Deze bezoekersdoelgroep verdubbelde zich bijna ten opzichte van 1996 (12,1 naar 22%). De uitreiking van de European Engineering Award heeft hiertoe een belangrijke bijdrage geleverd en de winnaars een zakelijk succes opgeleverd.
Van de bedrijven die op VAT '98 hebben geëxposeerd verwacht 80% een stijging van de omzet in het komende jaar.

Verwachtingen overtroffen

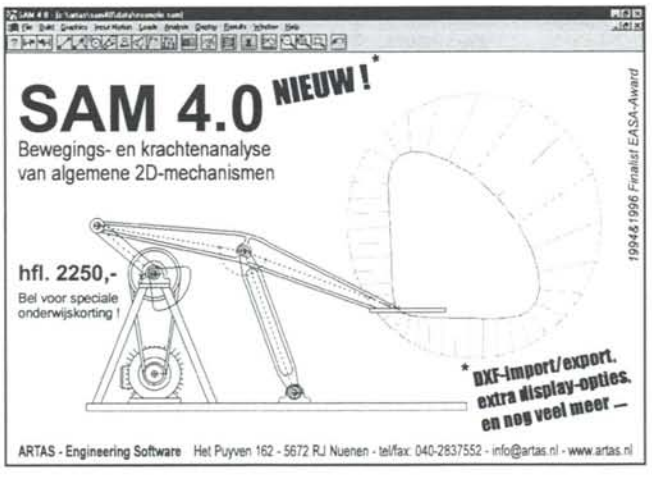
De bedrijfsresultaten, de orderposities en de winst-/verliesposities in het midden- en kleinbedrijf (mkb) in de metaal zijn in het vierde kwartaal van 1997 vrijwel in alle sectoren sterk verbeterd. De getemperde verwachtingen die er waren in het derde kwartaal 1997 zijn daarmee over vrijwel de gehele linie overtroffen. Het percentage bedrijven met winst is nu in alle sectoren behoorlijk toegenomen, Ruim driekwart van alle bedrijven draait met winst, slechts 5% lijdt verlies. In alle sectoren blijkt vorig jaar meer geïnvesteerd te zijn dan in het jaar daarvoor, met uitzondering van de landbouwmechanisatie. Dit blijkt uit de laatste conjunctuur-enquête van de Metaalunie, die gehouden is in de sectoren constructie, verspanende toelevering (draaien/frezen), machinebouw, onderhoud en service, landbouwmechanisatiebedrijven, elektronica, oppervlaktebewerking en overige sectoren. De bedrijfsresultaten waren in het vierde kwartaal 1997 doorgaans beter dan in het derde kwartaal, vooral in de sectoren constructie en landbouwmechanisatie. In de machinebouw en de oppervlaktebewerking was de

ontwikkeling echter minder gunstig dan verwacht. Een per saldo negatieve ontwikkeling was er in de sector onderhoud en service, waar bij per saldo 20% van de bedrijven een verslechtering van de bedrijfsresultaten werd geconstateerd. De ontwikkeling van het aantal binnenlandse orders was in alle sectoren positief, met als uitschieters de machinebouw en de landbouwmechanisatie. Het aantal nieuwe orders uit het buitenland overtrof de verwachtingen, vooral in de machinebouw. In het eerste kwartaal 1998 wordt een nog sterkere groei in de export verwacht.
Verder zijn de verwachtingen voor het eerste kwartaal in vergelijking met het vorige kwartaal meer gematigd, maar beter dan in het derde kwartaal 1997. In alle sectoren van het mkb in de metaal is opnieuw bij meer bedrijven het aantal werknemers gestegen: in de gehele branche bij per saldo 23 % van de bedrijven. Voor het eerste kwartaal 1998 wordt nog een verdere groei verwacht bij per saldo 26% van alle bedrijven.

Lichte stijging investeringsniveau

Meer dan 600 miljoen gulden aan machines en gereedschappen is door de Vimag-leden in 1997 geleverd. Ten opzichte van 1996 is dit in geld een stijging van 4,6 % van het investeringsniveau, concludeert de VIMAG, de Vereniging van Importeurs van Machines en Gereedschappen voor de Metaalindustrie. De maandelijkse order-enquête van de VIMAG vertoont voor 1997 wederom een verbetering. Het totaal aantal verkochte machines (verspanend en niet-verspanend) nam ten opzichte van 1996 met meer dan tien procent toe. Dit is gedeeltelijk verklaarbaar uit het feit dat er in 1997 in de verspanende machines enerzijds veel kleine machines zijn verkocht en anderzijds sprake is van een daling van de prijzen. De gereedschappen bleven iets achter in 1997, beter voorraadbeheer bij de afnemers, nieuwe gereedschapstechnieken en vermoedelijk een iets lagere bezettingsgraad bij de afnemers zijn hier debet aan. In de investeringen in gereedschapswerktuigen valt op dat in 1997 vooral een stijging is geboekt in de niet-verspanende machines. Met name in de niet-verspanende sector is sprake geweest van diepte-investeringen.
Concluderend mag worden gesteld dat het Nederlandse machinepark inmiddels tot een van de modernste ter wereld gerekend mag worden. Indien daarbij het relatief lage kostenniveau van de Nederlandse industrie en de hoge flexibiliteit en productiviteit worden betrokken staat vast dat de internationale concurrentiekracht voor de industrie groot mag worden genoemd.

TKS
BVQi ISO 9001
Test & Kalibratie Service
Specialisten in kalibraties op lokatie:
* Van -40°C tot 1100°C;
* Ovens, galvanische baden, klimaatkasten, vries- en koelruimten
* Regel- en registratieapparatuur
* Thermokoppels en PT- elementen
* Uitsluitend met NKO-gecertificeerde standaarden
tel : 072-5337117 fax: 072-5340805



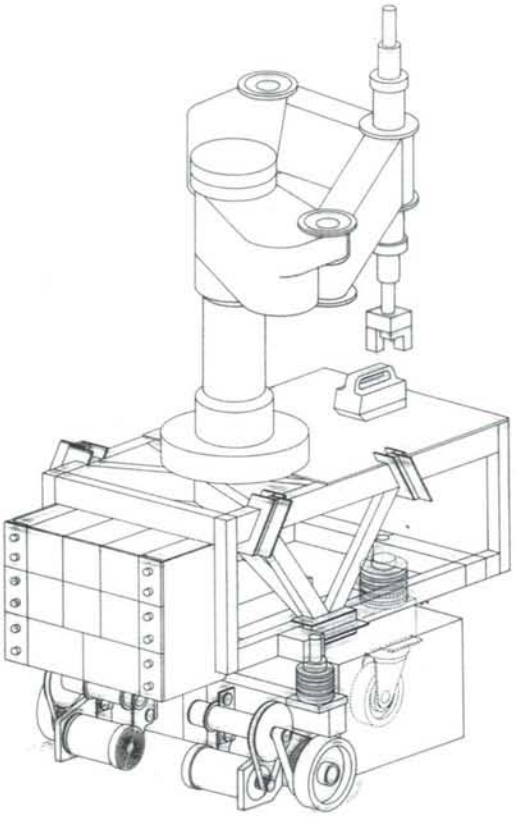
Fabriek van de toekomst

MART: Mobiele Autonome Robot Twente

M.P. Koster ***Het project MART (Mobiele Autonome Robot Twente) was bedoeld om te onderzoeken hoe diverse specialisten kunnen samenwerken in een mechatronisch team. Zo'n team stelt zich ten doel een gecompliceerd technisch systeem te ontwikkelen met behulp van oplossingen vanuit verschillende disciplines. In dit geval was een geautomatiseerde assemblagefabriek het onderwerp van een gezamenlijke inspanning van specialisten uit de werktuigbouwkunde, regeltechniek en informatica. Die inspanning resulteerde in een voertuig dat autonoom kan bewegen langs een vooraf - afhankelijk van het te assembleren product - in software vastgelegde baan langs een aantal voorraadstations. Daar worden door een manipulator onderdelen opgepakt en aan boord van het voertuig gemonteerd. Voor het project was het nodig een voertuig, een manipulator, een grijperwisselsysteem, een koppelmechanisme en een navigatiesysteem te ontwikkelen, samen te bouwen en te testen, en dat alles samen met de benodigde hard- en software voor onder andere het plannen van opdrachten en definiëren van de bijbehorende wegpatronen.***

Vandaag de dag vormen consumentenproducten productfamilies. Ieder lid van zo'n familie ontstaat als een samenstelling van een aantal functionele eenheden. Zulke eenheden kunnen worden geproduceerd en getest in grootschalige fabrieken. Maar het samenvoegen van die eenheden gebeurt in kleinschalige fabrieken, die zich dicht bij de lokale markten bevinden en die zich snel kunnen aanpassen bij veranderingen in de vraag, zowel wat betreft het type product als de te produceren aantallen.

Het project MART is een voorbeeld van zo'n assemblagefabriek [1]. MART omvat een aantal stations voor de opslag van de functionele eenheden, en enkele voertuigen die kunnen bewegen langs een geprogrammeerde baan via die stations. Een voertuig heeft een assemblagerobot aan boord met vier graden van vrijheid, zie figuur 1. De robot is in staat onderdelen op te pakken vanaf een voorraadstation, die naar de montagetafel van het voertuig te transporteren en vervolgens de vereiste assemblagehandelingen uit te voeren, zelfs als het voertuig in beweging is.



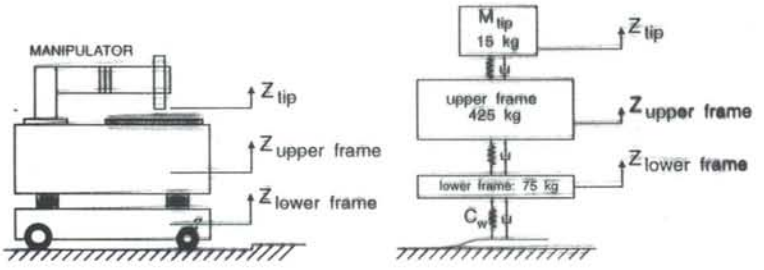
Figuur 1. Het voertuig van MART.

Het ontwerpproces in het project MART begon met de evaluatie van een aantal fundamentele concepten op grond van eenvoudige modellen. De uitkomsten van die evaluaties bepaalden de ontwerpen van de diverse systeemdelen. Naarmate de deelontwerpen zich uitbreidden, groeide ook de gedetailleerdheid van de modellen. Het was daarbij interessant te constateren dat de afwijking tussen de eerste voorspellingen, de simulaties in het eindstadium en de praktische resultaten niet meer dan 20 % bedroegen. Er kan worden geconcludeerd dat het opstellen van eenvoudige modelregels erg nuttig is bij de sturing van een dergelijk grootschalig project.

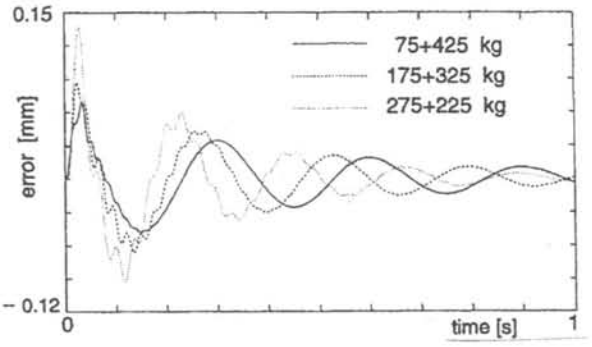
Het voertuig

Een van de eisen waaraan het voertuig moet voldoen, is dat de manipulator aan boord in staat moet zijn assemblagehandelingen uit te voeren als er gereden wordt over een vloer met oneffenheden. Het aandeel ten gevolge van het passeren van een drempel van 2,5 mm in de totale fout van de grijper mag niet meer dan 0,1 mm bedragen ten opzichte van het montagevlak. Om aan deze eis te kunnen voldoen is het voertuigframe onderverdeeld in een onderframe en een bovenframe; figuur 2. Het onderframe is stijf geveerd op relatief stijve wielen, die daarom geschikt zijn voor odometrische plaatsbepaling; het bovenframe steunt via slappe luchtveren op het onderframe.

Figuur 2. Mechanisch model ter beschrijving van het passeren van een drempel ter hoogte van 2,5 mm.



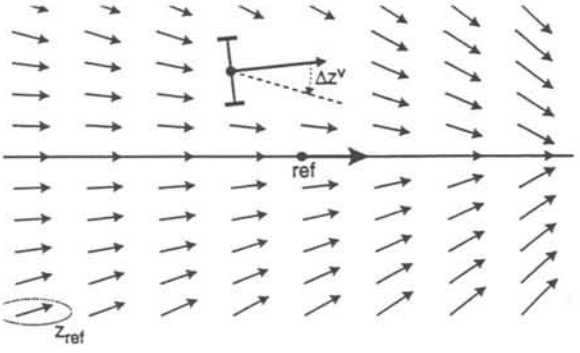
De optimale massaverdeling tussen onder- en bovenframe is door middel van computersimulaties bepaald. Als resultaat daarvan laat figuur 3 de afwijking ($z_{grijper}$ - $z_{voertuig}$) zien bij het passeren van een drempel met een snelheid van 1 m/s bij drie verschillende massaverdelingen. Naarmate het bovenframe zwaarder is, fungeert het des te beter als een laagdoorlaat-filter. Derhalve maken de relatief zware accu's (ca. 500 kg) deel uit van het bovenframe. Dat laatste fungeert ook als een stijve schakel tussen de manipulator en het mechanisme voor de koppeling aan de voorraadstations. Dit mechanisme vereist de aanwezigheid van drie bevestigingspunten, die stijf zijn verbonden met de manipulatorvoet. Daarom is er een bovenframe ontwikkeld in de vorm van een tweetal viervlakken, zie figuur 1. Het gemeenschappelijke topvlak draagt de manipulator. Het onderframe wordt ondersteund door een zwenkwiel aan de voorzijde en twee wielen die door servomotoren worden aangedreven, aan de achterzijde. Het aandrijfmechanisme van de achterwielen bevat ook encoders voor het meten van de hoekverdraaiing ten behoeve van de odometrische plaatsbepaling.



Figuur 3. De afwijking ($z_{grijper}$ - $z_{voertuig}$) als functie van de tijd bij het passeren van een drempel met een snelheid van 1 m/s.

Het volgen van de baan

De positie (x,y) en de hoekoriëntatie (ξ) van het voertuig volgen uit een schatting door middel van een Kalman-filter (te vergelijken met het navigeren op "gegist bestek"), waarbij gebruik wordt gemaakt van de meetresultaten van de plaatsbepaling ten opzichte van vaste bakens. Daar het voertuig een niet-holonoom systeem is (een fiets, die niet zijwaarts kan uitwijken zonder een voorwaartse beweging te maken, is een voorbeeld van zo'n systeem, FZ), kunnen geen zijwaartse snelheidscorrecties worden uitgevoerd zonder dat er een verplaatsing in de richting van de baan plaatsvindt, zie figuur 4. In plaats van de drie uitdrukkingen voor de snelheidsafwijking:



Figuur 4. Het terugsturen in de richting van de gewenste baan.

$$\Delta\dot{x}^v = \Delta v + \left[l - \cos\left(\Delta\varphi^v\right)\right] v_{ref} + \omega\Delta y^v$$
$$\Delta\dot{y}^v = \sin\left(\Delta\varphi^v\right) v_{ref} - \omega\Delta x^v$$
$$\Delta\dot{\varphi}^v = \Delta\omega$$

wordt er een ander foutsignaal gedefinieerd:

$$\Delta z^v = \Delta\varphi^v + \alpha\Delta y^v \operatorname{sign}(v_{ref}),$$

dat het signaal voor $\Delta\varphi$ vervangt. Dit nieuwe signaal voor de baanafwijking is mede evenredig met de fout in zijdelingse richting Δy [2,3]. Het eenvoudige stuuralgoritme dat wordt gebruikt, wordt nu:

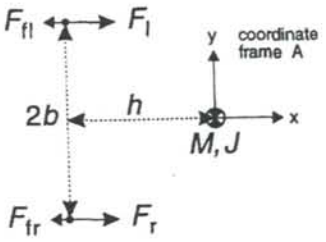
$$\Delta\dot{x}^v = \Delta v + \left[1 - \cos\left(\Delta\omega^v\right)\right] v_{ref} + \omega\Delta y^v$$
$$\Delta\dot{z}^v = \Delta\omega + \alpha\sin\left(\Delta\varphi^v\right)\left|v_{ref}\right| - \alpha\omega\Delta x^v \operatorname{sign}\left(v_{ref}\right)$$

De parameter α bepaalt de sterkte van het sturen in de richting van de bedoelde baan. Een simpel stuuralgoritme werd gebruikt:

$$\Delta\dot{x}^v = -K_x\Delta x^v; \quad \Delta\dot{z}^v = -K_2\Delta z^v$$

Met $\Delta v = \delta v_{ref}$ en $\Delta\omega = \delta\omega_{ref}$ resulteert dit uiteindelijk in de volgende vergelijkingen voor de correctiesignalen:

$$\delta v_{ref} = -Kv_x\Delta x^v - \left(1 - \cos\left(\Delta\varphi^v\right)\right) v_{ref} - \omega\Delta y^v$$
$$\delta\omega_{ref} = -K_z\Delta z^v - \alpha\sin\left(\Delta\varphi^v\right)\left|v_{ref}\right| - \alpha\omega\Delta x^v sign\left(v_{ref}\right)$$

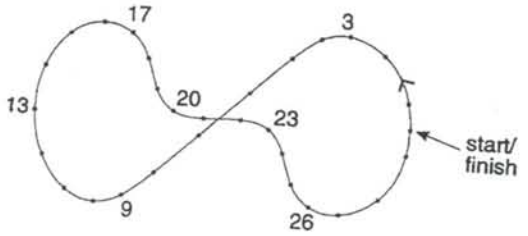


Figuur 5. De symbolen voor het opstellen van de bewegingsvergelijkingen van het voertuig.

