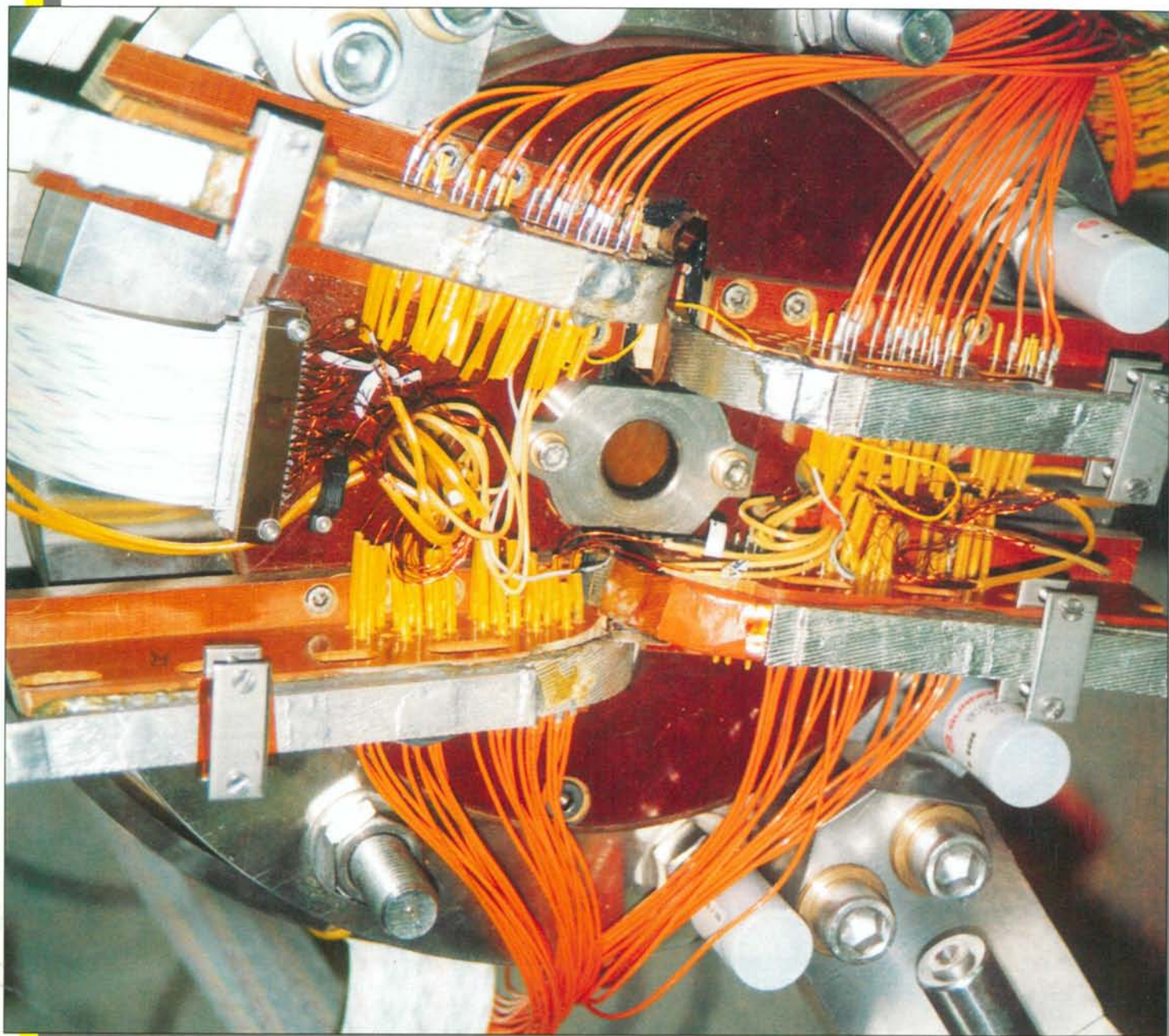


jaargang 35, nummer 6

Mikroniek

NVPT

VAKBLAD VOOR PRECISIE-TECHNOLOGIE



Ontwerpwedstrijden – Meerspillige boormachine
Supermagneet in Twente – Lezersonderzoek

DE NIEUWE IAC SCREW SCANNERS MAKEN HET ONMOGELIJKE NU TOCH MOGELIJK



De IAC SCREW SCANNERS maken definitief een einde aan het traditionele meten van schroefdraden.

Een Screw Scanner vervangt honderden kalibers, driedraadsmeetbanken, tweekogel binnenmeetinstrumenten, spoedmeetinrichtingen, microscopen met meetmesjes, etc.

Eenvoudig te bedienen

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

Te meten objecten:

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

Meetbereiken: vanaf M3 inwendig en groter.

Neem contact op met de UITVINDERS.

IAC

MEET
BEDRIJF
VOOR DE
INDUSTRIE

GEOMETRISCH INGENIEURS – NKO ERKENDE MEETTECHNICI
POSTBUS 2115 7801 CC EMMEN HOLLAND
TELEFOON 0591-642721/644103 FAX 0591-643139

PRECISIE OPTISCHE COMPONENTEN

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

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



STABILIX B.V.

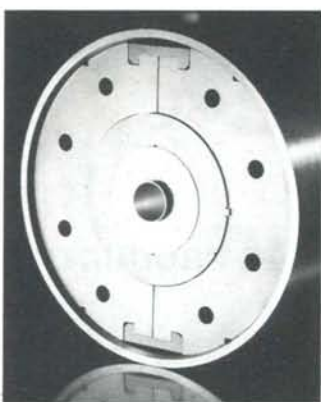
Burg. Hovylaan 84
2552 AZ DEN HAAG

tel. 070 - 3970061 fax 070 - 3979321

In dit nummer



Zie pagina 153



Zie pagina 158



Zie pagina 165



Zie pagina 170

149 Virtuele praktische kennis?
Editorial

150 Verenigingsnieuws/Actueel

153 Ontwerpwedstrijden in het ingenieursonderwijs
Gérard Vroomen

158 Ontwikkeling van een 11 Tesla Nb₃Sn dipoolmagneet voor de LHC van CERN
Andries den Ouden

165 Meerspillige boormachine voor compacte gatenpatronen
G.C. Koese

170 Lezersonderzoek
Bouwien Vermulst

172 Produktinfo

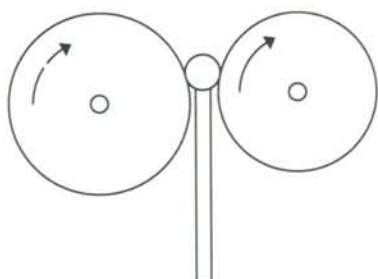
Bij de omslagfoto:

Aansluitdraden van de sensoren op een uiteinde van de spoel van de 11 Tesla magneet. Zie artikel "Ontwikkeling van een 11 Tesla...".

FIRMA CENTERLESS

Middenweg 145F - 1394 AH Nederhorst den Berg -

Telefoon 0294-254269 - Fax 0294-251751



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

UW botte HM-frezen als NIEUW geslepen!!



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

Kafra Hard Metal Tools, Precieslijperij

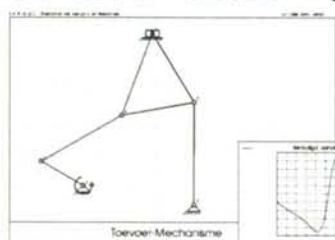
Tel. (0545) 294945, Fax (0545) 95117

Postbus 79, 7160 AB Neede

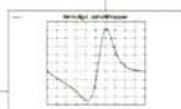
MECHANISMEN ANALYSE OP DE PC

SAM 2.2

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



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



v.a. hfl. 599,-

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

Testrapport in 'Mikro' 93/2

ARTAS - Technical Application Software Het Puyven 162 - 5672 RJ Nuenen - tel/fax 040-637562

Instrument makerij

Leitec
Instruments

Tomatenstraat 4, 2321 HG
Leiden, tel. 071-5765507

**metaal
kunststof**

**tevens
micro
argon/arc**

MECHANICAL PARTS PRODUCTION Delft Instruments



Röntgenweg 1, 2624 BD Delft

Postbus 483, 2600 AL Delft

Telefoon: 015 - 2698500

Fax: 015 - 2571352

MPP

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

Kwaliteit

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

Co-makership

Dankzij de jarenlange ervaring in het samenwerken met anderen voor fabricage van onderdelen, bouwden de MPP-medewerkers een grote exper-

tise op in het projectmatig werken, waarbij het co-makership altijd als uitgangspunt geldt. Dit betekent dat al bij de ontwikkelingsfase van een produkt wordt meegedacht.

Doelstelling

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

Kontaktpersonen:

W.H.H. Evertsz
tel: 015 - 2698666
H.J. Berbee
tel: 015 - 2698538



Nederlandse Vereniging voor
precisie-technologie

Uitgave:
NVPT

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

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

Redactie-adviesraad:
Prof. L.H.J.F. Beckman
Prof. dr. ir. H.F. van Beek
Prof. dr. ir. J. Bleeker
Ing. H. Bosch
Ir. P. Brinkgreve
Ing. M.F. Dierselhuys
Prof. dr. J. Fluitman
Prof. ir. C. Heuvelman
Ir. D. de Hoop
A. Meijering
Dr. ir. J.A. Rietdijk
Prof. dr. ir. P.H.J. Schellekens
Prof. dr. ir. Ch. Sijnders
Ir. G. Vaessen
Prof. dr. ir. A.J.A. Vandenput
Ir. D. van't Veen

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

Abonnementen:
Mikroniek
J. Verkerk
Postbus 80.004, 3508 TA Utrecht
Telefoon: 030-2531710 / 2531639
Fax: 030-2522267
Abonnementskosten Mikroniek:
Nederland f105,- per jaar
Buitenland f132,- per jaar
Alle prijzen excl. BTW

Secretariaat NVPT
Postbus 6367, 5600 HJ Eindhoven
Telefoon: 040-2473659; Fax: 040-2460645

Vormgeving:
Jurriaan Bol Design, Son

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

Mikroniek verschijnt zes maal per jaar

© Niets van deze uitgave mag overgenomen
of vermenigvuldigd worden zonder nadrukke-
lijke toestemming van de redactie.
ISSN 0026-3699

Editorial

Virtuele praktische kennis?

Steeds meer opleidingen beperken zich tot het overbrengen van kennis ten koste van het trainen van praktische vaardigheden. En als er wel getraind wordt, dan gaat dat vaak met de computer. Dan wordt gepoogd door simulatie een beeld van de praktijk te geven. Daar is niets op tegen en het kan een goede aanvulling zijn op de praktijk.

Ik krijg echter de indruk dat men het opdoen van praktijkervaring wil vervangen door simulatie-spelletjes. Dus door de student in een irreële wereld te plaatsen en hem het gevoel te geven dat dit *de praktijk* is. Verkeerde keuzes, waardoor systemen falen hebben bij dit spel geen grotere consequentie dan het verlies van een paar bonuspunten.

Het nu opgeroepen beeld wordt nog versterkt door de plannen om leerlingen (voorlopig alleen op Texel) thuis hun lessen te laten volgen en te overhoren via Internet.

De praktijk is gewoonlijk weerbarstiger en het blijkt dat het met succes realiseren van een functie in sterke mate afhangt van een goed oog voor kwaliteitbepalende details. Door training is daar goed gevoel, zelfs een zekere intuïtie, voor te krijgen.

In de Verenigde Staten is men al eerder geconfronteerd met de manco's die ontstaan wanneer vaardigheden niet op de juiste wijze getraind worden. Door het organiseren van ontwerpwedstrijden waarbij de opgedane kennis geïntegreerd moet worden toegepast probeert men het te kort aan praktische ervaring aan te vullen.

De resultaten, waarover u in dit blad kunt lezen, zijn spectaculair te noemen.

De deelnemers zijn als bij elke wedstrijd zeer gemotiveerd en enthousiast. Ongetwijfeld zullen ze vooraf hun praktische vaardigheden getraind hebben om een beter resultaat te kunnen 'neerzetten'.

Waarom wordt de latere beroepspraktijk, waar zeer zeker op resultaat wordt afge-rekend, ook niet gezien als een wedstrijd waarvoor praktische vaardigheden ge-traind moeten worden?

J. Verkerk
Instrumentele Groep Fysica
Universiteit Utrecht

main supplier

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

Onze fijnmechanische kennis van serieproductie en assemblage is gebaseerd op onze intensieve contacten met de Zwitserse fijnmechanische industrie.

Daardoor zijn wij tevens in staat u bij de engineering en product-optimalisatie ter zijde te staan.



micro  montage

Postbus 3108 - NL 3760 DC SOEST - Holland

GROOT IN HET KLEINE

- Draai- en freeswerk conventioneel en CNC
 - CNC-Bewerkingscentra
 - Rondslijpen
 - Vlakslipen
 - Draadvonken
- Ontwerp en fabricage van:
 - Snij, volg- en buigstempels
 - Dieptrekstempels
 - Matrijzen
 - Speciaal machines
- Reparatie en revisie



Postbus 323 / 9670 AH Winschoten

Telefoon: 0597-413338/412982

Fax: 0597-422586/415097

OPTICON

EEN EIGEN OPTISCHE WERKPLAATS?

OPTICON is gespecialiseerd in de ontwikkeling en produktie van optische systemen en componenten, en kan u van dienst zijn bij de ontwikkeling van prototypes.

Door jarenlange ervaring is een potentieel aan praktische kennis ontstaan die OPTICON ter beschikking stelt, zodat u in feite over een eigen optische werkplaats kan beschikken.

Neem contact op voor meer informatie.

OPTICON
Hoendiep 244
9745 EG Groningen
Tel.: 050-5567072 ● Fax: 050-5566430

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



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

Call one of our Application Engineers for assistance in specifying Optics for your requirement
call: 0316 - 333041

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

Verenigingsnieuws/Actueel

Nieuwe leden

In de loop van dit jaar hebben zich de volgende leden aangemeld.

Bedrijfsleden

Stork FDO B.V. te Amsterdam,
R.J.J. Heim
F.C.C.J.M. Theuws
TPD-TNO TU Delft te Delft,
G. Nutzel
INSTRUMETEK BV te Schiedam,
A.P. Vermeer
Ned. Philips Bedrijven BV, CFT te Eindhoven,
Dr. W. Hoving
Ing. A.M.R. Sars
Ir. C.C. Tak
Ned. Philips Bedrijven BV, Machinefabriek Acht,
Ing. A.A.A. Romers
I.B.S. te Eindhoven,
Ir. H.A.M. Spaan
Sanders-Birnie BV te Enschede,
J. Borghuis
W. Doesburg
Twente MicroProducts te Enschede,
Dr. J. Elders
Centrum voor Micro-Elektronica te Veenendaal,
Ir. B. Krijgsman

Persoonlijke leden

J. Verhoef te Amersfoort,
P. Westmijze te Arnhem,
F. Frieswijk te Oostermeer,
K. Visser te Haren Gn,
J.H. Jong te Aerdt,
Ir. F. Roode te Lochem,
H.A. Vermeulen te Wierden,
B. Vos te Hilversum.

Studentleden

R.A. Kleijhorst te Lisse,
G. Kroes te Almere,
J. Alem te Rotterdam,
A. van der Sande te Ossendrecht,
A. Post te Eindhoven,
M.M.P.A. Vermeulen te Eindhoven,
J.P.M.B. Vermeulen te Valkenswaard,
B. Huveneers te Elst Lb,
W. Baars te Haarlo,
mevr. R. van Beest te Alphen a/d Rijn,
E. Bekkering te Noordwijk Zh,

S. van den Berg te Valkenburg Lb,
E. Eeland te Leiden,
Erwin de Graaf te Sassenheim,
P. Landman te Utrecht,
M. Manten te Maarssen,
E.A. Meijer te Haarlem,
Erwin Meijer te Ter Aar,
P. Moreu te Haarlem,
W.L.A. Noort te Nijverdal,
Remco Rietveld te Woerden,
F. Schenkel te Rijnsburg,
H.C. Schoenmaker te Leiden,
M. Shehata te Leiderdorp,
A.D. de Snaijer te Leiderdorp,
M. Tamboer te Abbenes,
G. Verdoes jr. te Katwijk Zh,
A. Vernooij te Bennebroek,
N.W.A.A. Krebbers te Arnhem,
J. Leideman te Bruchterveld,
P.C.J. de Groot te Utrecht,
B. Mulder te Hilversum,
F. Verweij te Oosterbeek.

Normen op CD-ROM

Op de CD-ROM Registers Officiële Publikaties is nu ook een register van alle voor Nederland geldende normen opgenomen.

Het nieuwe register "Normbladen" omvat een compleet overzicht van alle Nederlandse en Europese normen en tevens de internationale normen, voorzover deze in Nederland zijn overgenomen. Dit bestand wordt samengesteld door het Nederlands Normalisatie-instituut (NNI) en wordt vier keer per jaar geactualiseerd. De gebruiker kan hiermee bijvoorbeeld een antwoord krijgen op de vraag welke normen voor geluidsbeheersing op de arbeidsplaats gelden, of er Europese richtlijnen bestaan voor verpakkingsafval of de veiligheid van liften en hoe de internationale normalisatie van de creditkaart geregeld is. De CD-ROM Registers Officiële Publikaties bevat in totaal vijf registers. Naast de normen zijn dit Nederlandse Officiële Publikaties, Kamerstukken, Europese Officiële Publikaties en Uitvoeringsregelingen Nederland. Met het menugestuurde programma zijn alle teksten van

de registers eenvoudig te doorzoeken. Deze CD-ROM wordt uitgegeven door de Informatiebank in samenwerking met Sdu Database Publishing, de Dienst Documentatie van de Tweede Kamer, ELIS Publications, het T.M.C. Asser Instituut en het Nederlands Normalisatie-instituut.

Voor nadere informatie:

Infocentrum NNI
Postbus 5059
2600 GB Delft
Telefoon: 015 - 269 0390
Fax: 015 - 269 0199.

PATO-cursus Milieugerichte produktontwikkeling

Driedaagse cursus; 6, 7 en 27 februari 1996, Amersfoort.

Het milieu, hoe meet je dat, Produktontwikkeling en Milieu-aspecten.

Doelgroep: Produktontwikkelaars van serie- en massaproducten met een voltooide technische opleiding op academisch of HBO-niveau, ongeacht studierichting.

Cursusleiding: ir. M.J. Goedkoop en ir. M. Collignon.

Kosten: f 2.860,-

Voor nadere informatie:

Stichting PATO
Telefoon: 070 - 364 4957
Fax: 070 - 356 2722.

Email-keur vernieuwd

De Stichting Email te Bilthoven heeft nieuwe kwaliteitseisen voor geëmailleerde producten met "Email-keur" uitgebracht.

De nieuwe uitgave (de vijfde editie) geeft algemene kwaliteitseisen voor zowel fritten als voor geëmailleerde artikelen. Email is -volgens NEN 2711 (RAL 529 A2)- een door smelten of fritten ontstane glasachtige massa met een anorganische in hoofdzaak oxydische samenstelling, die in één of meer

Actueel

PMF wint Milieuprijs gemeente Eindhoven

Philips Plastics and Matalware Factories (PMF) heeft de Milieuprijs 1995 van de gemeente Eindhoven gewonnen. 'PMF heeft vijf jaar geleden op milieugebied zijn nek uitgestoken en daarmee goede resultaten geboekt - op milieugebied en ook in bedrijfseconomisch opzicht', aldus het juryrapport.

**De prijs**

Een replica van de landelijke milieuprijs en een geldbedrag van f 2500,- werd vorige week in het stadhuis door milieuwethouder A.F.P.M. Scherf aan ir. F.W. Ridderhof overhandigd. Ridderhof was drie dagen tevoren, na jaren directievoorzitter van PMF International te zijn geweest, met pensioen gegaan. De initiator van het milieubeleid bij PMF gaf de prijs door aan zijn opvolger, ir. T.G. Verbeek. Die betrok op zijn beurt PMF's milieu- en veiligheidsman F.B. Melgert in de hulde. Ir. Ridderhof noemde hetgeen is bereikt op milieugebied een prestatie van alle PMF-medewerkers. Hij wees erop, dat juist op dit gebied het doen en laten van individuele medewerkers verstrekken gevolgen kan hebben.

De geldprijs werd zoals gebruikelijk aan een milieu-instelling geschonken, in dit geval aan Vogelwerkgroep De Kempen.

De Milieuprijs van de gemeente Eindhoven werd voor het zesde jaar op rij uitgereikt.

lagen eventueel met verschillende toevoegingen op voorwerpen van metaal of glas kan worden of is gesmolten. In de nieuwe uitgave van de Stichting Email zijn in aanvulling op de algemene kwaliteitseisen specifieke eisen opgenomen die voor een aantal toepassingsgebieden gelden. Deze omvatten kookapparaten en kookgerei, wasapparatuur, sanitaire producten en warmwaterapparatuur, koel- en vrieskasten, borden en panelen voor binnen- en buitentoeepassingen, (mest)silo's en andere agrarische installaties, (onderdelen van) warmtewisselaars, school-, projectie- en schrijfborden en industriële tanks. Voor al deze toepassingen zijn behalve de betrokken kwaliteitseisen ook de onderzoeksmethoden uitvoerig omschre-

ven. Email bezit een groot aantal gunstige eigenschappen, aangezien het materiaal de sterkte van staal combineert met de weerstand van glas tegen slijtage, mechanische en chemische aantasting. Het samensmelten van glas op staal waarborgt een permanente bescherming van het staal, waarbij het optreden van ondercorrosie uitgesloten is.



