

jaargang 31, nummer 1

Mikroniek

NVFT

VAKBLAD FIJNMECHANICA



Ultra-precisie bewerking – Leidse examens
Inhoudsopgave 1990 – UHV-draaidoorvoer

Hydraulica

Uitgangspunt van de auteur

De dringende noodzaak om te **rationaliseren** stelt ons voor veel problemen met **automatisering**. Deze problemen kunnen vaak alleen opgelost worden door het gebruik van **hydraulische systemen**. De hydraulica heeft bijna altijd **mechanisering** tot doel. En verder: **gedeeltelijke of volledige automatisering**, onafhankelijk van de vraag of het nu gaat om besturingen, regelbare aandrijvingen, aan- en afvoer van materiaal of transport in ruimere zin. Hydraulica wordt natuurlijk bijvoorbeeld daar toegepast waar een andere vorm van **energie-overdracht** niet meer economisch verantwoord is. Het is ook een feit dat de ontwikkeling van moderne **hydraulische elementen en systemen** in de laatste jaren een grote sprong heeft gemaakt. De **industrie van hydraulische apparatuur** heeft een echte revolutie doorgemaakt. Deze sprong was de aanleiding om dit boek te publiceren.

Het biedt een overzicht van de basisprincipes en bouwstenen uit de hydraulica. Het is bedoeld voor zoveel mogelijk **geïnteresseerden**, zoals ingenieurs, constructeurs, technici en monteurs. Het is echter niet alleen maar een handleiding die de lezer in staat moet stellen eenvoudige **hydraulische schema's** te lezen en hun **werking** te begrijpen. In het bijzonder worden ook de volgende aspecten benadrukt: verduidelijking van de **hydraulische vraagstukken**, afleiding van de **basisformules**, de **regelingen** die de goede werking moeten maken en de eigenlijke **onderdelen**. De **toepassingsgebieden** van de hydraulica worden samenvattend behandeld. Van de vele mogelijke **basisschakelingen** en **toepassingsvoorbeelden** op het gebied van de gereedschapswerktuigen, transport, voertuigen en de machinebouw in het algemeen worden er slechts enkele naar voren gebracht. Wel bevat het boek specifieke **berekeningen**, **constructieprincipes** en enkele kenmerkende **circuits**.

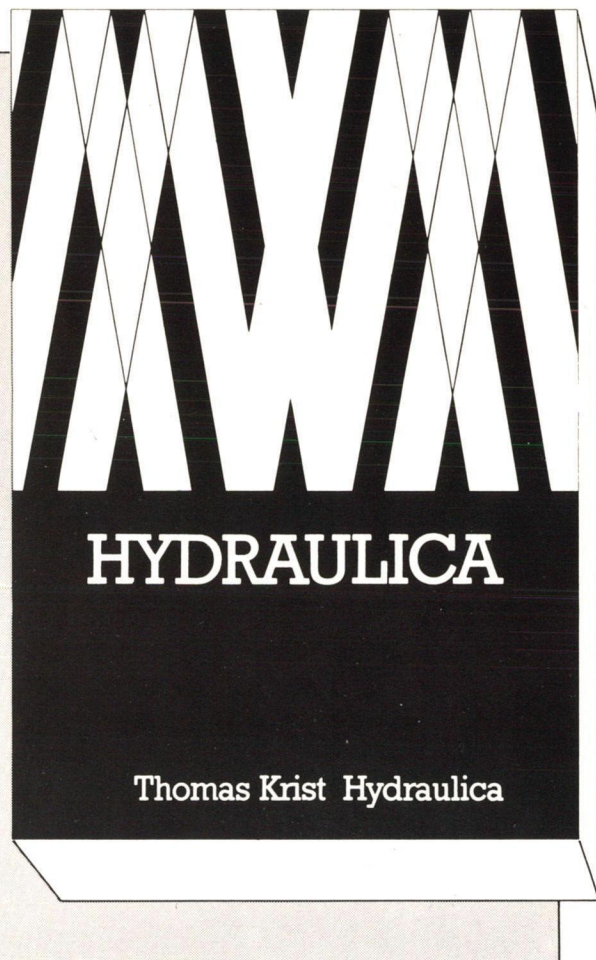
Voor jongeren en **studerenden** biedt het een stevige basis voor **verdere studie** en een handleiding voor de praktijk.

De talrijke formules, figuren en diagrammen bevatten de theoretische en praktische gegevens. De gebruikte symbolen zijn aan het eind van het boek samengevat.



de vey mestdagh bv

Markt 51 • 4331 LK Middelburg
Nederland • Telefoon 01180-81240



Prijs **f 68,-** incl. BTW

Ook in de boekhandel verkrijgbaar

**IN BELGIË TE BESTELLEN BIJ
UITGEVERIJ DE SIKKEL**

Wij
verzoeken
u te leveren
ex. Hydraulica

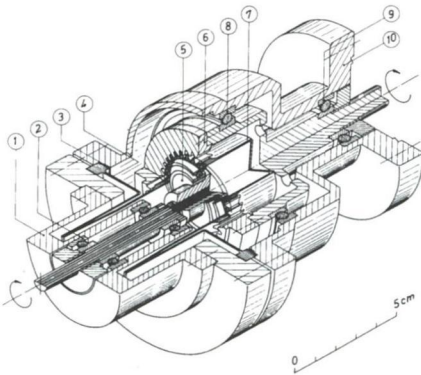
NAAM

ADRES

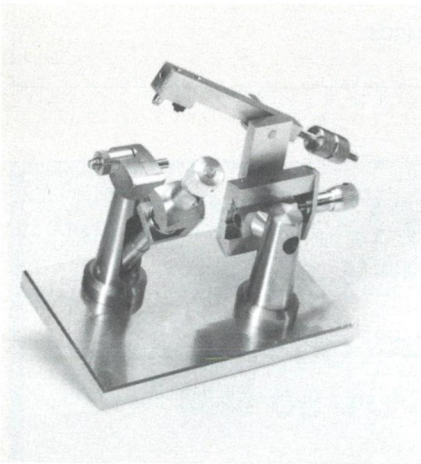
KODE
PLAATS

Zenden aan
De Vey Mestdagh BV
Markt 51
4331 LK Middelburg
Nederland

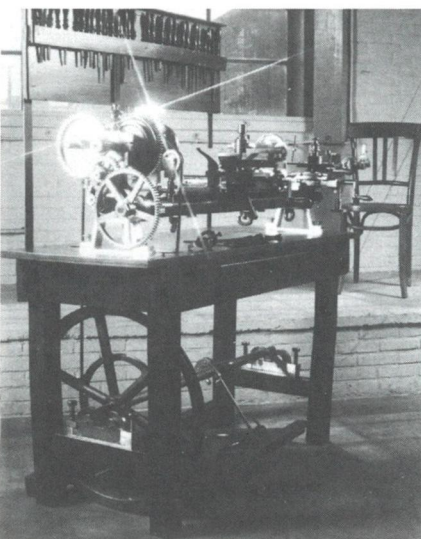
In dit nummer:



Zie pagina 5



Zie pagina 10



Zie pagina 17

2 **Verborgen ideeën**

Editorial van J. Verkerk

3, 9 en 26

Verenigingsnieuws, feiten, data, mensen

5 **Harmonic drive als UHV-draaidoorvoer**

E. de Haas, FOM-instituut voor Atoom- en Molecuulfysica,
Kruislaan 407, Amsterdam

10 **De Leidse examens**

13 **Inhoudsopgave 1990**

17 **Machines voor ultra-precisie bewerking**

Ir. M. Breuning

25 **Meer dan "systeem, vorm en materiaal"**

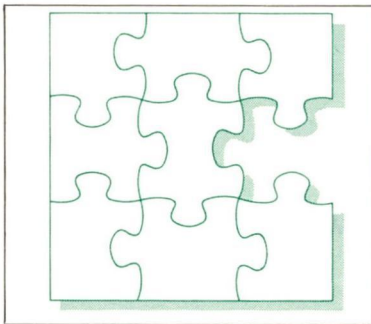
H.M.C. Heubers

27 **Werkplaatsinformatie**

Bij de foto op de voorpagina:

Gevarieerd assortiment werkstukken vervaardigd op ultra-precisie draaimachines

Soms
ligt
er
maar
een
klein
stukje
tussen
probleem
en
oplossing.



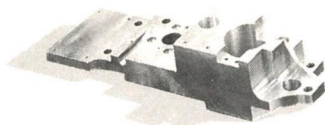
Soms ontbreekt het aan een specifiek stukje precisiewerk. De oplossing heeft u misschien in uw hoofd, maar niet in uw handen.

Leg uw probleem dan eens voor aan Dinfa, de meeden-

kende perfectionisten. Opdrachtgevers met uiteenlopende problemen helpen we aan elk gewenst onderdeel of apparaat, waarbij we al heel vroeg meedenken over de beste oplossing. Hoe de specificaties ook worden aangeleverd, Dinfa werkt ermee. Engineering verzorgen of testen? Co-makership? Met Dinfa als partner wordt het een stuk eenvoudiger!



Staatjes van vaak opvallende oplossingen tonen aan dat we er de mensen en de technische outillage voor hebben.



Dinfa: De passende oplossing voor uw probleem.

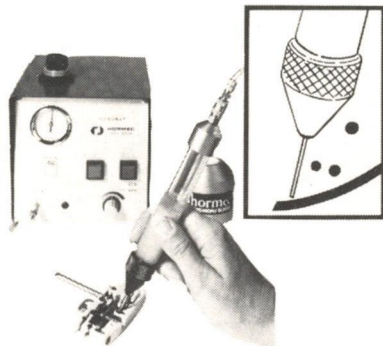


PRECISIE-ONDERDELEN EN APPARATEN

Fultonstraat 11, Postbus 45, 2690 AA 's-Gravenzande.
Telefoon 01748-14441. Telefax 01748-20100.



hormec technic



Nauwkeurig en lekvrij doseren van olie, vet, lijm en pasta's met de doseerkoppen van Hormec Technic

Komponenten, handapparatuur en doseerautomaten.

micro  montage

Postbus 3108
Tel. 02155-26400

3760 DC Soest
Fax 27200

ALS HET ECHT ROND MOET ZIJN

PRECISIEKOGELS VAN 0,3 TOT 50 MM

uit:

- Robijn
- Saffier
- Aluminiumoxyde
- Siliciumnitride
- Titaancarbide

Rondheid-tolerantie: <0,1 micron

- slijtvast
- chemisch bestendig
- licht gewicht en
- temperatuurbestendig

Voor nadere informatie:

ceratec® b.v. technische keramiek

Postbus 66 - 4175 ZH Haafden - Nederland

Tel. 04189-2222 - Telefax 04189-1872

ADVIES - ONTWERP - LEVERING

Orgaan van de

2



vereniging voor
Fijnmechanische Techniek

Editorial

Verborgen ideeën

Uitgave:

De Vey Mestdagh BV

Redactie:

Ir. S. van de Graaf (hoofd redactie)
H.M.C. Heubers
H.G.J. Rutten
Ir. J.J. Veerman
G.J. Verschragen
D. Blank

Redactiesecretariaat:

J. Snickers
Klaprooslaan 17
5691 WL Son
Telefoon (04990) 71831

Redactie-adviesraad:

Prof.Ir. A. Anemaat
Prof. L.H.J.F. Beckman
Prof.Dr.Ir. H.F. van Beek
Prof.Dr.Ir. J. Bleeker
Ing. H. Bosch
Ir. P. Brinkgreve
Ing. M.F. Dierselhuis
Prof.Ir. F. Doorschot
Prof.Ir. C. Heuvelman
Ir. D. de Hoop
A. Meijering
Dr.Ir. J.A. Rietdijk
Prof.Dr.Ir. Ch. Sniijders
Ir. G. Vaessen
Ir. D. van 't Veen
Dr.Ir. J. Verkerk

Abonnementen:

De Vey Mestdagh BV,
Markt 51, 4331 LK Middelburg
Telefoon (01180) 81240
Postgirorekening 26 06 279
Nederland f 100,- per jaar
Buitenland f 125,- per jaar
Alle prijzen excl. BTW

Advertentie-acquisitie:

De Vey Mestdagh BV,
Markt 51, 4331 LK Middelburg
Telefoon (01180) 81240
Fax (01180) 81215

Vormgeving:

Jurriaan Bol Design, Son

Tekst en beeld:

De Vey Mestdagh BV

Druk en bindwerk:

Den Boer Drukkers

Mikroniek verschijnt zes maal per jaar

ISSN 0026-3699

Al lange tijd liep ik rond met het probleem hoe je nauwkeurig een groot koppel kunt overbrengen naar een vacuümruimte. Uiteindelijk kreeg ik het idee daar een harmonic drive voor te gebruiken, waarvan we de elastische binnenbus dan vacuümdicht zouden moeten maken.

Uit ervaring weet je dat de kans groot is dat zoiets al eerder bedacht is, dus ga je alle informatiebronnen na om dat te controleren. Intussen informeer je ook bij de leveranciers en technici die je ontmoet of die wel eens iets dergelijks gezien hebben. Dit alles was zonder resultaat, zodat ik overwoog een prototype te laten maken.

Bij toeval kwam ik iemand tegen die me vertelde dat E. de Haas van AMOLF te Amsterdam al eens zoiets had bedacht en uitgeprobeerd.

Ik denk dat velen van u dit herkennen. Er wordt veel ontwikkeld waaraan maar weinig bekendheid wordt gegeven, soms uit commercieel belang, maar veel vaker omdat men zijn ideeën niet zo belangrijk vindt dat men ze opschrijft.

Het ontwerp van de vacuümdichte harmonic drive staat nu in deze Mikroniek. De Haas is echter vast niet de enige die over informatie, ideeën of bewezen constructies beschikt die voor andere leden de oplossing van hun probleem zijn.

Hoe zit het met uw goede ideeën en constructies? Zit daar ook niets iets bij waar onze leden wat aan hebben?

Stuur ze op, de redactie helpt u er graag bij.

J. Verkerk

De NVFT

Mikroniek is het blad van de Nederlandse Vereniging voor Fijnmechanische Techniek (NVFT). De leden zijn technici die voortkomen uit alle opleidingsniveaus en gefascineerd zijn door hun vak: de fijnmechanische techniek. Zij ontwikkelen, ontwerpen en vervaardigen bijzondere apparaten, consumentenproducten en productie-apparatuur door het integreren van technieken als mechanica, optica, elektronica en glastechniek, of geven onderwijs daarin.

De NVFT informeert haar leden over ontwikkelingen in het vakgebied door regionale bij-

eenkomsten, cursussen, symposia en publicaties in Mikroniek.

Een speciale service is de Mikropool, die onderlinge dienstverlening tot doel heeft voor het kunnen beschikken over bijzondere, moeilijk in kleine hoeveelheid verkrijgbare materialen en over speciale technologieën.

De NVFT kent bedrijfs- en persoonlijke lidmaatschappen. Voor studenten en gepensioneerden geldt een gereduceerd tarief.

Inlichtingen:

Secretariaat NVFT tel.: 040-473 659
Postbus 6367 5600 HJ Eindhoven

Verenigingsnieuws

Secretariaat heeft nieuw postadres

Secretariaat NVFT
Postbus 6367, 5600 HJ Eindhoven
Telefoon 040-473 659
Fax 040-460 645
Postgiro 19.66.459
Bank 22.53.39.730
K.v.K. Eindhoven V479622

Mechanismen ontwerpen met de computer.

Demo-software speciaal voor NVFT-leden.

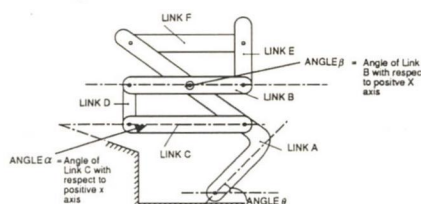
Het ontwerpen van een stangenmechanisme om een gewenste beweging te realiseren is vaak een tijdrovend en moeizaam proces. Als hulp zijn in het verleden zeer gedetailleerde atlasen gemaakt en tegenwoordig zijn er rekenprogramma's die de poolkrommen van een te ontwerpen mechanisme berekenen. Tot nu toe waren die echter nauwelijks toegankelijk voor technici. Sinds enige tijd is het pakket DE/Mec op de markt, dat een grote mate van gebruiksvriendelijkheid heeft. De importeur Rendeck Nederland BV te Amsterdam heeft demo-software beschikbaar gesteld waarmee u zelf de mogelijkheden kunt uitproberen.

DE/Mec

Het programma DE/Mec kan worden gebruikt voor het ontwerpen en analyseren van 2D mechanismen. De bediening is zeer eenvoudig mede door de handige drop-down menu's. Er kan gewerkt worden met de muis en/of een exacte invoer via het toetsenbord.

De bouwelementen die het pakket kent zijn een:

- kruk;
- tweeslag, twee schakels aan elkaar verbonden;
- rechtgeleiding;
- bij het koppelpunt aangedreven vierstangenmechanisme.

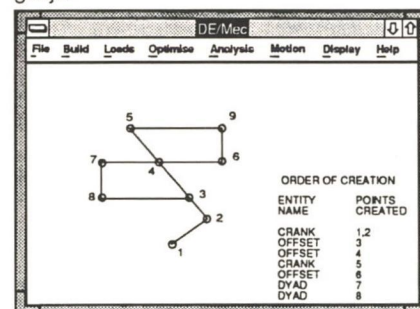


Begin- en eindpunten, evenals hoeken, kunnen naderhand eenvoudig gewijzigd worden, waardoor men een optimaal ontwerp kan construeren.

Met dit programma kan gekeken worden naar de kinematica en de kinetica van een ontwerp. Dit kan door er krachten, momenten of veren op aan te brengen en dan te simuleren hoe het mechanisme gaat bewegen. Ook kan men een beweging opleggen, op één of meer punten. Hiervoor zijn een aantal standaard functies opgenomen in het pakket, zoals sinusvormige en puls bewegingen. Men kan ook zelf een bewegingsfunctie programmeren en invoeren. Naast de bewegings-simulatie op het beeldscherm kunnen de posities, snelheden, versnellingen, en dergelijke, worden weergegeven in grafieken.

Bij de originele software is data-uitwisseling mogelijk onder DXF en MDX. Bij DXF kan alleen de data van DE/Mec naar een CAD/CAM pakket (b.v. Autocad of

Personal Designer) gestuurd worden. Onder MDX, dat eveneens door Personal Designer wordt ondersteund, kan een tweezijdige data-uitwisseling plaatsvinden. Bij de demo-software is dit niet mogelijk.



Benodigde hardware

Minimaal een IBM-AT-compatible PC met harde schijf, een muis is wenselijk maar niet vereist. Er is een grote keus in beeldscherm-drivers, waaronder Hercules, CGA, VGA en EGA. De software is voorzien van een in goed begrijpelijk en in eenvoudig Engels gestelde handleiding met, naar ons bleek, voldoende informatie om gemakkelijk op gang te komen. Voor degenen die dit niet lukt hebben we een telefonisch spreekuur ingesteld op dinsdag en donderdagmiddag van 13.15 tot 15.00 uur, tel. 030-531 635. Met ontwerp-problemen kunt u zich tot de redactie richten, die ze aan een deskundige zal voorleggen.

De demo software met handleiding kan worden verkregen door overmaking van f 65 aan de penningmeester van de NVFT, postgiro 19.66.459 of bankrekening 22.53.39.730, onder vermelding DE/Mecdemo en uw naam en het adres waarheen wij moeten verzenden.

Actueel

Nieuw project van Vereniging FME/ Nederlands Instituut voor Lastechniek (NIL)

Sensoren voor booglassen

Een sensor voor booglasprocessen is een instrument dat een onderdeel kan vormen

van een volledig gemechaniseerd lassysteem en informatie kan verstrekken over de ligging en/of de geometrie en/of doorlassing van een te lassen naad in een werkstuk. De informatie moet in een zodanige vorm aangeboden worden, dat ze gebruikt kan worden voor het bereiken en continu bijregelen van de juiste positie van de lastoorts en eventueel ook voor het instellen en bijregelen van de lasparame-

ters, opdat de las op de juiste wijze gemaakt wordt (doorlassing, vulgraad en andere kwaliteitskenmerken).

Er is een groot aantal sensoren voor booglassen voor industriële toepassingen commercieel verkrijgbaar. Daarbij zijn de fysische werkingsprincipes, mogelijkheden en beperkingen zeer verschillend en onderling moeilijk te vergelijken. Voor een eventuele gebruiker is het zeer moeilijk,

Actueel

zo niet onmogelijk, een juiste en verantwoorde keuze in de doolhof van sensoren te maken.

Het doel van dit onderzoek is het catalogiseren van de commercieel voorhanden zijnde en industrieel gebruikte sensoren voor booglassen. Per sensor worden de voordelen en beperkingen verzameld. Daarbij wordt tevens geïnventariseerd welke eigenschappen, kenmerken en specificaties van de sensoren bij de selectie voor een toepassing een rol spelen. Hierbij zullen naast de technische mogelijkheden ook de kostenaspecten en de interfacebaarheid aan de orde komen. Tenslotte zal ook het gebruik van sensoren in de praktijk beoordeeld worden.

Het programma bestaat uit de volgende delen:

- Inventarisatie van sensoren voor booglassen.
- Indeling van de sensoren naar productgroepen.
- Voorlichting.

