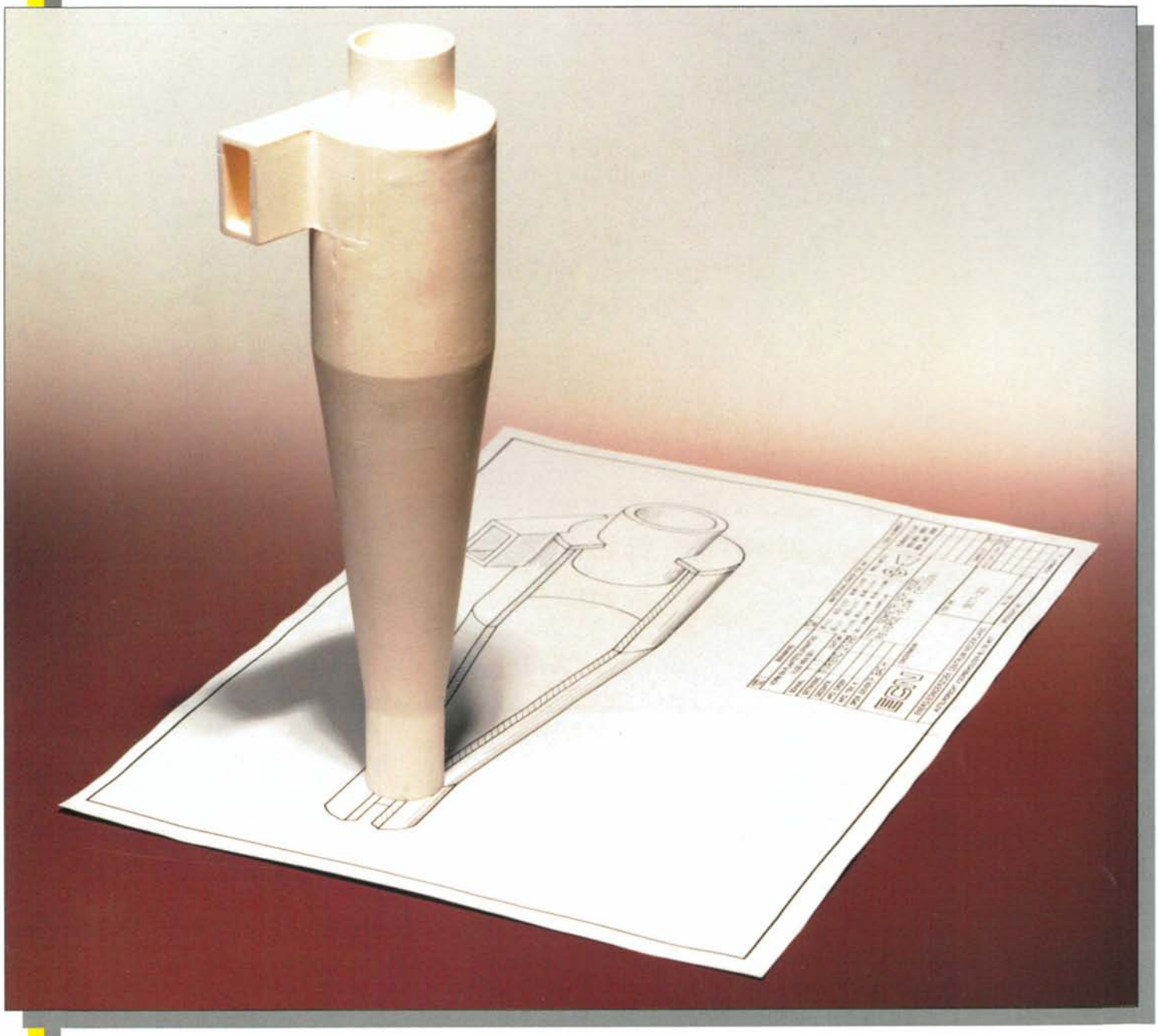
jaargang 33, nummer 3

Mikroniek

NVFT

VAKBLAD VOOR FIJNMECHANISCHE TECHNIEK



Construeren met keramiek – Schaublin

Hysteresis en microslib – Justeren

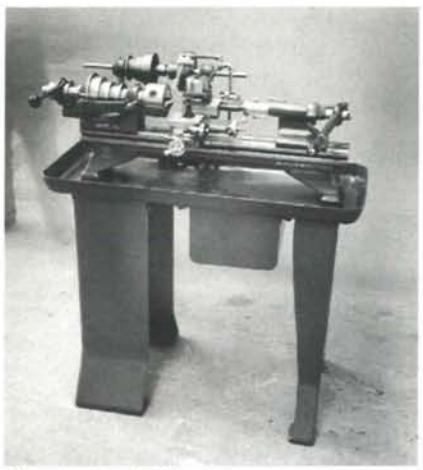
Infrarood positiesensor – Ruwheid

Kent U een ander woord voor "betrouwbaarheid en competentie" bij het meten van lengtes en hoeken?

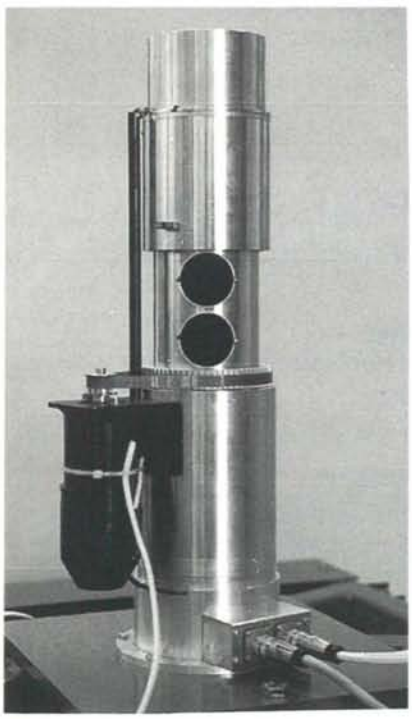
Informatie over al onze lengte- en hoekmeetsystemen ontvangt U van HEIDENHAIN NEDERLAND B.V., Tel.: (0 83 85) 4 03 00

HEIDENHAIN

In dit nummer



Zie pagina 74



Zie pagina 82

Zie pagina 88

63 Logische aanpassing
Editorial

64 Verenigingsnieuws/Actueel

70 Constructies voor het nauwkeurig bewegen en positioneren (12)
P.C.J.N. Rosielle, E.A.G. Reker, M.P. Koster

74 Schaublin
Harry Rutten

79 Oppervlakteruwheid: nader bekeken
M.A.J. van der Steen

82 IR-positiebepalingssysteem
Harry van der Schoot

86 Her en der: Justeren
Jaap Verkerk

88 Mechanische aspecten bij het ontwerpen construeren met keramiek
P.W.Bach

93 Produktinfo

Bij de foto van de voorpagina:
Keramische cycloon.
(Foto ECN.)

Biedt zich aan

RESEARCH INSTRUMENTMAKER

Zeer ruime ervaring als
instrumentmaker
in onderzoeksomgeving

Opleidingsniveau:
MBO instrumenttechnicus
met
Vacuümtechniek
electronica voor instrumenttechnici,
Optica en inleiding CAD

Persoonlijke eigenschappen:
Serieus, zelfstandig,
doorzettingsvermogen

Gezocht:
Baan op vakgebied

Reacties:

050-266408 (privé)
050-632518 (werk)

DIAMANT + BORAZON GEREEDSCHAPPEN

ROSSCO DIAMOND TOOLS

ROSS
DIAMOND B.V.

Postbus 201, 7480 AE
Industriestraat 75,
7482 EW Haaksbergen
Tel. 05427 - 24183
Fax 05427 - 29922.

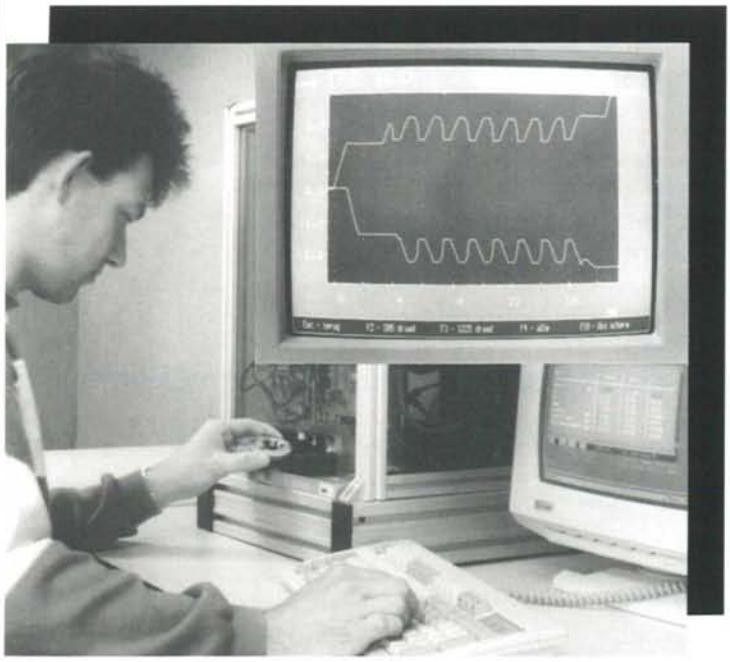
- slijpschijven
- slijpstiften
- afritsdiamanten
- vijlen
- beitels
- polykristallijne gereedschappen
- galvanische gereedschappen voor de polyester bewerking
- speciale gereedschappen volgens tekening
- optische bewerkingen

LOG-O-MATIC
- universeel en CNC vlak-, rond-, binnen- en profielslijpmachines voor hardmetaal, glas, keramiek, moeilijke staalsoorten enz.
- speciaalslijpmachines.

KW-ABRICHTTECHNIK
- profiel- afritsapparatuur in vele uitvoeringen en voor elke slijpbewerking, óók latere aanbouw op vrijwel elke (oudere) slijpmachine. Standaardapparatuur voor CNC slijpmachines of CNC apparatuur voor universeel slijpmachines.

ERODA
- CNC zink- en draadvonkmachines met geavanceerde besturingen.

DE NIEUWE SCHROEFDRAADMEETMACHINES VAN IAC
MAKEN HET ONMOGELIJKE NU TOCH MOGELIJK



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

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

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

Presentatie op beeldscherm of printer.

Neem contact op met de UITVINDERS.

IAC
MEET BEDRIJF VOOR DE INDUSTRIE

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

Editorial

Logische aanpassing

Hoewel er de laatste jaren minder spectaculair nieuwe technologieën op de markt zijn verschenen schrijdt de techniek toch met rasse schreden voorwaarts, wat leidt tot hogere produktiesnelheden, grotere nauwkeurigheden en nauwere toleranties. In veel gevallen wordt dit bereikt door een integratie van technologieën en of technieken.
Ook in de fijnmechanische techniek is het vandaag praktisch onmogelijk oplossingen te vinden voor moeilijke technische problemen zonder dat er combinaties van technieken, plaatsvinden, waarbij optiek, sensoren en elektronica een rol spelen. In onze vereniging zien we dan ook nieuwe leden verschijnen, die meer en meer uit andere disciplines voortkomen en bij ons aansluiting zoeken omdat onze vereniging hen de mogelijkheid biedt met vakbroeders voor de diverse gebieden van gedachten te wisselen.
Wij achten dit een gunstige ontwikkeling voor de vereniging; het betekent een verbreding en hier en daar ook een verdieping van ons vakgebied.
Uit de inhoud van Mikroniek kunt u opmaken dat deze ontwikkeling reeds ver gevorderd is.
Het bestuur acht het dan ook wenselijk ook in de naam van onze vereniging het aspect van een zich verbredende fijnmechanische techniek tot uiting te laten komen. Daarbij vinden wij dat de bij de vier letters N.V.F.T. behorend identiteit onaangetast moet blijven.
De verbreding komt dan ook tot uiting in het toevoegsel:

Nederlandse Vereniging Precisie-Technologie.

Ir. F.W. Ridderhof.
Voorzitter NVFT

Nederlandse vereniging voor precisie-techniek

Uitgave:
NVFT

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

Redactiesecretariaat:
Mikroniek
Postbus 80.004, 3508 TA Utrecht
Telefoon: 030-531 710 / 531 639

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

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

Abonnementen:
Mikroniek
J. Verkerk
Postbus 80.004, 3508 TA Utrecht
Telefoon: 030-531 710 / 531 639
Fax: 030-522 267
Abonnementskosten Mikroniek:
Nederland ƒ100,-- per jaar
Buitenland ƒ125,-- per jaar
Alle prijzen excl. BTW

Secretariaat NVFT
Postbus 6367, 5600 HJ Eindhoven
Telefoon: 040-473 659; Fax: 040-460 645

Vormgeving:
Jurriaan Bol Design, Son

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

Mikroniek verschijnt zes maal per jaar
© Niets van deze uitgave mag overgenomen of vermenigvuldigd worden zonder nadrukkelijke toestemming van de redactie.
ISSN 0026-3699

DC Motor Controller board

+

DC Mike Drive

=

PRECISIE POSITIONEREN

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

PHYSIK INSTRUMENTE

is uw partner

Laat u uitnodigen tot een oriëntatie.

Voor uitgebreide informatie en produktkatalogus:

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

APPLIED **LASER** TECHNOLOGY

main supplier

GROOT IN HET KLEINE

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

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

micro ★ montage

Postbus 3108 - NL 3760 DC SOEST - Holland

Pinzbohr
Zeer stabiel
Uitstekende prestaties
Grote sortering
Kotteren tot max. 500 mm ∅

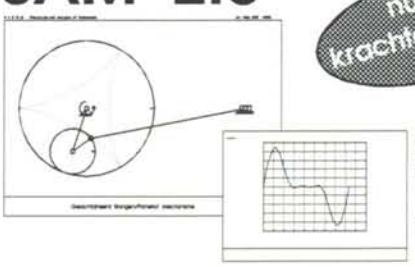
Mecatécnica
Ook NC-ronddraaitafels
Universele- en
half universele
verdeelkoppen

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

Mechanismen Analyse op de PC

SAM 2.0

nu ook krachten-analyse



Gebruikersvriendelijke analyse van willekeurige stangen- en planetaire mechanismen

v.a. hfl. 599,-

ARTAS - Technical Application Software Het Puyven 162 * 5672 RJ Nuenen * tel/fax 040-837562

Adverteren in

Mikroniek

bel Buro Jet bv

tel: 070 - 3990000
fax: 070 - 3902488

Verenigingsnieuws / Actueel

Regionale werkgroep Amsterdam

Thema-avond op 14 september a.s. met als onderwerp: Stereolithografie, door heer Slaats (Philips te Eindhoven).
De theorie van deze materiaalgroeitechniek zal worden uitgelegd en geïllustreerd aan de hand van enkele produkten die met deze methode zijn vervaardigd.
Aanvang 20.00 uur.
W en N gebouw Vrije Universiteit, de Boelelaan 105, Amsterdam.

Regionale werkgroepen Amsterdam-Leiden

Themadag Fijnmechanische constructies

Een informele ontvangst op de bekende stek van het Academisch Ziekenhuis RU-Leiden, deed denken aan een vertrouwde Regio-bijeenkomst. Temeer omdat Gerard Verschragen, gelukkig weer hersteld, gastheer was.
Maar deze "Themadag", op 24 januari 1993, geheel verzorgd door ir. Brinkgreve en ir. Rosielle TU Eindhoven, had een ander karakter. Na hun optreden in de overige Regio's, was het in Leiden nu de laatste keer dat beiden een college "Fijnmechanische constructies" brachten.
Hun reeks vormde de eerste "Basisactiviteit", zoals het NVFT-Bestuur zich in 1992 voornam deze op gezette tijden, bij toerbeurt voor alle Regio's, te organiseren. De praktijk-gerichte regiobijeenkomsten, met "horizontale" informatie, door voordrachten over eigen werk en excursies, zouden met deze "basisactiviteit" gecomplementeerd kunnen worden door bijeenkomsten met "verticale" informatie over academische ontwikkelingen.
Deze doelstelling is met de nu afgesloten reeks niet alleen bereikt, maar door overvloedig demonstratiemateriaal en het verstrekken van een volledige schriftelijke documentatie, tevens een voorbeeldfunctie gegeven.
Niet het minst door de inspirerende inzet van ir. Rosielle.
"Education permanente" op z'n best!

H. Heubers.

Ledenvergadering

De 6e Algemene Ledenvergadering NVFT werd gehouden op 1 april 1993 in het congrescentrum van de RAI. Voor deze vergadering hadden zich 76 leden ingeschreven.
Wegens ziekte van de voorzitter, ir. F. Ridderhof, wordt de vergadering geleidt door de vice-voorzitter ir. J. Vermeulen. In zijn openingswoord gaat hij kort in op de ontwikkeling van het ledental dat het afgelopen jaar met 11% gestegen is. Tevens dankt hij iedereen die aan de inrichting van de NVFT-stand op de tentoonstelling Elektronics '93 heeft meegewerkt.
Het bestuursvoorstel tot het benoemen tot erelid van ir. S. van de Graaf, hoofd van de redactie van Mikroniek sinds 1980, wordt met algemene stemmen aangenomen.

Over het verslag van de ALV zijn de volgende afspraken gemaakt: Een verkorte versie wordt opgenomen in Mikroniek. Het volledige verslag wordt automatisch toegezonden aan de degenen die zich voor de volgende ALV aanmelden, verder wordt het toegezonden na aanvraag bij het secretariaat.
De contributies voor 1993 zijn als gevolg van kostenstijging en inflatie met 6,5% verhoogd.

Bestuurssamenstelling

Na herkiezing van de aftredende bestuursleden ziet het de samenstelling van het bestuur er als volgt uit: Ir. F. Ridderhof (voorzitter), ir. G. van Drunen (secretaris), H. Baeten (penningmeester), ing. H. Akkerman, prof. dr. ir. F. van Beek, dr. ir. J. Verkerk, ir. J. Vermeulen.
Kandidaten voor bestuursfuncties zijn welkom.

Het afgelopen jaar

De voorgenomen manifestatie FMT'93 is uitgesteld wegens tijdgebrek. In plaats daarvan is gekozen voor een combinatie van de ALV met Elektronics '93 om daarmee op de "brede basis" in te spelen.
De eindverslagen van de activiteiten van het Mechatronica Platform, waaraan de NVFT ook heeft deelgenomen, zijn beschikbaar. Met de Regionale Werkgroepen worden momenteel voorbereidingen getroffen om de Mechatronica als basisactiviteit te gaan voeren.
Maart j.l. is de contactdag van het bestuur met de Regionale Werkgroepen gehouden, waarbij vernieuwing van de activiteiten en een aangepaste (andere) naamgeving als conclusies uit naar voren kwamen.
Contacten met andere verenigingen worden onderhouden, maar hebben nog niet tot structurele samenwerking geleid.
Het publiceren van de ledenlijst is van belang voor het vergemakkelijken van de contacten tussen de leden. Leden die daar niet op gesteld zijn kunnen dit kenbaar maken bij het secretariaat, dat ervoor zal zorgen dat ze niet meer in de lijst worden opgenomen.
De financiën ontwikkelen zich positief, waardoor een kleine buffer kon worden opgebouwd voor onvoorziene omstandigheden.
Mikroniek ondervindt een stijgende belangstelling, zowel bij abonnees als adverteerders. De artikelen worden geschreven door leden die de technische nieuwtjes in hun omgeving op deze wijze ook aan de anderen bekend maken. De redactie ontvangt dergelijke "nieuwtjes" en artikelen graag en doet bij deze een oproep om ze in te sturen.
Tevens werd een overzicht gegeven van de activiteiten van de Regionale Werkgroepen, waarvan regelmatig aankondigingen en verslagen in de rubriek Verenigingsnieuws van Mikroniek staan.

Mikropool

Met ingang van 1993 zijn aan deelname aan de Mikropool geen extra lid-

maatschapkosten verbonden. De deelnemende bedrijven en instellingen werken aan een structuur waarbij een eenvoudige uitwisseling van kennis, technieken en materialen tussen twee deelnemers tot stand gebracht kan worden. Van de zijde van de bedrijven is een toenemende belangstelling te bemerken.

Trends in de fijnmechanische techniek
Bestuurslid Van Beek schetste in een boeiende voordracht de ontwikkeling in het vakgebied van de fijnmechanische techniek aan de hand van een groot aantal voorbeelden. De in het verleden voorspelde toename van de nauwkeurigheid blijkt grotendeels gerealiseerd, zodat een voortzetting in de toekomst waarschijnlijk lijkt. Alle gerealiseerde bijzondere constructies, groot of klein, hebben gemeen dat een hoge nauwkeurigheid wordt gerealiseerd. Kort samengevat: precisie is het kenmerkende van het vakgebied van de fijnmechanische techniek. Steeds meer zijn naast de mechanica de elektronica (mechatronica) en de optica van grote betekenis.
Dit terugkoppelend op de naamgeving van de NVFT en de engelse naamgeving die we reeds gebruiken ligt het voor de hand.
Een voorstel om de afkorting NVFT te handhaven met als toevoeging "Nederlandse vereniging voor precisie-technologie" krijgt de meerderheid van de stemmen. Het bestuur neemt op zich deze aanpassing in de naamgeving uit te voeren.
De vergadering en de daarop volgende lunch verliepen in een geanimeerde sfeer. Daarna was de mogelijkheid de beurs te bezoeken. Veel belangstelling trok het themaplein waar de prijswinnaars van de Mechatronics Trophy en de Elektronics Trophy hun (fijnmechanische) produkten demonstreerden.

Regionale werkgroep Leiden

Verslag van de activiteiten in 1992
• Regioavond 6 mei 1992 met de onderwerpen "Optical disc mastering" en "Microgolftrilholtes".
- Optical disc mastering; spreker ing. E.J. Mulder (Philips).
Op heldere wijze werd ingegaan op de wijze waarop een masterdisc is gemaakt met een baannauwkeurigheid van 15 nanometer. Om dit te realiseren was meer dan gedegen kennis van de fijnmechanische techniek noodzakelijk en een mechatronische aanpak. Dit hield in dat nauw samengewerkt is met de vakgebieden elektronica, optica, fysica en chemie.
De hoge gevraagde nauwkeurigheid vereiste een grote mechanische stabiliteit van het ontwerp (gebouwtrillingen liggen al gauw in de buurt van 40 nm!). Als basismateriaal van het apparaat is graniet toegepast vanwege het stabiele temperatuurgedrag en de vormvastheid. Voor de translatie van de verschillende componenten zijn wrijvingswielen toegepast, oppervlakte afwerking 0,2 µm. Via de elektronische besturing werd een nauwkeurigheid van 10 nm bereikt bij een overbrengverhouding van 1 : 1000 met een geleverd koppel van 400 Nmm. Het objectief voor de laserbundel werd luchtgelagerd uitgevoerd; maximum spleet tussen de bundel en disk was 7 µm. Verder is in het kort nog ingegaan op de fabricage van Master Disk tot CD: het fotochemische en galvanische proces en het vele wat daarmee samenhangt.
Het onderwerp sloeg goed aan en sprak tot de verbeelding van de hedendaagse en toekomstige fijnmechanici.

- Microgolftrilholtes; spreker de heer J.A. Disselhorst, Huygens Laboratorium RU Leiden.
Deze trilholtes worden toegepast bij molecuulspectroscopie, bij extreem lage temperaturen (vloeibaar helium). Voor het goede begrip werden eerst de eigenschappen van staande en lopende golven gehandeld. Gebruikt worden staande golven; deze reflecteren en lopen in fase.
Diverse golfgeleiders werden vervolgens besproken, waarbij het vooral ging om de rechthoekige geleider -in het bijzonder om een flexibele uitvoering- en het ontwerpen van koppelingen met de juiste impedantie. Ook werd een aantal trilholtes behandeld.
Om de eigenschappen van trilholtes en de ermee verbonden golfgeleiders te controleren is het meten een zeer belangrijk onderdeel van de ontwikkeling.
Vanwege de lage temperatuur moesten nogal wat hindernissen overwonnen worden.
Tot slot werd het microgolfmengpaneel besproken waarvoor ook weer veel denkwerk en ervaring nodig was.
Met een aandachtig oog werden na de voordracht de diverse onderdelen ter hand genomen (aan discussie geen gebrek).
Al met al een bijzonder geslaagde, leerzame avond.

· Regio thema-studiemiddag 14 oktober 1992 met als
onderwerp: kwaliteitscertificatie volgens NEN ISO 9000-9002, toegespitst op fijnmechanische bedrijven. Aanwezig 75 mensen. Het onderwerp was in drie delen gesplitst: een bedrijf dat het certificaat wil behalen, een gecertificeerd bedrijf en de instantie die op basis van de NEN ISO-normen de certificatie verricht; voor elk deel was een spreker uitgenodigd.

- Het eerste deel "een bedrijf dat een certificaat wil behalen" werd behandeld door ing. J. v.d. Berg van Instrumek, een bedrijf dat zich bezighoudt met composieten en een eigen ontwikkeling heeft. Het doel was NEN ISO 9001, maar dat bleek wat hoog gegrepen, zodat men zich in eerste instantie heeft gericht op ISO 9002.
Een extern begeleider werd aangetrokken, waarna is begonnen met het opstellen van het handboek dat alle procedures vastlegt: voor de organisatie, meetkamer, tekenkamer, administratie, logistiek, enz., dus voor alle bedrijfsonderdelen die van belang zijn voor de uiteindelijke produktkwaliteit.
Dit vraagt veel tijd, in september 1992 werd gehoopt voor driekwart klaar te zijn. Het kost ook geld, onder andere voor de begeleider, voor cursussen, voor veel overleg.
Men is er zeer van doordrongen dat, wil men tot resultaten komen, iedereen in het bedrijf er achter moet staan, wat maakt dat vele drempels overwonnen moeten worden.