Verder is email duurzaam, krasvast en in hoge mate onderhoudsarm. De kwaliteitseisen worden uitgegeven als een losbladig systeem, zodat de set snel en eenvoudig kan worden uitgebreid.

Voor nadere informatie:

Stichting Email
Postbus 120
3720 AC Bilthoven
Telefoon: 030 - 228 7111
Fax: 030 - 228 7674.

Informatiesystemen voor kwaliteitsmanagement

Demonstratiedag op donderdag 4 april 1996; Novotel Brainpark te Rotterdam; georganiseerd door Management Studiecencentrum.

Een informatiesysteem voor kwaliteitsmanagement biedt u de mogelijkheid de kwaliteit van uw producten en organisatie op een hoog niveau te brengen en te houden.

Doelgroep:

Leidinggevenden, managers en adviseurs in industrie en dienstverlening.

Aan de orde komen de volgende onderwerpen:

Welk informatiesysteem zoekt u?
Op basis waarvan maakt u keuze?
Welke eisen stellen de ISO-normen aan uw informatiesysteem?
Tevens vinden demonstraties plaats van een aantal softwarepakketten

Voor nadere informatie:

Management Studiecencentrum
Postbus 120
3110 AE Vlaardingen
Telefoon: 010 - 460 3041
Fax: 010 - 435 7430.

Product Partners naar Multin Technology Group

Vanaf 1 september j.l. maakt het ingenieursbureau Product Partners B.V. uit Delft deel uit van de Multin Technology Group uit Zoetermeer. Ingenieursbureau Product Partners is tien jaar geleden opgericht en is gespecialiseerd in het ontwikkelen van complete elektronische producten waarin analoge en/of digitale technieken onmisbare elementen zijn. Met de komst van Product Partners

heeft de Multin Technology Group haar kennis op het gebied van (micro-)elektronica aanzienlijk uitgebreid. De doelstelling van de Multin Technology Group is om aan bedrijven die de R&D-activiteiten willen uitbesteden, een totaalpakket aan technologische kennis aan te bieden. Voor de ondernemingen heeft dit als voordeel dat ze hun nieuwe producten aanzienlijk sneller en doelmatiger laten ontwikkelen en op tijd op de markt kunnen introduceren.

De werkmaatschappijen van de Multin technology Group werken in clusterverband samen. Binnen de werkmaatschappijen is kennis beschikbaar op de gebieden als mechatronica, (micro-)elektronica, productie van precisieonderdelen en middelgrote series.

Voor nadere informatie:

Multin Technology Group
Koraalrood 153
2718 SB Zoetermeer
Telefoon: 079 - 362 0810
Fax: 079 - 362 1511.

Kwaliteitscertificaat

Mamesta B.V. Maatschappij voor metallografische werkzaamheden en staalveredeling heeft het TÜV-kwaliteitscertificaat verworven.

De heer ir. J.M.A. Boulanger van TÜV Nederland QA B.V. heeft op 27 september het certificaat overhandigd aan

de heer ing. J.J. Wammes, directeur van Mamesta B.V.

TÜV Nederland heeft het kwaliteitsmanagementsysteem van Mamesta voor het warmtebehandelen van metalen en hun legeringen alsmede metallografische laboratoriumwerkzaamheden geëvalueerd op basis van de norm NEN-ISO 9002.

Tijdens een tweedaags onderzoek zijn alle facetten van het totale bedrijfsproces op alle niveaus doorgelicht en beoordeeld. Daarbij is geconstateerd dat aan de geldende voorwaarden is voldaan.

Het kwaliteitssysteem van Mamesta is gebaseerd op de doelstelling dat eventuele fouten in het proces dienen te worden voorkomen in plaats van naderhand te worden verbeterd. De jaarlijkse controles zullen door TÜV Nederland worden uitgevoerd.

Voor nadere informatie:

Mamesta B.V.
Postbus 4307
5944 ZG Arcen
Telefoon: 077 - 473 1551
Fax: 077 - 473 2409.

B&S Tilburg

B&S te Tilburg verwierf dit voorjaar het kwaliteitscertificaat ISO 9002 uit handen van de voorzitter van de Kamer van Koophandel voor Midden Brabant. De audit vond plaats door TüV Quality

Assurance Nederland bv.

Het bedrijf is toeleverancier van precisie-productiegereedschappen en fijnmechanische componenten, die hun toepassing vinden in de metaal- en kunststofverwerkende industrieën in binnen en buitenland. Naar mening van B&S zal de certificering door een dochter van de Duitse TÜV de exportactiviteiten op de Duitse markt sterk kunnen ondersteunen.

100 jarig jubileum

Boers & Co te Schiedam, opgericht in 1895, vierde in november haar 100-jarig bestaan. De welvarende onderneming heeft inmiddels circa 130 medewerkers en bestaat uit drie fabrieken en een handelsmaatschappij, overkoepeld door Boers & Co holding b.v.



In juni van dit jaar heeft Boers & Co fijnmechanische industrie bv uit handen van Bureau Veritas het kwaliteitscertificaat ISO 9002 ontvangen. De fijnmechanische industrie is hiermee voorloper in de holding, die zich ten doel gesteld heeft om alle bedrijfsonderdelen voor eind 1997 te ISO-certificeren.



Ontwerpwedstrijden in het ingenieursonderwijs

Gérard Vroomen

Reeds 25 jaar geleden constateerde het Massachusetts Institute of Technology dat zijn studenten vaak niet in staat waren de geleerde theorie in praktijk te brengen. Besloten werd ontwerpwedstrijden in het studieprogramma te introduceren waarin alle facetten van het ontwerpen aan bod kwamen. Voor het eerst merkte de student wat begrippen als brainstormen, ontwerpen, concipiëren, construeren, produceren, testen en consumeren betekenen, wanneer deze gecombineerd worden met het in de praktijk altijd geldende gebrek aan tijd, materiaal en kennis.

De geleerde kennis is namelijk toegepast op ideale situaties, op sommetjes die op gehele getallen uitkomen. In hoeverre deze kennis in de werkelijkheid toepasbaar is, wordt vaak niet ge doerd. Het gewenste materiaal bestaat niet of is te duur. Tenslotte kost het bouwen van het "ideale" ontwerp teveel tijd en zal dus genoeg moeten worden genomen met een minder prestigieus ontwerp. Zelfs als al deze pro-

blemen zijn overwonnen blijft het risico bestaan dat de concurrent een eenvoudiger en meer effectieve oplossing heeft gevonden.

Uiteindelijk zijn de ontwerpwedstrijden uitgegroeid tot competities waarbij multidisciplinaire teams in een week tijd een constructie ontwerpen en bouwen waarmee een bepaalde taakstelling zo goed mogelijk kan worden uitgevoerd. Vervolgens komen de verschillende teams tegen elkaar uit in een competitie. Die competitie vormt de ultieme confrontatie met de "echte wereld", met de markt waarop de vele concurrenten actief zijn.

MIT Design Competition

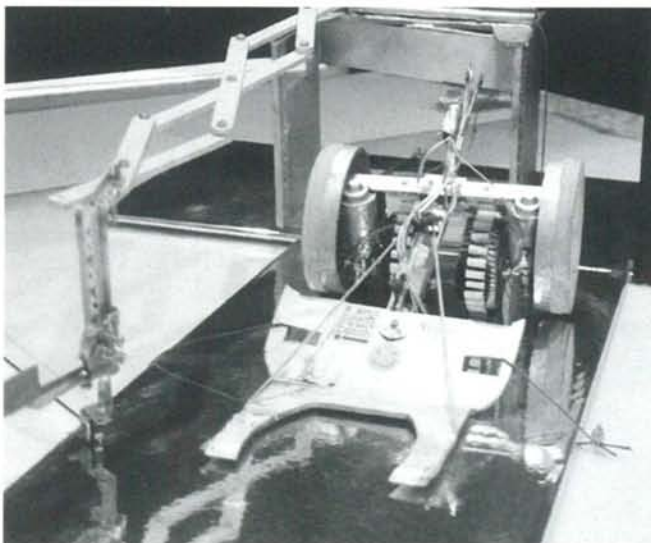
De design competition is het sluitstuk van de MIT Course 2.70, een verplicht vak voor werktuigbouwkundestudenten. Studenten doen individueel aan de wedstrijd mee maar mogen samenwerken. Daar zouden ze ook profijt van kunnen trekken, maar in de praktijk blijken de studenten zonder uitzondering alleen te werken. De winnaars van deze wedstrijd mogen deelnemen aan

de wereldfinale, samen met studenten uit Japan, Korea, Groot Brittannië, Duitsland en Brazilië. Bij deze finales wordt in multinationale teams gestreden, hetgeen een extra dimensie aan de wedstrijd toevoegt.

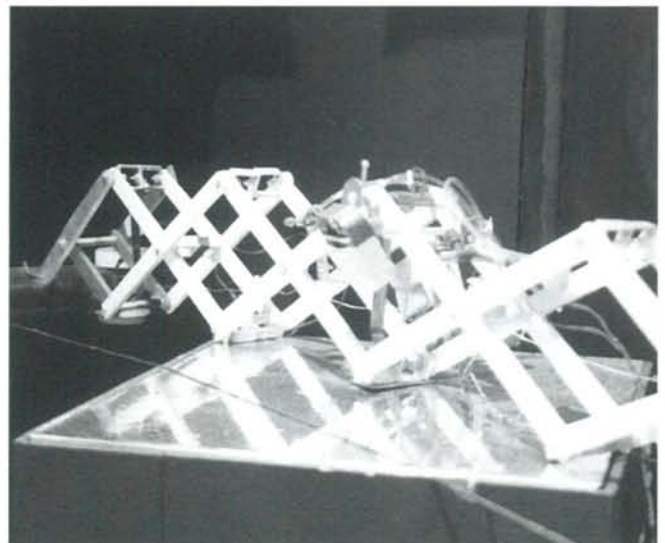
Het doel van de wedstrijd is inzicht te krijgen in de mogelijke bewerkingen, materiaaleigenschappen en verbindingstechnieken en niet in de laatste plaats bezig te zijn met een creatief ontwerpproces. Natuurlijk ligt in dit ontwerpproces besloten, dat gezocht moet worden naar een differentieel voordeel ten opzichte van de tegenstanders, binnen de beschikbaar gestelde materialen in de toolkit.

In 1994 was het thema het wereldkampioenschap voetbal, waardoor de naam van de wedstrijd "RoboSoccer" werd. De opdracht was dan ook het ontwerpen van een robot die met een voetbal overweg kon.

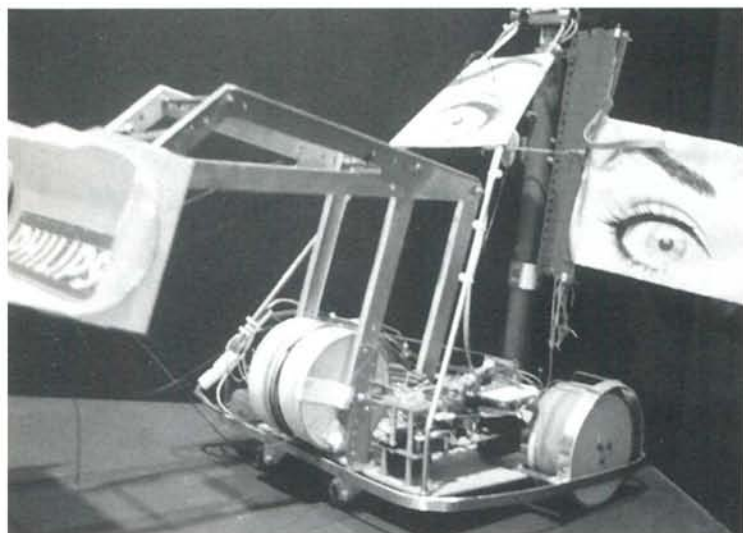
Net als bij voetbal was ook hier sprake van twee partijen die elk op hun eigen helft begonnen. De voetbal lag voor het startschot op de middenstip. De beide



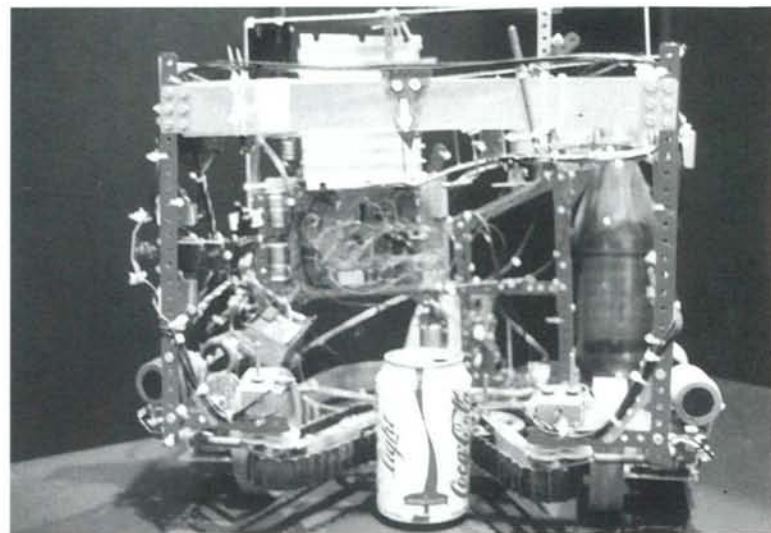
Figuur 1a: De aan de linkerkant zichtbare "lazy-tong" kan de bal via de boarding in het doel schoppen. Het karretje kan bij onvolledig succes zelfstandig "voetballen". Door of de binnenste twee of de buitenste twee wielen op de grond te zetten kan de snelheid en duwkracht veranderd worden. (Foto: Monique Gofers).



Figuur 1b: Dit hek, hier uitgeklaapt tot 150 cm breedte, rijdt over de boarding. De wielen (linksachter is één paar te zien) zetten zich tegen elkaar af en zorgen zo voor een grotere normaalkracht op de wielen (en daarmee een grotere duwkracht) dan bij het karretje. (Foto: Monique Gofers).



Figuur 2a. Deze shovel kan zeer nauwkeurig flessen en blikken oppakken en deze zelfs vanaf het laagste niveau van het parcours in bakken deponeren. Dit spaart rijtijd, maar de overige functies werken relatief traag. (Foto: Monique Gofers).



Figuur 2b. Deze machine kan intern blikken en flessen scheiden. Rechtsachter is reeds een fles zichtbaar, het blikje zal zo dadelijk naar links verdwijnen. Helaas liet de bestuurbaarheid te wensen over. (Foto: Monique Gofers).

robots stonden opgesteld tussen doel en bal. Na het startschot was het zaak de bal zo te manoeuvreren, dat deze bij het stopsignaal ofwel in het doel van de tegenstander lag, danwel op diens helft.

Het apparaat mocht niet groter zijn dan 30x30x30 cm, althans: voor het startschot. Na het startschot mocht van alles uitgekapt, weggeschoten, verlengd en verreden worden. Het totaalgewicht mocht niet meer dan vier kilogram bedragen.

Voor voortbeweging en krachtopbouw kon gebruik gemaakt worden van zowel elektriciteit als luchtdruk. De robot werd hiervan voorzien via een "umbilical", ofwel navelstreng. Deze streng hing vanaf het plafond naar beneden, en was loskoppelbaar. De beschikbare materialen in de toolkit bestonden uit bijna uitsluitend gewone mechanische onderdelen zoals vijf motoren, twee pneumatische cilinders, veren, kartonnen platen en kokers, hout, aluminiumplaat en assen en ABS-materiaal. Hiernaast zaten er wat ongewone onderdelen in zoals een klein stukje spiegel en een blauw kunststof robothoofd. Bijna alle onderdelen uit de toolkit waren afkomstig van sponsors (ongeveer 30 in totaal), waaronder Ford Motor Company, Polaroid Corp. en 3M.

Het speelveld was een rechthoek van 3 x 1,5 m met rondom een rand van 10

cm hoog. Er mocht geen schade worden toegebracht aan de wedstrijdtafel, bijvoorbeeld ook niet door smeermiddelen achter te laten.

Doordat de opdracht niet erg goed doordacht was, was er weinig variatie tussen de ontwerpen. Bijna iedereen bouwde een eenvoudig duwkarretje, hetgeen saai wedstrijden tot gevolg had. Twee uitzonderingen (toevalligerwijze van Nederlandse deelnemers) worden getoond in de figuren 1a en 1b.

International Design Competition Inventech

Deze technische ontwerpwedstrijd werd in 1993 voor het eerst in Nederland gehouden, met 48 deelnemers verdeeld over twaalf teams. Dit is dus een verschil met de individualistische aanpak van het MIT. De wedstrijd werd mogelijk gemaakt door Philips Nederland en is dus een particulier initiatief. Zodoende is niet elke student in de gelegenheid deel te nemen.

De probleemstelling van Inventech '93 (toen nog Kreatech geheten) was overgenomen van de MIT Course 2.70 van 1991. De opdracht bestond uit het ontwerpen van een op afstand bestuurbare robot die op een parcours met twee niveaus zoveel mogelijk blikjes en PET-flessen kon verzamelen en gescheiden in afvalbakken deponeren.

De toolkit was anders samengesteld dan aan het MIT, omdat meer nadruk was gelegd op elektronica. Onder andere bevatte de toolkit een afstandsbediening met twee kanalen, meccano, twee krachtige elektromotoren en vijf zwakkere, en plaatmateriaal. Elektrische componenten konden met enige beperkingen naar wens gebruikt worden. De onderdelen uit de toolkit mochten met behulp van machines en gereedschappen aanwezig op de verschillende dependances van Philips worden bewerkt. Hierbij kon worden gedraaid, gefreesd, geboord, gezandstraald, etc.

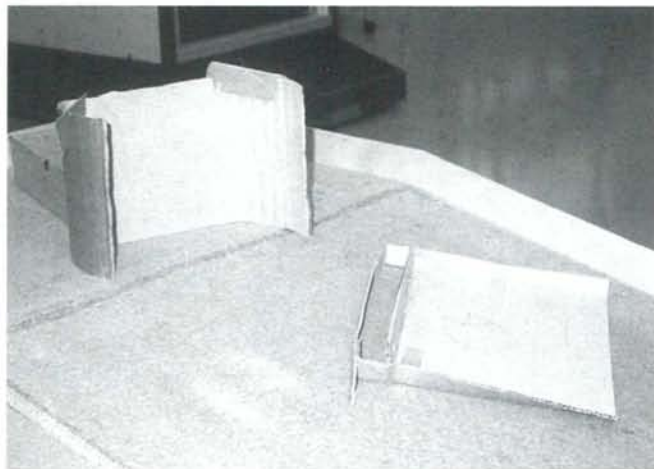
Na een week werken bleken alle twaalf robots te functioneren, zij het niet altijd tot volle tevredenheid van de ontwerpers. Opvallend was de grote diversiteit van de robots, zoals blijkt uit de figuren 2a en 2b. Sommige ontwerpen waren de eenvoud zelf, andere hadden zeer ingenieus en precies werkende functies zoals een shovel of een robot die intern de blikken van de flessen wist te scheiden. Een team heeft het gehele ontwerpproces opgetekend, hetgeen in het navolgende is weergegeven.

Het ontwerpproces

Brainstormen

Omdat alle leden van het team goed bekend waren met de principes van het brainstormen verliep deze fase van het ontwerp soepel. Zeer vele oplossingen

Ontwerpwedstrijden in het ingenieursonderwijs



Figuur 3a. Twee "prototypes" om de vorm van de laadbak (links) en de voorwielophanging gebogen uit één plaat (rechts) uit te proberen. (Foto: Monique Gofers).

voor nog meer problemen werden geopperd, slechts onderbroken door de organisatie die de teams enkele malen bijeen riep om wijzigingen in het reglement door te geven. De teams bleken namelijk zonder uitzondering te kiezen voor oplossingen die de tegenstander het scoren onmogelijk zouden maken, in plaats van oplossingen waarbij men zelf tot scoren zou kunnen komen. Deze aanpassingen van het reglement waren de Kreatech-pendant van de ontwikkelingen in de markt en de veranderende wetgeving die men in het echte leven tegenkomt.

Voorwaarden

Zonder veel discussie werden door het team de voorwaarden voor een goed ontwerp vastgelegd. Het ontwerp diende snel, simpel en stevig te zijn.