Dit onderzoekprogramma is tot stand gekomen met behulp van een aantal experts uit de dagelijkse praktijk van het booglassen en is tevens het resultaat van gesprekken met een groot aantal metaalverwerkende bedrijven uit de Nederlandse industrie.

In een vervolgp programma wordt het beproeven en demonstreren van een aantal geselecteerde sensoren beoogd.

De aan het project deelnemende bedrijven zijn:

Assenburg, Grasso Products, Grootint, IPL-TNO, Kon. Mij. "De Schelde", Metaalcompagnie Brabant, Mourik Mechanical, NEM, PTHN, Translas Production, TU-E.

Nadere informatie betreffende voorwaarden voor deelname aan het project kan worden verstrekt door NIL-bureau.

Contactpersoon: ir. G.H.G. Vaessen, tel.: 055-493 642.

Vereniging van door STERLAB erkende Laboratoria (VSL) opgericht

Op 20 juni 1990 is in Amersfoort de Vereniging van door STERLAB erkende bedrijven, VSL, opgericht.

Alle instellingen die erkend zijn door STERLAB (Nederlandse Stichting voor de Erkennen van Laboratoria), dat waren er

op de datum van oprichting 17, zijn bij de oprichting betrokken geweest. Zij kozen tijdens de oprichtingsvergadering een bestuur dat op 8 augustus jl. de taken als volgt verdeelde:

W.B.P. Borghardt, voorzitter
G.H.W. Baalhuis (Tauf), plv. voorzitter
G.H.J. Reimerink (KEMA), secretaris
P.H.U. de Vries (RIKILT), penningmeester
A. van Beek (BCO), lid

Doelstelling

De Vereniging stelt zich ten doel de gemeenschappelijke belangen van haar leden in de ruimste zin te behartigen en zal dit doel met onder meer de volgende activiteiten trachten te bereiken:

- Algemene promotie voor laboratoria die een STERLAB-erkenning verworven hebben.
- Het bevorderen van het verstrekken van opdrachten aan door STERLAB erkende laboratoria door regelgevende instellingen zoals overheden, semi-overheden, overheidsinstellingen en andere tot regelgeving bevoegde instellingen.
- Representatie in en overleg met Nationale en Europese organisaties die werkzaam zijn op verwante terreinen.
- Het versterken van de rol van gecertificeerde laboratoria in Europa.

Gewenste verdere informatie kan worden ingewonnen bij:

G.H.J. Reimerink, KEMA, Arnhem, tel.: 085 - 562 389.

Nieuw TNO-instituut: Instituut voor productie en logistiek TNO

TNO gaat het onderzoek op het gebied van produktietechniek en logistiek bundelen in één instituut. Het Metaalinstituut TNO (MI) in Apeldoorn en het Instituut Informatie-Technologie voor Produktautomatisering TUE-TNO (ITP) in Eindhoven gaan daartoe samen verder als het Instituut voor Productie en Logistiek TNO (IPL). Beide instituten werkten al geruime tijd samen. De fusie vindt plaats in het kader van de per 1 januari 1991 van start gaande Hoofdgroep TNO-Industrie.

Het nieuwe instituut wil op een breed gebied van samenhangende disciplines zijn diensten aanbieden aan het producerende bedrijfsleven, gebruikers van machines en installaties, en dienstverlenende instanties. Het is de bedoeling dat IPL-TNO uit-

groeit tot een centrum voor integrale produktievernieuwing, ook buiten de metaalektro-sector.

Het werkerterrein van IPL omvat:

- materiaaltechnologie, met name van metalen en metaalcomposieten,
- technologie voor de discrete productie,
- automatisering, zowel in de sector discrete productie als in de procesindustrie,
- logistiek management.

Het instituut heeft vestigingen in Apeldoorn en Eindhoven. In Apeldoorn ligt het accent op materiaalonderzoek en produktietechnologie, in Eindhoven op automatisering, technologie en management.

Het Instituut voor Productie en Logistiek TNO heeft formele samenwerkingsrelaties met de universiteiten van Eindhoven en Twente. Daarnaast neemt het deel aan internationale projecten. Het nieuwe instituut telt 190 medewerkers en heeft een omzet van ca. f 38 miljoen. IPL-TNO staat onder leiding van ir. H.A.M. Verhelst.

KIVI-prijs Werktuig- en Scheepsbouwkunde 1989 voor ir. Harry Cox

Op 8 februari jl. werd in een bijeenkomst op de Technische Universiteit Eindhoven aan ir. Harry Cox, medewerker van Philips CFT - Mechatronics, bovengenoemde prijs uitgereikt door het Koninklijk Instituut van Ingenieurs (KIVI).

Harry Cox, die eerder psychologie studeerde, is werktuigbouwkundig ingenieur en studeerde af aan de THE bij de destijds door prof.dr.ir. M.P. Koster geleide sectie Constructie en Mechanismen van de Vakgroep Werktuigbouwkundig Ontwerpen en Construeren van de faculteit Werktuigbouwkunde.

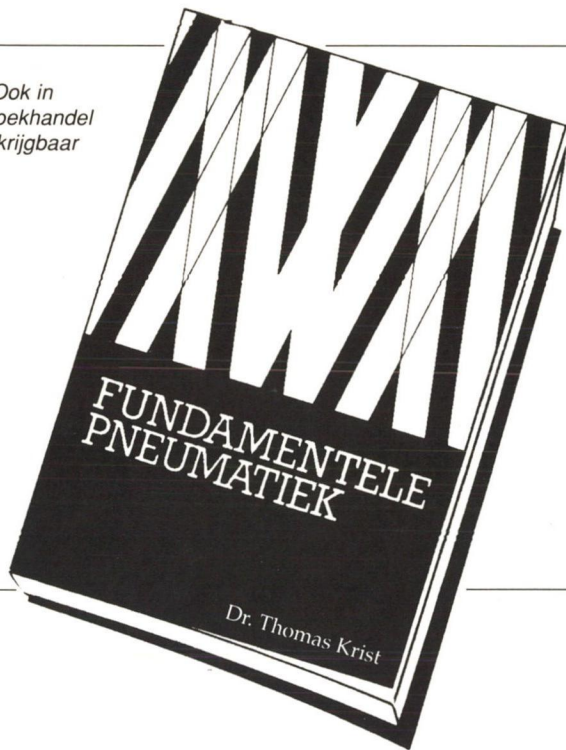
De prijs werd hem verleend voor zijn baanbrekend werk aan "actieve magneetlagering, toegepast in een precisie-rechtgeleiding". Hij verrichtte dit ontwikkelingswerk in de groep Predictive Modelling van Philips CFT onder leiding van dr.ir. J. van Eijk.

In een actieve magneetlagering wordt de draagkracht en de lagerwerking verkregen door een positieregeling met behulp van elektromagneten.

Het draagvermogen en de hoge lagerstijfheid worden verkregen door een positie-sensor en regelkring met grote bandbreedte.

De contactloze en dus stofarme werking maakt dat deze lagering zeer geschikt is als geleidingsmechanisme in bijvoorbeeld cleanrooms voor de IC-fabricage. Ook andere toepassingen, waar contaminatie ontoelaatbaar is, zijn denkbaar.

Ook in
de boekhandel
verkrijgbaar



FUNDAMENTELE PNEUMATIEK

door Thomas Krist

Doel van dit boek is een overzicht te geven van de natuurkundige grondbeginselen waarop de pneumatiek berust en van de componenten waarmee men tot tastbare resultaten komt. In het bijzonder komen pneumatische problemen aan bod, en worden de voor een juiste werking vereiste installaties en de te gebruiken pneumatische onderdelen en apparaten beschreven. De theoretische en praktische basisgegevens zijn vastgelegd in talrijke formules, grafieken en tabellen.

Beknopte inhoudsopgave: 1. Algemeen technische aspecten van de pneumatiek; 2. Theoretische grondslagen van de pneumatiek; 3. Thermodynamische grondslagen; 4. Vermogensverliezen (druk-, energieverliezen); 5. Trillingen en drukstoten; 6. Persluchtcompressoren; 7. Persluchtverzorging.

Prijs **f 68,-**
inclusief BTW

Ook in
de boekhandel
verkrijgbaar



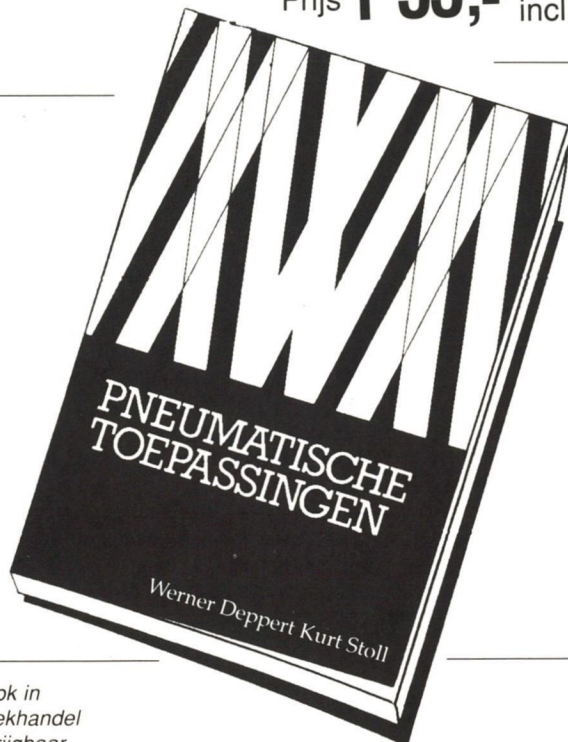
PNEUMATISCHE BESTURINGEN

door Deppert/Stoll

Dit boek verduidelijkt kort en bondig de basis van de pneumatische besturingstechniek voor praktisch gebruik. De theoretische grondslagen worden slechts dan gegeven als ze voor de man in de praktijk beslist noodzakelijk zijn.

Beknopte inhoudsopgave: 1. Inleiding; 2. Persluchtproductie; 3. Elementen van pneumatische schakelingen; 4. Schakelingen; 5. Toepassingen; 6. Onderhoud; 7. Besturingsproblemen en oplossingen.

Prijs **f 55,-** incl. BTW



Ook in
de boekhandel
verkrijgbaar

PNEUMATISCHE TOEPASSINGEN

door Deppert/Stoll

Dit boek bestaat uit een verzameling van een groot aantal voorbeelden die de mogelijkheden van de pneumatiek bij het mechaniseren en het automatiseren in de fabricagetechniek laten uitkomen.

Het zwaartepunt van de gekozen toepassingsvoorbeelden ligt op het gebied van de "low cost automation". Het wil ideeën aanreiken aan ontwerpers en produktietechnici en het overleg op gang brengen voor de vraag: "Hoe kan men een bepaald proces (nog) verder mechaniseren of automatiseren, zodat het gunstiger verloopt".

Beknopte inhoudsopgave: Hfst. 1: SI-eenheden, Symbolen, Schema's, Situatieschets, Functieplan, Logisch schema, Functieschema, Schakelschema; Hfst. 2: Criteria voor Toepassing, Kracht, Slag, Tijd, Snelheid; Hfst. 3: Manipuleren; Hfst. 4: Bewerken zoals boren, draaien, frezen, zagen etc. etc; Hfst. 5: Toepassingen in andere vakgebieden; Hfst. 6: Voorbeelden in foto's.

Prijs **f 48,-** incl. BTW

Wij verzoeken u te leveren

_____ Fundamentele pneumatiek à f 68,-
_____ Pneumatische besturingen à f 55,-
_____ Pneumatische toepassingen à f 48,-

NAAM _____
ADRES _____
KODE _____ PLAATS _____



de vey mestdagh

Markt 51 • 4331 LK Middelburg • Nederland • Telefoon 01180-81240

Harmonic drive als UHV-draaidoorvoer

E. de Haas

FOM-Instituut voor Atoom- en Molecuulfysica, Kruislaan 407, Amsterdam.

Het principe van de harmonic drive blijkt zich te lenen voor een nieuw soort ultrahogvacuum (UHV)-draaidoorvoer, met de volgende voordelen ten opzichte van de baldraaidoorvoeren:

- grotere nauwkeurigheid ($\pm 0,2^\circ$) bij een hoog koppel in de vacuümruimte (5 Nm),
- een ingebouwde vertraging van 1 op 111,
- een hoog ingaand toerental, tot 700 omw/min.

Inleiding.

Veel fysische onderzoeken kunnen alleen met voldoende nauwkeurigheid plaats vinden in een absoluut vacuüm, waarin geen storende gasmoleculen meer rond zweven. Door speciale pomptechnieken wordt een zeer lage vacuümdruk ($< 10^{-7}$ Pascal) bereikt. Dit lukt echter alleen wanneer de bewegende doorvoeren van de in het vacuüm aanwezige manipulators absoluut dicht zijn. Absolute afdichting wordt bereikt door het toepassen van metaalbalgen. Beperking hierbij is de geringe slag bij lineaire bewegingen, of de geringe asdiameter (geringe torsiestijfheid) bij roterende(zwaaibewegingen).

Door een bijzondere constructie toe te passen heeft de auteur kansgezien een stijve nauwkeurige roterende vacuümdoorvoer te realiseren.

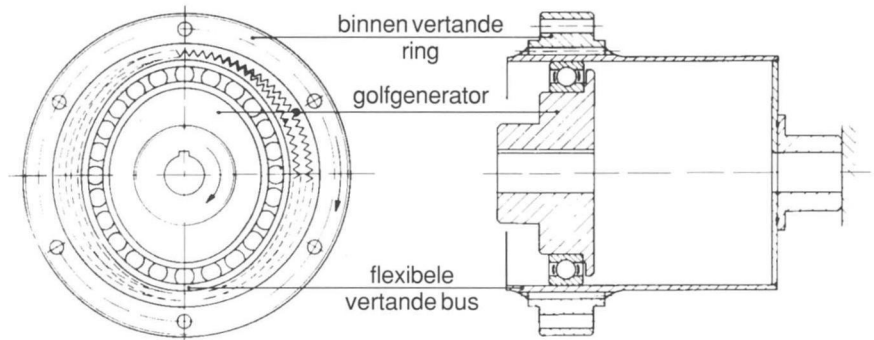
Principe van de harmonic drive

Zoals in figuur 1 is te zien, bestaat de harmonic drive uit drie basisonderdelen:

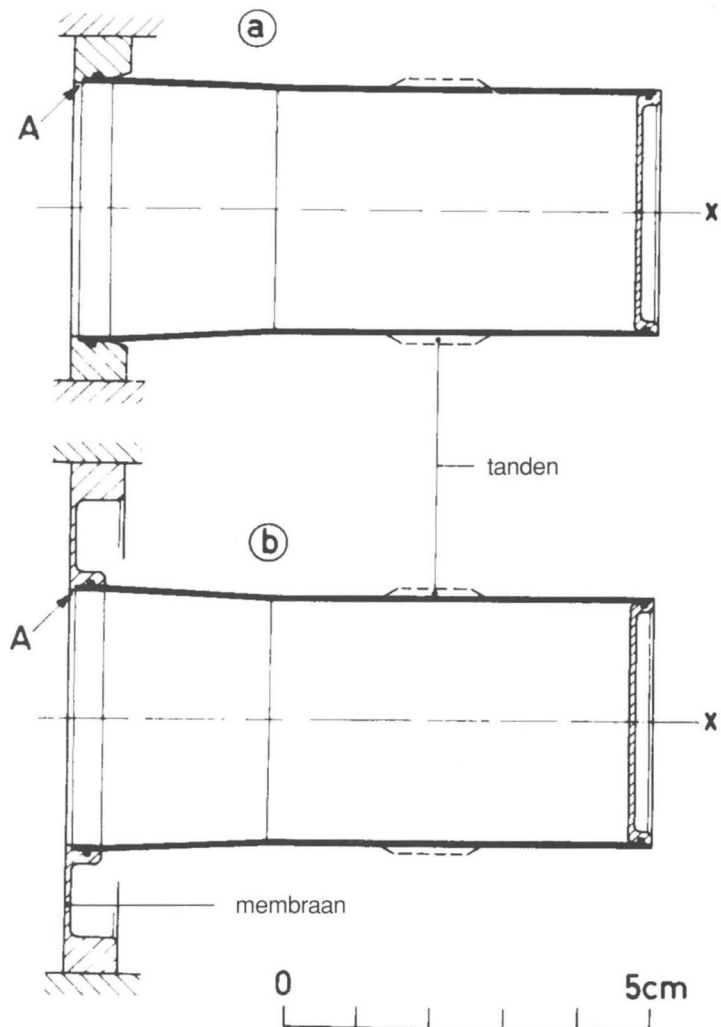
- de golfgenerator (WG), een elliptische schijf met daaromheen een kogellager dat zich elastisch aanpast;
- de flexibele vertande bus (FS), een elastische bus die zich aan de vorm van de golfgenerator aanpast en 220 tanden aan de buitenkant heeft;
- de binnenvertande ring (CS), een stevige ring met een binnenvertanding van 222 tanden.

Gelijktijdig zijn 15% van de tanden in ingrijping, zodat ondanks de kleine tanden een hoog koppel kan worden overgebracht.

De werking is in het aparte kader verklaard. De vertraging is in de getekende toestand van figuur 1 gelijk aan 1 op 111. Zetten we



Figuur 1. Harmonic drive. Duidelijk herkenbaar zijn de binnenvertande ring (Circular Spline), de golfgenerator (Wave Generator) en de flexibele vertande bus (Flexible Spline).



Figuur 2. De twee voorgaande versies van de flexibele vertande bus.

6

Harmonic drive als UHV-draaidoervoer

Harmonic drives zijn zeer compacte vertragingen met grote reductie en een aantal bijzondere eigenschappen. De toerenreductie ligt tussen 80 tot 320 op 1. De kleinste modellen hebben een diameter van 20 mm en zijn daarmee niet groter dan een stuiver. Andere voordelen ontstaan door de symmetrische bouw en het feit dat de ingaande en uitgaande as exact in elkaars verlengde liggen. Voor de fijnmechanische industrie en apparatenbouw zijn ze bijzonder interessant vanwege de geringe massa, de hoge stijfheid en de geringe speling. Desgewenst kunnen ook spelingarme harmonic drives worden geleverd. Sommige modellen hebben een extra grote stijfheid als gevolg van een bijzondere vertanding, waarbij tweemaal zoveel tanden gelijktijdig in aangrijping zijn. Daardoor is dit type harmonic drive bestand tegen hogere piekbelastingen.

De kleinste harmonic drive (diameter 20 mm) verdraagt maximaal 4500 omw/min aan de ingaande as, heeft slechts een reductie van 80 op 1 en kan aan de uitgaande as tot 0,3 Nm worden belast. Met iets grotere harmonic drives kunnen koppels tot 8 Nm worden overgebracht. In combinatie met gelijkstroommotoren worden zeer nauwkeurige servo-aandrijvingen door de leverancier samengesteld. In een zeer klein volume kunnen zo koppels van 0,3 tot 4 Nm gerealiseerd worden, wat o.a. in diverse meetapparaten zijn toepassing vindt. Ook in de lucht- en ruimtevaart worden deze aandrijvingen toegepast wanneer eisen worden gesteld aan een combinatie van eigenschappen als: geringe massa, geringe ruimte, spelingvrij, grote betrouwbaarheid en een lange levensduur.

Werking

De werking van de harmonic drive berust op slechts drie onderdelen, de golfgenerator, de flexibele vertande bus en de binnenvertande ring. Welke van de laatste twee als uitgaande as wordt gebruikt, wordt aan de constructeur overgelaten. Voor het bereiken van toerenreductie wordt de golfgenerator aangedreven. Deze bestaat uit een elliptisch gevormde nok met daaromheen een kogellager met zeer dunne ringen die mak-

kelijk elastisch vervormen. Beide passen in de dunwandige flexibele vertande bus die aan de buitenkant van een vertanding is voorzien en die op zijn beurt weer in de vertanding van de binnenvertande ring past. De binnenvertande ring is een stijve ring, in tegenstelling tot de flexibele vertande bus die elastisch de vorm van de golfgenerator overneemt.

De flexibele vertande bus heeft twee tanden minder dan de binnenvertande ring en is op twee precies tegenover elkaar gelegen lokaties in ingrijping. Dit laatste zorgt voor een overbrenging van het koppel zonder resulterende dwarskrachten. Het merendeel van de tanden is echter niet met elkaar in contact.

De werking valt op te maken uit de bijgaande vier figuren, waarbij de golfgenerator steeds een kwartslag gedraaid is getekend. De binnenvertande ring is met de vaste wereld verbonden, zodat de uitgaande as met de flexibele vertande bus wordt verbonden. Na één omwenteling van de golfgenerator heeft de flexibele vertande bus zich op de vertanding van de binnenvertande ring afgewikkeld en blijft twee tanden achter, zodat de flexibele vertande bus een vertraagde beweging in tegengestelde richting maakt. De grootte van de vertraging wordt bepaald door het aantal tanden $z_{\text{binnenvertande ring}}$ en $z_{\text{flexibele vertande bus}}$ in de binnenvertande ring en de flexibele vertande bus.