- Het tweede deel "een gecertificeerd bedrijf" werd behandeld door ing. R. van Groningen van de firma Brandt, een bekent toeleveringsbedrijf (geen ontwikkeling). Reeds in 1983 werd NEN ISO 9002 verkregen. In het handboek zijn procedures (normen) vastge-

legd voor onder andere het maken van offertes, de meetkamer, ingangskeuring, beproevingsstadium, registreren van produktafwijkingen, corrigeren, kwaliteitsregistratie, verpakking, produktcertificering bij orderaflevering; ook het kalibreren van machines en meetmiddelen is omschreven. Deze procedures zijn een dynamisch geheel, ze zullen blijven veranderen en ten goede bijgestuurd worden. Ook hij benadrukt dat het gehele proces slechts slaagt als iedereen in het bedrijf er achter staat.
Bij de certificering moet men niet teveel aan de bedrijfsfilosofie veranderen, alles moet niet ineens veranderen. Men moet het niet als een belasting zien maar meer verantwoording van het produkt en aan de klant, dit alles ten gunste van het eigen bedrijf. "Ons bedrijf streeft steeds naar kwaliteitsverbetering, door middel van goed werkoverleg".

- Het derde deel "de instantie die de certificatie verricht" werd behandeld door ing. W. Domselaar van de KEMA. De KEMA is de instantie die in Nederland de taak heeft de certificatie volgens de NEN ISO 9000 normen te verrichten en de nalevering van de in elk handboek opgenomen normen te controleren. De diverse NEN ISO 9000 normen worden besproken; dit zijn
NEN ISO 9004: Keuren, beproeven en kwaliteit
NEN ISO 9003: Keuren, beproeven en bedrijfsorganisatie
NEN ISO 9002: Keuren, beproeven vervaardigen en nazorg
NEN ISO 9001: Keuren, beproeven, ontwikkeling en nazorg.
De spreker wijst erop dat deze kwaliteitsnormen op zeer veel activiteiten toegepast kunnen worden, bijvoorbeeld 9003 voor de ontwikkeling van software, 9002 voor dienstverlening, 9004 voor opleidingsinstituten.
Een certificeerprocedure loopt als volgt: aanvraag -vooronderzoek - vaststelling certificeerbare onderwerpen - contract - certificaat. Het laatste is aan controle onderhevig door de keuringsinstantie. Een goed beseffen van de kosten is belangrijk en zal de nodige aandacht vragen. Er wordt op gewezen dat voldoen van een produkt aan een NEN ISO norm niets zegt over zijn nauwkeurigheid, maar wel dat het voldoet aan de afspraken en specificatie, dat het produkt beschreven is en onvolkomenheden te achterhalen zijn en gemeld moeten worden aan de opdrachtgever.

W.C. Bauer.

Glastechnologie

Op 29 april j.l. organiseerde het Mikrocentrum te Eindhoven een themadag "Glastechnologie". In een aantal boeiende voordrachten gaven de sprekers aan dat glas tegenwoordig een belangrijk contructiemateriaal kan zijn. Het wordt niet alleen toegepast in de optica, laboratoria en huishoudens, maar het wordt steeds meer als constructiemateriaal voor zeer nauwkeurige produkten gebruikt in de fijnmechanische techniek. Metname de speciale nieuwe keramieksoorten die geen of nauwelijks enige uitzetting hebben bij temperatuursveranderingen.

Uit de inleiding van Dr. U. Bierman (voorzitter van de Nederlandse Vereniging voor Glastechniek) bleek dat de eigenschappen van glas en glas-keramiek een goede aanvulling vormen op de materialen die in de fijnmechanische techniek worden toegepast.

Binnenkort zullen in Mikroniek een tweetal artikelen verschijnen: "Selectiecriteria voor glas en keramiek in constructies" door ing. J. Vervest en "Het vormgeven van glas met chemische etstechnieken" door dr. ir. G. Spierings.

MECHATRONICA: dicht erbij

Studiedag op 21 september a.s. georganiseerd door de Hogeschool Utrecht. Aanleiding is het 40-jarig bestaan van de post-HTO cursus Fijnmechanische techniek / Mechatronica en het 20-jarig bestaan van de dagopleiding FMT.
In het bijzonder wordt aandacht geschonken aan het invoeren van Mechatronica in het midden- en kleinbedrijf. De dag staat onder leiding van Dr. ir. J.A. Rietdijk, voorzitter van het Mechatronica-platform.

LASER 93

De beurs LASER 93 wordt te München gehouden van 21 t/m 25 juni.
Op deze beurs kunnen de bezoekers in de gemeenschappelijke stand van de firma's TRUMPF en HAAS de mogelijkheden vergelijken van CO2- en vastestof lasers voor het snijden van metalen. TRUMPF GmbH & Co is een leidende fabrikant van lasersystemen en CO2-lasers voor de metaalbewerking. Sinds juli 1992 is TRUMPF voor een aandeel van 40% eigenaar van HAAS, welke onderneming leidend is op het gebied van de vastestof lasers.
Tevens worden een tweetal nieuwe ontwikkelingen getoond: een hoogvermogen laser voor het lassen van dikke plaat en een hoogvermogen vastestof laser met laserlichtgeleider.

Vakbeurs Electronics 93

De vakbeurs Electronics 93, die van 30 maart tot en met 2 april plaatsvond in de RAI in Amsterdam, heeft een hoog waarderingscijfer gescoord. De bezoekers gaven de vakbeurs voor industriële elektronica het schoolcijfer 7,4.
Electronics trok 11.423 bezoekers, in 1991 waren dat er nog 15.083.
Vooralsnog ziet het er naar uit dat per bedrijf minder bezoekers werden afgevaardigd dan voorheen, als gevolg van de economische situatie van dit moment. Vooral de grote bedrijven, die voorheen met veel medewerkers per bedrijf naar Amsterdam kwamen, beslisten dit keer veel doelgerichter over het beursbezoek.

Electronics ging vergezeld van een groot aantal seminars. Deze zogenaamde "technologie-ochtenden" trokken gemiddeld tussen de 100 en 125 bezoekers. Een van de aandachttrekkers op de beursvloer was het paviljoen "Trends in Electronics", met veel aandacht voor elektronica- toepassingen.
In het kader van Electronics werden twee prijzen uitgereikt: de Electronics Trophy en de Mechatronics Trophy. De Mechatronics Trophy, bedoeld voor een bedrijf dat een bijzonder mechatronisch produkt op de markt brengt, ging naar het bedrijf Te Strake bv uit Deurne voor het ABS TE systeem voor

weefmachines. Dankzij dit systeem worden tot voor kort ongekende weefsnelheden gehaald.

De Electronics Trophy 93 was voor de student H.K. van der Schoot van de faculteit Werktuigbouwkunde van de Universiteit Twente. Hij kreeg de prijs voor een absoluut plaatsbepalingssysteem voor een mobiele robot ("de ogen van de robot").

Licht herstel in Instrumentenbranches

Zowel de omzetgroei als de groei van de orderontvangsten blijken in de instrumentenbranches in 1992 iets groter te zijn geweest dan in 1991 ten opzichte van 1990. Met 3,1% omzetgroei en 4,4% meer aan orderontvangsten liggen de cijfers echter niet of nauwelijks boven het inflatiecijfer over 1992 van 3,7%. In 1990 groeide de instrumentenomzet nog 8,8%, in 1991 2,8%, terwijl in 1992 met 3,1% een licht herstel zich aftekende. Dit blijkt uit de resultaten van het trendonderzoek dat de Federatie Het Instrument elk kwartaal uitvoert.
De Federatie Het Instrument is de overkoepelende organisatie van de Nederlandse branche-organisaties voor industriële elektronica (omzet 2,1 miljard), industriële automatisering (omzet 2,9 miljard), laboratorium technologie (omzet 1,7 miljard) en medische technologie (omzet 1,0 miljard). Een organisatie met totaal 750 aangesloten ondernemingen met een gezamenlijke omzet van ruim 7,5 miljard gulden.
Uit het onderzoek blijkt verder dat de verwachting ten aanzien van de toekomst nu bij minder bedrijven positief is dan in het eerste kwartaal van 1992.
• Industriële elektronica
Waar de omzet in 1991 met 11,9% was gegroeid, is deze in 1992 slechts 5,8% geweest.
Een steekproef uit de ruim 180 lidbedrijven van deze branche-vereniging wijst uit dat de verwachtingen voor 1993 niet al te hoog gespannen zijn: 35% verwacht groei en 40% een daling van de orderontvangst.
• Industriële automatisering
Hierin was de omzet in 1991 gegroeid met 0,6% en in 1992 met 1,8%, dus minder dan de inflatie.
De toekomstverwachting van de 235 lidbedrijven in deze branche is zeer gematigd: 47% van hen verwacht een stabilisatie in 1993.
• Laboratorium-technologie
Met in 1992 een omzetgroei van 6,6% en een toename in de orderontvangst van 7% is er sprake van een licht herstel ten opzichte van het dieptepunt 1991.
De meeste van de 235 lidbedrijven in deze branche (56%) verwachten in 1993 te groeien.
•Medische technologie
Zowel de omzet (-5,1%) als de orderontvangst over 1992 liepen duidelijk terug; met 5,3%.
De meeste van de 90 lidbedrijven verwachten voor 1993 toch weer een groei van de orderontvangsten.

PUBLICAT ® 1993

Het Nederlands Instituut voor Lastechniek heeft de jaarlijkse uitbreiding van het lastechnische literatuurindex programma PUBLICAT® vrijgegeven voor de verkoop. PUBLICAT® 1993 is tweemaal zo uitgebreid als de eerste - 1992 - editie. De snelle index voor het opzoeken van literatuurgegevens met gebruikmaking van "lastechnische" sleutelwoorden, is bijgewerkt tot 31 december 1992 en bevat nu de volgende bronnen:

- alle publikaties in LASTECHNIEK® vanaf 1-1-1982;
- alle NIL-eindrapporten van onderzoeksprojecten vanaf 1-1-1981;
- alle NIL/FME voorlichtingsbladen vanaf 1-1-1978;
- alle afzonderlijke referaten van NIL en BIL voorlichtingsdagen vanaf 1-1-1981;
- alle publikaties in het Belgisch LASTIJDSCHRIFT vanaf 1-1-1981;
- alle publikaties in het IIW-blad "Welding in het world" vanaf 1-1-1982.

In totaal betekent dit voor de 1993-uitgave van PUBLICAT® 1277 titels(!) die zijn geïndexeerd op 802 vaktermen en 771 auteursnamen. De index is een onmisbaar hulpmiddel voor iedereen die wel eens op zoek is naar publikaties over een of ander lastechnisch onderwerp. (De uitbreiding van het programma wordt geleverd als een zelfstandig pakket; er is dus geen sprake van een software-update).
Het pakket is geschikt voor toepassing op een standaard IBM-compatible personal computer onder MS/PC DOS. De enige eis is de aanwezigheid van een harde schijf. De standaard levering vindt plaats op 3" inch diskette.
PUBLICAT® 1993 is schriftelijk te bestellen bij het NIL en kost *f* 75,= excl. BTW en verzendkosten.

Voor nadere informatie:
Nederlands Instituut voor Lastechniek
Telefoon: 071 - 611 211.

Centrum voor materialen onderzoek (CMO)

Op donderdag 22 april j.l. is het Centrum voor Materialen Onderzoek (CMO) aan de Universiteit Twente (UT) officieel geopend. Het centrum functioneerde al sinds 1985 als werkgroep en kreeg in april 1992 erkenning als interfacultair onderzoeksinstituut.
CMO bestrijkt het hele traject van fundamenteel onderzoek tot aan de toepassing. Dit past bij de aan de UT gangbare opvatting over wetenschapsbeoefening. Het centrum is multidisciplinair en specialiseert zicht op *mesoscopische materialen*. Dit zijn materialen waarvan de eigenschappen worden bepaald door structuren van één tot duizend nanometer. Binnen die specialisatie kiest het CMO vooral twee zwaartepunten: de "Nanotechnologie" en "Dunnefilm-technologie".

Bij haar werk zal CMO veel profijt hebben van de nieuw analytische transmissie elektronenmicroscoop. Deze is aangeschaft door de UT met steun van de provincie Overijssel en bemiddeling van Philips. Bij de aanschaf is bewust gekozen voor een instrument dat breed inzetbaar is: enerzijds voor verschillende typen materialen, anderzijds voor zowel zuiver wetenschappelijk als toegepast werk. Serviceverlening aan de regionale en landelijke industrie is daarbij nadrukkelijk een doelstelling van het CMO. De microscoop is niet alleen in staat tot structuurbepaling van materialen maar ook tot elementenanalyse.

Het CMO is bereikbaar op onderstaand adres:
Universiteit Twente
Centrum voor Materialen Onderzoek (CMO)
EL/TN gebouw, kamer 5222
Postbus 217
7500 AE Enschede
Telefoon: 053 - 893 147 / 893 150
Fax: 053 - 332 371.

Mechatronisch ontwerpen

Zesdaagse cursus op 7, 8, 14, 15, 21 en 22 juni 1993 in Twente
Doelstelling: deelnemers inzicht en vaardigheden te verschaffen in de wijze waarop kennis uit verschillende vakgebieden geïntegreerd kan worden toegepast. De cursist komt in aanraking met de denktrant en het jargon van aangrenzende vakgebieden, hetgeen communicatie-bevorderend werkt. Het eindresultaat zal zijn dat men overzicht heeft over wat andere vakgebieden, behalve het eigen, kunnen bijdragen in een ontwikkelproject met een mechatronisch-karakter.
Bestemd voor: ingenieurs (TU, HTO) met belangstelling en aanleg voor theoretische achtergronden, betrokken bij het ontwerpen en de ontwikkeling van fabricagemiddelen en van professionele en consumentenprodukten.
Cursusleider: prof. dr. ir. M.P. Koster (Philips CFT Engineering, Universiteit Twente/MRCT).
Deelnamekosten: *f* 3.280,–.

Nadere informatie over deze cursussen:
Stichting PATO
Postbus 30424
2500 GK Den Haag.
Telefoon: 070 - 3 664 957

Nieuwe onderzoeksprojecten van het NIL

Onlangs is het Nederlands Instituut voor Lastechniek (NIL) gestart met enkele nieuwe onderzoeksprojecten, zoals "Weerstandpunt-lassen", "TIG-lassen" en "Booglassen met robots". De looptijd van de projecten is gemiddeld twee jaar.
De komende weken zal weer een aantal onderzoeken aanvangen; van een drietal volgt hieronder een korte beschrijving. Bedrijven die aan één van de onderzoeken willen deelnemen, kunnen zich aanmelden bij het NIL.
Wanneer projecten in aanraking komen met aandachtsgebieden van andere organisaties wordt naar afstemming en samenwerking gestreefd. deze organisaties zijn: Centrum Staal (CS); Aluminium Centrum (AC); Nederlands Corrosie Centrum (NCC); Bond voor Materialenkennis (BvM); Vereniging FME.

Metaalbewerken met lasers

Doel: het ontwikkelen van een methodiek die de Nederlandse industrie, grote en kleinere bedrijven, in staat stelt om na te gaan of het bewerken van metalen met lasers voor hun specifieke toepassingen een geschikte en gewenste techniek is. Is het antwoord bevestigend, dan moet het onderzoek nog antwoord geven op een aantal vragen:
- hoe (her)ontwerpt men het produkt zodanig dat de voordelen van metaalbewerken met de laser optimaal worden benut;
- welke methodiek moet men volgen voor het zoeken van de juiste procesparameters;
- procesbeheersing en reproduceerbaarheid;
- hoe zet men de laserinstallatie zo economisch mogelijk in?

Voor de realisatie zal de huidige kennis over laserbewerken van metalen geïnventariseerd worden en zal experimenteel onderzoek worden uitgevoerd.

Microlijmen in de fijnmechanische en elektronische industrie

Dit project beoogde de mogelijkheden van het gebruik van lijmen in de elektronische en fijnmechanische industrie aan te geven, om op deze wijze de techniek breder toegankelijk te maken.
Doel:
• het inventariseren van bestaande kennis, deze in een toegankelijke vorm brengen en daarna samen met de uit het experimentele onderzoek voortkomende kennis te presenteren als een voorlichtingsblad.
• het ontwikkelen van procedures voor het testen van microlijmverbindingen. Aan de hand van een aantal concrete voorbeelden zullen zowel destructieve als niet-destructieve beproevingsmethoden op hun geschiktheid worden onderzocht.
• het geven van oplossingen voor problemen die naar voren zijn gebracht door de Nederlandse industrie, en wel bij fijnmechanische en elektronische toepassingen.
Het onderzoek strekt zich over een aantal gebieden uit:
- Inventariseren en toegankelijk maken van kennis over microlijmen;
- Procedures voor het testen van microlijmverbindingen;
- Lijmen in de fijnmechanische industrie:
  - stabiliteit van de microlijmverbinding;
  - aanbrengen van kleine hoeveelheden lijm;
  - voorbehandelen.
- Lijmen in de elektronische industrie:
  - geleidende lijmen;
  - SMD-lijmen;
  - nieuwe materialen.

Buigen

Doel: het ontwikkelen van een eenvoudige, voor de praktijk bruikbare meetmethode om de materiaalparameters voor buigen te bepalen en het opstellen van een procedure om de materiaaleigenschappen te meten.
Het onderzoek is erop gericht voor verschillende buigmodellen de geschiktheid na te gaan om buigverlies, contourverloop (minimale kromtestraal), oppervlakte scheurvorming en terugvering te voorspellen.
Het onderzoek richt zich daarbij op de volgende processen:
- vrijbuigen;
- kantbuigen/strijkbuigen;
- zwenkbuigen.

Experimenteel zal bij dit onderzoek de samenhang tussen materiaalparameters en buigresultaten worden vastgesteld.
Het voor de karakterisering van de materiaal-buigeigenschappen geselecteerde buigingsmodel zal in experimenteel onderzoek getoetst worden op de geschiktheid voor toepassing in de praktijk. Bij gebleken geschiktheid van het model zal een in de praktijk toepasbare procedure (meetmethodiek) opgesteld worden.

Wrijving, hysteresis, fixeren en microslip (2)

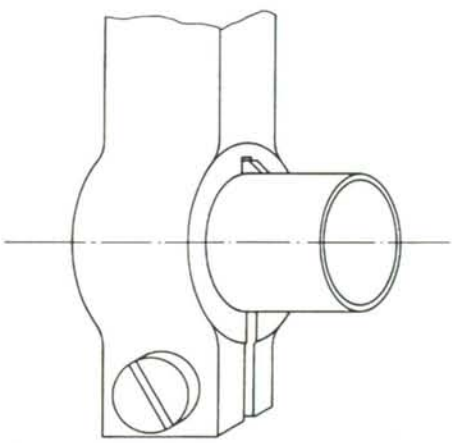
Constructies voor het nauwkeurig bewegen en positioneren (12)

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

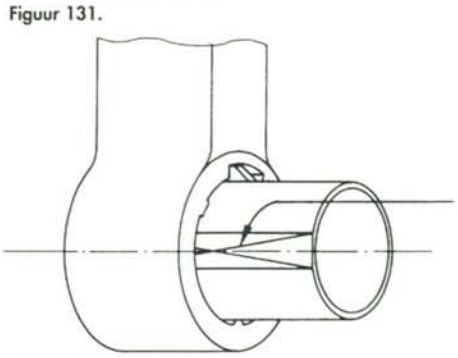
Voorbeelden van hysteresis arme constructies (vervolg)

Het omklemmen van een bus

Bijzondere aandacht is nodig als men blijvende positioneringsnauwkeurigheid wil bereiken door het om elkaar klemmen van concentrische bussen, hetzij door krimpverbinding (montage met ΔT), hetzij door bijvoorbeeld klemmen van een gedeelde buitenbus zoals geschetst in figuur 131.
Gesteld dat hiermee een egale drukspanning p tussen beide bussen te bereiken zou zijn, dan zou dat leiden tot een trekspanning σ_t in de buitenbus en drukspanning σ_d in de binnenbus, waarvoor geldt $2\sigma_t.t_u \approx p.D \approx 2\sigma_d.t_i$, waarin t de wanddikte is.



Figuur 131.



Figuur 132.

Tengevolge van de dwarscontractie wil de binnenbus axiaal uitzetten $\varepsilon_i \approx \upsilon.\sigma_d/E$ en de buitenbus wil krimpen $\varepsilon_u \approx \upsilon.\sigma_t/E$.
Tijdens het opvoeren van de aanlegdruk treedt dus axiale slip op tussen de bussen. Pas als de wrijving $\tau = \mu p$ over een zekere lengte ℓ werkzaam is kan hij voldoende axiale trek en druk in de bussen opbouwen om dat te verhinderen.
Globale schatting leert: $\ell \approx D$, met andere woorden: klembussen met $\ell < 2D$ zitten dus eigenlijk niet gedefinieerd vast!

Figuur 132 is een fraai alternatief voor het klemmen van het optisch systeem in de radiale volger van de Compact Disc speler.
De buitenbus is een deel van een aluminium spuitgietstuk. Dat heeft een in principe bovenmaats gat met drie inwendige axiale ribben onder 120° dat op perspassingdiameter is uitgekotterd. De binnenbus (optisch systeem) is op maat gedraaid maar heeft één iets afgeplatte kant. Die maakt het mogelijk om de binnenbus vlot in het gat te schuiven tot een nok tegen de rand stuit. Door hem daarna te draaien tot de nok ook tangentiaal een aanslag ontmoet, is het geheel in de gewenste stand met de juiste klempassing gemonteerd. De passing kan zich "zetten" en de dwarscontractie kan praktisch onbelemmerd tot stand komen tijdens de tangentiale slip.

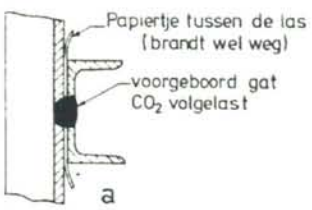
Het bestrijden van hysteresis in constructies

Constructies die nauwkeurig moeten zijn en blijven mogen geen hysteresis vertonen, dat wil zeggen geen geheugen voor eerdere belastingen. Vlakken (platen) die door bouten of lasverbindingen opelkaar getrokken zijn, zullen in het algemeen contactzones vertonen met naar nul aflopende aanlegdruk. Optredende verschuifneiging ("schuifspanning") zal het eerst in gebieden met lage vlaktedruk aanleiding geven tot locale microslip. We moeten dus streven naar *of hoge vlaktedruk, of géén contact*!

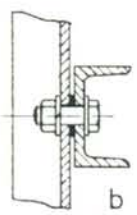
Bij *lasverbindingen* die geen hysteresis of geheugen mogen vertonen, moet men dus vermijden dat materiaaloppervlakken buiten de las door nakrimpen op elkaar worden getrokken; zie figuur 133a.

Metingen toonden aan dat bij *puntlassen* de materiaaloppervlakken rond de las tengevolge van krimp net iets los van elkaar komen zodat bij belastingscycli geen hysteresis te meten was, behalve natuurlijk de eerste keer als de lasspanningen vrijkomen. Elke gelaste constructie is immers tengevolge van de krimp van het gesmolten metaal aanvankelijk plaatselijk op trek, druk of afschuiving tot de vloeigrens belast. Bij uitwendige belasting treedt dan direct verdere vloei op – dus blijvende deformatie, en ook energiedissipatie.
De eerste klap (aanbevolen: met rubberhamer en precies gericht op ribbe of hoekpunt) op een gelaste plaatconstructie klinkt dan ook opvallend "dof".

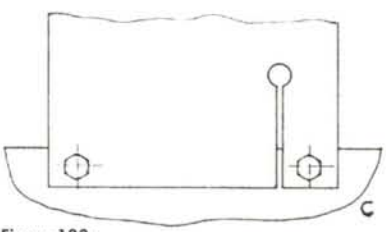
Bij *boutverbindingen* moet men de oplegvlakken zo dimensioneren dat de aanlegdruk in principe overal aanwezig is. Figuur 133b geeft hiervan een voorbeeld: smalle tussenlegringen (buitendiameter bijvoorbeeld 1,5 maal boutdiameter) brengen de trekkracht van de



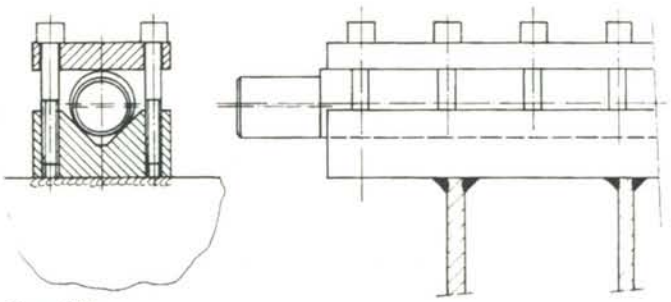
Figuur 133a.



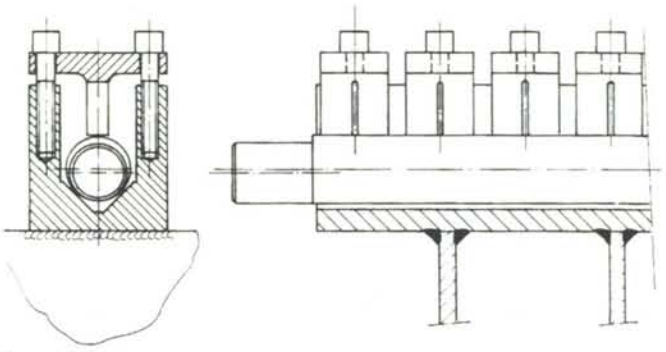
Figuur 133b.