Snel:

De wedstrijden duren slechts drie minuten. Daarin moet men, gehinderd door de tegenstander, een bepaalde taak volbrengen. Om dit te halen en de hinderende acties van de tegenstander te kunnen ontwijken moet de robot snel zijn.

Simpel:

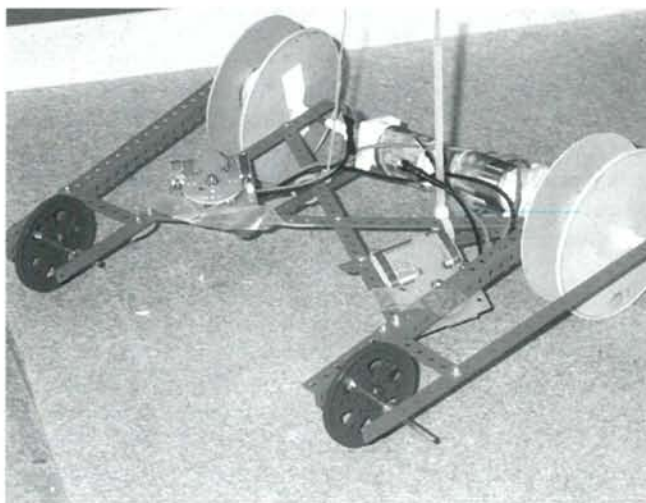
Wat er niet is kan niet kapot. Bovendien is het niet zo moeilijk om moeilijke functies te ontwerpen, maar wel om ze feilloos werkend te krijgen. Er waren zelfs teams die probeerden EPROM's te programmeren, iets wat niemand feilloos gelukt is. Een week is zo voorbij. Tenslotte was het vertrouwen in eigen kunnen niet zo groot dat moeilijke oplossingen haalbaar leken.

Stevig:

Vanwege het contact dat tijdens wedstrijden op kan treden dient de robot stevig te zijn. Ook dienen eventuele functies robuust te worden uitgevoerd. Een kleine verandering in de instelling mag geen grote gevolgen voor het resultaat van de functie hebben. De stevigheid is ook vereist omdat er een aantal wedstrijden kort na elkaar moet worden gereden, zonder een reële mogelijkheid tot reparatie.

Toetsing aan voorwaarden

In beginsel probeerde het team een oplossing te bedenken die onder alle omstandigheden en tegen alle mogelijke tegenstanders aan het langste eind zou trekken. Alas bleek dit een onmogelijke opgave. Elke functie die een bepaald soort tegenstander met succes zou kunnen bestrijden zou het juist moeten afleggen tegen een ander soort tegenstander.



Figuur 3b. Prototype om het principe van de besturing uit te testen. Hierbij bleek dat de standaard potentiometers niet voldeden voor een precieze besturing. (Foto: Monique Gofers).

Verskillende blik-fles scheidingsmechanismen werden voorgesteld en verworpen, statische oplossingen met rondzwaaiende armen bleken evenmin de juiste oplossing. Uiteindelijk stelde iemand voor een robot te bouwen zonder speciale functies, die blikken en flessen in de bakken zou kunnen duwen. In plaats van ons te concentreren op moeilijke functies zou kunnen worden gewerkt aan een goede bestuurbaarheid van de robot, een in het heetst van de strijd onmisbare eigenschap. Het ontwerp voldeed per definitie aan de voorwaarden, en werd daarom in principe aanvaard als te bouwen oplossing.

Controle op toetsing

Om er zeker van te zijn dat de goede keuze was gemaakt, werden de voor- en nadelen van het ontwerp op een rijtje gezet:

Voordelen:

- Volledig mens-bestuurd, anticiperen op tegenstander is mogelijk, niet afhankelijk van één tactiek.
- Geen extra functies, dus een snelle en kleine robot.
- Eenvoudig ontwerp, dus grote kans dat het binnen een week werkt.

Nadelen:

- Volledig mens-bestuurd, dus als de mens niet optimaal functioneert (ze nuwen), faalt het systeem.
- Kleine robot, weinig verzamelcapaciteit, dus vaak heen en weer rijden tussen objecten en verzamelbakken.

De voordelen wogen ons inziens ruimschoots op tegen de nadelen, zodat het concept definitief aangenomen werd. De presentatie aan het panel - bedoeld om de haalbaarheid en het realiteitsgehalte van het ontwerp te toetsen - verliep voorspoedig. Terwijl bij andere teams, zo hoorden wij later, door het panel situaties werden bedacht waarbij het ontwerp zou falen, lukte dit bij ons ontwerp niet. Onze schaamte over de te eenvoudige oplossing sloeg dan ook al snel om in triomf, ondanks de ongelukkige blikken van verschillende organisatoren, die de hoeveelheid elektronica in het ontwerp tot een minimum beperkt zagen.

Het uiteindelijke ontwerp, zie de figuren 3a-d, bestond uit een aluminium bakje, waarin en waaraan de volgende onderdelen waren gemonteerd:

- *Voorwielen*

De wielen zijn speciaal gefabriceerd, er is geen gebruik gemaakt van de standaard beschikbare wielen. Hierdoor konden wielen met een grotere diameter worden gemaakt, zodat zonder het gebruik van een tandwieloverbrenging toch een hoge snelheid zou kunnen worden behaald. De diameter is zo bepaald dat de beschikbare rupsband zonder aanpassingen om het wiel past. Hierdoor is een goede bevestiging mogelijk en bestaat de "band" uit één stuk. Dit verkleint de kans op defecten.

- *Voorwielophangpunten*

Ook aan de buitenkant van de wielen is een wielophangpunt gemonteerd, zodat beide wielen tweezijdig zijn opgehangen. Dit is steviger dan een eenzijdige

ophanging, en voorkomt dat de tegenstander de robot letterlijk in de wielen kan rijden.

- *Achtersteunpunt*

Aan de achterzijde waren eerst twee wielen gepland, maar dit ontwerp bleek niet op enige logica gebaseerd te zijn. Er was namelijk geen goede reden om de robot in de vorm van een klein autootje te bouwen. Volstaan werd met een sleepplaatje, dat de achterkant van de carrosserie van de grond hield. Door de (onterechte) gedachte van een aantal teamleden dat dit teveel wrijving veroorzaakte, is dit plaatje later nog vervangen door één heel klein wieltje. Uiteindelijk bleek dit wieltje niet te rollen maar over de baan te slepen.

- *Elektromotoren*

Deze gelijkstroommotoren werden direct op de wielen gemonteerd, één motor per wiel. Door de directe koppeling was wederom de kans op falen geminimaliseerd.

- *Stuursignaalontvanger*

Deze is bovenop de robot gemonteerd om een ongestoorde ontvangst te bevorderen. Het gehele hierna genoemde stuursysteem was gesplitst in een linker en een rechter tak. Elke tak zorgde dus afzonderlijk voor de aansturing van één wiel. (De helft van) de som van de twee stuursignalen vormt aldus de voorwaartse snelheid, het verschil de hoeksnelheid van de robot. Door bij de afstandsbediening een joy-stick een kwartslag te draaien correspondeerden de bewegingen van de bestuurder precies met deze aansturing.

- *Servo's*

De servo's werden aangestuurd door de stuursignaalontvanger.

- *Potentiometers*

De gebruikte potentiometers waren niet de in de toolkit geleverde potentiometers. Deze waren slecht en hadden slechts een "aan-" en een "uit"-stand. Voor een goede besturing waren meer accurate potentiometers vereist.

- *Tandwieloverbrengingen*

Aangezien de servo's een bereik van 90 graden en de potentiometers een bereik van 270 graden hadden moest hier een tandwielkast tussen worden gemonteerd. Met de beschikbare tandwielkasten was geen overbrenging van circa 3 te realiseren. Om deze reden zijn met de hand tandwielkasten uit hout gefabriceerd. Ander materiaal was niet meer voorhanden.

Noot: De serie stuursignaalontvanger-servo-tandwieloverbrenging-potentiometer, ofwel een elektrisch-mechanisch-elektrisch-omzetting, had op zich vermeden kunnen worden door de elektrische uitgang van de stuursignaalontvanger meteen naar de pulsmodulator te sturen. Door gebrekkige documentatie omtrent de precieze werking en het precieze uitgangssignaal van de ontvanger is dit achterwege gelaten.

- *Accu*

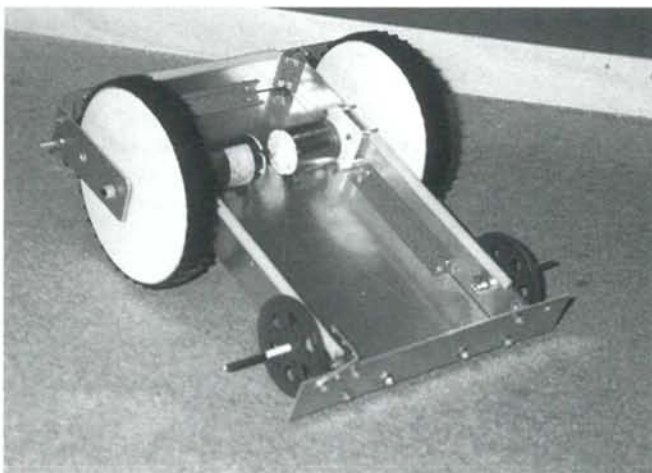
De accu was bovenop gemonteerd zodat deze zonder veel problemen te demonteren was voor vervanging door een opgeladen exemplaar.

- *Pulsmodulator van 2000 Hz*

De pulsmodulator, beter gezegd een pulsbreedtemodulator, gaf met een frequentie van 2000 Hz pulsen af aan de elektromotoren. Afhankelijk van het signaal van de potentiometer waren die pulsen korter of langer. Dit resulteerde in een lagere of hogere snelheid. De snelheden van de twee afzonderlijke wielen, en daarmee de snelheid en de richting van de robot, waren zodoende zeer goed te controleren.

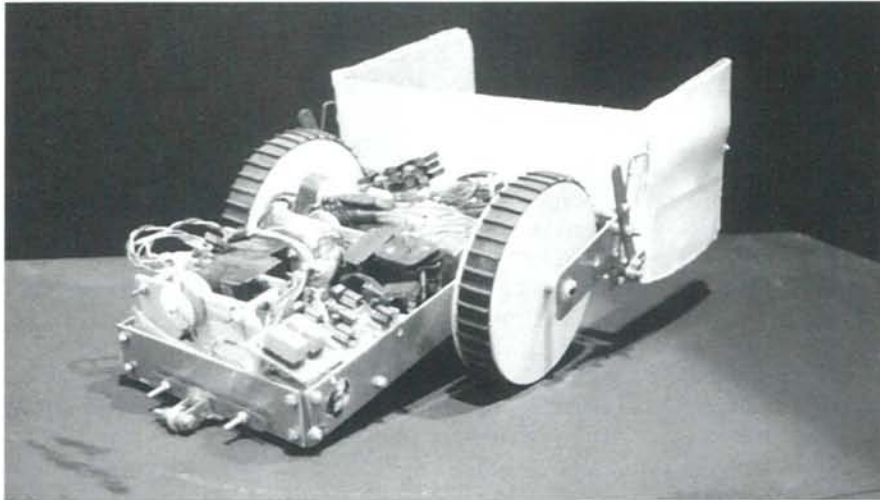
- *Laadbak*

De laadbak was een U-vormig karton dat ervoor zorgde dat de robot de voortgeduwde blikken en flessen niet zij-



Figuur 3c. Het uiteindelijke chassis, dat niet uit één plaat gebogen is, maar uit losse platen verbonden met boutjes. De twee kleine achterwielen zijn later verwijderd. (Foto: Monique Gofers).

Ontwerpwedstrijden in het ingenieursonderwijs



Figuur 3d. De uiteindelijke robot, met het minuscule achterwielje. Linksachter de twee houten tandwielkasten, rechtsachter de pulsmodulator, tussen de wielen de elektromotoren met daarbovenop de accu en vooraan de laadbak. (Foto: Monique Gofers).

waarts kon verliezen. De vorm was aan de onderkant zo gemaakt dat de laadbak op de hellingen niet aan de grond kon komen maar wel onder de rand bleef die rondom het parcours was aangebracht. Zo kon men langs de rand "schrapen" en eenvoudiger voorwerpen meeslepen.

Verloop van de bouw

De bouw verliep relatief goed, waarbij eerst een aantal prototypes is gebouwd. Hierdoor was reeds in een vroeg stadium bekend dat de gekozen oplossing realiseerbaar was. Het fabriceren van onderdelen kostte vaak meer tijd dan van tevoren ingeschat was. Doordat het team bestond uit drie werktuigbouwers en één elektrotechnicus trad het vervelende probleem op dat de elektrotechnicus weinig zinnige feed-back van zijn teamgenoten kon ontvangen. Hierdoor verliep de realisatie van het elektronische deel moeizaam. Dit probleem werd achteraf door iedereen als het grootste ervaren.

Ondanks de lange werkdagen bleek het niet mogelijk de planning aan te houden. Mede daardoor was de robot pas om één uur 's nachts, de avond voor de wedstrijd, rijklaar. De robot functioneerde prima, alleen bleek de topsnelheid te hoog te liggen voor een prettige controle. De elektrotechnicus stelde voor "de potmeters iets terug te draaien", maar de meerderheid zag meer in een mechanische oplossing. Vandaar

dat met elastieken de uitslag van de joystick werd beperkt.

Het enige dat nog restte was de naamgeving. Besloten wordt de robot "Karel" te dopen, naar Karel Appel. Wij hadden namelijk het gevoel dat veel mensen bij het zien van onze robot zouden denken: "Dat kan mijn zoontje van drie ook". Deze, ons inziens onterechte, reactie zou onze robot dan delen met de schilderijen van Karel Appel.

In de afsluitende wedstrijden bleken perfect werkende eenvoudige machines het vaak te winnen van ingewikkelde maar niet volledig uitgekristalliseerde concepten. De in het bovenstaande beschreven robot eindigde op de derde plaats en veroverde de jury-prijs vanwege het goed toepassen van ontwerp-wet nummer één: "Keep it simple, but not too simple".

Afsluiting

De hoge kosten van praktische ontwerp opdrachten hebben ervoor gezorgd dat de TU-student tegenwoordig vooral achter de computer en het boek te vinden is (met uitzondering van studenten Industrieel Ontwerpen). Het is jammer dat op die manier de terugkoppeling met de praktijk volledig verloren gaat. Want al lijkt het ontwerp nog zo eenvoudig, de kloof tussen ontwerp en werkend apparaat blijkt vaak moeilijk te overbruggen. Het argument dat een

ingenieur later ook niets hoeft te bouwen snijdt geen hout, hij/zij zal namelijk wel een goed begrip en gevoel moeten hebben van de (on-)mogelijkheden van produktietechnieken en constructies om goed te kunnen functioneren. Bovendien vormt rapid prototyping tegenwoordig vaak een onderdeel van de ingenieurspraktijk.

Een ander belangrijk aspect van een ontwerpwedstrijd is het leren werken in een team. Voor het bundelen van de individuele kennis moet de ingenieur onder druk kunnen communiceren met de overige teamleden. Men moet overleggen, elkaar corrigeren en overtuigen en in snel tempo besluiten nemen zonder de persoonlijke verstandhouding te verslechteren.

Om een student klaar te stomen voor de praktijk is oefening in bovenstaande aspecten onontbeerlijk. Daarvoor is de Inventech wedstrijd van Philips een goede mogelijkheid, ware het niet dat niet iedere student aan deze wedstrijd mee kan doen. Philips voert daarom overleg met de drie TU's om ontwerpwedstrijden te introduceren op deze universiteiten die als voorrondes dienen voor Inventech. Delft en Twente hebben reeds dergelijke wedstrijden georganiseerd. In het ideale geval zullen deze voorrondes, in analogie met de wedstrijd aan het MIT, worden opgenomen in de curricula van de universiteiten, zodat alle studenten hieraan kunnen deelnemen. De winnaars kunnen vervolgens hun kwaliteiten etaleren bij Inventech, de landelijke finale.

De komende jaren zal blijken of de Nederlandse universiteiten, door middel van bijvoorbeeld de hierboven beschreven ontwerpwedstrijden, meer nadruk op de praktijkvaardigheden van hun studenten zullen leggen. Het zou een goede zaak zijn, zowel voor deze studenten als voor hun toekomstige werkgevers.

Auteursnoot

Gérard Vroomen is onlangs afgestudeerd aan de faculteit Werktuigbouwkunde van de TU Eindhoven, en heeft als student deelgenomen aan Kretech 1993 en de MIT Design Competition 1994. Momenteel werkt hij aan de oprichting van Cervelo, een Canadees-Nederlands bedrijf dat fietsen ontwerpt en construeert en professionele wielrenners adviseert op technisch gebied.



HEIDENHAIN

Wanneer voor u μm -nauwkeurigheid gewoonweg niet nauwkeurig genoeg is, adviseren wij u bijvoorbeeld onze LIP 401. Bij dit lengtemeetsysteem is de hoogste nauwkeurigheidsklasse met $\pm 0,1 \mu\text{m}$ per 100 mm meetweg gespecificeerd. De grootste meetlengte bedraagt 420 mm en de kleinste meetstap $0,005 \mu\text{m}$. Misschien weet u ook de kleine afmetingen en de ruime aanbouwtoleranties van de LIP 401 te waarderen.

HEIDENHAIN.
Wereldwijd maatgevend.

**Wanneer voor u
 μm -nauwkeurigheid
gewoonweg niet
nauwkeurig genoeg is.**



Ontwikkeling van een 11 Tesla Nb_3Sn dipoolmagneet voor de LHC van CERN

Andries den Ouden

In synchrone deeltjesversnellers (kortweg synchrotrons) worden twee tegengesteld gerichte bundels geladen deeltjes, zoals protonen of elektronen, in een cirkelvormige baan tot vrijwel de lichtsnelheid versneld. Door deze op elkaar te laten botsen, ontstaan zowel elektromagnetische straling als diverse nieuwe deeltjes. Door van beide de eigenschappen te detecteren komt informatie beschikbaar over bijvoorbeeld de krachten, waarmee quarks in een proton bijeen worden gehouden. Het doel van dergelijke experimenten is om het karakter van deze samenstellende krachten te begrijpen en inzicht te verkrijgen in de opbouw van de ons omringende materie. Met toenemende botsingsenergie neemt de informatie kwalitatief en kwantitatief toe. Een diepere speurtocht vereist derhalve steeds krachtiger versnellers.

Op een aantal plaatsen in een synchrotron wordt bij iedere passage van een deeltje een klein beetje energie toegevoerd door middel van een synchroon radiofrequent (RF) elektrisch veld. Om de deeltjes in een cirkelvormige baan te dwingen en ze dus langdurig beschikbaar te houden voor energietoevoer, worden ze over de hele baan afgebogen met een magnetisch veld, dat loodrecht staat op hun baan. Figuur 1 toont schematisch de benodigde geleiderposties

en de stroomrichting om een dergelijk veld op te wekken met een zogeheten dipoolmagneet.

Naarmate de gewenste deeltjesenergie hoger is bij een gegeven cirkelbaan met straal R_b , zal de benodigde veldsterkte hoger moeten zijn. Echter, R_b kan door financiële en fysieke begrenzingen niet onbeperkt toenemen. Hieruit wordt de missie voor versneller-ontwikkeling duidelijk: ontwikkel een zo krachtig mogelijke afbuigmagneet, zodat bij een gegeven afbuigstraal R_b een zo hoog mogelijke deeltjesenergie bereikt kan worden.

Supergeleiding

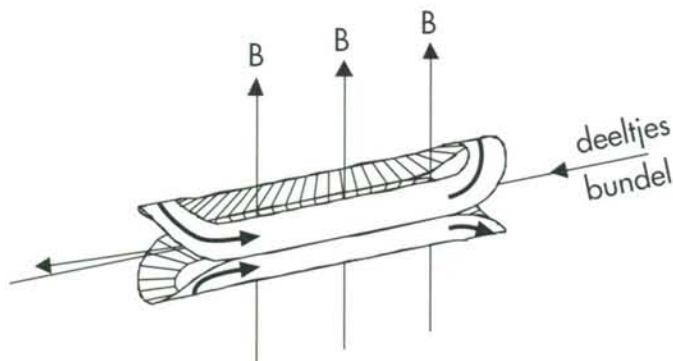
Het genereren van een dergelijk krachtig magneetveld over een lengte van 27 kilometer is niet mogelijk met klassieke koperspoelen in een ijzeren juk. De benodigde elektrische energie voor bekrachtiging en koeling zou 10 GW bedragen dat wil zeggen 10 keer het piekvermogen van het Nederlandse net! Men is aangewezen op supergeleidende spoelen, waarmee de benodigde enorme stroomdichtheid van circa 1000 A/mm² bij 10 Tesla wel bereikt kan worden.