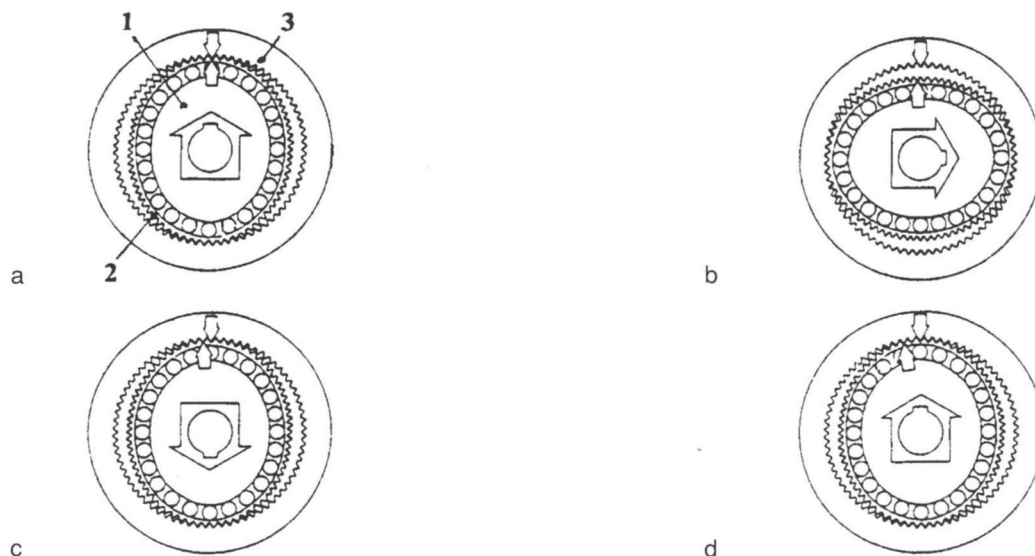
De reductie is nu $(z_{\text{flexibele vertande bus}} - z_{\text{binnenvertande ring}}) /$

$$z_{\text{flexibele vertande bus}} = -2/z_{\text{flexibele vertande bus}}$$

Wanneer de flexibele vertande bus met de vaste wereld wordt verbonden, dan draait de binnenvertande ring dezelfde kant op als de golfgenerator. Omdat de binnenvertande ring meer tanden heeft, loopt de uitgaande as iets langzamer dan in het vorige geval.

De reductie is dan $(z_{\text{binnenvertande ring}} - z_{\text{flexibele vertande bus}}) /$

$$z_{\text{binnenvertande ring}} = 2/(z_{\text{flexibele vertande bus}} + 2)$$



Werkingsprincipe van de harmonic drive.

1: golfgenerator; 2: flexibele vertande ring; 3: binnenvertande ring.

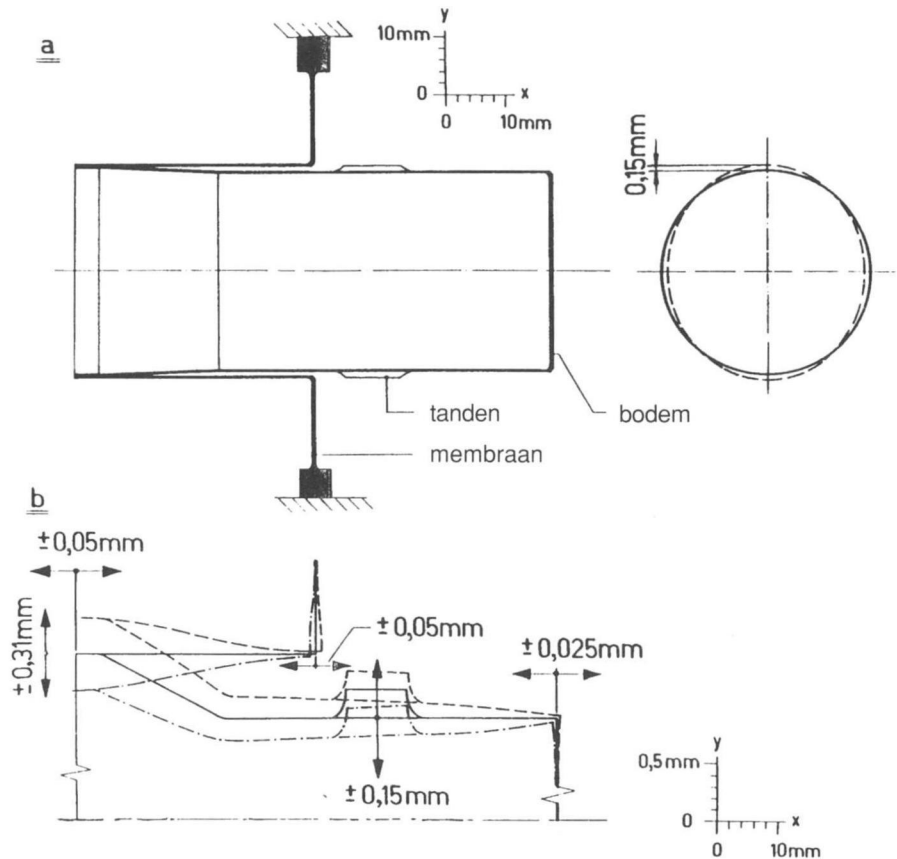
a: beginstand; b: na 90° draaiing van de aandrijving; c: na 180° draaiing; d: na een volle omwenteling.

de binnenvertande ring vast, dan is de vertraging gelijk aan -1 op 110.

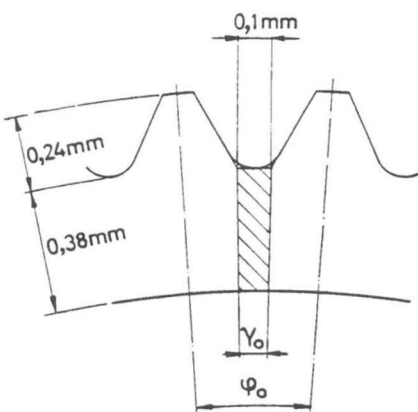
Principe van de draaidoorvoer

Het idee rijpte bij ons om de flexibele vertande bus zodanig te construeren, dat deze als vacuüm-"wand" dienst kon doen. De golfgenerator bevindt zich dan in de atmosfeer en de binnenvertande ring in het vacuüm. De eerste stap was een proefbus te maken zoals aangegeven in figuur 2a. De schijf van de golfgenerator had een korte as van 34,2 mm en een lange as van 33,6 mm, zodat slechts een radiale vervorming van de flexibele vertande bus van $\pm 0,15$ mm optrad. De constructie bleek niet te voldoen, omdat punt A in x-richting circa 0,05 mm heen en weer bewoog zolang de bus niet aan de flens vast zat. Na hardsolderen (brazen), wat nodig was om een goede vacuümafdichting te verkrijgen, ontstond een stijve constructie die te weinig vervorming toeliet. Ook bleek de golfgenerator heel moeilijk voorbij de conische overgang in het rechte deel onder de vertanding te schuiven. Dit ging met zodanig grote vervorming van de wand gepaard dat er kans op beschadiging was.

De volgende stap was de stugge ring te vervangen door een membraan, zie figuur 2b. Dit model bleek te werken, maar was toch nog zodanig stijf, dat het inschuiven van de golfgenerator nog veel kracht en overleg vergde.



Figuur 3. a) De uiteindelijke versie van de flexibele vertande bus b) Vervormingen gemeten aan de flexibele vertande bus tijdens een rotatie van de golfgenerator. De flexibele vertande bus is uit twee delen gemaakt die met een micro-plasma laserapparaat aan elkaar zijn gelast.



Figuur 4. Doorsnede van de flexibele vertande bus ter plaatse van de vertanding. Als gevolg van het grote verschil in doorsnede, buigt de flexibele vertande bus alleen ter plaatse van de tandkuil.

Uiteindelijk zijn we tot een constructie gekomen die nog meer vervormingsvrijheid aan de flexibele vertande bus toestond, zoals aangegeven in figuur 3a. Aan dit model zijn enige metingen verricht om inzicht te krijgen in de optredende vervormingen (zie figuur 3b) en de dientengevolge optredende materiaalspanningen in de flexibele vertande bus. De wanddikte van het buisvormige deel van de flexibele vertande bus waarin de tanden gesneden zijn was 0,3 mm om de "grote" ($\pm 0,31$ mm) vervormingen in y-richting soepel te kunnen opvangen. De bodem en het membraan waren 0,5 mm dik om de kleinere, resp. $\pm 0,025$ en $\pm 0,05$ mm, verplaatsingen in x-richting soepel en elastisch op te vangen.

Materiaalkeuze

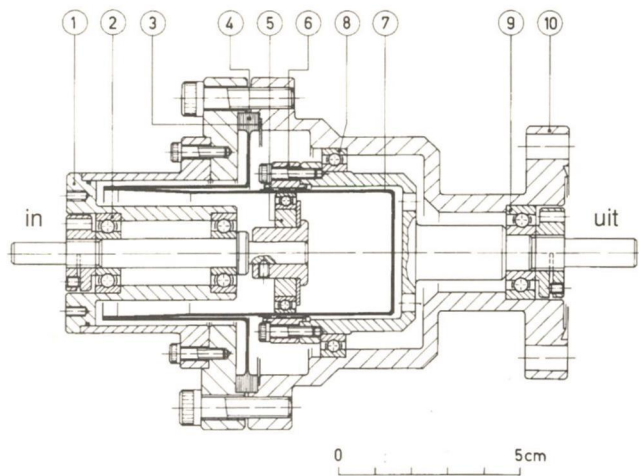
Bekijken we de tanden op de flexibele vertande bus in figuur 4, dan is de doorsnede ter plaatse van de tand veel stijver dan die ter plaatse van de tandkuil. Dit heeft tot gevolg dat de verandering in

de hoek σ_0 , als gevolg van de elliptische vervorming van de flexibele vertande bus, alleen ter plaatse van de tandkuil wordt opgenomen.

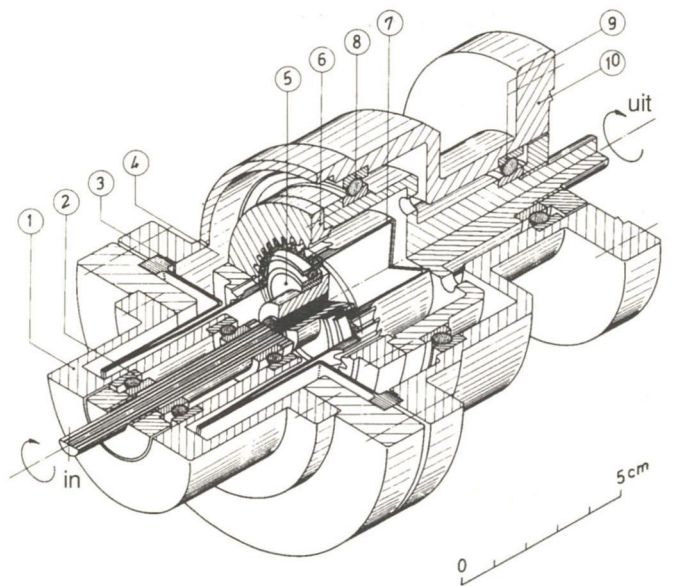
Uitgaande van deze veronderstelling kan de rek berekend worden op 0,00780. Rekening houdend met de buigwiskersterkte en een kerffactor (1,4) voor de vertanding levert dit een buigwisselspanning van 240 N/mm². Loodrecht op deze doorsnede is eveneens een buigwisselspanning (50 N/mm²) aanwezig als gevolg van buiging van de tand in lengterichting. Beide spanningen vectorieel samengevoegd geven als resultaat dat het materiaal tenminste een vermoeiings-buigwiskersterkte van 250 N/mm² moet hebben.

Zowel voor de flexibele vertande bus als voor het membraan hebben we gekozen voor diepgetrokken en gegloeid roestvaststaal AISI-304L (Werkstoffnummer 1.4306).

Harmonic drive als UHV-draaidoervoer



Figuur 5. De complete draaidoervoer.
 1) lagerbus, 2) kogellager, 3) goudpakking, 4) membraan, 5) golfgenerator, 6) binnenvertande ring, 7) flexibele vertande bus, 8,9) UHV-kogellager 10) conflat flens 2 3/4".



Figuur 6. De complete draaidoervoer in perspectief getekend.

Constructieve uitvoering

In de figuren 5 en 6 is duidelijk de constructie van de doorvoer zichtbaar. De enig mogelijke verbindingen waar lekkage naar de UHV-ruimte zou kunnen optreden zijn de goudpakking (pos 3) en de lasnaad tussen de membraan (pos 4) en de flexibele vertande bus (pos 7).

De golfgenerator (pos 5) en de binnenvertande ring (pos 6) zijn afkomstig uit een commercieel verkrijgbare harmonic drive. De lagers (pos 8 en 9) in het UHV worden gesmeerd met molybdeensulfide en de tanden van de flexibele vertande bus en binnenvertande ring met glijlak (Dow Corning Molycote 321 R). Het lager (pos 2) en het lager van de golfgenerator worden gesmeerd met siliconenvet (Dow Corning 41 grease).

Als resultaat van de gekozen materialen en smeermiddelen is de doorvoer uitstookbaar tot een temperatuur van 250°C, zonder dat onderdelen gedemonteerd hoeven te worden. Dit zogenaamde uitstoken gebeurt voor of tijdens de ingebruikname van een vacuümpostelling. Door de hogere temperatuur is er een grotere bewegelijkheid van de gasmoleculen, zodat sneller de vereiste lage vacuümdruk bereikt wordt.

Beproevingresultaten

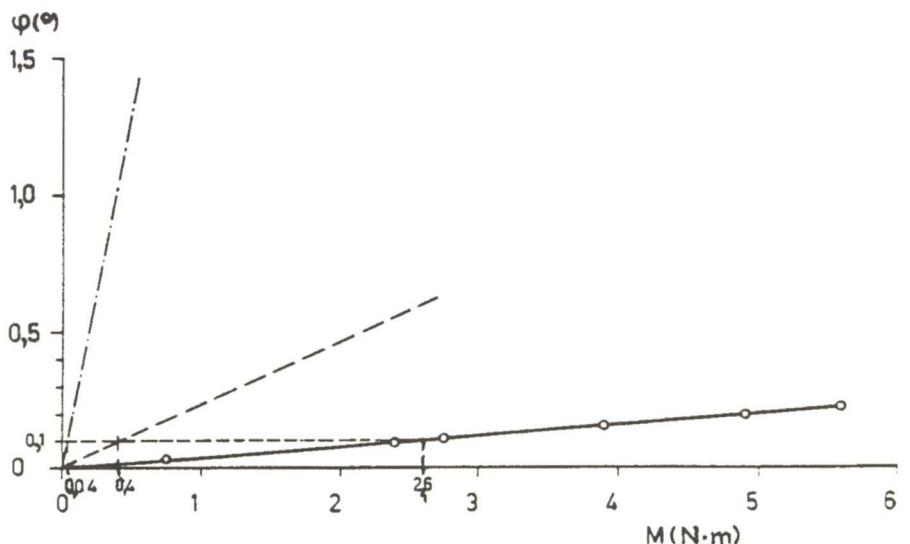
Duurproef

De doorvoer is op een draaibank bij verschillende condities aan een duurproef van telkens 500.000 omwentelingen onder-

worpen. Na beproeving in de lucht bij 255, 425 en 700 omw/min aan de golfgenerator werd de doorvoer beproefd bij 300 omw/min bij een druk van $7 \cdot 10^{-7}$ Pa. Na totaal $2 \cdot 10^6$ omwentelingen, hetgeen overeenkomt met 4 miljoen lastwisselingen kon met een heliumlektester (helium is het kleinste molecuul) geen lek worden aangetoond. Daaruit kan geconcludeerd worden dat geen onzichtbare haarscheuren zijn ontstaan als gevolg van de vermoeiingsbelasting.

Stijfheid

De stijfheid tussen de in- en uitgaande as is gemeten door de ingaande as te blokkeren en de uitgaande as te belasten met koppels van verschillende grootte. De stijfheid is 2500 Ncm° . De resultaten zijn uitgezet in figuur 7 samen met de gegevens van twee met een metaalbalg uitgeruste draaidoervoeren. Speling was niet waarneembaar bij het omkeren van de belastingsrichting, zodat deze kleiner is dan $0,05^\circ$.



Figuur 7. De stijfheid van de behandelde draaidoervoer (de getrokken lijn) in vergelijking met twee met een metaalbalg uitgeruste draaidoervoeren.

Wrijvingskoppel

Omdat de constructie niet zelfremmend is, maar wel wrijving heeft, is het gedrag bij stilstand nagegaan. Wanneer we de uitgaande as met een koppel van 500 Ncm belasten, dan wordt evenwicht (= stilstand) bereikt bij een koppel van 3,3 Ncm aan de ingaande as. Uit berekening volgt dat dit

koppel bij een reductie van 1 op 111 gelijk aan 4,5 Ncm zou moeten zijn. Het wrijvingsmoment wordt daarmee bepaald op 1,2 Ncm. Voor de motor betekent dit dat voor het in beweging brengen tenminste 5,7 Ncm (4,5 + 1,2) nodig is om op gang te komen, terwijl het houdkoppel tenminste 3,3 Ncm zou moeten zijn.

Deze draaidoover is eerder gepubliceerd in:

- Nuclear Instruments and Methods 137 (1976) 435-439
- Nederlands tijdschrift voor Vacuümtechniek 14 (1976) 60-62.

Actueel

Nieuw project van Nederlands Instituut voor Lastechniek (NIL)

Verbinden van "technische" kunststoffen (lassen, lijmen, mechanisch verbinden)

In de Nederlandse kunststof producerende en verwerkende industrie is er een grote belangstelling voor het verbinden van kunststoffen.

Er is een fors groeiende afzetmarkt voor kunststoffen en het is voor de verwerker noodzakelijk om snel en betrouwbaar verbindingen in kunststofproducten te kunnen maken. Van "conventionele" kunststoffen is inmiddels in redelijke mate bekend hoe deze te verbinden zijn. De laatste jaren zijn er echter vele nieuwe typen kunststof geïntroduceerd. Daaronder nemen de zogenoemde "technische" kunststoffen een belangrijke plaats in.

Deze kunststoffen zijn inmiddels de ontwikkelingsfase ontgroeid en de markt is in een stroomversnelling gekomen. Het aantal toepassingen neemt snel toe en er worden groeipercentages van 10-15% per jaar genoemd.

De groep "technische" kunststoffen is nog niet nauw omschreven. In dit project worden onder "technische" kunststoffen verstaan de hoogwaardige thermoplasten met een hoge treksterkte (>50 MPa; 1 MPa = 1 N/mm²), hoge slagsterkte en veelal hoge gebruikstemperatuur (>150°C), aangevuld met de kunststoffen waar het "technische" bij de toepassing tot uitdrukking komt zoals: ABS, PC, PA en glasmatversterkt PP. Het gaat dan onder andere om toepassingen in de automobiel-, vliegtuig-, elektrotechnische- en medische industrie.

De doelstellingen van het project zijn:

- Het verbeteren van de proces- en kwaliteitsbeheersing bij het lassen van "technische" kunststoffen.
- Het inventariseren/ontwikkelen van betrouwbare destructieve resp. niet-destructieve inspectiemethoden om de kwaliteit van lasverbindingen te beoordelen.
- Het verbeteren van voorbehandelingsmethoden voor de (duurzame) hechting van lijmen aan "technische" kunststoffen.
- Het vaststellen van geschikte lijmsorten voor het "verlijmen" van "technische" kunststoffen.
- Het inventariseren van de bestaande, in de praktijk toegepaste mechanische verbindingstechnieken.

Het programma richt zich in ieder geval op de volgende materialen:

- PP (glasmat)
- ABS
- PA6, PA6.6 en PA4.6
- PPO (Noryl)
- PC
- PET
- PEI
- PEEK

De invloed van de wijze van fabricage (spuitgieten, extruderen, persen) zal eveneens in het onderzoek worden betrokken. Daar waar relevant zal aan de invloed van de vulling (bijvoorbeeld glas of koolstofvezels) aandacht worden besteed.

Het lasonderzoek richt zich op de volgende technieken:

- ultrasoonlassen,
- wrijvingslassen,
- inductielassen,
- spiegellassen,
- lassen met elektrische weerstandsdraad.

Het lijmonderzoek richt zich op het vinden van geschikte lijmen resp. geschikte

voorbehandelingsmethoden (mechanisch, plasma, corona, UV-ozon, primer). Bij het lijmonderzoek wordt uitgegaan van een aantal veel gebruikte lijmtypen (acrylaat-, cyanoacrylaat-, epoxy-, polyurethaan-, siliconen- en smeltlijmen), met een accent op snelle lijmen. De duurzaamheid van de lijmverbinding vormt een belangrijk onderzoeksaspect.

Voor wat betreft de mechanische verbindingstechnieken beperkt het onderzoek zich tot een literatuurinventarisatie (studie).

De resultaten van het onderzoek zullen richtlijnen geven, waarmee de gebruiker zelf op de meest efficiënte wijze kan nagaan welke de optimale las- en lijmparameters zijn die voor het verbinden van de gekozen "technische" kunststof een optimaal resultaat geven.

Het project moet leiden tot uitbreiding in de toepassing van technische kunststoffen. Het verbeteren van de proces- en kwaliteitsbeheersing zal leiden tot het verminderen of zelfs het voorkomen van onnodige reparaties en daardoor een gunstige uitwerking hebben op de produktkosten.

De aan het project deelnemende bedrijven en instellingen zijn:

AKZO, Branson, CPM-TNO, DAF-Trucks, Dow Chemical, DSM, Dienst voor het Stoomwezen, Ericsson Telecommunicatie, Fokker, GE-Plastics, Helvoet Rubber & Kunststoffen, Holec, KEMA, KMF, Nedap, NLR, Philips, Polynorm, Shell/Billiton, Simson.