Figuur 133c.



Figuur 134a.



Figuur 134b.

bout als drukkracht via een gedefinieerd oppervlak over op de plaat. De druk σ_p is egaal verdeeld en hoog: een schuifspanning $\tau < \mu.\sigma_d$ kan zonder microslip worden opgenomen. Als niet alleen krachten maar ook koppels moeten worden overgebracht ontstaat er behoefte aan minstens twee van zulke verbindingsplaatsen, liefst op zo groot mogelijke onderlinge afstand. Dan dreigt overbepaaldheid die manifest wordt bij verschil in warmte uitzetting en kan zelfs in een sterk aangehaalde boutverbinding nog verschuiving optreden.

Dit is te voorkomen door een elastisch element in te voeren, bijvoorbeeld met behulp van een zaagsnede, zie figuur 133c.

Wanneer onderdelen die in eerste instantie hysteresisvrij zijn aangeklemd gezamenlijk op buiging worden belast, zullen de verlengingen ter plaatse van de contactpunten meestal in beide onderdelen niet gelijk zijn, zodat plaatselijke slip kan optreden.

Wil men de rekken in beide onderdelen wel gelijk houden dan moet men de neutrale lijn voor beide laten samenvallen.

Bij een overhangende excentrische asstap werd een hysteresis van ca. 40 µm geëlimineerd door over te gaan van de constructie volgens figuur 134a naar die volgens figuur 134b.

De neutrale lijn van het V-blok is nu in de hartlijn van de as gebracht. Het aandrukstuk is door een aantal zaagsneden redelijk in staat gesteld zich bij de uitzetting van de uiterste vezel van de as aan te passen.

Borstel-principe

Dit laatste principe heeft een algemene geldigheid.

Met een reeks sleuven in één richting kan een oplegvlak zich aanpassen aan "uitzetting" van het opgespannen lichaam in de richting loodrecht op de sleuven. Met twee reeksen sleuven (onderling loodrecht) is elke aanpassing in het vlak (x, y en θ) mogelijk.

In plaats van ingefreesde sleuven kan men ook een "spijkerbed" nemen van op een grondvlak opgelaste of opgesoldeerde pennen of in een veld van geboorde gaten ingelaten pennen. Deze worden dan gezamenlijk kops vlak geslepen om zo het eigenlijke "oplegvlak" te vormen.

Hiermee kan men uitzettingen opvangen tengevolge van ongelijke temperatuur of ongelijke uitzettingscoëfficiënt, of ongelijke rek door buiging, trek of torsie of door ongelijke dwarscontractie ($\varepsilon_{dwars} = -\upsilon.\sigma_d/E$ waarin υ de dwarscontractiecoëfficiënt van Poisson is).

Symmetrisch inklemmen

In inklemconstructies leidt men een belasting door middel van wrijving door; de figuren 135a en 135b zijn daarvan voorbeelden. In figuur 135a is de bladveer aan de rechterzijde zeer stijf verbonden met de constructie; aan de linkerzijde bepalen de bouten op buiging de (zeer veel lagere) stijfheid; er is slechts één inklemvlak effectief.

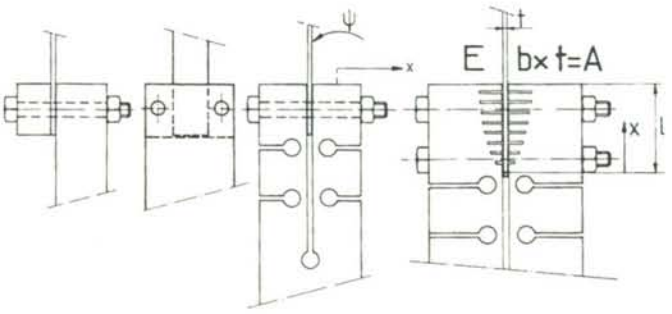
Figuur 135b toont een in dit opzicht betere constructie. De beide inklemblokken vormen een *even stijf* geheel met de overige constructie.

Beide hebben twee vrijheidsgraden vrij (x, ψ), zodat beide inklemblokken zich naar de aanliggende vlakken kunnen instellen.

Met een "borstelbed" door zaagsneden aangebracht in de klemvlakken is een hysteresisarme inklemming te realiseren volgens figuur 135c. De klemkracht kan in het midden van het borstelbed staan, zodat de druk gelijkmatig verdeeld is. In dat geval kan elk van de "vingers" (mits die op vaste steek staan en even breed en dik zijn) evenveel dwarskracht opnemen. Het verloop van de stijfheid langs de inklemming wordt bepaald, analoog aan dat van de as-naaf-verbinding. De stijfheidsgradiënt ($\gamma = dc / dx$) is $\gamma(x) = 2EA / x^2$.

Het ligt voor de hand de gewenste stijfheid te verkrijgen door elke vinger een aangepaste lengte respectievelijk gleufdiepte te geven (c_i is evenredig met $(\ell_i)^{-3}$). Een aantrekkelijke uitvoeringsvorm van zo'n klemhelft is dan de opbouw uit gestapelde staalplaatjes met dunne tussenplaatjes van aangepaste lengte, met bouten stijf op elkaar getrokken of doorgesoldeerd. Vervolgens aan twee zijden vlakgeslepen zodat via aandrukstukken de twee klemhelften in gebruik onvervormd tegen elkaar getrokken kunnen worden.

Overigens geldt ook hier: als wat meer axiale vering van de te klemmen strip geen bezwaar is, kan men alle vingers even lang nemen en daarbij voor lief nemen dat de voorste vingers relatief overbelast worden (minder naarmate de vingers elk slapper zijn ten opzichte van de stijfheid EA/ℓ van de strip. Het



Figuur 135a. Figuur 135b. Figuur 135c.

Constructies voor het nauwkeurig bewegen en positioneren (12)

aantal vingers kan men dan toch nog groot kiezen; dit opent de weg naar stijve en hoogbelastbare inklemmingen die toch uitzonderlijk hysteresisarm zijn. Bij extreem hoge belasting van de strip kan het nuttig zijn de klembouten iets voorbij het midden aan te brengen, zodat de klemdruk op de strip afneemt naarmate de reeds overgedragen trekkracht groter is.
Wel moet de resterende aanlegdruk op de laatste (langste) "vingers" nog groot genoeg zijn om de dwarskracht op te kunnen brengen die minstens nodig is om de vinger op buiging de rek van de strip zonder slip te laten volgen.

Het inklemmen van een op buiging belaste bladveer

Een op dwarskracht en buiging belaste ingeklemde bladveer raakt in principe zijn buigspanning (dus zijn trek-, respectievelijk drukspanning in de uiterste vezels) in de inklemming kwijt doordat de klemkrachten de kromtestraal naar oneindig drukken. Toch zou ook daar inzagen (draadvonken) van het klemvlak tot een borstelbed, zeker vlak bij de inklemming, zinvol kunnen zijn.

Arrêteren door middel van inklemmen

Arrêteren is in eerste instantie niets anders dan vasthouden, fixeren van een eenmaal bereikte plaats. Veelal geldt dit ten opzichte van een beweging met één graad van vrijheid, bijvoorbeeld een draaitafel of slede. Gebruikelijk is te arrêteren door vastklemmen met excenter of schroefdraad, doch dit betekent in principe een belasting met deformaties en toenadering tot het oplegvlak. Hetgeen men zo in bewegingsrichting wil fixeren verplaatst men in dwarsrichting; bijvoorbeeld bij het vastzetten van de losse kop van een draaibank. Zo'n losse kop is dan "zeer goed" als hij net evenveel krombuigt (en dus bij de conuspunt omhoog wipt) als hij door het aantrekken van de klem inveert en nadert tot het oplegvlak.
In figuur 136 is afgebeeld de fixatie van een axiale verplaatsing zonder belasting van de oplegging en geleidingen die de overige vrijheidsgraden blokkeren. Aan de slede is een omgezette bladveer, met de vouwlijn in de te fixeren bewegingsrichting, stijf bevestigd. Die glijdt door de bekken van een vast opgestelde tang of rij tangen – hier gemaakt door inboren en inzagen van een massief stalen blok. Deze tangen sluiten zich als men perslucht toelaat in een door die tangen gevoerde dunwandige slang.

Symmetrie in lijm- en klemverbindingen

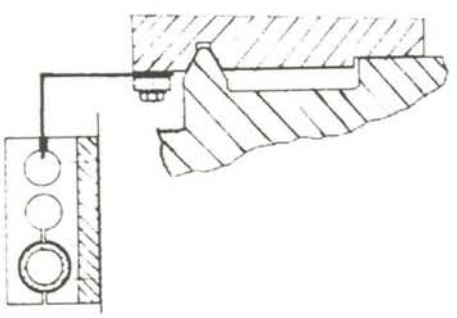
Positioneren houdt in het *meten*, het *manipuleren* en het *fixeren*.
Het fixeren na het instellen mag geen verplaatsing veroorzaken en de fixatie mag evenmin een bron van, eventueel later aan het licht tredende, hysteresis vormen.
Verplaatsingen bij het inklemmen zijn niet geheel te voorkomen. We verdiepen ons daarom in het probleem hoe deze zo goed mogelijk zijn te beperken.

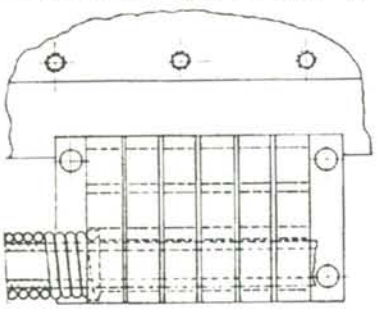
Toenadering loodrecht op het klemvlak
In de eerste plaats is er de toenadering in de richting loodrecht op het klemvlak. Figuur 136 geeft een voorbeeld waarbij, door tussenschakeling van een elastisch element, de loodrechte toenadering geen invloed heeft op de te fixeren vrijheidsgraad.

Verplaatsingen evenwijdig aan het klemvlak
Moeilijker te ondervangen is de verplaatsing evenwijdig aan het contactvlak. We moeten hierbij onderscheid maken tussen las-, lijm- en bout- of klemverbindingen.

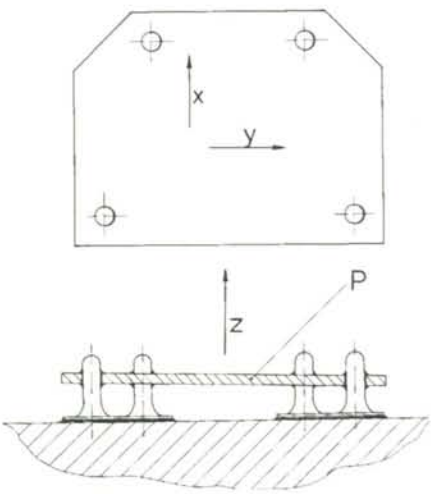
Bij *lassen* kunnen uitzetting en krimp symmetrisch gehouden worden door symmetrische materiaalverdeling rond de lasplaats, mits die zich zover uitstrekt dat de temperatuur- en spanningsverdeling symmetrisch blijft tot ruim nadat de las gestold is. De las geeft wel een dwarskrachtverplaatsing door thermische uitzetting, maar die komt in het ideale geval na afkoelen weer terug op nul.
Vooral in grootserie en massafabricage is laserlassen soms de beste propositie vanwege de zeer snel gelegde (en gestolde) goed reproduceerbare lassen. Desgewenst is het proces in een vast patroon door middel van kantelspiegels en/of glasvezelbundels, mechaniseerbaar. Het proces wordt gekenmerkt door grote precisie en waar nodig kunnen kleine spleten overbrugd worden. Het nadeel is de relatief grote investering (orde 0,1 Mfl) en enige beperking in de keus van metaalcombinaties.

Lijmverbindingen kunnen nog beter voldoen aan hoge nauwkeurigheidseisen, zeker als men bereid is eventuele spleten te overbruggen met "hulpstukken". Zie figuur 137 waar plaat P op een grondvlak wordt gefixeerd met lijm en tussenschakeling van heel goedkope felsbusjes: x, y en θ worden overbrugd door glijden van de flensjes over het vlak, en z, ϕ en ψ door verschuiving van de busjes in de gaten van plaat P.
Krimp van de lijm wordt door dergelijke "hulpstukken" geneutraliseerd. Op





Figuur 136.



Figuur 137.

zichzelf zou namelijk krimp van de lijm in een ringvormige spleet aanleiding zijn tot scheeftrekken. Ook *in* het lijmvlak moet men streven naar symmetrie; bij een lijm-"spot" zelfs naar cirkelsymmetrie. Op deze wijze werden tweezijdig geëtste individuele rasters op collimatorplaten gelijmd met rotatiesymmetrische "spotlasjes" verkregen door injectie van lijm in geëtste holtes conform figuur 138
Een dergelijke fixatie leent zich voor eenmalige toepassing maar is ook goed mechaniseerbaar.
Nadelen zijn: de noodzakelijke vóórbewerking (reiniging) van de te lijmen oppervlakken, het aanbrengen van de lijm en de droogtijd.
Overigens zijn er lichtgevoelige lijmen met belichtings- (tevens uithardings) tijden in de orde van 1 sec en worden momenteel snelle niet vervuilende lijmapplicatiemethoden ontwikkeld.

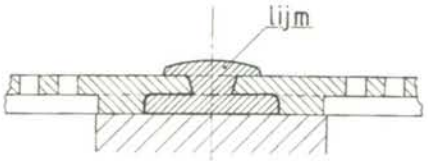
Bout-, fels- en klemverbindingen worden nog steeds het meest gebruikt. Om schuifkrachten te weerstaan is een zekere aandrukkracht vereist.
In figuur 133b wordt dit gedaan door een zo groot mogelijke druk op een zo klein mogelijk vlak uit te oefenen. De drukspanning leidt tot compressie $\varepsilon = \sigma / E$ en vanwege de dwarscontractiecoëfficiënt υ tot een relatieve zijdelingse uitzetting $\varepsilon_d = \upsilon\sigma / E$. Over de lengte x van de door druk belaste zone gesommeerd levert dat een onvermijdelijke dwarsverplaatsing $\Delta\ell = x\upsilon\sigma / E$ op.
Klemt men op een strook met de afmetingen b maal 2x dan is $F = \sigma.b.2x$ en $\Delta\ell = \upsilon . F / (2bE)$.
Klemmen over een smalle lange zone kan dus helpen (b groot!).
Figuur 139 toont hoe een op twee doorgetrokken aluminium strippen gelijmde laser gemanipuleerd in drie vrijheidsgraden is vastgezet door 2 x 2 geknikte "deurtjes" klem te zetten in twee rechthoekige sponningen van het huis.
De deurtjes hadden drie rijen gaatjes en waren over de middelste rij geknikt, zodat ze niet onbelangrijk korter waren dan in gestrekte toestand. Ze werden twee aan twee in hun kozijn gezet op de aangegeven wijze en tegen elkaar vlakgeknepen. Ze klemmen daarbij de gemanipuleerde strippen tegen de randen van het kozijn en de dammen tussen de gaten gaan onder invloed van de daar geconcentreerde axiale kracht (gecombineerd met de buigingsvloei) op druk vloeien. De strippen zitten dan geklemd met een vrij scherp gedefinieerde kracht, over de volle breedte en over een zo smal mogelijke zone.
Bovendien is in dit geval de zijdelingse expansie symmetrisch (links en rechts van het te positioneren object), zodat de plaats goed gedefinieerd blijft.

Afstand tussen klemzones en plaatdikte

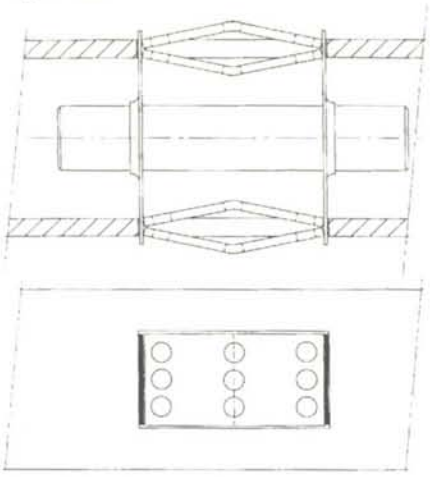
In het algemeen kan men de ongewenste verplaatsing $\Delta\ell$ (orde van grootte bijvoorbeeld 1 µm) tegenwerken door symmetrisch te construeren. Maar als de tussenafstand (2ℓ) tussen de twee klemzones groot is en de dikte t van de strip gering, dan wordt de drukkracht in de strip die nodig is om $\Delta\ell$ te compenseren (volgt uit $\Delta\ell/\ell = \varepsilon = \sigma_d/E$) groter dan de toelaatbare knikkracht en wipt de strip op.
Zelfs een $\Delta\ell$ van 1 µm leidt dan snel tot ettelijke tienden millimeters "wind".

Het doorleiden van een aandraaimoment

Het klemmen van een dunne metaalstrip met een rij bouten lijkt wel heel ongewenst.
We hebben radiale expansie vanonder elke boutkop uit, concentratie van spanningen naar elke bout toe, wellicht "wind" in de strip tussen de bouten onderling. Bovendien is elke aangehaalde bout aanvankelijk vol wrok over wat hem bij het aanhalen is aangedaan. De sleutel oefende uit de som van twee ongeveer even grote momenten: kopwrijving + draadwrijving. Als de sleutel wordt weggenomen keert de kopwrijving van teken om en tracht in de steel het oude draadwrijvingsmoment te handhaven.
Via de te klemmen strip worden die koppels doorgeleid naar de schroefdraad.
Daarnaast zijn er nog herinneringen aan dwarskrachten: het sleutelmoment zal wel geleverd zijn door een kracht op een arm en de boutkop moest via de elastische steel voor de tegenkracht zorgen. Als dit zich later herstelt - bijvoorbeeld bij tijdelijk teruglopende bouttrekkracht als gevolg van verschil in uitzettingscoëfficiënt van stalen bouten en aluminium strip – zal de boutkop slippen over de strip of de strip over de ondergrond?



Figuur 138.



Figuur 139.

Conclusie: onder boutkoppen moet een gemeenschappelijke dekplaat liggen die koppels (uit kopwrijving) opneemt en zo mogelijk ook dwarskrachten. Liefst moet de eigenlijke strip dan geklemd worden over een smalle lange zone door middel van een lijst of richel op die dekplaat.
Een volgende stap wordt gezet als de dekplaat in zijn vlak vast verbonden is met de ondergrond, zodat hij echt dwarskrachten en koppels van de bouten kan opnemen en doorgeven naar de schroefdraad in de ondergrond. Nu gaat de dekplaat bijdragen aan de plaatsinformatie van de strip. Echt goed belastbaar is die dan pas als de stijfheid (in het vlak) van de ondergrond en dekplaat gelijk zijn, zoals aangegeven in de figuren 135a, b, c.

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

Van horlogemaker tot fabrikant van hoge-precisie gereedschapswerktuigen

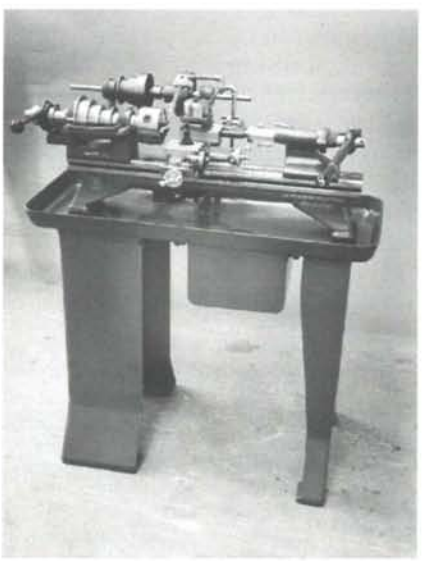
Schaublin

Harrie Rutten

Schaublin is voor veel draaiers en frezers een begrip. Het bedrijf heeft kort geleden het 75-jarig bestaan gevierd. In dit artikel wordt de geschiedenis van het bedrijf beschreven en verslag uitgebracht van een bedrijfsbezoek.

Inleiding

Wie verantwoordelijk is voor het vervaardigen van fijnmechanische draai- en freesprodukten weet zonder uitzondering wat Schaublin is. Een fabrikant van precisie draai- en freesmachines. Maar wie is Schaublin en welke geschiedenis zit daarachter? Enige tijd geleden bestond de firma Schaublin 75 jaar. Bij die viering werden de annalen er op nageslagen hoe de firma zich ontwikkeld heeft. De auteur heeft de mogelijkheid gehad met het bedrijf kennis te maken en een gesprek te hebben met de zeer krasse, 75-jarige Monsieur René, de zoon van de oprichter en de 'laatste der Mohikanen' die Schaublin groot gemaakt hebben.



Figuur 3. Een vroege Schaublin 102 (ca. 1930). Nog bedoeld voor centrale aandrijving met vlakke riemen vanaf het plafond. Maar: wel al een losse kop met een snelspanner, snelboorsysteem en koeling!

Figuur 1. Charles Schäublin, de stichter van het bedrijf.

Figuur 2. Emile Villeneuve, de compagnon en medegrondlegger van het bedrijf.

De zoon van de smid

De oprichter van de firma Schaublin is Charles Schäublin, geboren op 23 augustus 1883 in Waldburg, in het duitstalige kanton Baselland in Zwitserland. Op de letter "ä"staat een umlaut die bij de firmanaam nu niet meer voorkomt.

Charles' vader Friedrich was slotenmaker/smid wiens vaardigheden nog steeds met trots vermeld worden. Zo maakte hij de nu nog steeds intacte smeedijzeren hekwerken voor diverse bergplateaus in de buurt. Bij het maken daarvan trof de jeugdige Friedrich een zekere Anna Weber waarmee hij enkele jaren later trouwde. Uit dat huwelijk werd, naast nog vier andere kinderen, Charles geboren.
Vader Friedrich verdiende zijn boterham met noeste handenarbeid en zag graag dat zijn zoon Charles het beter had dan hijzelf. Daarom droeg hij zijn zoon op om een commerciële opleiding te gaan volgen. Charles protesteerde want hij werkte liever met zijn handen. Protesteren tegen ouders werd rond de eeuwwisseling niet geaccepteerd en bovendien had pa Friedrich zijn zoon reeds aangemeld en dus begonnen de lessen. Charles had daar natuurlijk geen enkele zin in maar de wil van pa Friedrich was wet, dus er zat niets anders op dan die opleiding te gaan volgen.

Commercie of techniek

Charles bracht niet veel terecht van zijn commerciële opleiding. Hij had het in de vingers en niet in het hoofd. De leraren bracht hij tot vertwijfeling en uiteindelijk schreven die aan pa Friedrich dat hij voor zijn zoon maar iets anders moest zoeken, want dit zou een ramp worden. Dat speelde Charles natuurlijk prachtig in de kaart en hij kon pa Friedrich uiteindelijk ervan overtuigen dat in de techniek zijn kansen lagen. Zo ging de jonge Charles een praktisch-technische opleiding volgen, wat hem heel goed afging. Hij sloot de opleiding af op 27 april 1903 en had toen een handvaardigheid ontwikkeld die resulteerde in de eerste prijs. Deze werd niet elk jaar uitgereikt, hetgeen wel aantoont dat hij bijzondere kwaliteiten bezat.
Na zijn opleiding ging hij in verschillende horlogemakerswerkplaatsen aan

de slag. Zo was hij werkzaam in Solothurn, Grenchen, Tavanne en later werd hij zelfs chef van de montage bij de wereldberoemde horlogefabrieken van Omega. Hij had het vakmanschap toen zo in de vingers dat hij met twee companen, de gebroeders Bürri, in 1911 een horlogefabriek in Tramelan begonnen.
Kort daarna begon de eerste wereldoorlog. Zwitserland was neutraal, er hoefden dus geen soldaten naar het front maar wel voor de grensbewaking. Charles werd natuurlijk ook opgeroepen. Door de week liep hij wacht aan de grens en in het weekeinde mocht hij naar huis. De thuisreis ging, zoals dat gewoon was in die tijd, per trein of te voet. Tijdens de treinreis stopte de trein ook in Malleray en daar zag hij elke keer weer als de trein aan het perron stond, zowel op de heen als op de terugreis, een leegstaand fabrieksgebouwtje staan. Op een gegeven moment wist hij het zeker. Hij wilde zelf een fabriek hebben. Op 8 april 1915 was het eindelijk zover: hij ondertekende het koopcontract. Hij maakte zich toen los van zijn compagnons, begon daar met een medewerker en ging zich toeleggen op het maken van onderdelen voor horloges.