In principe kan een supergeleider weerstandloos stroom voeren mits deze wordt afgekoeld tot beneden de kritieke temperatuur T_c . In figuur 2 is het fasediagram van twee op industriële schaal geproduceerde supergeleiders weergegeven, die van de legering NbTi (niobium-titaan) en die van de interne-

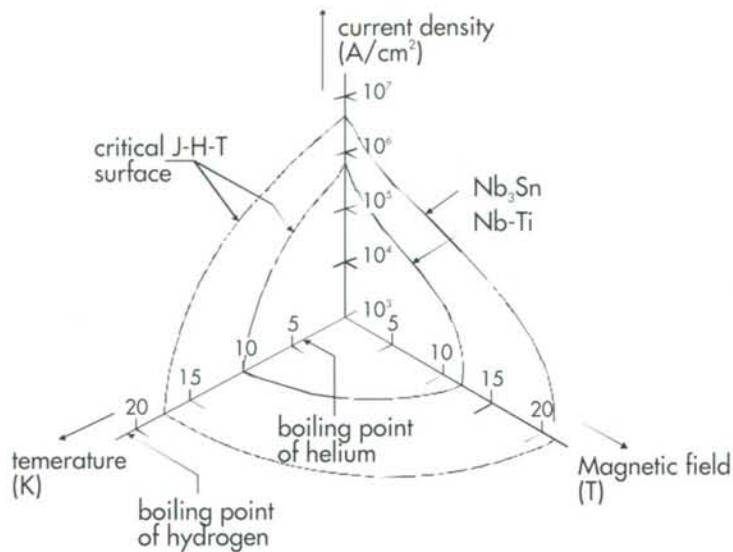
Ontwikkelingen bij CERN

Bij het Europese instituut voor kern- en hoge-energie fysica CERN (Centre Européen pour la Recherche Nucléaire) te Genève is sinds enige jaren de elektron-positron versneller LEP in bedrijf. Deze is gehuisvest in een 27 kilometer lange tunnel op een diepte van circa 100 meter onder de grond, waardoor de menselijke omgeving is afgeschermd en de detectoren geen storende signalen (bijvoorbeeld van kosmische straling) opvangen. Op vier plaatsen staan in reusachtige hallen de botsingsdetectoren opgesteld.

Rond 1986 heeft men bij CERN besloten als opvolger van LEP een protonenversneller te ontwikkelen, de LHC (Large Hadron Collider). Dit zal een formidabel instrument worden, tenminste tien keer sterker dan de krachtigste thans in werking zijnde machine, de Tevatron van het Fermilab te Chicago. In december 1994 heeft de CERN Council de bouw van deze versneller, die exclusief de experimenten circa vier miljard gulden zal kosten, goedgekeurd. De LHC zal bestaan uit twee gescheiden, in tegengestelde richting draaiende protonbundels welke op vier plaatsen op elkaar botsen. Het benodigde afbuigveld voor deze bundels bedraagt niet minder dan 8,4 T, gegenereerd door circa 1200, 15 meter lange dipoolmagneten. Ten tijde van dit ambitieuze voornemen leverde de sterkste dipoolmagneet 6 T; men vertrouwde op de voortschrijdende techniek en lanceerde een krachtig magneetontwikkelingsprogramma. Royale steun van de Stichting Technische Wetenschappen (STW) stelde de leerstoel Lage Temperaturen van de Universiteit Twente in staat om vanaf 1989 in samenwerking met NIKHEF Amsterdam, CERN en HOLEC Ridderkerk B.V. als bijdrage aan dit programma een 1 meter lange, experimentele model-dipoolmagneet te ontwikkelen.



Figuur 1. Schematische weergave van een dipoolmagneet.



Figuur 2. Supergeleidend-normaal fasediagram van Nb₃Sn en NbTi

tallische, polykristallijne verbinding Nb₃Sn (niobium-tin).

De supergeleidende fase wordt begrensd wordt door de temperatuur T_c, de stroomdichtheid J_c door de geleider en het aangelegde magneetveld B_c. Het is duidelijk dat alleen door koeling met bijvoorbeeld vloeibaar helium (4,2 K = 269°C) een voldoende lage temperatuur bereikt wordt voor een stabiele supergeleidende fase. Bij gebruik van Nb₃Sn kan bij 4,2 K een dipoolveld van circa 13 T bereikt worden, met NbTi circa 7,5 T. Bij verlaging van de temperatuur

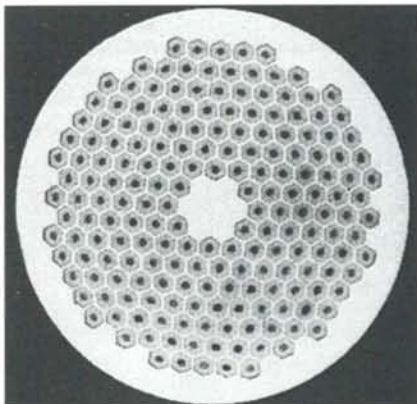
tot 1,8 K, waarbij het helium superfluid wordt (viscositeit=0) lopen deze waarden op tot respectievelijk 16 T voor Nb₃Sn en 10 T voor NbTi.

De thans geproduceerde geleiders bestaan uit circa 1 mm dikke composietdraden, die zijn opgebouwd uit honderden dunne getwiste supergeleidende filamenten (d=5-50 µm), ingebed in een matrix van koper, zie figuur 3. Deze opbouw is uit oogpunt van stabiliteit noodzakelijk. Door extrusie en trekken kunnen aaneengesloten lengtes van enige kilometers verkregen worden.

Voor zeer grote magneetsystemen is het om een aantal redenen te prefereren deze niet met draden maar met kabels te wikkelen, waarbij uiteraard de bedrijfsstroom oploopt van enige honderden Amperes naar vele kilo-Amperes. Afhankelijk van het magneetontwerp worden 30 tot 40 draden getwist en tot rechthoekige kabels geslagen met een vullingsgraad van 80-90 %, zie figuur 4. Draadproductie, kabelslaan en het wikkelen van een spoel gaat gepaard met zeer sterke vervorming van de filamenten.

Nb₃Sn versus NbTi

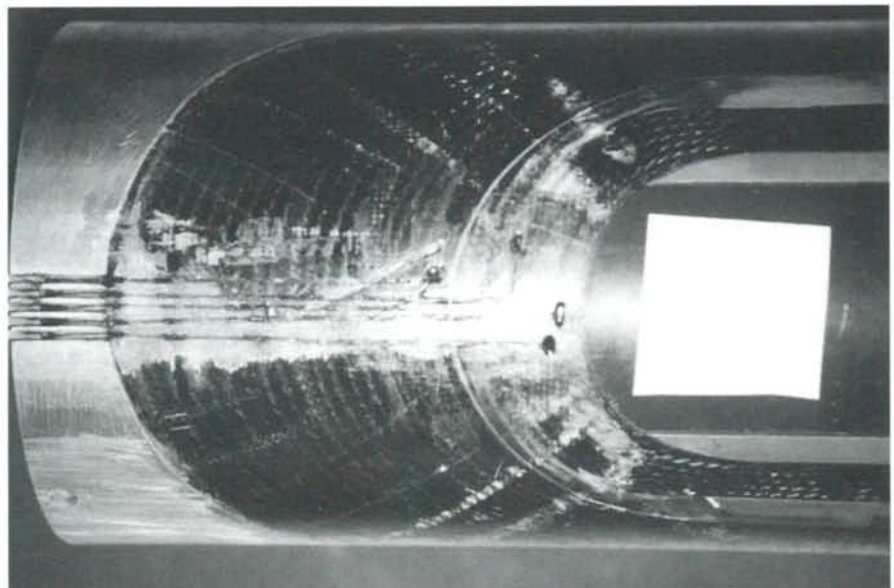
Bovenstaande suggereert dat gebruik van Nb₃Sn gezien de hogere kritieke parameters de voorkeur geniet boven NbTi. Echter, bulk Nb₃Sn kent een zeer brosse, keramiek gelijkende structuur, waardoor bij grote vervormingen de supergeleidende eigenschappen snel verslechteren. Om de voordelen toch te benutten heeft het ECN in de jaren tachtig een bijzonder procédé ontwikkeld. Tijdens draadproductie worden de filamenten samengesteld uit Nb-buisjes, gevuld met niet-supergeleidend Nb₂Sn₂ poeder (powder-in-tube geleiders). Met de hiermee geslagen kabels wordt een spoel gewikkeld, die vervolgens in zijn geheel enige dagen verhit wordt tot 675 °C in een inerte omgeving, waardoor de juiste Nb₃Sn fase ontstaat. In



Figuur 3. Doorsnede van een 1 mm Nb₃Sn powder-in-tube geleider met 192 filamenten



Figuur 4. Doorsnede van een experimentele Nb₃Sn kabel voor versnellersmagneten.



Kop van de magneetspoel met rondlopende wikkeling. Daaroverheen lopen de aansluitdraden van de sensoren (thermische weerstand, puntverwarming, etc.).

De jacht naar een Twents wereld record

dit stadium dient de spoel met grote voorzichtigheid behandeld te worden, hetgeen bij grote systemen hoge eisen aan de ondersteuning stelt. Pas na vacuüm-impregneren met epoxyhars wordt een mechanisch stabiel spoelpakket verkregen.

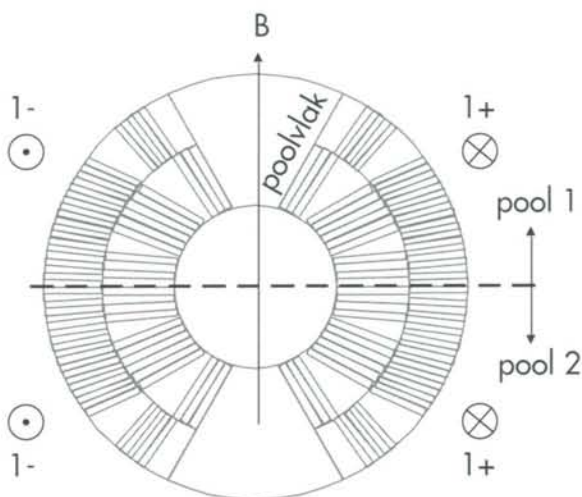
Voor NbTi spoelen is een dergelijk omslachtig proces niet nodig. De draden zijn goed vervormbaar en een gewikkelde spoel heeft dezelfde supergeleidende eigenschappen als de oorspronkelijke draad. Louter ter bescherming van de supergeleider is vacuümimpregneren derhalve niet noodzakelijk. Voor velden boven 7,5 T dient men echter de temperatuur te verlagen tot 1,8 K, hetgeen een gecompliceerdere koeling behoeft. Door de relatieve eenvoud van draad- en spoel-productie, waardoor ook de kosten beperkt blijven, kent Nb-Ti een veel ruimere toepassing in de magneettechnologie dan Nb₃Sn.

De uitdaging van Nb₃Sn

Vooral door het eenvoudige gebruik ligt de nadruk van het magneetprogramma van CERN op NbTi. Wij hebben echter in 1989 besloten juist Nb₃Sn te gebruiken om het onontgonnen terrein boven de 10 T voor dipoolmagneten te onderzoeken en dit gebied voor toekomstige toepassingen te ontsluiten. De ambitieuze doelstelling was derhalve om als eerste een 1 meter lange, experimentele 11 T dipoolmagneet met Nb₃Sn te ontwerpen en te realiseren, overigens conform geometrische en magnetische specificaties voor LHC dipoolmagneten. Hierin lag niet louter een technologische uitdaging besloten; een veelheid aan fundamentele vragen met betrekking tot het gebruik van Nb₃Sn geleiders diende tijdens dit project door theoretisch en experimenteel onderzoek beantwoord te worden.

Het spoelontwerp

Naast de enorme veldsterkte van 11 T dient het magneetveld ook erg homogeen te zijn. Binnen de magneetboring van 50 mm mag de grootste veldfout niet meer dan 0,01 % bedragen. Bij laag veld van 0,5 T worden de deeltjes met lage energie in de versneller geïnjecteerd. Tijdens de versnelling loopt het magneetveld op tot 8,4 T, waarbij

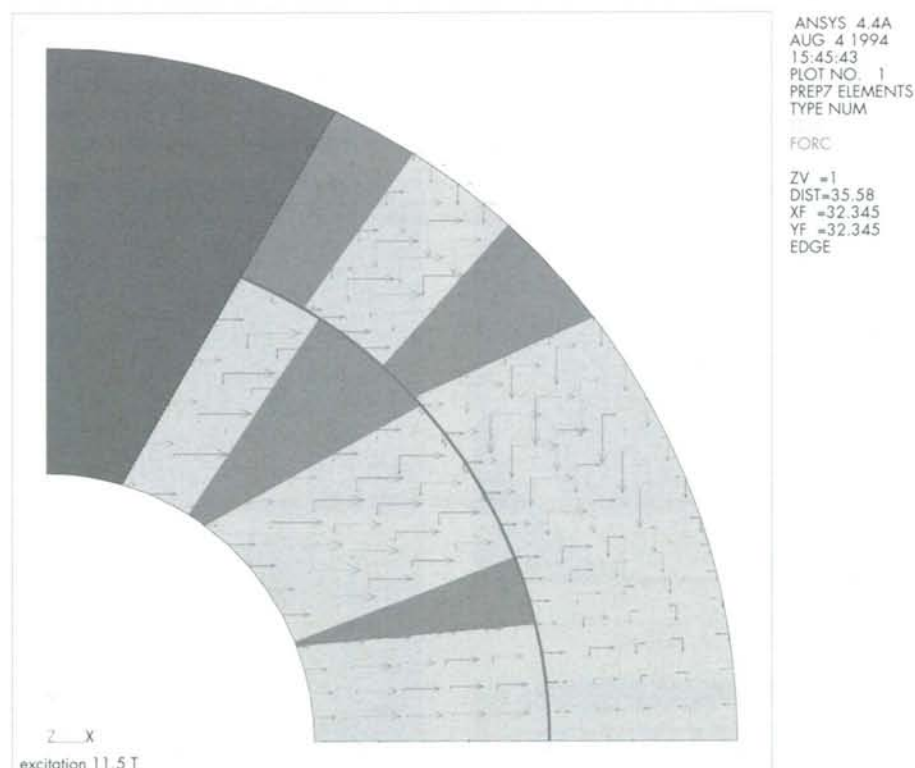


Figuur 5. Dwarsdoorsnede van de spoelen met de aangegeven stroom- en veldrichting

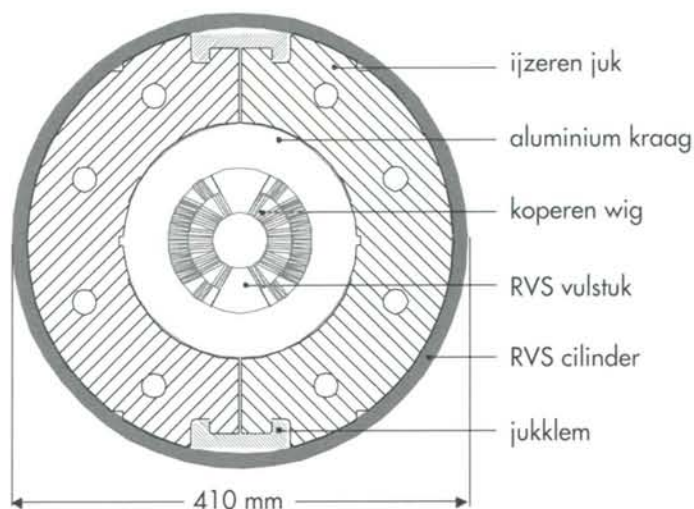
de maximale deeltjesenergie is bereikt. Voor lage velden betekent dit een toelaatbare veldfout van 0,5 Gauss, de grootte van het aardmagnetisch veld! Een uitgebreide studie naar een optimaal kabelontwerp met de powder-in tube Nb₃Sn geleider en de lay-out van de spoelen heeft geresulteerd in een dwarsdoorsnede van de spoelpakketten zoals geschetst in figuur 5.

De spoel bestaat uit twee polen, die op

hun beurt uit twee lagen met verschillende kabelafmeting zijn opgebouwd. Deze worden intern verbonden met een soldeerverbinding van 10-9 Ω . De bedrijfsstroom bedraagt 18,5 kA. In de pakketten zijn tevens wigvormige koperen vulstukken opgenomen om aan de homogeniteitseis te voldoen. De kabels met een doorsnede van circa 2x20 mm hebben een maattolerantie van 5 μ m en dienen met een nauwkeurigheid



Figuur 6. Optredende Lorenzkrachten in het geleiderpakket.



Figuur 7. Mechanisch constructie rond de geleiderpakketten. De boring bedraagt 50 mm.

van 5 μm gepositioneerd te worden. De maximaal toelaatbare vervorming van het gehele pakket bedraagt 20 μm .

Het mechanisch ontwerp

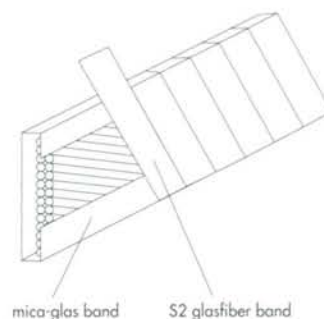
Figuur 6 toont de Lorentzkrachten die optreden binnen de geleiderpakketten. Per meter spoellengte bedragen de krachten F_x gezamenlijk maar liefst 6,5 MN, de krachten F_y 1,5 MN en de axiale krachten F_z 0,5 MN. Om aan de strenge vervormingseis te voldoen worden de pakketten omsloten door een sterke en efficiënte mechanische constructie, zie figuur 7.

Deze constructie bestaat uit een wigvormig vulstuk van RVS 316L op de poolvlakken, een gesloten aluminium kraag (AL2014 T52), een ijzeren juk

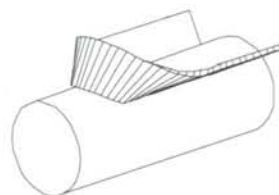
(dat 18 % aan het veld bijdraagt en tevens het veld afschermt) en een afsluitende niet-magnetische cilinder (RVS 316 L). Ontwerpcriteria voor deze elementen zijn:

- er mag geen plastische vervorming optreden,
- door het samenspel van krimp- en Lorentzkrachten dienen de relatieve vervormingen van het spoelpakket kleiner dan 20 μm te blijven,
- onder alle omstandigheden dient het spoelpakket onder tangentele spanning te staan, waardoor geleiderbewegingen door de Lorentzkrachten klein blijven,
- de maximale spanning in het geleiderpakket bedraagt 150 MPa.

Door middel van een zeer uitvoerige eindige elementen analyse van de



Figuur 9. Isolatiesysteem voor Nb₃Sn kabels.

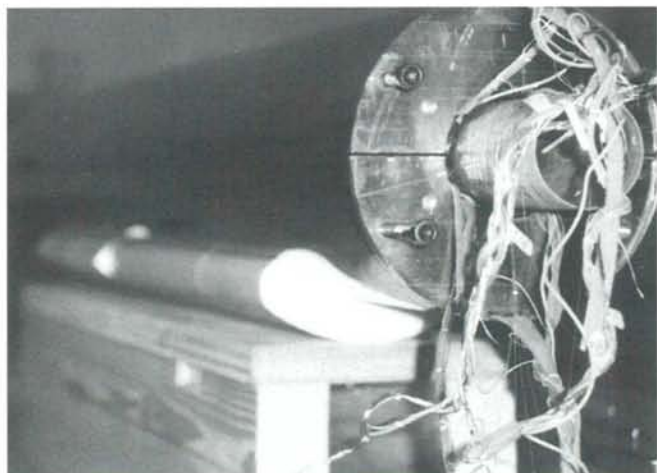


Figuur 10. Kabelpositionering in de spoelkoppen

spoelmecanica in alle stadia (assembleren onder voorspanning, afkoelen naar 4,2 K, magneetbekrachtiging) zijn de afmetingen en de toleranties van deze elementen gedefinieerd. Voor de ringvormige kragen bedraagt de radiale tolerantie 20 μm , voor de jukdelen 25 μm en voor de cilinder 30 μm . Voor dergelijk macroscopische elementen zijn dit bijzonder strenge eisen, die het uiterste van produktietechnieken vergen. Op de geleiders ontstaat een maximale drukspanning van 140 MPa (1,4 kN/cm²); experimenteel onderzoek heeft uitgewezen dat de supergeleiden-eigenschappen van geïmpregneerde Nb₃Sn geleiders onder deze druk slechts licht verslechteren, zonder dat permanente beschadiging van de filamenten optreedt.

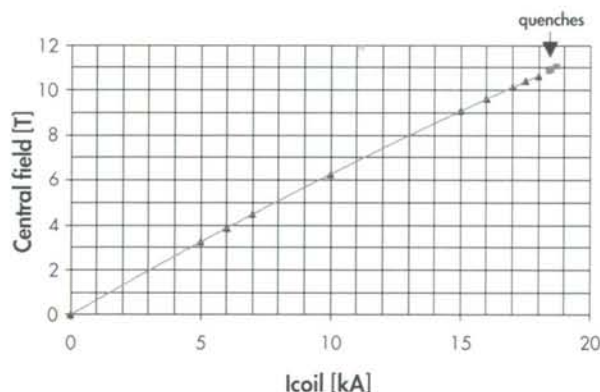
De kabelisolatie

Een dergelijke magneet met een bedrijfsstroom van 18,5 kA en een zelfinductie van 3 mH kan instabiel worden doordat er gebiedjes ontstaan die hun supergeleiding verliezen en zich als een normale geleiders gaan gedragen. Hierbij wordt lokaal zoveel warmte ontwikkeld, dat deze normale zone zich snel zal uitbreiden. Een dergelijke spontane overgang wordt een **quench** genoemd



De twee halfcirkelvormige poolelementen liggen op elkaar. Daar tussenuit steken de aansluitdraden van de sensoren.