Nadere informatie betreffende voorwaarden voor deelname aan het project kan worden verstrekt door het NIL-bureau. Contactpersoon: ir. G.H.G. Vaessen, tel.: 055-493 642.

De Leidse examens

Instrumentmakers zijn bij uitstek de vaklieden die fijnmechanische techniek bedrijven. Om hun mate van vakbekwaamheid te kunnen beoordelen organiseert de Vereniging tot bevordering van de opleiding tot Instrumentmaker examens; in 1990 zijn die van 8 tot 29 juni afgenomen. Geëxamineerd is in de richtingen metaalinstrumentmaken, optischglasbewerken en glasinstrumentmaken op de niveaus A, B en C.

De voorzitter van de examencommissie was prof. dr. F.J. van der Veen van FOM - Amsterdam (AMOLF). Gedelegeerde van het KIVI was ir. J.J. Boot. Ing. H.J. Akkerman was uitgenodigd namens de NVFT als waarnemer op te treden. Door de bijdragen van de leden van de examencommissie die werkzaam zijn in laboratorium of industrie is de inhoud van de examens verrijkt.

Om de lezers een indruk te geven van het gevraagde worden in het volgende enkele opgaven van het praktisch deel van enkele examens en van de constructie-opdrachten behorend bij het examen metaal-B gepresenteerd.

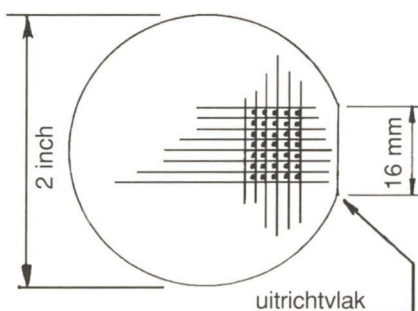
Examen Metaal-B 1990

Constructie-opdracht 1 Tijd: 2½ uur

Breekapparaat voor regels van siliciumplakken.

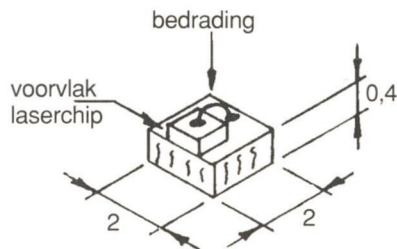
Inleiding.

Bij het vervaardigen van vastestof-lasers op chips worden siliciumplakken gebruikt ("sub-mount"). De bovenzijde van deze



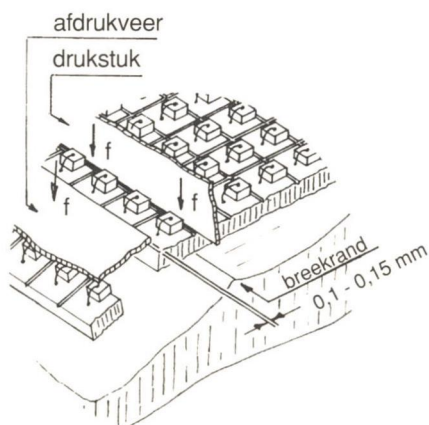
Figuur 1. Siliciumplak met geëtste groeven. De gehele plak is gevuld met laserchips.

plakken wordt voorzien van kruislings geëtste groeven. Door het etsen ontstaat een wafelpatroon met een steek van 2 mm, waarop het silicium materiaal zich later keurig laat breken, zie figuur 1. Vervolgens worden op de plak laserchips gemonteerd (gesoldeerd en bedraad) en daarna voorzien van een aluminiumoxyde bescherm laag. Vervolgens worden de siliciumplakken stuk voor stuk op de ets-groeven in regels gebroken (steek 2 mm). Tijdens het breken mag het voorvlak van de laserchip niet worden beschadigd. De regels worden doorgemeten met behulp van een meet-unit. Daarna worden de regels met de hand (pincet) op hun dwars-etsgroef gebroken tot één enkele laserchip (2x2 mm), zie figuur 2.



Figuur 2. Het product.

Het te ontwerpen apparaat is bedoeld voor het bewerken van kleine series (laboratoriumgebruik). Het apparaat moet geheel mechanisch en handbediend zijn.



Figuur 3. Hierin is een deel van de siliciumplak getekend. De standen en afmetingen van het drukstuk, de afdrukveer en de tafels zijn willekeurig gekozen.

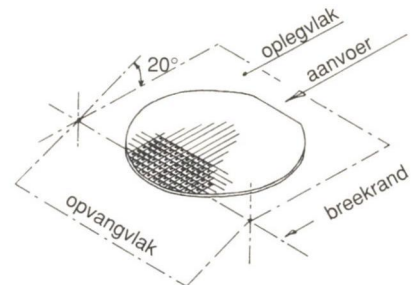
Opdracht.

Voor de fabricage van vastestof-lasers op chips moet voor het afbreken van regels van siliciumplakken een breekapparaat worden ontworpen.

De siliciumplakken met de geëtste groeven worden met de hand in het breekapparaat gebracht en door middel van het drukstuk op de tafel gedrukt, zie figuur 3.

Vervolgens wordt met de afdrukveer, die zich boven de regel bevindt, de regel op de rand van de tafel afgebroken. Bij het neerkomen op de regel heeft de afdrukveer een overlap van 0,1 tot 0,15 mm. Tevens dient de afdrukveer zo gemonteerd te zijn, dat de regel evenwijdig wordt afgedrukt om het zogenaamde schaareffect te voorkomen. Dit in verband met de brosheid van de siliciumregels.

Voor het afbreken van de volgende regel, moet door het aanvoermecanisme de siliciumplak naar de eerst volgende breekgroef worden verplaatst (steek 2 mm), zie figuur 4.



Figuur 4.

Om beschadiging van de bedrading te voorkomen moet het drukstuk voldoende omhoog worden gebracht.

Nadat de gehele plak in regels is gebroken, moet het aanvoermecanisme versneld naar de uitgangpositie worden teruggebracht. Bij het inbrengen van de volgende siliciumplak start de procedure opnieuw.

Afmetingen:

siliciumplakken: \varnothing 2 inch x 0,4 mm;
drukstuk, bandstaal : 55 x 0,2 mm;
drukkracht : circa 1 N;
afdrukveer, bandstaal : 55 x 1 mm;
drukkracht : circa 5 N.

Uitvoering van de opdracht.

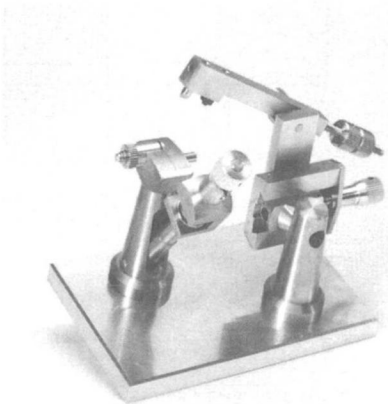
Maak een duidelijke schets met drie aanzichten. Geef constructieve details, es-

sentiële maten, passingen, vorm- en plaatstoleranties en materiaalkeuze aan.

Het te ontwerpen apparaat moet:

- regels laserchips kunnen afbreken,
- de siliciumplak van regel tot regel kunnen opschuiven.

Advies: maak het eenvoudig!



Werkstuk Metaal-B 1990. Kapapparaat voor glasvezel.

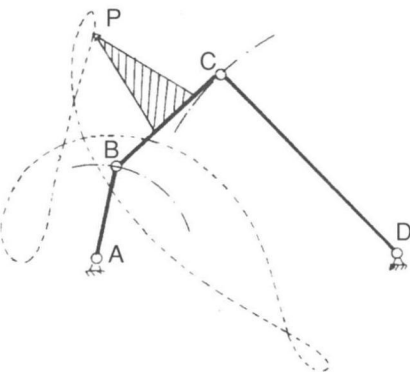
Examen Metaal-B 1990

Constructie-opdracht 2 Tijd: 2 1/2 uur.

Schrijfmecanisme voor koppelkrommen.

Inleiding.

Met een 'stangenvierzijde' kan rotatie worden omgezet in beweging met heel anders gevormde banen: de zogenaamde koppelkrommen, zie figuur 1. Daarvoor kijken we naar de baan van een punt P dat star verbonden is met de 'koppelstang' BC



Figuur 1. Schematische opstelling; AB: kruk; BC: koppelstang; CD: slinger; DA: gestel. De koppelkromme van punt P is gestippeld getekend.

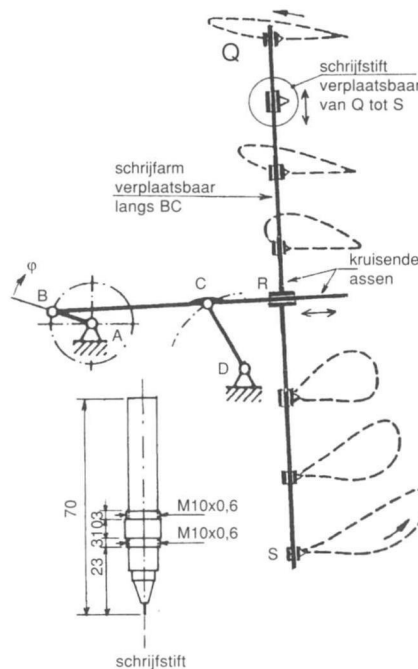
als de 'kruk' AB één omwenteling maakt om het draaipunt A. Omdat het lastig is de baan van zo'n punt P te berekenen willen men die baan tekenen met een schrijfstift.

Opdracht.

Ontwerp een mechanisme dat met behulp van een verplaatsbare schrijfstift verschillende koppelkrommen tekent op een vel papier.

Van de oneindig veel mogelijkheden voor de plaatsing van de schrijfstift ten opzichte van de koppelstang BC moeten de volgende instellingen mogelijk zijn, zie figuur 2:

- de schrijfstift moet langs de schrijfarm kunnen verplaatsen van Q tot S,
- de schrijfarm moet langs de verlengde koppelstang kunnen verplaatsen.



Figuur 2.

Tussen de uiterste standen (zie gegevens) moet elke stand mogelijk zijn.

De verlengde koppelstang BC en de schrijfarm QS kruisen elkaar (dus niet snijden) in R.

Het uiteinde B van de kruk moet met de hand gemakkelijk kunnen worden gedraaid en een volledige cirkel kunnen beschrijven.

De schrijfstift moet gemakkelijk verwisselbaar zijn.

Door onnauwkeurigheden van het mechanisme mag de te schrijven lijn niet buiten een bandbreedte van + en - 0,25 mm ten opzichte van de exacte baan komen.

Geef ook aan hoe het schrijfpapier op zijn plaats wordt gehouden.

Het schrijfvlak is horizontaal bedoeld, maar andere standen zijn toegestaan, als die keuze wordt gemotiveerd.

Het schrijfmecanisme heeft een lage gebruiksfrequentie maar moet wel duurzaam zijn.

Gegevens.

Afmetingen van de stangenvierzijde:

AB = 40 mm, BC = 150 mm, CD = 80 mm, DA = 120 mm.

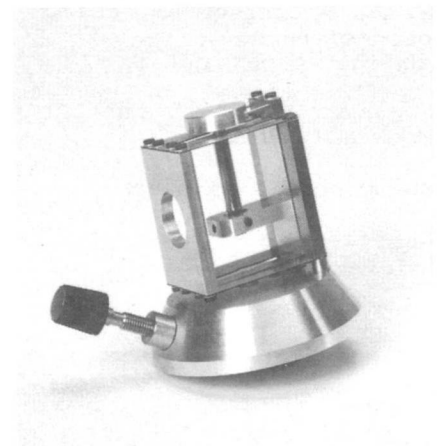
Instelbereik: CR van 10 tot 50 mm
QS = 400 mm, waarbij
QR = RS.

R op het verlengde van BC en QS \perp BC. De lijnbreedte van de schrijfstift is 0,2 mm, de orde van grootte van de schrijfdruk is 0,5 N.

Uitvoering van de opdracht.

De constructietekening moet worden uitgevoerd als een zorgvuldige handschets (in voldoende aanzichten of in een ruimtelijke figuur) zodat een instrumentmaker het mechanisme zonder verdere aanwijzingen kan vervaardigen.

Essentiële maten, passingen en materiaalkeuzen moeten worden aangegeven.



Werkstuk Metaal-A 1990. Y-manipulator

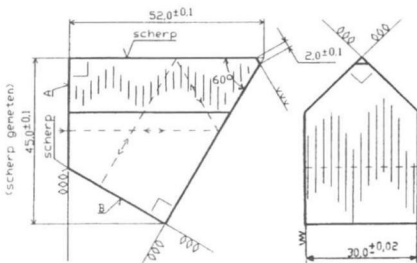
12

De Leidse examens

Optischglas-C 1990

Tijd: 63 uren

Dakkantprisma

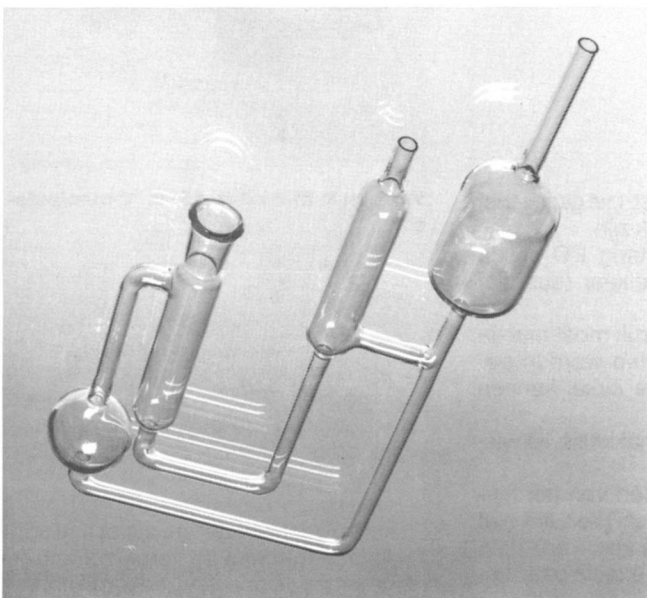


Vlak A ⊥ op de dakvlakken: tolerantie ±0,25 s.d. (1 s.d. = 74,34°)
 De 30° hoek met standaard prisma vergelijken: tolerantie ±0,5 s.d.
 Steunvlak ⊥ op vlak A: tolerantie ±1,0 s.d.
 45° Hoek van 1e dakvlak vergelijken met standaard prisma: tolerantie ±0,5 s.d.
 Hoek van het 2e dakvlak passend polijsten in sprenghoek: tol. ±0,5 int.str.
 Prisma in aangegeven richting doormeten: corrigeren met vlak B.

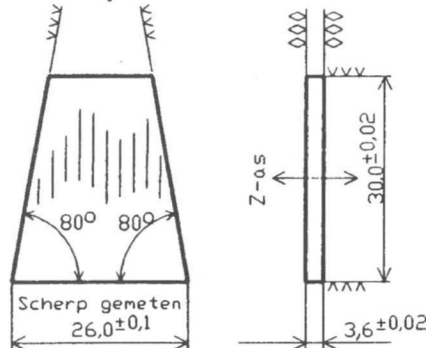
Pyramidaalfout: ±0,5 s.d.
 Hoekfout: ±0,5 s.d.

Kleur: rechte strepen.

Facetten: 0,3^{+0,1}



Kwartsplaat

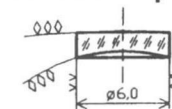


Kleur: rechte strepen.
 Evenwijdigheid controleren op interferentieapparaat: tol. 2 strepen (632,8 nm).
 Richting van de fout: evenwijdig aan de symmetrie-as.
 Nauwkeurigheid asrichting: stilstaand beeld bij draaiing in convergent gepolariseerd licht.

Fout in 80° hoeken: ±5'

Facetten: 0,2^{+0,1}

Microscooplensje



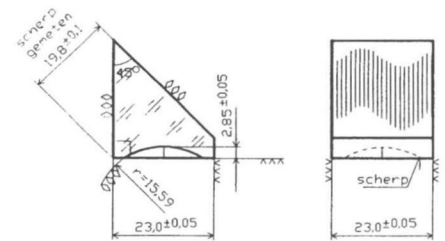
$n_1 = +1,55$
 $d = 1,5 \pm 0,01$
 $n_2 = -10,35$
 Kleur: witpassing
 Facetten: 0,1^{+0,1}

Gebruik van een hulpstuk is niet toegestaan.

Optischglas-A 1990

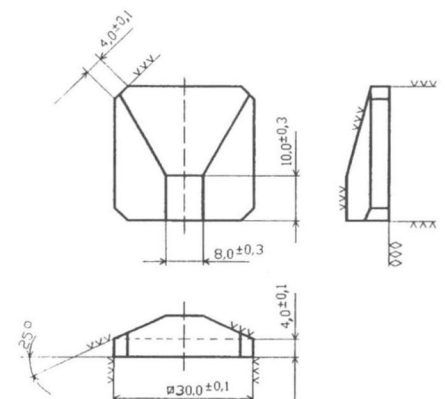
Tijd: 39 uren

Prisma voor groothoekloupe



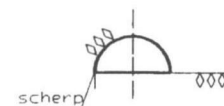
90° hoeken vergelijken met standaardprisma op goniometer, max. fout: ±2 s.d.
 45° hoeken middelen op de goniometer, max. verschil: 2 s.d. (1 s.d. = 74°)
 Max. excentriciteit van het holle vlak: 0,1 mm.
 Kleur platte vlakken: max. 2 ringen hol.
 Kleur holle vlak: max. 1 ring hol.
 Facetten: 0,3^{+0,1}
 Het gebruik van een hulpstuk is toegestaan.

Scanspiegel



25° hoeken pas slijpen met zwaaihaak, tol: 1'
 90° hoeken sluitend slijpen op zwaaihaak
 Hoeken > 90° scherp.
 Facetten: 0,3^{+0,1}
 Kleur: max. 1 ring hol.

Halve bol



$r_1 = 5,37$
 $d = 5,37 \pm 0,05$
 $r_2 = \infty$
 r_1 max. 3 ringen hol.
 r_2 max. 1 ring hol.

Gebruik van hulpstuk niet toegestaan. Schaaf justeren met de bol zelf.