Met het model van figuur 2 en de symbolen van figuur 5 kunnen de volgende bewegingsvergelijkingen voor het voertuig worden opgesteld:

$$M\dot{v} = hM\omega^2 + F_l + F_r - F_{fl} - F_{fr}$$
$$\left(J + Mh^2\right)\dot{\omega} = hMv\omega + b\left(F_r - F_l - F_{fr} + F_{fl}\right)$$

$$F_{fl} = K_l \operatorname{sign}(v_{\omega l}); \; F_{fr} = K_r \operatorname{sign}(v_{\omega r})$$

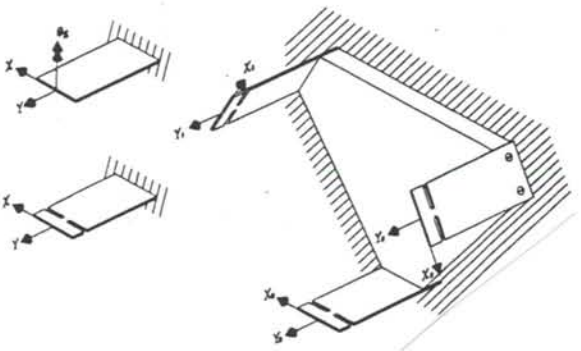


Figuur 6. Referentiebaan met een lengte van 12 m, die wordt afgelegd in 34 s.

De niet-lineaire componenten $hM\omega^2$ en $hMv\omega$ in de bewegingsvergelijkingen worden gecompenseerd door middel van terugkoppeling. Dat alles resulteert in een afwijking die nergens een waarde van 10 mm overschrijdt bij het afleggen van een referentiebaan van 12 m lengte in 34 seconden, zie figuur 6. Vergelijkbare resultaten zijn verkregen met behulp van een zelflerend regelsysteem met voorwaartse tegenkoppeling. Voor dat systeem is slechts een eenvoudig model van het voertuig nodig [4].

Productaanvoerstations

Een productaanvoerstation (PS) bestaat uit een voorraad producten, een productuitneemsysteem en een koppelmechanisme. Het voertuig nadert het koppelmechanisme met een afwijking kleiner dan 10 mm, bepaald door de nauwkeurigheid van de baansturing. Het koppelmechanisme zorgt voor het vastgrijpen van het voertuig, zodanig dat er geen enkele graad van vrijheid overblijft. Het koppelmechanisme berust op het concept van drie bladveren die ieder twee graden van vrijheid vastleggen [5], zie figuur 7. Elke

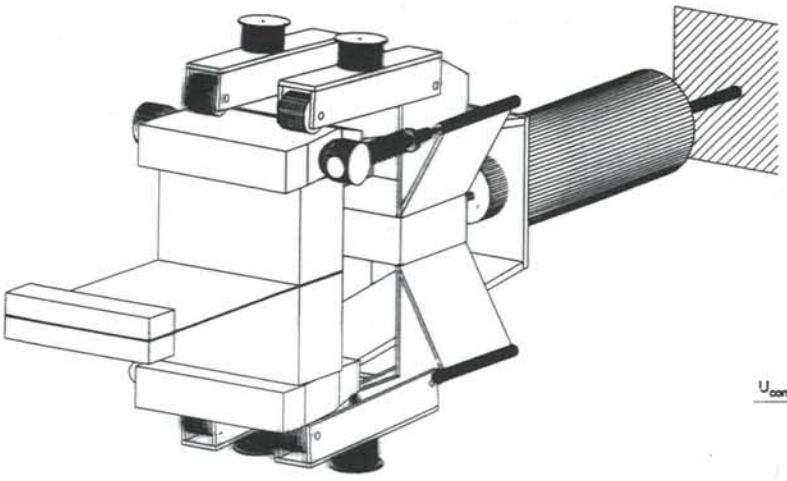


Figuur 7. Concept koppelmechanisme.

bladveer aan boord van het voertuig wordt vastgehouden door een klem, zie figuur 8, waarvan er drie op het PS zijn gemonteerd. De bladveren, die zijn bevestigd op drie hoeken van het viervlak (figuur 1), garanderen dat de verbinding tussen het

werkvlak van de manipulator en het PS eenduidig en zeer stijf is zolang het voertuig aan het PS gekoppeld is. In die toestand zwenkt de manipulator boven PS en herkent een aantal merkpunten, waardoor de coördinaten van het voertuig en het PS aan elkaar worden gerelateerd. In tegenstelling tot verschillende (mechanische) oplossingen uit het verleden ziet men hoe hier, dank zij de relatieve nauwkeurigheid van het navigeren, de bereikte positie met mechanische klemmen kan worden gefixeerd, waarna het relateren van het voertuig aan het PS met camera's en coördinatentransformatie plaatsvindt. Er is hier derhalve sprake van een mechatronische oplossing.

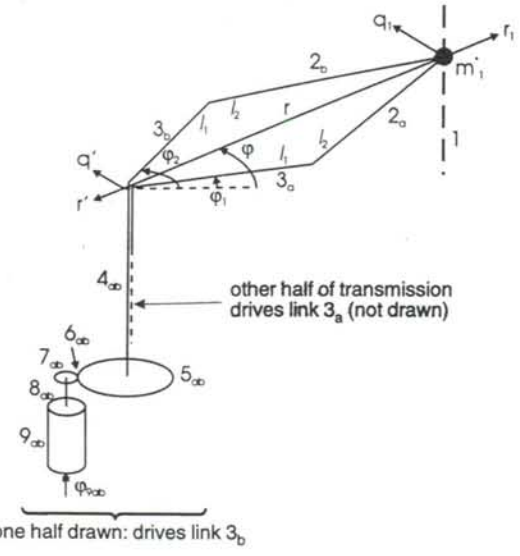
Figuur 8. Klem (waarvan er drie zijn gemonteerd op het productaanvoerstation) voor het vasthouden van een der bladveren van figuur 7; zie ook figuur 1.

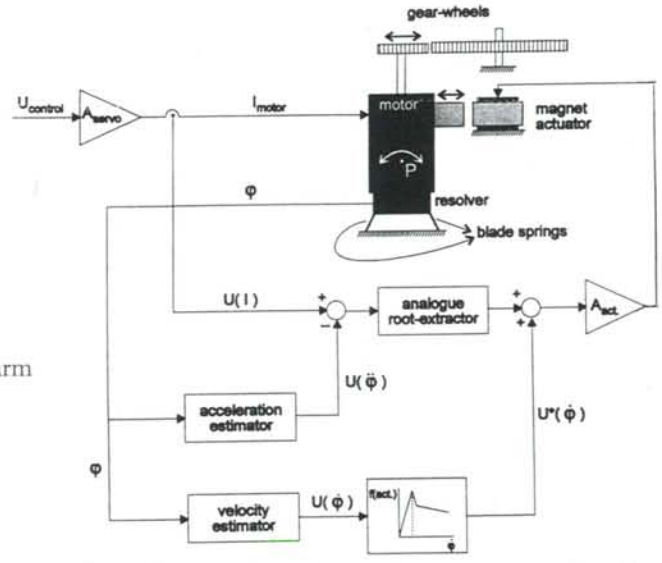


De manipulator

De manipulator, zie figuur 9, is samengesteld uit twee delen, die ieder bestaan uit een aandrijving (9,8,7,5), een aandrijfas (4), een dubbele bovenarm (3) en een dubbele onderarm (2). De beide onderarmen komen bij elkaar in het polsgewricht (1). Deze (r,φ)-configuratie met twee vrijheidsgraden met de aandrijving in het voetstuk heeft het voordeel dat de bewegende massa relatief gering is. De armen zijn ontworpen als dunwandige dozen met grote stijfheid en kleine massa. Met geblokkeerde servomotor (9) blijkt de laagste eigenfrequentie van het mechanisme te liggen tussen 60 en 130 Hz. Het polsgewricht zelf bezit twee graden van vrijheid: rotatie rondom zijn eigen as en translatie in de richting van die as. De servomotoren voor het beheersen van deze vrijheidsgraden zijn eveneens in het voetstuk ondergebracht. Om een voldoend grote bandbreedte te bereiken is gezorgd voor een zeer stijve aandrijving tussen deze motoren en het polsgewricht. Die aandrijving bestaat uit twee assen die in het hart zijn gemonteerd van de holle assen (4) en waaraan tandriemen zijn gekoppeld binnen de doosvormige armen. Door de hoge eigenfrequenties van de manipulator kon worden volstaan met PD-regelaars voor de diverse motoren.

Figuur 9. De manipulator.





Figuur 10. Het principe van de gestuurde voorspanning van de tandwielen (7) en (5) van figuur 9.

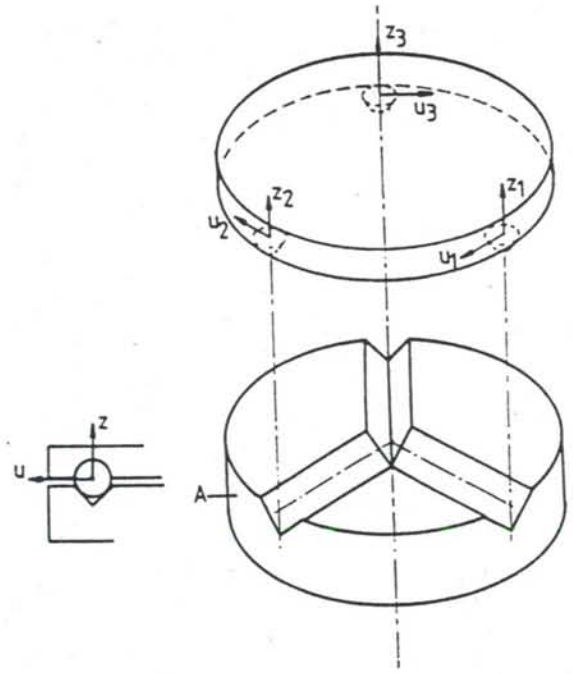
De tandwielen (7) en (5) zijn regelend voorgespannen [6], enerzijds om speling te vermijden, anderzijds om hysterese als gevolg van wrijving te minimaliseren. De voorspanning tussen het rondsel en het grote tandwiel wordt bewerkstelligd door een elektromagneet, zie figuur 10. De voorspanning zou in principe gelijk moeten zijn aan

$$F_v = \frac{(T - J\ddot{\varphi})(\tan\alpha)}{r} = \frac{(K_m I - J\ddot{\varphi})(\tan\alpha)}{r}$$

met T het elektromagnetische koppel, J het massatraagheidsmoment van de motor, r de straal van het rondsel, α de drukhoek behorende bij de tandwielgeometrie en K_m de motorconstante. Figuur 10 laat ook zien dat er een enigszins uitgebreider algoritme is toegepast. De versnelling ($\partial^2\varphi/\delta t^2$) en de snelheid ($\partial\varphi/\delta t$) moeten worden geschat door een waarnemer. De analoge worteltrekker compenseert het niet-lineair zijn van de magnetische actuator. Ook hier is er sprake van een mechatronische oplossing. Er is immers regeltechniek toegepast om het aloude spelingsprobleem in een tandwieloverbrenging te elimineren.

Het grijperwisselsysteem

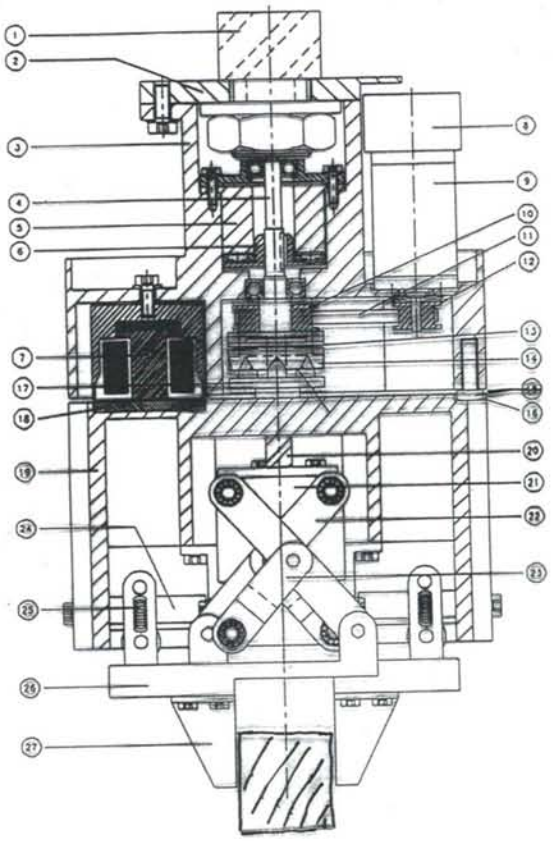
De manipulator moet achtereenvolgens verschillende componenten kunnen pakken. Het universele grijpermechanisme wordt uniek door de uitrusting met vingers die zijn aangepast aan de diverse componenten. De verbinding tussen het polsgewricht van de manipulator en het grijpermechanisme bepaalt eenduidig de plaats van de grijper ten opzichte van de robot, doordat op drie plaatsen een bol in een V-



Figuur 11. De reproduceerbare koppeling tussen grijper en robot.

groef valt [5], zie figuur 11. De benodigde motor maakt deel uit van de manipulator. De motoras heeft een hoog toerental (derhalve een relatief laag koppel) en wordt op dit niveau doorgekoppeld naar de as van de grijper. De verbinding vindt plaats via een klauwkoppeling volgens het idee van figuur 11, in combinatie met een flexibele koppeling volgens het concept van ([5] voorbeeld V 1.2.4).

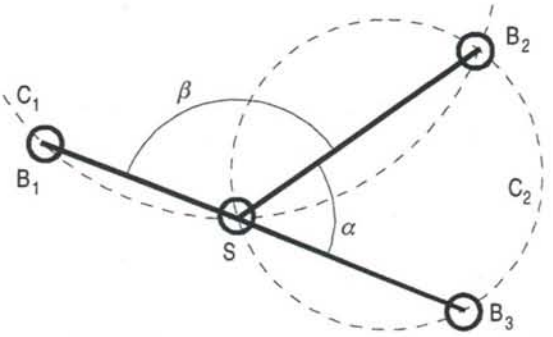
Figuur 12 toont het complete grijper-wisselsysteem.



Figuur 12. Het grijper-wisselsysteem. 1. spil manipulator; 2. flens; 3. frame; 4. as; 5. rem; 6. remschijf; 7. elektromagneet; 8. encoder; 9. motor; 10. tandriemschijf; 11. tandriem; 12. tandriemschijf; 13. flexibele koppeling; 14. koppeling manipulatorzijde; 15. kogel; 16. V-groef; 17. koppeling grijperzijde; 18. stalen schijf; 19. frame grijper; 20. spil; 21. kogelomloopmoer; 22. aandrijfstang; 23; rechtgeleidingsstang; 24. rail; 25. V-wiel/veer/kogellager-configuratie; 26. bek; 27. vinger.

De navigatie

Drie actieve infrarood-bakens zijn voldoende om de plaats van het voertuig te bepalen volgens de triangulatiemethode van Snellius [7], zie figuur 13. Er



Figuur 13. Plaatsbepaling volgens de triangulatiemethode van Snellius [7].

kan echter van meer bakens gebruik worden gemaakt. Een met een frequentie van 4 Hz roterende sensor detecteert achtereenvolgens de hoekoriëntatie van de bakens. Dit kan worden uitgedrukt als

$$\alpha_n = a\tan\frac{b_{y,i} - y_n}{b_{x,i} - x_n} - \varphi_n + v_n$$

waarin (x_n, y_n, φ_n) de positie van het voertuig (dus de as van de roterende detector) is en (b_{xi}, b_{yi}) de positie van baken i. Verder is α_n de gemeten hoek en v_n de "ruis" in de meting. Daar het voertuig in beweging is, wordt ook het tijdstip van de meting van α_n geregistreerd. Het bakendetectiesysteem heeft een aftastfrequentie van slechts 4 Hz en werkt samen met een odometrisch plaatsbepalingssysteem. Daartoe is ieder van de aangedreven wielen uitgerust met een hoek-encoder.

Het bakendetectiesysteem en het discrete Kalman-filter [7] bepalen samen iedere 1/4 seconde een nieuwe schatting van de correctie op koers en snelheid om op de bedoelde baan terug te komen. Het terugkoppelsignaal van de odometrie zorgt ervoor dat de servomotoren het voertuig de nieuwe correcties doen volgen. Het model van het voertuig in het Kalman-filter is zo eenvoudig mogelijk gehouden: alleen de dynamica van de servomotoren en van het voertuig zijn opgenomen. Door het combineren van twee navigatiesystemen vullen de voordelen van beide systemen elkaar aan: enerzijds het ontbreken van drift, anderzijds de hoge positie-bemonsterfrequentie, die zorgt voor een bandbreedte van de baansturing die beduidend hoger is dan 4 Hz.

Hard- en software

De hardware bestaat uit boord-transputers, een radioverbinding en een computer die vast is opgesteld in de omgeving. De transputers aan boord van het voertuig zijn belast met de besturing van de aandrijving, de manipulatie, de positiebepaling, het grijperwisselsysteem en de videocamera's van de robot. De gegevensverwerking die te maken heeft met alle fabricagetaken, zoals productinformatie en routing, wordt verzorgd door de vast opgestelde computer. Het ontwerp van de hardware maakte het mogelijk een modulair software-systeem te ontwikkelen.