Villeneuve

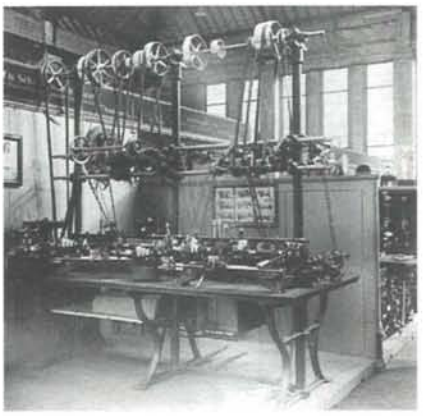
Commerciële vaardigheden had Charles niet, dat was wel gebleken bij zijn studieverloop. In het begin was dat geen handicap, maar naarmate de tijd voortschreed en de opdrachten meer werden, bleek dat toch wat meer commerciële kennis nodig was. Hij kwam er achter dat een goede techneut meestal een slechte administrateur is. Hij moest dus, om de zaak niet te gecompliceerd te laten worden, het omgekeerde hebben, dus een goede administrateur die het liefst zo min mogelijk verstand van techniek had. Zou die administrateur teveel verstand van techniek hebben dan zou het wel eens kunnen zijn dat deze zich teveel met de technische problemen ging bemoeien en dat wilde Charles liever niet. Dat was zijn uitdaging. Hij had nu duidelijk voor ogen wat moest gebeuren, dus ging hij iemand zoeken.

Hij zag voor die functie wel wat in zijn zwager Emile Villeneuve, die leraar was aan de lagere school. In die tijd een slecht betaalde baan. Charles vroeg hem dan ook op een gegeven moment: "Emile, wil je altijd een slecht betaalde leraar blijven of heb je meer moed?" Na een korte bedenktijd kwam Emile zeggen dat het daar niet aan schortte en zo kwamen zij overeen dat hij de administratie van de pas opgerichte firma ging voeren. Charles doopte de naam van de firma "Charles Schäublin-Villeneuve". Emile dacht dat dit ter ere van hem was, maar Charles deed het als eerbetoon aan zijn eigen vrouw. Het duurde niet lang totdat Emile er achter kwam hij gewoon salaris kreeg. Emile vond dit echter wel magertjes, vond bovendien dat hij de firma meer van dienst was dan een gewone werknemer en eiste een aandeel in de firma op. Na wat heen en weer praten stemde Charles daarin toe.

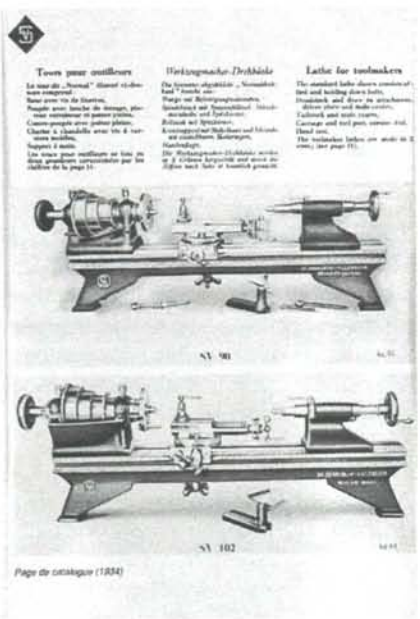
Horloge-onderdelen en draaimachines

Het was echter oorlogstijd en de verkoop van horloges en uurwerken stokte. Men zou verwachten dat de vraag kleiner was maar niets was minder waar. De vraag was groot, heel groot zelfs. Het probleem van de stagnering was dat er geen machines te krijgen waren voor het produceren van de onderdelen. Deze moesten uit de U.S.A. komen maar ten gevolge van de oorlogs-industrie aldaar en de duikbotenoorlog kwam er geen enkele machine meer naar Europa. Veel horlogemakers die de onderdelen van Charles betrokken kenden hem nog van vroeger en, om hun afzet te garanderen, drongen zij er bij Charles op aan om draaimachines te gaan maken voor de horloge-industrie.

De eerste kreet van Charles was dat hij dat onmogelijk kon. Hij kon het niet voor de amerikaanse prijs en had geen kapitaal om dure gietmodellen en het gietwerk te kunnen betalen. Op de vraag waarop hij dan uit zou komen zei hij dat de machines minstens 15% duurder zouden zijn maar ook minstens



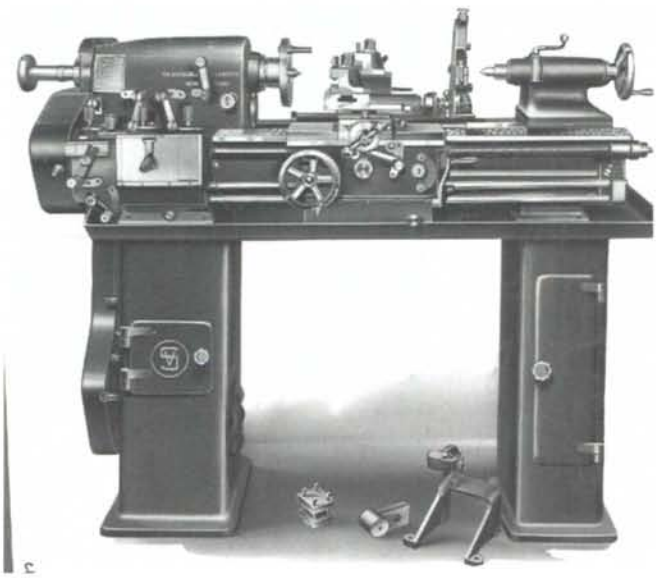
Figuur 5. Uit de oude doos.



Figuur 4. Uit de oude doos.

Figuur 6. Uit de oude doos.

Schaublin



Figuur 7. Een van de eerste Schaublin 102 met een ingebouwde motor. Een noviteit in de beginjaren dertig. Let op het vignet: de S van Schäublin en de V van Villeneuve.

15% beter wetende wat beter moest. Hij gebruikte immers zelf ook die machines. Daar hadden de horlogefabrikanten wel oren naar. Zij verenigden zich en op hun kosten lieten zij gietmodellen maken en werden ook de eerste gietwerkbestellingen door hen betaald. Zo begon hij in 1916 met de fabricage van de 102. Waarom 102? De meeste horlogemakersdraaimachines die toen gebruikt werden hadden een centerhoogte van 4 duim en op hele millimeters afgerond is 4 duim gelijk aan 102 mm. C'est tout!

Figuur 8. Het 'echte' instrumentmakersdraaibankje Schaublin 102 N. Niets hieraan is overbodig, alles is functioneel. Klasse eenvoud!

Op 10 april 1917 naam hij de eerste leerling, Maurice Girod, in dienst. Vermeldingswaardig is dat deze leerling nog steeds in leven is en de gezegende leeftijd heeft van ruim 91 jaar. Hij is de firma Schaublin altijd trouw gebleven en werd in 1966 gepensioneerd.
Door de stijgende vraag steeg ook het aantal medewerkers in de firma. De door de jonge firma gebouwde machines maakten gebruik van de spantangen van de amerikaanse machines. Vanaf 1920 maakte Schaublin zijn spantangen zelf. De vraag naar spantangen steeg echter meer dan de vraag naar machines. Daarom werd in 1924 een aparte fabriek geopend in Delémont voor het vervaardigen van spantangen. Dit bedrijf begon met 18 man en werd enkele keren vergroot. Momenteel werken er ruim 200 mensen.

Op een gegeven moment bleek dat de 102 toch wel een grote draaimachine was. De behoefte aan een kleinere machine ontstond en Charles construeerde dan ook in 1925 de eerste "70", een machine met een centerhoogte van slechts 70 mm. Het programma bestond dus uit twee draaimachines, de 70 en 102. Voor beide machines was het vakmanschap van de horlogemaker erg belangrijk want ze hadden geen automatische voeding. Dat moest de horlogemaker allemaal zelf doen: uit de hand! En dan nog niet te spreken van voorzieningen om schroefdraad te maken, die zouden pas wat later komen.

Nieuwe fabriek

Het fabriekje in Malleray barstte al vrij snel uit zijn voegen en op zoek naar meer bedrijfsruimte werd plaats gevonden in het iets verder gelegen Bévilard. Daar werd in 1929 een nieuwe fabriek gebouwd die tevens de zetel van het bedrijf werd en is gebleven. Het begon met een werkvloer van ruim 1000 vierkante meter en groeide uit tot meer dan 21.000 vierkante meter produktieruimte in 1985.

Sneller fabriceren werd in het begin van de jaren dertig steeds belangrijker en zo werd in 1930 de eerste machine gemaakt met automatische voedingen en schroefdraadmogelijkheden. Het was de 102-VM. In de periode daarop bouwde Schaublin allerlei speciale machines, speciaal voor de horloge- industrie, zoals meerspillige boormachines, tapmachines, machines voor het maken van snelheidsregulateurs, etc. Deze machines werden nooit als handelsprodukt verkocht maar volledig op klantenspecificatie vervaardigd.

Figuur 9. De moderne Schaublin 102-VM. Moderne vormgeving. Het bedienen van deze machine geschiedt zonder een stap te hoeven doen. Alle bedieningselementen zijn letterlijk onder handbereik.

Charles had met zijn vrouw vier zonen waarvan er drie in het bedrijf kwamen werken. Dat waren Max, Fred en René. Ook Emile Villeneuve had een zoon, Pierre, die in dienst kwam bij de firma. Charles en Emile accepteerden echter niet een 'alleen Schäublin-Villeneuve'-ervaring en dus moesten zij zich extern bekwamen om zo nieuwe ideeën mee te brengen. René was in het midden van de jaren dertig werkzaam in het naburige Duitsland. De techniek was er prachtig, hij leerde ontzettend veel. De opkomst van het nationaal socialisme was voor pa Charles aanleiding om René terug te roepen. Weer thuis in huize Schäublin bleek dat hij het

Schwitscherdütsch helemaal verleerd had en perfect Duits sprak. Dit was voor Charles toch wel te veel. Aan die andere kant van de grens het nationaal socialisme en dan iemand in huis die perfect duits sprak. Nee, dat kon niet, vanaf dat moment was dan ook de taal in het huis Schäublin Frans en dat is nu nog steeds zo.

Sociale gezicht

Intussen brak de tweede wereldoorlog uit. Ofschoon Zwitserland neutraal was hield de vraag hoe nabestaanden er voor zouden staan in het geval dat er iets zou gebeuren Charles en Emile toch erg bezig. Daarom werd in 1941 een stichting in het leven geroepen die de sociale zorg van gepensioneerden en nabestaanden moest garanderen. De vijf belangrijkste sociale rechten waren:

- pensioen en weduwenpensioen,
- geschenken bij geboorten,
- financiële ondersteuning bij langdurige en of kostbare ziektebehandelingen,
- het ter beschikking stellen van een rentevrij kapitaal voor de bouw van een eigen huis,
- de bouw van huurhuizen voor de medewerkers.

Verdere uitbouw

Na de oorlog gingen de zaken snel voorspoedig. Maar Charles vond op een gegeven moment de naam op zijn machines toch wel erg lang: "Ch. Schäublin- Villeneuve". Hij deed dan ook het voorstel aan zijn zwager dat de naam lekker kort moest zijn en wel: "Ch. Schäublin". Daar was Emile het natuurlijk niet helemaal mee eens, immers zijn familienaam, ook al was zijn schoonzuster bedoeld, was verdwenen. Daarop stelde Emile voor: "....als er aan de achterkant wat weg moet, dan ook aan de voorkant". Dus "Ch." werd geschrapt en bleef Schäublin over. Maar daar had je nog die ä met die twee puntjes. Niet duitstaligen kunnen daar niet mee uit de voeten en als de naam alleen met hoofdletters geschreven zou worden dan verandert de ä in AE en zou er SCHAEUBLIN staan. Spreek dat maar eens uit als je niet duitstalig bent. Daar komen de meesten ook niet uit en zo werd de naam ontdaan van alle taalkundige franjes en werd het gewoonweg SCHAUBLIN. Tegelijkertijd werd de firma een vennootschap waarbij de families Schäublin en Villeneuve de aandeelhouders werden en dat is nu nog steeds zo.

De Zwitserse fijnmechanische industrie zat na de oorlog erg verlegen om goede freesmachines, die nauwelijks te koop waren. Ook ditmaal werd Schäublin gevraagd te helpen, en wel of zij universele freesmachines konden leveren. Dat leidde ertoe dat in 1949 de eerste freesmachines de fabriek in Bévilard verlieten en twee jaar later volgde al een groter type machine. Merkwaardig genoeg waren de freesmachines het produkt dat voor Schaublin de losmaking van de horlogeindustrie inluidde. Steeds meer draai- en freesmachines gingen naar andere takken van de fijnmechanische industrie. Hierbij lag de nadruk op de optische industrie, de lucht- en ruimtevaart industrie en de gereedschapfabricage voor de apparatenindustrie.

In 1956 werd speciaal voor de produktie van freesmachines een nieuwe fabriek gebouwd in Tramelan. Charles Schäublin heeft niet lang van de groei van deze fabriek kunnen genieten. Kort daarna, in 1958 overlijdt hij. Emile Villeneuve was hem zes jaar eerder al voorgegaan.

Tweede en derde generatie

De leiding van het bedrijf was intussen al overgenomen door kinderen van Charles en Emile. Het was een viermanschap waarbij ieder zijn eigen taak had. Max Schäublin had het directoraat produktie, zijn broer Fred het directoraat ontwikkeling, broer René de verkoop en Pierre, de zoon van Emile Villeneuve, werd financieel directeur. Onder hun leiding groeide het bedrijf uit tot de omvang die het nu heeft: bijna 1000 personeelsleden, een omzet van meer dan 100 miljoen zwitserse franken en export naar nagenoeg alle landen van de wereld. Daarbij hebben zij steeds voor ogen gehad dat produktverbetering en vernieuwing belangrijk is voor het voortbestaan van het bedrijf.Zodoende werden in de loop der tijd ook CNC-draaimachines (1975) en CNC- freesmachines (1978) op de markt gebracht.

Monsieur René is momenteel president

Figuur 10. De Schaublin 110-CNC-gestuurde draaimachine. Een kast vol nauwkeurigheid.

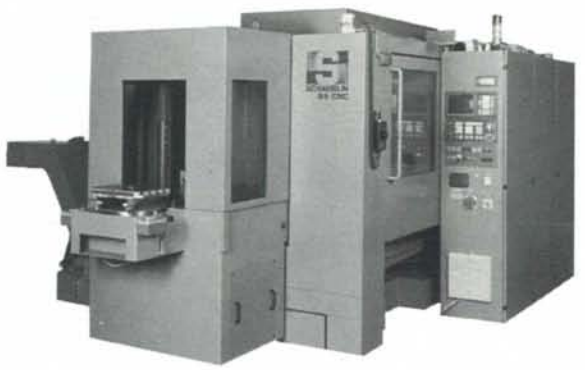
Figuur 11. Een grotere broer van de 110-CNC: de 220-CNC.

van de raad van bestuur van de firma Schaublin en heeft als zodanig, als laatste van de generatie die Schaublin groot gemaakt heeft, nog menig touwtje in handen.

Intussen is de derde generatie aangetreden. Hierin zijn, zoals zo vaak gebeurt in oude familiebedrijven, nog maar weinig Schäublin's en Villeneuves aanwezig. Directeur van de fabriek in Delémont is Charles-André Schäublin en Jean-Marc Villeneuve is directeur van R&D in Bévilard. Beiden zijn vertegenwoordigd in de raad van bestuur.

De firma Schaublin heeft intussen vier fabrieken die elk een eigen produkt hebben. Deze zijn gevestigd in Bévilard, Delémont, Tramelan en Orvin. Bélivard is de zetel van het bedrijf. Daar worden de conventionele en CNC-draaimachines vervaardigd en ook de ontwikkeling is er ondergebracht.

In Delémont worden spantangen, span-



Figuur 12. De Schaublin 44-CNC freesmachine met automatische gereedschapwisseling, plateau-wisselaar en spanenafvoer. Een compleet stand-alone bewerkingscentrum.

doorns, snelspanners gefabriceerd. Zij hebben een eigen verkooporganisatie.
In Tramelan werden tot einde 1992 de freesmachines en de toebehoren voor draai- en freesmachines vervaardigd, maar is nu gesloten. De fabricage is overgebracht naar Bévilard en geschiedt daar met uiterst moderne en zeer produktieve produktie- apparatuur.
In Orvin tenslotte worden nog steeds speciale machines voor de horloge-industrie gefabriceerd benevens speciale tandwielen, polygoonprofielen, etc.

In de loop van de tijd heeft Schaublin een indrukwekkend aantal, zowel in variëteit als in hoeveelheid, machines ontwikkeld, gebouwd en verkocht.

Bezoek aan Schaublin
Bij de entree van in de ontvangsthal van Schaublin valt direct het oog op de inrichting. Uiterst moderne vormgeving met moderne kunstwerken aan de muur. Na een hartelijke verwelkoming door de heren Furrer en Spiess (president-directeur) – de laatste blijkt vloeiend Nederlands te spreken – wordt het bezoekprogramma doorgesproken temidden van historische machines. Bovenaan het programma staat een gesprek met monsieur René, die tijd vrij heeft kunnen maken voor een interview.

Monsieur René
Na een kwartiertje komt een vriendelijke, praatgrage "ouwe heer" binnenwandelen en stelt zich voor als monsieur René. Hij hoort het programma aan en gaat akkoord. "So, Herr Rutten, dann nehm ich Sie jetzt mit in mein Kämmerlein und dann werden wir uns mal unterhalten ob wir eine Geschichte machen können." (Zo, heer Rutten, dan neem ik U mee in mijn kamertje en babbelen met elkaar en kijken of we een verhaaltje klaar krijgen). Zijn kamer is modern ingericht, maar zit vol met historische herinneringen. "Hier sitzt ich noch jeden Tag mit meinen 75 Jahren. Jetzt werde ich erst einmal schauen wo ich ein Kärtchen habe damit Sie sehen dass wir auch wirklich Schäublin heissen." (Hier zit ik nog elke dag met mijn 75 jaar. Nu zal ik eerst eens kijken waar ik een kaartje heb zodat U kunt zien dat we ook werkelijk Schäublin heten.) En zo ontwikkelt zich een prachtig geanimeerd gesprek van ruim anderhalf uur waarbij hij mij allerlei leuke dingen van de geschiedenis van het bedrijf vertelt. Hij laat nog het soldijboekje zien van zijn vader, de leerovereenkomst van de eerste leerling, de erepenning voor de eerste prijs van de beste scholier van 1903, die hij kwijt was en nu zichtbaar blij weer vond in een archiefdoosje. Terloops wees hij nog op de foto's van zijn vader, oom en broers, die hij allen in jaren en leeftijd overleefd heeft. Bij het vertrek uit zijn Kämmerlein wijst hij nog even op de oorkonde van het ereburgerschap van de kanton Bern, die aan zijn vader werd uitgereikt in 1952. Dit ereburgerschap is daarna niet meer verleend omdat het maar zelden is dat iemand aan de gestelde criteria voldoet!

Het bedrijf
Het bedrijf is zeer strak georganiseerd. Aan de ene kant van het 60 meter brede en 1000 meter lange gebouw is de ontvangst van de uitgangsmaterialen en het gietwerk ondergebracht en aan de andere kant de expeditie. Daartussen is de routing uiterst nauwkeurig uitgekiend zodat de onderdelen voor de diverse bewerkingen over zo klein mogelijke afstanden worden verplaatst alvorens in de montage tot een eindprodukt te worden verwerkt.

De onderdelen van de machines worden op moderne machines vervaardigd, opvallend veel eigen machines maar ook grote bewerkingscentra. Schaublin hardt al zijn onderdelen zelf en ook het gietwerk krijgt een eigen warmtebehandeling om het 'dood' te maken.

De fabriek is extreem schoon wat, gezien het produktenpakket, te verwachten is, maar ook om het kwaliteitsbesef te stimuleren. In de afdelingen waar de precisieprodukten gemaakt worden is de temperatuur op 1 graad Celsius nauwkeurig gestabiliseerd en de meetkamer, elk onderdeel wordt gemeten, heeft een temperatuurstabiliteit van 0,1 graad Celsius. Elk onderdeel wordt met hoge precisie vervaardigd en is vanzelfsprekend verwisselbaar om altijd de hoge eindnauwkeurigheid te kunnen blijven garanderen.

Een paar afdelingen blijven gesloten. Dat zijn de afdelingen waar de spillen samengebouwd worden, wat in stofarme ruimten geschiedt. Daar worden ook de lagers geselecteerd zodat de rondloopnauwkeurigheid van elke spil uiteindelijk toch die halve micrometer haalt. Ook de afdeling ontwikkeling bleef gesloten. Maar al gauw werd duidelijk wat de nieuwe ontwikkeling is waar zij aan werken. Maar zij mogen niets zeggen.

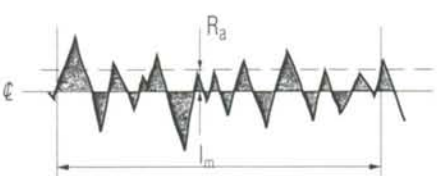
Dankwoord
De auteur wil zijn dank uitspreken aan de heren L. Hartmans en J. van Vessem van de firma Esmeijer te Rotterdam, de Nederlandse vertegenwoordiger van Schaublin. Zij waren het die dit bezoek mogelijk maakten. Verder aan de heren Furrer en Spiess van Schaublin die tijd voor mij vrijmaakten en de rondleiding verzorgden en last but not least Mr. René Schaublin die mij zoveel over de familie vertelde, ook van zaken waarover hij mij vroeg die niet in dit artikel te vermelden.

Oppervlakteruwheid: nader bekeken

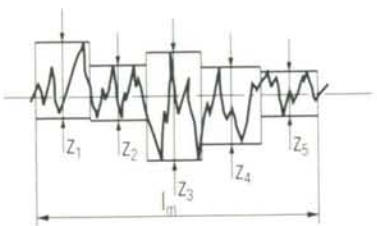
M.A.J. van der Steen

Materiaalaandeelmeting als moderne analysemethode

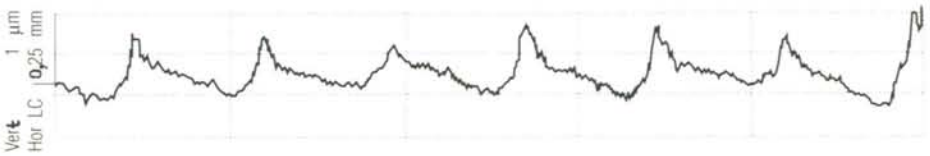
Mede door de toepassing van nieuwe materiaalsoorten en nieuwe bewerkingsmethoden is de filosofie: "hoe moet de structuur van een oppervlak er uitzien" de laatste jaren sterk gewijzigd.
Moderne verbrandingsmotoren bijvoorbeeld, moeten reeds vanaf de fabriek een zodanig cilinderoppervlak hebben, dat het zogenaamde inlopen niet meer of slechts beperkt nodig is.
Bij de bepaling van ideale ruwheidsprofielen heeft men te maken met schijnbaar tegengestelde eisen.
Enerzijds moet een oppervlak vaak voldoende ruw zijn om een stabiele oliefilm op te bouwen, anderzijds moet het contactvlak tussen de afzonderlijke delen van de constructie voldoende glad zijn om de glij-eigenschappen van de wrijvingspartners niet al te zeer te beïnvloeden.
Hoe worden dergelijke oppervlakken gekarakteriseerd en wat betekenen daarbij termen als materiaalaandeel en oliehoudend vermo- gen? In dit artikel wordt een antwoord op deze vragen gegeven.



Figuur 1. Berekening van R_a.



Figuur 2. $R_z = 1/5\ (Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4 + Z_5)$.



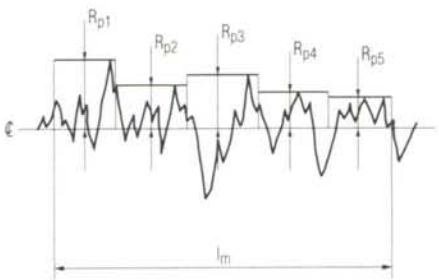
Figuur 3. Voorbeeld van een oppervlak, waarop "kunstgrepen" zijn toegepast.

Analyse van het ruwheidsprofiel

Bij de analyse van bijvoorbeeld een gehoond oppervlak geven de gebruikelijke ruwheidsparameters zoals (R_a), (R_z), (R_{max}) onvoldoende informatie over het karakter van het oppervlak, met andere woorden over het te verwachten gedragspatroon. Dit komt vooral omdat bij deze ruwheidsparameters het oppervlak alleen in verticale richting wordt beschouwd, zie de figuren 1 en 2.

Bij het bewerken van oppervlakken worden steeds meer "kunstgrepen" toegepast; zie figuur 3. Er worden als het ware steeds meer asymmetrische oppervlakken gemaakt, waardoor er behoefte is aan ruwheidsparameters die ook inzicht verschaffen in de verdeling van het ruwheidsprofiel in horizontale richting.
Een eerste stap om de mate van asymmetrie van oppervlakken te bepalen is gezet door de invoering van de (R_{pm})-waarde.

Bij (R_a), (R_z), etc. worden per definitie dezelfde ruwheidswaarden verkregen als die, wanneer dit oppervlak 180 graden gespiegeld zou worden. Het gedrag van deze gespiegelde oppervlakken zal echter totaal anders zijn. Bij de (R_{pm})-meting wordt –in analogie met de (R_z)-bepaling– het oppervlak in vijf gelijke delen verdeeld. Van elk part wordt nu de afstand *top-middellijn* bepaald. De vijf aldus verkregen waarden worden bij elkaar geteld en gedeeld door vijf; de uitkomst is de (R_{pm})-waarde; zie figuur 4.
Bij volkomen symmetrische oppervlakken krijgt men aldus (R_{pm})-waarden die exact de helft zijn van de (R_z)-waarde.