Orgaan van de



vereniging voor
Fijnmechanische Techniek

13

Mikroniek

Inhoudsopgave 1990

**Paginaverdeling** (alleen redactionele pagina's zijn genummerd)

Nummer 1990-1: van pagina	1 tot en met pagina	30
Nummer 1990-2: van pagina	31 tot en met pagina	65
Nummer 1990-3: van pagina	66 tot en met pagina	96
Nummer 1990-4: van pagina	97 tot en met pagina	123
Nummer 1990-5/6: van pagina	124 tot en met pagina	175

Artikelen

Algemene inleiding over ontbraamtechnieken Streefland	110
Atomaire speldeprikken in silicium (Philips persdienst)	53
Cryogeen mechanisme IR-spectrometer Europese satelliet Evers, Ploeger, v.d. Schuur, Wildeman	47
Enkele eigenschappen van roestvast staal Huis in 't Veld	154
Enkelstuksfabricage op een bewerkingscentrum: utopie of fenomeen? Verniest	157
De excimeerlaser Blank	114
Groen laserlicht, een nieuw record (Philips persdienst)	113
Instrumentdraaien op CNC-machines: een haalbare kaart? Koert	170
Kunststoffen in de jaren negentig Geesink	141
Lichtgewicht kantelspiegel voor telescoop Verkerk	137
Micromechanica: ontwikkelingen, achtergrond, mogelijkheden Leeuwis, v. Woerkens	5
Micropompen op basis van micromechanische technieken v.d. Pol	17
Het nauwkeurig meten van de groei van zaailingen en planten Tonk	164
Nieuwe methode voorspelt betrouwbaarheid elektronische schakelingen (Philips/ISL/TU Twente)	63
Nieuwe toepassing van het laserplasma in de röntgenlithografie Bijkerk	55
Ontwikkelingen op het gebied van rubberachtige materialen Aben	149
Piëzo-elektrische elementen en hun toepassing Breuning	131
Plasmaspuiten van vrijstaande voorwerpen Raa, G.A. te	119
Een resonerende siliciumbalk als precisiekrachtsensor Blom, v. Mullem	22
Restspanning in materialen en het meten daarvan Verhage	76
Scanning tip microscopie, kijken in de nanometerwereld Baalbergen	50
Skwirrel Breuning	71
Systeem, vorm en materiaal Cool	77
Toepassing van supergeleiding in biomagnetisch onderzoek ter Brake	39
Verf en Fijnmechanische Techniek Breuning	147
Verlengbare modulair prothese-systeem voor bottumorpatientjes Grottenboer, v.d. Kroonenberg, Schraffordt Koop, Verkerke, Veth	85
Zeiss, een uniek bedrijf met een unieke historie Rutten	101



vereniging voor
Fijnmechanische Techniek

Editorials

Micromechanica, een nieuwe uitdaging	1
Fluitman	
Flexible microns	32
de Korte	
Medische Technologie	67
Snijders	
Hannover Messe	98
Rutten	
Waarde lezers	125
Breuning	

Boekbespreking

Vacuümtechniek	168
Ackermans, Roosenbrand	

Auteurs

Aben, W.J.	149
Ackermans, P. (boekbespreking)	168
Baalbergen, J.J.	50
Bijkerk, F.	55
Blank, D.	114
Blom, F.	22
Brake, H.J.M. ter	39
Breuning, M (editorial e.a.)	71, 125, 131, 147
Cool, J.C.	77
Evers, J.	47
Fluitman, J.H.J. (editorial)	1
Geesink, J.H.	141
Grotenboer, H.J.	85
Huis in 't Veld, A.J.	154
Koert, T.	170
Korte, D.J. de (editorial)	32
Kroonenberg H.H. van den	85
Leeuwis, H.	5
Mullem, C.J. van	22
Ploeger, G.	47
Pol F.C v.d.	17
Raa G.A. te	119
Roosenbrand, B. (boekbespreking)	168
Rutten, H.G.J. (editorial e.a.)	98, 101
Schuur, R. v.d.	47
Schraffordt Koop, H.	85
Snijders, C.J. (editorial)	67
Streefland, G.J.	110
Tonk, W.J.M.	164
Verkerk, J.	137
Verkerke, G.J.	85
Verniest, H.	157
Veth, R.P.H.	85
Wildeman, K.J.	47
Woerkens, E. van	5

Wissel tussen Kennis en Markt

Samenwerken vanaf de ontwikkeling van een produkt verhoogt de kwaliteit en snelheid	162
(Dinfa)	

Werkplaatsinformatie

Brandwerend afdichten van naden	64
Cilinders met zuigerstangblokkering	96
Compacte drieklauws-robotgrijper	122
Compacte strip- en twistmachine	174
Contoursnijsysteem voor dunne metaalplaat	123
Controle van metalen objecten met geluidsgolven	122
De eerste single mode optische fluorideglasvezel	65
Elektronische schroevendraaiers	29
Exact centrisch werkende robotgrijper met grote slag	123
Foto-elektrische sensoren	174
Graveermachine voor cilindrische of conische voorwerpen	175
Handlingunit voor kleine onderdelen	65
H.F.-Bredebandtransistors in 1W-SD-omhulling	29
Hydraulische spanelementen	30
ITEM Bouwstelsel	30
Modulaire montagestraat voor kleine onderdelen	29
Modulaire verdeelblokken	96
Nieuw hygienisch vloersysteem	64
Pneumatische stoffengrijper	96
Polijstmachine voor glasvezel-eindvlakken	175
Speciale sensorkoppelingen	30

Verenigingsnieuws

Berichten van de NVFT

Aan de leden van de NVFT	126
--------------------------	-----

Vergaderingen

Samenvatting 3e algemene ledenvergadering d.d.31-5-1990	68
--	----

Regionale werkgroep Amsterdam

Jaarlijkse avond	34
Bewerken van technische keramiek	34

Regionale werkgroep Eindhoven

Laserlassen als industriële verbindingsmethode	33
--	----

Regionale werkgroep Twente

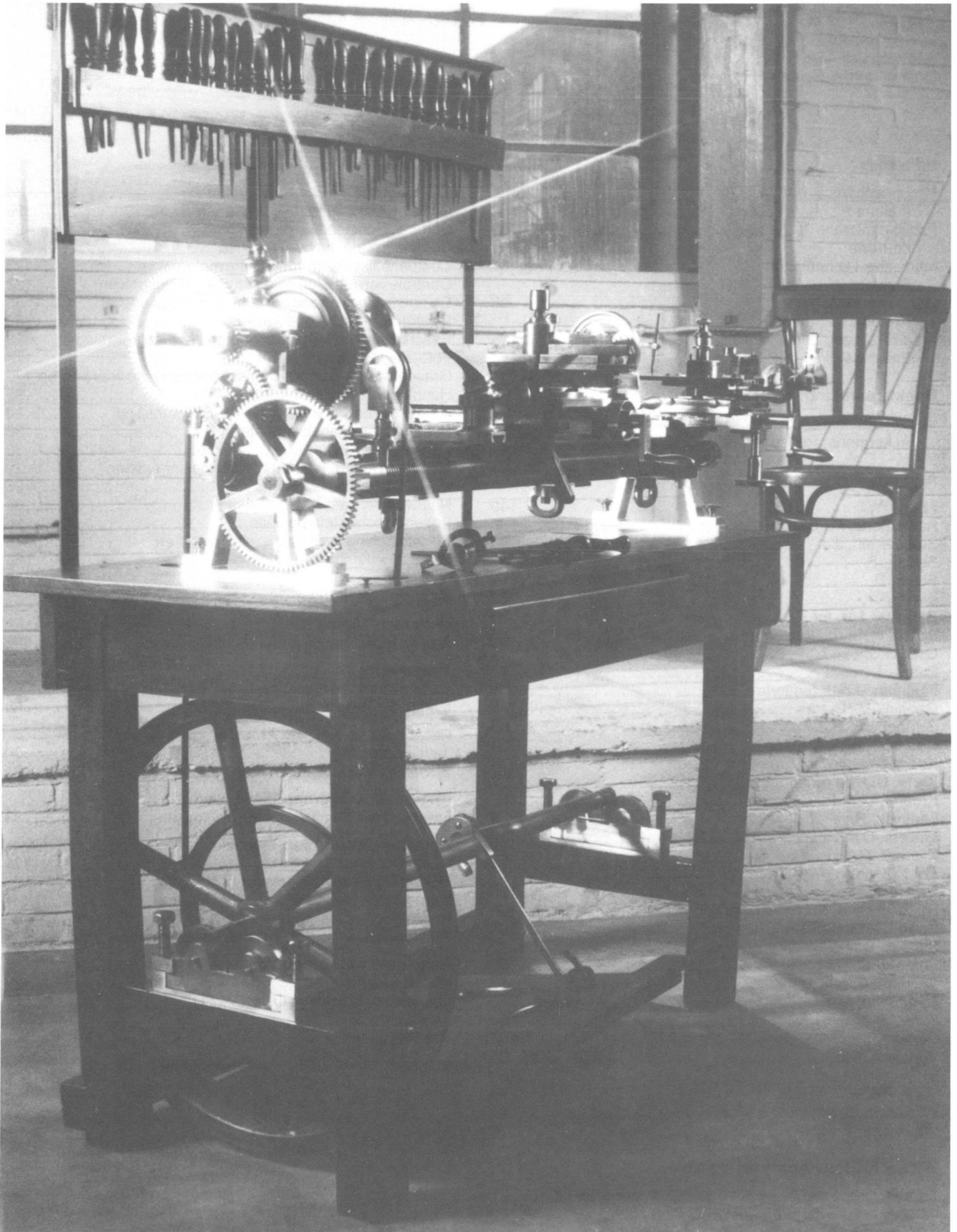
Gelijkstroommotoren	126
Het aandeel van de fijnmechanica in de biomedische techniek	34
Koppelbegrenzers	126
Plaatbewerking in de fijnmechanische industrie	33

Regionale werkgroep Utrecht

Hoogfrequent frezen	127
Optical Disk Mastering ODM	127

Rectificaties

Magnetische valkuil voor waterstofatomen	4
--	---



Instrumentmakersdraaibank anno 1865, fabriikaat Artillerie Inrichtingen.

Een nederlands specialisme?

Machines voor ultra-precisie bewerking

Ir. M. Breuning.

Ultra-precision is defined in terms of dimensional tolerances, accuracy of form and surface roughness. These requirements can only be met by the use of dedicated machines, such as the lathes built by the Dutch specialist machine manufacturer "Hembrug B.V."

The many factors that have an influence on the cutting process are briefly discussed. The special engineering solutions, to eliminate intolerable effects and necessary to achieve the required precision results, are described. Finally examples of machines as built by the Dutch manufacturer are illustrated and their specification briefly mentioned.

Ultra-precisie, wat is dat?

Er is sprake van ultra-precisie als aan de produkten respectievelijk werkstukken eisen worden gesteld zoals:

- een zeer geringe oppervlakteruwheid, respectievelijk een hoge licht-reflectiefactor,
- een zeer hoge maat- en/of vormnauwkeurigheid.

Dikwijls gaat dit ook nog gepaard met een complexe geometrie.

Wat betreft de oppervlakteruwheid gaat het om het bereiken van tenminste een R_a van ca. 0,01 à 0,05 μm .

Bij de maatnauwkeurigheid gaat het om toleranties in de orde van grootte van enkele 0,001 mm of minder; dit is tenminste een factor 10 kleiner dan bij conventionele machinebouw precisie. Bij de vormnauwkeurigheid gaat het om afwijkingen van rechtheid of cylindriciteit van ca. 0,0005 mm, of om soortgelijke geringe afwijkingen bij meer complexe profielen.

Ultra-precisie produkten

De produkten, waaraan ultra-precisie eisen gesteld worden, lopen zeer uiteen. Vlakke, holle, bolle en parabolische spiegels in metaal uitgevoerd zijn evidente voorbeelden. Ook prisma's en polygonen zijn bekende voorbeelden, evenals geheugenschijven voor computer-randapparatuur.

Andere voorbeelden zijn aerostatische en hydrostatische lagers, trommels c.q. walsen voor kopieerapparaten en, in grotere

afmetingen, walsen voor foliebedekkingmachines (voor tape-fabricage bijvoorbeeld).

Lenzen, waaronder fresnellenzen e.d., en matrijzen voor kunststoflenzen moeten eveneens genoemd worden, evenals verbindingstukken voor glasvezeloptiek.

Werkstukken, zoals de trommel voor de aftastkop van videorecorders, zijn onderdelen die in zeer grote aantallen met ultra-precisie worden geproduceerd.

Nog vele andere voorbeelden zijn te noemen, zoals onderdelen voor afdichting in gaskranen, compressoronderdelen voor koelkastaggregaten, enz.

Ook de vlakbewerking van dunne siliciumschijven voor de halfgeleiderindustrie (transistoren, geïntegreerde schakelingen) wordt door ultra-precisie bewerking aanzienlijk gerationaliseerd waarbij een veel beter resultaat met betrekking tot het vermijden van beschadiging van het oppervlak wordt verkregen dan met conventionele slijp- en polijstbewerkingen.

Vele van de genoemde produkten zijn voorbeelden uit de fijnmechanische techniek die dikwijls nauw verbonden is met de elektronische industrie. Andere voorbeelden zijn typische produkten van de optische industrie, de ruimtevaart-instrumentatie en de research-laboratoria.

Materialen voor ultra-precisie produkten

Voor ultra-precisie bewerking lenen zich non-ferro materialen zeer goed. In het bijzonder aluminium; maar ook messing, brons, beryllium en koper.

Daarnaast laten zich ook PMMA, polymethylmetacrylaat (plexiglas, perspex), en zelfs glas goed bewerken. Evenals diverse geharde staalsoorten.

Ultra-precisie bewerking

Bij het bewerken van produkten, waaraan de genoemde extreme eisen worden gesteld, worden zowel aan de machine als aan het snijproces bijzondere eisen gesteld. Voor het bewerken van non-ferro materialen wordt meestal gebruik gemaakt van monokristal diamantbeitels vanwege de hoge slijtvastheid, waardoor de zeer scherpe snijkant relatief langdurig bruikbaar blijft. Daarbij wordt bij een hoge snij-snelheid slechts een kleine tot zeer kleine spaan afgenomen; typisch is een spaan-doorsnede van 1×10^{-5} à 10^{-4} mm².

De daarbij behorende snijkrachten zijn dan ook slechts een fractie (10^{-5} à 10^{-4} maal)

van die op normale bewerkingsmachines; een typische waarde is ca. 0,1 N.

Het ultra-precisie bewerken van ferromaterialen is aanzienlijk moeilijker, maar zeer wel mogelijk. Daarbij wordt meestal niet dezelfde zeer geringe oppervlakteruwheid gehaald als bij non-ferromaterialen. Wel kan meestal slijpen of polijsten achterwege blijven. Voor ferro-materialen is diamant als beitelmetaal niet geschikt (koolstof lost op in ijzer!); men gebruikt CBN (kubisch boriumnitride), andere keramische snijmaterialen of Wo-carbide hardmetaal. Voor wat betreft de spaanafname en snijkrachten geldt ongeveer hetzelfde als bij non-ferro; de snijnelheden worden lager gekozen in verband met de warmte-ontwikkeling.

Factoren die de nauwkeurigheid en oppervlaktekwaliteit beïnvloeden

Diverse factoren beïnvloeden de maat- en vormnauwkeurigheid en de oppervlaktekwaliteit. Zij kunnen worden verdeeld in drie groepen, te weten:

- invloeden vanuit de omgeving,
- factoren die gerelateerd zijn aan de bewerkingsmethode,
- invloeden die hun oorsprong vinden in het gedrag van de machine.

Een invloed vanuit de omgeving is ten eerste de omgevingstemperatuur. Temperatuurvariaties die de temperatuur van de machine doen variëren en/of in de machine temperatuur-gradiënten veroorzaken, beïnvloeden zowel het werkstuk als de geometrie van de machine en het snijgereedschap.

Op de tweede plaats kunnen trillingen in de omgeving trillingen in de machine of delen daarvan veroorzaken, die eveneens de geometrie beïnvloeden.

Factoren die met de bewerkingsmethode samenhangen zijn de volgende:

- De beitelvorm.
Voor het bereiken van een zeer geringe oppervlakteruwheid is een zo groot mogelijke neusradius van de beitel noodzakelijk. Die dient bovendien zeer nauwkeurig constant te zijn in verband met het afwikkelen bij het snijden van contouren.
- De beitelslijtage.
Dit spreekt wel haast voor zichzelf. Ook een diamantbeitel is onderhevig aan slijtage en dient van tijd tot tijd te worden geslepen.

Machines voor ultra-precisie bewerking

- De werkstukinlemming respectievelijk opspanning. Spankrachten kunnen het werkstuk vervormen, daarom is licht spannen gewenst en vooral een goede verdeling van de spankracht belangrijk.
- De stijfheid van het werkstuk zelf. Dunwandige constructies zijn uiteraard trillingsgevoelig, een robuuste constructie is in het algemeen aan te bevelen.
- Het werkstukgewicht. Een in verhouding zwaar werkstuk kan door belasting van de machine vervormingen veroorzaken. Zware werkstukken kunnen ook meer onbalans veroorzaken.
- De verspaningscondities. Snijnsnelheid, aanzet en snedediepte zijn vanzelfsprekend van invloed; vandaar dat bij ultra-precisie bewerken met hoge snelheid en zeer kleine aanzet en snedediepte gewerkt wordt.

Bij de geringe verspaningskrachten speelt warmte-ontwikkeling geen grote rol, zodat de thermische eigenschappen van het werkstukmateriaal niet van veel belang zijn. De warmte gaat grotendeels in de spaan zitten. Meestal wordt er ook een smeer- tevens koelmiddel toegepast; gewoonlijk lichte petroleum of alcohol. Een goede spaanafvoer door afzuigen is noodzakelijk om beschadiging van het oppervlak te voorkomen.

De eigenschappen en het gedrag van de machine zijn zeer sterk bepalend voor het bereiken van ultra-precisie resultaten. Voor een hoge geometrische nauwkeurigheid zijn de statische en dynamische stijfheid van belang.

Hoge statische stijfheid betekent een zeer geringe vervorming door de belasting met het werkstukgewicht en/of door de bewegende sleden en de snijkracht.

Hoge dynamische stijfheid betekent dat de amplitude van eventuele trillingen zeer

gering blijft. Dit heeft met name voor de constructie van lagers en aandrijving van de hoofdspil respectievelijk voor de lagering en aandrijving van de sleden belangrijke consequenties. De hoofdspil dient zeer zuiver (hoge rondlooptrouwbaarheid) te lopen. Ook de rondloop-eigenschappen van de spil van de losse kop spelen een grote rol.

De geometrische positioneer- en repeeternauwkeurigheid van de sleden dient aan hoge eisen te voldoen. Dit betekent afwezigheid van stick-slip en een hoge resolutie van het meetsysteem.

Tenslotte dient de dynamische bandbreedte van de servo-aandrijvingen en van de CNC-besturing zodanig hoog te zijn dat geen volgfouten ontstaan respectievelijk na-ijlen optreedt.

Consequenties voor de constructie van de machine

De ultra-precisie eisen en het minimaliseren van de diverse invloedsfactoren hebben vergaande consequenties voor de constructie van de machine en de hulpagregaten.

Om temperatuursinvloeden uit de omgeving te beperken dient de machine in een geklimatiseerde ruimte geplaatst te worden, waarin de temperatuur zo goed mogelijk constant gehouden kan worden. Tevens dient de ruimte stofarm te worden gehouden. De fundatie waarop de machine is geplaatst dient stabiel te zijn en geïsoleerd van de bedrijfsvloer en de fundatie van het gebouw.

Voor de statische stijfheid van de machine is de keuze van grote, althans royaal bemeten lagerdiameters met groot draagoppervlak van belang, zodat een stijve hoofdspil wordt verkregen. Voor de eventuele losse kop geldt hetzelfde. Kogel- of rollagers lopen niet nauwkeurig

genoeg; daarom wordt een hydrostatische lagering toegepast. Dit heeft het voordeel van zeer lage en constante wrijving, een hoge constante en toerentalonafhankelijke lagerstijfheid en eenvoudige temperatuurbeheersing door koeling of op constante temperatuur houden van de olie. In sommige gevallen, bij zeer lichte belasting door werkstukgewicht en snijkrachten, voldoet een aerostatische lagering ook. Het heeft het voordeel van extreem lage wrijving, is echter aanzienlijk minder stijf.

Verder is een zeer goede ondersteuning van hydrostatische rechthoekige sledegeleidingen van groot belang.

Tenslotte is een robuuste en zeer stabiele machinevoet noodzakelijk. Hiervoor zijn zowel zware gietstukken in nodulair gietijzer (Meehanite) toegepast als massief kunststof-graniet. De beste resultaten worden verkregen met natuurgraniet. Dit materiaal heeft een hoge E-modulus, een relatief laag soortelijk gewicht, vertoont geen krimp en "werkt" niet en er kunnen zeer hoge geometrische nauwkeurigheden (b.v. vlakheid) mee worden bereikt. Het heeft een lage lineaire uitzettingscoëfficiënt en is ongevoelig voor minerale oliën, emulsies of andere chemicaliën; zie tabel 1.

De toepassing van natuurgraniet leidt tot een modulair machineconcept.

Verdere voordelen zijn:

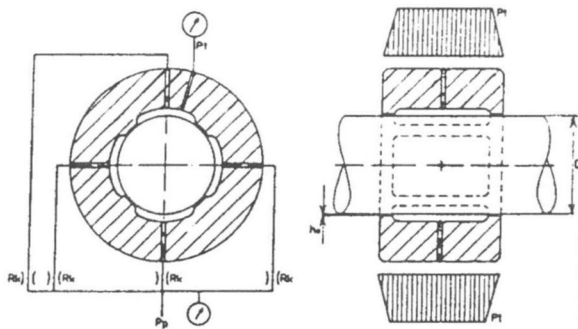
- er zijn geen model en gietvorm nodig,
- corrosiebescherming door verven is overbodig,
- het is gemakkelijk schoon te houden.

Tenslotte geeft graniet ook een precisie-imago, hetgeen de algehele zorgvuldigheid bij het bewerken stimuleert.

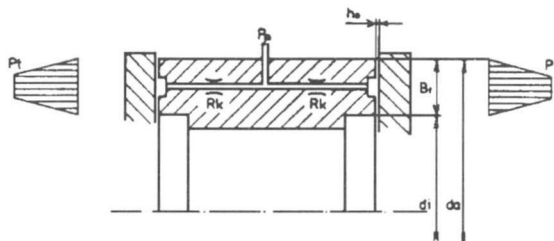
Voor een hoge dynamische stijfheid is de reeds genoemde hydrostatische lagering van de hoofdspil van groot belang. Ook

	Elasticiteitsmodulus N/mm ²	Dichtheid (s.g.) kg/m ³	Lineaire uitzettingscoëfficiënt K ⁻¹ · 10 ⁻⁶	Warmtegeleidingscoëfficiënt Wm ⁻¹ · K ⁻¹	Treksterkte N/mm ²	Druksterkte N/mm ²
Gietijzer type 17	117.000	7.210	12	75	230	
Epoxygraniet	39.000	2.450	14	0,8	20	120
Polymere beton (Motema)	42.000	2.300	17		11	120
Natuurgraniet (Garbo/Impala)	125.000	2.900	5	3	14	250

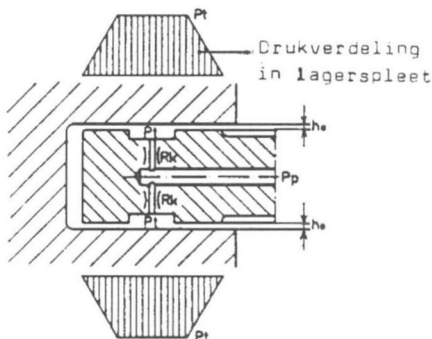
Tabel 1: Eigenschappen van materialen voor machinevoetconstructie.



Figuur 1 Radiaal hydrostatisch lager: axiale drukverdeling aangegeven met P_t .



Figuur 2 Axiaal hydrostatisch lager: radiale drukverdeling aangegeven met P_t .