Conclusies

- Dank zij de samenhangende oplossingen ontleend aan mechanica, regeltechniek en informatica functioneert het systeem overeenkomstig de tevoren gestelde eisen.
- De samenwerking van specialisten van verschillende disciplines is van cruciaal belang voor het welslagen van een mechatronisch project.
- Modelvorming is daarbij een waardevol hulpmiddel gebleken om het wederzijdse begrip voor elkaars probleemoplossingen te vergroten.

Het project MART is in vijf jaar tot een goed einde gebracht. Het projectteam was samengesteld uit een hoofdprojectleider en projectleiders voor ieder van de vier disciplines. Er werd intensief samengewerkt met de staf van de mechanische en elektrische werkplaatsen. Ongeveer vijftig studenten werktuigbouwkunde, elektrotechniek (regelen, meten) en informatica voltooiden binnen het project MART hun afstudeeropdracht.

Over de auteur

Prof.dr.ir. M.P. Koster is deeltijdhoogleraar aan de Universiteit Twente in het C.J. Drebbel Institute for Systems Engineering. Hij is tevens werkzaam bij Philips CFT. Het hier beschreven werk is uitgevoerd aan de UT.

Het artikel is vertaald en bewerkt door Frans Zuurveen

Literatuur

[1] J. Abrahams, mondelinge mededeling, Philips Electronics, Eindhoven 1990.

[2] W. Oelen, Modelling as a tool for design of mechatronic systems, afstudeerrapport Universiteit Twente, 1995.

[3] W. Oelen en J. van Amerongen, Robust Tracking Control of Two Degrees of Freedom Mobile Robots, Control Engineering Practice, 2(1994)2 p. 333-340

[4] J.G. Starrenburg, W.T.C. van Luenen, W. Oelen en J. van Amerongen, Learning Feedforward Controller for a Mobile Robot Vehicle, Control Engineering Practice, 4(1994)9, p. 1221 - 1230.

[5] M.P. Koster, Constructieprincipes voor het nauwkeurig bewegen en positioneren, Uitgeverij Universiteit Twente 1996.

[6] C.W. Kruijer, Regelend voorspannen van tandwielen, Mikroniek 32(1992)9 p.117 - 121.

[7] A.J. de Graaf, On-line measuring systems for a mobile vehicle and a manipulator gripper, afstudeerrapport Universiteit Twente, 1994.

Faust en Wagner, machineontwerp en processimulatie

Twee nieuwe methoden voor seriefabricage van asferische lenzen

Hedser van Brug, Cees J. van der Laan, Hans J. Frankena, Oliver W. Fähnle

Twee nieuwe technieken voor het vervaardigen van asferische oppervlakken, gebaseerd op hetzelfde principe, zijn ontwikkeld. Deze twee technieken worden respectievelijk aangeduid met FAUST (Fabrication of Aspherical Ultraprecise Surfaces using a Tube) en WAGNER (Wear-based Aspherics Generator using a Novel Elliptical Rotator); op beide is een patent verleend. De principes waarop deze technieken berusten zijn in zowel de Nederlandse [1,2] alsook de Engelse [3,4,5] literatuur reeds uitvoerig beschreven. Beide technieken combineren het zelfcorrigerende karakter van het traditionele krachtgestuurde slijpen en polijsten met eigenschappen van hoge precisiebewerkingsmachines, zodat een gunstige doorgave tussen fouten in de vorm van het gereedschap en de vorm van het geproduceerde oppervlak wordt verkregen. Het vormgeven door voorbewerken gevolgd door polijsten vindt plaats op hetzelfde apparaat zodat de uiteindelijk bereikte vorm verbeterd wordt. Het ontwerp van gereedschappen gebaseerd op FAUST en WAGNER wordt getoond en de eerste testresultaten van de op WAGNER gebaseerde machine worden besproken. Als laatste wordt een nauwkeurigheidsanalyse gepresenteerd, samen met een simulatie van het productieproces. De verkregen resultaten kunnen gebruikt worden om productiefouten van te voren te compenseren.

Asferische lenzen

Al vele jaren wordt gezocht naar een methode om asferische lenzen te maken. In de optiek is daaraan grote behoefte, omdat een enkele asferische lens een aantal lenzen tegelijk kan vervangen. Zowel uit kwaliteits- als uit kostenoverwegingen is dit een aantrekkelijk idee.
Tot nu toe konden asferische lenzen alleen gemaakt worden op zeer dure hydrostatisch gelagerde machines met een bijzonder nauwkeurige baanbesturing. De kosten daarvan stonden een grootschalige fabricage van asferische lenzen in de weg. Een alternatief daarvoor was het in kunststof spuitgieten van lenzen in asferische matrijzen. Maar dit heeft niet de kwaliteit die met glasoptiek te realiseren is.

Bij TNO/TPD-TUDelft en de sectie Optica van de TU Delft zijn een tweetal methoden ontwikkeld waarmee met een geringe investering in gereedschap en apparatuur perfecte asferische lenzen kunnen worden gemaakt. Daarmee worden mogelijkheden geopend voor een grootschalige fabricage van asferische lenzen. De opbouw van de apparaten vindt plaats bij de sectie Optica van de T.U.Delft, waarbij TNO/TPD financiële ondersteuning geeft inclusief de financiering van de AIO, O.W. Fähnle die het onderzoek uitvoert.

Voor een mechanicus zijn deze methoden als volgt voor te stellen:

FAUST

Met een mantelkopfrees of met een eensnijder een bol gedeelte maken is een kunst die oudere instrumentmakers nog wel kennen. De kunst gaat als volgt: het werkstuk wordt op een ronddtafel geplaatst en de frees wordt onder een hoek geplaatst. De as van het werkstuk en die van de frees moeten elkaar snijden. Terwijl de frees draait wordt het werkstuk langzaam rondgedraaid en zo ontstaat een bol gedeelte aan het werkstuk.
Dit proces is makkelijk zichtbaar te maken door een kartonnen koker (van een toiletrol) tegen

een biljartbal te drukken. De bal heeft nu een lijncontact met de koker. Als de rotatieassen van bal en koker een hoek met elkaar maken, dan wordt tijdens een omwenteling van de bal een groot deel van het oppervlak bestreken. Met een kleinere koker is het ook mogelijk dezelfde bolvorm te maken, maar het oppervlak dat geraakt wordt is dan kleiner.

Wanneer de koker ovaal van doorsnede is, dan kunnen asferische (niet-bolvormige) oppervlakken gemaakt worden. Speciaal in de optiek is daaraan behoefte.
Het beschreven gereedschap FAUST doet dit door een bandvormig gereedschap in een ovale mal te persen en met een rubberen ring aan te drijven. Het gereedschap draait dus rond, maar door het glijden in de mal heeft het een vaste ovale vorm die niet meedraait.

WAGNER

Een ellips kan ook op een andere manier gemaakt worden. Een klassieke manier om een zuivere ellips te tekenen is een ruime touwlus om twee in de tafel geslagen spijkers te leggen en met een potlood rond te gaan waarbij de touwlus door het potlood steeds strak gehouden wordt.
Bij het apparaat WAGNER wordt van dit principe gebruik gemaakt. Op de plaats van het potlood is een kleine komvormige slijpschijf (komschijf) aangebracht op de arm van een pantograaf die ronddraait en de lus volgt. Doordat ook hier de lus om twee pennen ligt, beschrijft de pantograaf een perfecte ellips.

Redactie

Werkingsprincipe

Veronderstel dat een radiaal deel (r in het bereik van $\Delta \leq r \leq r_m$) van een bol, danwel hol omwentelingsoppervlak, wordt gesneden met een vlak parallel aan de y_r-as, zie figuur 1. In dit vlak liggen de punten $P_\Delta = \{\Delta, 0, f(\Delta)\}$ en $P_m = \{r_m, 0, f(r_m)\}$ (de functie f(r) beschrijft de langsdoorsnede van het oppervlak die de symmetrie-as bevat). De snijlijn tussen het omwentelingsoppervlak en dit snijvlak ligt in het *xy*-vlak en zal in het volgende aangeduid worden met *Curve*.

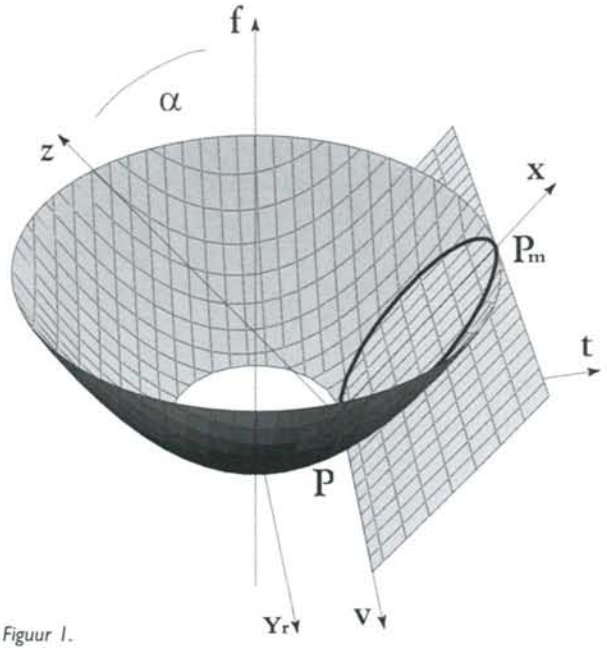
Indien een gereedschap met de vorm van deze *Curve*, op een afstand Δ van de rotatie as van het werkstuk, en onder een hoek α, volgend uit:

$$\alpha = \arctan\left(\frac{f(r_m) - f(\Delta)}{r_m - \Delta}\right),$$

ten opzichte van de as r geplaatst wordt, kan dit gebruikt worden voor de productie van het hierboven beschreven oppervlak. Voor het vervaardigen van een radiaal deel ($\Delta \leq r \leq r_m$) van het oppervlak, is dus een gereedschap nodig met als dwarsdoorsnede de vorm van de *Curve*, gegeven door [3]:

$$x(r) = \frac{f(r) - f(\Delta)}{\sin(\alpha)}$$

$$y(r) = \sqrt{r^2 - \left(\frac{f(r)}{\tan(\alpha)} + \frac{\Delta\, f(r_m) - r_m\, f(\Delta)}{f(r_m) - f(\Delta)}\right)^2}$$



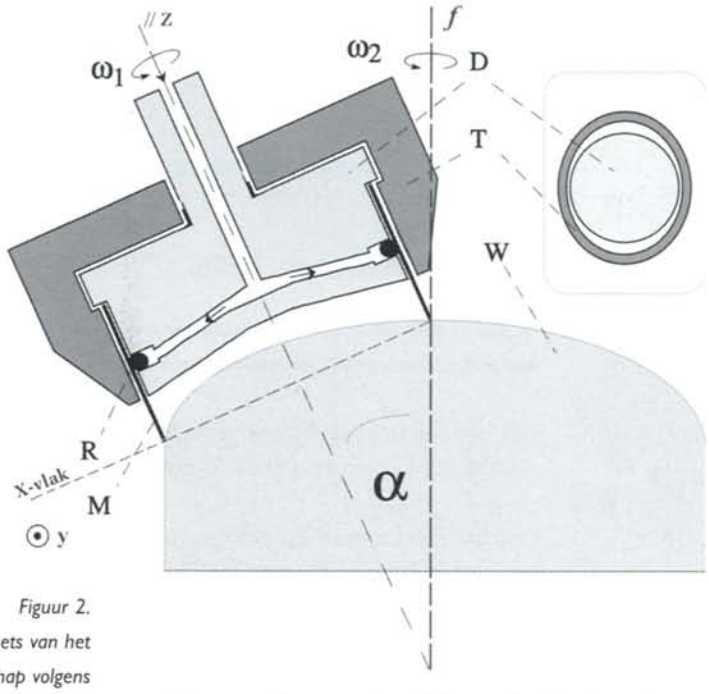
Figuur 1.
Werkingsprincipe van FAUST en WAGNER en de definitie van het yr, t, f- coördinatensysteem van het werkstuk en het y, x, z -coördinatensysteem van de curve

Hieruit volgt dat het mogelijk is om alle vormen van bolle en holle, on- en off-axis omwentelingsoppervlakken te vervaardigen. (Off-axis betekent dat van optische elementen het centrale deel is verwijderd, bijvoorbeeld om licht door te kunnen laten.) De

vorm van het vervaardigde oppervlak hangt af van de vorm van de *Curve* en van de hoek α tussen gereedschap en werkstuk. Hierdoor is het mogelijk om met één vorm van het gereedschap verschillend gevormde werkstukken te vervaardigen door de hoek te variëren. De methode FAUST heeft een lijncontact volgens de *Curve*, de methode WAGNER heeft daarentegen een puntcontact. Beide methoden, zowel FAUST als WAGNER, werken met een vaste aandrukkracht.

FAUST

Een apparaat voor de methode FAUST is momenteel in ontwikkeling. Op het stijve freem van een frees-



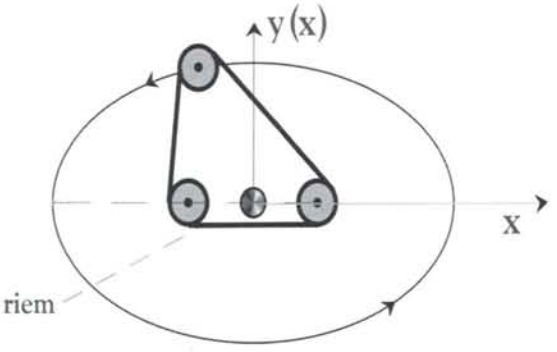
Figuur 2. Schets van het gereedschap volgens de methode FAUST. T geeft de niet roterende mal aan, M de band, W het werkstuk en D een roterende kern die de band aandrijft en radiaal naar buiten duwt, door middel van een elastisch element R, tegen T. (In de inzet staat een bovenaanzicht).

machine wordt een state-of-the-art luchtgelagerde verticale spil gebruikt om het werkstuk te roteren. Een buisvormig element T, zie figuur 2, met een ovale dwarsdoorsnede in een vlak evenwijdig aan het *xy*-vlak, is geplaatst boven het werkstuk, dusdanig dat de f - en de *z*-as elkaar snijden onder de hoek α. Het oppervlak wordt bewerkt met behulp van een band die langs de onderrand van de buis T geleid wordt en daarbij een lijncontact heeft met het werkstuk in het *xy*-vlak. Een ronde kern D draait om zijn hartlijn evenwijdig aan de *z*-as en drijft de band aan door middel van een elastisch element R, bijvoorbeeld een rubberen ring, dat radiaal naar buiten wordt geduwd. Op deze wijze volgt de band de ovale dwarsdoorsnede van de buis en maken gereedschap en werkstuk lijncontact langs de benodigde *Curve*. Het gereedschap kan een translatie uitvoeren in de f-richting, zodat de *Curve* langs deze as het werkstuk in gaat. Om dit te bereiken heeft het aangedrukte buiselement een vrijheidsgraad langs een as in het *xz*-vlak, die een hoek α-σ maakt met de f-as (de hoek σ hangt af van de verhouding tussen bandslijtage en afnamesnelheid van het werkstukmateriaal [3]. Omdat FAUST een krachtgestuurd proces is, is het mogelijk te slijpen met ongebonden slijpmiddelen gevolgd door 'kom' polijsten voor de productie van asferische oppervlakken.

WAGNER

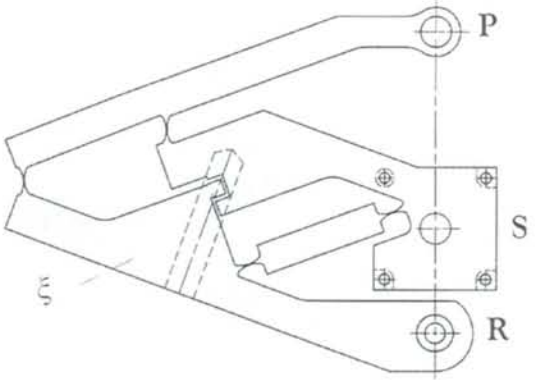
Uit theoretische beschouwingen en uit eigen ervaringen blijkt dat uitgaande van ellipsen, conische omwentelingsoppervlakken – ellipsoïden, hyperboloïden, paraboloïden – zijn te genereren. Dit zijn oppervlakken die veelvuldig gebruikt worden voor asferische lenzen.

Figuur 3. Ellipsgenerator met slijp- en polijstkop gemonteerd op de pantograaf.



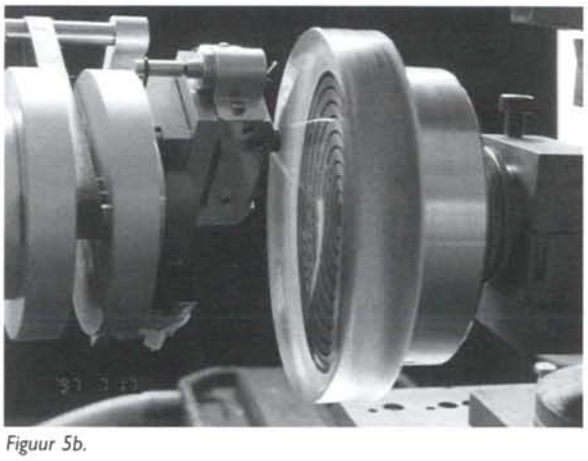
Figuur 4a. Schets van een mechanisme volgens de methode WAGNER voor het genereren van een elliptische baan doormiddel van drie pennen met gelijke doorsnede.