Figuur 4. $R_{pm} = 1/5\ (R_{p1} + R_{p2} + R_{p3} + R_{p4} + R_{p5})$

Asymmetrische oppervlakken geven andere verhoudingen weer, zoals bij het gelepte oppervlak uit figuur 5, waarbij de verhouding (R_{pm}):(R_z) bijvoorbeeld 1:4 bedraagt.
Deze ruwheidsparameter kan – bij voorkeur gekoppeld aan (R_z) – als bewakingsmechanisme van produktieprocessen een interessante uitbreidingsmogelijkheid zijn. Bij een meer analytische beschrijving van een oppervlak, moet in de regel verband worden gelegd tussen het oppervlakteprofiel en het dragend oppervlak. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de zogenaamde Abbottse-materiaalaandeelcurve. Deze curve vindt men in de literatuur ook wel terug als Abbott-Firestone-curve, draagaandeelkromme en materiaal-aandeelkromme.
De benaming die uiteindelijk in de normen opgenomen zal worden, is materiaalaandeelkromme. Dit geeft ons inziens ook de juiste strekking weer.

Figuur 5. Een gelept oppervlak geeft een verhouding R_{pm}:R_z = 1: 4.

Uitgangspunten

Het materiaalaandeel wordt aangeduid met (t_p) in % en is de verhouding tussen de som van de dragende delen (l_n) en de meetlengte (l_m). Dit bij een bepaalde doorsnijdingsdiepte van het profiel (c); zie figuur 6.
In formule vorm:

$$t_p = \frac{l_1 + l_2 + l_3 \ldots\ldots l_n \times 100\%}{l_m}$$

In de theorie wordt onderscheid gemaakt tussen (t_p) van het gefilterde ruwheidsprofiel (R) en (t_p) van het ongefilterde profiel (p). Wij bepalen ons verder tot het materiaalaandeel van het ruwheidsprofiel (R), omdat hierbij de vormfout, die een andere ontstaansgrond heeft, niet als min of meer storende factor optreedt. Als referentielijn wordt hierbij een lijn genomen, evenwijdig aan de middenlijn, die over de hoogte profieltop(pen) loopt. Hierbij is dus sprake van 0% materiaalaandeel; zie figuur 7.

Wanneer van een bepaald oppervlak nu een groot aantal (t_p)-waarden bij verschillende doorsnijdingsdiepten wordt gemeten, kunnen deze waarden grafisch worden vastgelegd. De kromme die zo verkregen wordt geeft een zeer duidelijk beeld van de opbouw van het oppervlakteprofiel, omdat niet alleen rekening wordt gehouden met de profieldiepte, maar ook met de profielvorm; zie figuur 8.
Een S-vormige kromme duidt op een symmetrisch oppervlak; zie figuur 9a.
Een steil afvallende curve duidt op een oppervlak met relatief hoge en scherpe uitschieters naar boven en voorspelt daardoor slechtere slijtvastheid; zie figuur 9b.
Is de curve vlak afvallend, dan duidt dit op een asymmetrisch profiel met relatief brede toppen en diepe, vaak scherpe dalen, een oppervlak met gunstige slijtvastheid en een goed vermogen om bijvoorbeeld olie vast te houden; zie figuur 9c.

Interpretatie

Naarmate men meer en meer met het begrip materiaalaandeel en de bijbehorende kromme geconfronteerd werd, ontstonden ook problemen met de interpretatie hiervan.
Bekend is, dat de interpretatie van grafische weergaven over het algemeen moeilijk is. De keuze van de referentielijn op 0% (figuur 7) is bijvoorbeeld door velen vervangen door de 2% of 5% referentielijn.
Hierdoor is men verlost van de hinderlijke toevallige uitschieters naar boven, die vrijwel geen praktisch nut hebben, doch het resultaat enorm beïnvloeden.

Normalisatie materiaalaandeelkromme

Vooral veel automobielfirma's hebben in het verleden eisen huisnormen losgelaten op de materiaalaandeelkromme. Op de lange duur bleek dit niet te werken.
In samenwerking met het Instituut voor Meettechniek in de Machinebouw van de Universiteit van Hannover is de DIN-norm 4776 ontstaan, die een en ander over het betreffende materiaalaandeel regelt.

Hoe moet deze norm gelezen worden?

Bij een nadere beschouwing van de materiaalaandeelkromme kunnen drie hoofdgebieden onderscheiden worden; zie figuur 10:
A: Uitschietende toppen.
B: Het stabiele middengebied.
C: Uitschietende ruwheidsdalen.
In de nieuwe norm zijn deze gebieden nu vastgelegd door de volgende parameters:

Ruwheidskernprofiel:
is het ruwheidsprofiel met weglating van de meest uitschietende toppen en dalen.

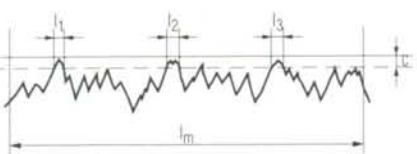
Kernruwheidsdiepte Rk:
is de diepte van het ruwheidskernprofiel.

Kernprofiel Rpk:
is de gereduceerde toppenhoogte.

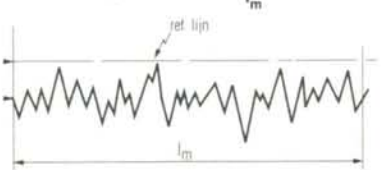
Kernprofiel Rvk:
is de gereduceerde daldiepte.

Materiaalaandeel Mr1:
is het kleinste materiaalaandeel van het ruwheidskernprofiel.

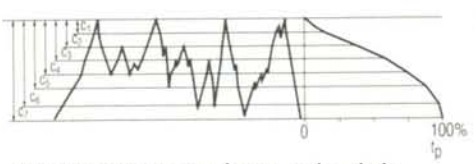
Materiaalaandeel Mr2:
is het grootste materiaalaandeel van het ruwheidskernprofiel.



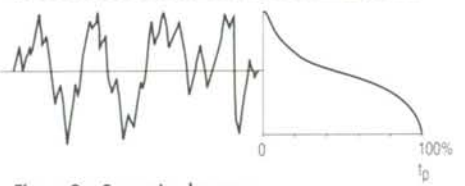
Figuur 6. $t_p = \frac{l_1 + l_2 + l_3 \ldots\ldots l_n \times 100\%}{l_m}$



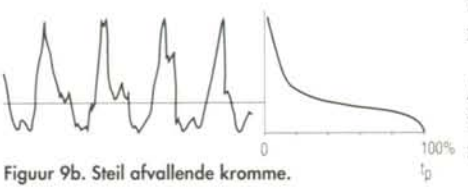
Figuur 7. Referentielijn bij t_p = %.



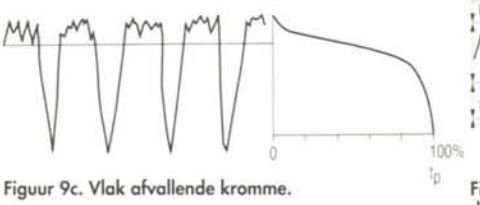
Figuur 8. Constructie van de materiaalaandeelkromme.



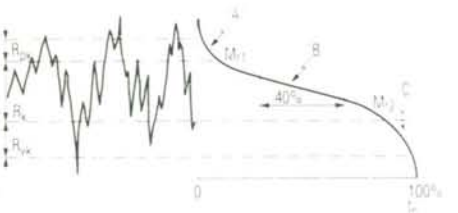
Figuur 9a. S-vormige kromme (symmetrisch oppervlak).



Figuur 9b. Steil afvallende kromme.



Figuur 9c. Vlak afvallende kromme.



Figuur 10. Kengetallen van de materiaalaandeelkromme.

Hoe worden deze grootheden nu bepaald? Zie figuur 11.
Bij het vaststellen van de diepte (R_k) wordt een venster gebruikt, dat zodanig over de curve wordt verschoven, dat de best passende rechte (volgens kleinste-kwadraten-principe) binnen dit venster de kleinste hellingshoek bereikt. De breedte van dit venster is 40% materiaalaandeel. Ligt het venster op de juiste plaats, dan wordt door de kromme de best-passende rechte doorgetrokken. Deze lijn wordt verlengt tot de beide Y-assen van het diagram worden doorsneden. Vanaf de aldus verkregen snijpunten wordt een lijn evenwijdig aan de X-as getrokken, totdat deze de oorspronkelijke curve snijdt. De op deze wijze verkregen punten bakenen het gebied (R_k) af.
Op de X-as kan direct het minimum en maximum materiaalaandeel worden afgelezen (M_{r1}, respectievelijk M_{r2}). De afstand (R_k) is representatief voor het "dragende vermogen" van het onderzochte oppervlak. De (R_k)-waarde bepaalt in hoge mate de levensduur van het onderzochte oppervlak.

Er resteren nu nog de gebieden die boven en onder het hiervoor omschreven gebied liggen.
Een zinvolle waardebepaling van (R_{pk}) en (R_{vk}) wordt verkregen door de kromme te normaliseren. Hierdoor worden uitschieters in het ruwheidsprofiel als het ware tot de orde geroepen.
Voor de waardebepaling van (R_{pk}) gaat dit als volgt; zie figuur 12. Het gebied "A" wordt getransformeerd tot een driehoek met als basis de afstand (0-Mr1) en als hoogte de waarde (R_{pk}).
Deze driehoek heeft een inhoud gelijk aan de hoeveelheid materiaal van de boven de basislijn (0-M_{r1}) uitstekende toppen.
Het is duidelijk dat deze toppen ongewenst zijn.
De bepaling van (R_{vk}), de gereduceerde daldiepte, gaat op soortgelijke wijze.
Met de nu verkregen parameters is de materiaalaandeelkromme zinvol geanalyseerd; met de gevonden getallen kan de materiaalaandeelkromme al praktisch worden nagetekend; zie figuur 13.

Het meten

Het meten van dergelijke, toch vrij gecompliceerde oppervlakken geschiedt met volledig digitaal werkende oppervlakteruwheidsmeetapparaten.
Bijvoorbeeld de Perthometer S3P, Perthometer S6P of Perthometer S8P; zie figuur 14.
Deze hakken het signaal direct na het aftasten als het ware in mootjes. Via rekenprogramma's kunnen de diverse parameters dan snel en accuraat worden berekend; de microprocessor is ons hierbij zeer van dienst. De min of meer bekende parameters zijn standaard in het ruwheidsmeetapparaat, aanwezig voor de materiaalaandeelparameters is reeds plaats gereserveerd zodat deze eenvoudig ingebouwd kunnen worden. Welke van de parameters afgelezen en/of moeten worden geprotocolleerd, is te programmeren.

Figuur 14. Perthometer S8P.

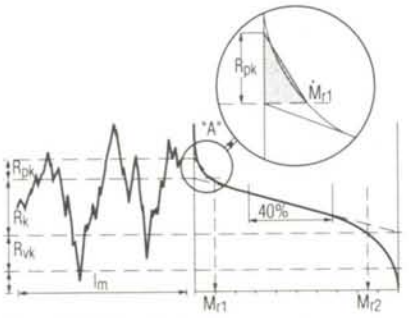
Tenslotte

Door middel van deze nieuwe parameters heeft u een aantal middelen in handen om de grenswaarden van een bepaald oppervlak vast te leggen. Vooral voor oppervlakken waaraan hoge eisen worden gesteld, zijn deze aan te bevelen (bijvoorbeeld gehoonde cilinderbussen, glijlagers, en dergelijke).
De (R_{pk})-waarde verschaft informatie over het volume van de pieken. (R_k) beschrijft het stabiele middengebied, terwijl (R_{vk}) het volume van de dalen beschrijft; dit laatste komt overeen met het zogenaamde oliehoudend vermogen.
Het oliehoudend vermogen Vo, wat uitgedrukt wordt in kubieke mm per vierkante cm oppervlak, kan nu in de volgende formule worden gegoten:

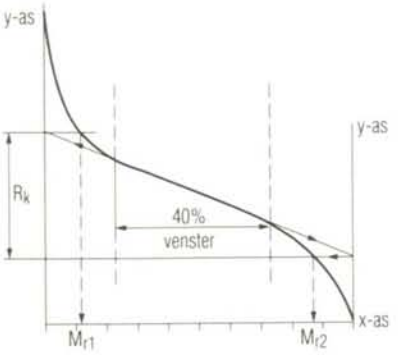
$$Vo = \frac{(100-M_{r2}) \times R_{vk}}{2 \times 1000} \left[\frac{mm^3}{cm^2}\right]$$

Literatuur
M. van der Steen; Oppervlakteruwheidsmeting II; Mikroniek 25(1985)6.

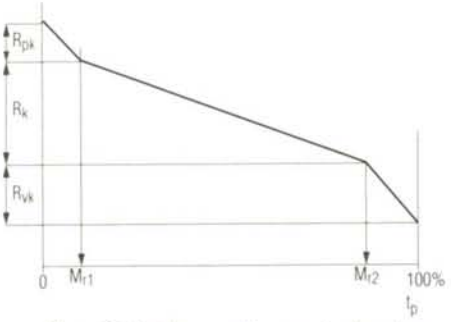
Auteursnoot
De auteur M.A.J. van der Steen is werkzaam bij VIBA NV, Zoetermeer.
Het artikel is eerder verschenen in Vibablad 25, juli 1992.



Figuur 12. Waardebepaling van Rpk.



Figuur 11. Bepaling van Rk, Mr1, Mr2.



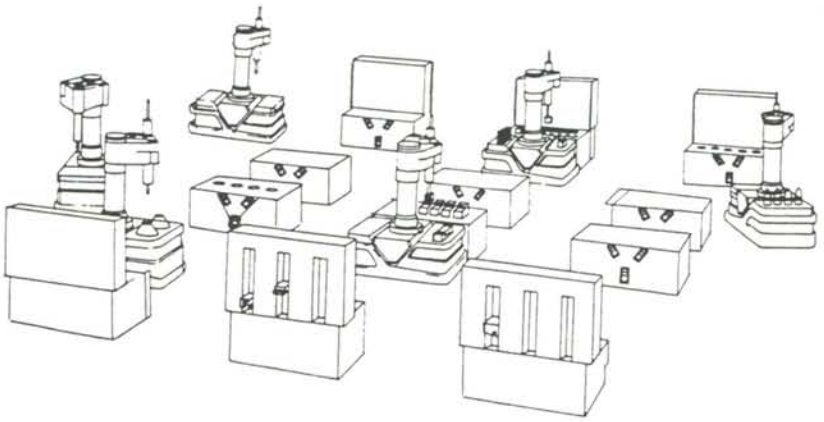
Figuur 13. Met de gevonden waarden kan de materiaalaandeelkromme praktisch worden nagetekend.

Mechatronica

IR positiebepalingssysteem voor mobiele robot

Harry van der Schoot

Het meten van posities in een fabrieksruimte krijgt steeds meer aandacht door de automatisering van de transportfunctie. Aan de Universiteit Twente is een positiebepalingssysteem ontworpen en gerealiseerd, dat de positie van een mobiele robot bepaalt in een fabriek. Het systeem bestaat uit een roterende sensor op de mobiele robot en in de fabriek geplaatste actieve bakens. In het volgende wordt eerst de toepassing van het systeem op de mobiele robot besproken, waarna het gerealiseerde systeem toegelicht wordt.



Figuur 1. Indruk van een fabriek van de toekomst. Mobiele robots rijden in een fabriek met onderdelenbuffers (Part Supply Stations) en halen onderdelen op die ze tijdens de rit monteren.

Mobiele Autonome Robot Twente

De huidige markt van consumentenartikelen kenmerkt zich door een grote diversiteit van produkten binnen één produktfamilie. Het onderscheid tussen produkten bestaat vaak uit niet meer dan kleine uitvoeringsverschillen zoals kleur, opgenomen vermogen, accessoires en dergelijke Deze verscheidenheid maakt automatisering moeilijk uitvoerbaar. Aan de Universiteit Twente wordt in mechatronicaverband gewerkt aan een automatiseringsconcept dat een hoge flexibiliteit heeft. Er wordt door de deelnemende faculteiten (Werktuigbouwkunde, Elektrotechniek en Informatica) gewerkt aan een 'assemblagefabriek van de toekomst'. Hierin staat een mobiele robot (*MR*) centraal. De mobiele robot rijdt door de fabriek, waarbij op verschillende plaatsen (de zogenaamde *Part Supply Stations*) onderdelen van het produkt-in-wording opgehaald worden, om vervolgens op het werkblad van de mobiele robot geassembleerd en getransporteerd te worden. Overschakelen op een ander produkt is nu mogelijk door de robot een andere route door de fabriek te laten rijden. Figuur 1 geeft een indruk van de fabriek.

Om aan de vereiste flexibiliteit te voldoen, moet de mobiele robot in staat zijn vrij te navigeren, zonder padgebonden te zijn. Er mag dus geen gebruik gemaakt worden van 'starre' AGV-technieken als inductielussen of optische volglijnen. Het navigatiesysteem bevat daarom een positiebepalingssysteem dat bestaat uit relatieve positiebepaling door odometrie (dit is het meten van de omwentelingen van de wielen) en een absoluut positiebepalingssysteem. Het relatief positiebepalingssysteem levert vrijwel continu positiegegevens op, wat noodzakelijk is voor het regelen van de motoren van de mobiele robot. De fout die gemaakt wordt door het relatief werkend systeem is incrementeel. Met andere woorden de fout die in een meting optreedt, werkt door in alle volgende metingen. Correctie met behulp van een absoluut positiebepalingssysteem is hierdoor van tijd tot tijd noodzakelijk. Het absoluut werkend systeem vangt signalen uit de omgeving op en bepaalt hiermee de positie. In het volgende wordt het gerealiseerde absoluut positiebepalingssysteem beschreven.

Eisen

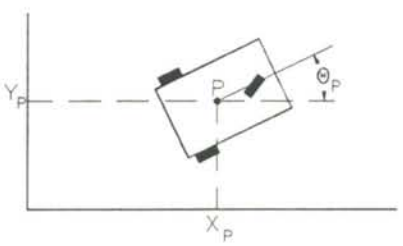
Om op de mobiele robot te kunnen functioneren zijn de belangrijkste eisen aan het systeem:

- In het horizontale vlak moet de plaats met een nauwkeurigheid van 10 mm bepaald worden;
- De oriëntatie moet met een nauwkeurigheid van 17 mrad bepaald worden, zie figuur 2;
- De meetfrequentie moet 4 Hz zijn, relevant bij een rijdende MR;
- Het systeem moet in staat zijn zelf de startpositie te bepalen, de zogenaamde *autolocate-optie*;
- Het moet in een industriële omgeving kunnen functioneren. Dit stelt eisen aan de robuustheid, zowel mechanisch als elektronisch. Tevens moet het systeem uitbreidbaar zijn naar grote fabrieksruimten.

Meetprincipe

Voor de positiebepaling – bepaling van plaats en oriëntatie in een horizontaal vlak – wordt gebruik gemaakt van triangulatie. De positie wordt bepaald door het meten van hoeken tussen bekende bakens, zie kader. De posities van de bakens zijn opgeslagen in het geheugen van de mobiele robot en vormen de bekende omgeving.

Er kan gebruik gemaakt worden van passieve of actieve bakens. Omdat in een fabriek gebruik gemaakt zal wor-

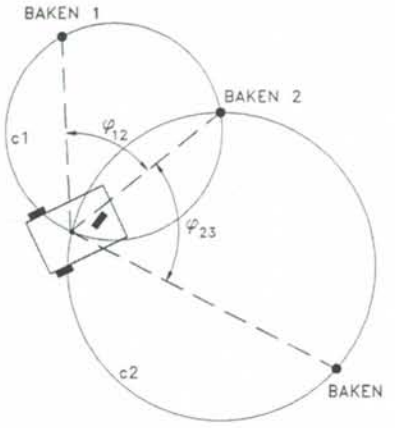


Figuur 2. Positie van de mobiele montagerobot

Triangulatie volgens Snellius

Onze landgenoot Snellius bepaalde in 1615 de positie van zijn woning door het meten van hoeken tussen markante punten in de omgeving. Voor de positiebepaling had hij drie bekende 'bakens' nodig. Door het meten van de hoek tussen twee bakens (1 en 2), is de cirkel (c_1) te berekenen waarvandaan de meting uitgevoerd is, zie figuur 3. Door een tweede meting uit te voeren met een derde baken, is nog zo'n cirkel (c_2) te trekken. Hiermee is de positie waarvandaan de metingen uitgevoerd zijn bekend, namelijk het snijpunt van de cirkels. Omdat de positie bepaald wordt door hoekmeting, moet de eis voor de plaatsnauwkeurigheid vertaald worden naar een eis voor de hoeknauwkeurigheid. Deze eis ligt op 1,2 mrad bij een onderlinge bakenafstand van 5 meter.

Omdat bij een rijdende mobiele robot de opeenvolgende hoeken vanuit verschillende posities gemeten worden, is een algoritme noodzakelijk waarbij de afgelegde weg tussen de opeenvolgende metingen in de positiebepaling verrekend wordt. Dit is mogelijk door van de meetgegevens uit de odometer gebruik te maken [1].

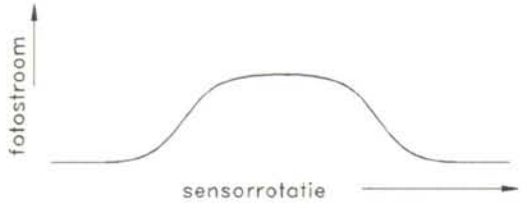


Figuur 3. Triangulatie

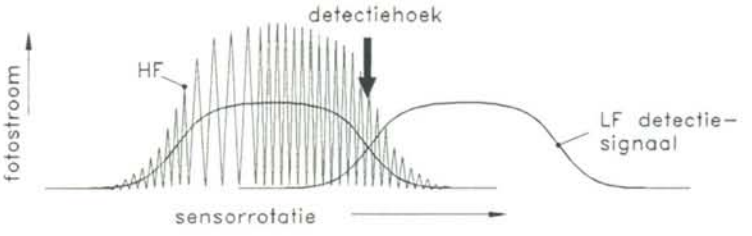
den van een groot aantal bakens, moeten de bakens identificeerbaar zijn om een eenduidige positie op te leveren. Er is daarom voor actieve infrarood-bakens gekozen, die een identificatie-code uitzenden. Deze bakens worden gedetecteerd door een roterende sensor op de MR. De sensor bevat fotocellen die het ontvangen optische signaal omzetten naar een elektrisch signaal.
Voor het bepalen van de detectiehoek zijn verschillende signaalontvangst en verwerkingsmethodes beschouwd [2]. De constructief meest eenvoudige oplossing zou een sensor met één fotocel opleveren. Het hiermee verkregen elektrisch signaal zal de vorm hebben zoals in figuur 4 geschetst is.

Door de vlakke top van het signaal zal maximumdetectie geen goede meting opleveren. Andere methoden om uit zo'n signaal toch de positie te bepalen vereisen een bekende signaalvorm of maken gebruik van bemonstering van het signaal. De vorm van het signaal is onder andere afhankelijk van de afstand tussen het baken en de sensor en is dus vooraf niet bekend. Bemonsteren van een deel van het signaal maakt gebruik van meerdere metingen in de tijd. Hierbij treden problemen op die het moeilijk maken een nauwkeurige meting uit te voeren.
Omwille van de robuustheid en de nauwkeurigheid is voor een systeem met twee fotocellen gekozen [3]. De zichtvelden van de beide fotocellen zijn in het horizontale vlak ten opzichte van elkaar verdraaid, waarbij ze een overlap hebben. Hierdoor ontstaat een signaal zoals in figuur 5 geschetst is. De detectiehoek is nu bepaald door die rotatiehoek waarbij de beide signalen gelijke sterkte hebben. De meting is nu onafhankelijk van de afstand tussen het baken en de sensor en onafhankelijk van de sterkte van het ontvangen signaal.

Om de uitvoering van de bakens en de sensor eenvoudig te houden, zal de detectie en de identificatie met hetzelfde signaal plaatsvinden. Hiertoe is het uitgezonden signaal voorzien van een bakencode. Dit is toegevoegd door Frequency Shift Keying-modulatie (FSK), een vorm van frequentie-modulatie. In figuur 5 is het ontvangen signaal schematisch weergegeven. Om het gemoduleerde signaal te kunnen gebruiken voor detectie, moet de modulatiefrequentie voldoende hoog zijn (Door de vorming van het laagfrequente detectiesignaal door een integrator, is de modulatiefrequentie van invloed op de detectienauwkeurigheid). De frequenties van de boven- en onderzijband zijn gekozen op respectievelijk 80 kHz en 160 kHz. Hiermee wordt de bakencode verzonden met een bitrate van 10.000 bits/s. De vorm van het signaal wordt verder bepaald door de gebruikte optiek en de rotatiefrequentie van de sensor. De optiek moet zo gekozen worden dat op een afstand van 10 meter tussen een baken en de sensor een betrouwbare meting uitgevoerd kan worden. Daarnaast moet de totale signaalduur zo zijn, dat een bakencode ontvangen kan worden. In dit geval moet een baken ontvangen worden over een rotatiehoek van 40 mrad). De vensterbreedte moet echter minimaal zijn. Hierdoor is de kans verkleind dat een zich naast het baken bevindende optische stoorbron gelijktijdig wordt waargenomen.