Figuur 3 Dubbelzijdige hydrostatische leibaanlagering: drukverdeling dwars op de bewegingsrichting aangegeven met P_t .

een hydrostatische lagering van de sleden is daarvoor noodzakelijk. Figuren 1, 2 en 3 brengen het principe nog eens onder de aandacht. Het vermijden van trillingen, veroorzaakt door het snijproces zelf, is ook zeer belangrijk. Daarvoor is een robuuste en stijve beitelschacht noodzakelijk, alsmede een stabiele inklemming.

Alle roterende delen van de machine dienen zeer goed dynamisch gebalanceerd te zijn. Bij directe aandrijving van de hoofdspil stelt dit zeer hoge eisen aan de motor, met name aan de gelijkmatigheid van het draaimoment. Bij een separate opstelling van de motor is een torsiestijve overbrenging van groot belang. Indien aandrijfsnaren worden toegepast, zijn de spanning, de demping van het materiaal en de constante doorsnede van belang. Tandriemen komen niet in aanmerking, zomin als tandwieloverbrengingen.

Tenslotte is het noodzakelijk de machinevoet met trillingsdempers te isoleren van de fundatie om iedere overdracht van buitenaf uit te sluiten. Een zeer lage eigen frequentie is daarbij gewenst, hetgeen mede door een massief granieten machinevoet en juiste keuze van de demperkarakteristiek is te bereiken.

In het hydraulisch systeem dienen pulsaties en trillingen eveneens te worden vermeden. Een schroefpomp voldoet beter dan een schotten- of plunjerpomp. Men past voorts accumulators toe en bij voorkeur hydraulische slangen in plaats van pijpleidingen.

De primaire gestabiliseerde oliedruk wordt met behulp van een capillair (weerstand) gereduceerd tot de werkdruk voor de lagers, terwijl restricties in de lagers zorgdragen voor de juiste drukopbouw in samenwerking met de uitstroomweerstand van de lagers.

Om een goede thermische stijfheid van de machine te bereiken, dus vervorming ten gevolge van dissipatie door snijproces, lagerweerstand en eventueel motoren tegen te gaan, is het hydraulisch circuit voorzien van een koeler voor beheersing van de olietemperatuur binnen nauwe grenzen ($0,2^{\circ}\text{C}$). Aldus kan een grote mate van temperatuurstabiliteit worden bereikt.

Hulpaggregaten zoals hydraulische drukpomp en toebehoren, krachtversterkers en regelsysteem voor de motor, evenals de CNC besturing, worden separaat opgesteld.

De aandrijving van de sleden wordt meestal gerealiseerd met een zeer nauwkeurige kogelomloopspil. Deze wordt aangedreven door een servosysteem. Daarin worden twee terugkoppelsignalen verwerkt, namelijk de snelheid en de positie. Het snelheidssignaal wordt ontleend aan een tacho op de as van de servomotor en het positie signaal komt van een direct meetsysteem dat aan de slede is aangebracht.

Hiervoor wordt gewoonlijk een lineaal toegepast die bestaat uit een op glas aangebrachte zeer fijne en nauwkeurige verdeling, die optisch wordt uitgelezen. De resolutie ligt, al naar gelang de uitvoering, bij $0,1\ \mu\text{m}$ tot $0,01\ \mu\text{m}$.

Om wrijvingsweerstand en stick-slip te vermijden is een hydrostatische geleiding van de slede noodzakelijk, zoals in verband met de dynamische stijfheid reeds eerder is vermeld. De servomotor dient zeer snel te kunnen accelereren en/of af te remmen, goed op snelheid gehouden te kunnen worden en uiteraard voldoende vermogen te kunnen leveren.

De reactiesnelheid van het getransistoriseerde servosysteem wordt bepaald door de zogenaamde bandbreedte, het frequentiebereik waarbinnen het uitgangssignaal zonder faseverschuiving het ingangssignaal kan volgen. Deze bandbreedte moet in het kHz-gebied liggen. De kringloop waarin ingangssignaal en uitgangssignaal worden vergeleken, wordt vele malen per seconde doorlopen. De repetiteernauwkeurigheid van het positioneersysteem van de sleden dient vanzelfsprekend eveneens aan zeer hoge eisen te voldoen.

Zoals al eerder opgemerkt is de rechtheid van de sledebeweging van zeer groot belang om fouten in de positie van de beitelpunt te voorkomen. Immers die bevindt zich op enige afstand van de geleiding; iedere fout in de rechtheid wordt

20

Machines voor ultra-precisie bewerking

vergroot doorgegeven aan de beitelpunt (Abbe-effect, genoemd naar Ernst Abbe van Zeiss-Jena).

De CNC-besturing moet bij een zo hoge resolutie als boven genoemd, die tenminste tien maal fijner is dan bij gebruikelijke CNC-machines, een tien maal grotere verwerkingssnelheid van de signalen hebben. Aan de CNC-besturing worden dan ook bijzondere eisen gesteld. Daarvoor zijn krachtige en vaak verscheidene microprocessors nodig.

Voorbeelden van ultra-precisie draaimachines

De hieronder vermelde gegevens zijn ontleend aan de documentatie van de fabrikant.

Mini-Mikroturn, zie figuren 4, 5 en 6

Dit is één van de eerste ultra-precisie machines die in serie is geproduceerd. Het is een machine voor het draaien en precisie-nadraaien van aluminium geheugenschijven voor computer-randapparatuur. Meer in het algemeen is de machine geschikt voor het vlakken van substraten met zeer hoge vlakheidseis en een zeer hoge oppervlaktekwaliteit.

Bij een schijfdiameter van 130 mm wordt een oppervlakteruwheid gehaald van $0,008 \mu\text{m} R_a$.

De aerostatisch gelagerde hoofdspil is met een DC motor geïntegreerd. De spilsnelheid is continue variabel van 0 tot 6000 omw/min.

De axiale en radiale rondloopnauwkeurigheid van de hoofdspil bedraagt niet meer dan $0,05 \mu\text{m}$.

Bed en hoofdspilhuis zijn uit één stuk, uitgevoerd in natuurgraniet, en ondersteund door luchtbalgdempers.

De dwarslede is uitgerust met hydrostatische rechthoekige leibanen.

Het werkstuk wordt met vacuüm opgespannen.

De houder voor de diamantbeitel is in microns verstelbaar.

De bewerkingscyclus wordt met behulp van een PLC automatisch bestuurd.

De machine is voorzien van digitale maatuitlezing.

De elektronica en de hydraulische en pneumatische apparatuur is in een aparte, losstaande, behuizing ondergebracht. In spaanafzuiging kan worden voorzien.

Super-Mikroturn CNC, zie figuur 7

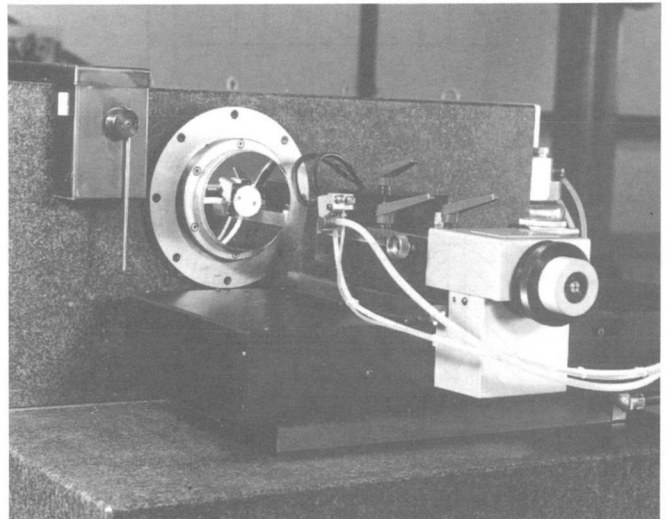
Deze machine is in verschillende uitvoeringen gebouwd en vormt de basis voor een aantal ultra-precisie machines.

Bij de meeste versies is de machinevoet uitgevoerd in natuurgraniet.

Figuur 4 Mini-Mikroturn vlak-draaimachine.



Figuur 5 Mini-Mikroturn close-up met opgespannen hard-disk computerschijf.



Figuur 6 Een serie Mini-Mikroturn machines in de assemblage-afdeling bij Hembrug, Haarlem.





Figuur 7 Eén van de uitvoeringen van de Super-Mikroturn CNC.

Hoofdspil en sleden zijn hydrostatisch gelagerd.

De aandrijving geschiedt direct op de hoofdspil met een DC motor.

De basismachine is niet voorzien van losse kop.

De machine is uitgerust met CNC-besturing. De resolutie van de meetsystemen van de sleden bedraagt al naar gelang de uitvoering 0,1 μm tot 0,01 μm .

De hulpaggregaten en besturing zijn in een separaat opgestelde kast ondergebracht. Een grote variatie van spanmiddelen, zowel standaard als werkstuk-specifiek, kan door de fabrikant worden geleverd.

De belangrijkste gegevens van de afgebeelde machine zijn de volgende:

- maximum werkstukdiameter: 400 mm,
- maximum werkstuklengte: 200 mm,
- hoofdspilnelheid continue variabel met maxima van 3000, 5000 of 7000 omw/min, afhankelijk van de hoofdspilconstructie en van het geïnstalleerde motorvermogen,
- voedingsnelheid continue variabel tot een maximum van 5000 mm/min,
- maximale axiale en radiale rondlooptrouwkeurigheid van de hoofdspil minder dan 0,0001 mm,
- rechteheid van de sledebaan beter dan 0,001 mm over 150 mm,
- haaksheid van de dwarslede t.o.v. de hoofdspil hartlijn: beter dan 0,002 mm over 100 mm.

De stijfheid van de hoofdspillagers bedraagt:

- frontlager van 100 mm diameter:
 - axiaal 1140 N/ μm en
 - radiaal 1020 N/ μm
- achterlager van 80 mm diameter:
 - radiaal 640 N/ μm .

De stijfheid van de geleidingen van langs- en dwarslede bedraagt: 720 N/ μm .

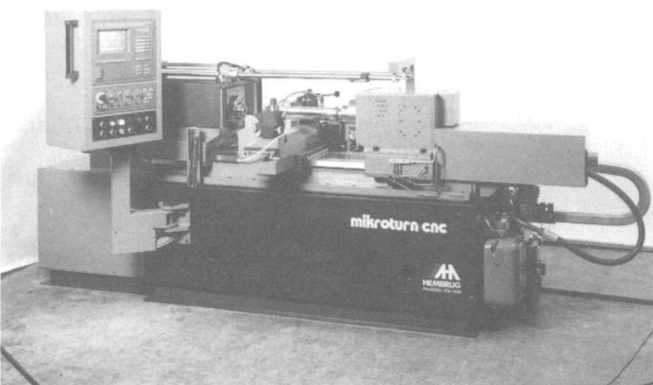


Figuur 8 Mikroturn CNC voor het precisiebewerken van walsrollen.

Mikroturn Specials

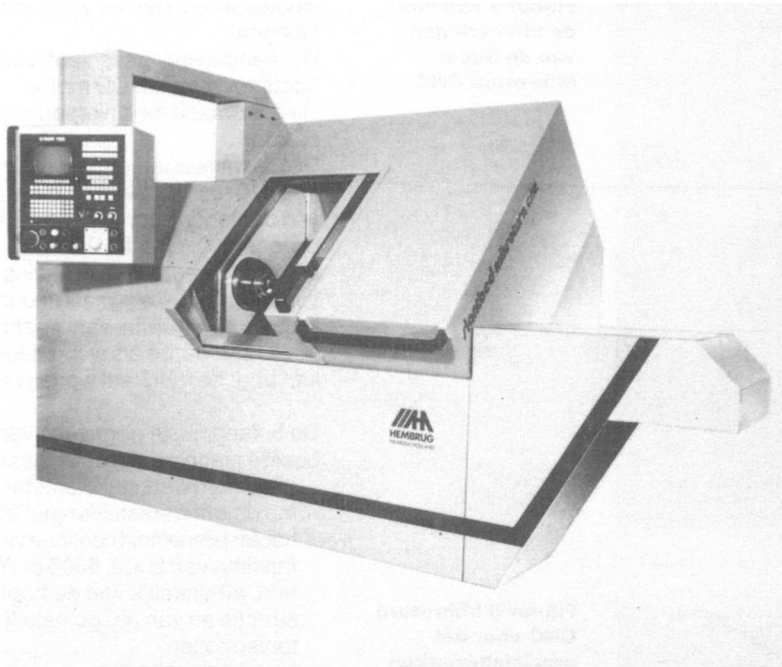
De speciale machine, afgebeeld in figuur 8, is ontwikkeld voor het zeer nauwkeurig rond en cilindrisch bewerken van trommels en walsen voor kalenders en foliemachines. Bijvoorbeeld walsen voor machines voor de productie van magnetische band voor audiocassettes of videotepassingen. Voor deze producten evenals magnetische slappe schijven (floppy-disks, diskette schijven) wordt van brede folie uitgegaan, waarop de magnetische laag wordt aangebracht. Ook walsen voor drukpersen en allerlei zeer nauwkeurige cilindrische onderdelen in zowel staal, non-ferro als polyurethaan kunnen op deze machine worden bewerkt.

Zowel de hoofdspil als de meedraaiende spil van de losse kop zijn hydrostatisch

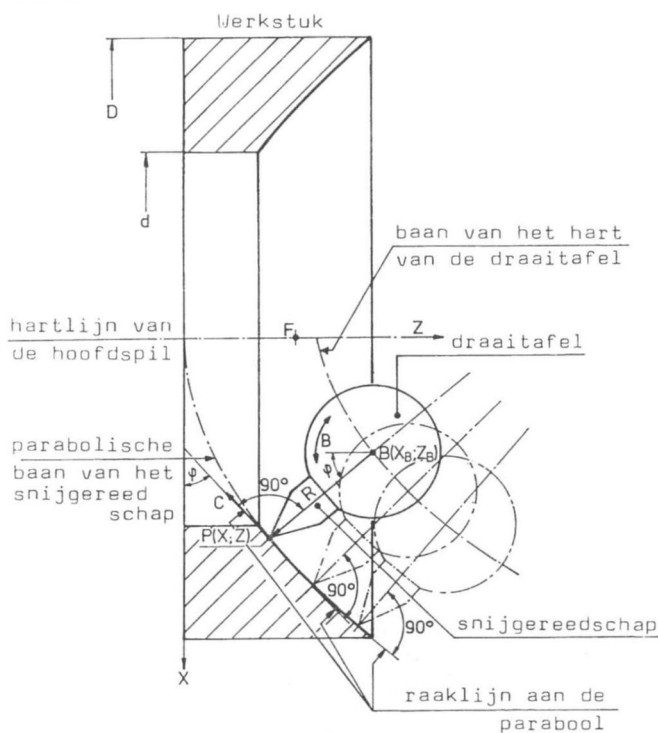


Figuur 9 Mikroturn CNC voor het precisiebewerken van walsen en trommels voor kopieermachines e.d.

Machines voor ultra-precisie bewerking



Figuur 10 "Slantbed" Mikrotorn CNC, ultra-precisie hydrostatische produktiedraaimachine.



Figuur 11 Principe van de roterende beitelhoeder voor het draaien van een parabolisch oppervlak.

gelagerd. De machinevoet (bed) is van natuurgraniet.

Het werkstuk wordt via een hydraulische preciespanbus geklemd en aangedreven en kan op de machine dynamisch worden gebalanceerd.

Verdere gegevens:

- maximum produktdiameter: 330 mm,

- maximum lengte tussen hoofdspil en losse kop: 1540 mm,
- hoofdspilnelheid continue variabel tussen 1 en 1500 omw/min,
- aandrijfvermogen: 15 kW.

Bij de genoemde produktafmetingen zijn een rechtheid respectievelijk cilindriciteit binnen $3\mu\text{m}$, een rondheid binnen $2\mu\text{m}$ en

een oppervlakteruwheid van minder dan $0,05\mu\text{m} R_a$ realiseerbaar.

Een andere, wat kleinere, speciale machine uitgerust met numerieke besturing, is afgebeeld in figuur 9.

Deze machine is bestemd voor het voor- en ultra-precies nadraaien van aluminium walsen voor kopieermachines en laserscanners en aluminium of kunststof rollen en dergelijke onderdelen voor andere kantoormachines.

Ook voor walsen voor rotatiepersen en precisiecilinders is de machine geschikt. Wederom is de machinevoet uitgevoerd in natuurgraniet en zijn hoofdspil en losse kop hydrostatisch gelagerd.

Verdere gegevens:

- maximum werkstukdiameter: 120 mm,
- maximum lengte tussen hoofdspil en spil van de losse kop: 500 mm,
- hoofdspilnelheid variabel tussen 500 en 5000 omw/min,
- aandrijfvermogen: 30 kW,
- maximale axiale en radiale rondloopnauwkeurigheid van de hoofdspil en spil van de losse kop is kleiner dan $0,1\mu\text{m}$.

"Slant-bed" Mikrotorn CNC

Deze machine, zie figuur 10, is een meer universeel toepasbare ultra-precisie produktiemachine.

De machine is geschikt voor velerlei onderdelen waaraan ultra-precisie eisen met betrekking tot oppervlaktekwaliteit en maat- en vormnauwkeurigheid worden gesteld, gepaard aan complexe vormen. Zoals parabolische spiegels, polygoonspiegels, brandstofinjectie spuitmonden, fresnellenzen, enz.

Ook voor de bewerking van gehard stalen onderdelen leent de machine zich.

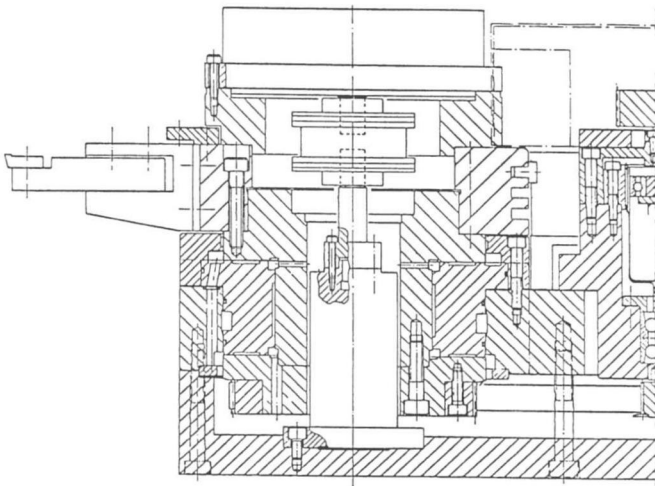
Zowel hoofdspil als langs- en dwarslede zijn hydrostatisch gelagerd. De machinevoet (het bed) is wederom van natuurgraniet. Het meetsysteem kan met een resolutie van $0,1$, $0,05$ of $0,01\mu\text{m}$ worden geleverd.

Verdere gegevens:

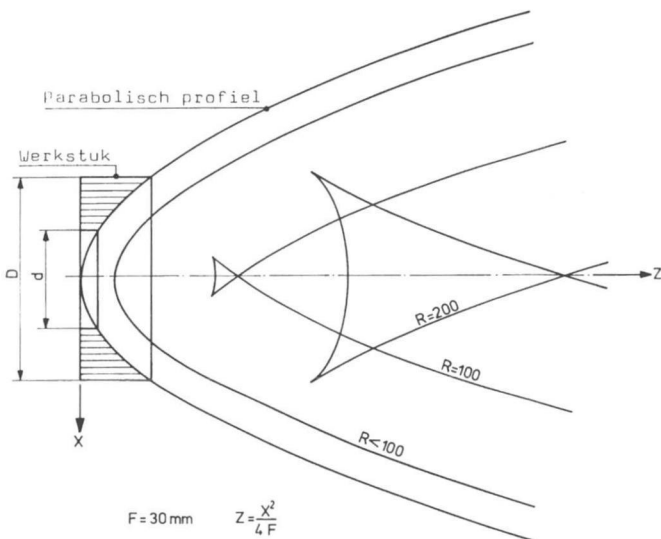
- maximum produktdiameter: 400 mm,
- maximum produktlengte: 250 mm,
- hoofdspilnelheid variabel van 1 tot 3000 omw/min,
- aandrijfvermogen: 8 kW,
- axiale en radiale rondloopnauwkeurigheid van de hoofdspil minder dan $0,1\mu\text{m}$.

Roterende beitelhoeder

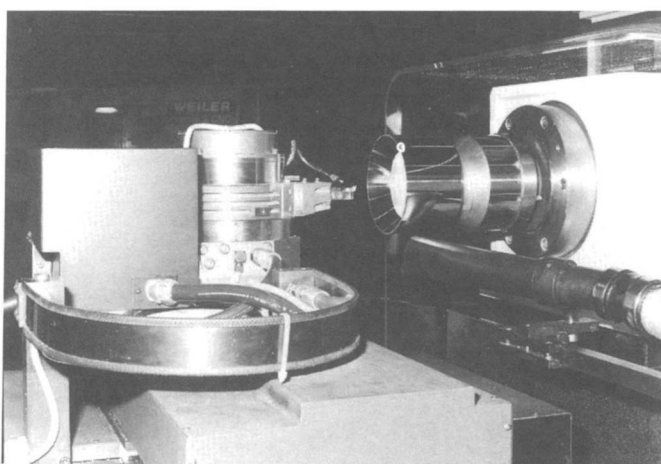
Om een zo groot mogelijke profiel nauwkeurigheid van een parabolische spiegel te bereiken is het wenselijk de hartlijn van de symmetrische diamantbeitel tijdens het



Figuur 12
Doornede van de hydrostatisch gelagerde roterende beitelhouder.



Figuur 13
De baan van het hart van de roterende beitelhouder voor verschillende waarden van de radius.