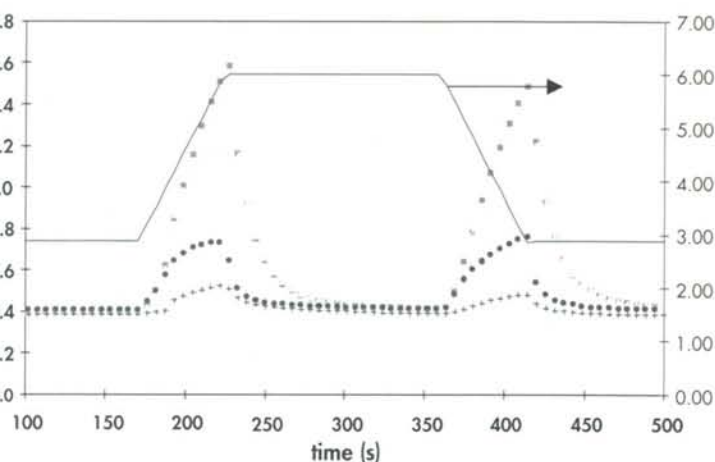
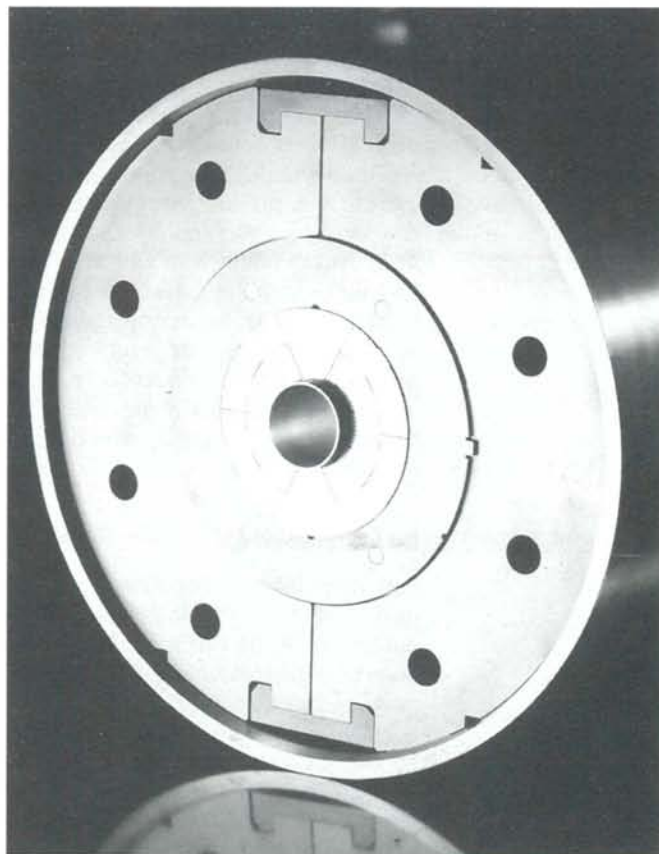
De jacht naar een Twents wereld record



Figuur 10. Kabelpositionering in de spoelkoppen

en speelt zich af in enige milliseconden. Het gevolg is dat er spanningen van enige kV in de pakketten kunnen ontstaan. Om doorslag te voorkomen moeten de kabels dus geïsoleerd zijn. Deze isolatie moet dun, sterk en flexibel zijn tijdens het wikkelen, zij moet bestand zijn tegen de hoge reactietemperatuur van 675 °C, zij moet impregneerbaar zijn met epoxyhars en het moet een goede warmte-

afvoer naar het omringende vloeibaar helium mogelijk maken. Vooralsnog is de enige kandidaat, die in meerdere of mindere mate aan deze eisen voldoet, een 0,1 mm dikke band van verlijmd micaschilfertjes, gestabiliseerd met een dun glasfiberweefsel in combinatie met een S2-glasfiberband. Figuur 9 schetst de wijze waarop deze isolatie tijdens het wikkelen wordt aangebracht.



Figuur 12. Gemeten temperatuurverloop van verschillende kabels tijdens op- en afregelen van de stroom

De zeer beperkte ervaring wereldwijd met de ontwikkeling van Nb₃Sn dipoolmagneten, in samenhang met de uiterst ambitieuze doelstelling om 11 T te bereiken maakten, dat het theoretisch ontwerpproces, de ontwikkeling van de juiste fabricagemethoden en het noodzakelijke experimentele onderzoek maar liefst vier jaar hebben gevergd.

De verwezenlijking

Bovenstaande tekent de uitdaging om een object van redelijke omvang met ongekeerde precisie van enige µm samen te stellen. Voor het wikkelen van de spoelen is een speciale wikkelmachine ontworpen, zie figuur 9. De wikkeldoorn bestaat uit een stalen halve cilinder (diametertolerantie d=5 µm), bedekt met een gladde elektrisch isolerende laag Al₂O₃, welke door vlamspuiten is aangebracht en vervolgens is geslepen. De stalen wikkelschaaltjes en vormstukken zijn in lengtes van 140 mm door middel van draadvonken gemaakt, evenals de koperen wigvormige vulstukken in de spoelpakketten. De vier lagen zijn afzonderlijk gewikkeld. Figuur 10 toont welke weg de kabel aflegt aan het van de rechte stukken, in de zogenaamde koppen, zie ook figuur 1.

Dit gebied behoeft de grootste aandacht omdat bij bekrachtiging ook hierin grote en sterk van richting veranderende krachten op de geleiders werken. Wordt de kabel niet goed ondersteund, dan ontstaan juist hier instabiliteiten. De kabel laat zich echter slecht in deze vorm

Deze dummy geeft een beeld van de doorsnede van de magneet met de spoel in het midden. De radiale strippen in het midden zijn de doorsnede van de wikkelingen van de spoel.

dwingen, vervormt ernstig maar dient toch goed ondersteund te worden. Het ontwikkelen van een beheersbare procedure voor dit gebied is beslissend voor het succes van een dipoolmagneet. In dit project zijn wij tot een geheel nieuwe, en zoals pas tijdens het testen van de magneet bleek, succesvolle aanpak voor dit probleem gekomen.

Na het wikkelen van een laag wordt deze afgedekt met een RVS-folie, gevat in gevonkte schalen en vervolgens omsloten door persblokken. Het geleiderpakket wordt in een hydraulische pers op de eindmaat gebracht. De gezamenlijke toleranties bepalen de uiteindelijke positie van de geleiders. Fixatie in deze toestand vindt plaats door boutverbindingen tussen de persblokken.

De geperste laag gaat vervolgens in een vacuümoven gedurende 70 uur bij 675 °C, waardoor de juiste Nb₃Sn-fase wordt gevormd. Hiermee verdwijnt tevens alle mechanische spanning uit het pakket. Na deze gloeibehandeling is de laag uiterst kwetsbaar. Speciale ondersteuningsonderdelen zijn ontworpen om de laag te manipuleren en af te werken. Op deze wijze worden een binnenlaag en een buitenlaag voor een halve spoel (pool) behandeld. Deze worden gestapeld, inwendig doorgesoldeerd, afgewerkt en vervolgens simultaan vacuümgeïmpregneerd met epoxyhars. Voor deze laatste stap is wederom een aparte, nauw getolereerde stalen mal met PTFE(teflon)-lossingslaag gebruikt. Zo ontstaan twee polen, die gestapeld worden, voorzien van elektrische isolatie (Kapton) en zeer strak omwikkeld met twee 0,2 mm dikke fosforbronsfolies, waardoor een glad cilindervormig element wordt verkregen. Een op deze wijze gemaakte dummy-spoel bevestigde via microscopische in-

specie de correcte geleiderligging en uitwendige maatvoering na het impregneren.

Voor een juiste mechanische werking van de magneet dienen de aluminiumkragen met voorspanning om de spoelpakketten te worden aangebracht. Dit is mogelijk door de ondermaatse kragen op te warmen en om de afgewerkte spoelpakketten te krimpen. Dit proces bleek de meest kritieke fase. Veel oefening vooraf met dummy-cilinders resulteerde uiteindelijk in voldoende beheersing van de benodigde stappen. De met draadvonken verkregen plaatjes met een dikte van 3 mm worden vertikaal gestapeld tot een hoogte van 1 meter, uitgelijnd binnen 0,1 mm en opgewarmd tot 250 °C; bij hogere temperatuur verliest de Al2014 legering te snel zijn sterkte. Hierdoor ontstaat 0,2 mm radiale speling, juist genoeg om de glad afgewerkte spoelpakketten in de stapel te laten zakken in circa zes seconden; bij langzamere daling zet het pakket teveel uit en loopt het vast in de kragen. Door krimp bij afkoeling trekken de kragen zich vervolgens om de spoelen vast, waardoor in de pakketten een tangential voorspanning van 80 MPa wordt bereikt. Ook afkoeling moet snel plaatsvinden. De warmtecapaciteit van de aluminium kragen bedraagt twee keer die van het spoelenpakket, waardoor zonder maatregelen de temperatuur hiervan zou oplopen tot circa 120 °C, ruim boven de verwekingstemperatuur van de gebruikte epoxy. Met overvloedige waterkoeling is getracht een snelle afkoeling te realiseren. De in de pakketten opgenomen, speciaal voor dit doel ontwikkelde druktransducers gaven na afkoeling echter een te lage voorspanning aan. Een hernieuwde mechanische analyse leerde, dat compensatie mogelijk was door

aanpassing van de binnenmaatvoering van de cilinder.

Het aanbrengen van de halve jukplaten, welke eveneens met draadvonken uit 5 mm dikke ijzerplaat zijn verkregen, en het krimpen van de roestvaststalen cilinder bleken vervolgens relatief eenvoudige stappen.

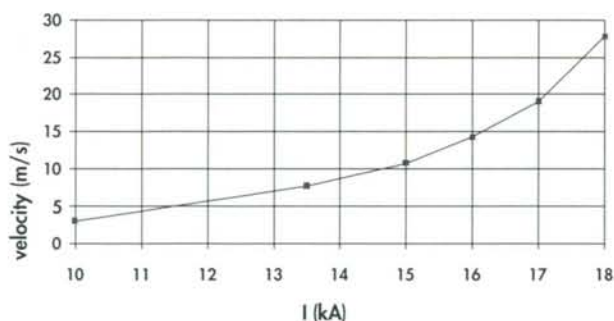
Tenslotte zijn aan de kopse kanten twee 5 cm dikke RVS-eindplaten bevestigd, welke door acht 20 mm dikke RVS-trekstangen door het juk met 10 MPa tegen de spoelen getrokken worden. Deze trekstangen vangen tevens de axiale Lorentzkrachten op.

Een zeer tijdrovende fase vormde tenslotte het aansluiten van de circa 280 meetdraden, afkomstig van thermometers, druksensoren, beveiligingsverhitters en tientallen spanningscontacten.

Juist het experimentele karakter van deze magneet benadrukt de behoefte aan zoveel mogelijk diagnostiek. Ook in dit opzicht onderscheidt dit systeem zich van alle tot nog toe ontwikkelde magneten. Het beschreven fabricageproces van de spoelen, de assemblage en de afwerking heeft uiteindelijk slechts anderhalf jaar geveerd.

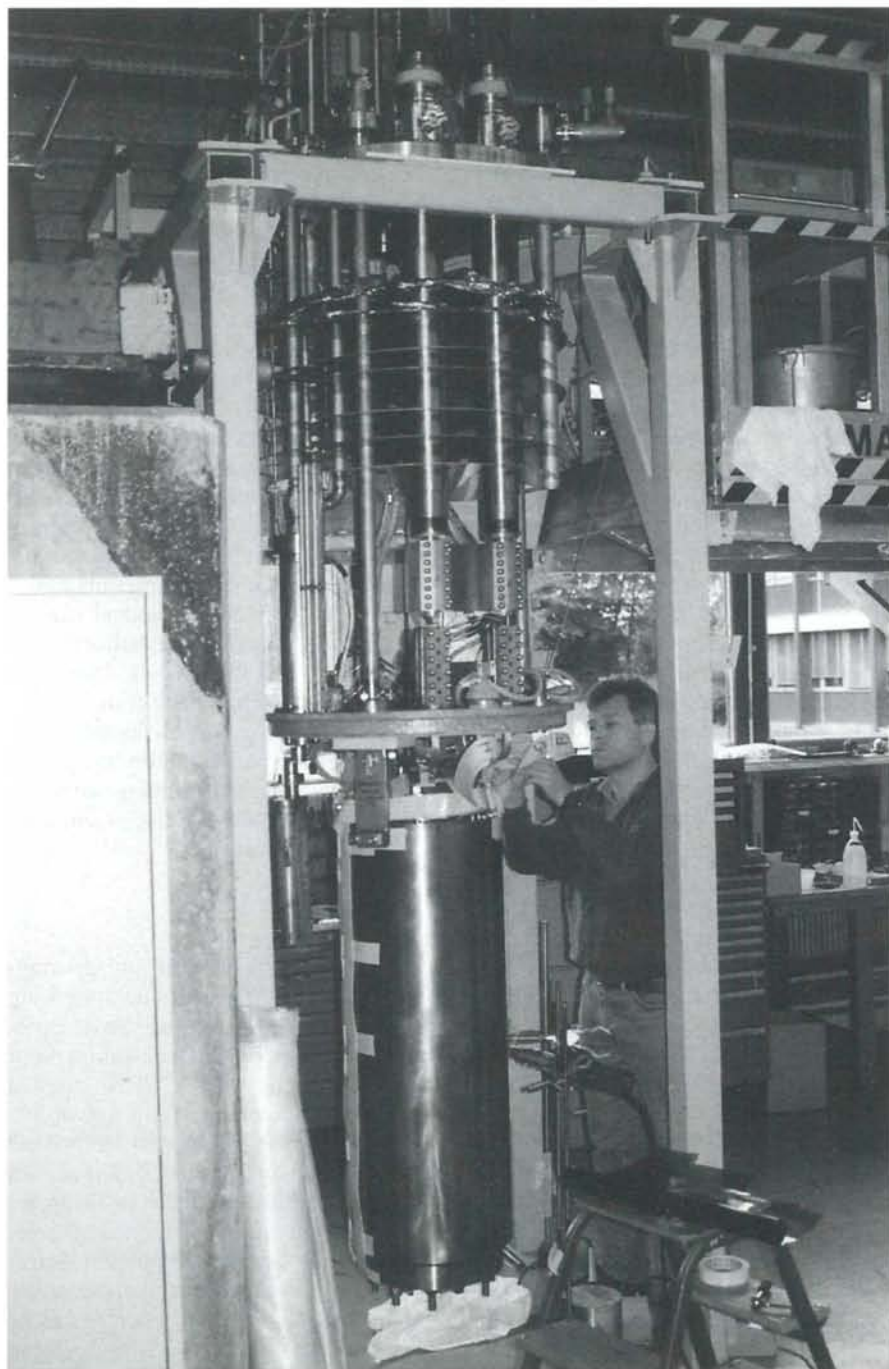
De test

Hoewel jaren is gewerkt om de magneet gereed te krijgen, is de afwerking ervan en de voorbereiding van de experimenten, die bij het teststation voor modelmagneten bij CERN zouden plaatsvinden, een haastklus geworden. In de week van 12-16 juni 1995 vond namelijk de International Conference on Magnet Technology plaats in Tampere; het platform en tevens de laatste gelegenheid dit jaar om de eerste meetresultaten aan vakgenoten te presenteren. Op zondag 28 mei jl. vonden de laatste bewerkingen plaats, waarna de 1 ton wegende magneet, nog warm van het solderen, in een transportkist is geplaatst en door de auteurs dezelfde nacht met een gehuurd busje naar CERN in Geneve is gereden. In de daarop volgende acht dagen is de magneet in de testcryostaat geïnstalleerd, zijn alle sensordraden aangesloten op de data-acquisitiesystemen en is hij tenslotte in 48 uur afgekoeld tot 4,3 K. Na twee dagen van voorbereidende tests van alle systemen vond de eerste serieuze bekrachtiging plaats op donderdag



Figuur 13. Gemeten voortplantingssnelheid bij magneetstroom I van een normale zone tijdens een quench

De jacht naar een Twents wereld record



Bij CERN wordt de magneetspoel vastgemaakt aan een ophangconstructie die dient om hem in de cryostaat te kunnen positioneren.

8 juni. Met een opregelsnelheid van 2 A/s werd een **(wereld-)recordveld voor dipoolmagneten bereikt van 11,1 T** bij een stroomsterkte van 18,7 kA, waarna de magneet spontaan een quench vertoonde, zie figuur 11.

Dat de magneet hieronder nauwelijks heeft geleden bleek uit twee latere

quenches, welke binnen 1 % van de eerste plaatsvonden. Daarnaast zijn gedurende drie weken vele experimenten uitgevoerd, waaronder de registratie van de geleidertemperatuur tijdens op- en afregelen van de stroom, zie figuur 12, en meting van de snelheid waarmee een normale zone zich voortplant tijdens een quench, zie figuur 13.

Dit laatste is met name van belang voor de beveiliging tijdens een instabiliteit van magneetsystemen met lengtes van circa 15 meter.

Deze experimenten hebben een schat aan informatie opgeleverd over het gedrag van dipoolmagneten in het algemeen en Nb₃Sn dipoolmagneten in het bijzonder. Uitwerking van de gegevens is nog steeds in volle gang en resultaten hiervan zullen begin volgend jaar gepubliceerd worden.

Het bijzondere van dit resultaat moge blijken uit het feit, dat deze dipoolmagneet bij eerste opregeling vrijwel zijn ontwerpveld bereikte. Met geen enkele 10 T NbTi modelmagneet of prototype uit het ontwikkelingsprogramma van CERN is dit gerealiseerd. In sommige gevallen waren niet minder dan 60 spontane quenches nodig voordat het ontwerpveld werd gehaald; na iedere quench bereikte een dergelijke magneet steeds een iets hoger veld, een niet ongebruikelijk proces dat training wordt genoemd. Nb₃Sn magneten vertonen dit gedrag niet. Met Nb₃Sn is naast een aanmerkelijk hoger veld blijkbaar een veel grotere (mechanische) stabiliteit verkrijgbaar. De preciese reden hiervoor is nog onderwerp van discussie.

Epiloog

De combinatie van technologische ambitie en wetenschappelijk onderzoek, zo karakteristiek voor het werk aan een Technische Universiteit, heeft met het in dit artikel beschreven project een zeldzaam resultaat opgeleverd. Op het gebied van magneettechnologie is een grote sprong voorwaarts gemaakt door voor het eerst een dipoolmagneet met een veld boven 10 T te realiseren met de gecompliceerde, maar veelbelovende Nb₃Sn technologie. Om uiteenlopende redenen zal de LHC versneller echter met NbTi dipoolmagneten uitgerust worden. Op een aantal plaatsen rond de botsingsdetectoren bestaat echter behoefte aan korte, sterke en stabiele magneetsystemen, zowel dipolen voor bundelsturing als quadrupolen voor bundelfocusering. Met dit project is aangetoond, dat juist supergeleiden- de Nb₃Sn magneten voor dit doel bij uitstek geschikt zijn en dat de technologie hiervoor beschikbaar en beheersbaar is.