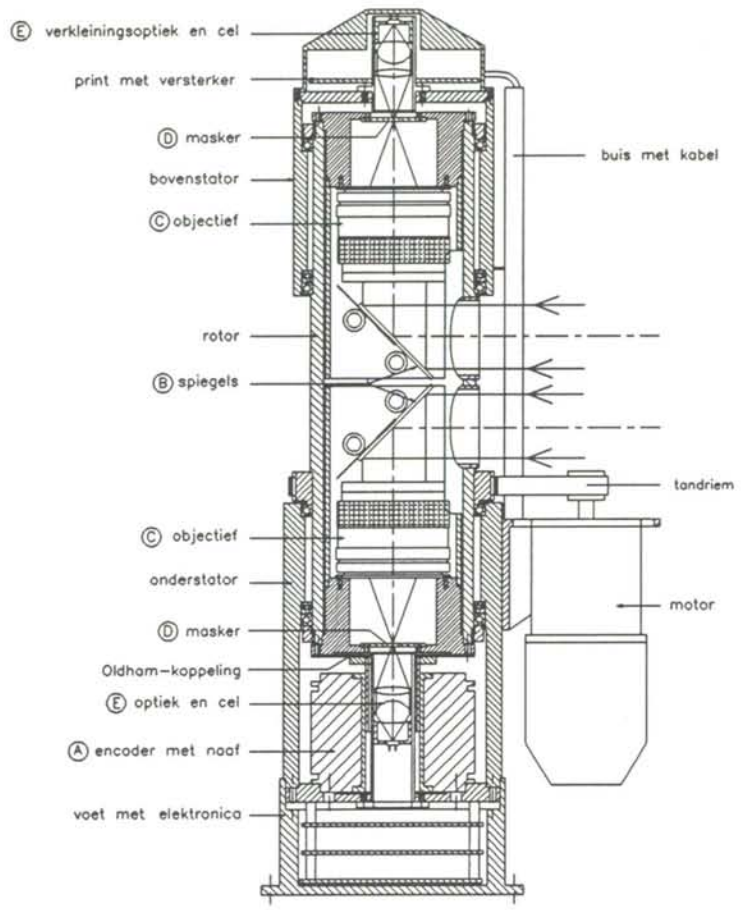


Figuur 4. Signaal bij gebruik van één fotocel bij het detecteren van een baken

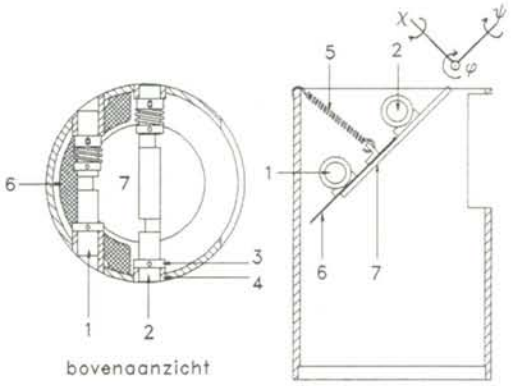


Figuur 5. Signaal bij gebruik van twee fotocellen (gemoduleerd HF signaal voor één cel getekend).

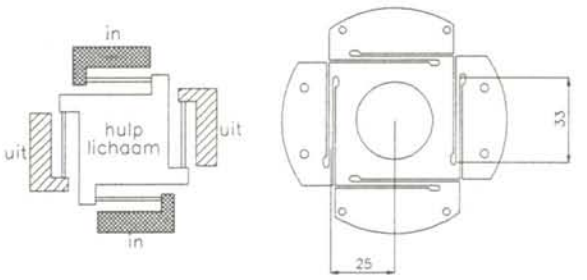
IR positiebepalingssysteem voor mobiele robot



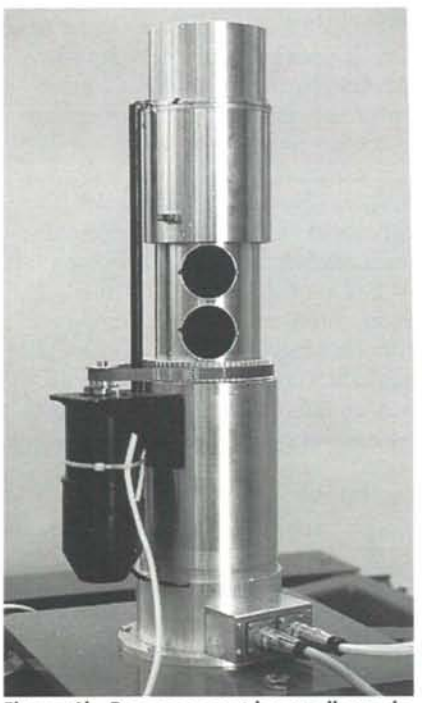
Figuur 6a. Doorsnede van de sensor



Figuur 7. Positioneringsmechanisme van de spiegel. 1. excenteras, 2. excenteras, 3. wrijvingsring, 4.lagerbus, 5. trekveer, 6. bladveer, 7. spiegel.



Figuur 8. Oldham-koppeling uit 1 mm plaat.



Figuur 6b. De sensor met bovenelkaar de twee waarnemingsopeningen voor de twee fotocellen.

Uitvoering

De bakens zijn opgebouwd uit een verticale rij LED's, die onderling zo verdraaid geplaatst zijn dat een verticale lijnbron gevormd is die over 180 graden zichtbaar is. Ieder baken heeft zijn identificatiecode ingeprogrammeerd, zodat een spanningsbron voldoende is voor het functioneren van een baken. De ontworpen sensor is in figuur 6 als doorsnede afgebeeld. Om een hoge hoekresolutie te verkrijgen, is een encoder *(A)* in de constructie opgenomen. Hiermee wordt met eenvoudige signaalverwerking en regeling van de rotatiesnelheid de vereiste nauwkeurigheid gehaald. Essentieel in het ontwerp van de sensor is de overdracht van het signaal van de rotor naar de stator. Om de introductie van ruis te voorkomen, geschiedt dit optisch. De infraroodstraling uit het horizontale vlak wordt daartoe afgebogen door spiegels *(B)* die onder 45 graden staan met de rotatieas van de rotor. Doordat de optische as van een cel nu samenvalt met de rotatieas van de rotor, kan de fotocel vast gemonteerd worden in de stator. Dit is dubbel uitgevoerd, waarbij één van de fotocellen boven en de andere fotocel onder de rotor gemonteerd is. De belangrijkste constructieve componenten van de sensor worden in het volgende toegelicht.

Optiek

Omwille van de snelheid en de kleine donkerstroom zijn fotodiodes met een kleine apertuur toegepast (UDT-5D). Deze fotocellen hebben desondanks een veel groter zichtveld dan wenselijk is. Om veel signaal te kunnen opvangen is de apertuur vergroot door een lens (50 mm/f=1,4) voor de cel te plaatsen *(C)*. Hiermee is de apertuur met een factor 14 vergroot en daarmee is de sterkte van het inkomend signaal met een factor 196 vergroot. Om onnodige storing door een groot zichtveld te voorkomen, is een meeroterend spleetvormig masker *(D)* in het brandvlak van de lens geplaatst. Deze blokkeert straling in het horizontale vlak die met de optische as een hoek maakt die groter is dan 12 mrad. Om storing door

verlichting en dergelijke te voorkomen, wordt straling in het verticale vlak geblokkeerd vanaf een hoek die 60 mrad maakt met de optische as. Omdat de afbeelding op het masker groter is dan de cel, is een lenzenstelsel *(E)* opgenomen dat het beeld verder verkleint en op de cel projecteert.

Voor het verkrijgen van een snijpunt van de signalen uit beide fotocellen, is een helling in de opgaande en afgaande flank van het signaal noodzakelijk. De helling wordt veroorzaakt doordat het baken niet gefocusseerd is op het masker. De afbeelding op het masker, dat in het brandvlak van de lens staat, is dus vaag. De geringe scherptediepte van de gebruikte 50 mm-lens bepaalt de afmeting van de vage afbeelding en daarmee de grootte van de helling. De vage afbeelding van het baken passeert bij rotatie van de sensor het masker, waarbij de flanken ontstaan doordat slechts een deel van de afbeelding door het masker op de fotocel valt. (Bij focussering van de lijnbron ontstaat een lijnvormige afbeelding op het masker met een blokvormig signaal als gevolg).

Positionering van de spiegels

Voor de gebruikte signaaloverdracht van de rotor naar de stator, moeten de spiegels nauwkeurig gepositioneerd kunnen worden. Om dit nauwkeurig te doen wordt gebruik gemaakt van drie oplegpunten, die zo te beïnvloeden zijn dat de spiegel in twee vrijheidsgraden φ en ψ instelbaar is, zie figuur 7.
De gevraagde nauwkeurigheid rond de assen is 2 mrad. De instelling is mogelijk door de excenterassen 1 en 2 te verdraaien. Om een ontkoppelde instelling te bewerkstelligen, zijn de excenters zo aangebracht dat de rotatieassen van de spiegel loodrecht op elkaar staan en dat de beide oplegpunten op as 2 symmetrisch rond de ψ-rotatieas liggen. Om te voorkomen dat de instelling bij het fixeren wijzigt, is het stelmechanisme zo uitgevoerd dat het direct fixeert. Dit gebeurt op wrijving door de ring (3) die door een veer tegen lagerbus (4) gedrukt wordt. Merk op dat dit (helaas) alleen het geval is aan de zijde waar de veer niet gemonteerd is. De overige vrijheidsgraden zijn vastgelegd door een bladveer (6).
De instelling is uitgevoerd met behulp van een autocollimator en een microscoop. Door de goede toegankelijkheid van de instelpunten en de ontkoppeling van beide vrijheidsgraden kon de spiegel, ondanks de vrij grote overbrengingsverhoudingen: $\bar{i}$ =0,019 en $\bar{i}$ =0,038, binnen enkele minuten ingesteld worden.

Hoekmeting

Voor het meten van de rotatiehoek wordt gebruik gemaakt van een encoder. De encoder kan op de motor of aan de rotor gemonteerd worden. Hoewel de resolutie bij de encoder op de motor een factor $1/i_{aandr}$ lager kan zijn dan bij montage aan de rotor, is de encoder toch aan de rotor gemonteerd. Dit omdat montage op de motor zware eisen stelt aan de kwaliteit van de overbrenging. Door de plaatsing van de fotocellen op de rotatieas, moet gebruik worden van een encoder met een naaf. Eén van de fotocellen wordt nu in de naaf van de encoder geplaatst. De gebruikte encoder (ELCIS 90 Z) wordt een resolutie van 36000 pulsen/omw. behaald. Samen met de onnauwkeurigheid van de encoder is de hoekfout maximaal 0,2 mrad.

Omdat de naaf van de encoder eigen lagers heeft, mag deze niet star aan de rotor gemonteerd worden. Dit zou immers een vijfvoudige overbepaaldheid tot gevolg hebben. De koppeling moet echter hoekgetrouw zijn, waardoor simpelweg elastisch opstellen van de encoder niet mogelijk is. Daardoor is van een Oldham-koppeling gebruik gemaakt. Door deze in plaat uit te voeren als een mechanisme bestaande uit trek- en drukstangen, is een rotatie-stijve, hoekgetrouwe en spelingsvrije koppeling verkregen die bovendien geen voorkeursstand heeft, zie figuur 8, [4]. De koppeling is in de niet bepaalde richtingen voldoende slap om de lagerparen geen noemenswaardige invloed op elkaar te laten uitoefenen.

Bovenstator

Door de constructie waarbij één fotocel boven, en één fotocel onder de rotor gemonteerd is, moet aan de bovenzijde van de rotor een niet meedraaiend huis aanwezig zijn. Wanneer dit door één of meerdere steunpilaren uitgevoerd is, zal het zichtveld van de sensor beperkt worden. Om dit te voorkomen wordt de bovenstator door de rotor gedragen. Hiertoe zijn in de bovenstator dunringlagers opgenomen. Een dunne buis, waardoor de signaalkabel van de bovencel loopt, hoeft alleen de wrijving van de twee lagers in de bovenstator op te vangen. Door de lagering op de rotor, zal de fotocel zelfs bij slingering van de rotor gecentreerd blijven ten opzichte van de spiegel en het optisch stelsel.

Conclusie

In het gerealiseerde systeem is gebruik gemaakt van een aantal bekende principes. Door een grondige probleembeschouwing en een ontwerpaanpak waarbij meerdere disciplines betrokken waren, is hiermee een systeem gerealiseerd dat niet alleen nauwkeurig is, maar ook geschikt is voor industriële toepassing. Door het gebruik van goedkope, door de sensor identificeerbare, bakens is het systeem goed uit te breiden naar een fabrieksopstelling. Eerste tests gaven resultaten die ruimschoots binnen de specificaties liggen.

Literatuur

[1] Laarhuis, E.; Pose determination of a mobiele robot using a combination of a beacon sensor and dead reckoning measuring systems; Universiteit Twente, Enschede, 1993 (BSC-93M010)
[2] Schoot, H.K. van der; Ontwerp van een absoluut positiebepalingssysteem voor een mobiele robot; Universiteit Twente, Enschede, 1992 (WA-267)
[3] McGillem, D. en Rappaport, T.S.; A beacon navigation method for autonomous vehicles; IEEE transactions on vehicular technology, augustus 1989, p. 132-139
[4] Koster, M.P.; Constructieprincipes voor het nauwkeurig bewegen en positioneren; collegedictaat Universiteit Twente, Enschede, 1990 (WA-163)

Auteursnoot

Ir. Harry van der Schoot is op de ontwikkeling van deze infraroodsensor afgestudeerd aan de Universiteit Twente bij de faculteit Werktuigbouwkunde onder leiding van prof. dr. ir. M.P. Koster. Deze ontwikkeling is onderdeel van het project Mobiele Autonome Robot Twente (MART) een mechatronisch samenwerkingsproject van de faculteiten Werktuigbouwkunde, Elektrotechniek en Informatica dat gericht is op 'de fabriek van de toekomst'.

Electronics Trophy '93

Van der Schoot heeft met het ontwerp en de realisatie van deze sensor de Electronics Trophy '93 en een geldprijs gewonnen. Deze prijs is ingesteld door de Nederlandse Branche-organisatie voor Industriële Elektronica. In overleg met het Mechatronica Platform Nederland heeft het branchebestuur besloten de Elektronics Trophy '93 te bestemmen voor studenten die een bijzonder mechatronisch ontwerp gemaakt hebben. De beoordeling door de jury vond plaats op basis van de criteria: mechatronische kenmerken, originaliteit, realiteitswaarde, voorbeeldwaarde en helderheid van beschrijving.

Her en Der

Justeren

Een nieuw systeem voor het justeren van fijnmechanische componenten onder de naam Jufix is ontwikkeld in de voormalige DDR. Het inmiddels gepatenteerde systeem maakt op slimme wijze gebruik van de helling van de flanken van schroefdraad als wig voor het klemmen. Daardoor is de constructie van het te justeren deel compacter en eenvoudiger dan de tot nu toe bekende systemen.

Het justeren van de onderlinge positie van de componenten waaruit een fijnmechanisch apparaat is opgebouwd, kan in veel gevallen niet vervangen worden door een verhoogde nauwkeurigheid van de fabricagetoleranties. Bijvoorbeeld het nauwkeurig positioneren van een looprol, die elastisch tegen een rechtgeleidig geklemd wordt, zou zeer kostbaar worden wanneer de bevestigingsgaten in het micrometerbereik zouden moeten worden aangebracht. Een justeerbare instelling van de rol heeft niet alleen het voordeel dat op eenvoudige wijze een hoge nauwkeurigheid te bereiken is, ook de slijtage tengevolge van het inlopen kan makkelijk gecompenseerd worden.

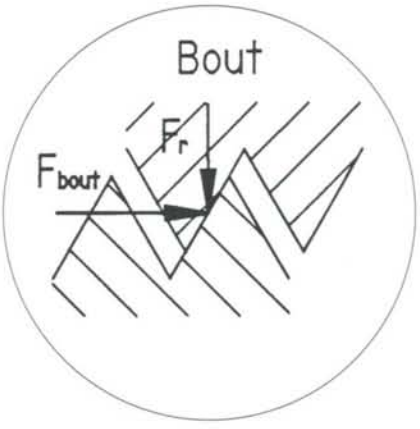
De bekende mogelijkheden voor het klemmen in een gat berusten op het aanbrengen van een soort ankerbout die voorzien is van een conisch deel dat door verschuiving de spankracht levert of door bout en/of moer van een licht conische schroefdraad te voorzien. Voor fijnmechanische constructies kleven aan deze klemmethoden enige nadelen:

- de zo ontstane klemverbinding is door de wrijving niet makkelijk los te maken en opnieuw in te stellen,
- de diameter van de klemmoer is tengevolge van het conisch deel groot ten opzichte van de diameter van de bout.

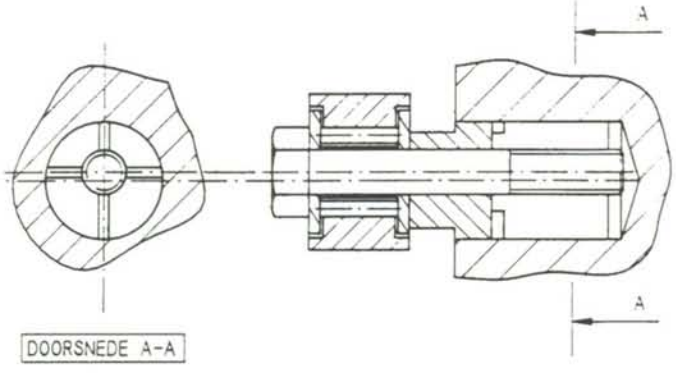
In de voormalige DDR [1] is een zeer compact klemsysteem ontwikkeld dat deze nadelen niet heeft. De klemkracht wordt ontleend aan de schroefdraad van de bout die tevens als wig dienst doet. De werking wordt het beste duidelijk aan de hand van de looprol die in figuur 1 staat afgebeeld.

In het gat wordt een prop gestoken die van een tweetal haaks op elkaar staande zaagsneden is voorzien, zodanig dat de vier segmenten naar buiten kunnen buigen als bij een spantang. Om dit buigen te vergemakkelijken is ter hoogte van het einde van de zaagsneden een groef aangebracht waardoor een elastisch scharnier ontstaat.

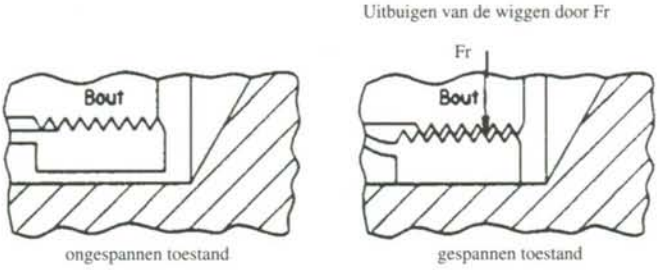
Door het aandraaien van de bout worden de segmenten naar buiten gedrukt tengevolge van de wigwerking van de schroefdraad, zie de figuren 2a en 2b. Omdat de bout excentrisch in de prop is aangebracht, kan door verdraaiing van de prop op eenvoudige wijze worden gejusteerd.
De schroefdraad draagt over de gehele lengte, zodat ook de spankracht praktisch over de gehele lengte van het gat werkzaam is, wat de stabiliteit van de klemming ten goede komt.
De tophoek van de schroefdraad is 60 graden, maar omdat ook kleine bouten nog een behoorlijk grote trekkracht verdragen kunnen voldoende grote klemkrachten worden gerealiseerd.



Figuur 2a. Detail van de wigwerking van de schroefdraad. Normaal kan de buitenste draad niet radiaal naar buiten bewegen door de stijfheid van de moer. Door axiale gleuven in de "moer" kunnen de segmenten net als bij een spandoorn naar buiten bewegen. Door de geringe hoogte van de schroefdraad is de radiale slag beperkt.



Figuur 1. Compact klemsysteem dat gebaseerd is op de wigwerking van de toppen van schroefdraad.



Figuur 2b. Segmenten in ongespannen en gespannen toestand. De tophoek van de draad drukt ze radiaal naar buiten. Door de steile helling van de flank is het klemmen zeer subtiel te regelen door los en vast draaien. Dit in tegenstelling tot systemen die gebruik maken van een flauwe conus die blijft klemmen na het losdraaien van de bout.
Omdat gewone zelfremmende schroefdraad wordt toegepast is het gevaar van loslopen niet groter dan bij een normale boutverbinding.

Praktische uitvoering

Een bout M5, bijvoorbeeld, die wordt aangetrokken met een koppel van 8,3 Nm geeft een radiale klemkracht van 1,27 kN.
Het voordeel van de grote tophoek is het gebrek aan zelfremmendheid van de wigwerking, zodat de klemming zeer direct werkt zowel bij het vastdraaien als het losdraaien. Daardoor is een zeer subtiele instelling van de positie mogelijk. Dit in tegenstelling tot systemen die gebruik maken van een zeer flauwe coniciteit. Bij deze blijft de klemming bestaan nadat de bout is losgedraaid, wat slechts door tikken op de bout valt te verhelpen.
Omdat de bout door de geringe spoed wel zelfremmend is, blijft de klemkracht aanwezig nadat de bout is aangedraaid.

Een praktische beperking wordt gevormd door de hoogte van de schroefdraad. De flanken van bout en moer moeten over een voldoende groot oppervlak op elkaar aanliggen, zodat slechts een geringe radiale beweging van de spanlippen mogelijk is. Het is daarom verstandig om de grootte van de spleet tussen prop en gat af te stemmen op die van een lopende passing. De boring zou in de kwaliteit H7 moeten worden gemaakt.

Klembussen

Vanwege de compactheid van het klemsysteem zijn er verscheidene toepassingsmogelijkheden. Een aardig voorbeeld is het instelbaar klemmen van een lineair kogellager op een as voor rechtgeleiding. In figuur 3 ziet men om het lineaire kogellager een tweetal dunne bussen, waarvan de buitenste van axiale zaagsneden is voorzien. Bij het aandraaien van de binnenbus ten opzichte van de buitenbus verzorgt ook hier de schroefdraad de klemming in de boring.
Door de buitenbus excentrisch te maken, is justeren van de as-uitlijning mogelijk door het verdraaien van de buitenbus ten opzichte van de boring. Bij het justeren ontstaat een kleine afwijking in de richting loodrecht op de justeerrichting als gevolg van de excenterwerking. Wanneer deze afwijking niet gewenst is kan deze door het aanbrengen van een derde excentrische bus weer teniet worden gedaan.

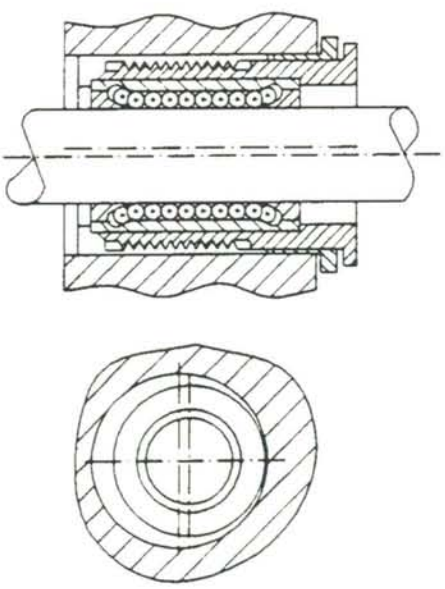
Spantang

Wanneer men de eenvoud van dit spanprincipe en de voordelen van de zeer compacte afmetingen tot zich laat doordringen, zijn er diverse praktische toepassingen te bedenken.
Veel instrumentmakers maken op de draaibank gebruik van een zelfgemaakte spantang om een buitenkant van een werkstuk lopend te maken met de boring. Voor kleine boringen zou een spantang die berust op het principe van spannen met de schroefdraad als conus kunnen worden gemaakt. Uw auteur bedacht een spandoorn volgens figuur 4.
De prop in de klauwplaat wordt voorzien van een draadgat en op de gewenste diameter gedraaid (lopende passing met het te spannen produkt). Daarna worden de zaagsneden aangebracht en wordt de groef gestoken. De keuze voor het al dan niet aanbrengen van een groef en de diepte ervan hangt samen met de gewenste stijfheid van de opspanning. Door het plaatsen en aantrekken van de bout kan het werkstuk gespannen worden.

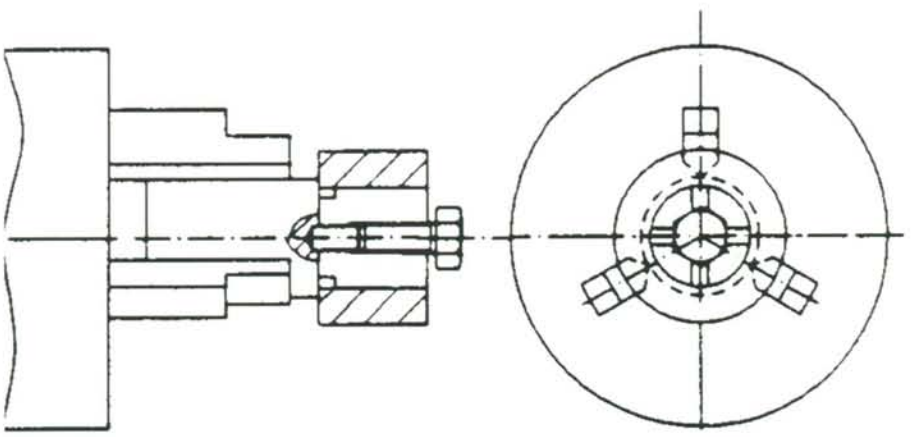
Minder elegant aan deze oplossing is de wrijving van de boutkop op de voorkant van de spandoorn. Dit wrijvingskoppel zal gezien de grotere diameter waarop het aangrijpt ongunstig werken. Het ontwerp kan verbeterd worden door de bout te laten drukken inplaats van trekken. Een kogel of paspen onderin het draadgat zorgt ervoor dat de drukkracht van de bout wordt overgebracht op de bodem van het gat. Door de bolling aan het uiteinde van de paspen is een boltaats ontstaan, waardoor het wrijvingskoppel in het contact met de bout minimaal is.