Een aandrijfmechanisme, bestaande uit een ellipsgenerator met een erachter geschakelde pantograaf, stuurt een slijp- en polijstgereedschap met puntcontact langs de Curve. Met dit gereedschap is het, gebaseerd op WAGNER, mogelijk om alle vormen van conische oppervlakken te vervaardigen [4,5], zowel on- als off-axis; zie figuur 3. Daartoe wordt een elliptische baan gegenereerd waarbij drie pennen gebruikt worden met gelijke doorsnede ($2r_0$), zie figuur 4a:



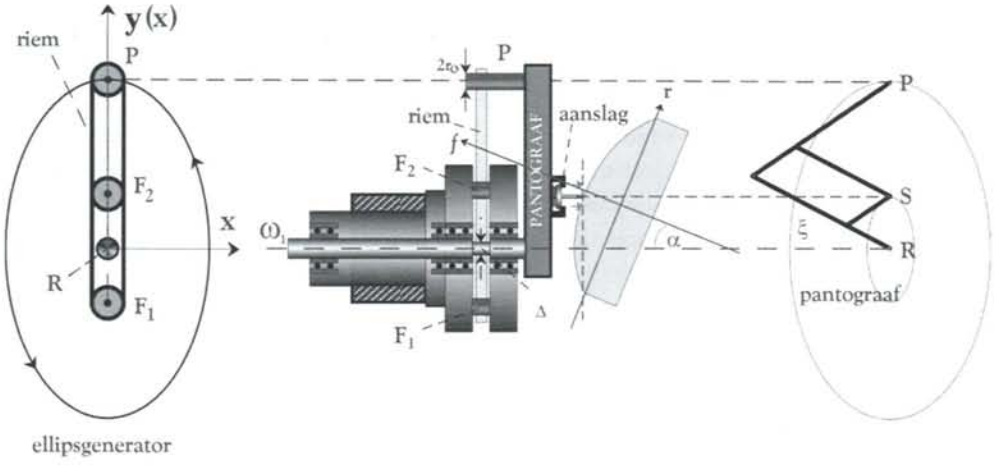
Figuur 4b De pantograaf is gemaakt van een 15 mm dikke aluminium plaat, en bevat 4 gatscharnieren verkregen door vonkverspaning, zodat een spelingsvrije beweging mogelijk is.

De pen P draait rond twee vaste pennen F_1 en F_2, terwijl P gelijktijdig radiaal naar buiten geduwd wordt met behulp van een veer, dusdanig dat de riem die rond de drie pinnen ligt, goed strak gehouden wordt. Zodoende beschrijft het middelpunt van P een geometrisch perfecte ellips in het *xy*-vlak. Deze ellips wordt bepaald door de afstand *e* tussen F_1 en F_2, en door de lengte *l* van de riem. Het middelpunt ervan ligt op de rotatie-as R van het aandrijfmechanisme en de drie pennen liggen parallel aan de *z*-as. De rotatie-as R moet ter plaatse van de riem een diameter Δ hebben kleiner dan $2r_0$ om contact met de riem te vermijden. Door de ligging van de as door F_1 en F_2 te veranderen, parallel aan de *y*-as of parallel aan de *x*-as, kunnen alle mogelijke on- en off-axis conische oppervlakken gegenereerd worden [5], waarbij geen controle tijdens de productie vereist is.



Figuur 5b. De slijp en polijstkop tijdens de bewerking van een lens. Door het doorzichtige deel heen zijn spanplaat en lensrand zichtbaar.

Om het produceren van gelijke, maar anders geschaalde oppervlakken mogelijk te maken, wordt een pantograaf gebruikt die de punten P, R en S verbindt, zie figuur 4b. S is het punt waar het slijp- en polijstgereedschap wordt geplaatst. De pantograaf roteert in een vlak evenwijdig aan het *xy*-vlak, rond het vaste referentiepunt R, zie figuur 5a en b. Zijn stijve constructie maakt het mogelijk om hem te gebruiken voor het aandrijven van de pen P en tegelijk om S te geleiden langs een geschaalde



Figuur 5a. Pantograaf. De beweging van punt S is een geschaalde versie van de curve die punt P volgt.

versie van de baan gevolgd door P. De arm z zit vast aan R en roteert met een constante hoeksnelheid ω_1. Hierdoor worden de punten P en S versneld langs hun baan waardoor zogenaamde cycloïdevorming tegengegaan wordt.

Slijpproces

Het slijp- en polijstproces met gebonden slijpmiddel geschiedt met puntcontact. De snelheid langs de baan varieert en dus variëren de materiaalafname en de daardoor opgewekte slijpkracht eveneens. Het is heel moeilijk een zodanig stijve constructie te maken dat deze variatie in de slijpkracht geen ongewenste vormafwijking van het product tot gevolg heeft. Daarom is gekozen voor een andere methode, het slijpen met een vast ingestelde kracht. Om desondanks de gewenste vormnauwkeurigheid van het product te realiseren, wordt de slag van het gereedschap begrensd met een aanslag. Wanneer die bereikt wordt neemt de slijpkracht af, totdat geen materiaal meer verspaand wordt. De slijp- en polijstkop beweegt dan langs een baan die een vorm heeft gelijk aan die van de *Curve*.

De nauwkeurigheid van elke uitgevoerde baan wordt dus gegeven door:

- de starheid van de positie van F_1 en F_2 ten opzicht van het werkstuk,
- de nauwkeurigheid van de riemlengte (die afhangt van de elasticiteitsmodulus),
- de nauwkeurigheid van r_0 en uiteindelijk van de schalingsfactor van de pantograaf.

Een fout in de positie van de rotatieas R ten opzichte van het midden van de ellips, beïnvloedt de productie niet. Hele hoge nauwkeurigheden kunnen verwacht worden omdat de toegepaste rotatiesnelheden laag zijn (zowel ω_1 als ω_2 in de orde van 1 Hz), het WAGNER gereedschap in een stijf freem geplaatst is en de krachten klein zijn: P wordt met 20 N naar buiten geduwd tegen de riem en de slijp-polijstkop wordt met 10 N tegen het werkstuk gedrukt.

Om de mogelijkheden tot het genereren van gladde oppervlakken met behulp van WAGNER te demonstreren, is een eerste test uitgevoerd waarbij WAGNER is opgebouwd op een 'oude' slijpmachine, die slecht gedempt is voor trillingen en een klassieke spil heeft. De amplitude van de trillingen is in de orde van 5 - 10 μm met een frequentie van 1 Hz, hetgeen overeenkomst met de rotatiesnelheid van onze WAGNER slijpkop. Het oppervlak (glas, BK7, met r_m = 70 mm) was nauwkeurig geslepen met een komschijf (tin, diameter *d* is 10 mm), waarbij losse diamantslijpkorrels van 1 μm groot in een oliegebaseerde smurrie gebruikt werden. Zodra een glimmend oppervlak verkregen werd, werd het proces gestopt en de gemiddelde ruwheid van R_a = 4,15 nm vastgesteld. Het geproduceerde conische oppervlak, een hyperbool, bleek binnen de instelnauwkeurigheid van ons apparaat gelijk te zijn aan het gewenste oppervlak. De vormafwijking van dit oppervlak is 9,7 μm top-dal (standaarddeviatie σ = 4,89 μm) ten opzichte van het geproduceerde oppervlak. Deze afwijking kan verklaard worden met de amplitude van de machinetrillingen. Om deze reden worden verdere proeven uitgevoerd op een betere (stijvere) machine met betere instelmogelijkheden.

Nabeschouwing

FAUST en WAGNER worden gekarakteriseerd door drie vrijheidsgraden:

- de rotatie van het werkstuk rond zijn symmetrie as (ω_2),
- de rotatie van het gereedschap langs de *Curve* (ω_1) en
- de translatie, parallel aan de *f*-as, van de baan met de vorm van de *Curve* .

Bij zowel FAUST als WAGNER wordt de *Curve* van te voren vastgelegd, waardoor geen controle of aanpassingen van een gecompliceerde *Curve* tijdens het proces vereist zijn. De vormtoleranties van de *Curve* zijn ruimer dan die van de vorm van het werkstuk. Eventuele fouten in de *curve* worden gunstig geschaald doorgegeven omdat de foutdoorgave afhankelijk is van de hoek α tussen gereedschap en werkstuk [3]. De vormnauwkeurigheid van het vervaardigde oppervlak hangt ook nog af van de accurate positionering en oriëntatie van de *Curve* ten opzichte van het werkstuk. Hierdoor is een isolatie van trillingen en temperatuurvariaties vereist. Echter, een machine gebaseerd op FAUST of WAGNER, is minder gevoelig voor externe mechanische verstoringen dan een precisieslijpmachine, doordat het gereedschap terugveert als de ingestelde aandrukkracht overschreden dreigt te worden.

Bij FAUST en WAGNER zijn:

- het positioneren van het gereedschap boven het werkstuk en
- het definiëren van de vorm van de gereedschapsbaan afzonderlijke functies, wat de mogelijkheid

biedt fouten onderling te compenseren. Het is bijvoorbeeld mogelijk om kleine onnauwkeurigheden in het stangenmechanisme en kleine afwijkingen van de gereedschapsbaan ten opzichte van het werkstuk van te voren te compenseren in de ontwerpfase van het stangenmechanisme.

Er is een numeriek analyseprogramma geschreven waarmee de afwijkingen in de vorm van het werkstuk ten gevolge van alle mogelijke fouten in de vorm van de *Curve* en de uitlijning van de *Curve* ten opzichte van het werkstuk, gesimuleerd kunnen worden. De verkregen resultaten van deze analyse kunnen gebruikt worden om de vorm van de *curve* aan te passen.
Er is tevens een programma ontwikkeld waarmee het slijp- en polijstproces van FAUST gesimuleerd kan worden wat het mogelijk maakt de verkregen werkstukvorm en de werkelijke banddoorsnede te simuleren.

Simulatie volgens wet van Preston

Deze simulatie is gebaseerd op de wet van Preston [6] en gaat in de aanvang uit van een rechthoekige doorsnede van de band met een dikte *d* in het *xy*-vlak en van een sferisch oppervlak. De band roteert langs de vorm van de *Curve* en heeft slechts gedeeltelijk contact met het werkstuk. De aangedrukte buis kan bewegen langs een as z_σ die ligt in het *xz*-vlak en een hoek maakt van σ met de *z*-as en die afhangt van de verhouding tussen gereedschapslijtage en afnamesnelheid van het werkstuk [3]. De verhouding tussen ω_1 en ω_2 wordt constant verondersteld. Een punt t, gepositioneerd op de band, wordt in het r, z_σ-coördinatensysteem gegeven door een vector

$$t(n,r) = \begin{vmatrix} \cos(\sigma)\ (x(r) + nd\ \sin(\phi)) \\ y(r) - nd\ \cos(\phi) \\ \sin(\sigma)(x(r) + nd\ \sin(\phi)) \end{vmatrix}$$

waarbij: $\tan(\phi) = \dfrac{\partial y(r)}{\partial r} \Big/ \dfrac{\partial x(r)}{\partial r}$

$Nd = \delta$, $\Delta \leq r \leq r_m$ en $0 \leq n \leq N$ (d geeft de grootte aan van het contactvlak tussen band en werkstuk in het punt τ). De afstand langs de z_σ-as en de overeenstemmende punten op het werkstukoppervlak bepaalt hoeveel punten van de band afslijten gedurende één iteratiestap. Vervolgens is de hoeveelheid locale gereedschap- en werkstukslijtage bepaald, waarbij de relatieve snelheid tussen band en werkstuk en de grootte van het contactvlak tussen band en werkstuk in rekening gebracht worden. Op deze manier wordt de vorm van de dwarsdoorsnede van de band en die van het werkstuk gesimuleerd. Dit kan gebruikt worden om de fouten ten gevolge van de banddikte te reduceren [3]. Deze simulatie kan ook gebruikt worden om de doorsnede te bepalen van de wanden van de komschijf zoals gebruikt bij WAGNER.

Literatuur

[1] Oliver W. Fähnle, Jacob-Jan Korpershoek, Hedser van Brug, Cees J. van der Laan en Hans J. Frankena, *Vervaardigen van asferische oppervlakken met behulp van een buis*, Ned. tijdschr. Fotonica 22 (1996)2 p. 11 - 15.

[2] Oliver W. Fähnle, Jacob-Jan Korpershoek, Hedser van Brug, Cees J. van der Laan en Hans J. Frankena, *FAUST: het vervaardigen van conische oppervlakken*, Ned. tijdschr. Fotonica 22(1996)3 p. 5 - 9.

[3] 0. W. Fähnle, H. van Brug, C. J. van der Laan en H. J. Frankena, *Loose abrasive line-contact machining of aspherical optical surfaces of revolution*, Applied Optics 36 (1997) p. 4483 - 4489.

[4] O. W. Fähnle, H. van Brug, C. J. van der Laan en H. J. Frankena, *The genenaration of on-axis and off-axis conic surfaces of revolution by applying a tubular tool*, Applied Optics 36(1997) p. 4490 - 4496.

[5] 0. W. Fähnle, H. van Brug en H. J. Frankena, *Fabrication technique for the production of on- and off-axis conic surfaces of revolution*, geaccepteerd voor: *Optical Manufacturing and Testing II*, SPIE Annual Meeting, 1997

[6] F. W. Preston, J. of Glass Techn. 11(1927) p.124.

Auteursnoot

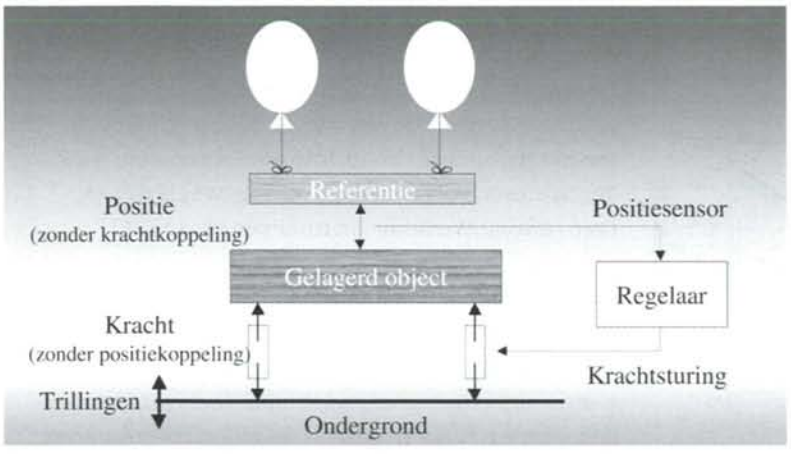
Hedser van Brug, Cees J. Van der Laan, Hans J. Frankena zijn verbonden aan de sectie Optica, faculteit der Technische Natuurwetenschappen, Technische universiteit Delft, Lorenzweg 1, 2628 CJ Delft. Oliver W. Fähnle is in dienst bij TNO/TPD-TU Delft.
Voor verdere informatie kunt u contact opnemen met Oliver Fähnle: e-mail: fahnle@optica.tn.tudelft.nl, of Hedser van Brug: e-mail: brug@optica.tn.tudelft.nl. Telefoonnummer sectie optica: 015-278 1444.

Stijfheidsloos magneetlager voor trillingsgeïsoleerd positioneren

Gert-Jan Nijsse. ***De vraag naar steeds hogere nauwkeurigheid voor mechanische geleidingen noodzaakt de constructeur zijn positioneersysteem te ontkoppelen van de omgevingstrillingen. Vaak gebeurt dat door de hele constructie op een trillingsisolatietafel te plaatsen of op te hangen aan lange veren. Deze oplossingen zijn echter vaak omvangrijk en/of kostbaar.***
Het is ook denkbaar de trillingsisolerende eigenschappen te integreren in de lagering, wat vooral interessant kan zijn voor nauwkeurige magnetische lagers. Het hier beschreven permanentmagnetische lagerelement zonder stijfheid berust op een door de TU Delft gepatenteerd idee en is in staat forse gewichten te dragen (tot honderden Newtons) gecombineerd met minimale overdracht van trillingen.

Waarom stijfheid nul?

Het doel van trillingsisolatie is het minimaliseren van de overdracht tussen de omgevingstrillingen en de objectverplaatsingen. Als wordt aangenomen dat het te lageren object een massa M heeft en de lagering beschouwd kan worden als een veer-demper combinatie, dan is een manier om deze overdracht te minimaliseren het verlagen van de eigenfrequentie $w=\div(k/M)$. Het zal duidelijk zijn dat er principieel twee mogelijkheden zijn om deze eigenfrequentie naar nul te krijgen: maak de massa M oneindig groot of maak de veerstijfheid k gelijk aan nul. De eerste optie is in de praktijk niet mogelijk, de tweede wel.
De manier om k=0 te realiseren is het opwekken van een positie-onafhankelijke kracht. Dat wil zeggen, het genereren van een kracht $F\pi 0$ terwijl $\partial F/\partial x=0$. Als tevens de demping nul is, wordt de kracht naast positie-onafhankelijk ook snelheids- en versnellingsonafhankelijk, zie figuur 1.



Figuur 1. Met behulp van nulstijfheid actuatoren kan een object gelagerd worden zonder (storende) positiekoppeling met de omgeving. Daarnaast kan de positie van het object regeltechnisch gekoppeld worden aan de positie van elke willekeurige referentie. Op deze wijze wordteen volledige scheiding van kracht en positie bereikt.

Mogelijke realisaties van stijfheidsloze lagers

Er zijn uit de literatuur enkele constructies bekend die inherent stijfheidsloos zijn, m.a.w. die een kracht kunnen leveren onafhankelijk van de plaats van het te lageren object ten opzichte van de ondersteunende constructie. Deze realisaties zijn gebaseerd op de volgende principes:

- Contramassa; met dit principe wordt een indifferent evenwicht verkregen over een groot positiebereik. Echter, trillingen van de ondersteuning (bijvoorbeeld een katrol) worden zowel aan de contramassa als aan het te lageren object doorgegeven, zodat het niet bruikbaar is voor trillingsisolatie.