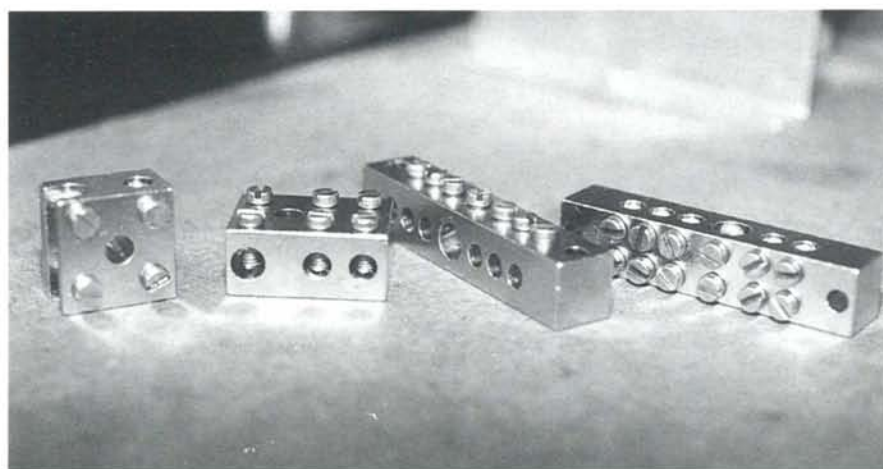
Meerspillig boren met een damwand van minder dan 0,1 mm

Meerspillige boormachine voor compacte gatenpatronen

G.C. Koese

Bij de huidige meerspillige boormachines kunnen de boren niet dicht bij elkaar worden geplaatst. De opspanning van boor aan aandrijfas en de constructie van de geleiding staan die ruimte niet toe. Koese Engineering heeft een slimme boor/aandrijfas-verbinding bedacht, waardoor dambreedtes van 0,05 mm tussen de boorgaten mogelijk worden. Deze oplossing maakt het mogelijk om grote aantallen gaten gelijktijdig te boren of te tappen, zie figuur 1a. Ook het vervangen van de boren door schroevendraaierpunten voor het gelijktijdig vastdraaien van een aantal schroeven is mogelijk, zodat geboord, getapt en geschroefd kan worden, zie figuur 1b. Daarmee is weer een belangrijke stap gezet in de richting van miniaturisering en verhoogde produktiviteit.

Een aantal mensen met staar heeft reeds de zegeningen van een nieuwe ontwikkeling in de boorteknik aan den lijve kunnen ondervinden. Tijdens de oogoperatie, waarbij een kunststof lens in het oog wordt gebracht, speelt 'Multi Compact Drilling' een belangrijke rol. Om het 5 mm ronde schijfje van polycarbonaat in het oog aan te brengen, zijn vier kleine gaatjes van 0,4 mm in de lens geboord. Dit gaatjespatroon komt overeen met de grijpers van een speciaal tangetje, waarmee de lens steriel in het oog is te positioneren. In het verleden werden deze vier gaatjes één voor één geboord. Na inventarisatie van de markt blijkt voor dit probleem geen meerspillige boorteknik beschikbaar te zijn. Om toch de gewenste nauwkeurigheid en produktiviteit te realiseren, besloot de gebruiker speciaal voor deze toepassing zelf een compacte meerspillige boormachine te laten ontwikkelen, waarmee het gaatjespatroon in één keer is aan te brengen. Hiervoor werd Koese Engineering ingeschakeld. Maar de gevonden technische oplossing is zo praktisch, dat zij inmiddels meer industriële toepassingen heeft gevonden. De



Figuur 1a. Vaak wordt het nog voor onmogelijk gehouden: 28 gaten in één keer boren. Toch kan het!

Figuur 1b. Deze aardklemmen worden achtereenvolgens geboord, getapt én geschroefd met de Multi Compact Drilling-techniek.

techniek is nu zo ver ontwikkeld dat inmiddels machine en gereedschappen op bestelling geleverd kunnen worden.

Kleine massaproducten

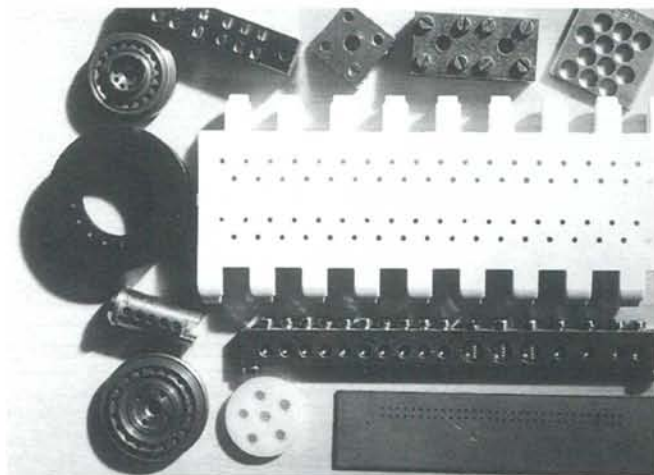
Bepaalde massaproducten, zie figuur 2, bevatten grote aantallen gaten. Het idee om een aantal gaten gelijktijdig te boren is niet nieuw. Al meer dan honderd jaar worden voor serieproductie meerspillige boormachines gebruikt. Dankzij deze methode neemt de boortijd per produkt lager en neemt de produktiesnelheid toe. Positionering is bijvoorbeeld

maar één keer nodig, wat resulteert in een zeer korte doorlooptijd, eventueel met onbemande produktie.

Wél hebben de huidige meerspillige boormachines problemen met de steeds kleiner wordende produkten. De steekafstand tussen twee boren kan nooit kleiner worden gekozen dan de diameter van de boorhouder met zijn lagering en behuizing.

Vaak gaat het hier om steekafstanden die drie keer zo groot zijn als het te boren gat. Moet er voor een toepassing een meerspillige boorkop worden ingezet met kleine steekafstanden, bijvoorbeeld een steekafstand van 7 mm met

Meerspellige boormachine voor compacte gatenpatronen



Figuur 2. Produktvoorbeelden die bij uitstek geschikt zijn voor bewerking met Multi Compact Drilling.

nimaal de boordiameter + 0,1 mm. Dit betekent een hogere 'dichtheid' van de boren, dan ooit voor mogelijk is gehouden.

In theorie is het aantal boren onbegrensd. De praktijk wijst uit, dat een boormachine met honderd boren goed is te hanteren. Om een gatenpatroon te wijzigen is het soms voldoende er een aantal boren uit te nemen en deze op een andere plek in de boormal te plaatsen.

Knelpunten

Direct nadat het eerste idee was gelanceerd bleken er belangrijke knelpunten: belastingspatroon, materiaalgebruik,

boren van 5 mm, dan resulteert dat in een kwetsbaar mechaniek, vanwege de kleine beschikbare inbouwruimte voor axiaal- en naaldlagers.

Daarom zijn de huidige machines ook niet geschikt om gelijktijdig nauwkeurig kleine gaatjes te boren in printplaten, kunsthoornvlies of in de eerder genoemde intra-oculaire lens.

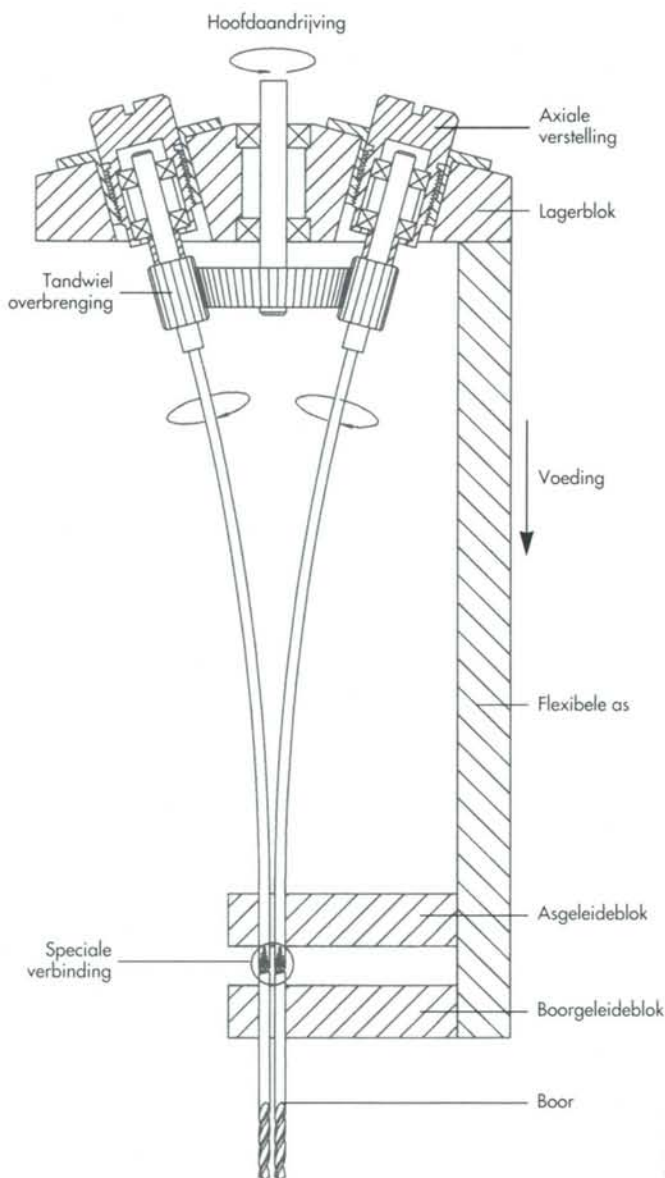
Kleine steekafstanden

Sinds kort is de meerspellige Multi Compact Drilling-machine op de markt, die een geotrooide oplossing heeft voor het boren op kleine steekafstanden. De belangrijkste technische eis was, dat het aandrijfelement niet dikker mocht zijn dan de boor. Alleen dan zouden zeer kleine steekafstanden haalbaar zijn. Ook moest de te ontwikkelen machine voldoen aan de gangbare eisen qua betrouwbaarheid, onderhoud en geluidsproductie.

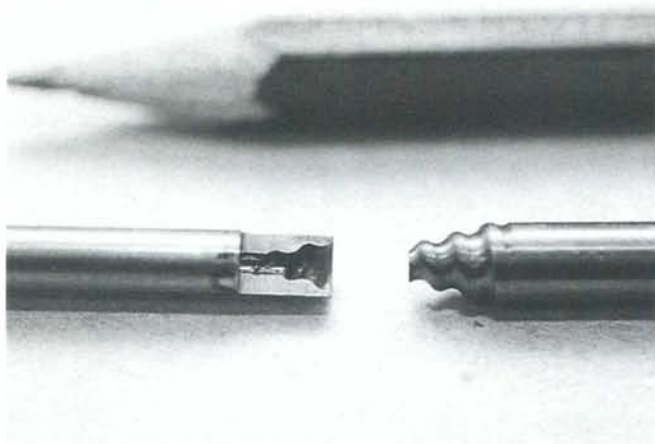
Als uitgangssituatie had men de bij het gaatjespatroon behorende boortjes en de bestaande meerspellige boorkoppen met tandwielkasten. Hiertussen moest een mechanische koppeling tot stand worden gebracht.

Al tijdens inventarisatie van de eisen is het idee voor de uiteindelijke oplossing geboren. Een nauwkeurig rechte elastische staaf zou de mechanische koppeling tussen aandrijving en boor tot stand kunnen brengen. Gedacht werd aan een buigzame as van verenstaal, waarvan een uiteinde direct in verbinding staat met de boor, zie figuur 3.

Met de hier beschreven aandrijftechnische oplossing is het eenvoudig zeer kleine steekafstanden te realiseren: mi-



Figuur 3. Principetekening van de compacte aandrijving. De assen worden door tandwielen aangedreven.



Figuur 4. Door deze speciale tapse schroefdraad heeft de bevestiging van de boor aan de as geen verdikking en kunnen boren direct naast elkaar worden geplaatst.

koppelingsconstructie boor/aandrijfas en lagering. Concreet vertaald kwamen ze op het volgende neer:

- Volgens welk belastingspatroon wordt de buigzame as belast?
- Welk materiaal is geschikt om het wisselende belastingspatroon (vermoeiing) te weerstaan?
- Hoe gaat de verbinding tussen boor en flexibele aandrijfas er uitzien en hoe wordt deze gemaakt?
- Welke materialen zijn geschikt om als glijlager toe te passen (er is immers geen inbouwruimte voor rollagers)?

Duidelijk was dat de buigzame as flink op de proef zou worden gesteld. Bij de ontwikkelde meerspellige boormachine wordt de as namelijk niet alleen op buiging belast. De belasting die optreedt bij gebruik als aandrijfas, is complexer. Er wordt geboord; dus er is ook torsie in de as. Tevens is er een knikbelasting, gelijk aan de voedingskracht per boor. Deze combinatie van drie verschillende belastingen resulteert in een ideale materiaalspanning in de uiterste vezel van de verenstalen 'staven'.

Materiaal van de assen

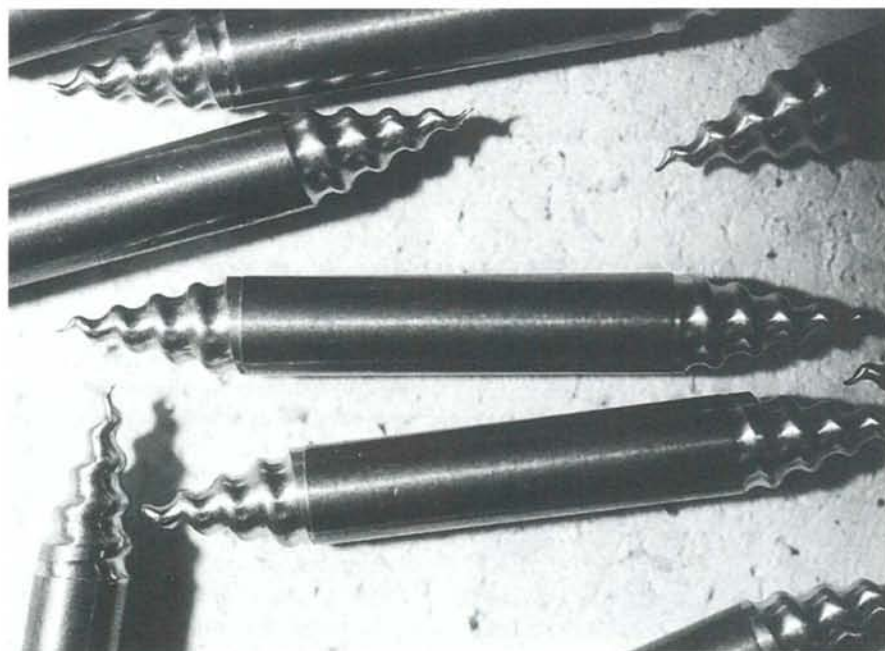
Bij de materiaalvaststelling voor de flexibele assen is van verenstaal uitgegaan, omdat dit in verschillende kwaliteiten en diktematen leverbaar is. Ook is de vermoeiingssterkte van nature hoog. Om de vermoeiingssterkte van staal te bepalen is een aantal standaardproeven beschikbaar. Bij de 'Wöhler'-proef, de meest bekende meetmethode,

wordt een horizontale staaf eenzijdig ingespannen en om zijn as geroteerd en aan het andere vrije uiteinde wordt een belasting gehangen. Een beperking van deze proef is dat de staaf alleen op buiging en niet axiaal wordt belast. Om de vermoeiingssterkte van de flexibele aandrijfassen van de nieuwe boormachine te bepalen, is de proef niet geschikt. Daarom zijn in eigen beheer twee testmachines gebouwd, waarbij de flexibele as in elke willekeurige ruimtelijke vorm kan worden afgesteld. Met gewichten wordt de axiale boorkracht gesimuleerd en een wervelstroomrem zorgt voor het boormoment. De levens-

duurproeven zijn voor een belangrijk deel door de HTS-Autotechniek in Apeldoorn verricht. Deze school is in het bezit van de programmatuur, die is toegespitst op vermoeiing geschikt voor onze toepassing. Uit de proeven kwam naar voren dat de levensduur goed voorspelbaar is, zelfs onder dit ongunstige belastingspatroon. Na afloop konden de onderzoekers ook een geometrie aanwijzen waarbij een levensduur is te garanderen, die de economische levensduur van de machine ver overschrijdt (bijvoorbeeld tien jaar). Kortom: de vrees dat de aandrijfassen breken als gevolg van vermoeiing is ongegrond gebleken. Inmiddels hebben de in gebruik zijnde machines dit bevestigd.

Boorbevestiging

Acht jaar geleden is de ontwikkeling van de nieuwe boormachine gestart en in de loop der tijd zijn verschillende uitvoeringen gebruikt om de cilindervormige as te verbinden met de cilindervormige boorschacht. Een bekende oplossing die werd beproefd is een links gewonden veer, die fungeert als wurgveer. Deze veer werd om de flexibele as gewonden en de rechts gespiraliseerde boor werd hier linksom 'ingedraaid'.

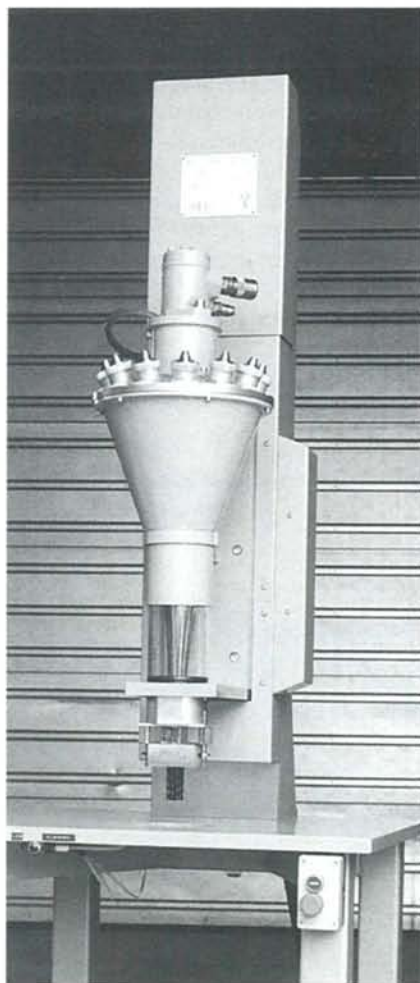


Figuur 5. Zinkvonkelektroden van wolframkoper voor het aanbrengen van de tegendraad in de aandrijfassen van verenstaal. De draad, zoals die op de elektroden zichtbaar is, wordt op elke boor aangebracht. Door de conische vorm wordt dezelfde draad toegepast, onafhankelijk van de boordiameter.

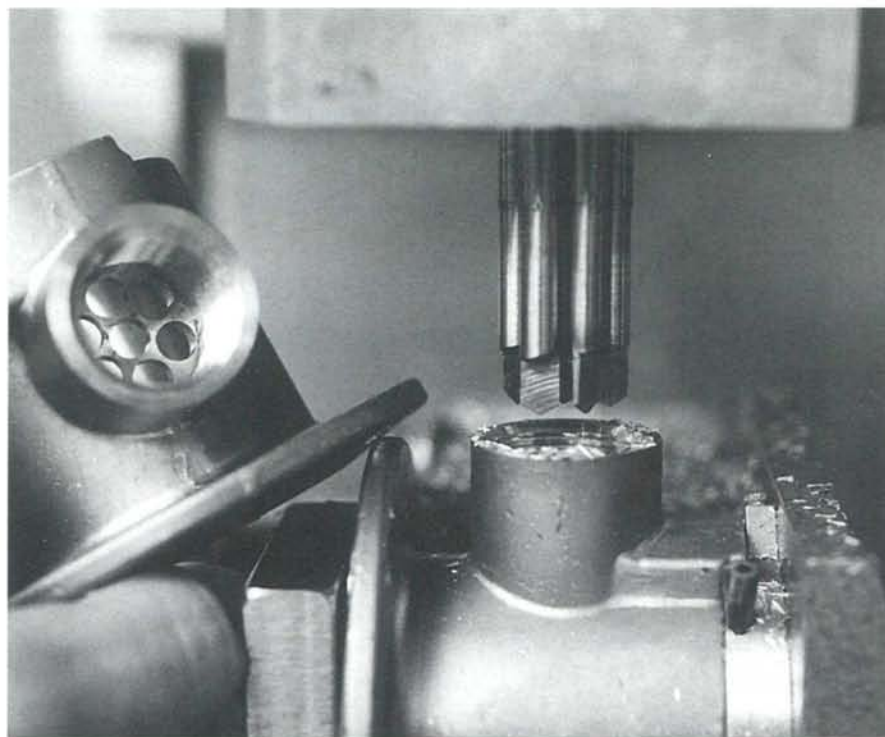
Meerspellige boormachine voor compacte gatenpatronen

Bij toename van het boorkoppel nam automatisch de klemkracht toe, waardoor geen slip optrad. Nog een voorbeeld is een mof die voorzien is van inwendige schroefdraad en die op de aandrijfas wordt aangebracht. De boor met uitwendige schroefdraad kan hier worden ingeschroefd. Nadeel van deze verbindingen is, dat een kleine verdikking op de as zit waardoor er geen minimale steekafstanden kunnen worden bereikt. Haalbaar is een steekafstand van anderhalf keer de boordiameter, wat beter is dan de bestaande systemen, maar het kan nog beter.

Na alle eisen op papier te hebben gezet, is uiteindelijk een verbinding zonder verdikking ontworpen. Een afgeronde, conische schroefdraad blijkt de beste oplossing, zie figuur 4. Dankzij deze



Figuur 6. Twaalfspilige boormachine met hydraulische aandrijving. Door de robuuste bouw kunnen grote voedingskrachten (tot 30.000 N) opgenomen worden.



Figuur 7. Hier worden zeven gaten van 6,5 mm tegelijk in een messing warmpersdeel geboord.

oplossing kunnen de boren niet alleen bijna tegen elkaar worden geplaatst, maar is de boor bovendien gemakkelijk uitneembaar. De boor werkt zich niet vast en hoeft niet meer dan een kwart omwenteling te worden gedraaid om uitgenomen te worden. Het feit dat de draad conisch is, levert een bijkomend voordeel op: alle boren kunnen van dezelfde draad worden voorzien. Op deze manier passen er verschillende boordiameters in een aandrijfas, zodat één machine voor meer gatdiameters inzetbaar is.