Jaap Verkerk

Literatuur
[1] T. Noll, Baugruppen justierbar befestigen, F&M 100 (1992) 8, p. 367-382.

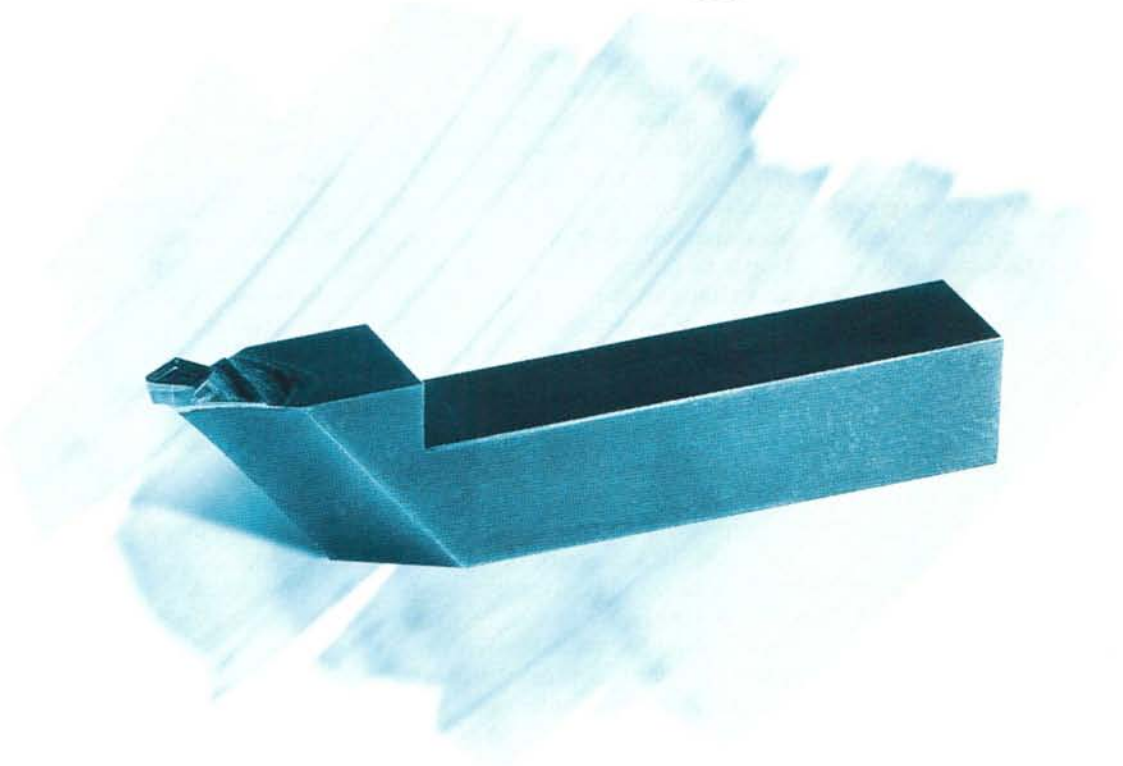


Figuur 3. Spanbussen voor het spannen van een lineair lager. Door de buitenste bus excentrisch te maken ontstaat een radiale justeermogelijkheid.



Figuur 4. Spantang volgens hetzelfde principe. Om de wrijving bij het aandraaien te verminderen wordt de bout op druk belast door hem via een pennetje op de bodem van het gat te laten drukken.

We're always working at the edge...



ULTRA-PRECISION CUTTING TOOLS

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

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

PROFESSIONAL DIAMOND TOOLS (PDT)

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

Mechanische aspecten bij het ontwerpen construeren met keramiek

P.W. Bach

Het toepassen van technische keramische produkten in werktuigbouwkundige constructies vindt (nog) op betrekkelijk kleine schaal plaats. Het wordt meestal daar toegepast, waar het betrekkelijk hoge drukkrachten op moet vangen of waar het de corrosie, hittebestendigheid of slijtvastheid verbetert.
De betrouwbaarheid van keramische constructies hangt in hoge mate af van de bereidheid van de ontwerper om rekening te houden met de onvolkomenheden van deze materiaalgroep. Een belangrijke tekortkoming is de beperkte reproduceerbaarheid waarmee keramische materialen worden vervaardigd, waardoor een tamelijk grote spreiding in de mechanische sterkte optreedt. Hierdoor wordt de interpretatie van de sterktewaarden bemoeilijkt. Men kan namelijk niet zozeer rekenen met gemiddelde sterktes maar moet uitgaan van een bepaalde faalkans of levensduur onder de gestelde belastingscondities.

Het ontwerpen in keramiek

In tegenstelling tot metalen, waar plaatselijk overbelasting door middel van plastische vervorming opgevangen kan worden, is een keramische constructie minder tolerant en kan alleen door scheurgroei de lokale spanning verlaagd worden.
Een toename van de belasting, waarbij de kritische spanning (σ_c) wordt overschreden, kan direct tot het breken van het materiaal leiden. Hierbij hangt σ_c af van de al aanwezige defectgrootte. De scheurgevoeligheid van een materiaal wordt aangeduid met de K_{Ic}-factor (scheurgroeiweerstand); zie het hoofdstuk "Onderkritische scheurgroei". Keramiek is zeer gevoelig voor scheuren en heeft een lage K_{Ic} die meestal onder ca. 10 MPa$\sqrt{m}$ (MPa$\sqrt{m}$ is de eenheid van K_{Ic}) ligt, terwijl die van staal boven 100 MPa$\sqrt{m}$ ligt. Ook een constante belasting, waarbij $\sigma < \sigma_c$, kan zorgen voor een zogenaamde onderkritische scheurgroei, zonder dat het keramiek onmiddellijk bezwijkt. Wanneer de scheur echter een kritische lengte heeft bereikt, dan treedt er instabiele scheurgroei op en breekt het keramiek alsnog. De tijd die nodig is totdat instabiele scheurgroei optreedt, is afhankelijk van de grootte van de beginscheur en de belasting.
Bij hogetemperatuur toepassingen kan een constructie door thermische spanningen, door corrosie of door kruip degradatie ondergaan. Thermische spanningen ontstaan door verschillen in uitzettingscoëfficiënt en warmtegeleidingsvermogen. Opwarm- en afkoelcycli kunnen aanleiding zijn tot scheurgroei en soms tot een plaatselijke overbelasting leiden, met als gevolg een spontane breuk.
Door kruip kan het materiaal vervormen, waardoor het na enige tijd niet meer binnen de ontwerpspecificaties kan vallen of het materiaal kan bezwijken door het ontstaan en vervolgens samengroeien van kruipporiën.
Toch kan men van de nuttige eigenschappen van een keramisch materiaal gebruik maken, en zo de waarde en het toepassingsgebied van een produkt vergroten, door te ontwerpen met voldoende inzicht in het materiaalgedrag. Hiervoor zijn enkele algemene richtlijnen aan te geven:

- Ontwerp zoveel mogelijk op druk.
  Een belangrijk punt hierbij is dat men de ontwerpfilosofie voor metalen, die dikwijls voorbestemd zijn om op trek belast te worden, moet verlaten. Meestal zal een constructie ingrijpende wijzigingen ondergaan als men het geheel of onderdelen door keramiek wenst te vervangen. Eventueel kan door aanbrengen van voorspanning een component van nadelige trekspanningen verlost worden.
- Vermijd scherpe hoeken en overgangen.
  Door spanningsconcentratie en de vaak grotere kans op defecten bij overgangen bezwijkt een component meestal op deze plaatsen. Om kerfwerking te voorkomen kan een component soms modulair opgebouwd worden.
- Verhinder thermische uitzetting niet.
  Tenzij men bewust gebruik maakt van de uitzettingsverschillen om drukspanningen in het keramiek te creëren, kan thermische uitzetting in een constructie aanleiding geven tot ongecontroleerde en complexe spanningen.
- Voorkom grote temperatuursveranderingen (thermische schok) en temperatuurgradiënten.
  Hierdoor kunnen zodanige thermi-

Keramische plunjers voor een pomp

Mechanische aspecten bij het ontwerpen construeren met keramiek

sche spanningen ontstaan dat spontane breuk optreedt.
- Creëer geen punt- en lijnbelastingen. Hierdoor ontstaan er lokaal grote spanningen.
- Aanvaard de aanwezigheid van scheurtjes en de spreiding van de eigenschappen. Hierdoor zal men met gelimiteerde faalkansen moeten gaan ontwerpen, in tegenstelling tot de veiligheidsfactoren die vaak als vuistregel bij metalen gehanteerd worden. Voor de faalkansberekening biedt de Weibull-statistiek een eerste benadering.

Belastbaarheid van keramische materialen

Theoretische benaderingen geven aan dat de treksterkte van een materiaal ongeveer eentiende van de E-modulus kan zijn. De maximale of theoretische sterkte van een vaste stof hangt af van de binding tussen atomen of ionen. Wanneer de aantrekkingskracht tussen atomen/ionen onderling niet langer de aangebrachte kracht kan opnemen zal er breuk optreden. Bij zo'n breuk ontstaan twee nieuwe oppervlakken. Hiervoor moet arbeid worden verricht. Deze arbeid is gelijk aan tweemaal de oppervlakte-energie en is afhankelijk van temperatuur, druk en kristalvorm.
Met behulp van een energievergelijking kan men de theoretische sterkte berekenen.
Voor een keramisch materiaal, bijvoorbeeld Al_2O_3, is de theoretische sterkte ongeveer 140 GPa. In de praktijk worden echter breuksterkten gevonden die een factor 100 à 1000 kleiner zijn. Volgens Griffith (1920) moet die afwijking worden toegeschreven aan de aanwezigheid van zogenaamde haarscheuren. De hoeveelheid energie die nodig is om een bestaande scheur te laten groeien is veel lager dan de energie die nodig is om een scheur te laten ontstaan. Daarnaast bepaalt ook de vorm van de scheurtip de sterkte.
Voor een rechte haarscheur aan het oppervlak met een diepte van 300 µm, wordt de kritische sterkte ca. 1000 maal kleiner dan de theoretische. Een kleine scheur heeft dus een grote invloed op de sterkte van het gehele materiaal.
De sterkte van een keramisch materiaal kan dus verhoogd worden door een hogere oppervlakte-energie, of door een kleinere defectgrootte die vooral door een goede poederbereiding en vormgeving verbeterd kan worden.
Als de experimenteel gevonden sterkte van een materiaal altijd 100 à 1000 maal kleiner is dan de theoretische sterkte, dan zijn er kennelijk altijd defecten in een vaste stof aanwezig. Deze defecten kunnen zowel inwendig als aan het oppervlak ontstaan.

De atoomstapelingen aan beide zijden van een korrelgrens hebben niet dezelfde richting. Hierdoor ontstaat een slechte overgang, die door de zwakke binding als een klein defect kan worden beschouwd. De diameter van de korrel zou dan een maat kunnen zijn voor de scheurlengte, en de korrelgrootte zou op zijn beurt de sterkte van het materiaal bepalen. Experimenteel is ook bevestigd dat wanneer de gemiddelde korreldiameter (d) groter wordt, de sterkte (σ_s) van het bulkmateriaal afneemt ($\sigma_s \approx 1/\sqrt{d}$). Dit geldt echter voor een perfect polykristallijn materiaal.
In de praktijk bevinden zich poriën en insluitsels in een materiaalstructuur. De sterkte van een materiaal wordt dan ook beïnvloed door verscheidene defecten.

Interne defecten
- porositeit,
- insluitsels,
- haarscheuren tengevolge van het vormgevingsproces,
- onregelmatige of extreme korrelgroei.

Oppervlakte defecten
- haarscheuren tengevolge van vormgevingsproces of thermische behandeling,
- gecorrodeerd oppervlak,
- bewerkt oppervlak (mechanische bewerkingen veroorzaken altijd scheurtjes).

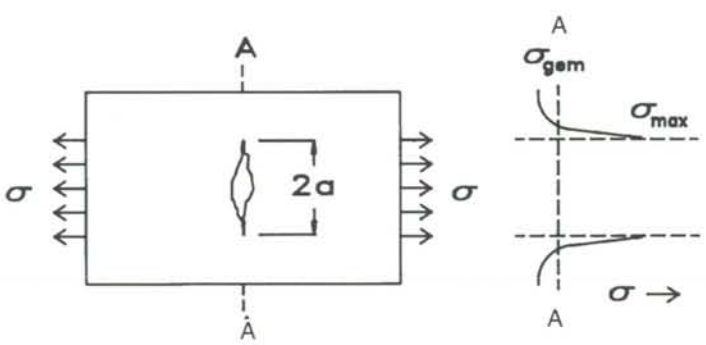
Scheurgroeiweerstand

Een gat in een metalen plaat die op trek wordt belast verzwakt de sterkte van die plaat. De vermindering van de sterkte is echter niet alleen afhankelijk van de oppervlaktevermindering, maar ook van de vorm van het gat. Deze vorminvloed speelt ook een rol in de microstructuur van een op trek belast materiaal.
We bekijken nu een scheur die loodrecht op de richting van de trekbelasting staat; zie figuur 1. Aan de tip van de scheur is een verhoogde lokale spanning aanwezig, die door de geometrische condities van de scheur bepaald wordt.

In een plastisch vervormbaar materiaal zal het materiaal rond de scheurtip eerst gaan vloeien alvorens de scheur zich uitbreidt. Door het vloeigedrag zal de scheurtip een afronding krijgen: er ontstaat een "botte" scheur. Hierbij is mechanische energie omgezet in vervormingsarbeid. Een bros materiaal kan moeilijk plastisch vervormen. Een scherpe kerf blijft scherp. Wanneer de lokale spanning aan de tip van de scheur groter wordt dan de bindingssterkte tussen de atomen/ionen, zal de scheur zich uitbreiden. Daar waar een taai materiaal een deel van de elastische energie omzet in (plastische) vervormingsarbeid, zal een ideaal bros materiaal alle energie gebruiken om atoom- of ionbindingen te verbreken en een scheur te laten groeien.
Volgens Irwin (1950) geldt voor de spanningsverdeling bij de scheurtip:

$$K_I = \sigma Y \sqrt{a} \text{ [MPa}\sqrt{\text{m}}\text{]}.$$

K_I wordt de spanningsintensiteitsfactor genoemd, σ is de aangelegde spanning loodrecht op de scheur met een lengte 2a en Y is een constante die afhangt van de geometrie van de scheur en zijn plaats in het bulkmateriaal.



Figuur 1. Een dunne plaat met een scheur.

Wanneer het produkt van de aangebrachte spanning en de lengte van de scheur een bepaalde grootte heeft bereikt zal de scheur instabiel gaan groeien. De waarde van K wordt dan de kritische spanningsintensiteit of K_{Ic} genoemd.
De kritische spanningsintensiteit wordt beschouwd als een materiaalconstante met de eenheid MPa√m. Deze constante wordt ook wel de scheurgroeiweerstand of "fracture toughness" genoemd.

Onderkritische scheurgroei

Bij een spanningsintensiteit K_I die lager ligt dan de kritische K_{Ic} kan ook langzame scheurgroei optreden. Het materiaal bezwijkt dan na enige tijd als de scheur zover gegroeid is dat, onder constante belastingscondities, de K_{Ic} waarde bereikt is. Informatie over deze onderkritische scheurgroei is dus nodig voor levensduurberekeningen. Vooral de oxydische keramische materialen vertonen onder invloed van water(damp) dit verschijnsel.
De scheurgroei in keramiek wordt beheerst door de spanningsintensiteitsfactor K_I die de spanningen rond de scheurtjes beschrijft. Meestal wordt de scheurgroei beschreven met een zogenaamde "power law":
$v = CK_I^{n}$.

Hierin is v de scheurgroeisnelheid en C is een constante.

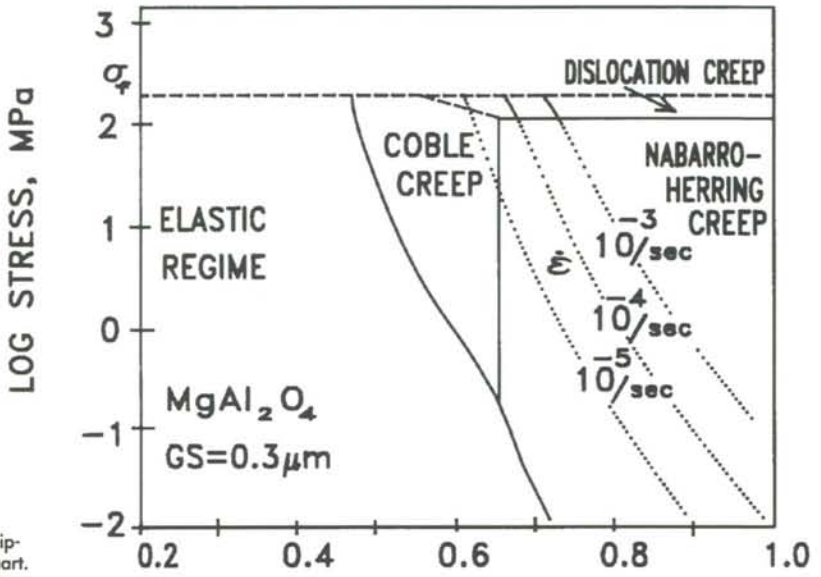
Voor de exponent n worden voor keramiek meestal waarden > 15 gevonden. Onder constante belastingscondities geldt voor de levensduur t_f:

$$t_f = B\,\sigma^{-n}\,\sigma_c^{\,n-2}.$$

De σ_c is hier de kritische spanning bij de initiële scheurlengte.
Voor Al_2O_3 met een initiële oppervlaktescheur van 16 µm diep (σ_c = 500 MPa, n = 20, B = 0,4 MPa^2h) en een belasting σ van 300 MPa kan de levensduur bepaald worden op 0,044 uur. Bij een belasting van 200 MPa wordt de levensduur verlengd tot 145 uur en bij 100 MPa tot $1{,}5.10^8$ uur.

Kruip

Kruip is een langzaam en continu deformatieproces dat een materiaal ondergaat bij hoge temperaturen – normaal gesproken bij meer dan de helft van de absolute smelttemperatuur – en betrekkelijk lage belastingen.
Het is uiteraard belangrijk om inzicht te krijgen in dit proces en om over betrouwbare kruipgegevens te beschikken die meestal proefondervindelijk vastgesteld moeten worden. Vooral voor toepassingen bij hoge temperaturen moet een zekere veiligheid en gebruiksduur gegarandeerd zijn. Juist voor het functioneren onder deze omstandigheden is keramiek een uitermate geschikt constructiemateriaal.
Men kan ook uit de gevonden kruipdata trachten de onderliggende mechanismen te achterhalen. Met deze kennis gewapend kunnen nieuwe materialen ontwikkeld worden, die beter tegen kruip bestand zijn.
Bij keramiek spelen in het algemeen slechts twee kruipmechanismen een belangrijke rol, te weten diffusie en het over elkaar glijden van korrels. Dit in tegenstelling tot het kruipgedrag bij metalen waar dislocatiekruip het meest voorkomt.



Figuur 2. Kruipdeformatiekaart.

Deformatiekaarten

Om duidelijk te maken welk mechanisme onder een bepaalde conditie overheerst heeft men zogenaamde "deformation maps" ontwikkeld. Meestal wordt hierin de spanning als functie

soort	parameter	eenheid	termen	eenheid
maximum temperatuur verschil	$R_1 = \Delta T = \frac{\sigma_s(1-\nu)}{E\alpha}$	K	σ_s sterkte E E-modulus ν poisson ratio ≈ 0,25	MPa GPa
maximum warmteflux	$R_2 = R_1\lambda$	W/m	α uitzettingscoëf.	$10^{-6}K^{-1}$
maximum opwarmsnelheid	$R_3 = \frac{R_2}{\rho c_p}$	$10^{-6}m^2K/s$	λ warmtegeleidingscoëf. ρ dichtheid	W/(mK) Mg/m^3
scheurweerstand thermische schok	$R_4 = \frac{E\gamma_b}{\sigma_s^2(1-\nu)}$	$10^{-6}m$	c_p spec. warmte γ_b breukenergie	J/gK) J/m^2

Tabel 1. Thermische-schokparameters. De aangegeven waarden zijn slechts indicatief.

Mechanische aspecten bij het ontwerpen construeren met keramiek

	glas	Si_3N_4 RBSN	Al_2O_3 99,5%	SiC RBSiC	ZrO_2 PSZ	vuurvast steen
ρ	2,2	2,2-2,6	3,9	3,1	5,6	1,2
c_p	0,91	0,86	0,99	0,88	0,53	0,95
σ_s	70	120-200	380	300	200	3
E	70	150-250	400	400	200	10
α	0,62	2,6	7,7	4,5	11,0	4,5
λ	1,8	6,0-12,5	25	100	1,3	0,4
γ_b	1	10	25	25	50	10
R_1	1200	410	90	125	70	50
R_2	2160	2400-5100	2250	12500	90	20
R_3	1080	1300-2300	580	4580	30	17
R_4	20	140-80	90	150	300	150

Tabel 2. Materiaalgegevens.

van de temperatuur (als deel van de smelttemperatuur) uitgezet, waarbij de spanning een logschaal heeft. De korrelgrootte is hier constant.

Andersom kan ook: de temperatuur is dan constant. De spanning (op logschaal) wordt beschouwd als functie van de korrelgrootte (eveneens op logschaal). In de kaarten worden vaak de curves voor een gelijke kruipreksnelheid aangegeven; zie figuur 2.

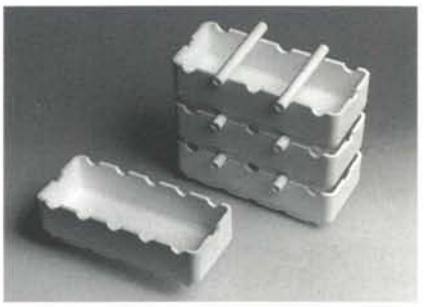
Thermische spanningen en thermische schok

De temperatuurgradiënten in een component worden bepaald door de warmteoverdracht en warmtegeleidingseigenschappen van het keramisch materiaal en van de geometrische omstandigheden. De temperatuurgradiënten veroorzaken in het materiaal thermoëlastische spanningen die vooral door de uitzettingscoëfficiënt bepaald worden. Als deze trek- of afschuifspanningen in een component de kritische spanning benaderen is bezwijken of afsplinteren het gevolg.
Het berekenen van de thermische spanningen in een component is uitermate complex en kan meestal alleen met numerieke methoden zoals eindige elementen analyse opgelost worden. Daarbij is de nauwkeurigheid van de oplossing erg afhankelijk van de beschikbaarheid van de juiste gegevens en de temperatuurafhankelijkheid van de eigenschappen.
De gevoeligheid van een materiaal voor thermische belastingen, en een eerste schatting van de geschiktheid voor toepassing in de component, kunnen wel bepaald worden uitgaande van de door Hasselman opgestelde vergelijkingen.

De eenvoudigste vergelijking geldt voor een component die aan een warmteflux wordt blootgesteld waardoor de temperatuur in een oppervlaktelaag plotseling stijgt met ΔT. Het spanningspatroon dat ontstaat is biaxiale trek- of drukspanning in een oppervlaktelaag bij respectievelijk afkoelen of opwarmen. Keramisch materiaal is door de veel hogere druksterkte dus beter tegen opwarmen dan afkoelen bestand. In tabel 1 zijn de verschillende thermische- schokparameters aangegeven en in tabel 2 de thermomechanische eigenschappen van verschillende keramische materialen, waarmee de thermische weerstandparameters berekend zijn.

Met de parameter R_4 kan onder andere verklaard worden waarom glas meestal plotseling breekt bij afschrikken en een poreuze vuurvaste tegel niet. R_4 is omgekeerd evenredig met de door thermische spanningen veroorzaakte toename van het scheuroppervlak. Een op zich mechanisch kwetsbare poreuze tegel (dus een lage sterkte σ_s) heeft veel scheurkiemen die dan allemaal wel iets kunnen groeien (de totale toename van het scheuroppervlak kan wel groot zijn), maar niet zoveel dat het grote invloed op de sterkte heeft. Glas heeft een lage breukenergie en er zijn maar enkele scheurkiemen, waardoor een scheur catastrofaal kan groeien.

Glijlagerbussen van ZrO2



Sinterschuitjes van Al2O3.