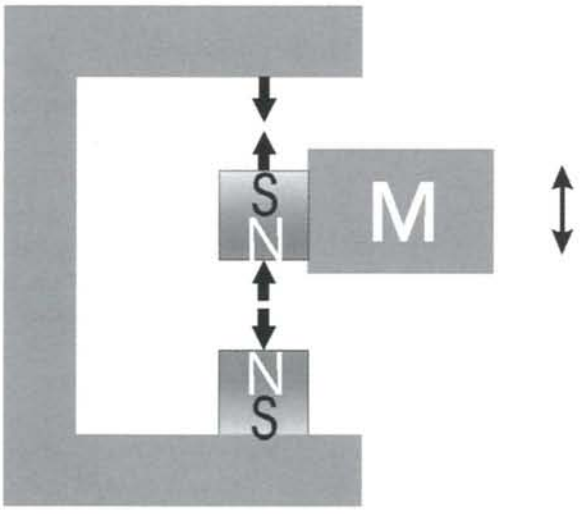
- Lorentzkracht; toegepast in 'luidspreker'- of 'voice coil' actuatoren. De Lorentzkracht $F_L=BlI$, onafhankelijk van de verplaatsing z zodat $\partial F/\partial z=0$, onder voorwaarde dat $\partial B/\partial z=0$ en I constant. Echter, voor grotere lagerkrachten wordt warmteontwikkeling een probleem.

Compensatie van positieve en negatieve veerstijfheid; uitvoeringsvormen zijn bekend met bladveren, trek- en drukveren en membraanveren. Nadelen zijn de kritische afstelling en de beperkte bandbreedte door

interne eigenfrequenties van de veren.
Compensatie van positieve en negatieve veerstijfheid met permanente magneten; deze variant wordt in dit artikel besproken.

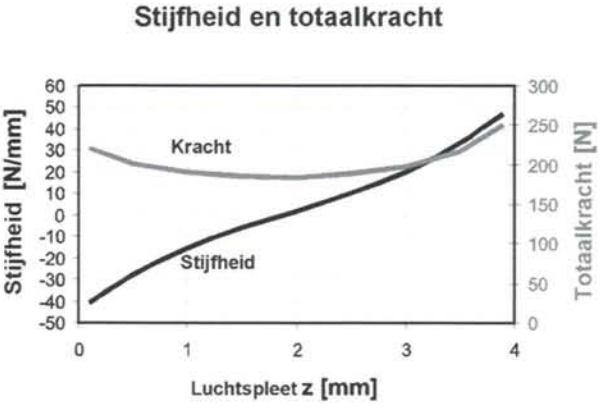
Werkingsprincipe

De werking van het permanentmagnetische lagerelement met nulstijfheid berust op het compenseren van positieve met negatieve veerstijfheid, zoals weergegeven in figuur 2. De vast opgestelde permanente magneet oefent een omhooggerichte kracht uit op de vrije magneet, terwijl deze tevens een omhoogge-



Figuur 2. Principeschets van het permanentmagnetische stijfheidsloze lagerelement. De aantrekkende kracht (boven) en de afstotende kracht (onder) hebben respectievelijk een negatieve en positieve stijfheid die in een bepaald punt elkaar zullen compenseren.

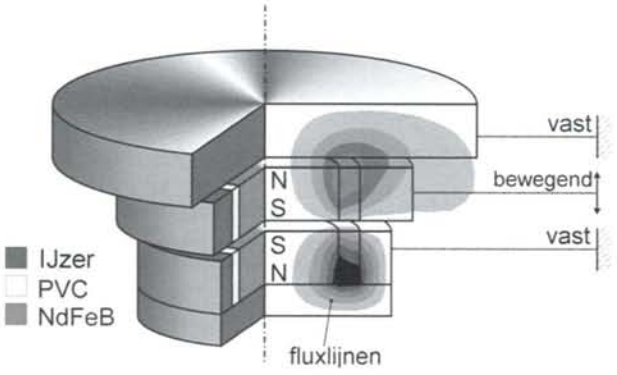
richte kracht ondervindt naar het ijzeren juk toe. De totale kracht op de vrije magneet is dus altijd omhooggericht, terwijl in een zeker punt de positieve veerstijfheid van de afstotende magneten en de negatieve veerstijfheid van de aantrekkende magneet elkaar zullen opheffen. Dit is weergegeven in figuur 3.
Een praktische uitvoering van dit idee kan er bijvoorbeeld uitzien zoals in figuur 3. Aan het middelste, vrij beweegbare, deel wordt dan het te lageren object bevestigd.



Figuur 3. De totale kracht die op de vrije magneet in figuur 1 wordt uitgeoefend heeft een minimum waar dus de afgeleide – dus de stijfheid – nul is. De waarden in deze grafiek zijn verkregen uit eindige-elementen berekeningen aan het model uit figuur 3.

Resultaten

Uit proeven en simulaties met tamelijk willekeurig gekozen afmetingen (zie figuur 4: NdFeB magneten Ø25 x 10 mm, luchtspleet boven en onder 2 mm)

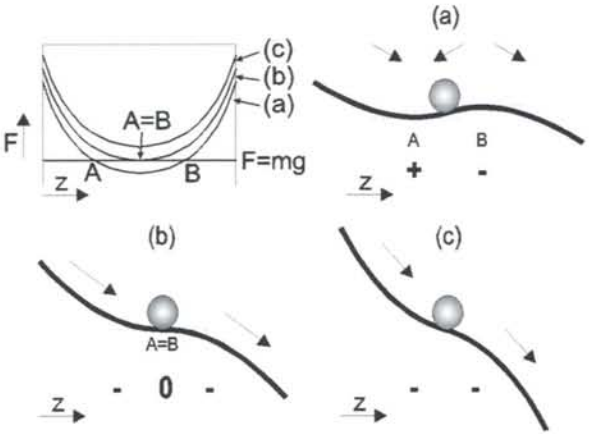


Figuur 4. Experimenteel model, bestaande uit twee NdFeB magneten en ijzeren fluxgeleidingsringen. De middelste schijf is beweegbaar, het bovenste en onderste deel is bevestigd aan de vaste wereld. Rechts in de figuur zijn de magnetische fluxlijnen afgebeeld die verkregen zijn met behulp van een eindige-elementen analyse.

volgt dat de totale draagkracht in het werkpunt ongeveer 185 N bedraagt. Rondom het werkpunt, waar de stijfheid theoretisch exact gelijk aan nul is, varieert de stijfheid nagenoeg lineair met de positie zodanig dat voor een gebiedje van ±5 mm de stijfheid overal kleiner zal zijn dan ±55 N/m. Dat betekent dat een object met een massa van 18.9 kg (overeenkomend met een lagerkracht van 185 N) een eerste eigenfrequentie zal hebben van $\sqrt{(55/185)}=0{,}27$ Hz. Ter vergelijking: als dezelfde massa wordt opgehangen aan een spiraalveer met dezelfde stijfheid zal er een veerverlenging moeten optreden van 185 [N]/55 [N/m] = 3.4 m!
Bij deze waarden moet worden opgemerkt dat de geleverde kracht ruwweg kwadratisch evenredig is met de grootte van de luchtspleet en eveneens kwadratisch evenredig is met de diameter van de magneet (ofwel, evenredig met het pooloppervlak).

Stabiliteit en regeling

Zoals uit de grafiek van figuur 3 afgeleid kan worden, zal het systeem als het zich precies in het werkpunt bevindt randstabiel zijn. Voor naar beneden gerichte verstoringen zal de afstotende magneet-



Figuur 5. Analogon voor de stabiliteit rond het werkpunt. De horizontale beweging van de kogel correspondeert met de verplaatsing z in figuur 1 – 3. Er ontstaan respectievelijk twee, een en nul evenwichtssituaties.

kracht gaan overheersen en is er een stabiliserende terugstelkracht, maar voor naar boven gerichte verstoringen zal de instabiele negatieve stijfheid grotere invloed krijgen. Dit maakt een actieve regeling noodzakelijk om het te lageren object in het werkpunt te houden.
Het grote verschil met 'standaard' actieve trillingsisolatie is dat hier de regelaar niet de optredende trillingen moet zien weg te werken (zolang de uitwijking klein is worden die nagenoeg niet doorgegeven) maar dat er in feite alleen een driftcompensatie nodig is. Zodoende zijn de aan de regeling gestelde eisen niet hoog.
In principe kunnen drie situaties zich voordoen bij het instellen van de lagerkracht, zoals weergegeven in figuur 5 met de curves a, b en c. De lijn F=mg snijdt de curve van de lagerkracht in respectievelijk 2, 1 of 0 punten.
Wanneer het gewicht $M\gamma$ groter is dan de geleverde draagkracht in het werkpunt zullen er twee punten ontstaan waar krachtenevenwicht is; echter, het punt met de laagste z zal stabiel zijn (dus met positieve veerstijfheid) en het punt met de hoogste z zal instabiel zijn (met negatieve veerstijfheid). Beide situaties zijn niet wenselijk voor trillingsisolatie.

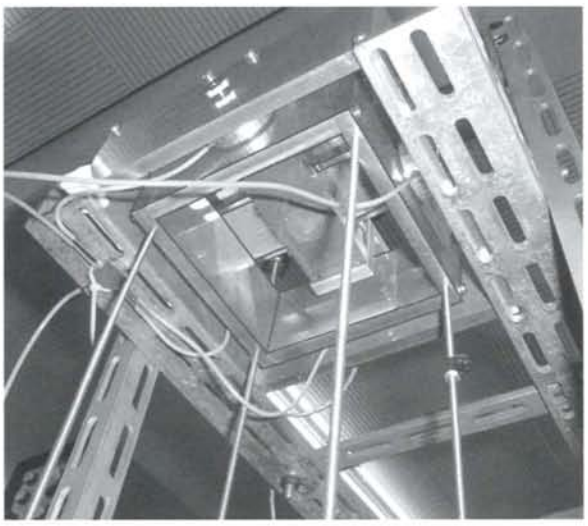
Wanneer het gewicht mg exact gelijk is aan de geleverde draagkracht in het werkpunt zal er één snijpunt zijn dat tevens een raakpunt is aan de lagerkrachtcurve. Dit is per definitie het punt waar de helling van die curve, dus de lagerstijfheid, nul is. Dit punt zal randstabiel zijn.

Wanneer het gewicht $M\gamma$ kleiner is dan de geleverde draagkracht in het werkpunt zal er geen snijpunt zijn. Dat betekent dat het lager over het gehele bereik instabiel is zodat het gelagerde object omhoog zal bewegen tot aan de mechanische aanslag.

Deze drie situaties zijn eveneens gerepresenteerd in figuur 5 door middel van een stabiliteitsanalogon. Het variëren van de lagerkracht kan hier worden gezien als het kantelen van de gebogen rolbaan. Het werkpunt is hier het buigpunt van de baan, een krachtenevenwicht treedt op ter plaatse van een horizontale raaklijn.
Het zal duidelijk zijn dat de lagerkracht gevarieerd moet worden om het te lageren object in het werkpunt te houden. Er zijn drie mogelijkheden om dit te bereiken:
Verandering van de totale luchtspleet door de bovenste plaat en/of de onderste magneet te verplaatsen. Hierdoor zal de kracht worden geschaald met ongeveer het kwadraat van deze verplaatsing.
Verandering van het magnetische veld door bijvoorbeeld de permanente magneten aan te vullen met elektromagneten. Op deze manier is echter moeilijk te voorspellen hoe het krachtenspel op het gelagerde object zal veranderen als functie van de toegevoerde stroom.

Toevoegen van een externe kracht. Dit kan bijvoorbeeld een Lorentzkracht zijn die eveneens stijfheidsloos is zodat de trillingsdempende eigenschappen niet aangetast worden.
Voor een ideale trillingsisolatie geldt dat de versnelling a=0. In de praktijk is dit te benaderen, maar er zal altijd een compromis moeten worden gesloten voor wat betreft de maximale uitwijking. In het geval van dit permanentmagnetische lagerelement moet die uitwijking beperkt blijven tot enkele micrometers. De amplitude van de meest voorkomende trillingen in een laboratoriumomgeving is kleiner.

Op dit moment wordt onderzoek gedaan naar de praktische toepasbaarheid van een gecombineerde regeling die enerzijds de versnelling nul houdt en anderzijds de positie gemiddeld in het werkpunt houdt. Immers, als de positie in het werkpunt regeltechnisch zeer strak teruggekoppeld wordt ontstaat er weer een doorkoppeling van trillingen.
Een interessante toepassing ontstaat als de positie regeltechnisch gekoppeld wordt aan een externe (zwevende) positiereferentie. In dat geval zijn de kracht en de positie volledig ontkoppeld. De positie kan willekeurig gestuurd worden zonder dat er een krachtkoppeling is met de te volgen referentie, terwijl de kracht die daarvoor nodig is, wordt afgevoerd naar de vaste wereld waarmee geen positiekoppeling meer bestaat.



Figuur 6. Boven- resp. onderaanzicht van een proefopstelling volgens het in figuur 3: geschetste model. Hiermee wordt de regelbaarheid van een dergelijk lager getest in één vrijheidsgraad, de overige vrijheidsgraden worden vastgelegd met behulp van luchtlagers. Niet zichtbaar op deze foto's zijn de positiesensor en de Lorentz-actuator voor het regelsysteem.

Conclusie

Het blijkt mogelijk een lagerelement te construeren dat in de lagerrichting geen stijfheid heeft maar wel een aanzienlijke kracht kan leveren, zonder dat dit energie kost.
De laterale richtingen zijn in eerste instantie buiten beschouwing gelaten. Er zijn echter geometrieën mogelijk die het stijfheidsloze concept in meerdere vrijheidsgraden realiseren. Ook hier wordt aan gewerkt.

De eisen die aan het regelsysteem gesteld worden zijn laag, in principe is alleen een driftcompensatie nodig. Eventueel kan de regelaar aangevuld worden met een versnellingsterugkoppeling.

Het permanentmagnetische lagerelement is geschikt voor toepassing in trillingsisolerende systemen of in (positioneer)systemen waar de positie en de kracht ontkoppeld moeten worden.

Auteursnoot
Ir. G.J.P. Nijsse, is werkzaam als AIO aan de TU Delft, faculteit Werktuigbouwkunde, sectie Micro-techniek.

Literatuur

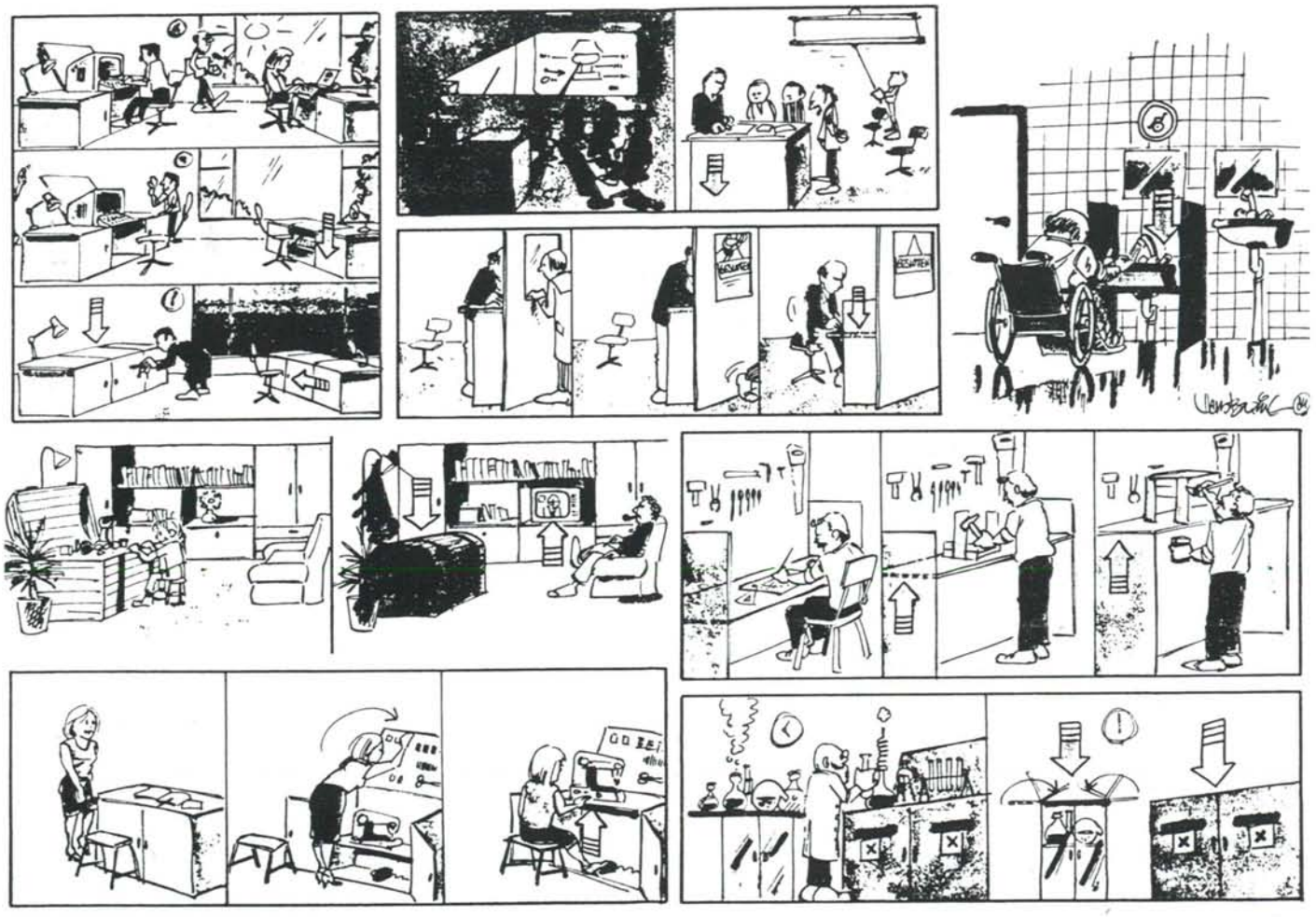
Nijsse, G.J.P., J.W. Spronck, M.H.A. Leenders and H.F. van Beek, A new zero-stiffness magnetic bearing for vibration isolation, in: Proceedings of the American Society for Precision Engineering, 12th Annual Meeting, Norfolk VA, 1997, pp. 503-506.
Nijsse, G.J.P. en J.W. Spronck, Draagsysteem, Nederlandse octrooiaanvrage nr. 10.07127, september 1997.