Fabricage boorbevestiging

Op papier is de bijzondere schroefdraad een prima uitkomst. Alleen, hoe maakt men zo'n geometrische vorm? Om die vraag te beantwoorden werd veel geïnvesteerd in het uitproberen van verschillende produktiemethoden. Vooral de flexibele verenstalen assen, waarin de binnendraad moet worden aangebracht, zorgden voor veel hindernissen die aanvankelijk onneembaar leken. Uiteindelijk is zinkvonken een geschikte produktietechniek gebleken: de elektrode, zie figuur 5, verplaatst hierbij axiaal, terwijl hij tegelijk roteert.

Het produktieproces is met tappen te vergelijken. Microspark bleek in samenwerking met Metaal draaierij Ad Dekkers (beide in Geldrop) de oplossing te kunnen bieden.

Voor de produktie van de uitwendige schroefdraad op de boren is gekozen voor slijpen op een aangepaste slijpmachine. Slijpen heeft de voorkeur gekregen boven draaien op een CNC-draaibank, omdat met slijptechniek alle boren van draad kunnen worden voorzien, ongeacht de hardheid van het materiaal. Denk hierbij aan boren met een geharde schacht, boren uit volhardmetaal of boren kleiner dan 2 mm. Bijkomende voordelen zijn, dat slijpen goedkoper is en de oppervlakteruwheid lager.

Constructieve uitwerking

Aandrijving

De aandrijving van de meerspellige boormachine gebeurt door een conisch centraal tandwiel met een speciale tandvorm waar de cilindrische tandwielen van de aandrijfassens omheen gegroepeerd zijn. De hartlijnen van de wielen snijden elkaar in een punt. Arens in Enschede kan de tandvorm voor de gestelde eisen fabriceren.

Lagering

Door gebrek aan ruimte is alleen een glijlager geschikt als lagering voor de boren. De seriegrootte bepaalt de materiaalkeuze en voor kleine aantallen (tot 100 000 produkten) kan dit aluminium-brons zijn. Voor de grote series wordt hardmetaal of keramiek toegepast. De standtijd bedraagt bij volcontinu bedrijf een aantal jaren.

Onderhoud

De relatief eenvoudige constructie van de meerspellige boormachines heeft een gunstig effect op de onderhoudskosten. Ze zijn niet uitgerust met dure spline-assen en kruiskoppelingen, maar met onderhoudsvrije, elastisch vervormende assen. Bovendien kan door de kegelvormige opbouw van de boorkop een robuuste overbrenging en lagering worden gerealiseerd. Dit resulteert in een lange levensduur en een grote bedrijfszekerheid. Bij de huidige meerspellige boormachines is het gebruikelijk boren te wisselen ruim voordat alle boren stomp zijn. Preventief wisselen moet voorkomen dat de meest stompe boor in het pakket breekt en/of het produkt beschadigt. Door deze aanpak worden andere boorpunten niet optimaal benut en ook wordt er op deze manier te vaak

gewisseld. Niet alleen lopen de herslijpkosten hoger op dan nodig, ook staat de machine vaak stil. Om de nadelen zoveel mogelijk te ondervangen kan de Multi Compact Drilling-machine, zie figuur 6, worden uitgerust met een elektronische boorkrachtbewaking. Als één boor verkeerd geslepen of stomp is, merkt de regeling dit. Hierdoor kan het tijdstip van wisselen economischer worden bepaald. Ondanks dit preventieve onderhoud blijft het nodig het slijtageverloop gedurende de standtijd van de gereedschappen nauwlettend in het oog te houden.

Geluid

De elastisch vervormende aandrijfassen zijn ronduit stil als ze worden vergeleken met de conventionele assen met kruiskoppeling. Kleinere machines zijn uitgerust met rubberen frictiewielen, waardoor de geluidsproductie zeer laag is, ook als deze machines hoge toeren-tallen draaien. Grotere machines hebben tandwielaandrijvingen, maar hebben dankzij speciale geluidwerende maatregelen een laag geluidsniveau. De aanwezigheid van hardmetalen of keramische glijlagers en een geluiddempend oliebad, zorgen voor een verdere verlaging van het geluidsniveau.

Toepassing

Meerspellig boren is niet altijd de meest optimale oplossing. Er is een bepaalde minimum seriegrootte nodig, om een investering van meerspellige boortech-niek te verantwoorden. Bovendien spelen andere factoren een rol: het aantal gaten in een produkt, het verschil in diameter tussen het kleinste en het grootste te boren gat, de variatie in de boordiepte, produktiesnelheid, verschillende gatenpatronen, enzovoort. De Multi Compact Drilling-machines worden ingezet, als er een compact gaatjespatroon, zie figuur 7, in een serieprodukt moet worden geboord, en als conventionele meerspellige machines niet in aanmerking komen vanwege de kleine hartafstanden. Ook wanneer slechts enkele gaten dicht bij elkaar staan, is deze boorwijze al voordeliger. Het bespaart immers een indexeertafel, gecombineerd met een aantal losse boorkoppen en de benodigde complexe besturing/bewaking. Een terugverdientijd korter dan een half jaar is geen uitzondering.

Auteursnoot

De heer G.C. Koese is directeur van Koese Engineering te Winterswijk.

Lezersonderzoek

Bouwien Vermulst

Er zijn sterke veranderingen zichtbaar in de inhoud en opmaak van tijdschriften. De technische bladen volgen weliswaar langzaam, maar ook hier begint de vrijere opmaak van desktop publishing zijn sporen te trekken. In veel technische bladen worden de artikelen smeugiger, maar ook oppervlakkiger geschreven. Als men de tijdschriften ziet, lijkt het erop dat er steeds minder belangstelling bestaat voor enige technische diepgang.

Ook kleur is langzaam maar zeker in opmars, hoewel dit voor de veelal technische tekeningen geen extra informatie toevoegt.

De redactie was daarom benieuwd wat de lezers ervan vonden.

Vanaf begin mei is een aantal lezers benaderd met het verzoek enkele vragen te beantwoorden voor een lezersonderzoek over Mikroniek. Hieronder volgt een kort verslag van het onderzoek en de resultaten.

Omdat de respons bij vorige schriftelijke lezersonderzoeken niet hoog was, zijn tijdens de vakbeurs "Electronics" in mei j.l. een veertigtal bezoekers geënquêteerd die de stand van de NVPT bezochten. Direct daarna is de enquête naar een selectie uit het ledenbestand verstuurd. Daartoe werden 264 leden willekeurig geselecteerd, waarvan 65 de vragenlijst ingevuld retournerden (een respons van 25%).

Onderzoeksresultaten

Een grote meerderheid van de abonnees leest het blad direct na ontvangst. Slechts een kwart van de respondenten laat het blad aan niet-technische kennissen zien. Men hoopt het technisch inzicht van de ander daardoor te verbeteren of denkt op die manier de precisietechnologie als vakgebied uit te dragen. Ongeveer de helft leest het merendeel

van Mikroniek, een derde leest alles. Ongeveer tweederde van de respondenten heeft geen abonnement op een ander blad. Alleen "De Constructeur" mag zich als ander blad in een wat grotere belangstelling verheugen. Ongeveer een achtste van de respondenten leest dat blad naast Mikroniek.

Ruim de helft van de ondervraagden vindt de inhoud van Mikroniek goed. Bijna de helft vindt ook het uiterlijk van het blad goed. Echter een vijfde heeft over de inhoud en ruim de helft heeft over het uiterlijk geen mening.

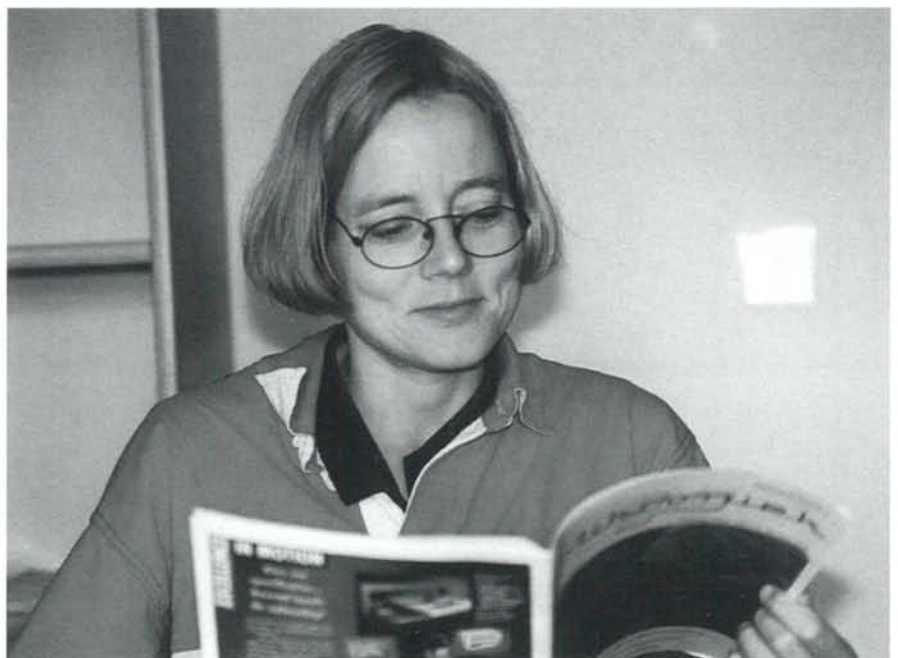
Produktinfo is de rubriek waarnaar verreweg de meeste aandacht uitgaat: 80% noemt hem. "Her en der" wordt ook veel genoemd, hoewel deze rubriek slecht enkele malen per jaar verschijnt, blijken de wat uitgebreidere technische nieuwtjes zeer in de smaak te vallen. De minste belangstelling gaat naar verenigingsnieuws, lezersreacties en editorial. Als mogelijke nieuwe rubrieken worden onderwijs, informatie over vakliteratuur, marketing/management en 'tips en trucs' genoemd.

Voorts gaat de interesse uit naar artikelen over managementvraagstukken betreffende het eigen vakgebied (40%) en managementvraagstukken over technische onderwerpen (60%). Vrijwel iedereen is geïnteresseerd in toepassingen van en combinaties met precisietechnologie. Overigens is bijna tweederde van de ondervraagden tevreden over de huidige onderwerpen - men wil geen andere zaken in Mikroniek aantreffen - en meer dan 80% vindt dat Mikroniek hen voldoende op de hoogte houdt van ontwikkelingen in het vakgebied.

Dat Mikroniek van nut is bij de beroepsuitoefening wordt door driekwart van de ondervraagden bevestigd, waarbij vooral de advertenties worden genoemd. Buiten de directe werksfeer heeft een derde toch ook soms nut van Mikroniek.

Vormgeving

De verhouding tussen tekst en illustraties en het aantal bladzijden van het blad is goed, vindt ruim 90%. Ook de lengte en de stijl van de artikelen wordt



Mikroniek wordt doorgeleefd.

door een meerderheid als goed beoordeeld. Voor ruim de helft van de ondervraagden hoeft Mikroniek niet in kleur te verschijnen. Slechts een vijfde vindt Mikroniek beter als het wel in kleur zou zijn.

De lezers

Ruim de helft van de respondenten heeft een HBO-opleiding, een kwart heeft een MBO, respectievelijk universitaire opleiding.

Ruim tweevijfde heeft een leidende functie, als directeur, chef of hoofd. Bijna een derde is als technicus actief, terwijl bijna een vijfde in het onderwijs zit, driekwart daarvan als student, de overigen als docent.

Mikroniek lezers werken in een veelheid aan bedrijven en instellingen. De grootste categorieën worden gevormd door productiebedrijven op elektromechanisch gebied (eentiende), onderzoek (ook eentiende), en onderwijs (ruim eenvijfde).

De NVPT

Ruim tweederde is geïnteresseerd in artikelen/berichten over de vereniging, ruim viervijfde over de activiteiten van de vereniging. Ruim 80% van de ondervraagden is lid, vaak via het bedrijf.

De helft van de ondervraagden vindt het bijhouden van de ontwikkelingen in het vakgebied het belangrijkste argument voor lidmaatschap. Andere belangrijke argumenten zijn het onderhouden van contact met vakgenoten (25%), produktinformatie (10%), deelname aan NVPT-seminars (10%).

Maar.. slechts iets meer dan één op de twintig ondervraagden vindt het feit dat Mikroniek aandacht besteedt aan de nieuwste ontwikkelingen op het vakgebied een sterk argument voor het lidmaatschap van de NVPT. Leden doen niet graag zelf aan ledenwerving. Kwaliteit/inhoud verkoopt zichzelf vinden ze. Desgevraagd scoren in dat kader het organiseren van activiteiten, het stimuleren van de eigen motivatie, het uitreiken van een proefexemplaar, bedrijfsbezoeken en het belonen van het werven van een nieuw lid.

De helft van de respondenten zou een abonnement nemen, wanneer Mikroniek geen deel meer zou uitmaken van het lidmaatschap. Ongeveer een kwart zou losse nummers gaan kopen en een vijfde zou geen abonnement willen hebben. Een tiende geeft geen antwoord op de vraag.

Conclusie

Concluderend kunnen een aantal zaken met betrekking tot het lidmaatschap van de NVPT en het lezen van Mikroniek aangestipt worden. We laten er enkele de revue passeren:

- Mikroniek wordt goed gelezen en over het algemeen zijn de lezers met het blad meer dan tevreden;
- De lezerskring bestaat voor het overgrote deel uit technisch georiënteerde personen. Zij leggen vrijwel zonder uitzondering een op de technische aspecten van precisietechnologie gerichte belangstelling aan de dag. Mikroniek sluit qua inhoud daar goed op aan;
- Voor veel ondervraagden is Mikroniek het enige vakblad waarop ze geabonneerd zijn. Wat dat betreft heeft Mikroniek een sterke positie;
- Het meestgelezen zijn de rubriek produktinformatie en de advertenties;
- Een aanzienlijk deel van de lezers zegt weleens zaken uit Mikroniek te halen die voor hun dagelijkse praktijk nuttig zijn;
- De groep lezers is qua functie en bedrijfsomgeving duidelijk herkenbaar, de helft heeft een HBO-opleiding, een kwart MBO en een kwart universitair. Tweevijfde heeft een leidinggevende functie als directeur, chef of hoofd. Het is daardoor moeilijk om voor elk wat wils in het blad op te nemen. Dat het blad desondanks goed uit de bus komt, is als zeer positief te waarden;
- Een vijfde van de lezers is geen lid van NVPT, dat betekent dat Mikroniek buiten de NVPT ook belangstelling geniet en een ledenwervende functie voor de vereniging kan hebben.

Toch is deze positieve reeks conclusies niet het gehele verhaal. Aan het voorafgaande is ook een keerzijde verbonden:

- Hoewel het overgrote deel van de lezers zegt tevreden te zijn over inhoud en uiterlijk en ook geen nieuwe onderwerpen om te behandelen kan aandragen, blijkt toch een substantieel deel van de lezers geen mening te hebben over inhoud en uiterlijk van het blad;
- Voor het editorial is weinig belangstelling, terwijl daarin toch de belangrijke issues voor het vakgebied worden gesignaleerd;
- Hoewel Mikroniek een blad voor leden door leden is, zijn geen van de geenquetterde lezers bereid om zelf een artikel te schrijven of te bemiddelen dat iemand anders dat doet (Daartegenover staat de ervaring dat wanneer de redactie een lid de concrete vraag stelt een artikel te schrijven over zijn produkt, techniek of organisatie, daar meestal positief op gereageerd wordt. -redactie-);
- Als verenigingsorgaan speelt Mikroniek een belangrijke rol in de communicatie met de leden van de NVPT. Toch is er aanzienlijke groep lezers de rubriek verenigingsnieuws niet als eerste leest (Een mogelijke oorzaak is dat alle georganiseerde activiteiten direct per brief aan de leden worden gemeld. Daarom wordt vaak volstaan met een verslag. -redactie-);
- De keuze voor een lidmaatschap van de NVPT wordt door meer factoren bepaald. Er worden slechts zeer weinig personen lid van de NVPT omwille van Mikroniek;
- Slechts de helft van het lezersbestand zou een los abonnement nemen als Mikroniek geen onderdeel van het NVPT-lidmaatschap zou zijn;
- Het grootste deel van de leden van de NVPT wil niet beloond worden voor het aanbrengen van een nieuw lid, maar de meesten ontplooiën in deze blijkbaar geen activiteit.
- Stijl, lengte van de artikelen, het aantal pagina's en de vormgeving worden zeer positief beoordeeld. Een verschijnen in kleur wordt door de helft als onnodig beoordeeld, maar een relatief klein aantal lezers zou het een verbetering vinden. Echter, weinigen hebben een abonnement op een vergelijkbaar vakblad, zodat een vergelijkingsbasis misschien ontbreekt.

Produktinfo

Servobesturingssysteem voor synchronisatie van bewegingen

Voor een nauwkeurige synchronisatie van onderling afhankelijke bewegingen in een machine kunnen servosystemen een alternatief zijn voor mechanische functie-elementen als tandwielkasten, koppelingen, remmen, riemen en kettingen. Het toepassen van de bij deze servoaandrijvingen gebruikelijke besturingen is in de praktijk echter niet altijd even eenvoudig. Vooral als minder uitgebreide eisen worden gesteld, blijken de thans beschikbare systemen veelal te complex en worden dan ook weinig toegepast.



Met deze praktijkervaring voor ogen ontwikkelde het Engelse bedrijf Quin het zogenaamde Mini-PTS, dat werd afgeleid van het eerder geïntroduceerde Programmable Transmission System (PTS), besproken in Mikroniek 34(1994)1, p.31. Het nieuwe systeem biedt alle gewenste mogelijkheden voor situaties waar maximaal vier servomotoren moeten worden aangestuurd. Een belangrijk onderdeel is de beschikbare software, waarmee het mogelijk is bepaalde functie-elementen te vervangen. Het betreft hier de door

Quin zelf ontwikkelde pakketten Software Cam, Software Gearbox en Software Clutch. Het complete besturings-systeem is gebaseerd op Windows.

De Mini-PTS kan worden toegepast als een vier-assig positioneersysteem, waarbij zowel opeenvolgende als gelijktijdige asbewegingen uit te voeren zijn. Het besturingssysteem beschikt over een groot aantal in- en uitgangen, zowel analoog als digitaal en drie seriële poorten (1x RS232 en 2x RS485/RS422).

De instelparameters kunnen tijdens bedrijf via de PC worden gevolgd en gewijzigd. Voor integratie in grotere systemen zijn uitgebreide PLC netwerk-opties beschikbaar.

Voor uitvoerige info:

Groneman B.V.
Postbus 24
7550 AA Hengelo
Telefoon: 074 - 255 1140
Fax: 074 - 255 1109.

Kleine elektromotoren, ook steriliseerbare

De naam Maxon is verbonden aan kleine elektromotoren in vele typen en uitvoeringen en weerspiegelt de stand van



de techniek op dit terrein. Door hun kleine afmetingen, hoge prestaties en betrouwbaarheid zijn de motoren bij uitstek geschikt voor de fijnmechanische techniek.

De gelijkstroommotoren zijn voorzien van krachtige permanente magneten zoals neodymium, het hart ervan is het ijzerloze anker. Voor het aansturen zijn gelijkstroomtachometers, encoders en servobesturingsmodules beschikbaar. De elektronisch gecommuteerde motoren, de zogenaamde EC-motoren, hebben een gunstig koppelverloop, hoog vermogen en een zeer groot toerentalgebied.

Aan alle motoren kunnen precisietandwielkasten worden gekoppeld.

Nieuw in het assortiment zijn de van twee motortypen afgeleide steriliseerbare motoren, die zich vooral voor medische en chemische apparatuur lenen. Het kleinste type heeft een vermogen van 6W, onbelast toerental ca. 9000/min, continu koppel ca. 12 mNm; rendement tot 75%; diameter 26 mm, huislengte 44 mm. Voor het grotere type zijn deze waarden respectievelijk: 40W, 4700/min, 68 mNm; tot 82%; 35 mm en 71 mm. De motoren zijn tenminste 100 maal steriliseerbaar met stoom van maximaal 135°C. Een speciale uitvoering met toerental tot 20.000 is leverbaar.

Voor uitvoerige info:

Sanders Birnie B.V.
Postbus 716
7500 AS Enschede
Telefoon: 053 - 432 0566
Fax: 053 - 430 3665.