Probabilistische ontwerpbenadering

Doordat de mechanische eigenschappen van keramische materialen meestal niet met een gemiddelde waarde voldoende gekarakteriseerd kunnen worden vanwege de grote spreiding, moet er op een andere wijze gerekend worden dan bij metalen gebruikelijk is.
Een probabilistische ontwerpbenadering houdt rekening met een bepaalde defectverdeling en spanningsverdeling in een component en daarmee wordt de kans op bezwijken berekend.
De defectverdeling in keramisch materiaal wordt meestal met de Weibull statistische distributie gekarakteriseerd. Deze theorie van de zwakste schakel veronderstelt dat een bepaald volume onder een uniforme spanning bezwijkt bij het grootste defect. De kans op de aanwezigheid van dergelijke defecten wordt beschreven door de Weibull-statistiek. De kans op falen (F) van een component ten gevolge van een bepaald spanningspatroon is:

$$F = 1 - \exp - [(\frac{\sigma_{max}}{\sigma_o}) ^m kV]$$

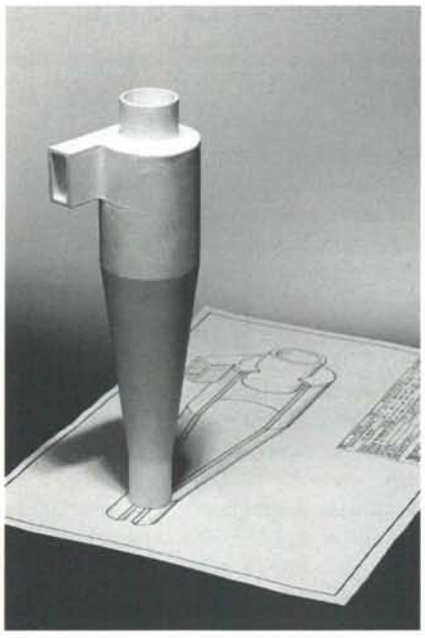
kV : spanningvolume integraal,
σ_{max} : maximum spanning in een component,

σ_0 : karakteristieke sterkte van het eenheidsvolume onder uniforme spanning,

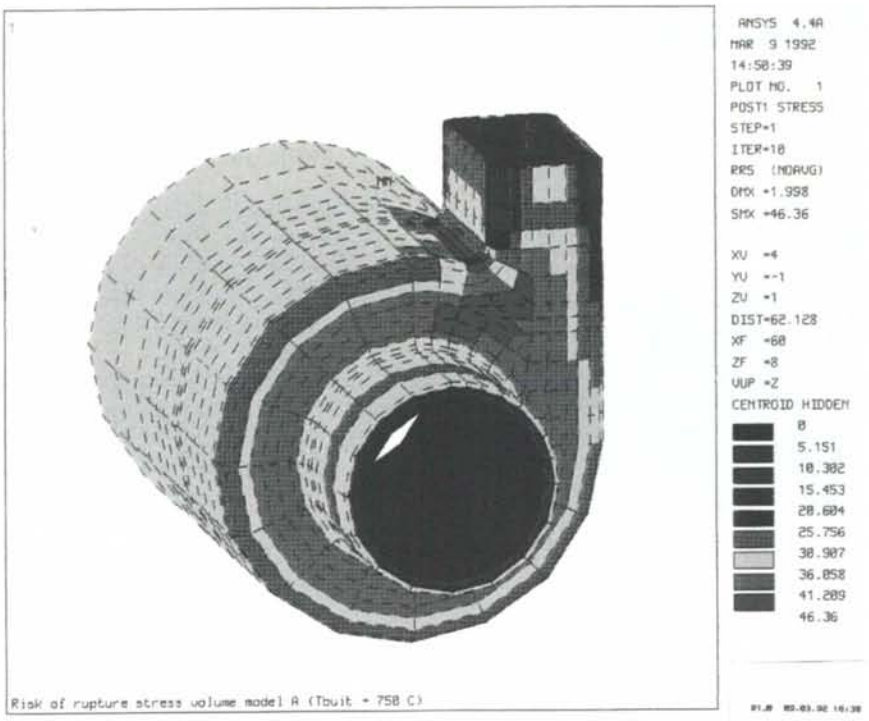
m : Weibull-modulus, dit is een maat voor de *spreiding* van de sterkte.

Voor oppervlaktedefecten wordt het volume V door het oppervlak A vervangen. De Weibull-modulus heeft voor keramiek meestal waarden tussen 5 (slecht) en 25 (goed).
Met de kV-factor wordt de spanningsverdeling in een component verrekend. Ook wordt deze soms gelijkgesteld met een effectief volume V_e onder uniforme spanning σ_{max}. Voor een uniform belast volume is kV gelijk aan V (dus k=1) en σ gelijk aan σ_{max}.
Met de Weibull-statistiek kan, als σ_0 en m bekend zijn voor een bepaald keramisch materiaal (bijvoorbeeld uit trek of buigproeven), de faalkans van een willekeurige component uitgerekend worden.

De Weibull-statistiek kan slechts als een eerste benadering gelden om te beoordelen of een component de opgelegde spanningen kan verdragen. Deze methode is zeer gevoelig voor een betrouwbare bepaling van de σ_0 en m waarden, hetgeen in de praktijk niet eenvoudig is en veel proeven met zich meebrengt. Verder gaat deze statistische benadering ervan uit dat in een component eenzelfde defectverdeling aanwezig is als in de proefstukken en dat de defecten aan dezelfde soort spanning (meestal trekspanning) blootstaan, hetgeen in de praktijk vaak niet het geval is.
Andere probabilistische ontwerpmethoden die rekening houden met meerassige spanningstoestanden en met aangepaste faalcriteria zijn momenteel in ontwikkeling.
Als voorbeeld kan de ontwikkeling van een keramische cycloon, zie figuur 3, voor heetgasreiniging dienen. Eerst zijn de belangrijkste sterkte- en scheurgroeiparameters bepaald bij 25° C en bij 1000° C met een groot aantal proefstukken van het keramische materiaal; in dit geval een goede kwaliteit aluminiumoxyde. Van de cycloon is een eindige elementen model opgesteld en doorgerekend op thermische spanningen, waarna het ontwerp in eerste ronde is aangepast bij de dikteovergangen en afrondingen. Daarna zijn met een keramisch rekenpakket de faalkansverdeling en de scheurgroeigevoeligheid per element (van het model) berekend en gesommeerd, zie figuur 4. Hiermee zijn de toelaatbare bedrijfscondities van de cycloon te bepalen, of is het mogelijk het ontwerp aan te passen aan een eisenpakket.



Figuur 3. Keramische cycloon.



Figuur 4. Faalrisicoverdeling berekend met een FEM-model van de keramische cycloon.

Literatuur

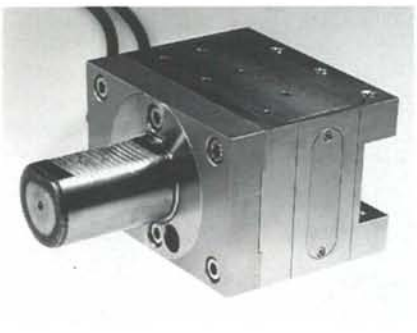
- R. Morrell; Handbook of properties of technical and engineering ceramics, part 1, HMSO 1985.
- R.W. Davidge; Mechanical behaviour of ceramics, Cambridge University Press, 1979.
- D.W. Richerson; Modern Ceramic Engineering, Marcel Dekker Inc. 1982.
- J.A. Klostermann; Een metaalkundige visie op de mechanische eigenschappen van keramische materialen, De Constructeur (1987) 10, p.42.
- P. Kochendorfer; Belangrijke punten bij het construeren met technische keramiek, De Constructeur (1988) 3, p.52.

Auteursnoot

De heer P.W. Bach is verbonden aan het Nationaal Keramisch Atelier NKA, Service Unit Technologie van het Energieonderzoek Centrum Nederland.

Produktinfo

Beitelinstelling met buitengewone precisie



In de werktuig- en machinebouw is een duidelijke opkomst waarneembaar van toepassingen van piëzotranslatoren in de vorm van fijnafstellingen. Vooral bij processen als het draaien, het profileren van slijpstenen, en het compenseren van slijtage van gereedschappen tijdens bewerking, worden de voordelen van het gebruik van piëzotranslatoren duidelijk zichtbaar.
Het jongste voorbeeld van een dergelijke applicatie is een systeem dat op aanvraag van de Universiteit van Aken is ontwikkeld. Het gaat hier om een beitel voorzien van een piëzotranslator, die in een standaard gereedschaphouder met cilinderschacht geïntegreerd is.
Het systeem wordt door de produktie van logaritmische loopbaanprofielen ingezet; tot op heden was het slechts mogelijk deze loopbaanprofielen met speciaal afgestelde slijpschijven te produceren.
Het harddraaien met behulp van slijpschijven biedt in principe de mogelijkheid dergelijke profielen te produceren. Er blijven echter problemen bestaan omdat over het hele bereik de contourvariaties niet groter dan ca. 1 µm mogen zijn.
Dergelijke afstellingen van kleiner dan 1 µm zijn met de hedendaagse CNC-gestuurde draaibanken nauwelijks mogelijk, onder andere door de speling die bij de omkering optreedt.
Het toepassen van een piëzotranslator garandeert daarentegen een instelnauwkeurigheid van 0,2 µm, bij een totale expansie van 200 µm. Door middel van een speciale veerconstructie, kunnen dwarskrachten tot 10 kN (!) door het gereedschap opgevangen worden. Ook de maximum drukbelasting is gespecificeerd op 10 kN.
De hysteresevrije instelling met behulp van een gesloten regelkring is geconstrueerd rond een inductief meetsysteem, dat een nauwkeurigheid van 0,2 µm over de volle expansie waarborgt.
De frequentie waarmee de piëzo aangestuurd kan worden, wordt begrensd door het maximaal te leveren vermogen van de piëzo-controller. Bij een stap van 200 µm, kan de piëzo aangestuurd worden met een frequentie van 3 Hz, en bij een kleinere stap, bijvoorbeeld van 20 µm, kan een frequentie van 40 Hz toegepast worden.
De aansturing geschiedt met behulp van een op de versterker aanwezige analoge ingang. Hierbij komt een spanningsbereik van 0 tot 10 V overeen met een expansie van 0 tot 200 µm.
Vanzelfsprekend is de complete behuizing bestand tegen het gebruik van koelvloeistoffen.
Het complete systeem is gebaseerd op een standaard gereedschaphouder voorzien van een cilinderschacht, en is probleemloos verwisselbaar met de normale gereedschaphouders.

Voor uitvoerige info, ook over piëzotoepassingen in het algemeen:
Applied Laser Technology B.V.
De Hommelberg 3
6026 SR Maarheeze
Telefoon: 04959 - 3300
Fax: 04959 - 1153.

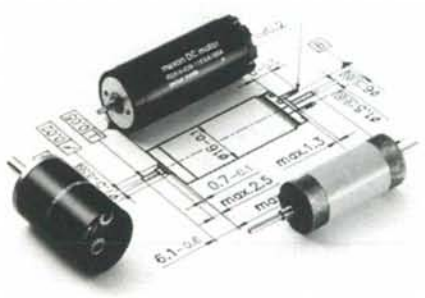
Elektrisch geleidende vloer

De naadloze geleidende epoxyvloerafwerking Nitoflor Conductive van Fosroc is geschikt voor ruimten waar hinder wordt ondervonden van statische elektriciteit, zoals in de elektronische industrie, in computerruimten en in ziekenhuizen.
Deze geleidende vloerafwerking is onlangs aangebracht in de Antwerpse vestiging van Pioneer en werd gekozen om de mogelijkheid van beschadiging van produkten als gevolg van statische elektriciteit tot een absoluut minimum te beperken.
Nitoflor Conductive voldoet bij het voorkomen van de opbouw van statische elektriciteit onder meer aan de normen BS 2050 en DIN 51953.
De elektrische weerstand ligt volgens BS 2050 van 5×10^4 tot 1×10^6 Ohm.
Nitoflor Conductive heeft een goede slijtvastheid, is waterdicht, gemakkelijk te reinigen en bestand tegen een groot aantal chemicaliën, waaronder minerale oliën en vetten, reinigingsmiddelen, verdunde minerale zuren en logen alsmede verschillende koolwaterstoffen. Het systeem is verder milieuvriendelijk en bevat geen schadelijke oplosmiddelen; het is leverbaar in verschillende attractieve kleuren.

Voor uitgebreide informatie:
Fosroc B.V.
Postbus 1
1950 AA Velsen - Noord
Telefoon: 02510 - 29 165
Fax: 02510 - 25 031.

Motorreductor ∅ 16 mm

Met 16 mm diameter een vermogen afgeven van 3,2 W is geen probleem voor de nieuwe Maxon motor RE016.
Deze ijzerloosankermotor is uitgevoerd met een permanente magneet (neodymium) en de Maxon ankerwikkelingstechnologie. Deze combinatie staat garant voor een optimale prestatie.
Door de motor te combineren met de door Maxon ontwikkelde en geproduceerde planeetwielvertraging GP016, ontstaat de meest dynamische motorreductor in deze categorie van afmetingen.
Nominale koppels (100% inschakelduur) van 0,2-0,3 Nm bij toerentallen van 90-1 omw/min vormen geen probleem voor dit nieuwe krachtpakket.
De gegevens van deze unit zijn:
Maxon DC-motor RE016



- diameter 16 mm, lengte 39 mm;
- nominaal vermogen 3,2 Watt;
- mechanische aanlooptijdconstante < 5,2 msec;
- rendement > 86%;
- vier voorraadwikkelingen, elf standaardwikkelingen;
- CLL schijf (Capacitor Long Life).

Maxon Planeetwielvertraging GP016
- diameter 16 mm;
- overbrengingsverhoudingen van 4,4 tot 1621:1;
- nominaal koppel 0,1-0,3 Nm, aanloopkoppel 0,15-0,45Nm;
- uitgaande as ∅ 3 mm.

Voor uitvoerige info:
Sanders-Birnie B.V.
De Giem 22
Postbus 716
7500 AS Enschede
Telefoon: 053 - 320 566
Fax: 053 - 303 665.

Laagdiktemeter

Na de introductie van de compacte laagdiktemeter Multi-Check FE + NFE is nu eveneens de Multi-Check FE uitgebracht door List Magnetik.
Deze Multi-Check FE, met afmetingen van 70 x 120 x 28 mm en een gewicht van slechts 170 g, heeft een ingebouwde sonde en is geschikt voor het meten van niet magnetische laagdiktes op ijzer en staal. Ook deze laagdiktemeter voldoet aan de DIN 50981-ISO-2178.
Verdere specificaties zijn:
- meetbereik 0 - 2000 micrometer;
- kleinste meetvlak 8 mm ∅;
- nauwkeurigheid:
  < 100 micrometer: ± 1 micrometer
  100 - 1000 micrometer: ± 1% van de meetwaarde
  > 1000 micrometer: ± 3% van de meetwaarde;
- automatische uitschakeling: na 2 minuten;

- geheugen voor 250 meetwaarden;
- statistiekfuncties;
- printeruitgang en RS 232-uitgang;
- software "Multi-Stat" leverbaar.

Voor uitvoerige info:
RTD/Leuvenberg Test Techniek bv
Oude Kruisweg 27
2142 EE Cruquius
Telefoon: 023 - 293 130
Fax: 023 - 292 664.

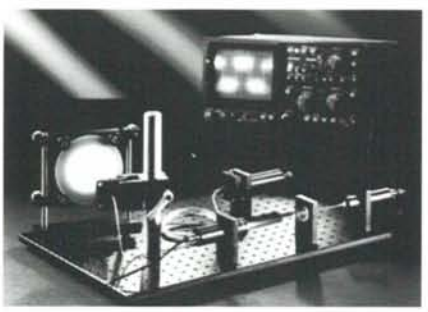
Nieuwe optoelektronische componenten

Spindler en Hoyer levert een geheel nieuw assortiment van optoelektronische componenten; Dit maakt uw keuze aanzienlijk eenvoudiger en makkelijker; zowel voor industriële als wetenschappelijke toepassingen zijn vele LED's en silicium fotodiodes kant-en-klaar beschikbaar.
Alle LED's en Si-fotodiodes zijn voorzien van geïntegreerde elektronica in een standaardbehuizing met een diameter van 25 mm en daardoor direct in het Mikrobank optomechanisch bouwsysteem in te bouwen.
De LED's, die zowel in een continue als in een moduleerbare versie (tot 50 kHz) leverbaar zijn, hebben een specifieke golflengtekarakteristiek met een golflengte van 470 en 950 nm en een lichtgevoeligheidsbereik van 3 mcandela tot 4 candela.
De Si-fotodiodes met verschillende lichtgevoeligheden van 0,001 mW tot 10 mW hebben actieve oppervlakken variërend van 2,4 x 2,4 mm tot 10 x 10 mm en specifieke golflengtebereiken van 400-1100 nm.
Alle LED's en Si-fotodiodes (ook differentiële en quadrantdetector) kunnen met een netvoeding geleverd worden. Echter één Si-fotodiode werkt met ingebouwde batterijvoeding.
Ook voor fiberoptische toepassingen en zelfbouw-diodelasers zijn geschikte houders voor Mikrobank leverbaar.

Voor uitvoerige info:
Radiometer Nederland B.V.
Lasers & Optics
Postbus 233
2700 AE Zoetermeer.
Telefoon: 079 - 614 593
Fax: 079 - 614 599.

Positioneersysteem met geïntegreerde x, y, z en φ as.

Voor zeer nauwkeurig positioneren van vier assen (drie lineaire assen en een rotatieas) heeft Anorad het Model 5109 geïntroduceerd. Het systeem is gekoppeld aan Anorad's Intelligent Axis Servo Controller, welke verbonden is aan een gebruikerscomputer.
De vier graden van vrijheid zijn uitermate geschikt voor toepassingen waarbij nauwkeurige pick and place, uitlijning of inspectie nodig is.
Model 5109 is een closed loop DC-servosysteem met een nauwkeurigheid van ± 2,5 μm en met snelheden tot 250

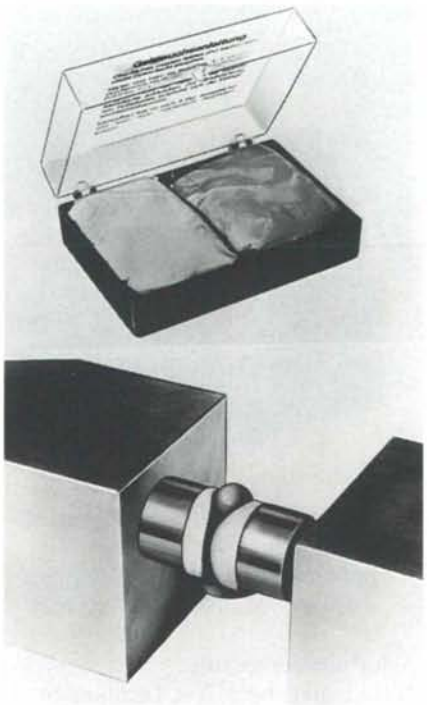


mm/s bij een belasting van 18 kg op de rotatietafel. Twee stuks Anoride Model 14 precisie lineaire positioneringstafels verschaffen de 250 mm x 100 mm x-y beweging, een Anoride Model 7 vormt de 200 mm z-as, terwijl een Anoround Model GR-6 precisie-rotatietafel de 360° rotatie levert. De standaard Anorad lineaire- en rotatietafels zijn speciaal samengesteld om een totaalsysteem met hoge nauwkeurigheid te verkrijgen, bij een minimum aan engineeringskosten.
Bij gebruik van Anorad's vierassige IAC besturing kan het systeem met hoge snelheid enkelassige bewegingen of gecoördineerde multi-assige bewegingen uitvoeren. Een stabiele granieten basis wordt gebruikt vanwege de trillingsdempende eigenschappen waardoor korte bewegings- en uittriltijden bereikt kunnen worden.
Het gehele systeem kan, eventueel aangevuld met specifieke elektronica, sensoren of opspanningen, gemakkelijk geïntegreerd worden met door de klant versterkte procesapparatuur.

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

Kneedmassa voor zelf vervaardigen van grijperbekken

Robotgrijper-specialist Sommer heeft de afgelopen jaren voor de meest uiteenlopende toepassingen diverse pneumatische grijpers en handling-units ontwikkeld en op de markt gebracht. Toch heeft men gemeend dat er situaties zijn waar het voor een gebruiker interessanter is zelf zo'n grijper te maken. Nieuwe mogelijkheden daartoe biedt men nu met een tweecomponenten kneedmassa, waarmee eenvoudig weg – zonder tekening, zonder machine, zonder verspaning en zonder enig afval – pasklare grijperbekken te vervaardigen zijn. Het enige wat men hoeft te doen is de twee componenten samen te kneden. Is dat eenmaal gebeurd, dan wordt de kneedmassa op de beide aanslagen van een standaardgrijper aangebracht en het te hanteren produkt daartussen geklemd. Na twee uur



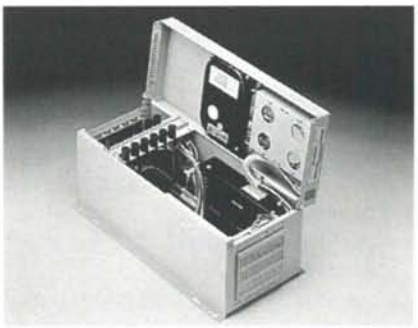
uitharden zijn de aldus precies op maat gemaakte grijperbekken zo hard als staal en direct te gebruiken.
De "kneedbare" grijper kan in tal van gevallen uitstekend van pas komen, bijvoorbeeld voor produkten die nogal onregelmatig gevormd zijn en waarbij niet met de beschikbare grijperbekken kan worden volstaan. De kneedmassa is echter ook ideaal voor allerlei kleine series, waarvoor men niet direct een speciale grijper voorhanden heeft en het niet lonend is deze apart voor dit geval aan te schaffen.
Overigens wordt naast deze gewone plastische massa door Sommer voor kwetsbare produkten ook een extra zachte siliconenmassa gepresenteerd.

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

Compact industrieel PC-chassis voor besturings applicaties

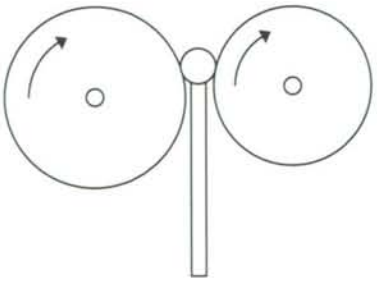
Voor betrouwbare besturingen wordt in veel gevallen gebruik gemaakt van een compacte industriële PC, zoals de zogenaamde "ShoeBox-PC" van CER. Deze heeft nu een opvolger: de IPC-6806 fan fabrikant Advantech.
Een stevige stalen kast met een ISA-busprint met 6 AT-connectoren, 150 W netvoeding en een neerklapbaar deksel met hard- en floppydisk vormen de basis voor dit systeem.
Uitgerust met een 80286, 80386 of een 80486 processorinsteekkaart is het systeem inzetbaar als ("embedded") PC-controller. De behuizing kan op gebruikelijke wijze op een tafel of werkbank worden geplaatst. met behulp van beugels die aan de behuizing zij bevestigd is montage aan de wand, in de installatiekast of aan een machine mogelijk. De afmetingen zijn 166x393x175 mm.
De IPC-6806 heeft voorzieningen om de elektronica tegen stof en trillingen te beschermen. Een ventilator zuigt lucht aan door een verwisselbaar stoffilter en zorgt daarmee voor een lichte overdruk in de behuizing. Een met rubber gebufferde beugel drukt de toe te passen interfaces stevig in de connectoren.
De bedrijfszekerheid kan verder worden opgevoerd door gebruik te maken van een elektronische Flash/RAM/ROM disk-insteekkaart in plaats van een conventionele mechanische diskdrive.
Het systeem is operationeel in omgevingen met temperaturen tot 50 graden Celcius. Bij 100% belasting en een omgevingstemperatuur van 25 graden Celcius bedraagt de gemiddelde tijdsduur die verstrijkt totdat een storing optreedt (MTBF) minimaal 50000 uur. Op het gebied van veiligheid en EMI voldoet de IPC-6806 aan de eisen van de VDE klasse A, UL en CSA.

Voor uitvoerige info:
Computer Engineering Roosendaal
Postbus 258
4700 AG Roosendaal
Telefoon: 01650-57417
Fax: 01650-62151



FIRMA CENTERLESS

Middenweg 145F - 1394 AH Nederhorst den Berg -
Telefoon 02945 - 4269 - Fax 02945 - 1751



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

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

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

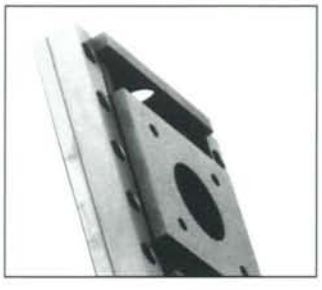
P O L G R O N
OPTICS & POLISHING TECHNIQUES
Het grove onderscheid op 0,002 micrometer.

Zernikepark 2-4, 9747 AN Groningen, tel. 050-7457 58/fax 050-653596

MICRO-CONTROLE

heet nu

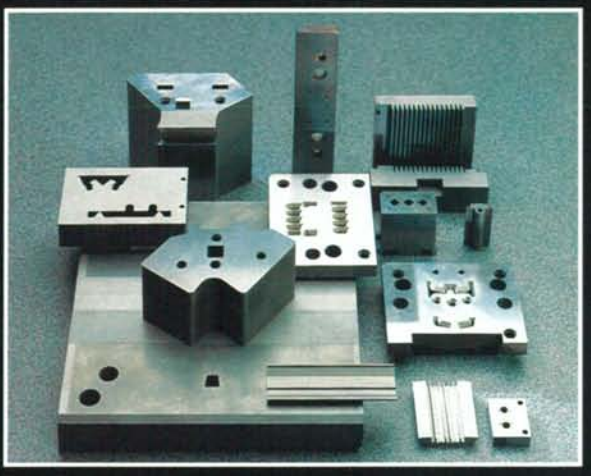
Newport
MICRO-CONTROLE



Krijtwal 9, 3432 ZT Nieuwegein

Tel: 03402 - 50588, Fax: 03402 - 50577

PTS
topkwaliteit in precisie



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

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

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

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

PTS
Precision Tooling Services

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