Doel en functie: synonieme begrippen of toch niet ?

Ervaringen met 'Methodisch Ontwerpen' in het onderwijs.

F.J. Siers. ***De begrippen doel en functie worden te pas en te onpas – ook door ervaren ontwerpers – door elkaar gebruikt. Dat dit niet bevorderlijk zal zijn voor een goed verloop van het ontwerpproces, mag duidelijk zijn. Volgens het Groot Woordenboek van de Nederlandse Taal ' Van Dale' is de betekenis van doel, datgene waarnaar men streeft, terwijl met functie wordt bedoeld, een bijzondere werking of het vervullen van een taak.***

In de terminologie van het Methodisch Ontwerpen staat doel voor ' het bevredigen van een geconstateerde behoefte'. De functie van een technische inrichting geeft aan wat er moet gebeuren om het gestelde doel te bereiken.



figuur 1. Een nieuw product voor verschillende doelgroepen.

In de beschrijving van de volgende case wordt het juiste gebruik van de begrippen getoond.
Een metaalverwerkend bedrijf – goed in het verwerken van plaat en de vervaardiging van kleine machinedelen – wilde zijn productenpakket uitbreiden en riep daartoe de hulp van de leerstoel in.

Doel

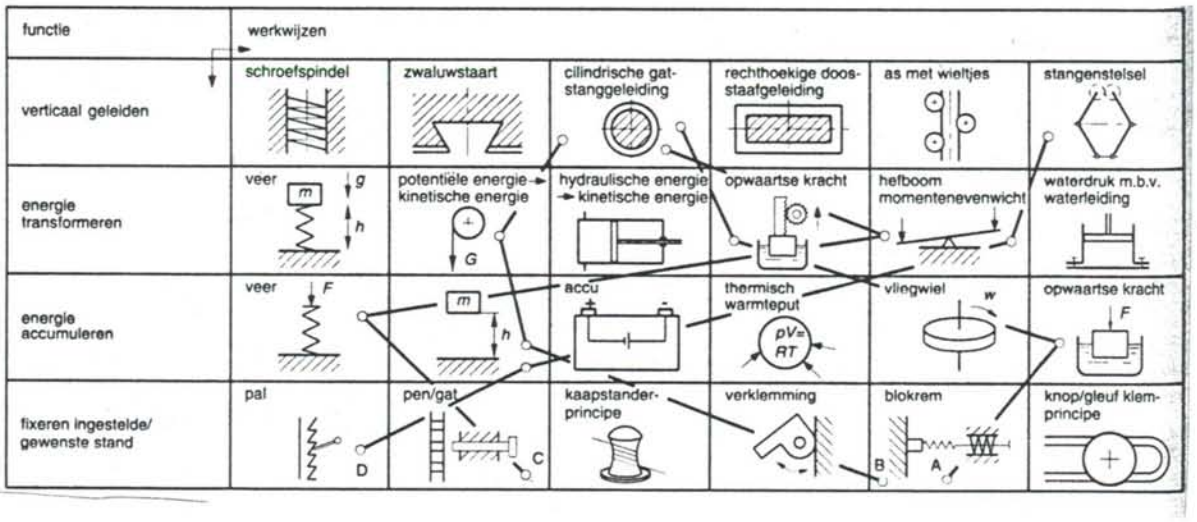
Uit de resultaten van een vooronderzoek dacht men te kunnen afleiden, dat er bij meerdere doelgroepen belangstelling zou bestaan voor een nieuw product. Figuur 1 geeft een amusante weergave van de verschillende doelgroepen.
Na bestudering van deze prent zal het duidelijk zijn dat het *doel* – naast de behoefte van het bedrijf tot vergroting van de omzet – verscheidene betekenissen kan hebben.
Doelstellingen, volgende uit de prent van figuur 1, zoals: het eenvoudig bewerkstelligen van een opgeruimd kantoor, na gedane arbeid is het goed rusten, zittend en boven de macht kunnen werken aan een en dezelfde werkbank, enz. enz.
De enige goede betekenis van het *doel* is natuurlijk : Het creëren van een verstelbaar werkvlak.

Functie

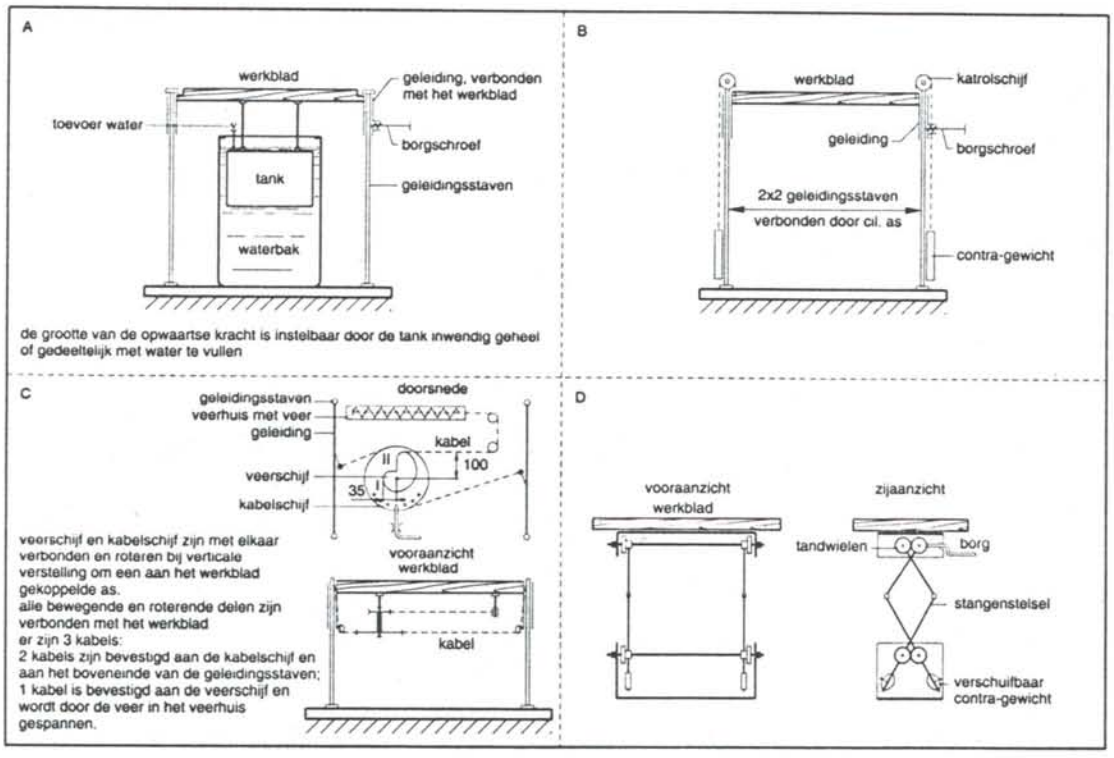
Met dit *doel* als ingang van het ontwerpproces werd er – na bestudering van de eisen en kenmerken – een program van eisen opgesteld. Dit eisenprogramma is in figuur 2 gegeven.
De hieruit afgeleide *functie* is: Het traploos verplaatsen van een last van A naar B en het borgen in de posities A en B.
Men kan zich nu in de werkwijzebepalende fase volledig richten op de fysische invulling van de werkwijze, met gebruikmaking van de kenmerken die, gemakshalve eveneens in het programma van eisen en kenmerken zijn opgenomen.

vaste eis	variabele eis	wens	ordening, eisenprogramma verstelbaar werkvlak voor meubelinrichting
X			werkhoogte 700 mm bij zitten
	X		afmeting werkblad min 500 mm diep
	X		afmeting werkblad 600-1200 mm breed
X			stabiele positie werkblad tijdens bedrijf
	X		fixatie in min. 2 standen
	X		te transporteren massa: min. 10 kg, max. 50 kg
	X		werkbelasting min. 700 N
X			bij fabrieksmontage instelbaar voor gevraagde massa
		X	geschikt voor elke massa, zonder instelproblemen
	X		aanzetten en stoppen beweging massaonafhankelijk F_{max} = 50 newton
X			handkracht
	X		bedrijfszeker
	X		veilig in gebruik
		X	veilig in de buurt van kinderen
X			zelfdragende constructie
	X		voetvrij
	X		levensduur 10 jaren
	X		bij 500 stuks seriegrootte kostprijs max. f 50,-
		X	in te bouwen door DOE-HET-ZELVERS

Figuur 2. Programma van eisen.



Figuur 3. Merfologisch overzicht



Figuur 4. Structuren volgens de lijnen A t/m D uit het morfologisch overzicht van figuur 3

De functie is opgedeeld in twee deelfuncties en twee hulpfuncties, achtereenvolgens:

– verticaal geleiden,
– fixeren gewenste positie,
– energie transformeren en
– energie accumuleren.

Het morfologisch overzicht van figuur 3 geeft voor deze 4 functies een aantal fysische werkwijzen.

Structuren

Indien elke deelfunctievervullende werkwijze met de andere werkwijzen te combineren is, zouden er nu 6^a combinaties van werkwijzen (met a = 4: 6^4 = 1296) mogelijk zijn.

Gelukkig – voor studenten en docent – is dat niet zo! In het morfologisch overzicht zijn door de studenten vier mogelijke structuren aangegeven met behulp van de gebroken lijnen A, B, C en D. Deze structuren zijn in schema afgebeeld in figuur 4.

Uiteraard zijn de diverse schetsen van uitvoerige functionele berekeningen voorzien, die vanwege hunomslachtigheid en soms hun aanvechtbaarheid in deze beschrijving weggelaten zijn.

Keuze

Voor het maken van een *keuze* is daarna teruggegrepen op het programma van eisen, zoals gegeven in figuur 2. In dit programma van eisen was reeds een ordening gemaakt in vaste eisen, variabele eisen en wenselijkheden.

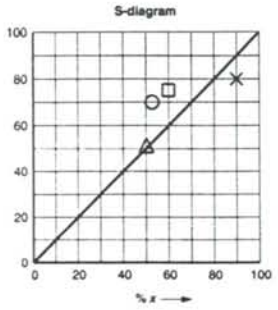
In de *keuze*verantwoording dienen zo mogelijk de *vaste* eisen geen rol te spelen, daar die bij elke mogelijke oplossing gerealiseerd worden.

De keuze verantwoording is gegeven in figuur 5. Deze figuur is opgedeeld in drie delen.

- een tabel met – hoofdzakelijk uit het programma van eisen afgeleide – gebruikscriteria,
- een tabel met fabricagecriteria,
- een diagram, waarin langs de beide assen de procentuele scores voor de vier structuren zijn afgezet.

Uit het diagram wordt een duidelijke voorkeur voor structuur C zichtbaar.

Met instemming van het bedrijf is deze structuur door de studenten uitgewerkt, voorzover studenten daartoe in staat zijn en daarvoor tijd ter beschikking hebben.



waarderingstabellen

	gebruiks-eisen	waardering △ A	○ B	× C	□ D	ideaal
1	bedieningseenvoud	2	3	4	3	4
2	benodigde handkracht	3	3	4	1	4
3	instelbaarheid	2	3	3	4	4
4	storingsgevoeligheid	1	2	4	2	4
5	stabiliteit werkvlak	3	3	3	3	4
6	stabiliteit tijdens verstellen	2	1	4	3	4
7	veiligheid	1	2	3	3	4
8	sterkte element functie	4	1	4	1	4
9	levensduur	1	3	3	2	4
10	ergonomisch verantwoord	1	4	4	2	4
	totaal *x*	20	25	36	24	40
	totaal % *x*	50	62	90	60	100

	fabricage-eisen	waardering △ A	○ B	× C	□ D	ideaal
1	eenvoudige constructie	3	4	3	3	4
2	handelsdelen	2	3	4	4	4
3	weinig verspanen	1	2	2	3	4
4	serielabricage	3	3	3	3	4
5	montagegemak	1	2	4	2	4
6						
7						
8						
9						
10						
	totaal *y*	10	14	16	15	20
	totaal % *y*	50	70	80	75	100

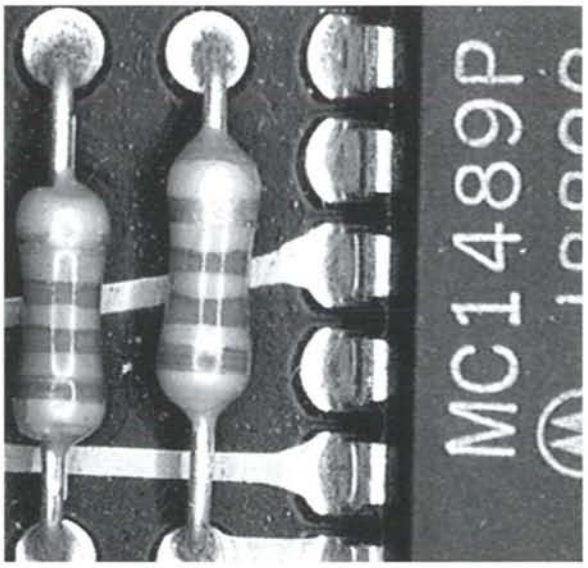
Figuur 5. Keuzeverantwoording

Microscoop als meetinstrument

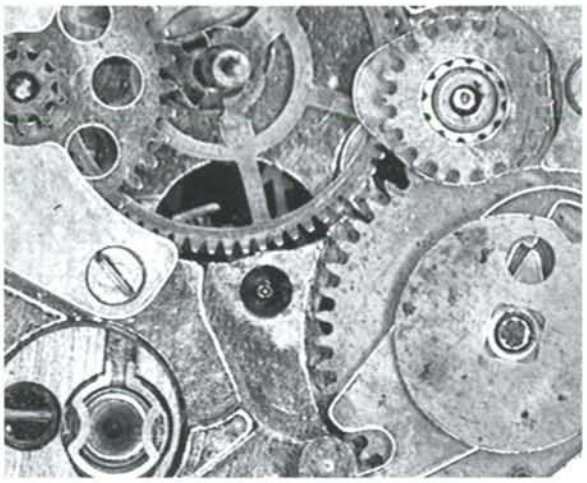
J. Verkerk ***Mechanische onderdelen en elektronische componenten worden steeds kleiner. Voor het controleren van algemene kwaliteitskenkenmerken en het contactloos meten van dimensies wordt steeds vaker gebruik gemaakt van een microscoop. Het weergeven van een microscopisch beeld doormiddel van een digitale camera op een beeldscherm, heeft een breed scala van nieuwe mogelijkheden geopend op het gebied van meten, archivering, beeldvergelijking en de automatisering daarvan.***

Bekend uit het verleden zijn de profielprojectoren, een soort microscopen die hun beeld sterk vergroot op een matglas projecteerden. Meten aan deze beelden was een vrij globaal handwerk met hulp van een kruisdraad, een set pascirkels en eventueel speciaal aangemaakte pasprofielen. Nauwkeurige metingen waren niet zonder problemen uit te voeren door de lage resolutie van de meetmiddelen. Met de komst van de pc en de digitale camera is dit sterk veranderd, doordat beide systemen een aantal prettige eigenschappen hebben die zich goed laten combineren.
"Voor ons bedrijf betekende dit een belangrijke verandering", vertelt de heer Sondag, directeur van Sondag Optische Instrumenten in het Brabantse Berlicum. "Vroeger werden microscopen voornamelijk in laboratoria gebruikt, maar met de komst van de CCD-camera zie je steeds meer toepassing en op het gebied van meettechniek en kwaliteitscontrole bij fijnmechanische en elektronische bedrijven."

Afhankelijk van de gekozen kwaliteit worden CCD-camera's toegepast met een resolutie van 640 x 480 tot 1024 x 1024 beeldpunten. Door weergave van dit beeld op een beeldscherm heeft men een overzichtelijk beeld, terwijl men niet meer gebonden is aan het turen in een microscoopocculair. Hoewel de resolutie van het beeld achter blijft bij wat het menselijk oog kan waarnemen heeft een beeld op het beeldscherm zoveel voordelen, dat deze toepassing een grote vlucht heeft genomen. Naast de voordelen van het opslaan en verwerken op de pc leent een beeld op een beeldscherm zich ook makkelijk voor een resultaatbespreking met anderen omdat gelijktijdig naar hetzelfde beeld wordt gekeken en delen kunnen worden aangewezen, zie figuur 1 en 2.



Figuur 1.
Optische controle voor de solderingen op een printplaat. Door de steeds kleinere spoorbreedte van printsporen is het gebruik van een microscoop voor de controle van de verbinding onvermijdelijk. Microscoop: Askania stereo zoom-microscoop SMC4 0,32x 0,63x met ringbelichting.



Figuur 2. Binnenwerk van een horloge. Microscoop: Askania stereo zoom-microscoop SMC4 0,40x 0,63x met ringbelichting.

Wanneer de camerabeelden via een "frame grabber" (speciale insteekkaart in de pc waarop de camera is aangesloten) in een pc worden binnengehaald, dan heeft men de beschikking over krachtige archiverings- en zoekmogelijkheden. Bovendien komen er steeds meer programma's beschikbaar voor de evaluatie (in de breedste zin) van deze beelden, of kan men zijn eigen applicatie ontwikkelen.