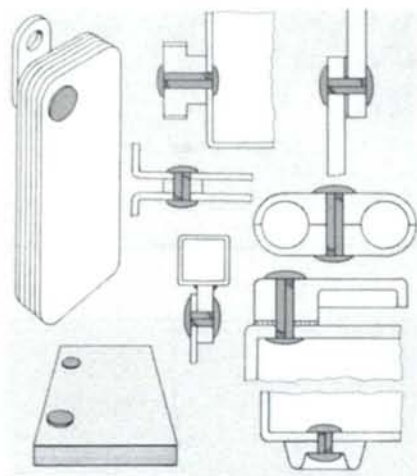
Meer dan 2000

kunststof producten, allemaal met de naam Skiffy, staan in de catalogus van Pützfeld, die ze in eigen beheer ontwikkelt en produceert. Steeds komen er nog bij, zoals recentelijk de zeer universeel bruikbare Snip & Snap nagels, zie de afbeelding.

150 Artikelgroepen; zoals ringen, bus-

sen, glijlagers, knoppen, grepen, schroeven, moeten, nagels, kabel- en slangtoebehoren, afstandhouders, doppen en stoppen, voetjes en buffers, ronde snaren, enz. Allemaal in diverse uitvoeringen, formaten en kleuren uit voorraad leverbaar, ook in kleinverpakking.

Naast de catalogus is nu een prijslijst op diskette verkrijgbaar, die werkt onder MS-Dos. Hiermee is het mogelijk te bladeren in artikelgroepen en de artikelen en per artikel te worden geïnformeerd over materiaal, gewicht en dergelijke.



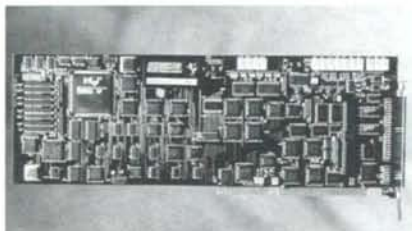
Deze prijslijst kan worden aangepast voor het eigen bedrijf en worden afgedrukt of naar een bestand worden geschreven voor opname in het eigen computer systeem. Tevens kunnen orders worden ingegeven en een correcte bestelbon worden geprint. Daardoor is snelle afwikkeling gewaarborgd.

Voor uitvoerige info:

Johan Pützfeld B.V.
Transformatorweg 37
1014 AJ Amsterdam
Telefoon: 020 - 686 8771
Fax: 020 - 681 2791.

Data-acquisitie en real-time procesbesturing met de PC

De DAP 3200e-data-acquisitie insteekkaart van Microstar bezit haar eigen INTEL 80486 processor, wat resulteert in een ongelooflijke real-time response (bij voorbeeld 20 PID-loops in 1 ms). Daarnaast beschikt de DAP 3200e over



1 of 4 Mb geheugen met eigen multitasking operating systeem DAPL 4.0. Zodoende kan de DAP 3200e al het 'real-time meten en regelen' aan zonder de PC te hoeven aanspreken. Het 'stand alone' kunnen werken is dus de krachtigste eigenschap.

Eén enkel DAP 3200e met externe hardware kan 512 analoge en 128 digitale meetwaarden binnenhalen. Er kunnen 66 analoge en 128 digitale signalen uitgestuurd worden. Door 'Dual 512-word, high-speed FIFO buffers' kan de DMA-hardware gepasseerd worden, zodat de PC-bus met maximale snelheid bedreven wordt. Een geoptimaliseerd communicatieprotocol verzekert een foutloze gegevensoverdracht zonder onderbrekingen.

Deze aanpak maakt het mogelijk zeven DAP 3200e's in één PC onder te brengen, zonder één enkele interrupt-lijn te hoeven gebruiken. Het resultaat is een gigantisch gesynchroniseerde real-time PC voor procesbesturing. Tevens kunnen analoge uitgangen met gelijke snelheid als die van de ingangen ververst worden.

Voor uitvoerige info:

N.V. Dimed s.a.
Joe Englishstraat 47
B-2140 Antwerpen, België
Telefoon: (03) 236 6465
Fax: (03) - 236 6462.

Miniatuur rechtgeleidingen

De Japanse fabrikant TNK LM Systems brengt rechtgeleidingen op de markt waarvan een aantal geschikt is voor fijnmechanische toepassingen.

- Rechtgeleidingen waarvan de slede via omlopende kogels krachtgesloten op vier plaatsen dragen op een rail.

Sledematen van het type HSR-8, 10 en 12: hxbxl respectievelijk 9x16x24, 11x20x31 en 18x27x45 mm; kantel-

speling loodrecht op bewegingsrichting resp. ± 1 , ± 2 en ± 3 μm ; afstand bovenkant slede tot onderkant rail resp. 11, 13 en 20 mm, deze afstand is leverbaar in vier nauwkeurigheidsklassen; draaggetal C resp. 1000, 1960 en 4700 N; max. rail lengten resp. 275, 470 en 670 mm.

Sledematen van het type HRW-12 en 14 (met bredere rail): hxbxl resp. 10x30x37 en 12x40x45 mm; kantelspeling resp. $\pm 1,5$ en ± 2 μm ; afstand bovenkant slede tot onderkant rail resp. 12 en 14 mm, leverbaar in vier nauwkeurigheidsklassen; draaggetal C resp. 3300 en 5380 N; max. rail lengte resp. 600 x 800 mm.



De bovengenoemde sleden zijn leverbaar in roestvaststalen uitvoering.

- Rail met slede op kogels gelagerd, type GSR, veelal in combinatie met een tweede rail met slede gebruikt, waarna beide sleden dan door een tafelblad worden verbonden tot een wagen; sledematen bxl van het kleinste type in deze reeks 32 x 60 mm; afstand bovenkant slede tot onderkant rail 20 mm; draaggetal C 4300 N; max. rail lengte 1200 mm.

Voor uitvoerige info:

THK LM Systems B.V.
Kruisboog 21A
3905 TE Veenendaal
Telefoon: 0318 - 554 615
Fax: 0318 - 550 842.

Plateauweegschaal

Salter Weigh-Tronix heeft een veelzijdige plateauweegschaal geïntroduceerd in twee uitvoeringen: met een roestvaststalen plateau van 300x300 of van 400x400 mm.

Voor de plateaumaat 300x300 is de weegschaal verkrijgbaar met een capa-

KOPER / MESSING / ALUMINIUM

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

enorme voorraden en korte levertijden

beheersen onze handelswijze!



Onze voorraad platen, staven, buizen, draad, profielen etc. is groot, erg groot zelfs.

En deze voorraad wordt voortdurend op peil gehouden, want lange levertijden zijn bij ons taboe.

Vraag omgaand informatie. We zijn snel te toetsen!

KOPER

E-Cu/SF Cu

- - 3 t/m 250 mm
- - 4 t/m 200 mm
- - 6 t/m 60 mm
- - 6 x 2 t/m 100 x 60 mm
- - buis t/m 106 mm

MESSING

Ms 58/Ms 60 Pb/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 180 mm

ALUMINIUM

50 ST/51 ST/28 ST/54 S

- - 3 t/m 500 mm
- - 51 ST + 28 ST
- - 4 t/m 200 mm
- - 51 ST + 28 ST
- - 5 t/m 36 mm 28 ST
- - 10 x 2 t/m 150 x 75 mm
- - 50 ST + 28 ST
- - buis/holstaf t/m 300 mm
- - 50 ST/51 ST/28 ST
- - plat + vierkant
- - ook in kortspanig 28 ST

SALOMON'S

METALEN B.V.

*Voorsprong
door Voorraad!*

GOTENBURGWEG 24,

9723 TL GRONINGEN TEL. 050-421200 FAX 050-416892

Met adverteren in

Mikroniek

bereikt u de Fijnmechanische bedrijven,
wetenschappers en produktontwikkelaars



citeit tot 6, 15, 30 of 60 kg; voor de plateumaat 400x400 tot 30, 60 of 90 kg. De weegonnauwkeurigheid bedraagt $1/3000^e$ van de volle schaal, dus bij voorbeeld 5 g bij 15 kg.

De uitleesbaarheid kan op vier manieren worden geplaatst: bevestigd aan of op afstand van de weegschaal, al dan niet op een kolom. De bediening geschiedt met twee toetsen: "nul/tareren" en "print". De weegschaal kan ook geleverd worden met RS 232 uitgang waardoor aansluiting aan de meeste printers mogelijk is.

Voor uitvoerige info:

GePeS B.V.
Galvanistraat 16
3846 AT Harderwijk
Telefoon: 0341 - 432 231
Fax: 0341 - 431 327.

Doseerrobot

De Fisnar I&J 500 tafelmodel doseerrobot kan volledig automatisch vloeistoffen en pasta's doseren, zoals soldeer pasta's, siliconenpasta's, industriële lijmen, epoxies, oliën, verf, soldeerfluxen, enz. De drie assen zijn volledig te programmeren; de herhalingsnauwkeurigheid voor de x- en de y-as is $\pm 0,05$ mm en voor de z-as $0,024$ mm.

Het doseeropervlak is 300×300 mm;



de maximum snelheid is 750 mm/sec. Vloeistoffen en pasta's kunnen continu gedoseerd worden in een rechte lijn via een driedimensionale baan.

Voor uitvoerige info:

Almond Techniek
Postbus 180
3950 AD Maarn
Telefoon: 0343 - 444 055
Fax: 0343 444 053.

Thermografiecamera

Thermografiecamera's kunnen worden gebruikt bij het opsporen van hot spots in elektrische schakelkasten, controle van isolatie bij gebouwen, controle van de isolatie van ovens, detecteren van hot spots in elektronische schakelingen, voor medische toepassingen, enz.

Door Jenoptik GmbH is een nieuw type ontwikkeld, de Varioscan, in twee uitvoeringen: een met een spectrale gevoeligheid van $8-14 \mu\text{m}$, meetbereik -40 tot 1200°C (type 2011) en een met een spectrale gevoeligheid van $3-5 \mu\text{m}$ en een meetbereik van -10 tot 1200°C (type 2012).



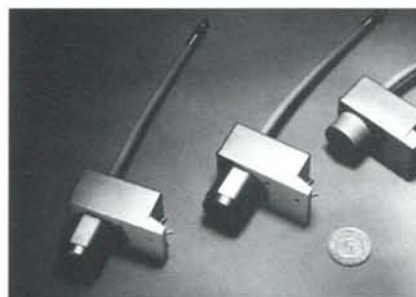
Het themografische beeld is opgebouwd uit 200 lijnen met ieder 300 pixels waardoor een hoge resolutie wordt verkregen. De camera wordt bestuurd met behulp van een Toshiba notebook T 4600 C met een TFT kleuren-display. In de standaardsoftware zijn reeds een groot aantal functies ingebouwd, zoals autofocus, 6xzoom, kleur en zwart/wit beeld, isothermen, temperatuurmeting voor meer punten, enz. De gemaakte beelden kunnen op de harde schijf (200Mb) of $3\frac{1}{2}$ inch floppy worden opgeslagen. Software voor bewerking van de beelden op een PC is leverbaar. Camera en notebook worden beide door oplaadbare NiCd-batterijen gevoed of via een adapter op het lichtnet aangesloten.

Voor uitvoerige info:

Mera Benelux B.V.
Postbus 77
5056 ZH Berkel-Enschot
Telefoon: 013 - 533 4411
Fax: 013 - 533 2039.

Miniatuur spectrometer

Voor het meten van kleur, laagdikte, temperatuur, golflengte, luminescentie, fluorescentie van LED's, lasers, lampen, stoffen, lakken bij monitoring, procescontrole, kwaliteitscontrole, kalibratie, recycling, heeft Carl Zeiss Oberkochen de Monolithische Miniatuur Spectrometer (MMS) uitgebracht. Drie versies zijn leverbaar en wel met golflengten van 300-1150, 190-730 en 190-400 nm.



De spectraal sensoren van de MMS zijn opgebouwd uit: inkoppelfiber, optiek, tralie, dioderij en elektronische interface. De zeer gevoelige dioderij (Hamamatsu S3904-256Q) bestaat uit 256 elementen met een breedte van $25 \mu\text{m}$ en een hoogte van $2500 \mu\text{m}$. Het compacte en monolithische ontwerp zorgt voor een hoge nauwkeurigheid en intensiteitsstabiliteit, waardoor de absolute golflengtes met hoge precisie worden weergegeven.

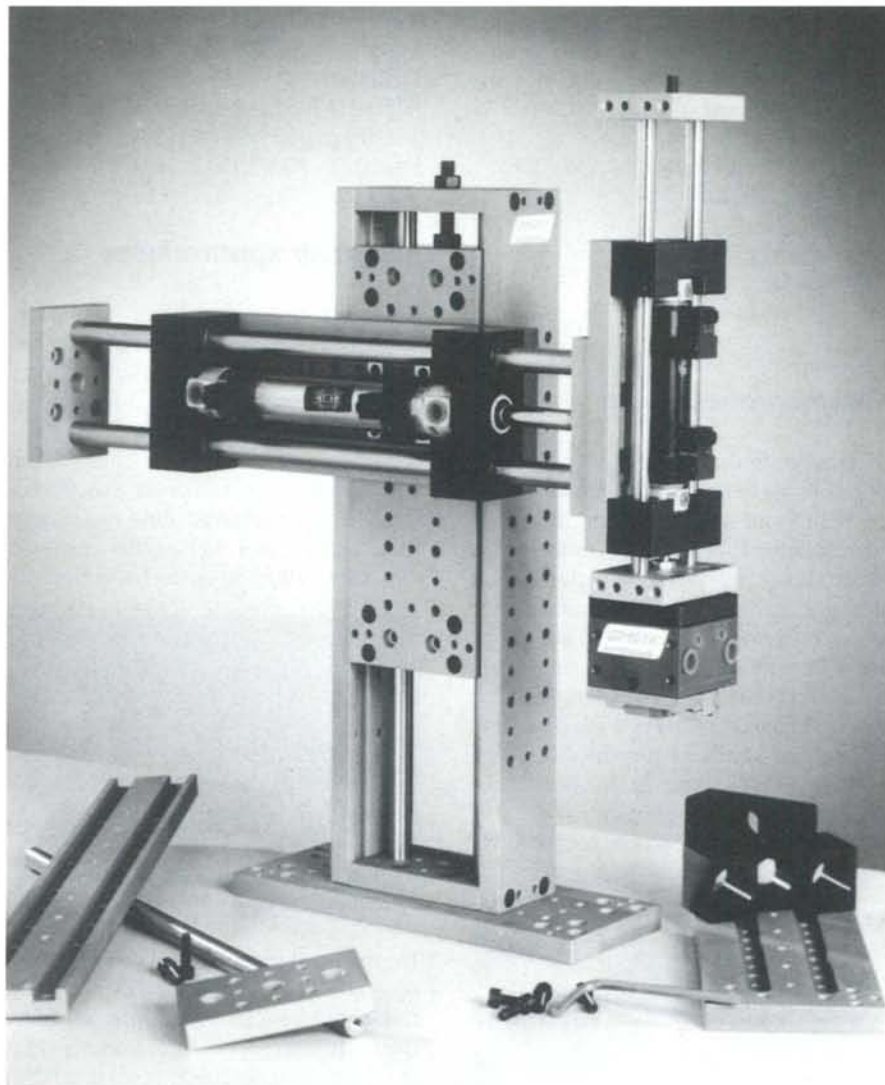
Voor uitvoerige info:

Te Lintelo Systems B.V.
Postbus 45
6900 AA Zevenaar
Telefoon: 0316 - 340 804
Fax: 0316 - 340 805

Bouwsysteem voor produkt-handling

Met het Gimakit-bouwsysteem van de italiaanse pneumatiek leverancier Gimatic kan men samenstellingen voor

Produktinfo



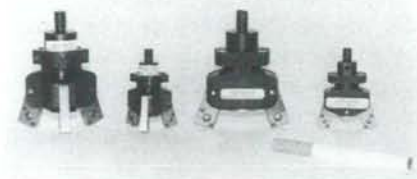
produkt-handling rondom machines en installaties bouwen. Het hart van het systeem is een nauwkeurig geleidings-systeem dat in combinatie met standaard ISO-cilinders te gebruiken is. Dankzij de grote veelzijdigheid van de diverse elementen, de ruime keuze aan accessoires en de vele bevestigingsmogelijkheden is het vrijwel altijd mogelijk een gewenste transport- en positioneer-beweging uit te voeren. Probleemloos kunnen massa's tot circa 10 kg gehanteerd worden. Als voorts grippers noodzakelijk zijn, ligt het voor de hand dat men een van de pneumatische soorten gebruikt.

Pneumatische grippers

Gimatic heeft in haar programma verschillende kniehefboomgrippers, twee- en drieklaaws-, parallel- en vingergrij-

pers. Sinds kort is dit uitgebreid met zelfcentrerende twee- en drieklaaws-grippers, type PN, van zeer compacte bouw dus geschikt voor situaties waar weinig ruimte is.

Beide zijn in twee maten uitgebracht, met een boring van respectievelijk 10 mm en 16 mm. De tweeklaawstypen zijn bedoeld voor produkten met een min of meer rechthoekige doorsnede, de drieklaaws voor het klemmen van ronde produkten die nauwkeurig ge-



centreerd worden. De tweeklaaws met boring 10 heeft een gewicht van 32 g, die met boring 16 weegt 105 g; de uit te oefenen momenten zijn respectievelijk 15 en 40 Ncm. De drieklaaws zijn 10% zwaarder; de momenten hetzelfde. De cyclustijd voor beide typen is 0,05 s, de herhalingsnauwkeurigheid 0,02 mm, levensduur tenminste 10^7 cycli bij een schone omgeving; eindstandsignalering is mogelijk.

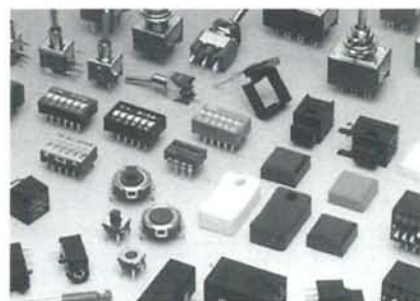
Voor uitvoerige info:

Pneu/Tec B.V.
Postbus 416
2130 AK Hoofddorp
Telefoon: 023 - 563 6611
Fax: 023 - 563 2465.

Paneel inbouwelementen

Druktoetsen, schakelaars, zekeringhouders, lampjes, LED-componenten, druktasters, stappenschakelaars, enz., zijn technisch gezien weinig spannend vergeleken met dat wat in de kast zit, waar zij op zitten. Maar ze zijn, o zo onmisbaar, echter een bron van irritatie als ze lastig bedienbaar zijn.

Dikwijls sieren ze de frontplaat van een moeizaam ontwikkeld apparaat of zijn de vrolijke noot van een overigens saai bedieningskastje. Ze moeten uiterst betrouwbaar zijn, anders geeft de kostbare kastinhoud prompt niet thuis. En hoe dikwijls wordt een hoogwaardigheidsbekleder niet uitgenodigd om met een druk op de knop ?



De foto laat zien waar we het over hebben.

Voor uitvoerige info:

Heynen B.V.
Postbus 10
6590 AA Gennep
Telefoon: 0485 - 496 111

Stootvast, praktisch en veilig opgeborgen.

Solide houten kistjes en koffers, speciaal voor kwetsbare en kostbare apparatuur, zoals microscopen, meet- en regel-instrumenten of tal van verfijnde gereedschappen.

Exact op elke maat gemaakt!
Biedt uitstekende

bescherming tegen beschadigingen.
Met eigen bedrukking/logo.



**HOUTBEWERKING
SEGERINK BV**

Kloppendijk 58, 7591 BV Denekamp
Tel. 0541-351436, Fax 0541-354293

DC Motor Controller board

+

DC Mike Drive

=

PRECISIE POSITIONEREN

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



**PHYSIK
INSTRUMENTE**
is uw partner

Laat u uitnodigen tot een oriëntatie.

Voor uitgebreide informatie en produktcatalogus:

Tel. (31) 499 - 375375

Fax (31) 499 - 375373



**APPLIED LASER
TECHNOLOGY**



DEMCON Twente b.v.

Produktontwikkeling & Mechatronica



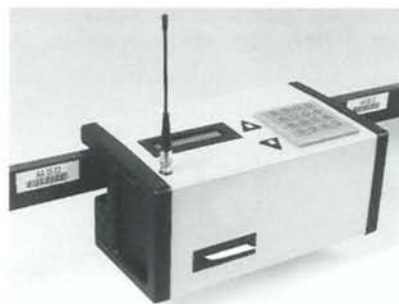
Patiënten-tillift James

Activiteiten:

- produktontwikkeling
- engineering
- advisering

Expertise:

- fijnmechanisch construeren
- machinebouw
- aandrijftechniek
- besturingselektronica- en software
- meet- en regeltechniek



Rackrunner®

Demcon Twente b.v.
Postbus 1020
7500 BA Enschede
Tel. 053 - 4343229
Fax 053 - 4342830



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.: 040-2473659, Fax: 040-2460645

Naam

Adres

Postcode Woonplaats

Tel.: Fax:

Werkzaam bij

Functie

Vakgebied(en)

Omvang bedrijf

Lidmaatschap: ☐ wil informatie

☐ geeft zich op als lid.