Figuur 14
De roterende beitelhouder gemonteerd op de dwarslede.

volgen van de profielbaan voortdurend loodrecht op de momentane raaklijn van het profiel te houden, zie figuur 11. Immers, dan wordt het afwikkelen van de neusradius voorkomen. Dit geldt trouwens ook voor ieder ander profiel.

Om dit te realiseren is een bijzondere, draaibare en aangedreven, beitelhouder ontwikkeld in samenwerking met de Universiteit van Bremen, Afdeling Productie Technologie.

Hiervoor wordt gebruik gemaakt van een tamelijk gecompliceerd computerprogramma.

De beitelhouder is daartoe gemonteerd op een hydrostatisch gelagerde draaitafel en wordt numeriek bestuurd, zie figuur 12. De draaitafel is uitgerust met een geïntegreerd meetsysteem met een resolutie van 0,36".

De gecompliceerde baan van het hart van de draaitafel, die afhankelijk is van de radius, dat is de afstand van beitelpunt tot dat hart, wordt met het computerprogramma gegenereerd afhankelijk van de parameters van het paraboolprofiel. De radius kan variëren van 150 tot 200 mm, zie figuur 13.

Het programma levert tegelijkertijd de stuursignalen voor de langs- en dwarsledeaanrijving. De minimum rotatiesnelheid van de draaitafel bedraagt 0,004 omwentelingen per minuut. Het systeem bereikt een positionauwkeurigheid van 2" over 180° met een herhalings-nauwkeurigheid van 0,7" (± 2 Sigma).

Figuur 14 toont de inrichting, gemonteerd op de dwarslede van de machine.

Tot besluit

Ofschoon de enige nederlandse fabrikant van ultra-precisie bewerkingsmachines op dit specialistisch gebied niet de enige leverancier ter wereld is, heeft zij zich wel een vooraanstaande positie verworven. Die berust op een, in bijna twee decennia opgebouwde, unieke kennis en ervaring. Met enig recht kan dan ook van een nederlands specialisme worden gesproken.

Literatuur

- [1] Een aantal constructieve aspecten van hoognauwkeurige draaimachines; P.H. Knol en Ir. D. Szepesi, Hembrug B.V.; Mikroniek 26(1986)2.
- [2] Präzisions - Drehmaschinen höchster Genauigkeitsklasse; P.H. Knol und D. Szepesi, Hembrug B.V.; Feinwerk & Messtechnik 95(1987)1.
- [3] Airbearings machined on ultra-precision hydrostatic CNC lathe; P.H. Knol, D. Szepesi, Hembrug B.V. and Jan M. Deurwaarder, Machinefabrieken Nederlandse Philips Be-

Machines voor ultra-precisie bewerking

drijven; SPIE Vol.803 Micromachining of Elements with Optical & other submicrometer Dimensional & Surface Specifications, 1987.
 [4] Diamantdrehen von Präzisionsbauteilen; P.H. Knol, D. Szepesi; Industrie Diamanten Rundschau IDR 22(1988)2.
 [5] New design features of a fully hydrostatic ultraprecision CNC turning machine, type Super Mikroturn CNC; P.H. Knol, D. Szepesi,

M. Huijbers, Hembrug B.V.; Proceedings of the International Congress for Ultraprecision Technology, UPT, in Aachen, Mai 1988; Edited by Manfred Weck and Robert Hastel, Forschungsgemeinschaft Ultrapräzisionstechnik e.V., Springer Verlag.
 [6] Manufacturing and Measuring of Aspherics, Integrated in one Ultraprecision Machine; P.H. Knol, D. Szepesi, Hembrug B.V.

and P. Guenther Werner, Wilhelm Knappert, University of Bremen Dept. of Production Technology; Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering; volume 1015, september 1988.
 [7] Single-point Diamond Turning; promotieproefschrift door Tjoe Chong George Lo-A-Foe, 1989; Technische Universiteit Eindhoven. ■

Hembrug, de nederlandse fabrikant van bewerkingsmachines voor zeer hoge precisie, is voortgekomen uit een reeds zeer lang bestaand bedrijf. Hembrug heeft ook een lange traditie op het gebied van gereedschapswerktuigen. Het oorspronkelijke staatsbedrijf werd in 1679 opgericht onder de naam "Artillerie Inrichtingen". Omstreeks 1900 werd het gevestigd in de gemeente Zaandam, vlak bij de "Hembrug", de toen nog draaibare spoorbrug over het Noordzeekanaal.

In 1973 werd het bedrijf gesplitst in twee delen, te weten:
 – Eurometaal, met als doelstelling het ontwikkelen en fabriceren van munitie voor geschut en (hand-) wapens, en
 – Hembrug, dat zich bezighoudt met het ontwikkelen, fabriceren en verkopen van gereedschapswerktuigen resp. bewerkingsmachines.

In 1982 werd Hembrug geprivatiseerd. Het bedrijf verhuisde in 1983 van Zaandam naar Haarlem, de naam "Hembrug" bleef behouden.

Reeds voor de splitsing van AI had het bedrijf zich toegelegd op de ontwikkeling en fabricage van draaibanken, boormachines en speciaal machines, evenals werkplaatsgereedschappen zoals de bankklem.

Sinds de vorming van Hembrug als gereedschapswerktuigen-industrie zijn wereldwijd meer dan 20.000 metaalbewerkingsmachines verkocht.

Begin van de jaren zeventig werd reeds door Hembrug een ultra-precisie draaibank ontwikkeld voor geheugenschijven (hard-disks) voor computer-randapparatuur. Dit leidde tot de ontwikkeling van een hydrostatisch gelagerde hoofdspil en de eerste Mikroturn machines die nog met mechanische sledes waren uitgerust. Naast deze ultra-precisie machines

bleven normale precisie machines enige tijd de bread-and-butter-line.

In het begin van de jaren tachtig leidde een bedrijfsanalyse tot het omstreeks 1984 genomen besluit zich geheel te concentreren op ultra-precisie machines voor het micron- en submicron gebied en op speciaal machines.

Anno 1991 is Hembrug op dit gebied specialist, één van de wereldwijd verspreide fabrikanten die een zèèr klein select gezelschap vormen. Het marktgebied hiervoor is uiteraard veel kleiner dan voor standaard CNC-machines. Hembrug heeft verschillende toonaangevende Europese fabrikanten van precisie-producten en -instrumenten als klant.

Het bedrijf zelf heeft een betrekkelijk klein personeelsbestand van ca. 50 man in Haarlem, waarvan meer dan de helft zich met ontwikkeling en ontwerp bezighoudt. De onderdelen en componenten worden betrokken van streng geselecteerde toeleveranciers; de precisie-nabewerkingen, de zeer scrupuleuze controle's en stringente tests alsmede de assemblage geschieden in de eigen moderne fabriek.

Hembrug B.V. behoort tot de Hembrug-groep waarin voorts zijn opgenomen:

- Figee: haveninstallaties voor goederenoverslag (Haarlem);
- NKM: Nederlandse Kraan Maatschappij, o.a. manipulatoren voor aluminium smelterijen (Haarlem);
- NBM: Nieuwe Boomse Metaalwerken, o.a. zware staalconstructies (Boom bij Antwerpen);
- Praxis: Ingenieursbureau, ontwikkeling van industriële installaties (IJmuiden);
- NSI: Nederlandse Service Industrie, inspecties ten behoeve van door Figee, NKM en NBM geleverde installaties.

Meer dan "systeem, vorm en materiaal"

H.M.C. Heubers

"Systeem, vorm en materiaal" het artikel om te bewaren in Mikroniek nr. 3, waarin prof. ir. J.C. Cool laat zien hoe men de keuze van een bepaalde constructie cijfermatig kan optimaliseren, is de aanleiding eens hardop te mijmeren over keuzes rond een systeem.

Zij vallen in het stromenland tussen berekening-gevoel, theorie-praktijk, tekenkamer-werkplaats. Een gebied waarin zowel een groot projectteam van een multinational opereert, als het overleg van de hoogleraar met zijn solitaire instrumentmaker(ij) plaatsvindt.

Het door prof. Cool gegeven voorbeeld van een elleboogorthese herinner ik mij goed door de redactionele bemoeienis met een zestal artikelen eromheen, verschenen in Mikroniek nr. 10 van 1977. Bij de voorbesprekingen met de auteurs -uit een nog steeds bestaande werkgroep "Wilmer"- maakte ik kennis met een enthousiaste groep "minimal-art" vormgevers, waarvan een aantal tevens werkzaam was in verschillende landelijke revalidatiewerkplaatsen.

Uit hun keuze-credo enige typerende stellingen:

- eenvoud van systeem,
- niet meer dan één hoogstens twee stuursignalen,
- niet alles doen wat zou kunnen,
- als het even kan de patiënt zelf beweging en kracht laten leveren,
- negeer de tribune, bijvoorbeeld geen spectaculaire kunsthand met minimotoren.

In deze ontwerpstrategie paste het ontwikkelen van een koolzuurpatroon voor de levering van energie met pneumatische logica elementen, om zware "geavanceerde" elektrische voorzieningen te kunnen vervangen.

Prof. Cool begint zijn optimaliseringsmethode met: "Bij het ontwerpen van een produkt moet op de eerste plaats het te gebruiken systeem gekozen worden". Hier is echter een verborgen hamvraag aan de orde, namelijk of naast bekende systemen er niet een nieuw en "verlossend" systeem bestaat.

Intuïtie en inspiratie zijn hier de bronnen! Naast het "systeem" is er echter latent een welhaast onbeperkte verscheidenheid aan invloeden die meespelen bij de keuze van "vorm en materiaal".

Ter illustratie enkele herinneringen uit eigen praktijk op uitvoeringsniveau.

Bijvoorbeeld toen tijdens de eerste Golfcrisis, van de snel groeiende vloot nieuwe mammoth-tankers enkele ervan explodeerden. Deze zijn zó groot dat een starre bouwwijze met twee rijen van bijvoorbeeld zeven ruimen, zoals bij conventionele tankers, niet meer mogelijk is en een elastisch concept wordt gevolgd met slechts één rij ruimen. Op de terugvaart, tijdens het schoonspuiten met een waterkanon, bleken in deze immense ruimen zich regelrechte onweersbuien te kunnen ontwikkelen.

Om tegenmaatregelen te evalueren moest in een barre omgeving de elektrische veldsterkte worden gemeten. Beschikbaar waren alleen kwetsbare elektrostatische lab-instrumenten en besloten werd een serie veldmeters te bouwen op het principe van de kwadrantelektrometer, echter met een draaiende vlinder om een wisselspanningsignaal te genereren.

De motor daartoe, op één meter afstand van het meetgedeelte -de stille invloed van het mooie getal!, moest wegens de wettelijke veiligheidseisen gasdicht zijn gesloten.

Een permanent-magnetische doorvoering in de roestvaststalen behuizing was mogelijk geworden met behulp van de net door Philips ontwikkelde Ticonal magneten; twee vierpolige "damsteentjes" gescheiden door een maximaal 0,3 mm dik wanddeel. Proefpersen met de verplichte overdruk zou deze doorvoer echter onklaar maken. De oplossing was om alleen te handelen in de geest van de wet en het proefpersen achterwege te laten!

Een probleem vormde de zeer snel draaiende aandrijf-as van een meter lang. Van alles geprobeerd: hol en massief, zacht en hard, richten en slijpen, steeds ontoelaatbare trillingen bij het proefdraaien -een mooi voorbeeld waar keuzes cijfermatig zouden zijn te optimaliseren.

Het is niet verstandig altijd "de beste man" in te schakelen om het onderste uit de kan te halen maar beter om, door het inzetten van normale middelen, opgefokte constructies te voorkomen. Als prototypes tot uitvoering komen, en een en ander moet opnieuw de helling op, dan zijn er nieuwe keuzes te maken. Hierbij blijkt, in contrast met het passingstelsel, dat alleen een gróót "tolerantieveld" van alle betrokkenen tot een betere "kwaliteit" voert. Op het niveau waar de voortgang van het

werk stopt wordt natuurlijk op de eerste plaats naar andere wegen gezocht.

Op een idee bracht ons de dunwandige, keurig rechte, rvs-capillair geleverd door Heraeus-Hanau. Met de chef van hun proevenwerkplaats had ik al eens contact gehad. Hij bleek zeer dunwandige buis nu ook met een diameter van 12 mm te kunnen extruderen en was ertoe te bewegen direct daarvan een paar lengten te maken. Zij kwamen netjes verpakt in een kist aan en voldeden na het inlijmen van eindassen meteen volledig.

Een niet geringe opgave werd wel het losweken van een ordebevestiging aan een informeel benaderde buitenlandse leverancier bij de inkoopafdeling.

Een onverwacht probleem vormde de elektrische verbinding met de draaiende as; steeds verdronk het signaal in de collectorruis. Het simpele druppeltje kwik als taatscontact was reeds door de naam kwik onbespreekbaar -en dan te denken aan de plassen kwik waarmee problemen bij contacten, meten, dichten, enz. vroeger werden opgelost.

Toevallig bleek dat een zekere ir. Have-man in zijn woning experimenteerde met edelmetaal-galvanotechniek en enthousiast was te maken om te proberen, met behulp van een door ons te leveren roterende opstelling, een sleeping van een gelijkmatige en harde platina-rhodium bedekking te voorzien.

De combinatie met goud-iridium borstels gaf ook na uren proefdraaien geen spanningsvariaties. De goudborstels werden gesloopt uit kleine integrator-motoren, een gelukkige keuze volgens het "criterium": duur moet goed zijn.

Hetgeen voorhanden is bepaalt in eerste instantie vrijwel altijd de keuze van materialen en onderdelen bij een "ook dat nog" project, zoals het project van de veldmeters was tussen de lopende lab-opdrachten.

Voor de extreem hoge isolatie-eisen was het teflon op tijd uit de hemel komen vallen; alleen zijn grote kruip was nog niet opgemerkt en zou later dan ook parten spelen.

De opbouw geschiedde volgens een nuttige regel voor onderzoeksinstrumenten die zegt: "zorg dat er aan alle kanten iets bij en tussen kan". Hier van kracht in verband met reparaties en eventuele modificaties, omdat er ook op tankers van de concurrentie zou worden gemeten.

Een huisregel: "buiten de deur, in proeffabrieken, geen boutjes dunner dan 1/4 inch"

Meer dan "systeem, vorm en materiaal"

werd alleen aangehouden bij de vele bekabeling en bedieningskasten aan dek. Daarentegen werd een beproefde instrumentmakersregel in acht genomen: "maak het instrument sterk en licht terwijl toch binnen het corset van de uitgetrokken manuren door finish en wat verfraaiing, de fragiele en dure indruk ontstaat die tot respect en voorzichtigheid dwingt".

Een aantal keuzes leent zich voor bewerking op de computer, zoals de numerieke keuzes voor "vorm en materiaal".

Het invoeren van de afmetingen en eigenschappen van materialen en componenten met hun beschikbaarheid in het eigen magazijn en zelfs elders, vindt reeds toepassing. Het computeriseren van immateriële items, zoals netwerkplanning en financiële armslag, heb ik al eens zien

mislukken alleen al omdat niet iedereen op tijd zijn informatie inleverde, niettegenstaande het inzetten van een overactieve figuur, die spoedig "Zoef de haas van de fabeltjeskrant" werd genoemd naar de bekende figuur uit de gelijknamige TV-serie.

Als programma's de relevante informatie voor het optimaliseren van "vorm en materiaal" maar gebruiksvriendelijk kunnen verwerken en oproepen dan zal de eigen PC bij de keuze van een systeem kunnen helpen.

Veel keuzes ontsnappen echter elke waarderingsschaal. Zij worden pragmatisch genomen op een niet eenvoudig begaanbaar pad dat loopt door bedrijfs- en financiële afdelingen, tussen opdrachtgevers met hun adviseurs, planners,

experts, constructeurs, tekenaars en makers.

De laatste man, de gebruiker, is dan veelal nog niet bekend en spookt alleen mee in de hoofden.

Lang voor een project begint is echter, misschien wel de belangrijkste keuze al gemaakt.

Precies!: De keuze van de personeelsafdeling. Het kiezen van medewerkers waarvan men kan verwachten dat zij buiten hun specialisme en feitelijke taak, zich ook in andere niveaus kunnen inleven en daar "hand en spandiensten" willen verrichten.

Kortom, dat zij kunnen samenwerken als "vorm en materiaal" in een optimaal "systeem".

Actueel

Nieuw project van Nederlands Instituut voor Lastechniek (NIL)

Microverbinden van metalen (kwaliteit van microverbindingen en laserverbindingen)

Dit project bouwt voort op de kennis en ervaring opgedaan in het eerder uitgevoerde FME/NIL project "Microverbindingstechnieken". De overdracht van kennis voortkomende uit dit FME/NIL project heeft plaatsgevonden tijdens een voorlichtingsdag op 15 mei 1990 en door het uitgeven van een vijftal voorlichtingsbladen.

Men spreekt van microverbinden van metalen, wanneer de kleinste afmeting van een der te verbinden delen kleiner is dan 1 mm. Bij plaatmateriaal is deze grenswaarde $\approx 0,5$ mm. Microverbinden wordt vooral toegepast in een tweetal industrietaakken, te weten: de fijnmechanische industrie en de elektronische industrie in zijn gehele omvang. Het totale aantal microverbindingen in Nederland kan geschat worden op 10^{12} per jaar. Het foutenpercentage kan afhankelijk van de toepassingen variëren tussen 0,001% en enige procenten.

Vooraf bij gemechaniseerde fabricage is het dikwijls moeilijk om blijvend te voldoen

aan de eis dat een verbinding een reproduceerbare goede kwaliteit heeft. Een juiste keuze van de verbindingstechniek en de daarbij behorende apparatuur is afhankelijk van de vorm, de afmetingen en het materiaal van de te verbinden delen.

In het kader van een IOP-programma, uit te voeren door het IPL-TNO en de Stichting Geavanceerde Metaalkunde (SGM), wordt reeds een procesgericht onderzoek uitgevoerd op het gebied van microverstandlassen en microbonden.

Door het Nederlands Instituut voor Lastechniek wordt in aanvulling daarop een onderzoeksprogramma uitgevoerd dat zich, wat de verbindingstechnieken betreft, beperkt tot het microlaserverbinden en zich verder richt op de kwaliteit van microverbindingen in het algemeen.

De doelstellingen van het voorgestelde onderzoek op het gebied van "laserverbinden" zijn de toepassingsmogelijkheden op drie voorgestelde gebieden te onderzoeken en de voorwaarden voor goede verbindingen vast te leggen.

De drie gebieden zijn:

- draadverbinden,
- folielassen,
- lasersolderen.

Wat betreft het programma "kwaliteit van microverbindingen" zijn de doelstellingen:

- Een inventarisatie van destructieve (D.O.) en niet-destructieve (N.D.O.) onderzoekstechnieken voor het testen van microverbindingen.
- Het bepalen van goede onderzoeksmethoden, destructief en niet destructief, voor het testen van de meest voorkomende typen microverbindingen.
- Het opstellen van praktische richtlijnen voor het gebruik van onderzoeksmethoden bij het testen van microverbindingen.

Het NIL onderzoeksprogramma, dat in een nauwe samenwerking met het IOP programma wordt uitgevoerd, zal bijdragen tot meer kennis en ervaring bij de industrie met betrekking tot de microlasertechnieken en tot de toepassing van destructief en niet-destructief onderzoek bij het testen van microverbindingen.

De aan het project deelnemende bedrijven zijn:

AGA-Gas, AMP, APA, CML, Delft Instruments, ECN, Ericsson Paging Systems, Haas Laser, Hymec, IPL-TNO, KEMA, Medtronic, Metaalgaasweverij Dinxperlo, Nedap, Océ-Nederland, Philips, SGM, Shell, Weld Equip.

Nadere informatie betreffende voorwaarden voor deelname aan het NIL project kan worden verstrekt door het NIL-bureau. Contactpersoon: ir. G.H.G. Vaessen, tel.: 055-493 642.

Werkplaatsinformatie

Toepassing van montage-instructies in de metaalindustrie

Het instituut voor Productie en Logistiek TNO in Apeldoorn (voorheen Metaalinstuut) start een project dat wil komen tot evaluatie en verbetering van montage-instructies in de metaalindustrie. Het instituut zoekt daartoe contact met bedrijven waar montage-instructies een belangrijke rol spelen.

Op assemblage gerichte bedrijven ervaren steeds vaker dat het beheer en het overdragen van informatie over 'HOE te assembleren' steeds complexer wordt. Dit vooral door de kleiner geworden productseries en het toenemend aantal produktvarianten. De 'montage-informatie' voor veel produkten blijft nog beperkt tot stuklijsten en/of samenstellingstekeningen. Deze zijn echter nauwelijks afgestemd op de montagetaak. De montage-instructies zijn bovendien vaak weinig toegankelijk, terwijl van een systematisch beheer nog nauwelijks sprake is.

De montage-problematiek komt in de bedrijven des te sterker naar voren door de groeiende aandacht voor kwaliteitszorg, de behoefte nieuwe medewerkers systematischer op te leiden en de wens de bestaande kennis doelmatig opnieuw te gebruiken.