Meten

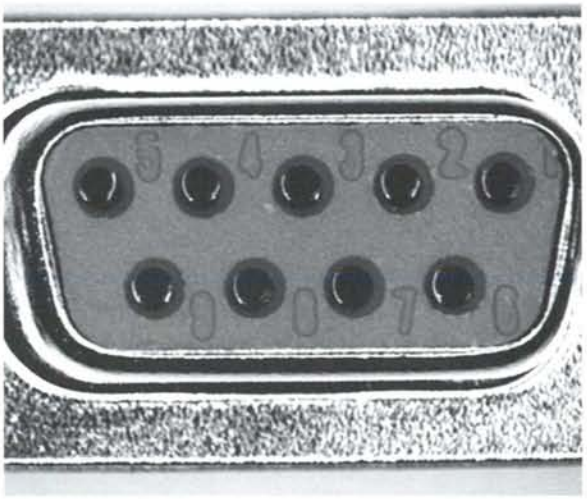
In een digitaal beeld kan makkelijk worden gemeten. Bij het meten van de afstand tussen twee punten kan men in feite volstaan met het tellen van het aantal beeldpunten (pixels) dat tussen de meetpunten ligt. Daarmee wordt zowel in x- als in y-richting de afstand bepaald. Met Pythagoras berekent de pc vervolgens de afstand.
De precieze plaats van een meetpunt wordt herkend aan een contrast- of kleurovergang in het beeld. Met dit idee als uitgangspunt ontstaat de mogelijkheid metingen te automatiseren, door de computer zelf de precieze plaats van de contrastovergang te laten opzoeken. Nog een stap verder en je laat de computer de vorm van een te meten contour opzoeken.
Voor een cilindrisch of rechthoekig gat kan de gevonden contour vergeleken worden met de wiskundig best passende contour. Uit de hiervoor benodigde statistische berekeningen volgen meteen de precieze afmetingen, met getalwaarden voor de rondheid of rechtheid (spreiding) van de gemeten contour. Tevens wordt ook de ligging van het middelpunt bepaald.
Binnen eenzelfde beeld kan zo op eenvoudige wijze de afstand tussen bijvoorbeeld twee cirkels bepaald worden met een goede schatting van de meetfout.

Als er meetlinealen aan de x- en y-as van de objecttafel worden gekoppeld, dan kan tevens de verplaatsing van het object onder de microscoop worden meegerekend.
Dit is erg handig wanneer naar een hogere vergroting wordt overgegaan. Door de hogere vergroting verbetert de resolutie, maar verliest men vaak een van de beide punten, waartussen gemeten moet worden, uit het beeld.
Een meetsysteem dat de verplaatsing meet is dan een handig hulpmiddel om de computer de afstand te laten berekenen wanneer het tweede meetpunt in beeld verschijnt.

Het is duidelijk dat verdere verwerking van de meetresultaten tot een meetrapport, waarin de gemeten waarden met de gewenste waarden worden vergeleken, een niet al te grote automatiseringsstap is.

Archiveren en vergelijken

Opgenomen beelden kunnen opgeslagen worden en er zijn programma's waarmee ze weer snel teruggevonden kunnen worden. Daarmee heeft men een krachtig hulpmiddel om nieuwe beelden te vergelijken met beelden die reeds eerder opgeslagen zijn. Het simpele feit dat eerder opgeslagen beelden met een druk op de knop weer opgeroepen kunnen worden, om dan op het oog te kunnen worden vergeleken, betekent al een hele verbetering. Daarmee kunnen nu ook producten beoordeeld worden waar men vroeger niet zoveel raad wist, zie figuur 3.

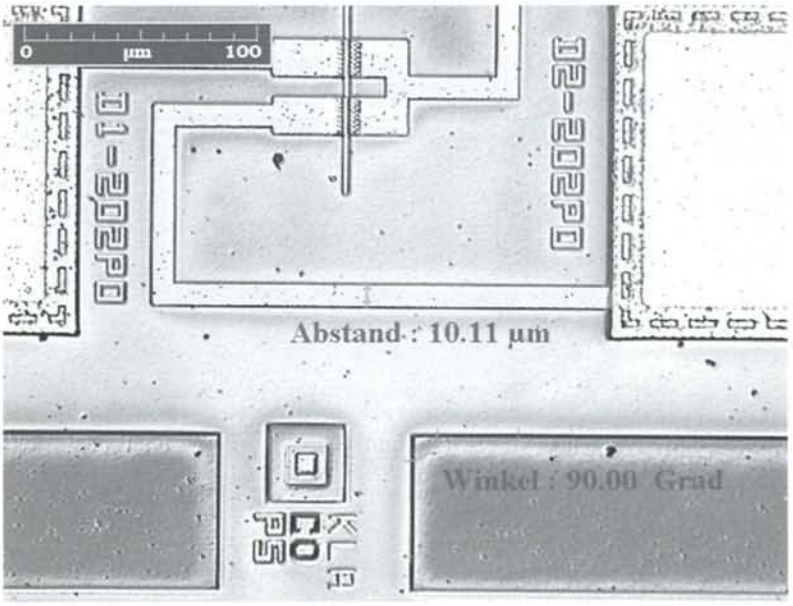


Figuur 3. Controle van de kwaliteit van de contacten in een connector. Microscoop: Askania stereo zoom-microscoop SMC4 0,32x 0,63x met ringbelichting.

Maar de computer kan desgewenst nog een bijdrage leveren in het beoordelen van de verschillen tussen twee beelden. Door logische bewerkingen, als het aftrekken van beelden, kunnen onderlinge afwijkingen snel zichtbaar gemaakt worden.
Met een dergelijke kwalitatieve benadering voor de kwaliteit van een product heeft men een goed hulpmiddel bij het vinden van de oorzaak van afwijkingen. Door de oude beelden op te roepen en met de nieuwe te vergelijken springen de verschillen er duidelijk uit.

Microscoop

Een belangrijke schakel in deze keten vormt de kwaliteit van de gebruikte microscoop, de gebruikte filters en de toegepaste methode van belichting. "Vooral het belang van een goede methode van belichting wordt vaak onderschat" vertelt de heer Sondag. Wanneer we bijvoorbeeld de breedte van een spoor op een IC willen meten, dan oriënteren we ons op de schaduw aan de zijkant van het spoor, zie figuur 4. Een verkeerd aangebrachte verlichting geeft een schaduw die, tegen de verwachting van de kijker in, niet precies op de zijkant van het spoor ligt, met een verkeerde meting als resultaat.
Het zou dan kunnen gebeuren dat daardoor producten worden afgekeurd die goed zijn. Vooral als je metingen automatiseert moet je daar zeer alert op zijn.



Figuur 4.
Kwaliteitscontrole van een chip op een siliciumplak (wafer), waaronder het meten van richting en afstand in een digitaal microscopisch beeld. De software op de pc berekent de gewenste waarden. De plaats van de meetpunten wordt met de muis aangeklikt, waarna de pc de precieze plaats van de rand van het spoor opzoekt op basis van contrastovergang. Ongewenste schaduwen veroorzaken meetfouten en een goede belichting is daarom onontbeerlijk. Microscoop: Askania opvallend licht researchmicroscoop 20x 0,63x, met coaxiaalbelichting.

Een andere fout die kan voorkomen, is bijvoorbeeld dat de breedte van een contourtoeneemt wanneer de scherpstelling onvoldoende is. Wanneer het meetprogramma automatisch de binnenkant van de contourovergang opzoekt en een diameter berekent, dan wijkt de gemeten waarde dus af van de werkelijke waarde.
Evenals vroeger is een goed getrainde meettechnicus dus een vereiste, wanneer men deze technieken gaat toepassen. Die moet kunnen beoordelen of de gekozen vergroting en verlichting geschikt zijn voor de gewenste meettaak. Maar als je daar oog voor hebt, dan zijn de mogelijkheden legio. "Om die reden organiseren we regelmatig trainingen voor meettechnici".

Enthousiast vertelt de heer Sondag over de mogelijkheden en software die zijn bedrijf kan leveren. Bij de samenstelling van ons leveringspakket hebben we een bewuste keuze gemaakt voor een breed scala van toepassingen, van eenvoudig tot gecompliceerd.
Voorop staat dat je een goede microscoop moet hebben en dat kost nu eenmaal geld. Maar je hoeft niet meer uit te geven dan nodig is om je meetdoel te bereiken. Wij hebben hier in huis een scala van mogelijkheden die wij kunnen demonstreren. Een klant kan zijn product meenemen en wij helpen hem dan de juiste microscoop en de juiste verlichting te vinden die past bij zijn probleem. Vervolgens helpen we hem bij de keuze van de software waarvan we de diverse mogelijkheden kunnen demonstreren. En als de klant dat wil, bieden we hem een totaaloplossing.
Ons motto is echter, dat een systeem eenvoudig en doorzichtig moet blijven. Dat voorkomt dat men geen inzicht meer heeft in de wijze waarop een meetresultaat tot stand komt. Daarom zijn we ook niet zondermeer voorstander van grote softwarepakketten, maar hebben we gekozen voor een aantal oplossingen die op maat kunnen worden toegepast. Om te voorkomen dat nu een te simpel beeld ontstaat van ons bedrijf; we leveren ook totaalsystemen van meerdere tienduizenden guldens tot een ton, onder andere aan Philips voor de controle van chips.

Noot
Sondag Optische Instrumenten, Groeskant 1, 5258 EH Berlicum, Telefoon: 073-503 3914, Fax: 073-503 3080.

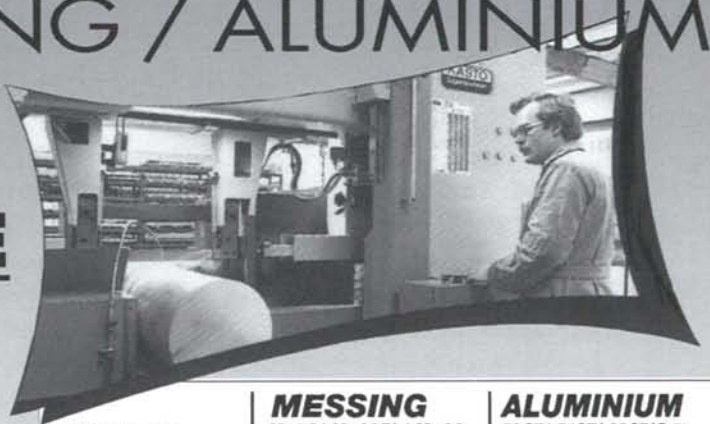
KOPER / MESSING / ALUMINIUM

U HOEFT NIET VERDER TE BLADEREN

als u verzekerd wilt zijn van een enorme keuze in platen, staven, buizen, draad, profielen, etc.

Zaken doen met Salomon's Metalen betekent zeker zijn van meedenken bij leverschema's, realisatie en duidelijke afspraken.
Salomon's Metalen zaagt koper, messing en aluminium exact op de door u gewenste lengte en levert binnen 24 uur.

Bel nu 050 - 5421200 en ontvang p/o het dikke, geheel vernieuwde aktuele voorraadboek.



KOPER
E-Cu/ SFCu
- 2 t/m 250 mm
- 4 t/m 200 mm
- 6 t/m 60 mm
- 6 x 2 t/m 100 x 60 mm
- buis/holstaf t/m 156 mm

MESSING
Ms 58/ Ms 60Pb/ Ms 63
- 1 t/m 350 mm
- 2 t/m 150 mm
- 2 t/m 110 mm
- 3 x 2 t/m 100 x 80 mm
- 6 x 3 t/m 40 x 6 mm
- kartel 5 t/m 23 mm
- buis/holstaf t/m 200 mm

ALUMINIUM
50 ST/ 51 ST/ 28 ST/ SiPb
- 2 t/m 500 mm
- 5 t/m 200 mm
- 5 t/m 80 mm
- 10 x 2 t/m 125 x 70 mm
- buis/holstaf t/m 365 mm
- ★ plat + vierkant ook in kortspanig 28 ST

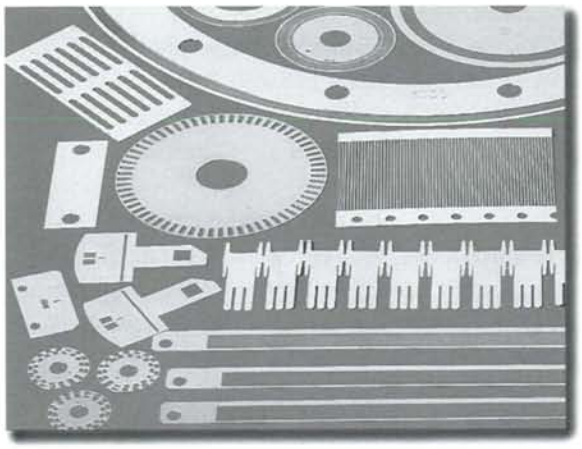
SALOMON'S METALEN B.V.
Voorsprong door Voorraad!

GOTENBURGWEG 24,
9723 TL GRONINGEN TEL. 050-5421200 FAX 050-5416892

STORK®

De specialisten in precisiedelen

Verbeter de kwaliteit van uw produkten door het gebruik van onze geëtste en geëlectroformeerde precisiedelen. Benut onze expertise op het gebied van optische maskers, kodeerschijven, contacten, veren, opdampmaskers, nozzle platen, e.d.. Stuur ons uw tekening voor een vrijblijvende offerte.



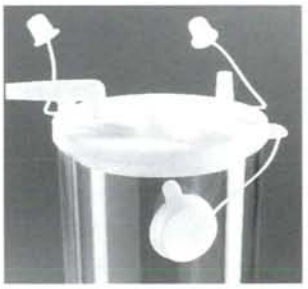
Stork Veco, werken aan uw toepassing

Stork Veco B.V.
Postbus 10
6960 AA Eerbeek
Nederland

Telefoon +31 313 672911
Telefax +31 313 655752
Internet www.StorkGroup.com

ProSpec

Produkt- & systeem-realisatie



- CAD/CAM
- 3D CNC frezen
- vacuüm gieten
- kunststoftechnologie

- proefmodellen
- prototypes
- integratie technieken
- kleine series

ProSpec bv
Koraalrood 153
2718 SB Zoetermeer
Tel. (079) 362 10 66
Fax (079) 362 15 11

Lid Multin Technology Group

Produktinfo

Nd-Yag-lasers

Het programma Nd-YAG-lasers van Haas-Laser voor het lassen, snijden en graveren van materialen bestaat uit gepulste lasers van 40 W tot 500 W en continue Nd-YAG-lasers van 300 W tot 4000 W. De installaties zijn uitgevoerd met een laserlichtkabel (LLK) met

een maximum lengte van 50 m. Per laserinstallatie zijn maximaal 6 LLK uitgangen mogelijk. In de laserinstallatie is een vermogensregeling ingebouwd waardoor lasenergie gegarandeerd continue op de werkplek aanwezig is. De hoogvermogen CW-lasers worden op grote schaal succesvol ingezet in de automobielindustrie.
Nieuw op het gebied van laserbeschriften is de diode-gepompte Nd-YAG-laser VectorMark Compact. Deze laser kan worden uitgevoerd in twee golflengten, namelijk 532 nm en 1064 nm. Door zijn compacte bouwvorm, gesloten koeling en 220 V aansluiting is deze makkelijk te integreren in mechanisatie en automatiseringssystemen.

Voor uitvoerige info:
Haas-Laser Nederland
Telefoon: 0172-495345
Fax: 0172-495871

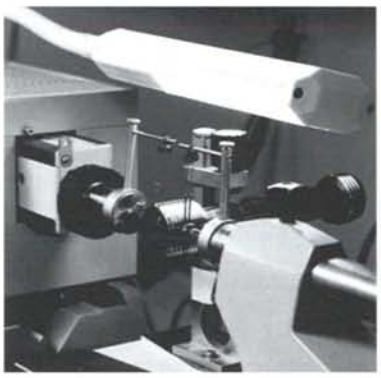
Piëzo-keramische motor

De serie piezo-keramische lineaire motoren is de eerste in haar soort die hoge resolutie in het submicrometerbereik (5 nanometer), hoge snelheid (200 mm/s) en in principe ongelimiteerde slaglengtes combineert. De aandrijfkracht van de motor wordt tot stand gebracht door sub-micrometer grote oscillaties van de piëzo-keramische elementen. De aandrijfkracht wordt door wrijving op de slede overgebracht doordat de piëzo aandrijfelementen onder voorspanning tegen de slede gemonteerd zijn. Met deze aandrijving kunnen zowel open-loop als closed-loop zeer hoge resoluties worden gehaald en tegelijkertijd snelheden tot 200 mm/s en een aandrijfkracht tot 22 N. De motor werkt zonder elektromagnetische en elektrische velden en is zeer geschikt voor toepassingen in vacuüm en clean-room. De motor wordt onder andere worden toegepast bij de fabricage van micro-elektronicacomponenten, medische processen, microscooptafels, scanners en geautomatiseerde assemblage.

Voor uitvoerige info:
Anorad Europe B.V.
Telefoon: 040-2089238
Fax: 040-2046862

Werkplaatsverlichting op maat

Een goede verlichting is één van de basisvereisten om kwalitatief hoogwaardig werk te kunnen afleveren. Veel licht bevordert de efficiëntie, te veel licht is vaak even irriterend als slechte verlichting. De irriterende schittering van licht ontstaat als gevolg van weerkaatsing of contrast. Lichtergonomen bevelen een relatief lage lichtintensiteit aan voor het onmiddellijke gezichtsveld, die afneemt naar de rand van het werkoppervlak.. Sunnex-lampen kunnen dankzij hun beperkte afmetingen en veelzijdige montage-alternatieven (permanente, mobiele en paneelmontage) precies op de juiste plaats worden geïnstalleerd. Alle modellen kunnen worden uitgerust met lampen van verschillende lichtsterkte. Het gamma werkplaatsverlichting bestaat uit drie



basismodellen: HS (52OW), HF (35-75W). De HS- en de HF-series werken met halogeenlampen (12 of 24 volt). Halogeenlampen geven een betrouwbare kleurweergave, geven veel licht in verhouding tot de afmetingen van de lamp en kunnen eenvoudig vervangen worden.