Het Instituut voor Productie en Logistiek TNO (IPL) voert al geruime tijd onderzoek uit naar o.a. richtlijnen en methoden voor het verbeteren van de informatie-overdracht naar montagemedewerkers. Ook worden visualisatietechnieken en de mogelijkheden van CAD-systemen bestudeerd. Het is de bedoeling in een nieuw project toepassing en knelpunten van montage-instructies te evalueren met behulp van een checklist. Deze is mede gebaseerd op aandachtspunten uit eerder onderzoek. De checklist omvat o.a. de informatiebehoefte, vorm en gebruik van de instructie, de methode van vervaardigen en het beheer. De evaluatie in de bedrijven zal plaatsvinden via interviews met medewerkers betrokken bij de produktievoorbereiding en assemblage van machines, installaties en samengestelde componenten. Aan het onderzoek wordt meegewerkt door afstudeerders van de Noordelijke Hogeschool Leeuwarden.

Het project gaat half maart van start. Be-

drijven die aan dit onderzoek deelnemen ontvangen na afloop de rapportage daarover en worden uitgenodigd voor een eindpresentatie in juni. Aan deelname zijn geen kosten verbonden. Voor nadere informatie: IPL-TNO, Afdeling Produktietechnologie, ir. G.H. Tuinzaad, telefoon: 055-493 088.

Geavanceerd meetsysteem met waterpas voor onderhoud.

Voor het in opdracht ter plaatse uitvoeren van onderhouds-service aan gereedschappmachines gebruikt Stork-Mufac tegenwoordig een geavanceerd meetsysteem met waterpas.

Met dit volledig elektronische systeem wordt op een betrekkelijk eenvoudige wijze een goed beeld verkregen in de toestand van de machine, met name ten aanzien van mogelijke slijtage en afwijkingen in zijn geometrie.

Het hart van het systeem wordt gevormd door een elektronische waterpas-set, die in combinatie wordt gebruikt met een portable computer en speciaal voor dit doel ontwikkelde software. Met deze apparatuur kunnen on-line alle gewenste geometrie-metingen worden verricht. Alle daarbij verzamelde gegevens worden in het geheugen van de computer opgeslagen en direct na de laatste meting verwerkt. Vervolgens worden ze met behulp van een aangesloten printer in de vorm van duidelijke grafieken gepresenteerd. Vergeleken met de gebruikelijke meetmethoden beschikt men onmiddellijk over een volledig overzicht van de geometrie van de machine en kunnen - ondersteund door de adviezen van de inspecteur-gerichte acties worden ondernomen voor de uitvoe-

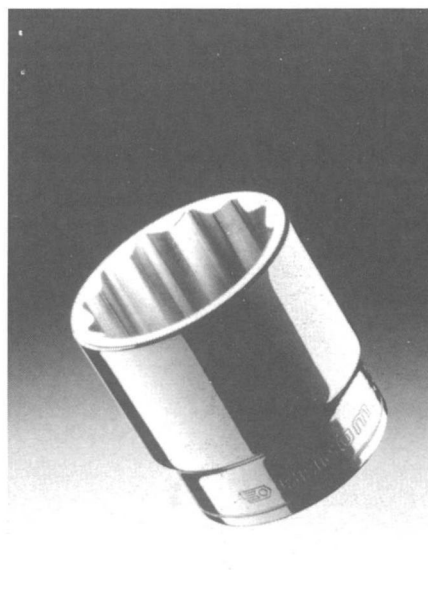
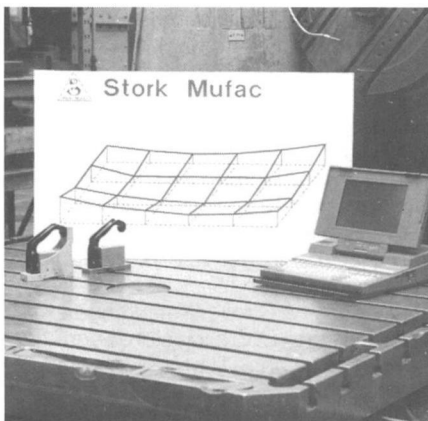
ring van het noodzakelijke onderhoud. Ook de stilstand van machines kan aanzienlijk worden teruggebracht.

Voor Stork-Mufac maakt het systeem deel uit van een uitgekende inspectiemethode, welke gericht is op een optimalisering van het toestandsafhankelijk onderhoud. Met dit systeem zijn intussen in tal van gevallen verbetering in de bedrijfszekerheid en forse besparingen op de machinekosten mogelijk gebleken.

Voor nadere info:
Stork-Mufac
Postbus 2079, 7550 CB Hengelo
Telefoon: 074-403 870

Nieuwe dopvorm voorkomt beschadiging boutkop

De Franse firma Facom introduceerde een opmerkelijke vernieuwing bij het gereedschap voor het bevestigen of losdraaien van de conventionele 6- en 12-kantsbouten. Bij de nieuwe dopvorm, met het zogenaamde OGV-profiel, waarop internationaal octrooi is aangevraagd, wordt de bout niet meer op de hoeken vastgehouden maar op de zijden. Hierdoor wordt de kracht die wordt uitgeoefend over een veel groter oppervlak van bout en dop verdeeld. Het voordeel van dit systeem betekent dat de koppen van de bouten niet meer worden beschadigd, het gereedschap een veel langere levensduur heeft en er zon-



Werkplaatsinformatie

der risico meer kracht kan worden uitgeoefend bij het vast- of losdraaien van de bouten. Momenteel biedt Facom dit nieuwe profiel aan op de meest gangbare serie doppen, serie S vierkant 1/2" in metrische maten. Het profiel kan zonder probleem worden gebruikt voor de traditionele bouten en Facom zegt deze verbetering zonder prijsverhoging te leveren.

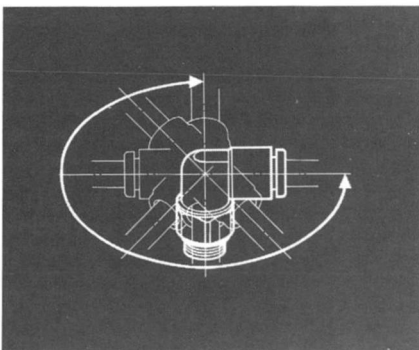
Ter introductie heeft Facom een speciale metalen cassette samengesteld met de volgende inhoud: dopsleutel S.151 vierkant 1/2", de meest gebruikte OGV-doppen en een set onmisbare accessoires: de verlengstukken en de cardan.

Voor uitvoerige info:
Facom Gereedschappen b.v.
Postbus 134
4130 EC Vianen
Telefoon: 03473-72334.

Instant-koppelingen met grote bewegingsvrijheid voor persluchtleidingen.

Om de nadelige gevolgen van overmatig buigen van kunststof-persleidingen te voorkomen heeft Legris een reeks compacte oscillerende instant-koppelingen ontwikkeld. De koppelingen verdraaien gemakkelijk en volgen de bewegingen als gevolg van verplaatsing van cilinders en machine-onderdelen probleemloos zonder dat de leiding tordeert. Dit is mogelijk door toepassing van twee vrijwel wrijvingsloze Rulon-ringen in het roterende deel van de koppeling, die tevens voor een goede afdichting zorgen. De nieuwe koppelingen kunnen zonder mechanische begrenzingen een oscillerende beweging van 0 - 27° maken. Bij een luchtdruk van 1 MPa (10 bar) en een temperatuur van 20°C kan men rekenen met een levensduur van 7 miljoen verdraaiingen en zijn voor zowel polyamide- als polyurethaanleidingen geschikt.

Met betrekking tot de toepasbaarheid geeft Legris aan dat de beweging van de pneumatische leiding bij voorkeur in het draaivlak van de leidingaansluiting dient

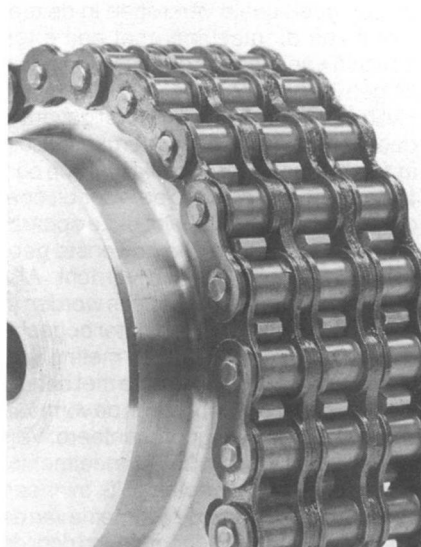


te liggen. Gebruik van spiraalleidingen wordt afgeraden. De koppelingen worden onder type-aanduiding LF-3000 serie 3259 en 3269 op de markt gebracht, zijn voorzien van BSP conische of cilindrische draad, of M5. Geschikt voor leidingdiameters van 4 tot 12 mm.

Voor uitvoerige info:
Legris b.v.
Postbus 74
1380 AB Weesp
Telefoon: 02940-80209

Kwaliteitserkenning

De fabrikant Arnold & Stolzenberg GmbH heeft als eerste in Duitsland voor A & S hightech rollenketting, in de sector aandrijftechniek, het certificaat van kwaliteitscontrole verkregen van Lloyds (volgens BS 5750 deel 2- TSO 9002-EN 29002. allen 1987).



Bovendien heeft A & S rollenketting de wereldwijd erkende Ford-Q-101 norm bereikt.

De rollen van de genoemde rollenketting worden in Duitsland door Arnold & Stolzenberg GmbH gefabriceerd volgens de bijzondere methode van koud extruderen. Hierdoor wordt een langere levensduur verkregen.

In Nederland worden de A & S rollenkettingen verkocht door MAK aandrijvingen B.V. in Amsterdam. Deze firma houdt zich al 60 jaar bezig met de verkoop van aandrijfcomponenten.

Naast de A & S rollenketting heeft MAK aandrijvingen B.V. exclusief de vertegenwoordiging van SITI producten (variators, wormkasten, haakse tandwielkasten), REHFUSS producten (motorreductoren,

wormkasten, tandwielwormkasten, riemvariators, frictievariators) en producten van vele andere fabrikanten.

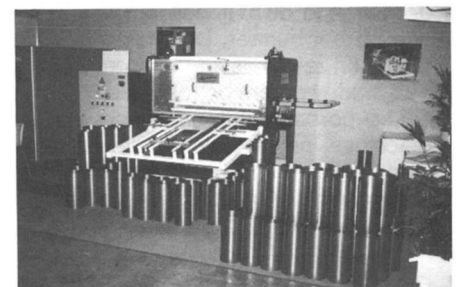
Voor meer informatie kunt u terecht bij:
MAK aandrijvingen B.V.
Postbus 8187, 1005 AD Amsterdam
Telefoon: 020-113810
Telefax: 020-119123

Nieuwe automatische plaatwalsmachine

Het Franse bedrijf Jammes ontwikkelde een opmerkelijke automatische plaatwalsmachine die een zeer hoge productiecapaciteit heeft. Per uur kunnen er 360 buizen mee gewalst worden. Voorbuigen en buigen vindt plaats in één beweging. Na de buiging bevindt de naad zich aan de bovenzijde; de buis kan axiaal afgevoerd worden voor eventuele verdere bewerkingen (o.a. lassen).

De bediening is zo simpel dat met ongeschoold personeel gewerkt kan worden. Met behulp van een stelwiel met gradenverdeling kan in enkele seconden op een andere diameter worden overgeschakeld. Met de machine kan staalplaat tot 8 mm dikte en 2 m breedte verwerkt worden; opmerkelijke punten zijn: precisie, stevigheid, gemakkelijk onderhoud en veiligheid. De walsmachine is ontworpen voor een directe koppeling met allerlei soorten lasapparatuur (MIG, MAG, TIG, puntlassen, enz.) en kan volledig opgaan in een geïntegreerd en volledig geautomatiseerd werkstation. Het toevoegen van een groot aantal opties wordt hierdoor mogelijk gemaakt: aanvoertafel voor de automatische aanvoer van het plaatstaal, automatische afvoer van buizen, koppeling met lasapparatuur, programmeerbaar automatisch werkstation, geheugenopslag van productieprogramma's, enz.

Voor uitvoerige info:
Stichting Frantech
Bureau Informatie Franse Technologie
Keizersgracht 276
1016 EW Amsterdam
Telefoon: 020-254736



LIJMEN SOLDEREN LASSEN

Walter Wuich
ISBN 9063760124

Het verbinden wordt in de moderne produktietechniek steeds belangrijker. Hierbij dient opgemerkt te worden dat in het kader van de technische vooruitgang en van de systematische ontwikkeling van speciale bewerkingsmethoden en -technieken, de grenzen van de toepassingen vervagen. Vroeger waren deze grenzen duidelijker en hadden de verschillende verbindingsmethoden hun eigen toepassingsgebied. Thans komt het bijvoorbeeld dikwijls voor dat machine-onderdelen worden gelijmd, die vroeger uitsluitend gelast werden. In dit licht is het dus zeer belangrijk de verschillende verbindingsmethoden niet los van elkaar te behandelen, maar om deze vergelijkend te beschouwen. Dit boek voldoet aan deze opvatting en behandelt de verbindingstechnieken lijmen, solderen en lassen met hun speciale voordelen en toepassingen "naast elkaar". Om het geleerde snel op te kunnen nemen, worden vele onderlinge afhankelijkheden met verhelderende grafieken toegelicht. Ter controle van de mate waarin de lezer zich de te bestuderen stof heeft eigen gemaakt, volgt na elke paragraaf een aantal opgaven. De oplossingen hiervan staan achter in het boek.

190 pagina's,
vele afbeeldingen,
merendeels in twee kleuren.

LIJMEN SOLDEREN LASSEN

Walter Wuich



de vey mestdagh

Markt 51 • 4331 LK Middelburg Nederland • Telefoon 01180-81240

Prijs

f 78,-

incl. BTW

Wij verzoeken u te leveren

ex. **LIJMEN, SOLDEREN, LASSEN**

Prijs **f 78,-** incl. BTW

NAAM

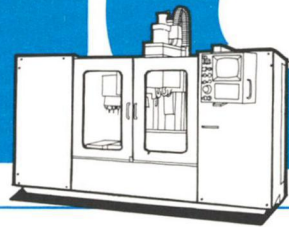
ADRES

KODE

PLAATS

Zenden aan
De Vey Mestdagh
Markt 51 • 4331 LK Middelburg Nederland

9^e EMO



Vertrek/Aankomst

Amsterdam-Parijs 07.20-08.35 uur

Parijs-Amsterdam 20.25-21.20 uur



Van 4 t/m 12 juni aanstaande zal te Parijs de 9^e Internationale Tentoonstelling van Gereedschapswerktuigen - 9^e EMO - worden gehouden.

Op een netto standoppervlakte van circa 180.000 m² zullen ongeveer 1.800 exposanten uit de gehele wereld hun machines, gereedschappen en toebehoren tentoonstellen.

Evenals bij vorige EMO's heeft uw vakblad Reisbureau Koudijs te Rotterdam verzocht een aantal arrangementen samen te stellen. Gezamenlijk zijn wij er in geslaagd een beperkt aantal 1^e klas hotelkamers in Parijs te reserveren.

In genoemde prijzen is, behalve vliegtickets vanaf Amsterdam en hotelaccommodatie te Parijs, inbegrepen:

- vervoer van luchthaven naar beurs vv.;
- bagagebehandeling;
- reisbegeleiding ter plaatse gedurende de gehele periode.

Hotel Chateau Frontenac
Hotel Bedford

2-daagse reis f 890,-
3-daagse reis f 1140,-
4-daagse reis f 1390,-

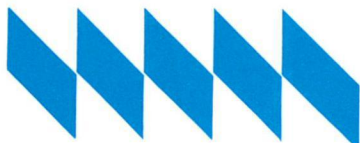
Toeslag éénpersoonskamer
in beide hotels f 170,- per nacht

verblijfsduur	vertrekdata			
	4	5	6	7
Dagreis	-	x	x	-
2-daagse reis	x	x	x	-
3-daagse reis	x	x	-	-
4-daagse reis	x	-	-	-

Snel reserveren is gewenst. Bel daartoe en ook voor verdere informatie (01180) 81240.

Extra
Dagreis per KLM f 595.-
op 5 en 6 juni

PARIS



de vey mestdagh

Markt 51 - 4331 LK Middelburg - Telefoon (01180) 81240



Rijksuniversiteit Groningen

RUG

De Rijksuniversiteit Groningen is een universiteit die kan bogen op een 375-jarige traditie. Met een compleet spectrum aan studierichtingen leidt de RUG zijn ruim 18.500 studenten op tot mr., drs. of ir. De RUG heeft een aantal onderwijs- en onderzoekscentra van topniveau en is sterk internationaal gericht. Jaarlijks vinden er zo'n 150 promoties plaats. De RUG heeft ruim 5.000 medewerkers.

Richt uw sollicitatie met curriculum vitae vóór 27 april a.s. aan:
Rijksuniversiteit Groningen,
afdeling Personele Zaken,
Postbus 72, 9700 AB Groningen.
Vermeld het vacaturenummer op de envelop én bovenaan uw brief.

De RUG nodigt met nadruk vrouwen uit om te solliciteren, vooral bij functies waarin zij ondervertegenwoordigd zijn.

Hoofd instrumentmakerij/ constructeur

(vac.nr. 910401/0988)

bij de **Interuniversitaire Werkgroep voor Astronomische Instrumentatie** gevestigd in de Kapteyn Sterrenwacht te Roden.

De werkgroep

De werkgroep is een interuniversitaire samenwerking van de universiteiten van Groningen, Leiden en Utrecht ten dienste van de gehele Nederlandse sterrenkunde. Doelstelling is de ontwikkeling van optische instrumenten voor gebruik op diverse internationale sterrenwachten. Het gaat daarbij vooral om de nieuwe sterrenwacht op de Canarische Eilanden (een Brits-Nederlands-Spaans project) en om de Europese Zuidelijke Sterrenwacht (ESO), die binnenkort begint met de bouw van 's werelds grootste optische telescoop (vier 8-meter spiegels). Instrumentele projecten worden meestal gefinancierd via contracten met deze en andere buitenlandse instanties en samen met externe partners gebouwd.

De werkgroep omvat 15 medewerkers bij de Sterrenwacht in Roden en een wisselend aantal medewerkers bij het sterrenkundig instituut van de Rijksuniversiteit Utrecht. De groep is interdisciplinair van samenstelling. De instrumentmakerij van de Sterrenwacht bestaat uit een hoofd en twee medewerkers en neemt een belangrijke plaats in binnen de werkgroep.

Een CNC-bestuurde freesbank en CAD werkstation zijn onderdelen van de instrumentmakerij; plannen worden gemaakt deze faciliteiten met elkaar te koppelen.

Taakomschrijving

- ontwerpen, bouwen en testen van hoogwaardige mechanische apparatuur voor toepassing in astronomische meetinstrumenten; zorg voor optimale integratie van de mechanische componenten met de andere onderdelen (optiek en elektronika) van deze instrumenten; in voorkomende gevallen fungeren als projectleider, en deelnemen aan installatie van instrumenten op sterrenwachten in het buitenland
- verantwoordelijkheid voor dagelijkse leiding, coördinatie en veiligheid in de instrumentmakerij; kwaliteitsbewaking, ook wat betreft werktekeningen en documentatie; opstellen van doelmatige begrotingen en plannings; zorg voor het machinepark onder andere met het oog op verdere ontwikkeling van CAD/CAM toepassingen
- samen met de andere technici en wetenschappelijke staf van de werkgroep participeren in research en ontwikkelingswerk voor nieuwe instrumenten
- onderhouden van contacten met technische afdelingen binnen de Rijksuniversiteiten in Groningen, Leiden en Utrecht en bij de radiosterrenwacht in Dwingeloo, en met projectpartners, leveranciers en afnemers in binnen- en buitenland.

Vereisten

- HBO-niveau, richting fijn-mechanische techniek of werktuigbouwkunde
- ruime praktijkervaring, ook op organisatorisch gebied; ervaring met CAD/CAM en CNC apparatuur is een voordeel
- goede beheersing van het Engels.

Salaris, afhankelijk van opleiding en ervaring, tot maximaal f 4.891,- bruto per maand.

Opmerkingen

Datum indiensttreding: zo spoedig mogelijk.

Nadere inlichtingen kunnen worden ingewonnen bij Dr. J.W. Pel, telefoon (05908) 19 631, of bij J. Kamp, telefoon (050) 63 40 73.

Werken aan de grenzen van het weten

AWF-Machinekaarten

Is uw productie optimaal georganiseerd?

Natuurlijk moet u op elk moment van elke dag heel precies weten hoe het staat met uw machinepark.

Het AWF*) kaartstelsel is daar onmisbaar voor, want het heeft voor elke machine een stam-, een onderhouds- en een smeerkkaart. Zo hebt u alles bij elkaar.

Het systeem telt ruim dertig kaarten en het kan ook dienst doen voor laboratorium-apparaten, kantoor machines, transportmiddelen enz.

Het is altijd goed om even na te gaan of uw voorraad blanco kaarten nog voldoende is en of alle machines en apparaten er in ondergebracht kunnen worden en er ook werkelijk in zitten.

■ Een goede controlemaatregel: laat een of meer proefstellen machinekaarten dan ziet u wat er allemaal of wat u er nog meer mee kunt doen.

*) Algemeines Werkerschaftverband Frankfurt, voor Nederland aangepast in samenwerking met het Centrum voor Metaalbewerking TNO.



de vey mestdagh

Markt 51 • 4331 LK Middelburg • Nederland • Telefoon 01180-81240