Voor uitvoerige info:
RIKO LAMPEN B. V.
Telefoon: 076-5974030
Fax: 076-5975102

Rapid prototypes

Prototypes uit ABS kunnen in tegenstelling tot andere rapid prototyping modellen daadwerkelijk op hun mechanische functies worden getest Het gepatenteerde opgroeiproces FDM (Fused Deposition Modelling) van het Amerikaanse bedrijf Stratasys verwerkt de slagvaste kunststof ABS

in twee kwaliteiten en diverse kleuren. Speciaal voor toepassingen in de medische techniek is het materiaal ABS-i beschikbaar. Naast

ABS kunnen ook een speciale was voor wasmodelgieten en een elastomeer voor rubberachtige toepassingen verwerkt worden. Daarnaast wordt het Genisys Concept Modelling systeem op de markt gebracht dat polyester gebruikt. Simpelweg uitgelegd werkt de machine als een computergestuurd lijmpistool, waarbij een op een klos gewikkelde ABS kunststofdraad wordt gespoten in laagjes tot een product.

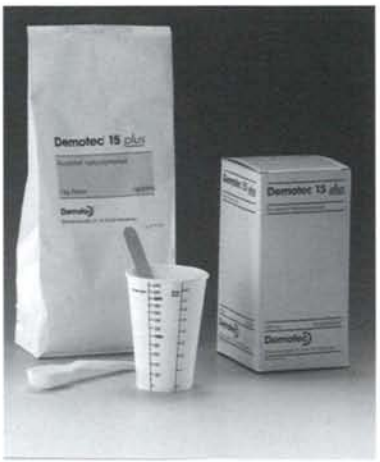
Voor uitvoerige info:
Somatech Printsystemen.
Telefoon: 0318-525566
Fax: 0318-540920

Kleine stootdempers

In geautomatiseerde productieprocessen met uiterst korte cyclustijden worden steeds hogere eisen gesteld aan technieken om bewegingen te beheersen. Daardoor kan niet meer worden volstaan met de gebruikelijke stalen veren of rubberen stootdoppen. Speciale aandacht vragen de door het Duitse bedrijf Weforma ont-

wikkelde extra kleine stootdempers. De nieuw geïntroduceerde reeks omvat een achttiental verschillende typen met buitendraad vanaf M6x0,5, waarmee kleine massa's tot 42 kg op doeltreffende wijze te dempen zijn. Er kan worden gekozen uit modellen met diverse lineaire of progressieve dempingskarakteristieken. Een ingebouwde veer, een geharde zuigerstang en een bronzen glijlagergeleiding staan daarbij borg voor een lange levensduur. Door de geïntegreerde vaste aanslag kan het dempingstraject over de volle lengte benut worden.

Voor uitvoerige info:
Pneu/tec B.V.
Telefoon: 023-5636611
Fax: 023-5632465.

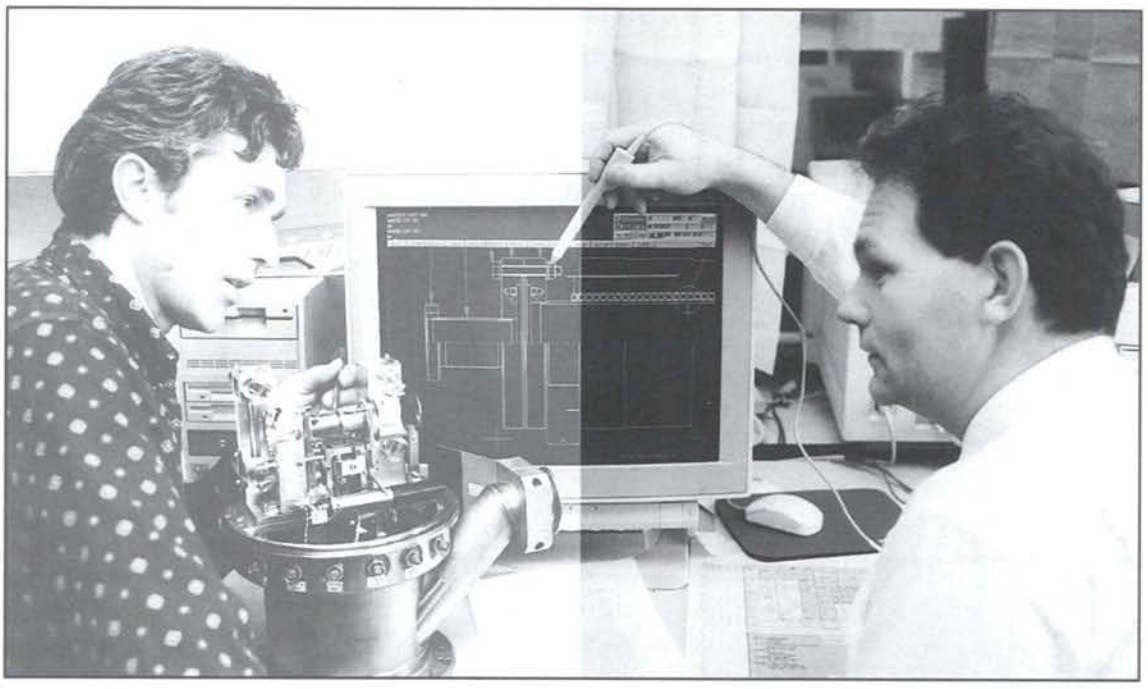


Krimpvrije inbedmassa

De krimpvrije inbedmassa 15 Plus uit het programma materiaalonderzoek van VIBA NV te Zoetermeer is de laatste ontwikkeling op het gebied van tweecomponenten koudinbedmassa's. Tot voor kort was er na het uitharden altijd sprake van krimp, als gevolg waarvan de uitgeharde inbedmassa niet volledig aansloot tegen de vatting van het ingebedde preparaat. Dit veroorzaakte bij het slijpen en polijsten ongewenste afrondingen aan de randen van het preparaat. De nieuwe inbedmassa krimpt niet maar zet uit. Daardoor wordt een goede aanhechting en aansluiting aan het in te gieten preparaat verkregen. Ongeacht vorm en afmetingen van het preparaat behoren krimp en spleetvorming nu tot het verleden. De verwerking van de inbedmassa 15 Plus is zeer eenvoudig: twee delen poeder en één deel vloeistof met elkaar vermengen en bij kamertemperatuur is het preparaat al na 7 tot 8 minuten uitgehard.

Voor uitvoerige info:
VIBA NV
Telefoon: 079-3418881
Fax: 079- 3418031

De uitwerking van een produktidee is bepalend voor de kwaliteit



Samen krijg je meer voor elkaar!

De NVPT stimuleert ontwikkelingen en toepassingen van de precisietechnologie in Nederland en wil daarmee tevens de belangstelling van dit kennisintensieve vakgebied vergroten.

Door het grote kennispotentieel dat qua niveau en vakdisciplines in de vereniging aanwezig is, kan door onderlinge contacten een vruchtbare kennisoverdracht tot stand komen.

Daarmee wordt een belangrijke bijdrage geleverd zowel aan de vaktechnische ontwikkeling van de leden als aan de ontwikkeling van de precisietechnologie in het algemeen.

De vereniging tracht haar doel te bereiken door onder meer:
- Deelname aan vakbeurzen samen met bedrijfsleden.
- Bedrijfsbezoeken.
- Samenwerking in Landelijke en Regionale Werkgroepen.
- Uitgave van het vakblad MIKRONIEK.
- Mikropool, een onderlinge dienstverlening op het gebied van materialen en bewerkingen.
- Deelname aan de organisatie van vakgerichte symposia, themadagen en tentoonstellingen.

Indien u in de activiteiten van de NVPT bent geïnteresseerd, stuur ons dan deze antwoordstrook.

Voor informatie en aanmelding:
Nederlandse Vereniging voor Precisietechnologie NVPT
Postbus 6367, 5600 EJ Eindhoven
Tel.: 040-2947937, Fax: 040-2125075

Naam .....

Adres .....

Postcode ..... Woonplaats .....

Tel.: ..... Fax: .....

Werkzaam bij .....

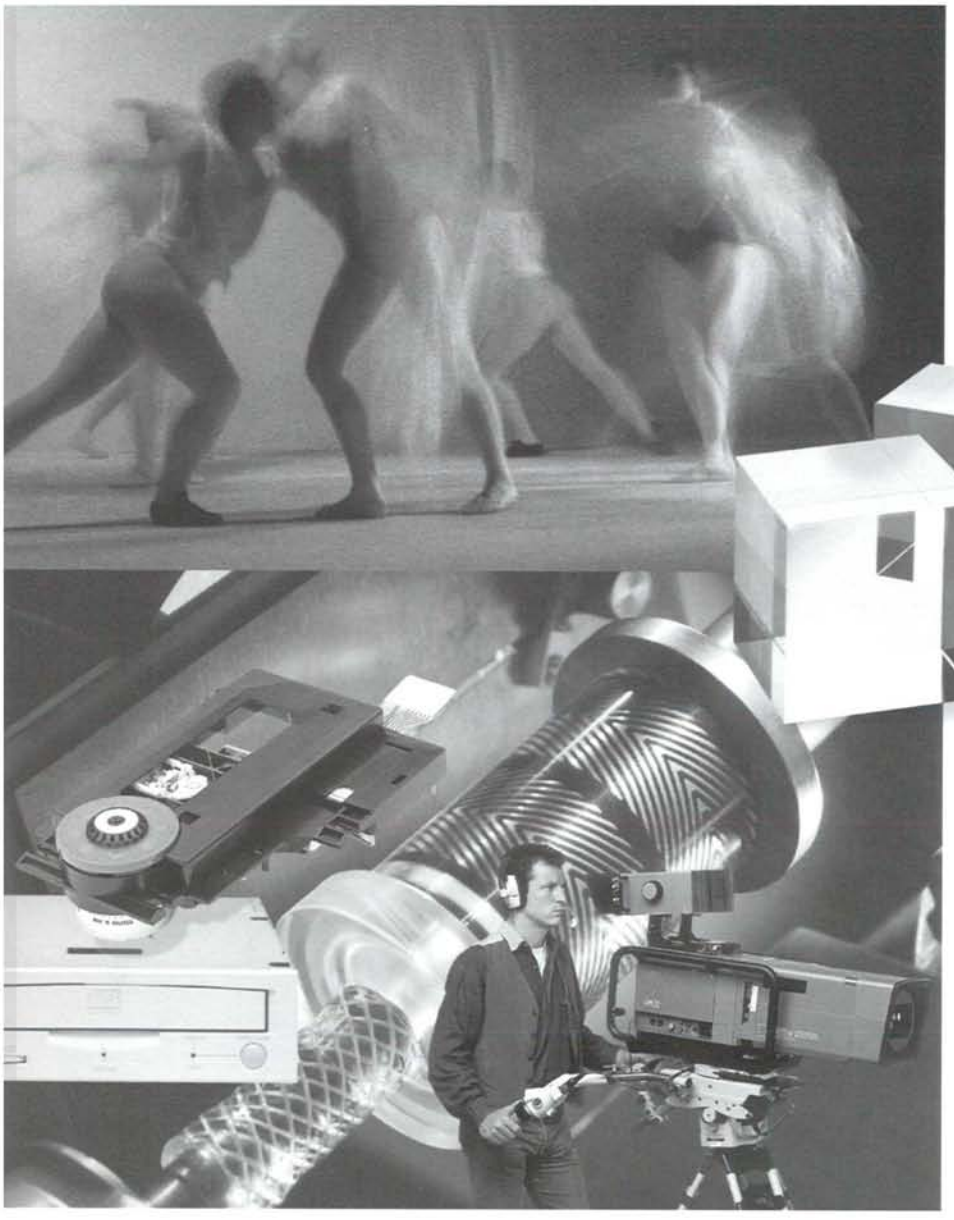
Functie .....

Vakgebied(en) .....

Omvang bedrijf .....

Lidmaatschap: ☐ wil informatie

☐ geeft zich op als lid.



The succes of your product depends on the performance of every single part – even those your customer doesn't see. That's why Mechatronics BV. is the smart choice for precision components.

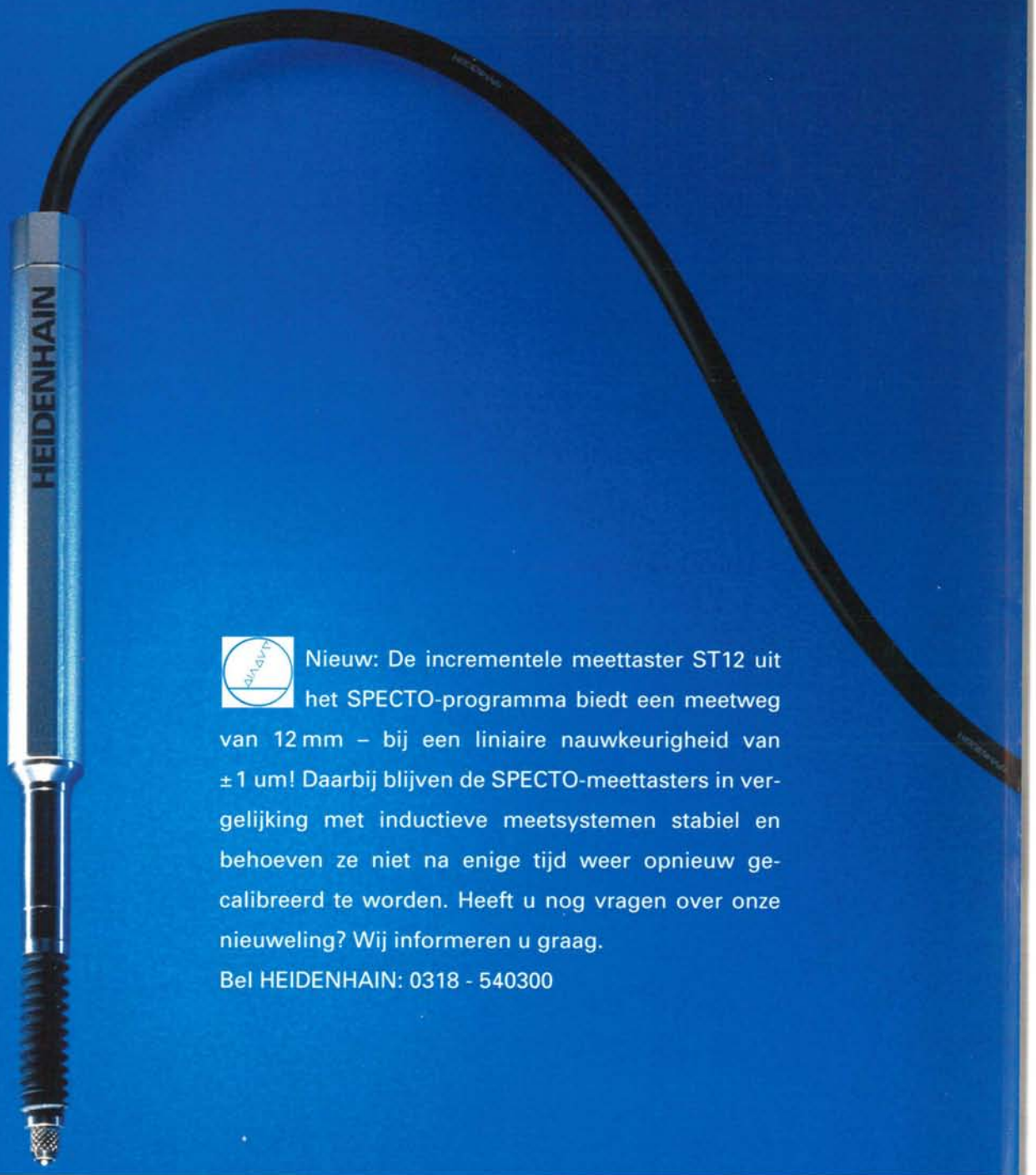
Take advantage of Mechtronics' BV expertise: high-performance parts in thihtly controlled production and even to extreme tolerances – for just about every application. If standerd units won't do, our design engineers will work with you to develop the specific component you need. And take advantage of our global presence and production facilities: Mechatronics BV can meet your delivery schedule, whereever you needs arise.

Then there's quality... And while everyone else is making claims, Mechatronics BV is making commitments. We understand that you're staking your reputation on our quality. So we'll do whatever it takes to deliver the best designed, most reliable, optimum tolerance product.

It's the little things that make a difference.

These components are small – so small, your customers won't know they're from Mechatronics BV. But they will know if they're not.

Mechatronics BV
Precision Parts Technology
Kerkeplaat 18, 3313 LC Dordrecht
Tel. +31 78 6305432
fax +31 78 6169121



Nieuw: De incrementele meettaster ST12 uit het SPECTO-programma biedt een meetweg van 12 mm – bij een liniaire nauwkeurigheid van ±1 um! Daarbij blijven de SPECTO-meettasters in vergelijking met inductieve meetsystemen stabiel en behoeven ze niet na enige tijd weer opnieuw gecalibreerd te worden. Heeft u nog vragen over onze nieuweling? Wij informeren u graag.

Bel HEIDENHAIN: 0318 - 540300

Afbeelding ca. 1:1

Nieuw!

HEIDENHAIN

Wereldwijd maatgevend.

HEIDENHAIN NEDERLAND B.V.
Postbus 107· NL-3900 AC Veenendaal
(0318) 540300 · FAX (0318)517287
http://www.heidenhain.de